

หน่วยที่ 9

การทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)





หน่วยที่ 9

การทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)

หัวข้อเรื่อง

- 9.1 ความหมายความหนาแน่นของดินในสนาม
- 9.2 ขอบข่ายการทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนามโดยใช้ทราย
- 9.3 ไปงานขึ้นการทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนามโดยใช้ทราย
- 9.4 การคำนวณการทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนามโดยใช้ทราย

สาระสำคัญ

การก่อสร้างถนน, สนามบิน, เขื่อนดิน, พื้นที่โรงงานหรืองานอื่นๆ จะต้องบดอัดดินให้แน่นด้วยเครื่องมือต่างๆ ตามชนิดและประเภทของวัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง หลังจากบดอัดได้แล้วก็ต้องมีการตรวจสอบผลของการบดอัดนั้นว่ามีความแน่นสามารถรับน้ำหนักได้ตามข้อกำหนดที่ได้ออกแบบคำนวณไว้หรือไม่ เช่น งานชั้นรองพื้นทาง, ชั้นพื้นทาง จะต้องบดอัดให้ได้ 100% วิธีทดสอบแบบโมดิฟายด์ (Modified) ตามมาตรฐานของ AASHTO งานชั้นดินเดิม และดินถมจะต้องบดอัดให้ได้ 95% Modified AASHTO การบดอัดนี้จะต้องมีการควบคุมความชื้นในดินและพลังงานที่จะใช้ในการบดอัดให้พอเพียงและประหยัด ถ้าจำนวนเที่ยวที่บดอัดมากเกินไปก็จะสิ้นเปลืองทั้งค่าแรงงานและค่าน้ำมันเชื้อเพลิง แต่ถ้าบดอัดน้อยไปก็จะได้ความแน่นที่ต้องการ จะต้องกลับมาทำงานซ้ำอีก

การทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนาม โดยการชูดหลุมบริเวณบดอัดซึ่งน้ำหนักดินที่ชูดออกมาแล้วหารด้วยปริมาตรหลุม ก็จะได้ความหนาแน่นของดินในสนาม การทดสอบนี้เป็นการทดสอบหาปริมาตรของหลุมโดยใช้ทราย (Sand Cone Method) ซึ่งแบ่งขั้นตอนการแทนที่หลุมด้วยทราย ขั้นตอนการทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนาม การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ การบันทึกข้อมูล การคำนวณหาความหนาแน่นของดิน เปอร์เซ็นต์การบดอัดดินขึ้นเพื่อจะได้ฐานดินที่มีความแน่นสูง รับน้ำหนักได้มาก เรียกว่าวิธีทดสอบแบบโมดิฟายด์ทั้งนี้ก็เพื่อต้องการหาความหนาแน่นแท้จริงและเปอร์เซ็นต์การบดอัดของดินในสนาม เปรียบเทียบกับความหนาแน่นสูงสุดการบดอัดดินที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ



จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนรู้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกความหมายของความหนาแน่นของดินในสนามได้
2. บอกข้อบ่งชี้การทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนามได้
3. ทดลองตามขั้นตอนและใช้เครื่องมือได้ บันทึกผลการทดลองได้
4. คำนวณหาค่าความหนาแน่นของดินในสนามได้

บทนำ

การทดสอบหาความหนาแน่นแห้งของดินในสนาม คือ การหาค่าความหนาแน่นเปียกและปริมาณความชื้นเปียก ในบริเวณที่บดอัดด้วยเครื่องจักรเสร็จเรียบร้อยแล้วนำมาหาค่าความหนาแน่นแห้งเปรียบเทียบกับ ความหนาแน่นแห้งที่ของดินที่ได้จากในห้องปฏิบัติการในรูปของเปอร์เซ็นต์การบดอัดหรือค่าบดอัดสัมพัทธ์ เกณฑ์ในการกำหนดร้อยละของความหนาแน่นของมวลดินที่ทำการบดอัดดินในสนาม ซึ่งเรียกว่า ความหนาแน่นสัมพัทธ์เป็นค่าจากการเปรียบเทียบความหนาแน่นแห้งของดินในสนามกับค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดในห้องปฏิบัติการคิดเป็นร้อยละ

$$\text{ความหนาแน่นสัมพัทธ์} = \frac{\text{ความหนาแน่นแห้งในสนาม}}{\text{ความหนาแน่นสูงสุดในห้องปฏิบัติการ}} \times 100\% \dots\dots\dots(9.1)$$

9.1 การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม

ในการทดสอบหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม จะมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ

1. Sand Cone Method วิธีนี้อาศัยทรายช่วยในการหาปริมาตรของหลุมโดยทรายที่ใช้คือทรายออตตาวา (Ottawa Sand) ซึ่งขนาดของเม็ดทรายจะมีลักษณะกลมและมีขนาดเท่า ๆ กัน หรือจะใช้ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ค้างตะแกรงเบอร์ 30 ก็ได้ เพื่อที่จะให้ผลของความหนาแน่นที่เท่ากันโดยตลอด และไม่เกิดการแยกตัวของเม็ดหยาบและเม็ดเล็ก ขณะทำการทดสอบ
2. Rubber Balloon Method วิธีนี้ใช้น้ำช่วยในการหาปริมาตรของหลุม ซึ่งสะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีแรก ในการทดสอบต้องอาศัยลมจากลูกบอลบีบอัดลงไปตรงส่วนบนของผิวหน้าใน



หลอดแก้วของเครื่องมือเพื่อทำให้น้ำในหลอดแก้วถูกดันออกไปในลูกโป่งยาง และไหลลงไปในหลุมทดสอบที่ขุดเอาไว้ได้แผ่นรอง ลมที่อัดลงไปนี้มีส่วนช่วยให้น้ำในลูกโป่งยางอัดแนบสนิทกับก้นหลุม ทำให้ได้ค่าปริมาตรของหลุมที่ถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น ทั้งสองวิธีนี้ต่างก็อาศัยหลักอันเดียวกัน คือ ขั้นแรกจะต้องขุดดินบริเวณที่จะทำการทดสอบให้เป็นหลุมเล็ก ๆ และนำดินที่ขุดออกมาทั้งหมดไปชั่งหาน้ำหนัก หาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และหาปริมาตรของหลุมที่ขุดดินออกมาเพื่อที่จะให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องเหมาะสมตามความต้องการปริมาตรของหลุมที่จะทดลองและตัวอย่างดินที่เก็บไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น จะต้องขึ้นอยู่กับขนาดใหญ่สุดของเม็ดดินดังนี้

ตารางที่ 9.1 แสดงปริมาณดินที่เก็บไปหาปริมาณความชื้นต่อขนาดเม็ดดินและปริมาตรของหลุม²

ขนาดใหญ่ที่สุดของเม็ดดิน	ปริมาตรของหลุมอย่างน้อย (ฟ ³ .)	น้ำหนักของดินอย่างน้อย (กรัม)
No. 4	0.025	100
½ นิ้ว	0.050	250
1 นิ้ว	0.075	500
2 นิ้ว	0.100	1,000

3. Nuclear Method วิธีนิวเคลียร์ เป็นการหาความหนาแน่นของดินและปริมาณความชื้นของดินบดอัดแน่น หาความหนาแน่นเปียกของดิน โดยใช้รังสีแกมมา (Gamma Ray) ส่งผ่านดินที่ต้องการ ก่อนที่จะไปเข้าเครื่องรับรังสี ถ้ารังสีสะท้อนกลับไปที่เครื่องรับมาก แสดงว่าดินมีความหนาแน่นสูง ส่วนการหาปริมาณความชื้นโดยใช้นิวตรอน (Neutron) ส่งผ่านเข้าไปในดินและสะท้อนไปยังเครื่องรับ อนุภาคของนิวตรอนจะไปชนกับอะตอมของไฮโดรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำ ถ้านิวตรอนสะท้อนกลับเข้าเครื่องรับซ้ำแสดงว่าปริมาณน้ำในมวลดินมีมาก วิธีนี้จะสะดวกและรวดเร็วให้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง

การเลือกใช้เครื่องมือทั้งการบดอัดที่ถูกต้องเหมาะสม จะทำการบดอัดดินเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 9.2

² สารานุกรม ขอดอุปถัมภ์. ปฏิบัติการศาสตร์ภาคการทดลอง. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์. หน้า 141.

ตารางที่ 9.2 แสดงเครื่องมือและวิธีการบดอัด³

ชนิดของ เครื่องมือ	การประยุกต์ใช้	ความหนาแน่นสูงสุด 95 ถึง 100% ด้วยวิธีมาตรฐาน			ความ แปรปรวนของ เครื่องมือ
		ความหนา ใน การบดอัด	จำนวน เที่ยวใน การบดอัด	มิติและน้ำหนัก ของเครื่องมือ	
เครื่องบดอัด ชนิดแผ่น สันสะเทือน	สำหรับดินเม็ด หยาบ ที่มี เปอร์เซ็นต์ผ่าน ตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 12% โดยเฉลี่ย ให้มีความชื้น สม่ำเสมอ	8 นิ้ว ถึง 10 นิ้ว	3 เที่ยว	แผ่น บ ด อัด มี น้ำหนักไม่น้อย กว่า 200 ปอนด์ หรือ อาจ ใช้ เครื่องจักรถ้ามี พื้นที่ บ ด อัด เพียงพอสำหรับ มวลเม็ดหยาบ สะอาดความถี่ใน การบดอัดไม่ควร น้อยกว่า 1,600 รอบต่อนาที	อาจเป็นสาม เกลียวหรือหก กระโดดที่มี ความกว้าง 1.5 ฟุต - 12 ฟุต แต่ในพื้นที่ กว้างควรใช้ รถบด
รถแทรกเตอร์	ใช้ได้ดีในดิน เม็ดหยาบที่มี เปอร์เซ็นต์ผ่าน ตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 4 ถึง 8% โดย เฉลี่ย ให้ มี ความชื้น สม่ำเสมอ	10 นิ้วถึง 12 นิ้ว	3 ถึง 4 เที่ยว	ขนาดต้องไม่น้อย กว่า D8 พร้อม ใบมีด น้ำหนัก 34,500 ปอนด์ สำหรับการบดอัด ที่ต้องการความ หนาแน่นสูง	รถแทรกเตอร์ น้ำหนักถึง 60,000 ปอนด์

³ ลินชัย อินทพิชัย, พานิช วุฒิพฤกษ์. ปฐพีกลศาสตร์ขั้นสูง. 2547. หน้า 198.



ตารางที่ 9.2 (ต่อ) แสดงเครื่องมือและวิธีการบดอัด

ชนิดของ เครื่องมือ	การประยุกต์ใช้	ความหนาแน่นสูงสุด 95 ถึง 100% ด้วยวิธีมาตรฐาน			ความ แปรปรวนของ เครื่องมือ
		ความหนา ใน การบดอัด	จำนวน เที่ยวใน การบดอัด	มิติและน้ำหนัก ของเครื่องมือ	
เครื่องมือ กระทุ้ง	ทางเข้าถึงยาก เป็นร่องแคบ เหมาะสำหรับ ดิน อนินทรีย์	4 ถึง 6 นิ้ว สำหรับดิน ตะกอน ทราย ดิน เหนียว 6 นิ้ว สำหรับดิน เม็ดหยาบ	2 เที่ยว	น้ำหนักต่ำสุด 30 ปอนด์ พิจารณา ช่วงคลาดเคลื่อน ขึ้นอยู่กับชนิด ของวัสดุ และ เงื่อนไขในการ บดอัด	น้ำหนักถึง 250 ปอนด์ ขนาด กว้าง 4 นิ้ว ถึง 10 นิ้ว

ซึ่งแต่ละวิธีก็เหมาะสมกับชนิดของงานในแต่ละงาน ซึ่งในหน่วยที่ 9 นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีที่นิยมกันแพร่หลายคือวิธีการทรายแทนั่น

9.2 ขอบข่ายในการหาค่าความหนาแน่นของดินในสนามโดยใช้ทราย

การทดลองนี้เป็นการใช้ทรายแทนที่ปริมาตรในหลุม เพื่อหาความหนาแน่นของดินในสนามของวัสดุที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 2 นิ้ว โดยทรายที่จะแทนที่ในหลุม ด้วยการใช้ทรายอัดคาวา หรือ ทรายแม่น้ำที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 แต่ค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 30 แทนก็ได้

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

ASTM D 1556 – 00 Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place
by the Sand-Cone Method



9.2 ใบงานชิ้นการทดลองการหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปลูกพืชเกษตร		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วย การหาค่าความหนาแน่น ของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง
9.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม 1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนามได้ 2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาความหนาแน่นของดินในสนามได้ 3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนามได้ 4) สามารถคำนวณหาความหนาแน่นของดินในสนามได้		
9.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์ 1) ขวดแก้วขนาดจุ 1 แกลลอนพร้อมด้วยกรวยและแผ่นรอง 2) แผ่นฐานรอง ขนาดประมาณ 12 นิ้ว x 12 นิ้ว มีขอบกันดินรอบด้าน 3) ทรายสำหรับหาปริมาตรหลุมคือ ทรายอัดดาวน์ เป็นทรายที่มีขนาดเท่าๆกันหรือ ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 และค้ำบนตะแกรงเบอร์ 30 4) เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.10 กรัม ถึง 10 กิโลกรัม 5) สิวเจาะดิน ค้อน ช้อนตักดิน แปรงทาสีใช้ปิดดิน ครอบป้องกันดิน 6) เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 105 ± 5 องศาเซลเซียส 7) ครอบป้องกันตัวอย่างดิน 8) ถาดใส่ดิน		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วย การหาค่าความหนาแน่น ของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 9.1 แสดงขวดแก้ว,กรวยและฐานรอง รูปที่ 9.2 แสดงถ้วยเจาะดิน, ค้อน, แปรง, กระจกป้องกันใส่ดิน

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มี.ย. 2552



รูปที่ 9.3 แสดงเครื่องชั่งดิน 0.10 กรัมถึง 10 กิโลกรัม

รูปที่ 9.4 แสดงถาดใส่ดิน

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มี.ย. 2552



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วย การหาค่าความหนาแน่น ของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 9.5 แสดงทรายอัดดาว

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มี.ย. 2552

9.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

- 1) ทรายสำหรับหาปริมาตรหลุมคือ ทรายอัดดาว เป็นทรายที่มีขนาดเท่าๆกันหรือ ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 และค้างบนตะแกรงเบอร์ 30

9.3.4 แบบฟอร์ม

- 1) ตารางที่ 9.3 ก. การหาน้ำหนักทรายเต็มกรวย
- 2) ตารางที่ 9.3 ข. การหาความหนาแน่นของทรายที่ใช้ในการทดสอบ
- 3) ตารางที่ 9.3 ค. ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนาม



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วย การหาค่าความหนาแน่น ของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

9.3.5 ขั้นตอนการทดลอง

1.1 การหาน้ำหนักของทรายในกรวย

- 1) ชั่งขวดที่มีทรายบรรจุอยู่
- 2) วางเครื่องมือลักษณะหัวลงบนพื้นราบและเปิดลิ้นปล่อยให้ทรายไหล ระวังอย่าให้เกิดการสั่นสะเทือน
- 3) ปิดลิ้นทันทีเมื่อทรายหยุดไหล ชั่งน้ำหนักของเครื่องมือและทรายที่เหลือในขวด ก็จะทราบน้ำหนักของทรายที่มีปริมาตรเท่ากรวย
- 4) ทำการทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยมาเพื่อใช้ในการทดลองในสนามต่อไป

1.2 การหาความหนาแน่นของทรายที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) นำโมลทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐานมาประกอบเข้ากับฐานแล้วชั่งน้ำหนัก ซึ่งจะได้น้ำหนักโมล
- 2) นำขวดใส่ทรายประมาณครึ่งขวดพร้อมทั้งกรวยมาวางบนโมลให้ได้ระดับที่สม่ำเสมอ แล้วเปิดวาล์วปล่อยให้ทรายไหลตกอย่างอิสระโดยพยายามอย่าให้เกิดการสั่นสะเทือน เมื่อแน่ใจว่าทรายหยุดไหลแล้วทำการปิดวาล์ว หางกรวยทรายขึ้นวางไว้ ใช้มีดเหล็กคันตรงหรือแผ่นเหล็กปาดทรายที่ล้นบนขอบโมลให้เสมอกับขอบโมลและใช้แปรงขนอ่อนค่อยๆ ปัดทรายออกจากฐานโมลให้สะอาดแล้วนำไปชั่งจะได้ น้ำหนักทรายรวมกับโมลเมื่อหักน้ำหนักโมลออกก็จะได้น้ำหนักทรายที่อยู่ในโมล
- 3) ใช้เวอร์เนียหรือไม้บรรทัดวัดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงโมลเพื่อหาปริมาตร
- 4) ทำการทดสอบแบบเดียวกันนี้ 2 – 3 ครั้งเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยที่ถูกต้องที่สุดแล้วนำค่าน้ำหนักทรายในโมลและปริมาตรของโมลไปหาค่าความหนาแน่นของทราย



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วย การหาค่าความหนาแน่น ของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

1.3 การทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนาม

- 1) ปรับพื้นที่ทดลองให้เรียบและได้ระดับ จากนั้นก็วางแผ่นฐานให้สนิทกับพื้นดิน แล้วตอกตะปูยึดแผ่นฐานให้แน่น ปิดฝุ่นที่ผิวดินและที่แผ่นฐานออกให้หมด
- 2) ใช้สีกัด เจาะดินบริเวณตรงกลางแผ่นฐานรองให้มีความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร และกันหลุมที่เจาะจะต้องมีขนาดเท่ากับปากหลุมเจาะ ดินที่ขุดจากหลุมจะต้องเก็บให้หมดโดยใช้ช้อนเล็กตัก ในกรณีเหลือดินน้อยๆ ให้ใช้แปรงทาสีปัดเศษดินที่อยู่ในหลุมให้เรียบร้อย
- 3) นำดินที่ได้จากการขุดมาชั่งและจดบันทึกค่าไว้ หลังจากนั้นนำดินส่วนหนึ่งที่ขุดได้ไปชั่งเสร็จแล้วนำไปเข้าเตาอบเพื่อหาค่าปริมาณความชื้น
- 4) ทำการคว่ำขวดทรายที่เตรียมไว้แล้วลงบนปากหลุม โดยให้กรวยทรายพอดีกับแผ่นฐานรองแล้วเปิดวาล์วระวังอย่าให้เกิดการกระทบกระเทือนในขณะที่ปล่อยทรายลงหลุม เพราะจะทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง
- 5) สังเกตว่าเมื่อทรายที่ปล่อยลงหลุมหยุดไหลแล้ว ก็ทำการปิดวาล์วแล้วนำทรายที่เหลืออยู่ในขวดไปชั่งน้ำหนักพร้อมกับกรวยทรายและจดบันทึกค่าไว้
- 6) นำทรายที่อยู่ในหลุมใส่ลงในขวดตามเดิมโดยพยายามอย่าให้มีดินที่อยู่ในกันหลุม ดิดทรายขึ้นมาด้วย เพราะว่าทรายที่เก็บขึ้นมาจะต้องทดสอบในหลุมอื่นๆ อีกต่อไป



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วย การหาค่าความหนาแน่น ของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 9.6 แสดงการวางแผ่นฐานและตอกตะปูที่มุม รูปที่ 9.7 แสดงการสกัดดินตรงกลางแผ่นฐานรอง
ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552



รูปที่ 9.8 แสดงความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร รูปที่ 9.9 แสดงการคว่ำขวดทรายลงบนปากหลุม
ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วยการหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง
9.3.6 การรายงาน 1) ให้รายงานชื่อของโครงการ, ที่ตั้งของโครงการ, ชั้นของวัสดุ, ชนิดของวัสดุ, ตำแหน่งที่ทดลอง, ผู้ที่ทำการทดลอง, วันเวลาที่ทดลอง, ความแน่นของทรายที่หาได้, ความหมายของชั้นต่างๆ ตามสัญญาและความหนาจริงในการก่อสร้าง 2) ปริมาณความชื้นในมวลดิน คิดเป็นร้อยละ 3) ค่าความหนาแน่นแห้งของดิน 4) เปอร์เซ็นต์การบดอัด		
9.3.7 ข้อควรระวัง 1) ก่อนทำการทดลองจะต้องตรวจสอบหาค่าคงที่ของเครื่องมืออุปกรณ์และทรายที่ใช้ในการทดลองก่อน 2) ระหว่างการปล่อยให้ทรายในขวดไหลลงสู่กรวยอย่างอิสระ ต้องไม่ให้มีการสั่นหรือกระแทกในบริเวณใกล้ๆ ขวด 3) แผ่นฐานที่วางบนพื้นทดสอบต้องไม่ให้เคลื่อนตัวได้ 4) ต้องปิดวาล์วก่อนคว้าขวดทรายทุกครั้ง 5) ในขณะที่เคลื่อนย้ายเครื่องมือ ให้อุ้มขวดโดยตรงหรือทำที่หิ้วขวด เพราะกรวยมักจะขาดตรงบริเวณวาล์วถ้าจับหิ้วที่กรวย 6) ทรายที่ให้ทดสอบต้องสะอาดและแห้ง		
9.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ 1) การหาความหนาแน่นของดินในสนาม โดยวิธีกรวยทราย เป็นการหาความหนาแน่นของดินกล่าวคือ การหาน้ำหนักของดินในบริเวณที่บดอัดด้วยเครื่องมือหรือเครื่องจักรกลเรียบเรียบร้อยแล้วหารด้วยปริมาตรของหลุมที่ขุดดินออกมา		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วยการหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

2) การที่จะหาปริมาตรของหลุมที่กล่าวนี้ จำเป็นจะต้องวัดหรือใช้วัสดุ ที่ทราบความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะที่แน่นอนแล้วไปแทนที่ในหลุมที่ขุดถูกรังขึ้นมา คือวิธีการใช้ทรายช่วยในการหาปริมาตร ของหลุม ทรายที่นิยมใช้คือ ทรายอ็อคควาซึ่งมีเม็ดของทราย กลมและขนาดเท่ากันเพื่อให้ได้ความหนาแน่นที่เท่ากันโดยตลอด และไม่เกิดการแยกตัวของเม็ดหยาบและเม็ดเล็ก ขณะทำการทดลอง โดยนำผลในสนามมาคิดเทียบเป็นร้อยละกับผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ

9.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลอง

ตารางที่ 9.3 ก. แสดงตัวอย่างตารางหาน้ำหนักทรายเต็มกรวย

ครั้งที่	1	2	3
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำ กรัม	7,300.00	6,010.00	4,720.00
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำ กรัม	6,010.00	4,720.00	3,430.00
น้ำหนักของทรายในกรวย กรัม	1,290	1,290	1,290
เฉลี่ยน้ำหนักทรายเต็มกรวย กรัม	1,290		

ตารางที่ 9.3 ข. แสดงตัวอย่างตารางความหนาแน่นของทรายที่ใช้ในการทดสอบ

ครั้งที่	1	2	3
ปริมาตรโมล ซม. ³	2,121.56	2,121.56	2,121.56
น้ำหนักทรายในโมล กรัม	1,375.00	1,368.70	1,360.00
ความหนาแน่นทราย กรัม/ซม. ³	1.54	1.55	1.56
เฉลี่ยความหนาแน่น กรัม/ซม. ³	1.55		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วยการหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 9.3 ค. แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณการทดลอง

กระป๋องอบดินหมายเลข		1	2	3	4
น้ำหนักกระป๋อง + ดินขึ้น	กรัม	179.02	179.55	173.55	172.59
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	167.88	168.79	163.12	163.12
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	30.12	30.08	29.94	29.87
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	11.14	10.76	10.43	9.47
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	137.76	138.71	133.18	133.25
ปริมาณของน้ำในดิน	%	8.09	7.76	7.83	7.11
น้ำหนักถาด + ดินขึ้น	กรัม	2,942.50	2,918.70	2,985.30	2,963.10
น้ำหนักถาด	กรัม	700.00	700.00	700.00	700.00
ความหนาแน่นของทราย	กรัม/ซม. ³	1.55	1.55	1.55	1.55
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำทราย	กรัม	6,700.00	6,685.50	6,672.40	6,654.90
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำทราย	กรัม	3,458.70	3,469.80	3,413.00	3,412.70
น้ำหนักของทรายในกรวย	กรัม	1,290.00	1,290.00	1,290.00	1,291.00
น้ำหนักของทรายในหลุม	กรัม	1,951.30	1,925.70	1,969.40	1,951.20
ปริมาตรของหลุม	ซม. ³	1,258.90	1,242.39	1,270.58	1,258.84
ความหนาแน่นของดินขึ้น	กรัม/ซม. ³	1.781	1.786	1.799	1.798
ความหนาแน่นของดินแห้ง	กรัม/ซม. ³	1.648	1.657	1.668	1.678
เปอร์เซ็นต์การบดอัด	%	96.94	97.49	98.12	98.73



9.4 การคำนวณที่ได้จากการทดลองการหาความหนาแน่นของดิน

1) คำนวณหาค่าความหนาแน่นของทราย

$$\gamma_{\text{Sand}} = \frac{W_{\text{Sand}}}{V} \dots\dots\dots(9.2)$$

เมื่อ γ_{Sand} = ความหนาแน่นของทรายมีหน่วยเป็น
กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ลบ.ชม.)
 W_{Sand} = น้ำหนักของทรายเต็มขวดมีหน่วยเป็นกรัม
 V = ปริมาตรของขวดมีหน่วยเป็น(ลบ.ชม.)

2) คำนวณหาน้ำหนักของทรายในหลุม

2.1) น้ำหนักของทรายในกรวย

$$W_3 = W_1 - W_2 \dots\dots\dots(9.3)$$

เมื่อ W_3 = น้ำหนักของทรายเต็มกรวยมีหน่วยเป็นกรัม
 W_1 = น้ำหนักของทรายในขวด+น้ำหนักกรวยมีหน่วยเป็นกรัม
 W_2 = น้ำหนักของทรายในขวดและน้ำหนักกรวยหลังจากการทดลอง
มีหน่วยเป็นกรัม

2.2) น้ำหนักของทรายในกรวยและทรายในหลุม

$$W_4 = W_5 - W_6 \dots\dots\dots(9.4)$$

W_2 = น้ำหนักของทรายในหลุมและในกรวยมีหน่วยเป็นกรัม
 W_5 = น้ำหนักของทรายในขวดและน้ำหนักกรวยก่อนการทดลอง
มีหน่วยเป็นกรัม
 W_6 = น้ำหนักของทรายในขวดและน้ำหนักกรวยหลังการทดลอง
มีหน่วยเป็นกรัม



2.3) คำนวณหาน้ำหนักของทรายในหลุม

$$W_7 = W_4 - W_3 \dots\dots\dots(9.5)$$

$$W_7 = \text{น้ำหนักของทรายในหลุมมีหน่วยเป็นกรัม}$$

$$W_4 = \text{น้ำหนักของทรายในขวดและน้ำหนักกรวยมีหน่วยเป็นกรัม}$$

$$W_3 = \text{น้ำหนักของทรายเต็มกรวยมีหน่วยเป็นกรัม}$$

3) ปริมาตรของหลุม

ปริมาตรของหลุม (V_1)

$$V_1 = \frac{W_7}{\gamma_{\text{Sand}}} \dots\dots\dots(9.6)$$

$$V_1 = \text{ปริมาตรของหลุมที่ขุดดินขึ้นมา มีหน่วยเป็น ซม.}^3$$

$$W_7 = \text{น้ำหนักของทรายในหลุมมีหน่วยเป็นกรัม}$$

$$\gamma_{\text{Sand}} = \text{ความหนาแน่นของทรายที่ใช้ทดลอง มีหน่วยเป็นกรัมต่อ ซม.}^3$$

4) ความหนาแน่นของดินชื้น (γ_{wet})

$$\gamma_{\text{wet}} = \frac{W_{\text{wet}}}{V} \dots\dots\dots(9.7)$$

$$\gamma_{\text{wet}} = \text{ความหนาแน่นของดินชื้น}$$

$$W_{\text{wet}} = \text{น้ำหนักของดินชื้นที่ขุดจากหลุมมีหน่วยเป็นกรัม}$$

$$V = \text{ปริมาตรของหลุมมีหน่วยเป็น ซม.}^3$$

5) ความหนาแน่นของดินแห้ง (γ_{dry})

$$\gamma_{\text{dry}} = \frac{\gamma_{\text{wet}}}{1 + \frac{\omega}{100}} \dots\dots\dots(9.8)$$

$$\gamma_{\text{dry}} = \text{ความหนาแน่นของดินแห้งมีหน่วยเป็นกรัม./ซม.}^3$$

$$\gamma_{\text{wet}} = \text{ความหนาแน่นของดินเปียกมีหน่วยเป็นกรัม./ซม.}^3$$

$$\omega = \text{ปริมาณความชื้นของดินมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์}$$



6) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดสอบความหนาแน่นของดิน

ตารางที่ 9.4 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความหนาแน่นทรายตัวอย่างที่ 1

ครั้งที่	1	จากการบันทึกข้อมูล
ปริมาตรโมล ซม. ³	2,121.56	จากการวัดขนาด
น้ำหนักทรายในโมล กรัม	1,375.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความหนาแน่นทราย กรัม/ซม. ³	1.54	$= \frac{1,375}{2,121.56} = 1.54$
เฉลี่ยความหนาแน่น กรัม/ซม. ³	1.54	

ตารางที่ 9.5 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความหนาแน่นทรายตัวอย่างที่ 2

ครั้งที่	2	จากการบันทึกข้อมูล
ปริมาตรโมล ซม. ³	2,121.56	จากการวัดขนาด
น้ำหนักทรายในโมล กรัม	1,368.70	จากการชั่งน้ำหนัก
ความหนาแน่นทราย กรัม/ซม. ³	1.55	$= \frac{1,368.50}{2,121.56} = 1.55$
เฉลี่ยความหนาแน่น กรัม/ซม. ³	$= \frac{1.54 + 1.55}{2} = 1.545$	

ตารางที่ 9.6 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความหนาแน่นทรายตัวอย่างที่ 3

ครั้งที่	3	จากการบันทึกข้อมูล
ปริมาตรโมล ซม. ³	2,121.56	จากการวัดขนาด
น้ำหนักทรายในโมล กรัม	1,360.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความหนาแน่นทราย กรัม/ซม. ³	1.56	$= \frac{1,360}{2,121.56} = 1.56$
เฉลี่ยความหนาแน่น กรัม/ซม. ³	$\frac{1.54 + 1.55 + 1.56}{3} = 1.55$	



ตารางที่ 9.7 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความหนาแน่นดินตัวอย่างที่ 1

กระป๋องอบดินหมายเลข		1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินขึ้น	กรัม	179.02	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	167.88	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	30.12	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	11.14	$= 179.02 - 167.88 = 11.14$
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	137.76	$= 167.88 - 30.12 = 137.76$
ปริมาณของน้ำในดิน	%	8.09	$= \frac{11.14}{137.76} \times 100 = 8.09$
น้ำหนักถาด + ดินขึ้น	กรัม	2,942.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักถาด	กรัม	700.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความหนาแน่นของทราย	กรัม/ซม. ³	1.55	จากตารางที่ 9.3 ข.
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำทราย	กรัม	6,700.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำทราย	กรัม	3,458.70	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของทรายในกรวย	กรัม	1,290.00	จากตารางที่ 9.3 ก.
น้ำหนักของทรายในหลุม	(กรัม)	1,951.30	$= 6,700 - 3,458.70 - 1,290 = 1,951.30$
ปริมาตรของหลุม	(ซม. ³)	1,258.90	$= \frac{1,951.3}{1.55} = 1,258.90$
ความหนาแน่นของดินขึ้น	กรัม/ซม. ³	1.781	$= \frac{2,945.50 - 700}{1,258.90} = 1.781$
ความหนาแน่นของดินแห้ง	กรัม/ซม. ³	1.648	$= \frac{1.78}{1 + \frac{8.09}{100}} = 1.648$
เปอร์เซ็นต์การบดอัด	%	96.94	$= \frac{1.648}{1.70} \times 100 = 96.64\%$

ความหนาแน่นแห้งสูงสุดในห้องทดลอง (γ_d) = 1.70 กรัม/ซม.³



ตารางที่ 9.8 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความหนาแน่นดินตัวอย่างที่ 2

กระป๋องอบดินหมายเลข		2	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชั้น	กรัม	179.55	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	168.79	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	30.08	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	10.76	$= 179.55 - 168.79 = 10.76$
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	138.71	$= 168.79 - 30.08 = 10.76$
ปริมาณของน้ำในดิน	%	7.76	$= \frac{10.76}{138.71} \times 100 = 7.76$
น้ำหนักถาด + ดินชั้น	กรัม	2,918.70	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักถาด	กรัม	700.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความหนาแน่นของทราย	กรัม/ซม. ³	1.55	จากตารางที่ 9.3 ข.
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำทราย	กรัม	6,685.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำทราย	กรัม	3,469.80	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของทรายในกรวย	กรัม	1,290.00	จากตารางที่ 9.3 ก.
น้ำหนักของทรายในหลุม	กรัม	1,925.70	$= 6,685.50 - 3,469.80 - 1,290 = 1,925.70$
ปริมาตรของหลุม	ซม. ³	1,242.39	$= \frac{1,925.70}{1.55} = 1,242.39$
ความหนาแน่นของดินชั้น	กรัม/ซม. ³	1.786	$= \frac{2,918.70 - 700}{1,242.39} = 1.786$
ความหนาแน่นของดินแห้ง	กรัม/ซม. ³	1.657	$= \frac{1.786}{1 + \frac{7.76}{100}} = 1.657$
เปอร์เซ็นต์การบดอัด	%	97.49	$= \frac{1.657}{1.70} \times 100 = 97.49\%$



ตารางที่ 9.9 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความหนาแน่นดินตัวอย่างที่ 3

กระป๋องอบดินหมายเลข		3	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินขึ้น	กรัม	173.55	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	163.12	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	29.94	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	10.43	$= 173.55 - 163.12 = 10.43$
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	133.18	$= 163.12 - 29.94 = 133.18$
ปริมาณของน้ำในดิน	%	7.83	$= \frac{10.43}{133.18} \times 100 = 7.83$
น้ำหนักถาด + ดินขึ้น	กรัม	2,985.30	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักถาด	กรัม	700.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความหนาแน่นของทราย	กรัม/ซม. ³	1.55	จากตารางที่ 9.3 ข.
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำทราย	กรัม	6,672.40	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำทราย	กรัม	3,413.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของทรายในกรวย	กรัม	1,290.00	จากตารางที่ 9.3 ก.
น้ำหนักของทรายในหลุม	กรัม	1,969.40	$= 6,672.40 - 3,413 - 1,290 = 1,969.40$
ปริมาตรของหลุม	ซม. ³	1,270.58	$= \frac{1,969.40}{1.55} = 1,270.58$
ความหนาแน่นของดินขึ้น	กรัม/ซม. ³	1.799	$= \frac{2,0985.30 - 700}{1,2270.58} = 1.799$
ความหนาแน่นของดินแห้ง	กรัม/ซม. ³	1.668	$= \frac{1.799}{1 + \frac{7.83}{100}} = 1.668$
เปอร์เซ็นต์การบดอัด	%	98.12	$= \frac{1.668}{1.70} \times 100 = 98.12\%$



ตารางที่ 9.10 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความหนาแน่นดินตัวอย่างที่ 4

กระป๋องอบดินหมายเลข		4	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินขึ้น	กรัม	172.59	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	163.12	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	29.87	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	9.47	$= 172.59 - 163.12 = 9.47$
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	133.25	$= 163.12 - 29.87 = 133.25$
ปริมาณของน้ำในดิน	%	7.11	$= \frac{9.47}{133.25} \times 100 = 7.11$
น้ำหนักถาด + ดินขึ้น	กรัม	2,963.10	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักถาด	กรัม	700.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความหนาแน่นของทราย	กรัม/ซม. ³	1.55	จากตารางที่ 9.3 ข.
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำทราย	กรัม	6,654.90	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำทราย	กรัม	3,412.70	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของทรายในกรวย	กรัม	1,290.00	จากตารางที่ 9.3 ก.
น้ำหนักของทรายในหลุม	กรัม	1,951.20	$= 6,654 - 3,412.70 - 1,290 = 1,951.20$
ปริมาตรของหลุม	ซม. ³	1,258.84	$= \frac{1,951.20}{1.55} = 1,258.84$
ความหนาแน่นของดินขึ้น	กรัม/ซม. ³	1.798	$= \frac{2,963.10 - 700}{1,258.84} = 1.798$
ความหนาแน่นของดินแห้ง	กรัม/ซม. ³	1.678	$= \frac{1.798}{1 + \frac{7.11}{100}} = 1.678$
เปอร์เซ็นต์การบดอัด	%	98.73	$= \frac{1.678}{1.70} \times 100 = 98.73\%$



แบบทดสอบที่ 9 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 9 เรื่อง การทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. คำว่า 95 % Modified Compact Test คือ
 - ก. ความหนาแน่นแห้ง 95%
 - ข. ความหนาแน่นแห้งสูงสุด 95%
 - ค. ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 95%
 - ง. ปริมาณความชื้นสูงสุด 95%
2. ถ้าทรายมีความหนาแน่นเท่ากับ 1.60 กรัม/ซม.³ เทรายลงหลุมทั้งหมดเท่ากับ 4,800 กรัม ปริมาตรของหลุมจะเท่ากับเท่าใด
 - ก. 7,680 ซม.³
 - ข. 4,798.40 ซม.³
 - ค. 3,000 ซม.³
 - ง. 1,527.27 ซม.³
3. ทรายที่นิยมใช้ในการทดสอบ หาความหนาแน่นของดินในสนามคือทราย
 - ก. Uniform Sand
 - ข. Ottawa Sand
 - ค. River Sand
 - ง. Sand Cone Method
4. ความหนาแน่นของทรายจะมีค่าเท่าใด ถ้าปริมาตรของทรายเท่ากับ 2,000 ซม.³ และมีน้ำหนักเท่ากับ 1,200 กรัม
 - ก. 3,200 กรัม/ซม.³
 - ข. 800 กรัม/ซม.³
 - ค. 1.66 กรัม/ซม.³
 - ง. 0.60 กรัม/ซม.³



5. ความหนาแน่นเปียกมีค่า $1,500 \text{ กรัม/ชม}^3$ และปริมาณน้ำในดินมีค่า 10% ความหนาแน่นแห้งคือ
- ก. $1,490 \text{ กรัม/ชม}^3$
 - ข. $1,363.63 \text{ กรัม/ชม}^3$
 - ค. $1,000 \text{ กก/ม}^3$
 - ง. 150 กรัม/ชม^3
6. จากข้อ 5 ความหนาแน่นแห้ง 95 % มีค่าเท่าใด
- ก. 1415.5 กรัม/ชม^3
 - ข. $1295.44 \text{ กรัม/ชม}^3$
 - ค. 950 กรัม/ชม^3
 - ง. 142.50 กรัม/ชม^3
7. ทราบในข้อใดที่สามารถใช้ในการหาความหนาแน่นได้
- ก. ทราบที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ค้างตะแกรงเบอร์ 30
 - ข. ทราบที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 ค้างตะแกรงเบอร์ 60
 - ค. ทราบที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ค้างตะแกรงเบอร์ 60
 - ง. ทราบที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 50 ค้างตะแกรงเบอร์ 100
8. เครื่องมือกระทุ้งบดอัดดินแบบสันสะท้อนเหมาะสำหรับดินประเภทใด
- ก. ทราบละเอียดและผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 12%
 - ข. ดินเม็ดหยาบและผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 12%
 - ค. กรวดและผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 5%
 - ง. ดินเม็ดหยาบและผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 5%
9. ดินในสนามที่ต้องขุดเจาะ ควรจะขุดลึกเท่าใด
- ก. 3 นิ้ว
 - ข. 4 นิ้ว
 - ค. 5 นิ้ว
 - ง. 6 นิ้ว
10. ปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัดดินซึ่งทำให้ดินแน่นดีที่สุดคือข้อใด
- ก. Max Water Content
 - ข. Avertage Water Content
 - ค. Optimum Moisture Content
 - ง. Min Water Content



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

-2.1 การหาความหนาแน่นของดินในสนามมีอยู่ 2 วิธี
-2.2 ดินที่มีขนาดใหญ่ $\frac{1}{2}$ นิ้ว ต้องเก็บดินไปบอบอย่างน้อย 200 กรัม
-2.3 มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนามคือ
ASTM 1556-00
-2.4 การหาความหนาแน่นของดินในสนามโดยวิธีกรวยทรายเป็นการหาน้ำหนัก
ของดินที่บดอัดแล้วหารด้วยปริมาตรของหลุมที่ขุดดินออกมา
-2.5 ดินขุดขึ้นมาจากหลุมควรจะนำไปบอบทันที
-2.6 หลังจากฝนหยุดตกใหม่ๆ สามารถทดสอบหาความหนาแน่นดินในสนามได้
-2.7 ดินที่ขุดขึ้นจากหลุมต้องเก็บไปชั่งทุกก้อน อย่าให้หล่นออกจากถาด
-2.8 ระหว่างการคว่ำขุดทรายลงหลุมให้เขย่าขวดเพื่อทรายจะได้ไหลสะดวก
-2.9 ในสนามจริงสามารถหาน้ำหนักดินแห้งได้โดยการนำดินไปคั่วในกระทะ
ร้อนที่ตั้งบนเตาไฟได้
-2.10 การบดอัดดินประเภทดินเหนียวควรใช้รถบดชนิดลูกกลิ้งเหล็กดินเกาะ



ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนาม

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยเลือกพื้นที่ในสนามจริงที่ผ่านการบดอัดแล้ว และให้ทำการทดสอบการหาความหนาแน่นดิน โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้
 - 1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการหาความหนาแน่นของดินจำนวน 4 หลุม
 - 2) บันทึกการทดลองที่ได้ ลงในตารางที่ 9.11, 9.12 และ 9.13
 - 3) คำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ ในแต่ละตัวอย่าง
 - 4) คำนวณหาค่าความหนาแน่นเปียกในแต่ละตัวอย่าง
 - 5) คำนวณหาค่าความหนาแน่นแห้งในแต่ละตัวอย่าง
 - 6) คำนวณหาความหนาแน่นของดินในสนาม
 - 7) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์บดอัดดิน
 - 8) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ



ตารางที่ 9.11 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาน้ำหนักทรายเต็มกรวย

ครั้งที่			
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำ กรัม			
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำ กรัม			
น้ำหนักของทรายในกรวย กรัม			
เฉลี่ยน้ำหนักทรายเต็มกรวย กรัม			

ตารางที่ 9.12. แสดงตารางหาความหนาแน่นของทรายที่ใช้ในการทดสอบ

ครั้งที่			
ปริมาตรโมล ซม. ³			
น้ำหนักทรายในโมล กรัม			
ความหนาแน่นทราย กรัม/ซม. ³			
เฉลี่ยความหนาแน่น กรัม/ซม. ³			



ตารางที่ 9.13 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนาม

กระป๋องอบดินหมายเลข				
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชั้น	กรัม			
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม			
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม			
น้ำหนักของน้ำ	กรัม			
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม			
ปริมาณของน้ำในดิน	%			
น้ำหนักถาด + ดินชั้น	กรัม			
น้ำหนักถาด	กรัม			
ความหนาแน่นของทราย	กรัม/ซม. ³			
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำทราย	กรัม			
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำทราย	กรัม			
น้ำหนักของทรายในกรวย	กรัม			
น้ำหนักของทรายในหลุม	กรัม			
ปริมาตรของหลุม	ซม. ³			
ความหนาแน่นของดินชั้น	กรัม/ซม. ³			
ความหนาแน่นของดินแห้ง	กรัม/ซม. ³			
เปอร์เซ็นต์การบดอัด	%			