

CE 372 ENGINEERING SOIL TESTS

การทดสอบเรื่องที่ 2

การทดสอบเพื่อประเมินค่าความถ่วงจำเพาะของดิน

TEST FOR SPECIFIC GRAVITY OF SOILS

1. บทนำ

มวลดินธรรมชาติประกอบไปด้วยเม็ดดินจำนวนมากรวมตัวกันอยู่เป็นมวลดิน เม็ดดินแต่ละเม็ดมีกำเนิดมาจากหินชนิดเดียวกัน หรือต่างชนิดกัน หรือโครงสร้างภายในผ่านการเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการทางเคมีที่แตกต่างกัน ทำให้เม็ดดินแต่ละเม็ดมีค่าความถ่วงจำเพาะ หรือ specific gravity ไม่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อเม็ดดินจำนวนมากมารวมตัวกันเป็นมวลดินจึงจำเป็นต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะของมวลดินนั้นค่าหนึ่ง โดยกำหนดขึ้นจากค่าเฉลี่ยของค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินทั้งหมดในมวลดินนั้น เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณประเมินค่าคุณสมบัติทางกายภาพ และวิเคราะห์ผลการทดสอบทางวิศวกรรมอื่นๆของมวลดินนั้นต่อไป หนึ่ง คำว่า ค่าความถ่วงจำเพาะ ในตำรา Soil Mechanics ทั่วไป จะใช้ศัพท์ภาษาอังกฤษว่า specific gravity แต่ในตำราบางเล่ม จะใช้คำว่า relative density แทนในความหมายเดียวกัน ซึ่งอาจทำให้เกิดความสับสนได้ เนื่องจากคำว่า relative density นี้ ได้มีการนำไปใช้โดยมีความหมายต่างๆกันอีกหลายกรณี

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

เพื่อให้ให้นักศึกษาได้เรียนรู้ ทำความเข้าใจ และฝึกปฏิบัติการทดสอบเพื่อประเมินค่าความถ่วงจำเพาะ ของมวลดินคละที่ประกอบไปด้วยเม็ดดินขนาดเล็กกว่า 4.75 มม. รวมไปถึงการคำนวณที่เกี่ยวข้อง

3. เอกสารอ้างอิง

- 3.1 มาตรฐาน ASTM D 854
Standard Test Method for Specific Gravity of Soils
- 3.2 มาตรฐาน AASHTO DESIGNATION T 100
Standard Method of Tests for Specific Gravity of Soils
- 3.3 มาตรฐานอังกฤษ (BRITISH STANDARD) BS 1377:1975 TEST 6
Determination of the Specific Gravity of Soil Particles
- 3.4 BOWLES, J.E. (1992)
"Engineering Properties of Soils and their Measurement "
McGraw-Hill Book Co.; Fourth Edition 1992; Experiment No.7

4. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ค่าความถ่วงจำเพาะหรือ specific gravity ของวัสดุใดๆ ตามหลักการทางฟิสิกส์ เป็นค่าอัตราส่วนระหว่าง ความหนาแน่นของวัสดุนั้น กับความหนาแน่นของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 4°C หรือ

$$G_s = \frac{\rho_s}{\rho_{w4}} = \frac{W_s}{V_s} \times \frac{1}{\rho_{w4}} \dots\dots\dots (2.1)$$

- เมื่อ G_s เป็นค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุ ซึ่งในที่นี้ เป็นเม็ดดินในมวลดินกละ
- ρ_s เป็นค่าความหนาแน่นของเม็ดดินในมวลดินกละ
- ρ_{w4} เป็นค่าความหนาแน่นมวลของน้ำบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิ 4°C
- W_s เป็นมวลรวมของเม็ดดินในมวลดินกละภายใต้การพิจารณา
- V_s เป็นปริมาตรรวมของเม็ดดินในมวลดินกละที่มีมวล W_s นั้น

ในการหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินในมวลดินกละ มวลรวมของเม็ดดิน (W_s) จะหาได้จากการชั่งน้ำหนักมวลดินแห้งที่ใช้ทำการทดสอบ ส่วนปริมาตรรวม (V_s) หาได้โดยการนำมวลดิน W_s นั้น ไปแทนที่น้ำบริสุทธิ์ในขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะ (pycnometer) ซึ่งเป็นขวดที่มีปริมาตรคงที่ น้ำหนักน้ำบริสุทธิ์ในขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะที่ถูกมวลดินกละแทนที่ (W_{wT}) ซึ่งมีอุณหภูมิ $T^\circ\text{C}$ ใดๆ จะมีปริมาตร V_{wT} เท่ากับปริมาตรของมวลดินกละที่ใช้ทำการทดสอบ (V_s) โดยที่

$$V_{wT} = \frac{W_{wT}}{\rho_{wT}} = V_s \dots\dots\dots (2.2)$$

- เมื่อ V_{wT} เป็นปริมาตรของน้ำบริสุทธิ์ที่มีมวล W_{wT} ที่อุณหภูมิ $T^\circ\text{C}$
- W_{wT} เป็นมวลของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ $T^\circ\text{C}$ ที่ถูกแทนที่โดยมวลดินกละ W_s
- ρ_{wT} เป็นความหนาแน่นมวลของน้ำบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิ $T^\circ\text{C}$

เมื่อนำ V_s จากสมการที่ 2.2 ไปแทนค่าในสมการที่ 2.1 จะได้

$$G_s = \frac{W_s}{\rho_{w4}} \times \frac{\rho_{wT}}{W_{wT}} \dots\dots\dots (2.3)$$

ในหน่วยระบบ METRIC และระบบ SI ρ_{w4} มีค่า = 1.000 g/cc ดังนั้น สมการที่ 2.3 จึงเขียนได้เป็น

$$G_s = \rho_{wT} \left(\frac{W_s}{W_{wT}} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินในมวลดินคละที่คำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2.4 นี้เป็นค่าความถ่วงจำเพาะที่อ้างอิงกับค่าความหนาแน่นมวลของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 4 °C ตามสมการที่ 2.1 แต่ตามมาตรฐาน ASTM D 854 และ BOWLES (1992) กำหนดให้ประเมินค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินในมวลดินคละ โดยอ้างอิงกับค่าความหนาแน่นมวลของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 20 °C (ρ_{w20}) ดังนั้น เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน ASTM จึงแก้ไขสมการ 2.1 เป็น

$$G_s = \frac{\rho_s}{\rho_{w20}} = \frac{W_s}{V_s} \times \frac{1}{\rho_{w20}} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

ซึ่งจะทำให้สมการที่ 2.3 เขียนได้เป็น

$$G_s = \frac{W_s}{\rho_{w20}} \times \frac{\rho_{wT}}{W_{wT}}$$

และ
$$G_s = \frac{\rho_{wT}}{\rho_{w20}} \left(\frac{W_s}{W_{wT}} \right) \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

อนึ่ง วิธีการทดสอบที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นวิธีการที่กำหนดไว้เพื่อประเมินค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินในมวลดินคละที่ประกอบไปด้วยเม็ดดินขนาดเล็กกว่า 4.75 มม. หรือมวลดินคละที่สามารถร่อนผ่านตะแกรง ASTM No.4 ได้ทั้งหมด (BRITISH STANDARD กำหนดให้ใช้วิธีการทดสอบนี้กับมวลดินคละที่ประกอบไปด้วยเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า 2.00 มม.) ในกรณีที่มีมวลดินคละประกอบไปด้วยเม็ดดินขนาดต่างๆ ทั้งใหญ่กว่าและเล็กกว่า 4.75 มม. ให้ร่อนมวลดินคละดังกล่าวผ่านตะแกรง ASTM No.4 เสียก่อน มวลดินคละส่วนที่ร่อนผ่านตะแกรง No.4 (เล็กกว่า 4.75 มม.) ให้ทดสอบโดยวิธีการที่กำหนดไว้ในที่นี้ ส่วนของมวลดินคละที่ค้างบนตะแกรง No.4 (ใหญ่กว่า 4.75 มม.) ให้ทดสอบโดยวิธีอื่นที่กำหนดไว้โดยเฉพาะสำหรับมวลคละหยาบ เช่น ASTM C 127 หรือ AASHTO T 85 เป็นต้น

5. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 5.1 ตัวอย่างดินแห้งร่อนผ่านตะแกรง ASTM No.40 หนักประมาณ 50 กรัม
- 5.2 ขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะ ในที่นี้ใช้ volumetric flask ความจุ 500 ml พร้อมจุกปิดขวด
- 5.3 น้ำกลั่นที่ไล่อากาศออกแล้ว
- 5.4 กระบอกลูกแก้ว (measuring cylinder) ความจุ 500 cc 1 ใบ
- 5.5 อุปกรณ์ให้ความร้อน และน้ำเย็น (หรือ น้ำแข็ง)
- 5.6 เทอร์โมมิเตอร์ อ่านค่าได้ในช่วง 0 °C ถึง 50 °C และอ่านได้ละเอียดถึง 1 °C
- 5.7 เครื่องชั่งไฟฟ้า ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม
- 5.8 เตาอบ ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 105 °C - 110 °C

6. วิธีการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรก เป็นการประเมินน้ำหนักของขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะที่ใช้ในการทดสอบในขณะที่มีน้ำเต็มขวด ณ อุณหภูมิต่างๆ (W_{AT}) การทดสอบส่วนนี้เรียกว่า pycnometer calibration หรือ volumetric flask calibration หลังจากได้ข้อมูลนี้แล้ว จึงนำขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะใบเดียวกันนี้ ไปใช้ทดสอบประเมินค่าความถ่วงจำเพาะของมวลดินคละที่กำหนดให้ ต่อไป

6.1 การทดสอบเพื่อ calibrate ขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะ

- 6.1.1 นำขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะ หรือ volumetric flask ที่จะใช้ในการทดลองมาล้างให้สะอาด เช็ดให้แห้ง นำไปชั่งน้ำหนักพร้อมจุกขวด บันทึกน้ำหนักไว้เป็น W_f แล้วเติมน้ำกลั่นให้เต็มถึงระดับเครื่องหมายที่คอขวด นำขวดไปให้ความร้อน จนน้ำเดือดนานประมาณ 10 นาที เพื่อไล่ฟองอากาศออกจากน้ำกลั่น
- 6.1.2 ตั้งขวดทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลง (อาจนำขวดไปแช่ในถังน้ำเย็น เพื่อช่วยให้อุณหภูมิลดลงได้เร็วขึ้น) ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำในขวดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ จนอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 32°C
- 6.1.3 ถ้าระดับน้ำในขวดอยู่ต่ำกว่าระดับเครื่องหมายที่คอขวด ให้เติมน้ำกลั่นจนถึงระดับเครื่องหมายแล้วปิดจุกขวดเช็ดรอบขวดภายนอกให้แห้ง นำไปชั่งน้ำหนักให้ได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม แล้วบันทึกไว้เป็นค่า W_{AT}
- 6.1.4 จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในน้ำในขวด อ่านค่าอุณหภูมิน้ำที่ระดับต่างๆในขวดอย่างรวดเร็ว นำมาหาค่าเฉลี่ย แล้วบันทึกไว้เป็นค่า $T^{\circ}\text{C}$
- 6.1.5 ตั้งขวดทิ้งไว้หรือแช่ในถังน้ำเย็นเพื่อให้อุณหภูมิลดลงต่อไปอีก
- 6.1.6 ทดสอบซ้ำขั้นตอนที่ 6.1.3 ถึง 6.1.5 เมื่อน้ำในขวดมีอุณหภูมิตั้งแต่ 28°C , 24°C , 20°C , และ 16°C (หรือใกล้เคียง) ให้ได้ข้อมูลไม่ต่ำกว่า 4 ค่า
- 6.1.7 นำข้อมูลเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะที่มีน้ำเต็ม (W_{AT}) กับ อุณหภูมิน้ำในขณะนั้นๆ ($T^{\circ}\text{C}$)

6.2 การทดสอบเพื่อประเมินค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

- 6.2.1 นำตัวอย่างดินแห้ง หนักประมาณ 50 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นประมาณ 150 - 200 ml ในกระบอกตวง เขย่าให้เม็ดดินแตกตัวในน้ำกลั่นอย่างทั่วถึง
- 6.2.2 เทน้ำดินจากกระบอกตวงใส่ขวด volumetric flask ที่ calibrate ไว้แล้ว ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างน้ำดินจากกระบอกตวง ลงไปในขวดให้หมด แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ประมาณ 2 ใน 3 ของขวด
- 6.2.3 ทำการไล่ฟองอากาศในส่วนผสม โดยให้ความร้อนจนเดือดประมาณ 10 นาที แล้วเติมน้ำกลั่นที่ไล่ฟองอากาศแล้วลงไปจนเต็มถึงระดับเครื่องหมายที่คอขวด
- 6.2.4 ตั้งขวดทิ้งไว้หรือนำไปแช่ในน้ำเย็น ให้อุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 28°C
- 6.2.5 ตรวจสอบระดับน้ำในขวดอยู่ที่ระดับเครื่องหมายบนคอขวด ปิดจุกขวดให้สนิท เช็ดรอบขวดภายนอกให้แห้ง นำไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกไว้เป็นค่า W_{BT}
- 6.2.6 วัดอุณหภูมิน้ำดินที่ระดับต่างๆในขวด 3-4 ระดับอย่างรวดเร็วทันทีหลังจากชั่งน้ำหนักตามข้อ 6.2.5 เสร็จ นำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วบันทึกไว้เป็นค่า $T^{\circ}\text{C}$

- 6.2.7 ทดสอบซ้ำขั้นตอนที่ 6.2.4 ถึง 6.2.6 เมื่ออุณหภูมิของน้ำดินในขวดลดลงเหลือประมาณ 25°C 22°C และ 20°C ตามลำดับ หรือที่อุณหภูมิใดๆที่ใกล้เคียง ให้ได้ข้อมูลการทดสอบ จำนวน 4 ค่า
- 6.2.8 เทน้ำดินทั้งหมดในขวดลงใส่ภาตสะอาดที่ชั่งน้ำหนักและจดหมายเลขไว้แล้ว ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างเม็ดดินจากขวดลงไปในภาตให้หมดสิ้น
- 6.2.9 นำภาตน้ำดินเข้าเตาอบจนแห้ง แล้วนำภาตดินไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักดินแห้ง (W_s) ที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้

7. การคำนวณผลการทดสอบ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณประเมินค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินในมวลดิน ละเอียด โดยพิจารณาจากสมการที่ 2.4 กำหนดให้ W_{aT} เป็นน้ำหนักขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะเมื่อมีน้ำเต็มที่ อุณหภูมิ $T^{\circ}\text{C}$ และ เมื่อนำขวดดังกล่าว ไปใส่เม็ดดินแห้ง มีมวล W_s แล้วเติมน้ำให้เต็มขวดที่อุณหภูมิ $T^{\circ}\text{C}$ ขวดนี้จะมีน้ำหนัก W_{bT} หากสมมุติว่า เอาเม็ดดิน W_s ใส่ลงไปในขวดที่มีน้ำเต็มอยู่แล้วซึ่งมีน้ำหนัก W_{aT} มวลรวมของขวด ดิน และ น้ำ ในที่นี้ จะเป็น W_t หรือ

$$W_t = W_{aT} + W_s \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

แต่เนื่องจากทำการทดสอบโดยใช้ขวดที่มีปริมาตรคงที่ที่อุณหภูมิ $T^{\circ}\text{C}$ ดังนั้น มวลของน้ำที่ถูกแทนที่ด้วยเม็ดดิน (W_{wT}) จะเป็นมวลของน้ำ ที่มีปริมาตรเท่ากับปริมาตรของเม็ดดิน ที่ใช้ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ $T^{\circ}\text{C}$ โดยที่

$$W_{wT} = W_t - W_{bT} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

ดังนั้น เมื่อนำค่า W_t จากสมการที่ 2.7 มาแทนค่าลงในสมการที่ 2.8 จะได้

$$W_{wT} = W_{aT} + W_s - W_{bT} \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

และเมื่อนำสมการที่ 2.9 ไปแทนค่าในสมการที่ 2.4 จะได้

$$G_s = \frac{\rho_{wT} W_s}{(W_{aT} + W_s - W_{bT})} \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

ในกรณีที่ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM นำสมการที่ 2.9 ไปแทนค่าในสมการที่ 2.6 จะได้

$$G_s = \frac{\rho_{wT}}{\rho_{w20}} \frac{W_s}{(W_{aT} + W_s - W_{bT})} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

โดยที่	G_s	เป็นค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินในมวลดินที่ทำการทดสอบ
	ρ_{WT}	เป็นความหนาแน่นมวลของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ $T^\circ\text{C}$ อ่านค่าได้จากตารางที่ 2.2
	ρ_{W20}	เป็นความหนาแน่นมวลของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 20°C
	W_s	เป็น น้ำหนักดินแห้งที่ใช้ในการทดสอบ
	W_{aT}	เป็นน้ำหนักขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะที่มีน้ำเต็ม ณ อุณหภูมิ $T^\circ\text{C}$ ซึ่งอ่านค่าได้จากกราฟความสัมพันธ์ที่ plot จากการ calibrate ขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะ
	W_{bT}	เป็นน้ำหนักขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะที่มีน้ำผสมเม็ดดินบรรจุอยู่เต็มขวดที่อุณหภูมิ $T^\circ\text{C}$

สมการที่ 2.10 และ สมการที่ 2.11 เป็นสมการที่ใช้คำนวณค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน จากผลการทดสอบตามวิธีการที่กำหนดไว้ใน การทดสอบนี้ อนึ่ง จากการทดสอบนี้จะคำนวณได้ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินตัวอย่างเดียวกัน 4 ค่า ให้พิจารณาความเชื่อถือได้ของผลการทดสอบโดยคำนวณหาอัตราส่วนระหว่าง ค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุด และ ค่าความถ่วงจำเพาะต่ำสุดที่ประเมินได้จากการทดสอบนี้ หากอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าไม่เกิน 1.02 หรือ

$$\frac{\text{Maximum } G_s}{\text{Minimum } G_s} \leq 1.02 \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

หรือ ค่าที่สูงที่สุดและต่ำที่สุดของค่าความถ่วงจำเพาะที่ทดสอบได้ มีความแตกต่างกันไม่เกิน 2% ถือได้ว่า ผลทดสอบดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ที่เชื่อถือได้ ให้คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างดินดังกล่าวเพียงค่าเดียว โดยหาค่าเฉลี่ยของค่าความถ่วงจำเพาะทั้ง 4 ค่าที่ประเมินได้นั้น หากผลการคำนวณในสมการที่ 2.12 มีค่ามากกว่า 1.02 ให้ทำการทดสอบใหม่ จนกว่าจะได้ผลเป็นที่เชื่อถือได้

8. บทวิเคราะห์วิจารณ์

จากวิธีการและผลการทดสอบ ให้พิจารณาว่าจะต้องระมัดระวังอะไรบางอย่างในระหว่างการทดสอบ เพื่อที่จะ ช่วยไม่ให้เกิดความผิดพลาดของผลการทดสอบ และจากค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินที่ประเมินได้จากการทดสอบครั้งนี้ ตัวอย่างดินที่ใช้ทำการทดสอบ น่าจะมีลักษณะ และองค์ประกอบทางเคมีอย่างไร หรือเป็นหินชนิดใด

9. ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทดสอบนี้

9.1 น้ำหนักขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะที่มีน้ำเต็ม (W_{aT}) ที่อุณหภูมิ $T^\circ\text{C}$ ใดๆ สามารถคำนวณได้จากผลการ calibrate เพียงค่าเดียว โดยในขั้นตอนที่ 6.1.2 ปล่อยให้ น้ำในขวดมีอุณหภูมิลดลงจนอยู่ระหว่าง $22^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}$ แล้วเติมน้ำให้เต็ม ปิดจุก นำไปชั่งน้ำหนัก ตามขั้นตอนที่ 6.1.3 บันทึกไว้เป็นค่า W_{aTi} แล้ววัดอุณหภูมิตามขั้นตอนที่ 6.1.4 ได้ค่าอุณหภูมิ เป็น $T^\circ\text{C}$ นำข้อมูลนี้ไปคำนวณโดยใช้สมการที่ 2.13

$$W_{aT} = \left(\frac{\rho_{WT}}{\rho_{WTi}} \right) (W_{aTi} - W_f) + W_f \dots\dots\dots (2.13)$$

- เมื่อ W_{aT} เป็นน้ำหนักขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะที่มีน้ำเต็ม ที่อุณหภูมิ $T^{\circ}C$ ใดๆ
- W_{aTi} เป็นน้ำหนักขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะที่มีน้ำเต็ม ที่อุณหภูมิ $i^{\circ}C$
- ρ_{WT} เป็นความหนาแน่นมวลของน้ำบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิ $T^{\circ}C$ ใดๆ
- ρ_{WTi} เป็นความหนาแน่นมวลของน้ำบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิ $T^{\circ}C$
- W_f เป็นน้ำหนักของขวดหาค่าความถ่วงจำเพาะที่ใช้ calibrate ที่ซึ่งน้ำหนักไว้ตามขั้นตอน 6.1.1

9.2 มวลดินคละที่ประกอบไปด้วยเม็ดดินหลายขนาด ทั้งเม็ดหยาบและเม็ดละเอียด ให้นำมวลดินคละนั้นเข้าเตาอบจนแห้ง แล้วใช้ค้อนยางทุบให้เม็ดดินแยกแตกตัวออกจากกัน นำมวลดินคละไปร่อนผ่านตะแกรง ASTM No.4 (หรือ No.10 แล้วแต่กรณี) แล้วนำไปทดสอบตามวิธีการตามที่กล่าวมาแล้ว สำหรับมวลคละส่วนที่ค้างบนตะแกรง ให้นำไปทดสอบประเมินค่าความถ่วงจำเพาะด้วยวิธีการทดสอบที่กำหนดไว้เป็นการเฉพาะสำหรับมวลดินหยาบ หลังจากนั้น ให้นำผลการประเมินค่าความถ่วงจำเพาะของมวลคละทั้ง 2 ส่วน มาคำนวณเป็นค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของมวลคละทั้งหมด โดยวิธีเฉลี่ยน้ำหนัก คือ

$$G_{S(av)} = \frac{1}{\left(\frac{R}{100 G_{S1}} \right) + \left(\frac{P}{100 G_{S2}} \right)} \dots\dots\dots (2.14)$$

- เมื่อ $G_{S(av)}$ เป็นค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของมวลดินคละทั้งตัวอย่าง
- R เป็นร้อยละโดยน้ำหนักของมวลดินคละส่วนที่เม็ดดินใหญ่กว่า 4.75 มม.
- P เป็นร้อยละโดยน้ำหนักของมวลดินคละส่วนที่เม็ดดินเล็กกว่า 4.75 มม.
- G_{S1} เป็นค่าความถ่วงจำเพาะของมวลดินคละส่วนที่เม็ดดินใหญ่กว่า 4.75 มม.
- G_{S2} เป็นค่าความถ่วงจำเพาะของมวลดินคละส่วนที่เม็ดดินเล็กกว่า 4.75 มม.

9.3 มวลดินคละที่ประกอบไปด้วยเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า 4.75 มม. ทั้งหมด (หรือ เล็กกว่า 2.00 มม. ทั้งหมด แล้วแต่กรณี) จะใช้ตัวอย่างดินที่อบแห้งแล้วหรือจะใช้ตัวอย่างดินที่มีความชื้นตามธรรมชาติมาทำการทดสอบก็ได้ กรณีที่ใช้ตัวอย่างดินที่มีความชื้น มวลดินชื้นที่ใช้ในการทดสอบควรมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ระบุไว้สำหรับดินแห้งเล็กน้อย หลังจากทำการทดสอบแล้ว จึงนำตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดสอบมาอบแห้ง เพื่อหาน้ำหนักดินแห้งที่ใช้ทำการทดสอบในภายหลัง

9.4 การผสมตัวอย่างดินกับน้ำกลั่นโดยเฉพาะตัวอย่างดินเหนียวเม็ดละเอียดที่มีความชื้นตามธรรมชาติ จะต้องกวนผสมให้เม็ดดินแยกแตกตัวออกจากกันในน้ำกลั่นให้ได้มากที่สุด โดยใช้เครื่องปั่นผสมดินแบบใบพัด ทั้งนี้ เพื่อป้องกันมิให้มีฟองอากาศหลงเหลืออยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินที่ยังเกาะตัวเป็นก้อนในส่วนผสมนั้น

9.5 ในการทดสอบเพื่อประเมินค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน เพื่อให้ประกอบการคำนวณผลการทดสอบอื่นๆ ให้ใช้มวลดินคละที่มีลักษณะ คุณสมบัติ และการกระจายของขนาดของเม็ดดิน เช่นเดียวกับตัวอย่างดินที่ใช้ทำการทดสอบนั้นๆ ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถนำค่าความถ่วงจำเพาะที่ประเมินได้ ไปใช้คำนวณร่วมกับผลการทดสอบนั้นๆ ได้อย่างถูกต้อง

ตารางที่ 2.1 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.9999	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9999	0.9998
10	0.9997	0.9996	0.9995	0.9994	0.9993	0.9991	0.9990	0.9988	0.9986	0.9984
20	0.9982	0.9980	0.9978	0.9976	0.9973	0.9971	0.9968	0.9965	0.9963	0.9960
30	0.9957	0.9954	0.9951	0.9947	0.9944	0.9941	0.9937	0.9934	0.9930	0.9926
40	0.9922	0.9919	0.9915	0.9911	0.9907	0.9902	0.9898	0.9894	0.9890	0.9885

ตารางที่ 2.2 ความหนาแน่นมวลของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ		Mass Density of Water (ρ_{WT}) ในหน่วย (g/cc)	Correction Factor K = (ρ_{WT}/ρ_{W20})
C	°F		
4	32.0	1.000 0000	
18	64.4	0.998 6244	1.0004
19	66.2	0.998 4347	1.0002
20	68.0	0.998 2343	1.0000
21	69.8	0.998 0233	0.9998
22	71.6	0.997 8019	0.9996
23	73.4	0.997 5702	0.9993
24	75.2	0.997 3286	0.9991
25	77.0	0.997 0770	0.9989
26	78.8	0.996 8156	0.9986
27	80.6	0.996 5451	0.9983
28	82.4	0.996 2652	0.9980
29	84.2	0.995 9761	0.9977
30	86.0	0.995 6780	0.9974

@@@@@@@@@@@@@@@@

CE 372 ENGINEERING SOIL TESTS

EXPERIMENT No. 2

SPECIFIC GRAVITY TEST

ชื่อ-สกุล รหัส ตอนที่ กลุ่มที่ วันทดสอบ

PYCNOMETER CALIBRATION	หมายเลขขวด ถ.พ.	น้ำหนัก (W _f)	กรัม
ทดสอบครั้งที่	1	2	3
อุณหภูมิน้ำ (degree C)			
น้ำหนักขวด + น้ำเต็มขวด; (W _{aT}) (กรัม)			

SPECIFIC GRAVITY DETERMINATION	1	2	3	4	5
ทดสอบครั้งที่					
น้ำหนักขวด + น้ำ + ตัวอย่างดิน; (W _{bt}) (กรัม)					
อุณหภูมิ; (T) (degree C)					
น้ำหนักขวด + น้ำเต็มขวด; (W _{aT}) (กรัม)					
เครื่องหมายถาดอบตัวอย่างน้ำดิน					
น้ำหนักถาด + ดินแห้ง (กรัม)					
น้ำหนักถาด (กรัม)					
น้ำหนักดินแห้งที่เซ็ดทดสอบ; (W _s) (กรัม)					
ค่าปรับแก้ K ที่อุณหภูมิ T					
SPECIFIC GRAVITY; (G_s)					

PYCNOMETER CALIBRATION CHART

เจลี่ยค่า SPECIFIC GRAVITY	
----------------------------	--

