

CE 372 ENGINEERING SOIL TESTS

การทดสอบเรื่องที่ 1

การทดสอบเพื่อประเมินค่าความชื้นของมวลดิน

LABORATORY DETERMINATION OF MOISTURE CONTENT OF SOILS

การทดสอบเพื่อประเมินค่าหน่วยน้ำหนักมวลดิน

LABORATORY DETERMINATION OF TOTAL UNIT WEIGHT OF SOILS

1. บทนำ

มวลดินประกอบไปด้วยเม็ดดิน (soil particles) และช่องว่างระหว่างเม็ดดิน (voids) น้ำที่มีอยู่ในมวลดิน จะอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน มวลดินที่ไม่มีน้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เรียกว่า ดินแห้ง (dry soil) และมวลดินที่มีน้ำอยู่เต็มช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เรียกว่า มวลดินอิ่มตัว (saturated soil) ในมวลดินทั่วไป ช่องว่างระหว่างเม็ดดินอาจมีน้ำอยู่เป็นบางส่วน ที่ว่างที่เหลือเป็นช่องว่างอากาศ (air voids) มวลดินลักษณะนี้ เรียกว่า มวลดินไม่อิ่มตัว (partially saturated soil) ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในมวลดิน มีผลกระทบต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของมวลดิน นั้นเป็นอย่างมาก มวลดินชนิดเดียวกันและมีช่องว่างระหว่างเม็ดดินเท่ากัน แต่มีปริมาณน้ำในช่องว่างไม่เท่ากัน จะมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ก้อนดินเหนียวแห้งจะมีความแข็งแรงสูง ไม่สามารถบีบหรือปั้นให้เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ แต่ถ้านำก้อนดินเหนียวก้อนนั้นไปแช่น้ำจนอยู่ในสภาพอิ่มตัว (saturated) ความแข็งแรงของก้อนดินเหนียวจะลดลง สามารถบีบหรือปั้นให้เป็นรูปร่างต่างๆได้ การบ่งบอกปริมาณน้ำที่มีอยู่ในมวลดิน ที่ใช้อยู่ในวิชา Soil Mechanics มีอยู่ 2 วิธี คือ

- ก. บ่งบอกปริมาณน้ำทางด้านปริมาตร โดยการเปรียบเทียบปริมาตรน้ำในมวลดิน (V_w) เป็นสัดส่วนของ ปริมาตรช่องว่างระหว่างเม็ดดิน (V_v) ในมวลดินนั้น ค่าที่ได้ เรียกว่า degree of saturation; S_r
- ข. บ่งบอกปริมาณน้ำทางด้านมวล โดยการเปรียบเทียบมวลของน้ำในมวลดิน (W_w) เป็นสัดส่วนของมวลของเม็ดดิน (soil solids; W_s) ในมวลดินนั้น ค่าที่ได้ เรียกว่า ค่าความชื้น (moisture content; m , หรือ water content; w)

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

เพื่อฝึกฝนให้นักศึกษารู้จักวิธีการประเมินค่าความชื้นของมวลดินอย่างถูกต้อง พร้อมทั้งเรียนรู้ทำความเข้าใจความหมายของความชื้นของมวลดิน เพราะการประเมินค่าความชื้น เป็นการทดสอบพื้นฐานในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางวิศวกรรมต่างๆของมวลดิน

3. เอกสารอ้างอิง

3.1 มาตรฐาน ASTM D 2216

Standard Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil, Rock, and Soil Aggregate Mixtures

- 3.2 มาตรฐาน AASHTO DESIGNATION T 265
Standard Method of Test for Laboratory Determination of Moisture Content of Soils
- 3.3 BOWLES, J.E. (1992)
"Engineering Properties of Soils and their Measurement "
McGraw-Hill Book Co.; Fourth Edition 1992; Experiment No.1
- 3.4 LIU, C and EVETT, J. B. (1997)
"Soil Properties: Testing, Measurement, and Evaluation "
Prentice-Hall Inc.; Third Edition 1997.

4. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ความชื้น หรือ moisture content เป็นคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของมวลดิน ค่าความ ชื้นของมวลดิน ถูกกำหนด ให้เป็นอัตราส่วนระหว่าง น้ำหนัก (มวล) ของน้ำที่มีอยู่ในมวลดินใดๆ กับน้ำหนัก (มวล) ของเม็ดดินที่มี อยู่ในมวลดินเดียวกันนั้น หรือ

$$w = \frac{W_w}{W_s} \dots\dots\dots (1.1)$$

เมื่อ w เป็นค่าความชื้นของมวลดิน (บางแห่งอาจใช้สัญลักษณ์ m แทน w ก็ได้)
 W_w เป็นมวลหรือน้ำหนักของน้ำในมวลดิน
 W_s เป็นมวลหรือน้ำหนักของเม็ดดินในมวลดินก้อนเดียวกันนั้น

ค่าความชื้นของมวลดินที่คำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1.1 นี้ เป็นปริมาณไม่มีหน่วย โดยทั่วไป ค่าความชื้นของมวลดินจะแสดงไว้ในรูปของ ร้อยละ คือ มวลของน้ำที่มีอยู่ในมวลดิน คิดเป็น ร้อยละเท่าใดของมวลของเม็ดดินในมวลดินเดียวกันนั้น หรือ

$$w = \left(\frac{W_w}{W_s} \right) \times 100 \quad (\%) \dots\dots\dots (1.2)$$

ค่าความชื้นของมวลดินใดๆ สามารถมีค่าเกิน 1.00 เมื่อประเมินโดยสมการที่ 1.1 หรือมีค่าเกิน 100% เมื่อประเมินจากสมการที่ 1.2 ก็ได้ หมายความว่าในมวลดินนั้นๆมีมวลของน้ำมากกว่ามวลของเม็ดดิน ซึ่งเป็นไปได้ในกรณีที่มวลดินดังกล่าวมีช่องว่างระหว่างเม็ดดินมาก เช่นมวลดินเหนียวที่จัดตัวแบบ edge-to-face flocculation เม็ดดินแผ่นแบบจับตัวกันอย่างหลวมๆทำให้มวลดินมีปริมาตรช่องว่าง (void) มากกว่าปริมาตรเม็ดดิน มีทำให้มวลดินนั้นมีค่า ความพรุน (porosity) สูง มวลดินที่อิ่มตัว (saturated) จึงมีปริมาตรและมวลของน้ำมากกว่าปริมาตรและมวลของเม็ดดิน

5. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 5.1 ตัวอย่างดินแห้งร่อนผ่านตะแกรง ASTM No.40 ประมาณ 75-85 กรัม
- 5.2 ภาชนะใส่ตัวอย่างดิน หรือ กระป๋องหาคความชื้น (moisture tin) 1 ใบ
- 5.3 ขวดฉีดน้ำ หรือ กระบอกตวงขนาด 100 cc
- 5.4 มีดปาดดิน สำหรับใช้คลุกผสมดินกับน้ำให้เข้ากัน
- 5.5 เตารอบ ควบคุมอุณหภูมิความร้อนภายในห้องที่ได้ ที่ 110°C (+/-) 5°C
- 5.6 เครื่องชั่งไฟฟ้า ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

6. วิธีการทดสอบ

วิธีการทดสอบเพื่อประเมินค่าความชื้นของตัวอย่างดินโดยทั่วไป มีขั้นตอนดังนี้ คือ

- ก. นำกระป๋องหาคความชื้นมาบันทึกหมายเลขและชั่งน้ำหนักกระป๋องเปล่า แล้วนำตัวอย่างดินที่ต้องการหาความชื้น ใส่กระป๋องในปริมาณที่เหมาะสม แล้วนำกระป๋องใส่ดินเปียกไปชั่งน้ำหนัก
- ข. นำกระป๋องใส่ดินไปเข้าเตารอบที่อุณหภูมิ 110°C (+/-) 5°C จนดินแห้ง (ใช้เวลาอย่างน้อย 12-16 ชั่วโมง)
- ค. นำกระป๋องใส่ดินแห้งออกจากเตารอบ ตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลง จนสามารถจับกระป๋องได้ด้วยมือเปล่า แล้วนำกระป๋องใส่ดินแห้งไปชั่งน้ำหนัก
- ง. คำนวณหาน้ำหนักน้ำในตัวอย่างดิน (W_w) และน้ำหนักดินแห้งในกระป๋อง (W_s) แล้วนำข้อมูลที่ได้อ่านไปคำนวณหาความชื้นของตัวอย่างดินโดยใช้สมการที่ 1.2

7. ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทดสอบนี้

- 9.1 เตารอบที่ใช้ต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิคงที่ได้ที่ 110°C (+/-) 5°C แต่ถ้าตัวอย่างดินเป็นดินที่มีสารอินทรีย์ หรือมีแร่ยิปซัม หรือมีสารประกอบบางชนิดที่สามารถแปรสภาพได้ง่ายภายใต้ความร้อนสูงปนอยู่มาก การอบตัวอย่างดินดังกล่าวที่อุณหภูมิสูงจะทำให้สารดังกล่าวสลายตัวไปพร้อมกับน้ำในมวลดิน ทำให้ค่าความชื้นของมวลดินที่ประเมินได้ สูงกว่าความเป็นจริง ดังนั้น การอบดินประเภทนี้ จึงควรควบคุมอุณหภูมิเตารอบไว้ที่ประมาณ 60°C
- 9.2 ASTM D 2216 ระบุว่า ส่วนใหญ่แล้ว การอบตัวอย่างดินข้ามคืน หรืออย่างน้อย ระหว่าง 12 – 16 ชั่วโมง ก็น่าจะเพียงพอที่จะทำให้ตัวอย่างดินแห้งได้ แต่อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างดินชื้นที่ใช้ทำการทดสอบ ควรจะมีปริมาณที่เหมาะสม ถ้ามากเกินไป จะอบให้แห้งได้ยาก หากน้อยเกินไป จะเกิดความคลาดเคลื่อนของผลการทดสอบได้มาก AASHTO และ BOWLES (1992) แนะนำปริมาณตัวอย่างดินสำหรับทดสอบหาความชื้น โดยพิจารณาจากขนาดของเม็ดดินในตัวอย่างดินนั้นๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1.1 หรือ ที่แนะนำโดย ASTM ตามตารางที่ 1.2
- 9.3 เมื่อนำตัวอย่างดินเปียกใส่กระป๋องหาคความชื้นแล้ว ให้รีบนำไปชั่งน้ำหนักทันที หากตั้งทิ้งไว้ น้ำในตัวอย่างดินอาจจะเหี่ยวหายไปบางส่วน ทำให้ประเมินค่าความชื้นของตัวอย่างดินได้น้อยกว่าที่เป็นจริง แต่เมื่อชั่งน้ำหนักกระป๋องดินเปียกแล้ว จะตั้งกระป๋องดินทิ้งไว้ก่อน แล้วจึงนำกระป๋องดินเปียกไปเข้าเตารอบในภายหลังก็ได้

9.4 การอบดินให้แห้งในเตาอบไฟฟ้าตามวิธีมาตรฐานที่กล่าวไว้ในที่นี้ ต้องใช้เวลามากกว่า จะทราบผล ในกรณีที่ต้องการทำให้ดินแห้งในเวลาเร็วขึ้น ได้มีการนำเตาอบไมโครเวฟมาทำการอบดิน ซึ่งจะทำให้หน้าในมวลดินสลายตัวได้หมดในเวลาไม่ถึง 10 นาที การอบดินด้วยเตาอบไมโครเวฟนี้ ได้มีวิธีการกำหนดไว้เป็นมาตรฐาน โดย ASTM คือ ASTM D 4643: Standard Test Method for Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Microwave Oven Method แต่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับชนิดของดินที่จะทำการทดสอบโดยวิธีนี้ได้อยู่หลายประการ และยังไม่แนะนำให้ใช้วิธีนี้เป็นวิธีมาตรฐานแทนการอบด้วยเตาอบไฟฟ้า ในกรณีที่มีข้อสงสัยในผลการทดสอบโดยการใช้อเตาอบไมโครเวฟ ASTM ระบุให้ยึดถือผลการทดสอบที่ได้จากวิธี ASTM D 2216 เป็นผลการทดสอบที่ถูกต้องเสมอ

ตารางที่ 1.1 ปริมาณตัวอย่างดินที่แนะนำให้ใช้ในการประเมินค่าความชื้นของดินโดย AASHTO และ BOWLES

เม็ดดินขนาดใหญ่ที่สุด (มากกว่าร้อยละ 95 ร่อนผ่านตะแกรง)	AASHTO แนะนำให้ใช้ไม่น้อยกว่า (กรัม)	BOWLES แนะนำให้ใช้ ตัวอย่างดินมีน้ำหนัก ระหว่าง (กรัม)	BOWLES แนะนำความละเอียดของเครื่องชั่งที่ใช้ชั่งน้ำหนัก (กรัม)
0.425 mm. (No.40)	10	10 - 200	0.01
4.75 mm. (No.4)	100	300 - 500	0.1
12.5 mm. (1/2 in.)	300	300 - 1000	0.1
25.0 mm. (1 in.)	500	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ
50.0 mm. (2 in.)	1,000	1500 - 3000	1

ตารางที่ 1.2 ปริมาณตัวอย่างดินที่แนะนำให้ใช้ในการประเมินค่าความชื้นของดินโดย ASTM

Maximum particle size (100% passing)	Standard Sieve Size	Recommended minimum mass of moist test specimen for water content	
		reported to (+/-) 0.1 %	reported to (+/-) 1 %
2 mm or less	No. 10	20 g	20 g *
4.75 mm	No. 4	100 g	20 g *
9.5 mm	3/8 in.	500 g	50 g
19.0 mm	3/4 in.	2.5 kg	250 g
37.5 mm	1 1/2 in.	10 kg	1 kg
75.0 mm	3 in.	50 kg	5 kg

Note : * To be representative, not less than 20 g shall be used.

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

การทดสอบเพื่อประเมินค่าหน่วยน้ำหนักมวลดิน

LABORATORY DETERMINATION OF TOTAL UNIT WEIGHT OF SOILS

1. บทนำ

ค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) หรือหน่วยน้ำหนักของมวลดินในธรรมชาติ (Moist Unit Weight) มีความสำคัญอย่างมากสำหรับวิศวกรปฐพีสำหรับการคำนวณค่าหน่วยแรงกดทับของชั้นดินตามธรรมชาติที่ความลึกต่างๆ (Overburden Pressure) นอกจากนี้ยังถูกนำไปใช้เป็นตัวแปรในสูตรการคำนวณต่างๆ เช่นการคำนวณค่าน้ำหนักบรรทุกของฐานราก การคำนวณการทรุดตัวของดิน เป็นต้น การทดลองหาค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) โดยทั่วไปจะจำกัดเฉพาะดินเหนียวที่สามารถตั้งรูปทรงได้ ตัวอย่างที่ทดสอบต้องเป็นตัวอย่างดินคงสภาพ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ไม่สามารถทดลองกับตัวอย่างทราย-กรวดได้ เพราะไม่สามารถเก็บตัวอย่างแบบคงสภาพได้ (การเก็บตัวอย่างด้วยกระบอกโดยทั่วไปถือว่าตัวอย่างจะถูกรบกวนไปบ้างแล้ว) อย่างไรก็ตามในบางกรณีที่มีความจำเป็นจะต้องได้ค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) ของดินสามารถทำได้หลายวิธี คือ

1. วิธีใช้วงแหวนตัวอย่าง (Sample Ring) มีข้อดีที่ทดลองได้สะดวก รวดเร็วใช้ตัวอย่างดินน้อย ซึ่งเป็นตัวอย่างการทดลองในบ่อนี้ แต่อาจจะไม่เหมาะกับดินที่มีกรวด-ทรายปน
2. วิธีใช้วัดปริมาตรดินในกระบอก สำหรับตัวอย่างดินที่แข็งมาก ไม่สามารถดันตัวอย่างดินออกจากกระบอกได้ และดินที่มีกรวด-ทรายผสม เมื่อดันตัวอย่างดินออกมาแล้ว อาจจะไม่ทรงตัว
3. วิธีใช้หาปริมาตรของดินด้วยการแทนที่น้ำหรือปรอท สำหรับดินเหนียวที่มีสัมประสิทธิ์การซึมผ่านต่ำที่จะไม่ซึมซับน้ำเข้าไปในตัวอย่างในระยะเวลาสั้นๆ สามารถใช้วิธีแทนที่น้ำได้ ส่วนดินที่แห้งและแตกง่ายควรใช้วิธีแทนที่ปรอทวิธีนี้สามารถใช้กับตัวอย่างดินที่ไม่เป็นรูปทรงแน่นอน (Irregular Shape)

อีกวิธีหนึ่งที่จะได้ค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) ระหว่างทดลองแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด (Unconfined Compression Test) และทดสอบอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Test) การทดสอบแรงอัด 3 แกน (Triaxial Test) เมื่อได้ทำการตัดแต่งตัวอย่างเป็นรูปทรงที่แน่นอน ก็สามารถคำนวณค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) ได้โดยตรงและจะต้องรายงานค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) ของตัวอย่างดินประกอบรายงานด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

เพื่อฝึกฝนให้นักศึกษารู้จักวิธีการในการหาค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตรของมวลดินอย่างถูกต้อง เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการทำการทดสอบอื่น ๆ ในห้องปฏิบัติการต่อไป

3. เอกสารอ้างอิง

3.1 เอกสารประกอบการสอนการทดสอบปฐพีกลศาสตร์ จากเว็บไซต์

http://www.gerd.eng.ku.ac.th/Cai/Ch02/ch022_theory.htm

4. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

หน่วยน้ำหนักรวม (Total Unit Weight) หรือ หน่วยน้ำหนักดินเปียก (Moist Unit Weight) เป็นคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของมวลดิน หน่วยน้ำหนักรวมของมวลดินถูกกำหนด ให้เป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของดินเปียกกับปริมาตรของมวลดินนั้น หรือ

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

เมื่อ	W	เป็นค่าน้ำหนักของดินเปียก
	W_w	เป็นน้ำหนักของน้ำในมวลดิน
	W_s	เป็นน้ำหนักของเม็ดดินในมวลดินก้อนเดียวกันนั้น
	V	เป็นปริมาตรของมวลดิน

5. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 5.1 วงแหวนตัวอย่าง (Sample Ring)
- 5.2 เลื่อยเส้นลวด (Wire Saw)
- 5.3 เครื่องชั่ง อ่านละเอียด 0.01 กรัม หรือเครื่องชั่ง 2610 กรัม อ่านละเอียด 0.1 กรัม
- 5.4 เวอร์เนียคาลิเปอร์
- 5.5 จารบีหรือสารหล่อลื่น

6. วิธีการทดสอบ

- 6.1 ชั่งวงแหวนตัวอย่าง วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน และวัดความสูง 2-3 ครั้ง
- 6.2 ใช้จารบีซิลิโคน (Silicone Grease) หรือจารบีธรรมดาทาภายในวงแหวนบางๆ
- 6.3 ตัดตัวอย่างดินที่จะทดสอบให้มีความยาวกว่าความสูงของวงแหวนเล็กน้อย วางตัวอย่างดินบนพื้นโต๊ะ ใช้เลื่อยเส้นลวดตัดตัวอย่างดินในแนวตั้ง ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวนเล็กน้อย ตั้งวงแหวนบนตัวอย่างดิน และกดลงในดินตามแนวตั้งจนกระทั่งมิด และดินภายในวงแหวนพันขอบวงแหวนเล็กน้อย ใช้เลื่อยเส้นลวดตัดดินให้เรียบหัวท้าย ทำความสะอาดเศษดินนอกวงแหวนจนสะอาด
- 6.4 นำวงแหวนที่มีตัวอย่างดินบรรจุอยู่ขึ้นชั่ง

CE 372 ENGINEERING SOIL TESTS

EXPERIMENT No. 1

MOISTURE CONTENT DETERMINATION OF SOILS

ชื่อ - สกุล	รหัส	ตอนที่	วันที่ทดสอบ
-------------------	------------	--------------	-------------------

1. การหาความชื้นของตัวอย่างดินโดยวิธีอบแห้ง

- | | | |
|-----|---|------------|
| 2.1 | หมายเลขกระป๋องหาความชื้น (container No.) | |
| 2.2 | น้ำหนักกระป๋อง + ดินเปียก (Wt. container + wet soil) | กรัม |
| 2.3 | น้ำหนักกระป๋อง + ดินอบแห้ง (Wt. container + dry soil) | กรัม |
| 2.4 | น้ำหนักกระป๋องเปล่า (Wt. container) | กรัม |
| 2.5 | น้ำหนักน้ำในตัวอย่างดิน (Wt. water; W_w) | กรัม |
| 2.6 | น้ำหนักดินแห้งในกระป๋อง (Wt. dry soil; W_s) | กรัม |
| 2.7 | ความชื้นของตัวอย่างดิน (Moisture Content; w) | % |

2. การหาหน่วยน้ำหนักรวม

- | | | |
|-----|---|---------------------------|
| 1.1 | น้ำหนักของวงแหวนตัวอย่าง (Wt. ring) | กรัม |
| 1.2 | น้ำหนักของวงแหวนตัวอย่างและตัวอย่างดิน (Wt. ring + wet soil) | กรัม |
| 1.3 | น้ำหนักของตัวอย่างดิน (Wt. soil, W) | กรัม |
| 1.4 | ปริมาตรของตัวอย่างดิน (Volume of soil, V) | ซม. ³ |
| 1.5 | หน่วยน้ำหนักรวมของตัวอย่างดิน (Total Unit Weight, γ) | ตัน/ม. ³ |
| 1.5 | หน่วยน้ำหนักแห้งของตัวอย่างดิน (Dry Unit Weight, γ_d) | ตัน/ม. ³ |

3. รายการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....