

## มาตรฐานการทดสอบ การหาหน่วยน้ำหนักและปริมาณช่องว่างของมวลรวม

### 1. ขอบข่าย

เป็นวิธีการทดสอบเพื่อหาหน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) แบบหลวม (Loose Condition) หรือแบบอัดแน่น (Compacted Condition) และปริมาณช่องว่าง (Voids) ของมวลรวมที่มีขนาดโตสุดไม่เกิน 6 นิ้ว

### 2. เครื่องมือ

2.1 เครื่องชั่ง (Balance) มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 20 กรัม

2.2 เหล็กกระทุ้ง (Tamping Rod) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  $\frac{5}{8}$  นิ้ว (16 มิลลิเมตร)

ยาว 24 นิ้ว (600 มิลลิเมตร) ปลายกลมมน

2.3 ถังตวง (Measure) ทำด้วยโลหะรูปทรงกระบอก มีที่จับ น้ำไม่รั่ว จากปากถึงกัน เรียบตรงกัน และพื้นผิวมีความทนทานต่อแรงกระแทกและการขัดสี ถังตวงควรมีความสูงเท่ากับ เส้นผ่านศูนย์กลาง แต่ถังตวงที่มีความสูงมากกว่า 0.80 เท้า แต่ไม่เกิน 1.50 เท้าของเส้นผ่านศูนย์กลางอนุโลมให้ใช้ได้ โดยขนาดความจุของถังตวงที่ใช้ทดสอบให้เป็นไปตามตารางที่ 1 ซึ่ง ขึ้นกับขนาดโตสุดของมวลรวม

2.4 พลั่วหรือช้อนตัก (Shovel or Scoop) มีขนาดเหมาะสมในการโรยตัวอย่างลงใน ถังตวง

2.5 เหล็กสำหรับปาดตัวอย่าง (Straightedge)

2.6 ตู้อบ สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่  $110 \pm 5$  องศาเซลเซียส หรือตู้ไมโครเวฟ

2.7 อุปกรณ์สอบเทียบ (Calibration Equipment) ประกอบด้วย แผ่นกระจกหนาไม่ น้อยกว่า  $\frac{1}{4}$  นิ้ว (6 มิลลิเมตร) และมีขนาดใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของถังตวงที่จะสอบเทียบ ไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว (25 มิลลิเมตร) และจารบี (Grease) ที่สามารถใช้ทาตามขอบของถังตวงเพื่อ ป้องกันน้ำรั่วซึมได้



รูปที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

### 3. วิธีการทดลอง

#### 3.1 ตัวอย่างทดสอบ

ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ทดสอบควรมีจำนวนระหว่าง 1.25 ถึง 2.00 เท่าของปริมาณตัวอย่างเมื่อใส่เต็มถึงตวง และต้องอบตัวอย่างให้แห้งจนมีน้ำหนักคงที่ก่อนการทดสอบ นอกจากนี้ควรหลีกเลี่ยงการทำใดๆ ที่ทำให้ตัวอย่างเกิดการแยกตัว (Segregation)

ตารางที่ 1 ความจุของถังตวงที่เหมาะสมกับขนาดโตสุดของมวลรวม

ขนาดโตสุดของมวลรวม		ความจุของถังตวง ลิตร (ลูกบาศก์เมตร)
นิ้ว	มิลลิเมตร	
$\frac{1}{2}$	12.5	2.8 (0.0028)
1	25.0	9.3 (0.0093)
$1\frac{1}{2}$	37.5	14 (0.014)
3	75	28 (0.028)
$4\frac{1}{2}$	112	70 (0.070)
6	150	100 (0.100)

#### 3.2 การสอบเทียบถังตวง

3.2.1 ใส่ น้ำ ที่อุณหภูมิห้องลงในถังตวงจนเต็ม ใช้แผ่นกระจกปิดปากถังตวงโดยกำจัดน้ำส่วนเกินและฟองอากาศออกให้หมด

3.2.2 หาน้ำหนักน้ำในถังตวง โดยชั่งด้วยเครื่องชั่ง

3.2.3 วัดอุณหภูมิน้ำเพื่อหาค่าความหนาแน่นของน้ำตามตารางที่ 2

3.2.4 คำนวณปริมาตรของถังตวง ด้วยการหารน้ำหนักของน้ำที่ใส่เต็มถังตวงด้วยความหนาแน่นของน้ำนั้น

3.2.5 ถังตวงควรมีการสอบเทียบอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง หรือเมื่อเกิดข้อสงสัยในความถูกต้องหลังจากการสอบเทียบ

ตารางที่ 2 ความหนาแน่นของน้ำ

อุณหภูมิ องศาเซลเซียส	ความหนาแน่น กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส	ความหนาแน่น กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร
20	998	30	996
21	998	31	995
22	998	32	995
23	998	33	995
24	997	34	994
25	997	35	994
26	997	36	994
27	997	37	993
28	996	38	993
29	996	39	992

### 3.3 การทดสอบ

การทดสอบหน่วยน้ำหนักของมวลรวมแบ่งออกเป็น การทดสอบแบบหลวม และแบบอัดแน่น โดยการทดสอบแบบอัดแน่นแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบตามวิธีการทำให้แน่นคือ ใช้การกระทุ้ง (Roding Procedure) ซึ่งใช้ทดสอบมวลรวมที่มีขนาดโตสุด  $1\frac{1}{2}$  นิ้ว (37.5 มิลลิเมตร) หรือเล็กกว่า และใช้การกระแทก (Jigging Procedure) ที่ใช้ทดสอบมวลรวมที่มีขนาดโตสุดใหญ่กว่า  $1\frac{1}{2}$  นิ้ว (37.5 มิลลิเมตร) แต่ต้องไม่ใหญ่กว่า 6 นิ้ว (150 มิลลิเมตร)

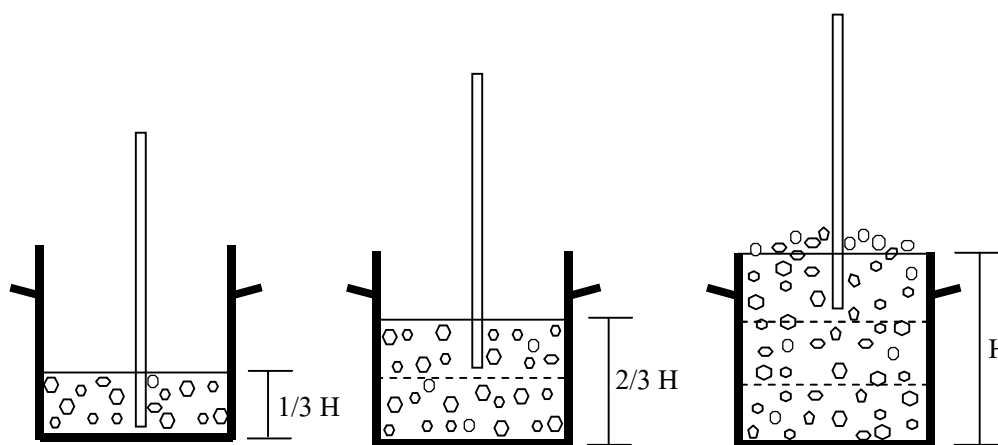
3.3.1 การทดสอบหน่วยน้ำหนักและปริมาณช่องว่างแบบอัดแน่นโดยใช้เหล็กกระทุ้ง

3.3.1.1 ใส่ตัวอย่างมวลรวมให้ถึงระดับ  $\frac{1}{3}$  ของความจุถังตวง กระทุ้งมวล

รวมให้ทั่วจำนวน 25 ครั้ง ใส่มวลรวมเพิ่มจนถึงระดับ  $\frac{2}{3}$  ของความจุถังตวง กระทุ้งมวลรวมให้ทั่วอีก 25 ครั้ง จากนั้นใส่มวลรวมให้เต็มจนล้น แล้วกระทุ้งมวลรวมให้ทั่วอีก 25 ครั้ง ปรับระดับมวลรวมให้เรียบเสมอขอบถังตวงด้วยเหล็กสำหรับปาดตัวอย่าง และจัดให้มวลรวมที่อยู่ผิวหน้ามีช่องว่างใกล้เคียงกับที่อยู่ภายในถังตวง

3.3.1.2 การกระทุ้งมวลรวมในชั้นแรกไม่อนุญาตให้เหล็กกระทุ้งกระทบกับก้นถังตวง และการกระทุ้งในชั้นถัดไปให้กระทุ้งอย่างแรงเต็มที่ แต่ไม่แรงเกินไปจนเหล็กกระทุ้งทะลุเลยชั้นมวลรวมถัดลงไป ดังแสดงในรูปที่ 2

3.3.1.3 ชั่งน้ำหนักของมวลรวมพร้อมถังตวง บันทึกค่าไว้



(ก) การกระทุ้งชั้นที่ 1

(ข) การกระทุ้งชั้นที่ 2

(ค) การกระทุ้งชั้นที่ 3

รูปที่ 2 ระดับการใส่ตัวอย่างมวลรวม และการทำให้แน่นโดยใช้การกระทุ้ง

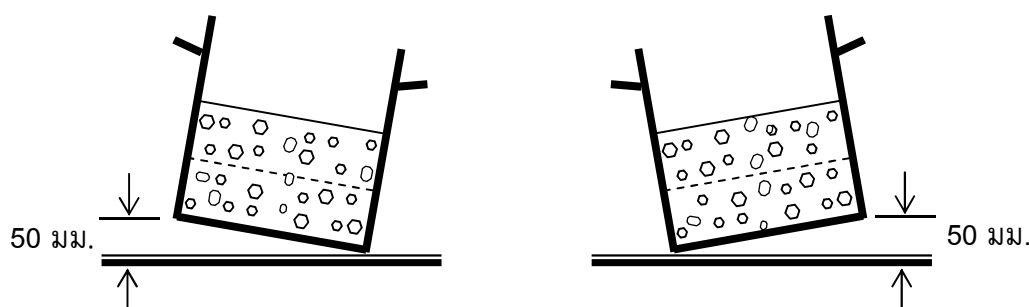
3.3.2 การทดสอบหน่วยน้ำหนักและปริมาณช่องว่างแบบอัดแน่นโดยใช้การกระแทก

3.3.2.1 ใส่ตัวอย่างมวลรวมแบ่งเป็น 3 ชั้นเท่าๆ กัน เช่นเดียวกับข้อ

3.3.1.1 ทำตัวอย่างมวลรวมแต่ละชั้นให้แน่นโดยวางถังตวงบนพื้นที่มีความมั่นคงแข็งแรง เช่น พื้นคอนกรีต ยกถังตวงขึ้นเพียงด้านเดียวสูงประมาณ 2 นิ้ว (50 มิลลิเมตร) จากนั้นปล่อยถังตวงให้ตกกระทบพื้นอย่างอิสระเป็นจำนวน 25 ครั้ง และยกถังตวงอีกด้านหนึ่งแล้วปล่อยให้ตกกระทบพื้นอย่างอิสระจำนวน 25 ครั้ง เท่ากัน ซึ่งจะทำให้มวลรวมมีสภาพแน่น หลังจาก

กระแทกชั้นสุดท้ายเสร็จ ปรับระดับมวลรวมให้เรียบเสมอขอบถึงตวงด้วยเหล็กสำหรับปาดตัวอย่าง และจัดให้มวลรวมที่อยู่ผิวหน้ามีช่องว่างใกล้เคียงกับที่อยู่ภายในถึงตวง

### 3.3.2.2 ชั่งน้ำหนักของมวลรวมพร้อมถึงตวง บันทึกค่าไว้



รูปที่ 3 การทำให้แน่นโดยใช้การกระแทก

### 3.3.3 การทดสอบหน่วยน้ำหนักและปริมาณช่องว่างแบบหลวม

3.3.3.1 ตักตัวอย่างมวลรวมด้วยพลั่วหรือช้อนตักโรยใส่ถึงตวงให้เต็มจนล้น และมีความสูงไม่เกิน 2 นิ้ว (50 มิลลิเมตร) เหนือปากถึงตวง ซึ่งต้องกระทำโดยป้องกันไม่ให้น้ำมวลรวมเกิดการแยกตัว ปรับระดับมวลรวมให้เรียบเสมอขอบถึงตวงด้วยเหล็กสำหรับปาดตัวอย่าง และจัดให้มวลรวมที่อยู่ผิวหน้ามีช่องว่างใกล้เคียงกับที่อยู่ภายในถึงตวง

### 3.3.3.2 ชั่งน้ำหนักของมวลรวมพร้อมถึงตวง บันทึกค่าไว้

## 4. การคำนวณ

หน่วยน้ำหนักและปริมาณช่องว่างของมวลรวมสามารถคำนวณได้ดังนี้

### 4.1 หน่วยน้ำหนักของมวลรวม

$$M = \frac{G - T}{V}$$

เมื่อ M คือ หน่วยน้ำหนักของมวลรวม เป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

G คือ น้ำหนักของมวลรวมพร้อมถึงตวง เป็นกิโลกรัม

T คือ น้ำหนักของถึงตวง เป็นกิโลกรัม

V คือ ปริมาตรของถึงตวง เป็นลูกบาศก์เมตร

## 4.2 หน่วยน้ำหนักของมวลรวมสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturate Surface Dry, SSD)

$$M_{SSD} = M \left( 1 + \frac{A}{100} \right)$$

เมื่อ  $M_{SSD}$  คือ หน่วยน้ำหนักของมวลรวมสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง เป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

A คือ ค่าการดูดซึมน้ำของมวลรวม เป็นร้อยละ ได้จากการทดสอบตาม สวพ.ทล.202/2551 หรือ สวพ.ทล.203/2551

## 4.3 ปริมาณช่องว่างของมวลรวม

$$\text{Voids} = \frac{(S \cdot W) - M}{S \cdot W} \cdot 100$$

เมื่อ Voids คือ ปริมาณช่องว่างของมวลรวม เป็นร้อยละ

S คือ ค่าความถ่วงจำเพาะสภาพแห้งของมวลรวม ได้จากการทดสอบตาม สวพ.ทล.202/2551 หรือ สวพ.ทล.203/2551

W คือ ความหนาแน่นของน้ำ มีค่าเท่ากับ 998 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส)

## 5. การรายงานผล

5.1 ค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวม เป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความละเอียดเป็นจำนวนเต็มสิบ

5.2 ค่าปริมาณช่องว่างของมวลรวม เป็นร้อยละ โดยมีความละเอียดเป็นจำนวนเต็ม

## 6. เอกสารอ้างอิง

6.1 American Society of Testing and Materials; ASTM Standard : C 29/C 29M – 97

สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน

สวพ.ทล.204/2551

Project	_____	Feature	_____
Laboratory No.	_____	Source	_____
	Tested by _____	Date	_____
	Checked by _____	Date	_____

การทดสอบหน่วยน้ำหนัก		แบบอัดแน่นโดยใช้เหล็กกระทุ้ง		
รายการ		ครั้งที่		
		1	2	3
ปริมาตรถึงตวง, V	ลบ.ม.	0.014	0.014	0.014
น้ำหนักมวลรวมพร้อมถึงตวง, G	กก.	30.58	30.44	30.48
น้ำหนักถึงตวง, T	กก.	8.92	8.92	8.92
น้ำหนักมวลรวม	กก.	21.66	21.52	21.56
หน่วยน้ำหนักของมวลรวม, M	กก./ลบ.ม.	1,547.14	1,537.14	1540.00
หน่วยน้ำหนักของมวลรวมเฉลี่ย	กก./ลบ.ม.	1,541.43		
ความถ่วงจำเพาะสภาพแห้งของมวลรวม, S		2.71	2.71	2.71
ปริมาณช่องว่างของมวลรวม, Voids	ร้อยละ	42.80	43.16	43.06
ปริมาณช่องว่างของมวลรวมเฉลี่ย	ร้อยละ	43.01		