

**กรมทางหลวง**  
**สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง**  
**วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน**  
**(เทียบเท่า AASHTO T 180)**

\* \* \* \* \*

## 1. ขอบข่าย

การทดลอง Compaction วิธีนี้เป็นการทดลองโดยวิธี Dynamic Compaction เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นของดินกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดทับ เมื่อทำการบดทับในแบบ (Mold) ตามขนาดข้างล่างนี้ด้วยก้อนหนัก 4.537 กิโลกรัม (10.0 ปอนด์) ระยะปล่อยก้อนตก 457.2 มิลลิเมตร (18 นิ้ว)

วิธี ก. แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) ดินผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว)

วิธี ข. แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152.4 มิลลิเมตร (6 นิ้ว) ดินผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว)

วิธี ค. แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) ดินผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4)

วิธี ง. แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152.4 มิลลิเมตร (6 นิ้ว) ดินผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4)

หมายเหตุ ถ้าไม่ระบุวิธีใดให้ใช้วิธี “ก”

วิธีการทดลองที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ อาศัยวิธีการและปรับปรุงจากการทดลองของ AASHTO T180 และ ASTM D 1557 T

## 2. วิธีทำ

### 2.1 เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย

2.1.1 แบบ (Mold) ทำด้วยโลหะแข็งและเหนียว ลักษณะทรงกระบอกกกลางมี 2 ขนาด คือ

(1) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 101.6 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) สูง 116.4 มิลลิเมตร (4.584 นิ้ว) และจะต้องมีปลอก (Collar) ขนาดเดียวกัน สูง 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) มีฐานที่บิดตามรูปที่ 1

(2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 152.4 มิลลิเมตร (6 นิ้ว) สูง 177.8 มิลลิเมตร (7 นิ้ว) และจะต้องมีปลอกขนาดเดียวกันสูง 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) มีฐานทึบหรือเจาะรูพรุน ในการทดลองต้องใช้เหล็กโลหะรอง (Spacer Disc) ตามข้อ 2.1.2 รองด้านล่าง เพื่อให้ได้ตัวอย่างสูง 116.4 มิลลิเมตร (4.584 นิ้ว) หรืออาจใช้แบบขนาดสูง 116.4 มิลลิเมตร (4.584 นิ้ว) ตามรูปที่ 2 โดยไม่ต้องใช้แท่งโลหะรองแต่ต้องมีฐานทึบ หรือแบบขนาดสูงอื่นใด ซึ่งเมื่อใช้แท่งโลหะรองแล้วได้ความสูงของตัวอย่างในแบบเท่ากับ 116.4 มิลลิเมตร (4.584 นิ้ว)

2.1.2 แท่งโลหะรอง เป็นโลหะรูปทรงกระบอก เพื่อใช้กับแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152.4 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 150.8 มิลลิเมตร (5 15/16 นิ้ว) และสูงขนาดต่างๆ ซึ่งเมื่อใช้กับแบบตามข้อ 2.1.1 (2) แล้วจะเหลือเป็นตัวอย่างสูงเท่ากับ 116.4 มิลลิเมตร (4.584 นิ้ว)

2.1.3 ค้อน (Rammer) ทำด้วยโลหะมีลักษณะดังนี้

เป็นรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) มีมวลรวมทั้งด้ามถือ 4.537 กิโลกรัม (10.0 ปอนด์) ต้องมีปลอกที่ทำไว้อย่างเหมาะสม เป็นตัวบังคับให้ระยะตกเท่ากับ 457.2 มิลลิเมตร (18 นิ้ว) เหนือระดับดินที่ต้องการบดทับจะต้องมีรูระบายอากาศอย่างน้อย 4 รู แต่ละรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9.5 มิลลิเมตร เจาะห่างจากปลายของปลอกทั้ง 2 ข้าง ประมาณ 19 มิลลิเมตร

2.1.4 เครื่องดันตัวอย่าง (Sample Extruder) เป็นเครื่องดันดินออกจากแบบภายหลังเมื่อทดลองเสร็จแล้ว จะมีหรือไม่มีก็ได้ ประกอบด้วยตัว Jack ทำหน้าที่เป็นตัวดัน และโครงเหล็กทำหน้าที่เป็นตัวจับแบบ ในกรณีที่ไม่มีใช้ ให้ใช้สิ่วหรือเครื่องมืออย่างอื่นแคะตัวอย่างออกจากแบบ

2.1.5 ตาชั่งแบบ Balance มีขีดความสามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 16 กิโลกรัม ชั่งได้ละเอียดถึง 0.001 กิโลกรัม สำหรับชั่งตัวอย่างทดลอง

2.1.6 ตาชั่งแบบ Scale หรือแบบ Balance มีขีดความสามารถชั่งได้ 1,000 กรัม ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม สำหรับหาปริมาณน้ำในดิน

2.1.7 เตอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่  $100 \pm 5$  องศาเซลเซียส สำหรับอบดินตัวอย่าง

2.1.8 เหล็กปาด (Straight Edge) เป็นเหล็กคล้ายไม้บรรทัด หนา และแข็ง เพียงพอในการตัดแต่งตัวอย่างที่ส่วนบนของแบบ มีความยาวไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร แต่ไม่ยาวเกินไปจนเกะกะ และหนาประมาณ 3.0 มิลลิเมตร

2.1.9 ตะแกรงร่อนดินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 203 มิลลิเมตร (8 นิ้ว) สูงประมาณ 51 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) มีขนาดดังนี้

(1) ขนาด 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว)

(2) ขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4)

2.1.10 เครื่องผสม เป็นเครื่องมือจำเป็นอย่างอื่นที่ใช้ผสมตัวอย่างกับน้ำ ได้แก่ ถาด, ช้อน, พลั่ว, เกรียง, ค้อนยาง, ถ้วยตวงวัดปริมาตรน้ำ หรือจะใช้เครื่องผสมแบบ Mechanical Mixer ก็ได้

2.1.11 กระจบองอบดิน สำหรับใส่ตัวอย่างดินเพื่ออบหาปริมาณน้ำในดิน

## 2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

น้ำสะอาด

## 2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 2-05 สำหรับทำ Compaction Test และที่ ว. 2-15 สำหรับ Plot Curve ผลการทำ Compaction Test

## 2.4 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่าง ได้แก่ ดินหรือหินคลุก หรือ Soil-Aggregate หรือวัสดุอื่นใดที่ต้องการทดลอง ให้ดำเนินการดังนี้

2.4.1 ถ้าขนาดของตัวอย่างก้อนใหญ่ที่สุด (Maximum Size) มีขนาดใหญ่กว่า 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ให้เตรียมตัวอย่างดังต่อไปนี้

(1) นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีตากแห้ง และทำ Quartering หรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง เมื่อแห้งพอเหมาะแล้ว (มีน้ำประมาณ 2-3%) นำมาร่อนผ่านตะแกรงเป็น 3 ขนาด คือ

- ขนาดใหญ่กว่า 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว)
- ขนาดระหว่าง 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ถึงขนาด 4.75 มิลลิเมตร

(เบอร์ 4)

- ขนาดเล็กกว่า 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4)

(2) ทำการชั่งหามวลของวัสดุแต่ละขนาดที่เตรียมได้จากข้อ 2.4.1 (1) ก็จะทราบหามวลของตัวอย่างแต่ละขนาดมีอยู่ขนาดละเท่าใด

(3) ตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่า 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ให้ทิ้งไป

(4) แทนที่ของตัวอย่างในข้อ 2.4.1 (3) ด้วยตัวอย่างที่มีขนาดระหว่าง 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ถึงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) ด้วยมวลที่เท่ากับตัวอย่าง เช่น มีขนาดใหญ่กว่า 19.0 มิลลิเมตร อยู่ 2,650 กรัม ก็ให้ใช้ตัวอย่างขนาดระหว่าง 19.0 มิลลิเมตรถึง ขนาด 4.75 มิลลิเมตร เพิ่มเข้าไปอีก 2,650 กรัม ที่เหลือจะเป็นขนาดเล็กกว่า 19.0 มิลลิเมตร ตามที่มีจริง ดังนี้

ตัวอย่างทั้งหมดมีมวล 9,000 กรัม

มีขนาดใหญ่กว่า 19.0 มิลลิเมตร 2,650 กรัม

มีขนาดระหว่าง 19.0 มิลลิเมตร ถึงขนาด 4.75 มิลลิเมตร 4,850 กรัม

มีขนาดเล็กกว่า 4.75 มิลลิเมตร 1,500 กรัม

จากวิธีการเตรียมตัวอย่างตามที่กล่าวมาแล้ว จะได้มวลของตัวอย่างที่เตรียมไว้ คือ

มีขนาดระหว่าง 19.0 มิลลิเมตร ถึงขนาด 4.75 มิลลิเมตร เป็นจำนวน  $2,650 + 4,850 = 7,500$  กรัม และมีขนาดเล็กกว่า 4.75 มิลลิเมตร เท่ากับ 1,500 กรัม

(5) คลุกตัวอย่างที่ได้จากข้อ 2.4.1 (4) ให้เข้ากัน

2.4.2 ถ้าขนาดของตัวอย่างก้อนที่ใหญ่ที่สุด มีขนาดเล็กกว่า 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ให้นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีตากแห้ง (มีน้ำประมาณ 2-3%) และทำ Quartering หรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่างแล้วคลุกตัวอย่างให้เข้ากัน

2.4.3 ถ้าต้องการทดลองตามวิธี ค. หรือ ง. ดังกล่าวในขอบข่าย ให้นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีตากแห้ง แล้วใช้ค้อนยางทุบให้ก้อนหลุดจากกัน และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) แล้วคลุกตัวอย่างให้เข้ากัน

2.4.4 ชั่งตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 2.4.1 หรือ 2.4.2 หรือ 2.4.3 แล้วแต่กรณีให้ได้มวลประมาณ ดังนี้

(1) ถ้าใช้แบบขนาดเล็กตามข้อ 2.1.1 (1) ให้ใช้มวล 3,000 กรัม สำหรับการทดลอง 1 ครั้ง

(2) ถ้าใช้แบบขนาดใหญ่ตามข้อ 2.1.1 (2) ให้ใช้มวล 6,000 กรัม สำหรับการทดลอง 1 ครั้ง

2.4.5 ปริมาณตัวอย่างตามข้อ 2.4.4 ให้เตรียมตัวอย่างเพื่อทดลองได้ไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง

## 2.5 การทดลอง

การทดลอง Compaction Test จะใช้แบบ (Mold) ขนาดใดก็ได้แล้วแต่ความต้องการตามวิธีต่างๆ ดังกล่าวในขอบข่าย และให้ดำเนินการทดลอง ดังนี้

2.5.1 นำตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้แล้วมาคลุกเคล้าจนเข้ากันดี

2.5.2 เติมน้ำปริมาณหนึ่ง โดยปกติมักเริ่มต้นที่ประมาณ 4% ต่ำกว่าปริมาณน้ำที่ให้ ความแน่นสูงสุด (Optimum Moisture Content)

- 2.5.3 คลุกเคล้าตัวอย่างที่เติมน้ำแล้ว หรือนำเข้าเครื่องผสมจนเข้ากันดี
- 2.5.4 แบ่งตัวอย่างใส่ลงในแบบซึ่งมีปลอกสวมเรียบร้อย โดยประมาณให้ดินแต่ละชั้นเมื่อบดทับแล้วมีความสูงประมาณ 1 ใน 5 ของ 127 มิลลิเมตร (5 นิ้ว)
- 2.5.5 ทำการบดทับโดยค้อน ดังนี้
- ตามวิธี ก. และ ค. จำนวน 25 ครั้ง
  - ตามวิธี ข. และ ง. จำนวน 56 ครั้ง
- 2.5.6 ดำเนินการบดทับจนได้ตัวอย่างที่ทำการบดทับแล้วเป็นชั้นๆ จำนวน 5 ชั้น มีความสูงประมาณ 127 มิลลิเมตร (5 นิ้ว) (สูงกว่าแบบประมาณ 10 มิลลิเมตร)
- 2.5.7 ถอดปลอกออก ใช้เหล็กปาดแต่งหน้าให้เรียบเท่าระดับของตอนบนของแบบ (เหลือความสูงเท่ากับ 116.4 มิลลิเมตร) กรณีมีหลุมบนหน้า ให้เติมดินตัวอย่างแล้วใช้ค้อนยางทุบให้แน่นพอควร นำไปซึ่งจะได้มวลของดินตัวอย่างและมวลของแบบ หักมวลของแบบออกก็จะได้มวลของดินตัวอย่างเปียก (A)
- 2.5.8 ในขณะที่เดียวกับที่ทำการบดทับตัวอย่างในแบบ ให้นำดินใส่กระป๋องอบดินเพื่อนำไปทดลองหาปริมาณน้ำในดินด้วย มวลของดินที่นำไปหาปริมาณน้ำในดินให้ใช้ดังนี้
- ขนาดก้อนใหญ่สุด 19.0 มิลลิเมตร ใช้ประมาณ 300 กรัม
  - ขนาดก้อนใหญ่สุด 4.75 มิลลิเมตร ใช้ประมาณ 100 กรัม
- 2.5.9 คำนวณหาค่าความแน่นเปียก  $\rho_t$  (Wet Density) และความแน่นแห้ง  $\rho_d$  (Dry Density) เมื่อทราบปริมาณน้ำในดิน  $w$  (Moisture Content)
- 2.5.10 ดำเนินการตามข้อ 2.5.1 ถึงข้อ 2.5.9 โดยเพิ่มน้ำขึ้นอีกครั้งละ 2% จนกว่าจะได้ความแน่นลดลงจึงหยุดการทดลอง หรืออาจลดน้ำที่ผสม ในกรณีที่เมื่อเพิ่มน้ำแล้วได้ความแน่นลดลงเพื่อให้เขียน Curve ได้
- 2.5.11 เขียน Curve ระหว่างความแน่นแห้ง  $\rho_d$  และปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ  $w$  ก็จะทราบค่าความแน่นแห้งสูงสุด  $\text{Max. } \rho_d$  (Maximum Dry Density) และปริมาณน้ำในดินที่ทำให้ความแน่นแห้งสูงสุด OMC (Optimum Moisture Content)

### 3. การคำนวณ

#### 3.1 คำนวณหาปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

$$w = \frac{(M_1 - M_2)}{M_2} \times 100$$

- เมื่อ  $w$  = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละคิดเทียบกับมวลของดินอบแห้ง  
 $M_1$  = มวลของดินเปียก มีหน่วยเป็นกรัม  
 $M_2$  = มวลของดินอบแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

### 3.2 กำหนดค่าความแน่นเปียก (Wet Density)

$$\rho_t = \frac{A}{V}$$

- เมื่อ  $\rho_t$  = ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร  
 $A$  = มวลของดินเปียกที่บดทับในแบบ มีหน่วยเป็นกรัม  
 $V$  = ปริมาตรของแบบ หรือปริมาตรของดินเปียกที่บดทับในแบบ  
 มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

### 3.3 กำหนดค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\rho_d = \frac{\rho_t}{\frac{1 + \omega}{100}}$$

- เมื่อ  $\rho_d$  = ความแน่นแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร  
 $\rho_t$  = ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร  
 $w$  = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

## 4. การรายงาน

ในการทำ Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐานให้รายงาน ดังนี้

4.1 ค่าความแน่นแห้งสูงสุด มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร (แบบสูงกว่ามาตรฐาน)

4.2 ค่าปริมาณน้ำในดินที่ทำให้ความแน่นแห้งสูงสุด เป็นร้อยละ

ตัวอย่าง ความแน่นแห้งสูงสุด (แบบสูงกว่ามาตรฐาน) = 2.231 กรัม ต่อมิลลิลิตร (ใช้ทศนิยม

3 ตำแหน่ง)

ปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นแห้งสูงสุด = 9.8 % (ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง)

## 5. ข้อควรระวัง

5.1 การประมาณปริมาณน้ำในดินเมื่อใช้ผสมสำหรับดินจำพวก Cohesive Soil ควรใช้ระยะต่ำกว่า และสูงกว่าปริมาณน้ำในดิน ที่ให้ความแน่นสูงที่ประมาณไว้

สำหรับดินจำพวก Cohesionless Soil ควรใช้ปริมาณน้ำในดินจากสภาพดินตากแห้งจนกระทั่งมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

5.2 ในการใช้คอนทำการบดทับ ให้วางแบบบนพื้นที่มีมั่นคง แข็งแรง ราบเรียบ เช่น คอนกรีตไม่ให้แบบกระดอนขึ้นขณะทำการตอก

5.3 ให้ใช้จำนวนตัวอย่างให้เพียงพอ โดยให้มีตัวอย่างทดลองทางด้านแห้งกว่าปริมาณน้ำในดิน ที่ให้ความแน่นสูงสุดไม่น้อยกว่า 2 ตัวอย่าง และให้มีจุดทดลองทางด้านเปียกกว่าปริมาณน้ำในดิน ที่ให้ความแน่นสูงสุด 1 ตัวอย่าง

5.4 สำหรับดินจำพวกดินเหนียวมาก (Heavy Clay) หลังจากตากแห้งแล้ว ให้ทุบด้วยค้อนยางหรือนำเข้าเครื่องบด จนได้ตัวอย่างผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร) ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

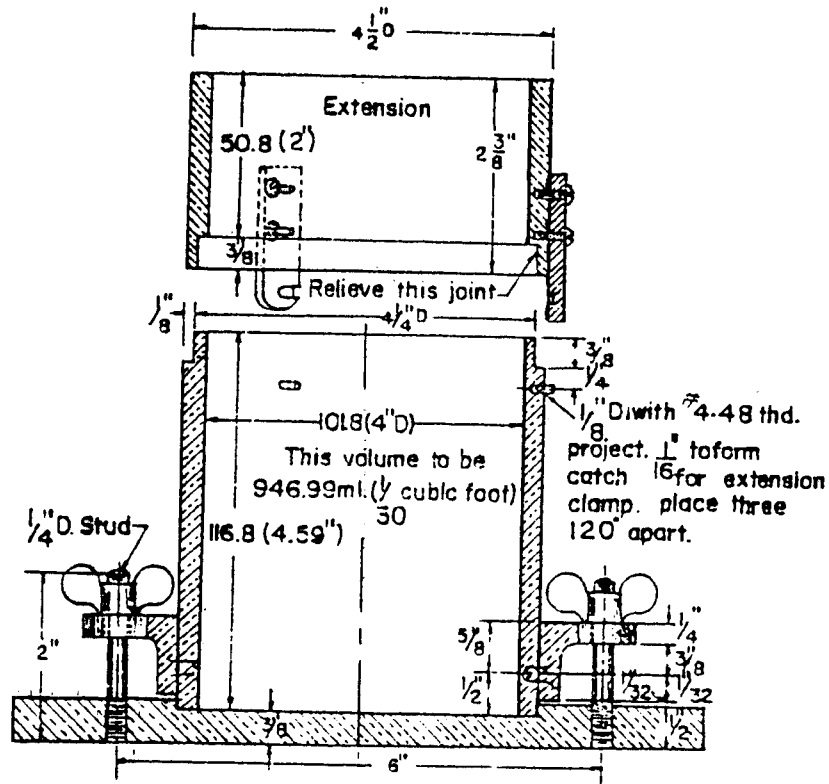
5.5 ปริมาตรของแบบ (V) ให้ทำการวัดและคำนวณเพื่อให้ได้ปริมาตรที่แท้จริงของแต่ละแบบ ห้ามใช้ปริมาตรที่แสดงไว้โดยประมาณในรูป

## 6. หนังสืออ้างอิง

6.1 The American Associate of State Highway officials. Specifications for Highway Materials and Methods of Sampling and Testing, AASHTO Designation : T180

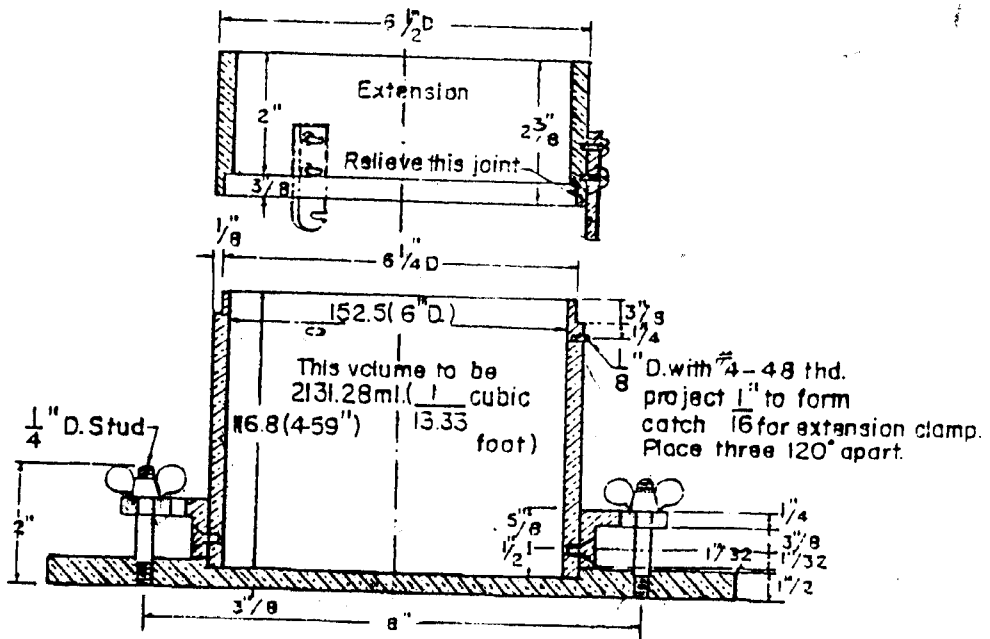
6.2 The American Society of Testing Materials ASTM Standards, Designation : D 1558T.

\* \* \* \* \*



รูปที่ 1 Cylindrical Mold, 101.6 mm. (4.0 in) for Soil Tests.

Unit = mm.



รูปที่ 2 Cylindrical Mold 152.5 mm (6.0 in.) for Soil Tests



## สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง

อันดับทดลองที่..... C-443 .....

เจ้าของตัวอย่าง.....

หนังสือที่.....วันที่รับหนังสือ.....

ทางสาย..... พระประแดง-บางขุนเทียน ตอน 3 .....

เจ้าหน้าที่ทดลอง..... ชัยฤทธิ์ .....วันที่รับตัวอย่าง.....วันที่ทดลอง..... 27/4/43 .....

## COMPACTION TEST

Soil Sample : Subbase Layer km. 43+150-43+295 Frontage Rd. Rt. ....

Location : ..... Boring No. : .....Depth : .....

Type Test : Mod. Proctor ..... Mold Wt. : 3.528 Kgs. Volume : 936.6 ml. ....

## DENSITY

Trial (Water added) %	3	5	7	9			
Wt. Mold+Soil (Kg.)	5.413	5.482	5.537	5.540			
Wt. Mold (Kg.)	3.528	3.528	3.528	3.528			
Wt. Soil (Kg.)	1.885	1.954	2.009	2.012			
Wet. Density (gm./ml.)	2.013	2.087	2.145	2.148			
Dry Density (gm./ml.)	1.943	1.974	1.995	1.956			
Void Ratio e							
Porosity n							

## WATER CONTENT

Can No.	43	27	38	44			
Wt. Can+Wet. Soil (gm.)	292.3	305.8	307.6	312.9			
Wt. Can+dry Soil (gm.)	283.6	291.5	289.1	288.7			
Wt. Water (gm.)	8.7	14.3	18.5	24.2			
Wt. Can (gm.)	42.1	41.5	42.0	42.2			
Wt. Dry Soil (gm.)	241.5	250.0	247.1	246.5			
Water Content (%)	3.6	5.7	7.5	9.8			

Remarks Avg. = 0.7%

สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง  
กรมทางหลวง

Test No. .... C-443  
 Type of test .... Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน วิธี ก.  
 Date ..... 28/4/43  
 Source ..... Subbase Layer km. 43+150-43+295 Frontage Rd. RT.  
 Plotted by ..... ชัยฤทธิ์

