

## กรมทางหลวง

## วิธีการทดลองหาค่าดัชนีความแข็งแรง (Strength Index) ของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

\* \* \* \* \*

## 1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เป็นการทดลองหาค่ากำลังต้านทานต่อการหลุดลอกของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต (Hot-Mix Asphalt) โดยการคำนวณหาค่าดัชนีความแข็งแรง (Strength Index) เป็นร้อยละระหว่างค่า Marshall Stability ของก้อนตัวอย่างที่แช่ในสารละลายเกลือแกลง (Soaked Sample) เปรียบเทียบกับก้อนตัวอย่างที่ไม่ได้แช่ในสารละลายเกลือแกลง (Unsoaked Sample)

## 2. วิธีทำ

## 2.1 เครื่องมือ

2.1.1 ภาชนะโลหะทนความร้อน เช่น กะละมังเคลือบ หรืออื่นๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 230 มิลลิเมตร สูงประมาณ 50 มิลลิเมตร

2.1.2 ภาชนะโลหะทนความร้อนก้นมน เช่น กะละมังสเตนเลสหรืออื่นๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 250 มิลลิเมตร สูงประมาณ 100 มิลลิเมตร

2.1.3 ตู้อบ (Oven) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่  $60 \pm 1$  องศาเซลเซียส และสามารถปรับอุณหภูมิได้ถึง 250 องศาเซลเซียส

2.1.4 แผ่นความร้อน (Hot Plate)

2.1.5 ช้อนตักตัวอย่างมวลรวม (Scoop)

2.1.6 กาหรือหม้อต้มแอสฟัลต์ซีเมนต์ ความจุประมาณ 2 000 มิลลิลิตร

2.1.7 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดก้านโลหะสามารถวัดอุณหภูมิได้ถึง 250 องศาเซลเซียส

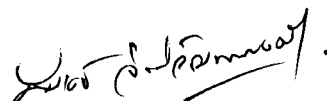
2.1.8 เครื่องชั่งซึ่งสามารถชั่งหามวลได้ถึง 5 000 กรัม มีความละเอียด 1 กรัม

2.1.9 เครื่องชั่งซึ่งสามารถชั่งหามวลได้ถึง 2 610 กรัม มีความละเอียด 0.1 กรัม

2.1.10 เกรียงผสมปลายมน (Mixing Spoon or Trowel)

2.1.11 มีดปาดขนาดใหญ่ (Spatula)

2.1.12 เครื่องผสม และภาชนะผสม (Mechanical Mixer and Pan) ใช้ในกรณีที่เตรียมส่วนผสมด้วยเครื่องผสม





2.1.13 แบบโลหะรูปทรงกระบอกสำหรับเตรียมตัวอย่าง (Compaction Mold) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 101.6 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) สูง 127.0 มิลลิเมตร (5 นิ้ว)

2.1.14 เครื่องบดอัดตัวอย่าง (Compression Machine) ใช้สำหรับเตรียมก้อนตัวอย่างทดสอบ (Marshall Sample) ในสภาพ Double Plungers ต้องเป็นเครื่องที่มีกำลังอย่างต่ำ 500 กิโลนิวตัน (ประมาณ 50 เมตริกตัน) หรือเป็นเครื่องทดลองที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับเครื่องมือทดลองหาค่าแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก และรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ตาม ทล.-ท. 302

2.1.15 แท่งอัดแรง ทำด้วยเหล็กเนื้อแข็งแบ่งเป็น 2 ชั้นส่วน คือ ชั้นส่วนบนและชั้นส่วนล่าง

- ชั้นส่วนบนมีรูปทรงเป็นแท่งทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98.4 มิลลิเมตร (3 7/8 นิ้ว) สูง 150.8 มิลลิเมตร (5 5/16 นิ้ว) หรืออาจปรับแต่งให้เป็นรูปทรงอื่น เช่น ทรง Drum Bell เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน แต่ต้องมีความแข็งแรงพอเพียงสำหรับการบดอัดตัวอย่าง โดยมีขนาดรูปทรงตามที่ระบุข้างต้น

- ชั้นส่วนล่างมีรูปทรงเป็นแท่งทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98.4 มิลลิเมตร (3 7/8 นิ้ว) สูง 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว)

2.1.16 แท่งเหล็กทรงแบบ ขนาดประมาณ 25 มิลลิเมตร × 25 มิลลิเมตร × 75 มิลลิเมตร

2.1.17 ถุงมือกันความร้อน

2.1.18 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่  $60 \pm 1$  องศาเซลเซียส

2.1.19 หม้อสุญญากาศ (Vacuum Cell) ชนิดแก้วโปรงใส สามารถทนความดันในหม้อได้ไม่น้อยกว่า 76 มิลลิเมตรปรอท

2.1.20 ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) สามารถปรับความดันในหม้อสุญญากาศได้ถึง 76 มิลลิเมตรปรอท

2.1.21 เครื่องทดลอง Marshall (Marshall Testing Machine) ใช้สำหรับทดลองหาค่า Stability เป็นเครื่องกดที่ให้แรงกดได้ไม่น้อยกว่า 3.7 กิโลนิวตัน (ประมาณ 8 000 ปอนด์) เป็นแบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ฐานหรือแท่นเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50 มิลลิเมตร ต่อนาที (ประมาณ 2 นิ้ว ต่อนาที)

2.1.22 แบบปะกับตัวอย่างเพื่อทดลองหาค่า Stability (Stability Mold)

2.1.23 เครื่องวัด Flow (Flow Meter) สำหรับทดลองหาค่า Flow ของตัวอย่าง อ่านค่าได้ 1/10 มิลลิเมตร หรือ 1/100 นิ้ว

## 2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

2.2.1 สารละลายเกลือแกง (Sodium Chloride Solution) เข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร

### 2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว.413 - 1

### 2.4 การเตรียมตัวอย่าง

2.4.1 นำวัสดุรวมรวม (Aggregate) ประมาณ 1 200 กรัมต่อตัวอย่าง หรือปริมาณที่ทำการบดอัดแล้วได้ความสูงของก้อนตัวอย่างประมาณ 63.5 มิลลิเมตร ( $2 \frac{1}{2}$  นิ้ว) มีขนาดกะและปริมาณตามอัตราส่วนซึ่งผ่านการทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 604 “วิธีการทดลองเพื่อออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต โดยวิธี Marshall” จำนวน 10 ตัวอย่าง ใส่ในภาชนะโลหะทนความร้อนเพื่ออบในตู้อบให้ได้อุณหภูมิถึง 170 องศาเซลเซียส

2.4.2 นำแบบโลหะตามข้อ 2.1.13 และแท่งอัดแรงตามข้อ 2.1.15 วางบนแผ่นความร้อน ที่มีอุณหภูมิระหว่าง 95-150 องศาเซลเซียส

2.4.3 ให้ความร้อนแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่จะใช้ผสมจนมีค่าความหนืด (Viscosity) เท่ากับ  $170 \pm 20$  เซนติสโตกส์ (แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60-70 ให้มีอุณหภูมิ  $159 \pm 5$  องศาเซลเซียส )

### 2.5 การทดลอง

2.5.1 นำตัวอย่างวัสดุรวมรวมจากข้อ 2.4.1 ออกจากตู้อบ แล้วเทวัสดุรวมรวมลงในภาชนะโลหะทนความร้อนก้นมน ใช้เกรียงผสมให้วัสดุรวมรวมแต่ละขนาดคลุกกันให้ทั่ว ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของวัสดุรวมรวมลดลงถึง  $163 \pm 8$  องศาเซลเซียส

2.5.2 เติมแอสฟัลต์ซีเมนต์ซึ่งเตรียมไว้ตามข้อ 2.4.3 ตามปริมาณที่ออกแบบลงในตัวอย่างวัสดุรวมรวมตามข้อ 2.5.1 แล้วใช้เกรียงผสมวัสดุรวมรวมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยวางภาชนะโลหะทนความร้อนก้นมนบนแผ่นความร้อน ทำการผสมส่วนผสมให้เข้ากันโดยเร็ว ปกติใช้เวลาประมาณ 1 นาที

2.5.3 นำแบบโลหะและแท่งอัดแรงชิ้นส่วนล่าง จากข้อ 2.4.2 มาประกอบเข้ากับเครื่องบดอัดตัวอย่างจากข้อ 2.1.14 ใช้แท่งเหล็กทรงแบบวางรองไว้ใต้แบบโลหะ โดยแนบกับแท่งอัดแรงชิ้นส่วนล่างทั้ง 2 ด้าน

2.5.4 เทส่วนผสมตามข้อ 2.5.2 ลงในแบบโลหะที่ประกอบแล้ว ใช้มีดปาดขนาดใหญ่ แชะส่วนผสมรอบๆ ซิดด้านในแบบ 15 ครั้ง และชะตรงกลางส่วนผสมอีก 10 ครั้ง แต่งส่วนบนของส่วนผสมให้โค้งมน ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของส่วนผสมลดลงจนมีอุณหภูมิที่ทำให้แอสฟัลต์ซีเมนต์มีค่าความหนืดเท่ากับ  $280 \pm 30$  เซนติสโตกส์ (แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60 - 70 ให้มีอุณหภูมิ  $150 \pm 5$  องศาเซลเซียส)

2.5.5 ประกอบแท่งอัดแรงขึ้นส่วนบนลงในแบบ เปิดเครื่องบดอัดตัวอย่างเพื่ออัดส่วนผสมจนเกิดค่าแรงอัด 1.0 เมกะพาสคัล (150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) จึงหยุดเพื่อตั้งแท่งเหล็กทรงแบบออกให้เครื่องบดอัดตัวอย่างอัดส่วนผสมในสภาพ Double Plungers อย่างต่อเนื่องจนเกิดค่าแรงอัด 20.7 เมกะพาสคัล (3 000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) และค้างแรงอัดนี้ไว้ 2 นาที จึงค่อยคลายแรงอัดออก

2.5.6 ปล่ยตัวอย่างให้เย็นลงตามอุณหภูมิห้องแล้วจึงดันตัวอย่างออกจากแบบโลหะ นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ  $60 \pm 1$  องศาเซลเซียส ในตู้อบเป็นเวลา 16 – 18 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดให้นำมาชั่งให้เย็นที่อุณหภูมิของห้องทดลอง แล้วนำตัวอย่างไปหาค่า Bulk Density ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 604 “วิธีการทดลองแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธี Marshall”

2.5.7 แบ่งตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละอย่างน้อย 3 ก้อน ให้แต่ละกลุ่มมีค่าเฉลี่ย Bulk Density เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ตัวอย่างแต่ละก้อนจะต้องมีค่า Bulk Density แตกต่างกันไม่เกิน 0.02 กรัมต่อมิลลิตรของค่าเฉลี่ย

2.5.8 ตัวอย่างกลุ่มที่ 1 นำไปแช่ในสารละลายเกลือแคงความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ในหม้อสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง โดยดูดอากาศออกให้อยู่ในสภาพสุญญากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างมาแช่ในสารละลายเกลือแคงความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ  $60 \pm 1$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างออกมาแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ  $25 \pm 1$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปทดลองหาค่า Stability และ Flow ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 604 “วิธีการทดลองแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธี Marshall” เรียกตัวอย่างกลุ่มนี้ว่าตัวอย่างที่แช่ในสารละลายเกลือแคง

2.5.9 ตัวอย่างกลุ่มที่ 2 ให้นำไปแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิ  $25 \pm 1$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงทดลองหาค่า Stability และ Flow ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 604 “วิธีการทดลองแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธี Marshall” เรียกตัวอย่างกลุ่มนี้ว่าตัวอย่างที่ไม่ได้แช่ในสารละลายเกลือแคง

### 3. การคำนวณ

3.1 คำนวณหาค่า Bulk Density , VMA (Voids in Mineral Aggregate) , Air Voids และ VFA (Voids Filled with Asphalt) เช่นเดียวกับการทดลองที่ ทล.-ท. 604 “วิธีการทดลองแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธี Marshall”

## 3.2 คำนวณค่า Strength Index ดังนี้

$$\text{Strength Index} = \frac{\text{Stability of Soaked Sample}}{\text{Stability of Unsoaked Sample}} \times 100$$

## 4. การรายงาน

- ให้อายงานตามแบบฟอร์ม ว.413 - 1
- ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่งสำหรับค่าดัชนีความแข็งแรง

## 5. หนังสืออ้างอิง

- 5.1 Asphalt Institute "Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types" Manual Series No. 2 (MS- 2 ) Sixth Edition 1993.
- 5.2 The American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standard, ASTM Designation : D 1074 – 96 "Standard Test Method for Compressive Strength of Bituminous Mixtures"
- 5.3 The American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standard, ASTM Designation : D 1559 - 89 "Standard Test Method for Resistance to Plastic Flow Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus"
- 5.4 F. Field and W.A. Phang. STRIPPING IN ASPHALT CONCRETE MIXES : OBSERVATION AND TEST PROCEDURES. Prepared for presentation at the 12<sup>th</sup> Annual conference of the Canadian Technical Asphalt Association, Harifax. Department of Highways, Ontario. 1967.

\* \* \* \* \*

อันดับการทดลองที่.....

ทางสาย.....

วันที่รับตัวอย่าง.....

เจ้าหน้าที่ทดลอง.....

วันที่ทดลอง.....

**ผลการทดลองค่าดัชนีความแข็งแรง (Strength Index) ของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต**

Layer.....

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = ..... ( By Mass ) Pen.Grade AC 60-70

Avg.Sp.Gr. Aggregate and Filler ( Gag ) = ..... Sp.Gr. AC ( Gac ) = 1.02

Compaction , Double Plungers 20.7 Mpa ( 3000 psi ) Asphalt Absorption ( x )=.....%

SPECIMEN	Soaked Sample				Unsoaked Sample			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Spec. Height mm. ( a )								
<b>DENSITY TEST</b>								
Mass in air gm ( b )								
Mass Sat.Surface Dry gm ( c )								
Mass In Water gm ( d )								
Bulk Volume ml ( e ) ; c - d								
Bulk Density gm/ml ( f ) ; b / e								
Average Density gm/ml ( g )								
<b>VOID ANALYSIS</b>								
AC by Mass of Agg. % ( h )								
AC by Mass of Mix % ( i ) ; $h/(100+h)100$								
Eff. AC by Mass of Mi. % ( j ) ; $i-\{x(100-i)/100\}$								
Volume AC %Total ( k ) ; $j.g/Gac$								
Volume Agg. %Total ( l ) ; $(100-i)g/Gag$								
VMA % ( m ) ; $100-l$								
VFA % ( n ) ; $100.k/m$								
Air Voids % ( p ) ; $m-k$								
<b>STABILITY TEST</b>								
Measurement lbs. ( N )								
Adjust lbs. ( N )								
Average Stability lbs. ( N )								
<b>FLOW TEST</b>								
Measurement 1/100 in. (0.25 mm)								
Average Flow 1/100 in. (0.25 mm)								
Strength Index ( % ) = $\frac{\text{Soaked Stability} \cdot 100}{\text{Unsoaked Stability}}$ = ..... %								

*Handwritten signature*

*Handwritten signature*