จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์

2101-332

คู่มือปฏิบัติการทดสอบวัสดุการทาง

(**Highway Testing Material Laboratory**)

ห้องปฏิบัติการทดสอบวัสดุการทาง

ตึกพระเจริญวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2548

Highway Materials Testing Laboratory

Department of Civil Engineering

Chulalongkorn University

Student Name : _____ I.D._____

Lab Day : _____ Party No._____

Instructions :

1. Students must complete this page prior to the lab sessions.
2. Key lab rules are
   - Students shall read the lab sheet before attending the class
   - Students must virtuously help each other in performing the lab testing
   - Students shall practice the lab with caution and efficiently : no excessive talk and playing in the lab
   - Safety is the first priority
   - Students must complete their lab work by themselves. No copying from friends or others.
3. Please keep minimal discussion among group members. The raw data can be shared in the group but the rest must be done individually.

Week	Date	Lab No	Instructor	Grade
Video session				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Author: Sorawit Narupiti Department of Civil Engineering,Chulalongkorn University

All Rights reserved @ 2005, 2002, 1998, 1997

Highway Materials Testing Laboratory
Department of Civil Engineering
Chulalongkorn University

การทดลองที่ 1 **การทดสอบหาการจมตัวของเข็มมาตรฐานของวัสดุบิทูมินัส**

Penatration Test of Bituminous Materials 1-1

การทดลองที่ 2 **การทดสอบหาค่าความหนืดด้วยวิธี Saybolt**

Test for Saybolt Viscosity 2-1

การทดลองที่ 3 **วิธีหารทดลองหาค่าการยืดตัวของวัสดุบิทูเมน**

Ductility test of Bitumen Materials 3-1

การทดลองที่ 4 **การทดสอบหาการละลายของวัสดุบิทูมินัส**

Solubillity of Bituminous Materials 4-1

การทดลองที่ 5 **การกลั่นผลิตภัณฑ์ยางมะตอยชนิดคัทแบค**

Distillation of Cut-back Asphalt Product 5-1

การทดลองที่ 6 **การทดสอบยางมะตอยอิมัลชั่น**

Test for Asphalt Emulsion 6-1

การทดลองที่ 7 **การทดสอบแอสฟัลท์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์**

Test for Asphaltic Concrete by Marshall's Method 7-1

การทดลองที่ 1

การทดสอบหาการจมตัวของเข็มมาตรฐานของวัสดุบิทูมินัส

(Penatration Test of Bituminous Materials)

1. ขอบเขต

การทดสอบนี้เป็นการหาค่าการจมตัวของวัสดุบิทูมินัสที่มีสภาพกึ่งแข็ง และมีค่าการจมตัวต่ำกว่า 350 หน่วย สำหรับวัสดุที่มีค่าการจมตัวระหว่าง 350 ถึง 500 หน่วยนั้น จะหาค่าได้โดยวิธีทดสอบอื่น

2. นิยาม

การจมตัวคือ ระยะการจมของเข็มมาตรฐานในวัสดุตัวอย่าง ภายใต้สภาพน้ำหนักกด เวลา และอุณหภูมิที่กำหนด ค่าของการจมตัวมีหน่วยเป็น หนึ่งส่วนสิบของมิลลิเมตร (0.1 มม.)

ค่าการจมตัวเป็นค่าที่ใช้วัดความข้นเหลว (Consistency) ของวัสดุบิทูมินัส และใช้ในการแบ่งเกรดยางมะตอย

3. วิธีการทดสอบโดยสรุป

ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างและทำให้เย็นภายใต้สภาพควบคุม นำไปหาค่าการจมตัวด้วยเครื่องทดสอบการจมตัว (penetrometer) โดยใช้เข็มมาตรฐานภายใต้สภาพที่ระบุไว้

4. อุปกรณ์

4.1 เครื่องมือทดสอบการจมตัว(Penetrometer) เครื่องมือที่มีแกนควบคุมให้เข็มเคลื่อนตัวในแนวดิ่งได้ โดยไม่เกิดแรงเสียดทาน และสามารถบ่งบอกความลึกของการจมตัวได้ใกล้เคียงถึง 0.1 มม. น้ำหนักของแกนมีค่า47.5 + 0.05 กรัม ใช้น้ำหนักของเข็มและแกนหมุนรวม 50.0 + 0.05 กรัมกับตัวอย่างน้ำหนัก 100 กรัม หรือใช้น้ำหนักของเข็มและแกนหมุนรวม 100.0+0.05 กรัมกับตัวอย่างน้ำหนัก 200 กรัม เครื่องทดสอบจะมีที่ให้วางตัวอย่างบนผิวที่ราบ และแกนของตัวเข็มต้องทำมุม 90 องศากับผิวนี้

4.2 เข็มมาตรฐาน (Standard Needle)-ทำจากเหล็กแสตนเลส เกรด 440-c หรือเทียบเท่ากับ HRC 54 ถึง 60 เข็มนี้ควรมีความยาวประมาณ 50 มม. และมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด1.00 ถึง 1.02 มม. ดังแสดงในรูปที่ 1

4.3 ภาชนะบรรจุตัวอย่าง – มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกโลหะหรือแก้ว มีขนาดดังนี้

สำหรับค่าการจมตัวต่ำกว่า 200 :

เส้นผ่าศูนย์กลาง	55	มม.
ความลึกภายใน	35	มม.
ความจุประมาณ 3 ออนซ์		

สำหรับค่าการจมตัวระหว่าง 200 ถึง 350 :

เส้นผ่าศูนย์กลาง	70	มม
ความลึกภายใน	45	มม.
ความจุประมาณ 6 ออนซ์		

4.4 อ่างบรรจุน้ำ- มีความจุอย่างน้อยที่สุด 10 ลิตร และรักษาอุณหภูมิที่ 25 + 0.1 C

4.5 ภาชนะย้ายตัวอย่าง(Transfer dish) –ใช้บีกเกอร์ที่มีความจุอย่างน้อย 350 มล. ใส่น้ำที่มีความลึกของน้ำเพียงพอที่จะท่วมภาชนะบรรจุตัวอย่างมิด ภาชนะนี้ควรประกอบกับขาตั้งแบบสามขาซึ่งแข็งแรงมั่นคง

4.6 นาฬิกาจับเวลา—แม่นยำถึง+ 0.1 วินาทีสำหรับช่วงรอบ 60 วินาที

4.7 เทอร์โมมิเตอร์

4.8 โคมไฟสำหรับส่องดูเงา

5.การเตรียมตัวอย่าง

5.1 ให้ความร้อนกับตัวอย่าง พร้อมกับคนเพื่อให้วัสดุมีอุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วกัน จนกระทั่งวัสดุอ่อนตัวเพียงพอที่จะเท หากทดสอบน้ำมันดิน (Tar) จะต้องใช้อุณหภูมิไม่เกิน 60 C หากทดสอบวัสดุบิทูเมนจะต้องใช้อุณหภูมิไม่เกิด 90 C ไม่ควรให้ความร้อนกับตัวอย่างมากเกิน 30 นาที และระวังอย่าให้เกิดฟองในตัวอย่าง

5.2 เทตัวอย่างลงในภาชนะบรรจุตัวอย่างให้ได้ความลึกที่ต้องการ ปล่อยให้เย็นตัวลงจนถึงอุณหภูมิที่จะทำการทดสอบ ตัวอย่างจะต้องมีความลึกมากกว่าความลึกซึ่งเข็มคากว่าจะจมอย่างน้อย 10 มม. โดยทั่วไปจะเตรียมตัวอย่างไว้อย่างน้อย 2 ตัวอย่าง

5.3 ปกคลุมตัวอย่างเพื่อป้องกันฝุ่น และปล่อยให้เย็นตัวลงที่อุณหภูมิระหว่าง 15 ถึง 30 C เป็นเวลา 1 ถึง 1.5 ชั่วโมง สำหรับภาชนะบรรจุขนาดเล็ก (3 ออนซ์) และ 1.5ถึง 2 ชั่วโมงสำหรับภาชนะขนาดใหญ่ (6 ออนซ์) แล้วนำตัวอย่างมาใส่ลงในภาชนะย้ายตัวอย่างและใส่อ่างน้ำเพื่อช่วยรักษาอุณหภูมิของการทดสอบเป็นเวลา 1 ถึง 1.5 ชั่วโมง สำหรับภาชนะบรรจุขนาดเล็ก และ1 .5ถึง2 ชั่วโมง สำหรับภาชนะขนาดใหญ่ (6 ออนซ์)

6. สภาพขณะทำการทดสอบ

โดยทั่วไปจะทำการทดสอบ ณ อุณหภูมิ 25 C (77 F) โดยใช้น้ำหนักกด 100 กรัม และใช้เวลาการจมตัว 5 วินาที อย่างไรก็ตามหน่วยงานต่างๆอาจเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดเพื่อให้สอดคล้องกับสมบัติของวัสดุ และสภาวะที่ต้องการทดสอบ:

อุณหภูมิ C (F)	น้ำหนักกด (กรัม)	เวลา(วินาที)
0(32)	200	60
4(39.2)	200	60
46.1(115)	50	5

การทดสอบทุกครั้งจะต้องระบุสภาพในการทดสอบด้วย

7.ขั้นตอนการทดสอบ

7.1 ทำความสะอาดเข็ม เช็ดแห้งด้วยผ้า และใส่เข็มในเครื่องทดสอบ ใส่น้ำหนักกด 50 กรัมที่ด้านบนของเข็ม ทำให้ได้น้ำหนักเข็มและแกนรวม 100+ 0.1 กรัม ตรวจสอบให้ตัวอย่างจมน้ำที่อยู่ในภาชนะย้ายตัวอย่างจนมิด จากนั้นนำภาชนะตัวอย่าง(บีกเกอร์) ที่มีตัวอย่างอยู่มาวางบนเครื่องทดสอบ เลื่อนตำแหน่งของเข็มอย่างช้าๆให้ต่ำลง จนกระทั่งปลายเข็มสัมผัสกับผิวตัวอย่างพอดี ทำได้โดยใช้โคมไฟส่องช่วยและสังเกตให้ปลายของเข็มสัมผัสกับเงาของปลายเข็มที่สะท้อนขึ้นบนผิวของตัวอย่าง บันทึกค่าบนหน้าปัดเครื่องทดสอบหรือปรับค่าเป็นศูนย์ จากนั้นปล่อยให้เข็มจมลงเป็นเวลา 5 วินาที และหยุดการปล่อยเข็มที่เครื่อง อ่านระยะการจมตัวเป็นหน่วย หนึ่งส่วนสิบของมิลลิเมตร ถ้าภาชนะบรรจุตัวอย่างเคลื่อนตัว ให้ยกเลิกผลการทดสอบครั้งนั้น

7.2 ทำการทดสอบตัวอย่างแต่ละตัวอย่างอย่างน้อย 3 ครั้ง โดยวางตำแหน่งที่จะปล่อยเข็มให้ห่างจากตำแหน่งการทดสอบเดิมไม่น้อยกว่า 10 มม. และจะต้องห่างจากด้านข้างของภาชนะบรรจุไม่น้อยกว่า 10 มม. เช่นกัน ตรวจสอบอุณหภูมิของภาชนะย้ายตัวอย่างให้คงที่ระหว่างการทำการทดสอบแต่ละครั้งจะต้องทำความสะอาดเข็มหรือใช้เข็มใหม่ทุกครั้ง ถ้าทดสอบวัสดุที่มีค่าการจมตัวมากกว่า 200 ให้ค้างเข็มไว้ในตัวอย่างหลังการทดสอบแต่ละครั้ง และใช้เข็มใหม่ในการทดสอบครั้งใหม่ จนทดสอบครบ 3 ครั้งบนหนึ่งตัวอย่าง

7.3วิธีที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดใช้สำหรับการหาค่าการจมตัวที่น้อยกว่า 350 อย่างไรก็ตามวิธีการนี้อาจใช้ทดสอบวัสดุที่มีการจมตัวระหว่าง 300 ถึง 500 เมื่อใช้ภาชนะและเข็มที่พิเศษ ภาชนะควรลึกอย่างน้อยที่สุด 60 มม. ปริมาตรของวัสดุในภาชนะไม่ควรเกิน 125 มล.

7.3.1 เข็มที่ใช้มีมาตรฐานเช่นเดียวกัน ยกเว้นความยาวของเข็ม ที่ยื่นออกมาจากที่ยึดต้องไม่น้อยกว่า 50 มม.

7.3.2 ค่าการจมตัวของเข็มในวัสดุ อาจประมาณได้จากใช้การหาค่าการจมตัวเมื่อใช้เข็มมาตรฐาน และภาชนะบรรจุตัวอย่างความจุ 6 ออนซ์ กับน้ำหนักกด 50 กรัม

การจมตัวภายใต้น้ำหนักกด 100 กรัม= (การจมตัวภายใต้น้ำหนักกด 50 กรัม) × 1.414

8. การรายงานผล

รายงานผลเป็นหน่วยจำนวนเต็ม ซึ่งได้จากการเฉลี่ยค่าการจมตัวทั้ง 3 ค่า โดยแต่ละค่าจะต้องมีความแตกต่างไม่มากกว่า :

การจมตัว	0-49	50-149	150-249
ค่าความแตกต่างสูงสุด และต่ำสุดที่ได้ในหนึ่งตัวอย่าง	2	4	6

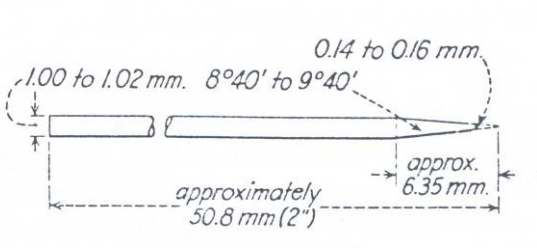
ถ้าความแตกต่างเกินดังกล่าว ควรทดสอบเป็น(โมฆะ) บนตัวอย่างที่ 2 ควรทดสอบซ้ำใหม่

ถ้าตัวอย่างที่สอง ยังให้ค่าแตกต่างมากกว่าที่กำหนด ให้ถือผลการทดสอบเป็นโมฆะ และเริ่มการทดสอบตั้งแต่การเตรียมตัวอย่างใหม่

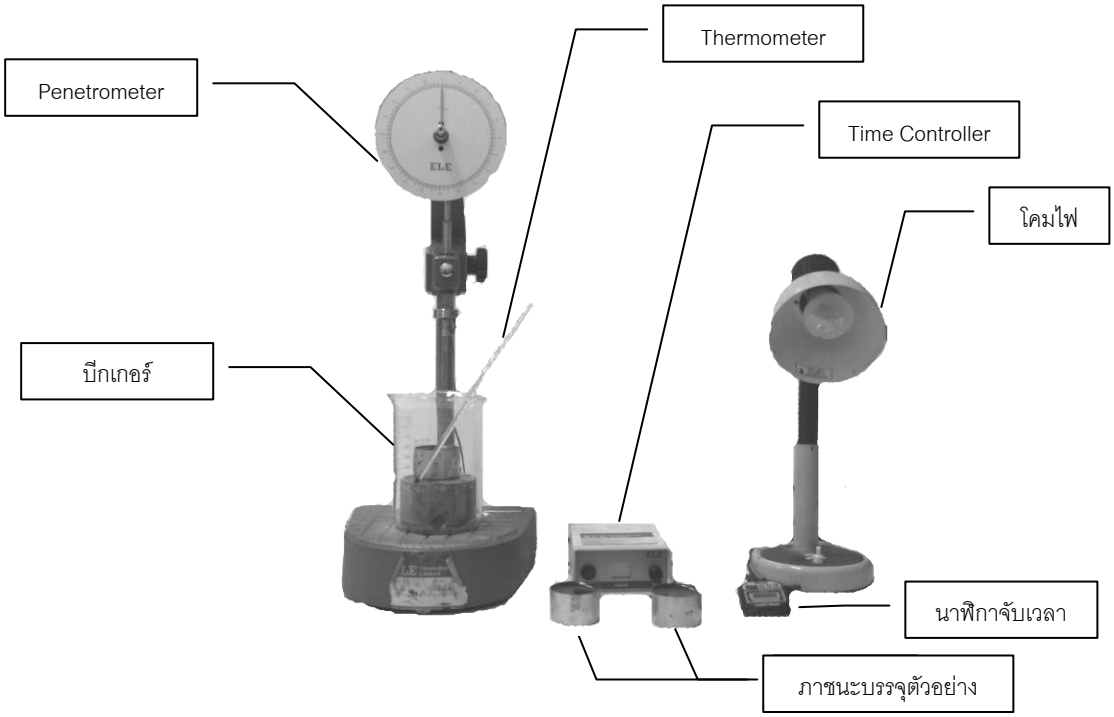
9.การพิจารณาความถูกต้อง

เกณฑ์สำหรับการตัดสินความยอมรับได้ของผลการทดสอบการจมตัวดูได้ตาม ตารางข้างล่างและการเตรียมตัวอย่างใหม่

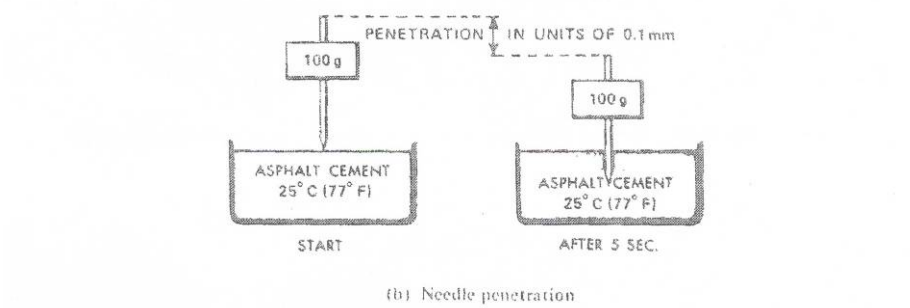
วัสดุ	**เกณฑ์มาตรฐานค่าความยอมรับได้**	
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	**ค่าความแตกต่างผลการทดสอบ 2 ค่าที่ยอมรับได้**
ผลจากผู้ทดสอบคนเดียวกัน		
- แอสฟัลท์ ที่ 25 c ที่มีการจมตัวต่ำกว่า 50 หน่วย	0.35	1
- แอสฟัลท์ ที่ 25c ที่มีการจมตัวสูงกว่า 50 หน่วย	1.1	3
- น้ำมันดิน (Tar) ที่ 25 c	5.2	1.5
ผลจากห้องปฏิบัติการหลายแห่ง		
- แอสฟัลท์ ที่ 25 c ที่มีการจมตัวต่ำกว่า 50 หน่วย	1.4	4
- แอสฟัลท์ ที่ 25 c ที่มีการจมตัวสูงกว่า 50 หน่วย	2.8	8
- น้ำมันดิน (Tar) ที่ 25 c	1.4	4



รูปที่ 1 แสดงเข็มสำหรับการทดสอบการจมตัว



รูปที่ 2 อุปกรณ์ทดสอบการจมตัว



(b) Needle penetration

Source: Reproduced from *A Brief Introduction to Asphalt and Some of Its Uses*, Manual Series No. 5, The Asphalt Institute, College Park, Md., 1977.

รูปที่ 3 แสดงการวัดค่าการจมตัว

Department of Civil Engineering

Chulalongkorn University

Highway Materials Testing Laboratory

Penetration Test of Bituminous Materials

Source of materials :……

Material type :…….. Approx ,penetration…….

Test by…….. Date……..……..

Penetrometer No……... Dial division:…….. mm/division

Test conditions: Temperature ☐ 25 C ☐ Other

Load ☐ 100 g ☐ Other

Penetration ☐ 5 sec ☐ Other

Sample No.	Specimen No.	Dial Reading				Differencein pen acceptable (yes /no)	Penertration Grade
		1st Pen. (div)	2nd Pen. (div)	3 rd Pen. (div)	Averange		
	1						
	2						
	1						
	2						
	1						
	2						

Remark:

Sample of Calculation :

Average =

Difference =

วิเคราะห์ผลการทดลอง :

สรุปผลการทดลอง:

การทดลองที่ 2

การทดสอบหาค่าความหนืดด้วยวิธี Saybolt

(Test for Saybolt Viscosity)

1. ขอบเขต

การทดสอบเป็นการวัดค่า Saybolt Viscosity ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม แบบ Empirical ที่อุณหภูมิระหว่าง 120 ถึง 240 °C

2. นิยาม

2.1 Furol คำว่า “Furol” เป็นคำย่อของคำว่า “Fuel” และ “Road oils”

2.2 ความหนืดแบบ Saybolt Furol หมายถึง เวลาในการไหล (เป็นวินาที) ของตัวอย่างปริมาณ 60 c.c. ผ่าน Furol orifice ซึ่งปรับแก้แล้วภายใต้สภาวะที่กำหนด มีหน่วยเป็น Saybolt Furol Seconds หรือ SFS

2.3 ความหนืดแบบ Saybolt Universal หมายถึง เวลาในการไหล (เป็นวินาที) ของตัวอย่างปริมาณ 60 c.c. ซึ่งไหลผ่าน Universal Orifice ซึ่งปรับแก้แล้ว ภายใต้สภาวะที่กำหนด มีหน่วยเป็น Saybolt Universal Seconds หรือ SUS ความหนืดแบบ Saybolt Universal นี้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ซึ่งมีความหนืดไม่เกิน 1000 วินาที เช่น น้ำมันเครื่อง และวัสดุกากอื่นๆ ค่าความหนืดแบบ Universal นี้มีค่าประมาณ 10 เท่าของค่าความหนืดแบบ Saybolt

3. วิธีการทดสอบโดยสรุป

หาเวลาในการไหล (เป็นวินาที) ของตัวอย่างปริมาณ 60 c.c. ซึ่งไหลผ่าน orifice ซึ่งปรับแก้แล้ว การวัดกระทำภายใต้สภาวะที่ควบคุม ค่าของเวลานี้จะถูกปรับแก้โดยค่าคงที่ของ orifice นั้นและบันทึกเป็นค่าความหนืดของตัวอย่างที่อุณหภูมินั้นๆ

4. อุปกรณ์

4.1 Saybolt Viscometer และอ่างน้ำ ดังรูปที่ 1

4.2 แหวนยึด (Displacement Ring)

4.3 หลอดดูด (Withdrawal Tube)

4.4 ฐานยึดเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer Support)

4.5 กรวยกรอง (Filter Funnel)

4.6 ขวดแก้วรองรับ (Receiving Flask) ดังรูปที่ 2

4.7 ที่จับเวลา มีความละเอียดระดับ 0.1 ของวินาที และมีความเที่ยงตรงถึง 0.1% เมื่อใช้ทดสอบช่วงเวลา 60 นาที อุปกรณ์จับเวลาแบบไฟฟ้าใช้ได้ถ้าปฏิบัติการโดยวงจรควบคุมความถี่

4.8 เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิสารตัวอย่าง (Viscosity Thermometers) มีไว้สำหรับอ่านอุณหภูมิของตัวอย่าง

4.9 เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิสารในอ่างน้ำ (Bath Thermometers) คือ เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิสารตัวอย่าง หรือแบบอื่นๆ ซึ่งให้ผลเท่ากัน

5. การเตรียมอุปกรณ์

5.1 ใช้ Universal orifice สำหรับสารหล่อลื่น (Lubricant) หรือสารที่ได้จากการกลั่น (Distillate materials) อื่นๆ ที่มีเวลาในการไหลมากกว่า 32 วินาที เพื่อให้ได้ความถูกต้องตามต้องการ สำหรับของเหลวที่มีเวลาในการไหลมากกว่า 1000 วินาที ไม่ควรทดสอบด้วย orifice ชนิดนี้

5.2 ใช้ Furol orifice สำหรับวัสดุกาก (Residual materials) ซึ่งมีเวลาในการไหลมากกว่า 25 วินาที เวลาในการไหลแบบ Furol จะมีค่าประมาณ 1/10 ของเวลาในการไหลแบบ Universal

5.3 ทำความสะอาด Viscometer ด้วยสารละลายซึ่งสามารถใช้งานได้ดี และไม่เป็นพิษ และเช็ดสารละลายใน Gallery และ Viscometer ออกให้หมด

5.4 ตั้งเครื่อง Viscometer และอ่างน้ำ ในที่ลมสงบ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศอย่างรวดเร็วและปราศจากฝุ่นหรือไอน้ำระหว่างการทดสอบ

5.5 วางขวดแก้วรองรับไว้ในเครื่องใต้ Viscometer ให้ตรงกับรูที่น้ำมันจะไหลออกจากก้นของ Viscometer โดยน้ำมันไม่โดนข้างขวด จุดขั้นบนขวด (Graduation mark) ควรจะห่างประมาณ 100 ถึง 130 มม. จากก้นของ Viscometer tube

5.6 เติมน้ำมันเข้าไปใน Viscometer (อาจใช้ตัวนำอื่นแทนน้ำ เช่น น้ำมันเครื่อง ในการทดสอบที่อุณหภูมิสูง) อย่างน้อย 6 มม. เหนือ Overflow rim ของ viscometer โดยตารางที่ 1 แสดงของเหลวที่ควรใช้ในอ่างน้ำสำหรับแต่ละอุณหภูมิการทดลอง

ตารางที่ 1 อุณหภูมิการทดลองของสารในอ่างน้ำ (Bath Test Temperature)

Standard Test Temperature (°C)	Recommended Bath Medium	Maximum Temperature Differential (°C)[1,2]	Functional Precision (°C)[1]
21.1	Water	± 0.05 (0.05)	± 0.03 (0.05)
25.0	Water	± 0.05 (0.05)	± 0.03 (0.05)
37.8	Water, or all of viscosity 50 to 70 SUS at 37.8 °C	± 0.15 (0.15)	± 0.03 (0.05)
50.0	Water, or all of viscosity 120 to 150 SUS at 37.8 °C	± 0.20 (0.20)	± 0.03 (0.05)
54.4	Water, or all of viscosity 120 to 150 SUS at 37.8 °C	± 0.30 (0.30)	± 0.03 (0.05)
60.0	Water, or all of viscosity 120 to 150 SUS at 37.8 °C	± 0.60 (0.50)	± 0.06 (0.05)
82.2	Water, or all of viscosity 330 to 370 SUS at 37.8 °C	± 0.80 (0.80)	± 0.06 (0.05)
98.9	Water, or all of viscosity 330 to 370 SUS at 37.8 °C	± 1.10 (1.10)	± 0.06 (0.05)

[1] ค่าตาม ASTM D88-94 (AASHTO T72-90)

[2] ค่าแตกต่างสูงสุดของอุณหภูมิ (Maximum difference) ที่ยอมให้ระหว่างอุณหภูมิของสารในอ่างน้ำกับอุณหภูมิในการทดลอง เพื่อที่จะรักษาความสมดุลทางด้านอุณหภูมิในขณะที่คนตัวอย่างใน Viscometer ด้วยเทอร์โมมิเตอร์ในการทดลอง

5.7 คนของเหลวในอ่างน้ำอย่างพอเพียง พร้อมกับควบคุมอุณหภูมิไม่ให้ค่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเกินกว่า ± 0.03 °C (ASTM) ภายหลังจากอุณหภูมิในการทดสอบได้ถึงค่าที่ต้องการแล้ว (AASHTO กำหนดไม่ให้เกิน ± 0.05 °C)

5.8 การหาค่าความหนืดต้องไม่ทำที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดควบแน่น (Dew point) ของบรรยากาศของห้อง

5.9 สำหรับการทดสอบเพื่อหาจุดอ้างอิงและมาตรฐาน ต้องรักษาอุณหภูมิห้องให้อยู่ในช่วง 20 ถึง 30 °C และบันทึกค่าอุณหภูมิจริง ณ ขณะนั้น อย่างไรก็ตามอุณหภูมิของห้องที่สูงขึ้นจนถึง 38 °C จะไม่ทำให้มีความคลาดเคลื่อนในการทดลองเกินกว่า 1.0 %

6. การ Calibrate เครื่อง Viscometer

6.1 การ Calibrate เครื่อง Saybolt Universal viscometer ให้ทำทุกๆ 3 ปี โดยวัดเวลาในการไหลที่อุณหภูมิ 37.8 °C โดยใช้ของเหลวที่มีความหนืดมาตรฐาน

6.2 เวลาในการไหลควรจะมีค่าเท่ากับค่าความหนืด Saybolt ที่แท้จริงที่รับรองแล้ว (Certified Saybolt viscosity) ถ้าค่าเวลาดังกล่าวต่างจากค่าที่แท้จริงมากกว่า 0.2 % ควรจะมีการคำนวณค่า Correction Factor, F สำหรับ viscometer นั้น โดยที่

$$F = V/t$$

โดยที่ V = ค่าความหนืด Saybolt ที่แท้จริงที่รับรองแล้วตามมาตรฐาน

t = ค่าเวลาในการไหล (เป็นวินาที) ที่อุณหภูมิ 37.8 °C

อนึ่งค่า Correction Factor สำหรับความหนืดทุกๆค่า และทุกๆอุณหภูมิ เพื่อใช้ในการปรับแก้ค่าควรเป็นไปตามมาตรฐานความหนืดที่มีเวลาในการไหลระหว่าง 200 ถึง 600 วินาที

6.3 การ Calibrate เครื่อง Saybolt Furol viscometer ที่อุณหภูมิ 50 °C ให้ทำในลักษณะเดียวกันกับวิธีการด้านบน โดยใช้มาตรฐานความหนืดซึ่งมีเวลาในการไหลน้อยที่สุด 90 วินาที

6.4 Viscometer หรือ Orifice ซึ่งมีการปรับแก้มากกว่า 1 % ไม่ควรใช้เป็นการทดสอบเพื่อหาการรับรองมาตรฐาน

7. ขั้นตอนการทดลอง

7.1 กำหนดอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบ และควบคุมเครื่องมือให้มีอุณหภูมิคงที่ โดยทั่วไปแล้วมาตรฐานการทดลองด้วย Universal orifice จะทำที่ 21.1, 37.8, 54.4 หรือ 98.9 °C มาตรฐานการทดลองด้วย Saybolt orifice จะทำที่ 25.0, 37.8, 50.0 หรือ 98.9 °C บางครั้งจะนิยมทดสอบที่อุณหภูมิอื่น คือ 60 และ 82.2 °C

7.2 ใส่ตัวหยุดที่เป็นจุกคอร์ก (Cork Stopper) ซึ่งมีเชือกหรือด้ายติดอยู่ด้วยเพื่อให้ง่ายในการถอดออก เข้าไปในรูช่องเปิด ซึ่งอยู่ที่ก้นของ Viscometer จุกคอร์กควรจะใส่ให้แน่นพอดีๆเพียงพอที่จะกันการเข้าออกของอากาศได้ ซึ่งสังเกตได้จากการที่ไม่มีน้ำมันอยู่บนตัวจุกคอร์กหลังจากถอดออก

7.3 ถ้าอุณหภูมิในการทดลองสูงกว่าอุณหภูมิห้อง การทดลองอาจจะถูกเร่งให้เสร็จเร็วขึ้นได้โดยการอุ่นตัวอย่างเตรียมไว้ แต่ต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิที่จะใช้การทดลองเกิน 1.7 °C และห้ามอุ่นตัวอย่างใดๆจนอุณหภูมิใกล้จุดวาบไฟ (Flash Point) โดยต้องต่ำกว่าจุดวาบไฟมากกว่า 50 °C เนื่องจากการสูญเสียจากการระเหยอาจเปลี่ยนองค์ประกอบของตัวอย่างนั้นได้

7.4 คนตัวอย่างอย่างดี และกรองตัวอย่างผ่าน 100-mesh screen โดยตรงลงไปใน Viscometer จนกระทั่งระดับขึ้นมาถึง Overflow rim การทดสอบแอสฟัสท์เหลวที่ระเหยง่าย เช่น ยาง RC หรือ MC จะห้ามอุ่นในภาชนะเปิด

7.5 คนตัวอย่างด้วยเทอร์โมมิเตอร์จนกระทั่งอุณหภูมิของตัวอย่างคงที่ภายใน ± 0.03 °C (AASHTO กำหนด 0.05 °C) ของอุณหภูมิที่ใช้ทดลอง ระหว่างการคนอย่างต่อเนื่องนาน 1 นาที การคนให้คนเป็นวงกลมด้วยอัตรา 30 – 50 รอบต่อนาทีบนระนาบเดียวกัน อนึ่งห้ามปรับอุณหภูมิโดยการใส่สิ่งของที่มีความร้อนหรือความเย็นลงไปในตัวอย่าง เนื่องจากวิธีการปรับอุณหภูมิแบบนี้อาจจะมีผลกระทบต่อตัวอย่างและความเที่ยงตรงในการทดลอง

7.6 นำเทอร์โมมิเตอร์ออกจากตัวอย่าง และดูดน้ำมันออกจาก Gallery อย่างรวดเร็ว จนกระทั่งระดับของตัวอย่างอยู่ต่ำกว่า Overflow rim โดยการใช้หลอดดูด (Withdrawal Tube) ด้วยการเสียบปลายของหลอดดูดที่จุดหนึ่งๆใน Gallery และทำการดูดออกและอย่าให้ Withdrawal Tube สัมผัสกับ Overflow rim เพราะจะทำให้ Effective head ของตัวอย่างลดลง

7.7 ดึงจุกคอร์กจาก Viscometer โดยดึงด้ายที่ติดอยู่ พร้อมจับเวลา หยุดจับเวลาในจุดที่ระดับต่ำสุดของส่วนเว้าบนผิวของสารในขวดถึงระดับที่เป็นจุดขั้นบนขวด ให้บันทึกค่าเวลาในการไหลหน่วยเป็นวินาที ละเอียดถึง 0.1 วินาที

8. การคำนวณและรายงานผล

8.1 คูณค่าเวลาในการไหลด้วยค่าปรับแก้ (Calibration Factor) ของ Viscometer ที่ใช้

8.2 รายงานผลของเวลาที่ปรับแก้ค่าแล้ว (เป็นวินาที) เป็นความหนืดแบบ Saybolt Universal หรือ Saybolt Furol ของน้ำมันนั้นๆที่อุณหภูมิซึ่งได้ทำการทดลอง

8.3 รายงานผลของค่าที่ต่ำกว่า 200 วินาที ด้วยการปัดค่าใกล้ให้ละเอียดระดับ 0.1 วินาที และรายงานผลของทุกๆค่าตั้งแต่ 200 วินาทีขึ้นไป ด้วยการปัดค่าใกล้ให้ละเอียดระดับวินาที

9. การพิจารณาความถูกต้อง

ผลการทดสอบจากผู้ทดสอบคนเดียวกันจะต้องต่างกันไม่เกิน 1 %

ผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการหลายแห่งจะต้องต่างกันไม่เกิน 2 %

ภาคผนวก

ก. Saybolt Viscometer and Accessories

Viscometer

Viscometer ซึ่งแสดงในรูปที่ 1 ควรจะถูกผลิตโดยมีส่วนประกอบทั้งหมดเป็นโลหะทนทานต่อการกัดกร่อน และมีข้อกำหนดของขนาดตามที่กำหนดไว้ในรูปที่ 1 ส่วนปลาย Orifice (Orifice tip) สำหรับทั้ง Universal และ Furol อาจจะถูกผลิตเป็นเหมือนกับหน่วยที่ถอดเปลี่ยนได้ ควรจะมีน็อตที่ปลายล่างของ Viscometer เพื่อใช้ขันให้แน่นในอ่างน้ำ สามารถตั้งในแนวดิ่งในอ่างน้ำและทดสอบแนวด้วยระดับบนระนาบของ Gallery rim ใช้จุกคอร์กหรือใช้วิธีอื่นที่เหมาะสมในการป้องกันการไหลของตัวอย่างจนกระทั่งถึงจุดเริ่มทดลอง อาจจะมีโซ่เล็กๆหรือด้ายติดกับจุกคอร์กเพื่อที่จะทำให้การถอดออกทำได้สะดวกรวดเร็ว

อ่างน้ำ (Bath)

อ่างน้ำเป็นทั้งฐานที่จะรองรับ Viscometer ตำแหน่งทางดิ่ง และภาชนะบรรจุสารในอ่างน้ำ ใส่ฉนวนที่ดีลงในอ่างน้ำ พร้อมทั้งมีอุปกรณ์คนที่มีประสิทธิภาพ ในอ่างน้ำจะมีขดลวดเพื่อใช้ในการให้ความร้อนและเย็นพร้อมกับเครื่องทำความร้อนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ตามความเที่ยงตรงในการใช้งานตามตารางที่ 1 เครื่องทำความร้อนและขดลวดควรจะวางห่างจาก Viscometer อย่างน้อย 30 มม. จะต้องมีวิธีการสำหรับรักษาระดับสารในอ่างน้ำให้อยู่ที่ระดับ 1/4 นิ้วเหนือ Overflow rim เป็นอย่างน้อย และสารในอ่างน้ำแสดงในตารางที่ 1

ข. Viscosity Standards

มาตรฐานความหนืดแบบ Saybolt (Saybolt Viscosity Standards)

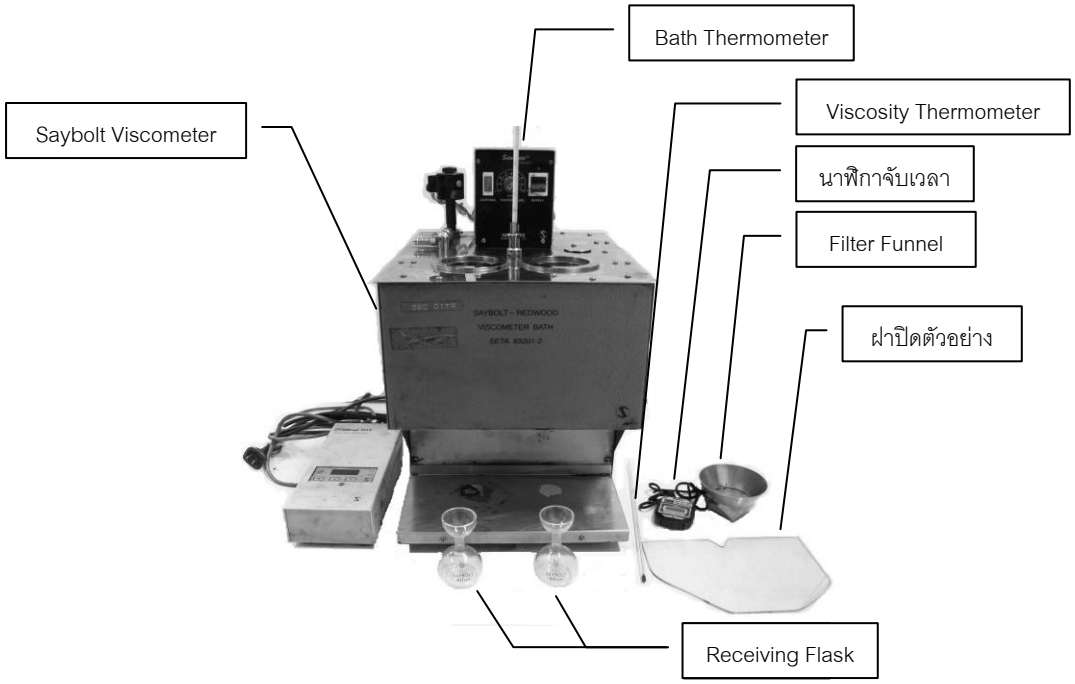
มาตรฐานความหนืดของน้ำมันเป็นไปตามข้อกำหนดของ ASTM ซึ่งมีค่าความหนืดที่แท้จริงซึ่งรับรองแล้ว (Certified Saybolt Viscosity) ซึ่งพิจารณาร่วมกับค่าของ Kinematic viscosity ซึ่งค่าทาง Kinematic นี้จะสามารถถูกแปลงไปเป็นทั้งค่าความหนืดแบบ Saybolt Universal และ Saybolt Furol ได้ โดยใช้ตารางแปลงค่าซึ่งให้ไว้ใน ASTM Method D 2161

ความหนืดมาตรฐาน

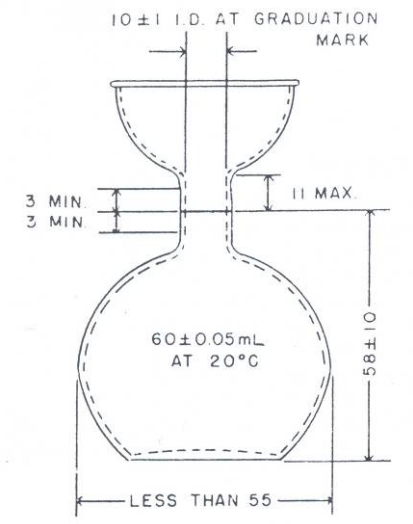
ความหนืดมาตรฐานอาจจะถูกใช้สำหรับขั้นตอนการ Calibrate ณ อุณหภูมิอื่นๆด้วยก็ได้ ของเหลวอ้างอิงอื่นๆซึ่งเหมาะสมสำหรับการทำ Calibration อาจจะหาได้จากการเลือกน้ำมันเสถียร (Stable Oils) ซึ่งครอบคลุมช่วงที่ต้องการ และหาค่าความหนืดของน้ำมันเหล่านั้นด้วย Viscometer ซึ่ง Calibrate ด้วยมาตรฐานตามข้อกำหนดของ ASTM

Routine Calibrations

มาตรฐานความหนืดอาจจะถูกใช้สำหรับขั้นตอนการ Calibrate ณ อุณหภูมิอื่นๆด้วยก็ได้



รูปที่ 1 อุปกรณ์สำหรับทดสอบความหนืด Saybolt



รูปที่ 2 ขวดแก้วรองรับ (Receiving flask)

Department of Civil Engineering

Chulalongkorn University

Highway Materials Testing Laboratory

Saybolt Viscosity Test

Source of materials:_____

Material type:_____

Tested by:_____ Date:_____

Testing machine No._____ Calibration Factor:_____

Test condition: Temperature ☐ 25 °C ☐ 50 °C ☐ 60 °C ☐ 98.9 °C ☐ other_____

Test type ☐ Saybolt Furol ☐ Saybolt Universal

Test No.	Specimen No.	Saybolt Viscosity (sec)	Remark

Average = _____sec

Maximum difference =_____sec

☐ Accept the test ☐ Reject the test

วิเคราะห์ผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 3

วิธีหารทดลองหาค่าการยืดตัวของวัสดุบิทูเมน

(Ductility test of Bitumen Materials)

1. ขอบเขต

การยืดตัวของวัสดุบิทูเมน คือ ระยะทางที่วัสดุตัวอย่างยืดตัวออกก่อนขาดจากกันซึ่งวัดได้จากการดึงปลายทั้งสองข้างของตัวอย่างรูปบริเคท ซึ่งยืดอยู่ในแบบมาตรฐาน ที่อุณหภูมิ 25 ± 0.5 C (77± 0.9 F) และใช้อัตราเร็วในการดึงเท่ากับ 5 ซม./นาที ±5% หากใช้อุณหภูมิอื่นจะต้องระบุอัตราเร็วที่ใช้ด้วย

2. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดลอง

2.1 แบบ (mold) แบบที่ใช้มีรูปร่างและขนาดดังแสดงในรูปที่ 2 ทำด้วยทองเหลือง ส่วนปลาย b และ b' เรียกว่าตัวยึด (clips) ส่วน a และ a' เรียกว่าส่วนข้างของแบบ ขนาดของแบบเมื่อประกอบแล้วจะต้องให้ได้ตัวอย่างรูปบริเคทซึ่งมีขนาดดังนี้:

ความยาวทั้งหมด	7.45	ถึง	7.55	ซ.ม.
ระยะห่างระหว่างตัวยึด	2.97	ถึง	3.03	ซ.ม.
ความกว้างที่ปากตัวยึด	1.98	ถึง	2.02	ซ.ม.
ความกว้างของส่วนที่แคบที่สุด (ที่กึ่งกลางระหว่างตัวยึด)	0.99	ถึง	1.01	ซ.ม.
ความหนาโดยตลอด	0.99	ถึง	1.01	ซ.ม.

2.2 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) เป็นอ่างน้ำที่สามารถปรับและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ตามกำหนด เปลี่ยนแปลงได้ไม่เกิน 0.1 C (0.18 F) ปริมาตรของน้ำไม่น้อยกว่า 10 ลิตร มีชั้นโปร่งสูงจากก้นอ่างไม่น้อยกว่า 5 ซ.ม. สำหรับวางตัวอย่าง และน้ำท่วมตัวอย่างไม่น้อยกว่า 10 ซ.ม.

2.3 เครื่องดึง (testing machine) เป็นเครื่องสำหรับดึงตัวอย่างที่หล่อแล้วให้แยกออกจากกัน เครื่องนี้จะบรรจุด้วยน้ำหรือสารละลายที่เหมาะสม เพราะขณะทดลองตัวอย่างจะต้องจมอยู่ในน้ำตลอดเวลา

2.4 เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer)

3. ขั้นตอนการทดสอบ

3.1 ให้ความร้อนแก่ตัวอย่าง ทำการคนเพื่อให้วัสดุมีอุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วกันจนกระทั่งวัสดุอ่อนตัวพอที่จะเทได้ จากนั้นกรองตัวอย่างผ่านตะแกรงเบอร์ 50 (300-μm) แล้วคนให้ทั่วอีกครั้ง ประกอบแบบหล่อกับแผ่นทองเหลือง (brass plate) โดยทาเคลือบผิวของแผ่นทองเหลือง และผิวด้านในของแบบหล่อในชิ้นส่วนด้านข้าง (a, a') ด้วยสารผสมของ Glycerin และ Dextrin หรือ China clay (ไม่เคลือบผิวด้านในของแบบหล่อชิ้นส่วนปลายทั้งสองด้าน) หรือน้ำมันเครื่อง เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างเหนียวติดแบบหล่อขณะถอดแบบ จากนั้นเทตัวอย่างลงในแบบหล่อที่ประกอบไว้ โดยการเทตัวอย่างให้เทลงเป็นสายเล็กๆ เทไปมาจากปลายข้างหนึ่งไปถึงปลายอีกด้านของแบบจนกระทั่งตัวอย่างเต็มล้นออกมาจากแบบเล็กน้อย แล้วปล่อยให้ตัวอย่างที่หล่อในแบบเย็นลงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 ถึง 40 นาที จากนั้นนำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่กำหนดไว้เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นใช้มีดสำหรับปาด (spatula) อังไฟให้ร้อนพอประมาณ ปาดผิวตัวอย่างให้เรียบตามขอบบนของแบบ

3.2 นำแผ่นทองเหลืองและแบบที่หล่อแล้ววางลงในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิตามอุณหภูมิที่กำหนดเป็นเวลา 85 ถึง 95 นาที จากนั้นยกขึ้นจากอ่างน้ำ และถอดแผ่นทองเหลืองและแบบ(เฉพาะส่วนข้างบริเวณกลางแบบหล่อทั้ง 2 ชิ้น) ออก แล้วนำไปทดลองทันที

3.3 การดึงตัวอย่าง ให้ใส่ห่วงที่ปลายของแบบลงบนขอเกี่ยวของเครื่องดึง แล้วเดินเครื่องดึงตัวยึดให้แยกออกด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอตามกำหนด (5 ซม./นาที ±5%) จนกระทั่งตัวอย่างที่ยืดเป็นเส้น และขาดออกจากกันในที่สุด วัดระยะที่ยืดออกจนขาดจากกันเป็นหน่วยเซนติเมตร ในขณะทดลองน้ำในอ่างของเครื่องดึงจะต้องท่วมตัวอย่างทั้งด้านบนและด้านล่างอย่างน้อย 2.5 ซ.ม. และจะต้องมีอุณหภูมิ 25 C ±0.5 C

4. รายงานผลการทดลอง

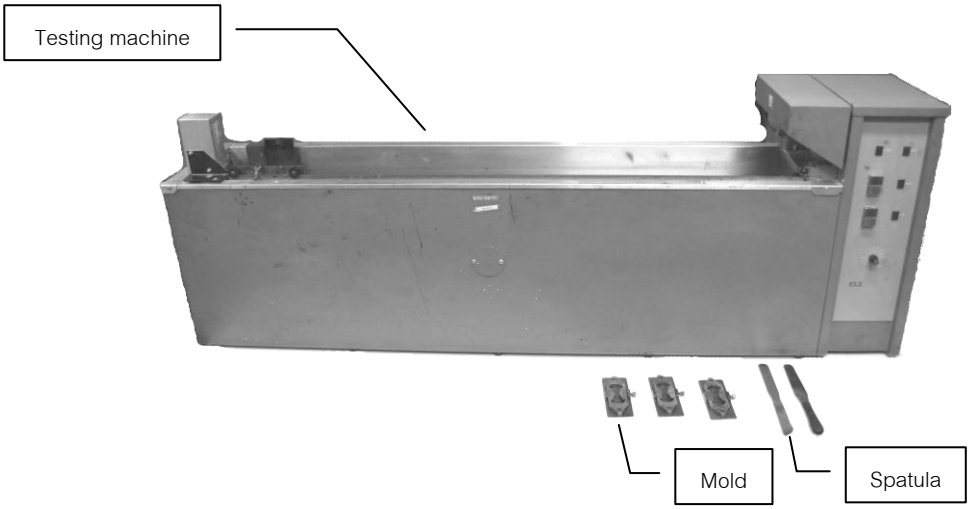
4.1 การทดลองปกติ วัสดุจะต้องยืดออกจากการดึงเป็นเส้นเล็กมาก ก่อนขาดออกจากกันตรงจุดที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กที่สุด การรายงานให้ใช้ค่าเฉลี่ยของการดึง 3 ครั้ง

4.2 ถ้าเส้นตัวอย่างจมลงแตะก้นอ่าง หรือลอยขึ้นมาสัมผัสผิวน้ำในระหว่างดึงจะถือว่าการทดลองไม่ปกติ ให้ปรับความถ่วงจำเพาะภายในอ่างโดยเติมเมธิลแอลกอฮอล์ (methyl alcohol) หรือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เพื่อไม่ใช้บิทูเมนลอยสัมผัสผิวน้ำหรือจมขณะทำการทดลอง

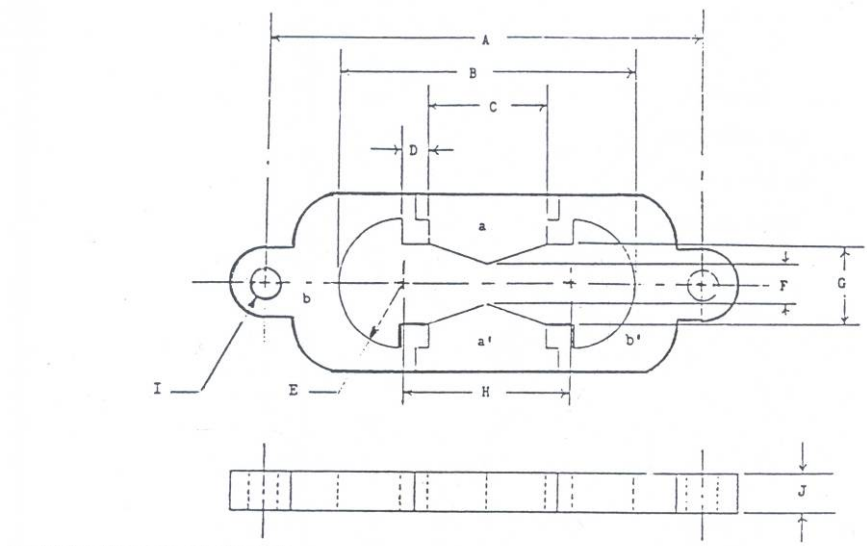
4.3 ถ้าการทดลองไม่ปกติเมื่อทดสอบสามครั้ง ให้รายงานผลการยืดตัวว่าทดลองไม่ได้พร้อมกับสภาวะการทดลอง

5. การพิจารณาความถูกต้อง

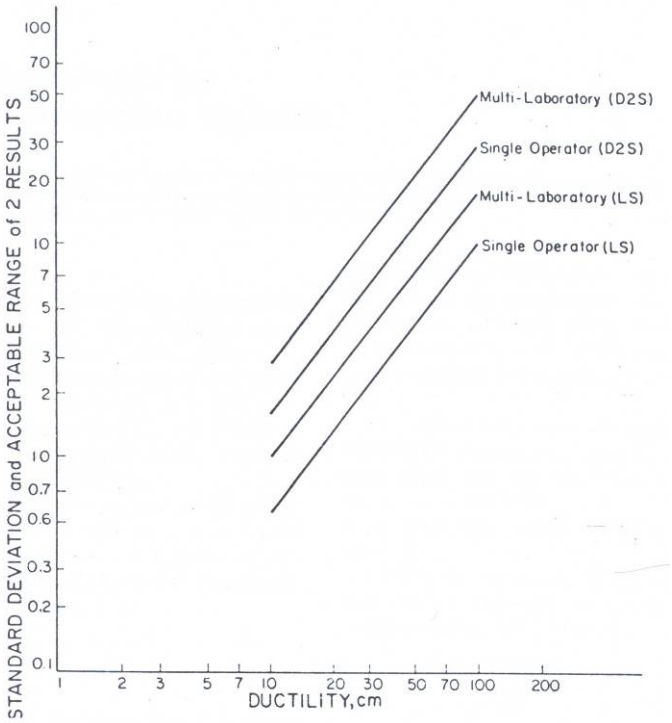
เกณฑ์สำหรับการตัดสินยอมรับได้ของผลการทดสอบการดึงแสดงไว้ในรูปที่ 3



รูปที่ 1 อุปกรณ์สำหรับทดสอบการยืดตัว



รูปที่ 2 แบบสำหรับทดสอบตัวอย่างการดึงยืด (mold)



รูปที่ 3 ค่าความยอมรับได้ของผลการทดสอบ

Department of Civil Engineering

Chulalongkorn University

Highway materials testing laboratory

Ductility of Bituminous Materials

Source of materials: _____

Material type: _____

Tested by: _____ Date: _____

Testing machine No. _____

Test condition: Temperature ❑ 25 C ❑ other_____

Speed of test _____ m/s

Test no.	Specimen no.	Ductility (cm)	Normal/Abnormal break	Remark
	1			
	2			
	3			

❑ Accept the test ❑ Reject the test

วิเคราะห์ผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 4

การทดสอบหาการละลายของวัสดุบิทูมินัส

(Solubillity of Bituminous Materials)

1. ขอบเขต

การทดสอบนี้เป็นการหาค่า เปอร์เซ็นต์การละลายของวัสดุบิทูมินัส ที่ไม่มีหรือมีสารประเภทเกลือปนอยู่เล็กน้อยในสารละลาย Trichloroethylene หรือในสารละลาย 1,1,1 Trichloroethane

2. วิธีการทดสอบโดยสรุป

นำตัวอย่างไปละลายใน Trichloroethylene หรือ 1,1,1 Trichloroethane และนำไปผ่านเครื่องกรอง นำส่วนที่ค้างอยู่บนเครื่องกรองไปล้าง ทำให้แห้งและชั่งน้ำหนัก

3. อุปกรณ์และการเตรียมอุปกรณ์

3.1 เครื่องกรอง แสดงไว้ในรูปที่ 1 ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

3.1.1 Gooch Crucible เป็นแก้วทนไฟ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ปากประมาณ 44 มม. และที่ก้น 36 มม. มีความสูง 28 มม.

3.1.2 Glass Fiber Pad ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 32 ,35 หรือ 37 มม.

3.1.3 Fiber Tube ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 40-42 มม.

3.1.4 Rubber Tubing หรือ Adapter ใช้สำหรับยึด Gooch Crucible บน Fiber Tube

3.2 Erienmeyer Flask ขนาด 125 มล. หรือภาชนะบรรจุอื่นๆ ที่เหมาะสม

3.3 เตาอบควมคุมอุณภูมิ 110 + 5 C

3.4 เครื่องดูดความชื้น

3.5 เครื่องชั่งอย่างละเอียด

3.6 เตรียมเครื่องกรองดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.6.1 วาง Filter Pad ลงใน Gooch Crucibleทำ Filter Pad ให้ชื้นด้วยตัวทำละลาย จากนั้นทำการดูดอากาศออกด้วยเครื่องดูดเพื่อให้ Filter Pad ติดแน่นกับ Crucible

3.6.2 นำ Crucible ไปอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 110 + 5 C เป็นเวลา 20 นาที

3.6.3 นำ Crucible ไปไว้ในเครื่องดูดความชื้น แล้วปล่อยให้เย็นเป็นเวลา 20 นาที และทำการชั่งน้ำหนัก

3.6.4 ทำซ้ำจนกระทั่งได้นำหนักเปลี่ยนแปลงไปไม่เกิน + 0.3 มก. จากนั้นเก็บไว้ในเครื่องดูดความชื้นเพื่อนำไปใช้ต่อไป

4. การเตรียมตัวอย่าง

ถ้าตัวอย่างไม่ใช่ของเหลว ให้ทำการให้ความร้อนที่เหมาะสมแต่อุณหภูมิจะต้องไม่สูงกว่าจุดอ่อนตัว (Softening Point) เกิน 100 C

5.ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer Flask ขนาด 125 มล. เทสารละลาย Trichloroethylene หรือ 1,1,1 Trichloroethane ลงไปประมาณ 100 มล. เขย่าจนเม็ดตัวอย่างที่ลอยอยู่หายไป หรือไม่มีติดอยู่ที่ก้นขวดแสดงว่าละลายหมดแล้ว จึงปิดขวด Flask ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที โดยทั่วไปแล้วการทดสอบนี้จะเป็นการกระทำที่อุณหภูมิห้อง แต่ในการทดสอบเพื่อหาจุดอ้างอิงและมาตรฐาน ต้องทำการควบคุมอุณหภูมิของ Flask และสารละลายที่บรรจุอยู่โดยการแช่อ่างน้ำที่มีอุณหภูมิ 37.8 + 0.25 C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนที่จะทำการทดสอบ

5.2 นำ Gooch Crucible ที่เตรียมไว้แล้วในข้อ 3.6 มาใช้โดยเทสารละลายลงบน Filter Pad เล็กน้อยเพื่อทำให้ชื้น เทตัวอย่างที่ละลายไว้ลงใน Gooch Crucible เปิดเครื่องดูด โดยปรับให้มีลมดูดเพียงเบาๆ เมื่อตัวอย่างผ่านเครื่องกรองหมด ล้างส่วนที่ค้างบน Filter Pad ด้วยสารละลาย ดูดลมจนกระทั่งแห้ง เมื่อสังเกตเห็นว่าสีของ Filter Pad จางลงให้เพิ่มลมดูดให้แรงขึ้น เพื่อให้แห้งสนิท นำ Gooch Crucible มาเช็ดส่วนล่างที่ติดคราบตัวอย่างอยู่ออกให้หมด แล้วนำไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 110+5 C เป็นเวลาอย่างน้อย 20 นาที นำ Gooch Crucible ไปไว้ในเครื่องดูดความชื้นแล้วปล่อยให้เย็นเป็นเวลา 20 นาที แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำจนกระทั้งน้ำหนักเปลี่ยนแปลงไม่เกิน ± 0.03 มก.

6. การคำนวณ

เปอร์เซ็นต์ของสารที่ไม่ละลาย $= \frac{A}{B} \times 100$

เปอร์เซ็นต์ของสารที่ละลาย $= 100 - \left(\frac{A}{B} \times 100 \right)$

โดยที่

A = น้ำหนักของสารที่ไม่ละลาย

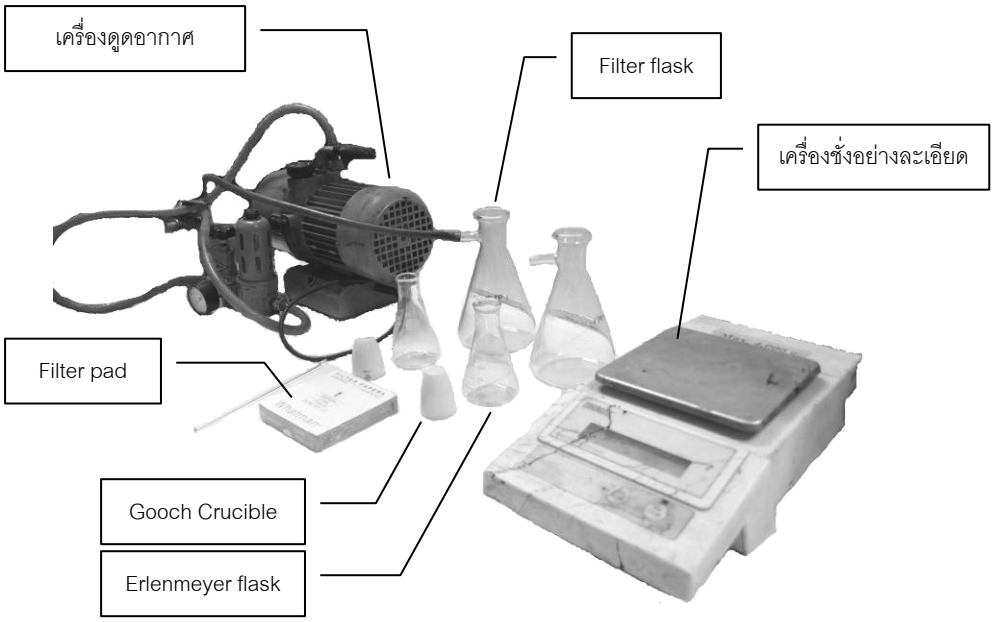
B = น้ำหนักตัวอย่าง

7. การรายงานผล

ถ้าเปอร์เซ็นต์สารที่ไม่ละลายคำนวณได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ให้รายงานผลละเอียดเป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง แต่ถ้าเปอร์เซ็นต์สารที่ไม่ละลายคำนวณได้มากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ให้รายงานผลโดยละเอียดเป็นทศนิยม 1 ตำแหน่ง

8. การพิจารณาความถูกต้อง

	Asphalt
Material	4
Replication	3
Solvents	4
Laboratories	26
Degree of Freedom	
Within-laboratory variability	159
Between -laboratory variability	81
Standard Deviation (s) of Data	
Within-laboratory variability	0.035
Between -laboratory variability	0.090



รูปที่ 1 อุปกรณ์ทดสอบหาการละลายของวัสดุบิทูมินัส

Department of Civil Engineering

Chulalongkorn University

Highway Materials Testing Laboratory

Solubility Test of Bituminous Materials

Source of bitumen materials :……..

Materials type :……

Tested by :…….. Date:…….

Specimen No.		1	2
Wt. of Erlenmeyer Flask, g	a		
Wt. of Erlenmeyer Flask + Asphalt , g	b		
Total Wt. of Asphalt, g	(b-a)		
Wt. of Gooch Crucible + Filter Pad, g	c		
Wt. of Gooch Crucible + Filter Pad + Insoluble matter, g	d		
Wt. of Insoluble matter, g	(d-c)		
Wt. of Asphalt Soluble in Solvent , g	(b-a) - (d-c)		
Percent of Asphalt Soluble in Solvent $100x\left(\frac{(b-a)-(d-c)}{(b-a)}\right)$			

Average =……..

Standard Deviation =…….

☐ Accept the result ☐ Reject the result

วิเคราะห์ผลการทดลอง :

สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 5
การกลั่นผลิตภัณฑ์ยางมะตอยชนิดคัทแบค
(Distillation of Cut-back Asphalt Product)

1. ขอบเขต

การทดลองนี้เป็นการพิจารณาคุณสมบัติและส่วนประกอบของยางมะตอย (Asphalt Cement) และตัวทำละลาย (Solvent) ในยางประเภท Cut-back โดยพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์ของส่วนที่กลั่นออกมาได้ตามอุณหภูมิต่าง ๆ ที่กำหนดและเปรียบเทียบกับค่าความข้นเหลว (Consistency value) นอกจากนั้นการทดสอบนี้ยังใช้หา “Curing Index” (C.I.) ของยางมะตอย

2. วิธีการทดสอบโดยสรุป

นำตัวอย่างจำนวน 200 มล. ไปกลั่นใน Flask ขนาด 500 มล. ให้ความร้อนแก่ Flask แลทำการวัดปริมาตรของส่วนที่กลั่นได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้นไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึง 360 C นำส่วนที่ได้จากการกลั่นและส่วที่เหลือจากการกลั่นไปทดสอบต่อไป

3. อุปกรณ์และการเตรียมอุปกรณ์

3.1 ขวด Flask ขนาดบรรจุ 500 มล.มีหลอดแก้วแยกออกส่วนบน เพื่อให้สิ่งที่ได้จากการกลั่นระเหยออกไปยังเครื่องควบแน่น (Condenser) ได้ดังแสดงในรูปที่ 1

3.2 เครื่องควบแน่น (Condenser) ยาวประมาณ 200 มม. ถึง 300 มล. มี Standard glass-jacketed หุ้มอยู่โดยรอบ หลอดแก้ทั้งหมดมีความยาว 450±10 มม.

3.3 Adapter เป็นหลอดแก้วปรับทิศทาง ทำจากแก้วหนา 1 มม. งอทำมุมประมาณ 105 องศา เส้นผ่าศูนย์กลางของด้านที่ใหญ่กว่ามีขนาดประมาณ 18 มม. ส่วนด้านที่เล็กกว่ามีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 5 มม.

3.4 Shield ทำจากเหล็กบุด้วย Asbestos หนา 3มม. มีช่องโปร่งแสงทำจาก Mica เพื่อป้องกัน Flask จากอากาศและลดการแผ่รังสี แผ่นปิดด้านบนสองแผ่นทำจาก Asbestos millboard ขนาด 6.4 มม.

3.5 Shield และ Flask Support ประกอบด้วยแผ่น 16-mesh Chromel wire gauze 2 แผ่นวางอยู่บนสามขา

3.6 เตาให้ความร้อน

3.7 กระบอกรองรับส่วนที่กลั่นได้ (Receiver Container) ใช้กระบอกตวงขนาด 100 มล.

3.8 กระป๋องสำหรับบรรจุส่วนที่เหลือจากการกลั่น (Residue Container) ขนาดบรรจุ 8 ออนซ์ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 75±5 มม. และสูง 55±5 มม.

3.9 เทอร์โมมิเตอร์

4. การเตรียมตัวอย่าง

4.1 คนตัวอย่างให้ทั่ว อาจใช้ความร้อนช่วยเล็กน้อยก็ได้ เพื่อให้ส่วนผสมเข้ากันได้ดีก่อนที่จะนำไปใช้ต่อไป

4.2 ถ้ามีปริมาณน้ำผสมอยู่เกิน 2 % ในตัวอย่างนั้น เพื่อป้องกันการเดือดของน้ำต้องทำการdehydrate ตัวอย่าง โดยการนำตัวอย่างปริมาณไม่น้อย 250 มล.ไปกลั่นใน Flask เมื่อการเดือดเสร็จสิ้นลงจึงหยุดการกลั่น ถ้าพบว่ามีน้ำมันถูกกลั่นออกมาด้วย ให้แยกน้ำมันออกมาแล้วใส่กลับลงไปใน Flask ที่มีเนื้อยางอยู่

5. ขั้นตอนการทดลอง

5.1 คำนวณน้ำหนักของตัวอย่างที่มีปริมาตร 200 มล. โดยใช้ความถ่วงจำเพาะ ของวัสดุที่ 15.6 C ชั่งตัวอย่างให้ละเอียด ±0.5 g แล้วนำไปใส่ขวดกลั่น

5.2 วาง Flask ลงใน shield ที่วางอยู่บนสามขา เชื่อมเครื่องควบแน่นเข้ากับ Flask พร้อมกับยึดเครื่องให้แน่น แล้วทำการจัด Flask อยู่ในแนวดิ่ง ปรับ adapter ที่ติดอยู่ด้านปลายของเครื่องควบแน่น จนกระทั่งระยะจากคอขวด Flask ถึงปลายทางออกของ adapter เป็น 650±50 มม. (ดูรูปที่ 1)

5.3 สอดเทอร์โมมิเตอร์เข้าไปใน Flask ผ่านทางรูที่อยู่บนจุกคอร์ก โดยที่ปลายของเทอร์โมมิเตอร์อยู่สูงจาก Flask 6.4 มม.

5.4 จัดปล่องกันลมเพื่อให้เปลวไฟจากเตาคงที่ วางส่วนรองรับส่วนที่กลั่น (Receiver) โดยให้ปลายของ adapter จุ่มลงในปากหลอดไม่น้อยกว่า 25 มม. แต่ระวังอย่าให้ปลายของ adapter อยู่ต่ำกว่าขีดแสดง 100 มล. ปอดปากหลอดด้วยกระดาษซับ โดยตัดกระดาษให้เข้ากับขนาดปลายของ adapter

5.5 ต่อสายยางเพื่อนำน้ำเย็นผ่านเข้าไปในเครื่องควบแน่น อาจจำเป็นต้องใช้น้ำอุ่นเพื่อป้องกันสารที่กลั่นได้เกิดการกลั่นตัว และกลายเป็นของแข็งในหลอดควบแน่น

5.6 ปรับแก้อุณหภูมิที่จะอ่านในขบวนการกลั่น ถ้าสถานที่ที่ทำการทดสอบสูงกว่า 150 ม. จากระดับน้ำทะเลปานกลางให้ปรับแก้ค่าที่อ่านได้ตามตารางที่ 1 ถ้าทราบค่าความดันบรรยากาศก็สามารถใช้ตารางที่ 2 ปรับแก้ได้เช่นกัน

5.7 เริ่มให้ความร้อนจนกระทั่งเวลาผ่านไปราว 5-15 นาที ให้บันทึกอุณหภูมิขณะนั้นไว้ ทำการกลั่นต่อไป โดยให้รักษาอัตราการหยดที่ปลาย adapter ดังนี้

เริ่มกลั่น	ถึง	260 C	50-70	หยดต่อนาที
260 C	ถึง	316 C	20-70	หยดต่อนาที

ระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่นจากอุณหภูมิ 316 C ถึง 360 C ต้องไม่เกิน 10 นาที

5.8 ในระหว่างดำเนินการกลั่นให้จดปริมาตรของเหลวใน Receiver ที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ที่ปรับแก้แล้ว) โดยบันทึกปริมาตรให้ละเอียดถึง 0.5 มล. หากสารที่ได้จากการกลั่นมีปริมาตรมากให้ใช้ Receiver ที่มีความละเอียดถึง 0.1 มล. และแช่ Receiver นี้ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 15.6±3 C (แนะนำให้ใช้ 15 C)

5.9 เมื่ออุณหภูมิถึง 360 C ให้นำไฟออก ดึงเทอร์โมมิเตอร์ออก แล้วรีบเท Residue (กาก) จากขวดกลั่นลงในกระป๋องขนาด 8 ออนซ์ ที่เตรียมไว้ การเทต้องทำอย่างรวดเร็ว ต้องไม่เกิน 15 วินาที และในขณะที่เท Side-arm ควรอยู่ในแนวราบเพื่อป้องกันสารที่กลั่นได้ไหลย้อนกลับไปปนกับการที่เหลือ

5.10 นำเครื่องควบแน่นไปเทสารที่ตกค้างอยู่ลงไปใน Receiver แล้วทำการบันทึกปริมาตรของรสารที่กลั่นได้ทั้งหมด

5.11 รอจนกระทั่งกากที่ได้เย็นลง สังเกตจากควันจะหายไป แล้วจึงทำการคนให้ทั่ว จากนั้นเก็บไว้เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบอื่น ๆ ต่อไป

6. การคำนวณ

Percent Residue by Volume at 360 C

$$R = [(200 - TD)/200] \times 100$$

โดยที่

R = residue content, in volume percent

TD = total distillate recovered to 360 C

Volume distillate percent at any temperature

$$TD\% = \frac{Vol.Distillate\text{ }at\text{ }any\text{ }temp}{Vol.Of\text{ }total\text{ }distillate\text{ }at\text{ }360C} \times 100$$

7. การพิจารณาความถูกต้อง

เกณฑ์การตัดสินการยอมรับได้ของผลการทดสอบ

7.1 ผลที่ได้จากผู้ทดสอบคนเดียวกัน 10 % โดยปริมาตรจากปริมาตรก่อนทดสอบ

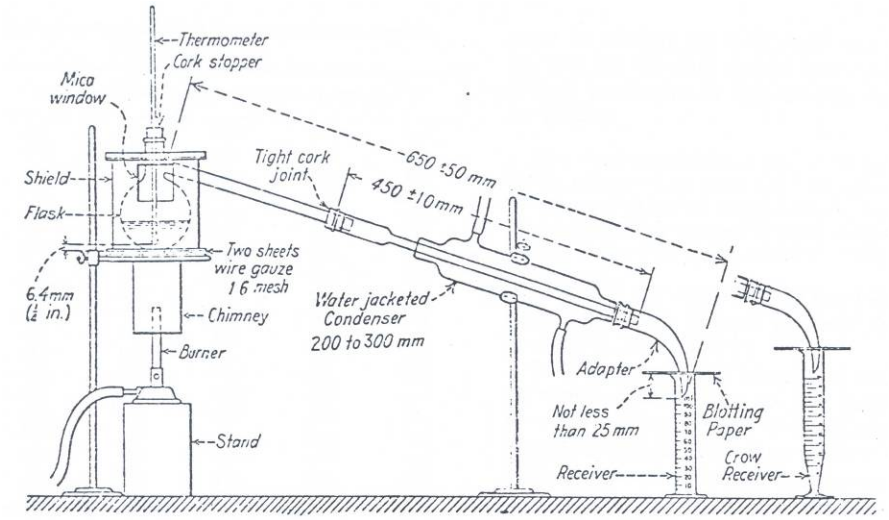
7.2 ผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการหลายแห่ง

สารที่ได้จากการกลั่น

อุณหภูมิต่ำกว่า	175 C	3.5 %	โดยปริมาตรจากปริมาตรก่อนทดสอบ
อุณหภูมิต่ำกว่า	175 C	2.0 %	โดยปริมาตรจากปริมาตรก่อนทดสอบ

การที่กากเหลือจากการกลั่น 2.0 % โดยปริมาตรที่แตกต่างจากปริมาตรก่อนทดสอบ

7.3 ไม่ต้องพิจารณาความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์กาก



รูปที่ 1 Distillation Apparatus

ตารางที่ 1 Collected fractionation Temperature for Various Altitudes °C

Elevation above Sea Level, ft (m)	Fractionation Temperatures for Various Altitudes, °C				
−1000 (−305)	192	227	363	318	362
−500 (−152)	191	226	261	317	361
0 (0)	190	225	260	316	360
500 (152)	189	224	259	315	359
1000 (305)	189	224	258	314	358
1500 (457)	188	223	258	313	357
2000 (610)	187	222	257	312	356
2500 (762)	186	221	256	312	355
3000 (914)	186	220	255	311	354
3500 (1067)	185	220	254	310	353
4000 (1219)	184	219	254	309	352
4500 (1372)	184	218	253	308	351
5000 (1524)	183	218	252	307	350
5500 (1676)	182	217	251	306	349
6000 (1829)	182	216	250	305	349
6500 (1981)	181	215	250	305	348
7000 (2134)	180	215	249	304	347
7500 (2286)	180	214	248	303	346
8000 (2438)	179	213	248	302	345

ตารางที่ 2 factors for Calculating Temperature Corrections

Nominal Temperatures, °C (°F)	Correction[A] per 10 mm Difference in Pressure, °C (°F)
160 (320)	0.514 (0.925)
175 (347)	0.531 (0.957)
190 (374)	0.549 (0.989)
225 (437)	0.591 (1.063)
250 (482)	0.620 (1.166)
260 (500)	0.632 (1.138)
275 (527)	0.650 (1.170)
300 (572)	0.680 (1.223)
315.6 (600)	0.698 (1.257)
325 (617)	0.709 (1.277)
360 (680)	0.751 (1.351)

[A] To be subtracted in case the barometric pressure is below 760 mm Hg; to be added in case barometric pressure is above 760 mm Hg.

ตารางที่ 3 ค่า K ในช่วงจุดเดือดของยางมะตอยคัทแบค (ค่าอุณหภูมิในตาราง หน่วยเป็น F)

Boiling point intervals	K	Boiling point intervals	K
Initial cuts		Intermediate cuts	
200 - 320	0.05	320 - 347	0.30
210 - 320	0.08	347 - 374	0.51
220 - 320	0.09	374 - 437	1.30
230 - 320	0.10	437 - 500	4.46
240 - 320	0.11	500 - 600	26.00
250 - 320	0.13	Final cuts	
260 - 320	0.14		
270 - 320	0.16		
280 - 320	0.18	437 - 450	2.90
290 - 320	0.20	437 - 460	3.25
300 - 320	0.23	437 - 470	3.39
310 - 320	0.25	437 - 480	3.57
320 - 347	0.30	437 - 490	3.97
330 - 347	0.34	437 - 500	4.46
340 - 347	0.36	500 - 510	11.10
350 - 374	0.52	500 - 520	12.20
360 - 374	0.58	500 - 530	13.30
380 - 437	1.45	500 - 540	13.80
390 - 437	1.63	500 - 550	15.60
400 - 437	1.81	500 - 560	17.20
410 - 437	1.95	500 - 570	19.40
420 - 437	2.16	500 - 580	21.70
430 - 437	2.35	500 - 590	24.10
440 - 500	5.10	500 - 600	26.00
450 - 500	5.70	600 - 610	91.00
460 - 500	6.50	600 - 620	106.00
470 - 500	7.15	600 - 630	111.00
480 - 500	7.95	600 - 640	120.00
490 - 500	8.90	600 - 650	128.00
		600 - 660	133.00
		600 - 670	145.00
		600 - 680	153.00

Department of Civil Engineering

Chulalongkorn University

Highway Materials Testing Laboratory

Distillation of Cutback Asphalt

Source of Material :_____

Material Type : _____

Tested by:_____ Date: _____

Specification Gravity at 15.6 c_____

1. Determination of the percentage of Residue At Temp 360 C

Description	1	2
Wt. of Distillation Flask , g		
Wt. of Distillation Flask + Sample , g		
Wt. of Sample , g		
Volume of Sample , mL =		
Volume of Total Distillation (up to 360 C), mL		
Volume of Residue ,mL		
Percent Residue by Volume At 360 C =		

2. Fine Percent of Volume Distillate at any Temperature

Temperature (.C)	Adjusted Temp, C (from Tale 2)	Volume (mL) (up to temp)	Percent by Volume of Total Distillate	
			1	2
160				
175				
190				
225				
260				
316				
360				

3. Find “Curing Index” (C.I.)

Distillation temp. $^{\circ}c$	Adjusted Temp, C (From Table 2)	Percent off	Δ Percent	K	T= $\Delta.K$
160					
175					
190					
225					
260					
316					
360					

Final Fraction: _____

Total_____

(Curing Index, C.I.)_____

Remark 1. Percent off is the percentage of distillate (to the total sample) by volume

2. Cured-out point is the temperature where 80% of solvent is distilled

วิเคราะห์ผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 6

<u>การทดสอบยางมะตอยอิมัลชั่น</u>

(Test for Asphalt Emulsion)

1. ขอบเขต

การทดสอบนี้เป็นการหาสมบัติของยางมะตอยอิมัลชั่น (ยางมะตอยน้ำ) ที่มีส่วนประกอบของ Semisolid Liquid Asphaltic Base น้ำ และ Emulsifying Agent การทดสอบยางมะตอยน้ำนี้โดยทั่วไปจะใช้หาสัดส่วนของสารประกอบ ความข้นเหลว เสถียรภาพ และการตรวจสอบกาก (Residue) แต่ในการทดสอบที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะเน้นการทดสอบ เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำในยางมะตอยน้ำ และ การทดสอบสัดส่วน (เปอร์เซ็นต์) ของกาก

การทดสอบหาสัดส่วนของน้ำเป็นการหาปริมาตรของน้ำที่ผสมในยางมะตอยอิมัลชั่น ซึ่งเป็นลักษณะที่ทำให้ยางมะตอยน้ำแตกต่างจากยางมะตอยประเภทอื่นๆ

การทดสอบหาปริมาณกากของยางมะตอยน้ำ เป็นข้อกำหนดในการยอมรับคุณภาพ การประเมินการให้บริการและการควบคุมคุณภาพของยาง นอกจากนี้วิธีการทดสอบนี้ยังใช้ในการเตรียมกากเพื่อทดสอบคุณสมบัติอื่นๆ อีกด้วย

<u>ส่วนที่ 1 : การหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำในแอสฟัลท์อิมัลชั่น</u>

2. อุปกรณ์และการเตรียมอุปกรณ์

2.1 Metal Still เป็นภาชนะใส่ตัวอย่างรูปทรงกระบอก ดังแสดงในรูปที่ 1 ตอนบนเป็นฝาโลหะ มีรูเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว สำหรับใส่หลอดแก้วที่จะติดอยู่กับ Trap และมีที่ยึดสำหรับยึดฝาให้แน่นกับตัวภาชนะ

2.2 Glass Still เป็นขวดคอสั้น มีลักษณะก้นกลม ทำจากแก้วที่หลอมอย่างดี มีความจุประมาณ 500 มล. ดังแสดงในรูปที่ 1

2.3 เครื่องให้ความร้อนทำเป็นรูปวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน 4 นิ้ว มีรูเจาะด้านในเพื่อให้เปลวไฟออกได้โดยรอบ หรืออาจใช้เตาไฟฟ้าแทนก็ได้

2.4 เครื่องควบแน่น (Condenser) ประกอบด้วย Jacket ยาวไม่น้อยกว่า 400 มม. หลอดแก้วชั้นในมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 มม. และมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 12.7 มม. ปลายของ Condenser ต้องทำมุม 30 ± 5 องศา กับแกนดิ่งของ Condenser

2.5 Trap ทำด้วย Anneals Glass ดังแสดงในรูปที่ 1 (C) มีขีดบอกระดับอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 มล. จาก 0 ถึง 2 มล. และอ่านได้ละเอียดถึง 0.2 มล. จาก 2 ถึง 25 มล.

2.6 Solvent เป็นตัวทำละลายประเภท Xylol หรือสารละลายอื่นที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม สามารถละลายตัวอย่างได้ 98 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิระหว่าง 120 C ถึง 250 C (AASHTO กำหนดให้ใช้ Xylene แทน)

3. ขั้นตอนการทดสอบ

3.1 ถ้าคาดว่าวัสดุที่ใช้ทดสอบมีส่วนประกอบของน้ำน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ใช้ตัวอย่างประมาณ 100 ± 0.1 กรัม ถ้าคาดว่าวัสดุที่ใช้ทดสอบมีส่วนประกอบของน้ำมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ใช้ตัวอย่างประมาณ 50 ± 0.1 กรัม เมื่อชั่งตัวอย่างเรียบร้อยแล้วให้ทำการผสมรวมกับ Solvent ปริมาตร 200 มล. โดยทำการหมุนเขย่าจนเข้าด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างหก

3.2 เชื่อมต่อ Still, Trap และ Condenser ขันจุกคอร์กแน่นทุกข้อต่อ ดังแสดงในรูปที่ 1 ปรับส่วนปลายของ Condenser ใน Trap ให้อยู่ในตำแหน่งซึ่งคาดว่าปลายจะจมลงในผิวของสารที่ได้จากการกลั่นไม่เกิน 1 มม. กรณีที่ใช้ Metal Still ให้สอดกระดาษ Gasket ที่ชุบ solvent แล้ว เข้าไประหว่าง Lid และ Flange ก่อนที่จะยึดด้วย Clamp

3.3 สวม Ring Burner เข้ากับ Still ให้อยู่ในตำแหน่งสูงจากด้านล่างของ Still เป็นระยะ 76.2 มม. เมื่อเริ่มกลั่น จากนั้นจึงค่อยๆ เลื่อนตัวลงมา ปรับความร้อนให้เกิดการควบแน่นหยอดลงมาจากปลายของ Condenser ในอัตรา 2 ถึง 5 หยดต่อวินาที ทำการกลั่นต่อไปจนกระทั่งไม่มีหยดน้ำออกจากเครื่องควบแน่นและสังเกตเห็นปริมาตรของน้ำใน Trap คงที่ ทำการกลั่นต่อไปอีก 2 ถึง 3 นาทีจึงหยุดกลั่น

4. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณน้ำ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{A}{B} \times 100$$

โดยที่

A = ปริมาตรน้ำใน Trap (มล.)

B = น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัม)

5. การพิจารณาความถูกต้อง

เกณฑ์สำหรับการตัดสิน ความยอมรับได้ของผลการทดสอบดูได้ตามตารางข้างล่าง :

	เกณฑ์มาตรฐานค่าความยอมรับได้	
	สัดส่วนน้ำโดย น้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความแตกต่างของผลการ ทดสอบ 2 ค่าที่ยอมรับได้ (เปอร์เซ็นต์)
ผลจากผู้ทดสอบคนเดียวกัน	30 ถึง 50	0.8
ผลจากห้องปฏิบัติการหลายแห่ง	30 ถึง 50	2.0

<u>ส่วนที่ 2 : การหาเปอร์เซ็นต์ของกาก (Residue) โดยการกลั่น</u>

6. อุปกรณ์และการเตรียมอุปกรณ์

6.1 Aluminum Alloy Still ดังแสดงในรูปที่ 2 สูงประมาณ 241.3 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 95.3 มม. และมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของ Ring Burner มีฝาปิดซึ่งเจาะรู 3 รูสำหรับเสียบเทอร์โมมิเตอร์ และ Connecting Tube ดังแสดงในรูปที่ 2

6.2 Connection ประกอบด้วย Connecting Tube, Tin Shield, เครื่องควบแน่นที่ใช้น้ำที่มี Metal หรือ Borosilicate Glass Jacket

6.3 กระบอกตวงแก้ว ขนาด 100 มล. มีขีดบอกระดับ 0.1 มล.

6.4 เทอร์โมมิเตอร์ อ่านได้ระหว่าง -2 C ถึง 300 C

6.5 เครื่องชั่ง สามารถชั่งได้ถึง 3500 กรัม อ่านได้ละเอียดถึง ± 0.1 กรัม

7. ขั้นตอนการทดสอบ

7.1 ชั่ง Aluminum Alloy Still พร้อมฝาปิด เทอร์โมมิเตอร์ และ Gasket เทตัวอย่างลงใน Still ให้ได้ตัวอย่างหนัก 200 ± 0.1 กรัม

7.2 ใช้ Gasket คั่นระหว่าง Still และฝา Still ให้สนิท

7.3 เสียบเทอร์โมมิเตอร์ผ่านจุกคอร์กทางรูที่เจาะไว้ที่ฝาปิดทั้งสองรู โดยอันหนึ่งเสียบลงจนกระเปาะปรอทสูงจากก้น Still 6.4 มม. ส่วนอีกอันหนึ่งให้กระเปาะอยู่สูงจากก้นของ Still 165.1 มม.

7.4 นำ Ring Burner สวมรอบ Still ในตำแหน่งสูงจากก้น Still ราว 6 นิ้ว (152.4 มม.) ปรับเปลวไฟให้มีความร้อนต่ำๆ และให้มีความร้อนอย่างเพียงพอแก่ Connecting Tube เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการควบแน่นที่จุดนี้

7.5 เมื่อดำเนินการกลั่นจนถึงอุณหภูมิ 215 C ให้ทำการลดระดับของ Ring Burner ลงมาอยู่ในระดับก้นของ Still กลั่นต่อไปโดยเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 260 C แล้วจึงรักษาอุณหภูมิให้คงที่ไว้ประมาณ 15 นาที การกลั่นต้องดำเนินให้เสร็จสิ้นภายในเวลา 60 ± 15 นาที นับตั้งแต่เริ่มต้นให้ความร้อน

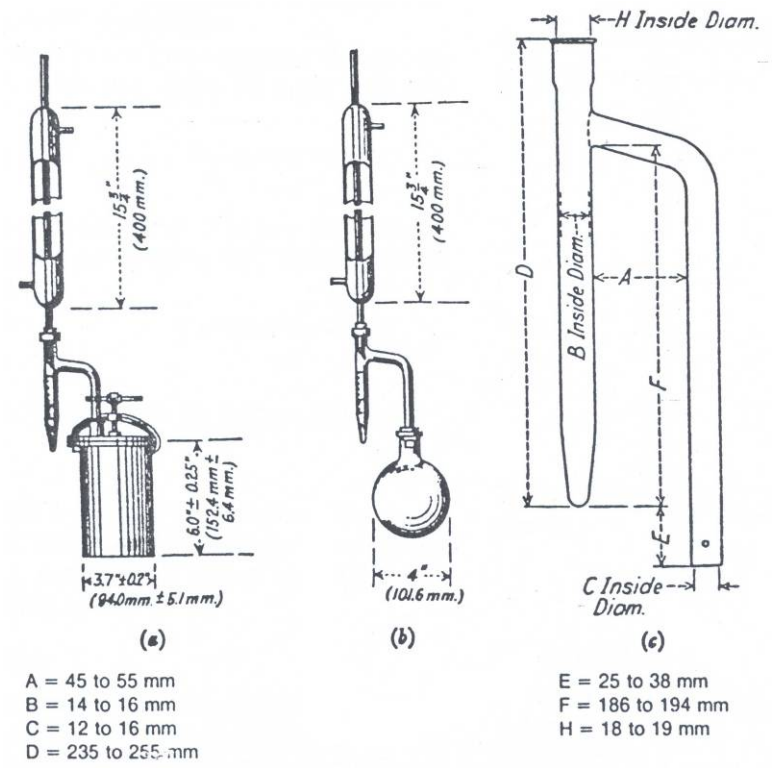
7.6 เมื่อเสร็จสิ้นการกลั่น ทำการชั่งน้ำหนักของ Still พร้อมทั้งส่วนประกอบทั้งหมด เพื่อนำไปคำนวณหาค่า Residue เป็นเปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด อ่านค่าปริมาตรของน้ำมันซึ่งลอยอยู่ส่วนบนของน้ำในกระบอกซึ่งถูกกลั่นออกมาด้วย โดยอ่านให้ละเอียดถึง 0.5 มล. แล้วนำปริมาณน้ำมันมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด

7.7 เปิดฝา Still ออก กรองตัวอย่าง (กาก) ผ่าน Sieve No. 50 ลงในกระป๋องความจุ 8 ออนซ์ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำไปทำการทดสอบคุณสมบัติอื่นต่อไป

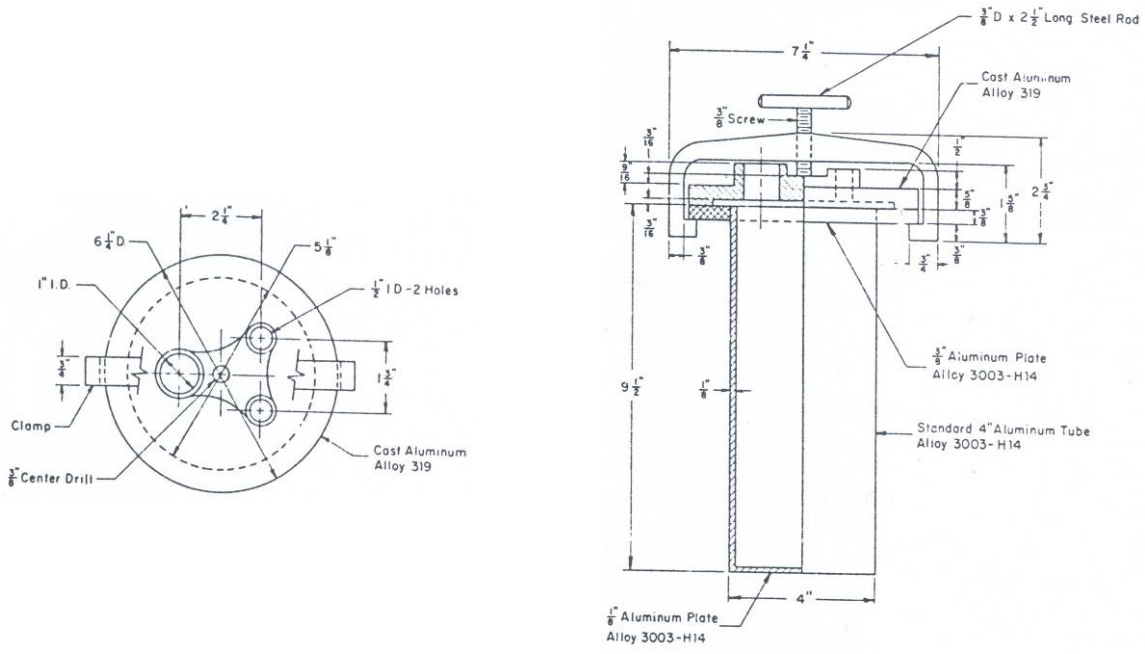
8. การพิจาณาความถูกต้อง

เกณฑ์สำหรับการตัดสิน การยอมรับได้ของผลการทดสอบดูได้ตามตารางข้างล่าง :

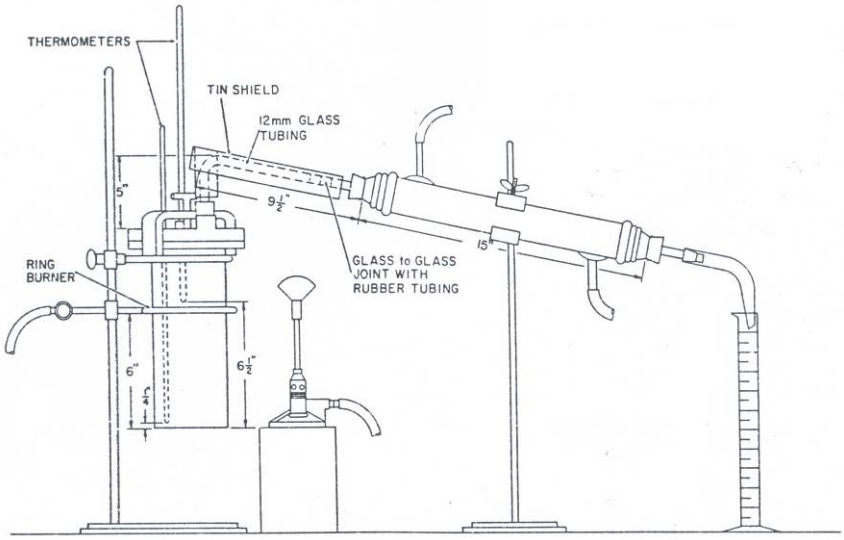
	เกณฑ์มาตรฐานค่าความยอมรับได้	
	สัดส่วนของกากเหลือ โดยน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความแตกต่างของผลการ ทดสอบ 2 ค่าที่ยอมรับได้
ผลจากผู้ทดสอบคนเดียวกัน	50 ถึง 70	1.0
ผลจากห้องปฏิบัติการหลายแห่ง	50 ถึง 70	2.0



รูปที่ 1 Apparatus for Determining Water



รูปที่ 2 Aluminum Alloy Still



Metric Equivalents														
in.	¼	¾	1	1½	2	3	4	5	6	6½	9⅛	9½	13⅞	15
mm	6.4	19.1	25.4	38.1	50.8	76.2	101.6	127.0	152.4	165.1	231.8	241.3	352.4	381.0

รูปที่ 3 Apparatus Assembly for Distillation Test of Emulsified Asphalt

Department of Civil Engineering

Chulalongkorn University

Highway Materials Testing Laboratory

Test for Asphalt Emulsion

Source of Material : _____

Material type : _____

Tested by _____ Date : _____

1 : Determination of The Percentage of Water in Asphalt Emulsion

Description	1	2
Wt. of Still , g		
Wt. Of Still + Sample , g		
Original Wt. Of Sample , g		
Volume of Water in trap , mL		
Water Content % =		

Difference ($|1-2|$) % = _____

☐ Accept the result ☐ Reject the result

2 : Determination of The Percentage of Residue by Distillation and Oil Distillate in Percentage of Total Sample

Description	1	2
Wt. of Still and Accessories, g		
Wt. of Still and Accessories + Sample		
Before Distillation , g		
Wt. of Sample , g		
Wt. of Still and Accessories +		
Sample After Distillation , g		
Wt. of Residue , g		
Volume of Oil Distillate , mL		
Percent Residue =		
Percent of Oil Distillate =		

Difference ($|1-2|$) % = _____

☐ Accept the result ☐ Reject the result

วิเคราะห์ผลการทดลอง:

สรุปผลการทดลอง:

การทดลองที่ 7

การทดสอบแอสฟัลท์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์

(Test for Asphaltic Concrete by Marshall's Method)

1. ขอบเขต

วิธีมาร์แชลล์เป็นวิธีทดสอบที่ใช้ได้กับวัสดุผิวทางแอสฟัลต์ผสมร้อน (Hot-mix asphalt paving) เท่านั้น โดยจะต้องเป็นการผสมระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่มีแบ่งเกรดตามค่าการจมตัวหรือค่าความหนืด กับมวลรวมที่มีขนาดใหญ่สุดไม่เกิน 25 ม.ม. (1 นิ้ว) วิธีการทดสอบนี้ใช้เฉพาะการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

วิธีมาร์แชลล์ ใช้ตัวอย่างทดสอบมาตรฐาน ขนาดความสูง 64 ม.ม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 102 ม.ม. ซึ่งตัวอย่างเหล่านี้ต้องทำตามวิธีการที่กำหนดไว้ในเรื่องของ การให้ความร้อน (Heating), การผสม (Mixing) และการบดอัด (Compaction) ส่วนผสมระหว่างแอสฟัลต์กับมวลรวม ลักษณะที่สำคัญ 2 อย่างของวิธีมาร์แชลล์ในการออกแบบส่วนผสมก็คือ การวิเคราะห์ความหนาแน่นกับช่องว่างในส่วนผสม (Density-voids analysis) และการทดสอบเสถียรภาพกับการไหล (stability-flow test) ของตัวอย่างทดสอบที่บดอัดแล้ว

ค่าเสถียรภาพของตัวอย่างทดสอบ เป็นค่าความต้านทานแรงกดสูงสุด มีหน่วยเป็นนิวตัน (ปอนด์) ซึ่งทดสอบที่อุณหภูมิ 60 C (140 F) ดังจะแสดงในหัวข้อถัดไป ส่วนค่าการไหลเป็นค่าการเคลื่อนที่หรือหน่วยการยุบตัว (strain) วัดจากระยะทางที่ตัวอย่างยุบตัวระหว่างขณะที่ไม่มีแรงกระทำกับขณะที่มีแรงกระทำสูงสุดของการทดสอบเสถียรภาพ มีหน่วยเป็น 0.25 ม.ม. (1/100 นิ้ว)

2. การเตรียมตัวอย่าง

การหาปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสม (Optimum asphalt content) หรือหาส่วนขนาดคละของมวลรวม จะแบ่งชุดตัวอย่างทดสอบออกเป็นหลายๆชุด โดยแต่ละชุดนั้นตัวอย่างที่ทดสอบจะมีปริมาณแอสฟัลต์แตกต่างกัน หลังจากนำไปวาดรูปกราฟจะสามารถหาปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสมได้ สำหรับการทดสอบ จะจัดให้ชุดตัวอย่างทดสอบมีปริมาณแอสฟัลต์แตกต่างกัน โดยเพิ่มครั้งละ 1/2 เปอร์เซ็นต์ และผลที่จะนำไปเขียนกราฟนั้น ควรมีค่าปริมาณแอสฟัลต์อย่างน้อย 2 ค่า ก่อนถึงค่า "Optimum" และมีอย่างน้อย 2 ค่า เลยค่า "Optimum" ไปแล้ว

จำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบควรมีอย่างน้อย 3 ตัวอย่างต่อปริมาณแอสฟัลต์หนึ่งๆ ดังนั้นในการศึกษาการออกแบบส่วนผสมร้อนโดยทั่วไป ซึ่งใช้ปริมาณแอสฟัลต์แตกต่างกัน 6 ค่า จะต้องการตัวอย่างทดสอบ 18 ตัวอย่าง โดยที่แต่ละตัวอย่างจะใช้มวลรวม (Aggregate) ประมาณ 1.2 กก. (ประมาณ 50 ปอนด์) แสดงว่าต้องการปริมาณมวลรวมไม่น้อยกว่า 23 กก. (ประมาณ 50 ปอนด์) และต้องใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์อย่างน้อย 4 ลิตร (1 แกลลอน) [สำหรับการทดสอบหนึ่งครั้งที่มีตัวอย่างที่ปริมาณแอสฟัลต์แตกต่างกัน 6 ค่า]

3. อุปกรณ์และการเตรียมอุปกรณ์

3.1 ถาดโลหะก้นแบน สำหรับใส่มวลความร้อน

3.2 ถาดโลหะก้นกลม มีความจุประมาณ 4 ลิตร ใช้สำหรับผสมแอสฟัลต์กับมวลรวม

3.3 เตาอบและแผ่นร้อน (Hot plate) ใช้ในการให้ความร้อนแก่มวลรวม, แอสฟัลต์หรืออุปกรณ์อื่นๆที่ต้องการ

3.4 ที่ตัก (Scoop) สำหรับตักมวลรวมใส่แบบ

3.5 ภาชนะบรรจุแอสฟัลต์ เพื่อนำไปอบ

3.6 เทอร์โมมิเตอร์ ที่มีก้านเป็นโลหะ วัดได้ตั้งแต่ 10 C (50 F) จนถึง 232 C (450 F) สำหรับหาอุณหภูมิของมวลรวม, แอสฟัลต์และส่วนผสม

3.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก วัดได้ถึง 5 กก. มีความละเอียดถึง 1 กรัม เพื่อชั่งน้ำหนักของมวลรวมกับแอสฟัลต์ และเครื่องชั่งน้ำหนักที่วัดได้ถึง 2 กก. ละเอียด 0.1 กรัม เพื่อใช้ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการบดอัดแล้ว

3.8 ช้อนผสมหรือเกรียงโลหะ

3.9 พายโลหะ (Spatula)

3.10 เครื่องผสม (Mechanical mixer) จุได้ 4 ลิตรเป็นอย่างน้อย ประกอบกับ ภาชนะกลมสำหรับผสม 2 อัน และที่กวน 2 อัน

3.11 อ่างควบคุมอุณหภูมิน้ำ ประกอบด้วย แผ่นนำความร้อนและอ่างสำหรับใส่น้ำ ใช้ในการให้ความร้อนแก่ค้อนบดอัดและแบบหล่อตัวอย่าง

3.12 แท่นรองการบดอัด (Compaction Pedestal) ประกอบด้วยฐานไม้ขนาด 200x200x460 ม.ม. (8x8x18 นิ้ว) ซึ่งมีแผ่นเหล็กขนาด 305x305x25 ม.ม. (12x12x1 นิ้ว) ปิดอยู่ด้านบน ฐานไม้ที่ใช้ควรจะเป็นไม้โอ๊ก ไม้สน หรือไม้อื่นๆ ที่มีหน่วยน้ำหนักแห้ง (Dry unit weight) 673 ถึง 769 กก./ลบ.ม. (42 ถึง 48 ปอนด์/ลูกบาศก์นิ้ว) และยึดฐานไม้ให้ติดกับแผ่นพื้นคอนกรีตตันด้วยเหล็กฉากทั้งสี่ด้าน ส่วน

แผ่นเหล็กด้านบนต้องยึดติดกับฐานไม้ด้วยเช่นกัน แท่นรองนี้จะต้องตั้งอยู่ในแนวดิ่งและแผ่นเหล็กด้านบนต้องจัดให้ได้ระดับ ที่สำคัญส่วนประกอบทั้งหมดนี้ต้องไม่เคลื่อนที่ขณะที่ทำการบดอัด

3.13 แบบหล่อสำหรับการบดอัด (Compaction mold) ประกอบด้วยแผ่นฐานรอง (Base plate) แบบหล่อ (Forming mold) และปลอกต่อ (Collar extension) โดยแบบหล่อ จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 101.6 ม.ม. (4 นิ้ว) และสูงประมาณ 75 ม.ม. (3 นิ้ว)

3.14 ค้อนบดอัด (Compaction Hammer) ประกอบด้วยแผ่นเหล็กกลมหน้าแบนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98.4 ม.ม. (3-7/8 นิ้ว) และตุ้มน้ำหนัก 4.5 กก. (10 ปอนด์) เลื่อนขึ้นลงบนก้านเหล็ก โดยมีระยะตกของตุ้มเท่ากับ 457 ม.ม. (18 นิ้ว)

3.15 ที่ยึดแบบ (Mold holder) ออกแบบให้สามารถยึดแบบหล่อได้ และติดตั้งอยู่บนแท่นรองการบดอัด

3.16 ถุงมือสำหรับจับเครื่องมือที่ร้อน และถุงมือยางสำหรับหยิบตัวอย่างทดสอบจากอ่างน้ำร้อน

3.17 ดินสอสีหรือดินสอเทียน สำหรับทำเครื่องหมายบนตัวอย่างทดสอบ

3.18 เครื่องมือทดสอบของมาร์แชลล์ (Marshall testing machine) เป็นเครื่องมือที่ใช้ทดสอบการอัด (Compression test) เครื่องมือนี้สามารถถ่ายแรงลงไปสู่ตัวอย่างโดยผ่านทางหัวทดสอบรูปครึ่งวงกลม (Semi-circular testing heads) ด้วยอัตราการเคลื่อนตัวลงต่อหน่วย (rate of strain) คงที่ ที่ 51 ม.ม. (2 นิ้ว) ต่อนาที หัวทดสอบเสถียรภาพของมาร์แชลล์ (Marshell Stability testing head) นี้จะติดตั้งประกอบกับ calibrated proving ring สำหรับวัดค่าแรงที่กระทำลงไป พร้อมกันกับเครื่องวัดค่าการไหลของมาร์แชลล์ (Marshell flow meter) สำหรับหาหน่วยการไหลขณะที่ทดสอบไปถึงค่าแรงสูงสุด ในบางครั้งสามารถใช้เครื่อง Universal testing machine ที่ติดตั้งเครื่องมืออ่านค่าแรงกระทำและวัดค่าหน่วยการไหลที่เหมาะสมแทนเครื่องมือทดสอบของมาร์แชลล์ได้

3.19 Flow meter ใช้หาค่า flow values ของตัวอย่าง ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 ม.ม. และ 0.01 ม.ม.

4. การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบ

4.1 จำนวนของตัวอย่างทดสอบในแต่ละชุด ต้องเตรียมอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง (หรือ 5 ตัวอย่างจะให้ผลที่ถูกต้องมากขึ้น)

4.2 เตรียมมวลรวม ทำมวลรวมให้แห้งเพื่อให้มีน้ำหนักคงที่ ที่อุณหภูมิ 105 C (221 F) ถึง 110 C (230 F) แล้วแยกมวลรวมออกเป็นขนาดต่างๆ โดยร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ตามสัดส่วนขนาด (Size fraction) ที่ต้องการซึ่งสัดส่วนขนาดโดยทั่วไปจะเป็นดังนี้

25.0 – 19.0 ม.ม. (1 – 3/4 นิ้ว)
19.0 – 9.5 ม.ม. (3/4 – 3/8 นิ้ว)
9.5 – 4.75 ม.ม. (3/8 – No.4)
4.75 – 2.36 ม.ม. (No.4 – No.8)
ลอดผ่าน 2.36 ม.ม. (No.8)

4.3 อุณหภูมิของการผสมและการบดอัด การผสมจะใช้อุณหภูมิที่ แอสฟัลต์ได้รับความร้อนแล้วมีความหนืดคิเนเมติก 170 $\pm$ 20 เซนติสโตกส์ การบดอัดจะใช้ที่ที่แอสฟัลต์มีความหนืดคิเนเมติก 280 $\pm$ 30 เซนติสโตกส์

4.4 เตรียมแบบหล่อและค้อนบดอัด แบบหล่อตัวอย่างทดสอบและผิวของค้อนบดอัดจะต้องสะอาด นำไปทำให้ร้อนโดยแช่ในน้ำร้อนหรือวางบนแผ่นร้อน (Hot plate) จนมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 93 C (200 F) ถึง 149 C (300 F) ก่อนที่จะเทส่วนผสมลงในแบบหล่อ จะต้องใส่กระดาษซับไขที่ตัดได้ขนาด ลงไปที่ก้นของแบบหล่อ หรืออาจใช้กระดาษกรองแทนได้

4.5 การเตรียมส่วนผสม นำตัวอย่างทดสอบแต่ละอันไปใส่ภาชนะแยกต่างหาก แล้วนำไปชั่งให้ได้สัดส่วนขนาดที่เหมาะสมของมวลรวมตามที่ต้องการ แล้วใส่ลงในภาชนะบรรจุ ความสูงกำหนดของตัวอย่างทดสอบเท่ากับ 63.5 $\pm$ 1.3 ม.ม. (2.5 $\pm$ 0.05 นิ้ว) ซึ่งตามปกติจะใช้มวลรวมหนักประมาณ 1.2 กก. โดยทั่วไปจะมีการเตรียมตัวอย่างทดสอบก่อนที่จะเตรียมมวลรวมตอนผสม (Aggregate batch) ซึ่งถ้าตัวอย่างทดสอบมีความสูงไม่อยู่ขีดจำกัดที่ยอมให้ ต้องมีการปรับปริมาณมวลรวมดังนี้

สำหรับหน่วย S.I.

$$\text{มวลของมวลรวมที่ปรับแก้} = \frac{63.5 \text{ (มวลของมวลรวมที่ใช้)}}{\text{ความสูงของตัวอย่างทดสอบที่วัดได้}}$$

สำหรับหน่วย U.S. Customary

$$\text{น้ำหนักของมวลรวมที่ปรับแก้} = \frac{2.5 \text{ (น้ำหนักของมวลรวมที่ใช้)}}{\text{ความสูงของตัวอย่างทดสอบที่วัดได้}}$$

หลังจากนั้นนำมวลรวมไปอบในเตาอบ หรือให้ความร้อนโดยใช้แผ่นร้อน (Hot plate) ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของการผสมประมาณ 28 C (50 F) เทมวลรวมลงในภาชนะผสม แล้วคลุกเคล้าผสมแห้ง จากนั้นจัดมวลรวมส่วนผสมให้เป็นรูปปากปล่องภูเขาไฟ (ซึ่งอุณหภูมิที่จุดนี้ต้องไม่เกินขีดจำกัดของอุณหภูมิผสม) นำเอาแอสฟัลต์ซีเมนต์ร้อนที่ชั่งน้ำหนักเตรียมพร้อมแล้ว เทใส่ลงในมวลรวมตรงรูปปากปล่องนั้น แล้วผสมแอสฟัลต์กับมวลรวมอย่างรวดเร็ว โดยนำไปใส่ในเครื่องผสม (Mechanical mixer) จนกระทั่งแอสฟัลต์กระจายอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึง

4.6 เตรียมตัวอย่างเพื่อการบดอัด เทส่วนผสมทั้งหมดลงในแบบหล่อที่วางกระดาษกรองไว้ภายในแบบไว้ก่อนแล้ว จากนั้นใช้พาย (spatula) หรือเกรียงร้อน ขุดแซะส่วนผสมอย่างรวดเร็ว 15 ครั้ง รอบๆบริเวณของของแบบหล่อ และตรงกลางภายในอีก 10 ครั้ง จากนั้นเอาปลอกด้านบน ของแบบออกและแต่งผิวให้เรียบโดยมีลักษณะโค้งมนเล็กน้อย อุณหภูมิของส่วนผสมก่อนที่จะอัดนั้นควรจะอยู่ในขอบเขตของอุณหภูมิสำหรับการบดอัด (โดยจะกล่าวในเรื่องวิธีการ ทดสอบต่อไป) หากพบว่าอุณหภูมิของการผสมไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดแล้วจะต้องทิ้งตัวอย่างนั้นไป ทั้งนี้จะต้องไม่มีการให้ความร้อนแก่ส่วนผสมอีกครั้งไม่ว่ากรณีใดๆ

4.7 การบดอัดตัวอย่าง สวมปลอกต่อ (Collar) เข้ากับแบบอย่างเดิม แล้วนำแบบที่ประกอบเสร็จ ไปวางบนแท่นรองการบดอัดในที่ยึดแบบ ทำการบดอัดด้วยจำนวนครั้งตามปริมาณการจราจรที่ต้องการนำวัสดุไปใช้ ด้วยการปล่อยให้ค้อนบดอัดตกอย่างอิสระจากความสูง 457 ม.ม. (18 นิ้ว) จับแกนของค้อนบดอัดให้ตั้งฉากกับฐานของแบบที่ประกอบไว้เท่าที่เป็นไปได้ในขณะที่ทำการบดอัด เมื่อเสร็จสิ้นการบดอัดตัวอย่างด้านหนึ่งให้เอาฐานรองและปลอกต่อออก แล้วประกอบแบบเข้าไปใหม่โดยให้กลับแบบเอาด้านล่างขึ้นมา แล้วบดอัดด้วยจำนวนครั้งที่เท่ากัน ลงบนตัวอย่างอีกด้านที่กลับขึ้นมา หลังจากที่บดอัดเสร็จเรียบร้อยให้นำแผ่นฐานรองออกและปล่อยทิ้งตัวอย่างทดสอบให้เย็นลงในอากาศจนกระทั่งไม่มีการเปลี่ยนรูปร่าง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในขณะที่เอาส่วนผสมที่บดอัดแล้วออกจากแบบหล่อ เมื่อต้องการให้เย็นเร็วขึ้นก็สามารถใช้พัดลมตั้งโต๊ะได้ หากต้องการลดอุณหภูมิโดยใช้น้ำจะต้องใส่ตัวอย่างทดสอบในถุงพลาสติกก่อน เอาตัวอย่างทดสอบออกจากแบบหล่อโดยดันด้วยแม่แรง (extrusion jack) หรือเครื่องมือกดชนิดอื่นๆแล้วนำไปวางบนผิวที่เรียบและได้ระดับรอจนกว่าจะพร้อมที่ทดสอบ โดยทั่วไปแล้วจะยอมให้ปล่อยทิ้งตัวอย่างทดสอบไว้ให้เย็นตัวข้ามคืนได้

Design Traffic Category

	Traffic		
	Low	Medium	Heavy
No. of blow on each side	35	50	75

5. ขั้นตอนการทดสอบ

<u>ส่วนที่ 1 การหาค่าความถ่วงจำเพาะรวม</u>

5.1.1 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะรวม จะทำหลังจากบดอัดตัวอย่างเสร็จไม่นานนัก โดยจะทิ้งตัวอย่างให้เย็นภายใต้อุณหภูมิห้อง 25 ± 1 C จากนั้นให้ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง น้ำหนักที่ได้จะเป็นน้ำหนักแห้ง (A)

5.1.2 นำตัวอย่างไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 25 ± 1 C เป็นเวลา 4 ± 1 นาที จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างในน้ำ น้ำหนักที่ได้จะเป็นน้ำหนักที่ชั่งในน้ำ (C)

5.1.3 นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำ เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้งอย่างรวดเร็ว ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง จะได้น้ำหนักผิวแห้ง (B)

<u>ส่วนที่ 2 การทดสอบเสถียรภาพและการทดสอบการไหล</u>

5.2.1 ตั้งเครื่องวัดค่าการไหลให้อ่านค่าศูนย์ โดยสอดโลหะทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 101.6 ม.ม. (4 นิ้ว) เข้าไปในหัวทดสอบ นำเครื่องวัดค่าการไหลไปติดเหนือ guide rod แล้วจึงปรับให้เครื่องวัดค่าการไหลอ่านค่าเป็นศูนย์

5.2.2 แช่ตัวอย่างในอ่างน้ำที่มีอุณหภูมิ 60 ˚C ± 1 ˚C (140 ˚F ± 1.8 ˚F) เป็นเวลา 30 – 40 นาที ก่อนที่นำมาทดสอบ

5.2.3 ทำความสะอาดผิวด้านในของหัวทดสอบให้ทั่ว โดยอุณหภูมิของหัวทดสอบนี้ควรจะรักษาให้อยู่ระหว่าง 21 ˚C – 37.8 ˚C (70 ˚F ± 100 ˚F) ซึ่งอาจใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิหากต้องการ หยอดน้ำมันหล่อลื่นทาง guide rod ให้น้ำมันไหลอย่างอิสระเป็นฟิล์มบางๆ หากใช้ proving ring ในการวัดค่าแรงให้ตรวจสอบดูด้วยว่าเข็มชี้ที่หน้าปัดอยู่นิ่งและอ่านค่าเป็นศูนย์เมื่อไม่มีแรงกระทำ หากเป็นเครื่องมือทดสอบที่อ่านค่าเป็นตัวเลขให้ปรับค่าเริ่มต้นให้อ่านค่าได้ศูนย์

5.2.4 เมื่อเครื่องมือพร้อม ให้นำตัวอย่างทดสอบขึ้นจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิและเช็ดผิวให้แห้งอย่างระมัดระวัง แล้วจึงนำตัวอย่างไปวางในหัวทดสอบอันล่าง (Lower testing head) จากนั้น เลื่อนหัวทดสอบอันบนลงมาประกอบกันให้สมบูรณ์เป็นชุดเครื่องมือที่ให้แรงกระทำพร้อมกับติดตั้งเครื่องวัดค่าการไหลบนก้านนำเหนือตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายไว้

5.2.5 ให้แรงกระทำต่อตัวอย่างทดสอบในอัตราการยุบตัวของตัวอย่างคงที่เท่ากับ 51 ม.ม. (2 นิ้ว) ต่อนาที จนกระทั่งเกิด failure โดยจุดที่เกิด failure นั้นดูได้จากจุดที่อ่านค่าได้แรงสูงสุด ขนาดของแรงในหน่วย นิวตัน (ปอนด์) ที่ทำให้ตัวอย่างเกิด failure ที่อุณหภูมิ 60 C (140 F) จะเป็นค่าเสถียรภาพของมาร์แชลล์

5.2.6 ขณะที่การทดสอบเสถียรภาพกำลังดำเนินอยู่ จะต้องยึดเครื่องวัดค่าการไหลให้มั่นคงในตำแหน่งเหนือ guide rod และเอาออกเมื่อแรงเริ่มลดลง ให้อ่านค่าและบันทึก ค่าที่อ่านได้นี้เป็น ค่าการไหล (flow rate) สำหรับตัวอย่างทดสอบ โดยหนึ่งหน่วยการไหลเป็นค่าการยุบตัว 0.25 ม.ม. (1/100 นิ้ว) ตัวอย่างเช่น ถ้าตัวอย่างยุบตัวไป 3.8 ม.ม. (0.15 นิ้ว) ค่าการไหลก็เท่ากับ 15

5.2.7 วิธีการทั้งหมด ทั้งการทดสอบเสถียรภาพและการทดสอบการไหลจะต้องทำให้เสร็จสิ้นภายใน 30 วินาที นับตั้งแต่เริ่มนำตัวอย่างทดสอบออกจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

6. การคำนวณ

6.1 ค่าความถ่วงจำเพาะ Bulk Sp. Gr. $= \frac{A}{B - C}$

โดยที่

A = น้ำหนักของตัวอย่างที่ชั่งในอากาศ

B = น้ำหนักของตัวอย่างผิวแห้งที่ชั่งในอากาศ

C = น้ำหนักของตัวอย่างที่ชั่งในน้ำ

6.2 เฉลี่ยค่าความถ่วงจำเพาะรวม (Bulk specific gravity) ของตัวอย่างทดสอบในแต่ละชุดสำหรับปริมาณแอสฟัลต์หนึ่งๆ โดยที่ค่าใดคลาดเคลื่อนไปมาก ก็ไม่ควรนำมาเฉลี่ยด้วย

6.3 คำนวณหาค่าหน่วยน้ำหนักเฉลี่ย สำหรับแต่ละค่าปริมาณแอสฟัลต์โดยคูณค่าความถ่วงจำเพาะรวมเฉลี่ย ด้วย 1.0 เมกะกรัม/ลบ.ม. (62.4 ปอนด์/ลบ.ฟุต)

6.4 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง หน่วยน้ำหนัก (Unit weight) กับปริมาณแอสฟัลต์ และเชื่อมต่อจุดเหล่านี้ด้วยเส้นโค้งเรียบ (Smooth curve) เพื่อจะได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของค่าทั้งหมด

6.5 อ่านค่าหน่วยน้ำหนักโดยตรงจากกราฟ ตามปริมาณแอสฟัลต์แต่ละค่า แล้วคำนวณ Equivalent bulk specific gravity โดยหารด้วย 1.0 เมกะกรัม/ลบ.ม. (62.4 ปอนด์/ลบ.ฟุต) ค่าความถ่วงจำเพาะรวมที่ได้นั้นจะใช้ในการคำนวณของข้อมูลช่องว่างหรือโพรงต่อไป

6.6 ใช้ค่าความถ่วงจำเพาะรวมของมวลรวม และค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุดทางทฤษฎีของส่วนผสมของวัสดุผิวทางบิทูมินัส (ASTM D 2041) มาคำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะประสิทธิผล (Effective specific gravity) ของมวลรวม, ปริมาณแอสฟัลต์ที่ถูกดูดซึมเข้าไป โดยคิดเป็นกิโลกรัม (ปอนด์) ของมวลรวมแห้ง, ค่าเปอร์เซ็นต์ช่องว่างหรือโพรงอากาศ (Air voids) และค่าของเปอร์เซ็นต์ของช่องว่างระหว่างมวลรวม (Voids in mineral aggregate : VMA) ในงานออกแบบส่วนผสมที่ต้องทำซ้ำบ่อยๆ นั้นค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุดของส่วนผสมวัสดุผิวทางทางทฤษฎี (ASTM D 2041) จะหาได้โดยการนำค่าปริมาณแอสฟัลต์อย่างน้อย 2 ค่า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าเป็นค่าที่เหมาะสม (Optimum asphalt content) หรือใกล้เคียง จะดีมาก แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าความถ่วงจำเพาะประสิทธิผลของมวลรวม ค่าที่ได้นี้จะใช้ในการคำนวณหาปริมาณช่องว่างหรือโพรงอากาศ และค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุดของส่วนผสมแยกกันตามปริมาณแอสฟัลต์ที่แตกต่างกันไป

7. การพิจารณาผล

7.1 ค่าเสถียรภาพที่วัดได้จากตัวอย่างทดสอบที่มีความสูงผิดไปจากค่ามาตรฐาน (63.5 ม.ม. หรือ 2 ½ นิ้ว) ต้องนำไปแปลงเป็นค่าเทียบเท่าค่ามาตรฐานนั้น โดยการใช้ตัวประกอบแปลงค่า (Conversion factor) อัตราส่วนเทียบค่า (Correlation ratio) ที่ใช้ได้ ในการเปลี่ยนค่าเสถียรภาพที่วัดมานั้น แบ่งหรือจัดเป็น 4 กลุ่ม ดังที่แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าการปรับเทียบค่า บางทีอาจจะทำได้โดยอยู่บนพื้นฐานของทั้งความสูงที่วัดได้หรือปริมาตรที่วัดได้

7.2 ทำการเฉลี่ยค่าการไหลและค่าเสถียรภาพที่แปลงมาแล้ว สำหรับตัวอย่างทดสอบทุกๆ ตัวอย่างตามปริมาณแอสฟัลต์ที่ระบุให้มา ค่าที่คลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดใด ที่เห็นได้ชัด ก็ไม่ควรนำมารวมไว้ในการหาค่าเฉลี่ยนี้

7.3 เตรียมกระดาษกราฟไว้สำหรับเขียนค่าต่างๆ เหล่านี้แยกกัน ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง

- ค่าเสถียรภาพกับปริมาณแอสฟัลต์
- ค่าการไหลกับปริมาณแอสฟัลต์
- หน่วยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมดกับปริมาณแอสฟัลต์

- เปอร์เซ็นต์โพรงอากาศกับปริมาณแอสฟัลต์
- เปอร์เซ็นต์ช่องว่างระหว่างมวลรวมกับปริมาณแอสฟัลต์

ในการลากเส้นกราฟเชื่อมระหว่างจุดที่พล็อตลงไปนั้น ต้องเขียนด้วยเส้นโค้งเรียบ (Smooth curve) เพื่อให้ได้ค่า “best fit” สำหรับค่าทั้งหมด

8. การนำผลการทดสอบไปใช้งาน

การหาค่าปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสม จะพิจารณาจากกราฟที่จุดต่างๆ ดังนี้

- ค่าเสถียรภาพสูงสุด
- ค่าหน่วยน้ำหนักสูงสุด
- ขีดจำกัดกลาง (median of limits) สำหรับเปอร์เซ็นต์โพรงอากาศ

ปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสมที่สุดของส่วนผสมคือค่าเฉลี่ยของปริมาณแอสฟัลต์ที่หามาได้ และหลักเกณฑ์ในการออกแบบส่วนผสมที่แนะนำโดย The Asphalt Institute แสดงในตารางที่ 2 และ จากรูปที่ 4

ตารางที่ 2 หลักเกณฑ์การออกแบบของมาร์แชลล์

Marshell Method Mix Criteria[1]	Light Traffic[2]		Medium Traffic		Heavy Traffic	
	Surface & Base		Surface & Base		Surface & Base	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Compaction, number of blows each end and specimen [3]	35		50		75	
Stability, Newton	3336	-	5338	-	8006	-
(lb.)	(750)	-	(1200)	-	(1800)	-
Flow, 0.25 mm[4]	8	18	8	16	8	14
Percent Air Voids[5]	3	5	3	5	3	5
Percent Voids in Mineral Aggregate (VMA)[6]	Fig.4					

Remark:

[1] All criteria, not stability value alone, must be considered in designing an asphalt paving mix.

Hot-mix asphalt bases that do not meet these criteria when tested at 60°C (140°F) are satisfactory if they meet the criteria when tested at 38°C (100°F) and are placed 100 mm. (4 in.) or more below the surface. This recommendation applies only to regions having a range of climatic conditions similar to those prevailing throughout most of the United States. A different lower test temperature may be considered in regions having move extreme climatic conditions.

[2] Traffic Classifications:

Light: Traffic conditions resulting in a Design EAL < 10^4

Medium: Traffic conditions resulting in a Design EAL between 10^4 and 10^6

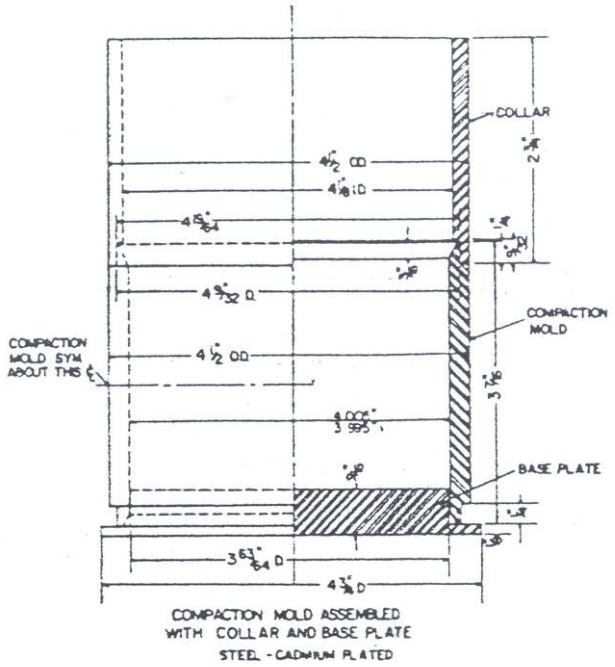
Heavy: Traffic conditions resulting in a Design EAL > 10^6

[3] Laboratory compactive efforts should closely approach the maximum density obtained in the pavement under traffic.

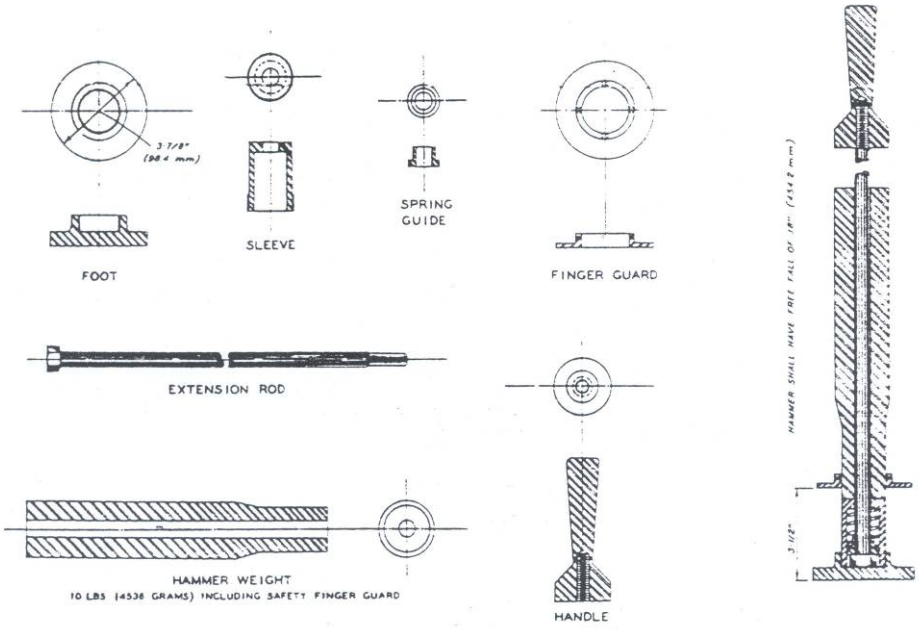
[4] The flow value refers to the point when the load begins to decrease.

[5] The portion of the asphalt cement lost by absorption into the aggregate particles must be allowed for when calculating percent air voids.

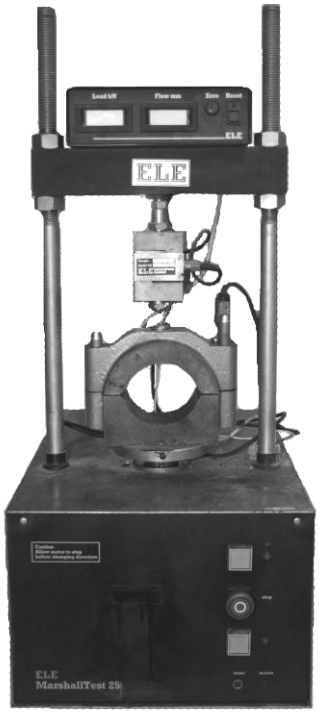
[6] Percent air voids in the mineral aggregate is to be calculated on the basis of the ASTM bulk specific gravity for the aggregate.



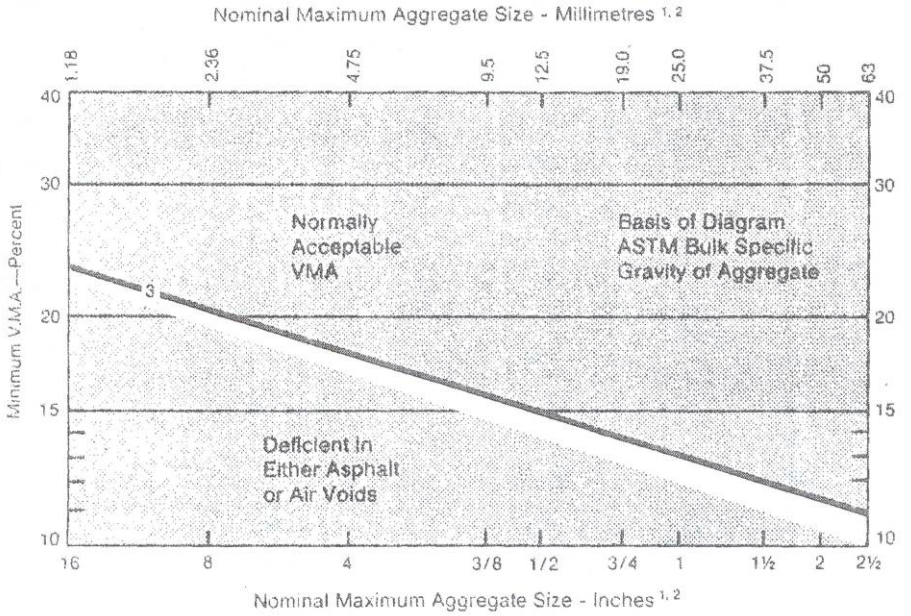
รูปที่ 1 แบบหล่อ (Compaction Mold)



รูปที่ 2 ค้อนที่ใช้ในการทดสอบมาร์แชลล์



รูปที่ 3 เครื่องมือทดสอบเสถียรภาพและการไหลของมาร์แชลล์



[1]Standard Specifications for *Wire Cloth Sieves for Testing Purposes*, ASTM Designation E11 (AASHTO Designation M92).
[2]For processed aggregate, the nominal maximum particle size is the largest sieve size listed in the applicable specification upon which any material is retained.
[3]Mixtures in the 1% tolerance band shall be permitted only when experience indicates that the mixture will perform satisfactorily and when all other criteria are met.

รูปที่ 4 เปอร์เซ็นต์ช่องว่างระหว่างมวลรวมที่น้อยที่สุด

ตารางที่ 1 Stability Correlation Ratio

ปริมาตรของตัวอย่างทดสอบ	ความหนาโดยประมาณ ของตัวอย่างทดสอบ		Correlation Ratio
ซม^3	ม.ม.	นิ้ว	
200-213	25.4	1	5.56
214-225	27.0	1 1/16	5.00
226-237	28.6	1 1/8	4.55
238-250	30.2	1 3/16	4.17
251-264	31.8	1 1/4	3.85
265-276	33.3	1 5/16	3.57
277-289	34.9	1 3/8	3.33
290-301	36.5	1 7/16	3.03
302-316	38.1	1 1/2	2.78
317-328	39.7	1 9/16	2.50
329-340	41.3	1 5/8	2.27
341-353	42.9	1 11/16	2.08
354-367	44.4	1 3/4	1.92
368-379	46.0	1 13/16	1.79
380-392	47.6	1 7/8	1.67
393-405	49.2	1 15/16	1.56
406-420	50.8	2	1.47
421-431	52.4	2 1/16	1.39
432-443	54.0	2 1/8	1.32
444-456	55.6	2 3/16	1.25
457-470	57.2	2 1/4	1.19
471-482	58.7	2 5/16	1.14
483-495	60.3	2 3/8	1.09
496-508	61.9	2 7/16	1.04
509-522	63.5	2 1/2	1.00
523-535	64.0	2 9/16	0.96
536-546	65.1	2 5/8	0.93
547-559	66.7	2 11/16	0.89
560-573	68.3	2 3/4	0.86
574-585	71.4	2 13/16	0.83
586-598	73.0	2 7/8	0.81
599-610	74.6	2 15/16	0.78
611-625	76.2	3	0.76

Department of Civil Engineering

Chulalongkorn University

Highway Materials Testing Laboratory

Calculation of Aggregate Gradation

Source of Aggregate: _____

Material Type: _____

Prepared by: _____

Aggregate:

☐ Washed and Dried ☐ Not Washed and Dried

Maximum Size: _____

Total Required Weight of Aggregate _____g.

Sieve No.	Standard Percent Passing	Weight (g)	Remark

Department of Civil Engineering

Chulalongkorn University

Highway Materials Testing Laboratory

Hot-mix Design Data by Marshall Method

Project and Location: _____

Date: _____ Pen Grade AC: _____

Specific Gravity AC: _____ Design Traffic: _____

Avg Bulk Sp. Gr. Total Agg: _____ Inspector: _____

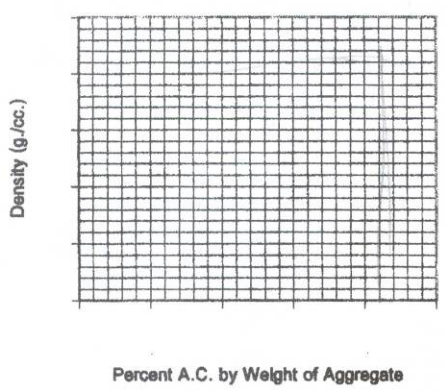
No.	%AC Spec. No.	%AC Spec. No.	Spec. Height (mm)	Mass Grams			Bulk Vol. CC.	Bulk S.G. Comp. Mix	Air Void	%VMA	Unit Wgt PSF (Mg/m^3)	Stability (N)			Flow (0.25mm)
	%AC by wgt of Agg	%AC by wgt of Mix		In Air	In Water	Sat. Surface Dry in Air						Measured	Adjusted	Average	
1															
2															
3															
		Avg.													
4															
5															
6															
		Avg.													
7															
8															
9															
		Avg.													
10															
11															
12															
		Avg.													
13															
14															
15															
		Avg.													
16															
17															
18															
		Avg.													

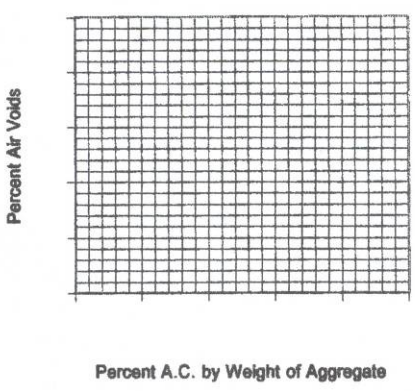
Department of Civil Engineering

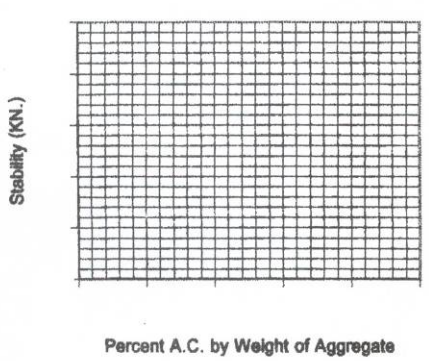
Chulalongkorn University

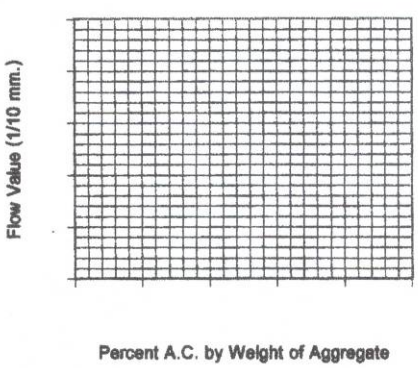
Highway Materials Testing Laboratory

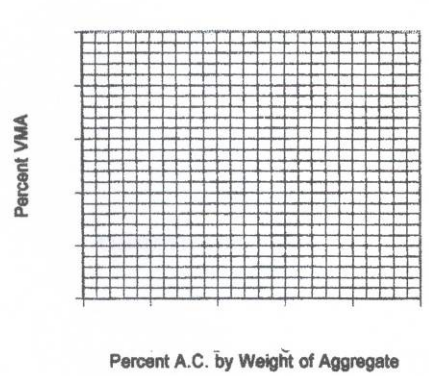
Hot-mix Design Result Marshell Method











Maximum Size of Aggregate: _____

Design Traffic Categories: _____

Material for use

☐ Surfacing or leveling ☐ Sand or Stone Sheet

☐ Binder or base ☐ Sand Asphalt

Allowable Air void _____

Asphalt content at maximum unit weight = _____ (1)

Asphalt content at maximum Stability = _____ (2)

Asphalt content at mmiddle value of air void limit = _____ (3)

Optimum Asphalt content = ((1) + (2) + (3)) / 3 = _____

Stability	☐ Meet req.	☐ Do not meet req.
Flow	☐ Meet req.	☐ Do not meet req.
Air Void	☐ Meet req.	☐ Do not meet req.
VMA in mineral	☐ Meet req.	☐ Do not meet req.

วิเคราะห์ผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 1

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของวัสดุบิทูมินัสประเภทกึ่งแข็ง

(Test for Specific Gravity of Semi-Solid Bituminous Materials)

1. ขอบเขต

การทดสอบนี้จะแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะเป็นการหาความถ่วงจำเพาะ และ ความหนาแน่นโดยการใช้ Pyncometer และ ส่วนที่สองเป็นการหาค่าเดียวกันด้วยวิธีการแทนที่น้ำ

การทดสอบโดย Pyncometer ใช้หาค่าความถ่วงจำเพาะ และ ความหนาแน่นของวัสดุบิทูมินัสประเภทกึ่งแข็ง แอสฟัลท์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) น้ำมันดิน (Road Oils) และ พวก Soft tar pitches

การทดสอบด้วยวิธีแทนที่น้ำใช้กับวัสดุที่มีจุดอ่อนตัว (Softening point) มากกว่า 70 C และ ไม่เคยได้รับความร้อนสูงเกินไปขณะกลั่น (crack)

2. นิยาม

2.1 ความถ่วงจำเพาะของวัสดุบิทูมินัสประเภทกึ่งแข็ง แอสฟัลท์ซีเมนต์ และ พวกทาร์นั้น คือ อัตราส่วนของมวลของวัสดุที่มีปริมาตรหนึ่งที่อุณหภูมิ 77 F (25 C) กับมวลของน้ำที่ปริมาตรเท่ากัน แสดงได้โดย

ความถ่วงจำเพาะ ที่ 77/77 F (25/25 C) หรือ 66/66 F (15.6/15.6 C) (ไม่มีหน่วย)

2.2 ความหนาแน่น คือ มวลต่อหน่วยน้ำหนัก แสดงได้โดย

ความหนาแน่น ที่ 77 F (25 C) หรือ 60 F (15.6 C) หน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

<u>ส่วนที่หนึ่ง: การทดสอบด้วยวิธี Pyncometer</u>

3. อุปกรณ์

3.1 Pyncometer--ภาชนะแก้วรูปทรงกระบอกหรือรูปกรวยมีฝาปิด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22.0-26.0 มม. กึ่งกลางฝามีรูเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0-2.0 มม. ผิวบนของฝามีลักษณะเรียบ แต่ผิวล่างมีลักษณะเป็นรูปโค้งเพื่อทำให้อากาศผ่านออกไปได้ ความสูงของส่วนโค้งนั้นประมาณ 4.0-6.0 มม. Pyncometer มีความจุประมาณ 24-30 มล. และ น้ำหนักไม่ควรเกิน 40 กรัม

3.2 อ่างน้ำปรับอุณหภูมิ--เพื่อช่วยรักษาอุณหภูมิให้คงที่ไว้ในช่วง 0.1 C

3.3 เทอร์โมมิเตอร์--สามารถอ่านค่าได้ตั้งแต่ -8 ถึง 32 C

4. การเตรียมอุปกรณ์

4.1 ใส่น้ำกลั่นในบีกเกอร์ขนาด 600 มล. จนเกือบเต็ม (เพื่อที่ว่าหากใส่ Pyncometer แล้วก้นของอุปกรณ์จะสูงจากก้นบีกเกอร์มากกว่า 40 มม.)

4.2 ใส่บีกเกอร์นี้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ โดยให้ก้นบีกเกอร์จมใต้น้ำไม่น้อยกว่า 100 มม. ยึดบีกเกอร์กับฐานยึด

4.3 รักษาอุณหภูมิให้ได้ตามต้องการ และ ไม่เปลี่ยนแปลงมากกว่า 1 C

5. การปรับแก้ Pyncometer :

5.1 นำ Pyncometer มาทำความสะอาด และทำให้แห้ง พร้อมทั้งนำไปชั่งน้ำหนักและอ่านค่าให้ละเอียดถึง 1 มิลลิกรัม โดยให้น้ำหนักนี้เป็น **A**

5.2 นำบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำปรับอุณหภูมิ ใส่ pyncometer ลงในบีกเกอร์ และ ปิด pyncometer ด้วยฝาปิด (Stopper) นำอุปกรณ์ทั้งหมดไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิอีกครั้ง

5.3 แช่ pyncometer อย่างน้อย 30 นาที จากนั้นนำขึ้น เช็ดแห้งด้วยผ้า และ ชั่งน้ำหนักให้ละเอียดถึง 1 มก. โดยให้น้ำหนักนี้เป็น **B**

6. ขั้นตอนการทดลอง :

6.1 การเตรียมตัวอย่าง--ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างพร้อมทั้งทำการคน เพื่อให้อุณหภูมิวัสดุสม่ำเสมอ จนกระทั่งตัวอย่างมีความเหลวพอที่จะเทได้ โดยทั่วไปแล้ว อุณหภูมิที่ใช้ไม่ควรจะสูงเกินกว่าจุดอ่อนตัว (Softening Point) ของวัสดุที่จะนำมาใช้ในการทดลอง สำหรับพวกทาร์ อุณหภูมิที่ใช้ห้ามสูงเกินจุดอ่อนตัวมากกว่า 56 C ส่วนแอสฟัลท์ อุณหภูมิที่ใช้ห้ามสูงเกินจุดอ่อนตัวมากกว่า 111 C ไม่ควรให้ความร้อนนานเกินกว่า 30 นาที และต้องระวังไม่ให้เกิดฟองในตัวอย่าง

6.2 เทตัวอย่างลงใน Pyncometer ที่สะอาดและแห้ง ประมาณ 3 ใน 4 ของความจุของ Pyncometer ระหว่างเทต้องระวังมิให้ตัวอย่างติดข้างขวด และ ต้องระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศขณะเท โดยเทตัวอย่างให้เป็นเส้นเล็ก ๆ ปล่อยให้เย็นเป็นเวลา 40 นาที หลังจากนั้นนำไปชั่งพร้อมฝาปิด ให้น้ำหนักของ Pyncometer + ตัวอย่าง เป็น **C**

6.3 นำบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำ เทน้ำกลั่นลงใน Pyncometer ที่มีตัวอย่างบรรจุอยู่จนเต็ม โดยไม่ให้อากาศหลงเหลืออยู่ใน Pyncometer จากนั้นนำ Pyncometer วางลงในบีกเกอร์ และ ปิดฝาปิดให้สนิท นำบีกเกอร์ไปใส่ในอ่างปรับอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 30 นาที

6.4 นำ Pyncometer ออกจากอ่างน้ำ นำไปชั่งและให้น้ำหนักของ Pyncometer + ตัวอย่าง + น้ำ เป็น **D**

7. การคำนวณ

7.1 ความถ่วงจำเพาะ--คำนวณละเอียดถึง 0.001

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$$

โดยที่ A = น้ำหนักของ Pyncometer
B = น้ำหนักของ Pyncometer + น้ำ
C = น้ำหนักของ Pyncometer + ตัวอย่าง
D = น้ำหนักของ Pyncometer + ตัวอย่าง + น้ำ

7.2 ความหนาแน่น--คำนวณละเอียดถึง 0.001

$$\text{ความหนาแน่น} = \text{ความถ่วงจำเพาะ} \times W_T$$

โดยที่ W_T = ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมินั้น

อุณหภูมิขณะทดสอบ (C)	ความหนาแน่นของน้ำ (g/cm^3)
60	0.9990
70	0.9971

8. การรายงานผล

นำค่าที่ได้จากการทดสอบมาเฉลี่ยจากทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยให้มีความละเอียดถึง 0.001 และ รายงานอุณหภูมิที่ใช้ด้วย

9. การพิจารณาความถูกต้อง

9.1 การทดลองโดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน

9.1.1 เมื่อทำการทดสอบที่ 15.6 C จะพบว่ามีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.0013 ดังนั้นผลที่ได้จากการทดลองไม่ควรต่างกันเกิน 0.003

9.1.2 เมื่อทำการทดสอบที่ 25 C จะพบว่ามีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.00082 ดังนั้นผลที่ได้จากการทดลองไม่ควรต่างกันเกิน 0.002

9.1.3 ค่าความหนาแน่นไม่ควรแตกต่างกันเกินค่าต่อไปนี้

อุณหภูมิขณะทดสอบ (C)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
60	0.003
70	0.002

9.2 การทดลองจากห้องปฏิบัติการคนละแห่ง

9.2.1 เมื่อทำการทดสอบที่ 15.6 C จะพบว่ามีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.0024 ดังนั้นผลที่ได้จากการทดลองไม่ควรต่างกันเกิน 0.007

9.2.2 เมื่อทำการทดสอบที่ 25 C จะพบว่ามีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.0019 ดังนั้นผลที่ได้จากการทดลองไม่ควรต่างกันเกิน 0.005

9.2.3 ค่าความหนาแน่นไม่ควรแตกต่างกันเกินค่าต่อไปนี้

อุณหภูมิขณะทดสอบ (C)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
60	0.007
70	0.005

<u>ส่วนที่สอง: การทดสอบด้วยวิธีแทนที่น้ำ</u>

10. วิธีการทดสอบโดยสรุป

ห้อยวัสดุด้วยด้าย นำไปชั่งในอากาศ และ ใต้น้ำที่อุณหภูมิ 25 C คำนวณหาความถ่วงจำเพาะ

11. อุปกรณ์

11.1 เครื่องชั่ง

11.2 บีกเกอร์ขนาด 600 มล.

11.3 อ่างน้ำปรับอุณหภูมิ

11.4 เทอร์โมมิเตอร์

12. การเตรียมตัวอย่าง

12.1 นำวัสดุน้ำหนักประมาณ 5-20 กรัม ตรวจสอบให้แน่ใจว่าตัวอย่างไม่มีฟองอากาศ และ รอยแยกที่ผิว

12.2 ตัวอย่างอาจทำขึ้นจากแบบหล่อลูกบาศก์ขนาด 12.7 มม.(ทุกด้าน) หรือ ใหญ่กว่า ต้องแน่ใจว่าไม่มีฟองอากาศในตัวอย่าง

13. ขั้นตอนการทดสอบ

13.1 เตรียมที่สำหรับห้อยตัวอย่างบนเครื่องชั่ง อาจใช้เส้นลวดเล็กๆ ทำเป็นที่เกี่ยว ห้อยลงมายาวประมาณ 20-30 มม.

13.2 ชั่งตัวอย่างให้ละเอียดถึง 1 มก. โดยให้น้ำหนักนี้เป็น **a**

13.3 ใส่น้ำกลั่นที่ผสมผงซักฟอกเล็กน้อยลงในบีกเกอร์ประมาณ สองในสามของความจุ นำบีกเกอร์ไปแช่ในอ่างน้ำปรับอุณหภูมิ จนน้ำมีอุณหภูมิ 25 $\pm$ 0.2 C และ รักษาอุณหภูมินี้ไว้ตลอดการทดสอบ นำบีกเกอร์มาที่ตัวอย่างและเลื่อนบีกเกอร์ขึ้นให้ตัวอย่างจมใต้น้ำจนมิด ใส่ฟองอากาศที่ติดรอบตัวอย่างจนหมด อ่านค่าน้ำหนักของตัวอย่างขณะที่ตัวอย่างจมน้ำ โดยให้น้ำหนักนี้เป็น **b**

13.4 นำตัวอย่างเดิมมาทดสอบอีกครั้ง

14. การคำนวณ

$$\text{ความถ่วงจำเพาะที่ } 25/25 \text{ C} = \frac{a}{a - b}$$

โดยที่ **a** = น้ำหนักชั่งในอากาศ (มก.)

b = น้ำหนักชั่งในน้ำที่ 25 C (มก.)

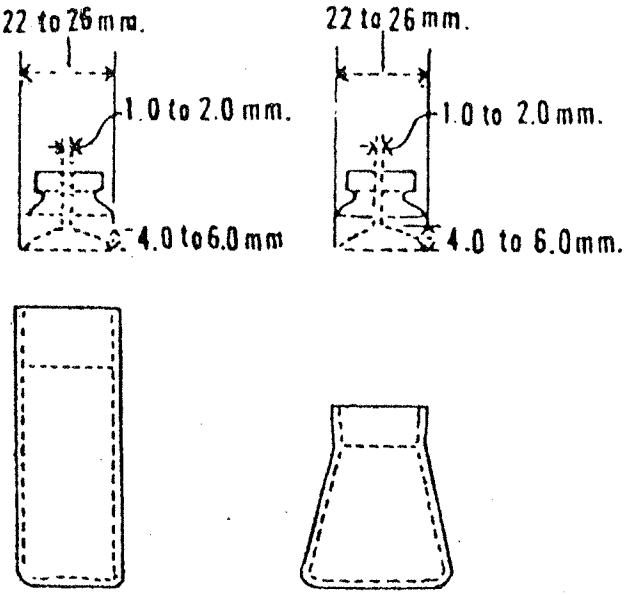
15. การรายงานผล

นำค่าที่ได้จากการทดสอบจากตัวอย่างเดียวกัน 2 ครั้งมาเฉลี่ย โดยให้มีความละเอียดถึง 0.001 หากค่าที่ได้ต่างกันเกิน 0.005 ให้ทำการทดสอบจากตัวอย่างใหม่ ตัดค่าที่ต่ำที่ได้จากผลการทดสอบ 4 ค่า และ นำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าความถ่วงจำเพาะ โดยให้ค่าละเอียดถึง 0.001

16. การพิจารณาความถูกต้อง

16.1 การทดลองโดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน--ผลที่ได้จากการทดลองไม่ควรต่างกันเกิน 0.005

16.2 การทดลองจากห้องปฏิบัติการคนละแห่ง--ผลที่ได้จากการทดลองไม่ควรต่างกันเกิน 0.007



รูปที่ 1 Pyncometer

Department of Civil Engineering

Chulalongkorn University

Highway Materials Testing Laboratory

Specific Gravity of Bituminous Materials

Source of materials: _____

Material type: _____

Tested by _____ Date: _____

Section 1: Pyncometer Method

Test conditions: Temperature ☐ 25 C ☐ 15.6 C

Density of water, W_T _____ g/cm^3

Specimen no.	Weight of pyncometer (g) **A**	Weight of pyncometer + water (g) **B**	Weight of pyncometer + specimen (g) **C**	Weight of pyncometer + specimen +water **D**	Specific Gravity	Density (g/cm^3)
1						
2						
3						

Average _____ _____

Maximum difference (specific gravity) _____ Maximum difference (density)_____

☐ Accept the result ☐ Reject the result

Section 2: Displacement Method

Specimen no.	Test No.	Weight of specimen in air (g) **a**	Weight of specimen in water (g) **b**	Weight loss (g) **a-b**	Specific Gravity	Difference
1	1					
	2					
2	1					
	2					

Average _____

Maximum difference between values of calculated specific gravity _____

☐ Accept the result ☐ Reject the result

วิเคราะห์ผลการทดลอง:

สรุปผลการทดลอง:

การทดลองที่ 12

การทดสอบจุดวาบไฟและจุดติดไฟ

(Flash point and Fire Point Test)

1. ขอบเขต

การทดสอบนี้เป็นการหาค่าจุดวาบไฟด้วยวิธีถ้วยเปิดคลีฟแลนด์ (Cleveland Open Cup) และ ถ้วยเปิดแทก (Tag Open Cup) และ หาค่าจุดติดไฟด้วยวิธีถ้วยเปิดคลีฟแลนด์ วัสดุที่จะนำมาหาจุดวาบไฟด้วยวิธีถ้วยเปิดแทกจะต้องมีค่าจุดวาบไฟต่ำกว่า 93.3 C

2. วิธีการทดสอบโดยสรุป

นำตัวอย่างมาใส่ในถ้วยจนได้ระดับ เพิ่มอุณหภูมิให้กับตัวอย่างอย่างรวดเร็วในช่วงแรก และเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ ในช่วงที่ใกล้ถึงจุดวาบไฟ หมุนเปลวไฟผ่านถ้วยเปิดเป็นช่วง ๆ ตามที่กำหนด อุณหภูมิต่ำที่สุดที่เปลวไฟทำให้ไอระเหยจากตัวอย่างลุกเป็นประกาย เรียกเป็น จุดวาบไฟ เมื่อดำเนินการทดลองต่อไป จุดติดไฟจะหาจากอุณหภูมิที่ทำให้ไฟลุกที่ผิวตัวอย่าง เป็นเวลาอย่างน้อย 5 วินาที

3. อุปกรณ์

3.1 เครื่องมือทดสอบแบบถ้วยเปิดคลีฟแลนด์--แสดงในรูป 1

3.2 เครื่องมือทดสอบแบบด้วยเปิดแทก--แสดงในรูป 2

3.3 เทอร์โมมิเตอร์--วัดอุณหภูมิได้ในช่วง 6 ถึง 400 C

4. การเตรียมอุปกรณ์

4.1 ประกอบชุดเครื่องมือทดสอบทั้งสองชนิดบนโต๊ะที่มั่นคงในสถานที่ลมสงบและปราศจากแสงจ้า

4.2 ล้างถ้วยเปิดด้วยสารละลาย เพื่อให้ปราศจากน้ำมันและสิ่งตกค้างจากการทดสอบครั้ง ก่อนล้างถ้วยเปิดอีกครั้งด้วยน้ำเย็น และทำให้แห้งด้วยการผ่านเปลวไฟ ปล่อยให้ถ้วยเปิดเย็นลง ควรให้ถ้วยเปิดมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่คาดว่าจะเป็นจุดวาบไฟ เกิน 56 C

4.3 ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์กับฐานให้อยู่ในแนวดิ่ง และปลายล่างอยู่ห่างจากก้นถ้วย 6.4 มม. และอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างกลางถ้วยกับแนวการเคลื่อนของเปลวไฟ

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 ใส่วัสดุที่ต้องการทดสอบลงไปในถ้วยจนถึงเส้นบอกระดับ วัสดุที่นำมาใส่นั้นจะต้องมีอุณหภูมิ เกินจุดอ่อนตัว (Softening point) ของวัสดุนั้นไม่มากกว่า 80-100 C ถ้าวัสดุที่นำมาใส่นั้นสูงเกินระดับให้ดูดออกด้วยปิเปต (Pipet) ถ้ามีฟองอากาศบนผิวให้คนจนหมดฟองอากาศ

5.2 จุดไฟล่อที่เครื่องมือ และ ปรับให้เปลวไฟมีความกว้างสุดประมาณ 3.2-4.8 มม.

5.3 เพิ่มอุณหภูมิกับตัวอย่างในอัตรา 14-15 C ต่อนาที เมื่ออุณหภูมิตัวอย่างต่ำกว่าอุณหภูมิที่คาดว่าจะเป็นจุดวาบไฟ 56 C ให้ลดอัตราการเพิ่มอุณหภูมิลง อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่ต้องการจะวัดที่ช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่คาดว่าจะเป็นจุดวาบไฟ 28 C โดยต้องมีค่าเท่ากับ 5-6 C ต่อนาที

5.4 เมื่อถึงอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดวาบไฟ 28 C ให้หมุนเปลวไฟไฟล่อผ่านถ้วยเปิดไปและกลับ ทุกๆ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 2C กึ่งกลางของเปลวไฟจะต้องไม่สูงกว่าขอบถ้วยเกิน 2 มม. การหมุนของเปลวไฟล่อไปและกลับแต่ละรอบใช้เวลาประมาณ 1 วินาที

5.5 บันทึกจุดวาบไฟ เมื่อสังเกตประกายไฟเกิดขึ้นบนถ้วยเปิด (อันมาจากการติดเป็นประกายของสารระเหยในถ้วย)

5.6 สำหรับการทดลองโดยใช้ถ้วยเปิดคลีฟแลนด์ ให้ความร้อนต่อไปและรักษาการเพิ่มของอุณหภูมิที่ 5 ถึง 6 C และหมุนเปลวไฟล่อทุก ๆ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 2 C จนกระทั่งไปลุกบนผิวตัวอย่างเป็นเวลาอย่างน้อย 5 วินาที บันทึกเป็นจุดติดไฟ

6. การปรับแก้ผลการทดสอบอันเนื่องมาจากความกดอากาศ

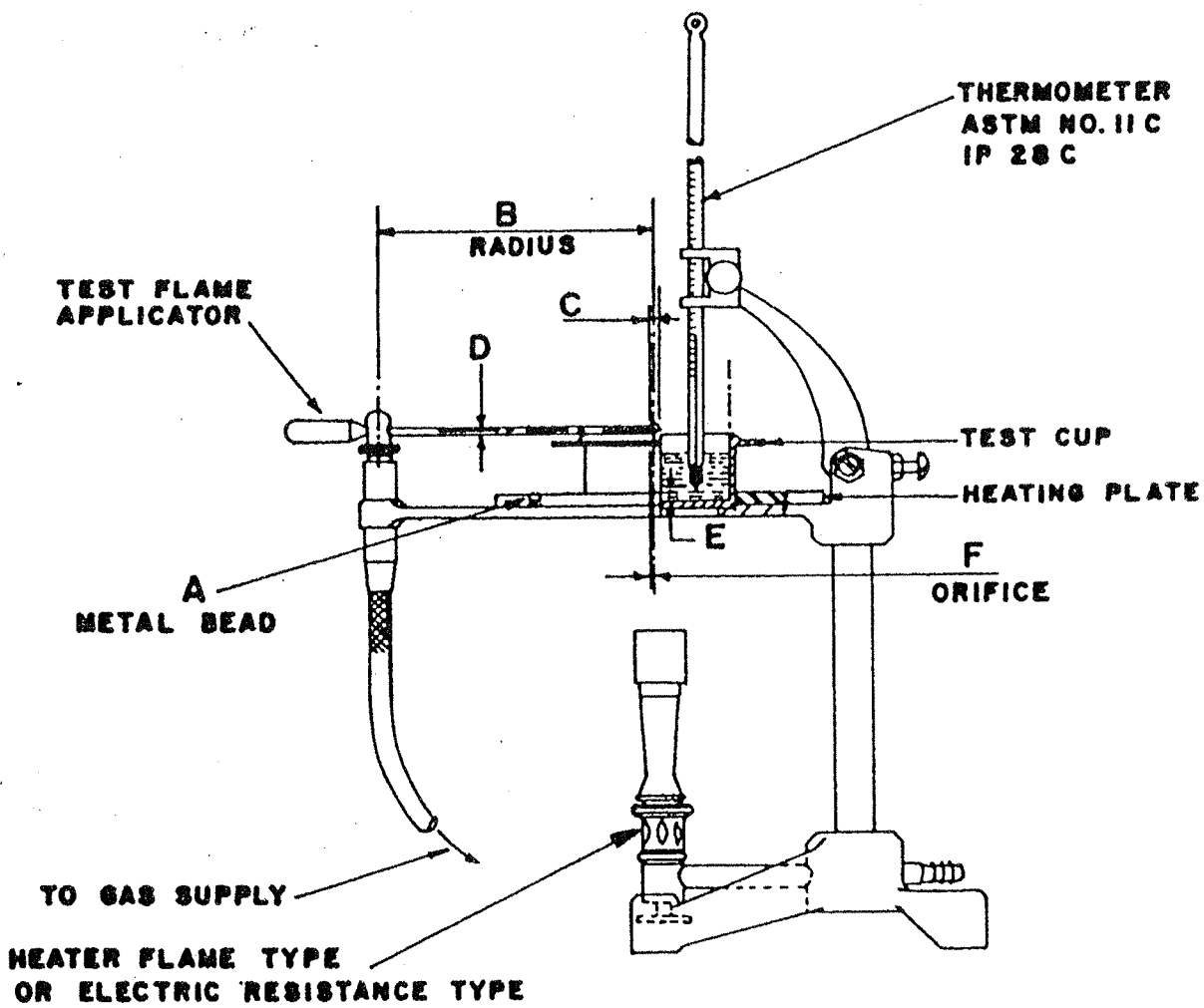
ให้เพิ่มค่าของจุดวาบไฟและจุดติดไฟที่ได้ในบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ ดังแสดงในตารางข้างล่าง

ความกดอากาศ (mm of Mercury)	ค่าปรับแก้ (C)
715-665	2
664-610	4
609-550	6

7. การพิจารณาความถูกต้อง

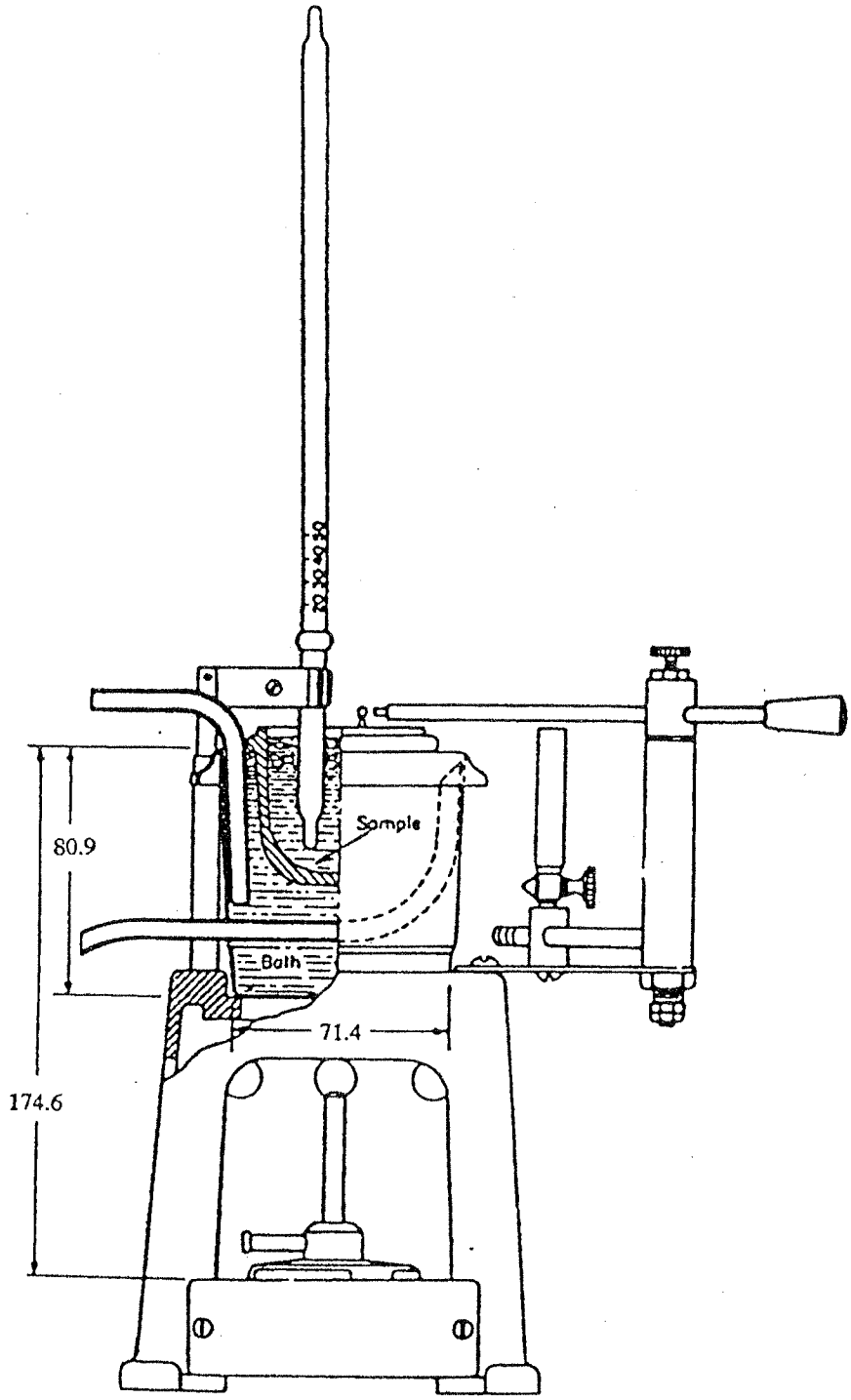
ผลการทดสอบจากผู้ทดสอบคนเดียวกัน ค่าที่ได้ (จุดวาบไฟและจุดติดไฟ) ต้องต่างกันไม่เกิน 8C

ผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการหลายแห่ง จุดวาบไฟต้องต่างกันไม่เกิน 16 C จุดติดไฟต้องต่างกันไม่เกิน 14 C



	millimetres		inches	
	min	max	min	max
A—Diameter	3.2	4.8	0.126	0.189
B—Radius	152	nominal	6	nominal
C—Diameter	1.6	nominal	0.063	nominal
D		2		0.078
E	6	7	0.236	0.276
F—Diameter	0.8	nominal	0.031	nominal

รูปที่ 1 การทดสอบโดยใช้ถ้วยเปิดคลีฟแลนด์



Note: All dimensions are in millimeters.

Dimensional Equivalents

Millimeters	Inches
71.4	2-13/16
80.9	3-3/16
174.6	6-7/8

รูปที่ 2 การทดสอบโดยใช้ถ้วยเปิดแทก

Department of Civil Engineering

Chulalongkorn University

Highway Materials Testing Laboratory

Flash Point and Fire Point Test

Cleveland Open Cup

Material type: _____ **Source of Asphalt materials:** _____

Tested by _____ **Date:** _____

Expected softening point of the asphalt material: _____

Expected flash point of the asphalt material: _____

Equipment No._____

Test No.	Specimen no.	Flash Point (C)	Fire Point (C)	Remark
	1			
	2			
	3			

Average Flash point _____ Average Fire point _____

Maximum difference in Flash point _____ Maximum difference in Fire point _____

☐ Accept the test ☐ Reject the test ☐ Accept the test ☐ Reject the test

Department of Civil Engineering

Chulalongkorn University

Highway Materials Testing Laboratory

Flash Point and Fire Point Test

Tag Open Cup

Material type: _____ **Source of Asphalt materials:** _____

Tested by _____ **Date:** _____

Expected softening point of the asphalt material: _____

Expected flash point of the asphalt material: _____

Equipment No._____

Test No.	Specimen no.	Flash Point (C)	Remark
	1		
	2		
	3		

Average Flash point _____

Maximum difference in Flash point _____

☐ Accept the test ☐ Reject the test

วิเคราะห์ผลการทดลอง: :

สรุปผลการทดลอง:

การทดลองที่ 13

การทดสอบจุดอ่อนตัวของวัสดุบิทูมินัส

(Softening Point of Bituminous Materials)

1. ขอบเขต

การทดสอบนี้เป็นการหาจุดอ่อนตัวของวัสดุบิทูมินัสในช่วงระหว่าง 30 C ถึง 157 C โดยใช้เครื่องมือ Ring-and - ball จุ่มในน้ำกลั่น (30 C ถึง 80 C) , USP Glycerin (80 C ถึง 157 C) หรือ ethylene glycol (30 C ถึง 110 C) ค่าจุดอ่อนตัวนี้มีประโยชน์ในการใช้แบ่งชนิดของบิทูเมนประเภท Air-blown

2. วิธีการทดสอบโดยสรุป

หล่อตัวอย่างบิทูเมนในวงแหวนทองเหลือง นำลูกบอลเหล็กวางไว้บนตัวอย่างดังกล่าว จากนั้นจึงเริ่มให้ความร้อน จุดอ่อนตัวคืออุณหภูมิที่ตัวอย่างทั้งสองอ่อนตัวจนทำให้ลูกบอลจมลงไปในตัวอย่าง และเลื่อนลงมาเป็นระยะทาง 25 มม.

3. อุปกรณ์และการเตรียมอุปกรณ์

3.1 วงแหวนทองเหลืองดังแสดงในรูปที่ 1

3.2 แผ่นทองเหลืองเรียบขนาด 50 มม. ยาว 70 มม.

3.3 ลูกบอลทำจากเหล็ก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 มม. แต่ละลูกมีน้ำหนัก 3.50 $\pm$ 0.05 กรัม

3.4 Ball centering Guide เครื่องสำหรับควบคุมให้ลูกบอลเหล็กอยู่กึ่งกลางห่วงทองเหลือง

3.5 ที่ยึดแบบห่วง (Ring Holder) จากทองเหลืองใช้สำหรับรองรับห่วงทองเหลือง การติดตั้งต้องให้วงแหวนทองเหลืองอยู่สูงจากส่วนล่างของที่ยึดเป็นระยะ 25 มม. และส่วนล่างของที่ยึดต้องอยู่สูงจากก้นอ่าง 16 $\pm$ 3 มม. ที่ยึดนี้อาจดัดแปลงเป็นแบบอื่นที่มีการใช้งานคล้ายคลึงกัน ดังแสดงในรูปที่ 1

3.6 อ่างน้ำ ใช้ภาชนะแก้ว เส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 85 มม. และลึกไม่น้อยกว่า 120 มม.

3.7 เทอร์โมมิเตอร์ อ่านได้ระหว่าง -2 C ถึง 80 C หรือ อ่านได้ระหว่าง 30 C ถึง 200 C ขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวที่ใช้ในการทดสอบ

3.8 ของเหลวที่ใช้เติมในอ่างแก้ว

3.8.1 น้ำกลั่น หรือ

3.8.2 USP Glycerin หรือ

3.8.3 Ethylene Glycol ที่มีจุดเดือดระหว่าง 195 C และ 197 C

3.9 Silicon หรือ Grease ใช้ทาแผ่นทองเหลืองเพื่อป้องกันไม่ให้บิทูเมนติดกับแผ่นรอง อาจใช้น้ำมันเครื่องแทนได้

4. การเตรียมตัวอย่าง

4.1 การเตรียมตัวอย่างและทดสอบต้องใช้เวลาไม่เกิน 6 ชั่วโมง สำหรับแอสฟัลท์ และ 4.5 ชั่วโมง สำหรับ Coal-tar การเตรียมเริ่มต้นโดยการให้ความร้อนแก่ตัวอย่าง ในขณะให้ความร้อนต้องคนให้ทั่วและสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างไหม้ จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นของเหลว

4.1.1 ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างที่เป็นแอสฟัลท์ไม่เกิน 2 ชั่วโมง และอุณหภูมิจะต้องไม่สูงกว่า จุดอ่อนตัวเกิน 110 C

4.1.2 การให้ความร้อนแก่ตัวอย่างที่เป็น Coal - Tar ไม่เกิน 30 นาที และอุณหภูมิจะต้องไม่สูงกว่าจุดอ่อนตัวเกิน 55 C

4.1.3 ถ้าต้องการทำการทดสอบใหม่ ห้ามนำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาให้ความร้อนใหม่ ต้องทำการเตรียมตัวอย่างขึ้นมาใหม่

4.2 ทาน้ำมันบนแผ่นทองเหลือง ให้ความร้อนแก่วงแหวนทองเหลือง (ไม่รวมแผ่นทองเหลือง) ให้มีความร้อนประมาณ Pouring Temperature จากนั้นจึงนำวงแหวนไปวางบน แผนทองเหลืองที่ทาน้ำมันแล้ว

4.3 เทตัวอย่างขณะร้อนลงในวงแหวน แล้วทิ้งให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที สำหรับตัวอย่างที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องให้นำไปไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่จุดอ่อนตัว 10 C เป็นเวลา 30 นาที

4.4 เมื่อเย็นตัวลงให้ตัดผิวหน้าให้เรียบด้วยมีดปาด (Spatula)

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 เลือกใช้ของเหลวที่ใช้เติมลงในอ่างแก้วและเทอร์โมมิเตอร์ให้เหมาะสมกับจุดอ่อนตัวที่จะทำการทดสอบ

5.1.1 น้ำกลั่นสำหรับจุดอ่อนตัวระหว่าง 30 C และ 80 C

5.1.2 USP Glycerin สำหรับจุดอ่อนตัวสูงกว่า 80 C ถึง 157 C

5.1.3 Ethylene glycol สำหรับจุดอ่อนตัวระหว่าง 30 C และ 110 C

5.1.4 สำหรับการทดสอบเพื่อหาจุดอ้างอิงและมาตรฐาน จะใช้น้ำกลั่นสำหรับจุดอ่อนตัวที่ต่ำกว่า 80 C และใช้ Glycerin สำหรับจุดอ่อนตัวที่สูงกว่า 80 C

5.2 นำวงแหวนทองเหลือง Ball centering guide และเทอร์โมมิเตอร์ ประกอบในชุดอุปกรณ์ จากนั้นเติมของเหลวที่เลือกไว้ลงในอ่างแก้วให้มีความลึก 105 $\pm$ 3 มม. ถ้าใช้ Ethylene glycol ต้องเปิดเครื่องดูดควันด้วย เนื่องจากไอของ Ethylene glycol เป็นอันตราย จากนั้นใช้คีมคีบลูกบอลเหล็กไปไว้ที่ก้นอ่างเพื่อทำให้ลูกบอลมีอุณหภูมิเท่ากับของเหลวที่เติมลงไป ถ้าชุดอุปกรณ์ไม่มี Bottom plate ให้ตั้งความสูงของแบบจากก้นบีกเกอร์ 25 มม.

5.3 วางอ่างแก้วลงในน้ำเย็น หรือให้ความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิเริ่มต้นตามชนิดของของเหลวที่เติมลงไป

5.4 ใช้คีมคีบลูกบอลจากก้นอ่างไปใส่ไว้ใน Ball centering guide จนครบทั้งสองลูก ถ้าชุดทดสอบไม่มี Ball centering guide ให้พยายามวางลูกบอลให้กลางแบบที่สุด

5.5 เริ่มให้ความร้อนแก่ภาชนะแก้ว โดยปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้นในอัตรา 5 C ต่อนาที ต้องรักษาอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ ซึ่งอัตราการเพิ่มนี้หลังจากผ่านนาทีที่ 3 ของการทดสอบไปยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 0.5 C ถ้าอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิไม่เป็นไปตามที่กำหนดการทดสอบครั้งนั้น ถือว่าใช้ไม่ได้ต้องทำการทดสอบใหม่

5.6 รอจนกระทั่งน้ำหนักของลูกบอลถ่วงตัวอย่างในวงแหวนทองเหลืองยืดตัวลงมาจนกระทบ bottom plate (หรือ ก้นบีกเกอร์) บันทึกอุณหภูมิขณะนั้นไว้จะเป็น softening point ของตัวอย่างนั้น

6. การคำนวณ

6.1 จุดอ่อนตัวที่วัดได้จากการใช้น้ำเป็นตัวเติมลงในอ่างแก้ว จะต่ำกว่าที่ได้จากการใช้ Glycerin เป็นตัวเติม แต่ความแตกต่างนี้จะเกิดเมื่อจุดอ่อนตัวมีค่าสูงกว่า 80 C

6.2 การเปลี่ยนจากน้ำเป็น Glycerin สำหรับจุดอ่อนตัวที่สูงกว่า 80 C ทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องขึ้น จากการทดสอบพบว่าจุดอ่อนตัวต่ำสุดของแอสฟัลท์ที่พบโดยใช้ Glycerin คือ 84.5 C และจุดอ่อนตัวต่ำสุดของ Coal-tar คือ 82.0 C จุดอ่อนตัวใน Glycerin ต่ำกว่าค่าที่ได้จากการแปลงค่าจุดอ่อนตัวที่ใช้น้ำที่อุณหภูมิ 80 C

6.2.1 ค่าปรับแก้สำหรับแอสฟัลท์คือ -4.2 C และสำหรับ Coal-tar คือ -1.7 C แต่ถ้าเป็นการทดสอบเพื่อหาจุดอ้างอิงและมาตรฐาน ให้ทำการทดสอบใหม่ในน้ำ

6.2.2 ในการทดสอบหลายๆ ครั้ง ถ้าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ใช้ Glycerin คือ 80 C หรือต่ำกว่าสำหรับ แอสฟัลท์ และ 77.5 C หรือต่ำกว่าสำหรับ Coal -Tar ให้ทำการทดสอบใหม่โดยใช้น้ำแทน

6.3 การปรับแก้ค่าจุดอ่อนตัวที่สูงกว่า 80 C โดยใช้น้ำ ค่าปรับแก้สำหรับแอสฟัลท์คือ +4.2 C และสำหรับ Coal-tar คือ +1.7 C สำหรับการทดสอบเพื่อหาจุดอ้างอิงและมาตรฐานให้ทดลองใหม่โดยใช้ Glycerin ในการ

ทดสอบหลายๆ ครั้ง ถ้าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ใช้น้ำคือ 85 C หรือมากกว่า ให้ทำการทดสอบใหม่โดยใช้ Glycerin แทน

6.4 ผลที่ได้จากการใช้ Ethylene glycol จะแตกต่างจากการใช้น้ำและ Glycerin ผลต่างสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

แอสฟัลท์

sp(glycerin) = 1.026583 x sp(ethylene glycol) - 1.334968 C

sp(water) = 0.974118 x sp(ethylene glycol) - 1.44459 C

Coal-tar

sp(glycerin) = 1.044795 x sp(ethylene glycol) - 5.063574 C

sp(water) = 1.061111 x sp(ethylene glycol) - 8.413488 C

7. การรายงานผล

ให้รายงานผลของจุดอ่อนตัวละเอียดถึง 0.2 C (หากเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ไม่สามารถอ่านได้ ให้รายงานผลละเอียดถึง 0.5 C) และต้องระบุสารที่ใช้ในอ่างด้วย

8. การพิจารณาความถูกต้อง

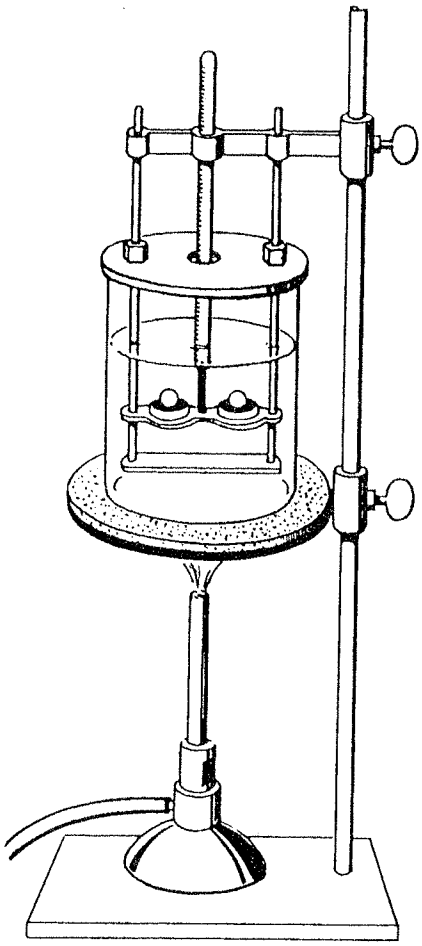
เกณฑ์สำหรับการตัดสิน การยอมรับได้ของผลการทดสอบดูได้ตามตารางข้างล่าง:

8.1 เมื่อใช้น้ำกลั่น และ USP glycerin ในอ่าง

	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ยอมรับได้, C
ผลจากผู้ทดสอบคนเดียวกัน	0.41
ผลจากห้องปฏิบัติการหลายแห่ง	1.20

8.2 เมื่อใช้ Ethylene glycol ในอ่าง

	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ยอมรับได้, C
ผลจากผู้ทดสอบคนเดียวกัน	0.72
ผลจากห้องปฏิบัติการหลายแห่ง	2.00



รูปที่ 1 Shouldered Ring , Ball-Centering Guide , Ring Holder , and Assembly of Apparatus

Department of Civil Engineering

Chulalongkorn University

Highway Materials Testing Laboratory

Softening Point of Bitumen

Source of materials: _____

Material type: _____

Liquid Type : ☐ Distilled water ☐ USP Glycerin ☐ Ethylene Glycol

Tested by _____ Date: _____

Specimen No.	Test No.	Softening Point C	Average softening point C

Standard Deviation of the results : _____

☐ Accept the result ☐ Reject the result

วิเคราะห์ผลการทดลอง:

สรุปผลการทดลอง: