สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาคุณสมบัติส่วนผสมของแอสฟัลท์ซีเมนต์เปรียบเทียบกับโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์โดยวิธีมาร์แชลล์

THE PROPERTIES COMPARISON OF ASPHALT CONCRETE CEMENT AND POLYMER MODIFIED ASPHALT BY MARSHALL METHOD

โดย

นายนิคม ขันทะพงษ์

นายพัฒนบุษย์ คณะเทศ

นายสราวุธ บุญญวงศ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72960
วัน,เดือน,ปี 26 ส.ย. 2550

.b 11733513
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE PROPERTIES COMPARISON OF ASPHALT CONCRETE CEMENT AND POLYMER MODIFIED ASPHALT BY MARSHALL METHOD

BY

MR. NIKOM KUNTAPONG

MR. PUTTANABUT KANATASD

MR. SARAWUT BOONYAWONG

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาคุณสมบัติส่วนผสมของแอสฟัลท์ซีเมนต์เปรียบเทียบกับโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์โดยวิธีมาร์แชลล์ THE PROPERTIES COMPARISON OF ASPHALT CONCRETE CEMENT AND POLYMER MODIFIED ASPHALT BY MARSHALL METHOD			
นักศึกษา	นายนิคม	ขันทะพงษ์	รหัสประจำตัว	47015440
	นายพัฒนบุษย์	คณะเทศ	รหัสประจำตัว	47015445
	นายสราวุธ	บุญญวงศ์	รหัสประจำตัว	47015465
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต		สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา			
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.อำนวย	พานิชกุลพงศ์		

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ		ลายมือชื่อ
รศ.อำนวย	พานิชกุลพงศ์	
อ.ศิลป์ชัย	จานสุวรรณ	
อ.ทรงกลด	แซ่อึ้ง	
ดร.คมสัน	มาลีสี	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

.....

(รศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ ..... เดือน..... พ.ศ. .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาคุณสมบัติส่วนผสมของแอสฟัลท์ซีเมนต์เปรียบเทียบกับโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์โดยวิธีมาแชลล์ THE PROPERTIES COMPARISON OF ASPHALT CONCRETE CEMENT AND POLIMER MODIFIED ASPHALT BY MARSHALL METHOD	
นักศึกษา	นายนิคม	ขันทะพงษ์
	นายพัฒนบุษย์	คณะเทศ
	นายสราวุธ	บุญญวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.อำนวย	พานิชกุลพงศ์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา	
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ปีการศึกษา	2549	

บทคัดย่อ

ปัจจุบันถนนแอสฟัลท์ในประเทศไทย มีการชำรุดเสียหายอย่างรวดเร็ว โครงงานพิเศษนี้ ได้มีการศึกษาคุณสมบัติของแอสฟัลท์คอนกรีตโดยใช้โพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์สำหรับงานผิวทางชนิดบาง โพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์มวลรวมหินปูนกับโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์ เทียบกับแอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60-70 เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ และซ่อมแซมผิวถนนแอสฟัลท์ เพื่อจะช่วยลดความชำรุดเสียหายของผิวทางได้

จากการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้พบว่าเมื่อใช้โพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์โพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์จะทำให้ยางมีคุณสมบัติ ความอ่อนตัว , ความแข็ง , ความเหนียว และความหนืด ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60-70 เป็นวัสดุเชื่อมประสานทำให้สามารถนำส่วนผสมไปออกแบบหรือปรับปรุงผิวทางชนิดบางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	THE PROPERTIES COMPARISON OF ASPHALT CONCRETE CEMENT AND POLIMER MODIFIED ASPHALT BY MARSHALL METHOD
Name	:	MR. NIKOM KUNTAPONG
		MR. PUTTANABUT KANATASD
		MR. SARAWUT BOONYAWONG
Field	:	CIVIL ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	ASST. AMNOUY PANITKULPONG

ABSTRACT

Nowadays, the flexible roads in Thailand were rapidly damage. The project aim to study the qualification of asphalt concrete by using polymer modified asphalt in the light surface works as the intergraded material of the aggregate lime stone and polymer modified asphalt comparing with asphalt 60/70 .

The results of the study will be a guideline for design and renovate the road surface, in addition, it will reduce the damage of the surface. The finding of the study revealed that using the polymer modified asphalt as the intergraded polymer modified asphalt will develop the qualification of the polymer modified asphalt to be more softly, strongly and sticky. When compare the result of using polymer modified asphalt with the result of asphalt grade 60/70 it showed that the mixture of polymer modified asphalt will help the constructor to design and remake the light road surface.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานพิเศษนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ ที่ได้ให้ความรู้และคำปรึกษาอันดี ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนทำการตรวจสอบและแก้ไขโครงงานพิเศษจนแล้วเสร็จด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณรัฐการ ดีรีวรรณ บ.กำแพงเพชรวิวัฒน์ก่อสร้าง จก. KP Joint Venture อย่างสูงที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนยางแอสฟัลท์และ วัสดุมวลรวมที่ใช้สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณหน่วยงานต้นสังกัดของข้าพเจ้า ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆสำหรับการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณสุดใจ แก้วหนู เจ้าหน้าที่ห้องเครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้การสนับสนุนวัสดุโพลิเมอร์ที่ใช้สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

ขอบคุณเพื่อนๆภาควิชาวิศวกรรมโยธา ทุกๆคนและเพื่อนๆสถาปัตย์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ช่วยแนะนำในการนำเสนอโครงงานพิเศษชิ้นนี้จนสามารถทำงานได้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและผู้มีพระคุณที่มิสามารถกล่าวนามได้หมดที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจแก่ผู้เขียนมาโดยตลอดจนทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ผู้จัดทำโครงงานพิเศษ

นายนิคม ขันทะพงษ์
นายพัฒนบุษย์ คณะเทศ
นายสราวุธ บุญญวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญรูป	ญ
	สารบัญตาราง	ฎ
1.	**บทนำ**	
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	2
	1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
	1.4. ขอบเขตของการศึกษา	3
	1.5. วิธีการศึกษา	4
	1.6. ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
2.	**วรรณกรรมปริทัศน์**	
	2.1. นิยามและความหมาย	6
	2.2. การทบทวน เอกสารที่เกี่ยวข้อง	7
	2.3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
	2.3.1. สัดส่วนในการผสมแอสฟัลท์กับมวลรวม	7
	2.3.2. การทำให้แอสฟัลท์เหลว	7
	2.3.3. แอสฟัลท์คอนกรีตแบบผสมร้อน	8
	2.3.4. คุณสมบัติที่ต้องการในการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีต	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5. คุณลักษณะของส่วนผสมและข้อกำหนดแอสฟัลท์คอนกรีต 10
2.3.6. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสารโพลิเมอร์ 12
2.3.7. วิธีการออกแบบแอสฟัลท์ 13
2.3.7.1. วิธี มาร์แชลล์ 13
2.3.7.2. การออกแบบส่วนผสม 13
2.3.7.3. การเตรียมก้อนตัวอย่างและการทดสอบ 16

3. แผนงานและขั้นตอนการดำเนินงาน
3.1. แผนงานการดำเนินการ 19
3.1.1. การศึกษาข้อมูลจำเป็นในการทำโครงการ 19
3.1.2. จัดเตรียมวัสดุในการทดลอง 19
3.1.3. ทำการทดสอบคุณภาพของแอสฟัลท์ เกรด 60/70 19
3.1.4. ทำการทดสอบคุณภาพของโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์ 20
3.1.5. ทำการวิเคราะห์ผล (ในช่วงแรก) 20
3.1.6. ทำการทดสอบมวลรวมที่จะใช้ผสม 20
3.1.7. ทำการทดสอบตัวอย่างที่มีการออกแบบส่วนผสมโดยเปรียบเทียบระหว่าง แอสฟัลท์ซีเมนต์ กับโพลิเมอร์แอสฟัลท์ซีเมนต์ ด้วยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall Method) 20
3.1.8. ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล 20
3.1.9. ทำการจัดทำรูปเล่มรายงาน 21
3.2. ขั้นตอนการดำเนินงาน
3.2.1. การทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นของแอสฟัลท์ซีเมนต์ 23
3.2.2. การทดลองหาค่าเพนิเตรชัน 27
3.2.3. การทดลองหาค่าการยืดตัว 33
3.2.4. การทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว 36
3.2.5. การทดลองหาจุดวาบไฟ และจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน 41
3.2.6. การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม 43
3.2.7. การทดลองแอสฟัลท์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

4.1. ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ 72

4.2. วิเคราะห์ผลการทดสอบน้ำยางโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์สำหรับงานเสริมผิวทางชนิดบางที่ EVA. 4% 73

4.3. เปรียบเทียบผลการทดสอบก้อนตัวอย่างโดยวิธีมาร์แชลล์ 84

4.4. วิจารณ์ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแบบมาร์แชลล์ 85

5. การเปรียบเทียบและการประมาณราคา 86

6. สรุปผลการทดสอบ 97

7. ข้อเสนอแนะ 99

บรรณานุกรม 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1.	โพลิเมอร์ชนิด Ethylene Vinyl Acetate (EVA) ที่ใช้ในการทดสอบ	13
3.1.	แสดงขนาดของขวด Pycnometer	24
3.2.	การเทตัวอย่างลงใน Pycnometer	25
3.3.	แสดงขนาดของเข็มหาค่าการทะลวง	28
3.4.	เครื่องทดลองเพนิเตรชัน (Penetration Apparatus)	29
3.5.	แสดงรายละเอียดของแบบมาตรฐานที่ใช้ในการหาค่าการยืดตัว (Ductility)	33
3.6.	การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบของการทดสอบหาค่าการยืดตัว (Ductility)	35
3.7.	อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาจุดอ่อนตัว (Softening Point)	37
3.8.	การทดลองหาจุดอ่อนตัว (Softening Point)	39
3.9.	การทดลองจุดวาบไฟโดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Cleveland Open-Cup)	43
3.10.	ตัวอย่างมวลรวมชนิดหินปูน	45
3.11.	หม้อผสมวัสดุ Aggregate กับแอสฟัลท์	46
3.12.	แบบสำหรับบดทับ (Compaction mold)	35
3.13.	ค้อน (Compaction hammer) ที่ใช้ในการบดทับ	48
3.14.	เครื่องดันตัวอย่าง (Sample extruder)	48
3.15.	แบบทดลอง Stability (Stability mold)	49
3.16.	เครื่องทดลอง Marshall (Marshall Testing Machine)	49
3.17.	ลักษณะก้อนตัวอย่างที่พร้อมกดทดสอบ	52
4.1.	กราฟแสดงขนาดคละของมวลรวม	67
4.2.	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของผลการทดลองแอสฟัลท์คอนกรีต AC 60/70 โดยวิธีมาร์แชลล์	77
4.3.	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของผลการทดลองแอสฟัลท์คอนกรีต PMA. โดยวิธีมาร์แชลล์	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1.	ขนาดคละของมวลรวมและปริมาณแอสฟัลท์ที่ใช้	14
2.2.	ข้อกำหนดในการออกแบบแอสฟัลท์คอนกรีตของกรมทางหลวง	15
2.3.	ค่าต่ำสุดของเปอร์เซ็นต์โพรงระหว่างมวลรวม	17
2.4.	เกณฑ์กำหนดการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์	18
3.1.	ความแตกต่างของการทดลอง	31
4.1.	ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น (Asphalt Cement Grade 60-70)	55
4.2.	ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น (Polymer Modified Asphalt)	56
4.3.	ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Asphalt Cement Grade 60-70)	57
4.4.	ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt)	58
4.5.	ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Asphalt Cement Grade 60-70)	59
4.6.	ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Polymer Modified Asphalt)	60
4.7.	ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Asphalt Cement Grade 60-70)	61
4.8.	ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Polymer Modified Asphalt)	62
4.9.	ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Asphalt Cement Grade 60-70)	63
4.10.	ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Polymer Modified Asphalt)	64
4.11.	ผลการทดลองหาขนาดของเม็ดวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง (Bin 1 – หินฝุ่น)	65
4.12.	ผลการทดลองหาขนาดของเม็ดวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง (Bin 2 - หิน 3/8 นิ้ว)	66
4.13.	ผลความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)ของวัสดุเม็ดหยาบ (ขนาดโตกว่าตะแกรงเบอร์ 4)	68
4.14.	ผลความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของวัสดุเม็ดละเอียด (ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 200)	69
4.15.	ผลการทดสอบค่าดัชนีความแบนของมวลรวมหยาบ	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.16.	ผลการทดสอบความสึกหรอของมวลรวมหยาบแบบ Los Angeles Abrasion	70
4.17.	ผลการทดสอบหาคุณสมบัติของ AC 60 -70 และ PMA (4%)	71
4.18.	ผลการทดสอบการดูดซึมของมวลรวม (ABSORPTION)	74
4.19.	(ก)ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตโดยใช้ AC 60/70	75
	(ข)ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตโดยใช้ AC 60/70	76
4.20.	(ก)ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตโดยใช้ PMA	78
	(ข)ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตโดยใช้ PMA	79
4.21.	ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตและดัชนีความแข็ง (AC 60/70)	81
4.22.	ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตและดัชนีความแข็ง (PMA)	82
4.23.	ผลการทดสอบเปรียบเทียบก้อนตัวอย่างโดยวิธีมาร์แชลล์	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ทางหลวงมีบทบาทที่สำคัญยิ่งต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ การมีระบบทางหลวงที่ดีและเพียงพอจะกระตุ้นให้เศรษฐกิจก้าวหน้าในอัตราที่สูงขึ้น นอกจากนี้ทางหลวงยังมีบทบาทสำคัญในด้านการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของชาติ "ทางหลวง" และ "งานทาง" ตามพระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ. 2535 ลงวันที่ 2 เมษายน พ.ศ.2535 มีความหมายดังนี้

ทางหลวง หมายความว่า ทาง หรือ ถนนซึ่งจัดไว้เพื่อประโยชน์ในการจราจรสาธารณะทางบกไม่ว่าในระดับพื้นดิน ใต้หรือเหนือพื้นดิน หรือใต้หรือเหนืออสังหาริมทรัพย์อย่างอื่นนอกจาก ทางรถไฟและให้ความหมายถึงที่ดิน พืชพันธ์ไม้ทุกชนิด สะพาน ท่อหรือรางระบายน้ำ อุโมงค์ ร่องน้ำ กำแพงกันดิน เขื่อน รั้ว หลักสำรวจ หลักเขต หลักระยะ ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจร เครื่องหมายสัญญาณ ที่จอด ที่พักคนโดยสาร เรือสำหรับขนส่งข้ามฟาก ท่าเรือสำหรับขึ้นหรือลงรถ และอาคารหรือสิ่งอื่นอันเป็นอุปกรณ์งานทาง เพื่อประโยชน์แก่งานทางนั้นด้วย

ประเทศไทยได้มีการสร้างทางหลวงตามลักษณะทางเกวียน หรือล้อเลื่อน มาตั้งแต่สมัยกรุงสุโขทัยเป็นราชธานี พระยาลิไททรงสร้างถนนนอกเมืองขึ้นครั้งแรกชื่อ ถนนพระร่วง ลักษณะเป็นคันทางกว้าง 3 เมตร จาก จังหวัดกำแพงเพชร ถึง อำเภอสวรรคโลก ต่อมาในสมัยกรุงศรีอยุธยาเป็นราชธานีมีการใช้แม่น้ำลำคลองเป็นเส้นทางคมนาคม จึงไม่ปรากฏการสร้างทางหลวงในสมัยกรุงศรีอยุธยาและสมัยรัตนโกสินทร์ตอนต้น

งานสร้างทางตามแบบชาวตะวันตกของประเทศไทย เริ่มขึ้นใน พ.ศ. 2414 เป็นการสร้างทางตามแบบมาตรฐานการใช้รถม้า โดยมอบให้เจ้าเมืองและสมุหเทศาภิบาลเป็นผู้ควบคุม ทางหลวงสายแรกของประเทศไทย คือ ทางหลวงสาย สงขลา – ไทรบุรี ยาวประมาณ 90 กิโลเมตร สร้างขึ้นในสมัยสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว เพื่อรับเสด็จกลับจากประเทศอินเดียโดยประทับราชพาหนะจากไทรบุรีถึงสงขลา ทางหลวงสายนี้เรียกว่า "ถนนราชดำเนิน หรือ ถนนรับเสด็จ"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา (Problem Identification)

การก่อสร้างถนนในประเทศไทยที่มีลักษณะผิวทางประเภทยืดหยุ่นนั้น ถ้วนแล้วจะก่อสร้างผิวทางเป็นแอสฟัลท์คอนกรีตแบบวัสดุผสมร้อน โดยใช้วัสดุเชื่อมประสานชนิดแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดไว้ และสืบเนื่องจากการพัฒนาอย่างรวดเร็วของการคมนาคมขนส่ง ทำให้ถนนประเภทแอสฟัลท์คอนกรีตในปัจจุบันเผชิญกับสภาพการใช้งานที่หนักมากขึ้น ทั้งในด้านของสภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิจากอากาศและการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของปริมาณการจราจร รวมไปถึงน้ำหนักบรรทุกที่สูงมากขึ้นเกินกว่าข้อกำหนด ส่งผลให้เกิดปัญหาความเสียหายอย่างรวดเร็ว ในการแก้ไขและป้องกันความเสียหายดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การกำหนดน้ำหนักบรรทุกของรถยนต์ เพื่อเป็นการลดแรงที่จะเกิดขึ้นกับถนน การรื้อผิวทางเก่าและออกแบบก่อสร้างใหม่ให้รับน้ำหนักและปริมาณการจราจรที่เหมาะสมกับการออกแบบเสริมผิวทางเพื่อ เพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างให้หนาพอที่จะรับน้ำหนักบรรทุกของการจราจร ได้เพื่อเป็นการลดปัญหาความเสียหายของผิวทางที่เกิดขึ้น จำเป็นต้องมีการปรับปรุง ความแข็งแรงของวัสดุที่ใช้ก่อสร้างถนน ทั้งที่อาจจะไม่ใช่ต้นเหตุของปัญหาข้างต้นโดยตรง

การเสริมผิวทางเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างถนนหรือปรับผิวทางให้ผิวทางเรียบขึ้นเป็นแนวการแก้ไขปัญหาข้างต้นที่น่าสนใจและยอมรับได้ในระดับหนึ่ง เพราะการทำงานง่ายและค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการที่จะทำการก่อสร้างใหม่ ในปัจจุบันการเสริมผิวทางเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างถนนโดยแอสฟัลท์คอนกรีตแบบผสมร้อน สามารถใช้ได้กับถนนที่มีความยืดหยุ่นอย่างถนนแอสฟัลท์คอนกรีตและถนนคอนกรีตได้เป็นอย่างดี การออกแบบความหนาในการปูเสริมใช้เท่ากับความหนาของผิวทางจริงหรือไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตรหรืออาจจะมากกว่าแล้วแต่สภาพถนนนั้นๆ ถ้าผิวทางที่เสริมมีความแข็งแรงไม่พออีก เมื่อเวลาผ่านไปผิวทางที่รองรับการจรราจรที่เพิ่มมากขึ้นก็ชำรุดเสียหายก่อนเวลาอันควรเหมือนเดิม อาจต้องมีการเสริมผิวทางทับลงไปใหม่อีก ซึ่งถนนหลายๆเส้นมีการปูเสริมผิวทางทับลงไปหลายครั้งไม่จบสิ้น

เพื่อเป็นการลดปัญหาความเสียหายของผิวทางที่เกิดขึ้น จำเป็นต้องมีการปรับปรุงความแข็งแรงของวัสดุสร้างทาง ทั้งที่อาจไม่ใช่ต้นเหตุของปัญหาข้างต้นโดยตรง แต่การออกแบบและสร้างถนนที่มีความแข็งแรงสูงเพื่อให้สามารถต้านทานความเสียหายที่เกิดขึ้น จึงเป็นทางออกหนึ่งที่สามารถกระทำได้ ในส่วนความแข็งแรงของแอสฟัลท์คอนกรีตนั้น คุณสมบัติของยางแอสฟัลท์ก็มีความสำคัญอย่างมาก ปัจจุบันการปรับปรุงเสริมคุณภาพของยางแอสฟัลท์โดยวิธีการโมดิฟายด์ด้วยสารที่มีคุณสมบัติเสริมข้อบกพร่องของยางแอสฟัลท์อย่างเช่น สารโพลิเมอร์ จึงได้รับความสนใจ โดยมุ่งหวังที่จะทำให้การสามารถยืดอายุการใช้งาน และช่วยลดอัตราความเสียหายของถนนแอสฟัลท์คอนกรีตได้บ้างในระดับหนึ่ง

เท่าที่ผ่านมาในต่างประเทศได้มีการทำวิจัยและทดลองใช้ยางแอสฟัลท์ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยสารโพลิเมอร์หรือที่เรียกกันว่า โพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์ เป็นวัสดุเชื่อมประสานในการทำผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีตชนิดบาง สำหรับใช้ในการทำผิวทางหรือเสริมผิวทางเพื่อปรับระดับและเพิ่มความฝืดให้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิวทางเดิมที่เป็นถนนแอสฟัลท์คอนกรีตหรือถนนคอนกรีต ผลที่ได้สามารถลดปัญหาความเสียหายและยืดอายุการใช้งานของถนนได้จริง และที่สำคัญช่วยลดความหนาของการปูเสริมผิวทางลงได้เท่าตัว จึงเป็นการช่วยลดปริมาณวัสดุในการก่อสร้าง จึงได้มีแนวคิดที่จะทำการวิจัยโดยการนำโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์ดังกล่าวมาทดลอง และศึกษาคุณสมบัติของแอสฟัลท์ที่ไปเปรียบเทียบกับแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงงานเสริมผิวทาง โดยเฉพาะงานเสริมผิวทางชนิดบางต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติของโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์เปรียบเทียบกับแอสฟัลท์ซีเมนต์ เกรด 60/70 ที่ใช้ก่อสร้างผิวทางแอสฟัลท์ในประเทศไทย
2. ศึกษาคุณสมบัติของแอสฟัลท์ซีเมนต์ ที่ใช้วัสดุเชื่อมประสานชนิดโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60/70 ในงานเสริมผิวทางชนิดบาง ที่มีวัสดุมวลรวมผสมโดยใช้หินปูน (Lime stone) เป็นมวลรวมหยาบ
3. เพื่อเป็นแนวทางในการทดลอง และใช้เป็นข้อมูลในการทำงานจริงต่อไป

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. หาคุณสมบัติของแอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60/70 และโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์
2. หาคุณสมบัติทางด้านคุณภาพของผิวทางชนิดบาง โดยใช้การทดสอบด้วยวิธีของ มาร์แชลล์ (Marshall Method)
   - ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะรวม (Specific Gravity)
   - เสถียรภาพและการไหล (Stability and Flow)
   - ความหนาแน่นและโพรง (Unit Weight and Void)
   - ดัชนีความแข็งทั้งนี้ยึดถือวัสดุมวลรวมชนิด (Open Grade)
3. รวบรวมข้อมูลเปรียบเทียบกันระหว่างโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์กับแอสฟัลท์คอนกรีตในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 วิธีการศึกษา

1.5.1 ทำการทดสอบคุณภาพของแอสฟัลท์ เกรด 60/70 โดยวิธีทดสอบดังนี้

1.5.1.1 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity Test)

1.5.1.2 การทดสอบหาค่าการยืดตัว (Ductility Test)

1.5.1.3 การทดสอบหาค่าจุดอ่อนตัว (Softening Point Test)

1.5.1.4 การทดสอบหาค่าการทะลวง (Penetration Test)

1.5.1.5 การทดสอบหาค่าจุดวาบไฟ (Flash Point Test)

1.5.2. ทำการทดสอบคุณภาพของโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์โดยการทดสอบดังนี้

1.5.2.1 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity Test)

1.5.2.2 การทดสอบหาค่าการยืดตัว (Ductility Test)

1.5.2.3 การทดสอบหาค่าจุดอ่อนตัว (Softening Point Test)

1.5.2.4 การทดสอบหาค่าการทะลวง (Penetration Test)

1.5.2.5 การทดสอบหาค่าจุดวาบไฟ (Flash Point Test)

1.5.3. ทำการทดสอบมวลรวมที่จะใช้ผสม ซึ่งมีการทดสอบดังนี้

1.5.3.1 ขนาดคละของมวลรวม (Gradation Test)

1.5.3.2 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity Test)

1.5.3.3 การทดสอบหาค่าดัชนีความแบน (Elongation Index Test)

1.5.3.4 การทดสอบหาค่าความสึกหรอ (Abrasion Test)

1.5.4. ทำการทดสอบตัวอย่างที่มีการออกแบบส่วนผสมโดยเปรียบเทียบระหว่างแอสฟัลท์ซีเมนต์กับโพลิเมอร์แอสฟัลท์ซีเมนต์ ด้วยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall Method) โดยมีการทดสอบดังนี้

1.5.4.1 ค่าความถ่วงจำเพาะรวม (Specific Gravity)

1.5.4.2 ค่าเสถียรภาพ (Stability)

1.5.4.3 ค่าการไหล (Flow)

1.5.4.3 เปอร์เซ็นต์โพรงระหว่างมวลรวม (Percent voids in mineral aggregate)

1.5.4.4 เปอร์เซ็นต์โพรงที่ถูกแทนด้วยแอสฟัลท์ (Percent voids filled with asphalt)

1.5.5. ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบคุณภาพของยางแอสฟัลท์ เกรด 60/70 ที่ใช้ในการทำผิวทางแอสฟัลท์ซีเมนต์ในประเทศไทย
2. เพื่อทราบอัตราส่วนผสมระหว่างโพลิเมอร์ชนิดEthylene Vinyl Acetate (EVA) กับยางแอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60/70
3. เพื่อทราบถึงค่าการรับกำลังของผิวทางแอสฟัลท์ซีเมนต์ เกรด60/70 เปรียบเทียบกับโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์โดยวิธีมาร์แชลล์
4. เพื่อปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลท์ซีเมนต์ให้มีการรับปริมาณการจราจรที่เหมาะสมและเพิ่มอายุการใช้งานให้นานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 นิยามและความหมาย

"แอสฟัลท์"

แอสฟัลท์เป็นส่วนประกอบของปิโตรเลียม ส่วนมากปิโตรเลียมที่ยังไม่ได้กลั่น (Crude Petroleum) จะมีแอสฟัลท์บรรจุอยู่ และบางครั้งน้ำมันดิบ (Crude oil) อาจจะเป็นแอสฟัลท์เกือบทั้งหมด และน้ำมันดิบบางชนิดไม่มีแอสฟัลท์อยู่ ขบวนการกลั่นน้ำมันจะกลั่น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมัน ได้แก่ น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา น้ำมันหล่อลื่น ส่วนที่เหลือเป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมัน คือ แอสฟัลท์

แอสฟัลท์เป็นวัสดุประสาน (Binder) สีน้ำตาลเข้มถึงดำ มีสภาพกึ่งแข็งถึงแข็งที่อุณหภูมิบรรยากาศปกติสามารถยึดเกาะมวลรวมได้ดีจึงนำมาใช้ในงานก่อสร้างผิวทางหลายชนิด แอสฟัลท์มีสารประกอบส่วนใหญ่ คือ บิทูเมน (Bitumen) ชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า วัสดุบิทูมินัส (Bituminous Material) บิทูเมนมีคุณสมบัติที่สามารถละลายได้หมดใน คาร์บอนไดซัลไฟด์ (CS_2) คาร์บอนเตตราคลอไรด์ (CCl_4) และ ไตรคลอโรเอทธิลีน (C_2HCl_3)

"แอสฟัลท์ซีเมนต์"

แอสฟัลท์ซีเมนต์เป็นแอสฟัลท์ที่มีสภาพแข็งหรือกึ่งแข็งในอุณหภูมิบรรยากาศจะค่อยๆ เหลวเมื่อได้รับความร้อนมีส่วนประกอบใหญ่เป็นสารบิทูเมน (Bitumen or Aspartames) เรซิน (Resins) และน้ำมัน (Oils) ซึ่งส่วนประกอบทั้งสามชนิดเป็นสาร ไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด แต่มีส่วนของคาร์บอนต่อไฮโดรเจนต่างกัน คือ มากกว่า 0.8 ระหว่าง 0.6 ถึง 0.8 และน้อยกว่า 0.4 ตามลำดับ

ในโครงสร้างของแอสฟัลท์บิทูเมนจะอยู่ในลักษณะของสารแขวนลอย (Colloid) อยู่ในน้ำมันซึ่งเป็นตัวกลาง (Media) โดยมีเรซินเป็นตัวช่วยไม่ให้บิทูเมนจับตัวกันเป็นก้อน คุณสมบัติของแอสฟัลท์ซีเมนต์ทางด้านการยึดเกาะ (Adhesion) และการยืดตัว (Ductility) จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเรซิน ส่วนความหนืด (Viscosity) และการไหล (Flow) จะขึ้นอยู่กับน้ำมัน

แอสฟัลท์ซีเมนต์แบ่งเกรดตามช่วงมาตรฐานของความข้นเหลว โดยใช้การทดสอบการทะลวง (Penetration Test) เป็นมาตรฐานของการวัด แบ่งออกเป็นเกรดมาตรฐาน 5 เกรดดังนี้ 40-50 60-70 80-100 120-150 และ 200-300 ตัวเลขของเกรดบ่งบอกถึงช่วงของอุณหภูมิห้อง

เกรดความหนืด (Viscosity Grades) ของแอสฟัลท์ซีเมนต์มีอยู่ 2 ชุด ชุดที่หนึ่งประกอบด้วย AC-2.5 AC-10 AC-20 และ AC-40 ค่าตัวเลขบอกถึงความหนืดเป็นร้อยของพอยส์ (Dynes/cm^2) ที่อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

60°C อีกชุดหนึ่งประกอบด้วยเกรด AR-1000 AR-2000 AR-8000 และ AR-16000 ตัวเลขบอกถึงค่าความหนืดในหน่วยพอยส์แต่เป็นความหนืดที่วัดหลังจากผ่านการทดสอบโรลลิงธินฟิล์มโอเวน

2.2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. สงกรานต์ สุทธปรีดา , สราวุฒิ โภคะกุล และ อังคาร เอื้อกาญจน์ (พ.ศ. 2540) การปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลท์ซีเมนต์โดยโพลิเมอร์

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 สัดส่วนในการผสมแอสฟัลท์กับมวลรวม

จุดประสงค์ในการออกแบบวัสดุผสมของแอสฟัลท์กับมวลรวม ก็เพื่อหาอัตราส่วนที่แน่นอนระหว่างแอสฟัลท์ต่อมวลรวมให้ได้วัสดุผสมที่มีเสถียรภาพเพียงพอ และความคงทนสูงสุด การใช้สัดส่วนอย่างถูกต้องของแอสฟัลท์กับมวลรวม และการควบคุมส่วนคละ (Gradation) ของมวลรวมเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากในการก่อสร้างเพื่อให้ได้โครงสร้างถนนที่ดี ถ้าใช้ปริมาณของแอสฟัลท์มากเกินไป จะมีผลให้โครงสร้างถนนขาดเสถียรภาพ ถ้าใช้แอสฟัลท์ปริมาณน้อยเกินไป โครงสร้างถนนจะมีแนวโน้มที่จะหลุดร่อนได้ง่าย ทั้งยังขาดคุณสมบัติในการกันน้ำ และขาดความคงทน

2.3.2 การทำให้แอสฟัลท์เหลว

การที่จะนำแอสฟัลท์ที่อยู่ในสภาพแข็งหรือกึ่งแข็งมาใช้งานจะต้องทำให้อยู่ในสภาพเหลวชั่วคราวเสียก่อน ทำได้ 3 วิธี คือ

1. หลอมด้วยความร้อน (Melting)ทำได้โดยการต้มแอสฟัลท์ซีเมนต์ในอุณหภูมิที่กำหนดเมื่อเสร็จงานแล้วอุณหภูมิจะลดลงแอสฟัลท์ที่เหลวอยู่จะกลับคืนสู่สภาพปกติ
2. ละลายในปิโตรเลียม การจะทำให้แอสฟัลท์เหลวโดยกรรมวิธีนี้เรียกว่า คัทติ้งแบก เรียกแอสฟัลท์ชนิดนี้ว่า คัทแบกแอสฟัลท์ (cutback asphalt) หรือเรียกทั่วไปว่า คัทแบก เมื่อนำแอสฟัลท์ชนิดนี้ไปลาดเสร็จเรียบร้อยแล้วตัวทำละลายจะระเหยออกไปเหลือแต่แอสฟัลท์ซีเมนต์
3. ผสมกับน้ำ ปกติแอสฟัลท์ซึ่งเป็นสารที่ได้จากปิโตรเลียม จะไม่ผสมหรือรวมตัวกันกับน้ำ แต่ถ้าทำการปั่นและเติมสารซึ่งทำให้แอสฟัลท์ซีเมนต์แตกตัวเป็นอนุภาคเล็ก (Emulsifying Agent) ซึ่งสามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ เรียกแอสฟัลท์ชนิดนี้ว่า อิมัลซิไฟล์แอสฟัลท์ (Emulsified Asphalt) หรือเรียกทั่วไปว่า อิมัลชัน หรือ ยางน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 แอสฟัลท์คอนกรีตแบบผสมร้อน

วัสดุลาดยางผสมร้อน ประกอบด้วยการรวมของมวลรวมอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งผสมและเคลือบด้วยยางแอสฟัลท์ซีเมนต์ ทั้งมวลรวมและแอสฟัลท์ต้องได้รับความร้อนก่อนการผสมเพื่อให้มวลรวมแห้งและแอสฟัลท์เหลวเพียงพอสำหรับการผสม และการทำงานได้อย่างเหมาะสมที่อุณหภูมิสูง 325° F + 15 °F จึงเรียกว่า การผสมร้อน

การผสมมวลรวมกับแอสฟัลท์กระทำในเครื่องผสม ซึ่งองค์ประกอบของวัสดุจะได้รับความร้อน การจัดสัดส่วนและการผสม เพื่อผลิตวัสดุผสมของผิวทางลาดยางที่ต้องการ หลังจากเสร็จสิ้นการผสมก็ขนส่งวัสดุผสมร้อนไปยังที่ก่อสร้าง และปูลาดด้วยเครื่องจักร จากนั้นก็บดอัดให้แน่นตามมาตรฐานที่กำหนด ผิวทางประเภทนี้เรียกว่า ผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีต

2.3.4 คุณสมบัติที่ต้องการในการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีต

1. เสถียรภาพ (Stability) เสถียรภาพของผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีต คือ ความสามารถในการรับน้ำหนักการจราจรโดยไม่เกิดร่องล้อ เป็นคลื่น หรือการเปลี่ยนรูปร่าง(Deformation) จากน้ำหนักบรรทุกที่มากระทำ เสถียรภาพของผิวทางขึ้นอยู่กับความเสียดทานภายใน (Internal Friction) และแรงยึดเกาะ (Cohesion) ระหว่างเม็ดของวัสดุมวลรวมกับแอสฟัลท์ ความเสียดทานภายในขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม ซึ่งได้แก่รูปร่างของเม็ดวัสดุ ลักษณะความเรียบ หยาบหรือขรุขระของผิว ส่วนแรงยึดเกาะเป็นผลมาจากคุณสมบัติของแอสฟัลท์ แอสฟัลท์ช่วยให้อนุภาคของมวลรวมสัมผัสกันอย่างแน่น ผลของความเสียดทานและแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวม จะช่วยป้องกันไม่ให้เม็ดวัสดุเกิดการเคลื่อนที่ผ่านซึ่งกันและกันเมื่อถูกน้ำหนักรถยนต์กระทำ

มวลรวมที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยม ผิวหยาบขรุขระ จะให้ค่าเสถียรภาพสูง ส่วนแรงยึดเกาะจะมีมากถ้าแอสฟัลท์มีความหนืดสูง หรือในขณะที่แอสฟัลท์มีอุณหภูมิต่ำ การเพิ่มปริมาณแอสฟัลท์ในส่วนผสมจะทำให้ค่าแรงยึดเกาะเพิ่มขึ้น แต่พอถึงจุดหนึ่งจะทำให้แอสฟัลท์ที่เคลือบวัสดุมวลรวมหนาเกินไป ซึ่งจะมีผลทำให้ความเสียดทานระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมลดลง ทำให้เสถียรภาพลดลงด้วย

2. ความคงทน (Durability) คือ ความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพของแอสฟัลท์อันเป็นสาเหตุของการแตกร้าวของผิวทางภายใต้น้ำหนักจากการจราจร ปัจจัยที่ทำให้แอสฟัลท์คอนกรีตเสื่อมสภาพอาจเป็นผลมาจากสภาพภูมิอากาศ สภาพการจราจร ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้แอสฟัลท์ที่ใช้เสื่อมสภาพ เนื่องจากขบวนการกลายเป็นออกไซด์ (Oxidation) การระเหยกลายเป็นไอ (Volatilization) วัสดุมวลรวมเสื่อมสภาพจนเกิดการแตกกระจาย (Disintegration) และฟิล์มแอสฟัลท์ที่เคลือบวัสดุมวลรวมหลุดออก (Stripping) การกระทำของน้ำก็มีผลต่อความคงทนของถนน ถ้าในช่องว่างของชั้นโครงสร้างแอสฟัลท์คอนกรีต มีปริมาณน้ำมากจะทำให้สามารถเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างชั้นของแอสฟัลท์ที่เคลือบเม็ดของวัสดุมวลรวมอยู่ จะมีผลทำให้เกิดการหลุดออกของแอสฟัลท์ เมื่อน้ำหนักอันเนื่องมาจากการจราจรมากระทำ นอกจากนี้เมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ไปบนถนนด้วยความเร็วสูงจะทำให้เกิดแรงแด้นแตกต่างกันในแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละเม็ดวัสดุมวลรวม และถ้าแอสฟัลท์แข็งเกินไปก็จะทำให้เกิดรอยแตกและเม็ดวัสดุมวลรวมก็จะหลุดล่อนออกได้ ในอีกกรณีหนึ่งน้ำหนักเนื่องจากการบดทับของล้อรถลงบนผิวถนน จะทำให้เกิดการโค้งงอและเกิดแรงเค้นดึงในส่วนของชั้น ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดรอยแตกขึ้นได้ แต่ถ้าแอสฟัลท์อ่อนเกินไปจะทำให้แอสฟัลท์คอนกรีตมีเสถียรภาพค่อนข้างต่ำไม่สามารถรับน้ำหนักได้ดี ทำให้เกิดรอยร่องล้อและผิวทางลื่น เนื่องจากเม็ดหินจมลงไปในเนื้อยางได้เร็วเกินไป

3. ความสามารถในการหยุ่นตัวได้ (Flexibility) หมายถึง ความสามารถทรุดตัวและแอ่นตัวของโครงสร้างถนนชั้นผิวทาง โดยปราศจากการแตกร้าว การหยุ่นตัวในแอสฟัลท์คอนกรีตเกิดขึ้นเมื่อน้ำหนักการจราจรที่เคลื่อนไปตามถนน ผิวทางที่ถูกกดชั่วขณะหนึ่งภายใต้น้ำหนักแต่ละล้อ ชั้นผิวทางจะเกิดแรงอัดและแรงดึงซ้ำๆ สลับกันไปที่ด้านบนและด้านล่างของชั้นนี้ ความเค้นดึงจะเกิดที่ด้านล่างมากกว่าที่จะเกิดด้านบน ดังนั้นแอสฟัลท์คอนกรีตที่ดีจะต้องมีความสามารถในการหยุ่นตัวได้สูง ซึ่งเมื่อเกิดการแอ่นตัวแล้วจะไม่ทำให้แอสฟัลท์คอนกรีตเสียรูปร่างอย่างถาวร เพราะฉะนั้นความแข็งแรงของแอสฟัลท์คอนกรีตจึงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแอสฟัลท์ และอุณหภูมิภายนอกในขณะที่เกิดความเค้น

ในการออกแบบโครงสร้างชั้นต่างๆ จะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบที่สำคัญ คือ การแอ่นตัวของชั้นดินเดิมภายใต้น้ำหนักบรรทุก เมื่อแอสฟัลท์คอนกรีตมีความแข็งลดลง เนื่องจากอุณหภูมิสูง ทำให้ชั้นดินเดิมแอ่นตัวได้มาก และความเค้นดึง ภายใต้น้ำหนักล้อรถความเค้นดึงจะเกิดขึ้นที่ด้านล่างของชั้นผิวทางมากที่สุด ในขณะผิวทางมีสภาพแข็งที่สุด เมื่ออุณหภูมิต่ำ ถ้าชั้นโครงสร้างถนนไม่แข็งแรงพออาจทำให้ชั้นทางเกิดการแอ่นตัวสูง และถ้าแอสฟัลท์คอนกรีตอยู่ในสภาพแข็งเปราะขณะอุณหภูมิต่ำ จะทำให้ผิวทางเกิดการแตกร้าวภายหลังที่รับปริมาณการจราจรเพียงเล็กน้อย

โดยทั่วไปส่วนผสมที่มีเสถียรภาพสูง และปริมาณแอสฟัลท์สูงจะเป็นส่วนผสมที่มีความต้านทานต่อการเสียหายที่สูงมาก มวลรวมคละที่มีหินหยาบชนิด Open Graded จะทำให้ส่วนผสมที่มีช่องว่างสูงทำให้ต้องใช้แอสฟัลท์ในปริมาณที่สูง เพื่อลดช่องว่างภายในลงได้ และจะสามารถแอ่นตัวได้ดีกว่าชนิด Dense Graded

4. ความต้านทานต่อการล้า (Fatigue Resistance) คือความสามารถในการต้านทาน การดัดโค้งแบบซ้ำซาก (Repeated Bending) ของผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีตที่เกิดจากน้ำหนักล้อกระทำ ปริมาณช่องว่างอากาศ และความหนืดของแอสฟัลท์มีผลความตานทานต่อการล้อ กล่าวคือ แอสฟัลท์คอนกรีตที่มีปริมาตรช่องว่างอากาศมากไม่ว่าจะเป็นผลจากการออกแบบ หรือจากการบดอัดไม่เพียงพอ จะทำให้ความทานต่อการล้าลดลงเช่นกัน นอกจากนี้ความหนาและความแข็งแรงของชั้นผิวทาง ตลอดจนความแข็งแรงชั้นโครงสร้างที่รองรับผิวทางก็จะมีผลต่ออายุและความสามารถในการรับน้ำหนักของผิวทางโดยไม่เกิดรอยแตก กล่าวคือ ผิวทางที่หนารวมทั้งชั้นโครงสร้างที่รองรับผิวทางแข็งแรง จะทำให้ไม่เกิดการแอ่นตัวมาก จึงมีอายุรับน้ำหนักล้อซึ่งกระทำซ้ำได้นานกว่า

5. ความต้านทานต่อการลื่นไถล (Skid Resistance) ความต้านทานต่อการลื่นไถลของผิวถนนขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวถนน ซึ่งมีความสามารถระบายน้ำออกไปได้อย่างรวดเร็วเพียงพอที่จะให้ยางล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถสามารถสัมผัสกับส่วนของเม็ดวัสดุมารวมบนผิวถนน ความสามารถในการต้านทานต่อการลื่นไถลจะเสียไปเมื่อแอสฟัลท์ทะลักขึ้นมาบนผิวถนน และเมื่อเม็ดวัสดุมวลรวมจมลงไปในแอสฟัลท์หรือเมื่อวัสดุมวลรวมถูกขัดสีจนเรียบ แอสฟัลท์ที่มีความแข็งต่ำจะมีผลทำให้เกิดการทะลักหรือไหลเยิ้มขึ้นด้านบนได้ เมื่ออุณหภูมิในผิวทางสูงอันจะทำให้ผิวทางลื่นไถลได้

6. ความสามารถในการทำงานได้ (Workability) คือความง่ายในการเทและบดทับวัสดุผสมจากการออกแบบที่เหมาะสม และใช้เครื่องจักรที่สมควรในการปูลาด ก็จะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการทำงานได้ มวลรวมซึ่งมีคุณสมบัติช่วยส่งเสริมให้วัสดุผสมมีเสถียรภาพดี จะทำให้เทและบดอัดวัสดุผสมยากขึ้น สามารถปรับปรุงแก้ไขให้ดีได้โดยการเปลี่ยนแปลงส่วนผสม เปลี่ยนแปลงแหล่งวัสดุมวลรวมและหรือเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียงขนาด

ส่วนผสมที่ทำงานได้ยากคือส่วนผสมที่มีปริมาณมวลรวมหยาบมาก มีแนวโน้มที่จะเกิดการแยกตัวของเม็ดวัสดุมวลรวมในระหว่างการขนส่งและการปูและอาจบดอัดได้ยาก รวมถึงความสะดวกในการทดลองผสมในห้องทดลอง ถ้าการเตรียมตัวอย่างไม่ดีพอ จะทำให้ได้ตัวอย่างที่มีคุณสมบัติไม่แน่นอน

ปริมาณฝุ่นละเอียดถ้ามีสูงมากเกินไป ก็อาจมีผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานได้ ปริมาณฝุ่นละเอียดที่สูงมากเกินไปอาจทำให้ส่วนผสมมีลักษณะเป็นกาวยางทำให้บดอัดได้ยาก ส่วนผสมที่ขาดฝุ่นละเอียดแต่มีทรายขนาดกลางที่มีลักษณะกลมและมีผิวเรียบในอัตราส่วนที่สูงมาก แม้ว่าจะสามารถทำการปูได้ง่าย แต่การบดอัดจะมีความแน่นต่ำและบดอัดให้ความแน่นยาก

ชนิดของแอสฟัลท์อาจมีปัญหากับความสามารถในการทำงานได้ เนื่องจากอุณหภูมิและความหนืดในขณะผสม การบดอัดที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้แอสฟัลท์คอนกรีตมีความสามารถ ในการทำงานได้ไม่ดี แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป จะทำให้แอสฟัลท์คอนกรีตเป็นวัสดุผสมที่มีลักษณะอ่อนเหลวเกินไป ชนิดและปริมาณของแอสฟัลท์จึงมีอิทธิพลต่อความสามารถในการทำงานได้

2.2.5 คุณลักษณะของส่วนผสมและข้อกำหนดแอสฟัลท์คอนกรีต

การออกแบบโครงสร้างของถนนชั้นผิวทางที่เป็นแอสฟัลต์คอนกรีต ตามวิธีของมาร์แชลล์มีมาตรฐานและข้อกำหนดดังนี้

1. ความแน่น (Density) หมายถึงปริมาณมวลรวมของแอสฟัลท์คอนกรีตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีตที่มีความแน่นมากพอจะทำให้มีอายุการใช้งานยืนยาวและมีคุณภาพดี ความแน่นเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องมีการควบคุมภายหลังการก่อสร้าง เพราะว่าผิวถนนที่บดอัดเสร็จแล้วจะต้องมีความแน่นสูงมากพอที่จะรับปริมาณการจราจร ในการทดลองออกแบบส่วนผสมและวิเคราะห์ความแน่นของตัวอย่างที่บดอัดโดยทั่วๆ ไป มีหน่วยเป็นปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หรือกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความแน่นที่ทดลองได้ในห้องปฏิบัติการทดลองจะนำมาเป็นค่ามาตรฐานสำหรับความแน่นที่บดอัดในสนาม โดยจะคิดเป็นร้อยละของความแน่นที่บดอัดได้ในห้องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ช่องว่างอากาศ (Air Voids) แอสฟัลท์คอนกรีตประกอบด้วยเม็ดวัสดุมวลรวมซึ่งถูกเคลือบด้วยฟิล์มของแอสฟัลท์ ระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมที่ถูกเคลือบด้วยแอสฟัลท์เหล่านี้จะมีช่องว่างเล็กๆ เรียกว่า ช่องว่างอากาศ (Air Voids) ผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีตที่บดอัดแล้ว จำเป็นที่จะต้องมีปริมาตรช่องว่างอากาศที่เพียงพอแต่ไม่มากเกินไป เนื่องจากเมื่อเปิดการจราจรแล้ว รถที่แล่นบนผิวทางจะทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตแน่นขึ้นจากเดิม ทำให้ปริมาตรช่องว่างอากาศลดลง ถ้าปริมาตรช่องว่างอากาศขณะก่อสร้างเสร็จใหม่ๆ มีไม่เพียงพอ จะทำให้แอสฟัลท์ทะลักขึ้นมาบนผิด เกิด Bleeding นอกจากนี้ช่องว่างอากาศยังเป็นที่รองรับยางที่ขยายตัวเมื่ออากาศร้อนด้วย

ปริมาตรช่องว่างอากาศมีผลต่อความคงทน (Durability) ของผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีต ปริมาตรช่องว่างอากาศยิ่งน้อยเท่าใด น้ำและอากาศจะซึมผ่านเข้าไปทำลายแอสฟัลท์และการยึดเกาะระหว่างมวลรวมกับแอสฟัลท์ได้ยากเท่านั้น จะทำให้ผิวทางมีอายุยืนยาว

ความแน่นและปริมาตรช่องว่างอากาศ มีความสัมพันธ์กันโดยตรง กล่าวคือ ความแน่นยิ่งมาก ปริมาตรช่องว่างอากาศจะยิ่งน้อยและเป็นจริงในทางกลับกัน การกำหนดค่าความแน่นต่ำสุดของผิวทาง จะต้องคำนึงถึงปริมาตรช่องว่างอากาศด้วย โดยปกติผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีตที่บดอัดเสร็จใหม่ๆ มักจะกำหนดค่าความแน่นต่ำสุดซึ่งทำให้ปริมาตรช่องว่างอากาศน้อยกว่าร้อยละ 8

3. ช่องว่างระหว่างมวลรวม (Voids in Mineral Aggregate หรือ VMA) คือ ปริมาตรช่องว่างทั้งหมดที่มีอยู่ระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมในแอสฟัลท์คอนกรีตที่บดอัดแล้ว ซึ่งรวมช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลท์ (Voids Filled with Bitumen หรือ VFB) ด้วย

โดยที่ VMA คือ ปริมาตรช่องว่างสำหรับรับปริมาตรของแอสฟัลท์ประสิทธิผล (Effective Asphalt ซึ่งหมายถึงปริมาตรแอสฟัลท์ทั้งหมดที่ใส่ลงไปผสม หักด้วยปริมาตรแอสฟัลท์ส่วนที่ถูกดูดซึมเข้าไปในเม็ดของวัสดุมวลรวม) ปริมาตรช่องว่างที่เหลือจากการแทนที่ของแอสฟัลท์ประสิทธิผลคือปริมาตรช่องว่างอากาศ ดังนั้นถ้าหากออกแบบส่วนผสมให้แอสฟัลท์คอนกรีตมีปริมาตรช่องว่างเท่ากันแล้วแอสฟัลท์คอนกรีตที่มีค่า VMA สูงกว่า จะมีความคงทนต่อการใช้งานนานกว่าแอสฟัลท์คอนกรีตที่มีค่า VMA ต่ำกว่า ซึ่งอธิบายได้โดยอาศัยหลักความจริงว่าการที่วัสดุมวลรวมมีค่า VMA สูง ย่อมหมายถึงปริมาตรช่องว่างสำหรับใส่แอสฟัลท์มาก ทำให้ได้ฟิล์มแอสฟัลท์ที่ห่อหุ้มผิววัสดุมวลรวมหนา ซึ่งทำให้แอสฟัลท์คอนกรีตมีความคงทนอายุการใช้งานยืนยาว

4. ค่าการไหล (Flow) มาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล.ม. – 408/2532 ค่าการไหลมีหน่วยเป็น (0.01 นิ้ว) จะมีค่าระหว่าง 8-16

5. ปริมาณแอสฟัลท์ (Asphalt Content) เนื่องจากปริมาณแอสฟัลท์ที่ใส่ลงไปผสมในแอสฟัลท์คอนกรีตมีผลต่อคุณสมบัติของแอสฟัลท์คอนกรีตเป็นอย่างมาก ดังนั้นปริมาณแอสฟัลท์ที่ใช้จะต้องถูกต้องและแน่นอน ไม่ว่าจะเป็นการผสมในห้องทดลองหรือที่โรงงานผสม (Mixing Plant)
ในการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณแอสฟัลท์ที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตจะเป็นเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุมวลรวมได้แก่ขนาดคละ และคุณสมบัติในการดูดซึมแอสฟัลท์ วัสดุมวลรวมซึ่งมีขนาดคละที่ประกอบด้วยเม็ดขนาดใหญ่กว่า เหตุผลก็คือวัสดุมวลรวมเม็ดเล็กมีพื้นที่ผิวมากกว่าวัสดุมวลรวมเม็ดใหญ่ (ถ้าปริมาตรเท่ากัน) จึงต้องใช้แอสฟัลท์มากกว่าเพื่อเคลือบผิวเม็ดวัสดุมวลรวม

2.3.6 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสารโพลิเมอร์

การโมดิฟายด์ยางแอสฟัลท์โดยการเติมสารผสมเพิ่ม ในยางแอสฟัลท์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของยางแอสฟัลท์นั้นเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยในการลดปัญหา ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้บนผิวถนนแอสฟัลท์คอนกรีต โพลิเมอร์ หมายถึง การที่สารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลเดี่ยว (Monomer) หลายตัวมารวมกัน

การผสมโพลิเมอร์ในยางแอสฟัลท์นั้น ได้ปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของแอสฟัลท์ให้ดีขึ้น โดยเฉพาะเกี่ยวกับความอ่อนไหวต่ออุณหภูมิทำให้เชื่อกันว่า การผสมโพลิเมอร์แกร่งขึ้นที่อุณหภูมิสูง และขณะเดียวกัน ไม่แข็งจนเกินไปเมื่ออุณหภูมิต่ำลง เป็นผลให้ยางแอสฟัลท์ที่มีโพลิเมอร์ผสมอยู่ มีความสามารถสูงขึ้นสำหรับการต้านทานต่อความเสียหายหลักชนิดต่าง ๆ อันได้แก่ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยถาวร (Permanent Deformation) การแตกร้าวเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง (Thermal Cracking)

โพลิเมอร์สามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆได้แก่

1. อีลาสโตเมอร์ (Elastomer) หมายถึงวัสดุที่แสดงพฤติกรรมหยุ่นตัวได้คือ ที่อุณหภูมิห้องสามารถรองรับการยืดตัวได้ถึงอย่างน้อยสองเท่าของความยาวเดิมด้วยแรงกระทำที่ต่ำและสามารถปรับตัวกลับสู่สภาพเดิมได้เองเมื่อปลดปล่อยแรงกระทำ คุณสมบัติที่ยืดและหดตัวกลับสู่สภาพเดิมอย่างรวดเร็วภายหลังการให้และถอนน้ำหนักกระทำของอีลาสโตเมอร์ ช่วยทำให้สามารถที่จะลดปัญหาจาก การเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยถาวรได้

1.1 Styrene Butadiene Styrene Block Copolymer (SBS) ได้มาจากการก่อตัวขึ้นของกระบวนการโพลิเมอร์ไรเซชั่นระหว่าง styrene และ butadiene

2. พลาสโตเมอร์ (Plastomers) เป็นวัสดุออแกนิคที่มีโมเลกุลสูงที่สามารถได้รับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ นอกจากนี้ยังสามารถก่อตัวโครงข่ายสามมิติที่แข็งแกร่ง ทนทานต่อการแอ่นตัวได้และมีกำลังสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรก ภายใต้การรับน้ำหนัก

2.1 Ethylene Vinyl Acetate (EVA) เป็น Copolymer แบบกระจัดกระจายที่มีการวางตัวเป็นลักษณะกระจัดกระจายไม่เป็นระบบ ตลอดแนวลูกโซ่ของโพลิเมอร์คุณสมบัติของ Copolymer ขึ้นอยู่กับปริมาณของ EVA ที่มีปริมาณ Vinyl Acetate สูงร้อยละ 20 จะมีคุณสมบัติอ่อนมากคล้ายยาง แต่มีความยืดหยุ่นและความเหนียวดีมากภายใต้อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่2.1 โพลิเมอร์ชนิด Ethylene Vinyl Acetate (EVA) ที่ใช้ในการทดสอบ

2.3.7 วิธีการออกแบบแอสฟัลท์

ข้อกำหนดสำหรับส่วนผสมของผิวจราจรแบบแอสฟัลท์คอนกรีต จะระบุวิธีการออกแบบส่วนผสม และความต้องการในการออกแบบไว้ องค์กรหรือผู้มีอำนาจหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับถนนลาดยางเป็นผู้กำหนดวิธีการออกแบบไว้วิธีการออกแบบส่วนผสมที่นิยมใช้แพร่หลายได้แก่วิธีมาร์แชลล์ (Marshall Method) และวิธี ฮวีม (Hveem Method) ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี่จะกล่าวถึงวิธีมาร์แชลล์ เท่านั้น

2.3.7.1 วิธี มาร์แชลล์

แนวคิดพื้นฐานของวิธี มาร์แชลล์ ในการออกแบบถนนลาดยางแอสฟัลท์คอนกรีต กำหนดขึ้นโดย บรูซ มาร์แชลล์ (Bruce Marshall) วิศวกรบิทูเมน กรมทางหลวงรัฐมิสซิสซิปปีซึ่งเป็นวิธีหนึ่งของการทดสอบแบบอันคอนไฟล์ ที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ต่อมา The U.S. Corps of Engineers ได้ศึกษาค้นคว้าวิจัยเพิ่มเติมปรับปรุงวิธีการและพัฒนาหลักเกณฑ์การออกแบบส่วนผสม จนกระทั่งการทดสอบได้มาตรฐาน และกำหนดเป็นมาตรฐานการทดสอบ ASTM. D 1559

2.3.7.2 การออกแบบส่วนผสม

การออกแบบส่วนผสม แอสฟัลท์คอนกรีต จะต้องเลือกสัดส่วนขนาดคละ ของมวลรวมและปริมาณของ แอสฟัลท์ซีเมนต์ และเลือกปริมาณการจราจร ที่ใช้ จากนั้นจึงเตรียมก้อนตัวอย่างและทำการทดสอบ นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟ ทำการวิเคราะห์ ต่อไป ปริมาณจราจรที่ใช้ในการออกแบบจำแนกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การจราจรเบาบาง Light สภาพการจราจรที่ใช้ในการออกแบบมี EAL(Equivalent Axle Loads) $<10^4$
2. การจราจรปานกลาง Medium สภาพการจราจรที่ใช้ออกแบบมี EAL อยู่ระหว่าง 10^4 ถึง10^6
3. การจราจรหนาแน่น Heavy สภาพจราจรที่ใช้ในการออกแบบมี EAL > 10^6

ตารางที่2.1 ขนาดคละของมวลรวมและปริมาณแอสฟัลท์ที่ใช้

ขนาดที่ใช้เรียก มม.	9.5 (3/8")	12.5 (1/2")	19.0 (3/4")	25.0 (1")
สำหรับชั้นทาง	Wearing Course	Wearing Course	Binders Course	Base Course
ความหนา มม.	25 - 35	40 - 70	40 - 80	70 - 100
ขนาดตะแกรง มม.	เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรง แต่ละขนาด			
37.50 (1½")				100
25.00 (1")			100	90 - 100
19.00 (3/4")		100	90 - 100	-
12.50 (½")	100	80 - 100	-	56 - 80
9.50 (3/8")	90 - 100	-	56 - 80	-
4.75 (# 4)	55 - 85	44 - 74	35 - 65	29 - 59
2.36 (# 8)	32 - 67	28 - 58	23 - 49	19 - 45
1.18 (# 16)	-	-	-	-
0.60 (# 30)	-	-	-	-
0.30 (# 50)	7 - 23	5 - 21	5 - 19	5 - 17
0.15 (# 100)	-	-	-	-
0.075 (#200)	2 - 10	2 - 10	2 - 8	1 - 7
ปริมาณของแอสฟัลท์ร้อยละของมวลรวม	10.00 - 16.00	7.5 - 13.5	6.5 - 12.0	5.5 - 7.5

หมายเหตุ ขนาดคละมวลรวมและปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้อาจเปลี่ยนแปลงได้ แต่ทั้งนี้แอสฟัลท์คอนกรีตคอนกรีตที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติและความแข็งแรงถูกต้องตามข้อกำหนด ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.2 ข้อกำหนดในการออกแบบแอสฟัลท์คอนกรีตของกรมทางหลวง

รายการ	ชั้นทาง				
	Wearing Course ขนาด 9.5 มม.	Wearing Course ขนาด 12.5มม.	Binder Course	Base Course	Should Course
Blows	75	75	75	75	50
Stability N	8006	8006	8006	7117	7117
(lb)	1800	1800	1800	1600	1600
Flow ×0.25 mm. (0.01in.)	8 - 16	8 - 16	8 - 16	8 - 16	8 - 16
Percent Air Voids	3 - 5	3 - 5	3 - 6	3 - 6	3 - 5
Percent Voids in Mineral Aggregate (VMA) min	15	14	13	12	14
Stability / Flow min					
N / 0.25	712	712	712	645	645
(lb / 0.01 in)	160	160	160	145	145
Percent Strength Index min	75	75	75	75	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7.4 การเตรียมก้อนตัวอย่างและการทดสอบ

1. การเตรียมวัสดุผสม ชั่งน้ำหนักส่วนผสมของมวลรวมซึ่งได้ขนาดของมวลรวมที่กำหนดหนักประมาณ 1,000 – 1,200 กรัม นำส่วนผสมมวลรวมไปวางบนแผ่นร้อนหรือในเตาอบเพื่อให้ความร้อนตามอุณหภูมิที่กำหนด เทมวลรวมที่ได้ความร้อนตามที่กำหนดใส่ลงในชามอ่างผสมคลุกเคล้าให้ทั่ว จากนั้นเกรียงเกลี่ยมวลรวมทำเป็นแอ่งปากปล่องภูเขาไฟ เทแอสฟัลท์ ที่ได้รับความร้อนและชั่งน้ำหนักตามที่กำหนดไว้ใส่ในแอ่งของมวลรวม ใช้เกรียงผสมมวลรวมกับแอสฟัลท์ ให้เข้ากันโดยเร็วที่สุด โดยประมาณ 1 นาที พยายามให้แอสฟัลท์เคลือบมวลรวมอย่างทั่วถึงใช้ความระมัดระวังในการผสมอย่าให้เกิดการสูญเสียวัสดุผสม

2. ทำการบดก้อนตัวอย่าง ให้ทำความสะอาดชุดแบบหล่อตัวอย่างและผิวหน้าของค้อนบดอัด แล้วนำไปให้ความร้อนบนแผ่นร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 93 – 149 องศาเซลเซียส เมื่อทำการประกอบแบบแล้วให้นำกระดาษกรองขนาดพอดีกับแบบวางรอไว้ที่ก้นแบบ ก่อนที่จะนำส่วนผสมเทใส่ลงในแบบ เมื่อเทส่วนผสมลงในแบบแล้ว ใช้เกรียงแซะบริเวณ รอบ ๆ ตัวอย่าง 15 ครั้ง และบริเวณ กลาง 10 ครั้ง ใช้เกรียงแต่งผิวหน้าให้เรียบมีลักษณะมนเล็กน้อย ปล่อยให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิ อยู่ภายในช่วงกำหนดของอุณหภูมิการบดอัด วางชุดแบบที่บรรจุตัวอย่างในที่ยึดแบบแท่นรองการบดอัด แล้วทำการบดอัดด้วยค้อนมาร์แชลล์หนัก 140 ปอนด์ ระยะยกสูง 18 นิ้ว จำนวนครั้งของการกระทุ้งแน่นแต่ละด้านขึ้นอยู่กับการเลือกชนิดของจราจร(2 x 75 ครั้งสำหรับการจราจรหนาแน่น 2 x 50 ครั้งสำหรับการจราจรปานกลาง 2 x 35 ครั้ง สำหรับการจราจรเบาบาง) ดังตัวอย่างที่บดอัดทั้ง 2 ด้านแล้วด้วยเครื่องดันตัวอย่าง ปล่อยให้ก้อนตัวอย่างเย็นลงตามอุณหภูมิห้องปล่อยไว้ตลอดคืน แล้วทำการชั่งน้ำหนัก วัดขนานแล้วนำไปแช่น้ำประมาณ 5 นาทีแล้วเช็ดผิวให้แห้งชั่งน้ำหนักก้อนตัวอย่างในอากาศ แล้วจึงนำก้อนตัวอย่างไปชั่งในน้ำในแต่ละส่วนผสมควรมีก้อนตัวอย่าง อย่างน้อย 3 ก้อนตัวอย่าง

3. การทดสอบค่าเสถียรภาพและการไหล นำก้อนตัวอย่างไปแช่ลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 60 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำก้อนตัวอย่างประกอบเข้ากับเครื่องกดตัวอย่างแบบมาร์แชลล์ กดตัวอย่างด้วยอัตราเคลื่อนที่ 2 นิ้วต่อนาที บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดที่อ่านได้ (ความหนามาตรฐานก้อนตัวอย่าง 2.5 นิ้ว ถ้าความหนาไม่ได้มาตรฐานต้องทำการปรับแก้ค่าน้ำหนักสูงสุด) และทำการบันทึกค่าการไหลจากเกจที่วัดการไหลในเวลาเดียวกันกับที่อ่านค่าน้ำหนักสูงสุด การวัดค่าการไหลจะวัดเป็น 1ใน 100 ของนิ้ว (25 ใน 100 ของมิลลิเมตร)

ค่าเสถียรภาพของก้อนตัวอย่างคือค่าความต้านทานน้ำหนักบรรทุกสูงสุดในหน่วยปอนด์ซึ่งกำหนดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ค่าขุบตัวคือ การเคลื่อนไหวทั้งหมดหรือการเสียรูปในหน่วยของ 0.01 นิ้ว ที่เกิดขึ้นระหว่างไม่มีน้ำหนักบรรทุกกับเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของขนาดทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาค่าต่าง ๆ เพื่อนำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอสฟัลท์กับค่าต่าง ๆ ดังนี้

- ความถ่วงจำเพาะรวม (Specific Gravity)
- เสถียรภาพ และการไหล (Stability and Flow)
- ความหนาแน่น และโพรง (Unit Weight and Void)
- สำหรับการทดสอบค่าเสถียรภาพ และ การไหลจะใช้เครื่องทดสอบมาร์แชลล์ (Marshall Testing Machine)

ตารางที่2.3 ค่าต่ำสุดของเปอร์เซ็นต์โพรงระหว่างมวลรวม

Nominal Maximum Particle Size		Minimum VMA. Percent Design Air Voids Percent		
mm.	in.	3.0	4.0	5.0
1 .18	No. 16	21.50	22.50	23.50
2.36	No. 8	19.00	20.00	21.00
4.75	No. 4	16.00	17.00	18.00
9.50	3/8	14.00	15.00	16.00
12.50	1/2	13.00	14.00	15.00
19.00	3/4	12.00	13.00	14.00
25.00	1.00	11.00	12.00	13.00
37.50	1.50	10.00	11.00	12.00
5.00	2.00	9.50	10.50	11.50
63.00	2.50	9.00	10.00	11.00

72960
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.4 เกณฑ์กำหนดการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์

Marshall Method	Light Traffic Surface & Base		Medium Traffic Surface & Base		Heavy Traffic Surface & Base	
Mix Criteria	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Compaction number of blows each end specimen	35		50		78	
Stability N	3336		5338		8006	
(lb)	750		1200		1800	
Flow 0-25 mm. (0.01 in)	8	18	8	16	8	14
Percent Air Voids	3	5	3	5	3	5
Percent Voids in Mineral Aggregate (VMA.)	See Table 2.3					
Percent Voids filled whit Asphalt (VMA.)	70	80	65	78	65	75

4. การประเมินผล พิจารณาเลือกเปอร์เซ็นต์แอสฟัลท์ที่เหมาะสม ต้องเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์แอสฟัลท์ซีเมนต์ กับ ค่าที่ทดสอบได้ ประกอบด้วย หน่วยน้ำหนัก เปอร์เซ็นต์โพรงอากาศ เสถียรภาพการไหล เปอร์เซ็นต์โพรงระหว่างมวลรวม (VMA) และเปอร์เซ็นต์โพรงอากาศที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลท์ (VFA)

ปริมาณแอสฟัลท์ซีเมนต์สูงสุด ให้พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ที่สอดคล้องตามเงื่อนไขดังนี้

- ได้ค่าเสถียรภาพสูงสุด หรือไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด
- ได้ค่าหน่วยน้ำหนักสูงสุด
- มีค่าการไหลอยู่ระหว่าง $8-16 \times 10^{-2}$ นิ้ว
- มีค่าเปอร์เซ็นต์โพรงอากาศประมาณ 3 – 5 เปอร์เซ็นต์
- มีค่าเปอร์เซ็นต์โพรงระหว่างมวลรวมเป็นไปตามข้อกำหนด
- มีค่าเปอร์เซ็นต์โพรงที่ถูกแทนที่แอสฟัลท์เป็นไปตามข้อกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
แผนงานและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 แผนงานการดำเนินงาน

ในการทำการศึกษาคุณสมบัติของแอสฟัลท์คอนกรีตที่ใช้โพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์สำหรับงานเสริมผิวทางชนิดบาง PMA. เป็นวัสดุเชื่อมประสานกับมวลรวมหินปูน เทียบกับวัสดุเชื่อมประสานชนิดแอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60/70 (AC 60/70) กับมวลรวมชนิดเดียวกัน จะดำเนินการตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2549 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 ใช้เวลาทั้งหมด 32 สัปดาห์ โดยแบ่งการทำงานเป็นขั้นตอนต่างๆดังนี้

3.1.1 การศึกษาข้อมูลจำเป็นในการทำโครงการ

ในการหาข้อมูลของการศึกษาในโครงการอื่นๆ ศึกษาวิธีการทดลองและมาตรฐานของกรมทางหลวง ใช้เวลา 2 สัปดาห์

3.1.2 จัดเตรียมวัสดุในการทดลอง

ในการจัดเตรียมวัสดุในการทดลองนั้นต้องทำการตรวจดูอุปกรณ์และ จัดหาวัสดุตัวอย่างทดสอบ ทั้งยาง AC. 60/70 กับโพลิเมอร์และมวลรวม ใช้เวลา 2 สัปดาห์

3.1.3 ทำการทดสอบคุณภาพของแอสฟัลท์ เกรด 60/70 โดยการทดสอบดังนี้

- การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity Test)
- การทดสอบหาค่าการยืดตัว (Ductility Test)
- การทดสอบหาค่าจุดอ่อนตัว (Softening Point Test)
- การทดสอบหาค่าการทะลวง (Penetration Test)
- การทดสอบหาค่าจุดวาบไฟ (Flash Point Test)

ใช้เวลา 2 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ทำการทดสอบคุณภาพของโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์ โดยการทดสอบดังนี้

- การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity Test)
- การทดสอบหาค่าการยืดตัว (Ductility Test)
- การทดสอบหาค่าจุดอ่อนตัว (Softening Point Test)
- การทดสอบหาค่าการทะลวง (Penetration Test)
- การทดสอบหาค่าจุดวาบไฟ (Flash Point Test)

ใช้เวลา 2 สัปดาห์

3.1.5 ทำการวิเคราะห์ผล (ในช่วงแรก)

วิเคราะห์ผลการทดสอบคุณภาพของแอสฟัลท์ เกรด 60/70 เปรียบเทียบกับการทดสอบคุณภาพของโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์ ใช้เวลา 1 สัปดาห์

3.1.6 ทำการทดสอบมวลรวมที่จะใช้ผสม ซึ่งมีการทดสอบดังนี้

- ขนาดคละของมวลรวม (Gradation Test)
- การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity Test)
- การทดสอบหาค่าดัชนีความแบน (Elongation Index Test)
- การทดสอบหาค่าความสึกหรอ (Abrasion Test)

ใช้เวลา 1 สัปดาห์

3.1.7 ทำการทดสอบตัวอย่างที่มีการออกแบบส่วนผสมโดยเปรียบเทียบระหว่างแอสฟัลท์ซีเมนต์ กับโพลิเมอร์แอสฟัลท์ซีเมนต์ ด้วยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall Method) โดยมีการทดสอบดังนี้

- ค่าความถ่วงจำเพาะรวม (Specific Gravity)
- ค่าเสถียรภาพ (Stability)
- ค่าการไหล (Flow)
- เปอร์เซ็นต์โพรงระหว่างมวลรวม (Percent voids in mineral aggregate)
- เปอร์เซ็นต์โพรงที่ถูกแทนด้วยแอสฟัลท์ (Percent voids filled with asphalt)

ใช้เวลา 6 สัปดาห์

3.1.8 ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ผลการทดสอบการออกแบบส่วนผสมโดยเปรียบเทียบระหว่างแอสฟัลท์ซีเมนต์ กับโพลิเมอร์แอสฟัลท์ซีเมนต์ ด้วยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall Method) ใช้เวลา 3 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.9 ทำการจัดทำรูปเล่มรายงาน

วิเคราะห์ผลการทดสอบการออกแบบส่วนผสมโดยเปรียบเทียบระหว่างแอสฟัลท์ซีเมนต์ กับโพลิเมอร์แอสฟัลท์ซีเมนต์ ด้วยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall Method) ใช้เวลา 3 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ทำการทดสอบคุณภาพของแอสฟัลท์ เกรด 60/70 โดยวิธีทดสอบดังนี้
    1.1 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity Test)
    1.2 การทดสอบหาค่าการยืดตัว (Ductility Test)
    1.3 การทดสอบหาค่าจุดอ่อนตัว (Softening Point Test)
    1.4 การทดสอบหาค่าการทะลวง (Penetration Test)
    1.5 การทดสอบหาค่าจุดวาบไฟ (Flash Point Test)
2. ทำการทดสอบคุณภาพของโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์โดยการทดสอบดังนี้
    2.1 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity Test)
    2.2 การทดสอบหาค่าการยืดตัว (Ductility Test)
    2.3 การทดสอบหาค่าจุดอ่อนตัว (Softening Point Test)
    2.4 การทดสอบหาค่าการทะลวง (Penetration Test)
    2.5 การทดสอบหาค่าจุดวาบไฟ (Flash Point Test)
3. ทำการทดสอบมวลรวมที่จะใช้ผสม ซึ่งมีการทดสอบดังนี้
    3.1 ขนาดคละของมวลรวม (Gradation Test)
    3.2 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity Test)
    3.3 การทดสอบหาค่าดัชนีความแบน (Elongation Index Test)
    3.4 การทดสอบหาค่าความสึกหรอ(Abrasion Test)
4. ทำการทดสอบตัวอย่างที่มีการออกแบบส่วนผสมโดยเปรียบเทียบระหว่างแอสฟัลท์ซีเมนต์กับโพลิเมอร์แอสฟัลท์ซีเมนต์ ด้วยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall Method) โดยมีการทดสอบดังนี้
    4.1 ค่าความถ่วงจำเพาะรวม (Specific Gravity)
    4.2 ค่าเสถียรภาพ (Stability)
    4.3 ค่าการไหล (Flow)
    4.3 เปอร์เซ็นต์โพรงระหว่างมวลรวม (Percent voids in mineral aggregate)
    4.4 เปอร์เซ็นต์โพรงที่ถูกแทนด้วยแอสฟัลท์ (Percent voids filled with asphalt)
5. ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 การทดลองที่ 1

วิธีการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นของแอสฟัลท์ซีเมนต์

(Specific Gravity and Density of Asphalt Cement Test)

(ASTM D70-97)

ขอบข่าย

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นของวัสดุบิทูเมนที่มีสภาพกึ่งของแข็ง, แอสฟัลท์ซีเมนต์ และทาร์พิทซ์อ่อน (soft tar pitch) โดยการใช้ Pycnometer

ความถ่วงจำเพาะของแอสฟัลท์ซีเมนต์ คือ อัตราส่วนของมวลแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่มีปริมาตรหนึ่งที่อุณหภูมิ 25° C (77 °F) ต่อมวลของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันและที่อุณหภูมิเดียวกัน

ในการทดลองแอสฟัลท์ซีเมนต์ตัวอย่างจะถูกเทลงในขวด Pycnometer ซึ่งทำด้วยแก้วและมีฝาจุกไว้สำหรับปิดขวด Pycnometer โดยที่ความจำเพาะของแอสฟัลท์ซีเมนต์ สามารถหาได้โดยการชั่งน้ำหนักตามขั้นตอนแล้วเข้าสูตรคำนวณ คือ น้ำหนักของขวด Pycnometer และฝาจุก (ขวดเปล่า), น้ำหนักของขวด Pycnometer ที่บรรจุน้ำกลั่น พร้อมฝาจุก, น้ำหนักของขวด Pycnometer ที่มีแอสฟัลท์ซีเมนต์บรรจุอยู่ประมาณ 3 ใน 4 ของความจุ พร้อมฝาจุกและน้ำหนักของขวดPycnometer ที่มีแอสฟัลท์ซีเมนต์และน้ำบรรจุอยู่ พร้อมฝาจุก

อุปกรณ์

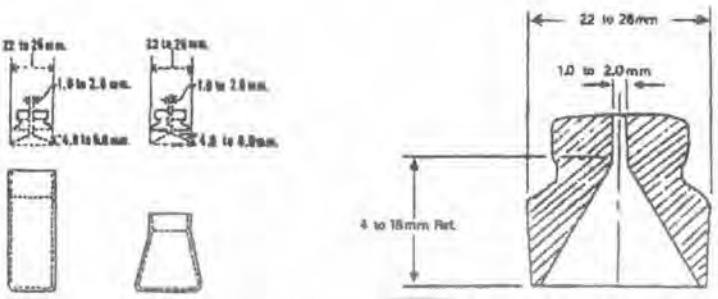
1. Pycnometer ทำด้วยแก้วรูปทรงกระบอกหรือรูปกรวยพร้อมฝาจุกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22-26 มิลลิเมตร โดยที่กึ่งกลางฝาจุกมีรูตามแนวดิ่ง เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 ถึง 2.0 มิลลิเมตร ผิวด้านบนของฝาจุกราบเรียบ ผิวด้านใต้โค้งเข้าเพื่อให้อากาศลอยออกไปได้ Pycnometer มีความจุ 24-30 มิลลิเมตร และน้ำหนักของ Pycnometer พร้อมฝาจุกไม่ควรเกิน 40 กรัม

2. อ่างน้ำปรับอุณหภูมิ (Water Bath) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ โดยอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงได้ไม่เกิน 0.1° C (0.2 °F) จากอุณหภูมิที่ทำการทดลอง

3. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometers) อ่านละเอียด 0.1° C (0.2° F) ความคลาดเคลื่อนสูงสุด 0.1° C (0.2° F)

4. เครื่องชั่งน้ำหนัก อ่านละเอียด 0.001 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) Pycnometer (b) Stopper

รูปที่3.1 แสดงขนาดของขวด Pycnometer

วิธีการทดลอง

1. ปรับอุณหภูมิของอ่างปรับอุณหภูมิไว้ที่อุณหภูมิที่ต้องการทดลองคือ ที่ 25± 0.1° C

2. ทำความสะอาด Pycnometer พร้อมฝาจุกให้แห้ง จากนั้นทำการชั่งน้ำหนัก บันทึกผลเป็นค่า A

3. เติมน้ำกลั่นลงใน Pycnometer ปิดฝาจุก จากนั้นนำ Pycnometer วางไว้ในอ่างน้ำปรับอุณหภูมิ โดยทำการแช่ในอ่างปรับอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 30 นาที แล้วจึงนำขึ้นมาเช็ดผิวนอกของ Pycnometer และฝาจุกให้แห้ง ทำการชั่งน้ำหนักทันที บันทึกผลเป็นค่า B

4. ทำความสะอาด Pycnometer ให้แห้ง จากนั้นให้ความร้อนแก่ตัวอย่างจนตัวอย่างเหลวพอที่จะเทคนตัวอย่างให้สม่ำเสมอเพื่อไม่ให้เกิดความร้อนที่จุดหนึ่งจุดใดมากเกินไป ไม่ควรให้อุณหภูมิของตัวอย่างสูงมากกว่า 111° C (200° F) เหนือจุดอ่อนตัว (softening point) ของแอสฟัลท์ซีเมนต์และความร้อนที่ให้ไม่ควรเกิน 30 นาที หากมีฟองอากาศภายในตัวอย่าง ควรไล่ฟองอากาศออกให้หมดโดยใช้เปลวไฟจากตะเกรียงผ่านผิวหน้าของตัวอย่าง จากนั้นเทตัวอย่างลงใน Pycnometer ประมาณ 3 ใน 4 ของความจุ ระวังอย่าให้เลอะเทอะด้านนอกของ Pycnometer (หากเลอะด้านนอก ต้องทำความสะอาดให้เรียบร้อย)

5. ปล่อยให้ Pycnometer และวัสดุเย็นลงจนถึงอุณหภูมิที่ทดลองไม่น้อยกว่า 40 นาที ปิดฝาจุก จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกผลเป็นค่า C

6. เติมน้ำกลั่นลงใน Pycnometer ปิดฝาจุกและนำไปแช่ในอ่างปรับอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 30 นาที นำขึ้นจากอ่างปรับอุณหภูมิ เช็ดผิวนอกของ Pycnometer ให้แห้งและชั่งน้ำหนัก บันทึกผลเป็นค่า D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3.2 การเทตัวอย่างลงใน Pycnometer

การคำนวณ

1.คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะ (G_A) = (D-A) / [(B-A)-(D-C)]

โดยที่ A = น้ำหนักของ Pycnometer (รวมฝาจุก)

B = น้ำหนักของ Pycnometer เติมน้ำเต็ม

C = น้ำหนักของ Pycnometer ที่บรรจุแอสฟัลท์ซีเมนต์บางส่วน

D = น้ำหนักของ Pycnometer ที่บรรจุแอสฟัลท์ซีเมนต์และเติมน้ำเต็ม

2. คำนวณค่าความหนาแน่นให้มีความละเอียด 0.001

ค่าความหนาแน่น = ค่าความถ่วงจำเพาะ (G_A) x W_T

โดยที่ W_T = ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิที่ทำการทดลอง (จาก CRC Handbook of Chemistry Physics กำหนดความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 25° C มีค่าเท่ากับ 997.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรายงาน

รายงานค่าความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นพร้อมระบุอุณหภูมิที่ทดลองคือที่ 25° C ค่าความหนาแน่นจากการทดลอง 2 ครั้ง โดยที่ผู้ทดลองคนเดียว ค่าที่ได้ควรแตกต่างกันไม่มากกว่า 0.002 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และสำหรับผู้ทดลอง2 คน ในห้องทดลองต่างกันค่าที่ได้ควร
แตกต่างกันไม่มากกว่า 0.005 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การทดลองที่ 2

วิธีการทดลองหาค่าเพนิเตรชัน (Penetration)

(ASTM D5-83)

บทนิยาม

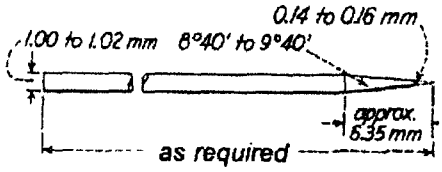
ค่าเพนิเตรชัน (Penetration) หมายถึง ระยะทางที่เข็มมาตรฐานแทงจมลงในเนื้อวัสดุแอสฟัลท์ตามแนวดิ่ง ภายใต้ภาวะของน้ำหนักบรรทุก เวลา และอุณหภูมิที่กำหนดโดยระยะทางที่เข็มจมในหน่วยของ 0.1 มิลลิเมตร ค่าเพนิเตรชันจะเป็นค่าบอกความข้นหนืด (consistency) ของวัสดุแอสฟัลท์ ถ้ามีค่ามากแสดงว่ามีความข้นหนืดน้อย ถ้ามีค่าน้อยแสดงว่ามีความข้นหนืดมาก

อุปกรณ์

1. เครื่องทดลองเพนิเตรชัน (Penetration Apparatus) ประกอบด้วยแกนซึ่งเคลื่อนขึ้นลงตามแนวดิ่งมีความเสียดทานน้อยที่สุด และสามารถวัดความลึกของการทะลวงได้ละเอียดถึง 0.1 มม. น้ำหนักของแกนมีค่า 47.5 $\pm$ 0.05 กรัม ที่แกนจะมีปากจับเข็มมาตรฐาน น้ำหนักรวมเมื่อประกอบเข็มมาตรฐานเข้ากับแกนมีค่า 50.0+ 0.05 กรัม เครื่องทดลองจะต้องมีน้ำหนักถ่วงขนาด 50 + 0.05 กรัม และ 100 + 0.05 กรัม เพื่อให้ได้น้ำหนักกด 100 กรัม และ 200 กรัม ตามกำหนดของสภาพการทดลอง ผิวสำหรับวางภาชนะบรรจุตัวอย่างจะต้องราบ และแกนกดจะต้องตั้งฉากกับผิวนี้ แกนที่ใช้สามารถออกตรวจสอบน้ำหนักได้

2. เข็มทะลวง (Penetration Needle) เข็มที่ใช้ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมชุบแข็งเกรด 440-C หรือเทียบเท่า HRC 54 ถึง 60 ยาวประมาณ 50 มม. (2 นิ้ว) เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด1.00 ถึง 1.02 มม. (0.0394 ถึง 0.0402 นิ้ว) ปลายข้างหนึ่งเสี้ยมแหลมเป็นรูปกรวยมีมุมแหลมอยู่ระหว่าง 8.7 ถึง 9.7° ปลายกรวยตัดในแนวตั้งฉากกับแกนของเข็มคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2° ปลายกรวยที่ตัดนี้มีขนาดศูนย์กลางอยู่ในช่วง 0.14 กับ 0.16 มม. (0.0055 ถึง 0.0063 นิ้ว) ตลอดขอบของปลายตัดจะต้องคมปราศจากเสี้ยน ปลายอีกข้างเข็มจะสวมอยู่ในปลอกโลหะทองเหลือง หรือเหล็กกล้าไร้สนิม ส่วนของเข็มที่ยาวโผล่จากปลอกอยู่ในช่วง 40 ถึง 45 มม. (1.57 ถึง 1.77 นิ้ว) ปลอกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.2 $\pm$ 0.05 มม. (0.12 $\pm$ 0.003 นิ้ว) และยาว 38 $\pm$ 1 มม. (1.50 $\pm$ 0.05 นิ้ว) น้ำหนักรวมของปลอกกับเข็มเท่ากับ 2.50 $\pm$ 0.05 กรัม (อาจเจาะรูปลายของปลอกเพื่อควบคุมน้ำหนักให้ได้ตามระบุ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.3 แสดงขนาดของเข็มหาค่าการทะลวง

3. ภาชนะบรรจุตัวอย่าง (Sample Container) มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกก้นแบน ทำด้วยโลหะ หรือแก้ว มีขนาดดังนี้

สำหรับค่าทะลวงต่ำกว่า 200

เส้นผ่าศูนย์กลาง	55	มม.
ความลึกภายใน	35	มม.

สำหรับค่าทะลวง ระหว่าง 200 กับ 350

เส้นผ่าศูนย์กลาง	70	มม.
ความลึกภายใน	45	มม.

4. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) เป็นอ่างน้ำที่มีความจุไม่น้อยกว่า 10 ลิตร สามารถปรับและควบคุมอุณหภูมิให้ได้ 25 $\pm$ 0.1° C หรือที่อุณหภูมิใดๆ มีชั้นโปร่งวางอยู่เหนือก้นอ่างไม่น้อยกว่า 50 มม. และต้องอยู่ต่ำกว่าระดับของเหลวในอ่างไม่น้อยกว่า 100 มม. ถ้าการทดลองหาค่าเพนิเตรชันที่มั่นคงแข็งแรงพอ น้ำที่ใช้ในอ่างอาจใช้น้ำเกลือสำหรับการทดลองที่อุณหภูมิต่ำ

5. ภาชนะย้ายตัวอย่าง (Transfer Dish) เป็นภาชนะที่มีความจุไม่ต่ำกว่า 350 มล. และมีความลึกเพียงพอให้น้ำคลุมทั่วภาชนะบรรจุตัวอย่างขนาดใหญ่ และมีที่รองรับภาชนะบรรจุตัวอย่างรูปร่างสามขาที่มีหน้าสัมผัสสามจุดกับภาชนะบรรจุตัวอย่างเพื่อป้องกันภาชนะบรรจุตัวอย่างขับเคลื่อนในเวลาทดลอง

6. เครื่องจับเวลา (Timing Device) ใช้สำหรับการทดลองที่ใช้เครื่องทดลองแบบคุมด้วยมือเครื่องจับเวลามักเป็นนาฬิกาจับเวลา (Stop Water) หรือแบบอื่นที่สามารถให้ความละเอียดถึง 0.1 วินาที หรือละเอียดกว่า และมีความถูกต้องภายใน $\pm$ 0.1 วินาที สำหรับช่อง 60 วินาที อาจใช้เครื่องนับเวลาที่ให้เสียงสัญญาณทุกๆ 0.5 วินาทีก็ได้ หรืออาจใช้เครื่องจับเวลาอัตโนมัติประกอบเข้ากับเครื่องทดลอง ก็ได้แต่ต้องปรับเทียบความถูกต้องให้อยู่ภายใน $\pm$ 0.1 วินาที ตามช่วงการทดลองที่ระบุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometers) เทอร์โมมิเตอร์ที่เหมาะสมกับการใช้ทั่วๆ ไป มีดังนี้ หมายเลข

ASTM	ช่วง
17 C หรือ 17 F	19 ถึง 27° C (66 ถึง 80° F)
63 C หรือ 63 F	-8 ถึง +32° C (18 ถึง 89° F)
64 C หรือ 64 F	25 ถึง 55° C (77 ถึง 131°F)

เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ต้องอ่านได้ละเอียดถึง 0.1°C และตัวเทอร์โมมิเตอร์ต้องจุ่มลงในน้ำ 150 $\pm$ 15 มม. เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อค่าเพนิเตรชันอย่างมาก ดังนั้นเทอร์โมมิเตอร์จะต้องได้รับการปรับเทียบอย่างถูกต้องก่อนการนำมาใช้งาน

รูปที่3.4 เครื่องทดลองเพนิเตรชัน (Penetration Apparatus)

การเตรียมตัวอย่าง

1.ให้เกิดความร้อนแก่ตัวอย่างด้วยความระมัดระวัง กวนตัวอย่างเท่าที่จะทำได้เพื่อป้องกันไม่ให้จุดใดจุดหนึ่งร้อนมากเกินไป จนกระทั่งตัวอย่างเหลวพอเทได้ สำหรับ วัสดุ ทาร์พิทช์ (tar pitch) ไม่ควรให้อุณหภูมิสูงกว่าจุดอ่อนตัวมากกว่า 60° C ตามวิธีการทดลอง D 2398 สำหรับวัสดุแอสฟัลท์ไม่ควรให้อุณหภูมิสูงกว่าจุดอ่อนตัวมากกว่า 90° C การให้ความร้อนแก่ตัวอย่างต้องไม่นานเกิน 30 นาที หลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดฟองอากาศในตัวอย่าง

2. เทตัวอย่างลงในภาชนะบรรจุตัวอย่างให้ได้ความหนาเพียงพอ ควรหนามากกว่าระยะที่คาดว่าเข็มจะจมลงในเนื้อวัสดุแอสฟัลท์เป็นระยะมากกว่าอย่างน้อยที่สุด 10 มม.

3. ปิดภาชนะบรรจุตัวอย่างเพื่อป้องกันฝุ่น ปล่อยให้เย็นลงในบรรยากาศที่อุณหภูมิระหว่าง 15 กับ 30° C เป็นเวลา 1 ถึง 1 $^1/_2$ ชั่วโมง ส่วนตัวอย่างวางในภาชนะบรรจุตัวอย่างขนาดเล็ก และเป็นเวลา 1 $^1/_2$ ถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ชั่วโมง สำหรับขนาดใหญ่ นำตัวอย่างวางในภาชนะย้ายตัวอย่าง (ถ้าจำเป็นต้องใช้) แล้วเอาไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิซึ่งมีอุณหภูมิคงที่ตามข้อกำหนดของการทดลอง ตัวอย่างในภาชนะบรรจุขนาดเล็ก (3 ออนซ์) ให้แช่เป็นเวลา 1 ถึง 1 $^{1}/_{2}$ ชั่วโมง ส่วนตัวอย่างในภาชนะบรรจุขนาดใหญ่ (6 ออนซ์) ให้แช่เป็นเวลา 1 $^{1}/_{2}$ ถึง 2 ชั่วโมง

เงื่อนไขการทดลอง

การทดลองที่ไม่ได้กำหนดเงื่อนไขใดๆ ไว้ให้ใช้อุณหภูมิการทดลองที่ 25°C (77°F) น้ำหนักกด 100 กรัม และเวลา 5 วินาที เงื่อนไขที่กำหนดเป็นอย่างอื่นสำหรับการทดลองพิเศษอาจกำหนดไว้ดังนี้

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

ในกรณีดังกล่าวนี้ ต้องรายงานเงื่อนไขการทดลองอย่างชัดเจน

วิธีการทดลอง

1.ตรวจสอบแกนปากจับเข็มให้ปราศจากน้ำและวัตถุไม่พึงประสงค์ ทำความสะอาดเข็มด้วย (toluene) หรือสารละลายอื่นที่เหมาะสมแล้วเช็ดให้แห้งด้วยผ้าสะอาด สอดเข็มเข้ากับเครื่องทดลองเพนิเตรชัน ถ้าไม่ได้กำหนดเงื่อนไขการทดลองไว้ให้ใช้น้ำหนักถ่วง 50 กรัม ถ่วงบนแกนเพื่อให้ได้น้ำหนักกดรวมเท่ากับ 100 + 0.1 กรัม ถ้าการทดลองกระทำโดยตั้งเครื่องทดลองเพนิเตรชันในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ให้วางภาชนะบรรจุตัวอย่างลงบนที่ตั้งของเครื่องทดลองที่จมอยู่ในน้ำ และต้องให้น้ำในอ่างท่วมภาชนะบรรจุตัวอย่าง ถ้าการทดลองกระทำโดยตั้งเครื่องทดลองกระทำโดยตั้งเครื่องทดลองเพนิเตรชันนอกอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ให้วางภาชนะบรรจุตัวอย่างซึ่งมีน้ำที่อุณหภูมิคงที่จากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิท่วมภาชนะบรรจุตัวอย่าง แล้วจึงวางภาชนะย้ายตัวอย่างลงบนที่ตั้งของเครื่องทดลองเพนิเตรชันในแต่ละกรณีต้องปรับเครื่องมือให้เข็มมาตรฐานที่มีน้ำหนักกดตามระบุสัมผัสกับเงาของตัวอย่างพอดี ซึ่งทำได้โดยค่อยๆ เลื่อนเข็มลงแล้วสังเกตให้ปลายเข็มสัมผัสกับเงาของตัวเข็มที่เกิดจากการสะท้อนมาจากผิวหน้าของตัวอย่างที่มีการตั้งเครื่องมือให้ได้รับแสงสว่างที่พอเหมาะ ตั้งหน้าปัดให้อ่านค่าศูนย์เมื่อเข็มสัมผัสผิวหน้าของตัวอย่างแล้วปล่อยเข็มให้ทะลวงลงไปในตัวอย่างตามระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นวัดหาค่าระยะทางที่เข็มจมลงไปในตัวอย่างด้วยการปรับหน้าปัด ระยะทางที่วัดได้เป็นค่าของการทะลวงที่วัดในหน่วย 0.1 มม. ถ้าภาชนะบรรจุตัวอย่างมีการเคลื่อนที่ในระหว่างการปล่อยเข็มทะลวงตัวอย่างให้ถือว่าการทดลองนั้นใช้ไม่ได้

2. แต่ละตัวอย่างให้ทำการทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง ตรงจุดที่อยู่ห่างจากขอบภาชนะบรรจุตัวอย่างไม่น้อยกว่า 10 มม. และแต่ละจุดต้องอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่า 10 มม. ถ้าการทดลองต้องใช้ภาชนะย้ายตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องนำภาชนะย้ายตัวอย่างที่มีตัวอย่างอยู่กลับไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิทุกครั้งก่อนที่จะทดลองจุดต่อไป เพื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่ตามกำหนดต้องทำความสะอาดเข็มทุกครั้งก่อนการทดลองแต่ละจุด ถ้าวัสดุตัวอย่างมีค่าเพนิเตรชันมากกว่า 200 ให้ใช้เข็มอย่างน้อย 3 อัน โดยทิ้งเข็มไว้ในการทดลองแต่ละจุดแล้วเริ่มทดลองด้วยเข็มอันใหม่จนกว่าจะเสร็จการทดลองทุกจุด

3. เข็ม, ภาชนะบรรจุตัวอย่างและเงื่อนไขต่างๆ ตามวิธีนี้ใช้สำหรับการหาค่าเพนิเตรชันที่มีค่าสูงถึง 350 อย่างไรก็ตามวิธีนี้อาจใช้กับค่าเพนิเตรชันสูงถึง 500 โดยใช้ภาชนะบรรจุตัวอย่างแบบพิเศษและ เข็มชนิดพิเศษโดยใช้ภาชนะบรรจุตัวอย่างควรลึกอย่างน้อยที่สุด 60 มม. ปริมาตรตัวอย่างทั้งหมดในภาชนะบรรจุตัวอย่างไม่ควรเกิน 125 มล. เพื่อให้สามารถปรับอุณหภูมิตัวอย่างได้อย่างเหมาะสม

3.1 เข็มพิเศษจะต้องมีขนาด และน้ำหนักได้ตามที่ระบุในหัวข้อเข็มมาตรฐาน และจะต้องให้ส่วนของเข็มที่ยาวโผล่จากปลอกมีความยาว 50 มม.

3.2 ตัวอย่างที่มีค่าเพนิเตรชันสูงอาจทดลองโดยใช้เข็มมาตรฐาน และภาชนะบรรจุตัวอย่างขนาด 6 ออนซ์ แต่ใช้น้ำหนักกด 50 กรัม ค่าเพนิเตรชันหาได้จากการคูณผลการทดลองของน้ำหนักกด 50 กรัม ด้วยค่ารากกำลังสองของ 2 (square root of 2) นั่นคือ

$$\text{ค่าเพนิเตรชันภายใต้น้ำหนักกด 100 กรัม} = \frac{\text{ค่าเพนิเตรชันภายใต้น้ำหนักกด}}{\text{50 กรัม X 1.414}}$$

การรายงาน

รายงานค่าเฉลี่ยการทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง ความแตกต่างของการทดลองจะต้องไม่เกินข้อกำหนดดังตารางที่3.1 นี้

ค่าเพนิเตรชัน	0 – 49	50 - 149	150 - 249
ค่าแตกต่างระหว่าง ค่าทดลองสูงสุด และต่ำสุด	2	4	6

หลักการพิจารณาผลการทดลอง

1.ผลการทดลอง โดยผู้ทดลองคนเดียวกัน ห้องทดลอง และเครื่องทดลองอันเดียวกันในเวลาต่างกัน (repeatability) จะเชื่อถือได้ต่อเมื่อผลการทดลองนั้นแตกต่างกันไม่มากกว่ากำหนดดังนี้

2. ผลการทดลองที่ทำโดยผู้ทดลอง 2 คน จากห้องทดลองคนละห้อง (reproducibility)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวัง

1.ในการเตรียมตัวอย่าง โดยการให้ความร้อนก่อนที่จะเทลงสู่ภาชนะบรรจุตัวอย่างจะต้องให้ความร้อนสม่ำเสมอ เมื่อเทลงสู่ภาชนะบรรจุตัวอย่างแล้วต้องสังเกตดู ถ้ายังมีฟองอากาศปะปนอยู่ ควรให้ความร้อนอีกเล็กน้อยแล้วคนไล่ฟองอากาศให้หมด

2. ตรวจสอบน้ำหนักของแกน เข็ม และน้ำหนักถ่วง ต้องรวมกันให้ได้ครบตามข้อกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การทดลองที่ 3

วิธีการทดลองหาค่าการยืดตัว (Ductility)

(ASTM D113-85)

ขอบข่าย

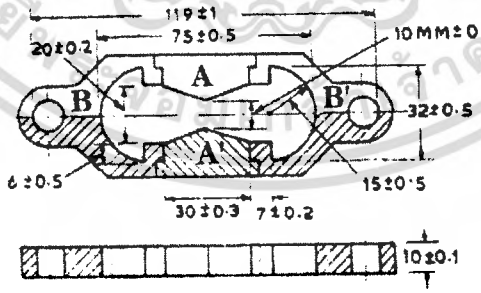
การยืดตัวของวัสดุบิทูเมน คือ ระยะทางที่วัสดุตัวอย่างยืดออกก่อนขาดจากกันซึ่งวัดได้จากการดึงปลายทั้งสองข้างของตัวอย่างรูปบริเคท ซึ่งอยู่ในแบบมาตรฐาน ด้วยอัตราความเร็ว และอุณหภูมิที่กำหนด ถ้าการทดลองไม่ได้กำหนดเป็นอย่างอื่น ให้ใช้อุณหภูมิการทดลองที่ 25 ± 0.5° C (77 ± 0.9° F) และใช้อัตราความเร็ว 5 ซม. / นาที ± 5.0% ถ้าใช้อุณหภูมิอื่นควรกำหนดอัตราความเร็วด้วย

วิธีการทดลองนี้จะใช้วัดคุณสมบัติรับแรงดึงของวัสดุบิทูเมน และใช้วัดการยืดตัวตามข้อกำหนด

อุปกรณ์

1. แบบ (Mold) แบบที่ใช้มีรูปร่าง และขนาดดังแสดงในรูปที่ 2.1 ทำด้วยทองเหลือง ส่วนปลาย b และ b เรียกว่าตัวยึด (clips) ส่วน a และ a' เรียกว่า ส่วนข้างของแบบ ขนาดของแบบเมื่อประกอบแล้วจะต้องให้ได้ตัวอย่างรูปบริเคทซึ่งมีขนาดดังนี้

ความยาวทั้งหมด	7.45	ถึง	7.55	ซม.
ระยะทางระหว่างตัวยึด	2.97	ถึง	3.03	ซม.
ความกว้างที่ปากตัวยึด	1.98	ถึง	2.02	ซม.
ความกว้างของส่วนแคบที่สุด	0.99	ถึง	1.01	ซม.



รูปที่3.5 แสดงรายละเอียดของแบบมาตรฐานที่ใช้ในการหาค่าการยืดตัว (Ductility)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) เป็นอ่างน้ำที่สามารถปรับ และควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ตามกำหนด เปลี่ยนแปลงได้ไม่มากกว่า 0.1° C (0.18° F) ปริมาตรของน้ำไม่น้อยกว่า 10 ลิตร มีชั้นโปร่งสูงจากก้นอ่างไม่น้อยกว่า 5 ซม. สำหรับวางตัวอย่าง และน้ำท่วมตัวอย่างไม่น้อยกว่า 10 ซม.

3. เครื่องดึง (Testing Machine) เป็นเครื่องสำหรับดึงตัวอย่างที่หล่อแล้วให้แยกออกจากกันอาจจะใช้เครื่องมือแบบใดก็ได้ที่สามารถดึงตัวยุดทั้งสองให้ตัวยึด ออกด้วยอัตราความเร็วสม่ำเสมอตามที่กำหนด ไม่สั่นสะเทือน และขณะทดลองตัวอย่างจะต้องจมอยู่ใต้น้ำตลอดเวลาตามที่กำหนดไว้ในวิธีการทดลอง

4. แผ่นทองเหลือง (Brass Plate) แผ่นทองเหลืองที่ใช้จะต้องมีผิวหน้าราบเรียบเมื่อวางแบบบนแผ่นทองเหลือง ผิวด้านล่างของแบบจะสัมผัสแผ่นทองเหลืองโดยตลอด

5. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

ช่วงอุณหภูมิ	หมายเลขเทอร์โมมิเตอร์
-8 ถึง 32° C	63 C
18 ถึง 89° C	63 F

6. ตะแกรงเบอร์ 50 (300-μM)

วิธีการทดลอง

1.ใช้วัสดุผสมของกลีเซอริน (glycerin) และเด็กซ์ตริน (dextrin), แท็ลค์ (talc), หรือ คาโอลิน (kaolin) อย่างบางๆ ฉาบลงบนแผ่นทองเหลือง และส่วนข้างของแบบทางด้านใน (ส่วน a และ a') ถ้าไม่มีวัสดุผสมดังกล่าวอาจใช้สบู่ทาก็ได้ เพื่อไม่ให้ตัวอย่างยึดติดกับแผ่นทองเหลือง และส่วนข้างของแบบ จากนั้นประกอบแบบทั้งหมดลงบนแผ่นทองเหลือง

2. ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างคนให้สม่ำเสมอด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้เกิดความร้อนที่จุดใดจุดหนึ่งมากเกินไป จนกระทั่งตัวอย่างเหลวพอที่จะเทได้

3. กรองตัวอย่างผ่านตะแกรงเบอร์ 50 คนตัวอย่างให้ทั่วอีกครั้ง

4. เทตัวอย่างลงในแบบที่ประกอบไว้แล้ว การเทตัวอย่างเทลงเป็นสายเล็กๆ เทไปมาจากปลายข้างหนึ่งไปถึงอีกปลายข้างหนึ่งของแบบ จนกระทั่งตัวอย่างล้นออกจากแบบเล็กน้อย ปล่อยให้ตัวอย่างที่หล่อในแบบเย็นลงตามอุณหภูมิห้องทดลองเป็นเวลา 30 ถึง 40 นาที จากนั้นนำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่กำหนดเป็นเวลา 30 นาที นำส่วนทั้งหมดขึ้นจากน้ำ ใช้มีดบางๆ หรือใบพายสำหรับปาด (spatula) ซึ่งอังไฟให้ร้อนพอประมาณ ตัดปาดตัวอย่างส่วนที่เกินออกจากแบบให้ผิวหน้าของตัวอย่างในแบบมีระดับ เรียบเต็มแบบพอดี

5. นำแผ่นทองเหลือง และแบบพร้อมตัวอย่างจากข้อ 4 วางลงในอ่างนี้ควบคุมอุณหภูมิ ตามอุณหภูมิที่กำหนดเป็นเวลา 85 ถึง 95 นาที ยกขึ้นจากอ่างเอาแผ่นทองเหลืองและส่วนข้างทั้งสองของแบบออก แล้วนำไปทดลองดึงทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การดึงตัวอย่าง ให้เอาห่วงที่ปลายของตัวยึดทั้งสองข้าง ใส่ลงในขอเกี่ยวของเครื่องแล้วเดินเครื่องดึงตัวยึด ให้แยกจากกันด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอตามกำหนด (50 ซม. / นาที) เปลี่ยนแปลงได้ไม่เกิน ± 5% จนกระทั่งตัวอย่างที่ยืดเป็นเส้นขาดออกจากกัน วัดระยะที่ยืดออกจนขาดจากกันในหน่วยเซนติเมตร ในขณะทดลองน้ำในอ่างของเครื่องดึงจะต้องคลุมตัวอย่างทั้งด้านบน และด้านล่างอย่างน้อย 2.5 ซม. (77 °F) ภายในช่วง ± 0.5° C (0.9° F)

(ก) การควบคุมอุณหภูมิที่ 25 ° C (ข) การการดึงตัวอย่าง

รูปที่3.6 การเตรียมตัวอย่างะละการทดสอบของการทดสอบหาค่าการยืดตัว (Ductility)

การรายงาน

1.การทดลองปกติ วัสดุจะต้องยืดออกจากการดึงจนเป็นเส้นเล็กมากก่อนขาดจากกันตรงจุดที่วัดพื้นที่หน้าตัดไม่ได้ การรายงานให้ใช้ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 3 ครั้ง

2. ถ้าเส้นตัวอย่างของวัสดุบิทูเมนลอยขึ้นมาสัมผัสผิวของน้ำ หรือจมลงแตะก้นของอ่างในระหว่างดึงถือว่าการทดลองไม่ปกติ ให้ปรับความถ่วงจำเพาะภายในอ่างโดยเติม เมธิลแอลกอฮอล์ (methyl alcohol) หรือ โซเดียมคลอไรด์ เพื่อไม่ให้วัสดุบิทูเมนลอยสัมผัสกับผิวของน้ำ หรือจมลงแตะก้นอ่างในระหว่างการทดลอง

3. ถ้าการทดลองไม่ปกติจากการทดลองสามครั้ง ให้รายงานการยืดตัวว่าทดลองไม่ได้พร้อมกับสภาวะทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การทดลองที่ 4

วิธีการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Softening Point)

(ASTM D36-84)

ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เป็นวิธีหาจุดอ่อนตัวของบิทูเมนในช่วง 30° หรือ 157° C (86° ถึง 315° F) โดยใช้เครื่องมือวงแหวน และลูกกลม (ring – and – ball apparatus) แช่จมลงในน้ำกลั่น (31° ถึง 80°C) หรือ UPS กลีเซอรีน (สูงกว่า 80° C ถึง 157° C) หรือ เอทธีลีน (30° C ถึง 110° C)

วิธีการโดยย่อ

หล่อตัวอย่างลงในวงแหวนทองเหลือง แล้ววางลูกกลมบนตัวอย่างในวงแหวน ประกอบเครื่องมือแล้วนำไปแช่ลงในกระบอกแก้วซึ่งบรรจุของเหลว และได้รับความร้อนตามอัตราที่กำหนด ของเหลวที่ร้อนจะทำให้วัสดุตัวอย่างอ่อนตัวลง จนในที่สุดไม่สามารถรองรับลูกกลมได้อีกต่อไป อุณหภูมิของของเหลวเมื่อตกจากวงแหวนเป็นระยะ 25 มิลลิเมตร เป็นจุดอ่อนตัวของวัสดุตัวอย่าง

วัสดุบิทูเมนจะอ่อนตัวมากขึ้นและหนืดน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จุดอ่อนตัวนี้มีประโยชน์ในการจำแนก วัสดุบิทูเมนซึ่งเป็นค่าหนึ่งที่บ่งบอกถึงความสม่ำเสมอของเนื้อวัสดุ ที่ขนส่งจากแหล่งผลิต และยังเป็นค่าที่ชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มที่วัสดุจะไหลเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

อุปกรณ์

1.วงแหวน (Rings) วงแหวนทองเหลืองสองวงมีขนาดและรูปร่างดังรูป

2. แผ่นรอง (Pouring Plate) แผ่นทองเหลืองแบนเรียบขนาดประมาณ 50 X 75 มม. (2X3 นิ้ว) ใช้รองรับในขณะที่เทตัวอย่าง

3. ลูกกลม (Balls) ลูกเหล็กกลมสองลูก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 มม. (3/6 นิ้ว) น้ำหนักแต่ละลูก 3.5 $\pm$ 0.05 กรัม

4. เครื่องจัดให้ลูกกลมอยู่ตรงกลาง (Ball – Centering Guides) ทำด้วยทองเหลืองใช้สำหรับจัดลูกเหล็กกลมให้วางอยู่ตรงกลางวงแหวน

5. กระบอกแก้ว (Bath) ทำด้วยแก้วทนความร้อนสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในไม่น้อยกว่า 85 มิลลิเมตร อาจใช้บิกเกอร์ทนความร้อนสูง ขนาดจุ 800 มิลลิลิตร ก็ได้

6. แท่นยึดวงแหวนและส่วนประกอบ (Ring Holder and Assembly) แท่นยึดทำด้วยทองเหลืองใช้รองรับวงแหวน ให้วางตัวอยู่ในแนวราบ มีลักษณะดังแสดงในรูป ส่วนประกอบของเครื่องมือมีลักษณะดังแสดงในรูป บ่าด้านล่างของวงแหวนเมื่อวางบนแท่นยึด จะต้องอยู่สูงกว่าผิวบนแผ่นรองอันล่างเป็นระยะ 16 $\pm$ 3 มิลลิเมตร (5/8 $\pm$ 1/8 นิ้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

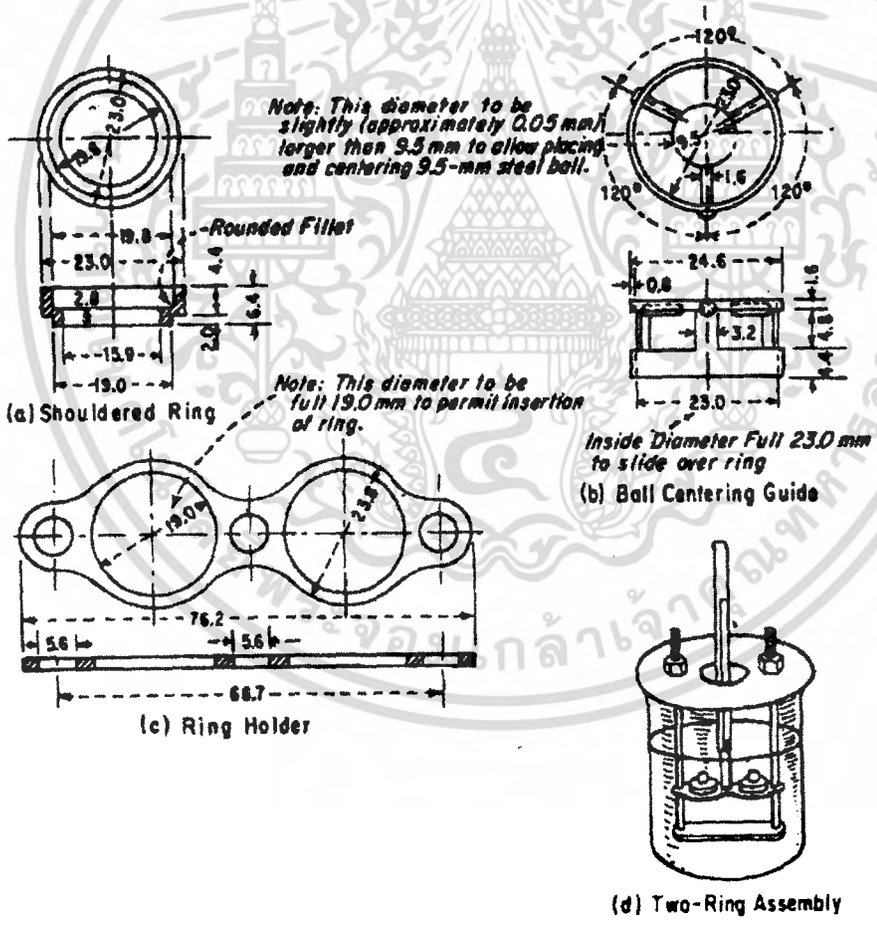
7. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

7.1 สำหรับจุดอ่อนตัวต่ำ ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่มีช่วงวัดจาก -2° C ถึง ± 80° C หรือ 30° F ถึง 180° F และตรงตามข้อกำหนดของเทอร์โมมิเตอร์ 15° C หรือ 15° F ดังระบุใน Specification E1 ของ ASTM

7.2 สำหรับจุดอ่อนตัวสูงใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่ช่วงวัดจาก 30° C ถึง 200° C หรือ 85° F ถึง 395° F และตรงตามข้อกำหนดของเทอร์โมมิเตอร์ 16°C หรือ 16°F Specification E1 ของ ASTM

7.3 เทอร์โมมิเตอร์ 113°C หรือ 113°F สำหรับวัดจุดอ่อนตัวของวัสดุบิทูเมนจากช่วง -1° C ถึง ± 175° C หรือ 30° F ถึง 350°F

7.4 เมื่อประกอบเครื่องมือ ก้นกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ จะต้องได้รับวงแหวน อยู่ห่างจากวงแหวน 13 มิลลิเมตร ไม่สัมผัสกับวงแหวนและที่ยึดวงแหวน



รูปที่3.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาจุดอ่อนตัว (Softening Point)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างสำหรับการทดลอง

1.การเตรียมตัวอย่างและทดลองวัสดุแอสฟัลท์จะต้องเสร็จสมบูรณ์ภายใน 6 ชั่วโมง ถ้าเป็นพวกโคลทาร์ จะต้องเสร็จสมบูรณ์ภายใน $4^{1}/_{2}$ ชั่วโมง ให้ความร้อนแก่วัสดุบิทูเมน ด้วยความระมัดระวัง คนให้ทั่วอย่าให้จุดหนึ่งจุดใดร้อนจนเกินไป จนกระทั่งเหลวพอที่จะเทได้ง่าย และต้องระมัดระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ การให้ความร้อนตัวอย่างโคลทาร์ ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง และอุณหภูมิสูงกว่าจุดอ่อนตัวที่คาดไว้ไม่เกิน 110° C (200° F) สำหรับตัวอย่างโคลทาร์ให้ความร้อนไม่เกิน 30 นาทีและอุณหภูมิสูงกว่าจุดอ่อนตัวที่คาดไว้ไม่เกิน 55° C (100° F) ถ้าการทดลองต้องปฏิบัติซ้ำห้ามให้ความร้อนซ้ำกับตัวอย่างเดิมให้ใช้วัสดุสำหรับตัวอย่างใหม่

2. ให้ความร้อนกับวงแหวนทองเหลืองทั้งสองวง (แต่ไม่ให้ความร้อนกับแผ่นรอง) ที่อุณหภูมิเท่าๆ กับอุณหภูมิของวัสดุขณะเท แล้วนำวงแหวนทองเหลืองไปวางบนแผ่นรอง ซึ่งฉาบด้วยวัสดุผสมของกลีเซอร์รีน และเด็กซ์ตริน, แท็ลค์ หรือคาโอลิน เพื่อกันไม่ให้ตัวอย่างเกาะติดแผ่นรอง

3. เทตัวอย่างในแหวนให้ล้นเล็กน้อย แล้วปล่อยให้เย็นลงตามอุณหภูมิแวดล้อมเป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที สำหรับวัสดุที่มีคุณสมบัติอ่อนตัวตามอุณหภูมิห้องให้ปล่อยวัสดุเย็นลงที่อุณหภูมิซึ่งต่ำกว่าจุดอ่อนตัวที่คาดไว้อย่างน้อย 10° C (18° F) เป็นเวลาอย่างน้อยที่สุด 30 นาที เวลาตั้งแต่เริ่มต้นเทวัสดุตัวอย่างจนถึงเวลาเริ่มทดลองไม่ควรเกิน 240 นาที

4. เมื่อตัวอย่างเย็นลงให้ใช้มีดบางๆ สะอาดซึ่งอังไฟให้ร้อนแล้วตัดตัวอย่างส่วนเกินออกจนเรียบเสมอปากขอบวงแหวน

วิธีการทดลอง

1.เลือกของเหลวที่จะใส่ในกระบอกแก้ว และเทอร์โมมิเตอร์ให้เหมาะสมกับจุดอ่อนตัวที่คาดไว้ดังนี้

1.1 น้ำกลั่นสำหรับค่าจุดอ่อนตัวระหว่าง 30° กับ 80° C (86° กับ 176 °F) ใช้เทอร์โมมิเตอร์ 15° C หรือ 15° F เทอร์โมมิเตอร์ 113C หรือ 113F อุณหภูมิเริ่มต้นในกระบอกแก้ว 5 ± 1° C (41 + 2° F)

1.2 UPS กลีเซอร์รีน หรับจุดอ่อนตัวเกินกว่า 80° C (176 °F) ถึง 157° C (315 °F) ใช้เทอร์โมมิเตอร์ 16°C หรือ 16°F, หรือเทอร์โมมิเตอร์ 113°C หรือ 113°F อุณหภูมิเริ่มต้นในกระบอกแก้ว 30 ± 1° C (86 ± 2° F)

1.3 เอทธิลีนไกลโคล สำหรับจุดอ่อนตัวระหว่าง 30° กับ 110° C (86 กับ 230° F) ใช้เทอร์โมมิเตอร์ 113°C หรือ 113°F อุณหภูมิเริ่มต้นในกระบอกแก้ว 5 ± 1° C (41 ± 2° F)

2. ประกอบเครื่องมือพร้อมด้วยวงแหวนบรรจุตัวอย่าง เครื่องจัดลูกกลมให้ตรงศูนย์กลาง และเทอร์โมมิเตอร์ในตู้ดูดควัน เติมของเหลวลงในกระบอกแก้วจนได้ความลึก 105 ± 3 มม. (41/8 ± 1/8 นิ้ว) ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เอทธิลีนไกลโคลต้องแน่ใจว่าพัดลมดูดอากาศของตู้ดูดควันปฏิบัติงานอย่างเหมาะสมเพื่อขจัดควันพิษให้ปากคีบจับวางลูกกลมลงในกระบอกแก้ว เพื่อจะให้มีอุณหภูมิเท่ากับเครื่องทดลอง

3. วางกระบอกแก้วที่ประกอบเครื่องมือแล้วลงในน้ำที่มีน้ำแข็ง หรือให้ความร้อนเล็กน้อยตามอุณหภูมิเริ่มต้นตามที่กำหนดเวลา 15 นาที แล้วยกออก

4. ใช้ปากคีบจับลูกกลมวางลงในเครื่องจัดศูนย์กลาง

5. ให้ความร้อนที่ก้นกระบอกแก้ว โดยอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราสม่ำเสมอ 5° C / นาที (9°F / นาที) ป้องกันลมไม่ให้รบกวนอาจใช้ที่กำบังถ้าจำเป็น ในช่วง 1 นาที หลัง 3 นาทีแรก ยอมให้อุณหภูมิมีความเปลี่ยนแปลงอัตราเพิ่มไม่เกิน ± 0.5° C (± 1.0° F) การทดลองใดที่ควบคุมอัตราเพิ่มอุณหภูมิไม่อยู่ในช่วงกำหนดถือว่าใช้ไม่ได้

6. บันทึกอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ เมื่อลูกกลมตกกระทบแผ่นล่าง (bottom plate) ถ้าอุณหภูมิที่ลูกกลมทั้งสองกระทบแผ่นล่างต่างกันเกิน 1° C (2°F) ให้ปฏิบัติการทดลองใหม่

รูปที่3.8 การทดลองหาจุดอ่อนตัว (Softening Point)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

จุดอ่อนตัวในกระบอกแก้วที่บรรจุน้ำจะมีค่าต่ำกว่าจุดอ่อนตัวในกระบอกแก้วที่บรรจุ กลีเซอร์รีนในการแปลงค่าของจุดอ่อนตัว ซึ่งหาในน้ำ และมีค่าสูงกว่า 80° C (176 °F) เล็กน้อย เป็นค่าจุดอ่อนตัวในกลีเซอร์รีน ให้ใช้ค่าปรับแก้ ± 4.2° C (± 7.6 °F) สำหรับ แอสฟัลท์ และใช้ ± 1.7° C (± 3.0 °F) สำหรับวัสดุพวกโคลทาร์ (coal tar)

ผลการทดลองที่ใช้เอทธิลีนไกลโคลบรรจุในกระบอกแก้วจะมีค่าแตกต่างจากผลการใช้น้ำ หรือกลีเซอร์รีน ซึ่งการแปลงค่าใช้สูตรดังต่อไปนี้

แอสฟัลท์ :

จุดอ่อนตัว (ใช้กลีเซอรีน) = 1.026583 (ใช้เอทธิลีนไกลโคล) - 1.334968° C

จุดอ่อนตัว (ใช้น้ำ) = 0.974118 (ใช้เอทธิลีนไกลโคล) - 1.44459° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 การทดลองที่ 5

วิธีการทดลองหาจุดวาบไฟ และจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน

(Flash Point Test by Cleveland Open-Cup)

(ASTM D92)

ขอบข่าย

เพื่อหาอุณหภูมิวิกฤตของแอสฟัลท์ เพื่อใช้ป้องกันอันตรายในขณะทำการเผาหรือหลอมละลายแอสฟัลท์ จุดวาบไฟ (Flash Point) เป็นจุดที่บ่งบอกอุณหภูมิต่ำสุดที่แอสฟัลท์จะเริ่มระเหยกลายเป็นไอ โดยแอสฟัลท์จะเกิดวาบไฟเมื่อมีเปลวไฟกระทบถูก และอีกจุดหนึ่งที่เป็นอันตรายเช่นเดียวกันก็คือ จุดติดไฟ (Fire Point) ซึ่งเป็นจุดที่แอสฟัลท์เริ่มติดไฟเมื่อมีเปลวไฟมากระทบถูก โดยอุณหภูมิของจุดติดไฟจะสูงกว่าจุดวาบไฟ ดังนั้นการนำแอสฟัลท์ไปใช้งานโดยการให้ความร้อนจึงจำเป็นจะต้องคำนึงถึงจุดวาบไฟ และจุดติดไฟทั้งสองจุดนี้

อุปกรณ์

1.เครื่องมือทำการทดลองจุดวาบไฟโดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Cleveland Open-Cup) ประกอบด้วย

ก. ถ้วยทดลองมีที่จับ (Test Cup)

ข. ที่รองรับถ้วยทดลอง (Heating Plate)

ค. ที่จุดเปลวไฟทดลอง (Test Flame Applicator) โดยที่ปลายมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.6 มิลลิเมตร มีรูกลวงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูในที่จุดเปลวไฟจะต้องอยู่สูงจากขอบถ้วยทดลองไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ควรมีปุ่มโลหะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.2-4.8 มิลลิเมตร ติดตั้งไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อเปรียบเทียบขนาดของเปลวไฟ

ง. เครื่องให้ความร้อน (Heater) ควรใช้เตาไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้ อาจใช้เตาแก๊สหรือตะเกียงแอลกอฮอล์อื่นได้ แต่จะต้องไม่ลุกไหม้หรือไม่มีเปลวไฟเกิดขึ้นรอบๆ ถ้วยทดลอง

จ. ที่จับเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer Support)

ฉ. ขาตั้งของที่รองรับถ้วยทดลอง (Heating Plate Support)

2. ที่บังแสงและลม (Shield) เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส 460 มิลลิเมตร สูง 610 มิลลิเมตร เปิดด้านหน้าไว้

3. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) วัดได้ละเอียด 1° C และวัดได้สูงถึง 400° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1.ตั้งเครื่องมือบนโต๊ะที่มั่นคงและไม่มีลมพัดผ่าน บังส่วนบนเครื่องมือด้วยที่บังแสงและลม เพื่อให้สามารถสังเกตแสงวาบไฟได้ชัดเจน

2. ล้างถ้วยทดลองให้สะอาดด้วยตัวทำลายที่เหมาะสม เช่น น้ำมันเบนซินหรือไตรคลอโรเอทธิลีน เป็นต้น ใช้ฝอยโลหะขัดคาร์บอนที่ติดอยู่ และนำไปให้ความร้อนเพื่อให้น้ำและตัวทำละลายระเหยให้หมด ปล่อยให้ถ้วยทดลองเย็นตัวลงอย่างน้อย 60 °C ให้ต่ำกว่าจุดวาบไฟที่คาดไว้จากนั้นนำมาติดตั้งบนที่รองรับถ้วยทดลอง

3. ตั้งเทอร์โมมิเตอร์ไว้ให้กระเปาะอยู่เหนือก้นถ้วย 6.3 มิลลิเมตร และห่างจากขอบถ้วยประมาณ 1 ใน 4 ของเส้นผ่าศูนย์กลางถ้วย

4. ถ้าตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลองเหนียวมาก ต้องอุ่นให้เหลวพอที่จะเทได้สะดวกสะดวก อุณหภูมิที่ใช้ในการอุ่นจะต้องต่ำกว่าจุดวาบไฟที่คาดไว้ไม่น้อยกว่า 60° C

5. เทตัวอย่างลงในถ้วยทดลองจนถึงขีดกำหนด ถ้ามากเกินไปต้องนำออกโดยไม่ให้เลอะเทอะด้วยนอกของถ้วย ไล่ฟองอากาศที่ผิวหน้าตัวอย่างโดยใช้เปลวไฟจากตะเกียงบุนเสนผ่านผิวหน้าตัวอย่างจนหมด

6. ติดไฟที่จุดเปลวทดลองปรับให้เปลวไฟมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.2 ถึง 4.8 มิลลิเมตร

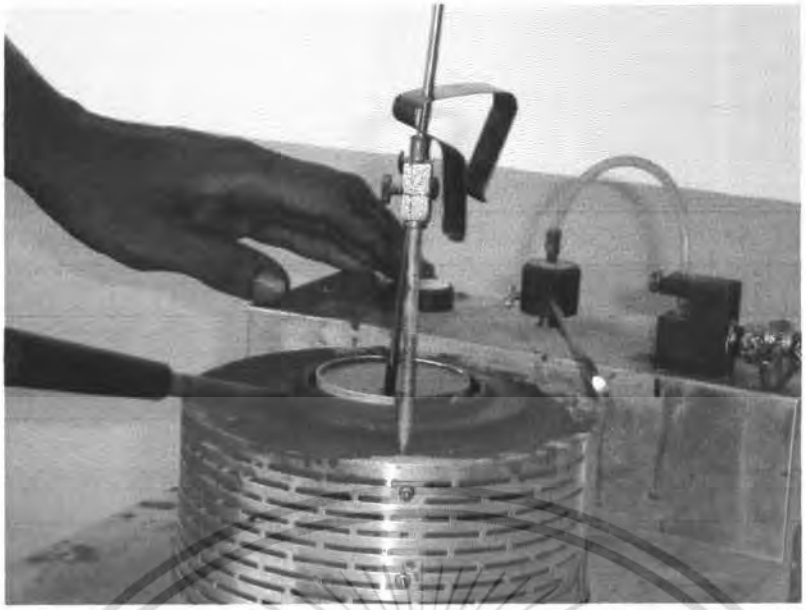
7. ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างโดยให้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิของตัวอย่าง 14 ถึง 17° C (25 ถึง 30°F) ต่อนาทีจนอุณหภูมิของตัวอย่างต่ำจากจุดวาบ ไฟที่คาดไว้ประมาณ 60 (100° F) จึงลดอัตราการเพิ่มความร้อนลงเรื่อยๆจนอัตรา 5 ถึง 6° C (9 ถึง 11° F) ต่อนาที

8. เมื่ออุณหภูมิของตัวอย่างต่ำกว่าจุดวาบที่คาดไว้ประมาณ 28° C (50° F) ให้ใช้เปลวไฟเคลื่อนที่ผ่านถ้วยทดลองทุก ๆ อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2° C (5° F) การผ่านเปลวไฟให้ผ่านจุดศูนย์กลางของถ้วยทดลองด้วยความเร็วสม่ำเสมอ เป็นแนวเส้นตรงหรือเส้นรัศมีไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตรระยะเวลาที่เปลวไฟผ่านถ้วยทดลองประมาณ 1 วินาที

9. เมื่อเกิดการวาบไฟขึ้นบนผิวหน้าของตัวตัวอย่าง ให้บันทึกอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์เป็นจุดวาบไฟ

10. หากต้องการหาจุดติดไฟก็ทำตามขั้นตอนที่ 8. ต่อแล้วสังเกตหากมีเปลววาบขึ้นที่ผิวตัวอย่างเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 5 วินาที ให้บันทึกอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์เป็นจุดติดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.9 การทดลองจุดวาบไฟโดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Cleveland Open-Cup)

การรายงาน

บันทึกอุณหภูมิที่เกิดการวาบไฟบนผิวหน้าตัวอย่าง และอุณหภูมิที่เกิดการวาบไฟบนผิวหน้าตัวอย่างไม่น้อยกว่า 5 วินาทีเป็นจุดวาบไฟ และจุดติดไฟ ตามลำดับ จุดวาบไฟ และจุดติดไฟของการทดลอง 2 ครั้ง โดยผู้ทดลองคนเดียวกันต้องแตกต่างกันไม่เกิน 8 °C (15° F) และผลการทดลองจากผู้ทดลองที่ต่างห้องทดลองกัน ต้องมีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 17° C (30° F)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 การทดลองที่ 6

การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม

1. ขนาดคละของมวลรวม (Gradation) ASTM. C136-76

ขนาดคละของมวลรวม (Gradation) เป็นการทดสอบหาขนาดคละของเม็ดวัสดุโดยการร่อนผ่านตะแกรงโดยไม่ล้างแล้วเปรียบเทียบมวลรวมของตัวอย่างที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่างๆกับมวลทั้งหมดของตัวอย่าง

2. ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ASTM. C128-73

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของวัสดุเม็ดหยาบ (ขนาดโตกว่าตะแกรงเบอร์ 4)

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)ของวัสดุเม็ดละเอียด (ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 200)

3. ดัชนีความแบน (Flakiness Index) AASHTO. BS812-1967

ดัชนีความแบน (Flakiness Index) เป็นการหามวลของวัสดุที่มีความหนาของด้านแบนที่น้อยกว่า 3/5เท่าของขนาดเฉลี่ยของวัสดุนั้น โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับมวลของวัสดุที่นำมาทดสอบ สำหรับข้อกำหนดของกรมทางหลวง ค่าดัชนีความแบนต้องมีค่าไม่มากกว่าร้อยละ 30

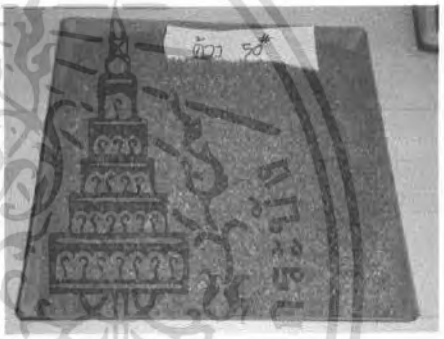
4. ความสึกหรอของมวลรวมหยาบโดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion โดยกรมทางหลวงยอมให้ค่าการสึกหรอชั้นผิวทางไม่เกินร้อย 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) มวลรวมที่ค้างตะแกรงเบอร์ 3/8

(ข) มวลรวมที่ค้างตะแกรงเบอร์ 4

(ค) มวลรวมที่ค้างตะแกรงเบอร์ 8



(ง) มวลรวมที่ค้างตะแกรงเบอร์ 50

(จ) มวลรวมที่เป็นฝุ่นผ่านตะแกรงเบอร์ 200

(ฉ) ตะแกรงเบอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ

รูปที่3.10 ตัวอย่างมวลรวมชนิดหินปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 การทดลองที่ 7

วิธีการทดลองแอสฟัลท์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์

(ASTM – 1559)

ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เพื่อหาคุณภาพของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้เป็นผิวทางหรือพื้นทางแบบแอสฟัลท์คอนกรีต

อุปกรณ์

1. กะละมังเคลือบ หรือภาชนะโลหะที่มีขอบสูงประมาณ 7 ซม. มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่างขอบประมาณ 25 ซม. สำหรับใส่วัสดุ Aggregate

2. ภาชนะโลหะมีขอบสูงประมาณ 15 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางของขอบประมาณ 30 ซม. สำหรับใช้ผสมวัสดุ Aggregate กับแอสฟัลท์

รูปที่3.11 หม้อผสมวัสดุ Aggregate กับแอสฟัลท์

3. เตาลมที่สามารถให้อุณหภูมิสูงถึง 250 องศาเซลเซียส สำหรับอบAggregate

4. เตาแบบ Hot plate ที่สามารถให้อุณหภูมิได้สูงถึง 200 องศาเซลเซียส สำหรับให้ความร้อนแอสฟัลท์และเครื่องมือที่ใช้ในการบดทับ

5. หม้อโลหะสำหรับใส่แอสฟัลท์เพื่อให้ความร้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 องศาเซลเซียส

6. เกรียงใช้ผสมวัสดุ Aggregate กับยางแอสฟัลท์

7. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดมีก้านเป็นโลหะ สามารถวัดอุณหภูมิได้ถึง 250 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เครื่องชั่งสามารถชั่งน้ำหนักได้ถึง 5 กิโลกรัม มีความละเอียดถึง 1 กรัม สำหรับชั่งวัสดุ Aggregate และยางแอสฟัลท์

9. เครื่องชั่ง สามารถชั่งน้ำหนักได้ถึง 2 กิโลกรัม มีความละเอียดถึง 1.1 กรัม ใช้สำหรับชั่งวัสดุแอสฟัลท์คอนกรีตที่บดทับแล้ว

10. อ่างต้มน้ำ (Boiling water bath) มีตะแกรงลวดสำหรับวางวัสดุแอสฟัลท์คอนกรีตที่บดทับแล้ว สามารถควบคุมอุณหภูมิตามต้องการได้

11. แท่นรอง (Compaction Pedestal) ประกอบด้วยฐานไม้ ขนาดประมาณ 20 x 20 x 45 ซม. (8 x 8 x 18 นิ้ว) มีแผ่นโลหะขนาดประมาณ 30 x 30 x 2.5 ซม. (12 x 12 x 1 นิ้ว) ติดอยู่ที่ขอบบนของฐานไม้ ฐานไม้ควรเป็นไม้ที่มีความแน่นแห้ง 0.65 ถึง 0.80 กรัม/ลบ.ซม. (ประมาณ 42-48 ปอนด์/ลบ.ฟุต) แผ่นเหล็กจะต้องยึดแน่นกับฐานไม้

12. แบบสำหรับบดทับ (Compaction mold) ประกอบด้วยแผ่นฐาน (Base plate) แบบ (Mod) และปลอก (collar extension mold) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10.16 ซม. (4 นิ้ว) สูง 762 ซม. (3 นิ้ว)

รูปที่3.12 แบบสำหรับบดทับ (Compaction mold)

13. ค้อน (Compaction hammer) ประกอบด้วยแผ่นเหล็กกลมหนา 1.27 ซม. (0.5 นิ้ว) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.842 ซม. (3.875 นิ้ว) ติดกับก้านเหล็กซึ่งมีแท่งเหล็กหนัก 4.45 กก.(10 ปอนด์) สำหรับทิ้งน้ำหนักลงบนแผ่นเหล็กกลม ในขณะทำการบดทับให้มีระยะตกของแท่งเหล็กเท่ากับ 45.72 ซม. (18 นิ้ว)

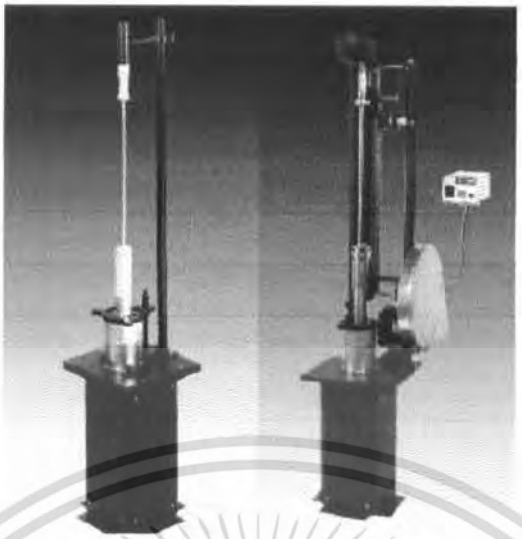
14. ที่จับแบบ (Mold holder) ใช้บังคับให้แบบสำหรับบดทับอยู่กับที่ในขณะทำการบดทับ

15. เครื่องดันตัวอย่าง (Sample extruder)

16. ถุงมือกันความร้อนชนิดใยหิน (Asbestos)

17. ถุงมือกันความร้อนชนิดหนังหรือยาง สำหรับหยิบตัวอย่างที่แช่ในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.13 ค้อน (Compaction hammer) ที่ใช้ในการบดทับ

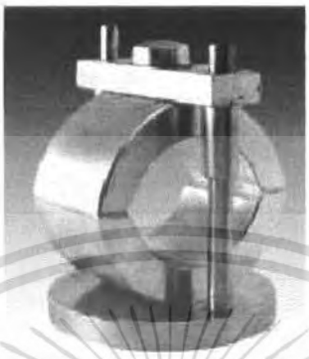
รูปที่3.14 เครื่องดันตัวอย่าง(Sample extruder)

18. เครื่องทดลอง Marshall (Marshall Testing Machine) ใช้สำหรับทดสอบหาค่า Stability เป็นเครื่องกดที่สามารถรับแรงกดได้ไม่น้อยกว่า 3,000 กิโลกรัม (6,000 ปอนด์) เป็นแบบฉุดด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า อัตราเร็วของมอเตอร์ที่หมุนฉุดต้องทำให้ฐานหรือท่อนกดเครื่องที่ด้วยความเร็ว 5 ซม. ต่อนาที (ประมาณ 2 นิ้วต่อนาที) เครื่องกดนี้จะต้องมี Proving ring อ่านค่าแรงกดหรือเครื่องกดอื่นใดที่มีคุณสมบัติเทียบเท่า

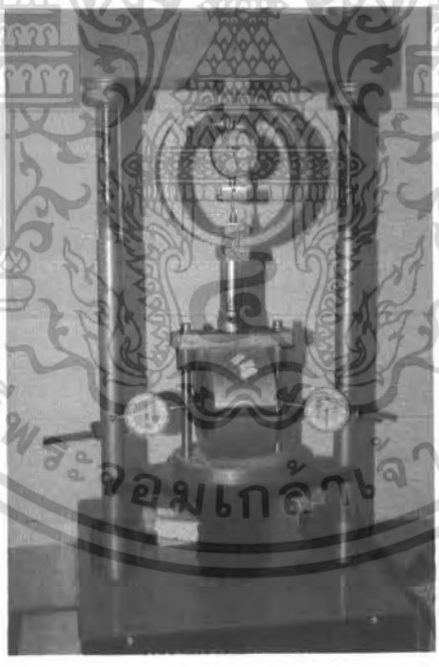
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. แบบทดลอง Stability (Stability mold) สำหรับใส่ตัวอย่างทดลองหาค่า Stability

20. เครื่องวัด Flow (Flow meter) สำหรับทดลองหาค่า Flow ของตัวอย่างระหว่างกดอ่านค่าได้เป็น 1/10 มม.



รูปที่3.15 แบบทดลอง Stability (Stability mold)



รูปที่3.16 เครื่องทดลอง Marshall (Marshall Testing Machine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมตัวอย่าง

นำวัสดุ Aggregate มาดำเนินการดังนี้

1. ทดลองหาขนาดวัสดุชนิดเม็ดหยาบโดย "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง" ตามการทดลองที่ ทล.-ท. 204/2516

2. ทดลองหาขนาดวัสดุชนิดเม็ดละเอียดโดย "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" ตามการทดลองที่ ทล.-205/2517

3. ทดลองหาความถ่วงจำเพาะของวัสดุเม็ดหยาบโดย "วิธีการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ" ตามการทดลองที่ ทล.-ท. 207/2517

4. ทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุเม็ดละเอียดโดย "วิธีการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดละเอียด" ตามการทดลองที่ ทล.-ท. 208/2518

5. หาอัตราส่วนผสมของวัสดุ Aggregate เมื่อรวมกันแล้วได้ขนาดตามที่ต้องการ (Blending)

6. นำวัสดุ Aggregate ตามอัตราส่วนที่หาได้ (เมื่อบดทับแล้วตัวอย่างจะหนาประมาณ 6.35 ซม. 2.5 นิ้ว) ใส่ในกะละมังเคลือบ ไปอบในเตาอบให้ได้อุณหภูมิสูงถึง 160 ± 5 องศาเซลเซียส

7. นำแบบสำหรับบดทับและค้อนไปวางบน Hot plate ที่มีอุณหภูมิระหว่าง 90 – 150 องศาเซลเซียส

8. นำวัสดุแอสฟัลท์ที่จะใช้ผสมไปให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิที่ทำให้แอสฟัลท์ มีค่า Viscosity เท่ากับ 85 ± 10 second Saybolt Furol

การทดลอง

1. นำกะละมังใส่ตัวอย่างวัสดุ Aggregate ออกจากเตาอบแล้วเทวัสดุลงในภาชนะโลหะสำหรับผสมวัสดุ Aggregate กับแอสฟัลต์ ใช้เกรียงผสมให้วัสดุ Aggregate แต่ละขนาดคละกันให้ทั่วทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของ Aggregate ลดลงถึง 145 ± 5 องศาเซลเซียส ใช้เกรียงเกลี่ยตรงกลางวัสดุให้เป็นแอ่ง แล้วเทแอสฟัลท์ที่เตรียมไว้ ตามปริมาณที่ต้องการลงในแอ่งตัวอย่าง

2. นำภาชนะโลหะ ขึ้นตั้งบน Hot plate ใช้เกรียงผสมให้วัสดุ Aggregate และแอสฟัลท์ให้เข้ากันโดยเร็วที่สุด โดยปกติประมาณ 1 นาที พยายามให้แอสฟัลท์เคลือบวัสดุทุกเม็ด

3. นำแบบสำหรับบดทับมาประกอบเข้าที่

4. เทตัวอย่างวัสดุผสมลงในแบบที่ประกอบแล้ว ใช้เกรียงแซะรอบๆ ตัวอย่างข้างในแบบประมาณ 15 ครั้ง และแซะเข้าในตัวอย่างอีก 10 ครั้ง ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของตัวอย่างลดลง ที่อุณหภูมิเมื่อแอสฟัลท์มี Viscosity เท่ากับ 140 ± 15 Second Saybolt Furol

5. วางค้อนลงบนตัวอย่างในแบบ ทำการบดทับตัวอย่างโดยการยกน้ำหนักและปล่อยให้น้ำหนักตกลงบนแผ่นเหล็ก จำนวนครั้งขึ้นอยู่กับการออกแบบซึ่งแบ่งออกเป็น

ก. แอสฟัลท์คอนกรีต สำหรับถนนที่มีการจราจรชั้น Light traffic และ Medium traffic จำนวนครั้งใช้ 50 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. แอสฟัลท์คอนกรีต สำหรับถนนที่มีการจราจรชั้น Heavy traffic และ Very heavy traffic จำนวนครั้งใช้ 75 ครั้ง

6. เมื่อครบจำนวนการบดทับแล้ว ทำการกลับตัวอย่างโดยการกลับแบบเอาด้านล่างขึ้นด้านบน แล้วทำการบดทับเช่นเดียวกับข้อ 5

7. ทิ้งตัวอย่างที่บดทับเรียบร้อยแล้วไว้ในแบบ จนกระทั่งอุณหภูมิของตัวอย่างลดลงต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส จึงนำตัวอย่างออกจากแบบ โดยการใช้เครื่องดันตัวอย่าง ทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศธรรมดาไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง จึงนำไปทดลองขั้นต่อไป

8. ในปริมาณของการผสมโดยใช้แอสฟัลท์เปอร์เซ็นต์อันหนึ่งอันใด ให้เตรียม ตัวอย่างอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง สำหรับการออกแบบให้ใช้ตัวอย่างแต่ละเปอร์เซ็นต์ของแอสฟัลท์อย่างน้อย 5 ค่า และแต่ละค่าต่างกัน 0.5%

9. ทำการทดลองหาความแน่นของตัวอย่างโดย

ก. นำตัวอย่างไปชั่งหาน้ำหนักในอากาศ

ข. นำตัวอย่างไปแช่ในน้ำธรรมดาประมาณ 5 นาที แล้วนำตัวอย่างขึ้นเช็ดตัวอย่างให้ผิวแห้ง ชั่งหาน้ำหนักในอากาศ

ค. นำตัวอย่างข้อ ข. ไปชั่งหาน้ำหนักในน้ำ

10. ทำการทดลองหาค่า Stability และ Flow

ก. นำตัวอย่างที่เสร็จจากการทดลองแล้ว ไปแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 60 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในอ่างต้มน้ำ

ข. เมื่อครบกำหนดนำตัวอย่างขึ้นจากอ่างต้มน้ำ เช็ดให้ผิวตัวอย่างแห้งแล้วนำไปใส่ในแบบทดลอง Stability เพื่อไปกดหาค่า Stability และค่า Flow

ค. นำแบบทดลอง Stability ที่ได้จากข้อ ข. ไปวางบนเครื่องทดลอง Marshall ให้แบบทดลอง Stability อยู่ใต้ท่อนกด (piston) ซึ่งติดกับ proving ring สำหรับอ่านค่ากด

ง. เดินเครื่องให้แบบทดลอง Stability เคลื่อนไปสัมผัสกับท่อนกดจนกระทั่งเข็มของ dial gauge ที่ติดกับ proving ring ขยับตัว หยุดเครื่องทำการตั้งเข็มของ dial gauge ที่เลข 0

จ. นำเครื่องวัด Flow ไปวางบนแกนที่สำหรับทดลองหาค่า Flow ซึ่งติดกับแบบทดลอง Stability ตั้งเข็ม dial gauge ของเครื่องวัด Flow ให้อยู่ที่เลข 0 ใช้มือจับเครื่องวัด Flow ให้นิ่งอยู่กับที่

ฉ. เดินเครื่องให้กดเพื่อทดลองหาค่า Stability โดยอ่านค่าน้ำหนักสูงสุดที่จดจาก proving ring เป็นค่าที่ได้ (measured) ซึ่งต้องแก้ไข (adjust) สำหรับตัวอย่างมาตรฐานที่หนา 6.35 ซม. (2.5 นิ้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช. ขณะที่ทำการทดลองหาค่า Stability เข็ม Dial gauge ของเครื่องวัด Flow จะเคลื่อนที่ อ่านค่า Flow จาก Dial gauge ของเครื่องวัด Flow จะเคลื่อนที่ อ่านค่า Flow จาก Dial gauge ที่น้ำหนักกดสูงสุด

รูปที่3.17 ลักษณะก้อนตัวอย่างที่พร้อมกดทดสอบ

การคำนวณ

คำนวณหาค่า Bulk Specific gravity, V.M.A. (Voids in mineral aggregate) Air Void และ V.F.B (Voids filled with bitumen) ดังนี้

1. คำนวณหา Effective asphalt cement by weight of mix (b)

สูตร $$b_1 = b - \left[\frac{x\,(100-b)}{100} \right]$$

เมื่อ b = % asphalt cement by weight of mix

x = asphalt lost by absorption

(1 kg. Of AC/100 kg. Of Agg.)

2 คำนวณหา Bulk Specific Gravity of Specimen (g)

สูตร $$g = \frac{d}{d - e}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ d = weight of specimen in air; gm

b_1 = weight of specimen at saturated surface dry condition ; gm

e = weight of saturated Specimen immersed in water; gm

3. คำนวณหา Percent total value of affective asphalt cement ในตัวอย่างที่บดทับแล้ว (i)

สูตร $i = \frac{b_1 g}{G_{ac}}$

เมื่อ G_{ac} = Bulk Specific Gravity of Asphalt Cement

4. คำนวณหา Percent total value of aggregate ในตัวอย่างที่บดทับแล้ว (j)

สูตร $j = \frac{(100-b)}{G_{ac}}$

เมื่อ G_{ac} = Bulk Specific Gravity of Blended Agg.

5. คำนวณหา Percent air voids ในตัวอย่างที่บดทับแล้ว

สูตร Air Voids = 100 - i – j

6. คำนวณหา V.M.A. (Voids in mineral aggregate)

สูตร V.M.A = 100 - j

7. คำนวณหา V.F.B (Voids filled with bitumen)

สูตร $V.F.B. = 100\frac{i}{J}$

8. นำค่าต่างๆ ที่คำนวณได้ไปเขียน curves แสดงความสัมพันธ์ดังนี้

8.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Stability กับ % Asphalt cement by weight of aggregate

8.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Flow กับ %Asphalt cement by weight of aggregate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Unit weight of total mix กับ% Asphalt cement by weight of Aggregate

8.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง % Air Voids กับ%Asphalt cement by weight of aggregate

8.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง % V.M.A. กับ%Asphalt cement by weight of aggregate

8.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง % V.F.B. กับ%Asphalt cement by weight of aggregate

สถานที่

ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมการทาง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาในการทำวิจัย

เริ่มงานวิจัย เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2549 สิ้นสุด เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

ตารางที่4.1 ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น (Asphalt Cement Grade 60-70)

ASPHALT CONCRETE TESTING LABORATORY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

SPECIFIC GRAVITY AND DENSITY OF ASPHALT CEMENT

PROJECT *Special Project 1* TESTED DATE *04 / 09 / 2549*

CLIENT *Project1 Group 3 HN* TESTED BY *Project1 Group 3 HN*

SAMPLEDESCRIPTION *Asphalt Cement Grade 60-70*

TEST NO.		1	2	3
PYCNOMETER NO.		807	611	704
TEST TEMPERATURE	°C	25	25	25
MASS OF PYCNOMETER PLUS STOPPER (A)	g	34.34	33.72	33.99
MASS OF PYCNOMETER WITH WATER (B)	g	59.95	58.64	58.65
MASS OF PYCNOMETER PARTIALLY FILLED WITH ASPHALT (C)	g	52.28	50.66	50.80
MASS OF PYCNOMETER PLUS ASPHALT PLUS WATER (D)	g	60.15	59.09	58.85
SPECIFIC GRAVITY (GA)=(D-A)/[(B-A)-(D-C)]		1.0113	1.0273	1.0120
AVERAGE SPECIFIC GRAVITY		1.0169		
DENSITY OF WATER (W)	kg/m^3	997	997	997
DENSITY = G x W	kg/m^3	1.0082	1.0242	1.0090
AVERAGE DENSITY	kg/m^3	1.0138		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.2 ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น (Polymer Modified Asphalt)

ASPHALT CONCRETE TESTING LABORATORY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

SPECIFIC GRAVITY AND DENSITY OF ASPHALT CEMENT

PROJECT *Special Project 1* TESTED DATE *25 / 09 / 2549*

CLIENT *Project1 Group 3 HN* TESTED BY *Project1 Group 3 HN*

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt*

TEST NO.		1	2	3
PYCNOMETER NO.		807	704	611
TEST TEMPERATURE	°C	25	25	25
MASS OF PYCNOMETER PLUS STOPPER (A)	g	34.34	33.99	33.72
MASS OF PYCNOMETER WITH WATER (B)	g	59.84	58.57	58.81
MASS OF PYCNOMETER PARTIALLY FILLED WITH ASPHALT (C)	g	54.62	52.25	51.63
MASS OF PYCNOMETER PLUS ASPHALT PLUS WATER (D)	g	60.18	58.88	59.07
SPECIFIC GRAVITY (GA)=(D-A)/[(B-A)-(D-C)]		1.0170	1.0172	1.0147
AVERAGE SPECIFIC GRAVITY		1.0163		
DENSITY OF WATER (W)	kg/m^3	997	997	997
DENSITY = G x W	kg/m^3	1.0140	1.0142	1.0116
AVERAGE DENSITY	kg/m^3	1.0132		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.3 ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Asphalt Cement Grade 60-70)

ASPHALT CONCRETE TESTING LABORATORY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PENETRATION TEST

PROJECT *Special Project 1* TESTED DATE *04 / 09 / 2549*

CLIENT *Project1 Group 3 HN* TESTED BY *Project1 Group 3 HN*

SAMPLEDESCRIPTION *Asphalt Cement Grade 60-70*

TOTAL LOAD *100* g

TIME *5* second

TEMPERATURE *25* °C

SAMPLE NO.	PENETRATION NO.			AVERAGE PENETRATION	REMARK
	1	2	3		
1	65	63	63	63.67	
2	64	66	65	65.00	
3	66	65	65	65.33	
AVERAGE TOTAL				64.67	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.4 ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt)

ASPHALT CONCRETE TESTING LABORATORY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PENETRATION TEST

PROJECT *Special Project 1* TESTED DATE *25 / 09 / 2549*

CLIENT *Project1 Group 3 HN* TESTED BY *Project1 Group 3 HN*

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt*

TOTAL LOAD *100* g

TIME *5* second

TEMPERATURE *25* °C

SAMPLE NO.	PENETRATION NO.			AVERAGE PENETRATION	REMARK
	1	2	3		
1	67	69	67	67.67	
2	68	68	69	68.35	
3	67	67	69	67.67	
AVERAGE TOTAL				67.90	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.5 ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Asphalt Cement Grade 60-70)

ASPHALT CONCRETE TESTING LABORATORY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DUCTILITY TEST

PROJECT *Special Project 1* TESTED DATE *04 / 09 / 2549*

CLIENT *Project1 Group 3 HN* TESTED BY *Project1 Group 3 HN*

SAMPLEDESCRIPTION *Asphalt Cement Grade 60-70*

TEMPERATURE *25* °C

SAMPLE NO.	DUCTILITY NO.			AVERAGE DUCTILITY (cm)	REMARK
	1	2	3		
1	128.5	138.0	131.2	132.57	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.6 ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Polymer Modified Asphalt)

ASPHALT CONCRETE TESTING LABORATORY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DUCTILITY TEST

PROJECT *Special Project 1* TESTED DATE *25 / 09 / 2549*

CLIENT *Project1 Group 3 HN* TESTED BY *Project1 Group 3 HN*

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt*

TEMPERATURE *25* °C

SAMPLE NO.	DUCTILITY			AVERAGE DUCTILITY (cm)	REMARK
	1	2	3		
1	76	69	72	72.35	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.7 ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Asphalt Cement Grade 60-70)

ASPHALT CONCRETE TESTING LABORATORY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

SOFTENING TEST

PROJECT *Special Project 1* TESTED DATE *04 / 09 / 2549*

CLIENT *Project1 Group 3 HN* TESTED BY *Project1 Group 3 HN*

SAMPLEDESCRIPTION *Asphalt Cement Grade 60-70*

TEST NO.		1		2		3	
SOFTENING POINT	°C	53	52	50	52	55	53
AVERAGE SOFTENING POINT	°C	52.5		51		54	
TOTAL SOFTENING POINT	°C	52.4					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.8 ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Polymer Modified Asphalt)

ASPHALT CONCRETE TESTING LABORATORY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

SOFTENING TEST

PROJECT *Special Project 1* TESTED DATE *25 / 09 / 2549*

CLIENT *Project1 Group 3 HN* TESTED BY *Project1 Group 3 HN*

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt*

TEST NO.		1		2		3	
SOFTENING POINT	°C	65	67	66	65	66	68
AVERAGE SOFTENING POINT	°C	66		65.5		67	
TOTAL SOFTENING POINT	°C	66.20					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.9 ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน

(Asphalt Cement Grade 60-70)

ASPHALT CONCRETE TESTING LABORATORY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

FLASH POINT TEST BY CLEVELAND OPEN-CUP

PROJECT *Special Project 1* TESTED DATE *04 / 09 / 2549*

CLIENT *Project1 Group 3 HN* TESTED BY *Project1 Group 3 HN*

SAMPLEDESCRIPTION *Asphalt Cement Grade 60-70*

FLASH POINT

SAMPLE NO.	FLASH POINT (°C)			AVERAGE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	336	334	339	336.33	

FIRE POINT

SAMPLE NO.	FIRE POINT (°C)			AVERAGE FIRE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	360	364	360	361.33	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.10 ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน

(Polymer Modified Asphalt)

ASPHALT CONCRETE TESTING LABORATORY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

FLASH POINT TEST BY CLEVELAND OPEN-CUP

PROJECT *Special Project 1* TESTED DATE *25 / 09 / 2549*

CLIENT *Project1 Group 3 HN* TESTED BY *Project1 Group 3 HN*

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt*

FLASH POINT

SAMPLE NO.	FLASH POINT (°C)			AVERAGE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	290	302	294	295.35	

FIRE POINT

SAMPLE NO.	FIRE POINT (°C)			AVERAGE FIRE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	309	316	314	313.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.11 ผลการทดลองหาขนาดของเม็ดวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง (Bin 1 – หินฝุ่น)

SIEVE ANALYSIS

Special

PROJECT Project 1 OWNER Project1 Group 3 HN

LOCATION Ladkrabang - Bangna Road BORING NO. –

SOIL DESCRIPTION หินฝุ่น SAMPLE DEPTH –

TEST NO. 1 SAMPLE NO. 1

TEST BY DATE 18 / 09 / 2549

Project1 Group 3 HN

Specific Gravity of Soil,Gs	2.731
Tray No.	
Weight of Tray ,g	254.38
Weight of Tray + Dry Soil ,g	1754.38
Weight of Dry Soil ,g	1500
Sieves Standard	ASTM. C136-76

REMARK: _____

Sieve No.	Sieve Opening mm	Weight of Sieve g	Weight of Sieve + Soil ,g	Weight of Soil Retained ,g	Cumulative Retained ,g	Cumulative Retained ,%	Percent Finer ,%
3/8"	9.50	796.80	796.80	–	–	–	–
4	4.75	486.79	486.79	0.00	0.00	0.00	100.00
8	2.36	476.22	761.72	285.50	285.50	19.05	80.95
16	1.18	655.55	1070.55	415.00	700.50	46.75	53.25
30	0.60	599.71	920.21	320.50	1021.00	68.14	31.86
50	0.30	573.87	742.37	186.50	1189.50	79.39	20.61
100	0.15	523.31	609.81	86.50	1276.00	85.16	14.84
200	0.075	509.51	555.51	46.00	1322.00	88.23	11.77
Pan	–	375.97	552.27	176.30	1498.30	100.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.12 ผลการทดลองหาขนาดของเม็ดวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง (Bin 2 - หิน 3/8 นิ้ว)

SIEVE ANALYSIS

Special

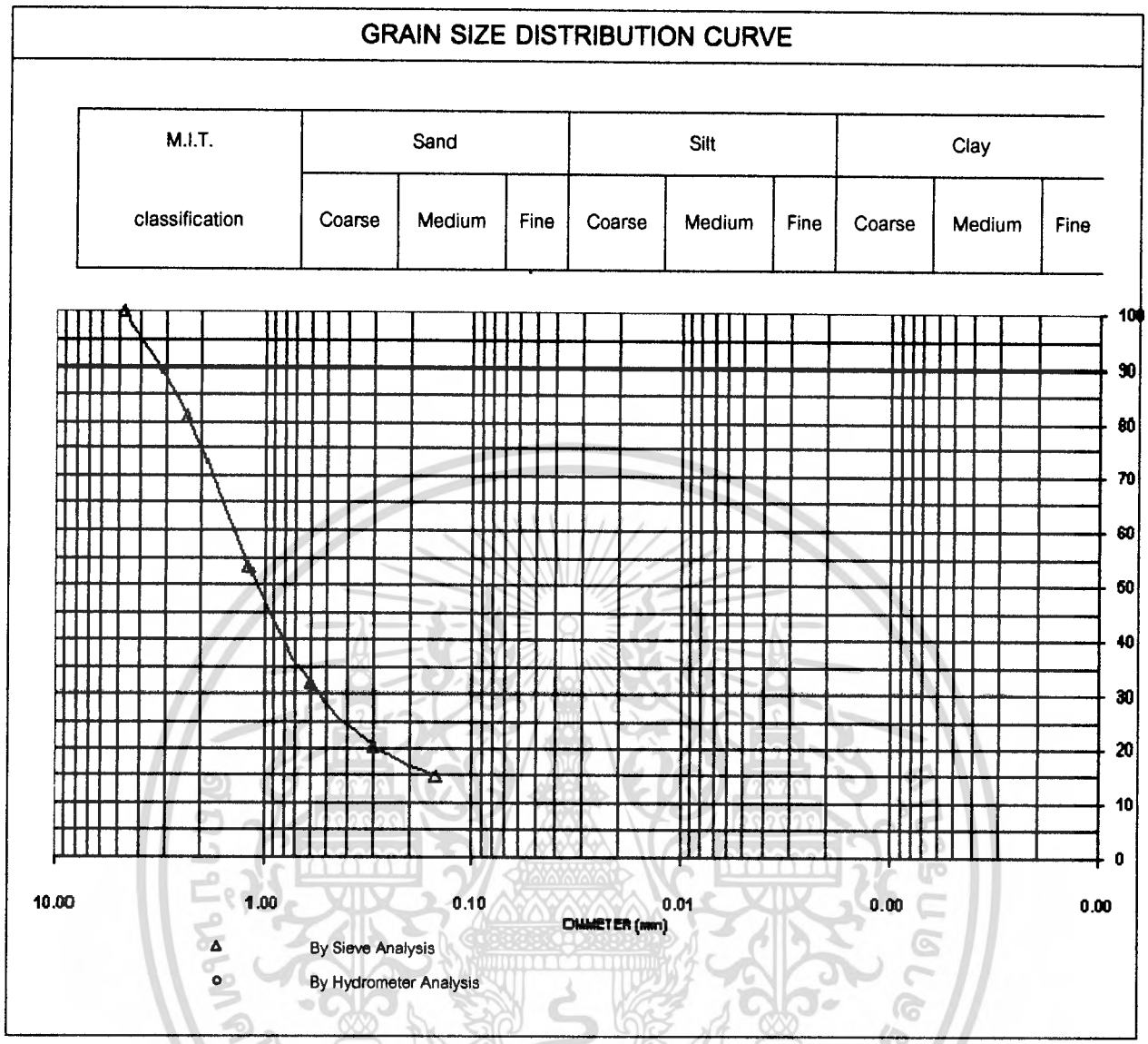
PROJECT	Project 1	OWNER	Project1 Group 3 HN
LOCATION	Ladkrabang - Bangna Road	BORING NO.	--
SOIL DESCRIPTION	หิน 3/8 นิ้ว	SAMPLE DEPTH	--
TEST NO.	1	SAMPLE NO.	1
TEST BY		DATE	18 / 09 / 2549
Project1 Group 3 HN			

Specific Gravity of Soil,Gs	2.731
Tray No.	
Weight of Tray ,g	281.36
Weight of Tray + Dry Soil ,g	2281.36
Weight of Dry Soil ,g	2000
Sieves Standard	ASTM. C136-76

REMARK: _____

Sieve No.	Sieve Opening mm	Weight of Sieve g	Weight of Sieve + Soil ,g	Weight of Soil Retained ,g	Cumulative Retained ,g	Cumulative Retained ,%	Percent Finer ,%
3/8"	9.50	796.80	796.80	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.75	486.79	2028.98	1542.19	1542.19	77.16	22.84
8	2.36	476.22	912.65	436.43	1978.62	99.00	1.00
16	1.18	655.55	663.15	7.60	1986.22	46.75	0.62
Pan	-	375.97	388.35	12.38	1998.60	100.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.1 กราฟแสดงขนาดคละของมวลรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.13 ผลความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของวัสดุเม็ดหยาบ (ขนาดโตกว่าตะแกรงเบอร์ 4)

PROJECT *Special Project 1* TESTED DATE *04 / 09 / 2549*

CLIENT *Project1 Group 3 HN* TESTED BY *Project1 Group 3 HN*

ตัวอย่างที่	น้ำหนักวัสดุแห้ง (W1) กรัม	น้ำหนักวัสดุที่SSD (W2) กรัม	น้ำหนักวัสดุในน้ำ (W3) กรัม	ถ่วงจำเพาะ W1/(W2-W3)
1	831.5	832.5	526.6	2.718
2	821.3	824.2	524.3	2.738
3	829.1	831.4	528.8	2.739
เฉลี่ย				2.731

.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

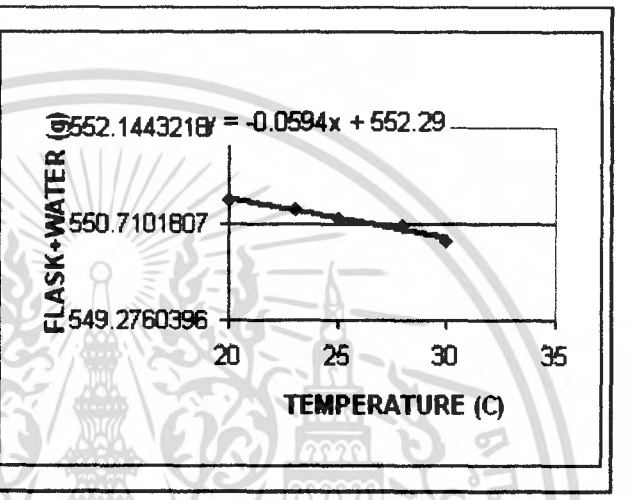
ตารางที่4.14 ผลความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของวัสดุเม็ดละเอียด

(ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 200)

PROJECT *Special Project 1* TESTED DATE *04 / 09 / 2549*

CLIENT *Project1 Group 3 HN* TESTED BY *Project1 Group 3 HN*

PYCNOMETER CALIBRATION		
No.	FLASK+WATER (g)	TEMPERATURE (C)
1	650.46	30
2	650.68	28
3	650.8	25
4	650.94	23
5	651.08	20



Depth	
Determination No.	
1. Temperature ,t(C)	28
2. Weight of Flask + Water + Soil ,W1(g)	682.93
3. Weight of Flask + Water ,W2(g)	650.68
4. Container No.	6
5. Weight of Dry soil + Container (g)	318.04
6. Weight of Container (g)	268.05
7. Weight of Dry soil (g)	49.99
8. Specific Gravity of Water at T , Gt	0.9963
9. Specific Gravity of Soil	2.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.15 ผลการทดสอบค่าดัชนีความแบนของมวลรวมหยาบ

Sieve Size (mm.)	Weight Retained (g)	Weight Passing (g)	Total Weight (g)	Flakiness Index (%)
9.50 - 4.75 3/8" - 4 #	368	132	500	26.40

ตารางที่4.16 ผลการทดสอบความสึกหรอของมวลรวมหยาบแบบ Los Angeles Abrasion

แบบการจัดขนาดคละ C

จำนวนลูกเหล็ก 8

ขนาดตะแกรง		น้ำหนักมวลรวมที่ใช้
ผ่าน	ค้าง	(กรัม)
3/8"	1/4"	2502
1/4"	# 4	2500
น้ำหนักรวมทั้งหมด (M1)		5002
น้ำหนักหลังการทดสอบ (M2)		3628
น้ำหนักสูญเสีย (M1 - M2)		1374
ร้อยละการสึกหรอ [(M1 - M2)/ (M1)] x 100		27.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.17 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติของ AC 60-70 และ PMA (4%)

ชนิดการทดสอบ	หน่วย	AC 60-70	PMA (4%)	มาตรฐาน AC 60-70	มาตรฐาน PMA (4%)
1. Specific Gravity		1.0169	1.0163		
Density	kg/m^3	1.0138	1.0132		
2. Penetration at 25°c,100 gm, 5 sec	0.1 mm	64.67	67.90	60 to 70	60 to 70
3. Ductility at 25°c, 5 cm/min	cm	132.57	72.35	100 Min	55 Min
4. Softening Point, Ring and Ball	°C	52.4	66.20		60 Min
5. Flash Point Test By Cleveland Open-Cup	°C	336.33	295.35	232 Min	220 Min
Fire Point Test By Cleveland Open-Cup	°C	361.33	313.00		

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

1. แอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60/70

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแอสฟัลท์ซีเมนต์ได้ผลดังตารางสรุปผลการทดลองซึ่งอยู่ในข้อกำหนดของกรมทางหลวง

2. แอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60/70 ที่ผสม EVA (4%) โดยน้ำหนัก (PMA)

2.1 ค่าความถ่วงจำเพาะได้เมื่อเทียบกับแอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60/70มีค่าที่เท่ากัน คือ 0.01และมีความหนาแน่นเท่ากับ 0.013

2.2 ค่าการทะลวงที่ 25°C มีค่า 67.90 เนื่องจากสารโพลิเมอร์ที่ใส่เข้าไปปรับปรุงคุณภาพให้แอสฟัลท์แข็งขึ้น เทียบเท่า กับแอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60/70 ที่มีค่าการทะลวงเท่ากับ 64.67

2.3 การยืดตัวที่ 25°C มีค่า 72.35 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน PMA ของกรมทางหลวง ที่ค่ามากกว่า 55 ขึ้นไป

2.4 จุดอ่อนตัวมีค่า 66.2°C มีมากกว่าแอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60/70 ที่มีจุดอ่อนตัว 52.4°C

2.5 จุดวาบไฟมีค่า 295.35 °C ซึ่งน้อยกว่าแอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60/70 ที่มีค่าเท่ากับ 336.33 °C ซึ่งผ่านมาตรฐานทั้ง AC 60/70 และ PMA (4%)

2.6 จุดติดไฟมีค่าเท่ากับ 313.00 °C ซึ่งน้อยกว่าแอสฟัลท์ซีเมนต์เกรด 60/70 ที่มีค่าเท่ากับ 361.33 °C

3. การทดสอบมวลรวม

3.1 การทดสอบหาอัตราส่วนคละของมวลรวม พบว่าหินที่ได้มาแบ่งเป็นหิน 3/8 กับหินฝุ่น ดังตารางผลทดสอบการทดลองหาขนาดของเม็ดวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง เปอร์เซ็นต์ฝุ่นได้เท่ากับ 11.77 %

3.2 ความถ่วงจำเพาะของส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 โดยมีค่าเท่ากับ 2.81

3.3 ค่าความถ่วงจำเพาะของหิน 3/8 มีค่าเท่ากับ 2.731

3.4 ค่าดัชนีความแบนมีค่าร้อยละ 26.40 ตามข้อกำหนดต้องมีค่าไม่เกิน ร้อยละ 40 ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

3.5 ความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยทดสอบแบบ Los angels Abrasion มีค่า 27.47 ซึ่งข้อกำหนดของการสึกหรอไม่เกินร้อยละ 40 ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบน้ำยางโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์สำหรับงานเสริมผิวทางชนิดบาง ที่ EVA. 4%

1. เนื่องจากแอสฟัลท์ที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้เป็น การปรับปรุงคุณภาพด้วยสารโพลิ เมอร์ชนิด EVA 4% โดยน้ำหนักแอสฟัลท์ โดยใช้อุณหภูมิในการผสม EVA 4% กับ AC 60/70 ที่ 210 °C ซึ่งใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดวาบไฟตามมาตรฐาน ทล . ก 408/2536 ที่กำหนดไว้จุดวาบไฟต้องไม่ต่ำกว่า 220 °C ใน PMA

2. การปรับปรุงคุณภาพของแอสฟัลท์ซีเมนต์ด้วยสารโพลิเมอร์ชนิด Ethylene Vinyl Acetate (EVA) จะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติในด้านความแข็งแรงของแอสฟัลท์ซีเมนต์ ซึ่งจะเห็นได้จากค่าการยืดตัวที่น้อยลง อันเนื่องมาจาก EVA ที่ผสมอยู่

3. แอสฟัลท์ซีเมนต์ที่ผสมด้วยสารโพลิเมอร์ชนิด EVA 4% โดยน้ำหนักแอสฟัลท์ทำให้ยางมีค่าการทะลวงที่ต่ำลง ทำให้ยางแข็งขึ้นจากเดิมโดยดูจากค่าการทะลวงที่ 25 °C มีค่าเท่ากับ 66.2 อันเนื่องมาจากสารโพลิเมอร์ชนิด EVA 4%

4. พบว่าจากผลการทดลองผลที่ได้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดและมีค่าที่เพิ่มขึ้น เห็นได้ว่าคุณสมบัติของแอสฟัลท์ซีเมนต์ดีขึ้นตามด้วย จึงน่าจะลดความเสียหายของผิวทางและยืดอายุการใช้งานของถนนเพิ่มขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.18 ผลการทดสอบการดูดซึมของมวลรวม (ABSORPTION)

DESCRIPTION OF SAMPLE : AGGREGATE FOR ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE .

ASPHALT CONCRETE TYPE : ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE .

DETERMINATION NO.	1	2	3	AVERAGE
A. % BY WT. OF TOTAL MIX %	5.5			
B. WT. OF CONTAINER + DRY SAMPLE IN AIR g.	2,595.8			
C. WT. OF CONTAINER g.	1,322.4			
D. WT. OF DRY SAMPLE IN AIR (B - C) g.	1,273.4			
E. WT. OF BOWL + SAMPLE IN WATER AFTER EVAUATION g.	1,501.0			
F. WT. OF BOWL IN WATER g.	729.0			
G. WT. OF SAMPLE IN WATER g.	772.0			
H. THEOR. MAX Sp. Gr. $G_m = \frac{(D)}{D - G}$	2.540			
L. VIRTUAL Sp. Gr. $G_v = \frac{100 - A}{\frac{100}{G_M} - \frac{A}{G_{ac}}}$	2.781			
J. BULK Sp. Gr. OF MIX AGG , GA_{GG}	2.755			
K. ASPHALT ABSORPTION = $\frac{100(Gv - Gag)\, G_{ac}}{G_V * Gag}$	0.35			
ASPHALT ABSORPTION AVERAGE				
REMARKS :				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.19 (ก)ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตโดยใช้ AC 60/70

Layer: SPHALT CONCRETE WEARING COURS

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 (By Mass) = 30 : 70 Pen. Grade AC 60/70

Avg. Sp. Gr. Agg.and Filler(Gag) = 2.731 Sp. Gr. AC. (Gac) = 1.02

Compaction number of blows each side. = 75 Blows Bitumen Absorption (x) = 0.35 %

No. of Sample			1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC by Mass. of Agg. = (100*b/(100-b))		(a)	4.50			5.00			5.50		
% AC by Mass. of Mix. = (100*a/(100+a))		(b)	4.31			4.76			5.21		
% Eff.AC by Mass.of Mix = b-x(100-b)/100		(c)	3.98			4.43			4.88		
Sample Height.	mm.	(d)	63.5	63.7	63.5	63.2	63.0	64.0	63.4	63.6	63.0
DENSITY											
Mass. in air	gm.	(e)	1,032.4	1,033.0	1,033.6	1,037.2	1,037.0	1,040.4	1,046.2	1,047.7	1,045.6
Mass. in water	gm.	(g)	593.2	592.8	590.3	598.4	595.6	596.5	600.2	601.6	598.7
Bulk Volume	ml. = (f) - (g	(h)	462.9	464.3	462.8	458.0	455.8	459.1	455.7	463.0	459.7
Bulk Density	gm./ml. = (e)/(h)		2.230	2.225	2.233	2.265	2.275	2.266	2.296	2.263	2.275
Average Density		(i)	2.229			2.269			2.278		
VOIDS ANALYSIS											
Volume AC % Total = (c)*(i)/Gac		(j)	8.7			9.9			10.9		
VMA % = 100 - (k)		(l)	21.9			20.9			20.9		
Air voids % = (l) - (j)		(m)	13.2			11.0			10.0		
VFB % = 100 *(j) / (l)		(n)	39.7			47.4			52.2		
STABILITY											
Mean.	N.		10,629	10,499	9,883	11,927	11,667	12,251	13,160	12,849	12,771
Adjust	N.		10,629	9,344	9,883	11,092	11,200	10,535	13,160	12,849	12,771
Average Stability	N.		9,952			10,942			12,927		
FLOWS											
Mean.	mm.		3.5	3.5	3.5	4.3	3.9	4.3	4.7	4.3	4.7
Average Flows	mm.		3.5			4.2			4.6		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.19 (ข)ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตโดยใช้ AC 60/70

Layer: ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 (By Mass) = 30 : 70 Pen. Grade AC 60/70

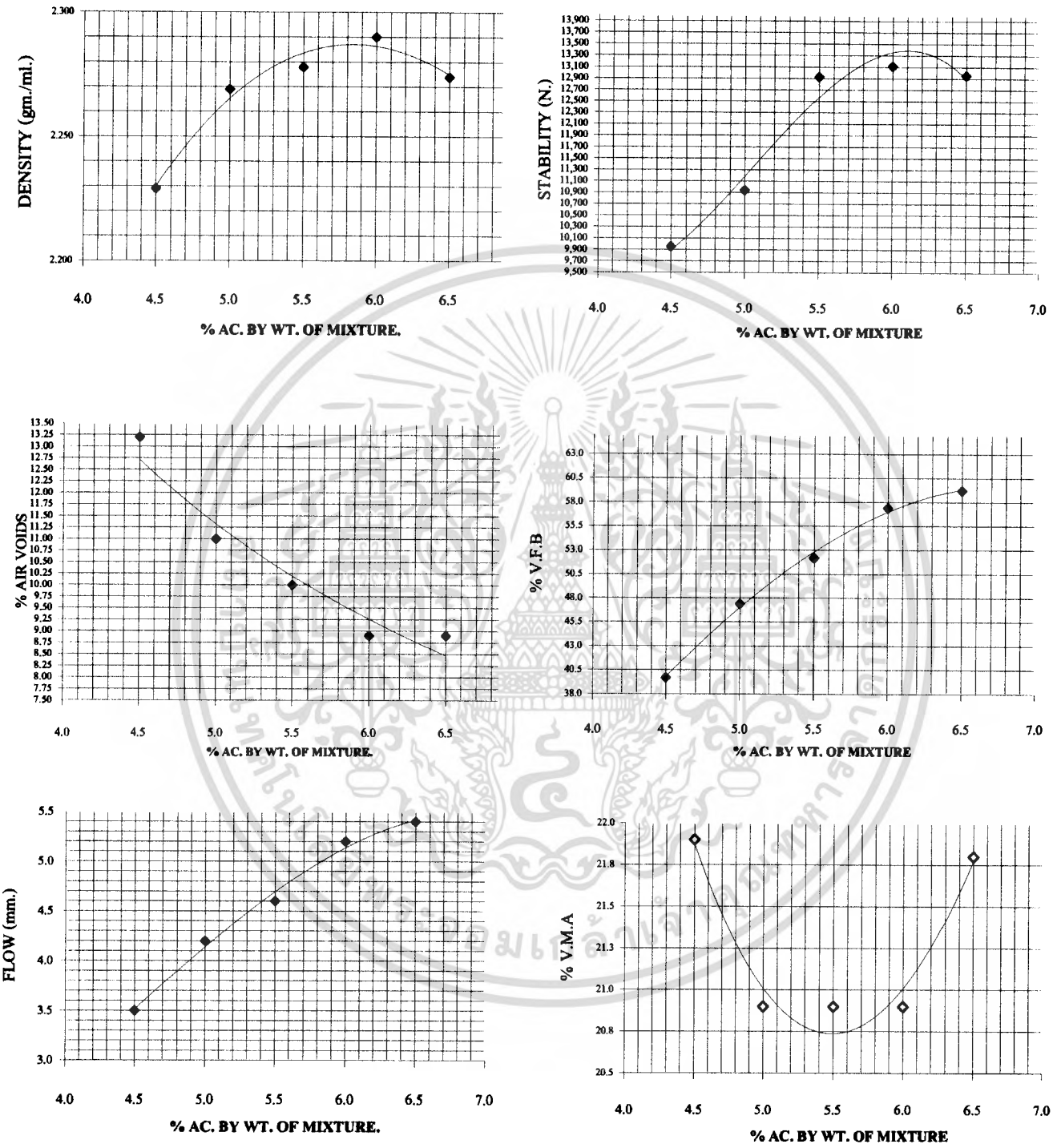
Avg. Sp. Gr. Agg.and Filler(Gag) = 2.731 Sp. Gr. AC. (Gac) = 1.02

Compaction number of blows each side. = 75 Blows Bitumen Absorption (x) = 0.35 %

No. of Sample			1	2	3	1	2	3			
% AC by Mass. of Agg. = (100*b/(100-b))		(a)		6.00			6.50				
% AC by Mass. of Mix. = (100*a/(100+a))		(b)		5.66			6.10				
% Eff.AC by Mass.of Mix = b-x(100-b)/100		(c)		5.33			5.77				
Sample Height.	mm.	(d)	64.2	64.2	64.5	64.5	64.7	64.8			
DENSITY											
Mass. in air	gm.	(e)	1,042.8	1,045.6	1,041.8	1,049.0	1,049.1	1,046.1			
Mass. sat.surface dry	gm.	(f)	1,050.4	1,052.8	1,051.4	1,060.3	1,055.9	1,055.1			
Mass. in water	gm.	(g)	596.0	596.3	595.3	596.3	598.4	594.1			
Bulk Volume	ml. = (f) - (g)	(h)	454.4	456.5	456.1	464.0	457.5	461.0			
Bulk Density	gm./ml. = (e)/(h)		2.295	2.290	2.284	2.261	2.293	2.269			
Average Density		(i)		2.290			2.274				
VOIDS ANALYSIS											
Volume AC % Total = (c)*(i)/Gac		(j)		12.0			12.9				
Volume Agg. % Total = [(100-(b)] (i)/Gag		(k)		79.1			78.2				
VMA % = 100 - (k)		(l)		20.9			21.8				
Air voids % = (l) - (j)		(m)		8.9			8.9				
VFB % = 100 *(j) / (l)		(n)		57.4			59.2				
STABILITY											
Mean.	N.		14,328	13,030	12,511	13,030	12,762	13,974			
Adjust	N.		14,328	12,508	12,511	12,117	12,762	13,974			
Average Stability	N.			13,116			12,951				
FLOWS											
Mean.	mm.		5.1	5.5	5.1	5.1	5.5	5.5			
Average Flows	mm.			5.2			5.4				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของผลการทดลองแอสฟัลท์คอนกรีต AC 60/70 โดยวิธีมาร์แชลล์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.20 (ก)ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตโดยใช้ PMA.

Layer: SPHALT CONCRETE WEARING COURS

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 (By Mass) = 30 : 70 Pen. Grade AC 60/70

Avg. Sp. Gr. Agg.and Filler(Gag) = 2.731 Sp. Gr. AC. (Gac) = 1.02

Compaction number of blows each side. = 75 Blows Bitumen Absorption (x) = 0.35 %

No. of Sample			1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC by Mass. of Agg. = (100*b/(100-b))		(a)		4.50			5.00			5.50	
% AC by Mass. of Mix. = (100*a/(100+a))		(b)		4.31			4.76			5.21	
% Eff.AC by Mass.of Mix = b-x(100-b)/100		(c)		3.98			4.43			4.88	
Sample Height.	mm.	(d)	64.7	67.9	61.3	66.8	65.3	70.6	63.4	63.6	63.0
DENSITY											
Mass. in air	gm.	(e)	1,033.0	1,033.1	1,033.1	1,037.6	1,037.5	1,039.1	1,043.0	1,043.6	1,043.2
Mass. sat.surface dry	gm.	(f)	1,048.5	1,054.8	1,051.6	1,056.2	1,055.4	1,056.7	1,056.7	1,057.4	1,056.6
Mass. in water	gm.	(g)	594.1	593.4	596.7	594.2	598.7	597.6	597.3	600.0	598.0
Bulk Volume	ml. = (f) - (g	(h)	464.2	463.4	463.9	462.0	456.7	459.1	459.4	457.4	458.6
Bulk Density	gm./ml. = (e)/(h)		2.225	2.229	2.227	2.246	2.272	2.263	2.270	2.282	2.275
Average Density		(i)		2.227			2.260			2.276	
VOIDS ANALYSIS											
Volume AC % Total = (c)*(i)/Gac		(j)		8.7			9.8			10.9	
Volume Agg. % Total = [(100-(b)] (i)/Gag		(k)		78.0			78.8			79.0	
VMA % = 100 - (k)		(l)		22.0			21.2			21.0	
Air voids % = (l) - (j)		(m)		13.3			11.4			10.1	
VFB % = 100 *(j) / (l)		(n)		39.5			46.2			51.9	
STABILITY											
Mean.	N.		10,629	10,499	11,083	11,927	11,667	12,251	13,160	13,355	12,771
Adjust	N.		10,629	10,499	11,083	11,927	11,667	12,251	13,160	13,355	12,771
Average Stability	N.			10,737			11,949			13,095	
FLOWS											
Mean.	mm.		3.2	2.8	3.2	3.9	3.5	3.2	3.5	3.9	3.9
Average Flows	mm.			3.0			3.5			3.8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.20 (ข)ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตโดยใช้ PMA.

Layer: ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 (By Mass) = 30 : 70 Pen. Grade AC 60/70

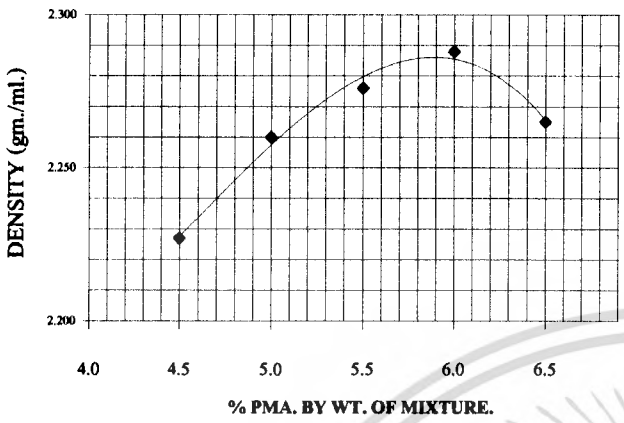
Avg. Sp. Gr. Agg.and Filler(Gag) = 2.731 Sp. Gr. AC. (Gac) = 1.02

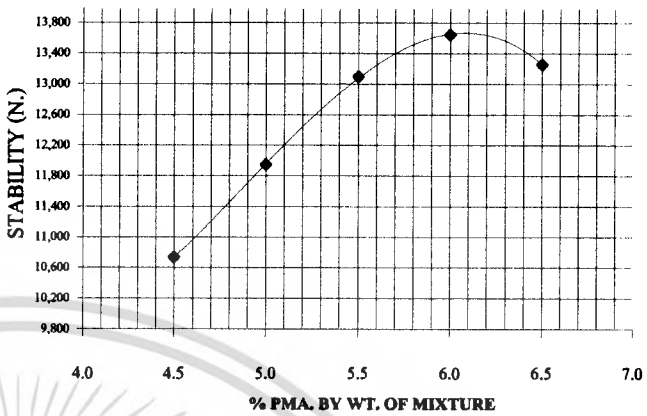
Compaction number of blows each side. = 75 Blows Bitumen Absorption (x) = 0.35 %

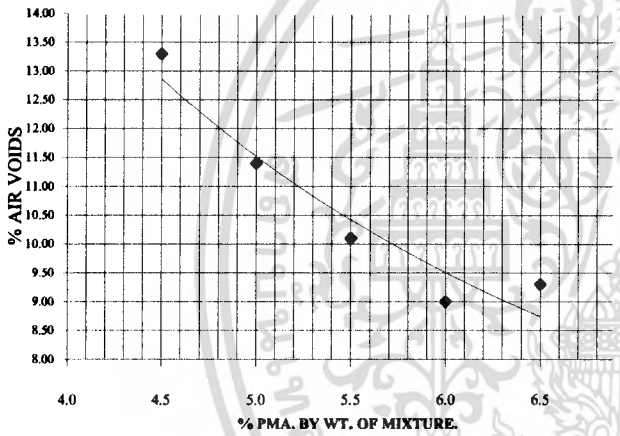
No. of Sample			1	2	3	1	2	3			
% AC by Mass. of Agg. = (100*b/(100-b))		(a)		6.00			6.50				
% AC by Mass. of Mix. = (100*a/(100+a))		(b)		5.66			6.10				
% Eff.AC by Mass.of Mix = b-x(100-b)/100		(c)		5.33			5.77				
Sample Height.	mm.	(d)	64.2	65.3	64.5	66.2	64.7	63.4			
DENSITY											
Mass. in air	gm.	(e)	1,045.6	1,046.2	1,046.5	1,046.2	1,045.7	1,047.4			
Mass. sat.surface dry	gm.	(f)	1,053.3	1,051.0	1,053.9	1,057.7	1,056.0	1,059.2			
Mass. in water	gm.	(g)	597.4	593.7	595.6	594.8	595.4	596.8			
Bulk Volume	ml. = (f) - (g)	(h)	455.9	457.3	458.3	462.9	460.6	462.4			
Bulk Density	gm./ml. = (e)/(h)		2.293	2.288	2.283	2.260	2.270	2.265			
Average Density		(i)		2.288			2.265				
VOIDS ANALYSIS											
Volume AC % Total = (c)*(i)/Gac		(j)		12.0			12.8				
Volume Agg. % Total = [(100-(b)] (i)/Gag		(k)		79.0			77.9				
VMA % = 100 - (k)		(l)		21.0			22.1				
Air voids % = (l) - (j)		(m)		9.0			9.3				
VFB % = 100 *(j) / (l)		(n)		57.1			57.9				
STABILITY											
Mean.	N.		14,328	13,030	13,576	13,030	13,785	12,962			
Adjust	N.		14,328	13,030	13,576	13,030	13,785	12,962			
Average Stability	N.			13,645			13,259				
FLOWS											
Mean.	mm.		4.3	3.9	4.3	4.7	4.7	4.3			
Average Flows	mm.			4.2			4.6				

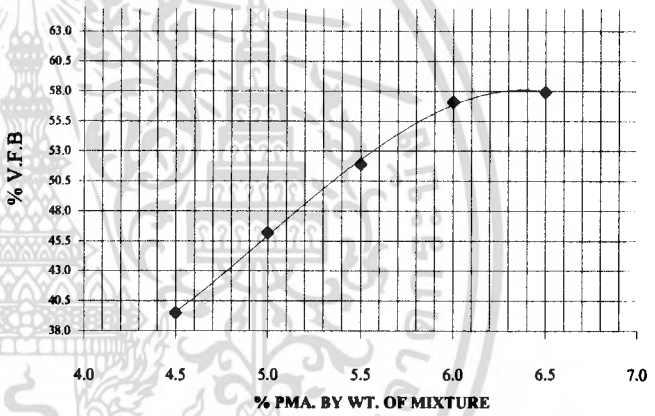
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

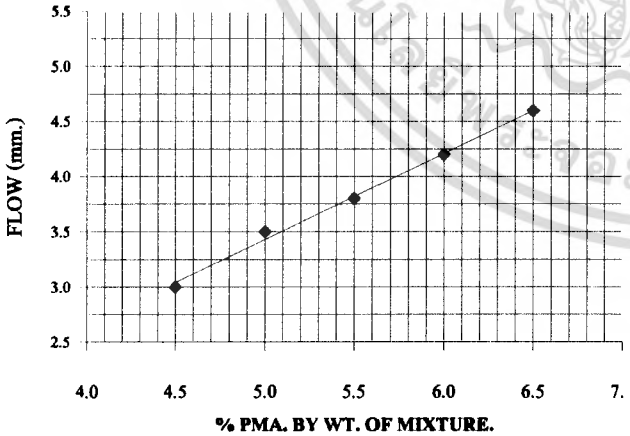
รูปที่4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของผลการทดลองแอสฟัลท์คอนกรีต PMA. โดยวิธีมาร์แชลล์

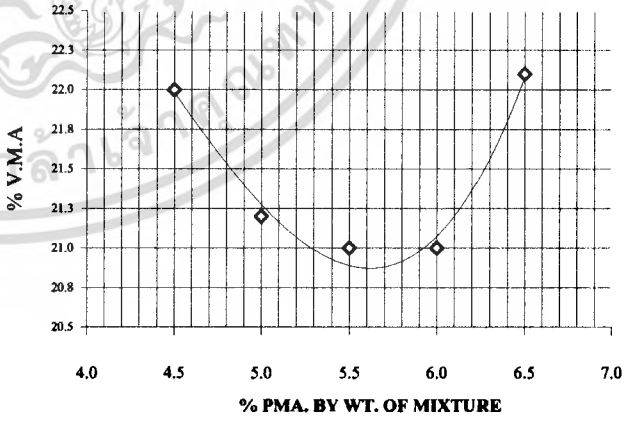












เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.21 ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตและดัชนีความแข็ง (AC 60/70)

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 (By Mass) = 30 : 70 Pen. Grade AC 60/70

Avg. Sp. Gr. Agg. and Filler(Gag) = 2.731 Sp. Gr. AC. (Gac) = 1.02

Compaction number of blows each side. = 75 Blows Bitumen Absorption (x) = 0.35 %

				Soaked Sample			Unsoaked Sample		
No. of Sample				1	2	3	1	2	3
Sample Height	mm.		(a)	61.2	67.9	64.1	65.1	59.6	65.3
DENSITY TEST									
Mass. in air	gm.		(b)	1,032.9	1,035.9	1,030.2	1,030.7	1,038.7	1,029.6
Mass. sat.surface dry	gm.		(c)	1,057.8	1,058.3	1,053.6	1,058.1	1,042.2	1,049.8
Mass. in water	gm.		(d)	597.2	599.1	592.1	596.8	581.8	590.2
Bulk Volume	ml.	= (c) - (d)	(e)	460.6	459.2	461.5	461.3	460.4	459.6
Bulk Density	gm./ml.	= (b) / (e)	(f)	2.243	2.256	2.232	2.234	2.256	2.240
Average Density					2.244			2.244	
VOIDS ANALYSIS									
% AC by Mass. of Agg.			(h)		4.80			4.80	
% AC by Mass. of Mix.	= h/(100+h)*100		(i)		4.58			4.58	
% Eff.AC by Mass.of Mix	= i-(x(100-i)/100)		(j)		4.34			4.34	
Volume AC % Total	= (j)*(g)/Gac		(k)		9.5			9.5	
Volume Agg. % Total	= [(100-(i)] (g)/Gag		(l)		78.3			78.3	
VMA %	= 100 - (l)		(i)		21.7			21.7	
Air voids %	= (i) - (k)		(m)		12.2			12.3	
VFB %	= 100 *(k) / (i)		(n)		43.6			43.5	
STABILITY									
Mean.	N.			26,336	25,363	24,064	31,983	31,529	34,579
Adjust	N.			27,389	22,573	24,064	30,703	34,366	33,195
Average Stability					24,675			32,755	
FLOWS									
Mean.	mm.			4.6	4.3	4.1	4.3	4.6	5.1
Average Flows	mm.				4.3			4.7	

$$\text{Strength Index (\%)} = \frac{\text{Soaked Stability X100}}{\text{Unsoaked Stability}} = \frac{24{,}675 \text{ X } 100}{32{,}755} = 75.33 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.22 ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตและดัชนีความแข็ง (PMA.)

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 (By Mass) = 30 : 70 Pen. Grade AC 60/70

Avg. Sp. Gr. Agg. and Filler(Gag) = 2.731 Sp. Gr. AC. (Gac) = 1.02

Compaction number of blows each side. = 75 Blows Bitumen Absorption (x) = 0.35 %

				Soaked Sample			Unsoaked Sample		
No. of Sample				1	2	3	1	2	3
Sample Height	mm.		(a)	63.2	52.1	65.4	61.2	62.8	59.6
DENSITY TEST									
Mass. in air	gm.		(b)	1,034.6	1,038.0	1,036.9	1,034.1	1,030.8	1,031.2
Mass. sat.surface dry	gm.		(c)	1,056.2	1,062.2	1,063.7	1,060.3	1,050.9	1,054.4
Mass. in water	gm.		(d)	596.0	599.7	601.6	598.6	591.3	594.2
Bulk Volume	ml.	= (c) - (d)	(e)	460.2	462.5	462.1	461.7	459.6	460.2
Bulk Density	gm./ml.	= (b) / (e)	(f)	2.248	2.244	2.244	2.240	2.243	2.241
Average Density				2.245			2.241		
VOIDS ANALYSIS									
% AC by Mass. of Agg.			(h)	4.80			4.80		
% AC by Mass. of Mix.	= h/(100+h)*100		(i)	4.58			4.58		
% Eff.AC by Mass.of Mix	= i-(x(100-i)/100)		(j)	4.34			4.34		
Volume AC % Total	= (j)*(g)/Gac		(k)	9.6			9.4		
Volume Agg. % Total	= [(100-(i)] (g)/Gag		(l)	78.4			78.2		
VMA %	= 100 - (l)		(i)	21.6			21.8		
Air voids %	= (i) - (k)		(m)	12.0			12.4		
VFB %	= 100 *(k) / (i)		(n)	44.4			43.1		
STABILITY									
Mean.	N.			26,336	25,363	24,064	31,983	31,529	34,579
Adjust	N.			26,336	35,254	23,101	33,262	32,790	39,420
Average Stability				28,230			35,157		
FLOWS									
Mean.	mm.			4.6	4.3	4.1	4.3	4.6	5.1
Average Flows	mm.			4.3			4.7		

$$\text{Strength Index (\%)} = \frac{\text{Soaked Stability X100}}{\text{Unsoaked Stability}} = \frac{28{,}230 \text{ X } 100}{35{,}157} = 80.30 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.23 ผลการทดสอบเปรียบเทียบก้อนตัวอย่างโดยวิธีมาร์แชลล์

รายการ	ชนิดของวัสดุเชื่อมประสาน	
	AC 60/70	PMA.
Asphalt Content (by Weight of Agg.)	4.80	4.80
Air Void , (%)	12.10	12.25
Marshall Density, gm / ml.	2.253	2.249
Marshall Flow, mm.	3.92	3.30
Stability / Flow, (N. / mm.)	10,546	11,464
Voids Filled with Bitumen ; VFB , (%)	43.52	44.32
Voids in Mineral Aggregate ; VMA , (%)	21.37	21.52
Strength Index , (%)	75.33	80.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เปรียบเทียบผลการทดสอบก้อนตัวอย่างโดยวิธีมาร์แชลล์

จากการทดสอบก้อนตัวอย่าง โดยวิธีมาร์แชลล์จะประกอบด้วย ค่าความแน่น ค่าเสถียรภาพ โพรงระหว่างมวลรวม โพรงอากาศ ช่องว่างบิทูเมน และค่าการไหล ได้แสดงผลและเปรียบเทียบ สรุปได้ดังนี้

1. ก้อนตัวอย่าง AC 60/70 ในอัตราส่วนผสมที่ทำให้เกิดช่องว่างอากาศ 12 %

1.1 ปริมาณวัสดุเชื่อมประสานใช้เท่ากันคือ 4.80 %

1.2 ค่าความแน่นจะมีค่าลดลงจาก 2.253 เหลือ 2.249 คิดเป็นการลดลง 0.18 %

1.3 ค่าเสถียรภาพเพิ่มขึ้นจาก 10,546 นิวตัน เป็น 11,464 นิวตันคิดเป็นการเพิ่มขึ้น 8.7 %

1.4 ค่าการไหลลดลงจาก 3.92 มิลลิเมตร เหลือ 3.30 มิลลิเมตร คิดเป็นการลดลง 16 %

1.5 ค่า VMA เพิ่มขึ้นจาก 21.37 % เป็น 21.52 % คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 0.70 %

1.6 ค่า VFB ลดลงจาก 43.52 % เหลือ 44.32 % คิดเป็นการลดลง 1.83 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วิจารณ์ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแบบมาร์แชลล์

ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแบบมาร์แชลล์ประกอบด้วย ค่าความแน่น ค่าเสถียรภาพ โพรงระหว่างมวลรวม โพรงอากาศ ช่องว่างบิทูเมน และค่าการไหล ดังนี้

1. ค่าความแน่นในก้อนตัวอย่างแต่ละส่วนผสมจะเห็นได้ว่าความแน่นของตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตที่บดอัดแล้วจะมีค่าเพิ่มขึ้น ตามปริมาณแอสฟัลท์ที่เพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่มีความแน่นสูงสุด หลังจากนั้นความแน่นมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณแอสฟัลท์ที่เพิ่มขึ้น จากเส้นกราฟความแน่นกับปริมาณแอสฟัลท์ในช่วงแรกการเพิ่มขึ้นของส่วนผสมที่ใช้ AC 60/70 จะให้ความแน่นที่สูงกว่า ส่วนผสมที่ใช้ PMA ทั้งนี้อาจเป็นเพราะยาง AC 60/70 จะให้ความหนืดที่ต่ำกว่า PMA ทำให้แอสฟัลท์สามารถแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดหินและในรูพรุนของหินได้มากกว่า PMA.

2. ปริมาณช่องว่างอากาศและช่องว่างระหว่างของวัสดุมวลรวมในแอสฟัลท์คอนกรีตจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับความแน่นและสามารถคำนวณได้จากความแน่นโดยตรงจุดที่มีความแน่นสูงที่สุดจะใกล้เคียงกับจุดที่มีปริมาณช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมในแอสฟัลท์คอนกรีตน้อยที่สุด จากกราฟจะเห็นว่าที่ปริมาณของแอสฟัลท์เดียวกัน ปริมาณช่องว่างอากาศและช่องว่างระหว่างมวลรวมของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้จาก PMA มีค่าสูงกว่าที่ได้จาก AC60/70 ทั้งนี้เนื่องจากแอสฟัลท์คอนกรีตที่ได้จาก AC 60/70 ให้ความแน่นที่สูงกว่า จึงให้ค่าช่องว่างที่น้อยกว่า PMA

3. เสถียรภาพ จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าเสถียรภาพและค่าความแน่นของตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตมีความสัมพันธ์กันโดยตรง เมื่อค่าความแน่นเพิ่มขึ้นค่าเสถียรภาพก็จะเพิ่มขึ้นและเมื่อค่าความแน่นลดลงค่าเสถียรภาพก็จะลดลงตามไปด้วย ที่ปริมาณแอสฟัลท์ที่เท่ากันแอสฟัลท์คอนกรีตที่ผสมด้วย PMA จะให้ค่าเสถียรภาพที่สูงกว่าส่วนผสมที่ผสมด้วย AC 60/70

4. ค่าการยุบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการยุบตัวกับปริมาณแอสฟัลท์ในแอสฟัลท์คอนกรีต จากกราฟในแต่ละส่วนผสมจะเห็นว่าค่ายุบตัวจะเพิ่มขึ้น ตามปริมาณแอสฟัลท์ที่เพิ่มขึ้นในลักษณะเป็นเส้นตรง แอสฟัลท์คอนกรีตที่ใช้ AC 60/70 จะให้ค่าการยุบตัวที่สูงกว่า ส่วนผสมที่ใช้ PMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การออกแบบและการประมาณราคา

ตัวอย่างการออกแบบถนนโดยวิธี Empirical Method

1. ปริมาณการจราจรที่บันทึกไว้จากกองวิศวกรรมจราจรกรมทางหลวง

ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 ตอน อำเภอแม่สรวย – เชียงราย ช่วง กม.800 - 830

Average Daily Traffic (ADT) = 9828 vpd

No. of Heavy Bus (HB) = 642 vpd

No. of Medium Truck (MT) = 799 vpd

No. of Heavy Truck (HT) = 1185 vpd

Total No. of Heavy Vehicle = 2599 vpd

Percent Heavy Vehicle = $\frac{2599}{9829} \times 100$

= 26.44 %

Use = 30 %

Assume Traffic Growth Rate = 6 %

การออกแบบถนนแล้วเสร็จในปี 1994

เริ่มทำการก่อสร้างปี 1996

ก่อสร้างเสร็จและเปิดการจราจรปี 1998

สมมุติช่วงอายุการออกแบบ (Design Period) 15 ปี

ใช้ปริมาณการจราจรในปี 1998 เป็นปีฐาน (Base year) ในการคำนวณปริมาณการจราจรในช่วงอายุการออกแบบ 15 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปริมาณการจราจรในปี 1998

สูตรการหาปริมาณการจราจรในปีใดๆ

$$Y = X(1+r)^n$$

ในเมื่อ Y = ปริมาณการจราจรในปี 1998

X = ปริมาณการจราจรในปี 1992

= 9828 vpd

r = Traffic Growth Rate 6 %

n = จำนวนจากปี 1992- 1998

= 6 ปี

No. of ADT ในปี 1998 $= 9829(1+0.06)^6 = 13941$ vpd

No. of HB ในปี 1998 $= 642(1+0.06)^6 = 911$ vpd

No. of MT ในปี 1998 $= 799(1+0.06)^6 = 1133$ vpd

No. of HT ในปี 1998 $= 1158(1+0.06)^6 = 1643$ vpd

3. Traffic Data for Analysis and Design ในปี 1998

จาก ADT ในปี 1998 = 13941 vpd

% Heavy Bus and Truck = 30 %

Number of Heavy Vehicle in Design Lane $= 0.45 \frac{(13943 \times 30)}{100}$

= 1882 vpd

Average Gross Weight of Heavy Truck = 25.5 T

Single Axle Load Limit = 10.2 T

Design Period = 6 %

ITN Adjustment Factor = 1.165 (โดยการ Interpolate)

No. of Heavy Bus (HB) = 911 vpd

No. of Medium Truck (MT) = 1133 vpd

No. of Heavy Truck (HT) = 1643 vpd

กำหนด Truck Factor

- For HB = 0.60
- For MT = 0.63
- For HT = 1.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คำนวณค่า ITN จาก Chart No. 1

ITN	=	5800
Design Traffic Number	=	Adjustment Factor × 5800
	=	1.165 × 5800
	=	6757

5. หาค่า CBR ที่เหมาะสมสำหรับโครงการ

CBR ต่อไปนี้ได้มาจากการเจาะสำรวจ

	STA	CBR%
Km.	806	17.5
	808	9.5
	810	19.3
	813	2.4
	815	2.3
	817	5.8
	818	3.0
	819	6.0
	821	3.9
	822	3.2
	823	28.8
	824	8.2
	825	4.2
	826	3.8
	827	11.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ค่า CBR ที่ 85 Percentile เป็นตัวแทน CBR ที่จะใช้ในโครงการ โดยเรียงลำดับ CBR จากน้อยสุดไปหามากสุด คำนวณ Percentile ได้ดังนี้

CBR%	Number of Equal to or Greater Than	Percent Equal to or Greater Than
2.3	15	(15/15) ×100 = 100.00
2.4	14	(14/15) ×100 = 93.3
3.0	13	(13/15) ×100 = 86.7
3.2	12	(12/15) ×100 = 80.0
3.8	11	(11/15) ×100 = 73.3
3.9	10	(10/15) ×100 = 66.7
4.2	9	(9/15) ×100 = 60.0
5.8	8	(8/15) ×100 = 53.3
6.0	7	(7/15) ×100 = 46.7
8.2	6	(6/15) ×100 = 40.0
9.5	5	(5/15) ×100 = 33.3
11.5	4	(4/15) ×100 = 26.7
17.5	3	(3/15) ×100 = 20
19.3	2	(2/15) ×100 = 13.3
28.8	1	(1/15) ×100 = 6.7

พล๊อตกราฟค่า CBR และ Percent Equal to or Greater Than

6. Asphalt Pavement Thickness Design

การคำนวณหาความหนาทั้งหมดของแอสฟัลท์คอนกรีตเหนือชั้นดินเดิม, TA

หาได้ 3 วิธี คือ

- คำนวณจากสูตร

$$T_A = \frac{9.19 + 3.97 \log (DNT)}{(CBR)^{0.4}} \quad \text{นิ้ว}$$

หรือ

$$T_A = \frac{2.54 (9.19 + 3.97 \log DNT)}{(CBR)^{0.4}} \quad \text{เซนติเมตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำนวณโดยการใช้ Design Chart ความสัมพันธ์ระหว่าง Equivalent 80 kN Single – Axle – Load (EAL) และ Subgrade Resilient Modulus, Mr
- คำนวณโดยใช้ Design Chart ของ Asphalt Institute

6.1 คำนวณโดยใช้สูตร

จากการวิเคราะห์การจราจรได้ค่า DNT 6757 และค่า CBR Subgrade 3% ได้ค่า TA

$$T_A = \frac{9.19 + 3.97 \log (6757)}{(3.0)^{04}}$$

= 15.72 นิ้ว

= 15.72×2.54

= 39.93 เซนติเมตร

= หรือ 40.00 เซนติเมตร

6.2 คำนวณโดยใช้ Design Chart

จาก Chart ลากเส้นตรงจากค่า DNT เท่ากับ 6757 ที่ สเกล C ผ่านค่า CBR เท่ากับ 3% ที่ สเกล B ไปตัดค่า T_A ที่ สเกล A อ่านได้ค่า TA = 40.8 เซนติเมตร แปลงความหนาจาก T_A ไปเป็นวัสดุต่างๆ

Strength Factor ค่าที่ใช้จะอยู่ประมาณนี้

จากแอสฟัลท์คอนกรีตไปเป็น ชั้นพื้นทาง Factor = 2.0

ชั้นรองพื้นทาง Factor = 2.7

ชั้นวัสดุคัดเลือก Factor = 3.5

จาก T_A เท่ากับ 40 เซนติเมตร จะแทนที่ด้วยวัสดุ CBR ต่างๆกัน

- สมมุติมีวัสดุคัดเลือก "ก" ค่า CBR = 10 %

ค่า T_A เหนือวัสดุนี้ คือ

$$T_A = \frac{9.19 + 3.97 \log (6757)}{(10)^{04}}$$

$$= \frac{9.19 + 3.97 (3.82975)}{(10)^{04}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{9.19 + 15.204}{2.51188}$$

= 9.71 นิ้ว

= 24.7 เซนติเมตร

- สมมุติมีวัสดุคัดเลือก "ข" ค่า CBR = 6 %

ค่า T_A เหนือวัสดุนี้ คือ

$$T_A = \frac{9.19 + 3.97 \log (6757)}{(6)^{0.4}}$$

$$= \frac{9.19 + 3.97 (3.82975)}{(6)^{0.4}}$$

$$= \frac{9.19 + 15.204}{2.0477}$$

= 11.91 นิ้ว

= 30.3 เซนติเมตร

- สมมุติมีวัสดุชั้นรองพื้นทาง ค่า CBR = 25 %

ค่า T_A เหนือวัสดุนี้ คือ

$$T_A = \frac{9.19 + 3.97 \log (6757)}{(25)^{0.4}}$$

$$= \frac{9.19 + 3.97 (3.82975)}{(25)^{0.4}}$$

$$= \frac{9.19 + 15.204}{3.6238}$$

= 6.73 นิ้ว

= 17.10 เซนติเมตร

- สมมุติมีวัสดุชั้นพื้นทาง ค่า CBR = 80 %

ค่า T_A เหนือวัสดุนี้ คือ

$$T_A = \frac{9.19 + 3.97 \log (6757)}{(80)^{0.4}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{9.19 + 3.97\,(3.82975)}{(80)^{.04}}$$

$$= \frac{9.19 + 15.204}{5.77}$$

= 4.23นิ้ว

= 10.7 เซนติเมตร

จากค่าที่ได้ทั้งหมดนำไปออกแบบในตารางออกแบบ จะได้ความหนาของชั้นต่างๆของโครงสร้างชั้นทางดังนี้

ผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีตรวม 2 ชั้น	หนา 11 ซม.
พื้นทางหินคลุก CBR $\geq$ 80%	หนา 20 ซม.
รองพื้นทางวัสดุมวลรวม CBR $\geq$ 25%	หนา 15 ซม.
วัสดุคัดเลือก "ก" ค่า CBR $\geq$ 10 %	หนา 20 ซม.
วัสดุคัดเลือก "ข" ค่า CBR $\geq$ 6 %	หนา 30 ซม.
ดันทาง Subgrade CBR $\geq$ 3%	

การออกแบบถนนลาดยางสายแม่สรวย-เชียงราย

DESIGN OF PAVEMENT

CLASS Divided Highway

ROUTE NO 11, แม่สรวย-เชียงราย

K.M. 806 TO 826

Design Subgrade CBR 3%

Total thickness of asphaltic concrete above prepared subgrade (T_A) 40.0 cm.

Pavement structures

- Surface: Asphalt Concrete	= (High type)		= 11 cm.
- Base: CBR $\geq$ 80%	= 20 cm.	T_A	= 10 cm.
- Subbase : CBR $\geq$ 25%	= 15 cm.	T_A	= 5.5 cm.
- Selected materials "A" CBR $\geq$ 10%	= 20 cm.	T_A	= 5.7 cm.
- Selected materials "B" CBR $\geq$ 6%	= 30 cm.	T_A	= 8.6 cm
		Total T_A	= 40.8 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Total thickness of asphaltic concrete above

- Selected materials "B" CBR $\geq$ 6% ; T_A = 32.2 cm. > 30.3 cm.
- Selected materials "A" CBR $\geq$ 10% ; T_A = 26.5 cm > 24.7 cm.
- Subbase: CBR $\geq$ 25% ; T_A = 21.0 cm > 17.1 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณราคาโครงการก่อสร้างถนนสนับสนุนสนามบินสุวรรณภูมิ สายแยกทางหลวง 34 – ซอยอ่อนนุช ตอนที่ 2

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	ปริมาณงานตามสัญญา ปริมาณ	จำนวนเงิน (บาท)
1. งานดิน				
งานตัดหรือขุดคันทาง	ลบ.ม.	44.00	9,400.00	413,600.00
2. งานถมคันทาง				
งานดินถมคันทาง	ลบ.ม.	245.00	5,400.00	1,323,000.00
งานทรายถมคันทาง	ลบ.ม.	464.00	10,996.00	5,102,225.00
			รวม	6,838,823.000

รายการ	หน่วย	ราคา/หน่วย (บาท)	ปริมาณงานตามสัญญา ปริมาณ	จำนวนเงิน (บาท)
3. งานชั้นรองพื้นทาง, ชั้นพื้นทางและผิวจราจร				
งานรองพื้นทางชนิดลูกรัง	ลบ.ม.	417.00	4,630.00	1,931,077.00
ชั้นรองพื้นแอสฟัลต์ (Asphalt Prime Coat)	ตร.ม.	18.00	16,930.00	304,740.00
ชั้นแอสฟัลต์ยึดเกาะ (Asphalt Tack Coat)	ตร.ม.	6.00	16,930.00	101,580.00
งานผิวจราจรราดยางแอสฟัลต์ (Surface Treatment)	ตร.ม.	26.00	36,514.00	949,364.00
4. งานผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic concrete)				
งานแอสฟัลติกคอนกรีตสำหรับผิวทางชั้นบน (Wearing Course)	ตร.ม.	128.00	17,290.00	2,213,157.00
งานแอสฟัลติกคอนกรีตสำหรับผิวทางชั้นล่าง(Binder Course)	ตร.ม.	130.00	17,290.00	2,247,738.00
		ราคารวม วัสดุ + ผิวทาง		14,586,479.00

เปรียบเทียบราคา ถนนที่ใช้ยาง AC และ PMA

โดยเปรียบเทียบที่ถนนสายแยกทางหลวง 34 – ซอยอ่อนนุช ตอนที่ 2

ระยะทาง 3, 400 เมตร

	ผิวทาง AC	ผิวทาง PMA	
งานตัดหรือขุดดันทาง	413,600	413,600	บาท
งานถมดันทาง	6,425,223	6,425,223	บาท
งานชั้นรองพื้นทาง	3,286,761	3,286,761	บาท
งานผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต	4,460,895	4,702,918	บาท
ราคารวม	14,586,479	14,828,502	บาท
PMA แพงกว่า		242,023	คิดเป็น 1.66 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดสอบ

จากการศึกษาคุณสมบัติของแอสฟัลท์ซีเมนต์ AC 60/70 เปรียบเทียบกับโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลท์สำหรับงานเสริมผิวทางชนิดบาง PMA และศึกษาคุณสมบัติทางด้านคุณภาพของผิวทางแบบแอสฟัลท์คอนกรีตที่ใช้ AC 60/70 กับมวลรวมชนิดหินปูนกับโพลิเมอร์โมดิฟายด์สำหรับงานเสริมผิวทางชนิดบางกับมวลรวมชนิดเดียวกัน ผลการทดสอบได้ดังนี้

1. โพลิเมอร์โมดิฟายด์สำหรับงานเสริมผิวทางชนิดบางเป็นการปรับปรุงคุณภาพของ AC 60/70 ด้วยสารโพลิเมอร์ชนิด EVA 4% โดยน้ำหนักแอสฟัลท์ ซึ่งทำให้คุณสมบัติทางด้านจุดอ่อนตัว ความแข็ง ความเหนียวและความหนืดดีขึ้นกว่า AC 60/70 ดังตารางที่ 4.17

2. คุณสมบัติของแอสฟัลท์คอนกรีตในด้านเสถียรภาพและดัชนีความแข็งระหว่างแอสฟัลท์คอนกรีตที่ใช้ AC 60/70 กับ PMA โดยใช้มวลรวมหินปูน ค่าเสถียรภาพจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น 6 – 9 % และดัชนีความแข็งเพิ่มขึ้น 6-7 % ซึ่งถือว่าเป็นการเพิ่มขึ้นมาก

3. ค่าการไหลของแอสฟัลท์คอนกรีตที่ใช้ PMA จะลดลง 7 – 16 % แสดงว่าแอสฟัลท์คอนกรีตมีความแข็งแกร่งขึ้น

4. ค่า Stability / Flow หรือค่าความแข็งแกร่งของคอนกรีตที่ใช้ PMA มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าแอสฟัลท์คอนกรีตที่ใช้ AC 60/70 อาจแสดงให้เห็นว่าแอสฟัลท์คอนกรีตที่ใช้ PMA มีความแข็งแกร่งขึ้น

5. ความคงทนของคอนกรีตที่ใช้ PMA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่าเสถียรภาพและดัชนีความแข็งที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผิวทางสามารถรับน้ำหนักได้โดยเกิดความเสียหายน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ลักษณะการใช้งานของการเสริมผิวทางชนิดบางที่มีความหนาเพียง 50 มิลลิเมตร ชนิดนี้นั้นไม่ได้มุ่งเน้นในการเสริมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างผิวทางแต่เพียงอย่างเดียว แต่หน้าที่หลักจะเป็นการเสริมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผิวทางเดิม ด้วยลักษณะที่มีผิวหน้าที่หยาบและมีรูพรุนสูง จึงช่วยให้ผิวทางมีความฝืดและเพิ่มความต้านทานการลื่นไหลและยังช่วยให้การระบายน้ำบนผิวทางเร็วขึ้น ปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือ งานเสริมผิวทางชนิดนี้จะต้องใช้งานอยู่บนโครงสร้างของถนนที่มีความแข็งแรง มีการยืดหยุ่นและการทรุดตัวน้อย เช่น ใช้ในการปูเสริมผิวทางบนสะพาน ปูเสริมผิวทางบนทางด่วน ปูเสริมผิวทางบนถนนคอนกรีต เป็นต้น แต่การนำไปปูเสริมบนผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีตที่มีโครงสร้างของถนนอยู่บนดิน ย่อมเกิดปัญหาการแอ่นตัวและการแตกร้าวได้สูง เพราะโครงสร้างถนนมีความหยุ่นตัว ดังนั้นจึงยังไม่เหมาะสมที่จะนำงานเสริมผิวทางชนิดบางชนิดนี้ไปใช้บนโครงสร้างที่อยู่บนดิน โดยเฉพาะดินอ่อน แต่ถ้าโครงสร้างของถนนได้รับการปรับปรุงคุณภาพให้แข็งแรงขึ้น มีการแอ่นตัวน้อยมาก ก็สามารถที่จะนำมาใช้แต่ต้องทำการศึกษาพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
ข้อเสนอแนะ

1. อุณหภูมิในการผสมและบดอัดตัวอย่างมีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง ดังนั้นการทำงานจะต้องควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม เพื่อให้คุณภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตสม่ำเสมอกัน

2. สัดส่วนของมวลรวมและปริมาณของแอสฟัลต์ที่ใช้ให้ขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งที่มาของวัสดุมวลรวมด้วย การเปลี่ยนชนิดและแหล่งที่มาต้องมีการออกแบบหาสัดส่วนและปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสมเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. อำนวย พานิชกุลพงศ์, นัฐพร นวกิจรังสรรค์, วิศวกรรมการทาง Highway Engineering, แผนกตำราคณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2548.
2. อำนวย พานิชกุลพงศ์, ปฏิบัติการทดสอบแอสฟัลท์, แผนกตำราคณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547.
3. เบญพงษ์ พรนิมิตร, วิศวกรรมการทาง Highway Engineering , คณะวิชาโยธา, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, วิทยาเขตภาคพายัพ, 2546.
4. สงกรานต์ สุทธปรีดา, สราวุฒิ โภคะกุล, อังคาร เกื้อกาญจน์, การปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลท์ซีเมนต์โดยโพลิเมอร์ Modified Asphalt Cement By Polymer, สาขาวิศวกรรมก่อสร้าง, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, 2540.
5. อำนวย พานิชกุลพงศ์, เอกสารประกอบการสอนวิชาการออกแบบผิวทาง,ภาควิชาวิศวกรรมโยธา , คณะวิศวกรรมศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้