สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยใช้ SBS และ EVA โพลิเมอร์

MODIFIED ASPHALT CEMENT BY SBS AND EVA POLYMER

โดย

นายจักรพงษ์ ปัญญานาม

นายเดโช พรหมวิหาร

นายธนะกิจ กุลธิรัตน์

วพ.
ก2231
2551

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 82934
วัน,เดือน,ปี 29 ก.ค. 2551

b 11957163
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODIFIED ASPHALT CEMENT BY SBS AND EVA POLYMER

BY

MR. JACKAPONG PANYANAM

MR. DECHO PROMWIHARN

MR. TANAKIT KUNTIRAT

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

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ การปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยใช้ SBS และ EVA โพลิเมอร์

MODIFIED ASPHALT CEMENT BY SBS AND EVA POLYMER

นักศึกษา	นาย จักรพงษ์	ปัญญานาม	รหัส 48015461
	นาย เดโช	พรหมวิหาร	รหัส 48015469
	นาย ชนะกิจ	กุลธิรัตน์	รหัส 48015472

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ		ลายมือชื่อ
รศ.อำนวย	พานิชกุลพงศ์	
อ. ศิลป์ชัย	จานสุวรรณ	
ผศ.ศักดิ์ชัย	สกานุพงษ์	
ดร.คมสัน	มาลีสี	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

.....

(รศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ ..... เดือน..... พ.ศ. .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยใช้ SBS และ EVA โพลิเมอร์
	MODIFIED ASPHALT CEMENT BY SBS AND EVA POLYMER
นักศึกษา	นายจักรพงษ์ ปัญญานาม
	นายเดโช พรหมวิหาร
	นายชนะกิจ กุลธิรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2550

บทคัดย่อ

ความมุ่งหมายของการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาถึงการนำโพลิเมอร์ไมดิฟายด์แอสฟัลต์ซีเมนต์มาใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสานในการก่อสร้างผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต เพื่อยืดอายุการใช้งานของถนนให้นานขึ้น อีกทั้งยังลดความเสียหายอันจะเกิดกับผิวทาง ซึ่งมีสาเหตุมาจากวัสดุเชื่อมประสานที่ใช้มีคุณภาพไม่ดีพอ

โพลิเมอร์ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของแอสฟัลต์ซีเมนต์ในงานวิจัยนี้ คือ สไตรีน-บิวตาไดอีน-สไตรีน (Styrene–Butadiene–Styrene, SBS) และ เอทิลีน-ไวนิล-อะซิเตต (Ethylene-Vinyl-Acetate, EVA) โดยที่ SBS เป็นอีลาสโตเมอร์ (Elastomer) ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณสมบัติในด้านความยืดหยุ่นของแอสฟัลต์ซีเมนต์ ส่น EVA เป็นพลาสโตเมอร์ (Plastomer) ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณสมบัติในด้านความแข็งของแอสฟัลต์ซีเมนต์ จากการศึกษาโดยนำโพลิเมอร์ทั้งสองมาผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์แล้วนำไปทดสอบคุณภาพตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง พบว่า ที่อัตราส่วน %SBS : %EVA เป็น 5% :2 % มีคุณสมบัติในด้านความยืดหยุ่น (Elastiomer) ของเนื้อวัสดุดีกว่า AC 60/70 และจากการใช้แอสฟัลต์ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยโพลิเมอร์ (Polymer Modified Asphalt Cement, PMA) ที่อัตราส่วนผสมดังกล่าวไปใช้ในการเตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ และทำการทดสอบหาคุณสมบัติของก้อนตัวอย่าง ปรากฏว่า ค่าเสถียรภาพ (Stability) มีค่ามากขึ้น มีความยืดหยุ่นตัวโดยไม่เกิดแตกร้าว ดังนั้น จึงสามารถนำไปใช้ในงานแอสฟัลต์ติกคอนกรีตได้ดีกว่าการใช้ AC 60/70 ซึ่งเหมาะกับถนนที่มีการจราจรค่อนข้างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	MODIFIED ASPHALT CEMENT BY SBS AND EVA POLYMER
Name	:	MR. JACKAPONG PANYANAM
		MR. DECHO PROMWIHARN
		MR. TANAKIT KUNTIRAT
Field	:	CIVIL ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	ASST. AMNOUY PANITKULPONG

ABSTRACT

The objective of this thesis is to study the polymer modified asphalt cement to be used as the asphalt binder in the construction of asphalt concrete pavement, to increase the service life of pavement and reduce the deterioration of the pavement caused by poor asphalt binder.

Polymers use in modification of the asphalt cement in this research were Styrene-Butadiene –Styrene (SBS) and Ethylene-Vinyl-Acetate (EVA). SBS is an elastomer used for improving the elastio property of asphalt cement while EVA is a plastomer used for improving the stiffness of asphalt cement. Studies were carried out on mixture of both polymers with asphalt cement. The mixes were tested according to the Department of Highwar Specification. It was found that the 5% : 2% by weight of % SBS : % EVA resulted in better elasticity properties than AC 60/70 . By using such concentration in preparation of asphalt concrete mixed by Marshall method, the laboratory test results have shown that stability and resistance also elastioity was increased without cracking. It was concluded that the mix as mention afore was better than AC 60/70 in asphalt concrete pavement and was appropriate to rather heavy traffic.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานพิเศษนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา และแนะนำอันเป็นประโยชน์ ต่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนทำการตรวจสอบและแก้ไขโครงงานพิเศษจนแล้วเสร็จด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณสุรพล เกตุแก้ว และบริษัททิปโก้แอสฟัลต์ จำกัด(มหาชน)ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านสารปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์ และเครื่องมือที่ใช้ผสม PMA

ขอขอบคุณหน่วยงานต้นสังกัดของข้าพเจ้า ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆสำหรับการทำงานวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและผู้มีพระคุณที่มิสามารถกล่าวนามได้หมดที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจแก่ผู้เขียนมาโดยตลอดจนทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ผู้จัดทำโครงงานพิเศษ

นายจักรพงษ์ ปัญญานาม
นายเดโช พรหมวิหาร
นายธนะกิจ กุลธิรัตน์

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	ฌ
	สารบัญตาราง	ฐ
1.	**บทนำ**	1
	1.1 กล่าวนำ	1
	1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	2
	1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
	1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
	1.5 วิธีการศึกษา	4
	1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
2.	**วรรณกรรมปริทัศน์**	6
	2.1 นิยามและความหมาย	6
	2.2 การทบทวน เอกสารที่เกี่ยวข้อง	7
	2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
	2.3.1 สัดส่วนในการผสมแอสฟัลต์กับมวลรวม	7
	2.3.2 การทำให้แอสฟัลต์เหลว	7
	2.3.3 แอสฟัลต์ติกคอนกรีตแบบผสมร้อน	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 คุณสมบัติที่ต้องการในการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์ติกคอนกรีต 8
2.3.5 คุณลักษณะของส่วนผสมและข้อกำหนดแอสฟัลต์ติกคอนกรีต 11
2.3.6 แหล่งกำเนิดของแอสฟัลต์ 12
2.3.7 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสารโพลิเมอร์ 15
2.3.8 วิธีการออกแบบแอสฟัลต์ 18
2.3.8.1 วิธี มาร์แชลล์ 19
2.3.8.2 การออกแบบส่วนผสม 19
2.3.8.3 การเตรียมก้อนตัวอย่างและการทดสอบ 21

3. แผนงานและขั้นตอนการดำเนินงาน 25
3.1. แผนงานการดำเนินการ 25
3.1.1 การศึกษาข้อมูลจำเป็นในการทำโครงการ 25
3.1.2 จัดเตรียมวัสดุในการทดลอง 25
3.1.3 ทำการทดสอบคุณภาพของแอสฟัลต์ เกรด 60/70 25
3.1.4 ทำการทดสอบคุณภาพของโพลิเมอร์ไมดิฟายด์แอสฟัลต์ 25
3.1.5 ทำการวิเคราะห์ผล (ในช่วงแรก) 26
3.1.6 ทำการทดสอบมวลรวมที่จะใช้ผสม 26
3.1.7 ทำการทดสอบตัวอย่างที่มีการออกแบบส่วนผสมโดยเปรียบเทียบ ระหว่าง แอสฟัลต์ซีเมนต์ กับโพลิเมอร์แอสฟัลต์ซีเมนต์ ด้วย วิธีมาร์แชลล์ (Marshall method) 26
3.1.8 ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล 26
3.1.9 ทำการจัดทำรูปเล่มรายงาน 26
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน 27
3.2.1 การทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นของ แอสฟัลต์ซีเมนต์ 28
3.2.2 การทดลองหาค่าเพนิเตรชัน 31
3.2.3 การทดลองหาค่าการยืดตัว 36
3.2.4 การทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว 39
3.2.5 การทดลองหาจุดวาบไฟ และจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์ โอเพน 43
3.2.6 การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม 46
3.2.7 การทดลองแอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.	**ผลการทดสอบและการวิเคราะห์**	**57**
	4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	57
	4.2 เปรียบเทียบผลการทดสอบก้อนตัวอย่างโดยวิธีมาร์แชลล์	133
	4.3 วิจารณ์ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแบบมาร์แชลล์	133
5.	**การประมาณราคา**	**135**
	5.1 ตัวอย่างการออกแบบถนนโดยวิธี Empirical Method	135
6.	**สรุปผลการทดลอง**	**146**
	ข้อเสนอแนะ	**147**
	บรรณานุกรม	**148**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1	ขบวนการผลิตแอสฟัลต์จากการกลั่นน้ำมันดิบ	14
2.2	โครงสร้างของแอสฟัลต์	15
2.3	ชนิดของโพลิเมอร์	16
2.4	การเกิดสไตรีน-บิวตาไดอีน-สไตรีน	17
2.5	โพลิเมอร์ชนิด SBS และ EVA ที่ใช้ในการทดสอบ	18
3.1	แสดงขนาดของขวด Pycnometer	29
3.2	แสดงขนาดของเข็มหาค่าการทะลวง	32
3.3	เครื่องทดลองเพนิเตรชัน (Penetration Apparatus)	33
3.4	แสดงรายละเอียดของแบบมาตรฐานที่ใช้ในการหาค่าการยืดตัว (Ductility)	36
3.5	การเตรียมตัวอย่างละการทดสอบของการทดสอบหาค่าการยืดตัว (Ductility)	38
3.6	อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาจุดอ่อนตัว (Softening Point)	40
3.7	การทดลองหาจุดอ่อนตัว (Softening Poin t)	42
3.8	การทดลองจุดวาบไฟโดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Cleveland Open-Cup)	45
3.9	ตัวอย่างมวลรวมชนิดหินปูน	47
3.10	หม้อผสมวัสดุ Aggregate กับแอสฟัลต์	48
3.11	แบบสำหรับบดทับ (Compaction mold)	49
3.12	ค้อน (Compaction hammer) ที่ใช้ในการบดทับ	50
3.13	เครื่องดันตัวอย่าง(Sample extruder)	50
3.14	แบบทดลอง Stability (Stability mold)	51
3.15	เครื่องทดลอง Marshall (Marshall Testing Machine)	51
3.16	ลักษณะก้อนตัวอย่างที่พร้อมกดทดสอบ	54
4.1	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Penetration ของ EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ	112
4.2	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Ductility ของ EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ	112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Softening Point ของ EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ	113
4.4	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Flash Point ของ EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ	113
4.5	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Penetration ของ SBS ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ	114
4.6	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Ductility ของ SBS ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ	114
4.7	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Softening Point ของ SBS ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ	115
4.8	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Flash Point ของ SBS ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ	115
4.9	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Penetration ของ SBS:EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ	116
4.10	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Ductility ของ SBS:EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ	116
4.11	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Softening Point ของ SBS:EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่าง	117
4.12	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทยบค่า Flash Point ของ SBS:EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ	117
4.13	กราฟแสดงขนาดคละของมวลรวม	119
4.14	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphalt concrete by AC 60/70 กับ Air void (%)	127
4.15	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphalt concrete by AC 60/70 กับ Density (gm./ml.)	127
4.16	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphalt concrete by AC 60/70 กับ VMA (%)	128
4.17	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphalt concrete by AC 60/70 กับ VFB (%)	128
4.18	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphalt concrete by AC 60/70 กับ Stability	129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.19 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphalt concrete by AC 60/70 กับ Flow (1/100") 129
4.21 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphalt concrete PMA กับ Air void (%) 130
4.22 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphalt concrete PMA กับ Density (gm./ml.) 130
4.23 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphalt concrete PMA กับ VMA (%) 131
4.24 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphalt concrete PMA กับ VFB (%) 131
4.25 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphalt concrete PMA กับ Stability 132
4.26 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphalt concrete PMA กับ Flow (1/100") 132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1	ข้อกำหนดของแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ผสมโพลิเมอร์ที่ใช้สำหรับงานแอสฟัลต์ติกคอนกรีต	18
2.2	ขนาดคละของมวลรวมและปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้	20
2.3	ข้อกำหนดในการออกแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตของกรมทางหลวง	21
2.4	ค่าต่ำสุดของเปอร์เซ็นต์โพรงระหว่างมวลรวม	23
2.5	เกณฑ์กำหนดการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์	23
3.1	ความแตกต่างของการทดลองเพนิเตรชัน	35
4.1	ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น (Asphalt Cement Grade 60-70)	59
4.2	ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Asphalt Cement Grade 60-70)	60
4.3	ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Asphalt Cement Grade 60-70)	61
4.4	ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Asphalt Cement Grade 60-70)	62
4.5	การทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Asphalt Cement Grade 60-70)	63
4.6	ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น(Polymer Modified Asphalt ; EVA3%)	64
4.7	ผลการทดลองหาค่าการทะลวง(Polymer Modified Asphalt ; EVA3%)	65
4.8	ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Polymer Modified Asphalt ; EVA3%)	66
4.9	ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว(Polymer Modified Asphalt ; EVA3%)	67
4.10	การทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Polymer Modified Asphalt ; EVA3%)	68
4.11	ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น(Polymer Modified Asphalt ; EVA5%)	69
4.12	ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt ; EVA5%)	70
4.13	ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Polymer Modified Asphalt ; EVA5%)	71
4.14	ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว(Polymer Modified Asphalt ; EVA5%)	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.15	การทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Polymer Modified Asphalt ; EVA5%)	73
4.16	ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น(Polymer Modified Asphalt ; EVA7%)	74
4.17	ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt ; EVA7%)	75
4.18	ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว(Polymer Modified Asphalt ; EVA7%)	76
4.19	ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว(Polymer Modified Asphalt ; EVA7%)	77
4.20	การทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Polymer Modified Asphalt ; EVA7%)	78
4.21	ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น(Polymer Modified Asphalt ; SBS3%)	79
4.22	ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt ; SBS3%)	80
4.23	ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว(Polymer Modified Asphalt ; SBS3%)	81
4.24	ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว(Polymer Modified Asphalt ; SBS3%)	82
4.25	การทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Polymer Modified Asphalt ; SBS3%)	83
4.26	ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น(Polymer Modified Asphalt ; SBS5%)	84
4.27	ผลการทดลองหาค่าการทะลวง(Polymer Modified Asphalt ; SBS5%)	85
4.28	ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว(Polymer Modified Asphalt ; SBS5%)	86
4.29	ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว(Polymer Modified Asphalt ; SBS5%)	87
4.30	การทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Polymer Modified Asphalt ; SBS5%)	88
4.31	ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น(Polymer Modified Asphalt ; SBS7%)	89
4.32	ผลการทดลองหาค่าการทะลวง(Polymer Modified Asphalt ; SBS7%)	90
4.33	ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว(Polymer Modified Asphalt ; SBS7%)	91
4.34	ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว(Polymer Modified Asphalt ; SBS7%)	92
4.35	การทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Polymer Modified Asphalt ; SBS 7%)	93
4.36	ผลการทดลองหาค่าการทะลวง(Polymer Modified Asphalt; SBS5%:EVA2%)	94
4.37	ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว(Polymer Modified Asphalt; SBS5%:EVA2%)	95
4.38	ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว(Polymer Modified Asphalt; SBS5%:EVA2%)	96
4.39	การทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Polymer Modified Asphalt; SBS5%:EVA2%)	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.40	ผลการทดลองหาค่าการทะลวง(Polymer Modified Asphalt; SBS4%:EVA3%)	98
4.41	ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว(Polymer Modified Asphalt; SBS4%:EVA3%)	99
4.42	ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว(Polymer Modified Asphalt; SBS4%:EVA3%)	100
4.43	การทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Polymer Modified Asphalt; SBS4%:EVA3%)	101
4.44	ผลการทดลองหาค่าการทะลวง(Polymer Modified Asphalt; SBS3%:EVA4%)	102
4.45	ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว(Polymer Modified Asphalt; SBS3%:EVA4%)	103
4.46	ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว(Polymer Modified Asphalt; SBS3%:EVA4%)	104
4.47	การทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Polymer Modified Asphalt; SBS3%: EVA4%)	105
4.48	ผลการทดลองหาค่าการทะลวง(Polymer Modified Asphalt; SBS2%:EVA5%)	106
4.49	ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว(Polymer Modified Asphalt; SBS2%:EVA5%)	107
4.50	ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว(Polymer Modified Asphalt; SBS2%:EVA5%)	108
4.51	การทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Polymer Modified Asphalt; SBS2%: EVA5%)	109
4.52	ผลการทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสาน	110
4.53	ผลการทดลองหาขนาดของเม็ดวัสดุ	118
4.54	ผลความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)ของวัสดุเม็ดหยาบ (ขนาดโตกว่าตะแกรงเบอร์ 4)	120
4.55	ผลความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)ของวัสดุเม็ดละเอียด (ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 200)	121
4.56	ผลการทดสอบค่าดัชนีความแบนของมวลรวมหยาบ	122
4.57	ผลการทดสอบความสึกหรอของมวลรวมหยาบแบบ Los Angeles Abrasion	122
4.58	ผลการทดสอบการดูดซึมของมวลรวม (ABSORPTION)	123
4.59	ผลการทดสอบเปรียบเทียบก้อนตัวอย่างโดยวิธีมาร์แชลล์	124
4.60	ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยใช้ AC 60/70	125
4.61	ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยใช้ PMA	126
5.1	เปรียบเทียบราคา ถนนที่ใช้ยาง AC60/70 และPMA(5:2)โดยเปรียบเทียบที่ ถนนสายแยกทางหลวง 34 – ซอยอ่อนนุช ตอนที่ 2 ระยะทาง 3,400 เมตร	145

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 หรือใต้หรือเหนืออสังหาริมทรัพย์อย่างอื่นนอกจากทางรถไฟและให้ความหมายถึงที่ดิน 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 อำเภอสวรรค์ไลก ต่อมาในสมัยกรุงศรีอยุธยาเป็นราชธานีมีการใช้แม่น้ำลำคลองเป็นเส้นทางคมนาคม จึงไม่ปรากฏการสร้างทางหลวงในสมัยกรุงศรีอยุธยาและสมัยรัตนโกสินทร์ตอนต้น

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา (Problem Identification)

ในสภาวการณ์ปัจจุบัน การพัฒนาด้านอุตสาหกรรมและการขยายตัวทางเศรษฐกิจที่เป็นไปอย่างรวดเร็วได้กระจายไปสู่ภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศ การขนถ่ายผลิตภัณฑ์จากแหล่งผลิตไปยังแหล่งบริโภค หรือศูนย์กลางของการส่งต่อต่าง ๆ เหล่านี้ ทำให้ปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ยแต่ละวัน (Average Daily Traffio; ADT) เพิ่มขึ้นตามไปด้วย และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในอนาคต โดยเฉพาะรถบรรทุกหนักที่มีความดันลมยาง (Tire Inflation Pressures) และจำนวนเที่ยวในการวิ่งขนถ่ายสินค้าได้เพิ่มมากขึ้นอย่างมาก

ถนนเป็นเส้นทางที่ใช้ในการคมนาคมขนส่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในปัจจุบัน ไม่สามารถรองรับปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้ได้ ทำให้ถนนเกิดการชำรุดเสียหายก่อนเวลาอันควร อีกทั้งอัตราการเกิดอุบัติเหตุยังเพิ่มมากขึ้นด้วย ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางก็เพิ่มขึ้นในช่วงที่ถนนอยู่ในสภาพที่ชำรุดเสียหายก่อนเวลาแม้ว่าจะมีการซ่อมแซมถนนสายนั้น ๆ ให้อยู่ในสภาพที่ดีได้ สิ่งที่ต้องสูญเสียไปขณะซ่อมแซมนั้น นอกจากค่าบำรุงรักษาซ่อมแซมแล้ว ค่าสูญเสียเวลาในการเดินทางก็เพิ่มมากขึ้น เพราะจะต้องมีการปิดถนนบางช่วงและบางช่องจราจรเพื่อทำการซ่อมแซม ซึ่งจะก่อให้เกิดสภาพการจราจรไม่คล่องตัว (ติดขัด)

การก่อสร้างถนนมาตรฐานชั้นสูง (เช่น สายประธาน) ที่มีผิวทางประเภท / ชนิดยืดหยุ่น (Flexible Pavement) นั้น ส่วนใหญ่ยังคงก่อสร้างผิวทางเป็นแอสฟัลต์ติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete) แบบวัสดุผสมร้อน และใช้วัสดุเชื่อมประสาน (Binder) ชนิดแอสฟัลต์วิเมนต์เกรด 60/70 (AC 60/70) ซึ่งจะต้องมีคุณภาพได้ตามมาตรฐานที่ มอก. 851-2532 โดยก่อนที่จะทำการก่อสร้างผิวทางชนิดนี้ จะต้องมีการออกแบบอัตราส่วนผสม เพื่อให้ได้แอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน ทล.ม. 408/2532 แต่ยังพบว่ามีความเสียหายเกิดขึ้นกับผิวทางอยู่ เช่น

1. รอยแตกร้าวแบบเส้นผม (Hair Line Craoks) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากผิวทางมีความยืดหยุ่นไม่ดีพอ
2. ร่องล้อ (Ruts) เกิดจากลดปริมาณการยุบตัว (Consolidation) การเคลื่อนตัวทางด้านข้าง (Lateral and Elastio Movement) วัสดุรับน้ำหนักไม่ได้
3. การแตกแยก (Disintegration) ซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ
   3.1 หลุมบ่อ (Pot Holes) : เกิดจากผิวทางมีความแข็งแรงไม่เพียงพอ
   3.2 หลุดลอก (Raveling) : เกิดขึ้นเนื่องจากวัสดุเชื่อมประสานเสื่อมคุณภาพ หรือทำการ ก่อสร้างขณะอากาศชื้นมีวัสดุอื่นเจือปน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การลื่นไถล (Skid Hazard) คือการไหลเยิ้มของแอสฟัลต์ (Bleeding) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากผิวทางมีแอสฟัลต์ลอยขึ้นมาอยู่ที่ผิวหน้ามากเกินไป

ในต่างประเทศได้มีการวิจัยทดลองคุณสมบัติของแอสฟัลต์ซีเมนต์ พบว่าแอสฟัลต์ซีเมนต์มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างมาก จึงได้มีการพัฒนาปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยใช้สารผสมเพิ่ม เช่น ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ ละพลาสติก ซึ่งสามารถทำให้แอสฟัลต์ซีเมนต์มีคุณสมบัติดีขึ้น และยังช่วยลดอัตราความเสียหายของผิวทางดังกล่าวมาแล้วข้างต้นได้พอสมควร

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติและเปรียบเทียบระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60/70 กับแอสฟัลตซีเมนต์ที่ผสมสาร ในกลุ่ม อีลาสโตเมอร์ และพลาสโตเมอร์ ซึ่งเรียกว่า โพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์
2. เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของโพลิเมอร์ระหว่าง อีลาสโตเมอร์ และพลาสโตเมอร์ที่ทำให้โพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์ซีเมนต์ มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด
3. ศึกษาคุณสมบัติของแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ใช้วัสดุเชื่อมประสานชนิดโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์เปรียบเทียบกับแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60/70 เป็นวัสดุเชื่อมประสานโดยใช้หินปูน (Lime stane) เป็นมวลรวมหยาบ
4. เพื่อเป็นแนวทางในการทดลอง และใช้เป็นข้อมูลในการทำงานจริงต่อไป

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. หาคุณสมบัติของแอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60/70 และโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์
2. หาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของโพลิเมอร์ระหว่าง Ethylene Vinyl Acetate (EVA) และ Styrene Butadiene Sytrene Block Copolymer (SBS) ที่ทำให้โพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์ซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติดีที่สุดเพื่อนำไปออกแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต
3. หาคุณสมบัติต่าง ๆทางด้านคุณภาพของผิวทาง แบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ใช้โพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์และแอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60/70 กับมวลรวมชนิดหินปูน (Lime stone)โดยใช้การทดสอบด้วยวิธีของมาร์แชลล์ (Marshall Method)
   - หาค่าความถ่วงจำเพาะรวม (Specific Gravity)
   - เสถียรภาพและการไหล (Stability and Flow)
   - ความหนาแน่นและโพรง (Unit Weight and Void)
   - ดัชนีความแข็งทั้งนี้ยึดถือวัสดุมวลรวมชนิด Open Grade

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รวบรวมข้อมูลเปรียบเทียบกันระหว่างโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์กับแอสฟัลต์ติกคอนกรีตในประเทศไทย

1.5 วิธีการศึกษา

1.5.1 ทำการทดสอบคุณภาพของแอสฟัลต์ 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. ทำการทดสอบคุณภาพของโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์โดยการทดสอบดังนี้

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 (Los Angeles Abrasion Test)

1.5.3.5 ผลการทดสอบการดูดซึมของมวลรวม (Abrasion Test)

1.5.4. ทำการทดสอบตัวอย่างที่มีการออกแบบส่วนผสมโดยเปรียบเทียบระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์ กับโพลิเมอร์แอสฟัลต์ซีเมนต์ ด้วยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall method) โดยมีการทดสอบ ดังนี้

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 เปอร์เซ็นต์โพรงที่ถูกแทนด้วยแอสฟัลต์ (Percent voids filled with asphalt)

1.5.5. ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบคุณภาพของยางแอสฟัลต์ เกรด 60/70 ที่ใช้ในการทำผิวทางแอสฟัลต์ซีเมนต์ในประเทศไทย
2. เพื่อทราบอัตราส่วนผสมระหว่างโพลิเมอร์ชนิดEthylene Vinyl Acetate (EVA) และ Styrenye Butadiene Styrenye (SBS) กับยางแอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60/70
3. เพื่อทราบถึงค่าการรับกำลังของผิวทางแอสฟัลต์ซีเมนต์ เกรด60/70 เปรียบเทียบกับโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์โดยวิธีมาร์แชลล์
4. เพื่อปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ซีเมนต์ให้มีการรับปริมาณการจราจรที่มากขึ้นและยืดอายุการใช้งานให้นานขึ้น และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงผิวทางถดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 นิยามและความหมาย

"แอสฟัลต์"

แอสฟัลต์เป็นส่วนประกอบของปิโตรเลียม ส่วนมากปิโตรเลียมที่ยังไม่ได้กลั่น (Crude Petroleum) จะมีแอสฟัลต์บรรจุอยู่ และบางครั้งน้ำมันดิบ (Crude oil) อาจจะเป็นแอสฟัลต์เกือบทั้งหมด และน้ำมันดิบบางชนิดไม่มีแอสฟัลต์อยู่ ขบวนการกลั่นน้ำมันจะกลั่น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมัน ได้แก่ น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา น้ำมันหล่อลื่น ส่วนที่เหลือเป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมัน คือ แอสฟัลต์

แอสฟัลต์เป็นวัสดุประสาน (Binder) สีน้ำตาลเข้มถึงดำ มีสภาพกึ่งแข็งถึงแข็งที่อุณหภูมิบรรยากาศปกติสามารถยึดเกาะมวลรวมได้ดีจึงนำมาใช้ในงานก่อสร้างผิวทางหลายชนิด แอสฟัลต์มีสารประกอบส่วนใหญ่ คือ บิทูเมน (Bitumen) ชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า วัสดุบิทูมินัส (Bituminous Materail) บิทูเมนมีคุณสมบัติที่สามารถละลายได้หมดใน คาร์บอนไดซัลไฟด์ (CS_2) คาร์บอนเตตราคลอไรด์ (CCl_4) และ ไตรคลอโรเอทลีน (C_2HCl_3)

"แอสฟัลต์ซีเมนต์"

แอสฟัลต์ซีเมนต์เป็นแอสฟัลต์ที่มีสภาพแข็งหรือกึ่งแข็งในอุณหภูมิบรรยากาศจะค่อยๆ เหลวเมื่อได้รับความร้อนมีส่วนประกอบใหญ่เป็นสารบิทูเมน (Bitumen or Asphaltenes) เรซิน (Resins) และน้ำมัน (Oils) ซึ่งส่วนประกอบทั้งสามชนิดเป็นสารไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด แต่มีส่วนของคาร์บอนต่อไฮโดรเจนต่างกัน คือ มากกว่า 0.8 ระหว่าง 0.6 ถึง 0.8 และน้อยกว่า 0.4 ตามลำดับ

ในโครงสร้างของแอสฟัลต์บิทูเมนจะอยู่ในลักษณะของสารแขวนลอย (Colloid) อยู่ในน้ำมันซึ่งเป็นตัวกลาง (Media) โดยมีเรซินเป็นตัวช่วยไม่ให้บิทูเมนจับตัวกันเป็นก้อน คุณสมบัติของแอสฟัลต์ซีเมนต์ทางด้านการยึดเกาะ (Adhesion) และการยืดตัว (Ductility) จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเรซิน ส่วนความหนืด (Viscosity) และการไหล (Flow) จะขึ้นอยู่กับน้ำมัน

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

เกรดความหนืด (Viscoity Grades) ของแอสฟัลต์ซีเมนต์มีอยู่ 2 ชุด ชุดที่หนึ่งประกอบด้วย AC-2.5 AC-10 AC-20 และ AC-40 ค่าตัวเลขบอกถึงความหนืดเป็นร้อยของพอยส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Dynes/cm^2) ที่อุณหภูมิ 60°C อีกชุดหนึ่งประกอบด้วยเกรด AR-1000 AR-2000 AR-8000 และ AR-16000 ตัวเลขบอกถึงค่าความหนืดในหน่วยพอยส์แต่เป็นความหนืดที่วัดหลังจากผ่านการทดสอบโรลลิงธินฟิล์มโอเวน

แอสฟัลต์ติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete)

แอสฟัลต์ติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete) หมายถึงวัสดุทำผิวทาง หรือพื้นบทอัดแน่น ซึ่งได้จากการผสมกันระหว่างมวลรวม (Aggregate) กับวัสดุเชื่อมประสาน (Binder) ซึ่งอาจจะเป็นแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) ตามอัตราส่วนที่ได้ออกแบบไว้แล้ว ในขณะที่วัสดุทั้งสองยังอยู่ในสภาพตามอุณหภูมิกำหนด

2.2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. สงกรานต์ สุทธปรีดา , สราวุฒิ ไภคะกุล และ อังคาร เอื้อกาญจน์ (พ.ศ. 2540) การปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยโพลิเมอร์

2. นายสมัคร สนทองโพลิเมอร์ไมคิฟายด์ แอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต

3. นายนิคม ขันทะพงษ์, นายพัฒนบุษย์ คณะเทศ , นายสราวุธ บุญญวงศ์การศึกษาคุณสมบัติส่วนผสมของแอสฟัลต์ซีเมนต์เปรียบเทียบกับโพลิเมอร์ไมคิฟายด์แอสฟัลต์โดยวิธีมาร์แชลล์

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 สัดส่วนในการผสมแอสฟัลต์กับมวลรวม

จุดประสงค์ในการออกแบบวัสดุผสมของแอสฟัลต์กับมวลรวม ก็เพื่อหาอัตราส่วนที่แน่นอนระหว่างแอสฟัลต์ต่อมวลรวมให้ได้วัสดุผสมที่มีเสถียรภาพเพียงพอ และความคงทนสูงสุด การใช้สัดส่วนอย่างถูกต้องของแอสฟัลต์กับมวลรวม และการควบคุมส่วนคละ (Gradation) ของมวลรวมเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากในการก่อสร้างเพื่อให้ได้โครงสร้างถนนที่ดี ถ้าใช้ปริมาณของแอสฟัลต์มากเกินไป จะมีผลให้โครงสร้างถนนขาดเสถียรภาพ ถ้าใช้แอสฟัลต์ปริมาณน้อยเกินไป โครงสร้างถนนจะมีแนวโน้มที่จะหลุดร่อนได้ง่าย ทั้งยังขาดคุณสมบัติในการกันน้ำ และขาดความคงทน

2.3.2 การทำให้แอสฟัลต์เหลว

การที่จะนำแอสฟัลต์ที่อยู่ในสภาพแข็งหรือกึ่งแข็งมาใช้งานจะต้องทำให้อยู่ในสภาพเหลวชั่วคราวเสียก่อน ทำได้ 3 วิธี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หลอมด้วยความร้อน (Melting)ทำได้โดยการต้มแอสฟัลต์ซีเมนต์ในอุณหภูมิที่กำหนดเมื่อเสร็จงานแล้วอุณหภูมิจะลดลงแอสฟัลต์ที่เหลวอยู่จะกลับคืนสู่สภาพปกติ
2. ละลายในปิโตรเลียม การจะทำให้แอสฟัลต์เหลวโดยกรรมวิธีนี้เรียกว่า คัททิงแบก เรียกแอสฟัลต์ชนิดนี้ว่า คัทแบคแอสฟัลต์ (cutback asphalt) หรือเรียกทั่วไปว่า คัทแบก เมื่อนำแอสฟัลต์ชนิดนี้ไปลาดเสร็จเรียบร้อยแล้วตัวทำละลายจะระเหยออกไปเหลือแต่แอสฟัลต์ซีเมนต์
3. ผสมกับน้ำ ปกติแอสฟัลต์ซึ่งเป็นสารที่ได้จากปิโตรเลียม จะไม่ผสมหรือรวมตัวกันกับน้ำ แต่ถ้าทำการปั่นและเติมสารซึ่งทำให้แอสฟัลต์ซีเมนต์แตกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ (Emulsifying Agent) ซึ่งสามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ เรียกแอสฟัลต์ชนิดนี้ว่า อิมัลซิ ไฟด์แอสฟัลต์ (Emulsified Asphalt) หรือเรียกทั่วไปว่า อิมัลชัน หรือยางน้ำ

2.3.3 แอสฟัลต์ติกคอนกรีตแบบผสมร้อน

วัสดุลาดยางผสมร้อน ประกอบด้วยการรวมของมวลรวมอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งผสมและเคลือบด้วยยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ ทั้งมวลรวมและแอสฟัลต์ต้องได้รับความร้อนก่อนการผสมเพื่อให้มวลรวมแห้งและแอสฟัลต์เหลวเพียงพอสำหรับการผสม และการทำงานได้อย่างเหมาะสมที่อุณหภูมิสูง 325° F + 15 °F จึงเรียกว่า การผสมร้อน

การผสมมวลรวมกับแอสฟัลต์กระทำในเครื่องผสม ซึ่งองค์ประกอบของวัสดุจะได้รับความร้อน การจัดสัดส่วนและการผสม เพื่อผลิตวัสดุผสมของผิวทางลาดยางที่ต้องการ หลังจากเสร็จสิ้นการผสมก็ขนส่งวัสดุผสมร้อนไปยังที่ก่อสร้าง และปูลาดด้วยเครื่องจักร จากนั้นก็บดอัดให้แน่นตามมาตรฐานที่กำหนด ผิวทางประเภทนี้เรียกว่า ผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต

2.3.4 คุณสมบัติที่ต้องการในการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์ติกคอนกรีต

1. เสถียรภาพ (Stability) เสถียรภาพของผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต คือ ความสามารถในการรับน้ำหนักการจราจรโดยไม่เกิดร่องล้อ เป็นคลื่น หรือการเปลี่ยนรูปร่าง (Deformation) จากน้ำหนักบรรทุกที่มากระทำ เสถียรภาพของผิวทางขึ้นอยู่กับความเสียดทานภายใน (Internal Friction) และแรงยึดเกาะ (Cohesion) ระหว่างเม็ดของวัสดุมวลรวมกับแอสฟัลต์ ความเสียดทานภายในขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม ซึ่งได้แก่รูปร่างของเม็ดวัสดุ ลักษณะความเรียบ หยาบ หรือขรุขระของผิว ส่วนแรงยึดเกาะเป็นผลมาจากคุณสมบัติของแอสฟัลต์ แอสฟัลต์ช่วยให้อนุภาคของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มวลรวมสัมผัสกันอย่างแน่น ผลของความเสียดทานและแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวม จะช่วยป้องกันไม่ให้เม็ดวัสดุเกิดการเคลื่อนที่ผ่านซึ่งกันและกันเมื่อถูกน้ำหนักรถยนต์กระทำ

มวลรวมที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยม ผิวหยาบขรุขระ จะให้ค่าเสถียรภาพสูง ส่วนแรงยึดเกาะจะมีมากถ้าแอสฟัลต์มีความหนืดสูง หรือในขณะที่แอสฟัลต์มีอุณหภูมิต่ำ การเพิ่มปริมาณแอสฟัลต์ในส่วนผสมจะทำให้ค่าแรงยึดเกาะเพิ่มขึ้น แต่พอถึงจุดหนึ่งจะทำให้แอสฟัลต์ที่เคลือบวัสดุมวลรวมหนาเกินไป ซึ่งจะมีผลทำให้ความเสียดทานระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมลดลง ทำให้เสถียรภาพลดลงด้วย

2. ความคงทน (Durability) คือ ความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพของแอสฟัลต์อันเป็นสาเหตุของการแตกร้าวของผิวทางภายใต้น้ำหนักจากการจราจร ปัจจัยที่ทำให้แอสฟัลต์ติกคอนกรีตเสื่อมสภาพอาจเป็นผลมาจากสภาพภูมิอากาศ สภาพการจราจร ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้แอสฟัลต์ที่ใช้เสื่อมสภาพ เนื่องจากขบวนการกลายเป็นออกไซด์ (Oxidation) การระเหยกลายเป็นไอ (Volatilization) วัสดุมวลรวมเสื่อมสภาพจนเกิดการแตกกระจาย (Disintegration) และฟิล์มแอสฟัลต์ที่เคลือบวัสดุมวลรวมหลุดออก (Stripping) การกระทำของน้ำก็มีผลต่อความคงทนของถนน ถ้าในช่องว่างของชั้นโครงสร้างแอสฟัลต์ติกคอนกรีต มีปริมาณน้ำมากจะทำให้สามารถเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างชั้นของแอสฟัลต์ที่เคลือบเม็ดของวัสดุมวลรวมอยู่ จะมีผลทำให้เกิดการหลุดออกของแอสฟัลต์เมื่อน้ำหนักอันเนื่องมาจากการจราจรมากระทำ นอกจากนี้เมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ไปบนถนนด้วยความเร็วสูงจะทำให้เกิดแรงเค้นแตกต่างกันในแต่ละเม็ดวัสดุมวลรวม และถ้าแอสฟัลต์แข็งเกินไปก็จะทำให้เกิดรอยแตกและเม็ดวัสดุมวลรวมก็จะหลุดล่อนออกได้ ในอีกกรณีหนึ่งน้ำหนักเนื่องจากการบดทับของล้อรถลงบนผิวถนน จะทำให้เกิดการโค้งงอและเกิดแรงเค้นดึงในส่วนของชั้น ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดรอยแตกขึ้นได้ แต่ถ้าแอสฟัลต์อ่อนเกินไปจะทำให้แอสฟัลต์ติกคอนกรีตมีเสถียรภาพค่อนข้างต่ำไม่สามารถรับน้ำหนักได้ดี ทำให้เกิดรอยร่องล้อและผิวทางลื่น เนื่องจากเม็ดหินจมลงไปในเนื้อยางได้เร็วเกินไป

3. ความสามารถในการหยุ่นตัวได้ (Flexibility) หมายถึง ความสามารถทรุดตัวและแอ่นตัวของโครงสร้างถนนชั้นผิวทาง โดยปราศจากการแตกร้าว การหยุ่นตัวในแอสฟัลต์ติกคอนกรีตเกิดขึ้นเมื่อน้ำหนักการจราจรที่เคลื่อนไปตามถนน ผิวทางที่ถูกกดชั่วขณะหนึ่งภายใต้น้ำหนักแต่ละล้อชั้นผิวทางจะเกิดแรงอัดและแรงดึงซ้ำๆ สลับกันไปที่ด้านบนและด้านล่างของชั้นนี้ ความเค้นดึงจะเกิดที่ด้านล่างมากกว่าที่จะเกิดด้านบน ดังนั้นแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ดีจะต้องมีความสามารถในการหยุ่นตัวได้สูง ซึ่งเมื่อเกิดการแอ่นตัวแล้วจะไม่ทำให้แอสฟัลต์ติกคอนกรีตเสียรูปร่างอย่างถาวร เพราะฉะนั้นความแข็งแรงของแอสฟัลต์ติกคอนกรีตจึงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแอสฟัลต์ และอุณหภูมิภายนอกในขณะที่เกิดความเค้น

ในการออกแบบโครงสร้างชั้นต่างๆ จะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบที่สำคัญ คือ การแอ่นตัวของชั้นดินเดิมภายใต้น้ำหนักบรรทุก เมื่อแอสฟัลต์ติกคอนกรีตมีความแข็งลดลง เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิสูงทำให้ชั้นดินเดิมแอ่นตัวได้มาก และความเค้นดึง ภายใต้น้ำหนักล้อรถความเค้นดึงจะเกิดขึ้นที่ด้านล่างของชั้นผิวทางมากที่สุด ในขณะผิวทางมีสภาพแข็งที่สุด เมื่ออุณหภูมิต่ำ ถ้าชั้นโครงสร้างถนนไม่แข็งแรงพอ อาจทำให้ชั้นทางเกิดการแอ่นตัวสูง และถ้าแอสฟัลต์ติกคอนกรีตอยู่ในสภาพแข็งเปราะขณะอุณหภูมิต่ำ จะทำให้ผิวทางเกิดการแตกร้าวภายหลังที่รับปริมาณการจราจรเพียงเล็กน้อย

โดยทั่วไปส่วนผสมที่มีเสถียรภาพสูง และปริมาณแอสฟัลต์สูงจะเป็นส่วนผสมที่มีความต้านทานต่อการเสียหายที่สูงมาก มวลรวมคละที่มีหินหยาบชนิด Open Graded จะทำให้ส่วนผสมที่มีช่องว่างสูงทำให้ต้องใช้แอสฟัลต์ในปริมาณที่สูง เพื่อลดช่องว่างภายในลงได้ และจะสามารถแอ่นตัวได้ดีกว่าชนิด Dense Graded

4. ความต้านทานต่อการล้า (Fatigue Resistance) คือความสามารถในการต้านทานการดัดโค้งแบบซ้ำซาก (Repeated Bending) ของผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่เกิดจากน้ำหนักล้อกระทำ ปริมาณช่องว่างอากาศ และความหนืดของแอสฟัลต์มีผลความตานทานต่อการล้อ กล่าวคือ แอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่มีปริมาตรช่องว่างอากาศมากไม่ว่าจะเป็นผลจากการออกแบบ หรือจากการบดอัดไม่เพียงพอ จะทำให้ความทานต่อการล้าลดลงเช่นกัน นอกจากนี้ความหนาและความแข็งแรงของชั้นผิวทาง ตลอดจนความแข็งแรงชั้นโครงสร้างที่รองรับผิวทางก็จะมีผลต่ออายุและความสามารถในการรับน้ำหนักของผิวทางโดยไม่เกิดรอยแตก กล่าวคือ ผิวทางที่หนารวมทั้งชั้นโครงสร้างที่รองรับผิวทางแข็งแรง จะทำให้ไม่เกิดการแอ่นตัวมาก จึงมีอายุรับน้ำหนักล้อซึ่งกระทำซ้ำได้นานกว่า

5. ความต้านทานต่อการลื่นไถล (Skid Resistance) ความต้านทานต่อการลื่นไถลของผิวถนนขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวถนน ซึ่งมีความสามารถระบายน้ำออกไปได้อย่างรวดเร็วเพียงพอที่จะให้ยางล้อรถสามารถสัมผัสกับส่วนของเม็ดวัสดุมารวมบนผิวถนน ความสามารถในการต้านทานต่อการลื่นไถลจะเสียไปเมื่อแอสฟัลต์ทะลักขึ้นมาบนผิวถนน และเมื่อเม็ดวัสดุมวลรวมจมลงไปในแอสฟัลต์หรือเมื่อวัสดุมวลรวมถูกขัดสีจนเรียบ แอสฟัลต์ที่มีความแข็งต่ำจะมีผลทำให้เกิดการทะลักหรือไหลเยิ้มขึ้นด้านบนได้ เมื่ออุณหภูมิในผิวทางสูงอันจะทำให้ผิวทางลื่นไถลได้

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

ส่วนผสมที่ทำงานได้ยากคือส่วนผสมที่มีปริมาณมวลรวมหยาบมาก มีแนวโน้มที่จะเกิดการแยกตัวของเม็ดวัสดุมวลรวมในระหว่างการขนส่งและการปูและอาจบดอัดได้ยาก รวมถึงความสะดวกในการทดลองผสมในห้องทดลอง ถ้าการเตรียมตัวอย่างไม่ดีพอ จะทำให้ได้ตัวอย่างที่มีคุณสมบัติไม่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณฝุ่นละเอียดถ้ามีสูงมากเกินไป ก็อาจมีผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานได้ ปริมาณฝุ่นละเอียดที่สูงมากเกินไปอาจทำให้ส่วนผสมมีลักษณะเป็นกาวยางทำให้บดอัดได้ยาก ส่วนผสมที่ขาดฝุ่นละเอียดแต่มีทรายขนาดกลางที่มีลักษณะกลมและมีผิวเรียบในอัตราส่วนที่สูงมาก แม้ว่าจะสามารถทำการปูได้ง่าย แต่การบดอัดจะมีความแน่นต่ำและบดอัดให้ความแน่นยาก

ชนิดของแอสฟัลต์อาจมีปัญหากับความสามารถในการทำงานได้ เนื่องจากอุณหภูมิและความหนืดในขณะผสม การบดอัดที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้แอสฟัลต์ติกคอนกรีตมีความสามารถ ในการทำงานได้ไม่ดี แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป จะทำให้แอสฟัลต์ติกคอนกรีตเป็นวัสดุผสมที่มีลักษณะอ่อนเหลวเกินไป ชนิดและปริมาณของแอสฟัลต์จึงมีอิทธิพลต่อความสามารถในการทำงานได้

2.3.5 คุณลักษณะของส่วนผสมและข้อกำหนดแอสฟัลต์ติกคอนกรีต

การออกแบบโครงสร้างของถนนชั้นผิวทางที่เป็นแอสฟัลต์ติกคอนกรีต ตามวิธีของมาร์แชลล์มีมาตรฐานและข้อกำหนดดังนี้

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

2. ช่องว่างอากาศ (Air Voids) แอสฟัลต์ติกคอนกรีตประกอบด้วยเม็ดวัสดุมวลรวมซึ่งถูกเคลือบด้วยฟิล์มของแอสฟัลต์ ระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมที่ถูกเคลือบด้วยแอสฟัลต์เหล่านี้จะมีช่องว่างเล็กๆ เรียกว่า ช่องว่างอากาศ (Air Voids) ผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่บดอัดแล้ว จำเป็นที่จะต้องมีปริมาตรช่องว่างอากาศที่เพียงพอแต่ไม่มากเกินไป เนื่องจากเมื่อเปิดการจราจรแล้ว รถที่แล่นบนผิวทางจะทำให้แอสฟัลต์ติกคอนกรีตแน่นขึ้นจากเดิม ทำให้ปริมาตรช่องว่างอากาศลดลง ถ้าปริมาตรช่องว่างอากาศขณะก่อสร้างเสร็จใหม่ๆ มีไม่เพียงพอ จะทำให้แอสฟัลต์ทะลักขึ้นมาบนผิด เกิด Bleeding นอกจากนี้ช่องว่างอากาศยังเป็นที่รองรับยางที่ขยายตัวเมื่ออากาศร้อนด้วย

ปริมาตรช่องว่างอากาศมีผลต่อความคงทน (Durability) ของผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต ปริมาตรช่องว่างอากาศยิ่งน้อยเท่าใด น้ำและอากาศจะซึมผ่านเข้าไปทำลายแอสฟัลต์และการยึดเกาะระหว่างมวลรวมกับแอสฟัลต์ได้ยากเท่านั้น จะทำให้ผิวทางมีอายุยืนยาว

ความแน่นและปริมาตรช่องว่างอากาศ มีความสัมพันธ์กันโดยตรง กล่าวคือ ความแน่นยิ่งมากปริมาตรช่องว่างอากาศจะยิ่งน้อยและเป็นจริงในทางกลับกัน การกำหนดค่าความแน่นต่ำสุดของผิวทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องคำนึงถึงปริมาตรช่องว่างอากาศด้วย โดยปกติผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่บดอัดเสร็จใหม่ๆ มักจะกำหนดค่าความแน่นต่ำสุดซึ่งทำให้ปริมาตรช่องว่างอากาศน้อยกว่าร้อยละ 8

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

โดยที่ VMA คือ ปริมาตรช่องว่างสำหรับรับปริมาตรของแอสฟัลต์ประสิทธิผล (Effective Asphalt ซึ่งหมายถึงปริมาตรแอสฟัลต์ทั้งหมดที่ใส่ลงไปผสม หักด้วยปริมาตรแอสฟัลต์ส่วนที่ถูกดูดซึมเข้าไปในเม็ดของวัสดุมวลรวม) ปริมาตรช่องว่างที่เหลือจากการแทนที่ของแอสฟัลต์ประสิทธิผลคือปริมาตรช่องว่างอากาศ ดังนั้นถ้าหากออกแบบส่วนผสมให้แอสฟัลต์ติกคอนกรีตมีปริมาตรช่องว่างเท่ากันแล้วแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่มีค่า VMA สูงกว่า จะมีความคงทนต่อการใช้งานนานกว่าแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่มีค่า VMA ต่ำกว่า ซึ่งอธิบายได้โดยอาศัยหลักความจริงว่าการที่วัสดุมวลรวมมีค่า VMA สูง ย่อมหมายถึงปริมาตรช่องว่างสำหรับใส่แอสฟัลต์มาก ทำให้ได้ฟิล์มแอสฟัลต์ที่ห่อหุ้มผิววัสดุมวลรวมหนา ซึ่งทำให้แอสฟัลต์ติกคอนกรีตมีความคงทนอายุการใช้งานยืนยาว

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

5. ปริมาณแอสฟัลต์ (Asphalt Content) เนื่องจากปริมาณแอสฟัลต์ที่ใส่ลงไปผสมในแอสฟัลต์ติกคอนกรีตมีผลต่อคุณสมบัติของแอสฟัลต์ติกคอนกรีตเป็นอย่างมาก ดังนั้นปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้จะต้องถูกต้องและแน่นอน ไม่ว่าจะเป็นการผสมในห้องทดลองหรือที่โรงงานผสม (Mixing Plant) ในการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์ติกคอนกรีต

ปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตจะเป็นเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุมวลรวมได้แก่ขนาดคละ และคุณสมบัติในการดูดซึมแอสฟัลต์ วัสดุมวลรวมซึ่งมีขนาดคละที่ประกอบด้วยเม็ดขนาดใหญ่กว่า เหตุผลก็คือวัสดุมวลรวมเม็ดเล็กมีพื้นที่ผิวมากกว่าวัสดุมวลรวมเม็ดใหญ่ (ถ้าปริมาตรเท่ากัน) จึงต้องใช้แอสฟัลต์มากกว่าเพื่อเคลือบผิวเม็ดวัสดุมวลรวม

2.3.6 แหล่งกำเนิดของแอสฟัลต์

1. เบอร์มูเดซแอสฟัลต์ (Bermudez Asphalt) เป็นแอสฟัลต์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมีลักษณะเป็นบึงอยู่บริเวณชายฝั่งด้านเหนือของเวเนซูเอลา (Venezuela)

2. ชนิดของน้ำมันดิบ (Petroleum Crude Oil) น้ำมันดิบที่ใช้กลั่นเอาน้ำมันเชื้อเพลิงกากที่เหลือหลังจากการกลั่นอาจไม่ใช่แอสฟัลต์ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลัก และชนิดของน้ำมันดิบนั้นๆ ซึ่งพอแยกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ชนิดที่มีส่วนประกอบหลักเป็น พาราฟิน (Paraffinic Base) ส่วนที่เหลือจาก การกลั่นจะได้พาราฟิน

ข. ชนิดที่มีส่วนประกอบหลักเป็น แอสฟัลต์ (Asphaltio Best) ส่วนที่เหลือจากการกลั่นจะได้แอสฟัลต์

ค. ชนิดผสม (Mixcd Base) เป็นน้ำมันปิโตรเลี่ยมที่กลั่นแล้วจะได้กากจากการกลั่นเป็นพาราฟินละแอสฟัลต์

3. ขบวนการผลิตแอสฟัลต์

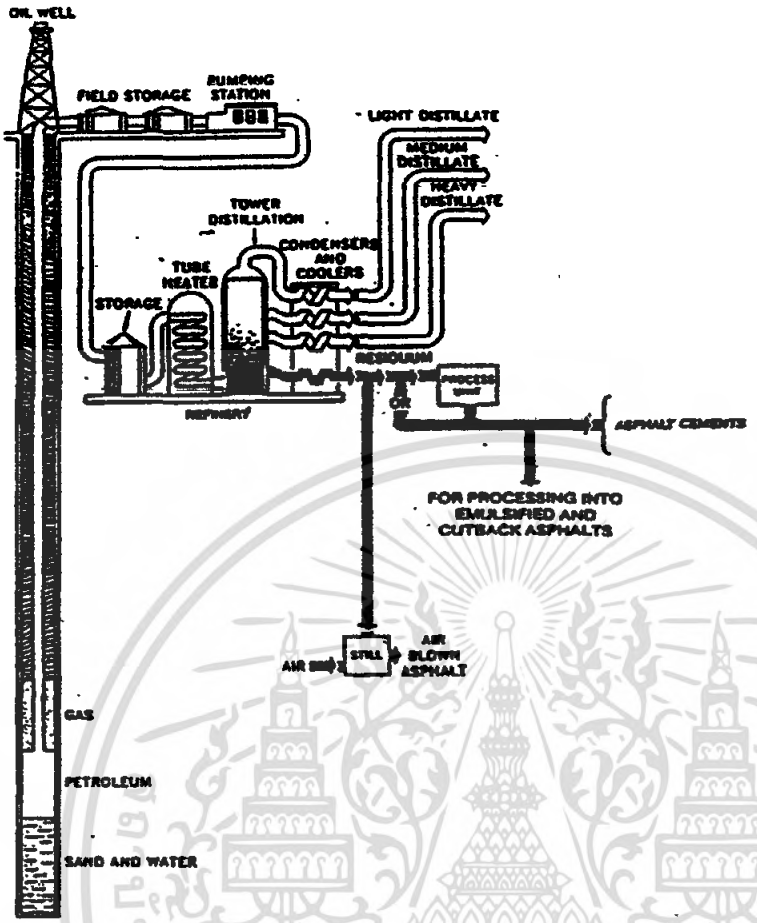
ขบวนการผลิตแอสฟัลต์ที่ได้จากการกลั่นของน้ำมันดิบเป็นไปตามภาพที่

วิธีการผลิตเริ่มจาก การป้อนน้ำมันดิบจากังเก็บเข้าสู่ท่อที่ให้ความร้อนซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นจะไหลผ่านท่อเข้าสู่หอกลั่น และความดันภายในหอกลั่นจะถูกทำให้ลดลงเป็นสุญญากาศ เพื่อที่จะแยกส่วนประกอบที่เบาและระเหยได้ง่ายกว่าออกจากกันเป็นชั้น ๆ ตามความหนักเบา ส่วนที่เหลือจากการกลั่นเป็นส่วนที่หนักข้นและระเหยได้ยาก มีลักษณะค่อนข้างเหลว เรียกว่า "Topped Crude" และจะนำส่วนนี้มาผลิตแอสฟัลต์ซึ่งมีวิธีใหญ่ ๆ อยู่ 2 วิธี คือ

ก. ขบวนการผลิตแบบ Vacuum Reduction ขบวนการนี้จะให้แอสฟัลต์ซีเมนต์ที่มีความข้นที่ต้องการ

ข. ขบวนการผลิตแบบ Oxidation ทำโดยการนำแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ต้องการบรรจุลงในถังรูปทรงกระบอก และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 500°ฟ. และพ่นอากาศเข้าไปทางด้านล่าง อ็อกซิเจนในอากาศจะทำปฏิกิริยากับน้ำมันให้เปลี่ยนมาเป็น แอสฟัลติกเรซิน (Asphaltio Resins) แล้วก็เปลี่ยนมาเป็นแอสฟัลทีน (Asphaltenes) ซึ่งเรียกกันว่า Blown Asphalt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



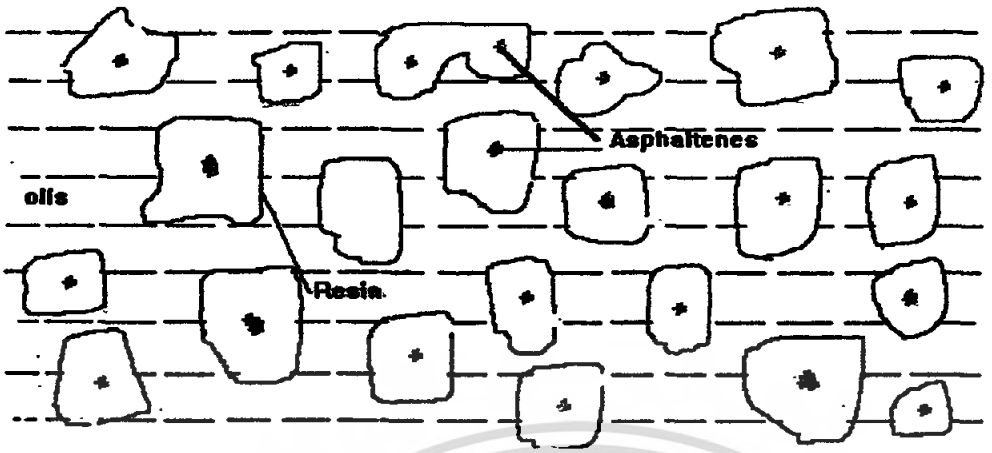
รูปที่2.1 ขบวนการผลิตแอสฟัลต์จากการกลั่นน้ำมันดิบ

4. ส่วนประกอบทางเคมีของแอสฟัลต์

แอสฟัลต์ประกอบด้วย โมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนที่ค่อนข้างใหญ่และซับซ้อน และ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่น ๆ ในการแยกส่วยประกอบของแอสฟัลต์จะต้องใช้ทำละลายต่าง ๆ และวิธีการดังเช่น Chemical Precipitation, Thermal Diffusion

การแยกส่วนโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent Fractions) เป็นวิธีในการตรวจสอบหาส่วนประกอบของแอสฟัลต์ที่นิยมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะแยกส่วนประกอบได้เป็น 4 ส่วน คือ Carbenes (ไม่ละลายในคาร์บอนไดซัลไฟด์), Carbenes (ละลายในคาร์บอนไดซัลไฟด์แต่ไม่ลายในคาร์บอนเตตราคลอไรด์), Asphaltenes (ละลายในคาร์บอนเด็ดตระคลอไรด์ แต่ไม่ลายในไฮโรคาร์บอนอิ่มตัว เช่น ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ที่มีจุดเดือดต่ำ) และ Maltenes, Resins และ Oils

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.2 โครงสร้างของแอสฟัลต์

5. ระบบการกำหนดชั้นและเกรดของแอสฟัลต์

ก. เกรดเพนิเตรชั่น (Penetration Grading)

เป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายโดยจะแบ่งเกรดตามความแข็งของแอสฟัลต์เอง เช่น 40/50(แข็ง), 60/70 (ปานกลาง), 80/100 หรือ 100/120(อ่อน), 150/200(อ่อนมาก) เป็นต้น

ข. เกรดค่าความหนืด (Viscosity Grading)

6. ความคงทนของแอสฟัลต์ (Durability of Asphalt)

ก. Oxidation เป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้แอสฟัลต์แข็งตัวและเสื่อมสภาพการเกิด Oxidation ช้าหรือเร็วนั้นจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น ดินฟ้าอากาศ อุณหภูมิและปริมาณการเกิดอ็อกซิเจน แต่อัตราการเกิด Oxidation จะช้าลงและน้อยลงเมื่อลึกลงไปจากผิวแอสฟัลต์การเกิด Oxidation จะสูงเมื่อแอสฟัลต์ที่ใช้งานอยู่ในอุณภูมิที่สูงและถูกอากาศเต็มที่

ข. Volatilization

เป็นขบวนการระเหยตัวของสารที่สามารถระเหยได้ในส่วนผสมของแอสฟัลต์ ขบวนการนี้จำไม่เกิดที่อุณหภูมิปกติ แต่จะเกิดเฉพาะที่อุณภูมิสูง ๆ เท่านั้น

ค. Microbiological Deterioration เป็นการเสียตามธรรมชาติ

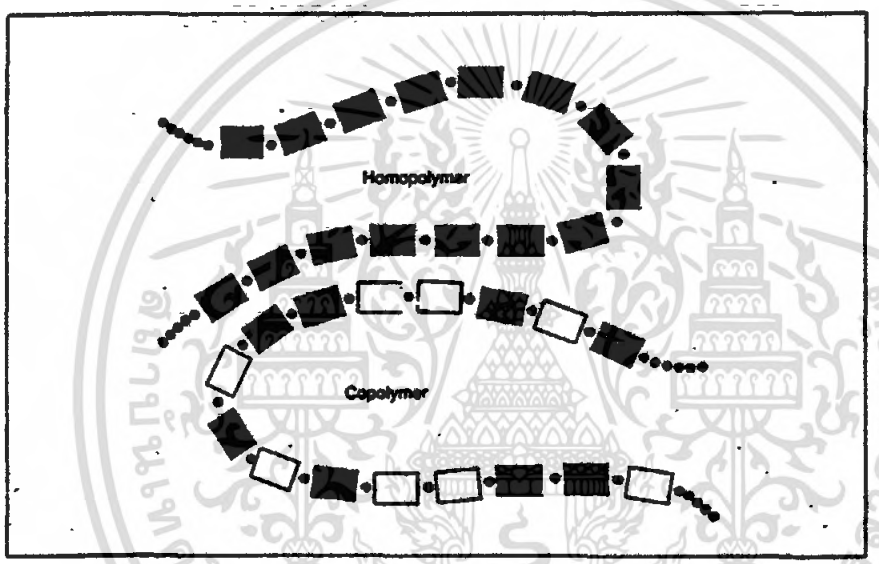
2.3.7 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสารโพลิเมอร์

การโมดิฟายด์ยางแอสฟัลต์โดยการเติมสารผสมเพิ่ม ในยางแอสฟัลต์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของยางแอสฟัลต์นั้นเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยในการลดปัญหา ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนผิวถนนแอสฟัลต์ติกคอนกรีต โพลิเมอร์ หมายถึง การที่สารประกอบไฮโครคาร์บอนโมเลกุลเดี่ยว (Monomer) หลายตัวมารวมกัน

การผสมโพลิเมอร์ในยางแอสฟัลต์นั้น ได้ปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของแอสฟัลต์ให้ดีขึ้น โดยเฉพาะเกี่ยวกับความอ่อนไหวต่ออุณหภูมิทำให้เชื่อกันว่า การผสมโพลิเมอร์แกร่งขึ้นที่อุณหภูมิสูง และขณะเดียวกัน ไม่แข็งจนเกินไปเมื่ออุณหภูมิต่ำลง เป็นผลให้ยางแอสฟัลต์ที่มีโพลิเมอร์ผสมอยู่ มีความสามารถสูงขึ้นสำหรับการต้านทานต่อความเสียหายหลักชนิดต่าง ๆ อันได้แก่ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยถาวร (Permanent Deformation) การแตกร้าวเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง (Thermal Cracking)



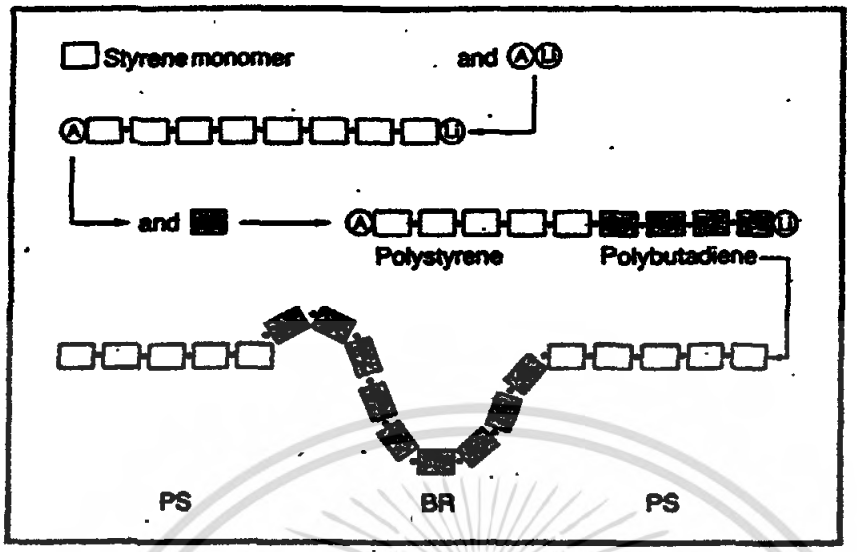
รูปที่ 2.3 ชนิดของโพลิเมอร์

โพลิเมอร์สามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่

1.1อิลาสโตเมอร์ (Elastomer) เป็นโพลิเมอร์ที่ทำให้เกิดคุณสมบัติยืดหยุ่น โดยมีกลุ่มหลักอยู่ 4 กลุ่มคือ โพลิยูริเทน (Polyurethane) โพลิอีเธอร์ – โพลิเอสเทอร์โคโพลิเมอร์ (Polyether - Polyester Copolymer) โอลิฟีนิกโคโพลิเมอร์ (Olefinic Copolymer) และสไตรินิคโคโพลิเมอร์ (styrenic Copolymer) โดยในแต่ละตัวยังออกเป็นชนิดย่อยๆ ได้อีก เช่น โฮโมโพลิเมอร์, บล็อคโคโพลิเมอร์ (Block Copolymer) ซึ่งประกอบด้วย สไตรีน-บิวตาไดอีน-สไตรีน (Styrene – butadiene -Styren. SBS) และพวกโคโพลิเมอร์แบบสุ่ม (Random Copolymer) หรือสไตรีน-บิวตาไดอีน-ยางธรรมชาติ (Styrene-Butadiene-Rubber, SBR) โพลิเมอร์เหล่านี้จะเพิ่มความแข็งแรงให้กับแอสฟัลต์จนกระทั่งยืดออก ซึ่งกำลังรับแรงดึง (Tensile - Strength) จะเพิ่มตามความยาว ทำให้มีความต้านทานต่อการเสียรูป ถึงแม้จะมีการยืดออกไปและกลับสู่รูปร่างเดิมอย่างรวดเร็ว เมื่อความเค้นที่เสียไปกลับคืนมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.4 การเกิดสไตรีน-บิวตาไดอีน-สไตรีน

1.2 พลาสโตเมอร์ (plastomer) โดยส่วนใหญ่แล้วเป็นสารประเภทอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ที่จะสามารถทำให้รูปร่างหรือเสียรูปไปได้ พลาสโตเมอร์นี้จะทำให้เกิดโครงข่าย (Network) 3 มิติ ที่มีความเหนียวและแข็ง ซึ่งจะสามารถต้านทานต่อการเสียรูปได้ โพลิเมอร์เหล่านี้จะทำให้เกิด Early Strength อย่างรวดเร็วภายใต้การกระทำของน้ำหนัก แต่อาจจะแตกเนื่องจากความเครียด โพลิเมอร์พวกนี้ได้แก่ โพลิเอทิลีน (Polyethylene) และเอทิลีนไวนิลอะซิเตต (Ethylene-Vinyl-Acetate, EVA) EVA เป็นโคโพลิเมอร์ของเอทิลีน และ ไวนิลอะซิเตต คุณสมบัติของ EVA จะขึ้นอยู่กับปริมาณของไวนิลอะซิเตต ถ้ามีปริมาณของไวนิลอะซิเตตสูงถึง 20% จะทำให้มีลักษณะอ่อน แต่มีความยืดหยุ่นและเหนียวมาก ภายใต้ความดันต่ำ

โดยทั่วไปโพลิเมอร์ที่มีความเป็นผลึกสูงหรือมีองศาการเชื่อมโยงมาก เช่น พลาสติกหรือเส้นใยไนลอนจะมีความแข็งแรงสูง แต่มีความสามารถยืดตัวต่ำ แต่ถ้าโพลิเมอร์นั้นมีความเป็นผลึกต่ำและมีการเชื่อมโยงต่ำ จะมีความแข็งแรงน้อยแต่มีความยืดตัวสูง จากคุณสมบัติความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ในกลุ่มอิลาสโตเมอร์ และคุณสมบัติที่ดีในส่วนของความเหนียว และความแข็งของโพลิเมอร์ในกลุ่มพลาสโตเมอร์ เมื่อนำไปผสมกับยางแอสฟัลต์ก็จะช่วยเพิ่มคุณสมบัติของยางให้มีความแข็ง และความยืดหยุ่นขึ้น ทำให้สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น รวมทั้งลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต

82934
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่2.5 โพลิเมอร์ชนิด SBS และ EVA ที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดของแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ผสมโพลิเมอร์ที่ใช้สำหรับงานแอสฟัลต์ติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete or Hot-Mix Ahphalt)

รายการที่	คุณลักษณะ	หน่วย	ข้อกำหนด	วิธีทดสอบ
1	เพนิเตรชั่น (Penetration) ที่อุณหภูมิ 25°ซ, 100 กรัม, 5 วินาที	0.1 มม.	60 – 70	DH–T403
2	จุดอ่อนตัวแบบวงแหวนละลูกกลม (Softening Point, Ring and Ball)	°ซ	> 70	ASTM D36
3	การยืดตัว (Ductivity) ที่อุณหภูมิ 13°ซ	ซม.	>55	DH–T405
4	จุดวาบไฟ (Flash Point, Cleveland Open Cup)	°ซ	>220	ASTM D29

2.3.8 วิธีการออกแบบแอสฟัลต์

ข้อกำหนดสำหรับส่วนผสมของผิวจราจรแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต จะระบุวิธีการออกแบบส่วนผสม และความต้องการในการออกแบบไว้ องค์กรหรือผู้มีอำนาจหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับถนนลาดยางเป็นผู้กำหนดวิธีการออกแบบไว้วิธีการออกแบบส่วนผสมที่นิยมใช้แพร่หลายได้แก่ วิธี มาร์แชลล์ (Marshall Method) และวิธี ฮวีม (Hveem Method) ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี่จะกล่าวถึงวีธี มาร์แชลล์ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8.1 วิธี มาร์แชลล์

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

2.3.8.2 การออกแบบส่วนผสม

การออกแบบส่วนผสม แอสฟัลต์ติกคอนกรีต จะต้องเลือกสัดส่วนขนาดคละของมวลรวมและปริมาณของ แอสฟัลต์ซีเมนต์ และเลือกปริมาณการจราจร ที่ใช้ จากนั้นจึงเตรียมก้อนตัวอย่างและทำการทดสอบ นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟ ทำการวิเคราะห์ ต่อไป ปริมาณจราจรที่ใช้ในการออกแบบ จำแนกได้ดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.2 ขนาดคละของมวลรวมและปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้

ขนาดที่ใช้เรียก มม.	9.5 (3/8")	12.5 (1/2")	19.0 (3/4")	25.0 (1")
สำหรับชั้นทาง	Wearing Course	Wearing Course	Binnder Course	Base Course
ความหนา มม.	25 - 35	40 - 70	40 - 80	70 - 100
ขนาดคะแกรง 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
ปริมาณของแอสฟัลต์ ร้อยละของมวลรวม	10.00 - 16.00	7.5 - 13.5	6.5 - 12.0	5.5 - 7.5

หมายเหตุ ขนาดคละมวลรวมและปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้อาจเปลี่ยนแปลงได้ แต่ทั้งนี้แอสฟัลต์ติกคอนกรีตคอนกรีตที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติและความแข็งแรงถูกต้องตามข้อกำหนด ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.3 ข้อกำหนดในการออกแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตของกรมทางหลวง

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
Persent Air Voids	3 - 5	3 - 5	3 - 6	3 - 6	3 - 5
Persent 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
Persent Strength Index min	75	75	75	75	75

2.3.8.3 การเตรียมก้อนตัวอย่างและการทดสอบ

1. การเตรียมวัสดุผสม ชั่งน้ำหนักส่วนผสมของมวลรวมซึ่งได้ขนาดของมวลรวมที่กำหนดหนักประมาณ 1,000 – 1,200 กรัม นำส่วนผสมมวลรวมไปวางบนแผ่นร้อนหรือในเตาอบเพื่อให้ความร้อนตามอุณหภูมิที่กำหนด เทมวลรวมที่ได้ความร้อนตามที่กำหนดใส่ลงในชามอ่างผสมคลุกเคล้าให้ทั่ว จากนั้นเกรียงเกลี่ยมวลรวมทำเป็นแอ่งปากปล่องภูเขาไฟ เทแอสฟัลต์ ที่ได้รับความร้อนและชั่งน้ำหนักตามที่กำหนดไว้ใส่ในแอ่งของมวลรวม ใช้เกรียงผสมมวลรวมกับแอสฟัลต์ ให้เข้ากันโดยเร็วที่สุด โดยประมาณ 1 นาที พยายามให้แอสฟัลต์เคลือบมวลรวมอย่างทั่วถึงใช้ความระมัดระวังในการผสมอย่าให้เกิดการสูญเสียวัสดุผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการบดก้อนตัวอย่าง ให้ทำความสะอาดชุดแบบหล่อตัวอย่างและผิวหน้าของค้อนบดอัด แล้วนำไปให้ความร้อนบนแผ่นร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 93 – 149 องศาเซลเซียส เมื่อทำการประกอบแบบแล้วให้นำกระดาษกรองขนาดพอดีกับแบบวางรอไว้ที่ก้นแบบ ก่อนที่จะนำส่วนผสมเทใส่ลงในแบบ เมื่อเทส่วนผสมลงในแบบแล้ว ใช้เกรียงแซะบริเวณ รอบ ๆ ตัวอย่าง 15 ครั้ง และบริเวณ กลาง 10 ครั้ง ใช้เกรียงแต่งผิวหน้าให้เรียบมีลักษณะมนเล็กน้อย ปล่อยให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิอยู่ภายในช่วงกำหนด ของอุณหภูมิการบดอัด 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 แล้วทำการชั่งน้ำหนักวัดขนานแล้วนำไปแช่น้ำประมาณ 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 1 ใน 100 ของนิ้ว (25 ใน 100 ของมิลลิเมตร)

ค่าเสถียรภาพของก้อนตัวอย่างคือค่าความต้านทานน้ำหนักบรรทุกสูงสุดในหน่วยปอนด์ซึ่งกำหนดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ค่าขุบตัวคือ การเคลื่อนไหวทั้งหมดหรือการเสียรูปในหน่วยของ 0.01 นิ้ว ที่เกิดขึ้นระหว่างไม่มีน้ำหนักบรรทุกกับเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของขนาดทดสอบ

คำนวณหาค่าต่าง ๆ เพื่อนำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอสฟัลต์กับค่าต่าง ๆ ดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.4 ค่าต่ำสุดของเปอร์เซ็นต์โพรงระหว่างมวลรวม

Nominal Meximum Particle Size		Minimum VMA. Persent Design Air Voids Persent		
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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.5 เกณฑ์กำหนดการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์

Marshall Method	Light Traffic		Medium Traffic		Heavy Traffic	
	Surface & Base		Surface & Base		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 Aggegate (VMA.)	See Table 2.3					
Percent Voids filled whit Asphalt (VMA.)	70	80	65	78	65	75

4. การประเมินผล พิจารณาเลือกเปอร์เซ็นต์แอสฟัลต์ที่เหมาะสม ต้องเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์แอสฟัลต์ซีเมนต์ กับ ค่าที่ทดสอบได้ ประกอบด้วย หน่วยน้ำหนัก เปอร์เซ็นต์โพรงอากาศ เสถียรภาพการไหล เปอร์เซ็นต์โพรงระหว่างมวลรวม (VMA) และเปอร์เซ็นต์โพรงอากาศที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ (VFA)

ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์สูงสุด ให้พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ที่สอดคล้องตามเงื่อนไขดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
แผนงานและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 แผนงานการดำเนินงาน

ในการทำการศึกษาคุณสมบัติของแอสฟัลต์คิกคอนกรีตที่ใช้โพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์สำหรับงานเสริมผิวทางชนิดบาง PMA. เป็นวัสดุเชื่อมประสานกับมวลรวมหินปูน เทียบกับวัสดุเชื่อมประสานชนิดแอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 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 3 สัปดาห์

3.1.2 จัดเตรียมวัสดุในการทดลอง

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

3.1.3 ทำการทดสอบคุณภาพของแอสฟัลต์ เกรด 60/70 โดยการทดสอบดังนี้

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

ใช้เวลา 1 สัปดาห์

3.1.4 ทำการทดสอบคุณภาพของโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์ โดยการทดสอบดังนี้

- การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity Test)
- การทดสอบหาค่าการยืดตัว (Ductility Test)
- การทดสอบหาค่าจุดอ่อนตัว (Softening Point Tese)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบหาค่าการทะลวง (Penetration Test)
- การทดสอบหาค่าจุดวาบไฟ (Flash Point Test)

ใช้เวลา 4 สัปดาห์

3.1.5 ทำการวิเคราะห์ผล (ในช่วงแรก)

วิเคราะห์ผลการทดสอบคุณภาพของแอสฟัลต์ เกรด 60/70 เปรียบเทียบกับการทดสอบคุณภาพของโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์ 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 ทำการทดสอบตัวอย่างที่มีการออกแบบส่วนผสมโดยเปรียบเทียบระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์ กับโพลิเมอร์แอสฟัลต์ซีเมนต์ ด้วยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall method) โดยมีการทดสอบดังนี้

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

ใช้เวลา 5 สัปดาห์

3.1.8 ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ผลการทดสอบการออกแบบส่วนผสมโดยเปรียบเทียบระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC60/70 กับโพลิเมอร์แอสฟัลต์ซีเมนต์ ด้วยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall method) ใช้เวลา 3 สัปดาห์

3.1.9 ทำการจัดทำรูปเล่มรายงาน

วิเคราะห์ผลการทดสอบการออกแบบส่วนผสมโดยเปรียบเทียบระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC60/70 กับโพลิเมอร์แอสฟัลต์ซีเมนต์ ด้วยวิธีมาร์แชลล์ (Marshall method) ใช้เวลา 2 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ทำการทดสอบคุณภาพของแอสฟัลต์ 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. ทำการทดสอบคุณภาพของโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์โดยการทดสอบดังนี้

    2.1 การทดสอบหาค่าการยืดตัว (Ductility Test)

    2.2 การทดสอบหาค่าจุดอ่อนตัว(Softening Point Test)

    2.3 การทดสอบหาค่าการทะลวง(Penetration Test)

    2.4 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 (Los Angeles Abrasion Test)

    3.5 ผลการทดสอบการดูดซึมของมวลรวม (Abrasion Test)

4. ทำการทดสอบตัวอย่างที่มีการออกแบบส่วนผสมโดยเปรียบเทียบระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์กับโพลิเมอร์แอสฟัลต์ซีเมนต์ 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 เปอร์เซ็นต์โพรงที่ถูกแทนด้วยแอสฟัลต์ (Percent voids filled with asphalt)

5. ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 วิธีการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นของแอสฟัลต์ซีเมนต์

(Specific Gravity and Density of Asphalt Cement Test)

(ASTM D70-97)

ขอบข่าย

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นของวัสดุบิทูเมนที่มีสภาพกึ่งของแข็ง, แอสฟัลต์ซีเมนต์ และทาร์พิทซ์อ่อน (soft tar pitch) โดยการใช้ Pycnometer

ความถ่วงจำเพาะของแอสฟัลต์ซีเมนต์ คือ อัตราส่วนของมวลแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่มีปริมาตรหนึ่งที่อุณหภูมิ 25° C (77° F) ต่อมวลของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันและที่อุณหภูมิเดียวกัน

ในการทดลองแอสฟัลต์ซีเมนต์ตัวอย่างจะถูกเทลงในขวด Pycnometer ซึ่งทำด้วยแก้วและมีฝาจุกไว้สำหรับปิดขวด Pycnometer โดยที่ความจำเพาะของแอสฟัลต์ซีเมนต์ สามารถหาได้โดยการชั่งน้ำหนักตามขั้นตอนแล้วเข้าสูตรคำนวณ คือ น้ำหนักของขวด Pycnometer และฝาจุก (ขวดเปล่า), น้ำหนักของขวด Pycnometer ที่บรรจุน้ำกลั่น พร้อมฝาจุก, น้ำหนักของขวด Pycnometer ที่มีแอสฟัลต์ซีเมนต์บรรจุอยู่ประมาณ 3 ใน 4 ของความจุ พร้อมฝาจุกและน้ำหนักของขวดPycnometer ที่มีแอสฟัลต์ซีเมนต์และน้ำบรรจุอยู่ พร้อมฝาจุก

อุปกรณ์

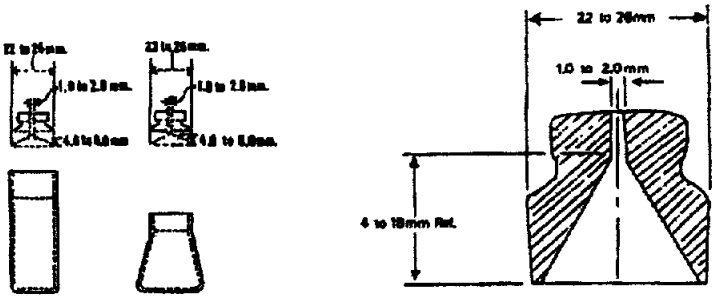
1. Pycnometer ทำด้วยแก้วรูปทรงกระบอกหรือรูปกรวยพร้อมฝาจุกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22-26 มิลลิเมตร โดยที่กึ่งกลางฝาจุกมีรูตามแนวดิ่ง เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 ถึง 2.0 มิลลิเมตร ผิวด้านบนของฝาจุกราบเรียบ ผิวด้านใต้โค้งเข้าเพื่อให้อากาศลอยออกไปได้ Pycnometer มีความจุ 24-30 มิลลิเมตร และน้ำหนักของ Pycnometer พร้อมฝาจุกไม่ควรเกิน 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 และฝากจุกให้แห้ง ทำการชั่งน้ำหนักทันที บันทึกผลเป็นค่า B

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

ให้เลอะเทอะด้านนอกของ 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

การคำนวณ

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

โดยที่ A = น้ำหนักของ Pycnometer (รวมฝาจุก)

B = น้ำหนักของ Pycnometer เติมน้ำเต็ม

C = น้ำหนักของ Pycnometer ที่บรรจุแอสฟัลต์ซีเมนต์บางส่วน

D = น้ำหนักของ Pycnometer ที่บรรจุแอสฟัลต์ซีเมนต์และเติมน้ำเต็ม

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)

การรายงาน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วิธีการทดลองหาค่าเพนิเตรชัน (Penetration)

(ASTM D5-83)

บทนิยาม

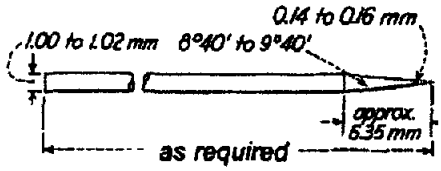
ค่าเพนิเตรชัน (Penetration) หมายถึง ระยะทางที่เข็มมาตรฐานแทงจมลงในเนื้อวัสดุแอสฟัลต์ตามแนวดิ่ง ภายใต้ภาวะของน้ำหนักบรรทุก เวลา และอุณหภูมิที่กำหนดโดยระยะทางที่เข็มจมในหน่วยของ 0.1 มิลลิเมตร ค่าเพนิเตรชันจะเป็นค่าบอกความข้นหนืด (consistency) ของวัสดุแอสฟัลต์ ถ้ามีค่ามากแสดงว่ามีความข้นหนืดน้อย ถ้ามีค่าน้อยแสดงว่ามีความข้นหนืดมาก

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) ผลอดขอบของปลายตัดจะต้องคมปราศจากเสี้ยน 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



รูปที่3.2 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) ใช้สำหรับการทดลองที่ใช้เครื่องทดลองแบบคุมด้วยมือ เครื่องจับเวลามักเป็นนาฬิกาจับเวลา (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

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)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

รูปที่3.3 เครื่องทดลองเพนิเตรชัน (Penetration Apparatus)

การเตรียมตัวอย่าง

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

2. เทตัวอย่างลงในภาชนะบรรจุตัวอย่างให้ได้ความหนาเพียงพอ ควรหนามากกว่าระยะที่คาดว่าเข็มจะจมลงในเนื้อวัสดุแอสฟัลต์เป็นระยะมากกว่าอย่างน้อยที่สุด 10 มม.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 แล้วจึงวางภาชนะย้ายตัวอย่างลงบนที่ตั้งของเครื่องทดลองเพนิเตรชัน ในแต่ละกรณีต้องปรับเครื่องมือให้เข็มมาตรฐานที่มีน้ำหนักกดตามระบุสัมผัสกับเงาของตัวอย่างพอดี ซึ่งทำได้โดยค่อยๆ เลื่อนเข็มลงแล้วสังเกตให้ปลายเข็มสัมผัสกับเงาของตัวเข็มที่เกิดจากการสะท้อนมาจากผิวหน้าของตัวอย่างที่มีการตั้งเครื่องมือให้ได้รับแสงสว่างที่พอเหมาะ ตั้งหน้าปัดให้อ่านค่าศูนย์เมื่อเข็มสัมผัสผิวหน้าของตัวอย่างแล้วปล่อยเข็มให้ทะลวงลงไปในตัวอย่างตามระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นวัดหาค่าระยะทางที่เข็มจมลงไปในตัวอย่างด้วยการปรับหน้าปัด ระยะทางที่วัดได้เป็นค่าของการทะลวงที่วัดในหน่วย 0.1 มม. ถ้าภาชนะบรรจุตัวอย่างมีการเคลื่อนที่ในระหว่างการปล่อยเข็มทะลวงตัวอย่างให้ถือว่าการทดลองนั้นใช้ไม่ได้

2. แต่ละตัวอย่างให้ทำการทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง ตรงจุดที่อยู่ห่างจากขอบภาชนะบรรจุตัวอย่างไม่น้อยกว่า 10 มม. และแต่ละจุดต้องอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่า 10 มม. ถ้าการทดลองต้องใช้ภาชนะย้ายตัวอย่างจะต้องนำภาชนะย้ายตัวอย่างที่มีตัวอย่างอยู่กลับไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิทุกครั้งก่อนที่จะทดลองจุดต่อไป เพื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่ตามกำหนดต้องทำความสะอาดเข็มทุกครั้งก่อนการทดลองแต่ละจุด ถ้าวัสดุตัวอย่างมีค่าเพนิเตรชันมากกว่า 200 ให้ใช้เข็มอย่างน้อย 3 อัน โดยทิ้งเข็มไว้ในการทดลองแต่ละจุด แล้วเริ่มทดลองด้วยเข็มอันใหม่จนกว่าจะเสร็จการทดลองทุกจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เข็ม, ภาชนะบรรจุตัวอย่างและเงื่อนไขต่างๆ ตามวิธีนี้ใช้สำหรับการหาค่าเพนิเตรชันที่มีค่าสูงถึง 350 อย่างไรก็ตามวิธีนี้อาจใช้กับค่าเพนิเตรชันสูงถึง 500 โดยใช้ภาชนะบรรจุตัวอย่างแบบพิเศษและเข็มชนิดพิเศษโดยใช้ภาชนะบรรจุตัวอย่างควรลึกอย่างน้อยที่สุด 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

ตารางที่3.1 ความแตกต่างของการทดลองเพนิเตรชัน

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

หลักการพิจารณาผลการทดลอง

1.ผลการทดลอง โดยผู้ทดลองคนเดียวกัน ห้องทดลอง และเครื่องทดลองอันเดียวกันในเวลาต่างกัน (repeatability) จะเชื่อถือได้ต่อเมื่อผลการทดลองนั้นแตกต่างกันไม่มากกว่ากำหนดดังนี้

2. ผลการทดลองที่ทำโดยผู้ทดลอง 2 คน จากห้องทดลองคนละห้อง (reproducibility)

ข้อควรระวัง

1.ในการเตรียมตัวอย่าง โดยการให้ความร้อนก่อนที่จะเทลงสู่ภาชนะบรรจุตัวอย่างจะต้องให้ความร้อนสม่ำเสมอ เมื่อเทลงสู่ภาชนะบรรจุตัวอย่างแล้วต้องสังเกตดู ถ้ายังมีฟองอากาศปะปนอยู่ ควรให้ความร้อนอีกเล็กน้อยแล้วคนไล่ฟองอากาศให้หมด

2. ตรวจสอบน้ำหนักของแกน เข็ม และน้ำหนักถ่วง ต้องรวมกันให้ได้ครบตามข้อกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วิธีการทดลองหาค่าการยืดตัว (Ductility)

(ASTM D113-85)

ขอบข่าย

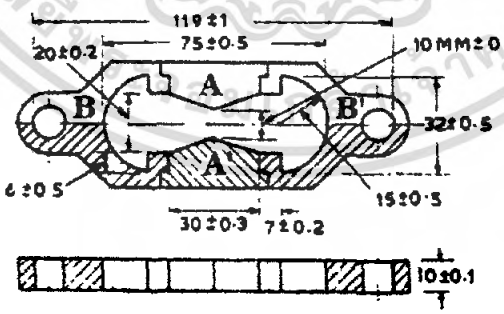
การยืดตัวของวัสดุบิทูเมน คือ ระยะทางที่วัสดุตัวอย่างยืดออกก่อนขาดจากกันซึ่งวัดได้จากการดึงปลายทั้งสองข้างของตัวอย่างรูปบริเคท ซึ่งอยู่ในแบบมาตรฐาน ด้วยอัตราความเร็ว และอุณหภูมิที่กำหนด ถ้าการทดลองไม่ได้กำหนดเป็นอย่างอื่น ให้ใช้อุณหภูมิการทดลองที่ 25 ± 0.5° C (77 ± 0.9° F) และใช้อัตราความเร็ว 5 ซม. /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

วิธีการทดลองนี้จะใช้วัดคุณสมบัติรับแรงดึงของวัสดุบิทูเมน และใช้วัดการยืดตัวตามข้อกำหนด

อุปกรณ์

1. แบบ (Mold) แบบที่ใช้มีรูปร่าง และขนาดดังแสดงในรูปที่ 3.4 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.



รูปที่3.4 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) เป็นเครื่องสำหรับดึงตัวอย่างที่หล่อแล้วให้แยกออกจากกัน อาจจะใช้เครื่องมือแบบใดก็ได้ที่สามารถดึงตัวยุดทั้งสองให้ตัวยึด ออกด้วยอัตราความเร็วสม่ำเสมอตามที่กำหนด ไม่สั่นสะเทือน และขณะทดลองตัวอย่างจะต้องจมอยู่ได้น้ำตลอดเวลาตามที่กำหนดไว้ในวิธีการทดลอง

4. แผ่นทองเหลือง (Brass Plate) แผ่นทองเหลืองที่ใช้จะต้องมีผิวหน้าราบเรียบเมื่อวางแบบบนแผ่นทองเหลือง ผิวด้านล่างของแบบจะสัมผัสแผ่นทองเหลืองโดยตลอด

5. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

ช่วงอุณหภูมิ	หมายเลขเทอร์โมมิเตอร์
-8 ถึง 32° C	63 °C
18 ถึง 89°C	154.4 °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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 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 เอทิลีน (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 อาจใช้บีกเกอร์ทนความร้อนสูง ขนาดจุ 800 มิลลิลิตร ก็ได้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

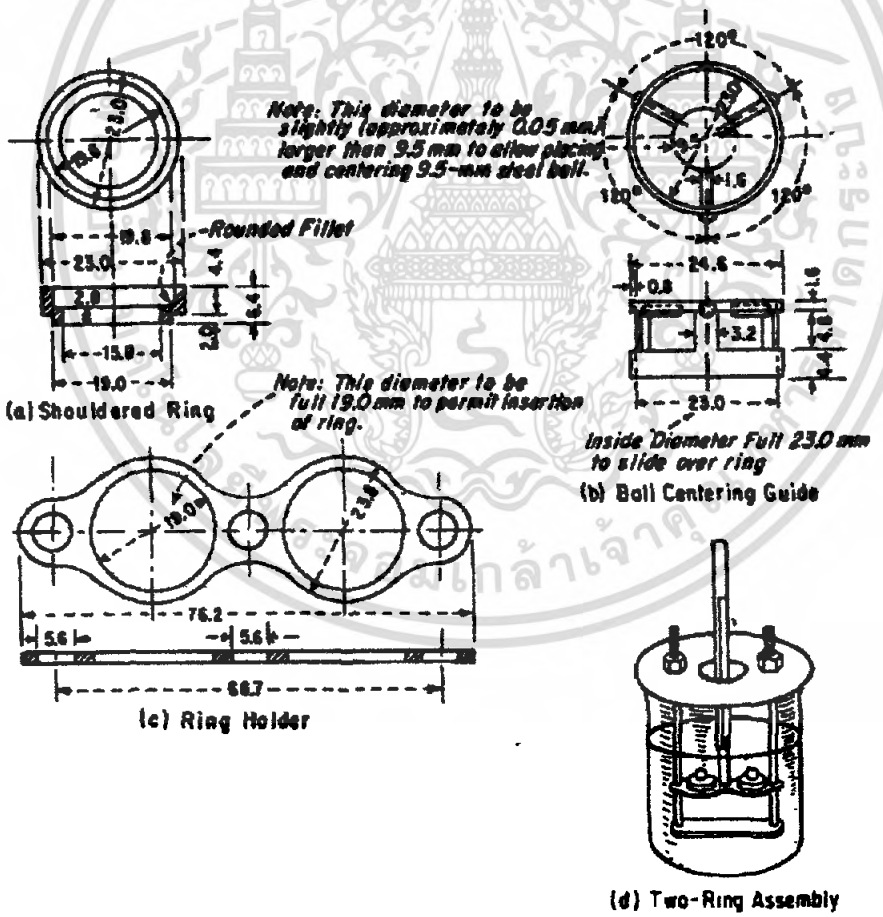
7. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

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



รูปที่3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาจุดอ่อนตัว (Softening Point)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างสำหรับการทดลอง

1.การเตรียมตัวอย่างและทดลองวัสดุแอสฟัลต์จะต้องเสร็จสมบูรณ์ภายใน 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 ซึ่งฉาบด้วยวัสดุผสมของกลีเซอรีน และเด็กซ์ตริน, แท็ลค์ หรือกาโอลิน 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 กลีเซอรีน 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 เอธิลีนไกลโคล 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.($41/8 \pm 1/8$ นิ้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าใช้เอทธิลีนไกลโคลต้องแน่ใจว่าพัดลมดูดอากาศของตู้ดูดควันปฏิบัติงานอย่างเหมาะสมเพื่อขจัดควันพิษให้ปากคีบจับวางลูกกลมลงในกระบอกแก้ว 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

รูปที่3.7 การทดลองหาจุดอ่อนตัว (Softening Point)

การคำนวณ

จุดอ่อนตัวในกระบอกแก้วที่บรรจุน้ำจะมีค่าต่ำกว่าจุดอ่อนตัวในกระบอกแก้วที่บรรจุ กลีเซอรีนในการแปลงค่าของจุดอ่อนตัว ซึ่งหาในน้ำ และมีค่าสูงกว่า 80° C (176° F) เล็กน้อย เป็นค่าจุดอ่อนตัวในกลีเซอรีน ให้ใช้ค่าปรับแก้ ± 4.2° C (± 7.6° F) สำหรับ แอสฟัลต์ และใช้ ± 1.7° C (± 3.0 °F) สำหรับวัสดุพวกโคลทาร์ (coal tar)

ผลการทดลองที่ใช้เอทธิลีนไกลโคลบรรจุในกระบอกแก้วจะมีค่าแตกต่างจากผลการใช้น้ำ หรือกลีเซอรีน ซึ่งการแปลงค่าใช้สูตรดังต่อไปนี้

แอสฟัลต์ :

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 วิธีการทดลองหาจุดวาบไฟ และจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน

(Flash Point Test by Cleveland Open-Cup)

(ASTM D92)

ขอบข่าย

เพื่อหาอุณหภูมิวิกฤตของแอสฟัลต์ เพื่อใช้ป้องกันอันตรายในขณะทำการเผาหรือหลอมละลายแอสฟัลต์ จุดวาบไฟ (Flash Point) เป็นจุดที่บ่งบอกอุณหภูมิต่ำสุดที่แอสฟัลต์จะเริ่มระเหยกลายเป็นไอ โดยแอสฟัลต์จะเกิดวาบไฟเมื่อมีเปลวไฟกระทบถูก และอีกจุดหนึ่งที่เป็นอันตรายเช่นเดียวกันก็คือ จุดติดไฟ (Fire Point) ซึ่งเป็นจุดที่แอสฟัลต์เริ่มติดไฟเมื่อมีเปลวไฟมากระทบถูก โดยอุณหภูมิของจุดติดไฟจะสูงกว่าจุดวาบไฟ ดังนั้นการนำแอสฟัลต์ไปใช้งานโดยการให้ความร้อนจึงจำเป็นจะต้องคำนึงถึงจุดวาบไฟ 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 น้ำมันเบนซินหรือไตรคลอโรเอทธีลีนเป็นต้น ใช้ฝอยโลหะขัดคาร์บอนที่ติดอยู่ และนำไปให้ความร้อนเพื่อให้น้ำและตัวทำละลายระเหยให้หมด ปล่อยให้ถ้วยทดลองเย็นตัวลงอย่างน้อย 60 °C ให้ต่ำกว่าจุดวาบไฟที่คาดไว้จากนั้นนำมาติดตั้งบนที่รองรับถ้วยทดลอง

3. ตั้งเทอร์โมมิเตอร์ไว้ให้กระเปาะอยู่เหนือก้นถ้วย 6.3 มิลลิเมตร และห่างจากขอบถ้วยประมาณ 1ใน 4 ของเส้นผ่าศูนย์กลางถ้วย

4. ถ้าตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลองเหนียวมาก ต้องอุ่นให้เหลวพอที่จะเทได้สะดวกสะดวก อุณหภูมิที่ใช้ในการอุ่นจะต้องต่ำกว่าจุดวาบไฟที่คาดไว้ไม่น้อยกว่า 60° C

5. เทตัวอย่างลงในถ้วยทดลองจนถึงขีดกำหนด ถ้ามากเกินไปต้องนำออกโดยไม่ให้เลอะเทอะด้วยนอกของถ้วย ไล่ฟองอากาศที่ผิวหน้าตัวอย่างโดยใช้เปลวไฟจากตะเกียงบุนเสนผ่านผิวหน้าตัวอย่างจนหมด

6. ติดไฟที่จุดเปลวทดลองปรับให้เปลวไฟมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.2 ถึง 4.8 มิลลิเมตร

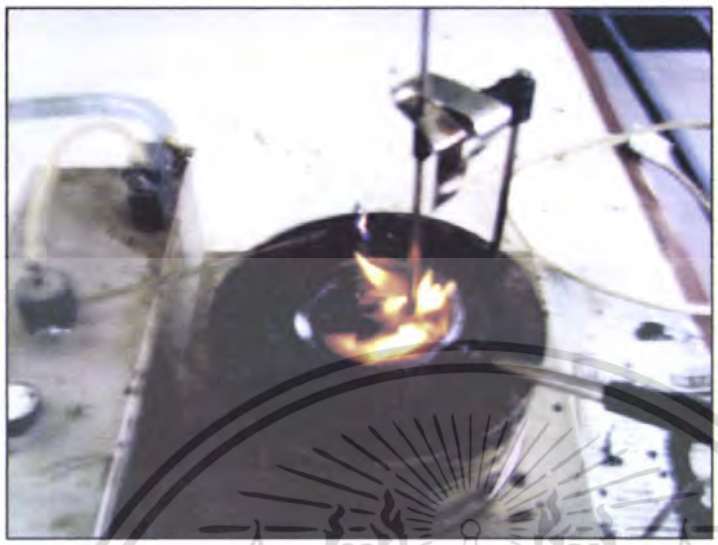
7. ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างโดยให้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิของตัวอย่าง 14 ถึง 17° C (25 ถึง 30°F) ต่อนาทีจนอุณหภูมิของตัวอย่างต่ำจากจุดวาบไฟที่คาดไว้ประมาณ 60 (100° F) จึงลดอัตราการเพิ่มความร้อนลงเรื่อยๆจนอัตรา 5 ถึง 6° C (9 ถึง 11° F) ต่อนาที

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

9. เมื่อเกิดการวาบไฟขึ้นบนผิวหน้าของตัวตัวอย่าง ให้บันทึกอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์เป็นจุดวาบไฟ

10. หากต้องการหาจุดติดไฟก็ทำตามขั้นตอนที่ 8. ต่อแล้วสังเกตหากมีเปลววาบขึ้นที่ผิวตัวอย่างเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 5 วินาที ให้บันทึกอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์เป็นจุดติดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.8 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 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)

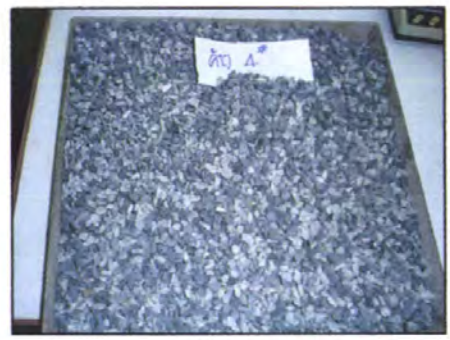
3. ดัชนีความแบน (Flakiness Index) AASHTO. BS812-1967

ดัชนีความแบน (Flakiness Index)เป็นการหามวลของวัสดุที่มีความหนาของด้านแบนที่น้อยกว่า3/5เท่าของขนาดเฉลี่ยของวัสดุนั้น 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

รูปที่3.9 ตัวอย่างมวลรวมชนิดหินปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 วิธีการทดลองแอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์

(ASTM – 1559)

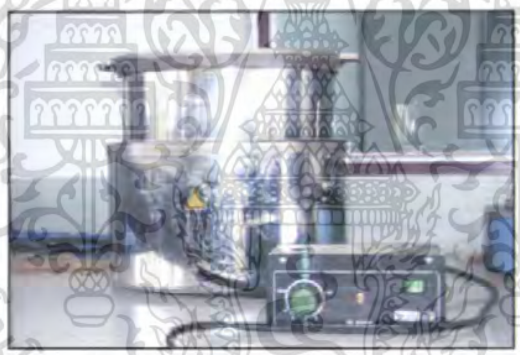
ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เพื่อหาคุณภาพของวัสดุแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ใช้เป็นผิวทางหรือพื้นทางแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีต

อุปกรณ์

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

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



รูปที่3.10 หม้อผสมวัสดุ Aggregate กับแอสฟัลต์

3. เตาลมที่สามารถให้อุณหภูมิสูงถึง 250 องศาเซลเซียส สำหรับอบAggregate

4. เตาแบบ Hot plate ที่สามารถให้อุณหภูมิได้สูงถึง 200 องศาเซลเซียส สำหรับให้ความร้อนแอสฟัลต์และเครื่องมือที่ใช้ในการบดทับ

5. หม้อโลหะสำหรับใส่แอสฟัลต์เพื่อให้ความร้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 องศาเซลเซียส

6. เกรียงใช้ผสมวัสดุ Aggregate กับยางแอสฟัลต์

7. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดมีก้านเป็นโลหะ สามารถวัดอุณหภูมิได้ถึง 250 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เครื่องชั่งสามารถชั่งน้ำหนักได้ถึง 5 กิโลกรัม มีความละเอียดถึง 1 กรัม สำหรับชั่งวัสดุ Aggregate และยางแอสฟัลต์

9. เครื่องชั่ง สามารถชั่งน้ำหนักได้ถึง 2 กิโลกรัม มีความละเอียดถึง 1.1 กรัม ใช้สำหรับชั่งวัสดุแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่บดทับแล้ว

10. อ่างต้มน้ำ (Boiling water bath) มีตะแกรงลวดสำหรับวางวัสดุแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่บดทับแล้ว 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)

รูปที่3.11 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)

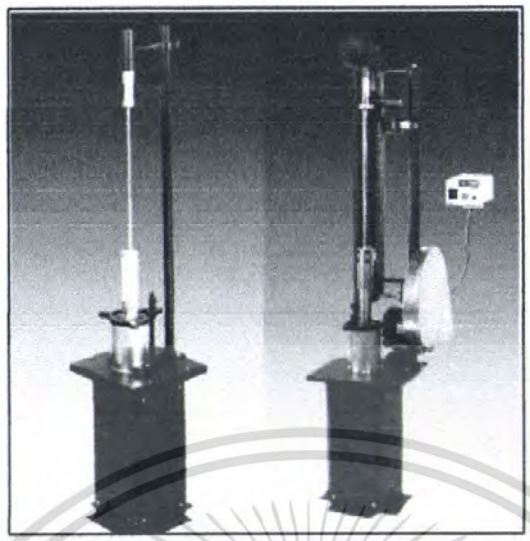
14. ที่จับแบบ (Mold holder) ใช้บังคับให้แบบสำหรับบดทับอยู่กับที่ในขณะทำการบดทับ

15. เครื่องดันตัวอย่าง (Sample extruder)

16. ถุงมือกันความร้อนชนิดใยหิน (Asbestos)

17. ถุงมือกันความร้อนชนิดหนังหรือยาง สำหรับหยิบตัวอย่างที่แช่ในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.12 ค้อน (Compaction hammer) ที่ใช้ในการบดทับ

รูปที่3.13 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.

รูปที่3.14 แบบทดลอง Stability (Stability mold)

รูปที่3.15 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) ใส่ในภาชนะเคลือบ ไปอบในเตาอบให้ได้อุณหภูมิสูงถึง 160 ± 5 องศาเซลเซียส

7. นำแบบสำหรับบดทับและค้อนไปวางบน Hot plate ที่มีอุณหภูมิระหว่าง 90 – 150 องศาเซลเซียส

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

การทดลอง

1. นำภาชนะใส่ตัวอย่างวัสดุ Aggregate ออกจากเตาอบแล้วเทวัสดุลงในภาชนะโลหะสำหรับผสมวัสดุ Aggregate กับแอสฟัลต์ ใช้เกรียงผสมให้วัสดุ Aggregate แต่ละขนาดคลุกกันให้ทั่วทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของ Aggregate ลดลงถึง 145 ± 5 องศาเซลเซียส ใช้เกรียงเกลี่ยตรงกลางวัสดุให้เป็นแอ่ง แล้วเทแอสฟัลต์ที่เตรียมไว้ ตามปริมาณที่ต้องการลงในแอ่งตัวอย่าง

2. นำภาชนะโลหะ ขึ้นตั้งบน Hot plate ใช้เกรียงผสมให้วัสดุ Aggregate และแอสฟัลต์ให้เข้ากันโดยเร็วที่สุด โดยปกติประมาณ 1 นาที พยายามให้แอสฟัลต์เคลือบวัสดุทุกเม็ด

3. นำแบบสำหรับบดทับมาประกอบเข้าที่

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

5. วางค้อนลงบนตัวอย่างในแบบ ทำการบดทับตัวอย่างโดยการยกน้ำหนักและปล่อยให้น้ำหนักตกลงบนแผ่นเหล็ก จำนวนครั้งขึ้นอยู่กับการออกแบบซึ่งแบ่งออกเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

6. เมื่อครบจำนวนการบดทับแล้ว ทำการกลับตัวอย่างโดยการกลับแบบเอาด้านล่างขึ้นด้านบน แล้วทำการบดทับเช่นเดียวกับข้อ 5

7. ทิ้งตัวอย่างที่บดทับเรียบร้อยแล้วไว้ในแบบ จนกระทั่งอุณหภูมิของตัวอย่างลดลงต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส จึงนำตัวอย่างออกจากแบบ โดยการใช้เครื่องดันตัวอย่าง ทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศธรรมดา ไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง จึงนำไปทดลองขั้นต่อไป

8. ในปริมาณของการผสมโดยใช้แอสฟัลต์เปอร์เซ็นต์อันหนึ่งอันใด ให้เตรียม ตัวอย่างอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง สำหรับการออกแบบให้ใช้ตัวอย่างแต่ละเปอร์เซ็นต์ของแอสฟัลต์อย่างน้อย 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

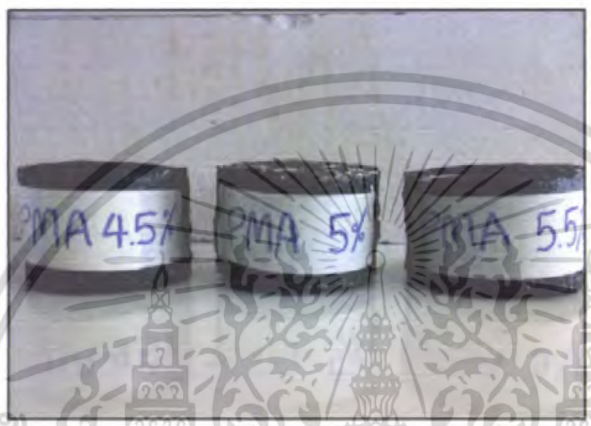
ง. เดินเครื่องให้แบบทดลอง Stability เคลื่อนไปสัมผัสกับท่อนกดจนกระทั่งเข็มของ dial gauge ที่ติดกับ proving ring ขยับตัว หยุดเครื่องทำการตั้งเข็มของ dial gauge ที่เลข 0

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่3.16 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.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 คำนวณหา Bulk Specific Gravity of Specimen (g)

สูตร $g = \frac{d}{d-e}$

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 J/ i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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. 2550 สิ้นสุด เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

1. แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60/70 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแอสฟัลต์ซีเมนต์ได้ผลดังตาราง สรุปผลการทดลองที่4.52 ซึ่งอยู่ในข้อกำหนดของกรมทางหลวง

2. จากการพิจารณาตามข้อกำหนดสำหรับ PMA ของกรมทางหลวง พบว่า ที่อัตราส่วน % SBS : % EVA เป็น 5% : 2% มีทุกๆค่าทุกๆ ค่าผ่านข้อกำหนดของกรมทางหลวง ดังนั้นเลือกใช้อัตราส่วนของโพลิเมอร์ SBS 5% : EVA 2 % ในการออกแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์

   2.1 การทดลองหาค่าการทะลวง (Penetration at 25 °c,100 gm, 5 sec) ซึ่งมาตรฐานของกรมทางหลวงได้กำหนดไว้ 60-70 (0.1 มม.) จากการทดลองอัตราส่วนผสม มีค่า 64.20(0.1 มม.) เนื่องจากสารโพลิเมอร์ที่ใส่เข้าไปปรับปรุงคุณภาพ ให้แอสฟัลต์แข็งขึ้น เทียบเท่า กับแอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60/70 ที่มีค่าการทะลวงเท่ากับ 68.78(0.1 มม.)

   2.2 การทดลองค่าการยืดตัว (Ductility at 13 °c, 5 cm/min)มาตรฐานกรมทางหลวงได้กำหนดไว้ที่ไม่น้อยกว่า 55 ซม. จากการทดลองอยู่ที่ประมาณ 64.70 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน PMA ของกรมทางหลวง

   2.3 การทดลองหาจุดอ่อนตัว (Softening Point, Ring and Ball) ซึ่งมาตรฐานของกรมทางหลวงได้กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 70 °C จากการทดลองได้ค่าเท่ากับ 70.87°C มีมากกว่าแอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60/70 ที่มีจุดอ่อนตัว 48.13°C

   2.4 การทดลองจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน (Flash Point Test By Cleveland Open-Cup) มาตรฐานของกรมทางหลวงได้กำหนดอุณหภูมิของจุดวาบไฟไว้ที่ 220 °C เป็นค่าน้อยสุด มีค่า 307.30 °C ซึ่งน้อยกว่าแอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60/70 ที่มีค่าเท่ากับ 333.00 °C ซึ่งผ่านมาตรฐานทั้ง AC 60/70 และ PMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทดสอบมวลรวม

3.1 การทดสอบหาอัตราส่วนผสมของมวลรวม พบว่าหินที่ได้มาแบ่งเป็นหิน 3/8 กับหินฝุ่น ดังตารางผลทดสอบการทดลองหาขนาดของเม็ดวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง เปอร์เซนต์ฝุ่นได้เท่ากับ 11.75%

3.2 ความถ่วงจำเพาะของส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 โดยมีค่าเท่ากับ 2.830

3.3 ค่าความถ่วงจำเพาะของหิน 3/8 มีค่าเท่ากับ 2.743

3.4 ค่าดัชนีความแบนมีค่าร้อยละ 25.40 ตามข้อกำหนดต้องมีค่าไม่เกิน ร้อยละ 40 ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

3.5 ความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยทดสอบแบบ Los angeles Abrasion มีค่า 25.00 ซึ่งข้อกำหนดของการสึกหรอไม่เกินร้อยละ 40 ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ASPHALTIC 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 *08 / 09 / 2007*

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 ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Asphalt Cement Grade 60-70)

ASPHALTIC 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 *08 / 09 / 2007*

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	68	69	69	68.67	
2	69	70	68	69	
3	70	68	68	68.61	
AVERAGE TOTAL				68.78	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ASPHALTIC 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 *08 / 09 / 2007*

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	129.5	132	128.5	130	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.4 ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Asphalt Cement Grade 60-70)

ASPHALTIC 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 *08 / 09 / 2007*

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	48.1	48.2	48.0	48.1	48.2	48.2
AVERAGE SOFTENING POINT	°C	46.15		48.05		48.2	
TOTAL SOFTENING POINT	°C	48.13					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.5 ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน

(Asphalt Cement Grade 60-70)

ASPHALTIC 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 *08 / 09 / 2007*

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	333	332	334	333	

FIRE POINT

SAMPLE NO.	FIRE POINT (°C)			AVERAGE FIRE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	358	360	360	359.33	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.6 ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น (Polymer Modified Asphalt ; EVA 3%)

ASPHALTIC 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 *11 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 3%)*

TEST NO.		1	2	3
PYCNOMETER NO.		611	631	866
TEST TEMPERATURE	°C	25.00	25.00	25.00
MASS OF PYCNOMETER PLUS STOPPER (A)	g	33.68	34.93	33.99
MASS OF PYCNOMETER WITH WATER (B)	g	58.79	59.20	59.65
MASS OF PYCNOMETER PARTIALLY FILLED WITH ASPHALT (C)	g	49.76	50.60	52.27
MASS OF PYCNOMETER PLUS ASPHALT PLUS WATER (D)	g	59.05	59.46	59.94
SPECIFIC GRAVITY (GA)=(D-A)/[(B-A)-(D-C)]		1.0165	1.0167	1.0164
AVERAGE SPECIFIC GRAVITY		1.0165		
DENSITY OF WATER (W)	kg/m^3	997	997	997
DENSITY = G x W	kg/m^3	1.0134	1.0136	1.0134
AVERAGE DENSITY	kg/m^3	1.0135		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.7 ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt ; EVA 3%)

ASPHALTIC 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 *11 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 3%)*

TOTAL LOAD *100* g

TIME *5* second

TEMPERATURE *25* °C

SAMPLE NO.	PENETRATION NO.			AVERAGE PENETRATION	REMARK
	1	2	3		
1	102	103	103	102.7	
2	103	103	102	102.7	
3	103	101	103	102.3	
AVERAGE TOTAL				102.6	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.8 ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Polymer Modified Asphalt ; EVA 3%)

ASPHALTIC 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 *11 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 3%)*

TEMPERATURE *13* °C

SAMPLE NO.	DUCTILITY NO. (cm)			AVERAGE DUCTILITY (cm)	REMARK
	1	2	3		
1	123	126	125	124.7	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.9 ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Polymer Modified Asphalt ; EVA 3%)

ASPHALTIC 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 *11 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 3%)*

TEST NO.		1		2		3	
SOFTENING POINT	°C	47.50	46.40	46.90	47.60	47.30	47.80
AVERAGE SOFTENING POINT	°C	47.00		47.25		47.60	
TOTAL SOFTENING POINT	°C	47.30					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.10 ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ด้วยยางอีฟแอนด์โอเพน

(Polymer Modified Asphalt ; EVA 3%)

ASPHALTIC 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 *11 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 3%)*

FLASH POINT

SAMPLE NO.	FLASH POINT (°C)			AVERAGE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	315.00	313.00	313.00	313.70	
2					
3					

FIRE POINT

SAMPLE NO.	FIRE POINT (°C)			AVERAGE FIRE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	333.00	336.00	330.00	333.00	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.11 ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น (Polymer Modified Asphalt ; EVA 5%)

ASPHALTIC 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 *12 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 5%)*

TEST NO.		1	2	3
PYCNOMETER NO.		611	631	866
TEST TEMPERATURE	°C	25.1	25.1	25.1
MASS OF PYCNOMETER PLUS STOPPER (A)	g	33.68	34.93	33.95
MASS OF PYCNOMETER WITH WATER (B)	g	58.79	59.20	59.65
MASS OF PYCNOMETER PARTIALLY FILLED WITH ASPHALT (C)	g	49.41	50.43	51.73
MASS OF PYCNOMETER PLUS ASPHALT PLUS WATER (D)	g	59.03	59.44	59.93
SPECIFIC GRAVITY (GA)=(D-A)/[(B-A)-(D-C)]		1.0158	1.0159	1.0160
AVERAGE SPECIFIC GRAVITY		1.0159		
DENSITY OF WATER (W)	kg/m^3	997	997	997
DENSITY = G x W	kg/m^3	1.0128	1.0129	1.0130
AVERAGE DENSITY	kg/m^3	1.0129		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.12 ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt ; EVA 5%)

ASPHALTIC 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 *12 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 5%)*

TOTAL LOAD *100* g

TIME *5* second

TEMPERATURE *25* °C

SAMPLE NO.	PENETRATION NO.			AVERAGE PENETRATION	REMARK
	1	2	3		
1	92	95	93	93.30	
2	96	93	94	94.30	
3	93	94	96	94.30	
AVERAGE TOTAL				94.0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.13 ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Polymer Modified Asphalt ; EVA 5%)

ASPHALTIC 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 *12 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 5%)*

TEMPERATURE *13* °C

SAMPLE NO.	DUCTILITY NO. (cm)			AVERAGE DUCTILITY (cm)	REMARK
	1	2	3		
1	93.6	94.3	94.6	94.2	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.14 ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Polymer Modified Asphalt ; EVA 5%)

ASPHALTIC 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 *12 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 5%)*

TEST NO.		1		2		3	
SOFTENING POINT	°C	48.50	47.90	47.60	47.90	48.50	18.20
AVERAGE SOFTENING POINT	°C	48.20		47.75		48.35	
TOTAL SOFTENING POINT	°C	48.10					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.15 ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน

(Polymer Modified Asphalt ; EVA 5%)

ASPHALTIC 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 *12 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 5%)*

FLASH POINT

SAMPLE NO.	FLASH POINT (°C)			AVERAGE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	319	317	318	318.0	
2					
3					

FIRE POINT

SAMPLE NO.	FIRE POINT (°C)			AVERAGE FIRE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	339	337	340	338.7	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.16 ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น (Polymer Modified Asphalt ; EVA 7%)

ASPHALTIC 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 *16 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 7%)*

TEST NO.		1	2	3
PYCNOMETER NO.		611	631	866
TEST TEMPERATURE	°C	25.1	25.1	25.1
MASS OF PYCNOMETER PLUS STOPPER (A)	g	33.68	34.93	33.99
MASS OF PYCNOMETER WITH WATER (B)	g	58.79	59.20	59.65
MASS OF PYCNOMETER PARTIALLY FILLED WITH ASPHALT (C)	g	48.92	50.13	51.64
MASS OF PYCNOMETER PLUS ASPHALT PLUS WATER (D)	g	59.02	59.42	59.90
SPECIFIC GRAVITY (GA)=(D-A)/[(B-A)-(D-C)]		1.015	1.015	1.014
AVERAGE SPECIFIC GRAVITY		1.015		
DENSITY OF WATER (W)	kg/m^3	997	997	997
DENSITY = G x W	kg/m^3	1.0120	1.0120	1.0110
AVERAGE DENSITY	kg/m^3	1.0117		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.17 ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt ; EVA 7%)

ASPHALTIC 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 *16 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 7%)*

TOTAL LOAD *100* g

TIME *5* second

TEMPERATURE *25* °C

SAMPLE NO.	PENETRATION NO.			AVERAGE PENETRATION	REMARK
	1	2	3		
1	72	72	73	72.30	
2	75	74	74	74.30	
3	73	72	73	72.70	
AVERAGE TOTAL				73.10	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.18 ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Polymer Modified Asphalt ; EVA 7%)

ASPHALTIC 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 *16 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 7%)*

TEMPERATURE *13* °C

SAMPLE NO.	DUCTILITY NO. (cm)			AVERAGE DUCTILITY (cm)	REMARK
	1	2	3		
1	71.20	70.90	71.50	71.20	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.19 ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Polymer Modified Asphalt ; EVA 7%)

ASPHALTIC 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 *16 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 7%)*

TEST NO.		1		2		3	
SOFTENING POINT	°C	65.90	64.20	65.60	64.90	66.80	65.90
AVERAGE SOFTENING POINT	°C	65.05		65.25		66.35	
TOTAL SOFTENING POINT	°C	65.55					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.20 ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน

(Polymer Modified Asphalt ; EVA 7%)

ASPHALTIC 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 *16 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (EVA 7%)*

FLASH POINT

SAMPLE NO.	FLASH POINT (°C)			AVERAGE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	324	325	321	323.3	
2					
3					

FIRE POINT

SAMPLE NO.	FIRE POINT (°C)			AVERAGE FIRE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	348	342	340	348	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.21 ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น (Polymer Modified Asphalt ; SBS 3%)

ASPHALTIC 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 *02/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 3%)*

TEST NO.		1	2	3
PYCNOMETER NO.		611	631	866
TEST TEMPERATURE	°C	25.00	25.00	25.00
MASS OF PYCNOMETER PLUS STOPPER (A)	g	33.68	34.93	33.99
MASS OF PYCNOMETER WITH WATER (B)	g	58.79	59.20	59.65
MASS OF PYCNOMETER PARTIALLY FILLED WITH ASPHALT (C)	g	48.92	50.13	51.64
MASS OF PYCNOMETER PLUS ASPHALT PLUS WATER (D)	g	59.02	59.42	59.90
SPECIFIC GRAVITY (GA)=(D-A)/[(B-A)-(D-C)]		1.015	1.015	1.014
AVERAGE SPECIFIC GRAVITY		1.015		
DENSITY OF WATER (W)	kg/m^3	997	997	997
DENSITY = G x W	kg/m^3	1.0120	1.0120	1.0110
AVERAGE DENSITY	kg/m^3	1.0117		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.22 ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt ; SBS 3%)

ASPHALTIC 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 *02/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 3%)*

TOTAL LOAD *100* g

TIME *5* second

TEMPERATURE *25* °C

SAMPLE NO.	PENETRATION NO.			AVERAGE PENETRATION	REMARK
	1	2	3		
1	71	72	72	71.7	
2	70	72	71	71.0	
3	70	73	73	72.0	
AVERAGE TOTAL				71.6	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.23 ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Polymer Modified Asphalt ; SBS 3%)

ASPHALTIC 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 *02/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 3%)*

TEMPERATURE *13* °C

SAMPLE NO.	DUCTILITY NO. (cm)			AVERAGE DUCTILITY (cm)	REMARK
	1	2	3		
1	59.70	60.20	60.10	60.00	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.24 ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Polymer Modified Asphalt ; SBS 3%)

ASPHALTIC 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 *02/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 3%)*

TEST NO.		1		2		3	
SOFTENING POINT	°C	50.80	51.20	51.50	51.30	50.40	51.00
AVERAGE SOFTENING POINT	°C	51.00		51.40		50.70	
TOTAL SOFTENING POINT	°C	51.03					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.25 ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน

(Polymer Modified Asphalt ; SBS 3%)

ASPHALTIC 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 *02/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 3%)*

FLASH POINT

SAMPLE NO.	FLASH POINT (°C)			AVERAGE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	323	318	320	320.3	
2					
3					

FIRE POINT

SAMPLE NO.	FIRE POINT (°C)			AVERAGE FIRE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	339	335	336	339.5	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.26 ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น (Polymer Modified Asphalt ; SBS 5%)

ASPHALTIC 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 *03/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 5 %)*

TEST NO.		1	2	3
PYCNOMETER NO.		611	631	866
TEST TEMPERATURE	°C	25.00	25.00	25.00
MASS OF PYCNOMETER PLUS STOPPER (A)	g	33.68	34.93	33.99
MASS OF PYCNOMETER WITH WATER (B)	g	58.79	59.20	59.65
MASS OF PYCNOMETER PARTIALLY FILLED WITH ASPHALT (C)	g	48.92	50.13	51.64
MASS OF PYCNOMETER PLUS ASPHALT PLUS WATER (D)	g	59.02	59.42	59.90
SPECIFIC GRAVITY (GA)=(D-A)/[(B-A)-(D-C)]		1.015	1.015	1.014
AVERAGE SPECIFIC GRAVITY		1.015		
DENSITY OF WATER (W)	kg/m^3	997	997	997
DENSITY = G x W	kg/m^3	1.0120	1.0120	1.0110
AVERAGE DENSITY	kg/m^3	1.0117		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.27 ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt ; SBS 5%)

ASPHALTIC 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 *03/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 5 %)*

TOTAL LOAD *100* g

TIME *5* second

TEMPERATURE *25* °C

SAMPLE NO.	PENETRATION NO.			AVERAGE PENETRATION	REMARK
	1	2	3		
1	61	63	64	62.7	
2	62	60	62	61.3	
3	61	63	62	62.0	
AVERAGE TOTAL				62.0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.28 ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Polymer Modified Asphalt ; SBS 5%)

ASPHALTIC 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 *03/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 5 %)*

TEMPERATURE *13* °C

SAMPLE NO.	DUCTILITY NO. (cm)			AVERAGE DUCTILITY (cm)	REMARK
	1	2	3		
1	80.00	81.60	82.10	81.23	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.29 ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Polymer Modified Asphalt ; SBS 5%)

ASPHALTIC 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 *03/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 5 %)*

TEST NO.		1		2		3	
SOFTENING POINT	°C	79.60	80.20	81.30	80.00	80.40	79.60
AVERAGE SOFTENING POINT	°C	79.90		80.65		80.00	
TOTAL SOFTENING POINT	°C	80.18					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.30 ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน

(Polymer Modified Asphalt ; SBS 5%)

ASPHALTIC 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 *03/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 5 %)*

FLASH POINT

SAMPLE NO.	FLASH POINT (°C)			AVERAGE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	315	314	315	314.7	
2					
3					

FIRE POINT

SAMPLE NO.	FIRE POINT (°C)			AVERAGE FIRE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	337	342	330	336.3	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.31 ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่น (Polymer Modified Asphalt ; SBS 7%)

ASPHALTIC 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 *04/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 7 %)*

TEST NO.		1	2	3
PYCNOMETER NO.		611	631	866
TEST TEMPERATURE	°C	25.00	25.00	25.00
MASS OF PYCNOMETER PLUS STOPPER (A)	g	33.68	34.93	33.99
MASS OF PYCNOMETER WITH WATER (B)	g	58.79	59.20	59.65
MASS OF PYCNOMETER PARTIALLY FILLED WITH ASPHALT (C)	g	48.92	50.13	51.64
MASS OF PYCNOMETER PLUS ASPHALT PLUS WATER (D)	g	59.02	59.42	59.90
SPECIFIC GRAVITY (GA)=(D-A)/[(B-A)-(D-C)]		1.015	1.015	1.014
AVERAGE SPECIFIC GRAVITY		1.015		
DENSITY OF WATER (W)	kg/m^3	997	997	997
DENSITY = G x W	kg/m^3	1.0120	1.0120	1.0110
AVERAGE DENSITY	kg/m^3	1.0117		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.32 ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt ; SBS 7%)

ASPHALTIC 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 *04/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 7 %)*

TOTAL LOAD *100* g

TIME *5* second

TEMPERATURE *25* °C

SAMPLE NO.	PENETRATION NO.			AVERAGE PENETRATION	REMARK
	1	2	3		
1	59	60	62	60.3	
2	59	58	59	58.7	
3	60	60	58	59.3	
AVERAGE TOTAL				59.4	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.33 ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Polymer Modified Asphalt ; SBS 7%)

ASPHALTIC 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 *04/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 7 %)*

TEMPERATURE *13* °C

SAMPLE NO.	DUCTILITY NO. (cm)			AVERAGE DUCTILITY (cm)	REMARK
	1	2	3		
1	86.30	85.70	85.00	85.67	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.34 ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Polymer Modified Asphalt ; SBS 7%)

ASPHALTIC 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 *04/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 7 %)*

TEST NO.		1		2		3	
SOFTENING POINT	°C	87.90	87.50	88.80	88.20	88.30	87.60
AVERAGE SOFTENING POINT	°C	87.70		88.50		87.95	
TOTAL SOFTENING POINT	°C	88.05					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.35 ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน

(Polymer Modified Asphalt ; SBS 7%)

ASPHALTIC 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 *04/01/2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 7 %)*

FLASH POINT

SAMPLE NO.	FLASH POINT (°C)			AVERAGE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	316	318	318	317.3	
2					
3					

FIRE POINT

SAMPLE NO.	FIRE POINT (°C)			AVERAGE FIRE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	330	335	338	334.3	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.36 ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt ; SBS 5%: EVA 2%)

ASPHALTIC 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 *12 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 5%:EVA 2%)*

TOTAL LOAD *100* g

TIME *5* second

TEMPERATURE *25* °C

SAMPLE NO.	PENETRATION NO.			AVERAGE PENETRATION	REMARK
	1	2	3		
1	65	66	63	64.7	
2	64	64	66	64.7	
3	65	66	66	65.7	
AVERAGE TOTAL				64.2	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.37 ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Polymer Modified Asphalt ; SBS 5%: EVA 2%)

ASPHALTIC 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 *12 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 5%:EVA 2%)*

TEMPERATURE *13* °C

SAMPLE NO.	DUCTILITY NO. (cm)			AVERAGE DUCTILITY (cm)	REMARK
	1	2	3		
1	65.20	64.70	64.20	64.70	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.38 ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Polymer Modified Asphalt ; SBS 5%: EVA 2%)

ASPHALTIC 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 *12 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 5%:EVA 2%)*

TEST NO.		1		2		3	
SOFTENING POINT	°C	70.80	71.00	70.60	69.30	71.20	72.30
AVERAGE SOFTENING POINT	°C	70.90		69.95		71.75	
TOTAL SOFTENING POINT	°C	70.87					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.39 ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน

(Polymer Modified Asphalt ; SBS 5%: EVA 2%)

ASPHALTIC 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 *12 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 5%:EVA 2%)*

FLASH POINT

SAMPLE NO.	FLASH POINT (°C)			AVERAGE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	306	308	308	307.3	
2					
3					

FIRE POINT

SAMPLE NO.	FIRE POINT (°C)			AVERAGE FIRE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	325	329	326	326.7	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.40 ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt ; SBS 4%: EVA 3%)

ASPHALTIC 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 *14 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 4%:EVA 3%)*

TOTAL LOAD *100* g

TIME *5* second

TEMPERATURE *25* °C

SAMPLE NO.	PENETRATION NO.			AVERAGE PENETRATION	REMARK
	1	2	3		
1	67	68	65	66.7	
2	68	68	67	67.7	
3	66	68	66	66.7	
AVERAGE TOTAL				67.0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.41 ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Polymer Modified Asphalt ; SBS 4%: EVA 3%)

ASPHALTIC 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 *14 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 4%:EVA 3%)*

TEMPERATURE *13* °C

SAMPLE NO.	DUCTILITY NO. (cm)			AVERAGE DUCTILITY (cm)	REMARK
	1	2	3		
1	71.50	73.00	70.30	71.60	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.42 ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Polymer Modified Asphalt ; SBS 4%: EVA 3%)

ASPHALTIC 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 *14 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 4%:EVA 3%)*

TEST NO.		1		2		3	
SOFTENING POINT	°C	65.30	64.00	63.20	62.80	65.70	64.30
AVERAGE SOFTENING POINT	°C	64.65		63.00		65.00	
TOTAL SOFTENING POINT	°C	64.22					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.43 ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ถ้วยคลีฟแลนด์โอเพน

(Polymer Modified Asphalt ; SBS 4%: EVA 3%)

ASPHALTIC 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 *14 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 4%:EVA 3%)*

FLASH POINT

SAMPLE NO.	FLASH POINT (°C)			AVERAGE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	308	312	309	309.7	
2					
3					

FIRE POINT

SAMPLE NO.	FIRE POINT (°C)			AVERAGE FIRE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	325	320	329	324.7	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.44 ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt ; SBS 3%: EVA 4%)

ASPHALTIC 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 *16 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 3%:EVA 4%)*

TOTAL LOAD *100* g

TIME *5* second

TEMPERATURE *25* °C

SAMPLE NO.	PENETRATION NO.			AVERAGE PENETRATION	REMARK
	1	2	3		
1	88	86	86	86.7	
2	85	87	86	86.0	
3	84	85	85	84.7	
AVERAGE TOTAL				85.8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.45 ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Polymer Modified Asphalt ; SBS 3%: EVA 4%)

ASPHALTIC 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 *16 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 3%:EVA 4%)*

TEMPERATURE *13* °C

SAMPLE NO.	DUCTILITY NO. (cm)			AVERAGE DUCTILITY (cm)	REMARK
	1	2	3		
1	78.80	80.40	79.20	79.47	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.46 ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Polymer Modified Asphalt ; SBS 3%: EVA 4%)

ASPHALTIC 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 *16 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 3%:EVA 4%)*

TEST NO.		1		2		3	
SOFTENING POINT	°C	50.80	51.20	52.00	51.30	51.00	50.20
AVERAGE SOFTENING POINT	°C	51.00		51.65		50.60	
TOTAL SOFTENING POINT	°C	51.08					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.47 ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ด้วยดอีฟแอนด์โอเพน

(Polymer Modified Asphalt ; SBS 3%: EVA 4%)

ASPHALTIC 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 *16 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 3%:EVA 4%)*

FLASH POINT

SAMPLE NO.	FLASH POINT (°C)			AVERAGE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	315	317	318	316.7	
2					
3					

FIRE POINT

SAMPLE NO.	FIRE POINT (°C)			AVERAGE FIRE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	336	337	335	336.0	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.48 ผลการทดลองหาค่าการทะลวง (Polymer Modified Asphalt ; SBS 2%: EVA 5%)

ASPHALTIC 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 *18 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 2%:EVA 5%)*

TOTAL LOAD *100* g

TIME *5* second

TEMPERATURE *25* °C

SAMPLE NO.	PENETRATION NO.			AVERAGE PENETRATION	REMARK
	1	2	3		
1	79	82	83	81.3	
2	80	80	79	79.7	
3	84	81	82	82.3	
AVERAGE TOTAL				81.1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.49 ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Polymer Modified Asphalt ; SBS 2%: EVA 5%)

ASPHALTIC 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 *18 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 2%:EVA 5%)*

TEMPERATURE *13* °C

SAMPLE NO.	DUCTILITY NO. (cm)			AVERAGE DUCTILITY (cm)	REMARK
	1	2	3		
1	63.50	62.80	65.10	63.80	
2					
3					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.50 ผลการทดลองหาค่าจุดอ่อนตัว (Polymer Modified Asphalt ; SBS 2%: EVA 5%)

ASPHALTIC 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 *18 / 01 / 2008*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 2%:EVA 5%)*

TEST NO.		1		2		3	
SOFTENING POINT	°C	51.90	52.40	52.00	52.30	51.80	53.00
AVERAGE SOFTENING POINT	°C	52.15		52.15		52.40	
TOTAL SOFTENING POINT	°C	52.23					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.51 ผลการทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ โดยใช้ผ้วยคลีฟแลนด์โอเพน

(Polymer Modified Asphalt ; SBS 2%: EVA 5%)

ASPHALTIC 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 *12 / 09 / 2007*

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

SAMPLEDESCRIPTION *Polymer Modified Asphalt (SBS 2%:EVA 5%)*

FLASH POINT

SAMPLE NO.	FLASH POINT (°C)			AVERAGE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	315	310	316	313.7	
2					
3					

FIRE POINT

SAMPLE NO.	FIRE POINT (°C)			AVERAGE FIRE FLASH POINT (°C)	REMARKS
	1	2	3		
1	328	325	334	329.0	
2					
3					

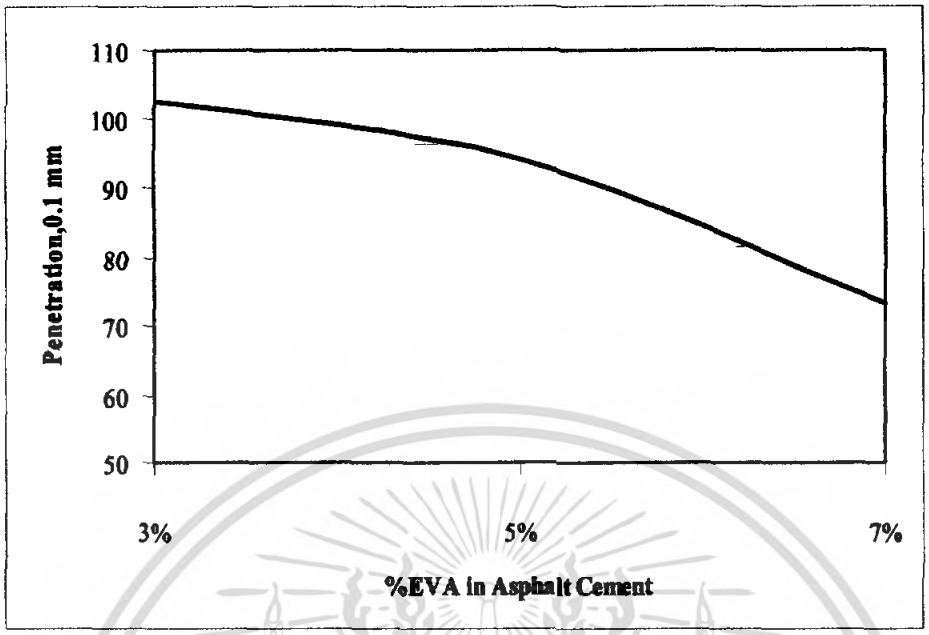
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.52 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสาน

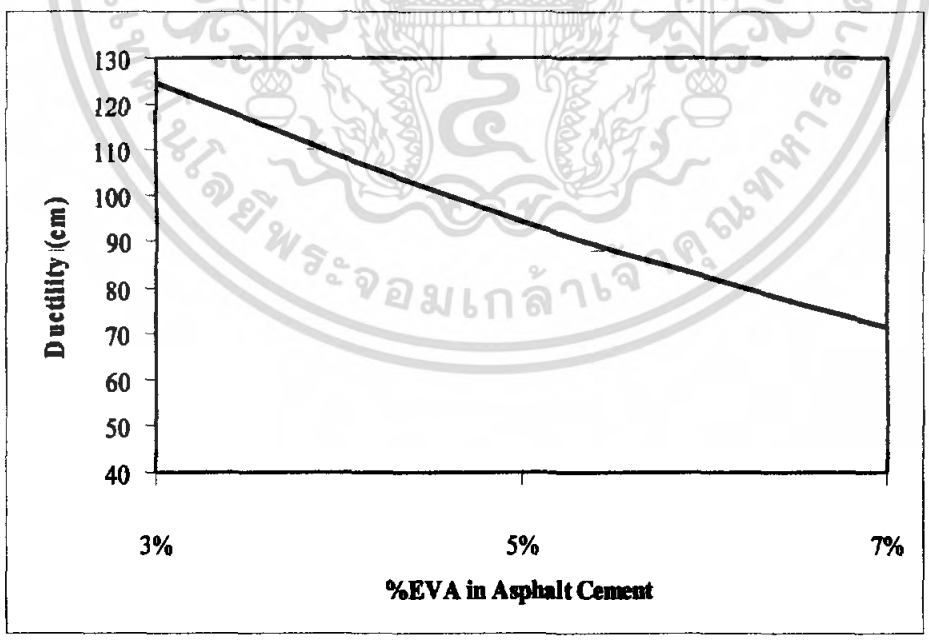
คุณสมบัติที่ทำการทดลอง	หน่วย	%SBS : %EVA in Asphalt Cement (% by Weigh)						Specification
		0%:3%	0%:5%	0%:7%	3%:0%	5%:0%	7%:0%	
1. Penetration at 25 °c,100 gm, 5 sec	0.1 mm	102.60	94.00	73.10	71.60	62.00	59.40	60 to 70
2. Ductility at 13 °c, 5 cm/min	cm	124.70	94.20	71.20	60.00	81.23	85.67	55 Min
3. Softening Point, Ring and Ball	°C	47.30	48.10	65.55	51.03	80.18	88.05	70° C Min
4. Flash Point Test By Cleveland Open-Cup	°C	313.70	318.00	323.30	320.30	314.70	317.30	220 Min
5.Fire Point Test By Cleveland Open-Cup	°C	333.00	338.70	348.00	339.50	336.30	334.30	

ตารางที่ 4.52 (ต่อ)

คุณสมบัติที่ทำการทดลอง	หน่วย	%SBS : %EVA in Asphalt Cement (% by Weigh)					Specification
		5%:2%	4%:3%	3%:4%	2%:5%	0%:0%	
1. Penetration at 25 °c,100 gm, 5 sec	0.1 mm	64.20	67.00	85.80	81.10	68.78	60 to 70
2. Ductility at 13 °c, 5 cm/min	cm	64.70	71.60	79.47	63.80	130.00	55 Min
3. Softening Point, Ring and Ball	°C	70.87	64.22	51.08	52.23	48.13	70 °C Min
4. Flash Point Test By Cleveland Open-Cup	°C	307.30	309.70	316.70	313.70	333.00	220 Min
5. Fire Point Test By Cleveland Open-Cup	°C	326.70	324.70	336.00	329.00	359.33	

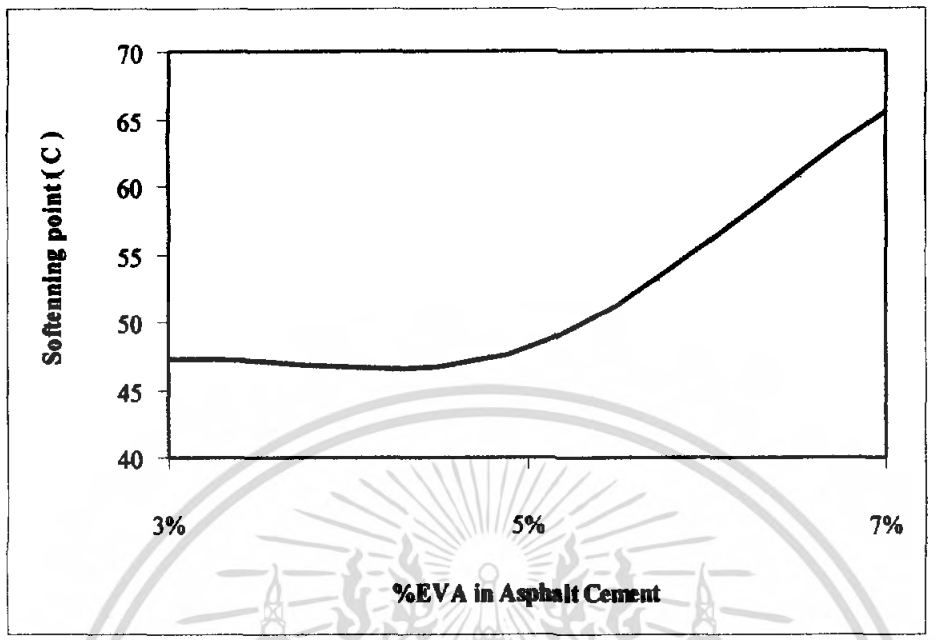


รูปที่4.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Penetration ของ EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ

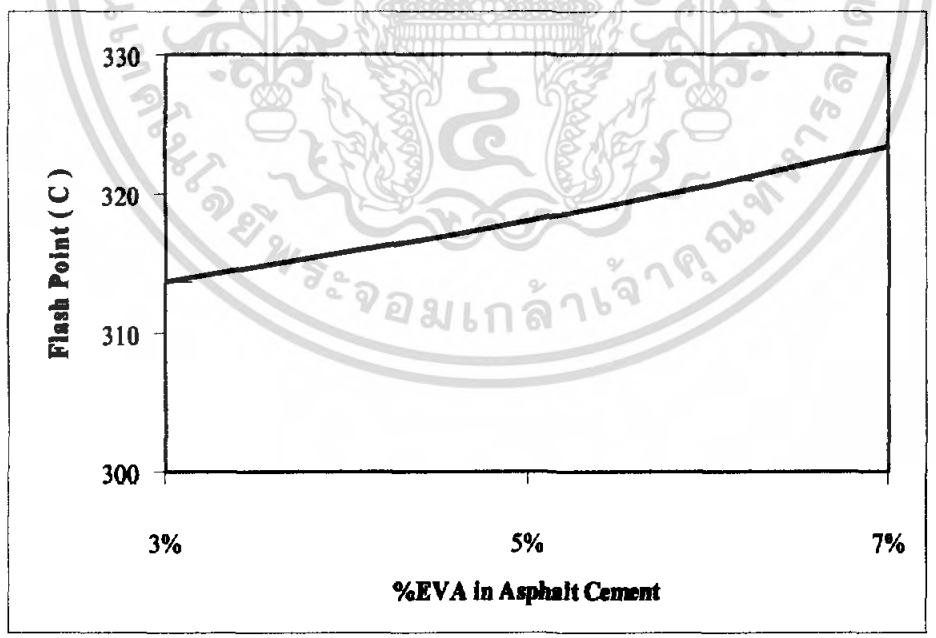


รูปที่4.2 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Ductility ของ EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

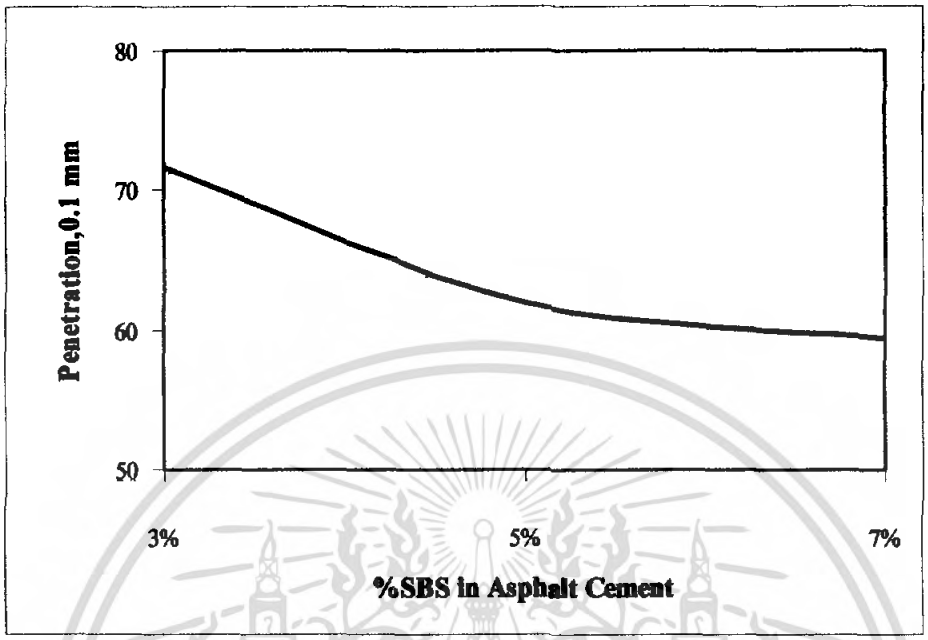


รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Softening Point ของ EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ

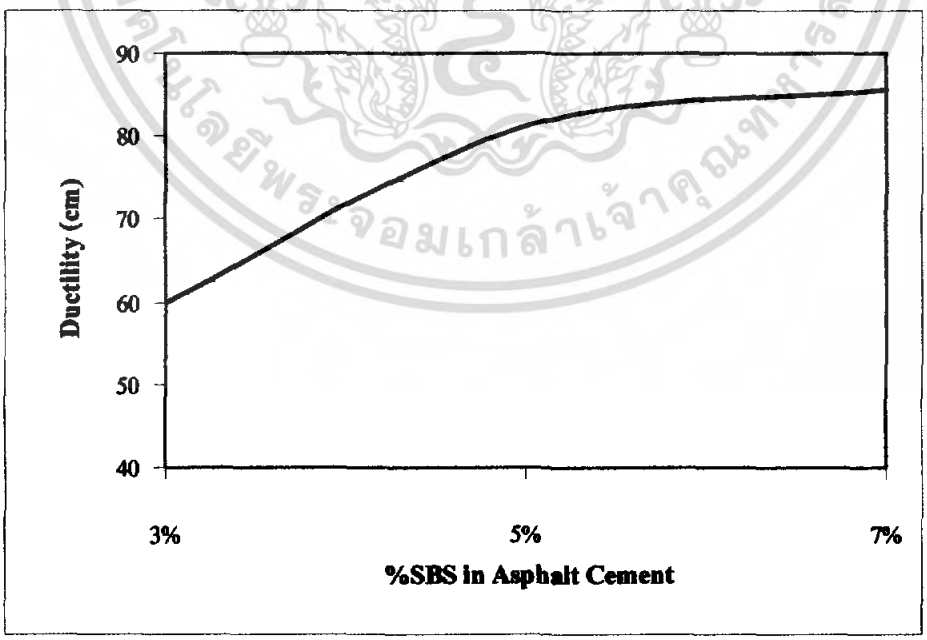


รูปที่4.4 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Flash Point ของ EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

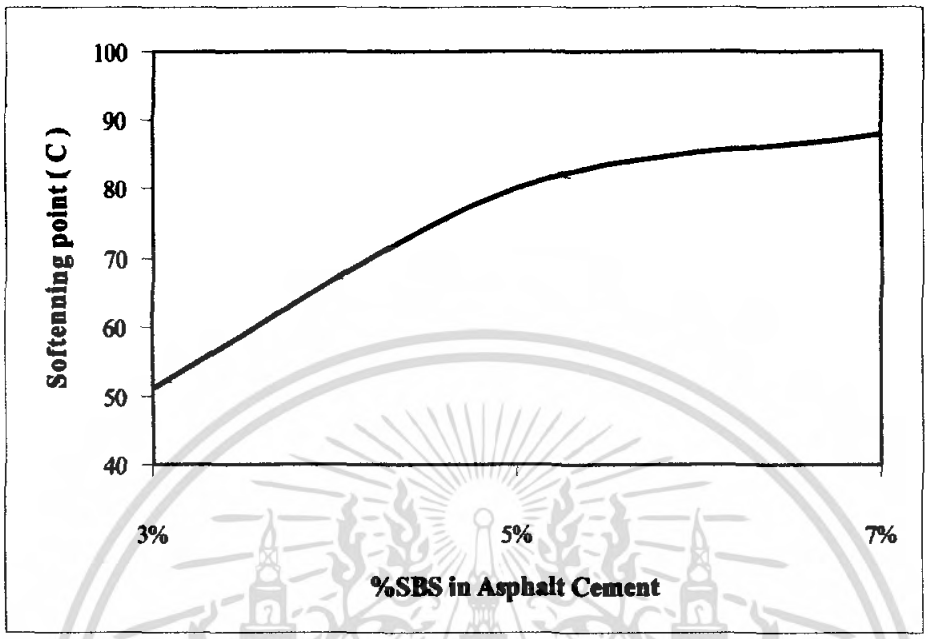


รูปที่ 4.5แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Penetration ของ SBS ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ

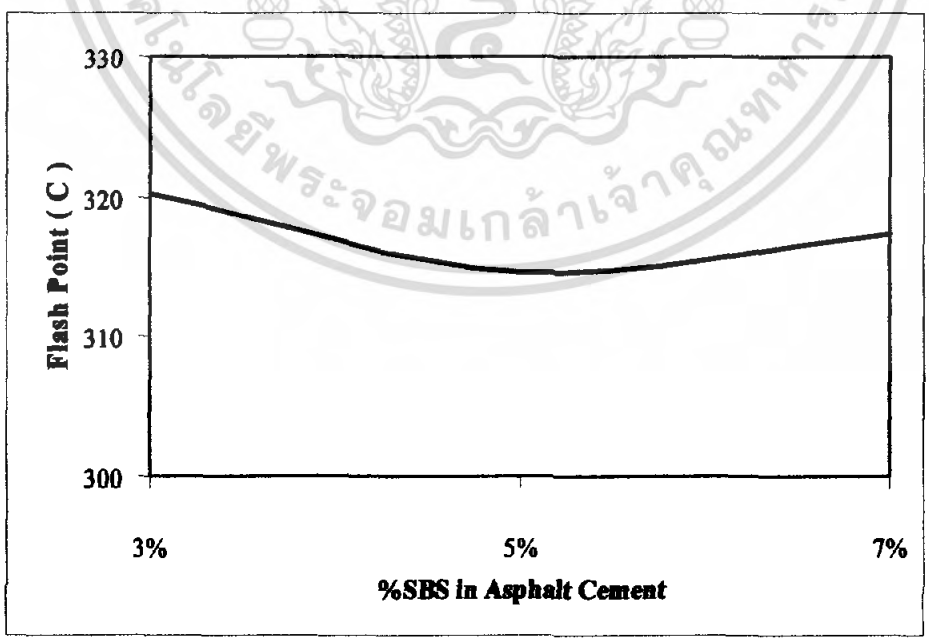


รูปที่4.6 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Ductility ของ SBS ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

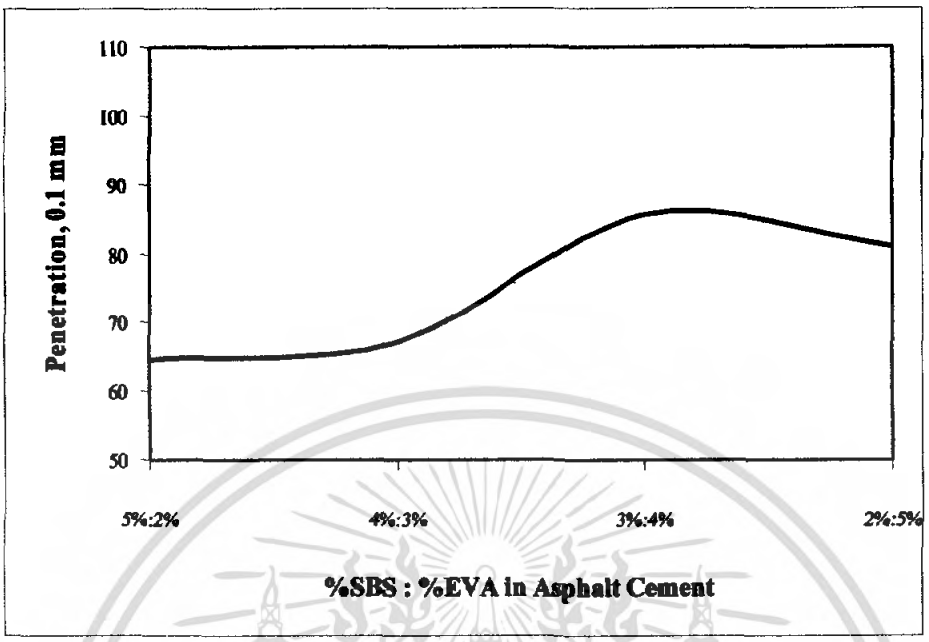


รูปที่4.7 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Softening Point ของ SBS ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ

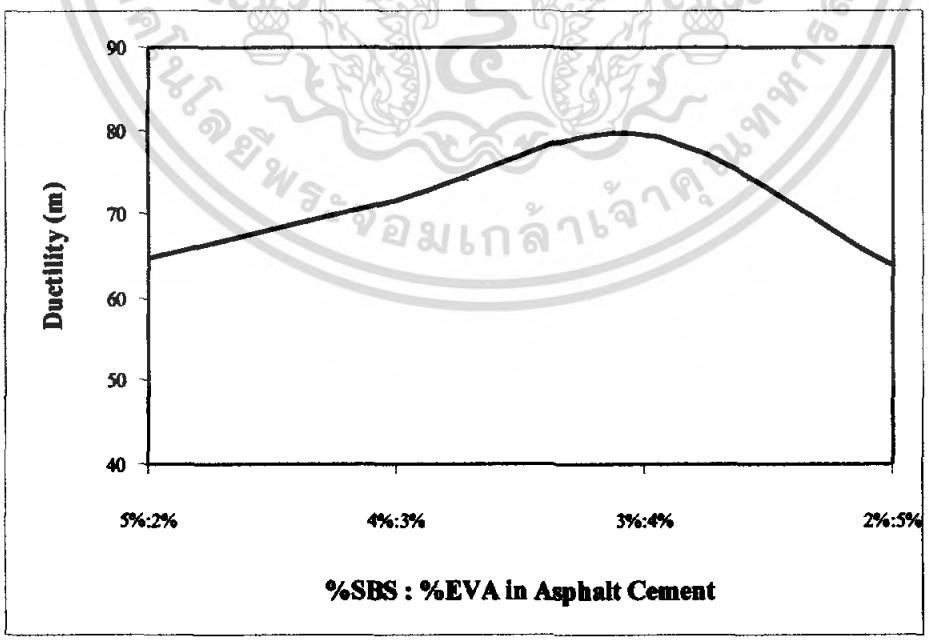


รูปที่4.8 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Flash Point ของ SBS ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

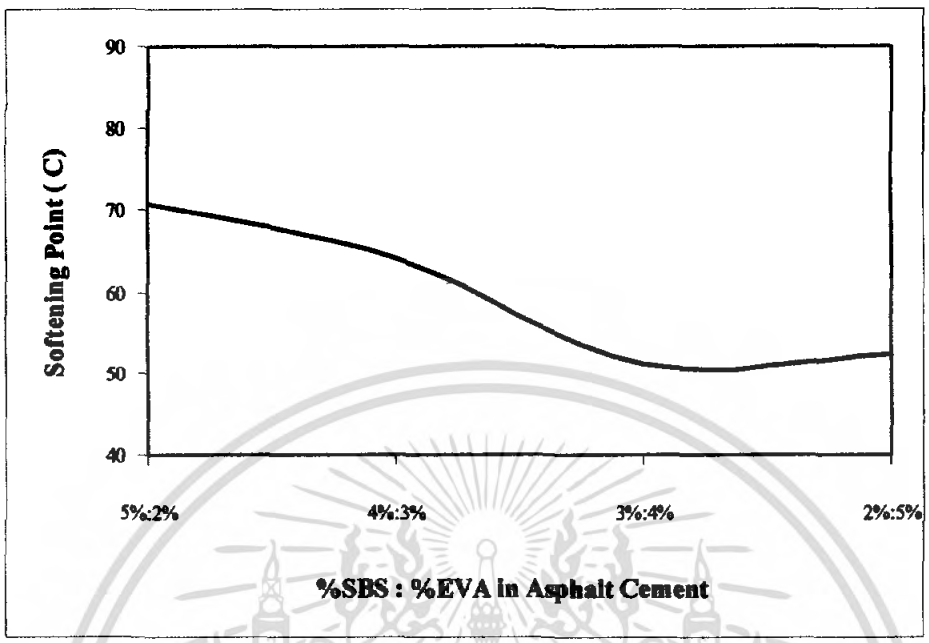


รูปที่ 4.9 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Penetration ของ SBS:EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ

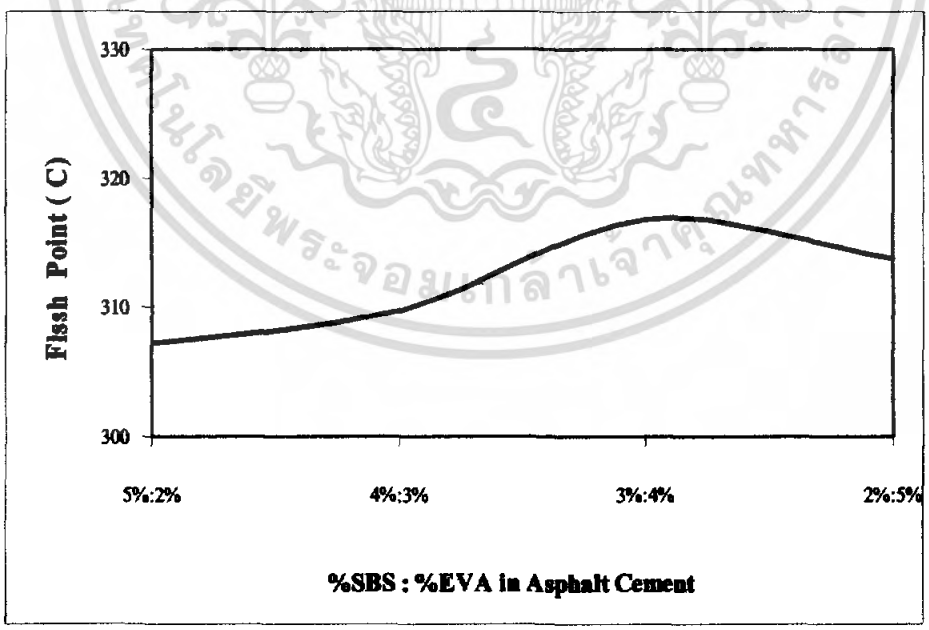


รูปที่4.10 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Ductility ของ SBS:EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.11 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Softening Point ของ SBS:EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ



รูปที่4.12 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่า Flash Point ของ SBS:EVA ที่อัตราส่วนโพลิเมอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.53 ผลการทดลองหาขนาดของเม็ดวัตถุ

SIEVE ANALYSIS

PROJECT Special Project 1 OWNER Project1 Group 3 HN

LOCATION BORING NO. –

SOIL DESCRIPTION หิน 3/8 นิ้ว SAMPLE DEPTH –

TEST NO. 1 SAMPLE NO. 1

TEST BY DATE 30/11/2550

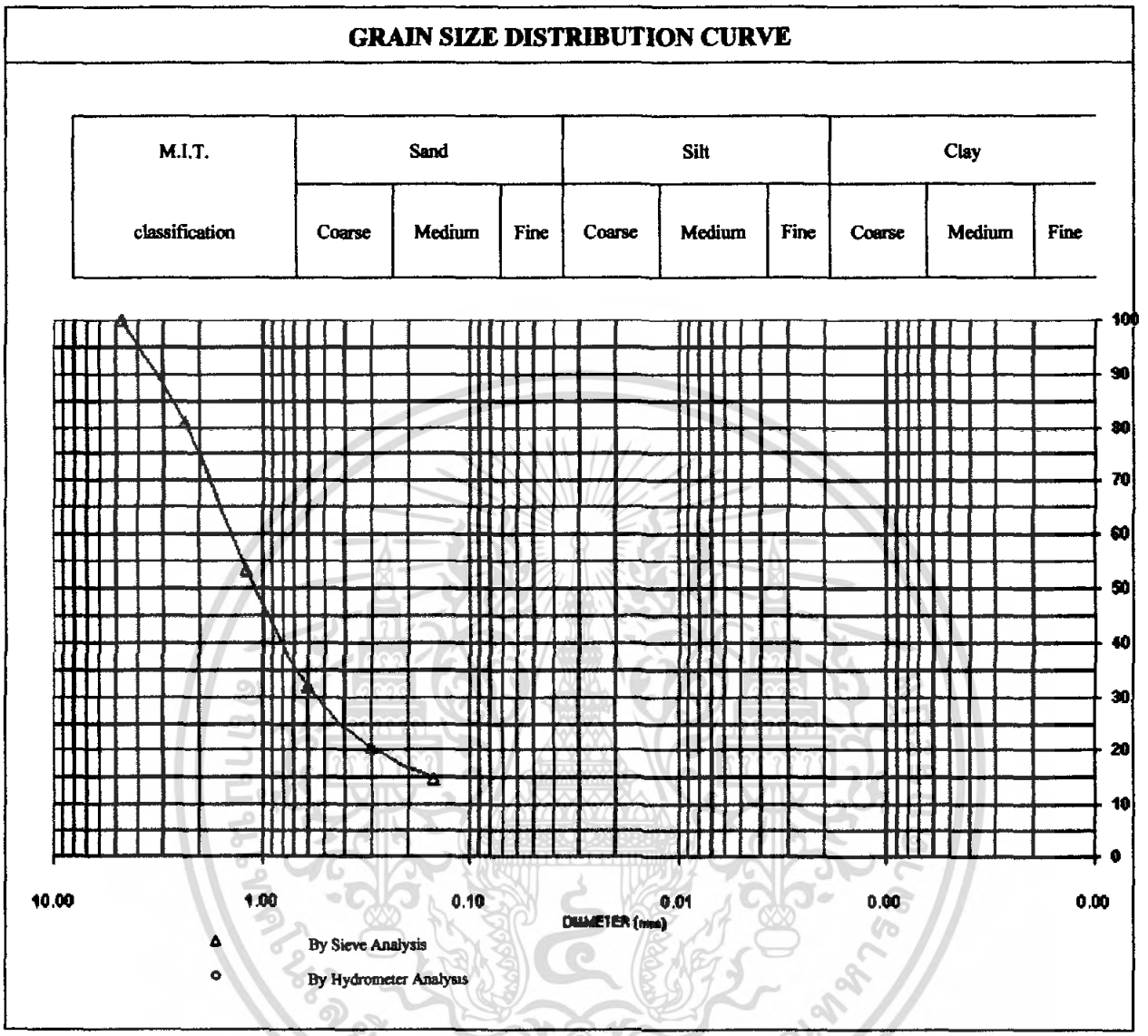
Project1 Group 3 HN

Specific Gravity of Soil,Gs	2.743
Tray No.	
Weight of Tray ,g	281.36
Weight of Tray + Dry Soil ,g	2281.36
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 ,%
4	4.75	488.9	488.9	0.00	0.00	0.00	100.00
8	2.36	476.22	758.23	282.01	282.01	18.80	81.20
16	1.18	650.34	1070.55	420.21	702.22	46.81	53.19
30	0.60	590.5	920.21	329.71	1031.93	68.80	31.20
50	0.30	583.07	738.37	155.30	1187.23	79.15	20.85
100	0.15	528.51	613.3	84.79	1272.02	84.80	15.20
200	0.075	508.42	560.1	51.68	1323.70	88.25	11.75
Pan	_	375.97	552.27	176.30	1500.00	100.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.13 กราฟแสดงขนาดคละของมวลรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.54 ผลความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)ของวัสดุเม็ดหยาบ (ขนาดโตกว่าตะแกรงเบอร์ 4)

PROJECT *Special Project 1* TESTED DATE *17 /12/ 2550*

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	850.3	852.7	543.1	2.746
2	863.7	865.8	549.2	2.728
3	855.6	858.3	547.9	2.756
เฉลี่ย				2.743

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

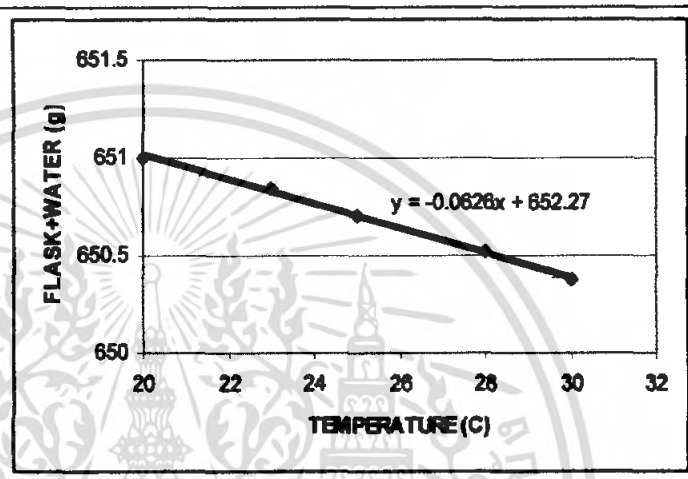
ตารางที่4.55 ผลความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)ของวัสดุเม็ดละเอียด

(ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 200)

PROJECT *Special Project 1* TESTED DATE *15/12/2550*

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

PYCNOMETER CALIBRATION		
No.	FLASK+WATER (g)	TEMPERATURE (C)
1	650.38	30
2	650.52	28
3	650.70	25
4	650.85	23
5	651.03	20



Depth	
Determination No.	
1. Temperature ,t(C)	27
2. Weight of Flask + Water + Soil ,W1(g)	673.66
3. Weight of Flask + Water ,W2(g)	706.23
4. Container No.	3
5. Weight of Dry soil + Container (g)	313.8
6. Weight of Container (g)	263.5
7. Weight of Dry soil (g)	50.30
8. Specific Gravity of Water at T , Gt	0.9965
9. Specific Gravity of Soil	2.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.56 ผลการทดสอบค่าดัชนีความแบนของมวลรวมหยาบ

Sieve Size (mm.)	Weight Retained (g)	Weight Passing (g)	Total Weight (g)	Flakiness Index (%)
9.50 - 4.75 3/8" - 4 #	373	127	500	25.40

ตารางที่4.57 ผลการทดสอบความสึกหรอของมวลรวมหยาบแบบ Los Angeles Abrasion

แบบการจัดขนาดคละ C

จำนวนลูกเหล็ก 8

ขนาดตะแกรง		น้ำหนักมวลรวมที่ใช้
ผ่าน	ค้าง	(กรัม)
3/8"	1/4"	2523
1/4"	# 4	2518
น้ำหนักรวมทั้งหมด (M1)		5041
น้ำหนักหลังการทดสอบ (M2)		3781
น้ำหนักสูญเสีย (M1 - M2)		1260
ร้อยละการสึกหรอ [(M1 - M2)/ (M1)] x 100		25.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.58 ผลการทดสอบการดูดซึมของมวลรวม (ABSORPTION)

DESCRIPTION OF SAMPLE : AGGREGATE FOR ASPHALTIC CONCRETE WEARING COURSE . ASPHALTIC CONCRETE TYPE : ASPHALTIC CONCRETE WEARING COURSE .	
DETERMINATION NO.	1
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. Gm = $\frac{(D)}{D - G}$	2.540
L. VIRTUAL Sp. Gr. Gv . = $\frac{100 - A}{\frac{100}{GM} - \frac{A}{Gac}}$	2.648
J. BULK Sp. Gr. OF MIX AGG , GA_{GG}	2.755
K. ASPHALT ABSORPTION = $\frac{100(Gv - Gag)\,Gac}{GV \times Gag}$	0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.59 ผลการทดสอบเปรียบเทียบก้อนตัวอย่างโดยวิธีมาร์แชลล์

รายการ	ชนิดของวัสดุเชื่อมประสาน	
	AC 60/70	PMA.
Air Void , (%)	4.0	4.0
Marshall Density , gm / ml.	2.375	2.373
Marshall Flow , 1/100 in.	11.2	11.5
Stability / Flow , (Lbs)	2,650	2,865
Voids Filled with Bitumen ; VFB , (%)	72.80	72.90
Voids in Mineral Aggregate ; VMA , (%)	14.65	14.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.60 ผลการทดสอบแอสฟัลต์ AC 60/70 โดยวิธีมาร์แชลล์

ASPHALTIC CONCRETE TESTING LABORATORY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEER, FACULTY OF ENGINEERING

KINGMONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKABANG

ASPHALTIC CONCRETE DESIGN DATA BY THE MARSHALL METHOD

PROJECT Special Project 1 TESTED SATE 02/02/2551

CLIENT Project1 Group 3 HN TESTED BY Project1 Group 3 HN

SAMPLE DESCRIPTION Asphalt concrete

MIX Proportion HOT BIN = Pen.Grade AC 60-70

Avg.Sp.Gr.Agg and Filler (Gag) = 2.648 Sp.Gr.Ac (Gac) = 1.02

Compaction, number of blows each end = 75 bitumen Absorption (x) = 0.29

No. of Sample	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. Of Agg (a)	4.5			5.0			5.5		
%AC by Wgt.of Mix (b)	4.31			4.76			5.21		
%Eff.AC by Wgt.of Mix c=b-x(100-b)/100	4.03			4.49			4.94		
Spec.Hgt.(MOLD) In. (D)	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"
DENSITY									
Wt. in air gm.(e)	1238.9	1243.6	1238.8	1249.0	1245.8	1250.8	1252.9	1254.1	1253.8
Wt.sat.surface dry gm.(f)	1240.3	1245.6	1240.4	1250.0	1248.8	1250.3	1253.5	1254.7	1254.8
Wt.in water gm.(g)	711.3	715.9	712.5	723.9	722.6	723.6	729.0	729.1	728.5
Bulk Volume ml(h)=f-g	529.00	529.70	527.90	526.10	526.20	526.70	524.50	525.60	526.30
Bulk Density gm/ml(i)=e/h	2.342	2.348	2.347	2.374	2.368	2.375	2.389	2.386	2.382
AVERAGE DENSITY	2.345			2.372			2.386		
VOIDS ANALYSIS									
Volume AC %Total(j)=c (i/Gac)	9.3			10.4			11.6		
VolumeAgg%Total(k)=(100-b)(I / Gac)	84.8			85.3			85.4		
VMA % (l)= 100 - k	15.2			14.7			14.6		
Air Void % (m)= l - j	5.9			4.3			3		
VFB % (n)= 100(j / l)	61.2			70.7			79.5		
STABILITY									
Meas. Lbs.	2310	2520	2350	2690	2600	2560	2960	2900	2980
Adjust Lbs.	2310	2520	2350	2690	2600	2560	2960	2900	2980
AVER STABILITY	2393			2617			2947		
FLOW									
Meas. 1 / 100 "	10	10	11	11	12	11	12	11	14
AVERAGE FLOW	10			11			12		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.61 ผลการทดสอบแอสฟัลต์ PMA (5:2) โดยวิธีมาร์แชลล์

ASPHALTIC CONCRETE TESTING LABORATORY

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEER, FACULTY OF ENGINEERING

KINGMONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKABANG

ASPHALTIC CONCRETE DESIGN DATA BY THE MARSHALL METHOD

PROJECT Special Project 1 — TESTED SATE 04/02/2551

CLIENT Project1 Group 3 HN — TESTED BY Project1 Group 3 HN

SAMPLE DESCRIPTION Asphalt concrete

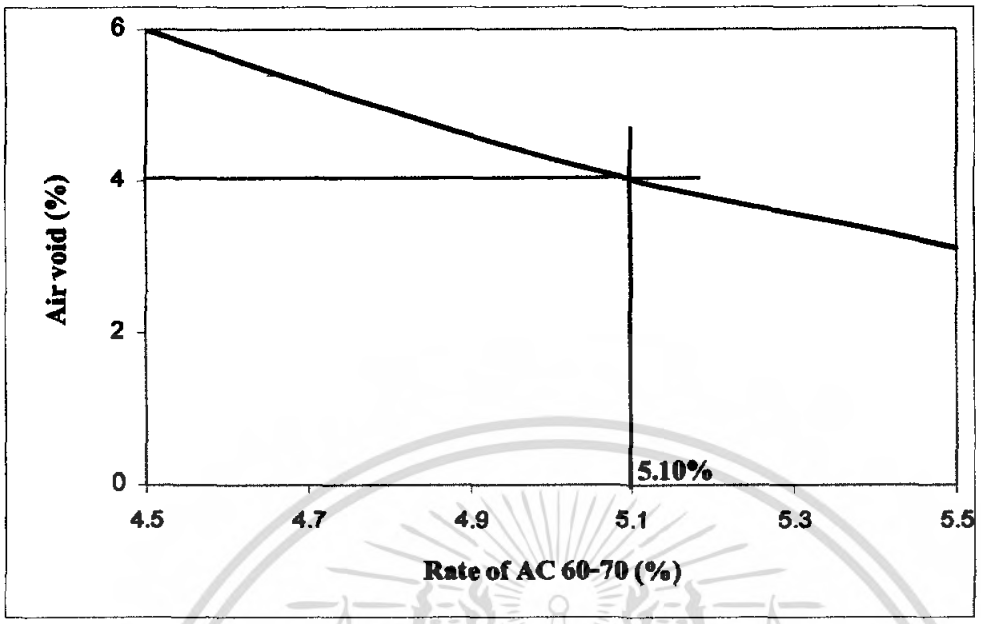
MIXProportion HOTBIN = — Pen.Grade PMA

Avg.Sp.Gr.Agg and Filler (Gag) = 2.648 — Sp.Gr.Ac (Gac) = 1.02

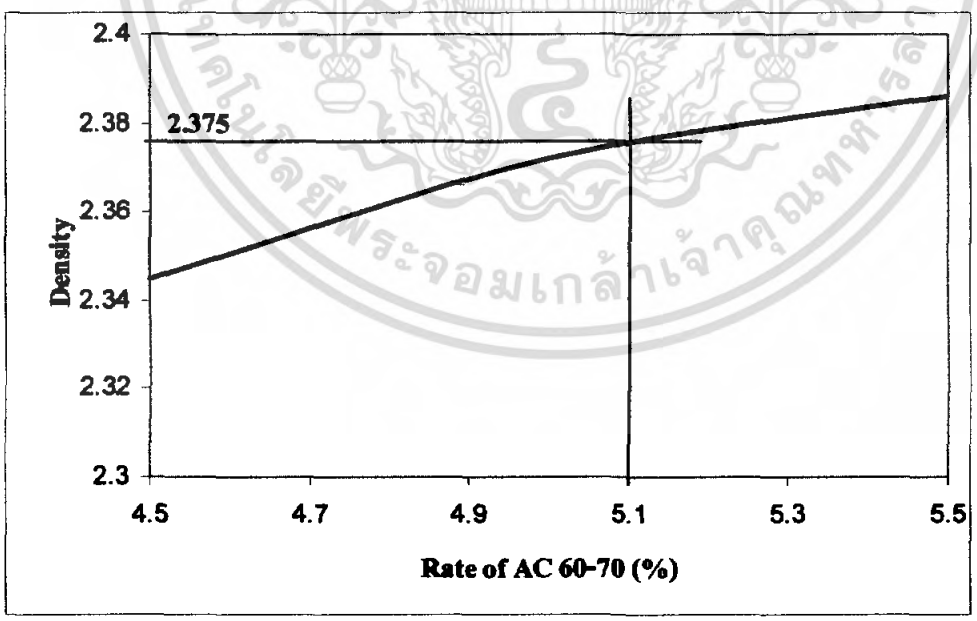
Compaction, number of blows each end = 75 — bitumen Absorption (x) = 0.27

No. of Sample	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. Of Agg (a)	4.5			5.0			5.5		
%AC by Wgt.of Mix (b)	4.31			4.76			5.21		
%Eff.AC by Wgt.of Mix c=b-x(100-b)/100	4.05			4.5			4.96		
Spec.Hgt.(MOLD) In. (D)	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"	2.5"
DENSITY									
Wt. in air gm.(e)	1239.5	1242.0	1241.4	1242.8	1246.2	1243.4	1251.0	1255.2	1250.8
Wt.sat.surface dry gm.(f)	1243.1	1245.8	1245.0	1245.1	1248.7	1245.1	1253.9	1257.9	1253.3
Wt.in water gm.(g)	715.4	715.8	714.9	720.1	722.7	721.2	730.0	730.5	728.9
Bulk Volume ml(h)=f-g	527.70	530.00	530.10	525.00	526.00	523.90	523.90	527.40	524.40
Bulk Density gm/ml(i)=e/h	2.349	2.343	2.342	2.367	2.369	2.373	2.388	2.380	2.385
AVERAGE DENSITY	2.345			2.372			2.384		
VOIDS ANALYSIS									
Volume AC %Total(j)=c (i/Gac)	9.3			10.5			11.6		
VolumeAgg%Total(k)=(100-b)(I / Gac)	84.7			85.2			85.3		
VMA % (l)= 100 - k	15.3			14.8			14.7		
Air Void % (m)= l-j	6			4.3			3.1		
VFB % (n)= 100(j / l)	60.8			70.9			78.9		
STABILITY									
Meas. Lbs.	2830	2630	2710	2880	2710	2780	3090	3260	3310
Adjust Lbs.	2830	2630	2710	2880	2710	2780	3090	3260	3310
AVER STABILITY	2723			2790			3220		
FLOW									
Meas. 1 / 100"	14	15	14	15	14	17	15	15	14
AVERAGE FLOW	14			15			15		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

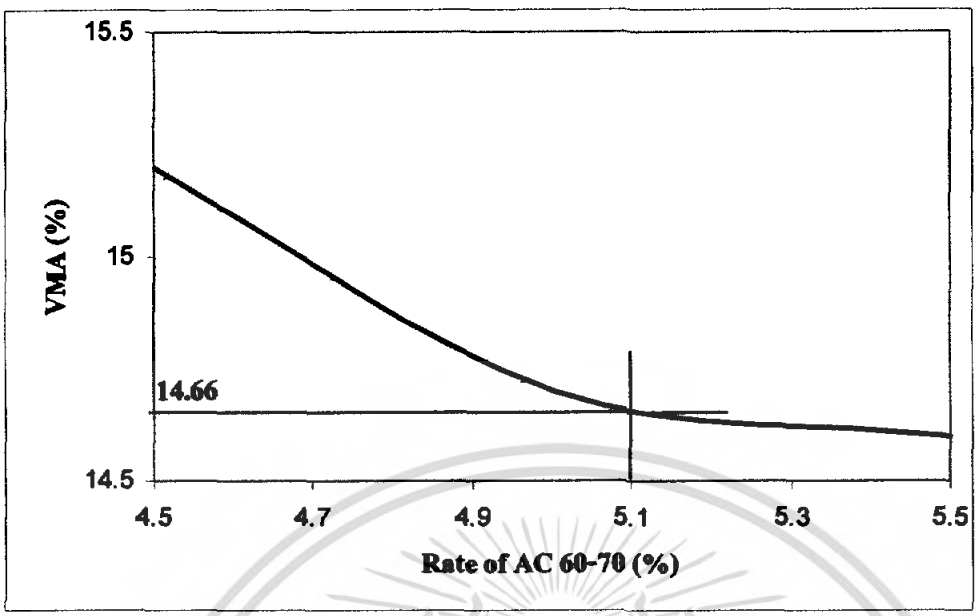


รูปที่4.14 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphaltic Concrete by AC 60/70 กับ Air void (%)

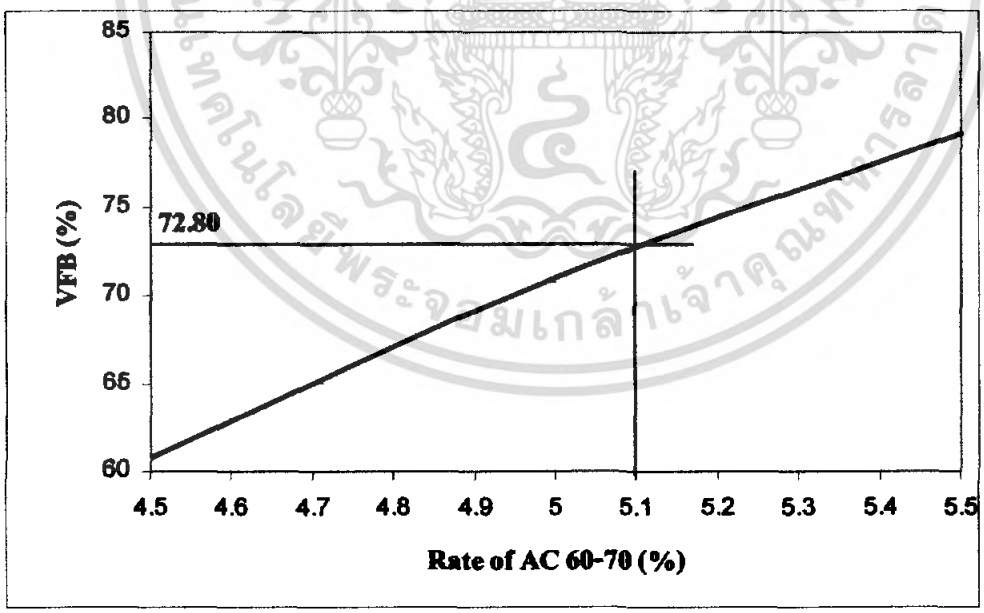


รูปที่415 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphaltic Concrete by AC 60/70 กับ Density (gm./ml.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

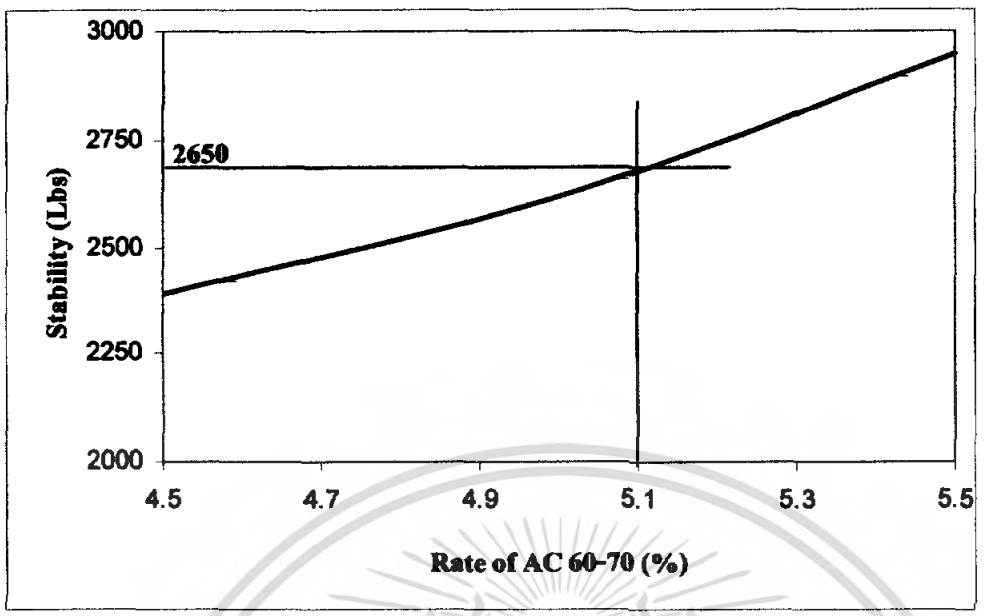


รูปที่4.16 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphaltic Concrete by AC 60/70 กับ VMA (%)

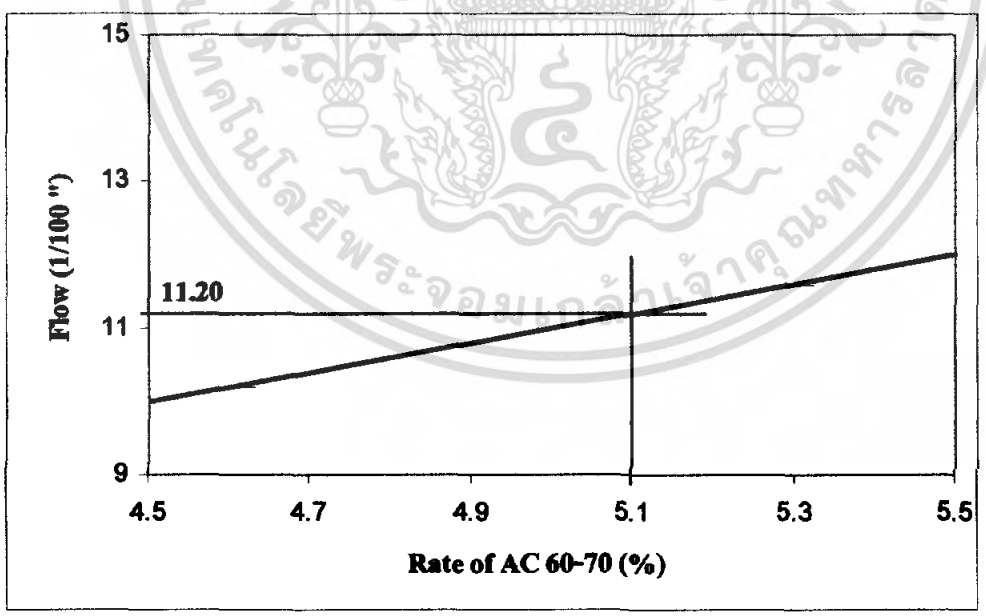


รูปที่4.17 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphaltic Concrete by AC 60/70 กับ VFB (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

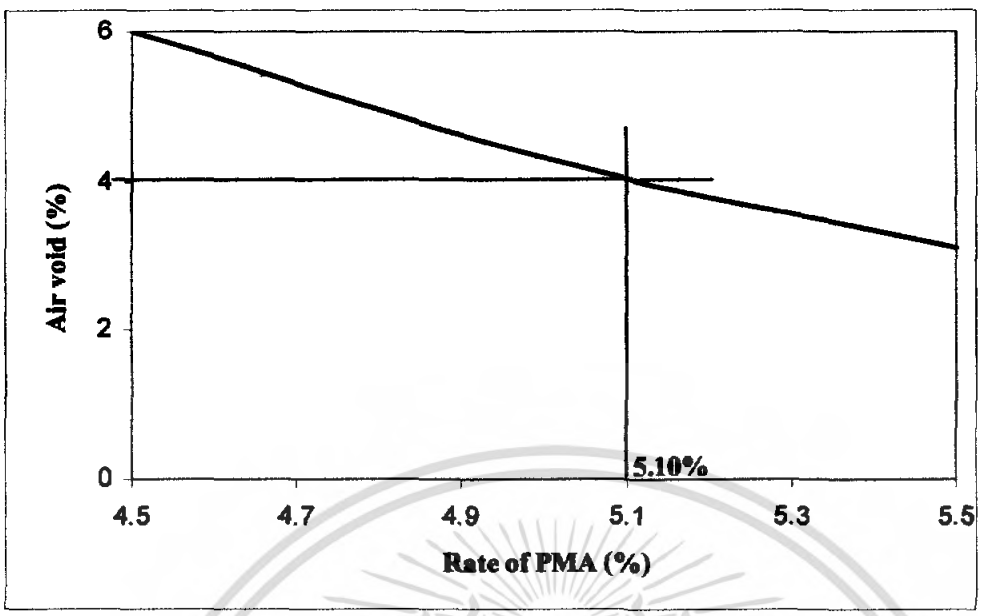


รูปที่4.19 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphaltic Concrete by AC 60/70 กับ Stability (Lbs.)

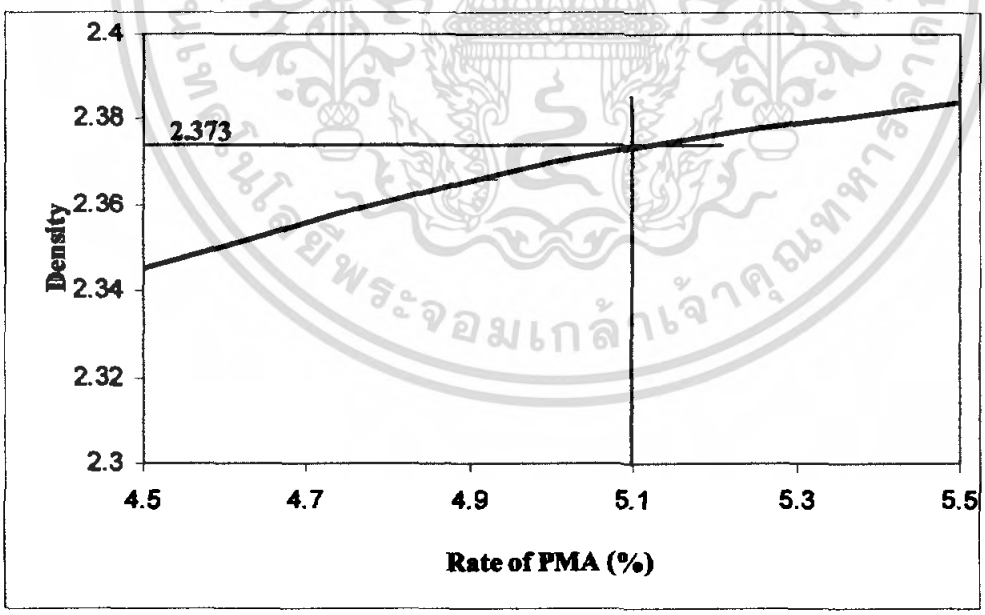


รูปที่4.20 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphaltic Concrete by AC 60/70 กับ Flow (1/100")

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

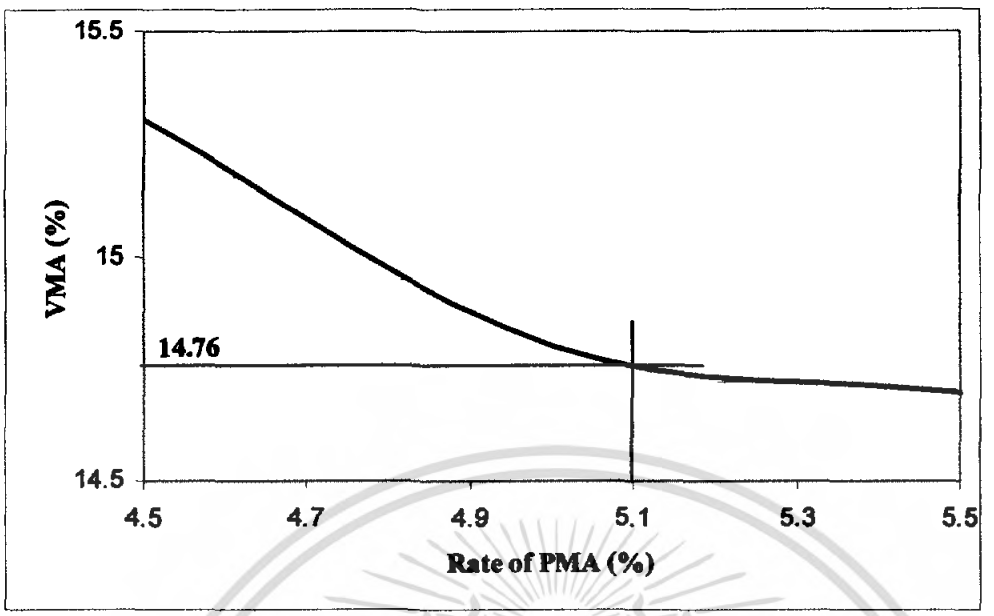


รูปที่4.21 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphaltic Concrete PMA กับ Air void (%)

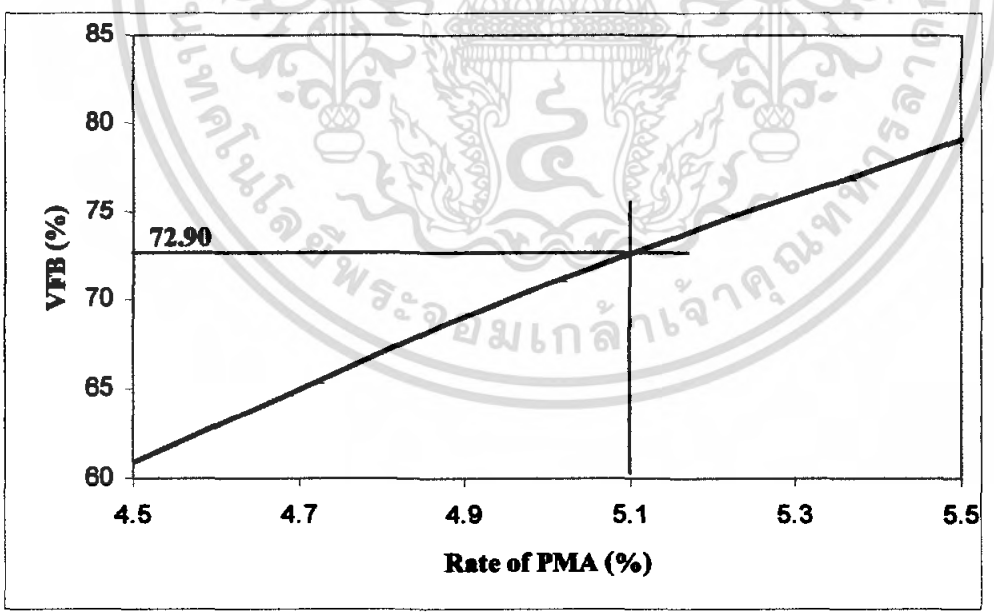


รูปที่4.22 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphaltic Concrete PMA กับ Density (gm./ml.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

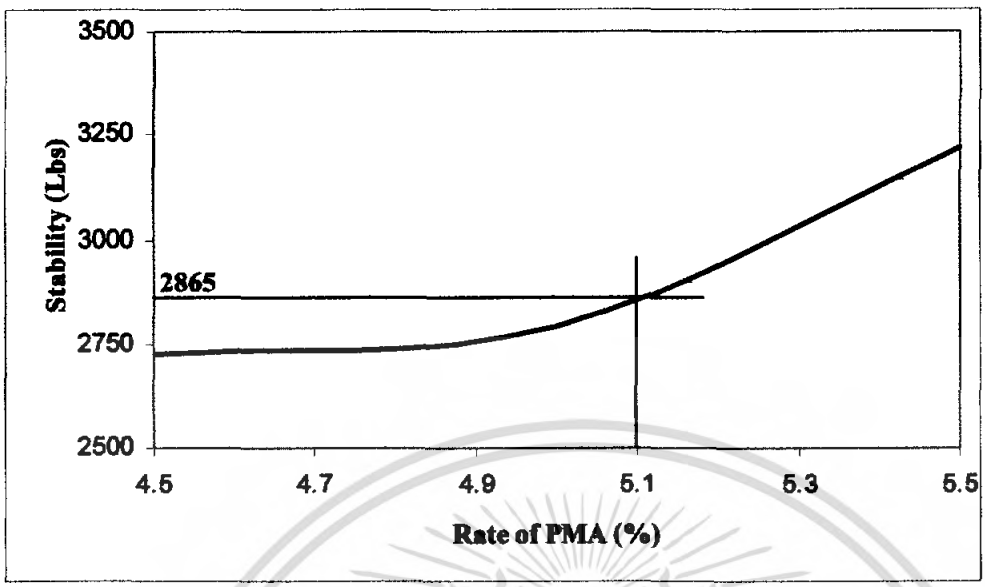


รูปที่4.23 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphaltic Concrete PMA กับ VMA (%)

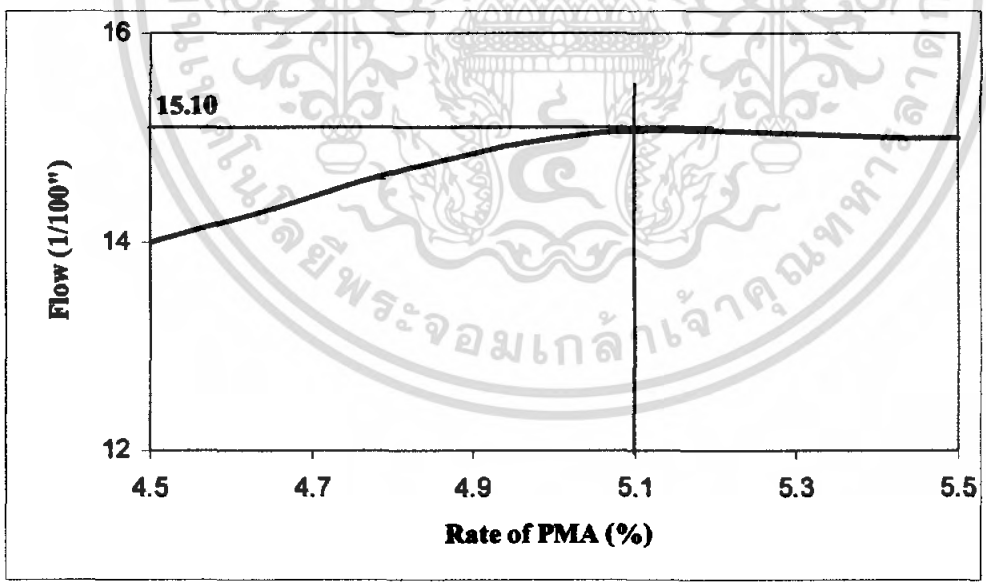


รูปที่4.24 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphaltic Concrete PMA กับ VFB (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.25 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphaltic Concrete PMA กับ Stability (Lbs)



รูปที่4.26 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ Asphaltic Concrete PMA กับ Flow (1/100")

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 เปรียบเทียบผลการทดสอบก้อนตัวอย่างโดยวิธีมาร์แชลล์

เมื่อใช้วัสดุเชื่อมประสานจาก แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60/70 มาเป็นแอสฟัสต์ซีเมนต์ผสมโพลิเมอร์ ชนิด SBS 5 % และ EVA 2 % โดยน้ำหนักแล้วทำการทดสอบ เมื่อนำผลมาเปรียบกันพบว่า

จากอัตราส่วนผสมของแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ทำให้เกิดช่องว่าง 4 %

1. ความหนาแน่นลดลงจาก 2.375 เป็น 2.373 คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 1.0 8%
2. ค่า VMA เพิ่มขึ้นจาก 14.66 % เป็น 14.76 % คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 1.68 %
3. ค่า VFB เพิ่มขึ้นจาก 72.80 % เป็น 72.90 % คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 13.73 %
4. ค่า stability เพิ่มขึ้นจาก 2650 lbs. เป็น 2865 lbs. คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 8.11%
5. ค่า flow เพิ่มขึ้นจาก 11.2/100 in. เป็น 15.11 in. คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 34.82 %

4.3 วิจารณ์ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแบบมาร์แชลล์

ผลการทดสอบก้อนตัวอย่างแบบมาร์แชลล์ประกอบด้วย ค่าความแน่น ค่าเสถียรภาพ โพรงระหว่างมวลรวม โพรงอากาศ ช่องว่างบิทูเมน และค่าการไหล ดังนี้

1. ค่าความแน่นในก้อนตัวอย่างแต่ละส่วนผสมจะเห็นได้ว่าความแน่นของตัวอย่างแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่บดอัดแล้วจะมีค่าเพิ่มขึ้น ตามปริมาณแอสฟัลต์ที่เพิ่มขึ้น จากเส้นกราฟความแน่นกับปริมาณแอสฟัลต์ในช่วงแรกการเพิ่มขึ้นของส่วนผสมที่ใช้ AC 60/70 จะให้ความแน่นที่สูงกว่า ส่วนผสมที่ใช้ PMA ทั้งนี้อาจเป็นเพราะยาง AC 60/70 จะให้ความหนืดที่ต่ำกว่า PMA ทำให้แอสฟัลต์สามารถแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดหินและในรูพรุนของหินได้มากกว่า PMA.

2. ปริมาณช่องว่างอากาศและช่องว่างระหว่างของวัสดุมวลรวมในแอสฟัลต์ติกคอนกรีตจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับความแน่นและสามารถคำนวณได้จากความแน่นโดยตรงจุดที่มีความแน่นสูงที่สุดจะใกล้เคียงกับจุดที่มีปริมาณช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมในแอสฟัลต์ติกคอนกรีตน้อยที่สุด จากกราฟจะเห็นว่าที่ปริมาณของแอสฟัลต์เดียวกัน ปริมาณช่องว่างอากาศและช่องว่างระหว่างมวลรวมของแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ได้จาก PMA มีค่าสูงกว่าที่ได้จาก AC60/70 ทั้งนี้เนื่องจากแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ได้จาก AC 60/70 ให้ความแน่นที่สูงกว่า จึงให้ค่าช่องว่างที่น้อยกว่า PMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เสถียรภาพ จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าเสถียรภาพและค่าความแน่นของตัวอย่างแอสฟัลต์ติกคอนกรีตมีความสัมพันธ์กัน เมื่อค่าความแน่นเพิ่มขึ้นค่าเสถียรภาพก็จะลดลงเมื่อค่าความแน่นลดลงค่าเสถียรภาพก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ที่ปริมาณแอสฟัลต์ที่เท่ากันแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ผสมด้วย PMA จะให้ค่าเสถียรภาพที่สูงกว่าส่วนผสมที่ผสมด้วย AC 60/70

4. ค่าการยุบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการยุบตัวกับปริมาณแอสฟัลต์ในแอสฟัลต์ติกคอนกรีต จากกราฟในแต่ละส่วนผสมจะเห็นว่าค่ายุบตัวจะเพิ่มขึ้น ตามปริมาณแอสฟัลต์ที่เพิ่มขึ้นในลักษณะเป็นเส้นตรง แอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ใช้ AC 60/70 จะให้ค่าการยุบตัวที่สูงกว่า ส่วนผสมที่ใช้ PMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การออกแบบและการประมาณราคา

5.1 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 2537

เริ่มทำการก่อสร้างปี 2543

ก่อสร้างเสร็จและเปิดการจราจรปี 2541

สมมุติช่วงอายุการออกแบบ (Design Period) 15 ปี

ใช้ปริมาณการจราจรในปี 2541 เป็นปีฐาน (Base year) ในการคำนวณปริมาณการจราจรในช่วงอายุการออกแบบ 15 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปริมาณการจราจรในปี 2541

สูตรการหาปริมาณการจราจรในปีใดๆ

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

ในเมื่อ Y = ปริมาณการจราจรในปี 2541

X = ปริมาณการจราจรในปี 2535

= 9828 vpd

r = Traffic Growth Rate 6 %

n = จำนวนจากปี 2535- 2541

= 6 ปี

No. of ADT ในปี 2541 = $9829(1+0.06)^6$ = 13941 vpd

No. of HB ในปี 2541 = $642(1+0.06)^6$ = 911 vpd

No. of MT ในปี 2541 = $799(1+0.06)^6$ = 1133 vpd

No. of HT ในปี 2541 = $1158(1+0.06)^6$ = 1643 vpd

3. Traffic Data for Analysis and Design ในปี 1998

จาก ADT ในปี 2541 = 13941 vpd

% Heavy Bus and Truck = 30 %

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

= 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- For HT = 1.58

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

พล็อตกราฟค่า CBR และ Percent Equal to or Greater Than

6. Asphalt Pavement Thickness Design

การคำนวณหาความหนาทั้งหมดของแอสฟัลต์ติกคอนกรีตหนือชั้นดินเดิม, TA หาได้ 3 วิธี คือ

- คำนวณจากสูตร

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

หรือ

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

- คำนวณโดยการใช้ Design Chart ความสัมพันธ์ระหว่าง Equivalent 80 kN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Single – Axle – Load (EAL) และ Subgrade Resilient Modulus, Mr

- คำนวณโดยใช้ Design Chart ของ Asphalt Institute

(1) คำนวณโดยใช้สูตร

จากการวิเคราะห์การจราจรได้ค่า DNT 6757 และค่า CBR Subgrade 3% ได้ค่า T_A

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

$$= 15.72 \text{ นิ้ว}$$

$$= 15.72 \times 2.54$$

$$= 39.93 \text{ เซนติเมตร}$$

$$= \text{or} \quad 40.00 \text{ เซนติเมตร}$$

(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 T_A = 40.8 เซนติเมตร แปลงความหนาจาก T_A ไปเป็นวัสดุต่างๆ

Strength Factor ค่าที่ใช้จะอยู่ประมาณนี้

จากแอสฟัลต์ติกคอนกรีตไปเป็น 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

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

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

$$= (9.19 + 15.204) / 2.51188$$

$$= 9.71 \text{ นิ้ว}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 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

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

$$= (9.19 + 3.97(3.82975))/(80)^{0.4}$$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 4.23นิ้ว

= 10.7 เซนติเมตร

จากค่าที่ได้ทั้งหมดนำไปออกแบบในตารางออกแบบ จะได้ความหนาของชั้นต่างๆของโครงสร้างชั้นทางดังนี้

ผิวทางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตรวม 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, แม่สวย-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 : Asphaltic 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.

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	6,838,823.00

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

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) โดยใช้ AC 60/70 เป็นวัสดุเชื่อมประสาน ปริมาณ 5.10 % by weight				
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

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) โดยใช้ PMA SBS 5 % : EVA 2 % เป็นวัสดุเชื่อมประสาน ปริมาณ 5.10 % by weight				
งานแอสฟัลติกคอนกรีตสำหรับผิวทางชั้นบน (Wearing Course)	ตร.ม.	132.00	17,290.00	2,282,280.00
งานแอสฟัลติกคอนกรีตสำหรับผิวทางชั้นล่าง(Binder Course)	ตร.ม.	135.00	17,290.00	2,334,150.00
		ราคารวม วัสดุ + ผิวทาง		14,742,014.00

ตารางที่5.1 เปรียบเทียบราคา ถนนที่ใช้ยาง AC 60/70 และ PMA(5:2)
โดยเปรียบเทียบที่ถนนสายแยกทางหลวง 34 – ซอยอ่อนนุช ตอนที่ 2
ระยะทาง 3,400 เมตร

	ผิวทาง AC	ผิวทาง PMA by SBS 5% : EVA 2%	
งานตัดหรือขุดคันทาง	413,600	413,600	บาท
งานถมคันทาง	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	14,742,014.00	บาท
ผิวทาง PMA แพงกว่า ผิวทาง AC		155,535	คิดเป็น 1.01 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดสอบ

จากการศึกษาคุณสมบัติของแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60/70 เปรียบเทียบกับโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์ที่ผสมโพลิเมอร์ SBS ร่วมกับ EVA และศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพของผิวทางแบบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ใช้ AC 60/70 กับมวลรวมชนิดหินปูน โมดิฟายด์สำหรับงานเสริมผิวทางกับมวลรวมชนิดเดียวกัน ผลการทดสอบได้ดังนี้

1. โพลิเมอร์โมดิฟายด์สำหรับงานเสริมผิวทางเป็นการปรับปรุงคุณภาพของ AC 60/70 ด้วยสารโพลิเมอร์ชนิด SBS 5 % : EVA 2 % โดยน้ำหนักแอสฟัลต์ ซึ่งทำให้คุณสมบัติทางด้านจุดอ่อนตัว ความแข็ง ความเหนียวและความหนืดดีขึ้นกว่า AC 60/70

2. คุณสมบัติของแอสฟัลต์ติกคอนกรีตในด้านเสถียรภาพระหว่างแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ใช้ AC 60/70 กับ PMA โดยใช้มวลรวมหินปูน ค่าเสถียรภาพจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น 8.11 %

3. ค่าการไหลของแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่ใช้ PMA จะเพิ่มขึ้น 34.82 % แสดงว่าแอสฟัลต์ติกคอนกรีตมีความแข็งแกร่งขึ้น

4. ความคงทนของคอนกรีตที่ใช้ PMA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่าเสถียรภาพและดัชนีความแข็งที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผิงทางสามารถรับน้ำหนักได้โดยเกิดความเสียหายน้อยลง

5. เมื่อเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างถนนผิวจราจรแบบใช้ AC 60/70 เมื่อเปรียบเทียบกับถนนที่ใช้โพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์ (PMA) (SBS 5%: EVA 2%)ทำให้ค่าก่อสร้างในการใช้ PMA เพิ่มมากขึ้น 1.01 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. การเก็บ PMA ควรเก็บในภาชนะที่ปิดสำหรับเก็บ PMA โดยเฉพาะ คือจะต้องมีระบบที่ให้ความร้อนที่ไม่ใช่ระบบความร้อนโดยตรง ระบบให้ความร้อนจะต้องเป็นระบบ Hot Oil และในถังเก็บจะต้องมีระบบหมุนเวียน (Ciroulate) ที่ดี อุณหภูมิในถังเก็บควรอยู่ระหว่าง 140 °ซ ถึง 180°ซ และการให้ความร้อนจะต้องค่อยๆให้ความร้อนทีละน้อยจนถึงอุณหภูมิใช้งาน

2. การเลือกอัตราส่วนเปอร์เซ็นที่ดีที่สุดของ PMA ระหว่าง SBS และ EVA ควรที่จะมีการทดลองให้มากกว่านี้เพื่อจะได้มีปัจจัยในการพิจารณาเพิ่มมากขึ้น

3. สัดส่วนของมวลรวมและปริมาณของแอสฟัลต์ที่ใช้ให้ขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งที่มาของวัสดุมวลรวมด้วย การเปลี่ยนชนิดและแหล่งที่มาต้องมีการออกแบบหาสัดส่วนและปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสมเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้