

ผลกระทบของเวลาในการบ่มต่อการทดสอบแรงดึงเพื่อต้านทานความ
เสียหายเนื่องจากความชื้น

Effect of asphalt mixture curing time in water on pull-off
tensile strength test.



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

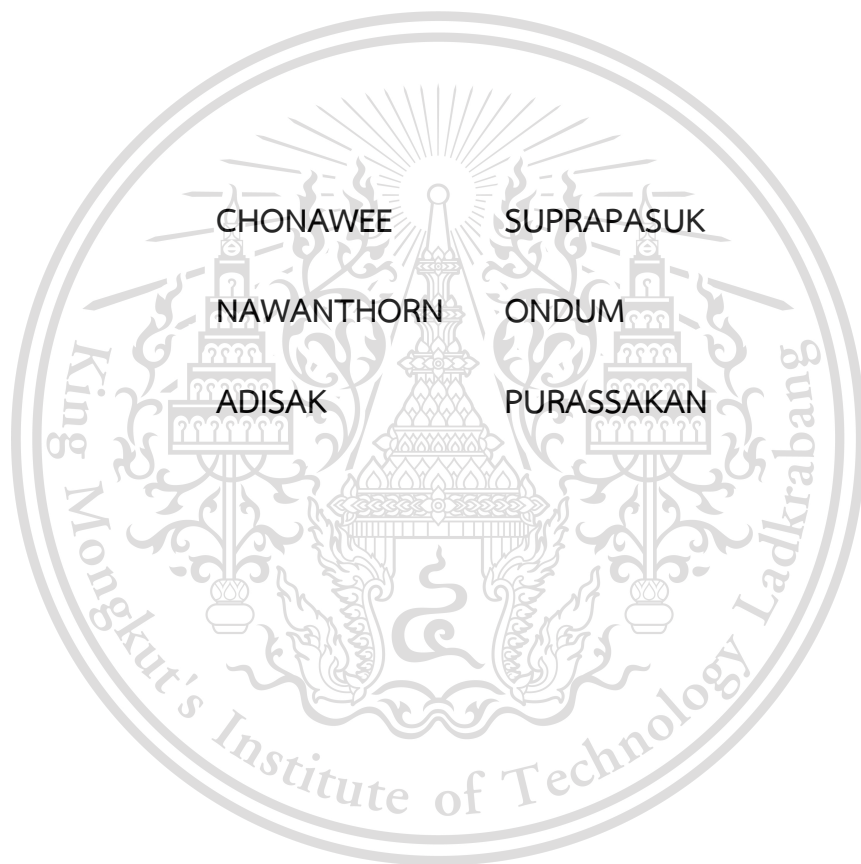
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2563

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Effect of asphalt mixture curing time in water on pull-off
tensile strength test.



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2020

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.




Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ	ผลกระทบของเวลาในการบ่มต่อการทดสอบแรงดึงเพื่อต้านทานความเสียหายเนื่องจากความชื้น		
นักศึกษา	นายชนวีร์	ทรัพย์ประภาสุข	รหัสนักศึกษา 61015021
	นายวันธร	อ่อนดำ	รหัสนักศึกษา 61015043
	นายอดิศักดิ์	ปัฐกานัญจน์	รหัสนักศึกษา 61015088
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (ต่อเนื่อง)		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา (ต่อเนื่อง)		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ปริดา จาตุรพงษ์		

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ปริดา จาตุรพงษ์	
ผศ.นัฐพร นวกิจรังสรรค์	
ผศ.ดร.จำรัส พิทักษ์ศฤงคาร	
ผศ.ดร.จารุวิเศษ ปราบณศักดิ์	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศิธร)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
วันที่.....

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ผลกระทบของเวลาในการบ่มต่อการทดสอบแรงดึงเพื่อต้านทานความเสียหายเนื่องจาก ความชื้น

นายชนวีร์	ทรัพย์ประภาสุข	รหัสนักศึกษา	61015021
นายวันธร	อ่อนดำ	รหัสนักศึกษา	61015043
นายอดิศักดิ์	ปัฐกาญจน์	รหัสนักศึกษา	61015088

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปริดา จาตุรพงศ์

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของแอสฟัลต์คอนกรีตในการบ่มเพื่อต้านทานความเสียหายจากความชื้น เนื่องจากความเสียหายของแอสฟัลต์คอนกรีตของประเทศไทยส่วนใหญ่มาจากความชื้น ซึ่งคาดว่า การบ่มจะทำให้รู้ว่าแอสฟัลต์คอนกรีตจะรับความชื้นได้นานเท่าไรจึงจะเกิดความเสียหาย ด้วยเหตุนี้ การศึกษาระยะเวลาการบ่มและอุณหภูมิของน้ำในการบ่มเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อกำหนดการเสียหายของแอสฟัลท์ได้

จากเหตุผลเบื้องต้น บทความนี้จึงเป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษา ผลกระทบของเวลาในการบ่มต่อการทดสอบแรงดึงเพื่อต้านทานความเสียหายเนื่องจากความชื้น โดยใช้ น้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และระยะเวลาบ่มที่ 4 และ 6 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาทดสอบเปรียบเทียบค่าแรงดึงทางอ้อม (Tensile strength Ratio) และค่าแรงดึงทางตรง (Pull-off tensile strength)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Effect of asphalt mixture curing time in water on pull-off tensile strength test.

Chonawee Suprapasuk ID:61015021

Nawanthorn Ondum ID:61015043

Adisak Purassaka ID:61015088

Advisor : Dr. Preeda Chaturapong

Academic Year 2020

Abstract

This research investigates the effect of asphalt concrete on curing against moisture damage. Due to the damage of asphalt concrete in Thailand, most of it comes from moisture. It is expected that the curing will know how long the asphalt concrete will hold in moisture before it damages. For this reason, the study of the curing time and the temperature of the curing water is necessary to determine the damage of asphalt.

From the initial reason This article is an experimental research to study. Effect of curing time on tensile test against moisture damage Using water at 60 ° C and a curing time of 4 hour and 6 hours, comparing the results of the test comparing the tensile strength ratio and the pull-off tensile strength.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

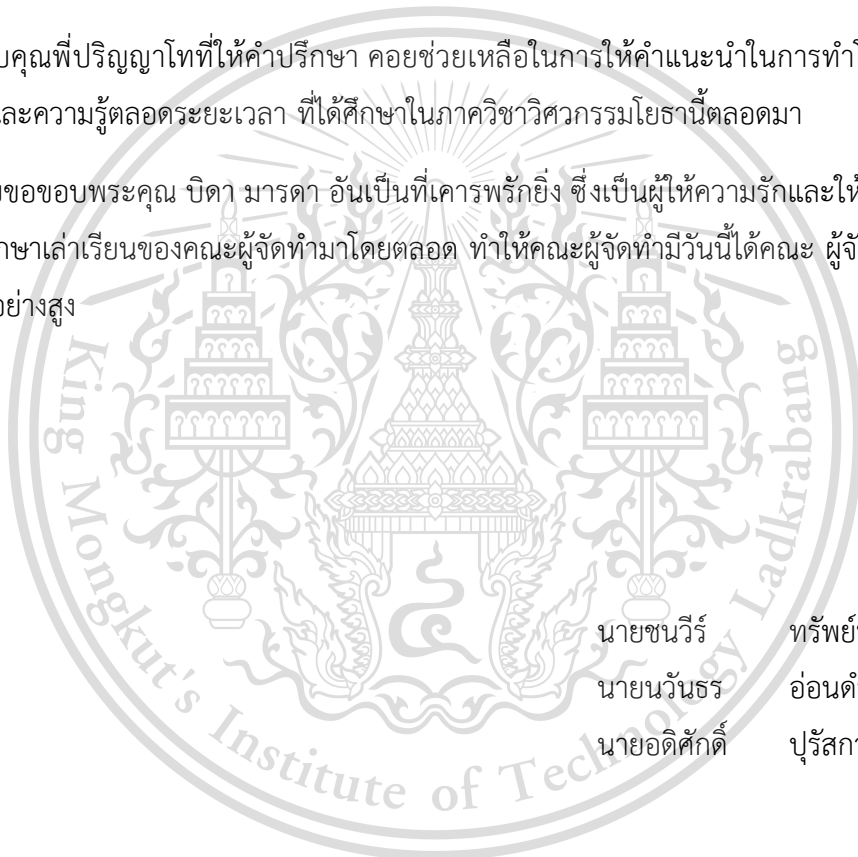
กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร. ปรีดา จาตุรพงศ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง อีกทั้งสละเวลาเพื่อให้คำปรึกษา กับ คณะผู้จัดทำตลอดจนให้ความรู้ เอาใจใส่ ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการแก้ปัญหา ให้ประสบการณ์ ที่ดี อันเป็น ประโยชน์อย่างยิ่งกับงานวิจัยนี้ พวกเราผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุกๆ รายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน อันเป็นประโยชน์ยิ่งในการทำ ปริญญา นิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วง ตลอดจนอาจารย์ประจำภาควิชาท่านต่างๆ ที่ให้คำแนะนำ และกำลังใจอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณพี่ปริญญาโทที่ให้คำปรึกษา คอยช่วยเหลือในการให้คำแนะนำในการทำโครงการรวมถึง การให้กำลังใจและความรู้ตลอดระยะเวลา ที่ได้ศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมโยธาตลอดมา

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและให้กำลังใจ ในการ สนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้คณะ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้ง ในพระคุณเป็นอย่างสูง



นายชนวีร์	ทรัพย์ประภาสุข
นายวันธร	อ่อนดำ
นายอดิศักดิ์	ปัฐกาญจน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญรูป.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1. กล่าวนำ.....	1
1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3. ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.4. วิธีการดำเนินงานโดยสังเขป.....	2
1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	3
2.1 นิยามของแอสฟัลท์ (Asphalt).....	3
2.1.1 แอสฟัลท์ซีเมนต์.....	3
2.1.2 อิมัลชันแอสฟัลท์.....	4
2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของแอสฟัลท์ (Asphalt Physical Properties).....	4
2.2.1 ความทนทาน (Durability).....	4
2.2.2 การศึกษาพฤติกรรมการเสีรูปร่างและการไหล (Rheology).....	4
2.2.3 ความปลอดภัย (Safety).....	5
2.2.4 ความบริสุทธิ์ (Purity).....	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.3 Mastic.....	5
2.3.1 คุณสมบัติของส่วนประกอบ mastic.....	6
2.3.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของฟิลเลอร์.....	6
2.3.1.2 Asphalt mixtures.....	6
2.4 ความไวต่อความชื้น (Moisture Susceptibility).....	6
2.5 ความเสียหายจากความชื้น (Moisture damage).....	6
2.6 อิทธิพลของความชื้นที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของผิวทาง (Moisture Effect on Pavement Performance).....	8
2.7 การสูญเสียแรงยึดเหนี่ยว (Failure).....	9
2.7.1 การสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวภายในของแอสฟัลท์ (Loss of Cohesion).....	9
2.7.2 การสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างแอสฟัลท์กับผิวมวลรวม (Loss of Adhesion).....	9
2.8 การยึดเกาะระหว่างแอสฟัลท์และมวลรวม (Asphalt Binder and Aggregate Adhesion).....	10
2.8.1 เชิงกล (Mechanical).....	10
2.8.2 เชิงเคมี (Chemical).....	11
2.8.3 แรงยึดเกาะ (Adhesion tension).....	11
2.8.4 การวางแนวของโมเลกุล (Molecular orientation).....	11
2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายของความชื้น (Factors Influencing Moisture Damage).....	11
2.9.1 ลักษณะของแอสฟัลท์ (Asphalt binder characteristics).....	11
2.9.2 ลักษณะของมวลรวม (Aggregate characteristics).....	12
2.9.2.1 เคมีของพื้นผิว (Surface chemistry).....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และที่ยังคงมีลิขสิทธิ์อยู่ ห้ามนำเอกสารเหล่านี้ไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.9.2.2 รูพรุนและขนาดของรูพรุน (Porosity and pore size).....	12
2.9.3 ช่องว่างอากาศ (Air voids).....	12
2.9.4 สภาพอากาศในการก่อสร้าง (Construction weather).....	12
2.9.5 ภูมิอากาศ (Climate).....	13
2.9.6 การจราจร (Traffic).....	13
2.9.6.1 แรงแดันน้ำสะสม (Pore pressure buildup).....	13
2.9.6.2 การกัดเซาะของของเหลว (Hydraulic scouring).....	13
2.10 สารเติมเต็ม.....	13
2.10.1 หินแกรนิต.....	14
2.10.2 หินปูน.....	15
2.11 การทดสอบการต้านความชื้น.....	15
2.11.1 การทดสอบแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength Test).....	15
2.11.2 การทดสอบความต้านแรงดึงทางตรง (Pull-Off Tensile Strength Test).....	16
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	17
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....	17
3.1.1 วัสดุในการทดลอง.....	17
3.1.2 อุปกรณ์ในการทดลอง.....	17
3.2 วิธีการเตรียมตัวอย่างการทดสอบ.....	20
3.3 วิธีการทดลอง.....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้

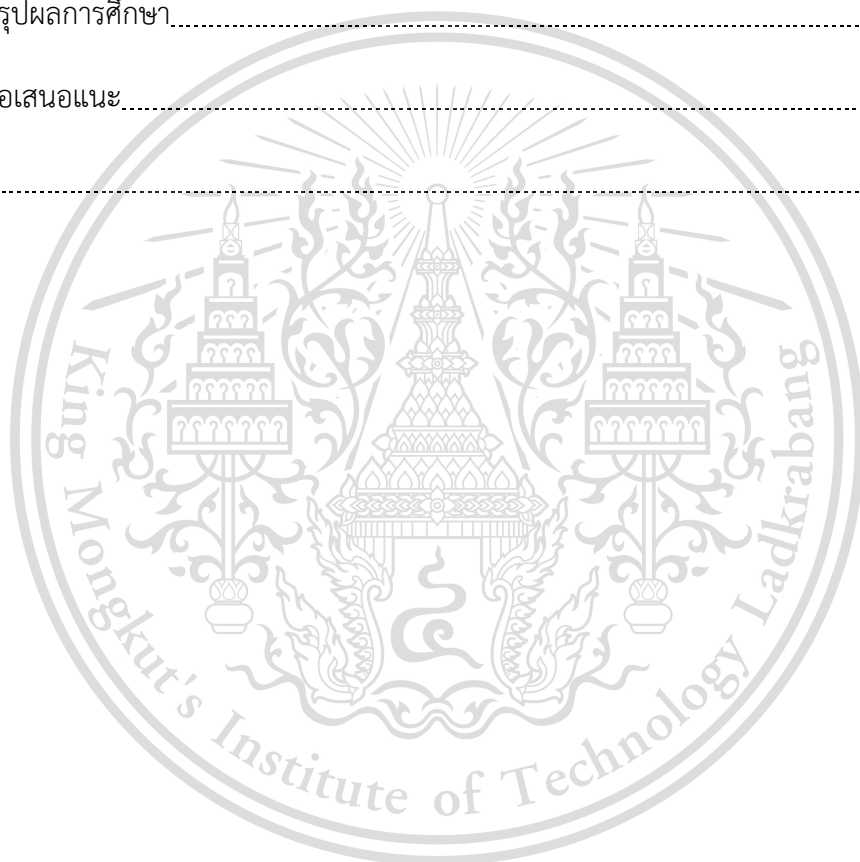
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตามโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีแนวโน้มไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.1 การทดสอบหาแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength Test).....	27
4.2 การประเมินการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Pull-Off Tensile Strength, POTS) เพื่อหาความต้านทานความเสียหายจากความชื้น.....	27
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	29
5.1. สรุปผลการศึกษา.....	29
5.2. ข้อเสนอแนะ.....	29
บรรณานุกรม.....	30



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 Asphalt Cement.....	3
รูปที่ 2.2 Asphalt Emulsion.....	4
รูปที่ 2.3 Moisture damage in asphalt concrete.....	7
รูปที่ 2.4 การวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละของมวลรวมด้วยตะแกรง.....	14
รูปที่ 2.5 หินแกรนิต.....	14
รูปที่ 2.6 หินปูน.....	15
รูปที่ 2.7 เครื่องมือทดสอบ Indirect Tensile Strength Test.....	16
รูปที่ 3.1 แท่นรอง และค้อนบดอัด.....	18
รูปที่ 3.2 แบบสำหรับบดอัด.....	18
รูปที่ 3.3 เครื่องดันตัวอย่าง.....	19
รูปที่ 3.4 เครื่องมือทดสอบ Indirect Tensile Strength Test.....	19
รูปที่ 3.5 มวลรวมหลังที่อบเสร็จแล้ว.....	20
รูปที่ 3.6 การผสมระหว่างแอสฟัลท์กับมวลรวม.....	20
รูปที่ 3.7 การนำตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตออกจากแบบอัด.....	21
รูปที่ 3.8 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ Pull-Off Tensile.....	23
รูปที่ 3.9 การติดตั้งการทดสอบความต้านแรงดึงทางตรง.....	24
รูปที่ 3.10 การติดตัวอย่างมาร์แชลสองชุดเข้ากับตุ้กดึง.....	25
รูปที่ 3.11 อ่างน้ำเพื่อควบคุมตัวอย่างทดสอบความต้านทานแรงดึง.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 2.1. การดูดซับความชื้นสำหรับฟิลเลอร์ต่างๆ.....	13
ตารางที่ 3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง.....	17
ตารางที่ 3.2 การออกแบบการทดสอบแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength Test).....	22
ตารางที่ 3.3 การออกแบบการทดลอง Pull-off Tensile Strength.....	23
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการทดสอบหาความต้านทานแรงดึงทางอ้อม.....	27
ตารางที่ 4.2 การทดสอบความต้านทานแรงดึง (Pull-Off Tensile Strength, POTS) ของสภาพแห้ง และ เปียกบนส่วนผสมของยางมะตอยและปริมาณสารตัวเติมที่แตกต่างกัน.....	28



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ปัจจุบันความเสียหายจากความชื้นเป็นเรื่องที่น่ากังวลสำหรับทางเท้าในประเทศไทย พบได้ทั่วไปว่าทางเท้าส่วนใหญ่ได้รับความเสียหายจากความชื้นจากน้ำฝนและน้ำที่ไม่ได้ระบาย ความเสียหายจากความชื้นอาจเกิดจากกลไกหลักอย่างใดอย่างหนึ่ง: ความล้มเหลวของกาวระหว่างสารยึดเกาะยางมะตอยกับพื้นผิวมวลรวมหรือความล้มเหลวในการยึดเกาะของพื้นระยางมะตอยที่เป็นผลมาจากปฏิกิริยสัมพันธ์กับความชื้น ความล้มเหลวของกาวคือการสูญเสียพันธะระหว่างสารยึดเกาะยางมะตอย และมวลรวมซึ่งสารยึดเกาะยางมะตอยทำหน้าที่เป็นกาวและมวลรวมทำหน้าที่เป็นตัวยึดเกาะ อย่างไรก็ตามความล้มเหลวนี้ถือเป็นขั้นตอนเดียวของสารยึดเกาะยางมะตอยในส่วนผสมของยางมะตอยซึ่งไม่สามารถตอบสนองกลไกอื่นได้ การสูญเสียการเกาะติดกันของพื้นระยางมะตอยเป็นอีกกลไกหนึ่งที่มีผลต่อความเสียหายจากความชื้นในส่วนผสมของยางมะตอย การทดสอบ Binder Bond Strength (BBS) สามารถใช้เป็นการทดสอบที่แข็งแกร่ง อย่างไรก็ตามการทดสอบมาตรฐานการต้านทานความเสียหายจากความชื้นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับชั้นงานผสมยางมะตอยคือการทดสอบความต้านทานแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength, ITS) ที่ระบุไว้ใน American Association of State Highway and Transportation Officials T 283 (AASHTO T 283) และ Hamburg Wheel Tracking Test (HWT) ไม่มีการทดสอบทางเลือกอื่น ๆ ที่มีประสิทธิภาพที่สามารถระบุความต้านทานต่อความชื้นของส่วนผสมยางมะตอยได้ อุปกรณ์หนึ่งที่ใช้ในการวัดความล้มเหลวในส่วนผสมของยางมะตอยคือ การทดสอบความต้านทานแรงดึง (Pull-Off Tensile Strength, POTS) ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้สำหรับการวัดความต้านทานแรงดึงของพื้นผิวคอนกรีตและความแข็งแรงพันธะหรือความต้านทานแรงดึงของการซ่อมแซมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อตรวจสอบผลของเวลาในการบ่มต่อความต้านทานความเสียหายจากความชื้นโดยใช้แรงดึง

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1. มีการใช้เพียงสองวิธีในการวัดความต้านทานความเสียหายจากความชื้น ได้แก่ การทดสอบความต้านทานแรงดึง (Pull-Off Tensile Strength, POTS) และการทดสอบอัตราส่วนความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength Ratios, TSR)

1.3.2. วัสดุที่ใช้ขึ้นอยู่กับที่มีอยู่ในประเทศไทย

1.4 วิธีการดำเนินงานโดยสังเขป

1.4.1. ทำการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2. ออกแบบส่วนผสมในการทดลอง และวิธีการทดลอง

1.4.3. ดำเนินการทดลอง

1.4.4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

1.4.5. สรุปผลการทดลอง

1.4.6. รายงานผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1. เพื่อสามารถรู้ได้ว่าแอสฟัลท์สามารถทนต่อความเสียหายอันเนื่องมาจากน้ำได้นานเท่าไร

1.5.2. เพื่อตรวจสอบผลกระทบของส่วนผสมของแอสฟัลท์ต่อการยึดติดของกาวที่เกิดจากความชื้น

1.5.3. เพื่อตรวจสอบว่าการทดสอบการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Pull-Off Tensile Strength, POTS) เป็นวิธีที่มีศักยภาพในการวัดความชื้นหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 นิยามของแอสฟัลท์ (Asphalt)

แอสฟัลท์มีสีน้ำตาลเข้มถึงดำเป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีความหนืดสูงที่ผลิตจากการกลั่นปิโตรเลียม การกลั่นนี้สามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติส่งผลให้เกิดทะเลสาบแอสฟัลท์หรือเกิดขึ้นในโรงกลั่นปิโตรเลียมโดยใช้น้ำมันดิบ ใน HMA แอสฟัลท์ทำหน้าที่เป็นกาวกันน้ำ เทอร์โมพลาสติก วิสโคอีลาสติก โดยน้ำหนักแอสฟัลท์คิดเป็นสัดส่วนระหว่าง 4 ถึง 8 เปอร์เซ็นต์ของ HMA และคิดเป็น 25 - 30 เปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายของโครงสร้างทางเดิน HMA ขึ้นอยู่กับประเภทและปริมาณ วัสดุสำหรับการปูพื้นยังใช้ อิมัลชันแอสฟัลท์, แอสฟัลท์ซีเมนต์ และแอสฟัลท์โฟม

2.1.1 แอสฟัลท์ซีเมนต์

แอสฟัลท์ (Asphalt) หรือแอสฟัลท์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) มีสารบิทูเมนเป็นส่วนประกอบหลัก อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติที่พบแทรกอยู่ในชั้นหินยางมะตอย (Rock Asphalt) หรืออาจเป็นผลพลอยได้ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนในกระบวนการกลั่นปิโตรเลียมดิบ จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า ปิโตรเลียมแอสฟัลท์ แอสฟัลท์ซีเมนต์สำหรับงานก่อสร้างถนนมี 2 ชนิดคือแอสฟัลท์ซีเมนต์ และแอสฟัลท์เหลวโดยแอสฟัลท์ซีเมนต์จะมีลักษณะเป็นสีดำและเหนียวหนืดประกอบด้วยโมเลกุลของ



รูปที่ 2.1 Asphalt Cement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.2 อิมัลชันแอสฟัลท์

Asphalt Emulsion หรือเรียกอีกอย่างว่า ยางมะตอยน้ำ คือ ยางแอสฟัลท์ที่ผลิตจากการนำยางแอสฟัลท์ มาตีให้กระจายเป็นอนุภาคเม็ดเล็ก ๆ อยู่ในน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้สารเคมีประเภท อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) หลังจากใช้งาน น้ำในแอสฟัลท์ อิมัลชัน จะระเหยไป คงเหลือไว้แต่แอสฟัลท์ ให้เกาะตัวกันเป็นฟิล์มต่อเนื่อง เคลือบหุ้มวัสดุมวลรวมหรือพื้นผิวทาง ใช้ในการซ่อมถนน เช่น CSS-1 (20 – 70°C)



รูปที่ 2.2 Asphalt Emulsion

2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของแอสฟัลท์ (Asphalt Physical Properties)

แอสฟัลท์สามารถจำแนกตามองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ โดยทั่วไปอุตสาหกรรมปูผิวทางจะอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพสำหรับการจำแนกลักษณะของประสิทธิภาพแม้ว่าคุณสมบัติทางกายภาพของแอสฟัลท์จะเป็นผลโดยตรงจากองค์ประกอบทางเคมี โดยทั่วไปแล้วคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญที่สุดคือ

2.2.1 ความทนทาน (Durability)

ความทนทานเป็นเครื่องวัดว่าคุณสมบัติทางกายภาพของแอสฟัลท์จะเปลี่ยนไปตามอายุได้อย่างไร โดยทั่วไปเมื่อแอสฟัลท์เป็นสารยึดเกาะอายุมากขึ้น ความหนืดจะเพิ่มขึ้น จะแข็งและเปราะมากขึ้น

2.2.2 การศึกษาพฤติกรรมและการเสียรูปและการไหล (Rheology)

การเสียรูปและการไหลของสารยึดเกาะแอสฟัลท์ใน HMA มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการปูผิวทาง HMA ที่ทำให้เสียรูปและไหลมากเกินไปอาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดร่องล้อและการเยิ้มของแอสฟัลท์ ขณะที่ส่วนที่แข็งเกินไปอาจไวต่อการล้า การเปลี่ยนรูปทาง HMA นั้นสัมพันธ์กับการไหลของแอสฟัลท์ คุณสมบัติการไหลของสารยึดเกาะแอสฟัลท์มีความแตกต่างกันไปตามอุณหภูมิ อย่างไรก็ตามเพื่อระบุลักษณะของสารยึดเกาะแอสฟัลท์อย่างเต็มรูปแบบคุณสมบัติการไหลของแอสฟัลท์จะต้องถูกตรวจสอบในช่วงอุณหภูมิที่

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เกิดขึ้นได้ขณะใช้งาน ประการที่สองในการเปรียบเทียบสารยึดเกาะแอสฟัลท์ที่แตกต่างกันคุณสมบัติการไหลจะต้องถูกวัดที่อุณหภูมิอ้างอิงเดียวกัน

2.2.3 ความปลอดภัย (Safety)

แอสฟัลท์ซีเมนต์คล้ายกับวัสดุอื่นๆ คือจะระเหย (ให้ไอ) เมื่อถูกความร้อน ที่อุณหภูมิสูงมาก แอสฟัลท์ซีเมนต์สามารถปล่อยไอน้ำมากพอที่จะเพิ่มความเข้มข้นที่ระเหยได้ทันทีเหนือแอสฟัลท์ซีเมนต์จนถึงจุดที่จะติดไฟเมื่อสัมผัสกับประกายไฟหรือเปิดเปลวไฟ. สิ่งนี้เรียกว่าจุดวาบไฟด้วยเหตุผลด้านความปลอดภัย จุดวาบไฟของแอสฟัลท์ซีเมนต์ต้องได้รับการทดสอบและควบคุม

2.2.4 ความบริสุทธิ์ (Purity)

แอสฟัลท์ซีเมนต์ที่ใช้ในการปูผิวทาง HMA ควรประกอบด้วยบิทูเมนเกือบบริสุทธิ์เพราะสิ่งสกปรกนั้นไม่ได้เป็นองค์ประกอบของการเชื่อมประสานและอาจเป็นอันตรายต่อประสิทธิภาพของยางมะตอย

2.3 Mastic

Mastic เป็นคำที่ใช้สำหรับเรียกการรวมกันของฟิลเลอร์ และแอสฟัลท์ และพฤติกรรมของ mastics เป็นที่ทราบกันมานานแล้วว่าเมื่อมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพและคุณสมบัติหลายประการของส่วนผสมแอสฟัลท์ เช่น ความสามารถในการทำงาน ความไวต่อการแตกร้าวและความชื้น เป็นต้น (Mogawer and Stuart, 1996; Buttlar et al, 1999) คุณสมบัติของแอสฟัลท์มาสดิกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการโดยเฉพาะคุณสมบัติของแอสฟัลท์ คุณสมบัติของฟิลเลอร์และอัตราส่วนของฟิลเลอร์ต่อ แอสฟัลท์ นอกจากนี้ยังมีชนิดของฟิลเลอร์ และแอสฟัลท์ที่หลากหลายชนิดแอสฟัลท์จะทำปฏิกิริยาแตกต่างกันกับฟิลเลอร์ที่แตกต่างกันดังนั้นคุณสมบัติของ mastic ขึ้นอยู่กับการรวมกันของฟิลเลอร์และแอสฟัลท์โดยเฉพาะ

มาตรฐานของนอร์เวย์ระบุฟิลเลอร์เป็นวัสดุชั้นดีโดย 100% ผ่านตะแกรง 2 มม., 95% ผ่านตะแกรง 0.125 มม. และ 83% ผ่านตะแกรง 0.063 มม. (NS-EN 13043, 2002) ฟิลเลอร์เกิดขึ้นตามธรรมชาติในมวลรวมเนื่องจากฝุ่นที่ได้จากการบดมวลรวม หากปริมาณฟิลเลอร์จากธรรมชาติไม่เพียงพอจะมีการเติมฟิลเลอร์เพิ่มเติม ฝุ่นธรรมชาติที่คัดกรองจากมวลรวมถูกเก็บรวบรวมโดยเครื่องดักฝุ่นแบบถุงเก็บฝุ่น ในขณะที่แร่ธาตุที่พบมากในฟิลเลอร์คือหินปูน ฟิลเลอร์ยังผลิตในอุตสาหกรรมเช่น ปูนขาว ถ้ำลอยหรือตะกรัน ฟิลเลอร์นำเข้า เช่นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และซีเมนต์ชีวมวลถูกนำมาใช้เป็นวัสดุในการเติมส่วนผสมของแอสฟัลท์ที่ดีที่สุด (Melotti et al, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3.1 คุณสมบัติของส่วนประกอบ mastic (Properties of the mastic constituents)

2.3.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของฟิลเลอร์ (Physical properties of the filler)

Void ที่เป็นส่วนเติมหรือ rigid voids เป็น ส่วนประกอบในฟิลเลอร์เมื่ออัดให้แน่น ให้มีความหนาแน่นมากที่สุดและมักจะส่งผลกระทบต่อรูปร่างเรขาคณิตของฟิลเลอร์ เช่น ขนาดของอนุภาค รูปร่าง ลักษณะพื้นผิว และความเป็นมุม (Rigden, 1947; Tayebali et al, 1998) เมื่อผสมแอสฟัลท์กับฟิลเลอร์ที่แห้ง แอสฟัลท์จะเติม rigid voids ด้วยฟิลเลอร์ที่เลเบลไว้ (Liao et al, 2012) แอสฟัลท์ที่เหลือและเกินออกมาจาก void จะถูกเรียกว่าแอสฟัลท์อิสระ ที่สามารถทำให้ mastic ลื่นและทำให้มีความเป็นของไหล เมื่อประกอบไปด้วย rigid void มากและมีปริมาณแอสฟัลท์อิสระในปริมาณน้อย (Mogawer and Stuart, 1996)

2.3.1.2 Asphalt mixtures

Filler ทำให้ความสม่ำเสมอและความแข็งแรงกับ mastic และทำให้ asphalt mixture เกิดความเสถียรโดยการเติมเติมช่องว่างของส่วนผสมของคอนกรีตซึ่งเป็นตัวเพิ่มความหนาแน่นให้กับ mixture ขึ้นตอนในแลบในการหาความถ่วงจำเพาะสูงสุดตามทฤษฎีของ asphalt mixture ถูกพัฒนาโดย James Rice ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงเรียกกันว่าความหนาแน่น Rice ในตำราอเมริกัน วิธีทั่วไปในการแทนค่าความหนาแน่นสูงสุดจากความถ่วงจำเพาะสูงสุดตามทฤษฎีคือใช้สัญลักษณ์ Gmm. สัญลักษณ์นี้อาจทำให้เกิดการเข้าใจผิดได้เนื่องจากค่าที่คำนวณออกมาได้นั้นเป็นค่าของความหนาแน่นไม่ใช่ความถ่วง

2.4 ความไวต่อความชื้น (Moisture Susceptibility)

ความไวต่อความชื้นเป็นสาเหตุหลักของความเสียหายในผิวทางแบบ HMA และ HMA อาจถูกพิจารณาว่าไวต่อความชื้น หากการยึดเกาะระหว่างแอสฟัลท์กับมวลรวมอ่อนตัวในที่ที่มีน้ำ การอ่อนตัวนี้หากรุนแรงเพียงพออาจส่งผลให้เกิดการหลุดร่อน (รูปที่ 2.7 ในการวัดว่าโอกาสที่จะเกิดความเสียหายต่อความชื้นของสารผสม HMA สามารถทำการทดสอบความไวต่อความชื้นได้ ผลจากการทดสอบความไวต่อความชื้นอาจใช้ในการทำนายศักยภาพในการหลุดร่อนในระยะยาวและประเมินสารป้องกันการหลุดร่อนซึ่งเพิ่มลงในแอสฟัลท์รวมหรือ HMA เพื่อป้องกันการหลุดร่อน

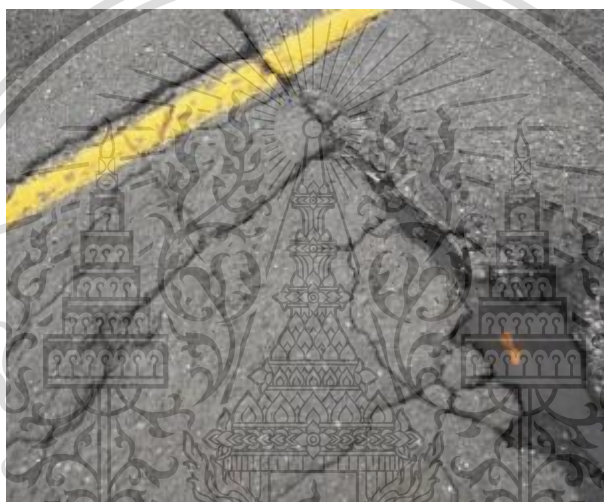
2.5 ความเสียหายจากความชื้น (Moisture damage)

เป็นที่ทราบกันมานานแล้วว่าอัตราการเสียหายของผิวทางแอสฟัลท์อาจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อน้ำสามารถเข้าสู่ผิวทางได้ ในบางกรณีการเสียหายนั้นรวมถึงแยกออกจากกันของส่วนผสมแอสฟัลท์ภายในเวลาไม่กี่ปีหลังจากการก่อสร้าง (Parr 1958, Sha 1999)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความเสียหายจากความชื้นเป็นผลมาจากการเสื่อมสภาพของส่วนผสมแอสฟัลท์โดยการสูญเสียการยึดเกาะระหว่างแอสฟัลท์และพื้นผิวมวลรวมและ / หรือการสูญเสียการเกาะกลุ่มกันภายในตัวแอสฟัลท์เนื่องจากการ กระทบของน้ำ ความเสียหายจากความชื้นมักส่งผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของการผสมดังนั้นจึงสามารถลดอายุการใช้งานของผิวทางได้โดยการเร่งความเร็วทุกปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบผิวทาง รวมถึง การแตกร้าว การล้า การเปลี่ยนรูปแบบถาวร และการแตกร้าวด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตแอสฟัลท์ ในบางกรณีความชื้นอาจทำให้ส่วนผสมของแอสฟัลท์อ่อนตัวลงโดยการทำให้ฟิล์มแอสฟัลท์อ่อนตัวลงหรืออ่อนตัวลงบางส่วนโดยไม่ได้หลุดร่อนออกจากพื้นผิวของมวลรวม การสูญเสียความแข็งหรือความแข็งแรงที่เกิดขึ้นนั้นสามารถย้อนกลับได้เมื่อน้ำถูกนำออกจากส่วนผสม (Santucci 2002) อย่างไรก็ตามถ้าผิวทางได้รับแรงกระทำในขณะที่อ่อนตัวอาจทำให้ไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้



รูปที่ 2.3 Moisture damage in asphalt concrete

ความเสียหายจากความชื้นในถนนคอนกรีตแอสฟัลท์เป็นปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนได้รับผลกระทบจากปัจจัยหลายประการรวมถึงคุณสมบัติของวัสดุองค์ประกอบของส่วนผสม สภาพการระบายน้ำของผิวทาง แรงกระทำเนื่องจากการจราจรและลักษณะสภาพแวดล้อม เงื่อนไขที่จำเป็นอันดับแรกสำหรับความเสียหายจากความชื้นคือการเข้าสู่คอนกรีตแอสฟัลท์ของความชื้น หากความชื้นไม่สามารถซึมผ่านของแอสฟัลท์คอนกรีตได้ ความเสียหายจากความชื้นจะเกิดขึ้นน้อยมากยกเว้นพื้นผิวที่ขรุขระ ในความเป็นจริงแล้วช่องว่างอากาศนั้นมีอยู่ในทุกพื้นผิวแอสฟัลท์แม้กระทั่งส่วนผสมที่สร้างด้วยส่วนผสมพิเศษเช่น Gussasphalt (Huang และ Qian 2001) ความคิดร่วมสมัยคือต้องมีช่องว่างหรืออย่างน้อยก็หลีกเลี่ยงไม่ได้สำหรับการผสมที่จะไม่มีการเสียรูปถาวรที่ยอมรับไม่ได้ภายใต้การจราจรที่อุณหภูมิสูงและไม่ให้เกิดการ "เยิ้ม" ขึ้นที่พื้นผิว ซึ่งทั้งสองอย่างนี้ทำให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัย (Terrel et al. 1994). สำหรับการผสมแบบทั่วไปจะมีการเกิดร่องและการเยิ้มของแอสฟัลท์ หากปริมาณช่องว่างอากาศน้อยกว่าร้อยละสาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความเสียหายจากความชื้นเป็นผลมาจากการมีปฏิกิริยาของการยึดเกาะระหว่างแอสฟัลท์ กับมวลรวมภายในส่วนผสม HMA ปฏิกิริยานี้สามารถทำให้การยึดเกาะระหว่างแอสฟัลท์กับมวลรวมลดลง เรียกว่าการหลุดร่อนซึ่งจะนำไปสู่รูปแบบต่างๆของความเสียหายบนผิวทาง HMA รวมถึงรอยแตกและความล้า

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีการใช้การทดสอบหลายแบบเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อความชื้นที่เกิดขึ้นจากส่วนผสมของ HMA การทดสอบเหล่านี้มีตั้งแต่แบบง่าย ๆ (เช่น boiling test) จนถึงการทดสอบที่ซับซ้อนมากขึ้น (เช่น Hamburg wheel tracking test) การทดสอบความไวต่อความชื้นที่ระบุโดยการออกแบบผสม Superpave เรียกว่า modified lottman test

2.6 อิทธิพลของความชื้นที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของผิวทาง (Moisture Effect on Pavement Performance)

ผลโดยตรงของความชื้นคือการอ่อนตัวหรือสูญเสียความแข็งแรงของพันธะภายในแอสฟัลท์ และความแข็งแรงของส่วนผสม ซึ่งเป็นพื้นฐานของประสิทธิภาพที่ต้องการมากที่สุดในการปูผิวทาง ความเสียหายจำนวนมากจะเกิดขึ้นเนื่องจากความชื้น เช่น fatigue cracking, rutting และ raveling เป็นต้น

Rutting ที่เกิดขึ้นในแอสฟัลท์คอนกรีตส่วนใหญ่เกิดที่ผิวด้านบน ในกรณีที่มีแรงเฉือนเนื่องจากการรับโหลดที่สูงจากล้อ เนื่องจากชั้นผิวมีโอกาสสูงที่จะอิ่มตัวด้วยน้ำ การสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวภายในของแอสฟัลท์ที่มีสาเหตุมาจากน้ำนั้น ไปลดแรงเฉือนของแอสฟัลท์คอนกรีตและเร่งให้เกิด Rutting โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อส่วนผสมนั้นไวต่อความชื้น ปริมาณน้ำฝนที่มากและการจราจรที่หนาแน่น โดยการสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวภายในของแอสฟัลท์ในชั้นผิวด้านบนนั้นอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายจากบดลงล่าง

Raveling เกิดขึ้นที่ผิวทาง ซึ่งความเครียดที่เกิดจากการจราจร เป็นการรวมกันของความเค้นแนวดิ่งที่ไม่สม่ำเสมอและแรงแนวระนาบแนวรัศมี และด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดแรงดึงในแนวระนาบ น้ำจะลดความต้านทานแรงดึงของพื้นผิวส่วนผสมอย่างต่อเนื่องเพื่อให้รอยร้าวและการแยกตัวเกิดขึ้นภายใต้การรับน้ำหนักบรรทุกของการจราจรบางครั้งแอสฟัลท์ที่ลอกออกจากพื้นผิวมวลรวมภายในแอสฟัลท์คอนกรีตสามารถโยกย้ายไปยังพื้นผิวถนนได้เนื่องจากการจราจร แอสฟัลท์มากเกินไปที่ผิวหน้าหรือที่เรียกว่า "เยิ้ม" ช่วยลดแรงเสียดทานของพื้นผิวและเพิ่มความเสี่ยงในการจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.7 การสูญเสียแรงยึดเหนี่ยว (Failure)

การมีอยู่ของน้ำในแอสฟัลท์คอนกรีตสามารถนำไปสู่กลไกความเสียหายอย่างน้อยหนึ่งอย่างดังต่อไปนี้

2.7.1 การสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวภายในของแอสฟัลท์ (Loss of Cohesion)

ในแอสฟัลท์คอนกรีต แรงยึดเหนี่ยวภายในของแอสฟัลท์ ถูกอธิบายว่าเป็นความสมบูรณ์โดยรวมของวัสดุเมื่ออยู่ภายใต้ภาระหรือความเครียด และได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่าง ๆ เช่นความหนืดของฟิล์มแอสฟัลท์

ความชื้นสามารถเปลี่ยนพฤติกรรมการเสีรูปร่างและการไหลของแอสฟัลท์และลดแรงยึดเหนี่ยวภายในของแอสฟัลท์ สิ่งนี้ได้ถูกสังเกตโดยนักวิจัยหลายคน (Williams 1998) ได้ทำการทดลองโดยแช่ตัวอย่างแอสฟัลท์ในน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 และ 27 สัปดาห์และสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (ESEM) ซึ่งความลึกที่น้ำแทรกซึมเพิ่มขึ้นจาก 183 ไมครอนเป็น 278 ไมครอนตลอดระยะเวลา 21 สัปดาห์ (Robertson 1991) คาดการณ์ว่า คาดการณ์ว่าแอสฟัลท์มีความสามารถในการรวมและลำเลียงน้ำ โดยอาศัยแรงดึงดูดของโมเลกุลของน้ำที่มีขั้วกับองค์ประกอบที่มีขั้วของแอสฟัลท์ Nguyen et al. (1996) ยังชี้ให้เห็นอีกว่าส่วนประกอบที่มีขั้วสูงและสิ่งเจือปนที่ละลายน้ำได้ (เช่นไอออนและเกลือ) ในแอสฟัลท์ ทำให้เกิดการรวมตัวกับน้ำเกิดขึ้นในบริเวณนั้น ดังนั้นการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านแอสฟัลท์ไปยังผิวสัมผัสระหว่างระหว่างมวลรวมและแอสฟัลท์ ไม่ใช่การแพร่กระจายที่สม่ำเสมอ แต่เป็นกระบวนการเคลื่อนที่ที่คัดเคียวผ่านทางรูอากาศ

2.7.2 การสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างแอสฟัลท์กับผิวมวลรวม (Loss of Adhesion)

สำหรับการผสมของแอสฟัลท์คอนกรีตนั้น มีวัตถุประสงค์ของการออกแบบเพื่อเคลือบพื้นผิวของมวลรวมทั้งหมดด้วยฟิล์มแอสฟัลท์ แรงดึงดูดระหว่างฟิล์มแอสฟัลท์และพื้นผิวมวลรวมถูกกำหนดให้เป็นการยึดเกาะแบบ adhesion น้ำสามารถทำลายการยึดเกาะได้ด้วยสองกลไกคือ detachment และ displacement

Detachment คือการแยกแอสฟัลท์ออกจากพื้นผิวของมวลรวมด้วยฟิล์มบาง ๆ ของน้ำโดยปราศจากการต่อต้านของฟิล์มแอสฟัลท์ ในขณะที่น้ำเคลื่อนที่เข้าแทรกบริเวณผิวสัมผัสระหว่างแอสฟัลท์และมวลรวมนั้น อาจอธิบายได้โดยทฤษฎีพลังงานรูปแบบคลื่นและ / หรือทฤษฎีปฏิกิริยาเคมี

แอสฟัลท์ซึ่งเป็นส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและมีส่วนน้อยที่เป็นเฮเทอโรอะตอม (เช่น ไนโตรเจนออกซิเจน และกำมะถัน) และโลหะ (เช่นวานาเดียม นิกเกิล และเหล็ก) ส่งผลให้คุณสมบัติมีขั้วเล็กน้อยในทางกลับกันน้ำมีขั้วที่สูงมาก ดังนั้นในระบบของ มวลรวม แอสฟัลท์และน้ำ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

นั้น น้ำสามารถเข้าแทนที่แอสฟัลท์โดยส่วนใหญ่จะอาศัยพื้นผิวของมวลรวม เพราะจะสามารถลดพลังงานอิสระของระบบเพื่อให้เกิดสภาพเสถียรทางอุณหพลศาสตร์ (Stuart 1990.) งานวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของแอสฟัลท์และมวลรวมแสดงให้เห็นว่าวัสดุทั้งสองนี้อาจก่อพันธะทางเคมีเช่นพันธะโควาเลนต์ (Plancher et al. 1977) เมื่อน้ำสัมผัสกับพื้นผิวของรวมจะทำให้เกิดการไฮโดรไลซิส และกระบวนการสลายตัวเริ่มขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งส่งผลให้น้ำโดยรอบมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH เกิดขึ้น (Scott 1978, Nguyen et al. 1996) การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำสามารถเปลี่ยนประเภทของกลุ่มขั้วโลกที่ถูกดูดซับโดยมวลรวมนำไปสู่การเกิดประจุลบขึ้นที่ผิวของแอสฟัลท์แล้วผิวของมวลรวมจึงทำให้เกิดการแยกออกจากกันของมวลรวมและแอสฟัลท์ (Scott 1978, Tarrer 1986)

สำหรับการแยกออกหรือการเข้าแทนที่ที่จะเกิดขึ้นนั้นจำเป็นต้องมีความชื้นอยู่ระหว่างผิวสัมผัสระหว่างแอสฟัลท์และมวลรวม นอกจากนี้การเกิดอิมัลชันโดยธรรมชาติ การอบแห้งที่ไม่เพียงพอ การเคลือบผิวมวลรวมที่ไม่สมบูรณ์จนกระทั่งระหว่างกระบวนการก่อสร้าง ซึ่งทำให้น้ำสามารถซึมผ่านไปยังผิวของมวลรวมได้หลายวิธี เช่น การรั่วของแผ่นแอสฟัลท์ การออสโมซิส เป็นต้น

กลไกความเสียหายของความชื้นที่กล่าวถึงข้างต้นเป็นที่รู้จักกันมานานหลายปี แต่เป็นที่เข้าใจกันโดยทั่วไปหรือในระดับแนวคิดและแสดงให้เห็นในห้วงปฏิบัติการเท่านั้น เนื่องจากความซับซ้อนขององค์ประกอบส่วนผสมและโครงสร้างและปัจจัยที่มีอิทธิพลจำนวนมากในสนาม จึงเป็นเรื่องยากที่จะประเมินการมีส่วนร่วมของแต่ละกลไกในสนาม อาจเป็นไปได้ว่าปัจจัยเหล่านั้นอาจแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญภายใต้สภาพสนามที่แตกต่างกัน ข้อบ่งชี้ประการหนึ่งจากกลไกคือความเสียหายที่เกิดจากความชื้นจำนวนหนึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้สำหรับส่วนผสม อย่างไรก็ตามอัตราและความรุนแรงของความเสียหายอาจลดลงได้โดยการปรับการออกแบบส่วนผสมหรือการใช้สารลดแรงตึงผิว

2.8 การยึดเกาะระหว่างแอสฟัลท์และมวลรวม (Asphalt Binder and Aggregate Adhesion)

ความเสียหายจากความชื้นคือการลดการยึดเกาะระหว่างแอสฟัลท์และพื้นผิวของมวลรวมในส่วนผสม HMA เพื่อให้เข้าใจถึงสาเหตุและมาตรการป้องกันจะมีการนำเสนอการอภิปรายสั้น ๆ เกี่ยวกับกลไกการยึดเกาะมี 4 วิธีหลักของการยึดเกาะยวมะตอยและมวลรวม

2.8.1 เชิงกล (Mechanical)

แอสฟัลท์เข้าสู่พื้นผิวและรูของมวลรวมจะแข็งตัวแล้วทำให้เกิดการล็อกทางกล

ความชื้นในมวลรวมสามารถรบกวนการแทรกซึมของแอสฟัลท์ที่เข้าไปในมวลรวมและลดการล็อกทางกลซึ่งจะเอกลสารเป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้าเป็นการเพิ่มความไวต่อการหลุดร่อน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.8.2 เชิงเคมี (Chemical)

ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างแอสฟัลท์และพื้นผิวมวลรวมเกิดการยึดเกาะทางเคมี โดยทั่วไปมวลรวมกับพื้นผิวที่เป็นกรดจะไม่ทำปฏิกิริยาอย่างรุนแรงกับยางมะตอย ปฏิกิริยาที่อ่อนแอกว่านี้อาจไม่แข็งแรงพอที่จะตอบโต้ปัจจัยความเสียหายจากความชื้น

2.8.3 แรงยึดเกาะ (Adhesion tension)

แรงยึดเกาะระหว่างแอสฟัลท์และมวลรวมที่ โดยทั่วไปแล้วจะน้อยกว่าแรงยึดเกาะระหว่างน้ำกับมวลรวม ดังนั้นหากทั้งสามสิ่งนี้สัมผัสกันน้ำจะมีแนวโน้มที่จะแทนที่แอสฟัลท์ จึงอาจส่งผลให้เกิดการเปียกของพื้นผิวมวลและทำให้แอสฟัลท์เกิดการหลุดร่อน แรงยึดเกาะระหว่างแอสฟัลท์และมวลรวมนั้นแปรผันตามชนิดของแอสฟัลท์ ประเภทมวลรวมและความหยาบผิวมวลรวม

2.8.4 การวางแนวของโมเลกุล (Molecular orientation)

เมื่อมีการสัมผัสกันระหว่างแอสฟัลท์กับมวลรวม โมเลกุลแอสฟัลท์มีแนวโน้มที่จะปรับทิศทางตัวเองให้สัมพันธ์กับไอออนบนพื้นผิวมวลรวมซึ่งสร้างแรงดึงดูดที่อ่อนแอแอสฟัลท์และพื้นผิวมวลรวม หากโมเลกุลของน้ำซึ่งเป็น dipolar มีขั้วมากกว่าโมเลกุลแอสฟัลท์ อาจทำให้เกิดการตอบสนองความต้องการพลังงานของพื้นผิวมวลรวม ทำให้การรวมตัวกันแอสฟัลท์ที่อ่อนแอส่งผลให้เกิดการหลุดร่อน

2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายของความชื้น (Factors Influencing Moisture Damage)

ความไวต่อความชื้นเป็นปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนขึ้นอยู่กับกลไกที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้ ธรรมชาติของกลไกเหล่านี้และปฏิกิริยาของสิ่งเหล่านั้นทำให้ยากต่อการทำนายด้วยความแน่นอนว่าลักษณะเฉพาะนั้นจะเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาความไวต่อความชื้นหรือไม่ โดยทั่วไปความไวต่อความชื้นจะเพิ่มขึ้นตามปัจจัยใดก็ตามที่เพิ่มความชื้นใน HMA ลดการยึดเกาะของแอสฟัลท์ไปยังพื้นผิวมวลรวมหรือการเกาะตัวของแอสฟัลท์ ปัจจัยต่างๆที่ระบุไว้ด้านล่างนี้มีอิทธิพลต่อความไวต่อความชื้นในระดับหนึ่ง แต่ปัจจัยใดเป็นมาตรฐานสำหรับการทำนายความไวต่อความชื้น

2.9.1 ลักษณะของแอสฟัลท์ (Asphalt binder characteristics)

ความเหนียวมีความสำคัญเนื่องจากอาจบ่งบอกถึงความเข้มข้นของ asphaltenes ที่สูงขึ้น (โมเลกุลมีขนาดใหญ่ โมเลกุลมีขั้วสามารถสร้างแรงยึดเกาะที่มากขึ้นและการยึดเกาะในแนวโมเลกุล ดังนั้น

ความเหนียวที่ต่ำกว่าซึ่งอาจแสดงถึงความเข้มข้นต่ำกว่าของ asphaltenes โดยทั่วไปมีความไวต่อการหลุดร่อน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า องค์ประกอบแอสฟัลท์ เช่น ซัลฟอกไซด์ กรดคาร์บอกซิลิกฟีนอล และสารประกอบไนโตรเจน ก็อาจส่งผล ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ กระทบต่อศักยภาพในการหลุดร่อน

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.9.2 ลักษณะของมวลรวม (Aggregate characteristics)

โดยทั่วไปมวลรวมที่ชอบน้ำ มีแนวโน้มที่ หลุดร่อนออกมามากกว่ามวลรวมที่ไม่ชอบน้ำ เราสามารถหลีกเลี่ยงการรวมตัวที่ไวต่อการหลุดร่อนหรือตัวปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลท์เพื่อป้องกันการหลุดร่อน การสรุปที่สำคัญที่กำหนดคุณสมบัติการชอบน้ำ และไม่ชอบน้ำนี้

2.9.2.1 เคมีของพื้นผิว (Surface chemistry)

พื้นผิวที่สามารถสร้างพันธะได้ง่ายขึ้นโดยแอสฟัลท์ และมีโอกาสน้อยที่จะเกิดการหลุดร่อน โดยทั่วไปแล้วพื้นผิวมวลรวมที่เป็นกรดมากกว่าจะไวต่อการหลุดร่อน เหล็กแมกนีเซียมแคลเซียม และอลูมิเนียมอาจมีประโยชน์ในขณะที่โซเดียมและโพแทสเซียมถือว่าเป็นอันตรายต่อการสร้างพันธะ (Hicks, 1991)

2.9.2.2 รูพรุนและขนาดของรูพรุน (Porosity and pore size)

ขนาดรูพรุนเป็นปัจจัยสำคัญ หากรูพรุนใหญ่พอที่จะยอมให้แอสฟัลท์เข้ายึดเกาะ ความพรุน จะส่งผลให้มีการดูดซับสูงซึ่งหมายความว่าต้องใช้แอสฟัลท์มากขึ้นเพื่อให้ได้แอสฟัลท์ คอนกรีตที่มีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ ในทางกลับกันหากมีความพรุนในปริมาณไม่สูงที่ แอสฟัลท์จะมีการดูดซับน้อยลง เพื่อสร้างแผ่นฟิล์มแอสฟัลท์รอบอนุภาคมวลรวมที่ก่อให้เกิดการหลุดร่อนเร็วขึ้น

2.9.3 ช่องว่างอากาศ (Air voids)

การดูดซับแอสฟัลท์ของมวลรวมมีผลต่อปริมาณของช่องว่างอากาศในส่วนผสม HMA เมื่อช่องว่างอากาศของ HMA เกินกว่าร้อยละ 8 โดยปริมาตรอาจเชื่อมต่อกันได้และปล่อยให้ น้ำซึมผ่าน HMA ได้ง่ายและทำให้เกิดความเสียหายต่อความชื้นจากแรงดันน้ำหรือการขยายตัวของน้ำแข็ง ในการแก้ไขปัญหา การออกแบบส่วนผสม HMA จะปรับปริมาณแอสฟัลท์ และการคละของมวลรวมเพื่อทำให้เกิดช่องว่างอากาศประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ ช่องว่างอากาศที่มากเกินไปอาจเกิดมาจากการออกแบบส่วนผสมหรือปัญหาจากการก่อสร้าง และในที่นี้จะเน้นเฉพาะปัญหาการออกแบบผสม

2.9.4 สภาพอากาศในการก่อสร้าง (Construction weather)

การก่อสร้างในสภาพอากาศที่เย็นสามารถนำไปสู่การบดอัดไม่เพียงพอส่งผลให้เกิดช่องว่างอากาศสูง และพื้นผิว HMA ที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ สิ่งนี้มีความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มปริมาณของน้ำในโครงสร้างของผิวทาง และทำให้ความเสียหายจากชื้น สภาพอากาศที่เปียกยังสามารถเพิ่มความชื้นใน HMA ที่สร้างขึ้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อีกด้วย
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.9.5 ภูมิอากาศ (Climate)

สภาพภูมิอากาศที่ชื้น วัฏจักรการแช่แข็งและละลายของน้ำและความผันผวนของอุณหภูมิสูง เหล่าสามสามารถทำให้ความชื้นเข้าสู่โครงสร้าง HMA ได้มากขึ้นซึ่งจะเป็นการเพิ่มโอกาสที่จะถูกทำลายจากความชื้น

2.9.6 การจราจร (Traffic)

หากมีน้ำอยู่ในโครงสร้าง HMA ปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้นสามารถเร่งให้เกิดความเสียหายจากความชื้นได้ด้วยเหตุผล 2 ประการ

2.9.6.1 แรงดันน้ำสะสม (Pore pressure buildup)

หากน้ำอยู่ในรูรวมรวมและไม่สามารถออกมาได้ การจราจรมีแนวโน้มที่จะบีบอัดรูเหล่านี้และก่อให้เกิดการสะสมของแรงดันซึ่งสามารถผลักแอสฟัลท์ออกจากพื้นผิวของมวลรวม

2.9.6.2 (การกัดเซาะของของเหลว)Hydraulic scouring

ล้อเคลื่อนที่บนผิวทาง HMA มีแนวโน้มที่จะทำให้น้ำในผิวทางเกิดการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่นี้ทำให้เกิดการกัดเซาะบนพื้นผิวซึ่งสามารถกัดเซาะแอสฟัลท์ออกจากพื้นผิวมวลรวม

2.10 สารเติมเต็ม

สารเติมเต็ม 2 ประเภทที่ได้จากเหมืองแร่และพื้นที่ต่างๆของประเทศไทยได้รับการคัดเลือกเพื่อใช้ในการออกแบบส่วนผสมของยางมะตอย ได้แก่ หินปูน และหินแกรนิต สารเติมเต็มทั้งสองชนิดนี้มีการดูดซับความชื้นที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออยู่ภายใต้เงื่อนไขของห้องปฏิบัติการดังแสดงในตารางที่ 1 อย่างไรก็ตามยังไม่ชัดเจนว่าการดูดซับความชื้นของสารเติมเต็มที่ต่างกันสามารถสัมพันธ์กับความต้านทานต่อความเสียหายจากความชื้นได้หรือไม่เนื่องจากฟิลเลอร์มีอยู่ในยางมะตอย ในการศึกษาที่มีการเติมสารเติมลงในส่วนผสมของยางมะตอยที่ 20–30% โดยปริมาตร

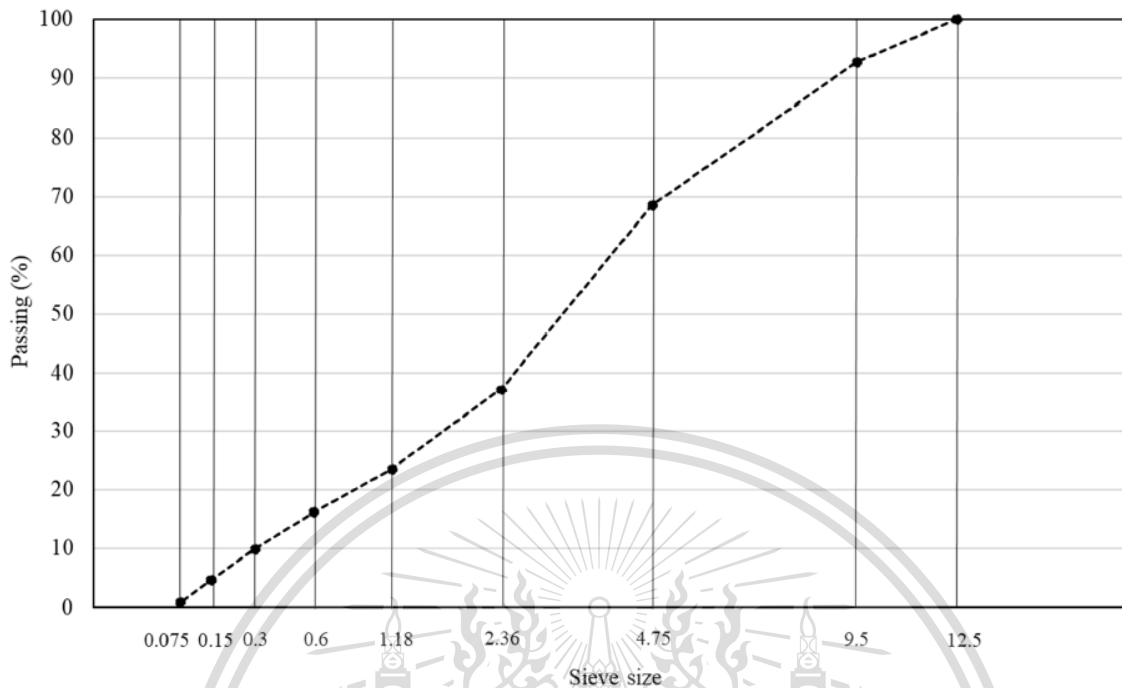
ตารางที่ 2.1. การดูดซับความชื้นสำหรับฟิลเลอร์ต่างๆ

Type of Filler	Water Absorption (%)
Granite	0.45
Limestone	1.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.4 การวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละของมวลรวมด้วยตะแกรง

2.10.1 หินแกรนิต

หินแกรนิต (อังกฤษ: granite) เป็นหินอัคนีแทรกซอน สีจางพบได้ทั่วไปเป็นปกติ แกรนิตมีเนื้อขนาดปานกลางถึงเนื้อหยาบ บางครั้งจะพบผลึกเดี่ยว ๆ บางชนิดที่มีขนาดใหญ่กว่ามวลเนื้อพื้น (groundmass) เกิดเป็นหินที่รู้จักกันในนามของพอร์ไฟรี (porphyry) แกรนิตอาจมีสีชมพูจนถึงสีเทาเข้มหรือแม้แต่สีดำขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบทางแร่ หินเผล่ของหินแกรนิตมีแนวโน้มจะเกิดเป็นมวลหินเผล่ขึ้นมาเป็นผิวโค้งมน บางทีหินแกรนิตก็เกิดเป็นหลุมยุบรูปร่างกลมที่รายล้อมไปด้วยแนวเทือกเขาเกิดเป็นแนวการแปรสภาพแบบสัมผัสหรือฮอร์นเฟลส์



รูปที่ 2.5 หินแกรนิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง... ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จนถึงทุกวันนี้แกรนิตพบได้เฉพาะบนโลกโดยพบเป็นองค์ประกอบหลักของเปลือกโลกในส่วน
ของทวีป มักพบแกรนิตเป็นสตัคขนาดเล็กรวมกันเป็นก้อนที่น้อยกว่า 100 ตารางกิโลเมตรและอาจพบเป็นแบ
โพลิตที่มักพบเกิดร่วมกับแนวเทือกเขา (orogenic mountain ranges) ไดค์ (dike) ขนาดเล็กที่มีองค์ประกอบ
เป็นแกรนิตเรียกว่า “แอฟไฟลด์” ซึ่งจะพบเกิดขึ้นบริเวณขอบของการแทรกดัน บางบริเวณก็พบเป็นเพคมา
ไทต์ (pegmatite) ซึ่งมีผลึกขนาดมหึมาเกิดร่วมกับหินแกรนิต

2.10.2 หินปูน

หินปูน (อังกฤษ: limestone) เป็นหินในกลุ่มหินตะกอน มีชื่อวิทยาศาสตร์ที่รู้จักกันในหมู่นัก
ธรณีว่า แร่แคลไซต์ (Calcite)(CaCO_3) เป็นหินตะกอนคาร์บอเนต เกิดจากการทับถมของตะกอนคาร์บอเนต
ในท้องทะเล ทั้งจากสารอนินทรีย์ และซากสิ่งมีชีวิต เช่น ปะการัง และกระดองของสัตว์ทะเล ซึ่งทับถมกัน
ภายใต้ความกดดันและตกผลึกใหม่เป็นแร่แคลไซต์ จึงทำปฏิกิริยากับกรด เนื้อแน่นละเอียดหยาบ มีสีออกขาว
เทา ชมพู หรือสีดำ เพราะฉะนั้น อาจมีซากดึกดำบรรพ์ในหินได้ เช่น ซากหอย ปะการัง ภูเขาหินปูนมักมียอด
ยักแหลมเป็นหน้าผา และเป็นหินที่ละลายน้ำได้ดี



รูปที่ 2.6 หินปูน

2.11 การทดสอบการต้านความชื้น

2.11.1 การทดสอบแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength Test)

การทดสอบแรงดึงแบบทางอ้อม ที่ระบุใน AASHTO T283 หรือที่เรียกว่า TSR (Tensile
strength Ratio) เป็นการทดสอบที่ใช้กันมากที่สุดในการประเมินความเสียหายเนื่องจากความชื้นของแอส
ฟัลท์คอนกรีตการทดสอบมีด้วยกัน 2 สภาวะคือ สภาวะแห้ง คือเก็บตัวอย่างไว้ 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบที่
อุณหภูมิห้อง และสภาวะความชื้น คือ แช่ตัวอย่างในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 60 ± 1 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นนำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องอีกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง การทดสอบนี้ถูกนำมาใช้ในระบบ
Superpave ตามการทดสอบที่จำเป็นเพื่อตรวจสอบความไวต่อความชื้น นอกจากนี้การทดสอบนี้เป็น
แบบทดสอบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการพิจารณาความเสียหายเนื่องจาก ผลของค่าความต้านทานแรงดึง

เฉลี่ยของตัวอย่างแบบขึ้น และค่าความต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของตัวอย่างแบบแห้งสามารถระบุได้ว่าเป็น อัตราส่วนความต้านทานแรงดึง (TSR)



รูปที่ 2.7 เครื่องมือทดสอบ Indirect Tensile Strength Test

2.11.2 การทดสอบความต้านทานแรงดึงทางตรง (Pull-Off Tensile Strength Test)

การทดสอบแบบดึงออกได้รับการพัฒนาในประเทศอังกฤษในยุค 70 โดยมีจุดประสงค์ในการพิจารณาความแข็งแรงของคอนกรีตในสนาม เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นกับคอนกรีตที่ผลิตด้วยซีเมนต์ที่มีอลูมิเนียมสูงการทดสอบถูกใช้อย่างประสบความสำเร็จตั้งแต่นั้นมาเพื่อประเมินความต้านทานของคอนกรีต การทดสอบนี้สามารถใช้ตรวจสอบความต้านทานการยึดเกาะของวัสดุซ่อมแซมคอนกรีต ประเทศอย่างอังกฤษและสหรัฐอเมริกายอมรับวิธีนี้เป็นไปได้ในการศึกษาเพื่อประเมินความต้านทานแรงอัดในสนามตามมาตรฐาน (ASTM C 1583) วิธีนี้ได้ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกัน นอกจากนี้ยังสามารถมองเห็นผลลัพธ์ที่น่าพอใจหลังจากการทดสอบโดยการสังเกตพื้นผิวที่แตก เนื่องจากความเรียบง่ายของการทดสอบอาจจะดำเนินการในโครงสร้างรวมถึงโดยไม่ต้องวางแผนก่อนที่จะทดสอบคอนกรีต เทคนิคนี้มีประสิทธิภาพสำหรับใช้ในคานและแผ่นพื้นและองค์ประกอบโครงสร้างของส่วนอื่น ๆ ซึ่งนั่นก็เพียงพอที่จะทำการทดสอบ

สำหรับการทดสอบด้วยวิธี pull-off tensile strength test มีการทดสอบที่เป็นมาตรฐานของตัวแอสฟัลท์กับตัวแผ่นหินด้วยวิธีทดสอบ Bitumen Bond Strength (BBS) ตามที่ระบุใน AASHTO TP91 BBS เป็นการทดสอบที่พัฒนาจากเครื่องมือทดสอบแรงดึง PATT! เพื่อประเมินค่าความแข็งแรงพันธะของความยึดเกาะของแอสฟัลท์กับมวลรวม Kanitpong and Bahia (2003), Moraes et al. (2011) พบว่าการทดสอบ BBS เป็นไปได้สำหรับการประเมินความไวต่อความชื้นของมวลรวมและแอสฟัลท์ Chaturabong เอกสาร (2016) พบว่า BBS สามารถระบุถึงผลกระทบของความชื้นต่อแอสฟัลท์ mastic และการยึดเกาะกับมวลรวมการค้าไม่ว่าได้วิธีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุในการทดลอง

ในการศึกษานี้แหล่งที่มาของวัสดุมาจากแหล่งที่หาได้ง่ายในประเทศไทย ซึ่งวัสดุเป็นตัวแปรควบคุมในการศึกษาความต้านทานความเสียหายจากความชื้นคือ ชนิดแอสฟัลท์ AC 60/70 และการออกแบบการคละกันของมวลรวม (aggregate gradation) คือ แบบปริมาณการจราจรสูง สำหรับวัสดุอื่นๆ ที่มีการคละวัสดุในการทดสอบคือ ชนิดมวลรวม ชนิดฝุ่น และปริมาตรฝุ่น ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ตัวแปร	รายละเอียด
ชนิดมวลรวม	หินปูน และหินแกรนิต
ชนิดฝุ่น	ฝุ่นหินปูน และฝุ่นหินแกรนิต
ปริมาณฝุ่น	20 % โดยปริมาณของแอสฟัลท์

3.1.2 อุปกรณ์ในการทดลอง

3.1.2.1 ภาชนะโลหะที่มีขอบสูงประมาณ 15 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 30 เซนติเมตรสำหรับใช้ผสมแอสฟัลท์คอนกรีต

3.1.2.2 เตาอบที่สามารถให้อุณหภูมิถึง 200 องศาเซลเซียส

3.1.2.3 ภาชนะสำหรับใส่ยางมะตอยเข้าเตาอบ

3.1.2.4 เครื่องใช้สำหรับใช้ผสมแอสฟัลท์คอนกรีต

3.1.2.5 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดมีก้านเป็นโลหะ สามารถวัดอุณหภูมิได้ถึง 250 องศาเซลเซียส

3.1.2.6 เครื่องชั่งสามารถชั่งน้ำหนักได้ 6 กิโลกรัม มีความละเอียด 0.1 กรัม

3.1.2.7 อ่างต้มน้ำ(BOILING WATER BATC H) มีตะแกรงลวดสำหรับวางวัสดุแอสฟัลท์

คอนกรีต ที่บดอัดแล้วและสามารถควบคุมอุณหภูมิตามที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.2.8 แท่นรอง (Compaction Pedestal) ประกอบด้วยฐานไม้ขนาดประมาณ 20x20x45 เซนติเมตร (8x8x18 นิ้ว) มีแผ่นโลหะขนาดประมาณ 30x30x2.5 เซนติเมตร (12x12x1 นิ้ว) ติดอยู่ที่ขอบบนของฐาน ไม้ ฐานไม้ควรเป็นไม้ที่มีความแน่นแห้งประมาณ 0.65-0.80 กรัมต่อมิลลิลิตร (42-48 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ ฟุต) แผ่นเหล็กจะต้องยึดแน่นกับฐานไม้ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แท่นรอง และค้อนบดอัด

3.1.2.9 แบบสำหรับบดอัด (Compaction Mold) ประกอบด้วยแผ่นฐาน (Base Plate) แบบ (Mold) และ ปลอก (Collar Extension Mold) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10.16 เซนติเมตร (4 นิ้ว) สูง 7.62 เซนติเมตร (3 นิ้ว) ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แบบสำหรับบดอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแต่งรูปที่ 3.2 แบบสำหรับบดอัด ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

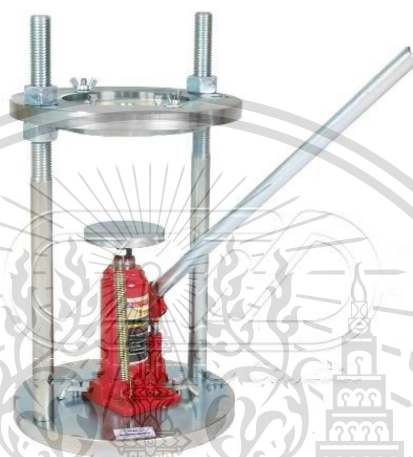
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.2.10 ค้อนบดอัด (Compaction Hammer) ประกอบด้วยแผ่นเหล็กกลมหนา 1.27 เซนติเมตร (0.5 นิ้ว) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 842 เซนติเมตร (3.875 นิ้ว) ติดกับก้านเหล็กซึ่งมีแผ่นเหล็กหนัก 4,536 กรัม (10 ปอนด์) เลื่อนขึ้นลงได้อิสระสำหรับทิ้งน้ำหนักลงบนแผ่นเหล็กกลม ในขณะที่บดอัดระยะตกกระทบของแท่งน้ำหนัก เท่ากับ 45.72 เซนติเมตร (18 นิ้ว) ดังรูปที่ 3.1

3.1.2.11 ที่จับแบบ (Mold Holder) ใช้สำหรับบังคับให้แบบบดอัดอยู่กับที่ ดังรูปที่ 3.1

3.1.2.12 เครื่องดันตัวอย่าง (Sample Extruder) ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เครื่องดันตัวอย่าง

3.1.2.13 ถุงมือกันความร้อน ใช้สำหรับหยิบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ร้อน

3.1.2.14 ถุงมือชนิดหนังหรือยางสำหรับหยิบตัวอย่างที่แช่ในน้ำ

3.1.2.15 เครื่องทดสอบแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength Testing Machine)

แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เครื่องมือทดสอบ Indirect Tensile Strength Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมิให้ข้อมูลลงโฆษณา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 วิธีการเตรียมตัวอย่างการทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบได้มีการผสมและบดอัดตามมาตรฐาน ASTM D 6926 ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ ทล.-ม. 408/2532 ดั้งขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดังนี้

3.2.1 ออกแบบขนาดคละของมวลรวม ตามมาตรฐานกรมทางหลวง

3.2.2 นำยางมะตอย ผุ่น และมวลรวมที่ได้จากการออกแบบตามข้อ 3.2.1 หนัก 1,200 กรัมเมื่อบดอัดแล้วตัวอย่างจะหนา ประมาณ 6.35 เซนติเมตร หรือประมาณ 2.5 นิ้ว ใส่ในภาชนะแล้วนำไปอบในเตาอบให้ได้อุณหภูมิสูงถึง 165 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 มวลรวมหลังที่อบเสร็จแล้ว

3.2.3 นำภาชนะใส่มวลรวมในข้อ 3.2.2 ออกจากเตาอบแล้วเทลงในภาชนะโลหะสำหรับผสมแอสฟัลท์คอนกรีตใช้เกรียงผสมให้มวลรวมคละกันให้ทั่ว แล้วเทยางมะตอยที่เตรียมไว้ใน ข้อ 3.2.2 ตามปริมาณที่ได้คำนวณไว้ลงในภาชนะดังกล่าว แล้วใช้เกรียงผสมให้เข้ากันโดยเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 1-2 นาที แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การผสมระหว่างแอสฟัลท์กับมวลรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.4 เทแอสฟัลท์คอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วจากข้อ 3.2.3 ใส่ในแบบบดอัดจากนั้นนำไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 150 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง

3.2.5 นำตัวอย่างในข้อ 3.2.4 ออกจากเตาอบ แล้วนำไปวางบนแท่นรองสำหรับบดอัด

3.2.6 วางค้อนลงบนตัวอย่างซึ่งได้เตรียมไว้ในข้อ 3.2.5 จากนั้นทำการบดอัด ซึ่งออกแบบไว้ที่ 75 ครั้ง

3.2.7 เมื่อเสร็จขั้นตอนในข้อ 3.2.6 แล้วทำการกลับด้านและบดอัดอีก 75 ครั้ง

3.2.8 ทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศให้เย็นลง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.2.9 นำตัวอย่างจากข้อ 3.2.8 ไปเข้าเครื่องดันตัวอย่างเพื่อนำตัวอย่างออกจากแบบบดอัด แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การนำตัวอย่างแอสฟัลท์คอนกรีตออกจากแบบอัด

3.3 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ประกอบไปด้วย การทดสอบแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength Test) ในการหาความต้านทานความเสียหายจากความชื้นในแอสฟัลท์คอนกรีต และการใช้เครื่องมือ Pull-Off Tensile ในการหาความต้านทานความเสียหายจากความชื้นในแอสฟัลท์คอนกรีต

3.3.1 การทดสอบแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength Test) ในการหาความต้านทานความเสียหายจากความชื้นในแอสฟัลท์คอนกรีต

ตัวแปรสำหรับการศึกษาระยะนี้แบ่งออกเป็น 3 ตัวแปร ประกอบด้วย ชนิดฝุ่น ชนิดมวลรวม และ ปริมาณฝุ่น โดยควบคุมชนิดของแอสฟัลท์ คือ AC 60-70 ในการผสมแต่ละตัวอย่างใช้การกระจายมวลรวม และการออกแบบการทดลองเป็นไปตามตารางที่ 3.2

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.2 การออกแบบการทดสอบแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength Test)

ปัจจัย	จำนวนตัวแปร	รายละเอียด
ชนิดมวลรวม	2	หินปูน และหินแกรนิต
ชนิดฝุ่น	2	ฝุ่นหินปูน และฝุ่นหินแกรนิต
ปริมาณฝุ่น	1	20 % โดยปริมาณของแอสฟัลท์
ชนิดแอสฟัลท์	1	AC 60/70
สภาวะ	2	แห้งและเปียก
จำนวนตัวอย่าง	3	

การทดสอบแรงดึงแบบทางอ้อม ที่ระบุใน AASHTO T283 หรือที่เรียกว่า TSR (Tensile strength Ratio) เป็นการทดสอบที่ใช้กันมากที่สุดในการประเมินความเสียหายเนื่องจากความชื้นของแอสฟัลท์คอนกรีตการทดสอบมีด้วยกัน 2 สภาวะคือ สภาวะแห้ง คือเก็บตัวอย่างไว้ 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบที่อุณหภูมิห้องและ สภาวะความชื้น คือ แช่ตัวอย่างในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 60 ± 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นนำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องอีกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง การทดสอบนี้ถูกนำมาใช้ในระบบ Superpave ตามการทดสอบที่จำเป็นเพื่อตรวจสอบความไวต่อความชื้น นอกจากนี้การทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการพิจารณาความเสียหายเนื่องจาก ผลของค่าความต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของตัวอย่างแบบชื้น และค่าความต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของตัวอย่างแบบแห้งสามารถระบุได้ว่าเป็น อัตราส่วนความต้านทานแรงดึง (TSR) ความต้านทานแรงดึงทางอ้อมคงที่ของชิ้นงานทดสอบกำหนดด้วยอัตรา การบรรทุก 51 มม. / นาที โหลดสูงสุดจะถูกบันทึกและหารด้วยปัจจัยทางเรขาคณิตเพื่อให้ได้ค่าความต้านทานแรงดึงแยกตามที่แสดงในสมการ

$$S_t = \frac{2000P}{\pi tD}$$

โดยที่ S_t = การทดสอบความต้านทานแรงดึงทางอ้อม (kPa), P = โหลดสูงสุด (N), t = ความสูงทันทีก่อนการทดสอบ (mm) และ D = เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm)

มีการทดสอบสองเงื่อนไข ได้แก่ การทดสอบแบบแห้ง และการทดสอบแบบเปียก ในสภาพแห้งตัวอย่างจะถูกเก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปทดสอบ ในสภาพเปียกเก็บตัวอย่างไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 60 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 และ 6 ชม. วิธีการทดสอบถูกนำไปใช้ในระบบ Superpave ที่วัดโดยเครื่องทดสอบ ITS เพื่อตรวจสอบความไวต่อความชื้นของส่วนผสมยางมะตอย ตัวอย่างที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขสองประการได้รับการทดสอบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของความต้านทานแรงดึง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แต่ละครั้ง จากนั้นจึงคำนวณอัตราส่วนความต้านทานแรงดึง (TSR) เพื่อกำหนดส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับความต้านทานต่อความเสียหายจากความชื้นดังแสดงในสมการ

$$TSR = \frac{\text{Indirect Tensile Strength (wet)}}{\text{Indirect Tensile Strength (dry)}} \times 100$$

3.3.2 การใช้เครื่องมือ Pull-Off Tensile ในการหาความต้านทานความเสียหายจากความชื้นในแอสฟัลท์คอนกรีต

ตัวแปรสำหรับการศึกษาระยะนี้แบ่งออกเป็น 3 ตัวแปร ประกอบด้วย ชนิดฝุ่น ชนิดมวลรวม และ ปริมาณฝุ่น โดยควบคุมชนิดของแอสฟัลท์ คือ AC 60-70 ในการผสมแต่ละตัวอย่างใช้การกระจายมวลรวม และการออกแบบการทดลองเป็นไปตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.3 การออกแบบการทดลอง Pull-off Tensile Strength

ปัจจัย	จำนวนตัวแปร	รายละเอียด
ชนิดมวลรวม	2	หินปูน และหินแกรนิต
ชนิดฝุ่น	2	ฝุ่นหินปูน และฝุ่นหินแกรนิต
ปริมาณฝุ่น	1	20 % โดยปริมาณของแอสฟัลท์
ชนิดแอสฟัลท์	1	AC 60/70
สภาวะ	2	แห้งและชื้น
จำนวนตัวอย่าง	3	



รูปที่ 3.8 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ Pull-Off Tensile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.2.1 การทดสอบหาค่าแรงดึง (Pull-Off Tensile)

ในปี 1970 การทดสอบ POTS ได้รับการพัฒนาในประเทศอังกฤษเพื่อประเมินความแข็งแรงของคอนกรีตในแหล่งกำเนิดเนื่องจากปัญหาคอนกรีตที่สร้างด้วยปูนซีเมนต์ออลูมิเนียมสูง นอกจากนี้ยังสามารถใช้การทดสอบนี้เพื่อตรวจสอบคุณภาพการยึดติดของวัสดุซ่อมแซมคอนกรีต การทดสอบ POTS เป็นมาตรฐานในสหราชอาณาจักรและสหรัฐอเมริกา (ASTM C 1583) และยอมรับว่าแนวทางนี้เป็นวิธีการประมาณกำลังอัดในสนาม แนวทางนี้เหมาะสำหรับใช้กับคานและแผ่นคอนกรีตและในองค์ประกอบโครงสร้างส่วนสั้น อย่างไรก็ตามยังไม่ได้แสดงในการศึกษาใด ๆ โดยใช้วิธีนี้ในการกำหนดความต้านทานแรงดึงสำหรับความต้านทานต่อความชื้นในส่วนผสมของยางมะตอย การทดสอบ POTS ตั้งอยู่บนสมมติฐานพื้นฐานที่ว่าชั้นผิวผสมแอสฟัลต์ของแผ่นโลหะมีแรงดึงโดยตรงของวัสดุ แรงดึงที่บันทึกไว้ซึ่งทำให้เกิดการแตกหักสามารถใช้เพื่อกำหนดแรงดึงเพื่อกำหนดความต้านทานแรงดึง อุปกรณ์ POTS และการตั้งค่าทั้งหมดแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การติดตั้งการทดสอบความต้านแรงดึงทางตรง

ก่อนการทดสอบจำเป็นต้องดำเนินการเตรียมตัวอย่างตามลำดับ เมื่อบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชม. จะมีการติดตัวอย่างมาร์แชลสองชุดเข้ากับตุ้กดตา (รูปที่ 2.3) หลังจาก การเตรียมตัวอย่างส่วนผสมของยางมะตอยใช้เครื่องคว้านเพื่อเจาะรูที่มีความหนา 4 มม. ลงในส่วนผสมของยางมะตอยและตั้งฉากกับพื้นผิว จำเป็นต้องรักษาความตั้งฉาก ในขณะที่เจาะเนื้อดอลีเพื่อไม่ให้ดอลีถูกยึดด้วยพื้นระกาวใด ๆ มีการดำเนินการเงื่อนไขสองประการสำหรับการบ่มตัวอย่าง: การบ่มที่อุณหภูมิสูงสุดของเกรดประสิทธิภาพ เป็นเวลา 24 ชม. ในสภาพแห้งและบ่มในอ่างน้ำเป็นเวลา 2 ชม. (รูปที่ 2.4) ที่อุณหภูมิสูงสุดของการบ่มที่อุณหภูมิสูงสุดของเกรดประสิทธิภาพ ในสภาพเปียก หลังจากการบ่มตัวอย่างจะถูกนำออกจากน้ำและเก็บรักษาไว้ในที่ห้องอุณหภูมิ 1 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.10 การติดตัวอย่างมาร์แชลสองชุดเข้ากับตุ้กดตา

มีการกำหนดเงื่อนไขสองประการสำหรับการบ่มตัวอย่างคือ การบ่มที่ อุณหภูมิสูงสุดของ performance grade (PG) เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในสภาวะแห้งและการบ่มในอ่างน้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (รูปที่ 3.1 1) ที่อุณหภูมิสูงสุดของ PG ในสภาวะความชื้น หลังจากการบ่มตัวอย่างจะถูกนำออกจากน้ำและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบ การใช้อุณหภูมิสูงสุดของ PG เป็นอุณหภูมิสภาวะความชื้นนั้นมาจากผลเบื้องต้น เนื่องจากวิธีนี้ถือว่าเป็นวิธีการรับแรงดึงโดยตรงจึงจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นมิฉะนั้นแอสฟัลท์คอนกรีตจะไม่เกิดการวิบัติ



รูปที่ 3.11 อ่างน้ำเพื่อควบคุมตัวอย่างทดสอบความต้านทานแรงดึง

ในการศึกษานี้หลังจากทดสอบ PG แล้วอุณหภูมิสูงสุดของ AC60-70 คือ 64 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็น Performance Grade 64 (PG64) เมื่อตัวอย่างพร้อมแล้วจะมีการติดแผ่นโลหะเข้ากับอุปกรณ์ทดสอบความต้านทานแรงดึงแบบดึงออกโดยใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อ จากนั้นจึงเครื่องทดสอบแรงดึงไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กับตัวอย่างทดสอบโดยให้แรงดึงคงที่ในอัตราคงที่ ระหว่างการทดสอบเพื่อให้แรงขนานและตรงกับแกนของตัวอย่าง พารามิเตอร์ถูกคำนวณและบันทึกเป็น POTS ที่คำนวณโดยใช้สมการ

$$\text{Tensile Strength (psi[Mpa])} = \frac{\text{Tensile load (lbf [N])}}{\text{Area of test dolly (in}^2\text{[mm}^2\text{])}}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 การทดสอบหาแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength Test)

จากการทดสอบหาแรงดึงซึ่งทดสอบด้วยแรงดึงทางอ้อม ตามมาตรฐาน AASHTO ซึ่งควบคุมสภาวะขึ้นด้วยอุณหภูมิ 60 C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยกลุ่มตัวอย่างใช้มวลหินประเภทหินปูน และหินแกรนิต และใช้ฝุ่นหินปูน และฝุ่นหินแกรนิต ในปริมาณ 20% ของปริมาณแอสฟัลท์จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้ไปคำนวณ TSR ได้ค่าตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการทดสอบหาความต้านทานแรงดึงทางอ้อม

Condition	Dry Condition (psf)	Wet Condition (psf)
Limestone	5730.87	4934.10
Granite	6184.79	3360.99

- ผลการทดลองของหินแกรนิตพบว่า ในสภาวะแห้งมีค่าต้านทานแรงดึงมากกว่าสภาวะชื้นทั้งหินปูนและหินแกรนิต
- ผลการทดลองของหินปูนพบว่า ในสภาวะแห้งมีค่าต้านทานแรงดึงมากกว่าสภาวะชื้น
- ผลการทดลองสภาวะแห้งระหว่างหินปูนและหินแกรนิตพบว่า ในสภาวะแห้งของหินปูนมีค่าต้านทานแรงดึงมากกว่าหินแกรนิต
- ผลการทดลองสภาวะชื้นระหว่างหินปูนและหินแกรนิตพบว่า ในสภาวะแห้งของหินแกรนิตมีค่าต้านทานแรงดึงมากกว่าหินปูน

4.2. การทดสอบความต้านทานแรงดึง (Pull-Off Tensile Strength, POTS) เพื่อหาความต้านทานความเสียหายจากความชื้น

ในส่วนนี้การทดสอบความต้านทานแรงดึง (Pull-Off Tensile Strength, POTS) ได้ดำเนินการเพื่อใช้วิธีการใหม่ในการวัดความต้านทานความเสียหายจากความชื้นในส่วนผสมของยางมะตอย วิธีนี้ดัดแปลงมาจากมาตรฐานที่ระบุใน ASTM C 1583 ที่วัดในคอนกรีต การทดสอบดำเนินการตามแนวคิดของวิธีแรงดึงโดยตรงซึ่ง

จะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของการต้านทานความเสียหายจากความชื้น ข้อดีของวิธีนี้คืออุปกรณ์พกพาราคาไม่แพงและใช้ได้กับการทดสอบภาคสนาม ในการศึกษาครั้งนี้มีการทดสอบมวลรวม 2 ชนิดคือหินแกรนิตและหินปูนที่ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ มีเพียงฝุ่นหินแกรนิต ฝุ่นถูกเติมลงในสารยึดเกาะยางมะตอยที่ 20% โดยปริมาตรของแอสฟัลท์ ตารางที่ 4.2

แสดงค่าของการทดสอบ POTS ในส่วนผสมของยางมะตอยและปริมาณสารตัวเติมที่แตกต่างกัน ในสภาพแห้งและเปียก ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิสำหรับการทดสอบนี้คือ 64 C เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ยางมะตอยสามารถทนได้ และควบคุมเวลาในการแช่ที่ 2 ชั่วโมง เพื่อเวลาในการทำงาน สำหรับการบ่มที่ 4 และ 6 ชั่วโมง จะไม่นำเสนอในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 4.2 การทดสอบความต้านทานแรงดึง (Pull-Off Tensile Strength, POTS) ของสภาพแห้งและเปียกบนส่วนผสมของยางมะตอยและปริมาณสารตัวเติมที่แตกต่างกัน

Condition	Dry Condition (kN)	Wet Condition (kN)
Limestone	3.93	2.58
Granite	12.08	4.50

- ผลการทดลองของหินแกรนิตพบว่า ในสภาวะแห้งมีค่าต้านทานแรงดึงมากกว่าสภาวะชื้นทั้งหินปูนและหินแกรนิต
- ผลการทดลองของหินปูนพบว่า ในสภาวะแห้งมีค่าต้านทานแรงดึงมากกว่าสภาวะชื้น
- ผลการทดลองสภาวะแห้งระหว่างหินปูนและหินแกรนิตพบว่า ในสภาวะแห้งของหินแกรนิตมีค่าต้านทานแรงดึงมากกว่าหินปูน
- ผลการทดลองสภาวะชื้นระหว่างหินปูนและหินแกรนิตพบว่า ในสภาวะแห้งของหินแกรนิตมีค่าต้านทานแรงดึงมากกว่าหินปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการศึกษา

การทดสอบ Pull-off tensile strength (POTS) เป็นเครื่องมือที่มีแนวโน้มในการวัดความต้านทานแรงดึงโดยตรงของส่วนผสมยางมะตอยเพื่อกำหนดความต้านทานความเสียหายจากความชื้นด้วยข้อดีของการจำลองพฤติกรรมภาคสนามที่ดีขึ้นต้นทุนอุปกรณ์ที่ลดลงและน้ำหนักเบา ด้วยเหตุผลเหล่านี้อุตสาหกรรมจะได้รับประโยชน์จากการนำการทดสอบนี้มาใช้แทนที่จะใช้อุปกรณ์หนักและมีค่าใช้จ่ายสูง อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นต้องกำหนดข้อกำหนดโดยการกำหนดการทดสอบ Pull-off tensile strength (POTS) เพิ่มเติม

การทดสอบนี้จำเป็นต้องมีการบ่มที่เวลา 4 และ 6 ชั่วโมงเพื่อที่จะได้ผลการทดลองแบบสมบูรณ์ แต่เนื่องจากว่าสถานการณ์โควิด-19 ผู้วิจัยไม่สามารถที่จะดำเนินการทดสอบได้ต่อเนื่อง ทั้งนี้งานวิจัยชิ้นนี้จะนำไปต่อยอดและจะมีการทำให้เสร็จสมบูรณ์

5.2. ข้อเสนอแนะ

จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบเนื้อหาฟิลเลอร์ที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบปริมาณการออกแบบทั้งหมด ควรพิจารณาอย่างละเอียดรวมฟิลเลอร์และปริมาณการรับส่งข้อมูลที่แตกต่างกันสำหรับการวิจัยในอนาคตด้วยการทดสอบประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน นอกจากนี้การใช้อุปกรณ์ Pull-off tensile strength (POTS) สามารถยืนยันได้โดยการตรวจสอบสถานการณ์ที่แตกต่างกันของอุณหภูมิการบ่มเวลาบ่มและส่วนผสมของยางมะตอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

- [1] Cheng, D., Little, D. N., Lytton, R. L., & Holste, J. C. (2002). Surface energy measurement of asphalt and its application to predicting fatigue and healing in asphalt mixtures. Transportation Reserach Record Journal of Transportation Reserach Board, 1810, 44-53.
- [2] Kanitpong, K., & Bahia, H. (2003). Role of adhesion and thin film tackiness of asphalt binders in moisture damage. Asphalt Paving Technology, 72, 502-528.
- [3] Moraes, R., Velasquez, R., & Bahia, H. (2011). Measuring effect of moisture on asphalt aggregate bond with the Bitumen Bond Strength test. Journal of the Transportation Research Board, 2209, 70-81.
- [4] P.Chaturabong & H.U. Bahia (2016). Effect of moisture on the cohesion of asphalt mastics and bonding with surface of aggregates. Road Materials and Pavement Design, 22, 741-753.
- [5] Terrel, R. L., & Al-Swailmi, S. (1994). Water sensitivity of asphalt-aggregate mixes: Test selection. Washington, DC: SHRP Report A-403. Strategic Highway Research Program, National Reserach Council.
- [6] K.Rachabut & P.Chaturabong (2020). Evaluation of Using Natural Fillers to Improve Moisture Damage Resistance and the Use of Pull-Off Tensile Test in Determining Moisture Damage Resistance in Asphalt Mixture.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.