การปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ

Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

ปรเมษฐ หอมหวล

Paramet Homhoul

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Prince of Songkla University
2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ

Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

ปรเมษฐ หอมหวล

Paramet Homhoul

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Prince of Songkla University
2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ
ผู้เขียน นายปรเมษฐ หอมหวล
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. สราวุธ จริตงาม)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. พิชัย ธานีรณานนท์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สราวุธ จริตงาม)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ดนุพล ตันนโยภาส)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรเมศวร์ เหลือเทพ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมการขนส่ง)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระพล ศรีชนะ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. สราวุธ จริตงาม)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ.....
(นายปรเมษฐ หอมหวล)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายปรเมษฐ หอมหวล)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ
ผู้เขียน นายปรเมษฐ หอมหวล
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมขนส่ง)
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมยางธรรมชาติเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญได้ขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทยไปข้างหน้ามานานกว่าหกทศวรรษ ยิ่งไปกว่านั้นความเสียหายของคันทางแอสฟัลต์คอนกรีตมีหลายรูปแบบในประเทศไทยเป็นสาเหตุอุปสรรคสำคัญต่อการเครือข่ายการขนส่งแห่งชาติ จึงทำให้สร้างแรงบันดาลใจและกระตุ้นสู่งานวิจัยนี้ศึกษาค้นคว้าถึงศักยภาพการใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ปรับแต่งโดยผสมแอสฟัลต์ชนิด 60/70 กับน้ำยางธรรมชาติ ซึ่งเติมแอมโมเนียร้อยละ 0.15 ของน้ำหนักน้ำยาง ในอัตราส่วนผสมต่างกันร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 การทดสอบในห้องปฏิบัติการหลายชนิดรายงานสมบัติทางวิศวกรรมดังต่อไปนี้ การจิ้มด้วยเข็ม จุดอ่อนตัว การหลุดลอก อุณหภูมิจุดวาบไฟ ความยืดตัว ค่าเสถียรภาพวิธีมาร์แชลล์ และความต้านทานการลื่นไถล บ่งว่าปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่เหมาะสมไม่ใช่แค่ลดการผสมแอสฟัลต์ซีเมนต์น้อยลง แต่ยังได้ให้วิธีการนำไปใช้ง่ายขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมแอสฟัลต์ควบคุม พบว่าแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่มีประสิทธิภาพผสมกับน้ำยางธรรมชาติร้อยละ 10 ได้ให้ค่าจิ้มด้วยเข็ม (49.33) และค่าการหลุดลอก (ร้อยละ 12) ต่ำ ในทางกลับกันค่าสูงนั้นประกอบด้วย ค่าจุดอ่อนตัว (51.5 องศาเซลเซียส) ค่าความยืดตัว (96.83 เซนติเมตร) ค่าอุณหภูมิจุดวาบไฟ (309.67 องศาเซลเซียส) ค่าเสถียรภาพวิธีมาร์แชลล์ (2591 ปอนด์) และค่าความต้านทานการลื่นไถล (75.7 บีพีเอ็น)

คำหลัก: แอสฟัลต์ซีเมนต์ชนิด 60/70, น้ำยางธรรมชาติ, พื้นผิวแอสฟัลต์คอนกรีต, คุณสมบัติทางวิศวกรรม

Thesis Title Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex
Author Mr. Paramet Homhoul
Major Program Civil Engineering (Transportation Engineering)
Academic Year 2017

Abstract

The natural rubber industry has been a vital sector for Thailand's economic driving forward more than six decades. Moreover, a lot of defect types of the pavements in Thailand caused a main obstruct national transportation networks. It contributes greatly so inspire and stimulate to this research investigates the potential use of asphalt cement modified by mixing asphalt 60/70 with natural rubber latex (NRL) which doped ammonia 0.15% wt. NRL in different proportions of 0, 5, 10, 15 and 20%. Several laboratory testing resulted engineering properties following penetration, softening point, resistance to stripping of aggregate, binder ductility, flash point, Marshall Stability, and skid resistance indicated that the appropriate amount of NRL can not only reduce the asphalt cement mixing but also provide easier a performance method in comparison with the control asphalt mixture. It was found that optimization of asphalt cement mixed with 10% NRL achieved low values in penetration (49.33) and stripping (12%). On the other hand, the high values were included softening point (51.5°C), ductility (96.83 cm), flash point (309.67°C), Marshall Stability (2591 lbs), density (2.5 g/ml), flow (17.8 mm) and skid resistance (75.7 BPN).

Keywords: Asphalt cement 60/70, Natural rubber latex, Asphalt concrete pavement, Engineering properties

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาจาก รองศาสตร์จารย์ ดร.สราวุธ จริตงาม อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร. พิชัย ธานีรณานนท์ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตร์จารย์ ดร.ดนุพล ตันนโยภาส รองศาสตร์จารย์ วัฒนวงศ์ รัตนวราหและ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัย ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้ความเข้าใจ ทั้งในเชิงวิชาการและเทคนิคต่าง ๆ มากขึ้น รวมถึงการตรวจสอบข้อบกพร่องที่เกิดจากความเอาใจใส่

ขอขอบพระคุณ ดร. โอภาส สมใจนึก ผู้อำนวยการศูนย์วิเคาะห์วิจัยและพัฒนาวัสดุผิวทาง แขวงทางหลวงสงขลาที่ 1 สำนักงานทางหลวงที่ 18 (สงขลา) ที่ให้การช่วยเหลือในส่วนสถานที่สำหรับทำการทดสอบและคำแนะนำพร้อมด้วยเทคนิคที่ใช้ในการทดสอบจนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท ปีการศึกษา 2559

ขอขอบพระคุณ คุณสุพิศ นนทะสร เจ้าหน้าที่สำนักงานประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา และภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่อำนวยความสะดวกในการจัดส่งเอกสารต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

ขอขอบคุณ พี่น้องและผองเพื่อนปริญญาโททุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำการทดสอบวัสดุและเป็นกำลังใจที่ดีแก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ครูอาจารย์ทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ได้ให้การอบรม สั่งสอน ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย ซึ่งส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถมาสู่อีกจุดสำเร็จหนึ่งของชีวิตได้

ท้ายที่สุดผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่มอบความรัก อบรมสั่งสอน เลี้ยงดู ส่งเสริมการศึกษา ให้การช่วยเหลือด้านต่าง ๆ และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา ทำให้การศึกษาและทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ปรเมษฐ หอมหวล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ 5
กิตติกรรมประกาศ 7
สารบัญ 8
สารบัญตาราง 12
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 ทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ถนน 5
2.2 แอสฟัลต์ (ASPHALT) 14
2.3 องค์ประกอบของแอสฟัลต์ (ASPHALT COMPOSITION) 14
2.4 น้ำยางพาราธรรมชาติ 16
2.5 ราคายางพาราในประเทศไทย 18
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 23
3.1 กรอบการดำเนินงานวิจัย 23
3.2 การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 25
3.3 ขั้นตอนการผสมแอสฟัลต์ซีเมนต์กับน้ำยางพารา 25
3.3.1 การทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม (Penetration Test) 28
3.3.2 การทดสอบจุดอ่อนตัว (Softening Point Test) 29
3.3.3 การทดสอบการยืดตัว (Ductility Test) 30
3.3.4 การทดสอบการจุดวาบ (Flash point Test) 31
3.3.5 การทดสอบการหลุดลอก (Stripping Test) 32
3.3.6 การทดสอบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ (Test for Asphaltic Concrete by Marshall's Method) 34

3.3.7 การวัดค่าความต้านทานการไถลของผิวจราจร(Measuring skid resistance of road surface)..... 36
บทที่ 4 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติ 38
4.1 ผลการทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม (PENETRATION TEST) 38
4.2 ผลการทดสอบจุดอ่อนตัว (SOFTENING POINT TEST)..... 39
4.3 ผลการทดสอบการหลุดลอก (STRIPPING TEST)..... 40
4.4 ผลการทดสอบจุดวาบไฟ (FLASH POINTS TEST) 44
4.5 ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (DUCTILITY TEST) 45
4.6 การทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตมิกซ์โดยวิธีมาร์แชล (TEST FOR ASPHALTIC CONCRETE BY MARSHALL'S METHOD)..... 46
4.7 ผลการทดลองหาค่าความต้านทานการลื่นไถล (MEASURING SKID RESISTANCE OF ROAD SURFACE)..... 48
4.8 อัตราส่วนต่างของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการปรับปรุงแอสฟัลต์ซีเมนต์ด้วยน้ำยางพารา 49
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 51
5.1 สรุปผลการศึกษา..... 51
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 53
5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำงานวิจัยไปประยุกต์ใช้กับงาน..... 53
5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต..... 53
บรรณานุกรม..... 54
ภาคผนวก ก การทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม..... 56
ภาคผนวก ข การทดสอบจุดอ่อนตัว..... 63
ภาคผนวก ค การทดสอบการหลุดลอก..... 70
ภาคผนวก ง การทดสอบจุดวาบไฟ 83
ภาคผนวก จ การทดสอบการยืดตัว..... 90
ภาคผนวก ฉ การทดสอบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์..... 97
ภาคผนวก ช การทดสอบความต้านทานการไถลของผิวจราจร 106
ภาคผนวก ซ บทความงานวิจัยที่ได้นำเสนอ 113
บทความงานวิจัยเรื่องที่ 1 114
ประวัติผู้เขียน..... 122

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1สัดส่วนน้ำหนักการขนส่งสินค้าในประเทศไทย (หน่วย:พันตัน)..... 1
รูปที่ 1.2สัดส่วนการขนส่งผู้โดยสารในประเทศไทย (หน่วย:พันคน)..... 2
รูปที่ 2.1 รอยแตกบริเวณมุมของถนนคอนกรีต..... 6
รูปที่ 2.2 รอยแตกที่เกิดบริเวณของรอยต่อ..... 6
รูปที่ 2.3 รอยแตกร้าวตามแนวยาว..... 7
รูปที่ 2.4 รอยร้าวตามแนวขวาง..... 7
รูปที่ 2.5 ถนนชำรุดเนื่องจากผิวหน้าหลุดร่อน..... 8
รูปที่ 2.6 การหลุดร่อนของวัสดุมวลรวม..... 8
รูปที่ 2.7 โครงสร้างชั้นผิวทางของถนนลาดยางมะตอย..... 9
รูปที่ 2.8 รอยแตกหนังจระเข้..... 10
รูปที่ 2.9 รอยแตกร้าวเนื่องจากการหดตัว..... 11
รูปที่ 2.10 รอยแตกร้าวที่ขอบผิวทาง..... 11
รูปที่ 2.11 การทรุดตัวเป็นแอ่ง..... 12
รูปที่ 2.12 การทรุดตัวเนื่องจากร่องล้อ..... 12
รูปที่ 2.13 ผิวทางเกิดหลุมบ่อ..... 13
รูปที่ 2.14 ผิวทางสึกกร่อน..... 13
รูปที่ 2.15 ต้นยางพาราต้นแรกในประเทศไทย..... 16
รูปที่ 2.16 ราคาน้ำยางพารา ม.ค.- ก.ย. 2560..... 18
รูปที่ 2.17 ผิวถนนหน้ากรมวิชาการเกษตรที่ไม่ผสมน้ำยางพารา..... 19
รูปที่ 2.18 ผิวถนนหน้ากรมวิชาการเกษตรที่ผสมน้ำยางพารา..... 20
รูปที่ 3.1 กรอบการดำเนินงานวิจัย..... 24
รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม..... 38
รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบจุดอ่อนตัว..... 39
รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบการหลุดลอก..... 43
รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบจุดวาไฟ..... 44
รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบการยืดตัว..... 45
รูปที่ 4.6 Average Density..... 46
รูปที่ 4.7 ค่าเสถียรภาพ..... 47

รูปที่ 4.8 ค่าการไหล..... 47
รูปที่ 4.9 ค่าความต้านทานการลื่นไถล 48
รูปที่ 4.10 ปริมาณน้ำยางพาราที่ผสมกับแอสฟัลต์เพื่อทำถนนยาว 1กม..... 49
รูปที่ 4.11 ราคาน้ำยางพาราที่ใช้สำหรับก่อสร้างถนน 1 กม. 49

สารบัญตาราง

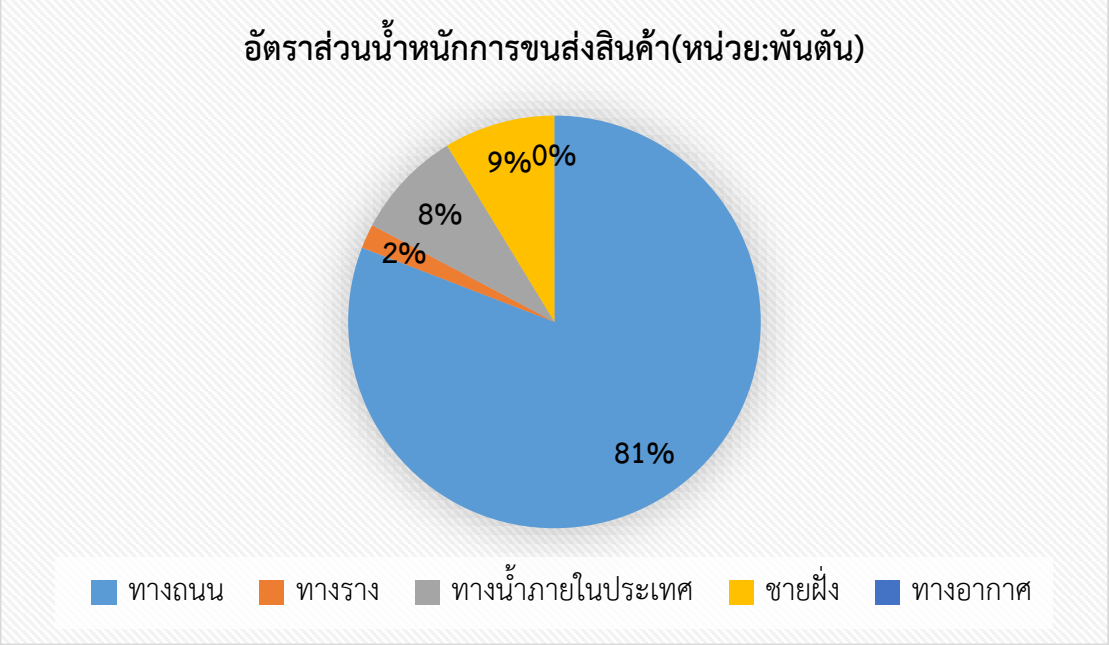
หน้า

ตารางที่ 2.1 การแยกธาตุทางเคมีของแอสฟัลต์ 15
ตารางที่ 3.1 การออกแบบอัตราส่วนของแอสฟัลต์ซีเมนต์AC 60/70 กับน้ำยางพาราธรรมชาติ 26
ตารางที่ 3.2 จำนวนชุดตัวอย่างในการทดสอบ 27
ตารางที่ 3.3 มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ซีเมนต์AC 60/70 .. 27
ตารางที่ 3.4 คะแนนแอสฟัลต์ที่เคลือบผิวหน้า 33
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม 38
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบจุดอ่อนตัว 39
ตารางที่ 4.3 คะแนนการหลุดลอก 41
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบจุดวาบไฟ 44
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบหาค่าการยืดตัว 45
ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตมิกซ์โดยวิธีมาร์แชล 46
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองหาค่าความต้านทานการลื่นไถล 48
ตารางที่ 4.8 สรุปผลการทดสอบ 50

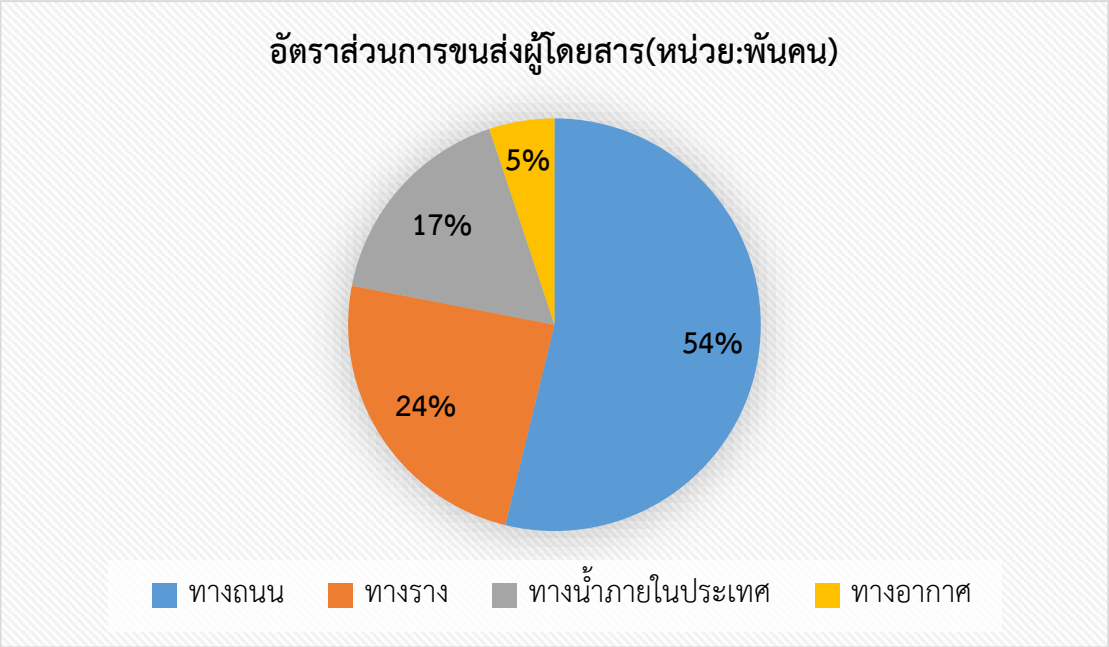
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ระบบการขนส่งถือเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่อการพัฒนาประเทศเพราะการขนส่งมีผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจเพื่อทำให้ประเทศก้าวสู่ความเจริญดังนั้นในชีวิตประจำวันของของบุคลคลนั้นย่อมมีเรื่องการขนส่งเข้ามาใช้ในชีวิตประจำวันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น การใช้รถไฟฟ้าในการเดินทาง การใช้รถโดยสารประจำทาง การใช้รถยานพาหนะส่วนบุคคล และยังรวมไปถึง การโดยสารเครื่องบิน เรือ รถไฟ ก็ล้วนแล้วแต่เป็นการขนส่งทั้งสิ้นและนอกจากการขนส่งมวลชนแล้วยังมีการขนส่งสินค้าต่างๆ เช่น สินค้าเกษตร สินค้าแปรรูป และอื่นๆ ที่จำเป็นต้องมีการขนส่งเข้าอำนวยความสะดวกในด้านการจัดส่งสิ่งต่างๆ ซึ่งในประเทศไทยก็มีรูปแบบการขนส่งหลากหลายรูปแบบ เช่น การขนส่งทางถนน การขนส่งทางเรือ การขนส่งทางรางและ การขนส่งทางอากาศ จากข้อมูลสถิติของกระทรวงคมนาคม ปี 2558 รูปแบบการขนส่งที่มีผู้ใช้มากที่สุดในประเทศไทยพบว่ารูปแบบการขนส่งทางถนนมีอัตราส่วนมากกว่ารูปแบบการขนส่งอื่นๆไม่ว่าจะเป็นการขนส่งสินค้าหรือการขนส่งมวลชนซึ่งแสดงดังรูปที่ 1.1 และ 1.2



รูปที่ 1.1สัดส่วนน้ำหนักการขนส่งสินค้าในประเทศไทย (หน่วย:พันตัน)
ที่มา : ข้อมูลสถิติกระทรวงคมนาคม ปี (2558)



รูปที่ 1.2สัดส่วนการขนส่งผู้โดยสารในประเทศไทย (หน่วย:พันคน)

ที่มา : ข้อมูลสถิติกระทรวงคมนาคม ปี (2558)

จากรูปที่ 1.1 และ 1.2 แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการขนส่งทางถนน ถือเป็นรูปแบบการขนส่งที่ได้รับความนิยมในการใช้งานมากที่สุดในประเทศไทยเมื่อเทียบกับรูปแบบการขนส่งอื่นๆการใช้งานหนักทั้งน้ำหนักบรรทุกและความถี่ของการขนส่งสินค้าที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ถนนเกิดการชำรุดทรุดตามสภาพและมีอายุการใช้งานที่ลดลงและ อาจส่งผลให้เป็นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุทางถนนที่มีผลมาจากผิวของถนนที่ไม่สมบูรณ์แก่การใช้งาน เช่น ถนนเป็นหลุมเป็นบ่อ หรือถนนลื่น เป็นต้น และปัญหาที่ตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ก็คือ การบำรุงรักษาและซ่อมแซมถนนที่เกิดการชำรุดทรุดโทรมดังกล่าว วัสดุหลักที่ใช้ในการซ่อมบำรุงถนนนั้นก็คือ วัสดุมวลรวมและวัสดุแอสฟัลต์ซึ่งจากรายงานของ Peak-oil Report มีการคาดการณ์ว่าน้ำมันในโลกจะหมดลงใน พ.ศ.2593 ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อแอสฟัลต์ที่มีผลผลิตจากการกลั่นปิโตรเลียม (Hebbert and Marion King, 2552)

ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำวัสดุท้องถิ่นคือยางพาราธรรมชาติถือว่าเป็น พืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยอีกชนิดหนึ่ง โดยประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางพาราเป็นอันดับ 1 ของโลก โดยเฉพาะน้ำยางพารา (Latex) นับตั้งแต่ พ.ศ. 2534 เป็นต้นมา (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2560) โดยในปี พ.ศ. 2560 พบว่า ยางพารามีสัดส่วนการใช้แปรรูปภายในประเทศ คิดเป็นร้อยละ 14 และร้อยละ 86 เพื่อส่งออกเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ แต่เนื่องด้วยในปัจจุบันจากผลของปัญหาเศรษฐกิจของประเทศจีนเกิดการชะลอตัวทำให้ราคายางพาราลดลงอย่างต่อเนื่อง และจากแผนยุทธศาสตร์การพัฒนายางพาราไทยของรัฐบาล

พระราชบัญญัติการยางแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2556 และยุทธศาสตร์การวิจัย (พ.ศ. ๒๕๕๕ – ๒๕๕๙) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่มีนโยบายมุ่งเน้นการให้ความสำคัญเกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนา การเพิ่มมูลค่ายางธรรมชาติโดยการแปรรูปและนำยางธรรมชาติมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้น การใช้ผลิตภัณฑ์ยางในประเทศและการสนับสนุนให้มีการผลิตวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ยางอย่างมีคุณภาพ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำน้ำยางพาราธรรมชาติ ที่หาได้ง่านในท้องถิ่นและมีราคาต่ำมาใช้ผสมกับแอสฟัลต์เพื่อลดการใช้แอสฟัลต์และเพื่อเป็นการศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ที่ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติแล้วและยังร่วมไปถึงเป็นการกระตุ้นราคาน้ำยางพาราธรรมชาติในทางอ้อมโดยการนำมาใช้ในงานถนน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาช่วงอัตราส่วนที่มากที่สุดที่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในการนำน้ำยางพาราธรรมชาติไปผสมกับแอสฟัลต์คอนกรีตเพื่อใช้สำหรับงานก่อสร้างทางของถนน

2. เพื่อศึกษาหาค่าความต้านทานความการลื่นไถลของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนตามที่กำหนด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน

1. การศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแอสฟัลต์ แอสฟัลต์ผสมน้ำยางพารารวมไปถึงแอสฟัลต์ที่ผสมกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการก่อสร้างถนนและปรับปรุงคุณภาพผิวทาง

2. การทดสอบหาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ผสมน้ำยางธรรมชาติ เพื่อหาช่วงอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยใช้เกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐานกรมทางหลวง

3. การนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติ มาสังเคราะห์เพื่อใช้เป็นแนวทางและข้อมูลสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างถนนต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อนำผลวิจัยนี้ไปเป็นข้อมูลสำหรับพัฒนาก่อสร้างถนนให้มีความคงทนยิ่งขึ้น และเป็นประโยชน์แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

2. เพื่อนำผลวิจัยนี้ไปเป็นข้อมูลสำหรับพัฒนาก่อสร้างถนนให้มีความปลอดภัยยิ่งขึ้น และเป็นประโยชน์แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

3. สามารถนำน้ำยางพารามาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการก่อสร้างถนน

บทที่ 2
ทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ที่ผสมด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติโดยนำแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60/70 มาพัฒนาปรับปรุงคุณสมบัติโดยใช้น้ำยางพาราธรรมชาติเข้ามาผสมในอัตราส่วนต่างๆเพื่อหาอัตราส่วนที่มากที่สุดที่เมื่อใส่น้ำยางพาราธรรมชาติลงไปแล้วทำให้คุณสมบัติของแอสฟัลต์ดีขึ้น

2.1 ถนน

ถนนถือเป็นโครงสร้างพื้นฐานของประเทศที่ใช้ในการเดินทางการขนส่ง ซึ่งถนนในไทยนั้นมีด้วยกันทั้งหมด 3 ประเภทได้แก่

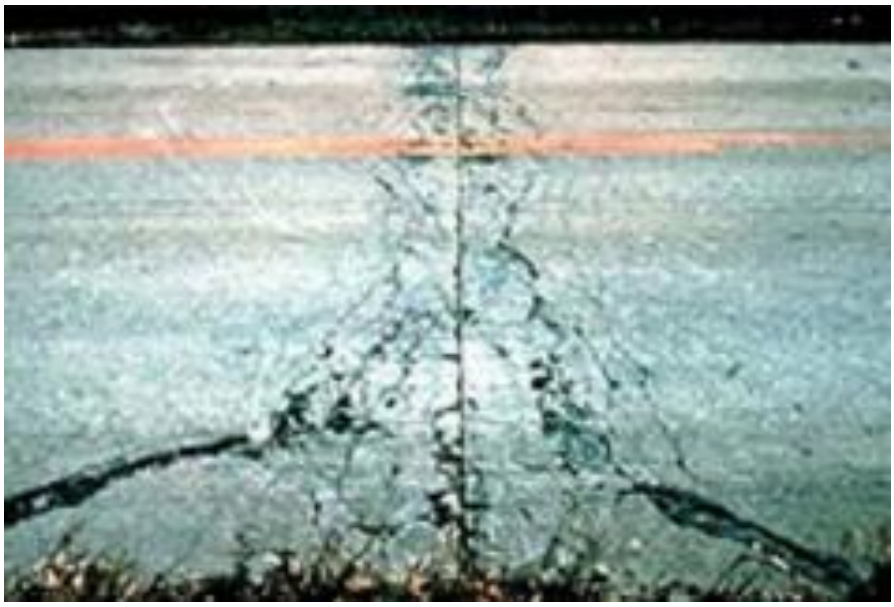
1. ถนนดินลูกรัง ซึ่งเป็นถนนที่อยู่ในเขตชนบท มีการดูแลรักษาได้ง่ายไม่ลำบากเพราะโครงสร้างของถนนไม่ซับซ้อน ทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำบุงรักษารวมถึงการก่อสร้างมีราคาถูกกว่าถนนชนิดอื่นมาก แต่ในส่วนของปัญหาหลักของถนนลูกรังคือ ปัญหาเรื่องฝุ่นที่ฟุ้งกระจายทำให้ทัศนะการมองเห็นเป็นไปได้ยาก และยังมีปัญหาเรื่องของผิวถนนที่ขรุขระ ยากต่อการทำให้เรียบ จึงทำให้ถนนดินลูกรังเป็นถนนที่มีแต่ในเขตชนบท เพียงเท่านั้น

2. ถนนคอนกรีตเป็นถนนที่มีความแข็งแรงทนทานมาก ทำให้ถนนชนิดนี้มีมากในเขตเมืองหรือ ตามหมู่บ้าน แต่ถนนชนิดนี้ก็จะมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่สูงตามมาเหมือนกัน ซึ่งถนนคอนกรีตเมื่อใช้งานก็อาจจะเกิดการเสื่อมสภาพทำให้ถนนชำรุด โดยมีสาเหตุหลักดังต่อไปนี้

- การเกิดรอยแตกซึ่งสาเหตุของการเกิดรอยแตกนั้น คือการแตกตามมุมเนื่องจากคอนกรีตเป็นโพรง รอยแตกเนื่องจากคุณภาพของคอนกรีตต่ำ รอยแตกตามแนวยาวซึ่งเกิดจากการบิดตัวของพื้นคอนกรีตหรือการรับน้ำหนักของแผ่นพื้นไม่เพียงพอ รอยแตกตามแนวขวางซึ่งเกิดจากการหดตัวของพื้น
- ความเสียหายบริเวณรอยต่อ ซึ่งเกิดจากการอุดรอยต่อโดยวัสดุที่อุดนั้นเสื่อมสภาพและยังรวมไปถึงปัญหารอยบิ่นกะเทาะบริเวณรอยต่อด้วย
- ความเสียหายที่เกิดบนพื้นผิว โดยเกิดรอยแตกแบบแผนที่ ผิวหน้าหลุดร่อน วัสดุมวลรวมถูกขัดสี และยังรวมไปถึงการหลุดร่อนของวัสดุมวลรวมอีกด้วย
- ความเสียหายในรูปแบบอื่นๆ ซึ่งนอกจากความเสียหายที่ได้กล่าวมาข้างต้นยังมีความเสียหายที่เกิดจาก การโก่งตัว การทรุดตัวของพื้นคอนกรีต การทรุดตัวของไหล่ทาง เป็นต้น

รูปที่ 2.1 รอยแตกบริเวณมุมของถนนคอนกรีต

ที่มา : ผู้วิจัย



รูปที่ 2.2 รอยแตกที่เกิดบริเวณของรอยต่อ

ที่มา : วีระเกษตร สวนผกา (2554)

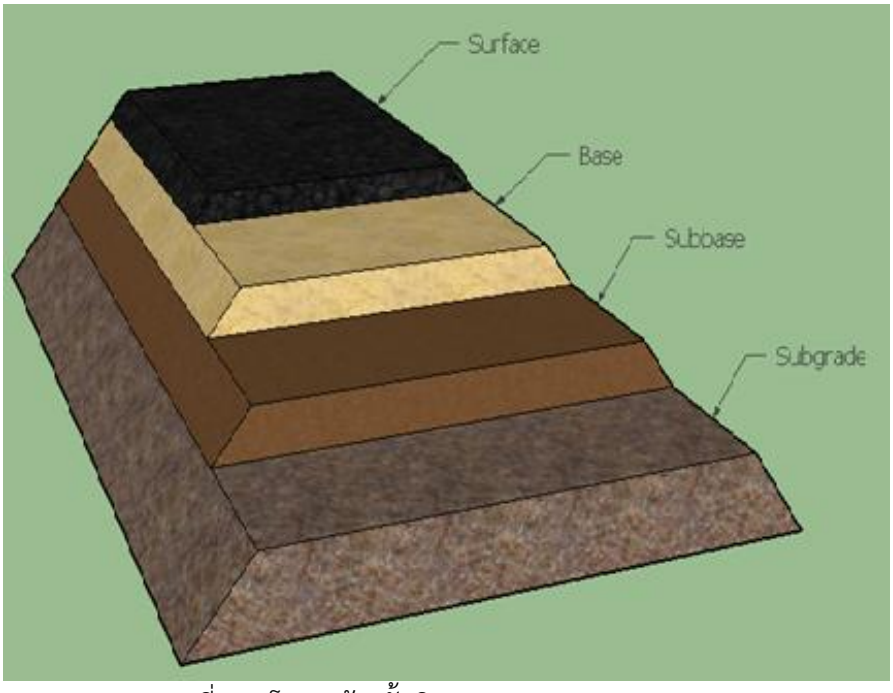
รูปที่ 2.3 รอยแตกร้าวตามแนวยาว
ที่มา : ผู้วิจัย

รูปที่ 2.4 รอยร้าวตามแนวขวาง
ที่มา : ผู้วิจัย

รูปที่ 2.5 ถนนชำรุดเนื่องจากผิวหน้าหลุดร่อน
ที่มา : ผู้วิจัย

รูปที่ 2.6 การหลุดร่อนของวัสดุมวลรวม
ที่มา : วีระเกษตร สวนผกา (2554)

3. ถนนยางมะตอยเป็นถนนที่นิยมก่อสร้างมากที่สุดในประเทศไทย เพราะก่อสร้างง่าย แข็งแรงความทนทานและยังง่ายต่อการซ่อมแซมอีกด้วย ดังนั้นทำให้ถนนยางมะตอยจึงเป็นถนนที่มีการก่อสร้างมากที่สุด โดยโครงสร้างของถนนยางมะตอยนั้นจะประกอบไปด้วยชั้น Surface ชั้น Base ชั้นSubbase และ Subgrade ซึ่งแสดงดังรูป 2.1



รูปที่ 2.7 โครงสร้างชั้นผิวทางของถนนลาดยางมะตอย

ที่มา : ผู้วิจัย

ชั้นโครงสร้างของถนนยางลาดยางมะตอยในแต่ละชั้นจะมีความสำคัญซึ่งจะส่งผลต่อความแข็งแรงของถนน ซึ่งส่วนใหญ่สาเหตุที่ทำให้ถนนลาดยางมะตอยเกิดการชำรุดทรุดโทรมนั้นเกิดจาก 2 สาเหตุหลักด้วยกันคือ ความเสียหายทางด้านโครงสร้าง และ ความเสียหายด้านการใช้งาน

1.สาเหตุความเสียหายทางด้านโครงสร้าง

- โครงสร้างของชั้นทางการเกิดทรุดตัว
- ดินไหล่ทางมีการปูดบวมและไหล่ทะลัก
- ผิวทางมีการแตกระแหง
- ดินชั้นทางด้านล่างมีการอ่อนตัวมาก
- การบดอัดดินใรชั้นต่างๆไม่ได้มาตรฐาน

2.สาเหตุความเสียหายเนื่องจากการใช้งาน

- การรเกิดรอยแตกในรูปแบบต่างๆ เช่น รอยแตกที่ขอบผิวทาง รอยแตกแบบหนังจระเข้ รอยแตกจากการหดตัว
- การเปลี่ยนรูปร่างของผิวถนน เช่น การทรุดตัวเป็นแอ่ง การเกิดร่องล้อ การเกิดลอนคลื่น การบวมตัว

3.สาเหตุจากการหลุดร่อน

- การเกิดบ่อหลุม ทำให้วัสดุผิวทางเกิดการหลุดร่อนไปตามแนวถนนและจะขยายตัวเป็นวงกว้างเนื่องจากระยะเวลาที่นานแล้วไม่ได้ทำการซ่อมแซม
- การสึดกร่อน เป็นปัญหาที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของผิวทางทำให้เกิดการสึดกร่อนแล้วนำไปสู่การหลุดร่อนของผิวทาง

จากสาเหตุคสาเหตุความเสียหายต่างๆนั้นล้วนแต่ทำให้ถนนชำรุดและอยู่ในสภาพที่ทำให้ถนนไม่พร้อมใช้งานได้โดยมีตัวอย่างสภาพของถนนที่ชำรุดโดยแสดงดังรูป 2.8-2.14

รูปที่ 2.8 รอยแตกหนังจระเข้

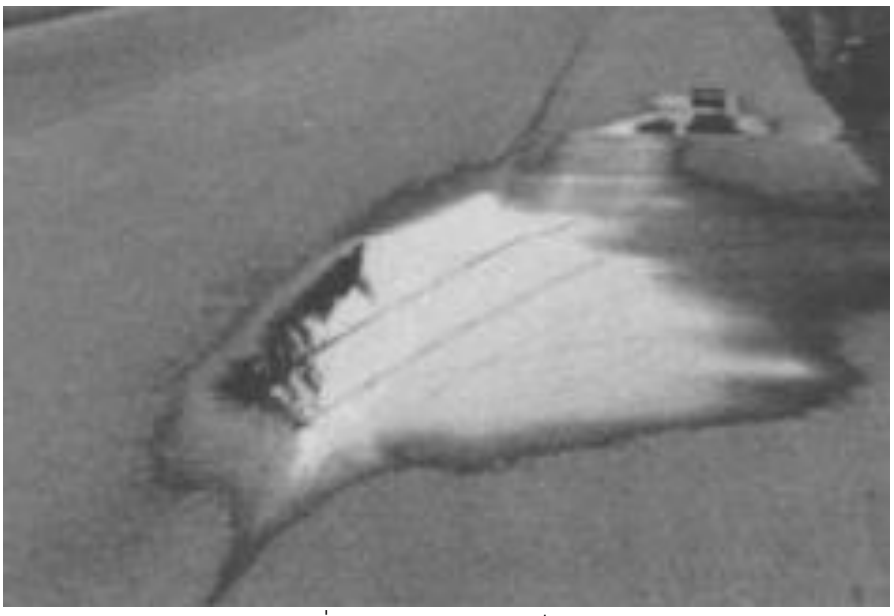
ที่มา : วีระเกษตร สวนผกา (2554)

รูปที่ 2.9 รอยแตกร้าวเนื่องจากการหดตัว

ที่มา : วีระเกษตร สวนผกา (2554)

รูปที่ 2.10 รอยแตกร้าวที่ขอบผิวทาง

ที่มา : วีระเกษตร สวนผกา (2554)



รูปที่ 2.11 การทรุดตัวเป็นแอ่ง

ที่มา : วีระเกษตร สวนผกา (2554)

รูปที่ 2.12 การทรุดตัวเนื่องจากร่องล้อ

ที่มา : วีระเกษตร สวนผกา (2554)

รูปที่ 2.13 ผิวทางเกิดหลุมบ่อ

ที่มา : วีระเกษตร สวนผกา (2554)

รูปที่ 2.14 ผิวทางสึกกร่อน

ที่มา : วีระเกษตร สวนผกา (2554)

2.2 แอสฟัลต์ (Asphalt)

ยางแอสฟัลท์ (asphalt) เป็นสิ่งที่เกิดจากการกลั่นน้ำมัน และเป็นผลพลอยได้หลังจากการหลังจากกลั่นเอาเบนซินและดีเซลออกไปที่เหลืออยู่เป็นยางแอสฟัลท์แข็ง (asphalt cement, AC.) ที่มีความเข้มข้นและแข็ง ต่างกันไปตามสภาพของแหล่ง

แอสฟัลต์ที่ใช้ในปัจจุบันนั้นมีทั้งหมด 3 ปรเภทด้วยกัน

1. แอสฟัลท์ซีเมนต์ (AC) เป็นยางมะตอยที่มีลักษณะสีดำหรือน้ำตาลเข้มมีการใช้การทดสอบการจิ้มด้วยเข็มในการแบ่งเกรตของวัสดุซึ่งค่าจากผลของการทดสอบนี้จะบอกว่า ถ้าหากมีค่าน้อยจะทำส่งผลให้การหลอมเหลวของตัวแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC ต้องใช้ความร้อนที่สูงกว่าแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่มีค่าการทดสอบการจิ้มด้วยเข็มที่มีผลการทดสอบเป็นค่าที่มาก ซึ่งแอสฟัลต์ชนิดนี้จะมีหลายเกรดเช่น AC40/50, AC60/70 เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทยจะนิยมใช้ AC60/70

2. ยางคัตแบกแอสฟัลท์ (cut back) เป็นการนำยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC มาผสมกับตัวทำละลายเพื่อให้ง่ายแก่การใช้งานซึ่งจะแบ่งประเภทออกเป็นทั้งหมด 3 ประเภท

- Rapid curing เป็นยางเหลวที่ผสมยาง AC กับสารตัวทำละลายที่เป็นน้ำมันเบนซิน โดยยางชนิดนี้จะแบ่งตามความเหนียวซึ่งมีตัวอย่าง เช่น RC0 , RC1 ถึง RC5 โดยตัวเลขยิ่งมากความก็จะมีค่าความหนืดที่มาก
- 1.2 Medium curing เป็นยางเหลวที่ผสมยาง AC กับสารตัวทำละลายพวกน้ำมันก๊าซเหมาะกับงานผิวทางที่ไม่ต้องการให้น้ำมันระเหยตัวเร็วเกินไป เช่น งานไพร์มโค้ดที่โดยให้ซึมลงไปในวัสดุมวลรวมเพื่อเป็นรากยึดเกาะผิวทางกับชั้นพื้นทาง มีการแบ่งเกรดต่างๆ เช่นเดียวกับพวก RC
- 1.3 Slow curingเป็นยางเหลวที่ผสมยาง AC กับน้ำมันดีเซล โดยมีการระเหยตัวของน้ำมันเมื่อนำไปใช้งานช้ากว่า ยางคัตแบก 2 ชนิดแรก โยมีสัญลักษณ์คือ SC

3. อีมัลซีฟายแอสฟัลท์ (Emulsified asphalt) เป็นยางน้ำที่ได้จากการใช้ยาง AC ทำให้แตกตัวออกเป็นอณูเล็กๆ ด้วยอีมัลซีฟาย โดยมีเนื้อยางอยู่ประมาณร้อยละ 50-60 ใช้กับงานที่อยู่ในบริเวณที่มีผนตกทำให้วัสดุมวลรวมแม้จะเปียกน้ำก็ใช้กับยางนี้ได้ สามารถใช้ง่านได้สะดวกกว่าการใช้ยางคัทแบกและยาง AC ที่วัดุมวลรวมต้องมีผิวที่แห้งและห้ามมีความชื้น แต่มีข้อเสียคือต้องทำการกวนแอสฟัลต์ตลอดเวลาเพื่อไม่ให้แอสฟัลต์ตกตะกอน

2.3 องค์ประกอบของแอสฟัลต์ (Asphalt Composition)

แอสฟัลต์ได้ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย จึงได้มีการผลิตแอสฟัลต์ชนิดต่าง ๆกันมากมายเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะและสภาพของงานที่นำแอสฟัลต์ไปใช้ แอสฟัลต์บางชนิดจะนิ่มหรือเหลว

ในอุณหภูมิปกติ บางชนิดจะทำให้ร้อนถึง 200 – 300 °F จึงจะเหลว บางชนิดต้องให้ความร้อนสูงถึง 400 °F จึงจะเหลวพอเพื่อนำไปใช้งานได้ ส่วนบางชนิดในอุณหภูมิปกติจะแข็งจนเปราะ จนสามารถบดให้เป็นผงละเอียด

ส่วนประกอบหลักที่สามารถที่จะแยกให้แตกต่างกันออกไปมี 3 ส่วน

1 Saturates – ส่วนประกอบนี้จะเป็นพวกที่มีความเหนียวคล้ายจารบี ไม่มีสี จะมีพวก Paraffinic Material มีบางส่วนเป็น Naphthenic Ring และบางส่วนเป็นพวก Long Straight Chain (Wax) ซึ่งสามารถที่จะตกผลึกได้ M.W. ประมาณ 300 – 2,000

2 Aromatics – ส่วนประกอบนี้เป็นสีน้ำตาลดำที่เป็นน้ำมันเหนียวและมีหลาย Aromatic Ring ต่อโมเลกุล 25 – 30% ของคาร์บอนจะมีอยู่ใน Aromatic Structure มักจะมีจำนวนของ O_2 และ N_2 น้อย และมีขึ้นไปถึง 3% M.W. Range from 300 – 2,000

3 Polar Aromatics – ส่วนประกอบนี้จะประกอบด้วยหลาย Condensed Aromatic Ring ต่อโมเลกุล (35 - 40% ของคาร์บอน) และคาร์บอนอะตอมที่ยังเหลือจะเป็นพวกที่มีโครงสร้าง Naphthenic และ Paraffinic ทั้งสองชนิดนี้จะมีพวก N_2 และ O_2 ขึ้นไปถึง 1% และมีกำมะถันขึ้นไปถึง 8% และยังมีพวกที่มีโครงสร้างที่มีขั้วไฟฟ้า (ประจุ) อยู่ด้วย เช่น พวกไฮดรอกซิล คาร์บอนิลและแอมมิโนกรุ๊ป ส่วนต่าง ๆเหล่านี้จะมีคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับการละลายของสารนอร์มอล-เฮบเทน (n - heptane) ดังนี้

- Resins – ตัวเรซินเหล่านี้จะละลายใน n – heptane จะเป็นส่วนที่เป็นของแข็งสีดำ ซึ่งจะอ่อนตัว เมื่อถูกความร้อน น้ำหนักในโมเลกุลอยู่ระหว่าง 500 – 50,000
- Asphaltenes – ส่วนนี้จะไม่ละลายใน n – heptane จะเป็นสีเทาดำ และจะสลายตัว เมื่อถูกความร้อน น้ำหนักโมเลกุลอยู่ประมาณ 500 – 100,000

โดยพวก Polar Aromatics จะเป็นคุณสมบัติที่แท้จริงของยางมะตอย คือ เหนียวและยืดหยุ่นได้ที่อุณหภูมิปกติ และแอสฟัลต์นั้นจะมีความหนาแน่น 1.01 -1.04

ตารางที่ 2.1 การแยกธาตุทางเคมีของแอสฟัลต์

ธาตุ	เปอร์เซนต์
C	82 – 88
H	8 – 11
S	0 – 6
N	0 – 1
O	0 – 1.5

ที่มา : yotathai.com (2559)

2.4 น้ำยางพาราธรรมชาติ

น้ำยางพาราธรรมชาติเป็นผลิตภัณฑ์จากต้นยางพาราซึ่งถูกค้นพบครั้งแรกในทวีปอเมริกาใต้และอเมริกากลาง ซึ่งได้มีการบันทึกว่าคริสโตเฟอร์ โคลัมบัส ได้เดินทางไปพบชาวพื้นเมืองในแถบอเมริกากลางและใต้ โดยพวกเข้านำยางพารามาทำรองเท้า โดยการเอาเท้าไปจุ่มในน้ำยางพาราก็จะได้รองเท้าทีใส่พอดี ในบางกลุ่มน้ำยางพารามาทำเป็นลูกบอล หรือแม้แต่มาทำเป็นเสื้อกันฝน ดังนั้นทางคริสโตเฟอร์ โคลัมบัสจึงนำยางกลับสู่ยุโรป จึงถือเป็นการเผยแพร่ยางพาราสู่พื้นที่อื่น

ในส่วนของการนำยางพาราเข้ามาสู่ประเทศไทยนั้นได้มีการบันทึกเอาไว้ว่า เจ้าพระยารัษฎานุประดิษฐ์ ได้เดินทางไปยังประเทศมาเลเซียแล้วได้ไปศึกษาเยี่ยมชมสวนยางพาราของประเทศมาเลเซียแล้วได้นำต้นยางพาราต้นแรกกลับมาเพื่อปลูก โดยต้นยางพาราต้นแรกที่มีการปลูกนั้น ปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ทำให้เจ้าพระยารัษฎานุประดิษฐ์ ได้ชื่อว่าเป็นบิดาแห่งการยาง ต่อจากนั้นท่านก็ได้ส่งคนไปศึกษาวิธีการปลูก การดูแลรักษา การขยายพันธุ์ เพื่อที่จะนำมาใช้สอนประชาชนและรวมถึงส่งเสริมให้ประชานได้ปลูกยางพาราและยึดเป็นอาชีพ ซึ่งด้วยเหตุนี้ยางพาราจึงขยายไปทั่วภาคใต้ของประเทศไทย

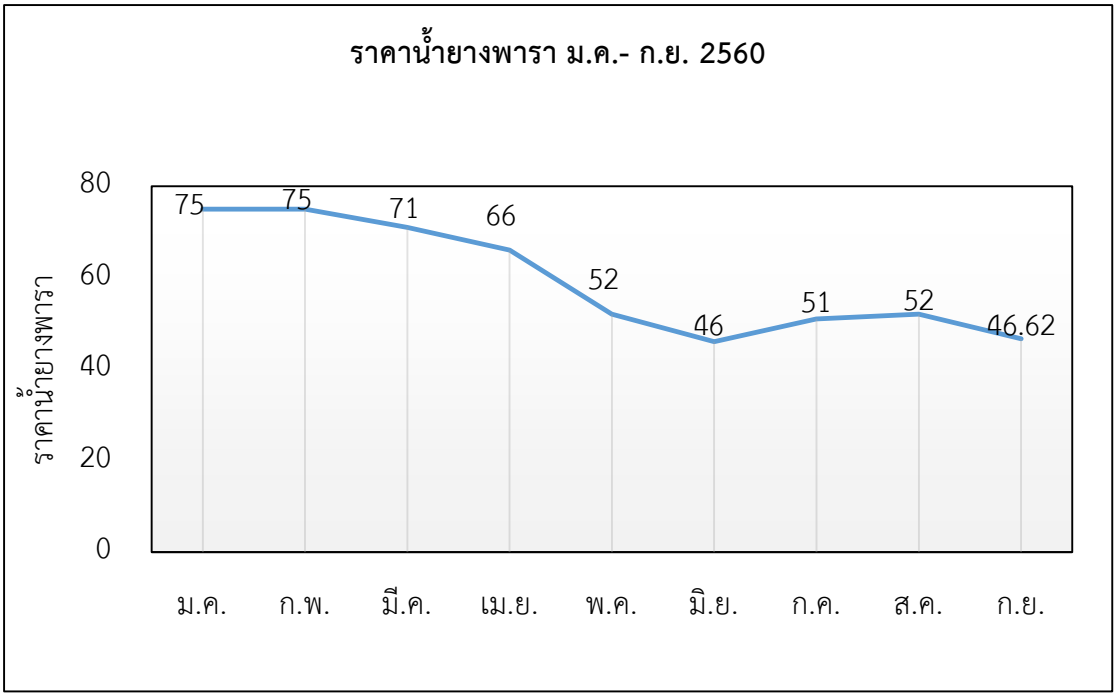
รูปที่ 2.15 ต้นยางพาราต้นแรกในประเทศไทย

ที่มา : เวปไซต์กันตังซิตี้ (2557)

ยางพารานั้นมีชื่อในท้องถิ่นทางอเมริกาใต้ว่า เกาชู และมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า Hevea brasiliensis ซึ่งต้นยางพารานั้นเป็นต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ มีอายุเป็นร้อยปีซึ่งในประเทศบราซิลต้นยางที่มาอายุมากนั้นมีขนาดลำต้นตั้งแต่ 3 เมตร ถึง 5 เมตร โดยทำการวัดรอบลำต้น ในส่วนของความสูงนั้นถ้ามีต้นยางที่มีอายุมากนั้นก็มีจะมีความสูงถึง 40 เมตร ส่วนต้นยางในแถบเอเชียก็มีมีขนาดที่เล็กกว่าโดยมีความหนาของเปลือกยางที่ทำให้น้ำยางไหลหนาประมาณ 5 เซนติเมตร โดยมีลำต้นตรง โดยใบมั่งจะเป็นพุ่มซึ่งในนึ่งกิ่งใบจะมมีใบ 3 ใบ โดยในแต่ละใบนั้นจะมีขนาดความกว้างที่ประมาณ 8 เซนติเมตรและยาวประมาณ 15 เซนติเมตรซึ่งยางพารานั้นมักจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ดินเป็นเป็นร่วน ระบายน้ำและอากาศได้ดี และชอบอยู่ในบริเวณที่มีความชื้นสูง ซึ่งเหมาะกับทางภาคใต้ของประเทศไทยมากเพราะมีฝนตกตลอดปีทำให้มีความชื่นที่เหมาะสมกับความต้องการของยางพารา เมื่อต้นยางพาราที่ปลูกนั้นมีอายุประมาณ 7 ปี ก็สามารถกรีดน้ำยางได้ตลอดจนกว่าต้นยางพาราจะมีอายุถึง 30 ปี โดยในน้ำยางพารานั้นจะมีเนื้อยางอยู่ประมาณ 30 เปอร์เซนต์ของน้ำยางที่กรีดออกมาซึ่งน้ำยางพารานั้นมีชื่อทางเคมี คือ cis-1,4-polyisoprene โดยที่ n มีค่าตั้งแต่ 15,000 -20,000 เนื่องจากส่วนประกอบของยางธรรมเป็นไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นยางจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เบนซีน เฮกเซน เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปยางธรรมชาติมีลักษณะโครงสร้างของการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบอสัณฐาน (amorphous) แต่ในบางสภาวะของโมเลกุลของยางสามารถจัดเรียงตัวค่อนข้างที่จะเป็นระเบียบ ณ อุณหภูมิต่ำหรือเมื่อถูกยืดยางจึงสามารถเกิดผลึก (crystallize) การเกิดผลึกที่อุณหภูมิต่ำ (low temperature crystallization) จะทำให้ยางแข็งมากขึ้น แต่ถ้าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ตัวยางก็จะอ่อนลงและกลับสู่สภาพเดิม ในขณะที่การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัว ทำให้ยางมีสมบัติเชิงกลดี นั่นคือยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาด ความทนทานต่อการขัดสี

2.5 ราคายางพาราในประเทศไทย

ยางพาราในประเทศไทยถือเป็นสินค้าทางการเกษตรที่มีความสำคัญเป็นลำดับต้นๆของประเทศดังนั้นราคาของยางพาราจึงมีผลต่อความเป็นอยู่ของเกษตรกรในประเทศไทย ซึ่งจากข้อมูลในปี พ.ศ. 2560 ของสถาบันการยางแห่งประเทศไทยนั้นพบว่าราคาของยางพารามีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องโดยแสดงราคาดังรูปที่ 2.16 ซึ่งย่อมส่งผลกระทบต่อเกษตรกรชาวสวนยางเนื่องจากปัญหาราคาตกต่ำ



รูปที่ 2.16 ราคาน้ำยางพารา ม.ค.- ก.ย. 2560

ที่มา : การยางแห่งประเทศไทย (2560)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤษณ์ เจ็ดวรรณะและ คณะ (2558) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุเชื่อมประสานที่มีส่วนผสมของAC60/70 กับน้ำยางพาราธรรมชาติและยางแผ่นรมควันโดยทำการผสมในอัตราส่วนทีร้อยละ 3-5 แล้วนำมาทำการทดสอบการวัดความหนืด จุดติด ไฟวาบไฟ ความอ่อนตัว ความยืด ความยืดหยุ่น ความแข็งแกร่ง และความต้านทานจากการยุบตัวถาวร จากผลการทดสอบข้างต้นนั้นน้ำยางพาราธรรมชาติสามารุช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางวิศวกรรมได้แต่ต้องใส่ในอัตราส่วนที่เหมาะสมนั้นคือ ยางแผ่นรมควันใส่ได้ที่ร้อยละ 3 และน้ำยางพาราธรรมชาติที่ร้อยละ 5

ณพรัตน์ วิชิตชลชัย และ อดุลย์ ณ วิเชียร (2556) ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบถนนที่ใส่น้ำยางพาราธรรมชาติและไม่ใส่ย่ำยางพาราธรรมชาติแล้วนำไปทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางฟิสิกส์โดยใช้นำแอสฟัลต์ไปผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาติที่ร้อยละ 5 ซึ่งได้ทำการทดสอบ ค่าจุดอ่อนตัว ค่าความไวต่ออุณหภูมิ ค่าการคืนตัว ค่าความเหนียวและแรงยึดจนขาด ซึ่งผลปรกฏว่าแอสฟัลต์ที่มีการผสมน้ำยางพาราธรรมชาติมีคุณสมบิทางฟิกส์ดีกว่าแอสฟัลต์ที่ไม่ได้มีการผสมซึ่งต่อจากนั้นจึงได้มีการนำแอสฟัลต์ที่ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติมาใช้กับงานทำถนนจริงที่ถนนกรมวิชาการเกษตรโดยเปรียบเทียบถนนที่ใช้แอสฟัลต์เพียงอย่างเดียวกับใช้แอสฟัลต์ที่ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติ ซึ่งผลปรากฏว่าถนนที่ใช้แอสฟัลต์เพียงอย่างเดียวต้องมีการซ่อมแซมแต่ถนนที่ใช้แอสฟัลต์ผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาตินั้นไม่ต้องซ้อมแซม โดยเริ่มทำการเปรียบเทียบตั้งแต่ พ.ศ.2547-2549

รูปที่ 2.17 ผิวถนนหน้ากรมวิชาการเกษตรที่ไม่ผสมน้ำยางพารา
ที่มา : ณพรัตน์ วิชิตชลชัย และ อดุลย์ ณ วิเชียร (2556)

รูปที่ 2.18 ผิวถนนหน้ากรมวิชาการเกษตรที่ผสมน้ำยางพารา
ที่มา : ณพรัตน์ วิชิตชลชัย และ อดุลย์ ณ วิเชียร (2556)

นภัสรพี อนันตชัยพงศ์ และคณะ (2553) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบค่าโมดูลัส คืนตัวของวัสดุผสมแอสฟัลต์ชนิดโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์กับชนิดแอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด AC 60/70 และ AC 40/50 โดยทำการทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรมในด้านต่างๆเช่นค่าดัชนีความแข็ง ค่าเสถียรภาพ ค่าการไหล โดยเปรียบเทียบวัสดุเชื่อมประสาน 3 ชนิด โดยผลการทดสอบพบว่าตัวอย่างที่ใช้โพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์นั้นจะมีค่าเสถียรภาพที่สูงกว่าแอสฟัลต์เกรด AC 40/50 และ AC 60/70 และในส่วนของค่าของดัชนีการแข็งตัวนั้นวัสดุเชื่อมประสานทั้งสามมีค่าดัชนีการแข็งตัวที่ใกล้เคียงกันและผ่านมาตฐานกรมทางหลวงทุกตัวอย่าง ในส่วนของค่ากำลังรับแรงดึงทางอ้อมพบว่าแอสฟัลต์เกรด AC 40/50 มีค่ากำลังรับแรงดึงทางอ้อมสูงกว่าโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิ 20-60 องศาเซลเซียสโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์ จะมีค่ากำลังรับแรงดึงทาง อ้อมสูงกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 40/50 และแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยาง แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60/70 จะมีค่ากำลังรับแรงดึงทาง อ้อมต่ำสุดสำหรับทุกอุณหภูมิที่ทดสอบ

กฤษณะ จันทรโชติ (2558) การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่างวัสดุมวลรวมตามข้อกำาหนดขอบบนและขอบล่างที่ผสมกับแอสฟัลต์เกรด AC 60/70และ PMA โดยทำการออกแบบหาปริมาณแอสฟัลต์ โดยมีปริมาณเริ่มต้นที่ร้อยละ 4.69 และปริมาณของขอบบนและขอบล่างคือ 4.54 และ4.75 โดยทำการทดสอบกำลังรับแรงดึงทางอ้อมโดยแอสฟัลต์ PMA จะมีการรับแรงได้ดีกว่าแอสฟัลต์เกดร AC 60/70 ในส่วนของค่าโมดูลัสการคืนตัวนั้น PMA จะมีค่าต้านทานการเปลี่ยนรูปร่างที่ดีกว่าแอสฟัลต์เกรด AC60/70

ปรเมษฐ หอมหวลและคณะ (2559) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์เกรด AC 60/70 โดยผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาติในอัตราส่วน 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 โดยได้ทำการทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม การทดสอบจุดอ่อนตัว และการทดสอบการหลุดลอก ซึ่งผลการทดสอบปรากฏว่า แอสฟัลต์ที่ผสมกับน้ำยางพาราธรมชาตินั้นสามารถช่วยเพิ่มค่าจุดอ่อนตัวและช่วยให้การยึดตัวกับวัสดุมวลรวมดีขึ้นแต่ก็ต้องใส่ในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพราะหากใส่น้ำยางพาราธรรมชาติมากเกินไปจะส่งผลแรงยึดระหว่างมวลรวทมกับแอสฟัลต์ต่ำลงดังนั้นจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการของทั้งสามผลการทดสอบนั้นการใส่น้ำยางพาราธรรมชาติที่ร้อยละ 10 นั้นเป็นอันตราส่วนที่มากที่สุดที่สามารถใส่ในแอสฟัลต์แล้วสามารถเพิ่มคุณสมบัติทางวิศวกรรมได้

สุธชัย เจริญกิจและคณะ (2559) ศึกษาการปรับปรุงคุณสบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์เกรด AC 60/70 ผสมกับยางแผ่นรมควัน ซึ่งได้มีการผสมในอัตราส่วนร้อยละ 3, 5, 7, 9, 12 แล้วนำมาทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมโดยทำการทดลอง ค่าเพรเนเทชั่น ค่าจุดอ่อนตัว และ ค่าร้อยละการหลุดลอกซึ่งจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการนั้นพบว่า เมื่อนำยางแผ่นรมควันไปผสมกับแอสฟัลต์เกรด AC 60/70 ไปทดสอบการทดสอบทั้งสามนั้น อัตราส่วนที่ใช้ผสมทั้งหมดผ่านเกณฑ์แต่อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการนำยางแผ่นรมควันมาผสมกับแอสฟัลต์นั้นอยู่ที่ร้อยละ 3

ปรเมษฐ หอมหวลและคณะ (2560) ศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60/70 ผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาติ โดยทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางวิศวกรรมเพื่อหาอัตราส่วนที่มาที่สุดแต่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวงที่ยังยอมรับได้ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าใส่น้ำยางพาราธรรมชาติลงไปในอัตราร้อยละ 10 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มากที่สุดที่สามารถใช้ปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ได้

สมัย โชติกุลและคณะ (2557) ได้ศึกษาการออกแบบและพัฒนาวิธีการคาดคะเนความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทางแอสฟัลต์ด้วยคุณลักษณะของมวลรวม โดยการนำมวลรวม 3 ชินดมาใช้ในการทดสอบซึ่งได้แก่ หินแกรนิต หินปูนและหินบะซอล เพื่อนทดสอบหาคุณสมบัติการลื่นไถลของมวลรวมทั้งสามชนิดโดยผลการทดสอบพบว่าคุณลักษณะของหินนั้นส่งผลต่อความต้านทานการลื่นไถลของผิว แล้วนำมาซึ่งการทำแบบจำลองการคาดคะเนความต้านทานการลื่นไถล จากปัจจัยคุณลักษณะของมวลรวม การกระจายตัวของขนาดคละ เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการดูแลจัดการความปลอดภัยของท้องถนน

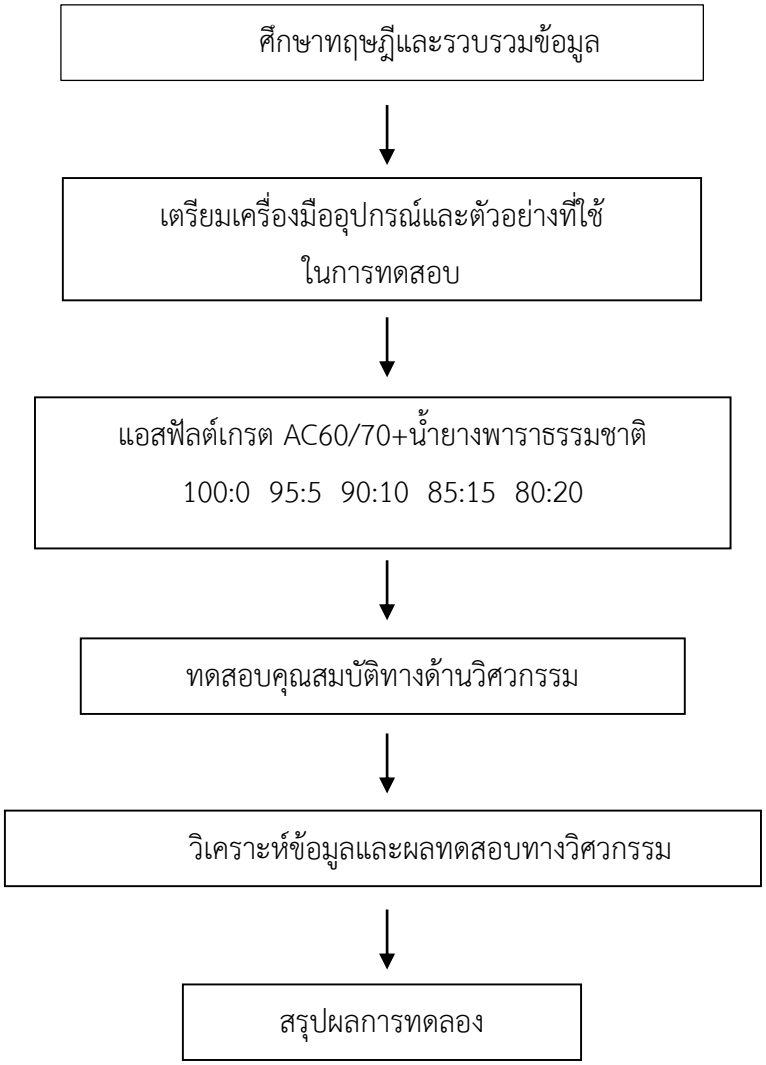
จากการทบทวนงานวิจัยข้างต้นนั้นแอสฟัลต์มีการปรับปรุงและพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการใช้พอลิเมอร์ วัสดุสังเคราะห์ และรวมไปถึงวัสดุธรรมชาติเพื่อนำมาทดลองปรับปรุงยกระดับในแอสฟัลต์มีคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น ซึ่งทางผู้วิจัยได้นำน้ำยางพาราธรรมชาติมาใช้ในกาปรับปรุงและทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมซึ่งจะมีการทดสอบดังบทที่ 3

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 กรอบการดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จรรลุตามวัตถุประสงค์นั้นทางผู้วิจับจึงได้แบ่งการทำงานออกเป็นห้าส่วนด้วยกันดังต่อไปนี้ (แสดงดังรูปที่ 3.1) ประกอบด้วย

- การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- การเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ
- การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทำการทดสอบ
- ทำการทดสอบหาคุณสมบัติต่างของแอสฟัลต์ซีเมนต์AC 60/70 ที่ผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาติ
- วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดสอบ
- การเสนอข้อเสนอเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติ



รูปที่ 3.1 กรอบการดำเนินงานวิจัย

3.2 การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษางานวิจัยและข้อมูลนั้นทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโดยแบ่งการศึกษาค้นคว้าเป็น 2 ประเภทหลักๆได้แก่ การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และการทบทวนงานวิจัยที่ได้ทำมาก่อนหน้าเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับการทำงานวิจัย

1.การทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

- แอสฟัลต์ซีเมนต์AC 60/70
- น้ำยางพาราธรรมชาติ

2.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- การน้ำยางพารามาใช้ในงานถนน
- การปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยใช้น้ำยางพาราธรรมชาติ
- การศึกษาเกี่ยวกับความต้านทานการลื่นไถลของถนน

3.3 ขั้นตอนการผสมแอสฟัลต์ซีเมนต์กับน้ำยางพารา

ในขั้นตอนการทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ที่ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติ ทางผู้วิจัยต้องจัดเตรียมตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ผสมด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการทดสอบหาคุณสมบัติของต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

1. จัดเตรียมวัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์ 60/70 เพื่อนำมาใช้ในการผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาติ และนำมาทดสอบหาคุณสมบัติทางวิศวกรรม ของวัสดุดังกล่าว

2. จัดเตรียมน้ำยางพาราธรรมชาติ แล้วนำแอมโมเนียมาผสมที่ 0.15 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักยางเพื่อรักษาสภาพความเป็นน้ำยางเอาไว้ไม่ให้จับตัวเป็นก้อนยาง

3. จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับทำการผสมระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60/70 และน้ำยางพาราธรรมชาติ ซึ่งทางผู้วิจัยได้ใช้ ถ้วยสแตนเลสเป็นวัสดุที่ใชในการผสมเพราะมีปากภาชนะที่กว้าง ทำให้การผสมของวัสดุตัวอย่างทำได้ง่าย

4. เมื่อจัดเตรียมอุปกรณ์และวัสดุต่างๆแล้วนั้น ทางผู้วิจัยจึงทำการนำวัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60/70 ไปให้ความร้อนเพื่อที่จะทำการแบ่งมาใส่ภาชนะสำหรับผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาติตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้

5. หลังจากที่แบ่งวัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60/70 แล้วรอให้วัสดุดังกล่าวเย็นตัวลงแล้ว จึงนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาอัตราส่วนที่จะใช้ผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาติต่อไป

6. จัดเตรียมน้ำยางพาราธรรมชาติมาชั่งน้ำหนักเพื่อที่จะใช้ผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์AC 60/70 โดยแยกภาชนะเอาไว้เพื่อที่จะใช้ผสมตอนให้ความร้อน

7. นำแอสฟัลต์ซีเมนต์AC 60/70 มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ ประมาณ 90 องศาเซลเซียส เมื่อแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60/70 เริ่มหลอมละลายกลายเป็นของเหลวแล้วจึงนำน้ำยางพาราธรรมชาติมาผสมโดยค่อยๆทำการเติมลงไปที่ละนิดแล้วทำการกวนผสมให้เข้ากันและลดการเกิดฟองอากาศ ซึ่งฟองอากาศนั้นจะทำให้เกิดการการปะทุของแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60/70 ซึ่งทำให้เป็นอันตรายต่อผู้ผสมได้ดังนั้นจึงต้องทำการกวนผสมอยู่ตลอดเวลาระหว่างการผสม

8. เมื่อทำการผสมวัสดุดังกล่าวจนเข้ากันเป็นเนื้อเดียวแล้วให้นำวัสดุตัวอย่างดังกล่าวพักไว้ให้เย็นตัวลงเพื่อนจะนำไปใช้ในการทดสอบหาคุณสมบัติต่างๆต่อไป โดยทางผู้วิจัยได้กำหนดอัตราส่วนที่จะใช้ในการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การออกแบบอัตราส่วนของแอสฟัลต์ซีเมนต์AC 60/70 กับน้ำยางพาราธรรมชาติ

ตัวอย่าง	ปริมาณร้อยละ (โดยน้ำหนัก)		สัญลักษณ์
	แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC60/70	น้ำยางพารา	
1	100	0	AC 100:0
2	95	5	AC 95:5
3	90	10	AC 90:10
4	85	15	AC 85:15
5	80	20	AC 80:20

จากขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่กล่าวมาข้างต้นนั้นทางผู้วิจัยได้จัดเตรียมตัวอย่างในเพื่อนำมาใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมโดยมีอัตราส่วนการผสมระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์กับน้ำยางพาราธรรมชาติดังที่แสดงในตาราง 3.1 และมีจำนวนชุดตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบแสดงในตารางที่ 3.2 พร้อมทั้งมาตรฐานสำหรับงานการทดสอบทางด้านวิศวกรรมของแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60/70 ซึ่งแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 จำนวนชุดตัวอย่างในการทดสอบ

การทดลอง	ปริมาณร้อยละของแอสฟัลต์ : น้ำยางพารา				
	100 : 0	95 : 5	90 : 10	85 : 15	80 : 20
การทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม	3	3	3	3	3
การทดสอบจุดอ่อนตัว	3	3	3	3	3
การทดสอบการยืดตัว	3	3	3	3	3
การทดสอบจุดวาบไฟ	3	3	3	3	3
การทดสอบร้อยละการหลุดลอก	1	1	1	1	1
การทดสอบเอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์	5	5	5	5	5
การทดสอบความต้านทานการลื่นไถล	3	3	3	3	3
รวมตัวอย่างทดสอบทั้งหมด	105				

ตารางที่ 3.3 มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ซีเมนต์AC 60/70

ลำดับ	รายละเอียด	มาตรฐานที่ใช้ทดสอบ
1.	การทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม (Penetration Test)	ทล.-ท.403/2518 ,ASTM : D5-73
2.	การทดสอบจุดอ่อนตัว (Softening Point Test)	ASTM : D2398-76
3.	การทดสอบการยืดตัว (Ductility Test)	ทล.-ท.405/2519 , ASTM : D113-69
4.	การ ทดสอบการจุดวาบไฟ (Flash point by Cleveland open Cup)	ทล.-ท.405/2519 , ASTM : D92-77
5.	การทดสอบการหลุดลอก (Resistance to Stripping of Aggregates and Binder)	ทล.-ท.605/2518
6.	การทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตมิกซ์โดยวิธีมาร์แชล Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus	ทล.-ท.604/2517 , ASTM : D1559-76
7.	การวัดค่าความต้านทานการไถลของผิวจราจร (Measuring skid resistance of road surface)	ASTM : E303-83

ที่มา : เวปไซด์กรมทางหลวง (2559)

3.3.1 การทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม (Penetration Test)

การทดสอบเพนิเทรชันเป็นวิธีการทดสอบการวัดความข้นเหลวของแอสฟัลต์ ที่มีสภาพของเนื้อวัสดุแอสฟัลต์เป็นของแข็งหรือกึ่งแข็ง ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) โดยใช้ข้อกำหนด ASTM : D5-73 เป็นเกฑณ์สำหรับทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดสอบ

1. ภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบรูปทรงกระอกซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร สูง 35 มิลลิเมตร

2. อ่างน้ำซึ่งภายในต้องบรรจุน้ำที่ อุณหภูมิห้อง และสามารถใส่น้ำได้อย่างน้อย 10 ลิตร

3. เครื่องทดสอบเพนิเทรชัน (Penetration Apparatus)

4. . ภาชนะย้ายตัวอย่าง (Transfer Dish) ใช้เคลื่อนย้ายตัวอย่างในระหว่างการทดสอบ

5. เทอร์โมมิเตอร์และนาฬิกาจับเวลา

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างไปให้ความร้อนซึ่ง ไม่ควรให้อุณหภูมิสูงกว่า 90°C ให้ความร้อนประมาณ 30 นาที และทำการคนเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดฟองอากาศ

2. นำตัวอย่างแอสฟัลต์เทลงไปในภาชนะสำหรับทำการทดสอบให้มีปริมาณและความลึกมากพอที่จะทำการทดสอบ ปล่อยให้อุณหภูมิลดลงจนถึง 25 – 30 °ประมาณ 1ชั่วโมง 30นาที แล้วนำไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 25 °C ประมาณ 1 ชั่วโมง

วิธีการทดสอบ

1. จัดเตรียมเครื่องมือสำหรับทำการทดสอบให้พร้อมใช้งาน

2. นำภาชนะบรรจุตัวอย่างใส่ลงในภาชนะวำหรับย้ายตัวอย่าง ซึ่งบรรจุน้ำจากอ่างควบคุมอุณหภูมิซึ่งมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสแล้ววางภาชนะย้ายตัวอย่างตั้งบนเครื่องมือ แล้วทำการทดสอบทันที

3. ปรับเครื่องมือให้เข็มมาตรฐานที่มีน้ำหนัก 100 กรัม สัมผัสกับผิวของแอสฟัลต์ในภาชนะตัวอย่างพอดี จากนั้นปล่อยเข็มให้จมลงในตัวอย่างแอสฟัลต์ในระยะเวลา 5 วินาที จากนั้นวัดค่าระยะที่จมในหน่วย 0.1 มิลลิเมตร

4. ให้ทำการทดสอบตัวอย่างอย่างน้อย 3 ครั้ง ในตำแหน่งที่ห่างกันอย่างน้อย 10มิลลิเมตร

3.3.2 การทดสอบจุดอ่อนตัว (Softening Point Test)

จุดอ่อนตัวคืออุณหภูมิที่เปลี่ยนไปโดยส่งผลต่อค่าความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพของวัสดุแอสฟัลต์ ให้เปลี่ยนแปลงสภาพโดยใช้ข้อกำหนด ASTM : D2398-76 เป็นเกฑณ์สำหรับทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดสอบ

1.ชุดทดสอบซึ่งประกอบไปด้วย วงแหวน (Rings) จำนวน 2 วง แผ่นรอง (Pouring Plate) ลูกปืน (Balls) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 มิลลิเมตร จำนวน 2 ลูก ตัวนำศูนย์ (Ball Centering Guides) ทำด้วยทองเหลือง ใช้สำหรับบังคับลูกปืนให้วางอยู่ตรงศูนย์กลางวงแหวน

2. กระบอกแก้ว (Bath) หรืออาจใช้บีกเกอร์ทนความร้อนขนาด 800 มิลลิลิตร

3. เทอร์โมมิเตอร์

4. เครื่องให้ความร้อน โดยเพิ่มอัตราการให้ความร้อนได้

การเตรียมตัวอย่าง

1. ทำการให้ความร้อนกับตัวอย่างแอสฟัลต์ จนกระทั่งเหลวสามารถเทได้ง่าย

2. ให้ความร้อนวงแหวนทองเหลืองทั้งสองวง จนมีอุณหภูมิใกล้เคียงอุณหภูมิตัวอย่าง

3. วางวงแหวนทองเหลืองบนแผ่นรอง

4. เทตัวอย่างลงในวงแหวนให้พอดีกับขนาดวงแหวน

5. หลังจากตัวอย่างเย็นลง ให้ใช้มีดไปเผาแล้วมาปาดส่วนเกินออก

วิธีการทดสอบ

1. จัดเตรียมชุดอุปกรณ์และติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์

2. เติมของน้ำในกระบอกแก้ว

3. นำจัวอย่างวงแหวนที่เตรียมไว้ใส่ในกระบอกแก้ว จากนั้นนำไปวางบนอุปกรณ์ให้ความร้อน โดยเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นด้วยอัตรา 5°C ต่อนาที

4. อ่านอุณหภูมิเมื่อลูกบอลทั้งสองตกลงพร้อมกันโดยค่าที่ได้ต้องมีอุณหภูมิไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส

3.3.3 การทดสอบการยืดตัว (Ductility Test)

การยืดตัวของแอสฟัลต์คือความสามารถของแอสฟัลต์ที่จะแสดงถึงการต้านทานการเปลี่ยนสภาพของวัสดุจากพลาสติกไปเป็นแข็งกระด้างโดยใช้ข้อกำหนด ASTM : D113-69 เป็นเกฑณ์สำหรับทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดสอบ

1. เบ้าทองเหลือง มีลักษณะคล้ายเกือกม้าใช้ในการบรรจุแอสฟัลต์ที่ใช้ทดสอบ
2. อ่างน้ำสำหรับทำการทดสอบ
3. ชุดอุปกรณ์สำหรับการทดสอบเพื่อใช้ในการดึงให้แอสฟัลต์ค่อยๆขาดออกจากกันด้วยความเร็วประมาณ 5เซนติเมตรต่อวินาที

การเตรียมตัวอย่าง

1. ทำการประกอบเบ้าตัวอย่างเพื่อใช้สำหรับใส่ตัวอย่างแอสฟัลต์
2. นำตัวอย่างไปให้ความร้อนเพื่อที่จะได้นำมาใส่ในเบ้าตัวอย่าง
3. นำมีดไปให้ความร้อนจากนั้นจึงใช้มาปาดตัวอย่างเพื่อให้ผิวหน้าตัวอย่างพอดีกับเบ้า
4. ทิ้งให้เย็นตัวลงแล้วจึงนำไปติดตั้งที่ชุดทดสอบแล้วทำการทดสอบ

วิธีการทดสอบ

1. นำตัวอย่างที่พร้อมสำหรับการทดสอบมาติดตั้งไว้ที่เครื่องเพื่อนทำการทดสอบ
2. นำห่วงมาเกี่ยวกับยึดกับเดือยเพื่อเตรียมพร้อมสพหรับการดึง
3. เริ่มดึงเครื่องตัวอย่างโดยใช้ความเร็วคงที่ 5 เซนติเมตรต่อนาที
4. ทำการจดบันทึกค่าที่ได้เมื่อวัสดุแอสฟัลต์ขาดออกจากกัน

3.3.4 การทดสอบการจุดวาบ (Flash point Test)

แอสฟัลต์เมื่อได้รับความร้อนในอุณหภูมิที่สูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของแอสฟัลต์เป็นไอและระเหยออกมา ซึ่งเมื่อไอที่ได้ระเหยออกมาสัมผัสกับเปลวไฟก็จะทำให้เกิดไฟประกายไฟที่วาบขึ้นซึ่งถือเป็นสิ่งที่อัตราย ดังนั้นการทดสอบหาจุดวาบไฟจึงมีความสำคัญที่จะหาอุณหภูมิที่ไม่ทำให้เกิดประกายไฟในขณะทำการให้ความร้อนแอสฟัลต์เวลาผสมโดยใช้ข้อกำหนด ASTM : D92-77 เป็นเกฑณ์สำหรับทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดสอบ

1. อุปกรณ์ Cleveland Open Cup ซึ่งในอุปกรณ์นี้จะประกอบไปด้วย
    - ถ้วยทดสอบ
    - แผ่นโลหะให้ความร้อน
    - ที่จุดเปลวไฟทดสอบ
    - เตาให้ความร้อน
    - อุปกรณ์ยึดเทอร์โมมิเตอนร์และเทอร์โมมิเตอร์
    - ที่กำบังลม

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างแอสฟัลต์ไปให้ความร้อน
2. นำตัวแอสฟัลต์มาเทใส่ถ้วยทดสอบ
3. ทำการติดตั้งถ้วยทดสอบกับอุปกรณ์การทดสอบ

วิธีการทดสอบ

1. เทตัวอย่างใส่ถ้วย ให้พอดีกับถ้วย
2. กำจัดฟองอากาศบริเวณผิวหน้าของตัวอย่าง
3. ทำการจุดไฟที่ท่อจุดไฟและปรับขนาดของเปลวไฟให้มีขนาด 3.2-4.8 มิลลิเมตร
4. ให้ความร้อนกับตัวอย่างในอัตรา 14-14 องศาเซลเซียสต่อนาทีแล้วเมื่ออุณหภูมิใกล้จุดวาปไฟให้ลดลงมาเหลือ 5 องศาเซลเซียสต่อวินาที
5. เมื่อใกล้ถึงจุดวาปไฟให้ใช้เปลวไฟผ่านถ้วยทดสอบทุกๆ 2 องศาเซลเซียส
6. อ่านค่าเมื่อเกิดประกายไฟขึ้น

3.3.5 การทดสอบการหลุดลอก (Stripping Test)

การหลุดลอกของมวลรวมจากแอสฟัลต์นั้น เกิดขึ้นได้หลายกรณี เช่นฝนตก ถนนชำรุด การจราจรมากเกินไป การเสื่อมสภาพของแอสฟัลต์หรือแม้แต่วัสดุมวลรวมเอง ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบ่อนที่จะนำมาใช้จริงโดยใช้ข้อกำหนด ทล.-ท.605/2518 เป็นเกฑณ์สำหรับทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดสอบ

1. ถาดสำหรับทำการทดสอบ
2. เตาอบสำหรับอบถาดตัวอย่าง
3. อ่างน้ำ
4. คีมปากจิ้งจก

การเตรียมตัวอย่าง

1. เตรียมมวลรวมที่แห้งและไม่มีฝุ่นมากกเกินไป
2. เตรียมให้ความร้อนแก่แอสฟัลต์แล้วนำไปเทในถาด
3. นำหินมาวางบนถาดที่มีแอสฟลัต์เพื่อจะนำไปทำดารทดลองต่อไป

วิธีการทดสอบ

1. หลังจากเตรียมถาดที่มีวัสดุมวลรวมวางอยู่บนแอสฟัลต์แล้วไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. นำตัวอย่างดังกล่าวไปแช่น้ำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 4 วัน
3. นำตัวอย่างดังกล่าวไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียา อีก 1ชั่วโมง
4. หลังจากนั้นให้ใช้คีมดึงออกทีละก้อนโดยใช้แรงดึงที่เท่าๆกัน
5. พิจารณาว่ามวลรวมแต่ละก้อนนั้นติดแอสฟัลต์มามากน้อยเท่าไหร่ซึ่งจะมีคะแนนบอกดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 คะแนนแอสฟัลต์ที่เคลือบผิวหน้า

ลักษณะที่แอสฟัลต์เคลือบผิวหน้า	คะแนน
ไม่มีแอสฟัลต์เคลือบ	1
แอสฟัลต์เคลือบน้อยกว่าครึ่งหน้า	0.75
แอสฟัลต์เคลือบครึ่งหน้า	0.50
แอสฟัลต์เคลือบมากกว่าครึ่งหน้า	0.25
แอสฟัลต์เคลือบเต็มหน้า	0

ที่มา : ทล.-ท.605/2518

3.3.6 การทดสอบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ (Test for Asphaltic Concrete by Marshall's Method)

เป็นการทดสอบหาเสถียรภาพกับการไหล (Stability Flow Test) และโดยวิเคราะห์ความหนาแน่นกับช่องว่างภายในส่วนผสม (Density Voids Analysis) แอสฟัลต์คอนกรีต โดยใช้เกณฑ์ ASTM : D1559-76 เป็นเกณฑ์ในการทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดสอบ

1. เครื่องมือทดสอบของมาร์แชลล์ (Marshall Testing Machine)
2. Dial gauge ใช้หาค่าการไหลของตัวอย่าง อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 และ 0.01 มิลลิเมตร
3. เครื่องดันก้อนตัวอย่าง (Marshall Sample Ejector)
4. ภาชนะ สำหรับใส่มวลร้อน
5. ถ้วยโลหะสำหรับผสมมวลรวมกับแอสฟัลต์
6. เตาอบ
7. เทอร์โมมิเตอร์
8. เครื่องชั่งน้ำหนัก
9. ช้อนผสมหรือเกรียนโลหะ
10. ถุงมือหนัง สำหรับหยิบจับเครื่องมือที่มีอุณหภูมิสูง
11. เครื่องผสม (Mechanical Mixer) ความจุไม่ต่ำกว่า 4 ลิตร
12. อ่างควบคุมอุณหภูมิน้ำ
13. แท่นรองสำหรับบดอัด (Compaction Pedestal)
14. แบบหล่อสำหรับบดอัดขึ้นรูป (Compaction Mold)
15. ค้อนบดอัด (Compaction Hammer) มีตุ้มน้ำหนัก 4.5 กิโลกรัม

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำมวลรวมไปอบ โดยอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส แล้วแยกมวลรวมออกเป็นขนาดต่าง ๆ โดยร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ตามสัดส่วนขนาดที่ต้องการ

2.นำตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติไปให้ความร้อน

3. นำมวลรวมไปอบในเตาอบ ณ อุณหภูมิประมาณ 160 องศาเซลเซียส

4. เทมวลรวมจำนวน 1200 กรัม แล้วทำการผสมกับตัวแอสฟัลต์ที่ผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาติโดยคลุกให้เข้ากัน

5. เตรียมแบบหล่อและค้อนบดอัดโดยนำไปทำให้ร้อนโดยการอบหรือวางบนแผ่นร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 140 องศาเซลเซียส และวางกระดาษก่อนที่จะเทแอสฟัลต์คอนกรีตลงไปในแบบ

6. เทส่วนผสมทั้งหมดลงในแบบหล่อ

7. ทำการอดอัดด้วยค้อนบดอัดที่มีน้ำหนัก 4.5 กิโลกรัม ระยะตกกระทบ 45 เซนติเมตร จำนวนโดยครั้งบดอัดขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจรของผิวทาง (ปริมาณจราจรมาก 75 ครั้ง ปานกลาง 50 ครั้ง น้อย 35 ครั้ง) หลังจากบดอัดเสร็จจึงปล่อยให้ก้อนตัวอย่างเย็นลง

8. ใช้เครื่องดันตัวอย่างดันตัวอย่างออกจากแบบเพื่อที่จะได้ก้อนตัวอย่าง

การทดสอบ

การหาปริมาตรและความหนาแน่นรวมของก้อนตัวอย่าง

1. ภายหลังจากการบดอัดตัวอย่างเสร็จ ทิ้งตัวอย่างให้เย็นภายใต้อุณหภูมิห้อง และทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างซึ่งน้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักแห้ง (Weight of Sample in Air)

2. นำตัวอย่างไปแช่น้ำที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งน้ำหนักในน้ำ (Weight of Sample in Water)

3. นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำ เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้ง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างจะได้น้ำหนักผิวแห้ง (Weight of Saturated Sample and Dry Surface)

การทดสอบเสถียรภาพและการทดสอบการไหล

2.1 ติดตั้ง Dial gauge ที่เครื่องทดสอบ

2.2 แช่ตัวอย่างในอ่างน้ำที่มีอุณหภูมิ 60°C เป็นเวลาประมาณ 30 นาที

2.3 ให้นำตัวอย่างทดสอบขึ้นจากอ่างควบคุมอุณหภูมิ แล้วนำไปวางในบนแท่นสำหรับทดสอบแล้วกดเครื่องมือสอบสอบพร้อมทั้งจดบันทึกค่าเมื่อเกิดการวิบัติโดยจดค่า เสถียรภาพและการไหล

2.4 กดเครื่องมือสอบสอบพร้อมทั้งจดบันทึกค่าเมื่อเกิดการวิบัติโดยจดค่า เสถียรภาพและการไหล

3.3.7 การวัดค่าความต้านทานการไถลของผิวจราจร(Measuring skid resistance of road surface)

ผิวจราจรนั้นชั้นบนสุดของผิวจะถูกการเสียดสีและชำรุดเรื่องจากวัสดุมวลรวมหลุดจากตัวผิวหรือชำรุดเสื่มสภาพเนื่องากการใช้งานทำให้ถนนเกิดการลื่นขึ้นได้ซึ่งสามารถทดสอบโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า บริติชเพนดูลั่มเทสเตอร์ เป็นการวัดค่าความต้านทานการลื่นไถล โดยใช้เกณฑ์ ASTM : E303-83 เป็นเกณฑ์ในการทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดสอบ

1. เครื่องวัดบริติชเพนดูลั่มเทสเตอร์
2. น้ำ
3. เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ

การเตรียมตัวอย่าง

ในการเตรียมตัวอย่างนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการนำก้อนตัวอย่างของการทดสอบค่าเสียรภาพและการไหลมาใช้ในการทดสอบหาค่าความต้านทานการลื่นไถล ดังนั้นในการเตรียมก้อนตัวอย่างของการทดลองนี้จึงมีลักษณะเดียวกันกับการทดสอบการทดสอบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ซึ่งเมื่อได้ก้อนตัวอย่างแล้วให้นำก้อนตัวอย่างไปยึดตรึงไว้กับแท่นจับวัตถุเพื่อไม่ให้ก้อนตัวอย่างเลื่อนระหว่างการทดสอบ

วิธีการทดสอบ

1. ติดตั้งเครื่องวัดบริติชเพนดูลั่มเทสเตอร์
2. ทำการปรับลูกน้ำให้อยู่ตรงกลางเครื่องมือ
3. ปรับเครื่องวัดให้ผิวยางของตัวเครื่องสัมผัสกับผิวของก้อนตัวอย่างพอดี
4. ทำการล๊อคลูกตุ้มเพื่อเตรียมพร้อมที่จะปล่อย
5. ทำการรดน้ำก้อนตัวอย่างแล้วทำการแกว่ง
6. จดบันทึกค่าที่ได้จากการทดสอบ

จากการกระบวนการและแผนการสำหรับทำการทดสอบวัสดุแอสฟัลต์ที่ทำการผสมโดยน้ำยางพาราธรรมชาติเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการทดสอบและแสดงผลในบทที่ 4 ต่อไป

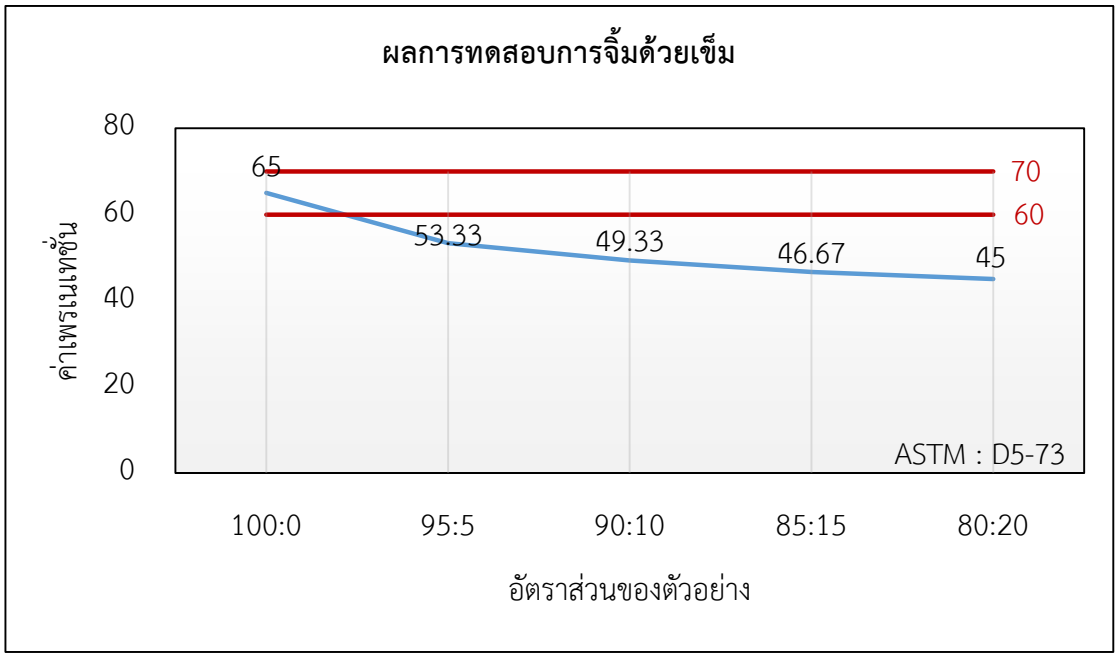
บทที่ 4
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติ

4.1 ผลการทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม (Penetration Test)

ในการทดสอบการจิ้มด้วยเข็มเมื่อน้ำแอสฟัลต์ซีเมนต์ผสมกับน้ำยางพาราจะมีผล ทำให้ค่าเพรเนเทชั่นต่ำลงซึ่งแสดงว่าน้ำยางพาราธรรมชาติเป็นปัจจัยโดยตรงที่ส่งผลต่อแอสฟัลต์ซีเมนต์ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม

ตัวอย่าง	ผลทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม		
100:0	65.33	65	65
95:5	51.67	53	53.33
90:10	50	49.33	49.33
85:15	46	46.67	46.67
80:20	44.67	44.67	45



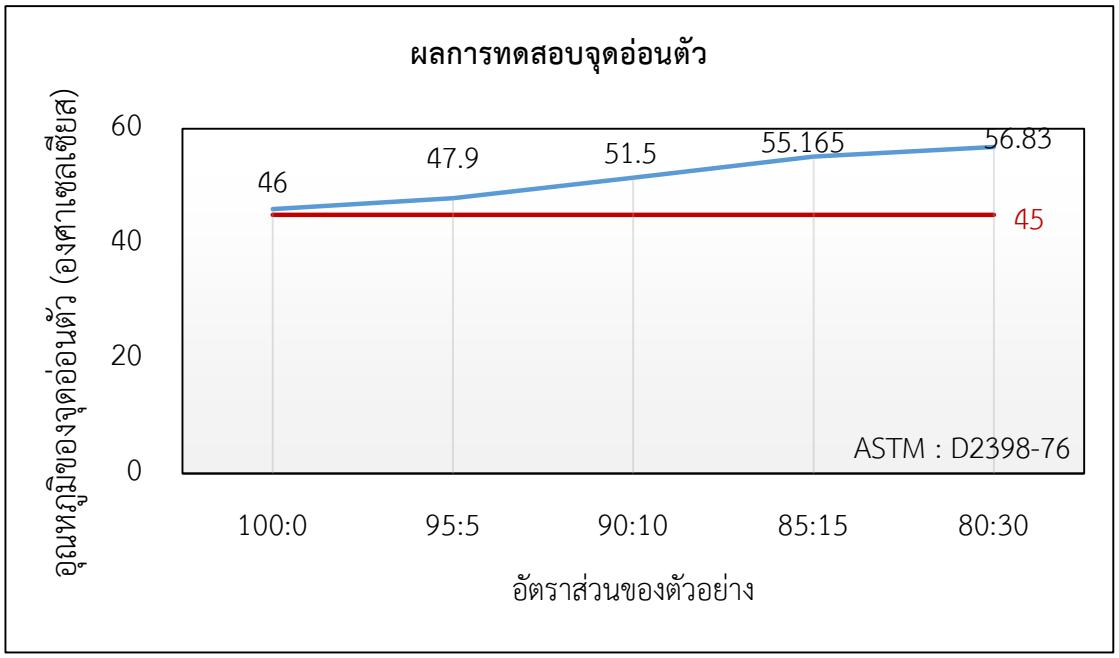
รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม

4.2 ผลการทดสอบจุดอ่อนตัว (Softening Point Test)

ในการทดสอบจุดอ่อนตัวเมื่อน้ำแอสฟัลต์ซีเมนต์ผสมกับน้ำยางพาราจะมีผล ทำให้ค่าของอุณหภูมิจุดอ่อนตัวสูงขึ้นซึ่งแสดงว่าน้ำยางพาราธรรมชาติเป็นปัจจัยโดยตรงที่ส่งผลต่อแอสฟัลต์ซีเมนต์ทำให้มีค่าจุดอ่อนตัวที่สูงขึ้นซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบจุดอ่อนตัว

ตัวอย่าง	อุณหภูมิจุดอ่อนตัว		เฉลี่ย
100:0	46	46	46
95:5	47.3	48	47.9
90:10	51.50	51.50	51.50
85:15	55	55.33	55.165
80:20	56.83	56.83	56.83



รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบจุดอ่อนตัว

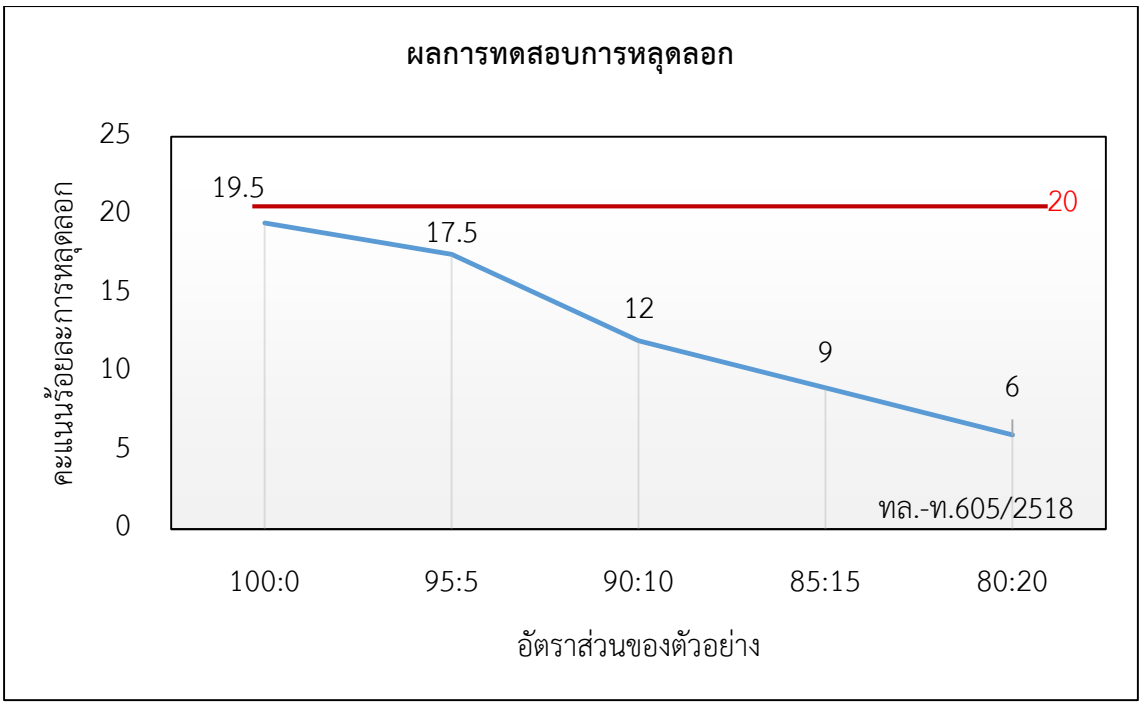
4.3 ผลการทดสอบการหลุดลอก (Stripping Test)

ในการทดสอบหาร้อยละการหลุดลอกนั้นตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ได้ทำการผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาติมีผลช่วยทำให้แอสฟัลต์ติดกับผิวหน้าของวัสดุมวลรวมดีขึ้นเป็นอย่างมากทำให้การยึดเกาะระหว่างแอสฟัลต์กับวัสดุมวลรวมมีการประสานที่ดียิ่งขึ้นโดยแอสฟัลต์ที่ไม่ได้ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติเมื่อพาไปทดสอบพบว่ามีร้อยละการหลุดลอกอยู่ที่ 19.5ส่วนอัตราส่วนที่ได้ทำการผสมน้ำยางพาราธรรมชิที่อันตาส่วนร้อยละ 5, 10, 15, 20 และมีค่าร้อยละการหลุดลอกที่ 17.5, 12, 9, 6 ตามลำดับ ซึ่งแสดงดังตาราที่ 4.3 และ รูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คะแนนการหลุดลอก

ตัวอย่าง	100:0	95:5	90:10	85:15	80:20
1	0	0.25	0.25	0.25	0
2	0.25	0	0	0	0
3	0	0.5	0.25	0	0.25
4	0.25	0	0	0.25	0
5	0	0	0	0.25	0
6	0.25	0.25	0.25	0	0
7	0	0.25	0.25	0	0
8	0	0	0	0.25	0
9	0	0.75	0	0	0
10	0.25	0.5	0.25	0.25	0.25
11	0.5	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0.25	0.25	0	0	0
14	0	0	0	0.25	0.25
15	0.5	0	0	0	0
16	0	0.25	0.25	0.25	0
17	0	0.25	0.25	0	0
18	0.25	0	0	0.25	0.25
19	0.25	0.75	0	0	0
20	0	0.5	0.25	0	0
21	0.75	0	0.5	0	0
22	0.5	0.25	0	0	0.25
23	0	0.25	0.25	0.25	0
24	0	0	0	0.25	0.25
25	0.25	0.5	0	0	0

ตัวอย่าง	100:0	95:5	90:10	85:15	80:20
26	0.25	0.25	0.25	0	0
27	0	0	0	0	0
28	0.25	0.25	0	0.25	0.25
29	0.25	0	0.25	0	0
30	0	0	0.25	0.25	0.5
31	0.25	0.25	0	0	0
32	0.25	0.25	0.25	0.25	0
33	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0.25
35	0.25	0.25	0.25	0	0
36	0.25	0.25	0	0.25	0
37	0.25	0.25	0.25	0.25	0
38	0.25	0.25	0	0	0
39	0	0	0.25	0	0
40	0.5	0.25	0	0	0
41	0.25	0	0	0	0
42	0	0.25	0	0.25	0.25
43	0.25	0	0.25	0.25	0
44	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0
46	0.25	0.25	0.25	0	0
47	0.25	0	0	0	0
48	0.75	0.5	0.5	0.25	0
49	0.75	0	0	0	0.25
50	0.25	0	0.5	0	0
คะแนน	9.75	8.75	6	4.5	3
ร้อยละการหลุดลอก	19.5	17.5	12	9	6



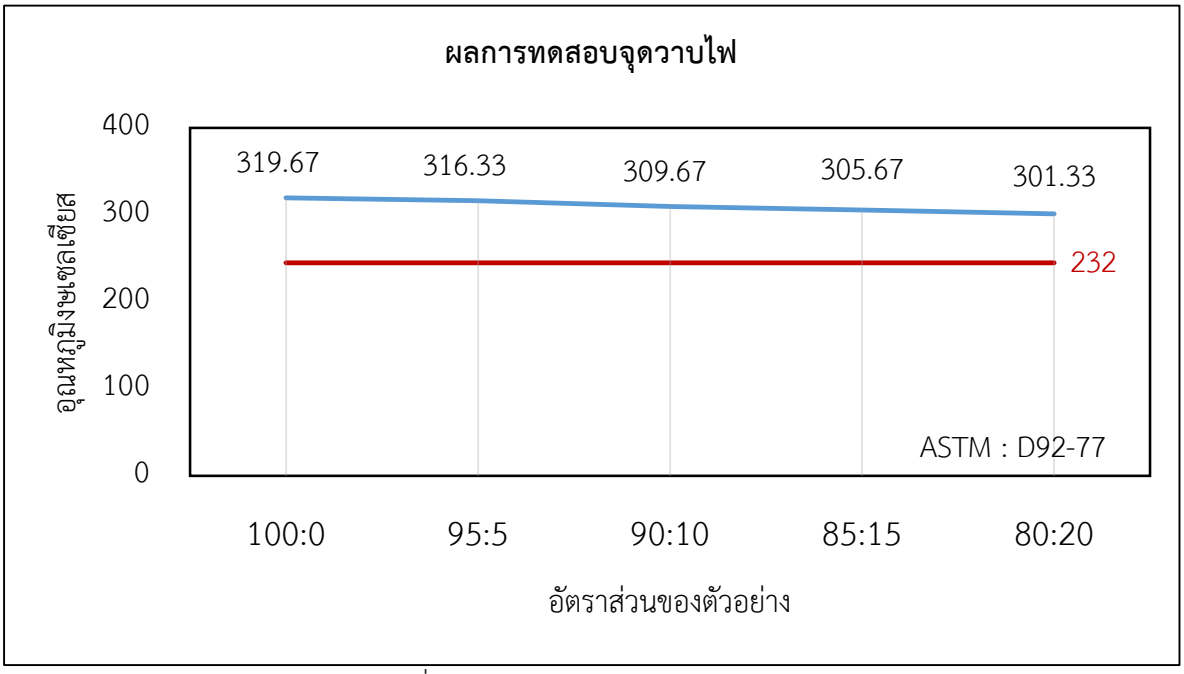
รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบการหลุดลอก

4.4 ผลการทดสอบจุดวาบไฟ (Flash Points Test)

ในการทดสอบจุดวาบไฟของตัวอย่างแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ผสมด้วยน้ำยางพาราธรรมชาตินั้นน้ำยางพาราธรรมชาติมีผลทำให้จุดวาบไฟมีอุณหภูมิที่ลดลง โดยแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ไม่ผสมน้ำยางพารามีอุณหภูมิของจุดวาบไฟที่ 319.67องศาเซลเซียสส่วนตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ผสม้วยน้ำยางพารา้อยละ 5, 10, 15, 20 มีอุณหภูมิจุดวาบไฟที่ 316.5, 309.67, 305.67, 301.33 ซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามลำดับซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.4 และ รูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบจุดวาบไฟ

ตัวอย่าง	อุณหภูมิของตัวอย่าง			เฉลี่ย
100:0	318	320	321	319.67
95:5	317	316	316	316.33
90:10	308	309	312	309.67
85:15	304	306	307	305.67
80:20	300	301	303	301.33



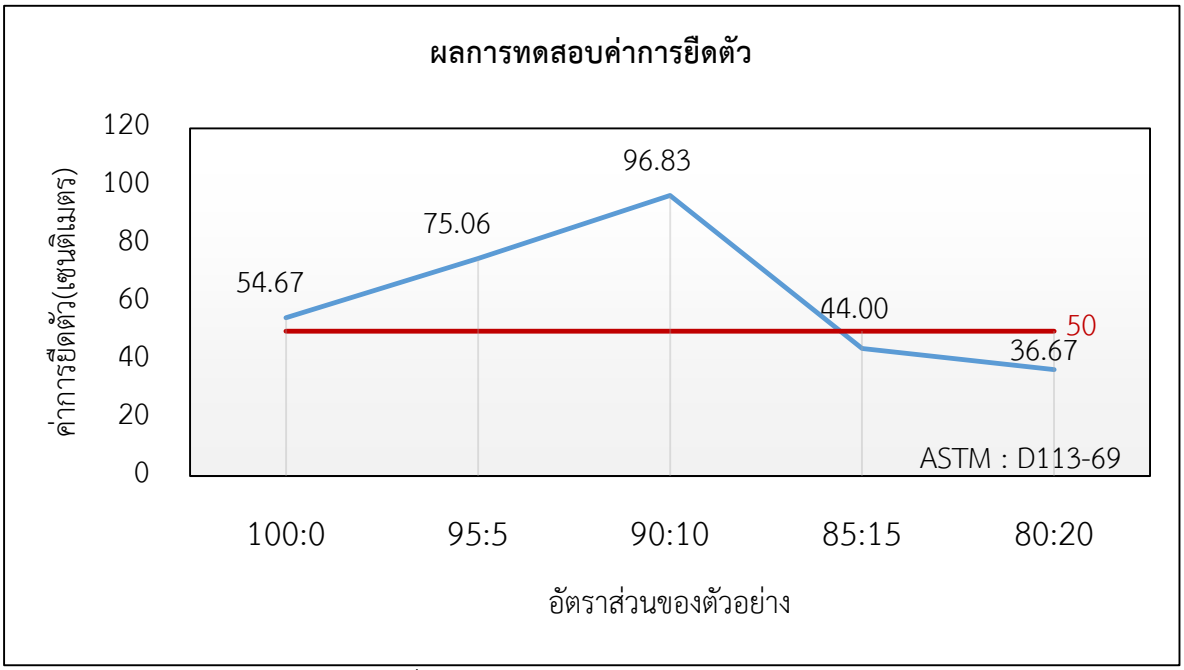
รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบจุดวาไฟ

4.5 ผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Ductility test)

ในการดสอบหาค่าการยืดตัวของตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ผสมด้วยน้ำยางพาราธรรมชาตินั้น เมื่อทำการทดสอบปรกฏว่า การใส่น้ำยางพาราธรรมชาติในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะส่งผลให้แอสฟัลต์มีการยืดตัวที่ดีขึ้นแต่ถ้าหากใส่มากเกินไปจะทำให้การยืดตัวแย่ลงซึ่งจากผลการทดลองแอสฟัลต์ที่ไม่ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติมีค่าการยืดตัว 54.67 เซนติเมตร ที่อัตราส่วนร้อยละ 5 มีค่าการยืดตัว 75.06 เซนติเมตร และที่ร้อยละ 10 มีค่าการยืดตัว 96.83 เซนติเมตร ส่วนเมื่อหาใส้น้ำยางพาราธรรมชาตไปจนถึงร้อยละ 15 จะทำให้ค่าการยืดตัวลดลงโดยมีค่าการยืดตัว 44 เซนติเมตร และเมื่อใส่น้ำยางพาราลงไปที่ร้อยละ 20 ก็จะมีค่าการยืดตัวที่ต่ำเพียง 36.67 เซนติเมตร โดยแสดงดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบหาค่าการยืดตัว

ตัวอย่าง	อุณหภูมิของตัวอย่าง			เฉลี่ย
100:0	**53**	**56**	55	54.67
95:5	73.8	74.6	77.6	75.06
90:10	95.5	98.3	96.7	96.83
85:15	43.2	41.6	47.2	44
80:20	35.6	36.8	37.9	36.67



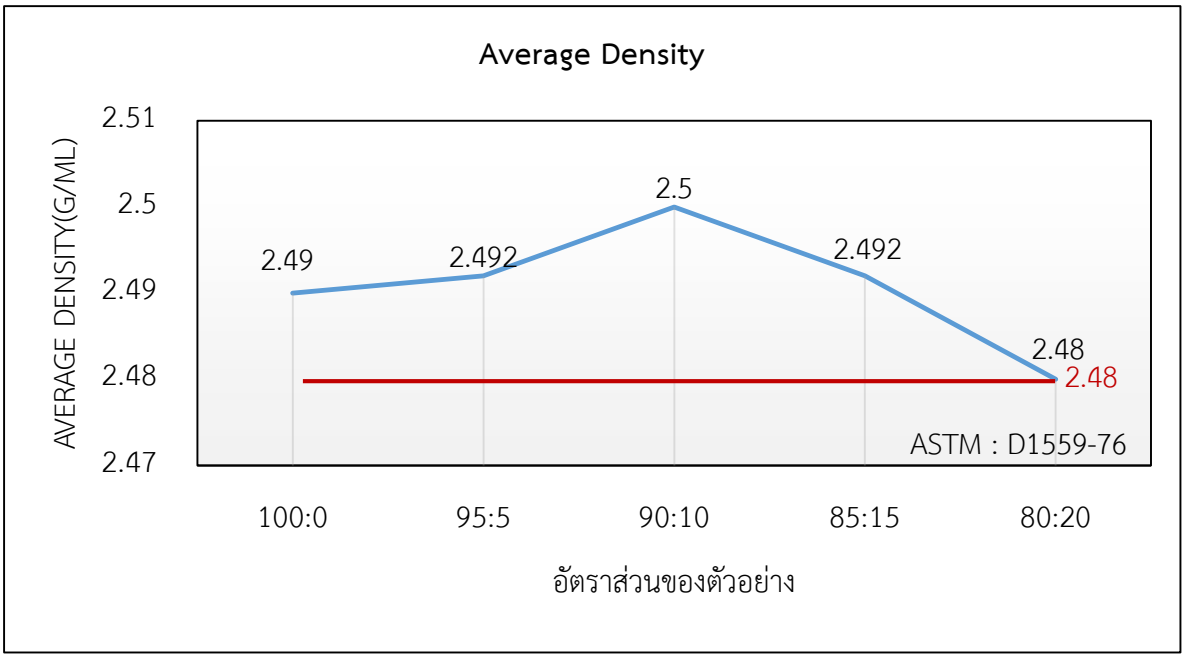
รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบการยืดตัว

4.6 การทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตมิกซ์โดยวิธีมาร์แชล (Test for Asphaltic Concrete by Marshall's Method)

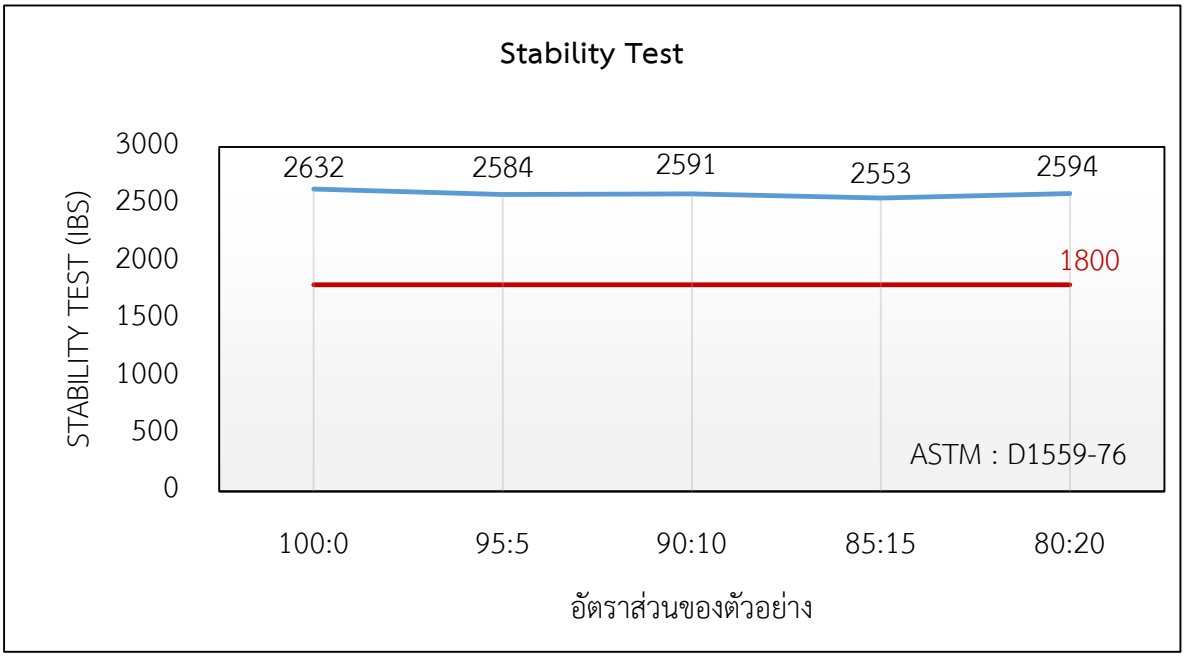
ในการทดสอบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ผสมน้ำยางพาราธรรมชาตินั้น เมื่อทำการชั่งน้ำหนักแห้งและน้ำหนักเปียกเพื่อทำการหาความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างซึ่งก้อนตัวอย่างที่ความหนาแน่นมากที่สุดคือก้อนตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของน้ำยางพาราที่ร้อยละ 10 ในส่วนของค่าเสถียรภาพเมื่อนำตัวอย่างไปกดนั้นค่าที่ได้ออกมานั้นมีค่าที่ไม่มีความสัมพันธ์กันซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใส่น้ำยางพาราธรรมชาติไม่มีผลต่อค่าเสถียรภาพของก้อนตัวอย่าง แต่ในส่วนของค่าการไหลนั้นเมื่อใส่น้ำยางพาราธรรมชาติเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าการไหลเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของน้ำยางพาราธรรมชาติ โดยแสดงผลดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.6-4.8

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตมิกซ์โดยวิธีมาร์แชล

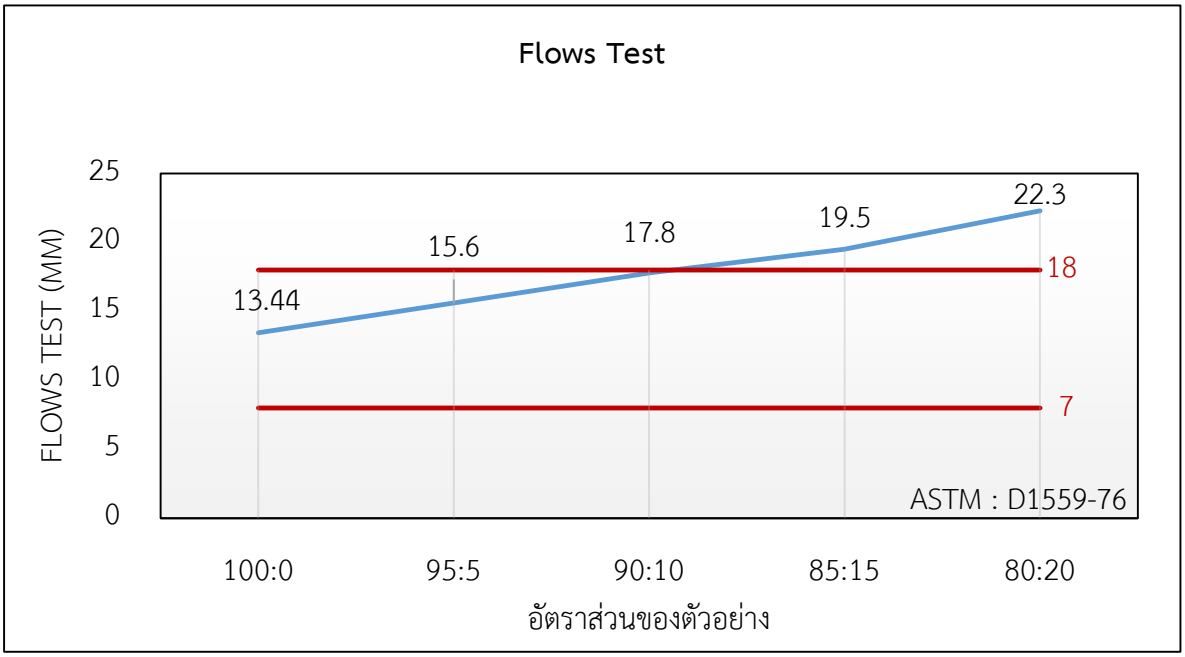
ตัวอย่าง	Average Density (g/ml)	Stability Test (lbs)	Flows Test (mm)
100:0	2.490	2632	13.44
95:5	2.492	2584	15.6
90:10	2.500	2591	17.8
85:15	2.492	2553	19.5
80:20	2.48	2594	22.3



รูปที่ 4.6 Average Density



รูปที่ 4.7 ค่าเสถียรภาพ



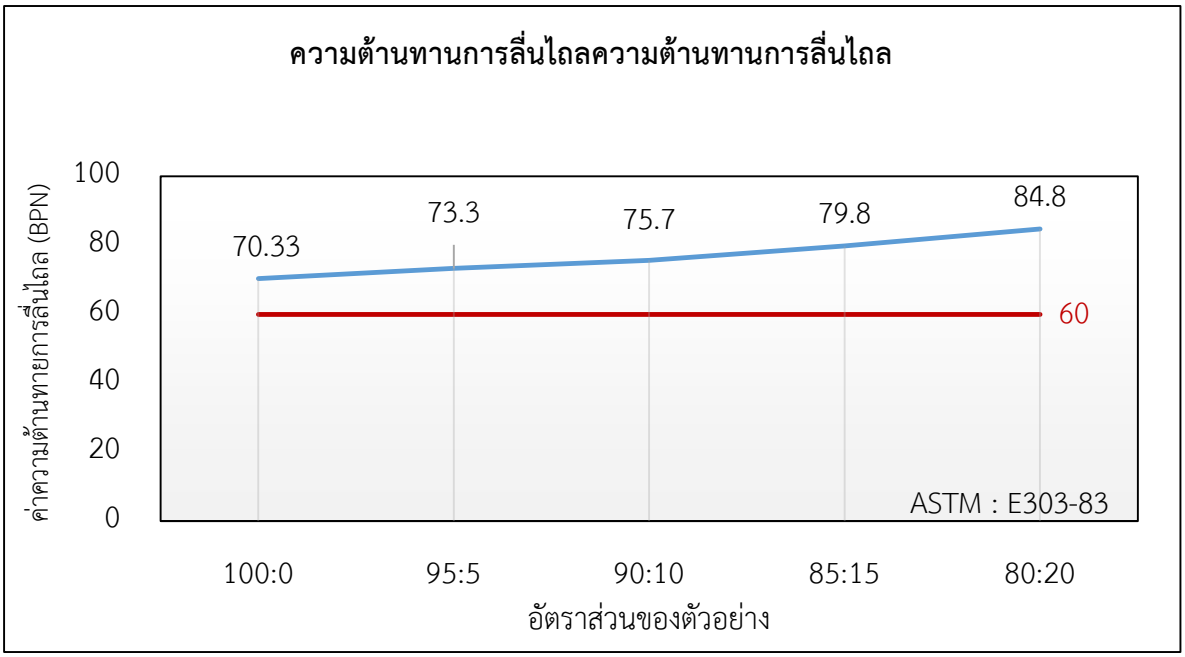
รูปที่ 4.8 ค่าการไหล

4.7 ผลการทดลองหาค่าความต้านทานการลื่นไถล (Measuring skid resistance of road surface)

ในการทดสอบความต้านทายการลื่นไถลของก้อนตัวอย่างนั้นเมื่อทำการทดสอบโดยการนำก้อนตัวอย่างไปติดตั้งกับแท่นจับวัตถุแล้วก็ทำการแกว่งเครื่องทดสอบผลปรากฏว่าค่าความต้านทานการลื่นไถลนั้นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอัตราส่วนของน้ำยางพาราธรรมชาติที่ใส่ลงไปในตัวอย่างโดยแสดงดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองหาค่าความต้านทานการลื่นไถล

ตัวอย่าง	ค่าความต้านทานการลื่นไถล(BPN)
100:0	70.33
95:5	73.3
90:10	75.7
85:15	79.8
80:20	84.8

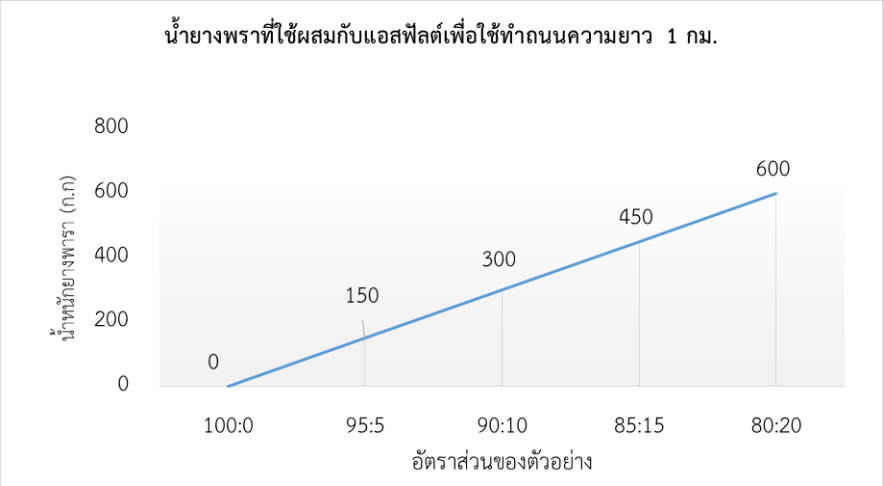


รูปที่ 4.9 ค่าความต้านทานการลื่นไถล

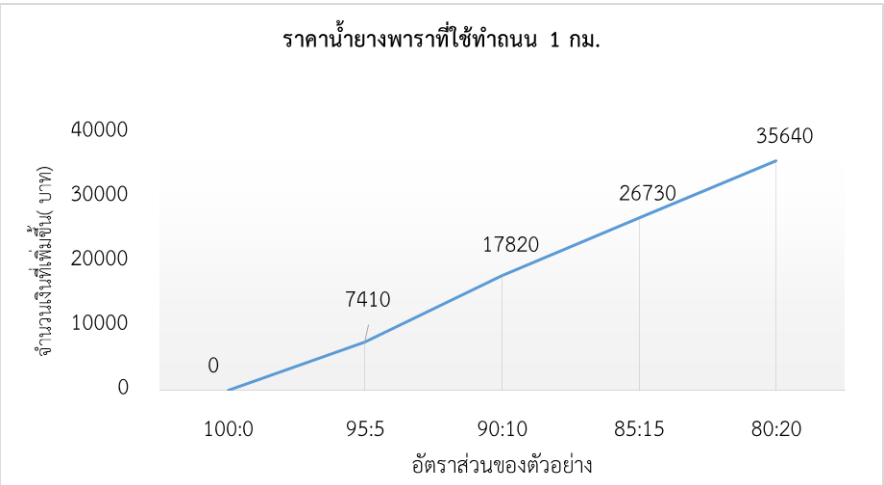
4.8 อัตราส่วนต่างของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการปรับปรุงแอสฟัลต์ซีเมนต์ด้วยน้ำยางพารา

ราคายางของน้ำยางพาราธรรมชาติตั้งแต่เดือน มกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 มีราคาที่ขึ้นลงตามตลาดซึ่งมีคาราเฉลี่ยนตลอด 9 เดือนอยู่ที่ราคา 59.48 บาทต่อกิโลกัรม

ในการก่อสร้างสถนนหากมีการก่อสร้างถนนที่มีความกว้าง 3 เมตร มีชั้นผิวทางหนา 10 เซนติเมตร และยาวเป็นจำนวน 1 กิโลเมตร นั้นจะมีค่าใช้จ่ายในส่วนของน้ำยางพาราที่ต้องใช้โดยอ้างอิงราคาเฉลี่ยเดือน มกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 ซึ่งมีราคาเฉลี่ยตลอด 9 เดือนอยู่ที่ 59.48 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งหากมีการก่อสร้างถนนี่ใช้น้ำยางพาราผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์จะมีราคาที่สูงขึ้นตามอัตราส่วนที่ใส่ลงไปในแอสฟัลต์ซีเมนต์ ซึ่งราคาที่เพิ่มมากที่สุดคือ35,640 บาท ซึ่งเป็นการผสมที่อัตราส่วนของน้ำยางพาราที่ร้อยละ 20



รูปที่ 4.10 ปริมาณน้ำยางพาราที่ผสมกับแอสฟัลต์เพื่อทำถนนยาว 1กม.



รูปที่ 4.11 ราคาน้ำยางพาราที่ใช้สำหรับก่อสร้างถนน 1 กม.

จากผลการทดสอบต่างๆข้างต้นนั้น ทางผู้วิจัยจึงได้สรุปผลการทดสอบทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติเป็นรูปแบบตารางซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.8 ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบในด้านต่างๆแล้วนั้นอัตราส่วนของน้ำยางพาราธรรมชาติที่สามารถใส่ลงไปในแอสฟัลต์ได้นั้นอยู่ที่ร้อยละ 10

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการทดสอบ

การทดสอบ	อัตราส่วนแอสฟัลต์ต่อน้ำยางพาราธรรมชาติ				
	100:0	95:5	90:10	85:15	80:20
การจิ้มด้วยเข็ม (mm)	65	53.33	49.33	46.67	45
จุดอ่อนตัว (°C)	46	47.9	51.50	55.165	56.83
การหลุดลอก	19.5	17.5	12	9	6
จุดวาบไฟ (°C)	319.67	316.33	309.67	305.67	301.33
การยืดตัว (mm)	54.67	75.06	96.83	44	36.67
ความหนาแน่น (g/ml)	2.490	2.492	2.500	2.492	2.48
ค่าเสถียรภาพ	2632	2584	2591	2553	2594
ค่าการไหล (mm)	13.44	15.6	17.8	19.5	22.3
ความต้านทานการลื่นไถล(BPN)	70.33	73.3	75.7	79.8	84.8
ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น	0	7,410	17,820	26,730	35,640

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การทดสอบการจิ้มด้วยเข็มโดยการนำน้ำยางพาราธรรมชาติมาผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์นั้น เมื่อทำการผสมแล้วนำไปทำการทดสอบปรากฏว่าน้ำยางพาราธรรมชาติมีผลทำให้ค่าเพรเนเทชั่นต่ำลงซึ่งแสดงให้เห็นว่าแอสฟัลต์มีความข้นมากขึ้นกว่าปกติ โดยตัวอย่างที่ไม่ใส่น้ำยางพารา มีค่าเพรเนเทชั่น 65 ส่วนตัวอย่างที่ใส่น้ำยางพาราที่ร้อยละ 5, 10, 15, 20 มีค่าเพรเนเทชั้น 53.3, 49.3, 46.67, 45ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่า หากใส่น้ำยางพาราลงไป จะทำให้แอสฟัลต์ซีเมนต์มีความเหนียวขึ้น หนืดขึ้น ข้นขึ้น ทำให้ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นในการเปลี่ยนแลงสภาพจากกึ่งของแข็งเป็นของเหลวเพื่อที่จะไปใช้งาน

การทดสอหาค่าจุดอ่อนตัวของตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาตินั้นพบว่าจุดอ่อนตัวมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อใส่น้ำยางพาราธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าน้ำยางพาราส่งผลให้แอสฟัลต์ซีเมนต์ทนต่อุณหภูมิที่สูงกว่าไม่ใส่ โดยแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ไม่ได้ใส่น้ำยางพาราธรรมชาตินั้นมีจุดอ่อนตัวที่อุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส ส่วนแอสฟัลต์ที่ใส่น้ำยางพาราร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 มีค่าจุดอ่อนตัว 49.7, 51.5, 55.16 และ 56.83 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อำไปใช้ในงานถนนนั้นถือว่าการเพิ่มอุณหภูมิจุดอ่อนตัวมีผลต่อการเยิ้มของแอสฟัลต์ซีเมนต์ดังนั้นยิ่งมีค่าจุดด่อนตัวที่สูงก็จะช่วยป้องกันปัญหาการเยิ้มของผิวถนนในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงได้ดี

การทดสอบหาร้อยละการหลุดลอกนั้นตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ได้ทำการผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาติมีผลช่วยทำให้แอสฟัลต์ติดกับผิวหน้าของวัสดุมวลรวมดีขึ้นเป็นอย่างมากทำให้การยึดเกาะระหว่างแอสฟัลต์กับวัสดุมวลรวมมีการประสานที่ดียิ่งขึ้นโดยแอสฟัลต์ที่ไม่ได้ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติเมื่อพาไปทดสอบพบว่ามีร้อยละการหลุดลอกอยู่ที่ 19.5 ส่วนอัตราส่วนที่ได้ทำการผสมน้ำยางพาราธรรมชิที่อันตาส่วนร้อยละ 5, 10, 15, 20 และมีค่าร้อยละการหลุดลอกที่ 17.5, 12, 9, 6 ตามลำดับ

การทดสอบจุดวาปไฟของตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ผสมด้วยน้ำยางพาราธรรมชาตินั้นน้ำยางพาราธรรมชาติมีผลทำให้จุดวาบไฟมีอุณหภูมิที่ลดลงจากไม่ใส่ซึ่งตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ไม่ได้ใส่น้ำยางพาราธรรมชิตนั้นมีอุณหภูมิของจุดวาบไฟที่ 319.67องศาเซลเซียสส่วนตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ผสม้วยน้ำยางพาราร้อยละ 5, 10, 15, 20 มีอุณหภูมิจุดวาปไฟที่ 316.5, 309.67, 305.67, 301.33 ซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามลำดับแต่ก็ยังผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวงที่ได้กำหนดจุดวาบไฟของแอสฟัลต์ที่ต้องมีอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 232 องศาเซลเซียส

การทดสอบหาค่าการยืดตัวของตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ผสมด้วยน้ำยางพาราธรรมชาตินั้น เมื่อทำการทดสอบปรกฏว่า การใส่น้ำยางพาราธรรมชาติในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะส่งผลให้แอสฟัลต์มีการยืดตัวที่ดีขึ้นแต่ถ้าหากใส่มากเกินไปจะทำให้การยืดตัวแย่ลงซึ่งจากผลการทดลองแอสฟัลต์ที่ไม่ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติมีค่าการยืดตัว 54.67 เซนติเมตร ที่อัตราส่วนร้อยละ 5 มีค่าการยืดตัว 75.06 เซนติเมตร และที่ร้อยละ 10 มีค่าการยืดตัว 96.83 เซนติเมตร ส่วนเมื่อหาใส้น้ำยางพาราธรรมชาติไปจนถึงร้อยละ 15 จะทำให้ค่าการยืดตัวลดลงโดยมีค่าการยืดตัว 44 เซนติเมตร และเมื่อใส่น้ำยางพาราลงไปที่ร้อยละ 20 ก็จะมีค่าการยืดตัวที่ต่ำเพียง 36.67 เซนติเมตร

การทดสอบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ผสมน้ำยางพาราธรรมชาตินั้น เมื่อทำการชั่งน้ำหนักแห้งและน้ำหนักเปียกเพื่อทำการหาความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างซึ่งก้อนตัวอย่างที่ความหนาแน่นมากที่สุดคือก้อนตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของน้ำยางพาราที่ร้อยละ 10 ในส่วนของค่าเสถียรภาพเมื่อนำตัวอย่างไปกดนั้นค่าที่ได้ออกมานั้นมีค่าที่ไม่มีความสัมพันธ์กันซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใส่น้ำยางพาราธรรมชาติไม่มีผลต่อค่าเสถียรภาพของก้อนตัวอย่าง แต่ในส่วนของค่าการไหลนั้นเมื่อใส่น้ำยางพาราธรรมชาติเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าการไหลเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของน้ำยางพาราธรรมชาติ ดังนั้นการใส่น้ำยางพาราธรรมชาติลงไปในอัตราส่วนที่เหมาะสมช่วยให้แอสฟัลต์คอนกรีตแน่นขึ้นมีช่องว่างของอากาศน้อย ซึ่งย่อมส่งผลดีต่อการก่อสร้างและการใช้งาน

การทดสอบความต้านทายการลื่นไถลของก้อนตัวอย่างนั้นเมื่อทำการทดสอบโดยการนำก้อนตัวอย่างไปติดตั้งกับแท่นจับวัตถุแล้วก็ทำการแกว่งเครื่องทดสอบผลปรากฏว่าค่าความต้านทานการลื่นไถลนั้นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอัตราส่วนของน้ำยางพาราธรรมชาติที่ใส่ลงไปในตัวอย่าง

ในส่วนของค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเมื่อในน้ำยางพาราธรรมชาติลงไปในแอสฟัลต์ซีเมนต์ทางผู้วิจัยได้สมมติการก่อสร้างถนนโดยมีชั้นผิวทางที่มีความกว้าง 3 เมตร หนา 0.1 เมตรและยาว 1กิโลเมตร แล้วใช้ราคาน้ำยางพาราธรรมชาติเฉลี่ยตั้งเต่เดือน มกราคม-กันยายน พ.ศ.2560 ซึ่งมีราคา 59.4 บาทต่อกิโลกรัมนั้นเมื่อนำมาทำการผสมพบว่าจำนวนเงินที่เพิ่มขึ้นอยู่ที่ 7,410-35,640 บาทซึ่งจำนวนเงินก็จะแปรผันกับอัตราส่วนของน้ำยางพาราธรรมชาติที่ผสม

จากข้อสรุปผลการทดสอบต่างๆข้างต้นนั้น ทางผู้วิจัยจึงได้สรุปผลการทดสอบทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติ ซึ่งอัตราส่วนที่สามารถใส่ได้มากที่สุดแต่คุณสมบัติยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานนั้นคือใส่น้ำยางพาราธรรมชาติในอัตราส่วนร้อยละ 10

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำงานวิจัยไปประยุกต์ใช้กับงาน

- ควรพิจารณาในเรื่องการผสมระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์และน้ำยางพาราธรมชาติซึ่งในการผสมมีฟองอากาศเกิดขึ้นซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อผู้ที่ใช้งานจริง
- ควรพิจาราณาการนำแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ผสมน้ำยางพาราไปปรับใช้กับถนนที่เป็นบริเวณทางโค้งเนื่องจากแอสฟัลต์ซีเมนต์นั้นช่วยเพิ่มค่าความต้านทานการลื่นไถล

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

- ควรพิจารณาในเรื่องของวัสดุมวลรวมชนิดต่างๆ เช่น ประเภทของวัสดุมวลรวม ขนาดของวัสดุมวลรวม รูปร่างของวัสดุมวลรวม ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของถนน
- ควรพิจารณาในเรื่องวัสดุเชื่อมประสานชนิดอื่นเช่น แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด AC40/50
- ควริจารณาในเรื่องของอุณหภูมิในการผสมที่อาจจะส่งผลต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ซีเมนต์

บรรณานุกรม

ณพรัตน์ วิชิตชลชัย และ อดุลย์ ณ วิเชียร, “การใช้ยางพาราผสมยางมะตอย”, วารสารยางพารา ปีที่ 34,ฉบับที่ 4, 2556, หน้าที่ 18

ชยธันว์ พรหมศร, “การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของยางแอสฟัลต์และวัสดุผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปรับปรุงคุณภาพด้ วยสารโพลิเมอร์”, สำนักวิจัยและพัฒนางานทางกรมทางหลวง, รายงานฉบับที่ วพ. 204 , 2541

ชิต ทัศนกุล และคณะ “การใช้ยางพาราผสมยางมะตอยฉาบผิวถนน เพิ่มปริมาณการใช้ยางในประเทศ,แผนงานการใช้ยางธรรมชาติในงานทางหลวง” พ.ศ.2544-2545 และข้อคิดเห็นของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

นภัสรพี อนันตชัยพงศ์ และร.อ.พิพัฒน์ สอนวงษ์. 2552. “การเปรียบเทียบค่าโมดูลัสคืนตัวของวัสดุผสมแอสฟัลต์ชนิดโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์กับชนิดแอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด AC 60/70 และ AC 40/50 โดยวิธีทดสอบซูเปอร์เพฟ”. วิศวกรรมสาร มก .ฉบับที่ 70ปีที่ 22 พฤศจิกายน 2552 - มกราคม 2553: 110-121

วัชรินทร์ วิทยกุล. 2549. เทคโนโลยียางมะตอย. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำานักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมัย โชติกุล สันติภาพ ศิริยงค สิทธิชัย ศิริพันธ์และ บุญชัย แสงเพชรงาม. 2557. "การออกแบบและพัฒนาวิธีการคาดคะเนความต้านทานการลื่นไถลของพื้นผิวทางแอสฟัลต์ด้วยคุณลักษณะของมวลรวม" การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 14 -16 พฤษภาคม 2557 จังหวัดขอนแก่น.

สุกรีฟลี มามะ สราวุท จริตงาม. และปรเมษฐ หอมหวล. 2559. "การศึกษายางพาราธรรมชาติผสมกับแอสฟัลต์คอนกรีตในการสร้างถนน” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 22 วันที่ 18-20 กรกฎาคม 2560 ณ เดอะกรีเนอร์รี่ รีสอร์ท เขาใหญ่ จังหวัดนครราชศรีมา.

ปรเมษฐ หอมหวล. สราวุท จริตงาม. และโอภาส สมใจนึก. 2560 “การปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตผสมด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ” การประชุมวิชาการ ATRANS SYMPOSIUM 2017. วันที่ 18 สิงหาคม 2560 กรุงเทพมหานคร.

ปรเมษฐ หอมหวล. สราวุท จริตงาม. และโอภาส สมใจนึก. 2559. "คุณสมบัติของแอสฟัลต์ผสมด้วยน้ำยางพารา" การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 21 วันที่ 28 - 30 มิถุนายน 2559 ณ โรงแรม บีพี สมิหลา บีช สงขลา จังหวัดสงขลา.

สุทธิชัย เจริญกิจ สราวุท จริตงาม. และโอภาส สมใจนึก. 2559. "คุณสมบัติของแอสฟัลต์ผสมด้วยยางแผ่นรมควัน" การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 21 วันที่ 28 - 30 มิถุนายน 2559 ณ โรงแรม บีพี สมิหลา บีช สงขลา จังหวัดสงขลา.

กฤษณ์ เจ็ดวรรณ เอกชัย สุมาลี. และนายวีระเทพ ชนินทรเทพ. 2558. "การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุเชื่อมประสาน (Binder) ที่มีส่วนผสมระหว่างแอสฟัลต์ชนิด AC 60/70 ผสมด้วยยางพาราธรรมชาติชนิดข้นเหลวและชนิดยางแผ่น" การประชุมวิชาการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10 วันที่ 18 ธันวาคม 2558 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

ชยธันว์ พรหมศร, “การศึกษาคุณลักษณะทางวิศวกรรมของวัสดุผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปรับปรุงคุณภาพโดยใช้ยางธรรมชาติเป็นสารผสมเพิ่ม”, สำนักวิจัยและพัฒนางานทางกรมทางหลวง, รายงานฉบับที่ วพ. 204 , 2541

กฤษณะ จันทรโชติ. 2558. “การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่างวัสดุมวลรวมตามข้อกำาหนดขอบบนและขอบล่างที่ผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60-70 และ PMA” วิศวกรรมสาร มก.

พิชัย ธานีรณานนท์. 2535. วิธีการทดสอบวัสดุแอสฟัลต์. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วัชรินทร์ วิทยกุล. 2544. การออกแบบแอสฟัลต์คอนกรีตชนิดผสมร้อนวิธีมาร์แชลล์. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำานักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วีระเกษตร สวนผกา. 2544. การชำรุดของทาง Pavement Distress. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

P.Taneerananon and W.O.Yandell. 1981. “Microtexture Roughness EfFect on Predicted Road Tyre Friction in Wet Conditions” Elsevier Sequoia S.A., Lausanne Printed in The Netherlands

Hubbert, Marion King. 2009 Peak oil definition from Financial Times Lexicon.Financial imes Lexicon

ภาคผนวก ก
การทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม
(Penetration Test)

Penetration Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 100:0 Source : J. Highway and Traffic

Load : 100 g Date : 30 /01 /2017 .

Temperature : 25 C . Time : 5 s .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Dial Reading			Average
	1 (div)	2 (div)	3 (div)	
1	64	64	66	65.33
2	65	67	63	65
3	66	64	65	65

Remarks :

Penetration Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 95:5 Source : J. Highway and Traffic

Load : 100 g Date : 30 /01 /2017 .

Temperature : 25 C . Time : 5 s .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Dial Reading			Average
	1 (div)	2 (div)	3 (div)	
1	53	52	50	51.67
2	52	54	53	53
3	54	53	53	53.33

Remarks :

Penetration Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 90:10 Source : J. Highway and Traffic

Load : 100 g Date : 30 /01 /2017 .

Temperature : 25 C . Time : 5 s .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Dial Reading			Average
	1 (div)	2 (div)	3 (div)	
1	51	50	49	50
2	50	49	49	49.33
3	48	50	50	49.33

Remarks :

Penetration Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 85:15 Source : J. Highway and Traffic

Load : 100 g Date : 30 /01 /2017 .

Temperature : 25 C . Time : 5 s .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Dial Reading			Average
	1 (div)	2 (div)	3 (div)	
1	48	46	44	46
2	47	47	46	46.67
3	48	46	46	46.67

Remarks :

Penetration Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 80:20 Source : J. Highway and Traffic

Load : 100 g Date : 30 /01 /2017 .

Temperature : 25 C . Time : 5 s .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Dial Reading			Average
	1 (div)	2 (div)	3 (div)	
1	44	45	45	44.67
2	45	44	45	44.67
3	46	43	46	45

Remarks :

	เตรียมตัวอย่างแอสฟัลต์ใส่ถ้วยสำหรับนำไปทดสอบหาค่าการจิ้มด้วยเข็ม (Penetration)
	นำถ้วยตัวอย่างไปแช่น้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วจึงนำมาทำการทดสอบ
	ติดตั้งตัวอย่างวัสดุแอสฟัลต์กับเครื่องทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม
	ทำการทดสอบโดยการกดเพื่อให้เข็มจมลงในแอสฟัลต์เป็นระยะเวลา 5 วินาทีแล้วทำการบันทึกค่า

ภาคผนวก ข
การทดสอบจุดอ่อนตัว
(Softening Point Test)

Softening Point Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 100:0 Source : J. Highway and Traffic

Date : 13 /02 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Softening Point (C)		Average
	Trial 1	Trial 2	
1	45.5	46	45.75
2	46	46	46
3	46.5	46	46.25

Remarks :

Softening Point Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 95:5 Source : J. Highway and Traffic

Date : 13 /02 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Softening Point (C)		Average
	Trial 1	Trial 2	
1	48	47.5	47.75
2	47	48.5	47.75
3	47	48	47.5

Remarks :

Softening Point Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 90:10 Source : J. Highway and Traffic

Date : 20 /02 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Softening Point (C)		Average
	Trial 1	Trial 2	
1	51	51.5	51.25
2	52	51	51.5
3	51.5	52	51.75

Remarks :

Softening Point Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 85 :15 Source : J. Highway and Traffic

Date : 20 /02 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Softening Point (C)		Average
	Trial 1	Trial 2	
1	55	55.5	55.25
2	56	55	55.5
3	54	55.5	54.75

Remarks :

Softening Point Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

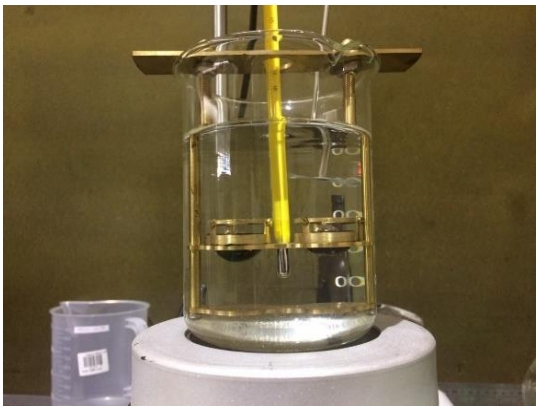
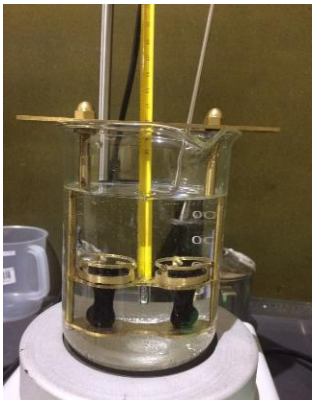
Material (AC 60/70 : NRL) : 80 : 20 Source : J. Highway and Traffic

Date : 20 /02 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Softening Point (C)		Average
	Trial 1	Trial 2	
1	57	57.5	57.25
2	57	56	56.5
3	56.5	57	56.75

Remarks :

	นำตัวอย่างแอสฟัลต์ซีเมนต์มาใส่วงแหวนเพื่อเตรียมสำหรับทดสอบหาค่าอุณหภูมิจุดอ่อนตัว
	ติดตั้งตัววงแหวนที่ตัวเครื่องมือทดสอบหาค่าจุดอ่อนตัวเพื่อเตรียมการทดสอบ
	เพิ่มอัตราอุณหภูมิให้สูงขึ้นด้วยอัตรา 5 C ต่อนาที แล้วทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างในวงแหวน
	เมื่อตัวอย่างตกลงที่ถาดรับทั้งสองตัวอย่างพร้อมกันให้ทำการหยุดการทดสอบแล้วทำการจดบันทึก

ภาคผนวก ค
การทดสอบการหลุดลอก
(Stipping Test)

Stipping Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 100 : 0 Source : J. Highway and Traffic

Date : 27 /02 /2017 . Plate No : 1 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	คะแนนการหลุดลอก	Sample No	คะแนนการหลุดลอก
1	0	14	0
2	0.25	15	0.5
3	0	16	0
4	0.25	17	0
5	0	18	0.25
6	0.25	19	0.25
7	0	20	0
8	0	21	0.75
9	0	22	0.5
10	0.25	23	0
11	0.5	24	0
12	0	25	0.25
13	0.25		

Remarks :

Stipping Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 100 : 0 Source : J. Highway and Traffic

Date : 27 /02 /2017 . Plate No : 2 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	คะแนนการหลุดลอก	Sample No	คะแนนการหลุดลอก
1	0.25	14	0
2	0	15	0.5
3	0.25	16	0.25
4	0.25	17	0
5	0	18	0.25
6	0.25	19	0
7	0.25	20	0
8	0	21	0.25
9	0	22	0.25
10	0.25	23	0.75
11	0.25	24	0.75
12	0.25	25	0
13	0.25		

Remarks :

Stipping Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 95 : 5 Source : J. Highway and Traffic

Date : 27 /02 /2017 . Plate No : 1 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	คะแนนการหลุดลอก	Sample No	คะแนนการหลุดลอก
1	0.25	14	0
2	0	15	0
3	0.5	16	0.25
4	0	17	0.25
5	0	18	0
6	0.25	19	0.75
7	0.25	20	0.5
8	0	21	0
9	0.75	22	0.25
10	0.5	23	0.25
11	0	24	0
12	0	25	0.5
13	0.25		

Remarks :

Stipping Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 95 : 5 Source : J. Highway and Traffic

Date : 27 /02 /2017 . Plate No : 2 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	คะแนนการหลุดลอก	Sample No	คะแนนการหลุดลอก
1	0.25	14	0
2	0	15	0.25
3	0.25	16	0
4	0	17	0.25
5	0	18	0
6	0.25	19	0
7	0.25	20	0
8	0	21	0.25
9	0	22	0
10	0.25	23	0.5
11	0.25	24	0
12	0.25	25	0
13	0.25		

Remarks :

Stipping Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 90 : 10 Source : J. Highway and Traffic

Date : 27 /02 /2017 . Plate No : 1 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	คะแนนการหลุดลอก	Sample No	คะแนนการหลุดลอก
1	0.25	14	0
2	0	15	0
3	0.25	16	0.25
4	0	17	0.25
5	0	18	0
6	0.25	19	0
7	0.25	20	0.25
8	0	21	0.5
9	0	22	0
10	0.25	23	0.25
11	0	24	0
12	0	25	0
13	0		

Remarks :

Stipping Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 90 : 10 Source : J. Highway and Traffic

Date : 27 /02 /2017 . Plate No : 2 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	คะแนนการหลุดลอก	Sample No	คะแนนการหลุดลอก
1	0.25	14	0.25
2	0	15	0
3	0	16	0
4	0.25	17	0
5	0.25	18	0.25
6	0	19	0
7	0.25	20	0
8	0	21	0.25
9	0	22	0
10	0.25	23	0.5
11	0	24	0
12	0.25	25	0.5
13	0		

Remarks :

Stipping Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 85 : 15 Source : J. Highway and Traffic

Date : 27 /02 /2017 . Plate No : 1 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	คะแนนการหลุดลอก	Sample No	คะแนนการหลุดลอก
1	0.25	14	0.25
2	0	15	0
3	0	16	0.25
4	0.25	17	0
5	0.25	18	0.25
6	0	19	0
7	0	20	0
8	0.25	21	0
9	0	22	0
10	0.25	23	0.25
11	0	24	0.25
12	0	25	0.5
13	0		

Remarks :

Stipping Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 85 : 15 Source : J. Highway and Traffic

Date : 27 /02 /2017 . Plate No : 2 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	คะแนนการหลุดลอก	Sample No	คะแนนการหลุดลอก
1	0	14	0
2	0	15	0
3	0.25	16	0
4	0	17	0.25
5	0.25	18	0.25
6	0	19	0
7	0.25	20	0
8	0	21	0
9	0	22	0
10	0	23	0.25
11	0.25	24	0
12	0.25	25	0
13	0		

Remarks :

Stipping Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 80 : 20 Source : J. Highway and Traffic

Date : 27 /02 /2017 . Plate No : 1 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	คะแนนการหลุดลอก	Sample No	คะแนนการหลุดลอก
1	0	14	0.25
2	0	15	0
3	0.25	16	0
4	0	17	0
5	0	18	0.25
6	0	19	0
7	0	20	0
8	0	21	0
9	0	22	0.25
10	0.25	23	0
11	0	24	0.25
12	0	25	0
13	0		

Remarks :

Stipping Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 80 : 20 Source : J. Highway and Traffic

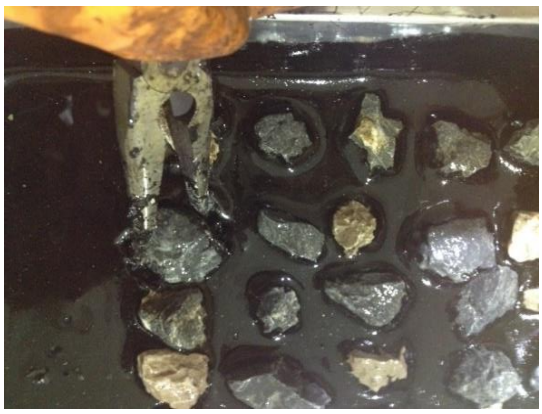
Date : 27 /02 /2017 . Plate No : 2 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	คะแนนการหลุดลอก	Sample No	คะแนนการหลุดลอก
1	0	14	0
2	0	15	0
3	0.25	16	0
4	0	17	0.25
5	0.5	18	0
6	0	19	0
7	0	20	0
8	0	21	0
9	0.25	22	0
10	0	23	0
11	0	24	0.25
12	0	25	0
13	0		

Remarks :

	เตรียมหินสำหรับทำการทดสอบโดยเลือกที่มีลักษณะไม่แบนจนเกินไปหรือกลมจนเกินไป
	นำแอสฟัลต์ซีเมนต์มาใส่ในถาดแล้วนำหินมาวางในถาดถาดละ 25 ก้อน
	นำถาดตัวอย่างไปเข้าตบอบที่อุณหภูมิ 60 องศาซลเซียสเป็นเวลา 1วัน
	นำถาดตัวอย่างไปแช่น้ำ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 วัน

	ใช้คีมดึงกินหินขึ้นมาจากถาดตัวอย่างเพื่อจะทำการให้คะแนนการติดของแอสฟัลต์ซีเมนต์กับผิวหน้าของวัสดุมวลรวม
	ให้คะแนนโดยสังเกตุจากแอสฟัลต์ซีเมนตีที่ติดติดผิวหน้าของวัสดุมวลรวม

ภาคผนวก ง
การทดสอบจุดวาบไฟ
(Flash Point Test)

Flash Point Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 100:0 Source : J. Highway and Traffic

Date : 6 /03 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Flash Point Test (C)
1	318
2	320
3	321

Remarks :

Flash Point Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 95:5 Source : J. Highway and Traffic

Date : 9 /03 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Flash Point Test (C)
1	317
2	316
3	316

Remarks :

Flash Point Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 90:10 Source : J. Highway and Traffic

Date : 12 /03 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Flash Point Test (C)
1	308
2	309
3	312

Remarks :

Flash Point Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 85:15 Source : J. Highway and Traffic

Date : 12 /03 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Flash Point Test (C)
1	304
2	306
3	307

Remarks :

Flash Point Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 80:20 Source : J. Highway and Traffic

Date : 12 /03 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Flash Point Test (C)
1	300
2	301
3	303

Remarks :

	เตรียมตัวอย่างแอสฟัลต์ซีเมนตีลงไปใส่ในถ้วยสำหรับทดสอบหาอุณหภูมิวาบไฟ
	ทำการติดตั้งถ้วยไปยังเครื่องมือสำหรับทดสอบจุดวาบไฟและทำการติดตั้งเทอร์โมเมอร์เพื่อวัดอุณหภูมิ
	เปิดเครื่องให้ความร้อนแก่ตัวอย่างโดยให้ความร้อนในอัตรา 5-6 องศาเซลเซียสต่อนาที
	ใช้เปลวไฟผ่านถ้วยตัวอย่างแล้วสังเกตแสงไฟที่วาบขึ้น

ภาคผนวก จ
การทดสอบการยืดตัว
(Ductility Test)

Ductility Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 100:0 Source : J. Highway and Traffic

Date : 20 /03 /2017 Speed : 5 cm/s .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Ductility (cm)
1	53
2	56
3	55

Remarks :

Ductility Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 95:5 Source : J. Highway and Traffic

Date : 20 /03 /2017 Speed : 5 cm/s .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Ductility (cm)
1	73.8
2	77.6
3	74.6

Remarks :

Ductility Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 90:10 Source : J. Highway and Traffic

Date : 20 /03 /2017 Speed : 5 cm/s .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Ductility (cm)
1	95.5
2	98.3
3	96.7

Remarks :

Ductility Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 85:15 Source : J. Highway and Traffic

Date : 20 /03 /2017 Speed : 5 cm/s .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Ductility (cm)
1	43.2
2	41.6
3	47.2

Remarks :

Ductility Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

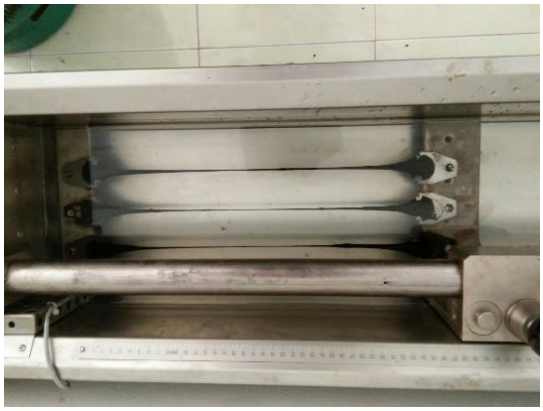
Material (AC 60/70 : NRL) : 80:20 Source : J. Highway and Traffic

Date : 20 /03 /2017 Speed : 5 cm/s .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample No.	Ductility (cm)
1	35.6
2	36.8
3	37.9

Remarks :

	ให้ความร้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ซีเมนต์แล้วนำมาใส่แบบเพื่อเตรียมสำหรับทดสอบ
	ปาดหน้าตัวอย่างให้เรียบร้อยเพื่อจะนำไปติดตั้งที่ตัวเครื่องทดสอบต่อไป
	ติดตั้งตัวอย่างแล้วเปิดเครื่องเพื่อทำการดึงที่อัตราความเร็ว 5 เซนติเมตรต่อนาที
	สังเกตลักษณะของตัวอย่างที่ยืดออกไปเมื่อตัวอย่างขาดให้ทำการหยุดการทดสอบแล้วจดบันทึกค่าที่ได้

ภาคผนวก ฉ
การทดสอบแอสฟัลต์ติกคอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์
(Test for Asphaltic Concrete by Marshall's Method)

Test for Asphaltic Concrete by Marshall's Method

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 100:0 Source : J. Highway and Traffic

Date : 20 /04 /2017 Temperature : 162 C .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample	1	2	3	4	5
Density					
Weight of Air, Wt_{air}	1247.9	1246.8	1245.3	1248.6	1246.2
Weight Sat. Surface Dry, Wt_{sat}	1251.8	1249.6	1247.6	1251.2	1247.2
Weightin Water, Wt_{water}	751.2	749.3	746.3	750.2	746.5
Bulk Volume of Sample, V_{bulk}	500.6	500.3	501.3	501	500.7
Bulk Density of Sample, D_{bulk}	2.492809	2.492105	2.484141	2.492216	2.488916
Average Density	2.490037137				
Stability Test					
Reading Dial Gauge	212	185	240	195	220
Measurement	2659.3	2320.616	3010.529	2446.055	2759.651
Average Stability	2639.230299				
Flows Test	13.4				

Remarks :

Test for Asphaltic Concrete by Marshall's Method

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 95:5 Source : J. Highway and Traffic

Date : 20 /04 /2017 Temperature : 162 C .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample	1	2	3	4	5
Density					
Weight of Air, Wt_{air}	1251.3	1241.1	1247.2	1254.2	1248.1
Weight Sat. Surface Dry, Wt_{sat}	1252.6	1242.3	1248.2	1255.3	1249.3
Weightin Water, Wt_{water}	750.1	743.5	746.4	752.3	750.1
Bulk Volume of Sample, V_{bulk}	502.5	498.8	501.8	503	499.2
Bulk Density of Sample, D_{bulk}	2.490149	2.488172	2.485452	2.493439	2.5002
Average Density	2.491482584				
Stability Test					
Reading Dial Gauge	195	220	230	187	198
Measurement	2446.055	2759.651	2885.09	2345.704	2483.686
Average Stability	2584.03727				
Flows Test	15.6				

Remarks :

Test for Asphaltic Concrete by Marshall's Method

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 90:10 Source : J. Highway and Traffic

Date : 20 /04 /2017 Temperature : 162 C .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample	1	2	3	4	5
Density					
Weight of Air, Wt_{air}	1246.3	1245.7	1251.2	1247.2	1246.9
Weight Sat. Surface Dry, Wt_{sat}	1248.3	1247.3	1252.6	1249.3	1248.2
Weightin Water, Wt_{water}	750.2	748.6	751.3	750.6	750.1
Bulk Volume of Sample, V_{bulk}	498.1	498.7	501.3	498.7	498.1
Bulk Density of Sample, D_{bulk}	2.502108	2.497895	2.495911	2.500902	2.503313
Average Density	2.50002562				
Stability Test					
Reading Dial Gauge	241	236	189	197	170
Measurement	3023.073	2960.353	2370.791	2471.142	2132.458
Average Stability	259.564				
Flows Test	17.8				

Remarks :

Test for Asphaltic Concrete by Marshall's Method

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 85:15 Source : J. Highway and Traffic

Date : 20 /04 /2017 Temperature : 162 C .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample	1	2	3	4	5
Density					
Weight of Air, Wt_{air}	1244.7	1247.9	1249.7	1247.8	1248.9
Weight Sat. Surface Dry, Wt_{sat}	1245.1	1248.2	1250.6	1248.9	1249.9
Weightin Water, Wt_{water}	743.6	745.2	748.3	751.2	751.2
Bulk Volume of Sample, V_{bulk}	501.5	503	502.3	497.7	498.7
Bulk Density of Sample, D_{bulk}	2.481954	2.480915	2.487955	2.507133	2.504311
Average Density	2.492453615				
Stability Test					
Reading Dial Gauge	235	216	184	197	186
Measurement	2947.81	2709.476	2308.072	2471.142	2333.16
Average Stability	2553.931981				
Flows Test	19.5				

Remarks :

Test for Asphaltic Concrete by Marshall's Method

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 80:20 Source : J. Highway and Traffic

Date : 20 /04 /2017 Temperature : 162 C .

Test by : Paramet Homhoul .

Sample	1	2	3	4	5
Density					
Weight of Air, Wt_{air}	1244.7	1247.9	1249.7	1247.8	1248.9
Weight Sat. Surface Dry, Wt_{sat}	1245.1	1248.2	1250.6	1248.9	1249.9
Weightin Water, Wt_{water}	743.6	745.2	748.3	751.2	751.2
Bulk Volume of Sample, V_{bulk}	501.5	503	502.3	497.7	498.7
Bulk Density of Sample, D_{bulk}	2.481954	2.480915	2.487955	2.507133	2.504311
Average Density	2.492453615				
Stability Test					
Reading Dial Gauge	235	216	184	197	186
Measurement	2947.81	2709.476	2308.072	2471.142	2333.16
Average Stability	2594				
Flows Test	22.3				

Remarks :

	เตรียมวัสดุมวลรวมโดยในการทำก้อนตัวอย่างของงานวิจัยนี้ใช่วัสดุมวลรวมทั้งหมด 4 ขนาด
	ทำการชั่งวัสดุมวลรวมทั้ง 4 ชนิด ให้มีส่วนคละโดยในแต่ละถ้วยตัวอย่างจะมีน้ำหนักของวัสดุมวลรวมทั้ง 4 ชนิด จำนวน 1200 กรัมแล้วจึงนำไปเข้าตบอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
	ทำการใส่แอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 160 องศาเซลเซียส แล้วนำมาผสมกับวัสดุมวลรวมที่ได้อบเอาไว้
	ทำการผสมวัสดุมวลรวมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ให้เข้ากันซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการผสมจะอยู่ที่ 160 องศาเซลเซียส

	หลังจากผสมจนกลายเป็นแอสฟัลต์คอนกรีตแล้วจึงไปบดอัดจำนวน 75ครั้ง แล้วทำการกลับด้านก้อนตัวอย่างแล้วจึงบดอัดอีก 75 ครั้ง
	นำก้อนตัวอย่างที่เย็นตัวลงแล้วมาแกะออกจากแบบหล่อ
	ใช้แปรงทองเหลืองในการขัดส่วนเกินบริเวณขอบของก้อนตัวอย่างออก
	นำก้อนตัวอย่างไปชั่งในน้ำและชั่งปกติเพื่อหาค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่าง

	น้ำก้อนตัวอย่างไปต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมงก่อนที่จะนำไปทดสอบหาค่าเสถียรภาพและการไหล
	นำก้อนตัวอย่างไปติดตั้งกับเครื่องมือสำหรับทดสอบเพื่อจะหาค่าเสถียรภาพและการไหล
	ดำเนินการทดสอบแล้วจดบันทึกค่าเสถียรภาพและค่าการไหล

ภาคผนวก ช
การทดสอบความต้านทานการไถลของผิวจราจร
(Measuring skid resistance of road surface)

Skid Skid Resistance Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 100:0 Source : J. Highway and Traffic

Temperature : 32 C. Date : 1 /05 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul.

Sample No.	Dial Reading		
1	70	71	70
2	71	71	70
3	70	70	70

Remarks :

Skid Skid Resistance Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 95:5 Source : J. Highway and Traffic

Temperature : 32 C. Date : 1 /05 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul.

Sample No.	Dial Reading		
1	74	72	74
2	73	74	72
3	74	73	73

Remarks :

Skid Skid Resistance Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 90:10 Source : J. Highway and Traffic

Temperature : 32 C. Date : 1 /05 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul.

Sample No.	Dial Reading		
1	76	75	77
2	75	77	72
3	77	75	78

Remarks :

Skid Skid Resistance Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 85:15 Source : J. Highway and Traffic

Temperature : 32 C. Date : 1 /05 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul.

Sample No.	Dial Reading		
1	80	81	78
2	77	82	80
3	79	81	81

Remarks :

Skid Skid Resistance Test

Project : Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

Material (AC 60/70 : NRL) : 80:20 Source : J. Highway and Traffic

Temperature : 32 C. Date : 1 /05 /2017 .

Test by : Paramet Homhoul.

Sample No.	Dial Reading		
1	86	83	85
2	89	91	83
3	83	86	88

Remarks :

	เตรียมก้อนตัวอย่างโดยวิธีการทำก้อนตัวอย่างจากการทดสอบมาร์แชลล์
	นำก้อนตัวอย่างที่ได้มาติดตั้งกับแท่นจับวัตถุแล้วทำการยึดก้อนตัวอย่างให้แน่น
	ติดตั้งเครื่องมือดทดสอบความต้านทานการลื่นไถล แล้วทำการปรับลูกตุ้มแกว้งให้อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นเพื่อนพร้อมสำหรับการทดสอบ
	ราดน้ำลงบนก้อนตัวอย่างแล้วทำการแกว่างลูกตุ้มพร้อมทั้งจดบันทึกค่า

ภาคผนวก ซ
บทความงานวิจัยที่ได้นำเสนอ

บทความงานวิจัยเรื่องที่ 1

ได้นำเสนอและตีพิมพ์บทความการประชุมวิชาการ ATRAN

ASIAN TRANSPORTATION RESEARCH SOCIETY

Presents this

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

To

PARAMET HOMHOUL

For Participating and Making Presentation Entitled

"การปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ"

(Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex)

At the 10th ATRANS (SYMPOSIUM) ANNUAL CONFERENCE: YOUNG RESEARCHER'S FURUM

Given on the 18th day of August 2017

Mr.Chamroon Tangpaisalkit
ATRANS - Chairperson

Dr. Tuenjai Fukuda
ATRANS Secretary - General

ATRANS YOUNG RESEARCHER'S FORUM 2017

ATRANS ANNUAL CONFERENCE 2017
PROCEEDING OF
YOUNG RESEARCHER'S FORUM

Transportation for a Better Life:
Mobility and Road Safety Managements
18 August 2017
Bangkok, Thailand

การปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ

Improving Properties of Asphalt Concrete with Natural Rubber Latex

หมายเลขบทความ: AYRF2017-032TH

ปรเมษฐ หอมหวล[1], สราวุท จริตงาม[1], โอภาส สมใจนึก[2]

ParametHomhoul, SaravutJaritngam, OpasSomchainuek

[1]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
E-mail: paramet_jojoc@hotmail.com

[2]สำนักทางหลวงที่ 18 สงขลา

ระบบการขนส่งถือเป็นสิ่งที่สำคัญที่สร้างความเจริญเติบโตให้กับประเทศ ซึ่งระบบขนส่งที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายสะดวกก็คงหนีไม่พ้นการขนส่งทางบกโดยการใช้รถใช้ถนนในการขนส่ง เนื่องมีการขนส่งเพิ่มมากขึ้นการใช้รถใช้ถนนก็เพิ่มมากขึ้นตามลำดับทำให้ถนนที่ใช้เกิดการชำรุดทรุดโทรมตามสภาพการใช้งาน ดังนั้นจึงได้มีการนำน้ำยางพาราธรรมชาติมาใช้เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะนำน้ำยางพาราธรรมชาติมาใช้ผสมกับแอสฟัลต์ให้มากที่สุดเพื่อหวังที่จะเป็นการลดปริมาณการใช้แอสฟัลต์ โดยกำหนดอัตราส่วนผสมระหว่างแอสฟัลต์กับน้ำยางพาราธรรมชาติ 100:0 , 95:5 , 90:10 , 85:15 , 80:20 ตามลำดับ แล้วนำมาทำการทดสอบเปรียบเทียบ ค่าเพนิเทรชัน ค่าจุดอ่อนตัว ค่าร้อยละการหลุดลอก ค่าความยืดตัวค่าเสถียรภาพโดยวิธีมาร์แชลล์ และ ค่าความต้านทานการลื่นไถล ซึ่งจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการข้างต้นนั้น อัตราส่วนที่มากที่สุดที่สามรถนำน้ำยางพาราธรรมชาติมาผสมกับแอสฟัลต์นั้นอยู่ที่อัตราส่วน 90:10

คำสำคัญ: น้ำยางพาราธรรมชาติ , แอสฟัลต์

Abstract

Transportation is important factor to develop the country. The transportation that easy to access is land transportation by using vehicle. The increasing of road using due to the increasing of transport affects to defect of the road. It has using of Natural Rubber Latex to improve the Engineering properties of Asphalt. Objective of study is combination Natural Rubber Latex with Asphalt in the most ratio to reduce using of Asphalt. We set combination ratio of Natural Rubber Latex and Asphalt 100:0 , 95:5 , 90:10 , 85:15 , 80:20 Then compare Penetration test Softening Point test Resistance to Stripping of Aggregates and Binder Ductility test Marshall Apparatus Skid Resistance. The results of the laboratory tests show the maximum ratio of Natural Rubber Latex with Asphalt as 90:10

Keywords: Natural Rubber Latex ,Asphalt

1. คำนำ

ถนนที่นิยมทำการก่อสร้างในประเทศไทยมีสองประเภทซึ่งได้แก่ ถนนคอนกรีต และถนนลาดยางมะตอย ซึ่งถนนสองประเภทนี้มีคุณสมบัติที่ต่างกัน ไม่ว่าจะเป็น อายุการใช้งาน ความแข็งแรงทนทาน รวมถึงราคาการก่อสร้าง ซึ่งถนนในประเทศไทยส่วนใหญ่แล้วล้วนเป็นถนนที่ก่อสร้างจากการลาดยางมะตอยเพราะมีราคาที่ถูกกว่าถนนคอนกรีตแล้ว ซึ่งแม้ว่าอายุการใช้งานของถนนยางมะตอยจะน้อยกว่าแต่การก่อสร้างและการซ่อมบำรุงสามารถทำได้ง่ายกว่าถนนคอนกรีต ซึ่งเมื่อมองถึงสาเหตุของถนนที่เกิดจากการชำรุด ส่วนหนึ่งย่อมมาจากการใช้งานและปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นทำให้ถนนเกิดการชำรุดส่งผลให้ต้องมีการซ่อมบำรุงถนนลาดยางมะตอยอยู่บ่อยครั้ง จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะนำยางพาราธรรมชาติมาใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์และนำน้ำยางพาราธรรมชาติเข้ามาแทนที่แอสฟัลต์ให้ได้ปริมาณมากที่สุดโดยใช้เกณฑ์ของกรมทางหลวงเป็นตัวควบคุมคุณภาพของแอสฟัลต์ โดยใช้การทดสอบ เปรียบเทียบ ค่าเพนิเทรชัน ค่าจุดอ่อนตัว ค่าร้อยละการหลุดลอก ค่าความยืดตัวค่าเสถียรภาพโดยวิธีมาร์แชลล์ ค่าความต้านทานการลื่นไถล เป็นการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างแอสฟัลต์กับแอสฟัลต์ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติ โดยคาดหวังว่าจะเป็นการเพิ่มความคงทนให้กับแอสฟัลต์และน้ำน้ำยางพาราธรรมชาติมาใช้ให้ได้เยอะที่สุดโดยคุณสมบัติของแอสฟัลต์ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ซึ่งจากปัจจัยดังและความสำคัญดังกล่าวจึงทำให้เกิดแนวคิดการนำน้ำยางพารามาใช้กับงานถนนซึ่งนอกจากจะเป็นการพัฒนาคุณสมบัติของแอสฟัลต์ แล้วยังเป็นการกระตุ้นราคาของน้ำยางพาราทางอ้อมอีกด้วย

ATRANS ANNUAL CONFERENCE 2017
PROCEEDING OF
YOUNG RESEARCHER'S FORUM

Transportation for a Better Life:
Mobility and Road Safety Managements
18 August 2017
Bangkok, Thailand

2. วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของบทความนี้เพื่อคุณสมบัติของแอสฟัลต์ที่ผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาติ โดยมีเป้าหมายที่จะใช้น้ำยางพาราธรรมชาติเข้ามาแทนที่แอสฟัลต์ให้มากที่สุดแต่คุณสมบัติทางวิศวกรรมยังอยู่ในมาตรฐานของกรมทางหลวง

3. ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยการปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์ผสมด้วยน้ำยางพาราธรรมชาตินั้นได้นำมาตรฐานการทดสอบวัสดุของกรมทางหลวงเข้ามาใช้เป็นตัวเปรียบเทียบมาตรฐาน โดยใช้การทดสอบ ค่าเพนิเทรชันค่าจุดอ่อนตัว ค่าร้อยละการหลุดลอก ค่าความยืดตัวค่าเสถียรภาพโดยวิธีมาร์แชลล์ และ ค่าความต้านทานการลื่นไถล ในการทดสอบคุณสมบัติซึ่งในการทดสอบมาจากศูนย์วิจัยการยาง จังหวัดสงขลา ซึ่งมีปริมาณเนื้อยางร้อยละ 32

4. ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิสุทธิ์ ศุกลรัตน์ (2543)ได้ทำการศึกษาและรายงานสถาบันวิจัยยางในอินเดียได้เริ่มทดลองใช้น้ำยางสดผสมแอสฟัลต์ 2% นำมาราดถนนระหว่างเมือง ทริวานดรัม และโคตายัม โดยทำการราดถนนเป็นระยะทาง 1 กิโลเมตร แล้วทำการเปรียบเทียบกับ ถนนราดแอสฟัลต์ธรรมดา ปรากฏว่า ถนนราดแอสฟัลต์ต้องซ่อมผิวถนนใหม่ในระยะเวลา5 ปีต่อมา และในปีที่ 10 ก็ต้องทำการซ่อมบำรุงอีกครั้งในขณะที่ถนนที่ราดด้วยแอสฟัลต์ผสมยางธรรมชาติ 2%ยังมีสภาพดี โดยไม่ต้องทำการปรับปรุงเป็นระยะเวลา 14 ปีและได้มีการขยายผลไปทั่วประเทศ ซึ่งจากข้อมูลหลายการทดลองสรุปได้ว่าการผสมยางธรรมชาติยืดอายุถนนได้ไม่ต่ำกว่า 50 % โดยค่าใช้จ่ายในการราดผิวถนนเพิ่มขึ้น 16%เมื่อผสมยางธรรมชาติ 2%กับแอสฟัลต์

พรทิพย์ และคณะ (2546) ได้กล่าวสรุปเกี่ยวกับแอสฟัลต์ผสมยางพาราที่ได้ทำการทดลองในประเทศไทยโดยอัตราส่วนผสมยาง 2 – 3 %กับแอสฟัลต์โดยน้ำหนักเพื่องสามารถเพิ่มคุณภาพแอสฟัลต์ให้มีจุดอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงขึ้นถึง 60°C

ซึ่งปัจจัยสำคัญในการผสมแอสฟัลต์กับยางพารา คือ ความร้อนและเวลาที่ใช้ในการผสมน้ำยางพาราธรรมชาติซึ่งจากข้อมูลการศึกษาทดลองดังกล่าวพบว่าแอสฟัลต์ซีเมนต์และแอสฟัลต์คอนกรีต ซึ่งมีส่วนผสมของยางพาราหรือยางธรรมชาติ มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นหลายประการเมื่อเทียบกับยางแอสฟัลต์AC 60/70

ธีรยุทธ อุดมสินประเสริฐ และคณะ(2556) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 40-50 โดยตัวอย่างที่ใช้ศึกษาทั้งหมดคือตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต จากโรงผสมและตัวอย่างที่เจาะจากงานก่อสร้าง ซึ่งเก็บมาระหว่างการก่อสร้างแปลงทดสอบทางหลวงหมายเลข 352ซึ่งเป็นโครงการบูรณะทางโดยนำวัสดุผิวทางเดิมกลับมาใช้ใหม่โดยใช้ยาง Polymer Modified Asphalt ในชั้นผิวทางและใช้ยาง AC 40-50 และ AC 60-70 ในชั้นรองผิวทางการทดสอบกระทำในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการทดสอบโมดูลัสคืนตัว การทดสอบการแตกร้าวเนื่องจากความล้าแบบให้แรงดึงทางอ้อมและการทดสอบการขุบตัวแบบไดนามิคคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยางAC 40-50 ในงานวิจัยนี้พบว่ามีค่าสอดคล้องกับผลงานวิจัยอื่นที่ทดสอบโดยกรมทางหลวงซึ่งผลแสดงว่าช่วงของแปลงทดสอบที่ชั้นรองผิวทางเป็นวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยางAC 40-50 มีค่าการแอ่นตัวต่ำกว่าและเกิดความเสียหายน้อยกว่าช่วงอื่นในแปลงทดสอบดังนั้นจึงควรมีการน้ำ AC 40-50 มาใช้ในงานก่อสร้างถนนที่มีปริมาณการจราจรปานกลางถึงมากแทน AC 60-70

กฤษณ์ เจ็ดวรรณะ และคณะ(2558) ได้ทำการศึกษาและทดลองการนำน้ำยางพาราธรรมชาติและยางแผ่นรมควันมาปรับคุณสมบัติทางวิศวกรรมในอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันกับแอสฟัลต์ชนิด AC 60/70 โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆดังนี้คือ จุดอ่อนตัว จุดวาบไฟ ค่าความหนืด ค่าเพรเนเทชั่น มวลที่เปลี่ยนแปลง และความต้านทานการขุบตัวแบบฉาวรจากผลการทดสอบต่างๆพบว่า การผสมยางพาราข้นอัตราส่วน ร้อยละ 5 และเศษยางแผ่น ร้อยละ 3 ลงในยางแอสฟัลต์ชนิด AC 60/70 ทำให้คุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุเชื่อมประสานดีที่สุดและเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างน้ำยางข้นและยางแผ่น พบว่า การผสมน้ำยางข้นลงในแอสฟัลต์ให้คุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสานที่ดีกว่าการผสมยางแผ่น อย่างไรก็ตามกระบวนในการผสมน้ำยางข้นนั้นทำได้ยากกว่าการผสมยางแผ่น เนื่องจากมีการเกิดฟองพวยพุ่งเมื่อได้รับความร้อนในขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื่อมประสานอาจทำให้ผู้ทำการผสมเกิดอันตรายจากฟองที่พวยพุ่งนี้ได้

ปรเมษฐ หอมหวลและคณะ(2559) ได้ทำการนำน้ำยางพาราธรรมชาติมาผสมกับแอสฟัลต์ชนิด AC 60/70ซึ่งได้แบ่งเป็นอัตราส่วนที่ใช้ในการผสมได้แก่ 100:0 , 95:5 , 90:0 , 85:15 , 80,20 , 75:25 และ 70:30 โดยทำการทดสอบหาค่าเพรนิเทชัน ค่าจุดอ่อนตัว และค่าร้อยละการหลุดลอก ซึ่งผลการทดสอบค่าน้ำยางพาราธรรมชาติที่ผสมกับแอสฟัลต์AC60/70 จะช่วยเพิ่มอุณหภูมิสำหรับค่าจุดอ่อนตัวและทำให้ค่าร้อยละของการหลุดลอกอยู่ในระดับดีกว่าแอสฟัลต์AC 60/70 ที่ไม่ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติแต่ในอัตราส่วนที่ผสมตั้งแต่85:15 นั้นกำลังที่ใช้ดึงวัสดุให้หลุดออกนั้นง่ายกว่าปกติ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อกำลังของวัสดุแอสฟัลต์ที่ผสมกับมวลรวมในการก่อสร้าง ซึ่งจากการทดสอบดังกล่าว อัตราส่วนของน้ำยางพาราธรรมชาติที่มาผสมกับแอสฟัลต์นั้นควรไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

ATRANS ANNUAL CONFERENCE 2017
PROCEEDING OF
YOUNG RESEARCHER'S FORUM

Transportation for a Better Life:
Mobility and Road Safety Managements
18 August 2017
Bangkok, Thailand

5. วิธีการศึกษา

5.1 อัตราส่วนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบหาคุณสมบัติของแอสฟัลต์ AC 60/70 ได้กำหนดอัตราส่วนผสมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางวิศวกรรม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนที่ใช้ในการทดสอบ

ตัวอย่าง	ปริมาณร้อยละ (โดยน้ำหนัก)		สัญลักษณ์
	แอสฟัลต์ AC 60/70	น้ำยางพารา	
1	100	0	AC 100:0
2	95	5	AC95:5
3	90	10	AC90:10
4	85	15	AC85:15
5	80	20	AC80:20

5.2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบ

ในการเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบต้องเตรียมยางแอสฟัลต์ชนิด AC 60/70 แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักจากนั้นนำน้ำยางพาราธรรมชาติมาชั่งหาน้ำหนักสำหรับที่จะใช้ผสมเป็นอัตราส่วนสำหรับการทดสอบซึ่งเมื่อได้วัสดุทั้งสองตามอัตราส่วนแล้วนำแอสฟัลต์ชนิด AC 60/70 ไปให้ความร้อนแล้วค่อยนำน้ำยางพาราธรรมชาติเข้ามาผสมแล้วทำการกวนผสมเพื่อให้เนื้อวัสดุทั้งสองเข้าเป็นเนื้อเดียวกันซึ่งการกวนนี้สามารถลดการเกิดฟองที่เกิดจากการให้ความร้อนของวัสดุได้ เมื่อวัสดุทั้งสองเข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วก็พักไว้เพื่อใช้ในการทดสอบหาต่อไป

5.3 การทดสอบหาค่าพรนิเทชัน

ในการทดสอบนี้นำแอสฟัลต์ไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส แล้วใส่ไว้ในถ้วยทดสอบจากนั้นตั้งไว้เพื่อให้แอสฟัลต์เซตตัวแล้วจึงนำไปแช่ในน้ำ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมงแล้วนำมาทำการทดสอบ

5.4 การทดสอบจุดอ่อนตัว

จัดวงแหวนที่เตรียมตัวอย่างไว้แล้วทั้ง จำนวน 2 วงนำลงไปในกระบอกควบคุมอุณหภูมิแล้วทำการแช่เอาไว้ประมาณ 15 นาทีแล้วจากนั้นจึงนำลูกเหล็กมาวางไว้ในเบ้าวงแหวนแล้วทำการปรับอุณหภูมิขึ้นตามลำดับสังเกตลูกเหล็กที่ตกลงถึงที่รองรับ ลูกเหล็กทั้งสองต้องตกที่อุณหภูมิใกล้กันซึ่งไม่ควรเกิน 1 องศาเซลเซียส

5.5 การทดสอบหาร้อยละการหลุดหลอกโดยวิธี (Plate Test)

ขั้นตอนการทดสอบคือนำตัวอย่างแอสฟัลต์มาให้ความร้อนแล้วเทเตรียมเข้าถาดจากนั้นนำวัสดุมวลรวมเข้ามาวางไว้ในถาด ซึ่งใช้จำนวนถาดละ 25 ก้อน ซึ่งในแต่ละอัตราส่วนนั้นใช้จำนวน 2 ถาด เมื่อนำวัสดุมวลรวมมาวางบนยางมะตอยในถาดแล้วจากนั้นนำเข้าตบเอาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจากนั้นจึงพาไปแช่น้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นจำนวน 4 วัน แล้วนำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่อ 1 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำถาดที่มีวัสดุมวลรวมมาดึงวัสดุมวลรวมออกแล้วให้ตะแนนยางมะตอยที่ติดกับผิวหน้าวัสดุมวลรวม

5.6 การทดสอบหาค่าความยืดตัว

นำแอสฟัลต์ไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 140 องศาเซลเซียส แล้วนำมาใส่แบบหล่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาทีใช้ใบมีดเผาไฟปาดตัวอย่างให้เรียบและเสิ่มแบบแล้วทำการประกอบแบบหล่อเข้ากับเครื่องทดสอบและค่อยๆเดินเครื่องทดสอบและทำการบันทึกค่าที่ยืดออกไป

5.7 การทดสอบค่าเสถียรภาพโดยวิธีมาร์แชลล์

การทดสอบหาค่าเสถียรภาพนั้นต้องนำวัสดุมวลรวมจำนวน 1,200 กรัมไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 160 องศาเซลเซียส แล้วจากนั้นจึงนำไปผสมกับตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ได้ให้ความร้อนประมาณ 145 องศาเซลเซียส ทำการผสมเพื่อให้วัสดุมวลรวมและแอสฟัลต์เข้ากันจากนั้นจึงนำไปใส่ในโมลล์ แล้วทำการตำ 75 ครั้ง ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง แล้วทิ้งตัวอย่างไว้แล้วค่อยนำก้อนตัวอย่างออกจากแบบจากนั้นจึงนำไปหาค่าความหนาแน่น และนำไปกดหาค่าเสถียรภาพ ซึ่งก่อนกดนั้นต้องนำก้อนตัวอย่างไปแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 30 นาที แล้วจึงนำไปกด

5.8 การทดสอบหาค่าความต้านทานการลื่นไถล

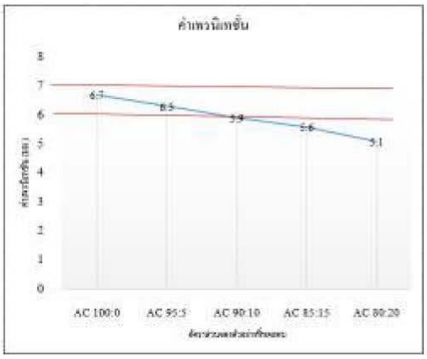
การทดสอบนี้เป็นการวัดความต้านทานการลื่นไถลของผิวแอสฟัลต์ซึ่งจะใช้ British pendulumในการทดสอบ ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างก้อนตัวอย่างที่มีความคล้ายคลึงกับถนน ดังนั้นจึงต้องทำการสร้างก้อนตัวอย่างที่เหมือนกับการทดสอบหาค่าเสถียรภาพ แต่นำมาทดสอบหาค่าความต้านทานการลื่นไถล โดยนำก้อนตัวอย่างมายึดไว้กับแท่นจับตัวอย่างแล้วจากนั้นทำการติดตั้งเครื่องมือทดสอบแล้วทำการรดน้ำก้อนตัวอย่างบริเวณผิวที่ทดสอบแล้วจึงทำการแกว่งตุ้มให้สัมผัสกับผิวตัวอย่างแล้วทำการจดบันทึกค่า

ATRANS ANNUAL CONFERENCE 2017
PROCEEDING OF
YOUNG RESEARCHER'S FORUM

Transportation for a Better Life:
Mobility and Road Safety Managements
18 August 2017
Bangkok, Thailand

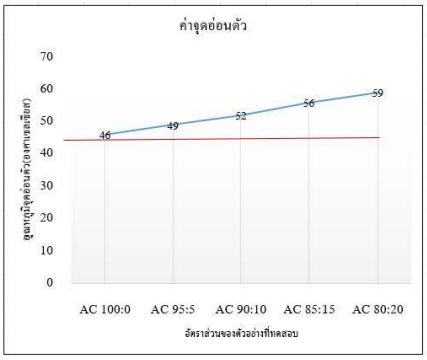
6. ผลการทดสอบ

6.1 ผลการทดสอบค่าเพรนิเทชันแสดงดังรูปที่ 1



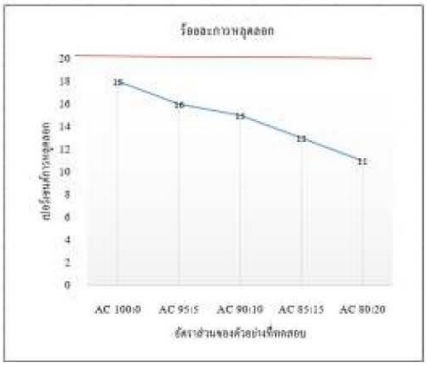
รูปที่ 1 ค่าเพรนิเทชัน

6.2 ผลการทดสอบค่าจุดอ่อนตัวแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ค่าจุดอ่อนตัว

6.3 ผลการทดสอบร้อยละการหลุดลอกแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ร้อยละการหลุดลอก

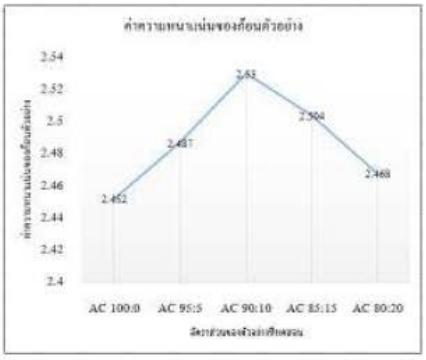
6.4 ผลการทดสอบค่าความยืดตัวแสดงดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 ค่าความยืดตัว

ATRANS ANNUAL CONFERENCE 2017
PROCEEDING OF
YOUNG RESEARCHER'S FORUM

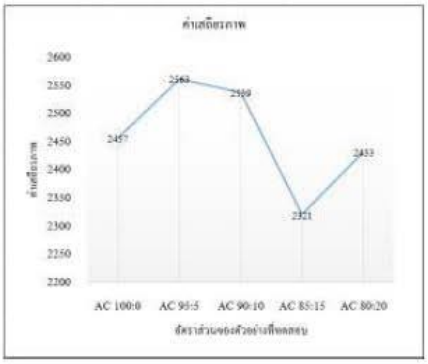
Transportation for a Better Life:
Mobility and Road Safety Managements
18 August 2017
Bangkok, Thailand

6.5 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นจากก้อนตัวอย่างมาร์แชลล์ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5



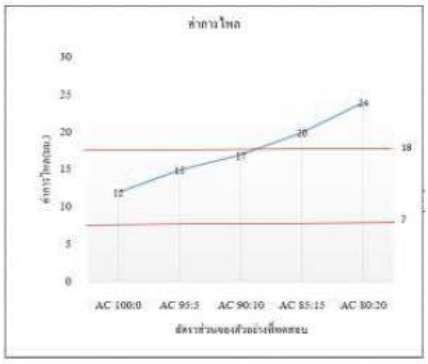
รูปที่ 5 ค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างมาร์แชลล์

6.6 ผลการทดสอบค่าเสถียรภาพแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ค่าเสถียรภาพของก้อนตัวอย่าง

6.7 ผลการทดสอบไหล(หน่วยการยุบตัว)



รูปที่ 7 ค่าการไหล(หน่วยการยุบตัว)

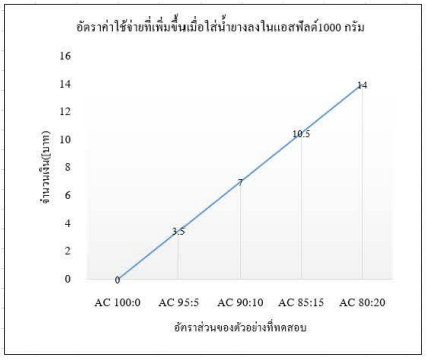
6.8 ผลการทดสอบความต้านทานการลื่นไถล

รูปที่ 8 ค่าความต้านทานการลื่นไถล

ATRANS ANNUAL CONFERENCE 2017
PROCEEDING OF
YOUNG RESEARCHER'S FORUM

Transportation for a Better Life:
Mobility and Road Safety Managements
18 August 2017
Bangkok, Thailand

6.9 อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าน้ำยางที่ผสมในแอสฟัลต์ 1000 กรัมซึ่งใช้ราคาน้ำยางพาราคือ กิโลกรัมละ 70 บาท ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยนของราคายางตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2560- 31 พ ฤษภาคม 2560 แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าน้ำยางที่ผสมในแอสฟัลต์ 1000 กรัม

7. สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบข้างต้นสามารถนำมาสรุปได้ดังนี้คือค่าเพรนิเทชัน อัตราส่วนที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของแอสฟัลต์ชนิด AC 60/70 นั้นคืออัตราส่วน AC 100:0 – AC 90:10 ซึ่งหากใส่น้ำยางพาราธรรมชาติจะส่งผลให้แอสฟัลต์มีข้นทำให้เข็มที่ใช้ทดสอบเจาะลงไปได้ยากขึ้น ในส่วนของการทดสอบจุดอ่อนตัวนั้นน้ำยางพาราธรรมชาติมีผลช่วยเพิ่มค่าอุณหภูมิจุดอ่อนตัวให้สูงขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงทำให้ผ่านค่าเกณฑ์มาตรฐาน ในส่วนของผลการทดสอบร้อยละการหลุดลอกนั้นเมื่อทำการใส่น้ำยางพาราธรรมชาตินั้นจะส่งผลให้น้ำแอสฟัลต์ติดผิวหน้าของวัสดุมวลรวมดีมากแต่หากใส่มากเกินไปจะส่งผลในเรื่องแรงดึงที่ใช้ดึงวัสดุมวลรวมซึ่งตัวอย่างที่ใช้แรงดึงน้อยกว่าปกตินั้นคือ AC 85:15 และAC 80:20ในส่วนของผลการทดสอบกการยึดตัวนั้นตัวอย่างใน ทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกค่ายกเว้นอัตราส่วนสุดท้ายคือ AC 80:20 ที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ ในส่วนของผลการทดสอบเสถียรภาพและการไหลโดยวิธีมาร์แชล์นั้น การใส่น้ำยางพาราที่อัตราส่วน AC 90:10 จะมีความหนาแน่นเยอะที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่น ส่วนค่าเสถียรภาพนั้นจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า น้ำยางพาราธรรมชาติไม่มีผลต่อค่าเสถียรภาพซึ่งจากการทดสอบทำให้ผู้วิจัยคิดว่าสิ่งที่มีผลนี้คือหินและรูปร่างของหินอาจจะส่งผลต่อค่านี้ ในส่วนของค่าการไหลนั้นการนำน้ำยางพาราธรรมชาติมาใส่ช่วยเพิ่มค่าความไหลได้ ในผลการทดสอบสุดท้ายคือค่าความต้านทานการลื่นไถล ซึ่งจากการทดลองเมื่อใส่น้ำยางพาราธรรมชาติลงไปนั้นมีผลต่อการช่วยเพิ่มค่าความต้านทานการลื่นไถลเพียงเล็กน้อยเท่านั้นดังนั้น หากจะหวังลดอุบัติเหตุที่เกิดจากการลื่นไถลนั้นผู้ใช้รถใช้ถนนควรใช้ขับขี่ด้วยความไม่ประมาทและปฏิบัติตามกฎจราจร และในประเด็นสุดท้ายเมื่อได้ทำการทดลองเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์โดยใช้น้ำยางพาราธรรมชาติแล้วนั้น ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมาจากเดิมนั้นถือว่าเพิ่มมาไม่มากจากเดิมเท่าไหร่ ดังนั้นวัสดุน้ำยางพาราธรรมชาติจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาปรับปรุงและเพิ่มคุณสมบัติให้กับแอสฟัลต์ โดยค่าที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้นั้นคืออัตราส่วน AC 90:10 ซึ่งถือเป็นปริมาณที่ใช้น้ำยางพาราที่สุดแล้วยังรักษาค่ามาตรฐานต่างๆไว้ได้

เอกสารอ้างอิง

[1] วิสุทธ์ ศุกลรัตน์, 2543, "การลาดผิวฉนนด้วยแอสฟัลต์ผสมยางพารา", ศูนย์วิจัยยางสงขลา, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการยางพารา ประจำปี 2543 , 29-30 สิงหาคม 2543 ณ โรงแรม เจ. บี. อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา, หน้า 37-45

[2] พรทิพย์ ประกายมณีวงศ์, พลชิต บัวแก้ว, อดุลย์ ณ วิเชียร, จรัสศรี พันธุ์ไม้, ณพรัตน์ วิชิตชลชัย, ปราณี บุญชัย, 2546. เปรียบเทียบสมบัติของแอสฟัสท์ธรรมดากับแอสฟัสท์ผสมยางธรรมชาติในการ

[3] ธีรยุทธ อุดมสินประเสริฐ, 2556 "การนำวัสดุผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด AC 60/70 มาใช้งานในสายทางที่มีรถบรรทุกหนัก",วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 83 ปีที่ 26มกราคม-มีนาคม 2556

[4] กฤษณ์ เจ็ดวรรณะ,นายเอกชัย สุมาลีและ นายวีระเทพ ชนินทรเทพ, 2558 "การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุเชื่อมประสาน (Binder) ที่มีส่วนผสมระหว่างแอสฟัลต์ชนิด AC 60/70 ผสมด้วยยางพาราธรรมชาติชนิดข้นเหลวและชนิดยางแผ่นเอกสารการประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10,พ.ศ. 2558 หน้า 1-11

[5] ปรเมษฐ หอมหวล ,2559 "คุณสมบัติของแอสฟัลต์ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติ",งานประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 21,28-30 , มิถุนายน 2559

[6] พิชัย ธาณีรณานนท์,วิธีทดสอบวัสดุแอสฟัลต์,ภาควิชวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายปรเมษฐ หอมหวล

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5810120085

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2559

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2558

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ปรเมษฐ หอมหวล. สราวุท จริตงาม. และโอภาส สมใจนึก. 2559. *"คุณสมบัติของแอสฟัลต์ผสมด้วยน้ำยางพารา"* การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 21 วันที่ 28 - 30 มิถุนายน 2559 ณ โรงแรม บีพี สมิหลา บีช สงขลา จังหวัดสงขลา.

ปรเมษฐ หอมหวล. สราวุท จริตงาม. และโอภาส สมใจนึก. 2560 *“การปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตผสมด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ”* การประชุมวิชาการ ATRANS SYMPOSIUM 2017. วันที่ 18 สิงหาคม 2560 กรุงเทพมหานคร.