

การปรับปรุงยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนผสมยางพารา
เพื่อใช้เป็นผิวทางสำหรับปริมาณจราจรสูง
Improvement Carbon Cold Premixed Asphalt with Natural Rubber
for Heavy Traffic Pavement

สุชาวรรณ ชูณรงค์ วีระกษตร สอนพกา และ วัชรินทร์ วิทยกุล
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
E-Mail : jan_chu@hotmail.com, fengwks@ku.ac.th, fengwaw@ku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ โดยทำการทดสอบกับตัวอย่างยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ ร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปตามลำดับที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับ ในห้องปฏิบัติการซึ่งทำการทดสอบมาร์แชลล์เพื่อหาค่าเสถียรภาพและการไหลของตัวอย่างยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนแต่ละวิธีการปรับปรุงคุณภาพ จากผลการทดสอบพบว่า ยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนผสมที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูป ที่มีอายุบ่ม 7 และ 10 วันตามลำดับมีค่าเสถียรภาพ (Stability) มีค่าเท่ากับ 1821.17 และ 1932.82 lb ตามลำดับซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานของยางมะตอยผสมร้อน (Hot Mixed Asphalt; 1800 lb) เนื่องจากน้ำยางพาราธรรมชาติมีส่วนช่วยในการเพิ่มการยึดเกาะที่ดี มีแรงต้านทานและความคงทนที่มากขึ้น ดังนั้นยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติสามารถนำมาใช้ทดแทนยางมะตอยผสมร้อนได้

คำสำคัญ :

ยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอน น้ำยางพาราธรรมชาติ การทดสอบมาร์แชลล์

Abstract

This paper focused on improvement of carbon cold premixed asphalt with natural rubber. Carbon cold premixed asphalt specimens were improved with natural rubber 0, 1, 2, 3 and 4 percent by weight, respectively with curing age of 1, 3, 7, 10 days, respectively. These were conducted by Marshall's test to determine the stability and flow of each sample. From test results, the stability of carbon cold premixed asphalt specimens improved with natural rubber 4 percent

by weight at curing age of 7 and 10 days as 1821.17 and 1932.82 lb, respectively, which were higher than that of hot mixed asphalt (1800 lb). It was due to natural rubber increasing cohesion resistant and durability. Thus, carbon cold premixed asphalt improved with natural rubber can be applied instead of hot mixed asphalt.

Keywords :

carbon cold premixed asphalt, natural rubber, Marshall's test

1. คำนำ

การสร้าง หรือซ่อมบำรุงถนนเป็นเรื่องสำคัญ เพราะถนนเป็นที่รองรับการจราจรซึ่งเกิดจากความต้องการในการเดินทางของผู้คนและการขนส่งสินค้า ด้วยเหตุนี้ถนนจึงถูกใช้งานต่อเนื่องกันตลอดเวลา ถนนบางแห่งมีการใช้งานมาก บางแห่งก็มีการใช้งานน้อย แล้วแต่ปริมาณการจราจรและสภาพการจราจร เมื่อถนนเป็นที่รองรับการจราจร ด้วยเหตุนี้จึงมีการชำรุดเสียหายไปตามปริมาณจราจรและน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนถนนนั้นๆ เพื่อให้ถนนสามารถใช้งานได้ต่อเนื่อง การซ่อมบำรุงจึงเป็นงานที่มีความสำคัญไม่แพ้การสร้างถนนใหม่ ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุที่จะนำมาซ่อมจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง โดยจะต้องคำนึงถึงความสะดวก รวดเร็ว เหมาะสมกับสภาพการจราจร และต้องประหยัดงบประมาณ การทำผิวทางแอสฟัลต์หรือผิวทางลาดยางมะตอยจึงเป็นทางเลือกอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้งานทั้งการสร้างถนนใหม่และการนำมาซ่อมบำรุง เนื่องจากสะดวก รวดเร็ว และราคาก่อสร้างถูกกว่าการทำถนนคอนกรีต

การทำผิวทางลาดยางประเภทยางมะตอยผสมเย็นก็เป็นที่ยอมรับเช่นกัน เพราะวัสดุทำผิวทางยางมะตอยผสมเย็นเหมาะสำหรับงานซ่อมแซม จุดเล็กๆ บนถนน เช่น การปะผิวถนนและหลุมบ่อต่างๆ อีกทั้งวิธีการซ่อมจุดเสียหายบนถนนโดยใช้ยางมะตอย

ผสมเย็นนั้นง่ายต่อการปู และรวดเร็ว เพียงลาดยาง Tack Coat บางๆ บนจุดที่ซ่อม แล้วปูทับด้วยยางมะตอยผสมเย็น (Cold Mix Asphalt) และบดอัดผิวที่ปะซ่อมก็สามารถทำให้ถนนใช้งานได้เป็นปกติ ข้อดีอีกประการหนึ่งของการใช้ยางมะตอยผสมเย็นคือ สามารถหาซื้อได้ทั่วไปในร้านขายอุปกรณ์/วัสดุ-ก่อสร้างทั่วไป มีการบรรจุยางมะตอยผสมเย็นในรูปแบบถุงจึงง่ายต่อการขนส่งทางไกลและการใช้งาน ไม่ต้องไปสั่งโรงผสมยางมะตอยซึ่งต้องสั่งสินค้าในปริมาณมาก ด้วยเหตุดังกล่าวมาในตอนต้น ปัจจุบันจึงได้มีการคิดค้นและวิจัยทางวัสดุศาสตร์ด้านวิศวกรรมศาสตร์สาขาโยธาในต่างประเทศเพื่อปรับปรุงคุณภาพของยางมะตอยผสมเย็น (Modified Cold Mix Asphalt) ให้ดียิ่งขึ้นเพื่อตอบโจทย์แก้ความง่าย รวดเร็วและสะดวกต่อการใช้งาน จนไปถึงคุณภาพที่คงทนสามารถรองรับน้ำหนักปริมาณจราจรที่เพิ่มมากขึ้น โดยที่ยังคำนึงถึงการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้งานในถนนชนบท จากนั้นเองที่มียางมะตอยผสมเย็นปรับปรุงคุณภาพ Modified Cold Mix Asphalt ที่เรียกว่า ยางมะตอยผสมเย็นชนิดคาร์บอน (Carbon Cold Premix Asphalt) เป็นนวัตกรรมของวัสดุปูผิวถนนสูตรใหม่ ที่สามารถใช้แทนยางมะตอยผสมเย็นทั่วไปได้ และมีความแข็งแรงเทียบเท่ากับ Modified Hotmix Asphalt ซึ่งเป็นวัสดุปูผิวถนนชั้นดีเยี่ยม เป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับวัสดุปูผิวถนนที่กำลังมาแรงในบ้านเรา และแถบ AEC จึงเหมาะสำหรับ

ผู้ใช้งานที่ต้องการความรวดเร็วในการปูถนน แคมยัง
ได้ความแข็งแรงในระดับ Heavy Traffic ซึ่งเหมาะ
กับประเทศไทยอย่างยิ่ง สามารถดำเนินการได้ทั้งผิว
ถนนใหม่ หรือติดตั้งบนดินลูกรังโดยตรง อีกทั้งยัง
มีคุณสมบัติที่บ่มในชั้นผิวทางได้ 100% ไม่ต้องใช้
Prime Coat หรือ Tack Coat จึงทำให้ลดต้นทุนการ
ก่อสร้างและซ่อมแซมถนน และได้ความสามารถการ
ติดตั้งที่รวดเร็วแบบยางมะตอยผสมเย็นทั่วไปอีกด้วย

ปัจจุบันมีการนำเอายางพาราธรรมชาติมาเป็น
ส่วนผสมให้ถนนลาดยางมีคุณภาพดีขึ้น สำหรับยาง
มะตอยผสมร้อนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางพารา
ธรรมชาติ [1,2] แต่ยังคงประสบปัญหาเกี่ยวกับราคา
ยางแอสฟัลต์ผสมยางพาราธรรมชาติที่สูงกว่า
ยางแอสฟัลต์เท่าตัว เนื่องจากกรรมวิธีการผลิตที่ใช้
ความร้อนสูง

ในขณะที่น้ำยางพาราธรรมชาติมีน้ำเป็นส่วนประกอบทำให้การผลิตจำเป็นต้องควบคุมให้ดี
เพราะอาจเกิดการวิบัติหรือปะทุขึ้นได้ ดังนั้น ผู้วิจัย
เล็งเห็นการนำเอายางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูป
ชนิดคาร์บอนมาปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพารา
ธรรมชาติ ในลักษณะการผสมเพิ่มที่ไม่ใช้ความร้อน
เพื่อมาทดแทนยางมะตอยผสมร้อนที่ปรับปรุงคุณภาพ
ด้วยยางพาราธรรมชาติ เนื่องจากน้ำยางพาราธรรมชาติ
มีคุณสมบัติยึดเหนี่ยวได้ดี เพื่อพัฒนาคุณภาพที่คงทน
สามารถรองรับน้ำหนักปริมาณจราจรที่เพิ่มมากขึ้น
โดยที่ยังคำนึงถึงการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและ
การใช้งานในถนน [3]

2. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยางมะตอยสำเร็จรูปชนิดคาร์บอน

ยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอน
(Carbon Cold Premixed Asphalt) เป็นยางมะตอย
ผสมเย็นที่ประกอบด้วยส่วนผสมระหว่าง aggregate
มาตรฐาน ผง Carbon พิเศษ กับยางมะตอยน้ำ
Emulsion ที่เติมแต่งด้วย Carbon Additive ดังภาพที่ 1
โดยสามารถใช้ปูพื้นผิวได้ตั้งแต่ การทำผิวถนนใหม่

ปูทับผิวทางเดิม งานซ่อมแซมหลุมบ่อ ซ่อมแซม
สะพานเหล็ก ลานจอดรถ และทางเดินทั่วไป การใช้งาน
วัสดุยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนนั้น
สามารถใช้ปูได้ตั้งแต่ชั้นความหนาพื้นถนน 10 mm
จนถึง 30 mm สามารถใช้งานได้กับถนนชนบทจนถึง
ถนนสายหลัก



ภาพที่ 1 ยางมะตอยสำเร็จรูปชนิดคาร์บอน

2.2 ยางธรรมชาติ (Natural Rubber)

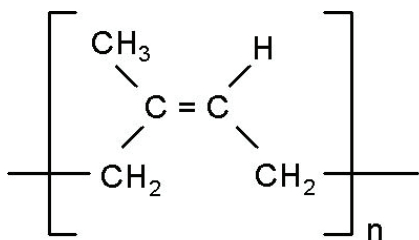
ยางธรรมชาติ คือ ยางที่มาจากต้นยางพารา
โดยตรงไม่ผ่านกรรมวิธีการใดๆ ได้มาจากต้นยาง Hevea
Braziliensis ซึ่งมีต้นกำเนิดจากกลุ่มแม่น้ำอเมซอนใน
ทวีปอเมริกาใต้ น้ำยางสดที่กรีดยได้จากต้นยางมีลักษณะ
สีขาวขุ่น และมีเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber) ดังภาพ
ที่ 2 ประมาณ 30% แฉวนลอยอยู่ในน้ำ ถ้านำน้ำยาง
ที่ได้นี้ไปผ่านกระบวนการปั่นเหวี่ยง (Centrifuge)
จนกระทั่งได้น้ำยางที่มีปริมาณยางแห้งเพิ่มขึ้นเป็น
60% เรียกว่า น้ำยางข้น (Concentrated Latex)
การเติมสารแอมโมเนียลงไปจะช่วยรักษาสภาพของ
น้ำยางข้นให้เก็บไว้ได้นาน

การนำยางธรรมชาติไปใช้งานมีอยู่ 2 รูปแบบ
คือ รูปแบบน้ำยาง และรูปแบบยางแห้ง ในรูปแบบ
น้ำยางนั้นน้ำยางสดจะถูกนำมาแยกน้ำออกเพื่อเพิ่ม
ความเข้มข้นของเนื้อยางขึ้นตอนหนึ่งก่อนด้วยวิธีการ
ต่างๆ แต่ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม คือ การใช้เครื่อง
เซนตริฟิวส์ ในขณะที่การเตรียมยางแห้งนั้นมักจะใช้
วิธีการใส่กรดอะซิติกลงในน้ำยางสด การใส่กรดอะซิติก
เจือจางลงในน้ำยาง ทำให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อน เกิดการ
แยกชั้นระหว่างเนื้อยางและน้ำ



ภาพที่ 2 น้ำยางธรรมชาติจากต้นยางพารา

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมี คือ cis-1,4-polyisoprene กล่าวคือ มี isoprene (C_5H_8) ดังภาพที่ 3 เนื่องจากส่วนประกอบของยางธรรมชาติเป็นไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้ว โดยทั่วไปยางธรรมชาติมีโครงสร้างการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบอสัณฐาน (Amorphous) การเกิดผลึกเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (Low Temperature Crystallization) จะทำให้ยางแข็งมากขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ยางก็จะอ่อนลงและกลับสู่สภาพเดิม ในขณะที่เกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัว (Strain Induced Crystallization) ทำให้ยางมีสมบัติเชิงกลดี นั่นคือ ยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) ความทนทานต่อการฉีกขาด (Tear Resistance) และความทนทานต่อการขัดสี (Abrasion Resistance) สูง



ภาพที่ 3 สูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

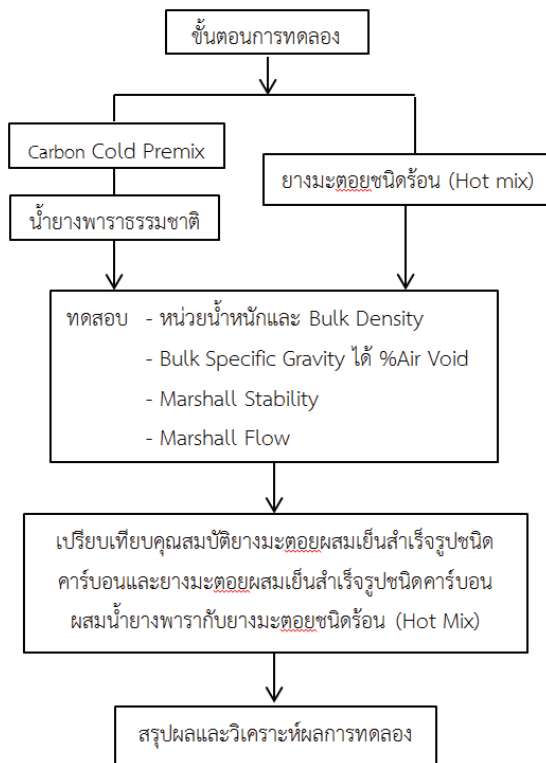
1. เพื่อศึกษาหาค่าเสถียรภาพ (Stability) ของยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4% ตามลำดับที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับ
2. เพื่อศึกษาหาค่าการไหล (Flow) ของยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4% ตามลำดับที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับ
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนและยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติเทียบกับยางมะตอยผสมร้อน (Hot Mixed Asphalt) และยางมะตอยผสมยางธรรมชาติชนิดร้อน (Hot Natural Rubber Modified Asphalt)

4. ขอบเขตการศึกษา

1. วัสดุที่ใช้ในการทดสอบเป็นยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิด Carbon Cold Premix
2. ศึกษาในห้องปฏิบัติการเท่านั้น
3. ศึกษาคุณสมบัติของยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิด Carbon Cold Premix โดยการทดสอบแบบ Marshall test
4. ศึกษาคุณสมบัติของยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิด Carbon Cold Premix กับน้ำยางพาราธรรมชาติที่ 0-4% โดยการทดสอบแบบ Marshall test

5. การดำเนินการวิจัย

การทดสอบคุณภาพของยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4% ตามลำดับที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับ โดยวิธีมาร์แชลล์กรมทางหลวง [4] สามารถสรุปเป็นขั้นตอนดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ฟังขั้นตอนการทดสอบ

5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ภาชนะโลหะ สำหรับผสมมวลรวมกับแอสฟัลต์
2. เตาอบสำหรับให้ความร้อนแก่มวลรวม
3. เตาแก๊ส สำหรับให้ความร้อนแก่แอสฟัลต์
4. เกรียง ใช้สำหรับผสมมวลรวมกับแอสฟัลต์
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. เครื่องชั่งไฟฟ้า 10 kg. (0.01 gm.)

7. อ่างตม้น้ำควบคุมอุณหภูมิสำหรับแช่ก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตที่บดอัดแล้ว

8. แท่นรองรับการบดอัด (Compaction Pedestal) ประกอบด้วยไม้ฐานขนาด 20x20x45 เซนติเมตร มีแผ่นโลหะขนาด 30x30x2.5 เซนติเมตร ติดตั้งอยู่บนฐานไม้

9. แบบหล่อ (Mold) สำหรับบดอัดก้อนตัวอย่าง มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 นิ้ว สูง 3 นิ้ว

10. ค้อน ประกอบด้วยแผ่นเหล็กกลมหนา 0.5 นิ้ว มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.875 นิ้ว ติดกับก้านเหล็กซึ่งมีตุ้มเหล็กหนัก 10 ปอนด์ สำหรับปล่อยน้ำหนักให้กระทบแผ่นเหล็กวงกลม โดยมีระยะกระทบของลูกตุ้มเหล็กเท่ากับ 18 นิ้ว

11. ที่ยึดแบบหล่อ (Mold Holder)

12. เครื่องดันตัวอย่าง (Sample Extruder)

13. ถุงมือกันความร้อน

14. เครื่องทดสอบมาร์แชลล์ (Marshall Testing Machine) ดังภาพที่ 5 สำหรับทดสอบหาค่าเสถียรภาพ

15. เครื่องวัดการไหล (Dial Gauge 1/100 นิ้ว)



ภาพที่ 5 เครื่องมือทดสอบมาร์แชลล์

5.2 การเตรียมตัวอย่าง

1. เตรียมยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4 % ตามลำดับ โดยมีน้ำหนัก 1200 กรัมต่อตัวอย่าง

2. ให้ความร้อนกับแบบหล่อและค้อนตัวอย่าง เพื่อความสะดวกเวลาบดอัด ช่วยให้แอสฟัลต์ไม่เกาะติดแบบหล่อและค้อน

3. นำแบบหล่อประกอบเข้าประจำที่ของเครื่องมือ

4. บดอัดด้วยค้อนโดยการยกต้อนน้ำหนักแล้วปล่อยต้อนน้ำหนักให้ตกกระทบลงบนแผ่นเหล็กวงกลม บดอัดด้วยจำนวน 75 ครั้งต่อด้าน (แอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับถนนที่มีการจราจรหนาแน่น)

5. เมื่อบดอัดด้านหนึ่งเสร็จเรียบร้อยแล้วให้พลิกเอาอีกด้านขึ้นมาบดอัดด้วยจำนวนครั้งที่เท่ากัน

6. นำตัวอย่างยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4 % ตามลำดับอย่างละ 12 ตัวอย่างเพื่อทำการบ่มที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับ

7. เมื่อครบอายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับก็ดำเนินการนำตัวอย่างยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4 % ตามลำดับไปทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางวิศวกรรมต่อไป

5.3 การทดสอบหาความหนาแน่น

การทดสอบหาความหนาแน่นของตัวอย่างยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4 % ตามลำดับ ที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำก้อนตัวอย่างไปชั่งในอากาศ บันทึกเป็นค่า d

2. นำก้อนตัวอย่างไปแช่น้ำ 5 นาที แล้วเช็ดผิวให้แห้ง ชั่งในอากาศ บันทึกเป็นค่า d1

3. นำก้อนตัวอย่างในข้อ b. ไปชั่งในน้ำแล้วบันทึกเป็นค่า e

5.4 การทดสอบหาค่าเสถียรภาพ (Stability) และการไหล (Flow)

การทดสอบหาค่าเสถียรภาพ (Stability) และการไหล (Flow) ของตัวอย่างยางมะตอยผสมเย็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4 % ตามลำดับที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำตัวอย่างที่หาความหนาแน่นเสร็จแล้วไปแช่น้ำที่อุณหภูมิคงที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ในอ่างตม้น้ำแบบควบคุมอุณหภูมิ

2. เช็ดผิวก้อนตัวอย่างให้แห้ง แล้วนำก้อนตัวอย่างไปใส่ในแบบหล่อที่ใช้สำหรับทดสอบค่าเสถียรภาพ

3. นำแบบหล่อที่บรรจุตัวอย่างแล้วไปวางบนเครื่องกดเพื่อหาค่าเสถียรภาพ

4. เดินเครื่องให้แบบหล่อเครื่องที่สัมผัสกับท่อนกด จนกระทั่งเข็มของเกจวัด (Dial Gage) ที่ติดกับวงแหวนวัดแรง (Proving Ring) ชยับตัวจึงหยุดเครื่อง จากนั้นตั้งเข็มของเกจวัดให้อยู่ที่เลขศูนย์

5. นำเครื่องวัดการไหลไปวางบนแกนสำหรับการทดสอบหาค่าการไหล ตั้งเข็มเกจวัดของเครื่องวัดการไหลให้อยู่ที่เลขศูนย์

6. เดินเครื่องกดเพื่อทดสอบหาค่าเสถียรภาพ โดยอ่านค่าน้ำหนักสูงสุดที่เกิดจากวงแหวนวัดแรง และอ่านค่าการไหลจากเครื่องวัดการไหลที่ค่าน้ำหนักสูงสุดเช่นเดียวกันดังภาพที่ 6, 7 และ 8 ตามลำดับ



ภาพที่ 6 การทดสอบหา Stability and Flow



ภาพที่ 7 ตัวอย่างหลังทดสอบ Stability and Flow



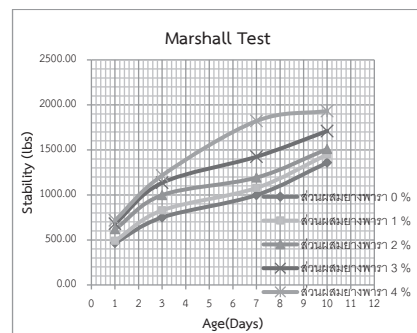
ภาพที่ 8 ตัวอย่างหลังทดสอบ

6. ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบคุณภาพของตัวอย่างยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4% ตามลำดับที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับ เทียบกับค่ามาตรฐานของคุณสมบัติต่างๆของยางมะตอยแต่ละชนิด [5,6] ดังแสดงสรุปในตารางที่ 1 และภาพที่ 9

ตารางที่ 1 คุณภาพตัวอย่างยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4% ตามลำดับที่อายุการบ่มที่แตกต่างกัน

ปริมาณน้ำยางพารา (%)	อายุการบ่ม (วัน)	Bulk Density (gm/cc.)	Air Void (%)	Stability Load (lbs)	Flow (0.25 mm.)
0	1	2.13	9.44	466.53	3
	3	2.11	10.29	750.20	3
	7	2.13	9.58	998.30	2
	10	2.12	9.86	1358.05	3
1	1	2.11	10.29	489.69	3
	3	2.12	9.86	828.76	3
	7	2.08	11.71	1077.69	3
	10	2.08	11.56	1449.02	3
2	1	2.09	11.42	617.88	3
	3	2.11	10.43	998.30	3
	7	2.07	11.99	1192.64	3
	10	2.04	13.12	1509.39	3
3	1	2.08	11.56	679.90	4
	3	2.11	10.43	1134.75	4
	7	2.03	13.55	1424.21	4
	10	1.98	15.96	1709.52	4
4	1	2.04	13.12	717.12	4
	3	2.09	11.14	1216.63	4
	7	2.03	13.83	1821.17	6
	10	2.01	14.54	1932.82	6
ยางมะตอยผสมเ็น			3-5	1800	8-16
ยางมะตอยผสมยางพาราธรรมชาติชนิดเ็น			3-5	2200	9-17



ภาพที่ 9 ค่า Stability ของตัวอย่างยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4% ตามลำดับที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับ

จากตารางที่ 1 และภาพที่ 9 พบว่า

- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอน ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0% ที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วัน ตามลำดับ มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2.13, 2.11, 2.13 และ 2.12 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ มีค่า Air Void เท่ากับ 9.44, 10.29, 9.58 และ 9.86% ตามลำดับ มีค่าเสถียรภาพเท่ากับ 466.53, 750.20, 998.30 และ 1358.05 lb ตามลำดับ และมีค่าการไหลเท่ากับ 3, 3, 2 และ 3 ตามลำดับ

- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอน ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 1% ที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วัน ตามลำดับ มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2.11, 2.12, 2.08 และ 2.08 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ มีค่า Air Void เท่ากับ 10.29, 9.86, 11.71 และ 11.56 % ตามลำดับ มีค่าเสถียรภาพเท่ากับ 489.69, 828.76, 1077.69 และ 1449.02 lb ตามลำดับ และมีค่าการไหลเท่ากับ 3, 3, 3 และ 3 ตามลำดับ

- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอน ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 2% ที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วัน ตามลำดับ มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2.09, 2.11, 2.07 และ 2.04 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ มีค่า Air Void เท่ากับ 11.42, 10.43, 11.99 และ 13.12% ตามลำดับ มีค่าเสถียรภาพเท่ากับ 617.88, 998.30, 1192.64 และ 1509.39 lb ตามลำดับ และมีค่าการไหลเท่ากับ 3, 3, 3 และ 3 ตามลำดับ

- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอน ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 3% ที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2.08, 2.11, 2.03 และ 1.98 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ มีค่า Air Void เท่ากับ

11.56, 10.43, 13.55 และ 15.96% ตามลำดับ มีค่าเสถียรภาพเท่ากับ 679.90, 1134.75, 1424.21 และ 1709.52 lb ตามลำดับ และมีค่าการไหลเท่ากับ 4, 4, 4 และ 4 ตามลำดับ

- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอน ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 4% ที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วัน ตามลำดับ มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2.04, 2.09, 2.03 และ 2.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ มีค่า Air Void เท่ากับ 13.12, 11.14, 13.83 และ 14.54% ตามลำดับ มีค่าเสถียรภาพเท่ากับ 717.12, 1216.63, 1821.17 และ 1932.82 lb ตามลำดับ และมีค่าการไหลเท่ากับ 4, 4, 6 และ 6 ตามลำดับ

- ค่าความหนาแน่นและค่า Air Void ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณน้ำยางพาราธรรมชาติและอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้น

- ปริมาณน้ำยางพาราธรรมชาติและอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าเสถียรภาพและค่าการไหลมีแนวโน้มสูงขึ้น

- ที่ปริมาณน้ำยางพาราธรรมชาติเดียวกัน แต่อายุการบ่มเพิ่มขึ้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นและค่า Air Void

- ที่ปริมาณน้ำยางพาราธรรมชาติเดียวกัน แต่อายุการบ่มเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าเสถียรภาพและค่าการไหลมีแนวโน้มสูงขึ้น

- ที่อายุการบ่มเดียวกันแต่ปริมาณน้ำยางพาราธรรมชาติเพิ่มขึ้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นและค่า Air Void

- ที่อายุการบ่มเดียวกันแต่ปริมาณน้ำยางพาราธรรมชาติเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าเสถียรภาพและค่าการไหลมีแนวโน้มสูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับยางมะตอยผสมร้อนและยางมะตอยผสมยางธรรมชาติชนิดร้อน พบว่า

- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4 % ที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับมีค่า Air Void สูงกว่ายางมะตอยผสมร้อน

- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4 % ที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับมีค่าการไหลต่ำกว่ายางมะตอยผสมร้อน

- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2 และ 3 % ที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับมีค่าเสถียรภาพต่ำกว่ายางมะตอยผสมร้อน

- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 4% ที่อายุการบ่ม 1 และ 3 วัน ตามลำดับ มีค่าเสถียรภาพต่ำกว่ายางมะตอยผสมร้อน

- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 4% ที่อายุการบ่ม 7 และ 10 วัน ตามลำดับ มีค่าเสถียรภาพสูงกว่ายางมะตอยผสมร้อนอยู่เล็กน้อย

- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4 % ที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับมีค่า Air Void สูงกว่ายางมะตอยผสมยางธรรมชาติชนิดร้อน

- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4 % ที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับมีค่าการไหลต่ำกว่ายางมะตอยผสมยางธรรมชาติชนิดร้อน

- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ 0, 1, 2, 3 และ 4 % ที่อายุการบ่ม 1, 3, 7 และ 10 วันตามลำดับมีค่าเสถียรภาพต่ำกว่ายางมะตอยผสมยางธรรมชาติชนิดร้อน

7. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

- ค่าความหนาแน่นและค่า Air Void ของยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนไม่แปรผันตามปริมาณน้ำยางพาราและอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้น
- ค่าเสถียรภาพและค่าการไหลของยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนแปรผันตามปริมาณน้ำยางพาราและอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้น
- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ไม่ปรับปรุงคุณภาพและปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติมีค่า Air Void สูงกว่ายางมะตอยผสมร้อน และยางมะตอยผสมยางพาราธรรมชาติชนิดร้อนตามลำดับ
- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ไม่ปรับปรุงคุณภาพและปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติมีค่าการไหลต่ำกว่ายางมะตอยผสมร้อน และยางมะตอยผสมยางพาราธรรมชาติชนิดร้อนตามลำดับ
- ยางมะตอยผสมเ็นสำเร็จรูปชนิดคาร์บอนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติที่อายุการบ่ม 7 และ 10 วัน ตามลำดับ มีค่าเสถียรภาพเท่ากับ 1821.17 และ 1932.82 lb ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ายางมะตอยผสมร้อน (1800 lb) แต่ยังคงมีค่าต่ำกว่ายางมะตอยผสมยางพาราธรรมชาติชนิดร้อน (2200 lb)
- น้ำยางพาราธรรมชาติมีส่วนช่วยในการเพิ่มการยึดเกาะที่ดี มีแรงต้านทานและความคงทนที่มากขึ้น

8. ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำผลการวิจัยที่ได้มาประยุกต์ใช้จริงในสนาม
2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม ถ้ามีการผสมน้ำยางพาราธรรมชาติที่มากกว่า 4% ของน้ำหนักก้อนตัวอย่าง 1,200 กรัม ผลที่ได้จะเป็นอย่างไร มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นหรือไม่

9. เอกสารอ้างอิง



[1] วิจิต สุวรรณปรีชา. (2548). การใช้ยางพาราผสมยางมะตอยฉาบผิวถนนเพิ่มปริมาณการใช้ยางพาราในประเทศลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง, บทความเผยแพร่วารสารประจำปี 2548 ของกองทุนส่งเสริมการทำสวนยางจังหวัดตรัง.

[2] นฤตล นวลนัม และ วัชรินทร์ วิทยกุล. (2545). การปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์อิมัลชันโดยใช้น้ำยางชั้นธรรมชาติ วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 45 : 88-96.

[3] จุริพัตร บุญชุ่ม และ วัชรินทร์ วิทยกุล. (2545). การศึกษาคุณสมบัติของโมดิฟายด์แอสฟัลต์คอนกรีตที่ผสมด้วยรีไซเคิลโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 45 : 146-154.

[4] กรมทางหลวง. (2517). วิธีการทดลองแอสฟัลต์ติกคอนกรีต โดยวิธี Marshall, มาตรฐานวิธีการทดลอง ทล.-ม. 604/2517. สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง

[5] กรมทางหลวง. (2532). มาตรฐานแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete or Hot-Mix Asphalt), มาตรฐานงานทาง ทล.-ม. 408/2532. สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง

[6] Asphalt Institute. (1979). Mix Design Methods for asphalt concrete and other Hot-mix Types (MS-2). Asphalt Institute, Lexington, Kentucky, USA.