การพัฒนาวัสดุชั้นทางจากวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ที่ถูกปรับปรุงคุณภาพครั้งที่สอง ด้วยแอสฟัลต์อิมัลชัน

Development of A Base Course Material Produced from Second Time Pavement Recycling Materials Modified with Asphalt Emulsion

อวัช วิริยะ[1,*] และ พีรพงศ์ จิตเสงี่ยม[1]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

**Corresponding author; E-mail address: awach_aob@hotmail.com*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาวัสดุชั้นทางผ่านกระบวนการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ ซึ่งวัสดุที่ได้รับการพัฒนาในงานวิจัยนี้เป็นการนำวัสดุชั้นทางเดิมที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพครั้งที่หนึ่งด้วยซีเมนต์มาใช้สำหรับการปรับปรุงคุณภาพครั้งที่สองด้วยแอสฟัลต์อิมัลชันร่วมกับซีเมนต์ โดยจากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียว กำลังรับแรงดัด และความสามารถในการดูดซึมน้ำของวัสดุตัวอย่างที่ได้รับการพัฒนานี้เปรียบเทียบกับวัสดุควบคุมที่มีปริมาณการผสมซีเมนต์ที่เท่ากัน พบว่าการผสมแอสฟัลต์อิมัลชันร่วมกับซีเมนต์สามารถช่วยให้วัสดุชั้นทางมีสมบัติทางกลและสมบัติด้านการต้านการดูดซึมน้ำที่มีประสิทธิภาพดีขึ้นเมื่อเทียบกับการผสมเฉพาะซีเมนต์ โดยจากผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการพัฒนาวัสดุชั้นทางผ่านกระบวนการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพครั้งที่สองด้วยแอสฟัลต์อิมัลชันร่วมกับซีเมนต์ ซึ่งสามารถนำวัสดุที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วมาเป็นวัสดุต้นแบบในการประยุกต์ใช้เพื่อการซ่อมแซมและการก่อสร้างถนนในประเทศไทยต่อไป

คำสำคัญ: การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่, การปรับปรุงคุณภาพครั้งที่สองด้วยแอสฟัลต์อิมัลชันร่วมกับซีเมนต์ , กำลังรับแรงอัดแกนเดียว, กำลังรับแรงดัด, ความสามารถในการดูดซึมน้ำ

Abstract

This paper presents the development of pavement materials through the process of recycling old pavement materials for reuse. The material developed in this research is the first grade with cement for the second improvement with asphalt emulsion and cement. from the test results of unconfined compressive strength, flexural strength and water absorption of this developed sample material compared with the control material with the same cement content. It was found that mixing asphalt emulsion with cement was able to improve the mechanical properties and anti-water absorption properties compared to cement-only blends. The test results show the potential for further application of the old roadway material recycling process through the second quality improvement with asphalt emulsion combined with cement. The improved material can be used as a prototype material for further application in road repair and construction in Thailand.

Keywords: Pavement in-place recycling, The second improvement with asphalt emulsion and cement, Unconfined compressive strength, Flexural strength, Water absorption

1. บทนำ

การคมนาคมขนส่งทางถนนเป็นรูปแบบการเดินทางที่มีความสำคัญและเป็นการเดินทางหลักของไทยโดยโครงข่ายเส้นทางการขนส่งทางถนนของไทยที่มีความยาว 217,797 กิโลเมตร ครอบคลุมทั่วทั้งประเทศ เมื่อถนนของไทยเกิดความเสียหายด้วยสาเหตุต่างๆ เช่น เกิดหลุมบ่อ เกิดรอยแตก เป็นต้น การซ่อมบำรุงอาจเป็นการอุดรอยแตกของผิวถนน การปะซ่อมผิวทาง การฉาบผิว แต่ถ้าเกิดความเสียหายในระดับโครงสร้างชั้นทางอาจต้องดำเนินการขุดรื้อชั้นทางส่วนที่เสียหายแล้วบดอัดให้แน่นจากนั้นบดอัดชั้นผิวทางใหม่ (Pavement In-Place Recycling) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในประเทศไทย วิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถช่วยลดระยะเวลาการก่อสร้าง ซึ่งการ Recycling นั้นเป็นการก่อสร้างแบบในที่ (In-Place) วิธีนี้ช่วยให้เปิดการจราจรได้เร็วขึ้น โดยการปรับปรุงคุณภาพของวัสดุด้วยสารผสมเพิ่ม เช่น ซีเมนต์ ปูนขาว แอสฟัลต์อิมัลชัน เถ้าลอย เป็นต้น และเพิ่มเติมวัสดุด้วยขนาดคละและปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้ชั้นทางมีคุณภาพที่กำหนด ซึ่งข้อดีของการปรับปรุงวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่นั้น เช่น สามารถลดการปล่อยพลังงาน ลดการเผาผลาญน้ำมัน ในกระบวนการก่อสร้างได้ค่อนข้างมาก การใช้วัสดุจากธรรมชาติน้อยลง เพิ่มความแข็งแรงของชั้นพื้นทาง สามารถเปิดการจราจรหลังการก่อสร้างได้เร็วขึ้น เป็นต้น ข้อดีด้านเศรษฐศาสตร์การปรับปรุงโครงสร้างชั้นทาง ถ้าเป็นการปรับปรุงด้วยวิธี Conventional หรือวิธีดั้งเดิมนั้นเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่า Pavement In-Place Recycling ทั้งค่าใช้จ่ายด้านการขนส่ง การเคลื่อนย้ายวัสดุ (NCHRP 2011)

ทั้งนี้เนื่องจากการปรับปรุงผิวทางชนิดปรับปรุงวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ได้ถูกดำเนินมากว่า 10 ปี ซึ่งขณะนี้มีถนนที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพเริ่มมีการเสียหายในระดับที่ต้องการการซ่อมบำรุงใหญ่อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในขณะนี้ยังไม่มีวิธีการปรับปรุงคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับผิวทางที่ถูกการปรับปรุงคุณภาพมาแล้วครั้งหนึ่ง ซึ่งการใช้ปูนซีเมนต์มาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพอาจจะมีความไม่เหมาะสมเนื่องจากอาจจะทำให้มีปริมาณ ซีเมนต์ใหม่และเก่ามากเกินไปทำให้ชั้นทางที่ได้รับการปรับปรุงอาจจะมีความแข็งแกร่งที่มากเกินไป อาจจะเป็นสาเหตุของการเปราะแตกในอนาคตได้ สำหรับงานวิจัยนี้จึงได้ทำพัฒนาการนำแอสฟัลต์อิมัลชันมาเป็นสารผสมเพิ่มทดแทนการใช้ซีเมนต์ในงาน Pavement In-Place Recycling ในไทย เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาอย่างเป็นรูปธรรมของการนำเอาแอสฟัลต์อิมัลชันมาปรับปรุงโครงสร้างชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ อีกทั้งงานวิจัยต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา แอฟริกาใต้ อังกฤษ ออสเตรเลีย เป็นต้น ได้มีการศึกษาโดยนำเอาแอสฟัลต์อิมัลชันมาเป็นสารผสมเพิ่ม ซึ่งมีคุณสมบัติลดผลกระทบและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น ทำให้ชั้นทางมีความแข็งแรงมากขึ้นรวมถึงลดปัญหาการแตกร้าวจากการหดตัวของวัสดุ และทำให้ทนต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น ซึ่งคุณสมบัติของแอสฟัลต์อิมัลชันสามารถเพิ่มแรงยึดเกาะของวัสดุมวลรวม รวมทั้งเพิ่มกำลังแบกทานชั้นพื้นทางและมีความยืดหยุ่นมากกว่าการใช้ซีเมนต์

2. วัสดุและขั้นตอนวิจัย

2.1 วัสดุ

2.1.1 วัสดุชั้นทางเดิม

วัสดุชั้นทางเดิมที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ เมื่อทำทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพพบว่ามีค่า Sieve ไม่จัดอยู่ในกลุ่ม A-E ของพื้นทางหินคลุก, Liquid limit และ Plasticity index ไม่สามารถทดสอบได้, Maximum dry density 2,206 กรัม/ลบ.ซม. และ CBR 87.5% เมื่อเทียบกับมาตรฐานพื้นทางหินคลุก มาตรฐานที่ ทล.-ม. 201/2544 พบว่าวัสดุชั้นทางเดิมไม่ผ่านมาตรฐานของกรมทางหลวง และสามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธี Pavement In-Place Recycling

2.1.2 ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา

เป็นปูนซีเมนต์ประเภทใช้กันมากในงานคอนกรีต ประมาณได้ว่าร้อยละ 90 ของปูนซีเมนต์ที่ผลิตในสหรัฐอเมริกา เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ใช้สำหรับการทำคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา และใช้ในการก่อสร้างตามปกติทั่วไป เช่น เสา คาน ฐานรากของอาคาร ถนน เป็นต้น ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ให้กำลังสูงสุดในระยะเวลาไม่รวดเร็วและให้ความร้อนปานกลาง ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว ตราทีพีไอสีแดง ตราภูเขาตรา ดาวเทียม และตราเอกซีเมนต์สีน้ำเงิน เป็นต้น

2.1.3 Asphalt Emulsion (CSS -1h) หรือยางมะตอยน้ำ CSS-1h (Cationic Slow Setting)

ผลิตภัณฑ์ยางมะตอยน้ำชนิด Cationic Emulsified Asphalt ยางแอสฟัลต์อิมัลชั่นที่ผิวมีประจุบวกแสดงในรูปที่ 1 โดยมีอัตราการจับตัว (Setting) หรือการระเหยออกของน้ำช้า (Slow Setting) ซึ่งผลิตโดยการนำยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ มาตีให้กระจายเป็นอนุภาคเม็ดเล็ก ๆ อยู่ในน้ำรวมกับสารเคมีประเภทอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) จนกลายเป็นเนื้อเดียวกันใช้สำหรับการทำงาน Slurry Seal เป็นการฉาบบาง ๆ บนผิวทางเดิมหรือฉาบผิวทางบนพื้นทางที่ได้ทำผิวทาง Single Surface Treatment (ผิวทางแบบชั้นเดียว) ไว้แล้วโดยมีส่วนผสมประกอบด้วย CSS-1h และวัสดุมวลรวม (หิน) น้ำ ซีเมนต์(Mineral Filler) ในสัดส่วนที่เป็นไปอย่างถูกต้องเหมาะสมการทำงาน Slurry Seal มีจุดประสงค์เพื่อบำรุงรักษาผิวทางเดิมหรือเป็นผิวทางไหล่ทางได้ด้วยตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติเฉพาะ

คุณลักษณะที่ต้องการ	หน่วย	มาตรฐานที่กำหนด CSS-1h
1.ความหนืดเซย์โบลฟูรอลที่ 25° C	SFS	20-100
2. การแยกชั้น (Settlement) หลังจากเวลา 5 วัน ไม่เกิน	%	5.0
3. เสถียรภาพต่อการเก็บภายใน 24 ชม. ไม่เกิน	%	10
4. การผสมกับปีเมนต์ ไม่เกิน	%	2
5. ปริมาณที่ค้างบนแร่ง 850 µm (No.20) ไม่เกิน	บวก	0.1
6. ประจุของอนุภาคแอสฟัลต์	บวก	บวก
การกลั่นอิมัลชั่น		
7. กากไม่น้อยกว่า	%	57
กากที่เหลือจากการกลั่น		
8. เพนิเทรชั่น (Penetration) ที่ 25° C น้ำหนักกด 100g. เวลา 5 วินาที	0.1 mm.	40-90
9. การยืดดึง (Ductility) ที่ 25° C อัตราความเร็วของเครื่องดึง 5 cm./นาที ไม่น้อยกว่า	cm.	40
10. การละลายในไตรคลอโรเอทีลีนไม่น้อยกว่า	%	97.5

2.2 ขั้นตอนการวิจัย

มีขั้นตอนการศึกษา 2 ขั้น คือ การออกแบบวัสดุบนพื้นฐาน Recycled Materials และการทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุ Pavement In-Place Recycling ด้วยการทดสอบขั้นสูงเพื่อประเมินหาแนวทางการใช้งานวัสดุต้นแบบชั้นทางชนิดวัสดุนำกลับมาใช้ใหม่ของวัสดุงานทางปรับปรุงคุณภาพด้วยแอสฟัลต์อิมัลชัน

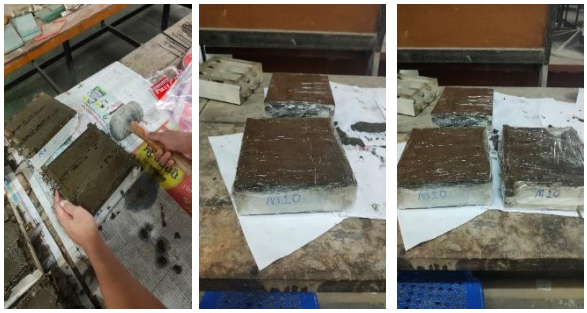
2.2.1 การออกแบบวัสดุบนพื้นฐาน Recycled Materials

การออกแบบวัสดุบนพื้นฐาน Recycled Materials เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางการใช้งานวัสดุต้นแบบชั้นทางชนิดวัสดุนำกลับมาใช้ใหม่ของวัสดุงานทางปรับปรุงคุณภาพด้วยแอสฟัลต์อิมัลชัน จะทำการทดสอบวัสดุเชื่อมประสาน โดยใช้ซีเมนต์ที่ใช้เป็นซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 กับแอสฟัลต์อิมัลชัน ทำการผสมตัวอย่างทดสอบที่มีซีเมนต์และแอสฟัลต์อิมัลชันในอัตราส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ปูนซีเมนต์ + แอสฟัลต์อิมัลชัน (CSS -1h) = 100% + 0%
ปูนซีเมนต์ + แอสฟัลต์อิมัลชัน (CSS -1h) = 100% + 2%
ปูนซีเมนต์ + แอสฟัลต์อิมัลชัน (CSS -1h) = 100% + 4%
ปูนซีเมนต์ + แอสฟัลต์อิมัลชัน (CSS -1h) = 100% + 6%
ปูนซีเมนต์ + แอสฟัลต์อิมัลชัน (CSS -1h) = 100% + 8%
ปูนซีเมนต์ + แอสฟัลต์อิมัลชัน (CSS -1h) = 100% + 10%

หลังจากผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วนำไปบรรจุในแบบหล่อตัวอย่างทดสอบ (Mold) ขนาด กว้าง 4 ซม. ยาว 16 ซม. สูง 4 ซม. นำพลาสติกแผ่นบางหุ้มแบบไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นบริเวณผิวตัวอย่าง ทิ้งไว้จน 24 ชั่วโมงจึงนำตัวอย่างออกจากแบบ จากนั้นวัดขนาดตัวอย่างทดสอบและชั่งน้ำหนักให้เรียบร้อยแล้วนำมาหุ้มด้วยพลาสติกแผ่นบาง บ่มตัวอย่างทดสอบที่อุณหภูมิห้องตามอายุการบ่ม 3, 7 และ 28 วัน ทั้งนี้การนับระยะเวลาในการบ่ม ทำการนับโดยเริ่มตั้งแต่การผสมตัวอย่างทดสอบ เมื่อครบอายุการบ่มนำตัวอย่างไปทดสอบกำลังรับแรงดัด (Flexural Strength) ตามมาตรฐาน ASTM C348 และกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ตามมาตรฐาน ASTM C109 / C109M เพื่อหาค่าเฉลี่ยกำลังของตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2 หลังจากนั้นคำนวณหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของตัวเชื่อมประสาน

รูปที่ 1 *Asphalt Emulsion (CSS -1) หรือยางมะตอยน้ำ CSS-1h (Cationic Slow Setting)*



รูปที่ 2 แบบหล่อและตัวอย่างซีเมนต์ผสมแอสฟัลต์อิมัลชัน

2.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุ Pavement In-Place Recycling ด้วยการทดสอบขั้นสูง

ในการทดสอบจะเตรียมวัสดุชั้นทางเดิมกับตัวเชื่อมประสานซีเมนต์ผสมแอสฟัลต์อิมัลชัน มาผสมกันในปริมาณต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดส่วนผสมดังนี้ (ในการทดสอบตัวอย่างนี้จะเปรียบเทียบการใช้ปูซีเมนต์ที่ 3% และ 5% ให้กำลังผ่านเกือบผ่านมาตรฐานและผ่านมาตรฐาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบ)

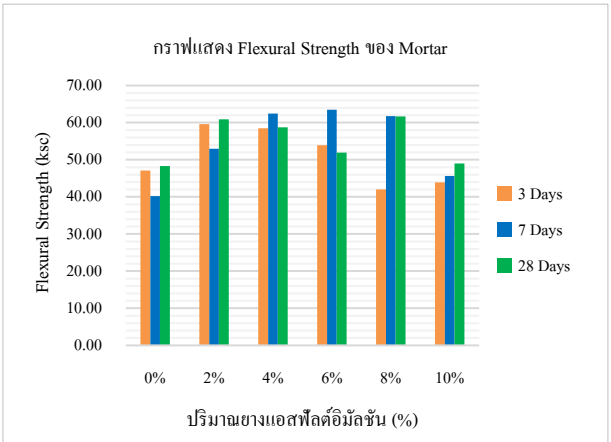
วัสดุชั้นทางเดิม 3, 4 กิโลกรัม, ปูนซีเมนต์ 3, 5%, แอสฟัลต์อิมัลชัน 0%
วัสดุชั้นทางเดิม 3, 4 กิโลกรัม, ปูนซีเมนต์ 3, 5%, แอสฟัลต์อิมัลชัน 2%
วัสดุชั้นทางเดิม 3, 4 กิโลกรัม, ปูนซีเมนต์ 3, 5%, แอสฟัลต์อิมัลชัน 4%
วัสดุชั้นทางเดิม 3, 4 กิโลกรัม, ปูนซีเมนต์ 3, 5%, แอสฟัลต์อิมัลชัน 6%
วัสดุชั้นทางเดิม 3, 4 กิโลกรัม, ปูนซีเมนต์ 3, 5%, แอสฟัลต์อิมัลชัน 8%
วัสดุชั้นทางเดิม 3, 4 กิโลกรัม, ปูนซีเมนต์ 3, 5%, แอสฟัลต์อิมัลชัน 10%

หลังจากผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วนำไปบรรจุในแบบหล่อตัวอย่างทดสอบ (Mold) ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 10.16 ซม. สูง 11.64 ซม. และแบบหล่อตัวอย่างทดสอบ (Mold) ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 10 ซม. สูง 20 ซม. ด้วยวิธีการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction) กับปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) หลังจากนั้นนำตัวอย่างออกจากแบบหล่อและวัดขนาดตัวอย่างทดสอบกับชั่งน้ำหนักให้เรียบร้อยแล้วนำมาหุ้มด้วยพลาสติกแผ่นบาง จากนั้นจึงบ่มตัวอย่างทดสอบที่อุณหภูมิห้องตามอายุการบ่ม 7 และ 28 วัน ทั้งนี้การนับระยะเวลาในการบ่ม ทำการนับโดยเริ่มตั้งแต่การผสมตัวอย่างทดสอบ เมื่อครบอายุการบ่มนำตัวอย่างไปทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัด (Unconfined Compressive Strength Test) เพื่อหาค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่าง ที่อายุการบ่มตัวอย่างที่ 7 และ 28 วัน ตามมาตรฐานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ ทล.-ม. 203/2556 [1] การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ของพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ที่อายุการบ่มตัวอย่างที่ 7 วัน ตามมาตรฐาน Australian Standard AS 1141.53-1996 และทดสอบ Resilient Modulus ของวัสดุชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพตามมาตรฐาน ASSHTO T307 / TP46 ที่อายุการบ่มตัวอย่างที่ 7 วัน

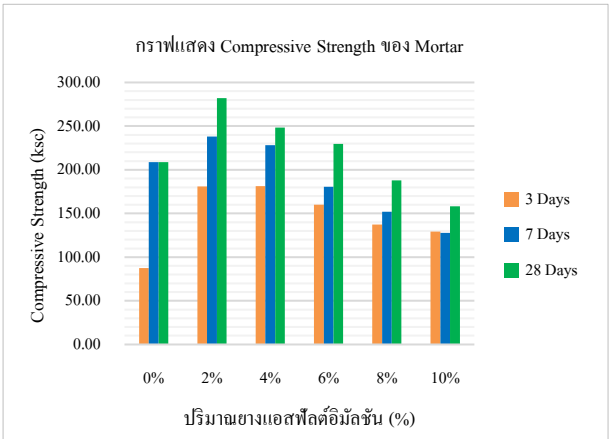
รูปที่ 3 ก้อนตัวอย่างวัสดุชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์และแอสฟัลต์อิมัลชัน

3. ผลการทดสอบและวิเคราะห์

วัสดุซีเมนต์มอร์ต้าผสมแอสฟัลต์อิมัลชันที่ทำการผสมแอสฟัลต์อิมัลชันในปริมาณต่าง ๆ และทำการบ่มไว้ที่ระยะเวลา 3 วัน, 7 วัน และ 28 วัน จากนั้นนำมากดหาค่า Flexural Strength และค่า Compressive Strength จะแสดงในรูปที่ 4-5 พบว่าเมื่อใส่แอสฟัลต์อิมัลชันในปริมาณต่างๆแล้วค่า Flexural Strength มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 61.69 ksc ที่การบ่ม 28 วัน ส่วนค่า Compressive Strength มีค่าเพิ่มขึ้นในกรณีที่ใส่แอสฟัลต์อิมัลชันในปริมาณน้อย และเมื่อเพิ่มปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันจะมีค่ากำลังที่ลดลง ซึ่งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 281.88 ksc ที่การบ่ม 28 วัน เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ผสมแอสฟัลต์อิมัลชัน และเมื่อพิจารณาการนำแอสฟัลต์อิมัลชันไปใช้กับวัสดุชั้นทางเดิมเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ มีความเป็นไปได้ที่แอสฟัลต์อิมัลชันจะสามารถช่วยในการปรับปรุงวัสดุชั้นทางเดิม โดยเปรียบเทียบการผสมวัสดุซีเมนต์มอร์ต้าซึ่งคล้ายกับการผสมตัวอย่างปรับปรุงคุณภาพของวัสดุชั้นทางเดิม

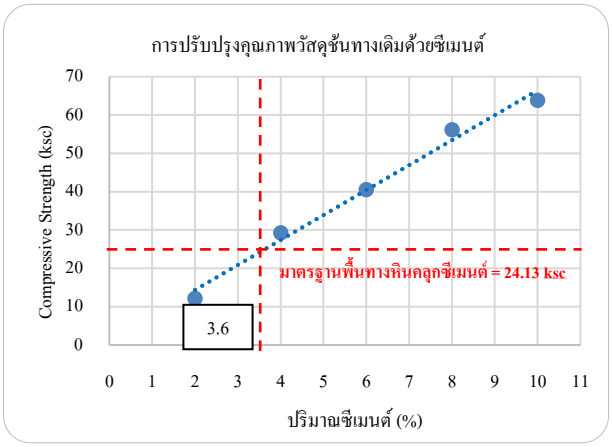


รูปที่ 4 กราฟแสดง Flexural Strength ของ Mortar ที่อายุการบ่ม 3, 7 และ 28 วัน

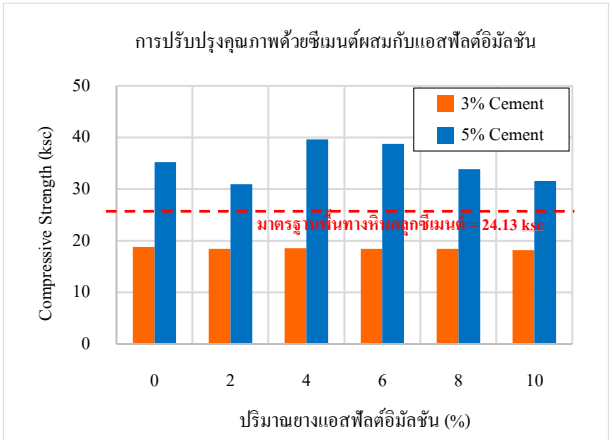


รูปที่ 5 กราฟแสดง Compressive Strength ของ Mortar ที่อายุการบ่ม 3, 7 และ 28 วัน

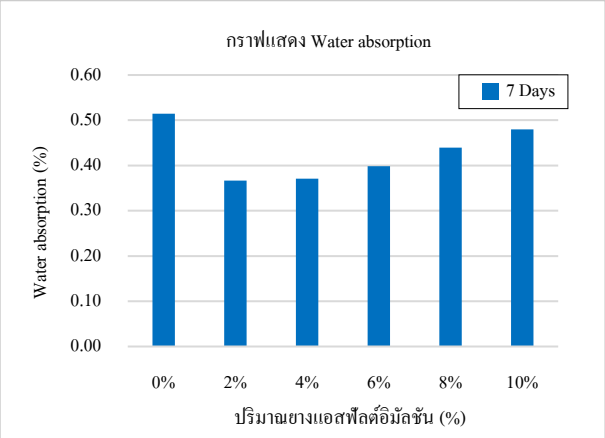
การออกแบบวัสดุบนพื้นฐาน Recycled Materials โดยใช้วัสดุชั้นทางเดิมเป็นวัสดุตั้งต้น และปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์และแอสฟัลต์อิมัลชัน ในขั้นตอนการออกแบบโดยทั่วไปจะออกแบบปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งจะได้ปริมาณซีเมนต์ที่เหมาะสมสำปรับปรุงปรุงวัสดุชั้นทางเดิมที่ 3.6% โดยมวล และมีค่าผ่านมาตรฐานพื้นทางหินคลุกซีเมนต์พอดีแสดงในรูปที่ 6 หลังจากนั้นกำหนดปริมาณซีเมนต์ที่จะใช้ในการปรับปรุงวัสดุชั้นทางเดิมด้วยซีเมนต์ผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ปริมาณซีเมนต์ที่ 3% และ 5% จะได้ค่าแสดงในรูปที่ 7 พบว่าเมื่อใส่แอสฟัลต์อิมัลชันในปริมาณต่างๆ เพื่อการปรับปรุงคุณภาพ ทำให้กำลังรับแรงอัดแกนเดียวเพิ่มขึ้นหลังจากเพิ่มปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันจะทำให้กำลังรับแรงอัดลดลง



รูปที่ 6 กราฟแสดงการปรับปรุงคุณภาพวัสดุชั้นทางเดิมด้วยซีเมนต์

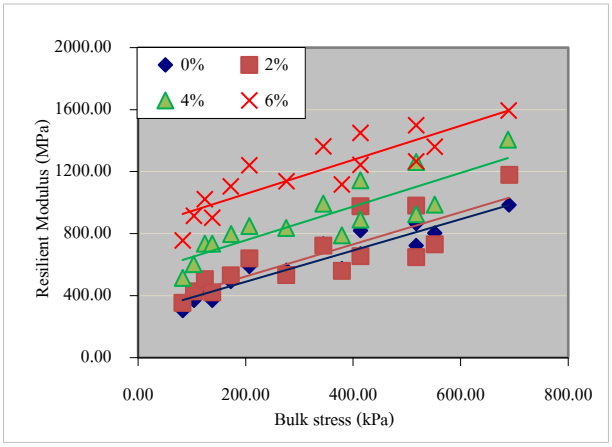


รูปที่ 7 กราฟแสดงการปรับปรุงคุณภาพวัสดุชั้นทางด้วยซีเมนต์ผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชัน



รูปที่ 8 กราฟแสดง Water absorption ของวัสดุชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชัน

รูปที่ 9 การทดสอบ Water absorption ของวัสดุชั้นทางที่ปรับปรุงด้วยคุณภาพซีเมนต์ผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชัน



รูปที่ 10 กราฟแสดง Resilient Modulus ของวัสดุชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชัน

จากรูปที่ 8-9 แสดงการเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของตัวอย่างวัสดุชั้นทางเดิมที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันในปริมาณต่าง ๆ พบว่าวัสดุชั้นทางเดิมที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์จะดูดซึมน้ำเท่ากับ 0.51% และวัสดุชั้นทางเดิมที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันในปริมาณต่าง ๆมีค่าเท่ากับ 0.37, 0.37, 0.40, 0.44 และ0.48% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำที่น้อยลงทุกปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใส่ไปแต่จะลดได้มากเมื่อใส่ในปริมาณที่น้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับการผสมด้วยซีเมนต์ปกติ เพราะฉะนั้นการปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันสามารถช่วยลดการดูดซึมน้ำของชั้นพื้นทางวัสดุชั้นทางเดิมที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้

จากรูปที่ 10 แสดงกราฟแสดง Resilient Modulus ของวัสดุชั้นทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชัน พบว่าการศึกษาค่าโมดูลัสคืนตัวของวัสดุชั้นทางเดิมที่ปรับปรุงด้วยซีเมนต์ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันตามมาตรฐาน ASSHTO T307 / TP46 ที่อายุการบ่มตัวอย่างที่ 7 วัน การพัฒนาค่าโมดูลัสคืนตัวตามปริมาณซีเมนต์ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันที่เพิ่มขึ้นนั้นมีความคล้ายกับผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว จึงสรุปได้ว่าการปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันสามารถนำมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงวัสดุชั้นทางเดิมที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้

4. บทสรุป

จากผลการทดสอบการพัฒนาวัสดุชั้นทางจากวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ที่ถูกปรับปรุงคุณภาพครั้งที่สองด้วยแอสฟัลต์อิมัลชัน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. วัสดุซีเมนต์มอร์ต้าผสมแอสฟัลต์อิมัลชันมีความคล้ายกับการผสมตัวอย่างปรับปรุงคุณภาพของวัสดุชั้นทางเดิม จึงนำมาเป็นตัวอย่างจำลองขนาดเล็กเพื่อที่จะกำหนดปริมาณการใช้แอสฟัลต์อิมัลชัน และแนวทางในการทดสอบต่อไปได้

2. การปรับปรุงคุณภาพวัสดุชั้นทางเดิมที่นำกลับมาใช้ใหม่ด้วยซีเมนต์ผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชัน ตามมาตรฐานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ ทล.-ม. 203/2556 กำหนดค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่ม 7 วัน เท่ากับ 24.13 ksc พบว่าการปรับปรุงด้วยซีเมนต์ผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชันให้กำลังที่มากกว่าการปรับปรุงด้วยซีเมนต์เพียงอย่างเดียว

3. การดูดซึมน้ำของวัสดุชั้นทางเดิมที่นำกลับมาใช้ใหม่ด้วยซีเมนต์ผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชันมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับการปรับปรุงด้วยซีเมนต์เพียงอย่างเดียว

4. การปรับปรุงคุณภาพวัสดุชั้นทางเดิมที่นำกลับมาใช้ใหม่ด้วยซีเมนต์ผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชัน มีการพัฒนาวัสดุชั้นทางได้จริง โดยประเมินจากการทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุ Pavement In-Place Recycling ด้วยการทดสอบขั้นสูง (Resilient Modulus) ซึ่งมีการพัฒนาค่าโมดูลัสคืนตัวตามปริมาณซีเมนต์ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันที่เพิ่มขึ้นนั้นมีความคล้ายกับผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการพัฒนาวัสดุชั้นทางผ่านกระบวนการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพครั้งที่สองด้วยแอสฟัลต์อิมัลชันร่วมกับซีเมนต์ ซึ่งสามารถ

นำวัสดุที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วมาเป็นวัสดุต้นแบบในการประยุกต์ใช้เพื่อการซ่อมแซมและการก่อสร้างถนนในประเทศไทยต่อไปตามมาตรฐานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ ทล.-ม. 203/2556 (Cement Modified Crushed Rock Base) ของกรมทางหลวงได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนวิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับความอนุเคราะห์ทางด้านเครื่องมือและสถานที่ รวมถึง บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้สนับสนุนทุนผู้ช่วยสอน/ผู้ช่วยวิจัย สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ และ นอกจากนี้ผู้เขียนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) และ บริษัท เอเชี่ยน แอสฟัลท์ จำกัด ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษาในงานวิจัยนี้ (MSD62I0018)

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมทางหลวง. (2543). มาตรฐานที่ ทล.-ม213/2543 การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Eacycling).

[2] กรมทางหลวงชนบท. (2555). มทช. 242-2555 งานหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่แบบในที่ (Pavement in-place Recycling).

[3] กระทรวงคมนาคม. (2554). แผนยุทธศาสตร์กระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2554-2558 (ฉบับปรับปรุง). Retrieved from http://www.mot.go.th/file_upload/2558/Draf_mot_plan2554-2558.pdf

[4] สำนักงบประมาณ. (2559). Retrieved from http://www.bb.go.th/FILEROOM/CABBBIWEBFORM/DRAWER14/GENERAL/DATA0003/00000030.PDF

[5] Brown, S. F., & Needham, D. (2000). A study of Cement Modified Bitumen Emulsion Mixtures. The 2000 Annual Meeting og the Association of Asphalt Paving Tecnologists.

[6] Cross, S. A. (2000). Evaluation of cold in-place recycled mixtures on US-283. Kansas: Kansas Department of Transportation.

[7] Ebels, L. J., & Kim, J. (2007). Mix design of bitumen stabilised materials: Best practice and considerations of classification. Proceeding of the 9th Conference on asphalt pavement for Southern Africa (CAPSA'07) (pp. 213-232). Gaborone, Botswana: Document Transformation Technologies cc.

[8] Franco, S. (2012). Evaluation and Recommendation of mix design for emulsion stabilized bases. The University of Texas at El Paso.: Master Thesis, Department of Civil Engineering.

[9] Garibay, J. J. (2008). Guideline for pulverization of stabilized bases. The University of Texas at El Paso.

[10] James, A. D., & Needham, D. (1996). The benefits of using Ordinary Portland cement in solvent free dense graded bituminous emulsion mixtures. The international symposium on asphalt technology. Washington, D.C.

[11] Jitareekul, P. (2009). An Investigation into Cold In-Place Recycling of Asphalt Pavement. Nottingham: The University of Nottingham.

[12] Jones, D., Fu, P., Hareay, J., & Halles, F. (2008). Full-depth Pavement Reclamation with Foamed Asphalt: Final Report. California : California Department of Transportation.

[13] Kandhal, P., & Mallick , R. (1997). Pavement Recycling Guidelines for State and Local Government. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.

[14] Kekwick, S. V. (2005). Best Practice: Bitumen-Emulsion and Foamed Bitumen Materials Laboratory Processing.

[15] Kroge, M., McGlumphy, K., & Besseche, T. (2009). Full-depth reclamation with engineered emulsion in Fairburn, Georgia. Transportation Research Record: Journal of The Transportation Research Board, No.2095, 136-143.

[16] Landers, K. (2002). Deep rehab for distressed pavements, Better Roads. James Informational Media, Inc.

[17] Lane, B., & Kazmierowski, T. (2005). Implementation of cold in-place recycling with expanded asphalt technology in Canada. Washington, D.C.: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No.1905.

[18] Loizos, A. (2007). In-situ characterization of foamed bitumen treated layer mixes for heavy-duty pavements. Interational Journal of pavement engineering, Vol.8, No.2, 123-135.

[19] Malick, R. B., & Nazarian, S. (2007). Guidelines for the Use Ground Penetrating Radar (GPR) and Portable Seismic Property Analyzer (PSPA) in Full-depth Reclamation Project. Maine: Maine Department of Transportaion.

[20] Malick, R. B., Kandhal, P. S., Brown, E. R., Bradbury, R. L., & Kearney, E. J. (2002). Development of a rational and practical mix design system for full depth reclamation (FDR) mixes. The recycleed materials resource center (RMRC) at the University of New Hampshire.

[21] Mohamed Ibrahim, H. E.-S. (1998). Assessment and Design of Emulsion-Aggregate Mixtures for use in Pavements. The University of Nottingham.

[22] Moore, D. K. (2004). Foamed asphalt gains new attention in cold in-place recycling, Better road. James Informational Media, Inc.

[23] Mosey, J. R., & Defoe, J. H. (1979). In-place recycling of asphalt pavements. Proceedings of the Association of asphalt paving technologists, (pp. 261-272).

[24] Nazarian, S., Yuan, D., Franco, S., & Moss, S. P. (2012). Design and conatructability of emulsion-stabilized bases fo full-depth reclamation. TRB 2013 Annual Meeting.

[25] NCHRP. (2011). Recycling and Reclamation of Asphalt Pavements Using In-Place Method. Washington, D.C.: Transportation Research Board.

[26] Rogge, D. F., Hicks, R. G., Scholz, T. V., & Allen, D. (n.d.). Use of Asphalt Emulsions for in-place recycling: Oregon Experience. Transportaion Research Record 1342.

[27] Romanoschi, S., Hossain, M., Lewis, P., & Dumitru, O. (2004). Accelerated Testing for Studying Pavement Design and Performance. Kansas: Kansas Department of Transportation.

[28] SABITA. (1993). GEMS: The design and use of granular emulsion mixes. Cape Towm, South Africa: Manual 21, SABITA.

[29] SABITA. (1999). ETB: The design and use of bitumen treated bases. Cape Town, South Africa: Manual 21, SABITA.

[30] Salomon, A., & Newcomb, D. E. (2000). Cold in-place recycling literature review and preliminary mixture design procedure. Minnesota: Minnesota Department of Transportation.

[31] Shuler, S. (2015). Best Practices for Full-Depth Reclamation Using Asphalt Emulsion . Colorado Department of Transportation.