การศึกษาความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำของแอสฟัลต์อิมัลชันผสมน้ำยางพาราธรรมชาติเข้มข้น
Coat Ability and Moisture Resistance of Asphalt Emulsion Modified with High-Ammonia Natural Rubber Latex

วรรณิกา ขันคำนันตะ[1,*], กรกฎ นุสิทธิ์[2], พีรพงศ์ จิตเสงี่ยม[3], พิทยุตม์ เจริญพันธุ์[4] และ จีรพงษ์ เหล่าน้ำใส[5]

[1] สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จ.พิษณุโลก
[2] สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก
[3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่
[4] สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท กรุงเทพมหานคร
[5]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก
**Corresponding author; E-mail address: wannika.k@psru.ac.th*

บทคัดย่อ

แอสฟัลต์หรือยางมะตอย เป็นวัสดุสำคัญที่ใช้อย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรมก่อสร้างถนน มีคุณสมบัติในการประสานหรือยึดเกาะวัสดุมวลรวมเข้าด้วยกัน จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ผ่านมาพบว่าเมื่อนำแอสฟัลต์ซีเมนต์ชนิดผสมร้อนผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาติแล้วสามารถปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของแอสฟัลต์ซีเมนต์ให้ดีขึ้น ทำให้คณะผู้วิจัยสนใจศึกษาการนำแอสฟัลต์อิมัลชัน ซึ่งเป็นแอสฟัลต์ชนิดผสมเย็น (Cold Mix Asphalt) ชนิด CMS-2h สำหรับปะซ่อมผิวทางมาผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาติและศึกษาคุณสมบัติและประสิทธิภาพของส่วนผสม สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำแอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h ผสมน้ำยางพาราธรรมชาติเข้มข้นที่สูตรอัตราส่วนผสมร้อยละ 1, 3 และ 5 และทดสอบความสามารถในการเคลือบหินและกันน้ำตามมาตรฐาน ASTM D 244 ก่อนที่จะนำไปผสมกับวัสดุมวลรวมเพื่อใช้งานเป็นวัสดุปะซ่อมผิวทาง เนื่องจากการทดสอบคุณสมบัติดังกล่าวแสดงถึงการทนต่อความชื้นและป้องกันการหลุดล่อน ซึ่งจำเป็นต่อการพิจารณาการนำผลิตภัณฑ์แอสฟัลต์อิมัลชันผสมน้ำยางพาราธรรมชาติไปใช้งาน โดยมาตรฐานการทดสอบของวัสดุมวลรวมในสภาวะเปียกอยู่ที่ร้อยละ 60 และวัสดุมวลรวมในสภาวะแห้งอยู่ที่ร้อยละ 80 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนผสมที่สามารถนำมาใช้งานได้ คือแอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h ผสมยางพาราชนิดเข้มข้นร้อยละ 1

คำสำคัญ: น้ำยางพาราธรรมชาติ, แอสฟัลต์อิมัลชัน, ปรับปรุงคุณสมบัติ, การปะซ่อมผิวทาง, ความสามารถในการเคลือบหินและกันน้ำ

Abstract

Asphalt is a widely used material in the road construction industry. It has the ability of bonding or adhering the aggregate materials together. From previous literatures, it was found that adding natural rubber to the hot mix asphalt cement can improve the performances of asphalt binder. The improve properties of natural latex modified asphalt cement include high stability, good fatigue resistance and flexibility. Therefore, a type of CMS-2h cold mix asphalt binder, which commonly used for pavement surface patching, was mixed with natural rubber latex and characterized in this research. Target properties of natural rubber modified CMS-2h analyzed in this research are aggregate coating and moisture sensitivity in accordance with ASTM D 244. This standard test is usually used to indicate the moisture resistance and anti-scaling performances required by pavement patching materials. The standard criteria for aggregate coating in wet and dry condition is 60% and 80%, respectively. For this research, CMS-2h asphalt emulsion was mixed with concentrated natural latex at 1%, 3% and 5% mixture ratios in the laboratory. The coating test shows that CMS-2h with natural rubber of 1% can be used for pavement patching and repair.

Keywords: natural rubber latex, asphalt emulsion, property improvement, pavement patching, aggregate coating, and moisture resistance

1. คำนำ

ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเป็นผิวทางที่มีการใช้งานมากที่สุดในโครงข่ายถนนในประเทศไทย เป็นที่ทราบกันดีว่าถนนประเภทผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและซ่อมบำรุงรักษาน้อยกว่าถนนประเภทผิวทางคอนกรีต ในการก่อสร้างผิวทางจะใช้วัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์ในการเป็นวัสดุเชื่อมประสานกับวัสดุมวลรวม ในยุคแรกเริ่มของการก่อสร้างถนน เราจะใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เป็นวัสดุประสานเพียงชนิดเดียว ซึ่ง

แอสฟัลต์ซีเมนต์ดังกล่าวเป็นแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณสมบัติหรือใส่สารผสมเพิ่มใดๆ ใช้สำหรับปูผิวทางเพื่อให้ยานพาหนะสัญจรได้อย่างสะดวก จนกระทั่งวิวัฒนาการและความก้าวหน้าของเทคโนโลยีเริ่มพัฒนาและเจริญอย่างก้าวกระโดด เกิดความต้องการในการเดินทางและการขนส่งเพิ่มมากขึ้นเป็นเท่าทวีคูณ ปริมาณการจราจรและความหนาแน่นของผู้ใช้ยานพาหนะมีตัวเลขเพิ่มมากขึ้น ผิวทางหรือถนนที่ก่อสร้างในช่วงแรกเกิดความเสียหายและเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วก่อนที่จะถึงช่วงอายุการใช้งานตามที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนการออกแบบการก่อสร้าง นอกจากปัญหาจากน้ำหนักจากปริมาณการจราจรดังกล่าวแล้วยังพบว่าปัจจัยจากอุณหภูมิยังส่งผลต่อความเสียหายต่อผิวทางด้วย เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในภูมิอากาศแบบเขตร้อน โดยอุณหภูมิในช่วงฤดูร้อนค่อนข้างสูงส่งผลทำให้ผิวทางอ่อนตัวลง ปัจจัยประเภทนี้มักจะก่อให้เกิดปัญหาการเสื่อมสภาพในรูปแบบความเสียหายต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเสียหายจากการเสียรูปถาวร (permanent deformation) และปัญหาการแตกร้าว (fatigue cracking) [1]

เพื่อแก้ไขปัญหาการเสื่อมสภาพของผิวทางดังกล่าวนักวิจัยจากทั่วทุกมุมโลก รวมถึงนักวิจัยในประเทศไทยได้พัฒนาและปรับปรุงวัสดุสารผสมเพิ่มด้วยสูตรต่างๆ ซึ่งแต่ละประเภทของสารผสมเพิ่มจะให้คุณสมบัติที่แตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดและความต้องการที่จะนำไปใช้งานหรือแก้ปัญหาความเสียหายเฉพาะจุดในงานก่อสร้างหรือซ่อมแซมถนน ปัจจุบันเราจะพบว่าแอสฟัลต์ซีเมนต์ผสมโพลิเมอร์หรือโพลิเมอร์โมดิฟายแอสฟัลต์ (polymer modified asphalt) เป็นแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ก่อสร้างถนน เนื่องจากแอสฟัลต์ซีเมนต์ดังกล่าวให้คุณสมบัติที่ดี โดยสามารถช่วยยืดอายุการใช้งานของถนนจากปัญหาปริมาณจราจรและอุณหภูมิที่สูงในพื้นที่ต่างๆได้เป็นอย่างดี การก่อสร้างถนนโดยใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ผสมโพลิเมอร์นั้นเป็นการก่อสร้างด้วยวิธีการผสมร้อน (Hot Mix Asphalt, HMA) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงในขั้นตอนการผสมระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์และวัสดุมวลรวมเพื่อให้ได้ถนนแอสฟัลต์คอนกรีต เนื่องจากวิธีการก่อสร้างถนนแบบ HMA นิยมใช้ก่อสร้างถนนทั่วโลก ทำให้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการดัดแปลงประสิทธิภาพระหว่างแอสฟัลต์อิมัลชัน (Emulsion) และโพลิเมอร์น้อยมาก ซึ่งแอสฟัลต์อิมัลชันนั้นเป็นแอสฟัลต์ประเภทหนึ่งซึ่งใช้ผสมกับวัสดุมวลรวมเพื่อก่อสร้างหรือซ่อมแซมผิวถนนเช่นกัน แต่การใช้แอสฟัลต์อิมัลชันนั้นจะไม่ใช้ความร้อนขั้นตอนการผสมเราจึงเรียกวิธีการผสมผิวทางชนิดนี้ว่า (Cold Mix Asphalt, CMA) หรือแอสฟัลต์ผสมเย็น ข้อดีของแอสฟัลต์คอนกรีตผสมเย็น คือในระหว่างขั้นตอนการก่อสร้างจะไม่เกิดมลพิษ ประหยัดพลังงาน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ประเทศไทยมียางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจและนิยมเพาะปลูกทั่วประเทศทำให้มีการผลิต ส่งออก และแปรรูปผลิตภัณฑ์จากยางพารามากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำยางธรรมชาติ (NRL) ซึ่งมีความเหนียวและยืดหยุ่นสามารถรับแรงดึงได้สูง ข้อดีของคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้มีประโยชน์ต่อการนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มให้กับแอสฟัลต์อิมัลชัน ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะมุ่งศึกษาคุณสมบัติความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำของแอสฟัลต์อิมัลชันผสมน้ำยางพาราธรรมชาติเข้มข้น เนื่องจากเป็นเครื่องชี้วัดถึงการยึดเกาะกันระหว่างแอสฟัลต์อิมัลชันและวัสดุมวลรวมและส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพความคงทนต่อผลกระทบจากความชื้นหรืออุณภูมิที่มีผลต่อผิวทางที่ก่อสร้างด้วยวิธีการผสมเย็น (CMA) เมื่อนำไปใช้ในงานก่อสร้างหรือซ่อมแซมผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แอสฟัลต์อิมัลชัน (Asphalt Emulsion)

แอสฟัลต์อิมัลชันหรือยางมะตอยน้ำ ผลิตจากแอสฟัลต์ซีเมนต์เกรดคัดเลือก ซึ่งจะถูกนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆตามที่ได้กำหนด เพื่อให้อยู่ในสถานะของเหลว ก่อนที่จะถูกตีด้วยเครื่องมือจนแตกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ กระจายตัวในน้ำที่อัตราส่วนที่ออกแบบ ร่วมกับสารผสม Emulsifier เพื่อช่วยให้อนุภาคของแอสฟัลต์ซีเมนต์กระจายตัวได้ดี และใส่สารผสมเพิ่มในอัตราส่วนต่างๆตามที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและคุณสมบัติเฉพาะ จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในเครื่อง Colloid Mill ภายใต้อุณหภูมิที่เหมาะสมจะได้ผลิตภัณฑ์ Asphalt Emulsion ตามคุณสมบัติที่ต้องการ

โดยทั่วไป Emulsifier เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของแอสฟัลต์อิมัลชันตามชนิดของประจุ คือ ชนิดประจุไฟฟ้าลบ (Anionic) ชนิดประจุไฟฟ้าบวก (Cationic) และชนิดที่เป็นกลาง (Nonionic) สำหรับงานก่อสร้างผิวทางนิยมใช้ Cationic Emulsified Asphalt มากกว่า Anionic Emulsified Asphalt เนื่องจากวัสดุมวลรวมที่ใช้ก่อสร้างเป็นผิวที่มีประจุลบ สำหรับกรมทางหลวงได้กำหนดมาตรฐานของ Cationic Asphalt Emulsion ในข้อกำหนด ทล.-ก. 404/2531 ตาม มอก. 371-2530 อัตราการแตกตัวของ Emulsion จะขึ้นอยู่กับจำนวนและชนิดของสารที่ใช้ ซึ่งมีอยู่ 3 ระดับ ได้แก่

- ชนิดก่อตัวเร็ว (Rapid Setting, RS และ CRS)
- ชนิดก่อตัวปานกลาง (Medium Setting, MS และ CMS)
- ชนิดก่อตัวช้า (Slow Setting, SS และ CSS)

ซึ่งอักษร C ข้างหน้าของแต่ละชนิด คือ ประเภทของ Cationic ถ้าไม่มีอักษร C หมายถึงประเภท Anionic

2.2 ยางธรรมชาติ (Natural Rubber)

2.2.1 น้ำยางธรรมชาติ (Natural Rubber Latex)

รูปที่ 1 น้ำยางธรรมชาติ (Natural Rubber Latex)

เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ และเป็นสารประกอบโพลิเมอร์ประเภทไฮโดรคาร์บอน มีชื่อทางเคมีว่า “polyisoprene” โครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติมีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบอสัณฐาน (amorphous) ในบางสภาวะโมเลกุลของยางจะจัดเรียงตัวค่อนข้างเป็นระเบียบที่อุณหภูมิต่ำหรือเมื่อถูกยืด ซึ่งเมื่อยางถูกทำให้อยู่ในสภาวะอุณหภูมิต่ำหรือสภาวะถูกดึงยืด จะทำให้ยางเกิดผลึก (crystallize) ดังต่อไปนี้ ยางที่เกิดผลึกเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (low temperature crystallization) จะแสดงคุณสมบัติด้านความแข็งเพิ่มมากขึ้น และสำหรับยางที่เกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัว (strain induced crystallization) จะแสดงคุณสมบัติมีเชิงกลดี นั่นคือยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง (tensile strength) ความทนทานต่อการฉีกขาด (tear resistance) และความทนทานต่อการขัดสี (abrasion resistance) เป็นต้น

2.2.2 น้ำยางข้น (Concentrated Latex)

รูปที่ 2 น้ำยางข้น (Concentrated Latex)

น้ำยางข้น คือ น้ำยางที่นำเอาส่วนที่เป็นของเหลวหรือเซรุ่ม (Serum) ซึ่งมีสารจำพวกที่ไม่ใช่ยาง (Non-Rubber Constituents) ประมาณ 5% และน้ำออกจากน้ำยางสด เพื่อให้ได้ส่วนที่เป็นครีมหรือส่วนที่ข้นของน้ำยาง ทำให้ได้เนื้อยางแห้งสูงถึง 60% เพราะน้ำยางสด โดยปกติจะมีปริมาณเนื้อยางแห้งอยู่ระหว่าง 25-45% (เฉลี่ย 35% โดยประมาณ) ซึ่งหากน้ำยางสดนั้นมีปริมาณเนื้อยางแห้งน้อยกว่า 25% จะไม่นิยมนำไปผลิตเป็นน้ำยางข้น

สำหรับน้ำยางข้นในประเทศไทยเป็นน้ำยางข้นที่ได้จากวิธีการปั่นน้ำยางเพียงอย่างเดียว สารเคมีที่นิยมใช้ในการเก็บรักษาสภาพของน้ำยางข้น คือ แอมโมเนียและแอมโมเนียร่วมกับสารผสมเพิ่มบางชนิด ซึ่งจะมีทั้งชนิดที่มีแอมโมเนียสูง (High Ammonia : HA) คือ ใช้แอมโมเนียร้อยละ 0.7 ต่อน้ำหนักยาง และชนิดแอมโมเนียต่ำ (Low Ammonia : LA) คือใช้แอมโมเนียร้อยละ 0.2 ต่อน้ำหนักยาง ร่วมกับสารผสมเพิ่มอื่นๆ

2.3 การประยุกต์ใช้น้ำยางธรรมชาติกับแอสฟัลต์อิมัลชัน

น้ำยางธรรมชาติ เป็นโพลิเมอร์ไฮโดรคาร์บอนที่มีความยืดหยุ่น น้ำยางธรรมชาติซึ่งมีโครงสร้างคอลลอยด์ที่เป็นน้ำ [2] ในปี ค.ศ.1929 มีการนำน้ำยางธรรมชาติมาใช้ในการก่อสร้างถนนในรูปแบบการเป็นส่วนผสมในวัสดุประสานเป็นครั้งแรกในประเทศสิงคโปร์ สำหรับในประเทศทางสหราชอาณาจักร ยุโรป และสหรัฐอเมริกา ทำการศึกษาวิจัยการใช้แอสฟัลต์ผสมด้วยน้ำยางธรรมชาติอย่างกว้างขวาง

แอสฟัลต์อิมัลชันหรือยางมะตอยน้ำถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างถนนตั้งแต่ช่วงต้นศตวรรษที่ 20 และกว่าร้อยละ 10 ของโครงข่ายถนนมีการใช้แอสฟัลต์อิมัลชันเป็นวัสดุเชื่อมประสานในการก่อสร้างผิวทาง [3, 4] สำหรับการปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์ด้วยน้ำยางธรรมชาติพบว่ามีการเริ่มต้นศึกษาในช่วงปี ค.ศ. 1843 ซึ่งนักวิจัยได้ศึกษาถึงกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุแอสฟัลต์โดยใช้โพลิเมอร์ธรรมชาติและโพลิเมอร์สังเคราะห์ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุแอสฟัลต์ [5]

ต่อมาในช่วงปี ค.ศ.1950-1970 นักวิจัยได้พัฒนาผิวทางชนิดใหม่โดยการใช้แอสฟัลต์อิมัลชัน เป็นวัสดุประสานในการผสมกับวัสดุมวลรวมเพื่อใช้ในการก่อสร้างและซ่อมแซมผิวถนน เนื่องจากข้อจำกัดของคุณสมบัติทางเคมีของแอสฟัลต์อิมัลชันในสมัยนั้น ทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันมีปัญหาด้านการจับตัวเร็วจึงไม่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้งานสำหรับผิวทาง แต่ถูกนำไปใช้งานในด้านอุตสาหกรรมหลังคาเท่านั้น ในที่สุดปี ค.ศ. 1950 นักวิจัยได้พัฒนาแอสฟัลต์อิมัลชันด้วยการลดแรงตึงผิวโดยการใช้ Cationic ซึ่งเป็นตัวช่วยในการยึดเกาะระหว่างแอสฟัลต์อิมัลชันและวัสดุมวลรวมที่ดี การพัฒนา Cationic ในแอสฟัลต์อิมัลชันทำให้ได้ผิวทางชนิดใหม่เรียกว่า “Cold Mix” สำหรับยางธรรมชาติมีคุณสมบัติเป็น Anionic นักวิจัยได้พัฒนาให้ Anionic จากน้ำยางธรรมชาติเข้ากับ Cationic ของแอสฟัลต์อิมัลชัน กระบวนการนี้เรียกว่ากระบวนการ “Ralumac” [6]

การปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของแอสฟัลต์อิมัลชันที่ดัดแปลงด้วยโพลิเมอร์ ให้คุณสมบัติที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแอสฟัลต์อิมัลชันที่ไม่ได้ผ่านการดัดแปลงด้วยโพลิเมอร์หลายประการด้วยกัน ได้แก่ เมื่อผสมแอสฟัลต์อิมัลชันกับวัสดุมวลรวม จะเกิดฟิล์มเคลือบผิวที่วัสดุมวลรวมที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) และมีการกระจายตัวของโพลิเมอร์ในแอสฟัลต์อิมัลชันที่ดี ความสามารถในการยึดที่ดีนี้เองที่จะช่วยในเรื่องของความแข็งแรงในการยึดเกาะระหว่างวัสดุมวลรวมที่จะนำมาใช้ในการปูผิวทาง

(Forbes et al, 2001) ศึกษาโครงสร้างจุลภาคของแอสฟัลต์อิมัลชันที่ปรับปรุงคุณสมบัติด้วยโพลิเมอร์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์สแกนด้วยเลเซอร์คอนโฟคอล [7] พบว่าการกระจายโครงข่ายของโพลิเมอร์ในแอสฟัลต์อิมัลชันที่ปรับปรุงด้วยโพลิเมอร์ ให้คุณสมบัติความเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี แอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ปรับปรุงคุณสมบัติด้วยโพลิเมอร์ ความเป็นเนื้อเดียวกันของโพลิเมอร์กับแอสฟัลต์เป็นสิ่งสำคัญต่อประสิทธิภาพของการยึดเกาะที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานปูผิวทาง

(นฤดล นวลนิ่ม และวัชรินทร์ วิทยกุล, 2002) ศึกษาคุณสมบัติของแอสฟัลต์อิมัลชันปรับปรุงคุณภาพโดยใช้น้ำยางธรรมชาติเข้มข้นชนิด HA (high ammonia) ร้อยละ 4.5 ถึงร้อยละ 6.0 โดยน้ำหนักของแอสฟัลต์อิมัลชัน พบว่าแอสฟัลต์อิมัลชันมีคุณสมบัติการคืนตัวถึง 8 เท่า และมีค่าเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางเข้มข้น [8]

(Malithong และ Yhongpin, 2010) ทำการทดสอบหาคุณสมบัติของแอสฟัลต์อิมัลชันผสมน้ำยางธรรมชาติก่อนกระบวนการ Vulcanized [9] พบว่าที่อุณหภูมิสูงแอสฟัลต์อิมัลชันผสมน้ำยางธรรมชาติจะช่วยเพิ่มความหนืด ทำให้ผิวทางมีความต้านทานการเสียสภาพจากปริมาณจราจร และที่อุณหภูมิต่ำแอสฟัลต์อิมัลชันผสมน้ำยางธรรมชาติจะช่วยลดปัญหาการแตกร้าวของผิวทาง

(Shafii, J. และ Shaffie, 2013) ศึกษาคุณสมบัติของยางธรรมชาติผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชัน [6] โดยทำการเติมน้ำยางธรรมชาติลงในแอสฟัลต์อิมัลชันในขวดรูปทรงกระบอกที่ติดตั้งใบพัด มีตัวแปร 3 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณโพลิเมอร์ ระยะเวลาในการผสม และความเร็วในการผสม จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าน้ำยางธรรมชาติสามารถเพิ่มคุณสมบัติของแอสฟัลต์อิมัลชันได้ จากการศึกษาพบว่าปริมาณโพลิเมอร์จากน้ำยางธรรมชาติสามารถเติมลงในแอสฟัลต์อิมัลชันได้ถึงร้อยละ 7 ขณะที่เวลาในการผสมที่เหมาะสมคือ 20 นาที

เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างแอสฟัลต์อิมัลชันปรับปรุงคุณสมบัติด้วยโพลิเมอร์กับแอสฟัลต์อิมัลชันที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณสมบัติ [2][10] สามารถสรุปข้อดีได้ดังนี้

- มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงช่วยต้านทานการเสื่อมสภาพจากปัญหาการเกิดร่องล้อ (rutting) และการแตกร้าว (thermal cracking)
- ต้านทานการเยิ้ม (flushing or bleeding)
- ต้านทานความเครียดตัวที่ส่งผลต่อสภาพความเสียหายแบบการแตกร้าว (fatigue cracking) ที่เกิดจากปัจจัยปริมาณการจราจร
- เพิ่มการยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุมวลรวม (stone retention)
- เพิ่มระยะเวลาในการจับตัวเร็วขึ้น ช่วยลดระยะเวลาในการปิดถนน (เปิดใช้งานได้เร็วขึ้น)
- มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นและช่วยประหยัดงบประมาณ

2.4 ความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำของแอสฟัลต์อิมัลชัน

ความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำ เป็นการทดสอบที่บ่งบอกถึงความสามารถในการเคลือบผิวและคงทนของฟิล์มที่เคลือบบนมวลรวม รวมไปถึงความสามารถในการทนน้ำของวัสดุมวลรวมที่ถูกเคลือบผิวแล้ว

สำหรับมาตรฐานอ้างอิงที่ใช้ในการทดสอบความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำของแอสฟัลต์อิมัลชัน คือ ASTM D 244-94 AASHTO T 59-86 และ มอก.1498.2541 [11] การทดสอบสามารถทำได้ทั้งหมด 2 วิธี ได้แก่ การทดสอบกับวัสดุมวลรวมแห้ง และการทดสอบกับวัสดุมวลรวมเปียก

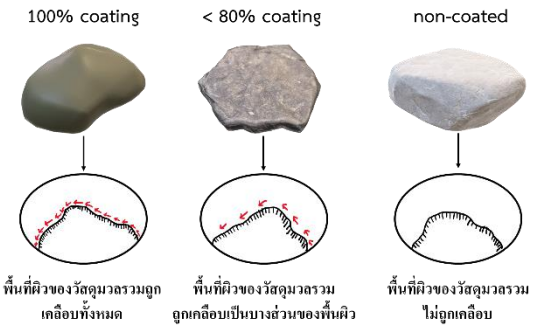
<u>วิธีที่ 1</u> การทดสอบกับวัสดุมวลรวมแห้ง ทำการทดสอบโดยการเตรียมวัสดุมวลรวม 461 กรัม และเตรียมฝุ่นแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate, $CaCO_3$) จำนวน 4 กรัม จากนั้นทำการคลุกเคล้ากันเป็นเวลา 1 นาที เติมแอสฟัลต์อิมัลชันจำนวน 35 กรัม ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเทลงบนกระดาษซับ แล้วจึงทำการพิจารณาประเมินการเคลือบผิวของแอสฟัลต์อิมัลชันบนผิววัสดุมวลรวมหลังการผสม ตัวอย่างที่เหลือนำไปล้างน้ำจนกระทั่งน้ำใสสะอาดแล้วจึงนำไปวางบนกระดาษซับ และทำการพิจารณาประเมินการเคลือบผิวของแอสฟัลต์อิมัลชันบนผิวมวลรวมหลังการล้างน้ำ

<u>วิธีที่ 2</u> การทดสอบกับวัสดุมวลรวมเปียก สำหรับวิธีการทดสอบที่ 2 ตั้งแต่กระบวนการเตรียมตัวอย่างไปจนถึงการพิจารณาประเมินการเคลือบผิวทำเช่นเดียวกันกับวิธีที่ 1 แต่เพิ่มขั้นตอนการเติมน้ำลงไปผสมก่อนประมาณ 9.3 มิลลิลิตร ก่อนขั้นตอนการเติมแอสฟัลต์อิมัลชัน

การประเมินผลการเคลือบผิวของแอสฟัลต์อิมัลชันบนผิวของวัสดุมวลรวม ทำได้โดยการประมาณพื้นที่ผิวของวัสดุมวลรวมที่ถูกเคลือบด้วยแอสฟัลต์อิมัลชันด้วยสายตา กล่าวคือใช้สายตาประเมินผลการเคลือบผิววัสดุมวลรวม โดยเทียบกับพื้นที่ผิวของวัสดุมวลรวมทั้งหมด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ แล้วประเมินผลการเคลือบผิวออกเป็นคะแนน 3 ระดับ คือ ดี (Good) พอใช้ (Fair) และใช้ไม่ได้ (Poor)

สำหรับนิยามการใช้คะแนนเพื่อประเมินการเคลือบผิวของวัสดุมวลรวมด้วยแอสฟัลต์อิมัลชัน มีรายละเอียดดังนี้

- ระดับดี คือ พื้นที่ผิวของวัสดุมวลรวมถูกเคลือบทั้งหมดหรือ 100 เปอร์เซ็นต์
- ระดับพอใช้ คือ พื้นที่ผิวของวัสดุมวลรวมถูกเคลือบตั้งแต่ 80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป
- ระดับใช้ไม่ได้ คือ พื้นที่ผิวของวัสดุมวลรวมถูกเคลือบน้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 3 ลักษณะการเคลือบ Asphalt Emulsion บนพื้นผิววัสดุมวลรวม

ในส่วนของการรายงานผลการทดสอบทำได้โดยการพิจารณาคะแนนที่ได้ประเมิน และรายงานผลเป็น ดี พอใช้ หรือใช้ไม่ได้ โดยส่วนของการรายงานผลมีทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่ การเคลือบผิวของแอสฟัลต์อิมัลชันบนผิววัสดุมวลรวมหลังการผสม การเคลือบผิวของแอสฟัลต์อิมัลชันบนผิววัสดุมวลรวมหลังการพ่นน้ำ และการเคลือบผิวของแอสฟัลต์อิมัลชันบนผิววัสดุมวลรวมหลังจากที่ทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นต้น

3. ขั้นตอนการทดสอบ

3.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 แอสฟัลต์อิมัลชัน

สำหรับวัสดุผสมเย็น (Cold Mix) ใช้ยางแอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS–2h ซึ่งเป็นแอสฟัลต์อิมัลชันประเภท Cationic Medium Setting ซึ่งแอสฟัลต์อิมัลชันชนิดนี้เป็น Cationic Emulsified Asphalt ที่มีผิวประจุเป็นบวก มีอัตราการจับตัว (setting) หรือการระเหยอยู่ในระดับปานกลาง (medium setting) ผลิตจากการคัดเลือกแอสฟัลต์ซีเมนต์มาทำให้แตกตัวด้วยการตีด้วยอุปกรณ์เฉพาะให้กระจายเป็นอนุภาคขนาดเล็กในน้ำ ร่วมกับสารเคมีประเภทอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) จนรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งมีข้อกำหนดตามมาตรฐาน ทล.ม. 407/2542 มาตรฐานวัสดุมวลรวมผสม

เย็นด้วยแอสฟัลต์อิมัลชัน และมาตรฐาน มอก. 371-2530 มาตรฐานสำหรับแคตไอออนิกแอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h ซึ่งแสดงข้อมูลในตารางที่ 1 โดยแอสฟัลต์อิมัลชันชนิดนี้มีข้อดีคือสามารถใช้งานได้ในอุณหภูมิปกติ โดยไม่ใช้ความร้อนในกระบวนการผสม ลดมลพิษที่เกิดจากการก่อสร้าง สำหรับแอสฟัลต์อิมัลชันชนิดนี้นิยมใช้ในงานซ่อมผิว (Patching) ปะซ่อมผิว (Skin Patching) ขุดซ่อมผิว (Deep Patching) งานปรับระดับ (Leveling) เพื่อปรับระดับผิวถนนเดิม และงานเสริมผิว (Overlay) เพื่อเสริมความแข็งแรงให้แก่ผิวทางเดิม เช่น ผิวแอสฟัลต์คอนกรีต ซีเมนต์คอนกรีต หรือผิวทางชนิดอื่น เป็นต้น

ตารางที่ 1 คุณลักษณะที่กำหนดตามมาตรฐาน Asphalt Emulsion CMS-2h ตามข้อกำหนด มอก.371-2530

แอสฟัลต์อิมัลชัน	หน่วย	มาตรฐานการทดสอบ	CMS – 2h
ความหนืดเซย์โบลต์ ฟูรอล ที่ 50°C	วินาที	ASTM D 7496	50-450
การแยกชั้นหลังจากเวลา 5 วัน (ไม่เกิน)	%	ASTM D 6930	5
เสถียรภาพต่อการเก็บภายใน 24 ชั่วโมง (ไม่เกิน)	%	ASTM D 6930	1
ปริมาณค้างบนแร่ง 850 ไมครอน (20 เมช) (ไม่เกิน)	%	ASTM D 6933	0.1
ประจุของอนุภาคแอสฟัลต์	-	ASTM D 7402	บวก
ความสามารถในการเคลือบหินและกันน้ำ (ไม่น้อยกว่า) หินแห้ง หินเปียก	-	ASTM D 244	 80 60

3.1.2 น้ำยางธรรมชาติ (NRL)

ใช้น้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการผลิตเป็นน้ำยางเข้มข้น (Concentrating process) จากการใช้เครื่องปั่น (centrifuging process) โดยมีปริมาณเนื้อยางแห้ง (dry rubber content) ประมาณร้อยละ 60 เป็นชนิดที่ทำให้น้ำยางธรรมชาติคงสภาพด้วยแอมโมเนียเข้มข้น (high ammonia) โดยผลิตภัณฑ์น้ำยางเข้มข้นชนิดนี้ คือ 60% Concentrated Latex – High Ammonia ตามมาตรฐาน มอก.980-2533 แสดงรายละเอียดคุณสมบัติของน้ำยางพาราเข้มข้นชนิด HA ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของน้ำยางพาราเข้มข้นชนิด High Ammonia ตามข้อกำหนด มอก.980-2533

Parameters	Unit	Spec	Tested results	Method
Total solids content (TSC)	% by mass	61.00 min	61.68	ISO 124:2014
Dry rubber content (DRC)	% by mass	60.00 min	60.10	W-CBI-QCU-04 Based on ISO 126:2005
pH value at 25.6°C	-	11 max	10.49	ISO 976:2013
KOH no.	% By mass	0.70 max	0.65	ISO 127:2012
Alkalinity (as ammonia on total weight)	% By mass	0.65-0.75	0.69	ISO 125:2011
*Non rubber content (NRC)	% By mass	1.70 max	1.58	W-CBI-QCU-20
*Alkalinity (as ammonia on water phase)	% By mass	-	1.80	W-CBI-QCU-07
*Volatile Fatty acid number (VFA no.)	-	0.05 max	0.0281	W-CBI-QCU-06 Based on ISO 506:1992
*Mechanical stability time (MST) at 55% TSC	Sec.	650 min	760	ISO 35:2004
*Specific gravity at 25°C (SG)	-	0.94 min	0.9452	W-CBI-QCU-48 Based on ISO 705:1994
*Magnesium content (Mg)	ppm	40 max	24	W-CBI-QCU-46 Based on ISO 11852:2011
*Viscosity at 60% TSC spindle no. 1 At 60 rpm	Cps.	-	82.5	W-HO-QCU-08 Based on ISO 1652:2011
*Coagulum content, 80mesh	ppm	-	30	W-CBI-QCU-47 Based on ISO 706:2004

3.1.3 วัสดุมวลรวม (Aggregate)

รูปที่ 4 วัสดุมวลรวมหินปูน (Limestone)

สำหรับวัสดุมวลรวมที่ใช้ในงานทดสอบนี้ใช้วัสดุหินปูน (Limestone) จากแหล่งโรงโม่หินจังหวัดสุโขทัย โดยได้อ้างอิงตามมาตรฐาน (Standard Reference Aggregate) แบ่งการทดสอบ

ขนาดที่นำมาใช้ในการทดสอบหาการเคลือบผิวและกันน้ำคือขนาดผ่านตะแกรง 19 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) และค้างบนตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร)

ขนาดคละที่ใช้เป็นวัสดุสำหรับงานปะซ่อมผิวทาง ใช้วัสดุมวลรวมตามมาตรฐาน ทล.-ม.407/2542 “วัสดุมวลรวมผสมเย็นด้วยแอสฟัลต์อิมัลชัน (Cold Mixed Asphalt)” แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 วัสดุตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม.407/2542 ขนาดของวัสดุมวลรวม (Aggregate) สำหรับผสมวัสดุผสมเย็น (Cold Mix) งานซ่อมผิว (Patching)

ขนาดตะแกรง	ปริมาณผ่านตะแกรงร้อยละโดยน้ำหนัก			
	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4
25.0 มม. (1")	100	-	-	-
19.0มม. (3/4")	90-100	100	-	-
12.5 มม. (1/2")	-	90-100	100	100
9.5 มม. (3/8")	60-80	-	90-100	85-100
4.75 มม. (เบอร์ 4)	35-65	45-70	60-80	-
2.36 มม. (เบอร์ 8)	20-50	25-50	35-65	0-10
300 ไมครอน (เบอร์ 50)	3-20	5-20	6-25	0-5
75 ไมครอน (เบอร์ 200)	0-2	0-2	0-2	0-2

3.2 แอสฟัลต์อิมัลชันผสมน้ำยางพาราธรรมชาติเข้มข้น

รูปที่ 5 การผลิตแอสฟัลต์อิมัลชันผสมน้ำยางพาราธรรมชาติเข้มข้น

ในขั้นตอนกระบวนการผลิตแอสฟัลต์อิมัลชันผสมน้ำยางพาราธรรมชาติเข้มข้นนี้ คณะผู้วิจัยเลือกใช้แอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h ผสมกับน้ำยางพาราธรรมชาติเข้มข้นร้อยละ 60 ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 1, 3 และ 5 โดยน้ำหนัก โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการผลิตดังนี้

- ขั้นตอนแรกเตรียมแอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h ตามอุณหภูมิที่ได้ออกแบบสำหรับการผลิตที่เหมาะสม
- ชั่งน้ำหนักยางพาราเข้มข้น DRC 60% ที่ร้อยละ 1, 3 และ 5 โดยน้ำหนักของ CMS-2h
- กวนแอสฟัลต์อิมัลชันและน้ำยางพาราเข้มข้นพร้อมกับสารผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการ โดยให้ความร้อนตามระดับอุณหภูมิที่ได้ออกแบบไว้ โดยผสมในเครื่อง Colloidal Mill ทำการควบคุมอุณหภูมิและระยะเวลาในการผสมให้เป็นไปตามที่ออกแบบ หลังจากนั้นจะได้ผลิตภัณฑ์แอสฟัลต์อิมัลชันปรับปรุงคุณสมบัติด้วยน้ำยางพาราเข้มข้น ใส่ภาชนะและปิดฝาผลิตภัณฑ์ให้สนิท

3.3 การทดสอบการเคลือบผิวและกันน้ำของแอสฟัลต์อิมัลชัน

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้วิธีการทดสอบการเคลือบผิวและกันน้ำของแอสฟัลต์อิมัลชันด้วยการทดสอบวิธีที่ 1 คือวิธีการทดสอบสำหรับวัสดุมวลรวมผสมแห้ง ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D244-94 ในการทดสอบนี้ควบคุมอุณหภูมิขณะผสมไว้ที่ 23.9 ± 5.5 °C (75±10 °F) โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังต่อไปนี้

- ชั่งน้ำหนักวัสดุมวลรวมตามขนาดที่ระบุไว้ โดยกำหนดให้วัสดุมวลรวมผ่านตะแกรงเบอร์ 19 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) และค้างบนตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร)
- ใช้ผงแคลเซียมคาร์บอเนตขนาด 4 กรัม ใส่ลงไปในวัสดุมวลรวมที่ได้เตรียมไว้ ทำการคลุกเคล้าและผสมกันเป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้ผลแคลเซียมคาร์บอเนตกระจายตัวไปเกาะตามผิววัสดุมวลรวมอย่างทั่วถึง
- ชั่งน้ำหนักแอสฟัลต์อิมัลชันขนาด 35 กรัม ใส่ลงไปผสม ทำการผสมโดยการคลุกเคล้าให้เข้ากันอย่างรวดเร็วและทั่วถึงเป็นเวลา 5 นาที
- ทำการแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เทบนกระดาษแล้วทำการประเมินผลการเคลือบผิวของแอสฟัลต์อิมัลชันบนวัสดุมวลรวม
- สำหรับตัวอย่างส่วนที่ 2 ที่อยู่ในภาชนะผสม ให้นำไปล้างพ่นน้ำด้วยฝักบัว โดยกำหนดให้ระยะจากฝักบัวห่างจากตัวอย่าง 305±75 มิลลิเมตร (12±3 นิ้ว) รอจนกระทั่งน้ำท่วมตัวอย่างแล้วจึงเทน้ำออก ทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าน้ำที่ชะตัวอย่างจะใสสะอาด โดยหลังจากที่น้ำล้างตัวอย่างใสสะอาดแล้ว ให้ทำการเทตัวอย่างบนกระดาษซับ แล้วจึงทำการประเมินผลการเคลือบผิวของแอสฟัลต์อิมัลชันบนวัสดุมวลรวมทันที

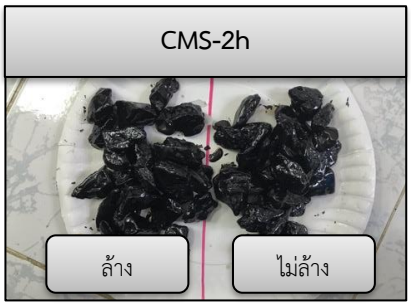
ทำการผสมวัสดุมวลรวมหินปูนกับแอสฟัลต์อิมัลชัน 4 ชนิด ได้แก่ แอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h แอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h + NRL(HA) 1% แอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h + NRL(HA) 3% และแอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h + NRL(HA) 5% เพื่อเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำของแอสฟัลต์อิมัลชันผสมน้ำยางพาราธรรมชาติเข้มข้นของแอสฟัลต์อิมัลชันทั้ง 4 ชนิด สำหรับวิธีการทดสอบแสดงรายละเอียดในรูปที่ 6-7

รูปที่ 6 การทดสอบการเคลือบผิวของแอสฟัลต์อิมัลชัน

รูปที่ 7 การทดสอบการกันน้ำของแอสฟัลต์อิมัลชัน

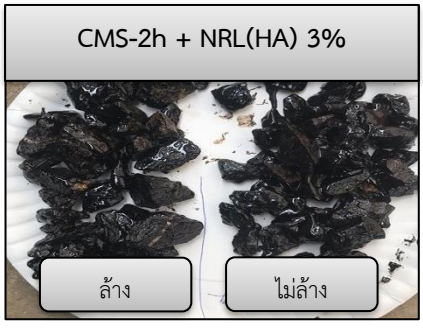
4. วิเคราะห์ผลการวิจัย

จากการดำเนินการทดสอบความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำของแอสฟัลต์อิมัลชันผสมน้ำยางพาราธรรมชาติเข้มข้น ได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างแอสฟัลต์อิมัลชัน 4 ชนิด ได้แก่ แอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h แอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h + NRL(HA) 1% แอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h + NRL(HA) 3% และแอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h + NRL(HA) 5% พบว่าแอสฟัลต์อิมันชันชนิด CMS-2h มีค่าความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำอยู่ในระดับดี (Good) กล่าวคือ พื้นที่ผิวของวัสดุมวลรวมถูกเคลือบทั้งหมดหรือ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ แอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h + NRL(HA) 1% ค่าความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำอยู่ในระดับพอใช้ (Fair) คือ พื้นที่ผิวของวัสดุมวลรวมถูกเคลือบทั้งหมด 80 เปอร์เซ็นต์ แอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h + NRL(HA) 3% มีค่าความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำอยู่ในระดับที่ใช้ไม่ได้ (Poor) เนื่องจากค่าความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำอยู่ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ และสุดท้ายแอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h + NRL(HA) 5% มีค่าความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำอยู่ในระดับที่ใช้ไม่ได้ (Poor) เนื่องจากค่าความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำอยู่ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ รายละเอียดของการประเมินค่าความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำดังแสดงในรูปที่ 8-11



รูปที่ 8 แอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h

รูปที่ 9 แอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h + NRL(HA) 5%



รูปที่ 10 แอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h + NRL(HA) 3%

รูปที่ 11 แอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h + NRL(HA) 1%

5. สรุปผลการวิจัย

ความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำของแอสฟัลต์อิมัลชัน เป็นการทดสอบที่สำคัญที่ถูกระบุไว้ในคุณลักษณะที่กำหนดตามมาตรฐาน Asphalt Emulsion CMS-2h ตามข้อกำหนด มอก.371-2530 โดยได้ระบุความสามารถในการเคลือบหินและกันน้ำของวัสดุมวลรวมแห้ง (หินแห้ง) มีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และวัสดุมวลรวมเปียก (หินเปียก) มีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ถึงแม้ว่าจะเป็นการทดสอบที่ใช้การประเมินด้วยสายตา แต่ถือได้ว่าการประเมินความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำของแอสฟัลต์อิมัลชันสำคัญต่อการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งานเป็นอย่างมาก โดยหากพิจารณาการคัดเลือกแอสฟัลต์อิมัลชันไปใช้งาน หลายหน่วยงานนิยมใช้ข้อกำหนดและมาตรฐานการทดสอบนี้ในการคัดเลือกเพื่อนำไปใช้งาน

งานวิจัยนี้ได้ทำการผลิตแอสฟัลต์อิมัลชันผสมน้ำยางพาราธรรมชาติเข้มข้นที่อัตราส่วนร้อยละ 1, 3 และ 5 จากการศึกษาวิจัยดังกล่าวพบว่าสูตรอัตราส่วนผสมที่สามารถนำมาใช้งานได้คือ แอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CMS-2h + NRL(HA) 1% โดยถึงแม้ตัวผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D244-94 ในเรื่องความสามารถในการเคลือบผิวและกันน้ำของแอสฟัลต์อิมัลชันก็ตาม แต่ก็ยังมีข้อจำกัดที่จะนำไปใช้งานจริงอีกหลายประการ ซึ่งหากมีการพัฒนาและปรับปรุงวัสดุแอสฟัลต์อิมัลชันดังกล่าว จะช่วยเพิ่มทางเลือกในการใช้งานวัสดุผิวทางที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมก่อสร้างถนน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัท เอเชี่ยน แอสฟัลต์ จำกัด ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์วัสดุ อุปกรณ์ และสนับสนุนเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญในการดำเนินงานทดสอบ ศูนย์ทดสอบวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่กรุณาอนุเคราะห์สถานที่ดำเนินงานวิจัย และสถาบันวิจัยยางที่กรุณาเอื้อเฟื้อวัตถุดิบในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Shafii, M.A., Abdul Rahman, M.Y., and Ahmad, J. (2011). Polymer Modified Asphalt Emulsion. *International Journal of Civil & Environmental Engineering (IJCEE-IJENS)*, Vol: 11, No: 06, December 2011, pp.43-49.

[2] Johnston, J., and Gayle, K. (2009). Polymer modified asphalt emulsions: Composition, Uses and Specifications for Surface Treatments. April 2009, *Publication No. FHWA-CFL/TD-08-00x.*

[3] TRB Asphalt Emulsion Technology. (2006). *Transportation Research Circular E-C102*. August 2006.

[4] Colin, S.R. (2004). The Efficient Use of Environmentally Friendly Natural Rubber Latex in Road Construction - Past, Present and the Future. *Seminar Rubber in Transport*, Breda, Netherlands.

[5] Yildirim, Y. (2007). Polymer Modified Asphalt Binders. *Construction and Building Materials*. Pp.66-72.

[6] Shafii, M., Ahmad, J. and Shaffie, E. (2013). Physical Properties of Asphalt Emulsion Modified with Natural Rubber Latex. *World Journal of Engineering*, Vol. 10, Iss 2, pp.159-164.

[7] Forbes, A., Haverkamp, R.G., Rovertson, T., Bryant, J. and Bearsley, S. (2001). Studies of The Microstructure of Polymer Modified Bitumen Emulsion using Confocal Laser Scanning Microscopy. *Journal of Microscopy*, Vol: 204(3), pp.252-257.

[8] นฤดล นวลนิ่ม และวัชรินทร์ วิทยกุล (2545). การปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์อิมัลชันโดยใช้น้ำยางข้นธรรมชาติ. *วิศวกรรมสาร มก.* ฉบับที่ 45. หน้า 89-96.

[9] Malithong, S. and Thongpin, C. (2010). The Modification of Asphalt Emulsion using Pre-vulcanized Natural Rubber Latex for Highway Application. *Advanced Materials Research,* Vol: 93-94, pp. 639-642.

[10] Donald, L.O. (1986). Use of Polymer-Modified Emulsions in Seal Coats. *Presented at the Annual Meeting of The Asphalt Emulsion Manufacturers Association.*

[11] นิรชร พึ่งแดง (2550). การทดสอบวัสดุการทาง. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท, หน้า 391-405.