



เอกสารเผยแพร่ผลงาน
การศึกษาการปรับปรุงวัสดุแอสฟัลต์อิมัลชันด้วยยางพาราธรรมชาติ

ของ

นางहरषา มีประดิษฐ์
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ
กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

การศึกษาการปรับปรุงวัสดุแอสฟัลต์อิมัลชันด้วยยางพาราธรรมชาติ

การปรับปรุงคุณสมบัติแอสฟัลต์อิมัลชัน ให้มีคุณภาพดีขึ้นมีวิธีการต่างๆ วิธีหนึ่งที่ยิมนใช้กันมากเป็น การใช้สารผสมเพิ่มชนิดต่างๆ มาเป็นสารปรับปรุงสมบัติของแอสฟัลต์อิมัลชัน เช่น การใช้สารพอลิเมอร์ซึ่งมีทั้ง การใช้สารพอลิเมอร์สังเคราะห์ เช่น เอธิลีนไวน์ลอะซีเตต (Ethylene Vinyl Acetate, EVA) สไตรีน บิวตาไดอิน สไตรีน (Ethylene butadiene Styrene , SBS) นีโอพรีน (Neoprene) และสารพอลิเมอร์ธรรมชาติ ได้แก่ ยางพาราธรรมชาติ ที่ใช้เป็นสารปรับปรุงคุณสมบัติแอสฟัลต์อิมัลชัน ในการศึกษา นี้ จะใช้ยางพาราธรรมชาติเป็นสารปรับปรุงคุณสมบัติแอสฟัลต์อิมัลชัน เนื่องจากประเทศไทย เป็นแหล่งผลิตยางพาราธรรมชาติในระดับต้นของโลก เป็นการสนับสนุนสินค้าเกษตรกรไทย นอกจากนี้ ยังมีราคาต่ำกว่าสารพอลิเมอร์สังเคราะห์ ยางพาราธรรมชาติมีคุณสมบัติที่ดีและเหมาะสมดังนี้

- 1) มีสมบัติดีเยี่ยมในการทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) แม้ไม่ได้เติมสารเสริมแรง และมีความยืดหยุ่นมาก
- 2) มีสมบัติเชิงพลวัต (Dynamic Properties) ที่ดี มีความยืดหยุ่น (Elasticity) สูง ในขณะที่มีความร้อนภายใน (Heat Build-up) ที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานต่ำ มีความเหนียวต่อกัน (Tack) ที่ดี
- 3) มีความต้านทานการฉีกขาด (Tear resistance) สูง

1. แนวทางการใช้ยางพาราธรรมชาติปรับปรุงคุณสมบัติแอสฟัลต์อิมัลชัน มีดังนี้

- (1) พิจารณาเกรด ปริมาณหรือแหล่งของแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น base binder
- (2) พิจารณายางพาราธรรมชาติ ชนิด ประเภท ที่มีสมบัติหรือมีการปรับแต่งให้เหมาะสม เช่น น้ำยางที่มีความเข้มข้นสูง (Concentrate Latex) น้ำยางที่มีสารวัลคาไนซ์ (Prevalcanized Latex) และน้ำยางที่มีประจุที่เหมาะสม
- (3) พิจารณา ชนิด ประเภท สารอิมัลซีไฟเออร์ และปริมาณที่เหมาะสม
- (4) พิจารณา สัดส่วนของสารต่างๆ ที่จะใช้เป็นองค์ประกอบของแอสฟัลต์อิมัลชัน

2. วัสดุและการเตรียมตัวอย่าง

ทำการเตรียมตัวอย่าง โดยการผลิตแคตไอออนิกแอสฟัลต์อิมัลชัน CMS-2h โดยการใช้วิธี Pre-Blending ทำการเตรียมตัวอย่าง โดยใช้เครื่องผลิตที่เป็น Pilot plant ใช้ยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่เป็นเพนิเทรชันเกรด 60-70, พอลิเมอร์มอดิไฟด์แอสฟัลต์ซีเมนต์เป็น Base แอสฟัลต์ใช้สาร Emulsifier และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ ทำการผลิตเตรียมตัวอย่าง ควบคุมองค์ประกอบการผลิตให้คงที่เหมือนกัน การใช้น้ำยางพาราชันที่เป็น พรีวัลคาไนซ์จะ vary ตามปริมาณที่กำหนด ดังนี้

- 1) แคตไอออนิกแอสฟัลต์อิมัลชัน Medium set โดยใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60-70 = AE
- 2) แคตไอออนิกแอสฟัลต์อิมัลชัน Medium set โดยใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60-70 ผสมด้วยพอลิเมอร์มอดิไฟด์แอสฟัลต์ซีเมนต์ = PAE
- 3) แคตไอออนิกแอสฟัลต์อิมัลชัน Medium set โดยใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60-70 ผสมด้วยน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ 2% = RAE 2%
- 4) แคตไอออนิกแอสฟัลต์อิมัลชัน Medium set โดยใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60-70 ผสมด้วยน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ 4% = RAE 4%

- 5) แคตติวอานิกแอสฟัลต์อิมัลชัน Medium set โดยใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60-70 ผสมด้วยน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ 6% = RAE 6%
- 6) แคตติวอานิกแอสฟัลต์อิมัลชัน Medium set โดยใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60-70 ผสมด้วยน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ 8% = RAE 8%
- 7) พอลิเมอร์มอดิไฟด์แอสฟัลต์ซีเมนต์ = PMA

3. แนวทางการทดสอบตาม Performance Specification

การวิเคราะห์ ตรวจสอบไปในแนวทางข้อกำหนด Performance Grade โดยมีแนวทางการทดสอบคุณสมบัติตามข้อกำหนด Performance Grade : MSCR ดังนี้

1) รีโวลยี (Rheology)

เป็นการวัด Flow and deformation behavior ขึ้นกับ Loading time & temperature สถานะแอสฟัลต์ขึ้นกับสภาวะแวดล้อมที่ High temperature, Long loading time แอสฟัลต์ เป็น Viscous liquid ที่ Low temperature, Short loading time แอสฟัลต์เป็น Elastic solid เดิมทำการทดสอบหา Penetration, Softening point, Viscosity ที่อุณหภูมิต่างๆ ปัจจุบันทำการทดสอบโดยวิธีหา Dynamic shear rheology ใช้ช่วงของ Shear stress ที่ความถี่ต่างๆ (Loading time) และอุณหภูมิ

$G^*/\sin \delta$ = Dynamic shear modulus

G = Dynamic complex modulus

Phase angle , δ = วัดพฤติกรรมของ Binder ว่ามีความสัมพันธ์เป็น Elastic กับ Plastic ที่อุณหภูมิทดสอบ

2) Elastic recovery

เป็นการวัด Fatigue resistance หรือความสามารถในการดูดซับ Large stress ได้โดยไม่แตกหรือเสียรูป การทดสอบเดิมโดยวิธี Elastic recovery (ER) หรือ Torsional recovery พอลิเมอร์ที่สัมพันธ์กับ Elastic recovery ปัจจุบันใช้วิธี PG (MSCR) หาค่า %R , J_{nr}

SBS เป็น High elastic 3-dimension network ให้ค่า High ER (Elastic butadiene chains connect stiff styrene domain)

SBR NR เป็น 2-dimension network ให้ค่า Lower ER

EVA เป็น Rigid elastic 3-dimension network ไม่มี ER นั่นคือเป็น High stiffness

3) Stiffness

เป็นสมบัติที่จะแสดงถึงการเกิด Strain (เปลี่ยนรูป) ของวัสดุภายใต้สภาวะที่เกิด Stress (Load) การทดสอบหา Stiffness modulus เป็น Function (ขึ้นกับ) Load size, Load time, Load temperature, Higher stiffness asphalt สำหรับรถบรรทุกหนักที่วิ่งช้า

4) Aging

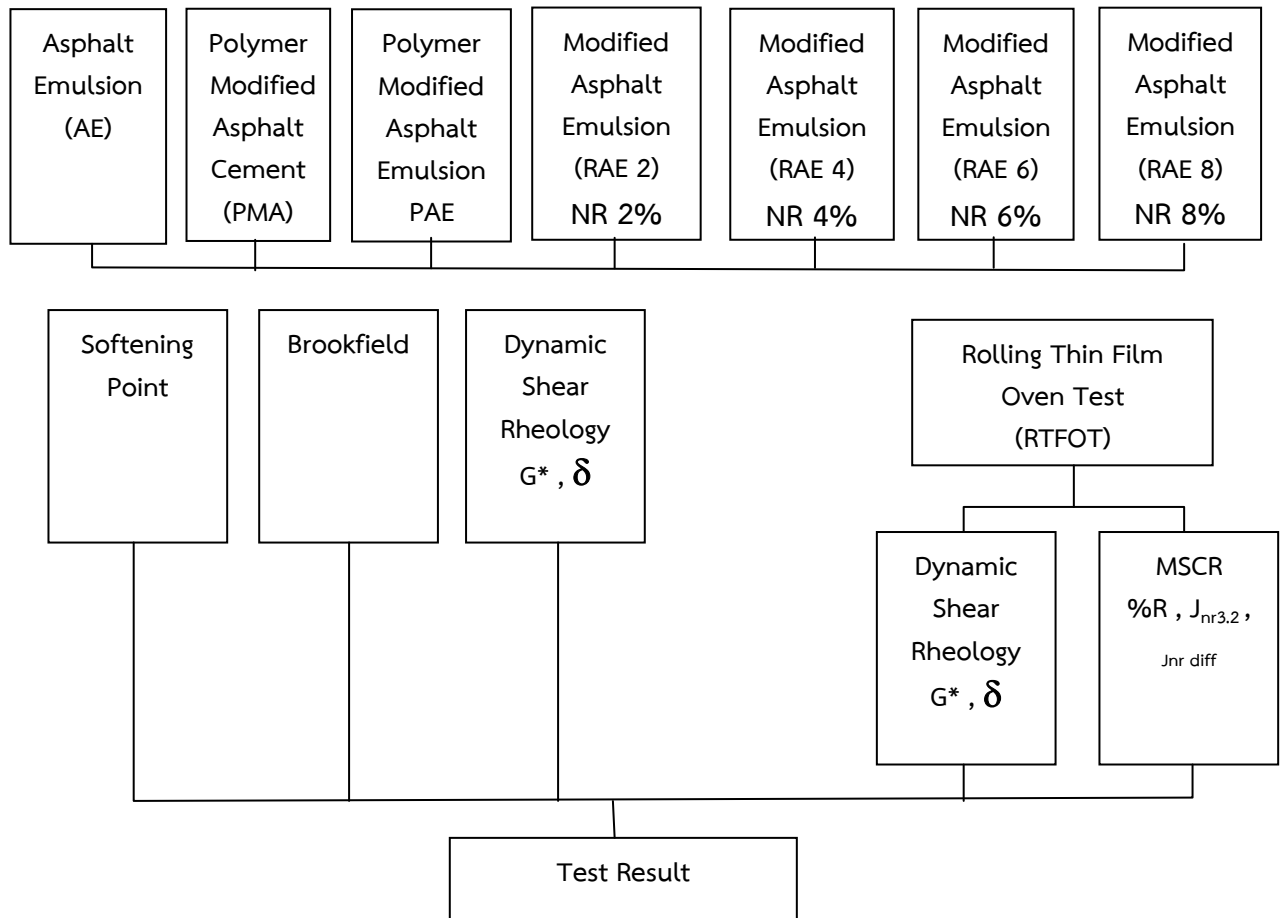
เป็นการวัดการเปลี่ยนสมบัติที่เกิดขึ้นที่ละน้อยตามเวลา เนื่องจากความร้อน Oxidation และส่วนที่ระเหย

การทดสอบทำ Storage stability เนื่องจาก Polymer ถูก Degrade ตลอดเวลา

การทดสอบทำ Rolling thin film oven test (RTFOT) เกิดจาก Mixing in drum จะถูกอุณหภูมิสูง ในขณะที่เป็นฟิล์มบาง

การทดสอบทำ Pressure aging vessel (PAV) ทดสอบให้มีการระเหยหรือถูกดูดซับโดยหิน (Exudation) ตลอดเวลา

4. การออกแบบการศึกษา



5. การทดสอบกากที่ได้จากการกลั่นตัวอย่าง

ทำการทดสอบคุณสมบัติ ตามมาตรฐานการทดสอบ Performance Grade , PG (MSCR) ตามมาตรฐานการทดสอบ ดังนี้

- (1) ความหนืด Saybolt furol ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D244
- (2) ความหนืด Brookfield ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D4402
- (3) G^* DSR ก่อน RTFOT ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2872 และ AASHTO T 315
- (4) δ , Phase angle ก่อน RTFOT ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2872 และ AASHTO T 315
- (5) G^* DSR หลัง RTFOT ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2872 และ AASHTO T 315
- (6) δ , Phase angle หลัง RTFOT ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2872 และ AASHTO T 315
- (7) %Recovery (%R) ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D7405 และ AASHTO T 350
- (8) $J_{nr\ 3.2}$ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D7405 และ AASHTO T 350
- (9) $J_{nr\ diff}$ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D7405 และ AASHTO T 350

5.1 ผลการศึกษา การปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้อยู่ในปัจจุบันโดยทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราพรีวัลคาไนซ์และวิเคราะห์ตรวจสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน PG (MSCR)

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ใช้อย่างแอสฟัลต์อิมัลชัน เกรดแยกตัวเร็วปานกลาง (CMS-2h) มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.371-2530 การเตรียมตัวอย่างโดยการกำหนดให้มีส่วนผสมน้ำยางพาราพรีวัลคาไนซ์ ร้อยละโดยน้ำหนัก 0 (RAE) , 2 (RAE 2) , 4 (RAE 4) , 6 (RAE 6) และ 8 (RAE 8) ทำการทดสอบส่วนที่เป็นกาก (residue after distillation) ตามมาตรฐานแอสฟัลต์ซีเมนต์ ทล.ก.401-2559 ทำการทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของยางแอสฟัลต์อิมัลชัน ที่มีปริมาณยางพาราแตกต่างกันตามลำดับและทำการทดสอบตัวอย่างยางแอสฟัลต์อิมัลชันที่มีกากมีส่วนผสมยางพอลิเมอร์สังเคราะห์ (PAE) และยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่มีสารเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์เช่นเดียวกัน (PMA) และนำผลทดลองมาเปรียบเทียบกัน

ทำการทดสอบคุณสมบัติ ตามมาตรฐานการทดสอบ Performance Grade , PG (MSCR) ดังนี้ ความหนืด Saybolt furol , ความหนืด Brookfield , G^* DSR ก่อน RTFOT , δ , Phase angle ก่อน RTFOT , G^* DSR หลัง RTFOT , δ , Phase angle หลัง RTFOT , %Recovery (%R) , $J_{nr\ 3.2}$ และ $J_{nr\ diff}$

ผลการทดลองความหนืด Saybolt furol ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ตัวอย่าง AE มีค่าต่ำสุด และตัวอย่าง RAE 8% มีค่าสูงสุด

ผลการทดลองความหนืด Brookfield ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส พบว่า ตัวอย่าง AE มีค่าต่ำสุด และตัวอย่าง RAE 8% มีค่าความหนืดสูงสุด

ก่อนการทดลอง RTFOT ผลทดลอง G^* DSR ที่อุณหภูมิ 76 องศาเซลเซียส พบว่า ตัวอย่าง AE มีค่าต่ำสุดและตัวอย่าง RAE 8% มีค่าสูงสุด ผลทดลองมุม δ พบว่า ตัวอย่าง PAE มีค่าต่ำสุดและตัวอย่าง RAE 2% มีค่าสูงสุด

หลังการทดลอง RTFOT ผลทดลอง G^* DSR ที่อุณหภูมิ 76 องศาเซลเซียส พบว่า ตัวอย่าง AE มีค่าต่ำสุดและตัวอย่าง RAE 8% มีค่าสูงสุด

ผลทดลองมุม δ พบว่า ตัวอย่าง PAE มีค่าต่ำสุดและตัวอย่าง RAE 2% มีค่าสูงสุด

ผลทดลอง %R พบว่า ตัวอย่าง AE มีค่าต่ำสุดและตัวอย่าง PMA มีค่าสูงสุดผลทดลอง $J_{nr\ 3.2}$ พบว่า ตัวอย่าง AE มีค่าสูงสุดและตัวอย่าง PMA มีค่าต่ำสุด ผลทดลอง $J_{nr\ diff}$ พบว่า ตัวอย่าง AE มีค่าสูงสุดและตัวอย่าง PMA มีค่าต่ำสุด

ผลจากการศึกษาทางพาราธรรมชาติสามารถปรับปรุงคุณสมบัติของยางแอสฟัลต์อิมัลชัน ชนิด Medium Setting ให้มีสมบัติดีขึ้นทางด้าน Rheology เช่น G^* Complex Modulus มีค่าสูงขึ้น Recovery สูงขึ้นและ J_{nr} ลดลง ค่า Viscosity สูงขึ้น

ก่อนการทดลอง Ageing (RTFOT) แอสฟัลต์อิมัลชันที่ปรับปรุงด้วยน้ำยางพารา 8% จะมีค่าความต้านทานการเกิด Rutting มากสุด และยางแอสฟัลต์อิมัลชันธรรมดา จะมีค่าน้อยสุดและการกลับคืนตัว ยางแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้พอลิเมอร์แอสฟัลต์ซีเมนต์ (PMA) จะให้ค่าการเสีรูปต่ำสุด

หลังการทดสอบ Ageing (RTFOT) ความต้านทานการเกิด Rutting และการเสีรูป จะเป็นเช่นเดียวกับก่อนการทดลอง Aging ยางแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ (PMA) จะให้ค่าปรับปรุงคุณสมบัติได้ดีกว่ายางแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้น้ำยางพาราเป็นสารปรับปรุงคุณภาพ

ประโยชน์ผลการศึกษา นำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้อยู่ในปัจจุบันโดยทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราพรีวัลคาไนซ์และวิเคราะห์ตรวจสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน PG (MSCR) ได้กำหนดไว้ เพื่อจะนำผลการวิเคราะห์มาใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนามาตรฐานข้อกำหนดของแอสฟัลต์อิมัลชันให้มีพฤติภาพการใช้งานอยู่ในระดับเกณฑ์กำหนดเป็น Performance base เช่นเดียวกับมาตรฐานแอสฟัลต์ซีเมนต์และกำหนดเป็นมาตรฐานวัสดุแอสฟัลต์อิมัลชันมาตรฐานวัสดุงานทาง ของกรมทางหลวงต่อไป

6. การสรุปผลทดลองและวิเคราะห์ผล

6.1 การสรุปผลทดลอง

การใช้น้ำยางพาราชั้น เป็นสารปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์อิมัลชัน ช่วยเพิ่มคุณสมบัติของยางแอสฟัลต์อิมัลชันชนิด Medium Setting ได้ผลดังนี้

- (1) คุณสมบัติด้านรีโอโลยีจะเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของน้ำยางพาราและเพิ่มสูงสุดที่ใช้น้ำยางพารา 8%
- (2) คุณสมบัติด้านการใช้งาน (workability) การใช้น้ำยางพารา จะทำให้ความหนืดมีค่าสูงมาก จำเป็นต้องมีการใช้สารช่วยลดความหนืดให้ใช้งานได้ตามมาตรฐานงานทาง
- (3) ก่อนการทดลอง Aging (RTFOT) แอสฟัลต์อิมัลชันที่ปรับปรุงด้วยน้ำยางพารา 8% จะมีค่าความต้านทานการเกิด Rutting มากสุด และยางแอสฟัลต์อิมัลชันธรรมดา จะมีค่าน้อยสุดและการกลับคืนตัว ยางแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้พอลิเมอร์แอสฟัลต์ซีเมนต์ (PMA) จะให้ค่าการเสียรูป ต่ำสุด
- (4) หลังการทดสอบ Aging (RTFOT) ความต้านทานการเกิด Rutting และการเสียรูป จะเป็นเช่นเดียวกับข้อ (3) ยางแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ (PMA) จะให้ค่าปรับปรุงคุณสมบัติได้ดีกว่ายางแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้น้ำยางพาราเป็นสารปรับปรุงคุณภาพ

6.2 วิเคราะห์ผลได้จากการศึกษานี้ มีดังนี้

- (1) ชนิด ประเภท และ Nature ของแอสฟัลต์ซีเมนต์รวมทั้งสารอิมัลซิไฟเออร์มีความสำคัญต่อการ Modified Asphalt Emulsion
- (2) ชนิด ประเภทของน้ำยางพาราจะกำหนดถึงโครงสร้างและองค์ประกอบของการเข้าไปในระบบ
- (3) ของแอสฟัลต์อิมัลชันและอิทธิพลในการกำหนดพฤติกรรมของ Modified Asphalt Emulsion
- (4) มาตรฐานข้อกำหนดและการทดสอบ Modified Asphalt Emulsion ที่เป็น Performance
- (5) Specification ควรพิจารณาให้ตรงกับการใช้งานทำผิวทาง

7. การนำไปใช้ประโยชน์

ปัจจุบันกรมทางหลวงกำหนดคุณสมบัติของแอสฟัลต์ที่ใช้ในงานทาง ได้แก่ แอสฟัลต์ซีเมนต์ คัดแบกแอสฟัลต์ และแอสฟัลต์อิมัลชัน สำหรับแอสฟัลต์ซีเมนต์ได้มีการปรับปรุงข้อกำหนดมาตรฐานเป็น แอสฟัลต์ซีเมนต์ Performance Grade (PG) ร่วมกับ Multiple Stress Creeps Recovery (MSCR) ซึ่งเป็นข้อกำหนดแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่มีมาตรฐานสูงเทียบเท่า ASTM และ AASHTO แต่สำหรับแอสฟัลต์อิมัลชัน มาตรฐานกำหนดวัสดุที่เป็นอยู่ ยังคงเป็นมาตรฐานเดิมแบบ Conventional Specification ซึ่งจะต่ำกว่ากับมาตรฐานแอสฟัลต์ซีเมนต์ในปัจจุบัน ดังนั้นการศึกษานี้ จึงเป็นการศึกษา การปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้อยู่ในปัจจุบันโดยจะทำการปรับปรุงคุณภาพและวิเคราะห์ตรวจสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน PG (MSCR) ได้กำหนดไว้ เพื่อนำผลการวิเคราะห์มาใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนามาตรฐานข้อกำหนดของแอสฟัลต์อิมัลชันให้มีระดับเกณฑ์กำหนดเดียวกับแอสฟัลต์ซีเมนต์และกำหนดเป็นมาตรฐานวัสดุแอสฟัลต์ในมาตรฐานงานทาง (ทล.ม.) ของกรมทางหลวงต่อไป

7.1 ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)

- (1) การพัฒนาวัสดุแอสฟัลต์อิมัลชันที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติที่ใช้ในงานทาง
- (2) เป็นการสนับสนุนเกษตรกรในด้านการใช้อยางพาราธรรมชาติ
- (3) เป็นการนำยางพาราธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการก่อสร้างทาง เป็นการใช้งบประมาณในการก่อสร้างให้เกิดประโยชน์คุ้มค่า

7.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ

- (1) ขาดบุคลากรที่มีความรู้ทางวิชาการด้านการปรับปรุงคุณภาพของวัสดุแอสฟัลต์อิมัลชัน รวมทั้งเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ศึกษา
- (2) จำเป็นต้องมีการประสานงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
- (3) ขาดนโยบายสนับสนุนในการนำวัสดุยางพาราธรรมชาติภายในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด