

## ส่วนที่ ๒ ผลงานที่จะส่งประเมิน (เรียงลำดับตามความดีเด่นหรือความสำคัญ)

## ๑) ชื่อผลงาน

๑.๑) ผลงานลำดับที่ ๑ : การใช้สาร Phosphorescence ในวัสดุเทอร์โมพลาสติกเพื่อทำเครื่องหมายจราจรที่เรืองแสงในที่มืด (Glow in the Dark, GID)

๑.๒) ผลงานลำดับที่ ๒ : การศึกษาการปรับปรุงวัสดุแอสฟัลต์อิมัลชันด้วยยางพาราธรรมชาติ

๑.๓) ผลงานลำดับที่ ๓ : การศึกษาการใช้ผงยางรถยนต์ (Crumb Rubber) ปรับปรุงคุณภาพวัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์

## ๒) ระยะเวลาที่ดำเนินการ

๒.๑) ผลงานลำดับที่ ๑ : ๑ กุมภาพันธ์ - ๓๐ กันยายน ๒๕๖๕

๒.๒) ผลงานลำดับที่ ๒ : ๑ มีนาคม - ๒๕ ตุลาคม ๒๕๖๕


๒.๓) ผลงานลำดับที่ ๓ : ๑ เมษายน - ๒๕ ตุลาคม ๒๕๖๕

## ๓) สัดส่วนในการดำเนินการเกี่ยวกับผลงาน

- ผลงานลำดับที่ ๑ : ตนเองปฏิบัติ สัดส่วนของผลงานที่ปฏิบัติ คิดเป็นร้อยละ ๘๕

รายละเอียดผลงาน ศึกษาข้อมูลสาร GID และเลือกชนิดประเภทสาร GID ที่เหมาะสม ทำการผสม GID กับวัสดุเทอร์โมพลาสติกตามอัตราส่วน วิเคราะห์ทดสอบคุณสมบัติคุณสมบัติ โดยการวัดค่า Illuminant (lux) วัดค่า Luminance ( $cd/m^2$ ) วัดค่า Color , Retroreflectivity และ Workability และหาค่า % สัดส่วน GID ที่ให้ค่า Phosphorescence สูงสุด ระยะเวลา Change และ Illuminance charge เพื่อทราบค่า Luminance ที่เกิด Phosphorescence ปลอยแสงนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานทำเครื่องหมายจราจรบนทางหลวง ประโยชน์ที่หน่วยงานได้รับ เครื่องหมายจราจรที่มีสาร GID เมื่อใช้ร่วมกับลูกแก้วสะท้อนแสง จะทำให้ผู้ใช้ทางสามารถมองเห็นได้กับทุกสภาวะ เพื่อพัฒนาการมองเห็นบนทางหลวงเข้าสู่การเป็น All weather traffic marking


กรณีที่เป็นผลงานร่วมกันของบุคคลหลายคน

รายชื่อผู้ที่มีส่วนร่วมในผลงาน	ลายมือชื่อ	สัดส่วนผลงานของผู้มีส่วนร่วม	ระบุรายละเอียดของผู้มีส่วนร่วมในผลงาน
นางสาววารภรณ์ จันทร์ศักดิ์		ร้อยละ ๑๕	ทดสอบคุณสมบัติตัวอย่างตามมาตรฐานการทดลอง

- ผลงานลำดับที่ ๒ : ตนเองปฏิบัติ สัดส่วนของผลงานที่ปฏิบัติ คิดเป็นร้อยละ ๘๕

รายละเอียดผลงาน ศึกษาปัจจัยที่มีส่วนสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพ ชนิด และปริมาณของแอสฟัลต์ซีเมนต์ สารอิมัลซิไฟเออร์ ยางพารา กระบวนการผลิตแอสฟัลต์อิมัลชัน ดำเนินการเตรียมตัวอย่างตามสูตรการผลิตที่กำหนด ทำการทดลองคุณสมบัติด้านเสถียรภาพ ด้านการใช้งาน (Workability) ทดลองหาค่าความเหนียว Brookfield หรือวัดค่าความเหนียว Saybolt คุณสมบัติด้าน Thermal Susceptibility วัดค่า  $G^*$  (Complex shear modulus) วัดค่า % Strain recovery (%R) และ Creep compliance ( $J_{cr}$ ) วิเคราะห์ผลทดลอง เปรียบเทียบคุณสมบัติของ MAE กับ PMAC โดยใช้ Base binder เดียวกัน เพื่อที่จะได้เข้าใจถึงบทบาทของสารพอลิเมอร์ในอิมัลชันและเปรียบเทียบกับ PMAE ทำการทดสอบ MSCR กับ PMAC และ Residue ของ PAE ด้วย และสรุปผลการศึกษา ประโยชน์ที่หน่วยงานได้รับ ยางแอสฟัลต์อิมัลชันมีประสิทธิภาพตามความจำเป็นของการใช้งาน และเพิ่มปริมาณการใช้งานยางพาราในประเทศสูงขึ้น

กรณีที่เป็นผลงานร่วมกันของบุคคลหลายคน


รายชื่อผู้ที่มีส่วนร่วมในผลงาน	ลายมือชื่อ	สัดส่วนผลงานของผู้มีส่วนร่วม	ระบุรายละเอียดของผู้มีส่วนร่วมในผลงาน
นายพศิน ปัทมาภรณ์		ร้อยละ ๑๕	เตรียมตัวอย่างตามขั้นตอนระบุ

**ส่วนที่ ๒ ผลงานที่จะส่งประเมิน (เรียงลำดับตามความดีเด่นหรือความสำคัญ)**

- ผลงานลำดับที่ ๓ : ตนเองปฏิบัติ สักส่วนของผลงานที่ปฏิบัติ คิดเป็นร้อยละ ๘๕

รายละเอียดผลงาน ศึกษาค้นคว้าข้อมูลของ CRMA การผสมเป็นกระบวนการเปียก (Wet process) โดยจะทำการผสมรวมผงยางรถยนต์กับแอสฟัลต์ซีเมนต์ (AC 60-70) ให้อัตราส่วนผสมมี CR ร้อยละโดยน้ำหนัก ๒ , ๔ , ๖ และ ๘ ของแอสฟัลต์ซีเมนต์ และทำการบ่มตัวอย่าง ทำการทดสอบตัวอย่างที่ Unmodified (AC) และ Modified (CRMA) เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบกัน ตาม ทล.-ก.๔๑๑/๒๕๖๕ โดยทำการทดสอบ ความเหนียว Brookfield ตามมาตรฐาน ASTM D4402 , AASHTO T 316 ความต้านแรงเฉือนไดนามิก  $G^*/\sin\delta$  ตามมาตรฐาน ASTM D7175 , AASHTO T 315 และ Multiple Stress Creep Recovery (MSCR)  $J_{nr}$  , %R เพื่อที่จะได้รู้ผลของ CR ที่มีต่อแอสฟัลต์ในคุณสมบัติด้าน Rheology ของ AC เพื่อที่จะพิสูจน์ว่า CR เป็นสาร Additive ปรับปรุง Rutting resistance ประโยชน์ที่หน่วยงานได้รับ การปรับปรุงคุณสมบัติของยางแอสฟัลต์อิมัลชัน ให้มีประสิทธิภาพตามความจำเป็นของการใช้งาน จะเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้ยางพาราในประเทศให้สูงมากขึ้น

กรณีที่เป็นผลงานร่วมกันของบุคคลหลายคน

รายชื่อผู้ที่มีส่วนร่วมในผลงาน	ลายมือชื่อ	สัดส่วนผลงานของผู้มีส่วนร่วม	ระบุรายละเอียดของผู้มีส่วนร่วมในผลงาน
นางสาววารุณี จันทร์ศักดิ์		ร้อยละ ๑๕	ทดสอบคุณสมบัติตัวอย่างตามมาตรฐานการทดลอง

**๔) ข้อเสนอแนวความคิดการพัฒนาหรือปรับปรุงงาน (จำนวน ๑ เรื่อง)**

เรื่อง แนวทางการจัดทำเครื่องหมายจราจรของกรมทางหลวงให้เป็นไปตามมาตรฐานสากลเพื่อประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## แบบเสนอเค้าโครงเรื่องโดยสรุปของผลงานและข้อเสนอแนวความคิดการพัฒนาหรือปรับปรุงงาน

ผลงานลำดับที่ ๑ การใช้สาร Phosphorescence ในวัสดุเทอร์โมพลาสติกเพื่อทำเครื่องหมายจราจรที่เรืองแสงในที่มืด (Glow in the Dark, GID)

### ๑. สรุปสาระสำคัญโดยย่อ

การมองเห็น (Visibility) บนทางหลวงเป็นสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญในการให้ความปลอดภัยบนทางหลวง จากการมองเห็นไม่ดีพอ อาจจะทำให้เกิดความสูญเสียหรืออุบัติเหตุได้ ดังนั้น เพื่อที่จะลดความเสียหายนี้ จึงมีการใช้เครื่องหมายจราจรที่มีการสะท้อนแสง อุปกรณ์วัสดุงานจราจรอื่นๆ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างติดตั้งบนทางหลวง เพื่อเพิ่มการมองเห็น โดยเฉพาะในตอนกลางคืน แต่การใช้วัสดุอุปกรณ์เหล่านั้นยังไม่เพียงพอเนื่องจากเครื่องหมายจราจรจะสะท้อนแสงและเมื่อให้เกิดการมองเห็นเฉพาะเมื่อมีแสงจากไฟหน้ารถหรือแสงไฟจากแหล่งอื่น และยังมีข้อจำกัดในระยะที่มองเห็นโดยเฉพาะรถที่มีความเร็วสูง และยังมีสาเหตุอื่นที่ทำให้การมองเห็นลดน้อยลง

ดังนั้น จึงมีการทำเครื่องหมายจราจรให้มองเห็นในเวลากลางคืนในที่มืดที่ไม่มีแสงสว่างใดๆ โดยการใช้สารที่เรืองแสงในที่มืด (Glow in the dark , GID) เพื่อช่วยให้การมองเห็นเครื่องหมายจราจรบนทางหลวงในเวลากลางคืนได้ดีขึ้น จึงได้ทำการศึกษาการใช้สาร GID มาเป็นส่วนผสมกับวัสดุทำเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง (Pavement marking) สาร GID ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานทำเครื่องหมายจราจรสามารถผสมรวมเข้ากันได้ วัสดุที่ผสมมีคุณสมบัติเหมาะสมและสามารถนำไปใช้งานได้

การศึกษานี้ได้คัดเลือกสาร GID ที่มีโครงสร้างองค์ประกอบทางเคมี ชนิดต่างๆ และที่ใช้ในการศึกษาเป็นผลของผลึกสารสตรอนเตียม อลูมิเนต (Strontium aluminate ,  $\text{SrAl}_2\text{O}_4$ ) ที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน DIN 67510 , ISO 17398 และ JIS Z 9097 ที่มีระดับเรืองแสงสูงสุด และระยะเวลาการคายแสงนานสุด และใช้ผสมกับวัสดุเทอร์โมพลาสติก เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของส่วนผสมที่มีอัตราต่างๆ ในห้องปฏิบัติการทดลอง

#### ๑.๑ ขั้นตอนการศึกษาดังนี้

๑) ศึกษาข้อมูลสาร GID และเลือกชนิดประเภทสาร GID ที่เหมาะสม

๒) ทำการผสม GID กับวัสดุเทอร์โมพลาสติกตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ (๐,๑๕,๓๕,๔๕,๕๐,๖๐ %)

เตรียมตัวอย่างเพื่อจะตรวจสอบคุณสมบัติของแต่ละตัวอย่าง

๓) วิเคราะห์ทดสอบคุณสมบัติของแต่ละตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ โดยการวัดค่า ดังนี้

- วัดค่า Illuminant (lux)
- วัดค่า Luminance ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )
- วัดค่า Color , Retroreflectivity

๔) ลักษณะปรากฏที่จะใช้งาน (Workability)

อุณหภูมิที่ใช้หลอมเหลวที่ 200 °C

ความเรียบสม่ำเสมอของผิวหน้าวัสดุ

#### ๑.๒ เป้าหมายการวิเคราะห์ผลทดลอง

๑) เพื่อหาค่า % สัดส่วน GID ที่ให้ค่า Phosphorescence สูงสุด , ระยะเวลา Charge , Illuminance charge

๒) เพื่อทราบค่า luminance ที่เกิด Phosphorescence ปล่อยแสง

๓) นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานทำเครื่องหมายจราจรบนทางหลวง

## การใช้สาร Phosphorescence ในวัสดุเทอร์โมพลาสติกเพื่อทำเครื่องหมายจราจรที่เรืองแสงในที่มืด (Glow in the Dark, GID) (ต่อ)

### ๒. ความยุ่งยากซับซ้อนของงาน

เนื่องจากการใช้สาร GID มาใช้ในงานทำเครื่องหมายจราจรเป็นของใหม่ ที่ยังไม่มีมาตรฐานสากลกำหนด วัสดุทำเครื่องหมายจราจรที่มีสาร GID เป็นวัสดุทำเครื่องหมายจราจรบนทางหลวง ทำให้การศึกษาต้องมีความยุ่งยากหลายประการดังนี้

๒.๑ จำเป็นต้องรู้ในการออกแบบอัตราส่วนผสม หรือ องค์ประกอบของวัสดุเทอร์โมพลาสติก เพื่อที่จะเลือกขนาดอนุภาคและโครงสร้างโมเลกุลของ GID ที่สามารถเข้าเป็นส่วนผสมกับวัสดุเทอร์โมพลาสติก ให้คุณสมบัติตามต้องการ และสามารถนำไปใช้งานเป็นเครื่องหมายจราจรได้

๒.๒ ต้องใช้ข้อมูลเชิงลึกในวัสดุสาร GID เนื่องจากเพิ่งจะมีการผลิตขึ้นมา ยังไม่แพร่หลายในเชิงพาณิชย์ ต้องพิจารณาคุณสมบัติ การกำหนดมาตรฐาน และการทดสอบตามมาตรฐาน สาร GID ที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่มาตรฐาน DIN 67510 ของประเทศเยอรมัน ISO 17398 ของกลุ่มยุโรป (EU) และ JIS Z9017 ของประเทศญี่ปุ่นซึ่งกำหนดชนิด ประเภทของ GID ให้แตกต่างกันมาก ต้องใช้ความรู้ในคุณสมบัติของสาร Phosphorescence ได้แก่ กระบวนการเรืองแสง (Glow) กระบวนการรับพลังงานจากแสง (Charge) และความสามารถในระยะเวลาการเก็บเก็บได้นานและการปล่อยแสงที่มีปริมาณความจุ ในโมเลกุลได้มากที่สุด

๒.๓ การวิเคราะห์ตรวจสอบประสิทธิภาพของสาร GID ที่ผสมกับวัสดุเทอร์โมพลาสติก โดยใช้เครื่องวัดแสง (Luxmeter) เมื่อวัดค่า Illuminance และค่า Luminant และเครื่องวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง เพื่อวัดค่า Retroreflective จะต้องมีความรู้พื้นฐานเรื่องแสง และมีความเข้าใจในมาตรฐานการวัดคุณสมบัติทางแสง เช่น ค่า lux , candela , lumen , candela/m<sup>2</sup> และ candela/lux/m<sup>2</sup> , CIE และมีทักษะในการใช้เครื่องมือที่จะตรวจวัดได้อย่างถูกต้อง

๒.๔ การวิเคราะห์ผลเพื่อที่จะนำไปใช้งานทำเครื่องหมายจราจรจำเป็นต้องมีความรู้ในด้าน Material science ของสาร Pigment ที่ใช้เป็นสาร Phosphorescence , สารที่เป็น Binder ในวัสดุเทอร์โมพลาสติกที่อาจเป็น Alkyd resin หรือ Petroleum resin ซึ่งอาจให้ผลในการผสมรวมกับ GID ที่แตกต่างกัน และการนำไปใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น ในเมือง หรือเขตนอกเมือง

### ๓. ประโยชน์ที่หน่วยงานได้รับ

ปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจากจราจรบนถนน เป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน และยังเป็นเหตุให้เกิดผลกระทบต่อผู้ที่เป็นครอบครัว ญาติพี่น้อง สำหรับในประเทศไทยเป็นสาเหตุให้เสียชีวิตในระดับที่สูงมาก การลดอุบัติเหตุโดยการเพิ่มการมองเห็นให้แก่ผู้ขับขี่ที่ใช้ทางหลวง โดยการเพิ่มการใช้สาร GID ในการทำเครื่องหมายจราจร เป็นการชี้ทาง (Delineator) ที่สามารถมองเห็นได้ในเวลากลางคืน โดยยังเห็นในที่มืดเพื่อที่ประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง และยังใช้ในบริเวณของทางที่เป็นทางโค้ง ซึ่งแสงไฟจากหน้ารถส่องสว่างไปไม่ถึง เครื่องหมายจราจรที่มีสาร GID เมื่อใช้ร่วมกับลูกแก้วสะท้อนแสง จะทำให้ผู้ใช้ทางสามารถมองเห็นได้กับทุกสภาวะ เพื่อพัฒนาการมองเห็นบนทางหลวงเข้าสู่การเป็น All weather traffic marking

## ผลงานลำดับที่ ๒ การศึกษาการปรับปรุงวัสดุแอสฟัลต์อิมัลชันด้วยยางพาราธรรมชาติ

### ๑. สรุปสาระสำคัญโดยย่อ

ผิวทางที่ใช้แอสฟัลต์ธรรมดา จะมีความเหมาะสมในสภาวะการจราจรระดับหนึ่งเท่านั้น แต่ในปัจจุบันสภาพจราจรได้เปลี่ยนแปลงไปมากโดยเฉพาะบนทางหลวงสายหลัก การจราจรจะมีปริมาณหนาแน่นมาก อีกทั้งยังมีรถบรรทุกหนักมีปริมาณสูงมาก เป็นเหตุให้ผิวทางชำรุดเสียหายอย่างรวดเร็ว อายุการใช้งานสั้นกว่าที่ควรจะเป็น ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเป็นเพราะผิวทางที่ใช้แอสฟัลต์ธรรมดา มีคุณสมบัติไม่เพียงพอที่จะรับสภาวะปริมาณการจราจรและน้ำหนักบรรทุกเช่นนั้นได้ เพื่อที่จะแก้ปัญหาที่จำเป็นที่จะต้องปรับปรุงคุณภาพของแอสฟัลต์ให้มีคุณภาพดีขึ้นกว่าเดิม

ปัจจุบันกรมทางหลวงกำหนดคุณสมบัติของแอสฟัลต์ที่ใช้ในงานทาง ได้แก่ แอสฟัลต์ซีเมนต์ คัดแบกแอสฟัลต์ และแอสฟัลต์อิมัลชัน สำหรับแอสฟัลต์ซีเมนต์ได้มีการปรับปรุงข้อกำหนดมาตรฐาน เป็น แอสฟัลต์ซีเมนต์ Performance Grade (PG) รวมกับ Multiple Stress Creeps Recovery (MSCR) ซึ่งเป็นข้อกำหนดแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่มีมาตรฐานสูงเทียบเท่า ASTM และ AASHTO แต่สำหรับแอสฟัลต์อิมัลชัน มาตรฐานข้อกำหนดวัสดุที่เป็นอยู่ ยังคงเป็นมาตรฐานเดิมแบบ Conventional Specification ซึ่งจะต่ำกว่าเมื่อเทียบกับมาตรฐานแอสฟัลต์ซีเมนต์ในปัจจุบัน ดังนั้นการศึกษานี้ จึงเป็นการศึกษา การปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้อยู่ในปัจจุบันโดยจะทำการปรับปรุงคุณภาพและวิเคราะห์ตรวจสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน PG (MSCR) ได้กำหนดไว้ เพื่อนำผลการวิเคราะห์มาใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนามาตรฐานข้อกำหนดของแอสฟัลต์อิมัลชันให้มีระดับเกณฑ์กำหนดเดียวกับแอสฟัลต์ซีเมนต์และกำหนดเป็นมาตรฐานวัสดุแอสฟัลต์ในมาตรฐานงานทาง (ทล.ม.) ของกรมทางหลวงต่อไป

การปรับปรุงคุณสมบัติแอสฟัลต์อิมัลชัน ให้มีคุณภาพดีขึ้นมีวิธีการต่างๆ วิธีหนึ่งที่น่าสนใจมากเป็นการใช้สารผสมเพิ่มชนิดต่างๆ มาเป็นสารปรับปรุงสมบัติของแอสฟัลต์อิมัลชัน เช่น การใช้สารพอลิเมอร์ซึ่งมีทั้งการใช้สารพอลิเมอร์สังเคราะห์ เช่น เอธิลีนไวนิลอะซิเตต (Ethylene Vinyl Acetate, EVA) สไตรีน บิวตาไดอีน สไตรีน (Styrene Butadiene Styrene , SBS) นีโอพรีน (Neoprene) และสารพอลิเมอร์ธรรมชาติ ได้แก่ ยางพาราธรรมชาติ ที่ใช้เป็นสารปรับปรุงคุณสมบัติแอสฟัลต์อิมัลชัน ในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้ยางพาราธรรมชาติเป็นสารปรับปรุงคุณสมบัติแอสฟัลต์อิมัลชัน เนื่องจากประเทศไทย เป็นแหล่งผลิตยางพาราธรรมชาติในระดับต้นของโลก เป็นการสนับสนุนสินค้าเกษตรกรไทย นอกจากนี้ ยังมีราคาต่ำกว่าสารพอลิเมอร์สังเคราะห์ ยางพาราธรรมชาติมีคุณสมบัติที่ดีและเหมาะสมดังนี้

- ๑) มีสมบัติยึดเหนี่ยวในการทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) แม้ไม่ได้เติมสารเสริมแรง และมีความยืดหยุ่นมาก
- ๒) มีสมบัติเชิงพลวัต (Dynamic Properties) ที่ดี มีความยืดหยุ่น (Elasticity) สูง ในขณะที่มีความร้อนภายใน (Heat Build-up) ที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานต่ำ มีความเหนียวต่อกัน (Tack) ที่ดี
- ๓) มีความต้านทานการฉีกขาด (Tear resistance) สูง

แนวทางการใช้ยางพาราธรรมชาติปรับปรุงคุณสมบัติแอสฟัลต์อิมัลชัน มีดังนี้

- ๑) พิจารณาเกรด ปริมาณหรือแหล่งของแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น base binder
- ๒) พิจารณายางพาราธรรมชาติ ชนิด ประเภท ที่มีสมบัติหรือมีการปรับแต่งให้เหมาะสม เช่น น้ำยางที่มีความเข้มข้นสูง (Concentrate Latex) น้ำยางที่มีสารวัลคาไนซ์ (Prevalcanized Latex) และน้ำยางที่มีประจุที่เหมาะสม
- ๓) พิจารณา ชนิด ประเภท สารอิมัลซิไฟเออร์ และปริมาณที่เหมาะสม
- ๔) พิจารณา สัดส่วนของสารต่างๆ ที่จะใช้เป็นองค์ประกอบของแอสฟัลต์อิมัลชัน เพื่อให้ได้เป็น Modified Asphalt Emulsion (MAE) ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ

## ผลงานลำดับที่ ๒ การศึกษาการปรับปรุงวัสดุแอสฟัลต์อิมัลชันด้วยยางพาราธรรมชาติ (ต่อ)

ภาพรวมขององค์ประกอบที่ต้องพิจารณาเฉพาะมีผลต่อสมบัติของ MAE

- ๑) ปริมาณของแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้เป็น Base binder ซึ่งจะมีผลต่อขนาดอนุภาคแอสฟัลต์ของ MAE
- ๒) องค์ประกอบสัดส่วนของสารที่เป็นของเหลว การเตรียมตัวอย่างแอสฟัลต์อิมัลชันที่เป็นประจุบวก (Cationic) การใช้กรดเกลือ (Hydrochloric Acid , HCl) และสารอิมัลซิไฟเออร์ที่เป็นสารแอมมีน (Amine) ถ้าเพิ่มปริมาณให้มากขึ้น จะมีผลทำให้ขนาดอนุภาคของแอสฟัลต์อิมัลชันเล็กลง
- ๓) อุณหภูมิในขณะผ่าน Mill การเพิ่มอุณหภูมิของส่วนที่เป็นของเหลว ที่เป็นน้ำหรือน้ำมันจะเป็นการลดความหนืดของแอสฟัลต์อิมัลชัน
- ๔) สภาวะของ Colloid mill ขณะทำงาน ถ้าช่องว่าง (Gap) มีขนาดเล็ก และความเร็รรอบสูง จะทำให้ขนาดอนุภาคที่เล็กลงโดยทั่วไปขนาดอนุภาคของ MAE ที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม จะทำให้ได้ MAE ที่มีความเสถียร มีการยึดเกาะที่ดี มีความหนืดง่ายต่อการใช้งาน

๑.๑ แนวทางการพิจารณาดำเนินการศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์อิมัลชัน ในการทดลองเพื่อให้ได้ผลมาวิเคราะห์ มีดังนี้

- ๑) ศึกษาคุณสมบัติด้านเสถียรภาพ โดยทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาค โดยการวัดการกระจายของขนาดอนุภาค ต้องมีขนาดอนุภาคน้อยกว่า ๑๐๐ ไมโครเมตร
- ๒) ศึกษาคุณสมบัติด้านการใช้งาน (Workability) โดยการทดลองหาค่าความหนืด Brookfield หรือวัดค่าความหนืด Saybolt (ASTM D7496) เวลาการไหลผ่าน Orifice จะค้างอยู่ในช่วง 100 – 400 sec)
- ๓) ศึกษาคุณสมบัติด้าน Thermal Susceptibility โดยทำการทดสอบด้วยเครื่อง DSR (Dynamic Shear Rheometer) (ASTM D7175) วัดค่า  $G^*$  (Complex shear modulus)
- ๔) ศึกษาคุณสมบัติด้านความเป็นอีลาสติก (Elastic) โดยใช้เครื่อง DSR วัดตามระบบ MSCR (Multiple Stress Creep Recovery) วัดค่า % Strain recovery (%R) และ Creep compliance ( $J_{cr}$ ) ค่า%R ต้องสูงและ  $J_{cr}$  ต้องต่ำ

๑.๒ การวิเคราะห์ผลการทดลอง

- ๑) เปรียบเทียบคุณสมบัติ Saybolt Viscosity ระหว่าง Non-modified Asphalt Emulsion กับ Modified Asphalt Emulsion ที่มียางพาราธรรมชาติ
- ๒) เปรียบเทียบคุณสมบัติ Rheology ระหว่าง Non-modified Asphalt Emulsion (AE) กับ Modified Asphalt Emulsion (MAE) ได้แก่ Microstructure ของอิมัลชัน , เสถียรภาพ , ขนาดอนุภาค ที่สัมพันธ์กับความหนืด
- ๓) เปรียบเทียบคุณสมบัติ Rheology ของ Base binder กับ Residue ของ AE และ MAE
- ๔) เปรียบเทียบ Complex modulus  $/G^*/$  ของ Base binder ของ AE และ MAE เพื่อจะได้รู้ผลเปรียบเทียบของระบบ Emulsion กับ Base binder โดยทำการทดสอบตาม ASTM D 7552
- ๕) เปรียบเทียบคุณสมบัติของ Modified asphalt emulsion (MAE) กับ Polymer Modified Asphalt Cement (PMAC) โดยใช้ Base binder เดียวกัน เพื่อที่จะได้เข้าใจถึงบทบาทของสารพอลิเมอร์ในอิมัลชันและเปรียบเทียบกับ PMAC ทำการทดสอบ MSCR กับ PMAC และ Residue ของ Polymer Asphalt Emulsion (PAE) ด้วย

๑.๓ คุณสมบัติที่ต้องการของ MAE

- ๑) รักษาคุณสมบัติไว้ได้ในขณะเก็บ นำไปใช้งานและในสภาวะที่ถูกใช้งาน
- ๒) ใช้งานได้โดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทั่วไป
- ๓) คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี ต้องคงที่
- ๔) มีความหนืดในการเคลือบหรือพ่นที่อุณหภูมิใช้งานปกติ

## ผลงานลำดับที่ ๒ การศึกษาการปรับปรุงวัสดุแอสฟัลต์อิมัลชันด้วยยางพาราธรรมชาติ (ต่อ)

### ๑.๔ คุณสมบัติที่ต้องการของ PAE เพื่อนำไปใช้งานทาง

- ๑) ปรับปรุงป้องกันการหลุดของงาน (Aggregate retention) โดยการเพิ่ม Cohesive ของ Binder
- ๒) ลดหรือหน่วงเหนี่ยวการเกิด Reflective crack โดยการเพิ่มคุณภาพของ Binder ด้าน Elastic
- ๓) ลดการเกิด Bleeding จากการเพิ่มความหนืดในขณะที่อยู่เป็นผิวทาง (Service viscosity)
- ๔) ป้องกันการเกิดทรุดตัว หรือเป็นคลื่น จากการเพิ่ม Shear resistance เมื่อถูกบดงอ

### ๑.๕ ขั้นตอนการศึกษา

- ๑) ศึกษาเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณสมบัติแอสฟัลต์อิมัลชัน ปัจจัยที่มีส่วนสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพ ชนิด และปริมาณของแอสฟัลต์ซีเมนต์ , สารอิมัลซิไฟเออร์ , ยางพารากระบวนการผลิตแอสฟัลต์อิมัลชัน การวิเคราะห์และตรวจสอบ
- ๒) กำหนดแผนการศึกษา การจัดเตรียมสารที่เป็นองค์ประกอบ เครื่องมือ และอุปกรณ์ ลำดับขั้นตอนกระบวนการทำงาน รวมถึงการวิเคราะห์ประเมินผล
- ๓) ดำเนินการ เตรียมตัวอย่าง ตามสูตรการผลิตที่กำหนด ทำการวิเคราะห์ ตรวจสอบ วิธีการปฏิบัติงาน ความถูกต้องของสาร เครื่องมือ เพื่อให้ได้ตัวอย่างเป็นไปตามที่กำหนดไว้ ดำเนินการร่วมกับผู้ผลิต
- ๔) ทำการทดลองคุณสมบัติที่ตามที่โครงการไว้ในแผนการศึกษา ทำการทดลองโดยใช้เครื่องมือทดลองที่ห้องปฏิบัติการส่วนวิเคราะห์วัสดุทางวิทยาศาสตร์ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง ยกเว้นเครื่องมือวิเคราะห์ขนาดอนุภาค ใช้เครื่องมือทดสอบของผู้ผลิต
- ๕) วิเคราะห์ผลทดลอง ตามแผนการวิเคราะห์ที่กำหนดไว้
- ๖) สรุปผลการศึกษา พิจารณาตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

## ๒. ความยุ่งยากซับซ้อนของงาน

การศึกษา การปรับปรุงคุณสมบัติยางแอสฟัลต์อิมัลชันด้วยยางพารา มีความยุ่งยาก ดังนี้

๒.๑ การดำเนินงาน เพื่อทำการผสมองค์ประกอบสารต่างๆ เพื่อที่จะผลิตเป็นตัวอย่าง ทำการทดลองตรวจสอบ มีความหลากหลายของปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของแอสฟัลต์อิมัลชัน ที่เตรียมผลิตด้วยสารตามสัดส่วนที่กำหนดที่ต้องการศึกษา การเลือกชนิด ประเภทแอสฟัลต์ซีเมนต์ สารอิมัลซิไฟเออร์ กระบวนการผลิต สัดส่วนที่ผสมต้องจัดทำตัวอย่างที่มีความหลากหลาย มีจำนวนตัวแปรที่มีอิทธิพลมาก

๒.๒ การวิเคราะห์ทดลองและการประมวลผล ต้องทำการทดลองหลายคุณสมบัติในมิติต่างๆ ต้องใช้เครื่องมือและวิธีการทดลอง เพื่อให้ครอบคลุมถึงคุณสมบัติที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของ MAE เครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาค เครื่อง Viscometer เครื่อง DSR เพื่อวัดหาค่า  $G^*$  ,  $J_{nr}$  และ %Recovery และทำการวิเคราะห์ผลทดลองทั้งหมด เพื่อหาความสัมพันธ์กับข้อมูลรายละเอียดของตัวอย่างหรือสัดส่วนขององค์ประกอบทั้งหมด การวิเคราะห์ผลเพื่อหาผลสรุป จากตัวแปรจำนวนมากจากทั้งสองด้าน เป็นเรื่องที่ซับซ้อน ต้องใช้วิธีการแจกแจงผลที่เหมาะสม

### ๒.๓ ต้องมีพื้นฐานความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

- ๑) ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ด้านเคมี เกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของแอสฟัลต์ ยางพารา สารอิมัลซิไฟเออร์และคุณสมบัติของสารแต่ละอย่าง เพื่อจะได้ทราบถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารแต่ละชนิด เมื่ออยู่ในสภาวะที่ต่างกันจะมีพฤติกรรมที่ควรคาดการณ์ได้ว่าเป็นอย่างไร

## ผลงานลำดับที่ ๒ การศึกษาการปรับปรุงวัสดุแอสฟัลต์อิมัลชันด้วยยางพาราธรรมชาติ (ต่อ)

- ๒) ความรู้ในระบบของสารผสมในรูปของ Emulsion หรือ Colloid การกระจายตัวของอนุภาคและระบบการเกิดส่วนที่เป็น Continuous phase และส่วนที่เป็น Disperse phase การปรับสัดส่วนของ Phase ทั้งระบบ กระบวนการผสมในขณะผ่าน Mill เพื่อที่จะให้ได้อนุภาคที่มีขนาดตามต้องการ เพื่อที่จะให้ได้ระบบ Emulsion ที่มีความเสถียร ตรงตามการใช้งาน เป็นเรื่องที่ต้องให้ความรู้และทักษะเฉพาะ
- ๓) ความรู้ทางฟิสิกส์ด้าน Rheology ซึ่งเป็นศาสตร์ว่าด้วยการ Flow และ Deformation ของสารที่แปรเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ของเหลวกึ่งแข็ง ของแข็งกึ่งเหลว และของแข็ง เมื่ออยู่ในสภาวะการเก็บ การขนส่ง การใช้งาน และหลักการใช้งาน และถูกกระทำด้วยอุณหภูมิ แรงเฉือน ความถี่และเวลา ที่มีแตกต่างกัน จะต้องมี ความรู้ที่คาดการณ์พฤติกรรมที่มีผลกับต้องการส่งเสริมให้เพิ่มมากขึ้นและที่มีผลเสียที่ต้องการลดให้น้อยลงหรือไม่ให้เกิดขึ้นในการเป็น MAE
- ๔) ต้องใช้ความรู้ในการใช้งานวัสดุแอสฟัลต์ที่นำมาใช้ในงานทางได้ ลักษณะต่างกันของ MAE จะมีคุณสมบัติที่ ต้องการต่างกัน เช่น ใช้โดยการพ่นในงาน Tack Coat , Prime Coat , Surface Treatment หรืองานที่ใช้โดยการผสม เช่น งาน Cold mix , Slurry Seal , Micro seal พฤติกรรมที่ต้องการของ PAE ที่มีลักษณะใช้งาน ต่างกัน จะมีความสำคัญต่อการกำหนดคุณสมบัติของ MAE

### ๓. ประโยชน์ที่หน่วยงานได้รับ

การปรับปรุงคุณสมบัติของยางแอสฟัลต์อิมัลชัน ให้มีประสิทธิภาพตามความจำเป็นของการใช้งาน และการเพิ่มสมรรถนะของแอสฟัลต์อิมัลชัน จะทำให้เกิดประโยชน์ดังนี้

๓.๑ การใช้ยางพาราเป็นองค์ประกอบของวัสดุงานทาง เช่นการนำมาใช้เป็นสารปรับปรุงคุณสมบัติแอสฟัลต์และมีการกำหนดเป็นมาตรฐานวัสดุแอสฟัลต์อิมัลชันเพื่อนำมาใช้ในงานทาง จะเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้ยางพาราในประเทศให้สูงมากขึ้น เป็นการแก้ไขปัญหายางพารามีราคาตกต่ำเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้ยางพาราช่วยให้เกษตรกรยางพารามีรายได้เพิ่มขึ้น ช่วยทำให้เศรษฐกิจของประเทศมั่นคงขึ้น

๓.๒ เป็นการยกระดับมาตรฐานวัสดุงานทางของกรมทางหลวง ให้เทียบเท่ามาตรฐานสากล เช่น ASTM และ AASHTO และเป็นการสื่อถึงความสามารถในการพัฒนาคุณภาพวัสดุงานทาง โดยใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการส่งมอบทางหลวงที่มีคุณภาพให้กับประชาชนผู้ใช้ทางได้อย่างสะดวก รวดเร็วและปลอดภัย



## ผลงานลำดับที่ ๓ เรื่อง การศึกษาการใช้ผงยางรถยนต์ (Crumb Rubber) ปรับปรุงคุณภาพวัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์

### ๑. สรุปสาระสำคัญโดยย่อ

เนื่องจากประเทศไทยมีปริมาณยางรถยนต์ที่เสื่อมสภาพ(ไม่ใช้งานแล้ว) มีปริมาณสูงมาก การนำมาในการปรับปรุงสมบัติของแอสฟัลต์เป็นที่รู้จักกันทั่วไป เพื่อลดปริมาณยางรถยนต์ที่ใช้งานไม่ได้เหล่านี้ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม และลดต้นทุนในการใช้สารที่จะนำมาปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ เนื่องจากยางรถยนต์ที่เสื่อมสภาพแล้ว เมื่อนำมาบดย่อยให้เป็นผงที่มีขนาดอนุภาคเป็นผงยางรถยนต์ (Crumb Rubber , CR) ในปริมาณที่เอารวมมาผสมรวมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติจะช่วยให้ได้ผิวทางที่มีคุณสมบัติดีขึ้น การศึกษานี้จึงเป็นการตรวจสอบ เพื่อที่จะให้ความรู้ว่าการนำผงยางรถยนต์ (Crumb Rubber) มาเป็นสารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ซีเมนต์แล้ว จะทำให้แอสฟัลต์มีคุณสมบัติในด้าน Rheology เปลี่ยนแปลงดีขึ้นอย่างไร โดยที่คุณสมบัติพิเศษของการปรับปรุงคุณสมบัติแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ต้องการสรุปได้ดังนี้

- ๑) ที่อุณหภูมิสูง แอสฟัลต์ที่ได้รับการโม่ตีฟลายด์ ควรต้องมีค่ากำลังความแข็งแรงมากกว่าแอสฟัลต์ธรรมดา (Conventional asphalt) เพื่อที่จะป้องกันการเกิดการยุบตัวถาวร
- ๒) ที่อุณหภูมิต่ำ แอสฟัลต์ที่ได้รับการโม่ตีฟลายด์ ควรที่จะมีกำลังความแข็งแรงไม่สูงเกินไป จนกระทั่งเป็นผลให้เกิดการแตกร้าว
- ๓) ที่อุณหภูมิสำหรับใช้ในการทำงานผสมร้อน (ประมาณ ๑๔๐ - ๑๖๓ องศาเซลเซียส) แอสฟัลต์ที่ได้รับการโม่ตีฟลายด์ ควรมีความหนืดที่พอเหมาะ ไม่สูงเกินไปจนไม่สามารถใช้ในขั้นตอนการผลิตและก่อสร้างได้
- ๔) ป้องกันและควบคุมความแข็งแรงที่อาจเกิดขึ้น เนื่องจากมีอายุการใช้งานที่มากขึ้น

เพื่อที่จะให้ได้คุณสมบัติที่ดีขึ้นของผิวทางแอสฟัลต์ แอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ผสมรวมกับผงยางรถยนต์ (Crumb Rubber Modified Asphalt , CRMA) จะมีคุณลักษณะดีขึ้น เช่น แรงที่ใช้ในการจับยึดระหว่างโมเลกุลสูงขึ้น และแรงที่ใช้ในการเกาะยึดระหว่างแอสฟัลต์กับวัสดุมวลรวมสูงขึ้น พฤติกรรมการไหล (Flow) และการเปลี่ยนรูป (Deformation) ที่ขึ้นกับแรง เวลา และอุณหภูมิดีขึ้น นั่นคือที่อุณหภูมิสูง แอสฟัลต์จะคงรูปไม่ไหลหรืออ่อนตัว และที่อุณหภูมิต่ำ จะหยุ่นตัวไม่แข็งเปราะ มีความสามารถในการดูดซับแรง (Stress) ได้โดยไม่แตกแยกหรือเสียรูป มีการรับแรง Stress ได้สูง แต่เกิดการเปลี่ยนมิติ (Strain) ต่ำ นอกจากนี้การเปลี่ยนอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่น้อยตามกาลเวลามาโดยตลอด เนื่องจากการถูกความร้อนถูกออกซิเดชันและการระเหย (Aging) ลดน้อยลง

#### ๑.๑ ขั้นตอนการทดลอง มีดังนี้

การผสมเป็นกระบวนการเปียก (Wet process) โดยจะทำการผสมรวมผงยางรถยนต์กับแอสฟัลต์ซีเมนต์ (AC 60-70) ให้อัตราส่วนผสมมี CR ร้อยละโดยน้ำหนัก ๒ , ๔ , ๖ และ ๘ ของแอสฟัลต์ซีเมนต์ ปรับเครื่องกวนผสมให้ได้ความร้อนสูงสุดที่ ๑๘๐ องศาเซลเซียสภายในเวลา ๑๕ นาที ในระหว่างการผสม ให้ความร้อนตอนแรกที่ ๑๕๐ องศาเซลเซียส จากนั้นเติม CR ที่ละน้อยในขณะที่ให้รอบเครื่องกวนหมุนช้าๆ เพิ่มอุณหภูมิที่ละน้อยจนถึง ๑๘๐ องศาเซลเซียส ปรับรอบเครื่องผสมกวนที่เป็น high shear mixer ระยะเวลาในการบ่มตัวอย่างที่ ๐.๕ , ๑.๐ , ๑.๕ , ๒.๕ , ๓.๕ , ๕.๐ และ ๖.๕ ชั่วโมง

วัสดุที่ใช้ทำการผสม เป็นยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ เกรด ๖๐ - ๗๐ (AC60-70) มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด ทล.ก-๔๐๑/๒๕๕๙ และผงยางรถยนต์ที่มีขนาดอนุภาค (gradation)

Sieve Size	% Passing
0.60 (No.30)	100
0.30 (No.50)	42.0
0.15 (No.100)	17.5

### ผลงานลำดับที่ ๓ เรื่อง การศึกษาการใช้ผงยางรถยนต์ (Crumb Rubber) ปรับปรุงคุณภาพวัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์ (ต่อ)

การทดสอบ ทำการทดสอบตัวอย่างที่ unmodified (AC) และ modified (CRMA) เพื่อนำผลทดลองมาเปรียบเทียบกัน โดยทำการทดสอบตามข้อกำหนดแอสฟัลต์ซีเมนต์ประเภท Performance Grade (PG,MSCR) ทล.-ก.๔๑๑/๒๕๖๕ โดยทำการทดสอบคุณลักษณะ

- ๑) ความหนืด Brookfield ตามมาตรฐาน ASTM D4402 , AASHTO T 316
- ๒) ความต้านแรงเฉือนไดนามิก  $G^*/\sin\delta$  ตามมาตรฐาน ASTM D7175 , AASHTO T 315
- ๓) Multiple Stress Creep Recovery (MSCR)  $J_{nr}$  %R ตามมาตรฐาน ASTM D7405 , AASHTO T 352

ทำการวิเคราะห์ผลทดลอง เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณลักษณะระหว่าง AC (Unmodified) กับ CRMA และพิจารณารายการผลทดลองที่ได้ เพื่อประเมินถึงพฤติกรรมและคุณสมบัติของ CRMA ที่ได้ เพื่อประเมินถึงผลที่คาดว่าจะได้เมื่อนำไปทำผิวทาง

#### ๑.๒ เป้าหมายของการศึกษา

จากการศึกษาโดยใช้ผงยางรถยนต์มาใช้เป็นสารปรับปรุงคุณสมบัติแอสฟัลต์ซีเมนต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อจะรู้ผลของ CR ที่มีต่อแอสฟัลต์ในคุณสมบัติด้าน Rheology ของ AC ได้แก่ Superpave rutting parameter , Fatigue parameter , Storage modulus และ Phase angle ที่มีปริมาณ CR ร้อยละโดยน้ำหนักใน AC ที่ ๐ , ๒ , ๔ , ๖ และ ๘ ผลทดลอง Complex shear modulus , Phase angle , MSCR ( $J_{nr}$  , %R) ที่ความถี่ ๑๐ rad/sec. (159 Hz) ที่อุณหภูมิ ๕๘ , ๖๔ , ๗๐ , ๗๖ และ ๘๒ องศาเซลเซียส เพื่อจะให้ได้ว่า CR มีผลให้เพิ่มค่า Complex shear modulus ( $G^*$ ), ค่า Rutting parameter , ค่า Fatigue parameter และ Storage modulus,  $G^*/\sin\delta$  ,  $G^*\cdot\sin\delta$  และ  $G^*/\cos\delta$  ตามลำดับ และเพื่อที่จะพิสูจน์ว่า CR เป็นสาร Additive ปรับปรุง Rutting resistance เช่นเดียวกับ Fatigue resistance ของ AC โดยการเพิ่มค่า Complex shear modulus และลดค่า Stress angle

#### ๒. ความยุ่งยากซับซ้อนของงาน

การศึกษานี้มีความยุ่งยากมาก เนื่องจากมีความซับซ้อน ดังนี้

๒.๑ ความหลากหลายของ Factor ที่มีต่ออิทธิพลของขั้นตอนกระบวนการศึกษา ทั้งในทางปฏิบัติและพื้นฐานทางทฤษฎี ดังนี้

- ๑) ผลของสภาวะการเกิดกระทบกันภายใน Interaction ของเฟกเตอร์ ที่เป็นองค์ประกอบในการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ เวลา และการผสม
- ๒) ผลของอิทธิพลของคุณลักษณะของอนุภาค CR ได้แก่
  - ชนิด ประเภท ของยางรถยนต์
  - สัณฐาน (Morphology) และวิธีของกระบวนการ ขนาดอนุภาคของ CR
  - ปริมาณอนุภาค CR
- ๓) ผลของอิทธิพล AC
  - ความสามารถในการละลาย (Solubility parameter) ของ AC โดยการเพิ่มค่า Complex shear modulus และลดค่า Stress angle

## ผลงานลำดับที่ ๓ เรื่อง การศึกษาการใช้ผงยางรถยนต์ (Crumb Rubber) ปรับปรุงคุณภาพวัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์ (ต่อ)

### ๒.๒ ความยุ่งยากในความซับซ้อนของความหลากหลายในองค์ประกอบของ AC และ CR

เนื่องจากคุณสมบัติของ AC ที่ผสมรวมกับ CR เป็น CRMA จะขึ้นกับคุณสมบัติของ AC ที่ประกอบด้วยสารอิ่มตัว (Saturated) สารอะโรมาติก (Aromatics) และสารอะโรมาติกแบบมีขี้ (Asphaltenes) ซึ่งเป็นส่วนที่แสดงสมบัติที่แท้จริงของแอสฟัลต์มีความเกี่ยวพันโดยตรงกับอนุหุมิ การกระจายตัว และน้ำหนักโมเลกุลของ Polar aromatic จะขึ้นกับคุณสมบัติของ CR ซึ่งมีองค์ประกอบหลักของปริมาณยางพารา ปริมาณยางสังเคราะห์ ตัวเติม (Filler) ผงถ่านดำ (Carbon black) และสารแอนติออกซิเดชัน สารเหล่านี้จะช่วยให้อุณหภูมิของ CRMA ดีขึ้น แต่เนื่องจากความหลากหลายขององค์ประกอบจะทำให้พฤติกรรมของ CRMA แปรผันไปตามสัดส่วนขององค์ประกอบเหล่านั้นด้วย ยากที่จะควบคุมให้คงที่

### ๒.๓ ความยุ่งยากเนื่องจากความซับซ้อนของกระบวนการทำงาน

คุณสมบัติของ CRMA จะขึ้นกับคุณสมบัติของแอสฟัลต์ คุณสมบัติของ CR อนุหุมิและระยะเวลาการผสมรูปแบบการผสม องค์ประกอบเหล่านี้จะต้องควบคุมให้เที่ยงตรง ถูกต้อง เพราะจะมีผลต่อการเกิดกระทบภายในระบบ (Interaction) ระหว่าง CR กับ AC ซึ่งจะมีผลต่อพฤติกรรมของ CRMA นอกจากนี้การทดสอบคุณสมบัติ Rheology ของ CRMA โดยเครื่อง DSR เพื่อหาค่า Complex shear modulus ,  $G^*$  และทดสอบ MSCR เพื่อหาค่า  $J_{nr}$  , %R ต้องมีความชำนาญในการใช้เครื่อง

๒.๔ ต้องมีพื้นฐานความรู้ทางทฤษฎีในด้าน Macro molecule และ Mechanism ในการเกิดระบบ Colloid และการ Diffusion ของสาร เพื่อใช้ในการพิจารณาทางทฤษฎีของการเกิด Interaction ระหว่าง AC กับ CR ดังนี้

- ๑) การละลายของสารโพลิเมอร์ในตัวทำละลาย
- ๒) การ Diffuse ของ AC ลงใน CR
- ๓) การเกิดสมดุล ของการ Swell ของ CR ใน AC
- ๔) การคลี่คลายตัวของสายโซ่ของสารโพลิเมอร์ใน CR
- ๕) การตัดตอนของห่วงโซ่ของ Network ของ CR

ความยุ่งยากซับซ้อนในการศึกษาการใช้ CR ผสมกับ AC ที่สำคัญที่สุด เป็นทักษะความรู้ความชำนาญในการควบคุมปฏิกิริยาในกระบวนการ Interaction ระหว่าง CR กับ AC โดยที่อนุภาคของ CR จะดูดซับส่วนที่มีน้ำหนัก Light Molecule weight) เพื่อที่จะเกิดการบวมตัว (Swell) และเกิดเป็นฟิล์มที่มีลักษณะเป็น Gel อนุภาคของ CR จะแตะสัมผัสกันตลอดกับฟิล์มที่เป็น Cell รอบๆ การละลายเข้าด้วยกันของ CR กับ AC จะทำให้เกิดผลดีกับ CRMA ซึ่งผู้ปฏิบัติการในงานนี้ จะต้องมีความรู้พื้นฐานทางทฤษฎีและชำนาญในการปฏิบัติด้วย

## ๓. ประโยชน์ที่หน่วยงานได้รับ

ผลการศึกษาที่ได้ทราบถึงคุณลักษณะจากการใช้ CR ปรับปรุงคุณสมบัติ AC ได้ผลที่นำไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

๓.๑ ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเทศ เนื่องจากการลดปริมาณยางล้อรถยนต์ที่เสื่อมสภาพที่เป็นมลภาวะทำลายสิ่งแวดล้อม

๓.๒ ได้ทราบถึงกระบวนการนำ CR มาใช้ปรับปรุง AC และได้ทราบถึงคุณลักษณะของ CRMA ที่สามารถผลิตนำไปใช้ประโยชน์ได้

๓.๓ เป็นการยกระดับองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของวัสดุงานทาง เป็นการพัฒนาในงานของกรมทางหลวงด้านคุณภาพ

๓.๔ ช่วยให้ได้วิวัฒนาการที่มีพฤติภาพการใช้งานดีขึ้น และมีต้นทุนลดลงต่ำกว่าการปรับปรุง AC ด้วยสารโพลิเมอร์

## ข้อเสนอแนวคิดการพัฒนาหรือปรับปรุงงาน

เรื่อง แนวทางการจัดทำเครื่องหมายจราจรของกรมทางหลวงให้เป็นไปตามมาตรฐานสากลเพื่อประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## ๑. สรุปหลักการและเหตุผล

ปัจจุบันการจราจรบนทางหลวงมีปริมาณมากขึ้น ความเร็วมากขึ้น รวมทั้งปริมาณรถบรรทุกหนัก จำเป็นที่ผู้ใช้งานต้องการการสื่อสารของระบบการจราจรที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผู้ใช้ทางมีการมองเห็นเส้นแบ่งช่องจราจร เส้นขอบทางได้ชัดเจน ซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุบนทางหลวงให้ลดลงได้ จำเป็นต้องมีเครื่องหมายจราจรที่มีลักษณะการใช้งานตามความต้องการนั้นโดยเฉพาะเครื่องหมายจราจรที่อยู่บนผิวทาง แต่เนื่องจากในปัจจุบันนี้การจัดทำเครื่องหมายจราจรยังจำเป็นต้องมีการพัฒนาหรือปรับปรุงให้ดีขึ้นเพื่อตอบสนองความจำเป็นที่จะต้องมีประสิทธิภาพให้ได้ ปลอดภัยตรงตามความต้องการใช้งาน เช่น การมองเห็นได้ชัดในเวลากลางวันและกลางคืน ในสภาวะที่เปียกและมีฝน ความต้านทานการลื่นไถล ความคงทนของเฉดสี รวมทั้งอายุการใช้งาน มาตรฐานข้อกำหนดวัสดุทำเครื่องหมายจราจร เช่น วัสดุเทอร์โมพลาสติก ลูกแก้วสะท้อนแสง และรายละเอียดข้อกำหนดการจัดทำเครื่องหมายจราจรที่มีประสิทธิภาพสามารถใช้งานได้ตามสภาวะการถูกใช้งานในปัจจุบัน ลักษณะของสาเหตุปัญหาการจัดทำเครื่องหมายจราจรที่กรมทางหลวงถือปฏิบัติอยู่มี ดังนี้

## ๑.๑ มาตรฐานข้อกำหนดวัสดุที่ใช้ทำเครื่องหมายจราจร

วัสดุทำเครื่องหมายจราจร ที่กรมทางหลวงกำหนดใช้ในงานจราจร ได้แก่ สีจราจรชนิดน้ำและน้ำมัน วัสดุเทอร์โมพลาสติก วัสดุโพลีเอสเตอร์พลาสติก ปุ่มและหมุดแก้วสะท้อนแสง มาตรฐานข้อกำหนดวัสดุเทอร์โมพลาสติก ควรปรับปรุงแก้ไขใหม่เนื่องจากเป็นมาตรฐานเก่าที่ใช้งาน เช่น การยึดเกาะ การทนการขัดสี ปัจจุบันมาตรฐานวัสดุเทอร์โมพลาสติกจะเป็น Performance Specification เป็นการเอาคุณภาพที่ถูกใช้งานมากำหนดเป็นคุณสมบัติที่ต้องการ นอกจากนี้มาตรฐานข้อกำหนดลูกแก้วสะท้อนแสงยังคงไม่มีการปรับปรุงข้อกำหนดให้รองรับการใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน (มอก.๕๔๓-๒๕๕๐) ขนาดลูกแก้วและค่าดัชนีการหักเหแสง (Reflective Index) ยังมีขนาดต่ำ ไม่สามารถให้การสะท้อนแสงได้สูงและใช้งานในขณะฝนตกได้ ในการปรับปรุงข้อกำหนดวัสดุให้มีคุณภาพสูงขึ้นโดยการกำหนดคุณสมบัติ หรือคุณภาพเพิ่มขึ้นจากเดิม จะต้องกำหนดวิธีการทดสอบ และจัดหาเครื่องมือมาใช้รองรับการปรับปรุงด้วย

## ๑.๒ ขาดการเลือกใช้วัสดุทำเครื่องหมายจราจรตาม Service life

เนื่องจากวัสดุแต่ละชนิด แต่ละประเภท จะมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกัน และให้อายุการใช้งานต่างกันด้วยแต่ปัจจุบันจะใช้วัสดุเทอร์โมพลาสติกกันเป็นส่วนมาก โดยไม่คำนึงถึงอายุของผิวทาง กรณีที่อายุผิวทางน้อยกว่าอายุการใช้งานของวัสดุทำเครื่องหมายจราจร (วัสดุเทอร์โมพลาสติกอายุการใช้งานมากกว่า ๒ ปี) จะเป็นการสูญเสียเงินงบประมาณโดยไม่จำเป็น กรณีที่ทำเครื่องหมายจราจรในบริเวณพื้นที่ที่ไม่ถูกการจราจรกระทำ หรือถูกกระทำน้อยมาก เช่น เส้นขอบทาง อาจจะใช้สีจราจรที่มีราคาถูกกว่า หรือกรณีที่ใช้ทำเครื่องหมายจราจรในบริเวณในบริเวณพื้นที่กว้าง ต้องการเฉดสีโดยเฉพาะ และต้องป้องกันการลื่นไถลหลุดลอกที่มีปริมาณการจราจรสูง เช่น บริเวณข้ามทางแยก อาจเช่นวัสดุโพลีเอสเตอร์พลาสติกที่จะได้การใช้งานที่ตรงตามความต้องการมากกว่าวัสดุเทอร์โมพลาสติก

## ๑.๓ ขาดมาตรฐานการควบคุมคุณภาพ

ในปัจจุบันมีการกำหนดให้มีการส่งตัวอย่างทดสอบ ๑ ชุดตัวอย่าง ต่อ ๑ สัญญา เป็นการควบคุมคุณภาพ ตรวจสอบคุณภาพของวัสดุก่อนใช้งาน การสุ่มเก็บตัวอย่างส่วนใหญ่จะไม่ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของวัสดุที่จะนำมาใช้งาน เนื่องจากขาดกระบวนการชักตัวอย่างที่ถูกต้อง และยังขาดการตรวจสอบคุณภาพในขณะที่กำลังใช้งาน โดยการทำงานหรือตีเส้นบนแผ่น panel แล้วทดสอบคุณภาพตามสภาพที่ที่ต้องการ เป็นการควบคุมคุณภาพในขณะที่ทำงาน รวมทั้ง

### เรื่อง แนวทางการจัดทำเครื่องหมายจราจรของกรมทางหลวงให้เป็นไปตามมาตรฐานสากลเพื่อประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (ต่อ)

การตรวจสอบคุณภาพหลังการทำงานเสร็จ โดยการกระจายจุดสุ่มตรวจตามปริมาณงานได้ทั่วถึง เช่น การตรวจสอบความหนาที่ต้องการ การวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและเฉดสี (ค่า  $x$ ,  $y$  และ  $Y$ ) รวมทั้งความถูกต้องของการกระจายและปริมาณลูกแก้ว โดยเฉพาะความสวดยคมของเส้น ความเรียบร้อยของผิวหน้าและขอบเส้น

#### ๑.๔ ขาดข้อกำหนดและรายละเอียดการจัดทำเครื่องหมายจราจรที่สมบูรณ์เป็นสากล

ปัจจุบันกรมทางหลวงมีข้อกำหนดและรายละเอียดการจัดทำเครื่องหมายจราจร เฉพาะวัสดุเทอร์โมพลาสติก วัสดุชนิดอื่น ๆ ยังไม่ได้มีการกำหนดไว้ให้ถูกต้องตามมาตรฐาน อีกทั้งข้อกำหนดและรายละเอียด ได้ถือปฏิบัติใช้มานาน ตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๕๔๕ และมาปรับปรุงเปลี่ยนแปลงปี พ.ศ. ตามมอก.ใหม่ โดยไม่มีการปรับปรุงข้อกำหนดและรายละเอียด ใดๆ ทำให้การจัดทำเครื่องหมายจราจรขาดหลักเกณฑ์ในการควบคุมวัสดุ เครื่องหมายอุปกรณ์การจัดทำ บุคลากรขาดแนวทางปฏิบัติงาน การควบคุมคุณภาพก่อนทำงาน ขณะทำงาน และหลังการทำงาน มาตรฐานการตรวจสอบรวมทั้งการประเมินผลหลังการใช้งาน

#### ๑.๕ การบริหารงาน การจัดทำเครื่องหมายจราจรไม่เป็นไปตามหลักสากล

ขาดการวางแผนงาน เช่น การสำรวจสภาพหน่วยงานก่อนทำงานเพื่อทราบปัญหาอุปสรรค ความยากง่ายของงานและการวางแผนป้องกันแก้ไข ขาดการให้ความรู้ ฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ควบคุมงานด้านวัสดุ เครื่องมืออุปกรณ์ วิธีการทำงาน การตรวจสอบการมองเห็นปัญหาและรู้วิธีแก้ปัญหา รวมทั้งการควบคุมงานทำเครื่องหมายจราจร (ขาดคู่มือการควบคุมงานการจัดทำเครื่องหมายจราจร) การตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารที่เกี่ยวข้องในการจัดทำเครื่องหมายโดยให้หน่วยงานที่ออกเอกสารตรวจสอบและรับรองความถูกต้องเพื่อป้องกันการใช้อเอกสารประกอบที่เป็นเท็จ การตรวจรับควรกำหนดให้เป็นคณะที่เป็นรูปแบบ Third party ควรให้วิศวกรที่มีความรู้โดยเฉพาะในงานจราจร เช่น เจ้าหน้าที่จากสำนักอำนวยความปลอดภัย สำนักบำรุงทาง หรือสำนักมาตรฐาน ร่วมเป็นกรรมการตรวจรับรวมทั้งการติดตั้งป้ายให้ผู้ใช้ทางสามารถแจ้งปัญหาของผลงาน หรือให้ข้อคิดเห็นในการปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ด้วย

#### ๒. ข้อเสนอแนวความคิด/ข้อเสนอและข้อจำกัดที่อาจเกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข

เพื่อให้การจัดการทำเครื่องหมายจราจรของกรมทางหลวงเป็นไปตามมาตรฐานสากล มีประสิทธิภาพให้ผลงานตามวัตถุประสงค์ จึงขอเสนอแนวทางแก้ไข โดยการดำเนินการกำหนดแนวทางปฏิบัติดังนี้

- ๑) พิจารณาการปรับปรุงข้อกำหนด และรายละเอียดการจัดทำเครื่องหมายจราจร
- ๒) พิจารณาการจัดทำคู่มือการควบคุมคุณภาพการจัดทำเครื่องหมายจราจรแนวทางทั้งสองนี้จะปรับปรุงแก้ไขสภาพปัญหาตามที่กล่าวไว้ข้างต้น รายการโครงสร้างของแนวทางทั้งสอง มีดังนี้

#### ๒.๑ โครงสร้างข้อกำหนดและรายละเอียดการจัดทำเครื่องหมายจราจรปี ๒๕๖๕

ข้อกำหนดและรายละเอียดที่ปรับปรุงใหม่จะระบุถึงเงื่อนไขที่จะเป็นข้อตกลงที่จะชี้บอกถึงคุณลักษณะ พฤติภาพ ข้อกำหนดของเครื่องหมายจราจรที่ต้องการ มีดังนี้

- ๒.๑.๑ ข้อกำหนดด้านพฤติกรรม (Performance requirement) ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ทั้งกลางวันและกลางคืน ( $R_L$ ,  $Q_d$ ) จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าที่กำหนด เช่น การกำหนดความสามารถในการมองเห็น (Visibility) ค่าองค์ประกอบของสี (Chromaticity coordinate ;  $x, y$ ) เมื่อต้องการให้ได้เฉดสีตรงตามสีมาตรฐานเพื่อสื่อให้ผู้ใช้ทางเข้าใจความหมายของการควบคุมการจราจรด้วยเครื่องหมายจราจรที่จัดทำขึ้นบนผิวทาง รวมทั้งค่าความต้านทานการ สิ้นไกล (Skid Resistance, SRT) เพื่อความปลอดภัยของการจราจรที่จะป้องกันไม่ให้เกิดการลื่นไถลของยานพาหนะ

เรื่อง แนวทางการจัดทำเครื่องหมายจราจรของกรมทางหลวงให้เป็นไปตามมาตรฐานสากลเพื่อประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (ต่อ)

๒.๑.๒ ข้อกำหนดเส้นจราจร (Lay out requirement) เป็นข้อกำหนดรูปแบบขอเครื่องหมายจราจรที่สำเร็จแล้ว ต้องมีลักษณะดังนี้

- (๑) มีความสวยงาม เรียบร้อย (Aesthetic) การตีเส้นได้เส้นจราจรที่ดีตามแบบ การตีแนว (Premark) ได้เส้นแนวที่ดี เส้นที่ดีมีความคมชัด ขอบเส้นเรียบร้อย
- (๒) การตีแนวเส้น (Premark) เป็นไปตามแบบกำหนด
- (๓) ความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์กำหนดของเส้นจราจรตามแนวยาวและแนวขวาง ทั้งสัญลักษณ์ และตัวหนังสือ
- (๔) การปรับแก้ไข ขนาด มิติ ความผิดปกติ เป็นไปตามแบบกำหนด
- (๕) เส้นจราจรชั่วคราวบริเวณทางโค้ง ให้เป็นไปตามแบบเดียวกับเส้นจราจรถาวร
- (๖) วิธีการลบเครื่องหมายจราจรออกต้องเป็นวิธีที่เหมาะสม ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผิวทาง

๒.๑.๓ การควบคุมคุณภาพมี ๓ ระยะ

- (๑) การควบคุมคุณภาพก่อนการตีเส้นจราจร เริ่มตั้งแต่การเตรียมแผนปฏิบัติงานพร้อมบัญชีเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ต่างๆ รายชื่อ จำนวนผู้ปฏิบัติงานที่รับผิดชอบการตรวจสอบความพร้อม ได้แก่ การตรวจสอบผิวถนน สภาพอากาศ ความสมบูรณ์ของเครื่องมือ ป้ายเตือน อุปกรณ์ป้องกันผู้ใช้ทาง
- (๒) การควบคุมคุณภาพขณะทำการตีเส้นจราจร ได้แก่การตรวจสอบมิติ ขนาด และความหนาของเส้นจราจร ตรวจสอบการกระจายตัวและการฝังลึกของลูกแก้วที่โรยหรือพ่น บนเส้นจราจร และการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์การมองเห็นในเวลากลางวันและกลางคืน ( $R_L$  ,  $Q_d$ ) เพื่อสามารถทำการแก้ไขปัญหาได้ทันก่อนที่งานจะแล้วเสร็จ ไม่ทำให้เกิดการขัดแย้งระหว่างเจ้าของงานกับผู้รับจ้าง
- (๓) การตรวจรับงานที่ทำหลังการตีเส้นเสร็จ เป็นการตรวจเช่นเดียวกับการตรวจประเมินอายุการใช้งานในช่วงระยะ ๖ เดือน ๑๒ เดือน ๒๔ เดือน

ในขณะทำงานผู้รับจ้างจะต้องมีอุปกรณ์ให้ความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทาง และจะต้องไม่เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและมีความปลอดภัยต่อสุขภาพของพนักงานและผู้ใช้ทางด้วย

ข้อกำหนดและรายละเอียดการจัดทำเครื่องหมายจราจร ควรจะปรับปรุงกำหนดวัสดุทำเครื่องหมายจราจร สีจราจร วัสดุเทอร์โมพลาสติก วัสดุโคลด์พลาสติกรวมกันได้ ยกเว้นปุ่มหรือหมุดแก้วสะท้อนแสงที่ควรแยกกำหนดต่างหาก เนื่องจากการนำมาใช้งานมีความแตกต่างกัน ตัวอย่างร่างข้อกำหนดและรายละเอียดตามตารางที่แนบ

๒.๒ โครงร่างคู่มือการควบคุมคุณภาพการจัดทำเครื่องหมายจราจร ผู้ควบคุมควรมีความรู้ความเข้าใจในวัสดุที่นำมาใช้ทำเครื่องหมายจราจร องค์ความรู้ที่เป็นขอบข่ายของวัสดุที่นำมาใช้ ครอบคลุมถึงคุณลักษณะทั่วไป การใช้งาน การเกิดปัญหาและการแก้ไขปัญหา แต่ละวัสดุที่ใช้ มีขอบข่ายดังนี้

๑) สีจราจร

ผู้ควบคุมงานควรมีความรู้และเข้าใจถึงคุณสมบัติ, องค์ประกอบของวัสดุ, พฤติภาพ, เหตุที่จะทำให้เกิดความเสียหาย, ช่วงอายุการใช้งาน, การทำงาน, เครื่องมือและอุปกรณ์, การปกป้องเส้นจราจรทันที, ความปลอดภัย, การบำรุงรักษา ซ่อมแซม, แผนการ Remark, Spotting, การเตรียมสภาพพื้นผิวทาง, การลบหรือกำจัดออก

๒) วัสดุเทอร์โมพลาสติก และวัสดุโคลด์พลาสติก

ผู้ควบคุมงานควรมีความรู้และเข้าใจถึงการใช้งาน, ชนิด, ประเภทวัสดุ, คุณสมบัติ, การตีเส้น, ความหนา, การควบคุมวัสดุเทอร์โมพลาสติกในขณะร้อน, การเก็บและการขนย้ายในสนาม, อายุการใช้งาน, การซ่อม, การแก้รอยเปื้อน, การอุดติด (Patching), การทดแทน และการลบหรือเอาออก

เรื่อง แนวทางการจัดทำเครื่องหมายจราจรของกรมทางหลวงให้เป็นไปตามมาตรฐานสากลเพื่อประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (ต่อ)

๓) ปุ่มหรือหมุดแก้วสะท้อนแสง (Road Stud)

ผู้ควบคุมงานควรจะมีควมรู้ดังนี้ คุณลักษณะทั่วไป, การใช้และการพิจารณาการใช้, ตัววัสดุ, คุณลักษณะทางฟิสิกส์, ลักษณะการยึดติด, การทำทางชั่วคราว, การใช้ปุ่มที่มีกาวติดในตัว, พฤติภาพ, ปุ่มทั่วไป, กระบวนการติดตั้ง, วิธีการปฏิบัติทั่วไป, การใช้กาวอีพ็อกซี, การบำรุงรักษา, ระดับการดูแลเป็นประจำ, การดูแลที่จำเป็น, การทำความสะอาด

๒.๓ การทำระบบสารสนเทศการปฏิบัติการวิเคราะห์ตรวจสอบ (Laboratory Information Management System , LIMS) เมื่อนำระบบมาใช้ในการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์ตรวจสอบเพื่อนำมาประมวลผลเป็นข้อมูลข่าวสาร (Information) ในการบันทึกและประมวลผลทดลองตัวอย่างวัสดุทำเครื่องหมายจราจรก่อนนำมาใช้ทำงาน เป็นการวิเคราะห์ทดสอบวัสดุตามข้อกำหนดและทดสอบตามมาตรฐานและเมื่อนำไปใช้ทำงานดีเสี้ยน การตรวจสอบในขณะที่ทำงานและหลังการใช้งาน ได้แก่ การบันทึกผลทดลองค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง  $Q_d$  และ  $R_L$  และ CIE x,y การบันทึกผลทดลองวัสดุก่อนใช้งานและหลังใช้งานในแต่ละช่วงเวลา จนสิ้นอายุการใช้งานของเครื่องหมายจราจรนั้น ที่สัมพันธ์กับคุณสมบัติก่อนใช้งานและหลังใช้งาน ซึ่งเป็นการใช้ระบบดิจิทัลมาใช้ในการพัฒนาสูตรการผลิตวัสดุที่จะให้อายุการใช้งานได้สูงสุด และใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงข้อกำหนดวัสดุที่ใช้ทำเครื่องหมายจราจรด้วย

๓ ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การพัฒนาหรือปรับปรุง การจัดทำเครื่องหมายจราจรตามแนวทางที่นำเสนอมาด้วยนี้ จะทำให้เกิดประโยชน์ ดังนี้

๓.๒ ตามแนวทางที่นำเสนอเป็นการพัฒนายกระดับมาตรฐานวัสดุที่ใช้ในการทำเครื่องหมายจราจรรวมทั้งข้อกำหนดการจัดทำและองค์ความรู้ในด้านการจัดทำเครื่องหมายจราจรที่มีประสิทธิภาพให้ได้เครื่องหมายจราจรที่ช่วยในการมองเห็นการแบ่งช่องจราจรได้ดีขึ้นทั้งในขณะที่ขับขี่เมื่อมีฝนตกจะเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งเป็นปัญหาของประเทศและให้ความปลอดภัย สะดวกสบายแก่ผู้ใช้ทางหลวงและประชาชน

๓.๓ เป็นการพัฒนาการปฏิบัติงานการจัดทำเครื่องหมายจราจรของกรมทางหลวง ให้เป็นการปฏิบัติตามแผนยุทธศาสตร์กรมทางหลวง แผนที่ ๓ การยกระดับความปลอดภัยของระบบทางหลวงแบบบูรณาการ เป็นการสนับสนุนระบบทางหลวงให้มีความปลอดภัยด้วยมาตรฐานที่ดี

๓.๔ การกำหนดมาตรฐาน วัสดุ ข้อกำหนดและการตรวจประเมินให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเท่าเทียมระดับสากลเป็นการยกระดับการบริหารของรัฐ ให้ทันการเปลี่ยนแปลงของสภาวะโลกในปัจจุบัน การเพิ่มประสิทธิภาพโดยการพัฒนาในด้านคุณภาพจะเป็นการกระตุ้นชักจูงให้หน่วยงานต่างๆทั้งรัฐและเอกชน เช่น ผู้ผลิตวัสดุทำเครื่องหมายจราจร, หน่วยงานที่กำหนดมาตรฐาน เช่น สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม จะมีการปรับปรุงในด้านคุณภาพวิชาการของวัสดุงานทางต่อไปด้วย

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวข้างต้นถูกต้องและเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....  ..... (ผู้ขอรับการประเมิน)

(.....นางพรรษา มีประดิษฐ์.....)

(วันที่.....๒๖.....เดือน.....ตุลาคม.....พ.ศ.....๒๕๖๕.....)

ลงชื่อ.....  ..... (ผู้บังคับบัญชาที่กำกับดูแล)

(.....นายโกสินทร์ เจริญนนท์.....)

(วันที่.....๒๖.....เดือน.....ตุลาคม.....พ.ศ.....๒๕๖๕.....)