การใช้ประโยชน์จากยางพาราในกิจกรรมของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนนโยบายรัฐบาล

โดย

มนตรี เดชาสกุลสม
ผู้อำนวยการสำนักงานทางหลวงที่ ๑๓ (กรุงเทพ)
กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

นักศึกษาวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
หลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร รุ่นที่ ๖๑
ประจำปีการศึกษา พุทธศักราช ๒๕๖๑ - ๒๕๖๒

หนังสือรับรอง

วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ ได้อนุมัติให้เอกสารวิจัยส่วนบุคคล เรื่อง “การใช้ประโยชน์จากยางพาราในกิจกรรมของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนนโยบายรัฐบาล” ลักษณะวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของ นายมนตรี เดชาสกุลสม เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร รุ่นที่ ๖๑ ประจำปีการศึกษา พุทธศักราช ๒๕๖๑ – ๒๕๖๒

พลโท

(ขจรฤทธิ์ นิลกำแหง)
ผู้อำนวยการวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ

บทคัดย่อ

เรื่อง การใช้ประโยชน์จากยางพาราในกิจกรรมของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนนโยบายรัฐบาล
ลักษณะวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผู้วิจัย นายมนตรี เดชาสกุลสม **หลักสูตร** วปอ. **รุ่นที่** ๖๑

การวิจัยเรื่อง การใช้ประโยชน์จากยางพาราในกิจกรรมของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนนโยบายรัฐบาล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ยางพารากับผิวทางและกิจกรรมของกรมทางหลวง ตลอดจนวิเคราะห์ความคุ้มค่าและความคงทนเพื่อกำหนดกิจกรรมของกรมทางหลวงที่สามารถนำยางพารามาใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรมและเหมาะสม เพื่อพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการนำยางพาราไปใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงในรูปแบบใหม่ ๆ ให้มีความสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ - ๒๕๘๐) โดยมีขอบเขตการวิจัย ครอบคลุมเนื้อหา แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ ทั้งกิจกรรมการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงที่ผ่านมาและการพัฒนารูปแบบกิจกรรมใหม่ที่เหมาะสมทั้งด้านนวัตกรรมและความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ดำเนินการวิจัยโดยการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมงานทางและอุตสาหกรรมยางพารา การวิเคราะห์ข้อมูล และการสังเคราะห์ข้อมูล ดำเนินการจัดทำแบบสอบถามและวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาความสอดคล้องของข้อมูลเชิงสถิติ จากผลการวิจัย พบว่า กิจกรรมการใช้ยางพาราฯ ของกรมทางหลวง ประกอบด้วย งานฉาบผิวแบบพาราสเลอรี่ซีล ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ การนำยางพารามาใช้ก่อสร้างชั้นพื้นทางหรือผิวทางดินซีเมนต์ และการนำยางพารามาใช้เป็นผลิตภัณฑ์อำนวยความปลอดภัย จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลจากทั้ง ๔ กิจกรรม พบว่าการนำยางพารามาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของวัสดุชั้นโครงสร้างทางและอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยนั้น สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของวัสดุงานทางได้ตามวัตถุประสงค์ อย่างไรก็ตามปริมาณยางพาราหรือยางธรรมชาติที่ใช้ในภารกิจต่าง ๆ ของกรมทางหลวงยังถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำยางพาราที่ผลิตได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย เพื่อเป็นการเพิ่มอุปสงค์การใช้ยางพาราในประเทศ รวมถึงการส่งเสริมการใช้ยางพาราในรูปแบบต่าง ๆ ตามภารกิจของกรมทางหลวง ให้มากขึ้นสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ – ๒๕๘๐)

Abstract

Title The utilization of natural rubber in the activities of The Department of
Highways to support government policy.
Field Science and Technology
Name Mr.Montri Dechasakulsom **Course** NDC **Class** 61

Research of the utilization of natural rubber in the activities of The Department of Highways to support government policy. The objectives of research are to study the pattern of natural rubber used for surface pavement and other activities of The Department of Highways as well as analyzing the worthiness and durability to determine the activities of The Department of Highways that can use natural rubber to develop the other ways to promote the used of natural rubber in the mission of The Department of Highways with the government policy and national strategy (B.E. 2561- B.E. 2580). Scope of research covers the content, concepts, theories related to analysis both the activity of using natural rubber in the mission of The Department of Highways in the past and the development of new activities suitable for both innovation and economic value. The research was conducted by collecting secondary data from various relevant sources gather primary data by interviews relevant people, including engineering experts, road work, and the rubber industry. It was found that the natural rubber usage activities of The Department of Highways consist of Para slurry seal (Micro surfacing), Natural rubber modified asphalt concrete, Natural rubber modified soil cement and Road safety equipment. Based on the results of this study, it was found that the use of natural rubber by using to modified soil cement and road safety equipment able to improve the engineering properties of materials according to the objectives. However, the amount of natural rubber used still considered very small when compared to the amount of natural rubber produced, therefore the researcher has a policy suggestion in order to increase demand for natural rubber in the country including promoting the use of rubber in various activities according to the mission of The Department of Highways with the government policy and national strategy (B.E. 2561 - B.E. 2580).

คำนำ

การใช้ประโยชน์จากยางพาราในกิจกรรมของกรมทางหลวง เป็นการศึกษาเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุดจากการใช้ยางพารา เพื่อพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการนำยางพาราไปใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงในรูปแบบใหม่ ๆ ให้มีความสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ - ๒๕๘๐) และสนับสนุนนโยบายของรัฐบาล ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมถึงข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมงานทางและอุตสาหกรรมยางพารา ดำเนินการจัดทำแบบสอบถามและวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาความสอดคล้องของข้อมูลเชิงสถิติ โดยเน้นแนวทางการปฏิบัติงานในแต่ละกิจกรรมอย่างเป็นรูปธรรมและเป็นระบบ เพื่อให้สอดคล้องกับภารกิจของกรมทางหลวง การนำนวัตกรรมการใช้ยางพาราในงานก่อสร้างทาง จะมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาให้อุตสาหกรรมยางพาราให้ขับเคลื่อนไปได้ ด้วยวิสัยทัศน์และมุมมองที่หลากหลายอาจเป็นแนวทางหนึ่งที่จะเข้ามาช่วยแนะนำแนวทางให้การวิจัยด้านยางพาราเป็นงานวิจัยที่เกิดการใช้ประโยชน์ทั้งเกษตรกรและภาคอุตสาหกรรมยางพาราไทยมากขึ้นด้วย ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นข้อมูลสำคัญในการพัฒนาเพื่อนำไปสู่การรักษาเสถียรภาพราคายาง โดยการสนับสนุนให้มีการใช้ยางในประเทศมากขึ้น รวมถึงการจัดทำเป็นแนวทางปฏิบัติให้กับส่วนราชการที่เกี่ยวข้องอีกด้วย

(นายมนตรี เดชาสกุลสม)
นักศึกษาวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
หลักสูตร วปอ. รุ่นที่ ๖๑
ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**ก**
Abstract	**ข**
คำนำ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**ฉ**
สารบัญแผนภาพ	**ซ**
บทที่ ๑ บทนำ	**๑**
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	๑
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	๔
ขอบเขตของการวิจัย	๕
วิธีดำเนินการวิจัย	๖
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	๗
คำจำกัดความ	๘
บทที่ ๒ การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**๙**
การนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงที่ผ่านมา	๙
ถนนดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ	๑๑
การส่งเสริมการใช้ยางพาราเป็นอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย	๑๒
ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์	๓๒
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	๓๒
กรอบแนวคิดการวิจัย	๓๕
สรุป	๓๖
บทที่ ๓ การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เชิงวิศวกรรมและความคุ้มค่า	**๓๘**
การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงวิศวกรรม	๓๘
การวิเคราะห์ต้นทุนการนำยางพารามาใช้ในงานทาง	๕๓
การวิเคราะห์ข้อมูลปฐมภูมิ จากการสัมภาษณ์	๖๗
สรุป	๖๘

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ ๔ การวิเคราะห์รูปแบบและความเหมาะสมกิจกรรมการใช้ยางพารา ที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ	**๗๐**
ยุทธศาสตร์ชาติกับการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง	๗๐
แนวทางการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้ยางพารา	๗๕
การวิเคราะห์ตัวแปร และการวัดตัวแปร	๗๗
เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์	๗๗
การทดสอบเครื่องมือ	๗๘
การสร้างแบบสอบถามและตัวชี้วัด	๘๐
ผลการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง	๘๓
สรุปแนวทางการเลือกกิจกรรมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง	๙๐
บทที่ ๕ สรุปและข้อเสนอแนะ	**๙๔**
สรุป	๙๕
ข้อเสนอแนะ	๑๐๒
บรรณานุกรม	**๑๐๔**
ภาคผนวก	**๑๐๖**
แบบสอบถาม	๑๐๗
ประวัติย่อผู้วิจัย	**๑๑๖**

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

๒-๑ เปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) จากวัสดุต่าง ๆ ๑๕

๒-๒ ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) ๑๘

๒-๓ Test Matrix for Longitudinal Barriers ๒๐

๒-๔ ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Block-out for Guard Rail) ๒๑

๒-๕ ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) จากวัสดุต่าง ๆ ๒๓

๒-๖ ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) แต่ละชนิด ๒๖

๒-๗ ตารางเปรียบเทียบวัสดุในการสร้างทางเท้า ๒๙

๓-๑ แสดงรายการทดสอบและมาตรฐานที่ใช้ทดสอบ ๕๓

๓-๒ ต้นทุนในการผลิตอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) ๕๕

๓-๓ ต้นทุนในการผลิตส่วนประกอบของหลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) ๕๖

๓-๔ ต้นทุนรวมในการผลิตทั้งหมดของอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) ๕๖

๓-๕ ต้นทุนในการผลิตอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Blockout for Guard Rail) ๕๗

๓-๖ ต้นทุนและปริมาณน้ำยางพาราเข้มข้นที่ใช้ ๖๖

๔-๑ แสดงค่าตัวชี้วัดและการถ่วงน้ำหนักต่อประเด็นคำถาม ๘๒

๔-๒ ปริมาณการใช้ยางพารา งานฉาบผิวแบบพาราสเลอรี่ซีล ๘๔

๔-๓ ปริมาณการใช้ยางพารา แอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติสำหรับยางพารา ๕ % และปูผิวทาง หนา ๕.๐ ซม. ๘๔

๔-๔ แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด (Unconfined compressive strength) ๘๖

๔-๕ สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมในห้องปฏิบัติการ ๘๗

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

๔-๖ รายละเอียดโดยสังเขปของอุปกรณ์ต่าง ๆ ๘๙
๔-๗ แสดงคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของกิจกรรมการใช้ยางพารา แต่ละประเภท ๙๐
๔-๘ แสดงคุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้งานของแต่ละกิจกรรม การใช้ยางพารา ๙๑
๔-๙ แสดงคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์ของผิวทางแต่ละชนิด ๙๒
๕-๑ แสดงคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของกิจกรรมการใช้ยางพารา แต่ละประเภท ๙๕
๕-๒ แสดงคุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้งานของแต่ละกิจกรรม การใช้ยางพารา ๙๖
๕-๓ แสดงคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์ของผิวทางแต่ละชนิด ๙๖
๕-๔ แสดงผลการวิเคราะห์ในแต่ละกิจกรรมที่เหมาะสมในการใช้ยางพารา ๙๘

สารบัญแผนภาพ

หน้า

แผนภาพที่

๑-๑ แสดงกรอบวิธีดำเนินการวิจัย ๗
๒-๑ อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ(Glare Screen)ชนิดที่ทำจากพลาสติก ๑๓
๒-๒ แบบอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) ๑๔
๒-๓ การแบ่งช่องจราจรโดยใช้อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น
(Flexible Delineator Post) ๑๖
๒-๔ มิติของอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น(Flexible Delineator Post)ขนาดต่างๆ ๑๗
๒-๕ อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก
(Rubber Block-out for Guard Rail) ๑๙
๒-๖ รูปตัดและรายละเอียดของราวกันอันตรายรูปตัว W โดยใช้เสาแบบแข็ง ๑๙
๒-๗ อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) ๒๒
๒-๘ อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) ๒๓
๒-๙ แบบทั่วไปอุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) ๒๔
๒-๑๐ อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) ๒๕
๒-๑๑ พื้นทางเดินเท้า (Sidewalk Wearing Surface) ๒๗
๒-๑๒ ทางเท้าคอนกรีต ๓๗
๒-๑๓ ทางเท้ายางมะตอย ๒๘
๒-๑๔ ทางเท้าอิฐและอิฐคอนกรีตพิมพ์ลาย ๒๘
๒-๑๕ ทางเท้ายาง ๒๙
๒-๑๖ ทางเท้าคอนกรีตยกตัว ๓๐
๒-๑๗ การยุบตัวของดินใต้พื้นทางเท้าจากการยุบตัวของดินเนื่องจากปริมาณ
ความชื้นใต้ดินลดลง ๓๐
๒-๑๘ พื้นทางเท้าช่วงบริเวณกลางแผ่นเกิดช่องว่างทำให้เกิดการแตกร้าว ๓๑
๒-๑๙ พื้นทางเท้าแตกจากน้ำแข็งในรอยแตกร้าว ๓๑
๒-๒๐ ผิวพื้นทางเท้าหลุดร่อน ๓๒
๒-๒๑ แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย ๓๕
๓-๑ น้ำยางสด ๓๙
๓-๒ การแยกสัดส่วนของสารประกอบในน้ำยาง ๓๙
๓-๓ ภาพจำลองน้ำยางไปปั่นด้วยเครื่องปั่น ๔๑
๓-๔ สูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ ๔๑

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

หน้า

แผนภาพที่

๓-๕ แสดงกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน ๔๓
๓-๖ แสดงกระบวนการผลิตยางแท่ง (ก) จากน้ำยาง (ข) จากยางแห้ง ๔๔
๓-๗ แสดงกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ๔๔
๓-๘ แสดงกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์ ๔๕
๓-๙ แสดงเครื่องทดสอบความแข็ง Shore Durometer ๔๗
๓-๑๐ เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง ๔๘
๓-๑๑ แสดงเครื่องมือที่ใช้ทำการทดลองการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด (Compression set) ๔๙
๓-๑๒ แสดงชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D635-03 ๕๐
๓-๑๓ แสดงลักษณะการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D635-03 ๕๑
๓-๑๔ แสดงเครื่องทดสอบหาปริมาณเนื้อยาง (Thermogravimetric Analysis: TGA) ๕๒
๓-๑๕ แสดงแผนภูมิรูปภาพต้นทุนในการผลิต ๕๔
๓-๑๖ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนรวมและปริมาณการผลิตของอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) ๖๐
๓-๑๗ แสดงต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นของอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) ๖๐
๓-๑๘ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนรวมและปริมาณการผลิตของอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) ๖๑
๓-๑๙ แสดงต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นของอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) ๖๒
๓-๒๐ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนรวมและปริมาณการผลิตของอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Blockout for Guard Rail) ๖๓
๓-๒๑ แสดงต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นของอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Blockout for Guard Rail) ๖๓
๓-๒๒ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนรวมและปริมาณการผลิตของอุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) ๖๔

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

หน้า

แผนภาพที่

๓-๒๓ แสดงต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นของอุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) ๖๕

๓-๒๔ แสดงปริมาณน้ำยางพาราเข้มข้นที่ใช้เมื่อมีงบประมาณในการผลิต ๑,๐๐๐,๐๐๐ บาท ๖๖

๔-๑ การตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ๗๙

๔-๒ ขั้นตอนวิธีการทดสอบซ้ำ ๘๐

๔-๓ แสดงขั้นตอนการสร้างตัวชี้วัดและแบบสอบถาม ๘๑

๔-๔ แสดงสรุปผลคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม ๙๑

๔-๕ แสดงสรุปผลคุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน ๙๒

๔-๖ แสดงสรุปผลคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์ ๙๓

๔-๗ แสดงคุณสมบัติกิจกรรมการนำยางพารามาใช้ ๙๓

บทที่ ๑
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม หนึ่งในสินค้าเกษตรที่ประเทศไทยส่งออกและทำรายได้มากที่สุดคือ “ยางพารา” โดยประเทศไทยมีจำนวนการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของโลก และปัจจุบันมีจำนวนของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี ส่งผลให้มียางพารามีปริมาณเกินความต้องการในปัจจุบัน ดังนั้นรัฐบาลจึงมีนโยบายให้หน่วยงานภาครัฐ จะต้องนำยางพาราไปใช้ในภารกิจของแต่ละหน่วยงานตามภาระ หน้าที่ ในปัจจุบัน และได้กำหนดแนวทางปฏิบัติไว้ในแผนยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ – ๒๕๘๐) เมื่อวันที่ ๘ ตุลาคม พ.ศ.๒๕๖๑

“ยางพารา” จึงถือเป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ โดยปัจจุบันประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกยางพาราประมาณ ๒๒ ล้านไร่ และสามารถผลิตยางธรรมชาติได้ ๔.๔ ล้านตัน โดยผลผลิตดังกล่าว ได้สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรชาวสวนยางที่มีอยู่ประมาณ ๑.๖ ล้านครัวเรือน เป็นมูลค่าประมาณ ๓ แสนล้านบาท ก่อให้เกิดการจ้างงานในภาคอุตสาหกรรมประมาณ ๒๐๐,๐๐๐ คน และในแต่ละปี “ยางธรรมชาติ และผลิตภัณฑ์ยาง” สามารถสร้างรายได้จากการส่งออกให้กับประเทศไม่น้อยกว่า ๔๐๐,๐๐๐ ล้านบาท

แม้ประเทศไทยจะส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดของโลก แต่เป็นการส่งออกในรูปของวัตถุดิบถึงร้อยละ ๘๗.๘ ของปริมาณยางธรรมชาติที่ผลิตได้ทั้งหมด ทำให้ไม่เกิดมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้ายาง ต้องพึ่งพาตลาดต่างประเทศที่ส่งออก ทำให้ราคายางไม่มีเสถียรภาพ และมีความผันผวนไปตามตลาดต่างประเทศ โดยมียางธรรมชาติที่ใช้ในประเทศเพียงร้อยละ ๑๔.๒ ของปริมาณการผลิต ซึ่งมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยานพาหนะ ได้แก่ ยางรถยนต์ ยางรถจักรยานยนต์ หล่อดอก และอะไหล่รถยนต์ รวมถึงอุตสาหกรรมการผลิตยางยืดและถุงมือยาง ฝายชลประทาน ยางรองทางรถไฟ และวัสดุงานทางเช่น งานผิวทางพารา วัสดุกันกระแทกและป้องกันอันตราย เป็นต้น และด้วยเหตุที่โครงสร้างตลาดยางพาราเป็นแบบผู้ซื้อน้อยราย ในขณะที่มีผู้ขายจำนวนมาก ส่งผลทำให้ผู้ซื้อมีอำนาจต่อรองเหนือกว่าผู้ขาย ในขณะเดียวกันราคายางพาราที่ซื้อขายกันในตลาดโลกยังถูกกำหนดจากตลาดซื้อขายล่วงหน้า ซึ่งกว่า ๙๐% เป็นการเก็งกำไร ส่งผลทำให้ราคายางพารามีความผันผวนค่อนข้างมาก นอกจากนั้น ราคายางพารายังได้รับผลกระทบจากราคายางสังเคราะห์ซึ่งเป็นสินค้าที่ใช้ทดแทนยางธรรมชาติ โดยเมื่อราคาน้ำมันดิบซึ่งเป็นวัตถุดิบตั้งต้นของยางสังเคราะห์ทรงตัวอยู่ในระดับต่ำเช่นในปัจจุบัน จึงมีผลทำให้ราคายางสังเคราะห์ปรับตัวลดลงตามไปด้วย ทำให้ผู้ผลิตหันไปใช้ยางสังเคราะห์แทนยางธรรมชาติเพื่อลดต้นทุน และในท้ายที่สุด ก็ส่งผลทำให้ราคายางธรรมชาติประสบกับภาวะตกต่ำ จนทำให้เกษตรกรชาวสวนยางเดือดร้อน และออกมาเรียกร้องขอความช่วยเหลือจากรัฐบาล

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงเป็นที่มาของการกำหนดให้หน่วยงานภาครัฐ จะต้องวางแผนการใช้ยางพาราตามนโยบาลของรัฐบาลและตามยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ – ๒๕๘๐) และหนึ่งในหน่วยงานที่มีความคาดหวังว่าจะมีกิจกรรมการใช้ยางพาราตามภารกิจของหน่วยงาน ด้วยความมี

ศักยภาพในการที่จะสามารถนำยางพาราไปปรับใช้ในภารกิจของหน่วยงานได้ปริมาณสูงและสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาล คือ หน่วยงานกรมทางหลวง เนื่องจากกรมทางหลวง ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้สังกัด กระทรวงคมนาคม มีหน้าที่ควบคุม และดำเนินการก่อสร้าง บูรณะและบำรุงรักษา ทางหลวง ทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดิน และทางหลวงสัมปทาน เพื่ออำนวยความสะดวกรวดเร็วและปลอดภัยในทางหลวงทั่วประเทศ เอื้อประโยชน์ในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม การปกครอง ความมั่นคง และการป้องกันประเทศ มีเส้นทางในความรับผิดชอบ รวมทั้งสิ้น ๖๖,๘๗๑ กิโลเมตร แบ่งเป็นผิวทางคอนกรีต ๕,๔๙๗ กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ ๘.๒ ผิวทางลาดยางแอสฟัลต์ ๖๑,๑๓๔ กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ ๙๔.๑ และผิวทางลูกรัง ๒๓๙ กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ ๐.๓๕ ดังนั้น หากสามารถประยุกต์การนำยางพาราไปใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงได้ ก็จะเป็นแนวทางที่จะก่อให้เกิดผลประโยชน์ต่อภาพรวมของประเทศด้านการนำยางพาราไปใช้ในงานทาง เนื่องด้วยกรมทางหลวงเป็นหน่วยงานที่มีศักยภาพและความพร้อมในการปฏิบัติงานด้านการนำยางพาราไปใช้ในหลายกิจกรรมของหน่วยงาน ซึ่งจะสามารถตอบสนองต่อนโยบายของรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติได้อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า

การใช้ยางธรรมชาติในภารกิจของกรมทางหลวงที่ผ่านมา เป็นการผสมยางพารากับยางมะตอยเพื่อใช้เป็นวัสดุผิวทาง เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้ปรับปรุงสมบัติของยางมะตอยให้ดีขึ้น โดยอาศัยสมบัติบางประการที่เป็นข้อดีของยางธรรมชาติ เช่น ความคงตัวสูง (Stability), ความยืดหยุ่นดี (Elasticity) และทนความล้าดี (Fatigue resistance) มาเป็นตัวเสริมสมบัติของยางมะตอยทำให้สามารถยืดอายุการใช้งานของถนน ซึ่งเป็นการช่วยประหยัดงบประมาณในการซ่อมบำรุงถนนด้วย

มนตรี เดชาสกุลสม และคณะ (๒๕๕๕) ได้ทำการศึกษาการนำยางพารามาใช้ในงานผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตโดยศึกษาผลที่ได้จากการผสมยางพารา ๕.๐% ในแอสฟัลต์ซีเมนต์ (AC ๖๐/๗๐) และก่อสร้างแปลงทดสอบ พบว่า แอสฟัลต์คอนกรีตที่ผสมยางพาราสามารถเพิ่มค่าเสถียรภาพ (Stability) ค่าโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus) ค่าความต้านทานต่อความล้า (Indirect Tensile Fatigue) ค่าความต้านทานต่อแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength) และค่าความต้านทานการเสียรูปแบบถาวร (Dynamic Creep) จากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการและผลจากแปลงทดสอบในสนาม พบว่า แอสฟัลต์คอนกรีตที่ผสมยางพารา มีค่า Skid Resistance Value (SRV) โดยเฉลี่ยสูงขึ้น สามารถกล่าวได้ว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่ผสมยางพารา มีความฝืดสามารถต้านทานการลื่นไถลได้ดีกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตปกติ และในด้านความต้านทานการเกิดร่องล้อ พบว่าแอสฟัลต์คอนกรีตผสมยางพารา มีความสามารถต้านทานน้ำหนักบรรทุกจากการจราจรได้ดีกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตปกติ

มนตรี เดชาสกุลสม (๒๕๕๘) ได้ทำการศึกษาเรื่องการศึกษาแนวทางการส่งเสริมการใช้ยางพารามาเป็นวัสดุผิวทาง โดยมีวัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อหาสาเหตุการขาดการส่งเสริมการนำยางพารามาเป็นวัสดุผิวทาง วิเคราะห์แนวทางการส่งเสริมและกำหนดเป็นแนวทางปฏิบัติในการส่งเสริมการนำยางพารามาเป็นวัสดุผิวทาง โดยมีขอบเขตในการศึกษาเฉพาะผู้เกี่ยวข้องในงานผิวทางของกรมทางหลวง วิเคราะห์สภาพปัญหายางพารา ประโยชน์ในการนำมาใช้เป็นวัสดุผิวทาง และความคุ้มค่าในการลงทุน ตลอดจนวิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลให้ขาดการส่งเสริมการนำยางพารามาใช้เป็นวัสดุผิวทาง พบว่าการขับเคลื่อนนโยบายเพื่อพัฒนาและแก้ไขปัญหาการขาดการส่งเสริมการนำยางพารามาเป็นวัสดุผิวทางและการส่งเสริมการใช้ยางพาราเป็นวัสดุผิวทางอย่างยั่งยืน ซึ่งประกอบด้วยนโยบายสำคัญ

ด้านต่าง ๆ เช่น นโยบายการเพิ่มจำนวนโครงการก่อสร้างผิวทางปรับปรุงด้วยยางพาราและนโยบายการจัดสรรงบประมาณที่ชัดเจนโดยผู้บริหารแล้ว ยังมีข้อเสนอแนะที่สำคัญในการขับเคลื่อนแนวทางในการพัฒนา/แก้ไข อีกประการคือ ความเข้าใจในบทบาทของผู้บริหารด้านการส่งเสริมและพัฒนาความรู้ในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการนำยางพารามาเป็นวัสดุผิวทาง เป็นต้น ถือเป็นนโยบายที่สำคัญอีกอย่างในการส่งเสริมการใช้ยางพาราเป็นวัสดุผิวทางอย่างยั่งยืน

การนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงที่ผ่านมา ได้มีการผลักดันให้มีการนำไปใช้กับผิวทางแอสฟัลต์ ๒ ประเภท ดังนี้ ประเภทแรก เรียกว่า “ผิวทางพารา สเลอรี่ซิล” เป็นแอสฟัลต์อิมัลชันสำหรับฉาบผิวทาง มีความหนาประมาณ ๒ เซนติเมตร ประเภทที่สอง เรียกว่า “แอสฟัลต์ซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ” หรือเรียกว่า “พารา AC” เป็นการนำยางพารามาผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ชนิด AC ๖๐/๗๐ สำหรับเป็นผิวทางมีความหนาประมาณ ๕ เซนติเมตร

จากผลการดำเนินงานของกรมทางหลวงที่ผ่านมา พบว่า การนำยางพาราไปใช้เป็นวัสดุผิวทางทั้ง ๒ ประเภทดังกล่าว ไม่สามารถตอบสนองนโยบายของรัฐบาลในแง่ของปริมาณที่ใช้ได้ เนื่องจากการนำยางพารามาใช้เป็นวัสดุผิวทางมีข้อจำกัดในด้านปริมาณเนื้อยางพาราที่เติมลงในแอสฟัลต์ซีเมนต์ เนื่องจากหากเติมยางพาราในปริมาณที่สูงขึ้นจะส่งผลโดยตรงต่อความหนืดของแอสฟัลต์ซีเมนต์ ทำให้การก่อสร้างเป็นไปด้วยความลำบากและต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้นในการปฏิบัติงาน ส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงวิศวกรรม ดังนั้น จึงเป็นที่มาของการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ โดยการศึกษาเพื่อหาแนวทางนำยางพาราไปใช้ในชั้นพื้นทาง ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะสามารถใช้ยางพาราได้ปริมาณที่มากขึ้นกว่าการนำไปใช้เป็นวัสดุผิวทาง โดยการแต่งตั้งคณะทำงานอำนวยการศึกษาด้านการนำยางพารามาใช้ในงานก่อสร้างพื้นทางดินซีเมนต์ (Para Soil Cement) ตามประกาศคำสั่งกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ ๖๗๘/๒๕๖๐ เมื่อวันที่ ๗ กรกฎาคม ๒๕๖๐ เพื่อตอบสนองและขับเคลื่อนนโยบายรัฐบาลในการส่งเสริมการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ ด้วยการนำยางพารามาใช้เป็นส่วนประกอบของการก่อสร้างถนน ในชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ การดำเนินการศึกษาดังกล่าวได้ดำเนินการทดสอบในห้องปฏิบัติการไปแล้วบางส่วน และยังอยู่ในระหว่างการศึกษาและทดสอบคุณสมบัติอื่น ๆ เพื่อกำหนดความเหมาะสมในการนำยางธรรมชาติไปใช้งานในการปรับปรุงคุณภาพวัสดุพื้นทางดินซีเมนต์ผสมยางพารา เมื่อได้ผลสรุปจากห้องปฏิบัติการจะนำไปสู่การทดสอบจริงโดยการจัดทำแปลงทดสอบในสนามต่อไป จากผลการศึกษาดังกล่าว พบว่าการนำยางพารามาใช้ในชั้นพื้นทางดินซีเมนต์มีแนวโน้มที่จะสามารถใช้ยางพาราได้ในปริมาณที่สูงกว่าการนำไปใช้เป็นผิวทาง (อยู่ระหว่างการศึกษา) โดยไม่ทำให้คุณสมบัติของวัสดุดินซีเมนต์ด้อยไปกว่ามาตรฐานที่กรมทางหลวงกำหนด และอีกกิจกรรมหนึ่งที่มีแนวโน้มว่าจะสามารถใช้ยางพาราในปริมาณที่สูงสุด ได้แก่ การนำยางพารามาใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย เช่น เสาหลักนำทาง (Guidepost) กำแพงน้ำพลาสติก (Water Barrier) แผ่นป้องกันแสง (Glare screen) และกรวยจราจร เป็นต้น

จากสภาพปัญหาและแนวทางดำเนินการดังกล่าว เพื่อตอบสนองต่อนโยบายภาครัฐและยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ – ๒๕๘๐) ในการส่งเสริมการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ เพื่อเพิ่มปริมาณการใช้ยางพาราภายในประเทศตามเป้าหมายที่วางไว้ จึงเป็นที่มาของการศึกษาเพื่อหากิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง สนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติอย่างเหมาะสมและคุ้มค่า โดยเน้นแนวทางการปฏิบัติงานในแต่ละกิจกรรมดังกล่าวอย่างเป็นรูปธรรมและเป็นระบบ สอดคล้อง

กับภารกิจของกรมทางหลวง การนำนวัตกรรมการใช้ยางพาราในงานก่อสร้างทาง จะมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาให้อุตสาหกรรมยางพาราให้ขับเคลื่อนไปได้ ด้วยวิสัยทัศน์และมุมมองที่หลากหลายอาจเป็นทิศทางหนึ่งที่จะเข้ามาช่วยแนะนำแนวทาง ให้การวิจัยด้านยางพาราเป็นงานวิจัยที่เกิดการใช้ประโยชน์ต่อทั้งตัวเกษตรกรและภาคอุตสาหกรรมยางพาราไทยมากขึ้นด้วย สำหรับนวัตกรรมงานวิจัยการนำยางพารามาเป็นส่วนประกอบในการก่อสร้างถนนเป็นแนวทางหนึ่งที่สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ ในการนำยางพารามาใช้ในเชิงอุตสาหกรรมในประเทศให้มากขึ้น ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นข้อมูลสำคัญในการพัฒนาเพื่อนำไปสู่การรักษาเสถียรภาพราคายาง โดยการสนับสนุนให้มีการใช้ยางในประเทศมากขึ้น รวมถึงการจัดทำเป็นแนวทางปฏิบัติให้กับส่วนราชการที่เกี่ยวข้องอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

๑. เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ยางพารากับผิวทางและกิจกรรมของกรมทางหลวง

๒. เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าและความคงทนในการใช้ยางพารากับผิวทางและกิจกรรมของกรมทางหลวง

๓. เพื่อกำหนดกิจกรรมของกรมทางหลวงที่สามารถนำยางพารามาใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรมและเหมาะสม

๔. เพื่อพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการนำยางพาราไปใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงในรูปแบบใหม่ ๆ ให้มีความสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ - ๒๕๘๐)

ขอบเขตของการวิจัย

๑. ขอบเขตด้านประชากร

ประชากรในการวิจัย เป็นผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informants) แบ่งเป็น ๓ กลุ่ม คือ

๑.๑ ผู้รับเหมาก่อสร้าง บริษัท/โรงงานผู้ผลิต ผลิตภัณฑ์จากยางพาราในภาคอุตสาหกรรมยางแอสฟัลต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ รวมถึงโรงงานเอกชน/ชุมนุมเกษตรกรชาวสวนยาง ผู้ผลิตน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่มเพื่อใช้ในงานปรับปรุงดินซีเมนต์ด้วยยางธรรมชาติ

๑.๒ ข้าราชการของหน่วยงานภาครัฐ ที่มีหน้าที่กำกับ ติดตาม ดูแล และบริหารงานด้านการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ

๑.๓ ผู้เชี่ยวชาญ นักวิชาการ และผู้บริหารระดับสูง ที่มีความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ในการบริหารจัดการการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ ของหน่วยงานกรมทางหลวง สถาบันวิจัยยาง และการยางแห่งประเทศไทย

๒. ขอบเขตด้านเนื้อหา

๒.๑ ขอบเขตด้านวัสดุ

๒.๑.๑ วัสดุบนถนนเดิม (อาจเป็น ดิน ลูกรัง หินคลุก หรือผิวทางแอสฟัลต์เดิม) ซึ่งมีสภาพเสียหาย ใช้การไม่ดี ที่ต้องการปรับปรุงให้มีสภาพที่สามารถใช้งานที่ดีขึ้น

๒.๑.๒ วัสดุใหม่ เป็นวัสดุ Local materials ที่หามาเพิ่มใหม่ (อาจเป็นดินลูกรัง หรือหินคลุก)

๒.๑.๓ ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ ๑ คุณสมบัติตาม มอก.๑๕

๒.๑.๔ ยางพารา ใช้ Concentrated Latex หรือน้ำยางสดที่ปรับปรุงคุณภาพจากโรงงาน เพื่อให้สามารถควบคุมคุณภาพ และความสม่ำเสมอ และปริมาณที่ต้องใช้ในการออกแบบส่วนผสมได้อย่างแม่นยำ เก็บไว้ได้นาน ไม่เสียง่าย

๒.๑.๕ สารผสมเพิ่ม เป็นสารที่ช่วยให้ยางพาราแตกตัวไม่จับกันก่อนการผสมและบดทับแล้วเสร็จ

๒.๑.๖ การผลิตอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย จะใช้ยางแห้งที่มีการผสมสารเคมีต่าง ๆ เช่น สารวัลคาไนซ์ สารตัวเร่งปฏิกิริยา สารตัวเติม เป็นต้น พร้อมที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ มีชื่อเรียกว่า ยางคอมพาวด์ (Rubber Compound)

๒.๒ ขอบเขตด้านการออกแบบส่วนผสม

วิธีการออกแบบ ให้ใช้ตามคู่มือ “Wirtgen Cold Recycling Manual”

๒.๒.๑ กำหนดค่ากำลังรับแรงอัด (Unconfined Compressive Strength, UCS สูงขึ้นกว่าปกติ โดยการใส่ปูนซีเมนต์มากขึ้น (ซึ่งจะแข็งและเปราะ) แล้วใส่ยางพารา เพื่อลดความเปราะ

๒.๒.๒ สาเหตุที่เพิ่ม UCS ให้สูงขึ้น ก็เพื่อให้สามารถให้เป็นชั้นผิวทางหรือชั้นใด ๆ ที่ต้องรับน้ำหนักมากขึ้น (ถ้าใช้เป็นชั้นผิวทาง จะเหมาะสำหรับหน่วยงานที่มีถนนที่ยังเป็น Unpaved Road)

๒.๓ ขอบเขตด้านการกำหนดและควบคุมตัวแปรและการทดสอบ

๒.๓.๑ ตัวแปรควบคุม

๒.๓.๑.๑ ชนิดของดิน

๒.๓.๑.๒ ยางพารา

๒.๓.๑.๓ ชนิดและปริมาณสารผสมเพิ่ม

๒.๓.๑.๔ อัตราส่วนปริมาณปูนซีเมนต์ต่อยางพารา

๒.๓.๑.๕ อายุบ่ม

๒.๓.๒ คุณสมบัติทางวิศวกรรมสำหรับวัสดุชั้นโครงสร้างทาง

๒.๓.๒.๑ กำลังอัดแกนเดียว

๒.๓.๒.๒ กำลังรับแรงดึง

๒.๓.๒.๓ ความต้านทานแรงกระทำซ้ำ

๒.๓.๓ คุณสมบัติทางวิศวกรรมสำหรับอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย

๒.๓.๓.๑ ค่าความแข็ง (Hardness)

๒.๓.๓.๒ ความทนต่ออุณหภูมิสูง (Aging)

๒.๓.๓.๓ ระยะเวลาในการดับไฟด้วยตัวเอง (Flammability self-extinguishing)

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเพื่อหากิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ – ๒๕๘๐) อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า ทำการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพ วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เชิงปริมาณอธิบายถึงสภาพปัญหา รวบรวมแนวความคิดเห็น โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) และข้อมูลปฐมภูมิ (primary data)

๑. ข้อมูลทุติยภูมิ

เป็นข้อมูลที่รวบรวมได้จากเอกสารราชการ บทความ ผลงานวิชาการ วารสาร คำสั่งและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง ทั้งในและต่างประเทศ ได้แก่

๑.๑ มาตรฐานและข้อกำหนดการนำยางพารามาเป็นส่วนผสมในผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต กรมทางหลวง ข้อกำหนดพิเศษสำหรับงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ รวมถึงหลักเกณฑ์และข้อจำกัดในการนำยางพารามาเป็นผิวทางและกิจกรรมอื่น ๆ คำสั่งแต่งตั้งคณะทำงาน/คณะอนุกรรมการ ที่เกี่ยวข้อง

๑.๒ เอกสาร รายงานและบทความเกี่ยวข้องกับการนำยางพารามาเป็นส่วนผสมของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต การปรับปรุงคุณภาพดินซีเมนต์ด้วยยางธรรมชาติเพื่อใช้สำหรับงานพื้นทาง การนำยางพารามาใช้เป็นวัสดุอำนวยความปลอดภัย จากกรมทางหลวง กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัย บทความจากต่างประเทศ และเว็ปไซต์ที่เกี่ยวข้อง

๑.๓ ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ยางพาราด้านการผลิต ส่งออก และการนำมาใช้เป็นส่วนผสมของผิวทางและพื้นทางดินซีเมนต์ จากศูนย์ส่งเสริมเศรษฐกิจยางพารา สถาบันวิจัยยางการยางแห่งประเทศไทยกรมวิชาการเกษตร และสมาคมผู้ผลิตยางพารา

๒. ข้อมูลปฐมภูมิ

เป็นข้อมูลที่รวบรวมได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ที่เกี่ยวข้อง แบ่งออกเป็น ๓ กลุ่ม ได้แก่

๒.๑ ผู้รับเหมาก่อสร้าง บริษัท/โรงงานผู้ผลิต ผลิตภัณฑ์จากยางพาราในภาคอุตสาหกรรมยางแอสฟัลต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ รวมถึงโรงงานเอกชน/ชุมนุมเกษตรกรชาวสวนยาง ผู้ผลิตน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่มเพื่อใช้ในงานปรับปรุงดินซีเมนต์ด้วยยางธรรมชาติ

๒.๒ ข้าราชการของหน่วยงานภาครัฐ ที่มีหน้าที่กำกับ ติดตาม ดูแล และบริหารงานด้านการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ

๒.๓ ผู้เชี่ยวชาญ นักวิชาการ และผู้บริหารระดับสูง ที่มีความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ในการบริหารจัดการการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ ของหน่วยงานกรมทางหลวง สถาบันวิจัยยาง และการยางแห่งประเทศไทย

๓. ประชากรศึกษาและกลุ่มตัวอย่าง

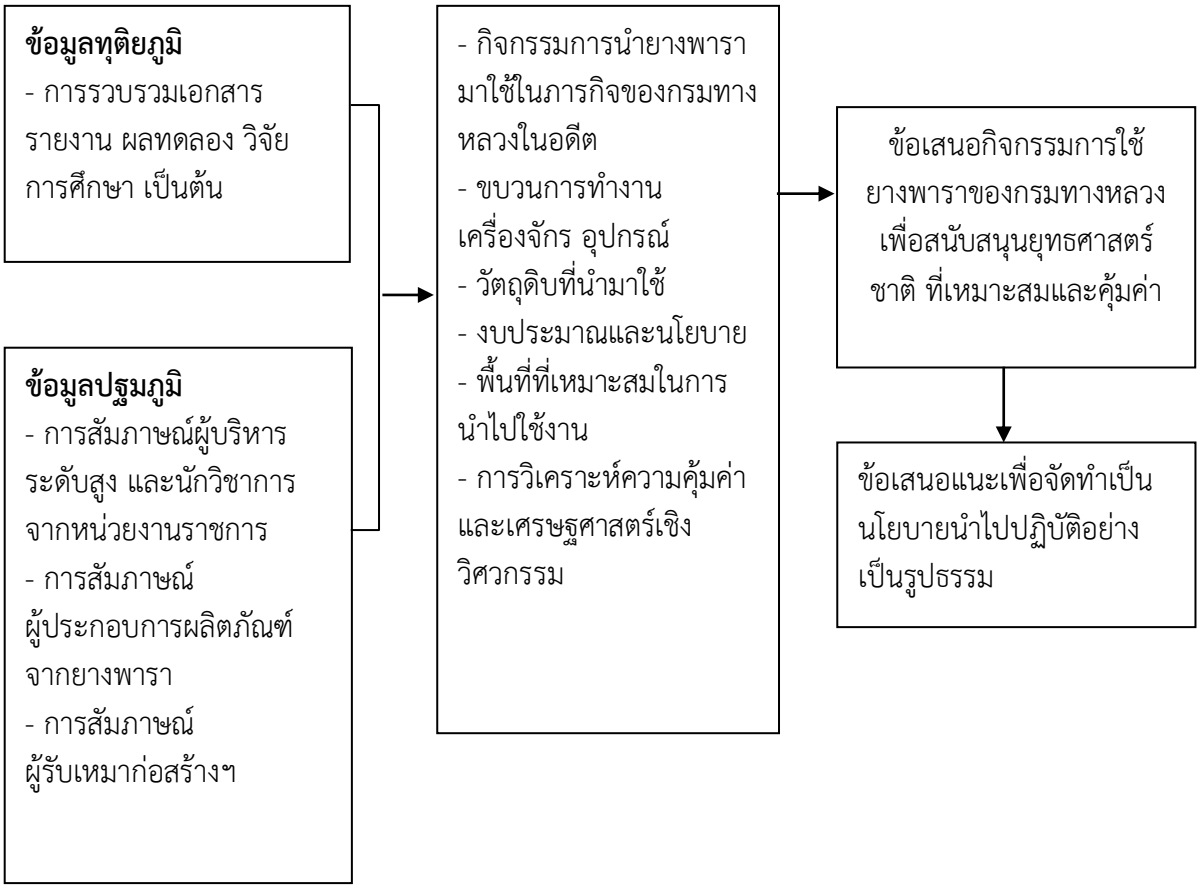
บุคคลที่เกี่ยวข้องหรือผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียกับการนำยางพารามาเป็นวัสดุผิวทางชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ผสมยางพารา และอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยจากยางพารา จากหน่วยงาน

ที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน เพื่อศึกษาประเด็นปัญหาและแนวทางการส่งเสริมฯ รวมทั้งข้อเสนอในการกำหนดนโยบายและแนวทางการนำไปปฏิบัติ

๔. วิธีและเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล

วิธีการเก็บข้อมูลทุติยภูมิได้จากการค้นคว้า รวบรวม จากเอกสารราชการ บทความ ผลงานวิชาการ วารสาร คำสั่งและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง ทั้งในและต่างประเทศ และ website ส่วนข้อมูลปฐมภูมิได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกบุคคลที่เกี่ยวข้อง สามารถเขียนเป็นกรอบวิธีการศึกษาดังนี้

แผนภาพที่ ๑ - ๑ แสดงกรอบวิธีดำเนินการวิจัย



ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

๑. ได้รูปแบบการใช้ยางพารากับผิวทางและกิจกรรมของกรมทางหลวง

๒. ได้ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่า และความคงทน ในการใช้ยางพารากับผิวทางและกิจกรรมของกรมทางหลวง

๓. ได้แนวทางการกำหนดกิจกรรมของกรมทางหลวงที่สามารถนำยางพารามาใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรมและเหมาะสม

๔. ได้แนวทางการส่งเสริมการนำยางพาราไปใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงในรูปแบบใหม่ ๆ ให้มีความสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ - ๒๕๘๐)

๕. ได้ข้อเสนอแนะเพื่อใช้เป็นแนวทางปฏิบัติให้กับส่วนราชการอื่นที่มีภารกิจในลักษณะเดียวกัน อย่างยั่งยืน

คำจำกัดความ

ยางพารา	หมายถึง	น้ำยางธรรมชาติ (Latex) มีลักษณะเป็นน้ำยางสีขาวหรือน้ำยางข้นที่ได้จากต้นยางพารา
ยางคอมพาวด์	หมายถึง	ยางแห้งที่มีการผสมสารเคมีต่าง ๆ เช่น สารวัลคาไนซ์ สารตัวเร่งปฏิกิริยา สารตัวเติม เป็นต้น พร้อมที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์
วัสดุผิวทาง	หมายถึง	วัสดุที่ได้จากการผสมร้อนระหว่างวัสดุมวลรวมกับยางมะตอย (AC ๖๐/๗๐) นำไปปูส่วนบนสุดของถนน
ยางธรรมชาติ	หมายถึง	ยางที่มาจากต้นยางพารา อาจจะอยู่ในรูปของน้ำยางสด (Field Latex) หรือน้ำยางข้น (Concentrated Latex) ก็ได้

บทที่ ๒
การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากเอกสาร รายงาน วารสารกรมทางหลวง และทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยรายละเอียดของบทนี้ ประกอบด้วย

๑. การนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงที่ผ่านมา
๒. ถนนดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ
๓. การส่งเสริมการใช้ยางพาราเป็นอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย
๔. ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์
๕. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
๖. กรอบแนวคิดการวิจัย
๗. สรุป

การนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงที่ผ่านมา

การใช้ยางธรรมชาติในภารกิจของกรมทางหลวงที่ผ่านมา เป็นการผสมยางพารากับยางมะตอยเพื่อใช้เป็นวัสดุผิวทาง เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้ปรับปรุงสมบัติของยางมะตอยให้ดีขึ้นโดยอาศัยสมบัติบางประการที่เป็นข้อดีของยางธรรมชาติ เช่น ความคงตัวสูง (Stability), ความยืดหยุ่นดี (Elasticity) และทนความล้าดี (Fatigue resistance) มาเป็นตัวเสริมสมบัติของยางมะตอยทำให้สามารถยืดอายุการใช้งานของถนน ซึ่งเป็นการช่วยประหยัดงบประมาณในการซ่อมบำรุงถนนด้วย

การนำยางพารามาใช้ประโยชน์ในงานผิวทาง กรมทางหลวงได้นำยางพาราที่ผลิตในประเทศมาเป็นส่วนประกอบเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับงานผิวทาง โดยแบ่งลักษณะการนำมาใช้งานเป็น ๒ ประเภท ดังนี้

๑. การฉาบผิวทางพาราสเลอรี่ซิล (Para Slurry Seal)

การนำยางพารามาเป็นส่วนประกอบของแอสฟัลต์อิมัลชันสำหรับฉาบผิวทางพาราสเลอรี่ซิล โดยกรมทางหลวงได้มีข้อกำหนดที่ ทล.-ก. ๔๐๕/๒๕๓๘ “Specification for Elastomeric Modified Asphalt Emulsion” และมาตรฐานที่ ทล.-ม. ๔๑๕/๒๕๔๖ “มาตรฐานวิธีการฉาบผิวทางแบบพาราสเลอรี่ซิล (Para Slurry Seal)” ซึ่งมี ๓ ชนิด ดังนี้

๑.๑ พาราสเลอรี่ซิลชนิดที่ ๑ โดยมีขนาดของหินที่ใช้ผสมละเอียดที่สุด เหมาะสำหรับการยารอยแตก ปรับปรุงสภาพผิวทางให้หยาบได้เล็กน้อย ป้องกันการเสื่อมสภาพของผิวทางเดิมจากการเกิดออกซิเดชัน

๑.๒ พาราสเลอรี่ซิลชนิดที่ ๒ จะใช้หินที่หยาบขึ้นเล็กน้อย จะเพิ่มความฝืดให้ผิวทางเดิมได้มากขึ้น

๑.๓ พาราสเลอรี่ซิลชนิดที่ ๓ จะเป็นชนิดที่หยาบที่สุด จะเพิ่มความฝืดได้มากที่สุด ช่วยระบายน้ำที่ผิวได้เร็วยิ่งขึ้น ทั้งยังช่วยปรับระดับได้บ้าง แก้ปัญหา Crown Slope ได้บ้าง รวมถึงใช้ฉาบปิดผิวทางเดิมที่หลุด (Raveling)

คุณลักษณะพิเศษของการฉาบผิวทางแบบพาราสเลอรี่ซิล (Para Slurry Seal) นั้น จะสามารถเปิดการจราจรได้ภายในเวลาไม่เกิน ๒ ชั่วโมง นอกจากนี้ยังมีความทนทานใช้งานได้ยาวนาน ช่วยเพิ่มความฝืดให้กับผิวทางเดิมที่ใช้งานมานานจนเกิดการลื่นไถล ทำให้การขับขี่ปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทาง ซึ่งกรมทางหลวงได้ใช้ผิวทางชนิดนี้มาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า ๑๐ ปี

๒. แอสฟัลต์ซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

การนำยางพารามาผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC ๖๐/๗๐ ที่เรียกว่า “แอสฟัลต์ซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ” เพื่อผสมกับวัสดุมวลรวม (หิน) เป็นแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับการก่อสร้างเป็นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาตินั้น ในอดีตกรมทางหลวงได้เริ่มทำการศึกษามาตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๕๔๕ ต่อมาในปี พ.ศ.๒๕๕๕ รัฐบาลได้มีการประชุมแนวทางการเพิ่มอุปสงค์ของยางพาราในประเทศ เมื่อวันที่ ๑๗ กันยายน ๒๕๕๕ ณ ห้องประชุมสีเขียว ตึกไทยคู่ฟ้า ทำเนียบรัฐบาล โดยรัฐบาลได้เห็นชอบในหลักการให้กระทรวงคมนาคม และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้อง และกระทรวงคมนาคมได้แต่งตั้งคณะทำงานเพื่อพิจารณาแนวทางการนำยางธรรมชาติ (ยางพารา) มาใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้าง และบำรุงรักษาทางหลวง ทางพิเศษ และทางรถไฟ ตามคำสั่งที่ ๓๒๒/๒๕๕๕ ลงวันที่ ๑๒ ตุลาคม ๒๕๕๕ ต่อมากรมทางหลวง ได้แต่งตั้งคณะทำงานศึกษาการนำยางพารามาใช้ในงานผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต เมื่อวันที่ ๑๘ ตุลาคม ๒๕๕๕ โดยมีอำนาจหน้าที่ศึกษาคุณสมบัติของยาง AC ๖๐/๗๐ ผสมยางพารา ศึกษาส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตผสมยางพารา กำหนดหลักเกณฑ์และข้อกำหนดพิเศษ ในการออกแบบและนำส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตผสมยางพาราไปใช้ในงานก่อสร้างแปลงทดสอบ ให้คำปรึกษา แนะนำ ในการจัดทำโครงการนำร่องผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตผสมยางพารา และติดตาม ประเมินผล เปรียบเทียบ คุณสมบัติส่วนผสมในห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม และได้ทำการก่อสร้างแปลงทดสอบเมื่อวันที่ ๒๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๖ เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการใช้งานบนถนนจริง ระหว่างแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ AC ๖๐/๗๐ ปกติ กับแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ AC ๖๐/๗๐ ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (ยางพารา) พบว่าการผสมยางพาราในแอสฟัลต์คอนกรีตมีผลทดสอบทางด้านวิศวกรรม ดังนี้

๒.๑ ค่าเสถียรภาพ (Stability) พบว่า แอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยาง AC ๖๐/๗๐ ผสมยางพารา ๕.๐ % มีค่าเสถียรภาพสูงกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยาง AC ๖๐/๗๐ ปกติ

๒.๒ ค่าโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus) พบว่า แอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยาง AC ๖๐/๗๐ ผสม ยางพารา ๕.๐ % มีค่าโมดูลัสคืนตัวสูงกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยาง AC ๖๐/๗๐ ปกติ

๒.๓ ค่าความต้านทานต่อความล้า (แบบ Indirect Tensile Fatigue) พบว่า แอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยาง AC ๖๐/๗๐ ผสมยางพารา ๕.๐ % มีค่าความต้านทานต่อความล้าหรือจำนวนPulses ที่ตัวอย่างสามารถรับได้จนกระทั่งเกิดความเสียหาย มากกว่า แอสฟัลต์คอนกรีตที่ ใช้ยาง AC ๖๐/๗๐ ปกติ

๒.๔ ค่าความต้านทานต่อแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Strength) พบว่า แอสฟัลต์ คอนกรีตที่ใช้ยาง AC ๖๐/๗๐ ผสมยางพารา ๕.๐ % มีค่ากำลังรับแรงดึงทางอ้อม มากกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยาง AC ๖๐/๗๐ ปกติ

๒.๕ ค่าความต้านทานการเสียรูปแบบถาวร จากการทดสอบ Dynamic Creep พบว่า แอสฟัลต์ คอนกรีตที่ใช้ยาง AC ๖๐/๗๐ ผสมยางพารา ๕.๐ % มีค่าการเสียรูป น้อยกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยาง AC ๖๐/๗๐ ปกติ

๒.๖ ค่าความต้านทานการเกิดร่องล้อ โดยการใช้ตัวอย่างที่เตรียมจากส่วนผสมในห้องปฏิบัติการ มาทำการทดสอบด้วยเครื่อง Pavement Rutting Tester พบว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยาง AC ๖๐/๗๐ ผสม ยางพารา ๕.๐ % มีแนวโน้มของการเกิดร่องล้อน้อยกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่ ใช้ยาง AC ๖๐/๗๐ ปกติ โดยค่าร่องล้อที่ได้จากการทดสอบที่ ๑๐,๐๐๐ รอบ เท่ากับ ๕.๖ % ในขณะที่แอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยาง AC ๖๐/๗๐ ปกติ ได้ค่าเท่ากับ ๕.๙ %

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาข้างต้น กรมทางหลวงได้จัดทำข้อกำหนดวัสดุที่ ทล.-ก. ๔๐๙/๒๕๕๖ “ข้อกำหนดแอสฟัลต์ซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ” และมาตรฐานที่ ทล.-ม. ๔๑๖/๒๕๕๖ “มาตรฐานแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (Natural Rubber Modified Asphalt Concrete)”

การนำยางพาราที่ผลิตในประเทศมาใช้ในงานผิวทางดังกล่าวเป็นการเพิ่มอุปสงค์ของยางพาราในประเทศให้มากขึ้น และเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรชาวสวนยางอีกทางหนึ่ง สำหรับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาตินั้น ยังเป็นทางเลือกของผิวทางอีกประเภทหนึ่งที่เหมาะสำหรับปริมาณจราจรในระดับต่ำไปจนถึงระดับปานกลาง ผิวทางบริเวณที่มีโอกาสเกิดร่องล้อ เช่น บริเวณทางร่วม ทางแยก ทางลาดชันและทางโค้ง เป็นต้น

ถนนดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

จากผลการดำเนินงานของกรมทางหลวงที่ผ่านมา พบว่า การนำยางพาราไปใช้เป็นวัสดุผิวทางทั้ง ๒ ประเภทดังกล่าว ยังไม่สามารถตอบสนองนโยบายของรัฐบาลในแง่ของปริมาณยางพาราที่ใช้ได้ เนื่องจากการนำยางพารามาใช้เป็นวัสดุผิวทางมีข้อจำกัดในด้านปริมาณเนื้อยางพาราที่เติมลงในแอสฟัลต์ซีเมนต์ โดยหากเติมยางพาราในปริมาณที่สูงขึ้นจะส่งผลโดยตรงต่อความหนืดของแอสฟัลต์ซีเมนต์ ทำให้การก่อสร้างเป็นไปด้วยความลำบากและต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้นในการปฏิบัติงาน ส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงวิศวกรรม ดังนั้น จึงเป็นที่มาของการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ โดยการศึกษาเพื่อหาแนวทางนำยางพาราไปใช้ในชั้นพื้นทางหรือชั้นผิวทางจราจรดินซีเมนต์ ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะสามารถใช้ยางพาราได้ปริมาณที่มากขึ้นกว่าการนำไปใช้เป็นวัสดุผิวทาง โดยการแต่งตั้งคณะทำงานอำนวยการศึกษาด้านการนำยางพารามาใช้ในงานก่อสร้างพื้นทางดินซีเมนต์ (Para Soil Cement) ตามประกาศคำสั่งกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ ๖๗๘/๒๕๖๐ เมื่อวันที่ ๗ กรกฎาคม ๒๕๖๐ เพื่อตอบสนองและขับเคลื่อนนโยบายรัฐบาลในการส่งเสริมการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ ด้วยการนำยางพารามาใช้เป็นส่วนประกอบของการก่อสร้างถนน ในชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ การดำเนินการศึกษาดังกล่าวได้ดำเนินการทดสอบในห้องปฏิบัติการไปแล้วบางส่วน และยังอยู่ในระหว่างการศึกษาและทดสอบคุณสมบัติอื่น ๆ เพื่อกำหนดความเหมาะสมในการนำยางธรรมชาติไปใช้งานในการปรับปรุงคุณภาพวัสดุพื้นทางและผิวทางดินซีเมนต์ผสมยางพารา เมื่อได้ผลสรุปจากห้องปฏิบัติการจะนำไปสู่การทดสอบจริงโดยการจัดทำแปลงทดสอบในสนามต่อไป

การนำยางพารามาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพวัสดุดินซีเมนต์ เพื่อนำไปก่อสร้างเป็นชั้นพื้นทางหรือชั้นผิวทางจราจรดินซีเมนต์ โดยการใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของวัสดุชั้นโครงสร้างทางด้วยวิธีการเติมยางพาราและสารผสมเพิ่มในชั้นพื้นทางดินซีเมนต์หรือชั้นพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ เป็นต้น เพื่อใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทางหรือชั้นผิวทางจราจรดินซีเมนต์ กระบวนการดังกล่าวถือว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้ในการปรับปรุงสมบัติของโครงสร้างชั้นทางให้ดีขึ้นโดยอาศัยสมบัติบางประการที่เป็นข้อดีของยางธรรมชาติ (ยางพารา) เช่น ความคงตัวสูง (Stability), ความยืดหยุ่นดี (Elasticity) และทนความล้าดี (Fatigue resistance) มาเป็นตัวเสริมคุณสมบัติของวัสดุชั้นพื้นทางโดยการปรับปรุงพฤติกรรมการเสียรูปของดินที่ปรับปรุงด้วยซีเมนต์จากวัสดุเปราะ (Brittle) เมื่อผสมยางพาราและสารผสมเพิ่ม จะช่วยทำให้พฤติกรรมการเสียรูปของดินซีเมนต์เปลี่ยนจากวัสดุเปราะ (Brittle) ไปเป็นวัสดุเหนียว (Ductile) ทำให้สามารถยืดอายุการใช้งานของถนน ซึ่งเป็นการช่วยประหยัดงบประมาณในการซ่อมบำรุงถนนด้วย อีกทั้งหากใช้ยางพาราปรับปรุงคุณภาพเป็นวัสดุชั้นโครงสร้างทางจะเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้ยางพาราภายในประเทศอีกทางหนึ่งด้วย

ดังนั้น จึงเป็นที่มาของการศึกษาการนำยางพารามาใช้ก่อสร้างชั้นพื้นทางดินซีเมนต์หรือชั้นผิวทางจราจรดินซีเมนต์ (Para soil cement) เพื่อเน้นแนวทางส่งเสริมการนำยางพารามาใช้เป็นวัสดุโครงสร้างชั้นทางอย่างเป็นรูปธรรม ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นข้อมูลสำคัญในการพัฒนาเพื่อนำไปสู่การจัดทำมาตรฐานพื้นทางชนิดที่มียางพาราเป็นวัสดุผสมอยู่ด้วย (Para Soil Cement Standard)

โครงการศึกษา การนำยางพารามาใช้ก่อสร้างชั้นพื้นทางดินซีเมนต์หรือชั้นผิวทางจราจรดินซีเมนต์ (Para soil cement) ได้ดำเนินการศึกษาในห้องปฏิบัติการ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางวิศวกรรมและเชิงเศรษฐศาสตร์ ในการนำยางพารามาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของวัสดุชั้นโครงสร้างทาง และเพื่อกำหนดแนวทางการส่งเสริมการนำยางพารามาเป็นวัสดุชั้นพื้นทางและโครงสร้างชั้นทาง ต่อไป

การส่งเสริมการใช้ยางพาราเป็นอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย

ยางพาราเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูงและเหนียวติดกัน ทนต่อแรงดึง ทนต่อการฉีกขาด ทนต่อการขัดสี และดูดซับพลังงานได้ดี เมื่อนำมาผ่านกระบวนการผลิตขึ้นรูปโดยใส่สารเคมีผสมเพิ่มให้มีความเสถียร ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ทนต่อแสงแดด ออกซิเจน โอโซน และความร้อน สามารถนำมาใช้งานเป็นวัสดุวิศวกรรมได้ ปัจจุบันกรมทางหลวงได้นำยางพารามาใช้ในงานฉาบผิวทางและงานปรับปรุงคุณภาพผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต แต่อย่างไรก็ตาม ยางพาราที่ใช้เป็นส่วนผสมในงานดังกล่าวยังมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับมูลค่าการลงทุน กรมทางหลวงจึงมีแนวความคิดที่จะนำยางพารามาผลิตเป็นอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนน ซึ่งนอกจากจะสามารถนำยางพารามาใช้ได้มากขึ้นโดยมีมูลค่าการลงทุนที่ลดลงเมื่อเทียบกับงานผิวทางแล้ว คุณสมบัติที่ดีของยางพาราตามที่ได้กล่าวข้างต้น ยังจะช่วยให้อุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยที่มียาง พาราเป็นส่วนผสมสามารถอำนวยความปลอดภัยได้ดีกว่าอุปกรณ์เดิมที่ทำจากพลาสติก โลหะ และคอนกรีต ซึ่งมักแตกหักและอาจเป็นการเพิ่มความรุนแรงของการบาดเจ็บเมื่อเกิดการชน

กรมทางหลวง โดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง ได้ศึกษาวิจัยพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนน ที่มียางพาราเป็นส่วนผสม จำนวน ๖ อุปกรณ์ ได้แก่ อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Block-out for Guard Rail) อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) และพื้นทางเดินเท้า (Sidewalk Wearing Surface) และนำไปติดตั้งในพื้นที่ศึกษาเพื่อประเมินผลการใช้งาน พร้อมทั้งศึกษาต้นทุนในการนำยางพารามาผลิตอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนน ดังกล่าว

๒. อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen)

การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) มีวัตถุประสงค์เพื่อลดแสงจ้าจากไฟหน้ารถที่วิ่งอยู่ในช่องจราจรตรงข้าม ซึ่งจะช่วยลดอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณโค้งหักศอกหรือบริเวณที่ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษในช่วงกลางคืน องค์หลักประกอบของอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ คือ ฐานยึดกับโครงสร้างที่ติดตั้ง โดยมีหลากหลายตามลักษณะของฐานโครงสร้าง และแผ่นกันแสง ในส่วนของฐานยึดโดยทั่วไปทำจากโลหะ ส่วนแผ่นกันแสงมีการใช้วัสดุที่แพร่หลายในการผลิตในปัจจุบัน ได้แก่ โลหะเคลือบ พลาสติกชนิดต่าง ๆ เช่น พลาสติกพอลิเอทีลีน (Polyethylene: PE) พลาสติกพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) และ พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride: PVC) เป็นต้น โดยพลาสติกมีราคาต้นทุนที่ถูกแต่อายุการใช้งานสั้น แตกเสียหายเมื่อเกิดการชนในส่วนของโลหะถึงแม้อายุการใช้งานยาวนาน สามารถซุบสารเคลือบใหม่ได้ แต่มีต้นทุนที่สูงและอาจเพิ่มความรุนแรงของความเสียหายเมื่อเกิดการชน ตัวอย่างอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ แสดงดังแผนภาพที่ ๒ – ๑

แผนภาพที่ ๒ – ๑ อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) ชนิดที่ทำจากพลาสติก

คุณสมบัติของอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen)

ความสูง ๗๐๐ มิลลิเมตร – ๑,๒๐๐ มิลลิเมตร จากพื้นถนน

ความกว้าง ๒๒๐ มิลลิเมตร ๒๖๐ มิลลิเมตร

ความหนาไม่น้อยกว่า ๑.๕ มิลลิเมตร

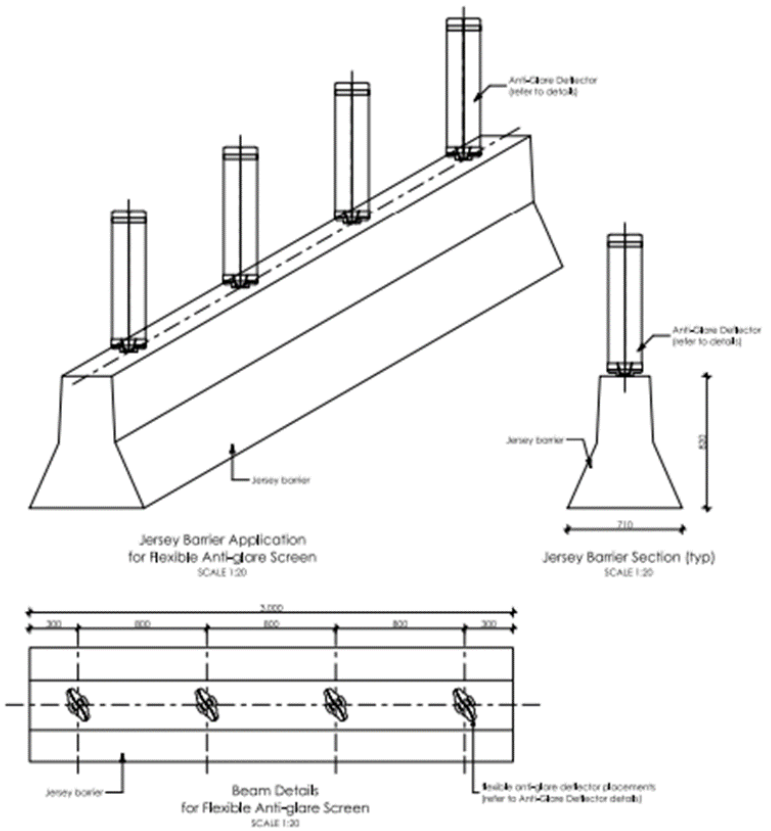
ระยะห่างระหว่างแผง ๘๐๐ มิลลิเมตร

สามารถติดตั้งบนคอนกรีตแบริเออร์ หรือ w-beam Steel guardrail โดยใช้น๊อตเกลียวหรือกาว

สามารถปรับมุมได้ ๓๐ องศาในการติดตั้งในถนนรัศมีน้อย

ซึ่งรูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถตาม Delnorth International Roadside Products (Delnorth Pty Ltd, 2018) จะแสดงในแผนภาพที่ ๒ – ๒

แผนภาพที่ ๒ – ๒ แบบอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen)



ที่มา : Delnorth International Roadside Products (Delnorth Pty Ltd, 2018)

อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) สามารถผลิตได้จากวัสดุหลาก หลายชนิด อาทิเช่น พลาสติก โลหะ หรือแม้แต่การประยุกต์ใช้ยางธรรมชาติมาเป็นส่วนผสม ซึ่งความแตกต่างของวัสดุย่อมส่งผลให้คุณสมบัติของอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถแตกต่างกันไปด้วยดังแสดงใน ตารางที่ ๒ – ๑

ตารางที่ ๒ – ๑ เปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) จากวัสดุต่าง ๆ

	พลาสติก (PVC, HDPE, EVA)	**พลาสติกพอลียูรีเทน (TPU)**	**ยางธรรมชาติ**	**โลหะชุบ**
ราคา	ถูก	แพง	ปานกลาง-แพง	ปานกลาง
ความทนทานต่อสภาพอากาศ	พอใช้ เปราะแตกหลังจากโดนแสงแดดในระยะเวลาหนึ่ง	ดี ทนต่อแสงแดดและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี	พอใช้ ขึ้นอยู่กับสูตรยาง	มาก ขึ้นอยู่กับคุณภาพของสีเคลือบ
ความรุนแรงเมื่อเกิดอุบัติเหตุ	น้อย วัสดุมีความแข็งน้อยกว่ายานพาหนะ	น้อย วัสดุมีความแข็งน้อยกว่ายานพาหนะ	น้อย วัสดุมีความแข็งน้อยกว่ายานพาหนะ	มาก แผ่นโลหะอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ยานพาหนะและผู้ขับขี่
ความทนทานต่อการเปลี่ยนรูป	น้อย อาจแตกหักหลังการชน	มาก มีความยืดหยุ่นคืนรูปเดิมหลังการชน	มาก มีความยืดหยุ่นสูงคืนรูปเดิมหลังการชน	น้อย เสียรูปอย่าถาวรหลังการชน

๒. อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post)

อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) เป็นอีกหนึ่งอุปกรณ์ควบคุมจราจรใช้ในการแบ่งเขตถนนให้ชัดเจนป้องกันรถวิ่งผิดเลนถนน ใช้แบ่งทางเดินรถทางสวนเข้า-ออก อีกทั้งยังช่วยบอกตำแหน่งของเส้นแบ่งช่องจราจรบริเวณหัวสะพาน หรือเกาะกลางถนน บ่งบอกพื้นที่เขตก่อสร้างหรือใช้ป้องกันเขตพื้นที่ห้ามเข้า พื้นที่ห้ามจอดของรถยนต์ รถมอเตอร์ไซด์ หรือยาน พาหนะต่าง ๆ โดยวัสดุที่ใช้ทำตัวเสานั้นต้องมีคุณสมบัติยืดหยุ่นได้ดี รองรับแรงกระแทกได้อย่างดีเยี่ยม สามารถติดตั้งได้ง่ายสะดวกรวดเร็ว วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่นส่วนมากจะเป็นวัสดุประเภทพลาสติก ซึ่งมีราคาถูกแต่อายุการใช้งานจะสั้นเนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุจะมีความยืด หยุ่นต่ำ ทำให้เมื่อถูกรถยนต์ชนหรือเหยียบตัวเสาจะแตกเสียรูปถาวรได้ง่าย นอกจากนี้รังสีอัลตรา – ไวโอเลต (Ultraviolet: UV) ยังมีส่วนทำให้เสาเปราะบางเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง

อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่นจะใช้ในกรณีต้องการแบ่งช่องจราจรที่เดินรถในทิศทางเดียวกันดังแผนภาพที่ ๒ – ๓ แสดงการแบ่งช่องจราจรโดยใช้อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น หรืออาจใช้ในกรณีที่ต้องการชี้ขอบทางให้ชัดเจน ภายใต้พื้นที่ที่จำกัดไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ชนิดอื่นได้ ติดตั้งทุกระยะ ๑๐ เมตร ในแนวตรง และ ๔ เมตร ในแนวโค้ง กรณีติดตั้งกั้นระหว่างขอบทางต่างระดับให้ติดตั้งเป็นแนวตลอดทุกระยะ ๑๐ เมตร สำหรับระดับความสูงของผิวทางต่างกันไม่เกิน ๒๕ เซนติเมตร และติด ตั้งทุกระยะ ๔ เมตร สำหรับระดับความสูงของผิวทางที่ต่างกันไม่เกิน ๕๐ เซนติเมตร แต่หากเกิน ๕๐ เซนติเมตร แนะนำให้ติดตั้งกำแพงคอนกรีตแทน (สำนักอำนวยความปลอดภัย, ๒๕๕๕)

แผนภาพที่ ๒ – ๓ การแบ่งช่องจราจรโดยใช้อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post)

ที่มา : สำนักอำนวยความปลอดภัย, ๒๕๕๕

คุณสมบัติและมิติของอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น

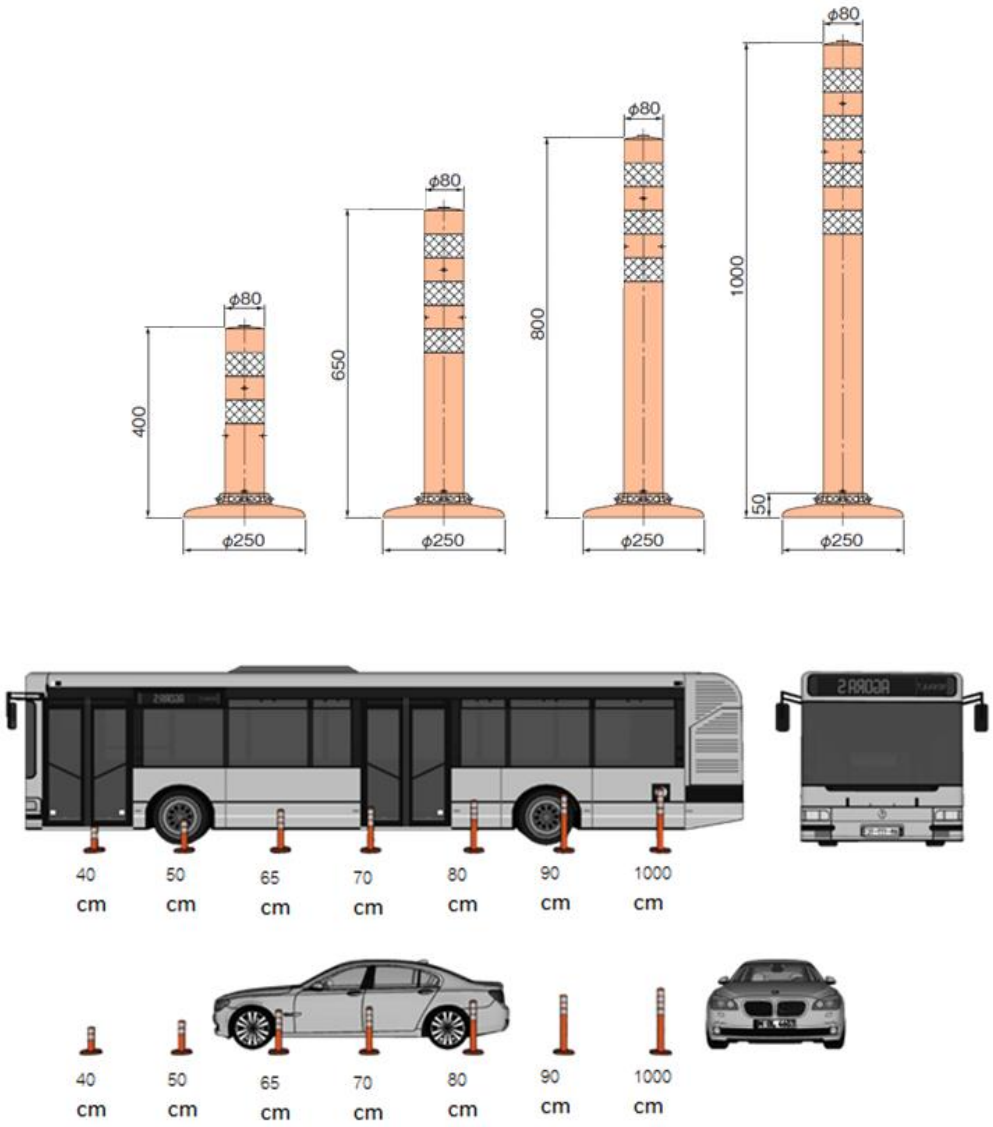
ความสูง ๔๐๐ – ๑,๐๐๐ มิลลิเมตร

ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ๘๐ มิลลิเมตร

มีแผ่นสะท้อนแสงความสูงไม่น้อยกว่า ๕๐ มิลลิเมตร จำนวนไม่น้อยกว่า ๒ แถบ

ติดตั้งโดยตรงกับพื้นถนนหรือผิวทาง โดยใช้น๊อตเกลียว

แผนภาพที่ ๒ - ๔ มิติของอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) ขนาดต่างๆ



ที่มา : สำนักอำนวยความปลอดภัย, ๒๕๕๕

อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) สามารถผลิตได้จากวัสดุหลากหลายชนิด อาทิเช่น พลาสติก ยาง โลหะ หรือแม้แต่การประยุกต์ใช้ยางธรรมชาติมาเป็นส่วนผสม ซึ่งความแตกต่างของวัสดุย่อมส่งผลให้คุณสมบัติของอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่นแตกต่างกันไปด้วยดังแสดงใน ตารางที่ ๒-๒

ตารางที่ ๒ - ๒ ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post)

	พลาสติก (PVC, PE, HDPE)	**EVA (ethylene vinyl acetate)**	**ยางธรรมชาติ**	**โลหะท่อนกลวง**
ราคา	ถูก	ถูก-แพง	ปานกลาง-แพง	ปานกลาง
ความทนทานต่อสภาพอากาศ	พอใช้ เปราะแตกหลังจากโดนแสงแดดในระยะเวลาหนึ่ง	ดี ขึ้นอยู่กับคุณภาพ (ทนทามมากกว่าพลาสติกทั่วไป)	พอใช้ ขึ้นอยู่กับสูตร	มาก ขึ้นอยู่กับคุณภาพของสีเคลือบ
ความรุนแรงเมื่อเกิดอุบัติเหตุ	น้อย วัสดุมีความแข็งน้อยกว่ายานพาหนะ	น้อย วัสดุมีความแข็งน้อยกว่ายานพาหนะ	น้อย วัสดุมีความแข็งน้อยกว่ายานพาหนะ	มาก เสาโลหะอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ยานพาหนะและผู้ขับขี่
ความทนทานต่อการเปลี่ยนรูป	น้อย อาจแตกหักหลังการชน	กลาง มีความยืดหยุ่นคืนรูปเดิมหลังการชน	มาก มีความยืดหยุ่นสูงคืนรูปเดิมหลังการชน	น้อย เสียรูปอย่างถาวรหลังการชน

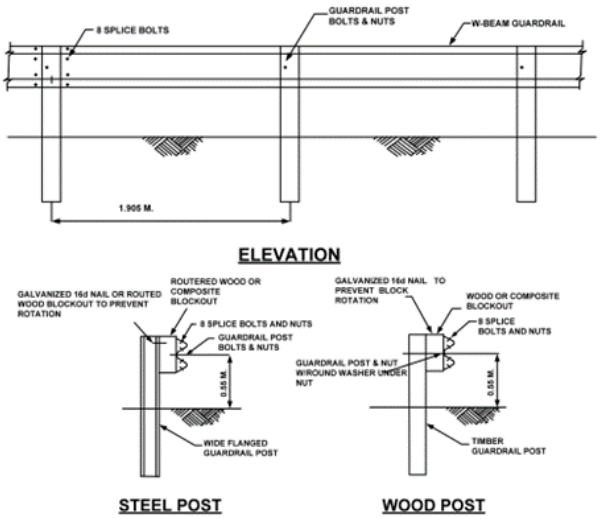
๓. อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Block-out for Guard Rail)

อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Block-out for Guard Rail) คือส่วนประกอบสำคัญของราวเหล็กลูกฟูก มีหน้าที่ช่วยลดแรงที่กระทำต่อเสาของราวเหล็กลูกฟูก ช่วยป้องกันและลดความเสียหายจากแรงที่กระทำต่อเสาขณะได้รับการชนจากยานพาหนะ โดยวัสดุที่ใช้ทำบล็อกรองรับแรงกระแทกนั้นสามารถใช้โลหะ ไม้ พลาสติก หรือยางเป็นวัสดุ การติดตั้งบล็อกรองรับแรงกระแทกนั้นจะทำการติดตั้งทุก ๆ เสาของราวเหล็กลูกฟูก โดยติดอยู่ระหว่างเสากับราวเหล็กลูกฟูก แสดงดังแผนภาพที่ ๒ - ๕

แผนภาพที่ ๒ - ๕ อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Block-out for Guard Rail)

การติดตั้งอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Block-out for Guard Rail) สามารถทำได้ดังแผนภาพที่ ๒-๖ แสดงรูปตัดและรายละเอียดราวกันอันตรายรูปตัว W โดยใช้เสาแบบแข็ง อย่างไรก็ตามอาจต้องมีการออกแบบเพิ่มความแข็งแรงของเสาในลักษณะอื่นนอกเหนือ จากการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก แต่จำเป็นต้องผ่านการทดสอบมาตรฐานการทดสอบการชนตามมาตรฐาน NCHRP 350 ที่ระดับ TL-3 เป็นอย่างต่ำ เพื่อป้องกันการล้มของเสา (สำนักอำนวยความปลอดภัย, ๒๕๕๕) ดังแสดงในตารางที่ ๒ - ๓

แผนภาพที่ ๒ - ๖ รูปตัดและรายละเอียดของราวกันอันตรายรูปตัว W โดยใช้เสาแบบแข็ง



ที่มา : สำนักอำนวยความปลอดภัย, ๒๕๕๕

ตารางที่ ๒ – ๓ Test Matrix for Longitudinal Barriers

Test Level	Barrier Section	Test Designation	Impact Conditions[c]			Impact Point	Evaluation Criteria* (See Table 5.1)
			Vehicle	Nominal Speed (km/h)	Nominal Angle, θ (deg)		
1	Length of Need	1-10	820C	50	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		S1-10*	700C	50	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		1-11	2000P	50	25	(b)	A,D,F,K,L,M
	Transition	1-20[d]	820C	50	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		S1-20*	700C	50	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		1-21	2000P	50	25	(b)	A,D,F,K,L,M
2	Length of Need	2-10	820C	70	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		S2-10*	700C	70	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		2-11	2000P	70	25	(b)	A,D,F,K,L,M
	Transition	2-20[d]	820C	70	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		S2-20*	700C	70	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		2-21	2000P	70	25	(b)	A,D,F,K,L,M
3 Basic Level	Length of Need	3-10	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		S3-10*	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		3-11	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
	Transition	3-20[d]	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		S3-20*	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		3-21	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
4	Length of Need	4-10	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		S4-10*	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		4-11[d]	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
		4-12	8000S	80	15	(b)	A,D,G,K,M
	Transition	4-20[d]	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		S4-20*	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		4-21[d]	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
		4-22	8000S	80	15	(b)	A,D,G,K,M
5	Length of Need	5-10	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		S5-10*	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		5-11[d]	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
		5-12	36000V	80	15	(b)	A,D,G,K,M
	Transition	5-20[d]	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		S5-20*	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		5-21[d]	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
		5-22	36000V	80	15	(b)	A,D,G,K,M
6	Length of Need	6-10	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		S6-10*	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		6-11[d]	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
		6-12	36000T	80	15	(b)	A,D,G,K,M
	Transition	6-20[d]	820C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		S6-20*	700C	100	20	(b)	A,D,F,H,I,(J),K,M
		6-21[d]	2000P	100	25	(b)	A,D,F,K,L,M
		6-22	36000T	80	15	(b)	A,D,G,K,M

ที่มา: Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features (Ross, Sicking and Zimmer, 1993)

อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Block-out for Guard Rail) ยังไม่ค่อยได้รับความนิยมใช้มากนัก ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วราวเหล็กลูกฟูกจะไม่มีวัสดุช่วยรับแรงกระแทก หรืออาจเห็นมีการใช้แท่งหรือโครงอลูมิเนียมแบบกลวง การใช้ก้อนยางรีไซเคิลอยู่บ้าง ซึ่งความแตกต่างของวัสดุย่อมส่งผลให้คุณสมบัติของอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูกแตกต่างกันไปด้วยดังแสดงใน ตารางที่ ๒ - ๔

ตารางที่ ๒ - ๔ ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Block-out for Guard Rail)

	ไม่มีวัสดุซับแรงกระแทก	**ยางธรรมชาติ**	**แท่งอลูมิเนียมแบบกลวง**
แรงกระทำต่อโครงสร้างของราวเหล็ก	ไม่ลด โครงสร้างของราวอาจเสียหายอย่างหนัก	ลดลง ช่วยลดแรงที่กระทบกับโครงสร้าง	ลดลง ช่วยลดแรงที่กระทบกับโครงสร้าง
ความรุนแรงเมื่อเกิดอุบัติเหตุ	ไม่ลด ไม่มีการดูดซับแรงทำให้แรงปฏิกิริยาถูกส่งกลับ	ลดลง แรงถูกแปรเปลี่ยนไปเป็นพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปยางรอง	ลดลง แรงถูกแปรเปลี่ยนไปเป็นพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปก้อนอลูมิเนียม
ความทนทานต่อการเปลี่ยนรูป	ไม่มี	มาก มีความยืดหยุ่นสูง คืนรูปเดิมหลังการชน	น้อย เสียรูปอย่างถาวรหลังการชน

๔. อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier)

อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) มีลักษณะการใช้งานเหมือนกับแผงกั้น อ้างอิงจากรายงานเครื่องหมายควบคุมการจราจรในงานก่อสร้าง งานบูรณะ และงานบำรุงรักษาทางหลวงแผ่นดิน (กรมทางหลวง, ๒๕๕๙) อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราวนี้อาจนำไปใช้ในงานดังแสดงในแผนภาพที่ ๒ - ๗ ลักษณะการนำไปใช้งาน ดังนี้

๔.๑ ใช้ปิดกั้นการจราจร ไม่ให้รถผ่านเข้าไปในเขตก่อสร้าง โดยติดตั้งขวางทางไว้ ซึ่งแผงกั้นนี้อาจยาวตลอดถึงไหล่ทางทั้งสองข้าง หรืออาจจะยาวถึงขอบทาง หรือสามารถทำแบบที่สามารถเปิดปิดบางส่วนได้ สำหรับทางที่ปิดเป็นทางการ แต่จำเป็นต้องให้ประชาชนที่อยู่ภายในสามารถเข้าออกได้

๔.๒ ใช้เป็นเครื่องหมายเตือน ที่จุดเริ่มต้นงานก่อสร้างที่เปิดการจราจรตามปกติ ซึ่งเป็นการเตือนผู้ขับขี่ยวดยานได้อย่างดี การติดตั้งแบบนี้เรียกว่า แผงกั้นข้างทาง (“Wing Barricade”) แผงกั้นข้างทางอาจติดตั้งเป็นชุด โดยเริ่มจากนอกไหล่ทางเข้ามาจนถึงใกล้ขอบทางจะทำให้ยวดยานลดความเร็วลงอย่างได้ผลสำหรับงานที่จะต้องใช้แผงกั้นข้างทางเป็นบางเวลา

๔.๓ ใช้สำหรับลดช่องจราจรบนทางหลายช่องจราจร เมื่อต้องการลดช่องจราจรลงอาจใช้อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราวขวางกับทิศทางการจราจร โดยให้เริ่มตั้งที่ขอบทางเข้ามาทีละ ๕๐-๖๐ เซนติเมตร การตั้งกำแพง แนวของกำแพงจะต้องเว้นระยะห่างจากขอบทางจราจรหรือเส้นขอบช่องจราจรไม่น้อยกว่า ๖๐ เซนติเมตร และกรณีการใช้กำแพงเพื่อเบี่ยงการจราจร ระยะเบี่ยงในการวางกำแพงให้ใช้ระยะ ๑๕:๑ และให้วางเรียงชิดกันตลอดแนว เป็นลักษณะการเบี่ยงเบนแนวการจราจร การใช้อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว อาจไม่สะดวกเท่ากรวยจราจร แต่มีความมั่นคงกว่า จึงเหมาะที่จะใช้กับงานที่ต้องการปิดกั้นเป็นเวลานาน

รูปแบบและคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier)

เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีใช้ในงานที่มี การทำงานระยะยาว

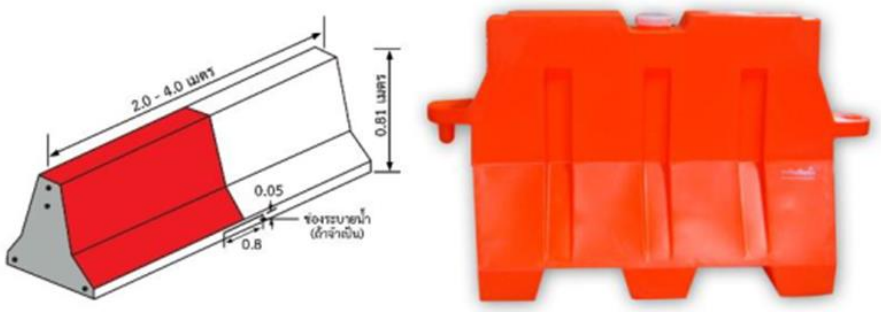
สามารถป้องกันการชนที่อาจทำให้เกิดความเสียหายร้ายแรง

สามารถเชื่อมต่อเป็นแนวของกำแพงได้

ความสูง ๐.๘๑ เมตร โดยประมาณ

มีระยะกันชนด้านข้าง ๒.๕ - ๗.๐ เมตร ตามาตรฐานกรมทางหลวง (กรมทางหลวง, ๒๕๕๙)

แผนภาพที่ ๒ - ๗ อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier)



ที่มา : กรมทางหลวง, ๒๕๕๙

อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) นิยมทำจากพลาสติกเนื่องจากมีน้ำหนักเบาสามารถขนย้ายได้ง่าย โดยอุปกรณ์จะมีลักษณะกลวงมีพื้นที่บรรจุน้ำเพื่อให้อุปกรณ์มีน้ำหนักมากขึ้น แต่มีข้อเสียอยู่ที่พลาสติกจะไม่สามารถทนแรงกระแทกจากกการชนแรง ๆ ได้ ทำให้ตัวอุปกรณ์แตก ไม่สามารถใส่น้ำได้ ก็จะสูญเสียความมั่นคงไป อีกทั้งการใช้งานในบางพื้นที่อาจไม่มีน้ำให้เติมลงในอุปกรณ์ ก็จะทำให้อุปกรณ์ไม่มีน้ำหนักมั่นคงพอที่จะใช้กั้นถนนได้อย่างปลอดภัย ด้วยคุณสมบัติของวัสดุย่อมส่งผลให้คุณสมบัติของอุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว แตกต่างกันไปดังแสดงในตารางที่ ๒ – ๕

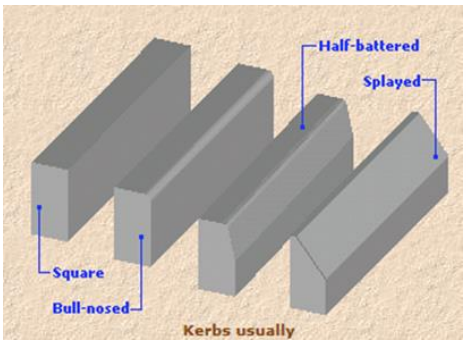
ตารางที่ ๒ - ๕ ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) จากวัสดุต่าง ๆ

	พลาสติก (PVC, PE, HDPE)	**EVA (ethylene vinyl acetate)**	**ยางธรรมชาติ**
ราคา	ถูก	ถูก-แพง	ปานกลาง-แพง
ความทนทานต่อสภาพอากาศ	พอใช้ เปราะแตกหลังจากโดนแสงแดดในระยะเวลาหนึ่ง	ดี ขึ้นอยู่กับคุณภาพ (ทนทามมากกว่าพลาสติกทั่วไป)	พอใช้ ขึ้นอยู่กับสูตร
ความรุนแรงเมื่อเกิดอุบัติเหตุ	น้อย วัสดุมีความแข็งน้อยกว่ายานพาหนะ	น้อย วัสดุมีความแข็งน้อยกว่ายานพาหนะ	น้อย วัสดุมีความแข็งน้อยกว่ายานพาหนะ
ความทนทานต่อการเปลี่ยนรูป	น้อย อาจแตกหักหลังการชน	กลาง มีความยืดหยุ่น คืนรูปเดิมหลังการชน	มาก มีความยืดหยุ่นสูง คืนรูปเดิมหลังการชน

๕. อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb)

อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) พบทั่วไปตามริมถนน ณ สถานที่ต่าง ๆ โดยใช้แบ่งเขตถนนกับเลนจักรยานยนต์ จักรยานหรือทางเท้าเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ วัสดุในการทำอุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน โดยทั่วไปทำจากปูนซีเมนต์ ซึ่งจะทำการผลิตมาเป็นก้อนพร้อมติดตั้ง มีหลากหลายลักษณะขึ้นอยู่กับการใช้งานดังแสดงในแผนภาพที่ ๒-๘ อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน นอกจากนี้ยังมีการสร้างอุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน โดยวิธีการเป่ารีดซีเมนต์ทำให้ได้อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนนที่เป็นเส้นยาวต่อเนื่อง ไม่มีรอยต่อแต่ต้องอาศัยเครื่องจักรยุ่งยากและกีดขวางการจราจร จึงทำให้อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนนแบบเป็นบล็อกพร้อมติดตั้งเป็นที่นิยม การติดตั้งนั้นจะติดตลอดแนวถนนสำหรับการติดตั้งบริเวณส่วนโค้งนั้นจะมีข้อกำหนดเรื่องขององศาต่าง ๆ การเชื่อมอุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนนใช้ซีเมนต์ในการเชื่อมแต่ละบล็อกเข้าด้วยกัน อาจมีการฉาบซีเมนต์เพิ่มเติมเพื่อความสวยงามจากนั้นทาสีควบคุมจราจรตามข้อกำหนด

แผนภาพที่ ๒ - ๘ อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb)

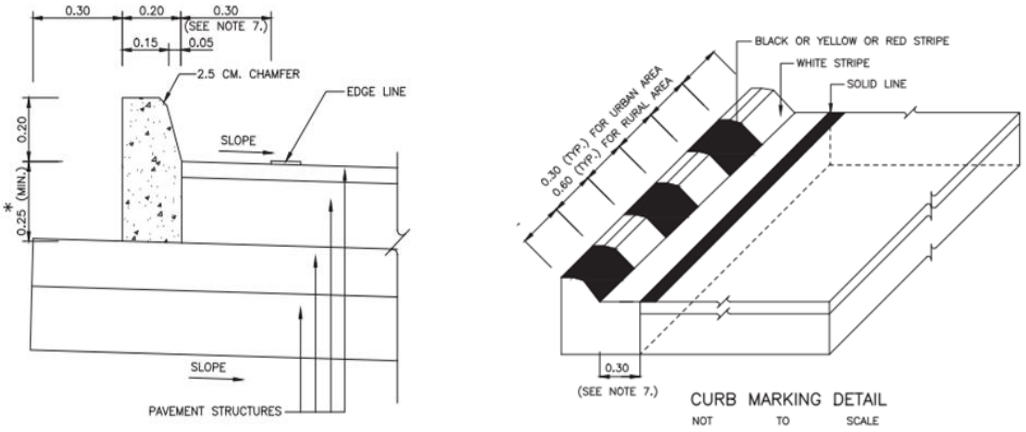


มิติและคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb)

ความสูงไม่น้อยกว่า 0.45 เมตร

สามารถกำหนดแถบสีเพื่อจัดระเบียบการจราจรได้ (สีเหลือง สีดำ และสีแดง)

แผนภาพที่ ๒ - ๙ แบบทั่วไปอุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb)



ที่มา : กรมทางหลวง, ๒๕๕๘

วัตถุประสงค์ของขอบฟุตบาท

ช่วยระบายน้ำ

ช่วยจัดระเบียบการจราจร

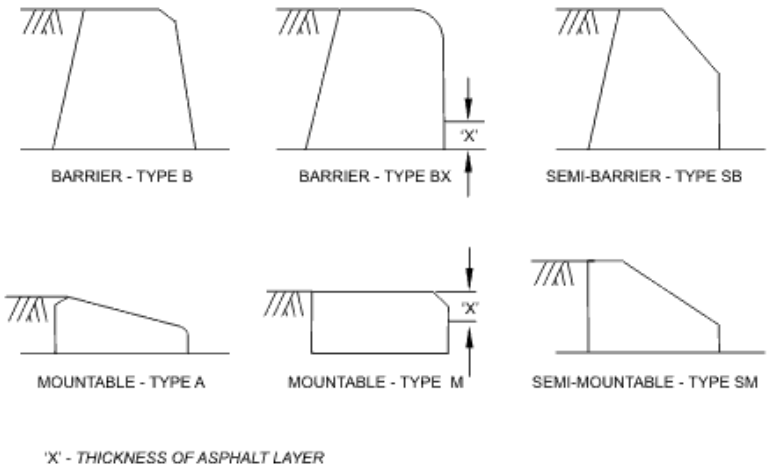
ป้องกันอันตรายจากยานพาหนะแก่ผู้สัญจรทางเท้า

ช่วยให้ทัศนียภาพสวยงาม

ช่วยลดการซ่อมบำรุงขอบไหล่ทาง

รูปแบบของขอบฟุตบาทแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ๆ คือ Mountable type และ Barrier Type ดังแผนภาพที่ ๒ – ๑๐

แผนภาพที่ ๒ - ๑๐ อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb)



Barrier type : ลักษณะสูงชันและออกแบบมาเพื่อป้องกันการรุกล้ำของยานพาหนะ โดยมีคุณลักษณะดังนี้

ป้องกันการใช้พื้นที่นอกเหนือจากพื้นผิวจารจรในการสัญจรของยานพาหนะ
ช่วยควบคุมการระบายน้ำ
ควบคุมการจอดยานพาหนะ
ลดความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุอันตรายแก่ผู้สัญจรบนทางเท้า

โดยทั่วไปขอบฟุตบาทประเภทนี้จะมีความสูงอยู่ที่ ๑๕๐ มิลลิเมตร ซึ่งความสูงระดับนี้ช่วยป้องกันไม่ให้ยานพาหนะที่มีความเร็วต่ำถึงปานกลางไม่ให้ขึ้นไปบนไหล่ทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามไม่ควรติดตั้งขอบฟุตบาทแบบนี้บริเวณขอบทาง Highways หรือพื้นที่ที่ยานพาหนะใช้ความเร็วมากกว่า ๗๐ กิโลเมตร/เซนติเมตร เนื่องจากเมื่อยานพาหนะพุ่งชนขอบฟุตบาทอาจทำให้เกิดการพลิกคว่ำ หรือ กระดอนออกนอกเส้นทาง นอกจากนี้ยังไม่ควรติดตั้งบริเวณพื้นที่ที่เป็นเลนของยานพาหนะขนาดใหญ่ เช่น รถพ่วง เนื่องจากการติดตั้งขอบประเภทนี้ทำให้ผู้ขับขี่รู้สึกถูกกีดกั้นและยังทำให้ควบคุมท้ายพ่วงได้ยาก

อย่างไรก็ตามขอบประเภทนี้ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุแก่ผู้สัญจรทางเท้า ไม่เฉพาะทางกายภาพแต่ทางด้านจิตวิทยานั้น ผู้ขับขี่ยานพาหนะจะไม่ขับขี่ยานพาหนะเข้าใกล้ขอบฟุตบาทมากเกินไปจึงเหมาะแก่การติดตั้งบริเวณทางเท้าที่มีผู้สัญจรไปมา

Mountable Type: (type A & M)

ใช้ติดตั้งบริเวณเกาะกลางใกล้ทางแยก หรือ บริเวณวงเวียน
ตัดตั้งบริเวณขอบซ้ายของช่องทางจราจรติดกับบริเวณไหล่ทางหรือพื้นที่จอดยานพาหนะฉุกเฉิน
สำหรับทางเท้าและเลนจักรยาน ติดตั้งบริเวณขอบทางเพื่อลดความเสียหายที่เกิดจากการเติบโตของหญ้า

Semi-Mountable: ควรติดตั้งทุกทางแยก สี่แยก และเกาะกลางถนนขอบประเภทอื่น ๆ ใช้เพื่อช่วยทำให้มองเห็นทัศนวิสัยของทางสัญจรและเส้นชี้บ่งให้ชัดเจนขึ้นขณะขับขี่ยานพาหนะ

ตารางที่ ๒ - ๖ ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) แต่ละชนิด

	คอนกรีต	**ยางธรรมชาติ**
ราคา	ถูก	ปานกลาง-แพง
ความทนทานต่อสภาพอากาศ	ดีมาก ผิวนั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของสี	ดี ขึ้นอยู่กับสูตร
ความรุนแรงเมื่อเกิดอุบัติเหตุ	มาก วัสดุมีความแข็งมากกว่ายานพาหนะ	น้อย วัสดุมีความแข็งน้อยกว่ายานพาหนะ
ความทนทานต่อการเปลี่ยนรูป	น้อย อาจแตกหักหลังการชน	มาก มีความยืดหยุ่นสูง คืนรูปเดิมหลังการชน

๖. พื้นทางเดินเท้า (Sidewalk Wearing Surface)

การทำพื้นทางเดินเท้า (Sidewalk Wearing Surface) โดยใช้เม็ดยางผสมกับน้ำยาประสานและเททับลงบนพื้นคอนกรีตดังแผนภาพที่ ๒ - ๑๑ ก็มีให้เห็นในบางพื้นที่เช่น บันได สะพานลอย ทางเดินสวนสาธารณะ สนามกีฬา สวนสุขภาพ รีสอร์ต หรือพื้นที่ที่ต้องการปรับปรุงภูมิทัศน์ให้สวยงาม ยางปูพื้นส่วนมากผลิตจากยางสังเคราะห์ หรือยางธรรมชาติผสมยางสังเคราะห์ สามารถทำให้เกิดลวดลายและสีสันได้หลายสี บางครั้งอาจพบเห็นในลักษณะที่เป็นแบบแผ่นหรือบล็อคสำเร็จรูปขนาดต่าง ๆ กัน ขึ้นกับการออกแบบยางปูพื้นแบบเป็นบล็อกบางครั้งเรียกว่า บล็อกปูพื้นมีลักษณะเหมือนบล็อกคอนกรีตแต่มีคุณสมบัติเหนือกว่าบล็อคคอนกรีตหลายประการ เช่น มีน้ำหนักเบากว่า พื้นผิวอ่อนนุ่ม มีความยืดหยุ่นและสปริงตัวได้ดี ไม่มีเสียงดังเวลาเดินและทำงานหรือเมื่อมีวัตถุอื่นตกกระทบ ข้อมูลการนำแผ่นยางพื้นทางเดินเท้าจากผลงานวิจัยนี้มาเทียบคุณสมบัติกับแผ่นพลาสติกพอลิเอทีลีน (PE) ที่ใช้สำหรับปูพื้นลานกีฬาทั่วไป พบว่าแผ่นยางพื้นทางเดินเท้าจะมีสมบัติเชิงกลดีกว่าแผ่นพลาสติกพอลิเอทีลีน (PE) มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งความต้านทานต่อแรงดึง ความต้านทานต่อการฉีกขาด อายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าประมาณ ๓ เท่า โดยจะมีอายุการใช้งานประมาณการไว้ที่ ๑๐ ปี

แผนภาพที่ ๒ - ๑๑ พื้นทางเดินเท้า (Sidewalk Wearing Surface)

๖.๑ ประเภทของทางเท้าจำแนกตามวัสดุที่ใช้สร้างทางเท้า

๖.๑.๑ ทางเท้าคอนกรีต

คอนกรีตเป็นวัสดุที่นิยมใช้สร้างทางเท้าสามารถพบเห็นได้ทั่วไป มีอายุใช้งานตั้งแต่ ๔๐ - ๘๐ ปี สร้างได้ง่ายโดยการเทคอนกรีตจากนั้นทำการขัดผิวให้เรียบและแกะลายเพื่อเพิ่มความเสียดทาน ซึ่งการขัดและการแกะลายนั้นสามารถทำได้ง่ายขณะที่คอนกรีตยังอยู่ในสถานะกึ่งแข็งกึ่งเหลว รูปแบบของทางเท้าคอนกรีตดังแสดงในแผนภาพที่ ๒ – ๑๒

แผนภาพที่ ๒ - ๑๒ ทางเท้าคอนกรีต

๖.๑.๒ ทางเท้ายางมะตอย

ยางมะตอยนั้นได้รับความนิยมน้อยกว่าคอนกรีตแม้ว่ายางมะตอยจะมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำกว่าคอนกรีตก็ตามเนื่องจากยางมะตอยจะมีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างสั้นกว่าคนกรีต การสร้างทางเท้ายางมะตอยจะใช้ส่วนผสมของน้ำมันมาผสมกับหินคลุก จากนั้นทำการบดอัดด้วยอุปกรณ์กดอัดเช่น รถบดลักษณะของพื้นที่ที่นิยมสร้างทางเท้าโดยใช้ยางมะตอยส่วนมากจะเป็นทางราบที่อุปกรณ์บดอัดสามารถทำงานได้ ส่วนบริเวณที่มีทางลาดหรือบันไดนั้นมักจะทำด้วยคอนกรีต รูปแบบทางเท้ายางมะตอยดังแสดงในแผนภาพที่ ๒ - ๑๓

แผนภาพที่ ๒ - ๑๓ ทางเท้ายางมะตอย

๖.๑.๓ ทางเท้าอิฐและอิฐคอนกรีตพิมพ์ลาย

อิฐเป็นวัสดุที่ใช้ในการสร้างทางเท้าที่นิยมใช้กันในอดีต อิฐมีความทนทานค่อนข้างสูงสามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือทดแทนเพื่อซ่อมแซมได้ง่าย อิฐและอิฐคอนกรีตนั้นจัดเป็น Segmental Material เนื่องจากแต่ละก้อนนั้นแยกกันเป็นอิสระไม่เหมือนกับพื้นคอนกรีตจำเป็นต้องอาศัยการติดตั้งที่ถูกต้องถูกวิธีเพื่อความทนทานของทางเท้าแบบนี้ อย่างไรก็ตามความสลับซับซ้อนในการติดตั้งและการซ่อมบำรุงที่สูงทำให้การใช้อิฐไม่เป็นที่นิยม แต่นิยมใช้เพื่อตกแต่งทางเท้าให้ทัศนียภาพสวยงามมากยิ่งขึ้นดังแสดงในแผนภาพที่ ๒ – ๑๔

แผนภาพที่ ๒ - ๑๔ ทางเท้าอิฐและอิฐคอนกรีตพิมพ์ลาย

๖.๑.๔ ทางเท้ายาง

ทางเท้าที่สร้างจากวัสดุยางรีไซเคิลและพลาสติกนั้นเริ่มถูกนำมาใช้ทดแทนวัสดุที่นิยมใช้ทำทางเท้า เช่น คอนกรีต ยางมะตอย ลักษณะของยางหรือพลาสติกที่นำมาใช้นั้นมาใช้นั้นมาในรูปแบบอัดเป็นแผ่นคล้ายอิฐตัวหนอน แผ่นยางปูพื้นนั้นนิยมใช้ปูเป็นทางเท้าบริเวณใกล้ต้นไม้ใหญ่เนื่องจากรากของต้นไม้มักทำให้เกิดรอยแตกบนทางเท้าที่สร้างจากคอนกรีต วัสดุยางนั้นสามารถใช้ปูได้ในทุกสภาพแวดล้อมบนพื้นที่ที่เป็นที่ราบเรียบด้วยความหนาเพียงครึ่งหนึ่งของพื้นคอนกรีตแต่จะมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าคอนกรีตอยู่ค่อนข้างมาก ตัวอย่างการทำทางเท้าจากยางดังแสดงในแผนภาพที่ ๒ - ๑๕

แผนภาพที่ ๒ - ๑๕ ทางเท้ายาง

๖.๒ คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ อ้างอิงจากสถาบันพลาสติก (๒๕๕๙)

๖.๒.๑ ยืดหยุ่นได้ดี รองรับแรงกระแทกได้ดี

๖.๒.๒ ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายที่รุนแรงแก่รถเมื่อเกิดการชน

๖.๒.๓ ติดตั้งได้ง่าย

๖.๒.๔ ต้องเป็นเนื้อเดียวกัน มีลักษณะการกระจายของเนื้อยางธรรมชาติสม่ำเสมอ

๖.๒.๕ สามารถใช้งานได้โดยการผสมแบบปกติและปูทับได้โดยเครื่องจักรทั่วไป

ตารางที่ ๒ - ๗ ตารางเปรียบเทียบวัสดุในการสร้างทางเท้า

	คอนกรีต	**ยางมะตอย**	**อิฐดินเผา /อิฐคอนกรีต**	**พื้นยาง**
ราคา	ปานกลาง	ถูก	แพง	แพง
ความทนทานต่อสภาพอากาศ	ดีมาก	ดี	ดีมาก	ปานกลาง
ความรุนแรงเมื่อเกิดอุบัติเหตุ (หกล้ม)	สูง ไม่ลดแรงกระแทก	สูง ไม่ลดแรงกระแทก	สูง ไม่ลดแรงกระแทก	น้อย ช่วยลดแรงกระแทก
ความทนทานต่อการเปลี่ยนรูปแตกหัก	น้อย แตกหักได้จากหลากหลายสาเหตุ	ปานกลาง มีความเหนียวและยืดหยุ่น	น้อย แตกหักได้จากหลากหลายสาเหตุ	สูง มีความยืดหยุ่นสูง
ค่าซ่อมบำรุง	สูง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง
ความถี่ในการซ่อมบำรุง	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	น้อย

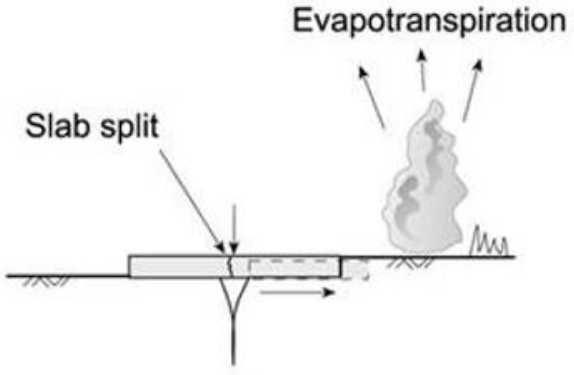
สาเหตุที่ทำให้ทางเท้าประเภทคอนกรีต ยางมะตอยและอิฐเสียหายการที่ทางเท้าชำรุดเสียหายนั้นอาจนำไปสู่ความไม่ปลอดภัยในการสัญจร ซึ่งมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัยได้แก่

๑. การยกตัว เกิดจากการเคลื่อนตัว การขยายตัว หรือหดตัวจากความร้อนและความเย็นของดินซึ่งอาจเกิดขึ้นได้แบบสุ่มทั่วไปในบริเวณทางเท้า ดังแผนภาพที่ ๒ - ๑๖

แผนภาพที่ ๒ - ๑๖ ทางเท้าคอนกรีตยกตัว

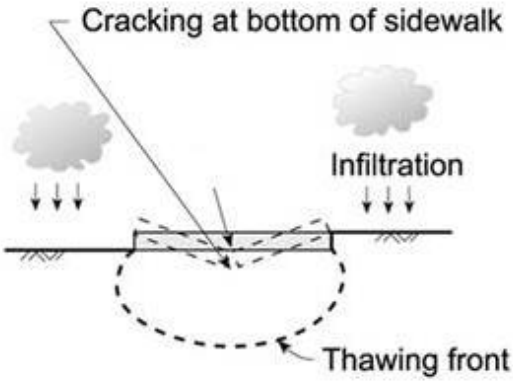
๒. การยุบตัวของดินใต้พื้นทางเท้าเกิดจากการยุบตัวของดินเนื่องจากปริมาณความชื้นใต้ดินลดลง ผลของการยุบตัวนี้ทำให้เกิดแรงเครียดในเนื้อของผิวทางเดินจนเกิดกว่าที่ค่าของวัสดุจะทนได้จึงเกิดการแตกร้าวดังแผนภาพที่ ๒ - ๑๗

แผนภาพที่ ๒ - ๑๗ การยุบตัวของดินใต้พื้นทางเท้าจากการยุบตัวของดินเนื่องจากปริมาณความชื้นใต้ดินลดลง



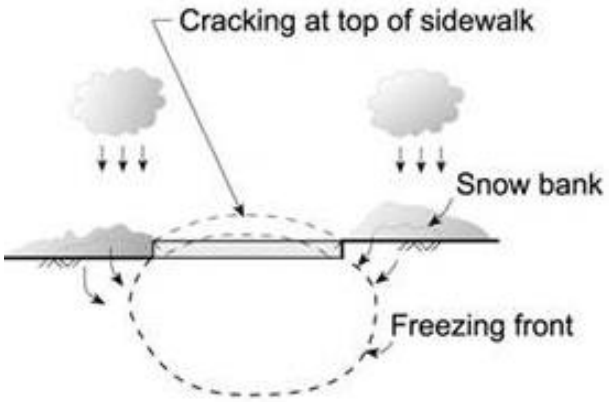
๓. การเคลื่อนตัวที่ไม่เท่ากันทั้งแผ่นของพื้นทางเท้ามักเกิดจากดินใต้ทางเท้าที่เป็นดินเหนียว ซึ่งทำให้พื้นที่ช่วงบริเวณกลางแผ่นเกิดช่องว่างขึ้นทำให้เกิดการแตกร้าวดังแผนภาพที่ ๒ - ๑๘

แผนภาพที่ ๒ - ๑๘ พื้นทางเท้าช่วงบริเวณกลางแผ่นเกิดช่องว่างทำให้เกิดการแตกร้าว



๔. การเคลื่อนตัวที่ไม่เท่ากันทั้งแผ่นของพื้นทางเท้าโดยเกิดจากน้ำแข็งในรอยแตกร้าว การยกตัวของดินเหนียว หรือรากต้นไม้ ส่งผลทำให้ทางเท้าเสียหายดังแผนภาพที่ ๒ - ๑๙

แผนภาพที่ ๒ - ๑๙ พื้นทางเท้าแตกจากน้ำแข็งในรอยแตกร้าว



๕. ผิวหลุดร่อนของพื้นทางเท้า เกิดจากคุณภาพของวัสดุที่ใช้ทำไม่ได้มาตรฐาน กรรมวิธีการผสมไม่ถูกต้องดังแผนภาพที่ ๒-๒๐

แผนภาพที่ ๒ - ๒๐ ผิวพื้นทางเท้าหลุดร่อน

ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและนำมาใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อหากิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง สนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติอย่างเหมาะสมและคุ้มค่า โดยเน้นแนวทางการปฏิบัติงานในแต่ละกิจกรรมดังกล่าวอย่างเป็นรูปธรรมและเป็นระบบ สอดคล้องกับภารกิจของกรมทางหลวง นำไปสู่ข้อเสนอแนวทางในการเลือกกิจกรรมการใช้ยางพาราที่เหมาะสม จากกรอบแนวคิดของหลักการเหตุและผล นำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมและกลยุทธ์เชิงนโยบาย ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดและทฤษฎีที่นำมาวิเคราะห์ ดังนี้ คือ

๑. Lewin ’s Change Model โดย Kurt Lewin เป็นโมเดลแสดงปัจจัยที่จะทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงลักษณะและแนวความคิด

๒. S – R Model คือ กลยุทธ์การกระตุ้นการตัดสินใจ โดยอาศัยหลักการตัดสินใจที่เริ่มต้นจากการมีสิ่งกระตุ้น นำไปสู่การตอบสนองต่อข้อมูลที่นำเสนอ

๓. Decision Process เป็นกระบวนการตัดสินใจอย่างเป็นขั้นตอน ได้แก่ การรับรู้ปัญหา การค้นหาข้อมูล การประเมินทางเลือก และการตัดสินใจ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฟ้าใหม่ แก้วรัตนปัทมา (๒๕๕๐) ได้ศึกษารูปแบบการวิเคราะห์องค์ประกอบต้นทุนในการจ้างเหมางานบำรุงปกติของกรมทางหลวง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการวิเคราะห์ต้นทุนงานบำรุงปกติทางหลวงของหน่วยงานรัฐ ในกรณีที่ตัดสินใจจ้างเหมาเอกชน เพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบต้นทุนและปัจจัยที่เกี่ยวข้องเมื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าเชิงต้นทุนกับกรณีที่หน่วยงานรัฐยังคงดำเนินการเอง โดยใช้หน่วยงานกรมทางหลวงเป็นต้นแบบของการศึกษา โดยการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้แบ่งออกเป็น ๒ ขั้นตอนได้แก่

๑. การศึกษาองค์ประกอบต้นทุนที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนแต่ละประเภทเมื่อมีการโอนถ่ายงานไปให้เอกชน ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว และเพื่อระบุถึงลักษณะ

ของปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนดังกล่าวซึ่งส่งผลต่อความคุ้มค่าในภาพรวม โดยใช้การศึกษาข้อมูลเชิงเอกสาร แล้วนำผลที่ได้มาสอบทานกับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญถึงความเป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติ

๒. การวิเคราะห์ตัวอย่างข้อมูลต้นทุนของหน่วยงานเพื่อศึกษาถึงลักษณะข้อมูลและสมมติฐานที่เกี่ยวข้อง และลักษณะผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ โดยเลือกงานบำรุงปกติ ได้แก่ งานปะซ่อมผิวทาง งานขุดซ่อมผิวทาง และงานตัดหญ้าเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ครั้งนี้ จากการศึกษา ในกรณีหน่วยงานรัฐโอนถ่ายงานไปจ้างเอกชนมีต้นทุนที่ต้องคำนึงถึง ๓ ส่วนได้แก่ ๑) ต้นทุนเดิมของหน่วยงานที่ไม่สามารถปรับลดได้ ๒) ต้นทุนค่าจ้างเอกชน และ ๓) ต้นทุนที่หน่วยงานใช้ในกระบวนการจัดจ้าง ควบคุม และตรวจสอบงานจ้าง ทั้งนี้ เนื่องจากที่ผ่านมาหน่วยงานรัฐมีทรัพยากรประเภทต่าง ๆ ไว้เพื่อทำงานอยู่แล้ว ดังนั้นในการปรับลดต้นทุนในส่วนแรกจึงส่งผลอย่างมากต่อความคุ้มค่าในการโอนถ่าย สำหรับการปรับลดต้นทุนทางตรงนั้น ต้นทุนที่ไม่สามารถปรับลดได้ทันที คือ ต้นทุนบุคลากรทางตรง และต้นทุนค่าเครื่องจักร ซึ่งในระยะสั้นถ้าหน่วยงานสามารถนำทรัพยากรที่ว่างลงไปทำประโยชน์ในด้านอื่นย่อมไม่เกิดต้นทุนส่วนเกินขึ้น ในระยะยาว การลดจำนวนบุคลากรอาจทำแบบค่อยเป็นค่อยไปได้ ส่วนการลดจำนวนเครื่องจักรจำเป็นต้องคำนึงถึงการเสียความคล่องตัวในการทำงาน สำหรับต้นทุนทางอ้อม การลดเนื้องานเพียงบางส่วนอาจไม่ส่งผลต่อการลดค่าใช้จ่ายของบุคลากรสนับสนุน และค่าใช้จ่ายทางอ้อมอื่น ๆ จากการวิเคราะห์ตัวอย่างข้อมูล งานทั้ง ๓ ประเภทได้รับผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยแต่ละประเภทแตกต่างกันออกไป เนื่องจากงานเหล่านั้นมีสัดส่วนของต้นทุนที่แตกต่างกัน ซึ่งสะท้อนถึงความเป็นไปได้ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่าเมื่อโอนถ่ายภารกิจที่แตกต่างกันด้วย

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (๒๕๕๓) ศึกษาเรื่อง ข้อมูลวิชาการยางพารา พบว่า ยางธรรมชาติ (ยางพารา) มีคุณสมบัติเด่นคือความยืดหยุ่น จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Elastomers แต่ยังมีจุดอ่อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะไปตามอุณหภูมิ กล่าวคือ โมเลกุลขยายตัวเมื่ออุณหภูมิสูง ทำให้ยางนิ่มลง และโมเลกุลหดตัวเมื่ออุณหภูมิต่ำ ทำให้ยางแข็งขึ้น การเปลี่ยนแปลงลักษณะตามอุณหภูมิดังกล่าว ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้นาน และยังไม่มีการทำผลิตภัณฑ์ยางในระดับอุตสาหกรรม การค้นพบปฏิกิริยาวัลคาไนเซชั่น ในปี ค.ศ. ๑๘๓๙ (ปี พ.ศ. ๒๓๘๒) โดย Charles Goodyear ซึ่งจะทำให้ยางไม่เปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างตามอุณหภูมิ และมีความยืดหยุ่นสูงขึ้นกว่าเดิมมาก จึงเป็นก้าวสำคัญ ที่ทำให้เริ่มมีการผลิต ผลิตภัณฑ์ยางในระดับอุตสาหกรรม และมีการศึกษาค้นคว้าอย่างต่อเนื่องในส่วนที่เกี่ยวกับสารเคมีที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมกับการใช้งานได้มากขึ้น

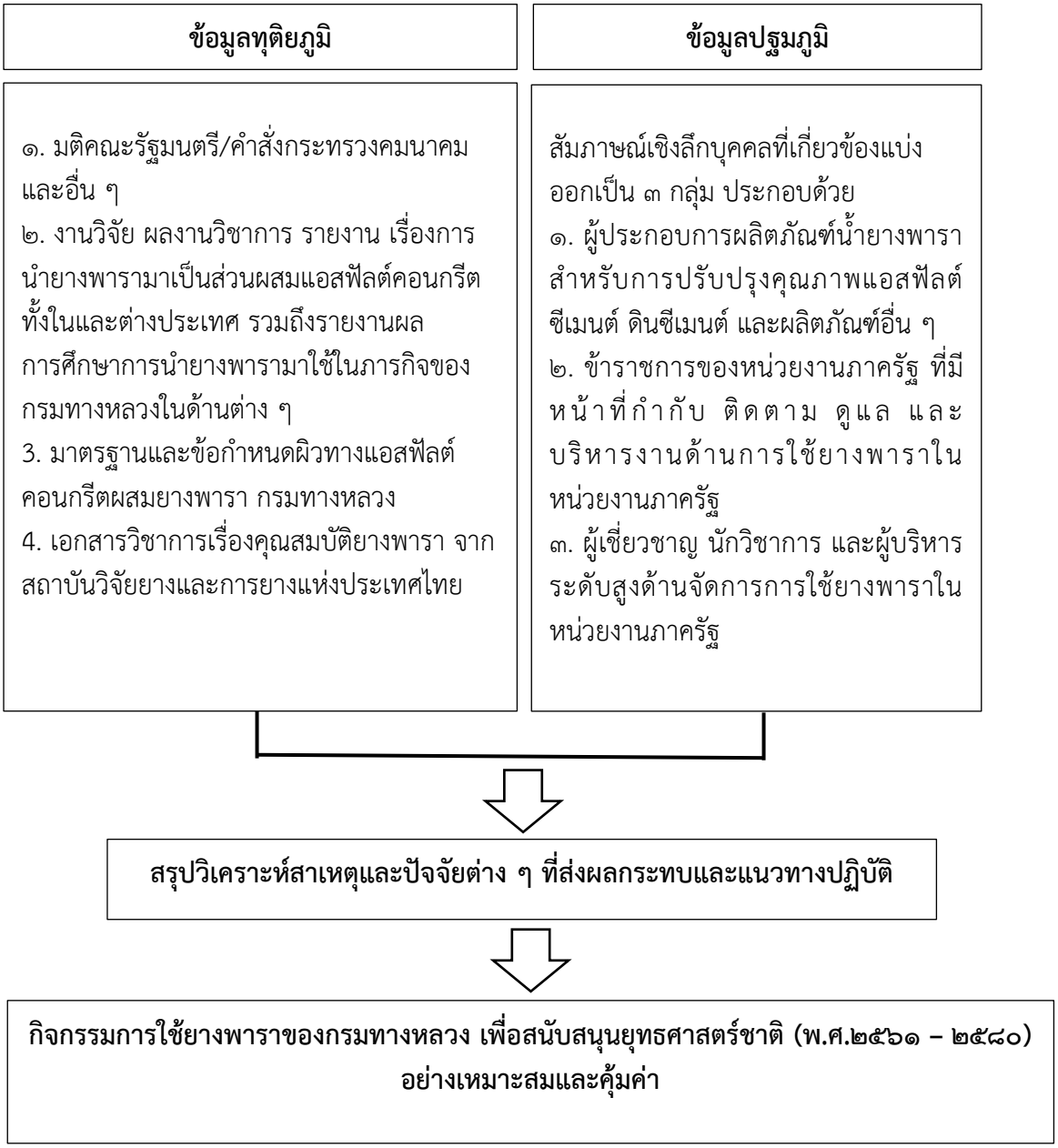
ณพรัตน์ วิชิตชลชัย (๒๕๕๐) ศึกษาเรื่องการใช้ยางธรรมชาติในงานทางโดยการผสมยางพารากับยางมะตอยเพื่อใช้ในการลาดถนน พบว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้ปรับปรุงสมบัติของยางมะตอยให้ดีขึ้นโดยอาศัยสมบัติบางประการที่เป็นข้อดีของยางธรรมชาติ เช่น ความคงตัวสูง (Stability), ความยืดหยุ่นดี (Elasticity) และทนความล้าดี (Fatigue resistance) มาเป็นตัวเสริมสมบัติของยางมะตอยทำให้สามารถยืดอายุ การใช้งานของถนนซึ่งเป็นการช่วยประหยัดงบประมาณในการซ่อมบำรุงถนนด้วย อีกทั้งถ้าใช้ยางพาราผสมยางมะตอยการลาดถนนจะเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้ยางพาราภายในประเทศอีกทางหนึ่งด้วย การใช้ยางพาราผสมยางมะตอยลาดถนนมีการทดลองมานานแล้ว ทั้งในประเทศ และต่างประเทศโดยใช้ยางพาราในรูปยางแห้ง, น้ำยาง และยางผง (ยางรีเคลมจากผลิตภัณฑ์ยาง) ผสมกับยางมะตอย แล้วนำไปทดลองลาดถนน จากรายงานของสถาบันวิจัย

ยางมาเลเซีย (๑๙๙๓) ได้ทดลองเรื่องใช้ยางพาราในงานลาดถนนตั้งแต่ปี ๒๔๙๓ โดยใช้น้ำยางผสมยางมะตอยอัตรา ๕% ลาดถนนระหว่างเมือง Kata Bharu และ Kual Krai เป็นระยะทาง ๑๐๐ หลา พบว่าถนนมีสภาพดีและมีอายุการใช้งานนานขึ้น และจากรายงานของ Sansuri (๑๙๙๖) ได้ทดลองใช้ยางรีเคลมจากถุงมือยางและยางรถยนต์ผสมยางมะตอยลาดถนนที่ Sungai Buloh เป็นระยะทาง ๓ กิโลเมตรและที่ Putrajaya เป็นระยะทาง ๑๕ กิโลเมตรทำให้ถนนทนทานมากขึ้น และจากรายงานของ INRO (๑๙๙๙) พบว่ามีการใช้ยางธรรมชาติในงานทางอย่างกว้างขวางทั้งในเนเธอร์แลนด์, สหรัฐอเมริกา, อังกฤษและออสเตรเลียซึ่งมีผลทำให้ถนนมีความทนทานมากขึ้น

สำหรับในประเทศไทยได้เริ่มทดลองผสมยางพารากับยางมะตอยตั้งแต่ปี ๒๕๐๐ โดยชิตและคณะได้ทดลองผสมยางพารากันยางมะตอยด้วยอัตราส่วน ๕% ของยางมะตอย ทดลองลาดถนนสายหาดใหญ่-สงขลา สังเกตผลการทดลองโดยประเมินด้วยสายตาพบว่ายางพาราช่วยเสริมความแข็งแรงให้ถนน มวลสารเกาะกันดี ผิวถนนไม่เยิ้มเหนียวเหมือนใช้ยางมะตอยเพียงอย่างเดียว ได้มีการทดลองซ้ำอีกครั้งในปี ๒๕๐๕ ซึ่งได้ผลการทดลองในทำนองเดียวกับครั้งแรก และเมื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในปี ๒๕๑๐ พบว่าถนนที่ลาดด้วยยางมะตอยผสมยางพารายังไม่มีการซ่อมแซม แต่ถนนที่ลาดด้วยยางมะตอยปกติมีการซ่อมแซมแล้ว ๑ ครั้งในปี ๒๕๐๗ ต่อมามีการปรับปรุงและขยายถนนตลอดทั้งสายจึงไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ นอกจากนี้ยังไม่ได้เก็บข้อมูลสมบัติยางมะตอยที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากผสมด้วยยางพารา ดังนั้น ในปี ๒๕๔๓ สถาบันวิจัยยาง (ณพรัตน์ และคณะ) ได้ดำเนินการทดลองผสมยางพารากับยางมะตอยชนิด AC ๖๐/๗๐ ในอัตราต่าง ๆ กันและเก็บข้อมูลสมบัติของยางมะตอยผสมยางพารา พบว่าการใช้ยางแผ่นรมควันผสมยางมะตอยอัตรา ๖% ทำให้สมบัติของจุดอ่อนตัว (Softening point) ของยางมะตอยสูงขึ้น ค่าเพนิเทรชัน (Penetration) ต่ำ ลง คือยางมะตอยมีความแข็งขึ้น และ ค่าการคืนตัวกลับ (Torsional Recovery) สูงกว่ายางมะตอยปกติ แต่การผสมยางพารากับยางมะตอยในขณะนั้นยังไม่มีเครื่องผสมที่มีประสิทธิภาพและการใช้ยางพาราในอัตราร้อยละ ๕ ก็ให้ผลในทำนองเดียวกับร้อยละ ๖ จึงใช้ยางพาราผสมยางมะตอย ในปริมาณร้อยละ ๕ ของเนื้อยางแห้ง ต่อน้ำหนักยางมะตอยเพื่อปรับปรุงสมบัติของยางมะตอย ทำให้ค่าจุดอ่อนตัว, ค่าการคืนตัวกลับ, ค่า Toughness, ค่า Tenacity, ค่าความหนืดและค่า Penetration Index สูงขึ้น

กรอบแนวคิดการวิจัย

แผนภาพที่ ๒ - ๒๑ แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย



สรุป

การใช้ยางธรรมชาติในภารกิจของกรมทางหลวงที่ผ่านมาและปัจจุบัน เป็นการผสมยางพารากับยางมะตอยเพื่อใช้เป็นวัสดุผิวทาง ชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ และอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถใช้ปรับปรุงสมบัติวัสดุให้ดีขึ้นโดยอาศัยสมบัติบางประการที่เป็นข้อดีของยางธรรมชาติ เช่น ความคงตัวสูง (Stability), ความยืดหยุ่นดี (Elasticity) และทนความล้าดี (Fatigue resistance) มาเป็นตัวเสริมสมบัติของวัสดุงานทาง ทำให้สามารถยืดอายุการใช้งานของถนน ซึ่งเป็นการช่วยประหยัดงบประมาณในการซ่อมบำรุงถนนด้วย ประกอบด้วย

๑. การฉาบผิวทางพาราสเลอรี่ซิล (Para Slurry Seal) ซึ่งมี ๓ ชนิด ดังนี้

๑.๑ พาราสเลอรี่ซิลชนิดที่ ๑ โดยมีขนาดของหินที่ใช้ผสมละเอียดที่สุด เหมาะสำหรับการยารอยแตก ปรับปรุงสภาพผิวทางให้หยาบได้เล็กน้อย ป้องกันการเสื่อมสภาพของผิวทางเดิมจากการเกิดออกซิเดชัน

๑.๒ พาราสเลอรี่ซิลชนิดที่ ๒ จะใช้หินที่หยาบขึ้นเล็กน้อย จะเพิ่มความฝืดให้ผิวทางเดิมได้มากขึ้น

๑.๓ พาราสเลอรี่ซิลชนิดที่ ๓ จะเป็นชนิดที่หยาบที่สุด จะเพิ่มความฝืดได้มากที่สุด ช่วยระบายน้ำที่ผิวได้เร็วยิ่งขึ้น ทั้งยังช่วยปรับระดับได้บ้าง แก้ปัญหา Crown Slope ได้บ้าง รวมถึงใช้ฉาบปิดผิวทางเดิมที่หลุด (Raveling)

๒. แอสฟัลต์ซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

การนำยางพารามาผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC ๖๐/๗๐ ที่เรียกว่า “แอสฟัลต์ซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ” เพื่อผสมกับวัสดุมวลรวม (หิน) เป็นแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับการก่อสร้างเป็นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

การนำยางพาราที่ผลิตในประเทศมาใช้ในงานผิวทางดังกล่าวเป็นการเพิ่มอุปสงค์ของยางพาราในประเทศให้มากขึ้น และเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรชาวสวนยางอีกทางหนึ่ง สำหรับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาตินั้น ยังเป็นทางเลือกของผิวทางอีกประเภทหนึ่งที่เหมาะสำหรับปริมาณจราจรในระดับต่ำไปจนถึงระดับปานกลาง ผิวทางบริเวณที่มีโอกาสเกิดร่องล้อ เช่น บริเวณทางร่วม ทางแยก ทางลาดชันและทางโค้ง เป็นต้น

๓. ถนนดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

เป็นนวัตกรรมใหม่ ของการศึกษาเพื่อหาแนวทางนำยางพาราไปใช้ในชั้นพื้นทางหรือชั้นผิวทางจราจรดินซีเมนต์ ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะสามารถใช้ยางพาราได้ปริมาณที่มากขึ้นกว่าการนำไปใช้เป็นวัสดุผิวทาง ด้วยการนำยางพารามาใช้เป็นส่วนประกอบของการก่อสร้างถนน ในชั้นพื้นทางดินซีเมนต์

การนำยางพารามาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพวัสดุดินซีเมนต์ เพื่อนำไปก่อสร้างเป็นชั้นพื้นทางหรือชั้นผิวทางจราจรดินซีเมนต์ โดยการใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของวัสดุชั้นโครงสร้างทางด้วยวิธีการเติมยางพาราและสารผสมเพิ่มในชั้นพื้นทางดินซีเมนต์หรือชั้นพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ เป็นต้น เพื่อใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทางหรือชั้นผิวทางจราจรดินซีเมนต์ กระบวนการดังกล่าวถือว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้ในการปรับปรุงสมบัติของโครงสร้างชั้นทางให้ดีขึ้นโดยอาศัยสมบัติบางประการที่เป็นข้อดีของยางธรรมชาติ (ยางพารา) เช่น ความคงตัวสูง (Stability), ความยืดหยุ่นดี (Elasticity) และทนความล้าดี (Fatigue resistance) มาเป็นตัวเสริมคุณสมบัติของวัสดุชั้นพื้นทางโดยการปรับปรุงพฤติกรรมการเสียรูปของดินที่ปรับปรุงด้วยซีเมนต์จากวัสดุเปราะ (Brittle) เมื่อผสมยางพาราและสารผสมเพิ่ม จะช่วยทำให้พฤติกรรมการเสียรูปของดินซีเมนต์เปลี่ยนจากวัสดุเปราะ (Brittle) ไปเป็นวัสดุเหนียว (Ductile) ทำให้สามารถยืดอายุการใช้งานของถนน ซึ่งเป็นการช่วยประหยัดงบประมาณในการซ่อมบำรุงถนนด้วย อีกทั้งหากใช้ยางพาราปรับปรุงคุณภาพเป็นวัสดุชั้นโครงสร้างทางจะเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้ยางพาราภายในประเทศอีกทางหนึ่งด้วย

๔. การส่งเสริมการใช้ยางพาราเป็นอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย

ยางพาราเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูงและเหนียวติดกัน ทนต่อแรงดึง ทนต่อการฉีกขาด ทนต่อการขัดสี และดูดซับพลังงานได้ดี เมื่อนำมาผ่านกระบวนการผลิตขึ้นรูปโดยใส่สารเคมีผสมเพิ่มให้มีความเสถียร ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ทนต่อแสงแดด ออกซิเจน โอโซน และความร้อน สามารถนำมาใช้งานเป็นวัสดุวิศวกรรมได้ ปัจจุบันกรมทางหลวงได้นำยางพารามาใช้ในงานฉาบผิวทางและงานปรับปรุงคุณภาพผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต แต่อย่างไรก็ตาม ยางพาราที่ใช้เป็นส่วนผสมในงานดังกล่าวยังมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับมูลค่าการลงทุน กรมทางหลวงจึงมีแนวความคิดที่จะนำยางพารามาผลิตเป็นอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนน ซึ่งนอกจากจะสามารถนำยางพารามาใช้ได้มากขึ้นโดยมีมูลค่าการลงทุนที่ลดลงเมื่อเทียบกับงานผิวทางแล้ว คุณสมบัติที่ดีของยางพาราตามที่ได้กล่าวข้างต้น ยังจะช่วยให้อุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยที่มียาง พาราเป็นส่วนผสมสามารถอำนวยความปลอดภัยได้ดีกว่าอุปกรณ์เดิมที่ทำจากพลาสติก โลหะ และคอนกรีต ซึ่งมักแตกหักและอาจเป็นการเพิ่มความรุนแรงของการบาดเจ็บเมื่อเกิดการชน

กรมทางหลวง โดยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง ได้ศึกษาวิจัยพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนน ที่มียางพาราเป็นส่วนผสม จำนวน ๖ อุปกรณ์ ได้แก่ อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Block-out for Guard Rail) อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) และพื้นทางเดินเท้า (Sidewalk Wearing Surface) และนำไปติดตั้งในพื้นที่ศึกษาเพื่อประเมินผลการใช้งาน พร้อมทั้งศึกษาต้นทุนในการนำยางพารามาผลิตอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนน ดังกล่าว

บทที่ ๓
การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เชิงวิศวกรรมและความคุ้มค่า

บทนี้เป็นการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เชิงวิศวกรรมและความคุ้มค่า ครอบคลุมถึงการวิเคราะห์และทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของการนำยางพารามาใช้เป็นวัสดุทางวิศวกรรม ตลอดจนการวิเคราะห์ต้นทุนจากการนำยางพารามาใช้ในงานทาง รวมถึงบทสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมงานทาง โดยรายละเอียดของบทนี้ ประกอบด้วย

๑. การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงวิศวกรรม
๒. การวิเคราะห์ต้นทุนการนำยางพารามาใช้ในงานทาง
๓. การวิเคราะห์ข้อมูลปฐมภูมิ จากการสัมภาษณ์
๔. สรุปผล

การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงวิศวกรรม

ยางเป็นวัสดุในกลุ่มพอลิเมอร์ (Polymer) มีสมบัติเด่นคือ ความยืดหยุ่น จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า อิลาสโตเมอร์ (Elastomers) แต่ยังมีจุดอ่อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะไปตามอุณหภูมิ กล่าวคือ โมเลกุลขยายตัวเมื่ออุณหภูมิสูงทำให้ยางนิ่มลงและโมเลกุลหดตัวเมื่ออุณหภูมิต่ำทำให้ยางแข็งขึ้น การเปลี่ยนแปลงลักษณะตามอุณหภูมิดังกล่าว ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้นาน จึงจำเป็นต้องมีสารผสมเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ได้แก่ วัลคาไนเซชั่น (Vulcanization) ที่ทำให้สายโซ่โมเลกุลของยางเปลี่ยนโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นร่างแห ซึ่งทำให้ยางไม่เปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างตามอุณหภูมิ และมีความยืดหยุ่นสูงขึ้นกว่าเดิม

๑. คุณสมบัติของยางพารา

๑.๑ ยางธรรมชาติ (Natural rubber)

น้ำยาง (Latex) เป็นของเหลวสีขาวถึงขาวปนเหลือง ขุ่นข้น อยู่ในท่อน้ำยาง ซึ่งเรียงตัวกันอยู่ในส่วนเปลือกของต้นยางพารา การจะเอาน้ำยางออกจากต้นยางจะต้องใช้มีดกรีดยางเพื่อตัดท่อน้ำยางให้ขาดออกจากกัน ดังแสดงใน แผนภาพที่ ๓ - ๑

ในน้ำยางจะมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญอยู่ ๒ ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง (เนื้อยางแห้ง) และส่วนที่ไม่ใช่ยางเนื้อยางแห้ง หมายถึง ปริมาณของเนื้อยางที่อยู่ในน้ำยางตามปกติในน้ำยางจะมีเนื้อยางแห้งประมาณร้อยละ ๒๕ - ๔๕ เนื้อยางแห้งเป็นวัสดุมหัศจรรย์ที่มนุษย์นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีพจนกลายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับชีวิตประจำวันของสังคมมนุษย์ในปัจจุบัน

น้ำยาง มีความหนาแน่น ๐.๙๘ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (PH) ประมาณ ๖.๘ เมื่อตรวจดูในห้องปฏิบัติการจะพบว่า มีอนุภาคขนาดต่าง ๆ กันแขวนอยู่ในของเหลวอนุภาคเหล่านี้จะมีประจุเป็นลบผลักกันอยู่ตลอดเวลาทำให้อนุภาคเหล่านั้น แขวนลอยและคงสภาพเป็นน้ำยางอยู่ได้จนกว่าจะมีสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่าง ๆ มารบกวน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งจะทำให้น้ำยางเสียเสถียรภาพและจับตัวกันเป็นก้อน

แผนภาพที่ ๓ - ๑ น้ำยางสด

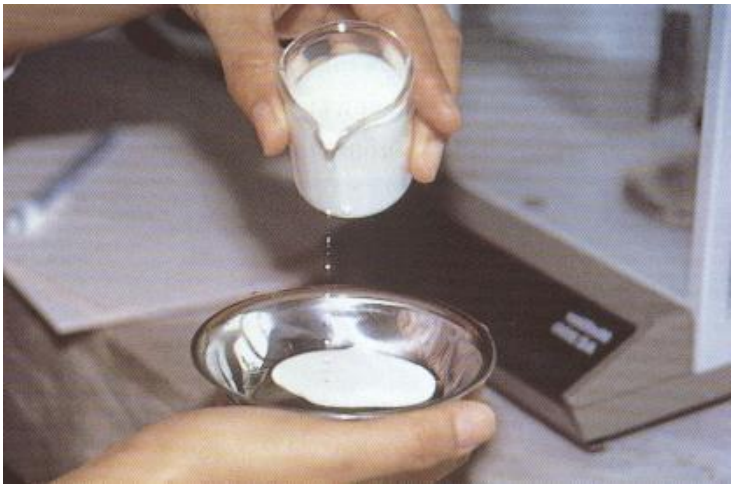
ส่วนประกอบของน้ำยาง น้ำยางประกอบด้วย

ปริมาณของแข็งทั้งหมด	๒๒ - ๔๘ %
ปริมาณเนื้อยางแห้ง	๒๕ - ๔๕ %
สารจำพวกโปรตีน	๑.๕ %
สารพวกเรซิน	๒.๐ %
คาร์โบไฮเดรต	๑.๐ %
สารอนินทรีย์	๐.๕ %

ในส่วนประกอบของน้ำยางที่กล่าวแล้วนั้น สามารถแบ่งออกเป็นส่วนสำคัญได้ ๒ ส่วนคือ

๑. ส่วนที่เป็นเนื้อยาง	ประมาณ	๓๕ %
๒. ส่วนที่ไม่ใช่ยาง	ประมาณ	๖๕ %

แผนภาพที่ ๓ - ๒ การแยกสัดส่วนของสารประกอบในน้ำยาง



สารประกอบในน้ำยางพาราประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นเนื้อยางและส่วนที่ไม่ใช่ยาง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

๑. ส่วนที่เป็นเนื้อยาง จะมีคุณสมบัติ ดังนี้

๑.๑ เป็นอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำยาง

๑.๒ เป็นสารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอน

๑.๓ มีความหนาแน่น ๐.๙๒

๑.๔ เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลาง ๐.๐๐๒ – ๐.๐๐๓ ไมครอน ไม่ละลายน้ำ รูปทรงมีทั้งทรงกลมและทรงรี

๑.๕ ในสภาพของน้ำยางจะถูกห่อหุ้มด้วยชั้นของสารจำพวกไขมันและสารจำพวกโปรตีนในเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content) ประกอบด้วย

๑.๖ ยาง (Hydrocarbon)	๘๖ %
๑.๗ น้ำ (การกระจายอยู่ใน Hydrocarbon)	๑๐ %
๑.๘ สารพวกไขมัน	๓ %
๑.๙ สารพวกโปรตีน	๑ %
๑.๑๐ โลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียม โปแตสเซียมและทองแดงประมาณ	๐.๕ %

๒. ส่วนที่ไม่ใช่ยาง

ส่วนนี้ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ ๒ ส่วน คือ ส่วนที่เป็นน้ำหรือที่เรียกว่าซีรัม (Serum) และส่วนของลูตอยด์ (Lutoid) และสารอื่น

๒.๑ ส่วนที่เป็นน้ำหรือเรียกว่า ซีรัม (Serum)

๒.๑.๑ มีความหนาแน่น ประมาณ ๑.๐๒

๒.๑.๒ ประกอบด้วยสารพวกคาร์โบไฮเดรต และกรดอะมิโน

๒.๒ ส่วนของลูตอยด์ (Lutoid) และสารอื่น

ลูตอยด์

เป็นอนุภาคกลม มีเยื่อบางหุ้มอยู่

ขนาดใหญ่กว่าอนุภาคของยางมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๒ - ๕ ไมครอน

ภายในเยื่อบาง ประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่า บี-ซีรัม ที่มีส่วนของสารละลาย กรดเกลือ โปรตีน น้ำตาล และโพลีฟินอลอ๊อกซิเดส ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ยางมีสีคล้ำ เมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ

ของเหลวในลูตอยด์ มี pH ๕.๕

ลูตอยด์จะบวมพองและแตกออกเมื่อเติมน้ำลงไปในน้ำยาง เป็นผลให้ยางมีความหนืดเพิ่มขึ้น

ในการกรีดยาง เมื่อน้ำยางไหลออกได้สักครู่ความเข้มข้นของน้ำยางในท่อน้ำยางจะเจือจางลงเป็นผลให้ลูตอยด์เกิดการพองตัวและแตกออกทำให้น้ำยางจับตัวอุดท่อน้ำยางและน้ำยางหยุดไหล

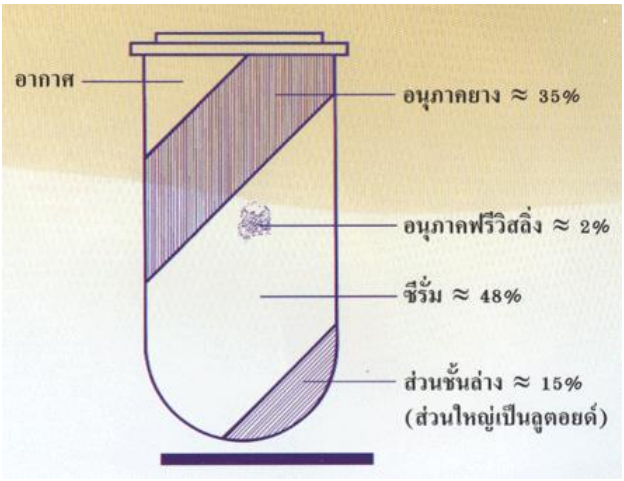
สารอื่น หรือที่เรียกว่า อนุภาค ฟรี วิสลิ่ง (Frey Wyssling)

เป็นอนุภาคที่มีสีเหลืองเข้ม ซึ่งมีสีเหลืองเข้มจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของสารแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ที่ประกอบอยู่

ขนาดใหญ่กว่าอนุภาคของยางและมีความหนาแน่นมากกว่ายางเล็กน้อย
มีส่วนประกอบของไขมันรวมอยู่ด้วย

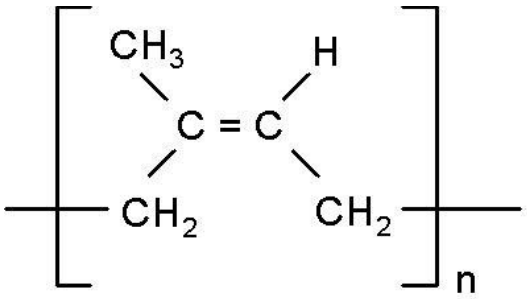
ถ้านำน้ำยางไปปั่นด้วยเครื่องปั่น (Centrifuge) โดยใช้ความเร็วสูงน้ำยางจะแยกออกเป็นชั้น ๆ ๔ ชั้น ดังแผนภาพที่ ๓ - ๓

แผนภาพที่ ๓ - ๓ ภาพจำลองน้ำยางไปปั่นด้วยเครื่องปั่น



ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมี คือ cis-1, 4-polyisoprene กล่าวคือ มี isoprene (C_5H_8) โดยที่ n มีค่าตั้งแต่ ๑๕,๐๐๐ - ๒๐,๐๐๐ มีสูตรโครงสร้างของยางธรรมชาติดังแสดงในแผนภาพที่ ๓-๔ เนื่องจากส่วนประกอบของยางธรรมชาติเป็นไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้ว ดังนั้น ยางจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เบนซีน เฮกเซน เป็นต้น โดยทั่วไปยางธรรมชาติมีโครงสร้างการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบอสัณฐาน (Amorphous) แต่ในบางสภาวะโมเลกุลของยางสามารถจัดเรียงตัวค่อนข้างเป็นระเบียบที่อุณหภูมิต่ำหรือเมื่อถูกยืด มันจึงสามารถเกิดผลึก (Crystallize) ได้ การเกิดผลึกเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (Low Temperature Crystallization) จะทำให้ยางแข็งมากขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ยางก็จะอ่อนลงและกลับสู่สภาพเดิม ในขณะที่การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัว (Strain Induced Crystallization) ทำให้ยางมีสมบัติเชิงกลดี นั่นคือยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) ความทนทานต่อการฉีกขาด (Tear Resistance) และความทนทานต่อการขัดสี (Abrasion Resistance) สูง

แผนภาพที่ ๓ - ๔ สูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ



ยางแปรรูปขั้นต้นได้มาจากวัตถุดิบ คือ น้ำยางสดที่ได้จากการกรีดต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว คล้ายน้ำนม ต้องเติมสารรักษาสภาพน้ำยางไม่ให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนก่อนเวลาที่ต้องการ ซึ่งการนำน้ำยางสดมา แปรรูปเป็นยางแปรรูปขั้นต้นสามารถจำแนกได้เป็น ๒ ประเภทใหญ่ ๆ คือ

๑. ยางแห้ง แบ่งตามกรรมวิธีการผลิตเป็น ๓ ประเภท คือ

๑.๑ ยางแบบธรรมดา ผลิตโดยวิธีดั้งเดิม ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางเครพ

๑.๒ ยางแบบระบุคุณภาพมาตรฐาน ผลิตโดยมีเงื่อนไขการระบุคุณภาพมาตรฐานตามสากล ได้แก่ ยางแท่งมาตรฐาน

๑.๓ ยางแบบอื่น ๆ ที่มีวิธีการผลิตเฉพาะตัวเพื่อให้ได้ผลผลิตเหมาะสมกับงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชนิดใด ชนิดหนึ่งโดยเฉพาะ หรือเพื่อวัตถุประสงค์จะปรับปรุงสมบัติบางประการของยางธรรมชาติ ได้แก่ ยางที่มีความหนืดคงที่ ยางเทอร์โมพลาสติก ยางอิพอกซิไดซ์ ยางผง ยางเหลว เป็นต้น

๒. ของเหลว ได้แก่ น้ำยางข้น ซึ่งมี ๒ ประเภท คือ

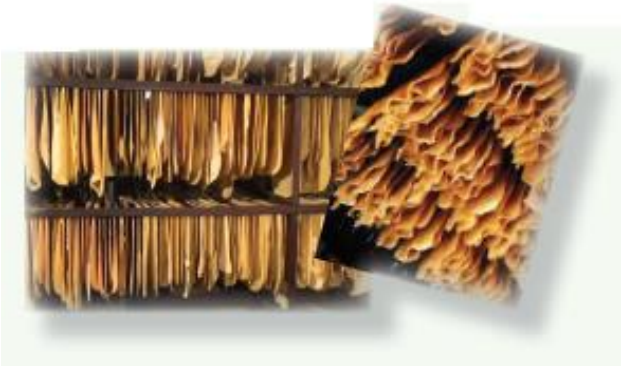
๒.๑ น้ำยางข้นธรรมดาที่ไม่ผ่านการดัดแปรด้วยสารเคมีหรือวิธีการใด ๆ เพื่อให้โมเลกุลของยางเปลี่ยนไป

๒.๒ น้ำยางข้นที่ผ่านกระบวนการดัดแปรด้วยสารเคมี หรือการฉายรังสีให้โมเลกุลของยางเปลี่ยนแปลง เรียกว่า “น้ำยางคงรูป” หรือ “น้ำยางพรีวัลคาไนซ์”

๑.๒ ยางแผ่นรมควัน (Ribbed Smoked Sheet : RSS)

ยางแผ่นได้จากการนำน้ำยางสดมาใส่ในตะกงจากนั้นจึงเติมน้ำเพื่อเจือจางน้ำยางให้มีปริมาณเนื้อยางแห้งเหลือเพียงร้อยละ ๑๒ - ๑๘ ก่อนเติมกรดเพื่อให้ยางจับตัวกันและแยกตัวออกจากน้ำหลังจากนั้นจึงนำไปรีดให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องรีดยางแผ่น ล้างน้ำ ทำให้แห้ง ซึ่งการทำให้แห้งนี้ทำได้ ๒ วิธี คือ นำไปตากแดดหรือผึ่งในอากาศร้อนเพื่อไล่ความชื้นยางที่ได้เรียกว่า ยางแผ่นผึ่งแห้ง (Air Dried Sheet: ADS) และนำไปอบรมควันที่อุณหภูมิประมาณ ๖๐ - ๗๐ องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ ๓ - ๔ วัน ยางที่ได้เรียกว่า ยางแผ่นรมควัน (Ribbed Smoked Sheet: RSS) กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันนั้นสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังแผนภาพที่ ๓ - ๕ ยางแผ่นรวมควันแบ่งออกเป็นชั้นต่าง ๆ ด้วยสายตา (ตามปริมาณสิ่งสกปรกหรือสิ่งปนเปื้อนในยาง) โดยชั้นที่ ๑ จัดเป็นเกรดที่ดีที่สุดไปจนถึงชั้นที่ ๕ ซึ่งเป็นเกรดที่ต่ำที่สุด ภายหลังจากที่แผ่นยางแห้งสนิทจะถูกนำมาอัดให้เป็นก้อนทัลคัม (Talc) ที่บริเวณพื้นผิวของก้อนยางเพื่อป้องกันการเกาะติดกันระหว่างการขนส่ง

แผนภาพที่ ๓ - ๕ แสดงกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน

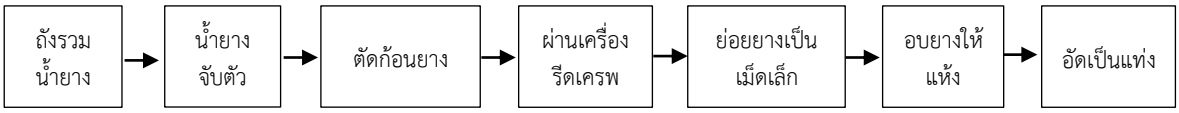


๑.๓ ยางแท่ง (Standard Thai Rubber: STR)

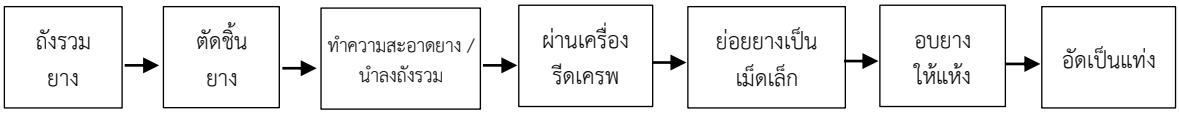
เนื่องด้วยยางแผ่นมีการจัดชั้นด้วยสายตาซึ่งให้ผลที่ไม่แน่นอน ด้วยเหตุนี้อุตสาหกรรมยางส่วนใหญ่ในปัจจุบันจึงเริ่มเปลี่ยนมาใช้ยางแท่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์แทน เนื่องจากยางแท่งมีคุณภาพสม่ำเสมอกว่ายางแผ่นผ่านการทดสอบเพื่อจัดชั้นคุณภาพตามหลักวิชาการ โดยพิจารณาจากปริมาณของสิ่งสกปรกที่มีอยู่ในยางเป็นสำคัญ นอกจากนั้นก็อาจพิจารณาตัวแปรอื่นร่วมด้วย เช่น ปริมาณเถ้า (Ash Content) ดัชนีความอ่อนตัว (plasticity retention index: PRI) ฯลฯ ปัจจุบันประเทศไทยมีมาตรฐานยางแท่งที่เรียกว่า Standard Thai Rubber (STR) (เดิมเรียกว่า Technically Specified Rubber (TSR)) โดยมีการกำหนดให้ยางแท่ง STR ประกอบด้วยชั้นยาง ๘ ชั้น ได้แก่ STR 5L STR 5 STR 10 STR 20 STR XL STR 5CV STR 10CV และ STR 20CV ยางแท่งสามารถผลิตได้จากทั้งน้ำยางและยางแห้งขึ้นกับเกรดของยางแท่งที่ต้องการผลิต เช่น ถ้าต้องการผลิตยางแท่งเกรด STR XL ซึ่งมีสีจางมากจำเป็นต้องใช้น้ำยางเป็นวัตถุดิบแต่ถ้าต้องการผลิตยางแท่งเกรด STR 20 ซึ่งเป็นเกรดที่มีสิ่งเจือปนสูงและมีสีเข้มกว่าก็มักจะผลิตจากยางแห้ง ซึ่งมีกระบวนการผลิต ดังนี้ ยางแท่งสามารถผลิตได้จากทั้งน้ำยางและจากยางแห้ง โดยมีหลักการคร่าว ๆ คือ เริ่มต้นนำยางมาทำให้เป็นก้อนเล็ก ๆ (ถ้าเป็นจากน้ำยางก็ต้องผ่านการจับตัวน้ำยางให้เป็นก้อนยางก่อน) เพื่อให้ง่ายต่อการชำระล้างสิ่งสกปรกออกไปและทำให้แห้งในขั้นตอนถัดไป หลังจากอบยางให้แห้งด้วยอากาศร้อนแล้วก็จะนำยางแห้งก้อนเล็ก ๆ นี้ไปอัดให้เป็นแท่งมาตรฐานขนาด ๓๓๐ x ๖๗๐ x ๑๗๐ มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ ๓๒.๓๓ กิโลกรัม กระบวนการผลิตยางแท่งนั้นสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังแผนภาพที่ ๓ - ๖

แผนภาพที่ ๓ - ๖ แสดงกระบวนการผลิตยางแท่ง (ก) จากน้ำยาง (ข) จากยางแห้ง

(ก) จากน้ำยาง



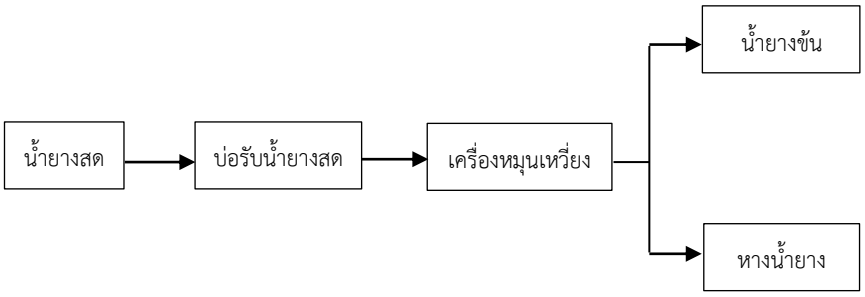
(ข) จากยางแห้ง



๑.๔ น้ำยางข้น (Concentrated Latex)

เนื่องจากน้ำยางสดที่กรีดได้จากต้นยางมีปริมาณน้ำมากเกินไป ไม่เหมาะที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์และยังเปลืองค่าใช้จ่ายในการขนส่ง จึงต้องนำน้ำยางที่ได้นี้ไปผ่านกระบวนการปั่นเหวี่ยง (Centrifugation) เพื่อลดปริมาณน้ำในน้ำยางสด จนกระทั่งได้น้ำยางที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งเพิ่มขึ้นจากร้อยละ ๓๐ เป็นร้อยละ ๖๐ โดยน้ำหนักน้ำยางที่ได้นี้เรียกว่า น้ำยางข้น (Concentrated Latex) โดยจะต้องเติมสารรักษาสภาพ เช่น แอมโมเนียหรือแอมโมเนียร่วมกับสารอื่นลงไป เพื่อป้องกันการบูดเน่าของน้ำยางทำให้สามารถเก็บไว้ได้นาน กระบวนการผลิตน้ำยางข้นนั้นสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังแผนภาพที่ ๓ - ๗

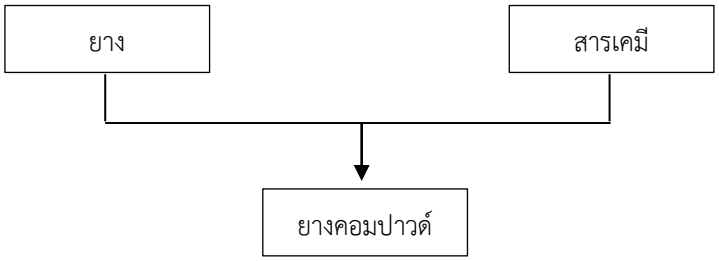
แผนภาพที่ ๓ - ๗ แสดงกระบวนการผลิตน้ำยางข้น



๑.๕ ยางคอมปาวด์ (Compounded Rubber)

ยางดิบไม่สามารถนำไปใช้งานได้เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลที่ต่ำและลักษณะทางกายภาพที่ไม่เสถียร สมบัติต่าง ๆ จะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างมาก กล่าวคือ ยางจะอ่อนตัวและเหนียวเยิ้มเมื่อร้อน แต่จะแข็งเปราะที่อุณหภูมิต่ำ ด้วยเหตุนี้การจะใช้ประโยชน์จากยางได้จำเป็นต้องมีการผสมสารเคมีต่าง ๆ เช่น กำมะถัน เขม่าดำ สารตัวเร่งปฏิกิริยา ฯลฯ เข้าไปในยางซึ่งยางที่ได้เรียกว่า ยางคอมปาวด์ (Compounded Rubber) จากนั้นจึงนำยางคอมปาวด์ไปขึ้นรูปในแม่พิมพ์ภายใต้ความร้อนและความดัน กระบวนการนี้เรียกว่า การวัลคาไนซ์ (Vulcanization) ยางที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวจะเสถียรคงรูป ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิมากนักและมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น กระบวนการผลิตยางคอมปาวด์นั้นสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังแผนภาพที่ ๓ - ๘

แผนภาพที่ ๓ - ๘ แสดงกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์



๒. สมบัติทั่วไปและสมบัติทางวิศวกรรมของยางธรรมชาติ

๒.๑ ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Strength)

ยางธรรมชาติมีสมบัติดีเยี่ยมในด้านการทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) เนื่องจากเป็นสารประกอบของไอโซพรีนมาต่อกันอย่างเป็นระเบียบ ทำให้ยางธรรมชาติตกผลึกได้ง่ายเมื่อได้รับแรงยืด ผลึกที่เกิดขึ้นนี้เป็นตัวเสริมความแข็งแรงของยาง ทำให้ยางธรรมชาติแข็งแรงโดยตัวมันเอง ทำให้การออกแบบสูตรยางไม่ต้องใช้ตัวเติมเสริมประสิทธิภาพ เช่น เขม่าดำ เข้าช่วยก็จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความยืดหยุ่นสูงและทนทาน ยางธรรมชาติที่ไม่ใส่สารตัวเติมใด ๆ จะให้ยางที่มีความสามารถยืดได้สูงและมีโมดูลัสต่ำ ยืดยางได้ง่าย ความสามารถในการยืดสูงราว ร้อยละ ๗๐๐ – ๘๐๐ และการทนต่อแรงดึงประมาณ ๔,๐๐๐ ปอนด์/ตารางนิ้ว ได้คุณสมบัตินี้ของยางธรรมชาติเหนือกว่ายางอื่น ๆ โดยมาก เช่น ยางสไตรีนบิวตะไดอีน (Styrene-butadiene rubber: SBR) ยางเอทิลีนโพรพิลีนดีนมอนอเมอร์ (Ethylene-propylene diene monomer: EPDM) หรือยางสังเคราะห์ไนไทรล์ (Nitrile Rubber : NBR) เป็นต้น แม้ไม่ได้เติมสารเสริมแรงและมีความยืดหยุ่นสูงมากจึงเหมาะที่จะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ยางรัดของ เป็นต้น

๒.๒ ความยืดหยุ่น (Elasticity)

ยางธรรมชาติมีสมบัติเชิงพลวัต (Dynamic Properties) ที่ดี มีความยืดหยุ่น (Elasticity) สูงสามารถกลับคืนสู่รูปร่างขนาดเดิมหรือขนาดใกล้เคียงได้อย่างรวดเร็ว ภายหลังการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากการที่มีแรงภายนอกมากระทำ และมีสมบัติการเหนียวติดกัน (Tack) ที่ดีจึงเหมาะสำหรับการผลิตยางรถบรรทุก ยางล้อเครื่องบิน หรือใช้ผสมกับยางสังเคราะห์ในการผลิตยางรถยนต์ เป็นต้น

๒.๓ ความทนทานต่อการฉีกขาด (Tear Strength)

ยางธรรมชาติมีความต้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Resistance) สูง ทั้งที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง จึงเหมาะสำหรับการผลิตยางกระเป๋าน้ำร้อน เพราะในการแกะชิ้นงานออกจากเบ้าในระหว่างกระบวนการผลิตจะต้องดึงชิ้นงานออกจากเบ้าพิมพ์ในขณะที่ร้อน ยางที่ใช้จึงต้องมีค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดขณะร้อนสูง ซึ่งสมบัติความต้านทานต่อการฉีกขาดนี้เป็นผลมาจากความสามารถในการเกิดผลึกเมื่อได้รับแรงดึง (Strain-induced Crystallization) ของยางธรรมชาติ โดยผลึกที่เกิดขึ้นนี้มีการจัดเรียงตัวในทิศทางเดียวกันกับแรงดึงและตั้งฉากกับรอยฉีกขาดทำให้ขัดขวางการฉีกขาดที่เกิดขึ้น

๒.๔ ความเป็นฉนวนไฟฟ้า (Insulation)

ความเป็นฉนวนไฟฟ้า ยางธรรมชาติมีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะสูงมาก ถึง 10^{15} Ω.cm ดังนั้นยางจึงมีความฉนวนสูงเหมาะแก่การใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าได้อย่างดี

๒.๕ ความทนทานต่อการขัดสี (Abrasion Resistance)

ยางธรรมชาติมีความต้านทานต่อการสึกหรอดีสูง แต่ด้อยกว่ายางสไตรีนบิวตะไดอีน (SBR) เล็กน้อยจึงเหมาะสมในการใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความคงทนต่อการสึกหรอ

๒.๖ ความทนทานต่อสารเคมี (Chemical Resistance)

ยางธรรมชาติไม่ทนต่อน้ำมันปิโตรเลียมแต่มีความทนทานต่อของเหลวที่มีขั้ว เช่น อะซีโตนหรือแอลกอฮอล์ได้ดี นอกจากนี้ยังทนต่อกรด - ด่างเจือจางได้ดี แต่ไม่ทนต่อกรดไนตริกเข้มข้นและกรดกำมะถันเข้มข้น

๒.๗ ความกระเด้งกระดอน (Rebound Resilience)

ยางธรรมชาติมีสมบัติการกระเด้งกระดอนที่สูงมากและในระหว่างการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจะมีการสูญเสียพลังงาน (Hysteresis) ที่ต่ำ โดยเมื่อถูกใช้งานทางไดนามิก ยางธรรมชาติจะมีการสะสมความร้อน (Heat Built - up) ต่ำ (ต่ำกว่ายางสไตรีนบิวตะไดอีน (SBR) จึงนิยมในการใช้ทำรถบรรทุก ซึ่งต้องรับงานหนักเกิดความร้อนสูงได้ง่ายถ้ายางไม่ดีพอ

๒.๘ สมบัติการเสื่อมสภาพ (Aging Property) จากความร้อน โอโซน และแสงแดด

อุณหภูมิการใช้งาน ยางธรรมชาติใช้งานได้ตั้งแต่ - ๗๐°C จนถึง ๗๐°C ซึ่งแม้ว่ายางธรรมชาติจะมีสมบัติที่ดีเหมาะสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ยางต่าง ๆ มากมาย แต่ยางธรรมชาติก็มีข้อเสียหลักคือ การเสื่อมสภาพเร็วภายใต้แสงแดด ออกซิเจน โอโซน และความร้อน เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีพันธะคู่ (Double Bond) อยู่มาก ทำให้ยางว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและโอโซนโดยมีแสงแดดและความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นในระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์จึงต้องมีการเติมสารเคมีบางชนิด (สารในกลุ่มของ Anti-degradants) เพื่อยืดอายุการใช้งาน นอกจากนี้ยางธรรมชาติยังมีประสิทธิภาพการทนต่อสารละลายไม่มีขั้ว น้ำมันและสารเคมีต่ำ จึงไม่สามารถใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องสัมผัสกับสารต่าง ๆ ดังกล่าว จึงต้องมีการนำยางสังเคราะห์มาผสมเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ

๓. การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม

๓.๑ ความแข็ง (Hardness)

ความแข็ง คือ คุณสมบัติของวัสดุที่สามารถต้านทานหรือทนต่อการเสียรูปแบบพลาสติกโดยปกติ เกิดจากการทำให้เป็นรอยจากการกด อย่างไรก็ตามความแข็งอาจรวมถึงความต้านทานต่อการดัด การขีด การขัด และการตัด การวัดความแข็ง ความแข็งไม่ใช่คุณสมบัติเนื้อแท้ของวัสดุที่กำหนดได้ด้วยคำจำกัดความที่แน่นอนบนหน่วยพื้นฐานของมวล ความยาว และเวลา ค่าคุณสมบัติความแข็งคือผลของกระบวนการวัดที่กำหนดความแข็งของวัสดุได้ถูกประเมินมาอย่างยาวนาน โดยความต้านทานต่อการขีดและการตัดตัวอย่างเช่น วัสดุ B ขีดวัสดุ C เป็นรอยแต่ไม่สามารถขีดวัสดุ A เป็นรอยในทางกลับกัน วัสดุ A ขีดวัสดุ B เป็นรอยเล็กน้อยและขีดวัสดุ C เป็นรอยมาก การทดสอบความแข็งโดยการเปรียบเทียบมีข้อจำกัดในการใช้งานและไม่สามารถให้ข้อมูลตัวเลขที่แม่นยำหรือกำหนดค่าเฉพาะสำหรับวัสดุและโลหะสมัยใหม่วิธีโดยปกติเพื่อหาค่าความแข็งคือ การวัดจากความลึกหรือพื้นที่ของรอยกดที่เหลือทิ้งไว้จากหัวกดที่มีรูปร่างภาระ (Load) และเวลาที่เจาะจงวิธี

การทดสอบแบบ Shore Durometer ใช้หัวกดกดชุบแข็ง สปริงที่ได้ปรับค่าอย่างถูกต้อง ความลึกของหัวกด และแผ่นกด หัวกดจะถูกติดตั้งตรงกลางของฐานกดและมีระยะยืดตัว ๒.๕ มิลลิเมตร จากผิวของฐาน ตำแหน่งระยะยืดตัวเต็มที่เข็มชี้แสดงค่าศูนย์ เมื่อหัวกดถูกกดจนกระทั่งแนบติดผิวหน้าฐานกดตัวบ่งชี้แสดงค่า ๑๐๐ ดังนั้นทุก ๆ จุดของ Shore มีค่าเท่ากับระยะกด ๐.๐๐๒๕ มิลลิเมตร (ค่า M เท่ากับ ๐.๐๐๑๒๕ มิลลิเมตร) เครื่องทดสอบความแข็ง Shore Durometer ดังแสดงในแผนภาพที่ ๓ - ๙

แผนภาพที่ ๓ - ๙ แสดงเครื่องทดสอบความแข็ง Shore Durometer

การทดสอบความแข็งพลาสติกส่วนมากวัดด้วยการทดสอบ Shore Durometer หรือการทดสอบ ความแข็งร็อคเวลล์ทั้งสองวิธีวัดความต้านทานของพลาสติกต่อรอยกดทั้งสองค่ากำหนดให้ค่าความแข็งตามหลักการไม่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติและคุณลักษณะพื้นฐานความแข็ง Shore A หรือ D เป็นวิธีที่ นิยมใช้สำหรับยางอิลาสโตเมอร์และปกติใช้กับพลาสติก่อน เช่น พอลิโอลิฟิน ฟลูออโรพอลิเมอร์ และไวนิล Shore A ใช้สำหรับยางอ่อน ในขณะที่ Shore D ใช้สำหรับยางที่แข็งกว่า ความแข็ง Shore A คือ ค่าความแข็งสัมพัทธ์ของวัสดุยืดหยุ่น เช่น ยาง หรือพลาสติกอ่อนสามารถที่จะหาได้ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า Shore A Durometer เนื่องจากความ

ยืดหยุ่นของยางและพลาสติกการอ่านค่าจะเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้น เวลาการกดบางครั้งจะถูกรายงานร่วมกับค่าความแข็ง

๓.๒ ความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile strength) โมดูลัสยืดหยุ่น (Elastic modulus) และความยืดเมื่อขาด (Elongation at break)

การทดสอบแรงดึงใช้สำหรับการประเมินความแข็งแรงของโลหะหรือโลหะผสมด้วยการใช้ วิธีดึงจนขาดในช่วงเวลาสั้น ๆ ด้วยอัตราคงที่ ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบจะมีลักษณะแตกต่างกันไป โดยข้อมูลที่ได้เครื่องทดสอบหรือเครื่อง Universal Testing Machine ดังแผนภาพที่ ๓ - ๑๐ คือกราฟระหว่างความเค้นกับความเครียดทางวิศวกรรม หรือแรงและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชิ้นงาน

แผนภาพที่ ๓ - ๑๐ เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

ข้อมูลสมบัติเชิงกลที่ได้จากการทดสอบแรงดึงและแผนภาพความเค้นและความเครียดทางวิศวกรรมมีดังนี้

๑. โมดูลัสของความเป็นอิลาสติก (Modulus of elasticity)
๒. ความเค้นและความเครียด ณ จุดคราก (Stress and strain at yield)
๓. ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate tensile stress)
๔. เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Percent elongation)

๓.๒.๑ โมดูลัสของความเป็นอิลาสติก (Modulus of elasticity)

โมดูลัสของความเป็นอิลาสติก (Modulus of elasticity) : เป็นค่าความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุ เมื่อได้รับแรงกระทำสามารถหาได้จากความชันของกราฟความเค้นและความเครียดของวัสดุในระยะแรก ที่ยังแสดงสมบัติยืดหยุ่นอยู่สำหรับโลหะจะมีค่าน้อยกว่าร้อยละ ๐.๕ ของความเครียด โดยที่โมดูลัสของความเป็นอิลาสติกเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของพันธะ (Bond Strength) ระหว่างอะตอมของวัสดุ

๓.๒.๒ ความเค้นและความเครียด ณ จุดคราก (Stress and strain at yield)

ความเค้นและความเครียด ณ จุดคราก (Stress and strain at yield): เป็นค่าความเค้นและความเครียดของวัสดุ ณ จุดที่เปลี่ยนสมบัติจากอิลาสติกไปเป็นพลาสติก หรืออีกนัยหนึ่งหมายความว่าวัสดุนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างถาวรเมื่อความเค้นหรือความเครียดมีค่ามากกว่านี้ สำหรับวัสดุที่แสดงจุดครากอย่างชัดเจนเราจะสังเกตได้จากที่กราฟมีค่าความชันเท่ากับศูนย์ ส่วนในกรณีที่วัสดุไม่แสดงจุดครากอย่างอย่างชัดเจนนั้น อาจกำหนดให้ใช้ร้อยละ ๐.๒ หรือร้อยละ ๐.๑ ของ Plastic Strain ที่เกิดขึ้นในแผนภาพความเค้นและความเครียดเป็นค่ากำหนดในการหาจุดครากอาจเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า offset yield

๓.๒.๓ ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength)

ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate tensile strength) : คือความแข็งแรงสูงสุดของวัสดุ พิจารณาจากความเค้นทางวิศวกรรมสูงสุดในแผนภาพความเค้นและความเครียด ค่านี้ไม่ค่อยใช้มากในงานออกแบบทาง วิศวกรรมก่อสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับพวกโลหะอ่อน (Ductile Alloy) เนื่องจากมีการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรขึ้นอย่างมากก่อนถึงค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดนี้ยังสามารถบ่งชี้ได้ว่าวัสดุนั้นมีความสมบูรณ์หรือไม่ถ้าวัสดุนั้นไม่สมบูรณ์ เช่น มีรูพรุน (Porosity) จะทำให้ค่า Strength ลดลง

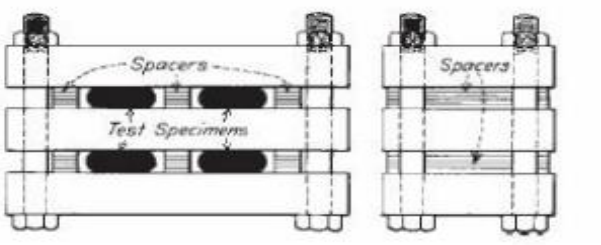
๓.๒.๔ เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Percent elongation (%Strain))

เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Percent elongation (%Strain)) : ปริมาณเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชิ้นงานตัวอย่างภายใต้แรงดึง เมื่อเทียบกับระยะการวัด (Gage Length) ของชิ้นงานทดสอบและยังเป็นค่าที่ใช้บอกถึงความอ่อน (Ductile) ของวัสดุ โดยทั่วไปวัสดุยิ่งอ่อนยิ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดมากแสดงว่าวัสดุนั้น เปลี่ยนรูปมาก การยืดตัว ณ จุดที่ขาดมีความสำคัญทางด้านวิศวกรรมมากเพราะนอกจากจะทำให้เราทราบว่าวัสดุนั้นอ่อนเพียงใดแล้วยังจะเป็นดัชนีที่ชี้ให้ทราบว่าวัสดุนั้นมีคุณภาพอย่างไรอีกด้วย

๓.๓ การยุบตัวเนื่องจากแรงอัด (Compression set)

ทดสอบการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด (Compression Set) ตามมาตรฐาน ASTM D ๓๕๙ จะใช้อุปกรณ์ในการทดสอบดังแผนภาพที่ ๓-๑๑ ชิ้นทดสอบจะถูกเตรียมเป็นแท่งทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง ๒๙.๐ ± ๐.๕ มิลลิเมตร หนา ๑๒.๕ ± ๐.๕ มิลลิเมตร อัดให้ผิดรูปร้อยละ ๒๕ ของความหนาอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ ๗๐°C เป็นเวลา ๒๒ ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วนำยางออกจากแผ่นอัดทันทีและตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา ๓๐ นาที บนพื้นที่ไม่นำความร้อนแล้วจึงวัดความหนา รายงานผลในรูปของเปอร์เซ็นต์ของความหนาเดิม

แผนภาพที่ ๓ - ๑๑ แสดงเครื่องมือที่ใช้ทำการทดลองการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด (Compression set)



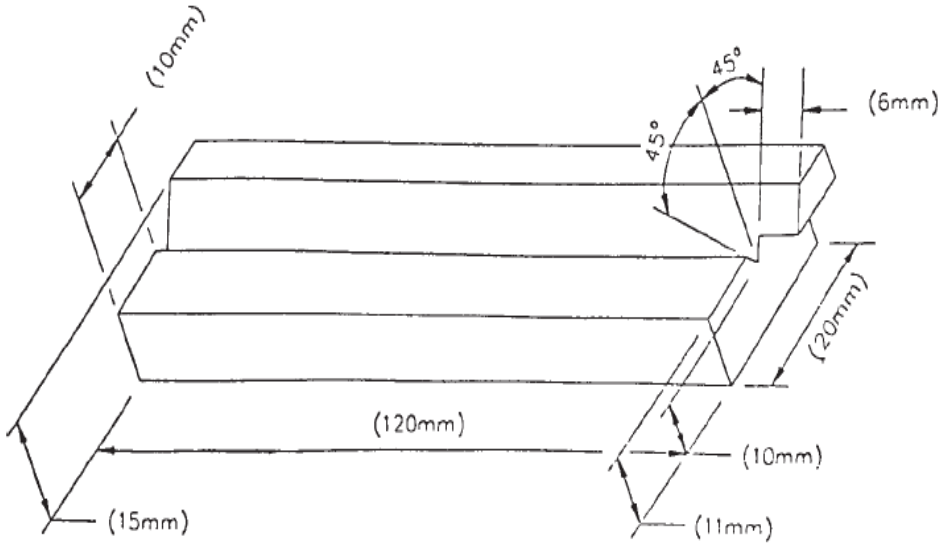
๓.๔ ทดสอบการต้านทานต่อโอโซน (Ozone Resistance)

เป็นการทดสอบความต้านทานต่อโอโซน (Ozone Resistance) ของยางวัลคาไนซ์ต่อการแตกหรือแสดงถึงการเสื่อมสภาพด้วย Ozone ภายใต้โหมด Static และ Dynamic โดยกำหนดปริมาณความเข้มของโอโซน ความต้านทานต่อโอโซนนั้นขึ้นกับความแตกต่างของ Condition ของยาง รวมถึงความเข้มข้นและอุณหภูมิของการทดสอบด้วย การทดสอบจะอยู่ในรูปแบบการทดสอบแบบ Tension (ยึดจับส่วนบนและล่าง) ชิ้นงานในการทดสอบจะทดสอบภายใต้โหมด Static หรือ Dynamic หรือภายใต้ช่วงที่สลับกันทั้ง Dynamic และ Static ในสภาวะที่ปิด Chamber ที่อุณหภูมิคงที่ ประกอบด้วยความเข้มข้นของโอโซน การทดสอบเพื่ออธิบายถึงการเจริญเติบโตสำหรับรอยแตก โดยศึกษารอยแตกที่เกิดขึ้นหลังจากนำชิ้นทดสอบที่ได้รับความเครียด (มีการยืดตัว) ไปสัมผัสกับอากาศที่มีปริมาณโอโซนสูงและปรับสภาวะต่าง ๆ

๓.๕ การทดสอบการดับไฟได้ด้วยตัวเอง (Flammability self - extinguishing)

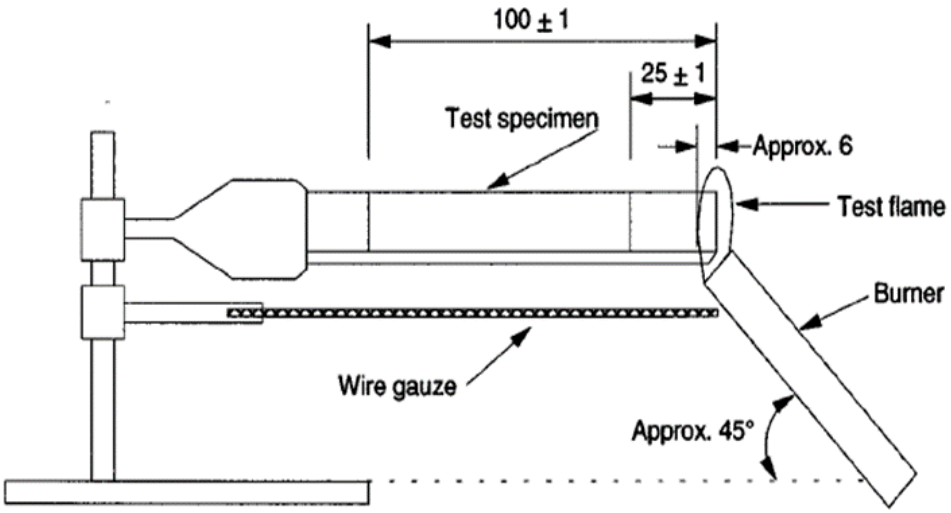
การทดสอบการติดไฟและลามไฟต้องควบคุมปัจจัยให้เหมาะสม โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D ๖๓๕ - ๐๓ ซึ่งเป็นมาตรฐานเพื่อความปลอดภัยของการติดไฟของวัสดุพลาสติก สำหรับชิ้นส่วนในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยกำหนดลักษณะชิ้นงานดังแสดงในแผนภาพที่ ๓ - ๑๒ และการรายงานผลทดสอบ ดังนี้

แผนภาพที่ ๓ - ๑๒ แสดงชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D635 - 03



การทดสอบการติดไฟและลามไฟแนวนอนตามมาตรฐาน ASTM D365 - 03 นั้นมีลักษณะการทดสอบดังแผนภาพที่ ๓ - ๑๓

แผนภาพที่ ๓ - ๑๓ แสดงลักษณะการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D635-03



การทดสอบวิธีนี้เป็นการทดสอบการติดไฟโดยการจุดไฟเป็นเวลา ๓๐ วินาที หรือจนกว่าเปลวไฟจะไปถึงเส้นระยะ ๒๕ มิลลิเมตร จากนั้นทำการจับเวลาจนระยะการลามไฟถึง ๑๐๐ มิลลิเมตร และคำนวณหาระยะเวลาการลามไฟที่ได้ โดยมีหน่วยมิลลิเมตรต่อนาที สูตรการคำนวณ คือ

$$V = 60L/t$$

เมื่อ V = อัตราในการลามไฟ

L = ระยะทางที่ไฟเผาไหม้ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

t = เวลา มีหน่วยเป็นวินาที

วัสดุที่ผ่านการทดสอบการทดสอบการลามไฟ ได้จะต้องมีคุณสมบัติตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

มีอัตราไหม้ไฟไม่เกิน ๔๐ มิลลิเมตร/นาที ในช่วงความยาว ๗๕ มิลลิเมตรของชิ้นงานตัวอย่างที่มีความหนา ๓ ถึง ๑๓ มิลลิเมตร

มีอัตราไหม้ไฟไม่เกิน ๗๕ มิลลิเมตร/นาที ในช่วงความยาว ๗๕ มิลลิเมตรของชิ้นงานตัวอย่างที่มีความหนาน้อยกว่า ๓ มิลลิเมตร

๓.๖ การทดสอบหาปริมาณเนื้อยาง (Thermogravimetric Analysis: TGA)

การทดสอบหาปริมาณเนื้อยาง (Thermogravimetric Analysis : TGA) เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ความเสถียรของวัสดุโดยเฉพาะพอลิเมอร์ เมื่อได้รับความร้อนโดยการวัดน้ำหนักของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงอุณหภูมิด้วยเครื่องชั่งที่มีความไวสูง เทคนิคนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับแก๊สหรือระเหยของน้ำ การตกผลึก (Crystallization) อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนเฟส การแตกตัวของวัสดุ (Decomposition) ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันหรือปริมาณสารสัมพันธ์ (Stoichiometry) ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยตัวอย่างจะถูกวางบนจานขนาดเล็กซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องชั่งละเอียดที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสูง โดยที่ทั้งหมดจะอยู่ในเตาที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและบรรยากาศได้

บรรยากาศภายในอาจจะเป็นแก๊สเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน หรือแก๊สที่มีความว่องไว เช่น อากาศ หรือออกซิเจน โดยน้ำหนักของตัวอย่างที่เปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิเฉพาะของสารแต่ละชนิด โดยน้ำหนักที่หายไปนั้นเกิดมาจากการระเหย การย่อยสลายหรือการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ สามารถใช้ในการศึกษาสมบัติของตัวอย่างได้หลากหลายชนิด ทั้งตัวอย่างในกลุ่ม Ceramic Polymer หรือ สาร Inorganic ต่าง ๆ ได้ สามารถวิเคราะห์หาจุดหลอมเหลว การสูญเสียน้ำหนัก หาสารเจือปนในตัวอย่าง รวมไปถึงการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง Phase ของตัวอย่างเมื่อได้รับความร้อนได้อีกด้วย เครื่องมือในการทดสอบหาปริมาณเนื้อยาง (TGA) ดังแสดงในแผนภาพที่ ๓ - ๑๔

แผนภาพที่ ๓ - ๑๔ แสดงเครื่องทดสอบหาปริมาณเนื้อยาง (Thermogravimetric Analysis : TGA)

๓.๗ การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของยางที่ผ่านกระบวนการผลิต

๓.๗.๑ การทดสอบความแข็ง

นำยางวัลคาไนซ์ไปวัดค่าความแข็งในหน่วย Shore A ด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์ตามมาตรฐาน ASTM D2240

๓.๗.๒ การทดสอบสมบัติแรงดึง

นำแผ่นยางวัลคาไนซ์ไปตัดเป็นรูปดัมเบลล์ (ดาย Type 1) และนำไปทดสอบสมบัติแรงดึงด้วยเครื่อง universal testing machine ตามมาตรฐาน ISO 37

๓.๗.๓ การทดสอบการยุบตัวเนื่องจากแรงกด

ทำการทดสอบสมบัติการยุบตัวเนื่องจากแรงกดตามมาตรฐาน ISO 815 โดยทำการทดสอบที่ระยะกดอัดร้อยละ ๒๕ อุณหภูมิห้อง ๗๐°C และ ๑๐๐°C เป็นระยะเวลา ๒๔ ชั่วโมง

๓.๗.๔ การทดสอบสมบัติความทนทานต่อความร้อน

นำชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ไปทำการบ่มเร่งตามมาตรฐาน ISO 188 ในตู้อบที่อุณหภูมิ ๗๐°C เป็นระยะเวลา ๑๖๘ ชั่วโมง (ตามข้อกำหนดของแผ่นยางประเภทที่ ๑) และ ๑๐๐°C เป็นระยะเวลา ๙๖ ชั่วโมง (ตามข้อกำหนดของแผ่นยางประเภทที่ ๒) หลังจากนั้น จึงนำชิ้นทดสอบไปทดสอบสมบัติแรงดึงตามมาตรฐาน ISO 37

๓.๗.๕ การทดสอบสมบัติความทนต่อโอโซน

นำชิ้นทดสอบขนาด ๑๐ x ๘๐ x ๒ มิลลิเมตร ไปทดสอบสมบัติความทนต่อโอโซนตามมาตรฐาน ISO 1431-1 โดยการนำชิ้นทดสอบที่ได้รับการดึงยืดร้อยละ ๒๐ ไปปรับสภาวะในห้องมืดที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา ๔๘ ชั่วโมง จากนั้นจึงนำชุดทดสอบไปบ่มเร่งในตู้อบโอโซนที่มีความเข้มข้นของโอโซนเท่ากับ ๕๐ ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) อุณหภูมิ ๔๐°C เป็นระยะเวลา ๗๒ ชั่วโมง ท้ายสุดจึงนำชิ้นทดสอบมาตรวจดูรอยแตกบนพื้นผิวด้วยเลนส์กำลังขยาย ๗ เท่า

ตารางที่ ๓ - ๑ แสดงรายการทดสอบและมาตรฐานที่ใช้ทดสอบ

รายการทดสอบ	วิธีทดสอบมาตรฐาน
๑. การทดสอบความแข็ง (Shore A Hardness)	ASTM D2240
๒.การทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength at break)	ISO 37
๓. การทดสอบความยืดหยุ่นเมื่อขาด (Elongation at break)	ISO 37
๔. การทดสอบโมดูลัส (Modulus at 100% elongation)	ISO 37
๕.การทดสอบสมบัติความทนทานต่อความร้อน (Ageing)	ISO 188
๖. การทดสอบการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด (Compression set)	ISO 815
๗. การทดสอบความต้านทานต่อโอโซน (Ozone resistance)	ISO 1431
๘. การทดสอบความต้านทานต่อการลามไฟ (Flammability)	ASTM D635-03
๙. การวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ยาง	เทคนิค TGA

การวิเคราะห์ต้นทุนการนำยางพารามาใช้ในงานทาง

๑. ต้นทุนในการผลิต

ในทางธุรกิจ ต้นทุน (Cost) หมายถึง เงินที่ต้องใช้ในการผลิตสินค้าหรือบริการอย่างใดอย่างหนึ่ง และไม่สามารถนำไปใช้ในกิจการอื่นได้ ในการวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยในครั้งนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น ๒ ประเภท ได้แก่ ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน โดยในการผลิตจะมีการเปลี่ยนแปลงต้นทุนไปตามขนาดของการผลิตโดยสามารถวิเคราะห์ได้ในระยะสั้นและในระยะยาว โดยคัดเลือกมาจากสูตรที่นำมาใช้ในการผลิตจริง

ต้นทุนคงที่ (Fixed Costs) คือ ต้นทุนที่ไม่ขึ้นกับปริมาณการผลิต ในการผลิตอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยในครั้งนี้สามารถแจกแจงต้นทุนคงที่ออกมาได้แก่

ค่าใช้จ่ายของโรงงาน

ค่าเครื่องจักรและแม่พิมพ์ในการขึ้นรูป โดยแม่พิมพ์ ๑ ชิ้น สามารถผลิตได้ประมาณ (Mold Life) ๕๐,๐๐๐ ชิ้น

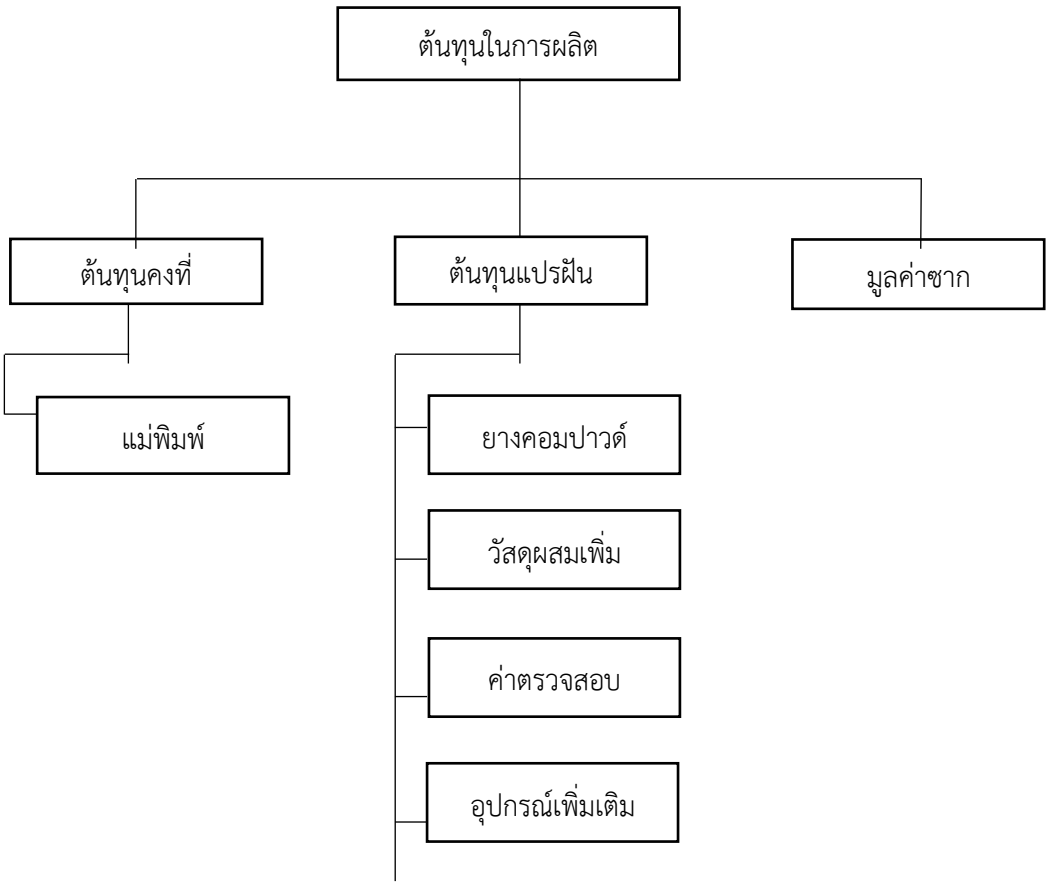
ต้นทุนแปรผัน (Variable Costs) คือ ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณการใช้งาน กล่าวคือเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการใช้งานเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อปริมาณการใช้งานลดลง ในการผลิตอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยในครั้งนี้สามารถแจกแจงต้นทุนแปรผันออกมาได้แก่

ค่าวัสดุยางพารา โดยเลือกจากสูตรส่วนผสมที่นำมาใช้งานและใช้ราคายางจากการยางแห่งประเทศไทย (Rubber Authority of Thailand) ในวันที่ ๓๐ สิงหาคม ๒๕๖๑ เป็นราคาในการอ้างอิง

ค่าอุปกรณ์สำหรับติดตั้งและค่าแรงงานในการติดตั้ง

จากข้อมูลในการผลิตอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย สามารถสรุปต้นทุนต่าง ๆ ออกมาได้ดังแสดงในแผนภาพที่ ๓ - ๑๕

แผนภาพที่ ๓ - ๑๕ แสดงแผนภูมิรูปภาพต้นทุนในการผลิต



๑.๑ อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen)

จากการทดสอบ ได้เลือกใช้สูตรผสมยางคอมปาวด์แบบ T13 ซึ่งมีสัดส่วน NR ร้อยละ ๒๗.๒๘ โดยอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ ๑ ชิ้น จะใช้ยางคอมปาวด์ ๒.๘๖ กิโลกรัม โดยสามารถแยกรายละเอียดต้นทุนได้ ดังแสดงในตารางที่ ๓ – ๒

ตารางที่ ๓ - ๒ ต้นทุนในการผลิตอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen)

รายการ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ราคาต่ออุปกรณ์ ๑ ชิ้น (บาท)
๑. ค่าวัสดุ (Material Cost)		
๑.๑ วัสดุยางคอมปาวด์ (กิโลกรัม)	๙๓.๕๒	๒๖๗.๔๗
- วัสดุ (กิโลกรัม)	๖๘.๕๒	๑๙๕.๙๗
- ค่าผสม (กิโลกรัม)	๒๕.๐๐	๗๑.๕๐
๑.๒ สกรูยึด Sanko C-1012 จำนวน ๒ ชิ้น	๓๗.๕๐	๖๑.๐๐
รวมราคาค่าวัสดุ	-	๒๙๓.๐๙
๒. ค่าดำเนินการ (Operating Cost)		
๒.๑ ค่าปั๊มขึ้นรูป (ปั๊มได้ ๓ ชิ้นใน ๑ ชั่วโมง)	๒๕๐.๐๐	๘๓.๓๓
๒.๒ ค่าดำเนินการเบ็ดเตล็ด	-	๘.๒๕
๒.๓ แม่พิมพ์ (สามารถปั๊มได้ ๕๐,๐๐๐ ครั้ง)	๓๕๐,๐๐๐.๐๐	๗.๐๐
๒.๔ ค่าตรวจสอบชิ้นงาน (ตรวจได้ ๖๐ ชิ้นต่อชั่วโมง)	๙๐.๐๐	๑.๕๐
รวมค่าดำเนินการ	-	๑๐๐.๐๘
รวมต้นทุนในการผลิตทั้งหมด	**-**	**๔๒๘.๕๕**

๑.๒ อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post)

อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) จะมีส่วน ประกอบหลัก ๕ ส่วน ได้แก่ ตัวเสา (Core) ฐานรองเสา (Base) จุกปิดน๊อตฐานรองเสา (Cover Hole) ฝาปิดปลายเสา (Head) และไส้กลาง (Lid) โดยสูตรยางคอมปาวด์ที่นำมาใช้จะมีสองสูตร ซึ่งใช้ในส่วนประกอบที่แตกต่างกัน ได้แก่

ยางคอมปาวด์แบบ T๒ มีสัดส่วน NR ร้อยละ ๓๘.๓๑ ใช้สำหรับส่วนตัวเสาและฝาปิดปลายเสา โดยตัวเสาจะใช้ยางคอมปาวด์ ๑.๘๒๖ กิโลกรัมต่อชิ้น และฝาปิดปลายเสาจะใช้ยางคอมปาวด์ ๐.๐๙๖ กิโลกรัมต่อชิ้น ตามลำดับ

ยางคอมปาวด์แบบ T๗ มีสัดส่วน NR ร้อยละ ๒๕.๕๖ ใช้สำหรับส่วนฐานรองเสา จุกปิดน๊อตฐานรองเสาและแกนกลางเสา โดยส่วนฐานรองเสาจะใช้ยางคอมปาวด์ ๑.๐๔๔ กิโลกรัมต่อชิ้น จุกปิดน๊อตฐานรองเสาจะใช้ยางคอมปาวด์ ๐.๐๑๗ กิโลกรัมต่อชิ้น และไส้กลางจะใช้ยางคอมปาวด์ ๐.๑๔๖ กิโลกรัมต่อชิ้น ตามลำดับ

จากต้นทุนในการผลิตหลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) สามารถแจกแจงรายละเอียดในแต่ละส่วนประกอบได้ดังแสดงในตารางที่ ๓ - ๓

ตารางที่ ๓ - ๓ ต้นทุนในการผลิตส่วนประกอบของหลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post)

รายการ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ราคาต่ออุปกรณ์ ๑ ชิ้น (บาท)
ตัวเสา (Core)		
๑. ค่าวัสดุ (Material Cost)		
วัสดุยางคอมปาวด์ T๒ (กิโลกรัม)	๘๖.๗๔	๑๕๘.๓๙
- วัสดุ (กิโลกรัม)	๖๑.๗๔	๑๑๒.๗๔
- ค่าผสม (กิโลกรัม)	๒๕.๐๐	๔๕.๖๕
รวมราคาค่าวัสดุ	-	๑๕๘.๓๙
๒. ค่าดำเนินการ (Operating Cost)		
๒.๑ ค่าปั๊มขึ้นรูป (ปั๊มได้ ๒ ชิ้นใน ๑ ชั่วโมง)	๒๕๐.๐๐	๑๒๕.๐๐
๒.๒ ค่าดำเนินการเบ็ดเตล็ด	-	๑๔.๐๐
๒.๓ แม่พิมพ์ (สามารถปั๊มได้ ๕๐,๐๐๐ ครั้ง)	๒๐๐,๐๐๐.๐๐	๔.๐๐
รวมค่าดำเนินการ	-	๑๔๓.๐๐

เมื่อทำการปั๊มขึ้นรูปส่วนประกอบในแต่ละส่วนแล้ว จึงนำแต่ละส่วนมาประกอบเป็นอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) โดยต้นทุนรวมทั้งหมดสามารถแจกแจงได้ดังแสดงในตารางที่ ๓ - ๔

ตารางที่ ๓ - ๔ ต้นทุนรวมในการผลิตทั้งหมดของอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post)

รายการ	จำนวน	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ราคารวม (บาท)
ตัวเสา (Core)	๑	๓๐๑.๓๙	๓๐๑.๓๙
ฝาปิดปลายเสา (Head)	๑	๒๙.๘๒	๒๙.๘๒
ฐานรองเสา(Base)	๑	๑๑๘.๗๐	๑๑๘.๗๐
ไส้กลาง (Lid)	๑	๓๐.๗๔	๓๐.๗๔
จุกปิดน๊อตฐานรองเสา (Cover Hole)	๓	๒๒.๖๕	๖๗.๙๔
สกรูยึด Sanko C-๑๐๑๒	๓	๓๐.๕	๙๑.๕๐
แถบสะท้อนแสง (เมตร)	๐.๗๕	๑๐๐.๐๐	๗๕.๐๐
Primer (กิโลกรัม)	๐.๐๐๓	๒,๒๐๐.๐๐	๖.๖๐
Butyl Tape (ชิ้น)	๓	๐.๑๓	๐.๓๙
รวมราคาส่วนประกอบทั้งหมด	๑		๗๒๒.๐๘
ค่าใช้จ่ายในการประกอบเสา (ชั่วโมง)	๐.๐๑๗	๙๐.๐๐	๑.๕๐
ค่าใช้จ่ายในการติดแถบสะท้อนแสง(ชั่วโมง)	๐.๑๐	๙๐.๐๐	๙.๐๐
ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ (ชั่วโมง)	๐.๐๑๗	๙๐.๐๐	๑.๕๐
รวมราคาในการดำเนินการ			๑๒.๐๐
รวมต้นทุนในการผลิตทั้งหมด	**๑**		**๗๓๔.๐๘**

๑.๓ อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Blockout for Guard Rail)

จากการทดสอบได้เลือกใช้สูตรผสมยางคอมปาวด์แบบ T๘ ซึ่งมีสัดส่วน NR ร้อยละ ๒๕.๕๗ โดยอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก ๑ ชิ้น จะใช้ยางคอมปาวด์ ๔.๐๒ กิโลกรัม โดยสามารถแยกรายละเอียดต้นทุนได้ดังแสดงในตารางที่ ๓ - ๕

ตารางที่ ๓ - ๕ ต้นทุนในการผลิตอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Blockout for Guard Rail)

รายการ	**ราคาต่อหน่วย (บาท)**	**ราคาต่ออุปกรณ์ ๑ ชิ้น (บาท)**
๑. ค่าวัสดุ (Material Cost)		
๑.๑ วัสดุยางคอมปาวด์ (กิโลกรัม)	๖๕.๔๑	๒๖๕.๙๕
- วัสดุ (กิโลกรัม)	๔๙.๔๑	๑๙๘.๖๓
- ค่าผสม (กิโลกรัม)	๑๖.๐๐	๖๔.๓๒
๑.๒ Rear Plate metal จำนวน ๑ ชิ้น	๑๕๐.๐๐	๑๕๐.๐๐
๑.๓ Front Plate metal จำนวน ๑ ชิ้น	๑๐๐.๐๐	๑๐๐.๐๐
๑.๔ Bush จำนวน ๑ ชิ้น	๑๐๐.๐๐	๑๐๐.๐๐
๑.๕ Nut (๓) จำนวน ๓ ชิ้น	๕๐.๐๐	๑๕๐.๐๐
๑.๖ Bolt M๑๖ x ๑๓๒ (๒Pcs) จำนวน ๒ ชิ้น	๒๕๐.๐๐	๕๐๐.๐๐
๑.๗ Bolt M๑๖ x ๒๙๐ (๑Pcs) จำนวน ๓ ชิ้น	๓๐๐.๐๐	๙๐๐.๐๐
รวมราคาค่าวัสดุ	-	๒,๑๖๒.๙๕
๒. ค่าดำเนินการ (Operating Cost)		
๒.๑ ค่าปั๊มขึ้นรูป (ปั๊มได้ ๓ ชิ้นใน ๑ ชั่วโมง)	๒๕๐.๐๐	๘๓.๓๓
๒.๒ ค่าดำเนินการเบ็ดเตล็ด	-	๘.๒๕
๒.๓ แม่พิมพ์ (สามารถปั๊มได้ ๕๐,๐๐๐ ครั้ง)	๓๕๐,๐๐๐.๐๐	๗.๐๐
๒.๔ ค่าตรวจสอบชิ้นงาน (ตรวจได้ ๖๐ ชิ้นต่อชั่วโมง)	๙๐.๐๐	๑.๕๐
รวมค่าดำเนินการ	-	๑๐๐.๐๘
รวมต้นทุนในการผลิตทั้งหมด	**-**	**๒,๒๖๓.๐๓**

๑.๔ อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier)

อุปกรณ์กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) ออกแบบให้มีความยาว ๐.๕ เมตร ต่อชิ้น โดยจะมีสองส่วนประกอบหลัก คือ แผงกั้น (Body) และฐาน (Base) ในแต่ละส่วนประกอบจะใช้ส่วนละ ๒ ชิ้น จึงใช้สมมติฐานที่ว่าทำการขึ้นรูป ๔ แม่พิมพ์พร้อม ๆ กัน เพื่อประกอบเป็นอุปกรณ์กั้นถนนชั่วคราว ๑ ชิ้น โดยสูตรยางคอมปาวด์ที่นำมาใช้จะมีสองสูตร ซึ่งใช้ในส่วนประกอบที่แตกต่างกัน ได้แก่ ยางคอมปาวด์แบบ T14 มีสัดส่วน NR ร้อยละ ๒๒.๓๙ ใช้สำหรับส่วนแผงกั้น โดยใช้ยางคอมปาวด์

๓.๘๕ กิโลกรัมต่อชิ้น และยางคอมปาวด์แบบ T7 มีสัดส่วน NR ร้อยละ ๒๕.๕๖ ใช้สำหรับส่วนฐานรอง โดยใช้ยางคอมปาวด์ ๑๒.๑ กิโลกรัมต่อชิ้น ตามลำดับ

จากการแจกแจงต้นทุนในการผลิตของอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทั้งสองแบบ สามารถที่จะสรุปต้นทุนได้ดังนี้

๑. อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) มีต้นทุนต่อชิ้น ๔๒๘.๕๕ บาท

๒. อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) มีต้นทุนต่อชิ้น ๗๓๔.๐๘ บาท

๓. อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Blockout for Guard Rail) มีต้นทุนต่อชิ้น ๒,๒๖๓.๐๓ บาท

๔. อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) มีต้นทุนต่อชิ้น ๒,๕๙๕.๕๑ บาท

๕. อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) มีต้นทุนต่อชิ้น ๔๕๗.๘๔ บาท

๖. แผ่นปูพื้นทางเท้า (Sidewalk wearing surface) มีต้นทุนต่อชิ้น ๑๕๔.๐๓ บาท

โดยต้นทุนที่สำคัญคือราคาวัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยขึ้นอยู่กับราคาของยางพาราที่เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิต

๒. วิเคราะห์ต้นทุนในการผลิต

การวิเคราะห์ต้นทุนและขนาดการผลิตที่เหมาะสมเป็นประเด็นสำคัญในการศึกษาเพื่อทำการประเมินโครงการ โดยใช้การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับขนาดของการผลิตหรือปริมาณการผลิต (Production Quantity) ที่ได้จากโครงการ โดยแบ่งต้นทุนของโครงการเป็นต้นทุนรวม ต้นทุนเฉลี่ยต่อชิ้น โดยทั่วไปแบ่งการวิเคราะห์เป็นระยะสั้นและระยะยาว

การวิเคราะห์ต้นทุนในระยะสั้น (Short run) หากผู้ผลิตต้องการที่จะลดหรือเพิ่มปริมาณการผลิต จะไม่สามารถเพิ่มหรือลดในส่วนของต้นทุนคงที่ได้ แต่สามารถเพิ่มหรือลดต้นทุนแปรผันได้เท่านั้น

การวิเคราะห์ต้นทุนในระยะยาว (Long run) หมายถึงช่วงระยะเวลาที่ยาวเพียงพอที่หน่วยการผลิตสามารถเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยการผลิตทุกอย่างได้ รวมไปถึงปัจจัยการผลิตคงที่ด้วย โดยในการวิจัยนี้จะรวมไปถึงการหมดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ และการลงทุนเพิ่มสายการผลิตเพิ่มขึ้นในอนาคตถ้ามีปริมาณความต้องการอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยที่เพิ่มมากขึ้น

สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้การวิเคราะห์ในระยะสั้นและระยะยาว แบ่งประเภทของปัจจัยการผลิตออกเป็น ๒ แบบ คือ ต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผัน

ต้นทุนของการผลิตในแต่ละปริมาณการผลิตจะขึ้นกับปริมาณของปัจจัยที่ใช้ โดยสามารถแบ่งปัจจัยที่สำคัญสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ได้ดังนี้

ต้นทุนรวม (Total Cost) คือ ต้นทุนทั้งหมดที่ต้องใช้ในการผลิตซึ่งก็คือผลรวมของต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) และต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) โดยต้นทุนรวมนั้นจะต้องเพิ่มขึ้นเสมอหรือต้องไม่ลดลงเมื่อปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น

$$TC = FC + VC \qquad \text{สมการที่ ๓ - ๑}$$

ต้นทุนคงที่เฉลี่ย (Average Fixed Cost: AFC) คือ ต้นทุนคงที่เฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยผลิต หรือ ผลหารของต้นทุนคงที่ต่อปริมาณหารผลิต (Quantity)

$$AFC = FC/Q \qquad \text{สมการที่ ๓ - ๒}$$

ต้นทุนแปรผันเฉลี่ย (Average Variable Cost: AVC) คือ ต้นทุนแปรผันเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยผลิต หรือ ผลหารของต้นทุนแปรผันต่อปริมาณหารผลิต (Quantity)

$$AVC = VC/Q \qquad \text{สมการที่ ๓ - ๓}$$

ต้นทุนรวมเฉลี่ย (Average Total Cost: ATC) คือ ต้นทุนรวมเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยผลิต หรือ ผลหารของต้นทุนรวมต่อปริมาณหารผลิต (Quantity)

$$ATC = TC/Q = AFC + AVC \qquad \text{สมการที่ ๓ - ๔}$$

ต้นทุนเฉลี่ยระยะยาว (Long-Run Average Cost: LAC) คือ แสดงต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยที่ต่ำที่สุดที่จะเป็นไปได้สำหรับแต่ละระดับการผลิต โดยต้นทุนนี้เกิดจากขนาดปัจจัยคงที่ เช่น ขนาดโรงงาน จำนวนแม่พิมพ์ ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตในระดับต่าง ๆ ที่หน่วยการผลิตสามารถสร้างได้ในระยะยาว

มูลค่าซาก (Salvage Value) คือ ส่วนประกอบที่เหลือของเครื่องจักรที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้โดยในการวิจัยนี้จะใช้อายุการใช้งานของแม่พิมพ์ที่สามารถขึ้นรูปได้ ๕๐,๐๐๐ ครั้ง โดยใช้สมมติฐาน

$$\text{มูลค่าซาก} = [\,(\text{จำนวนที่ใช้งาน}-๕๐,๐๐๐)/๕๐,๐๐๐] \times \text{ราคาแม่พิมพ์} \qquad \text{สมการที่ ๓ - ๕}$$

จากการผลิตอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทั้ง ๒ แบบ ได้แจกแจงต้นทุนทั้ง ๒ ประเภท ได้แก่ต้นทุนคงที่ คือ ค่าแม่พิมพ์, ต้นทุนแปรผัน คือ ค่าวัสดุและค่าดำเนินงานในการผลิตมูลค่าซาก คือ มูลค่าคงเหลือของแม่พิมพ์

การวิเคราะห์ต้นทุนของอุปกรณ์ความปลอดภัย ได้ตั้งสมมติฐานไว้ที่ระดับการผลิตต่าง ๆ ตั้งแต่ ๑ – ๑๐๐,๐๐๐ ชิ้น มีระยะเวลาในการผลิต ๖ เดือน หรือ ๑๘๐ วัน โดยดำเนินการผลิตทุกวัน วันละ ๘ ชั่วโมง โดยเมื่อมีสายการผลิตเดียวอาจจะไม่สามารถผลิตชิ้นส่วนได้ ๑๐๐,๐๐๐ ชิ้น ในระยะเวลา ๑๘๐ วัน จึงต้องเพิ่มสายการผลิต โดยสามารถหาจำนวนสายการผลิตที่เพียงพอที่จะสามารถผลิตชิ้นส่วนได้

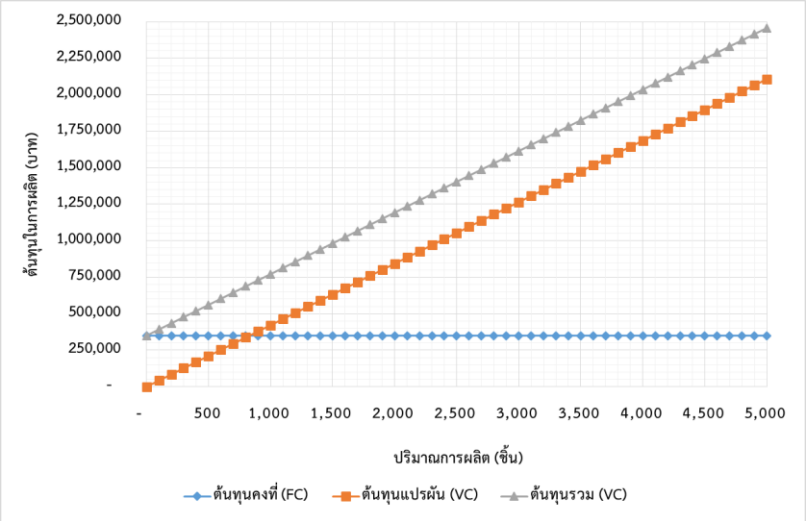
$$\text{จำนวนสายการผลิต} = ๑๐๐,๐๐๐/(๑๘๐ \times ๘ \times \text{กำลังการผลิตต่อชั่วโมง}) \qquad \text{สมการที่ ๓ - ๖}$$

๒.๑ อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen)

ต้นทุนคงที่เป็นค่าแม่พิมพ์ ๓๕๐,๐๐๐ บาท ซึ่งสามารถใช้ในการผลิตได้ ๕๐,๐๐๐ ชิ้น และต้นทุนแปรผันเป็นค่าวัสดุ ๒๙๓.๐๙ บาท ค่าดำเนินงาน ๙๓.๐๘ บาท รวมต้นทุนแปรผัน ๓๘๖.๑๗ บาท ซึ่งสามารถหาต้นทุนในระดับการผลิตต่าง ๆ ตั้งแต่ ๑ ถึง ๑๐๐,๐๐๐ ชิ้นได้ โดยสังเกตได้ว่าเมื่อผลิตครบ ๕๐,๐๐๐ ชิ้น จะต้องทำการเปลี่ยนแม่พิมพ์ใหม่เนื่องจากหมดอายุการใช้งาน จึงทำให้ต้นทุนคงที่เพิ่มขึ้น

ในการวิเคราะห์ต้นทุนในระยะสั้นเลือกวิเคราะห์ในช่วงการผลิต ๑ ถึง ๕,๐๐๐ ชิ้น โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนรวม และปริมาณการผลิตได้ ดังแสดงในแผนภาพที่ ๓ - ๑๖

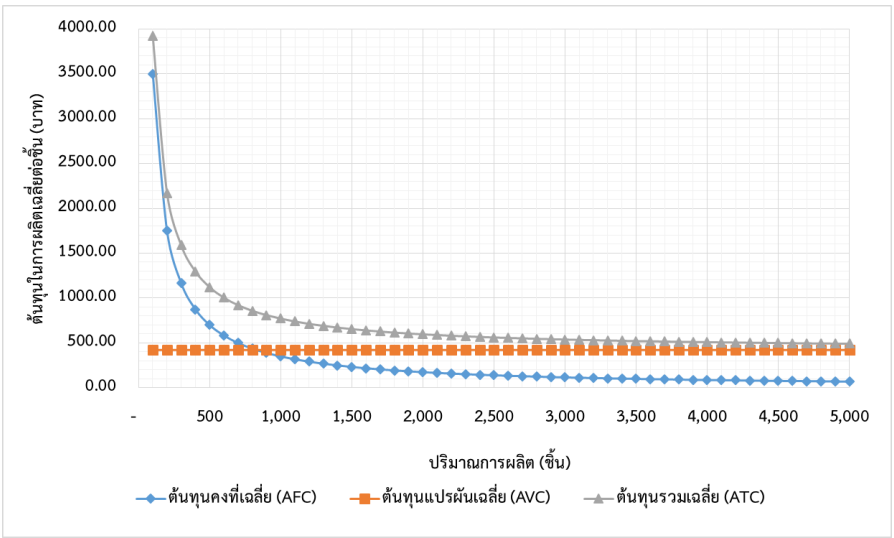
แผนภาพที่ ๓ - ๑๖ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนรวม และปริมาณการผลิตของอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen)



จากแผนภาพที่ ๓ - ๑๖ แสดงความสัมพันธ์ให้เห็นว่าต้นทุนคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และต้นทุนแปรผันที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการใช้วัสดุและทรัพยากร เช่น ยางพาราวัสดุผสม เป็นต้น เพิ่มขึ้นตามปริมาณการผลิต ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนรวมเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน

ในขณะเดียวกันเมื่อวิเคราะห์ด้วยต้นทุนเฉลี่ยต่อชิ้นจะสามารถแสดงได้ดังแผนภาพที่ ๓ - ๑๗

แผนภาพที่ ๓ - ๑๗ แสดงต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นของอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen)



จากแผนภาพที่ ๓ - ๑๗ ต้นทุนเฉลี่ยคงที่และต้นทุนเฉลี่ยรวมจะมีค่ามากและลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงการผลิต ๑ ถึง ๕๐๐ ชิ้น ส่วนในช่วง ๕๐๐ ถึง ๓,๐๐๐ ชิ้น ต้นทุนเฉลี่ยคงที่และต้นทุนเฉลี่ยรวมจะลดลงอย่างช้า ๆ และเริ่มคงที่เมื่อผลิตตั้งแต่ ๓,๐๐๐ ชิ้นขึ้นไป กล่าวคือต้นทุนเฉลี่ยรวมแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

การวิเคราะห์ในระยะยาว จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ให้มีความสามารถในการผลิต ๑๐๐,๐๐๐ ชิ้น ภายในระยะเวลา ๖ เดือน หรือ ๑๘๐ วัน สามารถหาจำนวนสายการผลิตได้จากสมการที่ ๓ - ๖ โดยการแทนค่ากำลังการผลิตของเครื่องจักรในการขึ้นรูปได้ที่ ๓ ชิ้นต่อชั่วโมง

จำนวนสายการผลิต = ๑๐๐,๐๐๐/(๑๘๐ x ๘ x ๓)

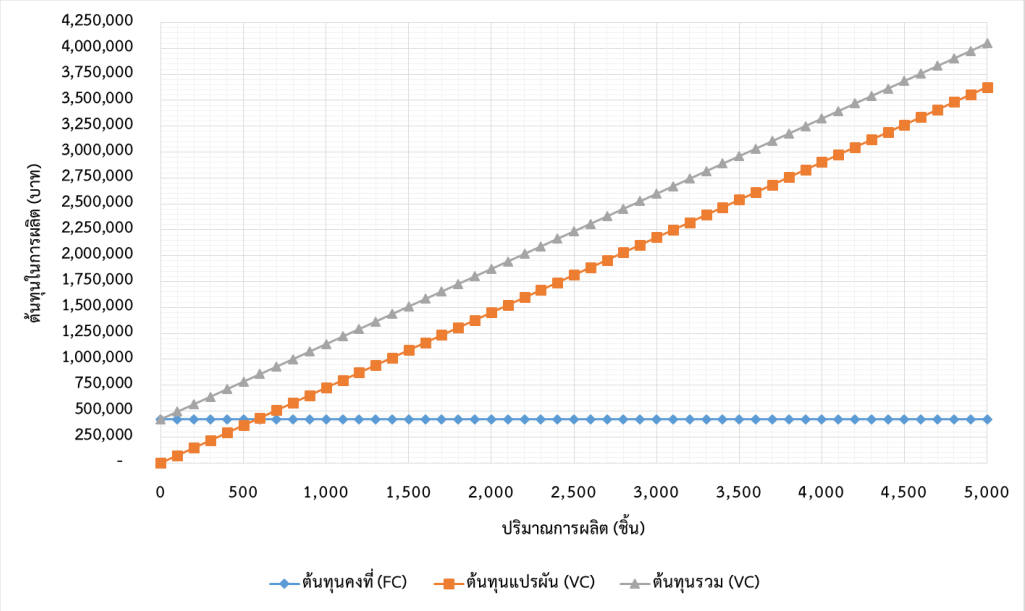
= ๒๓.๑๕ หรือ ๒๔ สายการผลิต

๒.๒ อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post)

ต้นทุนคงที่เป็นค่าแม่พิมพ์รวมจากส่วนประกอบทั้ง ๕ ส่วน ๔๒๑,๔๐๐ บาท ซึ่งสามารถใช้ในการผลิตได้ ๕๐,๐๐๐ ชิ้น และต้นทุนแปรผันเป็นค่าวัสดุ ๒๔๒.๔๘ บาท ค่าดำเนินงาน ๔๘๓.๑๙ บาท รวมต้นทุนแปรผัน ๗๒๕.๖๖ บาท ซึ่งสามารถหาต้นทุนในระดับการผลิตต่าง ๆ ตั้งแต่ ๑ ถึง ๑๐๐,๐๐๐ ชิ้นได้ โดยสังเกตได้ว่าเมื่อผลิตครบ ๕๐,๐๐๐ชิ้น จะต้องทำการเปลี่ยนแม่พิมพ์ใหม่ เนื่องจากหมดอายุการใช้งาน จึงทำให้ต้นทุนคงที่เพิ่มขึ้น

ในการวิเคราะห์ต้นทุนในระยะสั้นเลือกวิเคราะห์ในช่วงการผลิต ๑ ถึง ๕,๐๐๐ ชิ้น เช่นเดียวกับอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไปหน้ารถ โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนรวม และปริมาณการผลิตได้ดังแสดงในแผนภาพที่ ๓ - ๑๙

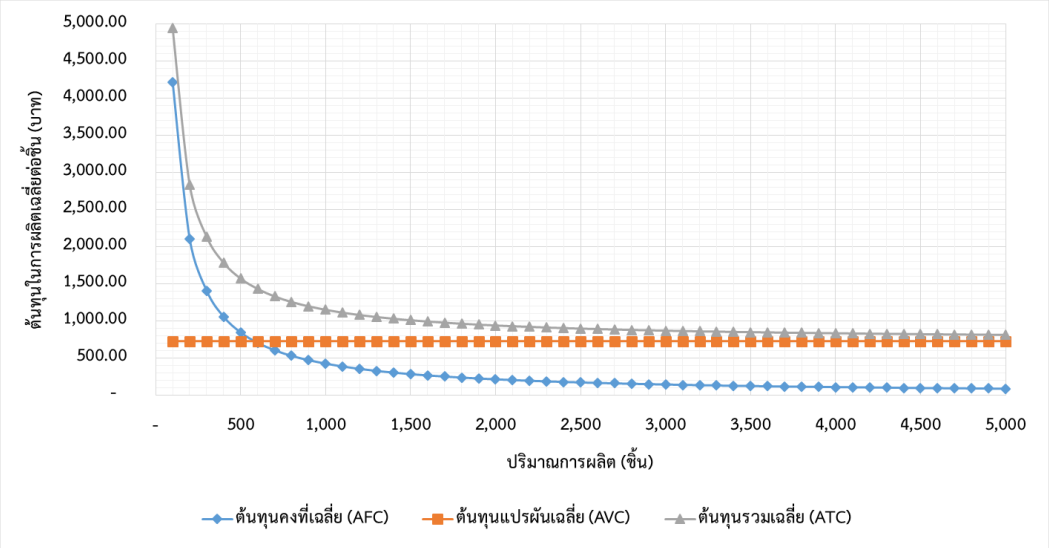
แผนภาพที่ ๓ - ๑๘ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนรวม และปริมาณการผลิตของอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post



จากแผนภาพที่ ๓ - ๑๙ แสดงความสัมพันธ์ให้เห็นว่าต้นทุนคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และต้นทุนแปรผันที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการใช้วัสดุและทรัพยากร เช่น ยางพาราวัสดุผสม เป็นต้น เพิ่มขึ้นตามปริมาณการผลิต ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนรวมเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นเดียวกับอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen)

ในขณะเดียวกันเมื่อวิเคราะห์ด้วยต้นทุนเฉลี่ยต่อชิ้นจะสามารถแสดงได้ ดังแผนภาพที่ ๓ - ๒๐

แผนภาพที่ ๓ – ๑๙ แสดงต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นของอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post)



จากแผนภาพที่ ๓ - ๒๐ ต้นทุนเฉลี่ยคงที่และต้นทุนเฉลี่ยรวมจะมีค่ามากและลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงการผลิต ๑ ถึง ๑,๐๐๐ ชิ้น ส่วนในช่วง ๑,๐๐๐ ถึง ๔,๐๐๐ ชิ้น ต้นทุนเฉลี่ยคงที่และต้นทุนเฉลี่ยรวมจะลดลงอย่างช้า ๆ และเริ่มคงที่เมื่อผลิตตั้งแต่ ๔,๐๐๐ ชิ้นขึ้นไป กล่าวคือต้นทุนเฉลี่ยรวมแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

การวิเคราะห์ในระยะยาว จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ให้มีความสามารถในการผลิต ๑๐๐,๐๐๐ ชิ้น ภายในระยะเวลา ๖ เดือน หรือ ๑๘๐ วัน สามารถหาจำนวนสายการผลิตได้จากสมการที่ ๓ - ๖ โดยการแทนค่ากำลังการผลิตของเครื่องจักรในการขึ้นรูปตัวเสา (Core) เนื่องจากใช้เวลาในการปั๊มขึ้นรูปนานที่สุดที่ ๒ ชิ้นต่อชั่วโมงเป็นตัวกำหนดสายการผลิต

จำนวนสายการผลิต = ๑๐๐,๐๐๐/(๑๘๐ x ๘ x ๒)

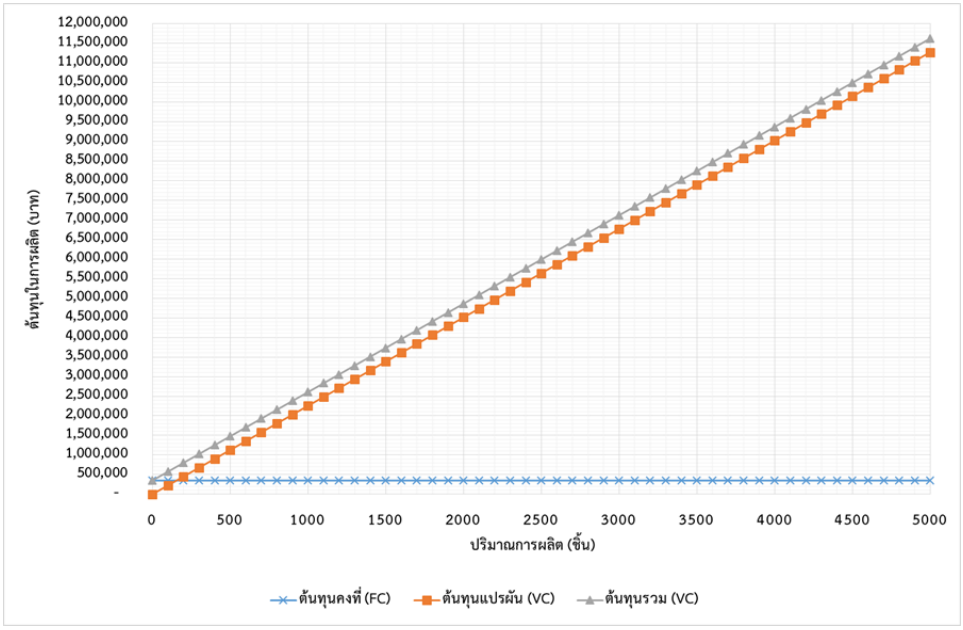
= ๓๔.๗๒ หรือ ๓๕ สายการผลิต

๒.๓ อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Blockout for Guard Rail)

ต้นทุนคงที่เป็นค่าแม่พิมพ์ ๓๕๐,๐๐๐ บาท ซึ่งสามารถใช้ในการผลิตได้ ๕๐,๐๐๐ ชิ้น และต้นทุนแปรผันเป็นค่าวัสดุ ๒,๑๖๕.๙๕ บาท ค่าดำเนินงาน ๙๓.๐๘ บาท รวมต้นทุนแปรผัน ๒,๒๕๖.๐๓ บาท ซึ่งสามารถหาต้นทุนในระดับการผลิตต่าง ๆ โดยสังเกตได้ว่าเมื่อผลิตครบ ๕๐,๐๐๐ ชิ้น จะต้องทำการเปลี่ยนแม่พิมพ์ใหม่เนื่องจากหมดอายุการใช้งาน จึงทำให้ต้นทุนคงที่เพิ่มขึ้น

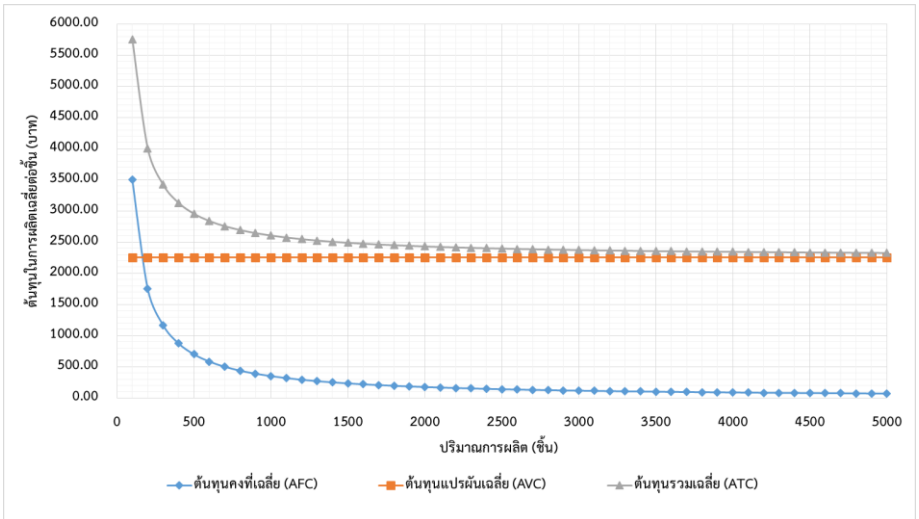
การวิเคราะห์ต้นทุนในระยะสั้นเลือกวิเคราะห์ในช่วงการผลิต ๑ ถึง ๕,๐๐๐ ชิ้น โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนรวม และปริมาณการผลิตได้ ดังแสดงในแผนภาพที่ ๓-๒๐

แผนภาพที่ ๓ - ๒๐ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนรวม และปริมาณการผลิตของอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Blockout for Guard Rail)



จากแผนภาพที่ ๓ - ๒๐ แสดงความสัมพันธ์ให้เห็นว่าต้นทุนคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และต้นทุนแปรผันที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการใช้วัสดุและทรัพยากร เช่น ยางพาราวัสดุผสม รวมไปถึงอุปกรณ์สำหรับการติดตั้ง ซึ่งในส่วนของอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูกนั้น อุปกรณ์ในการติดตั้งจะส่งผลถึงราคารวมอย่างมากเพราะมีสัดส่วนถึงร้อยละ ๘๔ ของราคารวมทั้งหมด ส่งผลให้ต้นทุนรวมเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน ดังจะเห็นได้จากกราฟต้นทุนเฉลี่ยต่อชิ้นในแผนภาพที่ ๓ - ๒๑

แผนภาพที่ ๓ - ๒๑ แสดงต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นของอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Blockout for Guard Rail)

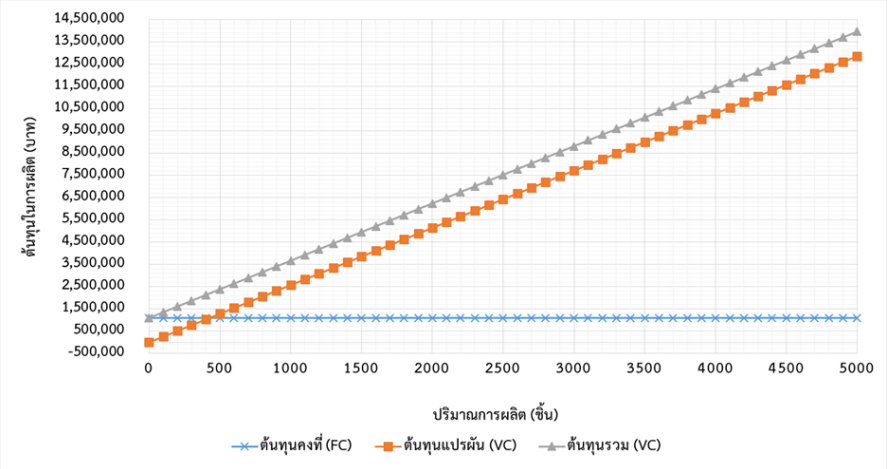


๒.๔ อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier)

ต้นทุนคงที่เป็นค่าแม่พิมพ์รวมจากส่วนประกอบทั้ง ๔ ส่วน ๑,๑๐๐,๐๐๐ บาท ซึ่งสามารถใช้ในการผลิตได้ ๕๐,๐๐๐ ชิ้น และต้นทุนแปรผันเป็นค่าวัสดุ ๒,๓๐๐.๒๙ บาท ค่าดำเนินงาน ๓๗๓.๓๒ บาท รวมต้นทุนแปรผัน ๒,๖๘๔.๔๑ บาท ซึ่งสามารถหาต้นทุนในระดับการผลิตต่าง ๆ โดยสังเกตได้ว่าเมื่อผลิตครบ ๕๐,๐๐๐ ชิ้น จะต้องทำการเปลี่ยนแม่พิมพ์ใหม่เนื่องจากหมดอายุการใช้งาน จึงทำให้ต้นทุนคงที่เพิ่มขึ้น

ในการวิเคราะห์ต้นทุนในระยะสั้นเลือกวิเคราะห์ในช่วงการผลิต ๑ ถึง ๕,๐๐๐ ชิ้น โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนรวม และปริมาณการผลิตได้ดังแผนภาพที่ ๓ - ๒๒

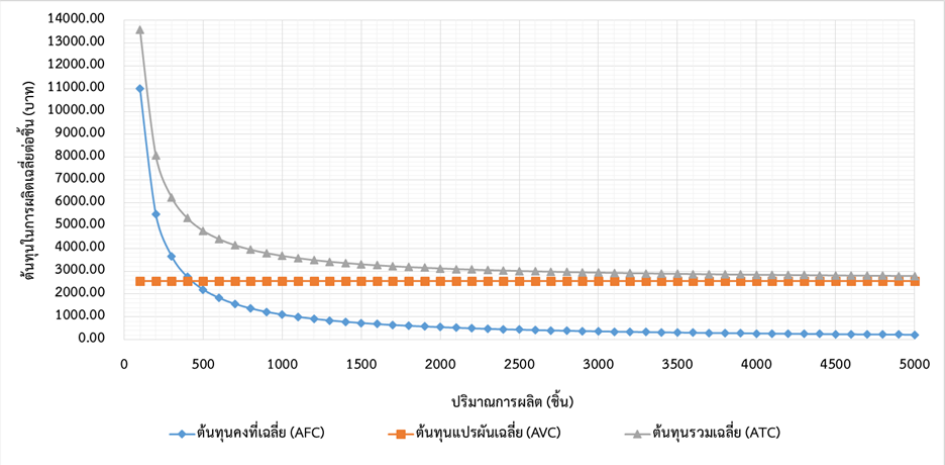
แผนภาพที่ ๓ - ๒๒ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผัน ต้นทุนรวม และปริมาณการผลิตของอุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier)



จากแผนภาพที่ ๓ - ๒๒ แสดงความสัมพันธ์ให้เห็นว่าต้นทุนคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และต้นทุนแปรผันที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการใช้วัสดุและทรัพยากร เช่น ยางพาราวัสดุผสม เป็นต้น เพิ่มขึ้นตามปริมาณการผลิต ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนรวมเพิ่มมากขึ้นด้วย

ในขณะเดียวกันเมื่อวิเคราะห์ด้วยต้นทุนเฉลี่ยต่อชิ้นจะสามารถแสดงได้ จากแผนภาพที่ ๓ - ๒๓

แผนภาพที่ ๓ - ๒๓ แสดงต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นของอุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier)



๒.๕ อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb)

มีต้นทุนคงที่เป็นค่าแม่พิมพ์ ๒๐๐,๐๐๐ บาท ซึ่งสามารถใช้ในการผลิตได้ ๕๐,๐๐๐ ชิ้น และต้นทุนแปรผันเป็นค่าวัสดุ ๓๘๔.๐๙ บาท ค่าดำเนินงาน ๖๙.๗๕ บาท รวมต้นทุนแปรผัน ๔๕๓.๘๔ บาท ซึ่งสามารถหาต้นทุนในระดับการผลิตต่าง ๆ โดยสังเกตได้ว่าเมื่อผลิตครบ ๕๐,๐๐๐ ชิ้น จะต้องทำการเปลี่ยนแม่พิมพ์ใหม่เนื่องจากหมดอายุการใช้งาน จึงทำให้ต้นทุนคงที่เพิ่มขึ้น

๓. การเปรียบเทียบการนำยางพาราไปใช้ในงานอื่น

จากราคาต้นทุนในการผลิตในหัวข้อที่ ๒ สามารถนำต้นทุนดังกล่าวมาใช้ในการเปรียบเทียบกับการใช้ยางพาราเพื่อการใช้งานอื่น ๆ ทางด้านการจราจรและขนส่ง เช่น การใช้น้ำยางพาราผสมยางมะตอยในการก่อสร้างถนน การใช้แผ่นยางเป็นส่วนประกอบในการรับน้ำหนักของรางรถไฟ หรือการใช้ผลิตยางในการก่อสร้างต่าง ๆ เพื่อเป็นการส่งเสริมการใช้ยางพาราตามนโยบายของภาครัฐ โดยเฉพาะการใช้ยางมะตอยน้ำผสมกับยางพาราธรรมชาติ (Asphalt Emulsion)

โดยปกติถนนที่ราดผิวถนนด้วยยางมะตอยน้ำล้วน ๆ เป็นส่วนผสมมีข้อจำกัดตรงที่ค่าความหนืดต่ำ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงตามสถาพอุณหภูมิที่รวดเร็ว กล่าวคือเมื่อได้รับความร้อนจากแสงแดดก็จะทำให้พื้นถนนอ่อนตัว แต่เมื่ออุณหภูมิต่ำหรืออากาศเย็นก็จะแข็งหรือเกิดการแตกตัว ทำให้เมื่อมีการจราจรหนาแน่นหรือมีการบรรทุกน้ำหนักมากก็จะทำให้ผิวทางชำรุดเสียหายได้ การใช้ยางพาราธรรมชาติจึงช่วยปรับปรุงคุณสมบัติโดยการเพิ่มความหนืดให้กับผิวถนน ลดการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากอุณภูมิ เพิ่มความยืดหยุ่น เพิ่มแรงยึดเหนี่ยว ทำให้คุณสมบัติเชิงกลดีขึ้น เมื่อมีการนำไปเปรียบเทียบกับยางมะตอยน้ำมาตรฐาน CSS-1 (EMA)

จากการศึกษาต้นทุนของยางมะตอยน้ำผสมยางพาราธรรมชาติ (AE) พบว่า ถ้าใช้ยางมะตอยน้ำผสมยางพาราธรรมชาติแข็งตัวช้า เกรด CSS - 1h จำนวน ๑ ตัน สร้างผิวทางแบบสเลอรี่ซีล (Slurry Seal) ใช้งานได้นานประมาณ ๓ ปีก่อนที่จะฉาบผิวทางใหม่ ใช้ต้นทุนราคา ๒๐,๖๒๕.๐๐ บาทต่อตัน

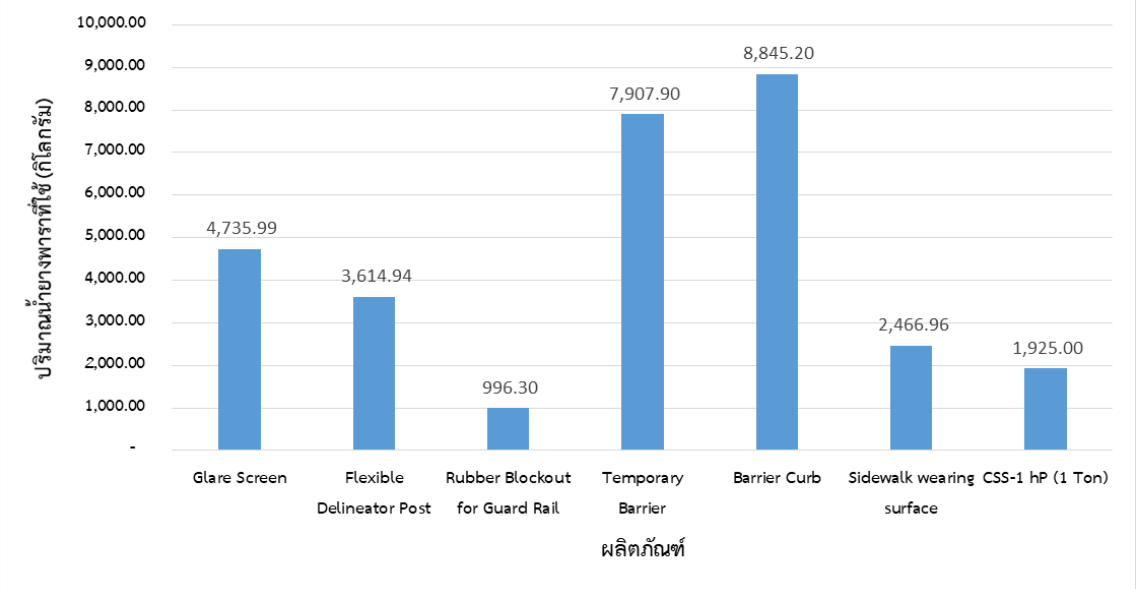
สำหรับยางมะตอยผสมยางพาราธรรมชาติ (AE) แข็งตัวช้า เกรด CSS - 1hP ที่ผสมน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ ๕.๕ จำนวน ๑ ตัน สร้างผิวทางแบบพาราสเลอรี่ซีล (Para Slurry Seal) ใช้งานได้นานประมาณ ๕ ปี ก่อนที่จะบำรุงฉาบผิวทางใหม่ ใช้ต้นทุนราคา ๒๘,๐๐๐.๐๐ บาทต่อตัน

เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนและปริมาณน้ำยางพาราเข้มข้นของอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยสามารถแจกแจงได้ดังแสดงในตารางที่ ๓ - ๖ ซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบกับต้นทุนและปริมาณการใช้น้ำยางเข้มข้นของยางมะตอยได้

ตารางที่ ๓ - ๖ ต้นทุนและปริมาณน้ำยางพาราเข้มข้นที่ใช้

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณนำยางพารา เข้มข้น (กิโลกรัม)	ต้นทุนอุปกรณ์ต่อชิ้น (บาท)
อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ	๒.๐๓	๔๒๘.๕๕
อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น	๒.๖๖	๗๓๕.๖๕
อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก	๒.๗๐	๒,๗๐๖.๖๑
อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว	๒๐.๕๔	๒,๕๙๕.๖๑
อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน	๔.๐๕	๔๕๗.๘๔
แผ่นปูพื้นทางเท้า	๐.๓๘	๑๕๔.๐๓
ยางมะตอยน้ำ CSS-1hP ๑ ตัน (ปริมาณน้ำยางเข้มข้น ๕.๕%)	๕๕.๐๐	๒๘,๐๐๐.๐๐

แผนภาพที่ ๓ - ๒๔ แสดงปริมาณน้ำยางพาราเข้มข้นที่ใช้เมื่อมีงบประมาณในการผลิต ๑,๐๐๐,๐๐๐ บาท



๔. สรุปผลการวิเคราะห์ต้นทุน

จากการวิเคราะห์ต้นทุนของอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทั้ง ๒ แบบ จากกราฟพบว่า ต้นทุนคงที่เฉลี่ย (AFC) มีค่าลดลงเรื่อย ๆ เมื่อปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น ส่วนต้นทุนคงที่แปรผันเฉลี่ย (AVC) และต้นทุนรวมเฉลี่ย (ATC) ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก จนเมื่อผลิตไปในระดับ

ปริมาณหนึ่ง ต้นทุนเฉลี่ยของการผลิตอาจจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย ซึ่งเรียกช่วงการผลิตนี้ว่า ผลตอบแทนต่อขนาดคงที่ (Constant Return to Scale หรือ CRTS) ซึ่งเป็นผลมาจากการประหยัดเนื่องจากการขยายการผลิต (Economy of Scale หรือ EOS) ซึ่งสาเหตุมาจากการที่ปัจจัยการผลิตได้ใช้อย่างคุ้มค่า เช่น แม่พิมพ์ เครื่องจักร ทำให้ต้นทุนเฉลี่ยลดลง โดยต้นทุนสุดท้ายเฉลี่ยต่อชิ้นของอุปกรณ์ความปลอดภัยทั้ง ๖ แบบ คือ

๔.๑ อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) ๔๒๘.๕๕ บาทต่อชิ้น

๔.๒ อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) ๗๓๕.๖๕ บาทต่อชิ้น

๔.๓ อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Blockout for Guard Rail) ๒,๗๐๖.๖๑ บาทต่อชิ้น

๔.๔ อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) ๒,๕๙๕.๖๑ บาทต่อชิ้น

๔.๕ อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) ๔๕๗.๘๔ บาทต่อชิ้น

๔.๖ แผ่นปูพื้นทางเท้า (Sidewalk wearing surface) ๑๕๔.๐๓ บาทต่อชิ้น

เมื่อมีปริมาณการผลิตถึงในระดับหนึ่ง จำเป็นต้องมีการขยายกำลังการผลิต ทำให้มีความต้องการเครื่องจักร พนักงาน หรือพื้นที่ในการทำงานเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งการหมดสภาพของแม่พิมพ์และเครื่องจักรที่ใช้ ก็จะทำให้ต้นทุนคงที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน จึงทำให้ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยสูงขึ้นในที่สุด

อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่เพิ่มสายการผลิตและแม่พิมพ์ไม่หมดอายุการใช้งาน สามารถคิดมูลค่าคงเหลือของแม่พิมพ์กลับมาลดต้นทุนของแม่พิมพ์ได้ ซึ่งเมื่อกลับมาผลิตอีกครั้งก็สามารถใช้แม่พิมพ์ตัวเดิมในการขึ้นรูปได้ทันทีไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการหล่อแม่พิมพ์อีกครั้ง ทางผู้ผลิตจึงต้องเลือกขนาดของการผลิตให้เหมาะสมและสอดคล้องกับต้นทุนการผลิตที่เกิดขึ้นและความต้องการของตลาดที่มีอยู่

ในการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ พบว่าการผลิตอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย ๕ ชนิด จะมีการใช้น้ำยางพาราเข้มข้นมากกว่าการนำน้ำยางพาราธรรมชาติไปผลิตยางมะตอยน้ำ เกรด CSS - 1hP ยกเว้นอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูกที่มีการใช้น้ำยางพาราน้อย เนื่องจากต้นทุนจะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์อื่น ๆ มากกว่า ซึ่งปริมาณการใช้จะมีการใช้มากกว่ายางมะตอยน้ำ ๑ ถึง ๔ เท่า

การวิเคราะห์ข้อมูลปฐมภูมิ จากการสัมภาษณ์

การเก็บข้อมูลปฐมภูมิ เป็นการรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก บุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑-๒๕๘๐) ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยแบ่งกลุ่มผู้ให้สัมภาษณ์ออกเป็น ๓ กลุ่ม ได้แก่

๑. ผู้รับเหมาก่อสร้าง บริษัท/โรงงานผู้ผลิต ผลิตภัณฑ์จากยางพาราในภาคอุตสาหกรรมยางแอสฟัลต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางพารา รวมถึงโรงงานเอกชน/ชุมนุมเกษตรกรชาวสวนยาง ผู้ผลิตน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่มเพื่อใช้ในงานปรับปรุงดินซีเมนต์ด้วยยางพารา

๒. ข้าราชการของหน่วยงานภาครัฐ ที่มีหน้าที่กำกับ ติดตาม ดูแล และบริหารงานด้านการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ

๓. ผู้เชี่ยวชาญ นักวิชาการ และผู้บริหารระดับสูง ที่มีความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ในการบริหารจัดการการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ ของหน่วยงานกรมทางหลวง สถาบันวิจัยยาง และการยางแห่งประเทศไทย

ดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึกบุคคลที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑-๒๕๘๐) โดยแบ่งประเด็นการสัมภาษณ์เป็นข้อๆ ได้ดังนี้

ประเด็นที่ ๑ : กรมทางหลวงนับเป็นหน่วยงานแรกๆ ที่มีการนำยางพารามาใช้ตามนโยบายของรัฐบาล ในปัจจุบันได้ดำเนินการอย่างไรไปแล้วบ้าง

ประเด็นที่ ๒ : การนำยางพารามาใช้เป็นส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้น มีข้อดีหรือข้อเสียอย่างไร เมื่อเทียบกับอุปกรณ์แบบเดิม

ประเด็นที่ ๓ : ปัจจุบันได้มีหน่วยงานอื่น เช่น หน่วยงานชลประทานและหน่วยงานท้องถิ่น เป็นต้น เริ่มมีการนำยางพาราไปใช้เป็นส่วนประกอบในการทำถนน ท่านมีความเห็นว่า ถนนดังกล่าวมีข้อจำกัดในการใช้งานหรือไม่

สรุป

บทนี้เป็นการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เชิงวิศวกรรมและความคุ้มค่า ครอบคลุมถึงการวิเคราะห์และทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของการนำยางพารามาใช้เป็นวัสดุทางวิศวกรรม ตลอดจนการวิเคราะห์ต้นทุนจากการนำยางพารามาใช้ในงานทาง รวมถึงบทสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมงานทางจากการวิเคราะห์ต้นทุนของอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทั้ง ๒ แบบ จากกราฟพบว่า ต้นทุนคงที่เฉลี่ย (AFC) มีค่าลดลงเรื่อย ๆ เมื่อปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น ส่วนต้นทุนคงที่แปรผันเฉลี่ย (AVC) และต้นทุนรวมเฉลี่ย (ATC) ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก จนเมื่อผลิตไปในระดับปริมาณหนึ่ง ต้นทุนเฉลี่ยของการผลิตอาจจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย ซึ่งเรียกช่วงการผลิตนี้ว่าผลตอบแทนต่อขนาดคงที่ (Constant Return to Scale หรือ CRTS) ซึ่งเป็นผลมาจากการประหยัดเนื่องจากการขยายการผลิต (Economy of Scale หรือ EOS) ซึ่งสาเหตุมาจากการที่ปัจจัยการผลิตได้ใช้อย่างคุ้มค่า เช่น แม่พิมพ์ เครื่องจักร ทำให้ต้นทุนเฉลี่ยลดลง โดยต้นทุนสุดท้ายเฉลี่ยต่อชิ้นของอุปกรณ์ความปลอดภัยทั้ง ๖ แบบ คือ

๑. อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) ๔๒๘.๕๕ บาทต่อชิ้น

๒. อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) ๗๓๕.๖๕ บาทต่อชิ้น

๓. อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Blockout for Guard Rail) ๒,๗๐๖.๖๑ บาทต่อชิ้น

๔. อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) ๒,๕๙๕.๖๑ บาทต่อชิ้น

๕. อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) ๔๕๗.๘๔ บาทต่อชิ้น

๖. แผ่นปูพื้นทางเท้า (Sidewalk wearing surface) ๑๕๔.๐๓ บาทต่อชิ้น

เมื่อมีปริมาณการผลิตถึงในระดับหนึ่ง จำเป็นต้องมีการขยายกำลังการผลิต ทำให้มีความต้องการเครื่องจักร พนักงาน หรือพื้นที่ในการทำงานเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งการหมดสภาพของแม่พิมพ์และเครื่องจักรที่ใช้ ก็จะทำให้ต้นทุนคงที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน จึงทำให้ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยสูงขึ้นในที่สุด

บทที่ ๔
การวิเคราะห์รูปแบบและความเหมาะสมกิจกรรมการใช้ยางพาราที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ

บทนี้เป็นการการวิเคราะห์รูปแบบและความเหมาะสมกิจกรรมการใช้ยางพาราที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ ครอบคลุมถึงแนวทางการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้ยางพารา การวิเคราะห์ตัวแปร และการวัดตัวแปร เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ การสร้างแบบสอบถามและตัวชี้วัดผลการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง ตลอดจนการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวงที่สอดรับกับยุทธศาสตร์ชาติ ๒๐ ปี ของรัฐบาล โดยรายละเอียดของบทนี้ ประกอบด้วย

๑. ยุทธศาสตร์ชาติกับการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง
๒. แนวทางการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้ยางพารา
๓. การวิเคราะห์ตัวแปร และการวัดตัวแปร
๔. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์
๕. การทดสอบเครื่องมือ
๖. การสร้างแบบสอบถามและตัวชี้วัด
๗. ผลการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง
๘. สรุปแนวทางการเลือกกิจกรรมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง

ยุทธศาสตร์ชาติกับการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง

กิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติอย่างเหมาะสมและคุ้มค่า เป็นการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง ที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ - ๒๕๘๐) ในหลายกิจกรรม นอกจากจะเป็นการสร้างมูลค่าให้กับยางพารา และส่งเสริมการใช้ยางพาราภายในประเทศแล้ว ยังเป็นการสนับสนุนการนำยางพารามาใช้ในหน่วยงานภาครัฐ อย่างยั่งยืนและมั่นคง อีกด้วย

ยุทธศาสตร์ชาติระยะ ๒๐ ปี (พ.ศ.๒๕๖๑ - ๒๕๘๐) ของรัฐบาล ประกาศ ณ วันที่ ๘ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๑ เพื่อที่จะใช้เป็นกรอบแนวทางการบริหารและพัฒนาประเทศ ประกอบด้วย ๖ ยุทธศาสตร์ ได้แก่

๑. ยุทธศาสตร์ชาติด้านความมั่นคง
๒. ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน
๓. ยุทธศาสตร์ชาติด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์
๔. ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม
๕. ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

๖. ยุทธศาสตร์ชาติด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ

โดยยุทธศาสตร์ชาติที่มีความสอดคล้องและเกี่ยวข้องกับหัวข้อการศึกษาเรื่อง การใช้ประโยชน์จากยางพาราในกิจกรรมของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนนโยบายรัฐ นั้นได้แก่ ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน มีเป้าหมายการพัฒนาที่มุ่งเน้นการยก ระดับศักยภาพของประเทศในหลากหลายมิติ บนพื้นฐานแนวคิด ๓ ประการ ได้แก่ (๑) “ต่อยอดอดีต” โดยมองกลับไปที่รากเหง้าทางเศรษฐกิจ อัตลักษณ์ วัฒนธรรม ประเพณี วิถีชีวิต และจุดเด่นทางทรัพยากร ธรรมชาติที่หลากหลาย รวมทั้งความได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบของประเทศในด้านอื่น ๆ นำมาประยุกต์ผสมผสานกับเทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่อให้สอดรับกับบริบทของเศรษฐกิจและสังคมโลกสมัยใหม่ (๒) “ปรับปัจจุบัน” เพื่อปูทางสู่อนาคต ผ่านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศในมิติต่าง ๆ ทั้งโครงข่ายระบบคมนาคมและขนส่ง โครงสร้างพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และดิจิทัล และการปรับสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมและบริการอนาคต และ (๓) “สร้างคุณค่าใหม่ในอนาคต” ด้วยการเพิ่มศักยภาพของผู้ประกอบการ พัฒนาคนรุ่นใหม่ รวมถึงปรับรูปแบบธุรกิจ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของตลาด ผสมผสานกับยุทธศาสตร์ที่รองรับ อนาคต บนพื้นฐานของการต่อยอดอดีตและปรับปัจจุบัน พร้อมทั้งการส่งเสริมและสนับสนุนจากภาครัฐ ให้ประเทศไทยสามารถสร้างฐานรายได้และการจ้างงานใหม่ ขยายโอกาสทางการค้าและการลงทุน ในเวทีโลก ควบคู่ไปกับการยกระดับรายได้และการกินดีอยู่ดี รวมถึงการเพิ่มขึ้นของคนชั้นกลาง และลดความเหลื่อมล้ำของคนในประเทศได้ในคราวเดียวกัน

ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขันจึงกำหนดแนวทางการพัฒนาที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนากลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจเพื่ออนาคตที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้ทั้งในภาคเกษตร อุตสาหกรรม และบริการและการท่องเที่ยว โดยให้ประเทศสามารถยกระดับการผลิตทางการเกษตรเพื่อสร้างมูลค่าให้สูงขึ้น ขณะที่มีอุตสาหกรรมและบริการแห่งอนาคตที่จะเป็นกลไกขับเคลื่อนประเทศไทยไปสู่ประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยนวัตกรรมและเทคโนโลยีแห่งอนาคต รวมทั้งรักษาการเป็นจุดหมายปลายทางของการท่อง เที่ยวระดับโลก ในขณะเดียวกันจำเป็นต้องพัฒนาปัจจัยสนับสนุนต่าง ๆ ทั้งในส่วนของโครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพในด้านโครงข่ายคมนาคม พื้นที่และเมือง รวมถึงเทคโนโลยี และโครงสร้างพื้นฐานทางเศรษฐกิจ เพื่ออำนวยความสะดวกและลดต้นทุนในการ เคลื่อนย้ายสินค้า บริการ เงินทุน บุคลากร และเชื่อมโยงประเทศไทยกับประชาคมโลก และรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสู่อนาคต

ตัวชี้วัด สำหรับยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน ได้แก่

๑. รายได้ประชาชาติ การขยายตัวของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ และการกระจายรายได้

๒. ผลิตภาพการผลิตของประเทศ ทั้งในปัจจัยการผลิตและแรงงาน

๓. การลงทุนเพื่อการวิจัยและพัฒนา

๔. ความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

การนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน ครอบคลุมประเด็นที่เกี่ยวข้องกับยุทธศาสตร์ชาติ ๒๐ ปี (พ.ศ. ๒๕๖๑ - ๒๕๘๐) ของรัฐบาล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

๑. ประเด็นการเกษตรสร้างมูลค่า

สามารถพัฒนาต่อยอดโครงสร้างธุรกิจการเกษตรด้วยการสร้างมูลค่าเพิ่ม เน้นเกษตรคุณภาพสูงและขับเคลื่อนการเกษตรด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม ที่ให้ความสำคัญกับการเพิ่มผลิตภาพการผลิตทั้งเชิงปริมาณและมูลค่า และความหลากหลายของสินค้าเกษตร เพื่อรักษาฐานรายได้เดิมและสร้างฐานอนาคตใหม่ที่สร้างรายได้สูง ทั้งเกษตรอัตลักษณ์พื้นถิ่น เกษตรปลอดภัย เกษตรชีวภาพ เกษตรแปรรูป และเกษตรอัจฉริยะ เพื่อให้เกษตรกรมีรายได้สูงขึ้น ประกอบด้วย

๑.๑ เกษตรอัตลักษณ์พื้นถิ่น

ส่งเสริมการนำอัตลักษณ์พื้นถิ่นและภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยส่งเสริมการนำอัตลักษณ์พื้นถิ่นและภูมิปัญญาท้องถิ่นของไทยมาใช้ในการผลิตสินค้าและผลิตภัณฑ์การเกษตรที่มีมูลค่าเพิ่มสูง เป็นสินค้าเกษตรชนิดใหม่ ให้รองรับความต้องการของตลาดยุคใหม่ เพื่อส่งเสริมเศรษฐกิจของท้องถิ่น และสร้างจุดเด่น ความแตกต่างของสินค้าเกษตรไทยในตลาดโลกเพื่อตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคที่แตกต่างกัน ด้วยการส่งเสริมให้มีการใช้ยางพาราภายในประเทศ โดยการนำมาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง ประกอบด้วย

๑.๑.๑ งานฉาบผิวแบบพาราสเลอรี่ซีล

๑.๒.๒ งานผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางพารา

๑.๒.๓ การนำยางพารามาใช้ก่อสร้างชั้นพื้นทางหรือผิวทางดินซีเมนต์ (Para soil cement)

๑.๒.๔ ผลิตภัณฑ์อำนวยความปลอดภัยจากยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง

๑.๒ เกษตรแปรรูป

ปรับใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา รวมทั้ง นวัตกรรมจากภูมิปัญญาในการแปรรูป สร้างความแตกต่าง และเพิ่มมูลค่าในผลิตภัณฑ์และสินค้าเกษตร รวมทั้งส่งเสริมผลิตภัณฑ์เกษตรคุณภาพสูงของไทยสู่ตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ โดยส่งเสริมการแปรรูปสินค้าเกษตรขั้นสูงที่มีคุณค่าเฉพาะ สอดคล้องกับความต้องการของตลาดที่มีความหลากหลาย ด้วยการต่อยอดผลงานจากสถาบันวิจัยสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ การส่งเสริมให้นำเทคโนโลยีและนวัตกรรม ใหม่ ๆ มาพัฒนาต่อยอดสินค้าเกษตรขั้นต้นให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีมูลค่าสูง การส่งเสริมการใช้วัตถุดิบ และผลิตผลทางการเกษตรเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ รวมทั้งการสนับสนุนการนำเทคโนโลยี นวัตกรรมสมัยใหม่มาใช้ในการสร้างสรรค์ผลิตผลิตภัณฑ์ด้านวิศวกรรมที่สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมของกรมทางหลวง ได้แก่ การผลิตผลิตภัณฑ์อำนวยความปลอดภัยจากยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง ซึ่งโครงการนี้ได้ทำการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนนที่มียางพาราเป็นส่วนผสม จำนวน ๖ อุปกรณ์ ได้แก่ อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก

(Rubber Block-out for Guard Rail) อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) และพื้นทางเดินเท้า (Sidewalk Wearing Surface)

๑.๓ เกษตรอัจฉริยะ

ด้วยการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบการผลิตเพื่อเพิ่มผล ผลิตการเกษตรในเชิงมูลค่าและปริมาณต่อพื้นที่สูงสุด และเตรียมพร้อมรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยน แปลงสภาพภูมิอากาศ มีการคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสร้างสมดุลระหว่างเกษตรกรและอุตสาหกรรม โดยสร้างและนำเทคโนโลยี นวัตกรรม และวิทยาการสมัยใหม่มาใช้ในการเกษตร และสามารถวางแผนระบบการตลาดดีขึ้น เพื่อสร้างมูลค่าให้กับสินค้าทางการเกษตร ด้วยการนำยางพารามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง เป็นการสร้างมูลค่าและสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า

๒. ประเด็นอุตสาหกรรมและบริการแห่งอนาคต

อุตสาหกรรมและบริการไทยต้องพร้อมรับมือและ สร้างโอกาสจากความท้าทายที่เกิดขึ้นจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ ๔ ที่เป็นผลของการหล่อหลอม เทคโนโลยีดิจิทัล เทคโนโลยีชีวภาพ และเทคโนโลยีทางกายภาพเข้าด้วยกัน ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็วเป็นวงกว้างและลึกซึ้งทั้งระบบอย่างที่ไม่เคยปรากฏมาก่อน ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงพื้นฐานโครงสร้างอุตสาหกรรมและบริการ โดยสร้างอุตสาหกรรม และบริการแห่งอนาคตที่ขับเคลื่อนประเทศไทยไปสู่ประเทศพัฒนาแล้วด้วยนวัตกรรมและเทคโนโลยี แห่งอนาคต เพิ่มบุคลากรที่มีทักษะและความรู้ตามความต้องการของตลาด สร้างระบบนิเวศ อุตสาหกรรมและบริการที่เหมาะสม และสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมและบริการอย่างยั่งยืน ด้วยการสร้างประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพ และการแปรรูปสินค้าทางการเกษตรพัฒนาไปสู่อุตสาหกรรม เพื่อต่อยอดจากภาคเกษตรไทยและมุ่งสู่อุตสาหกรรมบนฐานชีวภาพที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยการเพิ่มสัดส่วนอุตสาหกรรมทางการเกษตรหรือการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ ให้มีมูลค่าเพิ่มสูง เป็นการเพิ่มการผลิตและส่งเสริมการใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ ได้แก่ ยางพารา โดยการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของวัสดุด้านวิศวกรรมที่สามารถพัฒนาต่อยอดไปใช้ในวิศวกรรมงานทาง หรือนำไปใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงได้ รวมถึงการเน้นการวิจัยและพัฒนาและนำผลงานวิจัยมาใช้ในเชิงพาณิชย์ มากยิ่งขึ้น ตลอดจนการให้ความสำคัญกับระบบนวัตกรรมแบบเปิด เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมทางการเกษตรได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

๓. ประเด็นการพัฒนาเศรษฐกิจบนพื้นฐานผู้ประกอบการยุคใหม่

ด้วยการสร้างและพัฒนาผู้ประกอบการยุคใหม่ ไม่ว่าจะเป็นผู้ประกอบการรายใหญ่ กลาง เล็ก วิสาหกิจเริ่มต้น วิสาหกิจชุมชน หรือวิสาหกิจ เพื่อสังคม รวมทั้งเกษตรกร ให้เป็นผู้ประกอบการยุคใหม่ที่มีทักษะและจิตวิญญาณของการเป็นผู้ประกอบการ ที่มีความสามารถในการแข่งขันและมีอัตลักษณ์ชัดเจน โดยมีนวัตกรรมใน ๓ ด้าน คือ นวัตกรรมในการ สร้างโมเดลธุรกิจ นวัตกรรมในเชิงสินค้าและบริการ และนวัตกรรมในเชิงกระบวนการผลิตและบริการ พร้อมทั้งเป็นนักการค้าที่เข้มแข็งที่จะนำไปสู่การสนับสนุนการเป็นชาติการค้า มีความสามารถในการเข้าถึง ตลาดทั้งในและต่างประเทศ เป็นผู้ประกอบการที่ “ผลิตเก่ง ขายเก่ง” หรือ “ซื้อเป็น ขายเป็น” บริการเป็นเลิศ

สามารถขยายการค้าและการลงทุนไปต่างประเทศ รวมทั้งส่งเสริมให้ผู้ประกอบการมีธรรมาภิบาล ประกอบด้วย

๓.๑ สร้างผู้ประกอบการอัจฉริยะ

ด้วยการสร้างและพัฒนาผู้ประกอบการที่มีความสามารถ ในการสร้างและใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมตลอดกระบวนการการผลิตและบริการ การจัดการ และ การตลาด สามารถบริหารจัดการธุรกิจและบริการได้อย่างมีประสิทธิภาพและโปร่งใส โดยการสร้างและ พัฒนาทักษะ องค์ความรู้รอบด้านที่จำเป็นต่อการประกอบธุรกิจในยุคใหม่ที่มีการแข่งขันสูง รวมทั้ง ทักษะในการวิเคราะห์และใช้ประโยชน์จากข้อมูลเพื่อการวางแผนธุรกิจและสามารถบริหารจัดการ พร้อมทั้งการส่งเสริมผู้ประกอบการในการสร้าง นวัตกรรม เพื่อสร้างความแตกต่างของสินค้าและบริการ และนำไปสู่การพัฒนาต่อยอดด้านเทคโนโลยี และนวัตกรรมที่สนับสนุนการสร้างมูลค่าเพิ่มทางธุรกิจหรืออุตสาหกรรมอนาคต ตลอดจนการผลิตที่เป็น มิตรกับสิ่งแวดล้อม รวมถึงการสร้างทักษะพื้นฐานที่จำเป็นและความถนัดที่แตกต่างและหลากหลายของ แรงงาน โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและธุรกิจรูปแบบใหม่ในอนาคต และการสนับสนุนผู้ประกอบการในการสร้างและพัฒนาสินค้าและบริการให้มีคุณภาพมาตรฐานสอดคล้องกับ ความต้องการของผู้บริโภคและสามารถเชื่อมโยงการผลิตกับผู้ประกอบการรายใหญ่ โดยสร้างระบบและกลไกที่ทำให้เกิดความเชื่อมโยงของห่วงโซ่มูลค่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการการผลิต และลดต้นทุนการผลิตลง โดยการพัฒนาความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านในกลุ่มของตน ส่งเสริมให้วิสาหกิจชุมชุม ชุมนุมเกษตร สหกรณ์และเกษตรกรชาวสวนยาง พัฒนาระบบการบริหารจัดการให้สามารถแข่งขันกับประกอบการอุตสาหกรรมยางพาราขนาดใหญ่ได้อย่างยั่งยืน ด้วยการให้ความรู้และโอกาสในการประกอบธุรกิจ

๓.๒ สร้างโอกาสเข้าถึงข้อมูล

อนาคตของโลกไร้พรมแดนคือการแข่งขันบนฐานข้อมูล จึงต้องสร้างโอกาสให้ผู้ประกอบการสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่จำเป็นและเป็นข้อมูลที่ทันสมัย เพื่อการวางแผนธุรกิจ โดยการสร้างโอกาสให้ผู้ประกอบการสามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี และฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านระบบออนไลน์ เพื่อต่อยอดพัฒนาธุรกิจเดิมและสร้างธุรกิจใหม่ การสร้างและพัฒนาศูนย์บริการข้อมูลผู้ประกอบการ เพื่อเป็นช่องทางหลักในการให้ข้อมูลและคำปรึกษาแก่ผู้ประกอบการ และเป็นแหล่งรวมที่ปรึกษาทางธุรกิจ การพัฒนาระบบฐานข้อมูลและสร้างระบบเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างหน่วยงานภาครัฐให้มีมาตรฐานเดียวกัน รวมถึงฐานข้อมูลความรู้วิจัยและนวัตกรรม โดยเป็นข้อมูลที่มีความทันสมัย บูรณาการ และต่อเนื่อง เพื่อประโยชน์ในการสืบค้น ต่อยอด ในทุก ๆ ด้าน และการกำหนดนโยบายที่เหมาะสมต่อการพัฒนาผู้ประกอบการด้านการเกษตรแปรรูป เช่น การนำยางพารามาผลิตเป็นอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับงานทาง รวมถึงการสนับสนุนการสร้างและพัฒนาแพลตฟอร์มกลาง ทั้งในด้านการผลิต การบริหารจัดการ การตลาด ที่ผู้ประกอบการรายย่อยหรือเกษตรกรสามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์ร่วมกันในการวางแผนธุรกิจในอนาคต เพื่อลดต้นทุนของทั้งภาครัฐและเอกชน และการสนับสนุนให้เกิดพื้นที่ทำงานร่วม สำหรับผู้ประกอบการรายใหม่หรือเกษตรกรที่สนใจเพื่อลดต้นทุนและเป็นแหล่งแลกเปลี่ยน นวัตกรรมและเชื่อมต่อธุรกิจระหว่างกันอีกทางหนึ่ง

๓.๓ ปรับบทบาทและโอกาสการเข้าถึงบริการภาครัฐ

ในการพัฒนาและบูรณาการ กลไกภาครัฐเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งเสริมและพัฒนาผู้ประกอบการให้สามารถแข่งขันได้อย่างยั่งยืน โดยเน้นประเด็นการเริ่มต้นธุรกิจ การขออนุญาตต่าง ๆ การจดทะเบียนทรัพย์สิน กระบวนการขอและได้รับสินเชื่อ การคุ้มครองผู้ลงทุน การชำระภาษี และการค้าระหว่างประเทศ รวมทั้งการพัฒนาระบบ คุณภาพของชาติ ทั้งระบบมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ระบบมาตรวิทยา ระบบทดสอบ และระบบรับรอง คุณภาพ ให้มีประสิทธิภาพรองรับภาคการผลิตและบริการ รวมทั้งการสร้างและพัฒนาโครงสร้าง พื้นฐานด้านมาตรฐาน เช่น ศูนย์ทดสอบกลางสำหรับสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม และศูนย์ตรวจรับรองคุณภาพมาตรฐานสินค้าและบริการในระดับสากล โดยให้ภาคเอกชนเข้ามามีบทบาทในการ ดำเนินการมากขึ้น พร้อมทั้งการสร้างระบบและศูนย์พัฒนาผู้ประกอบการให้มีความเป็นอัจฉริยะ โดยบูรณาการการทำงานร่วมกันระหว่างภาครัฐ เอกชน สถาบันการศึกษา และสถาบันวิชาการ และพัฒนาศูนย์การเรียนรู้และให้คำปรึกษาทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมของภาคการผลิตและบริการทั้ง ในระดับส่วนกลางและชุมชน พร้อมทั้งการส่งเสริมการจัดการพัฒนาบุคลากรทางเทคโนโลยีชั้นสูงให้มี ประสิทธิภาพและมีความคล่องตัวในการปฏิบัติงาน และการส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้ประกอบการทำธุรกิจอย่างเกื้อหนุนกันระหว่างผู้ประกอบการที่มีขนาดและศักยภาพต่างกัน โดยมีระบบจูงใจให้เกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการพัฒนาร่วมกัน ตลอดจนผลักดันการเจรจาจัดทำความตกลงทางการค้าและ ความร่วมมือระหว่างประเทศ เพื่อสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจด้านเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมยางพารา ด้วยการส่งเสริมให้มีการนำยางพารามาใช้ในหน่วยงานภาครัฐ อย่างเป็นรูปธรรม

แนวทางการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้ยางพารา

แนวทางการวิเคราะห์รูปแบบการใช้ยางพาราในแต่ละกิจกรรม ให้สอดคล้องและสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า ทำการวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ อธิบายถึงความสำคัญทางด้านเศรษฐศาสตร์และวิศวกรรมของการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง แต่ละกิจกรรรมและรวบรวมข้อมูลการสัมภาษณ์เชิงลึกเกี่ยวกับข้องคิดเห็นด้านความเหมาะสมและความคุ้มค่าในด้านผลดีและผลกระทบต่าง ๆ โดยมีวิธีการดำเนินการวิเคราะห์ ดังนี้

๑. แนวทางการวิเคราะห์ : เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) และข้อมูลปฐมภูมิ (primary data)

๒. แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลทุติยภูมิ : เป็นข้อมูลที่รวบรวมได้จากเอกสารราชการ บทความ ผลงานวิชาการ วารสาร คำสั่งและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง ทั้งในและต่างประเทศ ได้แก่

๑. มาตรฐานและข้อกำหนดการนำยางพารามาเป็นส่วนผสมในผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต กรมทางหลวง ข้อกำหนดพิเศษสำหรับงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ รวมถึงหลักเกณฑ์และข้อจำกัดในการนำยางพารามาเป็นผิวทางและกิจกรรมอื่น ๆ คำสั่งแต่งตั้งคณะทำงาน/คณะอนุกรรมการ ที่เกี่ยวข้อง

๒. เอกสาร รายงานและบทความเกี่ยวข้องกับการนำยางพารามาเป็นส่วนผสมของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต การปรับปรุงคุณภาพดินซีเมนต์ด้วยยางธรรมชาติเพื่อใช้สำหรับงานพื้นทาง การนำยางพารามาใช้เป็นวัสดุอำนวยความปลอดภัย จากกรมทางหลวง กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัย บทความจากต่างประเทศ และเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง

๓. ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ยางพาราด้านการผลิต ส่งออก และการนำมาใช้เป็นส่วนผสมของผิวทางและพื้นทางดินซีเมนต์ จากศูนย์ส่งเสริมเศรษฐกิจยางพารา สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทยกรมวิชาการเกษตร และสมาคมผู้ผลิตยางพารา

ข้อมูลปฐมภูมิ : เป็นข้อมูลที่รวบรวมได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ที่เกี่ยวข้อง แบ่งออกเป็น ๓ กลุ่ม ได้แก่

๑. ผู้รับเหมาก่อสร้าง บริษัท/โรงงานผู้ผลิต ผลิตภัณฑ์จากยางพาราในภาคอุตสาหกรรมยางแอสฟัลต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ รวมถึงโรงงานเอกชน/ชุมนุมเกษตรกรชาวสวนยาง ผู้ผลิตน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่มเพื่อใช้ในงานปรับปรุงดินซีเมนต์ด้วยยางธรรมชาติ

๒. ข้าราชการของหน่วยงานภาครัฐ ที่มีหน้าที่กำกับ ติดตาม ดูแล และบริหารงานด้านการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ

๓. ผู้เชี่ยวชาญ นักวิชาการ และผู้บริหารระดับสูง ที่มีความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ในการบริหารจัดการการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ ของหน่วยงานกรมทางหลวง สถาบันวิจัยยาง และการยางแห่งประเทศไทย

๓. วิธีการดำเนินการวิเคราะห์

จากกรอบแนวความคิดของงานวิจัยที่กล่าวในข้างต้น การดำเนินการวิจัยครั้งนี้สามารถแบ่งออกได้ ๖ ขั้นตอน ได้แก่

๑. วิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการผลิตและการก่อสร้างทั้งในระยะสั้นและระยะยาว เพื่อคำนวณราคาต้นทุนการนำการพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงแต่ละกิจกรรม

๒. รวบรวมข้อมูลคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของการนำยางพารามาใช้ในงานทางประเภทต่าง ๆ และการนำไปใช้ประโยชน์

๓. ดำเนินการจัดทำแบบสอบถาม (รายละเอียดวิธีการจัดทำแสดงไว้ในหัวข้อที่ ๕ เรื่องการสร้างแบบสอบถามและตัวชี้วัด) และสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ที่เกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญ

๔. รวบรวมผลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์

๕. เปรียบเทียบผลทางด้านวิศวกรรมในด้านประโยชน์ใช้สอยกับราคาต้นทุนต่อหน่วยเพื่อประเมินความคุ้มค่าด้านการลงทุน

๖. รวบรวมและสรุปข้อเสนอแนะแนวทางการเลือกกิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑-๒๕๘๐) อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า

การวิเคราะห์ตัวแปร และการวัดตัวแปร

๑. ตัวแปร (Variable)

ตัวแปรในการวิจัยการประเมินกิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑-๒๕๘๐) อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า เป็นการกำหนดตัวแปรตามแนวความคิด (Conceptual Variable) ได้แก่ ตัวชี้วัดทางด้านสมรรถนะและความพึงพอใจต่อผู้ใช้ประโยชน์การนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงแต่ล่ะกิจกรรม ในการวิจัยนี้ได้กำหนดตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับการประเมินการตัดสินในการเลือกกิจกรรมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวงที่เหมาะสมและคุ้มค่า ทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์และวิศวกรรม กำหนดตัวแปรได้ ดังนี้

๑. คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม
๒. คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน
๓. คุณสมบัติด้านการตอบสนองภาครัฐ
๔. คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์

๒. การวัดตัวแปร (Variable Measurement)

การวัดตัวแปร (Variable Measurement) คือ กระบวนการแปรสภาพแนวความคิด (Concept) หรือตัวแปร (Variable) ซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรม (Abstract) ให้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือตัวเลข ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปธรรม (Concrete) สามารถบ่งชี้ระดับค่าของตัวแปรและเปรียบเทียบค่าของตัวแปรได้จากการสร้างตัวชี้วัดได้แก่ การถ่วงน้ำหนักคำถามแต่ละข้อและการให้คะแนนของแต่ละคำถาม เช่น ๔ = พึงพอใจมาก, ๓ = ปานกลาง, ๒ = น้อย, ๑ = ไม่แน่ใจ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

๑. เครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ การสร้างแบบสอบถามและตัวชี้วัด ซึ่งตัวชี้วัดหนึ่งตัวสามารถสร้างเป็นคำถามได้อย่างน้อยหนึ่งคำถามขึ้นกับว่าคำถามนั้น ๆ มีเนื้อหาครอบคลุมตัวชี้วัดที่ต้องการ และสามารถวัดได้ ตรงกับสิ่งที่เราต้องการวัด ดังนั้น ก่อนการตั้งคำถามจะต้องมีความชัดเจนในตัวชี้วัดว่ามีความหมายแน่ชัดอย่างไร มีตัวอย่างรูปธรรมอะไรที่รองรับตัวชี้วัดดังกล่าวและตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อจะได้มั่นใจว่าคำถามที่ตั้งไว้นั้นมีความเที่ยงตรง (validity) มากที่สุด ดังนั้น ตัวชี้วัดในการวิจัยนี้ได้แก่ ความปลอดภัยในการใช้งาน ประโยชน์ใช้สอย ความต้องการของชุมชน ประโยชน์ต่อสังคม นโยบายของรัฐ ความสะดวกในการทำงานและการนำไปใช้งาน ความต้องการต่อสิ่งแวดล้อม ราคาและการบำรุงรักษา

๒. สเกลการวัดตัวแปร

สเกลการวัดตัวแปร เป็นการประยุกต์ใช้กระบวนการวิธีการจัดลำดับทัศนคติ ในการวิจัยการประเมินผลความคุ้มค่าของกิจกรรมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑-๒๕๘๐) อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า โดยใช้วิธีกระบวนการ การจัดลำดับทัศนคติ แบบไลเคิร์ท (Likert Scale) ซึ่งเป็นการให้สเกลคำตอบ ๕ ระดับคือ

คะแนน ๕ = เห็นด้วยอย่างยิ่ง
คะแนน ๔ = เห็นด้วย
คะแนน ๓ = ปานกลาง
คะแนน ๒ = ไม่เห็นด้วย
คะแนน ๑ = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

หรือเรียกอีกอย่างว่า Semantic เป็นการสร้างมาตรวัดเพื่อใช้สำหรับวัดค่าตัวแปรที่ต้องการวัด

การทดสอบเครื่องมือ

ในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่มีประสิทธิภาพ ที่จะสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เพื่อตอบปัญหาการวิจัยได้เป็นอย่างดี จำเป็นจะต้องมีขั้นตอนที่เป็นระบบในการสร้างและพัฒนา โดยหลังจากสร้างเครื่องมือเสร็จแล้วจะต้องนำเครื่องมือไปทดลองใช้แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าดัชนีที่บ่งชี้คุณภาพของเครื่องมือนั้น ๆ ว่าเป็นอย่างไร ที่เป็นขั้นตอนของ “การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย”

๑. ความเที่ยงตรง

ความเที่ยงตรง (Validity) มีลักษณะที่เรียกว่า “Measure What to Measure” หมายถึง เครื่องมือวัดในสิ่งที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงเป็นคุณภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพในการทำนาย อนาคตของพฤติกรรม หรือเป็นค่าสหสัมพันธ์ของเครื่องมือที่สร้างขึ้นกับองค์ประกอบที่ต้องการวัด ในที่นี้ได้แก่ ความเที่ยงตรงของข้อมูลจากแบบสอบถาม โดยใช้วิธีตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นการตรวจสอบสรุปอ้างอิงถึง มวลเนื้อหาสาระ ความรู้ หรือประสบการณ์ ที่เครื่องมือมุ่งวัดว่ามีความครอบคลุม หรือเป็นตัวแทน มวลความรู้หรือประสบการณ์ได้เพียงไร สามารถดำเนินการได้ ๒ ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ ๑ จำแนก ตัวแปรให้ครอบคลุมตามแนวคิดหรือวัตถุประสงค์โดยการสร้างตารางวิเคราะห์ประเด็น/หลักสูตร และ

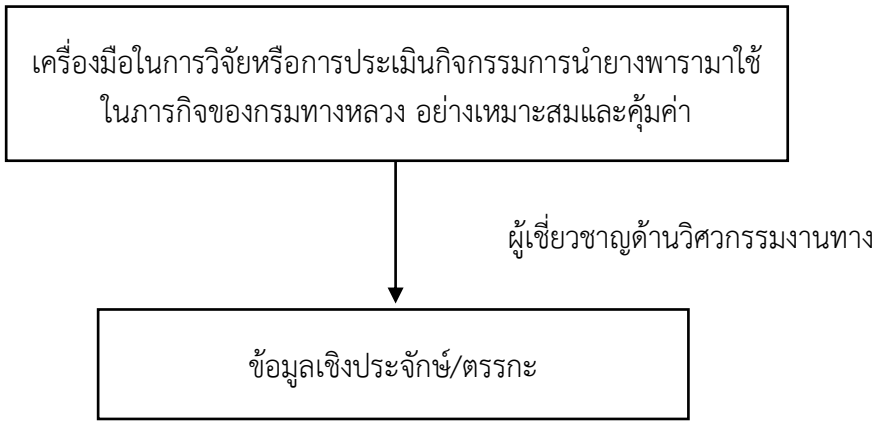
ขั้นตอนที่ ๒ พัฒนาเครื่องมือให้มีความครอบคลุมตัวแปรและวัตถุประสงค์ และสามารถตรวจสอบ ได้โดย

๑. ให้ผู้เชี่ยวชาญในด้านวิศวกรรมงานทาง และผู้ที่มีประสบการณ์งานก่อสร้างถนน เป็นผู้ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวชี้วัด ขอบเขตของเนื้อหา และการวิเคราะห์ข้อมูล

๒). ตรวจสอบเนื้อหาหรือข้อมูลกิจกรรมการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติอย่างเหมาะสมและคุ้มค่า ว่ามีความสอดคล้องกับเนื้อหาหรือข้อมูลหรือไม่

๓. เปรียบเทียบสัดส่วนของข้อคำถามว่ามีความสอดคล้องกับน้ำหนัก ความสำคัญของแต่ละเนื้อเรื่องที่มุ่งวัดมากน้อยเพียงไร ดังแสดงการตรวจสอบความเที่ยงตรง ตามเนื้อหา

แผนภาพที่ ๔ - ๑ การตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

๒. ความเชื่อมั่น

ความเชื่อมั่น (Reliability) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือวัดสิ่งที่ต้องการวัดไม่ว่าจะวัดกี่ครั้ง หรือวัดในสภาพการณ์ที่แตกต่างกันจะได้รับผลการวัดคงเดิม มีความหมายของความเชื่อมั่นใน ๓ ลักษณะดังนี้

๑. ความเชื่อมั่นเป็นความคงที่ ความเชื่อถือได้ และความสามารถที่ทำนายได้

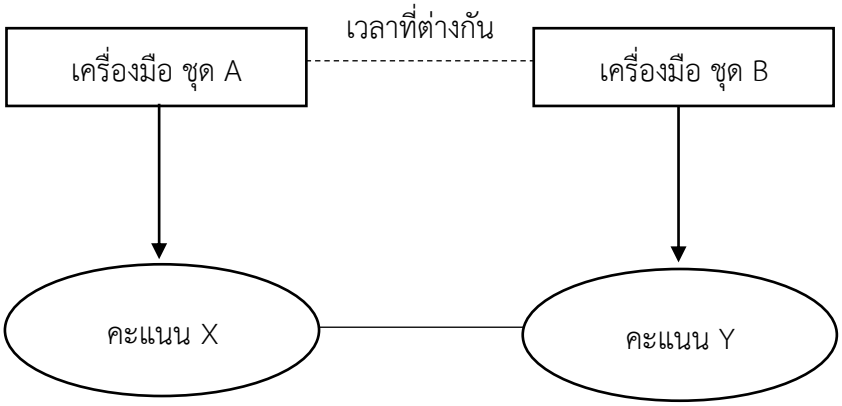
๒. ความเชื่อมั่นที่เป็นความถูกต้องในการวัดสิ่งที่ต้องการวัดอย่างไม่ผิดพลาด

๓. ความเชื่อมั่นเป็นคุณสมบัติของการวัดที่ไม่มีความคลาดเคลื่อน ในการวัดให้ผลการวัดที่ถูกต้อง ชัดเจนแน่นอน

ความเชื่อมั่น เป็นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนชุดหนึ่งกับคะแนนอีกชุดหนึ่งของ สรุปได้ว่า เครื่องมือในการวิจัยที่ดีจะต้องมีความเชื่อมั่นได้ว่าผลที่ได้จากการวัดจะมีความคงที่ ชัดเจน ไม่เปลี่ยนแปลงไปมา ผลการวัดครั้งแรกเป็นอย่างไร เมื่อวัดซ้ำโดยใช้เครื่องมือวัดผลชุดเดิม จะวัดกี่ครั้งก็จะให้ผลการวัดเหมือนเดิม ใกล้เคียงกัน หรือสอดคล้องกัน

วิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่น ในการตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือวิจัยจะใช้วิธีการความเชื่อมั่นแบบวัดความคงที่ (Measure of Stability) ที่เป็นวิธีการทดสอบซ้ำ (Test-Retest Method) โดยใช้เครื่องมือชุดเดียวกันไปทดสอบกับผู้ให้ข้อมูลกลุ่มเดียวกัน ๒ ครั้ง ที่ใช้ช่วงเวลาที่ต่างกันแล้วนำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) ดังแสดงในแผนภาพที่ ๔ - ๒

แผนภาพที่ ๔ - ๒ ขั้นตอนวิธีการทดสอบซ้ำ



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

๓. คุณภาพของเครื่องมือในการวิจัย

ในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย นอกจากจะนำมาหาความเที่ยงตรงและ ความเชื่อมั่นแล้วในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือแล้ว ยังมีคุณภาพของเครื่องมือวิจัยที่ควรพิจารณา ได้แก่ อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือที่ที่สร้างขึ้นแล้วสามารถจำแนกกลุ่ม/บุคคลแยกออกจากกันเป็นกลุ่มตามลักษณะที่ตนเองเป็นอยู่/เกณฑ์ของความรอบรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ คำนวณหาค่าได้ดังสูตรคำนวณดังนี้

$$r = \frac{P_H - P_L}{n}$$

โดยที่ r = เป็นค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบถาม

P_H = เป็นจำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L = เป็นจำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n = เป็นจำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ (มีจำนวนเท่ากัน)

การสร้างแบบสอบถามและตัวชี้วัด

การสร้างแบบสอบถามหรือการออกแบบ แบบสอบถามโดยการนำตัวชี้วัดแต่ละตัวมาพิจารณาเพื่อกำหนดเป็นประเด็นคำถาม กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแก่คำถามในแต่ละข้อ และถ่วงน้ำหนักตัวชี้วัด โดยตัวชี้วัดที่มีความสำคัญมากกว่าก็จะให้คะแนนสูงกว่าตัวชี้วัดที่มีความสำคัญน้อยกว่า โดยความสำคัญทราบได้จากการทบทวนวรรณกรรม การสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมงานทาง และการเก็บข้อมูลเบื้องต้น จากนั้นนำคะแนนแต่ละข้อมารวมกัน จำแนกเป็นชั้นภูมิและขีดจำกัด (Class Limit) เพื่อสร้างเป็นมาตรวัด แสดงขั้นตอนในแผนภาพที่ ๔ - ๓ ดังนี้

๑. กำหนดตัวชี้วัด ในการวิจัยนี้ได้กำหนดตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับการประเมินการตัดสินในเลือกกิจกรรมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า ทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์และวิศวกรรม โดยกำหนดตัวแปร ดังนี้

๑.๑ คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม

๑.๒ คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน

๑.๓ คุณสมบัติด้านการตอบสนองภาครัฐ

๑.๔ คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์

๑.๕ คุณสมบัติที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า

๒. นำตัวชี้วัดแต่ละตัวมาพิจารณาเพื่อกำหนดเป็นประเด็นคำถาม

๓. กำหนดประเภทของคำถามที่ใช้พร้อมระบุคำตอบให้เลือก เช่น คำถามแบบประมาณค่า (rating scale) และแสดงความคิดเห็น

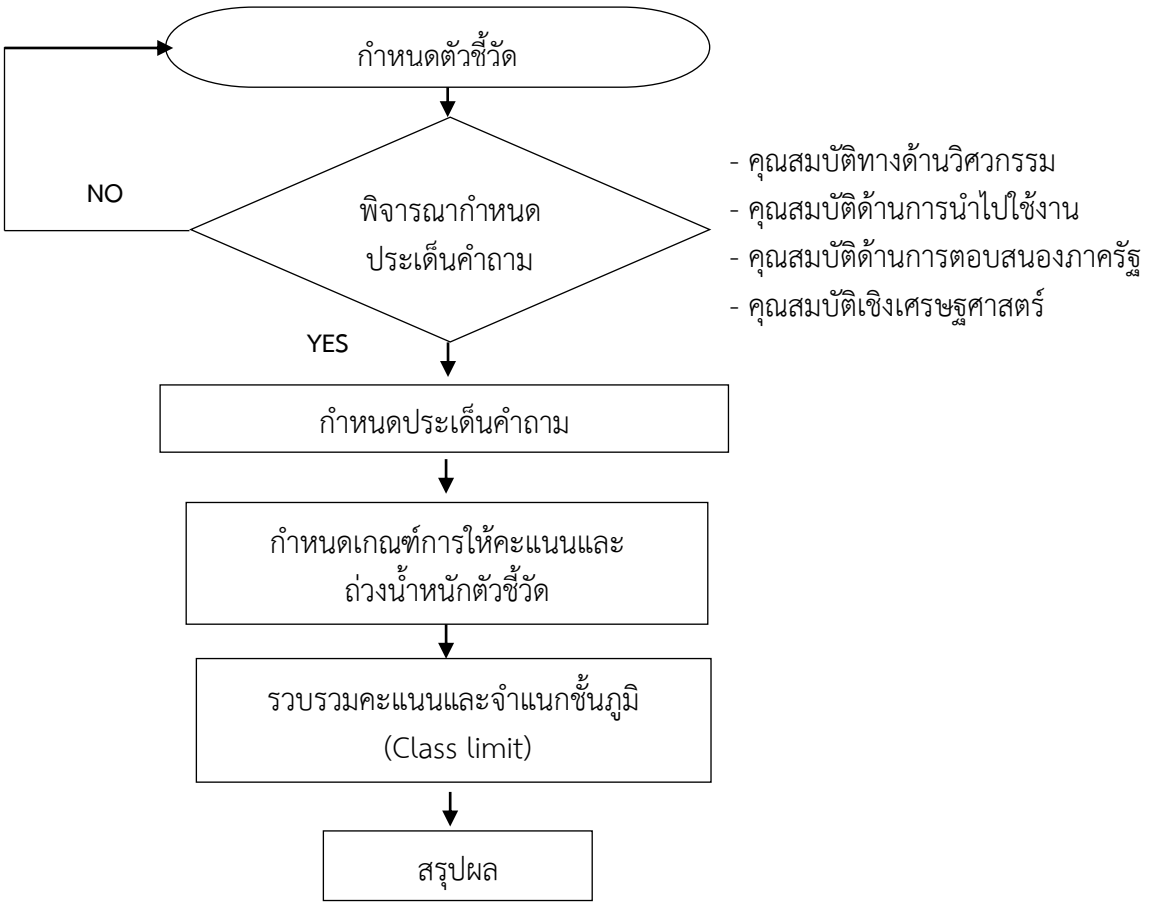
๔. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแก่คำถามในแต่ละข้อ

๕. ถ่วงน้ำหนักตัวชี้วัดโดยตัวชี้วัดที่มีความสำคัญมากกว่าก็จะให้คะแนนสูงกว่าตัวชี้วัดที่มีความสำคัญน้อยกว่า ความสำคัญทราบได้จากการทบทวนวรรณกรรม การสอบถามผู้เชี่ยวชาญ การเก็บข้อมูลเบื้องต้น หรือจากประสบการณ์

๖. รวบรวมคะแนนที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ และผู้ที่เกี่ยวข้อง

๗. นำคะแนนรวมทั้งหมดมาจำแนกเป็นชั้นภูมิ และขีดจำกัดชั้น (class limit) เพื่อสร้างเป็นมาตรวัด

แผนภาพที่ ๔ - ๓ แสดงขั้นตอนการสร้างตัวชี้วัดและแบบสอบถาม



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

ตารางที่ ๔-๑ แสดงค่าตัวชี้วัดและการถ่วงน้ำหนักต่อประเด็นคำถาม

ตัวชี้วัด	ถ่วงน้ำหนัก (คะแนน)	ประเด็นคำถาม
๑. คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม	๑๐	๑.๑ คุณสมบัติด้านการต้านทานความล้า ๑.๒ คุณสมบัติด้านการต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า ๑.๓ คุณสมบัติด้านการต้านทานการยุบตัวแบบถาวรจากน้ำหนักจราจร ๑.๔ คุณสมบัติด้านโมดูลัสยืดหยุ่น ๑.๕ เสถียรภาพและการไหล
๒. คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน	๑๐	๒.๑ ความยาก-ง่ายในการก่อสร้าง ๒.๒ ประโยชน์ใช้สอย ๒.๓ ประโยชน์ต่อสังคม ๒.๔ ความต้องการของชุมชน ๒.๕ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
๓. คุณสมบัติด้านการตอบสนองภาครัฐ	๑๐	๓.๑ สามารถตอบสนองต่อนโยบายภาครัฐ
๔. คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์	๑๐	๔.๑ ราคาต่อหน่วย ๔.๒ ค่าขนส่ง ๔.๓ กรรมวิธีการผลิต/พลังงาน ๔.๔ เครื่องมือ/เครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้าง ๔.๕ งบประมาณการบำรุงรักษา
๕. คุณสมบัติที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขันอย่างเหมาะสมและคุ้มค่า	๑๐	๕.๑ ประเด็นการเกษตรสร้างมูลค่า ๕.๒ ประเด็นอุตสาหกรรมและบริการแห่งอนาคต ๕.๓ ประเด็นการพัฒนาเศรษฐกิจบนพื้นฐานผู้ประกอบการยุคใหม่

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

๑. การสร้างแบบสอบถาม

จากหัวข้อเรื่องการสร้างตัวแปรและตัวชี้วัด นำไปสู่การตั้งประเด็นคำถามและการถ่วงน้ำหนัก การให้คะแนนของแต่ละคำตอบ ทำการสร้างแบบสอบถาม โดยมีรายละเอียดดังนี้

๑. กำหนดวัตถุประสงค์และคำชี้แจงรายละเอียด ในแบบสอบถาม

๒. กำหนดแบบสอบถามออกเป็น ๔ ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ ๑ แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ ๒ แสดงคำถามที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งานและคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์

ส่วนที่ ๓ สอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ

ส่วนที่ ๔ แสดงคำถามเกี่ยวกับกิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวงเพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า

(รายละเอียดแบบสอบถามแสดงไว้ในภาคผนวก)

๒. การสร้างมาตรวัดโดยการหาขีดจำกัดชั้น (Class Limit)

เมื่อได้คะแนนในแต่ละคำตอบแล้ว นำคะแนนของคำตอบคูณด้วยน้ำหนักของคำถามในข้อนั้น ๆ จากนั้นนำคะแนนที่ได้ทั้งหมดมาสร้างมาตรวัดโดยการหาขีดจำกัดชั้น (Class Limit) ดังนี้

๑. หาคะแนนสูงสุด (X_{max})

๒. หาคะแนนต่ำสุด (X_{min})

๓. คำนวณหาพิสัย (Range : R)

$R = X_{max} - X_{min}$

๔. คำนวณหาอันตรภาคชั้น (Class interval หรือ I)

$I = R/K$

๕. หาขีดจำกัดชั้น (Class limit)

ขีดจำกัดล่าง (lower class limit) = X_{min}- (I x K – R)/2

ขีดจำกัดบน (upper class limit) ของชั้นต่ำสุด

= ขีดจำกัดล่าง + I - 1

ผลการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง

การดำเนินการโครงการ การนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง ในปัจจุบันมีทั้งหมด ๔ กิจกรรม ได้แก่

๑. งานฉาบผิวแบบพาราสเลอรี่ซิล (มี Type ๑, ๒, ๓) (Para Slurry Seal)

๑.๑ คุณสมบัติและลักษณะเด่น

๑.๑.๑ ใช้ฉาบบนผิวทางเดิมที่ลื่น เพื่อเพิ่มความฝืด และช่วยอุดรอยแตกกันน้ำลงได้ด้วย ป้องกันการเกิด Oxidation ของผิวทางเดิม

๑.๑.๒ บ่มตัวเร็ว เปิดการจราจรได้ภายใน ๒ ชม.

๑.๑.๓ ทนทานกว่าการฉาบผิว Slurry Seal ธรรมดา (ซึ่งไม่มีส่วนผสมของยางพารา)

๑.๒ ข้อกำหนดวัสดุ และมาตรฐาน

๑.๒.๑ ข้อกำหนดที่ ทล.-ก. 405/ 2538 “Specification for Elastomeric Modified Asphalt Emulsion”

๑.๒.๒ มาตรฐานที่ ทล.-ม.415/2546 “มาตรฐานวิธีการฉาบผิวทางแบบพาราสเลอรี่ซิล (Para Slurry Seal)”

ตารางที่ ๔ - ๒ ปริมาณการใช้ยางพารา งานฉาบผิวแบบพาราสเลอรี่ซีล

หนา	ใช้น้ำยางพาราข้น		ราคาประมาณ บาท/ตร.ม.
	กก.ต่อ ตร.ม.	ตัน/กม. (กว้าง ๑๒.๐๐ ม.)	
๕ - ๑๐ มม.	๐.๐๘	๐.๙๘	๑๔๐

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

๒. แอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (Natural Rubber Modified Asphalt)

ตารางที่ ๔ - ๓ ปริมาณการใช้ยางพารา แอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ สำหรับยางพารา ๕ % และปูผิวทาง หนา ๕.๐ ซม.

ใช้น้ำยางพาราข้น		ราคาประมาณ บาท/ตร.ม.	
กก.ต่อ ตร.ม.	ตัน/กม. (กว้าง ๑๒.๐๐ ม.)		
๐.๔๘	๕.๗๑๖	Recycling + NRMA	๕๗๕
		NRMA (Overlay)	๓๕๐

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

๒.๑ คุณสมบัติและลักษณะเด่น

มีความทนทานกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ AC ๖๐ - ๗๐ ประมาณ ๒๐ % ปัจจุบันราคาแพงกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตปกติมากกว่า ๓๐ - ๔๐ %

๒.๒ ข้อกำหนดวัสดุ และมาตรฐาน

๒.๒.๑ ข้อกำหนดวัสดุที่ ทล.-ก. ๔๐๙/๒๕๕๖“ข้อกำหนดแอสฟัลต์ซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ”

๒.๒.๒ เมื่อปี พ.ศ.๒๕๕๙ จัดทำ มอก.๒๗๓๑ – ๒๕๕๙ “แอสฟัลต์ซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ”

๒.๒.๓ มาตรฐานที่ ทล.-ม. ๔๑๖/๒๕๕๖“มาตรฐานแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (Natural Rubber Modified Asphalt Concrete, NRMAC)”

๒.๓ ลักษณะการนำยางพาราไปใช้ในแอสฟัลต์ซีเมนต์

การใช้ยางพาราในแอสฟัสต์ซีเมนต์โดยการนำยางพาราทดแทนบางส่วนของแอสฟัลต์ซีเมนต์ ตามข้อกำหนด มาตรฐาน และ มอก.เดิม ใช้ยางพาราในสัดส่วนร้อยละ ๕ โดยน้ำหนักของแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ผสมเสร็จ (Pre-blended Asphalt Cement) คือใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC ๖๐ - ๗๐ จำนวน ๙๕ ส่วน ผสมกับยางพารา จำนวน ๕ ส่วน (คิดเป็นน้ำหนักยางแห้ง) รวมเป็นแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ผสมเสร็จ (Pre-blended Asphalt Cement) จำนวน ๑๐๐ ส่วน

๒.๔ การพัฒนาการเพิ่มสัดส่วนยางพาราในแอสฟัลต์ซีเมนต์

กรมทางหลวงร่วมกับบริษัทผู้ผลิตยางได้ทำการศึกษาการเพิ่มสัดส่วน (เปอร์เซ็นต์) ยางพาราในแอสฟัลต์ซีเมนต์ จาก ๕ % เป็น ๘ - ๑๐ % ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ และผลิตในปริมาณมากสำหรับทำผิวทางในแปลงทดสอบแล้ว ทั้งนี้หน่วยงานกรมทางหลวงชนบทได้เริ่มนำ ไปก่อสร้างแปลงทดสอบแล้ว การใส่ยางพารามากขึ้นนั้นจะทำให้ยางหรือส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตมีความหนืดสูงมาก ทำให้ผสมกับหินได้ยากมาก การเคลือบผิวหินไม่ได้ตามมาตรฐาน และการบดทับไม่ ได้ความแน่นตามกำหนด จะส่งผลทำให้คุณภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตด้อยลง อายุการใช้งานสั้นลง การใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจากเดิมมาก ๆ เพื่อลดความหนืดของยางในกระบวนการผสมและการบดทับ จะเสี่ยงต่อการเสื่อมสภาพของยางพารา และเป็นการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากขึ้น ทำให้ต้นทุนสูงขึ้นอีก ในขณะที่กำลังรับน้ำหนักการจราจรที่ได้ถึงแม้จะสูงขึ้นแต่อาจไม่คุ้มค่ากับต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ยังอยู่ระหว่างการศึกษาและเก็บข้อมูล

๓. การนำยางพารามาใช้ก่อสร้างชั้นพื้นทางหรือผิวทางดินซีเมนต์ (Para soil cement)

การนำยางพารามาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพวัสดุชั้นพื้นทางหรือผิวทางดินซีเมนต์ โดยการใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของวัสดุชั้นโครงสร้างทางด้วยวิธีการเติมยางพาราผสมสารผสมเพิ่มในดินซีเมนต์ เพื่อใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทางหรือผิวทางจราจร กระบวนการดังกล่าวถือว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้ในการปรับปรุงสมบัติของโครงสร้างชั้นทางให้ดีขึ้นโดยอาศัยสมบัติบางประการที่เป็นข้อดีของยางธรรมชาติ (ยางพารา) เช่น ความคงตัวสูง (Stability), ความยืดหยุ่นดี (Elasticity) และทนความล้าดี (Fatigue resistance) มาเป็นตัวเสริมคุณสมบัติของวัสดุดินซีเมนต์ โดยการปรับปรุงพฤติกรรมการเสียรูปของดินที่ปรับปรุงด้วยซีเมนต์จากวัสดุเปราะ (Brittle) เมื่อผสมยางพาราผสมสารผสมเพิ่ม จะช่วยทำให้พฤติกรรมการเสียรูปของดินซีเมนต์เปลี่ยนจากวัสดุเปราะ (Brittle) ไปเป็นวัสดุเหนียว (Ductle) ทำให้สามารถยืดอายุการใช้งานของถนน ซึ่งเป็นการช่วยประหยัดงบประมาณในการซ่อมบำรุงถนนด้วย อีกทั้งหากใช้ยางพาราปรับปรุงคุณภาพเป็นวัสดุชั้นโครงสร้างทางจะเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้ยางพาราภายในประเทศอีกทางหนึ่งด้วย ดังนั้น จึงเป็นที่มาของการนำยางพารามาใช้ก่อสร้างชั้นพื้นทางหรือผิวทางดินซีเมนต์ (Para soil cement) เพื่อเน้นแนวทางส่งเสริมการนำยางพารามาใช้เป็นวัสดุโครงสร้างชั้นทางอย่างเป็นรูปธรรม ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นข้อมูลสำคัญในการพัฒนาเพื่อนำไปสู่การจัดทำมาตรฐานพื้นทางหรือผิวทางที่มียางพาราเป็นวัสดุผสมอยู่ด้วย (Para Soil Cement Standard)

โครงการศึกษา การนำยางพารามาใช้ก่อสร้างชั้นพื้นทางหรือผิวทางดินซีเมนต์ (Para soil cement) ได้ดำเนินการศึกษาในห้องปฏิบัติการ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางวิศวกรรมและเชิงเศรษฐศาสตร์ ในการนำยางพารามาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของวัสดุชั้นโครงสร้างทาง และเพื่อกำหนดแนวทางการส่งเสริมการนำยางพารามาเป็นวัสดุชั้นพื้นทางและโครงสร้างชั้นทาง ต่อไป

ดำเนินการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัด ตามมาตรฐานกรมทางหลวง โดยคัดเลือกชั้นพื้นทาง ๒ แบบ ได้แก่ ชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ (soil cement base) และ ชั้นพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ (cement modified crushed rock base) ได้ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด (Unconfined compressive strength) ในห้องปฏิบัติการดังนี้

ตารางที่ ๔ - ๔ แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด (Unconfined compressive strength)

ชั้นทาง	ข้อกำหนดตามมาตรฐานกรมทางหลวง	ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่ม ๗ วัน (Unconfined compressive strength)	
		Control (ไม่เติมยางพารา) (ksc)	Para soil cement (ksc)
ชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ (soil cement base) (ทล.-ม.204/2556)	ไม่น้อยกว่า ๑๗.๕ ksc	๒๐.๐	๒๐.๙
ชั้นพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ (cement modified crushed rock base) (ทล.-ม.203/2532)	ไม่น้อยกว่า ๒๔.๖ ksc	๓๕.๕	๓๕.๗

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด (Unconfined compressive strength) ตามตารางข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การเติมยางพาราในชั้นพื้นทางทั้งสองชนิดสามารถเติมได้โดยไม่ทำให้คุณสมบัติของวัสดุชั้นพื้นทางด้อยไปกว่ามาตรฐานกรมทางหลวงกำหนด

ตารางที่ ๔ - ๕ สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมในห้องปฏิบัติการ

Performance Test	พื้นทางดินซีเมนต์ปกติ (ไม่เติมยางพารา)	พื้นทางดินซีเมนต์ผสมยางพารา	+/- (%)
Unconfined compressive strength (Average UCS), (ksc)	๒๐.๐	๒๐.๙	+ ๔.๕ %
Indirect Tensile Strength, (kPa)	๖๘๙.๑	๗๑๒.๕	+ ๓.๔ %
Resilient Modulus, (MPa)	๗๕๙๙.๐	๘๔๗๓.๓	+ ๑๑.๕ %
Indirect Tensile Fatigue Test, (Pulse)	๒๖๐๕	๑๔๔๓๐	+ ๔๕๓.๙ %

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

การนำยางธรรมชาติมาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุชั้นพื้นทางหรือผิวทางดินซีเมนต์ เป็นการนำคุณสมบัติที่ดีของยางพาราในด้านการทนต่อแรงดึง (tensile strength) มีคุณสมบัติเชิงพลวัต (dynamic properties) ที่ดี มีความยืดหยุ่น (elasticity) สูงในขณะที่มีความร้อนภายใน (heat build-up) ที่เกิดขณะใช้งานต่ำ และมีคุณสมบัติการเหนียวติดกัน (tack) และมีความต้านทานต่อการฉีกขาด (tear resistance) สูง ทั้งที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง มาใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติวัสดุชั้นพื้นทางหรือผิวทางดินซีเมนต์ที่มีความแข็งเปราะให้มีความยืดหยุ่นดีขึ้น โดยข้อดีของการนำยางพารามาใช้ในก่อสร้างพื้นทางดินซีเมนต์ สามารถสรุปได้ดังนี้

๑. ปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของวัสดุดินซีเมนต์ให้ดีขึ้น ได้แก่ ความคงตัวสูง, ความยืดหยุ่นดี และทนความล้าได้ดี

๒. เมื่อปรับปรุงคุณสมบัติด้วยยางพารา ทำให้พฤติกรรมทางการเสียรูปของดินซีเมนต์เปลี่ยนจากวัสดุเปราะ (Brittle) ไปเป็นวัสดุเหนียว (Ductile)

๓. เพื่อตอบสนองนโยบายรัฐบาล ในการส่งเสริมการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ ซึ่งการนำยางพารามาใช้เป็นส่วนประกอบของการก่อสร้างถนน เป็นแนวทางหนึ่งที่จะสามารถขับเคลื่อนนโยบายส่งเสริมการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐได้อย่างมีประสิทธิภาพ

๔. โครงการผลิตภัณฑ์อำนวยความปลอดภัยจากยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง

โครงการนี้ได้ทำการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนนที่มียางพาราเป็นส่วนผสม จำนวน ๖ อุปกรณ์ ได้แก่ อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Block-out for Guard Rail) อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) และพื้นทางเดินเท้า (Sidewalk Wearing Surface) ให้มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมและการใช้งาน โดยได้ทำการศึกษาต้นทุนการผลิตของทั้ง ๖ อุปกรณ์ควบคู่ไปด้วย และได้ทำการผลิตต้นแบบ อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ

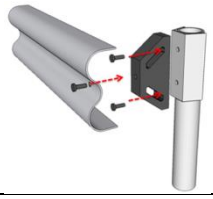
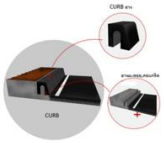
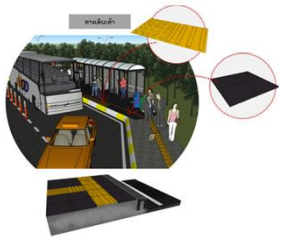
และอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น อุปกรณ์ละ ๕๐ ชุด นำไปติดตั้งบริเวณทางลงของทางลอดแยกเกษตรศาสตร์ - นวมินทร์ เพื่อทดสอบการใช้งานจริง

โครงการนี้มีแนวคิดมาจากคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมของยางพาราในด้านการดูดซับพลังงาน ซึ่งหากนำมาทำเป็นอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนน จะสามารถช่วยลดความรุนแรงของการบาดเจ็บของผู้ใช้ทางได้มาก เมื่อเทียบกับอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งทำจากพลาสติก โลหะ หรือ คอนกรีต นอกจากนี้ ยังเป็นการทำงานที่ส่งเสริมนโยบายการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐอีกด้วย รายละเอียดการดำเนินงานต่าง ๆ สรุปได้ ดังนี้

การดำเนินงานเริ่มจากการออกแบบสูตรส่วนผสมยางพาราหรือยางคอมปาวด์ ให้มีคุณสมบัติเชิงกลและความคงทนที่เหมาะสมกับแต่ละอุปกรณ์ ผ่านเกณฑ์การทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยได้ควบคุมปริมาณยางพาราและปริมาณสารเคมีต่าง ๆ เพื่อไม่ให้ต้นทุนยางคอมปาวด์มีราคาสูงจนเกินไป จากนั้น นำวัสดุยางคอมปาวด์ที่ได้ไปทำการออกแบบอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีรูปร่างตามที่มาตรฐานวิศวกรรมกำหนดและผ่านการทดสอบความคงทนต่อการใช้งานภายใต้แรงกระทำต่าง ๆ ด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์

ในด้านต้นทุนการผลิตอุปกรณ์ต่าง ๆ พิจารณาเฉพาะต้นทุนคงที่ (แม่พิมพ์) ต้นทุนผันแปร (ยางคอมปาวด์ ค่าการตรวจสอบ และอุปกรณ์เพิ่มเติม) และมูลค่าซากของแม่พิมพ์ ไม่รวมกำไรในการผลิต ผลการศึกษา พบว่า อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น และ อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว มีราคาต้นทุนการผลิตที่ทัดเทียมกับราคาอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งทำจากพลาสติก ในขณะที่อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน และ พื้นทางเดินเท้า ยังคงมีราคาต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าราคาอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งทำจากโลหะ หรือ คอนกรีต ค่อนข้างมาก

ตารางที่ ๔ - ๖ รายละเอียดโดยสังเขปของอุปกรณ์ต่าง ๆ

อุปกรณ์	น้ำหนักอุปกรณ์ (กก.ต่อชุด)	น้ำหนักยางพารา (กก.ยางแห้งต่อชุด)	ราคาต้นทุนการผลิต (บาทต่อชุด)
อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ	๒.๖๐	๐.๗๑	๔๒๘.๕๕ ถึง ๗๗๑.๕๕
อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น	๒.๗๗	๐.๙๓	๗๓๕.๖๕ ถึง ๑,๑๔๗.๐๖
อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว	๒๙.๐๐	๗.๑๙	๒,๕๙๕.๖๑ ถึง ๓,๑๒๓.๖๑
อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก 	๓.๖๕	๐.๙๔	๒,๒๖๓.๐๓ ถึง ๒,๔๓๑.๐๓
อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน 	๕.๕๕	๑.๔๒	๔๕๗.๘๔ ถึง ๖๕๓.๘๔
พื้นทางเดินเท้า 	๐.๔๔	๐.๑๓	๑๕๔.๐๓ ถึง ๓๐๑.๐๓

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

ในส่วนของการผลิตอุปกรณ์ต้นแบบ ได้ทำการผลิต อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ และ อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น อุปกรณ์ละ ๕๐ ชุด โดยได้นำอุปกรณ์ต้นแบบทั้งหมดไปติดตั้งบริเวณทางลงของทางลอดแยกเกษตรศาสตร์-นวมินทร์ เพื่อทดสอบการใช้งานจริง โดยจากการสังเกตการณ์เป็นระยะเวลา ๓๐ วัน พบว่า อุปกรณ์ทุกชุดมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมและการใช้งาน แต่อย่างไรก็ตาม โครงการนี้ได้ทำการปรับปรุงต้นแบบ อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่นเพิ่มเติม เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวเสาของอุปกรณ์หลุดออกจากฐานได้โดยง่าย เมื่อถูกรถชนหรือทับ

สรุปแนวทางการเลือกกิจกรรมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง

จากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญด้านงานทาง เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยการรวบรวมและวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อให้ได้ผลสัมฤทธิ์ตรงตามวัตถุประสงค์การวิจัย นำมาสู่การรวบรวมผลคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมแต่ละ กิจกรรม สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ ๔ - ๗ ถึง ๔ - ๙ และแผนภาพที่ ๔ - ๔ ถึง ๔ - ๖

๑. สรุปผลคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม

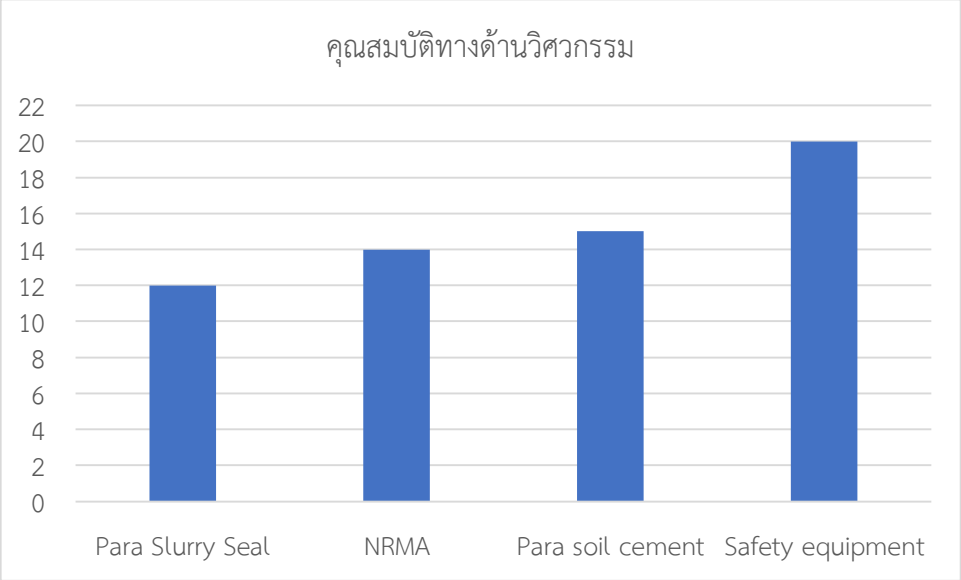
กิจกรรมการใช้ยางพาราในแต่ละประเภทจะมีพฤติกรรมและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมที่แตกต่างกัน เนื่องจากการนำยางพารามาใช้ในรูปแบบที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงเป็นผลทำให้คุณสมบัติเชิงวิศวกรรมที่ได้มีความแตกต่างกัน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ ๔ - ๗ และแผนภาพที่ ๔ - ๖

ตารางที่ ๔ - ๗ แสดงคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของกิจกรรมการใช้ยางพาราแต่ละประเภท

ประเภทกิจกรรมการใช้ยางพารา	คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม					รวม
	ความคงตัวทนต่อความล้า	ต้านทานการแตกร้าว	ต้านทานการยุบตัว	โมดูลัสยืดหยุ่น	ค่าเสถียรภาพ	
Para Slurry Seal	๓	๒	๒	๒	๓	๑๒
NRMA	๓	๓	๒	๓	๓	๑๔
Para soil cement	๓	๒	๓	๓	๔	๑๕
Safety equipment	๔	๔	๔	๔	๔	๒๐

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

แผนภาพที่ ๔ - ๔ แสดงสรุปผลคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

๒. คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน

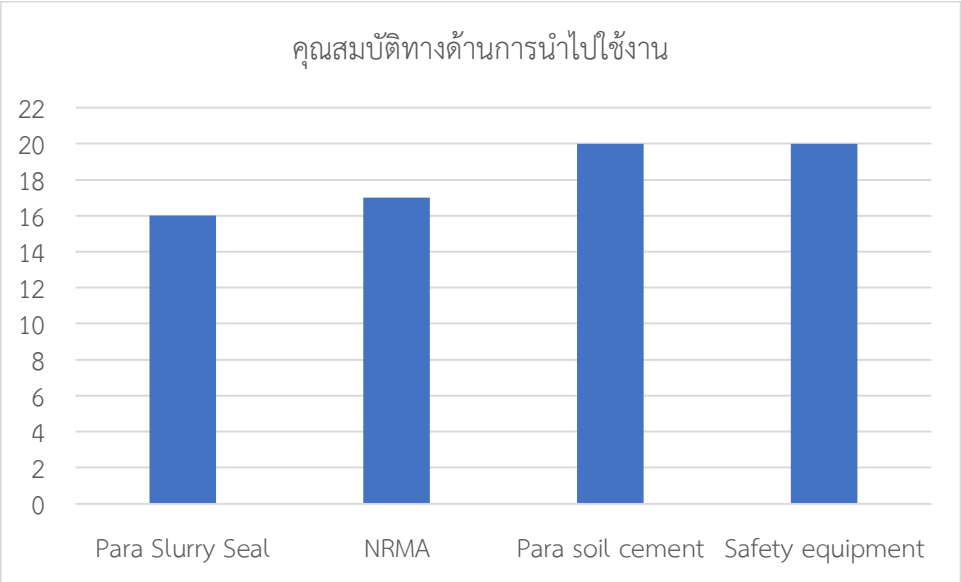
จากหัวข้อที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เนื่องจากกิจกรรมการนำยางพาราไปใช้งานในภารกิจของกรมทางหลวงแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติเฉพาะที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นการนำผิวทางแต่ละประเภทไปใช้งานจึงมีความแตกต่างกันไป การเลือกกิจกรรมการใช้ยางพาราประเภทใดนั้นจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และข้อจำกัดต่าง ๆ ของผู้เลือกใช้กิจกรรมการใช้ยางพาราแต่ละประเภทสามารถสรุปรายละเอียดการนำไปใช้งานได้ ดังตารางที่ ๔-๘ และในแผนภาพที่ ๔-๕

ตารางที่ ๔ - ๘ แสดงคุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้งานของแต่ละกิจกรรมการใช้ยางพารา

ประเภทกิจกรรมการใช้ยางพารา	คุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้งาน						รวม
	ความสะดวกในการก่อสร้าง	ประโยชน์ใช้สอย	ประโยชน์ต่อสังคม	ความต้องการของชุมชน	เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	ตอบสนองนโยบายภาครัฐ	
Para Slurry Seal	๓	๓	๓	๓	๑	๓	๑๖
NRMA	๒	๓	๔	๓	๑	๔	๑๗
Para soil cement	๓	๓	๔	๔	๒	๔	๒๐
Safety equipment	๓	๔	๔	๔	๑	๔	๒๐

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

แผนภาพที่ ๔ - ๕ แสดงสรุปผลคุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

๓. คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์

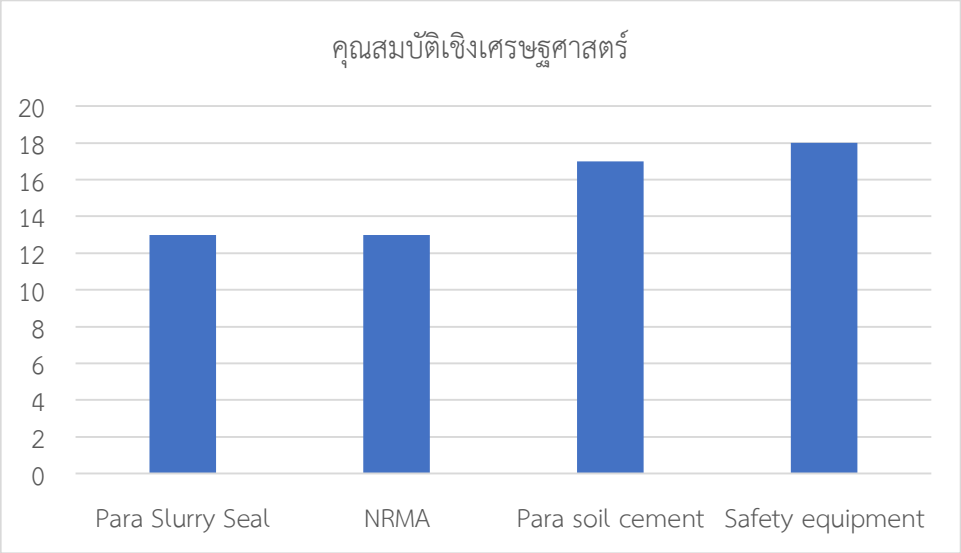
คุณสมบัติทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นปัจจัยและเหตุผลหนึ่งในการเลือกกิจกรรมการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง ซึ่งนอกจากคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมแล้วยังต้องคำนึงถึง ราคาต้นทุนต่อหน่วย กระบวนการผลิต ความคุ้มค่าด้านพลังงาน เครื่องมือที่ใช้ และงบประมาณในการดูแลรักษา จากการรวบรวมข้อมูล การศึกษาและวิจัยผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของแต่ละกิจกรรมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ ๔ - ๙ และแผนภาพที่ ๔ - ๖

ตารางที่ ๔ - ๙ แสดงคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์ของผิวทางแต่ละชนิด

ประเภทกิจกรรมการใช้ยางพารา	คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์					รวม
	ราคาต้นทุนต่อหน่วย	กระบวนการผลิต (ยาก-ง่าย)	ความคุ้มค่าด้านพลังงาน	เครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง	งบประมาณการบำรุงรักษา	
Para Slurry Seal	๓	๒	๒	๓	๓	๑๓
NRMA	๓	๒	๒	๓	๓	๑๓
Para soil cement	๔	๓	๓	๓	๔	๑๗
Safety equipment	๔	๓	๔	๓	๔	๑๘

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

แผนภาพที่ ๔ - ๖ แสดงสรุปผลคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์

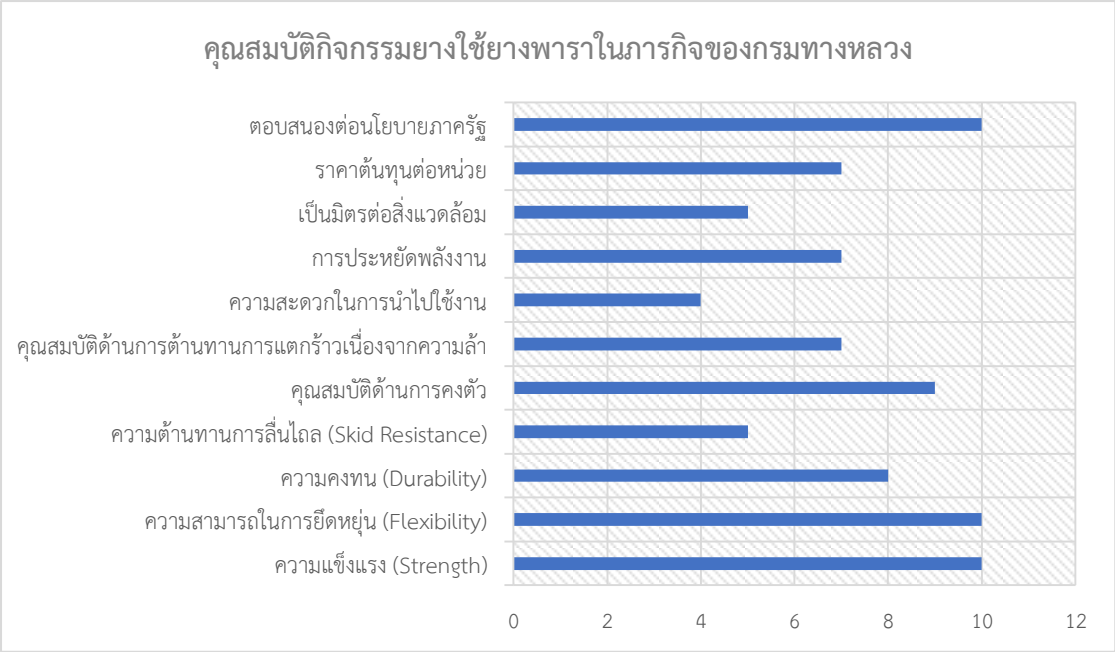


ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

๔. คุณสมบัติกิจกรรมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง

การเลือกใช้กิจกรรมการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงประเภทใดนั้น นอกจากเหตุผลทางด้านวิศวกรรม คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติทางด้านเศรษฐศาสตร์แล้ว ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น การตอบสนองต่อนโยบายภาครัฐ ความต้องการของชุมชน การประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น จากผลการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมงานทาง สามารถรวบรวมข้อมูล สรุปได้ดังแผนภาพที่ ๔ - ๗

แผนภาพที่ ๔ - ๗ แสดงสรุปผลคุณสมบัติกิจกรรมการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

บทที่ ๕
สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่อง กิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ – ๒๕๘๐) อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัยไว้ ๔ ข้อ ประกอบด้วย

๑. เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ยางพารากับผิวทางและกิจกรรมของกรมทางหลวง

๒. เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าและความคงทนในการใช้ยางพารากับผิวทางและกิจกรรมของกรมทางหลวง

๓. เพื่อกำหนดกิจกรรมของกรมทางหลวงที่สามารถนำยางพารามาใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรมและเหมาะสม

๔. เพื่อพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการนำยางพาราไปใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงในรูปแบบใหม่ ๆ ให้มีความสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ - ๒๕๘๐)

ในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยใช้การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ จากหลายแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ จากเอกสารราชการ บทความ ผลงานวิชาการ วารสาร คำสั่งและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง ทั้งในและต่างประเทศ และรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือ ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ผู้วิจัยใช้แนวทางการวิเคราะห์รูปแบบการใช้ยางพาราในแต่ละกิจกรรม ให้สอดคล้องและสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติอย่างเหมาะสมและคุ้มค่า ทำการวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ อธิบายถึงความสำคัญทางด้านเศรษฐศาสตร์และวิศวกรรมของการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง แต่ละกิจกรรรมและรวบรวมข้อมูลการสัมภาษณ์เชิงลึกเกี่ยวกับข้องคิดเห็นด้านความเหมาะสมและความคุ้มค่าในด้านผลดีและผลกระทบต่าง ๆ โดยการวิเคราะห์เนื้อหาของข้อมูลทั้งทางด้านวิศวกรรมและด้านเศรษฐศาสตร์ ที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ เป็นหลัก โดยเมื่อนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาจัดระเบียบแล้วนำมาวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประกอบกับแนวความคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจนกระทั่งได้แนวทางการเลือกกิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ – ๒๕๘๐) อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า ซึ่งในบทที่ ๕ นี้ จะนำเสนอ ๒ ประเด็น คือ สรุปและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม จากผลการวิจัยดังนี้

สรุป

๑. ผลการศึกษาที่ตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ ๑

“เพื่อกำหนดกิจกรรมของกรมทางหลวงที่สามารถนำยางพารามาใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรมและเหมาะสม” มีรายละเอียดผลการศึกษา โดยสรุปดังนี้

จากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญด้านงานทาง เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยการรวบรวมและวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อให้ได้ผลสัมฤทธิ์ตรงตามวัตถุประสงค์การวิจัย นำมาสู่การรวบรวมผลคะแนนและวิเคราะห์เพื่อกำหนดกิจกรรมที่เหมาะสมในการนำยางพารามาใช้ตามภารกิจของกรมทางหลวงที่เหมาะสมที่สุด สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ ๕ - ๑

ตารางที่ ๕ - ๑ แสดงผลการวิเคราะห์กิจกรรมที่เหมาะสมในการใช้ยางพารา

กิจกรรมการใช้ยางพารา	คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม	คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน	คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์	ผลรวม
Para Slurry Seal	๑๒	๑๖	๑๓	**๔๑**
Para AC (NRMA)	๑๔	๑๗	๑๓	**๔๔**
Para Soil Cement	๑๕	๒๐	๑๗	**๕๒**
Safety Equipment	๒๐	๒๐	๑๘	**๕๘**

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

จากข้อมูลในตารางที่ ๕ - ๑ สามารถสรุปกิจกรรมของกรมทางหลวงที่สามารถนำยางพารามาใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรมและเหมาะสมที่สุด ได้แก่ การใช้ยางพาราเพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์อำนวยความปลอดภัย (Safety Equipment) ประกอบด้วย อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Block-out for Guard Rail) อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) และพื้นทางเดินเท้า (Sidewalk Wearing Surface) และจากการทดลองติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) และ อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) แล้วเสร็จสามารถวิเคราะห์ผลจากแบบสอบถาม ดังนี้

๑.๑ การวิเคราะห์แบบสอบถาม

จากการรวบรวมแบบสอบถามจากเจ้าหน้าที่กรมทางหลวง จำนวนทั้งหมด ๒๕ ชุดต่อ ๑ อุปกรณ์ โดยเป็นของอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) และอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) อย่างละ ๒๕ ชุด โดยทำการสอบถามหลังจากการติดตั้งอุปกรณ์ไปแล้วเป็นเวลา ๓๐ วัน จึงนำแบบสอบถามที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้องและบันทึกข้อมูลเป็นรูปแบบรหัสข้อมูล ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ส่วนระดับความพึงพอใจจะทำการคำนวณค่าอัตราภาคชั้น โดยแปลความหมายของค่าคะแนนความพึงพอใจในแต่ละอัตราภาคชั้น ดังแสดงในตารางที่ ๕ - ๒

ตารางที่ ๕ - ๒ พิสัยของค่าคะแนนเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจ

ระดับค่าคะแนนเฉลี่ย	พิสัยของค่าคะแนนความพึงพอใจ
คะแนนเฉลี่ย ๑.๐๐ – ๑.๔๙	มีระดับความพึงพอใจน้อยมาก
คะแนนเฉลี่ย ๑.๕๐ – ๒.๔๙	มีระดับความพึงพอใจน้อย
คะแนนเฉลี่ย ๒.๕๐ – ๓.๔๙	มีระดับความพึงพอใจปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย ๓.๕๐ – ๔.๔๙	มีระดับความพึงพอใจมาก
คะแนนเฉลี่ย ๔.๕๐ – ๕.๐๐	มีระดับความพึงพอใจอย่างยิ่ง

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะแบ่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่ ๑ เป็นข้อมูลทั่วไปของแบบสอบถาม และส่วนที่ ๒ เป็นความพึงพอใจต่ออุปกรณ์อำนวยความสะดวกในด้านงานทาง และการวิเคราะห์เพิ่มในระดับตำแหน่งงานของผู้ที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ที่ได้แบ่งออกเป็น ๓ กลุ่ม ได้แก่ เจ้าหน้าที่ทั่วไป ผู้บำรุงทาง และวิศวกร ได้ผลดังนี้

๑.๑.๑ อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen)

จากกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด ๒๕ คน ผู้วิจัยได้สอบถามความพึงพอใจโดยแบ่งออกเป็น ๒ ส่วน คือ คุณสมบัติด้านวิศวกรรมและด้านวิศวกรรมความปลอดภัย โดยจะทำการคำนวณค่าอัตราภาคชั้น โดยแปลความหมายของค่าคะแนนความพึงพอใจในแต่ละอัตราภาคชั้น ดังแสดงในตารางที่ ๕ - ๓

ตารางที่ ๕ - ๓ จำนวนผู้ให้ความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen)

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ (คน)					ระดับความพึงพอใจ		SD
	๑	๒	๓	๔	๕	เฉลี่ย	ระดับ	
๑. คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม (หัวข้อ ๑.๑ ถึง ๑.๘)						**๔.๓๑**	**มาก**	
๑.๑ การออกแบบอุปกรณ์มีความเหมาะสม สะดวกต่อการติดตั้ง	๐	๘	๖	๑๑	๐	๓.๑๒	ปานกลาง	๐.๘๘
๑.๒ อุปกรณ์สามารถติดตั้งโดยง่าย ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการติดตั้ง	๐	๐	๕	๑๐	๑๐	๔.๒๐	มาก	๐.๗๖
๑.๓ ไม่เกิดการเสียรูปภายหลังการใช้งาน	๐	๐	๐	๙	๑๖	๔.๖๔	มากที่สุด	๐.๔๙
๑.๔ อุปกรณ์มีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ ในพื้นที่ ไม่เกิดการแตกร้าว	๐	๑	๐	๙	๑๕	๔.๕๒	มากที่สุด	๐.๗๑
๑.๕ สีของอุปกรณ์ไม่เปลี่ยนแปลงภายหลังการใช้งาน	๐	๐	๐	๑๒	๑๓	๔.๕๒	มากที่สุด	๐.๕๑
๑.๖ ความสะดวกต่อการบำรุงรักษา และทำความสะอาด	๐	๐	๐	๑๓	๑๒	๔.๔๘	มาก	๐.๕๑

ตารางที่ ๕ - ๓ จำนวนผู้ให้ความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) (ต่อ)

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ (คน)					ระดับความพึงพอใจ		SD
	๑	๒	๓	๔	๕	เฉลี่ย	ระดับ	
๑.๗ อุปกรณ์มีความทนทานไม่เกิดความเสียหายจากยานพาหนะที่สัญจร	๐	๐	๐	๑๒	๑๓	๔.๕๒	มากที่สุด	๐.๕๑
๑.๘ การรื้อถอนอุปกรณ์มีความสะดวก	๐	๐	๐	๑๔	๑๑	๔.๔๔	มาก	๐.๕๑
๑.๙ ความพึงพอใจต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมโดยรวม	๐	๐	๐	๑๕	๑๐	๔.๔๐	มาก	๐.๕๐
๒.คุณสมบัติด้านความปลอดภัย (หัวข้อ ๒.๑ ถึง ๒.๕)						**๔.๓๘**	**มาก**	
๒.๑ ความสูงของอุปกรณ์เหมาะสมต่อการใช้งาน	๐	๐	๐	๑๕	๑๐	๔.๔๐	มาก	๐.๕๐
๒.๒ ความกว้างหรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหมาะสมต่อการใช้งาน	๐	๐	๐	๑๔	๑๑	๔.๔๔	มาก	๐.๕๑
๒.๓ มิติและขนาดของอุปกรณ์ไม่ก่ออุปสรรคต่อการสัญจร	๐	๐	๐	๑๖	๙	๔.๓๖	มาก	๐.๔๙
๒.๔ การติดตั้งอุปกรณ์ช่วยเพิ่มความปลอดภัย	๐	๐	๐	๑๐	๑๕	๔.๖๐	มากที่สุด	๐.๕๐
๒.๕ อุปกรณ์สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายทั้งกลางวันและกลางคืน	๐	๐	๐	๒๒	๓	๔.๑๒	มาก	๐.๓๓
๒.๖ ความพึงพอใจต่อวิศวกรรมความปลอดภัยโดยรวม	๐	๐	๐	๒๒	๓	๔.๑๒	มาก	๐.๓๓
ความพึงพอใจรวมทั้งหมด (หัวข้อ ๑ และ ๒)						**๔.๓๔**	**มาก**	

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

จากตารางที่ ๕-๓ ได้แสดงระดับความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานต่ออุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) ในด้านต่าง ๆ พบว่ามีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ที่ ๔.๓๔ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ ๕ - ๒ จะถือว่ามีระดับความพึงพอใจมาก และเมื่อพิจารณาคุณสมบัติในด้านวิศวกรรมจากการพิจารณาคะแนนเฉลี่ยรวมจากหัวข้อที่ ๑.๑ ถึง ๑.๘ มีคะแนนความพึงพอใจที่ ๔.๓๑ ซึ่งถือว่ามีระดับความพึงพอใจมากและสอดคลองกับคะแนนเฉลี่ยของหัวข้อที่ ๑.๙ ที่มีคะแนนความพึงพอใจที่ ๔.๔๐ ซึ่งถือว่ามีระดับความพึงพอใจมากเช่นกัน ส่วนคุณสมบัติทางด้านความปลอดภัยพิจารณาคะแนนเฉลี่ยรวมจากหัวข้อที่ ๒.๑ ถึง ๒.๕ มีคะแนนความพึงพอใจที่ ๔.๓๘ ซึ่งถือว่ามีระดับความพึงพอใจมากและสอดคล้องกับคะแนนความพึงพอใจต่อคุณสมบัติด้านความปลอดภัยโดยรวมเฉลี่ยในหัวข้อที่ ๒.๖ ที่มีคะแนนความพึงพอใจ ๔.๑๒ ซึ่งถือว่ามีระดับความพึงพอใจมากเช่นกัน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานส่วนใหญ่อยู่ในช่วง ๐.๓ ถึง ๐.๕ ซึ่งพบว่าข้อมูลมีการเกาะกลุ่มกันมากมีข้อมูลห่างจากค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ ๑๐ - ๒๐

หัวข้อการออกแบบอุปกรณ์มีความเหมาะสม สะดวกต่อการติดตั้ง ที่มีระดับความพึงพอใจปานกลาง อาจมาจากการติดตั้งในหน้างานจริงที่ต้องมีการปิดการจราจรของทั้งสองฝั่งถนนและต้องมีการเจาะคอนกรีตเข้าไปในแบริเออร์ ซึ่งอาจเกิดการยุ่งยากในการทำงานเกิดขึ้นได้

๑.๑.๒ อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post)

จากกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด ๒๕ คน ผู้วิจัยได้สอบถามความพึงพอใจออกเป็น ๒ ส่วน คือ คุณสมบัติด้านวิศวกรรมและด้านวิศวกรรมความปลอดภัย โดยจะทำการคำนวณค่าอัตราภาคชั้น โดยแปลความหมายของค่าคะแนนความพึงพอใจในแต่ละอัตราภาคชั้น ดังแสดงในตารางที่ ๕ - ๔

ตารางที่ ๕ - ๔ จำนวนผู้ให้ความพึงพอใจต่ออุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post)

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ (คน)					ระดับความพึงพอใจ		SD
	๑	๒	๓	๔	๕	เฉลี่ย	ระดับ	
๑. คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม (หัวข้อ ๑.๑ ถึง ๑.๘)						**๔.๐๘**	**มาก**	
๑.๑ การออกแบบอุปกรณ์มีความเหมาะสมสะดวกต่อการติดตั้ง	๐	๐	๐	๑๕	๑๐	๔.๔๐	มาก	๐.๕๐
๑.๒ อุปกรณ์สามารถติดตั้งโดยง่ายไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการติดตั้ง	๐	๐	๐	๑๔	๑๑	๔.๔๔	มาก	๐.๕๑
๑.๓ ไม่เกิดการเสียรูปภายหลังการใช้งาน	๐	๐	๙	๕	๑๑	๔.๐๘	มาก	๐.๙๑
๑.๔ อุปกรณ์มีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ ไม่เกิดการแตกร้าว	๐	๐	๖	๙	๑๐	๔.๑๖	มาก	๐.๘๐
๑.๕ สีของอุปกรณ์ไม่เปลี่ยนแปลงภายหลังการใช้งาน	๐	๐	๐	๑๔	๑๑	๔.๔๔	มาก	๐.๕๑
๑.๖ ความสะดวกต่อการบำรุงรักษา และทำความสะอาด	๐	๐	๐	๙	๑๖	๔.๖๔	มากที่สุด	๐.๔๙
๑.๗ อุปกรณ์มีความทนทานไม่เกิดความเสียหายจากยานพาหนะที่สัญจร	๐	๑๔	๖	๕	๐	๒.๖๔	ปานกลาง	๐.๘๑
๑.๘ การรื้อถอนอุปกรณ์มีความสะดวก	๐	๐	๐	๑๐	๑๕	๔.๖๐	มากที่สุด	๐.๕๐
๑.๙ ความพึงพอใจต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมโดยรวม	๐	๐	๑๖	๙	๐	๓.๓๖	ปานกลาง	๐.๔๙
๒. คุณสมบัติด้านความปลอดภัย (หัวข้อ ๒.๑ ถึง ๒.๕)						**๔.๕๐**	**มากที่สุด**	
๒.๑ ความสูงของอุปกรณ์เหมาะสมต่อการใช้งาน	๐	๐	๐	๙	๑๖	๔.๖๔	มากที่สุด	๐.๔๙
๒.๒ ความกว้างหรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหมาะสมต่อการใช้งาน	๐	๐	๐	๑๕	๑๐	๔.๔๐	มาก	๐.๕๑๐
๒.๓ มิติและขนาดของอุปกรณ์ไม่ก่ออุปสรรคต่อการสัญจร	๐	๐	๐	๑๔	๑๑	๔.๔๔	มาก	๐.๕๑
๒.๔ การติดตั้งอุปกรณ์ช่วยเพิ่มความปลอดภัย	๐	๐	๐	๑๓	๑๒	๔.๔๘	มาก	๐.๕๑
๒.๕ อุปกรณ์สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายทั้งกลางวันและกลางคืน	๐	๐	๐	๑๒	๑๓	๔.๕๒	มากที่สุด	๐.๕๑
๒.๖ ความพึงพอใจต่อวิศวกรรมความปลอดภัยโดยรวม	๐	๐	๐	๑๑	๑๔	๔.๕๖	มากที่สุด	๐.๕๑
ความพึงพอใจรวมทั้งหมด						**๔.๓๐**	**มาก**	

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๒

จากตารางที่ ๕ - ๔ ได้แสดงระดับความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานต่ออุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) ในด้านต่าง ๆ พบว่ามีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ที่ ๔.๓๐ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ ๕-๒ จะถือว่ามีระดับความพึงพอใจมาก แต่มีอยู่ ๒ หัวข้อย่อยที่มีระดับความพึงพอใจปานกลาง ได้แก่ อุปกรณ์มีความทนทานไม่เกิดความเสียหายจากยานพาหนะที่สัญจร เป็นผลมาจากตัวอุปกรณ์ที่ต้องติดตั้งบริเวณกลางถนนหรือบริเวณที่มีการจราจรตลอดเวลา ทำให้จำเป็นต้องมีการเบี่ยงจราจรในระหว่างการติดตั้ง รวมถึงด้านความทนทานที่มีโอกาสอาจจะถูกยานพาหนะต่าง ๆ ชนอยู่เสมอ และความพึงพอใจต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมโดยรวม ที่เป็นผลมาจากด้านความทนทาน ทางคณะกรรมการจึงได้แนะนำให้เพิ่มไส้กลาง (Lid) เพื่อสอบความแข็งแรงขึ้น

ส่วนระดับความพึงพอใจด้านวิศวกรรมมีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยรวมจากหัวข้อ ๑.๑ ถึง ๑.๘ อยู่ที่ ๔.๐๘ คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก แต่จากหัวข้อที่ ๑.๙ ที่เป็นการสอบถามระดับความพึงพอใจโดยรวมมีระดับคะแนนอยู่ที่ ๓.๓๖ คะแนน อยู่ในระดับความพึงพอใจปานกลาง ซึ่งไม่สอดคล้องกับระดับคะแนนรวมหัวข้อ ๑.๑ ถึง ๑.๘ อาจเป็นผลมาจากบางหัวข้อเช่น ๑.๗ มีคะแนนความพึงพอใจ ๒.๖๔ ทำให้มีระดับความพึงพอใจน้อย แต่ก็มีบางหัวข้อเช่น ๑.๖ และ ๑.๘ ที่มีคะแนนความพึงพอใจ ๔.๖๔ และ ๔.๖๐ ตามลำดับ ทำให้มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ทำให้ช่วยดึงคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยให้เพิ่มมากขึ้นได้ ทางด้านความพึงพอใจในความปลอดภัยมีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยจากหัวข้อ ๒.๑ ถึง ๒.๕ อยู่ที่ ๔.๕๐ มีค่าระดับความพึงพอใจมากที่สุด สอดคล้องความพึงพอใจโดยรวมหัวข้อ ๒.๖ มีค่าคะแนนความพึงพอใจที่ ๔.๕๖ มีระดับความพึงพอใจมากที่สุดเช่นกัน

๑.๒ สรุปผลของแบบสอบถาม

ผลจากระดับความพึงพอใจของอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทั้งสองชนิดมีคะแนนเฉลี่ย ๔.๓๔ คะแนน สำหรับอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) และคะแนนเฉลี่ย ๔.๓๐ สำหรับอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก ตามพิสัยของค่าคะแนนเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจ

ส่วนหัวข้อด้านการบำรุงรักษา การรักษาความสะอาด และความทนทาน อาจจะได้คะแนนระดับความพึงพอใจในระดับน้อยหรือปานกลาง อาจเนื่องมาจากความยากลำบากในการติดตั้ง และมีความเสี่ยงที่จะถูกยานพาหนะชนที่ทำให้อุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยเกิดการชำรุดได้

๒. ผลการศึกษาที่ตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ ๒

“เพื่อพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการนำยางพาราไปใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงในรูปแบบใหม่ๆ ให้มีความสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ – ๒๕๘๐)” มีรายละเอียดผลการศึกษา โดยสรุปดังนี้

แนวทางการพัฒนาเพื่อการส่งเสริมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวงในรูปแบบอื่น ๆ ให้มีความสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ – ๒๕๘๐) อย่างเป็นรูปธรรมนั้น จำเป็นต้องอาศัยนโยบาย สนับสนุนที่ชัดเจนจากภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อเพิ่มจำนวนการใช้ผลิตภัณฑ์ยางพาราในประเทศให้มากขึ้น ด้วยแนวทางการส่งเสริมโดยวิธีคิดใหม่เชิงนโยบายในสองแนวทางหลักที่สำคัญคือ

แนวทางแรก คือจะต้องมีนโยบายเพิ่มจำนวนโครงการก่อสร้างถนนที่มีส่วนประกอบของยางพารา และอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย เพื่อใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง ซึ่งมีความสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ ให้ชัดเจนและมากขึ้น ด้วยวิธีการศึกษาถึงความเหมาะสมและกำหนดในแบบก่อสร้างฯ รวมถึงการจัดสรรงบประมาณ และผลักดันให้ความรู้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในด้านการออกแบบชั้นโครงสร้างชั้นทางหรือการติดตั้งอุปกรณ์ด้านการอำนวยความปลอดภัยที่มีส่วนผสมของยางพารา ให้ครอบคลุมทุกพื้นที่รับผิดชอบของกรมทางหลวง ซึ่งมาตรการนี้จะเป็นการส่งเสริมให้มีการผลิตและการใช้ยางพาราเพิ่มขึ้น การผลักดันหรือส่งเสริมมาตรการนี้เป็นการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตยางพารา ให้มีคุณภาพ ยกระดับความสามารถภาคอุตสาหกรรมในการผลิตยางพาราเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบและนำไปใช้ในชั้นโครงสร้างของถนนให้ได้ปริมาณ คุณภาพ และมาตรฐานตามที่กำหนด

แนวทางที่สอง คือ ส่งเสริมให้มีการใช้อย่างยั่งยืน ด้วยการให้ความรู้แก่ผู้ออกแบบและผู้ใช้งาน รวมถึงผู้บริหารอย่างต่อเนื่อง ทั้งความรู้และเทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัยเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน รวมถึงศึกษาการนำยางพารามาประยุกต์ใช้กับผิวทางในรูปแบบอื่น ๆ เช่น เป็นส่วนประกอบของแอสฟัลต์อิมัลชันสำหรับฉาบผิวทางพาราสเลอรี่ซิล เพื่อใช้เป็นทางวิ่งสำหรับออกกำลังกาย หรือทางสำหรับจักรยาน ถนนดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ อุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยอื่น ๆ เป็นต้น

จากข้อเสนอเชิงนโยบายทั้งสองแนวทางที่ได้จากการศึกษาข้อมูลและการสัมภาษณ์เชิงลึก เป็นข้อเสนอที่คาดหวังเล็งเห็นผลได้ สามารถสนับสนุนให้มีการใช้ยางพาราในประเทศมากขึ้น สอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ และส่งเสริมให้อุตสาหกรรมยางพาราไทยยกระดับการพัฒนาให้สูงขึ้นได้

๓. ผลการศึกษาที่ตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ ๓

“เพื่อนำเสนอเป็นแนวทางปฏิบัติให้กับส่วนราชการอื่นที่มีภารกิจในลักษณะเดียวกัน อย่างยั่งยืน” มีรายละเอียดผลการศึกษา โดยสรุปดังนี้

จากผลการศึกษาจากข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ เพื่อหาแนวทางการปฏิบัติให้กับส่วนราชการอื่นที่มีภารกิจในลักษณะเดียวกันอย่างยั่งยืน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ถึงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพปัญหาราคายางพาราในประเทศไทย การขาดความรู้และความเข้าใจในการนำยางพารามาใช้ในด้านวิศวกรรมงานทาง เป็นต้น และจากการนำทฤษฎีทางการบริหารจัดการต่าง ๆ เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และการกำหนดแนวทางในการปฏิบัติเพื่อส่งเสริมการนำยางพาราไปใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงและหน่วยงานอื่นที่มีภารกิจในลักษณะเดียวกัน โดยการกำหนดนโยบายทางเลือก กำหนดยุทธศาสตร์หลักและการจัดทำนโยบายการส่งเสริมการนำยางพาราไปใช้ในภารกิจอื่น ๆ และแนวทางในการปฏิบัติงาน กำหนดแนวนโยบายเพื่อเป็นแผนงานในการปฏิบัติและมีความชัดเจน สามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง แบ่งออกเป็น ๔ แนวทาง ได้แก่

แนวทางที่ ๑ นโยบายการเพิ่มจำนวนโครงการก่อสร้างฯ อย่างชัดเจน

การส่งเสริมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวงหรือส่วนราชการอื่นที่มีภารกิจในลักษณะเดียวกันนั้น ผู้บริหารจะต้องกำหนดจำนวนโครงการก่อสร้างถนนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวัสดุที่ได้จากส่วนผสมของยางพารา อย่างชัดเจน กล่าวคือจะต้องมีนโยบายเพิ่มจำนวนโครงการก่อสร้างฯ ให้

มากขึ้น ด้วยวิธีการศึกษาถึงความเหมาะสมและกำหนดในแบบก่อสร้างฯ ประเด็นนี้ภาครัฐโดยหน่วยงานกรมทางหลวงหรือส่วนราชการอื่นที่มีภารกิจในลักษณะเดียวกัน ต้องมีมาตรการในการกำหนดให้หน่วยงานในสังกัดและโครงการก่อสร้างฯ ระบุลงในแบบก่อสร้างฯ รวมถึงการผลักดันให้ความรู้แก่หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบโครงสร้างถนนผสมยางพาราทั้งระบบครอบคลุมทุกพื้นที่รับผิดชอบ ซึ่งมาตรการนี้จะเป็นการส่งเสริมให้มีการผลิตและการใช้ยางพาราเพิ่มขึ้น การผลักดันหรือส่งเสริมมาตรการนี้เป็นการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตยางพารา ให้มีคุณภาพ ยกระดับความสามารถภาคอุตสาหกรรมในการผลิตยางพาราเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบหรือส่วนผสมในการก่อสร้างถนน ให้ปริมาณ คุณภาพ และมาตรฐานตามที่กำหนด

แนวทางที่ ๒ นโยบายการจัดสรรงบประมาณ

ผู้บริหารมีบทบาทสำคัญในการกำหนดนโยบายด้านการจัดสรรงบประมาณให้มีความชัดเจนและเพียงพอต่อความต้องการ เป็นแรงผลักดันให้เกิดการขับเคลื่อนนโยบายการส่งเสริมการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงหรือส่วนราชการอื่นที่มีภารกิจในลักษณะเดียวกัน โดยเฉพาะการจัดสรรงบประมาณด้านการลงทุนโครงการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างถนนที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางพาราอย่างเพียงพอและเหมาะสม โดยการแบ่งสัดส่วนโครงการหรือหน่วยงานให้ชัดเจน นโยบายด้านการจัดสรรงบประมาณถือเป็นแรงขับเคลื่อนสำคัญในการพัฒนา นำไปสู่การส่งเสริมให้มีการใช้ยางพาราในด้านต่าง ๆ อย่างยั่งยืนและต่อเนื่อง หน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้านการจัดสรรงบประมาณจะต้องมีการบูรณาการเรื่องงบลงทุนให้เพียงพอและเหมาะสมกับสถานการณ์ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

แนวทางที่ ๓ นโยบายด้านการสร้างความเชื่อมั่น

นโยบายการสร้างความเชื่อมั่นในการนำยางพาราไปใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงหรือส่วนราชการอื่นที่มีภารกิจในลักษณะเดียวกัน เป็นอีกนโยบายที่มีความสำคัญต่อการขับเคลื่อนการส่งเสริมฯ เพื่อสร้างความรู้และความเข้าใจ แก่ผู้บริหารและผู้นำไปใช้งาน ส่งผลให้เกิดความมั่นใจในการนำยางพาราไปใช้เป็นวัสดุโครงสร้างทาง โดยการดำเนินการโครงการนำร่องเพื่อเป็นแบบอย่างให้หน่วยงานอื่น ๆ ที่สนใจได้ศึกษาถึงรูปแบบการก่อสร้าง เทคนิคการก่อสร้าง และการทดสอบคุณภาพ รวมถึงคุณสมบัติของโครงสร้างทางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางพารา ทั้งทางด้านเทคนิคทางวิศวกรรมและผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ และดำเนินการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการนำยางพารามาใช้เป็นส่วนประกอบของวัสดุโครงสร้างชั้นทาง

แนวทางที่ ๔ นโยบายด้านการส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา

การส่งเสริมด้านการวิจัยและพัฒนา เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาทั้งนักวิจัยและผู้ใช้งาน ตลอดจนเป็นการพัฒนากระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องให้มีความทันสมัยและเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน ดังนั้น ผู้บริหารควรให้ความสำคัญกับนโยบายการวิจัยและพัฒนา ตลอดจนการจัดหาแหล่งทุนในการวิจัย และส่งเสริมให้มีการพัฒนาเทียบเท่ากับมาตรฐานระดับสากล อันจะส่งผลดีต่อการพัฒนาด้านวิธีการและเทคนิคการนำยางพารามาเป็นส่วนประกอบที่ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติด้านวิศวกรรมโครงสร้างชั้นทาง และอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย ที่มีคุณภาพ และประสิทธิผล คุ้มค่าการลงทุน

ข้อเสนอแนะ

๑. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

การศึกษาวิจัยเรื่อง กิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ – ๒๕๘๐) อย่างเหมาะสมและคุ้มค่าซึ่งเป็นโครงการที่มีความสำคัญต่อการเพิ่มอุปสงค์การใช้ยางพาราภายในประเทศ รวมทั้งเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีด้านวิศวกรรมงานทางในประเทศไทย นับได้ว่าเป็นก้าวสำคัญของการพัฒนาชนิดและรูปแบบของการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง โดยในปัจจุบันหน่วยงานกรมทางหลวงได้มีการศึกษาและจัดทำแปลงทดสอบการนำยางพารามาใช้ในหลากหลายภารกิจดังกล่าวแล้วหลายโครงการ พบว่าการนำยางพารามาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของวัสดุชั้นโครงสร้างทางและอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยนั้น สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของวัสดุงานทางได้ตามวัตถุประสงค์ อย่างไรก็ตามปริมาณยางพาราหรือยางธรรมชาติที่ใช้ในภารกิจต่าง ๆ ของกรมทางหลวง ยังถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำยางพาราที่ผลิตได้ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย เพื่อเป็นการเพิ่มอุปสงค์การใช้ยางพาราในประเทศ รวมถึงการส่งเสริมการใช้ยางพาราในรูปแบบต่าง ๆ ตามภารกิจของกรมทางหลวง ให้มากขึ้นสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.๒๕๖๑ – ๒๕๘๐)

เพื่อให้นโยบายการส่งเสริมการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง เกิดผลอย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืน และเกิดประโยชน์สูงสุดทั้งต่อหน่วยงานราชการ เอกชนผู้ผลิต และเกษตรกรชาวสวนยางพารา ผู้วิจัยเห็นควรให้มีการจัดการประชุม ๓ ฝ่าย (Trilateral Committee) รายละเอียดดังต่อไปนี้

Trilateral Committee หรือ การจัดประชุม ๓ ฝ่าย ซึ่งประกอบไปด้วย

๑. หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น กรมบัญชีกลาง และสำนักงบประมาณ

๒. หน่วยงานเอกชน ได้แก่ บริษัท ห้างร้าน ผู้รับเหมาก่อสร้างฯ ผู้ผลิตแอสฟัลต์ซีเมนต์ผสมยางพารา ผู้ผลิตน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่มเพื่อใช้ในการก่อสร้างถนนดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ เป็นต้น

๓. เกษตรกร ได้แก่ เกษตรกรชาวสวนยาง กลุ่มสหกรณ์ชาวสวนยาง ผู้ผลิตยางธรรมชาติ เป็นต้น

การดำเนินการประชุมเพื่อรับฟังข้อคิดเห็น และข้อหารือ ในแต่ละประเด็นที่สำคัญที่เกี่ยวข้องทั้ง ๓ ฝ่าย ในเรื่องปัญหาอุปสรรคในการดำเนินงานและแนวทางการส่งเสริมการนำยางพารามาใช้ในงานทาง การให้ข้อมูลแบบตรงไปตรงมา ทั้งด้านทางวิชาการ ผลทางด้านวิศวกรรม เศรษฐกิจและการลงทุน รวมถึงขั้นตอนในการผลิต และการส่งเสริมการปลูกยางพารา เพื่อผลักดันให้เกิดนโยบายการส่งเสริมการใช้ยางพาราในภารกิจด้านงานทางอย่างยั่งยืน

๒. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

ผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานในด้านการส่งเสริมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวงหรือหน่วยงานราชการอื่น ๆ ที่มีภารกิจในลักษณะเดียวกัน และสามารถนำไปทำการวิจัยเพื่อต่อยอด โดยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

๑. กรมทางหลวงควรผลักดันให้ผลิต อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น และ อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว ที่ทำจากยางพารา เพื่อนำไปใช้ในการอำนวยความปลอดภัยบนถนนของกรมทางหลวงทั่วประเทศ เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาต้นทุนการผลิตที่ทัดเทียมกับราคาอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยหากผลิตใช้งานเป็นจำนวนมากจะทำให้ราคาต้นทุนการผลิตลดลงอีก

๒. กรมทางหลวงควรศึกษาเพิ่มเติมถึงความคุ้มค่าในการผลิต อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน และ พื้นทางเดินเท้า ที่ทำจากยางพารา ซึ่งถึงแม้อุปกรณ์ดังกล่าวยังคงมีราคาต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าราคาอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันค่อนข้างมาก แต่ในมุมมองด้านความปลอดภัย อุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยที่ทำจากยางพาราสามารถช่วยลดความรุนแรงของการบาดเจ็บของผู้ใช้ทางได้มาก เมื่อเทียบกับอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งทำจาก พลาสติก โลหะ หรือ คอนกรีต ดังนั้น ความคุ้มค่าในการผลิตอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยที่ทำจากยางพารา เพื่อนำไปใช้ในการอำนวยความปลอดภัยบนถนนจึงควรพิจารณาค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เกิดจากอุบัติเหตุ ประกอบนอกเหนือจากต้นทุนการผลิตด้วย

๓. การออกแบบผลิตภัณฑ์อุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนน ที่ทำจากยางพาราทุกอุปกรณ์ ควรทำการผลิตอุปกรณ์ต้นแบบและทดสอบการใช้งานจริง เพิ่มเสริมการประเมินด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบอุปกรณ์มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

๔. นอกจากอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนนที่มียางพาราเป็นส่วนผสมทั้ง ๖ อุปกรณ์ดังกล่าวนี้แล้ว อุปกรณ์ความปลอดภัยอื่นที่มีความเป็นไปได้ในการศึกษาและผลิตโดยมียางธรรมชาติเป็นส่วนประกอบและสามารถให้คุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้งานทั้งทางด้านวิศวกรรมความปลอดภัยและวิศวกรรมยางคอมปาวด์ ได้แก่ เสาหลักนำทาง หลักกิโลเมตร เป้าสะท้อนแสง แบริเออร์ที่ห้ามล้อรถ (Wheel Stopper) แผ่นป้ายแบบพับ (Double Folding Sign) ล้อยางที่ติดกับแบริเออร์ (Rolling Barrier) กรวยจราจร (Traffic Cone) เนินชะลอความเร็วขนาดเล็ก (rumble strip) เนินชะลอความเร็ว (Speed Breaker) เนินลูกระนาด (Speed Bump) เป็นต้น

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

เอกสารไม่ตีพิมพ์

ณพรัตน์ และจรัสศรี. “การผสมยางธรรมชาติกับยางมะตอยราดถนน”. ๒๕๔๔.

ณพรัตน์ วิชิตชลชัย.การใช้ยางแห้งผสมยางมะตอยใช้ในงานทาง. ๒๕๔๘.

ณพรัตน์ วิชิตชลชัย. “สรุปข้อมูลการใช้ยางธรรมชาติผสมยางมะตอยราดถนนของกรมวิชาการเกษตร”. ๒๕๕๒.

ณพรัตน์ และคณะ. “เปรียบเทียบสมบัติของแอสฟัลต์ธรรมดากับแอสฟัลต์ผสมยางธรรมชาติในการสร้างถนน Comparison the Specification of Asphalt and Mixed Natural Rubber for Road Construction”. ๒๕๔๔.

ทางหลวง, กรม. “รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร โครงการวิจัยการก่อสร้างแปลงทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตผสมยางพาราธรรมชาติ (ยางพารา)”. ๒๕๕๕.

พรหมมา เทพศรีหา. “การศึกษาพฤติกรรมของสโตนมาสติกแอสฟัลต์เมื่อแปรเปลี่ยนปริมาณของวัสดุผสมแทรกระหว่างฝุ่นหินกับปูนซีเมนต์”. รายงานวิจัย. ๒๕๕๖.

มนตรี เดชาสกุลสม และคณะ. “การนำยางพารามาใช้ในงานผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต”. ๒๕๕๕.

วิเคราะห์และตรวจสอบ, สำนัก. “การศึกษาแนวทางการแก้ไขการเกิดร่องล้อของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต โดยการใช้ปูนซีเมนต์ และ เถ้าลอยเป็นวัสดุผสมแทรก”. รายงานวิจัย. ๒๕๕๖.

วิเคราะห์และตรวจสอบ, สำนัก. “โครงการวิจัยก่อสร้างแปลงทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตผสมยางพารา”. รายงานวิจัย. ๒๕๕๖.

วิเคราะห์และตรวจสอบ, สำนัก. “การใช้วัสดุใยสังเคราะห์ (Geosynthetics) เสริมกำลังโครงสร้างทางลาดยางเพื่อต้านทานการเกิดร่องล้อ”. รายงานวิจัย. ๒๕๕๖.

วิเคราะห์และตรวจสอบ, สำนัก. “โครงการศึกษา Warm Mix Asphalt จากการทำแปลงทดสอบ”. รายงานวิจัย. ๒๕๕๖.

วิจัยและพัฒนางานทาง, สำนัก. “โครงการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางพาราในงานอำนวยความปลอดภัยทางถนน”. รายงานวิจัย. ๒๕๖๑.

วิจัยยาง, สถาบัน. “ข้อมูลวิชาการยางพารา”. ๒๕๕๓.

ศูนย์วิเคราะห์เศรษฐกิจยางพารา. “การเปรียบเทียบราคายางโลก ความต้องการใช้ยาง ปริมาณการผลิตและสต๊อกยางโลก”.๒๕๕๗.

อเนก และคณะ. “ศึกษาสภาวการณ์ตลาดและเศรษฐกิจการยาง A Study Market Situation and Natural Rubber Economics”. ๒๕๕๐.

Specification No. DH-S.415/2546. “วิธีการฉาบผิวทางแบบพาราสเลอรี่ซีล (Para Slurry Seal)”. ๒๕๔๖.

Specification No. DH-S.416/2556. “มาตรฐานแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (Natural Rubber Modified Asphalt Concrete)”. ๒๕๕๖.

Specification No. DH-SP.405/2538. Specification for Elastomeric Modified Asphalt Emulsion. Department of Highway. ๒๕๓๘.

Specification No. DH-SP.409/2556. ข้อกำหนดแอสฟัลต์ซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (Specification for Natural Rubber Modified Asphalt Cement). ๒๕๕๖.

ภาษาต่างประเทศ

Nopparat V. Modification of Asphalt Cement by Natural Rubber for Pavement Construction. Rubber Products Industry Group. Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Co-operatives, Bangkok. 2012

Narachai T. The Modification of Asphalt with Natural Rubber LATEX. Department of Civil Engineering Chulalongkorn University Phaya Thai Rd., Prathumwan Phaya. 2005

ภาคผนวก

แบบสอบถาม

แบบสอบถาม

เลขที่แบบสอบถาม .....

เรื่อง การใช้ประโยชน์จากยางพาราในกิจกรรมของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนนโยบายรัฐบาล

วัตถุประสงค์ : แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมงานทางและอุตสาหกรรมยางพารา เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการดำเนินการวิจัย สำหรับการวิจัยส่วนบุคคลของนักศึกษาวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร หลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร โดยแบบสอบถามจะนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาเท่านั้น ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างยิ่งที่กรุณาสละเวลาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามมา ณ โอกาสนี้

คำชี้แจง

๑. กรุณาทำเครื่องหมาย √ หน้าคำตอบที่ท่านต้องการให้คะแนน และเติมข้อความหรือตัวเลขในช่องว่างที่มีให้

๒. แบบสอบถามมีทั้งหมด ๔ ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ ๑ ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ ๒ ข้อคำถามที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งานและคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์

ส่วนที่ ๓ สอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจ และข้อเสนอแนะ

ส่วนที่ ๔ แสดงคำถามเกี่ยวกับกิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวงเพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า

๓. ข้อมูลที่ได้รับจากท่านจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ

หมายเหตุ : กิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง ประกอบด้วย ๔ กิจกรรม ดังนี้

๑. งานฉาบผิวแบบพาราสเลอรี่ซีล

๒. ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (Natural Rubber Modified Asphalt, NRMA)

๓. ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (Para Soil Cememt)

๔. การนำยางพารามาใช้ในอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยงานทาง

<u>ส่วนที่ ๑</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

๑. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

๒. อายุ ..... ปี

๓. ตำแหน่ง

.....

๔. ระดับการศึกษา

☐ ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโท

☐ ปริญญาเอก

☐ อื่น ๆ

๕. สถานที่ทำงาน

.....

.....

.....

<u>ส่วนที่ ๒</u> คุณสมบัติของการนำยางพารามาใช้งาน ด้านวิศวกรรม ด้านการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์

กิจกรรมการใช้ยางพารา งานฉาบผิวแบบพาราสเลอรี่ซีล .....

ความหมายของการให้คะแนน

๔ = มาก ๓ = ปานกลาง ๒ = น้อย ๑ = ไม่แน่ใจ

ลำดับ	รายละเอียด คุณสมบัติของการนำยางพารามาใช้งาน ด้านวิศวกรรม ด้านการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์	คะแนน			
		๔	๓	๒	๑
คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม					
๑	คุณสมบัติด้านการต้านทานการเกิดร่องล้อ				
๒	คุณสมบัติด้านการต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า				
๓	คุณสมบัติด้านการต้านทานการยุบตัวแบบถาวรเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจากการจราจร				
๔	คุณสมบัติด้านโมดูลัสยืดหยุ่น				
๕	ค่าเสถียรภาพและการไหล				
คุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้งาน					
๑	ความสะดวกในการก่อสร้าง				
๒	ประโยชน์ใช้สอย				
๓	ประโยชน์ต่อสังคม				
๔	ความต้องการของชุมชน				
๕	เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม				
๖	สามารถตอบสนองนโยบายภาครัฐ				
คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์					
๑	ราคาต้นทุนต่อหน่วย				
๒	กระบวนการผลิต (ยาก-ง่าย)				
๓	ความคุ้มค่าด้านการประหยัดพลังงาน				
๔	เครื่องมือ/เครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้าง				
๕	งบประมาณการบำรุงรักษา				

<u>ส่วนที่ ๒</u> คุณสมบัติของการนำยางพารามาใช้งาน ด้านวิศวกรรม ด้านการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์

กิจกรรมการใช้ยางพารา ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ .....

ความหมายของการให้คะแนน

๔ = มาก ๓ = ปานกลาง ๒ = น้อย ๑ = ไม่แน่ใจ

ลำดับ	รายละเอียด คุณสมบัติของการนำยางพารามาใช้งาน ด้านวิศวกรรม ด้านการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์	คะแนน			
		๔	๓	๒	๑
คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม					
๑	คุณสมบัติด้านการต้านทานการเกิดร่องล้อ				
๒	คุณสมบัติด้านการต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า				
๓	คุณสมบัติด้านการต้านทานการยุบตัวแบบถาวรเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจากการจราจร				
๔	คุณสมบัติด้านโมดูลัสยืดหยุ่น				
๕	ค่าเสถียรภาพและการไหล				
คุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้งาน					
๑	ความสะดวกในการก่อสร้าง				
๒	ประโยชน์ใช้สอย				
๓	ประโยชน์ต่อสังคม				
๔	ความต้องการของชุมชน				
๕	เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม				
๖	สามารถตอบสนองนโยบายภาครัฐ				
คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์					
๑	ราคาต้นทุนต่อหน่วย				
๒	กระบวนการผลิต (ยาก-ง่าย)				
๓	ความคุ้มค่าด้านการประหยัดพลังงาน				
๔	เครื่องมือ/เครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้าง				
๕	งบประมาณการบำรุงรักษา				

<u>ส่วนที่ ๒</u> คุณสมบัติของการนำยางพารามาใช้งาน ด้านวิศวกรรม ด้านการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์

กิจกรรมการใช้ยางพารา .....<u>ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ</u> (Para Soil Cement).....

ความหมายของการให้คะแนน

๔ = มาก ๓ = ปานกลาง ๒ = น้อย ๑ = ไม่แน่ใจ

ลำดับ	รายละเอียด คุณสมบัติของการนำยางพารามาใช้งาน ด้านวิศวกรรม ด้านการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์	คะแนน			
		๔	๓	๒	๑
คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม					
๑	คุณสมบัติด้านการต้านทานการเกิดร่องล้อ				
๒	คุณสมบัติด้านการต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า				
๓	คุณสมบัติด้านการต้านทานการยุบตัวแบบถาวรเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจากการจราจร				
๔	คุณสมบัติด้านโมดูลัสยืดหยุ่น				
๕	ค่าเสถียรภาพและการไหล				
คุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้งาน					
๑	ความสะดวกในการก่อสร้าง				
๒	ประโยชน์ใช้สอย				
๓	ประโยชน์ต่อสังคม				
๔	ความต้องการของชุมชน				
๕	เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม				
๖	สามารถตอบสนองนโยบายภาครัฐ				
คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์					
๑	ราคาต้นทุนต่อหน่วย				
๒	กระบวนการผลิต (ยาก-ง่าย)				
๓	ความคุ้มค่าด้านการประหยัดพลังงาน				
๔	เครื่องมือ/เครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้าง				
๕	งบประมาณการบำรุงรักษา				

<u>ส่วนที่ ๒</u> คุณสมบัติของการนำยางพารามาใช้งาน ด้านวิศวกรรม ด้านการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์

กิจกรรมการใช้ยางพารา .....การนำยางพารามาใช้ในอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยงานทาง.....

ความหมายของการให้คะแนน

๔ = มาก ๓ = ปานกลาง ๒ = น้อย ๑ = ไม่แน่ใจ

ลำดับ	รายละเอียด คุณสมบัติของการนำยางพารามาใช้งาน ด้านวิศวกรรม ด้านการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์	คะแนน			
		๔	๓	๒	๑
คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม					
๑	คุณสมบัติด้านการต้านทานการเกิดร่องล้อ				
๒	คุณสมบัติด้านการต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า				
๓	คุณสมบัติด้านการต้านทานการยุบตัวแบบถาวรเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจากการจราจร				
๔	คุณสมบัติด้านโมดูลัสยืดหยุ่น				
๕	ค่าเสถียรภาพและการไหล				
คุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้งาน					
๑	ความสะดวกในการก่อสร้าง				
๒	ประโยชน์ใช้สอย				
๓	ประโยชน์ต่อสังคม				
๔	ความต้องการของชุมชน				
๕	เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม				
๖	สามารถตอบสนองนโยบายภาครัฐ				
คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์					
๑	ราคาต้นทุนต่อหน่วย				
๒	กระบวนการผลิต (ยาก-ง่าย)				
๓	ความคุ้มค่าด้านการประหยัดพลังงาน				
๔	เครื่องมือ/เครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้าง				
๕	งบประมาณการบำรุงรักษา				

<u>ส่วนที่ ๓</u> สอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจ และข้อเสนอแนะ

๑. หากโครงการก่อสร้างให้เลือกกิจกรรมการใช้ยางพาราในงานทาง ท่านจะเลือกกิจกรรมชนิดใดในการนำไปก่อสร้าง โปรดเรียงลำดับตามความต้องการ (ให้คะแนน ๑ - ๔ : โดยคะแนน ๑ = ต้องการมากที่สุด และ ๔ = ต้องการน้อยที่สุด)

..... งานฉาบผิวแบบพาราสเลอรี่ซีล
..... ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (NRMA)
..... ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (Para Soil Cement)
..... การนำยางพารามาใช้ในอุปกรณ์ความปลอดภัยงานทาง

๒. ในการเลือกกิจกรรมการนำยางพารามาใช้งาน ท่านเห็นว่าควรให้ความสำคัญด้านใดมากที่สุด ๕ อันดับแรก (โปรดเลือกให้คะแนน ๑-๕ : โดยคะแนน ๑ = มีความสำคัญมากที่สุด)

..... ความแข็งแรง (Strength)
..... ความสามารถในการยืดหยุ่น (Flexibility)
..... ความคงทน (Durability)
..... ความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance)
..... คุณสมบัติด้านการต้านทานการเกิดร่องล้อ
..... คุณสมบัติด้านการต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความล้า
..... ความสะดวกในการนำไปใช้งาน
..... การประหยัดพลังงาน
..... เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
..... ราคาต้นทุนต่อหน่วย
..... ตอบสนองต่อนโยบายภาครัฐ

๓. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร หรือมีเหตุผลอย่างไร ในการเลือกใช้กิจกรรมการใช้ยางพาราแต่ละชนิด

.....

๔. ข้อเสนอแนะอื่นๆ (ถ้ามี)

.....

<u>ส่วนที่ ๔</u> แสดงคำถามเกี่ยวกับกิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวงเพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า

เกณฑ์การให้คะแนนแบ่งเป็น ๕ ระดับ ดังนี้

๕ = เห็นด้วยอย่างยิ่ง ๔ = เห็นด้วย ๓ = ปานกลาง ๒ = ไม่เห็นด้วย ๑ = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

๑. คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของกิจกรรมการใช้ยางพาราแต่ละประเภท

ประเภทกิจกรรมการใช้ยางพารา	คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม					รวม
	ความคงตัวทนต่อความล้า	ต้านทานการแตกร้าว	ต้านทานการยุบตัว	โมดูลัสยืดหยุ่น	ค่าเสถียรภาพ	
Para Slurry Seal						
NRMA						
Para soil cement						
Safety equipment						

๒. คุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้งานของแต่ละกิจกรรมการใช้ยางพารา

ประเภทกิจกรรมการใช้ยางพารา	คุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้งาน						รวม
	ความสะดวกในการก่อสร้าง	ประโยชน์ใช้สอย	ประโยชน์ต่อสังคม	ความต้องการของชุมชน	เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	ตอบสนองนโยบายภาครัฐ	
Para Slurry Seal							
NRMA							
Para soil cement							
Safety equipment							

๓. คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์ของผิวทางแต่ละชนิด

ประเภทกิจกรรมการใช้ยางพารา	คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์					รวม
	ราคาต้นทุนต่อหน่วย	กระบวนการผลิต (ยาก-ง่าย)	ความคุ้มค่าด้านพลังงาน	เครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง	งบประมาณการบำรุงรักษา	
Para Slurry Seal						
NRMA						
Para soil cement						
Safety equipment						

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ : นายมนตรี เดชาสกุลสม

วัน เดือน ปีเกิด : ๑ กรกฎาคม ๒๕๐๘

การศึกษา : ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วศบ.โยธา)
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ.๒๕๒๙
: ปริญญาโทวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (M.Eng in Civil Engineering).
University of Delaware เมื่อปี พ.ศ.๒๕๔๐
: ปริญญาเอกวิศวกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต (Ph.D. in Civil Engineering).
University of Delaware เมื่อปี พ.ศ.๒๕๔๓

ประวัติการทำงานโดยย่อ

: รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง
กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม
: ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง
กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม
: ผู้อำนวยการสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ
กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม
: ผู้อำนวยการสำนักงานทางหลวงที่ ๑๓ (กรุงเทพมหานคร)
กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

ตำแหน่งปัจจุบัน : ผู้อำนวยการสำนักงานทางหลวงที่ ๑๓ (กรุงเทพมหานคร)
กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

สรุปย่อ

ลักษณะวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรื่อง การใช้ประโยชน์จากยางพาราในกิจกรรมของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนนโยบายรัฐบาล

ผู้วิจัย นายมนตรี เดชาสกุลสม **หลักสูตร** วปอ. **รุ่นที่** 61

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการสำนักงานทางหลวงที่ 13 (กรุงเทพ)

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม หนึ่งในสินค้าเกษตรที่ประเทศไทยส่งออกและทำรายได้มากที่สุดคือ “ยางพารา” โดยประเทศไทยมีจำนวนการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของโลก และปัจจุบันมีจำนวนของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี ส่งผลให้มียางพารามีปริมาณเกินความต้องการในปัจจุบัน ดังนั้นรัฐบาลจึงมีนโยบายให้หน่วยงานภาครัฐ จะต้องนำยางพาราไปใช้ในภารกิจของแต่ละหน่วยงานตามภาระ หน้าที่ ในปัจจุบัน และได้กำหนดแนวทางปฏิบัติไว้ในแผนยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.2561 – 2580) เมื่อวันที่ 8 ตุลาคม พ.ศ.2561

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงเป็นที่มาของการกำหนดให้หน่วยงานภาครัฐ จะต้องวางแผนการใช้ยางพาราตามนโยบาลของรัฐบาลและตามยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561 – 2580) และหนึ่งในหน่วยงานที่มีความคาดหวังว่าจะมีกิจกรรมการใช้ยางพาราตามภารกิจของหน่วยงาน ด้วยความมีศักยภาพในการที่จะสามารถนำยางพาราไปปรับใช้ในภารกิจของหน่วยงานได้ปริมาณสูงและสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาล คือ หน่วยงานกรมทางหลวง เนื่องจากกรมทางหลวง ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้สังกัด กระทรวงคมนาคม มีหน้าที่ควบคุม และดำเนินการก่อสร้าง บูรณะและบำรุงรักษา ทางหลวง ทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดิน และทางหลวงสัมปทาน เพื่ออำนวยความสะดวกรวดเร็วและปลอดภัยในทางหลวงทั่วประเทศ เอื้อประโยชน์ในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม การปกครอง ความมั่นคง และการป้องกันประเทศ มีเส้นทางในความรับผิดชอบ รวมทั้งสิ้น 66,871 กิโลเมตร แบ่งเป็นผิวทางคอนกรีต 5,497 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 8.2 ผิวทางลาดยางแอสฟัลต์ 61,134 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 94.1 และผิวทางลูกรัง 239 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.35 ดังนั้น หากสามารถประยุกต์การนำยางพาราไปใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงได้ ก็จะเป็นแนวทางที่จะก่อให้เกิดผลประโยชน์ต่อภาพรวมของประเทศด้านการนำยางพาราไปใช้ในงานทาง เนื่องด้วยกรมทางหลวงเป็นหน่วยงานที่มีศักยภาพและความพร้อมในการปฏิบัติงานด้านการนำยางพาราไปใช้ในหลายกิจกรรมของหน่วยงาน ซึ่งจะสามารถตอบสนองต่อนโยบายของรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติได้อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า

การใช้ยางธรรมชาติในภารกิจของกรมทางหลวงที่ผ่านมา เป็นการผสมยางพารากับยางมะตอยเพื่อใช้เป็นวัสดุผิวทาง เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้ปรับปรุงสมบัติของยางมะตอยให้ดีขึ้นโดยอาศัยสมบัติบางประการที่เป็นข้อดีของยางธรรมชาติ เช่น ความคงตัวสูง (Stability), ความยืดหยุ่นดี (Elasticity) และทนความล้าดี (Fatigue resistance) มาเป็นตัวเสริมสมบัติของยางมะตอยทำให้สามารถยืดอายุการใช้งานของถนน ซึ่งเป็นการช่วยประหยัดงบประมาณในการซ่อมบำรุงถนนด้วย

ดังนั้น เพื่อเป็นการตอบสนองต่อนโยบายภาครัฐและสอดรับกับยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.2561 – 2580) ในการส่งเสริมการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ เพื่อเพิ่มปริมาณการใช้ยางพาราภายในประเทศตามเป้าหมายที่วางไว้ จึงเป็นที่มาของการศึกษาเพื่อหากิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง สนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติอย่างเหมาะสมและคุ้มค่า โดยเน้นแนวทางการปฏิบัติงานในแต่ละกิจกรรมดังกล่าวอย่างเป็นรูปธรรมและเป็นระบบ สอดคล้องกับภารกิจของกรมทางหลวง การนำนวัตกรรมการใช้ยางพาราในงานก่อสร้างทาง จะมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาให้อุตสาหกรรมยางพาราให้ขับเคลื่อนไปได้ ด้วยวิสัยทัศน์และมุมมองที่หลากหลายอาจเป็นทิศทางหนึ่งที่จะเข้ามาช่วยแนะนำแนวทาง ให้การวิจัยด้านยางพาราเป็นงานวิจัยที่เกิดการใช้ประโยชน์ต่อทั้งตัวเกษตรกรและภาคอุตสาหกรรมยางพาราไทยมากขึ้นด้วย สำหรับนวัตกรรมงานวิจัยการนำยางพารามาเป็นส่วนประกอบในการก่อสร้างถนนเป็นแนวทางหนึ่งที่สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ ในการนำยางพารามาใช้ในเชิงอุตสาหกรรมในประเทศให้มากขึ้น ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นข้อมูลสำคัญในการพัฒนาเพื่อนำไปสู่การรักษาเสถียรภาพราคายาง โดยการสนับสนุนให้มีการใช้ยางในประเทศมากขึ้น รวมถึงการจัดทำเป็นแนวทางปฏิบัติให้กับส่วนราชการที่เกี่ยวข้องอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ยางพารากับผิวทางและกิจกรรมของกรมทางหลวง
2. เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าและความคงทนในการใช้ยางพารากับผิวทางและกิจกรรมของกรมทางหลวง
3. เพื่อกำหนดกิจกรรมของกรมทางหลวงที่สามารถนำยางพารามาใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรมและเหมาะสม
4. เพื่อพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการนำยางพาราไปใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงในรูปแบบใหม่ ๆ ให้มีความสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.2561 - 2580)

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การใช้ประโยชน์จากยางพาราในกิจกรรมของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนนโยบายรัฐบาล”ประกอบด้วยขอบเขตของการศึกษา ดังนี้

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา ศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ เพื่อหากิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง สนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติอย่างเหมาะสมและคุ้มค่า ทั้งกิจกรรมการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงที่ผ่านมาและการพัฒนารูปแบบกิจกรรมใหม่ที่เหมาะสมทั้งด้านนวัตกรรมและความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยเน้นแนวทางการปฏิบัติงานในแต่ละกิจกรรมดังกล่าวอย่างเป็นรูปธรรมและเป็นระบบ สอดคล้องกับภารกิจของกรมทางหลวง นำไปสู่ข้อเสนอแนวทางในการเลือกกิจกรรมการใช้ยางพาราที่เหมาะสม

จากกรอบแนวคิดของหลักการเหตุและผล นำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมและกลยุทธ์เชิงนโยบาย

2. ขอบเขตด้านประชากรผู้เชี่ยวชาญทางยุทธศาสตร์

การวิจัยครั้งนี้จะดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informants) ที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ได้แก่ ผู้รับเหมา ก่อสร้าง บริษัท/โรงงานผู้ผลิต ผลิตภัณฑ์จากยางพาราในภาค อุตสาหกรรมยางแอสฟัลต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ กลุ่มที่ 2 ได้แก่ ข้าราชการของหน่วยงานภาครัฐ ที่มีหน้าที่กำกับ ติดตาม ดูแล และบริหารงานด้านการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ และกลุ่มที่ 3 ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ นักวิชาการ และผู้บริหารระดับสูง ที่มีความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ในการบริหารจัดการการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ ของหน่วยงานกรมทางหลวง สถาบันวิจัยยาง และการยางแห่งประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยมีการดำเนินการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ จากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ให้ข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้องทั้งผู้เชี่ยวชาญด้านหลักวิชาการ ทั้งทางด้านวิศวกรรมงานทางและอุตสาหกรรมยางพารา การวิเคราะห์ข้อมูล และการสังเคราะห์ข้อมูล

จะดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Context Analysis) โดยวิเคราะห์เนื้อหาของข้อมูล เพื่อแยกแยะให้เห็นถึงส่วนประกอบและความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆ ของข้อมูล และนำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์เพื่อสรุปเป็นตัวแบบในการกำหนดกิจกรรมการใช้ยางพาราของกรมทางหลวง เพื่อสนับสนุนนโยบายรัฐบาลและสอดรับกับยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.2561 – 2580) อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า

ผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ผลการวิจัยสามารถตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยทั้ง 4 ข้อ โดยได้ทำการศึกษาทั้งส่วนของการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงวิศวกรรม การวิเคราะห์ต้นทุนการนำยางพารามาใช้ในแต่ละกิจกรรม การวิเคราะห์ข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์ แนวทางการวิเคราะห์กิจกรรมการใช้ยางพารา การวิเคราะห์ตัวแปรและการวัดตัวแปร ตลอดจนผลการวิเคราะห์และสรุปแนวทางการเลือกกิจกรรมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวงที่สอดรับกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ของรัฐบาล

โดยมีรายละเอียด ผลการศึกษาวิจัยที่ตอบวัตถุประสงค์ทั้ง 4 ประการ สรุปได้ดังนี้

1. ผลการวิจัยตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 1. เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ยางพารากับผิวทางและกิจกรรมของกรมทางหลวง **ผู้วิจัยได้รวบรวมกิจกรรมการใช้ยางพารากับผิวทางและกิจกรรมอื่น ๆ ของกรมทางหลวง ได้ดังนี้**

1.1 งานฉาบผิวแบบพาราสเลอรี่ซีล ซึ่งมีคุณสมบัติและลักษณะเด่น คือ ใช้ฉาบบนผิวทางเดิมที่ลื่น เพื่อเพิ่มความฝืด และช่วยอุดรอยแตกกันน้ำลงได้ด้วย ป้องกันการเกิด Oxidation

ของผิวทางเดิม บ่มตัวเร็ว เปิดการจราจรได้ภายใน 2 ชั่วโมง มีความทนทานกว่าการฉาบผิว Slurry Seal ธรรมดา (ซึ่งไม่มีส่วนผสมของยางพารา)

1.2 ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ซึ่งมีคุณสมบัติและลักษณะเด่น คือ มีความทนทานกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยาง AC 60-70 ประมาณ 20 % ลักษณะการนำไปใช้งานโดยการนำยางพาราทดแทนบางส่วนของแอสฟัลต์ซีเมนต์ ตามข้อกำหนดมาตรฐาน และ มอก.เดิม ใช้ยางพาราในสัดส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ผสมเสร็จ (Pre-blended Asphalt Cement) คือใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60-70 จำนวน 95 ส่วน ผสมกับยางพารา จำนวน 5 ส่วน (คิดเป็นน้ำหนักยางแห้ง) รวมเป็นแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ผสมเสร็จ (Pre-blended Asphalt Cement) จำนวน 100 ส่วน

1.3 การนำยางพารามาใช้ก่อสร้างชั้นพื้นทางหรือผิวทางดินซีเมนต์ การนำยางพารามาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพวัสดุชั้นพื้นทางหรือผิวทางดินซีเมนต์ โดยการใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของวัสดุชั้นโครงสร้างทางด้วยวิธีการเติมยางพาราผสมสารผสมเพิ่มในดินซีเมนต์เพื่อใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทางหรือผิวทางจราจร กระบวนการดังกล่าวถือว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้ในการปรับปรุงสมบัติของโครงสร้างชั้นทางให้ดีขึ้นโดยอาศัยสมบัติบางประการที่เป็นข้อดีของยางธรรมชาติ (ยางพารา) เช่น ความคงตัวสูง (Stability), ความยืดหยุ่นดี (Elasticity) และทนความล้าดี (Fatigue resistance) มาเป็นตัวเสริมคุณสมบัติของวัสดุดินซีเมนต์ โดยการปรับปรุงพฤติกรรมการเสียรูปของดินที่ปรับปรุงด้วยซีเมนต์จากวัสดุเปราะ (Brittle) เมื่อผสมยางพาราผสมสารผสมเพิ่ม จะช่วยทำให้พฤติกรรมการเสียรูปของดินซีเมนต์เปลี่ยนจากวัสดุเปราะ (Brittle) ไปเป็นวัสดุเหนียว (Ductile) ทำให้สามารถยืดอายุการใช้งานของถนน ซึ่งเป็นการช่วยประหยัดงบประมาณในการซ่อมบำรุงถนนด้วย

1.4 การนำยางพารามาใช้เป็นผลิตภัณฑ์อำนวยความปลอดภัย ได้ทำการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนนที่มียางพาราเป็นส่วนผสม จำนวน 6 อุปกรณ์ ได้แก่ อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) อุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว (Temporary Barrier) อุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก (Rubber Block-out for Guard Rail) อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน (Barrier Curb) และพื้นทางเดินเท้า (Sidewalk Wearing Surface) ให้มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมและการใช้งาน โดยมีแนวคิดมาจากคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมของยางพาราในด้านการดูดซับพลังงาน ซึ่งหากนำมาทำเป็นอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนน จะสามารถช่วยลดความรุนแรงของการบาดเจ็บของผู้ใช้ทางได้มาก เมื่อเทียบกับอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งทำจากพลาสติก โลหะ หรือ คอนกรีต นอกจากนี้ ยังเป็นการทำงานที่ส่งเสริมนโยบายการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐอีกด้วย

2. ผลการวิจัยตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าและความคงทนในการใช้ยางพารากับผิวทางและกิจกรรมของกรมทางหลวง **ผู้วิจัยได้รวมรวมผลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญด้านงานทาง เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติเชิง**

เศรษฐศาสตร์ โดยการรวบรวมและวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อให้ได้ผลสัมฤทธิ์ตรงตามวัตถุประสงค์การวิจัย ได้ผลดังนี้

2.1 สรุปผลคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 1 (ความหมายของการให้คะแนน : 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย 1 = ไม่แน่ใจ)

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของกิจกรรมการใช้ยางพาราแต่ละประเภท

ประเภทกิจกรรมการใช้ยางพารา	คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม					รวม
	ความคงตัวทนต่อความล้า	ต้านทานการแตกร้าว	ต้านทานการยุบตัว	โมดูลัสยืดหยุ่น	ค่าเสถียรภาพ	
Para Slurry Seal	3	2	2	2	3	12
Para AC (NRMA)	3	3	2	3	3	14
Para soil cement	3	2	3	3	4	15
Safety equipment	4	4	4	4	4	20

หมายเหตุ :

Para Slurry Seal คือ งานฉาบผิวแบบพาราสเลอรี่ซีล

Para AC (NRMA) คือ ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ

Para soil cement คือ การนำยางพารามาใช้ก่อสร้างชั้นพื้นทางหรือผิวทางดินซีเมนต์

Safety equipment คือ การนำยางพารามาใช้เป็นผลิตภัณฑ์อำนวยความปลอดภัย

2.2 คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้งานของแต่ละกิจกรรมการใช้ยางพารา

ประเภทกิจกรรมการใช้ยางพารา	คุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้งาน						รวม
	ความสะดวกในการก่อสร้าง	ประโยชน์ใช้สอย	ประโยชน์ต่อสังคม	ความต้องการของชุมชน	เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	ตอบสนองนโยบายภาครัฐ	
Para Slurry Seal	3	3	3	3	1	3	16
Para AC (NRMA)	2	3	4	3	1	4	17
Para soil cement	3	3	4	4	2	4	20
Safety equipment	3	4	4	4	1	4	20

2.3 คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3

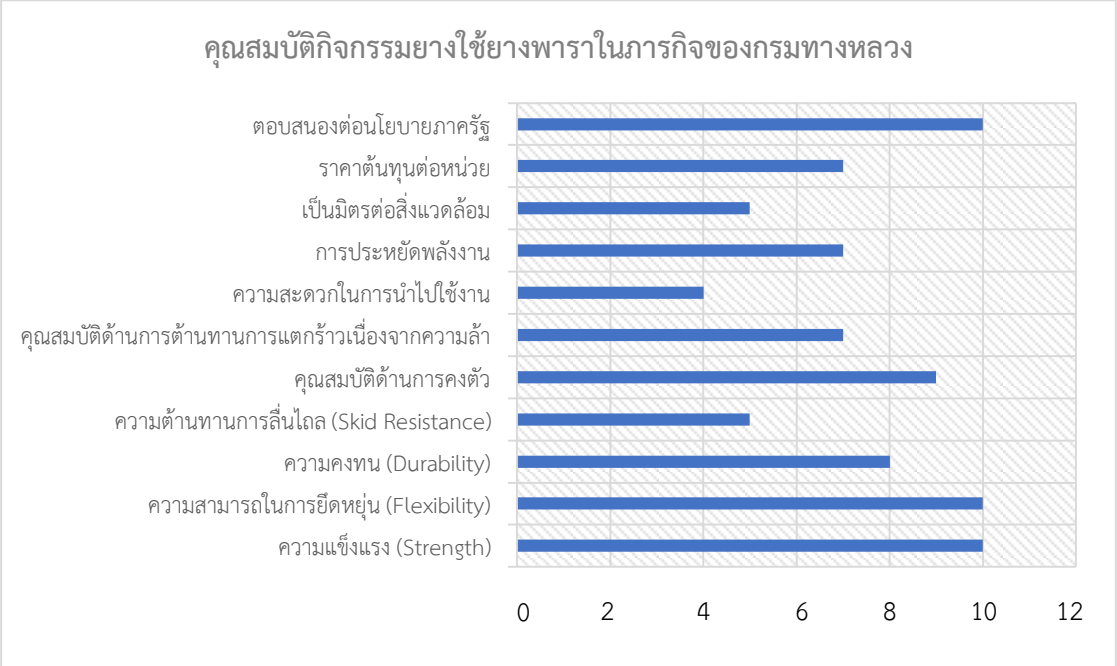
ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์ของผิวทางแต่ละชนิด

ประเภทกิจกรรมการใช้ยางพารา	คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์					รวม
	ราคาต้นทุนต่อหน่วย	กระบวนการผลิต (ยาก-ง่าย)	ความคุ้มค่าด้านพลังงาน	เครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง	งบประมาณการบำรุงรักษา	
Para Slurry Seal	3	2	2	3	3	13
Para AC (NRMA)	3	2	2	3	3	13
Para soil cement	4	3	3	3	4	17
Safety equipment	4	3	4	3	4	18

2.4 คุณสมบัติกิจกรรมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวง

การเลือกใช้กิจกรรมการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงประเภทใดนั้น นอกจากเหตุผลทางด้านวิศวกรรม คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติทางด้านเศรษฐศาสตร์แล้ว ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น การตอบสนองต่อนโยบายภาครัฐ ความต้องการของชุมชน การประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น จากผลการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมงานทาง สามารถรวบรวมข้อมูล สรุปได้ดังแผนภาพที่ 1

แผนภาพที่ 1 แสดงสรุปผลคุณสมบัติกิจกรรมการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง



3. ผลการวิจัยตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อกำหนดกิจกรรมของกรมทางหลวงที่สามารถนำยางพารามาใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรมและเหมาะสม **ผู้วิจัยได้วิเคราะห์กิจกรรมจากข้อมูลและจากการสัมภาษณ์เชิงลึกซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน และคุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยการรวบรวมและวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อให้ได้ผลสัมฤทธิ์ตรงตามวัตถุประสงค์การวิจัย นำมาสู่การรวบรวมผลคะแนนและวิเคราะห์เพื่อกำหนดกิจกรรมที่เหมาะสมในการนำยางพารามาใช้ตามภารกิจของกรมทางหลวงที่เหมาะสมที่สุด สามารถสรุปผลได้ดังนี้**

3.1 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าและความคงทน ทำการวิเคราะห์ในแต่ละกิจกรรมที่เหมาะสมในการใช้ยางพารา (โดยการรวบรวมคะแนนจากตารางที่ 1-3) เพื่อกำหนดกิจกรรมที่เหมาะสมในการนำยางพารามาใช้ตามภารกิจของกรมทางหลวงที่เหมาะสมที่สุด สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ในแต่ละกิจกรรมที่เหมาะสมในการใช้ยางพารา

กิจกรรมการใช้ยางพารา	คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม	คุณสมบัติด้านการนำไปใช้งาน	คุณสมบัติเชิงเศรษฐศาสตร์	ผลรวม
Para Slurry Seal	12	16	13	**41**
Para AC (NRMA)	14	17	13	**44**
Para Soil Cement	15	20	17	**52**
Safety Equipment	20	20	18	**58**

จากข้อมูลในตารางที่ 4 สามารถสรุปกิจกรรมของกรมทางหลวงที่สามารถนำยางพารามาใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรมและเหมาะสมที่สุด ได้แก่ การใช้ยางพาราเพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์อำนวยความปลอดภัย (Safety Equipment) และจากการทดลองติดตั้งจริง 2 อุปกรณ์ ได้แก่ อุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) และอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลความพึงพอใจจากแบบสอบถามภายหลังจากติดตั้งแล้วเสร็จ ได้ผลดังข้อที่ 3.2

3.2 การวิเคราะห์ความพึงพอใจภายหลังการติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย จำนวน 2 อุปกรณ์แล้วเสร็จ การวิเคราะห์ผลจากแบบสอบถามเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จได้ผลดังนี้ ผลจากระดับความพึงพอใจสำหรับอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ (Glare Screen) มีคะแนนเฉลี่ย 4.34 คะแนน และสำหรับอุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Delineator Post) มีคะแนนเฉลี่ย 4.30 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก ตามพิสัยของค่าคะแนนเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจ ส่วนหัวข้อด้านการบำรุงรักษา การรักษาความสะอาด และความทนทาน อาจจะได้คะแนนระดับความพึงพอใจในระดับน้อยหรือปานกลาง อาจเนื่องมาจากความยากลำบากในการติดตั้ง และมีความเสี่ยงที่จะถูกยานพาหนะชนที่ทำให้อุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยเกิดการชำรุดได้

4. ผลการวิจัยตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 4 เพื่อพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการนำยางพาราไปใช้ในภารกิจของกรมทางหลวงในรูปแบบใหม่ ๆ ให้มีความสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.2561 - 2580) มีรายละเอียดผลการศึกษา โดยสรุปดังนี้

แนวทางการพัฒนาเพื่อการส่งเสริมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวงในรูปแบบอื่น ๆ ให้มีความสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและสอดรับกับยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.2561 – 2580) อย่างเป็นรูปธรรมนั้น จำเป็นต้องอาศัยนโยบาย สนับสนุนที่ชัดเจนจากภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อเพิ่มจำนวนการใช้ผลิตภัณฑ์ยางพาราในประเทศให้มากขึ้น ด้วยแนวทางการส่งเสริมโดยวิธีคิดใหม่เชิงนโยบายในสองแนวทางหลักที่สำคัญ ได้แก่

4.1 นโยบายการเพิ่มจำนวนโครงการก่อสร้างถนนที่มีส่วนประกอบของยางพาราและอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย กล่าวคือจะต้องมีการกำหนดแนวนโยบายที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลให้ชัดเจนมากขึ้น ด้วยวิธีการศึกษาถึงความเหมาะสมและกำหนดในแบบก่อสร้างฯ รวมถึงการจัดสรรงบประมาณ และผลักดันให้ความรู้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในด้านการออกแบบชั้นโครงสร้างชั้นทางหรือการติดตั้งอุปกรณ์ด้านการอำนวยความปลอดภัยที่มีส่วนผสมของยางพารา ให้ครอบคลุมทุกพื้นที่รับผิดชอบของกรมทางหลวง ซึ่งมาตรการนี้จะเป็นการส่งเสริมให้มีการผลิตและการใช้ยางพาราเพิ่มขึ้น การผลักดันหรือส่งเสริมมาตรการนี้เป็นการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตยางพารา ให้มีคุณภาพ ยกระดับความสามารถภาคอุตสาหกรรมในการผลิตยางพาราเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบและนำไปใช้ในชั้นโครงสร้างของถนนให้ได้ปริมาณ คุณภาพ และมาตรฐานตามที่กำหนด

4.2 ส่งเสริมให้มีการใช้ยางพาราอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือ จะต้องส่งเสริมให้มีการใช้ยางพาราในด้านวิศวกรรมงานทางอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ด้วยการให้ความรู้แก่ผู้ออกแบบและผู้ใช้งานรวมถึงผู้บริหารอย่างต่อเนื่อง ทั้งความรู้และเทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัยเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน รวมถึงศึกษาการนำยางพารามาประยุกต์ใช้กับผิวทางและชั้นโครงสร้างทางในรูปแบบอื่น ๆ เพื่อใช้เป็นทางเลือกให้กับวิศวกรผู้ออกแบบต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

การศึกษาวิจัยเรื่อง การใช้ประโยชน์จากยางพาราในกิจกรรมของกรมทางหลวงเพื่อสนับสนุนนโยบายรัฐบาล เป็นโครงการที่มีความสำคัญต่อการเพิ่มอุปสงค์การใช้ยางพาราภายในประเทศ รวมทั้งเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีด้านวิศวกรรมงานทาง ในประเทศไทย นับได้ว่าเป็นก้าวสำคัญของการพัฒนาชนิดและรูปแบบของการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง โดยในปัจจุบันหน่วยงานกรมทางหลวงได้มีการศึกษาและจัดทำแปลงทดสอบการนำยางพารามาใช้ในหลากหลายภารกิจดังกล่าวแล้วหลายโครงการ พบว่าการนำยางพารามาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของวัสดุชั้นโครงสร้างทางและอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยนั้น สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของวัสดุงานทางได้ตามวัตถุ ประสงค์ อย่างไรก็ตามปริมาณยางพาราหรือยางธรรมชาติที่ใช้ในภารกิจต่าง ๆ ของกรมทางหลวง ยังถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำยางพาราที่ผลิตได้ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย เพื่อเป็น

การเพิ่มอุปสงค์การใช้ยางพาราในประเทศ รวมถึงการส่งเสริมการใช้ยางพาราในรูปแบบต่าง ๆ ตามภารกิจของกรมทางหลวง ให้มากขึ้นสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.2561 – 2580)

เพื่อให้นโยบายการส่งเสริมการนำยางพารามาใช้ในภารกิจของกรมทางหลวง เกิดผลอย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืนและเกิดประโยชน์สูงสุดทั้งต่อหน่วยงานราชการ เอกชนผู้ผลิต และเกษตรกรชาวสวนยางพารา ผู้วิจัยเห็นควรให้มีการจัดการประชุม 3 ฝ่าย (Trilateral Committee) ซึ่งประกอบไปด้วย (1)หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น กรมบัญชีกลาง และสำนักงบประมาณ (2) หน่วยงานเอกชน ได้แก่ บริษัท ห้างร้าน ผู้รับเหมาก่อสร้างฯ ผู้ผลิตแอสฟัลต์ซีเมนต์ผสมยางพารา ผู้ผลิตน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่มเพื่อใช้ในการก่อสร้างถนนดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติและ (3) เกษตรกร ได้แก่ เกษตรกรชาวสวนยาง กลุ่มสหกรณ์ชาวสวนยาง ผู้ผลิตยางธรรมชาติ เป็นต้น

การดำเนินการประชุมเพื่อรับฟังข้อคิดเห็น และข้อหารือในแต่ละประเด็นที่สำคัญที่เกี่ยวข้องทั้ง 3 ฝ่าย ในเรื่องปัญหาอุปสรรคในการดำเนินงานและแนวทางการส่งเสริมการนำยางพารามาใช้ในงานทาง การให้ข้อมูลแบบตรงไปตรงมา ทั้งด้านทางวิชาการ ผลทางด้านวิศวกรรม เศรษฐกิจและการลงทุน รวมถึงขั้นตอนในการผลิต และการส่งเสริมการปลูกยางพารา เพื่อผลักดันให้เกิดนโยบายการส่งเสริมการใช้ยางพาราในภารกิจด้านงานทางอย่างยั่งยืน

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

ผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานในด้านการส่งเสริมการใช้ยางพาราในภารกิจของกรมทางหลวงหรือหน่วยงานราชการอื่น ๆ ที่มีภารกิจในลักษณะเดียวกัน และสามารถนำไปทำการวิจัยเพื่อต่อยอด โดยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. กรมทางหลวงควรผลักดันให้ผลิตอุปกรณ์ป้องกันแสงสะท้อนจากไฟหน้ารถ อุปกรณ์หลักนำทางแบบยืดหยุ่นและอุปกรณ์ที่กั้นถนนชั่วคราว ที่ทำจากยางพารา เพื่อนำไปใช้ในการอำนวยความปลอดภัยบนถนนของกรมทางหลวงทั่วประเทศ เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาต้นทุนการผลิตที่ทัดเทียมกับราคาอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยหากผลิตใช้งานเป็นจำนวนมากจะทำให้ราคาต้นทุนการผลิตลดลงอีก

2. กรมทางหลวงควรศึกษาเพิ่มเติมถึงความคุ้มค่าในการผลิตอุปกรณ์ช่วยรับแรงกระแทกสำหรับราวเหล็กลูกฟูก อุปกรณ์ที่กั้นคันขอบถนน และพื้นทางเดินเท้าที่ทำจากยางพารา ซึ่งถึงแม้อุปกรณ์ดังกล่าวยังคงมีราคาต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าราคาอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันค่อนข้างมากแต่ในมุมมองด้านความปลอดภัย อุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยที่ทำจากยางพารา สามารถช่วยลดความรุนแรงของการบาดเจ็บของผู้ใช้ทางได้มาก เมื่อเทียบกับอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันซึ่งทำจากพลาสติก โลหะ หรือคอนกรีต ดังนั้น ความคุ้มค่าในการผลิตอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยที่ทำจากยางพาราเพื่อนำไปใช้ในการอำนวยความปลอดภัยบนถนน จึงควรพิจารณาค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เกิดจากอุบัติเหตุ ประกอบนอกเหนือจากต้นทุนการผลิตด้วย

3. การออกแบบผลิตภัณฑ์อุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนน ที่ทำจากยางพาราทุกอุปกรณ์ ควรทำการผลิตอุปกรณ์ต้นแบบและทดสอบการใช้งานจริง เพิ่มเสริมการประเมินด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบอุปกรณ์มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

4. นอกจากอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยทางถนนที่มียางพาราเป็นส่วนผสมทั้ง 6 อุปกรณ์ดังกล่าวนี้แล้ว อุปกรณ์ความปลอดภัยอื่นที่มีความเป็นไปได้ในการศึกษาและผลิตโดยมียางธรรมชาติเป็นส่วนประกอบและสามารถให้คุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้งานทั้งทางด้านวิศวกรรมความปลอดภัยและวิศวกรรมงานทาง ได้แก่ เสาหลักนำทาง หลักกิโลเมตร เป้าสะท้อนแสง แบริเออร์ที่ห้ามล้อรถ (Wheel Stopper) แผ่นป้ายแบบพับ (Double Folding Sign) ล้อยางที่ติดกับแบริเออร์ (Rolling Barrier) กรวยจราจร (Traffic Cone) เนินชะลอความเร็วขนาดเล็ก (rumble strip) เนินชะลอความเร็ว (Speed Breaker) และเนินลูกระนาด (Speed Bump) เป็นต้น