การพิจารณาคัดเลือกวัสดุแอสฟัลต์เชื่อมประสานสำหรับงานผิวทางบนทางพิเศษ

A Criteria Consideration of Asphalt Binder for Surface Pavement on Expressway

ฐิติพงศ์ สุขเสริม[1*] นันทวรรณ พิทักษ์พานิช[2] และ เทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร[3]

[1,2,3] กองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

**Corresponding author; E-mail address: thitipong.so28@gmail.com*

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการทางพิเศษแห่งประเทศ (กทพ.) ให้บริการทางพิเศษเป็นระยะทางกว่า 224.6 กิโลเมตร จำนวน 8 สายทาง มีปริมาณจราจรในปัจจุบันจำนวน 1.91 ล้านเที่ยวต่อวัน (ณ ปีงบประมาณ 2562) จึงมีความจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการบำรุงรักษาทางพิเศษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานผิวทางของทางพิเศษ ซึ่งทำหน้าที่รับแรงเสียดทานกับยานพาหนะเป็นลำดับแรก การก่อสร้างทางพิเศษทุกสายทางส่วนใหญ่จะก่อสร้างผิวทางด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตชนิด AC 60/70 ปัญหาที่พบคือ ทางพิเศษแต่ละสายทางรองรับปริมาณจราจรและประเภทของยานพาหนะแตกต่างกัน ส่งผลให้ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผิวทางบนทางพิเศษแตกต่างกัน แต่ในปัจจุบันการเลือกแอสฟัลต์เชื่อมประสานเพื่อซ่อมบำรุงรักษาผิวทางยังไม่มีหลักเกณฑ์พิจารณาที่แน่นอน จึงอาจทำให้แอสฟัลต์เชื่อมประสานที่เลือกใช้ไม่สามารถรองรับปริมาณจราจรในปัจจุบันได้ ทำให้ต้องมีการซ่อมบำรุงบ่อยครั้งและส่งผลต่อการเบิกจ่ายงบประมาณในการบำรุงรักษาผิวทาง ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อจัดทำหลักเกณฑ์การเลือกใช้แอสฟัลต์เชื่อมประสานสำหรับงานผิวทางบนทางพิเศษเพื่อเป็นการวางแผนการซ่อมบำรุงอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าต่อไป

คำสำคัญ: ผิวทาง, ทางพิเศษ, การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, ซุปเปอร์เพฟ

Abstract

At present, Expressway Authority of Thailand (EXAT) has operated 8 expressways covering total length of 224.6 kilometers with 1.91 million trips per day (fiscal year 2019). Therefore, EXAT have to focus on a maintenance work on expressway, especially surface pavement which is firstly support for load from vehicle. Most of the expressways are constructed surface pavement with asphalt concrete type AC 60/70. The problem is each expressway had different traffic volume and types of vehicles which effected to damage of surface pavement in different cases. Currently, there are no criteria to considerate the selection of asphalt binder in the surface pavement maintenance, which may cause the selected asphalt binder is not support the current traffic volume. The misused asphalt binder leads to a un-plan maintenance and over budget using. The researcher collected relevant theories and research in order to prepare the criteria for selecting asphalt binder for surface pavement on the expressway bring to an effective and worthwhile maintenance.

Keywords: Surface Pavement, Expressway, Expressway Authority of Thailand, Superpave

1. บทนำ

วัสดุที่ใช้ก่อสร้างชั้นผิวทางบนทางพิเศษส่วนใหญ่เป็นแอสฟัลต์คอนกรีตปูทับบนพื้นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กหรือปูบนสะพานเหล็ก และบางส่วนปูบนผิวทางระดับดิน การเลือกใช้วัสดุผิวทางมีส่วนสำคัญในความปลอดภัยในการขับขี่และอายุการใช้งานของทางพิเศษ ยิ่งไปกว่านั้นภูมิอากาศของประเทศที่มีฝนตกชุก ทำให้ปัญหาถนนลื่นมีส่วนสำคัญมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางที่มีปริมาณการจราจรและความเร็วสูง วัสดุที่ใช้เป็นผิวทางจะต้องมีความแกร่งและไม่สึกหรอได้ง่าย ทนต่อการขัดสี เพื่อไม่ให้เกิดความเรียบลื่นเกินกว่าที่กำหนดซึ่งจะเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุ และจำเป็นต้องทำการบำรุงรักษาเพื่อให้มีแรงเสียดทานระหว่างล้อของยานพาหนะกับผิวทางเพียงพอเพื่อความปลอดภัย ประกอบกับ การทางพิเศษแห่งประเทศ (กทพ.) ยังไม่ได้มีหลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกวัสดุที่ใช้ในงานผิวทางบนทางพิเศษ ซึ่งในแต่ละปีมีปริมาณจราจรเฉลี่ยที่ใช้ทางพิเศษแต่ละสายทางประมาณ 47,000 – 374,000 คันต่อวัน และมีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้นในทุกๆ ปี จึงได้จัดทำเป็นข้อกำหนดในการคัดเลือกวัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) เพื่อให้เหมาะสมกับปริมาณจราจรของทางพิเศษในแต่ละสายทาง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การตรวจสอบความเสียหายของผิวทาง บนทางพิเศษ

2.1.1 การตรวจสอบความเสียหายด้วยสายตา (Visual Inspection)

เป็นการประเมินสภาพผิวทางโดยการใช้สายตาประกอบกับประสบการณ์ส่วนบุคคลของผู้ประเมิน โดยใช้เครื่องมือประกอบ เช่น เทปวัดระยะทาง ไม้บรรทัดยาว 2 เมตร (Straight Edge) ลิ่มวัดความลึก (Wedge) เป็นต้น การวัดปริมาณให้ทำการวัดปริมาณตามบริเวณครอบคลุมพื้นที่ความเสียหาย เช่น ความยาว พื้นที่ เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ความเสียหายต่อพื้นที่ที่สำรวจ ปริมาณเปรียบเทียบ หรือนับเป็นจำนวน จุด แห่ง แผ่นพื้นที่เสียหาย

การวัดระดับความรุนแรง เป็นการวัดปริมาตรหรือปริมาณการขยายตัวของความเสียหาย ความลึกการทรุดตัว ความกว้างของรอยแตกหรือรอยต่อการบิ่นกะเทาะ คุณภาพในการขับขี่ตามความเสียหายที่เกิดขึ้น ซึ่งระดับความรุนแรงนี้จะเป็นตัวชี้ถึงการลุกลามของความเสียหายที่พัฒนาขึ้นเรื่อยๆ เกณฑ์ระดับความรุนแรง ได้แก่ เล็กน้อย (Low) ปานกลาง (Medium) และสูง (High) เพื่อนำมาจัดลำดับความสำคัญของสายทาง เพื่อเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการตัดสินใจบำรุงรักษาทาง

2.1.2 การตรวจสอบความเสียหายด้วยอุปกรณ์ (Instrument Measurement)

- การวัดดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI)

เป็นการวัดถึงความไม่ราบเรียบ (Irregularities) ของผิวทางซึ่งส่งผลถึงคุณภาพการขับขี่ (Ride Quality) ของผู้ใช้ทาง ในการวัดความขรุขระโดยทั่วไปใช้ดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) ซึ่งเป็นการตรวจสอบและประเมินความเสียหายของผิวทางซึ่งสามารถแสดงได้ถึงระดับความเสียหาย และสภาพการให้บริการของสายทาง อีกทั้งสามารถพิจารณาข้อมูลค่า IRI เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการพิจารณาวิธีการบำรุงรักษา และการจัดลำดับความสำคัญโครงการบำรุงรักษาที่เหมาะสมต่อไปได้ การประเมินสภาพความเสียหายผิวทางด้วยเลเซอร์ (Laser Profile Meter) ข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์เลเซอร์มีลักษณะข้อมูลเป็นค่าต่อเนื่องตลอดระยะทางการสำรวจเมื่อรถสำรวจวิ่งสำรวจข้อมูลด้วยความเร็วประมาณ 30 ถึง 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

- การประเมินดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) สามารถทำได้โดยอุปกรณ์เลเซอร์ ระยะของการติดตั้งที่เหมาะสมของอุปกรณ์เลเซอร์เพื่อเก็บค่าความลึกร่องล้อ (Rutting) ซึ่งจะสอดคล้องกับระยะเพลาล้อของรถบรรทุกที่ทำให้เกิดความเสียหาย โดยระยะในการติดตั้งตำแหน่งเลเซอร์จะอยู่ที่ 1,350 มิลลิเมตร, 950 มิลลิเมตร, 750 มิลลิเมตร และที่ตำแหน่งกึ่งกลางอีกหนึ่งจุด โดยติดตั้งทั้งด้านซ้ายและขวาของคานติดตั้งอุปกรณ์เลเซอร์ ซึ่งค่าระยะดังกล่าวเป็นระยะที่เหมาะสมและครอบคลุมความกว้างสำหรับ 1 ช่องทางจราจรของการสำรวจ

- การวัดค่าความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance)

ความต้านทานการลื่นไถลเป็นแรงที่เกิดขึ้นเพื่อต้านทานล้อรถในการเลื่อนไถลออกนอกผิวทาง หากความต้านทานการลื่นไถลไม่เพียงพอ อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ ความต้านทานการลื่นไถลเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยทั่วไปจะเพิ่มขึ้นภายในสองปีแรกภายหลังการก่อสร้าง เนื่องจากแอสฟัลต์ที่หุ้มมวลรวมไว้ถูกขัดสีออกไปด้วยปริมาณจราจรที่เพิ่มมากขึ้น เกณฑ์การพิจารณาค่าความฝืดหรือค่าความต้านทานการลื่นไถล (Skid Number) ที่เหมาะสมสำหรับผิวถนน ที่กำหนดในระบบบริหารงานบำรุงรักษาทางของการทางพิเศษแห่งประเทศไทยอยู่ระหว่าง 0.3 – 0.4

2.2 การแบ่งเกรดวัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement)

2.2.1 การแบ่งเกรดแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามเพนนิเทรชั่น (Penetration Grading System)

ถูกกำหนดในมาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล.401/2531 หรือเทียบเท่ามาตรฐาน ASTM D946 “Standard Specification for Penetration – Graded Asphalt Cement For Use in Pavement Construction” เป็นการควบคุมคุณภาพแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามค่าการทดสอบของการทะลวง (Penetration) ณ ปัจจุบันประเทศไทยมียางที่อยู่ในระบบนี้ได้แก่ AC 60/70 และ AC 40/50 โดยตัวเลขกำกับระบุถึงค่าการทะลวงในหน่วยของ 0.1 มิลลิเมตร ซึ่ง AC 60/70 เป็นแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่นิยมใช้มากที่สุดในประเทศไทย

2.2.2 การแบ่งเกรดแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามความหนืด (Viscosity Grading System : AR)

ถูกกำหนดในมาตรฐาน ASTM D3381 “Standard Specification for Viscosity-Graded Asphalt Cement for Use in Pavement Construction” เป็นการควบคุมคุณภาพแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามค่าความหนืดที่ได้จากการทดสอบ Viscosity Test โดยสามารถทดสอบกับแอสฟัลต์ซีเมนต์สองประเภทคือแอสฟัลต์ซีเมนต์ตั้งต้น (Original Asphalt Cement) หรือแอสฟัลต์ซีเมนท์ที่ไม่มีการทำให้เสื่อมอายุการใช้งาน (Unaged Asphalt Cement) และแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ทำให้เสื่อมอายุการใช้งานระยะสั้น (Aging in Rolling Thin Film Oven : (RTFO) ตัวอย่างของแอสฟัลต์ซีเมนต์ระบบนี้สำหรับแอสฟัลต์ซีเมนต์ตั้งต้น ได้แก่ AC – 20 AC - 30 และ AC – 40 ซึ่งตัวเลขดังกล่าวระบุถึงค่าความหนืดในหน่วยของหนึ่งร้อยของพอยส์ และสำหรับแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ผ่านกระบวนการเสื่อมอายุ ตัวอย่างได้แก่ AR – 1000 AR – 2000 AR – 4000 AR – 8000 และ AR – 16000 โดยตัวเลขดังกล่าวระบุถึงค่าความหนืดในหน่วยพอยส์

2.2.3 การแบ่งเกรดแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามประสิทธิภาพ (Performance Grading System : PG)

การออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตในระบบ Superior Performing Asphalt Pavement หรือชื่อย่อคือ ระบบ SUPERPAVE โดยพิจารณาจากอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในการใช้งาน ปริมาณจราจร และสภาพการใช้งาน ตัวอย่างเช่น แอสฟัลต์คอนกรีต PG Grade 70 – 22 หมายความว่า แอสฟัลต์คอนกรีตดังกล่าวสามารถใช้งานได้ที่ช่วงอุณหภูมิ 70 ถึง ลบ 22 องศาเซลเซียส โดยกำหนดให้มีการจำลองการเสื่อมสภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตในระหว่างการก่อสร้างและในระหว่างการใช้งานก่อนที่จะทำการทดสอบคุณสมบัติที่สะท้อนถึงสมรรถนะ (Performance) ในการใช้งานภาคสนาม โดยใช้เครื่องมือและวิธีการทดสอบแบบใหม่ เช่น การอบเยื่อบางของแอสฟัลต์แบบกลิ้ง (Rolling Thin Film Oven : RTFO) การอบเร่งอายุด้วยความดัน (Pressure Aging Vessel : PAV) และการ

ทดสอบหาค่าโมดูลัสของแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยเครื่องไดนามิกเชียร์รีโอมิเตอร์ (Dynamic Shear Rheometer : DSR) เป็นต้น โดยการตรวจสอบแอสฟัลต์คอนกรีตว่าคุณสมบัติมีความเหมาะสมในการใช้งานสอดคล้องกับค่า PG Grade ที่กำหนดนั้น คุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตจะมีค่าคงที่แต่อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบจะเปลี่ยนไปให้สอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริง

ระบบ SUPERPAVE ได้กำหนดคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสานและวัสดุมวลรวมสำหรับการออกแบบเพื่อให้เหมาะสมกับปริมาณจราจรและอุณหภูมิการใช้งานของถนนแต่ละแห่ง โดยสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน เพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายลักษณะต่างๆ เช่น การเกิดร่องล้อหรือรอยแตกร้าว เป็นต้น ซึ่งวิธีการการทดสอบหาค่าเสถียรภาพของวิธีมาร์แชลไม่สะท้อนถึงพฤติกรรมการใช้งานจริงของวัสดุแอสฟัลต์ที่ใช้งานจริง และการออกแบบแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธี SUPERPAVE สามารถออกแบบตามปริมาณจราจร (ESALs) ที่เกิดขึ้นจริงได้ โดยเลือกระดับพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการบดอัดตัวอย่างส่วนผสมตามปริมาณการจราจรในระดับต่างๆ ได้ตามต้องการ อีกทั้งวิธีการบดอัดใกล้เคียงกับการบดทับในสนาม

2.3 แนวทางการเลือกใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์และการออกแบบส่วนผสมวัสดุแอสฟัลต์

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการออกแบบส่วนผสมของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตจากหลายแหล่งที่มา โดยวิธี SUPERPAVE Mix Design ซึ่งเป็นการออกแบบส่วนผสมโดยพิจารณาคุณสมบัติเชิงปริมาตร (Volumetric Properties) เช่นเดียวกับวิธี Marshall Mix Design โดยการเน้นการออกแบบส่วนผสมให้มีค่าร้อยละของช่องว่างอากาศ (Air Void) ประมาณร้อยละ 4 แต่มีข้อแตกต่างที่สำคัญจากการออกแบบส่วนผสมวิธี Marshall คือ

- ใช้เครื่องบดอัด SUPERPAVE Gyratory Compactor ในการบดอัดก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตแทนการบดอัดโดยการใช้ค้อน Marshall Compactor
- จำนวนรอบในการบดอัดจะแปรเปลี่ยนไปตามปริมาณจราจรและอุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ยของสายทางที่ทำการออกแบบ

จากผลการทดสอบจะได้ค่าอุณหภูมิใช้งานสูงสุดและต่ำสุดที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของยาง AC 40/50, AC 60/70 และ Polymer Modified Asphalt (PMA) โดยยาง AC 60/70 และยาง PMA ที่นำมาทดสอบเป็นยางที่มีคุณสมบัติผ่านข้อกำหนดของกรมทางหลวง (ทล.-ก. 401/2531 และ ทล.-ก 408/2536) ในขณะที่ยาง AC 40/50 มีคุณสมบัติเท่ากับยาง AC 60/70 ทุกข้อเว้นมีค่า Penetration อยู่ในช่วง 40 ถึง 50 หน่วย ผลจากการทดสอบด้วยเครื่อง DSR ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบค่าอุณหภูมิใช้งานสูงสุดและต่ำสุดที่เหมาะสมและผลการจัดเกรดแอสฟัลต์คอนกรีตตามระบบ PG Grade ของแอสฟัลต์คอนกรีต AC 40/50, AC 60/70 และ PMA

แอสฟัลต์คอนกรีตที่นำมาทดสอบ	อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุด ใช้งานที่ได้จากการทดสอบ DSR	การจัดเกรดตาม Performance Grade
AC 60 – 70 จากแหล่งที่ 1	PG 65.4 – 22	PG 64 – 22
AC 60 – 70 จากแหล่งที่ 2	PG 64.1 – 22	PG 64 - 22
AC 40 – 50 จากแหล่งที่ 1	PG 70.3 – 22	PG 70 – 22
AC 40 – 50 จากแหล่งที่ 2	PG 67.5 – 16	PG 64 – 16
AC 40 – 50 จากแหล่งที่ 3	PG 66.7 – 16	PG 64 – 16
PMA จากแหล่งที่ 1	PG 74.7 – 34	PG 70 – 34
PMA จากแหล่งที่ 2	PG 70.8 - 34	PG 70 - 34

จากผลการทดสอบคุณสมบัติและการจัดเกรดแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่นำมาทดสอบในการศึกษานี้ตามระบบ PG Grade ของ SUPERPAVE พบว่าแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60 – 70 มีคุณสมบัติขั้นต่ำเทียบเท่ากับ แอสฟัลต์ซีเมนต์ PG 64 – 22 ซึ่งสามารถที่จะนำมาใช้งานในถนนทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งมีปริมาณรถบรรทุกไม่มากและไม่ใช่บริเวณทางแยกและทางลาดชัน ในขณะที่ผลการทดสอบแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 40 – 50 แสดงให้เห็นว่ามีความแข็งแรงและต้านทานร่องล้อได้ดีกว่าแอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60 – 70 โดยพบว่าสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูง 66 ถึง 70 องศาเซลเซียส และมีคุณสมบัติเทียบเท่ากับแอสฟัลต์ซีเมนต์ PG 70 – 22 เหมาะสำหรับใช้เป็นชั้นผิวทางบริเวณทางแยกและทางลาดชันของสายทางที่มีปริมาณรถบรรทุกหนักไม่มากนัก หรือบริเวณทางปกติของสายทางที่มีปริมาณรถบรรทุกหนักมาก เช่นเดียวกับพอลิเมอร์มอดิฟายด์แอสฟัลต์ซีเมนต์ (PMA) จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ามีความแข็งแรงและต้านทานร่องล้อได้ดีที่สุด โดยพบว่าสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูง 70 ถึง 74 องศาเซลเซียส และมีคุณสมบัติขั้นต่ำเทียบเท่ากับแอสฟัลต์ซีเมนต์ PG 70 - 34

2.4 การนำวิธีการออกแบบผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ด้วยระบบ SUPERPAVE มาประยุกต์ใช้สำหรับประเทศไทย

การใช้มาตรฐาน SUPERPAVE ในการพิจาณาแบ่งเกรดวัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามสมรรถนะของแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Performance Grading) เพื่อใช้กับผิวทางในประเทศไทย ถูกพัฒนามาจากแนวคิดที่ต้องการให้มีการทดสอบแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่สามารถบ่งบอกคุณสมบัติแอสฟัลต์ซีเมนต์เพื่อตอบสนองการใช้งานอย่างแท้จริง และสามารถกำจัดข้อบกพร่องของระบบการแบ่งเกรดเดิมที่มีอยู่

โดยได้ทำการศึกษาโดยเลือกพื้นที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร เพื่อเป็นตัวแทนพื้นที่ในเขตภาคกลางของประเทศไทย พบว่ามีอุณหภูมิผิวทางสูงสุด 59.7 องศาเซลเซียส และต่ำสุด 26.1 องศาเซลเซียส โดยจัดอยู่ใน PG Grade ตามปริมาณจราจร ในช่วงตั้งแต่ PG 64 – 10, PG 70 – 10 หรือ PG 76 – 10 ตามปริมาณจราจร ซึ่งผลกระทบของอัตราเร็วและน้ำหนักบรรทุกจะมีผลต่อการเลือกตัวเชื่อมประสาน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อุณหภูมิพื้นที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

สถานี	อุณหภูมิอากาศ		อุณหภูมิผิวทาง		PG Grade ตามปริมาณจราจร (ล้าน ESALs)		
	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	<10	30-10	>30
ลาดกระบัง	37.8	16.8	59.7	26.1	64-10	70-10	76-10

2.5 การออกแบบและพัฒนาวัสดุทางเลือกสำหรับผิวทางแอสฟัลต์เพื่อเพิ่มความต้านทานการลื่นไถลตามหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตชนิดต่างๆ ด้วยวิธีทดสอบตามระบบ SUPERPAVE เพื่อศึกษาแนวทางการคัดเลือกวัสดุผิวทางแอสฟัลต์ที่มีความหลากหลายและตอบสนองความแตกต่างกันของแต่ละพื้นที่ในประเทศไทย จากผลการทดสอบได้แบ่งเกรดตามสมรรถนะของแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตชนิดต่างๆ ด้วยวิธีทดสอบตามระบบ SUPERPAVE

แอสฟัลต์ซีเมนต์	อุณหภูมิสูงสุดที่ใช้งานได้	PG Grade ที่เหมาะสม
AC 60/70	64.7	PG64
NRMA 5%	72.6	PG70
NRMA 7%	74.4	PG70
NRMA 8%	76.9	PG76
NRMA 10%	80.1	PG76
NRMA 12%	82.5	PG82
PMA	78.9	PG76

ผลการศึกษาจากงานวิจัยดังกล่าว สรุปเป็นตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามการแบ่งเกรดแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามสมรรถนะ (Performance Grading) และปริมาณจราจร ได้ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามการแบ่งเกรดแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามสมรรถนะ (Performance Grading) และปริมาณจราจร

แอสฟัลต์ซีเมนต์	อุณหภูมิสูงสุดที่ใช้งานได้	PG Grade ที่เหมาะสม	ปริมาณจราจร (ESALs)
AC 60/70	64.7	PG64	น้อยกว่า 10 ล้าน
NRMA 5%	72.6	PG70	ระหว่าง 10 – 30 ล้าน
NRMA 7%	74.4	PG70	ระหว่าง 10 – 30 ล้าน
NRMA 8%	76.9	PG76	มากกว่า 30 ล้าน
NRMA 10%	80.1	PG76	มากกว่า 30 ล้าน
NRMA 12%	82.5	PG82	มากกว่า 30 ล้าน
PMA	78.9	PG76	มากกว่า 30 ล้าน

3. ผลการศึกษา

ปัจจุบัน กทพ. ได้เปิดให้บริการระบบทางพิเศษทั้งสิ้น 8 สายทาง ได้แก่ ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ทางพิเศษศรีรัช (ส่วน A ช่วงประชาชื่น - พญาไท - อโศก ส่วน B ช่วงพญาไท – บางโคล่ ส่วน C ช่วงประชาชื่น - แจ้งวัฒนะ ส่วน D ช่วงอโศก - ศรีนครินทร์) ทางพิเศษฉลองรัช ทางพิเศษบูรพาวิถี ทางพิเศษอุดรรัถยา ทางพิเศษบางนา - อาจณรงค์ ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์) และทางพิเศษสายศรีรัช – วงแหวนรอบนอก กรุงเทพมหานคร และทางเชื่อมต่อทางพิเศษ 5 แห่ง รวมระยะทาง 224.6 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานครปริมณฑลและจังหวัดใกล้เคียง

3.1 ปริมาณจราจรบนทางพิเศษ จำแนกตามสายทางพิเศษ ปีงบประมาณ 2562

ตารางที่ 5 ปริมาณจราจรบนทางพิเศษ จำแนกตามสายทางพิเศษ ปีงบประมาณ 2562

ทางพิเศษ	ปริมาณจราจร (คัน/วัน)		
	รถ 4 ล้อ	รถ 6-10 ล้อ	รถมากกว่า 10 ล้อ
เฉลิมมหานคร	362,573	9,216	2,212
ศรีรัช	699,637	10,810	755
ฉลองรัช	238,240	2,720	483
บูรพาวิถี	152,997	6,727	1,330
อุดรรัถยา	91,153	866	139
กาญจนาภิเษก	229,384	20,983	12,225
ศรีรัช-วงแหวนรอบนอก	62,068	589	25

ตารางที่ 6 น้ำหนักบรรทุกของเพลาเดี่ยวสมมูล (Equivalent Single Axle Loads; ESALs) ของทางพิเศษ แต่ละสายทาง

ทางพิเศษ	ESALs
เฉลิมมหานคร	33,913,503.45
ศรีรัช	35,274,297.82
ฉลองรัช	13,308,783.25
บูรพาวิถี	34,836,397.91
อุดรรัถยา	3,593,860.75
กาญจนาภิเษก	140,161,810.44
ศรีรัช-วงแหวนรอบนอก	2,307,028.86

3.2 การพิจารณาคัดเลือกวัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) สำหรับผิวทาง บนทางพิเศษ

เมื่อพิจารณาจากทฤษฎีและงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปเป็นข้อแนะนำในการคัดเลือกวัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) สำหรับสภาพจราจรแบบปกติ ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจร (ESALs) กับ ชนิดของวัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) ดังแสดงในตารางที่ 7

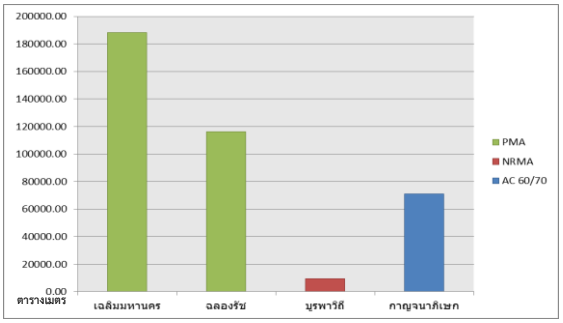
ตารางที่ 7 ข้อแนะนำในการคัดเลือกวัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) สำหรับสภาพจราจรแบบปกติ

ปริมาณจราจร (ESALs)	แอสฟัลต์ซีเมนต์แนะนำ
น้อยกว่า 10 ล้าน	AC 60/70
10 ล้าน – 30 ล้าน	NRMA, PMA
มากกว่า 30 ล้าน	PMA

จำนวนเที่ยวของน้ำหนักบรรทุกของเพลาเดี่ยวสมมูล Equivalent Single Axle Loads (ESALs) ของทางพิเศษอยู่ในช่วงตั้งแต่ประมาณ 4 ล้าน จนถึง 137 ล้าน ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) ของแต่ละสายทางจึงแตกต่างกันตามค่า ESALs ซึ่งหากพิจารณาตามระบบของ SUPERPAVE แล้ว สายทางของทางพิเศษจะใช้ตัวเชื่อมประสานแอสฟัลต์ ดังแสดงในตารางที่ 8

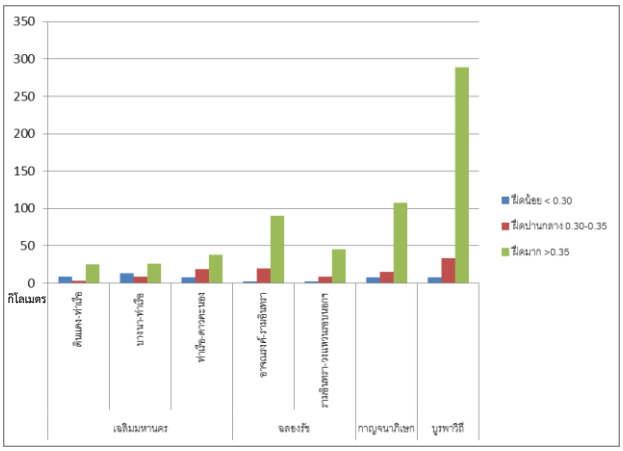
ตารางที่ 8 ข้อแนะนำการเลือกใช้วัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) พิจารณาจากค่า ESALs (ข้อมูลปีงบประมาณ 2562)

ทางพิเศษ	ESALs (ล้าน)	เงื่อนไข (ESALs)	ตัวเชื่อมประสานที่แนะนำ
เฉลิมมหานคร	33.9	> 30 ล้าน	PMA
ศรีรัช	35.3	> 30 ล้าน	PMA
ฉลองรัช	13.3	10 – 30 ล้าน	NRMA,PMA
บูรพาวิถี	34.8	> 30 ล้าน	PMA
อุดรรัถยา	3.6	< 10 ล้าน	AC 60/70
กาญจนาภิเษก	140.2	> 30 ล้าน	PMA
ศรีรัช-วงแหวนรอบนอก	2.3	< 10 ล้าน	AC 60/70

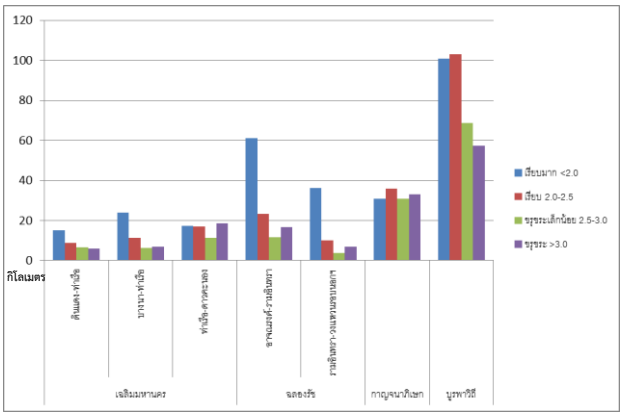


รูปที่ 1 ปริมาณการใช้วัสดุเชื่อมประสาน (Binder) สำหรับบำรุงรักษาผิวทางบนทางพิเศษแต่ละชนิด ปีงบประมาณ 2558 – 2561

3.3 ผลการตรวจสภาพผิวทาง



รูปที่ 2 ผลการตรวจค่า Grip Number ของผิวทาง บนทางพิเศษ



รูปที่ 3 ผลการตรวจค่า IRI ของผิวทาง บนทางพิเศษ

4. วิเคราะห์ผล

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 8 ข้อแนะนำการเลือกใช้วัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) พิจารณาจากค่า ESALs (ข้อมูลปีงบประมาณ 2562) และรูปที่ 1 พบว่า ทางพิเศษทั้ง 4 สายทาง ได้แก่ ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ทางพิเศษฉลองรัช ทางพิเศษบูรพาวิถี และทางพิเศษกาญจนาพิเศษ ที่ กทพ. บำรุงรักษาเอง มีทางพิเศษ 2 สายทางที่ใช้วัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) สอดคล้องตามข้อแนะนำการเลือกใช้วัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) ในตารางที่ 8 คือทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษฉลองรัช ส่วนทางพิเศษอีก 2 สายทางคือทางพิเศษบูรพาวิถีและทางพิเศษกาญจนาภิเษกใช้วัสดุเชื่อมประสานต่ำกว่าเกณฑ์ที่แนะนำ และหากพิจารณาประกอบกับผลการตรวจค่า IRI ของผิวทางตามรูปที่ 32 จะพบว่าทางพิเศษบูรพาวิถีและทางพิเศษกาญจนาภิเษกปริมาณของผิวทางที่ขรุขระเล็กน้อย (IRI 2.5 - 3.0) และขรุขระ (IRI > 3.0) เทียบกับผิวทางที่เรียบ (IRI 2.0 - 2.5) และเรียบมาก (IRI < 2.0) มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน

5. บทสรุป

จากผลการศึกษาพบว่าทางพิเศษสายทางที่ใช้วัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) ชนิดเดียวกับที่แนะนำจะมีสภาพของผิวทางโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่า โดยข้อแนะนำในการคัดเลือกวัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) สำหรับสภาพจราจรแบบปกติ จะช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาทาง หรือแม้กระทั่งหน่วยที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างทาง สามารถใช้เกณฑ์ดังกล่าวในการพิจารณาใช้วัสดุเชื่อมประสาน (Binder) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับปริมาณจราจรของสายทางต่างๆ ใช้วางแผนด้านงบประมาณและการบริหารจัดการทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายของหน่วยงาน โดยในอนาคตหากระบุขอบเขตของน้ำหนักบรรทุกของเพลาเดี่ยวสมมูล Equivalent Single Axle Loads (ESALs) ได้ละเอียดยิ่งขึ้น จะ

สามารถวางแผนด้านงบประมาณและการบริหารจัดการทรัพยากรได้อย่างรัดกุมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองวิจัยและพัฒนา กองบำรุงรักษาทาง การทางพิเศษแห่งประเทศไทย และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษาและเสียสละเวลาอันมีค่าให้การช่วยเหลือ เพื่อให้การศึกษาวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

เอกสารอ้างอิง

[1] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กระทรวงมหาดไทย (2537). *การศึกษาระบบการตรวจสอบและบำรุงรักษาทางด่วนในประเทศไทย คู่มือการตรวจสอบทางด่วน.*

[2] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กระทรวงคมนาคม (2548). *คู่มือการตรวจสอบและบำรุงรักษาโครงสร้างทางพิเศษ ฉบับปรับปรุง.*

[3] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กระทรวงคมนาคม (2562). *รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) งานศึกษาและปรับปรุงระบบบริหารงานบำรุงทางพิเศษ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย.*

[4] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กระทรวงคมนาคม (2563). *รายงานประจำปี 2562 การทางพิเศษแห่งประเทศไทย.*

[5] วัชรินทร์ วิทยกุล (2549). *เทคโนโลยียางมะตอย*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[6] ดร. ธันวิน สวัสดิศานต์ และนางสาวธัญรดี ก่อตั้งสัมพันธ์ สำนักงานวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง (2553). แนวทางการเลือกใช้ยางแอสฟัลต์และการออกแบบส่วนผสมวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานในประเทศไทย. *การสัมมนาเจ้าหน้าที่วิเคราะห์และตรวจสอบ ประจำปีงบประมาณ 2553 สำนักงานวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง.*

[7] ดร. ธันวิน สวัสดิศานต์ และนายกฤษณะ จันทรโชติ (2552). โครงการวิจัย การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยางแอสฟัลต์เกรด 60/70 เกรด 40/50 และยางโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์. *การสัมมนาเจ้าหน้าที่วิเคราะห์และตรวจสอบ ประจำปีงบประมาณ 2552 สำนักงานวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง*

[8] ดร. มนตรี เดชาสกุลสม และคณะ (2557). การนำวิธีการออกแบบผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยระบบ SUPERPAVE มาประยุกต์ใช้สำหรับประเทศไทย. *การสัมมนาเจ้าหน้าที่วิเคราะห์และตรวจสอบ ประจำปีงบประมาณ 2557 สำนักงานวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง.*

[9] ทวิช ชอบพานิช (2552). *การเปรียบเทียบคุณสมบัติของแอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60/70 เกรด 40/50 และโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์โดยวิธีการทดสอบตามมาตรฐานซูเปอร์เพฟ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.