



การประเมินความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง
ในโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปี 2568

โดย

ปรนิก จิตต์อารีกุล¹

จิรพงศ์ ใจห้าว²

ดนุวัฒน์ บุญฉวี³

พงษ์พันธ์ พลเสน⁴

¹ วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

² วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

³ วิศวกรโยธาชำนาญการ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

⁴ วิศวกรโยธาปฏิบัติการ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

บทความนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น กรมทางหลวงไม่มีส่วนเกี่ยวข้องแต่อย่างใด

การประเมินความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง
ในโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปี 2568

ปรณิก จิตต์อารีกุล

วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

จีรพงศ์ ใจห้าว

วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

ธนวัฒน์ บุญฉวี

วิศวกรโยธาชำนาญการ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

พงษ์พันธ์ พลเสน

วิศวกรโยธาปฏิบัติการ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

บทคัดย่อ

กรมทางหลวงเป็นหน่วยงานในสังกัดกระทรวงคมนาคม มีหน้าที่ดำเนินการก่อสร้าง ควบคุม บำรุงรักษาทางหลวง ในแต่ละปีกรมทางหลวงได้ดำเนินการก่อสร้างถนนใหม่เป็นจำนวนมาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทางและรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการก่อสร้างถนนใหม่ดังกล่าวต้องเป็นไปตามมาตรฐานและมีประสิทธิภาพ อนุกรรมการประเมินผลงานก่อสร้างจึงได้กำหนดแนวทางในการประเมินผลงานก่อสร้างเพิ่มเติม โดยให้มีการทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางในโครงการระหว่างก่อสร้างทางหลวงประจำปี 2568 เพื่อนำผลการทดสอบที่ได้มาใช้ในการประเมินคุณภาพงานก่อสร้างโครงการระหว่างก่อสร้างทางหลวงประจำปี 2568 และใช้เป็นแนวทางในการประเมินผลโครงการก่อสร้างต่อไปในอนาคต

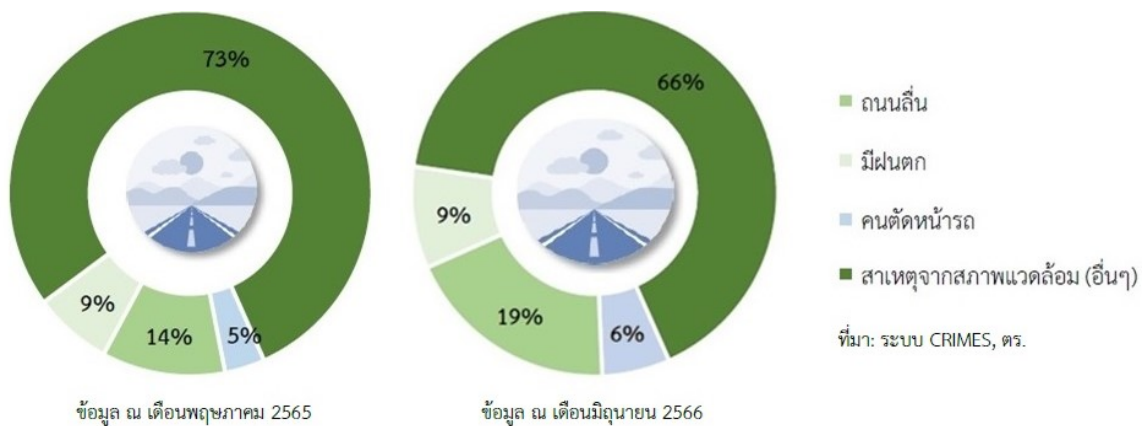
ดังนั้น หน่วยตรวจสอบและประเมินความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง ส่วนสำรวจและประเมินสภาพทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ จึงได้เข้าดำเนินการทดสอบความเสียดทานของผิวทางโครงการระหว่างก่อสร้างทางหลวงประจำปี 2568 จำนวน 30 โครงการฯ รวมระยะทางทดสอบ 663 กม. แบ่งเป็น ผิวทางคอนกรีต 406 กม. และผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต 257 กม. ด้วยเครื่องมือทดสอบความเสียดทานแบบต่อเนื่อง (Continuous Network Measurement Methods) ASFT T-10 และ Skidometer BV11 VI โดยทำการทดสอบที่ความเร็ว 60 กม./ชม. ความหนาของฟิล์มน้ำ 1.0 มม.

ผลการทดสอบ ผิวทางคอนกรีตของโครงการฯ ที่อยู่ในระหว่างการก่อสร้างปี 68 มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ) ต่ำสุด 0.36 สูงสุด 0.64 มีค่าเฉลี่ย 0.53 ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตของโครงการฯ ที่อยู่ในระหว่างการก่อสร้างปี 68 มีค่า μ ต่ำสุด 0.36 สูงสุด 0.86 มีค่าเฉลี่ย 0.58 และเมื่อนำค่า μ เฉลี่ยทุก 10 ม. จำนวน 66,306 ข้อมูล มาวิเคราะห์การกระจายตัว พบว่า ผิวทางคอนกรีต

มีค่ามัธยฐาน 0.52 และค่าฐานนิยม 0.50 ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตมีค่ามัธยฐาน 0.50 และค่าฐานนิยม 0.47 ผิวทางรวมทั้งหมดมีค่ามัธยฐาน 0.51 และค่าฐานนิยม 0.49 และมีค่าเปอร์เซ็นต์ไทม์ที่ 50 ของผิวทางคอนกรีต ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ผิวทางรวมทั้งหมด เท่ากับ 0.52, 0.50 และ 0.51 ตามลำดับ

บทนำ

ลักษณะของผิวทางมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความปลอดภัยในการจราจรบนท้องถนน โดยความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง (Skid Resistance) ที่เพียงพอเป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญ เพื่อให้ยางรถยนต์สามารถรักษาการสัมผัสกับผิวทางได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้การเบรก การบังคับ เลี้ยว และการเร่งความเร็วเป็นไปอย่างปลอดภัย ในทางตรงกันข้ามถ้าความเสียดทานของผิวทางไม่เพียงพอ จะมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับการเกิดอุบัติเหตุจากสาเหตุถนนลื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะที่ถนนอยู่ในสภาพเปียก จากรายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของกระทรวงคมนาคม ได้จำแนกมูลเหตุสันนิษฐานหลักที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุทางถนนออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ เกิดจากลักษณะทั่วไปของการชน เกิดจากบุคคล เกิดจากอุปกรณ์ของรถยนต์ เกิดจากสภาพแวดล้อม และเกิดจากสัญญาณไฟจราจร รวมถึงป้ายบอกทาง โดยสภาพแวดล้อมที่เป็นสาเหตุของอุบัติเหตุทางถนนสามารถจำแนกได้เป็น ถนนลื่น มีฝนตก คนตัดหน้ารถ และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ โดยในรายงานดังกล่าว พบว่า ในปี พ.ศ. 2565 มีอุบัติเหตุทางถนนที่มีสาเหตุมาจากถนนลื่น 14% อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นขณะมีฝนตก 9% รวมเป็น 23% ของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดที่เกิดจากสภาพแวดล้อม และในปี พ.ศ. 2566 มีจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดจากถนนลื่นคิดเป็น 19% เพิ่มขึ้น 5% ภายในระยะเวลา 1 ปี ในขณะที่อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นขณะมีฝนตกมีสัดส่วนเท่าเดิมที่ 9% รวมเป็น 28% มากกว่า ¼ ของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดที่เกิดจากสภาพแวดล้อม



ภาพที่ 1 สัดส่วนอุบัติเหตุที่เกิดจากสภาพแวดล้อม [1], [2]

จากการเชื่อมโยงเชิงสาเหตุนี้เน้นย้ำถึงการปฏิสัมพันธ์ทางกายภาพระหว่างยางรถยนต์กับผิวทางส่งผลโดยตรงต่อผลลัพธ์ด้านความปลอดภัย ดังนั้น การจัดการความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่มีประสิทธิภาพ ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ การควบคุมการผลิต การควบคุมการก่อสร้าง

การวัดค่าความเสียหายของผิวทางในระหว่างก่อสร้าง การวัดค่าติดตามผลหลังจากการเปิดใช้งาน และการบำรุงรักษาความเสียหายของผิวทางให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย จึงส่งผลโดยตรงต่อการลดการเสียชีวิต การบาดเจ็บ และภาระทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องจากอุบัติเหตุบนท้องถนนอย่างเป็นรูปธรรม ในปัจจุบัน กรมทางหลวง ได้มุ่งเน้นไปที่การใช้เครื่องมือวัดค่าความเสียหายของผิวทางแบบต่อเนื่องซึ่งเป็นแนวทางเชิงรุก โดยการตรวจวัดเพื่อเก็บข้อมูลค่าความเสียหายของผิวทางในระดับโครงข่ายถนน เพื่อนำไปใช้ในการบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนนในเชิงการป้องกันและการลดความเสี่ยงด้วยการปรับปรุงสภาพผิวทางก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์

1. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

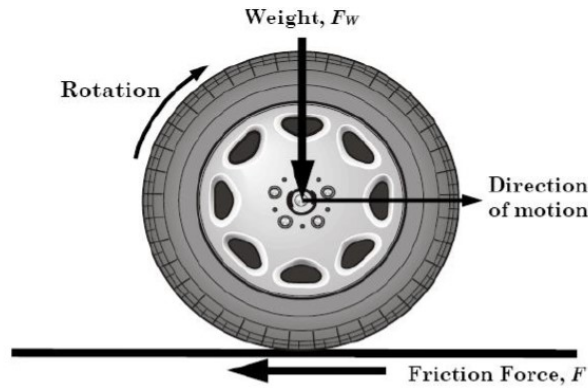
1.1 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุจากถนนลื่น

ปัญหาอุบัติเหตุจากถนนลื่นมีความซับซ้อนโดยธรรมชาติ เกิดจากปฏิสัมพันธ์ที่ละเอียดอ่อนระหว่างปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ปัจจัยจากพฤติกรรมของผู้ขับขี่ เช่น ความเร็วที่ใช้และการบังคับรถอย่างกะทันหัน ปัจจัยจากยวดยานพาหนะ เช่น สภาพยางล้อของยวดยาน และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ฝนตกและสิ่งปนเปื้อนบนผิวถนน

โดยช่วงเริ่มต้นของการเกิดฝนตก ประมาณ 5-10 นาทีแรก เป็นช่วงเวลาอันตรายอย่างยิ่ง โดยในช่วงนี้น้ำฝนจะผสมกับฝุ่นละออง คราบน้ำมัน และเศษซากเล็ก ๆ ที่สะสมอยู่บนผิวทาง ก่อตัวเป็นฟิล์มบาง ๆ ที่มีคุณสมบัติหล่อลื่นสูง ส่งผลให้การยึดเกาะระหว่างยางล้อยวดยานกับผิวทางลดลงอย่างมาก ปรากฏการณ์ "ฝนแรก" นี้มักเป็นอันตรายมากกว่าฝนที่ตกหนักต่อเนื่องเป็นเวลานาน ซึ่งมีแนวโน้มที่จะชะล้างสิ่งปนเปื้อนเหล่านี้ออกไป แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อฝนตกต่อเนื่องเป็นระยะเวลาานาน จะก่อให้เกิดน้ำท่วมขังบนผิวทาง เมื่อขับขี่ด้วยความเร็วสูง อาจทำให้เกิดปรากฏการณ์ "รถเหินน้ำ" หรือ "Hydroplaning" ซึ่งยางล้อยวดยานจะสูญเสียการสัมผัสกับพื้นผิวถนนโดยสิ้นเชิง ลอยอยู่บนชั้นน้ำ ทำให้สูญเสียการควบคุม การบังคับเลี้ยว การเบรก และการเร่งความเร็วโดยสิ้นเชิง ซึ่งมักทำให้ยานพาหนะหมุนหรือเสียหลัก นอกจากนี้ ทัศนวิสัยที่ลดลงระหว่างฝนตกหนัก ซึ่งเกิดจากละอองน้ำและแสงสว่างที่น้อยลง ยังจำกัดความสามารถของผู้ขับขี่ในการมองเห็นอันตราย ทำให้ไม่สามารถตอบสนองได้ทันเวลาที่

1.2 ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง (Skid Resistance)

ความต้านทานการลื่นไถลหรือความเสียหายของผิวทาง (Pavement Friction) คือ แรงต้านทานการเคลื่อนไหวยวดยานระหว่างยางล้อยวดยานกับผิวทาง แรงต้านทานนี้จะเกิดขึ้นเมื่อยางล้อยวดยานหมุนหรือไถลไปตามพื้นผิวของถนน แสดงดังภาพที่ 2 ซึ่งแรงต้านทานนี้สามารถหาได้จากสมการดังนี้



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อล้อยานพาหนะขณะมีการเคลื่อนที่ [3]

$$\mu = \frac{F}{F_w}$$

โดยที่

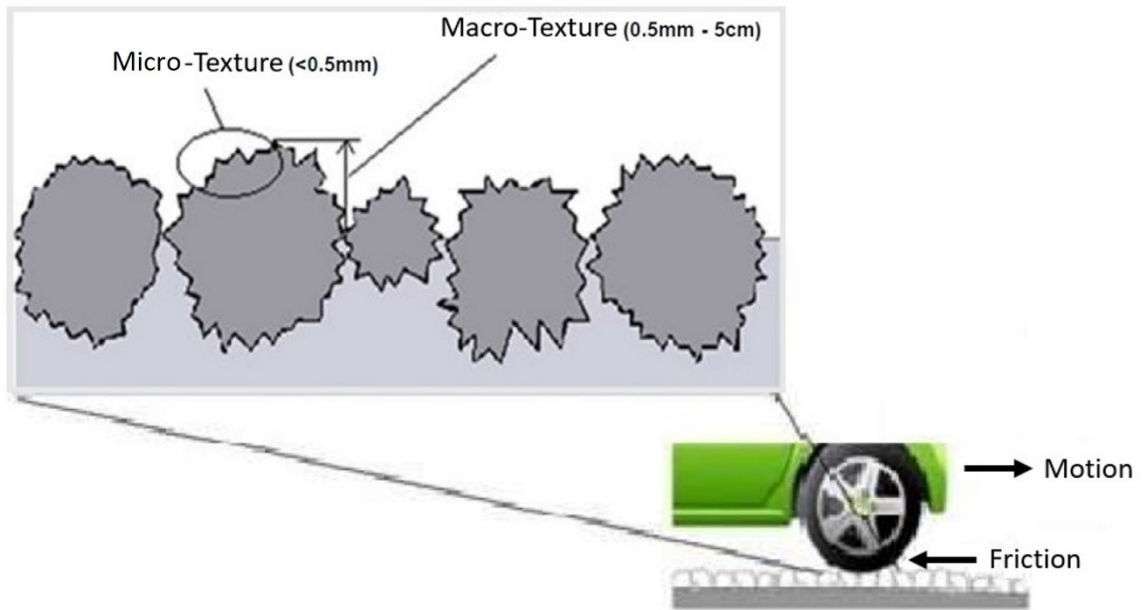
μ = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Coefficient of Friction) ของผิวทาง

F = แรงเสียดทานในแนวสัมผัส

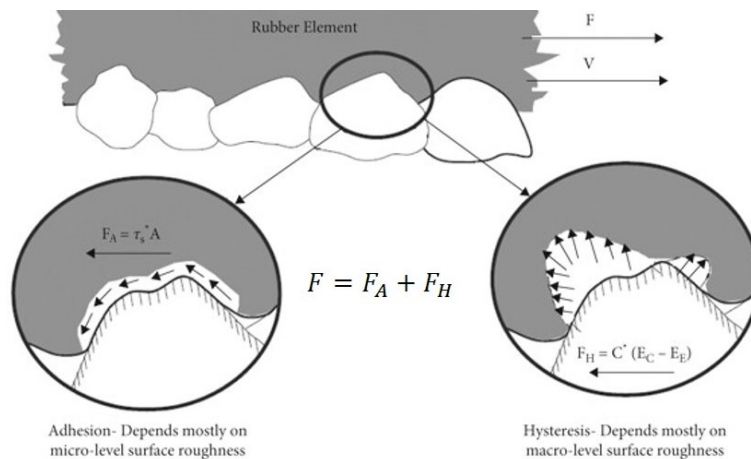
F_w = น้ำหนักยานพาหนะที่กระทำกับล้อในแนวตั้ง

แรงเสียดทานของผิวทางได้รับผลจาก 2 องค์ประกอบหลัก คือ แรง Adhesion และ Hysteresis แม้ว่าจะมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีผลต่อแรงเสียดทานของผิวทางเช่นกัน เช่น ผิวยางล้อยวดยาน แต่องค์ประกอบอื่นนั้นไม่มีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับแรง Adhesion และ Hysteresis ดังนั้น แรงเสียดทานของผิวทาง จึงสามารถหาได้จากผลรวมของแรง Adhesion และ Hysteresis แสดงดังภาพที่ 3 และ 4

แรง Adhesion เป็นแรงเสียดทานที่เกิดจากการเชื่อมหรือหน่วงจากวัสดุขนาดเล็กกับยางล้อยวดยาน โดยค่าของแรง Adhesion จะแปรผันตรงกับแรงเฉือนและขนาดพื้นที่ที่สัมผัส ซึ่งส่วนใหญ่จะขึ้นกับลักษณะพื้นผิวละเอียด (Micro-Texture) ของผิวทาง ในส่วนของแรง Hysteresis เป็นแรงเสียดทานซึ่งเกิดจากการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการเปลี่ยนรูปร่างของยางล้อยวดยานเมื่อยางล้อยวดยานสัมผัสกับพื้นผิวถนน การกระจายความเครียดทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปพลังงาน ซึ่งพลังงานนี้จะถูกเก็บไว้ภายในยาง โดยพลังงานส่วนหนึ่งจะทำหน้าที่เป็นแรงเสียดทานซึ่งช่วยหยุดการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ในขณะที่พลังงานส่วนอื่น ๆ จะสูญเสียไปในรูปแบบของความร้อน ซึ่งแรง Hysteresis จะขึ้นกับลักษณะพื้นผิวหยาบ (Macro-Texture) ของผิวทาง แสดงดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ลักษณะพื้นผิวละเอียด (Micro-Texture) และพื้นผิวหยาบ (Macro-Texture) ของผิวทาง



ภาพที่ 4 แรงเสียดทานของผิวทางประกอบด้วย แรง Adhesion และแรง Hysteresis (NCHRP, 2006)

1.3 ความเสียดทานตามยาว (Longitudinal Friction)

กระบวนการเกิดความเสียดทานตามยาว ประกอบด้วย กลไก 2 รูปแบบ คือ การหมุนอิสระ (Free Rolling) และการเบรกคงที่ (Constant-Braked) รูปแบบการหมุนอิสระ (ไม่มีการเบรก) คือ ความเร็วในการขับเคลื่อนมีค่าเท่ากับความเร็วที่ขอบล้อรถยนต์สัมผัสกับผิวทาง ส่งผลให้รถยนต์เคลื่อนที่โดยไม่มีอาการยางลื่นไถล หรือความเร็วไถล (Slip Speed) มีค่าเท่ากับ 0 คิดเป็นสัดส่วนของการไถล (Slip Ratio) เท่ากับ 0% ส่วนรูปแบบการเบรกคงที่ คือ เมื่อเริ่มเหยียบเบรกแรงเบรกจะทำให้ความเร็วในการหมุนของล้อลดลง ส่งผลให้ความเร็วที่ขอบล้อรถยนต์สัมผัสกับผิวทางลดลงตามไปด้วย จนน้อยกว่าความเร็วในการขับเคลื่อน เกิดอาการยางลื่นไถลไปในช่วงการเคลื่อนที่ของรถยนต์ เมื่อเหยียบเบรกต่อไปความเร็วในการหมุนของล้อจะลดลงไปเรื่อยๆ จนถึงจุดที่ล้อหยุดหมุนหรือล้อล็อก (Fully-Locked)

ในขณะที่อาการยางลื่นไถลจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้ความเร็วไถลเพิ่มขึ้นจากศูนย์จนเท่ากับความเร็วในการขับเคลื่อนที่จุดลื่นไถล หรือคิดเป็นสัดส่วนของการไถลเท่ากับ 100% ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งความเร็วไถลสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$S = V_x - V_p$$

$$V_p = 0.68 \times \omega \times R$$

โดยที่

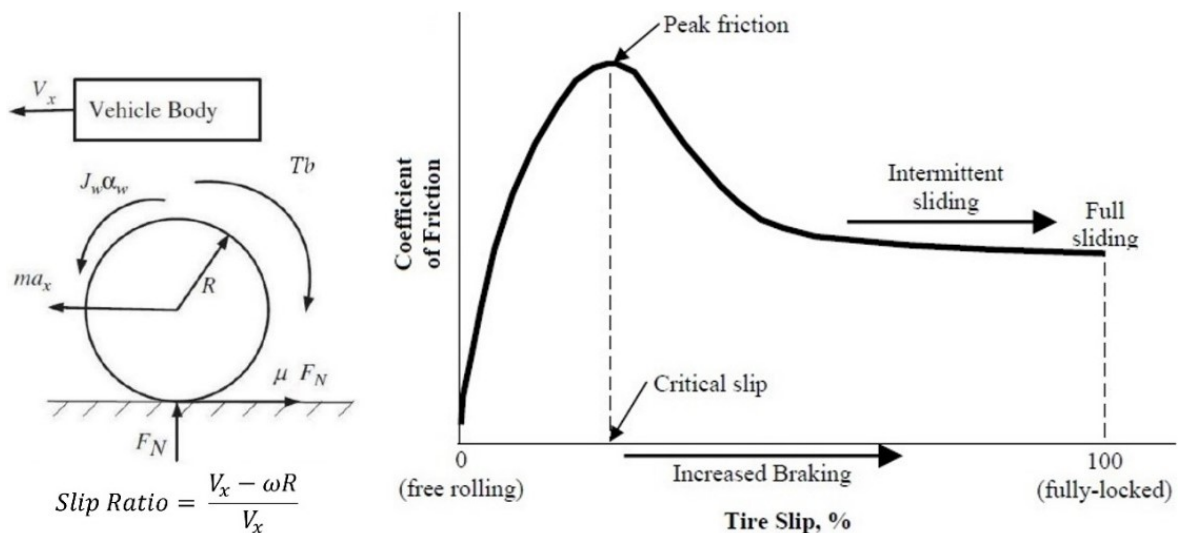
S = ความเร็วไถล (Slip Speed, mph)

V_x = ความเร็วขับเคลื่อน (Vehicle Speed, mph)

V_p = ความเร็วที่ขอบล้อรถยนต์สัมผัสผิวทาง
(Average Peripheral Speed of the Tire, mph)

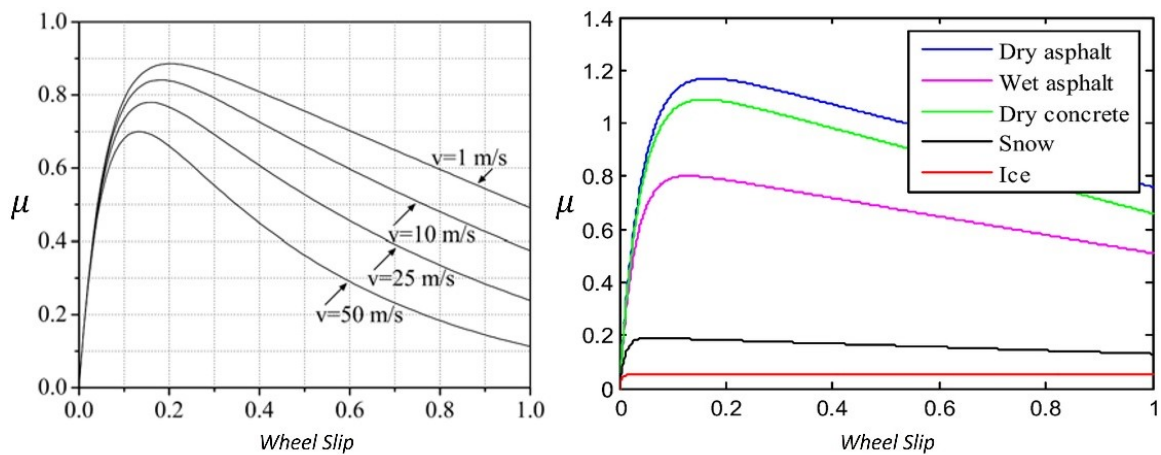
ω = ความเร็วเชิงมุมในการหมุนของล้อรถยนต์
(Angular Velocity of the Tire, radians/sec)

R = รัศมีเฉลี่ยของล้อรถยนต์ (Average Tire Radius, ft)



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเสียดทานตามยาวของผิวทางกับการไถลของยางล้อรถยนต์ [3]

จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ) ระหว่างยางล้อกับผิวทางจะเปลี่ยนแปลงไปตามสัดส่วนของการไถล (Slip Ratio) โดยในช่วงแรกค่า μ จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่าสูงสุดเมื่อ Slip Ratio มีค่าประมาณ 7% - 20% (Critical Slip) หลังจากนั้นค่า μ จะลดลงไปจนถึงค่าที่เรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานการลื่นไถล (Coefficient of Sliding Friction) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ Slip Ratio มีค่าเท่ากับ 100% ความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุดและค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานการลื่นไถลอาจสูงถึง 50% และความแตกต่างเมื่อสภาพผิวทางเปียกจะมีค่ามากกว่าความแตกต่างเมื่อผิวทางแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า μ กับ Wheel Slip [4]

1.4 วิธีการทดสอบความเสียดทานของผิวทาง

แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะตามวิธีการทำงาน คือ ทดสอบแบบต่อเนื่อง และแบบจุด

1.4.1 วิธีการทดสอบความเสียดทานแบบต่อเนื่อง (Continuous Network

Measurement Methods)

เป็นวิธีทดสอบโดยการนำอุปกรณ์วัดค่าแรงเสียดทานมาติดตั้งบนยานพาหนะ โดยตรง หรือติดตั้งบนรถพ่วงแล้วใช้ยานพาหนะลากไป ทำการวัดค่าความเสียดทานอย่างต่อเนื่องเป็นระยะทางยาวตลอดแนวถนนด้วยความเร็วในการจราจรปกติ พร้อมบันทึกข้อมูลแบบ ณ เวลานั้น (Real Time) จึงไม่จำเป็นต้องปิดกั้นการจราจร เครื่องมือที่ใช้ทดสอบความเสียดทานแบบต่อเนื่องแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ Locked-Wheel, Side-Force, Fixed-Slip และ Variable-Slip

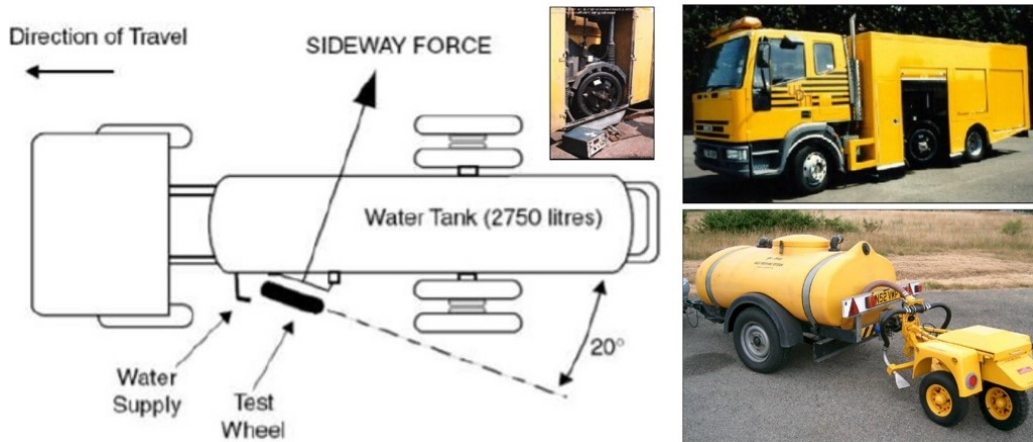
- **Locked-Wheel (ASTM E 274)**

เป็นวิธีทดสอบความเสียดทานของผิวทางในลักษณะล้อล็อก (Fully-Locked) ซึ่งจำลองสภาพการเหยียบเบรกแบบกะทันหัน โดยเครื่องมือจะถูกติดตั้งบนรถพ่วงทดสอบความเสียดทาน (Locked-Wheel Skid Trailer) แล้วผูกติดกับด้านท้ายรถยนต์ลาก ในการทดสอบโดยทั่วไปจะขับที่ความเร็ว 64 กม./ชม. พร้อมฉีดน้ำที่บริเวณหน้าล้อทดสอบให้พื้นผิวถนนเปียกโดยมีความหนาของชั้นน้ำประมาณ 0.5 มม. เมื่อเริ่มทดสอบล้อทดสอบจะถูกกดบนผิวทาง จากนั้นระบบจะทำการล็อกล้อและลากไปบนพื้นผิวถนน แรงต้านจากการลากจะถูกบันทึกในช่วง 1 - 3 วินาที หลังล้อถูกล็อกแบบสมบูรณ์ จากนั้นจะเริ่มวัดค่าใหม่ได้อีกครั้งหลังจากล้อถูกปลดล็อกและหมุนอิสระ

- **Side-Force (ASTM E 670)**

เป็นวิธีทดสอบความเสียดทานด้านข้างหรือแรงยึดเกาะถนนขณะเข้าโค้ง โดยล้อทดสอบซึ่งสามารถหมุนได้อย่างอิสระ จะถูกติดตั้งเอียงทำมุมระหว่าง $7.5^\circ - 20^\circ$ กับทิศทางการเคลื่อนที่ของรถ ในการทดสอบโดยทั่วไปจะขับที่ความเร็ว 64 กม./ชม. พร้อมทั้งมีการฉีดน้ำลงบนผิวทาง

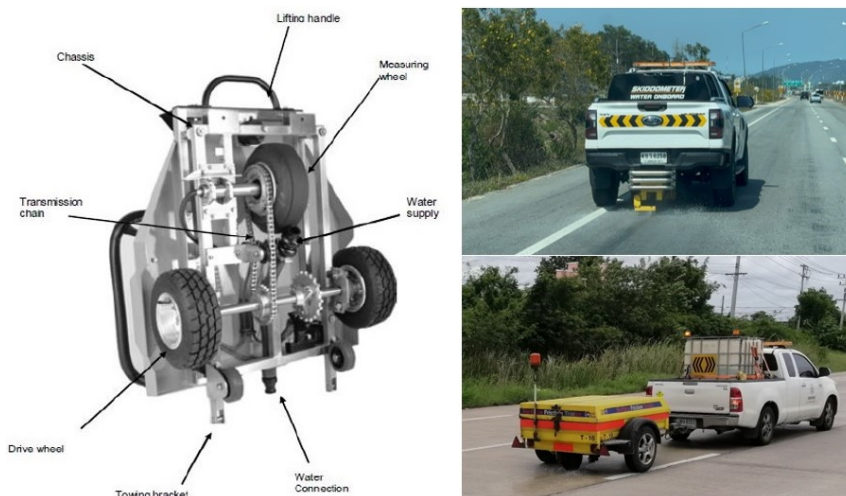
บริเวณหน้าล้อทดสอบด้วยอัตรา 1.2 ลิตรต่อนาที เพื่อให้พื้นผิวถนนเปียก ด้วยลักษณะวางตัวของล้อทดสอบจะเกิดแรงกระทำด้านข้างของตัวล้อ (Sideway Force) แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 Sideway Force Coefficient Routine Investigation Machine (SCRIM) [6]

- Fixed-Slip (ASTM E 274)

เป็นวิธีทดสอบความเสียดทานของผิวทางโดยการวัดความต้านทานการหมุนของล้อทดสอบ ซึ่งถูกทดสอบการหมุนให้ต่ำลงจากความเร็วขับเคลื่อน ด้วยกลไกโซ่หรือสายพานหรือระบบเบรกไฮดรอลิก ให้มีสัดส่วนการไถลของล้อทดสอบคงที่ (Fixed-Slip) อยู่ในช่วงระหว่าง 12% - 20% เพื่อจำลองสภาพการเบรกแบบล้อไม่ล็อก (Anti-Brake System) ในการทดสอบโดยทั่วไปจะขับที่ความเร็ว 64 กม./ชม. พร้อมทั้งมีการฉีดน้ำลงบนพื้นผิวถนนบริเวณหน้าล้อทดสอบให้มีสภาพเปียกที่ความหนาของชั้นน้ำ 0.5 - 1.0 มม. โดยเครื่องมือจะทำการบันทึกข้อมูล แรงกดของล้อและแรงเสียดทานซึ่งถูกวัดโดยตัวแปลงสัญญาณแรงหรืออุปกรณ์วัดแรงดึงและแรงบิด



ภาพที่ 8 Fixed Slip Device [7]

- **Variable-Slip (ASTM E 1859)**

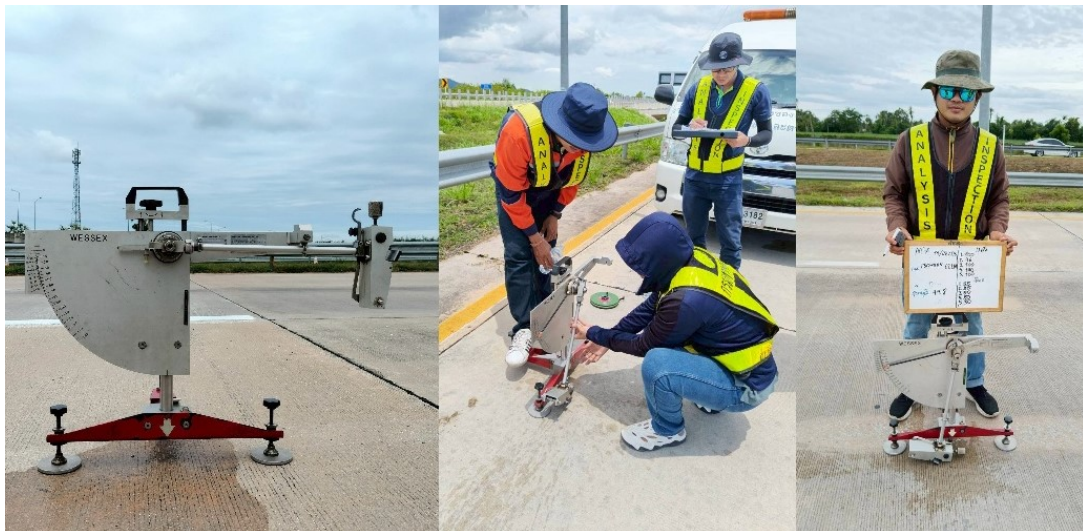
เป็นวิธีทดสอบความเสียดทานของผิวทางที่คล้ายกับวิธี Fixed -Slip แต่ล้อทดสอบสามารถเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนการไถลในจาก 0% ถึง 100% ได้ตลอดการทดสอบ โดยในการทดสอบจะเริ่มจากล้อทดสอบถูกปล่อยให้หมุนอิสระก่อนแล้วจึงหน่วงให้ความเร็วของล้อทดสอบลดลง

1.4.2 วิธีการทดสอบความเสียดทานแบบจุด

เป็นวิธีทดสอบความเสียดทานของผิวทางที่ตำแหน่ง ณ จุดเฉพาะหรือในพื้นที่ขนาดเล็ก มักจะใช้งานด้วยมือหรือสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย สามารถทำการทดสอบได้อย่างรวดเร็ว แต่ มักจะต้องมีการปิดกั้นการจราจรขณะทำการทดสอบ

- **British Pendulum Tester (BPT) (ASTM E 303)**

BPT มีลักษณะเป็นแขนซึ่งแกว่งได้ โดยปลายข้างหนึ่งยึดอยู่กับเสา ส่วนปลายอีกข้างมีลูกตุ้มและมีชิ้นยางทดสอบติดอยู่ โดยหลักการทดสอบ คือ ใช้การเหวี่ยงแขนให้ชิ้นยางทดสอบสัมผัสกับพื้นผิวที่ต้องการทดสอบ หลังจากสัมผัสแล้วลูกตุ้มจะแกว่งไปอีกข้างหนึ่งโดยมีระดับสุดท้ายต่ำกว่าระดับที่ปล่อย เนื่องจากสูญเสียพลังงานจลน์ไปกับแรงเสียดทานระหว่างยางกับผิวทดสอบ ผลการทดสอบจะแสดงเป็นค่า British Pendulum Number (BPN)



ภาพที่ 9 British Pendulum Tester [8]

- **Dynamic Friction Tester (DFT) (ASTM E 1911)**

DFT มีลักษณะเป็นจานหมุนในแนวราบ กว้าง 284 มม. ที่ด้านล่างแผ่นจานมียางทดสอบติดไว้ 3 จุด และมีแหล่งจ่ายน้ำอยู่บริเวณด้านหน้าของแผ่นยางทดสอบ หลักการทดสอบ คือ แผ่นจานจะถูกหมุนในแนวขนานไปกับพื้นผิวทดสอบ โดยสามารถปรับเปลี่ยนความเร็วการทดสอบเริ่มจาก 0 กม./ชม. ไปถึง 80 กม./ชม. เมื่อจานหมุนถึงความเร็วที่กำหนดจะถูกเลื่อนลงไปกับพื้นผิวทดสอบแล้ว ความเร็วของจานหมุนจะค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างแถบยางกับพื้นผิวทดสอบจนกระทั่ง

หยุดหมุน จากนั้นจึงนำค่าน้ำหนักที่กดลงบนแผ่นจาน และค่าแรงเสียดทานที่วัดได้ ไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (μ) ของพื้นผิวทดสอบต่อไป เครื่องมือ DFT สามารถใช้ทดสอบบนพื้นผิวลาดเอียงได้ ในกรณีที่มีมุมลาดเอียงไม่สูงมาก



ภาพที่ 10 Dynamic Friction Tester (DFT)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความเสียดทานของผิวทางโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปี 2568

2.1 Airport Surface Friction Tester T-10 (ASFT T-10)

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของ ASFT T-10

ASFT-10 เป็นเครื่องมือทดสอบความเสียดทานของผิวทางแบบต่อเนื่อง ประกอบด้วย ชุดเครื่องมือวัดแรงเสียดทานแบบ Fixed-Sip ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ในรถพ่วงทดสอบความเสียดทาน ที่ด้านหน้าของล้อทดสอบติดตั้งหัวฉีดน้ำเพื่อฉีดพ่นน้ำให้พื้นผิวทางเปียก โดยมีความหนาของฟิล์มน้ำ (Water Film) เท่ากับ 1.0 มม. ในขณะทำการทดสอบ และรถกระบะซึ่งทำหน้าที่บรรทุกถังน้ำขนาด 1,000 ลิตร รวมทั้งลากรถพ่วง ควบคุมเครื่องมือทดสอบบนรถพ่วงลากผ่านทาง การสื่อสารไร้สายแบบ Bluetooth จากห้องโดยสารรถยนต์ แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 Airport Surface Friction Tester T-10 (ASFT T-10)

2.1.2 การวัดค่าความเสียดทานของ ASFT T-10

การวัดความเสียดทานของ ASFT-10 ใช้วิธีวัดจากแรงบิด (Torque) ของเพลาล้อทดสอบด้วยอุปกรณ์ T-Transducer โดยล้อทดสอบจะถูกกดด้วยระบบไฮดรอลิกให้มีน้ำหนักดลบนผิวทาง 140 กก. และถูกหวนงให้หมุนช้ากว่าการหมุนของเพลาล้อรถพ่วง (เพลาล้อหลัก) 13% ด้วยอัตราการทดเกียร์ผ่านเฟืองและโซ่ซึ่งเชื่อมโยงมาจากเพลาล้อหลัก ตามมาตรฐาน ISO 8349 จากนั้นนำค่าแรงบิดที่วัดได้ไปประมวลผลให้เป็นค่าความเสียดทานต่อไป ผลการวัดความเสียดทานของ ASFT T-10 แสดงเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ) โดยค่า μ และค่าความเร็วที่ได้จาก ASFT T-10 สามารถนำไปประมวลผลร่วมกับค่า MPD เพื่อแปลงเป็นค่าดัชนีความเสียดทานสากล (IFI) ซึ่งเป็นค่ากลางของค่าความเสียดทานของผิวทางจากเครื่องมือวัดค่าความเสียดทานต่างชนิดกันได้

ยางทดสอบมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบผิวเรียบ ตามข้อกำหนด ASTM 1551 และแบบมีดอกยาง ตามข้อกำหนด Pattend T49 โดยกรมทางหลวงใช้ยางแบบผิวเรียบในการทดสอบ



ภาพที่ 12 ชุดเครื่องมือวัดแรงเสียดทานแบบ Fixed-Sip ของ ASFT T-10 และยางทดสอบ

2.2 Skiddometer BV11 VI

2.2.1 ลักษณะทั่วไปของ Skiddometer BV11 VI

Skiddometer BV11 VI (Vehicle Integration) เป็นเครื่องมือทดสอบความเสียดทานของผิวทางแบบต่อเนื่องรุ่นติดตั้งกับรถยนต์ควบคุมการทำงานผ่านคอมพิวเตอร์หน้าจอสัมผัส (TSC) ถูกพัฒนาขึ้นโดย Moventor Oy Inc. ประเทศฟินแลนด์ โดยการนำรถยนต์กระบะมาดัดแปลงผสานเข้ากับชุดเครื่องมือวัดแรงเสียดทานแบบ Fixed-Sip ชุดโครงยกและชุดหัวขับเคลื่อนแบบไฟฟ้า ชุดระบบน้ำ (ถังบรรจุน้ำขนาด 800 ลิตร ป้อนน้ำ และหัวฉีด) และชุดควบคุมคอมพิวเตอร์แบบหน้าจอสัมผัส (TSC) แสดงดังภาพที่ 13

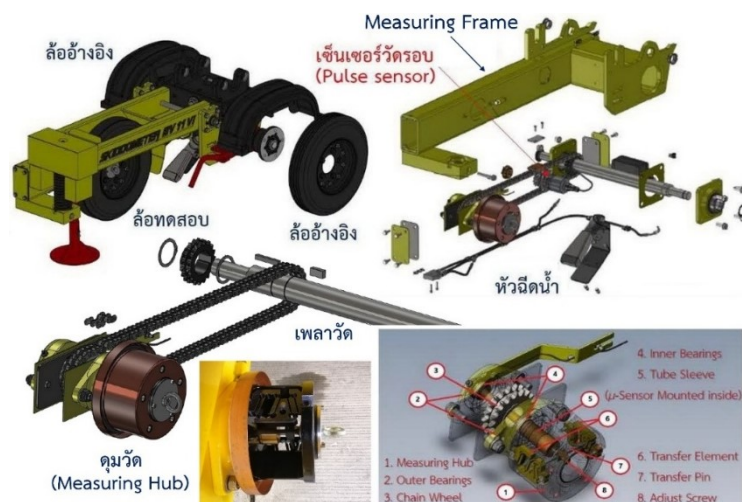


ภาพที่ 13 Skiddometer BV11 VI

2.2.2 การวัดค่าความเสียดทานของ Skiddometer BV11 VI

ชุดเครื่องมือวัดแรงเสียดทานแบบ Fixed-Sip ของ Skiddometer BV11 VI ประกอบด้วย Measuring Frame ซึ่งมี ล้อข้าง (Side Wheels) จำนวน 2 ล้อ ติดตั้งบนเพลาลูกที่บริเวณด้านหน้าของ Measuring Frame ทำหน้าที่เป็นล้ออ้างอิง (Reference Wheels) โดยหมุนแบบอิสระไปข้างหน้าเพียงด้านเดียว (มีตัวป้องกันการหมุนย้อนกลับ) และที่ปลายของ Measuring Frame มี ล้อทดสอบ (Measuring Wheels) จำนวน 1 ล้อ ติดตั้งอยู่บนหัวคุมวัด (Measuring Hub) ซึ่งหมุนด้วยระบบเพลลาและโซ่ที่เชื่อมโยงมาจากเพลาลูก

ในการวัดแรงเสียดทานล้ออ้างอิงจะหมุนด้วยความเร็วเท่ากับตัวรถยนต์ แต่ล้อทดสอบจะหมุนช้ากว่า 17% เนื่องจากถูกหน่วงด้วยอัตราทดเกียร์ผ่านเฟืองโซ่ การเบรกของล้อทดสอบจะทำให้เกิดแรงบิด (Torque) บนหัวคุมวัด ซึ่งภายในมีกลไกที่ละเอียดอ่อนซึ่งสามารถถ่ายโอนแรงบิดผ่าน Transfer Element ไปเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้นซึ่งวัดได้ด้วย μ -Sensor ในขณะเดียวกัน เซ็นเซอร์วัดรอบ (Pulse Sensor) ที่ทำงานด้วยเฟืองโซ่ล้อทดสอบ จะทำการวัดระยะทางและความเร็ว โดยข้อมูลที่วัดได้จาก μ -Sensor และ Pulse Sensor จะถูกส่งไปยังระบบ TSC เพื่อทำการประมวลผลการวัดความเสียดทานของผิวทาง ซึ่งแสดงเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ) ทั้งแบบ ณ เวลานั้น (Real-Time) เฉพาะจุด และแบบต่อเนื่องในลักษณะกราฟเส้น อีกทั้งยังสามารถ Print สรุปผลการทดสอบ ประกอบด้วย Minimum Friction, Maximum Friction, Average Speed, Average Surface Temperature และกราฟได้ทันทีหลังการทดสอบแล้วเสร็จ พร้อมทั้ง Upload ผลการทดสอบทั้งหมดไปยัง Skiddometer Web Service โดยอัตโนมัติ



ภาพที่ 14 ชุดเครื่องมือวัดแรงเสียดทานแบบ Fixed-Sip ของ Skiddometer BV11 VI

3. ขั้นตอนการประเมินความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปี 2568

3.1 การสอบเทียบเครื่องมือ ASFT T-10 และ Skiddometer BV11 VI

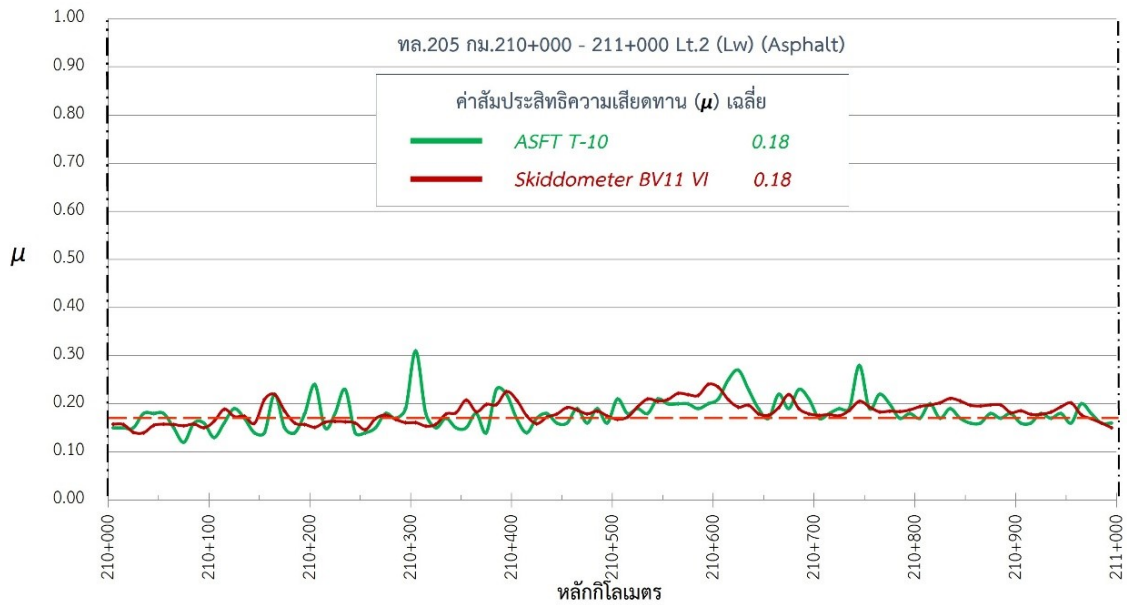
หน่วยตรวจสอบและประเมินความต้านทานการลื่นไถล ส่วนสำรวจและประเมินสภาพทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง เลือกใช้เครื่องมือทดสอบความเสียดทานของผิวทางแบบต่อเนื่อง 2 ชนิด ประกอบด้วย ASFT T-10 และ Skiddometer BV11 VI ในการทดสอบความเสียดทานของผิวทางโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปี 2568 เนื่องจากโครงการฯ ที่ต้องเข้าดำเนินการทดสอบกระจายตัวอยู่ทั่วประเทศ และมีหลายโครงการฯ ที่ต้องทำการทดสอบในเวลาใกล้เคียงกัน

ก่อนเข้าดำเนินการทดสอบโครงการฯ หน่วยตรวจสอบและประเมินความต้านทานการลื่นไถลได้ทำการสอบเทียบ (Calibration) เพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องและสอดคล้องกันของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ) ที่วัดได้จากเครื่องมือ ASFT T-10 และ Skiddometer BV11 VI โดยทำการวัดค่า μ พร้อมกันในพื้นที่เดียวกัน โดยพื้นที่ทดสอบ ประกอบด้วย ผิวทางคอนกรีตและผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตทั้งในพื้นที่ปิดการจราจรและในสภาพการจราจรปกติ รวมถึงพื้นที่ที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุซ้ำหลายครั้ง แสดงดังภาพที่ 15

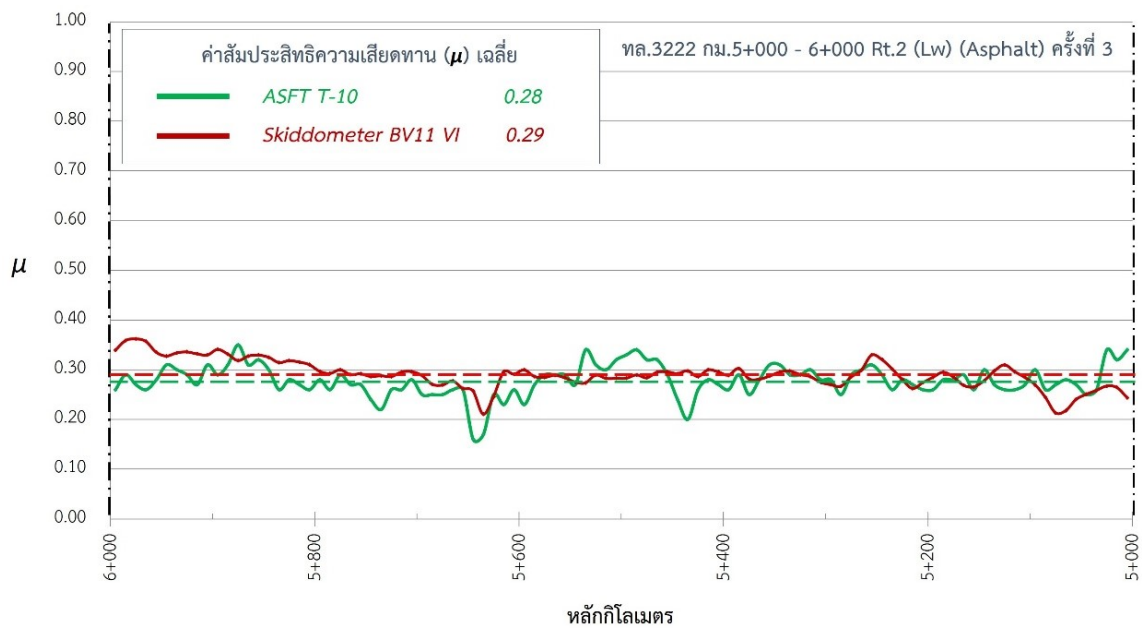


ภาพที่ 15 การสอบเทียบเครื่องมือ ASFT T-10 กับ Skiddometer BV11 VI

ผลการวัดค่า μ ของเครื่องมือ ASFT T-10 และ Skiddometer BV11 VI แสดงในภาพที่ 16 และภาพที่ 17



ภาพที่ 16 ตัวอย่างกราฟเปรียบเทียบค่า μ จาก ASFT T-10 และ Skiddometer BV11 VI



ภาพที่ 17 ตัวอย่างกราฟเปรียบเทียบค่า μ จาก ASFT T-10 และ Skiddometer BV11 VI (ต่อ)

จากภาพที่ 16 และภาพที่ 17 จะเห็นได้ว่าลักษณะของกราฟเส้นของข้อมูลค่า μ เฉลี่ยทุก 10 ม. ของ ASFT T-10 และ Skiddometer BV11 VI มีรูปแบบที่ใกล้เคียงกัน มีเส้นแนวโน้มทั้งในทิศทางเพิ่มขึ้นและลดลงพร้อมกัน และมีความสอดคล้องของจุดสูงสุดหรือจุดต่ำสุดของทั้งสองกราฟเกิดขึ้นในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกัน โดยค่าแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่า μ เฉลี่ยทุก 10 ม. ที่วัดได้จากเครื่องมือ ASFT T-10 และ Skiddometer BV11 VI จำนวน 22 คู่ (พื้นที่ทดสอบ) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 ถึง 0.09 โดยมีค่าแตกต่างสัมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 0.04 แสดงให้เห็นว่าค่า μ_{T-10} และ μ_{Skiddo} มีค่าใกล้เคียงกันทั้งขนาดและ

ตำแหน่งที่วัดได้ ดังนั้น จึงสามารถใช้เครื่องมือ ASFT T-10 และ Skiddometer BV11 VI ทดสอบความเสียดทานของผิวทางทดแทนกันได้

3.2 การกำหนดตำแหน่งทดสอบความเสียดทานของผิวทางโครงการฯ

ในการประเมินความต้านทานการลื่นไถลในพื้นที่ที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุซ้ำหลายครั้ง หน่วยตรวจสอบและประเมินความต้านทานการลื่นไถล จะทำการทดสอบค่าความเสียดทานของผิวทางทั้งร่องล้อซ้ายและร่องล้อขวาในทุกช่องจราจร เนื่องจากการที่ค่า μ บริเวณร่องล้อซ้ายและร่องล้อขวาแตกต่างกันมาก มักจะเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุจากการลื่นไถลบนผิวทาง แต่ในการประเมินความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปี 2568 ซึ่งเป็นผิวทางก่อสร้างใหม่หน่วยตรวจสอบและประเมินความต้านทานการลื่นไถล จึงทำการทดสอบค่าความเสียดทานของผิวทางเฉพาะร่องล้อซ้าย (Lw) ของช่องจราจรด้านในสุด (L1, R1) และช่องจราจรด้านนอกสุด โดยทำการทดสอบเฉพาะช่วงถนนที่ก่อสร้างชั้นผิวทางแล้วเสร็จ แสดงดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 การทดสอบความเสียดทานของผิวทางที่ร่องล้อซ้าย (Lw) ของช่องจราจรด้านนอกสุด

3.3 ขั้นตอนการวัดค่าความเสียดทานของ ASFT T-10

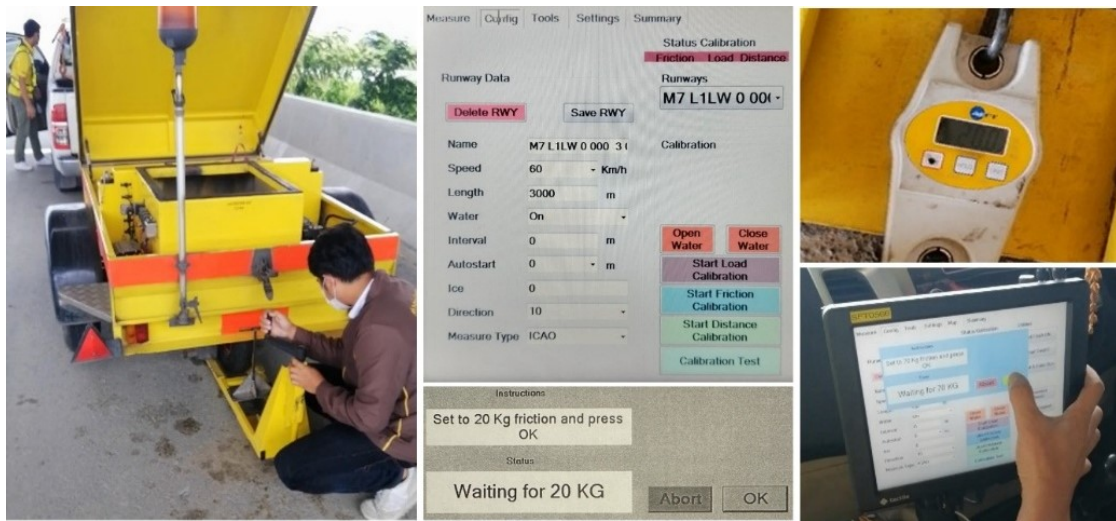
การทดสอบความเสียดทานโดยใช้เครื่องมือ ASFT T-10 กระทำที่ความเร็ว 60 กม./ชม. ความหนาของฟิล์มน้ำ 1.0 มม. โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 ASFT T-10 ใช้ยางทดสอบแบบผิวเรียบ ตามข้อกำหนด ASTM 1551 เติมลมยางล้อทดสอบที่ความดันลมยาง 2.1 บาร์ (Bar) หรือประมาณ 31 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (PSI)

3.3.2 สอบเทียบแรงกดล้อทดสอบ (Load Calibration) โดยกดแรงทดสอบลงบนตราซึ่งให้มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 140 - 150 กก. ยอมให้มีค่าคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 1 กก.

3.3.3 สอบเทียบค่าความเสียดทานของล้อทดสอบ (Friction Calibration) เริ่มจากกดล้อทดสอบลงบนตาชั่งวัดแรงดึง ที่หน้าจอ Tablet ควบคุม จะขึ้นคำสั่งให้เพิ่มแรงดึงที่ตาชั่งจาก 0 กก. ไปที่ 20 กก. แล้วกด OK ที่ Tablet แล้วจึงเพิ่มแรงดึงขึ้นไป 70 กก. กด OK ที่ Tablet แล้วคลายแรงดึง

ไปที่ 0 กก. จากนั้นหมุนเพิ่มแรงดึงที่ตาชั่งจาก 0 กก. ไปที่ 20 กก. และ 70 กก. ตามลำดับ พร้อมทั้งอ่านค่าแรงดึงที่ Tablet ยอมให้มีค่าคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 1 กก.

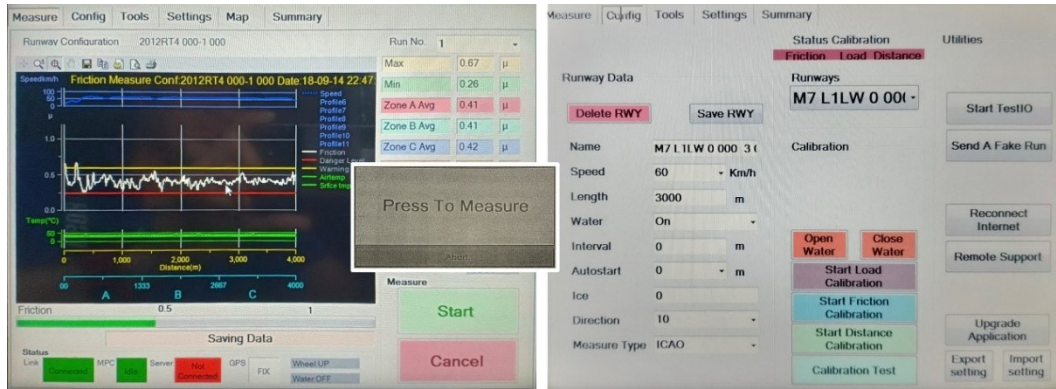


ภาพที่ 19 การสอบเทียบค่าความเสียดทานของล้อทดสอบ T-10

3.3.4 ตรวจสอบการเชื่อมต่อของระบบคอมพิวเตอร์ระหว่าง Tablet (Presentation Computer, PPC) และ Measure Computer (MPC) ที่รถพ่วง ผ่านบลูทูธ (Bluetooth)

3.3.5 สร้างไฟล์และกำหนดค่าพารามิเตอร์ทดสอบ ที่หน้า Config ของ Tablet ประกอบด้วย ตั้งชื่อไฟล์ (หมายเลขทางหลวง, ทิศทางจราจร (L หรือ R), หมายเลขช่องจราจร, ร่องล้อทดสอบ (Lw หรือ Rw), จุดเริ่มต้น - จุดสิ้นสุดการทดสอบ) กำหนดความเร็วทดสอบที่ช่อง Speed คลิกเลือก 60 Km/h กำหนดระยะทางทดสอบ ที่ช่อง Length ให้พิมพ์ระยะทางที่ต้องการทดสอบ หน่วยเป็นเมตร กำหนดให้ฉีดน้ำในขณะวัดความเสียดทาน ที่ช่อง Water ให้คลิกเลือก ON

3.3.6 นำรถทดสอบไปหยุดรอที่ตำแหน่งก่อนถึงจุดเริ่มต้นทดสอบประมาณ 100 ม. จากนั้นคลิกที่หน้า Measure ของ Tablet แล้วกดปุ่ม Start (พื้นหลังสีเขียว) เพื่อปล่อยล้อทดสอบลงสู่พื้นผิวทาง รวจนสภาพการจราจรอำนวยให้รถทดสอบวิ่งได้ด้วยความเร็วคงที่ 60 กม./ชม. เมื่อพร้อมแล้วให้รถทดสอบเริ่มวิ่งจนมีความเร็วที่ 60 กม./ชม. ณ จุดเริ่มต้นทดสอบ เคาะที่ปุ่ม Manual Start เพื่อเริ่มวัดค่าความเสียดทาน เมื่อวัดมาถึงจุดสิ้นสุด ระบบจะตัดการจ่ายน้ำและยกล้อทดสอบขึ้น และจะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ Continue Save or Cancel ให้กดที่ปุ่ม Save เพื่อบันทึกผลการทดสอบ



ภาพที่ 20 การสร้างไฟล์และกำหนดค่าพารามิเตอร์ทดสอบของ ASFT T-10

3.4 ขั้นตอนการวัดค่าความเสียดทานของ Skiddometer BV11 VI

การทดสอบความเสียดทานโดยใช้เครื่องมือ Skiddometer BV11 VI กระทำที่ความเร็ว 60 กม./ชม. ความหนาของฟิล์มน้ำ 1.0 มม. โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 Skiddometer BV11 VI ใช้อย่างทดสอบแบบผิวเรียบ ตามข้อกำหนด ASTM 1551 เติมน้ำมันยางล้อทดสอบที่ความดันลมยาง 2.1 บาร์ (Bar) หรือประมาณ 31 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (PSI) ส่วนล้ออ้างอิงใช้ความดันลมยาง 1.7 บาร์ หรือประมาณ 25 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

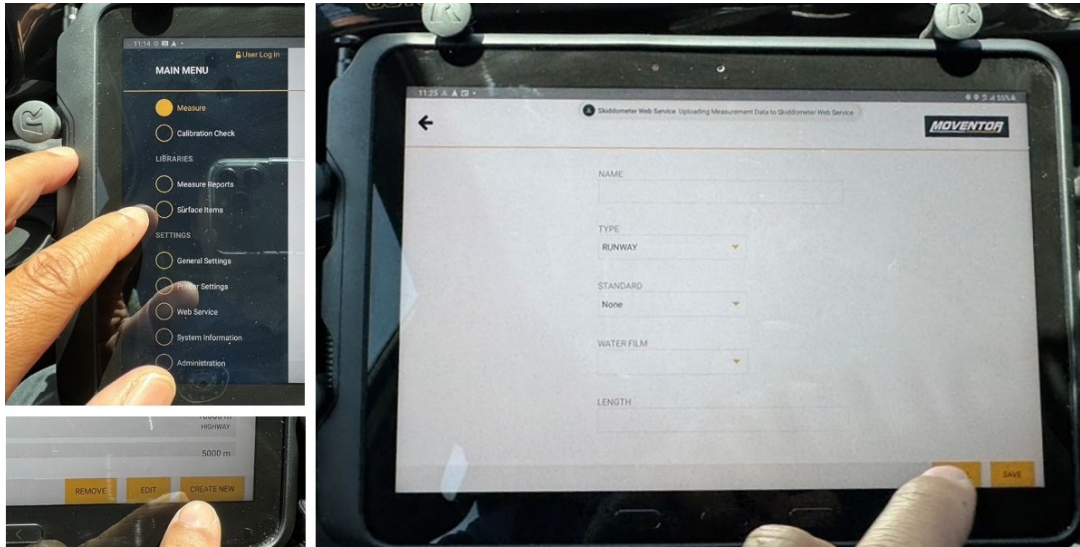
3.4.2 สอบเทียบค่าความเสียดทานของล้อทดสอบ เริ่มจากเสียบ Calibration Fork เพื่อล็อกแกนหมุน จากนั้นตั้ง Calibration Stand ที่ด้านหลังล้อทดสอบ แล้วคล้องสายไนลอนจากปลาย Calibration Stand เข้ากับล้อทดสอบ ที่หน้าจอ TSC กดเลือก Calibration Check โดยเครื่องมือ Skiddometer BV11 VI จะ Calibrate ผ่าน เมื่อได้ค่า μ มากกว่าหรือเท่ากับ 0.750



ภาพที่ 21 การสอบเทียบค่าความเสียดทานของล้อทดสอบ Skiddometer BV11 VI

3.4.3 สร้างไฟล์และกำหนดค่าพารามิเตอร์ทดสอบ ที่หน้าจอ TSC กดเลือก Main Menu กดเลือก Surface Items จากนั้นกด Create New แล้ว ตั้งชื่อไฟล์ (เหมือน ASFT T-10) เลือก

ชนิดของผิวทางทดสอบที่ช่อง Type เลือกความหนาของฟิล์มน้ำ 1.0 มม. ที่ช่อง Water Film และ กำหนดค่าความยาวช่วงทดสอบที่ช่อง Length จากนั้นกดคำสั่ง SAVE



ภาพที่ 22 การสร้างไฟล์และกำหนดค่าพารามิเตอร์ทดสอบของ Skiddometer BV11 VI

ที่ Main Menu กดเลือก Measure จากนั้นกดเลือกชื่อไฟล์ที่สร้างไว้ กดคำสั่ง NEXT จากนั้นนำรถทดสอบไปหยุดรอที่ตำแหน่งก่อนถึงจุดเริ่มต้นทดสอบประมาณ 100 ม. แล้วกด START เพื่อปล่อยล้อทดสอบลงสู่พื้นผิวทาง รอจนสภาพการจราจรอำนวยให้รถทดสอบวิ่งได้ด้วยความเร็วคงที่ 60 กม./ชม. เมื่อพร้อมแล้วให้รถทดสอบเริ่มวิ่งจนมีความเร็วที่ 60 กม./ชม. ณ จุดเริ่มต้นทดสอบ พร้อมเคาะที่หน้าจอ TSC เพื่อสั่งให้ Skiddometer BV11 VI เริ่มทำการวัดความเสียหายและค่าตัวแปรอื่น ๆ อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงถนนที่ทดสอบ



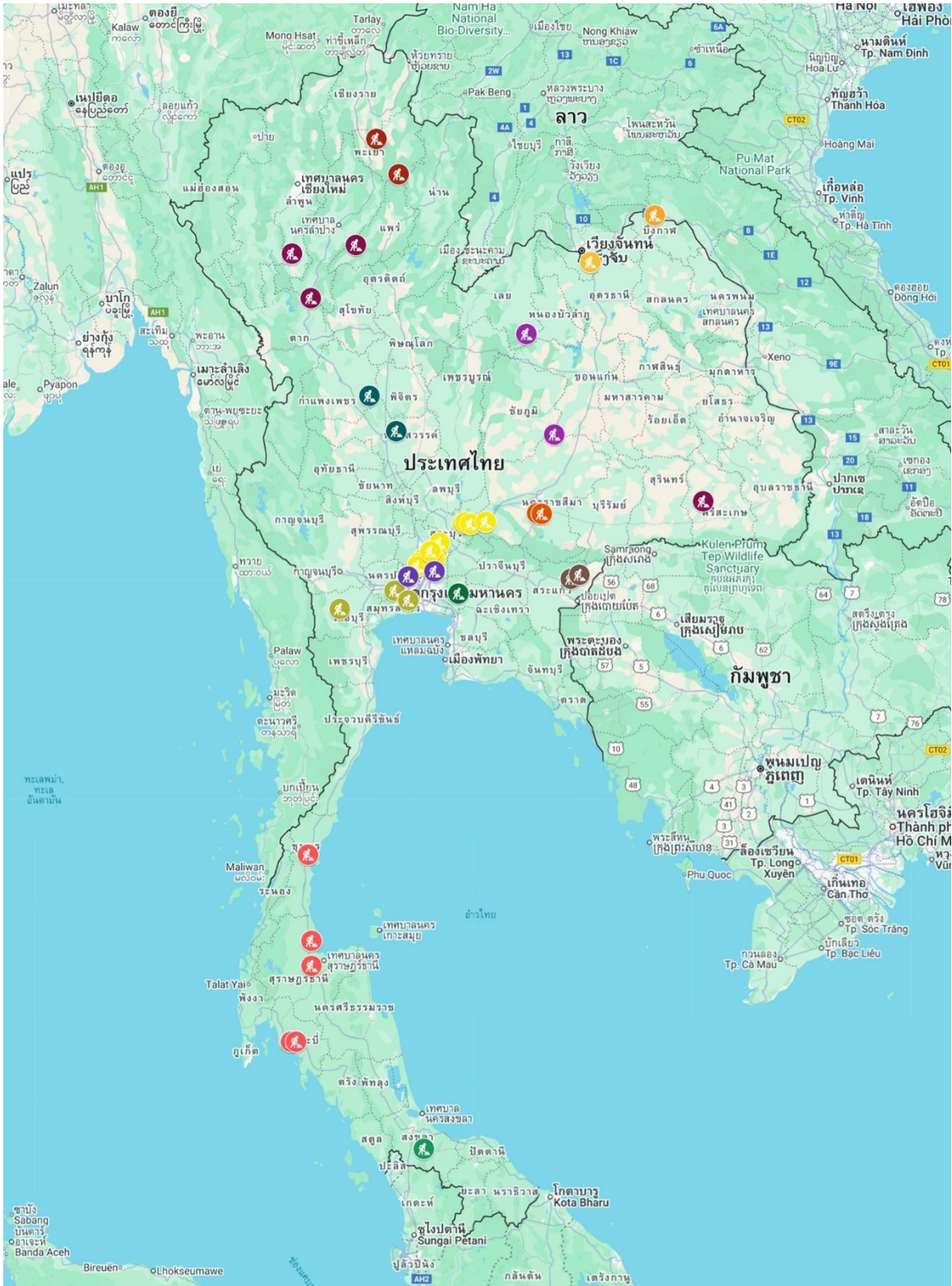
ภาพที่ 23 การดำเนินการทดสอบความเสียหายของผิวทาง

โดยโครงการฯ ที่ได้ดำเนินการทดสอบความเสียหายของผิวทางมีจำนวนทั้งสิ้น 30 โครงการ ดังแสดงในตารางที่ 1 จากโครงการทั้งหมดที่เข้ารับการประเมินคุณภาพงานก่อสร้าง ดังแสดงในภาพที่ 24

ตารางที่ 1 โครงการก่อสร้างที่ดำเนินการทดสอบความเสียหายของผิวทางโครงการระหว่างก่อสร้าง ประจำปี 2568

ลำดับ ที่	หมายเลข ทางหลวง	ชื่อสายทาง	กม.เริ่มต้น - กม.สิ้นสุด ที่ทำการทดสอบ
1	24	แยกปึกธงชัย - แยกโชคชัย ตอน 1	39+500 - 45+500
2	24	แยกปึกธงชัย - แยกโชคชัย ตอน 2	45+500 - 51+350
3	1	แม่เชียงรายบน - ดอนไชย	583+216 - 593+569
4	106	บ.แม่ป่าไผ่ - ต.แม่ต๋น	154+491 - 168+391
5	3395	บ.ช่องกุ่ม - บ.โคคลาน ตอน 1	86+000 - 100+000
6	3395	บ.ช่องกุ่ม - บ.โคคลาน ตอน 2	100+000 - 114+000
7	365	ทางเลี่ยงเมืองฉะเชิงเทราด้านเหนือ	1+106 - 5+009
8	41	อ.ไชยา - อ.บ้านนาเดิม (เป็นตอน ๆ) ตอน 1	127+000 - 137+000
9	41	อ.ไชยา - อ.บ้านนาเดิม (เป็นตอน ๆ) ตอน 3	157+000 - 195+000
10	4114	แยก ทล.41 (สมอทอง) - ชายทะเล	3+720 - 5+300
11	4	สามแยกปลาลัง - อ.เหนือคลอง ตอน 1	970+108 - 977+625
12	4	สามแยกปลาลัง - อ.เหนือคลอง ตอน 2	977+625 - 984+544
13		ทางเลี่ยงเมืองหนองคาย (ด้านตะวันออก) ตอน 1	502+000 - 507+750 0+000 - 1+525
14	3208	เขาวัง - เหมือนผาปกค้ำควา ตอน 2	25+656 - 40+656
15	338	สะพานข้ามแม่น้ำนครชัยศรี (ทางคู่ขนาน)	25+150 - 28+670
16	9	วงแหวนรอบนอก (ด้านตะวันตก) ช่วงพระประแดง - บางแค	15+217 - 21+803
17	1074	บ.คอปหล่อ - บ.บึงบ้าน	30+175 - 41+650
18		ทางเลี่ยงเมืองนครสวรรค์ ด้านตะวันออก ตอน แยก ทล. 117 - บรรจบ ทล. 225 ตอน 4	11+200 - 15+267
19	1202	พะเยา - บ.สันตันแหน	8+500 - 37+782
20	1020	โป่งเกลือ - บ้านปล้อง - ชมภู (เชียงราย)	53+600 - 56+200
21	6	บางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 18	72+328 - 74+300

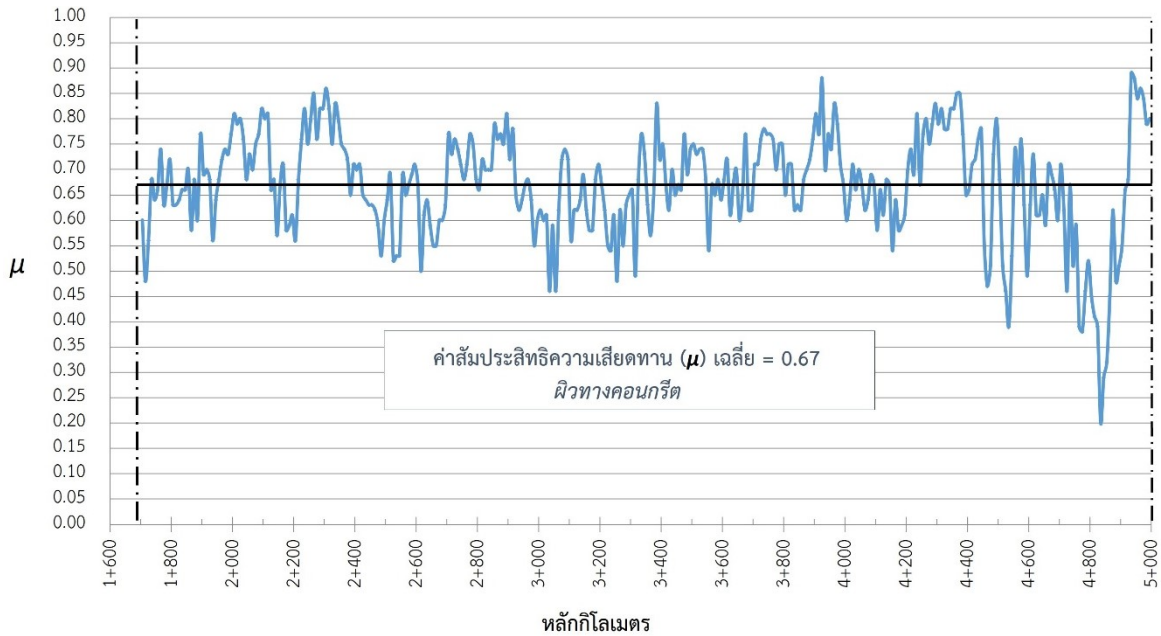
ลำดับ ที่	หมายเลข ทางหลวง	ชื่อสายทาง	กม.เริ่มต้น – กม.สิ้นสุด ที่ทำการทดสอบ
22	6	บางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 19	74+300 – 77+000
23	6	บางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 21	82+500 – 86+000
24	6	บางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 23 (รวมทางแยกต่างระดับปากช่อง)	102+000 – 110+900
25	6	บางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 5	15+000 – 27+500
26	6	บางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 1 (รวมทางแยกต่างระดับบางปะอิน 2)	0+000 – 7+332
27	6	บางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 4 (รวมทางแยกต่างระดับวังน้อย)	9+008 – 15+000
28	340	แยกบางบัวทอง - คลองเจ๊ก	0+000 – 6+800
29	305 - 352	ปรับปรุงทางแยกต่างระดับทาง ทล.305 ตัดกับ ทล.352	14+767 – 15+554
30	42	บ.คลองแจะ - จุดผ่านแดนถาวรสุโขทัย-ลก ตอน บ.ไต้นนท์ - บ.ลำซิ่ง	15+000 – 25+720



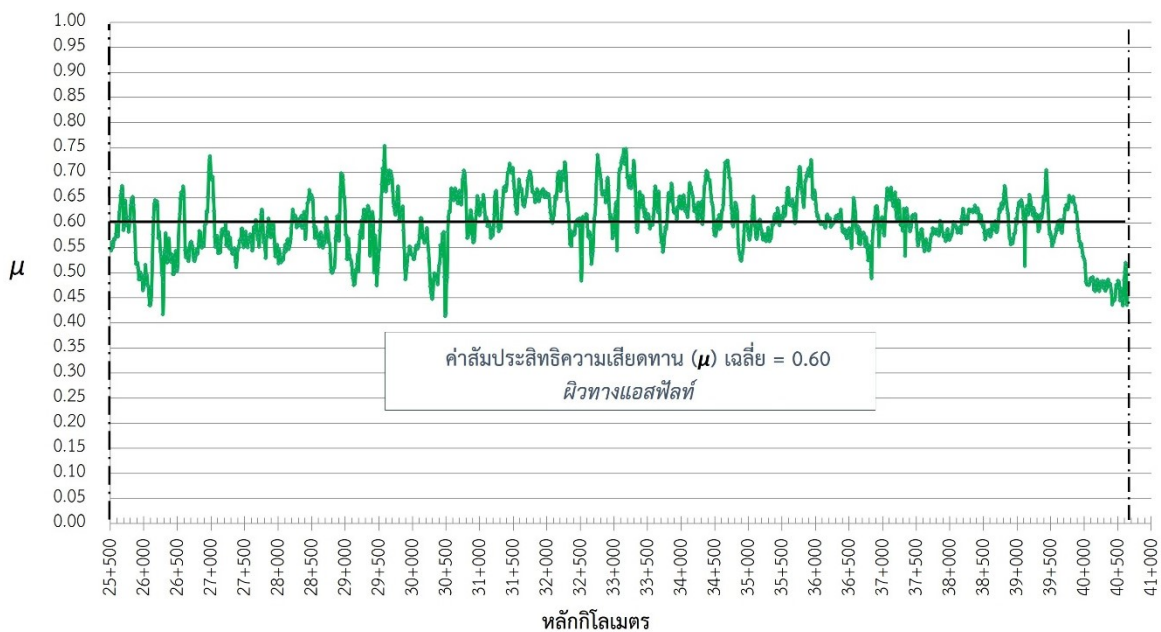
ภาพที่ 24 ที่ตั้งโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปี 2568 ที่ได้รับการประเมินคุณภาพงานก่อสร้าง

4. ผลการทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวจราจรโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปี 2568

ผลการทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวจราจรโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปี 2568 แสดง ดังภาพที่ 25 ถึงภาพที่ 26



ภาพที่ 25 ตัวอย่างผลการทดสอบความเสียดทานของผิวทางคอนกรีต



ภาพที่ 26 ตัวอย่างผลการทดสอบความเสียดทานของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

ผลการทดสอบแบ่งตามลักษณะของผิวทาง ได้แก่ ผิวทางคอนกรีตและผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อโครงการฯ จึงได้กำหนดชื่อโครงการเป็น คอนกรีต 1, 2, 3, ... และแอสฟัลต์ 1, 2, 3, ... ซึ่งหมายถึงโครงการฯ ที่มีค่า μ เฉลี่ยของผิวทางคอนกรีตและผิวทางแอสฟัลต์

คอนกรีตเรียงจากน้อยไปหามาก ดังแสดงในตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 3 โดยบางโครงการฯ มีทั้งผิวทางคอนกรีตและผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายของผิวทางคอนกรีตโครงการในระหว่างก่อสร้างประจำปี 2568

โครงการฯ	ระยะทางทดสอบ (กม.)	ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย (μ)		
		ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
คอนกรีต 1	10.2	0.19	0.65	0.36
คอนกรีต 2	24.0	0.18	0.69	0.40
คอนกรีต 3	35.2	0.15	0.63	0.43
คอนกรีต 4	26.3	0.22	0.76	0.45
คอนกรีต 5	5.6	0.29	0.65	0.46
คอนกรีต 6	20.6	0.29	0.61	0.47
คอนกรีต 7	40.0	0.20	0.72	0.47
คอนกรีต 8	45.5	0.32	0.64	0.48
คอนกรีต 9	37.5	0.24	0.71	0.49
คอนกรีต 10	17.8	0.30	0.74	0.54
คอนกรีต 11	2.1	0.35	0.81	0.57
คอนกรีต 12	18.0	0.33	0.87	0.58
คอนกรีต 13	12.2	0.23	0.83	0.59
คอนกรีต 14	1.6	0.44	0.70	0.59
คอนกรีต 15	38.0	0.28	0.78	0.61
คอนกรีต 16	8.1	0.34	0.77	0.61
คอนกรีต 17	7.9	0.38	0.81	0.62
คอนกรีต 18	46.4	0.38	0.81	0.63
คอนกรีต 19	8.7	0.26	0.89	0.64
รวม	405.8		เฉลี่ย	0.53

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามระยะทางทดสอบของผิวทางคอนกรีตของโครงการที่อยู่ระหว่างก่อสร้าง มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.36 ถึง 0.64 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.53 โดยโครงการฯ ที่มีค่า μ เฉลี่ยทั้งโครงการสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่

- 1) สาย แยกบางบัวทอง – คลองเจ๊ก มีระยะทางทดสอบ 8.7 กม. ได้ค่า μ เฉลี่ยทั้งโครงการ 0.64

2) ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง สายบางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 5 มีระยะทางทดสอบ 46.4 กม. ได้ค่า μ เฉลี่ยทั้งโครงการ 0.63 และ

3) ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง สายบางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 1 (รวมทางแยกต่างระดับบางปะอิน 2) มีระยะทางทดสอบ 7.9 กม. ได้ค่า μ เฉลี่ยทั้งโครงการ 0.62

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตโครงการในระหว่างก่อสร้างประจำปี 2568

โครงการฯ	ระยะทางทดสอบ (กม.)	ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย (μ)		
		ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
แอสฟัลต์ 1	1.8	0.23	0.51	0.36
แอสฟัลต์ 2	17.3	0.32	0.56	0.41
แอสฟัลต์ 3	14.1	0.19	0.69	0.41
แอสฟัลต์ 4	18.6	0.31	0.69	0.47
แอสฟัลต์ 5	88.1	0.28	0.66	0.47
แอสฟัลต์ 6	61.0	0.34	0.78	0.53
แอสฟัลต์ 7	10.4	0.37	0.67	0.54
แอสฟัลต์ 8	2.0	0.40	0.91	0.54
แอสฟัลต์ 9	19.5	0.42	0.67	0.57
แอสฟัลต์ 10	7.6	0.40	0.69	0.58
แอสฟัลต์ 11	4.4	0.57	0.86	0.77
แอสฟัลต์ 12	5.2	0.43	0.88	0.79
แอสฟัลต์ 13	3.1	0.67	0.89	0.80
แอสฟัลต์ 14	4.5	0.78	0.91	0.86
รวม	257.3	เฉลี่ย		0.58

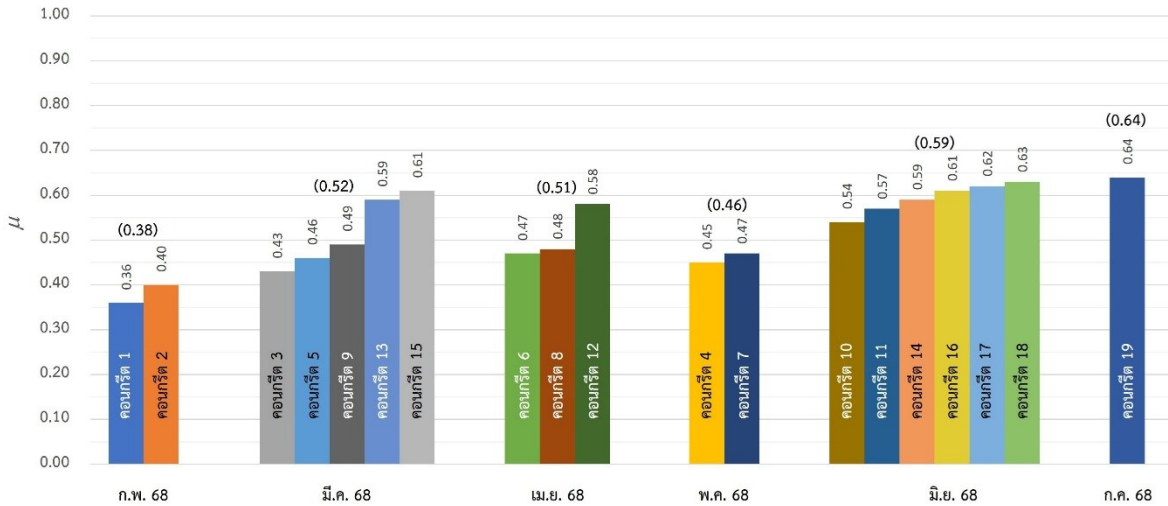
จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามระยะทางทดสอบของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่อยู่ระหว่างก่อสร้าง มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.36 ถึง 0.86 มีค่าเฉลี่ย 0.58 โดยโครงการฯ ที่มีค่า μ เฉลี่ยทั้งโครงการสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่

1) ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง สายบางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 18 มีระยะทางทดสอบ 4.5 กม. ได้ค่า μ เฉลี่ยทั้งโครงการ 0.86

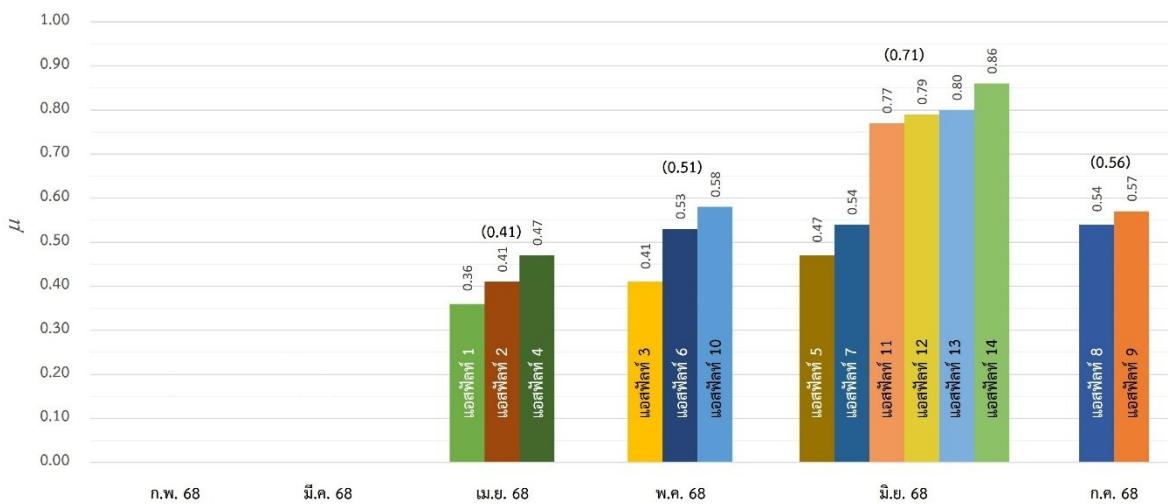
2) ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง สายบางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 19 มีระยะทางทดสอบ 3.1 กม. ได้ค่า μ เฉลี่ยทั้งโครงการ 0.80

3) ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง สายบางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 21 มีระยะทางทดสอบ 5.2 กม. ได้ค่า μ เฉลี่ยทั้งโครงการ 0.79

เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเฉลี่ยของผิวทางแต่ละโครงการฯ มาจำแนกตามช่วงเวลาทำการทดสอบ พบว่า การทดสอบในเดือน มิถุนายน (ช่วงต้นฤดูฝน) มีแนวโน้มให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเฉลี่ยของผิวทางสูงกว่าช่วงอื่น ๆ ทั้งผิวทางคอนกรีตและผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต แสดงดังภาพที่ 27 ถึงภาพที่ 28

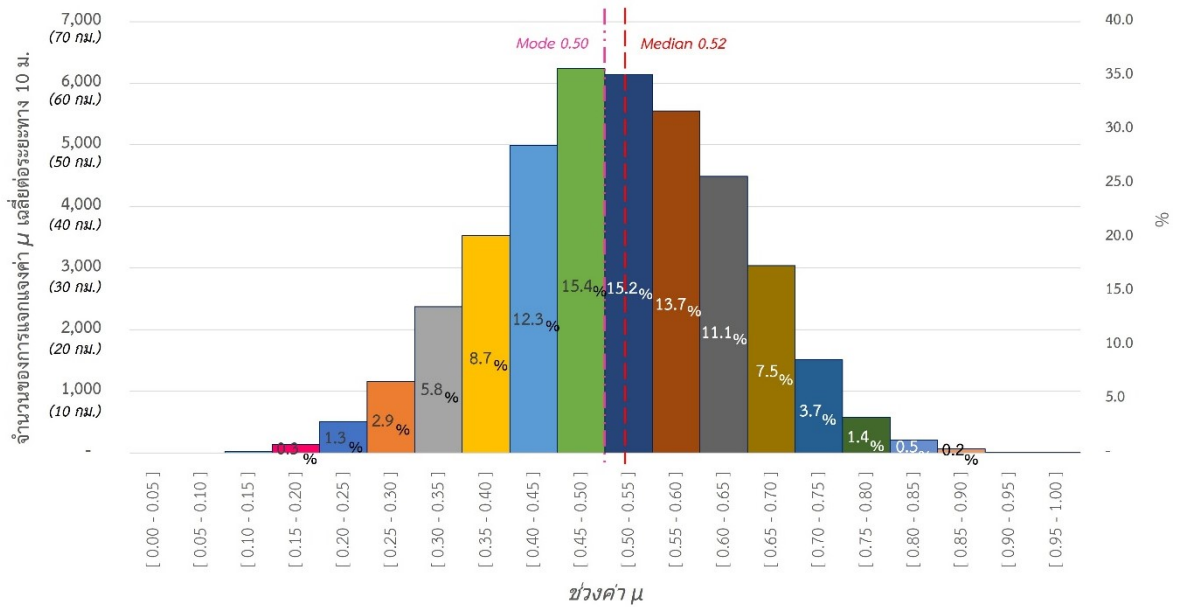


ภาพที่ 27 ค่า μ ของผิวทางคอนกรีตโครงการระหว่างก่อสร้างปี 68 จำแนกตามช่วงเวลาทดสอบ



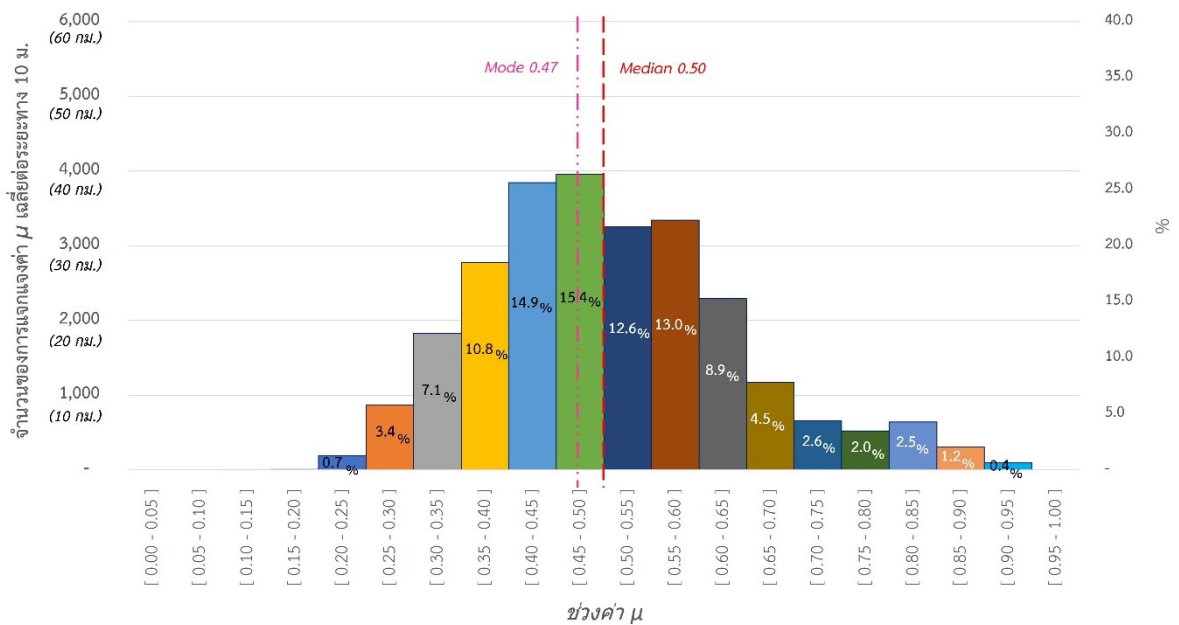
ภาพที่ 28 ค่า μ ของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตโครงการระหว่างก่อสร้างปี 68 จำแนกตามช่วงเวลาทดสอบ

เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายเฉลี่ยทุก 10 ม. ของทุกโครงการฯ โดยจำแนกเป็น
 ผิวทางคอนกรีต 40,528 ข้อมูล และผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต 25,778 ข้อมูล รวม 66,306 ข้อมูล มาแจก
 แจงหาการกระจายตัวตามช่วงห่างของค่า μ ที่ 0.05 พบว่า ผิวทางคอนกรีตมีค่ามัธยฐาน (Median) 0.52
 และค่าฐานนิยม (Mode) 0.50 แสดงดังภาพที่ 29



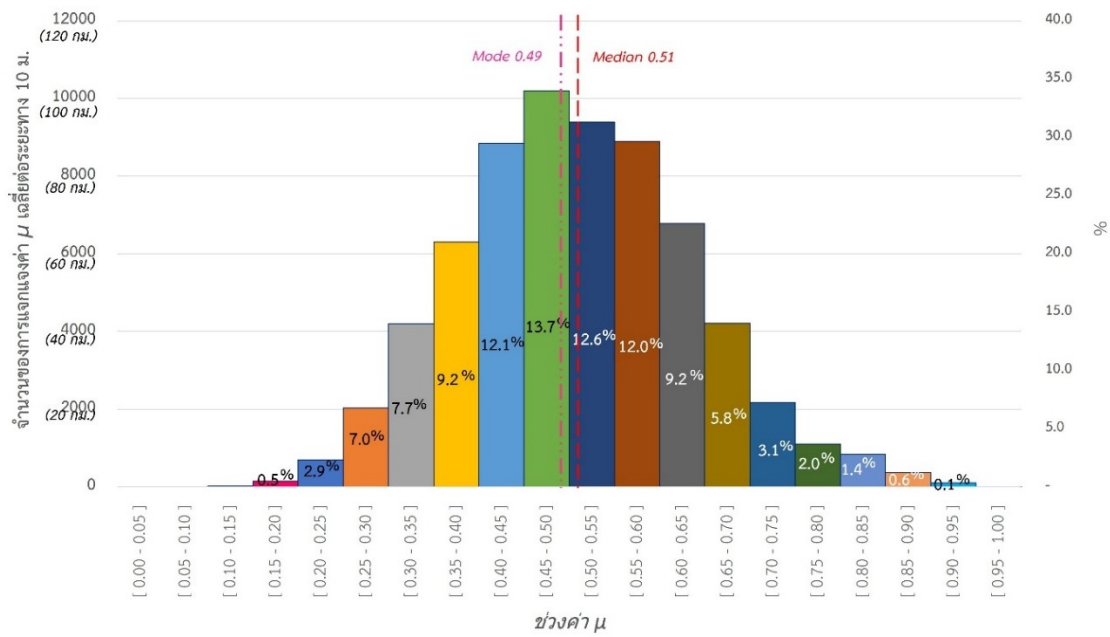
ภาพที่ 29 ฮิสโตแกรมค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายของผิวทางคอนกรีตโครงการระหว่างก่อสร้างปี 68

ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตมีค่ามัธยฐาน 0.50 และค่าฐานนิยม 0.47 แสดงดังภาพที่ 30



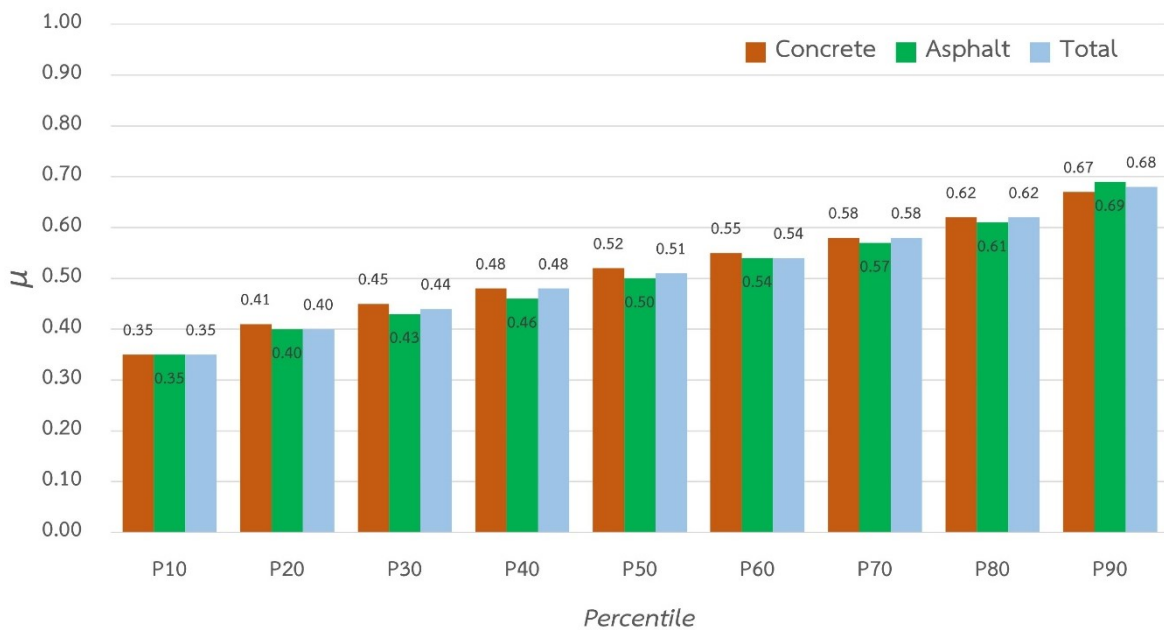
ภาพที่ 30 ฮิสโตแกรมค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตโครงการระหว่าง
 ก่อสร้างปี 68

ผิวทางรวมทุกโครงการฯ มีค่ามัธยฐาน 0.51 และค่าฐานนิยม 0.49 แสดงดังภาพที่ 31



ภาพที่ 31 ฮิสโตแกรมค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายของผิวทางโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปี 2568

เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายเฉลี่ยทุก 10 ม. ของทุกโครงการฯ มาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก เพื่อวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ของค่า μ เฉลี่ยทุก 10 ม. จากเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10 (P_{10}) ไปถึงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 (P_{90}) แสดงดังภาพที่ 32 พบว่า เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 (P_{50}) ของผิวทางคอนกรีต ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ผิวทางรวมทั้งหมด เท่ากับ 0.52, 0.50 และ 0.51 ตามลำดับ



ภาพที่ 32 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายของผิวทางโครงการระหว่างก่อสร้างปี 68

5. สรุปผล

หน่วยตรวจสอบและประเมินความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง ได้ดำเนินการทดสอบความเสียหายของผิวทางโครงการระหว่างก่อสร้างทางหลวงประจำปี 2568 จำนวน 30 โครงการฯ โดยบางโครงการฯ ได้ทดสอบทั้งผิวทางคอนกรีตและผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต รวมระยะทางทดสอบ 663 กม. แบ่งเป็น ผิวทางคอนกรีต 406 กม. จาก 19 โครงการฯ และผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต 257 กม. จาก 14 โครงการฯ ด้วยเครื่องมือทดสอบความเสียหายแบบต่อเนื่อง (Continuous Network Measurement Methods) ASFT T-10 และ Skiddometer BV11 VI โดยทำการทดสอบที่ความเร็ว 60 กม./ชม. ความหนาของฟิล์มน้ำ 1.0 มม.

ผลการทดสอบ พบว่า ผิวทางคอนกรีตของโครงการฯ ที่อยู่ในระหว่างการก่อสร้างปี 68 จากทั้ง 19 โครงการฯ มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย (μ) เฉลี่ย ต่ำสุด 0.36 สูงสุด 0.64 มีค่าเฉลี่ย (Mean) ทั้ง 19 โครงการฯ เท่ากับ 0.53 ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตของโครงการฯ ที่อยู่ในระหว่างการก่อสร้างปี 68 จากทั้ง 14 โครงการฯ มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายเฉลี่ย ต่ำสุด 0.36 สูงสุด 0.86 มีค่าเฉลี่ยทั้ง 14 โครงการฯ เท่ากับ 0.58

เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายเฉลี่ยทุก 10 ม. จำนวน 66,306 ข้อมูล จำแนกเป็นผิวทางคอนกรีต 40,528 ข้อมูล และผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต 25,778 ข้อมูล มาวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล พบว่า ผิวทางคอนกรีตมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 0.52 และค่าฐานนิยมเท่ากับ 0.50 ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 0.50 และค่าฐานนิยมเท่ากับ 0.47 และผิวทางรวมทั้งหมดมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 0.51 และค่าฐานนิยมเท่ากับ 0.49

เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายเฉลี่ยทุก 10 ม. ของทุกโครงการฯ จำนวน 66,306 ข้อมูล มาเรียงลำดับจากน้อยไปหามากเพื่อวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ พบ ผิวทางคอนกรีต ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต และผิวทางรวมทั้งหมด มีค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 เท่ากับ 0.52, 0.50 และ 0.51 ตามลำดับ

6. ปัญหาและอุปสรรค

6.1 เนื่องจากเป็นการทดสอบในโครงการฯ ที่อยู่ระหว่างการก่อสร้าง ผิวทางส่วนใหญ่จึงแล้วเสร็จพร้อมให้ทดสอบเป็นช่วง ๆ โดยจุดเริ่มต้นทดสอบมักจะมีค่าต่างระดับหรือเป็นช่วงเบี่ยงช่องจราจร ทำให้เครื่องมือทดสอบความเสียหายแบบต่อเนื่องที่วิ่งด้วยความเร็ว 60 กม./ชม. จำเป็นต้องเบรกที่บริเวณจุดเริ่มต้นเพื่อลดการกระแทกหรือเพื่อเบี่ยงเข้าสู่ช่องจราจร ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายในบริเวณดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะมีค่าสูงกว่าความเป็นจริง

6.2 มีอุปสรรคกีดขวางอยู่บนผิวทางในระหว่างการทดสอบ ทำให้จำเป็นต้องเบรกแล้วเบี่ยงหลบ ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายในบริเวณดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะมีค่าสูงกว่าความเป็นจริง

6.3 มีสิ่งปนเปื้อนอยู่บนผิวทาง เช่น คราบปูนจากการตัด Joint และเศษดินที่สะสมอยู่บนผิวทาง ซึ่งก่อตัวเป็นฟิล์มบาง ๆ ทำให้การยึดเกาะระหว่างล้อยางกับผิวทางลดลง ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานในบริเวณดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง

6.4 เนื่องจากเป็นการทดสอบในโครงการฯ ที่อยู่ระหว่างการก่อสร้าง หลักกิโลเมตรยังไม่เสร็จสมบูรณ์ และหลักสถานี (Station) บอกตำแหน่งมักจะสูญหาย ส่งผลให้ต้องใช้ระยะเวลาในการค้นหาและระบุจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดการทดสอบ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2565), รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของกระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2564
- [2] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2566), รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของกระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2565
- [3] สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2566), รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report) โครงการสำรวจความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุบนโครงข่ายทางหลวงสายหลักและพื้นที่จุดเสี่ยงอันตราย
- [4] Bera, T.K. Bhattacharya K. and Samantaray, A.K., (2011), Evaluation of Antilock Braking System with an Integrated Model of Full Vehicle System Dynamics
- [5] สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2565), รายงานขั้นกลาง (Interim Report) โครงการค่าสำรวจและประเมินสภาพโครงข่ายทางหลวง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้จ่ายงบประมาณบำรุงรักษาทางหลวงในระยะยาว ปี 2565
- [6] BMT Fleet Technology Limited (2010), Runway Friction Characteristics Measurement and Aircraft Braking (RuFAB): Volume 3 – Functional Friction
- [7] บริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด, บริษัท อินฟรา พลัส จำกัด (2568), รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) โครงการประยุกต์ใช้ค่าความสึกผิวเฉลี่ยของผิวทางในการทำนายสภาพลื่นของผิวถนนเพื่อการวางแผนซ่อมบำรุงที่เหมาะสม
- [8] สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2562), รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report) โครงการศึกษาประสิทธิภาพวัสดุต้านทานการลื่นไถลบนทางหลวง
- [9] อัครพัฒน์ สว่างสุรีย์, ธีรภัทร์ ศิริรัตนฉัตร, ดนัยณัฐ ถาวร, สุรนนท์ เยื้องยงค์ และอรรถพล หายทุกข์ (2565), รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report) การวิเคราะห์และประเมินสมรรถนะความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยาง