การจัดทำหลักเกณฑ์การประเมินความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง สำหรับการประเมินโครงการระหว่างก่อสร้าง ประจำปี พ.ศ. 2569

นายปรนิก จิตต์อารีกุล
วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ
นายพงศกร ทานาค
วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สำนักมาตรฐานและประเมินผล
นางสาวณณิชา ศุภางค์
วิศวกรโยธาชำนาญการ สำนักมาตรฐานและประเมินผล

บทคัดย่อ

ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง (Skid Resistance) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่องานก่อสร้างทางหลวงของกรมทางหลวง เป็นตัวควบคุมความสามารถของยางรถยนต์ในการยึดเกาะกับผิวทางในการเบรก การบังคับเลี้ยว และการเร่งความเร็วอย่างปลอดภัยโดยเฉพาะในสภาวะผิวทางเปียก ซึ่งมีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุที่มีสาเหตุเกี่ยวข้องกับถนนลื่นและฝนตก อย่างไรก็ตามที่ผ่านมากรมทางหลวงยังไม่มีการนำค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางมาใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจรับงานตามสัญญางานก่อสร้าง หรือกำหนดเป็นเกณฑ์ประเมินคุณภาพงานตั้งแต่ขั้นตอนระหว่างก่อสร้าง แม้การตรวจพบและแก้ไขจุดบกพร่องก่อนเปิดใช้งานจราจรมีส่วนช่วยประหยัดงบประมาณจากการซ่อมบำรุงภายหลังเปิดใช้งานอย่างมีนัยสำคัญ

จึงได้ดำเนินการจัดทำหลักเกณฑ์การให้คะแนนความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง สำหรับใช้ในการประเมินคุณภาพงานก่อสร้างของโครงการระหว่างก่อสร้างของกรมทางหลวง ด้วยการพิจารณาข้อมูลค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่ได้ตรวจวัดจริงกว่า 30 โครงการ ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มและความสอดคล้องกับเกณฑ์ระดับค่า μ ที่กรมทางหลวงได้กำหนดไว้ ตรวจสอบปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่า μ ที่วัดได้จากภาคสนามให้เป็นค่ามาตรฐานเทียบเท่าที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (FR_{60}) และพัฒนาสูตรคำนวณการให้คะแนนประเมินแบบเชิงเส้นเป็นช่วง เพื่อให้ได้หลักเกณฑ์การให้คะแนนความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่มีความโปร่งใส อ้างอิงหลักวิศวกรรมและข้อมูลเชิงประจักษ์ สามารถนำไปใช้ประเมินโครงการระหว่างก่อสร้างได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งได้นำไปใช้ประเมินโครงการระหว่างก่อสร้าง ประจำปี พ.ศ. 2568 รวม 30 โครงการ ระยะทางทดสอบ 663.10 กิโลเมตร จุดทดสอบ 68,966 จุด และ โครงการระหว่างก่อสร้าง ประจำปี พ.ศ. 2569 รวม 16 โครงการ ระยะทางทดสอบ 256.33 กิโลเมตร จุดทดสอบ 25,633 จุด พร้อมทั้งระบุช่วงที่ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขเพื่อแจ้งให้โครงการดำเนินการก่อนการเปิดใช้งานถนนต่อไป

สรุปผลการประเมินคะแนนตามหลักเกณฑ์การให้คะแนนความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางของโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 และปี พ.ศ. 2569 พร้อมตรวจสอบข้อมูลที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ระดับปรับปรุงแก้ไขเพื่อแจ้งให้โครงการดำเนินการตรวจสอบและแก้ไขก่อนการเปิดใช้งานถนนต่อไป โดยพบจุดที่มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ระดับปรับปรุงแก้ไขของ ปี พ.ศ. 2568 ทั้งสิ้น 2,104 จุด คิดเป็นระยะทางรวม 21.04 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.2 และปี พ.ศ. 2569 ทั้งสิ้น 2,037 จุด คิดเป็นระยะทางรวม 20.37 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.9 ตามลำดับ

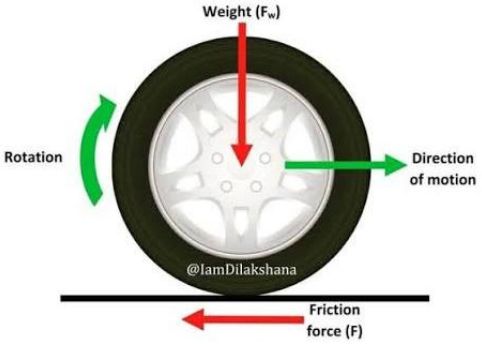
บทนำ

ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง (Skid Resistance) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่องานก่อสร้างทางหลวงของกรมทางหลวง เป็นตัวควบคุมความสามารถของยางรถยนต์ในการยึดเกาะกับผิวทางในการเบรก การบังคับเลี้ยว และการเร่งความเร็วอย่างปลอดภัยโดยเฉพาะในสภาวะผิวทางเปียก ซึ่งมีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุที่มีสาเหตุเกี่ยวข้องกับถนนลื่นและฝนตก โดยในปี พ.ศ. 2568 รายงานสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดจากถนนลื่นมีถึง 1,104 ครั้ง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 4 ของสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด ในการจัดการความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่มีประสิทธิภาพควรครอบคลุมตลอดวงจรของงานทาง ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ การควบคุมการผลิตและการควบคุมการก่อสร้าง ไปจนถึงการวางแผนบำรุงรักษาให้ค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยตลอดอายุการใช้งาน ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการลดอุบัติเหตุบนท้องถนนได้อย่างเป็นรูปธรรม อย่างไรก็ตามที่ผ่านมากรมทางหลวงยังไม่มีการนำค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางมาใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจรับงานตามสัญญางานก่อสร้าง หรือกำหนดเป็นเกณฑ์ประเมินคุณภาพงานตั้งแต่ขั้นตอนระหว่างก่อสร้าง แม้การตรวจพบและแก้ไขจุดบกพร่องก่อนเปิดใช้งานจราจรมีส่วนช่วยประหยัดงบประมาณจากการซ่อมบำรุงภายหลังเปิดใช้งานอย่างมีนัยสำคัญ เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพงานโครงการระหว่างก่อสร้างและการป้องกันเชิงรุก จึงจัดทำหลักเกณฑ์การให้คะแนนความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง สำหรับใช้ในการประเมินคุณภาพงานก่อสร้างของโครงการระหว่างก่อสร้างของกรมทางหลวงต่อไป

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

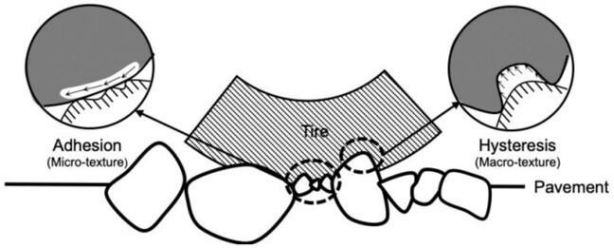
1.1 ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง (Skid Resistance) หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง เป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญ เพื่อให้ยางรถยนต์สามารถรักษาการสัมผัสกับผิวทางได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้การเบรก การบังคับเลี้ยว และการเร่งความเร็วเป็นไปอย่างปลอดภัย ในทางตรงกันข้าม หากความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางไม่เพียงพอ จะมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับการเกิดอุบัติเหตุจากสาเหตุถนนลื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะที่ผิวทางอยู่ในสภาพเปียก

ในทางวิศวกรรม ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง (Pavement Friction) หมายถึงแรงต้านทานการเคลื่อนไหวระหว่างยางล้อยานพาหนะกับผิวทาง ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อยางล้อยานพาหนะหมุนหรือไถลไปตามพื้นผิวถนน โดยแรงต้านทานดังกล่าวแสดงในรูปของค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง (Coefficient of Friction: μ) ตามความสัมพันธ์ดังสมการ $\mu = F/F_W$ โดยที่ F คือ แรงเสียดทานในแนวสัมผัส และ F_W คือ น้ำหนักของยานพาหนะที่กระทำกับล้อในแนวดิ่ง



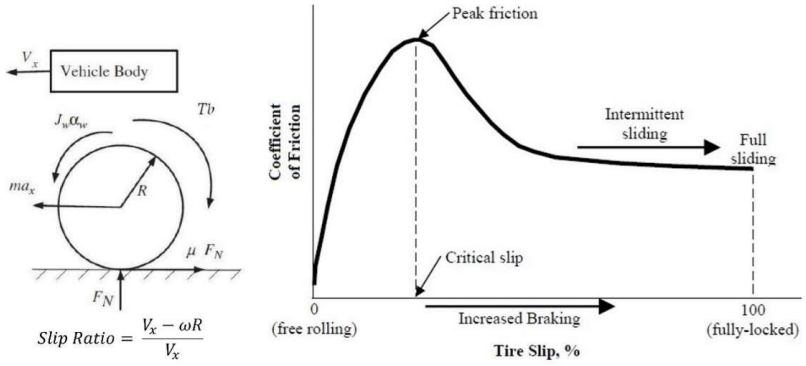
ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อล้อยานพาหนะขณะมีการเคลื่อนที่

แรงเสียดทานของผิวทาง (F) เกิดจากผลรวมของแรงสองส่วนหลัก คือ การยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุขนาดเล็กบนผิวทางกับยางล้อ (Adhesion) ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวละเอียด (Micro-texture) เป็นหลัก และแรงจากการสูญเสียพลังงานจากการเปลี่ยนรูปร่างของยางล้อขณะบีบอัดกับพื้นผิวถนน (Hysteresis) ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวหยาบ (Macro-texture) เป็นหลัก การเลือกวัสดุผิวทางและวิธีการก่อสร้างให้เหมาะกับสภาวะการใช้งานที่แตกต่างกันจึงมีความสำคัญ โดย Micro-texture มีอิทธิพลสูงต่อความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่ความเร็วต่ำ ในขณะที่ Macro-texture มีบทบาทสำคัญมากขึ้นเมื่อความเร็วของยานพาหนะเพิ่มสูงขึ้นและมีน้ำขังบนผิวทาง



ภาพที่ 2 ลักษณะพื้นผิวละเอียด (Micro-texture) และพื้นผิวหยาบ (Macro-texture) ของผิวทาง

ค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางไม่ใช่ค่าคงที่ แต่จะเปลี่ยนแปลงไปตามสัดส่วนของการไถลของยางล้อ (Slip Ratio) กล่าวคือ เมื่อเริ่มเหยียบเบรก ค่า μ จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่าสูงสุดเมื่อ Slip Ratio มีค่าประมาณร้อยละ 7-20 ซึ่งเป็นจุดวิกฤต (Critical Slip) หลังจากนั้นค่า μ จะลดลงไปจนถึงค่าที่เรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางขณะไถล (Coefficient of Sliding Friction) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อ Slip Ratio มีค่าเท่ากับร้อยละ 100 หรือเมื่อล้อหยุดหมุนสนิท (Fully-locked) ความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางสูงสุดกับค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางขณะไถลอาจสูงถึงร้อยละ 50 และความแตกต่างดังกล่าวจะยิ่งมากขึ้นเมื่อผิวทางอยู่ในสภาพเปียก



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางตามยาวของผิวทางกับสัดส่วนการไถลของยางล้อยานพาหนะ (Wheel Slip)

1.2 วิธีการทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะตามวิธีการทำงาน คือ การทดสอบแบบต่อเนื่อง (Continuous Network Measurement Method) และการทดสอบแบบจุด (Spot/Point Testing)

การทดสอบแบบต่อเนื่อง เป็นการนำอุปกรณ์วัดแรงเสียดทานมาติดตั้งบนยานพาหนะโดยตรงแล้วใช้ยานพาหนะลากเพื่อทำการวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางอย่างต่อเนื่องเป็นระยะทาง

ยาวตลอดแนวถนนด้วยความเร็วในการจราจรปกติ พร้อมบันทึกข้อมูลแบบ Real-time โดยไม่จำเป็นต้องปิดกั้นการจราจร เครื่องมือประเภทนี้แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทหลัก ได้แก่ Locked-wheel (ASTM E 274) Side-force (ASTM E 670) Fixed-slip (ASTM E 274) และ Variable-slip (ASTM E 1859)

การทดสอบแบบจุดเป็นการทดสอบ ณ ตำแหน่งเฉพาะหรือพื้นที่ขนาดเล็ก ซึ่งมักใช้งานด้วยมือหรือเคลื่อนย้ายได้ง่าย ทำการทดสอบได้อย่างรวดเร็วแต่ต้องปิดกั้นการจราจรขณะทดสอบ ตัวอย่างที่ใช้แพร่หลาย คือ British Pendulum Tester (BPT) ตามมาตรฐาน ASTM E 303 ซึ่งใช้หลักการเหวี่ยงแขนที่มีชิ้นยางทดสอบติดอยู่ให้สัมผัสกับผิวทาง แล้ววัดระดับพลังงานจลน์ที่สูญเสียไปกับแรงเสียดทาน ผลการทดสอบแสดงเป็นค่า British Pendulum Number (BPN)

ส่วนสำรวจและประเมินสภาพทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง ใช้เครื่องมือทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางแบบต่อเนื่อง 2 ชนิด ดังนี้

1.2.1 Airport Surface Friction Tester T-10 (ASFT T-10) เป็นเครื่องมือทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางแบบต่อเนื่อง ประกอบด้วยชุดเครื่องมือวัดแรงเสียดทานแบบ Fixed-slip ซึ่งติดตั้งอยู่ในรถพ่วงทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง มีการติดตั้งหัวฉีดน้ำบนล้อหน้าเพื่อฉีดพ่นน้ำให้พื้นผิวทางเปียก โดยมีความหนาของฟิล์มน้ำ (Water Film) เท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร ในขณะทำการทดสอบการวัดความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางใช้วิธีวัดจากแรงบิด (Torque) ของเพลาแกนล้อทดสอบด้วยอุปกรณ์ T-transducer โดยล้อทดสอบจะถูกกดด้วยระบบไฮดรอลิกให้มีน้ำหนักกดลงบนผิวทาง 140 กิโลกรัม และถูกหน่วงให้หมุนช้ากว่าการหมุนของเพลาล้อรถพ่วง (เพลาหลัก) ร้อยละ 13 ด้วยอัตราทดเกียร์ผ่านเฟืองและโซ่ตามมาตรฐาน ISO 8349 ยางทดสอบมี 2 แบบ คือ แบบผิวเรียบตามข้อกำหนด ASTM E 1551 และแบบมีดอกยางตามข้อกำหนด Pattern T49 โดยกรมทางหลวงใช้ยางแบบผิวเรียบในการทดสอบ ผลการวัดแสดงเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง μ และค่าความเร็วที่ได้จาก ASFT T-10 สามารถนำไปประมวลผลร่วมกับค่า MPD เพื่อแปลงเป็นค่าดัชนีความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางสากล (IFI) ต่อไป



ภาพที่ 4 Airport Surface Friction Tester T-10 (ASFT T-10)

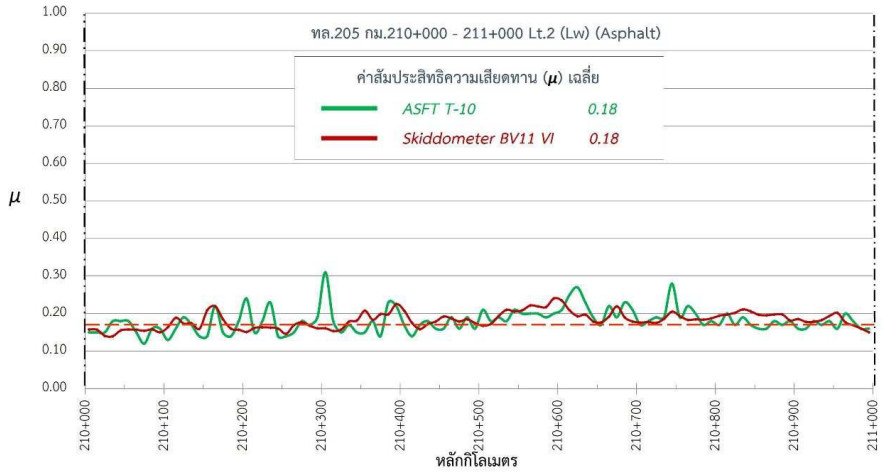
1.2.2 Skiddometer BV11 VI (Vehicle Integration) เป็นเครื่องมือทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางแบบต่อเนื่องแบบ Fixed-Slip ติดตั้งกับรถยนต์ พร้อมชุดระบบน้ำ หลักการวัดใช้ล้ออ้างอิง (Reference Wheels) ที่หมุนด้วยความเร็วเท่ากับตัวรถ และล้อทดสอบ (Measuring Wheel) ที่หมุนช้ากว่าร้อยละ 17 เนื่องจากถูกหน่วงด้วยอัตราทดเกียร์ผ่านเฟืองโซ่ แรงบิดที่เกิดขึ้นบนหัวดุมวัดจะถูกแปลง

เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง μ ผ่าน μ -Sensor ทั้งแบบ ณ เวลานั้นและแบบต่อเนื่องในลักษณะกราฟเส้น



ภาพที่ 5 Skiddometer BV11 VI

ในการทดสอบทั้งสองเครื่องมือทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่ความหนาของฟิล์มน้ำ 1.0 มิลลิเมตร เท่ากัน ได้มีการสอบเทียบ (Calibration) เพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องและความสอดคล้องกันของค่า μ ที่วัดได้จากทั้งสองเครื่องมือ โดยทำการวัดพร้อมกันในพื้นที่เดียวกัน ครอบคลุมทั้งผิวทางคอนกรีตและผิวทางแอสฟัลต์ ทั้งในพื้นที่ปิดการจราจรและสภาพการจราจรปกติ ได้ผลการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่า μ เฉลี่ยทุก 10 เมตร จำนวน 22 คู่พื้นที่ทดสอบ พบว่าค่าความแตกต่างสัมบูรณ์เฉลี่ยเพียง 0.04 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่า μ จากทั้งสองเครื่องมือมีความใกล้เคียงกันทั้งขนาดและตำแหน่งที่วัดได้ จึงสามารถใช้เครื่องมือทั้งสองชนิดทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางทดแทนกันได้ ส่งผลให้การกำหนดหลักเกณฑ์การให้คะแนนสามารถใช้ค่า μ (T10) เป็นดัชนีชี้วัดร่วมเพียงตัวเดียวได้ โดยไม่จำเป็นต้องแยกเกณฑ์ตามชนิดเครื่องมือ ดำเนินการทดสอบบนผิวทางเฉพาะร่องล้อซ้าย (Lw) ของช่องจราจรด้านในสุด (L1, R1) และช่องจราจรด้านนอกสุด



ภาพที่ 6 ตัวอย่างกราฟเปรียบเทียบค่า μ จาก ASFT T-10 และ Skiddometer BV11 VI



ภาพที่ 7 การดำเนินการทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง

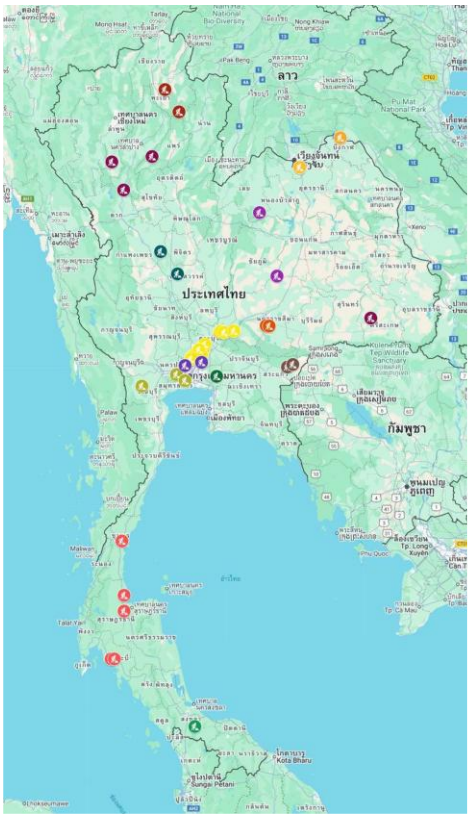
1.3 ค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่เหมาะสม ดัชนีที่ใช้อ้างอิงในงานด้านความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง ได้แก่ IFI μ (จากเครื่องมือ Fixed-slip เช่น T10) และ BPN (จาก British Pendulum) มีความสัมพันธ์เชิงเทียบเคียงกันได้ แต่ไม่ใช่ค่าเดียวกันเนื่องจากมาจากหลักการวัดที่ต่างกัน กล่าวคือ BPN วัดที่ความเร็วต่ำมาก เน้น Micro-texture เป็นหลัก ในขณะที่ μ และ IFI สะท้อนอิทธิพลของทั้ง Micro- และ Macro-texture ที่ความเร็วทดสอบสูงกว่า) สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง ได้กำหนดเกณฑ์ค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย อ้างอิงผลการศึกษาของกรมทางหลวงในโครงการศึกษา วิจัย และวิเคราะห์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางเพื่อพัฒนาดัชนีชี้วัดและยกระดับด้านความปลอดภัยงานทาง ของกรมทางหลวง (พ.ศ. 2560) ซึ่งได้จำแนกเกณฑ์การเฝ้าระวังการเสื่อมสภาพของผิวทางออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ ระดับพึงระวัง (Investigatory Level) หมายถึง ระดับค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่เริ่มมีอัตราลดลงอย่างรวดเร็วอย่างมีนัยสำคัญ เป็นสายทางที่ควรให้ความระมัดระวังและอาจติดตั้งป้ายเตือนแก่ผู้ใช้ทาง และระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level) หมายถึง ระดับค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่แสดงว่าสายทางบริเวณนั้นควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างเร่งด่วน

ตารางที่ 1 สรุปเกณฑ์ระดับพึงระวังและระดับปรับปรุงแก้ไขของกรมทางหลวง

เกณฑ์ระดับ	IFI	μ (T10)	BPN
ค่าระดับพึงระวัง (Investigatory Level)	0.32	0.43	42
ค่าระดับปรับปรุงแก้ไข (Intervention Level)	0.25	0.29	30

2. หลักการและเหตุผล

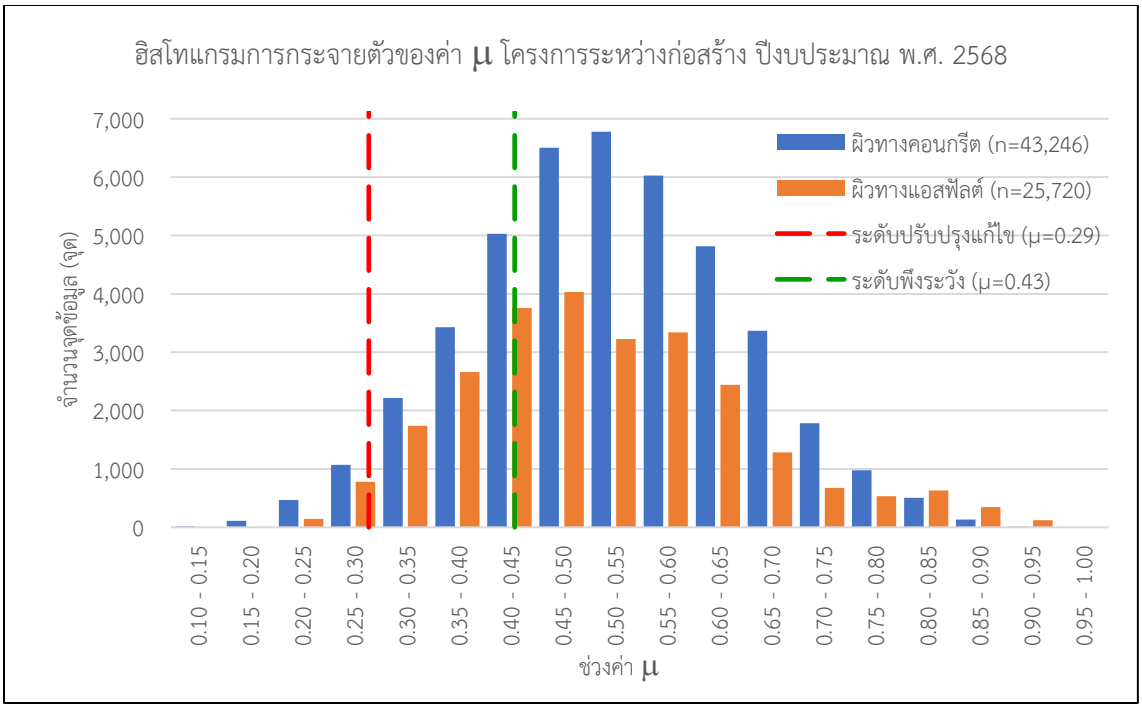
2.1 การศึกษาข้อมูลในอดีต จากข้อมูลผลการทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางของโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 จำนวน 30 โครงการ รวมระยะทางทดสอบ 663 กิโลเมตร แบ่งเป็นผิวทางคอนกรีต 406 กิโลเมตร และผิวทางแอสฟัลต์ 257 กิโลเมตร รวมข้อมูลค่า μ เฉลี่ยทุก 10 เมตร ทั้งสิ้น 68,966 จุดข้อมูล แบ่งเป็นผิวทางคอนกรีต 43,246 จุด และผิวทางแอสฟัลต์ 25,720 จุด



ลำดับที่	หมายเลขทางหลวง	ชื่อสายทาง	กม.เริ่มต้น – กม.สิ้นสุดที่ทำการทดสอบ
1	24	แยกปักธงชัย - แยกโชคชัย ตอน 1	39+500 – 45+500
2	24	แยกปักธงชัย - แยกโชคชัย ตอน 2	45+500 – 51+350
3	1	แม่เชียงรายบน - ดอนไชย	583+216 – 593+569
4	106	บ.แม่ป่าไผ่ - ต.แม่ต๋ัน	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	สามแยกปลาสิงห์ - อ.เหนือคลอง ตอน 1	970+108 – 977+625
12	4	สามแยกปลาสิงห์ - อ.เหนือคลอง ตอน 2	977+625 – 984+544
13		ทางเลี่ยงเมืองหนองคาย (ด้านตะวันออก) ตอน 1	502+000 – 507+750 0+000 – 1+525
14	3208	เขาวัง – เหมืองฝาปกค้างคาว 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.คอปล้อง - 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.สันต้นแหน	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
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 - คลองเจ็ก	0+000 – 6+800
29	305 - 352	ปรับปรุงทางแยกต่างระดับทาง ทล.305 ตัดกับ ทล.352	14+767 – 15+554
30	42	บ.คลองแงะ – จุดผ่านแดนถาวรสุไหงโก-ลก ตอน บ.โต๊นนท์ - บ.ลำชิง	15+000 – 25+720

ภาพที่ 8 โครงการระหว่างก่อสร้างประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 ที่ทำการทดสอบ

เมื่อนำค่า μ มาวิเคราะห์การกระจายตัวตามช่วงความห่างของค่า μ ที่ 0.05 ดังแสดงในภาพที่ 9 พบว่าผิวทางคอนกรีตมีค่ามัธยฐาน (Median) 0.520 และค่าฐานนิยม (Mode) อยู่ในช่วง 0.50-0.55 ส่วนผิวทางแอสฟัลต์มีค่ามัธยฐาน 0.496 และค่าฐานนิยมอยู่ในช่วง 0.45-0.50 และยังพบว่าค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 50 (P50) ของผิวทางคอนกรีต ผิวทางแอสฟัลต์ และผิวทางรวมทั้งหมด เท่ากับ 0.520, 0.496 และ 0.511 ตามลำดับ เมื่อนำค่าเกณฑ์ระดับพึงระวังและระดับปรับปรุงแก้ไขของกรมทางหลวง (μ = 0.43 และ 0.29 ตามลำดับ) มาเทียบกับการกระจายตัวของข้อมูลปี พ.ศ. 2568 พบว่ามีสัดส่วนจุดข้อมูลเพียงร้อยละ 3.05 เท่านั้นที่มีค่าต่ำกว่าระดับปรับปรุงแก้ไข ในขณะที่มีสัดส่วนจุดข้อมูลสูงถึงร้อยละ 74.41 ที่มีค่าเท่ากับหรือสูงกว่าระดับพึงระวัง ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 22.53 อยู่ในช่วงกึ่งกลางระหว่างสองเกณฑ์ ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับทฤษฎีกระบวนการขัดมัน (Polishing Process) กล่าวคือ ผิวทางที่เพิ่งก่อสร้างเสร็จใหม่และยังไม่ผ่านการใช้งานจริง (Pre-traffic) ย่อมมีค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางตั้งต้นสูงกว่าผิวทางเก่าที่ผ่านการใช้งานและเสื่อมสภาพมาแล้ว



ภาพที่ 9 ฮิสโตแกรมการกระจายตัวของค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง (μ)

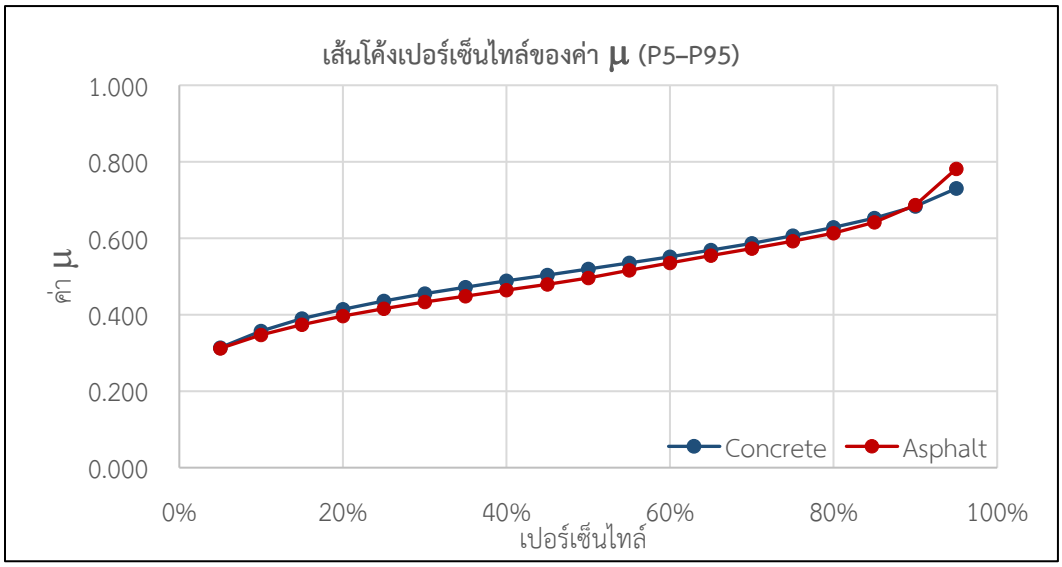
ตารางที่ 2 ตารางสรุปผลค่า μ จำแนกตามประเภทผิวทาง

รายการ	ผิวทางคอนกรีต	ผิวทางแอสฟัลต์	ค่าเฉลี่ยรวม
ค่าเฉลี่ย (Mean)	0.521	0.512	0.517
ค่าต่ำสุด (Min)	0.111	0.127	0.111
ค่าสูงสุด (Max)	0.988	0.948	0.988
ค่ามัธยฐาน (Median)	0.520	0.496	0.511
ค่าฐานนิยม (Mode) ช่วงชั้น 0.05	0.50 - 0.55	0.45 - 0.50	0.45 - 0.50
เปอร์เซ็นไทล์ที่ 10 (P10)	0.357	0.347	0.353
เปอร์เซ็นไทล์ที่ 50 (P50)	0.520	0.496	0.511
เปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 (P90)	0.683	0.687	0.684

2.2 การเลือกใช้ค่า μ ในการให้คะแนนโครงการระหว่างก่อสร้าง โดยพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ข้อจำกัดด้านอุปกรณ์ตรวจวัดในทางปฏิบัติ โดยเครื่องมือเลเซอร์โปรไฟล์ (Laser Profiler) ที่สามารถวัดข้อมูลค่าความลึกผิวทางเฉลี่ย (MPD) ไม่มีพร้อมใช้งานในทุกโครงการก่อสร้าง จึงเป็นอุปสรรคต่อการคำนวณค่า IFI แบบเต็มรูปแบบที่จำเป็นต้องมีค่า MPD ในการคำนวณ ในส่วนของความน่าเชื่อถือของค่า μ จากเครื่องมือทดสอบ ASFT T-10 กับ Skiddometer BV11 VI จากผลการสอบเทียบ (Calibration) พบว่าค่า μ จากทั้งสองเครื่องมือมีความสอดคล้องกันสูง มีความคลาดเคลื่อนต่ำจากผลต่างสัมบูรณ์เฉลี่ยเพียง 0.04 จาก 22 คู่พื้นที่ทดสอบ จึงสามารถใช้ค่า μ เป็นดัชนีร่วมได้ และเมื่อพิจารณาความสอดคล้องกับเกณฑ์ของกรมทางหลวง เกณฑ์ระดับพึงระวังและระดับปรับปรุงแก้ไขที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบใช้อ้างอิงมีค่าทั้งในรูปแบบ IFI, μ และ BPN อยู่แล้ว

2.3 การใช้ค่า μ ของผิวทางคอนกรีตและผิวทางแอสฟัลต์แทนกัน จากผลการทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางของโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 นำค่า μ ของ

ผิวทางคอนกรีตและผิวทางแอสฟัลต์ มาวิเคราะห์แนวโน้มค่าเปอร์เซ็นไทล์ดังแสดงในภาพที่ 10 พบว่าแนวโน้มของค่า μ ของผิวทางทั้งสองนั้นเป็นไปในแนวทางเดียวกันและมีค่าใกล้เคียงกัน พร้อมทำการเปรียบเทียบเชิงสถิติดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่ามีผลต่างในเชิงสถิติต่ำมาก และทำการทดสอบความสมมูล (TOST) ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าช่วงความเชื่อมั่น 95% ของผลต่างอยู่ที่ 0.007-0.011 ซึ่งอยู่ภายในขอบเขตยอมรับ ±0.05 จึงสรุปได้ว่าค่า μ ของผิวทางทั้งสองประเภทมีความสมมูลกัน มีความใกล้เคียงกันมาก และรองรับการใช้แทนกันได้



ภาพที่ 10 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ค่า μ ของผิวทางทั้งสองประเภท

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบเชิงสถิติ

รายการ	ผิวทางคอนกรีต	ผิวทางแอสฟัลต์	ผลต่าง
ค่าเฉลี่ย (Mean)	0.521	0.512	0.009
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	0.126	0.135	-0.009
สัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV)	24.1%	26.4%	-2.3%
ค่ามัธยฐาน (Median / P50)	0.520	0.496	0.023
เปอร์เซ็นไทล์ที่ 10 (P10)	0.357	0.347	0.010
เปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 (P90)	0.683	0.687	-0.004
สัมประสิทธิ์การแปรผัน (CV)	24.1%	26.4%	-2.3%

ตารางที่ 4 การทดสอบความสมมูล (TOST)

รายการ	ค่า	คำอธิบาย
ผลต่างค่าเฉลี่ย	0.0093	ต่างกันน้อยมากในเชิงวิศวกรรม
ผลต่างเชิงสัมพัทธ์	1.8%	
ขนาดอิทธิพล (Cohen's d)	0.072	ต่ำกว่า 0.2 คือ ต่างกันในทางปฏิบัติน้อยมาก
ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของผลต่าง (ล่าง)	0.0072	
ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของผลต่าง (บน)	0.0113	
ขอบเขตยอมรับความสมมูล	±0.050	ค่า μ ที่ต่างกันน้อยกว่านี้ถือว่าไม่มีนัย
สรุปการทดสอบความสมมูล (TOST)	**สมมูล**	ช่วงความเชื่อมั่น 95% อยู่ภายใน ±0.05

3. การเตรียมความพร้อมของผลทดสอบก่อนการประเมิน

3.1 ผลทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางของโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 จำนวน 30 โครงการ รวมระยะทางทดสอบ 663 กิโลเมตร และจุดทดสอบ 68,966 จุด ดังแสดงในตารางที่ 5 และผลทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางของโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 จำนวน 16 โครงการ ระยะทางทดสอบ 256 กิโลเมตร จุดทดสอบ 25,633 จุด ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 สายทางทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง
โครงการระหว่างก่อสร้างประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568

ลำดับ	ชื่อโครงการ	ช่วง กม. ที่ทำการทดสอบ	
		เริ่มต้น	สิ้นสุด
1	ทล.24 แยกปักธงชัย - แยกโชคชัย ตอน 1	39+500	45+500
2	ทล.24 แยกปักธงชัย - แยกโชคชัย ตอน 2	45+500	51+350
3	ทล.1 แม่เชียงรายบน - ดอนไชย	583+216	593+569
4	ทล.106 บ.แม่ป่าไผ่ - ต.แม่ตื่น	154+491	168+391
5	ทล.3395 บ.ช่องกุ่ม - บ.โคคลาน ตอน 1	86+000	100+000
6	ทล.3395 บ.ช่องกุ่ม - บ.โคคลาน ตอน 2	100+000	114+000
7	ทล.365 ทางเลี่ยงเมืองฉะเชิงเทราด้านเหนือ	1+106	5+009
8	ทล.41 อ.ไชยา - อ.บ้านนาเดิม (เป็นตอนๆ) ตอน 1	127+000	137+000
9	ทล.41 อ.ไชยา - อ.บ้านนาเดิม (เป็นตอนๆ) ตอน 3	157+000	195+000
10	ทล.4114 แยก ทล.41 (สมอทอง) - ชายทะเล	3+720	5+300
11	ทล.4 สามแยกปลาลัง - อ.เหนือคลอง ตอน 1	970+108	977+625
12	ทล.4 สามแยกปลาลัง - อ.เหนือคลอง ตอน 2	977+625	984+544
13	ทางเลี่ยงเมืองหนองคาย (ด้านตะวันออก) ตอน 1	502+000 – 507+750	0+000 – 1+525
14	ทล.3208 เขาวัง – เหมืองผาปกค้างคาว ตอน 2	25+656	40+656
15	ทล.338 สะพานข้ามแม่น้ำนครชัยศรี (ทางคู่ขนาน)	25+150	28+670
16	ทล.9 วงแหวนรอบนอก (ด้านตะวันตก) ช่วงพระประแดง - บางแค	15+217	21+803
17	ทล.1074 บ.คอปล้อง - บ.บึงบ้าน	30+175	41+650
18	ทางเลี่ยงเมืองนครสวรรค์ ด้านตะวันออก ตอน แยก ทล. 117 - บรรจบ ทล. 225 ตอน 4	11+200	15+267
19	ทล.1202 พะเยา - บ.สันต้นแหน	8+500	37+782
20	ทล.1020 โป่งเกลือ - บ้านปล้อง - ชมภู (เชียงราย)	53+600	56+200
21	ทล.6 บางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 18	72+328	74+300
22	ทล.6 บางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 19	74+300	77+000
23	ทล.6 บางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 21	82+500	86+000
24	ทล.6 บางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 23 (รวมทางแยกต่างระดับปากช่อง)	102+000	110+900
25	ทล.6 บางปะอิน - สระบุรี – นครราชสีมา ตอน 5	15+000	27+500

ลำดับ	ชื่อโครงการ	ช่วง กม. ที่ทำการทดสอบ	
		เริ่มต้น	สิ้นสุด
26	ทล.6 บางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 1 (รวมทางแยกต่างระดับบางปะอิน 2)	0+000	7+332
27	ทล.6 บางปะอิน - สระบุรี - นครราชสีมา ตอน 4 (รวมทางแยกต่างระดับวังน้อย)	9+008	15+000
28	ทล.340 แยกบางบัวทอง - คลองเจ็ก	0+000	6+800
29	ทล.305 - ทล.352 ปรับปรุงทางแยกต่างระดับทาง ทล.305 ตัดกับ ทล.352	14+767	15+554
30	ทล.42 บ.คลองแงะ – จุดผ่านแดนถาวรสุไหงโก-ลก ตอน บ.โต๊นนท์ - บ.ลำชิง	15+000	25+720

ตารางที่ 6 สายทางทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง
โครงการระหว่างก่อสร้างประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569

ลำดับ	ชื่อโครงการ	ช่วง กม. ที่ทำการทดสอบ	
		เริ่มต้น	สิ้นสุด
1	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 101 สายน่าน - อ.เฉลิมพระเกียรติ ตอน บ.ปอน - อ.เฉลิมพระเกียรติ ตอน 1	471+955	490+200
2	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 101 สายน่าน - อ.เฉลิมพระเกียรติ ตอน บ.ปอน - อ.เฉลิมพระเกียรติ ตอน 2	490+200	505+200
3	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3206 และ 3510 สาย บ.ห้วยยางโทน - ทางแยกเข้าอำเภอหนองหญ้าปล้อง ตอน 2	3+700	11+500
4	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4 สาย บ.ห้วยยาง - อ.บางสะพาน	336+570	381+425
5	ก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 118 สาย เชียงใหม่ - เชียงราย ตอน อ.แม่สรวย - บรรจบทางหลวงหมายเลข 1 ตอน 3	154+000	158+400
6	ก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 118 สาย เชียงใหม่ - เชียงราย ตอน อ.แม่สรวย - บรรจบทางหลวงหมายเลข 1 ตอน 1	141+000	146+420
7	ก่อสร้างทางแยกต่างระดับจุดตัดทางหลวงหมายเลข 121 ตัดทางหลวงหมายเลข 1317 (แยกสันกลาง)	12+500	12+700
8	โครงการก่อสร้างปรับปรุงทางแยกจุดตัดทางหลวงหมายเลข 117 ตัดทางหลวงหมายเลข 122 ตัดทางหลวงหมายเลข 225 (ทางเลี่ยงเมืองนครสวรรค์) ตอน 1	0+800	2+700
9	โครงการก่อสร้างปรับปรุงทางแยกจุดตัดทางหลวงหมายเลข 117 ตัดทางหลวงหมายเลข 122 ตัดทางหลวงหมายเลข 225 (ทางเลี่ยงเมืองนครสวรรค์) ตอน 2	11+700	14+400
10	โครงการก่อสร้างทางขนานทางหลวงหมายเลข 32 สาย โพนางดำออก - ท่าฉนวน ตอน บ.วัดมะปราง - บ.บางตาเถร	0+000	115+000
11	โครงการก่อสร้างสะพานข้ามแม่น้ำบางปะกง สาย บ.บางควาย - บ.เขาดิน ทล.3702	47+000	48+700

ลำดับ	ชื่อโครงการ	ช่วง กม. ที่ทำการทดสอบ	
		เริ่มต้น	สิ้นสุด
12	โครงการก่อสร้างสะพานกลับรถบนทางหลวงหมายเลข 34 ขาเข้า และขาออก (บริเวณ คลองหอมศีล)	34+000	34+650
13	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 42 สาย บ.คลองแงะ - จุดผ่านแดนถาวรสุไหงโก-ลก ตอน บ.โต๊นนท์ - บ.ลำชิง	15+000	25+720
14	โครงการก่อสร้างทางแยกต่างระดับจุดตัดทางหลวงหมายเลข 4 กับทางหลวงหมายเลข 406 (แยกคูหา)	1227+050	1230+300
15	โครงการก่อสร้างจุดตัดทางแยกบนทางหลวงหมายเลข 3 แยกบางพระ - คลองสุครีบ	40+281	115+150
16	โครงการก่อสร้างทางลอดจุดตัดทางหลวงหมายเลข 2 ตัดถนนช้างเผือก ตัดถนนสิริราชธานี (แยกประโดก)	149+750	150+825

3.2 การปรับปรุงค่า μ ที่ได้จากการทดสอบให้มีความเป็นมาตรฐานเดียวกัน ด้วยการแปลงเป็นค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (FR_{60}) เนื่องจากเครื่องมือทดสอบในทางปฏิบัติจริงไม่สามารถวิ่งด้วยความเร็วคงที่ตลอดระยะเวลาทดสอบ โดยมาตรฐาน ASTM E1960 ได้กำหนดกรอบสมการมาตรฐานสำหรับดัชนีความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางสากล (International Friction Index: IFI) ไว้ 3 สมการหลัก ดังนี้

ความเร็วคงที่ $= S_p = a + (b \times T_x)$

ความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่ความเร็ว 60 กม./ชม. $= FR_{60} = FR \times e^{[(S-60)/S_p]}$

ดัชนีความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางสากล IFI $= F_{60} = A + (B \times FR_{60}) + (C + T_x)$

โดย a, b, A, B, C คือค่าคงที่ของแต่ละเครื่องมือ

และ T_x คือค่าเฉลี่ยความลึกของพื้นผิว (MPD)

เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือทดสอบ ในการคำนวณค่า S_p กรณีที่มีข้อมูล MPD จากเครื่องมือเลเซอร์โปรไฟล์ จะคำนวณค่า S_p ตามความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่า MPD ดังสมการ $S_p = 14.2 + (89.7 \times MPD)$ ในกรณีนี้จะสามารถหาค่า IFI ได้โดยการแทนค่าคงที่ของเครื่องมือ ASFT T-10 และค่า MPD หรือ T_x ตามสมการ $F_{60} = 0.082 + (0.910 \times FR_{60}) + T_x$ ส่วนในกรณีที่ไม่มีข้อมูล MPD จะใช้ค่า S_p คงที่ ซึ่งคำนวณจากค่า MPD เฉลี่ยจากกลุ่มโครงการที่มีลักษณะผิวทางประเภทเดียวกันแทนค่าในสมการเดียวกัน เช่น การกำหนดค่า MPD = 1.24 มิลลิเมตร สำหรับผิวทางแอสฟัลต์ จากกลุ่มอ้างอิงของสายทางที่มีผิวทางประเภทเดียวกันและเป็นสายทางของกรมทางหลวง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวเป็นแนวทางการประมาณค่าอย่างมีหลักการ เพื่อไม่ให้ข้อจำกัดด้านอุปกรณ์เป็นอุปสรรคต่อการวิเคราะห์ในภาพรวม และเมื่อได้ค่า S_p แล้ว จึงนำมาแทนค่าในสมการปรับความเร็ว (Speed Normalization) เพื่อคำนวณค่า FR_{60} สำหรับใช้ในการให้คะแนนต่อไป

ROAD FRICTION DATA

ออกปฏิบัติงานระหว่าง 9 ต.ค. 2569 - 6 มี.ค.2569 โดย

Route	Name	Distance Km.	Distance Km.	Speed	μ	MPD	Sp	FR60
101	ก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 101 สาย น่าน - อ.เฉลิมพระ	471+955	471+965	46	0.37	1.24	125.43	0.33
L1(LW)	ดอน บ.ปอน - อ.เฉลิมพระเกียรติ ตอน 1 (ปี2566)	471+965	471+975	47	0.38	1.24	125.43	0.34
		471+975	471+985	47	0.40	1.24	125.43	0.36
		471+985	471+995	46	0.42	1.24	125.43	0.37
		471+995	472+005	46	0.42	1.24	125.43	0.37
		472+005	472+015	44	0.42	1.24	125.43	0.37
		472+015	472+025	43	0.42	1.24	125.43	0.37
		472+025	472+035	42	0.43	1.24	125.43	0.37
		472+035	472+045	42	0.42	1.24	125.43	0.36
		472+045	472+055	41	0.39	1.24	125.43	0.34
		472+055	472+065	41	0.41	1.24	125.43	0.35
		472+065	472+075	41	0.41	1.24	125.43	0.35
		472+075	472+085	42	0.37	1.24	125.43	0.32
		472+085	472+095	42	0.35	1.24	125.43	0.31
		472+095	472+105	43	0.35	1.24	125.43	0.30
		472+105	472+115	43	0.34	1.24	125.43	0.30
		472+115	472+125	44	0.33	1.24	125.43	0.29
		472+125	472+135	44	0.34	1.24	125.43	0.30
		472+135	472+145	44	0.34	1.24	125.43	0.30
		472+145	472+155	45	0.33	1.24	125.43	0.29
		472+155	472+165	45	0.32	1.24	125.43	0.28
		472+165	472+175	46	0.31	1.24	125.43	0.28
		472+175	472+185	47	0.30	1.24	125.43	0.27
		472+185	472+195	48	0.30	1.24	125.43	0.28
		472+195	472+205	49	0.32	1.24	125.43	0.29
		472+205	472+215	50	0.31	1.24	125.43	0.29
		472+215	472+225	51	0.30	1.24	125.43	0.28
		472+225	472+235	51	0.29	1.24	125.43	0.27
		472+235	472+245	52	0.28	1.24	125.43	0.27
		472+245	472+255	53	0.27	1.24	125.43	0.25
		472+255	472+265	54	0.30	1.24	125.43	0.28
		472+265	472+275	54	0.31	1.24	125.43	0.30
		472+275	472+285	54	0.31	1.24	125.43	0.29
		472+285	472+295	54	0.27	1.24	125.43	0.26
		472+295	472+305	53	0.27	1.24	125.43	0.25
		472+305	472+315	53	0.43	1.24	125.43	0.41
		472+315	472+325	53	0.50	1.24	125.43	0.48
		472+325	472+335	52	0.49	1.24	125.43	0.46
		472+335	472+345	52	0.52	1.24	125.43	0.49
		472+345	472+355	51	0.57	1.24	125.43	0.53
		472+355	472+365	51	0.57	1.24	125.43	0.53
		472+365	472+375	50	0.46	1.24	125.43	0.42

ROAD FRICTION DATA

วันที่ทดสอบ 1 พฤษภาคม 2569

Route	Name	Distance Km.	Distance Km.	Speed	μ	MPD	Sp	FR60	IFI
4	ก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4	337+900	337+890	53	0.32	3.94	367.93	0.31	0.37
R1(LW)	สาย บ.ห้วยยาง - อ.บางสะพาน(ปี2566)	337+890	337+880	58	0.37	1.96	190.42	0.37	0.42
		337+880	337+870	58	0.31	2.09	201.63	0.31	0.36
		337+870	337+860	58	0.30	1.93	187.68	0.30	0.35
		337+860	337+850	58	0.31	1.75	171.13	0.31	0.36
		337+850	337+840	58	0.31	2.00	193.33	0.31	0.36
		337+840	337+830	58	0.29	2.00	193.69	0.29	0.34
		337+830	337+820	59	0.30	1.75	170.77	0.30	0.35
		337+820	337+810	59	0.29	1.67	164.09	0.29	0.34
		337+810	337+800	59	0.24	1.60	157.81	0.24	0.30
		337+800	337+790	59	0.27	1.62	159.83	0.27	0.33
		337+790	337+780	60	0.26	1.65	161.85	0.26	0.32
		337+780	337+770	60	0.34	1.64	161.67	0.34	0.39
		337+770	337+760	60	0.34	2.13	204.90	0.34	0.39
		337+760	337+750	60	0.25	1.84	179.43	0.25	0.31
		337+750	337+740	61	0.28	1.90	184.76	0.28	0.34
		337+740	337+730	61	0.25	2.17	208.76	0.25	0.31
		337+730	337+720	61	0.25	1.99	192.66	0.25	0.31
		337+720	337+710	61	0.26	2.03	196.60	0.26	0.32
		337+710	337+700	61	0.28	2.18	209.84	0.28	0.34
		337+700	337+690	61	0.32	1.86	180.73	0.32	0.37
		337+690	337+680	61	0.30	2.18	210.15	0.30	0.36
		337+680	337+670	61	0.27	1.83	178.22	0.27	0.33
		337+670	337+660	61	0.26	1.89	183.73	0.26	0.32
		337+660	337+650	62	0.26	1.74	170.46	0.26	0.32
		337+650	337+640	62	0.29	1.96	190.24	0.29	0.35
		337+640	337+630	62	0.28	1.56	153.73	0.28	0.34
		337+630	337+620	62	0.28	2.07	199.97	0.28	0.34
		337+620	337+610	62	0.25	1.93	187.50	0.25	0.31
		337+610	337+600	62	0.29	2.18	209.75	0.29	0.35
		337+600	337+590	62	0.31	2.24	214.72	0.31	0.37
		337+590	337+580	62	0.32	2.47	235.71	0.32	0.38
		337+580	337+570	62	0.32	2.28	218.36	0.32	0.38
		337+570	337+560	62	0.35	2.22	213.38	0.35	0.40
		337+560	337+550	62	0.34	2.43	231.95	0.34	0.39
		337+550	337+540	62	0.32	2.06	198.80	0.32	0.38
		337+540	337+530	62	0.32	1.98	191.72	0.32	0.38
		337+530	337+520	62	0.30	2.03	195.89	0.30	0.36
		337+520	337+510	61	0.35	1.92	186.20	0.35	0.40
		337+510	337+500	61	0.33	2.02	195.39	0.33	0.38
		337+500	337+490	61	0.34	1.74	170.05	0.34	0.39
		337+490	337+480	61	0.31	1.87	181.54	0.31	0.37

ภาพที่ 11 ตัวอย่างการคำนวณค่า FR_{60} จากผลการทดสอบที่วัดได้จากเครื่องมือ

3.3 การตัดค่าสุดขั้ว (Outlier) ที่เกิดจากความผิดปกติจากการทดสอบของเครื่องมือ โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM E274 ASTM E1960 และ PIARC ซึ่งกำหนดว่าค่า μ ต้องอยู่ในช่วง 0.10 ถึง 1.00 เนื่องจากค่าที่สูงกว่า 1.00 เกินขีดจำกัดทางทฤษฎีของแรงเสียดทานยางหรือผิวทาง มักเกิดจากความผิดพลาดของเครื่องมือหรือฟิล์มน้ำ ส่วนค่าที่ต่ำกว่า 0.10 นั้นจะต่ำกว่าขอบเขตที่เครื่องมือวัดได้เชื่อถือได้ บ่งชี้การสูญเสียการสัมผัสของล้อทดสอบ โดยจากผลการทดสอบมีค่าสุดขั้วปรากฏในผลทดสอบ ประจำปี พ.ศ. 2569 เท่านั้น ซึ่งมีการตัดข้อมูลออก 10 จุด คิดเป็นร้อยละ 0.03

4. หลักเกณฑ์การประเมิน

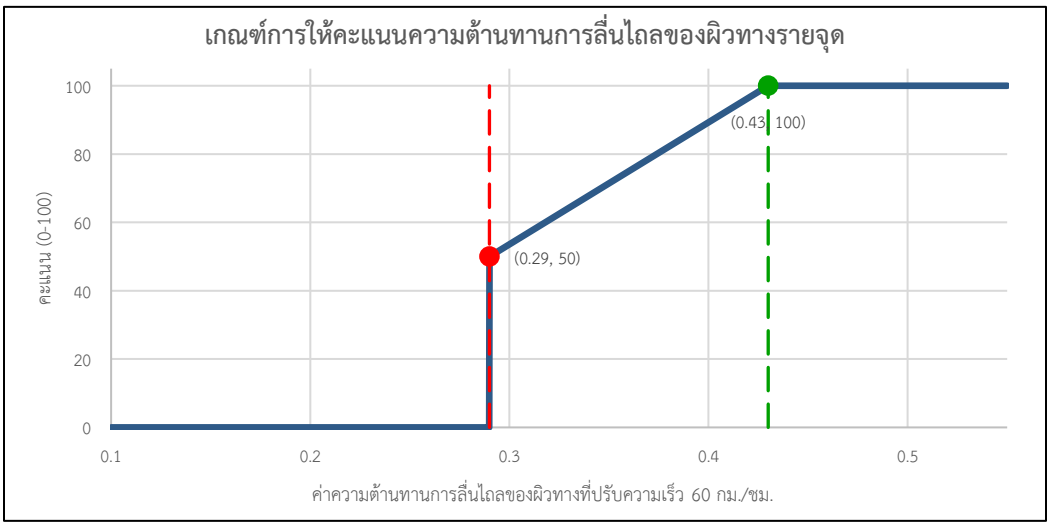
การกำหนดหลักเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับการประเมินโครงการระหว่างก่อสร้าง ประจำปี พ.ศ. 2569 โดยการให้คะแนนความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางรายจุด FR_{60}หรือค่า μ ที่ได้ทำการปรับเป็นค่ามาตรฐานที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมงแล้ว จากการตรวจวัดทุกระยะ 10 เมตร เทียบกับเกณฑ์ระดับพึงระวัง (0.43) และระดับปรับปรุงแก้ไข (0.29) ของสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ โดยกำหนดสูตรคำนวณคะแนนแบบ Piecewise Linear ดังสมการ

คะแนน = 100 เมื่อ $FR_{60} \geq 0.43$

คะแนน = $50 + [(FR_{60} - 0.29)/0.14] \times 50$ เมื่อ $0.29 \leq FR_{60} < 0.43$

คะแนน = 0 เมื่อ $FR_{60} < 0.29$

โดยคะแนนรวมของแต่ละโครงการจะคำนวณจากค่าเฉลี่ยของคะแนนรายจุดทั้งหมดในโครงการนั้นตามระยะทางตัวแทนที่ได้ทำการทดสอบมา เนื่องจากระยะห่างการตรวจวัดที่คงที่ทุก 10 เมตร ทำให้แต่ละจุดข้อมูลมีน้ำหนักเท่ากันโดยธรรมชาติ จึงไม่จำเป็นต้องถ่วงน้ำหนักเพิ่มเติมตามระยะทาง ลักษณะของสมการคะแนนแสดงเป็นกราฟได้ดังภาพที่ 12

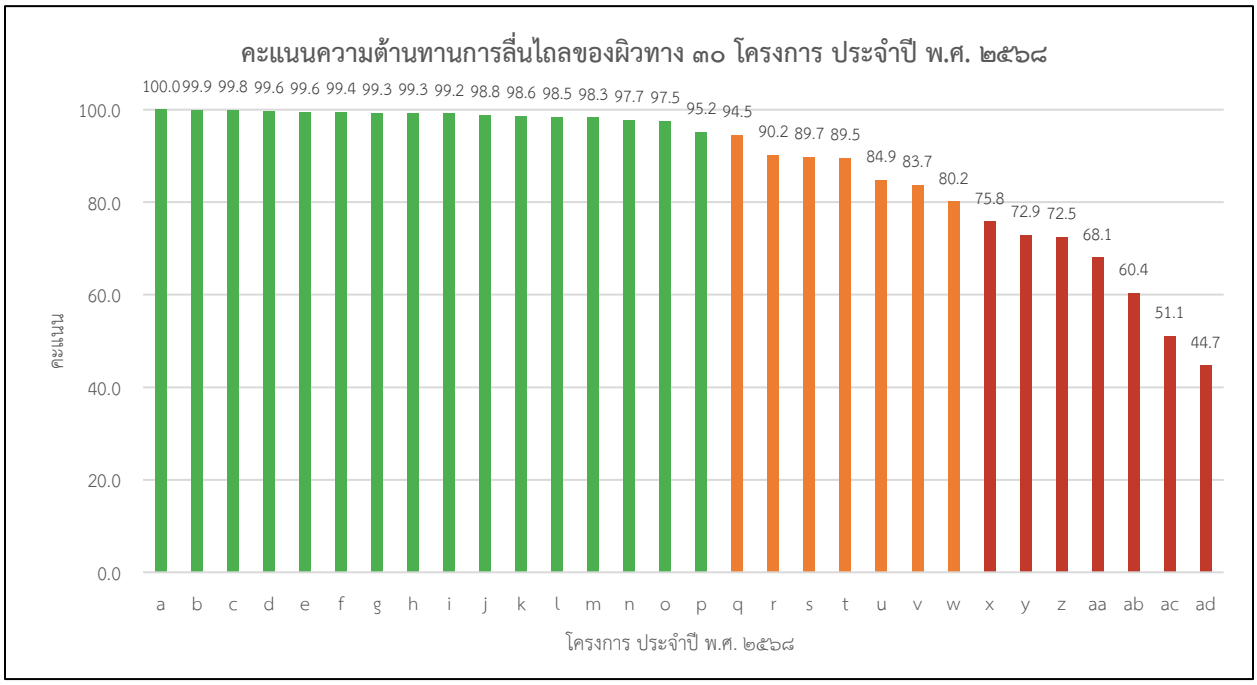


ภาพที่ 12 เกณฑ์การให้คะแนนความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางรายจุด (0-100 คะแนน)

การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเมื่อจุดข้อมูลที่มีค่าต่ำกว่าระดับปรับปรุงแก้ไข (FR_{60}<0.29) ทั้งหมดจะได้รับ 0 คะแนนเท่ากันโดยไม่มีการไล่ระดับ เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะการใช้งานจริงของคะแนนในเชิงปฏิบัติ ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจว่าผ่านหรือไม่ผ่าน สมควรมีการแก้ไขก่อนการเปิดใช้งาน และทำการให้คะแนนแบบไล่ระดับในช่วง 0.29≤FR_{60}<0.43 เพื่อให้ได้คะแนนที่แตกต่างแสดงถึงคุณภาพงานที่ต่างกันของแต่ละโครงการ และกำหนดคะแนนเต็มที่ FR_{60}≥0.43 เนื่องจากเป็นค่าระดับพึงระวังหรือค่าพื้นฐานความปลอดภัยขั้นต่ำ เป็นเกณฑ์ที่เทียบจากถนนที่ผ่านการใช้งานและเสื่อมสภาพแล้ว ซึ่งผิวทางก่อสร้างใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน (Pre-traffic) ย่อมมีค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางตั้งต้นสูงกว่าเกณฑ์นี้ตามธรรมชาติ ดังนั้น หากมีหลายโครงการได้คะแนนเต็ม 100 จึงเป็นผลลัพธ์ที่คาดหมายได้และเหมาะสม

5. ผลการประเมิน

จากการคิดคะแนนและสรุปผลคะแนนประเมินความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางของโครงการระหว่างก่อสร้างประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 และปี พ.ศ. 2569 พร้อมตรวจสอบข้อมูลที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ระดับปรับปรุงแก้ไขเพื่อแจ้งให้โครงการดำเนินการตรวจสอบและแก้ไขก่อนการเปิดใช้งานถนนต่อไป โดยพบจุดที่มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ระดับปรับปรุงแก้ไขของ ปี พ.ศ. 2568 ทั้งสิ้น 2,104 จุด คิดเป็นระยะทางรวม 21.04 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.2 และปี พ.ศ. 2569 ทั้งสิ้น 2,037 จุด คิดเป็นระยะทางรวม 20.37 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.9 ตามลำดับ โดยมีผลคะแนนประเมินดังแสดงในภาพที่ 13-14 และตารางที่ 7-8

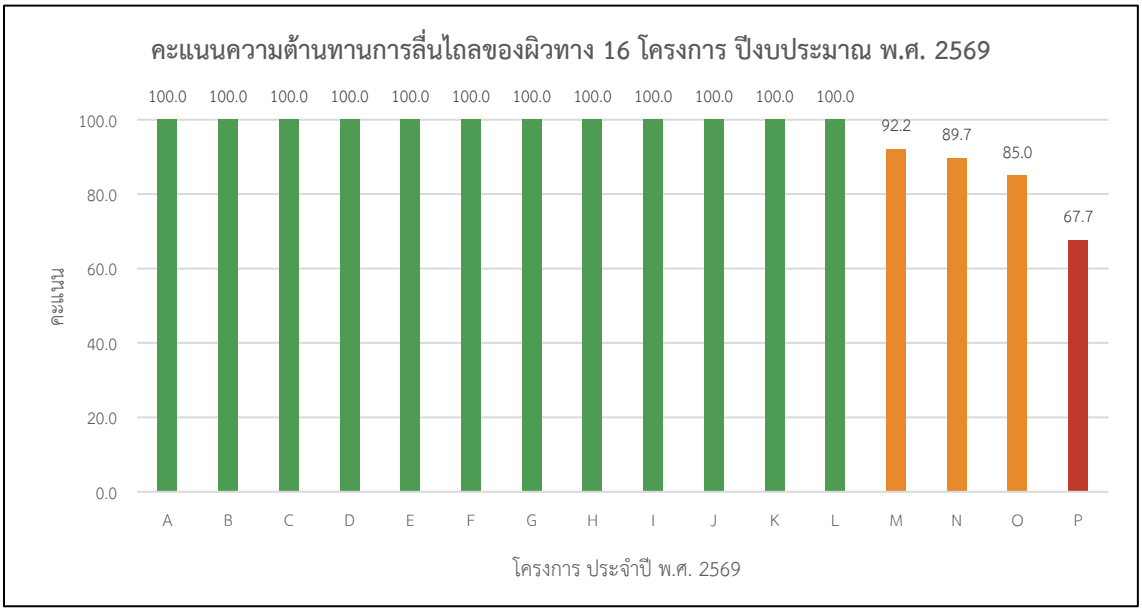


ภาพที่ 13 ผลคะแนนการประเมินโครงการระหว่างก่อสร้าง ประจำปี พ.ศ. 2568

ตารางที่ 7 ผลคะแนนการประเมินโครงการระหว่างก่อสร้าง ประจำปี พ.ศ. 2568

โครงการ	ค่า FR_{60}			คะแนน	ระยะทางที่ควรปรับปรุง (กม.)
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย		
a	0.778	0.908	0.858	100.0	ไม่มีช่วงที่ต่ำกว่าเกณฑ์
b	0.426	0.877	0.742	99.9	ไม่มีช่วงที่ต่ำกว่าเกณฑ์
c	0.375	0.810	0.630	99.8	ไม่มีช่วงที่ต่ำกว่าเกณฑ์
d	0.395	0.690	0.575	99.6	ไม่มีช่วงที่ต่ำกว่าเกณฑ์
e	0.376	0.865	0.676	99.6	ไม่มีช่วงที่ต่ำกว่าเกณฑ์
f	0.400	0.912	0.537	99.4	ไม่มีช่วงที่ต่ำกว่าเกณฑ์
g	0.341	0.772	0.610	99.3	0.01
h	0.282	0.784	0.611	99.3	0.04
i	0.373	0.668	0.543	99.2	0.00
j	0.420	0.673	0.574	98.8	0.00
k	0.331	0.873	0.578	98.6	0.07
l	0.340	0.784	0.532	98.5	0.02
m	0.259	0.889	0.643	98.3	0.05
n	0.300	0.740	0.535	97.7	0.05
o	0.346	0.887	0.707	97.5	0.01
p	0.228	0.834	0.591	95.2	0.12
q	0.292	0.612	0.471	94.5	0.11
r	0.308	0.693	0.473	90.2	0.95

โครงการ	ค่า FR_{60}			คะแนน	ระยะทางที่ควรปรับปรุง (กม.)
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย		
s	0.239	0.707	0.493	89.7	0.78
t	0.321	0.641	0.483	89.5	0.79
u	0.200	0.718	0.473	84.9	1.23
v	0.292	0.653	0.461	83.7	0.13
w	0.223	0.760	0.448	80.2	0.75
x	0.284	0.665	0.465	75.8	4.40
y	0.148	0.625	0.433	72.9	3.76
z	0.315	0.560	0.406	72.5	0.01
aa	0.185	0.693	0.413	68.1	1.32
ab	0.178	0.690	0.398	60.4	3.02
ac	0.227	0.513	0.361	51.1	0.56
ad	0.188	0.648	0.363	44.7	2.86



ภาพที่ 14 ผลคะแนนการประเมินโครงการระหว่างก่อสร้าง ประจำปี พ.ศ. 2569

ตารางที่ 8 ผลคะแนนการประเมินโครงการระหว่างก่อสร้าง ประจำปี พ.ศ. 2569

โครงการ	ค่า FR_{60}			คะแนน	ระยะทางที่ควรปรับปรุง (กม.)
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย		
A	0.377	0.853	0.617	100.0	ไม่มีช่วงที่ต่ำกว่าเกณฑ์
B	0.336	0.934	0.636	100.0	ไม่มีช่วงที่ต่ำกว่าเกณฑ์
C	0.424	0.782	0.680	100.0	ไม่มีช่วงที่ต่ำกว่าเกณฑ์
D	0.309	0.697	0.530	100.0	ไม่มีช่วงที่ต่ำกว่าเกณฑ์
E	0.356	0.615	0.485	100.0	ไม่มีช่วงที่ต่ำกว่าเกณฑ์
F	0.295	0.787	0.565	100.0	ไม่มีช่วงที่ต่ำกว่าเกณฑ์

โครงการ	ค่า FR_{60}			คะแนน	ระยะทางที่ควรปรับปรุง (กม.)
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย		
G	0.251	0.873	0.472	100.0	0.05
H	0.156	0.963	0.520	100.0	0.15
I	0.208	0.942	0.548	100.0	0.16
J	0.219	0.835	0.485	100.0	0.27
K	0.170	0.960	0.496	100.0	0.60
L	0.180	0.780	0.455	100.0	0.79
M	0.205	0.973	0.408	92.2	3.33
N	0.070	1.220	0.341	67.7	3.80
O	0.180	0.630	0.388	85.0	4.95
P	0.188	0.990	0.401	89.7	6.27

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 จัดหาเครื่องมือสำรวจค่าความลึกผิวทางเฉลี่ยแบบเลเซอร์ (Laser MPD) ให้ครอบคลุมทุกโครงการ เพื่อให้สามารถคำนวณดัชนีความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางสากล หรือ IFI ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะเป็นการยกระดับความแม่นยำของการประเมินให้เทียบเท่ามาตรฐานสากล

6.2 จัดเก็บฐานข้อมูลตั้งต้นกรณีก่อนการเปิดใช้งานของแต่ละโครงการ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางหลังการเปิดใช้งานในอนาคต พร้อมวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง เช่น ระยะเวลาการใช้งาน ปริมาณจราจรหรือรถบรรทุก ความเร็วของรถที่สัญจรผ่าน ลักษณะทางกายภาพ และสภาพแวดล้อมฤดูกาล เป็นต้น

6.3 ดำเนินการสำรวจความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางซ้ำเป็นระยะ เช่น ทุก 6 เดือน หรือทุกปี ภายหลังการเปิดใช้งาน เพื่อวิเคราะห์การเสื่อมสภาพเฉพาะของแต่ละโครงการ อันจะช่วยยืนยันหรือปรับปรุงสมมติฐานเรื่องกระบวนการขัดมัน (Polishing Process) ให้สอดคล้องกับสภาพวัสดุมวลรวมและสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยได้แม่นยำยิ่งขึ้น

6.4 พัฒนาสูตรการให้คะแนนภายหลังจากมีการทดสอบซ้ำ โดยคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบกับความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง เช่น เพิ่มตัวแปรด้านระยะเวลาที่เปิดใช้งาน ปริมาณจราจรสะสม แยกวัสดุหรือประเภทผิวทาง เป็นต้น

7. เอกสารอ้างอิง

ปรนิก จิตต์อารีกุล, จีรพงศ์ ใจห้าว, ดนุวัฒ บุญฉวี และพงษ์พันธ์ พลเสน, การประเมินความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง โครงการระหว่างก่อสร้างประจำปี 2568, ส่วนสำรวจและประเมินสภาพทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2566), รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report) โครงการสำรวจความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุบนโครงข่ายทางหลวงสายหลักและพื้นที่จุดเสี่ยงอันตราย

สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม (2569), อุบัติเหตุจราจรบนทางหลวงแผ่นดิน 2568 (Traffic Accident on National Highways in 2025), เข้าถึงได้จาก https://bhs.doh.go.th/download/accident

สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2560), รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report) โครงการศึกษา วิจัย และวิเคราะห์ความเสียดทานของผิวทางเพื่อพัฒนาดัชนีชี้วัด และยกระดับด้านความปลอดภัยงานทาง ของกรมทางหลวง

บริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด, บริษัท อินฟรา พลัส จำกัด (2568), รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) โครงการประยุกต์ใช้ค่าความลึกผิวเฉลี่ยของผิวทางในการทำนายสภาพลื่นของผิวถนนเพื่อการวางแผนซ่อมบำรุงที่เหมาะสม

สถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2562), รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report) โครงการศึกษาประสิทธิภาพวัสดุต้านทานการลื่นไถลบนทางหลวง

อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์, ธีรภัทร์ ศิริรัตนฉัตร, ดนัยณัฐ ถาวร, สุรนันท์ เยี้ยยงค์ และอรรถพล หายทุกข์ (2565), รายงานขั้นสุดท้าย (Final Report) การวิเคราะห์และประเมินสมรรถนะความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยาง

8. กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความร่วมมือและการสนับสนุนข้อมูล ผู้จัดทำขอขอบคุณเป็นอย่างสูงต่อ นายพงษ์พันธ์ พลเสน และ นายดนุวัฒ บุญฉวี ซึ่งเป็นผู้ดำเนินการสำรวจและทดสอบภาคสนาม รวบรวมและให้ข้อมูลผลการทดสอบความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่ใช้ในการวิเคราะห์และจัดทำรายงานฉบับนี้ที่ถูกต้องและเชื่อถือได้ ทำให้การวิเคราะห์และประเมินผลในรายงานฉบับนี้มีความสมบูรณ์และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง