

การศึกษาประเมินความแข็งแรงและอายุการใช้งาน
ของถนนลาดยางภายหลังก่อสร้าง

ASSESSMENT OF STRUCTURAL INTEGRITY AND SERVICE LIFE
OF ASPHALT PAVEMENT AFTER CONSTRUCTION

อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์¹ และ ธนภฤต เผือกทอง²

¹ วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ, สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

² วิศวกรโยธา, สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

บทคัดย่อ

ปัจจุบันกรมทางหลวงได้นำเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) มาใช้ในงานบำรุงรักษาถนน ยกตัวอย่างเช่น การตรวจสอบและประเมินสภาพถนนลาดยางที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว เพื่อการบูรณะและปรับปรุงโครงสร้างถนน บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาประเมินความแข็งแรงและอายุการใช้งานของถนนลาดยางภายหลังก่อสร้างด้วยเครื่องมือ FWD เพื่อเป็นตัวชี้วัดคุณภาพงานก่อสร้างถนนลาดยาง เป็นแนวทางพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบโครงสร้างถนนลาดยางภายใต้สภาพการใช้งานจริง และเป็นการเพิ่มทางเลือกในการใช้เครื่องมือ FWD สำหรับงานก่อสร้าง ข้อมูลที่ได้จากผลการทดสอบและประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยาง สามารถแสดงด้วยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการแอ่นตัวเฉลี่ย (Average Deflection) กับอายุการใช้งาน และสามารถเขียนในรูปของสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยมีค่าคงที่ α และ β แทนตัวชี้วัดอัตราการเสื่อมสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยางภายหลังก่อสร้าง และตัวชี้วัดความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยางก่อนเปิดให้บริการตามลำดับ ดังนั้นผลจากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการประเมินความแข็งแรงและอายุการใช้งานของถนนลาดยางภายหลังก่อสร้างได้

คำสำคัญ: เครื่องมือ Falling Weight Deflectometer, โครงสร้างถนนลาดยาง, ค่าการแอ่นตัว, อายุการใช้งาน

ABSTRACT

Thailand Department of Highways currently adopts the Falling Weight Deflectometer (FWD) for highway maintenance e.g. the long-term performance evaluation for pavement rehabilitation. This paper presents the structural integrity and service life assessment for

asphalt pavement after construction by using the FWD as a quality indicator for highway construction, a guide for selection of pavement structure under the actual service condition as well as an alternative tool for highway construction. The FWD data collected from the asphalt pavement assessment were presented as the relationship between average deflection and service life. A linear equation was proposed along with the fitting parameters α and β which respectively indicated the deterioration rate and the structural integrity of asphalt pavement after construction. The results from this study can be therefore applied for the structural integrity and service life assessment for asphalt pavement after construction.

KEYWORDS: Falling Weight Deflectometer, asphalt pavement, deflection, service life

1. บทนำ

ปัจจุบันสภาพการใช้งาน สภาพแวดล้อม การเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรและปริมาณรถบรรทุกหนักแตกต่างจากข้อมูลและสมมติฐานการออกแบบในอดีตค่อนข้างมาก ส่งผลให้เกิดการชำรุดเสียหายของถนนลาดยางก่อนครบกำหนดอายุการออกแบบ ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดไว้ที่ 15 ปี จากผลการสำรวจสภาพความเสียหายของถนนลาดยางทั่วประเทศ [1] พบว่า ความเสียหายส่วนใหญ่ที่พบบนทางหลวงคือ การเสียรูปเป็นร่องล้อ (Rutting) และร่องลงมาคือการแตกร้าว (Cracking) ซึ่งมักพบบนทางหลวงที่มีปริมาณรถบรรทุกหนักแล่นผ่านมากและการจราจรสูง เนื่องจากบริเวณดังกล่าวโครงสร้างชั้นทางต้องรับแรงกระทำมากกว่าปกติทั้งแรงในแนวดิ่งจากน้ำหนักรถ และแรงเฉือนจากการหยุดและชะลอความเร็วรถ การเริ่มออกตัวของรถ และการตะกุกของล้อรถช่วงทางลาดชัน

แนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องพิจารณาโครงสร้างชั้นทางที่ออกแบบเป็นพิเศษ เนื่องจากรูปแบบโครงสร้างชั้นทางส่วนใหญ่ของทางหลวงสายหลัก ประกอบด้วยผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 60-70 หนา 5 ซม. รองผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 60-70 หนา 5 ซม. และพื้นทางหินคลุก หนา 20 ซม. ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริงในปัจจุบัน ทำให้ความเสียหายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะสายทางที่มีรถบรรทุกหนักและปริมาณการจราจรสูง ด้วยเหตุนี้ การเพิ่มความหนาของชั้นโครงสร้างทาง การเลือกใช้วัสดุชั้นโครงสร้างทางที่มีความแข็งแรงเป็นพิเศษ เช่น การเลือกใช้ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 40-50 ตลอดจนการปรับปรุงคุณภาพของวัสดุชั้นทางด้วยปูนซีเมนต์ จึงเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้ [2]

จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ [3] พบว่าโครงสร้างชั้นทางซึ่งประกอบด้วยพื้นทางที่มีความแข็งแรงน้อยและมีผิวทางบาง จะเกิดความเครียดและแอ่นตัวสูง

โครงสร้างชั้นทางจึงมีโอกาสเกิดความเสียหายมากกว่าโครงสร้างชั้นทางซึ่งประกอบด้วยพื้นทางที่มีความแข็งแรงและมีผิวทางหนา บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประเมินความแข็งแรงและอายุการใช้งานของถนนลาดยางภายหลังการก่อสร้างด้วยเครื่องมือ FWD เพื่อเป็นแนวทางพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบโครงสร้างถนนลาดยางภายใต้สภาพการใช้งานจริงและเป็นการเพิ่มทางเลือกในการใช้เครื่องมือ FWD สำหรับงานก่อสร้างโครงสร้างชั้นทาง

2. เครื่องมือสำหรับประเมินความแข็งแรงและแปลงทดสอบ

2.1 เครื่องมือ Falling Weight Deflectometer

เครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ตรวจสอบความแข็งแรงของโครงสร้างถนน ซึ่งได้รับความนิยมและยอมรับในระดับสากลว่ามีความถูกต้อง รวดเร็ว และเป็นวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายล้าง (Nondestructive Testing) กรมทางหลวงได้นำเครื่องมือ FWD มาใช้ประเมินสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างถนนและหาความหนาของการเสริมผิวทาง (Overlay) เป็นระยะเวลากว่า 10 ปี เพื่อกำหนดวิธีการบูรณะ ปรับปรุง และซ่อมบำรุงทางหลวงที่เหมาะสม

ปัจจุบันกรมทางหลวงมีเครื่องมือ FWD จำนวนทั้งสิ้น 5 เครื่อง MODEL 8000 ผลิตโดยบริษัท DYNATEST ประเทศเดนมาร์ก ดังรูปที่ 1 ส่วนของรถพ่วงเป็นส่วนที่ให้แรงกระทำบนถนน โดยอาศัยการตกกระแทกของตุ้มน้ำหนัก ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นจากการตกกระแทก จะส่งไปยังแผ่นถายน้ำหนักรูปวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร ผ่านลูกยางชนิดพิเศษเพื่อให้น้ำหนักที่เกิดขึ้นได้แผ่นถายน้ำหนักมีการแผ่กระจายอย่างสม่ำเสมอ แผ่นถายน้ำหนักดังกล่าวสามารถใช้ได้กับพื้นทีลาดเอียงได้ถึง 6 องศา น้ำหนักกระทำสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามระดับความสูงของการยกตุ้มน้ำหนักแล้วปล่อยทิ้งลงมา ซึ่งมีขนาดช่วงน้ำหนักตั้งแต่ 7 ถึง 120 kN ช่วงเวลาของน้ำหนักกระทำประมาณ 25 ถึง 30 msec จากการศึกษาในประเทศเดนมาร์กพบว่า ความเค้น ความเครียด และลักษณะการแอ่นตัวที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทดสอบด้วย FWD มีลักษณะใกล้เคียงกับสภาพจริงที่เกิดขึ้นขณะมีรถยนต์แล่นผ่าน

เครื่องมือ FWD ประกอบด้วย (1) อุปกรณ์วัดค่าการแอ่นตัว (Geophone) จำนวน 9 ตัว ติดตั้งอยู่บนคันที่สามารถยกขึ้นลงได้ มีความยาวประมาณ 3,000 มิลลิเมตร โดยค่าการแอ่นตัวสูงสุดที่สามารถวัดได้ประมาณ 2 มิลลิเมตร อุปกรณ์วัดค่าการแอ่นตัวสามารถติดตั้ง ณ ตำแหน่งใดๆ บนคันดังกล่าว ซึ่งมีช่วงการใช้งานประมาณ 2,250 มิลลิเมตร และ (2) อุปกรณ์ Load Transducer ชนิด Strain Gauge Type ใช้ตรวจวัดขนาดของน้ำหนักที่กระทำบนแผ่นถายน้ำหนัก ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแล้วเสร็จจะถูกบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และประมวลผลต่อไป [4-5]



รูปที่ 1 เครื่องมือ FWD

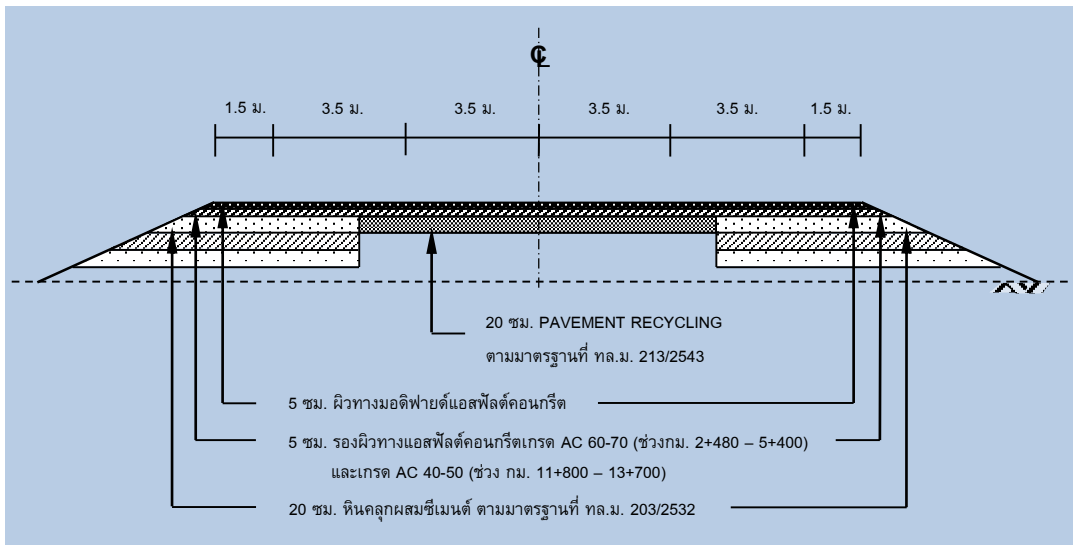
2.2 รายละเอียดของแปลงทดสอบถนนลาดยาง

- ทางหลวงหมายเลข 352 ตอน รัษฎา - บรรจบทางหลวงหมายเลข 309 ช่วง กม. 2+480 - 5+400 และ ช่วง กม. 11+800 - 13+700

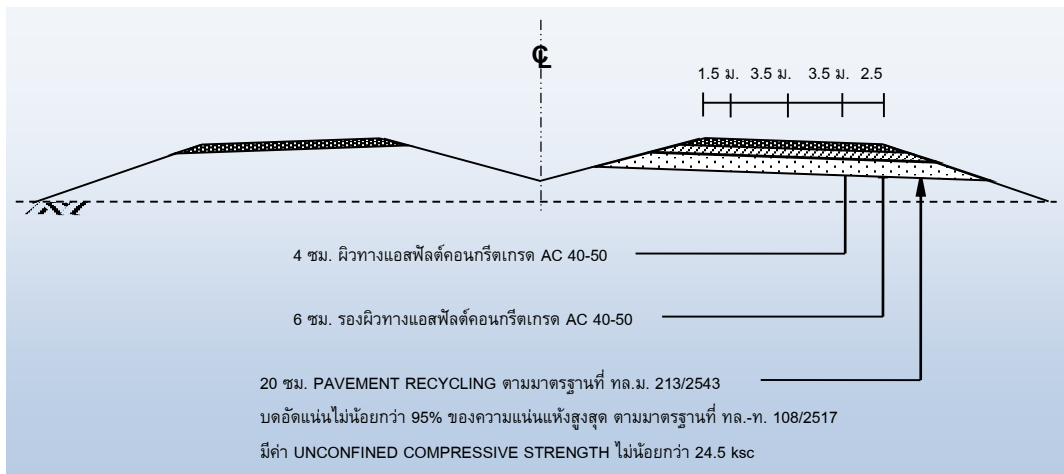
ทางหลวงเป็นมาตรฐานทางชั้นพิเศษ มีการแบ่งทิศทางการจราจรเป็นแบบ Painted Median ไปและกลับฝั่งละ 2 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.50 ม. ไหล่ทางด้านนอกกว้าง 1.50 ม. และไม่มีไหล่ทางด้านใน โครงสร้างชั้นทางของแปลงทดสอบประกอบด้วย ผิวทางมอดิฟายด์แอสฟัลต์คอนกรีตหนา 5 ซม. รองผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 60-70 (ช่วง กม. 2+480 - 5+400) และเกรด AC 40-50 (ช่วง กม. 11+800 - 13+700) หนา 5 ซม. และพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ (ส่วนขยาย) และพื้นทาง Pavement Recycling (ส่วนเก่า) หนา 20 ซม. รูปตัดโครงสร้างชั้นทางแสดงดังรูปที่ 2 ข้อมูลปริมาณจราจรภายหลังก่อสร้างแล้วเสร็จ สรุปได้ดังนี้ ปี พ.ศ. 2552 Annual Average Daily Traffic (AADT) 10,244 คัน/วัน Heavy Truck (HT) = 62.27%, ปี พ.ศ. 2553 AADT 12,703 คัน/วัน HT = 59.13%, ปี พ.ศ. 2554 AADT 14,509 คัน/วัน HT = 68.92%

- ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ดาก - ลำปาง (SB) ช่วง กม. 507+000 - 508+700

ทางหลวงเป็นมาตรฐานทางชั้นพิเศษ มีการแบ่งทิศทางการจราจรเป็นแบบ Depressed Median ไปและกลับฝั่งละ 2 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.50 ม. ไหล่ทางด้านในกว้าง 1.50 ม. และด้านนอกกว้าง 2.50 ม. โครงสร้างชั้นทางของแปลงทดสอบประกอบด้วย ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 40-50 หนา 4 ซม. รองผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 60-70 หนา 6 ซม. และพื้นทาง Pavement Recycling หนา 20 ซม. รูปตัดโครงสร้างชั้นทางแสดงดังรูปที่ 3 ข้อมูลปริมาณจราจรภายหลังก่อสร้างแล้วเสร็จ สรุปได้ดังนี้ ปี พ.ศ. 2554 AADT 13,556 คัน/วัน HT = 22.46%



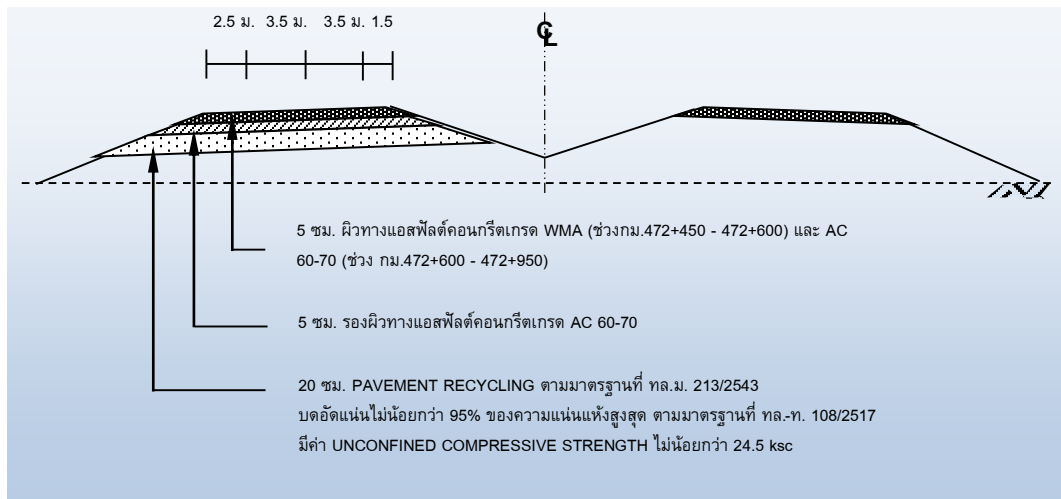
รูปที่ 2 รูปตัดโครงสร้างชั้นทางของแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 352 ตอน ัญบุรี-บรรจบทางหลวงหมายเลข 309 ช่วง กม. 2+480 - 5+400 และ ช่วง กม. 11+800 - 13+700



รูปที่ 3 รูปตัดโครงสร้างชั้นทางของแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ดาก - ลำปาง (SB) ช่วง กม. 507+000 - 508+700

- ทางหลวงหมายเลข 1 ตอน นครชุม - วังเจ้า (NB) ช่วง กม. 472+500 - 472+950
ทางหลวงเป็นมาตรฐานทางชั้นพิเศษ มีการแบ่งทิศทางการจราจรเป็นแบบ Depressed Median ไปและกลับฝั่งละ 2 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.50 ม. ไหล่ทางด้านในกว้าง 1.50 ม. และด้านนอกกว้าง 2.50 ม. โครงสร้างชั้นทางของแปลงทดสอบประกอบด้วย ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

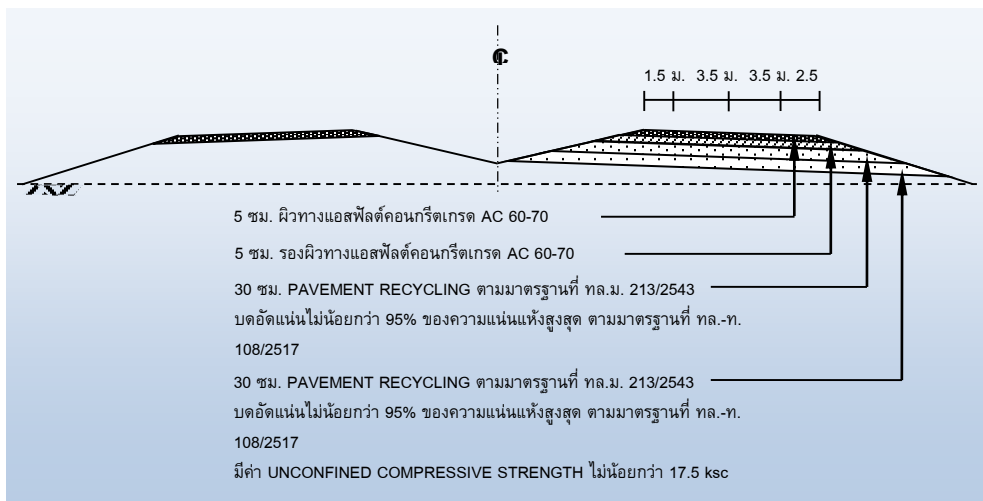
เกรด AC 60-70 หนา 5 ซม. รองผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 60-70 หนา 5 ซม. และพื้นทาง Pavement Recycling หนา 20 ซม. รูปตัดโครงสร้างชั้นทางแสดงดังรูปที่ 4 ข้อมูลปริมาณจราจรภายหลังก่อสร้างแล้วเสร็จ สรุปได้ดังนี้ ปี พ.ศ. 2554 AADT 11,846 คัน/วัน HT = 25.14%



รูปที่ 4 รูปตัดโครงสร้างชั้นทางของแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 ตอน นครชุม - วังเจ้า (NB) ช่วงกม. 472+500 - 472+950

- ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ตาก - กำแพงเพชร (SB) ช่วงกม. 458+500 - 472+450

ทางหลวงเป็นมาตรฐานทางชั้นพิเศษ มีการแบ่งทิศทางการจราจรเป็นแบบ Depressed Median ไปและกลับฝั่งละ 2 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.50 ม. ไหล่ทางด้านในกว้าง 1.50 ม. และด้านนอกกว้าง 2.50 ม. โครงสร้างชั้นทางของแปลงทดสอบประกอบด้วย ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 60-70 หนา 5 ซม. รองผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 60-70 หนา 5 ซม. และพื้นทาง Pavement Recycling หนา 60 ซม. รูปตัดโครงสร้างชั้นทางแสดงดังรูปที่ 5 ข้อมูลปริมาณจราจรภายหลังก่อสร้างแล้วเสร็จ สรุปได้ดังนี้ ปีพ.ศ. 2554 AADT 11,846 คัน/วัน HT = 25.14%



รูปที่ 5 รูปตัดโครงสร้างชั้นทางของแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ตาก - กำแพงเพชร (SB) ช่วง กม. 458+500 - 472+450

3. ขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูล

3.1 การสำรวจและประเมินสภาพผิวทาง

การสำรวจและประเมินสภาพผิวทาง (Condition Survey) ดำเนินการโดยใช้วิธีการตรวจสอบความเสียหายด้วยสายตา (Visual Inspection) และทำการวัดความลึกร่องล้อ (Rut Depth) ในช่องจราจรซ้าย (เลนรถบรรทุก) โดยใช้ไม้สตาฟ (Staff) หรือไม้ระนาบตรงยาว (Straight Edge) วางตามแนวขวางของถนน แล้วใช้ตลับเมตร หรือ ลิ่ม วัดระยะห่างระหว่างผิวทางกับไม้ระนาบที่เกิดช่องว่างมากที่สุด ดังรูปที่ 6 ทั้งนี้การสำรวจแต่ละครั้งจะทำการวัดที่ตำแหน่งเดิม ซึ่งมีการทำเครื่องหมายอ้างอิงไว้อย่างชัดเจน



รูปที่ 6 การสำรวจและประเมินสภาพผิวทาง

3.2 การทดสอบและประเมินความแข็งแรง

เครื่องมือ FWD ได้นำมาใช้ทดสอบและประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยาง โดยในการศึกษานี้จะให้หน่วยแรงกระทำขนาดเท่ากับ 566, 754, 1006 kPa ทดสอบหน่วยแรงละ 3 ครั้ง และวัดค่าการแอ่นตัว (Deflection) ที่ระยะ 0 (ณ ตำแหน่งที่น้ำหนักกระทำ), 200, 300, 450, 600, 900, 1200, 1500 และ 1800 มิลลิเมตร จากจุดศูนย์กลางของแผ่นถ้ำน้ำหนัก ตามลำดับ ค่าการแอ่นตัวมากแสดงว่า โครงสร้างถนนมีความแข็งแรงน้อย แต่ในทางตรงกันข้าม ค่าการแอ่นตัวน้อยแสดงว่า โครงสร้างถนนมีความแข็งแรงมาก สำหรับการศึกษานี้ได้เลือกใช้หน่วยแรงกระทำเท่ากับ 754 kPa เทียบเท่ากับหน่วยแรงกระทำของรถบรรทุกสิบล้อน้ำหนัก 25 ตัน โดยคำนวณหน่วยแรงจากล้อคู่-เพลาล้าง และเลือกใช้ค่าการแอ่นตัว ณ ตำแหน่งที่น้ำหนักกระทำเท่านั้น ตามสมการที่ (1) ดำเนินการทดสอบเป็นแนวเส้นตรงขนานไปกับเส้นไหล่ทางด้านนอก ที่ระยะห่างประมาณ 0.80 ม. ทั้งนี้การทดสอบแต่ละครั้งจะเลือกทำ ณ ตำแหน่งเดิม ซึ่งมีการทำเครื่องหมายอ้างอิงไว้อย่างชัดเจน

เนื่องจากผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตมีความผันแปรตามอุณหภูมิ ค่าการแอ่นตัวตรวจวัดที่อุณหภูมิต่างกัน จำเป็นต้องทำการปรับแก้เป็นค่าการแอ่นตัวที่อุณหภูมิอ้างอิง (Reference Temperature) เท่ากับ 35 องศาเซลเซียส ตามสมการที่ (2) โดยก่อนทำการปรับแก้ค่าดังกล่าว ต้องทำการปรับแก้ค่าการแอ่นตัวที่หน่วยแรงอ้างอิง (Reference Stress) เท่ากับ 754 kPa ขั้นตอนการปรับแก้ค่าการแอ่นตัว มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: ปรับแก้หน่วยแรง

$$\delta_{adj} = \frac{\delta}{\sigma} \sigma_{ref} \quad (1)$$

เมื่อ δ_{adj} = ค่าการแอ่นตัวปรับแก้ที่หน่วยแรงเท่ากับ 754 kPa

δ = ค่าการแอ่นตัวที่ได้จากการทดสอบ

σ = หน่วยแรงจริงที่วัดได้ขณะทดสอบ

σ_{ref} = หน่วยแรงอ้างอิง (เท่ากับ 754 kPa)

ขั้นตอนที่ 2: ปรับแก้อุณหภูมิ

$$\delta_o = \frac{\delta_{adj}}{T_{ref}} \times T \quad (2)$$

เมื่อ δ_o = ค่าการแอ่นตัวปรับแก้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

δ_{adj} = ค่าการแอ่นตัวปรับแก้ที่หน่วยแรงเท่ากับ 754 kPa

T = อุณหภูมิของผิวทางที่วัดได้ขณะทดสอบ

T_{ref} = อุณหภูมิอ้างอิง (เท่ากับ 35 องศาเซลเซียส)

3.3 แผนการเก็บข้อมูล

แผนการสำรวจและประเมินสภาพผิวทาง และการทดสอบและประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยางทั้ง 4 แปลงทดสอบ สรุปไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการเก็บข้อมูล

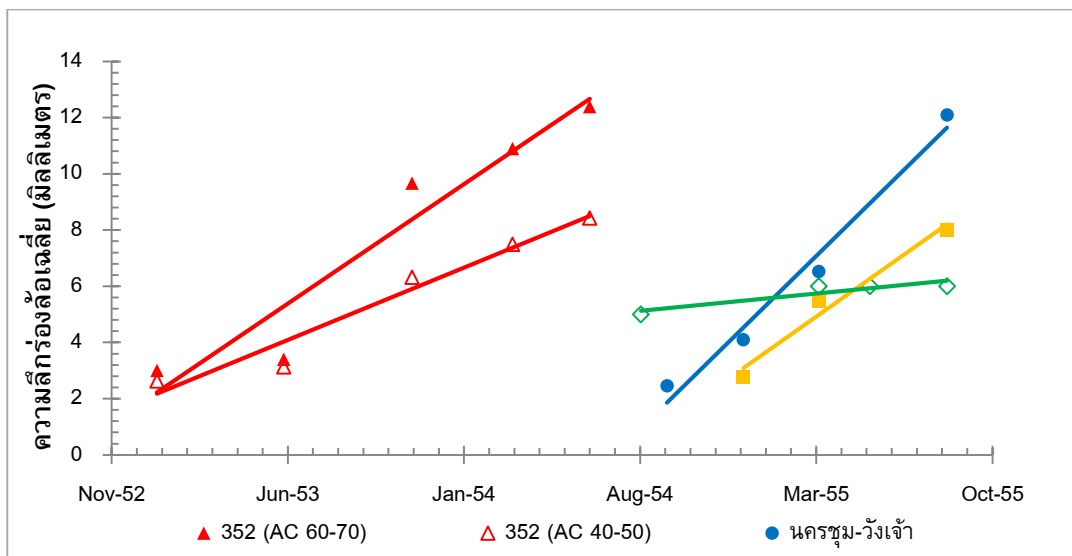
แปลงทดสอบ	เปิดให้บริการ	การเก็บข้อมูล	
		การสำรวจและประเมินสภาพผิวทาง	การทดสอบและประเมินความแข็งแรง
ทางหลวงหมายเลข 352 ตอน ธัญบุรี - บรรจบทางหลวง หมายเลข 309 ช่วง กม. 2+480 - 5+400 และ กม. 11+800 - 13+700	ธันวาคม พ.ศ. 2552	มกราคม พ.ศ. 2553	มกราคม พ.ศ. 2553
		มิถุนายน พ.ศ. 2553	มิถุนายน พ.ศ. 2553
		พฤศจิกายน พ.ศ. 2553	มีนาคม พ.ศ. 2555
		มีนาคม พ.ศ. 2554	
		มิถุนายน พ.ศ. 2554	
ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ตาก - ลำปาง (SB) ช่วง กม. 507+000 - 508+700	ธันวาคม พ.ศ. 2553	สิงหาคม พ.ศ. 2554	
		มีนาคม พ.ศ. 2555	
		พฤษภาคม พ.ศ. 2555	
		สิงหาคม พ.ศ. 2555	
ทางหลวงหมายเลข 1 ตอน นครชุม - วังเจ้า (NB) ช่วง กม. 472+500 - 472+950	กันยายน พ.ศ. 2554	กันยายน พ.ศ. 2554	
		ธันวาคม พ.ศ. 2554	
		มีนาคม พ.ศ. 2555	
		สิงหาคม พ.ศ. 2555	
ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ตาก - กำแพงเพชร (SB) ช่วง กม. 458+500 - 472+450	ตุลาคม พ.ศ. 2554	ธันวาคม พ.ศ. 2554	
		มีนาคม พ.ศ. 2555	
		สิงหาคม พ.ศ. 2555	

4. ผลการศึกษา

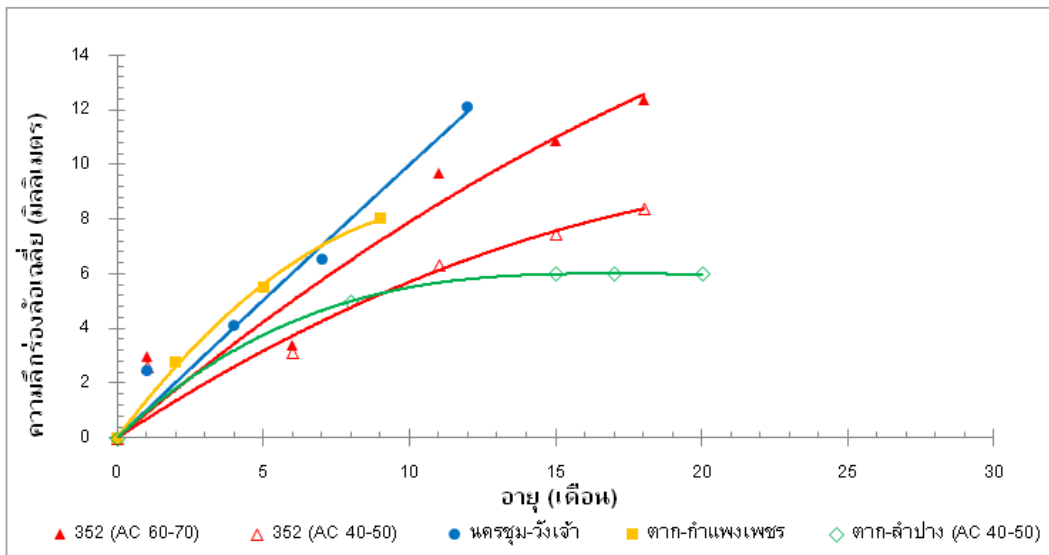
4.1 ผลการสำรวจและประเมินสภาพผิวทาง

จากการสำรวจและประเมินสภาพผิวทางของแปลงทดสอบทั้ง 4 แปลง พบว่าความเสียหายหลักที่เกิดขึ้น คือ ร่องล้อ (Rutting) ในช่องจราจรซ้าย (เลนรถบรรทุก) โดยพบมากตามแนวล้อซ้ายของรถบรรทุก (ห่างจากเส้นไหล่ทางประมาณ 0.80 เมตร) นอกจากนี้ยังพบรอยแตกหนึ่งจระเข้เกิดขึ้นเฉพาะแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 352 ตอน รัษฎบุรี - บรรจบทางหลวงหมายเลข 309 ช่วงกม. 2+480 - 5+400

ความลึกร่องล้อเฉลี่ยของแปลงทดสอบทั้ง 4 แปลง แสดงในรูปที่ 7 และ 8 อัตราการเพิ่มขึ้นของความลึกร่องล้อเฉลี่ยภายหลังก่อสร้างแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 352 ตอน รัษฎบุรี - บรรจบทางหลวงหมายเลข 309 ช่วงกม. 11+800 - 13+700 และทางหลวงหมายเลข 1 สาย ตาก - ลำปาง มีแนวโน้มน้อยกว่าแปลงอื่นๆ เนื่องจากแปลงทดสอบทั้งสอง มีผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 40-50 เปรียบเทียบกับแปลงทดสอบอื่นๆ ซึ่งมีผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 60-70



รูปที่ 7 ความลึกร่องล้อเฉลี่ยภายหลังก่อสร้าง



รูปที่ 8 อัตราการเพิ่มขึ้นของความลึกร่องล้อเฉลี่ยภายหลังก่อสร้าง

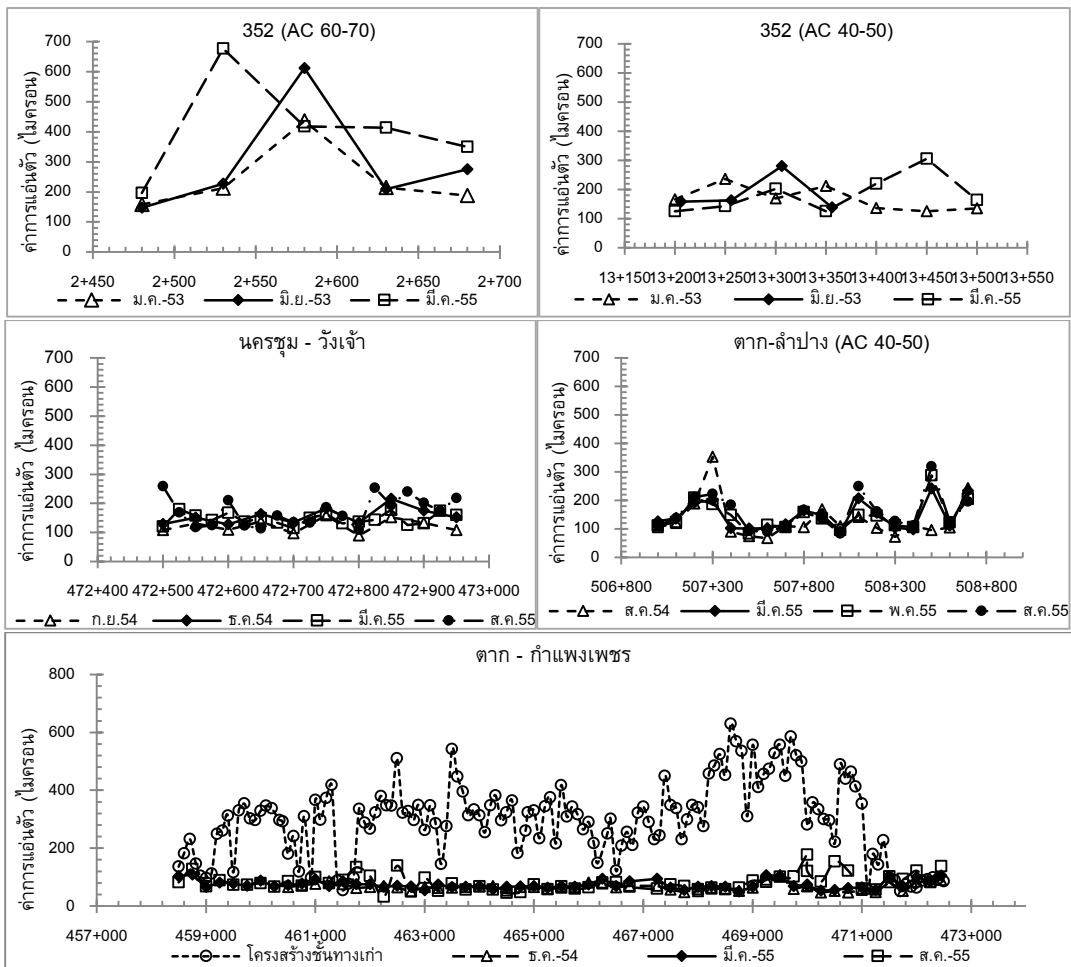
4.2 ผลการทดสอบและประเมินความแข็งแรง

ค่าการแอ่นตัวที่ตรวจวัดได้ตลอดความยาวของแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 352 ตอน รัษฎบุรี - บรรจบทางหลวงหมายเลข 309, ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ดาก - ลำปาง, ทางหลวงหมายเลข 1 ตอน นครชุม - วังเจ้า และ ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ดาก - กำแพงเพชร ใช้เป็นตัวชี้วัดความสม่ำเสมอด้านความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยางตลอดความยาวภายหลังก่อสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 9

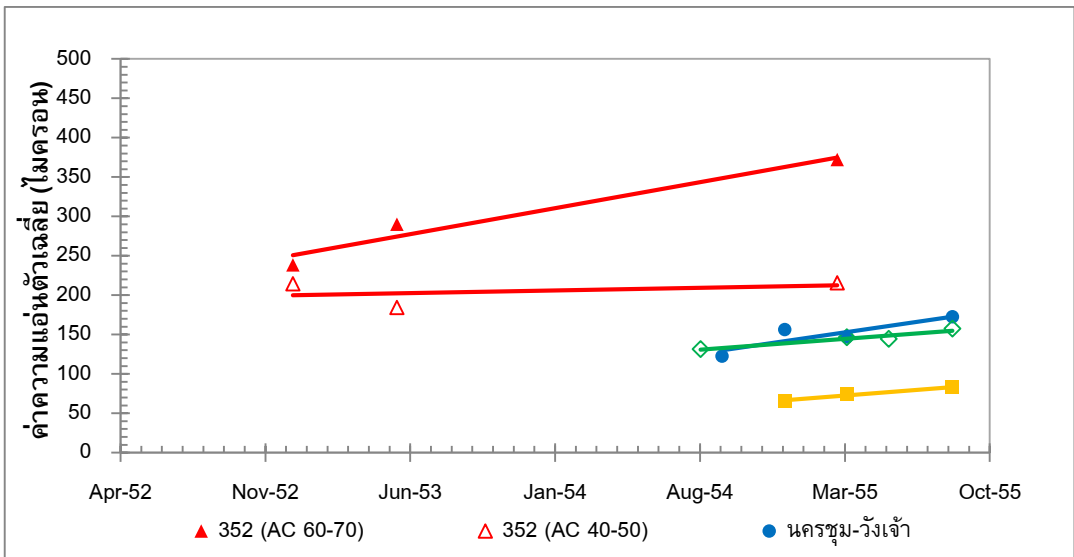
จากการการแอ่นตัวเฉลี่ยของแปลงทดสอบทั้ง 4 แปลง ดังรูปที่ 10 พบว่าค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยของแปลงทดสอบ สาย ดาก - กำแพงเพชร มีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่ค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยของแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 352 มีค่าสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยของแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 ตอน นครชุม - วังเจ้า กับทางหลวงหมายเลข 1 สาย ดาก - กำแพงเพชร ซึ่งมีปริมาณจราจรและปริมาณรถบรรทุกหนักเท่ากัน พบว่าค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยของแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 ตอน นครชุม - วังเจ้า มีค่าสูงกว่า เนื่องจากแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 ตอน นครชุม - วังเจ้า มีพื้นที่ทาง Pavement Recycling หน้า 20 ซม. ในขณะที่แปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ดาก - กำแพงเพชร มีพื้นที่ทาง Pavement Recycling หน้า 60 ซม.

ค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยของแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ดาก - ลำปาง มีค่าใกล้เคียงกับแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 ตอน นครชุม - วังเจ้า เนื่องจากแปลงทั้งสองมีรูปแบบโครงสร้างชั้นทางคล้ายกัน นอกจากนี้การเปรียบเทียบค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยของแปลงทดสอบ ทาง

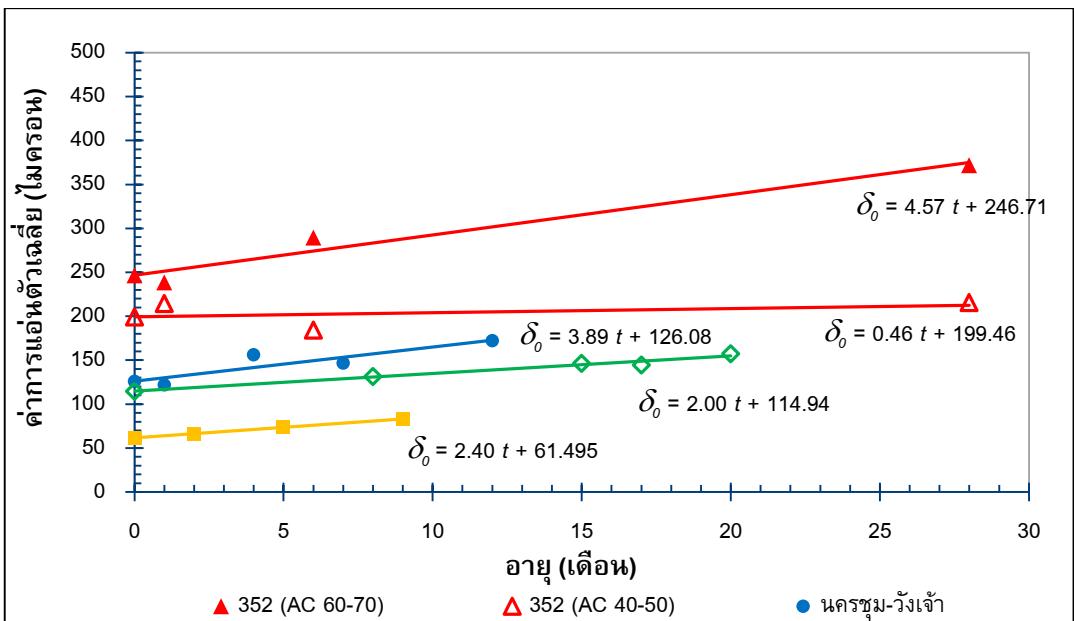
หลวงหมายเลข 352 ระหว่างรองผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 40-50 กับ AC 60-70 ยังแสดงให้เห็นว่า รองผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 40-50 มีส่วนช่วยลดค่าการแอ่นตัวภายหลังเปิดการใช้งานได้ [6] ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการเพิ่มขึ้นของความลึกร่องล้อเฉลี่ยภายหลังก่อสร้างแปลงทดสอบดังกล่าว (ดูรูปที่ 7 และ 8)



รูปที่ 9 ค่าการแอ่นตัวที่ตรวจวัดได้ตลอดความยาวของแปลงทดสอบ



รูปที่ 10 ค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยภายหลังก่อสร้าง



รูปที่ 11 อัตราการเสื่อมสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยางภายหลังก่อสร้าง

ค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่องมือ FWD สามารถนำไปประเมินหาค่าความแข็งแรงและอัตราการเสื่อมสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยางภายหลังก่อสร้างได้ ซึ่งอธิบายได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยกับอายุการใช้งาน ดังรูปที่ 10 และสามารถเขียนในรูปแบบสมการเชิงเส้น (Linear Equation) ได้ดังนี้

$$\bar{\delta}_o = \alpha t + \beta \quad (3)$$

เมื่อ $\bar{\delta}_o$ คือ ค่าการแอ่นตัวเฉลี่ย ณ เวลาต่าง ๆ (ไมครอน)

t คือ อายุการใช้งาน (เดือน)

α และ β คือ ค่าคงที่ได้จากการทดสอบ

ค่าคงที่ α เป็นตัวชี้วัดอัตราการเสื่อมสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยางภายหลังก่อสร้าง (หน่วย ไมครอนต่อเดือน) และค่าคงที่ β เป็นตัวชี้วัดความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยางก่อนเปิดให้บริการ หรือค่าการแอ่นตัวเริ่มต้น (หน่วย ไมครอน) พื้นที่ที่แข็งแรงจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างถนนลาดยาง (β น้อย) ในขณะที่ผิวทางที่แข็งแรงจะช่วยยืดอายุการใช้งานของโครงสร้างลาดยาง (α น้อย) ค่าคงที่ α และ β ที่ได้จากการทดสอบในการศึกษานี้ สรุปไว้ในตารางที่ 2

ค่าคงที่ α และ β ในตารางที่ 2 สามารถอธิบายโดยการยกตัวอย่าง ดังนี้ แปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ตาก - กำแพงเพชร มีค่าคงที่ β น้อยที่สุด (ค่าการแอ่นตัวเริ่มต้นประมาณ 61.5 ไมครอน) กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ แปลงทดสอบดังกล่าวมีความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยางก่อนเปิดให้บริการมากกว่าแปลงอื่น ๆ ในขณะที่ค่าคงที่ α ของแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ตาก - กำแพงเพชร (2.4 ไมครอนต่อเดือน) มีค่าสูงกว่าแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ตาก - ลำปาง (2.0 ไมครอนต่อเดือน) ดังนั้น แปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ตาก - กำแพงเพชร จึงมีอัตราการเสื่อมสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยางภายหลังก่อสร้างสูงกว่าแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ตาก - ลำปาง

ตารางที่ 2 ค่าคงที่ α และ β จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยกับอายุการใช้งาน

แปลงทดสอบ	ค่าคงที่ α (ไมครอนต่อเดือน)	ค่าคงที่ β (ไมครอน)
ทางหลวงหมายเลข 352 ตอน รัษฎบุรี-บรรจบ ทางหลวงหมายเลข 309		
- รองผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 60-70 (ช่วง กม. 2+480 – 5+400)	4.57	246.71
- รองผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 40-50 (ช่วง กม. 11+800 – 13+700)	0.46	199.46
ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ตาก-ลำปาง (SB) ช่วง กม. 507+000 – 508+700	2.00	114.94
ทางหลวงหมายเลข 1 ตอน นครชุม-วังเจ้า (NB) ช่วง กม. 472+500 – 472+950	3.89	126.08
ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ตาก-กำแพงเพชร (SB) ช่วง กม. 458+500 – 472+450	2.40	61.50

จากข้อมูลการทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยางด้วยเครื่องมือ FWD ที่ผ่านมาของกรมทางหลวงพบว่า ทางหลวงซึ่งผ่านการใช้งานแล้วเป็นระยะหนึ่ง ค่าการแอ่นตัวโดยเฉลี่ยจะอยู่ระหว่าง 300 ถึง 500 ไมครอน ดังนั้น หากพิจารณาการเสื่อมสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยางภายหลังก่อสร้าง ที่ค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยเท่ากับ 400 ไมครอน อาจทำนายได้ว่า อายุการใช้งานของแปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 352 ช่วงกม. 2+480 - 5+400 ซึ่งมีรองผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 60-70 มีแนวโน้มสั้นกว่าแปลงทดสอบอื่นในการศึกษา

5. สรุปผลการศึกษา

เครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) สามารถนำมาใช้ในงานบำรุงรักษาถนน เช่น การตรวจสอบและประเมินสภาพถนนลาดยางที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว เพื่อการบูรณะและปรับปรุงโครงสร้างถนน การประเมินความแข็งแรงและอายุการใช้งานของถนนลาดยางภายหลังก่อสร้างด้วยเครื่องมือ FWD จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการพิจารณาสำหรับงานก่อสร้าง โดยผลการทดสอบที่ได้สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพงานก่อสร้างถนนลาดยาง และเป็นแนวทางพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบโครงสร้างถนนลาดยางภายใต้สภาพการใช้งานจริง

จากผลการติดตามประเมินความแข็งแรงของแปลงทดสอบในสภาพการใช้งานจริง พบว่าแปลงทดสอบที่มีพื้นทางแข็งแรง ดังเช่น แปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ตาก - กำแพงเพชร สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างถนนลาดยางได้ ในขณะที่แปลงทดสอบที่มีผิวทาง

แข็งแรง ดังเช่น แปลงทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 1 สาย ตาก - ลำปาง สามารถลดอัตราการเสื่อมสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยาง และลดอัตราการเพิ่มขึ้นของความสึกกร่อนล้อ ดังนั้นจึงช่วยยืดอายุการใช้งานของถนนลาดยางภายหลังก่อสร้างได้

6. ข้อเสนอแนะการใช้เครื่องมือ FWD สำหรับงานก่อสร้าง

การทดสอบและประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างถนนลาดยางต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

- ควรใช้เครื่องมือ FWD ตัวเดียวกันในการทดสอบสายทางแต่ละครั้ง เพื่อลดความแปรปรวนเนื่องจากเครื่องมือ
- ทดสอบที่จุดเดียวกันหรือใกล้เคียงกันทุกครั้ง ระยะห่างระหว่างจุดทดสอบไม่เกิน 250 เมตร
- จำนวนการทดสอบไม่น้อยกว่า 3 ครั้ง แต่ละครั้งควรมีระยะเวลาก่อนกันประมาณ 3 - 6 เดือน
- ควรเริ่มทดสอบภายหลังก่อสร้างแล้วเสร็จไม่เกิน 1 ปี
- สายทางที่จะทำการประเมินอยู่ระหว่างการประกันผลงาน (2 ปี)

เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนวิน สวัสดิ์สานต์, เสกชัย อนุเวชศิริเกียรติ, นวพล พรหมจรรย์ และ จตุพร ทิพย์ทอง (2551). "การสำรวจสภาพความเสียหายและหาสาเหตุของความเสียหายหลักของถนนลาดยางในประเทศไทย". รายงานฉบับที่ วพ.261. กรมทางหลวง
- [2] อัครพัฒน์ สว่างสุริย์, อภิสิทธิ์ กล้าเหม็ง, นวพล พรหมจรรย์ และ ธัญรัตน์ ก่อตั้งสัมพันธ์ (2554). "โครงการวิจัยผิวทางด้านร่องล้อ". รายงานฉบับที่ วพ.296. กรมทางหลวง
- [3] ชีระชาติ รื่นไกรฤกษ์ และ สถิตย์พงษ์ อภิเมธีธำรง (2541). "การวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างโครงสร้างถนนลาดยางที่มีดินซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็นพื้นทาง กับถนนลาดยางที่มีหินคลุกเป็นพื้นทาง และวัสดุมวลรวมเป็นรองพื้นทาง". รายงานฉบับที่ วพ.169. กรมทางหลวง
- [4] ธนศักดิ์ ไผ่กระโทก. (2544). "การประมาณค่า STRUCTURAL NUMBER สำหรับผิวทางยึดหยุ่นโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย". รายงานฉบับที่ วพ. 189. กรมทางหลวง
- [5] บัญชา พุตระกูล, ม.ล.วิจิตอัฉรา สรรพกิจจำนง, เสรี ศรีธรรมธำรง, เสกชัย อนุเวชศิริเกียรติ และ พรชัย ศิลาภรณ์ (2547). "การตรวจวัดการดูดซึ่มโพรงใต้แผ่นคอนกรีตโดยใช้เครื่องมือ GPS และ FWD". รายงานฉบับที่ วพ. 211. กรมทางหลวง

- [6] ชันวิน สวัสดิ์ศานต์ และ อภิสิทธิ์ กล้าเหม็ง (2553). “การเลือกยางแอสฟัลต์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานต่าง ๆ ของถนนในประเทศไทย”. รายงานฉบับที่ วพ.284. กรมทางหลวง



ดร.อัคคพัฒน์ สว่างสุริย์

วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

สำนักวิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง

โทร. 085-061-7176 E-Mail: sawangsuriya@gmail.com



นายธนกฤต เพือกทอง

วิศวกรโยธา

สำนักวิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง

โทร. 080-504-2006 E-Mail: Tanakitsu@hotmail.com