การประเมินถนนแอสฟัลต์คอนกรีตชนิด AC 40/50 ภายหลังการก่อสร้าง: กรณีทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง-อ.แกลง. ช่วงกม. 25+00 ถึง 62+200

โดย

จุฑา สุนิตย์สกุล[1]
ชัยรัตน์ ศุภชวโรจน์[1]
ฉัตรชัย จันทร[1]
ศตพร กัณฑเจตน์[2]

[1]วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง
[2]วิศวกรโยธาชำนาญการ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

บทความนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น กรมทางหลวงไม่มีส่วนเกี่ยวข้องแต่อย่างใด

การประเมินถนนแอสฟัลต์คอนกรีตชนิด AC 40/50 ภายหลังการก่อสร้าง: กรณีทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง-อ.แกลง. ช่วงกม. 25+00 ถึง 62+200

นายจุฑา สุนิตย์สกุล
นายชัยรัตน์ ศุภชวโรจน์
นายฉัตรชัย จันทร
นางสาวศตพร กัณฑเจตน์

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

บทคัดย่อ

กรมทางหลวง ได้มีการพัฒนาการออกแบบโครงสร้างชั้นทางอยู่สม่ำเสมอ จากการออกแบบเชิงประสบการณ์ (Empirical Design) เป็นระบบเชิงวิเคราะห์ร่วมกับเชิงประสบการณ์ (Mechanistically Empirical Design) รวมทั้งมีการใช้วัสดุโครงสร้างชั้นทางที่นานาประเทศได้ใช้แล้วประสบผลดีและได้ติดตามประสิทธิภาพของวัสดุฯ นั้นอยู่อย่างต่อเนื่อง โครงการก่อสร้างบูรณะทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง-อ.แกลง กม.25+000 ถึง 62+200 ได้นำแอสฟัลต์ซีเมนต์เพนนีเทรชั่นเกรด 40/50 (AC 40/50) มาใช้เป็นชั้นผิวทาง ซึ่งเป็นโครงการแรกของกรมทางหลวงที่มีการใช้ AC 40/50 มากกว่า 4,000 ตัน โดยก่อนปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 โครงการก่อสร้างฯ ของกรมทางหลวง โดยส่วนมากจะใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60/70 ทำให้เกิดปัญหาร่องล้อ

ในบทความนี้จะได้นำเสนอผลการประเมินความแข็งแรงของถนนแอสฟัลต์คอนกรีตชนิด AC 40/50 ภายหลังการก่อสร้างของทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง-อ.แกลง. ช่วงกม. 25+00 ถึง 62+200

บทนำ

การขนส่งทางบกด้วยรถบรรทุกของประเทศไทยมีสัดส่วนสูงสุด ซึ่งการขนส่งด้วยรถบรรทุก จะทำให้ถนนเกิดความเสียหายได้รวดเร็วขึ้น ถ้าถนนไม่ได้ทำการก่อสร้างให้มีโครงสร้างชั้นทางที่สอดคล้องกับปริมาณการจราจร อีกทั้งประเทศไทยมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นและมีฝนชุก ทำให้ถนนแอสฟัลต์คอนกรีต ที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เพนนีเทรชั่นเกรด 60/70 (AC 60/70) ภายหลังการก่อสร้างมักพบปัญหาการเกิดร่องล้อทำให้อายุ การใช้งานลดลง การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า โดยการปรับปริมาณส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตเพื่อให้ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ในปริมาณที่ลดลง ซึ่งสามารถลดความลึกร่องล้อลงได้ แต่อาจจะทำให้เกิดปัญหาการเสียหายจากความชื้น (Moisture Damage) เพิ่มมากขึ้นได้ โดยสามารถสังเกตได้ เมื่อถนนในฤดูร้อนไม่พบความเสียหายแบบ Pot Holes แต่เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนจะพบปัญหา Pot Holes ดังนั้นการแก้ไขปัญหาการเกิดร่องล้อที่เหมาะสมมากสุดคือ การเลือกใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์และขนาดคละมวลรวมให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยและปริมาณรถบรรทุกในพื้นที่นั้นๆ โดยในปี 2550 กรมทางหลวงจึงได้มีการศึกษาเพื่อนำแอสฟัลต์ซีเมนต์ เพนนีเทรชั้นเกรด 40/50 (AC 40/50) มาใช้เพื่อให้ได้ถนนที่สามารถต้านการเกิดร่องล้อได้ดีขึ้น

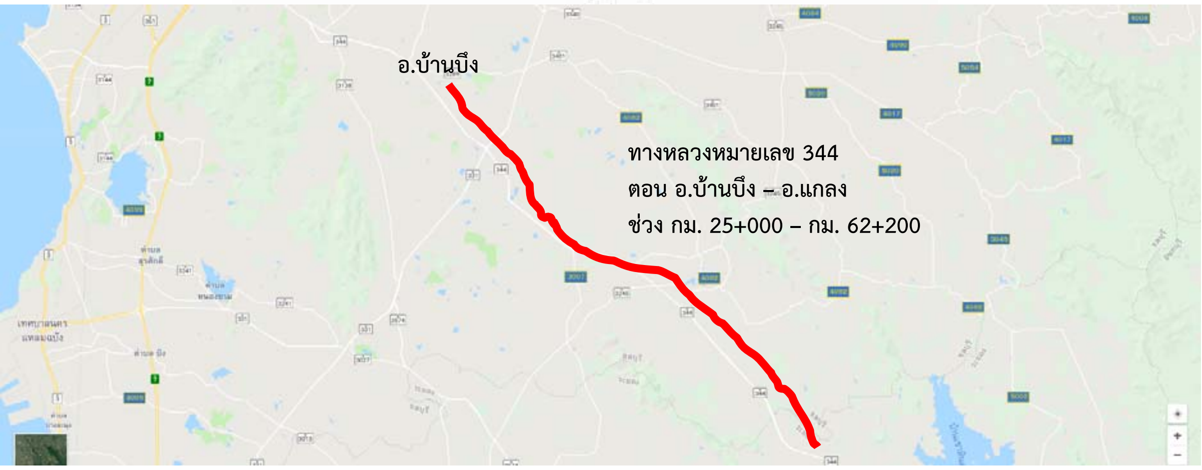
ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้จัดตั้งโครงการ The Strategic Highway Research Program (SHRP) ขึ้นมา เพื่อปรับปรุงสมรรถนะ ความทนทาน และความปลอดภัยในการใช้งานของทางหลวง โดย SHRP ได้พัฒนาระบบซูเปอร์เพฟ (SUPERPAVE) ซึ่งเป็นชื่อย่อของคำว่า SUperior PERforming Asphalt PAVEment โดยมีวัตถุประสงค์ให้ถนนลาดยางมีสมรรถนะในการใช้งานให้ดีขึ้นกว่าเดิม ภายใต้การพิจารณาถึงสภาวะรุนแรงใน การใช้งานเนื่องจากอุณหภูมิ ปริมาณจราจร และสภาพการใช้งาน ในการเลือกใช้เกรดแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามข้อกำหนด SUPERPAVE หรือที่เรียกโดยย่อว่า PG Grade ซึ่งในขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างชั้นทาง การก่อสร้างและบูรณะทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง-อ.แกลง ช่วง กม. 25+00 ถึง 62+200 ได้ประยุกต์การเลือกใช้ชนิดของ Asphalt Cement ตามระบบ SUPPERPAVE

เครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) เป็นการประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างทาง แบบไม่ทำลาย โดยการปล่อยน้ำหนักกระทำต่อผิวทาง ซึ่งเป็นการจำลองน้ำหนักจากรถบรรทุกกระทำต่อถนน โดยให้มีปริมาณใกล้เคียงกันกับน้ำหนักกระทำจากรถบรรทุก และทำการตรวจวัดการยุบตัวของโครงสร้างชั้นทางที่ระยะต่างๆ จากจุดที่น้ำหนักตกกระทบ เพื่อใช้ในการประเมินความแข็งความแรงของโครงสร้างชั้นทาง การแปลผลการทดสอบ FWD ทำได้โดยใช้ Computer Software Elmod ซึ่งในโครงการนี้จะได้ทำการทดสอบ FWD ทั้งก่อนและภายหลังการก่อสร้างและบูรณะทางหลวงหมายเลข 344 ช่วง กม. 25+00 ถึง 62+200

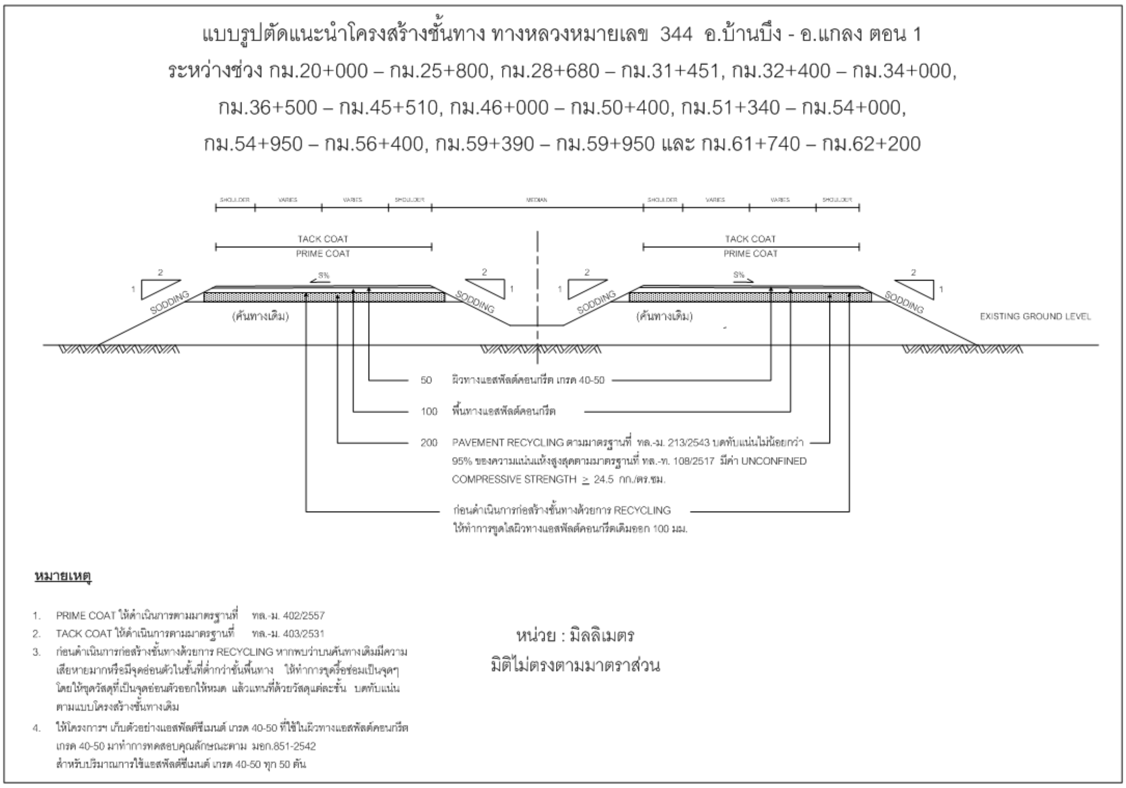
โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง – อ.แกลง

ทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง – อ.แกลง เป็นทางหลวงที่ลัดเชื่อมทางหลวงหมายเลข 3 สู่จังหวัดจันทบุรีในภาคตะวันออก ก่อนการบูรณะทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง – อ.แกลง เป็นถนนแอสฟัลต์คอนกรีตขนาด 4 ช่องจราจร ไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีต เกาะกลางแบบร่องน้ำ (Depressed Median) ก่อสร้างจาก 2 ช่อง จราจรเป็น 4 ช่องจราจรแล้วเสร็จในปี 2541 เนื่องจากการพัฒนาอุตสาหกรรมในพื้นที่ภาคตะวันออก ถนนในปัจจุบันมีปริมาณการจราจรและปริมาณรถบรรทุกหนักมาก ซึ่งถนนในบางช่วงมี ความเสียหายถึงโครงสร้างชั้นทาง

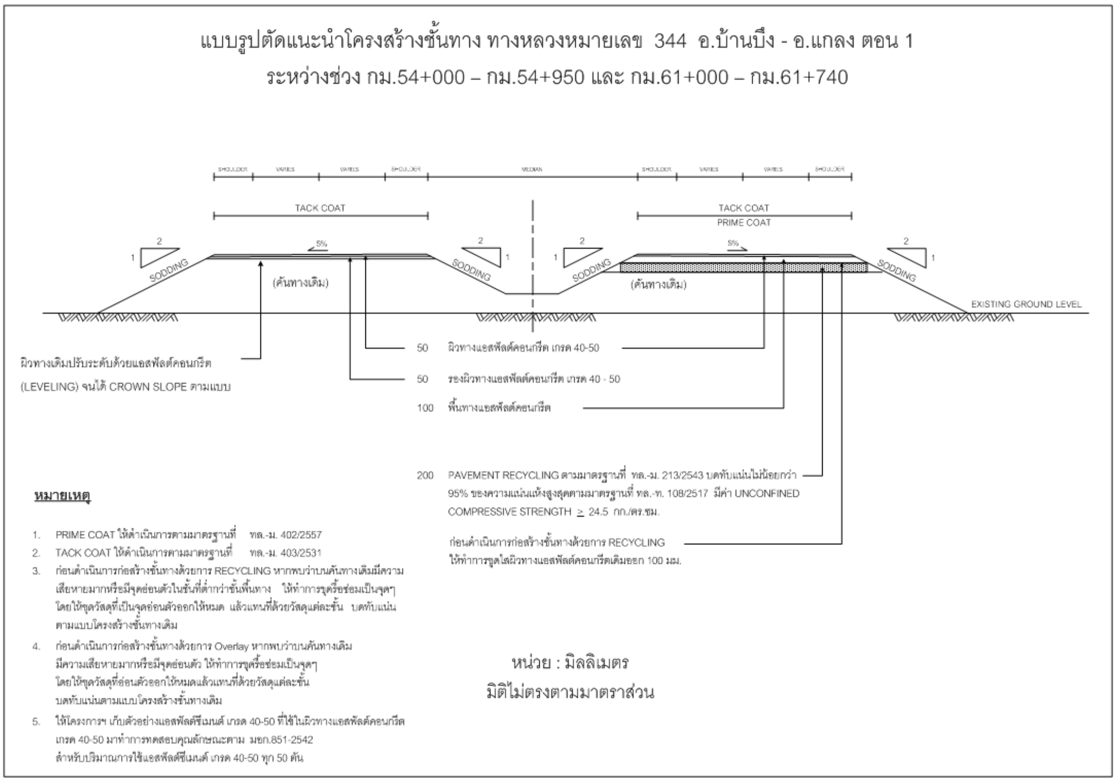
กรมทางหลวง ได้รับงบประมาณปี 2558 เพื่อบูรณะทางหลวงทางหลวงหมายเลข 344 ช่วง กม. 25+000 ถึง กม. 62+200 โดยภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งสายทาง แบบรูปตัดโครงสร้างชั้นทางสำหรับการบูรณะทางหลวงแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งปัจจุบันได้ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จ (ภาพที่ 3 ภาพถ่ายถนนหลังการก่อสร้างประมาณ 2 ปี) ณ.จุดตรวจวัดบนทางหลวงหมายเลข 344 กม. 48+725 มีปริมาณการจราจร 23,200 คันและปริมาณรถบรรทุกหนักประมาณ 34.2 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 1 ที่ตั้งโครงการทางหลวงหมายเลข 344 ตอน 1 สาย อ.บ้านบึง – อ.แกลง
ช่วง กม. 25+000 ถึง กม. 62+200



ภาพที่ 2.1 แบบรูปตัดโครงสร้างชั้นทางสำหรับการบูรณะทางหลวงหมายเลข 344
ตอน อ.บ้านบึง – อ.แกลง ช่วง กม. 25+ 000 – กม. 62 + 200



ภาพที่ 2.2 แบบรูปตัดโครงสร้างชั้นทางสำหรับการบูรณะทางหลวงหมายเลข 344
ตอน อ.บ้านบึง – อ.แกลง ช่วง กม. 25+ 000 – กม. 62 + 200

ภาพที่ 3.1 รูปภายหลังการบูรณะทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง – อ.แกลง กม. 32+ 600 LT

ภาพที่ 3.2 รูปภายหลังการบูรณะทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง – อ.แกลง กม. 55+ 000 LT

ภาพที่ 3.3 รูปภายหลังการบูรณะทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง – อ.แกลง กม. 37+ 800 RT

ภาพที่ 3.4 รูปภายหลังการบูรณะทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง – อ.แกลง กม. 56+ 000 RT

การทดสอบโครงสร้างชั้นทางด้วย Falling Weight Deflectomter

เครื่องมือ FWD เป็นเครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างถนนแบบวิธี Non-destructive Test ทำงานได้รวดเร็ว ผลการทดสอบมีความน่าเชื่อถือ เครื่อง FWD ประกอบด้วย ส่วนที่เป็นรถลากจูงติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมเครื่องคำนวณผลแปลงคำสั่งในการควบคุมเครื่องมือทดสอบและเก็บข้อมูล รถพ่วงเป็นชุดเครื่องทดสอบ FWD โดยเครื่องทดสอบที่มีหลักการทำงานคล้ายการทดสอบ Plate Loading Test ที่มีลักษณะการให้น้ำหนักกระทำเป็นแบบ Dynamic เนื่องจากมีการปล่อยน้ำหนักลงกระแทกกับแผ่นรองรับโดยมียาง กันกระแทกที่ทำหน้าที่คล้ายสปริง ซึ่งให้เกิดคลื่นแรงสั่นสะเทือนต่อโครงสร้างถนน โดยมีการปรับขนาดของน้ำหนักและความสูงของการยกก้อนน้ำหนักได้ตามที่ต้องการ ทำให้สามารถควบคุมแรงที่กระทำต่อโครงสร้างถนนให้มีปริมาณมากพอ และก่อให้เกิดการทรุดตัว ในโครงสร้างถนน เทียบเท่าผลที่เกิดจากรถบรรทุกเพลามาตรฐานเคลื่อนที่ผ่าน ส่วนประกอบหลักของเครื่อง FWD คือตัวตรวจวัดสัญญาณคลื่นที่เกิดจากการกระแทกของก้อนน้ำหนักผ่านผิวถนน เรียกว่า Geophone จำนวน 9 ตัว เรียงเป็นแถวในระนาบเดียวกันเพื่อให้สามารถแปลง ค่าสัญญาณที่วัดได้มาเป็นค่า Deflection โดยสามารถแปลผลการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรม ELMOD.

การประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางตาม AASHTO 1993

AASHTO 1993 ได้นำเสนอวิธีการประมาณค่า SN ของโครงสร้างทาง จากการทดสอบ FWD ตามสมการที่ 1 ถึง 4 ดังนี้

$$M_R = \frac{0.24 * P}{\delta_r * r} \tag{1}$$

$$a_e = \sqrt{a^2 + \left(D\sqrt[3]{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2} \tag{2}$$

$$\delta_1 = 1.5 * p * a \left(\frac{1}{M_R \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}} + \frac{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \right)^2}} \right)}{E_p} \right) \tag{3}$$

$$SN_{eff} = 0.0045 * D * \sqrt[3]{E_p} \tag{4}$$

โดยที่ M_R = Subgrade resilient modulus (psi)

P = FWD test load magnitude (lb)

δr = Measured deflection at offset, r (in.)

r = Radial offset (in.) in which it is more than 0.7 a_e

a_e = Effective radius of stress bulb at subgrade/pavement interface (in.)

a = FWD load plate radius (in.)

D = Total pavement depth above subgrade (in.)

E_p = Composite pavement modulus computed from eq. 10

p = FWD contact pressure (psi)

δ_1 = Deflection at FWD load plate

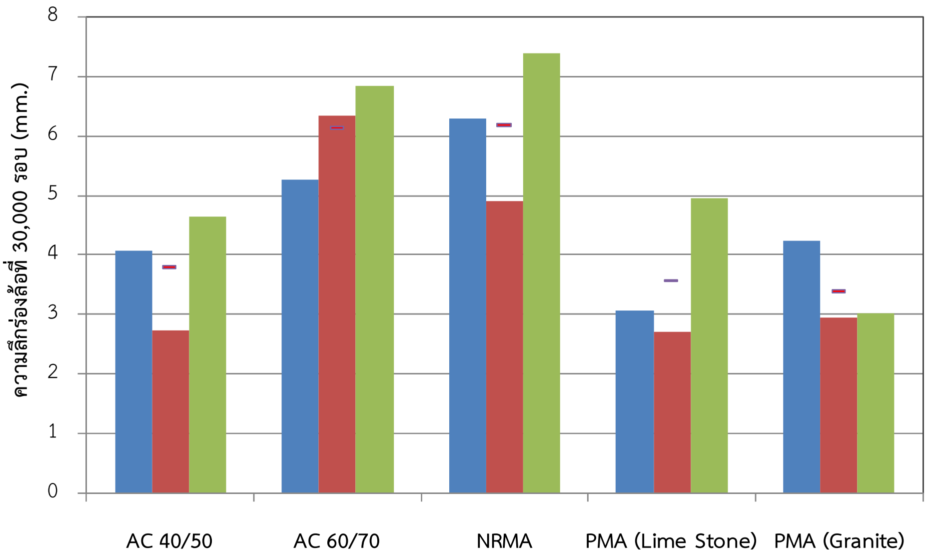
SN_{eff} = Effective structural number of in-place pavement

ผลการทดสอบ Wheel Track แอสฟัลต์คอนกรีตชนิด AC 40/50 ในห้องปฏิบัติการ

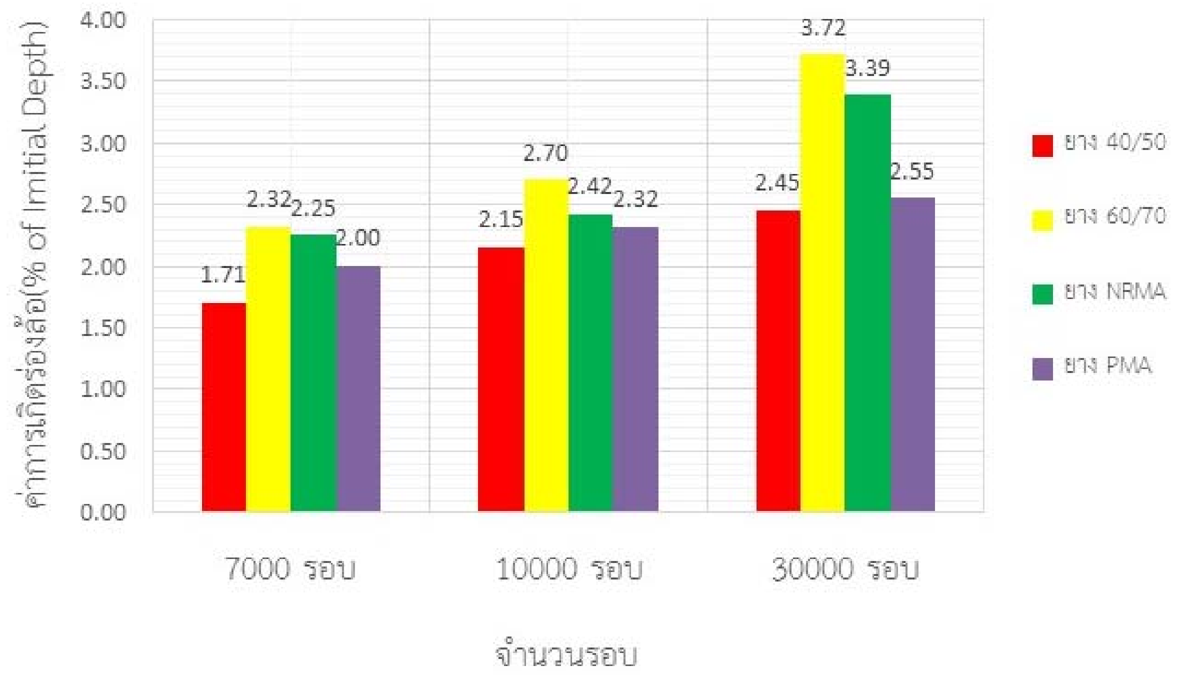
สุรชัย จันทร์ขาว (2561) วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ และนายกิติฤกษ์ ฉิมทับ (2562) วิศวกรโยธาชำนาญการ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ได้ดำเนินการทดสอบการจำลองการเกิดร่องล้อในห้องปฏิบัติการ ด้วยเครื่องมือ French Wheel Track โดยได้ดำเนินการเตรียมตัวอย่าง Asphalt Concrete จากหินที่มีขนาดคละเดียวกัน แต่ใช้ AC 60/70, NRMA, AC 40/50 และ PMA จากผลการทดสอบพบว่าร่องล้อในห้องปฏิบัติการของ Asphalt Concrete ที่ใช้ AC 60/70 และ NRMA เกิดร่องล้อที่มีความลึกมากกว่า Asphalt Concrete ที่ใช้ AC 40/50 และ PMA ตามภาพที่ 4 และ 5 ตามลำดับ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าถ้า AC 60/70 และ NRMA เหมาะสมที่นำมาใช้ในผิวทางถนนของประเทศไทย AC 40/50 ก็สามารถนำมาใช้ในเป็นวัสดุผิวทางถนนของประเทศไทยได้เช่นเดียวกัน และคาดได้ว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ AC 40/50 จะสามารถต้านทานการเกิดร่องล้อได้ดีกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ AC 60/70 และ NRMA

การสำรวจและประเมินความแข็งแรงภายหลังการก่อสร้าง

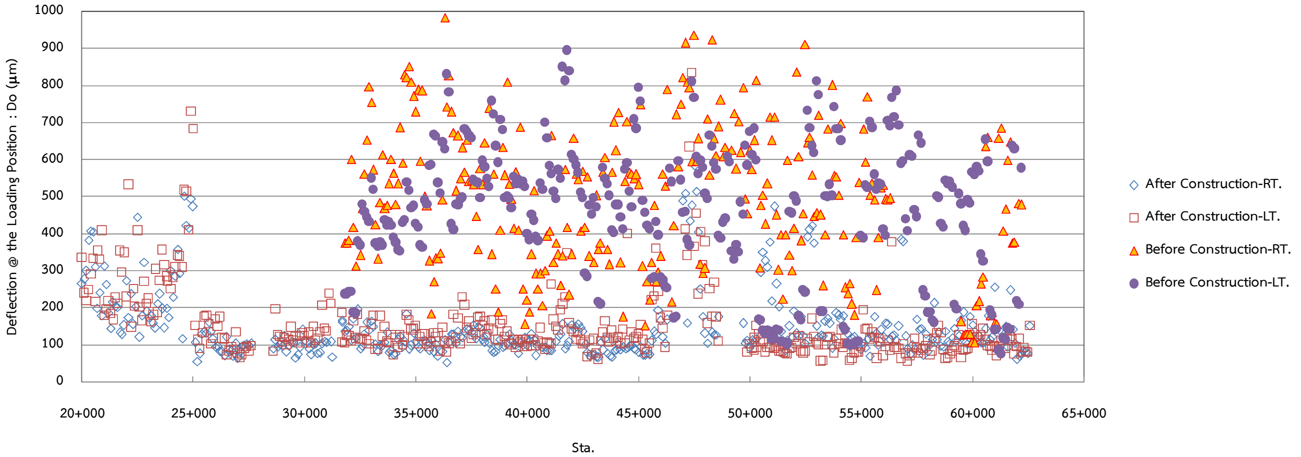
การบูรณะทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง – อ.แกลง ช่วง กม. 25+000–กม. 62+200 แล้วเสร็จในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560 โดยตัวอย่างผลการตรวจวัดค่ายุบตัวจากการทดสอบ FWD แสดงในภาพที่ 6 และ 7 ซึ่งแสดงให้เห็นการก่อสร้างบูรณะทางหลวงหมายเลข 344 ส่งผลให้ถนนมีความแข็งแรงมากกว่าก่อนการก่อสร้าง



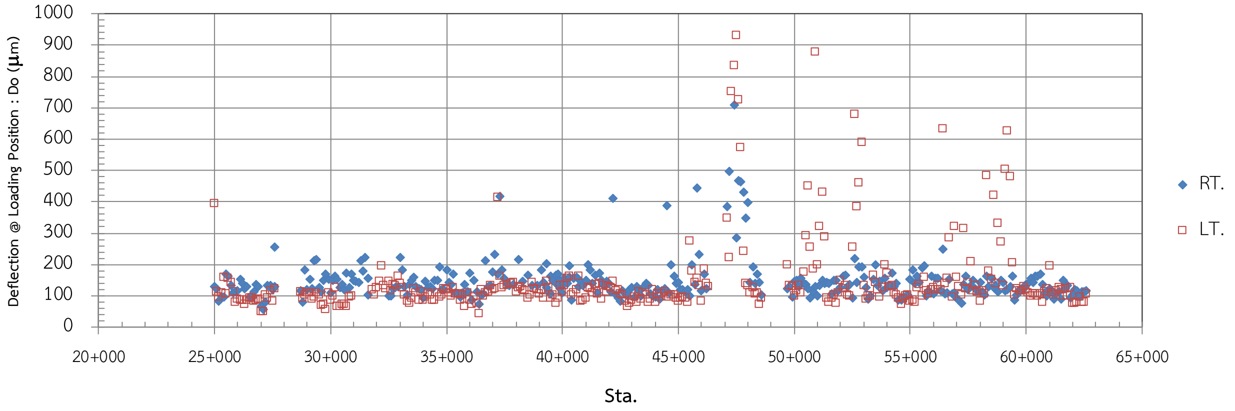
ภาพที่ 4 ผลการทดสอบการจำลองการเกิดร่องล้อในห้องปฏิบัติการ (สุรชัย จันทร์ขาว, 2561)



ภาพที่ 5 ผลการทดสอบการจำลองการเกิดร่องล้อในห้องปฏิบัติการ (กิติฤกษ์ ฉิมทับ, 2562)



ภาพที่ 6 รูปแสดงค่าการยุบตัวจากการทดสอบ FWD ที่ตำแหน่ง Loading Plate ก่อนก่อสร้างและหลังการก่อสร้างประมาณ 0.5 ปี

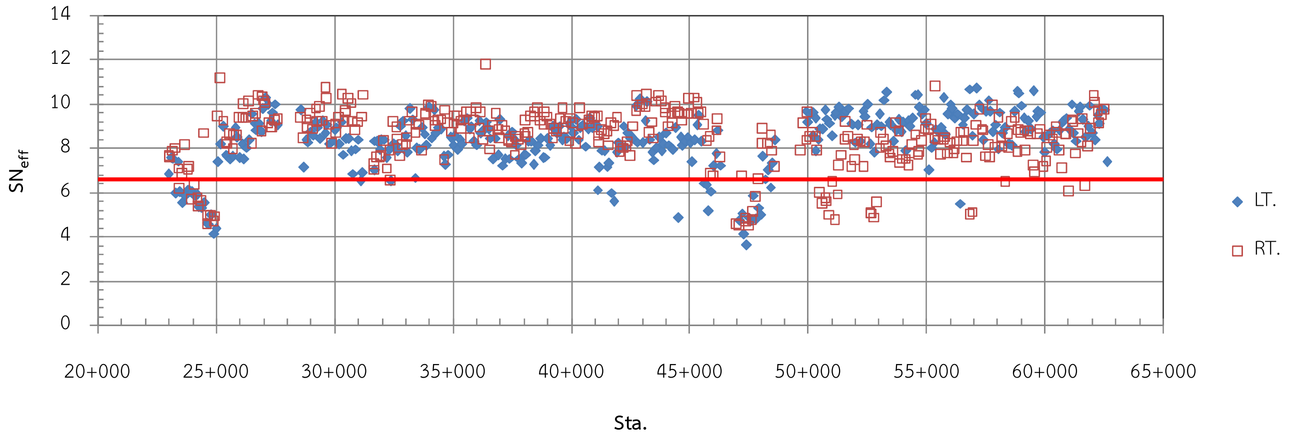


ภาพที่ 7 รูปแสดงค่าการยุบตัวจากการทดสอบ FWD ที่ตำแหน่ง Loading Plate ก่อนก่อสร้างและหลังการก่อสร้างประมาณ 2 ปี

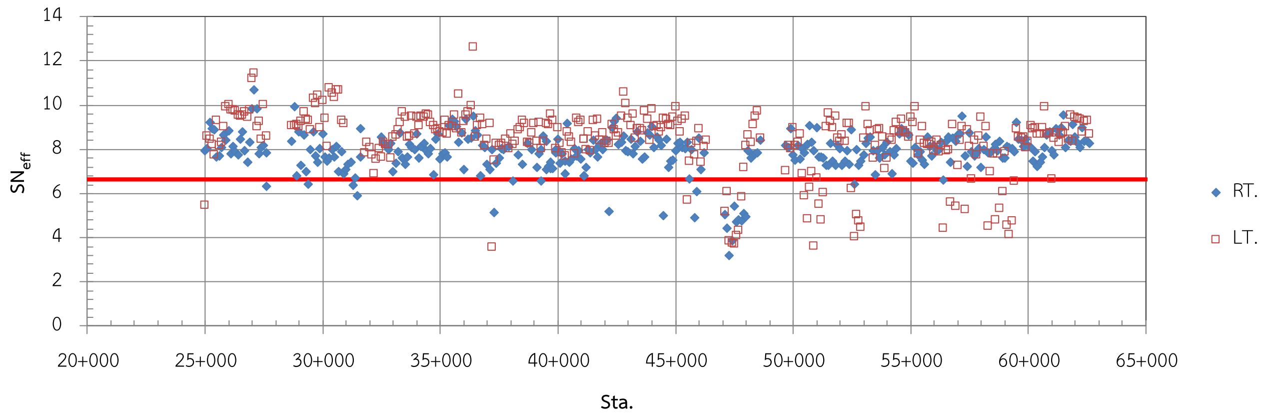
ผลการประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางตาม AASHTO 1993

การประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางตาม AASHTO 1993 นั้นจะประเมินค่า Structural Number (SN) ทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง-อ.แกลง ช่วง กม. 25+000 ถึง 62+200 โดยมีค่า SN_{eff} มีค่ามากกว่า 6.63 (ภาพที่ 8 และ 9) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการออกแบบตาม AASHTO 1993 ทั้งนี้บริเวณที่มีค่าต่ำกว่า 6.63 นั้นเป็นบริเวณที่ไม่ได้ทำการบูรณะ

ภายหลังการก่อสร้างประมาณ 2 ปี คันทางปริมาณการจราจรยังคงไม่มากกว่าค่าที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างชั้นทางและจากผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบ FWD พบว่าค่า SN มีค่าสูงกว่าค่าที่ใช้ในการออกแบบจึงยังไม่ต้องทำการเสริมผิว แต่ค่า SN นั้นพบว่ามีค่าลดลงจากค่าที่ทดสอบภายหลังการก่อสร้างประมาณ 0.5 ปี อนึ่งจากผลการทดสอบ FWD พบว่าด้านซ้ายทางมีความแข็งแรงมากกว่าคันทางด้านขวาทาง



ภาพที่ 8 ผลการประเมิน SN_{eff} ของโครงสร้างชั้นทางตาม AASHTO 1993 หลังการก่อสร้างประมาณ 0.5 ปี



ภาพที่ 9 ผลการประเมิน SN_{eff} ของโครงสร้างชั้นทางตาม AASHTO 1993 หลังการก่อสร้างประมาณ 2.0 ปี

บทสรุป

กรมทางหลวง ได้มีการพัฒนาการออกแบบโครงสร้างชั้นทางอยู่สม่ำเสมอ รวมทั้งมีการใช้วัสดุโครงสร้างชั้นทางที่มีการใช้ในต่างประเทศ มาประยุกต์ใช้ในประเทศ รวมทั้งได้ดำเนินการติดตามประสิทธิภาพของวัสดุฯ นั้น อยู่อย่างต่อเนื่อง ในโครงการก่อสร้างบูรณะทางหลวงหมายเลข 344 ตอน อ.บ้านบึง-อ.แกลง กม.25+000 ถึง 62+200 ได้นำ AC 40/50 มาใช้เป็นชั้นผิวทางเป็นโครงการแรกที่มีการใช้ AC 40/50 มากกว่า 1,000 ตัน

จากการสำรวจและประเมินความแข็งแรงภายหลังการก่อสร้างของถนนและผลการทดสอบการจำลองการเกิดร่องล้อในห้องปฏิบัติการพบว่า AC 40/50 สามารถนำมาใช้ในการก่อสร้างผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต สำหรับประเทศไทยที่มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทยได้ ทำให้ในปัจจุบันกรมทางหลวง ได้ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 40/50 ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย

กิตติกรรมประกาศ

ทีมงานผู้แต่งบทความนี้ขอขอบคุณ ทีมงานทดสอบ FWD ส่วนสำรวจและประเมินสภาพทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ที่ได้ดำเนินการทดสอบ FWD และแปรผลการทดสอบ และนายสุรชัย จันทร์ขาว วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ และนายกิติฤกษ์ ฉิมทับ วิศวกรโยธาชำนาญการ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ที่อนุเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบ Rutting เพื่อประกอบการจัดทำบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] AASHTO (1993), AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, Washington, D.C. U.S.A.

[2] สุรชัย จันทร์ขาว (2561) Personal Communication.

[3] กิติฤกษ์ ฉิมทับ (2562) Personal Communication.