การประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง ด้วยเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) ในโครงการระหว่างก่อสร้าง ประจำปี 2567

โดย

สุชาภัสร์ โชติรักษา [1]

ปรนิก จิตต์อารีกุล [2]

ธงชัย ก้อนพันธ์ [3]

[1] วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สำนักมาตรฐานและประเมินผล กรมทางหลวง

[2] วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

[3] วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สำนักมาตรฐานและประเมินผล กรมทางหลวง

บทความนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น กรมทางหลวงไม่มีส่วนเกี่ยวข้องแต่อย่างใด

การประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง ด้วยเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) ในโครงการระหว่างก่อสร้าง ประจำปี 2567

สุชาภัสร์ โชติรักษา

วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สำนักมาตรฐานและประเมินผล กรมทางหลวง

ปรนิก จิตต์อารีกุล

วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

ธงชัย ก้อนพันธ์

วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สำนักมาตรฐานและประเมินผล กรมทางหลวง

บทคัดย่อ

การประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางระหว่างก่อสร้างมีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพงานก่อสร้างทางหลวงให้เป็นไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแข็งแรงของชั้นทางในระหว่างการก่อสร้าง โดยใช้เครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) ซึ่งเป็นเครื่องทดสอบแบบไม่ทำลายที่สามารถวัดค่าการแอ่นตัวของชั้นทางได้อย่างแม่นยำ โดยโครงการศึกษาได้คัดเลือกโครงการระหว่างก่อสร้างของกรมทางหลวง ประจำปี 2567 ที่มีผลงานความก้าวหน้าระหว่าง 70-95% โดยประกอบด้วยโครงการก่อสร้างที่เป็นถนนแอสฟัลต์คอนกรีตและคอนกรีตทั้งหมด 25 โครงการ

การดำเนินงานประกอบด้วยการเก็บข้อมูลในภาคสนามโดยเครื่อง FWD และวิเคราะห์ค่าที่ได้ด้วยโปรแกรม Elmod 4.4 และ KENPAVE เพื่อคำนวณค่าโมดูลัสและค่า Overlay ที่เหมาะสม ผลการวิเคราะห์พบว่า การใช้ค่า Deflection และ Overlay เป็นตัวชี้วัดในการประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากนั้นได้กำหนดเกณฑ์การประเมินโดยพิจารณาจากค่าการแอ่นตัวและความจำเป็นในการเสริมผิวทาง เพื่อจัดระดับสภาพโครงสร้างชั้นทางและใช้เปรียบเทียบคุณภาพของแต่ละโครงการอย่างเป็นธรรม

ผลการศึกษาชี้ว่า การประเมินด้วย FWD ระหว่างก่อสร้างช่วยให้สามารถควบคุมคุณภาพงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสนับสนุนการวางแผนบำรุงรักษาในระยะยาว จึงควรส่งเสริมการใช้วิธีนี้เป็นมาตรฐานในกระบวนการตรวจสอบงานก่อสร้างของกรมทางหลวง

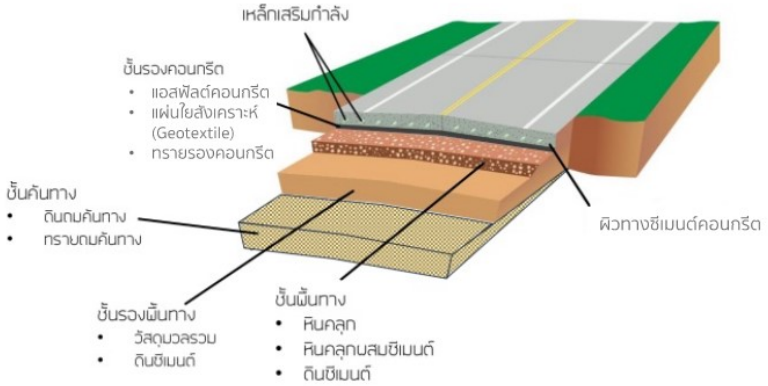
บทนำ

กลุ่มประเมินผล สำนักมาตรฐานและประเมินผลมีภารกิจในการประเมิน ติดตาม และตรวจสอบคุณภาพของโครงการก่อสร้างของกรมทางหลวงให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และมาตรฐานที่กำหนด โดยภายใต้พระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 ได้กำหนดให้มีการประเมินผลการปฏิบัติงานของ ผู้รับจ้าง เพื่อประกอบการพิจารณาคุณสมบัติของผู้ที่จะยื่นข้อเสนอหรือทำสัญญากับหน่วยงานภาครัฐ การประเมินผลงานก่อสร้างจึงมีความสำคัญในการรักษามาตรฐานการก่อสร้างของกรมทางหลวงทั่วประเทศ

ปัจจุบันกรมทางหลวงได้นำเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยตรวจสอบค่าความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางได้อย่างแม่นยำโดยไม่ทำลายโครงสร้างทางหลวง มาใช้ในงานบำรุงรักษาถนน ด้วยคณะอนุกรรมการประเมินผลงานก่อสร้าง ประจำปี 2567 ได้กำหนดแนวทางการประเมินสำหรับโครงการที่มีความก้าวหน้าระหว่าง 70-95% โดยใช้เครื่องมือ FWD ช่วยประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างทางและการรองรับน้ำหนักบรรทุกของทางหลวงในระหว่างการก่อสร้าง เพื่อให้มั่นใจว่าโครงสร้างถนนสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยในระยะยาว และเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของงานก่อสร้างของกรมทางหลวง เพื่อนำมาวางแผนเพื่อการบูรณะปรับ ปรุงโครงสร้างทาง นอกจากนี้ การประเมินผลงานก่อสร้างยังสามารถใช้เป็นข้อบ่งชี้ในการประเมินผลการทำงานของ ผู้รับจ้าง เพื่อให้เกิดความโปร่งใสและประสิทธิภาพในการบริหารจัดการโครงการก่อสร้างของกรมทางหลวงต่อไป

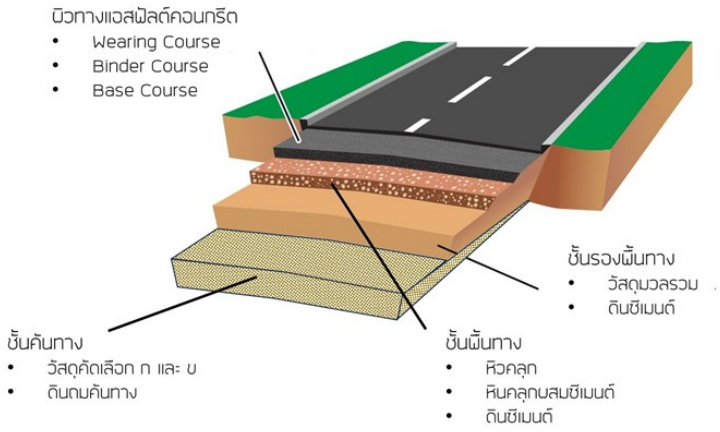
1. รูปแบบโครงสร้างชั้นทาง

ถนนในประเทศไทยที่ออกแบบโดยกรมทางหลวงมีทั้งหมด 2 รูปแบบ ได้แก่ ถนนคอนกรีต (Concrete Pavement) และ ถนนแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete Pavement) โครงสร้างชั้นทางของถนนทั้ง 2 รูปแบบ แสดงดัง **ภาพที่ 1** และ **ภาพที่ 2**



ที่มา: ชญาดา รวิวรรณ, 2567

ภาพที่ 1 โครงสร้างชั้นทางถนนคอนกรีต



ที่มา: ชญาดา รวิวรรณ, 2567

ภาพที่ 2 โครงสร้างชั้นทางถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

1) ผิวทาง เป็นชั้นทางหลักที่ทำหน้าที่รับแรงจากยานพาหนะ และถ่ายแรงลงสู่โครงสร้างชั้นทางต่อๆ ไป ซึ่งผิวทางมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ ผิวทางคอนกรีต และผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

2) ชั้นพื้นทาง (Base) เป็นชั้นรองจากผิวคอนกรีต วัสดุที่ใช้เป็นวัสดุเม็ด (Granular Material) ที่มีความแข็งแรงสูง ทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักจากชั้นผิวทาง ลงสู่ชั้นรองพื้นทาง และชั้นดินเดิม นอกจากนี้ยังเป็นชั้นที่รองรับแผ่นคอนกรีตให้มีความเรียบ และลดการแอ่นตัวของแผ่นคอนกรีตอีกด้วย

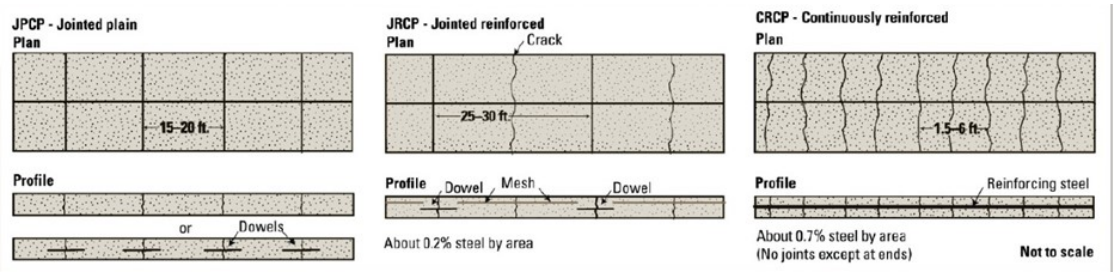
3) ชั้นรองพื้นทาง (Subbase) เป็นชั้นที่อยู่ระหว่างชั้นพื้นทางและชั้นดินเดิม ทำหน้าที่กระจายแรงสู่ชั้นดินเดิม วัสดุที่ใช้ทั่วไปประกอบด้วย กรวด หินบด และดินลูกรัง เป็นต้น มีความหนาอยู่ในช่วง 4 – 16 นิ้ว

4) ชั้นดินเดิม (Subgrade) เป็นชั้นที่รองรับโครงสร้างของถนนทั้งหมดไว้ เป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการออกแบบถนน เพื่อให้โครงสร้างชั้นทางมีความหนาเพียงพอสำหรับรองรับน้ำหนักจากยานพาหนะ

5) ไหล่ทาง (Joint) ทำหน้าที่ระบายน้ำออกจากผิวทางและเป็นที่จอดรถในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน ไหล่ทางสามารถทำจากแอสฟัลต์หรือคอนกรีต ซึ่งจะมีผลต่อความหนาของโครงสร้างชั้นทางคอนกรีตด้วย

6) รอยต่อ (Joint) ทำหน้าที่แบ่งถนนคอนกรีตเป็นแผ่นๆ โดยรอยต่อเหล่านี้จะทำหน้าที่ควบคุมการเกิดรอยแตก (Crack) เนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต และป้องกันการโก่งตัว เนื่องจากการขยายตัวของคอนกรีต

ถนนคอนกรีตที่แบ่งชนิดตามการเสริมเหล็กและรอยต่อ สามารถแบ่งออกได้ 3 ชนิด ได้แก่ Joint Plain Concrete Pavement (JPCP), Joint Reinforced Concrete Pavement (JRCP) และ Continuous Reinforced Concrete Pavement (CRCP) ดังแสดงใน **ภาพที่ 3**



ที่มา : https://engineeringandarchitecture.com

ภาพที่ 3 ชนิดของถนนคอนกรีตแบ่งตามรูปแบบของรอยต่อ

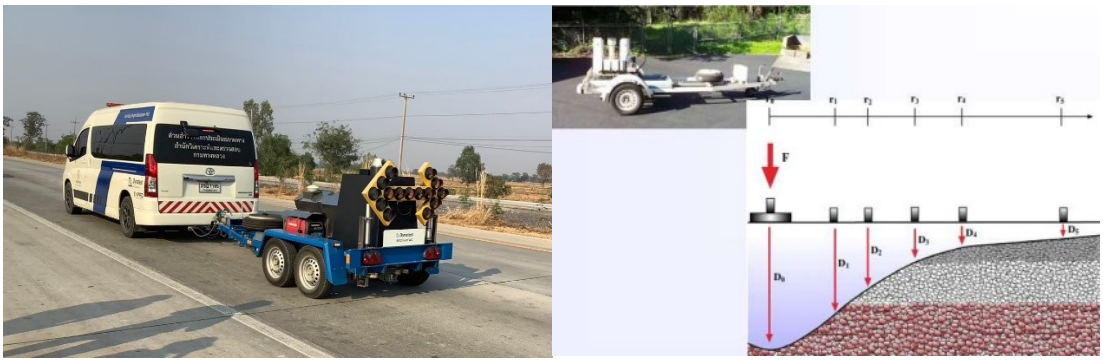
- Joint Plain Concrete Pavement (JPCP) ถนนคอนกรีตที่ไม่มีเหล็กเสริมกันร้าว โดยจะติดตั้งเหล็กเดือย (Dowel) บริเวณรอยต่อ ระยะห่างระหว่างรอยต่อจะอยู่ที่ประมาณ 4 – 6 เมตร

- Joint Reinforced Concrete Pavement (JRCP) ถนนคอนกรีตที่มีการเสริมเหล็กเสริมกันร้าวบริเวณผิวส่วนบนของชั้นคอนกรีตและมีเหล็กเดือย (Dowel) เพื่อถ่ายแรงระหว่างรอยต่อ โดยทั่วไปจะมีระยะห่างระหว่างรอยต่อไม่เกิน 12 เมตร

- Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP) ถนนคอนกรีตที่ก่อสร้างโดยไม่มีรอยต่อตามขวาง โดยจะใช้เหล็กเสริมตามยาวในการลดขนาดรอยแตกและระยะระหว่างรอยแตกที่เกิดขึ้นโดยไม่ต้องทำการก่อสร้างรอยต่อ

2 เครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD)

เครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) เป็นเครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างถนนแบบวิธี Non - destructive Test จุดเด่นคือทำงานได้รวดเร็ว ผลทดสอบถูกต้อง และไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อถนน เครื่องมือ FWD ประกอบด้วย ส่วนที่เป็นรถลากจูงติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมเครื่อง Processor แปลงคำสั่งในการควบคุมเครื่องมือทดสอบและเก็บข้อมูล ในส่วนของรถพ่วงเป็นชุดเครื่องทดสอบ FWD โดยเครื่องทดสอบที่มีหลักการทำงานคล้ายการทดสอบ Plate Loading Test ที่มีลักษณะเป็น Dynamic เนื่องจากมีการปล่อยน้ำหนักลงกระแทกกับแผ่นรองรับโดยมียางกันกระแทกที่ทำหน้าที่คล้ายสปริง ซึ่งให้เกิดคลื่นแรงสั่นสะเทือนขึ้นในโครงสร้างถนน โดยมีการปรับขนาดของน้ำหนักและความสูงของการยกตุ้มน้ำหนักได้ตามที่ต้องการ ซึ่งทำให้สามารถควบคุมแรงที่กระทำต่อโครงสร้างถนนให้มีปริมาณมากพอ ทำให้เกิด Surface Deflection, Stress, Strain ในโครงสร้างถนน เทียบเท่าผลที่เกิดจากรถบรรทุกมาตรฐานวิ่งผ่าน ส่วนประกอบหลักของเครื่อง FWD อีกอย่างหนึ่ง คือตัวตรวจวัดสัญญาณคลื่นที่เกิดจากการกระแทกของก้อนน้ำหนักผ่านผิวถนน เรียกว่า Geophone จำนวน 9 ตัว เรียงเป็นแถวในระนาบเดียวกัน เพื่อให้สามารถแปลงค่าสัญญาณที่วัดได้มาเป็นค่า Deflection ดัง**ภาพที่ 4**



ภาพที่ 4 เครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD)

3. การทดสอบถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

3.1 วิธีการทดสอบถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

1. ปรับการติดตั้ง Geophone (ตัวตรวจวัดสัญญาณคลื่นสั่นสะเทือน) วางในระยะตำแหน่ง 0, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 150 และ 180 cm. ตามลำดับตั้งแต่ตัวที่ 1 ถึง ตัวที่ 9 โดยตำแหน่งระยะศูนย์ อยู่ที่ Plate ถ่ายแรงของเครื่องมือ FWD

2. ใช้ File ในการควบคุมน้ำหนักชื่อ THA - FLEX3.tsu

3. ระยะห่างระหว่างจุดทดสอบ โดยปกติจะทำการทดสอบทุก ๆ ระยะ 100 เมตร ตลอดสายทางโดยจะทำการทดสอบบริเวณร่องบริเวณร่องล้อซ้ายของช่องจราจรนอกสุดของ Main Road

4. น้ำหนักที่ใช้กระทำผ่านแผ่นถ่ายแรงมีขนาดที่ทำให้เกิดหน่วยแรง (Stress) 707 kPa ซึ่งเทียบเท่ากับหน่วยแรงดันของลมยางของล้อรถบรรทุกเพลาเดี่ยวยางคู่ขนาด 10 ตัน กระทำกับผิวทาง เป็นพื้นที่วงกลมมีค่าเท่ากับ 707 kPa เช่นกัน

3.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ข้อมูลประกอบการวิเคราะห์

1. ปริมาณการจราจร ปีใกล้เคียงของการทดสอบ

2. จำนวนชั้น, ชนิด และความหนาของวัสดุสร้างทาง

3. ค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุสร้างทางที่ใช้ (ถ้ารู้แน่นอน) เช่น ค่าโมดูลัส, อัตราส่วนปัวส์ซอง

โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ Elmod 4.4 ลักษณะการทำงานของโปรแกรม

ขั้นแรกเป็นขั้นตอนการหาค่าโมดูลัสของวัสดุสร้างทางที่ใช้หรือชั้นทางที่กำหนดให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ของโปรแกรมโดยโปรแกรมจะอ่านค่า Deflection ทั้ง 9 ค่า และค่าหน่วยแรง (Stress) ที่ได้จากการทดสอบ โปรแกรมจะให้ป้อนข้อมูลโครงสร้างชั้นทาง ได้แก่ จำนวนชั้นวัสดุ ความหนาของวัสดุแต่ละชั้น เพื่อหาค่าโมดูลัสของกลุ่มวัสดุที่สอดคล้อง นำไปสู่การคำนวณเป็นกลุ่มค่า Deflection ของวัสดุ

ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่า Deflection ที่วัดได้จริงบนชั้นวัสดุจาก การทดสอบ FWD แล้วต้อง มีผลใกล้เคียงหรือสอดคล้องกันจึงยอมรับ

ขั้นสองเป็นขั้นตอนการหาค่าเสริมความแข็งแรง (Overlay) โดยต้องเลือก File ของน้ำหนักเทียบเท่าที่กระทำ ซึ่งจะมีชื่อวัสดุทางที่เก็บค่าพารามิเตอร์และรูปแบบของการวิบัติของวัสดุทาง เพื่อกำหนดให้สอดคล้องกับชั้นทางจริง และป้อนจำนวนเที่ยวเทียบเท่าขนาดเพลาเดี่ยวมาตรฐาน 10 ตัน กระทำต่อปี ซึ่งเป็นจำนวนที่คาดว่าจะกระทำตลอดช่วงอายุออกแบบ โปรแกรมจะใช้กลุ่มค่าโมดูลัสของกลุ่มวัสดุที่คำนวณได้นำไปหาค่า Strain ที่เกิดขึ้นในแต่และชั้นของวัสดุ เพื่อนำไปหาจำนวนเที่ยวของขนาดเพลาเดี่ยวมาตรฐาน 10 ตัน ที่สามารถรับได้แล้วเปรียบเทียบกัน ถ้าไม่สามารถรับได้ก็จะปรับค่าความหนาของชั้นผิว ซึ่งส่วนต่างที่ได้จะเป็นค่าความหนาที่ต้องเสริมความแข็งแรงที่ต้องใช้ในการบำรุงทาง เพื่อให้ทางมีอายุการใช้งานได้ต่อไปอีกช่วงอายุหนึ่ง

จำนวนเที่ยว เทียบเท่าน้ำหนักลงเพลาของรถบรรทุกเพลาเดี่ยวยางคู่ขนาด 10 ตัน (AESALs) หาจากสูตร

$$\text{AESALs}=\text{AADT} \times \text{Lane factor} \times \%\text{HV} \times \text{Truck factor} \times 365 \text{ days} \times \frac{(1+\text{Growt Rate})^{\text{Desing Life}}-1}{\text{Growt Rate}}$$

AADT=ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี

Lane factor = ค่าแฟคเตอร์ปรับเทียบการกระจายตัวในช่องจราจร

$$\%\text{HV} = \frac{\text{รถโดยสารขนาดกลาง\&ใหญ่+รถบรรทุกขนาดกลาง\&ใหญ่+รถบรรทุกพ่วง\&กึ่งพ่วง}}{\text{AADT}} \times 100$$

Truck factor = 1.5 (แฟคเตอร์สำหรับปรับเทียบเป็นเพลามาตรฐาน)

Growt Rate = 4% (อัตราการเติบโตของการใช้รถยนต์ของประเทศ)

Design Life = 7 ปี (จำนวนปีออกแบบที่ใช้หาจำนวนเที่ยวของน้ำหนักเพลามาตรฐานสะสม)

3.3 เกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

ค่าการแอ่นตัวรวม (Deflection) ของทั้งโครงสร้างชั้นทางและค่าการเสริมผิวทาง (Overlay) เป็นค่าที่บอกถึงความแข็งแรงของโครงสร้างทางได้ดีค่าหนึ่ง สำหรับทางหลวงที่มีชั้นพื้นทางเป็นชั้นหินคลุก ก็คือชั้นพื้นทางต้องไม่ใช่พื้นทางที่เป็น Recycling และต้องไม่ใช่พื้นทางที่เป็น Modified Crushed Rock

ค่าการแอ่นตัว (Deflection) ที่วัดได้นั้น ถ้าวัดได้ค่ามาก ผลการวิเคราะห์จะได้ค่าการเสริมผิวทางที่มีความหนาเพิ่มขึ้นตามด้วย แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าปริมาณการจราจรที่กระทำบนสายทางนั้นด้วย ดังนั้นค่าการแอ่นตัว (Deflection) ที่วัดของสายทางหนึ่ง จะให้ค่าการเสริมผิวทางไม่เท่ากับอีกสายทางหนึ่ง โดยที่ค่าการแอ่นตัว (Deflection) ที่วัดได้ใกล้เคียงกัน ทางที่มีการเสริมผิวจากเดิมหนาขึ้นแล้วอาจมีค่าการแอ่นตัวมากกว่าเนื่องจากผิวทางเมื่อโดนแดดส่องจะเก็บสะสมทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ มี

ผลทำให้ผิวทางแอสฟัลต์ติดมีการยืดหยุ่นตัวได้มากขึ้นตามความหนาที่เพิ่มขึ้น ในโครงสร้างชั้นทางที่ก่อสร้างใหม่หรือขยายช่องจราจรเพิ่มเติมจะมีค่าการแอ่นตัวมากกว่าโครงสร้างชั้นทางที่มีอยู่เดิม โดยมากความเสียหายจะเกิดขึ้นที่ช่องจราจรที่ขยายเพิ่มเติมเนื่องจากยังมีความแข็งแรงของโครงสร้างทางไม่เท่าโครงสร้างทางเดิมและเป็นช่องรองรับรถบรรทุกหนักใช้สัญจร

ค่าการเสริมผิวทาง (Overlay) ที่แสดงในรายงานหมายถึง ช่วงกิโลเมตรนั้นต้องการเสริมความแข็งแรงของผิวทางหรืออาจใช้วิธีปรับปรุงชั้นพื้นทาง กรณีที่ค่าเสริมผิวทางมีค่ามาก เพื่อลดค่าการแอ่นตัวของโครงสร้างชั้นทางให้ลดน้อยลง และทำให้ทางช่วงกิโลเมตรนั้นสามารถรองรับและให้บริการปริมาณจราจรและเปอร์เซ็นต์ของรถบรรทุกหนักที่สัญจรอยู่ปัจจุบันได้อีก 7 ปี อาจใช้แนวทางเพื่อพิจารณาเลือกการบำรุงรักษาทาง สำหรับถนนสายหลักที่มีปริมาณการจราจรสูงดังต่อไปนี้

1. ช่วงกิโลเมตรที่มีค่าการเสริมผิวทาง (AC Overlay) น้อยกว่า 30 มิลลิเมตร แสดงว่าสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง อยู่ในสภาพการใช้งานได้ตามปกติ

2. ช่วงกิโลเมตรที่มีค่าการเสริมผิวทาง (AC Overlay) อยู่ระหว่าง 30 – 50 มิลลิเมตร แสดงว่าสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง อยู่ในสภาพพอใช้ ให้พิจารณาสภาพความเสียหายอื่นๆ ของทางประกอบด้วย อาจใช้การเสริมผิวทาง 50 มิลลิเมตร เพื่อยืดอายุการใช้งานของทางให้อยู่ในสภาพการใช้งานได้ตามปกติ

3. ช่วงกิโลเมตรที่มีค่าการเสริมผิวทาง (AC Overlay) มากกว่า 50 มิลลิเมตร แสดงว่าสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางอยู่ในสภาพควรปรับปรุง ให้พิจารณาสภาพความเสียหายอื่นๆ ของทางประกอบ อาจใช้การเสริมผิวทาง 50 มิลลิเมตรเพื่อยืดอายุการใช้งานของทางให้อยู่ในสภาพการใช้งานได้ตามปกติ หรือวางแผนการทำ Pavement Recycling เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง

4 การทดสอบถนนคอนกรีต

4.1 วิธีการทดสอบถนนคอนกรีต

1 ปรับการติดตั้ง Geophone (ตัวตรวจวัดสัญญาณคลื่นสั่นสะเทือน) วางในระยะตำแหน่ง -30, -20, 0, 45, 60, 90, 120, 150, 180 Cm. ตำแหน่งระยะศูนย์ อยู่ที่ Plateถ่ายแรงของเครื่อง FWD ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ติดตั้งตัวโหลดเซล

2 น้ำหนักที่ใช้กระทำผ่านแผ่นถ่ายแรงมีขนาดที่ทำให้เกิดหน่วยแรง (Stress) 707 kPa ซึ่งเทียบเท่ากับหน่วยแรงดันของลมยางของล้อรถบรรทุกเพลาเดี่ยวยางคู่ขนาด 10 ตัน กระทำกับผิวทาง เป็นพื้นที่วงกลมมีค่าเท่ากับ 707 kPa เช่นกัน

3 ใช้ Fileในการควบคุมน้ำหนักชื่อ Concrete.tsu

4 ตำแหน่งที่ใช้ในการทดสอบ

- ตำแหน่งที่ 1 บริเวณรอยต่อ Joint บนแผ่นคอนกรีต แผ่นที่ 1

- ตำแหน่งที่ 2 บริเวณกลางแผ่นคอนกรีต แผ่นที่ 1

- ตำแหน่งที่ 3 บริเวณรอยต่อ Joint บนแผ่นคอนกรีตแผ่นที่ 2 เทสไปเลื่อยๆจนครบจำนวนแผ่น

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

1. ข้อมูลประกอบการวิเคราะห์

- ค่าความหนาของแผ่นคอนกรีตและวัสดุสร้างทาง

- ค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุสร้างทางที่ใช้(ถ้ารู้แน่นอน)เช่น ค่าโมดูลัส, อัตราส่วนปัวส์ซอง

2. โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ Elmod4.4

ลักษณะการทำงานของโปรแกรม

ขั้นตอนการหาค่าโมดูลัสของวัสดุสร้างทางโดยโปรแกรมจะอ่านค่า Deflection ทั้ง 9 ค่า และค่าหน่วยแรง (Stress) ที่ได้จากการทดสอบ โปรแกรมจะให้ป้อนข้อมูลโครงสร้างชั้นทางได้แก่ จำนวนชั้นวัสดุ ความหนาของวัสดุแต่ละชั้น เพื่อหาค่าโมดูลัสของกลุ่มวัสดุที่สอดคล้อง นำไปสู่การคำนวณเป็นกลุ่มค่า Deflection ของวัสดุ ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่า Deflection ที่วัดได้จริงซึ่งต้องมีผลใกล้เคียงหรือสอดคล้องกันจึงยอมรับ

4.3 เกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

เกณฑ์ประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบแผ่นคอนกรีตที่มีสภาพความยาวที่สมบูรณ์โดยไม่มีรอยแตกร้าว

E1 = ค่าโมดูลัสของคอนกรีต ควรมีค่ามากกว่า 26,000 MPa

E2 = ค่าโมดูลัสของวัสดุใต้แผ่นคอนกรีต ควรมีค่ามากกว่า 100 MPa

dd = ค่า Differential Deflection ควรมีค่าน้อยกว่า 50 Micron

LT% = เปอร์เซ็นต์การส่งถ่ายแรงระหว่างแผ่นคอนกรีต ควรมีค่ามากกว่า 80%

kj/kc = อัตราส่วนค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตที่บริเวณรอยต่อกับค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตที่บริเวณกลางแผ่นควรมีค่ามากกว่า 0.80

5 แนวทางในการประเมินโครงการระหว่างก่อสร้าง

การประเมินคุณภาพของโครงการระหว่างก่อสร้าง เป็นการติดตามและการประเมินผลงานก่อสร้างของกรมทางหลวงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลตามมาตรฐาน รูปแบบและข้อกำหนด และสอดคล้องกับนโยบายของกรมทางหลวง เพื่อให้โครงการก่อสร้าง และผู้รับจ้างดำเนินการก่อสร้างให้เป็นไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวง จึงได้ศึกษาเพื่อกำหนดหลักเกณฑ์ในการประเมินด้วยค่าความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง (Falling Weight) ประจำปี 2567 ดังนี้

รายงานการศึกษา ของโครงการประเมินผลการปฏิบัติงานการก่อสร้างงานทาง เมื่อดำเนินการแล้วเสร็จ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ของสำนักมาตรฐานและประเมินผลกรมทางหลวง ร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งในโครงการดังกล่าวเป็นการติดตาม และประเมินคุณภาพผลงานของการก่อสร้างงานทางเมื่อดำเนินการแล้วเสร็จ เพื่อให้การประเมินผลงานก่อสร้างของกรมทางหลวงเป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วประเทศ ในการประเมินคุณภาพของโครงการก่อสร้างงานทาง ซึ่งได้ดำเนินการทบทวนค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีตรวจวัดอัตโนมัติ ด้วยวิธี Analytical Hierarchy Process หรือ AHP ซึ่งได้จากการสอบถามความเห็นผู้เชี่ยวชาญของกรมทางหลวง โดยผลการประเมินพบว่า ความแข็งแรงของชั้นโครงสร้างทาง เป็นดัชนีที่ผู้ประเมินให้ความสำคัญมากที่สุด และได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนค่าความแข็งแรงของชั้นโครงสร้างทาง ดัง**ตารางที่ 1** โดยได้เปรียบเทียบหลักเกณฑ์การประเมินผลงานความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง (Falling Weight) ในโครงการก่อสร้างงานทางแล้วเสร็จ (Product Evaluation) กับ การประเมินผลงานคุณภาพก่อนหมดประกันผลงาน (Warranty Evaluation) โดยใช้ค่า Deflection เป็นตัวชี้วัดในการให้คะแนนประเมินโครงการ

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบหลักเกณฑ์การประเมินผลงานความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง (Falling Weight) ในโครงการก่อสร้างงานทางแล้วเสร็จ (Product Evaluation) กับ การประเมินผลงานคุณภาพก่อนหมดประกันผลงาน (Warranty Evaluation)

ลำดับ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	ความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง (Falling Weight) โครงการก่อสร้างงานทางแล้วเสร็จ (Product Evaluation)	- 4 คะแนน = มีค่า deflection เฉลี่ย น้อยกว่า 200 ไมโครเมตร - 3 คะแนน = มีค่า deflection เฉลี่ย ระหว่าง 200 - 250 ไมโครเมตร - 2 คะแนน = มีค่า deflection เฉลี่ย ระหว่าง 251 - 300 ไมโครเมตร - 1 คะแนน = มีค่า deflection เฉลี่ย ระหว่าง 301 - 350 ไมโครเมตร - 0 คะแนน = มีค่า deflection เฉลี่ย มากกว่า 350 ไมโครเมตร
2	ความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง (Falling Weight) โครงการก่อนหมดประกันผลงาน (Warranty Evaluation)	- 4 คะแนน = มีค่า deflection เฉลี่ย น้อยกว่า 250 ไมโครเมตร - 3 คะแนน = มีค่า deflection เฉลี่ย ระหว่าง 251 - 300 ไมโครเมตร - 2 คะแนน = มีค่า deflection เฉลี่ย ระหว่าง 301 - 350 ไมโครเมตร - 1 คะแนน = มีค่า deflection เฉลี่ย ระหว่าง 351 - 400 ไมโครเมตร - 0 คะแนน = มีค่า deflection เฉลี่ย มากกว่า 400 ไมโครเมตร

ที่มา : สำนักมาตรฐานและประเมินผล กรมทางหลวง (กันยายน 2566)

จาก**ตารางที่ 1** ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนค่าความแข็งแรงของชั้นโครงสร้างทาง โดยใช้ ค่า Deflection เฉลี่ยที่ได้จากการตรวจวัดได้ในพื้นที่โครงการ เป็นเกณฑ์การให้คะแนน เนื่องด้วยการศึกษานี้เป็นการประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง ด้วยเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) ของโครงการระหว่างก่อสร้าง เพื่อให้คะแนนในการประเมินผลการปฏิบัติงานของนายช่างโครงการ ผู้จัดเห็นว่าเป็นโครงการที่จะประเมินให้คะแนนเป็นโครงการระหว่างก่อสร้าง โดยที่แต่ละโครงการโครงสร้างชั้นทางที่หลายรูปแบบ มีทั้งพื้นผิวคอนกรีต พื้นผิวแอสฟัลต์ และมีโครงสร้างชั้นทางที่แตกต่างกันไป การประเมินให้คะแนนโครงการระหว่างจึงให้ด้วยความยากลำบาก ผู้จัดจึงได้ตระหนักถึงความแตกต่างนี้ เพื่อให้ความยุติธรรมในการประเมินให้คะแนนแต่ละโครงการเป็นมาตรฐานเดียวกัน ผู้จัดจึงพิจารณาจากจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เป็นตัวให้คะแนนแต่ละโครงการ โดยพิจารณาเกณฑ์ดังนี้

5.1 เกณฑ์การพิจารณาถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

ด้วยโครงการที่อยู่ระหว่างก่อสร้างเป็นโครงการใหม่และมีความแตกต่างระหว่างโครงสร้างชั้นทางในเกณฑ์การประเมินจึงต้องนำ 2 ค่ามาพิจารณาคือ ค่าการเสริมผิวทาง (Overlay) และค่าการแอ่นตัวรวม (Deflection) เพื่อให้คะแนน ดังนี้

1) ใช้โปรแกรม KENPAVE วิเคราะห์โครงสร้างถนน เพื่อหาค่า Deflection มาตรฐานหลังจากสร้างแบบจำลองของโครงสร้างชั้นทาง น้ำหนักบรรทุก และปริมาณจราจรแล้ว เนื่องจากโครงการที่ประเมินแต่ละโครงการมีชั้นโครงสร้างทางที่แตกต่างกันทำให้ต้องวิเคราะห์หาค่า Deflection มาตรฐานของโครงสร้างทางนั้นๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ประเมิน และนำวิเคราะห์ผลการประเมินให้คะแนนในลำดับถัดไป

2) การวิเคราะห์ผลด้วย ค่าการเสริมผิวทาง (Overlay) ที่แสดงในรายงาน หมายถึง ช่วงจุดทดสอบนั้นต้องการเสริมความแข็งแรงของผิวทางหรืออาจใช้วิธีปรับปรุงชั้นพื้นทาง นั่นหมายความว่าถนนที่ก่อสร้างทางใหม่ไม่ควรต้องเสริมความแข็งแรงของผิวทางจึงไม่ควร Overlay เกิดขึ้น จึงใช้นำมาตรวจสอบหาจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ประเมิน ร่วมกับค่า Deflection มาตรฐานด้วย

5.2 เกณฑ์การพิจารณาถนนคอนกรีต

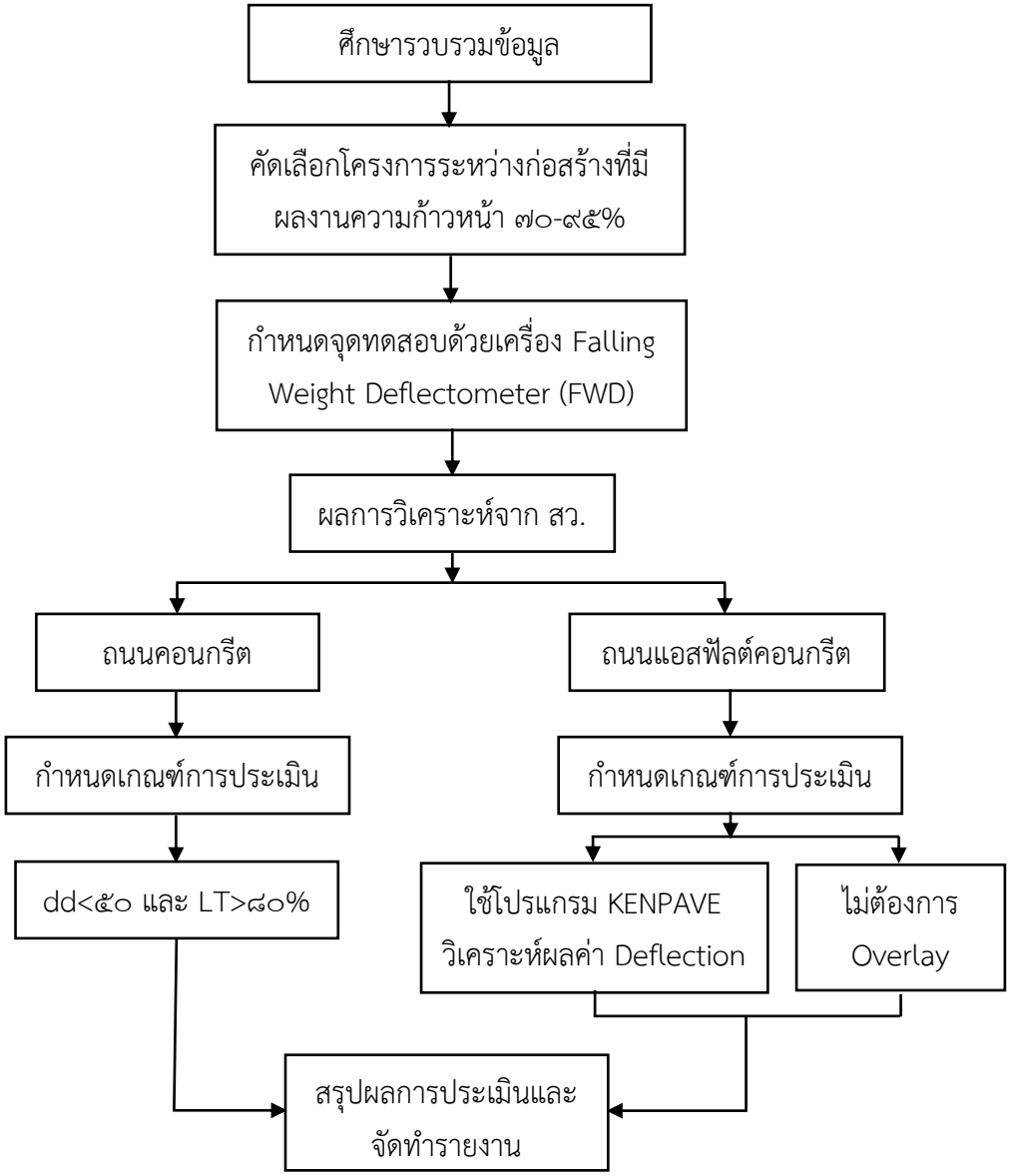
dd = ค่า Differential Deflection ควรมีค่าน้อยกว่า 50 Micron

LT% = เปอร์เซ็นต์การส่งถ่ายแรงระหว่างแผ่นคอนกรีต ควรมีค่ามากกว่า 80%

kj/kc = อัตราส่วนค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตที่บริเวณรอยต่อกับค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตที่บริเวณกลางแผ่นควรมีค่ามากกว่า 0.80

6 ขั้นตอนการดำเนินการ

6.1 สรุปขั้นตอนการดำเนินการ และแผนผังกระบวนงาน (Flow Chart)



6.2 รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการ

6.2.1 ศึกษารวบรวมข้อมูลโครงการระหว่างก่อสร้างของกรมทางหลวง ประกอบด้วย สำนักก่อสร้างทางที่ 1 สำนักก่อสร้างทางที่ 2 และสำนักก่อสร้างสะพาน

6.2.2 คัดเลือกโครงการระหว่างก่อสร้างที่มีผลงานความก้าวหน้า 70-95% สำหรับประเมินผลงานก่อสร้าง ประจำปี 2567 ของคณะอนุกรรมการฯ ประเมินผลโครงการ ทั้งหมด 27 โครงการ ไปประเมินทั้งหมด 11 ครั้ง ประกอบด้วยสำนักก่อสร้างทางที่ 1 จำนวน 8 โครงการ สำนักก่อสร้างทางที่ 2 จำนวน 14 โครงการ และสำนักก่อสร้างสะพาน จำนวน 5 โครงการ ดังแสดงใน**ตารางที่ 2** โดยเรียงตามลำดับโครงการที่ดำเนินการประเมินโครงการของคณะอนุกรรมการฯ

ตารางที่ 2 รายชื่อโครงการระหว่างก่อสร้างที่คณะอนุกรรมการประเมินผลงานก่อสร้าง ประจำปี 2567 ที่มีผลงานความก้าวหน้า 70-95%

ลำดับ	ทล.	โครงการ	สำนัก	เริ่มต้น-สิ้นสุด กม.-กม.	ระยะทาง (กม.) / (แห่ง)	จังหวัด	ผลงาน (%) พ.ค. 2567
1	3	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3 อ.บ้านฉาง - ระยอง ตอน 1	สท.2	192+150 - 204+100 204+600 - 208+400	15.750	ระยอง	92.91
2	3	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3 อ.พัทยา - อ.สัตหีบ ตอน 1	สท.2	153+200 - 160+500	7.300	ชลบุรี	96.62
3	4	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4 สาย พัทลุง - อ.หาดใหญ่ ตอน บ.ห้วยทราย - บ.พรุพ้อ	สท.1	1203+585 - 1218+644	15.059	พัทลุง	93.75
4	11	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 11 สาย อ.อินทร์บุรี – อ.สากเหล็ก ตอน ไดตาล – เขาทราย ตอน 1	สท.2	72+275 - 92+275	20.000	นครสวรรค์	99.89
5	11	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 11 สาย อ.อินทร์บุรี – อ.สากเหล็ก ตอน บ.หนองขว้าว – ไดตาล ตอน 2	สท.2	61+000 - 71+665	10.665	นครสวรรค์	91.92
6	11	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 11 สาย อ.อินทร์บุรี – อ.สากเหล็ก ตอน บ.หนองขว้าว – ไดตาล ตอน 1	สท.2	51+000 - 61+000	10.000	นครสวรรค์	91.16
7	11	โครงการจ้างเหมาทำการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 11 สายแยกอินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอน อ.ทับคล้อ - อ.สากเหล็ก	สท.1	142+000 - 172+900	30.900	พิจิตร	78.52
8	36, 331	โครงการก่อสร้างปรับปรุงทางแยกต่างระดับเขาไม้แก้ว จ.ชลบุรี จ.ระยอง	สส.	25+300 - 26+533	2.633	ชลบุรี	99.98
9	41	โครงการบูรณะโครงข่ายทางหลวงเชื่อมโยงระหว่างภาค ทางหลวงหมายเลข 41 สาย บ.ไม้เสียบ-พัทลุง (เป็นตอน)	สท.1	349+526 - 381+963	32.437	พัทลุง	98.89
10	106	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 106 สาย บ.ม่วงโตน - บ.บ่อหิน	สท.1	119+820.000 - 136+000.000	16.180	เชียงใหม่	76.34

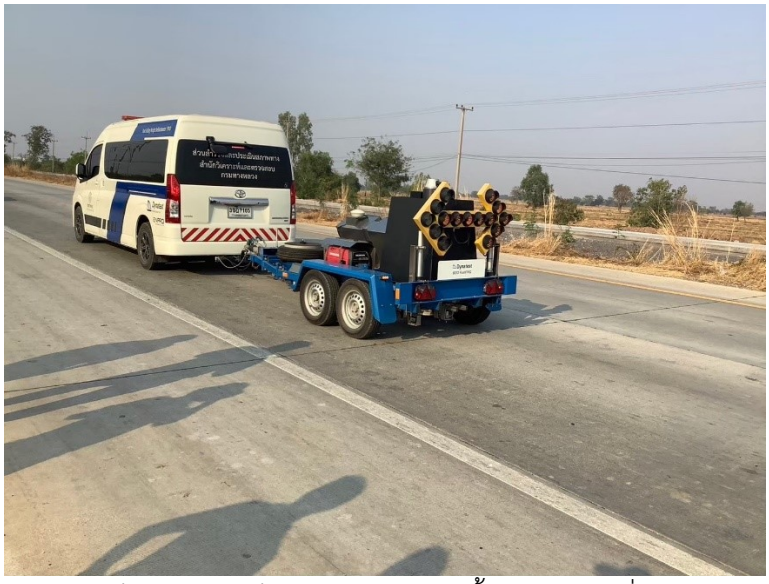
ตารางที่ 2 รายชื่อโครงการระหว่างก่อสร้างที่คณะอนุกรรมการประเมินผลงานก่อสร้าง ประจำปี 2567 ที่มีผลงานความก้าวหน้า 70-95% (ต่อ)

ลำดับ	ทล.	โครงการ	สำนัก	เริ่มต้น-สิ้นสุด กม.-กม.	ระยะทาง (กม.) / (แห่ง)	จังหวัด	ผลงาน (%) พ.ค. 2567
11	202	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 202 สาย อ.สุวรรณภูมิ – ยโสธร	สท.2	232+688.000 - 258+865.000	26.177	ยโสธร	94.58
12	202	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 202 สาย บ.น้ำปลีก – บ.หนองผือ ตอน 2	สท.2	339+500.000 - 367+100.000	27.600	อำนาจเจริญ	91.79
13	224, 226	โครงการก่อสร้างสายถนนวงแหวนรอบเมืองนครราชสีมา ตอน แยกทางหลวงหมายเลข 224 - บรรจบทางหลวงหมายเลข 226 (ด้านทิศใต้) ตอน 3	สส.	15+500 - 17+500	2.000	นครราชสีมา	99.99
14	226	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 226 อ.ห้วยทับทัน - ศรีสะเกษ	สท.2	235+705 - 249+500	13.795	ศรีสะเกษ	92.84
15	290	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 290 ถนนวงแหวนรอบเมืองนครราชสีมา ช่วงแยกทางหลวงหมายเลข 2 - บรรจบทางหลวงหมายเลข 226 (ด้านใต้) ตอน 2	สท.2	9+239 - 13+300	4.061	นครราชสีมา	77.86
16	290	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 290 ถนนวงแหวนรอบเมืองนครราชสีมา ช่วงแยกทางหลวงหมายเลข 2 - บรรจบทางหลวงหมายเลข 226 (ด้านใต้) ตอน 1	สท.2	1+121 - 9+239	8.118	นครราชสีมา	93.75
17	304	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 304 สายฉะเชิงเทรา - ต.เขาหินซ้อน ตอน อ.บางคล้า - อ.พนมสารคาม ตอน 3	สท.2	90+400 - 93+800	3.400	ฉะเชิงเทรา	98.10
18	362 , 3041	โครงการก่อสร้างสะพานข้ามทางแยกจุดตัดทางหลวงหมายเลข 362 กับทางหลวงหมายเลข 3041 ถนนวงแหวนรอบเมืองสระบุรี ด้าน ตะวันตก (แยกเลี่ยงเมืองเสาไห้) จ.สระบุรี 1 แห่ง	สส.	4+555 - 6+885.35 28+766.6 - 29+574.79	1.000	สระบุรี	98.51
19	415	โครงการจ้างเหมาทำการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 415 สายพังงา – อ.บ้านตาขุน ตอน บ.บางคราม – บ.ปากน้ำ ตอน 4	สท.1	47+300.000 – 48+161.000	0.861	นครศรีธรรมราช	77.66

ตารางที่ 2 รายชื่อโครงการระหว่างก่อสร้างที่คณะอนุกรรมการประเมินผลงานก่อสร้าง ประจำปี 2567 ที่มีผลงานความก้าวหน้า 70-95% (ต่อ)

ลำดับ	ทล.	โครงการ	สำนัก	เริ่มต้น-สิ้นสุด กม.-กม.	ระยะทาง (กม.) / (แห่ง)	จังหวัด	ผลงาน (%) พ.ค. 2567
20	1035	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 1035 สาย บ.วังหม้อพัฒนา - บ.สำเภาทอง	สท.1	10+000.000 - 30+000.000	20.000	เชียงใหม่	98.59
21	2032	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 2032 สาย ท่าดอกแก้ว – ศรีสงคราม	สท.2	0+000.000 - 28+000.000	28.000	นครพนม	68.44
22	3079	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3079 สายปราจีนบุรี - อ.ศรีมหาโพธิ	สท.2	4+300 - 17+700	13.400	ปราจีนบุรี	85.19
23	3188	โครงการก่อสร้างสะพานข้ามจุดตัดทางรถไฟ บนทางหลวงหมายเลข 3188 สายขอนหอม-บ้านเหนือ (ทางเข้าเมืองแก่งคอย) จ.สระบุรี	สส.	8+159 - 9+400	1.000	สระบุรี	90.89
24	3481	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3481 สาย บ.บางขนาก - ปราจีนบุรี ตอน บ.หัวไผ่ - การเคหะฯ ปราจีนบุรี	สท.2	47+200 - 53+300 54+450 - 60+200	11.850	ปราจีนบุรี	85.49
25	4009	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4009 สายสุราษฎร์ธานี - อ.อ่าวลึก ตอน บ.ซอยสิบ - อ.บ้านนาสาร	สท.1	18+000 - 41+000	23.000	สุราษฎร์ธานี	86.24
26	4137	โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4137 สาย บ.ทุ่งตำเสา – แยกสวนเทศ	สท.1	0+196.945 - 23+426.945	23.230	สตูล	99.80
27	4248	โครงการก่อสร้างสะพานข้ามจุดตัดทางรถไฟสายแยกทางหลวงหมายเลข 41 (ท่าเรือใต้) –บรรจบทางหลวงหมายเลข 401 (เขาหัวควาย) จ.สุราษฎร์ธานี	สส.	13+750 - 15+240	1.000	สุราษฎร์ธานี	83.19

6.2.3 ติดต่อประสานงานโครงการก่อสร้าง และขอความอนุเคราะห์สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบเพื่อจัดเก็บค่าความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง ด้วยเครื่อง Falling Weight Deflectometer (FWD) รวมไปถึงกำหนดจุดทดสอบโครงการระหว่างก่อสร้าง เนื่องจากการจัดเก็บค่าความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางเป็นครั้งแรกของการประเมิน จึงกำหนดระยะทางการทดสอบโครงการก่อสร้างงานทาง ไม่ต่ำกว่า 3 กิโลเมตร ส่วนโครงการก่อสร้างงานสะพานมีพื้นที่งานทางค่อนข้างจำกัด อาจจะต่ำกว่า 3 กิโลเมตรได้ ดังแสดงใน**ภาพที่ 5**



ภาพที่ 5 การจัดเก็บค่าความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง ด้วยเครื่อง Falling Weight Deflectometer

6.2.4 สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบส่งผลการวิเคราะห์โครงการระหว่างก่อสร้าง มีทั้งหมด 25 โครงการสำนักก่อสร้างทางที่ 1 จำนวน 8 โครงการ สำนักก่อสร้างทางที่ 2 จำนวน 12 โครงการ และสำนักก่อสร้างสะพาน จำนวน 5 โครงการ โดยได้ส่งรายงานผลการประเมินความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทาง ประกอบด้วยถนนแอสฟัลต์คอนกรีต ซึ่งได้แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ดัง **ภาพที่ 6** จะทำการทดสอบทุก ๆ ระยะ 100 เมตร ตลอดสายทาง ทั้งด้านซ้ายทางและขวาทาง โดยจะทำการทดสอบแบบสับฟันปลา บริเวณร่องบริเวณร่องล้อซ้ายของช่องจราจรนอกสุดของ Main Road ส่วนผลการวิเคราะห์จากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ของถนนคอนกรีต แสดงตัวอย่าง ใน**ภาพที่ 7** เป็นผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Elmod4.4 ของโครงการที่เป็นถนนคอนกรีต จะทำการทดสอบตำแหน่งทดสอบบริเวณรอยต่อ Joint ตามขวางบนแผ่นคอนกรีต และตำแหน่งทดสอบบริเวณกลางแผ่นคอนกรีต

DEPARTMENT OF HIGHWAYS
OVERLAY DESIGN BY FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER

หางหลวงหมายเลข

หมายเลขทางหลวงและตอนควบคุม :

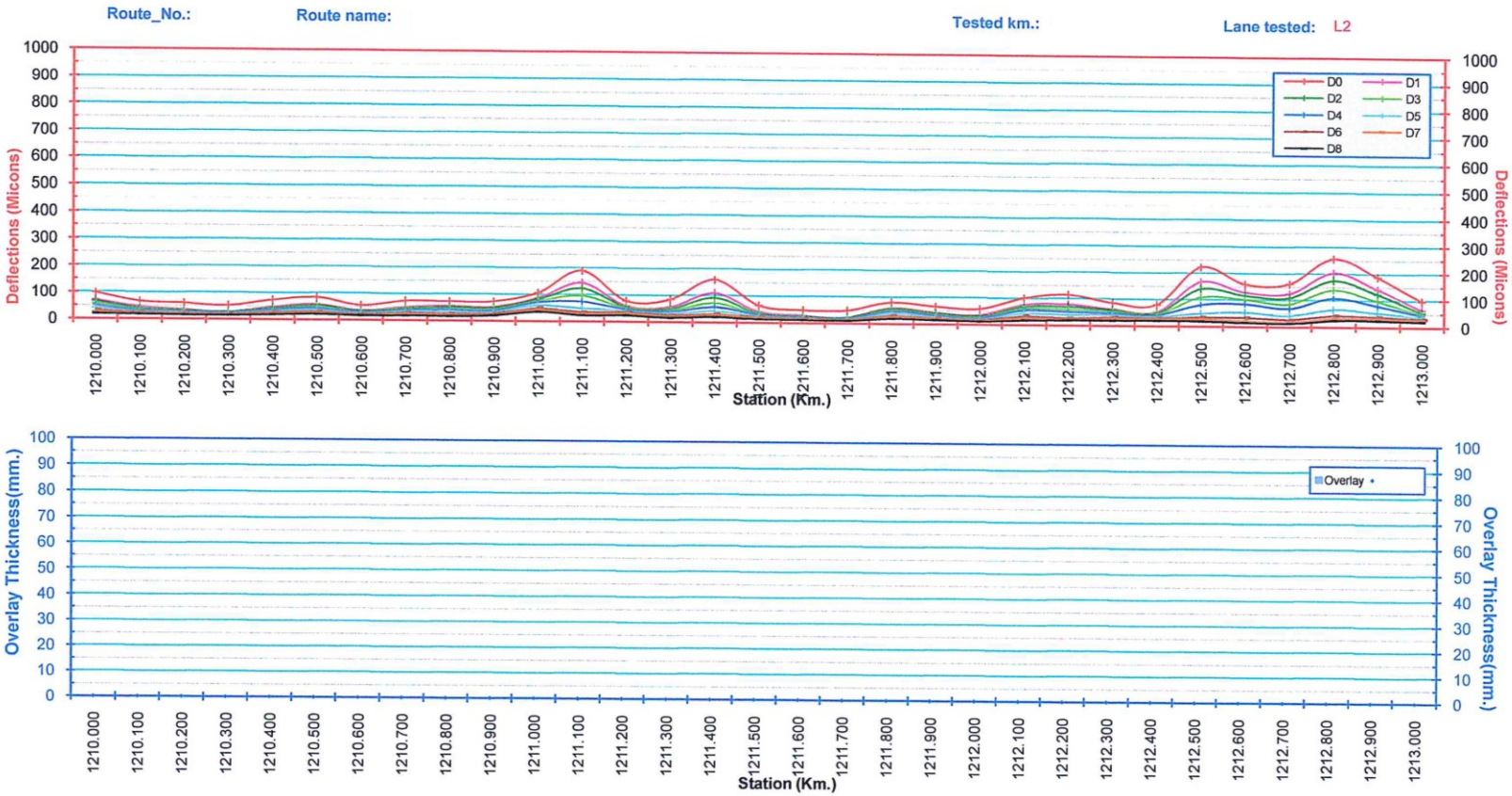
ชื่อ่วงกม.ทดสอบ :

หมายเลขเครื่องมือ 8012-079

Date 31/05/2567

Station	Lane Test	Surface Thickness (mm)	Deflection D0 (micrometer)	Modulus of Layer (MPa)				Overlay Thickness (mm.)
				Layer1	Layer2	Layer3	Layer4	
1210+000	L2	150	98	3986	6417	1333	330	0
1210+100	L2	150	66	3025	73136	395	622	0
1210+200	L2	150	60	2743	98747	1281	599	0
1210+300	L2	150	52	2815	234261	812	645	0
1210+400	L2	150	72	2625	58285	778	520	0
1210+500	L2	150	84	2599	45990	492	361	0
1210+600	L2	150	55	3377	122505	518	636	0
1210+700	L2	150	72	2815	93172	414	307	0
1210+800	L2	150	72	5780	14815	679	580	0
1210+900	L2	150	73	4095	20068	1154	511	0
1211+000	L2	150	106	4082	18475	480	275	0
1211+100	L2	150	190	4228	912	393	251	0
1211+200	L2	150	78	3757	38067	753	382	0
1211+300	L2	150	84	3890	5594	2928	422	0
1211+400	L2	150	160	3002	1349	616	465	0
1211+500	L2	150	65	2722	61695	720	578	0
1211+600	L2	150	49	3105	119675	1132	849	0
1211+700	L2	150	49	2625	129621	1628	1047	0
1211+800	L2	150	81	3278	48925	360	288	0
1211+900	L2	150	67	3025	53518	439	665	0
1212+000	L2	150	59	3296	24546	1818	892	0
1212+100	L2	150	100	2993	28671	306	206	0
1212+200	L2	150	115	3176	4427	927	372	0
1212+300	L2	150	86	3099	37349	533	268	0
1212+400	L2	150	80	2413	56919	732	362	0
1212+500	L2	150	222	3183	884	288	213	0
1212+600	L2	150	160	3621	6298	165	129	0
1212+700	L2	150	162	4247	2086	386	175	0
1212+800	L2	150	257	3268	919	192	146	0
1212+900	L2	150	187	3467	1384	430	218	0
1213+000	L2	150	97	2025	27150	846	357	0

ภาพที่ 6 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ ของโครงการที่เป็นถนนแอสฟัลต์คอนกรีต



ภาพที่ 6 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ ของโครงการที่เป็นถนนแอสฟัลต์คอนกรีต (ต่อ)

ผลวิเคราะห์โดยโปรแกรม Elmod4.4 ค่าคุณสมบัติวัสดุและพารามิเตอร์ที่
บริเวณรอยต่อ Joint ตามขวางบนแผ่นคอนกรีตและกลางแผ่นคอนกรีต

หมายเลขเครื่องมือ : FFWD 079 วันที่ทดสอบ :07/03/2567 **แผ่นที่ 1**

ลำดับ	Temperature (°C)	Time	เลขทดสอบ	จุดทดสอบกลางแผ่นคอนกรีต		D_0	D_{200}	D_{300}	ค่าคุณสมบัติวัสดุกลางแผ่นคอนกรีต		จุดทดสอบที่รอยต่อ Joint		D_0	D_{200}	D_{300}	ค่าคุณสมบัติวัสดุและพารามิเตอร์บริเวณ Joint						
				กม.	แผ่นที่	(Micron)	(Micron)	(Micron)	E1 (MPa)	E2 (MPa)	กม.	แผ่นที่	(Micron)	(Micron)	(Micron)	E1 (MPa)	E2 (MPa)	k_c (PCI)	k_j (PCI)	dd (Micron)	LT%	k_j/k_c
1	50.0	1222	R2	86+995	1.100	75.5	69.0	66.5	51136.97	230.22	87+000	1.220	111.9	118.7	70.7	51136.97	245.02	96.1	102.2	39.1	74.7	1.1
2	50.0	1223	R2	86+895	2.100	85.1	80.0	76.9	43341.67	204.71	86+900	2.220	126.8	135.0	97.2	43341.67	186.68	90.3	82.4	30.6	83.7	0.9
3	50.0	1224	R2	86+795	3.100	72.9	66.9	64.7	34845.64	291.04	86+800	3.220	124.3	134.1	76.0	34845.64	218.06	150.7	112.9	47.1	72.3	0.7
4	50.0	1225	R2	86+695	4.100	78.0	71.4	68.9	53715.85	217.32	86+700	4.220	103.5	108.2	80.0	53715.85	252.84	85.6	99.6	23.0	85.0	1.2
5	50.0	1227	R2	86+595	5.100	106.9	99.5	96.1	27985.57	180.39	86+600	5.220	118.3	122.2	107.5	27985.57	231.05	87.0	111.4	12.0	93.6	1.3
6	50.0	1228	R2	86+495	6.100	94.3	91.6	88.6	44854.59	166.67	86+500	6.220	107.6	109.0	98.1	44854.59	228.69	69.3	95.2	8.9	94.7	1.4
7	50.0	1229	R2	86+395	7.100	72.9	68.1	65.1	44123.80	261.28	86+400	7.220	111.9	117.8	79.0	44123.80	234.18	119.2	106.8	31.5	80.3	0.9
8	50.0	1230	R2	86+295	8.100	75.1	69.2	67.0	54676.43	220.87	86+300	8.220	101.1	104.7	83.1	54676.43	240.36	90.7	98.7	17.6	88.5	1.1
9	50.0	1233	R2	86+095	9.100	82.4	79.0	76.9	37904.05	226.48	86+100	9.220	111.0	114.8	93.2	37904.05	225.47	108.2	107.7	17.6	89.6	1.0
10	50.0	1234	R2	85+995	10.100	80.6	75.9	73.2	51699.85	203.27	86+000	10.220	131.1	140.8	100.1	51699.85	163.26	84.5	67.8	32.9	83.1	0.8

ลักษณะแผ่นคอนกรีต

x.220 คือ ตำแหน่งทดสอบบริเวณรอยต่อ Joint ตามขวางบนแผ่นคอนกรีต

x.100 คือ ตำแหน่งทดสอบบริเวณกลางแผ่นคอนกรีต

พารามิเตอร์

k_c คือ ค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตบริเวณกลางแผ่น หน่วยเป็น PCI

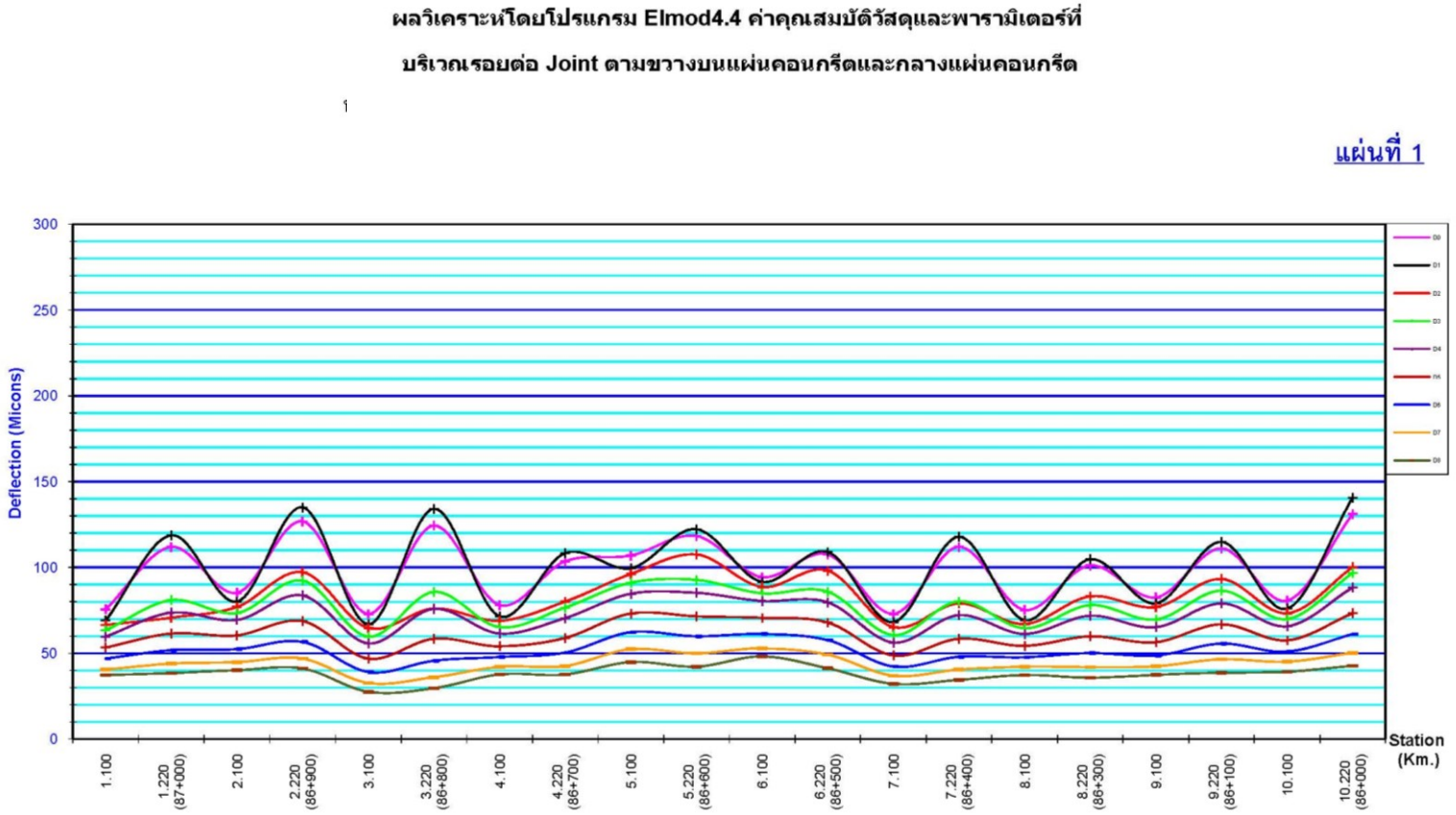
kj คือ ค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตบริเวณรอยต่อ หน่วยเป็น PCI

dd คือ ค่า Differential Deflection หน่วยเป็น Micron

LT% คือ ค่าการส่งถ่ายแรงระหว่างแผ่นคอนกรีต หน่วยเป็น %

kj/k_c คือ อัตราส่วนระหว่างค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตบริเวณรอยต่อและบริเวณกลางแผ่น

ภาพที่ 7 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Elmod4.4 ของโครงการที่เป็นถนนคอนกรีต



ภาพที่ 7 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Elmod4.4 ของโครงการที่เป็นถนนคอนกรีต (ต่อ)

6.2.5 นำผลการวิเคราะห์จากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ มากำหนดเกณฑ์การประเมินของโครงการก่อสร้างด้วยถนนแอสฟัลต์คอนกรีต และโครงการก่อสร้างด้วยถนนคอนกรีต ดังนี้

เกณฑ์การพิจารณาถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

ด้วยโครงการที่อยู่ระหว่างก่อสร้างเป็นโครงการใหม่และมีความแตกต่างระหว่างโครงสร้างชั้นทางในเกณฑ์การประเมินจึงต้องนำ 2 ค่ามาพิจารณาคือ ค่าการเสริมผิวทาง (Overlay) และค่าการแอ่นตัวรวม (Deflection) เพื่อให้คะแนน ดังนี้

1) ใช้โปรแกรม KENPAVE วิเคราะห์โครงสร้างถนน เพื่อหาค่า Deflection มาตรฐานหลังจากสร้างแบบจำลองของโครงสร้างชั้นทาง น้ำหนักบรรทุก และปริมาณจราจร ดังแสดงใน**ตารางที่ 3** เนื่องจากโครงการที่ประเมินแต่ละโครงการมีชั้นโครงสร้างทางที่แตกต่างกันทำให้ต้องวิเคราะห์หาค่า Deflection มาตรฐานของโครงสร้างทางนั้นๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ประเมิน เพื่อไม่ให้ผลการประเมินมีผลกระทบในส่วนผู้ที่เกี่ยวข้อง จึงได้กำหนดชื่อโครงการเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษในการวิเคราะห์ผล และนำวิเคราะห์ผลการประเมินให้คะแนนในลำดับถัดไป

ตารางที่ 3 โครงสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีต สำหรับหาค่าการแอ่นตัว Deflection มาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม KENPAVE ในการวิเคราะห์

ลำดับ	โครงการ	ผิวทาง	Layer 1 ผิวทาง	Layer 2 Base	Layer 3 Subbase	Layer 4 Select	Layer 5 Subgrade	CBR subgrade	Strength Base	Kenpave Vertical Displacement	แปลงหน่วยไมครอน
3.1	G	AC	15	Pave Recycling 20	20	-	∞	4	24.5 ksc	0.05974	597.4
3.2	H	AC	15	Cement Modified 20	20	-	∞	4	24.7 ksc	0.05974	597.4
3.3	I	AC	14	Soil Cement Base 20	15	Select A 15	∞	4	17.5 ksc	0.06976	697.6
4.2	K	AC	15	Soil Cement Base 20	Soil Aggreate 20	-	Sand Embankment 50	10	21 ksc	0.04507	450.7
4.3	L	AC	15	Soil Cement Base 20	Soil Aggreate 20	-	Sand Embankment 50	10	21 ksc	0.04507	450.7
5.2	N	AC	10	Cement Modified 20	Soil Aggreate 20	Material A 20	∞	4	24.5 ksc	0.06338	633.8
7.2	S	AC	15	หินคลุกผสมซีเมนต์ 20	15	Material A 15	∞	4	24.5 ksc	0.05558	555.8

ตารางที่ 3 โครงสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีต สำหรับหาค่าการแอ่นตัว Deflection มาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม KENPAVE ในการวิเคราะห์ (ต่อ)

ลำดับ	โครงการ	ผิวทาง	Layer 1 ผิวทาง	Layer 2 Base	Layer 3 Subbase	Layer 4 Select	Layer 5 Subgrade	CBR subgrade	Strength Base	Kenpave Vertical Displacement	แปลงหน่วยไมครอน
8.3	T	AC	13	Crush Rock Base 20 (CBR 80)	Soil Aggreate 20	Material A 40	Embankment ∞	2	-	0.08429	842.9
9.1	U	AC	10	Crush Rock Base 25	Soil Aggreate 20	Material A 20		2		0.09930	993
9.2	V	AC	13	หินคลุก 20 (CBR 80)	15	15	Sand Embankment ∞	10	17.5	0.04903	490.3
11.2	Y	AC	10	หินคลุกผสมซีเมนต์ 20	30	-	Embankment ∞	5	24.5	0.05922	592.2
11.4	Z	AC	11	20	20	20	-	4	21	0.06175	617.5

2) การวิเคราะห์ผลด้วย ค่าการเสริมผิวทาง (Overlay) ที่แสดงในรายงานหมายถึง ช่วงจุดทดสอบนั้นต้องการเสริมความแข็งแรงของผิวทางหรืออาจใช้วิธีปรับปรุงชั้นพื้นทาง นั่นหมายความว่าถนนที่ก่อสร้างทางใหม่ไม่ควรต้องเสริมความแข็งแรงของผิวทางจึงไม่ควร Overlay เกิดขึ้น จึงใช้นำมาตรวจสอบหาจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ประเมิน ร่วมกับค่า Deflection มาตรฐานด้วย

เกณฑ์การพิจารณาถนนคอนกรีต

dd = ค่า Differential Deflection ควรมีค่าน้อยกว่า 50 Micron

LT% = เปอร์เซ็นต์การส่งถ่ายแรงระหว่างแผ่นคอนกรีต ควรมีค่ามากกว่า 80%

kj/kc = อัตราส่วนค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตที่บริเวณรอยต่อกับค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตที่บริเวณกลางแผ่นควรมีค่ามากกว่า 0.80

6.2.6 สรุปผลการประเมินและจัดทำรายงานเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการต่อไป

7. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบ

การประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง ของโครงการระหว่างก่อสร้าง เพื่อให้คะแนนในการประเมินผลการปฏิบัติงานของนายช่างโครงการ ผู้จัดเห็นว่าเป็นโครงการที่จะประเมินให้คะแนนเป็นโครงการระหว่างก่อสร้าง โดยที่แต่ละโครงการโครงสร้างชั้นทางที่หลายรูปแบบ มีทั้งพื้นผิวคอนกรีต พื้นผิวแอสฟัลต์ และมีโครงสร้างชั้นทางที่แตกต่างกันไป เพื่อให้ความยุติธรรมในการประเมินให้คะแนนแต่ละโครงการเป็นมาตรฐานเดียวกัน ผู้จัดจึงพิจารณาจากจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เป็นตัวให้คะแนนแต่ละโครงการ โดยพิจารณาเกณฑ์ดังนี้

7.1 การหาจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ของถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

1) พิจารณาจากการหาค่า Deflection มาตรฐานหลังจากสร้างแบบจำลองของโครงสร้างชั้นทาง โดยใช้โปรแกรม KENPAVE วิเคราะห์โครงสร้างถนน แล้วนำมาเปรียบเทียบผลค่าการแอ่นตัวที่ได้จากรายงานผลจากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ซึ่งค่าไม่ควรสูงกว่าค่า Deflection มาตรฐานที่หาได้จากโปรแกรม KENPAVE หากค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน จะนับเป็นจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์

2) พิจารณาจากค่าการเสริมผิวทาง (Overlay) ที่แสดงในรายงานหมายถึง ช่วงจุดทดสอบนั้นต้องการเสริมความแข็งแรงของผิวทางหรืออาจใช้วิธีปรับปรุงชั้นพื้นทาง นั่นหมายความว่าถนนที่ก่อสร้างทางใหม่ไม่ควรต้องเสริมความแข็งแรงของผิวทางจึงไม่ควร Overlay เกิดขึ้น หากการรายงานผลค่าการแอ่นตัวของโครงสร้างชั้นทาง ของสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบมีค่า Overlay เกิดขึ้น จะนับเป็นจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์

การตรวจสอบหาจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ประเมินจะพิจารณา ค่าการแอ่นตัวที่ได้สูงกว่าค่า Deflection มาตรฐานที่หาได้จากโปรแกรม KENPAVE และมีค่า Overlay เกิดขึ้น เช่น ผลการ

วิเคราะห์ค่า Deflection มาตรฐาน ของโครงการก่อสร้าง N จาก**ตารางที่ 3** ได้เท่ากับ 633.8 micrometer นำมาเปรียบเทียบผลค่า Deflection ที่ได้จากรายงานผลจากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ พบว่าค่าการแอ่นตัวที่ได้สูงกว่าค่า Deflection มาตรฐานที่หาได้จากโปรแกรม KENPAVE ทำให้ได้จุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ จำนวน 2 จุด และ มีค่า Overlay เกิดขึ้น ทำให้จุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ 3 จุด จากการตรวจสอบหาจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ประเมินนี้เองจะพิจารณาจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์มากสุดนั่นคือ 3 จุด นั่นเอง โดยได้แสดงวิธีการนับจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ของถนนแอสฟัลต์คอนกรีต ดังแสดงตัวอย่างดัง **ภาพที่ 8** และผลจากการวิเคราะห์โครงการที่มีจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ของโครงการที่เป็นถนนแอสฟัลต์คอนกรีตแสดง**ตารางที่ 4** ดังนี้

DEPARTMENT OF HIGHWAYS
OVERLAY DESIGN BY FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER

ทางหลวงหมายเลข

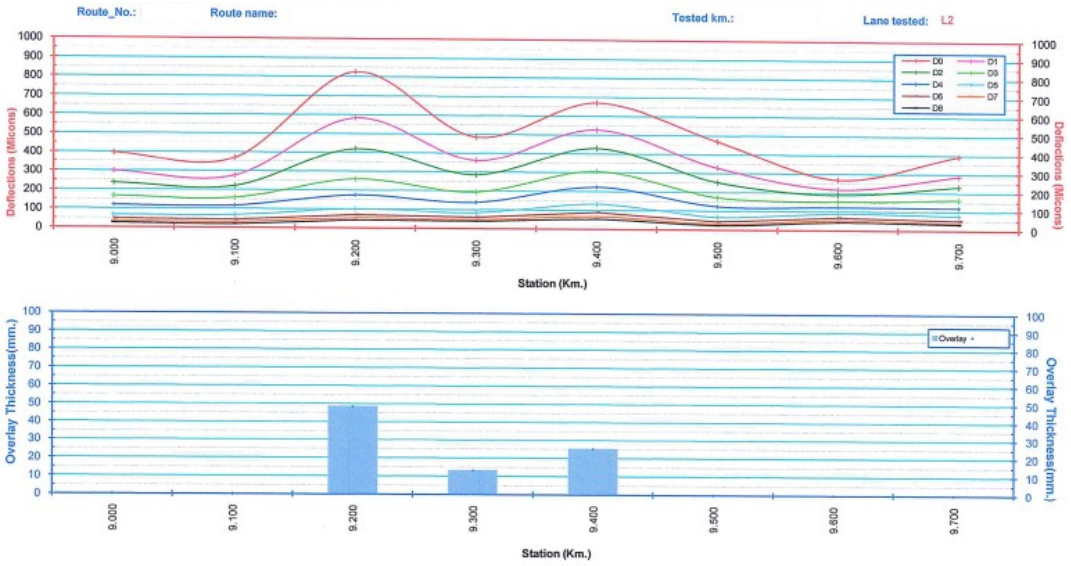
หมายเลขทางหลวงและตอนควบคุม :

ช่วงกม.ทดสอบ :

หมายเลขเครื่องมือ

Date 29/06/2567

Station	Lane Test	Surface Thickness (mm)	Deflection D0 (micrometer)	Modulus of Layer (MPa)				Overlay Thickness (mm.)
				Layer1	Layer2	Layer3	Layer4	
9+000	L2	100	396	3329	439	162	172	0
9+100	L2	100	368	3251	515	248	101	0
9+200	L2	100	824	1796	93	150	116	48
9+300	L2	100	484	3242	247	148	213	13
9+400	L2	100	671	3179	184	105	86	25
9+500	L2	100	469	1914	390	163	156	0
9+600	L2	100	269	5003	1077	270	167	0
9+700	L2	100	393	2860	455	197	175	0



ภาพที่ 8 การตรวจสอบหาจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ของโครงการถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

ตารางที่ 4 จำนวนจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ของโครงการที่เป็นถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

ลำดับ	โครงการ	ผิวทาง	จำนวนจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์			จุดทั้งหมด
			Deflection KENPAVE	ค่า Overlay	จุดทดสอบที่ได้	
3.1	G	AC	0	0	0	62
3.2	H	AC	0	0	0	62
3.3	I	AC	0	0	0	62
4.2	K	AC	0	0	0	62
4.3	L	AC	0	0	0	62
5.2	N	AC	4	5	5	16
7.2	S	AC	0	0	0	62
8.3	T	AC	54	143	143	413
9.1	U	AC	0	10	10	40
9.2	V	AC	0	1	1	62
11.2	Y	AC	0	0	0	31
11.4	Z	AC	23	41	41	176

7.2 การหาจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ของถนนคอนกรีต

dd = ค่า Differential Deflection ควรมีค่าน้อยกว่า 50 Micron

LT% = เปอร์เซ็นต์การส่งถ่ายแรงระหว่างแผ่นคอนกรีต ควรมีค่ามากกว่า 80%

kj/kc = อัตราส่วนค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตที่บริเวณรอยต่อกับค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตที่บริเวณกลางแผ่นควรมีค่ามากกว่า 0.80

ในการวิเคราะห์หาจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ประเมินจะพิจารณาจากผล ค่า dd LT% และkj/kc ที่ได้จากรายงานผลการประเมินความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทางจากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ดังแสดงใน**ภาพที่ 9**

ผลวิเคราะห์โดยโปรแกรม Elmod4.4 ค่าคุณสมบัติวัสดุและพารามิเตอร์ที่
บริเวณรอยต่อ Joint ตามขวางบนแผ่นคอนกรีตและกลางแผ่นคอนกรีต

หมายเลขเครื่องมือ : FFWD 079 วันที่ทดสอบ :07/03/2567 **แผ่นที่ 2**

ลำดับ	Temperature (°C)	Time	เลนทดสอบ	จุดทดสอบกลางแผ่นคอนกรีต		D_0	D_{200}	D_{300}	ค่าคุณสมบัติวัสดุกลางแผ่นคอนกรีต		จุดทดสอบที่รอยต่อ Joint		D_0	D_{200}	D_{300}	ค่าคุณสมบัติวัสดุและพารามิเตอร์บริเวณ Joint						
				กม.	แผ่นที่	(Micron)	(Micron)	(Micron)	E1 (MPa)	E2 (MPa)	กม.	แผ่นที่	(Micron)	(Micron)	(Micron)	E1 (MPa)	E2 (MPa)	k_c (PCI)	k_j (PCI)	dd (Micron)	LT%	k_j/k_c
1	50.0	1235	R2	85+895	11.100	84.2	80.0	77.3	53815.30	184.57	85+900	11.220	124.9	133.2	90.4	53815.30	185.44	73.8	74.2	34.8	80.9	1.0
2	50.0	1236	R2	85+795	12.100	67.6	62.4	59.9	40954.19	299.33	85+800	12.220	123.0	132.3	75.6	40954.19	205.82	150.8	103.7	45.8	72.7	0.7
3	50.0	1238	R2	85+695	13.100	82.6	76.5	73.5	45458.38	208.77	85+700	13.220	99.9	107.0	73.1	45458.38	280.19	89.4	120.0	27.7	81.2	1.3
4	50.0	1239	R2	85+595	14.100	101.1	94.6	91.5	38351.75	166.57	85+600	14.220	119.3	124.6	101.4	38351.75	215.71	72.1	93.3	18.8	89.7	1.3
5	50.0	1240	R2	85+495	15.100	73.6	68.0	65.3	38250.01	272.68	85+500	15.220	131.8	147.6	67.9	38250.01	205.03	134.8	101.4	64.7	63.0	0.8
6	50.0	1241	R2	85+395	16.100	67.9	62.0	58.7	43967.88	295.75	85+400	16.220	107.9	118.5	60.5	43967.88	269.98	137.6	125.6	47.2	67.6	0.9
7	50.0	1242	R2	85+295	17.100	73.7	66.7	63.8	30886.29	310.30	85+300	17.220	120.1	129.7	63.7	30886.29	261.94	167.2	141.1	53.3	65.9	0.8
8	50.0	1243	R2	85+195	18.100	80.3	74.7	71.7	35716.35	248.48	85+200	18.220	132.6	146.0	73.6	35716.35	211.11	120.0	101.9	59.1	67.0	0.8
9	50.0	1244	R2	85+095	19.100	89.5	84.5	81.5	33651.01	212.88	85+100	19.220	135.1	149.7	88.6	33651.01	191.64	103.5	93.2	49.7	74.4	0.9
10	50.0	1246	R2	84+995	20.100	82.3	77.8	74.9	37226.95	230.04	85+000	20.220	120.0	128.1	77.6	37226.95	231.06	109.8	110.3	41.2	75.4	1.0

ลักษณะแผ่นคอนกรีต

x.220 คือ ตำแหน่งทดสอบบริเวณรอยต่อ Joint ตามขวางบนแผ่นคอนกรีต

x.100 คือ ตำแหน่งทดสอบบริเวณกลางแผ่นคอนกรีต

พารามิเตอร์

k_c คือ ค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตบริเวณกลางแผ่น หน่วยเป็น PCI

kj คือ ค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตบริเวณรอยต่อ หน่วยเป็น PCI

dd คือ ค่า Differential Deflection หน่วยเป็น Micron

LT% คือ ค่าการส่งถ่ายแรงระหว่างแผ่นคอนกรีต หน่วยเป็น %

kj/k_c คือ อัตราส่วนระหว่างค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตบริเวณรอยต่อและบริเวณกลางแผ่น

ภาพที่ 9 การตรวจสอบหาจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ของโครงการที่เป็นถนนคอนกรีต

ผู้จัดได้หาแนวทางการคิดคะแนนการประเมินโครงการก่อสร้างโดยการนับจากจุดทดสอบที่ % จุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์เป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนน ในการออกแบบโครงสร้างชั้นทางจะกำหนดค่า CBR ที่ทดสอบได้ในแต่ละสายทางมักจะมีความแปรปรวนอยู่เสมอ Asphalt Institute ค่าแนะนำให้ใช้ค่า 90 Percentle ของค่าที่ทดสอบได้ทั้งหมดในถนนช่วงนั้นๆ (คู่มือการออกแบบโครงสร้างถนนลาดยางโดยวิธี Asphalt Institute Method ฉบับที่ 8 (1970) สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง) ทำให้ผู้จัดจึงพิจารณาให้ค่าที่ต่ำกว่า 10 Percentle เป็นจุดตัดการให้คะแนน โดยให้หาคะแนนจากตารางความสัมพันธ์จากผลจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนน ดัง**ตารางที่ 5**

ตารางที่ 5 เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางของโครงการก่อสร้าง

%จุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์	เกณฑ์คะแนนที่ได้ (คะแนน)
0	100
1	95
2	90
3	85
4	80
5	75
6	70
7	65
8	60
9	55
10	50
20	37.5
30	25
40	12.5
≥50	0

จาก**ตารางที่ 5** เกณฑ์การให้คะแนนจะให้คะแนน โดยโครงการก่อสร้างไหนความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางดี ไม่พบจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ จะได้ 100 คะแนนเต็ม หากโครงการไหนพบจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์มากกว่า 10% ซึ่งไม่เป็นไปตามการออกแบบโครงสร้างชั้นทาง CBR จะได้คะแนน 50 คะแนน ส่วนโครงการไหนพบจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์มากกว่า 50% จะได้คะแนนเท่ากับ 0 คะแนน

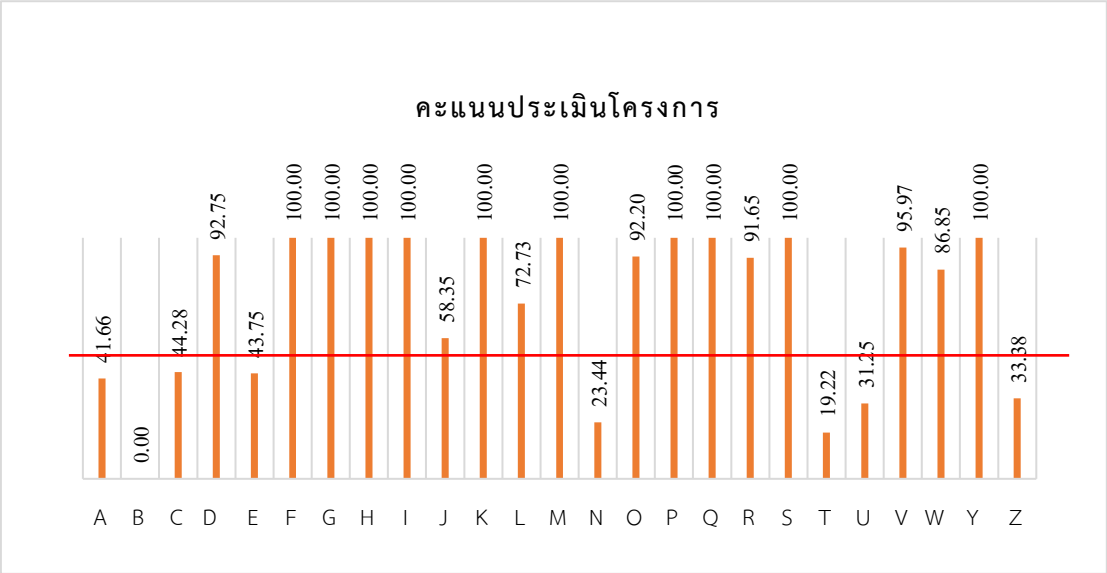
ผลการวิเคราะห์เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางของโครงการก่อสร้าง **ตารางที่ 5** นำมาวิเคราะห์ข้อมูลการให้คะแนนจากจุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ ดังแสดงใน **ตารางที่ 6**

ตารางที่ 6 สรุปคะแนนผลการประเมินความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทางของโครงการระหว่างก่อสร้าง

ลำดับ	โครงการ	ผิวทาง	ระยะทางที่วัด (Km)	จุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์	จุดทั้งหมด	% จุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์	คะแนนที่ได้	คะแนนเฉลี่ย
1.1	A	Concrete	4.8	10	60	16.67	41.66	41.66
1.2	B	Concrete	1.94	19	30	63.33	0.00	0.00
1.3	C	Concrete	2.79	7	48	14.58	44.28	44.28
2.1	D	Concrete	2.96	1	69	1.45	92.75	92.75
2.2	E	Concrete	3.98	9	60	15.00	43.75	43.75
2.3	F	Concrete	3.68	0	60	0.00	100.00	100.00
3.1	G	AC	6	0	62	0.00	100.00	100.00
3.2	H	AC	6.8	0	62	0.00	100.00	100.00
		Concrete	0.18	0	20	0.00	100.00	
3.3	I	AC	6	0	62	0.00	100.00	100.00
4.1	J	Concrete	3.79	5	60	8.33	58.35	58.35
4.2	K	AC	6	0	62	0.00	100.00	100.00
4.3	L	AC	6	0	62	100.00	100.00	72.73
		Concrete	1.1	3	22	13.64	45.45	
5.1	M	Concrete	2.3	0	45	0.00	100.00	100.00
5.2	N	AC	1.4	5	16	31.25	23.44	23.44

ตารางที่ 6 สรุปคะแนนผลการประเมินความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทางของโครงการระหว่างก่อสร้าง (ต่อ)

ลำดับ	โครงการ	ผิวทาง	ระยะทางที่วัด (Km)	จุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์	จุดทั้งหมด	% จุดทดสอบที่ต่ำกว่าเกณฑ์	คะแนนที่ได้	คะแนนเฉลี่ย
6.2	0	Concrete	4.2	1	64	1.56	92.20	92.20
6.3	P	Concrete	0.34	0	34	0.00	100.00	100.00
6.4	Q	Concrete	4.2	0	64	0.00	100.00	100.00
7.1	R	Concrete	3.78	1	60	1.67	91.65	91.65
7.2	S	AC	5.6	0	62	0.00	100.00	100.00
8.3	T	AC	58	143	413	34.62	19.22	19.22
9.1	U	AC	2.98	10	40	25.00	31.25	31.25
9.2	V	AC	6	1	62	1.61	91.94	95.97
		Concrete	0.18	0	20	0.00	100.00	
9.3	W	Concrete	0.98	1	38	2.63	86.85	86.85
11.2	Y	AC	3	0	31	0.00	100.00	100.00
11.4	Z	AC	35.2	41	176	23.30	33.38	33.38



ภาพที่ 10 กราฟแสดงผลคะแนนการประเมินโครงการระหว่างก่อสร้าง

จาก**ภาพที่ 10** จากการประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง ด้วยเครื่อง FWD ในโครงการระหว่างก่อสร้างทั้งหมด 25 โครงการ พบว่าโครงการที่มีคะแนนต่ำกว่า 50 คะแนนมีทั้งหมด 8 โครงการ เป็นถนนแอสฟัลต์คอนกรีต 4 โครงการ และถนนคอนกรีต 4 โครงการ (32% ของโครงการทั้งหมด) สาเหตุหลักที่ทำให้คะแนนต่ำ ได้แก่ ค่า Deflection สูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งอาจหมายถึงโครงสร้างถนนมีการยืดหยุ่นเกินไป ค่า Overlay สูง แสดงว่าต้องมีการเสริมความแข็งแรงเพิ่มเติม โดยค่าการแอ่นตัวของโครงสร้างชั้นทางที่แตกต่างกัน อาจเนื่องจาก จุดอ่อนตัวบริเวณคันทาง การใช้วัสดุที่ไม่ได้คุณภาพ การควบคุมงานก่อสร้างไม่ได้มาตรฐาน หรืออาจเกิดจากปัจจัยภายนอก เช่น ความชื้นของดินและการบดอัดที่ไม่ได้มาตรฐาน เป็นต้น

โดยผลการประเมินโครงการก่อสร้างที่เป็นถนนคอนกรีต ทั้งหมด 12 โครงการ มีคะแนนต่ำกว่า 50 คะแนน 4 โครงการ คิดเป็น 33.3% ของโครงการถนนคอนกรีตที่ประเมินโครงการ ส่วนใหญ่เกิดจาก การถ่ายแรงระหว่างแผ่นคอนกรีตไม่ดี ทำให้เกิดรอยร้าวและส่งผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้าง ส่วนโครงการก่อสร้างที่เป็นถนนแอสฟัลต์คอนกรีต ทั้งหมด 13 โครงการ มีคะแนนต่ำกว่า 50 คะแนน 4 โครงการ คิดเป็น 30.8% ของโครงการถนนแอสฟัลต์คอนกรีตที่ประเมินโครงการ ที่มีปัญหา มักพบค่า Deflection สูงเกินมาตรฐาน ซึ่งอาจเกิดจากวัสดุฐานรองรับ (Base) ไม่แข็งแรงพอ

8. สรุปผลการวิเคราะห์

จากผลการประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง ด้วยเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) ในโครงการระหว่างก่อสร้างการใช้ ช่วยให้กรมทางหลวงสามารถวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างถนนได้อย่างแม่นยำ ปัญหาหลักที่พบคือ Deflection สูงและต้องเสริม Overlay ในบางพื้นที่ ซึ่งสะท้อนถึงปัญหาด้านโครงสร้างและการเลือกใช้วัสดุ นอกจากนี้ควรใช้ข้อมูลที่ได้จากการประเมินมาพัฒนามาตรฐานการก่อสร้างและการตรวจสอบคุณภาพในอนาคต

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ก่อนส่งงานงวดสุดท้ายของโครงการก่อสร้างควรมีผลการตรวจสอบค่าความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางด้วยเครื่อง FWD ด้วย เพื่อตรวจสอบผลการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามแบบที่กำหนด

9.2 ปรับปรุงกระบวนการเทและบดอัดคอนกรีตให้เหมาะสม เนื่องจากการทดสอบการแอ่นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการบดอัด หากมีการแอ่นตัวมากเกินไปอาจแสดงถึงการบดอัดที่ไม่ดีพอ

9.3 ควบคุมกระบวนการตรวจสอบปรับปรุงการเก็บข้อมูลและตรวจสอบซ้ำในช่วงก่อนหมดประกันสัญญา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะทดสอบ Falling Weight Deflectometer ส่วนสำรวจและประเมินสภาพทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ที่ได้ทำการทดสอบ Falling Weight Deflectometer และเจ้าหน้าที่โครงการก่อสร้างฯ ทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์การเข้าพื้นที่เพื่อทำการทดสอบ Falling Weight Deflectometer