การทดสอบการแอ่นตัวของถนนที่ก่อสร้างใหม่
(Deflection Measurement on
New Pavement Structure)

โดย

ชญาดา รวิวรรณ [1]

ปรนิก จิตต์อารีกุล [2]

พีรยุทธ คำหงษา [3]

[1] วิศวกรโยธาปฏิบัติการ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

[2] วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

[3] นายช่างโยธาชำนาญงาน สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

บทความนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น กรมทางหลวงไม่มีส่วนเกี่ยวข้องแต่อย่างใด

การทดสอบการแอ่นตัวของถนนที่ก่อสร้างใหม่
(Deflection Measurement on New Pavement Structure)

ชญาดา รวิวรรณ

วิศวกรโยธาปฏิบัติการ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

ปรนิก จิตต์อารีกุล

วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

พีรยุทธ คำหงษา

นายช่างโยธาชำนาญงาน สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

บทคัดย่อ

กรมทางหลวงเป็นหน่วยงานสังกัดกระทรวงคมนาคม มีหน้าที่ดำเนินการก่อสร้าง ควบคุม บูรณะ และบำรุงรักษาทางหลวง ซึ่งในแต่ละปีกรมทางหลวงได้ดำเนินการก่อสร้างถนนใหม่เป็นจำนวนมาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทางและรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การก่อสร้างดังกล่าวต้องเป็นไปตามมาตรฐานและมีประสิทธิภาพ อนุกรรมการประเมินผลงานก่อสร้างจึงได้กำหนดแนวทางในการประเมินผลงานก่อสร้าง โดยทดสอบการแอ่นตัวของถนนก่อสร้างใหม่ด้วยเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) เพื่อทดสอบการแอ่นตัวและความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง โดยจะนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์และสรุปผลการประเมินคุณภาพงานก่อสร้าง บทความนี้จะรวบรวมและวิเคราะห์ผลการทดสอบการแอ่นตัวของถนนที่ก่อสร้างใหม่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินผลการก่อสร้างต่อไปในอนาคต

บทนำ

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศมีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและการเจริญเติบโตของเมืองอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการขยายตัวของเศรษฐกิจและสังคมเมืองจำเป็นที่จะต้องอาศัยการคมนาคม และถนนที่มีประสิทธิภายในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ กรมทางหลวงเป็นหน่วยงานที่ดำเนินการก่อสร้าง ขยาย บูรณะและบำรุงรักษาทางหลวงสายหลักที่เป็นโครงข่ายเชื่อมระหว่างภาค จังหวัด อำเภอ ตลอดจนสถานที่สำคัญ โดยมีเป้าประสงค์หลักในการเชื่อมโยงโครงข่ายถนน เพื่ออำนวยความสะดวก ปลอดภัยในการเดินทาง และรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี

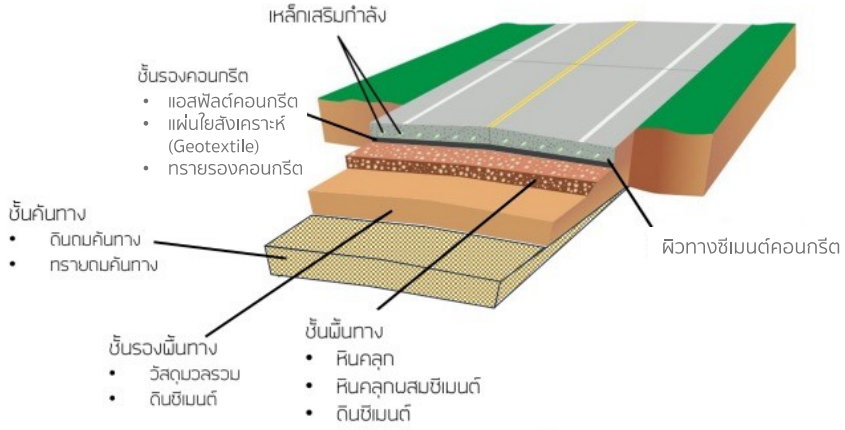
ถนนที่ออกแบบและก่อสร้างโดยกรมทางหลวงมีอยู่ทั้งหมด 2 ประเภท ได้แก่ ถนนคอนกรีต และถนนแอสฟัลต์คอนกรีต หรือที่เรียกว่า ถนนลาดยาง ในแต่ละปีกรมทางหลวงได้ดำเนินโครงการก่อสร้างถนนใหม่เป็นจำนวนมาก ก่อนที่จะมีการเปิดใช้งานถนนที่ก่อสร้างใหม่ จำเป็นที่จะต้องมีการประเมินผลงานการก่อสร้าง สำนักมาตรฐานและประเมินผล กรมทางหลวง จึงได้ทำการขอความอนุเคราะห์ส่วนสำรวจและประเมินสภาพทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง ดำเนินการทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง เพื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์และสรุปผลการประเมินคุณภาพงานก่อสร้างประจำปี 2567

บทความนี้จะรวบรวมผลการทดสอบการแอ่นตัวของถนนที่ก่อสร้างใหม่ โดยเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) รวมถึงวิเคราะห์และประเมินผลตัวชี้วัดต่างๆ ที่ได้จากการประมวลผลโดยโปรแกรม ELMOD เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินโครงการก่อสร้างและแก้ไขปัญหาต่อไปในอนาคต

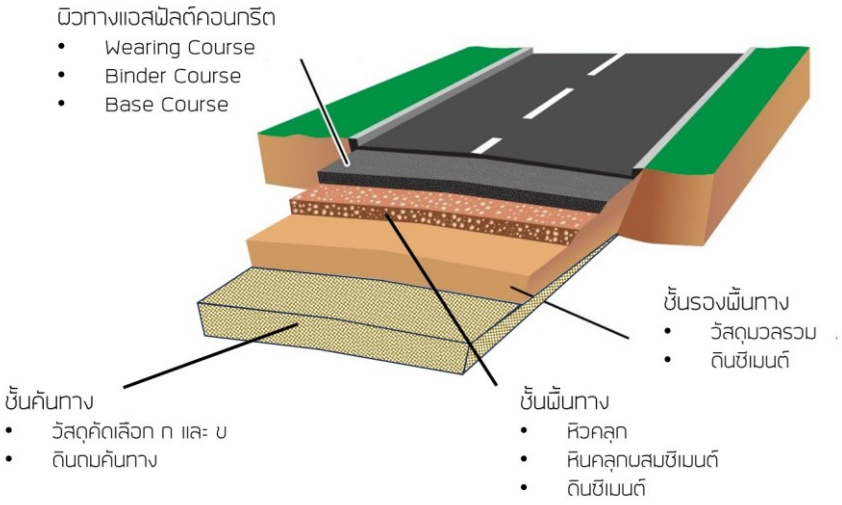
1. รูปแบบโครงสร้างชั้นทาง

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

ภาพที่ ***1*** และ ภาพที่ 2



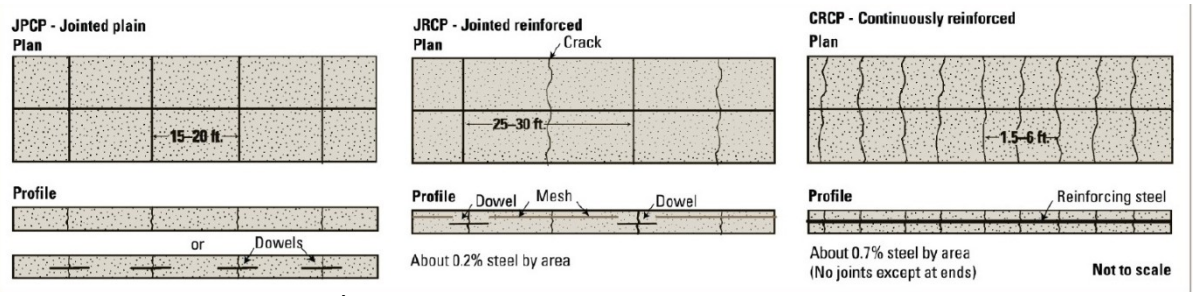
ภาพที่ 1 โครงสร้างชั้นทางถนนคอนกรีต



ภาพที่ 2 โครงสร้างชั้นทางถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

- ผิวทาง เป็นชั้นทางหลักที่ทำหน้าที่รับแรงจากยานพาหนะ และถ่ายแรงลงสู่โครงสร้างชั้นทางต่อๆ ไป ซึ่งผิวทางมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ ผิวทางคอนกรีต และผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต
- ชั้นพื้นทาง (Base) เป็นชั้นรองจากผิวคอนกรีต วัสดุที่ใช้เป็นวัสดุเม็ด (Granular Material) ที่มีความแข็งแรงสูง ทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักจากชั้นผิวทาง ลงสู่ชั้นรองพื้นทาง และชั้นดินเดิม นอกจากนี้ยังเป็นชั้นที่รองรับแผ่นคอนกรีตให้มีความเรียบ และลดการแอ่นตัวของแผ่นคอนกรีตอีกด้วย
- ชั้นรองพื้นทาง (Subbase) เป็นชั้นที่อยู่ระหว่างชั้นพื้นทางและชั้นดินเดิม ทำหน้าที่กระจายแรงสู่ชั้นดินเดิม วัสดุที่ใช้ทั่วไปประกอบด้วย กรวด หินบด และดินลูกรัง เป็นต้น มีความหนาอยู่ในช่วง 4 – 16 นิ้ว
- ชั้นดินเดิม (Subgrade) เป็นชั้นที่รองรับโครงสร้างของถนนทั้งหมดไว้ เป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการออกแบบถนน เพื่อให้โครงสร้างชั้นทางมีความหนาเพียงพอสำหรับรองรับน้ำหนักจากยานพาหนะ
- ไหล่ทาง (Joint) ทำหน้าที่ระบายน้ำออกจากผิวทางและเป็นที่จอดรถในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน ไหล่ทางสามารถทำจากแอสฟัลท์หรือคอนกรีต ซึ่งจะมีผลต่อความหนาของโครงสร้างชั้นทางคอนกรีตด้วย
- 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



ภาพที่ 3 ชนิดของถนนคอนกรีตแบ่งตามรูปแบบของรอยต่อ

ที่มา : https://engineeringandarchitecture.com

- 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. การทดสอบการแอ่นตัวด้วยเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD)

เครื่องตรวจสอบตรวสอบความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทาง Fast Falling Weight Deflectometer (FFWD) ที่ใช้ตุ้มน้ำหนักกระแทกลงบนผิวทาง เพื่อหาค่าการแอ่นตัวของผิวทางและโครงสร้างทาง โดยมี Geophone เป็นอุปกรณ์วัดค่าการแอ่นตัวในขณะที่มีน้ำหนักมากระทำกับผิวทางและมีอุปกรณ์วัดแรง Load Cell เป็นตัววัดค่าน้ำหนักที่กระทำบนผิวทาง

ระบบควบคุมและปฏิบัติการของเครื่องตรวจสอบฯ จะเป็นการควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ Notebook ในรถตู้ห้องปฏิบัติการ ด้วยโปรแกรม Dynatest Data Collection ที่สามารถกำหนดค่าน้ำหนักกระแทกและจำนวนครั้งในการตรวจสอบ รวมไปถึงการจัดเก็บผลข้อมูลต่างๆ ที่ได้การตรวจสอบ เพื่อนำไปใช้ในการประมวลผล อุปกรณ์และเครื่อง FFWD แสดงดัง ภาพที่ 4

ภาพที่ 4 เครื่องตรวจสอบความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทางแบบตุ้มน้ำหนักกระแทก Fast Falling Weight Deflectometer รุ่น Dynatest 8012

ชุดอุปกรณ์ควบคุมการยกและปล่อยตุ้มน้ำหนักกระแทก เป็นระบบมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีความแข็งแรงและรวดเร็วในการปฏิบัติงาน โดยเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบฯ ประกอบด้วย

1. รถตู้ห้องปฏิบัติการ

รถตู้ห้องปฏิบัติการ ใช้สำหรับปฏิบัติการควบคุมและสั่งการเครื่องตรวจสอบฯ เพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีการติดตั้งในส่วนของโต๊ะทำงานและอุปกรณ์การแปลงสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบและบันทึกข้อมูลการตรวจสอบ โดยมีพื้นที่ว่างส่วนท้ายของรถตู้ เพื่อใช้ในการจัดเก็บอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องปั่นไฟ, สว่านไฟฟ้า, เครื่องมือ Borescope, เครื่องปั๊มลมและกล่องเครื่องมือที่ใช้ในการซ่อมบำรุงในเวลาเร่งด่วน

ภาพที่ 5 ภายในรถตู้ห้องปฏิบัติการ

2. ชุดอุปกรณ์เครื่องตรวจสอบฯ

ชุดอุปกรณ์เครื่องตรวจสอความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทาง Fast Falling Weight Deflectometer (FFWD) จะติดตั้งไว้บนเทรลเลอร์ลากจูงขนาด 4 ล้อ โดยต่อเข้ากับด้านท้ายของรถตู้ห้องปฏิบัติการ ดังแสดงใน ภาพที่ 6 ชุดอุปกรณ์เครื่องตรวจสอบฯ ประกอบไปด้วยชุดอุปกรณ์ที่สำคัญต่างๆ ดังนี้

ภาพที่ 6 ชุดอุปกรณ์เครื่องตรวจสอบฯ จะติดตั้งไว้บนเทรลเลอร์ลากจูงขนาด 4 ล้อ

- ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าและระบบสายสัญญาณ

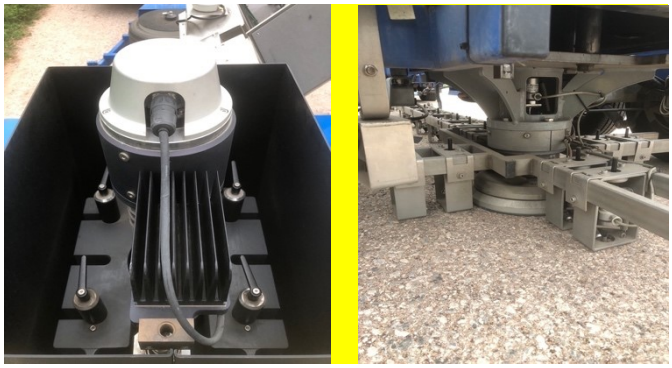
เป็นส่วนควบคุมระบบไฟฟ้าในการปิดและเปิดการทำงานของเครื่องตรวจสอบความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทาง Fast Falling Weight Deflectometer (FFWD) โดยประกอบด้วยระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าและระบบสายสัญญาณที่ใช้สั่งการและควบคุมการทำงานของระบบเครื่องทดสอบ รวมไปถึงการส่งผลข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบไปยังคอมพิวเตอร์ควบคุมในห้องปฏิบัติการ

- ชุดอุปกรณ์ตุ้มน้ำหนักกระแทก

ชุดอุปกรณ์ตุ้มน้ำหนักกระแทกที่ใช้ในการตรวจสอบ ประกอบด้วย

- มอเตอร์ไฟฟ้า ทำหน้าที่ในการยกและปล่อยตุ้มน้ำหนัก
- แผ่นน้ำหนักที่สามารถเพิ่มและลดได้ตามน้ำหนักที่ต้องการ
- แผ่นรองรับน้ำหนัก ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30.0 เซนติเมตร เพื่อกระจายน้ำหนักลงบนผิวทางที่ทำการตรวจสอบ
- อุปกรณ์วัดแรง Load Cell เป็นตัววัดค่าน้ำหนักที่กระทำต่อผิวทาง มีความละเอียดถึง 0.2 กิโลนิวตัน

ระดับความสูงในการยกแต่ละครั้ง โปรแกรมของเครื่องตรวจสอบความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทาง Fast Falling Weight Deflectometer (FFWD) จะคำนวณระยะความสูงเองโดยอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักที่ปล่อยเป็นตามที่กำหนดไว้ในการตรวจสอบ ซึ่งสามารถกำหนดค่าน้ำหนักได้สูงถึง 120.0 กิโลนิวตัน และกำหนดค่าน้ำหนักต่ำสุดไม่น้อยกว่า 4.0 กิโลนิวตัน



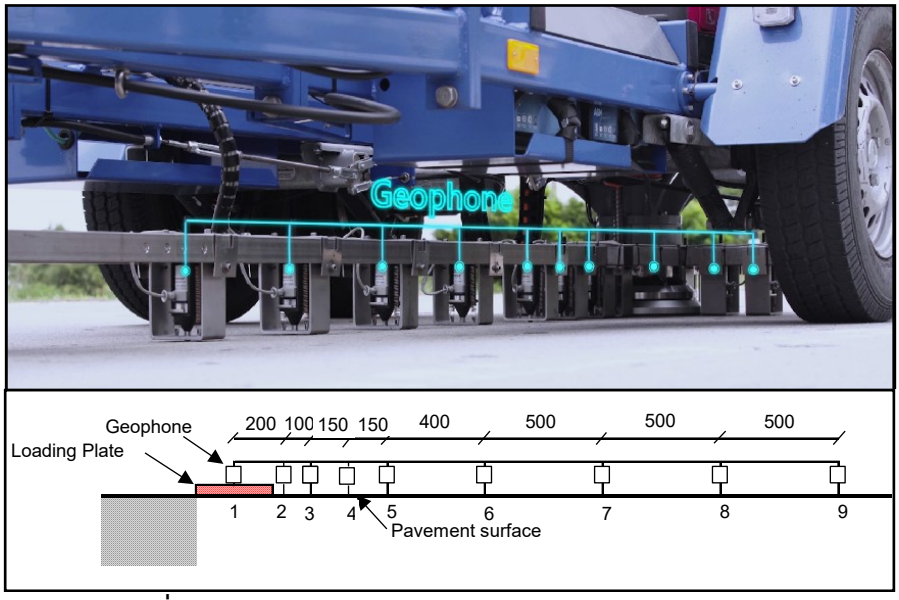
ภาพที่ 7 ชุดอุปกรณ์ตุ้มน้ำหนักกระแทก

- **อุปกรณ์วัดค่าการแอ่นตัว Geophone**

การติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าการแอ่นตัว Geophone เพื่อวัดค่าการแอ่นตัวของผิวทางและโครงสร้างทางจะมีจำนวนทั้งหมด 15 ตัว ซึ่งมีความละเอียดในการอ่านค่า 0.1 ไมครอน (micron หรือ μm) โดยตำแหน่งติดตั้ง Geophone ตัวที่ 1 (D0) จะอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างแผ่นน้ำหนักและแผ่น

รองรับน้ำหนัก ในส่วนของตำแหน่ง Geophone ตัวที่ 2-9 จะเรียงจัดวางเรียงตำแหน่งตามระยะห่างไปทางด้านหน้า ที่ตำแหน่ง 200, 300, 450, 600, 900, 1,200, 1,500 และ 1,800 มิลลิเมตร จากตำแหน่ง D0 ตามลำดับ

Geophone ตัวที่ 10-15 จะใช้สำหรับการตรวจสอบค่าการแอ่นตัวบริเวณ Construction Joint และ Longitudinal Joint ของผิวทางคอนกรีต โดยตัวที่ 10 และตัวที่ 11 จะติดตั้งไว้ในตำแหน่งด้านหลังของแผ่นรองรับน้ำหนัก ห่างจาก D0 ที่ระยะ 200 และ 300 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการทดสอบบริเวณ Construction Joint ส่วนตัวที่ 12 ถึงตัวที่ 15 จะติดตั้งไว้ทางด้านข้างทั้งสองด้านของแผ่นรองรับน้ำหนัก ห่างจาก D0 ที่ระยะ 200 และ 300 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการทดสอบบริเวณ Longitudinal Joint

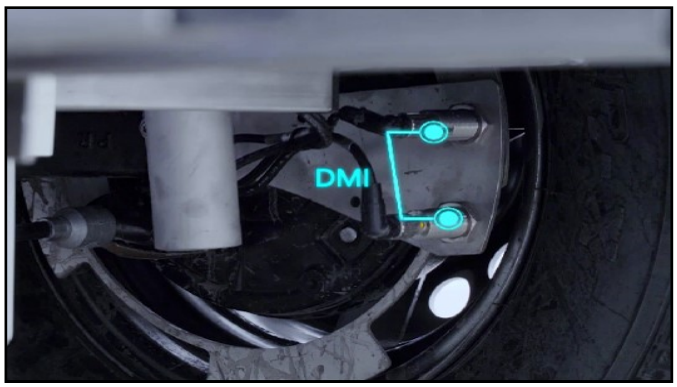


ภาพที่ 8 รูปและตำแหน่งอุปกรณ์วัดค่าการแอ่นตัว Geophone

ซึ่งในการตรวจสอบทั้งผิวทางแอสฟัลต์และผิวทางคอนกรีต จะต้องมีการเลือกตำแหน่งของ Geophone ให้ตรงกับจุดที่ต้องการหาค่าการแอ่นตัวในแต่ละประเภทของผิวทางนั้นๆ ด้วย

- **อุปกรณ์วัดระยะทาง Distance Measuring Instrument (DMI)**

การปฏิบัติงานเพื่อตรวจสอบความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทาง ต้องมีการวัดระยะทางหรือกำหนดจุดตรวจสอบที่แน่นอน เครื่องตรวจสอบความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทาง Fast Falling Weight Deflectometer (FFWD) จึงได้ทำการติดตั้งชุดอุปกรณ์ในการวัดระยะทาง (DMI) ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมี Censor จำนวน 2 ตัว ที่ติดตั้งไว้บริเวณล้อหลังของเครื่องตรวจสอบฯ เพื่อเป็นตัววัดระยะทางเมื่อล้อเคลื่อนตัวไปด้านหน้าและหักลบระยะทางเมื่อมีการถอยหลัง ทำให้การตรวจสอบแต่ละจุดมีระยะทางที่ถูกต้องและตรงตามตำแหน่งที่ต้องการ



ภาพที่ 9 อุปกรณ์วัดระยะทาง Distance Measuring Instrument (DMI)

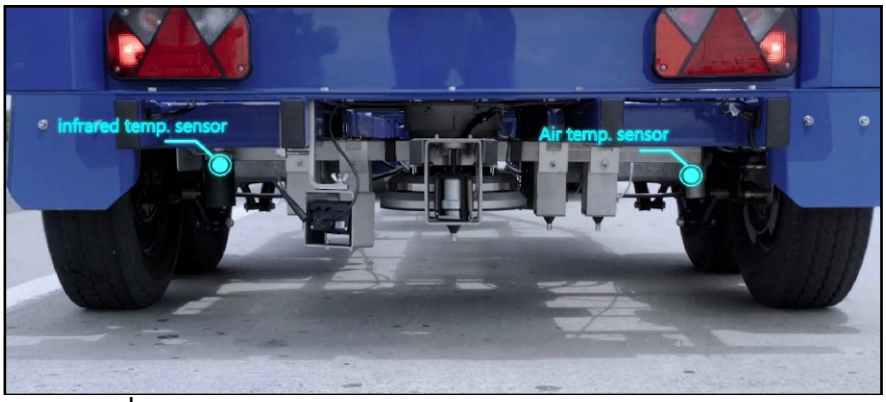
- **อุปกรณ์ระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS หรือ DGPS)**

อุปกรณ์ที่ใช้ระบุพิกัดตำแหน่งของแต่ละจุดที่ทำการตรวจสอบในสายทางนั้นๆ โดยสามารถนำไฟล์ข้อมูลค่าการแอ่นตัวและความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทางเปิดในระบบแผนที่ Google Earth ได้ และมีความคลาดเคลื่อนของพิกัดในแนวราบไม่เกิน 15 เมตร

ภาพที่ 10 อุปกรณ์ระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS หรือ DGPS)

- **อุปกรณ์วัดอุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) และอุณหภูมิผิวทาง (Pavement Temperature)**

อุณหภูมิของอากาศและผิวทาง เป็นข้อมูลสำคัญที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการประมวลผลหาค่าความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง ทั้งผิวทางแอสฟัลต์และผิวทางคอนกรีต ดังนั้นจึงได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ Air temp. Sensor และ Infrared temp. Sensor เพื่อทำการวัดค่าอุณหภูมิของอากาศและค่าอุณหภูมิของผิวทาง ไว้ที่ด้านล่างของเครื่องตรวจสอบความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทาง Fast Falling Weight Deflectometer (FFWD)



ภาพที่ 11 อุปกรณ์ Air temp.Sensor และ Infrared temp.Sensor

- **เครื่องผลิตไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ชนิดเครื่องยนต์เบนซิน**

ในการปฏิบัติงานเพื่อตรวจสอบสายทางที่มีระยะทางยาวและมีจุดตรวจสอบจำนวนมาก แบตเตอร์รี่ที่ใช้ในการเก็บกระแสไฟฟ้าอาจจะมีไม่เพียงพอต่อการปฏิบัติงานตรวจสอบเป็นระยะเวลานานๆ การติดตั้งเครื่องผลิตไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ชนิดเครื่องยนต์เบนซินไว้กับตัวเครื่องตรวจสอบความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทาง Fast Falling Weight Deflectometer (FFWD) เพื่อทำการผลิตกระแสไฟฟ้าส่งเข้าไปในแบตเตอร์รี่ ทำให้การตรวจสอบมีระยะเวลาการทำงานที่ยาวนานมากขึ้น

- **ป้ายไฟสำหรับอำนวยความปลอดภัย**

การปฏิบัติงานตรวจสอบในบางสายทางที่มีการเปิดใช้งานอย่างเต็มรูปแบบและมีปริมาณการจราจรจำนวนมาก ป้ายสัญญาณไฟเตือนสำหรับอำนวยความปลอดภัยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะช่วยในการมองเห็นระยะไกลของผู้ใช้ทางบนสายทางนั้นๆ เพื่ออำนวยความปลอดภัยทั้งผู้ใช้ทางและเจ้าหน้าที่ในขณะปฏิบัติงาน

ภาพที่ 12 ป้ายสัญญาณไฟเตือน

3. รถสไลด์บรรทุกเครื่องตรวจสอบฯ

การเดินทางไปปฏิบัติงานตรวจสอบในพื้นที่ต่างๆ มีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องใช้รถสไลด์ในการบรรทุกเครื่องตรวจสอบความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทาง Fast Falling Weight Deflectometer (FFWD) ซึ่งจะช่วยลดการเสื่อมสภาพของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างที่จะชำรุดจากการลากจูงระยะทางไกลและช่วยเพิ่มความปลอดภัยในขณะเดินทาง

นอกจากนั้นรถสไลด์ยังใช้เป็นรถปิดท้าย เพื่ออำนวยความปลอดภัยให้กับเจ้าหน้าที่และเครื่องมือตรวจสอบฯ ในขณะปฏิบัติงาน โดยการติดตั้งป้ายสัญญาณไฟเตือนสีเหลืองอัมพรรณรูปลูกศรไว้ที่บริเวณบนของถาดสไลด์หลังห้องคนขับ ซึ่งสามารถช่วยให้ผู้ใช้ทางสามารถมองเห็นได้ในระยะไกล

ภาพที่ 13 รถสไลด์บรรทุกเครื่องตรวจสอบฯ

3. การทดสอบการแอ่นตัวของถนนที่ก่อสร้างใหม่

สำนักมาตรฐานและประเมินผล กรมทางหลวง ได้ทำการขอความอนุเคราะห์ส่วนสำรวจและประเมินสภาพทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง ดำเนินการทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง เพื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์และสรุปผลการประเมินคุณภาพงานก่อสร้างประจำปี 2567 โดยโครงการก่อสร้างที่ได้ดำเนินการทดสอบมี ดังนี้

ตารางที่ 1 โครงการก่อสร้างที่เข้ารับการประเมินคุณภาพงานก่อสร้างประจำปี 2567

หมายเลขทางหลวง	ชื่อสายทาง	จังหวัด	กม.เริ่มต้น - กม.สิ้นสุด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ปีงบประมาณ
11	อ.อินทร์ - อ.สากเหล็ก ตอน หนองขว้าว - ไดตาล ตอน 1	นครสวรรค์	51+000 – 61+000	10.000	2565
11	อ.อินทร์ - อ.สากเหล็ก ตอน หนองขว้าว - ไดตาล ตอน 2	นครสวรรค์	61+000 – 71+665	10.665	2565
11	อ.บินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอน ไดตาล - เขาทราย ตอน 1	นครสวรรค์	72+275 – 92+275	20.000	2564
121 ตัด 1317	ทางแยกต่างระดับจุดตัดทางหลวงหมายเลข 121 ตัด ทางหลวงหมายเลข 1317 (แยกสันกลาง)	เชียงใหม่	12+200 – 13+900	1.700	2566
106	บ.ม่วงโตน - บ.บ่อหิน	ลำปาง	119+500 – 122+398	2.898	
1035	บ.วังหม้อพัฒนา - อ.สำเภาทอง	ลำปาง	11+900 – 14+800	2.900	
3	อ.พัทยา - อ.สัตหีบ ตอน 1	ชลบุรี	153+200 – 160+500	7.300	2563
3	อ.บ้านฉาง - ระยอง ตอน 1	ระยอง	192+150 – 204+100 204+600 – 208+400	15.750	2563
36 ตัด 331	ทางแยกต่างระดับเขาไม้แก้ว	ชลบุรี, ระยอง	25+300 – 26+533	2.633	2563
226	อ.ห้วยทับทัน – ศรีสะเกษ	ศรีสะเกษ	235+705 – 249+500	13.795	2563
304	ฉะเชิงเทรา - ต.เขาหินซ้อน ตอน อ.บางคล้า - อ.พนมสารคาม ตอน 3	ฉะเชิงเทรา	90+400 – 93+800	3.400	2563
3481	บ.บางขนาก - ปราจีนบุรี ตอน บ.หัวไผ่ – การเคหะฯ ปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	47+200 – 53+300 54+450 – 60+200	11.850	2564
3079	ปราจีนบุรี – ศรีมหาโพธิ	ปราจีนบุรี	4+300 – 17+700	13.400	
4137	บ.ทุ่งตำเสา – แยกสวนเทศ	สตูล	0+196.945 – 23+426.945	23.230	2564
4	พัทลุง - อ.หาดใหญ่ ตอน บ.ห้วยทราย - บ.พรุพ้อ	พัทลุง	1203+585 – 1218+644	15.059	2563
41	บ.ไม้เสียบ - พัทลุง (เป็นตอน ๆ)	พัทลุง	349+526 – 381+963	32.437	2563
3188	ลายขอนหอม – บ้านเหนือ (ทางเข้าเมืองแก่งคอย)	สระบุรี	8+159 – 9+400	1.241	2563
3224	บ้านป่า – ท่าคร้อ	สระบุรี	3+300 – 4+700	1.300	2564

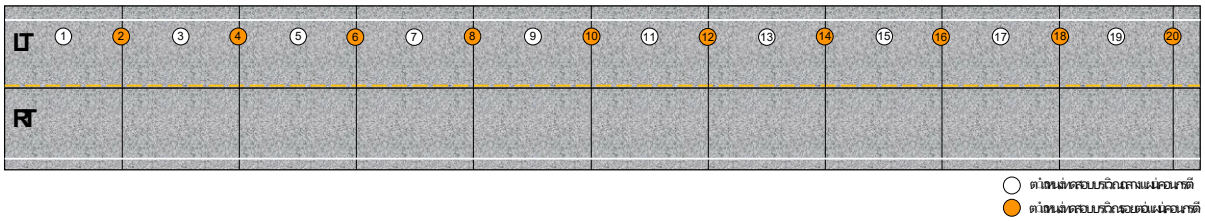
หมายเลขทางหลวง	ชื่อสายทาง	จังหวัด	กม.เริ่มต้น - กม.สิ้นสุด	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ปีงบประมาณ
362 ตัด 3041	สะพานเข้าทางแยกจุดตัดทางหลวงหมายเลข 362 ตัดทางหลวงหมายเลข 3041 ถนนวงแหวนรอบเมืองสระบุรี ด้านตะวันตก (แยกเลี่ยงเมืองเสาไห้)	สระบุรี	4+555.00 – 6+885.35 28+766.60 – 29+574.79		2563
2083	อ.มหาชนะชัย - อ.คำเขื่อนแก้ว	ยโสธร	43+205 – 48+205 49+848 – 54+380 55+805 – 59+190	12.917	2564
202	บ.น้ำปลีก - บ.หนองผือ ตอน 1	ร้อยเอ็ด, ยโสธร, อำนาจเจริญ	300+423 – 309+830 323+580 – 339+500	25.327	2564
202	อ.สุวรรณภูมิ – ยโสธร	ร้อยเอ็ด, ยโสธร, อำนาจเจริญ	232+688 – 258+865	26.177	2564

การทดสอบการแอ่นตัว โดยเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) สำหรับถนนก่อสร้างใหม่ จะทดสอบโดยการใช้น้ำหนักกระทำผ่านแผ่นถ่ายแรงที่ทำให้เกิดหน่วยแรง (Stress) เท่ากับ 707 kPa ซึ่งเทียบเท่ากับหน่วยแรงดันของลมยางล้อรถบรรทุกเพลาเดี่ยวยางคู่ขนาด 10 ตัน ที่กระทำกับผิวทาง ซึ่งการทดสอบการแอ่นตัวบนถนนคอนกรีตและถนนแอสฟัลต์จะมีการกำหนดจุดทดสอบที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การทดสอบการแอ่นตัวถนนคอนกรีต

การทดสอบการแอ่นตัวบนถนนคอนกรีตจะติดตั้ง Geophone (ตัวตรวจวัดสัญญาณคลื่นสั่นสะเทือน) วางในระยะตำแหน่ง -30, -20, 0, 45, 60, 90, 120, 150, 180 cm. ตำแหน่งระยะศูนย์อยู่ที่ Plate ถ่ายแรงของเครื่อง FWD ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ติดตั้งโหลดเซล

ตำแหน่งในการทดสอบการแอ่นบนถนนคอนกรีตจะทำการทดสอบบริเวณร่องบริเวณร่องล้อซ้ายของช่องจราจรนอกสุดของ Main Road การทดสอบแผ่นคอนกรีต 1 แผ่น จะทดสอบ 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งบริเวณกลางแผ่นคอนกรีต และบริเวณรอยต่อแผ่นคอนกรีต โดยจะทำการทดสอบต่อเนื่องกันทั้งหมด 10 แผ่น (20 จุดทดสอบ) รูปแบบในการทดสอบการแอ่นตัวบนถนนคอนกรีต แสดงดังภาพที่ 14

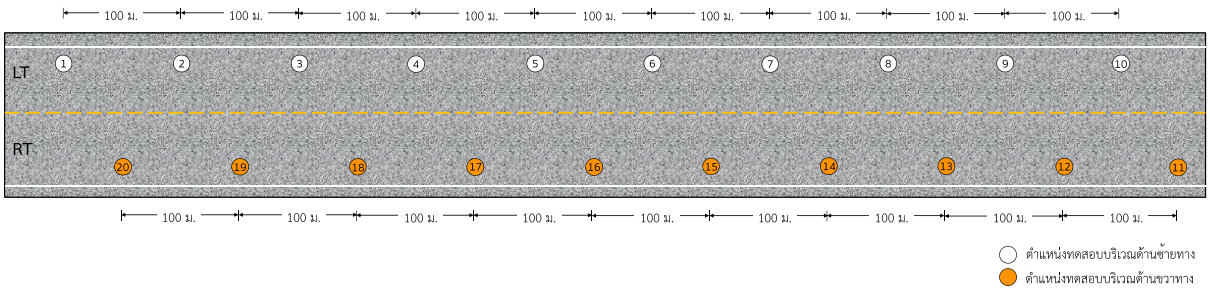


ภาพที่ 14 ตำแหน่งจุดทดสอบการแอ่นตัวบนถนนคอนกรีต

2. การทดสอบการแอ่นตัวถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

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

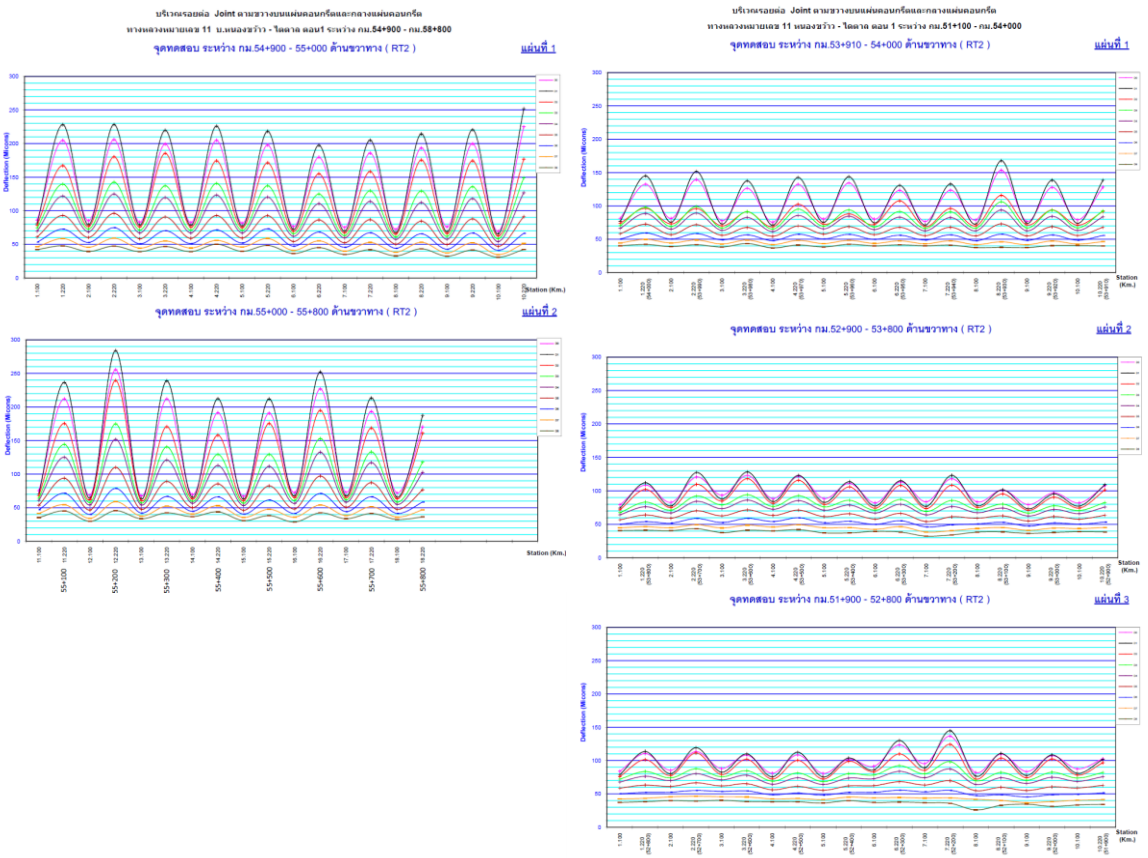
ระยะห่างระหว่างจุดทดสอบ โดยปกติจะทำการทดสอบทุก ๆ ระยะ 100 เมตร ตลอดสายทาง ทั้งด้านซ้ายทางและขวาทาง โดยจะทำการทดสอบแบบสับฟันปลา บริเวณร่องบริเวณร่องล้อซ้ายของช่องจราจรนอกสุดของ Main Road ดังแสดงในภาพที่ 15



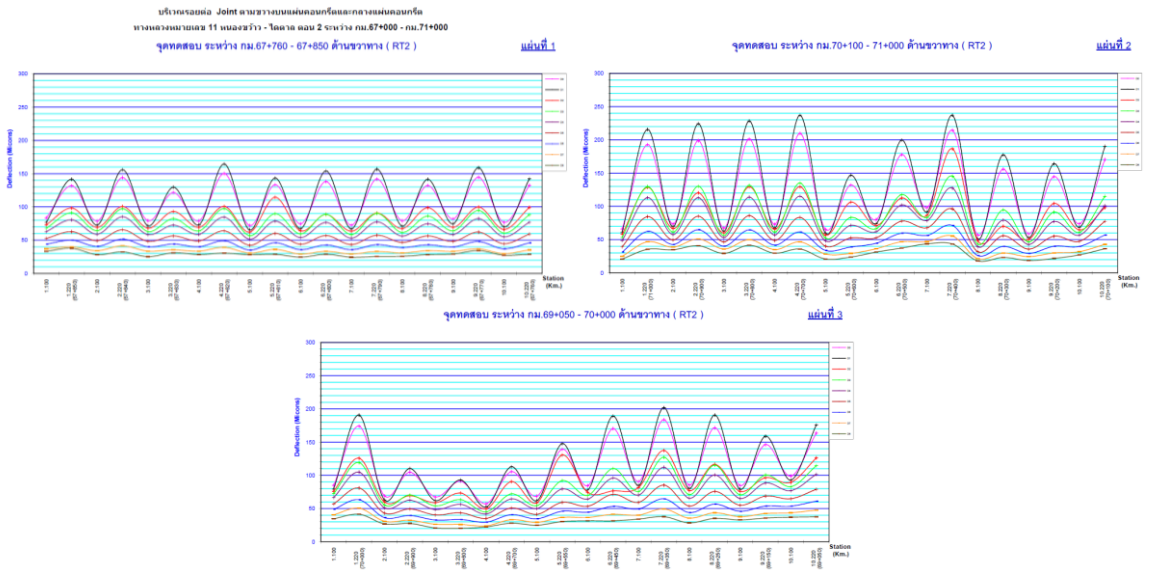
ภาพที่ 15 ตำแหน่งจุดทดสอบการแอ่นตัวบนถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

4. ผลการทดสอบการแอ่นตัวของโครงสร้างชั้นทางรูปแบบต่าง ๆ

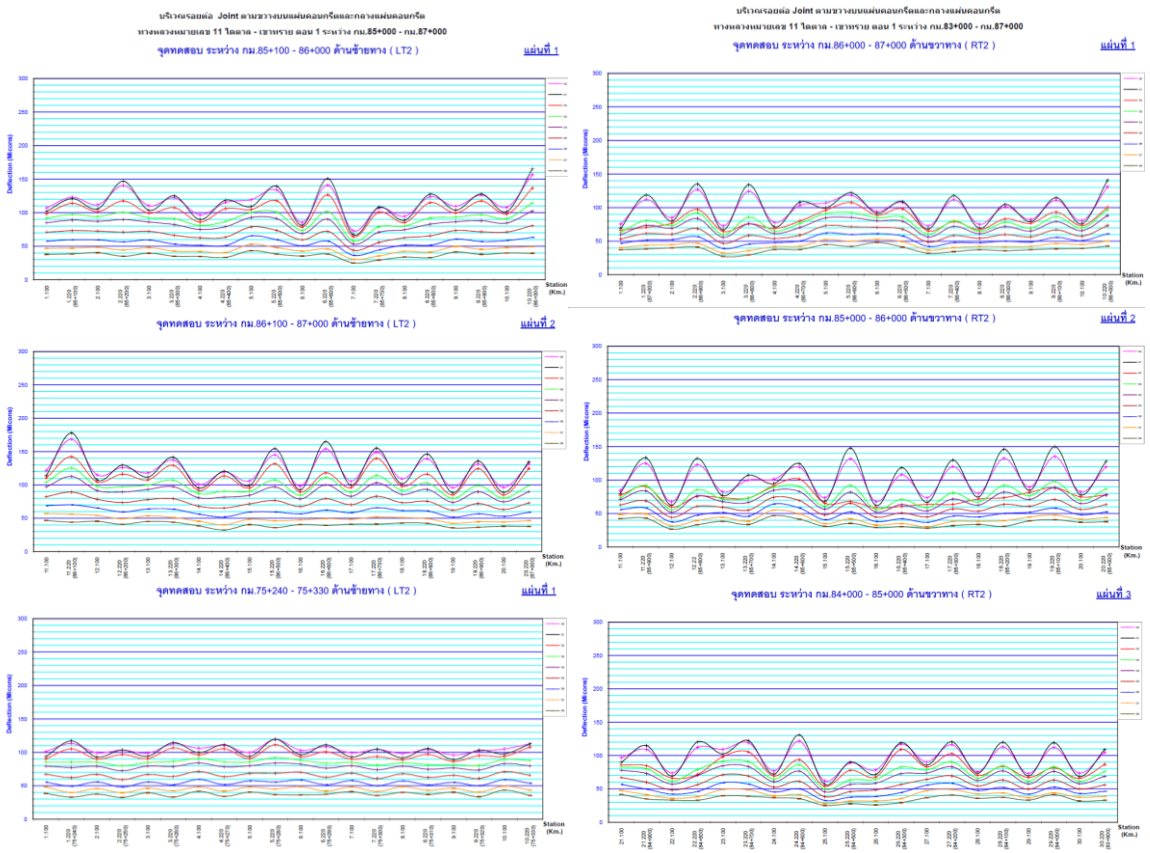
หลังจากการทดสอบการแอ่นตัว โดยเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) แล้วเสร็จ เครื่อง FWD จะส่งผลการทดสอบไปยังโปรแกรม Evaluation of layer Moduli and Overlay Design หรือ โปรแกรม ELMOD เพื่อประมวลผลออกมาเป็นค่าการแอ่นตัวของผิวทางและโครงสร้างทาง (Deflection) จากการทดสอบการแอ่นตัวของถนนก่อสร้างใหม่ ได้ข้อมูลดังแสดง ภาพที่ 16 ถึง ภาพที่ 37 และตารางที่ 2



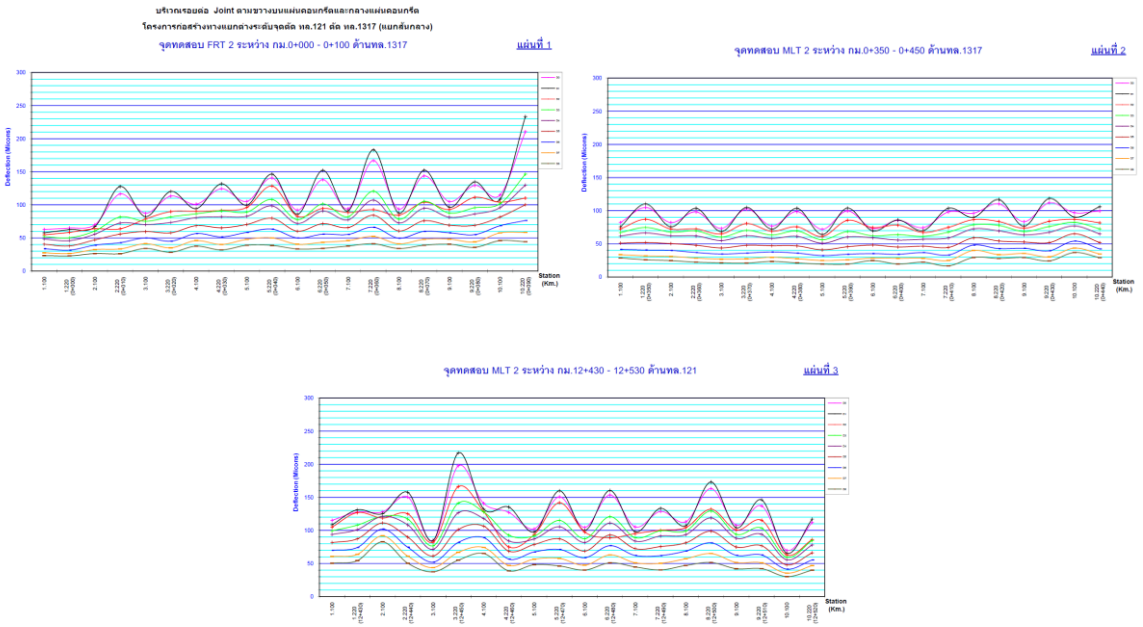
ภาพที่ 16 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.11 สาย อ.อินทร์ - อ.สากเหล็ก ตอน หนองขว้าว - ไดตาล ตอน 1



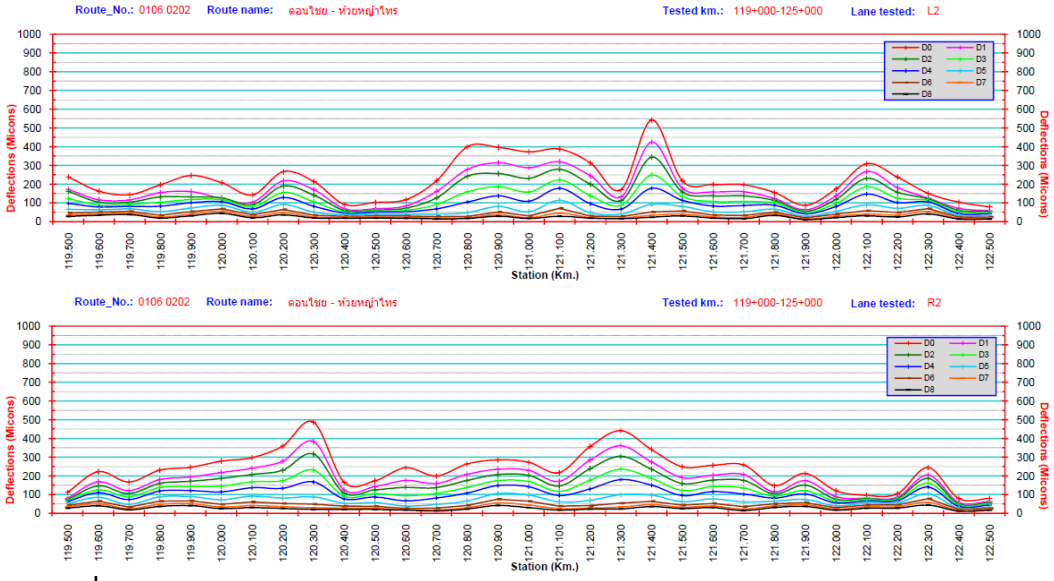
ภาพที่ 17 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.11 สาย อ.อินทร์ - อ.สากเหล็ก ตอน หนองขว้าว - ไดตาล ตอน 2



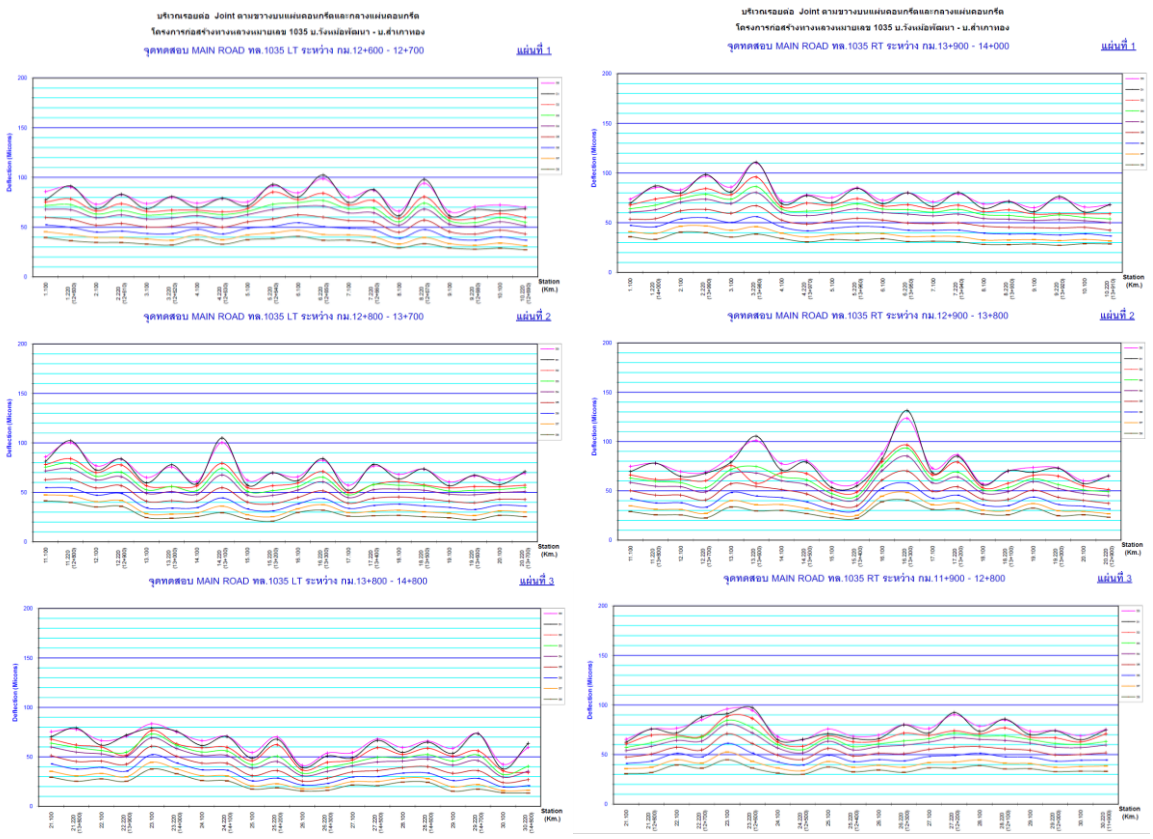
ภาพที่ 18 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.11 สาย อ.บินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอน ไดตาล - เขาทราย ตอน 1



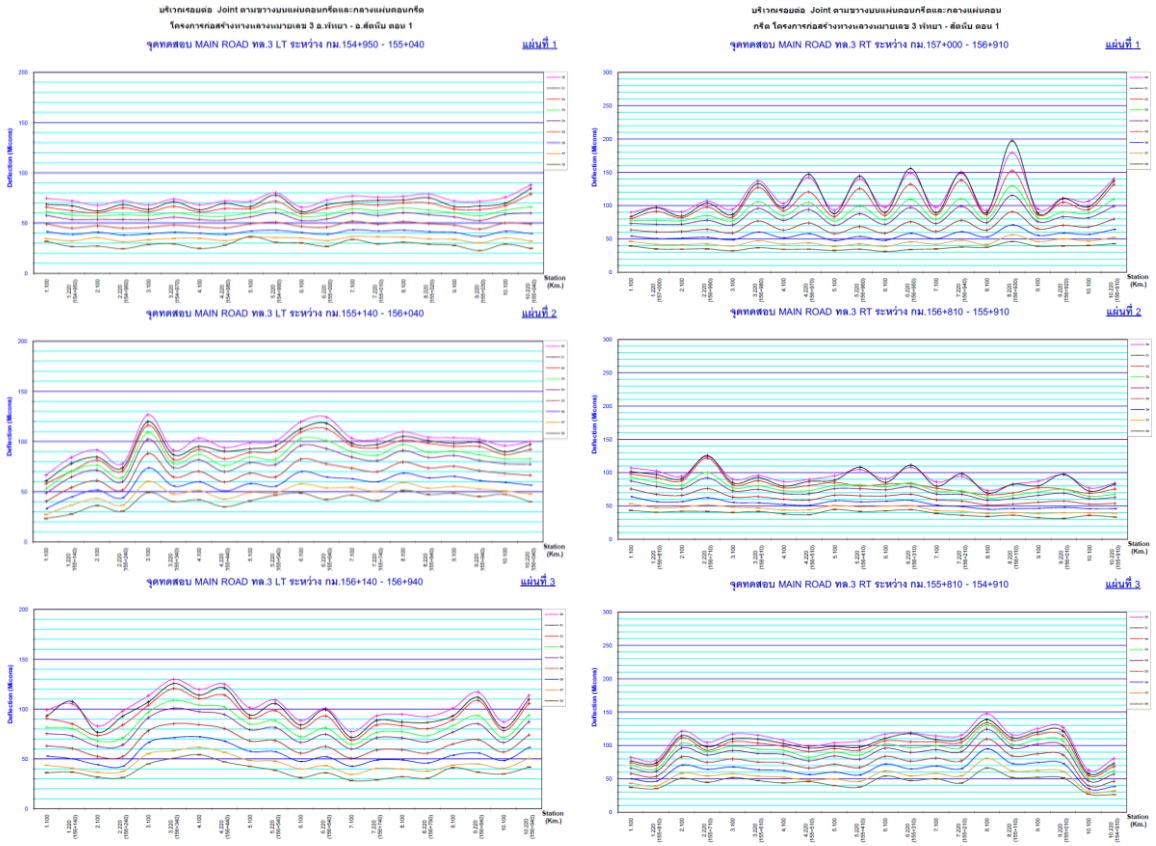
ภาพที่ 19 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้างทางแยกต่างระดับ ทล.121 ตัด ทล.1317 (แยกสันกลาง)



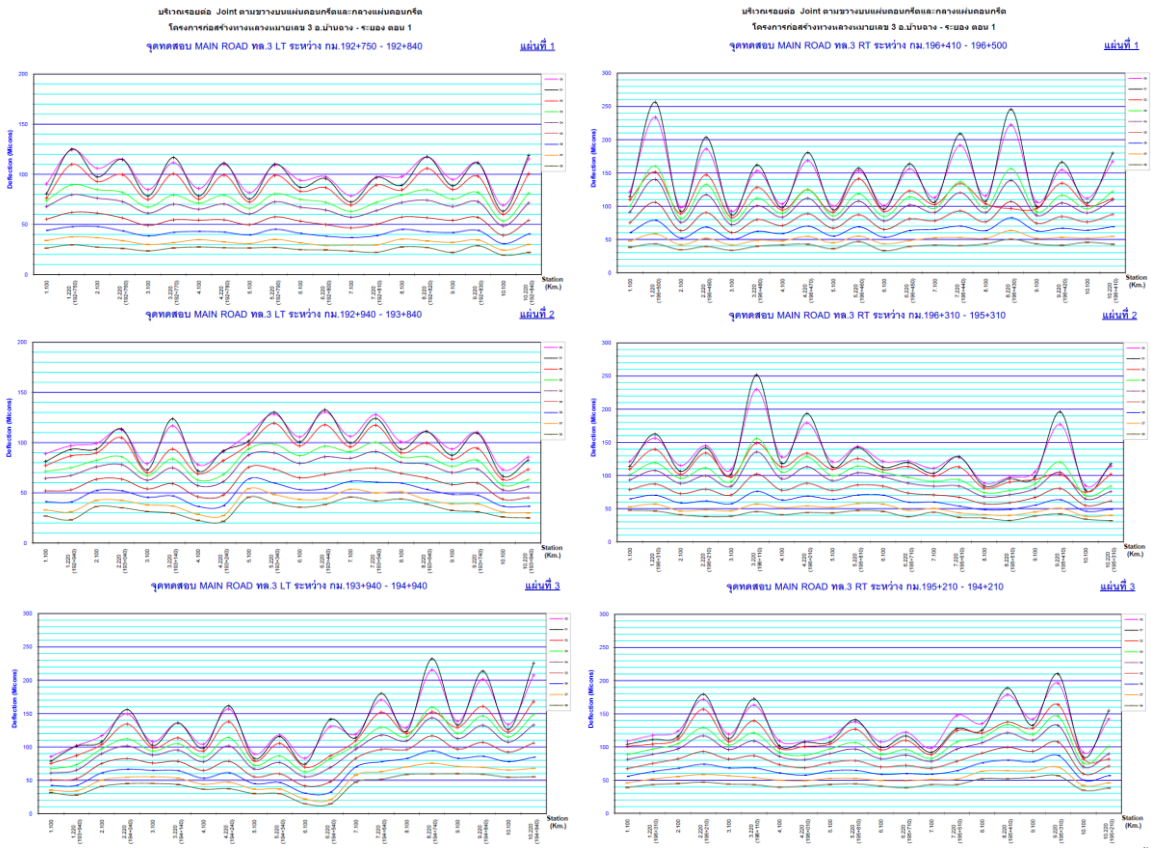
ภาพที่ 20 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.106 สาย บ.ม่วงโตน - บ.บ่อหิน



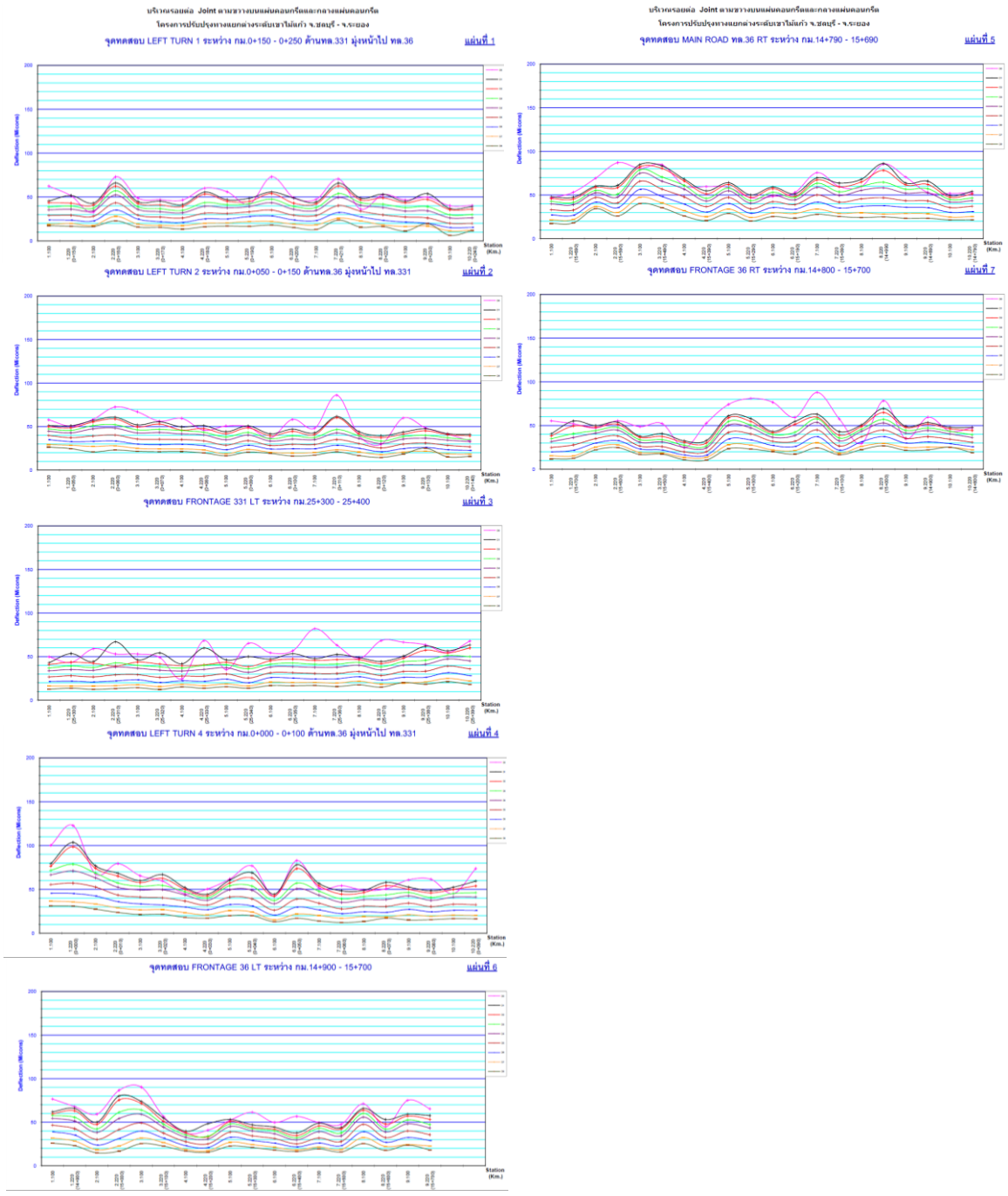
ภาพที่ 21 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.1035 สาย บ.วังหม้อพัฒนา - อ.สำเภาทอง



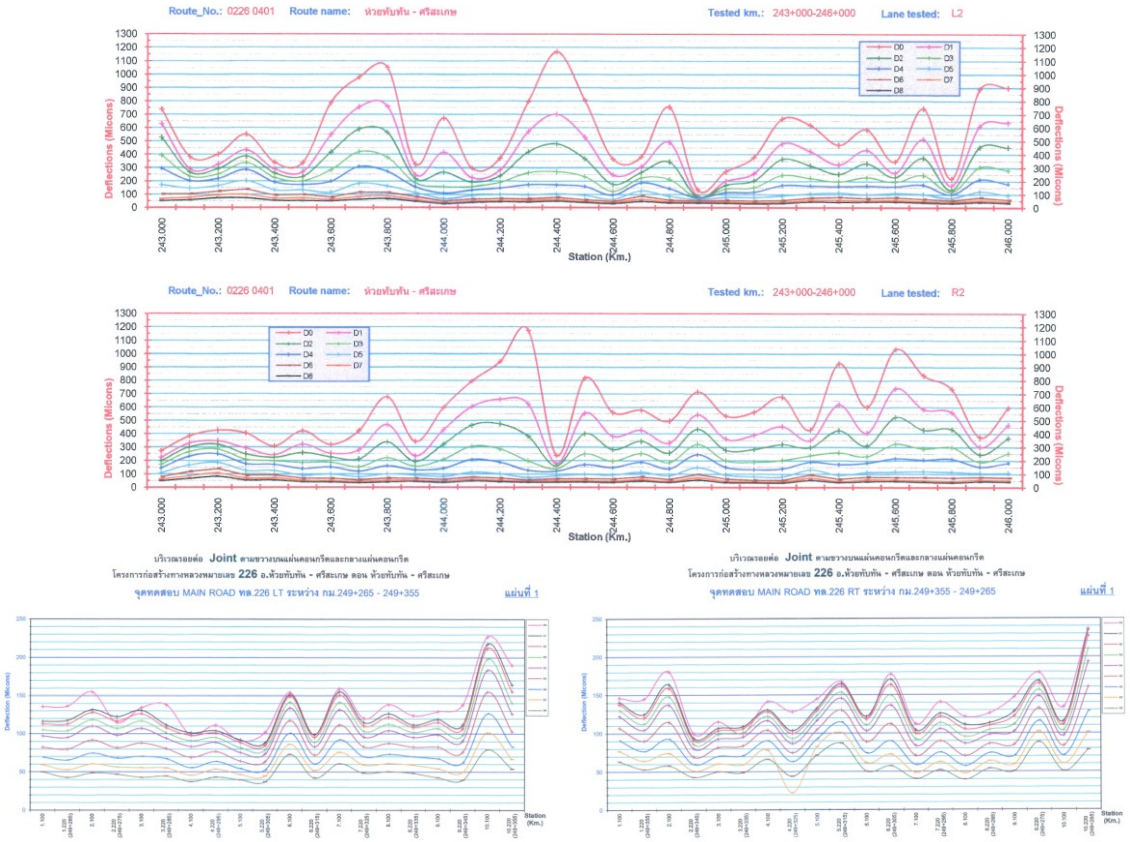
ภาพที่ 22 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.3 สาย อ.พัทยา - อ.สัตหีบ ตอน 1



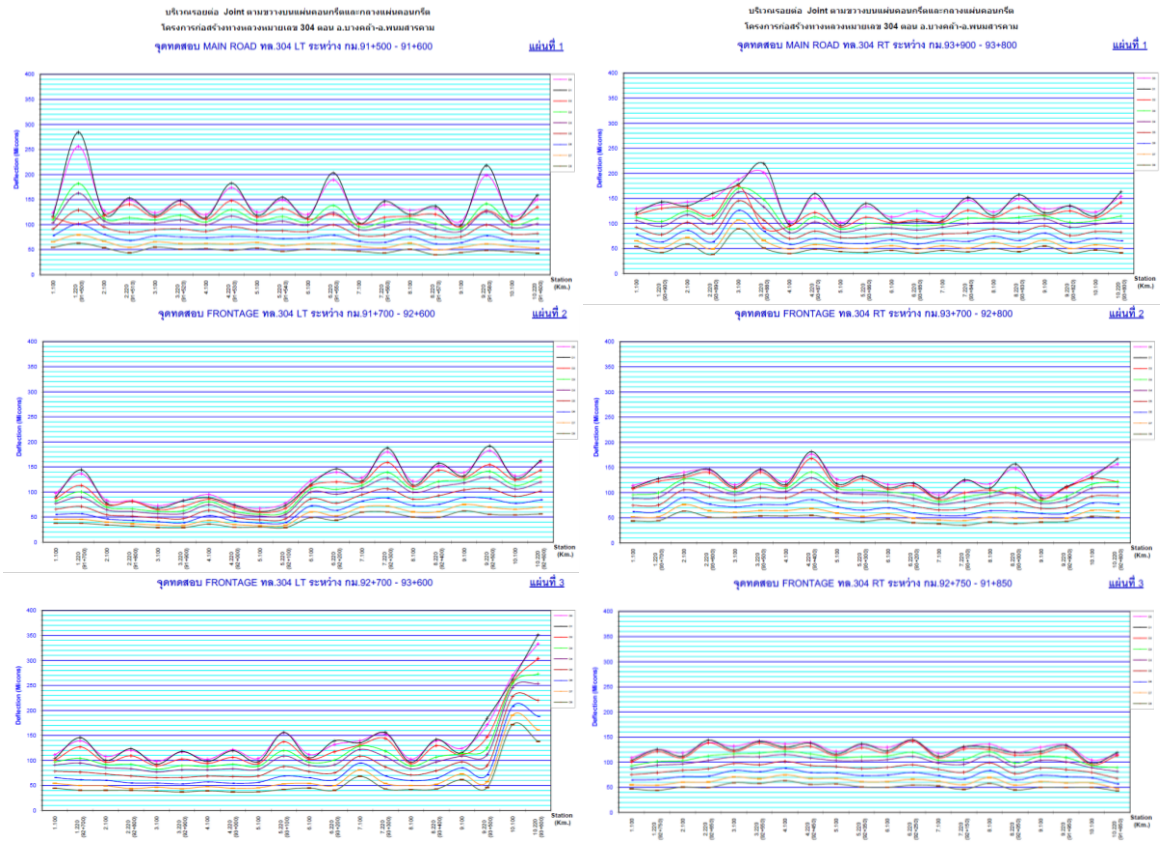
ภาพที่ 23 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.3 สาย อ.บ้านฉาง - ระยอง ตอน 1



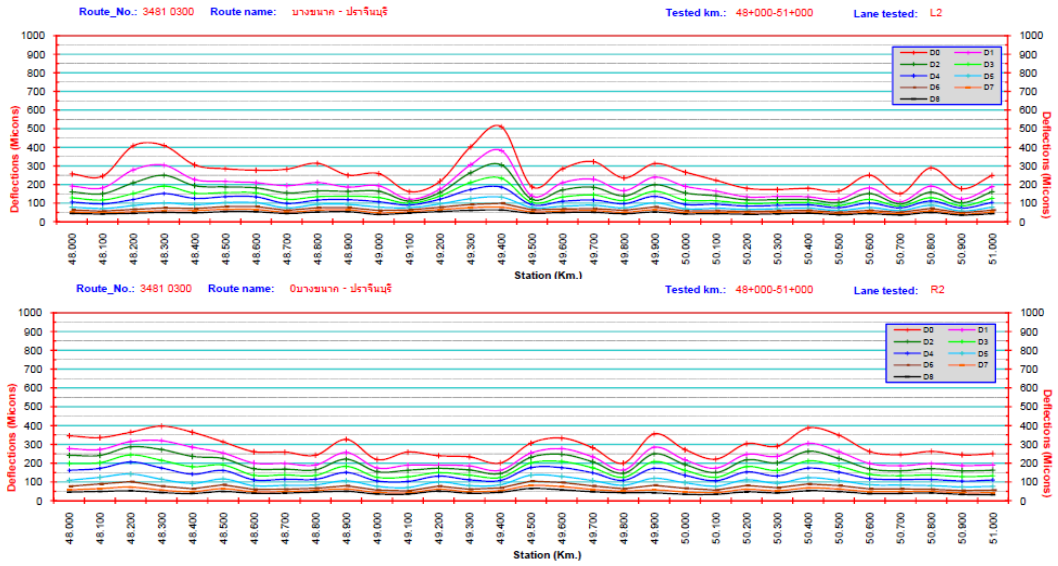
ภาพที่ 24 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้างทางแยกต่างระดับเขาไม้แก้ว ทล.36 ตัด ทล. 331



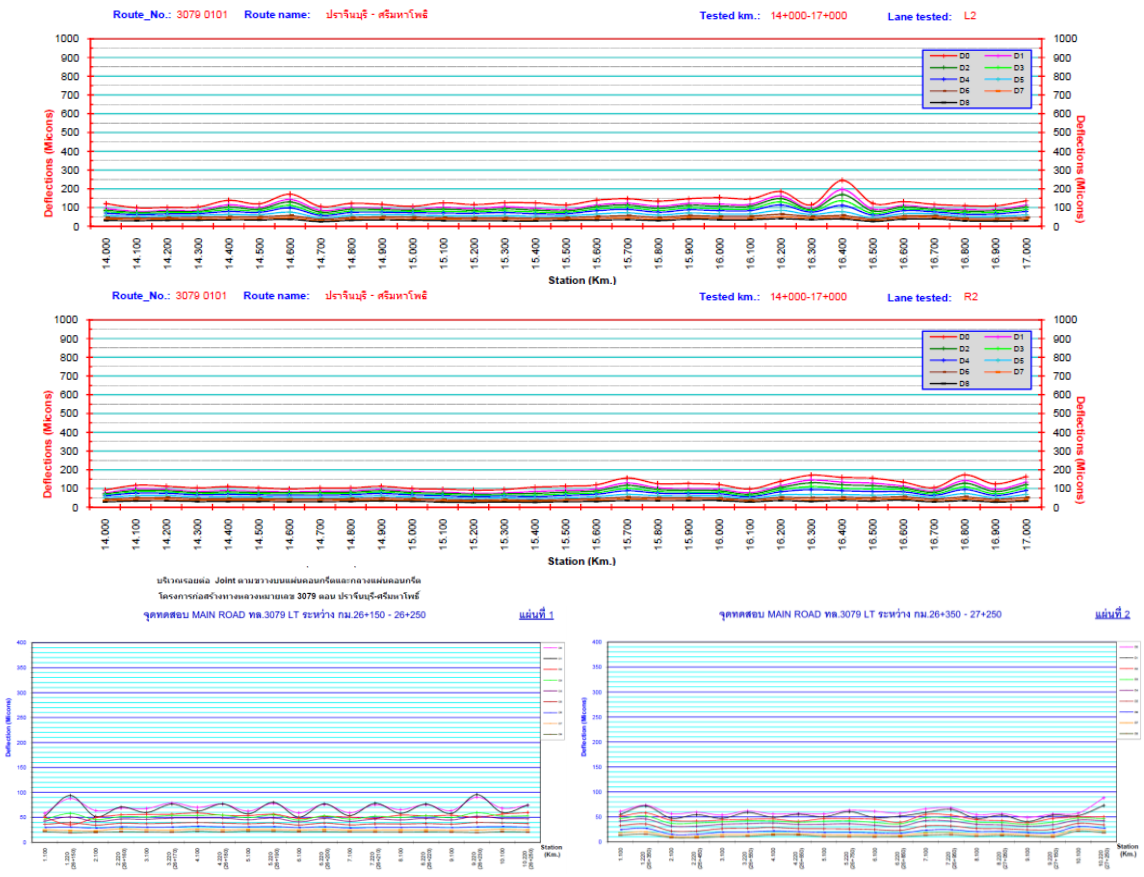
ภาพที่ 25 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.226 สาย อ.ห้วยทับทัน – ศรีสะเกษ



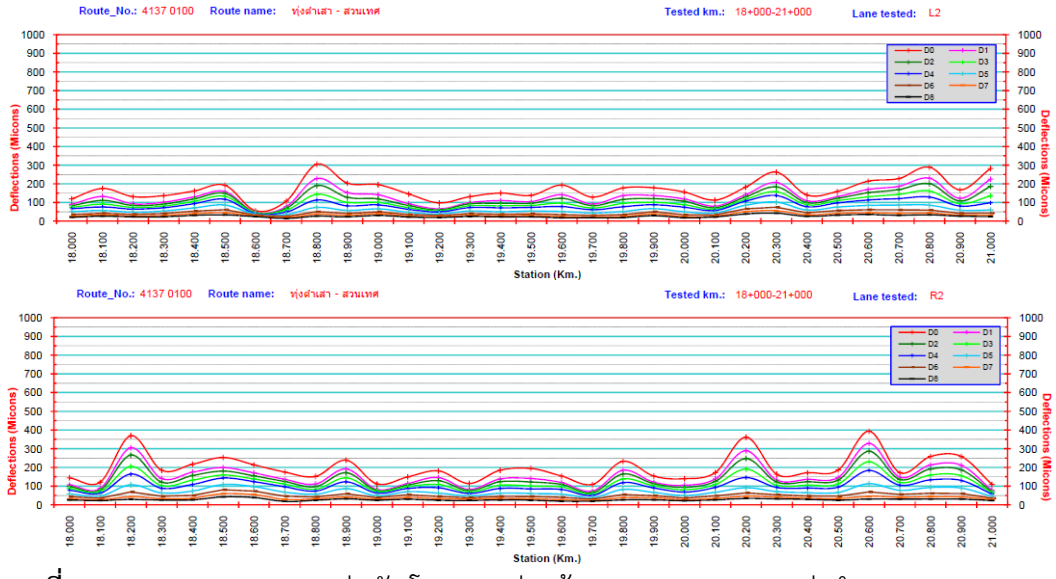
ภาพที่ 26 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.304 สาย ฉะเชิงเทรา - ต.เขาหินซ้อน ตอน อ.บางคล้า - อ.พนมสารคาม ตอน 3



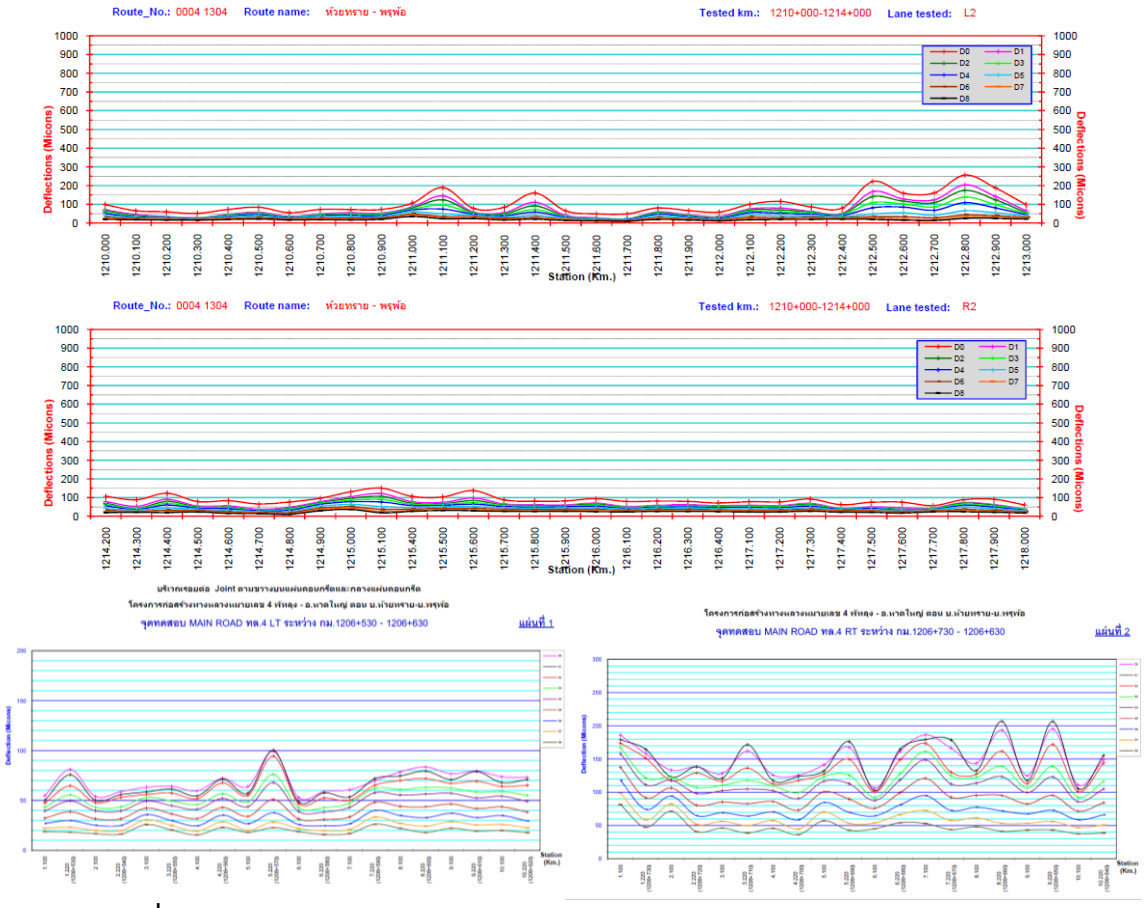
ภาพที่ 27 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.3481 สาย บ.บางขนาก - ปราจีนบุรี ตอน บ.หัวไผ่ – การเคหะฯ ปราจีนบุรี



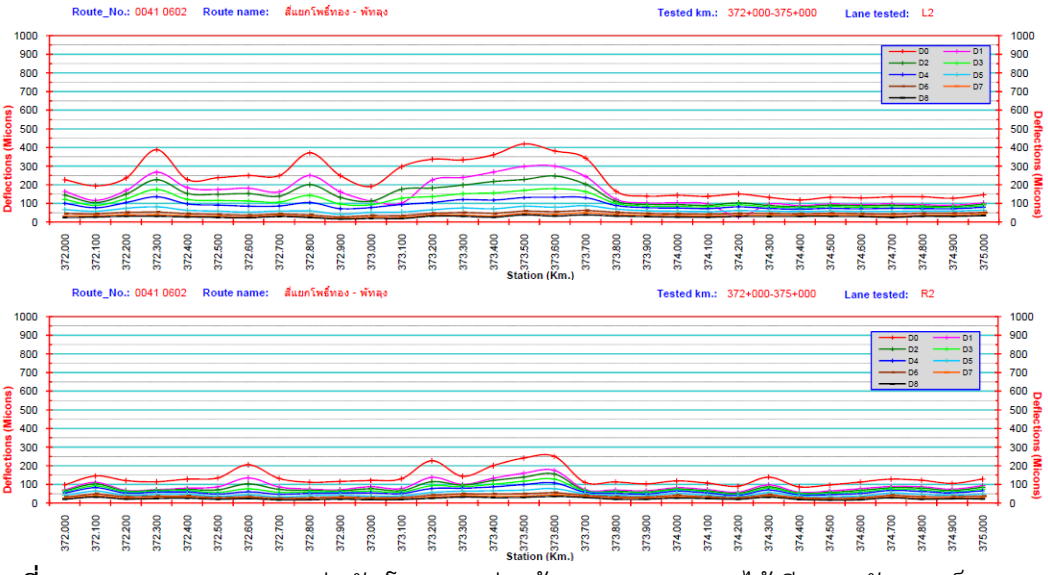
ภาพที่ 28 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.3079 สาย ปราจีนบุรี – ศรีมหาโพธิ



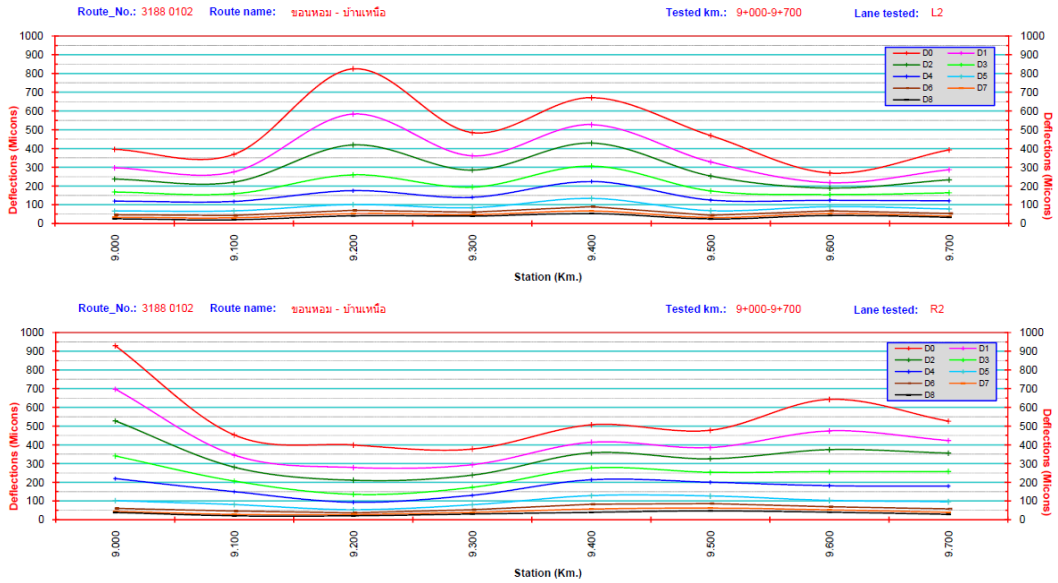
ภาพที่ 29 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.4137 สาย บ.ทุ่งตำเสา – แยกสวนเทศ



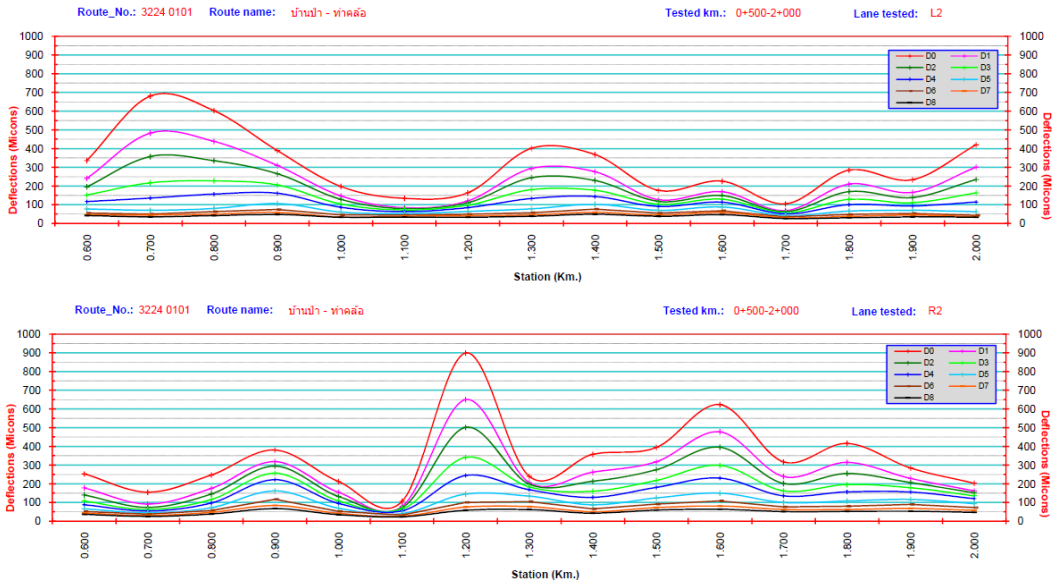
ภาพที่ 30 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.4 สาย พัทลุง - อ.หาดใหญ่ ตอน บ.ห้วยทราย - บ.พรุพ้อ



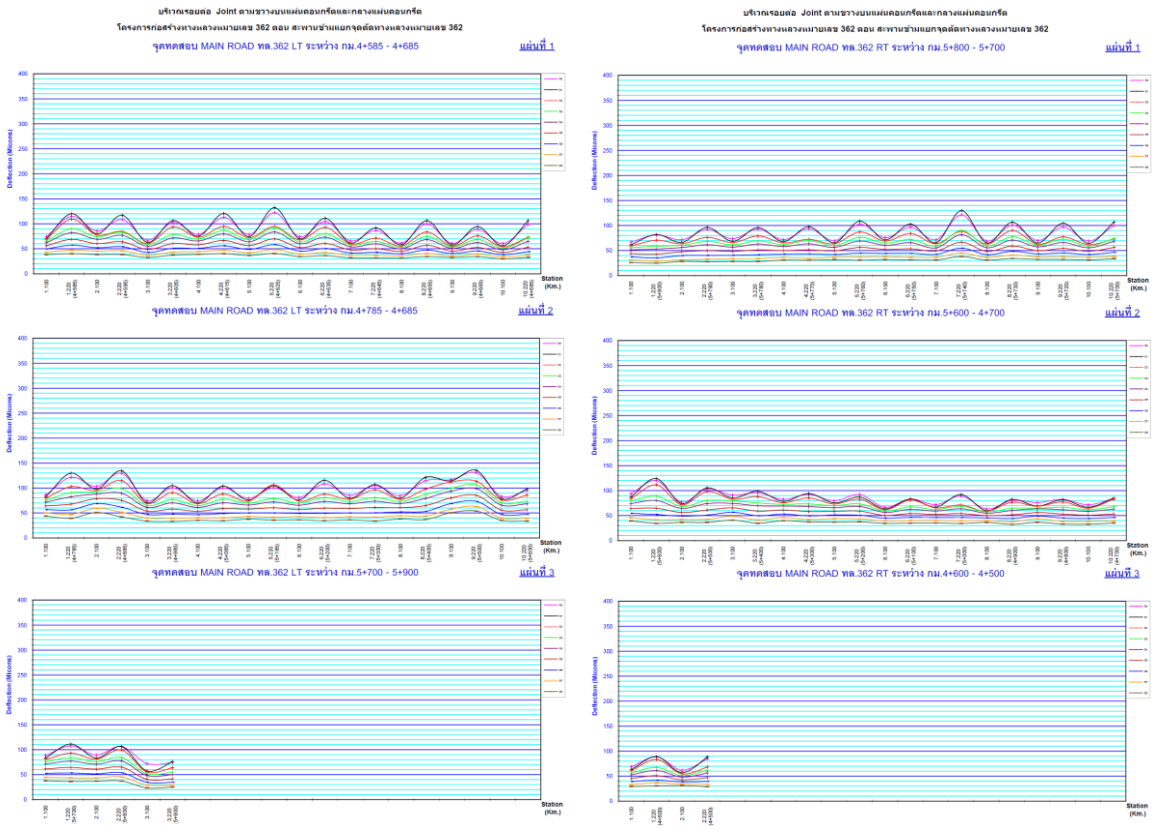
ภาพที่ 31 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.41 สาย บ.ไม้เสียบ - พัทลุง (เป็นตอน ๆ)



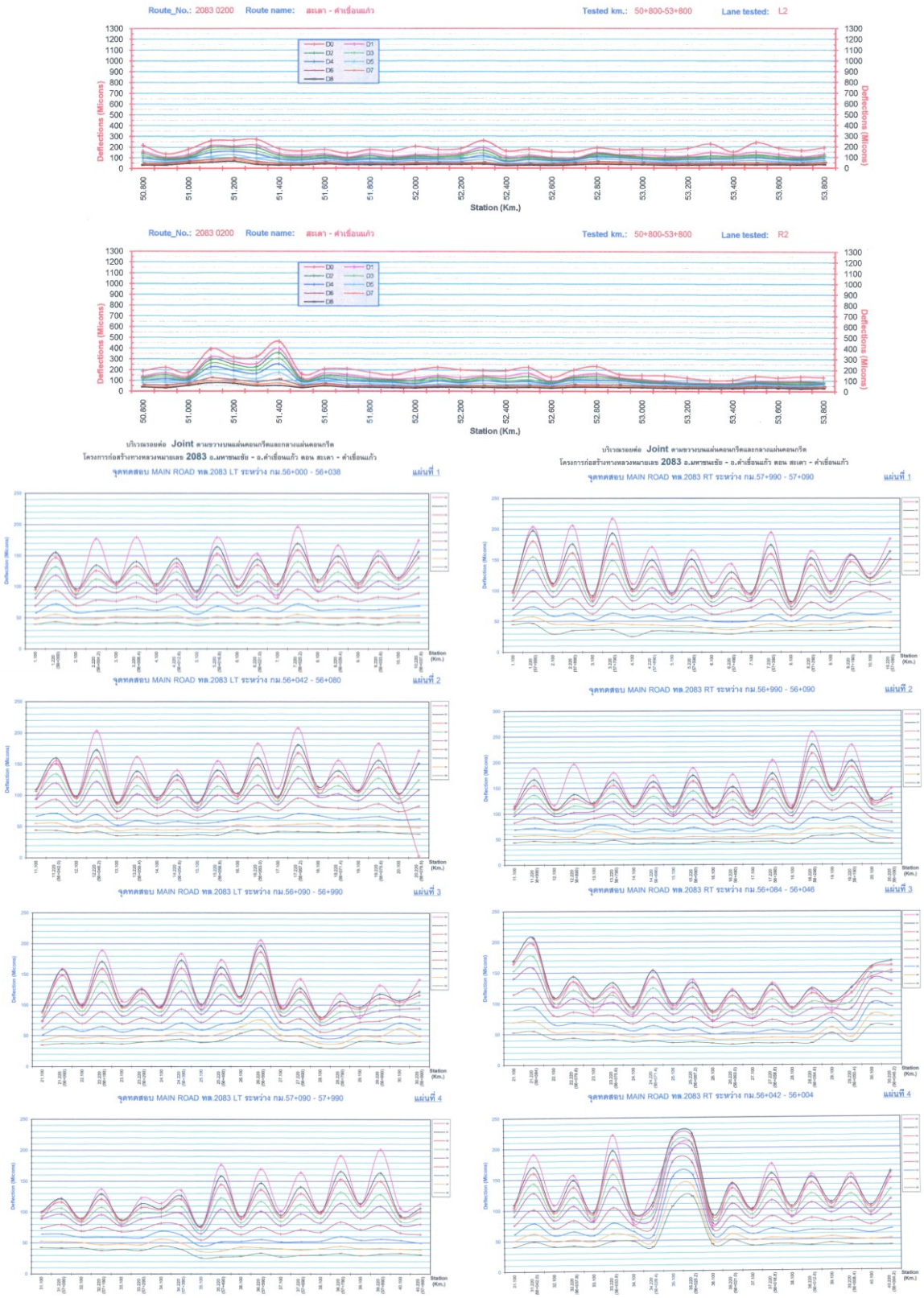
ภาพที่ 32 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.3188 สาย ลายขอนหอม – บ้านเหนือ



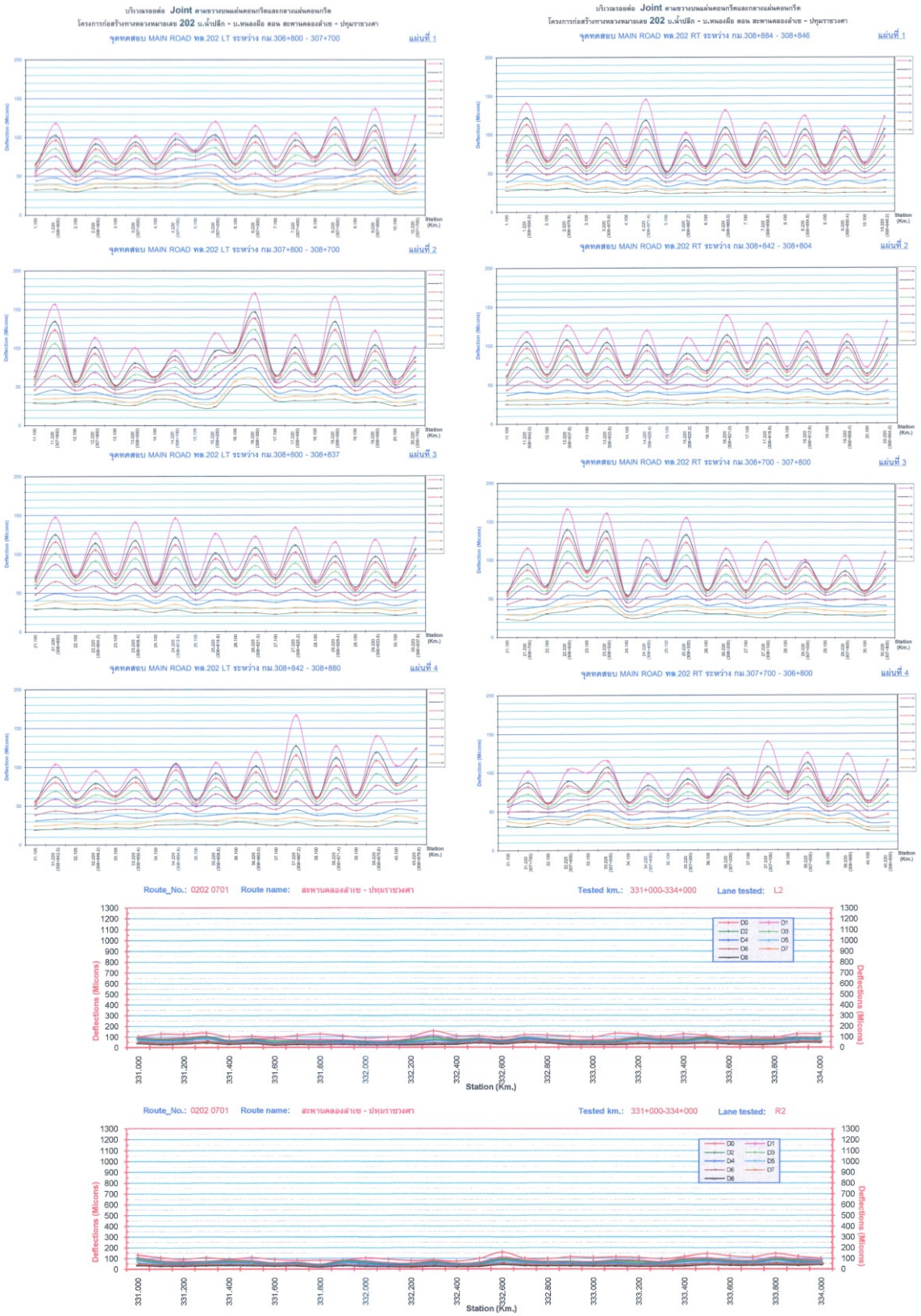
ภาพที่ 33 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.3224 สาย บ้านป่า – ท่าคร้อ



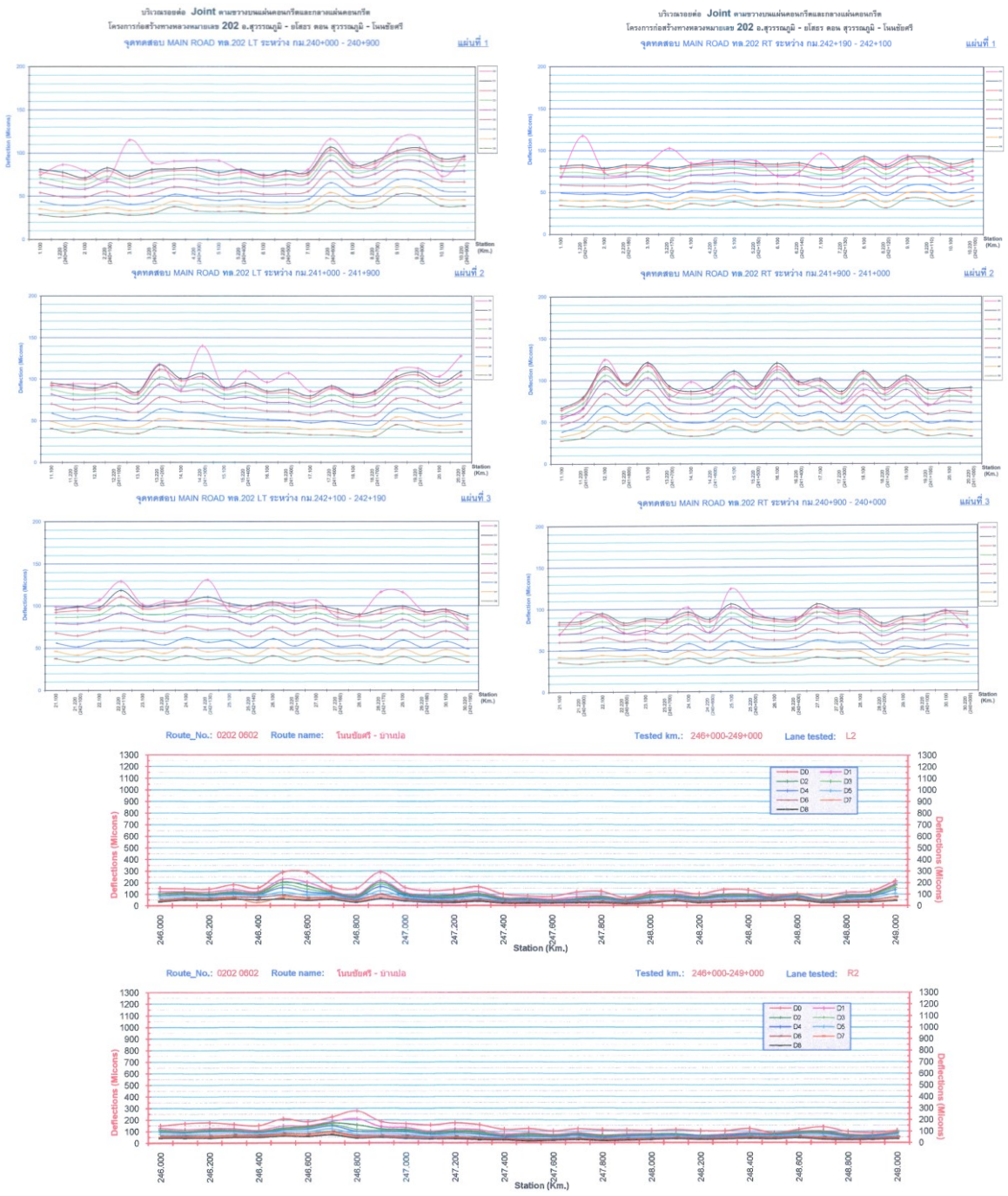
ภาพที่ 34 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้างสะพานเข้าทางแยกจุดตัด ทล.362 ตัด ทล.3041 ถนนวงแหวนรอบเมืองสระบุรี ด้านตะวันตก (แยกเลี่ยงเมืองเสาไห้)



ภาพที่ 35 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.2083 สาย อ.มหาชนะชัย - อ.คำเขื่อนแก้ว



ภาพที่ 36 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.202 สาย บ.น้ำปลีก - บ.หนองผือ ตอน 1



ภาพที่ 37 ผลการทดสอบการแอ่นตัว โครงการก่อสร้าง ทล.202 สาย อ.สุวรรณภูมิ - ยโสธร

ตารางที่ 2 สรุปผลการทดสอบการแอ่นตัว

หมายเลขทางหลวง	ชื่อสายทาง	โครงสร้างชั้นทาง			ช่วง กม. ทดสอบ	ค่าการแอ่นตัว (μm) *		
		ผิวทาง	ชั้นพื้นทาง	รองพื้นทาง		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
11	อ.อินทร์ - อ.สากเหล็ก ตอน หนองขว้าว - ไดตาล ตอน 1	Conc.	หินคลุก	วัสดุมวลรวม/ ลูกรัง	54+900 -55+000	225.2	69.3	139.18
					55+000 - 55+800	255.5	67.5	138.54
					53+910 - 54+000	153.4	75.5	105.40
					52+900 - 53+800	123.1	79.1	98.27
					51+900 - 52+800	136.6	80.7	99.04
11	อ.อินทร์ - อ.สากเหล็ก ตอน หนองขว้าว - ไดตาล ตอน 2	Conc.	หินคลุก	วัสดุมวลรวม/ ลูกรัง	67+760 - 67+850	149.9	71.9	107.31
					70+100 - 71+000	214.4	57.1	125.54
					69.050 - 70+000	183.7	57.2	112.04
11	อ.บินทร์บุรี - อ.สากเหล็ก ตอน ไดตาล - เขาทราย ตอน 1	Conc.	หินคลุก	วัสดุมวลรวม/ ลูกรัง	85+100 - 86+000	156.8	73	115.25
					86+100 - 87+000	168.5	95.6	123.33
					86+000 - 87+000	126.8	72.9	98.56
					85+000 - 86+000	135.1	67.6	100.87
					84+000 - 85+000	121.6	62	96.22
121 ตัด 1317	ทางแยกต่างระดับจุดตัดทางหลวงหมายเลข 121 ตัด ทางหลวงหมายเลข 1317 (แยกสันกลาง)	Conc.	หินคลุก	วัสดุมวลรวม/ ลูกรัง	0+000 - 0+100	210.5	62.9	113.68
					0+350 - 0+450	111.8	71.8	90.83
					12+430 - 12+530	197.7	69.8	126.23

หมายเลขทางหลวง	ชื่อสายทาง	โครงสร้างชั้นทาง			ช่วง กม. ทดสอบ	ค่าการแอ่นตัว (μm) *		
		ผิวทาง	ชั้นพื้นทาง	รองพื้นทาง		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
106	บ.ม่วงโตน - บ.บ่อหิน	AC	หินคลุกผสมซีเมนต์	วัสดุมวลรวม	119+500 - 122+398	542	87	229.38
					119+500 - 122+998	487	96	242.97
1035	บ.วังหม้อพัฒนา - อ.สำเภาทอง	Conc. + AC 60-70	หินคลุก	วัสดุมวลรวม/ลูกรัง	12+600 - 12+700	98.6	65.6	79.63
					12+800 - 13+700	100.3	57.1	73.09
					13+800 - 14+800	83.4	41.3	64.36
					13+900 - 14+000	110.2	65.1	78.07
					12+900 - 13+800	123.5	57	76.00
					11+900 - 12+800	96	64.9	77.10
3	อ.พัทยา - อ.สัตหีบ ตอน 1	Conc.	หินคลุก	วัสดุมวลรวม/ลูกรัง	154+950 - 155+040	87.9	65.7	73.62
					155+140 - 156+040	126.6	66.5	99.92
					156+140 - 156+940	129.9	77.3	102.48
					157+000 - 156+910	179.6	89.9	115.59
					156+810 - 155+910	124.3	82.4	93.48
					155+810 - 154+910	127.1	63.1	108.02
3	อ.บ้านฉาง - ระยอง ตอน 1	Conc. + Geotextile		วัสดุมวลรวม/ลูกรัง	192+750 - 192+840	124.4	81.5	99.57
					192+940 - 193+840	130.5	73	102.20
					193+940 - 194+940	215.5	83	134.76
					196+410 - 196+500	233.6	92.3	142.49

หมายเลขทางหลวง	ชื่อสายทาง	โครงสร้างชั้นทาง			ช่วง กม. ทดสอบ	ค่าการแอ่นตัว (μm) *		
		ผิวทาง	ชั้นพื้นทาง	รองพื้นทาง		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
3 (ต่อ)	อ.บ้านฉาง - ระยอง ตอน 1 (ต่อ)	Conc. + Geotextile		วัสดุมวลรวม/ลูกรัง	196+310 - 195+310	229.9	84.7	129.82
					195+210 - 194+210	196.2	91.4	131.79
36 ตัด 331	ทางแยกต่างระดับเขาไม้แก้ว	Conc.	หินคลุก	วัสดุมวลรวม/ลูกรัง	0+150 - 0+250	72.9	32.8	72.24
					0+050 - 0+150	86	33.5	52.44
					25+300 - 25+400	68.4	24.5	56.25
					0+000 - 0+100	122.8	42.3	65.01
					14+790 - 15+690	90.2	37.3	62.83
					14+900 - 15+700	85.4	46.4	60.46
					14+800 - 15+700	87.9	29.3	55.89
226	อ.ห้วยทับทัน – ศรีสะเกษ	AC	ดินซีเมนต์	วัสดุมวลรวม	243+000 - 246+000	1340	131	577.50
					243+000 - 246+000	1253	260	604.77
		Conc. + Sand Cushion	-	-	249+265 - 249+355	226.7	90.7	134.69
					249+355 - 249+265	236.5	99.6	142.96
304	ฉะเชิงเทรา - ต.เขาหินซ้อน ตอน อ.บางคล้า - อ.พนมสารคาม ตอน 3	Conc. + Sand Cushion	-	วัสดุมวลวม/ลูกรัง	91+500 – 93+800 (Main Road)	255.9	106.1	144.32
						201.4	101.8	137.42

หมายเลขทางหลวง	ชื่อสายทาง	โครงสร้างชั้นทาง			ช่วง กม. ทดสอบ	ค่าการแอ่นตัว (μm) *		
		ผิวทาง	ชั้นพื้นทาง	รองพื้นทาง		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
304 (ต่อ)	ฉะเชิงเทรา - ต.เขาหินซ้อน ตอน อ.บางคล้า - อ.พนมสารคาม ตอน 3 (ต่อ)	Conc. + Sand Cushion	-	วัสดุมวลรวม/ลูกรัง	91+700 – 93+700 (Frontage)	182.4 333.1 176.3 142	67.4 92.4 94.8 104.2	116.40 142.58 128.01 127.72
3481	บ.บางขนาก - ปราจีนบุรี ตอน บ.หัวไผ่ – การเคหะฯ ปราจีนบุรี	AC	ดินซีเมนต์	วัสดุมวลรวม	48+000 - 51+000 48+000 - 51+000	510 397	150 200	265.45 287.94
3079	ปราจีนบุรี – ศรีมหาโพธิ	AC	ดินซีเมนต์	วัสดุมวลรวม	14+000 - 17+000 14+000 - 17+000	171 172	99 92	130.35 120.16
		Conc. + AC 60-70	หินคลุก	วัสดุมวลรวม	26+150 - 26+250 26+350 - 27+250	90.2 88.1	58.4 53.7	70.89 60.47
4137	บ.ทุ่งตำเสา – แยกสวนเทศ	AC	หินคลุก	วัสดุมวลรวม	18+000 - 21+000 18+000 - 21+000	305 394	55 109	156.30 182.75
4	พัทลุง - อ.หาดใหญ่ ตอน บ.ห้วยทราย - บ.พรุพ้อ	AC	หินคลุกผสมซีเมนต์	วัสดุมวลรวม	1210+000 - 1213+000 1214+200 - 1218+000	257 195.1	49 57	101.87 89.00
		Conc. + S Sand Cushion		วัสดุมวลรวม/ลูกรัง	1206+530 - 1206+630 1206+730 - 1206+630	99.3 195.1	52.7 106.1	68.86 150.09

หมายเลขทางหลวง	ชื่อสายทาง	โครงสร้างชั้นทาง			ช่วง กม. ทดสอบ	ค่าการแอ่นตัว (μm) *		
		ผิวทาง	ชั้นพื้นทาง	รองพื้นทาง		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
41	บ.ไม้เสียบ - พัทลุง (เป็นตอน ๆ)	AC	Pavement Re.	วัสดุมวลรวม/ลูกรัง	372+000 - 375+000	419	118	228.58
					372+000 - 375+000	251	87	134.87
3188	ลายขอนหอม – บ้านเหนือ (ทางเข้าเมืองแก่งคอย)	AC	หินคลุกผสมซีเมนต์	วัสดุมวลรวม + วัสดุคัดเลือก "ก"	9+000 - 9+700	824	269	484.25
					9+000 - 9+700	929	377	538.88
3224	บ้านป่า – ท่าคร้อ	AC	หินคลุกผสมซีเมนต์	วัสดุมวลรวม + วัสดุคัดเลือก ก	0+600 - 2+000	681	105	314.60
					0+600 - 2+000	900	106	339.13
362 ตัด 3041	สะพานเข้าทางแยกจุดตัดทางหลวงหมายเลข 362 ตัดทางหลวงหมายเลข 3041 ถนนวงแหวนรอบเมืองสระบุรี ด้านตะวันตก (แยกเลี่ยงเมืองเสาไห้)	Conc.	หินคลุก	วัสดุมวลรวม	4+585 - 4+685	121.9	60.8	88.05
					4+785 - 5+600	130.5	74.4	98.68
					5+800 - 5+700	121.2	67	84.27
					5+600 - 4+700	120	63.3	84.81
2083	อ.มหาชนะชัย - อ.คำเขื่อนแก้ว	AC	ดินซีเมนต์	วัสดุมวลรวม + วัสดุคัดเลือก ก	50+800 - 53+800	268	121	183.84
					50+800 - 53+800	443	95	192.03
		Conc. + Geotextile	-	วัสดุมวลรวม/ลูกรัง	56+000 - 56+038	196.5	81.7	131.85
					56+042 - 56+080	207.7	79.1	134.57
					56+090 - 56+900	205.7	73	125.66
					57+090 - 57+990	200.9	76.1	124.20
					57+990 - 57+090	216.7	73.6	137.73
					56+900 - 56+090	233.7	91.6	148.73

หมายเลขทางหลวง	ชื่อสายทาง	โครงสร้างชั้นทาง			ช่วง กม. ทดสอบ	ค่าการแอ่นตัว (μm) *		
		ผิวทาง	ชั้นพื้นทาง	รองพื้นทาง		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
2083 (ต่อ)	อ.มหาชนะชัย - อ.คำเขื่อนแก้ว (ต่อ)	Conc. + Geotextile	-	วัสดุมวลรวม/ลูกรัง	56+084 - 56+046	206.2	71	120.52
					56+042 - 56+004	211.9	73.2	135.46
202	บ.น้ำปลีก - บ.หนองผือ ตอน 1	Conc. + Geotextile	ดินซีเมนต์	ดินซีเมนต์ หรือ วัสดุมวลรวม	306+800 - 307+700	136.98	52.9	91.62
					307+800 - 308+700	170.7	53	95.74
					308+800 - 308+837	147.6	52.1	98.75
					308+842 - 308+880	166.7	50.4	91.59
					308+884 - 308+846	145.5	50.1	92.51
					308+842 - 308+804	138.8	54.1	97.19
					308+700 - 307+800	166.8	53.4	97.01
					307+700 - 306+800	140.2	47.8	90.53
		AC	หินคลุกผสมซีเมนต์	ดินซีเมนต์ หรือ วัสดุมวลรวม	331+000 - 334+000	171	71	110.87
					331+000 - 334+000	159	64	99.75
202	อ.สุวรรณภูมิ – ยโสธร	Conc. + Geotextile	ดินซีเมนต์	ดินซีเมนต์ หรือ วัสดุมวลรวม	240+000 - 240+900	117.3	69.4	89.48
					241+000 - 241+900	140.1	81.9	100.11
					242+100 - 242+190	131.1	74	102.80
					242+190 - 242+100	117.8	46.4	82.21
					241+900 - 241+000	124.9	56.8	89.18
					240+900 - 240+000	124.2	69.7	87.22

หมายเลขทางหลวง	ชื่อสายทาง	โครงสร้างชั้นทาง			ช่วง กม. ทดสอบ	ค่าการแอ่นตัว (μm) *		
		ผิวทาง	ชั้นพื้นทาง	รองพื้นทาง		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
202	อ.สุวรรณภูมิ – ยโสธร	AC	หินคลุกผสมซีเมนต์	ดินซีเมนต์ หรือ วัสดุมวลรวม	246+000 - 249+000	297	64	143.55
					246+000 - 249+000	290	84	141.84

หมายเหตุ : * ค่าการแอ่นตัว **ตัวอักษรสีส้ม** แทน ค่าการแอ่นตัวสำหรับผลการทดสอบด้านซ้ายทาง (LT)

ตัวอักษรสีน้ำเงิน แทน ค่าการแอ่นตัวสำหรับผลการทดสอบด้านขวาทาง (RT)

5. การวิเคราะห์และประเมินผล

นอกจากผลการทดสอบการแอ่นตัวที่ได้ออกมาในรูปแบบของกราฟแสดงผลแล้ว โปรแกรม ELMOD ยังสามารถประมวลผลโดยการนำข้อมูลการแอ่นตัวของผิวทางและโครงสร้างชั้นทาง (Deflection) ไปประมวลผลร่วมกับข้อมูลโครงสร้างชั้นทางและปริมาณการจราจร เพื่อให้ได้ออกมาเป็นพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (E : Elastic Modulus) ของแผ่นคอนกรีตและวัสดุรองคอนกรีต, ค่าโมดูลัสต้านแรงของดินคันทาง (k : Modulus of Subgrade Reaction), ค่าการถ่ายแรง (LT : Load Transfer), ค่าความแตกต่างของการแอ่นตัว (dd : Differential Deflection) และค่าความหนาเสริมความแข็งแรง (Overlay Design) ในบทความนี้จะของยกตัวอย่างการวิเคราะห์และประเมินผลจากการทดสอบการแอ่นตัวถนนที่ก่อสร้างใหม่ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์และประเมินผลถนนคอนกรีต

การวิเคราะห์และการประเมินผลถนนคอนกรีตสามารถพิจารณาได้จากข้อมูลการแอ่นตัวและพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม ELMOD โดยโปรแกรมจะนำค่า Deflection ทั้ง 9 ค่าจากการทดสอบการแอ่นตัว, ค่าหน่วยแรงที่ได้จากการทดสอบ และข้อมูลโครงสร้างชั้นนทาง ได้แก่ จำนวนชั้นวัสดุ ความหนาของวัสดุชั้นทางแต่ละชั้น นำไปคำนวณย้อนกลับหาค่าโมดูลัสของกลุ่มวัสดุที่สอดคล้อง นำไปสู่การคำนวณเป็นค่า Deflection ของวัสดุ จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับค่า Deflection ที่วัดได้จากการทดสอบ ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ แสดงดัง ภาพที่ 38

ผลวิเคราะห์โดยโปรแกรม Elmod4.4 ค่าคุณสมบัติวัสดุและพารามิเตอร์ที่
บริเวณรอยต่อ Joint ตามขวางบนแผ่นคอนกรีตและกลางแผ่นคอนกรีต
โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข

จุดทดสอบ　　หมายเลขเครื่องมือ :　　วันที่ทดสอบ :

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																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						

ภาพที่ 38 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม ELMOD

พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบการแอ่นตัวด้วยเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) และประมวลผลด้วยโปรแกรม ELMOD ประกอบด้วย

D_0　　คือ ค่าการแอ่นตัวบริเวณตำแหน่ง D_0 หรือตำแหน่งที่ แผ่นน้ำหนักกดลงบนแผ่นคอนกรีต (Micron)

D_{200} คือ ค่าการแอ่นตัวบริเวณถัดจากตำแหน่ง D_0 ที่ระยะ 200 มิลลิเมตร (Micron)

D_{300} คือ ค่าการแอ่นตัวบริเวณถัดจากตำแหน่ง D_0 ที่ระยะ 300 มิลลิเมตร (Micron

E1 คือ ค่าโมดูลัสของคอนกรีต (MPa)

E2 คือ ค่าโมดูลัสของวัสดุใต้แผ่นคอนกรีต (MPa)

k_c คือ ค่าโมดูลัสต้านแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตบริเวณกลางแผ่นคอนกรีต (pci)

k_j คือ ค่าโมดูลัสต้านแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตบริเวณรอยต่อแผ่นคอนกรีต (pci)

dd คือ ค่า Differential Deflection (Micron)

LT% คือ ค่าการถ่ายแรงระหว่างแผ่นคอนกรีต (%)

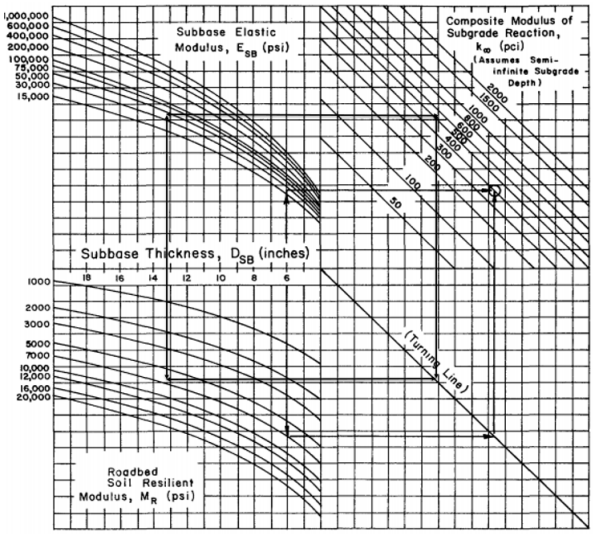
kj/kc คือ อัตราส่วนระหว่างค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตบริเวณรอยต่อแผ่นคอนกรีตและค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตบริเวณกลางแผ่นคอนกรีต

การประเมินคุณภาพของถนนคอนกรีตได้กำหนดตัวชี้วัดคุณภาพได้ดังแสดงใน ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่ามาตรฐานตัวชี้วัดคุณภาพของถนนที่ก่อสร้างใหม่

Factor	Criteria	Reference
Elastic Modulus of Concrete, E1 (MPa)	> 26,000	กรมทางหลวง
Elastic Modulus of Subgrade, E2 (MPa)	> 100	กรมทางหลวง
Differential Deflection, DD (μm)	< 50	Asphalt Institute
Load Transfer, LT (%)	> 70	Dynatest USA
	> 80	กรมทางหลวง
Relative Subgrade Reaction, k_j/k_c	> 0.80	Dynatest USA

มาตรฐานตัวชี้วัดค่าโมดูลัสต้านแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีต บริเวณกลางแผ่นคอนกรีต (k_c) และค่าโมดูลัสต้านแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีต บริเวณรอยต่อคอนกรีต (k_j) ไม่ได้มีกำหนดไว้ แต่ตามหลักการแล้ว ค่า k_c และ k_j ต้องมีค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับค่าที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างชั้นทางที่ได้จากกราฟ Composite Modulus of Subgrade Reaction ในคู่มือการออกแบบของ AASHTO 1993 ดังแสดงในภาพที่ 39 นอกจากนี้ ค่า k_c และ k_j ควรมีค่าที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ที่จะทำให้ k_j/k_c มีค่าเท่ากับ 1.00 และไม่น้อยกว่า 0.80 ตามมาตรฐานตัวชี้วัดคุณภาพ



ภาพที่ 39 กราฟแสดงการประมาณค่า Composite Modulus of Subgrade Reaction

ในบทความนี้จะยกตัวอย่างการวิเคราะห์และประเมินผลถนนคอนกรีตจากการทดสอบการแอ่นตัวถนนที่ก่อสร้างใหม่ กรณีตัวอย่างเป็นโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีต 4 ช่องจราจร ดังแสดงในภาพที่ 40 โดยมีโครงสร้างชั้นทางเป็นถนนคอนกรีต หนา 25 ซม. รองด้วยหินคลุกรองถนนคอนกรีต หนา 15 ซม. ,วัสดุมวลรวม หนา 15 ซม. และทรายถมคันทาง 40 ซม. (Min.) ผลการทดสอบและประมวลผล แสดงดังภาพที่ 41 และ ภาพที่ 42

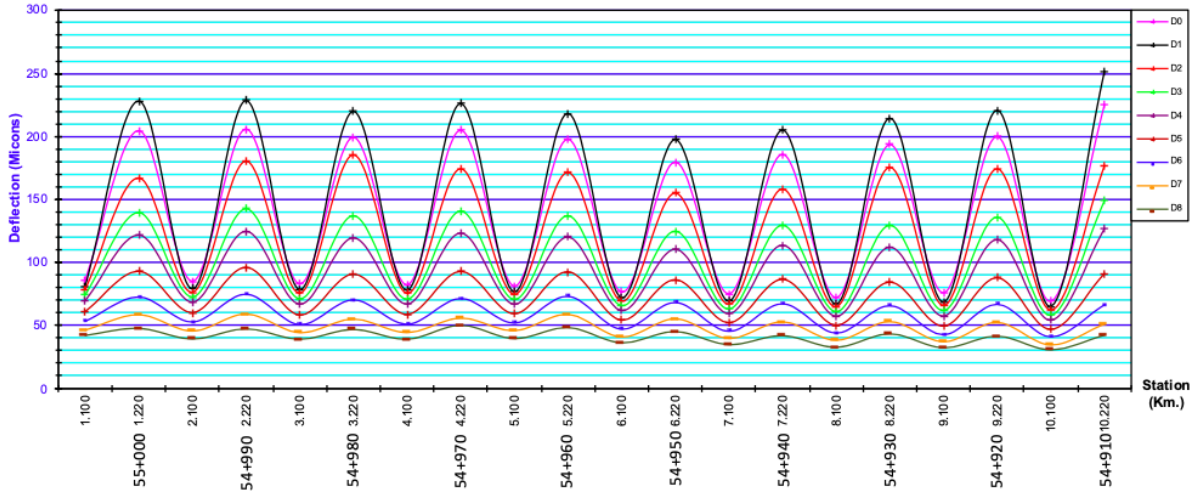
ภาพที่ 40 ภาพถ่ายโครงการก่อสร้าง บริเวณจุดที่ทำการทดสอบ

ผลวิเคราะห์โดยโปรแกรม Elmod4.4 ค่าคุณสมบัติวัสดุและพารามิเตอร์ที่

บริเวณรอยต่อ Joint ตามขวางบนแผ่นคอนกรีตและกลางแผ่นคอนกรีต

ทางหลวงหมายเลข ระหว่าง กม. - กม.

จุดทดสอบ ระหว่าง กม. ด้านขวาทาง (RT2) แผ่นที่ 1



ภาพที่ 41 กราฟค่าความแอ่นตัว (Deflection)

ผลวิเคราะห์โดยโปรแกรม Elmod4.4 ค่าคุณสมบัติวัสดุและพารามิเตอร์ที่

บริเวณรอยต่อ Joint ตามขวางบนแผ่นคอนกรีตและกลางแผ่นคอนกรีต

ทางหลวงหมายเลข ระหว่าง กม. - กม.

จุดทดสอบ,ระหว่าง กม. ด้านขวาทาง (RT2) หมายเลขเครื่องมือ : FFWD 079 วันที่ทดสอบ : แผ่นที่ 1

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	40.0	925	R2		1.100	86.0	81.0	78.5	45369.77	196.11		1.220	204.6	228.1	167.1	45369.77	72.82	309.3	114.8	49.5	84.6	0.4
2	40.0	927	R2		2.100	85.1	79.1	76.4	43047.75	206.73		2.220	205.9	228.4	180.4	43047.75	70.10	332.2	112.7	39.0	88.3	0.3
3	40.0	928	R2		3.100	83.1	78.6	75.8	45193.06	208.23		3.220	199.3	219.8	185.4	45193.06	69.07	333.0	110.5	27.9	91.5	0.3
4	40.0	929	R2		4.100	82.4	78.2	75.6	47351.21	205.10		4.220	204.9	226.0	174.3	47351.21	68.99	321.9	108.3	42.0	87.1	0.3
5	40.0	930	R2		5.100	81.4	76.9	74.7	51570.07	200.13		5.220	197.7	218.2	171.4	51570.07	70.03	306.7	107.3	37.8	88.0	0.3
6	40.0	931	R2		6.100	76.6	72.2	69.4	47674.09	227.19		6.220	179.7	197.5	155.0	47674.09	83.06	371.3	135.7	34.5	87.9	0.4
7	40.0	932	R2		7.100	75.2	69.5	66.9	50019.83	236.28		7.220	185.8	205.0	158.3	50019.83	79.70	367.4	123.9	37.9	87.1	0.3
8	40.0	933	R2		8.100	72.2	67.2	65.0	51698.99	243.23		8.220	193.5	214.4	175.4	51698.99	67.05	392.1	108.1	31.4	90.0	0.3
9	40.0	934	R2		9.100	76.0	68.8	66.0	40796.11	260.60		9.220	199.7	220.7	174.3	40796.11	74.23	442.7	126.1	37.5	88.3	0.3
10	40.0	935	R2		10.100	69.3	65.3	62.3	45966.44	273.62		10.220	225.2	251.8	176.9	45966.44	57.52	467.6	98.3	60.8	82.5	0.2

ลักษณะแผ่นคอนกรีต

x.220 คือตำแหน่งทดสอบบริเวณรอยต่อ Joint ตามขวางบนแผ่นคอนกรีต

x.100 คือตำแหน่งทดสอบบริเวณกลางแผ่นคอนกรีต

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 อัตราส่วนระหว่างค่าความแข็งแรงของวัสดุรองพื้นคอนกรีตบริเวณรอยต่อกับบริเวณกลางแผ่น

ภาพที่ 42 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติวัสดุและพารามิเตอร์ต่างๆ โดยโปรแกรม ELMOD

จากผลการทดลองการแอ่นตัวและการประมวลผล โดยโปรแกรม ELMOD พบว่า บริเวณที่ทำการทดสอบมีค่าการแอ่นตัวที่ค่อนข้างสูง อีกทั้งพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของถนนที่ก่อสร้างใหม่

อย่างค่า E2 และค่า k_j/k_c มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ แม้ว่าการก่อสร้างบริเวณดังกล่าวก่อสร้างด้วยวิธีการเช่นเดียวกันกับช่วงอื่นๆ ภายในโครงการ และสภาพผิวทางรวมถึงคันทางมีสภาพดี

หลังจากหาสาเหตุที่ส่งผลต่อผลการทดสอบและตัวชี้วัดข้างต้น ทำให้ทราบว่า บริเวณที่ทำการทดสอบมีประวัติอุทกภัย โครงสร้างชั้นทางเดิมถูกแช่อยู่ในน้ำเป็นเวลาหลายวัน แม้ว่าการก่อสร้างจะเป็นไปตามขั้นตอนและมาตรฐานของกรมทางหลวง ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้เกิดผลกระทบต่อความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางในบริเวณนี้ กรณีตัวอย่างนี้ สามารถสรุปได้ว่า การทดสอบการแอ่นตัวด้วยเครื่องมือ FWD และการวิเคราะห์และประมวลผลโดยโปรแกรม ELMOD ทำให้ทราบข้อมูลในเชิงลึกของโครงสร้างชั้นทางและสามารถหาแนวทางในการแก้ไขและป้องกันการเกิดปัญหาในอนาคต

5.2 วิเคราะห์และประเมินผลถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

การวิเคราะห์และประเมินผลถนนแอสฟัลต์คอนกรีต จะอาศัยการทำงานเครื่องมือ FWD และโปรแกรม ELMOD เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์และประเมินผลถนนคอนกรีต แต่ในการวิเคราะห์และประเมินผลถนนแอสฟัลต์คอนกรีตนั้น จะแสดงออกมาในรูปแบบของค่าการแอ่นตัว (Deflection) และค่าความหนาการเสริมผิว (Overlay Design Value) ขั้นตอนการหาค่าเสริมความแข็งแรง (Over lay) โปรแกรม ELMOD จะใช้ค่าโมดูลัสของกลุ่มวัสดุที่คำนวณได้นำไปหาค่า Strain ที่เกิดขึ้นในแต่และชั้นของวัสดุ เพื่อนำไปหาจำนวนเที่ยวของขนาดเพลาเดี่ยวมาตรฐาน 10 ตัน ที่สามารถรับได้แล้วเปรียบเทียบกัน ถ้าไม่สามารถรับได้ก็จะปรับค่าความหนาของชั้นผิว ซึ่งส่วนต่างที่ได้จะเป็น ค่าความหนาที่ต้องเสริมความแข็งแรงที่ต้องใช้ในการบำรุงทาง เพื่อให้ทางมีอายุการใช้งานได้ต่อไปอีกช่วงอายุหนึ่ง ซึ่งในรายงานจะแสดงรายละเอียดผลการทดลองดังภาพที่ 43

DEPARTMENT OF HIGHWAYS
OVERLAY DESIGN BY FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER

ทางหลวงหมายเลข :

หมายเลขทางหลวงและตอนควบคุม :

ช่วงกม.ทดสอบ :

หมายเลขเครื่องมือ

Date

Station	Lane Test	Surface Thickness (mm)	Deflection D0 (micrometer)	Modulus of Layer (MPa)				Overlay Thickness (mm.)
				Layer1	Layer2	Layer3	Layer4	

ภาพที่ 43 ตารางแสดงผลการทดลองถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

ค่าการเสริมผิวทาง (Overlay) หมายถึง ช่วงกิโลเมตรนั้นต้องการเสริมความแข็งแรงของผิวทางหรืออาจใช้วิธีปรับปรุงชั้นพื้นทาง กรณีที่ค่าเสริมผิวทางมีค่ามาก มีจุดประสงค์ในการเพิ่มความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทาง เพื่อลดค่าการแอ่นตัวให้ลดน้อยลง และทำให้ทางช่วงกิโลเมตรนั้นสามารถรองรับและให้บริการปริมาณจราจร รวมถึงเปอร์เซ็นต์ของรถบรรทุกหนักที่สัญจรอยู่ปัจจุบันได้อีก 7 ปี

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ได้แนะนำแนวทางในการพิจารณาแผนการบำรุงทางจากค่าความหนาเสริมความแข็งแรง (Overlay Design Value) ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม ELMOD ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 หลักเกณฑ์ในการพิจารณาการเลือกบำรุงสายทาง

สำหรับสายทางหลักที่มีปริมาณจราจรสูง		
Structural Overlay (mm.)	**สภาพโครงสร้างชั้นทาง**	**แผนการบำรุงสายทาง**
< 30	ปกติ	ตรวจสอบสภาพอื่นๆ
30 – 50	พอใช้	เสริมผิว
> 50	ควรปรับปรุง	เสริมผิว, บรูณะซ่อมแซม
สำหรับสายทางหลักที่มีปริมาณจราจรปานกลาง - ต่ำ		
Structural Overlay (mm.)	**สภาพโครงสร้างชั้นทาง**	**แผนการบำรุงสายทาง**
< 50	ปกติ - พอใช้	ตรวจสอบสภาพอื่นๆ
> 50	ควรปรับปรุง	เสริมผิว, บรูณะซ่อมแซม

สำหรับสายทางที่มีการใช้ซีเมนต์วัสดุเชื่อมประสานและร่วมรับกำลัง เช่น พื้นทาง Recycling หรือชั้นพื้นทาง Modified Crushed Rock ค่าการแอ่นตัว (Deflection) รวมของโครงสร้างชั้นทางนั้นจะมีค่าน้อยมาก ส่งผลให้ไม่มีค่าการเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างทาง แต่สภาพความเป็นจริงสายทางอาจมีความเสียหายเกิดขึ้นแล้ว ซึ่งสายทางที่ใช้วัสดุประเภทนี้ความเสียหายจะเกิดจากมีรอยแตก (Crack) เกิดขึ้นในชั้นพื้นทางก่อนระยะหนึ่งแล้วส่งผลทำผิวทางให้มีรอยแตกเกิดขึ้นตามไปด้วย ถ้าไม่รีบป้องกันรอยแตก ปล่อยให้น้ำฝนลงสู่ชั้นพื้นทางได้แล้วทำให้เกิดการเสียหายมาก ปล่อยไว้นานเข้าจะมีความเสียหายเกิดขึ้นเป็นลักษณะรอยแตกแบบบล็อก (Block Crack) ส่งผลทำให้ผู้ใช้ทางรู้สึกขรุขระ ไม่สบาย เมื่อสัญจรผ่าน ในการหาค่าความเสียหายของสายทางที่ใช้พื้นทางประเภทนี้ต้องใช้การสำรวจด้วยสายตา (Condition Survey)

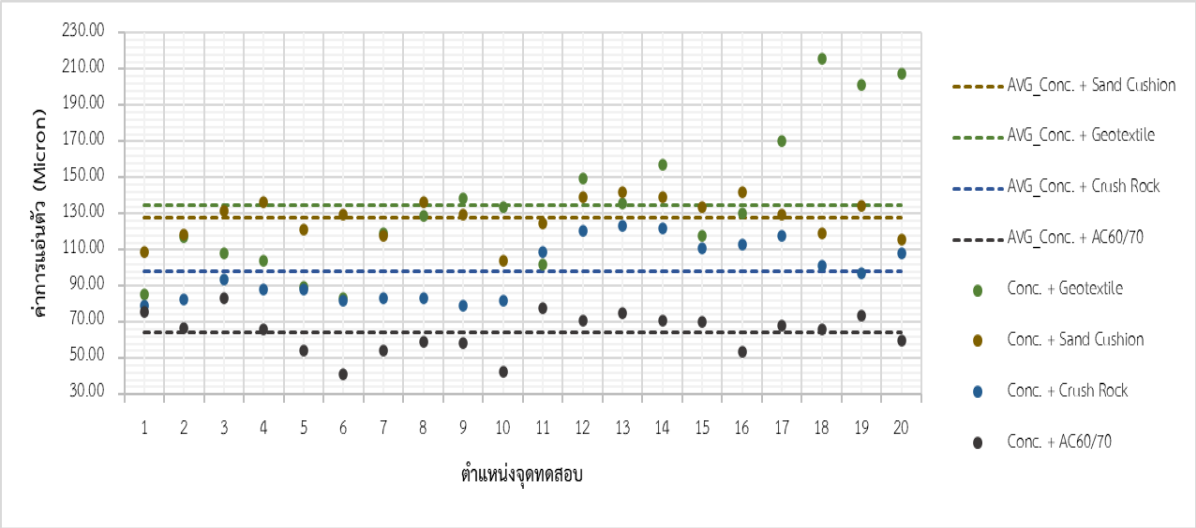
5.3 วิเคราะห์และประเมินผลโครงสร้างชั้นทางที่ใช้วัสดุชั้นทางแตกต่างกัน

เปรียบเทียบค่าการแอ่นตัวของถนนคอนกรีตที่มีวัสดุรองใต้ถนนคอนกรีตต่างกัน โดยเลือกโครงสร้างชั้นทางที่ความหนาคอนกรีต 28 เซนติเมตร ที่ก่อสร้างบนวัสดุรองใต้ถนนคอนกรีตหนา 20 เซนติเมตร 4 ชนิด ได้แก่

- ทรายรองถนนคอนกรีต (Sand Cushion)
- หินคลุกรองถนนคอนกรีต
- ดินซีเมนต์และแผ่นใยสังเคราะห์รองถนนคอนกรีต
- แอสฟัลต์รองถนนคอนกรีต

ค่าการแอ่นตัวของถนนคอนกรีตที่มีวัสดุรองใต้ถนนคอนกรีตต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 44 ซึ่งจะเห็นว่าถนนคอนกรีตที่มีแอสฟัลต์คอนกรีต (AC60-70) รองใต้ถนนคอนกรีตมีค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยต่ำกว่าวัสดุรองใต้ถนนคอนกรีตชนิดอื่น ๆ ส่วนถนนคอนกรีตที่มีดินซีเมนต์ปูทับด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) รองใต้ถนนคอนกรีตมีค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยสูงที่สุด โดยที่ค่าการแอ่นตัวของถนนคอนกรีตที่มีทรายรองใต้ถนนคอนกรีตมีค่าเฉลี่ยสูงใกล้เคียงกับดินซีเมนต์แต่ต่ำกว่าเล็กน้อย สำหรับค่าการแอ่นตัวของถนนคอนกรีตที่มีหินคลุกรองใต้ถนนคอนกรีตมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตและต่ำกว่าทรายรองถนนคอนกรีต

ดังนั้น จากผลการวัดค่าการแอ่นตัว อาจจัดลำดับความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางถนนคอนกรีตตามชนิดของวัสดุรองใต้ถนนคอนกรีตจากสูงไปต่ำได้ ดังนี้ (1) แอสฟัลต์คอนกรีต (2) หินคลุกรองถนนคอนกรีต (3) ทรายรองถนนคอนกรีต (4) ดินซีเมนต์ปูทับด้วยแผ่นใยสังเคราะห์



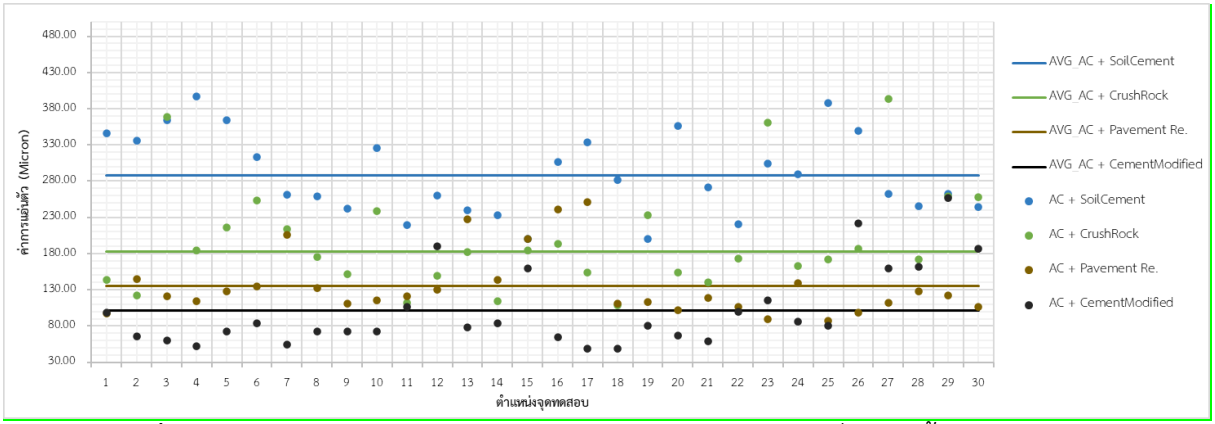
ภาพที่ 44 กราฟแสดงข้อมูลการแอ่นตัวของถนนคอนกรีตที่ใช้วัสดุชั้นทางแตกต่างกัน

ในกรณีโครงสร้างชั้นทางถนนแอสฟัลต์คอนกรีต เปรียบเทียบค่าการแอ่นตัวของถนนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีวัสดุพื้นทางต่างกัน โดยเลือกโครงสร้างชั้นทางที่ความหนาแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 13 - 15 เซนติเมตร ที่ก่อสร้างบนวัสดุพื้นทางหนา 20 เซนติเมตร 4 ชนิด ได้แก่

- หินคลุก (Crushed Rock)
- ดินซีเมนต์ (Soil Cement)
- หินคลุกผสมซีเมนต์ (Cement Modified Crushed Rock)
- วัสดุชั้นทางเดิม (Pavement Recycling) ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์

ค่าการแอ่นตัวของถนนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีวัสดุชั้นพื้นทางต่างๆ แสดงในภาพที่ 45 ซึ่งจะเห็นว่าถนนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีพื้นทางเป็นหินคลุกผสมซีเมนต์มีค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยต่ำกว่าพื้นทางชนิดอื่นๆ ส่วนถนนที่มีพื้นทางเป็นดินซีเมนต์มีค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยสูงที่สุด ส่วนถนนที่มีพื้นทางเป็นวัสดุพื้นทางเดิมหมุนเวียนกลับมาใช้งานใหม่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์มีค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าการแอ่นตัวของหินคลุกผสมซีเมนต์แต่สูงกว่าเล็กน้อย สำหรับค่าการแอ่นตัวของถนนที่มีพื้นทางหินคลุกมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าวัสดุชั้นทางเดิมหมุนเวียนกลับมาใช้งานใหม่และต่ำกว่าดินซีเมนต์

ดังนั้น จากผลการวัดค่าการแอ่นตัว อาจจัดลำดับความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางถนนแอสฟัลต์คอนกรีตตามชนิดของวัสดุชั้นพื้นทางจากสูงไปต่ำได้ ดังนี้ (1) หินคลุกผสมซีเมนต์ (2) วัสดุชั้นทางเดิมหมุนเวียนกลับมาใช้งานใหม่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ (3) หินคลุก (4) ดินซีเมนต์



ภาพที่ 45 กราฟแสดงข้อมูลการแอ่นตัวของถนนแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้วัสดุชั้นทางแตกต่างกัน

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

การทดสอบการแอ่นตัวเป็นวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางที่มีประสิทธิภาพและช่วยในการประเมินคุณภาพงานก่อสร้างถนน หนึ่งในวิธีการทดสอบการแอ่นตัวที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือการใช้เครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) ซึ่งทดสอบโดยปล่อยน้ำหนักลงบนถนนและวัดค่าการแอ่นตัวจากแรงกระทำ

การทดสอบการแอ่นตัวสามารถประเมินคุณภาพงานก่อสร้างได้ดังนี้

(1) ประเมินคุณภาพวัสดุที่ใช้ในแต่ละชั้นทาง วัสดุที่มีความแข็งแรงต่ำจะทำให้การแอ่นตัวมากขึ้นในขณะที่วัสดุที่มีความแข็งแรงจะทำให้ถนนมีค่าการแอ่นตัวลดลง

(2) ตรวจสอบการบดอัด การทดสอบการแอ่นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการบดอัด หากมีการแอ่นตัวมากเกินไปอาจแสดงถึงการบดอัดที่ไม่ดีพอ ซึ่งต้องทำการแก้ไขเพื่อป้องกันความเสียหายในอนาคต

(3) ประเมินความสามารถในการรับน้ำหนัก ถนนที่มีโครงสร้างชั้นทางที่แข็งแรงจะสามารถรองรับน้ำหนักจากยานพาหนะได้โดยไม่เกิดการแอ่นตัวมากนัก การทดสอบการแอ่นตัวจะบ่งบอกถึงความแข็งแรงและความทนทานของโครงสร้างชั้นทางของถนนที่ก่อสร้างขึ้น

(4) ตรวจสอบความสม่ำเสมอของโครงสร้างชั้นทาง การทดสอบการแอ่นตัวสามารถใช้ตรวจสอบความสม่ำเสมอของโครงสร้างทาง หากพบว่าบางพื้นที่มีการแอ่นตัวมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ อาจแสดงถึงปัญหาในการก่อสร้างหรือการเลือกใช้วัสดุที่ไม่สม่ำเสมอ

การทดสอบการแอ่นตัวของถนนที่ก่อสร้างใหม่จะช่วยในการประเมินคุณภาพของงานก่อสร้างถนน เพื่อให้มั่นใจว่าถนนที่ก่อสร้างขึ้นใหม่มีความแข็งแรงและสามารถรองรับการใช้งานได้ยาวนาน หากไม่มีการทดสอบหรือไม่แก้ไขปัญหาที่พบจากการทดสอบการแอ่นตัว อาจทำให้ถนนเสียหายเร็วขึ้น ซึ่งจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลต่อความปลอดภัยในการใช้งานของผู้ขับขี่ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

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