



การประเมินผลหลังการก่อสร้าง ถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP)
สายแรกของกรมทางหลวงทางหลวงหมายเลข 331บ.เนินผาสู้-มาบเอียง ตอน 1

โดย

จุฑา สุนิตย์สกุล¹
ชัยรัตน์ ศุภชวโรจน์²

¹วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

²วิศวกรโยธาชำนาญการ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

บทความนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น กรมทางหลวงไม่มีส่วนเกี่ยวข้องแต่อย่างใด

การประเมินผลหลังการก่อสร้าง ถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP)
สายแรกของกรมทางหลวง ทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข-มาบเียง ตอน 1

จุฑา สุนิตย์สกุล
ชัยรัตน์ ศุภขวโรจน์

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

1. บทนำ

โครงการบูรณะทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข – มาบเียงตอน 1 ระหว่างกม. 0+500 – กม.16+110 เป็นส่วนหนึ่งของโครงการบูรณะโครงข่ายสายหลักระหว่างภาคโดยเป็นส่วนหนึ่งของนโยบายของรัฐบาลในการเร่งรัดพัฒนาระบบคมนาคมของประเทศและได้รับงบประมาณในการก่อสร้างในปีพ.ศ. 2558 โดยมีจุดประสงค์ในการบูรณะ เพื่อพัฒนาระบบทางหลวงในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพรองรับการจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคตเป็นการอำนวยความสะดวกรวดเร็วเพิ่มความปลอดภัยในการเดินทางเพื่อประโยชน์ของประชาชนผู้ใช้ทางเป็นหลัก

สภาพถนนก่อนการบูรณะ เกิดความเสียหายเป็นรอยแตกร้าวบางส่วนเสียรระดับและมีเศษวัสดุมวลละเอียดอัดทะลักขึ้นตามรอยแตกของผิวทางเมื่อฝนตกผิวทางจะลื่นเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุบ่อยและมีการร้องเรียนอยู่เสมอรูปถนนเสียหายแสดงตามภาพที่ 1 ผู้ออกแบบแนะนำโครงสร้างชั้นทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) มีภาระในการบำรุงรักษาน้อยและมีความเหมาะสมปริมาณการจราจรกับโครงการนี้ประกอบกับกรมทางหลวงได้จัดทำแบบมาตรฐานคอนกรีตแบบไร้รอยต่อแล้วเสร็จจึงได้พิจารณาออกแบบถนนสายดังกล่าวเป็นถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อซึ่งเป็นโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่โครงการแรกของกรมทางหลวงทั้งนี้กรมทางหลวงได้ดำเนินการก่อสร้างถนน CRCP ที่ก่อสร้างในพื้นที่หน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพานทอง ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองกรุงเทพ – ชลบุรีระยะทางประมาณ 150 เมตร จึงนับได้ว่าเป็นโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ CRCP สายแรกของกรมทางหลวงรูปแบบกายภาพถนนของโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 331 สายแยกทางหลวงหมายเลข 7 (บ.เนินผาสุข) – บรรจบทางหลวงหมายเลข 331 (มาบเียง) ตอน 1 เดิมเป็นแบบ 4 ช่องจราจรกรมทางหลวงได้ดำเนินการบูรณะก่อสร้างเป็นมาตรฐานชั้นทางพิเศษ 6 ช่องจราจร 8 ช่องจราจรและ 12 ช่องจราจรไป-กลับกว้างช่องจราจรละ 3.50 เมตร ไหล่ทางด้านนอกกว้างด้านละ 2.50 เมตร เกาะกลางเป็นเกาะแบบยก (Raised Median) และ Concrete Barrier Type II ผิวทางเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไร้รอยต่อโดยการก่อสร้างแล้วเสร็จในปีงบประมาณ 2560

บทความนี้รวบรวมผลการทดสอบความแข็งแรงของถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) ด้วยเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) เพื่อใช้ในการประเมินผลหลังการก่อสร้างโดยได้ดำเนินการต่อเนื่องจากที่ได้ดำเนินการประเมินผลระหว่างการก่อสร้างซึ่งได้สรุปผลการทดสอบไว้ใน

บทความการสัมมนาเจ้าหน้าที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบครั้งที่ผ่านมา[2] ซึ่งผลการทดสอบอยู่ในระดับที่น่าพอใจโดยผลการทดสอบดังกล่าวจะใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาวางแผนการบูรณะคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ และการออกแบบแนะนำโครงสร้างชั้นทาง ของสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ต่อไป



ภาพที่ 1.1 ลักษณะความเสียหายบนทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข – มาบเอียง ตอน 1(ก่อนดำเนินการบูรณะ)[1]



ภาพที่ 1.2 ลักษณะความเสียหายบนทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข – มาบเอียง ตอน 1(ก่อนดำเนินการบูรณะ) [1]

2. รูปตัดโครงสร้างชั้นทางและข้อกำหนดในการก่อสร้าง

2.1 การออกแบบถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP)

ถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) เป็นถนนที่ไม่มีรอยต่อตามขวางยกเว้นมีความจำเป็นสำหรับรอยต่อก่อสร้างเท่านั้น โดยคอนกรีตจะเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรจากปฏิกิริยาไฮเดรชันภายหลังการก่อสร้างจะเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรจากสภาพแวดล้อม ซึ่งจะมีการยึดรั้งระหว่างแผ่นคอนกรีตและชั้นรองถนนคอนกรีต ทำให้เกิดหน่วยแรงดึงในถนนคอนกรีตก่อให้เกิดรอยแตกตามขวางสำหรับถนนคอนกรีตแบบมีรอยต่อ (JRPC) จะทำการตัดรอยต่อเพื่อบังคับรอยแตกให้เกิดรอยแตกขึ้นในจุดที่ทำการตัดรอยต่อโดยรูปแบบของกรมทางหลวง จะทำการตัดรอยต่อทุกระยะ 10 เมตร

ถนน CRCP จะใช้เหล็กเสริมตามยาวในควบคุมขนาดรอยแตกและระยะระหว่างรอยแตกที่เกิดขึ้นโดยไม่ต้องทำการก่อสร้างรอยต่อเพื่อการหดตัว (Contraction Joint) ซึ่งต้องมีการเสริมเหล็กตามแนวยาวให้เพียงพอ เพื่อควบคุมขนาดของรอยแตกให้แคบสามารถถ่ายแรงจากการจราจรผ่านระหว่างรอยแตกที่เกิดขึ้นโดย Aggregate Interlock ทำให้ถนน CRCP สามารถรับน้ำหนักจราจรได้ไม่เกิดความเสียหาย และรอยแตกที่แคบทำให้น้ำซึมผ่านคอนกรีตมีน้อย ลดการอัดทะลัก ที่เกิดขึ้นต่อไป

การออกแบบถนน CRCP แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ (1) การออกแบบความหนาถนนคอนกรีต และ (2) การออกแบบปริมาณเหล็กเสริมโดยขั้นตอนการออกแบบได้นำเสนอในบทความตาม [3] การออกแบบเหล็กเสริมจะมีประเด็นที่ต้องพิจารณาดังนี้

1. ระยะห่างระหว่างรอยแตก

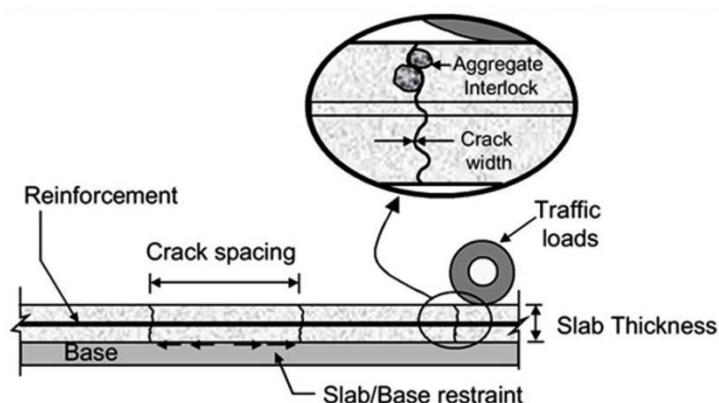
ระยะห่างระหว่างรอยแตกจะต้องมีค่าไม่น้อยเกินไปและไม่มากเกินไปเนื่องจากระยะห่างระหว่างรอยแตกใกล้มากเกินไปจะทำให้ถนน CRCP มีพฤติกรรมเหมือนกับคานซึ่งจะเกิดแรงดัดทำให้เกิดรอยแตกตามยาวซึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นจะเรียกว่า Punchout ในขณะที่ระยะระหว่างรอยแตกที่มากเกินไปจะทำให้เกิดรอยแตกที่เกิดขึ้นมีความกว้างมากส่งผลต่อการถ่ายแรงน้ำสามารถซึมสู่ชั้นทางด้านล่าง เกิดการอัดทะลักและอาจเกิดผิวคอนกรีตหลุดได้ง่ายเพื่อลดความเสียหายทั้งสองแบบที่อาจจะเกิดขึ้น AASHTO-1993 [5] ได้แนะนำให้ควบคุมรอยแตกตามขวางให้อยู่ในช่วงระยะ 1.1 – 2.4 เมตร อย่างไรก็ตามพบว่าหากชั้นดินฐานรากและโครงสร้างชั้นทางมีความแข็งแรงระยะห่างระหว่างรอยแตกที่น้อยกว่า 0.6 เมตรได้ผลที่น่าพึงพอใจ [7]

2. ความกว้างของรอยแตก

ความกว้างของรอยแตกเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของถนน CRCP เนื่องจากความกว้างรอยแตกที่กว้างเกินไปจะทำให้น้ำซึมผ่านได้เหล็กเสริมเกิดสนิมและทำให้ชั้นโครงสร้างชั้นทางเกิดการอ่อนตัว การถ่ายน้ำหนักการจราจรทำได้ไม่ดีและอาจเกิดการ Pumping ได้ก่อให้เกิดโพรงใต้ถนนคอนกรีตและเกิดการแตกร้าวในที่สุดโดย [5] ได้แนะนำให้จำกัดความกว้างรอยแตกไม่ให้ความกว้างมากกว่า 1.0 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามพบว่าความกว้างของรอยแตกที่จะช่วยให้น้ำไม่ซึมผ่านรอยแตกควรมีความกว้างไม่เกิน 0.6 มิลลิเมตรภาพที่ 2 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมของถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ

3. หน่วยแรงในเหล็กเสริม

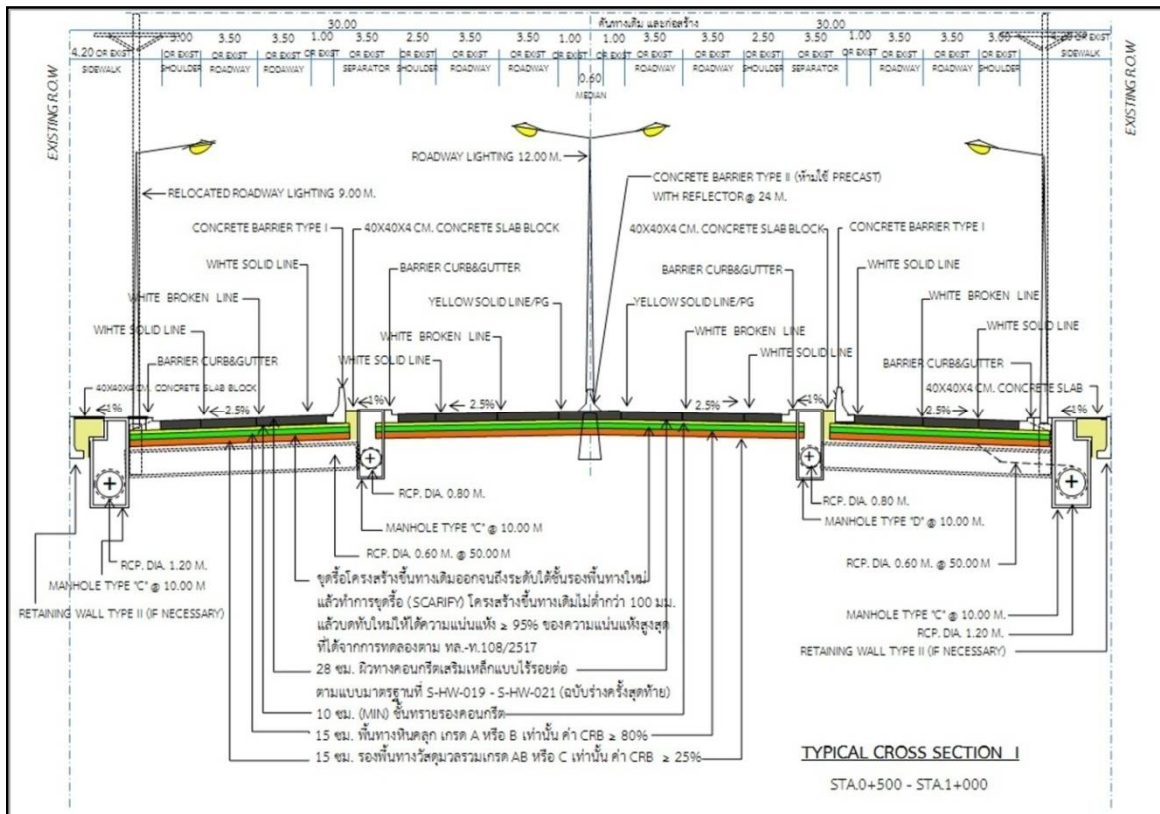
จากผลของหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของคอนกรีตเหล็กเสริมจะมีผลต่อประสิทธิภาพของถนนคอนกรีต CRCP ในระยะยาวช่วยยืดรั้วรอยแตกในถนนคอนกรีตให้แคบเหล็กเสริมจึงต้องมีกำลังรับแรงดึงที่เพียงพอที่จะรับแรงที่เกิดขึ้นได้ โดยหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจะต้องไม่มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ของหน่วยแรงที่จุดคานง[5]



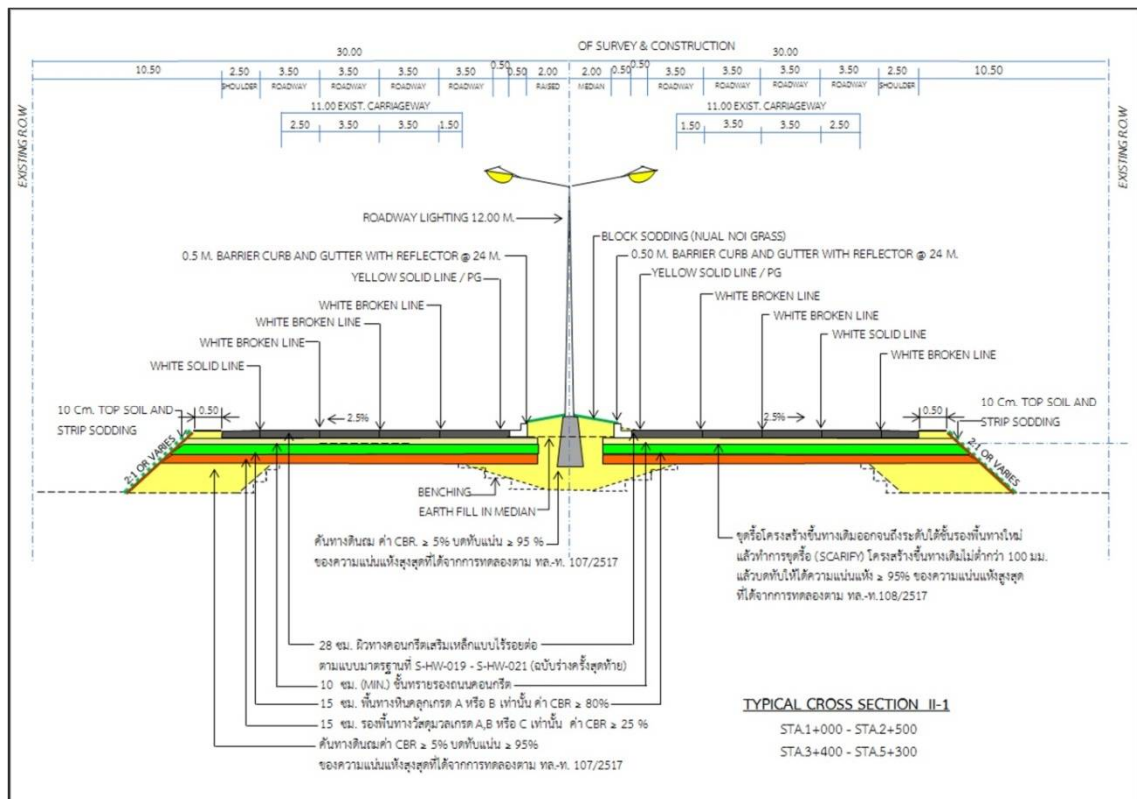
ภาพที่ 2 รูปแสดงปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมของถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) [4]

2.2 รูปัดแนะนำโครงสร้างชั้นทาง

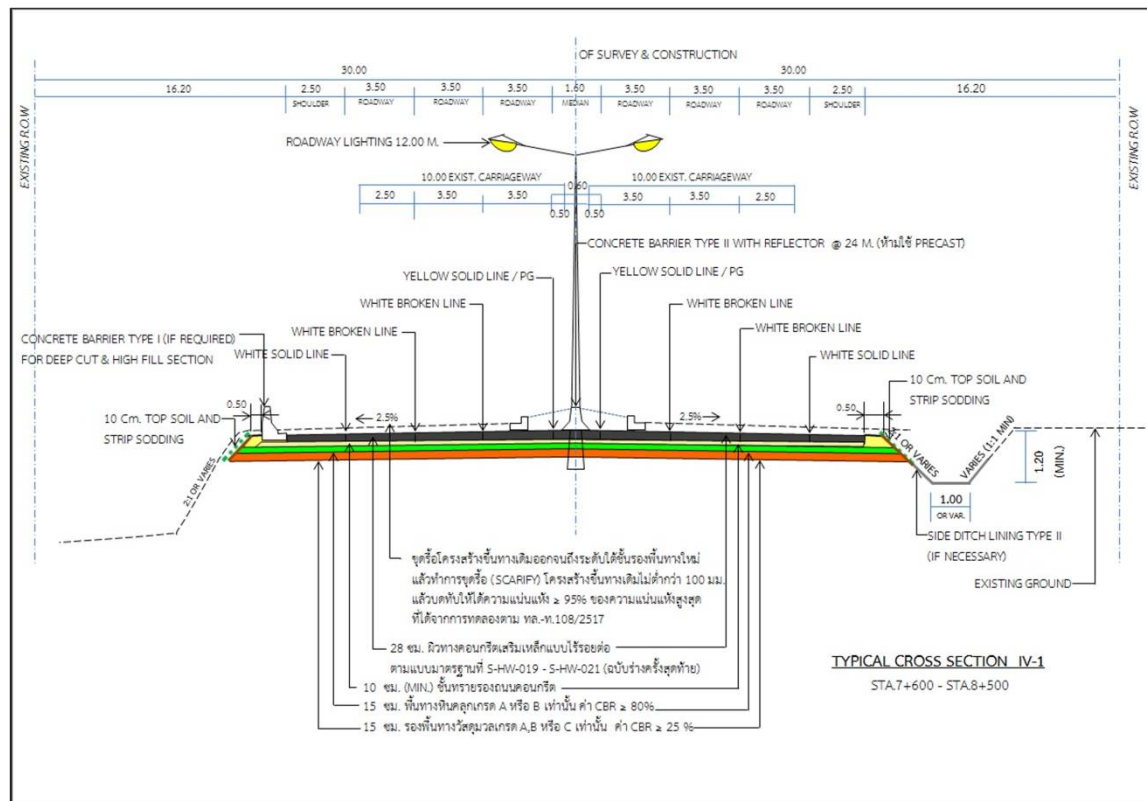
กรมทางหลวงได้ดำเนินการบูรณะทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข-มาบเียงตอน 1 กม. 0+500-กม. 16+110 เป็นมาตรฐานชั้นทางพิเศษ 6 ช่องจราจร 8 ช่องจราจรและ 12 ช่องจราจรไป-กลับความกว้างช่องจราจรละ 3.50 เมตร ไหล่ทางด้านนอกกว้างข้างละ 2.50 เมตรเกาะกลางเป็น (Raised Median) และ Concrete Barrier Type II ขึ้นอยู่สภาพพื้นที่ ผิวทางเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไร้รอยต่อ (CRCP) รูปัดโครงสร้างชั้นทางโครงการบูรณะทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข – มาบเียงตอน 1 แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3.1 รูปตัดแนะนำโครงสร้างชั้นทางทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข - map.1



ภาพที่ 3.2 รูปตัดแนะนำโครงสร้างชั้นทางทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข - map.2



ภาพที่ 3.3 รูปตัดแนะนำโครงสร้างชั้นทางทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข - mapเอียงตอน 1

3. การก่อสร้างบูรณะทางหลวงและตรวจสอบสภาพผิวทางคอนกรีตด้วยสายตา

ลักษณะงานโครงสร้างชั้นทางของโครงการฯ เป็นการขยายคันทางเพิ่มช่องจราจรออกทั้งสองข้างในส่วนขยายจะมีการก่อสร้างตั้งแต่ชั้นดินถม ชั้นรองพื้นทาง และชั้นพื้นทางหินคลุก ส่วนคันทางเดิมจะมีการรื้อชั้นผิวทางเดิมที่เสียหายออกจนถึงระดับใต้ชั้นรองพื้นทางใหม่ และจะทำการก่อสร้างชั้นรองพื้นทางและชั้นพื้นทางหินคลุก จากนั้นจึงทำการก่อสร้างถนน CRCP

กรมทางหลวงได้ดำเนินการบูรณะทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข - mapเอียงตอน 1 ระหว่างกม. 0+500 - กม.16+110 แล้วเสร็จในปีงบประมาณ 2560 ตามภาพที่ 4

จากการตรวจสอบ [2] พบว่าระยะห่างระหว่างรอยแตกอยู่ในช่วงประมาณ 2.0 ถึง 4.0 เมตร ซึ่งสูงกว่าที่คาดการณ์ไว้ในขั้นตอนการออกแบบปริมาณหลักเสริม แต่ความกว้างของรอยแตกตามขวางยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ (น้อยกว่า 1.0 มิลลิเมตร ตามภาพที่ 5) โดยปริมาณรอยแตกตามขวางมีปริมาณเพิ่มขึ้นภายหลังเปิดจราจรเป็นเวลา 1 ปี ทั้งนี้คาดการณ์ว่ารอยแตกจะเกิดเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเปิดการจราจรเพิ่มขึ้น

4. การทดสอบถนนคอนกรีต CRCP ด้วยเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD)

4.1. เครื่องมือ Falling Weight Deflectometer(FWD)

เครื่องมือ FWD เป็นเครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างถนนแบบวิธี Non-destructive Test เครื่องมือทำงานได้รวดเร็ว ผลการทดสอบมีความน่าเชื่อถือ และไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อถนน เครื่อง FWD ประกอบด้วย ส่วนที่เป็นรถลากจูงติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมเครื่องคำนวณผลแปลงค่าสั่งในการควบคุมเครื่องมือทดสอบและเก็บข้อมูล รถพ่วงเป็นชุดเครื่องทดสอบFWD โดยเครื่องทดสอบที่มีหลักการทำงานคล้ายการทดสอบ Plate Loading Test ที่มีลักษณะการให้น้ำหนักกระทำเป็นแบบ Dynamic เนื่องจากการปล่อยน้ำหนักลงกระทำกับแผ่นรองรับโดยมียางกันกระแทกที่ทำหน้าที่คล้ายสปริง ซึ่งให้เกิดคลื่นแรงสั่นสะเทือนต่อโครงสร้างถนน โดยมีการปรับขนาดของน้ำหนักและความสูงของการยกน้ำหนักได้ตามที่ต้องการ ทำให้สามารถควบคุมแรงที่กระทำต่อโครงสร้างถนนให้มีปริมาณมากพอ และก่อให้เกิดการทรุดตัวในโครงสร้างถนน เทียบเท่าผลที่เกิดจากรถบรรทุกเพลามาตรฐานเคลื่อนที่ผ่าน ส่วนประกอบหลักของเครื่องFWD คือตัวตรวจวัดสัญญาณคลื่นที่เกิดจากการกระทำของน้ำหนักผ่านผิวถนน เรียกว่า Geophone จำนวน 9 ตัว เรียงเป็นแถวในระนาบเดียวกันเพื่อให้สามารถแปลงค่าสัญญาณที่วัดได้มาเป็นค่า Deflection



ภาพที่ 4.1 รูปแสดงทางหลวงหมายเลข 331 เนินผาสู่ - มาบเียง ตอน 1 (หลังจากก่อสร้างแล้วเสร็จ)



ภาพที่ 4.2 รูปแสดงทางหลวงหมายเลข 331 เนินผาสุข – มาบเอียง ตอน 1 (หลังจากก่อสร้างแล้วเสร็จ)



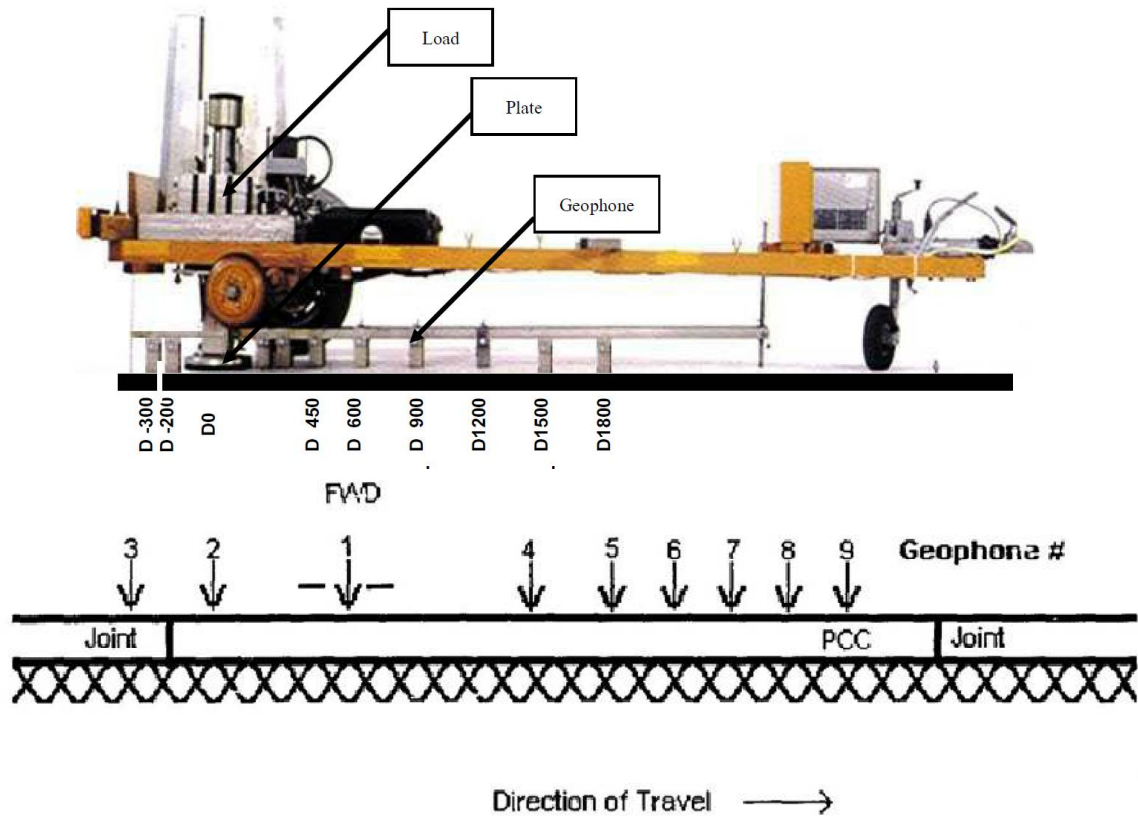
ภาพที่5การวัดระยะห่างระหว่างรอยแตกความกว้างของรอยแตก [2]

4.2 การทดสอบ Load Transfer Efficiency ด้วยอุปกรณ์ Falling Weight Deflectometer (FWD)

การทดสอบประสิทธิภาพของการถ่ายแรง หรือ Load Transfer Efficiency (LTE) ด้วยอุปกรณ์ FWD นั้นสามารถทำการทดสอบได้ โดยการติดตั้ง Geophone (ตัวตรวจวัดสัญญาณคลื่นสั่นสะเทือน) วางในระยะตำแหน่ง -30, -20, 0, 45, 60, 90, 120, 150, 180 cm. Plate ตรวจวัดการถ่ายแรงจากจุดที่ตั้งโวลต์เซลล์ของเครื่อง FWD ซึ่งจะติดตั้งที่ตำแหน่ง 0 ดังแสดงในภาพที่6 น้ำหนักที่ใช้กระทำผ่านแผ่นถ่ายแรงมีขนาดที่ทำให้เกิดหน่วยแรง (Stress) 707 kPa ซึ่งเทียบเท่ากับหน่วยแรงดันลมยางของล้อรถบรรทุกพ่วงเดี่ยวยางคู่ขนาด 10 ตัน กระทำกับพื้นผิวทางเป็นพื้นที่วงกลม

แสงชัย เทพสิทธิธารกรณ์ และ ชาน โยงค์ศรี [4] ได้แสดงการแปลผลการทดสอบ FWD ซึ่งจะได้คุณสมบัติของพอร์ตแลนด์คอนกรีตและวัสดุรองถนนดังนี้ (1) Elastic Modulus of Concrete (E_c) (2) ค่า LTE บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นคอนกรีต (3) ค่าความแตกต่างของการแอ่นตัว (Differential deflections: DD) บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นคอนกรีต และ (4) ค่า Modulus of Subgrade Reaction (K) ได้แผ่นคอนกรีตที่บริเวณรอยต่อ (K_j) และที่กลางแผ่นคอนกรีต (K_c)

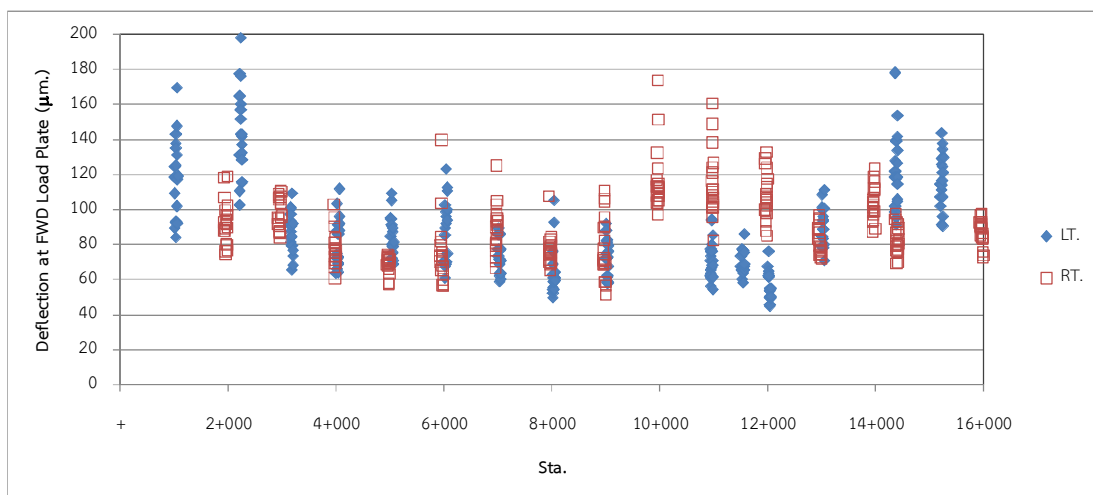
FHWA ได้แนะนำรอยต่อถนนพอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีตควรได้รับการบูรณะเมื่อ (1) Faulting ของแผ่นคอนกรีตมีค่ามากกว่า 3 mm. (2) ค่า LTE น้อยกว่า 70% (3) ค่าหลุดตัวแตกต่างระหว่างแผ่นที่รับน้ำหนักและแผ่นถัดไปต้องไม่มากกว่า 0.25 mm. และ (4) ค่า Faulting ของแผ่นคอนกรีตรวมมีค่ามากกว่า 525 mm/km [6]



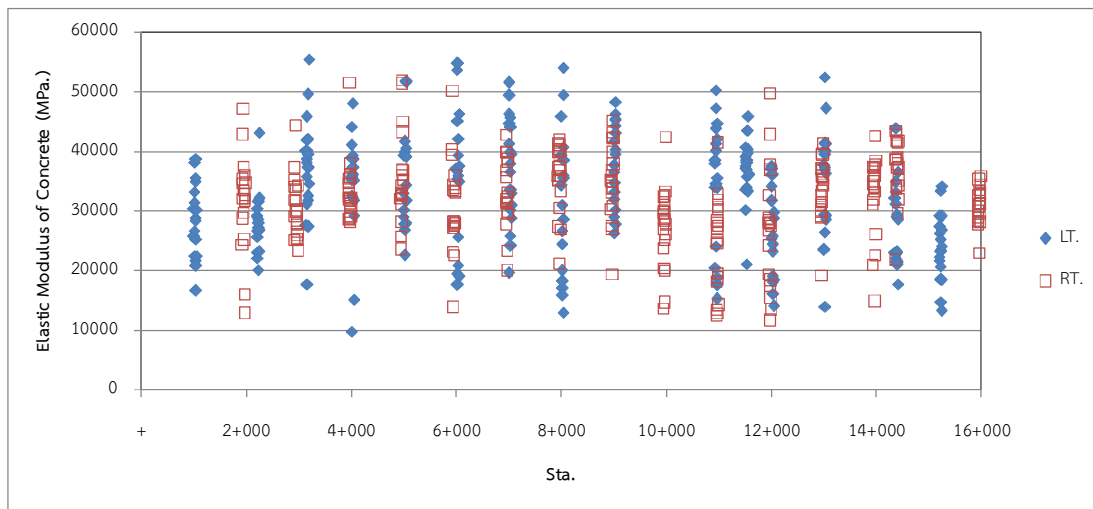
ภาพที่6 รูปแสดงการทดสอบ Load Transfer Efficiency ด้วยอุปกรณ์ Falling Weight Deflectometer

4.3. การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

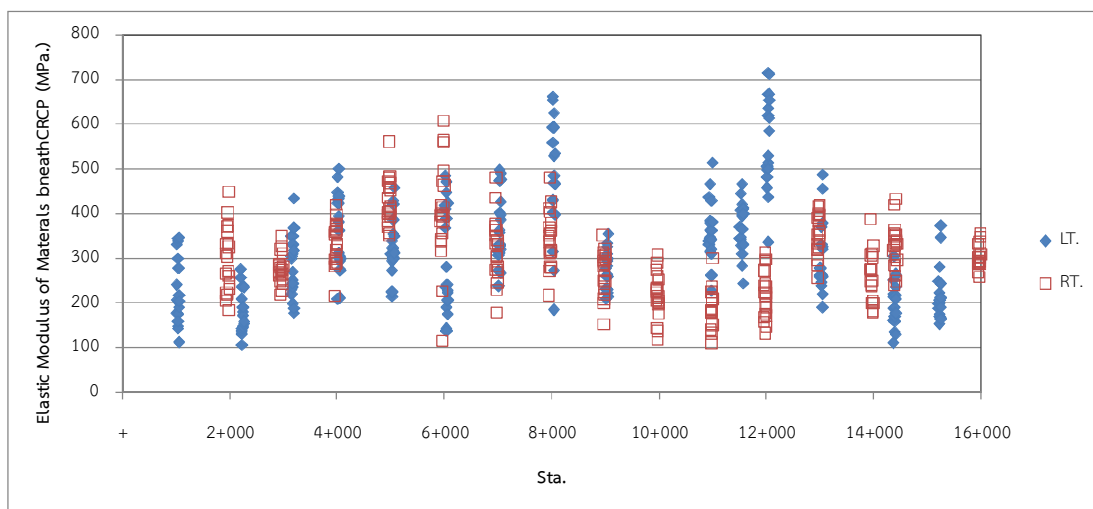
ขั้นตอนการแปลผล FWD จะใช้โปรแกรมElmodอ่านค่า Deflectionsทั้ง9 ค่า และค่าหน่วยแรง (Stress) ผลการทดสอบการประเมินความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทาง ทางหลวงหมายเลข 331 ตอนเนินผาสุก-มาบเียง ช่วง กม. 0+500-กม.16+100แสดงในภาพที่7 ถึง 11



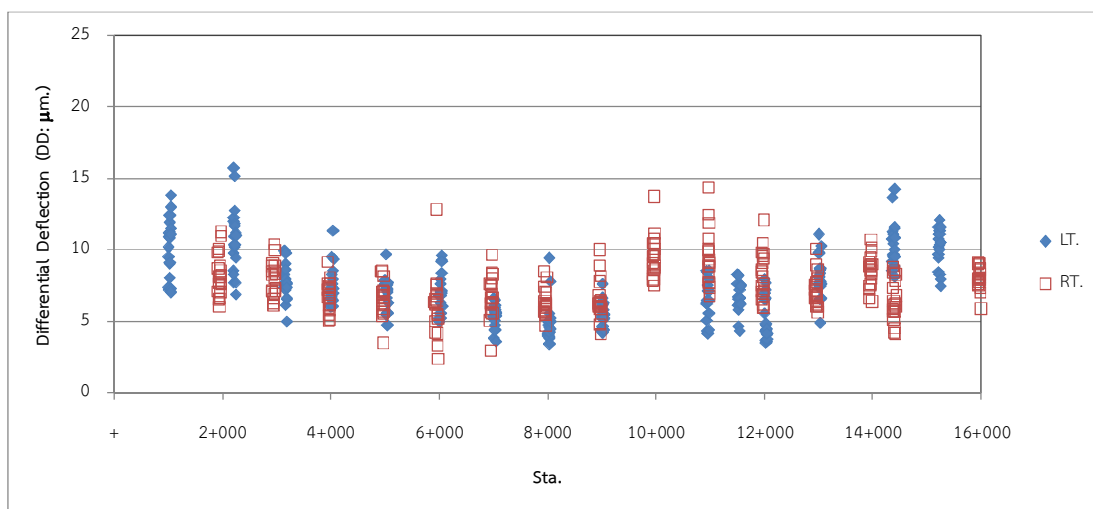
ภาพที่7 รูปแสดงค่าการทรุดตัวที่จุดปล่อยน้ำหนัก



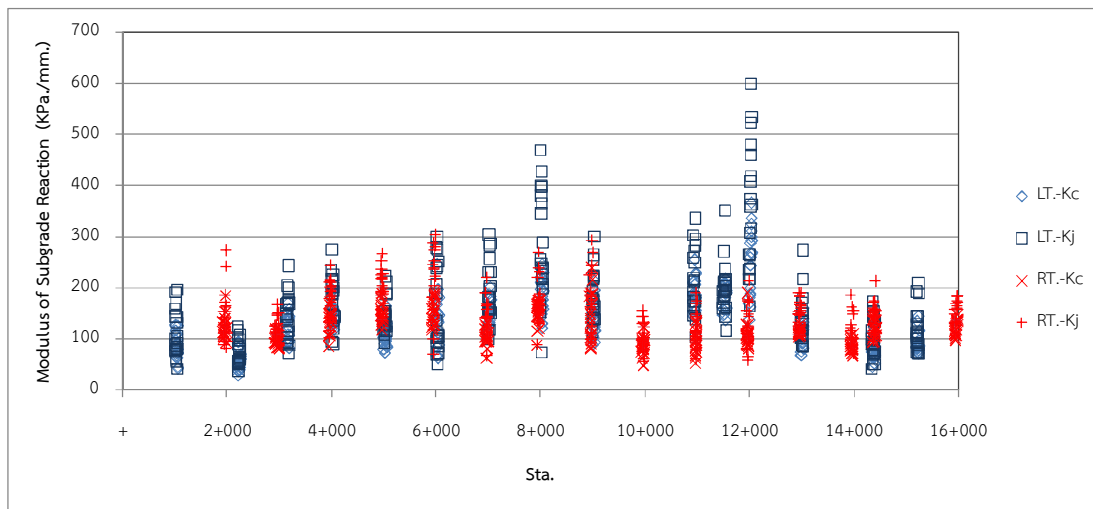
ภาพที่8 รูปแสดงค่า Elastic Modulus ของคอนกรีต



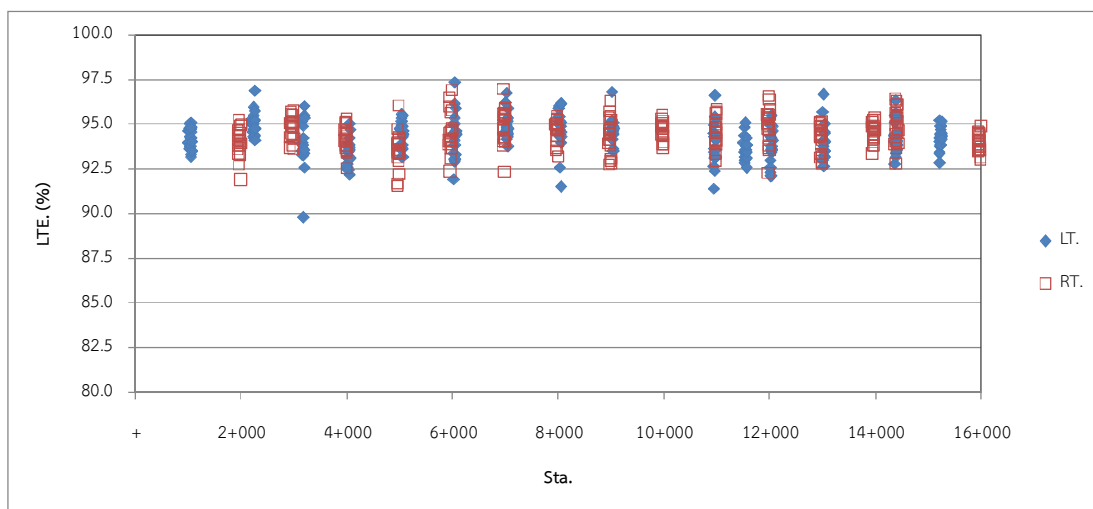
ภาพที่9 รูปแสดงค่า Elastic Modulus ของวัสดุชั้นรองถนนคอนกรีต



ภาพที่10 รูปแสดงค่า Different Deformation จากการทดสอบ FWD



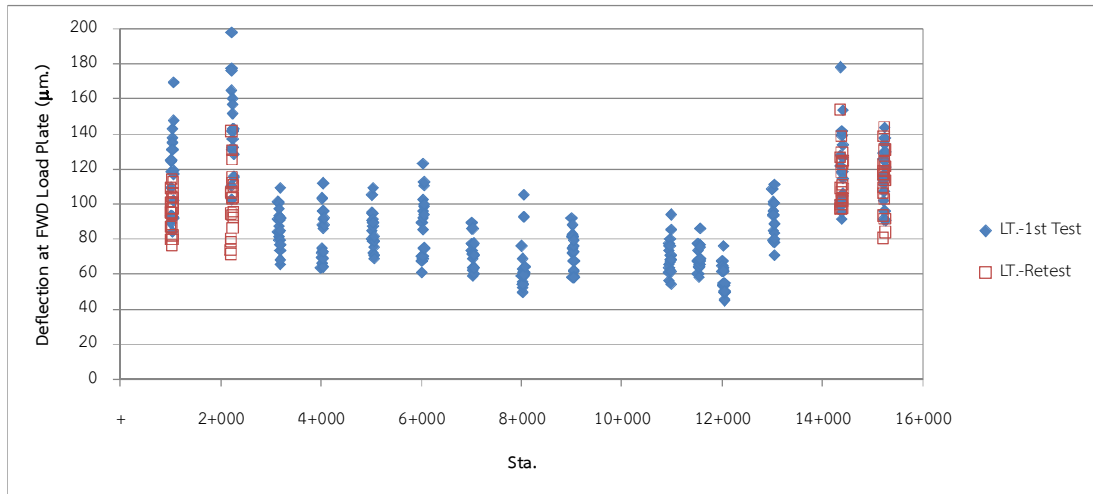
ภาพที่10 รูปแสดงค่า Modulus of Subgrade Reaction ของวัสดุชั้นรองถนนคอนกรีต



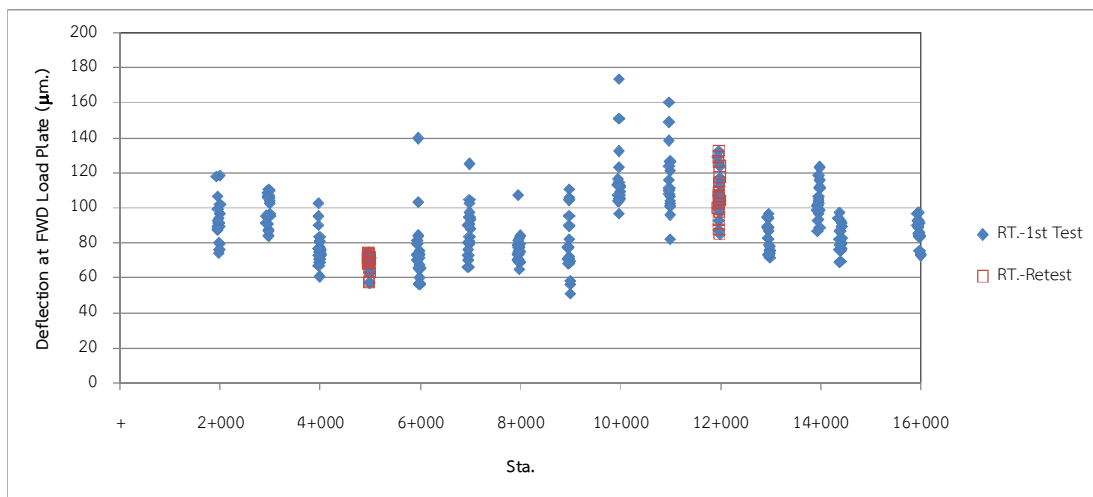
ภาพที่11 รูปแสดงค่า Load Transfer Efficiency ของรอยแตกที่เกิดขึ้นบนถนน CRCP

จากภาพที่ 7 พบว่าบางจุดการทดสอบ FWDค่าการทรุดตัวจุดการปล่อยน้ำหนัก นั้นมีค่าสูงมากซึ่งบริเวณที่มีค่าการทรุดตัวสูงจะพบว่ามีค่า ค่า Differential Deflections (DD) สูง และค่า ElasticModulus ของวัสดุชั้นรองถนนคอนกรีต รวมทั้งค่า Modulus of Subgrade Reaction ต่ำเช่นเดียวกัน

เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าเครื่องมือ FWD ไม่ได้มีความชำรุดหรือการแปรผลมีความผิดพลาด จึงได้ดำเนินการทดสอบ FWD ครั้งที่ 2 ในบริเวณเดียวกัน ซึ่งระยะเวลาการทดสอบห่างกันประมาณ 5 สัปดาห์ โดยผลการทดสอบ FWD แสดงในภาพที่ 12และ 13 โดยค่าการทรุดตัวด้านซ้ายทางมีค่าลดลง ในขณะที่ด้านขวาทางมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าที่แตกต่างกันค่าน่าจะเกิดขึ้นจากการแอ่นตัว (Warping and Curling) ของถนนคอนกรีตที่แตกต่างกันในระหว่างการทดสอบในแต่ละครั้งการทดสอบ



ภาพที่ 12 รูปแสดงค่าการทรุดตัวที่จุดปล่อยน้ำหนัkd้านซ้ายทาง



ภาพที่ 13 รูปแสดงค่าการทรุดตัวที่จุดปล่อยน้ำหนัkd้านขวาทาง

5. สรุป

การดำเนินการก่อสร้างถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) ทางหลวงหมายเลข. 331 บ. เนินผาสุข – มาบเียงตอน 1 กม. 0+500 - 16+110 แล้วเสร็จและได้ทำการเปิดการจราจรทั้งสองทิศทางการจราจร ระยะห่างระหว่างรอยแตกมีค่าสูงกว่าค่าที่ใช้เป็นสมมุติฐานในการออกแบบ และจากผลการทดสอบ FWD สามารถสรุปผลได้ดังนี้

- (1) ค่า Elastic Modulus ของคอนกรีตมีค่าประมาณ 30,000 MPa. (มากกว่า 26,000 MPa.)
- (2) ประสิทธิภาพในการถ่ายแรงบริเวณรอยแตกอยู่ในระดับที่สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์
- (3) ค่า Elastic Modulus ของวัสดุของวัสดุชั้นรองถนนคอนกรีตมีค่าสูงกว่า 100 MPa.
- (4) ค่า Modulus of Subgrade Reaction ในบางจุดการทดสอบมีค่าน้อยกว่า 30 KPa/mm. (110 psi/inch)
- (5) ค่า Differential Deflections (DD) สูงสุดมีค่าต่ำกว่า 20 μm

6. กิตติกรรมประกาศ

ทีมงานผู้แต่งบทความนี้ขอขอบคุณทีมงานทดสอบ FWD ส่วนสำรวจและประเมินสภาพทาง
สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบที่ได้ดำเนินการทดสอบ FWD และแปลผลการทดสอบ

7. บรรณานุกรม

- [1] ชัยรัตน์ศุภชวโรจน์และ จุฑาสุณิย์สกุลแนวคิดในการออกแบบถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) แห่งแรกของกรมทางหลวงทล. 331 บ.เนินผาสุข – มาบเียงตอน 1 การสัมมนาเจ้าหน้าที่วิเคราะห์และตรวจสอบ ประจำปีงบประมาณ 2559 กรมทางหลวง
- [2] จุฑาสุณิย์สกุลชัยรัตน์ศุภชวโรจน์ และนายศักดิ์ชัย ปราบมะเรียงการประเมินผลระหว่างการก่อสร้าง ถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) สายแรกของกรมทางหลวง ทล. 331 บ.เนินผาสุข– มาบเียง ตอน 1 การสัมมนาเจ้าหน้าที่วิเคราะห์และตรวจสอบ ประจำปีงบประมาณ 2560 กรมทางหลวง
- [3] ยงยุทธแต่ศิริและธนศักดิ์วงษ์ธนากิจเจริญ (2551) Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP) “อีกทางเลือกของถนนคอนกรีต”การสัมมนาเจ้าหน้าที่วิเคราะห์และตรวจสอบประจำปีงบประมาณ 2551 กรมทางหลวง
- [4] แสงชัย เทพสิทธิทรากรณ์ และชาโณพยงค์ศรี (2551) การวิเคราะห์ความแข็งแรงโครงสร้างชั้นทาง คอนกรีตการสัมมนาเจ้าหน้าที่วิเคราะห์และตรวจสอบ ประจำปีงบประมาณ 2551 โดยโปรแกรม ELMOD สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง
- [5] AASHTO (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.
- [6] Vandenbossche J.M. (2005), Effects of Slab Temperature Profiles on Use of Falling Weight Deflectometer Data to Monitor Joint Performance and Detect Void, Transportation Research Board, Washington DC., pp 75-85.
- [7] Rasmussen R.O. Rogers, R., Ferragut, T.R. (2011) Continuously Reinforced Concrete Pavement Design & Construction Guidelines, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.

