



แนวคิดในการออกแบบถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) แห่งแรก
ของกรมทางหลวง ทล. 331 บ.เนินผาสู้ – มาบเียง ตอน 1

โดย

ดร. ชัยรัตน์ ศุภชวโรจน์

ดร. จุฑา สุนิตย์สกุล

ส่วนออกแบบแนะนำโครงสร้างชั้นทาง
สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

บทความนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น กรมทางหลวงไม่มีส่วนเกี่ยวข้องแต่อย่างใด

แนวคิดในการออกแบบถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) แห่งแรกของกรมทางหลวง

ทล. 331 บ.เนินผาสุข – มาบเียง ตอน 1

ดร. ชัยรัตน์ ศุภชาโรจน์

ดร. จุฑา สุนิตย์สกุล

ส่วนออกแบบแนะนำโครงสร้างชั้นทาง

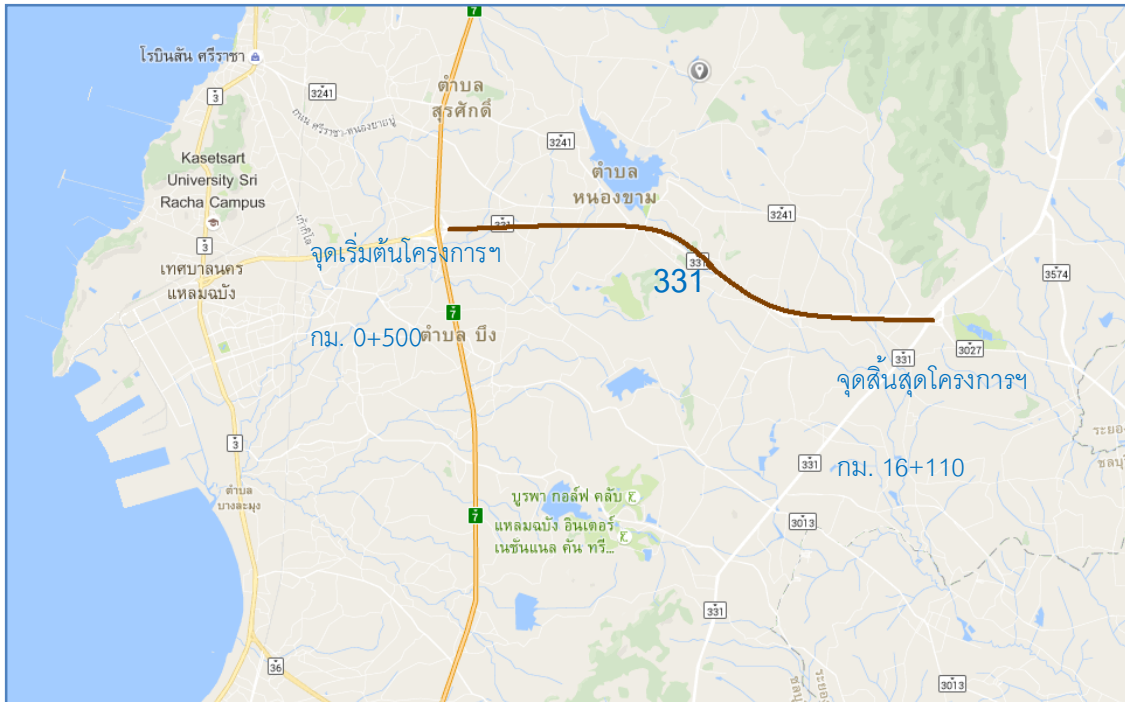
สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

1. บทนำ

ทางหลวงหมายเลข 331 สายแยกทางหลวงหมายเลข 7 (บ.เนินผาสุข) – บรรจบทางหลวงหมายเลข 331 (มาบเียง) ตั้งอยู่ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมและเป็นทางสายหลักที่นิคมอุตสาหกรรมหลายแห่งขนส่งสินค้าเข้าสู่ท่าเรือแหลมฉบัง ซึ่งเป็นท่าเรือหลักหลักในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ จึงมีสัดส่วนรถบรรทุกที่สูงมากและแนวโน้มที่ปริมาณจราจรจะสูงขึ้นมากในอนาคต จึงเป็นถนนที่มีความสำคัญในด้านโลจิสติกส์ระดับประเทศ

โครงการบูรณะทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข – มาบเียง ตอน 1 ระหว่างกม. 0+500 – กม. 16+110 เป็นส่วนหนึ่งของโครงการบูรณะโครงข่ายสายหลักระหว่างภาค ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของนโยบายของรัฐบาลในการเร่งรัดพัฒนาระบบคมนาคมของประเทศและได้รับงบประมาณในการก่อสร้างในปี พ.ศ. 2558 เส้นทางดังกล่าวเกิดความเสียหายเป็นรอยแตกกว้าง บางส่วนเสียระดับ และมีเศษวัสดุมวลละเอียดตะกอนขี้เลนตามรอยแตกของผิวทาง เมื่อฝนตกผิวทางจะลื่นเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุบ่อย และมีการร้องเรียนอยู่เสมอ ผู้ออกแบบได้พิจารณาแล้วเห็นว่าการนำถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) มาใช้มีความเหมาะสมกับโครงการนี้ ประกอบกับกรมทางหลวงได้จัดทำแบบมาตรฐานคอนกรีตแบบไร้รอยต่อแล้วเสร็จจึงได้พิจารณาออกแบบถนนสายดังกล่าวเป็นถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อเป็นโครงการแรกของกรมทางหลวง

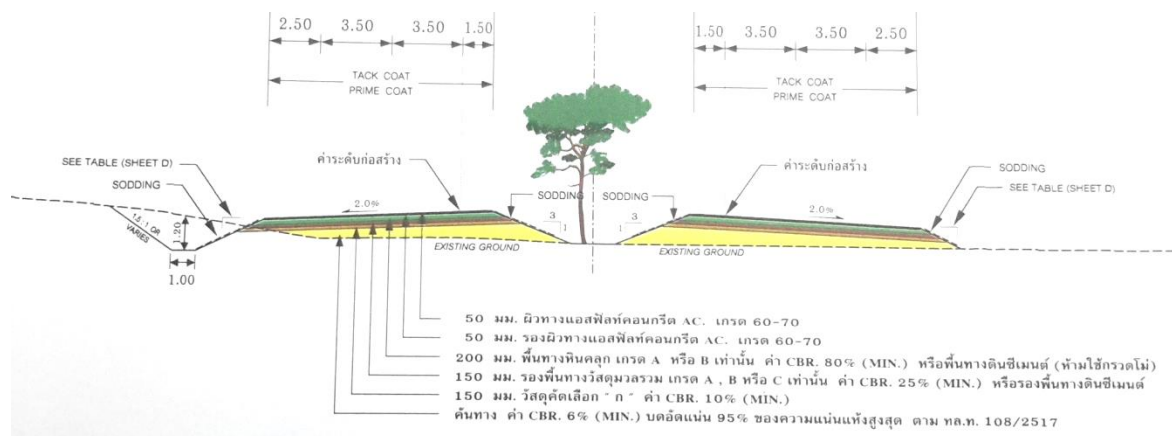
บทความนี้ได้สรุปประวัติสายทางและประวัติการซ่อมบำรุง แนวคิดในการออกแบบถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) มาใช้ การออกแบบคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) แบบมาตรฐานคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) ข้อควรพิจารณาในการก่อสร้าง และแนวทางการบูรณะถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ออกแบบสามารถนำแนวคิดการออกแบบถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) ไปใช้ในโครงการที่เหมาะสมต่อไป



รูปที่ 1 แผนที่แสดงที่ตั้งโครงการบูรณะทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุก – มาบเอียง ตอน 1 ระหว่าง กม. 0+500 – กม. 16+110

2. ประวัติสายทางและประวัติการซ่อมบำรุง

กรมทางหลวงโดยสำนักก่อสร้างทางที่ 2 ได้จ้างเหมาทำการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 331 ตอน เนินผาสุก – บรรจบทางหลวงหมายเลข 331 (มาบเอียง) ระหว่าง กม. 0+000 – กม. 16+542.047 ระยะทางยาวประมาณ 16.542 กิโลเมตร โดยห้างหุ้นส่วน จำกัด บางแสนมหานคร เป็นผู้รับจ้าง และได้ทำการก่อสร้างแล้วเสร็จ 23 มีนาคม 2549 ทางสายดังกล่าวเป็นทางตามมาตรฐานชั้นทางพิเศษ ขนาด 4 ช่องจราจร เกาะกลางเป็น Concrete Barrier และ Depressed Median เป็นช่วงๆ ผิวทาง AC กว้างข้างละ 7 เมตร ไหล่ทางด้านในกว้าง 1.50 เมตร ไหล่ทางด้านนอกกว้าง 2.50 เมตร โดยระหว่างก่อสร้างผู้รับจ้างขอใช้ตะกรันเหล็กโม (Crushed Slag) เป็นวัสดุพื้นทางแทนหินคลุก เนื่องจากแหล่งวัสดุอยู่ใกล้เส้นทางก่อสร้าง ราคาไม่แตกต่างจากราคาที่ประมูล และคุณภาพวัสดุใช้ได้ตามมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 210/2547 “มาตรฐานพื้นทางตะกรันเหล็กโม (Crushed Slag)”



รูปที่ 2 รูปตัดแสดงโครงสร้างชั้นทางเดิม ทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข – มาบเอียง ตอน 1

ภายหลังจากก่อสร้างแล้วเสร็จ ปรากฏว่าถนนได้เกิดความเสียหายในลักษณะเกิดรอยแตกกว้างที่ผิวทาง ก่อนครบกำหนดรับประกันผลงาน ซึ่งในช่วงเวลาที่ต้องรับประกันผลงานผู้รับจ้างได้ทำการซ่อมแซมในพื้นที่เสียหาย แต่ถนนยังเกิดความเสียหายเป็นรอยแตกกว้าง บางส่วนเสียหายระดับ และมีเศษวัสดุมวลละเอียดทะลักขึ้นมาตามรอยแตกของผิวทาง จนทำให้ผิวทางลื่นและเกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง ได้แต่งตั้งคณะทำงานเพื่อศึกษาการใช้ตะกรันเหล็กโมในโครงการฯ และได้สรุปผลการศึกษาว่า สาเหตุความเสียหายเกิดจากการใช้ตะกรันเหล็กโมที่ไม่ได้อายุหรือมีอายุน้อยกว่า 3 เดือน มาใช้ปะปนในการก่อสร้างผิวทาง และพื้นทาง ส่งผลให้ชั้นโครงสร้างทางดังกล่าวเกิดการขยายตัวหรือขาดเสถียรภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Instability) และได้แนะนำแนวทางแก้ไขความเสียหายด้วยการฉาบผิวทาง (Seal Coat) เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำซึมผ่านลงชั้นทาง แล้วทิ้งไว้ระยะหนึ่ง ก่อนทำการเสริมผิวทางด้วยแอสฟัลต์คอนกรีต (Overlay) ตามบันทึกที่ สว4/3284 ลงวันที่ 18 สิงหาคม 2551 ผลจากความเสียหายดังกล่าวได้ทำให้เกิดแนวทางการปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานงานทางที่ ทล.ม. 210 “มาตรฐานพื้นทางตะกรันเหล็กโม (Crushed Slag)”⁽²⁾

สำนักงานบำรุงทางชลบุรีที่ 2 ได้ทำการฉาบผิวทาง เสริมผิวทาง (Overlay) ในบริเวณที่เสียหายมากและเกิดอุบัติเหตุบ่อย ระหว่างปี พ.ศ. 2554 - 2555 แต่ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ ผิวทางเกิดรอยแตกกว้างขึ้นอีก และได้ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุชั้นพื้นทางตะกรันเหล็กโมภายหลังการใช้งานเป็นระยะเวลาประมาณ 5 ปี ตามบันทึกที่ สว1/0003 ลงวันที่ 5 มกราคม 2555 พบว่า ปริมาณการขยายตัวที่ได้จากการทดสอบหาปริมาณการขยายตัวของวัสดุมวลรวมที่เกิดจากปฏิกิริยา Hydration ตาม ทล.-ท.217/2547 และการทดสอบการขยายตัวของวัสดุด้วยวิธี Autoclave มีการขยายตัวน้อยมากและมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ข้อกำหนด จึงคาดว่าปัญหาการขยายตัว หรือขาดเสถียรภาพเชิงปริมาตรของตะกรันเหล็กโมไม่ใช่สาเหตุหลักของความเสียหายอย่างรุนแรงที่เพิ่มขึ้นในระยะหลัง และการบูรณะปรับปรุงชั้นโครงสร้างทางด้วยวิธี Pavement Recycling หนา 20 เซนติเมตร (รูปแบบทั่วไป) ไม่น่าเพียงพอ จึงได้มีแนวคิดในการบูรณะโดยการทำ Pavement Recycling เป็นสองชั้น⁽³⁾ หรือที่นิยมเรียกว่าการบูรณะลักษณะ

Deep Recycling ผิวทางมอดิฟายด์แอสฟัลต์คอนกรีตหนา 5 เซนติเมตร รองผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต เกรด 60-70 หนา 5 เซนติเมตร Pavement Recycling ค่า Unconfined Compressive Strength 24.5 kscหนา 20 เซนติเมตร และ Pavement Recycling ค่า Unconfined Compressive Strength 17.5 kscหนา 20 เซนติเมตร และได้ทำการจ้างเหมาทำการบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ ระหว่าง กม. 2+540 – กม. 3+357 (คันทางซ้าย) โดยเริ่มต้นสัญญาวันที่ 19 ก.ย. 2555 สิ้นสุดสัญญาวันที่ 16 มกราคม 2556 งบประมาณ 11,096,765.00 บาท งานสามารถก่อสร้างได้ตามรูปแบบและแล้วเสร็จตามสัญญา โดยหลังจากการบูรณะ สำนักวิจัยและพัฒนาทางได้ดำเนินการสำรวจและประเมินสภาพทางช่วงที่ทำการบูรณะแล้ว จำนวน 3 ครั้ง ในช่วงระยะเวลาระหว่างก่อสร้างแล้วเสร็จจนกระทั่งก่อสร้างแล้วเสร็จเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าไม่เกิดรอยแตกหรือความเสียหายอื่นใด ยกเว้นเกิดร่องล้อสึกระหว่าง 5 – 10 มิลลิเมตร⁽³⁾ และได้ทำการบูรณะในรูปแบบดังกล่าวเพิ่มเติมในช่วง กม. 7+555 – กม.10+000 (คันทางซ้าย) ก่อสร้างแล้วเสร็จวันที่ 16 สิงหาคม 2556



รูปที่ 3 ลักษณะความเสียหายบนทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข – มาบเอียง ตอน 1
ช่วงที่ไม่ได้รับการบูรณะลักษณะ Deep Recycling (ส.ค. 2558)



รูปที่ 4 ลักษณะความเสียหายบนทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข – มาบเียง ตอน 1 ช่วงที่ได้รับการบูรณะ
ลักษณะ Deep Recycling (ส.ค. 2558)

3. แนวคิดการนำถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) มาใช้

จากปัญหาความเสียหายที่เกิดขึ้นจากปริมาณจราจรที่สูงมากซึ่งแม้ว่าการบูรณะลักษณะ Deep Recycling โดยใช้ผิวทางเป็นมอดิฟายด์แอสฟัลต์คอนกรีต จะสามารถป้องกันการเกิดรอยแตกหรือความเสียหายอื่นใดที่เคยเกิดขึ้นมาก่อนหน้านี้ได้ แต่จากการสำรวจสภาพผิวทางพบว่าเกิดร่องล้อที่เห็นอย่างชัดเจนในเวลาประมาณ 2 ปี หลังจากทำการบูรณะ (รูปที่ 4) จึงมีแนวโน้มที่จะต้องทำการบูรณะต่อไปในระยะเวลาอันสั้น และค่างานที่สูงกว่าถนนคอนกรีตทั่วไปในขณะนั้นจึงเห็นควรพิจารณาใช้ผิวทางเป็นผิวทางคอนกรีตซึ่งมีความทนทานต่อการเกิดร่องล้อที่สูงกว่าเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานให้มีความเหมาะสมกับสภาพการจราจร อย่างไรก็ตามตั้งแต่เริ่มมีการก่อสร้างถนนคอนกรีตในประเทศไทย กรมทางหลวงได้นำถนนคอนกรีตแบบ Joint Reinforced Concrete Pavement (JRCP) มาใช้เป็นมาตรฐานในการก่อสร้าง ซึ่งมักเกิดปัญหาในการบำรุงรักษาบริเวณรอยต่อคอนกรีต ทำให้น้ำซังในชั้นทาง และเกิดการ Pumping น้ำพาวัสดุมวลละเอียดออกมาตามรอยต่อ ทำให้เกิดโพรงใต้รอยต่อ ส่งผลให้เกิดความเสียหาย เกิดการต่างระดับระหว่างแผ่นคอนกรีต ซึ่งเมื่อรถบรรทุกวิ่งผ่านบริเวณรอยต่อจะเกิดแรงกระแทกกระทำเพิ่มเติมบริเวณรอยต่อ ทำให้อายุการใช้งานของถนนลดลงอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในกรณีที่มีน้ำหนักบรรทุกที่สูง การซ่อมแซมถนนคอนกรีตจะต้องทำการปิดซ่อมเป็นระยะเวลานาน ทำให้มีผลกระทบต่อผู้ใช้ทาง เกิดปัญหาจราจรติดขัด และเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย

ถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) เป็นถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อตามขวางยกเว้นบริเวณจุดสิ้นสุด ซึ่งแตกต่างจากถนนคอนกรีตที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันซึ่งมีรอยต่อทุกระยะ 10 เมตรโดยมีการเสริมเหล็กตามยาวที่สูงกว่าถนนคอนกรีตที่กรมทางหลวงใช้งานอยู่ เพื่อควบคุมการแตกจากเปลี่ยนแปลงปริมาตรของคอนกรีต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้น แทนที่จะใช้ Contraction Joint ทำให้ไม่ต้องทำการลดค่าใช้จ่ายในการบำรุง

รักษาเนื่องจากไม่จำเป็นต้องทำการบำรุงรักษาบริเวณรอยต่อคอนกรีต ไม่เกิดปัญหา Pumping เนื่องจากความกว้างรอยแตกจะถูกจำกัดด้วยแรงดึงของเหล็กเสริมตามยาวที่เพิ่มขึ้น ในอดีตกรมทางหลวงเคยมีแนวคิดที่จะนำถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อมาใช้⁽¹⁾ แต่ด้วยข้อจำกัดด้านงบประมาณ และยังไม่มีความพร้อมในการดำเนินการจึงยังไม่ได้มีการพิจารณาเลือกใช้ โครงการทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข – มาบเียง ตอน 1 เป็นโครงข่ายทางหลวงที่สำคัญ ต้องการอายุบริการที่ยาวนาน เกิดปัญหาความเสียหายซ้ำซ้อน เกิดการอุบัติเหตุและการร้องเรียนอยู่เสมอ จึงได้พิจารณาถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) มาใช้เป็นสายแรกของกรมทางหลวงขณะนี้อยู่ระหว่างการก่อสร้าง และคาดว่าจะแล้วเสร็จในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560

ถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) เริ่มก่อสร้างครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นการก่อสร้างแปลงทดสอบในปี ค.ศ. 1921บริเวณใกล้กับเมือง Washington D.C. โดย Bureau of Public Roads จากนั้นได้มีการก่อสร้างแปลงทดสอบอีกหลายแปลงเช่นการก่อสร้างแปลงทดสอบโดย Illinois Division of Highways ในปี ค.ศ. 1925 การก่อสร้างแปลงทดสอบโดย Indiana State Highway Commission ร่วมกับ Bureau of Public Roads ในปี ค.ศ. 1938 ซึ่งผลจากการทำแปลงทดสอบทำให้เกิดความตื่นตัวให้กับหน่วยงานก่อสร้างทางหลวงในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นอย่างมาก และได้ทำการก่อสร้างแปลงทดสอบอีกหลายแห่งจนทำให้มีการนำถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อมาใช้เพิ่มขึ้นอย่างจริงจัง โดยในปีค.ศ. 1969มีถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อเป็นระยะทางมากกว่า 8,000 กิโลเมตรสองช่องจราจร ในประเทศสหรัฐอเมริกา⁽⁶⁾

สำหรับในประเทศไทย การทางพิเศษแห่งประเทศไทยได้นำถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) มาใช้บนทางพิเศษระดับดิน ทางพิเศษอุดรรัถยา (ทางด่วนสายบางปะอิน – ปากเกร็ด) โดยได้เปิดบริการตั้งแต่ปี 2541 อายุการให้บริการกว่า 18 ปียังมีสภาพการใช้งานที่ดีโดยแทบไม่ต้องทำการบำรุงรักษาแต่อย่างใด



รูปที่ 5 ถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) ทางพิเศษอุดรรัถยา (ทางด่วนสายบางปะอิน – ปากเกร็ด) (พ.ศ. 2559)

4. การออกแบบถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP)

ถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) เป็นถนนที่ไม่มีรอยต่อตามขวาง ยกเว้นมีความจำเป็นในการทำรอยต่อก่อสร้างเท่านั้น ซึ่งโดยปกติคอนกรีตจะเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากคอนกรีตที่ก่อสร้างใหม่จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรระหว่างที่เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันซึ่งจะทำให้เกิดหน่วยแรงดึงในคอนกรีต ซึ่งจะทำให้เกิดรอยแตกในคอนกรีตในที่สุด สำหรับถนนคอนกรีตแบบมีรอยต่อ จะทำการตัดรอยต่อเพื่อบังคับรอยแตกให้เกิดขึ้นในจุดที่ทำการตัดรอยต่อ ซึ่งจะต้องทำการตัดรอยต่อทุกระยะประมาณ 10 เมตร ในถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) จะใช้เหล็กเสริมตามยาวในการลดขนาดรอยแตกและระยะระหว่างรอยแตกที่เกิดขึ้นโดยไม่ต้องทำการก่อสร้างรอยต่อ Contraction Joint โดยจะทำการเสริมเหล็กตามยาวให้เพียงพอ ขนาดของรอยแตกที่แคบจะทำให้คอนกรีตระหว่างรอยแตกเกิด Aggregate Interlock ซึ่งจะทำให้การถ่ายแรงระหว่างรอยแตกที่เกิดขึ้นสามารถทำได้ และลดหน่วยแรงดัดที่กระทำจากน้ำหนักจราจรทำให้สามารถรับน้ำหนักจราจรได้โดยไม่เกิดการแอ่นตัว และโอกาสที่น้ำจะซึมผ่านคอนกรีตมีลดลง

การออกแบบถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) จะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือการออกแบบความหนาของถนนคอนกรีต และการออกแบบปริมาณเหล็กเสริม โดยขั้นตอนการออกแบบได้เคยนำเสนอไว้โดย⁽¹⁾ การออกแบบเหล็กเสริมจะมีประเด็นที่ต้องพิจารณาดังนี้

1. ระยะห่างระหว่างรอยแตก

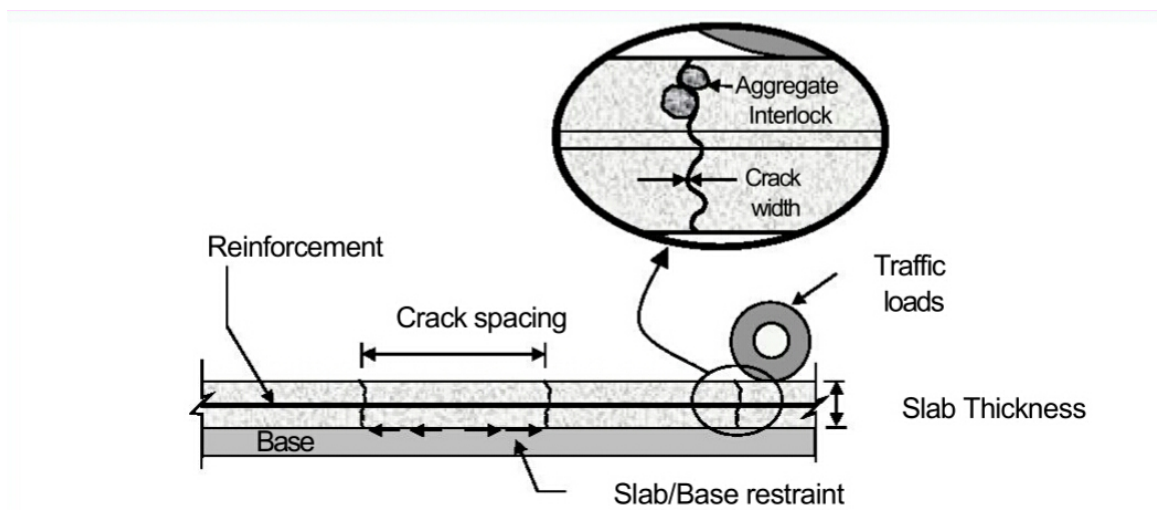
ระยะห่างระหว่างรอยแตกจะต้องมีค่าไม่น้อยเกินไป และไม่มากเกินไป เนื่องจากเมื่อเกิดรอยแตกใกล้กันมากเกินไป จะมีพฤติกรรมเหมือนกับคานซึ่งจะรับแรงดัด ทำให้เกิดรอยแตกตามยาวขึ้น และจะทำให้เกิดความเสียหายที่เรียกว่า Punchout และระยะระหว่างรอยแตกที่มากเกินไป จะทำให้เกิดรอยแตกที่เกิดขึ้นมีขนาดกว้าง ซึ่งจะมีผลต่อการถ่ายแรง และอาจเกิดผิวหลุดได้ง่าย เพื่อลดความเสียหายทั้งสองแบบที่อาจเกิดขึ้น AASHTO-86/93 ได้แนะนำให้ควบคุมรอยแตกตามขวางให้อยู่ในช่วงระยะ 1.1 – 2.4 เมตร อย่างไรก็ตามพบว่า หากชั้นดินฐานรากและโครงสร้างชั้นทางมีความแข็งแรง ความกว้างของรอยแตกที่น้อยกว่า 0.6 เมตร จะให้ผลที่น่าพึงพอใจ

2. ความกว้างของรอยแตก

ความกว้างของรอยแตกเป็นปัจจัยสำคัญมากสำหรับประสิทธิภาพของถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) เนื่องจากความกว้างรอยแตกที่มากเกินไปจะทำให้น้ำซึมผ่านได้ ทำให้เหล็กเสริมเกิดสนิม และทำให้ชั้นโครงสร้างชั้นทางเกิดการแอ่นตัว และอาจเกิดการ Pumping ขึ้นได้ ทำให้เกิดโพรงและคอนกรีต เกิดการแตกร้าว ในที่สุด AASHTO-86/93 ได้แนะนำให้จำกัดความกว้างรอยแตกไม่ให้ความกว้างมากกว่า 1 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามพบว่าความกว้างของรอยแตกที่จะช่วยให้น้ำไม่ซึมผ่านรอยแตกควรมีความกว้างไม่เกิน 0.6 มิลลิเมตร

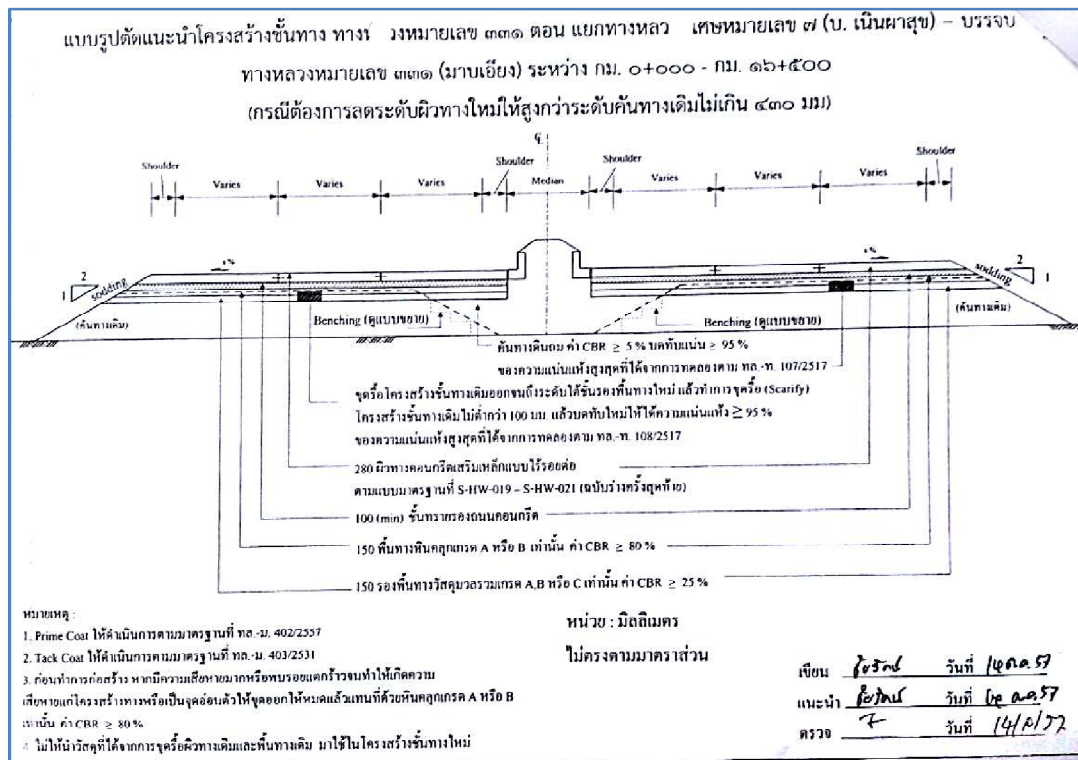
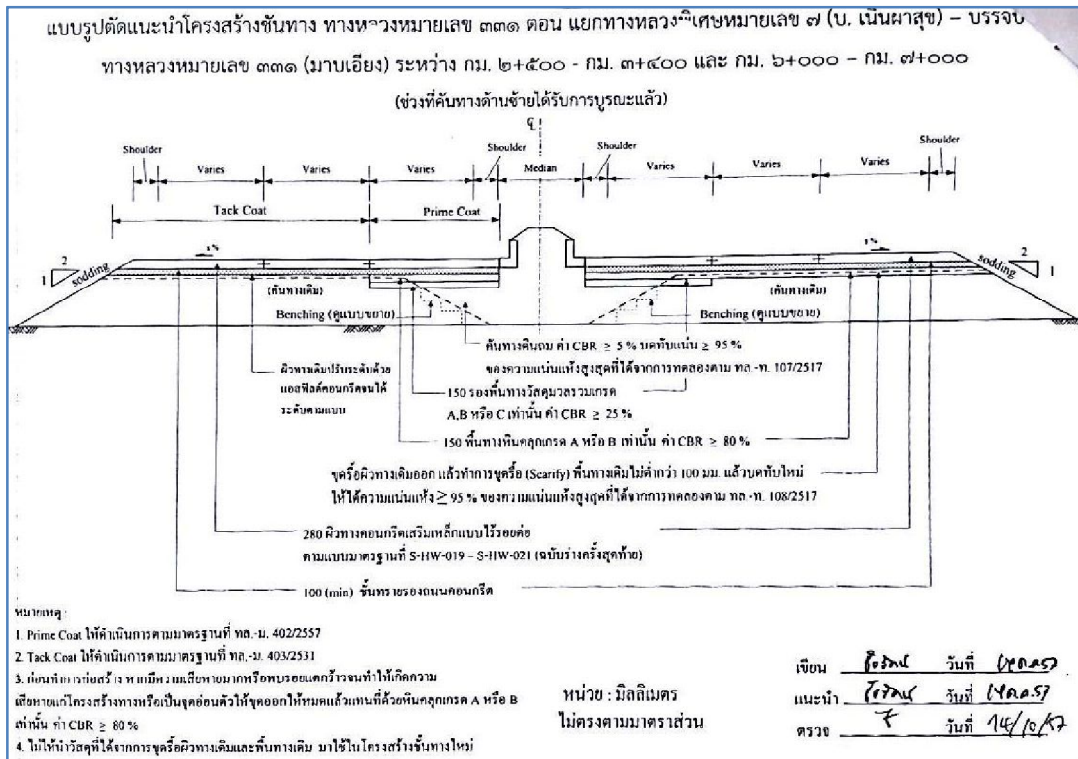
3. หน่วยแรงในเหล็กเสริม

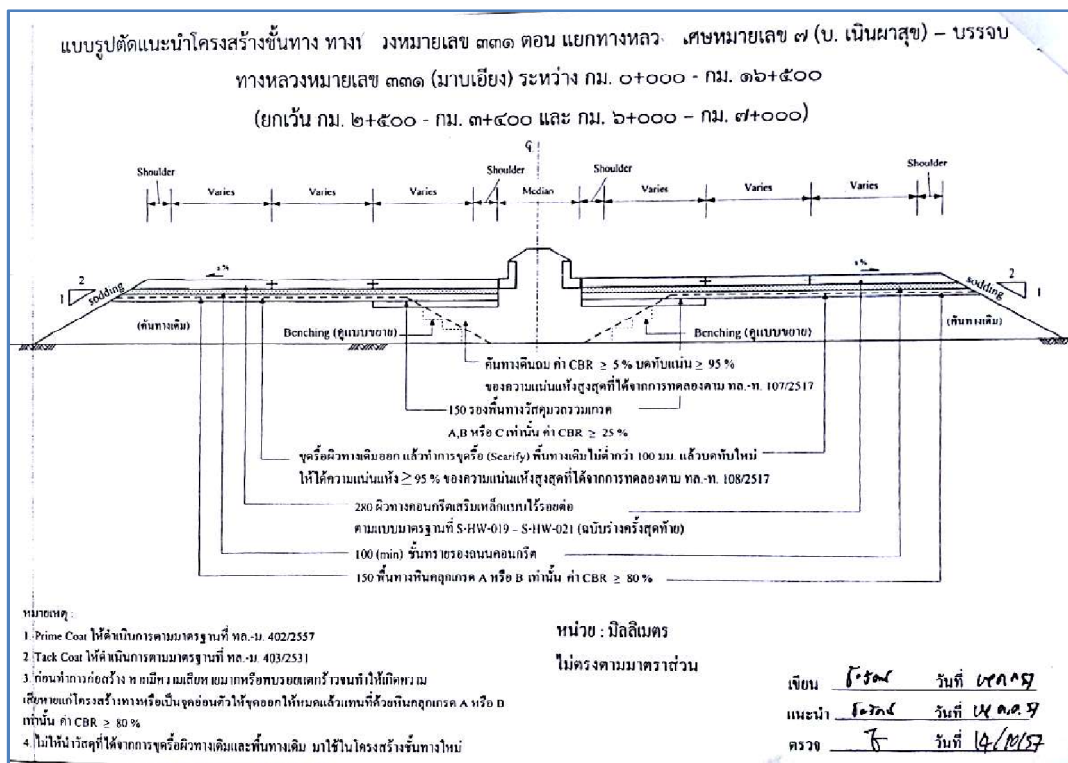
จากผลของหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของคอนกรีต เหล็กเสริมจะมีผลต่อประสิทธิภาพของถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) ในระยะยาว ช่วยร้งรอยแตกในคอนกรีตไม่ให้ความกว้างเกินความต้องการ เหล็กเสริมจึงต้องมีกำลังรับแรงดึงที่เพียงพอที่จะรับแรงกระทำดังกล่าว



รูปที่ 6 รูปแสดงปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมของถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP)⁽⁵⁾

ปัจจุบันกรมทางหลวงได้จัดทำแบบมาตรฐานถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) แล้วเสร็จ ตามแบบมาตรฐานงานทางฉบับปรับปรุง ปี พ.ศ. 2558 การออกแบบโครงการบูรณะทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข – มาบเอียง ตอน 1 ระหว่างกม. 0+500 – กม. 16+110 ได้ดำเนินการระหว่างการจัดทำแบบมาตรฐานฉบับร่างครั้งสุดท้ายโดยมีรูปตัดแนะนำโครงสร้างชั้นทางดังแสดงในรูปที่ 7

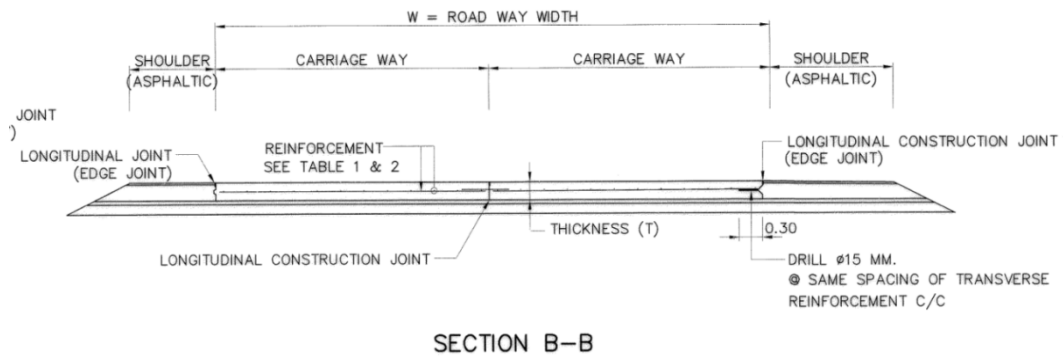
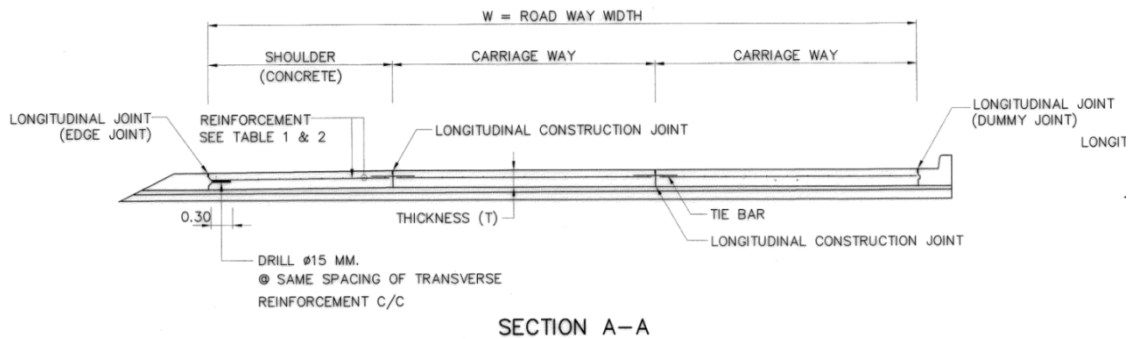
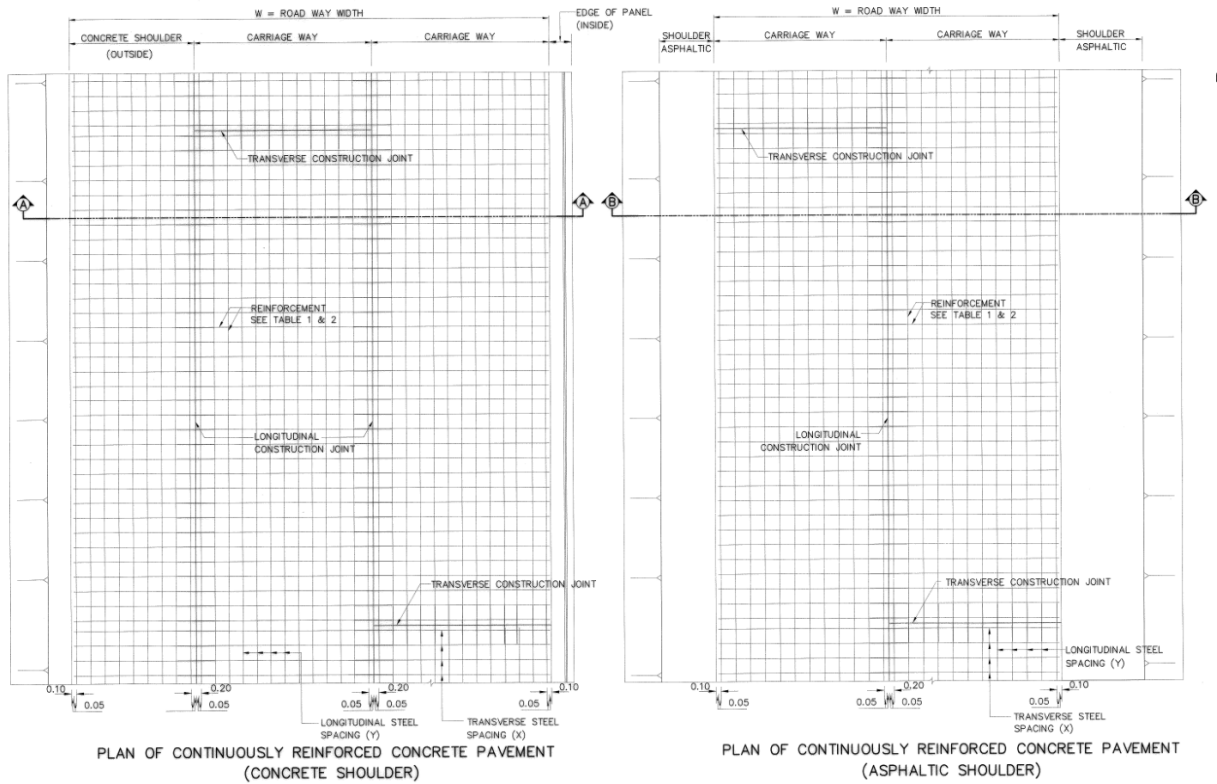




รูปที่ 7 รูปตัดแนะนำโครงสร้างชั้นทางทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข - มาบเยื้อง

5. แบบมาตรฐานกรมทางหลวงถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP)

กรมทางหลวงได้ปรับปรุงแบบมาตรฐานงานทาง แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2558 โดยในแบบมาตรฐานฉบับปรับปรุงปี 2558 ได้เพิ่มเติมแบบมาตรฐานถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) ในแบบที่ GD-604 ซึ่งรูปแบบตรงกับรูปแบบจากร่างขั้นสุดท้ายที่ได้แนะนำในแบบรูปตัดแนะนำโครงสร้างชั้นทางรูปที่ 8 แสดงแปลนและรูปตัดจากแบบมาตรฐานถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) โดยในแบบมาตรฐานได้กำหนดให้พิจารณาสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 8 แผนและรูปตัดแสดงถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP)

5.1 ความหนาของคอนกรีต

การออกแบบความหนาของคอนกรีตสำหรับถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) ให้ใช้วิธีเดียวกับวิธีที่ใช้ออกแบบผิวทางคอนกรีตแบบมีรอยต่อ (JRCF) สำหรับโครงการฯ 331 บ.เนินผาสุข – มาบเอียง ตอน 1 ใช้ความหนาของผิวทางคอนกรีตหนา 28 เซนติเมตร โดยใช้หลักการของ PCA (1984) ในการออกแบบความหนาของผิวทางคอนกรีต

5.2 ปริมาณเหล็กเสริม

ปริมาณเหล็กเสริมที่แนะนำในแบบมาตรฐานอ้างอิงมาจากวิธีการของ AASHTO (1993) โดยตารางที่ 1 แสดงปริมาณเหล็กเสริมตามยาว และ ตารางที่ 2 แสดงปริมาณเหล็กตามขวางโดยให้ใช้เหล็กข้ออ้อย เกรด SD40 การพิจารณาความกว้างของถนนที่ใช้ในตารางที่ 2 ให้พิจารณาจากความกว้างเต็มรูปแบบ (Ultimate Stage)

ตารางที่ 1 ปริมาณเหล็กเสริมตามยาว

THICKNESS (T)	SPACING OF LONGITUDINAL BARS (Y)	
	DB16	DB20
0.23	0.225	0.30
0.25	0.175	0.25
0.28	0.15	0.20

ตารางที่ 2 ปริมาณเหล็กเสริมตามขวาง

TYPE OF STEEL	SLAB THICKNESS (T) = 0.23 M		SLAB THICKNESS (T) = 0.25 M		SLAB THICKNESS (T) = 0.28 M	
	ROAD WAY WIDTH (W)	SPACING OF TRANSVERSE BARS (X)	ROAD WAY WIDTH (W)	SPACING OF TRANSVERSE BARS (X)	ROAD WAY WIDTH (W)	SPACING OF TRANSVERSE BARS (X)
DB12	0 <W≤ 18.60	0.30	0 <W≤ 17.10	0.30	0 <W≤ 15.30	0.30
	18.60 <W≤ 20.30	0.275	17.10 <W≤ 18.60	0.275	15.30 <W≤ 16.60	0.275
	20.30 <W≤ 22.30	0.25	18.60 <W≤ 20.50	0.25	16.60 <W≤ 18.30	0.25
	22.30 <W≤ 24.80	0.225	20.50 <W≤ 23.10	0.225	18.30 <W≤ 20.60	0.225
	24.80 <W≤ 27.90	0.20	23.10 <W≤ 25.60	0.20	20.60 <W≤ 22.90	0.20
	27.90 <W≤ 31.90	0.175	25.60 <W≤ 29.30	0.175	22.90 <W≤ 26.20	0.175
	31.90 <W≤ 37.20	0.15	29.30 <W≤ 34.20	0.15	26.20 <W≤ 30.50	0.15

REMARK : ROAD WAY WIDTH SHOULD BE CONSIDERED AS THE DISTANCE BETWEEN FREE LONGITUDINAL EDGES (NOT TIE BAR)

5.3 การก่อสร้าง

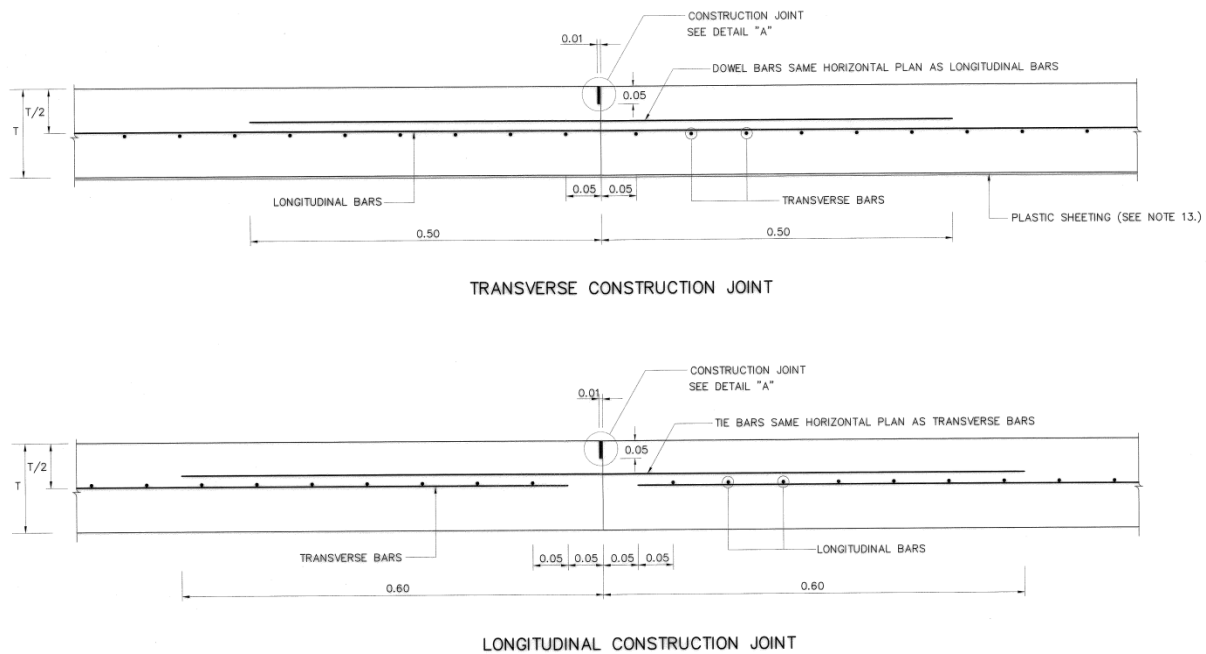
1. การก่อสร้างถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) ให้ดำเนินการตามมาตรฐาน ทล.-ม. 309/2544 และให้ใช้ทรายรองถนนคอนกรีต หรือ หินคลุกรองถนนคอนกรีต ตาม ทล.-ม.211/2533 และทล.-ม.212/2533 ตามลำดับ สำหรับโครงการฯ 331 บ.เนินผาสุข – มาบเอียง ตอน 1 ได้กำหนดให้ใช้ทรายรองถนนคอนกรีตหนาอย่างน้อย 10 เซนติเมตร
2. คอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 32 MPa (325 ksc) สำหรับก้อนตัวอย่างขนาด $0.15 \times 0.15 \times 0.15$ เมตร (Cube) ที่ 28 วัน และเป็นไปตาม ทล.-ม. 309/2544
3. ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องเป็นพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ตามมาตรฐาน มอก.15 ประเภท 1 หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบ
4. ให้ใช้เครื่อง Concrete Paver ในการเทคอนกรีต ยกเว้นในกรณีที่เป็นช่วงสั้นกว้างไม่เกิน 30 เมตร ให้ใช้การเทด้วยแรงงานคนได้ โดยค่า Concrete Slump จะต้องไม่น้อยกว่า 3 เซนติเมตร และไม่เกิน 7 เซนติเมตร ตามมาตรฐานการทดสอบ Slump Test ทล.-ท. -304
5. เครื่อง Concrete Paver จะต้องสามารถเคลื่อนที่ไปตามแบบหรือรางได้โดยอัตโนมัติ และสามารถเกลี่ยคอนกรีตให้ได้ความกว้างของเลนที่ทำการก่อสร้าง
6. เครื่องสั่นสะเทือนต้องสั่นสะเทือนคอนกรีตได้ตลอดความกว้างเลนที่ทำการก่อสร้าง แต่ไม่มีผลกระทบต่อแบบ ตำแหน่งของเหล็ก Dowel Bar และ Tie Bar
7. ให้ใช้แผ่นพลาสติกตามแบบมาตรฐานงานทางที่ GD-602

5.4 รอยต่อตามขวางและรอยต่อตามยาว

การก่อสร้างรอยต่อให้เป็นไปตามแบบมาตรฐานที่ GD-605 รูปที่ 9 แสดงรอยต่อตามขวางและรอยต่อตามยาว ตามลำดับรอยต่อทุกชนิดยกเว้น Expansion Joint ให้ดำเนินการโดยใช้เครื่องตัดเจาะร่องเท่านั้น ไม่ให้ใช้แผ่นโฟม แผ่นไม้ ชานอ้อย หรือวัสดุอื่นใดในการทำรอยต่อ

รอยต่อก่อสร้างตามขวางให้ดำเนินการโดยการวางแผ่นวัสดุแข็ง หรือแบบเหล็กซึ่งเหล็กตามยาวสามารถลอดผ่านไปได้ และต้องมี Dowel Bar ยาว 1 เมตร และมีขนาดเท่ากับเหล็กเสริมตามยาว เสริมระหว่างรอยต่อการทาบเหล็ก ไม่น้อยกว่าให้ทำทาบเหล็กเสริมตามยาวในระยะ 1 เมตร ก่อนรอยต่อการก่อสร้างตามขวาง และ -3 เมตร หลังจากรอยต่อการก่อสร้างตามขวาง

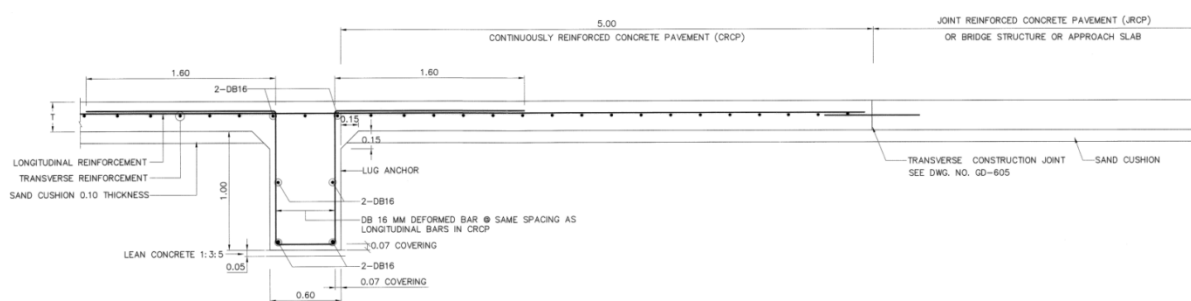
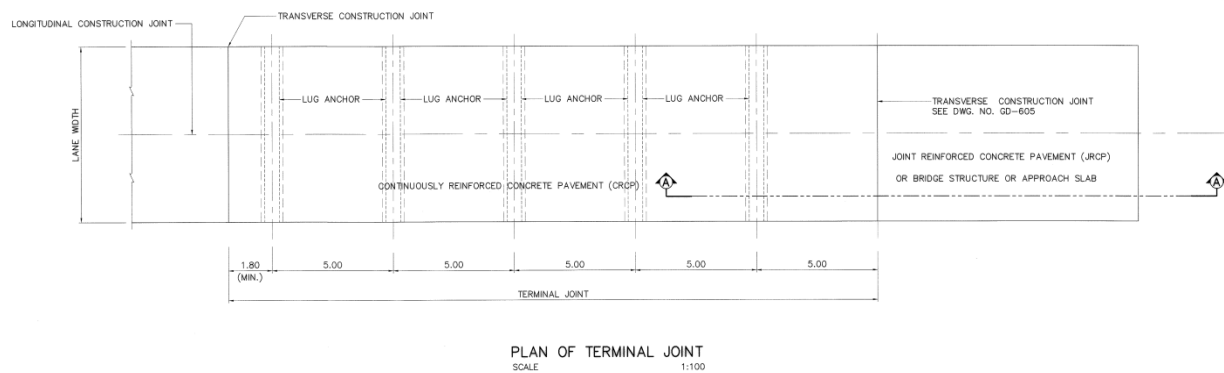
รอยต่อก่อสร้างตามขวางจะใช้ในกรณีที่การเทคอนกรีตไม่ต่อเนื่อง หากการก่อสร้างในช่วงต่อไปใช้เวลาเกิน 5 วัน จะต้องคลุมผิวคอนกรีตยาวอย่างน้อย 70 เมตร เพื่อปรับอุณหภูมิของคอนกรีตเก่าและคอนกรีตใหม่ให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันเพื่อลดแรงดึงที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างคอนกรีตเก่า และคอนกรีตใหม่



รูปที่ 9 รอยต่อก่อสร้าง ถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP)

5.5 Terminal Joint

เมื่อดำเนินการก่อสร้างถึงจุดสิ้นสุดของถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) หรือที่จุดเชื่อมต่อกับโครงสร้างสะพาน หรือ Approach Slab หรือที่จุดเชื่อมต่อกับถนนคอนกรีตแบบมีรอยต่อ (JRPC) จะต้องทำการก่อสร้าง Terminal Joint เพื่อควบคุมการเคลื่อนตัวของ CRCP รูปแบบของ Terminal Joint แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 รูปแบบ Terminal Joint ตามแบบมาตรฐาน GD-606

5.6 Bar Chair

Bar Chair ใช้เพื่อยึดเหล็กตามขวางให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ โดยจะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักของเหล็กเสริมไม่จมลงไปในช่วงทรายรองถนนคอนกรีต ไม่เกิดการเคลื่อนตัวจากกระบวนการเทคอนกรีต ซึ่งโดยปกติจะมีสองแบบคือแบบทำด้วยพลาสติก และแบบทำด้วยเหล็ก ดูรูปที่ 11 แบบมาตรฐานคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) ไม่ได้แสดงลักษณะของ Bar Chair เอาไว้ โดยให้นำเสนอโดยผู้รับจ้าง รูปที่ 12 แสดงตัวอย่าง Bar Chair ที่นำเสนอในโครงการฯ



(a) Bar Chair พลาสติก



(b) Bar Chair เหล็ก

รูปที่ 11 แสดงตัวอย่าง Bar Chair รูปแบบต่าง ๆ

(จาก <http://www.reinforcing.com.au/our-products/accessories/plastic-bar-chairs/plastic-bar-chair-combination>,
<http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/webinars/160128.pdf>)



รูปที่ 12 แสดงตัวอย่าง Bar Chair ที่ใช้ในโครงการฯ

6. ประสิทธิภาพของถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP)

ถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) ที่มีประสิทธิภาพที่ดีจะเกิดจากปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ความสม่ำเสมอของระยะระหว่างรอยแตกที่เกิดขึ้น ซึ่งควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.6 – 2.4 เมตร ซึ่งรอยแตกที่มีระยะระหว่างรอยแตกดังกล่าว จะช่วยให้รอยแตกที่เกิดขึ้นถูกจำกัดขนาดให้แคบ ทำให้คอนกรีตระหว่างรอยแตกสามารถถ่ายแรงได้ดี ลดการเกิด Punchout
2. คอนกรีตมีความหนาที่เหมาะสมกับปริมาณจราจร และมีกำลังรับแรงอัดที่เพียงพอ
3. เหล็กเสริมมีขนาดและกำลังตามข้อกำหนด และอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตามแบบ
4. วัสดุที่รองรับผิวคอนกรีต สามารถกระจายแรงได้อย่างสม่ำเสมอ ไม่ถูกกัดเซาะได้ง่าย ซึ่งในหลายหน่วยงานแนะนำให้ใช้ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต
5. ไหล่ทางและลาดคันทางได้รับการปกป้องจากความชื้น

7. การบำรุงรักษาถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP)

คอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) เป็นถนนที่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการบำรุงรักษาน้อยมาก ในที่นี้จะขอล่าถึงเฉพาะกระบวนการบำรุงรักษาโดยทั่วไป ซึ่งจะเป็นกระบวนการปรับปรุงสภาพผิว (Surface Restoration) ซึ่งเมื่อใช้งานผิวทางคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) เป็นระยะหนึ่ง (ปกติประมาณทุก 25 ปี) จะต้องทำการปรับสภาพผิวทางซึ่งถูกการขัดสีทำให้ความฝืดของถนนลดลง ซึ่งสามารถทำได้โดย

1. Retexturing Method เป็นการเจียรผิวใหม่ให้เกิดความหยาบขึ้น
2. Thin Asphalt Overlay เป็นการเสริมด้วยผิวทางแอสฟัลต์ประมาณ 5 – 10 ซม.

การเสริมผิวด้วยแอสฟัลต์บนถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) จะมีข้อดีคือจะไม่เกิดรอยแตกสะท้อนขึ้นมาผิวทางเหมือนกับในกรณีเสริมผิวแอสฟัลต์บนถนนคอนกรีตแบบมีรอยต่อ (JRPC) เนื่องจากรอยแตกบนถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) มีขนาดเล็ก และผิวทางแอสฟัลต์จะช่วยลดการเกิดการซึมของน้ำผ่านรอยแตก ทำให้ผิวทางสามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้นอีก

7. สรุปผล

บทความนี้ได้แสดงแนวคิดในการออกแบบถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) แห่งแรกของกรมทางหลวง ทล. 331 บ.เนินผาสุข – มาบเียง ตอน 1 ซึ่งเกิดความเสียหายเป็นรอยแตกกว้าง บางส่วนเสียระดับ และมีเศษวัสดุมวลละเอียดทะลักขึ้นมาตามรอยแตกของผิวทาง เมื่อฝนตกผิวทางจะลื่นเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุบ่อย และมีการร้องเรียนอยู่เสมอโดยอาจสรุปได้ดังนี้

1. ในพื้นที่ที่มีปริมาณจราจร และสัดส่วนรถบรรทุกหนักที่สูง ควรออกแบบผิวทางเป็นผิวทางคอนกรีต เพื่อขจัดปัญหาถนนเกิดร่องล้อ และความเสียหายก่อนระยะเวลาที่ได้ออกแบบไว้
2. ถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) เป็นอีกทางเลือกที่เหมาะสมกับสายทางที่มีปริมาณจราจร และสัดส่วนรถบรรทุกหนักที่สูง ถนนมีความเรียบที่ดี และประหยัดค่าบำรุงรักษา
3. กรมทางหลวงได้จัดทำแบบมาตรฐานถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) ตามแบบมาตรฐานงานทางฉบับปรับปรุงปี พ.ศ. 2558 ซึ่งได้แสดงรูปแบบรายละเอียดต่างๆ ในบทความนี้
4. ถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) สายนี้เป็นถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) สายแรกของกรมทางหลวง จึงควรติดตามผลระหว่าง และหลังการก่อสร้าง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของถนน และประเมินการออกแบบตามแบบมาตรฐาน และนำผลมาปรับปรุงการออกแบบเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการดำเนินการสูงสุด

บรรณานุกรม

1. ยงยุทธ แท้ศิริ และ ธนศักดิ์ วงศ์ธนาภิจรเจริญ (255๑) Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP) “อีกทางเลือกของถนนคอนกรีต”การสัมมนาเจ้าหน้าที่วิเคราะห์และตรวจสอบ ประจำปีงบประมาณ 2551 กรมทางหลวง
2. วีระ พลอยกระจ่าง (2552) แนวทางการปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม. 210 “มาตรฐานพื้นทางตะกรันเหล็กม่ (Crushed Slag)”การสัมมนาเจ้าหน้าที่วิเคราะห์และตรวจสอบ ประจำปีงบประมาณ 2552 กรมทางหลวง
3. อัศคพัฒน์ สว่างสุรีย์ จิรกุล บุญคำ และทวีศักดิ์ เจียมรัตน์โนภาส (2557) งานบูรณะทางหลวงหมายเลข 331 ตอน เนินผาสุก – บรรจบทางหลวงหมายเลข 331 (มาบเียง) ระหว่าง กม. 2+540 – กม. 3+357 (คันทางซ้าย) วารสารทางหลวง ฉบับที่ 2 ปี 2557
4. Department of Highways, Standard Drawings for Highway Design and Construction 2015 Revision, Department of Highways, Thailand.
5. Rasmussen R.O. Rogers, R., Ferragut, T.R. (2011) Continuously Reinforced Concrete Pavement Design & Construction Guidelines, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.
6. Havens J.H. Dean R.C. Rahal A.S. and Azevedo W.V. (1977) Cracking in Continuously Reinforced Concrete Pavements, Research Report, Division of Research Lexington, Kentucky Bureau of Highways.
7. Plei M.N. “A Note on CRCP Life-Cycle Analysis, <https://modernroads.net/blog/crcp-lifecycle-notes/>.

