รายงานฉบับที่ วว. 59 กองวิเคราะห์และวิจัย
REPORT NO. MR 59 MATERIALS & RESEARCH DIVISION

เทคนิคการลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน (REFLECTION CRACK) ในผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับบนถนนซีเมนต์คอนกรีต

โดย

สุนทร อริธชาติ

กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม
DEPARTMENT OF HIGHWAYS , MINISTRY OF COMMUNICATIONS ,
BANGKOK 4, THAILAND

เทคนิคการลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน (REFLECTION CRACK) ในผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับบนถนนซีเมนต์คอนกรีต

โดย

สุนทร อริยชาติ

รายงานฉบับที่ วว.59
กองวิเคราะห์และวิจัย
กรมทางหลวง
มิถุนายน 2524

รายงานนี้กรมทางหลวงไม่มีส่วนผูกพันแต่อย่างใด

คำนำ

วิศวกรการทางยอมรับความจริงที่ว่า ในการบูรณะก่อสร้างถนนคอนกรีตที่แตกเสียหายด้วยการปูทับด้วยผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตเพื่อยืดอายุบริการ มักจะประสบกับปัญหาการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน (reflection crack) ซึ่งปัญหานี้จะทำให้อายุบริการของถนนสั้นลงไม่คุ้มค่าที่คาดไว้ ทั้งยังต้องเสียค่าใช้จ่าย คลอดจนเวลาในการต้องคอยบำรุงรักษาซ่อมแซมหรือทำการบูรณะก่อสร้างใหม่

การใช้เทคนิคที่สามารถลดหรือกำจัดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนที่ได้ผลโดยยังคงปูทับผิวคอนกรีตเดิมที่แตกเสียหายด้วยแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่มีความหนาที่ใกล้เคียงกับความหนาที่ได้จากการออกแบบบูรณะก่อสร้างถนนผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตแบบปกติแทนวิธีการปูทับด้วยผิวซีเมนต์คอนกรีตใหม่ จะช่วยปรับปรุงคุณภาพในด้านการขับขี่ให้ดียิ่งขึ้น ลดปัญหาการสูญเสียต่างๆ ที่เกิดจากการจราจรในระหว่างก่อสร้าง การใช้วัสดุก่อสร้างและเวลาในการก่อสร้างน้อยลง เป็นการประหยัดรายจ่าย พลังงาน และทรัพยากรของชาติได้

รายงานฉบับนี้ ได้รวบรวมเทคนิคการลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนที่ได้ทดลองโดยสถาบันต่างๆ ไว้ประกอบการพิจารณา ชี้แนะปัญหา สาเหตุที่เกี่ยวข้อง และแนะนำเทคนิคที่เหมาะสมเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สนใจหรือมีหน้าที่รับผิดชอบ จะได้ศึกษาค้นคว้าและทดลองต่อไปให้กว้างขวางได้ผลดียิ่งขึ้นซึ่งอาจจะนำไปใช้แก้ไขปัญหาการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนบนผิวที่ปูทับรอยแตกของถนน คันซีเมนต์หรือแอสฟัลท์ติดคอนกรีตได้ด้วย

(นายเสริ สืบสงวน)
อธิบดีกรมทางหลวง

สารบาญ

บทคัดย่อ	ก
บทนำ	1
ความพยายามในการควบคุมการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนที่ผ่านมา	2
วิธีการและรายงานการทดลองจากที่ต่างๆ	4
การแตกบนถนนซีเมนต์คอนกรีตที่ปูทับด้วยแอสฟัลท์ติดคอนกรีต	11
รูปแบบการเคลื่อนตัวตรงรอยต่อหรือรอยแตกในถนนซีเมนต์คอนกรีต	13
การแตกของชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับบนถนนซีเมนต์คอนกรีต	18
การลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน	22
คำแนะนำในการลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน	27
หนังสือค้นคว้าและอ้างอิง	29

เทคนิคการลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน (REFLECTION CRACK) ในผิวแอสฟัลท์ที่ปิดคอนกรีตที่ปูทับบนถนนซีเมนต์คอนกรีต

* * * * * * * * * *

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้ได้ศึกษาหาวิธีที่จะลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน (Reflection Crack) ที่เกิดขึ้นบนผิวแอสฟัลท์ที่ปิดคอนกรีตที่ปูทับบนถนนซีเมนต์คอนกรีตให้ได้ผลดีที่สุด

ในการนี้ได้ทำการรวบรวมเทคนิคที่เคยทดลองโดยสถาบันต่างๆ ไว้ให้พิจารณาตลอดจนกล่าวถึง ปัญหา สาเหตุที่เกี่ยวข้อง รูปแบบการเคลื่อนตัวของรอยต่อหรือรอยแตกเดิมที่มีแนวโน้มจะส่งผลสะท้อนให้เกิดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนขึ้นบนผิวที่ปูทับ พิจารณาและเลือกเทคนิคที่คาดว่าจะได้ผล นำมาสรุปจัดทำตารางแนะนำให้เหมาะสมกับสภาพต่างๆ ไว้ให้เป็นแนวทางในการศึกษา ค้นคว้า และทดลองต่อไป

บทนำ

วิธีการหนึ่งจะยืดอายุการใช้งานของถนนซีเมนต์คอนกรีตเดิมที่แตกเสียหายโดยเสียค่าลงทุนบูรณะก่อสร้างต่ำนั้น มักจะรักษาของเดิมไว้ และทำการปูทับด้วยผิวแอสฟัลท์ติดถนนคอนกรีต เพื่อให้ได้ถนนที่มีผิวเรียบเป็นการปรับปรุงคุณภาพในด้านการขับขี่ให้ดีขึ้น อีกทั้งคิดว่าความหนาที่ปูทับที่เพิ่มขึ้นมากเพียงพอ จะทำให้ได้โครงสร้างของทางที่แข็งแรง สามารถรับปริมาณรถบรรทุกหนักที่คาดไว้ได้ อันเป็นวิธีการที่ผู้ออกแบบส่วนมากไม่ได้คาดคิดว่าจะมีปัญหาในการใช้งาน ซึ่งผลปรากฏว่า ถนนที่ได้รับการบูรณะก่อสร้างตามวิธีดังกล่าวจะพบปัญหา หลังจากเปิดการจราจรใช้งานได้สักระยะหนึ่งของอายุการใช้งานที่คาดไว้ จะเกิดการแตกที่มีลักษณะเด่นชัดอย่างหนึ่งคือ เกิดรอยแตกบนผิวที่ปูทับตรงเหนือรอยต่อหรือรอยแตกของแผ่นคอนกรีตข้างใต้ เป็นการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน (Reflection Crack) ทำให้จำเป็นต้องทำการบำรุงรักษาซ่อมแซมรอยแตกเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำไหลซึมผ่านรอยแตกเข้าไปได้ชั้นทาง เป็นการควบคุมมิให้ถนนเสียหายมากขึ้น

แต่ทุกครั้งหลังจากที่ได้ซ่อมแซมรอยแตกจะอยู่ในสภาพดีได้สักระยะหนึ่งเท่านั้น ก็จะเกิดรอยแตกขึ้นซ้ำที่เดิมอีก ต้องคอยซ่อมบำรุงรักษาซ้ำแล้วซ้ำเล่า จึงกลายเป็นปัญหาที่ผู้ออกแบบที่ดีควรคำนึงถึงเป็นอันดับแรก

จุดประสงค์ของบทความนี้ จะทำการรวบรวมศึกษาวิธีการต่างๆ ที่ผ่านมา แหรกความคิดในเชิงวิชาการ และแนะนำ เพื่อลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนให้ได้ผล ซึ่งวิธีการต่างๆ และข้อแนะนำที่อยู่ในบทความนี้เป็นเพียงแนวทางส่วนหนึ่งสำหรับผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึง เพื่อจะนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่องานบูรณะก่อสร้างทางต่อไปในอนาคต

<u>ความพยายามในการควบคุมการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนที่ผ่านมา</u>

ลักษณะที่เด่นชัดของการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนที่เกิดขึ้นตรงกับรอยต่อหรือรอยแตกข้างล่าง มีผลให้การพิจารณาหาสาเหตุมุ่งเพ่งเล็งไปในทำนองเดียวกันว่า รอยแตกที่เกิดขึ้นในชั้นผิวปูทับจะต้องเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับรอยต่อหรือรอยแตกข้างล่าง และการแตกอาจจะมีสาเหตุมาจาก มีการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกันเกิดขึ้นระหว่างแผ่นคอนกรีตที่ติดกันตรงรอยต่อหรือรอยแตก รวมทั้งอาจจะเกิดจากการเคลื่อนตัวในแนวนอน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้น ที่จะทำให้รอยต่อหรือรอยแตกข้างล่างขยับขยายและเปิดอ้าออกซ้ำแล้วซ้ำเล่าจากการขยายและหดตัวของแผ่นคอนกรีต อันเป็นผลให้เกิดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนขึ้น ปัญหาเหล่านี้เป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงและแก้ไขได้ยากซึ่งตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา สถาบันประเภทต่างๆ รวมทั้งในสหรัฐอเมริกาได้พยายามควบคุมการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนโดยทดลองก่อสร้างปูทับด้วยผิวแอสฟัลท์ที่ลดคอนกรีตด้วยวิธีการต่างๆ ที่คิดว่าจะสามารถป้องกันหรือควบคุมมิให้เกิดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนขึ้นดังที่หนังสืออ้างอิง (1) ได้รวบรวมจำแนกวิธีการต่างๆ ที่พยายามควบคุมการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนที่ผ่านมาไว้เป็น 4 กลุ่มตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 แต่ละกลุ่มมีผู้นิยมใช้แตกต่างกันพอสรุปได้ว่า กลุ่มที่ I และ II เป็นวิธีที่นิยมใช้กัน อีก 2 กลุ่มที่เหลือเป็นพวกทำเพื่อทดลองไม่ค่อยได้ใช้กันอย่างกว้างขวาง และส่วนใหญ่จะใช้วิธีการจากกลุ่มเดียวกันหรือต่างกลุ่มผสมร่วมกัน

ตารางที่ 1

วิธีการที่พยายามควบคุมการแตกสะท้อนข้างของผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ใช้ปูทับ

I เพิ่มความหนาของชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ใช้ปูทับ (overlay)

II รักษาปรับปรุงถนนซีเมนต์คอนกรีตเดิมเป็นพิเศษ

ก. ใส่คั่นกลางด้วยชั้นวัสดุพื้นทาง (กรวดหรือหินคลุก) หรือวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษ

ข. บดทับให้แผ่นคอนกรีตอยู่กับที่

ค. ทำให้แผ่นคอนกรีตแตกเป็นส่วนขนาดเล็ก

III พิจารณาออกแบบชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ใช้ปูทับเป็นพิเศษ

ก. เสริมด้วยวัสดุต่างๆ

ข. ใช้แอสฟัลท์ที่มีความแข็งเหมาะสม

ค. ใช้วัสดุผสมเพิ่มเติม

IV รักษาปรับปรุงรอยต่อและรอยแตก

ก. อุดรอยต่อของถนนซีเมนต์คอนกรีตเดิมด้วยวัสดุที่แข็ง

ข. ทำลายการยึดติดระหว่างชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตและซีเมนต์คอนกรีต

ค. ตัดทำรอยต่อในชั้นผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตให้มีรอยต่อเหมือนในชั้นซีเมนต์คอนกรีต

แต่อย่างไรก็ตาม ในการที่จะเลือกทดลองหรือใช้วิธีควบคุมการแตกสะท้อนข้างวิธีใด มีข้อคิดเห็น (2) ที่ควรคำนึงด้วยว่า วิธีนั้นๆ จะต้องเป็นวิธีที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ไม่เพียงแต่เพียงว่ามีผลทำให้สามารถควบคุมได้ผลเท่านั้น ส่วนในการประเมินผลควรพิจารณารวมถึงเรื่องต่อไปนี้ด้วยคือจะต้อง

1. ไม่ลดกำลังรับแรง เสถียรภาพ ความทนทาน หรืออายุบริการ ฯลฯ ของผิวที่ปูทับ
2. ไม่เพิ่มค่าใช้จ่ายมากเกินไป
3. ไม่ทำให้ขบวนการก่อสร้างติดขัดล่าช้า
4. ไม่ใช้ฝีมือหรือเทคนิคพิเศษมาก คือ สามารถใช้แรงงานปกติได้

วิธีการและรายงานการทดลองจากที่ต่างๆ

การทดลองควบคุมการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนวิธีต่างๆ บางวิธีก็ไม่ได้ผล บางวิธีสามารถยืดระยะเวลาการแตกได้ ส่วนใหญ่มักใช้วิธีการหลายวิธีร่วมกัน จากรายงานผลของโครงการทดลองที่เคยทดลองทั้งหมดเท่าที่ศึกษาได้ ยังไม่ได้ผลเป็นที่ยืนยันรับรองได้ว่าสามารถกำจัดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้ ส่วนมากจะแสดงออกมีความสัมพันธ์กันเปรียบเทียบไว้ และมักเป็นค่าที่มีขอบเขตจำกัดซึ่งไม่มั่นใจว่าจะนำมาออกแบบความหนาชั้นของแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ใช้ปูทับบนถนนซีเมนต์คอนกรีตที่มีการแตกร้าวมีขนาดใหญ่ไปทุกสภาพแวดล้อมได้ ทั้งนั้นจะยกอ้างอิงผลเฉพาะรายงานที่น่าสนใจประกอบเท่านั้น

เพิ่มความหนาชั้นแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ใช้ปูทับ

การเพิ่มความหนาของชั้นผิวแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ใช้ปูทับเป็นวิธีการหนึ่งที่เพิ่มความสามารถที่จะต้านการแตก หรืออย่างน้อยก็ยืดระยะเวลาการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนออกไปได้ โดยทั่วไป เมื่อยังไม่แน่ใจมักจะปูทับด้วยความหนา 2½ นิ้ว ถึง 4 นิ้ว (63.5 มม. ถึง 100 มม.) ยิ่งถ้าเพิ่มความหนามากราคาค่าก่อสร้างจะสูงขึ้นมากก้วย และในสถานที่บางแห่งไม่อาจจะยกระดับให้ได้ความหนามากได้ เนื่องจากระดับสิ่งก่อสร้างบริเวณนั้นบังคับไว้ มีผู้เคยทดลองพบว่า ความหนาขนาด 3 นิ้ว (76 มม.) จะเกิดรอยแตกสะท้อนซ้ำซ้อนมากกว่าร้อยละ 90 ของความยาวรอยต่อตามขวางภายใน 4 ปี (2) ในที่อื่นๆ พบว่าเมื่อเพิ่มความหนามากขึ้นมีแนวโน้มที่จะลดปริมาณการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้มากขึ้น จากการศึกษาก็ยังไม่พบว่าจะต้องเพิ่มความหนาเท่าใดจึงจะป้องกันการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้แน่นอน The Asphalt Institute (4) แนะนำความหนา 4½ นิ้ว (114 มม.) ผู้ตรวจสอบแห่งอื่นๆ (5) รายงานมีความหนาจนถึง 10 นิ้ว (254 มม.)

ใส่ชั้นกลางด้วยวัสดุพื้นทางหรือวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษ

การใส่ชั้นกลางด้วยชั้นวัสดุพื้นทาง เช่น กรวดหรือหินคลุก เป็นชั้นรองรับ

(cushion course) จะทำหน้าที่เป็นชั้นที่ระบายน้ำ ลดแรงเค้นบนแผ่นซีเมนต์คอนกรีต ทำลายการยึดติด (breaking bond) ระหว่างชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ใช้ปูทับกับผิวซีเมนต์คอนกรีตเดิม การใช้ชั้นรองรับนี้คิดว่าจะช่วยรับกลืน (absorb) การเคลื่อนตัวของแผ่นคอนกรีตไว้ อาจจะป้องกันการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้ ชั้นที่ใส่คั่นกลางนี้ปกติใช้หนาประมาณ 4 นิ้ว (100 มม.) หรือมากกว่าถ้าหากชั้น Subgrade ไม่แข็งแรงและชั้นซีเมนต์คอนกรีตแตกมาก ความหนาทั้งหมดรวมทั้งผิวที่เพิ่มขึ้นถ้าหากหนามากเมื่อพิจารณาแล้วอาจจะไม่เหมาะกับบริเวณที่อยู่ในตัวเมืองในปัญหาที่มีผลเสียหายต่อระดับทางเท้า ระบบการระบายน้ำเดิม หรือ สิ่งก่อสร้างถาวรอื่นๆ ที่มีอยู่แล้ว รายงานผลการตรวจสอบการใช้วัสดุชั้นพื้นทางเป็นชั้นรองรับอย่างเดียวมีน้อย ปกติมักจะใช้วิธีการนี้ร่วมกับวิธีการปรับปรุงรักษาถนนซีเมนต์คอนกรีตเดิมด้วยวิธีการต่างๆ เสียก่อนซึ่งจะได้กล่าวต่อไป อย่างไรก็ตามผลของการทดลอง (6) ได้ใช้วิธีการนี้อย่างเดียวแต่ได้ทดลองผสมกรวดในแต่ละช่วงทดลองด้วย แคลเซียมคลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์ และแอสฟัลท์ เพื่อให้รถวิ่งได้สะดวกในระหว่างก่อสร้างมีความหนา 4 นิ้ว (100 มม.) และปูทับด้วยแอสฟัลท์ติดคอนกรีตหนา 2½ นิ้ว (63.5 มม.) ผลปรากฏว่าสามารถลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้มากอย่างเห็นได้ชัดและช่วงที่ผสมด้วยแอสฟัลท์ลดการแตกได้มากที่สุด

เทคนิคอีกอย่างหนึ่งที่คิดว่าจะสามารถลดความหนาทั้งหมดได้คือ ใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษใส่คั่นกลางเป็นชั้นลดความเครียด (strain-relieving interface)

รัฐนอร์ทดาโกต้า (7) ได้ทดลองใส่ชั้น asphalt-treated sand, open-grade plant mix seal, slurry seal และ sand-rubber-asphalt emulsion ในช่วงทดลองก่อนที่จะปูทับด้วยชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตหนา 3½ นิ้ว (89 มม.) โครงการทดลองที่มีลักษณะคล้ายกันนี้ได้กำลังศึกษาทดลองอยู่ในรัฐคาลิฟอร์เนีย รัฐวอชิงตัน และที่อื่นๆ อีกด้วย

ทางหลวงรัฐอริโซน่าได้รายงาน (8) ผลการทดลองที่ได้ผลเป็นที่น่าพอใจว่าได้ใช้ยางผสมแอสฟัลท์ชั้นบางๆ (asphalt-rubber membrane) เป็นชั้นคั่นกลางช่วยป้องกันการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน ผลสรุปการทดลองหลังจาก 6 ปีให้หลัง

(1971 - 1976) สามารถลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้ทั้งคู่คือถนนเดิมที่มีผิวเป็นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตและที่มีผิวเป็นซิเมนต์คอนกรีต

<u>บดทับให้แผ่นคอนกรีตอยู่กับที่</u>

การบดทับให้แผ่นคอนกรีตอยู่กับที่เป็นวิธีการที่ใช้รถบดขนาดหนักบดทับแผ่นคอนกรีตพื้นเดิม แผ่นคอนกรีตที่เกิดการเลื่อนองต่างระดับ (Faulting) แผ่นคอนกรีตที่ปะทุโก่งตัวขึ้น แผ่นคอนกรีตที่วัสดุรองรับข้างล่างแน่นไม่เท่ากัน บดให้แผ่นคอนกรีตแนบแน่นกับวัสดุข้างล่างทุกจุด เพื่อลดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งตรงรอยต่อหรือรอยแตกของแผ่นคอนกรีตที่จะกระเดิด (rocking slab) และเป็นการปรับปรุงให้รับน้ำหนักได้มากขึ้น จะช่วยลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้

<u>ทำให้แผ่นคอนกรีตแตกเป็นส่วนขนาดเล็ก</u>

การทำให้แผ่นคอนกรีตของถนนเดิมแตกเป็นส่วนขนาดเล็กโดยใช้ลูกตุ้มทุบเจาะกระทุ้งด้วยค้อนลมหรือใช้รถขนาดหนักบดทับ เป็นวิธีหนึ่งที่คิดว่าจะลดขนาดการเคลื่อนตัวในแนวนอนที่เกิดขึ้นตามรอยต่อได้ โดยเมื่อแผ่นคอนกรีตถูกทำให้แตกเป็นแผ่นคอนกรีตขนาดเล็กแล้ว รอยแตกที่เพิ่มขึ้นแต่ละรอยเมื่อมีการเคลื่อนตัวจะมีขนาดลดลง ซึ่งคิดว่าจะทำให้การแตกสะท้อนซ้ำซ้อนเนื่องจากการเคลื่อนตัวในแนวนอนของแผ่นคอนกรีตจะลดลงด้วย

วิธีการนี้จะเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก โดยเฉพาะเมื่อเป็นแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็ก นอกจากนั้นยังเป็นการทำลายโครงสร้างที่โยงยึดคอนกรีตไว้ด้วยซึ่งจะเป็นอันตรายมาก ถ้าชั้นข้างใต้แผ่นคอนกรีตไม่แน่นแข็งแรงพอ เมื่อมีน้ำหนักมากมาจากระทำบนบริเวณนั้นจะทำให้เกิดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งระหว่างแผ่นคอนกรีตตรงรอยแตกเป็นผลทำให้เกิดรอยแตกสะท้อนซ้ำซ้อนบนผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับได้ ด้วยเหตุนี้จึงมักใช้วิธีนี้ร่วมกับการบดทับให้แผ่นคอนกรีตอยู่กับที่ ทางหลวงรัฐมิชิแกน (9) ได้ทดลองบดทับแผ่นคอนกรีตให้แตกและให้อยู่กับที่ด้วยรถบดขนาดหนัก 59 ตัน และปูทับด้วยผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตหนา 5 นิ้ว ถึง 9 นิ้ว (127 มม. ถึง 229มม.) ผลทดลอง

ปรากฏว่าในที่ซึ่งไม่ได้ใช้รถบดจะเกิดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนร้อยละ 100 ในที่ซึ่งใช้รถบดทับให้แตกและให้อยู่กับที่จะเกิดประมาณร้อยละ 70 เมื่อปูทับด้วยผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่หนาประมาณเท่ากัน ทางหลวงรัฐเท็กซัส (10) ได้ทดลองใส่วัสดุคั่นกลางเหนือรอยต่อซึ่งได้ทำให้แตกเป็นส่วนขนาดเล็ก ส่วนละประมาณ 1 ฟุต (305 มม.) จากการสำรวจเมื่อครบ 7 ปี ปรากฏว่าช่วงที่ใส่ชั้นวัสดุคั่นกลางด้วยให้ผลดีกว่าบริเวณที่ปูชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตทับโดยตรง

<u>เสริมด้วยวัสดุต่างๆ</u>

วิธีการเสริมแอสฟัลท์ติดคอนกรีตด้วยวัสดุต่างๆ นั้น เป็นวิธีการที่พยายามเพิ่มความต้านทานต่อการแตกของแอสฟัลท์ติดคอนกรีตเนื่องจากความล้า (Fatigue) อุณหภูมิและการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน โดยมีแนวความคิดว่า วัสดุแอสฟัลท์ติดคอนกรีตนั้นมีคุณสมบัติในการรับแรงดึงได้ดีมากกว่าที่จะรับแรงดึงหลายเท่านัก ทำนองเดียวกันกับวัสดุซีเมนต์คอนกรีต ดังนั้นในเมื่อซีเมนต์คอนกรีตสามารถป้องกันการแตกได้โดยเสริมเหล็กแอสฟัลท์ติดคอนกรีตก็ควรจะป้องกันมิให้แตกได้ถ้าเสริมด้วยวัสดุที่เหมาะสมช่วยรับแรงดึงมิให้เกิดการแตกเนื่องจากแรงดึงได้

ผลดีที่อาจจะได้รับจากการเสริมแอสฟัลท์ติดคอนกรีตด้วยวัสดุต่างๆ นั้นมีมากมายรวมทั้ง (11)

1. เพิ่มกำลังรับแรงดึงและเพิ่มความต้านทานต่อการแตก
2. ถึงแม้เกิดการแตกขึ้นก็ยังยึดชั้นทางนั้นให้ติดกันไว้
3. ควบคุมความสามารถในการคัดคืนตัว (Flexibility) ของชั้นทางได้มากขึ้น
4. เพิ่มความต้านทานต่อการเสียหายเนื่องจากความล้า (Fatigue Failure)
5. ทำให้ต้านทานแรงเฉือนได้ดีขึ้นเนื่องจากการเสริมต้านการยึดหรือทำให้ลดการยึดทางแนวขอบด้านข้าง
6. ประหยัดวัสดุหรือยืดอายุการใช้งาน

การใช้วัสดุเสริมในการควบคุมการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนในชั้นแอสฟัลท์ติกคอนกรีตที่ปูทับบนถนนซีเมนต์คอนกรีตนั้นได้มีการทดลองเสริมด้วยตะแกรงลวดเหล็กเชื่อมหรือตาข่ายลวดเหล็ก ทั้งแบบเป็นแผ่นหรือม้วน (6) , (12 - 16) มีตั้งแต่วางเสริมเป็นแถบสั้นๆ วางขวางหรือยึดขวางบนรอยต่อหรือรอยแตกจนถึงวางเสริมปูเป็นแผ่นทึบต่อกันตลอด ผลสำเร็จที่ได้รับจากการทดลองใช้นั้นไม่แน่นอนมีตั้งแต่ดีจนถึงเลว พบปัญหาที่เกิดระหว่างการก่อสร้าง คือ อาจเกิดรอยแตกตามขวางที่รอยต่อวางพาดของตะแกรงที่เกิดการเลื่อนตัวจากการขยายตัวของเหล็ก เมื่อถูกความร้อนของแอสฟัลท์ติกคอนกรีตขณะที่ปูทับ ต่อมาจึงใช้วิธีวางตะแกรงให้เหลื่อมกัน ผูกหรือตอกยึดหรือดึงตะแกรงให้ตึงและปูทับด้วยแอสฟัลท์ติกคอนกรีตให้หนาเสียงพอ บางแห่งเกิดตะแกรงโก่งโค้งงอเสียรูปต้องเปลี่ยนใหม่ บ่อยครั้งที่ตะแกรงมักจะสปริงตัวในระหว่างการดึงตึงและปูทับไว้ ที่รอยแตกลวดตะแกรงมักจะเกิดสนิม งอเป็นปุ่มและฉีกขาด จากปัญหาดังกล่าวทำให้การปูและบดทับด้วยเครื่องจักรทำได้ยากโดยเฉพาะตรงรอยต่อต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษ

ได้มีการทดลองเสริมด้วยแผ่นใยสังเคราะห์พวก โปลีเอสเตอร์ , ไนลอน ฯลฯ ทั้งแบบทอสานและไม่ทอสาน การทำงานของใยที่เสริมคือเพิ่มกำลังรับแรงดึงในบริเวณชั้นที่จะประกบที่ต้องการต้านแรงดึง ต้านการก่อให้เกิดรอยแตกและต้านการกระจายรอยแตกที่อาจการยึดเกี่ยวของโครงสร้าง พวกแผ่นใยสังเคราะห์เป็นวัสดุที่อ่อนตัวดัดจัดให้เรียบง่ายไม่ต้องใช้แรงดึงให้เรียบมากเท่าพวกตะแกรงลวดเหล็ก จึงไม่มีปัญหาในการปูบดทับมาก

ได้มีการทดลองในห้องปฏิบัติการ (11) เมื่อเสริมด้วยแผ่นใยสังเคราะห์สามารถเพิ่ม Stiffness, fatigue life, dynamic modulus และต้านการแตกที่อุณหภูมิต่างๆ กันได้

ผลการทดลองในสนามที่ใช้แผ่นใยสังเคราะห์เสริมแอสฟัลท์ติกคอนกรีตขณะนี้ยังไม่มีรายงาน ด้วยต้องใช้เวลาทดลองนานหลายปี

ใช้แอสฟัลท์ที่มีความแข็งเหมาะสม

ทางหลวงรัฐไอโอว่า (17) ได้ทดลองใช้แอสฟัลท์ชนิด 80 - penetration และ 115 - penetration ในการทำแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับ ผลเมื่อครบ 5½ เดือน ช่วงทดลองที่ใช้แอสฟัลท์อ่อนกว่าสามารถลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้ประมาณครึ่งหนึ่ง ของช่วงที่ใช้แอสฟัลท์แข็งกว่า (80 - penetration) ซึ่งอาจจะกล่าวว่า ความแข็ง ของแอสฟัลท์มีผลต่อการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนด้วย

ใช้วัสดุผสมเพิ่มเติม

ได้มีการทดลองใช้วัสดุผสมเพิ่มเติมใส่ในแอสฟัลท์ติดคอนกรีตให้มีความ สามารถในการคืนตัวได้มากขึ้น (increase flexibility) และเพิ่มความ สามารถในการยืดตัว เพื่อรับการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งและแนวนอนตรงรอยต่อหรือรอย แตกมิให้เกิดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนเนื่องมาจากรอยต่อหรือรอยแตกชั้นข้างล่าง

ทางหลวงรัฐแมสซาชูเซทได้ทดลองผสมด้วย ยางสังเคราะห์ , ยาง ธรรมชาติ และ emulsified rubber asphalt (18) ประมาณร้อยละ 5 ของ น้ำหนักของแอสฟัลท์ สามารถเพิ่มความยืดตัวได้แต่ผลทดลองช่วงที่ผสมยางและไม่ผสม ยางไม่แตกต่างกันคือมีการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนประมาณร้อยละ 90 ทุกช่วงทดลอง ภายใน 6 ปี การทดลองโดย the Road Research Laboratory (19) โดยผสม กับ vulcanized rubber crumbs ปูทับ ได้สรุปว่าการผสมยางในแอสฟัลท์ไม่ มีผลในการลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนให้เห็นเด่นชัด

รัฐเวอร์มอนท์ (20) ได้ปูทับด้วยแอสฟัลท์ติดคอนกรีตหนา 2¾ นิ้ว (70 มม.) แบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นปรับระดับและชั้นกลางใช้แอสฟัลท์ชนิด 120 ถึง 150 penetration และชั้นผิวใช้แอสฟัลท์ชนิด 85 ถึง 100 penetration ได้ทดลองผสมด้วยยาง neoprene จากโรงกลั่นร้อยละ 1.5 ภายหลัง 2 ปี ช่วงทดลองที่ผสมยาง neoprene เกิดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนน้อย ซึ่งรายงาน กล่าวว่าเป็นการเร็วเกินไปที่จะสรุปผลว่าจะสามารถลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้ในระยะ เวลาที่นานกว่านี้

มีหลายหน่วยงานทั้งในสหรัฐอเมริกาและยุโรปได้ทดลองผสมด้วยใยหินขนาดสั้นๆ (11) ผลสามารถเพิ่มคุณสมบัติในการรับแรงดึง ทนต่อการสึกหรอและการเกิดร่องล้อได้ดีกว่าที่ไม่ได้ผสม อย่างไรก็ตาม ไม่มีรายงานการทดลองถนนระยะเวลานานที่ได้ประเมินผลการใช้วัสดุนี้ผสมในการปูทับถนนซีเมนต์คอนกรีตเพื่อลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนในขณะนี้เลย

<u>อุดรอยต่อเดิมของถนนซีเมนต์คอนกรีตด้วยวัสดุแข็ง</u>

มีโครงการทดลองแห่งหนึ่งได้ทดลองอุดรอยต่อด้วยวัสดุแข็ง (incompressibles) เพื่อพยายามที่จะลดการเคลื่อนตัวตรงรอยต่อที่คิดว่าทำให้เกิดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน ผลปรากฏว่าเกิดการเสียหายจากการปะทุโค้งโก่งขึ้นทุกระยะห่างรอยต่อ (2)

<u>ทำลายการยึดติดระหว่างชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตและซีเมนต์คอนกรีต</u>

วิธีที่จะกระจายการเคลื่อนตัวตรงรอยต่ออาจจะกระทำได้โดยทำลายการยึดติดระหว่างชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับกับผิวซีเมนต์คอนกรีตในบริเวณที่ห่างจากรอยต่อออกไปสองข้างสักระยะหนึ่ง เพื่อรับกลืน (absorb) การเคลื่อนตัวของรอยต่อทำให้เกิดการเคลื่อนตัวในชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตน้อยลงซึ่งคิดว่าการเกิดรอยแตกสะท้อนซ้ำซ้อนเนื่องจากการเคลื่อนตัวจะลดลง

The Road Research Laboratory (19) ได้ทดลองใช้แถบแผ่นโลหะเรียบหรือขยายตัวได้ใส่ระหว่างชั้นซีเมนต์คอนกรีตและแอสฟัลท์ติดคอนกรีต ผลปรากฏว่าการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนลดลงเล็กน้อยแต่ช่วงที่แตกแล้วจะเกิดแตกหลุดเสียหายร้ายแรงมาก

ได้มีการทดลองใช้วัสดุต่างๆ ใส่ระหว่างชั้นซีเมนต์คอนกรีตและแอสฟัลท์ติดคอนกรีตเพื่อทำลายการยึดระหว่างชั้นตรงบริเวณรอยต่อ (21) ซึ่งถนนเดิมเป็นซีเมนต์คอนกรีตรับปริมาณการจราจร 28,000 คันต่อวัน มีปริมาณรถบรรทุกร้อยละ 36 และได้ทำการอุดร่องใต้แผ่นคอนกรีต (subseal) เรียบร้อยก่อนหน้ามาแล้ว 2 ถึง 3 ปี ได้ใช้วัสดุทำลายแรงยึดติดชั้นบางๆ กว้าง 18 นิ้ว (457 มม.) เป็น

แถบคลุมรอยต่อ การปูชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตทับประกอบด้วยชั้นปรับระดับที่ส่วนผสมใช้แอสฟัลท์ชนิด 85 ถึง 100 - penetration และผิวหนา 2 นิ้ว (50 มม.) ซึ่งส่วนผสมของผิวใช้แอสฟัลท์ชนิด 200 ถึง 300 - penetration ผลทดลองภายใน 4 ปี ปรากฏว่า การแตกสะท้อนซ้ำซ้อนเกิดขึ้นในแต่ละช่วงแตกต่างกัน ในช่วงที่ไม่ได้ทำการทำลายแรงยึดติดระหว่างชั้น จะเกิดการแตกในชั้นผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับบนรอยต่อทันที ส่วนในช่วงซึ่งใช้หินฝุ่นเป็นวัสดุทำลายการยึดติด (bond breaker) ไม่เกิดการแตกเลยภายใน 4 ปีนั้น ในปัจจุบันได้มีผลิตภัณฑ์ที่ผลิตพิเศษเป็นแผ่นบาง (membrane) ใช้สำหรับทำลายการยึดติดโดยเฉพาะ

<u>ตัดทำรอยต่อในชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตใช้มีรอยต่อเหมือนในชั้นซีเมนต์คอนกรีต</u>

มีโครงการหนึ่งได้ทดลองควบคุมการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนโดยทำการตัดรอยต่อขนาดกว้าง $\frac{3}{8}$ นิ้ว (9.5 มม.) ในชั้นผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับเหนือรอยต่อของชั้นซีเมนต์คอนกรีต (22) ความลึกของรอยต่อที่ตัดมีตั้งแต่ขนาดลึก $\frac{1}{2}$ นิ้ว ถึง $1\frac{1}{2}$ นิ้ว (12.7 มม. ถึง 44.5 มม.) และรอยต่อทั้งหมดปิดทับด้วยวัสดุแอสฟัลท์ผสมยางชนิดเหลวบน วิธีนี้ไม่ได้ลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนแต่ยืดระยะเวลาในการซ่อมบำรุงผิวที่ปูทับออกไปได้ระยะเวลาหนึ่ง

การรวบรวมประสบการณ์ วิชาการ และรายงานการทดลองจากที่ต่างๆ ที่นำมาในการพยายามใช้วิธีการนั้นๆ ควบคุมการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนของผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ใช้ปูทับบนถนนซีเมนต์คอนกรีตเดิมนั้น ได้รวบรวมไว้เพื่อเป็นพื้นฐานและแนวทางในการศึกษาพิจารณาเลือกจุดเด่นของวิธีการที่ค้นข้างได้ผสมประสานให้เหมาะสมเข้ากับสภาพของถนนและสิ่งแวดล้อมซึ่งอาจจะนำมาใช้ได้อันเป็นประโยชน์ในการออกแบบแนะนำ หรือวางแผนหาวิธีการควบคุมการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนให้ได้ผลดียิ่งขึ้นต่อไป ซึ่งผู้เขียนได้เสนอคำแนะนำเทคนิคที่น่าสนใจไว้ในตอนท้ายๆ ของรายงานฉบับนี้ให้ศึกษาต่อไป

<u>การแตกบนถนนซีเมนต์คอนกรีตที่ปูทับด้วยแอสฟัลท์ติดคอนกรีต</u>

โดยทั่วไป ถนนที่ก่อสร้างเสร็จเพิ่งใช้งานเกิดแตกเสียหาย จำเป็นต้อง

ตรวจสอบสาเหตุ เพื่อหาวิธีแก้ไขซ่อมบำรุงให้ถูกต้องซึ่งบางครั้งอาจจะถึงขั้นต้องทำการบูรณะก่อสร้างใหม่

แสงอาทิตย์ ฝน ความชื้นในดิน และ ปริมาณการจราจร เป็นตัวการสำคัญที่เมื่อร่วมกันกระทำต่อถนนจะก่อปัญหาต่างๆ ซับซ้อนมากมายในอันที่จะทำลายถนน เช่น การหดตัวของดินถมคันทาง การหดตัวหรือขยายตัวของวัสดุก่อสร้างในส่วนต่างๆ ของทาง การเปลี่ยนรูปของรันทางเนื่องจากน้ำหนักบรรทุก การล้าตัวของผิวทาง การบรรทุกเกินปีกำหนด ฯลฯ นอกจากปัญหาดังกล่าว อาจจะมีปัญหาที่มีส่วนร่วมในการที่จะทำให้ถนนเสียหายก่อนเวลาที่คาดหมายจากสาเหตุ เช่น การออกแบบ คุณสมบัติของวัสดุก่อสร้าง วิธีการก่อสร้าง ฯลฯ ไม่สอดคล้องกับความต้องการหรือข้อกำหนด

ปัญหาที่เกิดจากสาเหตุต่างๆ มากมายดังเช่นที่ยกตัวอย่างไว้นั้น จะทำให้การพิจารณาหาสาเหตุของถนนเสียหายตามหลักวิชาการค่อนข้างยุ่งยากและใช้เวลามาก บางครั้งยากที่จะระบุสาเหตุทั้งหมดได้แน่นอน เว้นแต่จะเกิดจากสาเหตุบางอย่างที่แสดงลักษณะการเสียหายไว้อย่างเด่นชัดและมีข้อมูลสนับสนุนสมมุติฐานนั้นๆ ด้วย

ในถนนซีเมนต์คอนกรีต ได้มีการออกแบบให้มีรอยต่อไว้เป็นระยะๆ สำหรับควบคุมการแตก โดยมีร่องรอยต่อเผื่อไว้สำหรับการหดตัวหรือขยายตัวของแผ่นคอนกรีตจากสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้น ตรงรอยต่อจะจัดให้มีระบบการถ่ายน้ำหนักการจราจรจากแผ่นหนึ่งไปสู่อีกแผ่นหนึ่งที่ติดไว้ เพื่อให้คอนกรีตบริเวณรอยต่อ และเหล็ก dowel สามารถรับแรงเฉือนและแรงดัดที่มากระทำได้โดยปราศจากการเสียหาย ระบบการถ่ายน้ำหนักและรอยต่อต้องออกแบบให้สามารถปรับขยับตัวได้สอดคล้องกับการเคลื่อนตัวสรงรอยต่อ เพื่อมิให้เกิดการหักหักที่อาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดรอยต่อแตกกระเทาะเสียหาย

การที่จำเป็นต้องมีรอยต่อที่สามารถขยับตัวได้กลายเป็นจุดอ่อนของถนนซีเมนต์คอนกรีตซึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้น หรือรับน้ำหนักการจราจรจะเกิดการขยับตัวตรงรอยต่อซ้ำๆ ซาก ๆ ประกอบกับเกิดปัญหาต่างๆ ที่มีส่วนร่วมในการที่จะทำให้รอยต่อเสียหายได้ง่าย เช่น มีเม็ดวัสดุแทรกลงไปในรอยต่อ วัสดุอุดรับรอยต่อเสียหาย

น้ำซึมเข้ารอยต่อได้ พื้นที่รองรับรอยต่อไม่แข็งแรงหรือเคลื่อนตัวได้ง่าย ฯลฯ ทำให้เกิดการแตกบริเวณรอยต่อ ถ้าไม่บำรุงรักษาซ่อมแซมรอยต่อปล่อยไว้จะเกิดการแตกเสียหายลุกลามจนถนนไม่อาจรับการจราจรได้ แต่ถ้าทำการบูรณะก่อสร้างโดยปูทับด้วยผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตแบบทั่วไปจะเกิดการแตกขึ้นก่อน ครบอายุใช้งานและรอยแตกเกิดตรงตามรอยต่อหรือรอยแตกเดิมของถนนซีเมนต์คอนกรีตข้างล่าง เป็นการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนจึงทำให้พอสรุปได้ว่าย่อมมีสาเหตุมาจากผลกระทำของรอยต่อหรือรอยแตกของถนนซีเมนต์คอนกรีตข้างล่าง โดยที่คุณสมบัติในการยืดหยุ่นหรือกำลังรับแรงดึงของชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับอย่างใดอย่างหนึ่งมีไม่เพียงพอที่จะตอบสนองได้จึงทำให้เกิดการแตกเสียหายขึ้น

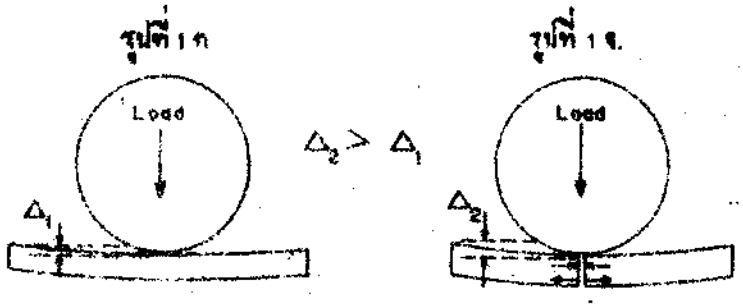
<u>รูปแบบการเคลื่อนตัวตรงรอยต่อหรือรอยแตกในถนนซีเมนต์คอนกรีต</u>

โดยที่รอยต่อหรือรอยแตกในถนนซีเมนต์คอนกรีตมีพื้นหน้ารอยต่อหรือรอยแตกแยกจากกันและค่อนข้างอยู่ในแนวตั้ง จึงทำให้รูปแบบการเคลื่อนตัวตรงรอยต่อหรือรอยแตกในถนนซีเมนต์คอนกรีต มีแนวโน้มที่จะเป็นไปในรูปที่สามารถเคลื่อนตัวจากสาเหตุต่างๆ ได้ในแนวดิ่งและในแนวนอน นอกจากนั้นอาจจะมีรอยต่อหรือรอยแตกที่มีรูปร่างลักษณะการแตกที่ไม่แน่นอน เช่นการแตกกระเทาะ ฯลฯ รวมอยู่ด้วย จึงอาจจะแบ่งการเคลื่อนตัวตรงรอยต่อหรือรอยแตกที่น่าจะเกิดขึ้นได้ออกเป็นแบบธรรมดาทั่วไปได้เป็นแบบปกติการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง การเคลื่อนตัวในแนวนอน และการเคลื่อนตัวที่มีรูปแบบไม่แน่นอน แต่อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาถึงสาเหตุที่เกี่ยวข้องด้วย เพื่อทำให้เข้าใจปัญหาได้ง่ายขึ้น ในการนี้จะเป็นการสะดวกถ้าหากจะแยกพิจารณาการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง การเคลื่อนตัวในแนวนอน และการเคลื่อนตัวที่มีรูปแบบไม่แน่นอน ออกไปถึงรูปแบบการเคลื่อนตัวตรงรอยต่อหรือรอยแตกขณะเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก (load) และเมื่อไม่มีน้ำหนักบรรทุก (unload) ที่จะมีแนวโน้มทำให้เกิดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนขึ้นมากหรือน้อยได้ซึ่งจะกล่าวดังต่อไปนี้

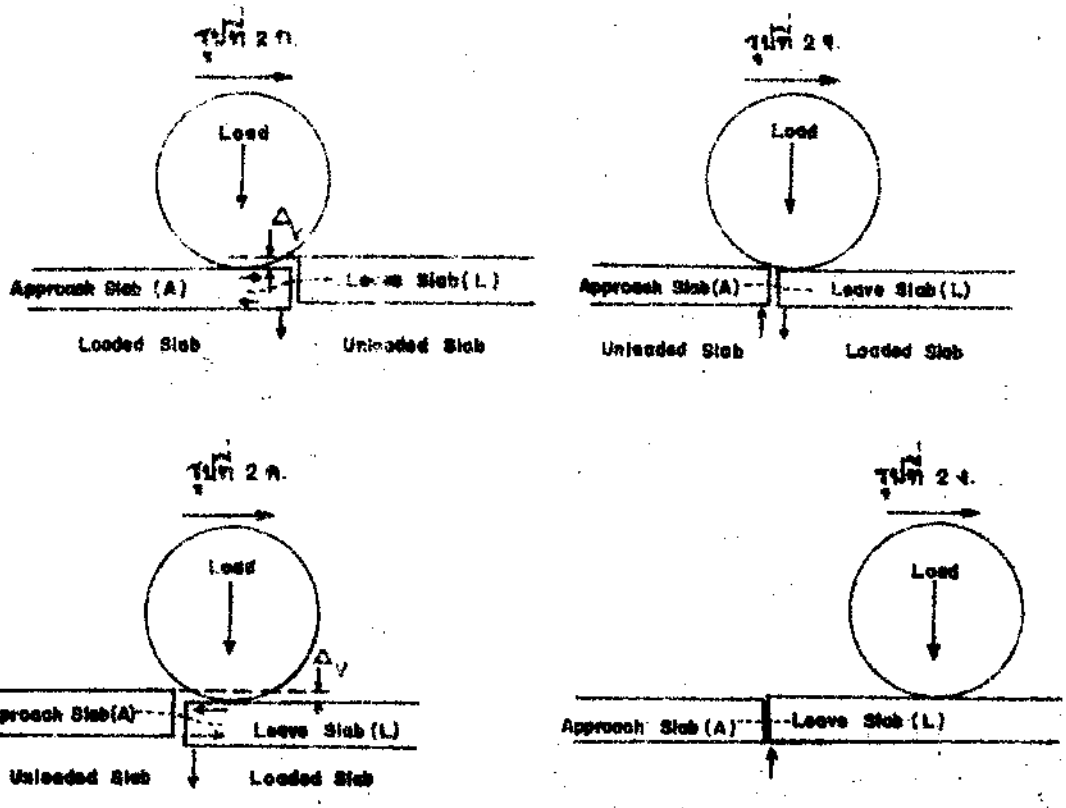
เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก (load)

เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกกระทำลงบนแผ่นคอนกรีต (รูปที่ 1 ก) แผ่นคอนกรีตจะแอ่นตัวได้ เกิดรูปแบบการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งซึ่งเป็นรูปแบบการเคลื่อนตัวที่เกิดในถนนทั่วไป ในถนนคอนกรีต รอยต่อหรือรอยแตกระหว่างแผ่นคอนกรีตจะเป็นจุดที่อ่อนแอที่สุดของชั้นทางถนนคอนกรีตดังนั้นเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกกระทำบนรอยต่อ (รูปที่ 1 ข) ย่อมจะแอ่นตัวได้มากกว่าเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกบนกึ่งกลางแผ่นคอนกรีต(รูปที่ 1 ก) ย่อมแสดงว่ารูปแบบการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งจะมีมากตรงรอยต่อทำให้รอยต่อหรือรอยแตกส่วนบนเคลื่อนขยับชิดและรอยต่อหรือรอยแตกส่วนล่างเปิดอ้าออก เมื่อเอาน้ำหนักบรรทุกออกก็จะเคลื่อนตัวในทิศทางกลับกันขยับตัวเข้าที่เดิม

ประการที่สำคัญที่สุดที่อาจจะเป็นองค์ประกอบที่วิกฤติต่อการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้คือ เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกวิ่งมาอยู่บนปลายแผ่นคอนกรีตที่รถวิ่งเข้ารอยต่อหรือรอยแตก (Approach slab A) ตอนปลายแผ่นคอนกรีตที่รถวิ่งเข้าหารอยต่อหรือรอยแตก (A) เมื่อรับน้ำหนักจะแอ่นตัวมากกว่าปลายแผ่นคอนกรีตที่รถจะวิ่งจากรอยต่อหรือรอยแตก (Leave slab L) ซึ่งไม่ได้รับน้ำหนักโดยตรง (รูปที่ 2 ก) เกิดรูปแบบการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกัน เมื่อน้ำหนักบรรทุกเคลื่อน เข้าหารอยต่อหรือรอยแตกจะเกิดรูปการเคลื่อนตัวดังที่กล่าวมาแล้วในรูปที่ 1 ข แต่ขณะที่น้ำหนักบรรทุกเคลื่อนพ้นปลายแผ่นคอนกรีตที่รถวิ่งเข้าหารอยต่อหรือรอยแตก (A) ข้ามรอยต่อหรือรอยแตกไปอยู่บนปลายแผ่นคอนกรีตที่รถจะวิ่งจากรอยต่อหรือรอยแตก (L) ปลายแผ่นคอนกรีตที่รถจะวิ่งจากรอยต่อหรือรอยแตก (L) จะแอ่นตัวเนื่องจากได้รับน้ำหนักบรรทุกโดยตรง ในเวลาเดียวกันปลายแผ่นคอนกรีตที่รถวิ่งเข้าหารอยต่อหรือรอยแตก (A) จะแอ่นคืนตัวกลับทำให้เกิดรูปแบบการเคลื่อนตัวสวนทางกันตรงรอยต่อหรือรอยแตกได้ (รูปที่2 ข) และเมื่อปลายแผ่นคอนกรีต (A) แอ่นคืนตัวกลับเข้าสู่ระดับที่ไม่อาจคืนตัวต่อไปได้แล้วแต่ปลายแผ่นคอนกรีต (L) จะยังคงแอ่นตัวอีกเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกยังคงอยู่บนปลายแผ่นคอนกรีต (L) จะเกิดรูปแบบการเคลื่อนตัวแนวดิ่งที่ต่างกัน (รูปที่ 2 ค) เมื่อน้ำหนักบรรทุกวิ่งพ้นจากบริเวณปลายแผ่นคอนกรีต (L) ออกไปจากน้ำหนักบรรทุกไม่มีอิทธิพลต่อรอยต่อและ



รูปที่ 1 การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง



รูปที่ 2 การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกัน

รอยแตกแล้ว ปลายแผ่นคอนกรีต (L) จะคืนตัวกลับสู่ตำแหน่งเดิม (รูปที่ 2ง) ขณะเดียวกันปลายคอนกรีต (A) ก็จะคืนตัวกลับสู่ตำแหน่งเดิมเช่นกัน

อนึ่งรอยต่อตามขวางจะมีร่องรอยต่อหรือรอยตัดใส่วัสดุปิดทับที่สามารถกดอัดได้ (compressible) เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกวิ่งข้ามรอยต่อจะสดุดตรงรอยต่อ (ขนาดการสดุดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างของร่องรอยต่อ ความเรียบร้อยของรอยต่อ ความสามารถในการรับน้ำหนักของแผ่นคอนกรีต ความสามารถของระบบถ่ายน้ำหนัก ฯลฯ) ทำให้น้ำหนักบรรทุกที่กระทำทันทีลงบนปลายแผ่นคอนกรีตที่รถจะวิ่งจากรอยต่อ (L) มีขนาดแตกต่างมากกว่าน้ำหนักบรรทุกที่ค่อยๆ กระทำบนปลายแผ่นคอนกรีตที่รถวิ่งเข้าหารอยต่อ (A) เป็นการสนับสนุนที่จะทำให้เกิดมีการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกัน (รูปที่ 2 ค) ดังกล่าวได้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าหากวัสดุที่รองรับแผ่นคอนกรีตบริเวณรอยต่อไม่แน่นหรือเปลี่ยนรูปได้ง่าย เมื่อถูกน้ำหนักบรรทุกกระแทกบดอัดซ้ำๆซากๆ เกิดทรุดตัวเป็นผลให้เกิดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งหรือแนวดิ่งที่ต่างกัน การขยับขยิดหรืออ้าออกของรอยต่อหรือรอยแตกในขนาดที่มากขึ้นได้

ตามปกติ ขนาดและความสัมพันธ์ของการเคลื่อนตัวไม่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการถ่ายน้ำหนักของรอยต่อและรอยแตกแบบต่างๆ ที่อาจจะมีหรือไม่มีเหล็ก dowel bars หรือ tie bars หรือเหล็กเสริมและผิวหน้ารอยแตกที่มีการขัดกันของเม็ดวัสดุ (aggregate interlock) ที่จะรับแรงเฉือนและโมเมนต์ในการถ่ายน้ำหนักตรงรอยต่อหรือรอยแตกเท่านั้น ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่นๆ อีกหลายอย่าง เช่น จำนวน ขนาดและตำแหน่งที่น้ำหนักบรรทุกมากระทำ ความหนาของแผ่นคอนกรีต รูปแบบของรอยต่อหรือรอยแตก คุณสมบัติของวัสดุของรับแผ่นคอนกรีต การเสื่อมสภาพของวัสดุและสภาพแวดล้อมต่างๆ ฯลฯ

โดยทั่วไป รอยต่อหรือรอยแตกเก่าที่รับการจราจรมานานมากหรือมีสภาพเสื่อมเสียหาย จะมีขนาดและความสัมพันธ์ของการเคลื่อนตัวตรงรอยต่อหรือรอยแตกที่แตกต่างสูงมากกว่ารอยต่อหรือรอยแตกใหม่ทั้งนี้โดยมีน้ำหนักบรรทุกเป็นตัวการร่วมที่สำคัญ

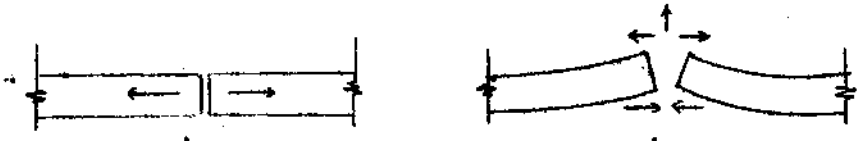
เมื่อไม่มีน้ำหนักบรรทุก (unload)

เมื่อแยกพิจารณาในแง่ที่ไม่มีน้ำหนักบรรทุกเกี่ยวข้อง การเคลื่อนตัวของรอยต่อหรือรอยแตกจะเกิดขึ้นได้เนื่องจากมีการเปลี่ยนปริมาตรของวัสดุด้วยสาเหตุที่นับว่าสำคัญดังนี้

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

การเคลื่อนตัวของรอยต่อหรือรอยแตกของแผ่นคอนกรีตที่มีอุณหภูมิเป็นตัวนำนั้นโดยปกติจะพิจารณาใน 2 รูปแบบคือ

ก) เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ในอุณหภูมิเฉลี่ยของแผ่นคอนกรีตซึ่งจะทำให้แผ่นคอนกรีตหดตัวและขยายตัวเนื่องจากการเปลี่ยนอุณหภูมิของแผ่นคอนกรีตทำให้เกิดรูปแบบการเคลื่อนตัวตรงรอยต่อหรือรอยแตกในแนวนอน (ตามรูปที่ 3 ก)



รูปที่ 3 ก

รูปที่ 3 ข

รูปที่ 3 การเคลื่อนตัวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ข) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในอุณหภูมิเฉลี่ยของแผ่นคอนกรีต เช่น ร้อนจัดในเวลากลางวันไปเป็นเย็นจัดในตอนกลางคืน และกลับกัน จะทำให้แผ่นคอนกรีตโค้งและหย่อตัวได้ เนื่องจากการลดหลั่นของอุณหภูมิในชั้นความหนาของแผ่นคอนกรีต ทำให้เกิดรูปแบบการเคลื่อนตัวตรงรอยต่อหรือรอยแตกในแนวดิ่ง (ตามรูปที่ 3 ข) ปลายแผ่นคอนกรีตส่วนบนจะขยับออกและปลายล่างจะขยับชิดในตอนกลางคืนและกลับกันในตอนกลางวัน

การเปลี่ยนแปลงของวัสดุข้างใต้

การเปลี่ยนแปลงของวัสดุข้างใต้ เช่น การทรุดตัว การบวมตัว ของวัสดุถมหรือใต้คันทางบางตอนของถนนสาเหตุต่างๆ ทำให้รอยต่อหรือรอยแตกบริเวณที่ทรุดตัวจะเกิดรูปแบบการเคลื่อนตัวลงในแนวดิ่งปลายแผ่นคอนกรีตส่วนบนจะขยับชิดและปลายล่างจะ

ขยับออก และจะเกิดในทิศทางกลับกันในบริเวณที่มีการบวมตัว ในบริเวณตามเกี่ยวอาจจะเกิดรูปแบบการเคลื่อนตัวในแนวนอนได้ง่าย

<u>การเคลื่อนตัวที่มีรูปแบบไม่แน่นอนเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกและไม่มีน้ำหนักบรรทุกเกี่ยวข้อง</u>

ถนนคอนกรีตที่มีการแตกตามยาวและตามขวางติดต่อกันจนกลายเป็นแผ่นคอนกรีตขนาดเล็ก การแตกที่มีรูปแบบไม่แน่นอน เช่นการแตกเป็นแผ่นเว้าเข้าขอบทางและการแตกกระเทาะ (spalling) บริเวณรอยต่อ ฯลฯ อาจจะมีผิวหน้ารอยแตกในแนวเฉียงนั้น ในกรณีที่มีน้ำหนักบรรทุกและไม่มีน้ำหนักบรรทุกเกี่ยวข้อง การเคลื่อนตัวตรงรอยแตกเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับตำแหน่ง ขนาด และทิศทางที่มีน้ำหนักบรรทุก หรือการเคลื่อนตัวเนื่องจากเปลี่ยนรูปของวัสดุข้างใต้มากระทำซึ่งอาจจะทำให้เกิดมีการกระดกตัวเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง ในแนวเฉียง ในแนวนอนผสมกันได้แต่จะเป็นรูปแบบที่ไม่แน่นอนแล้วแต่การเปลี่ยนแปลงในตำแหน่ง ทิศทางและขนาดของแรงที่มากระทำแต่ละครั้ง

<u>การแตกของชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับบนถนนซีเมนต์คอนกรีต</u>

การแตกของชั้นผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับบนถนนคอนกรีตนั้นเกี่ยวข้องกับความเค้น (stress) และสัมพันธ์กับความเครียด (strain)ในชั้นผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับซึ่งเกิดจากผลของการเคลื่อนตัวของแผ่นคอนกรีตและรอยต่อหรือรอยแตกระหว่างแผ่นคอนกรีต ในรูปแบบและโดยองค์ประกอบต่างๆ ดังได้กล่าวมาแล้ว ในหัวข้อเรื่องรูปแบบการเคลื่อนตัวตรงรอยต่อหรือรอยแตกในถนนซีเมนต์คอนกรีต

ปัญหาต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความเครียดเหล่านี้อาจจะแบ่งออกเป็นแบบทั่วไปได้ 3 อย่างตามลำดับความสำคัญดังนี้

1. การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกัน (differential vertical movement) ระหว่างส่วนที่อยู่ใกล้ชิดติดกัน

2. การแตกของชั้นผิวที่ปูทับจากการกระทำของแรงเค้นดึงโดยตรง (direct tensile stresses)

3. การแตกของชั้นผิวทางที่ปูทับเนื่องจากผลของการเกิดแรงเค้นดัดคืนตัวซ้ำๆ ซากๆ (repeted flexural stresses)

พูดให้เข้าใจได้ง่ายคือเป็นเพราะคุณสมบัติในการยืดหยุ่นหรือกำลังรับแรงดึงของชั้นผิวที่ปูทับอย่างใดอย่างหนึ่งไม่เพียงพอที่จะรับความเค้นและความเครียดที่เป็นผลมาจากการเคลื่อนตัวของแผ่นคอนกรีตและรอยต่อหรือรอยแตกข้างล่างได้

<u>การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกันระหว่างส่วนที่อยู่ใกล้ชิดติดกัน</u>

การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกันตรงรอยต่อหรือรอยแตกของแผ่นคอนกรีตข้างใต้ชั้นที่ปูทับ เชื่อกันว่าอาจจะเป็นองค์ประกอบที่วิกฤติในการทำให้เกิดแตกสะท้อนซ้ำซ้อนขึ้นในชั้นที่ปูทับดังกล่าวคือ

จากการศึกษารายงานที่พบมามีข้อสังเกตุว่า การแตกสะท้อนซ้ำซ้อนมักจะเกิดในจุดหรือด้วยสาเหตุที่ทำให้ง่ายต่อการเกิดเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกันในชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับ เช่น เกิดตรงกับรอยต่อหรือรอยแตกตามขวาง ในบางสายเกิดในช่องจราจรที่มีน้ำหนักบรรทุกหนักก่อน ในกรณีที่ทดลองบดทับแผ่นคอนกรีตเดิมให้แตกเป็นแผ่นขนาดเล็กแล้วไม่ได้บดทับให้แน่นอยู่กับที่ก่อนที่จะปูทับอาจจะเกิดการกระดกตัวได้เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกมากระทำบนปลายแผ่นคอนกรีต จะมีอัตราการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนมากกว่าที่ได้ทำการบดทับให้แผ่นคอนกรีตอยู่กับที่และจากรูปที่อธิบายถึงรูปแบบการเคลื่อนตัวจะเห็นได้ว่าถ้าหากสมมุติว่าไม่มีการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกันแล้ว มีแต่การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในถนนทั่วไป การแตกของผิวทางก็ควรจะมีลักษณะแตกเกิดทั่วไปเนื่องจากความล้า (fatigue cracking) ในระยะเวลาที่อายุของชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับจะรับได้

เมื่อพิจารณาถึงเรื่องรูปแบบการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกันให้ละเอียดยิ่งขึ้นจะเห็นได้อีกว่า ถ้าหากเกิดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกันได้แล้ว จะเกิดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่สวนทางกันประกอบเสมอ เป็นผลทำให้เกิดการเฉือน (shear) และการดัดกลับไปมา (reverse bending) ขึ้นสะท้อนสู่ชั้นผิวที่ปูทับและเมื่อเกิดซ้ำๆซากๆ จะทำให้เกิดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนขึ้นในผิวทางนั้น

ข้อความที่กล่าวมาทั้งหมดพอเพียงที่จะสนับสนุนความคิดที่ว่าการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนเกิดจากการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่ง

รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการทดลองให้เห็นถึงการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกัน โดยใช้ Benkelman beam ในการทดลองได้จัดให้น้ำหนักล้อรถอยู่บนปลายแผ่นคอนกรีต และวาง Benkelman beam บนแผ่นคอนกรีตอีกด้านหนึ่งให้ Probe อยู่ระหว่างกึ่งกลางล้อที่จุดห่างจากขอบรอยต่อประมาณ 1นิ้ว ให้ล้อรถเคลื่อนที่ช้าๆ ไปหยุดที่ห่างจากจุดทดลองในระยะต่างๆ บันทึกค่า rebound ที่จุดต่างๆ ที่รถหยุดแล้วเคลื่อนไปจนกระทั่งห่างจากจุดทดลองมากพอที่น้ำหนักล้อรถจะไม่มีอิทธิพลต่อจุดทดลองนั่นคือ rebound จะไม่เพิ่มขึ้นอีกซึ่งค่านี้จะเป็นค่า Apparent deflection ที่ปลายแผ่นคอนกรีตที่สามารถเคลื่อนตัวได้มากที่สุดเมื่อน้ำหนักล้อรถที่ใช้ทดลองอยู่บนปลายแผ่นคอนกรีตนั้น เมื่อทราบค่า deflection สูงสุดและค่า rebound ที่จุดต่างๆ สามารถคำนวณหาค่า deflection ที่จุดต่างๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำหนักล้อรถอยู่ที่ปลายแผ่นคอนกรีตด้านนั้นได้ ทดลองเช่นเดียวกันนี้อีกบนแผ่นคอนกรีตอีกด้านหนึ่งของรอยต่อในทิศทางตรงกันข้าม

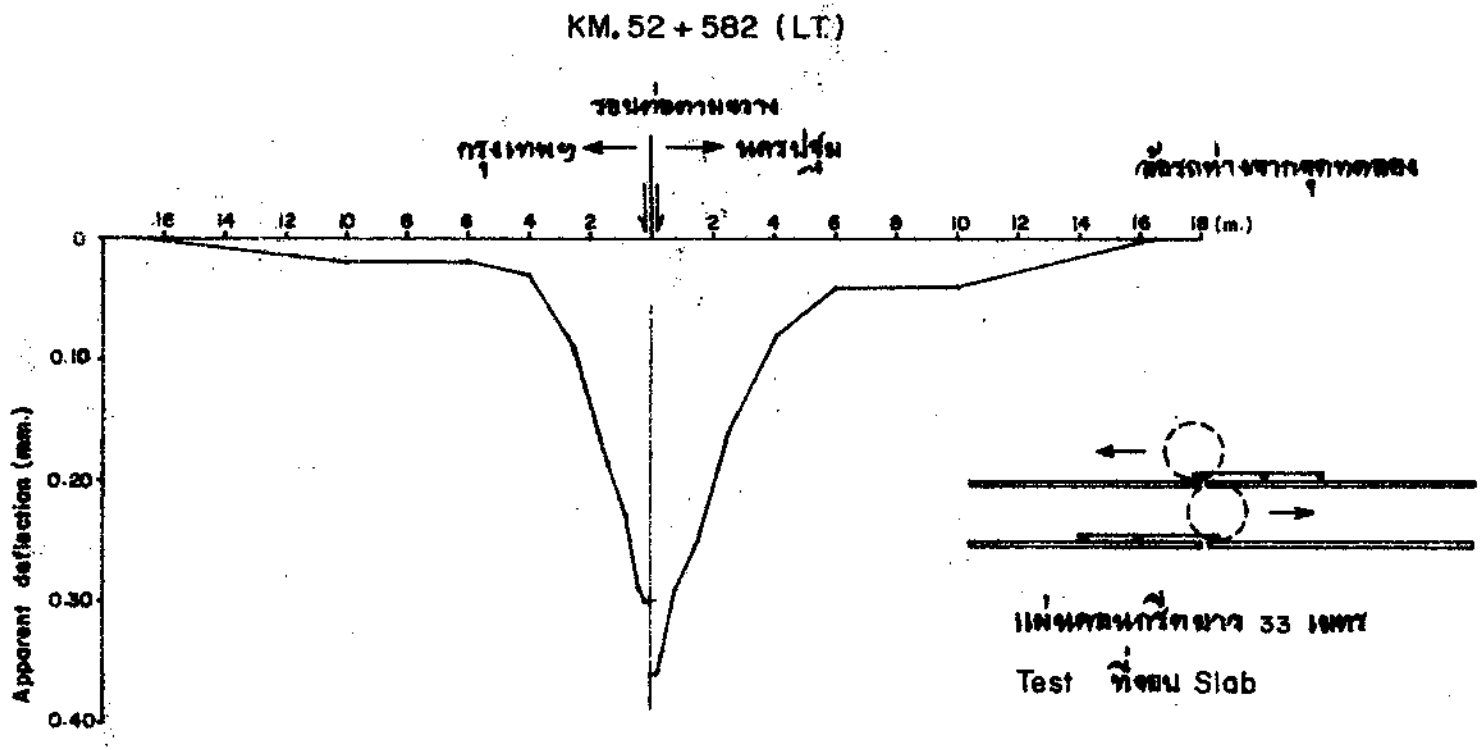
เมื่อนำค่าต่างๆ มา plot เปรียบเทียบดังรูปแสดงจะเห็นว่าปลายแผ่นคอนกรีตทั้งสองเคลื่อนตัวในแนวดิ่งได้ไม่เท่ากันย่อมจะเกิดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกันได้ เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกวิ่งผ่านข้ามรอยต่อ

<u>การแตกของชั้นผิวที่ปูทับเนื่องจากการกระทำของแรงเค้นดึงโดยตรง</u>

รูปแบบการเคลื่อนตัวในแนวนอน การขยับชิดหรือเปิดอ้าออกของส่วนบนหรือล่างของแผ่นคอนกรีตตรงรอยต่อหรือรอยแตกของแผ่นคอนกรีตข้างใต้ผิวที่ปูทับเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ น้ำหนักบรรทุก การเคลื่อนตัวของวัสดุข้างใต้ จะก่อให้เกิดการสะท้อนแรงเค้นดึงโดยตรงขึ้นในชั้นผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับได้ซึ่งการแตกเสียหายอาจจะมาจากผลของ

ก. คุณสมบัติ viscoelastic ของแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับเช่นที่อุณหภูมิต่ำเกินขีดจำกัดความยืดหยุ่น (elastic limit) ของมัน

ข. การเคลื่อนตัวดังกล่าวมีขนาดมากจนทำให้เกิดแรงเค้นดึงในชั้นผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับเกินขีดความสามารถที่แอสฟัลท์ติดคอนกรีตจะรับแรงดึงได้



รูปที่ 4 การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกัน

ค. การเกิด oxidation และปฏิกริยาทางเคมีอื่นๆ ทำให้ลดขีดจำกัดความยืดหยุ่น (elastic limit) ของแอสฟัลท์ติคคอนกรีต จึงอาจจะเกิดการแตกได้จากผลของการเคลื่อนตัวดังกล่าวกลับไปมาซ้ำๆซากๆ ในลักษณะที่แตกเสียหายเนื่องจากความล้า

<u>การแตกของชั้นผิวทางเนื่องจากผลของการเกิดแรงเค้นดัดคืนตัวซ้ำๆซากๆ</u>

ถ้าหากพฤติภาพของถนนคอนกรีตที่ปูทับด้วยแอสฟัลท์ติคคอนกรีตมีแต่รูปแบบการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งอย่างเดียวโดยไม่มีปัญหาเกี่ยวกับรูปแบบการเคลื่อนตัวในแนวนอนและการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกันเกิดขึ้นแล้ว การแตกเสียหายของชั้นผิวแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ปูทับจะเกิดเนื่องจากความล้า (fatigue cracking) ซึ่งเป็นปัญหาธรรมดาที่เกิดในถนนทั่วไป การแตกแบบนี้เกิดจากการแอ่นตัว (deflection) ของชั้นทางซ้ำแล้วซ้ำเล่าถึงแม้จะมีขนาดการแอ่นตัวน้อยขนาด 0.25 มิลลิเมตร(0.01 นิ้ว) ภายใต้น้ำหนักล้อรถก็ตาม (23) ในขั้นต่อไปมักจะแตกต่อจนมองเห็นเป็นรูปแตกแบบหนังจระเข้ และในระหว่างฤดูฝนชื้นเล็กชื้นน้อยอาจจะหลุดออกก่อให้เกิดหลุมบ่อในเวลาต่อมาได้

<u>การลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน</u>

การลดหรือป้องกันการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนนั้นว่าโดยทั่วไปแล้วก็มีแนวความคิดเช่นเดียวกันกับการป้องกันวัสดุธรรมดาต่าง ๆ มิให้เกิดแตกเสียหาย กล่าวคือ อาจจะหาวิธีการลดผลของการเคลื่อนตัวของแผ่นคอนกรีตตรงรอยต่อหรือรอยแตกที่เกิดในรูปแบบและขนาดต่างๆ ที่จะสะท้อนผลให้เกิดความเค้นและความเครียดขึ้นในวัสดุที่ปูทับนั้นให้มีขนาดน้อยจนไม่เกินขีดจำกัดต่างๆ ที่คุณสมบัติของวัสดุที่ปูทับจะรับได้โดยไม่แตกเสียหาย หรือปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุที่ปูทับให้สามารถรับความเค้นและความเครียดตามที่ต้องการได้ หรือดำเนินการทั้งสองทางควบคู่กัน

แนวความคิดดังกล่าวเป็นเรื่องที่เข้าใจได้โดยทั่วไป แต่ในการวัดตรวจสอบศึกษาในสนามยากที่จะหาวิธีวัดตรวจสอบขนาดความเค้นและความเครียดตรงจุดที่จะเกิดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนให้ได้ผลโดยตรงและแน่นอนได้ อีกทั้งยากที่จะทราบถึงกลไก

และตัวแปรเปลี่ยนต่างๆ ในระยะเวลายาวนานที่จะก่อให้เกิดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนขึ้นอีก จึงทำให้ในสมัยที่ผ่านมาได้ทดลองใช้วิธีการต่างๆที่คิดว่าจะสามารถควบคุมการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้ผล มาทดลองจริงในสนามดังได้รวบรวมไว้ในหัวข้อเรื่อง ความพยายามในการควบคุมการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนที่ผ่านมาและเรื่องวิธีการและรายงานการทดลองจากที่ต่างๆ โดยยังไม่มีวิธีออกแบบแนะนำใดที่สามารถนำไปใช้ได้ทุกสภาพและสภาวะแวดล้อมในทำนองเดียวกันในขณะที่ประเทศเรายังไม่มีข้อมูลและประสบการณ์ได้จากการทดลองจริงในสนามเมื่อมีความจำเป็นต้องทำการปูทับก็ควรนำวิธีการต่างๆ ที่เคยทดลองได้ผลจากที่อื่นๆ มาพิจารณาเลือกกำหนดให้สมเหตุสมผลกับความเหมาะสมของการใช้งานที่นั้นๆ นำมาทดลองศึกษาต่อไป

วิธีการที่น่าสนใจที่นำมาพิจารณามีดังต่อไปนี้

<u>อุดปิดข้างใต้ (Subseal) ด้วยแอสฟัลท์หรือฉีดอัดอุด (pressure grout) ด้วยซีเมนต์มอร์ต้า</u>

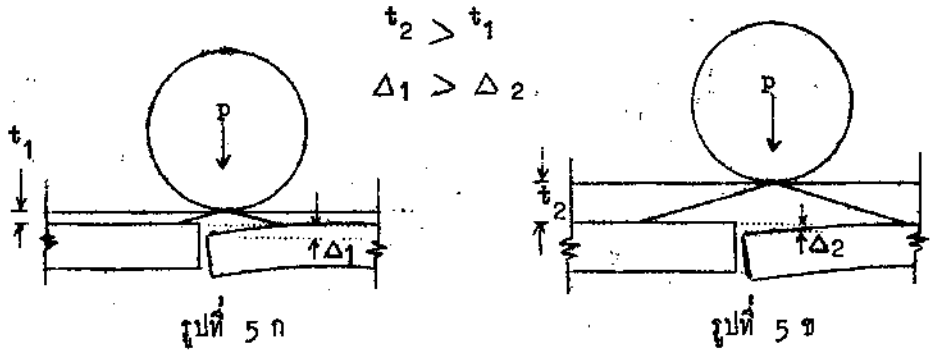
วิธีการนี้เป็นการปรับปรุงพื้นที่รองรับแผ่นคอนกรีต เพื่อลดขนาดการเคลื่อนตัวตรงรอยต่อหรือรอยแตก เหมาะสำหรับถนนคอนกรีตเดิมที่แตกเสียหายมากอันเนื่องมาจากวัสดุข้างใต้แผ่นคอนกรีตเกิดการยุบตัว หรือเคลื่อนตัว หรือถูกอัดทะลักพัดพาไปจากสาเหตุต่างๆ ทำให้เกิดเป็นโพรงขึ้นจนแผ่นคอนกรีตไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ทำให้เกิดแตกเสียหาย การที่มีพื้นที่รองรับไม่สม่ำเสมอแน่นอน จะทำให้การศึกษารูปแบบและขนาดการเคลื่อนตัวตรงรอยต่อหรือรอยแตกยุ่งยากซับซ้อนไม่แน่นอนเนื่องด้วยยังมีแนวโน้มที่จะเกิดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกัน หรือเกิดการเยื้องสูงอยู่ต่างระดับมาขึ้นกว่าเดิม จากการรับน้ำหนักบรรทุกซ้ำๆซากๆ ในเวลาต่อไปได้อีก โดยเฉพาะการแตกจะดำเนินต่อไปจนทำให้เกิดเป็นแผ่นคอนกรีตขนาดเล็ก การเคลื่อนตัวอาจจะมีขนาดมากกว่าแผ่นคอนกรีตขนาดใหญ่เนื่องจากมีน้ำหนักและแรงยึดติดกับพื้นที่รองรับน้อยจะกระดกได้ง่ายเมื่อมีน้ำหนักมากมากระทำที่ปลายแผ่นคอนกรีต

การอุดปิดข้างใต้ด้วยแอสฟัลท์หรือฉีดอัดอุดด้วยซีเมนต์มอร์ต้านั้น นอกจากจะเป็นการอุดช่องว่างข้างใต้แล้วยังเป็นการปรับปรุงวัสดุให้มีคุณสมบัติในการยึดติดกันทำให้

พื้นที่รองรับได้แผ่นคอนกรีตแข็งแรงมั่นคงสม่ำเสมอจะช่วยลดการเกิดปัญหาต่างๆ ดังกล่าวได้

<u>เพิ่มความหนาของชั้นแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ใช้ปูทับ</u>

การเพิ่มความหนาของชั้นที่ปูทับเป็นวิธีที่โดยทั่วไปใช้เพิ่มความสามารถที่จะต้านการแตกของถนน เมื่อพิจารณาถึงการเพิ่มความหนาของชั้นปูทับบนรอยต่อหรือรอยแตก การเพิ่มความหนาในกรณีนี้นอกจากจะเพิ่มความสามารถในการต้านการแตกแล้วยังจะช่วยลดการเคลื่อนตัวตรงรอยต่อหรือรอยแตกให้มีผลต่อการแตกสะท้อนในชั้นที่ปูทับน้อยลงด้วยซึ่งจะเข้าใจได้จากตัวอย่างเช่น



รูปที่ 5 ก รูปที่ 5 ข

<u>รูปที่ 5</u> ปลายแผ่นคอนกรีตที่รอยต่อเคลื่อนตัวน้อยลงเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นที่ปูทับ

เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกอยู่ปลายแผ่นคอนกรีตที่ปูทับด้วยชั้นแอสฟัลท์ติคคอนกรีตบางๆ ตามรูป 5 ก เมื่อเปรียบเทียบกับที่ปูทับด้วยชั้นแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่หนากว่าตามรูป 5 ข ซึ่งทั้งสองกรณี ถ้าให้น้ำหนักบรรทุกที่มากระทำมีขนาดเท่ากัน กระทำที่ตำแหน่งเดียวกัน พื้นที่ผิวสัมผัสของล้อรถเท่ากัน คุณสมบัติของวัสดุที่ปูทับเหมือนกัน ตามหลักการแผ่กระจายแรงลงสู่ชั้นล่างที่มีองค์ประกอบดังกล่าวเหมือนกันย่อมแผ่กระจายแรงลงคล้ายรูปกรวยที่มีรูปเหมือนกัน แต่ด้วยเหตุที่ชั้นที่ปูทับมีความหนาต่างกัน แรงที่แผ่กระจายลงบนแผ่นคอนกรีตที่ปูทับด้วยชั้นที่หนากว่าตามรูป 5 ข จะกระจายแผ่ลงบนแผ่นคอนกรีตได้พื้นที่มากกว่า แรงเค้นที่เกิดบนแผ่นคอนกรีตก็จะน้อยกว่าย่อมมีผลทำให้ปลายแผ่นคอนกรีต

ตามรูป 5 ข เคลื่อนตัวในรูปแบบต่างๆ ในขนาดที่น้อยกว่ารูป 5 ก ซึ่งการเคลื่อนตัวที่น้อยลงจะทำให้เกิดความเค้นและความเครียดในชั้นที่ปูทับเนื่องจากการเคลื่อนตัวน้อยลง ถ้าหากไม่เกินขีดจำกัดคุณสมบัติของวัสดุที่ปูทับก็จะไม่เกิดการแตกเสียหาย

ใส่ชั้นหินคลุกคั่นกลาง

การใส่ชั้นหินคลุกคั่นกลางเป็นเหมือนชั้นเบาะหมอนรองรับ(cushion course) เพื่อช่วยลดความเค้นต่างๆ ในระหว่างชั้นให้เกิดน้อยลง และให้เป็นชั้นที่ทำลายแรงยึดเกาะ (bond breaking) ไม่ให้ชั้นผิวแอสฟัลท์ติดยึดกับชั้นคอนกรีตโดยตรงเพื่อช่วยลดแรงเค้นที่จะเกิดขึ้นจากการเคลื่อนตัวของแผ่นคอนกรีตตรงรอยต่อหรือรอยแตกในแนวนอนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้น

วิธีนี้เหมาะที่จะใช้กับถนนคอนกรีตที่แตกเสียหายมีระดับไม่สม่ำเสมอเพราะการใส่บดอัดปรับระดับด้วยหินคลุกทำได้ง่าย และยังช่วยระบายน้ำได้ถ้าใส่หินคลุกเพิ่มตรงไหล่ทางให้ระบายน้ำออกได้

ใส่ระหว่างชั้นด้วยแอสฟัลท์-ทรายเป็นชั้นทำลายแรงยึดติด (bond breaker)

ความพยายามในการใช้ตัวทำลายแรงยึดติด (bond breaker) ได้รายงานโดย C.S. Hughes ซึ่งในการศึกษาได้ทำการ tack coat ด้วยแอสฟัลท์อิมัลชันในอัตรา 0.23 – 0.46 ลิตรต่อตารางเมตร ให้เป็นแถบคลุมรอยต่อตามขวางออกไปข้างละประมาณ 300 มม. และปิดทับด้วยทรายหยาบผ่านตะแกรงขนาด 9.5 มม. ($\frac{3}{8}$ นิ้ว) ซึ่งจะได้ความหนาประมาณ 6 มม. ($\frac{1}{4}$ นิ้ว) จากนั้นปูทับด้วยผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตประมาณ 59 ถึง 95 กิโลกรัม ต่อตารางเมตร ผลสามารถลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้บางส่วนโดยที่หลังจาก 9 ปีต่อมายังมีรอยต่อบางแห่งคงเหมือนเดิมไม่เกิดการสะท้อนซ้ำซ้อนขึ้น ส่วนที่มีการตรวจสอบการแตกที่เกิดขึ้นขณะที่ถนนมีอายุได้ 6 ปี (24) ได้สรุปไว้ว่า วิธีนี้เมื่อใช้กับถนนที่มีรอยต่อที่มีขนาดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกันมากกว่า 0.05 มม. การแตกสะท้อนซ้ำซ้อนจะก่อตัวเกิดการแตกได้ก่อนมาก การแตกนี้จะล่าช้าขึ้นในที่ที่มีการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกันน้อยแต่การเกิดการแตกจะ

เป็นไปตามการเพิ่มของขนาดน้ำหนักและจำนวนล้อบรรทุก

ใส่คั่นกลางด้วยชั้น Asphalt – Rubber บางๆ

วิธีการใส่คั่นกลางด้วยชั้น Asphalt – Rubber บางๆ เพื่อป้องกันการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนนี้ได้พัฒนามาจากผลการทดลองที่ได้จากโครงการทดลองใช้ยางผสมกับแอสฟัลท์รอนใช้ในงานทางของรัฐอริโซน่า (8) โดยในระยะเริ่มแรกได้ทดลองใช้ส่วนประกอบ ground recycled tire rubber ร้อยละ 25 ผสมกับแอสฟัลท์ร้อยละ 75 ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 190° c ลาดเป็นชั้นบางๆ บนผิวเดิมที่แตกและปิดทับด้วยหินขนาดเล็ก ชั้นยางผสมแอสฟัลท์ที่ได้นี้เป็นวัสดุประเภทยืดหยุ่น (elastomeric material) เมื่อทำเป็นชั้นบางๆ สามารถป้องกันน้ำซึมได้และมีความสามารถสูงในการรับกลืนแรงเค้นดัด แรงเค้นเฉือน และแรงเค้นดึงโดยตรง ทำให้สามารถป้องกันการสะท้อนซ้ำซ้อนได้ แต่ในการทดลองใช้ยางผสมแอสฟัลท์เป็นชั้นรับกลืนแรงเค้น (Stress – Absorbing Membrane) ทำชั้นผิว Seal Coat บนถนนที่แตกเสียหายมีจุดอ่อนในแง่ที่ว่าไม่ค่อยได้ปรับปรุงคุณภาพถนนในด้านการขับขี่ให้ดีขึ้น จึงได้ทำการทดลองปรับปรุงใช้เป็นชั้นรับกลืนแรงเค้นใส่คั่นกลาง (Stress – Absorbing Membrane Inter Layer) ซึ่งรายงานการทดลองสรุปว่ามีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนจากการแตกหลายรูปแบบได้รวมทั้งจากการแตกเนื่องจากการหดตัว ความล้าและการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ต่างกัน

การประสบผลสำเร็จจากการทดลองในสนามที่ได้ผลนี้ ได้มีผู้ที่สนใจนำไปศึกษาวิเคราะห์ดูการลดผลการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนในชั้นผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับเมื่อใช้ยางผสมแอสฟัลท์เป็นชั้นคั่นกลาง (25) โดยใช้วิธี finite element วิเคราะห์หาแรงเค้นในชั้นที่ปูทับตรงที่แผ่นคอนกรีตข้างล่างไม่ติดต่อกันและศึกษาถึงผลของการใช้ยางผสมแอสฟัลท์ที่ใส่คั่นกลางเป็นชั้นรับกลืนแรงเค้นว่าจะมีผลต่อแรงเค้นต่างๆ อย่างใดซึ่งได้ลองกำหนดสมมุติให้ค่าความหนาและค่าคุณสมบัติของชั้นปูทับ ชั้นคั่นกลาง ชั้นที่แตกระยะห่างรอยแตก และชั้นดินเดิม มีค่าต่างๆกัน ผลสรุปวิเคราะห์ได้ว่า ชั้นคั่นกลางนี้สามารถลดแรงเค้นที่เป็นตัวชักนำให้เกิดการแตกในชั้นปูทับได้อย่างเด่นชัด ไม่ว่าจะเป็น

แรงเค้นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกเกี่ยวข้อง

จากรายงานผลการทดลองในสนามที่ได้ผลดีและมีการศึกษาวิเคราะห์สนับสนุนแล้วทำให้มีความเชื่อมั่นยอมรับได้ว่าการใช้ชั้นยางผสมแอสฟัลท์บางๆขนาดประมาณ 6.25 มม. ถึง 9.5 มม. ใส่คั่นกลางเป็นชั้นรับกลืนแรงเค้นสามารถป้องกันการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้แน่นอน

<u>คำแนะนำในการลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน</u>

ถึงแม้ว่ายังไม่มีสูตรเฉพาะที่สามารถออกแบบป้องกันการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนบนชั้นผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับถนนคอนกรีตได้แน่นอน แต่เมื่อเข้าใจปัญหาต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในประเทศเรา รายงานผลการทดลองและคำแนะนำจากที่อื่นๆ รวมพิจารณาถึงวิธีการก่อสร้างที่สะดวกและวัสดุที่หาได้ง่ายแล้ว จึงพอที่จะสรุปแนะนำวิธีการที่น่าจะเป็นไปได้ไว้ในตารางที่ 2 ซึ่งในกรณีที่ 1 และ 2 นั้นเมื่อไม่ได้ใช้ชั้นยางผสมแอสฟัลท์ใส่คั่นกลาง วิธีนี้ก็ยังสามารถลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนหรือยืดระยะเวลาการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนออกไปได้มาก สำหรับในกรณีที่ได้ใช้ชั้นยางผสมแอสฟัลท์ใส่คั่นกลางเป็นชั้นรับกลืนแรงเค้น จะสามารถป้องกันการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้แน่นอนกว่าแต่ชั้นผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับนั้นควรออกแบบให้มีความหนาตาม fatigue life ที่ต้องการ (ความหนาไม่ควรน้อยกว่า 50 มม.)

<u>ตารางที่ 2</u>

<u>คำแนะนำสำหรับวิธีการลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนในชั้นผิวแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับบนถนนซีเมนต์คอนกรีต</u>

สภาพของถนนซีเมนต์คอนกรีต	ข้อแนะนำ
1. พื้นรองรับยังมั่นคงแข็งแรง รอยต่อหรือรอยแตกแทบจะไม่มีการ	ก. ซ่อมแซมหรือเปลี่ยนวัสดุปิดทับรอยต่อเผื่อขยาย (Expansion joints)

สภาพของถนนซีเมนต์คอนกรีต	ข้อแนะนำ
เคลื่อนในแนวดิ่งที่ต่างกันมากกว่า 0.05 มม. และ แผ่นคอนกรีตส่วนใหญ่ยังคงมีแตกเล็กน้อยในบางแผ่น	ข. ลากแอสฟัลท์อิมัลชันเป็นแถบคลุมรอยต่อตามขวางออกไปข้างละประมาณ 300 มม. ปิดทับด้วยทรายหยาบ ค. ปูทับด้วยแอสฟัลท์ติดคอนกรีตหนาอย่างน้อยที่สุด 70 มม.
2. รอยต่อเกิดการเลื่อนลงอยู่ต่างระดับ (Faulting) และแผ่นคอนกรีตมีรอยแตกไม่มาก	ก. ซ่อมแซมหรือเปลี่ยนวัสดุปิดทับรอยต่อเพื่อขยาย ข. อุดปิดข้างใต้ (subseal) ด้วยแอสฟัลท์ หรือฉีดอัดอุด (pressure grout) ด้วยซีเมนต์มอร์ต้าตามที่ต้องการ ค. ใส่คั่นกลางด้วยชั้นหินคลุกหนา 100มม. ถึง 150มม. ง. ปูทับด้วยชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตหนาอย่างน้อยที่สุด 70 มม. ในกรณีที่ใช้ยางผสมแอสฟัลท์ใส่คั่นกลางแทนชั้นหินคลุก ชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ปูทับควรหนาอย่างน้อย 50 มม.
3. แผ่นคอนกรีตแตกค่อนข้างมากและรอยต่อเกิดการเลื่อนลงอยู่ต่างระดับ	ก. ซ่อมแซมหรือเปลี่ยนวัสดุปิดทับรอยต่อเพื่อขยาย ข. อุดข้างใต้ (subseal) ด้วยแอสฟัลท์หรือฉีดอัดอุด (pressure grout) ด้วยซีเมนต์มอร์ต้าตามที่ต้องการ ค. ใส่คั่นกลางด้วยยางผสมแอสฟัลท์ชั้นบางๆ เป็นชั้นรับกลีนแรงเค้น ง. ปูทับด้วยชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตความหนาไม่ควรต่ำกว่า 50 มม.

4. แผ่นคอนกรีตแตกเสียหายติดต่อกันจนกลายเป็นแผ่นคอนกรีตขนาดเล็กรถวิ่งได้ลำบาก	ก. บดทับปรับระดับด้วยชั้นหินคลุกหนา 100 มม. ถึง 150 มม. ข. ใส่ชั้นยางผสมแอสฟัลท์ชั้นบางๆ เป็นชั้นรับกลีนแรงเค้น ค. ปูทับด้วยชั้นแอสฟัลท์ติดคอนกรีตความหนาไม่ควรต่ำกว่า 50 มม.

การแนะนำนี้เป็นเพียงแนวทางหนึ่งที่ลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนได้ แต่อย่างไรก็ตามยังมีความจำเป็นที่จะต้องติดตามศึกษาผลการทดลองใช้ต่อไป เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ปรับปรุงให้ได้วิธีการต่างๆ ที่ใช้ได้ผลดียิ่งขึ้นเป็นประโยชน์คุ้มค่าต่อการใช้ในถนนทาง โดยเฉพาะเรื่องการใช้ยางผสมแอสฟัลท์ในการป้องกันการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนในชั้นปูทับ จากการแตกด้วยสาเหตุต่างๆ ทุกรูปแบบของถนนข้างใต้ที่เป็นถนนแอสฟัลท์ ถนนคันซีเมนต์ หรือถนนซีเมนต์คอนกรีต

หนังสือค้นคว้าและอ้างอิง

1. "Pavement Rehabilitation : Materials and Techniques." NCHRP Syn. of Hwy. Practice 9 (1972) 41 pp.
2. BONE, A.J., and CRUMP ,L.W., "Current Practices and Research on Controlling Reflection Cracking" HRB Bull. 123 (1956) pp. 33-39
3. FINN, F.N., NAIR, K., and HILLIARD, J.M. "Minimizing Premature Cracking in Asphaltic Concrete Pavement," NCHRP Rep. 195 (1978) 51 pp.
4. Asphalt Overlays and Pavement Rehabilitation. "Manual Series 17, The Asphalt Institute (1969)
5. OWEN, C.v., "Construction Procedures for Pavement Rehabilitation." Hwy. Res. Rec 300 (1969) pp 50 - 51

6. COPPLE, F., and OEHLER, L.T., "Michigan Investigation of Soil - Aggregate Cushions and Reinforced Asphaltic Concrete for Preventing or Reducing Reflection Cracking of Resurfaced Pavements." Hwy. Res. Res, Rec. 239 (1968) pp 120 - 131

7. GLICK, J.A., "An experiment in the Reduction of Reflective Cracking in Asphaltic Concrete Overlays." North Dakota State Highway Department (1972). from Ref3.

8. MORRIS, G.R., and Mcdonald, C.H. "Asphalt - Rubber Stress - Absorbing Membranes: Field Performance and State of the Art. TRB, Transportation Research Record 595 (1976) pp 52 - 58

9. KORFHAGE, G.R., "Effect of Pavement Breaker - Rolling on the Crack Reflectance of Bituminous Overlays. "Hwy. Res. Record. 327 (1970) pp 50 - 63

10. BILLINGSLEY, N.A., JR., "Salvaging Old Pavements by Resurfacing." Hwy. Res. Circ. 34 (1966) pp. 1 - 12

11. BUSCHING, H.W., ELLIOTT, E.H., and REYNEVELD, N.C., "A State - of - the - Art Survey of Reinforced Asphalt Paving." Proc. AAPT, Vol.39 (1970) pp. 766 - 798.

12. ZUBE, E., "Wire Mesh Reinforcement in Bituminous Resurfacing." HRB Bull. 131 (1956) pp. 1-18

13. SMITH, L.L., and CARTNER, W., JR., " Welded Wire Fabric Reinforcement for Asphaltic Concrete. " HRB Bull. 322 (1962) pp. 1-20

14. BONE, A.J., CRUMP, L.W., and ROGGEVEEN, V.J., " Control of Reflection Cracking in Bituminous Resurfacing Over old Cement-Concrete Pavements " Proc. HRB, Vol 33 (1954) pp. 345-354

15. TONS, E., BONE, A.J., and ROGGEVEEN, V.J., " Five-Year Performance of Welded Wire Fabric in Bituminous Resurfacing. " HRB Bull. 290 (1961) pp. 15-38

16. CHASTAIN, W.E., SR., and MITCHELL, R.H., " Evaluation of Welded - Wire Fabric in Bituminous Concrete Resurfacing " Hwy. Res. Record. 61 (1964) pp. 48-55

17. ROBERTS, S.E., " Cracks in Asphalt Resurfacing Affected by Cracks in Rigid Bases. " Proc. HRB, Vol. 33 (1954) pp. 341-345.

18. ROGGEVEEN, V.J., and TONS, E., " Progress of Reflection Cracking in Bituminous Concrete Resurfacing. " HRB Bull. 131 (1965) pp. 31-46.

19. JAMES, J.G., "A Full Scale Road Experiment With Rubberized Asphalt on Concrete Using Metal Over the Concrete Joints. " Road Research Laboratory Note 3511 (1959)

20. CECCHNI, P.F., " Evaluating and Resurfacing Old Pavement in Virginia. " Hwy. Res. Rec. 327 (1970) pp. 25-36.

21. VICELJA, J.L., "Methods to Eliminate Reflection Cracking in Asphalt Concrete Resurfacing over Porland Cement Concrete Pavement. " Proc. AAPT, Vol 32 (1963) pp. 200-227.

22. WILSON, J.O., " Crack Control Joints in Bituminous Overlays on Rigid Pavements. " HRB Bull. 322 (1962) pp. 21-29.

23. HVEEM, F.N., " Pavement Deflections and Fatigue Failures. " HRB Bull. 114 (1955) pp. 43-87.

24. K.H. MCGHEE, " Altempts to Reduce Reflection Cracking of Bituminous Concrete Overlays on Portland Cement Concrete Pavements. " TRB, Transportation Research Record 700 (1979) pp. 108-114.

25. COETZEE, N.F., and MONISMITH, C.L., " Analytical Study of Minimization of Reflection Cracking in Asphalt Concrete Overlays by Use of a Rubber - Asphalt Interlayer. " TRB, Transportation Research Record 700 (1979) pp. 100-108.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ นายวณิช จินตโกวิท ที่เป็นผู้ให้คำปรึกษาและแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อรายงานฉบับนี้ ในเวลาเดียวกันขอขอบคุณ นายสันต์ ไชยโชติช่วงและเจ้าหน้าที่ทุกคนที่มีส่วนช่วยเหลือให้รายงานฉบับนี้สำเร็จเป็นรูปเล่มด้วยดี

Report No. MR 59 Materials & Research Division, Department of Highways
Author : Sunthorn Aritajati
Title : Techniques for Minimization of Reflection Cracking in Asphaltic Concrete Overlays on Portland Cement Concrete Pavements

Abstract: The study of this report is an attempt to find out about a range of sucessful solutions to minimize reflection cracking in asphaltic concrete overlays.

The method of this study is combined with the following aspects : compiling of past practices and experiences for general considerations; describing the problem of cracks and associated causes. The study also includs an effort to understand the major characteristics movement at the joints and cracks of the old concrete pavement that may introduce reflection crack on the overlays.

Finally, sucessful solutions (for a various conditions) will be presented for the purpose of discussion, selection and recommendation as a guide for further research.

DH MR / F 22 / 1981 / T

รายงานฉบับที่ วว. 59 กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง
ผู้เขียน : สุนทร อริยชาติ
ชื่อเรื่อง : เทคนิคการลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน (REFLECTION CRACK) ในผิวแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ปูทับบนถนนซีเมนต์คอนกรีต

บทคัดย่อ : รายงานฉบับนี้ได้ศึกษาถึงวิธีที่จะลดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อน (Reflection Crack) ที่เกิดขึ้นบนผิวแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ปูทับบนถนนซีเมนต์คอนกรีต ให้ได้ผลดีที่สุด

ในการนี้ได้ทำการรวบรวมเทคนิคที่เคยทดลองโดยสถาบันต่างๆ ไว้ให้พิจารณาตลอดจนกล่าวถึง ปัญหา สาเหตุที่เกี่ยวข้อง รูปแบบการเคลื่อนตัวของรอยต่อหรือรอยแตกเดิมที่มีแนวโน้มจะส่งผลสะท้อนให้เกิดการแตกสะท้อนซ้ำซ้อนขึ้นบนผิวที่ปูทับ พิจารณาและเลือกเทคนิคที่ค่อนข้างได้ผล นำมาสรุปจัดทำตารางแนะนำให้เหมาะสมกับสภาพต่างๆ ไว้ให้เป็นแนวทางในการศึกษา ค้นคว้า และทดลองต่อไป

ทล. วว. / ว 22 / 2524 / ท.

คณะกรรมการงานวิจัย

กองวิเคราะห์และวิจัย

* * * * * * * * *

นายนิพนธ์ รณะนันทน์	ที่ปรึกษา
นายอารมย์ จุฬจันบก	ประธานกรรมการ
นายเจริญ เฉยพ่วง	กรรมการ
นายชวลิต สุชะวรรณ	"
ดร.ชีระชาติ รื่นไกรฤกษ์	"
นายประสิทธิ์ อัญรวงศ์	"
ดร.พรศักดิ์ พุทธพงษ์ศิริพร	"
นายพิภัณฑ์ ดูหิรัญ	"
นางรสสุคนธ์ บุญมี	"
ดร.รัญ์ ศตายุ	"
นายศักดา ปุณยานันต์	"
นายสมาน งวนสำอางค์	"
นายสว่าง ศรีวรกูล	"
นายสุกิจ รุ่งรัตนธนากร	"
นายสุนทร กังวานพณิชย์	"
นายสุนทร อริยชาติ	"
น.ส.สุนันท์ เจริญศุภผล	กรรมการและเลขานุการ