



ชั้นรองพื้นทางสำหรับถนนคอนกรีตในประเทศไทย

โดย

ชัยรัตน์ ศุภชวโรจน์

จุฑา สุนิตย์สกุล

วิศวกรโยธาชำนาญการ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

บทความนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น กรมทางหลวงไม่มีส่วนเกี่ยวข้องแต่อย่างใด

ชั้นรองพื้นทางสำหรับถนนคอนกรีตในประเทศไทย

นายชัยรัตน์ ศุภชวโรจน์

วิศวกรโยธาชำนาญการ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

นายจุฑา สุนิตย์สกุล

วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

บทคัดย่อ

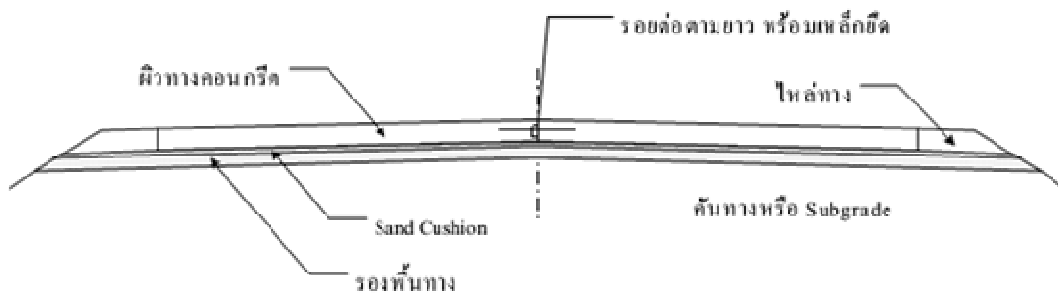
ถนนคอนกรีตที่กรมทางหลวงนิยมใช้ในปัจจุบัน จะประกอบด้วยผิวทางคอนกรีต (ซึ่งนิยมใช้ผิวทางแบบคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีรอยต่อ) ชั้นทรายรองถนนคอนกรีต และชั้นรองพื้นทางวัสดุผสมรวม และในบางครั้งอาจมีชั้นวัสดุคัดเลือก ทรายรองถนนคอนกรีตถูกนำมาใช้เพื่อลดปัญหาการอัดทะลัก (Pumping) บริเวณรอยต่อของถนนคอนกรีต ซึ่งทำให้เกิดการเสียดสีระดับของถนนคอนกรีตบริเวณรอยต่อ อย่างไรก็ตาม ทรายเป็นวัสดุที่ถูกน้ำพัดพาได้ง่ายจึงทำให้เกิดปัญหาทรายไหลออกจากคันทาง บทความนี้จะแสดงถึงทางเลือกใหม่ของชั้นรองพื้นทางสำหรับถนนคอนกรีตที่ได้นำมาใช้ในโครงการก่อสร้าง โดยใช้วัสดุที่ทนต่อการกัดเซาะและการอัดทะลักได้ดี กรณีศึกษาที่ได้ออกแบบถนนคอนกรีตด้วยชั้นรองพื้นทางชนิดใหม่ ข้อดีและข้อเสียของชั้นรองพื้นทางชนิดใหม่

1. บทนำ

ตามปกติกรมทางหลวงจะเลือกใช้ถนนคอนกรีตในถนนสายที่มีปริมาณจราจรสูง หรือบริเวณที่มีน้ำหนักกระทำสูง เช่น บริเวณทางแยก และทางลาดชัน เพื่อลดปัญหาความเสียหายก่อนเวลาอันควรสำหรับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตซึ่งไม่สามารถรองรับแรงกระทำจากปริมาณจราจรดังกล่าวได้ โดยชั้นโครงสร้างชั้นทางของถนนคอนกรีตที่กรมทางหลวงนิยมใช้ในปัจจุบัน จะประกอบด้วย ผิวทางคอนกรีตชั้นทรายรองถนนคอนกรีต และชั้นรองพื้นทางวัสดุผสมรวม และในบางครั้งอาจมีชั้นวัสดุคัดเลือก ทรายรองถนนคอนกรีตถูกนำมาใช้เพื่อลดปัญหาการอัดทะลัก (Pumping) บริเวณรอยต่อของถนนคอนกรีต และเพื่อให้การถ่ายแรงจากผิวทางคอนกรีตกระจายออกไปเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งจะทำให้ลดแรงที่จะเกิดขึ้นบนผิวคอนกรีต อย่างไรก็ตาม ทรายเป็นวัสดุที่ถูกน้ำพัดพาได้ง่ายจึงทำให้เกิดปัญหาทรายไหลออกจากคันทางทำให้เกิดช่องว่างใต้ถนนคอนกรีต ซึ่งทำให้การถ่ายแรงของถนนคอนกรีตไม่สม่ำเสมอเป็นเหตุให้มีหน่วยแรงกระทำกับผิวคอนกรีตมากขึ้นจนผิวทางเกิดความเสียหาย สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบเล็งเห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจึงได้เริ่มใช้รองพื้นทางที่ช่วย ลด/ขจัด ปัญหาดังกล่าว โดยบทความนี้จะกล่าวถึงวัสดุทางเลือกที่สามารถนำมาใช้แทนทรายรองถนนคอนกรีตที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบได้แนะนำให้นำมาใช้ ข้อดีและข้อเสียที่อาจเกิดขึ้นสำหรับวัสดุที่นำมาใช้แต่ละประเภทและแนวทางการออกแบบโครงสร้างชั้นทางสำหรับถนนคอนกรีตในอนาคต

2. ชนิดของชั้นรองพื้นทางที่ใช้สำหรับถนนคอนกรีต

กรมทางหลวงได้นำวัสดุรองถนนคอนกรีตมาใช้เพื่อลดปัญหาการเกิดปัญหาการอัดทะลัก (Pumping) บริเวณรอยต่อของถนนคอนกรีต โดยมีมาตรฐานสำหรับวัสดุรองถนนคอนกรีตอยู่สองมาตรฐาน คือ มาตรฐานสำหรับชั้นทรายรองถนนคอนกรีต และมาตรฐานสำหรับหินคลุกรองถนนคอนกรีต แต่รูปแบบที่นิยมใช้ที่สุดในปัจจุบัน คือ การใช้ชั้นทรายรองถนนคอนกรีตซึ่งวัสดุที่ใช้ในกรณีนี้เป็นวัสดุที่ไม่มีความเชื่อมแน่น (Unbound Material) หรือที่เรียกว่าชั้น Unstabilized Subbase โดยก่อสร้างอยู่บนชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ตามที่แสดงในภาพที่ 1 โดยใช้ชั้นทรายรองถนนคอนกรีตหนา 10 เซนติเมตร



ภาพที่ 1 รูปตัดทั่วไปของถนนคอนกรีตที่กรมทางหลวงใช้ในปัจจุบัน^[9]

ชั้นรองพื้นทางทางเลือกใหม่ที่กล่าวถึงในบทความนี้ไม่ได้เป็นวัสดุใหม่แต่อย่างใด แต่เป็นวัสดุชั้นรองพื้นทางที่มีความเชื่อมแน่น (Bound Material) หรือที่เรียกว่าชั้น Stabilized Subbase โดยคาดว่าจะให้ผลลัพธ์ที่ดีสำหรับสายทางที่มีปริมาณจราจรและน้ำหนักบรรทุกที่มากกว่าปกติ และเพื่อให้ถนนคอนกรีตมีอายุการให้บริการที่เพิ่มขึ้น ลดปัญหาการปิดจราจรระหว่างการซ่อมแซม ซึ่งวัสดุ Stabilized Subbase ได้แก่

1. ดินซีเมนต์
2. หินคลุกผสมซีเมนต์
3. ซีทีบีตามข้อกำหนดพิเศษพื้นทางซีทีบี^[7]
4. คอนกรีตหยาบ (Lean Concrete)
5. แอสฟัลต์คอนกรีต

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบได้แนะนำให้ใช้ชั้น Stabilized Subbase โดยใช้ดินซีเมนต์รองถนนคอนกรีต (โดยใช้แผ่นใยสังเคราะห์สำหรับรองผิวทางคอนกรีต (Geotextile) รองระหว่างชั้นดินซีเมนต์ และผิวคอนกรีต) สำหรับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 290 ถนนวงแหวนรอบเมืองนครราชสีมา ตอน 2 (ด้านใต้) และใช้ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต สำหรับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 3ศรีราชา - อ่าวอุดม ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระหว่างการก่อสร้างในปัจจุบัน และได้แนะนำให้ใช้ Stabilized Subbase เพิ่มขึ้นในหลายสายทางในโครงการก่อสร้างฯ ปีงบประมาณ 2561 ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

3. การถ่ายแรงจากน้ำหนักรถจร

เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีความแกร่งสูงเมื่อเทียบกับวัสดุรองถนนคอนกรีต เมื่อมีแรงกระทำจากน้ำหนักรถจร หากวัสดุที่รองถนนคอนกรีตมีลักษณะสม่ำเสมอแรงที่เกิดขึ้นในวัสดุที่รองรับถนนคอนกรีตจะแผ่กระจายเป็นพื้นที่กว้าง ซึ่งจะทำให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในวัสดุรองถนนคอนกรีตต่ำลงมากเมื่อเทียบกับหน่วยแรงที่กระทำที่ผิวคอนกรีต ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุที่แข็งแรงเป็นพิเศษมารับถนนคอนกรีตเหมือนในกรณีถนนแอสฟัลต์คอนกรีต การใช้ทรายรองถนนคอนกรีตมีข้อดีในกรณีนี้คือเมื่อผิวคอนกรีตเกิดการแอ่นตัวทรายรองถนนคอนกรีตจะสามารถจัดเรียงตัวใหม่ ทำให้การกระจายแรงสู่ฐานรากเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

อย่างไรก็ตามการเพิ่มกำลังของวัสดุรองถนนคอนกรีตจะช่วยลดการแอ่นตัวของถนนคอนกรีตได้หากวัสดุที่รองถนนคอนกรีตมีลักษณะสม่ำเสมอ และจะทำให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในผิวคอนกรีตลดลงจึงสามารถรองรับน้ำหนักรถจรที่สูงขึ้น และ/หรือ จะทำให้อายุในการให้บริการเพิ่มขึ้น ซึ่งในการออกแบบถนนคอนกรีตตามวิธีของ Portland Cement Association (1984) จะใช้ค่า Modulus of Subgrade Reaction (ค่า k) เป็นตัวแปรที่แสดงถึงกำลังของวัสดุรองถนนคอนกรีต โดยค่า k จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้วัสดุที่มีความเชื่อมแน่น (Bound Material) ยกตัวอย่างเช่น สำหรับวัสดุดินเดิมที่มี CBR = 3 % ซึ่งเทียบเป็นค่า k = 100 pci เมื่อมีชั้นรองพื้นทางหนา 15 เซนติเมตร ค่า k ในกรณีที่เป็นวัสดุที่ไม่มีความเชื่อมแน่น (Unbound Material) จะมีค่า k เพิ่มขึ้น 140 pci แต่ถ้าหากเป็นวัสดุ Bound Material จะมีค่า k เพิ่มขึ้น 400 pci ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า k ที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีชั้นรองพื้นทางชนิด Unbound Material และชนิด Bound Material อยู่เหนือดิน Subgrade ^[9]

ตารางที่ 1. ค่า k ที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีชั้นรองพื้นทางชนิด Unbound Material อยู่เหนือดิน subgrade

ค่า k ของ Subgrade, pci	ค่า k เมื่อมีชั้นรองพื้นทาง, pci			
	4 นิ้ว	6 นิ้ว	9 นิ้ว	12 นิ้ว
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

ตารางที่ 2. ค่า k ที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีชั้นรองพื้นทางชนิด Bound Material อยู่เหนือดิน subgrade

ค่า k ของ Subgrade, pci	ค่า k เมื่อมีชั้นรองพื้นทาง, pci			
	4 นิ้ว	6 นิ้ว	9 นิ้ว	12 นิ้ว
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	-

หมายเหตุ: 1 in. = 25.4 mm, 1 pci. = 271.3 kN/m³

อย่างไรก็ตามไม่แนะนำให้ทำการออกแบบให้วัสดุรองถนนคอนกรีตที่มีกำลังสูงมาก เพื่อลดความหนาของผิวทางคอนกรีต เนื่องจากยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายอย่างที่มีผลต่อความหนาของถนนคอนกรีต เช่น การใช้ไหล่คอนกรีต การเพิ่มกำลังของผิวคอนกรีต ซึ่งจะเป็นการคุ้มค้ำกว่าการเพิ่มกำลังของชั้นรองถนนคอนกรีต ซึ่งยังมีปัญหาที่เกิดจากหน่วยแรงที่เกิดจากสภาพสิ่งแวดล้อมซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

4. ปัญหาที่เกิดจากกระทำของน้ำ

4.1 การกัดเซาะ

ในการก่อสร้างถนนคอนกรีตโดยใช้วัสดุแบบไม่มีความเชื่อมแน่นโดยเฉพาะการใช้ทรายรองถนนคอนกรีต มักเกิดปัญหาน้ำเซาะทรายรองถนนคอนกรีต โดยเฉพาะบริเวณที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นทางลาดชัน และบริเวณที่มีฝนตกชุก จึงมีโอกาที่จะทำให้เกิดการกัดเซาะของน้ำพัดพาทรายรองถนนคอนกรีตซึ่งไม่สามารถต้านแรงจากการกระทำจากการกัดเซาะของน้ำได้ ซึ่งหากไม่มีมาตรการป้องกันที่ดีจะเกิดช่องว่างใต้ถนนคอนกรีต หลังจากเกิดการกัดเซาะดังกล่าวเป็นการยากที่จะนำวัสดุใหม่เข้าไปอุดช่องว่างซึ่งจะทำให้ทรายใต้ถนนคอนกรีตมีลักษณะหลวมเป็นผลให้เกิดความเสียหายเมื่อผิวทางได้รับแรงกระทำจากน้ำหนักจราจร ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งหากนำวัสดุชั้น Stabilized Subbase มาใช้โอกาที่จะเกิดการกัดเซาะในลักษณะดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ยาก

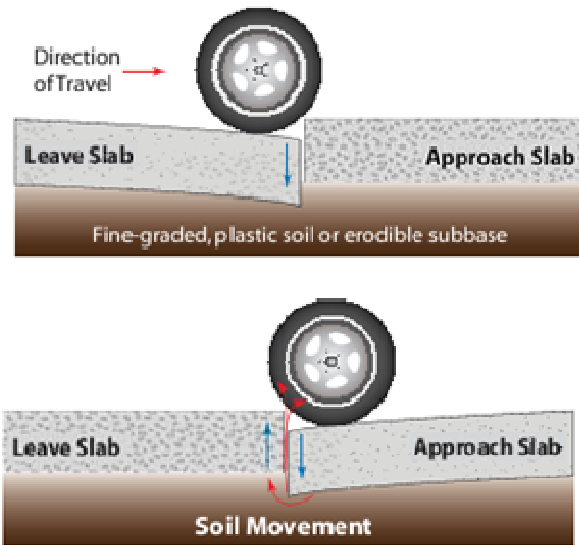


ภาพที่ 2 ผลจากการกัดเซาะของทรายรองถนนคอนกรีตออกจากคันทาง
การกัดเซาะของทรายรองถนนคอนกรีตออกจากคันทางระหว่างการก่อสร้าง (ซ้าย)
ความเสียหายจากการกัดเซาะของทรายรองถนนคอนกรีตระหว่างการก่อสร้าง (ขวา)
(รูปจากถนน CRCP โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข-มาบเอียง ตอน 1)

4.2 การอัดทะลัก (Pumping)

เมื่อทำการใช้งานถนนคอนกรีตไประยะหนึ่ง น้ำจะซึมผ่านรอยต่อและรอยแตกที่เกิดขึ้น สวมใส่ผิวคอนกรีตจนวัสดุใต้ชั้นทางอ้อมตัวด้วยน้ำ เมื่อมีแรงกระทำจากน้ำหนักจราจรซึ่งมีลักษณะเป็นแรงกระทำซ้ำเป็นรอบ และเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จะทำให้เกิดการสะสมของแรงดันน้ำในมวลดินจนเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการอัดทะลัก (Pumping) ซึ่งน้ำใต้ถนนคอนกรีตจะถูกอัดและพยายามไหลพุ่งออกมาบริเวณรอยต่อและรอยแตกพร้อมกับวัสดุมวลละเอียดซึ่งมีขนาดเล็กกว่ารอยแตก ทำให้เกิดการหลวมตัวของวัสดุและเกิดโพรงใต้ถนนคอนกรีต การถ่ายแรงจากผิวคอนกรีตไม่สามารถทำได้อย่างสม่ำเสมอ ทำให้หน่วยแรงบนผิวคอนกรีตเพิ่มขึ้นอย่างมาก และเกิดความเสียหายในที่สุด ปัจจัยพื้นฐานที่ทำให้เกิดการอัดทะลัก (Pumping) อาจสรุปได้ดังนี้

1. น้ำหนักจราจรที่สูงเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วผ่านผิวคอนกรีตและเกิดการแอ่นตัวของผิวคอนกรีต
2. รอยต่อที่มีการถ่ายแรงระหว่างแผ่นคอนกรีตที่ไม่ดี
3. ชั้นวัสดุใต้ถนนคอนกรีตอ้อมตัวด้วยน้ำ
4. มีวัสดุมวลละเอียดหรือวัสดุที่ถูกกัดเซาะได้ง่ายอยู่ใต้ถนนคอนกรีต



ภาพที่ 3 ลักษณะการเคลื่อนตัวของแผ่นคอนกรีตซึ่งเป็นเหตุให้เกิดการอัดทะลัก (Pumping) ^[3]

ในการเลือกใช้วัสดุรองใต้ถนนคอนกรีตสำหรับวัสดุรองพื้นทางแบบไม่มีความเชื่อมแน่น (Unstabilized Subbase) ซึ่งในการใช้งานใต้ถนนคอนกรีต วัสดุจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนด (AASHTO M147) ดังนี้

1. มีส่วนละเอียดกว่าตะแกรงเบอร์ 200 ไม่เกินกว่า 15 %
2. ค่า Plasticity Index ไม่เกิน 6 % and ค่า Liquid Limit ไม่เกิน 25 %

3. ค่า Los Angeles Abrasion Resistance (AASHTO T 96) ไม่เกิน 50 %

4. ค่า Permeability ประมาณ 150 ฟุตต่อวัน และไม่เกิน 350 ฟุตต่อวัน

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานกรมทางหลวงสำหรับทรายรองถนนคอนกรีตตามมาตรฐานที่ทล.-ม. 211/2533 และหินคลุกรองถนนคอนกรีตตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 212/2533 เป็นไปตามข้อกำหนดของ AASHTO M147 แต่จะไม่มี การทดสอบในส่วน ของค่า Permeability ปัจจัยที่มีผลมากที่สุดในการใช้วัสดุรองพื้นทางแบบไม่มีความเชื่อมแน่น (Unstabilized Subbase) คือปริมาณวัสดุมวลละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ความสม่ำเสมอของวัสดุ และวัสดุมีกำลังรับแรงเพียงพอไม่ยุบตัวภายใต้แรงกระทำ

สำหรับวัสดุรองพื้นทางแบบมีความเชื่อมแน่น (Stabilized Subbase) จะมีความสามารถในการต้านทานการเกิดการอัดทะลักได้ดี โดยวัสดุแต่ละชนิดจะสามารถต้านทานการเกิดการอัดทะลักได้ไม่เท่ากัน โดยจะเห็นว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีปริมาณแอสฟัลต์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 6 และคอนกรีตหยาบที่มีปริมาณซีเมนต์ 7-8 % จะมีความต้านทานต่อการอัดทะลักดีที่สุด วัสดุผสมซีเมนต์ที่มีซีเมนต์ต่ำกว่าร้อยละ 3 และวัสดุทรายรองถนนคอนกรีตจะจัดอยู่ในระดับที่ 4 หรือ Fairly erodible

ตารางที่ 2 ตารางแสดงการต้านทานการเกิดการอัดทะลักของวัสดุชนิดต่าง ๆ ^[3]

Erosion Potential	Material Types
Extremely resistant	Lean concrete with 7-8% cement. Asphalt-treated subbase with 6% asphalt or greater.
Resistant	Cement-treated subbase with 5% cement.
Resistant under certain conditions	Cement-treated subbase with 3-5% cement. Asphalt-treated subbase with about 3% asphalt.
Fairly erodible	Cement-treated subbase with less than 3% cement. Unstabilized granular subbase.
Very erodible	Contaminated untreated granular materials. Unstabilized fine subbase.

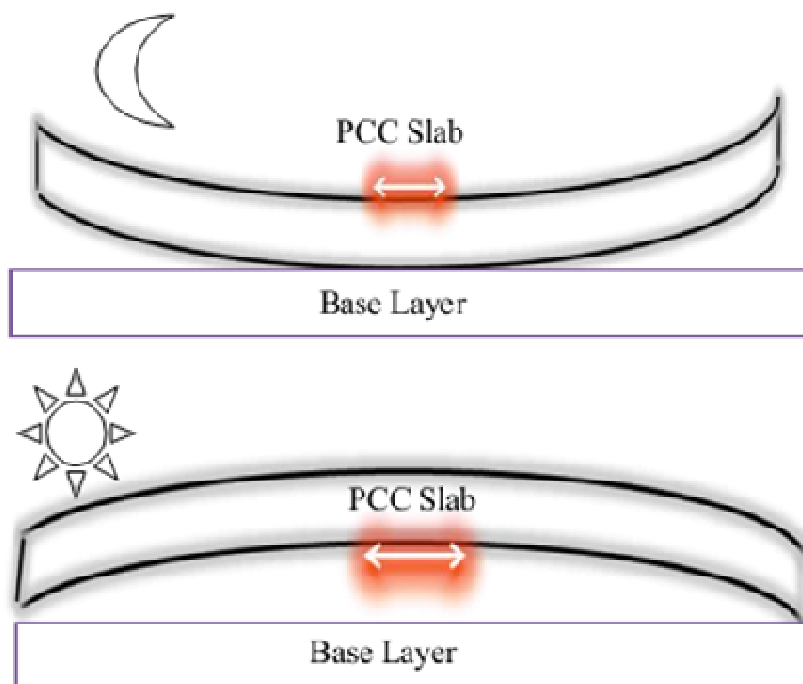
4.3 การระบายน้ำ (Drainage)

ชั้นรองถนนคอนกรีตมีหน้าที่อีกอย่างหนึ่งคือการระบายน้ำออกจากถนนคอนกรีต ซึ่งถ้าสามารถระบายน้ำได้ดี โอกาสที่จะเกิดความเสียหายจากวัสดุอ่อนตัว หรือการเกิดการอัดทะลักก็จะลดลง การที่น้ำจะไหลออกผ่านชั้นรองพื้นทางได้ น้ำจะต้องมีค่า Hydraulic gradient ที่เพียงพอ การใช้วัสดุ Stabilized Subbase โดยเฉพาะวัสดุที่น้ำซึมผ่านได้ยาก เช่น แอสฟัลต์คอนกรีต จะทำให้

น้ำไหลออกจากผิวคอนกรีตไม่ซึมผ่านลงไปใ้โครงสร้างชั้นทางซึ่งทำให้เกิดการอ่อนตัวของวัสดุ วัสดุที่เป็นตัวกรองวัสดุ เช่น แผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) ซึ่งนิยมนำมาใช้เพื่อกรองวัสดุมูลละเอียดไม่ให้ไหลออกก็มีความเหมาะสม ซึ่งจะช่วยลดผลกระทบจากการเกิดการอัดทะลัก และช่วยระบายน้ำออกจากคันทางอีกด้วย

5 หน่วยแรงที่เกิดจากสภาพสิ่งแวดล้อม และแรงเสียดทาน

ความแตกต่างของอุณหภูมิและความชื้นระหว่างผิวคอนกรีตด้านบนและด้านล่าง จะทำให้เกิดการโก่งตัวของคอนกรีตในลักษณะเฉพาะตัวดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งพฤติกรรมนี้เรียกว่า Curling และ Warping ซึ่งหากมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้บ่อยครั้ง คอนกรีตอาจเกิดความล้า ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในช่วงกลางวันและกลางคืน (Curling) และการเปลี่ยนแปลงความชื้น (Warping) ในแต่ละวัน โดยจะมีปัจจัยหลายอย่างที่จะช่วยป้องกันการเกิดการโก่งตัวเช่นนี้ได้ ได้แก่ น้ำหนักของผิวคอนกรีต เหล็กเดือย เหล็กยึด การขัดกันของผิวคอนกรีต (Aggregate Interlock) และแรงเสียดทานระหว่างผิวคอนกรีตกับชั้นรองถนนคอนกรีต ผลของการเกิด Curling และ Warping จะทำให้เกิดหน่วยแรงดึง และหน่วยแรงอัดในคอนกรีตเพิ่มขึ้นจากปกติ ซึ่งคอนกรีตมีความสามารถในการรับแรงอัดได้สูงจึงอาจไม่มีปัญหา แต่ในกรณีที่เกิดแรงดึงในคอนกรีต อาจส่งผลให้เสียหายเกิดเป็นรอยแตกได้โดยเฉพาะในช่วงที่คอนกรีตยังพัฒนากำลังอยู่



Nassiri 2011

ภาพที่ 4 การโก่งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้น (Curing and Warping)

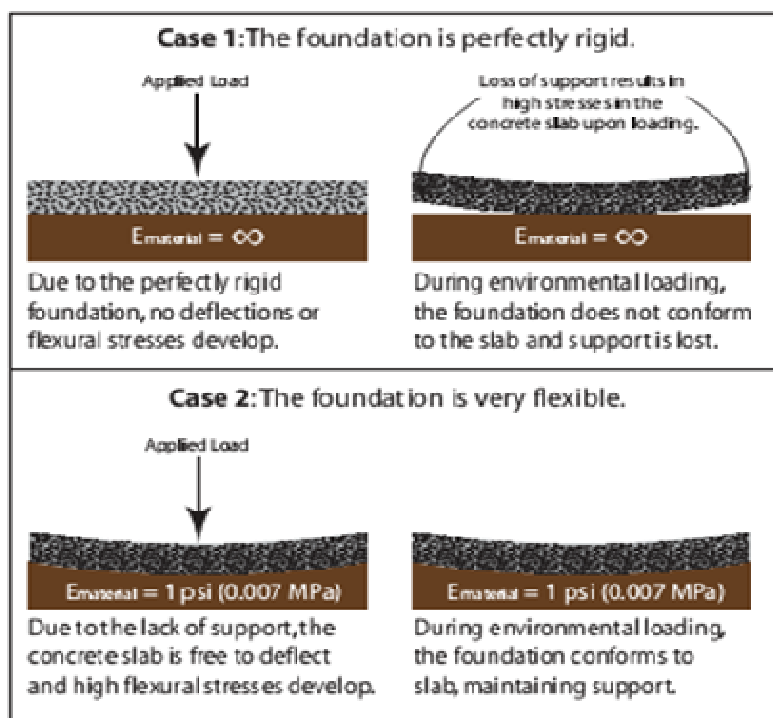
ชั้นรองพื้นทางแบบ Stabilized Subbase โดยทั่วไปจะมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับ Unstabilized Subbase (ดูตารางที่ 3) ดังนั้นสำหรับในกรณีที่ใช้แอสฟัลต์

คอนกรีตเป็นชั้นรองพื้นทางควรทำให้ผิวทางมีความเรียบและลื่นมากที่สุด และการใช้วัสดุผสมซีเมนต์จะมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ค่อนข้างสูงซึ่งอาจเป็นเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายเนื่องจากคอนกรีตไม่สามารถรับแรงดึงได้จึงแนะนำให้ใช้แผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) ซึ่งนอกจากจะช่วยลดปัญหาการเกิดการอัดทะลักแล้วยังช่วยลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในกรณีนี้ด้วย ซึ่งทำให้ไม่จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณเหล็กเสริม Temperature Steel ในคอนกรีตเพื่อรับแรงกระทำดังกล่าว

สำหรับกรณีที่ชั้นพื้นทางที่แกร่งมากเกินไป อาจไม่เป็นผลดีเพราะเมื่อเกิด Curling และ Warping บริเวณขอบหรือบริเวณกลางแผ่นคอนกรีตอาจเกิดลักษณะเป็นช่องว่าง หรือทำให้ไม่สามารถถ่ายแรงลงไปชั้นรองพื้นทางได้อย่างสม่ำเสมอ แต่ชั้นรองผิวคอนกรีตที่มีความยืดหยุ่นดีจะสามารถปรับสภาพให้คอนกรีตสามารถถ่ายแรงได้สม่ำเสมอกว่า ทั้งนี้จะต้องพิจารณาขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงของสภาพสิ่งแวดล้อมด้วย (ดูภาพที่ 5) โดยทั่วไปแนะนำให้ใช้กำลังรับแรงอัดที่ 7 วัน สำหรับวัสดุประเภทพื้นทางผสมซีเมนต์ อยู่ในช่วงระหว่าง 300 – 800 psi (21 – 56.2 ksc) ^[3]

ตารางที่ 3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของวัสดุแต่ละชนิด

Subbase	Coefficient of Friction
Natural subgrade	1.0
Chemically-modified clay soil	1.5
Unstabilized granular subbase	1.5
Bituminous surface treatment	3.0
Unstabilized crushed stone subbase	6.0
Asphalt-treated subbase (smooth)	6.0
Cement-treated subbase	10.0
Asphalt-treated subbase (rough)	15.0
Asphalt-treated open-graded subbase	15.0
Cement-treated open-graded subbase	15.0
Lean concrete subbase (econocrete)	15.0



ภาพที่ 5 แบบจำลองการเกิดการแอ่นตัวจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นกรณีที่ชั้นพื้นทางมีลักษณะแกร่ง (Perfectly Rigid) และลักษณะยืดหยุ่น (Flexible) ^[3]

6. กรณีศึกษา

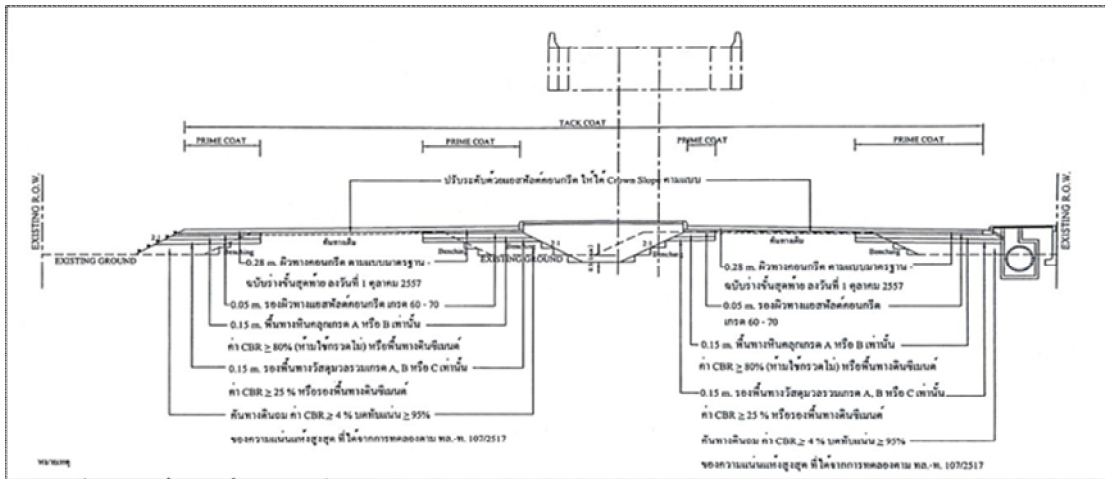
6.1 กรณีศึกษาการใช้รองพื้นทางเป็นแอสฟัลต์คอนกรีต ทางหลวงหมายเลข 3 ศรีราชา – อ่าวอุดม

ทางหลวงหมายเลข 3 เป็นเส้นทางหลักที่ใช้เชื่อมการคมนาคมจากกรุงเทพมหานครไปยังภาคตะวันออก ซึ่งปัจจุบันการคมนาคมในเส้นทางสายนี้มีปริมาณจราจร ที่หนาแน่น มีรถบรรทุกหนักสูง โดยบริเวณนี้มีท่าเรือขนถ่ายสินค้าทางทะเล คือ ท่าเรือเคอรี ท่าเรือศรีราชาฮาร์เบอร์ และท่าเรือแหลมฉบัง ถนนเดิมโดยทั่วไปเป็นถนนแอสฟัลต์คอนกรีตซึ่งบางช่วงเพิ่งได้รับการบูรณะ แต่เกิดความเสียหายในระยะเวลายาวนาน

การออกแบบโครงสร้างชั้นทางจะต้องคำนึงถึงการรับน้ำหนักจราจรที่สูงให้ได้ในระยะเวลาที่ทำการออกแบบ อีกทั้งการใช้วัสดุจากถนนเดิมให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด การออกแบบโครงสร้างชั้นทางในบริเวณดังกล่าวได้พิจารณาใช้ผิวทางเป็นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตโดยพิจารณาผิวทางที่สามารถต้านการเกิดร่องล้อได้ดีกว่าปกติ และพิจารณาใช้ผิวทางคอนกรีตในช่วงที่มีแรงกระทำสูง สำหรับส่วนที่เป็นผิวทางคอนกรีตดังแสดงในภาพที่ 6 ได้ทำการขยายคันทางโดยในส่วนที่เป็นถนนเดิม ให้ทำการปรับระดับด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตให้ได้ Crown Slope ตามแบบ แล้วทำการก่อสร้างผิวคอนกรีตหนา 28 เซนติเมตร บนแอสฟัลต์คอนกรีตปรับระดับโดยไม่มีทรายรองถนนคอนกรีต และในส่วนขยายโครงสร้างชั้นทางประกอบด้วยผิวคอนกรีตหนา 28 เซนติเมตร รองผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกรด 60-70 หนา 5 เซนติเมตร พื้นทางหินคลุกหนา 15 เซนติเมตร และชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวมหนา 15 เซนติเมตร

ตามลำดับ ได้ออกแบบให้ใช้แอสฟัลต์คอนกรีตรองถนนคอนกรีต แทนการใช้ทรายรองถนนคอนกรีต (Sand Cushion) ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายแรง และขจัดปัญหาการถูกชะล้างได้ง่ายของทราย ปัจจุบันการก่อสร้างเกือบแล้วเสร็จ และได้เปิดการจราจรแล้ว

การก่อสร้างในรูปแบบนี้มีข้อดี คือการตั้งแบบสามารถดำเนินการให้มีความมั่นคง ดังแสดงในภาพที่ 7 และผิวทางจะเป็น Construction Platform ทำให้ง่ายต่อการทำงานดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 6 แบบรูปตัดโครงสร้างชั้นทาง ทางหลวงหมายเลข 3 ศรีราชา – อ่าวอุดม (ช่วงที่ผิวทางเป็นคอนกรีต)



ภาพที่ 7 การตั้งแบบคอนกรีต ทางหลวงหมายเลข 3 ศรีราชา – อ่าวอุดม, การเจ้าน้ำด้วยสว่าน (ซ้าย) การตอกหมุดยึดแบบคอนกรีต (ขวา)



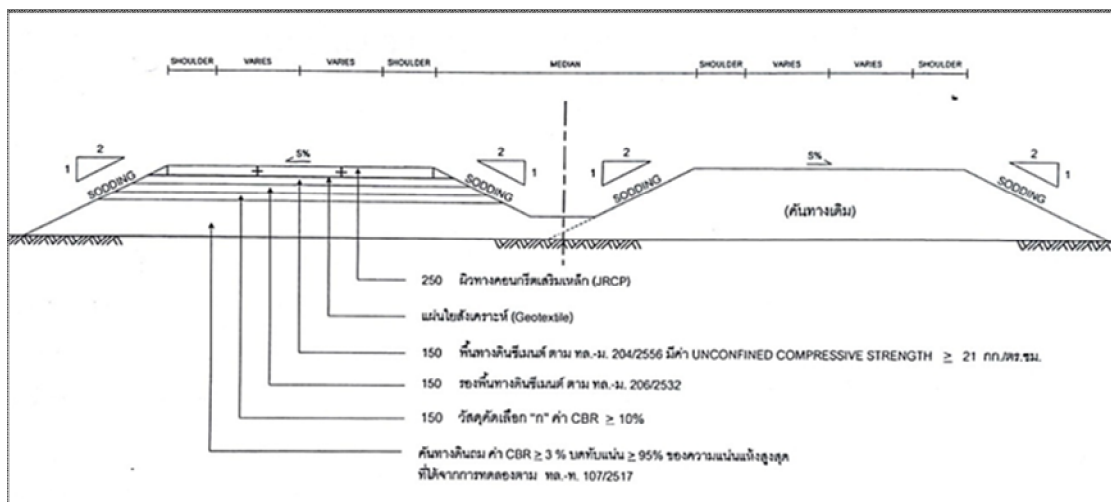
ภาพที่ 8 การก่อสร้าง ทางหลวงหมายเลข 3 ศรีราชา – อ่าวอุดม, การเทคอนกรีต (ซ้าย)
ผิวทางคอนกรีตหลังดำเนินการแล้วเสร็จ (ขวา)

6.2 การใช้รองพื้นทางเป็นดินซีเมนต์และใช้แผ่นใยสังเคราะห์ ทางหลวงหมายเลข 290 ถนนวงแหวนรอบเมืองนครราชสีมา ตอน 2 (ด้านใต้)

กรมทางหลวงได้เสนอให้ทำการก่อสร้างถนนวงแหวนรอบเมืองนครราชสีมา เพื่อใช้เป็นเส้นทางเลี่ยงเมืองไปยังจุดหมายปลายทางอื่น ๆ โดยไม่จำเป็นต้องผ่านตัวเมือง โดยเป็นแนวตัดใหม่ทั้งหมดโดยส่วนหนึ่งได้จ้างที่ปรึกษาในการออกแบบ การออกแบบโครงสร้างชั้นทาง ทางหลวงหมายเลข 290 ถนนวงแหวนรอบเมืองนครราชสีมา ตอน 2 (ด้านใต้) ระหว่าง กม. 2+400 – กม. 17+600 เป็นส่วนที่กรมทางหลวงดำเนินการออกแบบเอง

จังหวัดนครราชสีมา มีสภาพการจราจรในเมืองหนาแน่น ติดขัด ปริมาณจราจรที่สูง และมีแนวโน้มที่รถบรรทุกจะใช้ถนนวงแหวนรอบเมืองนครราชสีมา เพื่อเป็นทางเลี่ยงเมือง อีกทั้งวัสดุที่มีคุณภาพตามข้อกำหนดของกรมทางหลวงมีแนวโน้มที่จะขาดแคลน ทำให้การออกแบบจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เพื่อให้การออกแบบมีความเหมาะสมกับการใช้งานดังกล่าว โดยได้แนะนำโครงสร้างชั้นทางเป็นถนนคอนกรีต และได้นำแผ่นใยสังเคราะห์สำหรับรองผิวทางคอนกรีต (Geotextile) มาใช้รองผิวทางคอนกรีตแทนทรายรองถนนคอนกรีต (Sand Cushion) ซึ่งมักมีปัญหาถูกชะล้างได้ง่าย ซึ่งคาดว่าจะช่วยลดปัญหาการเกิดโพรงใต้ถนนคอนกรีต และเพิ่มอายุการให้บริการของถนนคอนกรีตได้

ลักษณะรูปตัดโครงสร้างชั้นทาง ทางหลวงหมายเลข 290 ถนนวงแหวนรอบเมือง นครราชสีมา ตอน 2 (ด้านใต้) ดังแสดงในภาพที่ 9 ประกอบด้วยผิวทางคอนกรีตหนา 25 เซนติเมตร แผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) น้ำหนักไม่ต่ำกว่า 400 กรัมต่อตารางเมตร ตามข้อกำหนดพิเศษแผ่นใยสังเคราะห์สำหรับรองผิวทางคอนกรีต (ดูภาคผนวก) พื้นทางดินซีเมนต์หนา 15 เซนติเมตร กำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 21 ksc และชั้นรองพื้นทางดินซีเมนต์หนา 15 เซนติเมตร ปัจจุบันโครงการฯ อยู่ระหว่างการก่อสร้างโดยภาพที่ 10 แสดงการเตรียมการก่อสร้างถนนคอนกรีตโดยใช้แผ่นใยสังเคราะห์สำหรับรองผิวทางคอนกรีต (Geotextile)



ภาพที่ 9 แบบรูปตัดโครงสร้างชั้นทาง ทางหลวงหมายเลข 290

ถนนวงแหวนรอบเมืองนครราชสีมา ตอน 2 (ด้านใต้) ระหว่าง กม. 2+400 – กม. 17+600



ภาพที่ 10 การเตรียมการก่อสร้างถนนคอนกรีตโดยใช้แผ่นใยสังเคราะห์สำหรับรองผิวทางคอนกรีต (Geotextile)

7. การพิจารณาใช้ชั้นรองพื้นทางแบบ Stabilized Subbase ในปีงบประมาณ 2561

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบได้ออกแบบถนนคอนกรีตโดยใช้ชั้นรองถนนคอนกรีตแบบ Stabilized Subbase ในปีงบประมาณ 2561 สำหรับสายทางที่มีปริมาณรถบรรทุกที่สูงมาก หรือเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของถนนให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ไม่ต้องปิดการจราจรเพื่อซ่อมแซมถนน ซึ่งจะเป็นผลเสียหายต่อภาคอุตสาหกรรม และผู้ใช้ทาง โดยได้พิจารณาออกแบบ ดังนี้

1. ใช้ชั้นรองถนนคอนกรีตเป็นแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับโครงการที่ทำการขยายคันทาง ซึ่งผิวทางเดิมเป็นแอสฟัลต์คอนกรีตและยังมีสภาพที่ดี ซึ่งสามารถใช้ผิวทางเดิมให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยจะทำการปรับระดับด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตและในส่วนขยายจะทำการก่อสร้างผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ โดยได้กำหนดแอสฟัลต์คอนกรีตปรับระดับและผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตให้ใช้ขนาดมวลรวม 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) และใช้ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 5 โดยมวลของมวลรวม (ตามตารางที่ 1 ทล.-ม. 408/2532) ทั้งนี้เพื่อให้ชั้นรองถนนคอนกรีตมีความตึบแน่นมากขึ้น เพื่อความคงทนและขจัดปัญหาการเกิดการอัดทะลัก (Pumping)

2. ใช้ชั้นรองถนนคอนกรีตเป็นแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับโครงการที่เป็นผิวคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (Continuously Reinforced Concrete Pavement, CRCP) ด้วยเหตุผลในข้อ 1 และเพื่อจุดประสงค์ในการควบคุมความกว้าง และระยะห่างระหว่างรอยแตกของถนนดังกล่าวให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เนื่องจากผลจากการการประเมินผลระหว่างการก่อสร้าง ถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) สายแรกของกรมทางหลวง ทางหลวงหมายเลข 331 บ.เนินผาสุข - มาบเียง ตอน 1 พบว่าความกว้างระหว่างรอยแตกยังอยู่ในระดับที่สูงกว่าที่คาดการณ์เอาไว้ในการออกแบบ^[8]

3. ในกรณีที่ผิวทางเดิมเกิดความเสียหายและต้องรื้อผิวทางเดิมออก จะให้ทำการก่อสร้างชั้นพื้นทางใหม่เป็นพื้นทางดินซีเมนต์ และใช้แผ่นใยสังเคราะห์สำหรับรองผิวทางคอนกรีต (Geotextile) มาใช้รองผิวทางคอนกรีตแทนทรายรองถนนคอนกรีต (Sand Cushion) ซึ่งในขั้นนี้ได้ดำเนินการทั้งในกรณีที่ผิวทางคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีรอยต่อ (JRCP) และผิวทางคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP)

8. สรุปผล

รูปแบบโครงสร้างชั้นทางสำหรับถนนคอนกรีตที่กรมทางหลวงใช้อยู่ในปัจจุบันยังมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในกรณีที่ปริมาณจราจรอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง แต่ในกรณีที่มีปริมาณจราจรที่สูงมากและเป็นบริเวณที่ฝนตกชุก และต้องการถนนคอนกรีตที่มีความคุ้มค่าในการลงทุนที่ดีการใช้รองพื้นทางแบบใหม่เป็น Stabilized Subbase จะมีความเหมาะสม โดยมี ข้อดี/ข้อเสีย หลายประการ คือ

ข้อดี

1. สามารถใช้รองพื้นทางเป็น Construction Platform ทำให้ง่ายต่อการทำงาน
2. แก้ปัญหาการกัดเซาะของทรายรองถนนคอนกรีตระหว่างการทำงาน
3. ลดปัญหาการเกิดการอัดทะลักซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายกับผิวคอนกรีตบริเวณรอยต่อ

ข้อเสีย

1. ค่าลงทุนเริ่มต้นแพงกว่าถนนรูปแบบปัจจุบัน แต่จะเหมาะสมกับถนนที่มีปริมาณจราจรสูงและน้ำหนักรถจราจรที่สูง
2. มีแรงเสียดทานสูง และผลจากแรงกระทำจากสิ่งแวดล้อมที่สูงกว่า ในกรณีที่ใช้วัสดุผสมซีเมนต์อาจพิจารณาใช้แผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) เพื่อลดแรงกระทำดังกล่าว

บรรณานุกรม

- [1] American Concrete Pavement Association (2007). “Subgrades and Subbases for Concrete Pavements”, Engineering Bulletin.
- [2] Ceylin H. (2016). “Impact of Curling and Warping on Concrete Pavement”, Institute for Transportation, Iowa State University.
- [3] Jung Y.S., Zollinger D.G., Cho B.G., Won M., and Wimsatt A.J. (2010). “Subbase and Subgrade Performance Investigation and Design Guidelines for Concrete Pavement, Texas Department of Transportation Research and Technology Implementation Office.
- [4] Nassiri, S. (2011). “Establishing permanent curl/warp temperature gradient in jointed plain concrete pavements”, PhD dissertation, University of Pittsburgh, PA.
- [5] Ray, M., and Christory, J.P., (1989). “Combating Concrete Pavement Slab Pumping, State of the Art and Recommendations, “Proceedings of Sixth International Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation, Purdue University.
- [6] Wesevich, J.W. McCullough, B.F., and Burns N.H. (1987). “Stabilized Subbase Friction Study for Concrete Pavements”, Technical Report No. FHWA/TX-87+459-1, Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin, Austin, Texas
- [7] จุฑา สุนิตย์สกุล ชัยรัตน์ ศุภขวโรจน์ และศตพร กัณทเจตน์ (2560). “การออกแบบชั้นโครงสร้างชั้นทางผิวทางยึดหยุ่นด้วยชั้นพื้นทางซีทีบี (Cement Treated Base: CTB)” สัมมนาประจำปีสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ
- [8] จุฑา สุนิตย์สกุล ชัยรัตน์ ศุภขวโรจน์ และศักดิ์ชัย ปราบมะเริง (2560). “การประเมินผลระหว่างการก่อสร้าง ถนนคอนกรีตแบบไร้รอยต่อ (CRCP) สายแรกของกรมทางหลวง ทล. 331 บ.เนินผาสุข – มาบเอียง ตอน 1” สัมมนาประจำปีสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ
- [9] ส่วนออกแบบและแนะนำโครงสร้างชั้นทาง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ (2546). “การออกแบบความหนาโครงสร้างชั้นทางของถนนคอนกรีต” สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

ภาคผนวก

ข้อกำหนดพิเศษแผ่นใยสังเคราะห์สำหรับรองผิวทางคอนกรีต (Geotextile)

1. คุณสมบัติวัสดุ

แผ่นใยสังเคราะห์ที่ใช้ ต้องเป็นใยสังเคราะห์แบบไม่ถักทอ (Non Woven Geotextile) ซึ่งผลิตโดยผู้ผลิตที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO9001 โดยมีกรรมวิธีผลิตแบบ Needle Punch หรือ Spun Bond ไม่อนุญาตให้ใช้วัสดุที่ผลิตโดยให้ความร้อน (Thermal Treatment) สามารถทนต่อสภาพความเป็นด่างของคอนกรีตได้ดี ขนาดม้วนมีความกว้างไม่น้อยกว่า 3.50 เมตร และความยาวไม่น้อยกว่า 100 เมตร โดยมีฉลากแสดงชื่อสินค้า ชนิด รุ่น และเลขหมายการผลิตที่ชัดเจน แสดงบนริมของม้วน แผ่นใยสังเคราะห์ทุกม้วน แผ่นใยสังเคราะห์ที่ไม่มีการแสดงเครื่องหมายดังกล่าว กรมทางหลวงจะไม่รับและผู้ขายจะต้องนำกลับโดยทันที แผ่นใยสังเคราะห์จะต้องเก็บโดยวัสดุที่บดแสงคลุมเก็บไว้ในที่ร่ม ห้ามโดนแสงอาทิตย์โดยตรงนานเกิน 15 วัน เพราะจะทำให้เสียคุณสมบัติของวัสดุ แผ่นใยสังเคราะห์จะต้องสามารถทนทานต่อสารเคมีต่างๆที่มีอยู่ในธรรมชาติ และสามารถทนความเป็นกรดต่างได้ระหว่าง pH 2 – pH 13 และแผ่นใยสังเคราะห์จะต้องมีคุณสมบัติขั้นต่ำ ดังนี้

คุณสมบัติของแผ่นใยสังเคราะห์สำหรับรองผิวทางคอนกรีต

คุณสมบัติ	ข้อกำหนด	มาตรฐานการทดสอบ
น้ำหนัก	ไม่น้อยกว่า 400 กรัม/ตร.ม.	ISO 9864 หรือ ASTM D 5261
Alkali Resistant	≥ 96 % Polypropelene/Polyethelene	ใบรับรองจากผู้ผลิต

2. การทดสอบวัสดุ

ผู้รับจ้างจะต้องจัดส่งตัวอย่างแผ่นใยสังเคราะห์ เพื่อทดสอบคุณสมบัติตามตารางคุณสมบัติของแผ่นใยสังเคราะห์สำหรับรองผิวทางคอนกรีต โดยค่าใช้จ่ายเป็นของผู้รับจ้างทั้งสิ้น

การสุ่มซักตัวอย่างสำหรับการทดสอบ ผู้ควบคุมงานจะระบุตำแหน่งการสุ่มซักตัวอย่างจากวัสดุที่ผู้รับจ้างส่งมอบทุกๆ 5,000 ตารางเมตรต่อ 1 ตัวอย่าง เมื่อจัดเก็บเสร็จแล้วให้ผู้รับจ้างจัดส่งไปทดสอบ โดยผู้ควบคุมงาน หรือตัวแทนเป็นผู้ร่วมในการส่งตัวอย่างออกไปทดสอบด้วย หากผลการทดสอบไม่ผ่านเกณฑ์คุณลักษณะเฉพาะที่กำหนด ผู้รับจ้างจะต้องนำแผ่นใยสังเคราะห์ทั้งหมดกลับไปและส่งมอบแผ่นใยสังเคราะห์ชุดใหม่ ตามจำนวนที่กำหนดเดิม เพื่อดำเนินการสุ่มซักตัวอย่างอีกครั้ง

อนึ่ง ค่าคุณสมบัติอื่นๆ ที่กรมทางหลวงไม่สามารถทดสอบได้ ให้ผู้ขายส่งเอกสารรับรอง (Statement of Quality) เพื่อยืนยันการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นใยสังเคราะห์

3. การก่อสร้าง

ก่อนทำการก่อสร้าง ให้ทำการเตรียมสภาพพื้นที่ที่จะทำการปูแผ่นใยสังเคราะห์ ไม่ให้มีเศษวัสดุ หรือ ก้อนวัสดุ ที่อาจทำให้เกิดการฉีกขาดของแผ่นใยสังเคราะห์ หากผิวมีลักษณะหยาบและมีคม ให้ปรับสภาพความเหมาะสมโดยใช้ทรายปรับพื้นผิวก่อน แล้วจึงเริ่มทำการปูแผ่นใยสังเคราะห์

การปูแผ่นใยสังเคราะห์ ให้ปูในทิศทางของช่องจราจรแนบไปกับพื้นผิว โดยให้มีระยะห่างระหว่างแผ่นไม่ต่ำกว่า 30 เซนติเมตร เมื่อทำการปูแผ่นใยสังเคราะห์แล้ว ให้ทำการตอกยึดด้วยหมุดหรือวัสดุอื่นใด โดยให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีในการตอกยึดนำเสนอเพื่อรับการอนุมัติจากกรมทางหลวง และก่อนเทคอนกรีตให้ทำการพรมน้ำให้ชุ่ม
