

การปรับปรุงผิวทางชนิดแอสฟัลต์คอนกรีตแบบไร้รอยต่อบนทางยกระดับเพื่อเพิ่มความราบเรียบ กรณีศึกษาทางยกระดับอุตราภิมุข

Jointless Asphalt Concrete Pavement Improvement on Elevated Highways to Enhance Smoothness: A Case Study of the Uttaraphimuk Elevated Road

เอกรินทร์ เหลืองวิสัย^{1,*}, เอกพล เพชรศรีช่วง²

¹ ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บริษัท ทางยกระดับดอนเมือง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ

² ฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา บริษัท ทางยกระดับดอนเมือง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ

* Corresponding author; E-mail address: ekarin.lue@tollway.co.th

บทคัดย่อ

ทางยกระดับอุตราภิมุขช่วงดินแดง-อนุสรณ์สถาน (ทางยกระดับดอนเมือง) เป็นทางยกระดับขนาด 3 ช่องจราจรต่อทิศทาง มีความยาวประมาณ 21 กิโลเมตร โครงสร้างส่วนบนรองรับ 6 ช่องจราจร ผิวแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 5 มียรอยต่อเพื่อการขยายตัวชนิด Asphaltic Plug Joint ทุกๆ 30 เมตร ทำให้เกิดความไม่ราบเรียบในการขับขี่ จึงมีความต้องการผิวทางที่ไร้รอยต่อในทางพิเศษ ได้มีการปรับปรุงผิวทางชนิดไร้รอยต่อ โดยเสริมแรงในผิวทางด้วยแผ่น Geotextile อย่างไรก็ดี ทางพิเศษมีช่วงยาว 20 เมตร ใช้ผิวทาง 2 ชั้น หนาชั้นละ 4 เซนติเมตร ปูแผ่น Geotextile หนา 1.80 เมตร จำนวน 2 ชั้น แต่ทางยกระดับดอนเมืองมีช่วงยาว 30 เมตร มีโครงสร้างแบบตัววาย (Y) ที่มีการสั่นสะเทือนมากกว่า มีผิวทางชั้นเดียว หนา 5 เซนติเมตร จึงได้จัดทำเป็นแปลงทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพผิวทางชนิดไร้รอยต่อในทางยกระดับดอนเมือง

แปลงทดลองจัดทำบนช่องทางซ้ายซึ่งรองรับรถบรรทุก และเป็นช่องทางที่มีความสั่นสะเทือนมากที่สุด และทดลองมีระยะทาง 782 เมตร ทำการชุบและปูลาดผิวทางใหม่ด้วยยาง Polymer Modified Bitumen 76 (PG76) ที่ 5% ผสมกับมวลรวมแกรนิตขนาด 1/2." ผลทดสอบด้วยวิธี Marshall มีค่า Stability ประมาณ 4,140 lbs. เสริมแรงบริเวณรอยต่อด้วย Paving Fabrics หนา 420 g/sq.m จำนวน 1 ชั้น ปูลาดบน Tack coat CRS-1P

ผิวทางที่ได้มีความราบเรียบตามวัตถุประสงค์ มีการระบายน้ำได้ดี เสียสั่นในท้องโดยสารถลดลงประมาณ 4 เดซิเบล การใช้งานผ่านไป 1 ปียังใช้งานได้ดี ไม่พบรอยร้าวที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของรอยต่อ มีแผนที่จะขยายผลทำบนช่องทางกลางและขวาเพื่อให้เห็นผลบนทั้ง 3 ช่องจราจรต่อไป

คำสำคัญ: ผิวทาง, แอสฟัลต์คอนกรีต, ผิวทางไร้รอยต่อ, ทางพิเศษ, โทล์กเวย์

Abstract

The Uttaraphimuk Elevated Tollway (Don Mueang Tollway) between Din Daeng and the Memorial Monument is a three-lane-per-direction elevated highway, approximately 21 kilometers long. The structure originally used 5 cm thick asphalt concrete with Asphaltic Plug Joints at 30-meter intervals, leading to unevenness in the riding surface. To address this, a seamless pavement system was piloted, reinforced with geotextile sheets.

Given the Don Mueang Tollway's longer 30-meter Y-span structures and greater vibration compared to standard 20-meter spans, a trial section was implemented on the heavily loaded left lane. The 782-meter section was milled and repaved with Polymer Modified Bitumen 76 (PG76) mixed with 1/2" granite aggregate. Marshall Stability was approximately 4,140 lbs, with additional reinforcement provided by 420 g/sq.m paving fabric on a CRS-1P tack coat.

The resulting surface achieved improved smoothness, effective drainage, and reduced in-cabin noise by 4 decibels. After one year, no joint-related cracking was observed. Plans are underway to extend this technique to the center and right lanes.

Keywords: Pavement, Asphalt Concrete, Jointless Pavement, Expressway, Tollway

1. คำนำ

ทางยกระดับอุตราภิมุข ช่วงดินแดง-อนุสรณ์สถาน หรือที่เรียกว่า ทางยกระดับดอนเมือง ตั้งอยู่เหนือถนนวิภาวดีรังสิต มีระยะทาง 20 กม. เป็นทางยกระดับขนาด 3 ช่องจราจรต่อทิศทางดังรูปที่ 1

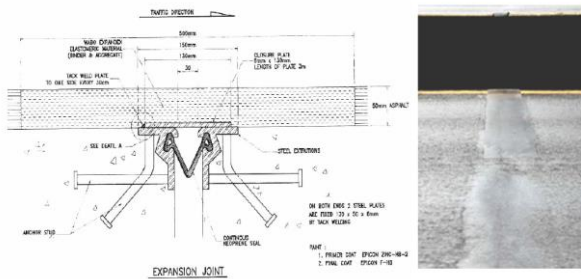


รูปที่ 1 ทางยกระดับดอนเมือง

มีปริมาณจราจรประมาณ 1 แสนเที่ยวต่อวัน ให้บริการลักษณะเดียวกับทางพิเศษ กล่าวคือเป็น Freeway ที่ออกแบบด้วยมาตรฐานเรขาคณิตทางถนนสูง ไม่มีสัญญาณไฟจราจร มีการควบคุมทางขึ้น-ลง มีการจำกัดประเภทยานพาหนะ มีการจัดให้มีอุปกรณ์ให้ข้อมูลด้านการจราจรและอุปกรณ์ความปลอดภัยด้านการจราจรที่ดี มีการบำรุงรักษาและยกระดับการ

ให้บริการอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถเดินทางได้อย่างสะดวกรวดเร็ว ด้วยความที่เป็นถนนมาตรฐานสูง ทำให้ใช้ความเร็วได้เป็นอย่างดี

โครงสร้างส่วนบนเป็นคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวที (T-Girder) จำนวน 10 ตัว พื้นคอนกรีตเทในหนา 18 เซนติเมตร มีรอยต่อเพื่อการขยายตัวในทุกๆ เส้า เป็นชนิด Strip Seal ภายหลังปูลาดทับด้วยผิวแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 5 เซนติเมตร บริเวณรอยต่อเพื่อการขยายตัวจึงปิดทับด้วยแผ่นเหล็กหนา 6 มม. และปูลาดทับด้วย Asphaltic Plug Joint กว้าง 50 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 Expansion Joint 2 ชั้น

รอยต่อเพื่อการขยายตัวแบบ Asphaltic Plug Joint เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งเริ่มมีความไม่ราบเรียบ ทำให้ต้องการซ่อมบำรุงบ่อยครั้งดังรูปที่ 3 และด้วยความที่ต้องมีรอยต่อฯ ทุกช่วงสะพานทุกๆ ระยะ 30 เมตร ทำให้เกิดความไม่ราบเรียบในการขับขี่ จึงมีความประสงค์จะศึกษาทดลองผิวจราจรประเภทไร้รอยต่อ เพื่อลดภาระด้านงานซ่อมบำรุงและเพิ่มความราบเรียบสะดวกสบายในการขับขี่



รูปที่ 3 งานซ่อมบำรุง Expansion Joint

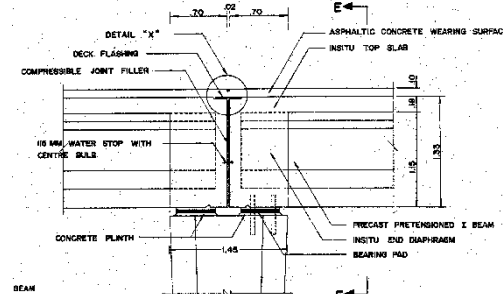
2. รอยต่อเพื่อการขยายตัวโครงสร้าง

2.1 ทางพิเศษ

เส้นทางพิเศษเฉลิมมหานครเปิดใช้งานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 เป็นทางยกระดับที่มีความยาวคานคงที่เท่ากับ 20 เมตรดังรูปที่ 4 โครงสร้างส่วนบนเป็นคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ (I-Girder) จำนวน 7 ตัว รองรับ 3 ช่องจราจร พื้นคอนกรีตเทในหนา 18 เซนติเมตร ปูลาดผิวทางแบบ Asphalt Concrete 2 ชั้นๆ ละ 4 เซนติเมตร รอยต่อเพื่อการขยายตัวเป็นแบบ Asphaltic Plug Joint หนา 8 เซนติเมตร เป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับช่วงคานที่ไม่ยาวมากนัก [1] แบบขยายโครงสร้างแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 ทางพิเศษเฉลิมมหานคร



รูปที่ 5 แบบขยายรอยต่อโครงสร้างทางพิเศษ

หลักการของผิวจราจรไร้รอยต่อ คือ การเสริมความแข็งแรง เสริมความยืดหยุ่น เพื่อรองรับการยืดหดตัวของวัสดุผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยการใช้วัสดุแผ่นใยสังเคราะห์ (Geo Textile) [2] การยืดหดตัวเนื่องจากอุณหภูมิของคานทางพิเศษแสดงดังสมการ (1) และการสูญเสียความชื้นดังสมการ (2)

$$\Delta_{temp} = \alpha \cdot L \cdot \Delta T \quad (1)$$

$$\Delta_{Shrink} = \beta \cdot \mu \cdot L \quad (2)$$

เมื่อ Δ = ระยะการยืดหดตัว

α = สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิ

ΔT = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

L = ความยาวคาน

β = สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความชื้น

μ = สัมประสิทธิ์การยึดรั้ง

กรณีทางพิเศษใช้อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมระหว่าง 15°C – 45 ° และใช้อุณหภูมิฐานที่ 30 °C ประมาณการยืดหดตัวที่ 8.73 มม. ส่วนการหดตัวเนื่องจากคอนกรีตอัดแรง (Creep) ถือว่าหมดไปแล้ว เลือกใช้วัสดุแผ่นใยสังเคราะห์ที่มีค่า Elongation 3 % หนากว้าง 1.90 เมตร ด้านทานการยืดหดตัวที่ 57 มม. ปูเสริมในผิวทางชั้น Binder Course 1 ชั้น และ เสริมในชั้น Wearing Course อีก 1 ชั้น รวม 2 ชั้นดังรูปที่ 6 พบว่า ใช้งานได้ดี ผิวทางมีความราบเรียบ ไม่มีเกิดการสะดุดรอยต่อฯ ทุกๆ 20 เมตรดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 แผ่นใยสังเคราะห์ในผิวทางไร้รอยต่อ



รูปที่ 7 ผิวทางไร้รอยต่อในทางพิเศษ

วัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ในงานมีคุณสมบัติดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติแอสฟัลต์คอนกรีตในทางพิเศษ

Item	Tolerance
Asphalt Content, %	4.9-5.5
Air voids, %	2.7-4.1
Stability, lbs	>3,400
Flow, 0.01"	12-14
Stability/Flow	>210
Strength Index	75

2.2 ทางยกระดับดอนเมือง

ทางยกระดับดอนเมืองมีลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างจากทางพิเศษ โครงสร้างส่วนบนเป็นคานรูปตัวที (T-Girder) จำนวน 10 คาน ยาว 30 เมตร รองรับทางยกระดับ 6 ช่องจราจร



รูปที่ 8 โครงสร้างทางยกระดับดอนเมือง

พื้นที่ทางคอนกรีตหนา 18 เซนติเมตร ปูลาดด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 5 เซนติเมตร ถึงแม้จะใช้งานมาตั้งแต่เปิดการจราจรทางยกระดับ แต่ก็ยังมีความปลอดภัยที่ดี [3] โครงสร้างส่วนล่างเป็นรูปตัววาย ความสูง 18 เมตร ดังรูปที่ 8

ด้วยโครงสร้างที่มีช่วงกลางยาวกว่าทางพิเศษ และเสาที่สูงกว่าทางพิเศษ มีการเคลื่อนตัวทั้งตามแนวยาว แนวขวาง และแนวตั้ง มากกว่าโครงสร้างทางพิเศษและมีผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเพียงชั้นเดียว จึงมีความประสงค์ที่จะทดลองทดสอบ ผิวจราจรแบบไร้รอยต่อในทางยกระดับดอนเมือง กำหนดให้มีการทดลองทดสอบในทิศทางขาออก ช่องทางซ้ายซึ่งเป็นช่องทางการบรรทุก ระหว่าง กม.14+315 ถึง กม.14+790 ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการซ่อมแซมรอยต่อเพื่อการขยายตัวบ่อยครั้ง เป็นระยะทาง 475 เมตร พร้อมรอยต่อฯ จำนวน 15 รอยต่อ

3. งานก่อสร้างผิวทางไร้รอยต่อ

โดยปกติแผ่นใยสังเคราะห์จะใช้นางานดิน ใช้เป็นตัวแยกชั้นงานถมคันทาง ใช้เพิ่มการรับกำลังคันทาง เมื่อนำมาใช้กับแอสฟัลต์คอนกรีตช่วยรับแรงดึง ช่วยเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักได้ [4] ช่วยเพิ่มความต้านทานการแตกร้าวในการทดสอบการรับแรงดึงโดยตรง [5] แต่ไม่ได้ช่วยเรื่องของ Fatigue Life [6]

3.1 แผ่นใยสังเคราะห์

การเคลื่อนตัวตามแนวในทางยกระดับดอนเมือง ประมาณ 13.10 มม. และมีส่วนปลอดภัยเพิ่มอีก 30% ดังนั้นจะมีการเคลื่อนตัวประมาณ 17 มม. แผ่นใยสังเคราะห์มี Elongation 3 % ดังนั้น ต้องการความกว้างแผ่นพร้อมรอยต่อ 567 มม. แผ่นใยสังเคราะห์มาในม้วนที่มีความกว้าง 2 หลา หรือ 190 เซนติเมตร จึงกำหนดให้ติดตั้งที่ความกว้างที่ 95 เซนติเมตร น้ำหนัก 420 กรัมต่อตารางเมตร

3.2 วัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต

โครงการนี้เป็นการปูผิวจราจรใหม่ และต้องการให้ผิวจราจรทำเป็นรอยต่อเพื่อการขยายตัวได้ด้วย เนื่องจากมีความหนาเพียง 5 เซนติเมตร จึงต้องการแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีกำลังสูง มีความยืดหยุ่นที่ดี ต้องเลือกใช้วัสดุแอสฟัลต์ (Asphalt Cement) ให้เหมาะสม มีการแบ่งเกรดแอสฟัลต์ด้วยวิธี Penetration, วิธี Viscosity: AR และ วิธีประสิทธิภาพ (Performance Grade: PG) ซึ่งใช้เงื่อนไขด้านปริมาณจราจร [7] เป็นหลัก แหล่งวัสดุมีผลต่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่น สมรรถนะขึ้นกับแหล่งวัสดุรวมด้วย [8]

การออกแบบผิวทางเลือกใช้วิธี Superpave (Superior Performing Asphalt Pavements) เลือก Performance Grade (PG) ตามอุณหภูมิที่เหมาะสมกับกรุงเทพฯ เป็นชนิด PG76 ร่วมกับมวลรวมหยาบหินแกรนิต ขนาด 1/2" หินฝุ่นเป็นหินปูน ส่วนผสมที่ทดสอบด้วยวิธี Marshall มีคุณสมบัติดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติแอสฟัลต์คอนกรีตในทางยกระดับดอนเมือง

Item	Tolerance
Asphalt Content, %	5.1
Air voids, %	4.0
Stability, lbs	4,140
Flow, 0.01"	13.2
Stability/Flow	314
Strength Index	82.3

3.3 งานก่อสร้างผิวทาง

หลังจากชุดไสผิวจราจรเดิมสึก 5 เซนติเมตรแล้ว ปล่อย Tack coat ด้วยวัสดุ CRS-1P ฝุ่นใยสังเคราะห์ที่บดละเอียดเพื่อการขยายตัว ปล่อยด้วยวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต บดอัดให้มีความหนาแน่นตามข้อกำหนด และเขย่าร่องตามแนวรอยต่อเพื่อการขยายตัวอีก 1 เซนติเมตร หยอดด้วยวัสดุยา รอยต่อแบบยืดหยุ่นชนิดเทอร์อน การทำงานดังรูปที่ 9 ถึง รูปที่ 11



รูปที่ 9 วัสดุฝุ่นใยสังเคราะห์ในทางยกระดับคอนกรีต



รูปที่ 10 งานปล่อยวัสดุ PMA (PG76)



รูปที่ 11 งานกรีดรอยต่อ

4. ประสิทธิภาพผิวทาง

ลักษณะผิวทางก่อนและหลังปรับปรุงดังรูปที่ 12 หลังปรับปรุงแล้ว รอยต่อจะมีเพียงรอย Saw Cut กว้าง 1 เซนติเมตร เทียบกับรอยต่อฯ ชนิด Plug Joint ที่มีความกว้าง 50 เซนติเมตร จากการขับขี่ มีความราบเรียบดี มาก ไม่มีการสะดุดรอยต่อดังเช่นผิวเดิม



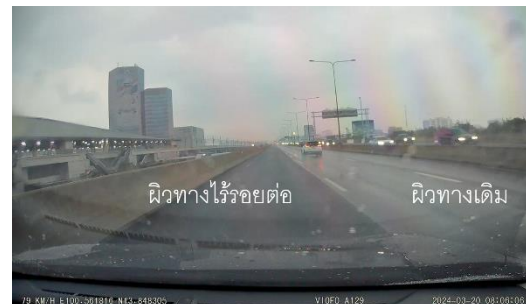
รูปที่ 12 ก่อนและหลังปรับปรุงผิวทาง

ผิวทางจะเป็นมวลรวมเม็ดใหญ่ (ฝั่งซ้าย) เมื่อเทียบกับผิวทางเดิม (ฝั่งขวา) ที่ใช้มวลรวมละเอียดกว่า ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 ลักษณะผิวมวลรวมใหญ่กว่า

ด้วยความที่มวลรวมใหญ่ มี Air Voids ที่ดี ทำให้มีคุณสมบัติคล้าย Porous Asphalt กล่าวคือ มีการระบายน้ำได้ดี เกิดฟิล์มน้ำมันผิวจราจร ขณะฝนตกน้อยกว่าผิวทางเดิมดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ฟิล์มน้ำมันผิวทาง

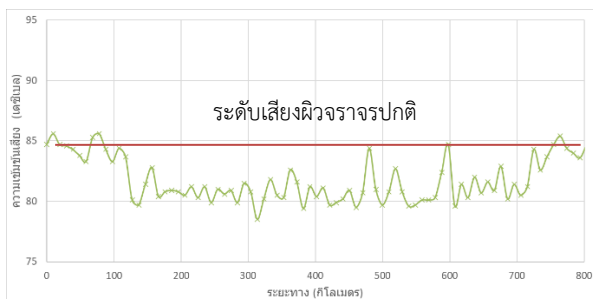
แปลงทดลองก่อสร้างแล้วเสร็จในวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2567 ได้ตรวจสอบประสิทธิภาพ หลังจากใช้งานไปแล้ว 1 เดือนในวันที่ 22 มีนาคม 2567 ไม่พบรอยร้าว หรือ ความเสียหายใด และ ณ วันที่ 31 มีนาคม 2568 ซึ่งใช้งานได้ครบ 1 ปี พบว่า ยังใช้งานได้ดี ไม่พบการหลุดร่อน ยุบตัว หรือ เป็นหลุม แต่อย่างใด

ทางยกระดับคอนกรีตมีระบบระบายน้ำที่กึ่งกลางถนน น้ำฝนจะไหลบนผิวทางจากช่องทางซ้ายไปช่องทางขวา แต่พบว่าในผิวทางแบบไร้รอยต่อ มีน้ำขังภายในพื้นดังรูปที่ 15 เพราะไม่สามารถไหลซึมไปในผิวทางเดิมได้ ในปี 2568 นี้ จึงมีแผนที่ทำแปลงทดลองให้เต็มทั้ง 3 ช่องจราจร ให้แสดงผลได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ



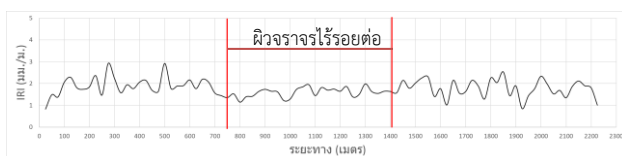
รูปที่ 15 น้ำขังภายในผิวทาง

ได้ตรวจวัดเสียงภายในห้องโดยสาร โดยใช้ Smart Phone Application พบว่า ผิวทางก่อนปรับปรุงมีระดับเสียงประมาณ 85 เดซิเบล พื้นที่ผิวจราจรไรรอยต่อมีระดับเสียงประมาณ 81 เดซิเบล ดังรูปที่ 16 มีระดับเสียงในห้องโดยสารลดลง



รูปที่ 16 ความเข้มข้นเสียงบริเวณผิวจราจรไรรอยต่อ

ได้ตรวจค่าความเรียบความขรุขระของถนน (IRI) โดยใช้ Smart Phone Application พบว่า ค่าเฉลี่ย IRI ไม่ได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่า ค่าความขรุขระที่สูงเนื่องจากสันสะท้อนผ่านรอยต่อเพื่อการขยายตัวได้หายไป ดังรูปที่ 17 ผิวทางมีความราบเรียบที่ดีขึ้น



รูปที่ 17 IRI บริเวณผิวจราจรไรรอยต่อ

5. บทสรุป

ทางยกระดับตอนเมืองมีรอยต่อเพื่อการขยายตัวทุกช่วงสะพาน ทุกๆ ระยะ 30 เมตร จึงได้ทดลองผิวจราจรไรรอยต่อ เพื่อลดภาระด้านงานซ่อมบำรุงและเพิ่มความราบเรียบสะดวกสบายในการขับขี่ ทำการเสริมความแข็งแรง เสริมความยืดหยุ่น เพื่อรองรับการยืดหดตัวของวัสดุผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยการใช้วัสดุแผ่นใยสังเคราะห์ (Geo Textile) ในผิวทางหนา 5 เซนติเมตร

วัสดุผิวทางเป็นใช้ PMA (PG76) มวลรวบหยาบหินแกรนิต มี Stability สูงถึง 4,140 ปอนด์ เสริมแรงक्रमรอยต่อเพื่อการขยายตัวด้วย วัสดุแผ่นใยสังเคราะห์หนัก 420 กรัม/ตร.ม กว้าง 95 เซนติเมตร ปูในช่องทางซ้ายคร่อม 11 รอยต่อเพื่อการขยายตัว

ลักษณะผิวทางจะเป็นมวลรวมเม็ดใหญ่ มีคุณสมบัติคล้าย Porous Asphalt กล่าวคือ มีการระบายน้ำได้ดี เกิดฟิล์มน้ำขณะฝนตกน้อยกว่าผิวทางเดิม ระดับเสียงในห้องโดยสารลดลงประมาณ 4 เดซิเบล ค่าเฉลี่ย IRI ไม่ได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าค่าความขรุขระที่สูงเนื่องจากสันสะท้อนผ่านรอยต่อเพื่อการขยายตัวได้หายไป หลังจากใช้งานมา 1 ปี ใช้งานได้ดี ยังไม่พบการหลุดร่อน ยุบตัว หรือ เป็นหลุม จึงมีแผนจะขยายพื้นที่ไปดำเนินการช่องทางซ้ายและกลางต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ผิวทางมวลรวมเม็ดใหญ่ มีการระบายน้ำในผิวทางที่ดี ผิวทางที่ปรับปรุงควรมีทิศทางที่ระบายน้ำได้ ไม่ให้เกิดน้ำขังในผิวจราจรซึ่งอาจทำให้อายุการใช้งานสั้นลง และติดตามตรวจสอบคุณภาพเป็นระยะอย่างต่อเนื่องเพื่อประสิทธิผลในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณเทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร ที่ให้ความรู้และคำปรึกษา ขอขอบคุณ บริษัท ถนนวงษ์บริการ จำกัด ที่ปฏิบัติงานด้วยความอุตสาหะ และมีความเป็นมืออาชีพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ธราด หงส์ติกุล, "การพิจารณาออกแบบระยะการเคลื่อนขยายตัวของรอยต่อพื้นทางยกระดับที่เหมาะสมสำหรับทางพิเศษ," *การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 26*, p. 26, 2021.
- [2] เทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร, ทวีสิทธิ์ อยู่ประเสริฐ, "การปรับปรุงรอยต่อผิวจราจรบนทางยกระดับ ช่วงโครงสร้างขนาดสั้น," กรุงเทพฯ, 2008.
- [3] Ekarin Lueangvilai, Ekapon Petchsrichuang, "Asphalt Concrete Properties testing and Performance assessment: 26 years of service on elevated road," ใน *The 28th National Convention on Civil Engineering Thailand, Phuket*, 2023.
- [4] Hoe I. Ling, Zheng Liu, "Performance of Geosynthetic-Reinforced Asphalt Pavements," *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineerin*, pp. 177-184, 2001.
- [5] Vinay Kumar, Sireesh Saride, "Evaluation of cracking resistance potential of geosynthetic reinforced asphalt overlays using direct tensile strength test," *Construction and Building Materials*, เล่มที่ 162, pp. 37-47, 2018.
- [6] Milad Saghebfar, Mustaque Hossain, Bruce A. Lacina, "Performance of Geotextile-Reinforced Bases for Paved Roads," *Transportation Research Record*, เล่มที่ 2580, pp. 27-33, 2016.

- [7] จูติพงศ์ สุขเสริม, นันทวรรณ พิทักษ์พานิช, เทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร, “การพิจารณาคัดเลือกวัสดุแอสฟัลต์เชื่อมประสานสำหรับงานผิวทางบนทางพิเศษ,” *การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25*, p. TRI.39, 2020.
- [8] อัครพัฒน์ สว่างสุรีย์, ศุภสิทธิ์ ศิริศักดิ์, โชติ สรณาคมน์, “การศึกษาออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต ตามระบบซูเปอร์เพฟในประเทศไทย,” *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, เล่มที่ 6, pp. 134-155, 2016.