

บันทึกวิชาการฉบับที่ 20

**การลาดยางแบบมีรูพรุน
(Porous Asphalt)**

บริษัท คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด

บันทึกวิชาการ ฉบับที่ 20

การลาดยางแบบมีรูพรุน

(Porous Asphalt)

สารบัญ

	หน้า
1. คำนำ	1
2. คุณสมบัติของ Porous Asphalt	1
3. ปัญหาการลาดยางแบบมีรูพรุน	7
ตารางที่ 1 : ปริมาณช่องว่างของ Asphalt ประเภทต่าง ๆ	1
ตารางที่ 2 : ผลการทดสอบ Porous Asphalt Wheel Tracking	9
รูปที่ 1 : การเปรียบเทียบระดับเสียงสำหรับผิวที่แตกต่างกัน	5
รูปที่ 2 : การลดเสียงโดยเฉลี่ย เปรียบเทียบระหว่าง POROUS ASPHALT และ DENSE ROAD SURFACES	6
รูปที่ 3 : การลด Hydraulic Conductivity ในผิวลาดยางแบบมีรูพรุน	11
รูปที่ 4 : การเกิด Oxidation กับยางของผิวลาดยางแบบมีรูพรุน	12
รูปที่ 5 : ผลการทดสอบการไหลซึมของยางในส่วนผสมการลาดยางแบบมีรูพรุน	14

คำนำ

บทความนี้เป็น การนำเสนอ การลาดยางแบบมีรูพรุน (Porous Backfill) ซึ่งเป็นลักษณะที่ สุดโด่ง (Extreme) อีกด้านหนึ่ง กล่าวคือในการทำผิวลาดยาง โดยทั่วไปที่ไม่ใช่ลักษณะของ Surface Treatment มักเน้นส่วนผสมเมื่อปูแล้วเสร็จเป็นผิวถนนให้มีความแน่น (Dense Asphalt) เช่น Asphaltic Concrete มี Percent Void ในระดับไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น โดยความคิดที่ว่าผิวที่แน่นจะมีความแข็งแรงและทนทาน และใช้กันอย่างกว้างขวางมานานแล้ว ข้อด้อยของ Dense Asphalt ก็คือ Skid Resistance อาจจะต่ำ ซึ่งอาจเกิดอุบัติเหตุได้โดยเฉพาะในประเทศที่มีฝนตกชุก น้ำจะอยู่บนผิวเป็นส่วนใหญ่ ได้มีการพัฒนาการลาดยางแบบให้มีช่องว่าง (Void) ค่อนข้างสูงในระดับร้อยละ 20 - 25 ของปริมาตรทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อไม่ให้น้ำอยู่บนผิวทาง โดยวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของยานพาหนะที่ใช้ผิวนถนนนั้น นอกจากนี้ยังเกิดประโยชน์ในด้านอื่น ๆ อีก

เท่าที่ทราบจนถึงปัจจุบันยังไม่มี การนำมาใช้ในประเทศไทย แต่ในอนาคตต้องเกิดขึ้นแน่นอน โดยวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มความปลอดภัย ไม่ให้เกิดการลื่นไถลเมื่อใช้ห้ามล้อ อันเป็นการเพิ่มระดับมาตรฐานคุณภาพชีวิต

การเรียนรู้ในทางเทคนิคยังจำเป็นสำหรับประเทศไทย ถ้าพัฒนาได้ถึงจุดหนึ่งแล้วไม่จำเป็นต้องพึ่ง Expatriate แล้ว ก็จะเป็นการประหยัดเงินตราเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจาก Expatriate แต่ละคนถ้ารวม Charging Rate, Living Allowance, ค่าเดินทาง ปัจจุบันคงถึงเกือบล้านบาท/คน ซึ่งแพงมาก จะอย่างไรก็ตามจำเป็นต้องพัฒนาให้ใกล้เคียงกับมาตรฐานนานาชาติ เช่น ในงานก่อสร้างต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ต้องใส่ Safety Hat เช่นเดียวกับมอเตอร์ไซค์ไส้หมวกกันน็อก เป็นต้น ต้องสร้างระบบ Safety Rule ไม่ใช่คุมงานดูแต่เทปูน, ก่ออิฐ ฯลฯ

การลาดยางแบบมีรูพรุน (Porous Asphalt)

1. คำนำ

การทดลองครั้งแรกสำหรับวัสดุผิวยางที่น้ำซึมผ่านได้ (Permeable Bitumen Macadam Surfacing) ออกแบบโดยเฉพาะเพื่อกระจายน้ำอย่างรวดเร็วได้ล้อเครื่องบิน ดำเนินการโดยกระทรวงการบินแห่งประเทศอังกฤษ เมื่อปี ค.ศ. 1959 ผลของการทดลองซึ่งประสบผลสำเร็จนั้นได้ทำผิวใช้งานจริง ๆ โดยวัสดุดังกล่าวกับสนามบินทางการทหารในปี 1962

ขนาดลดหลั่น (Grading) ซึ่งพัฒนาขึ้นในการทดลองซึ่งขจัดน้ำบนผิวลาดยาง โดยให้น้ำซึมผ่านผิวลาดยางไปยังชั้นที่ผ่านไม่ได้ และต่อจากนั้นจะไหลออกทางด้านข้างไปยังขอบของทางวิ่ง ขนาดลดหลั่นนี้เรียกกันในประเทศอังกฤษ ขนาดลดหลั่นของกระทรวงการบินและแสดงใน *ตารางที่ 1*

การลาดยางดั้งเดิมดังกล่าว ทราบกันในชื่อ ชั้นเสียดทาน (Friction Course) กล่าวถึงวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงความเสียดทานระหว่างผิวทางสนามบินและล้อเครื่องบินในสภาพอากาศเปียกชื้น ในปีถัดมาเพื่อมีการพัฒนาเทคโนโลยีของงานผิวถนน ได้กำหนดชื่ออื่น ๆ ขึ้นมา มีดังนี้

- Open Graded Macadam
- Pervious Macadam
- Pop - corn Mix
- Drainage Asphalt
- Flusterasphalt (Whispering Asphalt)
- Permeable Bitumen Macadam

2. คุณสมบัติของ Porous Asphalt

Porous Asphalt จะแตกต่าง Dense Asphalt แบบปกติ (Conventional) ที่ปริมาณช่องว่างร้อยละ 20 หรือมากกว่า โดยเป็นผลมาจากมีมวลรวมหยาบเป็นปริมาณมาก และปริมาณทราย/Fille น้อย ขนาดลดหลั่นโดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนผ่านตะแกรง 2 มม. ร้อยละ 9 ถึง 15 และผ่านตะแกรง 80 Micrometre ร้อยละ 2.5 ถึง 6 เป็นผลให้มีปริมาณช่องว่าง (Void Content) ร้อยละ 20 ถึง 25 เมื่อเปรียบเทียบกับ Dense Asphalt ซึ่งมีช่องว่างน้อยกว่าร้อยละ 5 ดู *ตารางที่ 1*

ซึ่งที่ตามมากับปริมาณช่องว่างสูงก็คือ ช่องว่างนั้นจะต่อเนื่องกัน ซึ่งจะทำให้น้ำไหลโดยอิสระในชั้น Asphalt น้ำฝนที่ตกลงยังผิว Porous Asphalt จะไหลผ่านชั้น Asphalt ออกด้านข้างไปยังร่องระบายข้างถนน

ในสภาพอากาศชื้น ชั้น Porous Asphalt จะทำหน้าที่คล้ายกับฟองน้ำ ซึ่งจะดูดซับและไม่ให้น้ำขังบนผิว ดังนั้นจึงทำหน้าที่คล้ายกับท่อระบาย และขจัดน้ำออกจากผิวทางและไปสู่ระบบการระบายน้ำ

ตารางที่ 1

ปริมาณช่องว่างของ Asphalt ประเภทต่าง ๆ

ประเภทของส่วนรวม	ปริมาณ ยาง (ร้อยละของมวล)	ปริมาณ หิน (ร้อยละของมวล)	ปริมาณ ช่องว่าง (% ของปริมาตร)
Porous Asphalt	4 - 5	83	20 - 25
Asphaltic Concrete	5 - 6	35 - 56	3 - 4
Hot Rolled Asphalt	7 - 8	30 - 40	3 - 5

สิ่งที่เป็นผลตามมาจากโครงสร้าง Asphalt ประเภทนี้ คือ ประโยชน์ 2 ประการต่อชุมชน คือ ประการแรก การใช้ถนนจะมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น และประการที่สอง ลดมลพิษด้านเสียง (Noise Pollution) โดยรวมแล้วผลประโยชน์ที่เกิดจากการใช้ Porous Asphalt สรุปได้ดังนี้

- ลดเสียงจากการจราจรที่เกิดจากรถวิ่ง
- ลดน้ำกระจายเนื่องจากน้ำขังบนผิวทาง
- ขจัดสภาพน้ำขังบนผิวทาง (Aquaplaning)
- ลดไฟสะท้อน (Headlight Glare)
- ลดความลื่นไถลของน้ำมันเชื้อเพลิง
- ลดการสึกหรอของยางรถ

2.1 ลดเสียง

การลดเสียงที่เกิดจากล้อรถ และระบบการส่งถ่ายกำลังของขยวดยานซึ่งบรรลุผลด้วยการปรับปรุงด้านเทคโนโลยี เสียงจากล้อรถ (Rolling Noise) ที่เกิดจากล้อรถและผิวทาง เป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับเสียงที่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อความเร็วสูงกว่า 50 กม./ชม. ซึ่งเกิดบนทางด่วน และทางหลวงสายหลัก

Porous Asphalt เกิดประสิทธิผลในการลดเสียงจากล้อรถ โดยการลดการสั่นสะเทือนของยางและเสียงก้อง (Resonance) การสั่นสะเทือนของยางจะเป็นส่วนสำคัญในช่วงความถี่ต่ำและปานกลาง (100 ถึง 200 Hertz) และเสียงก้องในช่วงความถี่สูง ผิวลาดยางที่มีรูพรุนจะลดการสั่นสะเทือนของยางโดยที่ผิวลาดยางจะจัดตัวให้มวลรวมด้านผิวเรียบอยู่ข้างบน

การใช้ Porous Asphalt ลดปริมาณเสียงลงได้ 3 ถึง 4 dB (A) สำหรับถนนในเมือง และถึง 7 dB (A) บนทางด่วน ซึ่งขึ้นกับความเร็วของขยวดยานและสภาพอากาศ เนื่องจากวัดเสียงเป็นมาตราส่วน Logarithm ดังนั้น 3 dB (A) เท่ากับลดปริมาณการจราจรถึงครึ่งหนึ่ง หรือเท่ากับระยะทางเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าจากแหล่งเสียงไปยังผู้สังเกตการณ์

เสียงจากการสัมผัสของยางรถยนต์ / ผิวทาง ขึ้นกับประเภทของยางรถยนต์ และประเภทและคุณภาพของผิวทาง และเป็นผลมาจากลักษณะ 3 ประการ คือ

- เสียงจากการกระทบ (Impact Noise) เกิดจากการกระทบของดอกยางกับผิวทาง ความเข้มของเสียงขึ้นกับลักษณะของดอกยางและมวลรวมและเนื้อของผิวทาง (Macrotexture of the Surface)
- การสูบอากาศ (Air Pumping) เกิดจากการสั่นสะเทือนของอากาศที่จับกับดอกยาง ภายใต้ผลของความเค้นเนื่องจากการเปลี่ยนรูปของยางรถยนต์
- อาการลื่นและยึดติด (Slip and Stick) ผลนี้คล้ายคลึงกับผลของการดูดที่เกิดจากการจับยึด (Grip) ระหว่างล้อยางและผิวหน้าของมวลรวม

ดังนั้น แหล่งกำเนิดเสียง ขึ้นกับขนาดลดหลั่นของมวลรวมในชั้นสึกหรอ (Wearing Course) เป็นประการสำคัญ

การลดเสียงจากการสัมผัสของยางรถยนต์ / ผิวทาง เป็นปัญหายั่งยืน เนื่องจากการลดผลขององค์ประกอบหนึ่งจะเพิ่มส่วนรวมขององค์ประกอบอื่นอีก 2 ประการ ยกตัวอย่างเช่น ผิวทางที่เรียบมากจะลดเสียงจากการกระทบ (Impact Noise) แต่จะเพิ่มเสียง เนื่องมาจากการลื่นและยึดติดและมีคุณสมบัติต้านทานการลื่นไถลต่ำ (Poor Skid Resistance)

การลาดยางแบบมีรูพรุนจะเกิดเสียงน้อยกว่าการลาดยางแบบอื่น ๆ ซึ่งแสดงในรูปที่ 1 จากการทดสอบในฝรั่งเศส การปูผิวเสริมทับของแต่ละประเภท ผลต่างระหว่างระดับสูงสุดและต่ำสุดอยู่ในช่วง 5 ถึง 10 dB (A) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกต ดังนี้

- ช่องของระดับเสียงในส่วนร่วมของผิวทุกประเภทอยู่ระหว่าง 75 ถึง 77 dB (A)
- การลาดยางแบบมีรูพรุนเป็นการเสริมผิวที่เกิดเสียงน้อยที่สุด

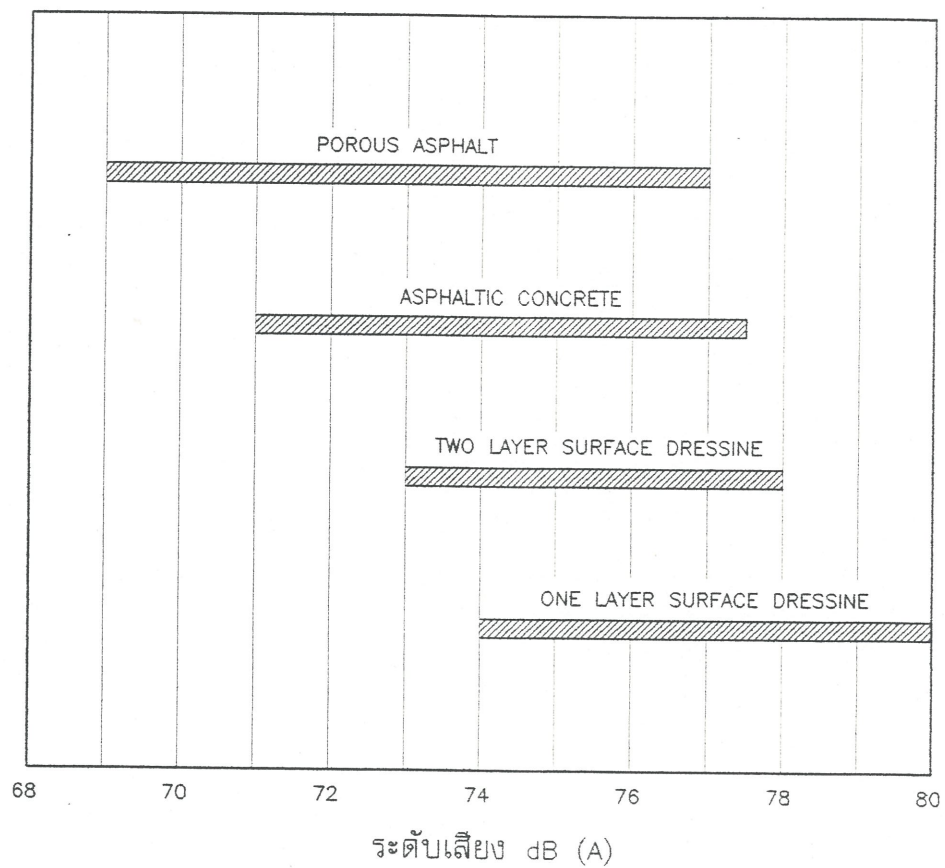
ข้อมูลจากการสังเกตการณ์โดย TRRL พบว่าการลดเสียงโดยการใช้การลาดยางแบบมีรูพรุน จะไม่ได้ผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญจากการบดอัด (Compaction) การอุดตัน (Clogging) หรือผลอื่น ๆ ในช่วง 3 ปีแรกของอายุผิวลาดยาง แสดงในรูปที่ 2

นอกจากจะลดเสียงจากการบดทับของล้อ (Rolling Noise) การลาดยางแบบมีรูพรุนยังมีข้อดีอันเป็นผลมาจากการดูดซับเสียงโดยโครงสร้างถนน

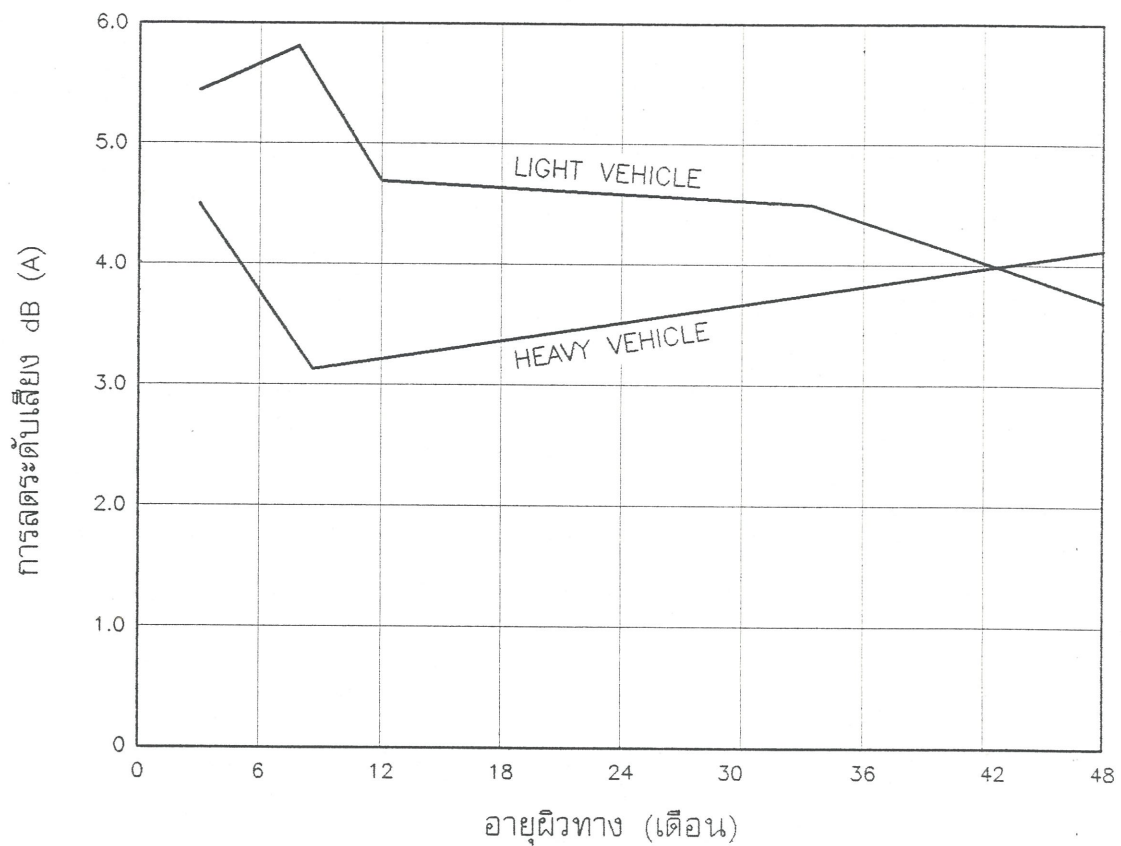
- ปราศจากการสะท้อนหลาย ๆ อย่าง (Multiple Reflections) ระหว่างยางรถยนต์ / ผิวทาง และโครงสร้างรับน้ำหนัก (Chassis) / ผิวทาง
- การกระจายพลังงานเสียงอย่างค่อยเป็นค่อยไปภายในผิวลาดยางแบบมีรูพรุน
- ยิ่งชั้นลาดยางหนาขึ้นก็จะมีผลเห็นได้เด่นชัด เมื่อนำเสียงที่เกิดจากการบดทับและผลการดูดซับเสียงมาพิจารณาเข้าด้วยกัน ระดับเสียงจะต่ำกว่าผิวแบบแน่น (Dense Mixes) 2 ถึง 3 dB (A) ระดับเสียงสำหรับชั้นเสริมที่หนาขึ้นลดระดับเสียงได้ถึง 6 dB (A) หรือสูงกว่านั้น ค่าดังกล่าวเกิดขึ้นเมื่อใช้ผิวลาดยางแบบมีรูพรุนหนาถึง 150 มม. ขณะที่ระดับเสียงที่ลดลง 3 dB (A) ปกติใช้ผิวลาดยางแบบมีรูพรุน หนา 40 มม.

2.2 ความปลอดภัย

เหตุผลสำคัญสำหรับการพัฒนาการใช้การลาดยางแบบมีรูพรุนก็เพื่อขจัดน้ำที่เจิ่งบนผิวลาดยาง ผลก็คือลดการกระจายและการฉีดน้ำและป้องกันการเกิด Aquaplaning



รูปที่ 1 การเปรียบเทียบระดับเสียงสำหรับผิวที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2 การลดเสียงโดยเฉลี่ย เปรียบเทียบระหว่าง
POROUS ASPHALT และ DENSE ROAD SURFACES

การจัดการกระจายและการขีดน้ำ มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งกับความปลอดภัยในการใช้ถนน โดยผู้ขับขี่จะไม่สูญเสียสภาพการมองเห็นขณะแซงขึ้นหน้าขณะฝนตก นอกจากนี้ยังเกิดประโยชน์จากการลดน้ำกระเซ็น ประกอบด้วย การคงสมรรถนะการรองรับสำหรับถนนในเมือง เมื่อมองเห็นได้ในระยะสั้นเป็นข้อขัดข้องสำหรับการแซงในขณะฝนตก การลดน้ำกระเซ็นทำให้ยานใช้ความเร็วได้สูงขึ้น ทำให้ลดความแออัดและรถติดในบริเวณการจราจรหนาแน่น

ระนาบผิวน้ำ (Aquaplaning) เป็นผลซึ่งเกิดขึ้นจากล้อรถของยานที่ขับมาด้วยความเร็วสูงอยู่บนผิวน้ำ และสูญเสียการสัมผัสกับผิวถนน เมื่อเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ ทั้งการควบคุมทิศทางและการหยุดรถทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย

การเกิด Aquaplaning ลดลงเป็นอย่างมากเมื่อใช้ยางที่มีดอกลึกพอสมควร (ใน UK ตามกฎหมายไม่น้อยกว่า 1.7 มม.) และผิวถนนที่มีความหยาบละเอียด (Textured Road Surface) ในทางปฏิบัติ ยางรถยนต์โดยมากและผิวถนนมีความหยาบเพียงพอที่จะรับการเกิด Aquaplaning อย่างไรก็ตาม ภายใต้สภาพที่คล่องจ้อง โดยมีน้ำที่ค้างอยู่บนผิวทางและรถใช้ความเร็วสูง ก็ยังเกิด Aquaplaning ได้ เนื่องจากเกิดความดันใต้ล้อรถ การลาดยางแบบมีรูพรุนจะระบายน้ำที่ค้างอยู่บนผิวทางทำให้ไม่เกิด Aquaplaning แม้ว่าผิวลาดยางแบบมีรูพรุนจะอึดตัวด้วยน้ำ เช่น เมื่อเกิดฝนตกหนักเป็นเวลานาน ก็จะไม่เกิด Aquaplaning เนื่องจากความดันใต้ล้อรถกระจายออกไปตามรูพรุนของผิวลาดยาง

การขจัดน้ำจากผิวถนนขณะฝนตกของผิวลาดยางแบบมีรูพรุนช่วยด้านความต้านทานต่อการลื่นไถล (Skid Resistance) ข้อดีอีกประการหนึ่งของผิวลาดยางแบบมีรูพรุนในขณะเกิดฝนตกก็คือการขจัดแสงย้อนเข้าตา (Glare) และการสะท้อนแสงจากผิวที่เปียกน้ำ ซึ่งผลดังกล่าวมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะในเวลากลางคืน ด้วยการลดความสับสน ซึ่งเกิดจากการสะท้อนแสงบนผิวถนนจากไฟหน้า ทำให้เกิดการบังเส้นตีถนนและตัวสะท้อนแสง

2.3 ประหยัสน้ำมันเชื้อเพลิง

การลื่นของยางรถยนต์ซึ่งทำให้เกิดเสียงทำให้เพิ่มความต้านทานการบิดทาบ (Rolling Resistance) ของยานและสิ่งทีตามมามีผลต่อความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง การประเมินความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศอังกฤษของยานที่วิ่งบนผิวลาดยางแบบมีรูพรุนพบว่า ประหยัดได้ 2 เปอเซ็นต์ ได้พบว่าลักษณะของผิวถนนมีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นอย่างมาก

น้ำมันเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ ขึ้นกับความแตกต่างของความขรุขระของผิวระหว่างวัสดุผิวทาง และ ผิวลาดยางแบบมีรูพรุน ยิ่งผิวขรุขระมากขึ้นเท่าไรจะประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงยิ่งขึ้น

2.4 การสึกหรอของยางรถยนต์

เมื่อใช้ผิวลาดยางแบบมีรูพรุนอัตราการสึกหรอของยางรถยนต์จะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเกิดแรงเค้นกับยางรถยนต์น้อยลง ข้อดีในด้านการประเมิณยากมาก อย่างไรก็ตามมีข้อแนะนำเกี่ยวกับองค์ประกอบที่มีผลต่อการสึกหรอของยางรถยนต์ ซึ่งการประหยัดเกิดขึ้นจากการลดแรงเค้นที่มีผลลดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

3. ปัญหาของการลาดยางแบบมีรูพรุน

เช่นเดียวกับผิวสึกหรอประเภทอื่น ๆ การลาดยางแบบมีรูพรุนมีปัญหาหลายประการซึ่งมีผลต่อสภาพการใช้งานและอายุของผิว

ในกรณีของการลาดยางแบบมีรูพรุน คุณภาพของยางเป็นพื้นฐานต่อความคงทนและการคงสภาพของวัสดุ (Integrity of the Material) เนื่องจากเป็นโครงสร้างเปิดผิวลาดยางได้รับผลกระทบจากอากาศและน้ำทำให้เสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว (Rapid Ageing) ปัญหาเฉพาะของการลาดยางแบบมีรูพรุน ประกอบด้วย

- การอัดตัวแน่นขึ้นเมื่อรับน้ำหนักการจราจร ลดการซึมผ่านของน้ำ
- สูญเสียการซึมผ่านของน้ำ เนื่องจากถูกขัดขวางจากเศษผง
- ยางแข็งตัวเนื่องจากผลกระทบกับออกซิเจนในอากาศ
- การไหลออกจากส่วนผสมขณะขนส่งจากโรงงานผสมไปยังสถานที่ก่อสร้าง
- การหลุดร่อน (Stripping) เนื่องจากสูญเสียการยึดเกาะของยางกับหิน ขณะใช้งานเนื่องจากมีผิวของยางสัมผัสกับน้ำเป็นพื้นที่มาก

3.1 การอัดตัวแน่น (Densification)

ในสภาพปกติ ผิวลาดยางแบบมีรูพรุน ไม่เกิดร่องล้อและการเสียรูปมากนัก พิจารณาได้จาก **ตารางที่ 2** อัตราการเกิดร่องล้อพิจารณาโดยการทดสอบจาก TRRL Wheel Tracking ที่อุณหภูมิ 45° C พบว่าถ้าใช้ TR Modifie Binder, Cariphalte จะให้ผลดีกว่ายางปกติด้านความต้านทานต่อการเกิดร่องล้อ ตัวอย่างวัสดุเจาะจากวัสดุที่ปูหน้างาน รับผลจากน้ำหนักการจราจร ประกอบด้วย การให้น้ำหนักขนาด 9.81 N/ความยาว 1 มม. กับยางตันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มม. ซึ่งวิ่งทับตัวอย่างที่จะมา จำนวน 42 เทียวด่อนาทีเป็นเวลา 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 45° C

อย่างไรก็ตาม เมื่อปูผิวลาดยางเสร็จใหม่ ๆ ภายในระยะเวลา 1 หรือ 2 ปี จะเกิดการบดอัดจาก ยวดยาน ผลดังกล่าวจะลดลงหลังจากนั้นเนื่องจากโครงสร้างของมวลรวมจับยึด (Lock) นอกจากนี้ ยังเกิดแข็งตัวทำให้ผิวลาดยางแบบมีรูพรุนแน่นขึ้น และมีความต้านทานต่อการเสียรูปสูงขึ้น

3.2 การกักช่องว่างอากาศ (Retention of Air Voids)

จากการทดสอบ โดย TRRL พบว่า การซึมผ่านของผิวลาดยางแบบมีรูพรุนลดลงในปีแรก และหลังจากนั้นจะช้าลงเมื่อผิวลาดยางมีเสถียรภาพ

การทดสอบในสนามเพื่อพิจารณาค่า การเหนียวนำทางชลศาสตร์ (Hydraulic Conductivity) โดย TRRL กระทำกับผิวลาดยางแบบมีรูพรุนบนถนน A38 Burton - on - Trent Bypass โดยใช้ Falling Head Radial - flow Permeameter TRRL ได้ทำการทดสอบที่ร่องล้อของผิวลาดยางแบบมีรูพรุน ช่องทางด้านในและด้านช่องทางด้านนอก

ตารางที่ 2

ผลการทดสอบ Porous Asphalt Wheel Tracking

ประเภทยาง	ช่องว่างเปิดกระทบกับน้ำ %	Rate of Tracking at 45°C mm / h
70 Pen.Bitumen	18.6	0.6
100 Pen.Bitumen	24.4	0.9
Cariphalte DA	20.3	1.1
	20.7	0.3
	17.1	0.3

ปีละสองครั้ง **รูปที่ 3** แสดงค่าเฉลี่ยของทุกตอนที่ทำการทดสอบโดยสัมพันธ์กับเวลาสำหรับทุกช่วง ตอนและทั้งสองช่องทาง การเหนียวนำทางชลศาสตร์จะลดลงเป็นร้อยละ 32 ของระดับเดิมของ ช่องทางด้านใน และร้อยละ 39 ของช่องทางด้านนอก หลังจาก 3 ปี ระดับได้ลดลงมายังร้อยละ 17 และร้อยละ 23 ตามลำดับ พิจารณาจากปริมาณที่แตกต่างกันมากระหว่างช่องทาง แต่ระดับของ Hydraulic Conductivity แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ได้ข้อสรุปว่าระดับปริมาณการจราจรไม่ใช่สาเหตุ สำคัญ สรุปผลการทดสอบบนถนน A38 ได้ดังนี้

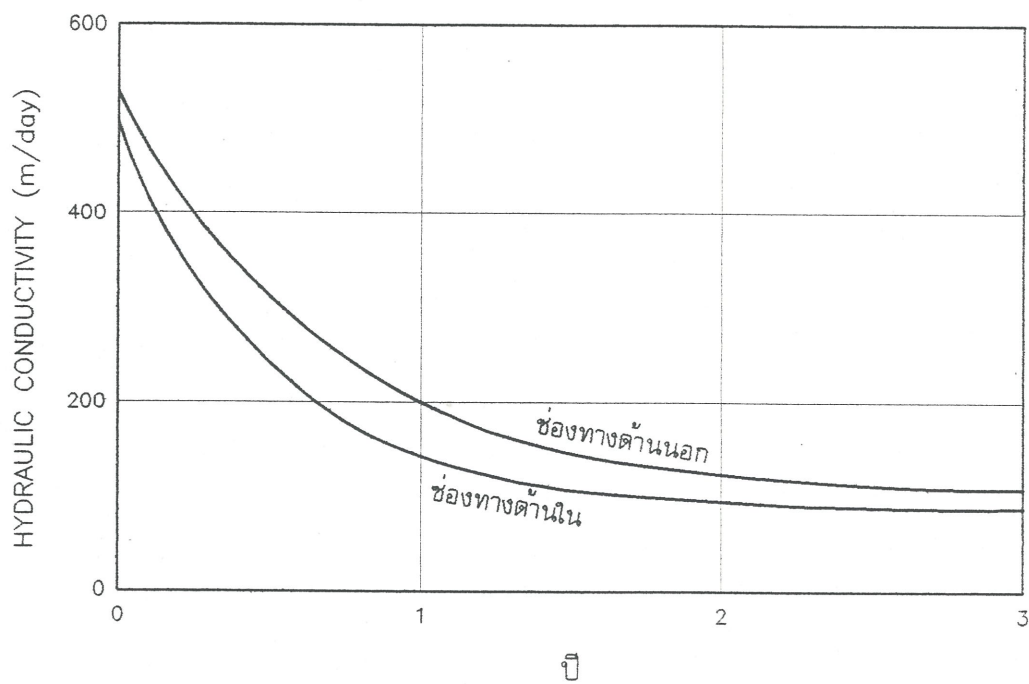
- โดยเฉลี่ยปริมาณช่องว่างของผิวลาดยางแบบมีรูพรุนลดจากร้อยละ 20.2 ไปยังร้อยละ 15.5 หลังจาก 3 ปี
- ถ้ามีปริมาณยางสูง จะมีปริมาณช่องว่างในเบื้องต้นต่ำ ปริมาณยางร้อยละ 3.7, 4.2 และ 5.0 ปริมาณช่องว่างเบื้องต้นเท่ากับร้อยละ 21.7, 19.1 และ 18.0 ตามลำดับ ค่าที่สอดคล้องกันหลังจาก 3 ปีเมื่อรับการจราจรเท่ากับร้อยละ 16.1, 17.6 และ 10.1 ดังนั้นปริมาณยางในเบื้องต้นไม่มีผลต่อการลดปริมาณช่องว่าง
- ขนาดลดหลั่นของมวลรวม จากตัวอย่างที่เจาะพบว่ามีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 5 ซึ่งคล้ายคลึงกับการลดขนาดของปริมาณช่องว่าง ซึ่งสรุปได้ว่าการลาดยางแบบมีรูพรุนไม่ถูกการบดอัดจากการจราจร แต่ส่วนละเอียดจากผิวถนนได้ไปอุดช่องว่าง

เป็นที่เชื่อกันว่า ถนนที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่น การสูบน้ำ (Pumping Action) ของยางล้อรถช่วยให้ช่องว่างปราศจากเศษผง และช่วยให้ผิวลาดยางแบบมีรูพรุนอยู่ในสถานะ ระบายน้ำอย่างอิสระ (Free Draining Condition) เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าผิวลาดยางแบบมีรูพรุน (Nonporous) ข้อสังเกตที่น่าสนใจก็คือผิวลาดยางไม่จำเป็นต้องระบายน้ำได้อย่างอิสระเพื่อให้เกิดคุณสมบัติลดเสียง ผิวถนนในประเทศฝรั่งเศส ซึ่งมีปริมาณช่องว่างร้อยละ 10 ถึง 12 (ระบายน้ำได้ไม่อิสระ) พบว่าลดเสียงระหว่างยางล้อรถยนต์ / ผิวทาง ได้อย่างมาก

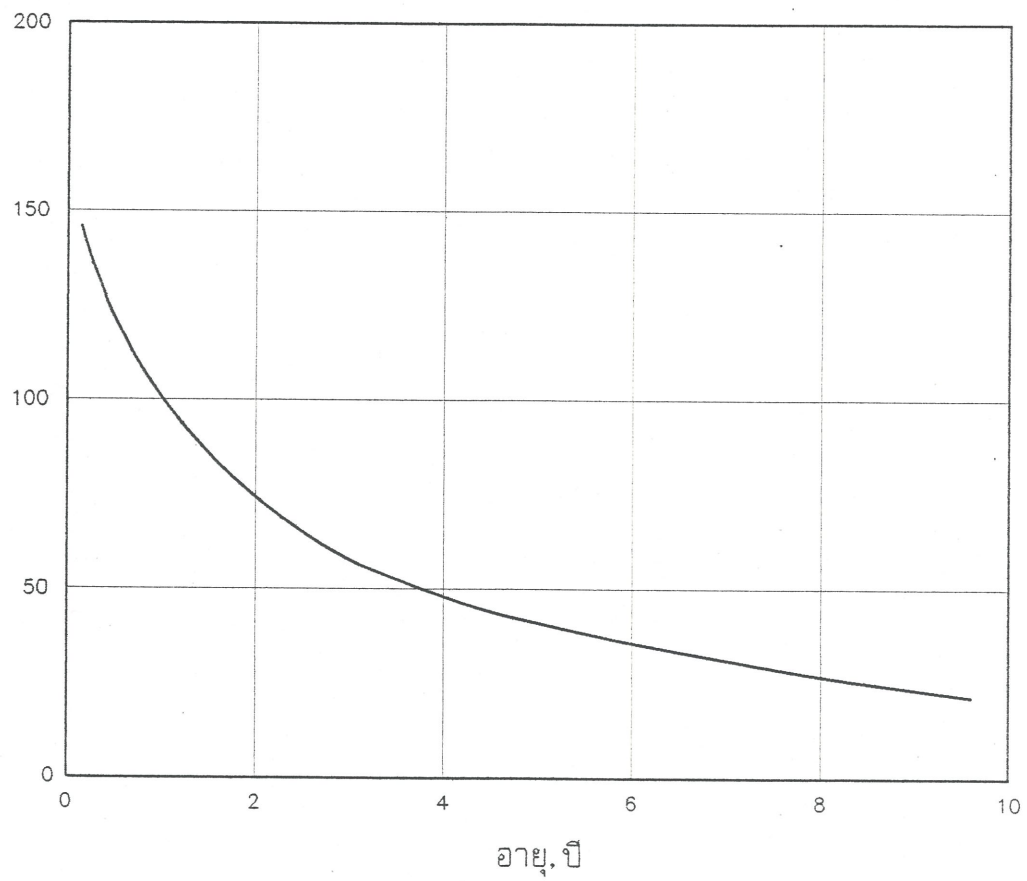
3.3 การเกิด Oxidation กับยาง

เป็นปรากฏการณ์ที่ทราบกันดีว่ายางในผิวลาดยางแบบมีรูพรุน เก้าเร็วกว่าผิวลาดยางแบบแน่น (Dense Asphalt) เนื่องจากยางกระทบกับอากาศมากกว่ารูปที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงความแข็งของยาง (Penetration) ตามอายุการแข็งตัวเนื่องจากเก่าของยางทำให้เกิดการแตกร้าว และทำให้ผิวลาดยางแบบมีรูพรุนเสียหาย เนื่องจากยางมีคุณภาพต่ำลง ซึ่งเป็นปัญหาโดยทั่วไปที่มีรายงานเชื่อกันว่าอัตราการเกิด Oxidation สามารถทำให้ช้าลงโดยการใช้อย่างให้หนาขึ้น ซึ่งจะยืดอายุการใช้งานของผิวลาดยางอย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากการใช้อย่างให้หนาขึ้น จะเป็นปัญหาและทำให้ยางไหลมากเกินไปขณะขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง พบว่าการเพิ่มความหนืดของยางโดยการใส่ Thermoplastic Rubber Polymer เช่น Cariflex TR1101 ช่วยเพิ่มความหนืดของยางที่ยืดเกาะได้ และเพิ่มอายุการใช้งาน



รูปที่ 3 การลด HYDRAULIC CONDUCTIVITY
ในผิวลาดยางแบบมีรูพรุน



รูปที่ 4 การเกิด OXIDATION กับยางของผิวลาดยางแบบมีรูพรุน

3.4 การไหลเอิ้มของยาง (Binder Drainage)

ปัญหาหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการลาดยางแบบมีรูพรุนก็คือการไหลเอิ้มของยางออกจากหินในส่วนผสมเนื่องจากความหนืดต่ำ / ปริมาณยางมาก ผลที่เห็นได้ก็คือ ปรากฏเป็นยางไหลเอิ้มบนหลังรถบรรทุกส่วนผสม (เกิดการแยกตัว) ผลที่ตามมาคือมีปริมาณยางต่ำสำหรับส่วนผสม เนื่องจากการเคลือบบางไปปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นเมื่อปริมาณยางตามที่ต้องการของผิวลาดยางแบบมีรูพรุนไม่ได้ตามเป้าหมาย เนื่องจากความหนืดของยางต่ำไปที่จะเคลือบผิวหินให้หนาเพียงพอ การแก้ไขคือการทำให้ยางเหนียวขึ้น วิธีการโดยทั่วไปก็คือการเติม Polymer หรือ Fibres ลงในยางเพื่อเพิ่มความหนืด

ในอดีต การเลือกปริมาณยางจะเป็นวิธีการแบบลองดูและดูผล (Trial and Error) อย่างไรก็ตาม TRRL ได้พัฒนาวิธีการทดสอบแบบจำลองและหาปริมาณยางที่อยู่ในส่วนผสมทั้งหมดในการทดสอบนี้ ตัวอย่างจะวางอยู่ใน Perforated Basket และใส่ไว้ในเตาอบอุณหภูมิ 160°C การทดสอบจะกระทำกับปริมาณยางต่าง ๆ กันและพิจารณาปริมาณยางที่ไหลออกจากส่วนผสมไปยังภาตรองรับ

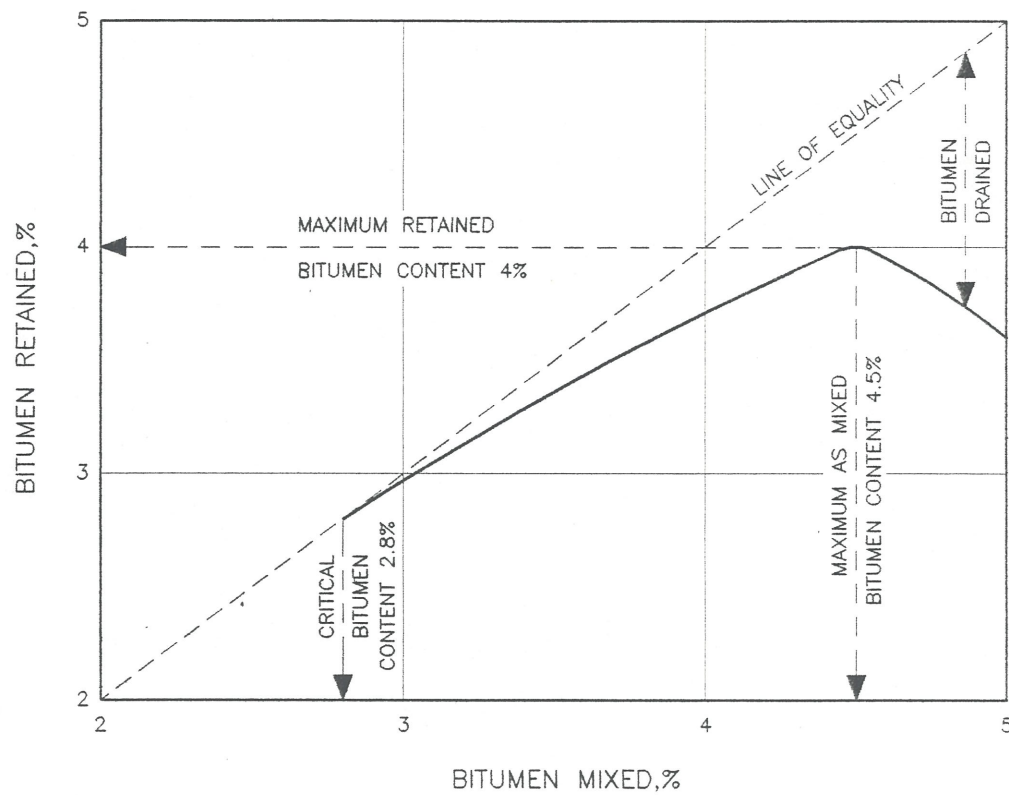
รูปที่ 5 แสดงผลการทดสอบการไหลเอิ้ม จนกระทั่งถึงจุด “CRITICAL” Binder Content จะไม่เกิดการไหลเอิ้ม เลยจากจุดนี้ขึ้นไปการไหลเอิ้มจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและจะถึงจุดสูงสุด ถ้าเลยจากจุดนี้ไปยางที่คงเหลืออยู่จะลดลง

วิธีการที่มีประสิทธิภาพสำหรับการลดการไหลเอิ้มของยางคือการเพิ่มความหนืดของยาง โดยการใส่ตัวปรับแก้ยาง (Bitumen Modifier) เช่น Thermoplastic Rubber ผลสุทธิของการเพิ่มความหนืดของยางเป็น 2 เท่า คือลดการไหลเอิ้มของยางจากหิน และเพิ่มความหนาของชั้นเคลือบหิน ทั้งสองประการทำให้อายุของผิวลาดยางแบบมีรูพรุนยาวนานขึ้น

3.5 การหลุดร่อน (Stripping)

เนื่องจากพื้นที่สัมผัสระหว่างมวลรวมที่เคลือบด้วยยางและน้ำเพิ่มขึ้นจึงเกิดปัญหาการหลุดร่อน โดยเฉพาะในพื้นที่ซึ่งมีปริมาณฝนตกชุกและมีความชื้นสูง การยึดเกาะของยางกับหินในระยะยาวมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง และสารเพิ่มเข้ากับยาง (Bitumen Additives) ซึ่งช่วยปรับปรุงด้านการยึดเกาะในระยะยาวจะช่วยเพิ่มอายุการใช้งาน อาจใช้ปูนขาว (Hydrated Lime) เป็น Filler โดยยางเป็นชนิดปกติช่วยการยึดเกาะ

การยึดเกาะ (Adhesion) ทราบกันดีว่าเป็นตัวแปรที่ยากสำหรับหาในเชิงปริมาณในส่วนผสม และได้ใช้ความพยายามที่จะพัฒนาการทดสอบที่เหมาะสม



รูปที่ 5 ผลการทดสอบการไหลเอิ้มของยางในส่วนผสม
การลาดยางแบบมีรูพรุน

4.6 การบำรุงรักษาโดยทั่วไป

ที่สำคัญก็คือการคงสภาพระดับการซีมผ่านของผิวลาดยางแบบมีรูพรุน กรณีโดยมากแล้วองค์ประกอบสำคัญ ปริมาณการจราจรถึงระดับหนึ่งที่ทำให้การผลการทำงานทำความสะอาดด้วยตัวเอง (Self Cleaning Effect) ประสบการณ์ในประเทศฝรั่งเศสพบว่าระดับการจราจรเบาบางจะเกิดการอุดตันโดยคืนสภาพไม่ได้เร็วขึ้น

ระดับการบำรุงรักษา 2 ลักษณะมีดังนี้

- การทำความสะอาดโดยใช้น้ำฉีดด้วยแรงดัน ตามด้วยการดูดด้วยแรงสูง (การทำความสะอาดด้วยการดูด) กระทำในบางประเทศ เพื่อรักษาการซีมผ่านให้คงที่จะต้องแก้การอุดตันเป็นระยะ ๆ
- Hot In - situ Recycling เพื่อรักษาคุณสมบัติเดิมประสบผลสำเร็จในประเทศฝรั่งเศส หลังจากผ่านขบวนการแล้ว การปูทับด้วย Porous Asphalt จะมีคุณสมบัติเหมือนผิวทางใหม่

4. ประโยชน์ที่เกิดจากการใช้ยางที่ปรับคุณภาพ (Modified Binder)

หลายปีมาแล้ว ยางแบบธรรมดา ปกติก็คือประเภท Penetration 100 หรือ 200 พบว่าไม่ค่อยดีนักเมื่อใช้ผสมทำ Porous Asphalt โดยเฉพาะการไหลเยิ้มขณะปู ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้ยางปรับคุณภาพโดยการเติมสาร Polymer โดยเฉพาะ Thermoplastic Rubber เช่น Cariflex TR 1101 เกิดจากคุณสมบัติของยางที่เปลี่ยนแปลงไป 2 ประการคือ

- การเพิ่มความหนืดของยาง
- ปรับปรุงคุณสมบัติความยืดหยุ่น

สำหรับ Porous Asphalt ถ้าปริมาณยางน้อยเกินไปจะทำให้เคลือบผิวหินได้ไม่หมด และยางที่เคลือบหินจะบางทำให้เกิดการ Oxidation กับยางอย่างรวดเร็วทำให้ผิวทางเสียหายเร็ว

การเพิ่มความหนืดของยางทำให้เกิดข้อดีเฉพาะ นั่นคือปริมาณยางที่ถูกกักไว้จะมีปริมาณสูงขึ้นกว่าเมื่อใช้ยางปกติ

ชั้นเคลือบผิวหินที่หนาขึ้นทำให้มั่นใจว่า การแข็งตัวที่เกิดจากการ Oxidation จะดำเนินไปอย่างช้า ๆ ทำให้ยางเก่าช้าลงและทำให้ความคงทนถาวรดีขึ้น

คุณสมบัติด้านการยึดหยุ่นที่ดีขึ้นของยาง ทำให้เชื่อมั่นได้ว่า Porous Asphalt มีความต้านทานต่อการเสียรูปและการบดอัดทุติยภูมิ (Secondary Compaction) ปรับการกักปริมาณช่องว่างดังนั้นก็คงคุณสมบัติ Hydraulic Conductivity

Porous Asphalt จะมีกำลังต่ำจึงเป็นข้อเสียเปรียบ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ชั้น Porous Asphalt หนาขึ้นเพื่อชดเชยกับข้อบกพร่องดังกล่าว Porous Asphalt จะมีกำลังประมาณร้อยละ 70 ของ Dense Asphalt และการใช้ยางปรับคุณสมบัติด้วย Thermoplastic Rubber เช่น Cariphalte DA เพิ่มเสถียรภาพของส่วนผสมและช่วยปรับปรุงอายุจากความล้า (Fatigue life) ของ Porous Asphalt

จริง ๆ แล้ว Porous Asphalt เป็นวิวัฒนาการในด้านความปลอดภัยและด้านสิ่งแวดล้อม