

การใช้ประโยชน์เศษยางมะตอยเก่าจากถนนสำหรับผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น

The Use of Old Asphalt Waste to Produce Concrete Floor Tiles

ประชุม คำพูน

Prachoom Khamput

อาจารย์ วิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Lecturer, Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

E mail: prachoom.k@rmutt.ac.th, choomy_gtc@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เศษยางมะตอยเก่าจากถนนบดย่อยผ่านตะแกรง 3/4 นิ้ว ค้างตะแกรงเบอร์ 4 แทนที่ทราย สำหรับผลิตเป็นแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น กำหนดอัตราส่วนโดยน้ำหนัก ปูนซีเมนต์ : ทราย : เศษยางมะตอยเก่าจากถนนบดย่อย เท่ากับ 1 : 5 : 0, 1 : 4 : 1, 1 : 3 : 2, 1 : 2 : 3, 1 : 1 : 4 และ 1 : 0 : 5 ตามลำดับ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.6 ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ขนาด $30 \times 30 \times 5$ เซนติเมตร ด้วยการเทหล่อในที่ ทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ตามมาตรฐาน มอก. 378-2531 เรื่อง กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ผลการทดสอบพบว่า เมื่อผสมเศษยางมะตอยเก่าบดย่อยแทนที่ทรายในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นและความต้านทานแรงดัดตามขวางมีค่าสูงขึ้น ส่วนปริมาณ ความชื้น และการดูดซึมน้ำลดลง ทั้งนี้ ทุกอัตราส่วนที่มีสมบัติผ่าน ตามเกณฑ์มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สามารถนำไปผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

คำสำคัญ: ยางมะตอยเก่า กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น มอก.378-2531

Abstract

The purpose of this research is to study the use of old asphalt waste grinded through 3/4 inch sieve, grate No. 4 instead of sand to produce concrete floor tiles. The ratio of cement: sand: old crushed asphalt is 1: 5: 0, 1: 4: 1, 1: 3: 2, 1: 2: 3, 1: 1: 4 and 1: 0: 5, respectively. The water-to-cement ratio is 0.6 and the product is $30 \times 30 \times 5$ cm. The quality of the product matches with TIS 378-2531 standards for concrete floor tiles. The results showed that when old crushed asphalt was mixed with sand in larger quantities, the density and resistance of the bending cross section were higher. The moisture content and water absorption decreased. All ratios passed the industrial standards of industrial products and the products can be produced and sold commercially.

Keywords: Old asphalt waste, Concrete floor tile, TIS. 378-2531

1. บทนำ

ปัจจุบันถนนยางมะตอย (asphalt road) เป็นประเภทถนนที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในประเทศไทย เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างรวดเร็ว แต่เนื่องจากถนนยางมะตอยไม่แข็งแรงเหมือนกับถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก ทำให้เกิดความเสียหายได้ง่ายจากน้ำหนักบรรทุกที่มากเกินไป และภูมิอากาศที่ร้อนชื้นของประเทศไทย (กรมทางหลวง, 2543) จึงต้องมีการซ่อมแซมผิวทางอยู่อย่างสม่ำเสมอ และหากมีการเสียหายมากเกินไป ก็ต้องทำการรื้อผิวทางเดิมออกเพื่อเทผิวทางยางมะตอยใหม่ หรืออาจเปลี่ยนเป็นผิวทางคอนกรีตเสริมเหล็กแทน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับงบประมาณในการดำเนินงาน ดังนั้นจึงเหลือเศษถนนยางมะตอยเก่าที่ได้ทำการรื้อขึ้นทิ้งหรือสำรองใช้งานไว้ข้างทางเป็นกองขนาดใหญ่ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กองเศษยางมะตอยเก่าจากถนนที่กรมทางหลวงนำมากองรวมกันไว้ข้างถนน

เนื่องจากเศษยางมะตอยเก่าที่ถูกรื้อทิ้งยังเป็นสมบัติของทางราชการ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกรมทางหลวงจึงได้มีการนำเศษยางมะตอยเก่ามารีไซเคิลทำเป็นผิวทางใหม่โดยต้องผสมรวมกับแอสฟัลต์อิมัลชันหรือยางมะตอยชนิดน้ำ แล้วทำการลาดลงแบบเย็นในที่ (กรมทางหลวงชนบท, 2557) หรือบดอัดเป็นชั้นรองพื้นทาง แต่อย่างไรก็ตามยังมีการใช้ประโยชน์ในปริมาณที่น้อย และต้องใช้พื้นที่ในการสำรองกองเก็บ ซึ่งการต้องกองเก็บเศษถนนยางมะตอยเก่านั้น นอกจากเกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังมีปัญหาในเรื่องของการถูกชาวบ้านขโมยไปถมที่หรือใช้ประโยชน์อื่น ๆ จนบางแห่งต้องสิ้นเปลืองงบประมาณในการจ้างคนงานเผ้ากองเศษยางมะตอยข้างถนน ดังนั้นการนำเศษยางมะตอยเก่ามาใช้ประโยชน์ในลักษณะของวัสดุก่อสร้างที่สามารถใช้ผสมได้ทั้งหมดโดยไม่ทำการปรับปรุงคุณภาพก่อนนำมาใช้งานก็จะเป็นการลดต้นทุน อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษยางมะตอย เป็นทางเลือกใหม่ของวัสดุก่อสร้างในอนาคตได้อีกด้วย

การใช้ประโยชน์จากเศษยางมะตอยเก่าจากถนนสำหรับผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ได้แนวความคิดมาจากยางมะตอยปกติสามารถทำเป็นพื้นทางรับแรงได้อยู่แล้ว และมวลรวมของยางมะตอยก็ถือหินก่อสร้างขนาด 3/8 หรือ 3/4 นิ้ว ที่ถูกเคลือบด้วยน้ำมัน ซึ่งเมื่อแห้งแล้วก็จะแข็งแรงมาก แต่มีความยืดหยุ่นรอบ ๆ ผิวเมื่อบดย่อยแล้วนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ก็จะมีสามารถในการรับน้ำหนักของหินก่อสร้างและมีความยืดหยุ่นสูงสามารถรับแรงดัดได้ดี และช่วยลดการซึมน้ำได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ต้องการของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นตามมาตรฐาน มอก. 378-2531 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2531)

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการใช้เศษยางมะตอยเก่าจากถนนมาบดย่อยสำหรับใช้เป็นมวลรวมในการผลิตแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ให้ได้คุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่อง กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น

3. อุปกรณ์และวิธีการ / วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบส่วนผสมของผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษยางมะตอยเก่าจากถนนมาบดย่อยเป็นการออกแบบส่วนผสมโดยอ้างอิงส่วนผสมจากอัตราส่วนการขึ้นรูปของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นทั่วไป ที่ใช้ปูนซีเมนต์ต่อทรายหยาบ เท่ากับ 1 : 5 โดยน้ำหนัก กำหนดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์คงที่เท่ากับ 0.6 โดยน้ำหนัก ในทุกอัตราส่วน แล้วใช้เศษถนนยางมะตอยบดย่อยแทนที่ทรายตั้งแต่ 1 ส่วน ไปจนกระทั่งแทนที่ทั้งหมด รวมทั้งสิ้น 6 อัตราส่วน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษยางมะตอยเก่า

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1	ทรายหยาบ	เศษยางมะตอยเก่าบดย่อย
1:5:0	1	5	0
1:4:1	1	4	1
1:3:2	1	3	2
1:2:3	1	2	3
1:1:4	1	1	4
1:0:5	1	0	5

3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

- 3.2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่จำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด
- 3.2.2 เศษยางมะตอยเก่าจากถนนร้อนผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และล้างตะแกรงเบอร์ 4 (รูปที่ 2)
- 3.2.3 ทรายหยาบสำหรับใช้ในการก่อสร้างทั่วไป
- 3.2.4 น้ำประปา
- 3.2.5 เครื่องผสมคอนกรีตแบบกระทะ
- 3.2.6 เครื่องย่อยหิน ของ บริษัท สตาร์ท็อพ อินเตอร์ล๊อคกิ้ง บรีค จำกัด ขนาดมอเตอร์ 2 แรง พร้อมตะแกรง

มาตรฐานเบอร์ 4

3.2.7 แบบหล่อกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นขนาด $30 \times 30 \times 5$ เซนติเมตร

3.2.8 กระเบสปมคอนกรีตและอุปกรณ์ ได้แก่ จอบ เกียง และถังน้ำ

3.2.9 น้ำมันเครื่องใช้แล้ว

3.2.10 เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (universal testing machine) ยี่ห้อ Tecnotest

3.2.11 เวอร์เนียคาลิเปอร์ ยี่ห้อ Stamvick

3.2.12 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Tiny

3.2.13 ตู้อบปรับอุณหภูมิได้ ยี่ห้อ Kenton



ก. ร่อนเศษยางมะตอยเก่าผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว



ข. ร่อนเศษยางมะตอยเก่าผ่านตะแกรงเบอร์ 4

รูปที่ 2 การร่อนเศษยางมะตอยเก่า ผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และค้ำตะแกรงเบอร์ 4

3.3 วิธีการขึ้นรูปต้นแบบผลิตภัณฑ์

วิธีการดำเนินงาน โดยการขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น เริ่มจากจัดเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ ประกอบด้วยวัสดุคือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายหยาบ และเศษยางมะตอยเก่ามาบดย่อยและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว ค้ำตะแกรงเบอร์ 4 ผสมวัตถุดิบตามอัตราส่วนที่กำหนด ผสมกับน้ำประปา แล้วเทส่วนผสมลงในแบบหล่อขนาด $30 \times 30 \times 5$ เซนติเมตร ได้เป็นตัวอย่างผลิตภัณฑ์กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (รูปที่ 3) ถอดแบบและบ่มผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ที่อายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน นำไปทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่อง กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ประกอบด้วย ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ และความต้านทานแรงดัดตามขวาง (รูปที่ 4) โดยเครื่องมือที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ และอุปกรณ์ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ที่ห้องปฏิบัติการทดสอบของ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา หลังจากนั้นนำไปตกแต่งทาสีผิวหน้า แล้วทดสอบการใช้งานปูพื้นจริง พร้อมกับการวัดอุณหภูมิที่ผิวหน้าของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น



รูปที่ 3 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น



รูปที่ 4 การทดสอบความต้านทานแรงอัดตามขวางของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น

4. ผลการวิจัย

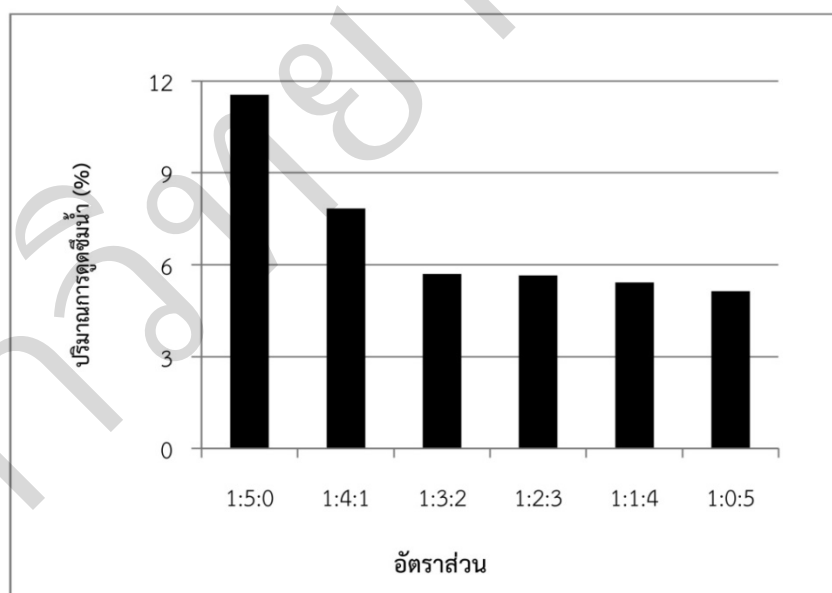
4.1 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไป ปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำ

การทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่ใช้เศษยางมะตอยเก่าจากถนนบดย่อยเป็นส่วนผสมแทนทรายหยาบที่อัตราส่วนต่าง ๆ ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 ระบุให้ที่ขึ้นผิวหน้า ต้องเรียบความหนาเท่ากันโดยตลอด แผ่นกระเบื้องต้องไม่ร้าว มีความได้ฉาก ขอบเรียบ คม และตรง (ยกเว้นการลบมุม) เกณฑ์ความหนาที่กำหนดมีค่าเท่ากับหนึ่งในสิบของความยาวกระเบื้อง แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 20 มิลลิเมตร การวัดขนาดความกว้างและความยาวให้มีเกณฑ์ควบคุมความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 3 มิลลิเมตร สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 2

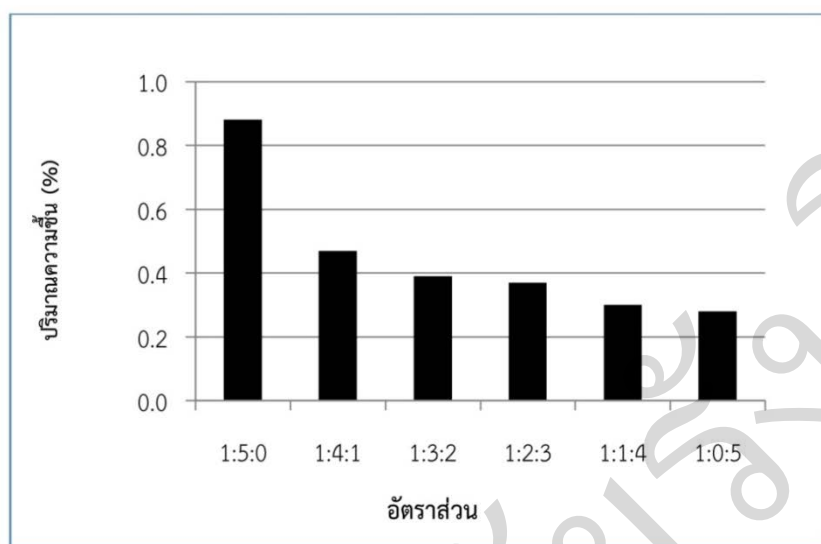
ตารางที่ 2 ลักษณะทั่วไปและมิติของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่อัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วน	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ลักษณะทั่วไป
1:5:0	301	302	50	ผ่าน
1:4:1	301	301	50	ผ่าน
1:3:2	301	302	50	ผ่าน
1:2:3	300	301	50	ผ่าน
1:1:4	300	301	50	ผ่าน
1:0:5	300	301	50	ผ่าน

การทดสอบปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำ ทำการทดสอบแผ่นตัวอย่างกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่อายุการบ่ม 28 วัน นำแผ่นตัวอย่างขึ้นจากน้ำและซับน้ำให้พอหมาด ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า นำตัวอย่างเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส วางห่างกันไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง นำแผ่นตัวอย่างออกจากตู้อบ นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่า และนำผลการทดสอบที่ได้ไปคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำ นำแผ่นตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปพักไว้ในที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักบันทึกค่า และคำนวณหาปริมาณความชื้น โดยผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 5 และ 6



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซึมน้ำและอัตราส่วนของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่ อายุการบ่ม 28 วัน



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและอัตราส่วนของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ที่อายุการบ่ม 28 วัน

4.2 ผลการทดสอบความหนาแน่น และความต้านทานแรงอัดตามขวาง

จากการทดสอบความหนาแน่น และความต้านทานแรงอัดตามขวางหรือค่าโมดูลัสการแตกหัก (Modulus of rupture) ของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่ใช้เศษยางมะตอยเก่าจากถนนบดย่อยเป็นส่วนผสมแทนทรายหยาบที่อัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบหาปริมาณการใช้เศษยางมะตอยเก่าจากถนนบดย่อยที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น เนื่องจากความต้านทานแรงอัดตามขวางเป็นค่าที่มีความสำคัญที่สุดในการนำไปใช้งาน ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 กำหนดให้ค่าความต้านทานแรงอัดตามขวางต้องไม่ต่ำกว่า 3 เมกะพาสคัล ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความหนาแน่น และความต้านทานแรงอัดตามขวาง

อัตราส่วน	ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	ความต้านทานแรงอัดที่อายุการบ่ม (เมกะพาสคัล)			
		7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
1:5:0	2087	2.00	2.81	2.92	3.24
1:4:1	2265	4.78	4.86	5.00	5.37
1:3:2	2338	5.54	6.34	6.35	6.55
1:2:3	2323	6.45	6.57	6.85	7.45
1:1:4	2294	6.58	6.79	6.95	7.87
1:0:5	1787	0.87	1.44	1.92	2.21

4.3 ผลการทดสอบอุณหภูมิที่ผิวหน้าของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น และการทดสอบการใช้งานจริง

การทดสอบการใช้งานปูพื้นจริงโดยทำการปูพื้นแผ่นกระเบื้องคอนกรีตที่ทำการตกแต่งผิวหน้าแล้ว (รูปที่ 7) และการทดสอบอุณหภูมิที่ผิวหน้าของแผ่นตัวอย่างที่ยังไม่ได้ตกแต่งผิวหน้าไปทดลองปูพื้นทางเดินในพื้นที่โล่งแจ้ง ช่วงเดือนกันยายน และทำการวัดอุณหภูมิผิวหน้าของแผ่นตัวอย่าง โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด บันทึกค่าอุณหภูมิทุก 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 05.00-20.00 นาฬิกา ผลการทดลองได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อุณหภูมิที่ผิวหน้าของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่อัตราส่วนต่าง ๆ

เวลา	อุณหภูมิที่ผิวหน้าของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (องศาเซลเซียส) ที่อัตราส่วน					
	1:5:0	1:4:1	1:3:2	1:2:3	1:1:4	1:0:5
05.00 น.	27.7	27.8	27.8	27.7	27.7	27.5
06.00 น.	27.2	27.2	27.0	26.9	26.9	26.7
07.00 น.	26.8	27.0	27.0	26.9	27.1	27.3
08.00 น.	29.9	29.9	30.1	30.1	30.1	30.2
09.00 น.	31.4	31.3	31.0	31.5	31.0	31.6
10.00 น.	32.0	31.8	31.8	32.2	32.9	32.5
11.00 น.	31.5	31.1	32.7	33.8	32.4	34.5
12.00 น.	40.7	41.2	40.4	41.7	42.0	47.4
13.00 น.	41.6	42.2	41.1	41.3	41.1	45.9
14.00 น.	33.5	33.3	33.3	33.6	33.9	37.3
15.00 น.	35.4	35.9	36.4	36.3	36.6	37.5
16.00 น.	34.6	34.8	35.4	35.3	35.4	35.5
17.00 น.	33.5	33.4	33.7	33.5	33.9	33.5
18.00 น.	32.3	32.4	32.5	32.6	32.7	32.4
19.00 น.	32.2	32.0	32.3	32.0	32.4	31.8
20.00 น.	31.6	31.7	31.9	31.5	31.9	31.7



รูปที่ 7 การทดสอบการใช้งานกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น

5. การอภิปรายผล

จากตารางที่ 2 ลักษณะทั่วไปและมีติของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 378-2531 เนื่องจากการควบคุมขั้นตอนการผลิตทุกขั้นตอน โดยอัตราส่วน 1:0:5 มีผิวหน้าหยาบและขรุขระมากที่สุด เนื่องจากมีเศษถนนยางมะตอยบดย่อยผสมทดแทนทรายหยาบทั้งหมด จึงไม่มีมวลรวมละเอียดแทรกลงในช่องว่าง ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณทรายหยาบมากขึ้นก็ส่งผลให้ ผิวหน้าของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นเรียบสม่ำเสมอมากขึ้น และสามารถตกแต่งผิวหน้าได้ง่ายขึ้น การควบคุมปริมาณเศษยางมะตอยเก่าจากถนนที่ใช้เป็นส่วนผสมแทนมวลรวมหยาบ มีความสำคัญต่อผิวหน้าของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น จึงต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสม โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ 1:3:2 และ 1:2:3

จากตารางที่ 3 ความต้านทานแรงดัดตามขวางของแผ่นพื้นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษยางมะตอยเก่าจากถนนบดย่อย ที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าค่าความต้านทานแรงดัดตามขวางมีค่าสูงขึ้นตามอายุการบ่มของคอนกรีต ซึ่งเป็นไปตามปฏิกิริยาไฮเดรชัน (วินิต ช่อวิเชียร, 2539) โดยจากการทดลองมี 5 อัตราส่วนที่มีค่าความต้านทานแรงดัดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ที่กำหนดค่าความต้านทานแรงดัดตามขวางเฉลี่ยทุกแผ่นต้องไม่ต่ำกว่า 3 เมกะพาสคัล คือ อัตราส่วน 1:1:4 มีค่าความต้านทานแรงดัดตามขวางสูงที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วน 1:2:3, 1:3:2, 1:4:1 และ 1:5:0 ตามลำดับ ส่วนอัตราส่วน 1:0:5 มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากการผสมปริมาณเศษยางมะตอยเก่าบดย่อยมากเกินไปส่งผลให้เนื้อคอนกรีตมีช่องว่างมากขึ้น ความหนาแน่นลดลง จึงทำให้ความแข็งแรงของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นลดลงตามไปด้วย (ประชุม คำพุด และกิตติพงษ์ สุวิโร, 2554) โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมมากที่สุด คือ 1:2:3 และ 1:1:4

จากรูปที่ 5 ปริมาณการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องปูพื้นคอนกรีต ที่ใช้เศษยางมะตอยเก่าจากถนนเป็นส่วนผสมทดแทนทรายหยาบที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าอัตราส่วนที่มีการดูดซึมน้ำมากที่สุด คืออัตราส่วน 1:5:0 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 378-2531 ได้กำหนดค่าการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 10 อัตราส่วนที่มีการดูดซึมน้ำที่รองลงมา คือ 1:4:1, 1:3:2, 1:2:3, 1:1:4 และ 1:0:5 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 5 อัตราส่วนมีการดูดซึมน้ำใกล้เคียงกันและผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องมาจากเศษยางมะตอยมีส่วนผสมของหินก่อสร้างเคลือบด้วยน้ำมันดิบ (แอลฟิลท์) ซึ่งเมื่อนำไปบดย่อยให้มีขนาดเท่ากับมวลรวมหยาบ จึงช่วยให้ส่วนผสมของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นมีขนาดละเอียดขึ้น (ปริญญ์ จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2551) มีความช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีตลดลง อีกทั้งความเหนียวของยางมะตอยที่เคลือบผิวหินช่วยในการยึดประสานระหว่างกัน ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณความชื้นของแผ่นกระเบื้องปูพื้นคอนกรีต (รูปที่ 6) โดยการผสมเศษยางมะตอยเก่าบดย่อยช่วยลดปริมาณความชื้นและการดูดซึมน้ำลงได้มากกว่าครึ่งของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นแบบปกติ

จากตารางที่ 4 อุณหภูมิผิวหน้าของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่ใช้เศษยางมะตอยเก่าจากถนนบดย่อยเป็นส่วนผสมทดแทนทรายหยาบ ที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าการผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าทดแทนทรายหยาบส่งผลให้กระเบื้องคอนกรีตปูพื้นมีอุณหภูมิผิวหน้าสูงกว่ากระเบื้องคอนกรีตปูพื้นแบบปกติ ทั้งนี้เนื่องจากเศษถนนยางมะตอยมีน้ำมันเคลือบที่ผิวของหิน ซึ่งทั้งน้ำมันและหินจะดูดซับความร้อนได้สูงกว่าทรายหยาบ จึงทำให้ผิวหน้าของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่มีส่วนผสมของเศษยางมะตอยเก่ามีอุณหภูมิสูงขึ้น (บรรจง ภูตะคร และชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์, 2556)

6. บทสรุป

โครงการ การใช้ประโยชน์จากเศษยางมะตอยเก่าจากถนนสำหรับผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ประสพผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คือ ต้องการนำเศษยางมะตอยเก่าจากถนนที่เหลือทิ้งจากการรื้อผิวหน้าถนน มาใช้เป็นมวลรวมทดแทนทรายหยาบในอัตราส่วนที่เหมาะสม เท่ากับ 1:2:3 ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์กระเบื้องคอนกรีตปูพื้นได้ โดยสามารถมีสมบัติทุกอย่างผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 กำหนด โดยข้อดีของการนำเศษยางมะตอยบดย่อยมาใช้ขึ้นรูปจะช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งแล้ว เศษถนนยางมะตอยมีส่วนผสมของหินก่อสร้าง เมื่อนำมาบดย่อยจึงมีความแข็งแรงแกร่งกว่าทรายหยาบ อีกทั้งการผสมเศษยางมะตอยเก่าบดย่อยในปริมาณที่เหมาะสมช่วยให้มวลรวมมีขนาดผลที่ดีขึ้น ส่งผลในการเพิ่มความแข็งแรงของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นได้ อีกทั้งยังสามารถทำการพิมพ์ลายที่ผิวหน้าได้ดี ซึ่งผลจากงานวิจัยนี้มีความเป็นไปได้ที่จะนำเศษถนนยางมะตอยเก่าบดย่อยไปใช้เป็นมวลรวมในการผลิตวัสดุก่อสร้างประเภทอื่น ๆ อาทิเช่น คอนกรีตบล็อก อิฐบล็อกประสาน บล็อกประสานปูพื้น ฯลฯ และสามารถนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้ทันที

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือในการดำเนินโครงการ ขอขอบคุณ นายธีรพงษ์ หาญหนองแขง, นายบวร วงพรม, นางสาวรัตติยา ค่านกลาง, และนางสาวอังคณา เขียมกลิ่น ที่ช่วยดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณหมวดทางหลวงหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ที่สนับสนุนเศษถนนยางมะตอยเก่า ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- กรมทางหลวง. (2543). *คู่มือการออกแบบโครงสร้างถนนลาดยางโดยวิธี Asphalt Institute Method* ฉบับที่ 8 (1970). ส่วนออกแบบและแนะนำโครงสร้างชั้นทางสำหรับผิวจราจรและพัฒนางานทางกรมทางหลวง. กรุงเทพฯ.
- กรมทางหลวงชนบท. (2557). *มทข.215 – 2557 มาตรฐานวัสดุผสมผสมเย็นด้วยแอสฟัลต์อิมัลชัน (cold mixed asphalt)*. กรมทางหลวงชนบท. กรุงเทพฯ.
- บรรจง ภูละคร และชานาญ บุญญาพุทธิพงศ์. (2556). การศึกษาเปรียบเทียบความร้อนของพื้นผิวคอนกรีตและแอสฟัลต์. *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ครั้งที่ 9*. มหาสารคาม.
- ประชุม คำพูน และกิตติพงษ์ สุวิโร. (2554). การพัฒนามีลบล็อกปูพื้นเพื่อลดอุณหภูมิผิวพื้นภายนอกอาคาร. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 16*. โรงแรม เดอะชาแนล พัทยา. ชลบุรี.
- ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2551). *ปูนซีเมนต์ ปอชโซลาน และคอนกรีต*. พิมพ์ครั้งที่ 5. บริษัท เอสซีจี ซีเมนต์ จำกัด: 69.
- วินิต ช่อวิเชียร. (2539). *คอนกรีตเทคโนโลยี*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2531). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 เรื่อง กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น*. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.