การใช้ประโยชน์จากเศษถนนยางมะตอยเก่าสำหรับผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น

วิหาร ดีปัญญา [1] และกิตติพงษ์ สุวีโร [2*]
wiharn.d@rmutp.ac.th [1], kittipong.s@en.rmutt.ac.th [2*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2*] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received : 9-Mar-2020
Revised : 9-Apr-2020
Accepted : 8-May-2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นจากเศษถนนยางมะตอยเก่า ออกแบบอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1 ต่อทรายหยาบ ต่อสารลดน้ำประเภท A ต่อน้ำประปา เท่ากับ 1: 5: 0.02: 0.4 โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ทำการแทนที่ทรายหยาบด้วยเศษถนนยางมะตอยเก่า เท่ากับ ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, และ 50 โดยน้ำหนักทรายหยาบ รวมเป็น 6 อัตราส่วน ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น และทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (มอก.378-2531) จากผลการทดสอบ พบว่า การแทนที่ทรายหยาบด้วยเศษถนนยางมะตอยเก่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนักทรายหยาบ เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้ปริมาณที่เพิ่มขึ้นของเศษถนนยางมะตอยเก่าในแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นจะส่งผลต่อการลดลงของค่าการดูดซึมน้ำและสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ในขณะที่ความหนาแน่นและความต้านทานแรงดัดมีค่าใกล้เคียงกับแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่ไม่ผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า โดยแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าที่พัฒนาสามารถใช้งานได้เช่นเดียวกับแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นทั่วไปในท้องตลาด

คำสำคัญ: แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น เศษถนนยางมะตอยเก่า สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

Utilization of Old Asphalt Road Waste to Produce Concrete Flooring Tile Product

Wiharn Deepanya [1] Kittipong Suweero [2*]
wiharn.d@rmutp.ac.th [1], kittipong.s@en.rmutt.ac.th [2*]

[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

[2*] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received : 9-Mar-2020
Revised : 9-Apr-2020
Accepted : 8-May-2020

Abstract

The objective of this research is to develop the concrete flooring tile product from old asphalt road waste. The mixing ratio of Portland cement type1: coarse sand: water reducer type A: tap water was equaled to 1: 5: 0.02: 0.4 by weight of admixtures. The coarse sand was replaced by the old asphalt road waste in 0%, 10%, 20%, 30%, 40% and 50% by weight of coarse sand. The 6 mixing ratios of concrete flooring tiles were casted with the compressive machine and were tested the properties according to the TIS.378-1988 standard (concrete flooring tiles). From the results, they were found that the 50% replacement of old asphalt road waste was the proper ratio of concrete flooring tile. The increasing of old asphalt road waste in concrete flooring tile effected to decrease the water absorption and thermal conductivity properties. In term of the density and bending strength properties, there were not many differences when compared to the concrete flooring tile without old asphalt road waste. In conclusion, the developed concrete flooring tile product from old asphalt road waste can use as same as the common concrete flooring tile product in market.

Keywords: concrete flooring tile, old asphalt road waste, thermal conductivity

1. บทนำ

ถนนยางมะตอย (Asphalt Road) ที่ใช้ยางมะตอยเกรด AC 60/70 เป็นประเภทถนนที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในประเทศไทย เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ ใช้ระยะเวลาก่อสร้างสั้น และบำรุงรักษาง่าย แต่ถนนประเภทนี้มักเกิดความเสียหายได้ง่ายจากน้ำหนักบรรทุกที่มากเกินกำหนดและภูมิอากาศที่ร้อน จึงต้องมีการบูรณะซ่อมแซมถนนดังกล่าวให้มีสภาพดีอยู่เสมอ [1] โดยจะต้องทำการขุดรื้อผิวถนนยางมะตอยเดิมออก จากนั้นจึงทำผิวถนนยางมะตอยใหม่ ส่วนผิวทางเดิมหรือเศษถนนยางมะตอยเก่าจะถูกทิ้งไว้ข้างทางเป็นกองขนาดใหญ่ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังรูปที่ 1 ปัจจุบันมีการนำเศษถนนยางมะตอยเก่ามารีไซเคิล โดยนำมาผสมรวมกับแอสฟัลต์อิมัลชันหรือยางมะตอยชนิดน้ำ (Asphalt Emulsion) แล้วทำการลาดยางในที่แบบเย็น (Cold In-place Recycling) อย่างไรก็ตามการใช้แอสฟัลต์อิมัลชันยังคงมีข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงอยู่หลายประการโดยเฉพาะการบ่มตัว กล่าวคือก่อนที่จะมีการบดอัดต้องมีการระเหยน้ำไปให้มากที่สุด สภาพภูมิอากาศจึงมีผลมากกับงานประเภทนี้ หากมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมาก หมอกลง หรือฝนตกก็จะส่งผลกระทบกับอัตราการระเหยของน้ำ [2-3] และการรีไซเคิลที่ไม่สามารถทำได้ นอกจากนี้ปริมาณการผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าก็ยังไม่สามารถนำมาใช้รีไซเคิลได้ทั้งหมด และเศษถนนยางมะตอยเก่าที่ขุดขึ้นมาก็มีปริมาณยางมะตอยปะปนอยู่มากทำให้ยากต่อการนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น หากต้องการแยกส่วนที่เป็นยางมะตอยก็ต้องใช้พลังงานมากเพื่อละลายยางมะตอยออกจากมวลรวมที่ถูกเคลือบผิวอยู่ จากปริมาณเศษถนนยางมะตอยเก่าที่เพิ่มมากขึ้น การวิจัยเพื่อนำเศษถนนยางมะตอยเก่ามาใช้ประโยชน์จึงมีความสำคัญและจำเป็นเร่งด่วน จากการศึกษาคุณสมบัติของเศษถนนยางมะตอยเก่าเบื้องต้นพบว่า เศษยางมะตอยดังกล่าวสามารถผสมเข้ากับปูนซีเมนต์เพื่อใช้ทดแทนที่มวลรวมได้ดี [2] แต่ด้วยปัญหาด้านปริมาณน้ำมันที่อยู่ในเศษถนนยางมะตอยเก่า วัสดุก่อสร้างที่จะใช้เศษถนนยางมะตอยนี้จึงควรจะเป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้งานภายนอกอาคารอย่างแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น เนื่องจากจะไม่มีปัญหาด้านไอระเหยของน้ำมันที่อาจจะระเหยได้ รวมทั้งความยืดหยุ่นและความทึบน้ำของยางมะตอยที่ติดอยู่กับมวลรวม (หินปูน) จะช่วยแทรกอยู่ภายในเนื้อของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นเพื่อลดการซึมผ่านของน้ำที่อาจกัดเซาะพื้นหรือชั้นดินภายใต้แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นให้เกิดหลุม และกระเบื้องที่ปูพื้นก็จะเกิดการทรุดหรือแตกหักได้ง่าย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นจากเศษถนนยางมะตอยเก่า ซึ่งเป็นการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งที่ยากต่อการรีไซเคิลไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ สร้างประโยชน์ต่อสังคม ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม

รูปที่ 1 เศษยางมะตอยเก่าที่กองรวมกันรอการกำจัด

รูปที่ 2 ลักษณะและขนาดของเศษยางมะตอยที่ขุดจากถนนเก่า

2. วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เศษถนนยางมะตอยเก่าขนาดผ่านตะแกรง 3/8 นิ้ว (ทำมาจากหินปูน (Limestone) ผสมยางมะตอยเกรด AC 60/70) ทรายหยาบ สารเคมีผสมเพิ่มชนิดสารลดน้ำประเภท A น้ำประปา เครื่องผสมคอนกรีต เครื่องอัดแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นแบบสั่นเขย่า พร้อมแบบหล่อกระเบื้อง

คอนกรีตปูพื้นขนาด 30x30x5 เซนติเมตร (รูปที่ 3) เครื่องย่อยหินพร้อมตะแกรงคัดขนาด (รูปที่ 4) ตะแกรงคัดขนาด เครื่องชั่งน้ำหนัก ชุดทดสอบหาค่าความหนาแน่น ความชื้น และการดูดซึมน้ำ เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine; UTM) และเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

รูปที่ 3 เครื่องอัดกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นแบบสั่นเขย่า

รูปที่ 4 เครื่องย่อยหินพร้อมตะแกรงคัดขนาด

3. การออกแบบส่วนผสม

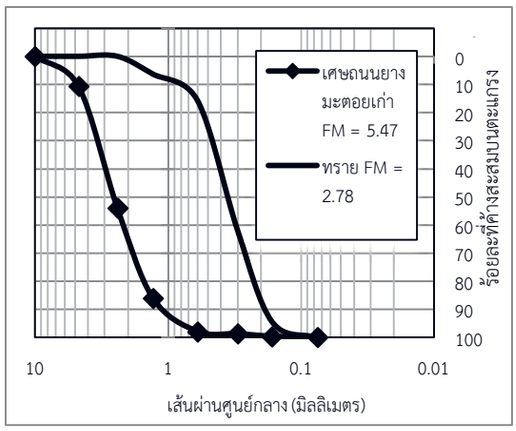
ออกแบบอัตราส่วนผสมของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทรายหยาบ สารลดน้ำประเภท A และน้ำประปา เท่ากับ 1: 5: 0.02: 0.4 โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด แล้วจึงแทนที่ทรายด้วยเศษถนนยางมะตอยเก่าในปริมาณเพิ่มขึ้นอัตราร้อยละ 10 ตั้งแต่ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 จนกระทั่งแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นมีพื้นผิวหยาบ ไม่เรียบ หรือเกิดช่องว่างบริเวณผิวหน้ามาก เมื่อแทนที่เศษถนนยางมะตอยเก่าตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น [4] ในคุณสมบัติด้านลักษณะทั่วไป จึงได้อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการวิจัยจำนวน 6 อัตราส่วน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าโดยน้ำหนัก

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทรายหยาบ	เศษยางมะตอย	สารลดน้ำ	น้ำ
A0	1	5.0	0.0	0.02	0.4
A0.5	1	4.5	0.5	0.02	0.4
A1	1	4.0	1.0	0.02	0.4
A1.5	1	3.5	1.5	0.02	0.4
A2	1	3.0	2.0	0.02	0.4
A2.5	1	2.5	2.5	0.02	0.4

4. การขึ้นรูปตัวอย่าง

เริ่มจากนำเศษถนนยางมะตอยเก่ามาบดย่อยผ่านตะแกรงเบอร์ 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่องย่อยหินพร้อมตะแกรงคัดขนาด แล้วจึงหาค่าพิกัดความละเอียด (Fineness Modulus; FM) เพื่อเปรียบเทียบกับทราย ดังรูปที่ 5 จากนั้นตวงส่วนผสมของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นจากเศษถนนยางมะตอยเหลือทิ้งตามที่ออกแบบในตารางที่ 1 แล้วจึงผสมสารเคมีผสมเพิ่มชนิดสารลดน้ำประเภท A เข้ากับน้ำประปา ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ทรายหยาบ เศษถนนยางมะตอยเหลือทิ้ง และน้ำประปาที่ผสมสารลดน้ำแล้วให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีตดังรูปที่ 6 เตรียมแบบหล่อที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องอัดแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นแบบสั่นเขย่าโดยการทาน้ำมันหล่อลื่น จากนั้นเทส่วนผสมทั้งหมดลงในแบบหล่อ และขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าด้วยเครื่องอัดแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นแบบสั่นเขย่า ดังรูปที่ 7 และบ่มแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าในอากาศตามระยะเวลาที่กำหนดได้แก่ 7, 14, 21 และ 28 วัน ก่อนนำไปทดสอบ



รูปที่ 5 พิกัดความละเอียดของเศษถนนยางมะตอยเก่าและทราย

รูปที่ 6 การผสมส่วนผสมในเครื่องผสมคอนกรีต

รูปที่ 7 การอัดขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น

5. การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่าง

ทดสอบคุณสมบัติของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า ตามมาตรฐาน มอก. 378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น [4] และมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยใช้จำนวนตัวอย่าง 5 ตัวอย่างต่อการทดสอบ ประกอบด้วยลักษณะทั่วไป ความหนาแน่น ความต้านทานแรงดัดตามขวาง (รูปที่ 8 และ 9) การดูดซึมน้ำ การทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C177 [5] และการใช้งานจริง

รูปที่ 8 การทดสอบความต้านทานแรงดัดตามขวาง

รูปที่ 9 แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าอัตราส่วน A2.5 ที่วิบัติจากแรงดัด

6. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าตามมาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น [4] และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังต่อไปนี้

6.1 ลักษณะทั่วไป

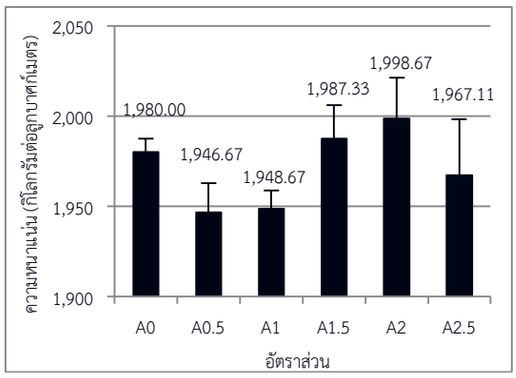
ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าทั้ง 6 อัตราส่วน โดยการตรวจพินิจความหนา ความเรียบสม่ำเสมอ ไม่แตกร้าว และความฉากของขอบ พบว่าแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นทั้งหมดมีลักษณะทั่วไปผ่าน

ตามที่มาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น [4] กำหนด (รูปที่ 10) ซึ่งเป็นผลมาจากการควบคุมอัตราส่วนการแทนที่ทรายด้วยเศษถนนยางมะตอยที่ออกแบบไม่ให้มากเกินกว่าอัตราส่วน A2.5 (ใช้เศษถนนยางมะตอยเก่าแทนที่ทรายหยาบไม่เกินร้อยละ 50) เนื่องจากจะทำให้ผิวหน้าไม่เรียบ และขอบไม่ได้ฉาก

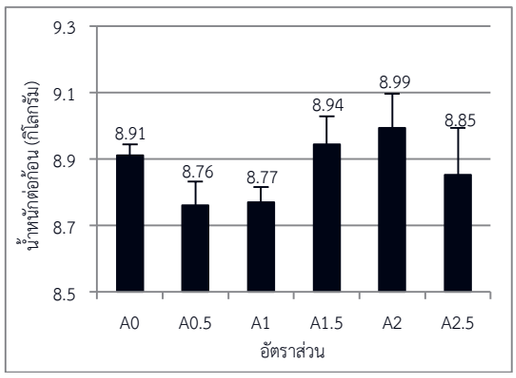
รูปที่ 10 การตรวจพินิจลักษณะทั่วไปของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า

6.2 ความหนาแน่น

ความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าเป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงน้ำหนักของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น โดยแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่มีความหนาแน่นสูงจะมีน้ำหนักมาก และแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่มีความหนาแน่นต่ำก็จะมีน้ำหนักน้อย ซึ่งผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าในรูปที่ 11 และ 12 พบว่าแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นทั้ง 6 อัตราส่วน มีค่าความหนาแน่นหรือน้ำหนักต่อก้อนใกล้เคียงกันในทุกอัตราส่วน เป็นผลมาจากทรายและหินปูน (มวลรวมหลักในเศษถนนยางมะตอยเก่า) เป็นวัสดุที่มีค่าความหนาแน่นแตกต่างกันไม่มาก โดยทรายมีค่าความหนาแน่น 1,450 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และหินปูนมีค่าความหนาแน่น 1,105 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [6-7] ทั้งนี้ความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าทุกอัตราส่วน มีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1,946.67 ถึง 1,998.67 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งต่ำกว่าความหนาแน่นของคอนกรีตที่มีค่าสูงสุดประมาณ 2,400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [7]



รูปที่ 11 ความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า

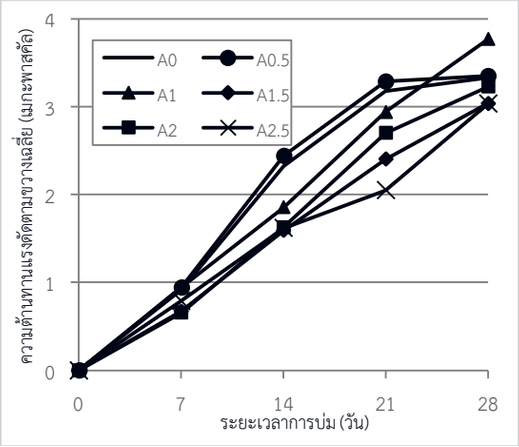


รูปที่ 12 น้ำหนักต่อก้อนของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า

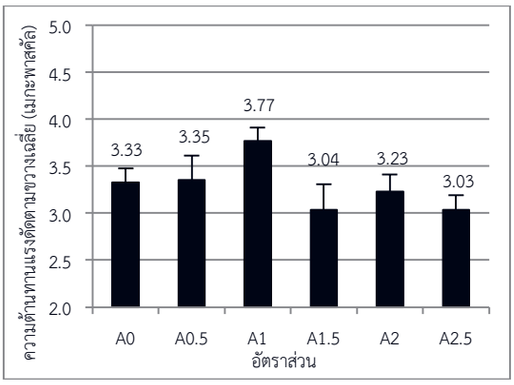
6.3 ความต้านทานแรงดัดตามขวาง

ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดตามขวางหรือความต้านทานแรงดัดของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (มอก.378-2531) [4] ในรูปที่ 13 และ 14 พบว่า แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นทั้งที่ผสมและไม่ผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าทั้ง 6 อัตราส่วน มีค่าความต้านทานแรงดัดที่ใกล้เคียงกัน และทั้งหมดมีค่าผ่านตามมาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้ค่าความต้านทานแรงดัดตามขวางของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นแต่ละแผ่นต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล และค่าเฉลี่ยรวมของทุกแผ่นต้องไม่น้อยกว่า 3 เมกะพาสคัล แสดงว่าเศษถนนยางมะตอยเก่าสามารถใช้เป็นมวลรวมในผลิตภัณฑ์กระเบื้องคอนกรีตปูพื้นได้ดีใกล้เคียงกับทรายที่เป็นมวลรวมที่นิยมใช้ทั่วไปในผลิตภัณฑ์นี้ อย่างไรก็ตามหาก

พิจารณาจากผลการทดสอบโดยละเอียดจะเห็นว่ากระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าอัตราส่วน A1 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงที่สุดกรณีที่บ่มนาน 28 วัน รองลงมาคืออัตราส่วน A0.5, A0 (อัตราส่วนที่ไม่ผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า), A2, A1.5, และอัตราส่วน A2.5 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุดตามลำดับ ทั้งนี้อัตราส่วน A2.5 มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงกว่า 3 เมกะพาสคัลเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าการแทนที่ทรายด้วยเศษถนนยางมะตอยเก่าในอัตราส่วนดังกล่าวเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเศษถนนยางมะตอยเก่ามากที่สุดที่กระเบื้องคอนกรีตปูพื้นจะผ่านมาตรฐานได้เช่นเดียวกับผลการทดสอบลักษณะทั่วไป



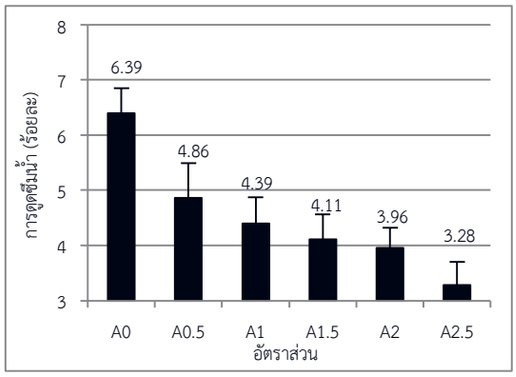
รูปที่ 13 ความต้านทานแรงดัดตามขวางเฉลี่ยของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ



รูปที่ 14 ความต้านทานแรงดัดตามขวางเฉลี่ยของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน

6.4 การดูดซึมน้ำ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (มอก.378-2531) กำหนดให้ค่าการดูดซึมน้ำของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นแต่ละแผ่นต้องไม่เกินร้อยละ 10 [4] โดยผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นทั้งที่ผสมและไม่ผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าในรูปที่ 15 พบว่า ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นทั้งหมด สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด โดยกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าอัตราส่วน A2.5 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วน A2 A1.5 A1 A0.5 และกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่ไม่ผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าอัตราส่วน A0 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้เห็นได้ว่าเศษถนนยางมะตอยเก่าสามารถช่วยลดค่าการดูดซึมน้ำให้กับกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นได้ดี ซึ่งเป็นผลมาจากยางมะตอยเป็นวัสดุที่มีความทึบน้ำ ทำให้เมื่อแทรกเข้าไปในเนื้อกระเบื้องคอนกรีตจึงช่วยลดการดูดซึมน้ำได้ดังกล่าว [3, 8]

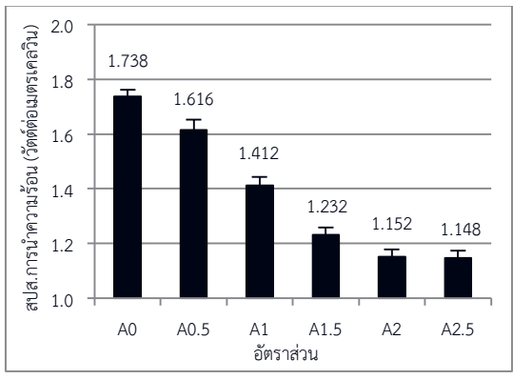


รูปที่ 15 การดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า

6.5 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนหรือสภาพการนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นทั้งที่ผสมและไม่ผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าในรูปที่ 16 สามารถสรุปได้ว่า แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่ผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าในปริมาณมากที่สุด หรืออัตราส่วน A2.5 เป็นอัตราส่วนที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนหรือสภาพนำความร้อนต่ำที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วน A2 A1.5 A1 A0.5 และแผ่นกระเบื้อง

คอนกรีตปูพื้นที่ไม่ผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า (A0) เป็นอัตราส่วนที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนหรือสภาพนำความร้อนสูงที่สุด โดยแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำจะเป็นวัสดุที่เป็นฉนวนป้องกันความร้อนดีกว่าแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง [5] ทั้งนี้เป็นผลมาจากความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีของยางมะตอย (ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของยางมะตอยมีค่าต่ำ 0.75 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน) [9]



รูปที่ 16 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า

6.6 การใช้งานจริง

จากการพิจารณาคุณสมบัติของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า ทำให้เลือกแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าอัตราส่วน A2.5 มาใช้ในการทดสอบการใช้งานจริง โดยทำการปูพื้นบริเวณรอบอาคารทดสอบ เพื่อสังเกตความแตกต่างในการใช้งานของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่พัฒนาขึ้นมา ในรูปที่ 17 พบว่าแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าอัตราส่วน A2.5 สามารถใช้งานได้เช่นเดียวกับแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นทั่วไปในท้องตลาด โดยมีพื้นผิวที่เรียบและมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น

รูปที่ 17 การนำแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าไปใช้งานจริง

7. สรุปผล และข้อเสนอแนะ

จากผลการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่ใช้เศษถนนยางมะตอยเก่าเป็นมวลรวมแทนที่ทราย สามารถสรุปได้ว่า แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า สามารถขึ้นรูปได้ด้วยวิธีการอัดและสั่นเขย่าโดยใช้เครื่องจักรทั่วไปที่มีราคาไม่สูง ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า คืออัตราส่วน A2.5 (ใช้เศษถนนยางมะตอยเก่าแทนที่ทรายหยาบร้อยละ 50) เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่ทำให้แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าที่มีสมบัติผ่านตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (มอก.378-2531) กำหนด และเป็นอัตราส่วนที่ใช้เศษถนนยางมะตอยเก่าในปริมาณมากที่สุดด้วย ทั้งนี้อัตราส่วนดังกล่าวจะทำให้แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นมีค่าความหนาแน่น 1,967.11 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 3.28 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 1.148 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน และค่าความต้านทานแรงดัดตามขวาง 3.03 เมกะพาสคัล ซึ่งปริมาณเศษถนนยางมะตอยเก่าที่ผสมลงในแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นแทนที่ทรายจะช่วยลดการดูดซึมน้ำและลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ในขณะที่ความหนาแน่นและความต้านทานแรงดัดมีค่าใกล้เคียงกับแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่ไม่ผสมเศษถนนยางมะตอยเก่า นอกจากนี้แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่ายังสามารถใช้งานได้เช่นเดียวกับแผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นทั่วไป ในการศึกษาต่อไปควรพัฒนาแผ่นกระเบื้องคอนกรีต

ปูพื้นผสมเศษถนนยางมะตอยเก่าให้มีผิวหน้าที่สวยงามและโดดเด่นมากขึ้น เพื่อให้สามารถแข่งขันและเป็นทางเลือกของผลิตภัณฑ์ปูพื้นสำหรับตกแต่งอาคารได้ดียิ่งขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2561 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Department of Highway. 2543. Design manual of asphalt road: asphalt institute method vol.8 (1970). Bangkok: Department of Highway; 2000. (in Thai)

[2] Katekaew S. Improvement of subbase with emulsion for recycling the cold mix asphalt road. Bangkok: TIPCO Asphalt Public Company Limited; 2008. (in Thai)

[3] Department of Rural Roads. Rural roads standard (RRS.215 –2557): standard of aggregates for cold mixed asphalt. Bangkok: Department of Rural Roads; 2014. (in Thai)

[4] Thai Industrial Standards Institute (TISI). Thai industrial standard no.378-1988: concrete floor tile. Bangkok: Thai Industrial Standards Institute; 1988. (in Thai)

[5] American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard test method for steady-state heat flux measurements and thermal transmission properties by means of the guarded-hot-plate apparatus (ASTM C177). Philadelphia: ASTM International; 2010.

[6] Weeranukul P, Suweero K, Weeranukul I. Utilization of vesicular basalt fragment as aggregate in cement board for knockdown building wall. Journal of Engineering, RMUTT. 2019; 17(1): 15-24. (in Thai)

[7] Jindaprasert P, Jaturapitakkul C. Cement, pozzolan, and concrete. 7th ed. Bangkok: ACI Partners with Thailand Concrete Association; 2012. (in Thai)

[8] TIPCO Asphalt Public Company Limited. Fundamental of asphalt and application. Bangkok: TIPCO Asphalt Public Company Limited; 2007. (in Thai)

[9] Young HD. Hyper Physics. University Physics. Boston: Addison Wesley; 1992.