# การพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเศษขวดพลาสติกสี ประเภทพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตที่เหลือทิ้งจากการบริโภค

กิตติพงษ์ สุวีโร [1*], และประชุม คำพุฒ [2]
kittipong.s@en.rmutt.ac.th [1*], prachoom.k@en.rmutt.ac.th [2]

[1*,2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received : 2-Oct-2019
Revised : 28-Oct-2019
Accepted : 17-Dec-2019

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเศษขวดพลาสติกสีประเภทพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ที่เหลือทิ้งจากการบริโภค ออกแบบอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: มวลรวม (ทรายละเอียด และหินฝุ่น) เท่ากับ 1: 3 โดยน้ำหนัก และแทนที่มวลรวมด้วยเศษขวดพลาสติกสี (ฝาขวด ขวด และฉลากฟิล์มหด) ในปริมาณเพิ่มขึ้น ร้อยละ 5 ของน้ำหนักมวลรวมต่ออัตราส่วน เริ่มจากไม่มีการแทนที่จนกระทั่งมีการแทนที่ด้วยเศษขวดพลาสติกสีมากที่สุดร้อยละ 20 ของน้ำหนักมวลรวม รวม 5 อัตราส่วน ได้แก่ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: มวลรวม: เศษขวดพลาสติกสีเท่ากับ 1: 3: 0, 1: 2.85: 0.15, 1: 2.7: 0.3, 1: 2.55: 0.45 และ 1: 2.4: 0.6 โดยน้ำหนัก กำหนดอัตราส่วนทรายละเอียดต่อหินฝุ่น เท่ากับ 0.67 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) เท่ากับ 0.5 โดยน้ำหนัก บดย่อยเศษขวดพลาสติกสีผ่านตะแกรงที่มีขนาดช่องเปิด 10 มิลลิเมตร และนำมาผสมกับส่วนผสมตามที่ออกแบบโดยใช้เครื่องผสมคอนกรีต จากนั้นอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัด ทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 827-2531 และคุณสมบัติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ผลการทดสอบที่อายุการบ่ม 28 วัน พบว่า อัตราส่วน 1: 2.85: 0.15 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยสามารถผ่านมาตรฐาน มอก.827-2531 ได้ ทั้งนี้ เศษขวดพลาสติกสีที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในปริมาณที่เหมาะสม จะส่งผลต่อการดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น ความร้อนที่สะสมบนพื้นผิว และต้นทุนการผลิตที่ลดลง คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่พัฒนานี้ สามารถนำเศษขวดพลาสติกสีมาใช้ผลิตเป็นวัสดุปูพื้นที่มีความแข็งแรง และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

**คำสำคัญ:** คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ขวดพลาสติกสี พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต ไมโครพลาสติก

# Development of Interlocking Concrete Paving Block Product Mixed with Colored Polyethylene Terephthalate Plastic Bottle from Post-Consumer Waste

Kittipong Suweero [1*] Prachoom Khamput [2]
kittipong.s@en.rmutt.ac.th [1*], prachoom.k@en.rmutt.ac.th [2]

[1*,2] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

| | | |
|---|---|---|
| Received | : | 2-Oct-2019 |
| Revised | : | 28-Oct-2019 |
| Accepted | : | 17-Dec-2019 |

**Abstract**

This research aims to develop the interlocking concrete paving block product mixed with colored polyethylene terephthalate (PET) plastic bottle from post-consumer waste. The mix ratios were designed by using the ratio of Portland cement type1: aggregates (fine sand, and quarry dust) that equal to 1: 3 by weight. And the colored PET plastic bottle (bottle cap, bottle, and label) was used instead of the aggregates in 5 % of aggregate weight per ratio which the 20% of replacement was the maximum replacement ratio. The 5 mix ratios of Portland cement type1: aggregates: colored PET plastic bottle included 1: 3: 0, 1: 2.85: 0.15, 1: 2.7: 0.3, 1: 2.55: 0.45, and 1: 2.4: 0.6 by weight. Assumed the fine sand to quarry dust ratio equal to 0.67 by weight and the water to cement ratio (W/C) equal to 0.5 by weight. The colored plastic bottle wastes were grinded through the sieve (10 mm of opening) and putted into the admixtures. The concrete mixer and compression machine were the instruments to produce the interlocking concrete paving blocks. The properties of interlocking concrete paving blocks were tested with the TIS. 827-1988 standard and related standards. According to the results at 28 days of curing, the 1: 2.85: 0.15 was the most suitable ratio of interlocking concrete paving blocks which passed the TIS.827-1988 standard. The proper amount of colored plastic bottle wastes can reduce the water absorption, density, surface temperature, and production cost of the interlocking concrete paving blocks. The developed interlocking concrete paving blocks can apply the colored plastic bottle wastes to use as the paving blocks with good strength and environment conservation.

**Keywords:** interlocking concrete paving block, colored plastic bottle, polyethylene terephthalate, micro plastic

## 1. บทนำ

ขยะพลาสติก เป็นขยะที่มีปริมาณมากถึง 2 ล้านตันต่อปี ขยะดังกล่าวมีการนำกลับมารีไซเคิลเพียงปีละ 5 แสนตัน [1] ซึ่งหนึ่งในขยะพลาสติกที่ไม่นิยมนำมารีไซเคิลและเป็นปัญหามากที่สุด คือ ขยะจำพวกภาชนะหรือขวดบรรจุเครื่องดื่มที่ผลิตจากพลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terepthalate; PET) โดยเฉพาะขวดพลาสติกที่มีการผสมสี (รูปที่ 1) เนื่องจากขยะพลาสติกที่มีการผสมสีจะต้องใช้ต้นทุนในการรีไซเคิลที่สูงและใช้งานได้ไม่หลากหลายเท่าขวดพลาสติกชนิดอื่นๆ ทำให้ขยะพลาสติกเหล่านี้ไม่เป็นที่ต้องการของร้านรับซื้อของเก่า และชุมชนก็จะไม่เก็บ จึงกลายเป็นขยะที่ต้องนำไปกำจัด ทั้งนี้หากพลาสติกดังกล่าวไม่ถูกนำไปรีไซเคิลอย่างถูกวิธีและมีการสัมผัสรังสียูวี จะทำให้พลาสติกเกิดการเสื่อมสภาพและกลายเป็นไมโครพลาสติก (Micro Plastic) หรือเศษพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร ไปจนถึงเศษพลาสติกที่มีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อม และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ จากการหายใจและห่วงโซ่อาหาร เช่น ปลากินแพลงก์ตอนที่มีไมโครพลาสติกเข้าไป และมนุษย์ก็กินปลานั้น เป็นต้น [1]

**รูปที่ 1** ขยะขวดพลาสติกสีประเภท PET

ขวดพลาสติกสีบรรจุเครื่องดื่มที่เหลือทิ้งประกอบด้วย ตัวขวดพลาสติกที่ผลิตจากพลาสติก PET ฝาขวดที่ผลิตจากพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene; HDPE) และฉลากฟิล์มหดที่ผลิตจากพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride; PVC) ซึ่งแต่ละส่วนคิดเป็นสัดส่วนดังตารางที่ 1 วัสดุเหล่านี้เป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักเบา และสามารถย่อยให้มีขนาดเล็กได้ง่ายด้วยเครื่องบดย่อยพลาสติก

**ตารางที่ 1** ส่วนประกอบของขวดพลาสติกสี

| ส่วนประกอบ | น้ำหนัก (กรัม) | น้ำหนัก (ร้อยละ) |
|---|---|---|
| ขวด | 17.16 | 81.17 |
| ฝาขวด | 2.13 | 10.08 |
| ฉลากฟิล์มหด | 1.85 | 8.75 |
| รวม | 21.14 | 100.00 |

คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น เป็นวัสดุก่อสร้างหรือวัสดุตกแต่งพื้นอาคารที่ได้รับความนิยมจากอุตสาหกรรมการก่อสร้างและอสังหาริมทรัพย์ วัสดุชนิดนี้สามารถผลิตได้ทั่วไปโดยวิสาหกิจชุมชน และมีราคาจำหน่ายสูงเมื่อเทียบกับวัสดุก่อสร้างจำพวกผนังอาคารอื่นๆ คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นเป็นวัสดุที่มีปัญหาด้านน้ำหนักต่อก้อนที่มาก ทำให้มีค่าการขนส่งที่สูง เนื้อคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีค่าการดูดซึมน้ำและการสะสมของอุณหภูมิบนผิวหน้าที่สูง ทำให้อาคารเกิดคราบสกปรกและความร้อนสะสม [2]

เมื่อพิจารณาปัญหาของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นและคุณสมบัติของขยะขวดพลาสติก พบว่า ขยะพลาสติกเป็นวัสดุที่มีความเป็นไปได้ที่จะประยุกต์ใช้แทนที่มวลรวมเพื่อพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้มีน้ำหนักต่อก้อน การดูดซึมน้ำ และการสะสมอุณหภูมิบนผิวหน้าที่ลดลง นอกจากนี้การนำพลาสติกไปใช้แทนที่มวลรวมในคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น จะช่วยลดปัญหาขยะพลาสติกที่กลายสภาพเป็นไมโครพลาสติกได้อย่างยั่งยืน และใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาต่อยอดเป็นคอนกรีตผสมพลาสติกสำหรับงานอื่นๆ ต่อไป

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเศษขยะขวดพลาสติกสีประเภทพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตที่เหลือทิ้งจากการบริโภคที่บดย่อยเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาทดแทนมวลรวมบางส่วน

## 2. วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ขวดพลาสติกสีประเภท PET ขวดพลาสติกใสประเภท PET ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทรายละเอียด ฝุ่น

หินปูนหรือหินฝุ่น น้ำประปา เครื่องบดพลาสติกพร้อมตะแกรงขนาดช่องเปิด 10 มิลลิเมตร (รูปที่ 2) เครื่องโม่ผสมคอนกรีต เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นแบบสั่นเขย่าพร้อมแบบหล่อขนาด 29.5 x 29.5 x 6 เซนติเมตร (รูปที่ 3) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine; UTM) ยี่ห้อ Chun Yen รุ่น CY-6040A12 ขีดความสามารถประยุกต์แรงสูงสุด 100 ตัน อุปกรณ์ตัดแผ่นพลาสติก เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ตู้อบไฟฟ้า ตะแกรงคัดขนาดมวลรวม ตามมาตรฐาน ASTM C136 [3] แปรงทองเหลือง และเครื่องอินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT300S กำหนดค่าการแผ่รังสี (Emissivity) เท่ากับ 0.95

**รูปที่ 2** เครื่องบดพลาสติก

**รูปที่ 3** เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า

**3. การออกแบบส่วนผสม**

ออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นตามมาตรฐาน มอก.827-2531 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น [4] โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: มวลรวม (ทรายละเอียด และหินฝุ่น) เท่ากับ 1: 3 โดยน้ำหนัก กำหนดให้อัตราส่วนทรายละเอียดต่อหินฝุ่น เท่ากับ 0.67 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) เท่ากับ 0.5 โดยน้ำหนัก จากนั้นแทนที่มวลรวมด้วยเศษขวดพลาสติกสี (ฝาขวด ขวด และฉลากฟิล์มหด) เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ของน้ำหนักมวลรวมต่ออัตราส่วน เริ่มตั้งแต่ไม่มีส่วนผสมของเศษขวดพลาสติกสี (อัตราส่วน PET0) มีการแทนที่เศษขวดพลาสติกสีร้อยละ 5 (อัตราส่วน PET5) มีการแทนที่เศษขวดพลาสติกสีร้อยละ 10 (อัตราส่วน PET10) มีการแทนที่เศษขวดพลาสติกสีร้อยละ 15 (อัตราส่วน PET15) จนกระทั่งมีการแทนที่เศษขวดพลาสติกสีร้อยละ 20 (อัตราส่วน PET20) ซึ่งเป็นปริมาณเศษขวดพลาสติกสีที่ไม่สามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ รวมทั้งสิ้น 5 อัตราส่วน ดังตารางที่ 2

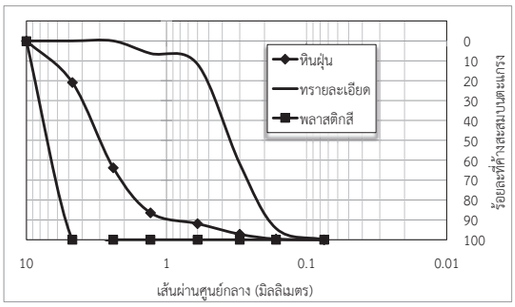
**ตารางที่ 2** อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเศษขยะขวดพลาสติกสีโดยน้ำหนัก

| อัตราส่วน | ปูน | ทราย | หินฝุ่น | พลาสติกสี | น้ำ |
|---|---|---|---|---|---|
| PET0 | 1 | 1.2 | 1.8 | 0 | 0.5 |
| PET5 | 1 | 1.14 | 1.71 | 0.15 | 0.5 |
| PET10 | 1 | 1.08 | 1.62 | 0.3 | 0.5 |
| PET15 | 1 | 1.02 | 1.53 | 0.45 | 0.5 |
| PET20 | 1 | 0.96 | 1.44 | 0.6 | 0.5 |

**4. การเตรียมและบดย่อยเศษพลาสติกสี**

เตรียมเศษพลาสติกสี โดยนำขวดพลาสติกสีทั้งขวด โดยไม่มีการแยกฝาขวด และแผ่นฟิล์มหด มาบดด้วยเครื่องบดย่อยพลาสติกที่มีการติดตั้งตะแกรงขนาดรู 10 มิลลิเมตร เพื่อให้เศษขวดพลาสติกสีมีขนาดไม่เล็กกว่า 5 มิลลิเมตร (หากเศษขวดพลาสติกมีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร จะกลายเป็นไมโครพลาสติก) ดังรูปที่ 4 จากนั้นจึงล้างทำความสะอาดเศษขวดพลาสติกที่ย่อยแล้วด้วยน้ำประปา พร้อมหาโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) ตามมาตรฐาน ASTM C136 [3] เพื่อเปรียบเทียบกับขนาดของมวลรวมอื่น ซึ่งผลจากการหาขนาดคละของมวลรวมต่างๆ สามารถสรุปได้ว่า มวลรวมหยาบ (หินฝุ่น) มีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 6.29 มวลรวมละเอียด (ทรายละเอียด) มีโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 2.74 และเศษพลาสติกสีมีโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 8.00 ดังรูปที่ 5 กล่าวคือ เศษพลาสติกสีเป็นวัสดุที่มีขนาดคละใหญ่ที่สุด รองลงมาคือ หินฝุ่น และทรายละเอียด เป็นวัสดุที่มีขนาดคละเล็กที่สุด ตามลำดับ

**รูปที่ 4** ขยะขวดพลาสติกสีประเภท PET ที่ย่อยแล้ว




**รูปที่ 5** ขนาดคละของมวลรวมหยาบ (หินฝุ่น) มวลรวมละเอียด (ทรายละเอียด) และเศษพลาสติกสี

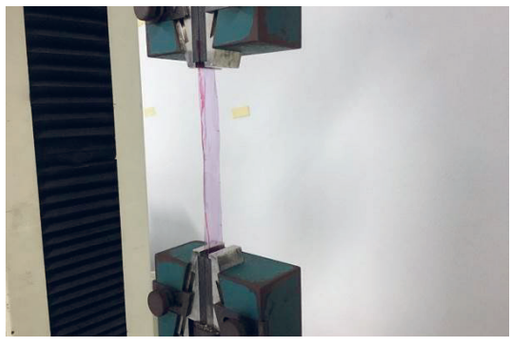
### 5. การขึ้นรูปต้นแบบผลิตภัณฑ์

เริ่มจากการตวงส่วนผสมของวัสดุปูพื้นตามที่ออกแบบ แล้วนำส่วนผสมทั้งหมดใส่โม่ผสมคอนกรีตและผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน จากนั้นนำส่วนผสมที่ผสมเข้ากันดีแล้วมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นแบบสั่นเขย่าที่มีแบบหล่อขนาดเท่ากับ 29.5x29.5x6 เซนติเมตร ตามมาตรฐาน มอก. 827-2531 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น [4] ถอดแบบคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเศษขยะขวดพลาสติกสี (รูปที่ 6) และนำไปบ่มด้วยการพรมน้ำและหุ้มด้วยแผ่นพลาสติก ตามระยะเวลาที่กำหนด คือ 7, 14, 21 และ 28 วัน ก่อนนำไปทดสอบ

### 6. การทดสอบคุณสมบัติของเศษพลาสติกสีและใส

นำขวดพลาสติกสีและใสมาตัดเป็นชิ้นทดสอบ ขนาด 17×1.5 เซนติเมตร โดยใช้จำนวนชิ้นพลาสติกสี จำนวน 5 ชิ้น และชิ้นพลาสติกใส จำนวน 5 ชิ้น จากนั้นวัดหาขนาดของชิ้นพลาสติก และนำชิ้นพลาสติกมาเข้าเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึงหรือเครื่อง UTM (รูปที่ 7) ตามมาตรฐาน ASTM D882 [3]

**รูปที่ 6** คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเศษขยะขวดพลาสติกสีที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า



**รูปที่ 7** การทดสอบความต้านทานแรงดึงของชิ้นพลาสติกสี ขนาด 17×1.5 เซนติเมตร

### 7. การทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

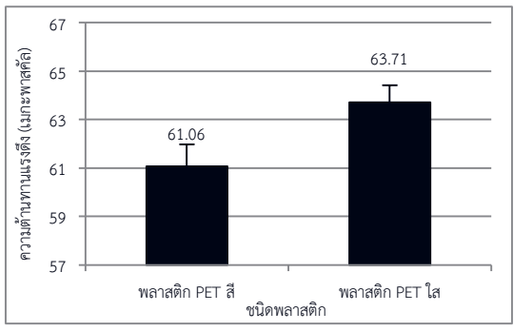
ทดสอบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเศษขยะขวดพลาสติกสี ตามมาตรฐาน มอก. 827-2531 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น [4] ประกอบด้วย ลักษณะโดยทั่วไปที่อายุการบ่ม 28 วัน ความได้ฉากที่อายุการบ่ม 28 วัน ความต้านทานแรงอัดที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน พร้อมทั้งมีการทดสอบเพิ่มเติม ได้แก่ ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และอุณหภูมิสะสมบนผิวหน้าด้วยเครื่องอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ โดยใช้จำนวนตัวอย่างในการทดสอบ 10 ตัวอย่างต่อหนึ่งอัตราส่วนต่อการทดสอบ นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์หาต้นทุนการผลิตของวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสีในแต่ละอัตราส่วน

### 8. ผลการวิจัย

ผลการทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์วัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสี ตามมาตรฐาน มอก.827-2531 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น [4] และอื่นๆ สามารถสรุปได้ ดังนี้

**8.1. ความต้านทานแรงดึงของขวดพลาสติก**

จากการทดสอบความต้านทานแรงดึงของขวดพลาสติกสีและใส สามารถสรุปผลได้ ดังนี้




**รูปที่ 8** ความต้านทานแรงดึงของขวดพลาสติก

จากรูปที่ 8 พบว่า ขวดพลาสติก PET ทั้งแบบสีและใส มีค่าความต้านทานแรงดึงที่ใกล้เคียงกัน โดยขวดพลาสติก PET แบบสี มีค่าความต้านทานแรงดึงเฉลี่ย 61.06 เมกะพาสคัล และแบบสี มีค่าความต้านทานแรงดึงเฉลี่ย 63.71 เมกะพาสคัล

**8.2 ลักษณะทั่วไปและความได้ฉากของวัสดุปูพื้นผสมเศษขวดพลาสติกสี**

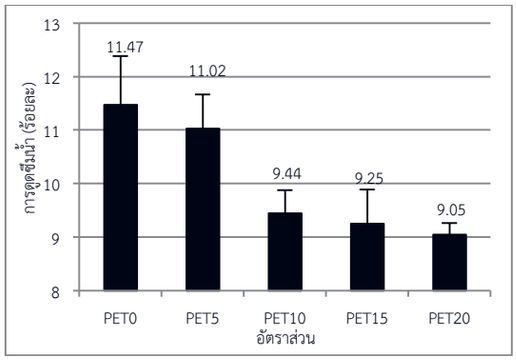
จากผลการพิจารณาลักษณะทั่วไปและความได้ฉากของวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสีในตารางที่ 3 และมาตรฐาน มอก.827-2531 ที่กำหนดให้บล็อกประสานปูพื้นต้องมีเนื้อแน่น ไม่ร้าว และมีความเบี่ยงเบนของความได้ฉากไม่เกิน 2 มิลลิเมตร [4] พบว่า วัสดุปูพื้นที่ไม่ผสมพลาสติกสี และวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสี อัตราส่วน PET5 (ดังอัตราส่วนในตารางที่ 2) เป็นวัสดุปูพื้นที่สามารถผ่านตามมาตรฐานดังกล่าว เนื่องจากการผสมพลาสติกสีที่มีขนาดใกล้เคียงกันมากๆ ลงในวัสดุปูพื้น มีผลทำให้เนื้อของวัสดุปูพื้นที่มีปริมาณเศษพลาสติกในปริมาณที่มากเกินไปหรือมากกว่าอัตราส่วน PET5 จะมีช่องว่างเกิดขึ้นและเนื้อไม่แน่น [5] นอกจากนี้ การผสมพลาสติกสีที่มาก ยังส่งผลต่อการพองตัวและพื้นผิวของบล็อกที่ไม่ได้ฉากภายหลังจากการอัดขึ้นรูปส่วนผสมเป็นวัสดุปูพื้น

**ตารางที่ 3** ลักษณะโดยทั่วไปและความได้ฉากของวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสีที่อายุการบ่ม 28 วัน

| อัตราส่วน | ลักษณะทั่วไป | ความเบี่ยงเบนของความได้ฉาก (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|
| PET0 | สมบูรณ์ | 0 |
| PET5 | สมบูรณ์และเห็นเศษพลาสติก | 1.12 |
| PET10 | ขรุขระและเห็นเศษพลาสติก | 1.27 |
| PET15 | ขรุขระและเห็นเศษพลาสติก | 1.54 |
| PET20 | บิ่นง่าย ขรุขระ และเห็นเศษพลาสติก | 2.21 |

**8.3 การดูดซึมน้ำของวัสดุปูพื้นผสมเศษขวดพลาสติกสี**

จากการทดสอบการดูดซึมน้ำของวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสี สามารถสรุปผลได้ดังรูปที่ 9

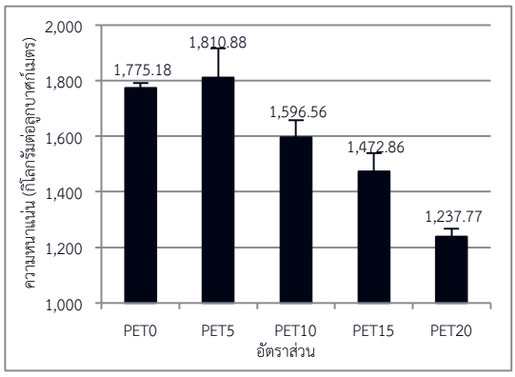



**รูปที่ 9** การดูดซึมน้ำของวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสี ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 9 พบว่า วัสดุปูพื้นที่มีส่วนผสมของพลาสติกที่มากจะมีการดูดซึมน้ำต่ำกว่าวัสดุปูพื้นที่มีส่วนผสมของพลาสติกน้อย โดยวัสดุปูพื้นที่ไม่ผสมพลาสติกสี (อัตราส่วน PET0) มีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน PET5 PET10 PET15 และ PET20 เป็นอัตราส่วนที่มีการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากพลาสติกสีเป็นวัสดุทึบน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับมวลรวมอื่นในส่วนผสม จึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลงดังกล่าว [6]

**8.4 ความหนาแน่นของวัสดุปูพื้นผสมเศษขวดพลาสติกสี**

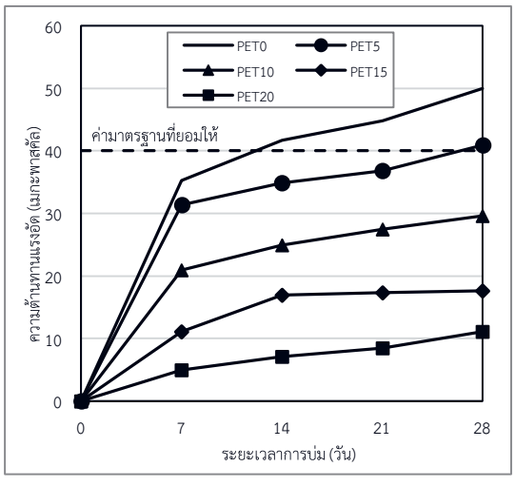
จากผลการทดสอบความหนาแน่นของวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสีในรูปที่ 10 พบว่า วัสดุปูพื้นที่ไม่มีส่วนผสมของเศษพลาสติก (อัตราส่วนPET0) เป็นอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นสูงสุด เท่ากับ 1,775.18 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือ วัสดุปูพื้นที่ผสมพลาสติกอัตราส่วน PET5 เท่ากับ 1,691.04 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราส่วน PET10 เท่ากับ 1,596.56 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราส่วน PET15 เท่ากับ 1,472.86 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และอัตราส่วน PET20 จะมีความหนาแน่นต่ำที่สุด เท่ากับ 1,237.77 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากพลาสติกที่ผสมมีความหนาแน่นต่ำคือประมาณ 1,380 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และช่องว่างระหว่างพลาสติกสี มวลรวม และวัสดุเชื่อมประสาน [5, 7]



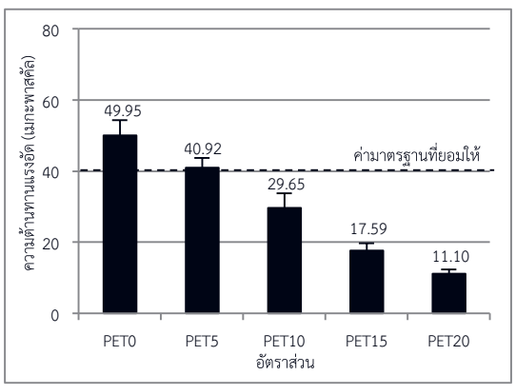

**รูปที่ 10** ความหนาแน่นของวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสี ที่อายุการบ่ม 28 วัน

**8.5 ความต้านทานแรงอัดของวัสดุปูพื้นผสมเศษขวดพลาสติกสี**

จากรูปที่ 11 และ 12 แสดงผลการทดสอบการความต้านทานแรงอัดของวัสดุปูพื้น พบว่า ความต้านทานแรงอัดของบล็อกปูพื้นมีแนวโน้มลดลง เมื่อมีการผสมพลาสติกสีเพิ่มมากขึ้น โดยที่วัสดุปูพื้นที่ไม่ผสมพลาสติก (อัตราส่วนPET0) จะมีค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 49.95 เมกะพาสคัล รองลงมาคือวัสดุปูพื้นที่ผสมพลาสติกอัตราส่วน PET5 เท่ากับ 40.92 เมกะพาสคัล อัตราส่วน PET10 เท่ากับ 29.65 เมกะพาสคัล อัตราส่วน PET15 เท่ากับ 17.59 เมกะพาสคัล และอัตราส่วน PET20 เป็นวัสดุปูพื้นที่มีค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 11.10 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากพลาสติกเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นมากกว่ามวลรวมอื่นๆ ในส่วนผสม ทำให้เมื่อต้องรับแรงพลาสติกจะเกิดการยืดหยุ่นและไม่สามารถรับแรงดังกล่าวได้ และความต้านทานแรงอัดของวัสดุปูพื้นจึงลดลง [5, 8] เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.827-2531 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น พบว่า วัสดุปูพื้นที่ไม่ผสมพลาสติกสีและวัสดุปูพื้นที่ผสมพลาสติกสีอัตราส่วน PET5 มีค่าความต้านทานแรงอัด ที่อายุการบ่ม 28 วัน ผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด หรือมีค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยเกินกว่า 40 เมกะพาสคัล และความต้านทานแรงอัดแต่ละก้อนเกินกว่า 35 เมกะพาสคัล [4]



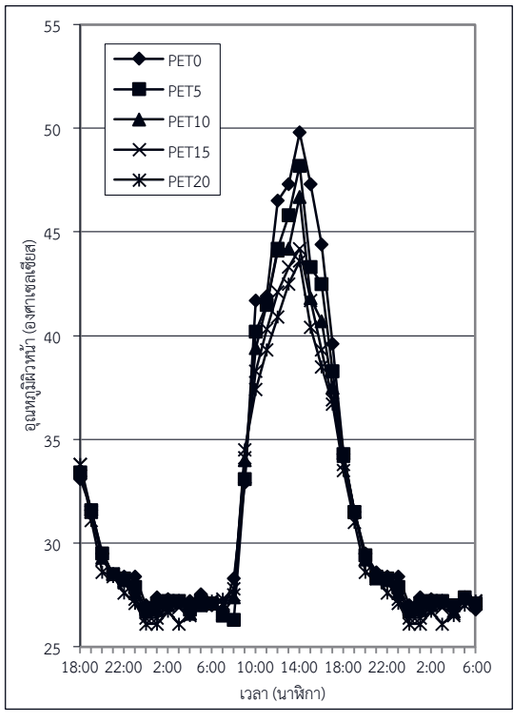

**รูปที่ 11** ความต้านทานแรงอัดของวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสี ที่อายุการบ่มต่างๆ



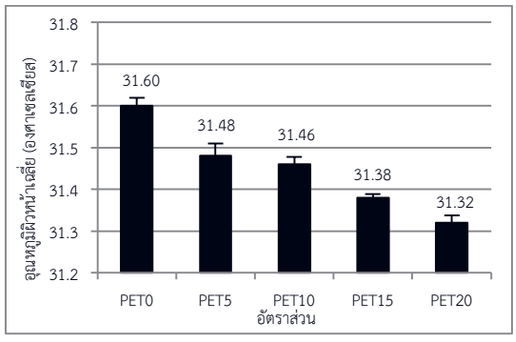

**รูปที่ 12** ความต้านทานแรงอัดของวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสี ที่อายุการบ่ม 28 วัน

**8.6 อุณหภูมิผิวหน้าของวัสดุปูพื้นผสมเศษขวดพลาสติกสี**

การทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าของวัสดุปูพื้น เป็นการนำวัสดุปูพื้นทั้งที่ผสมและไม่ผสมพลาสติกสีมาวางกลางแจ้ง และทำการวัดอุณหภูมิผิวหน้าทุก 1 ชั่วโมง รวมเป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมงติดต่อกัน ใช้เครื่องอินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิผิวหน้า จำนวน 5 จุด ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2562 เวลา 16:00 น. ถึงวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2562 เวลา 06:00 น. โดยสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังรูปที่ 13 และ 14




**รูปที่ 13** อุณหภูมิผิวหน้าของวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสีที่อายุการบ่ม 28 วัน ณ เวลาต่างๆ




**รูปที่ 14** อุณหภูมิผิวหน้าเฉลี่ยของวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสี ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 13 และ 14 พบว่า เศษพลาสติกที่ผสมลงในวัสดุปูพื้นมีผลต่ออุณหภูมิผิวหน้า โดยวัสดุปูพื้นที่ไม่ผสมพลาสติกสี (อัตราส่วนPET0) มีอุณหภูมิผิวหน้าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 31.6 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ วัสดุปูพื้นที่ผสมพลาสติกอัตราส่วน PET5 มีค่าอุณหภูมิผิวหน้าเฉลี่ย เท่ากับ 31.48 องศาเซลเซียส วัสดุปูพื้นอัตราส่วน PET10 มีค่าอุณหภูมิผิวหน้าเฉลี่ย เท่ากับ 31.46 องศาเซลเซียส วัสดุปูพื้นอัตราส่วน PET15 มีค่าอุณหภูมิผิวหน้าเฉลี่ย เท่ากับ 31.38 องศาเซลเซียส และวัสดุปูพื้นอัตราส่วน PET20 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าอุณหภูมิผิวหน้าต่ำที่สุด เท่ากับ 31.32 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลการทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าของวัสดุปูพื้น นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาตามช่วงเวลาจะเห็นได้ว่า วัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสีที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีอุณหภูมิผิวหน้าที่สูงกว่าวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสีที่มีความหนาแน่นมากในช่วงเวลากลางวัน และวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสีที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีอุณหภูมิผิวหน้าน้อยกว่าวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสีที่มีความหนาแน่นมากในช่วงเวลากลางคืน [2, 9]

**8.7 ต้นทุนการผลิตของวัสดุปูพื้นผสมเศษขวดพลาสติกสี**

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของวัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสีในส่วนของค่าส่วนผสม ไม่รวมค่าน้ำประปา ค่าการย่อยพลาสติก และค่าการขึ้นรูป โดยกำหนดราคาปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1 เท่ากับ 2,194 บาทต่อ 1,000 กิโลกรัม ราคาหินฝุ่น เท่ากับ 300 บาทต่อ 1,529.2 กิโลกรัม และราคาทราย เท่ากับ 478.33 บาทต่อลูกบาศก์เมตร [10] พบว่า วัสดุปูพื้นที่ไม่มีส่วนผสมของพลาสติก (อัตราส่วน PET0) มีต้นทุนส่วนผสมสูงที่สุดคือ 3.04 บาท รองลงมาคือ วัสดุปูพื้นที่มีส่วนผสมของพลาสติกอัตราส่วน PET5 เท่ากับ 2.98 บาท อัตราส่วน PET10 เท่ากับ 2.63 บาท อัตราส่วน PET15 เท่ากับ 2.49 บาท และอัตราส่วน PET20 มีต้นทุนส่วนผสมต่ำที่สุด เท่ากับ 2.25 บาท ตามลำดับ สรุปได้ว่า วัสดุปูพื้นที่มีการผสมพลาสติกสีในปริมาณมาก จะมีผลช่วยให้ต้นทุนส่วนผสมของวัสดุปูพื้นลดลง

**9. สรุปผลและข้อเสนอแนะ**

จากผลการดำเนินงาน สามารถสรุปได้ว่า ขวดพลาสติก PET แบบสีและแบบใส มีค่าความต้านทานแรงดึงที่ใกล้เคียงกัน เมื่อนำไปบดย่อยเป็นเศษพลาสติกและผสมลงในคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในปริมาณที่เหมาะสม จะช่วยลดการดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น ความร้อนที่สะสมบนพื้นผิว และต้นทุนการผลิต ส่วนการนำคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเศษขวดพลาสติกสีที่พัฒนาทั้ง 5 อัตราส่วน ไปทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.827-2531 เรื่อง คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น พบว่า วัสดุปูพื้นผสมพลาสติกสีอัตราส่วน PET5 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด เพราะมีคุณสมบัติตามที่มาตรฐานกำหนด โดยมีเนื้อแน่น ไม่ร้าว ได้ฉาก มีค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 40.92 เมกะพาสคัล การดูดซึมน้ำ ร้อยละ 11.02 ความหนาแน่น 1,691.04 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิผิวหน้าเฉลี่ยต่ำ และมีต้นทุน 2.98 บาทต่อก้อน ทั้งนี้วัสดุปูพื้นที่ได้เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดปัญหาขยะพลาสติก โดยเฉพาะไมโครพลาสติกได้ดี

**10. กิตติกรรมประกาศ**

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.) รหัสโครงการ ABCRMUTT61A07 โดยความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน ผู้ให้ทุนไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

**11. เอกสารอ้างอิง**

[1] Environmental Research Institute (ERI). Micro plastics [Internet]. 2018 [cited 2018 Dec 10]. Available from: http://www.eric.chula.ac.th/download/zwaste/Thon.pdf. (in Thai)

[2] Khamput P, Suweero K. Development of paving block for reducing the exterior surface temperature. Proceedings of the 16th National Convention on Civil Engineering; 2011 May 18-20; Chonburi, Thailand. Bangkok: Mahidol University; 2011. (in Thai)

[3] American Society for Testing and Materials (ASTM). Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia: ASTM; 2014.

[4] Thai Industrial Standards Institute (TISI). Thai industrial standard no.827-1988: interlocking concrete paving block. Bangkok: Thai Industrial Standards Institute; 1988. (in Thai)

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

[6] Edenbaum J. Plastics additives and modifiers handbook. 1st ed. New York: Van Nostrand Reinhold; 1992.

[7] 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)

[8] Chawakitchareon P, Nualswan N. Utilization of paper label waste for making interlocking concrete paving block by using limestone powder-cement as binder. The Journal of KMUTNB. 2012; 22(1): 99-106. (in Thai)

[9] Arunee N. A study of surface temperature in relation to the mass, color intensity and texture of outdoor paving materials [master's thesis]. Bangkok: Chulalongkorn University; 1995. (in Thai)

[10] Ministry of Commerce (MOC). Economic and trade indices database (ETID) [Internet]. 2019 [cited 2019 Mar 25]. Available from: http://www.indexpr.moc.go.th/price_present/tablecsi_month_region.asp?ddmonth=03&DDYear=2562&DDProvince=10&B1=%B5%A1%C5%A7. (in Thai)