



บทความวิจัย

การพัฒนาบล็อกประสานปูพื้นจากเศษขวดน้ำพลาสติกเหลือทิ้งร่วมกับหินฝุ่น

ประชุม คำพุ่ม

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ศตวรรษ หุทธิราชพงศ์* วิทวัส สิทธิกุล ทศพร ประเสริฐศรี ปรัชญา ยอดดำรงค์ และ เพ็ญพิชชา สนิทอินทร์

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย

* ผู้สนับสนุนประสานงาน โทรศัพท์ 0 3835 8137 อีเมล: sattawat_ha@rmutto.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.03.011

รับเมื่อ 2 กันยายน 2564 แก้ไขเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2564 ตอรับเมื่อ 6 มกราคม 2565 เผยแพร่ออนไลน์ 29 มีนาคม 2567

© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากเศษขวดพลาสติกเหลือทิ้งร่วมกับหินฝุ่น ในการแทนที่มวลรวม เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากเศษขวดพลาสติกที่ใช้หิน และทรายใช้เศษขวดพลาสติก แทนที่มวลรวมร้อยละ 2, 4, 6, 8 และ 10 ต่อปริมาตรมวลรวม ใช้อัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์ (W/C) เท่ากับ 0.5 ทำการทดสอบ คุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.827-2531 และคุณสมบัติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ผลการทดสอบที่อายุการบ่ม 28 วัน พบว่า คอนกรีต บล็อกประสานปูพื้นทั้ง 2 ชนิด มีคุณลักษณะทั่วไปผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนการดูดซึมน้ำมีค่าที่สูงขึ้นในขณะที่ ความหนาแน่นมีค่าที่ลดลงเมื่อมีการแทนที่เศษขวดพลาสติกที่เพิ่มมากขึ้น ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสาน ปูพื้นผสมพลาสติกที่ใช้หินฝุ่น จาก 2 ใน 5 อัตราส่วนผสมมีค่ากำลังอัดเฉลี่ยรวมแล้วมากกว่า 40 เมกะพาสคัล ส่วนผลการ ทดสอบการนำความร้อน และอุณหภูมิผิวหน้าของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทั้ง 2 ชนิด มีค่าอุณหภูมิที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

คำสำคัญ: คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ขวดพลาสติก หินฝุ่น

การอ้างอิงบทความ: ประชุม คำพุ่ม, ศตวรรษ หุทธิราชพงศ์, วิทวัส สิทธิกุล, ทศพร ประเสริฐศรี, ปรัชญา ยอดดำรงค์ และ เพ็ญพิชชา สนิทอินทร์, “การพัฒนาบล็อกประสานปูพื้นจากเศษขวดน้ำพลาสติกเหลือทิ้งร่วมกับหินฝุ่น,” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 34, ฉบับที่ 3, หน้า 1-13, เลขที่บทความ 243-065391, ก.ค.-ก.ย. 2567.



Development of Paving Interlocking Block from Plastic Bottle Wastes with Dust Stone

Prachoom Khamput

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, Thailand

Sattawat Haruehansapong*, Wittawat Sittigool, Tosporn Prasertsri, Pruchaya Yoddumrong and Penpichcha Sanit-in
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Uthenthawai Campus, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0 3835 8137, E-mail: sattawat_ha@rmutto.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.03.011

Received 2 September 2021; Revised 12 November 2021; Accepted 6 January 2022; Published online: 29 March 2024

© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This research aims to develop the interlocking concrete paving block from plastic bottle waste incorporated with stone dust to replace the aggregate. In comparison with the interlocking concrete paving block from plastic bottles normally using construction stone and sand, the plastic bottle waste was used instead of aggregates at 2%, 4%, 6%, 8%, and 10% by volume/aggregates with the water to cement ratio of 0.5. The properties of the interlocking concrete paving blocks were tested with the TIS. 827-1988 standard. Based on the curing age of 28 days, the results showed that the characteristics of both interlocking concrete paving blocks passed the specified standard. The water absorption was higher while the density decreased when more plastic bottle waste was replaced. The compressive strength of interlocking concrete paving blocks mixed with plastic waste incorporated with stone dust revealed a total average compressive strength of higher than 40 MPa from two out of five mixing ratios. The results of the thermal conductivity test and the surface temperature of the interlocking concrete paving blocks of both types showed no significant difference.

Keywords: Interlocking Concrete Paving Block, Plastic Bottle, Dust Stone

Please cite this article as: P. Khamput, S. Haruehansapong, W. Sittigool, T. Prasertsri, P. Yoddumrong, and P. Sanit-in, "Development of paving interlocking block from plastic bottle wastes with dust stone," *The Journal of KMUTNB*, vol. 34, no. 3, pp. 1–13, ID. 243-065391, Jul.–Sep. 2023 (in Thai).

1. บทนำ

ปัจจุบันวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างมีการพัฒนาารูปแบบกันอย่างหลากหลายและมากมายเพื่อรองรับกับความต้องการ และเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคได้เลือกใช้อย่างเหมาะสมกับความต้องการ ฝ่ายนวัตกรรม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้วิจัยและพัฒนาบล็อกประสานเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อรับน้ำหนัก บล็อกประสานเป็นวัสดุที่มีรู และเดือยบนตัวบล็อก เมื่อก่อเรียงบล็อกประสานจนได้ระดับที่ต้องการแล้ว ช่างก่อสร้างจะเสริมเหล็กเสริมในรูบนตัวบล็อก และเทคอนกรีตเข้าในรู และเดือยเพื่อเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างผนัง ขั้นตอนการผลิตบล็อกประเภทยังไม่ซับซ้อน และสามารถทำเป็นธุรกิจขนาดย่อม และขนาดกลางได้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานในแต่ละพื้นที่นั้นจะเน้นการใช้วัตถุดิบที่มีในพื้นที่นั้นๆ เช่น ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งต่างๆที่มีความเหมาะสม ผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสมนำมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแห้ง บ่มด้วยความชื้นให้แข็งตัวจะได้บล็อกประสานที่สามารถนำมาใช้ในงานก่อสร้างอาคารในระบบผนังรับน้ำหนัก หรือก่อสร้างในรูปแบบอื่นๆ ได้อีกมากมาย [1]

ปัจจุบันปัญหาหินฝุ่นจากอุตสาหกรรมโรงโม่หินเป็นปัญหาด้านมลพิษที่สำคัญต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะหาวิธีจัดการที่เหมาะสม โดยหินฝุ่นจากการทำเหมืองหิน และโรงโม่บดที่เปิดการผลิตอยู่ต้องติดตั้งระบบกำจัด นอกจากนี้หินฝุ่นจำนวนมากยังเกิดจากเส้นทางขนส่ง และฝุ่นละอองที่ตกสะสมบริเวณพื้นโรงงาน เมื่อรถบรรทุกวิ่งผ่าน หรือมีลมพัดจะก่อให้เกิดฝุ่นฟุ้งกระจายอีกด้วย หินฝุ่นนั้นทำมาจากหินปูนบดหยาบที่เกิดจากการโม่หินปูน มีองค์ประกอบที่หลากหลายโดยขึ้นอยู่กับแหล่งของหินว่านำมาจากบริเวณใด เหมาะสำหรับการนำไปอัดอิฐบล็อก อิฐทางเท้า อิฐประสาน อิฐต่างๆ ลานอนเนกประสงค์ สนามกีฬา งานตกแต่งสวนทางเท้า เป็นส่วนผสมฉาบผิวทางลาดยาง เป็นส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต งานปูพื้นถนนให้เรียบเนียน และงานก่อสร้างอื่น ๆ เช่น ขอบคันหิน คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น วัสดุปูพื้นที่ใช้กันในปัจจุบันมี 2 แบบ คือ กระเบื้องปูพื้น และคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ซึ่งคอนกรีตบล็อกประสาน

ปูพื้นเป็นวัสดุที่มีปัญหาด้านน้ำหนักต่อก่อนที่มาก ทำให้มีค่าการขนส่งที่สูง เมื่อคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีค่าการดูดซึมน้ำ และการสะสมของอุณหภูมิบนผิวหน้าที่สูง ทำให้อาคารเกิดคราบสกปรก และความร้อนสะสม [2]

ขยะพลาสติกเป็นขยะที่มีปริมาณมากถึง 2 ล้านตันต่อปี ขยะดังกล่าวมีการนำกลับมารีไซเคิลเพียงปีละ 5 แสนตัน [3] ซึ่งหนึ่งในขยะพลาสติกที่ไม่นิยมนำมารีไซเคิล และเป็นปัญหามากที่สุด คือ ขยะจำพวกภาชนะหรือขวดบรรจุเครื่องดื่มที่ผลิตจากพลาสติกเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate; PET) โดยเฉพาะขวดพลาสติกที่มีการผสมสีเนื่องจากขยะพลาสติกที่มีการผสมสีจะต้องใช้ต้นทุนในการรีไซเคิลที่สูง และใช้งานได้ไม่หลากหลายเท่าขวดพลาสติกชนิดอ่อนๆ ทำให้ขยะพลาสติกเหล่านี้ไม่เป็นที่ต้องการของร้านรับซื้อของเก่า และชุมชนก็จะไม่เก็บจึงกลายเป็นขยะที่ต้องนำไปกำจัด ทั้งนี้หากพลาสติกดังกล่าวไม่ถูกนำไปรีไซเคิลอย่างถูกวิธี และมีการสัมผัสรังสียูวี จะทำให้พลาสติกเกิดการเสื่อมสภาพ และกลายเป็นไมโครพลาสติก (Micro Plastic) หรือเศษพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มม. ไปจนถึงเศษพลาสติกที่มีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อม และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ [3]

เมื่อพิจารณาปัญหาของหินฝุ่นและคุณสมบัติของขยะขวดพลาสติก อย่างงานวิจัยของ Almeshal และคณะ [4] ได้มีการใช้พลาสติก PET นำมาแทนที่ของมวลรวมละเอียดถึง 50% ของมวลรวมที่ใช้พบว่า คุณสมบัติต่างๆของคอนกรีตจะมีค่าที่ลดลงตามปริมาณการใช้พลาสติก PET ในการแทนที่ที่เพิ่มขึ้น ส่วนงานวิจัยของ Jaivignesh และ Sofi [5] ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้พลาสติก PET ในการแทนที่มวลรวมของคอนกรีต โดยทดสอบคุณสมบัติทางด้านเชิงกลพบว่า การใช้พลาสติก PET สามารถแทนที่มวลรวมได้แต่ค่าคุณสมบัติเชิงกลต่างๆ มีค่าที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุม จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ขยะพลาสติกเป็นวัสดุที่มีความเป็นไปได้ที่นำมาประยุกต์ใช้แทนที่มวลรวมเนื่องจากเป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักเบา และสามารถย่อยให้มีความเล็กได้ง่ายด้วยเครื่องดัดย่อยพลาสติก เพื่อพัฒนา

คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้น้ำหนักต่อก่อนที่เบาขึ้น การดูดซึมน้ำ และการสะสมอุณหภูมิบนผิวหน้าที่ลดลงนอกจากนี้การนำพลาสติกไปใช้แทนที่มวลรวมในคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น เนื่องจากว่าขวดน้ำพลาสติกซึ่งเป็นขวด PET จะมีความแข็งแรงทนทานน้อยน้อยให้ความละเอียดใกล้เคียงกับมวลรวมปกติ ส่วนประเภทหินฝุ่นก็มีความเหมาะสมที่สามารถใช้ทดแทนมวลรวมปกติได้ทั้งมวลรวมละเอียด และมวลรวมหยาบ [6] แต่เนื่องด้วยขวดน้ำพลาสติกจะมีลักษณะเป็นแผ่นแบนจึงเป็นมวลรวมที่ไม่ดีนักก็จะใช้ทดแทนมวลรวมปกติได้บางส่วน โดยมีข้อดีที่ทำให้วัสดุก่อสร้างประเภทต่างๆ ที่ใช้เศษขวดน้ำพลาสติกดัดด้อยเป็นมวลรวมทดแทนมวลรวมปกติบางส่วนนั้น มีน้ำหนักต่อก่อนที่เบาลงซึ่งหากสามารถนำไปใช้ทดแทนในปริมาณที่มากได้แล้วนั้น ก็มีความเป็นไปได้ที่วัสดุก่อสร้างที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็วัสดุก่อสร้างมวลเบาซึ่งส่งผลให้มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ สามารถใช้เป็นวัสดุฉนวนความร้อนได้เมื่อนำมาทำเป็นวัสดุก่อผนัง หรือลดการสะสมความร้อนที่ผิวหน้าลงเมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารจะช่วยลดการสะท้อนความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ทำให้ลดภาระการใช้พลังงานภายในอาคารลงได้ และการนำเศษขยะพลาสติกที่มีเป็นจำนวนมากเป็นปัญหาหลักซึ่งกำลังเป็นประเด็นสำคัญของประเทศไทยในปัจจุบันที่ต้องการบรรณรค์ให้ลดละเลิกและนำไปใช้ประโยชน์ด้วยการเพิ่มมูลค่า [7]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการเริ่มต้นการวิจัยพัฒนาผลิตวัสดุก่อสร้างจำพวกวัสดุภายนอกอาคารก่อน เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่สัมผัสกับผู้ใช้งานโดยตรง เพื่อลดปัญหาการไม่ยอมรับของผู้บริโภคที่คิดว่าน่าขยะที่มีความสกปรกมาใช้โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้เศษขวดน้ำพลาสติกเหลือทิ้งดัดด้อยเป็นมวลรวมบางส่วน โดยมีการใช้หินฝุ่นในการใช้แทนมวลรวมละเอียด และมวลรวมหยาบมาผสมรวม โดยทำการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของวัสดุก่อสร้าง และทดสอบสภาพการนำความร้อน และอุณหภูมิที่ผิวหน้าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นภายนอกอาคาร



(ก)

(ข)

รูปที่ 1 ลักษณะคละของ (ก) หิน และ (ข) หินฝุ่น

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุประสานที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีการทดสอบคุณสมบัติมวลรวมตามมาตรฐาน ASTM C29 [8] ASTM C127 [9] และ ASTM C128 [10] แสดงดังตารางที่ 1 วัสดุที่ใช้วิจัยประกอบไปด้วย ดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท ที่ 1 (Ordinary Portland Cement)

2) หินฝุ่น (Dust Stone) จากเหมืองหิน จังหวัดสระบุรี นำมาผ่านตะแกรงเบอร์ 8 โดยนำหินฝุ่นทั้งที่เป็นมวลรวมละเอียด และมวลรวมหยาบที่ร่อนผ่านตะแกรงแล้วนำมาใช้ทั้งคู่ โดยหินฝุ่นที่นำมาใช้มีขนาดประมาณไม่เกิน 5 ซม. แสดงดังรูปที่ 1

3) เศษขวดน้ำพลาสติกสี PET ที่เหลือทิ้งจากชุมชนภายในจังหวัดปทุมธานี นำมาดัดด้อยร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8 ที่มีขนาดคละประมาณไม่เกิน 5 ซม. แสดงดังรูปที่ 2 โดยมีคุณสมบัติความต้านทานแรงดึง และโมดูลัสยืดหยุ่น เท่ากับ 63.71 เมกะพาสคัล และ 532.26 เมกะพาสคัล ตามลำดับ

4) หินเบอร์ 1 ขนาดไซส์ประมาณ ¾ นิ้ว

5) เครื่องบดพลาสติกพร้อมตะแกรงขนาด 10 มม.

6) ทรายละเอียดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8

7) เครื่องผสมคอนกรีตแบบกระทะ

8) แบบหล่อคอนกรีตบล็อกประสานทั้ง 2 ขนาด คือ 10 × 10 × 6 ลบ.ซม. และ 10 × 20 × 6 ลบ.ซม.



รูปที่ 2 เศษขูดน้ำพลาสติกสี PET ที่ผ่านการตัดย่อย

9) เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิทัล สำหรับวัดอุณหภูมิผิวหน้าผลิตภัณฑ์

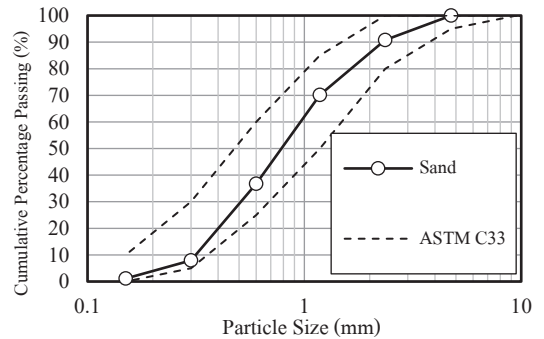
10) เครื่องอัดบล็อกประสานแบบเส้นเขย่ามวลรวมละเอียด และมวลรวมหยาบที่นำมาใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ประกอบไปด้วย ทราย หิน หินฝุ่น และพลาสติกสี PET โดยการคัดแยกขนาดและหาขนาดคละของมวลรวมตามมาตรฐาน ASTM C33 [11] แสดงดังรูปที่ 3-5 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติต่างๆ ของทราย หิน และหินฝุ่น

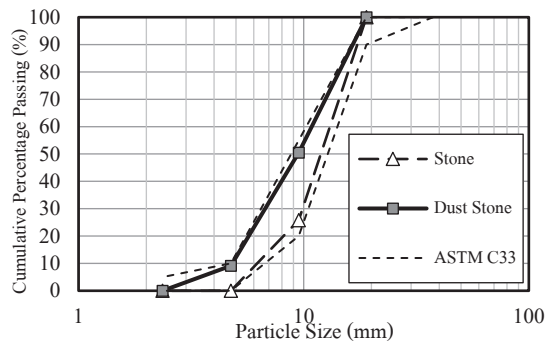
Properties	Sand	Dust stone	Stone
Fineness Modulus	2.30-3.20	4.682	7.30
Specific Gravity	2.50-2.80	2.71	2.76
Organic Substance	No. 5-11	No. 5	No. 4
Unit Weight (kg/m^3)	1,520-1,840	1,695	1,683
Absorption (%)	0.70	0.47	0.27
Moisture (%)	5	3.71	6.25
Dilated (%)	> 40	26.67	-
Contaminants (%)	> 5	4.34	1.57

2.2 อัตราส่วนผสมของคอนกรีต

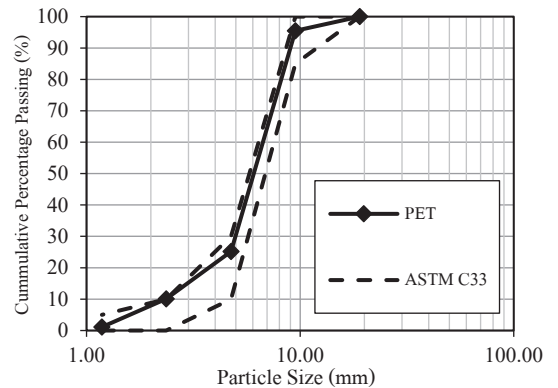
กำหนดอัตราส่วนผสม ซึ่งส่วนผสมทั้งหมดให้อยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface Dry) โดยยึดอัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้มวลรวมปกติเป็นตัวตั้งต้น และเพื่อไว้เปรียบเทียบกับ การแทนที่



รูปที่ 3 ขนาดคละของทราย



รูปที่ 4 ขนาดคละของหิน และหินฝุ่น



รูปที่ 5 ขนาดคละของพลาสติกสี PET

มวลรวมปกติด้วยเศษขูดพลาสติกตัดย่อยไปทีละน้อยที่มีขนาดประมาณ 1-5 ซม. แทนที่มวลรวมร้อยละ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ต่อปริมาตรมวลรวม ผสมวัสดุผสมทั้งหมดประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ เศษขูดน้ำพลาสติกตัดย่อยมวลรวมปกติ (หินและทราย กับหินฝุ่น) และน้ำประปา

กำหนดอัตราส่วนน้ำต่อนูนซีเมนต์ (W/C) เท่ากับ 0.5 ดังงานวิจัยของ ประชุม และคณะ [7], [12] โดยอัตราส่วนผสมตัวอย่างที่กำหนดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

Sample	Mix Proportions (by volume, kg/m ³)					
	Cement	Sand	Stone	Dust Stone	PET	Water
PB1	360	835	1010	0	0	180
PB2	360	817	989	0	39	180
PB3	360	799	965	0	81	180
PB4	360	780	943	0	122	180
PB5	360	762	921	0	162	180
PB6	360	744	898	0	203	180
ES1	360	0	0	1920	0	180
ES2	360	0	0	1878	42	180
ES3	360	0	0	1836	84	180
ES4	360	0	0	1793	127	180
ES5	360	0	0	1751	169	180
ES6	360	0	0	1709	211	180

การอัดขึ้นรูปตัวอย่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นด้วยแบบหล่อที่จัดทำขึ้นเพื่ออัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยกด้วยแรงคน ทั้งไว้ให้ก่อตัวในแบบหล่อ 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดทำการแกะแบบหล่อแล้วนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ออกจากแบบหล่อ แล้วไปบ่มในสภาพอากาศปกติที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน ได้เป็นตัวอย่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นขนาด กว้าง × ยาว × หนา ที่ 10 × 10 × 6 ลบ.ซม. และ 10 × 20 × 6 ลบ.ซม. แสดงดังรูปที่ 6

2.3 วิธีการทดสอบ

2.3.1 การทดสอบลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นภายนอกอาคาร

ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.827-2531 [13] เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น และทดสอบสมบัติด้านอื่นๆ เพิ่มเติมจากมาตรฐาน มอก. เพื่อความเชื่อมั่นในการนำไปใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ลักษณะทั่วไปบล็อกต้องมีเนื้อแน่นไม่ร้าว และสีของ



รูปที่ 6 ลักษณะคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทั้ง 2 ขนาด

ชั้นผิวหน้าต้องสม่ำเสมอ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2) ความได้ฉาก บล็อกที่มีเกณฑ์ที่กำหนดของความหนาไม่เกิน 80 มม. จะมีความเบี่ยงเบนของความได้ฉากได้ไม่เกิน 2 มม. และบล็อกที่มีเกณฑ์ที่กำหนดของความหนาเกิน 80 มม. จะมีความเบี่ยงเบนของความได้ฉากได้ไม่เกิน 3 มม.

3) การดูดซึมน้ำ

4) การหดตัวแห้ง (การเปลี่ยนแปลงทางยาว)

5) ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

2.3.2 การทดสอบความต้านทานแรงอัดตัวของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นภายนอกอาคาร

การทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักมาตรฐานเลขที่ มอก.57/2533 [14] โดยนำตัวอย่างอิฐบล็อกประสานที่ผสมแล้ว บ่มเป็นระยะเวลา 7, 14 และ 28 วัน แล้วนำมาทดสอบความต้านทานแรงอัด ซึ่งความต้านทานแรงอัดของบล็อกแต่ละก้อน ต้องไม่น้อยกว่า 35 เมกะพาสคัล และค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 40 เมกะพาสคัล

2.3.3 การทดสอบสภาพการนำความร้อน และอุณหภูมิผิวหน้าของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นภายนอกอาคาร

การทดสอบสภาพการนำความร้อนของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยทำการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน โดยการขึ้นรูปตัวอย่างผลิตภัณฑ์แผ่นคอนกรีตให้มีขนาดประมาณ 5 × 30 × 30 ลบ.ซม. ตามที่มาตรฐาน ASTM C518 [15] กำหนด

2) การทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าตัวอย่างผลิตภัณฑ์โดยการจำลองสภาพการใช้งานคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในสถานที่จริง ณ บริษัท อริยะสุทธิ อินเตอร์เทรด จำกัด ซึ่งเป็นพื้นที่สนามจำลองขนาด 9.00 ตร.ม. และวัดอุณหภูมิ

ภายในห้องอาคารจำลองขนาด $3 \times 3 \times 3$ ลบ.ม. ที่ติดกับสนามจำลองเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยภายในห้องอาคารจำลองติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบดิจิทัล จำนวน 5 จุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยและบันทึกผล

3. ผลการทดสอบ

3.1 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นภายนอกอาคาร

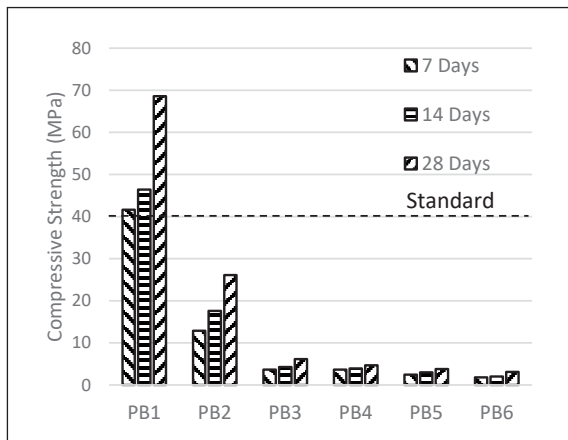
ตารางที่ 3 และ 4 แสดงผลการทดสอบสมบัติต่างๆ ทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นขนาด $10 \times 10 \times 6$ ลบ.ซม. และ $10 \times 20 \times 6$ ลบ.ซม. ที่ใช้หินและทรายเป็นมวลรวม และหินฝุ่นที่อายุการบ่ม 28 วัน ตามลำดับพบว่า คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทุกก้อนมีลักษณะทั่วไป ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.827-2531 [13] บล็อกมีเนื้อแน่น ไม่ร้าว และสีของชั้นผิวหน้าสม่ำเสมอ ส่วนความได้นั้น คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีความหนา 60 มม. มีเกณฑ์ที่กำหนดของความหนาไม่เกิน 80 มม. จะมีความเบี่ยงเบนของความได้นั้นได้ไม่เกิน 2 มม. ซึ่งบล็อกทุกก้อนที่ทำการทดสอบก็ผ่านเกณฑ์เช่นเดียวกัน ส่วนของการดูดซึมน้ำ การเปลี่ยนแปลงทางยาว และความหนาแน่นเชิงปริมาตรนั้น ซึ่งพบว่า เมื่อผสมเศษพลาสติกตัดย่อยในปริมาณมากขึ้น ทำให้การดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันค่าความหนาแน่นลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเศษพลาสติกตัดย่อยมีความหนาแน่นน้อยกว่ามวลรวมปกติ คือ ทรายและหิน เมื่อนำเศษพลาสติกมาแทนที่มวลรวมบางส่วนจึงส่งผลให้ความหนาแน่นของบล็อกลดลง และการผสมเศษพลาสติกในปริมาณมากทำให้เนื้อคอนกรีตมีช่องว่างมากขึ้นเพราะว่าเศษพลาสติกตัดย่อยมีลักษณะแบน และมันวาวจึงจัดเป็นมวลรวมประเภทที่ไม่ดี [16] เมื่อนำมาใช้ผสมคอนกรีตจึงทำให้คอนกรีตมีช่องว่าง และโพรงอากาศภายในมาก [4] ซึ่งโพรงอากาศเหล่านี้เมื่อมีปริมาณมากก็จะทำให้บล็อกมีการดูดซึมน้ำมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Saikia และคณะ [17] ที่ใช้พลาสติก PET แทนมวลรวมหยาบจะพบว่า คอนกรีตจะมีรูพรุน และร้อยละการดูดซึมน้ำที่มากตามปริมาณที่ใช้พลาสติก PET ในการแทนที่มวลรวมหยาบ

ตารางที่ 3 ลักษณะทั่วไป ความได้น้ำ การดูดซึมน้ำ การเปลี่ยนแปลงทางยาว และความหนาแน่นเชิงปริมาตรของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินและทรายเป็นมวลรวม ที่อายุ 28 วัน

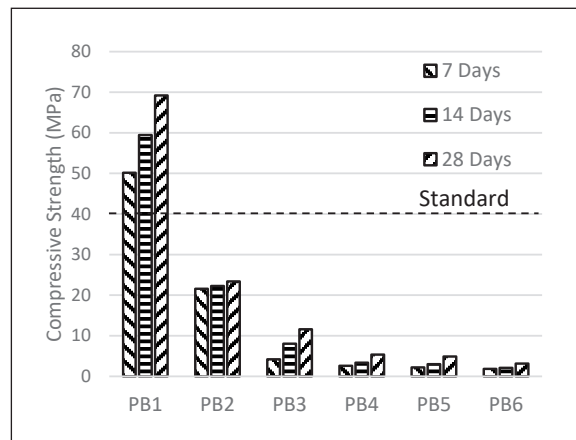
Sample	Properties of Paving Blocks				
	Characteristics	Orthogonality	Absorption (%)	Shrinkage (%)	Density (kg/m ³)
Dimension $10 \times 10 \times 6$ cm ³					
PB1	Pass	Pass	5.3	< 0.03	2541
PB2	Pass	Pass	6.97	< 0.03	2102
PB3	Pass	Pass	8.22	< 0.03	1726
PB4	Pass	Pass	9.46	< 0.03	1642
PB5	Pass	Pass	9.95	< 0.03	1465
PB6	Pass	Pass	10.61	< 0.03	1247
Dimension $10 \times 20 \times 6$ cm ³					
PB1	Pass	Pass	5.36	< 0.03	2547
PB2	Pass	Pass	7.04	< 0.03	2106
PB3	Pass	Pass	8.18	< 0.03	1737
PB4	Pass	Pass	9.59	< 0.03	1650
PB5	Pass	Pass	10.01	< 0.03	1464
PB6	Pass	Pass	10.83	< 0.03	1239

ตารางที่ 4 ลักษณะทั่วไป ความได้น้ำ การดูดซึมน้ำ การเปลี่ยนแปลงทางยาว และความหนาแน่นเชิงปริมาตรของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินฝุ่นเป็นมวลรวม ที่อายุ 28 วัน

Sample	Properties of Paving Blocks				
	Characteristics	Orthogonality	Absorption (%)	Shrinkage (%)	Density (kg/m ³)
Dimension $10 \times 10 \times 6$ cm ³					
ES1	Pass	Pass	5.68	< 0.03	2547
ES2	Pass	Pass	7.32	< 0.03	2116
ES3	Pass	Pass	8.55	< 0.03	1731
ES4	Pass	Pass	9.41	< 0.03	1639
ES5	Pass	Pass	10.56	< 0.03	1471
ES6	Pass	Pass	11.24	< 0.03	1241
Dimension $10 \times 20 \times 6$ cm ³					
ES1	Pass	Pass	5.62	< 0.03	2537
ES2	Pass	Pass	7.33	< 0.03	2105
ES3	Pass	Pass	8.68	< 0.03	1730
ES4	Pass	Pass	9.5	< 0.03	1655
ES5	Pass	Pass	10.7	< 0.03	1484
ES6	Pass	Pass	11.3	< 0.03	1230



รูปที่ 7 ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินและทรายเป็นมวลรวม ขนาด $10 \times 10 \times 6$ ลบ.ซม.



รูปที่ 8 ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินและทรายเป็นมวลรวม ขนาด $10 \times 20 \times 6$ ลบ.ซม.

3.2 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดตัวของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นภายนอกอาคาร

ตารางที่ 5 และ 6 เป็นผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นขนาด $10 \times 10 \times 6$ ลบ.ซม. และ $10 \times 20 \times 6$ ลบ.ซม. ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน ที่ใช้หินกับทรายและหินฝุ่นในทุกรอบอัตราส่วน ตามลำดับ

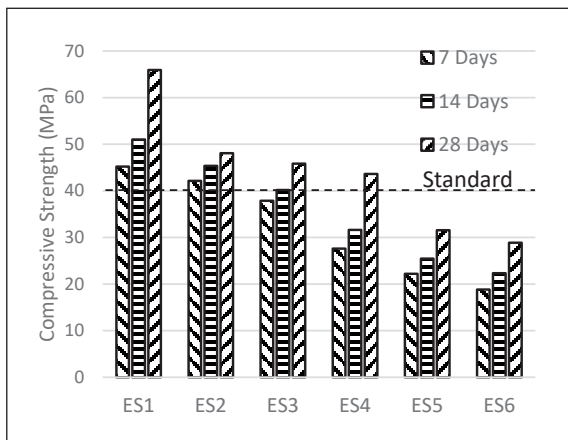
ตารางที่ 5 ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินและทรายเป็นมวลรวมที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน

Sample	Compressive Strength (MPa)		
	7 Days	14 Days	28 Days
Dimension $10 \times 10 \times 6 \text{ cm}^3$			
PB1	41.6	46.4	68.6
PB2	12.9	17.6	26.1
PB3	3.7	4.3	6.2
PB4	3.7	3.9	4.7
PB5	2.5	3.0	3.8
PB6	1.8	2.0	3.1
Dimension $10 \times 20 \times 6 \text{ cm}^3$			
PB1	50.2	59.4	69.2
PB2	21.6	22.3	23.4
PB3	4.2	8.1	11.6
PB4	2.6	3.4	5.4
PB5	2.2	3.0	4.9
PB6	1.9	2.1	3.2

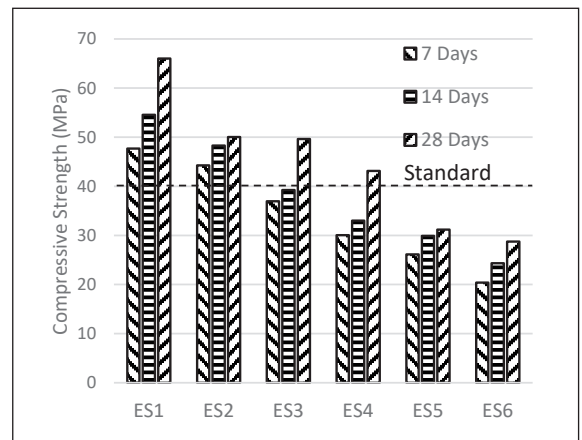
ตารางที่ 6 ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินฝุ่นเป็นมวลรวมที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน

Sample	Compressive Strength (MPa)		
	7 Days	14 Days	28 Days
Dimension $10 \times 10 \times 6 \text{ cm}^3$			
ES1	45.20	51.02	65.94
ES2	42.14	45.35	48.09
ES3	37.86	40.17	45.84
ES4	27.62	31.61	43.62
ES5	22.21	25.47	31.54
ES6	18.80	22.30	28.90
Dimension $10 \times 20 \times 6 \text{ cm}^3$			
ES1	47.67	54.57	66.01
ES2	44.27	48.29	50.02
ES3	36.94	39.24	49.63
ES4	30.05	33.01	43.14
ES5	26.14	29.89	31.17
ES6	20.40	24.30	28.80

จากรูปที่ 7 และ 8 เป็นผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินและทรายเป็นมวลรวม ส่วนรูปที่ 9 และ 10 แสดงผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินฝุ่นเป็นมวลรวมพบว่า ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินกับทรายและหินฝุ่นเป็นมวลรวม พบว่ามีค่าสูงขึ้นเมื่ออายุการบ่มของ



รูปที่ 9 ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินฝุ่นเป็นมวลรวมขนาด $10 \times 10 \times 6$ ลบ.ซม.



รูปที่ 10 ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินฝุ่นเป็นมวลรวมขนาด $10 \times 20 \times 6$ ลบ.ซม.

คอนกรีตมากขึ้น ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการก่อตัวของคอนกรีต [18] แต่เมื่อผสมเศษพลาสติกตัดย่อยในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีแนวโน้มลดลง โดยจะลดลงเป็นอย่างมากเมื่อผสมเศษพลาสติกตัดย่อยในปริมาณมากขึ้นเพียงเล็กน้อย อีกทั้งการที่เศษพลาสติกมีผิวที่ลื่นมากจึงทำให้สารเชื่อมประสาน คือ ซีเมนต์เพสต์เคลือบผิวหน้าพลาสติกได้ไม่เต็มที่ ส่งผลให้การยึดเกาะกันระหว่างมวลรวมกับซีเมนต์เพสต์มีค่าที่ลดลง [4] ดังเช่นงานวิจัยของ Shalaby และคณะ [19] ที่ใช้ซีเมนต์เพสต์ผสมร่วมกับพลาสติก PET พบว่า อัตราการพัฒนาค่ากำลังอัดของซีเมนต์เพสต์จะมีค่าลดลงตามปริมาณอัตราส่วนของ PET ที่เพิ่มขึ้น จากรูปที่ 7 และ 8 เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงอัดกับมาตรฐานของ มอก.827-2531 [13] ที่กำหนดว่าต้องมีค่าต่อกันไม่ต่ำกว่า 35 เมกะพาสคัล และค่าเฉลี่ยรวมแล้วต้องไม่ต่ำกว่า 40 เมกะพาสคัล พบว่า มีเพียงก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นแบบปกติที่ไม่ผสมเศษพลาสติกเท่านั้นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28 วัน ประมาณ 60–70 เมกะพาสคัล

ส่วนรูปที่ 9 และ 10 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทั้ง 2 ขนาด ที่อายุ 28 วัน พบว่า ตัวอย่าง ES1 และ ES2 ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยรวมแล้วมากกว่า 40 เมกะพาสคัล ทั้งนี้หินฝุ่นจากเหมืองหินจากจังหวัดสระบุรี มี

คุณภาพในการเป็นส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นแทนที่มวลรวมได้ดีกว่าที่ใช้ หินกับทรายในการผสมร่วมกับพลาสติก PET เป็นผลเนื่องจากคุณสมบัติการอัดตัวกันที่แน่นของอนุภาคหินฝุ่น ซึ่งจากงานวิจัยของ Singh และคณะ [6] พบว่า การใช้หินฝุ่นในการแทนที่มวลรวมนั้น หินฝุ่นจะทำปฏิกิริยากับ C3A ในเม็ดปูนซีเมนต์ ก่อให้เกิดสารประกอบที่ชื่อว่าแคลเซียมคาร์โบอะลูมิเนต และโมโนคาร์บอนอะลูมิเนต ซึ่งให้ความแข็งแรงคล้ายคลึงกับแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต และแคลเซียมอะลูมิเนตไฮเดรต ซึ่งสารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตนั้นเป็นสารประกอบที่ให้ค่ากำลังอัดของคอนกรีต [20] จึงทำให้คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินฝุ่นแทนที่มวลรวมผสมพลาสติก PET จาก 2 ใน 5 ตัวอย่างผ่านเกณฑ์เฉลี่ยมาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นของกระทรวงอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้

3.3 ผลการทดสอบการนำความร้อน และอุณหภูมิผิวหน้าของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นภายนอกอาคาร

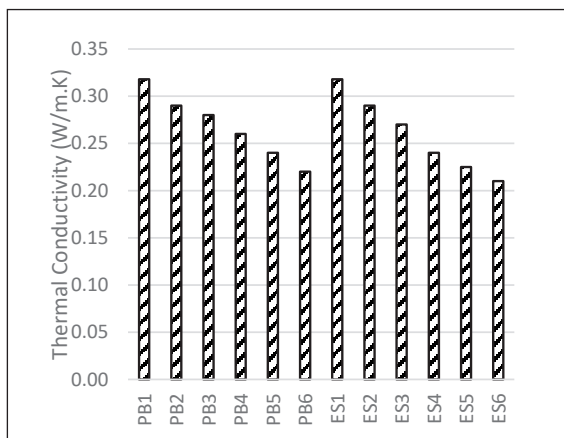
ตารางที่ 7 และรูปที่ 11 แสดงผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน โดยการขึ้นรูปตัวอย่างผลิตภัณฑ์แผ่นคอนกรีตให้มีขนาดประมาณ $5 \times 30 \times 30$ ลบ.ซม. ตามที่มาตรฐาน ASTM C518 [15] กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K) เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความสามารถ

ในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของวัสดุต่างๆ โดยวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำจะเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีกว่าวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง [21] พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.21–0.32 วัตต์/ม.องศาเซลเซียส โดยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีแนวโน้มลดลงเมื่อคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีส่วนผสมของเศษพลาสติกตัดย่อยในปริมาณมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการผสมเศษพลาสติก PET ตัดย่อยทดแทนมวลรวมปกติทำให้คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีความหนาแน่นลดลง ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิลดลงตามความหนาแน่นไปด้วย ผลการทดสอบที่ได้คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Yazoghli และคณะ [22] ที่พบว่า สัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าที่ลดลงตามการใช้พลาสติก PET ในการแทนที่มวลรวม

ตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินกับทราย และหินฝุ่นเป็นมวลรวม

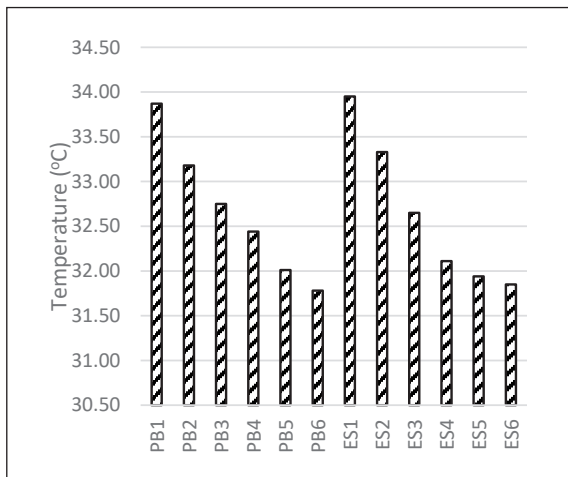
Sample	Thermal Conductivity (K, W/(m.K))
PB1	0.32
PB2	0.29
PB3	0.28
PB4	0.26
PB5	0.24
PB6	0.22
ES1	0.32
ES2	0.29
ES3	0.27
ES4	0.24
ES5	0.23
ES6	0.21

ตารางที่ 8 และรูปที่ 12 เป็นการทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าตัวอย่างผลิตภัณฑ์โดยการจำลองสภาพการใช้งาน คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นภายนอกอาคาร ในสถานที่จริง ณ บริษัท อริยะสุทธิ อินเตอร์เทรด จำกัด ซึ่งเป็นพื้นที่สนามจำลองขนาด 9.00 ตร.ม. และวัดอุณหภูมิภายในห้องอาคารจำลองขนาด 3 × 3 × 3 ลบ.ม. ที่ติดกับสนามจำลอง



รูปที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นปกติ โดยภายในห้องอาคารจำลองติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบดิจิทัลจำนวน 5 จุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยและบันทึกผล จากการทดสอบการวัดอุณหภูมิภายในห้องจำลองโดยใช้คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นแบบปกติเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากเศษพลาสติกขูด PET ตัดย่อย โดยใช้หินกับทราย และหินฝุ่นในการแทนที่มวลรวมพบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักโดยแตกต่างกันไม่เกิน 1–2 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องมาจาก พื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบบล็อกประสานปูพื้นที่มีเพียงแค่ 9 ตร.ม. ทำให้การสะท้อนความร้อนจากผิวหน้าของบล็อกประสานปูพื้นเข้าสู่ภายในตัวอาคารมีปริมาณน้อย จึงส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในอาคารจำลองน้อยมาก โดยคอนกรีตบล็อกประสานที่ไม่ผสมพลาสติกที่ตัวอย่าง PB1 และ ES1 มีอุณหภูมิผิวหน้าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 33.87 และ 33.95 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ตัวอย่าง PB6 และ ES6 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าอุณหภูมิผิวหน้าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 31.78 และ 31.85 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ไม่ผสมพลาสติก PET ที่ใช้หินฝุ่นแทนมวลรวมมีค่าที่ไม่แตกต่างกับคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้ หินและทรายมากนัก เนื่องจากค่าความหนาแน่นของตัวอย่างทั้ง 2 ชนิด (PB และ ES) มีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ในกรณีทั่วไป ค่าการนำความร้อนของ



รูปที่ 12 อุณหภูมิผิวหน้าเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

วัสดุนั้นจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของวัสดุ [23] ผลการนำความร้อนที่ได้จึงมีความสอดคล้องกับผลของความหนาแน่นจากผลการทดสอบลักษณะทั่วไปในตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 8 อุณหภูมิผิวหน้าเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

Sample	Temperature (°C)
PB1	33.87
PB2	33.18
PB3	32.75
PB4	32.44
PB5	32.01
PB6	31.78
ES1	33.95
ES2	33.33
ES3	32.65
ES4	32.11
ES5	31.94
ES6	31.85

4. สรุป

1) คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นภายนอกอาคารที่ใช้หินกับทราย และหินฝุ่นเป็นมวลรวม ทั้ง 2 ขนาด ในการทดสอบคุณสมบัติลักษณะทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบกับ

มาตรฐาน มอก.827-2531 พบว่า คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทั้ง 2 ขนาด ในทุกอัตราส่วนมีลักษณะทั่วไป และความได้ฉากผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนการดูดซึมน้ำมีค่าที่สูงขึ้นในขณะที่ความหนาแน่นมีค่าที่ลดลงเมื่อมีการผสมพลาสติก PET ตัวย่อยในปริมาณมากขึ้นในการแทนที่ของมวลรวม

2) ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมพลาสติก PET ทั้ง 2 ขนาด มีการพัฒนากำลังอัดเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มที่นานขึ้นพบว่า ทุกอัตราส่วนที่ผสมพลาสติก PET ที่ใช้หินและทราย ล้วนมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกช่วงอายุ คือ 40 เมกะพาสคัล ส่วนคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินฝุ่นเป็นมวลรวม ที่อายุ 28 วัน ตัวอย่าง ES1 และ ES2 ทั้ง 2 ขนาด มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยรวมแล้วมากกว่า 40 เมกะพาสคัล ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด สามารถนำเอาไปใช้งานได้

3) ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้หินกับทราย และหินฝุ่นเป็นมวลรวม พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.21–0.32 วัตต์/ม.องศาเซลวิน โดยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าที่ลดลงเมื่อคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีส่วนผสมของเศษพลาสติก PET ตัวย่อยในปริมาณมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจาก สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ในโครงการวิจัย “นวัตกรรมเพื่อการจัดการขยะประเภทหลักในพื้นที่” ภายใต้แผนงานวิจัย ท้าทายไทย: ทะเลไทยไร้ขยะระยะที่ 2 ประจำปีงบประมาณ 2563 และทางผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท อริยะสุทธิ อินเตอร์เทรต จำกัด และงบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน ประจำปีงบประมาณ 2568 ร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ วิทยาเขตอุเทนถวาย สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ที่สนับสนุนงบประมาณ และอนุเคราะห์สถานที่กับเครื่องมือทดสอบในงานวิจัยครั้งนี้



เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Charoennatkul, "Interlocking blocks containings oil plam ash and shells waste," *Journal of Community Development and Life Quality*, vol. 2, no. 1, pp. 103–112, 2014 (in Thai).
- [2] N. Tanpaiboonkul, "Replacing cement by dust from rock crushing plant in interlocking block production," *Princess of Naradhiwas University Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 126–135, 2017 (in Thai).
- [3] Environmental Research Institute (ERI) (2018, Dec 10). *Micro Plastics* [Online]. (in Thai) Available: <http://www.eric.chula.ac.th/download/zwaste/Thon.pdf>. (in Thai)
- [4] I. Almeshal, B. A. Tayeh, R. Alyousef, H. Alabduljabbar, and A. M. Mohamed, "Eco-friendly concrete containing recycled plastic as partial replacement for sand," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 9, no. 3, pp. 4632–4643, 2020.
- [5] B. Jaivignesh and A. Sofi, "Study on mechanical properties of concrete using plastic waste as an aggregate," presented at the 2nd International Conference on Civil Engineering and Infrastructural Issues in Emerging Economies, Thanjavur, India, 2017.
- [6] A. K. Singh, V. Srivastava, and V. C. Agarwal, "Stone dust in concrete: effect on compressive strength," *International Journal of Engineering and Technical Research*, vol. 3, no. 8, pp. 115–118, 2015.
- [7] P. Khamput and K. Suweero, "Development of interlocking concrete paving block product mixed with colored polyethylene terephthalate plastic bottle from post-consumer waste," *Journal of Engineering RMUTT*, vol. 18, no. 1, pp. 81–89, 2020 (in Thai).
- [8] *Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight), and Voids in Aggregate*, Annual Book of ASTM Standards 04. 02, C29, 2012.
- [9] *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate*, Annual Book of ASTM Standards 04. 02, C127, 2012.
- [10] *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate*, Annual Book of ASTM Standards 04. 02, C128, 2012.
- [11] *Standard Specification for Concrete Aggregates*, Annual Book of ASTM Standards 04. 02, C33, 2018.
- [12] P. Khamput and K. Suweero, "Development of paving block for reducing the exterior surface temperature," presented at the 16th National Convention on Civil Engineering, Chonburi, Thailand, 2011 (in Thai).
- [13] *Interlocking concrete paving block*. Thai Industrial Standards Institute (TISI) no. 827,-1987 (in Thai).
- [14] *Hollow load-bearing concrete masonry unit*, Thai Industrial Standards Institute (TISI) no. 57-1990, 1990 (in Thai).
- [15] *Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus*, Annual Book of ASTM Standards 04. 06, C518, 2012.
- [16] P. Jindaprasert and C. Jaturapitakkul, *Cement, pozzolan, and concrete*. 7th ed. Bangkok: ACI Partners with Thailand Concrete Association, 2012. (in Thai)
- [17] N. Saikia and J. Brito, "Waste polyethylene terephthalate as an aggregate in concrete,"

- Materials Research*, vol. 16, no. 2, pp. 341–350, 2013.
- [18] P. Chawakitchareon and N. Nualswan, “Utilization of paper label waste for making interlocking concrete paving block by using limestone powder-cement as binder,” *The Journal of KMUTNB*, vol. 22, no. 1, pp. 99–106, 2012 (in Thai).
- [19] A. Shalaby, A. Ward, A. Refaee, S. Messieh, K. Nour, D. Nashar and H. Zayed, “Compressive strength and electrical properties of cement paste Utilizing waste polyethylene terephthalate bottles,” *Journal of Applied Sciences Research*, vol. 9, no. 7, pp. 4160–4173, 2013.
- [20] S. Haruehansapong, A. Neramitkornburee, and W. Kroehong, “Workability, mechanical properties and sulfate resistance of self compacting concrete with ternary blended cementitious materials,” *The Journal of KMUTNB*, vol. 31, no. 4, pp. 685–699, 2021 (in Thai).
- [21] P. Jittabut, “The mechanical properties and thermal conductivity of concrete block from agricultural wastes,” *The Journal of KMUTNB*, vol. 29, no. 2, pp. 342–351, 2019 (in Thai).
- [22] O. Yazoghli, R. M. Dheilily, and M. Queneudec, “The valorisation of plastic waste: thermal conductivity of concrete formulated with PET,” presented at the 1st International Conference on Engineering for Waste Treatment, Albi, France, 2005.
- [23] S. Kumar and M. Bishnoi, “Effects of high density polyethylene (HDPE) and polyethylene terephthalate (PET) on performance of flexible pavement,” *Journal of Xidian University*, vol. 14, no. 9, pp. 1227–1236, 2020.