อิฐบล็อกประสานผสมพลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET)
Interlocking Block mixed with Polyethylene Terephthalate: PET

สุพร ฤทธิภักดี[1] ทวิช กล้าแท้[2] ชูเกียรติ ชูสกุล[3,*] สุนันท์ มนต์แก้ว[4] และ ประชุม คำพุฒ[5]

[1,2,3]สาขาวิศวกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.นครศรีธรรมราช
[4]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพมหานคร
[5]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี
**Corresponding author; E-mail address: chookiat.c@rmutsv.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสมบัติของอิฐบล็อกประสานโดยการผสมขยะพลาสติก PET แทนที่ดินลูกรังในสัดส่วน 0, 5, 10, 15 และ 20% โดยปริมาตร โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินลูกรังเท่ากับ 1:6 และกำหนดปริมาณน้ำจากการทดสอบการบดอัดมาตรฐาน (Standard Compaction Test) การขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานด้วยเครื่องอัดแบบมือโยก ขนาด 12.5 x 25 x 10 เซนติเมตร แล้วทำการทดสอบสมบัติต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน (มผช. 602/2547) ผลการวิจัยพบว่า ค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณขยะพลาสติก PET เพิ่มขึ้น และทุกสูตรผสมสามารถผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน มผช. 602/2547 ประเภทไม่รับน้ำหนัก ในขณะเดียวกัน ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานลดลงตามปริมาณ PET ที่เพิ่มขึ้น และผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน มผช. 602/2547 ประเภทรับน้ำหนัก สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้ขยะพลาสติก PET เป็นวัสดุทดแทนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอิฐบล็อกประสานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: อิฐบล็อกประสาน, ขยะพลาสติก, โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต, ดินลูกรัง

Abstract

This research aims to improve the properties of interlocking block by incorporating PET plastic waste as a partial replacement for lateritic soil at proportions of 0, 5, 10, 15, and 20% by volume. The cement-to-soil ratio was maintained at 1:6, with the water content determined using the Standard Compaction Test. The interlocking block, sized 12.5 x 25 x 10 centimeters, were formed using a manual press machine. Various properties of the blocks were tested and compared with the community product standard for interlocking block (TCPS 602/2547). The results revealed that the compressive strength of the blocks tended to increase with higher proportions of PET plastic waste. All mixing ratios met the requirements of the TCPS 602/2547 standard for non-load-bearing blocks. Additionally, water absorption decreased as the PET content increased, meeting the criteria for load-bearing blocks under the same standard. These findings demonstrate the potential of using PET plastic waste as a sustainable material to enhance the performance and environmental friendliness of interlocking block.

Keywords: Interlocking Block, laterite soil, PET, Plastic Waste, Polyethylene Terephthalate.

1. คำนำ

ขยะพลาสติกเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในแต่ละปีมีขวดพลาสติกที่ผลิตจากโพลีอีทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ถูกทิ้งกว่า 70 ล้านตันทั่วโลก โดยมีเพียงร้อยละ 30 หรือประมาณ 20 ล้านตันเท่านั้นที่นำกลับมาใช้ใหม่ ส่วนที่เหลืออีก 50 ล้านตันไม่สามารถรีไซเคิลได้และถูกทิ้งทับถม ส่งผลให้เกิดมลภาวะอย่างรุนแรง [1] หลายหน่วยงานกำลังพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อแก้ไขปัญหานี้ ตัวอย่างเช่น บริษัท ByFusion จากสหรัฐอเมริกา ที่พัฒนาเทคโนโลยีรีไซเคิลขยะพลาสติกให้กลายเป็นอิฐบล็อกก่อสร้างที่มีความแข็งแรงและสามารถใช้งานได้จริง ซึ่งเป็นวิธีที่ยั่งยืนและสร้างคุณประโยชน์มากกว่าการทำลายขยะพลาสติก [2] ขวดพลาสติกเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดขยะพลาสติกจำนวนมาก โดยส่วนใหญ่จะถูกทิ้งและไม่ถูกรีไซเคิลอย่างเหมาะสม ทำให้บางส่วนหลุดรอดลงสู่ทะเล ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม จึงมีการรณรงค์ให้รีไซเคิลขวดพลาสติกเพื่อลดปัญหาขยะโลก [3] จากการวิจัยของ Ennahal et al. [4] พบว่า การใช้ขยะพลาสติกเป็นมวลรวมละเอียดช่วยลดน้ำหนักและการดูดซึมน้ำเมื่อเทียบกับมวลรวมธรรมชาติ และสามารถทดแทนทรายได้ถึงร้อยละ 30 สำหรับการผลิตมอร์ตาร์ ส่วนการวิจัยของสุทธิชัยและคณะ [5] พบว่า การใช้เศษพลาสติก PET ผสมกับแอสฟัลต์คอนกรีตสามารถปรับปรุงสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตได้

วิกฤตการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ในปี 2563 ส่งผลให้ขยะพลาสติกเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 40 และเมื่อโควิด-19 กลับมาระบาดอีกครั้งในระลอกใหม่ตั้งแต่เดือนเมษายน 2564 เป็นต้นมา ยิ่งทำให้ปัญหาขยะพลาสติกทวีความรุนแรงขึ้น โดยในปี 2563 มีการผลิตพลาสติกใหม่ถึง 27.35 ล้านตัน/ปี แต่มีเพียงร้อยละ 20 ที่นำกลับมาใช้ใหม่ ขณะที่ร้อยละ 80 ถูกทิ้งตามถังขยะ [6] สำหรับข้อมูลในปี 2563 ประเทศไทยมีการใช้ PET จำนวน 1.4 ล้านตัน แบ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ร้อยละ 40 เส้นใยร้อยละ 55 และอื่นๆ อีกร้อยละ 5 [7]

อิฐบล็อกประสาน (Interlocking Block) มีความแตกต่างจากอิฐทั่วไป โดยไม่จำเป็นต้องใช้มอร์ตาร์ (ปูนซีเมนต์ผสมน้ำและทราย) ในการยึดติดระหว่างก้อนอิฐระหว่างการก่อสร้าง ส่งผลให้กระบวนการก่อผนังหรือกำแพงสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว และลดความต้องการแรงงานที่มีทักษะสูง เนื่องจากการก่อสร้างอาศัยการวางอิฐแบบแห้งให้ล็อกเข้ากันได้พอดี โดยอาศัยลักษณะทางกลของตัวอิฐบล็อกประสานเอง อิฐบล็อกประสานยัง

มีจุดเด่นที่สามารถผลิตจากวัตถุดิบในท้องถิ่น เช่น ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย หรือแม้แต่วัสดุเหลือทิ้งต่างๆ ซึ่งช่วยลดต้นทุนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการนำวัสดุเหลือทิ้งประเภทพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ เช่น ขวดน้ำ PET (Polyethylene Terephthalate) ที่ผ่านกระบวนการบดละเอียดและนำมาผสมแทนที่ทรายบางส่วน จากงานวิจัยของ Heng et al. [8] พบว่าการนำเศษ PET มาใช้แทนที่ทรายในอัตราร้อยละ 20 สำหรับการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานสามารถช่วยลดน้ำหนักของบล็อกได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ยังไม่ส่งผลกระทบเชิงลบต่อสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของคอนกรีตบล็อกดังกล่าว จึงแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้ขยะพลาสติกรีไซเคิลในการผลิตวัสดุก่อสร้างอย่างยั่งยืน

ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาอิฐบล็อกประสานผสมพลาสติก PET เพื่อใช้งานอย่างเป็นรูปธรรม โดยมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาการจัดการขยะพลาสติกอย่างครบวงจร ผ่านกระบวนการเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับขยะ PET และสร้างรายได้ให้กับชุมชน นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม และผลักดันการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ โดยเฉพาะในชุมชนท่องเที่ยวทางทะเลและชายฝั่ง แนวคิดนี้สอดคล้องกับ หลักเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ซึ่งมุ่งลดของเสีย ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และสร้างระบบการจัดการขยะอย่างยั่งยืน

2. วิธีการศึกษา

2.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement)

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Ordinary Portland Cement; OPC) มีค่าความถ่วงจำเพาะจากการทดสอบตาม ASTM C188 [9] เท่ากับ 3.19

2.1.2 ดินลูกรัง (Laterite soil)

ดินลูกรังจากบ่อดินลูกรัง อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช นำมาผสมและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และค้างที่ตะแกรงเบอร์ 200 จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ทดสอบหาค่าปริมาณความชื้นตาม ASTM D2216 [10] ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะตาม ASTM D854 [11] ทดสอบหาขนาดคละของเม็ดดินโดยใช้ตะแกรงมาตรฐานตาม ASTM D422 [12] และทดสอบหาขีดจำกัดอัตเตอร์เบิร์ก ตาม ASTM D4318 [13] ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของดินลูกรัง

สมบัติทางกายภาพ	ผลการทดสอบ
ค่าปริมาณความชื้น	3.66%
ค่าความถ่วงจำเพาะ	2.77
Liquid Limit (LL)	36.80%
Plastic Limit (PL)	31.11%
Plastic Index (PI)	5.69
ร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์ 40	36.80
ร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์ 200	7.90

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าความชื้นของดินลูกรังเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D3282 [14] ซึ่งกำหนดให้ไม่เกินร้อยละ 4 เมื่อตรวจสอบการจำแนกชั้นดิน พบว่าดินลูกรังอยู่ในกลุ่ม A-1-b ตามระบบ AASHTO ซึ่งประกอบด้วยหิน กรวด และทราย ดินลูกรังชนิดนี้มีความสามารถในการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวค่อนข้างสูง หากเติมน้ำมากเกินไปจะทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปได้

2.1.3 พลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET)

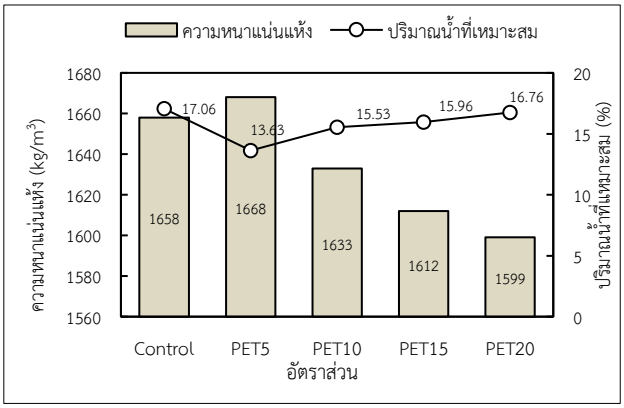
ขวด PET เหลือทิ้งถูกนำมาย่อยด้วยเครื่องย่อยพลาสติก นำไปร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ดังรูปที่ 1 (ก) มีขนาดประมาณ 2 - 4.75 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 1 (ข) มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.33 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Maneeth et al. [15] และ Deraman et al. [16] ค่าความหนาแน่น 1.13 g/cm³ ตรงกับผลการศึกษาของ Mishra [17] จากการทดสอบตาม ASTM D792 [18] นอกจากนี้ ค่าการดูดซึมน้ำจากการทดสอบตาม ASTM D570 [19] เท่ากับ 0.02 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kangavar et al. [20]

ก. ร่อนพลาสติกด้วยตะแกรงเบอร์ 4 ข. พลาสติกที่ผ่านการร่อน

รูปที่ 1 พลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต

2.2 การออกแบบอัตราส่วนผสม

อิฐบล็อกประสานในงานวิจัยนี้ใช้อัตราส่วนซีเมนต์ต่อมวลรวม 1:6 โดยน้ำหนัก และแทนที่ดินลูกรังด้วย PET ในสัดส่วนร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยปริมาตร ปริมาณน้ำถูกกำหนดจากการทดสอบการบดอัดดินในห้องปฏิบัติการตาม ASTM D1557 [21] โดยผลการทดสอบความหนาแน่นแห้ง และปริมาณน้ำที่เหมาะสมของอัตราส่วนที่ออกแบบ (แสดงในรูปที่ 2)



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง และปริมาณน้ำที่เหมาะสมของอัตราส่วนที่ออกแบบ

จากผลการทดสอบหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมพบว่า อัตราส่วนผสม Control มีปริมาณน้ำที่เหมาะสมสูงสุด เนื่องจากมีดินลูกรังมาก เมื่อเติม PET ร้อยละ 5 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมลดลง แต่ความหนาแน่นแห้งเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่ม PET เป็นร้อยละ 10 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมกลับ

เพิ่มขึ้น ขณะที่ความหนาแน่นลดลง แสดงให้เห็นว่าการแทนที่ PET มากกว่าร้อยละ 5 ส่งผลให้ปริมาณน้ำแปรผกผันกับความหนาแน่นแห้ง ส่วนผสม PET ร้อยละ 5 มีความหนาแน่นสูงกว่า Control อาจเนื่องจากช่องว่างระหว่าง PET ที่ช่วยให้เม็ดดินจัดเรียงตัวดีขึ้น แต่เมื่อเพิ่ม PET ช่องว่างมากขึ้น ทำให้ต้องการน้ำเพิ่มขึ้นเพื่อเติมเต็มช่องว่างระหว่าง PET กับดินลูกรัง โดยอัตราส่วนผสมของอิฐบล็อกประสานใช้ในการผลิต 6 ก้อน ดังแสดงในตาราง 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมของอิฐบล็อกประสานต่อจำนวน 6 ก้อน

อัตราส่วน	อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุ	อัตราส่วนผสม (กิโลกรัม)				
		ปูนซีเมนต์	ดินลูกรัง	PET	น้ำ	รวม
Control	17.06	4.285	25.715	0	5.12	35.120
PET5	13.63	4.285	24.429	0.618	4.00	34.332
PET10	15.53	4.285	23.144	1.236	4.45	33.114
PET15	15.96	4.285	21.858	1.853	4.47	32.466
PET20	16.76	4.285	20.572	2.471	4.58	31.908

หมายเหตุ: Control = อิฐบล็อกประสานควบคุม
PET5 = อิฐบล็อกประสานแทนที่ดินลูกรังด้วยพลาสติก PET ร้อยละ 5

การผลิตตัวอย่างอิฐบล็อกประสานใช้แบบหล่อขนาด 12.5 × 25.0 × 10.0 เซนติเมตร (กว้าง × ยาว × สูง) แบบตรง มีรูและเดือยเป็นดอกกลมกลวง เริ่มจากการตวงอัตราส่วนผสมตามตารางที่ 2 แล้วนำมาผสมในเครื่องผสมแบบกระทะ ค่อยๆ เติมน้ำจนส่วนผสมเข้ากันดี จากนั้นขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานมือโยกโดยใช้แรงคน (รูปที่ 3)

รูปที่ 3 เครื่องอัดขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก (CINVA-Ram machine)

อิฐบล็อกประสานที่ขึ้นรูปแล้วถูกบ่มในที่ร่มเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นฉีดพรมน้ำให้ชุ่มบริเวณด้านบน แล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติก (รูปที่ 4) เพื่อป้องกันการระเหยของไอน้ำ ทิ้งไว้จนถึงอายุที่ต้องการทดสอบสมบัติ

รูปที่ 4 บ่มอิฐบล็อกประสานในถุงพลาสติก

2.3 วิธีการทดสอบ

2.3.1 ทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติของอิฐบล็อกประสาน
ทดสอบตาม มผช. 602/2547 [22] ที่อายุการบ่ม 28 วัน

2.3.2 ทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสาน
ทดสอบตาม มอก. 57 [23] ที่อายุ 28 วัน โดยการนำก้อนตัวอย่างแช่ในน้ำเป็นเวลา 24-28 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักในน้ำ ก่อนนำก้อนตัวอย่างวางบนตะแกรงขนาดรูไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร และทิ้งไว้ 55-65 นาที หลังจากนั้นเช็ดผิวให้แห้งและชั่งน้ำหนัก นำก้อนตัวอย่างอิฐบล็อกประสานเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105-115 °C เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักและวัดขนาดเพื่อหาความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสาน

2.3.3 ทดสอบความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสาน
ทดสอบตาม มอก. 109 [24] ที่อายุการบ่ม 7, 14 และ 28 วัน โดยนำก้อนตัวอย่างอิฐบล็อกประสานมาตัดเดือยออก จากนั้นหยอดมอร์ต้าร์ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์: ทราย 1:2.75 และ W/C = 0.75 ลงในช่องว่างของอิฐให้เต็มทุกรู และเคลือบผิวด้วยปูนปลาสเตอร์ ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบ (แสดงในรูปที่ 5)

รูปที่ 5 การทดสอบความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสาน

3. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

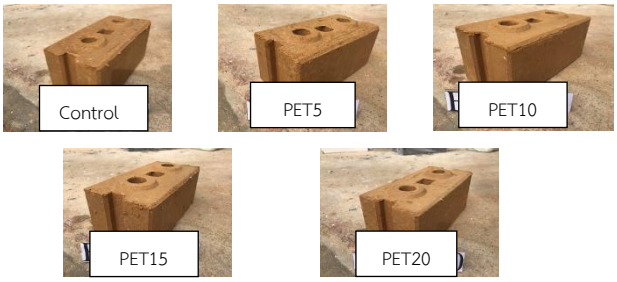
3.1 ลักษณะทั่วไปและมิติของอิฐบล็อกประสาน

ตารางที่ 3 ลักษณะและมิติโดยทั่วไปของอิฐบล็อกประสาน

อัตราส่วน	ลักษณะทั่วไป	มิติ
Control	ปกติ	+1.03 มม.
PET5	ปกติ	+0.90 มม.
PET10	ปกติ	+0.27 มม.
PET15	ปกติ	+0.33 มม.
PET20	มีรอยบิ่นเล็กน้อย	+0.83 มม.

จากตารางที่ 3 พบว่าอิฐบล็อกประสานผสม PET ทุกอัตราส่วนอยู่ในเกณฑ์ของ มผช. 602/2547 ที่กำหนดให้ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±2 มิลลิเมตร สำหรับลักษณะพื้นผิว พบว่าเมื่อสัดส่วน PET เพิ่มขึ้น พื้นผิวอิฐบล็อกมีความเรียบน้อยลงและอาจเกิดการหลุดร่อนของ PET ได้ อย่างไรก็ตามอิฐบล็อกประสานที่ผลิตไม่มีรอยร้าวหรือการแตกลึก ดังแสดงในรูปที่ 6

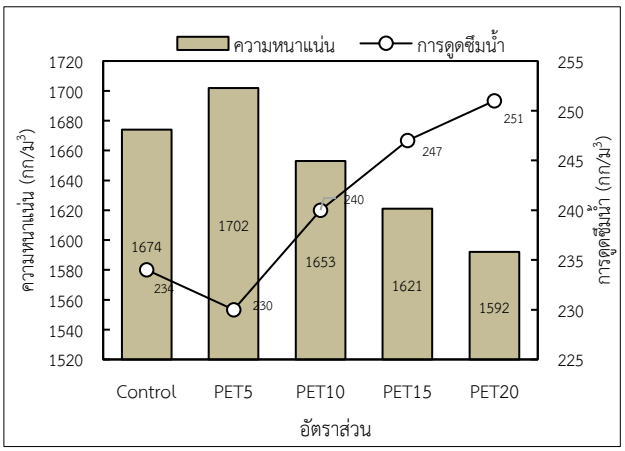
ถือเป็นข้อดีที่แสดงว่าโครงสร้างโดยรวมยังมีความสมบูรณ์ แม้จะมีข้อเสียเรื่องพื้นผิวหรือการยึดเกาะของ PET



รูปที่ 6 ก้อนตัวอย่างอิฐบล็อกประสาน

3.2 ความหนาแน่นและการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสาน

ผลการทดสอบความหนาแน่นและการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสาน (แสดงในรูปที่ 7) พบว่า การดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นลดลง โดยอิฐบล็อกประสานที่มีความหนาแน่นสูงจะดูดซึมน้ำได้น้อยลง และในทางกลับกันเมื่อความหนาแน่นลดลงการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้น จากการทดสอบ พบว่าความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานเพิ่มขึ้นเมื่อแทนที่ดินลูกรังด้วย PET ในอัตราร้อยละ 5 แต่ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณ PET เกินกว่าร้อยละ 5 เนื่องจาก PET มีความหนาแน่นและค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าดินลูกรัง การทดสอบการดูดซึมน้ำพบว่า ค่าการดูดซึมน้ำลดลงเมื่อแทนที่ดินลูกรังด้วย PET ร้อยละ 5 แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ PET เกินกว่าร้อยละ 5 ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mermerdas et al. [26] ที่ระบุว่า การแทนที่มวลรวมด้วย PET เกินร้อยละ 5 อาจทำให้ความสามารถในการซึมผ่านเพิ่มขึ้นและความแข็งแรงลดลง เนื่องจาก PET ไม่ดูดซับน้ำ ทำให้เกิดช่องว่างภายในโครงสร้างอิฐ



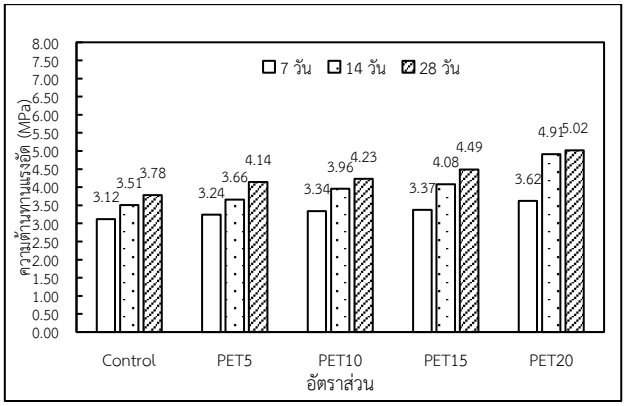
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานกับอัตราส่วนที่ออกแบบ

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับ มผช. 602/2547 พบว่าค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานที่ใช้ PET ตามอัตราส่วนที่กำหนดทั้งหมดเป็นไปตามมาตรฐาน ซึ่งมีค่าความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด กล่าวคือ อิฐบล็อกประสานที่ผสม PET ในสัดส่วน PET10, PET15 และ PET20 ซึ่งมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยไม่เกิน 1,680 กก./ลบ.ม. ต้องมีค่าการดูดซึมน้ำไม่เกิน 288 กก./ลบ.ม. และอิฐบล็อกประสาน PET5 ที่มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,681–1,760 กก./ลบ.ม. ต้องมีค่าการดูดซึมน้ำไม่เกิน 272 กก./ลบ.ม. ตามเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 602/2547 และพบว่า อิฐบล็อกประสานที่ผสม PET มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าอิฐบล็อกประสานทั่วไป ส่งผลให้สามารถต้านทานความชื้นได้ดีขึ้น มีความทนทานต่อการแตกร้าวจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ รวมถึงลดโอกาสเกิดเชื้อรา และความเสียหายจากสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Garbati et al. [27]

3.3. ความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสาน

ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสาน (แสดงในรูปที่ 8) พบว่า ความต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการบ่มมากขึ้น เนื่องจากการบ่มช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์เกิดขึ้นสมบูรณ์ ซึ่งทำให้ความต้านทานแรงอัดพัฒนาอย่างต่อเนื่อง [28] นอกจากนี้เมื่อเพิ่มปริมาณ PET แทนที่ดินลูกรัง ความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน [15] การใช้ PET แทนที่ดินลูกรังช่วยปรับปรุงการกระจายตัวของส่วนผสม เนื่องจาก PET ไม่ดูดซับน้ำและไม่เกิดปฏิกิริยากับซีเมนต์ ส่งผลให้การผสมมีความสม่ำเสมอ และช่วยเสริมความแข็งแรงระหว่างส่วนผสมได้ดีขึ้นในบางกรณี [29] เนื่องจาก PET มีลักษณะเป็นเม็ดหรือเศษที่มีขนาดค่อนข้างคงที่ และไม่จับตัวเป็นก้อนเหมือนดินลูกรังที่เปียกน้ำ จึงช่วยให้การกระจายตัวในส่วนผสมดีขึ้น การกระจายตัวที่ดีนี้ช่วยให้ความต้านทานแรงอัดและความแข็งแรงโดยรวมของวัสดุมีประสิทธิภาพมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Akçaozoglu et al. [30] และ Orie and Olusesi [31]

เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานที่ทดสอบกับ มผช. 602/2547 พบว่าอิฐบล็อกประสานที่ใช้ PET แทนที่ดินลูกรังในอัตราร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ทั้งหมดมีค่าความต้านทานแรงอัดที่ผ่านเกณฑ์ มผช. 602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนัก (ไม่น้อยกว่า 2.5 MPa) ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน ดังนั้นอิฐบล็อกที่ผสม PET มีแนวโน้มใช้งานได้จริงในบางประเภทงาน โดยเฉพาะ งานตกแต่งหรืองานภูมิทัศน์ที่ไม่เน้นโครงสร้างรับน้ำหนักสูง



รูปที่ 8 ความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสาน

4. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการนำ PET มาแทนที่ดินลูกรังในอัตราร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยปริมาตร เพื่อพัฒนาสมบัติของอิฐบล็อกประสาน โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินลูกรังเท่ากับ 1: 6 และเปรียบเทียบผลกับมาตรฐาน มผช. 602/2547 สามารถสรุปได้ว่า

1) การใช้ PET แทนที่ดินลูกรังในสัดส่วนร้อยละ 5 ส่งผลให้ความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานเพิ่มขึ้น

2) การใช้ PET แทนที่ดินลูกรังในสัดส่วนร้อยละ 5 ส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานลดลง

3) การเพิ่มปริมาณ PET แทนที่ดินลูกรังในอิฐบล็อกประสานส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้น โดยพบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วน PET ขึ้นร้อยละ 5 ค่าความต้านทานแรงอัดจะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 5

4) การใช้ PET แทนที่ดินลูกรังในอิฐบล็อกประสาน จะช่วยผลิตวัสดุที่มีน้ำหนักเบา ขนย้ายได้ง่าย ลดภาระของโครงสร้าง นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณขยะพลาสติกที่ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพและมักถูกทิ้งในหลุมฝังกลบ เป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

5) การใช้ PET แทนที่ดินลูกรังในอิฐบล็อกประสาน PET ไม่สามารถใช้แทนดินลูกรังทั้งหมดได้ ต้องผสมในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อรักษาความแข็งแรงของอิฐ หากใช้ PET มากเกินไป อิฐอาจมีความแข็งแรงต่ำ

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพอิฐบล็อกประสานผสม PET ในการใช้งานจริง ควรมีการพิจารณาปรับปรุงสูตรหรือกรรมวิธีการผลิตในประเด็นต่อไปนี้:

- การลดขนาด PET ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มการยึดเกาะกับวัสดุประสาน
- การเติมสารช่วยยึดเกาะ เช่น น้ำยาประสาน หรือการเพิ่มสัดส่วนของซีเมนต์
- การพัฒนาเทคนิคการขึ้นรูปหรือเคลือบผิวเพื่อเพิ่มความเรียบและความสวยงามของอิฐ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2566 และใคร่ขอบคุณหลักสูตรวิชาวิศวกรรมโยธา สาขาวิศวกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่อนุเคราะห์ให้ใช้อุปกรณ์และห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

[1] Science Advances (2020). A huge step forward.' Mutant enzyme could vastly improve recycling of plastic bottles. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 มกราคม 2565, เข้าถึงได้จาก: https://www.science.org/content/article/huge-step-forward-mutant-enzyme-could-vastly-improve-recycling-plastic-bottles.

[2] ภัทรภณ บูรณากาญจน์ (2020). สมบัติของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก Polyethylene Terephthalate (PET) เป็นส่วนประกอบ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 9, ฉบับที่ 1, หน้า 180-196.

[3] Eco inclusion (2014). Brick blocks from recycled plastic bottles helping to reduce waste and solve the housing problem in Argentina. สืบค้นเมื่อวันที่ 9 มกราคม 2565, เข้าถึงได้จาก: https://www.thai-blockprasan.blogspot.com.

[4] Ennahal, I., Maherzi, W., Benzerzour, M., Mamindy, Y. and Abriak, N. E. (2021). Performance of lightweight aggregates comprised of sediments and thermoplastic waste. *Waste and Biomass Valorization*, 12, pp. 515-530.

[5] สุทธิชัย เจริญกิจ ธนิตเชษฐ์ ดวงโสมา และ สราวุธ จริตงาม (2564). การศึกษาการใช้เศษพลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ผสมกับแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับงานทาง. *วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า*, ปีที่ 19, ฉบับที่ 1, หน้า 96-110.

[6] กรมควบคุมมลพิษ (2563). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2563. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2565, เข้าถึงได้จาก: https://www.pcd.go.th/publication/14100.

[7] สถาบันพลาสติก (2564). โครงสร้างอุตสาหกรรมพลาสติกไทย ปี 2563. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2565, เข้าถึงได้จาก: http://plastic.oie.go.th/ReadArticle.aspx?id=20935

[8] Heng, K. K., Khan, M. I., Sutanto, M. H., Zoorob, S. E., and Sunarjono, S. (2021). Investigating Mechanical Properties of Interlocking Concrete Blocks by Recycling Waste Polyethylene Terephthalate-A Sustainable Approach. In *2021 Third International Sustainability and Resilience Conference: Climate Change,* Sakheer, Bahrain, 15-16 Nov. 2021, pp. 299-304.

[9] Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement, ASTM C188, 2016.

[10] Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass, ASTM D2216, 1998.

[11] Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer Specific Gravity, ASTM D854, 2014.

[12] Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, ASTM D422, 1998.

[13] Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils, ASTM D4318, 2010.

[14] Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes, ASTM D3282, 2015.

[15] Maneeth, P. D., Pramod, K., Kumar, K. and Shetty, S. (2014). Utilization of waste plastic in manufacturing of plastic-soil bricks. *Int. J. Eng. Res. Technol*, 3, pp. 530-536.

[16] Deraman, R., Nawi, M. N. M., Yasin, M. N., Ismail, M. H. and Ahmed, R. S. M. O. M. (2021). Polyethylene terephthalate waste utilisation for production of low thermal conductivity cement sand bricks. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 88, pp. 117-136.

[17] Mishra, B. (2016). A study on use of recycled polyethylene terephthalate (PET) as construction material. *International Journal of Science and Research*, 5, pp. 724-730.

[18] Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement, ASTM D792, 2020.

[19] Standard Test Method for Water Absorption of Plastics, ASTM D570, 2022.

[20] Kangavar, M. E., Lokuge, W., Manalo, A., Karunasena, W. and Frigione, M. (2022). Investigation on the properties of concrete with recycled polyethylene terephthalate (PET)

granules as fine aggregate replacement. *Case Studies in Construction Materials*, 16, e00934.

[21] Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft3 (2,700 kN-m/m3)), ASTM D1557, 2021.

[22] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม อิฐบล็อกประสาน, มผช. 602/2547, กรุงเทพฯ, 2547.

[23] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกกลวงรับน้ำหนัก, มอก. 57-2560, กรุงเทพฯ, 2560.

[24] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต, มอก. 109-2517, กรุงเทพฯ, 2517.

[25] Hassan, A. M. (2024). Utilizing Polyethylene Terephthalate (PET) In Insulation Fired Clay Bricks. *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)*, 12, pp. 59-66.

[26] Mermerdaş, K., Nassani, D. E., and Sakin, M. (2017). Fresh, mechanical and absorption characteristics of self-consolidating concretes including low volume waste PET granules. *Civil Engineering Journal*, 3, pp. 809-820.

[27] Garbati, A. A., Imran, M. A., Chike, C. C., Nwaka, E. N., Akomah, U. C., Ogueri, I. J., and Ibeanu, U. E. (2024). Evaluating the Structural Integrity and Performance of Polyethylene Terephthalate and Low-Density Polyethylene-Based Interlocking Bricks for Sustainable Construction. *Archives of Advanced Engineering Science*, 1-12.

[28] สถิตย์พงษ์ วงศ์สง่า (2020). อิทธิผลและดัชนีผลของวิธีการบ่มที่แตกต่างกันต่อกำลังอัดของคอนกรีตทั่วไป. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 15, ฉบับที่ 1, หน้า 27-40.

[29] ภัทระ เกิดอินทร์ สุรศักดิ์ นิยมพานิชพัฒนา ธนกฤต นิสดล และอนุวัฒน์ พลหนุ่ย (2022). อิฐบล็อกประสานผสมเศษพลาสติก. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, หน้า 137-148.

[30] Akçaozoglu, S., Atiş, C. D., and Akçaozoglu, K. (2010). An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate in lightweight concrete. *Waste management*, *30*, pp. 285-290.

[31] Orie, O. U., and Olusesi, O. J. (2023). Effect of partial replacement of aggregate with granulated polyethylene terephthalate (pet) on compressive strength of concrete. *Nigerian Journal of Technology*, *42*, pp. 39-45.