

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เศษอิฐมวลเบาเป็นส่วนผสมทดแทนมวลรวมหยาบ ในกระเบื้องปูพื้นคอนกรีต ตามมาตรฐาน มอก. 378-2531

Feasibility Study on Using Lightweight Brick Waste as a Coarse Aggregate Replacement in Concrete Floor Tiles to TIS 378-2531 Standard

ยอดชาย สิงห์ทอง^{1,*} กรกฎ นุสิทธิ์² กำพล ทรัพย์สมบูรณ์³

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี จ.สุพรรณบุรี

^{2,3} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

*Corresponding author; E-mail address: yc.singthong@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เศษอิฐมวลเบาทดแทนมวลรวมหยาบ (หิน) ในกระเบื้องปูพื้นคอนกรีต โดยปฏิบัติตามมาตรฐาน มอก. 378-2531 ในอัตราส่วนการทดแทนหินด้วยเศษอิฐมวลเบา 0%, 10%, 20% และ 30% ของน้ำหนักหิน และวิเคราะห์คุณสมบัติด้านการต้านทานแรงดัดตามขวาง การดูดซึมน้ำ และน้ำหนักของกระเบื้องปูพื้นคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ผลการทดลองพบว่า การต้านทานแรงดัดตามขวางลดลงเมื่อปริมาณเศษอิฐมวลเบาเพิ่มขึ้น โดยส่วนผสมที่ 0% มีค่า 27.01 ksc. และที่ 10% มีค่า 25.22 ksc. ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไม่ต่ำกว่า 25 ksc. ส่วนที่ 20% และ 30% มีค่า 21.55 ksc. และ 18.88 ksc. ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ด้านการดูดซึมน้ำ พบว่าส่วนผสมที่ 0% และ 10% มีค่าดูดซึมน้ำ 8.60% และ 9.50% ซึ่งไม่เกิน 10% ตามมาตรฐาน ขณะที่ 20% และ 30% มีค่าดูดซึมน้ำ 12% และ 15.40% ตามลำดับ ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนี้ น้ำหนักของกระเบื้องปูพื้นคอนกรีตลดลงตามปริมาณเศษอิฐมวลเบาที่เพิ่มขึ้น จากผลการศึกษา สรุปได้ว่าการใช้เศษอิฐมวลเบาทดแทนหินในสัดส่วนไม่เกิน 10% สามารถผลิตกระเบื้องปูพื้นคอนกรีตที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 378-2531 ได้ ขณะที่การใช้ในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลให้คุณสมบัติเชิงกลและการดูดซึมน้ำไม่เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน

คำสำคัญ: เศษอิฐมวลเบา, กระเบื้องปูพื้นคอนกรีต, มวลรวมหยาบ, มอก. 378-2531

Abstract

This study examines the feasibility of substituting coarse aggregate (stone) in concrete floor tiles with lightweight brick refuse, in accordance with the TIS 378-2531 standard. Stone replacement with lightweight brick debris was the primary focus of the investigation, with weight proportions of 0%, 10%, 20%,

and 30%. The following principal properties were evaluated after 28 days of curing: water absorption, flexural strength, and tile weight. The research demonstrated that the flexural strength decreased as the proportion of lightweight brick debris increased. The flexural strength of tiles with 0% replacement was 27.01 ksc, while those with 10% replacement achieved 25.22 ksc, meeting the standard requirement of no less than 25 ksc. Conversely, the 20% and 30% mixtures, which yielded strengths of 21.55 ksc and 18.88 ksc, respectively, were inadequate to satisfy the required standard. The 0% and 10% mixtures exhibited water absorption values of 8.60% and 9.50%, respectively, which were within the standard limit of 10%. Instead, the 20% and 30% mixtures exhibited water absorption rates of 12% and 15.40%, respectively, which exceeded the permissible limit. Further, the weight of the tiles decreased in direct proportion to the quantity of lightweight brick refuse that was employed. In summary, the substitute of stone with lightweight brick debris up to 10% by weight is a viable method for the production of concrete floor tiles that comply with the TIS 378-2531 standard. Notwithstanding, the mechanical properties and water absorption of material with a higher replacement percentage are compromised, rendering it unsuitable for standard compliance.

Keywords: Lightweight Brick Waste, Concrete Floor Tiles, Coarse Aggregate, TIS 378-2531

1. คำนำ

อุตสาหกรรมก่อสร้างมีความต้องการใช้วัสดุมวลรวมหยาบ เช่น หิน ในปริมาณมาก ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่สามารถสร้างทดแทนได้ใน

ระยะเวลาอันสั้น การใช้ทรัพยากรเหล่านี้อย่างต่อเนื่องส่งผลให้เกิดปัญหา
ระยะเวลาอันสั้น การใช้ทรัพยากรเหล่านี้อย่างต่อเนื่องส่งผลให้เกิดปัญหาด้าน
สิ่งแวดล้อมจากการทำเหมืองหินและการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลือง
นอกจากนี้ กระบวนการก่อสร้างและการรื้อถอนสิ่งปลูกสร้างก่อให้เกิดวัสดุ
เหลือทิ้งจำนวนมาก หนึ่งในนั้นคือเศษอิฐมวลเบา ซึ่งส่วนใหญ่ยังไม่มีการนำ
กลับมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า การนำเศษวัสดุเหลือใช้จากการก่อสร้างมา
ใช้ใหม่เป็นแนวทางที่ได้รับความนิยมในวงการวิศวกรรมโยธา เพื่อส่งเสริม
การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม[1].
ในประเทศไทย การจัดการขยะจากการก่อสร้างยังคงเป็นปัญหาที่ต้องได้รับ
การแก้ไขอย่างจริงจัง โดยมีการประมาณการว่าขยะจากการก่อสร้างคิดเป็น
ประมาณ 7.7% ของขยะทั้งหมดที่ถูกทิ้งในบ่อขยะและพื้นที่ทิ้งขยะแบบ
เปิดระหว่างปี 2002 ถึง 2005[2].

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษอิฐมวล
เบามาใช้แทนที่มวลรวมหยาบในกระเบื้องปูพื้นคอนกรีต โดยออกแบบการ
ทดลองด้วยการผลิตกระเบื้องปูพื้นคอนกรีตที่มีอัตราการทดแทนหินด้วย
เศษอิฐมวลเบาในสัดส่วน 0%, 10%, 20% และ 30% ตามน้ำหนักของหิน
การควบคุมคุณภาพของการผลิตเป็นไปตามมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) 378-2531 เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้
สามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างเหมาะสม จากนั้นทำการทดสอบคุณสมบัติ
ของกระเบื้องที่มีอายุ 28 วัน ในด้านการต้านทานแรงดัดตามขวาง การดูด
ซึมน้ำ และน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ โดยเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อทำการ
วิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อกำหนดของมาตรฐาน เพื่อประเมินศักยภาพ
ของเศษอิฐมวลเบาในการเป็นวัสดุทดแทน

การศึกษานี้มีความสำคัญเนื่องจากการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการก่อสร้าง
เช่น เศษอิฐมวลเบา มาเป็นส่วนผสมในคอนกรีตสามารถช่วยลดปริมาณ
ขยะและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยก่อนหน้านี้
ได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้วัสดุเหลือใช้ประเภทอื่น เช่น การ
นำขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้ามาใช้แล้วมาผสมในคอนกรีตเพื่อทดแทนมวลรวมหยาบ
บางส่วน ซึ่งพบว่าสามารถลดต้นทุนและช่วยลดปริมาณขยะจากโรงไฟฟ้าได้
อย่างมีประสิทธิภาพ[3]. นอกจากนี้ การศึกษาการใช้เศษกระเบื้องเซรามิกส์
เหลือใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นยังช่วยลดปริมาณกากของ
เสียและเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้น การวิจัยนี้จึง
มุ่งหวังที่จะขยายแนวทางดังกล่าวโดยการนำเศษอิฐมวลเบามาใช้แทนที่
มวลรวมหยาบในกระเบื้องปูพื้นคอนกรีต เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการ
พัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและตอบสนองต่อความต้องการ
ในงานก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ[4]. การจัดการขยะจากการก่อสร้าง
ในประเทศไทยยังคงต้องการการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการนำ
ขยะมาใช้ประโยชน์ใหม่เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม[5].

2. วัตถุประสงค์

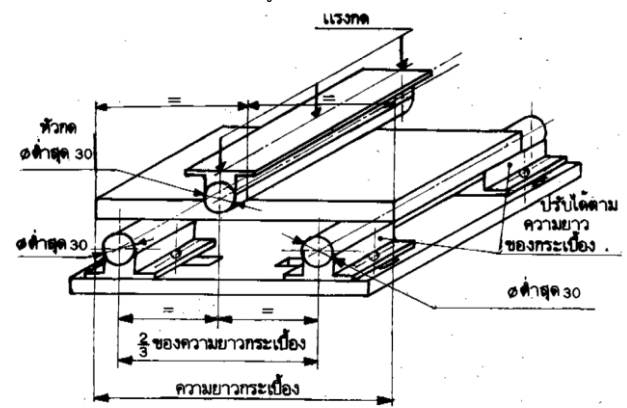
เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษอิฐมวลเบาซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้ง
จากกระบวนการก่อสร้าง มาใช้เป็นวัสดุทดแทนมวลรวมหยาบ (หิน) ในการ
ผลิตกระเบื้องปูพื้นคอนกรีต โดยมุ่งเน้นให้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถผ่านเกณฑ์
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 378-2531 การศึกษานี้ดำเนินการ
โดยการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของกระเบื้องในด้านการ

ต้านทานแรงดัดตามขวาง การดูดซึมน้ำ และน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ใน
สัดส่วนของการทดแทนหินด้วยเศษอิฐมวลเบาที่ระดับ 0%, 10%, 20%
และ 30% เพื่อตรวจสอบอัตราการแทนที่ที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถ
ตอบสนองต่อข้อกำหนดของมาตรฐาน

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 378-2531 ข้อกำหนดที่ออก
โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) เพื่อกำหนดคุณ
ลักษณะเฉพาะของกระเบื้องปูพื้นคอนกรีต กระเบื้องปูพื้นคอนกรีตตาม
มาตรฐาน มอก. 378-2531 ต้องมีคุณสมบัติการทดสอบค่ากำลังต้านทาน
แรงดัดตามขวางไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล (Mpa) หรือ 25 กิโลกรัมต่อ
ตารางเซนติเมตร (ksc.) และค่าการดูดซึมน้ำไม่เกิน 10% โดยน้ำหนัก [6].



รูปที่ 1 ตัวอย่างเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดัดตามมาตรฐาน มอก. 378-2531
(หน่วยเป็นมิลลิเมตร) [6]

วัสดุทดแทน (Alternative Materials Theory) เป็นแนวคิดที่มุ่งเน้น
การเลือกใช้วัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงหรือสามารถใช้งานแทนวัสดุ
ดั้งเดิมได้ โดยยังคงรักษาประสิทธิภาพและคุณภาพของงานก่อสร้างใน
ระดับที่ยอมรับได้ วัสดุทดแทนเหล่านี้อาจมาจากแหล่งวัสดุธรรมชาติที่มีอยู่
อย่างยั่งยืน วัสดุรีไซเคิล หรือวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต เช่น แก้ว
ลอย เศษอิฐ เศษกระเบื้อง หรือแม้กระทั่งขยะอุตสาหกรรมบางชนิด
แนวคิดนี้ตอบโต้ทั้งด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม โดยช่วยลดต้นทุน ลด
การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และลดผลกระทบจากของเสียที่ยากต่อการ
จัดการในระบบการก่อสร้างสมัยใหม่[7]. ในงานคอนกรีต วัสดุทดแทน
สามารถใช้แทนได้ทั้งในส่วนของมวลรวม (เช่น หิน ทราย) และวัสดุ
ประสาน (เช่น ปูนซีเมนต์บางส่วน) โดยต้องผ่านการทดสอบด้านคุณสมบัติ
เชิงกล เช่น ความแข็งแรง การดูดซึมน้ำ และความคงทน เพื่อให้มั่นใจว่า
วัสดุเหล่านั้นสามารถใช้งานได้จริงในงานวิศวกรรมโยธา[8].

การพัฒนาที่ยั่งยืนในงานวิศวกรรม (Sustainable Engineering)
เป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นให้การออกแบบ พัฒนา และดำเนินงานทางวิศวกรรม
เช่น การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ การลดของเสีย การใช้พลังงานอย่างมี
ประสิทธิภาพ และการเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม [9]. ส่วนงาน

วิศวกรรมโยธา แนวคิดนี้ถูกนำมาใช้ผ่านการใช้วัสดุเหลือทิ้งในการก่อสร้าง
แทนวัสดุธรรมชาติเพื่อลดการทำลายทรัพยากร

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hasan, Z. A. และคณะ [10] ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุ
เหลือทิ้งจากงานก่อสร้าง ได้แก่ เศษอิฐดินเผาและเศษบล็อกคอนกรีตมวล
เบา มาใช้เป็นวัสดุทดแทนมวลรวมละเอียดบางส่วนในการผลิตมอร์ตาร์
ซีเมนต์ โดยผสมเศษอิฐดินเผาในสัดส่วน 10%, 20%, 30% และ 40% ของ
มวลรวมละเอียด และผสมเศษบล็อกคอนกรีตมวลเบาในสัดส่วน 10%,
20% และ 30% รวมถึงการผสมแบบผสมผสานของวัสดุทั้งสองในสัดส่วนที่
ต่างกัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้วัสดุเหลือทิ้งมีผลต่อการไหล
ตัวของมอร์ตาร์ลดลง แต่ในทางกลับกัน การใช้เศษอิฐดินเผาช่วยเพิ่มกำลัง
อัดและกำลังดัดของมอร์ตาร์ได้อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่การใช้เศษบล็อก
มวลเบาไม่ผลต่อความหนาแน่นของมอร์ตาร์อย่างชัดเจน โดยผลการทดสอบ
ดำเนินการที่อายุ 7, 28 และ 360 วัน

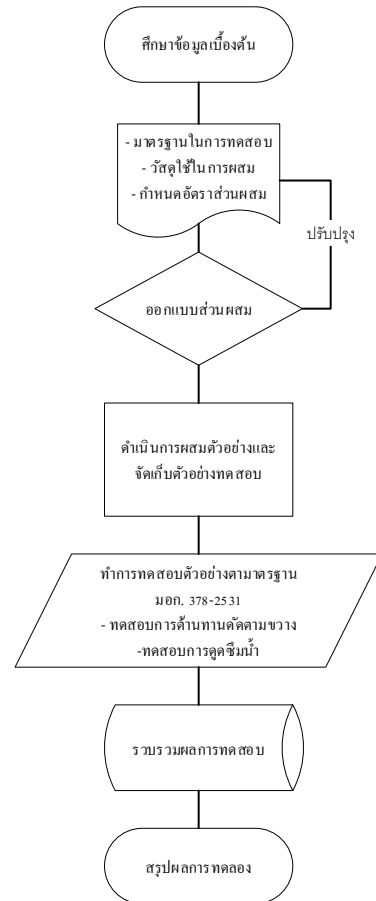
Nunung Martina และคณะ [11] ศึกษาเกี่ยวกับการใช้เศษวัสดุ
ก่อสร้างประเภทอิฐมวลเบาที่เหลือจากกระบวนการก่อสร้างมาเป็นวัสดุ
ทดแทนมวลรวมละเอียด (ทราย) ในคอนกรีต โดยมีจุดประสงค์เพื่อลด
ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการทำเหมืองทรายซึ่งนำไปสู่การพังทลาย
ของหน้าดินและการเกิดดินถล่ม อีกทั้งยังช่วยจัดการปัญหาขยะจากเศษอิฐ
มวลเบาอย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตยึดตาม
มาตรฐาน SNI 03-2834-2002 โดยมีการแทนที่ทรายด้วยเศษอิฐมวลเบา
ในสัดส่วน 0%, 10%, 20% และ 30% และทำการทดสอบกำลังอัดของ
คอนกรีตที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน ผลการทดลองพบว่า อัตราการแทนที่
10% ให้ค่ากำลังอัดสูงสุดที่ 24.45 MPa ขณะที่ 30% ให้ค่าน้อยที่สุดที่
18.03 MPa และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายแสดงให้เห็นว่า
การใช้เศษอิฐมวลเบาไม่ผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตอายุ 28 วันถึง 64.8%
โดยสามารถเขียนเป็นสมการเชิงเส้นได้ว่า $Y = 24.3 - 0.170x$ ซึ่งแสดงถึง
แนวโน้มที่ค่ากำลังอัดลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเศษอิฐมวลเบาในส่วนผสม

Passos และคณะ [12] จากแนวโน้มการใช้วัสดุรีไซเคิลในงานก่อสร้าง
งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้เศษบล็อกเซรามิกเป็นวัสดุทดแทนมวลรวมหยาบ
ในคอนกรีต โดยเปรียบเทียบกับสมรรถนะกับคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบ
ธรรมชาติ (บะซอลต์) ที่ระดับการแทนที่ 40% และ 100% การประเมิน
ครอบคลุมกำลังอัดแกนตรง โมดูลัสยืดหยุ่น และความแข็งแรงหลงเหลือ
หลังเผชิญอุณหภูมิสูง โดยใช้วิธี RILEM-129 MHT รวมถึงการประเมิน
แนวโน้มการแตกกระจาย (spalling) ตามแนวทางของ Souza และ
Moreno ผลการทดลองพบว่าการใช้เศษบล็อกเซรามิกสามารถเพิ่มความ
ทนไฟของคอนกรีตได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของวัสดุ

ทางเลือกนี้ในการใช้งานจริง โดยเฉพาะในบริบทของความปลอดภัยจากไฟ
ไหม้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง.

4. ขั้นตอนการศึกษาและวิธีการศึกษา

4.1 ขั้นตอนการศึกษา



รูปที่ 2 ผังแสดงขั้นตอนการศึกษาในงานวิจัย

4.2 วิธีการศึกษา

4.2.1 มาตรฐานในการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
มอก. 378-25310 ทำการทดสอบใน 2 การทดสอบ คือ 1.) การทดสอบค่า
กำลังต้านทานแรงดัดตามขวาง โดยให้ทำการทดสอบวัสดุตามมาตรฐาน
การติดตั้งวัสดุทดสอบดังในแสดงไว้ในรูปที่ 1 2.) การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ
โดยน้ำหนัก

4.2.2 กำหนดอัตราส่วนผสมที่อัตราส่วนการทดแทนหินด้วยเศษอิฐ
มวลเบา 0%, 10%, 20% และ 30% ของน้ำหนักหิน

4.2.3 ออกแบบส่วนผสมในการทดลอง

โดยจะทำการออกแบบส่วนผสมโดยใช้หน่วยน้ำหนักของวัสดุผสมที่
ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ทราย 2 ส่วน และหิน 3 ส่วน และทำการทดแทนหิน

ด้วยเศษอิฐมวลเบาที่ 0%, 10%, 20% และ 30% ของน้ำหนักหิน โดยที่ใช้น้ำเป็นส่วนผสมคงที่ 0.4 ส่วน (W/C = 0.714) ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุพอัตราส่วนผสมของเศษอิฐมวลเบาเป็นส่วนผสมทดแทนมวลรวมหยาบในกระเบื้องปูพื้นคอนกรีต

ส่วนผสม	ซีเมนต์ (kg)	ทราย (kg)	หิน (kg)	มวลเบา (kg)	น้ำ (ml)
CF100	0.560	1.160	1.740	0	400
CF091	0.560	1.160	1.566	0.072	400
CF082	0.560	1.160	1.392	0.144	400
CF073	0.560	1.160	1.218	0.216	400

4.2.4 ดำเนินการผสมส่วนผสมและจัดเก็บตัวอย่างทดสอบ

ในการผสมส่วนผสมดำเนินการผสมตัวอย่างทดสอบด้วยเครื่องไม้ออนกรีตไฟฟ้าในอัตรารอบคงที่ เป็นระยะเวลา 5 – 10 นาที โดยที่ดำเนินการผสมในคร่าวเดียว หลังจากนั้นนำมาเข้าแบ่งออกให้มีปริมาณใกล้เคียงกันก่อนนำไปเข้าแบบหล่อ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 นำส่วนผสมที่ออกแบบแล้วลงในแบบหล่อคอนกรีต

การจัดเก็บตัวอย่างทดสอบจะทำการนำตัวอย่างที่ต้องการออกจากแบบหล่อหลังจากทำการเทลงใส่แบบหล่อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยที่หลังจากนั้นจะทำการคลุมด้วยถุงพลาสติกปิดแน่นเพื่อเป็นการบ่มคอนกรีต โดยทำการจัดเก็บภายในห้องสภาพอุณหภูมิปกติและไม่ทำการเคลื่อนย้ายใดๆเป็นระยะเวลา 28 วัน ก่อนนำไปทดสอบ

4.2.5 ทำการทดสอบตาม มอก. 378-2531 [6] ที่ระยะเวลาหลังจากหล่อขึ้นตัวอย่างทดสอบ ไม่น้อยกว่า 28 วัน

1.) การทดสอบค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวางตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ระบุว่าต้องมีกำลังต้านทานแรงดัดตามขวางไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล (Mpa) หรือ 25 ksc. โดยในการทดสอบต้องนำตัวอย่างวัสดุไปแช่ลงในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากจากนั้นทำการชั่งน้ำให้แห้งและวาง

ตัวอย่างไว้บนเครื่องทดสอบให้มีระยะตามที่กำหนดตามมาตรฐานดังแสดงในรูปที่ 2 หลังจากนั้นให้บันทึกผลที่ได้นำมาคำนวณในสูตร

$$\frac{3Pl}{2bt^2} = f \quad (1)$$

f คือ ความต้านทานแรงดัดตามขวาง (เมกะพาสคัล ,Mpa)

P คือ แรงกดที่ทำให้กระเบื้องตัวอย่างแตกหัก (นิวตัน ,N)

l คือ ระยะห่างระหว่างที่รองรับ (มิลลิเมตร ,mm)

L คือ ความยาวของกระเบื้องตัวอย่าง (มิลลิเมตร ,mm)

b คือ ความกว้างของกระเบื้องตัวอย่าง (มิลลิเมตร ,mm)

t คือ ความหนาของกระเบื้องตัวอย่าง (มิลลิเมตร ,mm)



รูปที่ 4 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดตามขวางด้วยเครื่อง UTM

2.) การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ระบุว่าต้องมีการดูดซึมน้ำของกระเบื้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยทำการทดสอบแช่ตัวอย่างวัสดุเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นชั่งผิวภายนอกให้แห้ง หลังจากนั้นทำการชั่งตัวอย่าง จากนั้นนำมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 65 องศา

เซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิแล้ว
นำไปชั่ง หลังจากนั้นให้บันทึกผลที่ได้นำมาคำนวณในสูตร

$$\frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad (2)$$

M₁ คือ น้ำหนักหลังจากอบตัวอย่างเป็นระยะ 24 ชั่วโมง

M₂ คือ น้ำหนักแช่ตัวอย่างเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 5 ทดสอบค่าการดูดซึมน้ำตามมาตรฐานแช่น้ำระยะเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 6 ทดสอบค่าการดูดซึมน้ำตามมาตรฐานอบเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

4.2.5 ทำการรวบรวมข้อมูลการทดสอบ

โดยทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้ นำมาจากการบันทึกผล และนำมา
เปรียบเทียบผลการทดสอบ วิเคราะห์ผลที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติตามมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 378-2531

4.2.6 สรุปผลการทดสอบ

ในการสรุปผลการทดสอบอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาสนับสนุน
ข้อสรุป เพื่อนำไปสู่ข้อเสนอแนะของงานวิจัย

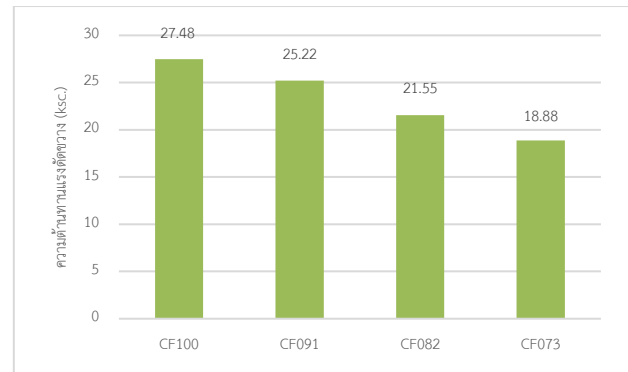
5. ผลการศึกษา

จากการดำเนินงานวิจัยกระเบื้องปูพื้นคอนกรีตตามมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 378-2531) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำ เศษ
อิฐมวลเบา ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากงานก่อสร้าง มาใช้เป็นส่วนผสมทดแทน

มวลรวมหยาบ(หิน) ในกระเบื้องปูพื้นคอนกรีต ผลจากการศึกษาและ
ทดลองสามารถสรุปสาระสำคัญของโครงการได้ดังนี้

5.1 การทดสอบค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวางตามมาตรฐาน

จากการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 378-2531 ที่ตัวอย่างการ
ทดสอบหลังจากการเก็บเป็นระยะเวลา 28 วัน



รูปที่ 7 ทดสอบค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวางตามมาตรฐาน ที่ 28 วัน

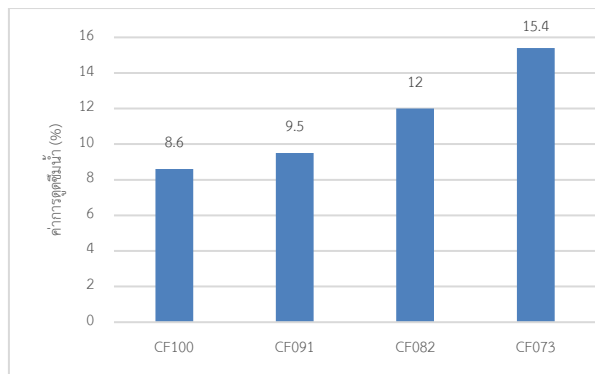
จากการศึกษาการใช้เศษอิฐมวลเบาเป็นวัสดุทดแทนมวลรวมหยาบใน
กระเบื้องปูพื้นคอนกรีต โดยมีอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ : หิน : เศษ
อิฐมวลเบา ได้แก่ CF100 (ควบคุม), CF091 , CF082 และ CF073 โดยมี
การทดแทนหินด้วยเศษอิฐมวลเบาที่ 0%, 10%, 20% และ 30% ของ
น้ำหนักหินตามลำดับ พบว่า ค่ากำลังรับแรงดัดตามขวาง ตัวอย่างที่ไม่มีเศษ
อิฐมวลเบาเลย CF100 (0%) มีค่ากำลังเฉลี่ยสูงสุดที่ 27.01 กิโลกรัมต่อ
ตารางเซนติเมตร (ksc.) ขณะที่ตัวอย่างที่มีการทดแทนหินด้วยเศษอิฐมวล
เบาในอัตรา 10% (CF091) มีค่าเฉลี่ยลดลงเล็กน้อยเป็น 25.22 กิโลกรัมต่อ
ตารางเซนติเมตร (ksc.) ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตาม มอก. 378-2531
ที่กำหนดไว้ว่าต้องไม่น้อยกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ksc.)

อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มอัตราส่วนการทดแทนเป็น 20% (CF082) และ
30% (CF073) ค่ากำลังรับแรงดัดเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญเป็น 21.55
และ 18.88 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ksc.) ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์
มาตรฐาน ทั้งนี้ สะท้อนให้เห็นว่าแม้เศษอิฐมวลเบาจะสามารถใช้ทดแทน

หินได้บางส่วน แต่ควรจำกัดอัตราส่วนไม่เกิน 10% โดยน้ำหนักของหิน เพื่อไม่ให้คุณสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ลดลงต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด.

5.2 การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน

จากการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 378-2531 ที่ตัวอย่างการทดสอบหลังจากการเก็บเป็นระยะเวลา 28 วัน



รูปที่ 8 ทดสอบค่าการดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน ที่ 28 วัน

จากการทดสอบดูดซึมน้ำของกระเบื้องปูพื้นคอนกรีตที่ใช้เศษอิฐมวลเบาทดแทนมวลรวมหยาบ พบว่า เมื่ออัตราส่วนของเศษอิฐมวลเบาเพิ่มขึ้น น้ำหนักของตัวอย่างกระเบื้องจะลดลง ขณะที่ค่าการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ในการทดสอบที่ 24 ชั่วโมง สำหรับกลุ่มควบคุม CF100 (0%) พบว่าค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 8.6% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และ CF091 (10%) ที่ค่า 9.5% แม้ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่เริ่มแสดงแนวโน้มความพรุนที่สูงขึ้น ที่อัตราส่วนที่ CF082 (20%) อยู่ที่ 12.0% ที่ 24 ชั่วโมง ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยสอดคล้องกับน้ำหนักตัวอย่างที่ลดลงมากขึ้น แสดงถึงการเพิ่มช่องว่างในเนื้อวัสดุ และสุดท้ายที่อัตราส่วน CF0730 มีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุดคือ 15.4% ที่ 24 ชั่วโมง ซึ่งบ่งชี้ถึงการมีโพรงอากาศมากในเนื้อคอนกรีต ส่งผลต่อความสามารถในการทนต่อความชื้นและอาจส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของวัสดุ โดยสรุป ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การใช้เศษอิฐมวลเบาทดแทนมวลรวมหยาบในอัตราส่วน ไม่เกิน 10% ยังให้ค่าการดูดซึมน้ำที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และสามารถนำมาใช้งานได้จริง ขณะที่การใช้ในสัดส่วนที่สูงกว่า 20% ขึ้นไป ส่งผลให้คุณสมบัติการดูดซึมน้ำลดลงต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งอาจไม่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นกระเบื้องปูพื้นคอนกรีตในพื้นที่ที่มีความชื้นหรือสัมผัสน้ำบ่อยครั้ง.

6. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เศษอิฐมวลเบาเป็นส่วนผสมทดแทนมวลรวมหยาบ (หิน) ในกระเบื้องปูพื้นคอนกรีต โดยปฏิบัติตามมาตรฐาน มอก. 378-2531 อัตราส่วนการทดแทนที่ใช้คือ 0%, 10%, 20%, และ 30% ของน้ำหนักหิน ผลการทดลองพบว่า การใช้เศษอิฐมวลเบาในอัตราส่วนไม่เกิน 10% สามารถผลิตกระเบื้องปูพื้นคอนกรีตที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ โดยมีค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวางอยู่ที่ 25.22 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ksc.) และค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ 9.5% ซึ่งไม่

เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตาม การใช้เศษอิฐมวลเบาในอัตราส่วนที่สูงกว่า 20% ส่งผลให้ค่ากำลังต้านทานแรงดัดและค่าการดูดซึมน้ำลดลงต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งอาจไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในพื้นที่ที่มีความชื้นหรือสัมผัสน้ำบ่อยครั้ง

การวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดในการใช้วัสดุเหลือใช้ในการก่อสร้างเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่นเดียวกับการใช้เศษอิฐดินเผาและเศษคอนกรีตอัดอากาศในงานวิจัยอื่นๆ ที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถใช้เป็นวัสดุทดแทนได้[10,13]. นอกจากนี้ การใช้เศษวัสดุเหลือใช้ในการผลิตคอนกรีตยังช่วยลดการขาดแคลนวัสดุธรรมชาติและลดต้นทุนการผลิต[14].

ข้อเสนอแนะ

1. การปรับปรุงคุณสมบัติของเศษอิฐมวลเบา: ควรพิจารณาการปรับปรุงคุณสมบัติของเศษอิฐมวลเบา เช่น การลดการดูดซึมน้ำและการเพิ่มความแข็งแรง เพื่อให้สามารถใช้ในอัตราส่วนที่สูงขึ้นได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของกระเบื้องปูพื้นคอนกรีต[10].
2. การประยุกต์ใช้ในงานอื่นๆ: ควรศึกษาการใช้เศษอิฐมวลเบาในงานอื่นๆ เช่น การผลิตคอนกรีตอัดแรงหรือคอนกรีตสำหรับงานโครงสร้างอื่นๆ เพื่อเพิ่มความหลากหลายในการใช้งาน[15].
3. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต: ควรพัฒนากระบวนการผลิตกระเบื้องปูพื้นคอนกรีตที่ใช้เศษอิฐมวลเบาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาด.[16]
4. การวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้: ควรดำเนินการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้วัสดุเหลือใช้อื่นๆ เช่น เศษยางมะตอยหรือเศษวัสดุอื่นๆ ในการผลิตกระเบื้องปูพื้นคอนกรีต เพื่อเพิ่มความหลากหลายและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม[15].
5. การสร้างมาตรฐานการใช้วัสดุเหลือใช้: ควรพิจารณาการสร้างมาตรฐานการใช้วัสดุเหลือใช้ในการก่อสร้างเพื่อให้มั่นใจในคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์สุดท้าย [14].

การนำเศษอิฐมวลเบามาใช้เป็นส่วนผสมทดแทนมวลรวมหยาบในกระเบื้องปูพื้นคอนกรีตไม่เพียงแต่ช่วยลดการสะสมของวัสดุเหลือใช้เท่านั้น แต่ยังช่วยลดการขาดแคลนวัสดุธรรมชาติและลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย การศึกษานี้เป็นขั้นตอนสำคัญในการพัฒนาวัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและยั่งยืนในอนาคต.

เอกสารอ้างอิง

- [1] Budsang, S., Chinda, T., & Poolsawad, N. (2022). *Life cycle costing and prediction of construction and demolition waste: a detached house of Bangkok*, Doctoral dissertation, Thammasat University, Thailand
- [2] Kofoworola, O. F., & Gheewala, S. H. (2009). Estimation of construction waste generation and management in Thailand. *Waste management*, 29(2), pp 731-738.
- [3] Meesad, S., Rodsrida, C., & Srivichai, P. (2023). Utilization of Waste-Activated Sludge as A Substitute in Fired Clay Brick Production. *Burapha Science Journal*, pp 1491-1503.

- [4] Manowong, E., & Brockmann, C. (2015). Construction waste management in newly industrialized countries. *In W107-Special Track 18th CIB World Building Congress May 2010 Salford, United Kingdom* pp. 12.
- [5] Kittiwarat, S., & Lertwattanaruk, P. (2012). การจัดการเพื่อลดเศษวัสดุก่อสร้างในงานสถาปัตยกรรมของบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies (JARS)*, ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 , หน้า 81-94.
- [6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2531). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 378-2531 กระเบื้องปูพื้นคอนกรีต*. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [7] Siddique, R. (2007). *Waste materials and by-products in concrete*. Springer Science & Business Media.
- [8] Torgal, F. P., & Jalali, S. (2011). *Eco-efficient construction and building materials*. Springer Science & Business Media.
- [9] Mihelcic, J. R., & Zimmerman, J. B. (2021). *Environmental engineering: Fundamentals, sustainability, design*. John Wiley & sons.
- [10] Hasan, Z. A., Jumaa, N. H., Kubba, H. Z., & Abdulridha, S. Q. (2022). Utilization of waste clay bricks and waste lightweight concrete blocks as fine aggregates for the preparation of mortar. *International Review of Civil Engineering (IRECE)*, 13(3), pp 172.
- [11] Martina, N., Bakti, R. N., Hasan, M. F. R., Agung, P. A. M., & Setiawan, Y. (2022). Compressive strength of concrete using lightweight brick waste as the substitute for fine aggregate. *GEOMATE Journal*, 23(98), pp 189-196.
- [12] Passos, L., Moreno Jr, A. L., & Souza, A. A. A. (2020). Lightweight concrete with coarse aggregate from ceramic waste at high temperatures. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 13, pp 433-454.
- [13] Mahmmod, L. M. R., Dulaimi, A., Bernardo, L. F. A., & Andrade, J. M. D. A. (2024). Characteristics of Lightweight Concrete Fabricated with Different Types of Strengthened Lightweight Aggregates. *Journal of Composites Science*, 8(4), pp 144.
- [14] Lederle, R., Selin, E., Gross, L., & Abdimuhsin, M. (2023). *Effect of Low and Moderate Recycled Concrete Aggregate Replacement Levels on Concrete Properties* (No. NRR202305). Minnesota. Department of Transportation. Office of Research & Innovation.
- [15] Deepanya, W., & Suweero, K. (2020). การใช้ประโยชน์จากเศษถนนยางมะตอยเก่าสำหรับผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น. *Frontiers in Engineering Innovation Research*, ปีที่18 ฉบับที่ 1, หน้า 23-32.
- [16] Khamput, P., & Somna, K. . (2024). Flooring Blocks for Drying Agricultural Products by using Quarry Rock as Aggregate with Coarse Bagasse Ash Partially Replace Quarry Rock and Fine Bagasse Ash Partially Replace Cement. *Frontiers in Engineering Innovation Research*, 22(1), pp 93-102.