



การพัฒนาอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวลเพื่อใช้เป็นวัสดุฉนวนกันความร้อน

DEVELOPMENT OF INTERLOCKING BLOCK BLENDED WITH BIOMASS ASH FOR USING AS A INSULATING MATERIAL

กิตติชาติ เป่าพงษ์ไพบูลย์^{1*} กรกนก บุญเสริม² วีระ หอสกุลไท³ และปริญญ์า จินดาประเสริฐ⁴

¹อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

²อาจารย์ สาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

³รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

⁴ศาสตราจารย์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสมบัติทางกลและสมบัติด้านการนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวล โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินทรายต่อดินลูกรังเท่ากับ 1:5.8:1.6 ทำการแทนที่ดินทรายด้วยเถ้าชีวมวลในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนักของดินทราย ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด หน่วยน้ำหนัก การดูดกลืนน้ำ และการนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวลที่อายุ 28 วัน จากผลการทดสอบพบว่า การเพิ่มปริมาณของเถ้าชีวมวลจะทำให้อิฐบล็อกประสานมีค่ากำลังรับแรงอัด หน่วยน้ำหนัก และค่าการนำความร้อนลดลง ส่วนค่าการดูดกลืนน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้น อิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวลทุกอัตราส่วนผสมสามารถนำไปใช้งานได้เช่นเดียวกับอิฐบล็อกประสานทางการค้าโดยผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน 602/2547 นอกจากนี้ อิฐบล็อกประสานที่สังเคราะห์ขึ้นมีค่าการนำความร้อนต่ำซึ่งเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นผนังกันความร้อนในอาคารได้

คำสำคัญ: อิฐบล็อกประสาน, เถ้าชีวมวล, สมบัติทางกล, การนำความร้อน

ABSTRACT

This research studied the mechanical properties and thermal conductivity of the interlocking block containing biomass ash. Portland cement to sandy soil and to laterite soil ratio of 1: 5.8: 1.6 with the replacement levels of sandy soil with biomass ash of 0, 20, 40 and 60 % by weight of sandy soil were used in this study. The specimens at the age of 28 days were tested for compressive

Kittichat Paopongpaiboon^{1*} Kornkanok Boonserm² Veera Horsakulthai³ and Prinya Chindaprasirt⁴

¹ Lecturer, Department of Civil Engineering Technology and Architecture, Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University

² Lecturer, Department of Applied Chemistry, Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology

³ Associate Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University

⁴ Professor, Sustainable Infrastructure Development and Research Center, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University

strength, unit weight, water absorption and thermal conductivity. The test results showed that the increasing of biomass ash resulted in the decreasing of compressive strength, unit weight, and thermal conductivity and the increasing of water absorption. All of these specimens passed the standard requirement as per Thai Industrial Standard 602/2547 for non-load bearing type of interlocking block and thus can be used as the commercial interlocking block. Moreover, these interlocking blocks had low thermal conductivity values which are suitable for use as the internal wall for the building insulation.

KEYWORDS: Interlocking block, Biomass ash, Mechanical properties, Thermal conductivity

1. บทนำ

จากสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย พบว่าในปี พ.ศ. 2560 ประชาชนมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงถึง 185,130 ล้าน กิโลวัตต์ชั่วโมง (Gwh) ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2550 ที่มีการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 139,455 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง (Gwh) คิดเป็นร้อยละ 32.75 [1] ผลพวงจากความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้โรงไฟฟ้าชีวมวลเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากและขยายวงกว้างทั่วทั้งประเทศ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้แก่ แกลบ ฟางข้าว ไม้ ชานอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง กากไผ่ปล้ำมัน กะลามะพร้าว และขี้ข้าวโพด เป็นต้น ถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ก่อให้เกิดก๊าซชีวมวลซึ่งเป็นของเสียเหลือทิ้งที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ในพื้นที่บางแห่งได้มีการนำก๊าซชีวมวลไปกองทิ้งตามพื้นที่ว่างในชุมชน ก่อให้เกิดเป็นภาพที่ไม่สวยงามและเป็นที่น่ารังเกียจของผู้พบเห็น นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมเนื่องจากก๊าซชีวมวลจะเกิดการฟุ้งกระจายในอากาศ และเมื่อถูกน้ำฝนชะล้างจะทำให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้ [2]

สาเหตุหลักของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการขยายตัวของเศรษฐกิจและจากสภาพอากาศที่ร้อนขึ้น ทำให้อาคารบ้านเรือนส่วนใหญ่นิยมติดเครื่องปรับอากาศเป็นจำนวนมาก แนวทางหนึ่งในการช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าคือการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารและบ้านพักอาศัย โดยผนังอาคารเป็นโครงสร้างสำคัญที่นำความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ซึ่งอิฐบล็อกประสานเป็นวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่มีความนิยมในการนำมาใช้เป็นผนังอาคาร เนื่องจากมีสีสวยงามตามธรรมชาติโดยไม่ต้องทาสี ไม่ต้องฉาบปูน นอกจากนี้ในอิฐบล็อกประสานมีรูช่องและเดือยทำให้เกิดระบบที่ล็อกกันในตัวอิฐบล็อกประสาน ทำให้ง่ายในการก่อสร้างทั้งนี้การพัฒนาให้วัสดุที่ใช้ก่อผนังมีค่าการนำความร้อนต่ำเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในตัวอาคารได้ ส่งผลให้ค่าไฟฟ้าจากการเปิดเครื่องปรับอากาศลดลง

จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเส้นใยจากวัสดุธรรมชาติและเส้นใยชนิดต่างๆ ถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อลดค่าการนำความร้อนของผนังอาคาร โดยงานวิจัยของ Khedari และคณะ [3] ได้ศึกษาการนำเส้นใยมะพร้าวมาผสมในอิฐบล็อกประสานทำให้สามารถลดค่าการนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานได้ ในงานวิจัยของ Nankongnab และคณะ [4] ได้ใช้ฟางข้าวมาเป็นส่วนผสมในอิฐบล็อกดินซีเมนต์ พบว่าค่าการนำความร้อนของอิฐบล็อกดินซีเมนต์จะลดลงตามปริมาณส่วนผสมของฟางข้าวที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากฟางข้าวมีเซลล์ลูโลสเป็นองค์ประกอบซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี ในงานวิจัยของ Chatveera และคณะ [5] พบว่าเมื่อใช้เส้นใยชานอ้อยแทนที่หินฝุ่นผสมในคอนกรีตบล็อกจะทำให้ค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกลดลง เนื่องจากคอนกรีตบล็อกมีค่าความพรุนเพิ่มขึ้นจากการผสมเส้นใยชานอ้อย ในงานวิจัยของ Kroehong และคณะ [6] ได้มีการนำถั่วลยมาแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนเพื่อผลิตเป็นคอนกรีตบล็อก พบว่าค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกลดลง เนื่องจากการนำถั่วลยมาผสมในคอนกรีตบล็อกจะทำให้คอนกรีตบล็อกมีความพรุนเพิ่มขึ้น และจากงานวิจัยของ Deepanya และคณะ [7] พบว่าการใช้ถั่ว

กะลามะพร้าวมาแทนที่หินฝุ่นในคอนกรีตบล็อกจะทำให้วัสดุมีค่าการนำความร้อนลดลง เนื่องจากเปลือกมะพร้าวเป็นวัสดุที่มีความพรุนสูง จึงสามารถกักความร้อนได้ดี

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำเถ้าชีวมวลเหลือทิ้งจากโรงไฟฟ้าชีวมวลมาเป็นวัสดุแทนที่หินทรายบางส่วนในส่วนผสมของอิฐบล็อกประสาน และนำวัสดุมาทดสอบสมบัติทางกลและค่าการนำความร้อนเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกประสานทางการค้าที่ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน 602/2547 [8] ผลที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยนี้นอกจากจะสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้แล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดจากโรงไฟฟ้าชีวมวล ลดปัญหาด้านมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากเถ้าชีวมวลเหลือทิ้ง ทำให้อิฐบล็อกประสานมีน้ำหนักเบาขึ้น และช่วยเพิ่มคุณสมบัติด้านการเป็นฉนวนกักความร้อนของอิฐบล็อกประสาน ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับอิฐบล็อกประสานทำให้สามารถแข่งขันกับอิฐก่อผนังประเภทอื่นได้ดียิ่งขึ้น

2. วัสดุและวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.15-2547 มีความถ่วงจำเพาะ 3.15 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีหลักคือ CaO ร้อยละ 66.73 และ SiO_2 ร้อยละ 20.12 ดังแสดงในตารางที่ 1

2.1.2 เถ้าชีวมวล จากโรงไฟฟ้าชีวมวลปราสาท อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ ของบริษัท แอ็คควานซ์ อะโกร เพาเวอร์ แพลนท์ จำกัด ที่ใช้ไม้กระถิน ไม้ยาง แกลบ ฟางข้าว และใบอ้อย เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยจะนำเถ้าชีวมวลมาร้อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 30 ดังแสดงในรูปที่ 1 เถ้าชีวมวลมีความถ่วงจำเพาะ 2.19 เถ้าชีวมวลมีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีหลักคือ CaO ร้อยละ 50.12 และ SiO_2 ร้อยละ 12.37 มีผลรวมของปริมาณ $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ร้อยละ 25.69 ซึ่งไม่อยู่ในเกณฑ์วัสดุปอซโซลานตามมาตรฐาน ASTM C 618 Class N [9] แต่เถ้าชีวมวลมีปริมาณของ CaO สูง จึงทำให้มีศักยภาพเป็นวัสดุประสานได้ [10] ดังแสดงในตารางที่ 1 การกระจายขนาดผลของอนุภาคเถ้าชีวมวลมีค่ามัธยฐาน (d_{50}) เท่ากับ $82\text{ }\mu\text{m}$ ดังแสดงในรูปที่ 2 เถ้าชีวมวลมีลักษณะรูปร่างอนุภาคไม่แน่นอน ผิวขรุขระ และมีรูพรุน ดังแสดงในรูปที่ 3(ก)

2.1.3 ดินทราย จากอำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ นำมาร้อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 ดังแสดงในรูปที่ 1 มีความถ่วงจำเพาะ 2.63 เป็นดินที่ไม่มีความเหนียว (Non-Plastic) ดินทรายมีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีหลักคือ SiO_2 ร้อยละ 90.14 และ Fe_2O_3 ร้อยละ 5.89 ดังแสดงในตารางที่ 1 การกระจายขนาดผลของอนุภาคดินทรายมีค่ามัธยฐาน (d_{50}) เท่ากับ $160.11\text{ }\mu\text{m}$ ดังแสดงในรูปที่ 2 ดินทรายมีลักษณะรูปร่างอนุภาคไม่แน่นอน ผิวค่อนข้างเรียบ ดังแสดงในรูปที่ 3(ข)

2.1.4 ดินลูกรัง จากจังหวัดระยอง นำมาร้อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 ดังแสดงในรูปที่ 1 มีความถ่วงจำเพาะ 2.70 มีค่าพิกต์เหลว (Liquid Limit) ร้อยละ 30.07 พิกต์พลาสติก (Plastic Limit) ร้อยละ 19.72 ดัชนีสภาพพลาสติก (Plasticity Index) ร้อยละ 10.35 ดินลูกรังมีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีหลักคือ Fe_2O_3 ร้อยละ 44.85 และ SiO_2 ร้อยละ 32.31 ดังแสดงในตารางที่ 1 การกระจายขนาดผลของอนุภาคดินลูกรังมีค่ามัธยฐาน (d_{50}) เท่ากับ $106\text{ }\mu\text{m}$ ดังแสดงในรูปที่ 2 ดินลูกรังมีลักษณะรูปร่างอนุภาคไม่แน่นอน ผิวค่อนข้างเรียบ ดังแสดงในรูปที่ 3(ค)

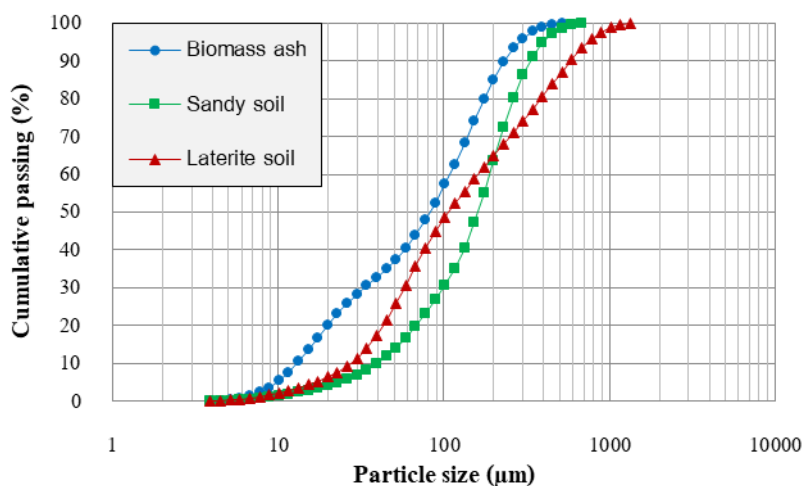
2.1.5 น้ำประปา จากจังหวัดสุรินทร์

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ เถ้าชีวมวล ดินทรายและดินลูกรังด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence

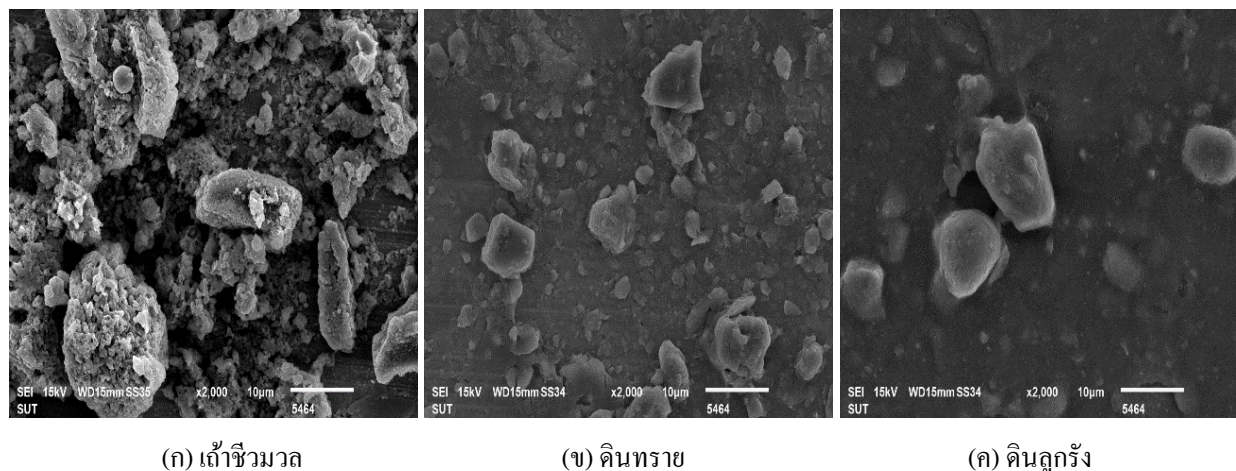
องค์ประกอบทางเคมี	ปูนซีเมนต์	เถ้าชีวมวล	ดินทราย	ดินลูกรัง
SiO ₂ (%)	20.12	12.37	90.14	32.31
Al ₂ O ₃ (%)	5.22	1.34	Not detected	16.12
Fe ₂ O ₃ (%)	3.26	11.98	5.89	44.85
CaO (%)	66.73	50.12	1.09	0.36
TiO ₂ (%)	0.23	1.01	1.34	5.08
MnO ₂ (%)	0.01	5.07	Not detected	0.38
K ₂ O (%)	0.44	9.72	Not detected	0.34
SO ₃ (%)	2.30	1.92	Not detected	Not detected
LOI (%)	2.10	1.09	0.08	0.86



รูปที่ 1 เถ้าชีวมวล ดินทรายและดินลูกรัง



รูปที่ 2 การกระจายขนาดคละของอนุภาคเถ้าชีวมวล ดินทราย และดินลูกรังด้วยเครื่อง Laser Diffraction Particle Size Analyzer



รูปที่ 3 ลักษณะรูปร่างอนุภาคของเถ้าชีวมวล ดินทราย และดินลูกรังจากการถ่ายภาพด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope

2.2 อัตราส่วนผสม

ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินทรายต่อดินลูกรังเท่ากับ 1:5.8:1.6 โดยน้ำหนัก (เป็นอัตราส่วนผสมของโรงงานในอำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์) ที่ทำให้อิฐบล็อกประสานมีสีสวยงามและมีกำลังรับแรงอัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน) จากนั้นแทนที่ทรายด้วยเถ้าชีวมวลในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนักของดินทราย โดยปริมาณน้ำที่ใช้ผสมจะเปลี่ยนไปตามปริมาณการใช้เถ้าชีวมวลเพื่อให้อิฐบล็อกประสานสามารถขึ้นรูปได้ โดยอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.54-0.69 โดยตัวอย่างควบคุม (ไม่มีเถ้าชีวมวล) แทนด้วยสัญลักษณ์ CSB00 ส่วนตัวอย่างที่มีการแทนที่ทรายด้วยเถ้าชีวมวลในอัตราส่วนร้อยละ 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนักของดินทราย แทนด้วยสัญลักษณ์ CSB20, CSB40 และ CSB60 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวล (โดยน้ำหนัก)

ส่วนผสม	อัตราส่วนร้อยละ การแทนที่	อัตราส่วนผสม (โดยน้ำหนัก)				
		ปูนซีเมนต์	ดินทราย	เถ้าชีวมวล	ดินลูกรัง	น้ำ
CSB00 (ควบคุม)	0	1.00	5.80	0.00	1.60	0.54
CSB20	20	1.00	4.64	1.16	1.60	0.58
CSB40	40	1.00	3.48	2.32	1.60	0.63
CSB60	60	1.00	2.32	3.48	1.60	0.69

2.3 การผสมตัวอย่าง

ผสมปูนซีเมนต์ ดินทราย ดินลูกรัง และเถ้าชีวมวลให้เข้ากันในเครื่องผสมแบบกระเทาะตามอัตราส่วนผสมในตารางที่ 2 จากนั้นค่อยๆเติมน้ำลงในเครื่องผสม เมื่อส่วนผสมเข้ากันดีจากนั้นจะนำวัสดุส่วนผสมลงในเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบ

ไฮดรอลิก ดังแสดงในรูปที่ 4 เมื่ออัดอิฐบล็อกประสานเสร็จแล้ว นำอิฐบล็อกประสานมาไว้ในที่ร่มเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้ว บ่มอิฐบล็อกประสานโดยรดน้ำวันละ 1 ครั้ง จนอายุครบ 28 วัน



รูปที่ 4 การผลิตอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวล

2.4 การทดสอบกำลังรับแรงอัด หน่วยน้ำหนัก และการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสาน

การทดสอบนี้ใช้อิฐบล็อกประสานขนาด 12.5 x 25 x 10 ซม. (กว้างxยาวxสูง) ดังแสดงในรูปที่ 5 ทำการทดสอบอิฐบล็อกประสานที่อายุ 28 วัน การทดสอบหน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสาน นำอิฐบล็อกประสานเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักและวัดขนาดเพื่อหาหน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสาน ส่วนการทดสอบกำลังรับแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 [11]



รูปที่ 5 อิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวล

2.5 การทดสอบค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity) ของอิฐบล็อกประสาน

การทดสอบนี้ใช้อิฐบล็อกประสานขนาด 12.5 x 25 x 10 ซม. (กว้างxยาวxสูง) ทำการทดสอบอิฐบล็อกประสานที่อายุ 28 วัน โดยใช้เครื่องวัดค่าการนำความร้อนรุ่น ISOMET 2114 (Applied Precision Ltd.) ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยวางหัววัดของเครื่องทดสอบบนผิวบล็อกประสานใช้ระยะเวลาทดสอบครั้งละประมาณ 30-40 นาที เครื่องจะแสดงค่าการนำความร้อนในหน่วยวัตต์ต่อเมตร-เคลวิน (W/m.K)

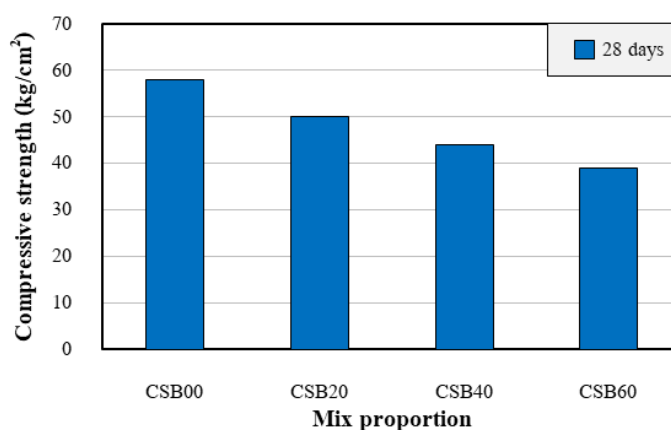


รูปที่ 6 การทดสอบค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity) ของอิฐบล็อกประสาน

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด

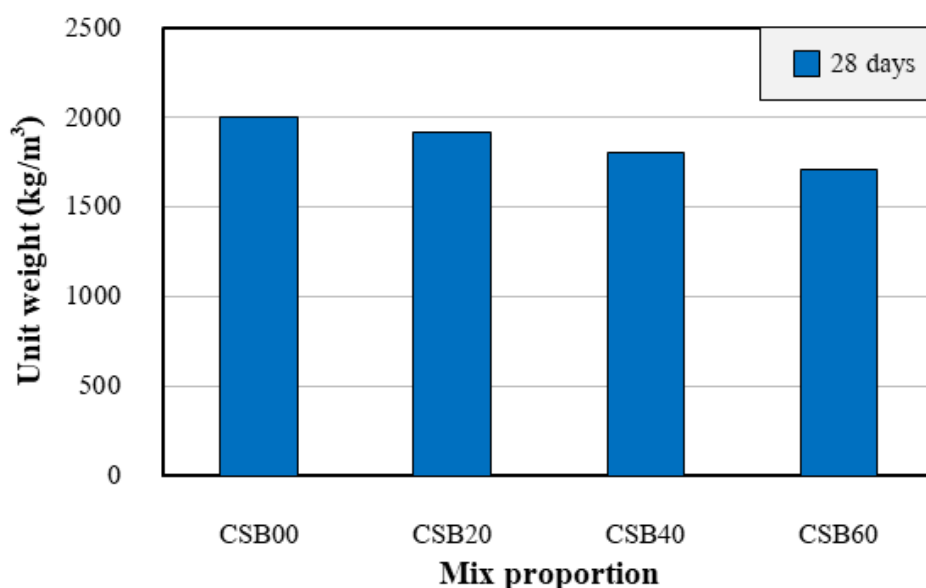
ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดดังแสดงไว้ในรูปที่ 7 พบว่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานควบคุม (CSB00) มีค่าเท่ากับ 58 กก./ตร.ซม. เมื่อแทนที่ดินทรายด้วยเถ้าชีวมวลในอัตราร้อยละ 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนักของดินทราย ทำให้กำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่เป็น 50, 44 และ 39 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 86, 76 และ 67 ของอิฐบล็อกประสานควบคุม ตามลำดับ เนื่องจากเถ้าชีวมวลมีความพรุนสูงเมื่อเทียบกับดินทรายดังแสดงในรูปที่ 3 ทำให้ความแข็งแรงของเถ้าชีวมวลน้อยกว่าดินทราย [7] จึงส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานลดลง สอดคล้องกับงานวิจัย Takumwan และคณะ [10] ที่พบว่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่มวลรวมด้วยเถ้ากะลามะพร้าว และสอดคล้องกับงานวิจัย Dasasamoh และคณะ [12] ที่พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเถ้าไม้ยางพาราโดยแทนที่ดินส่งผลให้กำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลง เมื่อนำค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน 602/2547 [8] พบว่า อิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวลทุกอัตราส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดให้มีค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล (25.48 กก./ตร.ซม.)



รูปที่ 7 กำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวล

3.2 ผลการทดสอบหน่วยน้ำหนัก

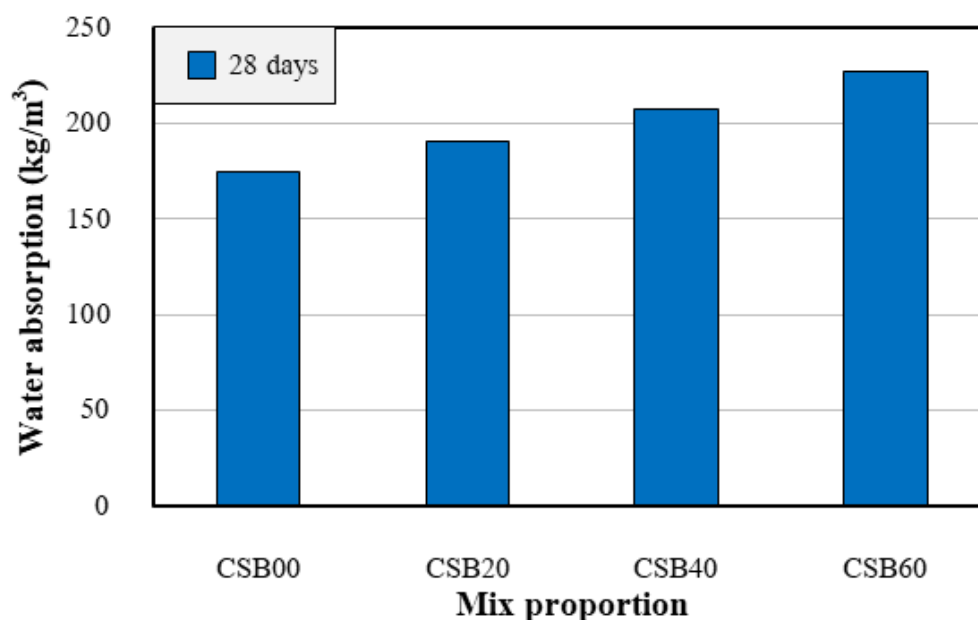
ผลการทดสอบหน่วยน้ำหนักดังแสดงไว้ในรูปที่ 8 พบว่าหน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานควบคุม (CSB00) มีค่าเท่ากับ 1998 กก./ลบ.ม. เมื่อแทนที่ดินทรายด้วยเถ้าชีวมวลในอัตราร้อยละ 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนักของดินทราย ส่งผลทำให้หน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่เป็น 1920, 1806 และ 1713 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 96, 90 และ 86 ของอิฐบล็อกประสานควบคุม ตามลำดับ เนื่องจากความถ่วงจำเพาะของเถ้าชีวมวลมีค่าน้อยกว่าดินทราย จึงทำให้หน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลง และเมื่อนำอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวลไปใช้ในงานก่อสร้างผนังอาคาร จะทำให้น้ำหนักของผนังอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลง ส่งผลทำให้น้ำหนักของโครงสร้างอาคารลดลงได้



รูปที่ 8 หน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวล

3.3 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำ

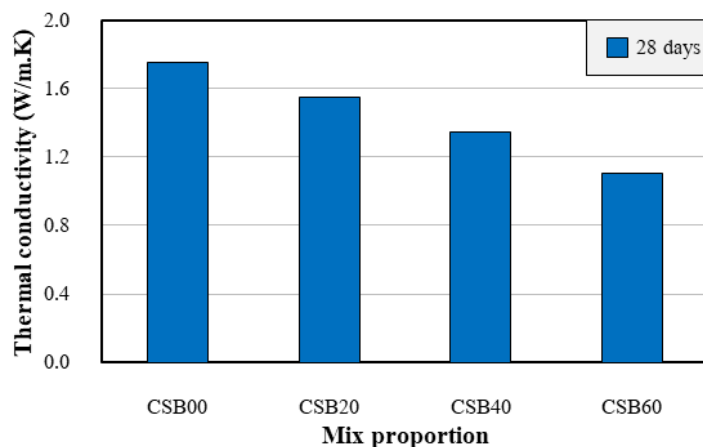
ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำดังแสดงไว้ในรูปที่ 9 พบว่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานควบคุม (CSB00) มีค่าเท่ากับ 174 กก./ลบ.ม. เมื่อแทนที่ดินทรายด้วยเถ้าชีวมวลในอัตราร้อยละ 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนักของดินทราย ส่งผลทำให้การดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่เป็น 190, 207 และ 227 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 109, 119 และ 130 ของอิฐบล็อกประสานควบคุม ตามลำดับ เนื่องจากลักษณะอนุภาคของเถ้าชีวมวลมีรูพรุนดังแสดงในรูปที่ 3 เมื่อผสมเถ้าชีวมวลลงในอิฐบล็อกประสานจึงทำให้อิฐบล็อกประสานมีความพรุนเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้เกิดการดูดกลืนน้ำเข้าไปในอิฐบล็อกประสานเพิ่มขึ้น เมื่อนำค่าการดูดกลืนน้ำที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน 602/2547 [8] พบว่าอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวลทุกอัตราส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน ซึ่งกำหนดให้มีค่าเฉลี่ยการดูดกลืนน้ำไม่มากกว่า 208-288 กก./ลบ.ม. (ขึ้นอยู่กับหน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสาน)



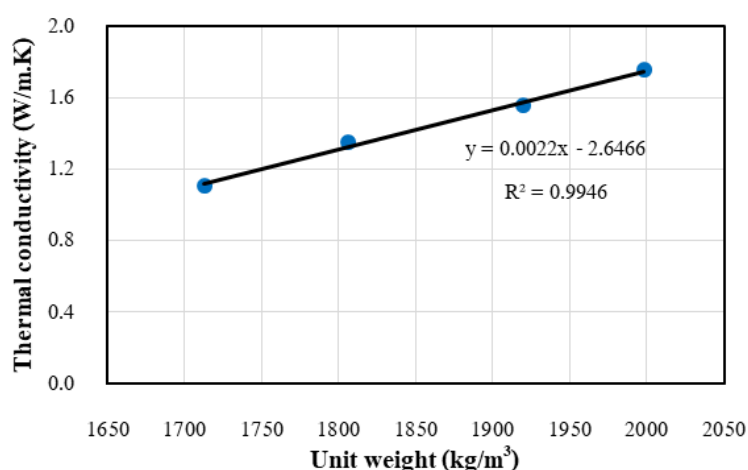
รูปที่ 9 การดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวล

3.4 ผลการทดสอบการนำความร้อน

ผลการทดสอบการนำความร้อนดังแสดงไว้ในรูปที่ 10 พบว่าการนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานควบคุม (CSB00) มีค่าเท่ากับ 1.753 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน เมื่อแทนที่ดินทรายด้วยเถ้าชีวมวลในอัตราร้อยละ 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนักของดินทราย ทำให้การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่เป็น 1.552, 1.348 และ 1.109 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 89, 77 และ 63 ของอิฐบล็อกประสานควบคุม ตามลำดับ เนื่องจากเถ้าชีวมวลมีค่าการนำความร้อนต่ำและมีรูพรุนที่ผิวเป็นจำนวนมากดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นลักษณะของวัสดุในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี [7] เมื่อผสมเถ้าชีวมวลลงในอิฐบล็อกประสานจึงทำให้อิฐบล็อกประสานมีค่าการนำความร้อนลดลง ส่งผลให้อิฐบล็อกประสานมีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดีขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุก่อผนังในอาคารเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้ และจากรูปที่ 11 ยังพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างการนำความร้อนกับหน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสาน มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นลักษณะแนวโน้มเชิงเส้น โดยที่ค่าการนำความร้อนเพิ่มขึ้นแปรผันตรงตามค่าหน่วยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Posi และคณะ [13] และงานวิจัยของ Zaetang และคณะ [14] โดยสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างการนำความร้อนกับหน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานได้สมการ $y = 0.0022x - 2.6466$ เมื่อ y คือค่าการนำความร้อน (วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน) และ x คือหน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสาน (กก./ลบ.ม.) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของหน่วยน้ำหนักในอิฐบล็อกประสานจะทำให้อิฐบล็อกประสานมีความแน่นตัวขึ้นและมีรูพรุนลดลง ส่งผลให้อิฐบล็อกประสานมีค่าการนำความร้อนสูงขึ้น แต่ถ้าหน่วยน้ำหนักในอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลงจะทำให้อิฐบล็อกประสานมีความแน่นตัวน้อยลงและมีรูพรุนมากขึ้น ส่งผลให้อิฐบล็อกประสานมีค่าการนำความร้อนต่ำลง



รูปที่ 10 การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวล



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างการนำความร้อนกับหน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวล

4. สรุป

จากผลการวิจัยสมบัติทางกลและการนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวล การแทนที่ดินทรายด้วยเถ้าชีวมวลในอัตราร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนักของดินทราย พบว่า

4.1 กำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ดินทรายด้วยเถ้าชีวมวล เมื่อนำค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน 602/2547 พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวลทุกอัตราส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

4.2 หน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ดินทรายด้วยเถ้าชีวมวล

4.3 การดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่ดินทรายด้วยเถ้าชีวมวล เมื่อนำค่าการดูดกลืนน้ำที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน 602/2547 พบว่าอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าชีวมวลทุกอัตราส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน

4.4 การนำความร้อนของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ดินทรายด้วยเถาชีวมวล ส่งผลทำให้อิฐบล็อกประสานผสมเถาชีวมวลมีความสามารถต้านทานความร้อนได้มากขึ้น ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุก่อผนังเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในอาคารได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทดสอบการหาค่าการนำความร้อน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Electricity Generating Authority of Thailand. *Electricity sales*, 2018. Available from: https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=76&Itemid=116 [Accessed 8 April 2018].
- [2] Department of health ministry of public health. *Guidelines for surveillance of hazardous areas from air pollution in case of biomass power plants*. Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand, 2015.
- [3] Khedari, J., Watsanasathaporn, P. and Hirunlabh, J. Development of fibre-based soil-cement block with low thermal conductivity. *Cement and Concrete Composites*, 2005, 27, pp. 111–116.
- [4] Nankongnab, N., Jittabut, P. and Phompetch, C. Development of Low Thermal Conductivity Soil-Cement Block from Rice Straw. *Journal of Science Ladkrabang*, 2009, 18 (1), pp. 32-41.
- [5] Chatveera, B., Jariyateeravate, S. and Makul, N. Properties of Hollow Non-Load Bearing and Non-Moisture Controlling Concrete Block Containing Diatomite and Sugarcane Bagasse Ash. *KMUTT Research and Development Journal*, 2009, 32 (1), pp. 59- 76.
- [6] Kroehong, W., Sangpaen, S., Sitkanarak, P. and Wilairat, J. Mechanical Properties, Microstructure and Thermal Conductivity of Concrete Block Containing Fly Ash. *KMUTT Research and Development Journal*, 2016, 39 (3), pp. 407- 425.
- [7] Deepanya, W., Weeranukul, P. and Suweero, K. Use of Coconut Shell Ash as Light-Weight Aggregate in Concrete Block for Saving Energy. *Journal of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University*, 2017, 7 (2), pp. 31-48.
- [8] Thai Industrial Standard Institute. TCPS 602: 2547. *Thai Community Product Standard of Interlocking Block*. Bangkok: TISI, 2004.
- [9] American Society for Testing and Materials. ASTM C618: 2003. *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. USA: ASTM, 2003.
- [10] Takumwan, S., Ruangrit, V. and Araya, K. Mechanical Properties of Interlocking Block with Coconut shell Ash. *Proceedings of the 8th National Conference on Technical Education*, Faculty of Technical Education King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 26 November 2015, pp. 195-200.
- [11] Thai Industrial Standard Institute. TIS 109: 2517. *Standard for Sampling and Testing Concrete Masonry Units*. Bangkok: TISI, 1974.
- [12] Dasaesamoh, A., Vaji, P., Salae, P. and Naesae, N. Para Rubber Wood Fly Ash Containing Interlocking Brick. *Journal of Yala Rajabhat University*, 2015, 10 (1), pp. 77-86.
- [13] Posi, P., Lertnimoolchai, S., Sata, V. and Chindaprasirt, P. Pressed lightweight concrete containing calcined diatomite aggregate. *Construction and Building Materials*, 2013, 47, pp. 896-901.
- [14] Zaetang, Y., Wongsu, A., Sata, V. and Chindaprasirt, P. Use of Lightweight Aggregates in Pervious Concrete. *Construction and Building Materials*, 2013, 48, pp. 585-591.