การพัฒนาผนังบ้านดินสำเร็จรูปที่ต้านทานการชะล้างสูงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีสำหรับอาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

วิหาร ดีปัญญา[1*] และกิตติพงษ์ สุวีโร[2]

wiharn.d@rmutp.ac.th[1*], kittipong.s@en.rmutt.ac.th[2]

[1*] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received: March 22, 2018
Revised: May 10, 2018
Accepted: August 20, 2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผนังบ้านดินสำเร็จรูปที่ต้านทานการชะล้างสูงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี โดยการนำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ดินเหนียว เถ้าแกลบ ฟางข้าว แกลบสด น้ำยากันซึม และน้ำประปา มาผสมและหล่อขึ้นรูปคล้ายกับการหล่อคอนกรีต และเสริมไผ่รวกเป็นวัสดุรับแรง ผลจากการทดสอบ พบว่า ต้นแบบผนังบ้านดินสำเร็จรูปที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1: ดินเหนียว: เถ้าแกลบ: ฟางข้าว: แกลบสด: น้ำยากันซึม: น้ำประปา เท่ากับ 1: 3: 0.3: 0.02: 0.02: 0.02: 0.4 โดยน้ำหนัก โดยส่วนผสมมีค่าความหนาแน่น 1,797 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดซึมน้ำ เท่ากับ ร้อยละ 16.70 ความต้านทานแรงดัด 2.61 เมกะพาสคัล ความต้านทานแรงอัด 21.40 เมกะพาสคัล และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.314 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน นอกจากนี้ต้นแบบผนังบ้านดินสำเร็จรูปยังมีความทนต่อการกระแทก ความตรง และความแข็ง ผ่านตามมาตรฐาน มอก.2226-2548 กำหนดได้ถึงประเภทที่ 2 คือ อาคารสำนักงาน ทั้งนี้ปริมาณฟางข้าวและแกลบสดจะมีผลทำให้ความหนาแน่น ความต้านทานแรงดัด และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลง ส่วนผลต่อความต้านทานแรงอัด และการดูดซึมน้ำมีค่าที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ผนังบ้านดินสำเร็จรูป ดินเหนียว ปูนซีเมนต์ การชะล้าง ฉนวนป้องกันความร้อน

Development of Precast Adobe Wall Panel with High Corrosion Resistance and Good Thermal Insulation for Energy and Environmental Conservation Building

Wiharn Deepanya[1*] and Kittipong Suweero[2]
wiharn.d@rmutp.ac.th[1*], kittipong.s@en.rmutt.ac.th[2]

[1*] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

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

Received: March 22, 2018
Revised: May 10, 2018
Accepted: August 20, 2018

Abstract

The objective of this research is to develop the precast adobe wall panel with high corrosion resistance and good thermal insulation. The ratio of Portland cement type1, clay, rice husk ash, straw, rice husk, waterproofed liquid, and tap water was mixed and casted as same as the common concrete, and reinforced by bamboo. From the results, the proper prototype ratio of precast adobe wall panel was Portland cement type1: clay: rice husk ash: straw: rice husk: waterproofed liquid: tap water which equal to 1: 3: 0.3: 0.02: 0.02: 0.02: 0.4 by weight. The properties of the precast adobe wall panel prototype included density 1,797 kg/m3, water absorption 16.70%, bending strength 2.61 MPa, compressive strength 21.40 MPa, thermal conductivity coefficient 0.314 watt/m.Kelvin. Moreover, the precast adobe wall panel prototype was verified by TIS.2226-2548 with properties of impact resistance, deflection, and hardness in medium duty (MD) level. The contents of straw and rice husk effected the precast adobe wall panel to decrease the density, bending strength, thermal conductivity coefficient, and increase the compressive strength and water absorption.

Keywords: precast adobe wall panel, clay, cement, corrosion and thermal Insulation

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

บ้านดิน (Earth Building) เป็นอาคารที่พัฒนามาจากการก่อสร้างบ้านที่มีวัสดุส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวและเป็นอาคารประหยัดพลังงาน เพราะสามารถลดอุณหภูมิภายในอาคารในเวลากลางวันได้ดี [1] จากการก่อสร้างด้วยวัสดุธรรมชาติ และความเป็นโฮมสเตย์แบบอนุรักษ์ (Eco-tourism) จึงทำให้บ้านชนิดนี้ได้รับความนิยม โดยเฉพาะในธุรกิจท่องเที่ยวของไทยที่มีมูลค่าปีละกว่า 7.72 แสนล้านบาท [2] วิธีการก่อสร้างบ้านดิน ส่วนใหญ่ใช้เทคนิคการก่อสร้างแบบอิฐดินดิบ (Adobe Brick) ซึ่งเป็นการนำดินเหนียวมาผสมกับเส้นใยธรรมชาติ เช่น แกลบและฟางข้าว เป็นต้น แล้วอัดเป็นก้อน จากนั้นจึงนำมาก่อผนังโดยใช้โคลนเป็นตัวประสาน [3] แต่บ้านดินดังกล่าวมีปัญหาอยู่หลายประการ เช่น รอยต่อของโครงสร้างเกิดการรั่วซึมได้ง่าย ระยะเวลาในการก่อสร้างที่ควบคุมได้ยาก ความไม่แข็งแรงของผนัง การพังทลายของโครงสร้างขณะดำเนินการก่อสร้าง การร่วงของเศษวัสดุภายในบ้าน และต้องใช้ช่างฝีมือโดยเฉพาะในการก่อสร้างและบำรุงรักษา เป็นต้น [4] ดังนั้นผนังบ้านดินสำเร็จรูปจึงเป็นนวัตกรรมแผ่นผนังสำเร็จจากดินที่มีความเป็นธรรมชาติแตกต่างจากแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปโดยทั่วไป เนื่องจากวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่มาจากธรรมชาติ ได้รับการพัฒนาคุณสมบัติต่างๆ ให้สามารถต้านทานการชะล้างสูง และมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี รวมทั้งออกแบบให้มีจุดยึดสำหรับติดตั้งแผ่นผนังได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นการแก้ไขปัญหาที่สำคัญของบ้านดินได้ ในงานวิจัยนี้จะใช้ปูนซีเมนต์ ไม้ไผ่ แกลบ ฟางข้าวเป็นวัสดุเสริมแรง และใช้เถ้าแกลบเป็นวัสดุช่วยให้ขนาดคละดีขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบผนังบ้านดินสำเร็จรูปที่ต้านทานการชะล้างสูงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีสำหรับอาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะช่วยสร้างงานและรายได้ให้กับชุมชน และสร้างกระแสความนิยมอาคารจากวัสดุธรรมชาติ

2. วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ ประกอบด้วย ดินเหนียว ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เถ้าแกลบ แกลบ ฟางข้าว (บดย่อยให้มีความยาวไม่เกิน 5 เซนติเมตร) น้ำประปา ไผ่รวก แบบหล่อขนาด 60x120x15 เซนติเมตร แบบหล่อขนาด 40x20x10 เซนติเมตร แบบหล่อขนาด 30x30x5 เซนติเมตร แบบหล่อทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร แบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร เครื่องบดเส้นใย และชุดทดสอบคุณลักษณะโดยทั่วไป ได้แก่ ความหนาแน่น ความตรง และการดูดซึมน้ำ เครื่องทดสอบความแข็งและการทนการกระแทก เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine; UTM) เครื่องทดสอบสภาพนำความร้อน ตาม ASTM C177 [5] และชุดทดสอบการชะล้าง

3. การออกแบบอัตราส่วนผสม

ใช้ส่วนผสมประกอบด้วย ดินเหนียว ปูนซีเมนต์ เถ้าแกลบ แกลบ ฟางข้าว น้ำประปา และไผ่รวก โดยมีอัตราส่วนผสม ดังแสดงในตารางที่ 1 พร้อมทั้งออกแบบตำแหน่งการติดตั้งไผ่รวก

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ดินเหนียว	เถ้าแกลบ	ฟางข้าว	แกลบสด	น้ำยากันซึม	น้ำ
F1	1	3	0.3	0.01	0.01	0.02	0.4
F2	1	3	0.3	0.02	0.02	0.02	0.4
F3	1	3	0.3	0.03	0.03	0.02	0.4
F4	1	3	0.3	0.04	0.04	0.02	0.4
F5	1	3	0.3	0.05	0.05	0.02	0.4

4. การขึ้นรูปตัวอย่างทดสอบ

เริ่มจากการชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามอัตราส่วนผสมที่ออกแบบ จากนั้นผสมส่วนผสมให้เข้ากัน ดังรูปที่ 1 แล้วจึงเทส่วนผสมลงในแบบหล่อ จำนวน 3 ขนาด ได้แก่ แบบหล่อขนาด 10x10x10 เซนติเมตร สำหรับทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำ แบบหล่อขนาด 40x20x10 เซนติเมตร สำหรับทดสอบการชะล้าง แบบหล่อทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร สำหรับทดสอบความต้านทานแรงอัด แบบหล่อขนาด 30x30x5 เซนติเมตร เสริมไผ่รวก สำหรับทดสอบความต้านทานแรงดัด และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน และแบบหล่อขนาด 60x120x15 เซนติเมตร เสริมไผ่รวก (รูปที่ 2) สำหรับทดสอบแรงกระแทก ความแข็ง ความตรง และลักษณะทั่วไป ตามมาตรฐาน มอก.2226-2548 เรื่องแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป [6] และ มอก.878-2532 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง [7]

5. การทดสอบคุณสมบัติ

ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของผนังบ้านดินสำเร็จรูป ตามมาตรฐาน มอก.2226-2548 เรื่องแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป [6] และ มอก.878-2532 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง [7] โดยแบ่งตามขนาดของตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป ประกอบด้วย ตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร ได้แก่ ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำที่อายุการบ่ม 28 วัน ตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป ขนาด 40x20x10 เซนติเมตร ได้แก่ การชะล้าง ตามงานวิจัยของประเทศออสเตรเลีย [8] ที่อายุการบ่ม 28 วัน โดยใช้ระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับวัตถุทดสอบในแนวระดับ 470 มิลลิเมตร ความดันของน้ำ 50 กิโลปาสคาล หัวฉีดน้ำชนิดสเปรย์ (Spray) และระยะเวลาการทดสอบ 30 นาที ดังตารางที่ 2 และรูปที่ 3 ตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ได้แก่ ความต้านทานแรงอัด ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน ตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป ขนาด 30x30x5 เซนติเมตร เสริมไผ่รวก ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด ที่อายุการบ่ม 28 วัน ดังรูปที่ 4 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ที่อายุการบ่ม 28 วัน ตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป ขนาด 60x120x15 เซนติเมตร เสริมไม้รวก ได้แก่ ลักษณะโดยทั่วไป ที่อายุการบ่ม 28 วัน การรับแรงกระแทก ที่อายุการบ่ม 28 วัน (รูปที่ 5) ความตรง ที่อายุการบ่ม 28 วัน และความแข็ง ที่อายุการบ่ม 28 วัน

6. ผลการวิจัย

ผลการทดสอบตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูปที่ต้านทานการชะล้างสูงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีสำหรับอาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ตามมาตรฐาน มอก. 2226-2548 เรื่องแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป [6] สามารถสรุปได้ดังนี้

รูปที่ 1 การผสมส่วนผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม

รูปที่ 2 การขึ้นรูปตัวอย่างขนาด 60x120x15 เซนติเมตร

ตารางที่ 2 ระดับการป้องกันการชะล้างของตัวอย่าง

ระดับความสามารถในการป้องกันน้ำ	ความลึกของผิวหน้าก้อนอิฐที่ถูกน้ำฉีดพ่น (มิลลิเมตร)
ดีมาก	น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร
ดี	10 - 20 มิลลิเมตร
ปานกลาง	20 - 30 มิลลิเมตร
ควรปรับปรุง	มากกว่า 30 มิลลิเมตร

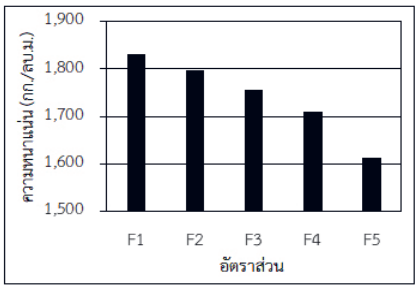
รูปที่ 3 การทดสอบการชะล้างของตัวอย่าง

รูปที่ 4 การทดสอบความต้านทานแรงดัดของตัวอย่าง

รูปที่ 5 การทดสอบการกระแทกด้วยวัสดุแข็งของตัวอย่าง

6.1 ผลการทดสอบความหนาแน่น

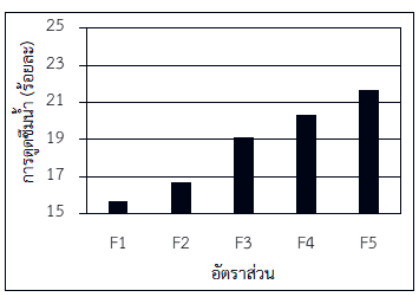
ผลการทดสอบความหนาแน่นของตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป ที่อายุการบ่ม 28 วัน ดังรูปที่ 6 พบว่า การผสมฟางข้าวและแกลบสดมีผลทำให้ความหนาแน่นของตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูปมีค่าลดลง โดยตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูปอัตราส่วน F1 เป็นอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน F2, F3, F4 และอัตราส่วน F5 เป็นอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากค่าความถ่วงจำเพาะของฟางข้าวและแกลบสดเป็นวัสดุจำพวกเซลลูโลสที่มีค่าเพียง 0.6 [9] ทำให้เมื่อผสมลงในตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป ความหนาแน่นของผนังจึงลดลง



รูปที่ 6 ผลการทดสอบความหนาแน่น

6.2 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ผลจากลักษณะของฟางข้าวและแกลบสดที่มีช่องว่างในเนื้อค่อนข้างมาก เมื่อผสมลงในตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป จึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 7 ซึ่งแสดงผลทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป ที่อายุการบ่ม 28 วัน โดยอัตราส่วน F1 เป็นอัตราส่วนที่มีการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน F2, F3, F4 และอัตราส่วน F5 เป็นอัตราส่วนที่มีการดูดซึมน้ำสูงที่สุด ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าการดูดซึมน้ำที่สูงที่สุดของตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป ยังคงมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของวัสดุก่อผนังทั่วไป เช่น คอนกรีตบล็อกก่อผนัง ตาม มอก.58-2533 กำหนดไว้ คือ ไม่เกินร้อยละ 25 [10] แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 2226-2548 เรื่องแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป พบว่า ตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูปทุกอัตราส่วน มีค่าการดูดซึมน้ำเกินกว่ามาตรฐานกำหนด คือ เกินกว่าร้อยละ 14 [6]



รูปที่ 7 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ

6.3 ผลการทดสอบการชะล้าง

ผลการทดสอบการชะล้างของตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป ทั้ง 5 อัตราส่วน ดังแสดงในตารางที่ 1 [8] ที่อายุการบ่ม 28 วัน แสดงในตารางที่ 3 พบว่า การผสมฟางข้าวและแกลบสดในปริมาณมากขึ้นเข้าไปส่วนผสมของตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป ขนาด 40x20x10 เซนติเมตร มีผลทำให้ความสามารถในการทนต่อการชะล้างลดต่ำลง โดยอัตราส่วน F1 ถึง F3 เป็นอัตราส่วนที่ไม่มีการชะล้าง และอัตราส่วน F4 และ F5 เป็นอัตราส่วนที่มีการชะล้างต่ำ หรือระดับความสามารถในการป้องกันน้ำดีมาก อย่างไรก็ตาม การเพิ่มปริมาณฟางข้าวและแกลบสดทำให้สารเชื่อมประสาน เช่น ดินเหนียว และปูนซีเมนต์ มีสัดส่วนที่น้อยลงและเกิดช่องว่างภายในเนื้อมากขึ้น [11] ทำให้เนื้อของตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูปถูกชะล้างได้ง่าย

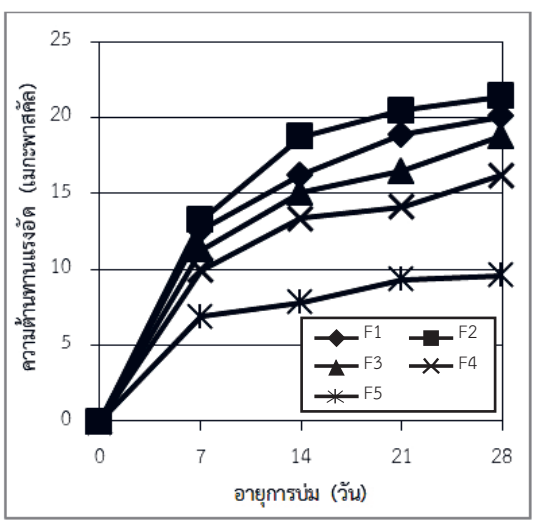
6.4 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัด

ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของผิวหน้าตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูปทรงกระบอก ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 8 โดยพบว่า การผสมฟางข้าว

ตารางที่ 3 ความลึกของผิวหน้าตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูปจากการทดสอบชะล้าง

อัตราส่วน	ระดับความสามารถในการป้องกันน้ำ	ความลึกของผิวหน้าที่ถูกน้ำฉีด (มิลลิเมตร)
F1	ดีมาก	0 มิลลิเมตร
F2	ดีมาก	0 มิลลิเมตร
F3	ดีมาก	0 มิลลิเมตร
F4	ดีมาก	2 มิลลิเมตร
F5	ดีมาก	4 มิลลิเมตร

และแกลบสดลงในตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป ในปริมาณที่เหมาะสม สามารถพัฒนาความต้านทานแรงอัดของตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป ให้ดีขึ้นได้ โดยอัตราส่วน F2 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงอัดสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน F1, F3, F4 และอัตราส่วน F5 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงอัดต่ำที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากฟางข้าวและแกลบสดเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่สามารถรับแรงดึงได้ดี รวมทั้งมีขนาดที่แตกต่างจากส่วนผสมอื่นๆ ของตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูป ทำให้การผสมฟางข้าวและแกลบสดจะทำให้ตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูปมีขนาดคละที่ดีขึ้นได้เมื่อผสมวัสดุดังกล่าวในปริมาณที่เหมาะสม นอกจากนี้ฟางข้าวและแกลบสดยังช่วยเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวให้เนื้อของตัวอย่างผนังบ้านดินสำเร็จรูปดีขึ้นเมื่อต้องรับแรงกระทำต่างๆ [11]



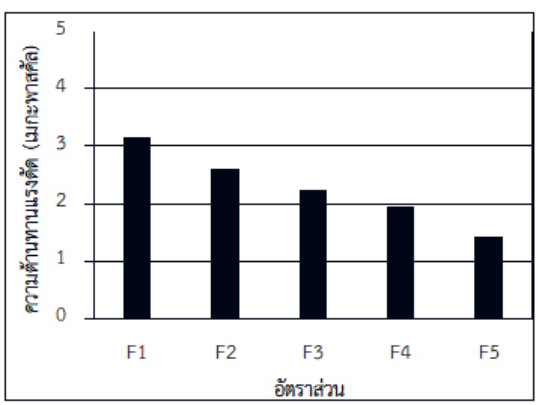
รูปที่ 8 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัด

6.5 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด

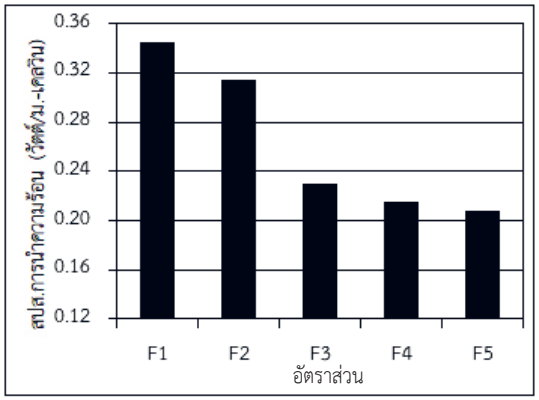
แม้ว่าการผสมฟางข้าวและแกลบสดในปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้ความต้านทานแรงอัดของแผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูปมีค่าเพิ่มมากขึ้น แต่การที่ฟางข้าวและแกลบสดมีขนาดเส้นใยที่สั้น จึงไม่สามารถช่วยในการรับแรงดึงได้มากเท่าที่ควร [11] ดังนั้นค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูป ขนาด 30x30x5 เซนติเมตร ที่อายุการบ่ม 28 วัน ในรูปที่ 9 จึงมีค่าลดต่ำลง ทั้งนี้อัตราส่วน F1 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน F2, F3, F4 และ อัตราส่วน F5 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุดตามลำดับ

6.6 ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน หรือความสามารถในการนำความร้อนผ่านแผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูป ขนาด 30x30x5 เซนติเมตร ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังรูปที่ 10 โดยพบว่า แผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูป อัตราส่วน F5 เป็นอัตราส่วนที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน F4, F3, F2 และอัตราส่วน F1 เป็นอัตราส่วนที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากลักษณะของฟางข้าวและแกลบสดที่มีช่องว่างมาก จะส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ลดลง [12]



รูปที่ 9 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด



รูปที่ 10 ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

6.7 ผลการทดสอบลักษณะโดยทั่วไป

ผลจากการพิจารณาลักษณะทั่วไปของแผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูป ขนาด 60x120x15 เซนติเมตร เสริมไผ่รวก ที่อายุการบ่ม 28 วัน พบว่า ลักษณะทั่วไปของแผ่นผนังที่อัตราส่วน F1, F2, F3 และ F4 มีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกันตามมาตรฐาน มอก.2226-2548 [6] ยกเว้นแผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูปอัตราส่วน F5 ที่ผิวเกิดการหลุดเป็นผงและบิ่นได้ง่าย ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเพิ่มฟางข้าวและแกลบสดลงในแผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูป ทำให้แผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูปเกิดการแตกร้าวได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตามรอยแตกร้าวดังกล่าวก็ยังมีขนาดค่อนข้างเล็กมาก

6.8 ผลการทดสอบการรับแรงกระแทก

การทดสอบรับแรงกระแทก เป็นการนำวัสดุแข็งขนาดเล็ก (ตุ้มน้ำหนัก) และวัสดุนุ่มขนาดใหญ่ (กระสอบทราย) มากระแทกแผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูป ขนาด 60x120x15 เซนติเมตร ด้วยมุมและความสูง ตามมาตรฐาน มอก.2226-2548 ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4 และ 5 โดยพบว่า แผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูปที่มีส่วนผสมของฟางข้าวและแกลบสด สามารถทนการกระแทกของวัสดุแข็งขนาดเล็กได้ถึงประเภทที่ 2 อาคารสำนักงาน (Medium Duty, MD) และสามารถทนการกระแทกของวัสดุนุ่มขนาดใหญ่ได้ถึงประเภทที่ 3 อาคารสาธารณะ (Heavy Duty, HD) ตามมาตรฐาน มอก.2226-2548 [6]

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบความทนการกระแทกด้วยวัสดุแข็งขนาดเล็ก

อัตราส่วน	ประเภท LD	ประเภท MD	ประเภท HD	ประเภท SD
F1	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
F2	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
F3	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
F4	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
F5	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความทนการกระแทกด้วยวัสดุนุ่มขนาดใหญ่

อัตราส่วน	ประเภท LD	ประเภท MD	ประเภท HD	ประเภท SD
F1	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
F2	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
F3	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
F4	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
F5	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน

6.9 ผลการทดสอบความตรง

จากตารางที่ 6 แสดงผลการทดสอบความตรงของแผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูป ตามมาตรฐาน มอก.2226-2548 ที่อายุการบ่ม 28 วัน เมื่อวางตามลักษณะการใช้งานจริง โดยใช้ระยะจุดรองรับ 100 เซนติเมตร พร้อมทั้งสังเกตและการวัดระยะการโก่งตัวของแผ่นผนัง ทั้ง 5 อัตราส่วน พบว่า แผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูปทั้งหมด ไม่มีการโก่งตัวภายหลังจากการวางผนังตามแนวการใช้งาน ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.2226-2548 ที่กำหนดให้ต้องมีค่าไม่เกินกำหนด

คือ L/480 หรือ 1000 มิลลิเมตร/480 หรือ ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร [6]

ตารางที่ 6 ความตรงของแผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูป

อัตราส่วน	การโก่งตัว (มิลลิเมตร)	ผลการเปรียบเทียบมาตรฐาน มอก.2226-2548
F1	0	ผ่าน
F2	0	ผ่าน
F3	0	ผ่าน
F4	0	ผ่าน
F5	0	ผ่าน

6.10 ผลการทดสอบความแข็ง

ความแข็งของแผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูป เมื่อวัดค่าการโก่งตัวสูงสุดและการโก่งตัวคงค้าง ของทุกอัตราส่วน ตามมาตรฐาน มอก.2226-2548 ที่อายุการบ่ม 28 วัน พบว่า ความแข็งของแผ่นผนังบ้านดินสำเร็จรูปทุกอัตราส่วน สามารถผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.2226-2548 ประเภทที่ 1 ผนังสำเร็จรูปสำหรับอาคารที่อยู่อาศัย (Light Duty, LD) กำหนด คือมีค่าการโก่งตัวสูงสุดไม่เกิน 25 มิลลิเมตร และการโก่งตัวคงค้าง ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร [6]

7. สรุปผลการวิจัย

ต้นแบบผนังบ้านดินสำเร็จรูปที่ต้านทานการชะล้างสูงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีสำหรับอาคารอนุรักษ์พลังงาน และสิ่งแวดล้อม เป็นการนำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ดินเหนียว เถ้าแกลบ ฟางข้าว แกลบสด น้ำยากันซึม และน้ำประปา มาผสมด้วยเครื่องผสมคอนกรีต และนำส่วนผสมที่ได้ไปหล่อขึ้นรูปคล้ายกับการหล่อคอนกรีต โดยเสริมไผ่รวกเป็นวัสดุรับแรง สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ว่า อัตราส่วนผสมของต้นแบบผนังบ้านดินสำเร็จรูปที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1: ดินเหนียว: เถ้าแกลบ: ฟางข้าว: แกลบสด: น้ำยากันซึม: น้ำประปา (อัตราส่วน F2) เท่ากับ 1: 3: 0.3: 0.02: 0.02: 0.02: 0.4 โดยน้ำหนัก โดยมีค่าความหนาแน่น 1,797 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 16.70 (เกินกว่าที่มาตรฐาน มอก.2226-2548 กำหนด) ความต้านทานแรงดัด 2.61 เมกะพาสคัล ความต้านทานแรงอัด 21.40 เมกะพาสคัล (ผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.2226-2548 กำหนด) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.314 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน นอกจากนี้ ต้นแบบผนังบ้านดินสำเร็จรูปยังมีความทนต่อการกระแทก ความตรง และความแข็ง ผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.2226-2548 กำหนดได้ถึงประเภทที่ 2 คืออาคารสำนักงาน (Medium Duty, MD) ทั้งนี้ปริมาณฟางข้าวและแกลบสดจะทำให้ความหนาแน่น ความต้านทานแรงดัด และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าลดลง ส่วนความต้านทานแรงอัด และการดูดซึมน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2560 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Khamput P. Study of earth house (chapter 1). Journal of Engineering RMUTT. 2005; 3(6): 29-50. (in Thai)

[2] Kasikorn Research Center. Thai travel market in 2015: 772,000 million baht of total values. Kra Sae Tus Journal. 2015; 2591: 1-7. (in Thai)

[3] Watcharatairong V. Self-help housing process: a case study of adobe housing Baan Theppana Thep Sathit district Chaiyaphum province [master's thesis]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2002. (in Thai)

[4] Boonchaiyo R, Uthaipattrakul T, Pongsura P. Earth house: principle of earth house construction. 1st ed. Bangkok: Suan-spirit Publisher; 2002. (in Thai)

[5] American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard test method for steady-state heat flux measurements and thermal transmission properties by means of the guarded-hot-plate apparatus (ASTM C177). Philadelphia: ASTM; 2013.

[6] Thai Industrial Standards Institute (TISI). Thai industrial standard no.2226-2005: precast concrete wall panels. Bangkok: Thai Industrial Standards Institute; 2005. (in Thai)

[7] Thai Industrial Standards Institute (TISI). Thai industrial standard no.878-1989: cement bonded particle board: high density. Bangkok: Thai Industrial Standards Institute; 1989. (in Thai)

[8] Moor G, Heathcote K. Earth building in Australia-durability research. Sydney: University of Technology Sydney; 2004.

[9] Faherty KF, Williamson TG. Wood engineering and construction hand book. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, Inc.; 1995.

[10] Thai Industrial Standards Institute (TISI). Thai industrial standard no.58-1990: hollow non–load–bearing concrete masonry. Bangkok: Thai Industrial Standards Institute; 1990. (in Thai)

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

[12] Pakunworakij T, Puthipiroj P, Oonjittichai W, Tisavipat P. Thermal resistance efficiency of building insulation material from agricultural waste. Journal of Architectural/ Planning Research and Studies. 2006; 3(4): 119-126. (in Thai)