

คุณสมบัติคอนกรีตบล็อกผสมเส้นใยและขุยมะพร้าว

Properties of concrete block containing coconut fiber and coconut powder

พุฒิพัฒน์ ราชคำ¹, อุทฤษฎ์ โชศรี^{2*}, นิตภัทร มะรุตะ³, ธนพงษ์ ทวยจันทร์⁴ และ พงศกร พงษ์สิทธิศักดิ์⁵

^{1,2,3,4,5} สาขาวิศวกรรมโยธา คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตคลองหลวง จ.สระบุรี

*Corresponding author; E-mail address: ukkrit.kh@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของอิฐบล็อกที่ใช้เส้นใยและขุยมะพร้าวทดแทนหินปูน โดยเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกมาตรฐานทั่วไปในด้านการรับแรงอัดสุทธิ ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การนำความร้อน และความสามารถในการลดอุณหภูมิ เพื่อหาปริมาณการแทนที่หินปูนด้วยเส้นใยและขุยมะพร้าวที่เหมาะสม ใช้เส้นใยมะพร้าวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 0.25 มิลลิเมตร ความยาว 2 เซนติเมตร และขุยมะพร้าวที่บดละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 ทดแทนหินปูนในอัตราร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยปริมาตร บ่มในอากาศ และทดสอบที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน

ผลการศึกษาพบว่า การแทนที่หินปูนด้วยเส้นใยและขุยมะพร้าว ร้อยละ 5 ให้ค่าการรับแรงอัดสุทธิสูงสุดที่ 9.57 MPa การดูดซึมน้ำต่ำสุดที่ 2.62 % และความหนาแน่นสูงสุดที่ 2184 kg/m³ ทุกอายุการบ่ม ส่วนผสมที่มีเส้นใยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว ร้อยละ 5 มีกำลังอัดสูงกว่าส่วนผสมที่มีขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว เนื่องจากเส้นใยช่วยเพิ่มความเหนียวและชะลอการแตกร้าว อย่างไรก็ตาม การเพิ่มปริมาณเส้นใยและขุยมะพร้าวมากกว่าร้อยละ 5 ทำให้กำลังอัดลดลง ความหนาแน่นลดลง ส่วนการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดช่องว่างภายในมากขึ้น ส่วนผสมที่แทนที่หินปูนด้วยเส้นใยต่อขุยมะพร้าวในอัตราร้อยละ 5:10 มีค่าการนำความร้อนต่ำสุด ส่งผลให้ความสามารถในการลดอุณหภูมิสูงสุด ซึ่งเป็นส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อก ปริมาณการแทนที่หินปูนด้วยขุยมะพร้าว ไม่เกินร้อยละ 15 ส่วนเส้นใยมะพร้าว ไม่เกินร้อยละ 20 ซึ่งให้ค่ากำลังอัดต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ตาม มอก.58-2560 (42.2 ksc) เพราะสามารถลดต้นทุนได้ เนื่องจากหินปูนมีราคาสูงกว่าเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์

คำสำคัญ: ความต้านแรงอัด, ความหนาแน่น, การดูดซึมน้ำ, ขุยมะพร้าว, เส้นใยมะพร้าว

Abstract

Results revealed that 5% replacement of stone dust with coconut fiber and powder were the highest net compressive strength (9.57 MPa), lowest water absorption (2.62%), and highest density (2184 kg/cm³) across all curing ages. Mixtures with 5% coconut fiber alone exhibited higher compressive strength than those with coconut powder alone, as fibers enhanced cohesion and delayed crack propagation. However, exceeding 5% replacement reduced compressive strength and density while increasing water absorption,

attributed to internal voids from excessive fiber and husk content. Additionally, the mixture with a 5:10 ratio (fiber-to-powder replacement) demonstrated the lowest thermal conductivity and highest temperature reduction capability which is a suitable ingredient for producing concrete blocks. The amount of stone dust replaced with coconut husks should not exceed 15 percent and coconut fibers should not exceed 20 percent, which gives a compressive strength lower than the standard value according to TIS 58-2560 (42.2 ksc) because it can reduce costs since stone dust is more expensive than coconut fibers and coconut husks, which are by-products of agricultural waste materials.

Keywords: compressive strength, density, water absorption, coconut powder, coconut fiber

1. คำนำ

ประเทศไทยในปัจจุบันมีสภาพอากาศที่ร้อนขึ้นจากในอดีตเป็นอย่างมาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลก ทำให้เกิดปัญหาที่เรียกว่าสภาวะโลกร้อน ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลกระทบต่อด้านวิศวกรรมโยธา ในด้านการออกแบบโครงสร้างและการเลือกใช้วัสดุ อุณหภูมิที่สูงขึ้นยังมีผลกระทบต่อมนุษย์ ในด้านต่างๆ

ขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว จัดว่าเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร อีกอย่างหนึ่ง ซึ่งแต่ละปีมีปริมาณค่อนข้างมาก ซึ่งมีนักวิจัยหลายคน ได้นำมาศึกษาเกี่ยวกับวัสดุในงานก่อสร้าง โดยเฉพาะในการลดอุณหภูมิและความร้อน ซึ่งส่วนใหญ่ พบว่า ขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว มีความสามารถช่วยทำให้ลดความร้อน [3], [4], [6], [7] และช่วยเสริมแรงได้ดี โดยเฉพาะแรงดัด [5], [8] ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงได้ศึกษาการนำขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว มาใช้แทนที่หินปูนบางส่วน เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางด้านการลดอุณหภูมิ ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของคอนกรีตบล็อก ซึ่งส่งผลต่อการลดความร้อนภายในอาคารได้ ถึงแม้ราคาหินปูนจะไม่แพงมากนัก แต่การนำผลพลอยได้จากผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางพาณิชย์ อันจะช่วยเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอีกทางหนึ่ง

2. วัสดุและวิธีการดำเนินงาน

2.1 การเตรียมวัสดุ

2.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) ตามมาตรฐาน มอก.15 เล่ม 1-2555

2.1.2 หทราย (Sand) เป็นทรายที่มีเหลี่ยมคมและแข็งแรง ขนาด FM ของทรายอยู่ที่ประมาณ 2.1 – 2.2

2.1.3 หินฝุ่น (Dust stone) เป็นหินปูนที่บดแบบหยาบๆที่เกิดจากการไม่หิน ซึ่งมีลักษณะเป็นฝุ่นผงที่มีขนาดเล็กละเอียดอยู่ที่ประมาณ 8 มม. ดังรูปที่ 1

2.1.4 เส้นใยมะพร้าวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.12 - 0.25 มิลลิเมตร และเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงรับแรงดึงได้ดี ความยาวประมาณ 1 – 2 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2

2.1.5 ขุยมะพร้าวจากเปลือกมะพร้าวที่ป่นเอาใยออก หรือป่นให้ใยละเอียดเป็นขุยมะพร้าว ขนาดผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 ดังรูปที่ 3

2.1.6 น้ำประปา



รูปที่ 1 หินฝุ่น



รูปที่ 2 เส้นใยมะพร้าว



รูปที่ 3 ขุยมะพร้าว

2.2 ส่วนผสมคอนกรีตบล็อก

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมคอนกรีตบล็อกโดยปริมาตร

ส่วนผสมที่	สัญลักษณ์	ปูนซีเมนต์ (ร้อยละ)	หินฝุ่น (ร้อยละ)	ทราย (ร้อยละ)	เส้นใยมะพร้าว (ร้อยละ)	ขุยมะพร้าว (ร้อยละ)
1	CF0-CP0	100	100	100	0	0
2	CF5-CP0	100	95	100	5	0
3	CF10-CP0	100	90	100	10	0

4	CF15-CP0	100	85	100	15	0
5	CF20-CP0	100	80	100	20	0
6	CF0-CP5	100	95	100	0	5
7	CF0-CP10	100	90	100	0	10
8	CF0-CP15	100	85	100	0	15
9	CF0-CP20	100	80	100	0	20
10	CF5-CP5	100	90	100	5	5
11	CF10-CP5	100	85	100	10	5
12	CF5-CP10	100	85	100	5	10
13	CF10-CP10	100	80	100	10	10

*หมายเหตุ ปริมาณน้ำปรับตามความชื้นเหลือเหมาะสมในการขึ้นรูป

CF = เส้นใยมะพร้าว

CP = ขุยมะพร้าว

2.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก

ทำการอัดคอนกรีตบล็อกโดยใช้เครื่องอัด ที่โรงงานผลิตคอนกรีตบล็อก ที่ ตำบลม่วงไข่ อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร ในอัตราส่วนผสมโดยปริมาตรในตารางที่ 1 ขนาดความกว้าง 19 เซนติเมตร ยาว 39 เซนติเมตร และความหนา 7 เซนติเมตร ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2560 ทำการขึ้นรูป ดังรูปที่ 4 หลังจากนั้นทำการบ่มในอากาศจนครบอายุการทดสอบ ดังรูปที่ 5 แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และการนำความร้อน



รูปที่ 4 การขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก



รูปที่ 5 บ่มคอนกรีตบล็อกในอากาศ

2.4 การทดสอบ

2.4.1 ทดสอบกำลังรับแรงอัด ที่อายุการบ่ม 7, 14 และ 28 วัน ของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 และ มอก.58-2560

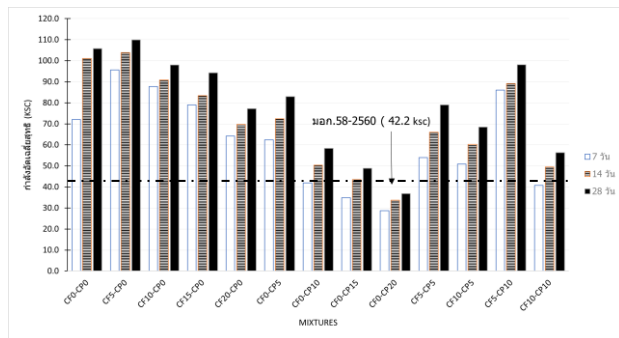
2.4.2 ทดสอบความหนาแน่น ที่อายุการบ่ม 7, 14 และ 28 วัน ของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 และ มอก.58-2560

2.4.3 ทดสอบการดูดซึมน้ำ ที่อายุการบ่ม 7, 14 และ 28 วัน ของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 และ มอก.58-2560

2.4.4 ทดสอบการนำความร้อน ที่อายุการบ่ม 28 วัน ของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ตามมาตรฐาน ASTM E1225 (ASTE1255,2009)

3.ผลการทดสอบและอภิปรายผล

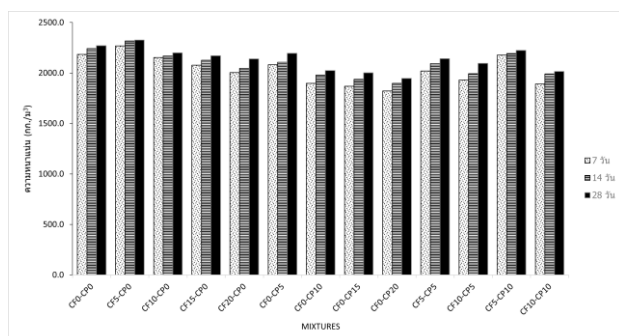
3.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของตัวอย่าง ที่แทนที่หินปูนด้วยเส้นใยและขุยมะพร้าว

จากรูปที่ 6 พบว่า ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่แทนที่หินปูนด้วยเส้นใยมะพร้าว ร้อยละ 5 มีค่ากำลังอัดที่ใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกควบคุม ที่อายุการบ่ม 14 วันขึ้นไป ค่ากำลังอัดของก้อนตัวอย่าง มีค่าลดลงตามปริมาณร้อยละการแทนที่หินปูนด้วยเส้นใยและขุยมะพร้าว เนื่องจากความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างลดลง และพบว่า ค่ากำลังอัดของตัวอย่าง ที่แทนที่หินปูนด้วยเส้นใยมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่แทนที่หินปูนด้วยขุยมะพร้าว เนื่องจากเส้นใยจะช่วยให้ก้อนตัวอย่างมีความเหนียวเพิ่มขึ้น ส่งผลให้กำลังอัดสูงขึ้น และจากการทดสอบ พบว่า ค่ากำลังรับแรงอัดของทุกตัวอย่างมีค่ากำลังอัดสูงกว่าค่ากำลังอัดตามมาตรฐาน มอก.58-2560 (42.2 ksc) ยกเว้นตัวอย่างที่แทนที่หินปูนด้วยขุยมะพร้าว ร้อยละ 20ที่ไม่ผ่านมาตรฐาน ตัวอย่างที่มีส่วนผสมการแทนที่หินปูนของทั้งเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว เส้นใยร้อยละ 10 และ ขุยมะพร้าว ร้อยละ 5 ให้ค่ากำลังสูงสุด และค่ากำลังอัดของตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามอายุการบ่ม เนื่องจากการพัฒนากำลังจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน ส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มมากขึ้น

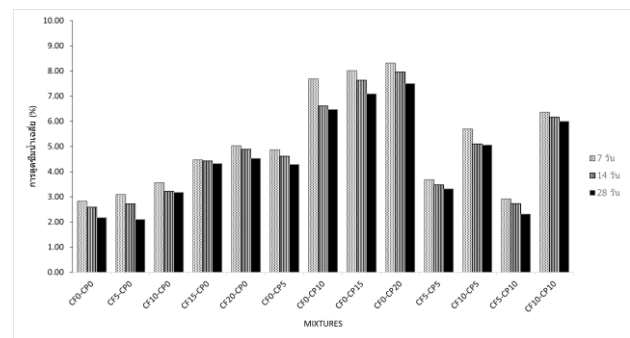
3.2 ผลการทดสอบความหนาแน่น



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของตัวอย่าง ที่แทนที่หินปูนด้วยเส้นใยและขุยมะพร้าว

จากรูปที่ 7 พบว่า ค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่าง มีค่าลดลงตามปริมาณร้อยละการแทนที่หินปูนด้วยเส้นใยและขุยมะพร้าว เนื่องจากในส่วนผสมมีปริมาณหินปูนลดลง ค่าความหนาแน่นของตัวอย่าง ที่แทนที่หินปูนด้วยขุยมะพร้าว มีค่าน้อยกว่าตัวอย่างที่แทนที่หินปูนด้วยเส้นใยมะพร้าว ตัวอย่างที่มีส่วนผสมการแทนที่หินปูนของทั้งเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว เส้นใยร้อยละ 10 และ ขุยมะพร้าว ร้อยละ 5 มีค่าความหนาแน่นสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับค่ากำลังอัด และค่าความหนาแน่นของตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามอายุการบ่ม ซึ่งตามมาตรฐาน มอก.58-2560 คอนกรีตบล็อกที่มีความหนาแน่นมากกว่า 2000 kg/m³ ถือว่าเป็นคุณสมบัติทั่วไปของคอนกรีตบล็อก ยิ่งถ้ามีความหนาแน่นสูง การดูดซึมน้ำก็จะต่ำ ส่งผลให้ค่ากำลังอัดสูงขึ้น

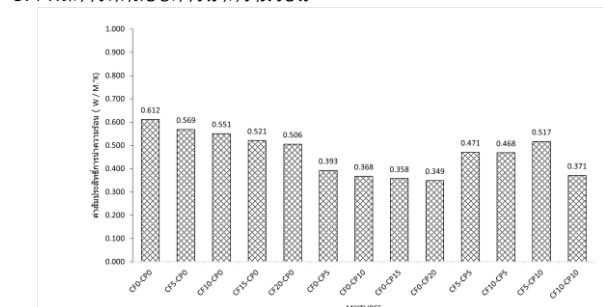
3.3 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซึมน้ำของตัวอย่าง ที่แทนที่หินปูนด้วยเส้นใยและขุยมะพร้าวที่อายุ 28 วัน

จากรูปที่ 8 พบว่า ค่าการดูดซึมน้ำของก้อนตัวอย่าง มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณร้อยละการแทนที่หินปูนด้วยเส้นใยและขุยมะพร้าว เนื่องจากเส้นใยและขุยมะพร้าวดูดซึมน้ำได้ดีกว่าหินปูน ค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่าง ที่แทนที่หินปูนด้วยขุยมะพร้าว มีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่แทนที่หินปูนด้วยเส้นใยมะพร้าว เนื่องจากขุยมะพร้าวมีพื้นที่สัมผัสมากกว่าทำให้ดูดซึมน้ำได้มากขึ้น ตัวอย่างที่มีส่วนผสมการแทนที่หินปูนของทั้งเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว เส้นใยร้อยละ 10 และ ขุยมะพร้าว ร้อยละ 10 มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุด ซึ่งแปรผกผันกับค่ากำลังอัด และค่าความหนาแน่น ค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมีค่าลดลงตามอายุการบ่ม ซึ่งตามมาตรฐาน มอก.58-2560 กำหนดค่าการดูดซึมน้ำ ไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งทุกตัวอย่างมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าค่ามาตรฐานทั้งหมด

3.4 ผลการทดสอบการนำความร้อน



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของตัวอย่าง ที่แทนที่หินปูนด้วยเส้นใยและขุยมะพร้าว

จากรูปที่ 9 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของก้อนตัวอย่าง มีค่าลดลงตามปริมาณร้อยละการแทนที่หินฝุ่นด้วยเส้นใยและขุยมะพร้าว ซึ่งจากผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน สามารถวิเคราะห์และอธิบายได้ ดังนี้ คือ ตัวอย่างที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ แสดงถึงความเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี ซึ่งเป็นส่วนผสมและตัวอย่าง คอนกรีตบล็อกที่ดี

ตัวอย่างที่มีส่วนผสมของขุยมะพร้าว ร้อยละ 20 มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของก้อนตัวอย่างต่ำที่สุด เนื่องจากขุยมะพร้าวมีลักษณะเป็นรูพรุนและมีช่องว่างมาก ทำให้มีอากาศสะสมอยู่ในช่องว่าง ซึ่งอากาศจะทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อน จึงเป็นผลให้มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลง จึงทำให้การนำความร้อนได้ไม่ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [4], [6] ซึ่งเหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นผนัง เพราะจะช่วยลดอุณหภูมิได้ ตัวอย่างที่มีส่วนผสมทั้ง 2 อย่าง คือ เส้นใยมะพร้าวร้อยละ 10 และ ขุยมะพร้าว ร้อยละ 10 มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของก้อนตัวอย่างต่ำสุด

4.สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกที่แทนที่หินฝุ่นด้วยเส้นใยและขุยมะพร้าว มีค่าลดลงตามปริมาณการเพิ่มของเส้นใยและขุยมะพร้าว เนื่องจากตัวอย่างมีช่องว่างเพิ่มขึ้นจากปริมาณหินฝุ่นที่ลดลง จึงทำให้มีช่องว่างเพิ่มมากขึ้น การดูดซึมน้ำมากขึ้นตาม ทำให้ความหนาแน่นลดลง ส่วนผสมที่มีขุยมะพร้าวในปริมาณสูง มีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าทุกส่วนผสม เนื่องจากมีพื้นที่ผิวมากกว่าเส้นใยมะพร้าว ซึ่งทำให้เกิดช่องว่างภายในมากกว่า ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ เหมาะสำหรับเป็นส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก ค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่แทนที่หินฝุ่นด้วยเส้นใยและขุยมะพร้าวทุกส่วนผสม มีค่ากำลังอัดสูงกว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อก ตามมาตรฐาน มอก.58-2560 ยกเว้น ส่วนผสมที่แทนที่หินฝุ่นด้วยขุยมะพร้าว ร้อยละ 20 ปริมาณการแทนที่หินฝุ่น ด้วยเส้นใยมะพร้าวที่เหมาะสม ไม่เกินร้อยละ 20 ส่วนปริมาณการแทนที่หินฝุ่น ด้วยเส้นใยขุยมะพร้าวที่เหมาะสม ไม่เกินร้อยละ 15 ในการเตรียมเส้นใยและขุยมะพร้าว ใช้เวลาค่อนข้างนาน รวมทั้งเวลาที่ผสมและอัดขึ้นรูป ต้องควบคุมการผสมให้ดี เพื่อให้ส่วนผสมเข้ากัน โดยเฉพาะเส้นใยผสมเข้ากันยาก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ที่ได้ให้การสนับสนุนสถานที่ และด้านต่างๆ ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณฝ่ายวิชาการและงานวิจัย คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ตลอดทั้งแผนงานวิจัยและพัฒนา วิทยาเขตสกลนคร ที่ได้ประสานงานและอำนวยความสะดวกในด้านเอกสารและด้านต่างๆ จนงานวิจัยสำเร็จ ลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2560 คอนกรีตบล็อกกลวง ไม่รับน้ำหนัก
- [2] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 109-2517 วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อสร้างด้วยคอนกรีต
- [3] กิตติพันธ์ บุญโตสิตระกูล, กิตติพงษ์ สุวีโร และปราโมทย์ วีรานุกูล. (2562). การพัฒนาเปลือกอาคารผสมเส้นใยมะพร้าว. วารสาร วิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี, 17(2), 25–35.
- [4] อินทรักษ์ . (2023). ซีเมนต์เส้นใยผลตาลและเส้นใยมะพร้าว เพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร. วารสารสถาปัตยกรรม การออกแบบ และการก่อสร้าง, 5(3), 155–170
- [5] วิโรจน์ ไกรเทพ. (2562). สมบัติเชิงกลของซีเมนต์เพสต์เสริมเส้นใยมะพร้าวโดยใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็นวัสดุประสาน. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี
- [6] จุฑามาศ ลักษณะกิจ และนันทชัย ชูศิลป์.(2562). อิทธิพลของเส้นใยธรรมชาติจากวัสดุเหลือทิ้งต่อคุณสมบัติของแผ่นผ้าเพดานไฟเบอร์ซีเมนต์. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, 30(4), 7–17
- [7] ธรรมศร เชียงทองสุข, จิระภา มาพงษ์, ธารัตน์ แก้วสกุลณี และอำพนจรัสจรัสเกียรติ.(2564).การพัฒนาคอนกรีตบล็อกระบบเซลล์ลาร์ด้วยส่วนผสมจากขุยมะพร้าว เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติฉนวนกันความร้อน. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 26 23-25 มิถุนายน 2564, การประชุมรูปแบบออนไลน์
- [8] มะรอกพา มามะ,มุฮัมมัดซารีฟ สนิทวาที,กฤติยา อ่องวุฒิวัฒน์,อรรคเดช อับดุลมาดิน และ เพ็ญพิชชา สนิทอินทร์ 2565 การศึกษาแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยมะพร้าวเพื่อใช้ในงานก่อสร้าง.การประชุมวิชาการ วิศวกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 27
- [9] ASTM E1225-20 Standard Test Method for Thermal Conductivity of Solids Using the Guarded-Comparative-Longitudinal Heat Flow Technique