วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 29 ฉบับที่ 2 เม.ย.–มิ.ย. 2562
The Journal of KMUTNB., Vol. 29, No. 2, Apr.–Jun. 2019

บทความวิจัย

สมบัติเชิงกลและการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร*
สาขาวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0 4400 9009 ต่อ 1303 อีเมล: pongsak.ey@gmail.com DOI: 10.14416/j.kmutnb.2019.02.002
รับเมื่อ 12 ตุลาคม 2561 แก้ไขเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2561 ตอบรับเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 12 กุมภาพันธ์ 2562
© 2019 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสมบัติเชิงกลและการนำความร้อนของคอนกรีตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยอัตราส่วนระหว่างใบอ้อยและใบข้าวโพดผสมแตกต่างกันหลายอัตราส่วนผสมคงที่ระหว่าง ปูน : หิน : ทราย : น้ำ เท่ากับ 3 : 12 : 8 : 1.3 โดยน้ำหนัก โดยใช้อัตราส่วนใบอ้อยและใบข้าวโพดแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 4, 6, 8, 10 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ โดยศึกษาสมบัติเชิงกลและการนำความร้อน ได้แก่ การทดสอบกำลังอัด ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ คลื่นอัลตราโซนิค และการนำความร้อน เป็นต้น ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนใบอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ เป็นอัตราส่วนที่ที่ใช้คุณสมบัติดังต่อไปนี้ลดลง ได้แก่ ค่าการนำความร้อน ความหนาแน่น และค่ากำลังรับแรงอัด และสมบัติที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ การดูดซึมน้ำ เป็นต้น ซึ่งจะให้สมบัติเชิงกลและการนำความร้อนดีกว่าอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบข้าวโพด สำหรับการทดสอบความเร็วคลื่นอัลตราโซนิคเพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นเป็นปริมาณที่มีความสำคัญสำหรับกำหนดลักษณะสมบัติเชิงกลของคอนกรีตบล็อก การศึกษาค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมด้วยใบอ้อย และใบข้าวโพดแทนที่ปูนซีเมนต์สามารถลดการนำความร้อนเข้าสู่อาคารได้ถึง 53.29% และ54.93% ตามลำดับ ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นฉนวนกันความได้เป็นอย่างดีและยังเป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วย

คำสำคัญ: คอนกรีตบล็อก, สมบัติเชิงกล, การนำความร้อน, วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

การอ้างอิงบทความ: พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร, "สมบัติเชิงกลและการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 29, ฉบับที่ 2, หน้า 342–351, เม.ย.–มิ.ย. 2562.

Research Article

The Mechanical Properties and Thermal Conductivity of Concrete Block from Agricultural Wastes

Pongsak Jittabut*
Physics and General Science Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0 4400 9009 Ext. 1303, E–mail: pongsak.ey@gmail.com DOI: 10.14416/j.kmutnb.2019.02.002
Received 12 October 2018; Revised 23 November 2018; Accepted 30 November 2018; Published online: 12 February 2019
© 2019 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The research article presents the mechanical properties and thermal conductivity of concrete blocks from agricultural wastes. The standard mix ratio of cement: stone: sand: water was 3 : 12 : 8 : 1.3 wt%. The percentage of sugarcane and corn leaves replacing cement was 4, 6, 8, 10 wt%. Mechanical properties and thermal conductivity in terms of compressive strength, water absorption, density thermal conductivity and ultrasonic pulse velocity were studied. The results showed that when replacing cement with sugarcane leaves 4% by cement weight, thermal conductivity, density and compressive strength decreased, while water absorption increased. Replacing cement with sugarcane leaves yielded better mechanical properties and thermal conductivity than replacing with corn leaves. Ultrasonic pulse velocity is used to test the compressive strength and density, which are two important indices to characterize mechanical properties of concrete blocks. Concrete blocks of sugarcane and corn leaves can reduce heat entering a building by up to 53.29% and 54.93%, respectively. Concrete blocks from agricultural wasted can be developed into thermal insulators and they are environmentally friendly materials, as well.

Keywords: Concrete Blocks, Mechanical Properties, Thermal Conductivity, Agricultural Wastes

Please cite this article as: P. Jittabut, "The mechanical properties and thermal conductivity of concrete block from agricultural wastes," *The Journal of KMUTNB*, vol. 29, no. 2, pp. 342–351, Apr.–Jun. 2019 (in Thai).

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการทำการเกษตรกันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นภาคการเกษตรของไทยถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจอย่างแท้จริง ภายใต้สภาวการณ์ที่มีการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่องมีการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้อย่างหลากหลายและเกินความจำเป็น ดังนั้นผลที่ตามมาคือมีเศษซากวัสดุทางการเกษตรที่ไม่จำเป็นเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่จะทำลายซากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้โดยการเผาไหม้ ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ เกิดความเสื่อมโทรมของดิน และผลกระทบเหล่านี้มีผลโดยตรงกับมนุษย์ทั้งด้านสุขภาพร่างกาย ด้านการเกษตร และด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุก่อสร้างที่นำมาใช้ในงานก่อสร้าง การตกแต่งอาคารบ้าน ถนน สวนสาธารณะ มีความสามารถใช้ปรับพื้นที่ให้ดูสวยงาม น่ามอง มีมิติ และยังสามารถนำมาออกแบบลวดลายได้หลากหลายตามความต้องการของเราได้ ในปัจจุบันก็มีบล็อกปูพื้นหลากสี หลายคุณสมบัติให้เลือกใช้เพื่อให้เหมาะกับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน และยิ่งถ้าออกแบบลายให้มีลูกเล่นสวยงามจะยิ่งทำให้ถนนในบ้านสวยส่งเสริมบ้านให้ดูโดดเด่นน่ามอง กระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกเป็นดังนี้ นำปูนซีเมนต์ผสมกับทราย หินเล็กๆ และน้ำ ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วนำไปขึ้นรูป [1]

พลังงานมีความสำคัญอย่างมากในการพัฒนาทั้งทางด้านอุตสาหกรรมและธุรกิจในโลกปัจจุบันราคาพลังงานมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากแหล่งพลังงานลดน้อยลง รวมทั้งราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นละในขณะเดียวกันการใช้พลังงานก็มีสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่ประสบปัญหาดังกล่าวดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องแสวงหาแนวทางลด การใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน แนวทางหนึ่งคือพิจารณาการประหยัดพลังงานในอาคารและบ้านเรือน ซึ่งการปรับปรุงดังกล่าวจะส่งผลให้การใช้พลังงานลดลง การใช้วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน [2] เช่น ความสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า เนื่องจากเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากลดการถ่ายเทความร้อนภายนอกอาคารเข้าสู่อาคาร เป็นต้น

จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดเป็นอันดับต้นๆ ของประเทศที่มีเศษเหลือทิ้งจากอ้อยในจำนวนมาก เช่น ยอดและใบอ้อยมากถึง 13,439,727.21ตันต่อปี และข้าวโพดมีเศษเหลือทิ้งจากลำต้นและซังข้าวโพดมากถึง 2,758,777.37 ตันต่อปี [3], [4] ทำให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมหากไม่มีการกำจัดที่เหมาะสม ก็จะก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม จากงานวิจัยการทดสอบค่าการนำความร้อนของใบอ้อยแห้งที่นำมาอัดให้มีความหนาแน่นประมาณ 80 กก./ม.^{3} พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.05–0.07 วัตต์/เมตร-เคลวิน และค่าการนำความร้อนของใบข้าวโพดอัดให้มีความหนาแน่นประมาณ 80 กก./ม.^{3} มีค่าการนำความร้อนประมาณ 0.03–0.04 วัตต์/เมตร-เคลวิน [5]

งานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะนำเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรมาผลิตคอนกรีตบล็อกเพื่อลดต้นทุนอีกทั้งยังสามารถลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ได้ โดยทดสอบคุณสมบัติ ได้แก่ ความหนาแน่น กำลังแรงอัด การดูดซึมน้ำ และการทดสอบด้วยคลื่นอัลตราโซนิกส์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกำลังแรงอัดจากการกดกับค่าของคลื่นเสียงที่ผ่านชิ้นตัวอย่าง และศึกษาการนำความร้อน เพื่อพัฒนาคอนกรีตที่สามารถลดการนำความร้อนเข้าสู่อาคารและน้ำหนักเบา และได้วัสดุก่อสร้างอาคารราคาถูกและเหมาะสมกับชุมชน

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมวัสดุเหลือทิ้งใบอ้อยและใบข้าวโพด โดยการนำไปตากแดดเป็นระยะเวลา 7 วัน จนใบอ้อยและใบข้าวโพดมีความชื้นประมาณน้อยกว่า 15% และให้มีขนาดประมาณใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ให้มีขนาดประมาณ 10 ไมโครเมตร

2.1 การกำหนดอัตราส่วน

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบสมบัติ ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดอัตราส่วนระหว่างใบอ้อยต่อใบข้าวโพด เพื่อเป็นข้อเปรียบเทียบคุณสมบัติตัวอย่างในการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงาน กำหนดอัตราส่วนเท่ากับ ปูน : หิน : ทราย : น้ำ (3 : 12 : 8 : 1.3) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนส่วนผสมและปริมาณการขึ้นรูปคอนกรีต

อัตราส่วนผสม	0% (กก.)	4% (กก.)	6% (กก.)	8% (กก.)	10% (กก.)
ปูน	3	2.88	2.82	2.76	2.70
หิน	12	12	12	12	12
ทราย	8	8	8	8	8
น้ำ	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
ใบข้าวโพดและใบอ้อย	-	0.12	0.18	0.24	0.30
รวม	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3

2.2 วิธีการขึ้นรูปคอนกรีต

1. เตรียมส่วนผสมที่กำหนดไว้ จากนั้นเทส่วนผสมในปริมาณที่กำหนดลงในเครื่องผสมคอนกรีต เพื่อทำการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

2. การบรรจุคอนกรีตเข้าแม่พิมพ์โดยการตึงภาชนะป้อนส่วนผสมให้ตรงแม่พิมพ์ มีลักษณะเป็นช่องที่มีขนาดเท่ากับก้อนคอนกรีต ซึ่งทำเป็น 2 ช่องเรียงกัน ซึ่งระบบตัดและต่อกำลังทำหน้าที่ตัดและต่อกำลังโดยมอเตอร์กับระบบสั่นสะเทือนแม่พิมพ์

3. ชุดดันคอนกรีตบล็อกออกจากพิมพ์จะทำหน้าที่ดันคอนกรีตขึ้นจากบล็อกของเครื่องอัดแล้วทำการพลิกก้อนคอนกรีตเพื่อเอาแผ่นเหล็กรองออก

4. นำคอนกรีตบล็อกที่ได้ไปตากในที่ร่มและทำการบ่มโดยการรดน้ำเป็นเวลา 7 และ 28 วัน จากนำตัวอย่างที่ขึ้นรูปแล้วไปทดสอบสมบัติเชิงกลและทางความร้อน

2.3 วิธีการทดสอบ

1. ความหนาแน่น

หลังจากบ่มก้อนตัวอย่างขนาด 8×8×6 ลูกบาศก์เซนติเมตร บ่มด้วยน้ำครบ 7 วัน และ 28 วัน นำก้อนตัวอย่างตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง 24 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบหาค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรโดยจะทำการวัดปริมาตรและมวลของก้อนตัวอย่าง ตามมาตรฐาน ASTM C139 โดยใช้ก้อนตัวอย่างละ 3 ตัวอย่าง จากนั้นทำการคำนวณหาค่าความหนาแน่นจากสมการที่ (1)

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{1}$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่น (กก./ม.^{3})

m คือ มวล (กก.)

V คือ ปริมาตร (ม.^{3})

2. กำลังรับแรงอัด

คอนกรีตบล็อกหลังจากบ่มก้อนตัวอย่างขนาด 8x8x6 ลูกบาศก์เซนติเมตร บ่มด้วยน้ำครบ 7 วัน และ 28 วัน นำก้อนตัวอย่างตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง 24 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบหาค่าความต้านแรงอัดด้วยเครื่องทดสอบความต้านแรงอัดเครื่อง Compression Testing Machine ขนาด Load cell 3000 kN ตามมาตรฐาน ASTM C109 [6] โดยหลักการหาแรงต้านแรงอัดแสดงดังสมการที่ (2)

$$f_C = \frac{F}{A} \tag{2}$$

เมื่อ f_C คือ ความเค้นอัดที่เกิดขึ้น (นิวตัน/ ม.^{2})

A คือ พื้นที่หน้าตัด (ม.^{2})

F คือ แรงอัดที่กระทำกับวัตถุ (นิวตัน)

3. การดูดซึมน้ำ

คอนกรีตบล็อกหลังจากบ่มก้อนตัวอย่างขนาด 8 × 8 × 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร บ่มด้วยน้ำครบ 7 วัน และ 28 วัน นำก้อนตัวอย่างตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง 24 ชั่วโมง นำมาทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของก้อนตัวอย่าง โดยการแช่ชิ้นทดสอบในน้ำให้ท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วยกชิ้นทดสอบออกใช้ผ้าชุ่มน้ำเช็ดที่ผิวก้อนตัวอย่างแต่ละก้อนและทำการชั่งชิ้นทดสอบอีกครั้งโดยทำให้เสร็จภายในเวลา 3 นาที จากนั้นนำชิ้นทดสอบอบที่อุณหภูมิ 105 ± 5ºC ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมงทำการวัดค่ามวลของก้อนตัวอย่าง โดยใช้ก้อนตัวอย่างละ 3 ตัวอย่าง บันทึกค่าที่ได้และทำการคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำจากสมการที่ (3)

$$W_A = \left(\frac{m_w - m_d}{m_d}\right) \times 100 \tag{3}$$

เมื่อ W_A คือ การดูดซึมน้ำ (เปอร์เซ็นต์)

m_w คือ มวลของวัสดุที่เปียก (กก.)

m_d คือ มวลของวัสดุที่แห้ง (กก.)

4. คลื่นอัลตราโซนิกส์

การทดสอบโครงสร้างโดยสร้างภายในโดยการใช้คลื่นความถี่สูงผ่านเนื้อวัสดุเพื่อทดสอบความบกพร่องภายในชิ้นงาน เมื่อคลื่นเสียงกระทบกับสิ่งกีดขวางจะเกิดการสะท้อนกลับมายังอุปกรณ์รับสัญญาณ โดยสามารถคำนวณความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกส์จากอัตราส่วนระหว่างระยะห่างของตัวรับกับตัวส่งสัญญาณและเวลาการเดินทางที่วัดได้วัดความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกส์ ณ จุดอื่นๆ ในโครงสร้างและบันทึกเพื่อเปรียบเทียบและนำค่าที่ได้คำนวณหาค่าความเร็วคลื่นเสียงจากสมการที่ (4)

$$v = \frac{s}{t} \quad (4)$$

เมื่อ v คือ ความเร็วคลื่นเสียง (ซม./ไมโครวินาที)

s คือ ความสูง (ซม.)

t คือ เวลา (ไมโครวินาที)

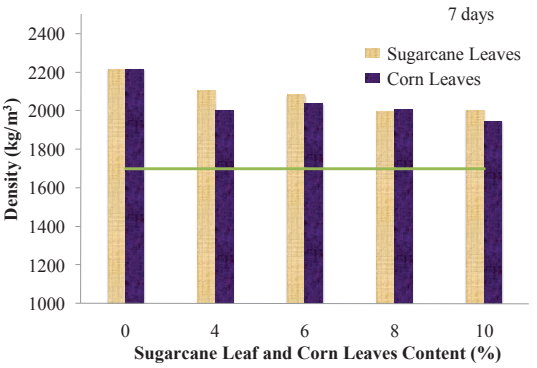
5. การนำความร้อน

คอนกรีตบล็อกหลังจากบ่มด้วยน้ำครบ 28 วัน โดยกำหนดขนาดของตัวอย่างขนาด 8 × 8 × 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยวัดสมบัติการนำความร้อนโดยใช้เครื่องวัด ISOMET 2114 จากบริษัท Applied Precision Ltd ประเทศสโลวาเกีย โดยใช้หัววัดสัญญาณแบบพื้นผิว กำหนดช่วงของการทดสอบค่าความร้อนอยู่ในช่วง 0.2–2 วัตต์/เมตร-เคลวิน เวลาในการทดสอบ 30 นาทีต่อตัวอย่าง โดยเครื่องวัดค่าการนำความร้อนของวัสดุค่าการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D5930

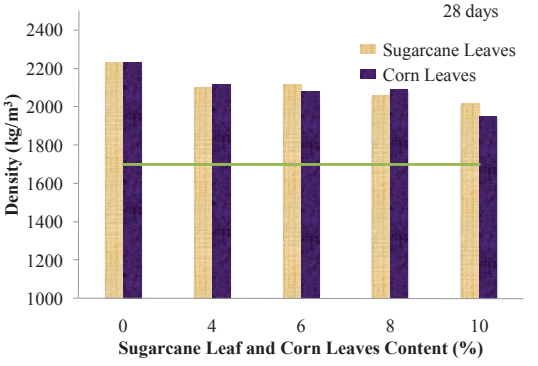
3. ผลและอภิปรายผล

3.1 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อก

จากรูปที่ 1–2 คอนกรีตแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพดเวลาในการบ่ม 7 วัน ค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1,947-2,026.4 กก./ม.^{3} และคอนกรีตแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพดเวลาในการบ่ม 28 วัน มีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 2,016.4-2,117.1 กก./ม.^{3} ซึ่งทั้ง 7 วัน



รูปที่ 1 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมใบอ้อยและใบข้าวโพดใช้ระยะเวลาในการบ่ม 7 วัน



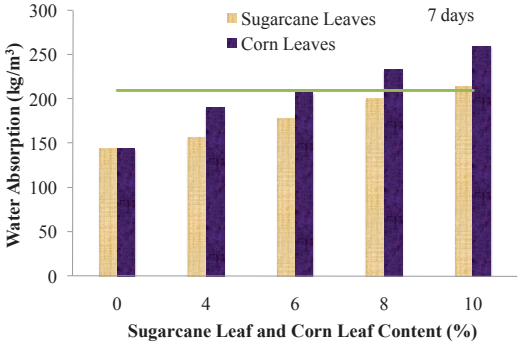
รูปที่ 2 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมใบอ้อยและใบข้าวโพดใช้ระยะเวลาในการบ่ม 28 วัน

และ 28 วัน ที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพดจะมีอัตราค่าความหนาแน่นลดลงทุกอัตราส่วน และอัตราส่วนคอนกรีตที่แทนที่ด้วยใบข้าวโพดจะมีอัตราการลดลงของความหนาแน่นมากกว่าใบอ้อย เนื่องจากเพื่อแทนที่ปริมาณปูนด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพดทำให้การยึดเกาะระหว่างวัสดุลดลง และขนาดความละเอียดที่มากกว่าส่งผลทำให้มีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน เนื่องจากขนาดอนุภาคที่เล็กจะเข้าไป แทรกในช่องว่าง ทำให้ขนาดของโพรงลดลง มีความแน่นมากขึ้น [7]

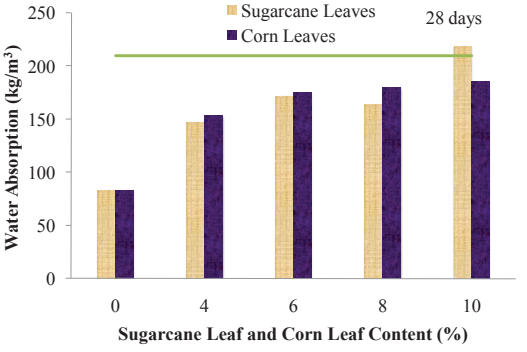
3.2 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก

คอนกรีตที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพด

มีค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกบ่มคอนกรีตเป็นเวลา 7 วัน จะเห็นได้ว่าคอนกรีตที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพดมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 156.7–260 กก./ม.^{3} และการบ่มคอนกรีตเป็นเวลา 28 วัน จะเห็นได้ว่าคอนกรีตที่แทนที่ด้วยปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพดมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 147.2–185.4 กก./ม.^{3} ซึ่งระยะเวลาในการบ่มคอนกรีต 7 วันและ 28 วัน อัตราส่วนแทนที่ด้วยปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพดที่ 4% และ 6% โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่ผ่านมาตรฐาน ASTM C90 ส่วนอัตราการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพดมีอัตราค่าการดูดซึมเพิ่มขึ้นโดยที่อัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อย 10% และอัตราส่วนแทนที่ด้วยปูนซีเมนต์ด้วยใบข้าวโพด 8% และ 10% ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 1505 โดยเมื่อเพิ่มปริมาณใบอ้อยและใบข้าวโพดเข้าไปในอัตราส่วนมากขึ้นการดูดซึมก็จะเพิ่มมาก เนื่องจากเพราะปริมาณปูนซีเมนต์ก็จะลดลงทำให้การยึดเกาะของเนื้อปูนลดลง จึงส่งผลถึงการดูดซึมให้มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากความละเอียดมากกว่าส่งผลทำให้ร้อยละการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน เนื่องจากความละเอียดมากขึ้นทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น [8] อย่างไรก็ตาม คอนกรีตแทนที่ปูนซีเมนต์ของใบอ้อยและใบข้าวโพดดังกล่าวผ่านมาตรฐานซึ่งสามารถใช้งานได้ แสดงดังรูปที่ 3–4



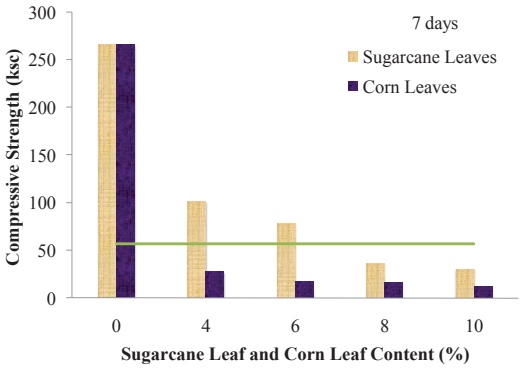
รูปที่ 3 ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมใบอ้อยและใบข้าวโพดใช้ระยะเวลาในการบ่ม 7 วัน



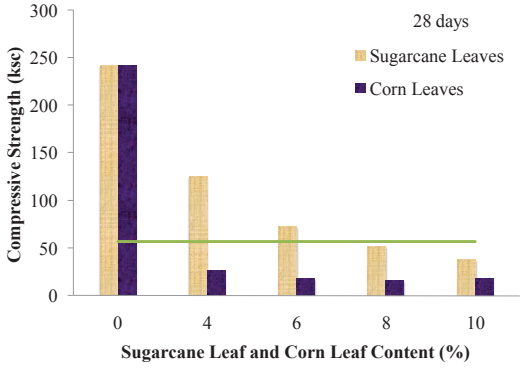
รูปที่ 4 ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมใบอ้อยและใบข้าวโพดใช้ระยะเวลาในการบ่ม 28 วัน

3.3 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อก

การทดสอบค่ากำลังแรงอัดของคอนกรีตบล็อกบ่มเป็นเวลา 7 วัน คอนกรีตแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพดมีค่ากำลังแรงอัดอยู่ในช่วง 12.7–102.8 กก./ซม.^{2} ส่วนการบ่มคอนกรีตเป็นเวลา 28 วัน คอนกรีตที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพด มีค่ากำลังแรงอัดอยู่ในช่วง 16.1–127.9 กก./ซม.^{2} การบ่มคอนกรีตทั้ง 7 วันและ 28 วัน ที่แทนที่ด้วยปูนซีเมนต์ใบอ้อยและใบข้าวโพดจะมีอัตราค่ากำลังแรงอัดลดลงอย่างต่อเนื่อง และอัตราส่วนคอนกรีตแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยเป็นอัตราส่วนที่ผ่านมาตรฐาน ASTM C140 ในอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อย 4% และ 6% ส่วนอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อย 8% และ 10% ไม่ผ่านมาตรฐาน ส่วนอัตราส่วนคอนกรีตแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบข้าวโพดไม่ผ่านมาตรฐานทั้งหมด เนื่องจากการทดสอบแรงอัดของผู้วิจัยได้ทดสอบตามมาตรฐานอเมริกา ASTM C140 ระบุว่า มาตรฐานอุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกผนังรับน้ำหนัก ที่กำหนดหลักเกณฑ์คุณภาพ การรับแรงอัดของอิฐบล็อกเฉลี่ย 3 ก้อน ไม่น้อยกว่า 52 กก./ซม.^{2} ถ้าเพิ่มปริมาณใบอ้อยและใบข้าวโพดเข้าไปในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นกำลังอัดก็จะลดลงมากเพราะปริมาณปูนซีเมนต์ก็จะลดลงทำให้การยึดเกาะของปูนน้อยลง ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัย Khedari *et al*. [9] และมีค่าต่ำลงมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 90 เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน แสดงดังรูปที่ 5–6



รูปที่ 5 ค่ากำลังแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมใบอ้อยและใบข้าวโพดใช้ระยะเวลาในการบ่ม 7 วัน

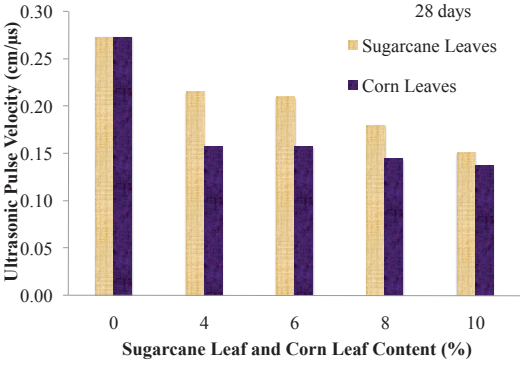


รูปที่ 6 ค่ากำลังแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมใบอ้อยและใบข้าวโพดใช้ระยะเวลาในการบ่ม 28 วัน

3.4 การทดสอบด้วยคลื่นอัลตราโซนิกส์

จากรูปที่ 7 เป็นการทดสอบคอนกรีตบล็อกด้วยคลื่นอัลตราโซนิกส์ที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพด ระยะเวลาในการบ่ม 28 วัน ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกส์ของใบอ้อยจะมากกว่าใบข้าวโพด และอัตราส่วนที่แทนที่ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพดที่ 4% จะให้คลื่นเสียงผ่านได้เร็วเท่ากับ 0.2155 ซม./ไมโครวินาที และ 0.1579 ซม./ไมโครวินาที ตามลำดับ และอัตราส่วนแทนที่ด้วยปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพดที่ 10% ความเร็วของคลื่นเสียงผ่านที่ความเร็วเท่ากับ 0.1514 ซม./ไมโครวินาที และ 0.1396 ซม./ไมโครวินาที ตามลำดับ

สำหรับผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกที่แทนที่ด้วย



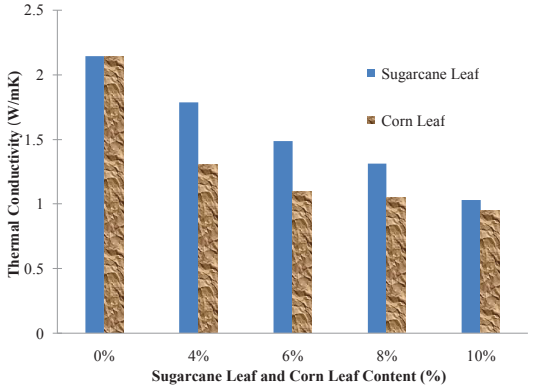
รูปที่ 7 ค่าการทดสอบด้วยคลื่นอัลตราโซนิกส์ของคอนกรีตบล็อกผสมใบอ้อยและใบข้าวโพดใช้ระยะเวลาในการบ่ม 28 วัน

ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพดแทนที่ด้วยอัตราส่วน 4%, 6%, 8% และ 10% จะเห็นว่าความหนาแน่นและค่ากำลังอัดมีค่าน้อยลงเรื่อยๆ ทำให้ผลการทดสอบคลื่นอัลตราโซนิกส์สามารถผ่านคอนกรีตบล็อกได้ลดลงด้วย เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณแทนที่ด้วยปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพดมากขึ้นจึงทำให้เกิดช่องว่างภายในคอนกรีตบล็อกมีมากช่องว่างที่มีมากก็จะทำให้เสียงผ่านได้ก็มีน้อยจึงทำให้คลื่นอัลตราโซนิกส์ได้ช้าลง การทดสอบคลื่นอัลตราโซนิกส์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและค่ากำลังรับแรงอัดมีรายละเอียดดังรูปที่ 9–10

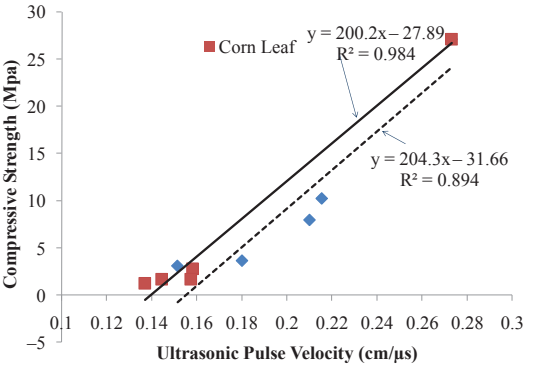
3.5 การทดสอบค่าการนำความร้อน

การทดสอบคอนกรีตบล็อกที่แทนที่ปูนซีเมนต์ 4%, 6%, 8% และ10% ระยะเวลาในการบ่ม 28 วัน ผลปรากฏว่าค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกจะลดลงตามปริมาณร้อยละของใบอ้อยและใบข้าวโพดแทนที่ปูนซีเมนต์ โดยที่อัตราแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบข้าวโพดเท่ากับ 10% มีค่าการนำความร้อนน้อยที่สุดเท่ากับ 0.987 วัตต์/เมตร-เคลวิน และอัตราแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยที่อัตราส่วน 10% มีค่าการนำความร้อนเท่ากับ 1.023 วัตต์/เมตร-เคลวิน ตามลำดับ ดังแสดงดังรูปที่ 8

สำหรับผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกที่นำใบอ้อยและ

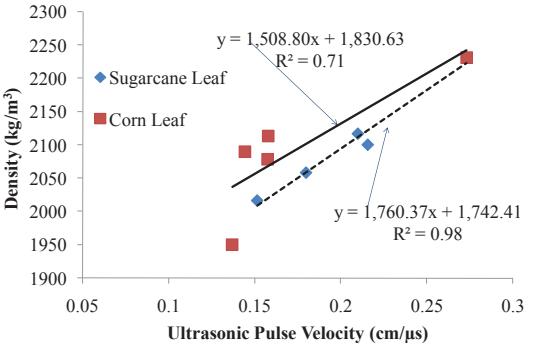


รูปที่ 8 ค่าการทดสอบค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมใบอ้อยและใบข้าวโพดใช้ระยะเวลาในการบ่ม 28 วัน



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วของคลื่นเสียงและค่ากำลังรับแรงอัดเวลาในการบ่ม 28 วัน

ใบข้าวโพดมาแทนที่ด้วยปูนซีเมนต์อัตราส่วน 4%, 6%, 8% และ 10% จะเห็นได้ว่าค่าการนำความร้อนที่นำใบอ้อยและใบข้าวโพดมาผสมในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการนำความร้อนลดลง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อก โดยเฉพาะค่าความหนาแน่นที่แปรผันตรงกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน และสอดคล้องกับผลจากงานวิจัยอื่นๆ [10], [11] สำหรับการพัฒนาค่าความร้อนที่ลดลงจะสมารถนำมาพัฒนาเป็นคอนกรีตบล็อกที่ประหยัดพลังงานได้



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วของคลื่นเสียงและค่าความหนาแน่น ที่ใช้ระยะเวลาในการบ่ม 28 วัน

3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบ

1. การทดสอบคลื่นอัลตราโซนิกส์และกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพด แสดงด้วยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วของคลื่นเสียงและค่ากำลังรับแรงอัดแสดงดังรูปที่ 9

โดยคอนกรีตบล็อกแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยมีค่าความเชื่อมั่น 89.4% ตามสมการเชิงเส้นดังสมการที่ (5)

$$y = 204.3x - 31.66 \quad (5)$$

คอนกรีตบล็อกแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบข้าวโพดมีค่าความเชื่อมั่น 98.4% ตามสมการเชิงเส้น ดังสมการที่ (6)

$$y = 200.2x - 27.87 \quad (6)$$

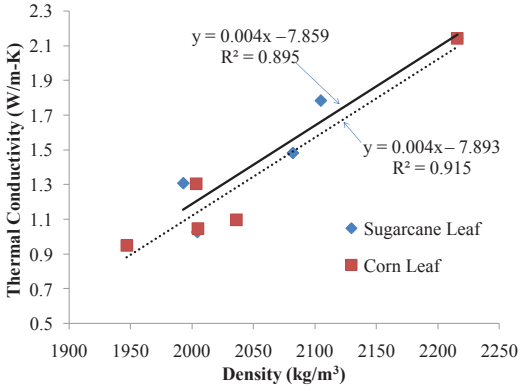
เมื่อ x คือค่าความเร็วของคลื่นเสียง (ซม./ไมโครวินาที)

y คือค่ากำลังแรงอัด (MPa)

2. การทดสอบด้วยคลื่นอัลตราโซนิกส์และความหนาแน่น ของคอนกรีตบล็อกที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพด แสดงด้วยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วของคลื่นเสียงและค่าความหนาแน่นแสดงดังรูปที่ 10

โดยคอนกรีตบล็อกแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยมีค่าความเชื่อมั่น 98% สมการเชิงเส้น

$$y = 1{,}760.37x + 1{,}742.41 \quad (7)$$



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อนและค่าความหนาแน่น ระยะเวลาในการบ่ม 28 วัน

คอนกรีตบล็อกแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบข้าวโพดมีค่าความเชื่อมั่น 71% ตามสมการเชิงเส้น

$$y = 1{,}508.80x + 1{,}830.63 \quad (8)$$

เมื่อ x คือค่าความเร็วของคลื่นเสียง (ซม./ไมโครวินาที)

y คือค่าความหนาแน่น (กก./ม.^{3})

3. จากการทดสอบการนำความร้อนและความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยและใบข้าวโพด แสดงด้วยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อนและค่าความหนาแน่นแสดงดังรูปที่ 11

โดยคอนกรีตบล็อก แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยมีค่าความเชื่อมั่น 91.5% ตามสมการเชิงเส้น

$$y = 0.004x - 7.893 \quad (9)$$

คอนกรีตบล็อกแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบข้าวโพดมีค่าความเชื่อมั่น 89.5% ตามสมการเชิงเส้น

$$y = 0.004x - 7.859 \quad (10)$$

เมื่อ x คือค่าความหนาแน่น (กก./ม.^{3})

y คือค่าการนำความร้อน (วัตต์/เมตร-เคลวิน)

4. สรุป

1. การพัฒนาคอนกรีตแทนปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยให้สมบัติเชิงกลดีกว่าคอนกรีตแทนที่ด้วยใบข้าวโพด โดยอัตราส่วนคอนกรีตบล็อกที่อัตราส่วนผสมแทนปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อยที่ร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ซึ่งเป็นอัตราส่วนให้ค่าความหนาแน่น กำลังรับแรงอัด และค่าการดูดซึมน้ำซึ่งผ่านมาตรฐาน ASTM และมาตรฐาน มอก.

2. การใช้คลื่นอัลตราโซนิกส์เพื่อทดสอบสมบัติเชิงกลของคอนกรีตบล็อกของค่าความหนาแน่น ค่ากำลังรับแรงอัด ซึ่งมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 71–98.4%

3. การศึกษาค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบข้าวโพดจะให้สมบัติการนำความร้อนที่ต่ำกว่าแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยใบอ้อย เมื่อใส่ใบอ้อยลงไปแทนที่ปูนซีเมนต์จะสามารถลดการนำความร้อนได้ถึง 53.29% และใส่ใบข้าวโพดแทนที่ปูนซีเมนต์จะสามารถลดการนำความร้อนได้ถึง 54.93% ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นฉนวนกันความร้อนได้เป็นอย่างดี และยังเป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนวิจัยจากสำนักนโยบายและแผนพลังงาน ประจำปี 2560 และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ใช้เครื่องมือในการทดสอบค่าการนำความร้อน และมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาที่ให้สถานที่ในการขึ้นรูปตัวอย่างและเก็บตัวอย่างทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

[1] P. Lertwattanaruk and A. Suntijitto, “Properties of natural fiber cement materials containing coconut coir and oil palm fibers for residential building applications,” *Construction and Building Materials*, vol. 94, pp. 664–669, 2015.

[2] S. Inthata and C. Khankham, “Use of rice straw to produce the insulation cement board,” *Pawarun Agriculture Journal*, vol. 12, no. 1,

pp. 24–34, 2015.

[3] Office of Agricultural Economics, (2016, May), Potential of biomass in Thailand. MCOT. Bangkok, Thailand [Online]. Available: http://www.mcot.net/cfcustom/cache_page/164331.html.

[4] Land Development Department, (2018. October). Proper Cultivation in Thailand. ministry of agriculture and cooperatives. Bangkok, Thailand [Online] Available: http://www.ldd.go.th/NewsIndex/Zoning_Plant/index.htm.

[5] Royal Forest Department, *Forest Research and Management Institute*. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment, 2007, pp. 21.

[6] *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*, ASTM C109/C109M-13, 2018.

[7] J. Tangpagasit, R. Cheerarot, C. Jaturapitakkul, and K. Kiattikomol, "Packing effect and pozzolanic reaction of fly ash in mortar," *Cement and Concrete Research*, vol. 35, no. 6, pp. 1145–1151, 2005.

[8] G. A. Habeeb and M. M. Fayyadh, "Rice husk ash concrete: the effect of RHA average particle size on mechanical properties and drying shrinkage" *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 3, no.3, pp. 1616–1622, 2009.

[9] J. Khedari, B. Suttisonk, N. Pratinthong, and J. Hirunlabh, "New lightweight composite construction materials with low thermal conductivity," *Cement and Concrete Composites*, vol. 23, no. 1, pp. 65–70, 2001.

[10] C. Asasutjarit, J. Hirunlabh, J. Khedari, S. Charoenvai, B. Zeghmati, and U. C. Shin, "Development of coconut coir-based lightweight cement board," *Construction and Building Materials*, vol. 21, no. 2, pp. 277–288, 2007.

[11] C. Asasutjarit, S. Charoenvai, J. Hirunlabh, and J. Khedari, "Material and mechanical properties of pretreated coir-based green composites," *Composites Part B: Engineering*, vol. 40, no. 7, pp. 633–637, 2009.