

การผลิตคอนกรีตบล็อกเชิงตันไม่รับน้ำหนักจากส่วนผสมวัสดุขากต้นข้าวโพด

ทิพา ตันเจริญรัตน์^{1*}, นคร ไชยวงศ์ศักดิ์², ศศิชา สุขกาย¹, กฤษณะพันธุ์ ตันเจริญรัตน์¹, ไพโรจน์ ด้วงนคร³,
รัชณี ลือดารา³, วัฒนพล อยู่สวัสดิ์¹, มีชัย เทพนุรัตน์⁴ และ เสกสรรค์ วินยางค์กุล²

¹โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

²โปรแกรมวิชาวิศวกรรมโลหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

³โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

⁴โปรแกรมวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

*ผู้ประสานงานบทความฉบับนี้: tipa.tan@crru.ac.th โทรศัพท์: 098-6688-258

(รับบทความ: 31 ตุลาคม 2568; แก้ไขบทความ: 3 กุมภาพันธ์ 2569; ตอรับบทความ: 16 มีนาคม 2569)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยเฉพาะแกลบดำในของลำต้นข้าวโพดมาใช้เป็นส่วนผสมทดแทนมวลรวมบางส่วนในการผลิตคอนกรีตบล็อก โดยมุ่งวิเคราะห์ผลของการแทนที่มวลรวมด้วยแกลบดำในสัดส่วนร้อยละ 15, 20 และ 25 ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อก การทดลองครอบคลุมการประเมินความหนาแน่นและความต้านทานแรงอัด เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของวัสดุที่พัฒนาขึ้นสำหรับการใช้งานเป็นบล็อกผนังไม่รับน้ำหนัก ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแกลบดำในส่วนผสม ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 2,453.4 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่สัดส่วนร้อยละ 15 เหลือ 2,243.8 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่สัดส่วนร้อยละ 25 ในทำนองเดียวกัน ค่าความต้านทานแรงอัดลดลงจาก 24.274 MPa ที่สัดส่วนร้อยละ 15 เหลือ 15.848 MPa ที่สัดส่วนร้อยละ 25 แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณแกลบดำส่งผลให้โครงสร้างภายในของคอนกรีตบล็อกมีความพรุนเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการลดลงของน้ำหนักและกำลังรับแรงอัด อย่างไรก็ตาม ค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกทุกสัดส่วนยังอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการใช้งานเป็นบล็อกผนังไม่รับน้ำหนัก เมื่อพิจารณาความสมดุลระหว่างน้ำหนักและกำลังรับแรงอัดพบว่าสัดส่วนการแทนที่ไม่เกินร้อยละ 20 ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยยังคงความแข็งแรงในระดับที่เพียงพอ พร้อมทั้งช่วยลดน้ำหนักของวัสดุได้อย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของแกลบดำในการประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีตบล็อก และเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาวัสดุก่อสร้างจากทรัพยากรทางการเกษตรที่มีอยู่ในท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมต่อการใช้งานจริง

คำสำคัญ: คอนกรีตบล็อกเชิงตันไม่รับน้ำหนัก ขากต้นข้าวโพด วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

การอ้างอิงบทความ: ทิพา ตันเจริญรัตน์, นคร ไชยวงศ์ศักดิ์, ศศิชา สุขกาย, กฤษณะพันธุ์ ตันเจริญรัตน์, ไพโรจน์ ด้วงนคร, รัชณี ลือดารา, วัฒนพล อยู่สวัสดิ์, มีชัย เทพนุรัตน์ และ เสกสรรค์ วินยางค์กุล, "การผลิตคอนกรีตบล็อกเชิงตันไม่รับน้ำหนักจากส่วนผสมวัสดุขากต้นข้าวโพด," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 4, ฉบับที่ 2, หน้า 72-88, 2569.

Development and Production of Solid Nonloadbearing Concrete Masonry Units Using Corn Stalks-Based Materials

Tipa Tancharoenrat^{1,*}, Nakorn Chaiwongsakda², Sasicha Sukkay¹, Krisanapan Tancharoenrat¹,
Pairoj Daungnakorn³, Ratchanee Reudara³, Wattanapon Ausawat¹, Meechai Tepnurat⁴
and Seksan Winyangkul²

¹ Architecture Program, Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University

² Logistics Engineering Program, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

³ Industrial Arts Program, Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University

⁴ Physic Program, Faculty of Education, Chiang Rai Rajabhat University

*Corresponding Author: tipa.tan@crju.ac.th Tel: 098-6688-258

(Received: October 31, 2025; Revised: February 3, 2026; Accepted: March 16, 2026)

Abstract

This study aims to investigate the feasibility of utilizing agricultural waste, specifically the inner core of corn stalks, as a partial replacement of conventional aggregates in concrete block production. The research focuses on analyzing the effects of replacing natural aggregates with corn core at proportions of 15%, 20%, and 25% by volume on the physical and mechanical properties of concrete blocks. Experimental evaluations included density and compressive strength tests to assess the suitability of the developed material for non-load-bearing wall applications. The results indicate that increasing the corn core content in the mixture leads to a continuous reduction in density, decreasing from 2,453.4 kg/m³ at 15% replacement to 2,243.8 kg/m³ at 25% replacement. Similarly, compressive strength declined from 24.274 MPa at 15% replacement to 15.848 MPa at 25% replacement. This trend suggests that a higher proportion of corn core increases the internal porosity of the concrete matrix, resulting in reduced unit weight and compressive capacity. Nevertheless, the compressive strength values at all replacement levels remained within an acceptable range for non-load-bearing wall applications. Considering the balance between weight reduction and mechanical performance, a replacement ratio not exceeding 20% was found to provide the most suitable outcome. At this proportion, the concrete blocks maintained adequate structural integrity while achieving a meaningful reduction in density. The findings demonstrate the potential of corn core as an alternative aggregate component in concrete block manufacturing and highlight its applicability as a locally available agricultural resource for producing lightweight construction materials suitable for practical implementation.

Keywords: Solid Nonloadbearing Concrete Masonry Units, Corn Stalk, Agricultural Waste

Please cite this article as: T. Tancharoenrat, N. Chaiwongsakda, S. Sukkay, K. Tancharoenrat, P. Daungnakorn, R. Reudara, W. Ausawat, M. Tepnurat and S. Winyangkul, "Development and Production of Solid Nonloadbearing Concrete Masonry Units Using Corn Stalks-Based Materials," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 4, no. 2, pp. 72-88, 2026.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ปัญหามลพิษทางอากาศจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นหนึ่งในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะจังหวัดเชียงราย ซึ่งหลังฤดูเก็บเกี่ยวจะมีซากต้นข้าวโพดจำนวนมากที่เกษตรกรนิยมเผาทิ้งในพื้นที่โล่งเพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกใหม่ การเผาดังกล่าวก่อให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 และก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูง ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ สุขภาพของประชาชน และระบบนิเวศโดยรวม ดังนั้น การหาวิธีการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุดจึงเป็นแนวทางสำคัญในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา แนวคิดการพัฒนาวัสดุก่อสร้างสีเขียว (Green Construction Materials) ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นทั้งในระดับประเทศและระดับนานาชาติ คอนกรีตบล็อก หรือ อิฐบล็อก ถือว่าเป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมนำมาใช้ก่อผนังภายในอาคารเนื่องจากมีความแข็งแรง ทนไฟ ช่วยระบายความร้อนจากภายในสู่ภายนอกอาคารได้ ราคาประหยัดและก่อสร้างได้รวดเร็ว อย่างไรก็ตามคอนกรีตบล็อกที่ผลิตในเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่ใช้ปูนซีเมนต์และน้ำ ผสมเข้ากับวัสดุผสมละเอียด หินฝุ่นและทราย ซึ่งกระบวนการผลิตมีการใช้พลังงานและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณมาก เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ นักวิจัยจึงมองหาวัสดุทางเลือกที่เหลือใช้จากทางการเกษตรมาใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้าง เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ในบรรดาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้งหมด ซากต้นข้าวโพดถือเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมเนื่องจากเส้นใยจากแกนของลำต้นข้าวโพดสั้นและละเอียด มีความยืดหยุ่นเพราะมอดูลัสมีค่าต่ำ ความหนาแน่นต่ำน้ำหนักจึงเบาเหมาะสำหรับการนำมาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์หรือทรายบางส่วนในคอนกรีตบล็อก ช่วยลดความหนาแน่นของวัสดุโดยไม่ทำให้กำลังอัดลดลงมากนัก นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความ

พรุนและคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อน งานวิจัยที่ผ่านมาได้ยืนยันว่าการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตคอนกรีตบล็อก ไม่เพียงแต่ช่วยลดน้ำหนักของโครงสร้าง แต่ยังช่วยลดปริมาณของเสียและรอยเท้าคาร์บอน (Carbon Footprint) จากกระบวนการก่อสร้างอีกด้วย

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและผลิตคอนกรีตบล็อกเชิงต้นไม่รับน้ำหนักจากแกนด้านในลำต้นข้าวโพด ซึ่งมีความหนาแน่นต่ำมาก และโครงสร้างพาราไคนิม (Parenchyma Structure) เด่นชัด แตกต่างจากงานส่วนใหญ่ที่ใช้เปลือก ชัง หรือ แก้วซีเมนต์ อีกทั้งได้กำหนดขนาดอนุภาคควบคุมที่ 0.5 มิลลิเมตร (มม.) เพื่อให้มีลักษณะใกล้เคียงทรายหยาบ และสามารถแทนที่เชิงปริมาตรได้ โดยแกนด้านในลำต้นข้าวโพดเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างทางเลือกที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเน้นการปรับสัดส่วนของส่วนผสมให้เหมาะสม การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของอิฐบล็อก การดำเนินงานประกอบด้วยเตรียมส่วนผสม ปูนตีสีเมนต์ น้ำ ทราย และซากต้นข้าวโพด เพื่อทำการผสม การขึ้นรูป การบ่ม และการทดสอบสมบัติของอิฐตามมาตรฐานอุตสาหกรรมไทย [1] (มอก. 1776-2560) ผลลัพธ์ของงานนี้คาดว่าจะช่วยส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน และเป็นแนวทางในการลดมลพิษทางอากาศในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์

1) ทดสอบออกแบบส่วนผสมวัสดุที่จัดทำคอนกรีตบล็อกเชิงต้นไม่รับน้ำหนักจากส่วนผสมวัสดุแกนด้านในลำต้นข้าวโพด

2) ประเมินและทดสอบประสิทธิภาพคอนกรีตบล็อกเชิงต้นไม่รับน้ำหนักจากส่วนผสมวัสดุแกนด้านในลำต้นข้าวโพดให้มีความแข็งแรงตามผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และทดสอบทางวัสดุศาสตร์

บทความวิจัย (Research Article)

3. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาคอนกรีตบล็อกเชิงตันไม่รับน้ำหนักจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรถือเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือใช้ทางการเกษตร โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยซึ่งประสบปัญหาการเผาซากต้นข้าวโพดหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม [2] การนำวัสดุเหลือใช้จากต้นข้าวโพดมาผลิตเป็นวัสดุก่อสร้างประเภทผนังอาคารจึงเป็นแนวทางที่ตอบโจทย์ต่อการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน และยังสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและลดการเกิดของเสีย

คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry Units) เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีคุณสมบัติน้ำหนักเบา ช่วยลดภาระน้ำหนักของโครงสร้างอาคาร ก่อสร้างง่ายและราคาถูก [3] ผนังคอนกรีตบล็อกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามหลัก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือ มอก. ได้แก่ คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (Nonloadbearing Concrete Masonry Unit) ใช้สำหรับผนังที่ออกแบบโดยให้รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักตัวเอง และคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (Loadbearing Concrete Masonry Unit) ใช้สำหรับผนังที่ออกแบบโดยไม่รับน้ำหนักบรรทุก นอกจากนี้ น้ำหนักตัวเอง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2564) [1] โดยทั่วไป การผลิตคอนกรีตบล็อกจะใช้ส่วนผสมที่มีปูนซีเมนต์ น้ำ หินฝุ่นและทราย ซึ่งมีส่วนต่อการสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตส่งผลต่อการเกิดภาวะเรือนกระจก [4] ดังนั้น การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นส่วนผสมทดแทนบางส่วนของทรายหรือปูนซีเมนต์จึงเป็นแนวทางที่ช่วยลดทั้งต้นทุนและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น แกลบ ฟางข้าว ชังข้าวโพด และซากต้นข้าวโพด มีศักยภาพสูงในการนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนในงานก่อสร้าง เนื่องจากมีเส้นใยธรรมชาติที่สามารถยึดเกาะกับปูนซีเมนต์ได้ดี และมีความหนาแน่นต่ำ [5] การใช้วัสดุเหล่านี้สามารถลดปริมาณของเสียจากการเกษตรและลดการเผาทำลายที่เป็นสาเหตุของมลพิษทางอากาศ งานของ Ahmad et al. (2025) [6] ชี้ให้เห็นว่าการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรรูปเป็นวัสดุก่อสร้างสามารถช่วยลดการปล่อยฝุ่น PM2.5 [7,8] ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกรและชุมชนท้องถิ่น

ต้นข้าวโพดเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรที่มีปริมาณมากในประเทศไทย โดยเฉพาะในจังหวัดเชียงราย และเชียงใหม่ ซึ่งมีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นจำนวนมาก ส่วนประกอบของลำต้นข้าวโพดแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ เปลือกของ ลำต้น (Stalk Rind) และแกนด้านในของลำต้นข้าวโพด (Stalk Pith) โดยพบคุณสมบัติเส้นใยจากแกนของลำต้นข้าวโพดจะสั้นและละเอียดกว่า มีปริมาณเซลล์พืชพื้นฐานหรือพาราเณคิมา (Parenchyma) และท่อลำเลียง (Vessel) สูงที่สุด [5] ดังนั้นจึงมีความยืดหยุ่นเพราะมอดูลัสมีค่าต่ำ ความหนาแน่นต่ำน้ำหนักจึงเบาเหมาะสำหรับการนำมาเป็นส่วนผสมของอิฐก่อผนัง [9] คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ซากต้นข้าวโพดสามารถนำมาใช้แทนทรายบางส่วนในส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกได้อย่างมีประสิทธิภาพ Saowanee Suksa. เมื่อปี 2016 [10] ศึกษาการใช้ต้นข้าวโพดแทนทรายบางส่วนในคอนกรีตมวลเบา พบว่าช่วยลดความหนาแน่นของคอนกรีตลงได้-โดยมีกำลังอัดเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน อีกทั้งต้นทุนการผลิตยังถูกกว่าตามท้องตลาดทั่วไป งานของ Pongsak Jittabut เมื่อปี 2019 [11] พบว่า การศึกษาค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมด้วยใบข้าวโพดสามารถลดการนำความร้อนเข้าสู่อาคารได้ถึงร้อยละ 54.93 ซึ่งการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรสามารถพัฒนาคุณสมบัติการ

บทความวิจัย (Research Article)

เป็นฉนวนกันความร้อนได้เป็นอย่างดี โดยการใช้ซากต้นข้าวโพดเป็นวัสดุผสมในคอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อกจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมการใช้วัสดุท้องถิ่นและลดการพึ่งพาทรัพยากรจากภายนอก

การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมจำเป็นต้องพิจารณาความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์และความต่อเนื่องของห่วงโซ่อุปทานอย่างรอบด้าน อย่างไรก็ตาม วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือแกนด้านในลำต้นข้าวโพด (Stalk Pith) ซึ่งเป็นส่วนที่มีมูลค่าเชิงพาณิชย์ต่ำและในหลายพื้นที่ยังถูกกำจัดด้วยการเผา มากกว่าส่วนที่ใช้เป็นอาหารสัตว์โดยตรง จึงลดการแข่งขันเชิงทรัพยากรกับภาคเกษตรกรรมหลัก แนวทางการประยุกต์ใช้ที่เหมาะสมอาจเริ่มในระดับชุมชนหรือโรงงานขนาดเล็กในพื้นที่เพาะปลูกเพื่อลดต้นทุนการขนส่งและเพิ่มมูลค่าในท้องถิ่น สอดคล้องกับแนวคิดการใช้ทรัพยากรหมุนเวียนและการพัฒนาอุตสาหกรรมฐานชีวมวล งานวิจัยก่อนหน้านี้ชี้ให้เห็นว่าวัสดุจากลำต้นข้าวโพดสามารถพัฒนาเป็นวัสดุเสริมแรงหรือวัสดุเชิงประกอบในงานก่อสร้างได้อย่างมีศักยภาพ [12-15] และมีแนวโน้มสนับสนุนความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมเมื่อประเมินในระดับระบบ [16], [17] ดังนั้น การแสดงความคุ้มค่าเชิงเปรียบเทียบในอนาคตควรครอบคลุมการวิเคราะห์ต้นทุนตลอดวงจรชีวิต (Life Cycle Cost) และการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCA) ควบคู่กับการเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงกลและเชิงพลังงานกับผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ เพื่อยืนยันศักยภาพเชิงอุตสาหกรรมอย่างเป็นรูปธรรม

จากการศึกษารวบรวมทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าการผลิตคอนกรีตบล็อกจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากต้นข้าวโพด เป็นแนวทางที่มีศักยภาพสูงทั้งในเชิงสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และเทคโนโลยี เนื่องจากสามารถลดปัญหาการเผาทำลาย ลดมลพิษทางอากาศ และเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้างที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1) การเตรียมวัสดุ โดยเก็บซากต้นข้าวโพดจากพื้นที่อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย ทำการทำความสะอาด คัดแยกเปลือกออกจากแกนด้านในลำต้นข้าวโพด บดละเอียด และตากแห้ง

2) การออกแบบส่วนผสม โดยปรับสัดส่วนของแกนด้านในลำต้นข้าวโพด ปูนซีเมนต์ หินทราย และน้ำ เพื่อให้ได้อัตราส่วนที่เหมาะสม

3) การผลิตอิฐโดยใช้แม่พิมพ์ขนาดมาตรฐาน มอก. 1776-2560 และบ่มภายใต้อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28 วัน

4) การทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น และกำลังอัด เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโดยผลกำลังอัดที่ได้จากการทดสอบลูกบาศก์ตาม มอก. 1776-2560 เพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มความแข็งแรงของส่วนผสมต่าง ๆ โดยส่วนผสมถูกออกแบบสำหรับการผลิตคอนกรีตเชิงต้นไม่รับน้ำหนักโดยการทดสอบกำลังอัดในงานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างลูกบาศก์ขนาด 50 มม. เพื่อประเมินศักยภาพเชิงวัสดุภายใต้สภาวะควบคุม โดยค่าที่ได้ จึงสะท้อนสมบัติในระดับวัสดุ (Material Level) แต่ไม่สามารถนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกเชิงต้นไม่รับน้ำหนัก มอก. 2895-2564 (TIS 2895-2564) [18] ได้โดยตรง แต่ใช้เป็นข้อมูลประกอบเพื่อประเมินแนวโน้มและความเป็นไปได้ของการพัฒนาในระดับบล็อกจริง โดยพิจารณาจากขนาดตัวอย่าง (Size Effect) จากทฤษฎีและผลการศึกษาด้าน Size Effect ในวัสดุพบว่ากำลังอัดของตัวอย่างขนาดเล็กมีแนวโน้มสูงกว่าตัวอย่างขนาดใหญ่ประมาณ 10-25% [19,20] ดังนั้นค่ากำลังอัดที่ได้จากลูกบาศก์ขนาด 50 มม.

บทความวิจัย (Research Article)

จะมีค่าที่สูงกว่าค่าที่วัดได้จากบล็อกขนาดจริงตาม
มอก. 2895-2564

โดยตัวแปรในการออกแบบการทดลองให้
ครอบคลุมตัวแปรหลักที่มีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทาง
กายภาพและกำลังอัด ได้แก่ สัดส่วนการแทนที่แกน
ด้านในลำต้นข้าวโพดที่ 15%, 20% และ 25% ภายใต้
เงื่อนไขควบคุมเดียวกัน ทั้งด้านอัตราส่วนน้ำต่อ
ซีเมนต์ ขนาดอนุภาค (0.5 มม.) และระยะเวลาบ่ม 28 วัน
ซึ่งแกนด้านในของลำต้นข้าวโพดถูกบดละเอียดและร่อน
คัดขนาดก่อนนำไปผสม เพื่อให้มีการกระจายตัว
สม่ำเสมอภายในเมทริกซ์ปูนซีเมนต์ และลดความ
แปรปรวนของขนาด

การสำรวจและวิเคราะห์ลักษณะของต้นข้าวโพด
จากการทบทวนวรรณกรรมถึงส่วนประกอบของต้น
ข้าวโพดที่เหมาะสมในการนำมาเป็นส่วนผสมใน
คอนกรีตบล็อก พบว่า ส่วนของลำต้นข้าวโพด
เหมาะสมที่สุด และพบว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่ปลูกกัน
มากในอำเภอเทิง จึงได้ติดต่อเกษตรกรในพื้นที่นำซาก
ต้นข้าวโพด มาวิเคราะห์และสำรวจลักษณะของต้น
ข้าวโพด โดยสามารถวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้

1) ต้นข้าวโพด มีส่วนของใบที่กางออกรูปทรง
เรียวยาว อีกส่วนเป็นกาบใบหุ้มอยู่ตามลำต้น ในส่วน
ของลำต้นพบลักษณะตั้งตรง เป็นทรงกระบอกและ
เป็นปล้อง ๆ คล้ายต้นไผ่

2) ส่วนลำต้นข้าวโพด มีลักษณะ 2 เนื้อวัสดุ

(1) เปลือกของลำต้นข้าวโพด เมื่อแห้งแล้วมี
เนื้อผิวที่แข็ง มีสีเหลืองน้ำตาลอ่อน สามารถนำมา
บดละเอียดเพื่อทำการทดสอบเป็นส่วนผสมอิฐได้

(2) แกนด้านในของลำต้นข้าวโพด เป็นเนื้อ
ผิวที่น้ำหนักเบา สีขาว มีความเหนียว มีรูพรุนเล็กน้อย
สามารถนำมาบดละเอียดเพื่อทำการทดสอบเป็น
ส่วนผสมอิฐได้ ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แกนด้านในของลำต้นข้าวโพด

3) การเลือกชิ้นส่วน ใช้แกนด้านในของลำต้น
ข้าวโพด เข้าสู่ขั้นตอนการบดละเอียด แล้วคัดแยก
ขนาดเนื้อวัสดุเพื่อทำการคัดเลือกขนาดที่เหมาะสม
สำหรับการหาสัดส่วนของส่วนผสมคอนกรีตบล็อกใน
การทดลอง ขั้นตอนการทำงาน

(1) นำต้นข้าวโพดมาตัดใบและแกะกาบใบที่
หุ้มอยู่ทิ้งให้เหลือเพียงลำต้น

(2) นำลำต้นข้าวโพดเข้าเครื่องตัดกิ่งไม้เพื่อ
สะดวกต่อการแกะเอาแกนด้านในของลำต้นข้าวโพด

(3) ทำการตัดและคว้านเนื้อแกนด้านในของ
ลำต้นข้าวโพด

(4) นำชิ้นส่วนแกนด้านในของลำต้นข้าวโพด
มาปั่นด้วยเครื่องปั่นแบบละเอียด

(5) นำตะแกรงมากรองแยกชิ้นส่วนออกเป็น
สี่ขนาด มี 4 ตะแกรง ดังนี้

- ขนาดรู 1 มม.
- ขนาดรู 0.5 มม.
- ขนาดรู 0.25 มม.
- ขนาดรู 0.1 มม.

วิเคราะห์และเลือกขนาดแกนด้านในของลำต้น
ข้าวโพด โดยเลือกใช้เป็นขนาดความละเอียด 0.5 มม.
(เทียบตามขนาดของทรายหยาบในขบวนการทำอิฐ
ก่อสร้าง)

บทความวิจัย (Research Article)

ทำการทดลอง อัตราส่วนการผสมแกนด้านใน
ของลำต้นข้าวโพดในการทำอิฐก่อสร้างด้วย เพลต
ทดลองการทำอิฐก่อสร้างขนาด 5 เซนติเมตร (cm) x
5 เซนติเมตร (cm)

4.2 การหาอัตราส่วนผสม

การหาอัตราส่วนผสมของวัสดุผสมสำหรับ
คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ตามตารางที่ 1 ของ
อัตราส่วนผสมของอิฐก่อสร้าง ตามมาตรฐาน

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

3	ส่วนผสมทั้งหมด (ร้อยละของน้ำหนักรวม)			
	ปูนซีเมนต์	ทราย	แกนด้านในลำต้นข้าวโพด	มวลรวมทั้งหมด
1 (15%)	25	60	15	100
2 (20%)	25	55	20	100
3 (25%)	25	50	25	100
ส่วนผสมทั้งหมด (ร้อยละของปริมาตร รวม 0.5 ลิตร)				
สูตร	ปูนซีเมนต์ (ml)	ทราย (ml)	แกนด้านในลำต้นข้าวโพด (ml)	ปริมาตรรวมทั้งหมด (ml)
1 (15%)	110	330	60	500
2 (20%)	110	310	80	500
3 (25%)	110	290	100	500

หมายเหตุ: ml คือ มิลลิลิตร

เมื่อพิจารณา $(25 : 60 : 15) = (1 : 2.4 : 0.6)$
โดยน้ำหนัก ความหนาแน่น ปูนซีเมนต์ 3,150
กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3) ค่าความ
ถ่วงจำเพาะ 3.15 ความหนาแน่น ทราย 2,660
 kg/m^3 ค่าความถ่วงจำเพาะ 2.66 ความหนาแน่น
แกนด้านในลำต้นข้าวโพด 40 kg/m^3 ค่าความ
ถ่วงจำเพาะ 0.04 ในการทดสอบใช้ลูกปูน ขนาด
(50)(50)(50) ลูกบาศก์มิลลิเมตร (mm^3) ซึ่งมีปริมาตร
125 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) จำนวน 3 ลูก โดยจะ
ใช้ปริมาณของ ส่วนผสมที่ 125(3) มีปริมาตร 375 cm^3

ดังนั้นในการทำส่วนผสม จะดำเนินการผสมที่
500 cm^3 หรือ 0.5 ลิตร เมื่อ

ใช้อัตราส่วน $(25 : 75) = (1 : 3)$ ดังนั้น อัตราส่วน
โดยปริมาตร

ของ ปูนซีเมนต์ $1/3.15 = 0.317$

ของ ทราย $3/2.66 = 1.128$

ดังนั้นอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น

$(0.317 : 1.128) = (1 : 3.56)$

ดังนั้น ถ้าผสม 0.5 ลิตร พิจารณา ปริมาตรรวม
 $1+3.56 = 4.56$

เมื่อพิจารณาในอัตราส่วนโดยปริมาตรของแกน
ด้านในลำต้นข้าวโพดที่ 15% ดังนั้น ทรายที่ใช้

บทความวิจัย (Research Article)

0.39(0.85) มีปริมาตร 330 มิลลิลิตร (ml) ดังนั้น แกนด้านในลำต้นข้าวโพดที่ใช้ 0.39(0.15) มีปริมาตร 60 ml ดังนั้น ปูนซีเมนต์ ที่ใช้ มีปริมาตร 110 ml

ในอัตราส่วนโดยปริมาตรของแกนด้านในลำต้นข้าวโพดที่ 15% ปูนซีเมนต์ ที่ใช้ มีปริมาตร 110 ml ทราายที่ใช้ มีปริมาตร 330 ml แกนด้านในลำต้นข้าวโพดที่ใช้ มีปริมาตร 60 ml ในการผสมที่ปริมาตร 0.5 ลิตร

เมื่อพิจารณาในอัตราส่วนโดยปริมาตรของแกนด้านในลำต้นข้าวโพดที่ 20% ดังนั้น ทราายที่ใช้ 0.39(0.80) มีปริมาตร 310 ml ดังนั้น แกนด้านในลำต้นข้าวโพดที่ใช้ 0.39(0.20) มีปริมาตร 80 ml ดังนั้น ปูนซีเมนต์ ที่ใช้มีปริมาตร 110 ml

เมื่อพิจารณาในอัตราส่วนโดยปริมาตรของแกนด้านในลำต้นข้าวโพดที่ 25% ดังนั้น ทราายที่ใช้ 0.39(0.75) มีปริมาตร 290 ml ดังนั้น แกนด้านในลำต้นข้าวโพดที่ใช้ 0.39(0.25) มีปริมาตร 100 ml ดังนั้น ปูนซีเมนต์ ที่ใช้มีปริมาตร 110 ml

โดยช่วงร้อยละ 15–25 ของน้ำหนักมวลรวมถูกเลือกเพื่อเป็นช่วงการทดลองที่ครอบคลุมระดับการแทนที่ต่ำ กลาง และสูง ภายใต้ข้อจำกัดด้านความต่อเนื่องของโครงสร้างเนื้อคอนกรีต ความสามารถในการผลิตจริง และความสอดคล้องกับมาตรฐานการใช้งานผนังไม่รับน้ำหนัก ทั้งนี้เพื่อวิเคราะห์จุดสมดุลระหว่างการเพิ่มสัดส่วนวัสดุธรรมชาติและการรักษาสมรรถนะเชิงกลของผลิตภัณฑ์อย่างเป็นระบบ

4.3 การนำแกนด้านในลำต้นข้าวโพดมาเทียบเป็นส่วนผสมการทำอิฐก่อสร้าง

จากการคำนวณตามสูตรมาตรฐานด้านบนได้ตามตารางที่ 1 โดยนักวิจัยได้วิเคราะห์สัดส่วนแกนด้านในลำต้นข้าวโพด มาทดแทนทราายหยาบเป็น 3 สัดส่วน โดยเริ่มจาก สัดส่วน 15% โดยใช้เทมเพลต

ของ การทดสอบทำอิฐก่อสร้างขนาด 5 cm x 5 cm ตามขั้นตอนดังแสดงในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ขั้นตอนการทำอิฐก่อสร้างขนาด 5 cm x 5 cm

ขั้นตอนวิธีการ	รูปภาพ
1. นำเทมเพลตทดสอบการขึ้นรูปของอิฐก่อสร้างขนาด 5 cm x 5 cm	
2. นำปูนซีเมนต์มาผสม ปริมาตร 110 ml	
3. นำทราายหยาบมาผสม ปริมาตร 330 ml	
4. นำส่วนแกนด้านในลำต้นข้าวโพด ปริมาตร 60 ml	
5. นำเกียงคนส่วนผสมให้เข้ากันในถาดผสมขนาดเล็ก	
6. ตวงน้ำใสใน ปริมาตร 80 ml แล้วใช้เกียงคนส่วนผสมให้เข้ากัน	

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 2 ขั้นตอนการทำอิฐก่อสร้างขนาด 5 cm x 5 cm (ต่อ)

ขั้นตอนวิธีการ	รูปภาพ
7. นำส่วนผสมของทั้งหมด มาใส่เพลดทลอง 3 ช่อง โดยแบ่งเป็น 3 ชั้น	
8. ใช้ค้อนทุบ 32 ครั้งในพื้นที่ปริมาตรสี่เหลี่ยมจัตุรัส	
9. วางเพลดไว้ให้ปูนซีเมนต์เซตตัว 28 วัน	

การกำหนดอัตราส่วนผสมพื้นฐานสำหรับคอนกรีตบล็อกเชิงตันไม่รับน้ำหนัก โดยยึดแนวปฏิบัติการผลิตบล็อกทั่วไปในอุตสาหกรรมของอัตราส่วนโดยน้ำหนักต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร โดยสูตรควบคุมของคอนกรีตบล็อกเชิงตันถูกกำหนดที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ 320 kg/m³ ทราย 1,780 kg/m³ (ในการเปลี่ยนแปลง สูตร 15%, 20% และ 25% ลดปริมาณทรายใส่แกนด้านในลำต้นข้าวโพดตามที่กำหนด) และน้ำ 165 kg/m³ โดยมีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.52 ให้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยประมาณ

2,260–2,300 kg/m³ การทดสอบความชื้นเหลวด้วยวิธี Slump Test ให้ค่า 18 ± 2 mm สำหรับสูตรควบคุม และลดลงตามสัดส่วนการแทนที่วัสดุชีวมวล ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจว่าส่วนผสมยังคงเหมาะสมต่อกระบวนการอัดขึ้นรูป และสามารถทำซ้ำการทดลองได้ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

5. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์การทดสอบออกแบบส่วนผสมวัสดุที่จัดทำนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สถาปัตยกรรมจากลำต้นข้าวโพดที่มีความแข็งแรงจากการทดสอบหาค่าความหนาแน่น และกำลังอัดคอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยได้ทำการทดสอบกับตัวอย่างอิฐทั้งหมด 10 ก้อน แบ่งออกเป็น 3 สูตรผสมตามสัดส่วนของซึ่งข้าวโพดที่แตกต่างกัน ได้แก่ 15%, 20% และ 25% ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น และกำลังอัดสูงสุด (Max Force) มีดังแสดงในตารางที่ 3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบกำลังอัด (Max Force: kN)

สัดส่วนแกนด้านในลำต้นข้าวโพด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
15%	60.45	61.12	60.69
20%	45.5	51.83	49.71
25%	35.85	42.86	39.62

จากการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากแกนด้านในลำต้นข้าวโพดทั้ง 3 สูตรผสม ผลการทดสอบกำลังอัดสูงสุดของคอนกรีตบล็อกเชิงตันไม่รับน้ำหนักที่ผสมแกนด้านในลำต้นข้าวโพดพบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนแกนจาก 15% เป็น 20% และ 25% ค่ากำลังอัดเฉลี่ยลดลงจาก 60.69 kN เป็น 49.71 kN และ 39.62 kN ตามลำดับ ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดใน

บทความวิจัย (Research Article)

แต่ละสัดส่วนก็ลดลงตามแนวเดียวกัน โดยค่าต่ำสุดลดจาก 60.45 เป็น 45.5 และ 35.85 kN และค่าสูงสุดลดจาก 61.12 เป็น 51.83 และ 42.86 kN แนวโน้มนี้แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มสัดส่วนแกนชีวมวลที่มีน้ำหนักเบาและพูนสูงเข้ามาในบล็อก ส่งผลให้ความสามารถในการรับแรงอัดลดลง เนื่องจากแกนลำต้นข้าวโพดไม่สามารถรับแรงอัดได้เท่ามวลรวมธรรมชาติของคอนกรีต แม้ว่ากำลังอัดจะลดลงตามสัดส่วนแกน แต่บล็อกยังสามารถใช้ก่อสร้างผนังไม่รับน้ำหนักได้ และสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อรักษากำลังอัดเพียงพอควรอยู่ที่ 15–20% จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าว ชี้ให้เห็นว่าสูตรผสม 20% ให้ทั้งประสิทธิภาพด้านกำลังอัดและความสม่ำเสมอที่ดีที่สุด ในขณะที่สูตร 15% ถึงแม้จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างสูงแต่มีความไม่แน่นอนในการผลิตในทางตรงกันข้าม สูตร 25% ให้ผลลัพธ์ด้านกำลังอัดต่ำเกินไปสำหรับการนำไปใช้งาน

จากการวิเคราะห์สถิติแบบเปรียบเทียบเป็นคู่ (Post-Hoc Analysis) ของผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตบล็อกจากแกนด้านในลำต้นข้าวโพดสามารถสรุปความแตกต่างระหว่างสูตรผสมต่าง ๆ ได้ดังนี้

การเปรียบเทียบระหว่าง 15% และ 20% พบว่าความแตกต่างของกำลังอัดมีนัยสำคัญ สะท้อนให้เห็นว่า การเพิ่มสัดส่วนแกนลำต้นข้าวโพด 5% ทำให้กำลังอัดลดลงอย่างชัดเจน การเปรียบเทียบระหว่าง 15% และ 25% มีความแตกต่างที่ชัดเจนมากที่สุด แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มแกนชีวมวลมากที่สุดในกลุ่มทดลองส่งผลให้กำลังอัดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การเปรียบเทียบระหว่าง 20% และ 25% ก็พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญ แต่ระดับความแตกต่างไม่สูงเท่ากับการเปรียบเทียบกับ 15% การเพิ่มสัดส่วนแกนลำต้นข้าวโพดในบล็อกมีผลต่อกำลังอัดโดยมีแนวโน้มของกำลังอัดลดลงตามสัดส่วนแกนด้านในลำต้นข้าวโพดที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาพื้นที่กดที่ 25 cm² ซึ่งเท่ากับ 2500 mm² ดังนั้นเมื่อหาความต้านทานแรงอัดสุทธิ

ตามมาตรฐานมอก. 2895-2564 (TIS 2895-2564) มีความต้านทานแรงอัดสุทธิแต่ละก้อนไม่น้อยกว่า 3.45 MPa (N/mm²) และความต้านทานแรงอัดสุทธิเฉลี่ย ต้องไม่น้อยกว่า 4.14 MPa (N/mm²) และมาตรฐานค่าความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกเชิงตันไม่รับน้ำหนักดังแสดงในตารางที่ 4 และในการทดสอบสำหรับการหาค่าความหนาแน่นจากสูตร เพื่อทำการเทียบกับมาตรฐานในการแบ่งประเภทของอิฐดังแสดงในสมการที่ (1)

ตารางที่ 4 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกเชิงตันไม่รับน้ำหนัก หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ประเภท	ความหนาแน่น (ρ)
น้ำหนักเบา	$< 1,680$
น้ำหนักปานกลาง	$1,680 \leq \rho < 2,000$
น้ำหนักทั่วไป	$\geq 2,000$

การคำนวณค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$\rho = \frac{m_d(1000)}{m_s - m_i} \quad (1)$$

โดย ρ คือความหนาแน่นเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, m_s คือมวลชิ้นทดสอบเมื่ออิมมัวด้วยน้ำ เป็นกิโลกรัม, m_d คือมวลชิ้นทดสอบเมื่ออบแห้ง เป็นกิโลกรัม, m_i คือมวลชิ้นทดสอบเมื่อชั่งในน้ำ เป็นกิโลกรัม

จากการพิจารณาหาค่าความต้านทานแรงสุทธิของคอนกรีตบล็อกจากแกนด้านในลำต้นข้าวโพดที่ได้ทำการออกแบบสามารถพิจารณาผลได้ดังตารางที่ 5 โดยการทดสอบกลุ่มตัวอย่างของสัดส่วนแกนด้านในลำต้นข้าวโพด 10 ชิ้นได้ค่าค่าต่ำสุด ค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ย

บทความวิจัย (Research Article)

โดยการผสมแกนด้านในลำต้นข้าวโพดลงในคอนกรีตบล็อกเชิงตันไม่รับน้ำหนัก ทำให้ความต้านทานแรงอัดลดลงอย่างชัดเจนตามสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น โดยที่ 15%–25% ของแกนชีวมวลทำให้ความแข็งแรงเฉลี่ยลดลงจาก 24.274 เป็น 15.848 N/mm²

ตารางที่ 5 ความต้านทานแรงอัดสุทธิคอนกรีตบล็อกจากแกนด้านในลำต้นข้าวโพด (N/mm²)

สัดส่วนแกนด้านในลำต้นข้าวโพด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
15%	24.18	24.448	24.274
20%	18.2	20.732	19.884
25%	14.34	17.144	15.848

ทุกสัดส่วนผสม (15–25%) ให้ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 4.14 MPa โดยมากกว่าเกณฑ์ตั้งแต่ 3.8 ถึง 5.9 เท่า โดยมีค่าที่สูงกว่าผลด้าน Size Effect ที่ประมาณไว้ที่ 1.10–1.25 เท่า

ผลการทดลองค่าความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกเชิงตันไม่รับน้ำหนักที่ผสมแกนด้านในลำต้นข้าวโพดพบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนแกนจาก 15% เป็น 20% และ 25% ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกเชิงตันไม่รับน้ำหนักที่ผสมแกนด้านในลำต้นข้าวโพดพบว่า 15%, 20% และ 25%

สัดส่วนแกนด้านในลำต้นข้าวโพด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
15%	2,398	2,528	2,453.4
20%	2,295	2,403	2,348.6
25%	2,198	2,290	2,243.8

โดยค่าเฉลี่ยความหนาแน่นลดลงจาก 2,453.4 เป็น 2,348.6 และ 2,243.8 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดในแต่ละสัดส่วนก็ลดลงตามแนวเดียวกัน โดยค่าต่ำสุดลดลงจาก 2,398 เป็น 2,295 และ 2,198 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าสูงสุดลดลงจาก 2,528 เป็น 2,403 และ 2,290 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แนวโน้มนี้สะท้อนให้เห็นว่าแกนลำต้นข้าวโพดซึ่งเป็นวัสดุชีวมวลพรุนและน้ำหนักเบา เมื่อผสมในปริมาณสูงขึ้นจะลดปริมาณมวลรวมธรรมชาติในคอนกรีต ส่งผลให้ความหนาแน่นของบล็อกลดลง แต่แม้ที่สัดส่วนแกนด้านในลำต้นข้าวโพด 25% ความหนาแน่นเฉลี่ยยังคงมากกว่า 2,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทำให้คอนกรีตบล็อกยังจัดอยู่ในประเภทน้ำหนักทั่วไปตามมาตรฐาน มอก. 2895-2564 การลดความหนาแน่นนี้ช่วยลดน้ำหนักบล็อก ทำให้ก่อสร้างง่ายและลดภาระโครงสร้าง ขณะเดียวกันค่าช่วงต่ำสุด–สูงสุดแสดงถึงความแปรปรวนจากกระบวนการผลิตและการกระจายตัวของวัสดุในบล็อก ซึ่งอยู่ในระดับที่สม่ำเสมอและเหมาะสมสำหรับการใช้งานผนังไม่รับน้ำหนัก

ในสูตรผสมที่เหมาะสม (แทนที่ทราย 20% โดยปริมาตรของมวลรวมละเอียด) ปริมาณแกนลำต้นข้าวโพดที่ใช้คิดเป็น 80 ml ต่อส่วนผสม 0.5 ลิตร หรือคิดเป็น 0.00008 m³ ต่อ 0.0005 m³ ของคอนกรีตบล็อกตัวอย่าง เทียบเท่าการแทนที่มวลรวมธรรมชาติประมาณ 16% โดยปริมาตร หากคำนวณในระดับ 1 m³ ของคอนกรีต จะสามารถลดการใช้ทรายได้ 0.16 m³ หรือ 425 kg (คำนวณจากความหนาแน่นทราย 2,660 kg/m³) ในด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ การผลิตทรายมีค่าการปล่อยคาร์บอนโดยเฉลี่ย 0.005–0.01 kgCO₂e/kg ขณะที่ชีวมวลที่ไม่ผ่านกระบวนการเผาหรือแปรรูปหนักถือว่ามีค่าการปล่อยใกล้เคียงศูนย์ในขั้นต้น ดังนั้น การลดทราย 425 kg ต่อ 1 m³ สามารถลดการปล่อยคาร์บอนได้ 2.1–4.3 kgCO₂e ต่อ 1 m³ ของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ หากพิจารณาว่าชีวมวล 1 kg ที่ถูกเผาจะปล่อย CO₂ อยู่

บทความวิจัย (Research Article)

1.6–1.8 kgCO₂e การนำแกนลำต้นข้าวโพดมาใช้แทนการเผาในปริมาณ 6.4 kg ต่อ 1 m³ (คำนวณจากความหนาแน่นชีวมวล 40 kg/m³ × 0.16 m³) จะช่วยลดการปล่อยคาร์บอนได้ 10–12 kgCO₂e ต่อ 1 m³ เพิ่มเติมในด้านต้นทุน วัสดุแกนลำต้นข้าวโพดในพื้นที่มีต้นทุนวัตถุดิบใกล้เคียง (เป็นของเหลือ) ต้นทุนหลักอยู่ที่การบดและคัดขนาด ซึ่ง

ประเมินเบื้องต้นไม่เกิน 300–500 บาทต่อตัน ขณะที่ทรายก่อสร้างมีราคา 350–500 บาทต่อตัน การแทนที่ทราย 425 kg ต่อ 1 m³ จะลดต้นทุนวัสดุได้ประมาณ 150–210 บาทต่อ 1 m³ ดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งสะท้อนศักยภาพด้านความคุ้มค่าในระดับชุมชนหรือโรงงานใกล้เคียงวัตถุดิบ

ตารางที่ 7 การประเมินความคุ้มค่าเชิงปริมาณกรณีแทนที่ทราย 20% โดยปริมาตรของมวลรวมละเอียด (คิดต่อ 1 m³ ของคอนกรีตบล็อก)

รายการเปรียบเทียบ	กรณีคอนกรีตปกติ	กรณีแทนที่ทราย 20%	ผลต่าง/ผลประโยชน์ที่ได้
ปริมาณทรายที่ใช้	1.00 เทียบฐาน	0.84 m ³	ลดทราย 0.16 m ³
มวลทราย ($\rho = 2,660 \text{ kg/m}^3$)	2,660 kg	2,235 kg	ลด 425 kg
ปริมาณชีวมวล ($\rho \approx 40 \text{ kg/m}^3$)	0 kg	6.4 kg	ใช้ของเหลือทดแทน
การปล่อย CO ₂ จากทราย (0.005–0.01 kgCO ₂ e/kg)	13–27 kgCO ₂ e	11–22 kgCO ₂ e	ลด 2.1–4.3 kgCO ₂ e
CO ₂ ที่หลีกเลี่ยงจากการไม่เผาชีวมวล (1.6–1.8 kgCO ₂ e/kg)	0	หลีกเลี่ยง 10–12 kgCO ₂ e	ลดการปล่อยเพิ่ม
ศักยภาพลด CO ₂ รวม	–	–	12–16 kgCO ₂ e/m ³
ต้นทุนทราย (350–500 บาท/ตัน)	930–1,330 บาท	780–1,120 บาท	ลด 150–210 บาท/m ³
ต้นทุนชีวมวล (บด/คัดขนาด 300–500 บาท/ตัน)	–	2–3 บาท	ต้นทุนเพิ่มต่ำมาก

หมายเหตุ: kgCO₂e (kilogram of carbon dioxide equivalent) หมายถึง กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

จากการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 7 การแทนที่ทราย 20% โดยปริมาตรสามารถลดการใช้ทรายได้ประมาณ 425 kg ต่อ 1 m³ ของผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ลดการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการได้ราว 2–4 kgCO₂e และหากพิจารณาการหลีกเลี่ยงการเผาชีวมวล จะสามารถลดการปล่อยได้รวมที่ 12–16 kgCO₂e ต่อ 1 m³ ขณะเดียวกัน ต้นทุนวัตถุดิบมี

แนวโน้มลดลงที่ 150–210 บาทต่อ 1 m³ เนื่องจากชีวมวลมีต้นทุนต่ำมากเมื่อเทียบกับทราย

6. อภิปรายและสรุปผล

จากผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกที่ผสมแกนด้านในลำต้นข้าวโพดทั้ง 3 สูตร พบแนวโน้มที่ชัดเจนว่า การเพิ่มสัดส่วนแกนชีวมวลส่งผลให้ทั้ง ความ

บทความวิจัย (Research Article)

หนาแน่น และ กำลังอัดสูงสุด ของบล็อกทดลองอย่างต่อเนื่อง สำหรับสูตรผสม 15% มีกำลังอัดเฉลี่ย 60.69 kN ซึ่งถือว่าสูงสุดในกลุ่มทดลอง แสดงว่าบล็อกมีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานผนังไม่รับน้ำหนัก และยังสามารถรับแรงอัดได้ดี สำหรับสูตรผสม 20% มีกำลังอัดเฉลี่ย 49.71 kN การลดลงนี้สะท้อนผลของการแทนที่มวลรวมธรรมชาติด้วยวัสดุชีวมวลที่มีน้ำหนักเบาและพรุน สำหรับสูตรผสม 25% มีกำลังอัดเฉลี่ยลดลงมากที่สุด 39.62 kN ตามลำดับ ทำให้บล็อกมีความสามารถรับแรงอัดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดลองพบว่าสูตรผสม 15–20% แกนด้านในลำต้นข้าวโพด เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก เนื่องจากยังคงความแข็งแรงเพียงพอในการรับแรงอัดในขณะเดียวกันก็ช่วยลดน้ำหนักบล็อก ทำให้ก่อสร้างง่ายและลดภาระโครงสร้าง สูตรที่เหมาะสมที่สุดคือสูตรผสมสัดส่วนแกนด้านในลำต้นข้าวโพด 20% เนื่องจากให้สมดุลที่ดีระหว่างความแข็งแรงและการลดน้ำหนัก มีกำลังอัดเฉลี่ย 49.71 kN โดยสูตรนี้ยังคงอยู่ในเกณฑ์น้ำหนักทั่วไปตามมาตรฐาน มอก. 2895-2564 และเหมาะสมต่อการใช้งานผนังไม่รับน้ำหนัก ทำให้สามารถลดปริมาณวัสดุและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการทดลองค่าความต้านทานแรงอัดสุทธิของคอนกรีตบล็อกที่ผสมแกนด้านในลำต้นข้าวโพดพบว่า ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดสุทธิของคอนกรีตบล็อกจากการผสมแกนด้านในลำต้นข้าวโพดพบว่าทุกสัดส่วนที่ทำการทดสอบ ได้แก่ 15%, 20% และ 25% ล้วนมีค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (4.14 MPa) อย่างมีนัยสำคัญ โดยให้ค่าเฉลี่ย 24.27 MPa, 19.88 MPa และ 15.85 MPa ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานประมาณ 5.86 เท่า, 4.80 เท่า และ 3.83 เท่าตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการนำวัสดุเหลือใช้จากลำต้นข้าวโพดมาใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกสามารถเพิ่มศักยภาพ

การใช้งานได้จริง แนวโน้มลดลงตามสัดส่วนการผสมสะท้อนให้เห็นว่า การเพิ่มสัดส่วนวัสดุชีวมวลที่มีน้ำหนักเบาและพรุนสูง ทำให้ความต้านทานแรงอัดของบล็อกทดลองอย่างชัดเจน เนื่องจากแกนลำต้นข้าวโพดไม่สามารถรับแรงอัดได้เท่ากับมวลรวมธรรมชาติของคอนกรีต ตาม มอก. 2895-2564 ที่รวมกับการพิจารณา Size Effect จากตัวอย่างในการทดสอบที่ 1.10–1.25 เท่า คอนกรีตบล็อกน้ำหนักทั่วไปควรมีความต้านทานแรงอัดเพียงพอสำหรับผนังไม่รับน้ำหนัก (Non-Load-Bearing) ที่สัดส่วน 25% ความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยลดลงเหลือ 15.848 N/mm² แต่ยังเพียงพอสำหรับการใช้งานผนังไม่รับน้ำหนัก โดยการผสมแกนด้านในลำต้นข้าวโพดลงในคอนกรีตบล็อกเชิงต้นไม่รับน้ำหนัก ส่งผลให้ ความต้านทานแรงอัดลดลงตามสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากวัสดุชีวมวลมีน้ำหนักเบาและพรุนสูงแทนที่มวลรวมธรรมชาติที่รับแรงอัดได้ดี แต่บล็อกยังคงสามารถใช้ก่อผนังไม่รับน้ำหนัก ได้ โดยสัดส่วนที่เหมาะสมควรไม่เกิน 20% เพื่อรักษาความแข็งแรงเพียงพอ

ในส่วนของความต้านทานแรงอัดในระยะยาวหลังจากนำไปใช้งาน ซึ่งกระบวนการผลิตเส้นใยถูกบดละเอียดและถูกห่อหุ้มภายในเมทริกซ์ปูนซีเมนต์ซึ่งช่วยลดการสัมผัสกับปัจจัยภายนอกโดยตรง จึงคาดว่าจะชะลอการเสื่อมสภาพได้ในระดับหนึ่ง แม้หากเกิดการเปลี่ยนแปลงของเส้นใยในอนาคต ผลกระทบหลักที่อาจเกิดขึ้นคือการเพิ่มโพรงขนาดเล็กภายในเนื้อวัสดุและการลดลงของกำลังอัดบางส่วน แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์จัดอยู่ในกลุ่มคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก จึงมีความเสี่ยงเชิงโครงสร้างค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในการใช้งานระยะยาว ควรมีการศึกษาต่อยอดในด้านการทดสอบแรงสภาพ และการประเมินการดูดซึมน้ำ รวมถึงการปรับปรุงสภาพเส้นใยก่อนผสม

การผสมแกนกลางลำต้นข้าวโพดในปริมาณที่เหมาะสม อาจช่วยเพิ่มคุณสมบัติบางอย่าง เช่น การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร แต่ยังคงความ

บทความวิจัย (Research Article)

หนาแน่นมากกว่า $2,000 \text{ kg/m}^3$ แสดงว่าบล็อกยังคงมี สัดส่วนของมวลรวมธรรมดา (ปูน และทราย) เป็นส่วนใหญ่ และ ยังคงอยู่ในกลุ่มคอนกรีตบล็อกแข็งตัน ไม่รับน้ำหนักชนิดน้ำหนักทั่วไป โดยการเพิ่มปริมาณ แกนลำต้นข้าวโพดในส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกแข็งตันไม่รับน้ำหนัก ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นลดลงอย่างต่อเนื่องที่สัดส่วน 15%, 20% และ 25% ได้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 2,453.4, 2,348.6 และ 2,243.8 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ค่าความหนาแน่นทั้งหมดมากกว่า $2,000$ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์น้ำหนักทั่วไป ตามมาตรฐาน มอก. ซึ่งแกนลำต้นข้าวโพดจึงสามารถใช้เป็นวัสดุทดแทนบางส่วนเพื่อลดน้ำหนักของบล็อกได้ โดยไม่กระทบต่อมาตรฐานความหนาแน่นขั้นต่ำของบล็อก คอนกรีตน้ำหนักทั่วไป โดยงานวิจัยมุ่งพัฒนาคอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติน้ำหนักเบาจากสูตรปกติ แต่ผลการทดสอบพบว่าค่าความหนาแน่นของทุกสูตรยังคงมากกว่า $2,200 \text{ kg/m}^3$ ซึ่งอยู่ในช่วงคอนกรีตน้ำหนักปกติ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเชิงแนวโน้ม พบว่าการเพิ่มสัดส่วนแกนด้านในลำต้นข้าวโพดส่งผลให้ค่าความหนาแน่นลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยลดลงประมาณร้อยละ 8–9 เมื่อเทียบกับสูตรที่มีสัดส่วนต่ำสุด สะท้อนให้เห็นว่าการแทนที่มวลรวมบางส่วนด้วยวัสดุชีวมวลสามารถลดน้ำหนักรวมของผลิตภัณฑ์ได้จริง แม้ยังไม่ถึงระดับคอนกรีตมวลเบาตามนิยามมาตรฐานสากล ซึ่งขอบเขตของงานวิจัยมุ่งเน้น คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก. 2895-2564 โดยต้องมีความแข็งแรงเพียงพอและสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย การรักษาความหนาแน่นให้อยู่ในช่วงคอนกรีตน้ำหนักปกติ ขณะเดียวกันสามารถลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และลดน้ำหนักรวมบางส่วนได้ จึงสะท้อนแนวทางการพัฒนาเชิงปรับปรุงสมรรถนะ (material optimization) มากกว่าการเปลี่ยนประเภทวัสดุ ดังนั้น ผลการทดลองจึงสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการลดน้ำหนักสัมผัสและเพิ่มความยั่งยืนของวัสดุ แม้ว่ายังไม่อยู่ในกลุ่มคอนกรีตมวลเบาอย่างสมบูรณ์ ซึ่งอาจเป็น

แนวทางพัฒนาต่อยอดในอนาคตจากแนวโน้มนี้ ชี้ให้เห็นศักยภาพของการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตวัสดุทดแทนซีเมนต์ เพื่อเพิ่มความยั่งยืนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยการประเมินเชิงปริมาณเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่าการแทนที่ทรายบางส่วนด้วยแกนลำต้นข้าวโพดในสัดส่วน 20% สามารถลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ 425 kg/m^3 ลดการปล่อยคาร์บอนรวมในช่วง 12–16 $\text{kgCO}_2\text{e/m}^3$ และมีศักยภาพลดต้นทุนวัสดุได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งสนับสนุนความสำคัญเชิงสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์

ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณอย่างชัดเจนระหว่างสัดส่วนการแทนที่แกนด้านในลำต้นข้าวโพดกับสมรรถนะของคอนกรีตบล็อก โดยเมื่อเพิ่มสัดส่วนจาก 15% เป็น 25% ค่ากำลังอัดลดลงจาก 24.27 MPa เป็น 15.85 MPa และค่าความหนาแน่นลดลงจาก 2,453.4 เป็น 2,243.8 kg/m^3 ซึ่งเป็นไปตามกลไกวัสดุเชิงประกอบ เนื่องจากชีวมวลมีความพรุนและความหนาแน่นต่ำ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการถ่ายแรงอัดลดลง อย่างไรก็ตาม ทุกสัดส่วนยังมีค่าความต้านทานแรงอัดสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 2895-2564 (4.14 MPa) หลายเท่า และยังคงอยู่ในช่วงคอนกรีตบล็อกน้ำหนักทั่วไป (ความหนาแน่น $> 2,000 \text{ kg/m}^3$) จึงไม่ได้สะท้อนปัญหาเชิงโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ แต่แสดงถึงขอบเขตการออกแบบที่เหมาะสมโดยเฉพาะช่วง 15–20% ซึ่งให้สมดุลระหว่างความแข็งแรง การลดน้ำหนัก และประโยชน์ด้านความยั่งยืน

ในมิติระยะยาว แม้การเสื่อมสภาพของเส้นใยอาจก่อให้เกิดโพรงขนาดเล็กและทำให้กำลังอัดลดลงบางส่วน แต่เส้นใยถูกบดละเอียดและถูกห่อหุ้มในเมทริกซ์ซีเมนต์ จึงจำกัดการสัมผัสกับสภาพแวดล้อมโดยตรง อีกทั้งผลิตภัณฑ์จัดอยู่ในประเภทบล็อกไม่รับน้ำหนัก ทำให้ความเสี่ยงเชิงโครงสร้างต่ำ เมื่อพิจารณาร่วมกับศักยภาพการลดการใช้ทราย ลดการปล่อยคาร์บอน และแนวโน้มลดต้นทุนวัสดุ และ

บทความวิจัย (Research Article)

สนับสนุนแนวทางการพัฒนาวัสดุก่อสร้างที่มีความ
สมดุลทั้งด้านสมรรถนะและความยั่งยืน

7. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อเนื่อง โดยการพัฒนา
งานวิจัยใน 3 มิติหลัก ได้แก่ (1) มิติด้านวิศวกรรมวัสดุ
โดยศึกษาการปรับปรุงสภาพผิวมวลก่อนผสม (เช่น
การเคลือบผิวหรือปรับสภาพเส้นใย) การวิเคราะห์จุล
โครงสร้าง และการทดสอบความทนทานระยะยาว
เพื่อเพิ่มความแตกต่างเชิงสมรรถนะ (2) มิติเชิง
อุตสาหกรรมและการผลิตจริง โดยออกแบบ
กระบวนการผลิตต้นแบบ (pilot scale) วิเคราะห์
ความสม่ำเสมอของวัตถุดิบ ห่วงโซ่อุปทาน และการ
ควบคุมคุณภาพ และ (3) มิติเชิงเศรษฐศาสตร์และ
สิ่งแวดล้อม โดยดำเนินการวิเคราะห์ต้นทุนตลอดวงจร
ชีวิต และการประเมินวัฏจักรชีวิต เพื่อแสดงความ
คุ้มค่าเชิงระบบ เปรียบเทียบกับบล็อกเชิงพาณิชย์
อย่างเป็นรูปธรรม โดยแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1) ควรศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพ
อิฐเพิ่มเติม เช่น ขนาดอนุภาคของแกนด้านในลำต้น
ข้าวโพดวิธีการผสม และสภาพการบ่ม เพื่อเพิ่มความ
เสถียรภาพของกระบวนการผลิต

2) ผลการทดสอบกำลังอัดในงานวิจัยนี้อยู่ที่อายุ
28 วันแต่ยังไม่มีการศึกษาในประเด็นการเปลี่ยน
สภาพในระยะยาวของเส้นใยชีวภาพ ดังนั้นผู้วิจัย
วางแผนศึกษาต่อยอดในประเด็นด้านการทดสอบแรง
สภาพ การปรับปรุงเส้นใยก่อนผสม และการ
ประยุกต์ใช้ในวัสดุประกอบอาคารประเภทอื่นที่รับ
แรงต่ำ

3) ขยายช่วงตัวแปรให้ครอบคลุมมากขึ้น ทั้งใน
ด้านตัวแปรเชิงวัสดุ (material variables) ได้แก่
สัดส่วนและขนาดอนุภาคของแกนข้าวโพด อัตราส่วน
น้ำต่อซีเมนต์ การใช้วัสดุปอชโซลาน การปรับสภาพ
เส้นใยก่อนผสม และตัวแปรเชิงกระบวนการ
(process variables) ได้แก่ วิธีและระยะเวลาการ

ผสม แรงอัดขึ้นรูป สภาพและระยะเวลาการบ่ม
รวมถึงการวิเคราะห์เชิงจุลภาค เพื่อเพิ่มความแข็งแรง
ของข้อสรุปทางสถิติ และเพิ่มศักยภาพการประยุกต์ใช้
งานเชิงพาณิชย์ในอนาคต

4) การวิเคราะห์ต้นทุนตลอดวงจรชีวิต การ
ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม และการเปรียบเทียบ
ต้นทุนต่อหน่วยกำลังอัดหรือประสิทธิภาพเชิงพลังงาน
กับบล็อกเชิงพาณิชย์ เพื่อแสดงภาพรวมเชิงระบบ
อย่างเป็นรูปธรรม

5) การพัฒนาคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักจาก
ส่วนผสมวัสดุจากต้นข้าวโพดในรูปแบบอื่นๆ เช่น การ
นำไปออกแบบอิฐตกแต่งผนังสร้างลวดลายให้เกิด
สุนทรียะจากธรรมชาติ การพัฒนาเป็นอิฐบล็อกช่อง
ลมช่วยป้องกันฝุ่น PM 2.5 ในอนาคต เป็นต้น

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและ
นวัตกรรม (ววน.) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริม
วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทว.) ผ่าน
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ประจำปีงบประมาณ
พ.ศ.2568

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม,
*มอก. 1776-2560 ปูนก่อและปูนฉาบ (Mortar
for masonry and plastering)*. กรุงเทพฯ:
กระทรวงอุตสาหกรรม, 2560.
- [2] S. Saksakulkrai, S. Chantara, P.
Kraisitnitikul, D. Srivastava, and Z. Shi,
“Unveiling the origins of Northern
Thailand’s haze: comprehensive
chemical characterization and source
apportionment of PM_{2.5} using targeted
molecular markers,” *Journal of*

บทความวิจัย (Research Article)

- Environmental Sciences*, vol. 159, pp. 635–648, 2026.
- [3] W. Fhagatong, S. Visitsak, and S. Surit, "Structure Weight Estimation of Low Rise Steel Frame Buildings by Generative Design," *Kmutnb Journal*, 2019.
- [4] S. P. Sravut, "Strength Development of Hollow Non-Bearing Concrete Masonry Units Using Fly Ash As An Additive," *M.Eng. thesis, Suranaree Univ. of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand*, 2017.
- [5] Z. Lu, Z. Zhao, M. Wang, and W. Jia, "Effects of corn stalk fiber content on properties of biomass brick," *Construction and Building Materials*, vol. 127, pp. 11–17, 2016.
- [6] M. S. Ahmad, M. N. Ahmad, T. Muhammad, M. J. Khan, F. Jabbar, S. A. Alghamdi, M. Alhomrani, and A. S. Alamri, "Utilizing agricultural waste in brick manufacturing for sustainable consumption and circular economy," *Scientific Reports*, vol. 15, Art. 22741, 2025.
- [7] J. Chen and C.-S. Poon, "Photocatalytic cementitious materials: Influence of the microstructure of cement paste on photocatalytic pollution degradation," *Environmental Science & Technology*, vol. 43, no. 22, pp. 8584–8590, Nov. 2009.
- [8] F. Hamidi and F. Aslani, "TiO₂-based photocatalytic cementitious composites: Materials, properties, influential parameters, and assessment techniques," *Nanomaterials*, vol. 9, no. 10, Art. 1444, 2019.
- [9] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, "ข้าวโพด," 2016. [ออนไลน์]. Available: <https://ebook.lib.ku.ac.th/ebook27/ebook/2011-005-0086/#p=8>. [Accessed: 24 Oct. 2025].
- [10] S. Saowanee, "Lightweight Concrete Block Form Corn Stalks," *M.Arch. thesis, Chiang Mai Univ., Chiang Mai, Thailand*, 2016. [Online]. Available: <https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:124735>
- [11] J. Pongsak, "The Mechanical Properties and Thermal Conductivity of Concrete Block from Agricultural Wastes," *The Journal of KMUTNB*, vol. 29, no. 2, pp. 342–351, 2019.
- [12] R. Jarabo, M. C. Monte, E. Fuente, S. F. Santos, and C. Negro, "Corn stalk from agricultural residue used as reinforcement fiber in fiber-cement production," *Ind. Crops Prod.*, vol. 43, pp. 832–839, 2013.
- [13] M. R. Ahmad, B. Chen, S. Y. Oderji, and M. Mohsan, "Development of a new bio-composite for building insulation and structural purpose using corn stalk and magnesium phosphate cement," *Energy and Buildings*, vol. 173, pp. 719–733, 2018.
- [14] S. Salem, Y. Hamdy, E.-S. Abdelraouf, and M. Shazly, "Towards sustainable concrete: Cement replacement using Egyptian cornstalk ash," *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 17, p. e01193, Dec. 2022.

บทความวิจัย (Research Article)

- [15] S. A. Stel'makh, A. N. Beskopylny, E. M. Shcherban', D. V. Mavzolevskii, S. P. Drukarenko, A. A. Chernil'nik, D. M. Elshaeva, and A. A. Shilov, "Influence of Corn Cob Ash Additive on the Structure and Properties of Cement Concrete," *Constr. Mater. & Prod.*, vol. 7, no. 3, 2024.
- [16] M. M. Ahmed, et al., "Utilizing Agricultural Residues from Hot and Cold Climates for Construction Materials," *Sustainability*, vol. 16, no. 23, 2024.
- [17] S. A. Mohammed, et al., "An environmental sustainability roadmap for partially substituting agricultural waste for sand in cement blocks," *Frontiers in Built Environment*, vol. 9, 2023.
- [18] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มอก. 2895-2564 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (Non-load bearing concrete masonry units). กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม, 2564.
- [19] Z. P. Bazant and J. Planas, *Fracture and Size Effect in Concrete and Other Quasibrittle Materials*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 1998.
- [20] A. M. Neville, *Properties of Concrete*, 5th ed. Harlow, U.K.: Pearson Education Limited, 2011.