การนำฟางข้าวเหลือทิ้งจากภาคการเกษตรเป็นมวลรวมในการผลิตอิฐบล็อกประสานน้ำหนักเบา

พิรุฬห์ ศิริพุฒ[1], กัญจน์อมล ทองเชื้อ[1], เหมวดี ทองเชื้อ[1] และ ธีวรา สุวรรณ[1,*]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่
**Corresponding author; E-mail address: Teewara.s@cmu.ac.th*

บทคัดย่อ

ฟางข้าวเป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากการเก็บเกี่ยวข้าวจำนวนมหาศาลในทุกปีของระยะหลังเก็บเกี่ยว โดยส่วนใหญ่นั้นเกษตรกรเลือกวิธีการกำจัดฟางข้าวด้วยวิธีการที่ง่ายและสะดวกนั้นคือ การเผาทำลาย ซึ่งเพื่อที่จะลดมลพิษทางอากาศและ PM 2.5 ในช่วงฤดูหลังการเก็บเกี่ยวนั้น จึงได้ประยุกต์การนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ทางผู้จัดทำได้ทำการศึกษาการใช้ฟางข้าวในการผลิตอิฐบล็อกซีเมนต์มวลเบาโดยเทคนิคการขึ้นอัดรูปอิฐบล็อกประสาน ซึ่งพบว่าฟางข้าวที่มีสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง มีความสามารถรับแรงอัดได้ดีกว่าฟางที่สภาวะผิวแห้งในอากาศ เนื่องจากฟางข้าวมีความนุ่มและยืดหยุ่นมากกว่า และยังมีปริมาณน้ำที่อยู่ในตัวฟางข้าวเพียงพอต่อการเกิดการบ่มภายในตัวอย่างทดสอบ โดยอัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้ฟางข้าวในการผลิตอิฐบล็อกซีเมนต์มวลเบาโดยเทคนิคการขึ้นอัดรูปอิฐบล็อกประสาน คือ 0.30 และมีปริมาณฟางที่ 2 % โดยน้ำหนัก จากผลที่ได้สามารถนำไปพัฒนาเป็นวัสดุก่อสร้างทางเลือกใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และยังเป็นการส่งเสริมการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุก่อสร้างอีกทางหนึ่งด้วย

Abstract

Massive amount of rice straw has been leaving over after harvesting every year. Burning is the simplest way for farmer to dispose those rice straws and causing an air pollution and PM 2.5 during the post-harvest season. Therefore, utilizing those straw as a part of construction material (block) could reduce that environmental impact. The study of using rice straw waste in the production of cement block, by the interlocking block technique, was thus investigated. It was found that the compressive strength of saturated surface dry condition (SSD) of the straw had a better property than that of as-received condition (AR) due to a more flexible movement and more sufficient water content for its internal curing. The water-cement mixture ratio suitable for using rice straw in the cement block bricks was 0.30 and the straw content was 2% by weight. This approach could be an environmentally friendly solution to promote the massive bio-based wastes onwards.

1. คำนำ

ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดชนิดหนึ่ง โดยทั่วไปแล้ว คอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย กรวด และน้ำ โดยมีน้ำหนักหน่วยปกติ 2,400 กก./ลบ.ม. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทำหน้าที่เป็นสารยึดเกาะเพื่อยึดทรายและกรวดเข้าด้วยกัน และกำลังอัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว โดยจะสังเกตได้ว่าคอนกรีตมีความสามารถในการรับแรงอัดได้ดีมาก แต่มีความต้านทานในการรับแรงดึงต่ำมาก นั่นคือเหตุผลในการใช้เหล็กเส้นหรือเส้นใยเหล็กในโครงสร้างคอนกรีตที่เรียกว่า โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งเหล็กเส้นจะทำหน้าที่รับแรงดึงและต้านทานแรงดัด อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยเป็นจำนวนมาก พบว่าเส้นใยธรรมชาติบางชนิดมีคุณสมบัติทางวิศวกรรม โดยเฉพาะความต้านทานแรงดึงและนอกจากนี้ยังมาพร้อมกับคุณสมบัติน้ำหนักเบา (ต่ำกว่า 1,850 กก./ลบ.ม.) ตลอดจนข้อได้เปรียบด้านเศรษฐกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเส้นใยธรรมชาติที่ใช้ในงานก่อสร้างที่เป็นวัสดุผสม เช่น ป่านศรนารายณ์ ลินิน ใยกัญชง มะพร้าว ไม้ไผ่ กัญชง ฟางข้าว และอื่นๆ อีกมากมาย [1]

ฟางข้าวสามารถใช้เป็นวัสดุน้ำหนักเบาและเสริมเส้นใยธรรมชาติสำหรับวัสดุก่อสร้าง การศึกษาวิจัยก่อนหน้านี้รายงานว่าความเป็นด่างในระบบซีเมนต์จาก $Ca(OH)_2$ ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์หรือ NaOH และ Na_2SiO_3 ในปูนซีเมนต์อัลคาไลน์หรือซีเมนต์จีโอโพลีเมอร์สามารถช่วยในการปรับสภาพของเส้นใยธรรมชาติได้ [2,3] ดังนั้นการนำฟางข้าวมาประยุกต์ใช้เป็นมวลรวมน้ำหนักเบาจึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการใช้งาน ซึ่งในภาคเหนือของประเทศไทยนั้น มีการเก็บเกี่ยวข้าวมากกว่า 8,000 ล้านตัน (ประมาณ 30% ของทั้งประเทศ) ในแต่ละปีมีฟางข้าวในปริมาณมากที่รอการกำจัดในไร่นา โดยการนำวัสดุเหลือทิ้งเหล่านั้นให้เป็นอิฐบล็อกซีเมนต์มวลเบา ซึ่งการนำวัสดุเหลือทิ้งมาประยุกต์ใช้นั้นไม่ได้เป็นเพียงวิธีการกำจัดใช้ฟางข้าว แต่ยังช่วยลดมลพิษทางอากาศ PM 2.5 ในช่วงฤดูหลังการเก็บเกี่ยว [4] สำหรับการผลิตอิฐบล็อกมวลเบานั้นเลือกใช้โดยเทคนิคการขึ้นอัดรูปอิฐบล็อกประสานนั้น สามารถรับกำลังอัดได้ดีผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) 827 ของไทย และนอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และง่ายต่อการใช้งานในภาคสนามหรือชนบท [5]

จุดประสงค์ของการศึกษานี้ คือ การใช้ฟางข้าวในการผลิตอิฐบล็อกซีเมนต์มวลเบาโดยเทคนิคการขึ้นอัดรูปอิฐบล็อกประสานสำหรับงานก่อสร้างและงานตกแต่ง ผลที่ได้สามารถนำไปพัฒนาเป็นวัสดุก่อสร้างทางเลือกใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และยังเป็นการส่งเสริมการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุก่อสร้างอีกด้วย

2. วัสดุและอุปกรณ์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (OPC) ชนิดที่ 1 สำหรับการใช้งานทั่วไป ได้มาจากบริษัท ทีพีไอ จำกัด ซึ่งมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐาน ASTM C150 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) 15-1 ที่มีความถ่วงจำเพาะ 3.15 และทรายแม่น้ำในท้องถิ่น (S) ใช้เป็นมวลรวมแบบละเอียดมีหน่วยน้ำหนักแห้ง 1,625 กก./ลบ.ม. การดูดซึมน้ำเท่ากับ 6.38% (ASTM C128) ขนาดคละอยู่ในเกณฑ์ตาม ASTM C778 และโมดูลัสความละเอียดของทรายเท่ากับ 3.18

ฟางข้าวที่ใช้เป็นฟางข้าวที่ได้ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวประจำปีในพื้นที่ในภาคเหนือของประเทศไทย ตัวก้อนฟางข้าวถูกทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ

แวดล้อมเป็นเวลาสองถึงสามเดือน จนกระทั่งกลายเป็นผิวแห้งในอากาศ (AR) เป็นส่วนใหญ่ จากนั้นจึงตัดก้านฟางข้าวให้มีความยาวเฉพาะ 3 ซม. เพื่อทำการทดสอบ โดยเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 4 มม. และหน่วยน้ำหนักของฟางข้าวสภาวะผิวแห้ง และในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้งเท่ากับ 79.8 กก./ลบ.ม. และ 311.2 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ ปริมาณความชื้นเท่ากับ 16.4% โดยมีความสามารถในการดูดซับน้ำ 82.6% ดังรูปที่ 1 แสดงแหล่งที่มาของฟางข้าวและการเก็บรวบรวมฟางข้าวมาใช้การผลิตอิฐบล็อกซีเมนต์มวลเบาดังรูปที่ 1

ก) ก้อนฟางข้าว ข) ฟางข้าว 3 ซม.

รูปที่ 1 การเก็บรวบรวมฟางข้าว

3. การดำเนินการทดสอบ

3.1 การกำหนดส่วนผสมและวิธีการเตรียม

การเตรียมชิ้นงานทดสอบเริ่มต้นจากการผสมแบบแห้งของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และทรายด้วยสัดส่วนคงที่ 1:2.75 จากนั้นเติมปริมาณน้ำตามอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) ที่ 0.20, 0.25 และ 0.30 ตามลำดับ ผสมให้เข้ากันแล้วใส่ฟางข้าวที่เตรียมไว้ 3 ซม. ลงในเครื่องผสมโดยใช้ปริมาณฟางข้าว 0%, 2% และ 4% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ หลังจากผสมให้เข้ากัน นำใส่ลงในแม่พิมพ์เครื่องอัดขึ้นรูป ดังรูปที่ 2 แสดงตัวอย่างอิฐบล็อกที่มีฟางข้าว 0%, 2% และ 4% ตามลำดับ หลังจากนั้นนำตัวอย่างทดสอบห่อด้วยฟิล์มพลาสติกและเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกว่าจะถึงอายุการทดสอบ โดยการทดสอบใช้ฟางข้าวสภาวะความชื้น 2 แบบ ได้แก่ สภาวะ "As-received (AR)" และ "Saturated surface dry (SSD)" โดยรายละเอียดของสัดส่วนผสมแสดงในตารางที่ 1 และฟางข้าวในสภาวะ AR นั้นสามารถใส่ผสมได้ทันที ส่วนฟางข้าวในสภาวะ SSD นั้น ฟางข้าวต้องแช่น้ำ 24 ชม.ก่อนนำมาผสมใช้งาน

ก) ฟางข้าวปริมาณ 0 % ข) ฟางข้าวปริมาณ 2 % ค) ฟางข้าวปริมาณ 4 %

รูปที่ 2 ตัวอย่างอิฐบล็อกที่มีฟางข้าว

ตารางที่ 1 รายละเอียดสัดส่วนผสมของการทดสอบ

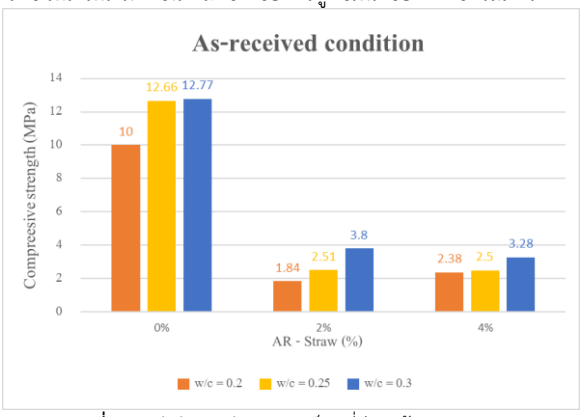
สภาวะฟางข้าว	w/c ratio	ปริมาณฟางข้าว (%)	การทดสอบคุณสมบัติ
ฟางสภาวะผิวแห้งในอากาศ (AR) และ ฟางสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง (SSD)	0.20	0	กำลังอัดและหน่วยน้ำหนัก
		2	
		4	
	0.25	0	กำลังอัดและหน่วยน้ำหนัก
		2	
		4	
	0.30	0	กำลังอัดและหน่วยน้ำหนัก
		2	
		4	

3.2 วิธีการวิเคราะห์

ตัวอย่างขนาด 10×10×10 ซม. โดยใช้เทคนิคการอัดขึ้นรูป ตัวอย่างทดสอบห่อด้วยฟิล์มพลาสติกและเก็บไว้ในสภาพห้องจนกว่าจะถึงอายุการทดสอบ กำลังรับแรงอัดโดยใช้ 2000 kN UTM ที่อายุตัวอย่าง 7 วันตามมาตรฐาน ASTM C109 จากนั้นทำการคำนวณและบันทึกหน่วยน้ำหนักก่อนทำการทดสอบการรับแรงอัด

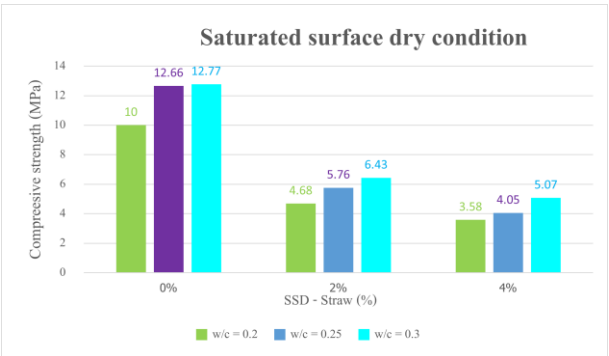
4. ผลการทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบเมื่ออายุ 7 วันของตัวอย่างทั้งหมด ดังรูปที่ 3 แสดงกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะ AR จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าปริมาณฟาง 0% มีกำลังรับแรงอัดสูงสุด รองลงมาคือ 2% และ 4% ตามลำดับ พบว่าอัตราส่วน w/c เท่ากับ 0.30 ให้กำลังรับแรงอัดที่ดีที่สุดสำหรับปริมาณการเพิ่มฟางข้าวทั้งหมด ซึ่งอัตราส่วน w/c ที่สูงขึ้นอาจทำให้ซีเมนต์มีน้ำมากขึ้น และชดเชยการดูดซึมน้ำของฟางข้าวสภาวะ AR



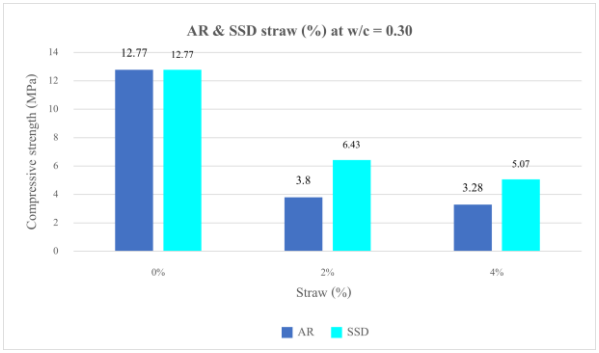
รูปที่ 3 กำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะ AR

รูปที่ 4 แสดงกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะ SSD พบว่า ผลของการเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ มีผลต่อการรับกำลังแรงอัด ซึ่งมีผลเหมือนฟางข้าวสภาวะ AR แต่จะสังเกตุได้ว่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะ SSD ปริมาณ 2%และ 4% นั้นสูงกว่าอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะAR



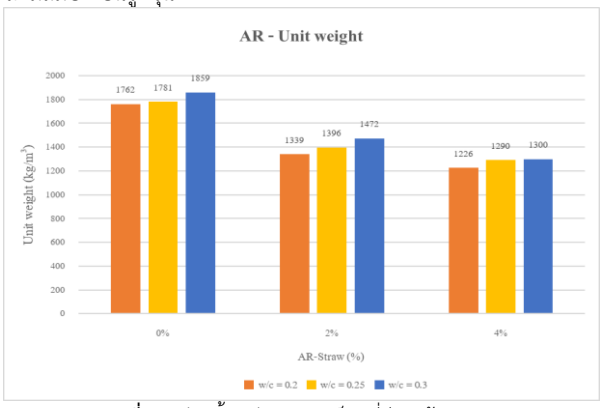
รูปที่ 4 กำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะ AR

รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะ AR และ SSD ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.30 พบว่าฟางข้าวสภาวะ SSD นั้นมีความนุ่มและยืดหยุ่นมากกว่า ซึ่งทำให้การจัดเรียงฟางข้าวในเมทริกซ์ซีเมนต์ได้ดีกว่าฟางข้าวที่มีสภาวะ AR และนอกจากนี้ยังสังเกตุเห็นได้ว่าฟางข้าวที่มีสภาวะ SSD จะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันอย่างต่อเนื่องและการบ่มภายในเนื่องจากในตัวฟางข้าวสภาวะ SSD มีน้ำเพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยา



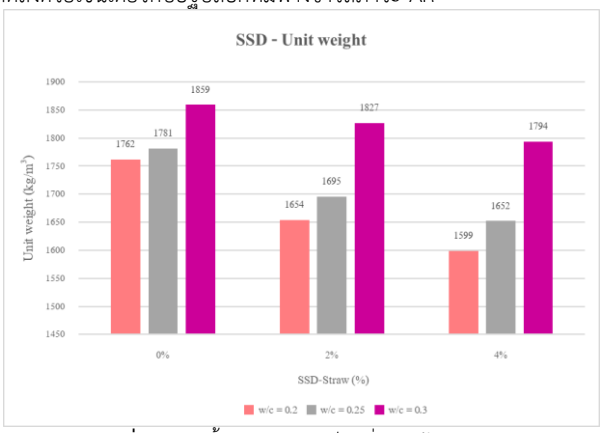
รูปที่ 5 การเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกที่มีฟางข้าว AR & SSD

รูปที่ 6 แสดงหน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะ AR พบว่าการใส่ฟางเพิ่มขึ้นนั้นมีผลต่อกำลังรับแรงอัดแต่หน่วยน้ำหนักนั้นก็ลดลงด้วยเช่นกัน เนื่องจากฟางข้าวในเมทริกซ์ซีเมนต์นั้นส่งผลให้โครงสร้างหลวมและมีสมบัติเป็นรูพรุน



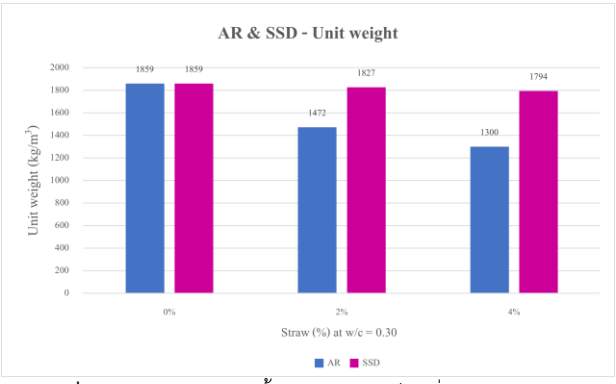
รูปที่ 6 หน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะ AR

รูปที่ 7 แสดงหน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะ SSD พบว่าการใส่ฟางเพิ่มขึ้นนั้นมีผลต่อกำลังรับแรงอัดแต่หน่วยน้ำหนักนั้นก็ลดลงด้วยเช่นเดียวกับอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะ AR



รูปที่ 7 หน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะ SSD

รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะ AR และ SSD ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.30 การใส่ฟางเพิ่มขึ้นนั้นมีผลต่อกำลังรับแรงอัดแต่หน่วยน้ำหนักนั้นก็ลดลง โดยอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะ AR นั้นมีหน่วยน้ำหนักที่เบากว่าอิฐบล็อกที่มีฟางสภาวะ SSD แต่กำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกที่มีฟางสภาวะ AR นั้นต่ำกว่าอิฐบล็อกที่มีฟางข้าวสภาวะ SSD



รูปที่ 8 เปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกที่มีฟางข้าว AR & SSD

5. บทสรุป

จุดมุ่งหมายหลักของการศึกษานี้ คือ การใช้ฟางข้าวในการผลิตอิฐบล็อกซีเมนต์มวลเบาโดยเทคนิคการขึ้นอัดรูปอิฐบล็อกประสานสำหรับงานก่อสร้างและตกแต่ง พบว่าแม้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) น้อยลงหรือการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์น้อยลงนั้น สามารถทำได้โดยเทคนิคการขึ้นอัดรูปอิฐบล็อกประสานได้มากกว่าการผลิตคอนกรีตทั่วไป ถึงแม้ว่ากำลังรับแรงอัดลดลงเมื่อปริมาณฟางเพิ่มขึ้น แต่น้ำหนักเบา โดยฟางข้าวสภาวะ SSD มีกำลังรับแรงอัดมากกว่าฟางข้าวสภาวะ AR เนื่องจากปริมาณน้ำที่ในตัวฟางข้าวทำให้เส้นใยมีความอ่อนนุ่ม ผสมได้ดี อีกทั้งยังมีปริมาณน้ำส่วนเกินทำให้เกิดการบ่มภายใน ซึ่งส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตอิฐบล็อก คือ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) ที่ 0.30 และปริมาณฟาง 2% โดยน้ำหนัก ในสภาวะ SDD ซึ่งในอนาคตอาจศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความยาวของฟางข้าวและการปรับสภาพพื้นผิวของฟางข้าวเพื่อปรับปรุงการยึดติด ผลที่ได้ปรากฏว่าการใช้ฟางข้าวในการผลิตบล็อกซีเมนต์มวลเบาการขึ้นอัดรูปอิฐบล็อกประสาน สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการเผาทำลายฟางข้าว ซึ่งทำให้ส่งเสริมให้เป็นวัสดุก่อสร้างทางเลือกใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และยังเป็นการส่งเสริมการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุก่อสร้างอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] Maichin P, Suwan T, Jitsangiam P, Chindaprasirt P and Fan M 2020 Effect of self-treatment process on properties of natural fiber-reinforced geopolymer composites *Mater. Manuf. Process.* **35** 10 pp 1120-28

[2] Jitsangiam P, Suwan T, Pimraksa K, Sukontasukkul P and Chindaprasirt P 2021 Challenge of Adopting relatively low strength and self-cured geopolymer for road construction application: a review and primary laboratory study *Int. J. Pavement Eng.* **22** 11 pp 1454-68

[3] Wattanachai P and Suwan T 2017 Strength of geopolymer cement curing at ambient temperature by non-oven curing approaches: an overview *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **212** 1 pp 012014

[4] Romasanta R R, Sander B O, Gaihre Y K, Alberto M C, Gummert M, Quilty J, Castalone A G, Balingbing C, Sandro J, Correa Jr T and Wassmann R 2017 How does burning of rice straw Affect CH_4 and N_2O emissions? A

comparative experiment of different on-field straw management practices *Agric. Ecosyst. Environ.* **239** pp 143-153

[5] Ridwan A, Limantara A D, Subiyanto B, Gardjito E, Rahardjo D, Santoso A, Heryanto B, Sudarmanto H L, Murti H, Sari A G and Mudjanarko S W 2019 Evaluation of the strength of coconut shell aggregate concrete block for parking area *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **277** 1 pp 012002

[6] Suwan T and Wattanachai P 2017 Properties and internal curing of concrete containing recycled autoclaved aerated lightweight concrete as aggregate *Adv. Mater. Sci. Eng.* 2017 ID 2394641 https://doi.org/10.1155/2017