การใช้ฟางข้าวในอิฐบล็อกประสาน

The usage of rice straw in Interlocking block

ปิยะพล สีหาบุตร[*1], เพ็ญชาย เวียงใต้[2], ภคพล ช่างยันต์[3], เจษฎ์ศิริ เถื่อนมูลละ[4]

Piyaphol Srihabutra[*1], Penchai Weingtai[2], Pakapol Changyant[3], Jetsiri Thuanmunla[4]

Received: 14 July 2016 ; Accepted: 19 December 2016

บทคัดย่อ

ความมุ่งหมายของงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการศึกษาการใช้ฟางข้าวในอิฐบล็อกประสาน โดยการนำฟางข้าวมาบดทำการคัดขนาดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 จากนั้นนำไปแทนที่ดินเหนียวในอัตราส่วนร้อยละ 0,5,10,15 และ 20 โดยปริมาตร ทำการทดสอบคุณสมบัติการรับกำลังอัด ความหนาแน่น และ อัตราการดูดซึมน้ำ ที่อายุ 7 และ 28 วัน

ผลการศึกษาพบว่า การใช้ฟางข้าวแทนที่ดินในอัตราส่วนผสมต่างๆ ส่งผลให้กำลังอัดอิฐบล็อกประสานลดลง โดยปริมาณการแทนที่ดินของฟางข้าวที่เหมาะสม สำหรับการผลิตอิฐบล็อกประสานในงานวิจัยครั้งนี้ คือ ร้อยละ 5,10 และร้อยละ 15 โดยปริมาตร ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 45,34 และ 30 กก./ตร.ซม. คิดเป็นร้อยละ 86, 65 และ 57 ของบล็อกประสานควบคุม ตามลำดับ ซึ่งผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602-2547 เป็นบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก นอกจากนี้ยังพบว่าความหนาแน่น มีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ ในขณะที่ร้อยละการดูดซึมน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นและสูงกว่าอิฐบล็อกประสานควบคุม

คำสำคัญ: อิฐบล็อกประสาน กำลังอัด ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ

Abstract

The objective of this research was to study the usage of rice straw in Interlocking block. The straw was ground through No. 4 sieve size and then used to replace the clay in 0, 5, 10, 15 and 20 percent by volume in order to test the compressive strength, density and water absorption at age 7 and 28 days.

The results showed that the use of rice straw to replace the clay in various ratios led to the decrease of compressive strength and density of interlocking blocks. The optimal volume of rice straw to replace clay in this research was 5, 10 and 15 percent by volume which had a compressive strength at 28 days that was 45, 34 and 30 ksc. or 86, 65 and 57 percent of interlocking block control, respectively. When the values were compared with the community product standard 602/2547, these interlocking blocks were classified as non-load bearing type. In addition, it was found that the density was decreased when increasing the amount of rice straw while the percentage of water absorption was increased higher than that of interlocking block control.

Keywords: Interlocking block, Compressive strength, Density, Water absorption

บทนำ

อิฐบล็อกประสานเป็นวัสดุก่อที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรูและเดือยบนตัวบล็อก เพื่อให้สะดวกในการก่อสร้างอาคารและบ้านพักอาศัย มีความความสวยงามตามธรรมชาติโดยไม่ต้องทาสี ดังแสดงใน Figure 1 นอกจากนี้ยังก่อสร้างได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากไม่ต้องฉาบปูน และยังมีราคาที่ต่ำกว่าการก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป โดยวิธีการผลิตอิฐประสานนิยมใช้อัตราส่วนผสมที่ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ ดินเหนียว และน้ำ ซึ่งอิฐบล็อก

[1,2,3,4] *อาจารย์ประจำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000*

[1,2,3,4] *Lecturer, Faculty of Engineering, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, 44000,Thailand.*

** Corresponding author; Piyaphol Srihabutra, Faculty of Engineering, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham 44000,Thailand. E-mail: Piyapholgl@gmail.com*

ประสานสามารถขึ้นรูปได้ง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถทำเองได้ในชุมชน และยังพบว่าสามารถใช้วัสดุอื่นๆที่หาได้ง่ายในชุมชนและท้องถิ่น นำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐประสานเพื่อปรับปรุงคุณภาพและเพิ่มความหลากหลายในการผลิตอิฐประสานได้อีกด้วย[1]

ข้าว เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่ในประเทศไทยสามารถผลิตได้ทุกภาคในปริมาณมากและยังเป็นสินค้าส่งออกอันดับต้นของโลก เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 60 ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ โดยสามารถผลิตข้าวได้ปริมาณ 25.9 ล้านตันต่อปี ทำให้มีฟางข้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 3 เท่าของผลผลิต คิดเป็นปริมาณฟางข้าว 87.57 ล้านตัน นอกจากนี้ยังพบว่า มีการนำฟางข้าวไปใช้ประโยชน์หลายอย่าง เช่น เป็นอาหารสัตว์ คลุมดิน เพาะเห็ดฟาง ทำโครงพวงหรีดดอกไม้ ใช้ในอุตสาหกรรมทำกระดาษ และพลังงานทดแทน เป็นต้น แต่ยังมีฟางข้าวอีกมากที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ คาดว่าประมาณ 1 ใน 3 ของส่วนที่เหลือถูกเผาทิ้ง บางพื้นที่ไม่มีการนำฟางข้าวไปใช้ประโยชน์และกำจัดโดยการเผาทิ้งทั้งหมด เหตุผลหลักที่เกษตรกรเลือกใช้วิธีการจำกัดฟางข้าวโดยวิธีการเผาเนื่องจากไม่มีทุนเพิ่มในการใช้วิธีกำจัดฟางข้าวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งการเผาฟางข้าวเป็นการสร้างก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศของโลก สร้างมลพิษทางอากาศนำไปสู่ภาวะโลกร้อน พื้นที่ป่าเสื่อมโทรม สูญเสียอินทรียวัตถุและธาตุอาหารในดิน ทำลายโครงสร้างดินที่เหมาะสมและทำลายห่วงโซ่อาหาร การเผาฟางข้าวทำให้พื้นที่เกษตรสูญเสียไนโตรเจน 6-9 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 0.8 ต่อไร่ และโพแทสเซียม 15.6 ต่อไร่ โครงสร้างดินถูกทำลาย ดินเก็บน้ำได้น้อยนำมาสู่การแพร่ระบาดของโรคพืช[2]

โดยงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาอิฐบล็อกประสานด้วยการนำวัสดุต่างๆ มาเป็นส่วนประกอบเพื่อปรับปรุงคุณภาพและใช้วัสดุเหลือทิ้งต่างๆ ซึ่งพบว่านอกจากจะเพิ่มความหลากหลายในการผลิตอิฐบล็อกประสานแล้ววัสดุบางชนิดยังสามารถปรับปรุงคุณภาพของอิฐบล็อกประสานได้อีกด้วย[3,4] ด้วยเหตุและปัจจัยดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการเอาวัสดุท้องถิ่น เช่น ฟางข้าวมาเป็นส่วนประกอบในการผลิตอิฐบล็อกประสานเพื่อเพิ่มปริมาณการใช้ประโยชน์จากฟางข้าว ลดการกำจัดฟางข้าวด้วยวิธีการเผาทำลาย ลดการเพิ่มมลพิษ และเพิ่มความหลากหลายในการผลิตอิฐบล็อกประสาน

จุดประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ฟางข้าวในอิฐบล็อกประสาน
2. เพื่อให้ทราบถึงปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ฟางข้าวในอิฐบล็อกประสานโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602-2547

Figure 1 Interlocking block.

การเตรียมวัสดุและวิธีการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Ordinary Portland Cement) ตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มอก.15-2547
2. ทราย ใช้ทรายแม่น้ำชี อ.เมืองมหาสารคาม จ.มหาสารคาม นำมาผึ่งแดดเพื่อลดความชื้น และร่อนให้ทรายละเอียดเพื่อใช้เป็นมวลรวมละเอียด
3. น้ำ ใช้น้ำประปาสะอาด ไม่มีสารแขวนลอย และสารแปลกปลอมเจือปนอื่นอยู่
4. ฟางข้าว ใช้ฟางข้าว อ.เมืองมหาสารคาม จ.มหาสารคาม นำมาผึ่งแดด ลดความชื้น จากนั้นนำไปเข้าเครื่องปั่นให้ละเอียด จากนั้นนำมาทำการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ดังแสดงใน Figure 2
5. ดิน ใช้ดินเหนียวจาก จังหวัด มหาสารคาม นำไปทำการบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ดังแสดงใน Figure 3)

ออกแบบอัตราส่วนผสมของตัวอย่าง

ส่วนผสมของอิฐบล็อกประสานในงานวิจัยนี้ใช้อัตราส่วนซีเมนต์ต่อมวลรวมเท่ากับ 1 ต่อ 6 และแทนที่ดินด้วยฟางข้าวบดในอัตราส่วนร้อยละ 0, 5, 10, 15,และ 20 โดยปริมาตร ดังแสดงใน Table 1

Figure 2 Rice straw No. 4 sieve size.

Figure 3 Clay of Interlocking block.

Table 1 Mix proportions of Interlocking block.

MIXTURE	OPC	Clay	Rice Straw	Sand	Cement/Aggregate
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	ratio
BC	0.70	3.20	0.000	1	1 : 6
RS 5	0.70.	3.15	0.0005	1	1 : 6
RS 10	0.70	3.10	0.0010	1	1 : 6
RS 15	0.70	3.05	0.0015	1	1 : 6
RS 20	0.70	3.00	0.0020	1	1 : 6

BC= Interlocking block Control, OPC= Ordinary Portland Cement, RS = Rice Straw

ขั้นตอนการทดสอบ

เมื่อเตรียมวัสดุเสร็จเรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการผสมตามส่วนผสมอิฐบล็อกประสาน เมื่อส่วนผสมเสร็จนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยกด้วยแรงคนเมื่อดังแสดงใน (Figure 4) นำก้อนตัวอย่างออกมาผึ่ง ครบ 24 ชั่วโมง และนำไปทดสอบต่อไป ซึ่งการทดสอบวัสดุและก้อนตัวอย่างอิฐบล็อกประสานทำการทดสอบดังต่อไปนี้

1. ทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุ ได้แก่ ขนาดอนุภาคและการคละของดิน (Laser Diffraction Particle Size Analyzer) องค์ประกอบทางเคมีของดิน (X-Ray Fluorescence Spectrometer) ภาพถ่ายกำลังสูง (SEM) ของดิน ฟางข้าว และอิฐบล็อกประสาน

2. การทดสอบกำลังรับแรงอัด ตามมาตรฐาน (Compressive resistance) ASTM C773-88 ของบล็อกประสาน ที่อายุ 7 และ 28 วัน

3. การทดสอบความหนาแน่น (Density) คำนวณหาค่าความหนาแน่นจากมวลต่อปริมาตรของตัวอย่างอิฐบล็อกประสานดังในสมการที่ (1)

$$P = M/V \qquad (1)$$

P = ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม)

M = มวลของตัวอย่างทดสอบ (กก.)

V = ปริมาตรของตัวอย่างทดสอบ (ลบ.ม)

4. การหาปริมาณการดูดซึมน้ำ (Water absorption) เป็นการทดลองโดยเปรียบเทียบน้ำหนักของน้ำที่อิฐบล็อกประสานดูดซึมน้ำได้ภายหลังการแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กับน้ำหนักอิฐบล็อกประสานแห้ง ตามมาตรฐาน มาตรฐาน ASTM C373-88

Figure 4 Interlock block forming.

ผลการศึกษา

ผลการทดของวัสดุที่ใช้ในการทำอิฐบล็อกประสาน

ผลการทดสอบดิน เมื่อทำการบดละเอียดแล้วทำการวิเคราะห์ขนาดและการคละด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาด

อนุภาค (Laser Diffraction Particle Size Analyzer) พบว่าดินมีขนาดอนุภาคใหญ่สุดที่ขนาดไม่เกิน 1,000 µm และมีการคละของอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 10 -1,000 µm ดังใน Figure 5 ซึ่งเป็นขนาดดินที่ค่อนข้างละเอียดเหมาะแก่การนำมาใช้ในการทำอิฐบล็อกประสานเนื่องจากอิฐบล็อกประสานขึ้นรูปด้วยการอัดด้วยแรง ประกอบกับเมื่อดินมีขนาดที่เล็กช่องว่างระหว่างอนุภาคดินจะน้อยตามไปด้วยทำให้อิฐมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น[5] ดังแสดงในภาพถ่ายขยายกำลังสูง (SEM) ใน Figure 6 และเมื่อนำดินไปทำการทดสอบหาองค์ประกอบทางเคมี (X-Ray Fluorescence Spectrometer) พบว่าดินมีองค์ประกอบของ SiO_2 และ Al_2O_3 เป็นส่วนใหญ่ โดยมีปริมาณร้อยละ 84.92 และ 11.55 ลำดับ ดังแสดงใน Table 2 ซึ่งเป็นลักษณะของดินเหนียว จึงเหมาะสมในการนำมาทำอิฐบล็อกประสาน

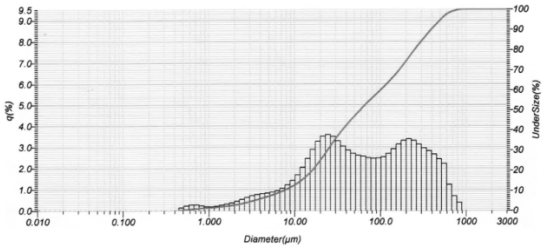

Figure 5 Laser Diffraction Particle Size Analyzer test result.

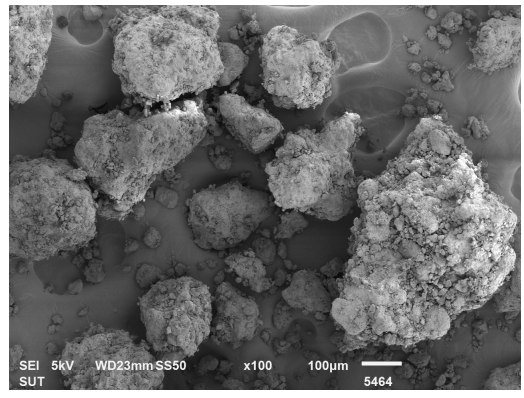

Figure 6 Scanning electron microscope image x100 of Clay.

Table 2 Chemical compositions of Clay.

Chemical compositions	Percentage (%)
Na_2O	0.04
MgO	0.08
Al_2O_3	11.55
SiO_2	84.92
P_2O_5	0.06
SO_3	0.02
Cl	0.02
K_2O	0.1
CaO	0.05
TiO_2	0.59
Cr_2O_3	0.01
MnO	0.01
Fe_2O_3	2.5
ZrO_2	0.05

ผลการทดสอบฟางข้าว

ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของฟางข้าวด้วยกล้องถ่ายภาพขยายกำลังสูง พบว่า ฟางข้าวมีลักษณะเป็นเส้นใยต่อกัน และมีช่องว่างระหว่างเส้นใย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ฟางข้าว มีความเหนียว มีความหนาแน่นน้อย มีน้ำหนักเบา ดังแสดงใน Figure 7

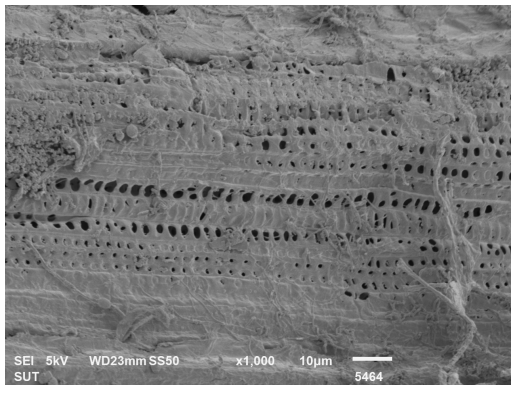

Figure 7 Scanning electron microscope image x1,000 of Rice Straw.

ผลการทดสอบกำลังอัด

จากการทดสอบพบว่า กำลังอัดของอิฐบล็อกประสานควบคุมที่อายุ 7 และ 28 วัน มีค่าเท่ากับ 37 และ 52 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ และเมื่อแทนที่ดินด้วยฟางข้าวในปริมาณต่างๆ พบว่า กำลังอัดของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา[6,7] เนื่องจากฟางข้าวมีลักษณะเป็นเส้นใยที่มีโพรงในปริมาณมาก เมื่อนำมาแทนดินทำให้เกิดโพรงในอิฐบล็อกประสานส่งผลให้ค่ากำลังอัดลดลง ดังแสดงใน Table 3 โดยกำลังอัดของอิฐบล็อกประสานที่แทนที่ด้วยฟางข้าวร้อยละ 5, 10 และ 15 ที่อายุ 7 วัน มีค่าเท่ากับ 31,22 และ 18 กก./ตร.ซม. คิดเป็นร้อยละ 83,59 และ 48 ของอิฐบล็อกประสานควบคุม ตามลำดับ และมีค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นที่อายุ 28 วัน เนื่องจากการทำปฏิกริยาไฮเดรชั่นระหว่างน้ำกับซีเมนต์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ส่งผลให้กำลังอัดมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่ากำลังอัดเท่ากับ 45,34 และ 30 กก./ตร.ซม. คิดเป็นร้อยละ 86,65 และ 57 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 2.5 เมกะปาสคาล และผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602-2547[8] ที่ได้กำหนดไว้ เป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ดังแสดงใน Figure 8 เมื่อพิจารณาที่การแทนที่ฟางข้าวร้อยละ 20 พบว่า มีค่ากำลังอัดที่อายุ 7 และ 28 วัน เท่ากับ 12 และ 22 กก./ตร.ซม. คิดเป็นร้อยละ 12 และ 22 อิฐบล็อกประสานควบคุมตามลำดับ ไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602-2547

ผลการทดสอบความหนาแน่น

จากผลการทดสอบพบว่า อิฐบล็อกประสานควบคุมมีค่าความหนาแน่นที่อายุ 7 และ 28 วัน เท่ากับ 1,690 และ 1,687 กก./ลบ.ม. และเมื่อแทนที่ดินด้วยฟางข้าว พบว่า ความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานที่ค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา[9] เนื่องจากความหนาแน่นของฟางข้าวมีค่าน้อยกว่าดินที่ใช้ทำอิฐบล็อกประสาน และ เมื่อแทนที่ดินแล้วทำให้เกิดโพรงมากขึ้น ตามปริมาณการแทนที่แทนที่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา[10] ดังแสดงใน Figure 9 และเมื่อพิจารณาความหนาแน่น ที่ 28 วัน พบว่า มีค่าน้อยกว่าอายุ 7 วัน เนื่องจาก ความชื้นในอิฐบล็อกประสานได้ระเหยออก จึงส่งผลให้ความหนาแน่นมีค่าลดลงเล็กน้อย ดังแสดงใน Table 3 และ Figure 10

Table 3 Compressive strength, Density and Water absorption test results.

MIXTURE	Compressive strength (ksc)		Density (kg/m^3)		Water absorption (%)	
	7 days (%)	28 days (%)	7 days	28 days	7 days	28 days
BC	37 **(100)**	52 **(100)**	1,690	1,687	5.00	6.00
RS 5	31 **(83)**	45 **(86)**	1,684	1,656	5.33	7.21
RS 10	22 **(59)**	34 **(65)**	1,636	1,625	9.16	10.59
RS 15	18 **(48)**	30 **(57)**	1,593	1,531	12.47	12.32
RS 20	12 **(32)**	22 **(42)**	1,533	1,440	13.70	14.58

ผลการทดสอบร้อยละการดูดซึมน้ำ

จากผลการทดสอบพบว่า ทุกอัตราส่วนการแทนที่ของฟางข้าวมีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณฟางข้าวที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากฟางข้าวมีลักษณะเป็นโพรง ดังแสดงใน Figure 7 เมื่อใช้แทนที่ดิน มีผลให้เกิดโพรงในอิฐบล็อกประสาน ส่งผลให้มีค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบการการดูดซึมน้ำในส่วนผสมเดียวกันที่อายุการทดสอบต่างกัน พบว่าร้อยละการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อก

ประสานที่อายุ 28 วัน มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ มากกว่าอายุ 7 วัน ทุกอัตราส่วนผสม ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่ออิฐบล็อกประสานมีอายุมากขึ้นค่าความชื้นมีค่าลดลง จากการระเหยของน้ำในอิฐบล็อกประสาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา[11] ดังแสดงใน Figure 11

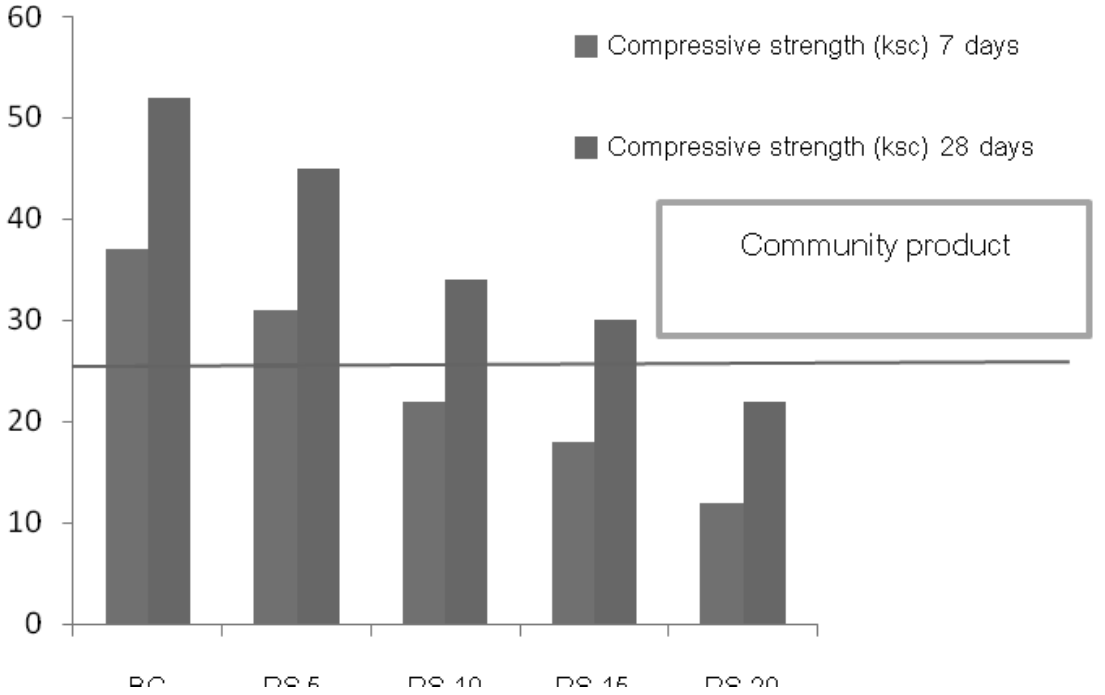

Figure 8 Relationship of compressive strength and rice straw replacement.

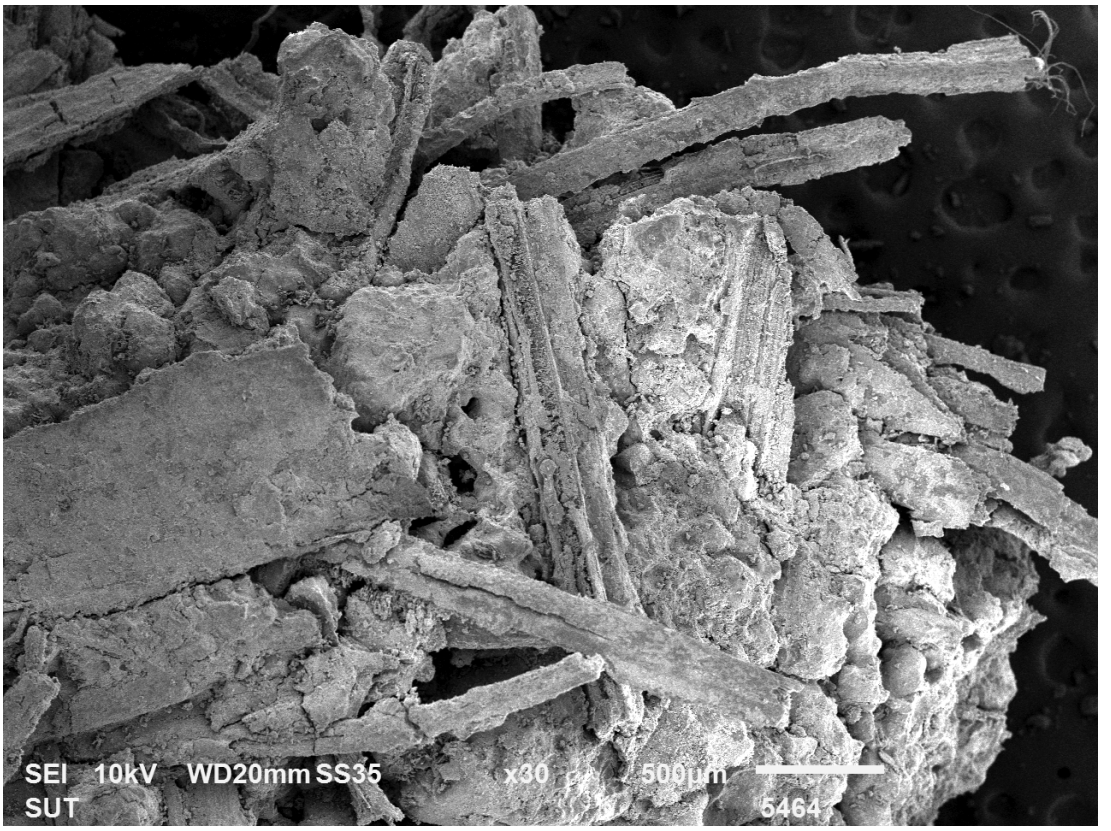

Figure 9 Scanning electron microscope image x30 of Interlocking block.

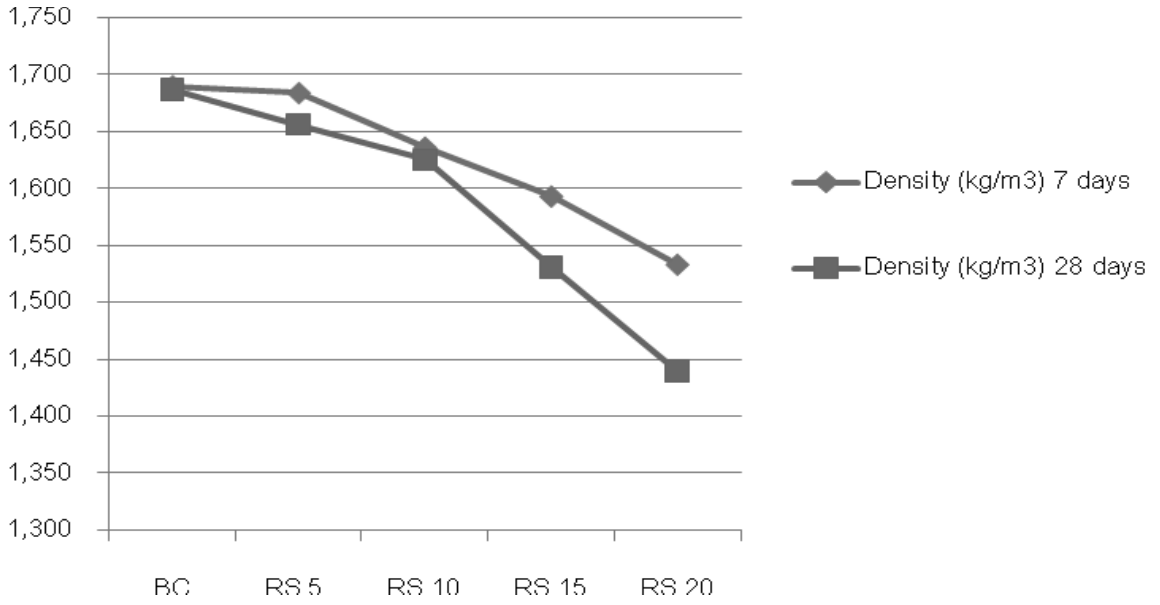

Figure 10 Relationship of Density and rice straw replacement.

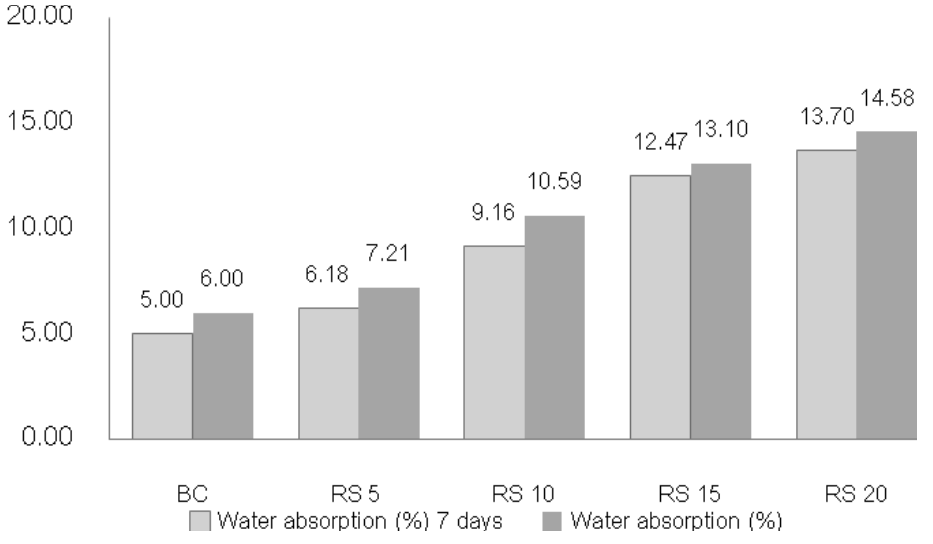

Figure 11 Relationship of Water absorption and rice straw replacement.

วิจารณ์และสรุปผล

จากการศึกษาการใช้ฟางข้าวแทนที่ดินในอิฐบล็อกประสาน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

1. กำลังอัดของอิฐบล็อกประสานที่แทนที่ด้วยฟางข้าวมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ และมีค่ากำลังอัดเพิ่มมากขึ้นที่อายุการทดสอบ 28 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมเดียวกัน โดยการแทนที่ฟางข้าว ร้อยละ 5,10 และ ร้อยละ 15 มีค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วัน ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602-2547

2. ค่าความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ของฟางข้าวทุกอัตราส่วนผสม เนื่องจากความหนาแน่นของฟางข้าวมีค่าน้อยกว่าดินและทำให้เกิดโพรงในอิฐบล็อกประสาน จึงทำให้ความหนาแน่นลดลง

3. ร้อยละการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานเพิ่มขึ้นตามปริมาณฟางข้าวที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากฟางข้าวมีลักษณะเป็นเส้นใยที่มีโพรง ส่งผลให้ภายในก้อนอิฐบล็อกประสานมีลักษณะเป็นโพรงตามไปด้วย การดูดซึมน้ำจึงเพิ่มขึ้น

4. การแทนที่ฟางข้าวในอิฐบล็อกประสานส่งผลให้ค่ากำลังอัดลดลงตามปริมาณการแทนที่ แต่เมื่อพิจารณาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602-2547 พบว่าสามารถใช้ฟางข้าวแทนที่ดินได้ถึง ร้อยละ 15 โดยปริมาตร ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสมเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก และเมื่อพิจารณาถึงความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสาน พบว่ามีค่าลดลง ซึ่งทำให้ก้อนอิฐบล็อกประสานมีน้ำหนักลดลง ส่งผลดีในการก่อสร้างและง่ายต่อการเคลื่อนย้าย ขนส่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจาก มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีงบประมาณ 2558

เอกสารอ้างอิง

1. สำเร็จ สารมาคม. การประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตบล็อกประสาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2556.
2. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ข้าว. ใน:เอกสารประกอบการ สัมมนา ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2548 และแนวโน้มปี 2549.กรุงเทพฯ: โรงแรมรามาการ์เด้นส์; 2548. หน้า 3-8.
3. ประชุม คำพุฒ, กิตติพงษ์ สุวีโร,อมเรศ บกสุวรรณ, นิรมล ปั้นลาย. การใช้ฝุ่นหินภูเขาไฟในผลิตภัณฑ์บล็อกประสาน.วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 2558; 3(2): 239-247
4. วราธร แก้วแสง. คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของอิฐบล็อกประสานดินขาวที่ผสมด้วยกลวิธีโพลิเมอร์ไรเซชั่น: เอกสารการการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 8 :มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน; 2554.
5. Satawat Haruehansapong, Twich Pulngern, Somchai Chucheepsakul. Effect of the particle size of nano-silica on the compressive strength and the optimum replacement content of cement mortar containing nano-SiO_2. Construction and building material 2014;50(1): 471-477.
6. พงศ์ภูมิ ศรชมแก้ว. การผลิตอิฐบล็อกประสานจากกากอุตสาหกรรม. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์; 2555
7. Erniatia, M. Wihadi Tjarongeb, Zulharnaha, Ulva Ria Irfanc. Porosity, pore size and compressive strength of self-compacting concrete using sea water. Procedia Engineering 2015; 125(3): 832-837.
8. สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐบล็อกประสาน (มผช.602-2547). กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม; 2547.
9. ณิชาดา ฉัตรสถาปัตยกุล, มณฑล วังเวียง, ภัทรา เพ่งธรรมกีรติ. ความเป็นไปได้ของการใช้กากตระกอนเคมีจากการผลิตน้ำประปาร่วมกับปูนซีเมนต์ในซีเมนต์มอร์ต้าและอิฐบล็อกประสาน. วารสาร Rajabhat Journal of Sciences, Humanities & Social Sciences 2556; 13(1): 48-54.
10. Tayfun Uygunoglu, Ilker Bekir Topcu, Osman Gencel, Witold Brostow. The effect of fly ash content and types of aggregates on the properties of pre-fabricated concrete interlocking blocks (PCIBs). Construction and Building Materials 2012;30(1):180-187
11. จรูญ เจริญเนตรกุล. อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมเถ้าและกะลาปาล์มน้ำมัน. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 2557; 2(1) 103-112.