

การใช้ฟางข้าวเพื่อผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดฉนวนกันความร้อน

สมชาย อินทะตา* และ ชนิตา ชันคำ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้ฟางข้าวเพื่อผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดฉนวนกันความร้อนที่มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทราย เท่ากับ 1:0.8, 1:1 และ 1:1.2 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำฟางข้าวขนาดค้ำงบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4, 8 และ 16 ไปแทนที่ทรายในปริมาณ 0.04, 0.05, 0.06, 0.07 และ 0.08 กก. ตามลำดับ ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์บอร์ด ได้แก่ ความหนาแน่นและร้อยละการดูดซึมน้ำ และคุณสมบัติทางกล ได้แก่ กำลังรับแรงกดแตก ตามมาตรฐาน มอก. 219-2552 เพื่อหาอัตราส่วนของซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นใช้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด มาปรับปรุงคุณภาพโดยเติมสารซีเอ็มซี และทำการทดสอบกำลังแรงกดแตก และค่าสภาพการนำความร้อน จากผลการทดสอบ พบว่าที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:0.8 โดยผสมฟางข้าวขนาดค้ำงบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 เพิ่มในปริมาณ 0.04 กก. เป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด คือ มีกำลังรับแรงกดแตกสูงสุด เท่ากับ 20.43 กก./ซม² และมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 20.82 และการเติมสารซีเอ็มซีร้อยละ 0.2 และร้อยละ 0.4 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ทำให้ได้แผ่นยิปซัมบอร์ดมีค่าสภาพการนำความร้อนลดลง แต่กำลังรับแรงกดแตกก็ลดลงด้วยเช่นกัน

คำสำคัญ : แผ่นซีเมนต์บอร์ดฉนวนกันความร้อน, สภาพการนำความร้อน, กำลังรับแรงกดแตก และ ฟางข้าว

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: somchai_asap@hotmail.com

Use of Rice Straw to Produce the Insulation Cement Board

Somchai Inthata* and Chanida Khankham

Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, 44000, Thailand

Abstract

This research was to study the use of rice straw to produce the insulation cement board at the ratio of Portland cement Type I to sand of 1:0.8, 1:1 and 1:1.2 by weight. Then the particle size retained on sieve No.4, No.8 and No.16 were replaced with sand at the volume of 0.04, 0.05, 0.06, 0.07 and 0.08 kg, respectively. Physical properties (density and percent water absorption) and mechanical properties (breaking load) according to TIS 219-2552 was determined to find the optimal mix ratio. After that, the addition of carboxyl methyl cellulose (CMC) was applied to improve quality of cement board. Breaking load and thermal conductivity of the optimal mix were determined. The results shows that the optimal mix ratio of cement to sand was 1:0.8 incorporating with rice straw size that retained on sieve No.16 at the volume of 0.04 kg. The Breaking load and percent water absorption was equal to 20.43 ksc and 20.82%, respectively. Therefore, the addition of CMC of 0.2% and 0.4% by weight of cement resulted in significant reduction on the thermal conductivity of cement board but the breaking load was decreased.

Keywords : Insulator cement board, thermal conductivity, breaking load and rice straw

* Corresponding author: E-mail: somchai_asap@hotmail.com

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีพื้นที่เพาะปลูกพืชประมาณร้อยละ 60 ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญมาก ประเทศไทยจัดได้ว่าเป็นประเทศที่มีการส่งออกข้าวมากที่สุด สามารถผลิตข้าวได้ประมาณ 25.9 ล้านตัน/ปี ในปีหนึ่งๆ ประเทศไทยมีฟางข้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 3 เท่าของผลผลิต คิดเป็นปริมาณฟางข้าว 87.57 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548) นอกจากนี้ยังพบว่า มีการนำฟางข้าวไปใช้ประโยชน์หลายอย่าง เช่น เป็นอาหารสัตว์ คลุมดิน เพาะเห็ดฟาง ทำโครงพวงพรีดดอกไม้ ใช้ในอุตสาหกรรมทำกระดาษ และพลังงานทดแทน เป็นต้น แต่ยังมีฟางข้าวอีกมากที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ คาดว่าประมาณ 1 ใน 3 ของส่วนที่เหลือถูกเผาทิ้ง บางพื้นที่ไม่มีการนำฟางข้าวไปใช้ประโยชน์แต่จะเผาทิ้งทั้งหมด เหตุผลหลักที่เกษตรกรเลือกใช้วิธีการกำจัดฟางข้าวโดยวิธีการเผา เนื่องจากเกษตรกรไม่มีทุนเพิ่มในการที่จะใช้วิธีการกำจัดฟางข้าวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การเผาฟางข้าวเป็นการสร้างก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศของโลก สร้างมลพิษทางอากาศนำไปสู่ภาวะโลกร้อน พื้นที่ป่าเสื่อมโทรม สูญเสียอินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารในดิน ทำลายโครงสร้างดินที่เหมาะสม และทำลายห่วงโซ่อาหาร การเผาฟางข้าวทำให้พื้นที่เกษตรสูญเสียไนโตรเจน 6-9 กก./ไร่ ฟอสฟอรัส 0.8 กก./ไร่ และโพแทสเซียม 15.6 กก./ไร่ โครงสร้างดินถูกทำลาย ดินเก็บน้ำได้น้อยนำมาสู่การแพร่ระบาดของโรคพืช (สุเทพ และวิเศษ, 2541)

จากการศึกษาข้อมูลของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) พบว่าในช่วงระหว่างปี 1990-2005 ประเทศกำลังพัฒนาปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรมเพิ่มขึ้นร้อยละ 32 ในขณะที่ประเทศพัฒนาแล้วมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรมลดลงร้อยละ 12 และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรมของประเทศไทยคิดเป็น ร้อยละ 13 (ศรีสุราษฎร์ ชุมชนออนไลน์, 2553) ซึ่งจากการสำรวจข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษของไทยพบว่า พื้นที่ที่มีการเผาฟางข้าวและปล่อยมลพิษทางอากาศมากที่สุดมีจำนวน 12 จังหวัด ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคกลาง เช่น ชัยนาท ลพบุรี สุพรรณบุรี อยุธยา และอ่างทอง เป็นต้น (ไตรทิพย์, 2550) หากไม่มีการนำฟางข้าวไปใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง อาจส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษหมอกควันทางอากาศ รวมไปถึงเป็นการเผาผลาญอินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารในดิน และก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกรุนแรงขึ้นทุกปี

วัสดุฉนวนกันความร้อนกำลังเป็นที่นิยมแพร่หลายมากในปัจจุบัน มีการใช้มากทั้งในโรงงาน งานก่อสร้างอาคาร และบ้านพักอาศัย แต่ส่วนใหญ่จะใช้ฉนวนใยแก้ว และแผ่นโฟม โดยเฉพาะอย่างยิ่งฉนวนใยแก้วที่ต้องสั่งนำเข้าจากต่างประเทศ จากสถิติในปี 2543 ไทยมีการนำเข้าฉนวนใยแก้วสูงถึง 45 ล้านบาท ทำให้เสียดุลการค้า นอกจากนั้น ฉนวนกันความร้อนเหล่านี้ ยังผลิตจากวัสดุสังเคราะห์ ซึ่งมักประสบปัญหาและคำถามเกี่ยวกับความปลอดภัยต่อสุขภาพ เมื่อนำมาใช้งานสำนักวิจัยและการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กล่าวว่า การพัฒนาฉนวนกันความร้อนที่อาศัยเส้นใยจากพืชที่หาได้จากธรรมชาติย่อมส่งผลดีทั้งช่วยลดปัญหาการขาดดุลการค้า และปัญหาด้านสุขภาพ ซึ่งฟางข้าวมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถพัฒนาเป็นฉนวนกันความร้อนเพื่อทดแทนฉนวนใยแก้ว และแผ่นโฟมที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และจากการทดสอบค่าการนำความร้อนของฟางข้าวแห้งที่นำมาอัดจนมีความหนาแน่นประมาณ 80 กก./ม³ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.05-0.07 W/m.K ในขณะที่ฉนวนใยแก้ว มีค่าการนำความร้อนประมาณ 0.03-0.04 W/m.K ขึ้นอยู่กับชนิด และความหนาแน่นของฉนวน (สำนักวิจัยและการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้, 2550; วรรณธรรม, 2548)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงความร้อนของฟางข้าว อีกทั้งศึกษาความเป็นไปได้ในการนำฟางข้าวมาผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดฉนวนกันความร้อน และหาปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสมของฟางข้าวต่อส่วนผสมอื่นๆ โดยผลของการศึกษาอาจก่อประโยชน์อย่างสูง เนื่องจากอาจสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนที่สร้างมูลค่าเพิ่มและรายได้ให้แก่เกษตรกรในอนาคตต่อไปได้อีก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1.1 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Portland cement type I) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มอก. 15-2547

1.2 ทรายแม่น้ำล้างทำความสะอาด จากนั้นนำมา ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 และเบอร์ 100 โดยนำ ส่วนที่ค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 100 มาใช้

1.3 ฟางข้าว เก็บตัวอย่างจากจังหวัดมหาสารคาม โดยนำมาย่อยด้วยเครื่องย่อยกิ่งไม้ ให้มีขนาดอนุภาค 3 ขนาด คือ ค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 (ขนาดช่องเปิด 4.75 มม.) เบอร์ 8 (ขนาดช่องเปิด 2.36 มม.) และเบอร์ 16 (ขนาดช่องเปิด 1.18 มม.)

1.4 กาวผงหรือกาวแดง เป็นกาวที่มีลักษณะเป็นผง ใช้ผสมน้ำแห้งเร็วถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับงานไม้ โดยเฉพาะการยึดเกาะของกาวมีความทนทานและแข็งแรงกว่าเนื้อไม้ ลักษณะเด่นคือสามารถกันน้ำได้ มีความชื้นน้อยมาก ไม่ขึ้นเชื้อรา และทนทานต่อน้ำมันและสารระเหย มีน้ำหนักเบา

1.5 สารคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (CMC) เป็นสารเคมีช่วยในการเกิดฟอง ลดความหนาแน่น เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืดที่ช่วยในการยึดเกาะ (สุนทร, 2555) จากงานวิจัยของ Colak (2000) พบว่า สาร CMC ช่วยเพิ่มความหนืด ป้องกันการสูญเสียฟองแก๊สออกจากส่วนผสมแต่หากเติม CMC มากเกินไป ความหนืดมากเกินไปอาจทำให้ฟองแก๊สไม่สามารถดันออกมารวมตัวกันได้ ทำให้ความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น

2. การออกแบบอัตราส่วนผสมของตัวอย่าง

ออกแบบอัตราส่วนควบคุม (ที่ไม่ผสมฟางข้าว) จนเหมาะสมทำสามารถยึดประสานเป็นแผ่นได้ โดยมีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทราย เท่ากับ 1:0.8, 1:1 และ 1:1.2 โดยน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 1-3 จากนั้นแยกฟางข้าวแต่ละขนาด (เบอร์ 4, 8 และ 16) ไปแทนที่ทรายในปริมาณ 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08 กก. ตามลำดับ

ตารางที่ 1 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:0.8 โดยน้ำหนัก

อัตราส่วน	ปูน (kg)	ทราย (kg)	ฟางข้าว (kg)	น้ำ (kg)
ควบคุม A*	1.0	0.80	-	0.992
A-0.04	1.0	0.76	0.04	0.992
A-0.05	1.0	0.75	0.05	0.992
A-0.06	1.0	0.74	0.06	0.992
A-0.07	1.0	0.73	0.07	0.992
A-0.08	1.0	0.72	0.08	0.992

ตารางที่ 2 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:1 โดยน้ำหนัก

อัตราส่วน	ปูน (kg)	ทราย (kg)	ฟางข้าว (kg)	น้ำ (kg)
ควบคุม B*	1.0	1.0	-	1.056
B-0.04	1.0	0.96	0.04	1.056
B-0.05	1.0	0.95	0.05	1.056
B-0.06	1.0	0.94	0.06	1.056
B-0.07	1.0	0.93	0.07	1.056
B-0.08	1.0	0.92	0.08	1.056

ตารางที่ 3 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:1.2 โดยน้ำหนัก

อัตราส่วน	ปูน (kg)	ทราย (kg)	ฟางข้าว (kg)	น้ำ (kg)
ควบคุม C*	1.0	1.20	-	1.340
C-0.04	1.0	1.16	0.04	1.340
C-0.05	1.0	1.15	0.05	1.340
C-0.06	1.0	1.14	0.06	1.340
C-0.07	1.0	1.13	0.07	1.340
C-0.08	1.0	1.12	0.08	1.340

* A, B, C = อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:0.8, 1:1, 1:1.2 ตามลำดับ

3. ขั้นตอนการทดสอบ

3.1 ทดสอบความหนาแน่น คำนวณหาค่าความหนาแน่นจากมวลต่อปริมาตรของตัวอย่างแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าว ขนาด 30x30 ซม. หนา 9 มม. จำนวน 3 ตัวอย่าง ดังสมการที่ 1

$$\rho = \frac{M}{V} \dots\dots\dots (1)$$

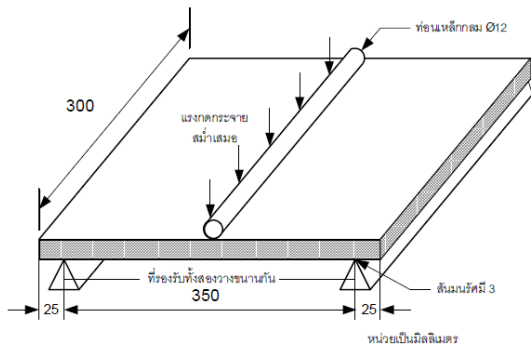
เมื่อ ρ = ความหนาแน่น (กก./ม³)
 M = มวลของตัวอย่างทดสอบ (กก.)
 V = ปริมาตรของตัวอย่างทดสอบ (ม³)

3.2 ทดสอบร้อยละการดูดซึมน้ำ การหาปริมาณการดูดซึมน้ำ เป็นการทดลองโดยเปรียบเทียบน้ำหนักของน้ำที่ตัวอย่างดูดซึมน้ำได้ภายหลังการแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชม. กับน้ำหนักของตัวอย่างที่อบแห้ง ตามมาตรฐาน มอก.1505-2541 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541) จากตัวอย่างทดสอบขนาด 30x30 ซม. หนา 9 มม. ดังสมการที่ 2

$$W = \frac{(W_w - W_d) \times 100}{W_d} \dots\dots\dots (2)$$

เมื่อ W = การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)
 W_w = น้ำหนักตัวอย่างอิมตัว (กก.)
 W_d = น้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง (กก.)

3.3 การทดสอบกำลังรับแรงกดแตก ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัด Model CY-6040A12 ตามมาตรฐาน มอก.219-2552 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2553) เตรียมตัวอย่างทดสอบขนาด 30x40 ซม. หนา 9 มม. อบที่อุณหภูมิ $40 \pm 2^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 24 ชม. ทำการทดสอบทันที หรือภายหลัง 10 นาที วางตัวอย่างทดสอบตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การวางชิ้นงานทดสอบและตำแหน่งจุดรองรับ

โดยให้คว่ำด้านที่ใช้งานลงในกรณีของชิ้นทดสอบตามยาว ส่วนชิ้นทดสอบตามขวางให้หงายด้านที่ใช้งานขึ้น กัดน้ำหนักลงบนจุดกึ่งกลางของระยะช่วง 350 มม. โดยแรงกดมีอัตราสม่ำเสมอประมาณ 250 นิวตัน/นาที่ บันทึกแรงกดที่ทำให้ชิ้นทดสอบหัก ให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.219-2552 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2553) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าแรงกดแตกตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.219

ความหนาระบุ (มม.)	แรงกดแตก (กก.)	
	ตามแนวยาว	ตามแนวขวาง
6	22.2	8.9
7	22.2	8.9
8	28.9	11.1
9	25.6	13.3
10	36.0	15.0
12	51.2	20.0
13	53.5	23.0
15	62.0	26.0
16	67.0	28.0
18	73.0	30.0
19	76.0	32.0
25	91.0	38.0

3.4 ทดสอบสภาพการนำความร้อน โดยการสร้างชุดทดสอบ Guarded-hot-plate ตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials C 177 (1997) และการวิเคราะห์ค่าสภาพการนำความร้อน อ้างอิงจากสมการของฟูเรียร์

โดยคำนวณค่าสภาพการนำความร้อนจากค่าที่ได้จากการทดลอง ดังสมการ (3)

$$Q = \frac{k\Delta T_{\text{average}}}{L_{\text{average}}} \quad (3)$$

เมื่อ Q = ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการวัด (W)

k = สภาพการนำความร้อน (W/m.K)

L_{average} = ความหนาเฉลี่ยแผ่นทดสอบทั้งสอง (m)

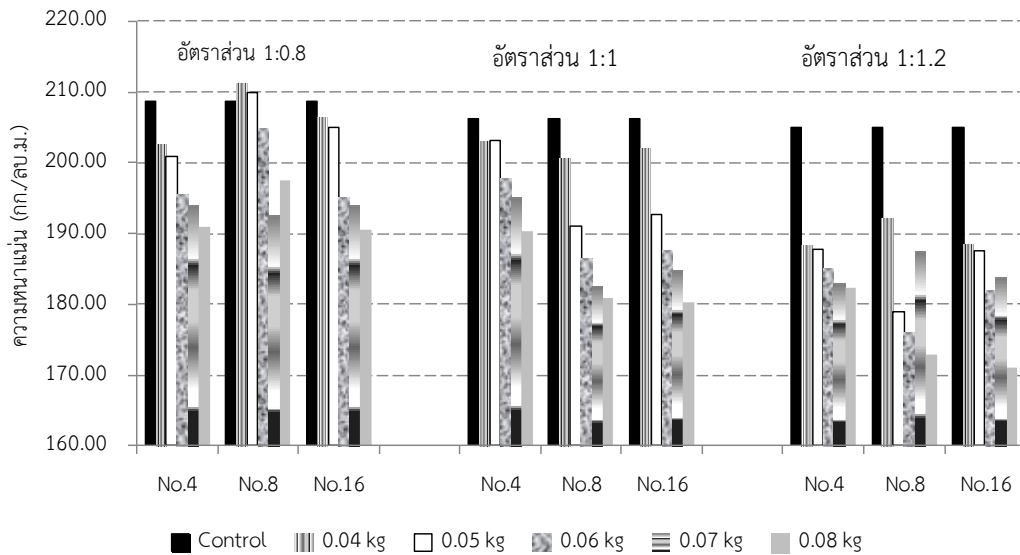
$\Delta T_{\text{average}}$ = ผลต่างอุณหภูมิค่าสูงและต่ำเฉลี่ยของทั้งสองแผ่นทดสอบ (K)

3.5 การปรับปรุงคุณภาพ หลังจากได้อัตราส่วนของซีเมนต์บอร์ดีผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด นำมาปรับปรุงคุณภาพ (วินิจ, 2551; Godeke *et al.*, 1997) โดยเติมสาร Carboxyl methyl cellulose (CMC) ซึ่งเป็นสารเพิ่มความหนืดในปริมาณร้อยละ 0, 0.2 และ 0.4 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ทดสอบกำลังรับแรงกดแตก และค่าสภาพการนำความร้อน

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบความหนาแน่น

จากภาพที่ 2 พบว่า ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:0.8 โดยน้ำหนัก จะให้ความหนาแน่นสูงสุด รองลงมา คือที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:1.2 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน เนื่องจากอัตราส่วนที่เปลี่ยนไป และความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ที่มากกว่า ทราย นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ทุกอัตราส่วนที่ผสมด้วยฟางข้าว มีความหนาแน่นต่ำกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดีควบคุม (ที่ไม่ผสมฟางข้าว) ยกเว้นที่อัตราส่วน 1:0.8 โดยน้ำหนัก แผ่นซีเมนต์บอร์ดีผสมฟางข้าวขนาดค้ำบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 8 ที่ปริมาณ 0.04 และ 0.05 กก. มีความหนาแน่นสูงกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดีควบคุม สามารถสรุปได้ว่า ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดีขึ้นอยู่กับปริมาณการผสมเพิ่ม และขนาดความละเอียดของฟางข้าว กล่าวคือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดีที่ผสมฟางข้าวในปริมาณที่มากกว่า ให้ความหนาแน่นน้อยลง และขนาดความละเอียดที่มากกว่า ส่งผลทำให้มีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน เนื่องจากขนาดอนุภาคที่เล็กจะเข้าไปแทรกในช่องว่าง ทำให้อัตราส่วนของโพรงลดลง มีความหนาแน่นมากขึ้น (Tangpagasit *et al.*, 2005)



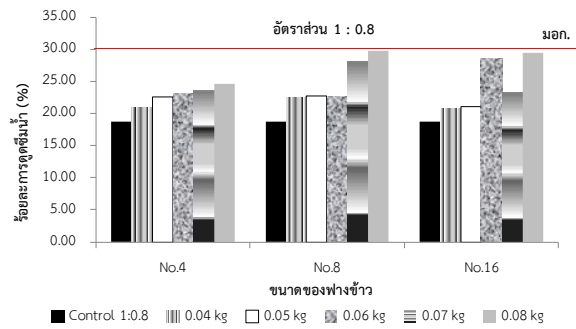
ภาพที่ 2 ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ต

2. ผลการทดสอบร้อยละการดูดซึมน้ำ

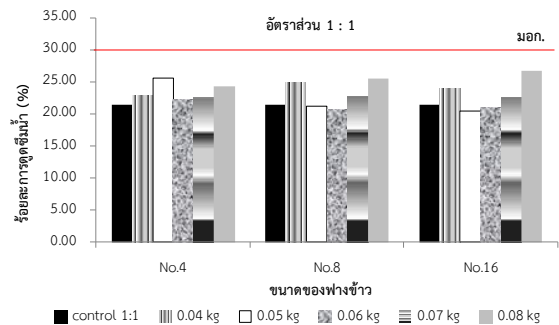
ในงานวิจัยนี้ใช้ฟางข้าวเป็นวัสดุเบาในการผสมแผ่นซีเมนต์บอร์ต ดังนั้นการทดสอบการดูดซึมน้ำ ประยุกต์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.1505) ได้แนะนำไว้ว่าค่าการดูดซึมน้ำต้องไม่เกินร้อยละ 30-35 จากภาพที่ 3-4 พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ตที่มีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:0.8 และ 1:1 โดยน้ำหนัก ของทุกขนาดฟางข้าวและทุกปริมาณการแทนที่ให้ค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าร้อยละ 30

นอกจากนี้ยังพบอีกว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ตที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:1.2 โดยน้ำหนัก มีร้อยละการดูดซึมน้ำสูงสุด รองลงมา คือ ที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:0.8 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และด้วยการผสมฟางข้าวที่มีความละเอียดมากกว่าส่งผลทำให้ร้อยละการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน เนื่องจากความละเอียดมากขึ้น ทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น (Habeb and Fayyadh, 2009)

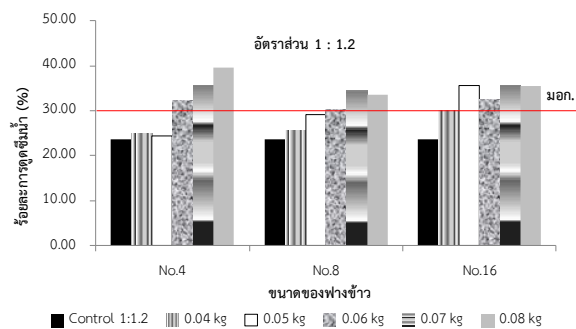
จากภาพที่ 5 พบว่า ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:1.2 โดยน้ำหนัก แผ่นซีเมนต์บอร์ตที่มีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าร้อยละ 30 คือ แผ่นซีเมนต์บอร์ตผสมฟางข้าวขนาดค้ำงบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4, 8 และ 16 ที่ปริมาณ 0.06, 0.07 และ 0.08 กก. ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 1505 และส่งผลทำให้ความแข็งแรงลดลงด้วย



ภาพที่ 3 ร้อยละการดูดซึมน้ำซีเมนต์บอร์ตที่อัตราส่วน 1:0.8 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 4 ร้อยละการดูดซึมน้ำซีเมนต์บอร์ตที่อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 5 ร้อยละการดูดซึมน้ำซีเมนต์บอร์ตที่อัตราส่วน 1:1.2 โดยน้ำหนัก

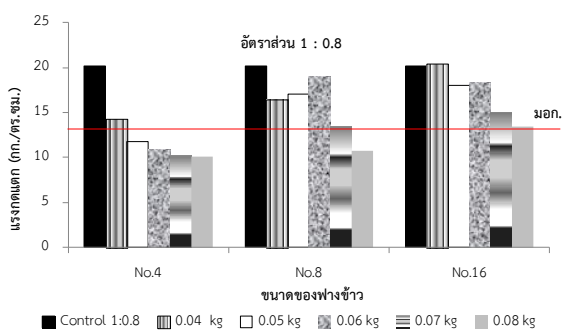
3. ผลการทดสอบกำลังรับแรงกดแตก

ในการทดลองนี้ แผ่นซีเมนต์บอร์ดทดสอบกำลังรับแรงกดแตกตามแนวขวาง จากภาพที่ 6-8 พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวขนาดค้ำบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 8 แรงกดแตกจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนสูงสุดในปริมาณ 0.05-0.06 กก. จากนั้นค่อยๆ ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณมากขึ้นและแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวเบอร์ 4 และเบอร์ 16 เมื่อแทนที่ในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้กำลังรับแรงกดแตกค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่อง

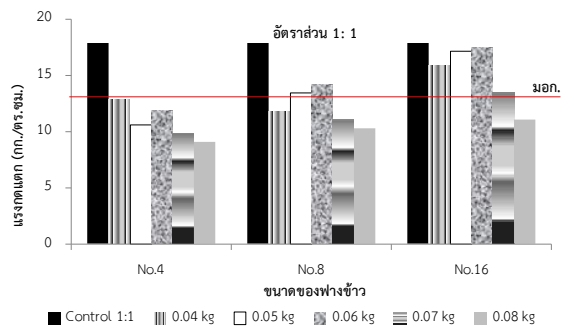
นอกจากนี้ยังพบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีกำลังรับแรงกดแตกตามแนวขวางมากกว่า 13.3 กก. ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.219-2552 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2553) สำหรับผลิตภัณฑ์บอร์ดได้กำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่ 4 คือ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:0.8 โดยน้ำหนัก แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวเบอร์ 8 ที่ปริมาณ 0.04-0.07 กก. และทุกอัตราส่วนผสมของฟางข้าวเบอร์ 16

สำหรับที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:1 โดยน้ำหนัก แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวเบอร์ 8 ที่ปริมาณ 0.05-0.06 กก. และผสมฟางข้าวเบอร์ 16 ที่ปริมาณ 0.04-0.07 กก. สุดท้ายที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:1.2 โดยน้ำหนัก แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวเบอร์ 8 ที่ปริมาณ 0.05 กก. และผสมฟางข้าวเบอร์ 16 ที่ปริมาณ 0.04 และ 0.06 กก.

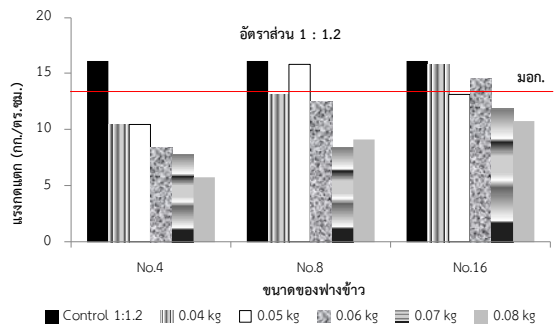
อาจกล่าวได้ว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:0.8 โดยน้ำหนัก ให้กำลังรับแรงกดแตกสูงสุด รองลงมา คือ ที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:1.2 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และการผสมด้วยฟางข้าวที่มีความละเอียดมากกว่า ส่งผลทำให้กำลังรับแรงกดแตกเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน



ภาพที่ 6 กำลังรับแรงกดแตกที่อัตราส่วน 1 : 0.8 โดยน้ำหนัก



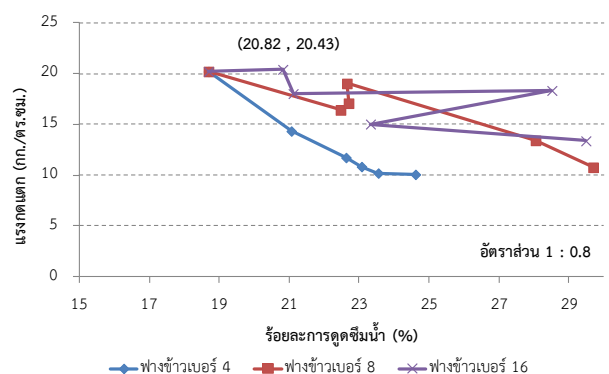
ภาพที่ 7 กำลังรับแรงกดแตก ที่อัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 8 กำลังรับแรงกดแตก ที่อัตราส่วน 1 : 1.2 โดยน้ำหนัก

4. การหาส่วนผสมที่เหมาะสม

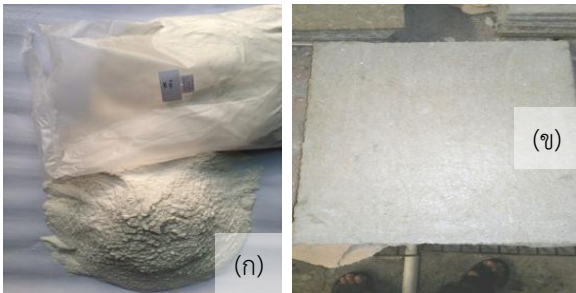
จากการทดลองพบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:0.8 โดยน้ำหนัก ให้กำลังรับแรงกดแตกสูงสุด จากนั้นจึงนำข้อมูลทั้งหมดมาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงกดแตกกับร้อยละการดูดซึมน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 9 แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวขนาดค้ำบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 ที่ปริมาณ 0.04 กก. เป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด คือ มีกำลังรับแรงกดแตกสูงสุด เท่ากับ 20.43 กก./ซม² และมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 20.82 ซึ่งไม่เกินตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 219-2552 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2553) ที่ได้กำหนดไว้



ภาพที่ 9 อัตราส่วนผสมของซีเมนต์บอร์ดที่ผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด

5. การปรับปรุงคุณภาพ

จากนั้นนำแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:0.8 โดยน้ำหนัก โดยผสมฟางข้าวขนาดค้ำบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 แทนที่ในปริมาณ 0.04 กก. ปรับปรุงคุณสมบัติโดยเติมสาร CMC ดังแสดงในภาพที่ 10 (ก) ซึ่งเป็นสารเพิ่มความหนืดในปริมาณร้อยละ 0.2 และ 0.4 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ซึ่งแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ได้มีผิวค่อนข้างเรียบ ไม่ขรุขระ ดังแสดงในภาพที่ 10 (ข)



ภาพที่ 10 การปรับปรุงแผ่นซีเมนต์บอร์ดโดยผสม CMC

ผลการทดสอบของซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่า การเติมสาร CMC ร้อยละ 0.2 และ 0.4 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ทำให้การกระจายตัวของฟองอากาศดีขึ้น ช่วยให้อนุภาคผลึกมีการยึดเหนี่ยวกันมากขึ้น ทำให้ได้แผ่นยิปซัมบอร์ดมีค่าสภาพการนำความร้อนลดลงจาก 0.124 W/m.K เป็น 0.088 และ 0.075 W/m.K ตามลำดับ และกำลังรับแรงกดแตกก็ลดลงด้วยเช่นกัน แต่ยังมีค่าสภาพการนำความร้อนน้อยกว่าแผ่นยิปซัมบอร์ดชนิดธรรมดา ที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป คือ 0.174 W/m.K (วินิจ, 2551)

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบของซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด

อัตราส่วนผสม	สาร CMC (kg)	แรงกดแตก (kg/cm ²)	ค่าสภาพนำความร้อน W/m.K
อัตราส่วนผสมเหมาะสมที่สุด	0	20.43	0.124
CMC - 0.2	0.44	17.42	0.088
CMC - 0.4	0.88	13.95	0.075

อัตราส่วนผสมเหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:0.8 โดยน้ำหนัก โดยผสมฟางข้าวขนาดค้ำบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 แทนที่ในปริมาณ 0.04 กก.

สรุปผลการวิจัย

1. แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผสมฟางข้าวในปริมาณที่มากกว่า ทำให้ความหนาแน่นน้อยลง และขนาดความละเอียดที่มากกว่า ส่งผลทำให้มีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมเดียวกัน

2. แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:1.2 โดยน้ำหนัก มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำสูงสุด และการด้วยผสมฟางข้าวที่มีความละเอียดมากกว่า ส่งผลทำให้ร้อยละการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น

3. แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:0.8 โดยน้ำหนัก มีกำลังรับแรงกดแตกสูงสุด และการด้วยผสมฟางข้าวที่มีความละเอียดมากกว่า ส่งผลทำให้กำลังรับแรงกดแตกเพิ่มขึ้น

4. อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:0.8 โดยน้ำหนัก โดยผสมฟางข้าวขนาดค้ำบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 เพิ่มในปริมาณ 0.04 กก. เป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด คือ มีกำลังรับแรงกดแตกสูงสุด เท่ากับ 20.43 กก./ซม² และมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 20.82

5. การเติมสาร CMC ร้อยละ 0.2 และ 0.4 ทำให้ได้แผ่นยิปซัมบอร์ดมีค่าสภาพการนำความร้อนลดลงจาก 0.124 W/m.K เป็น 0.088 และ 0.075 W/m.K ตามลำดับ แต่กำลังรับแรงกดแตกก็ลดลงด้วยเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2555 ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ และขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏ-มหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในทุกเรื่องจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ไตรทิพย์ สุระเมธากร. 2550. เปลี่ยนมลพิษเผาฟางข้าวมาเป็นพลังงาน. ไทยโพสต์ เอ็กซ์-ไซท์. 28-29 กันยายน 2550. หน้า 19.
- วรรณธรรม อุจน์จิตติชัย. 2548. โลกเกษตร : เส้นทางของเศษฟางข้าววัสดุทดแทนไม้ที่มีอนาคต. เดลินิวส์. 18 ตุลาคม 2548. หน้า 22.
- วินิจ ศรีอุบล. 2551. การศึกษา FGD ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะเพื่อผลิตยิปซัมบอร์ดฉนวนกันความร้อน. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ศรีสุราษฎร์ ชุมชนออนไลน์. 2553. ภาวะโลกร้อนคืออะไร วิธีลดโลกร้อนง่ายๆ ผลกระทบจากภาวะโลกร้อน ป้องกัน สาเหตุภาวะโลกร้อน. (สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2554) Available from: URL: <http://www.srisurat.com/forums/b48/global-warming/?action=printpage>.
- สุเทพ ลิ้มทองกุล และวิเศษ ชัญญานุวัตร. 2541. การทำกระดาษจากฟางข้าว. ฝายถ่ายทอดเทคโนโลยี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุนทร ตรีนันทวัน. 2555. ฟิล์มเคลือบผิวผลไม้จากเยื่อฟางข้าว CMC. (สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2555) Available from: URL: <http://edtech.ipst.ac.th/index.php/2011-07-29-04-02-00/18-2011-08-09-06-29-06/372-2012-07-09-02-32-53>.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. ข้าว. เอกสารประกอบการสัมมนา ภาวะเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2548 และแนวโน้มปี 2549. ณ โรงแรมรามารการ์เด้นส์. กรุงเทพฯ. 3-4 น.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2541. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541. ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 12 หน้า.
- _____. 2553. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 219-2552. แผ่นยิปซัม. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 16 หน้า.
- สำนักวิจัยและการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้. 2550. กรมป่าไม้. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: กรุงเทพฯ. 21 หน้า.
- American Society for Testing Materials. 1997. ASTM C177: Standard test method for steady-state heat flux measurement and thermal transmission properties by means of the guarded-hot-plate apparatus. Annual Book of ASTM Standards. 4(2): 21-42.
- Colak, A. 2000. Density and strength characteristics of foamed gypsum. Master thesis in Civil Engineering. Faculty of Engineering, Istanbul University.
- Godeke, H., Konig, N. and Miller, R. 1997. The Utilization of Gypsum from Flue Gas Desulphurization (FGD Gypsum) in Insulation Materials – Manufacture and Properties. Proceeding of the 5th International Conference on FGD and Synthetic Gypsum. Toronto, Canada.
- Habeeb, G.A. and Fayyadh, M.M. 2009. Rice Husk Ash Concrete: the Effect of RHA Average Particle Size on Mechanical Properties and Drying Shrinkage. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 3(3): 1616-1622.
- Tangpagasit, J., Cheerarot, R., Jaturapitakkul, C. and Kiattikomol, K. 2005. Packing Effect and Pozzolanic Reaction of Fly Ash in Mortar. Cement and Concrete Research. 35(6): 1145-1151.

