สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

รหัสโครงการ 45960 รหัสข้อเสนอโครงการ 2555A14762002

M+0 127316

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้ฟางข้าวเพื่อผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดฉนวนกันความร้อน

Usage of Rice Straw to Produce the Insulator Cement Board

M 127316

สมชาย อินทะตา หัวหน้าโครงการ

ชนิดา ขันคำ ผู้ร่วมวิจัย

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
วันรับ
วันลงทะเบียน -4 พ.ย. 2562
เลขทะเบียน วจ. 261833
เลขเรียกหนังสือ 621.31937 ส162ก 2556

ฉ.2

สนับสนุนโดย สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษา

และพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ

สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2555 รายงานฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก อาจารย์ภคพล ช่างยันต์ ประธานสาขาการจัดการอุตสาหกรรม ซึ่งให้คำแนะนำแนวความคิดวิเคราะห์ ตลอดจนการแก้ไขข้อพกพร่องและดูแลเอาใจใส่ในการศึกษาวิจัย

ขอขอบคุณกลุ่มนิสิตห้องวิจัยสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทุกคน ที่ให้คำปรึกษาและสนับสนุนด้วยดีเสมอมา อีกทั้งคณาจารย์ และเจ้าหน้าห้องปฏิบัติการในสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในทุกเรื่อง

สมชาย อินทะตา
ชนิดา ขันคำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของวิจัยฉบับนี้ เพื่อศึกษาการใช้ฟางข้าวเพื่อผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดฉนวนกันความร้อน ที่มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทราย เท่ากับ 1:0.8, 1:1 และ 1:1.2 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำฟางข้าวขนาดค้างบนตะแกรงมาตาฐานเบอร์ 4, 8 และ 16 ไปผสมเพิ่มในมอร์ต้าร์ในปริมาณ 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08 กิโลกรัม ตามลำดับ ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์บอร์ด ซึ่งได้แก่ ความหนาแน่นและร้อยละการดูดซึมน้ำ และคุณสมบัติทางกล ได้แก่ กำลังรับแรงกดแตก เพื่อหาอัตราส่วนของซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นใช้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด มาปรับปรุงคุณภาพโดยเติมสารซีเอ็มซี และทำการทดสอบกำลังแรงกดแตก และค่าสภาพการนำความร้อน

จากผลการทดสอบ พบว่า ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 0.8 โดยผสมฟางข้าวขนาดค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 เพิ่มในปริมาณ 0.04 กิโลกรัม เป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด คือ มีกำลังรับแรงกดแตกสูงสุด เท่ากับ 20.43 กก./ตร.ซม. และมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 20.82 และการเติมสารซีเอ็มซี ร้อยละ 0.2 และร้อยละ 0.4 ทำให้ได้แผ่นยิปซัมบอร์ดมีค่าสภาพการนำความร้อนลดลง แต่กำลังรับแรงกดแตกก็ลดลงด้วย

คำสำคัญ: แผ่นซีเมนต์บอร์ดฉนวนกันความร้อน สภาพการนำความร้อน กำลังรับแรงกดแตก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ABSTRACT

The objective of this dissertation was to study the usage of rice straw to produce the insulator cement board at the ratio of Portland cement type I to sand was 1:0.8, 1:1 and 1:2 by weight. Then the particle size retained on sieve No.4, No.8 and No.16 was added into mortar 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) 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 was 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. 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% 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

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพประกอบ	ช
คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในงานวิจัย	ซ
บทนำ	1
1. ข้อมูลทั่วไป	1
2. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	2
3. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
4. กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	4
5. ขอบเขตของโครงการวิจัย	4
วิธีการดำเนินวิจัย	1
1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	6
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	7
3. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	8
ผลการวิจัยและการอภิปราย	14
1. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ	14
2. ผลการทดสอบความหนาแน่น	17
3. ผลการทดสอบร้อยละการดูดซึมน้ำ	20
4. ผลการทดสอบกำลังรับแรงกดแตก	22
5. ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซึมน้ำกับกำลังรับแรงกดแตก	24
สรุปผลการวิจัย	26
ผลผลิตโครงการ	28

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

	หน้า
รายงานสรุปการเงิน	29
บรรณานุกรม	30
ภาคผนวก	32
ประวัติย่อผู้วิจัย	41

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทรายเท่ากับ 1:3	8
ตาราง 2 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทรายเท่ากับ 1:4	9
ตาราง 3 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทรายเท่ากับ 1:5	10
ตาราง 4 แรงกดแตก	12
ตาราง 5 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทราย เท่ากับ 1:0.8	15
ตาราง 6 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทราย เท่ากับ 1:1	16
ตาราง 7 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทราย เท่ากับ 1:1.2	16
ตาราง 8 ผลการทดสอบของอัตราส่วน 1 : 0.8	17
ตาราง 9 ผลการทดสอบของอัตราส่วน 1 : 1	18
ตาราง 10 ผลการทดสอบของอัตราส่วน 1 : 1.2	19
ตารางที่ 11 ผลการทดสอบของซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด	25

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	4
ภาพประกอบ 2 สถานที่เก็บฟางข้าวจากอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม	7
ภาพประกอบ 3 แสดงการวางชิ้นงานทดสอบ และตำแหน่งน้ำหนักบรรทุกบนจุดรองรับ	11
ภาพประกอบ 4 แสดงการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล	13
ภาพประกอบ 5 แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่ไม่สามารถยึดประสานได้	14
ภาพประกอบ 6 แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่ใช้กาวผงแทนที่ปูนซีเมนต์	15
ภาพประกอบ 7 เปรียบเทียบความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ด	20
ภาพประกอบ 8 ร้อยละการดูดซึมแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วน 1 : 0.8	21
ภาพประกอบ 9 ร้อยละการดูดซึมแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วน 1 : 1	21
ภาพประกอบ 10 ร้อยละการดูดซึมแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วน 1 : 1.2	22
ภาพประกอบ 11 กำลังรับแรงกดแตกแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วน 1 : 0.8	22
ภาพประกอบ 12 กำลังรับแรงกดแตกแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วน 1 : 1	23
ภาพประกอบ 13 กำลังรับแรงกดแตกแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วน 1 : 1.2	23
ภาพประกอบ 14 อัตราส่วนผสมของซีเมนต์บอร์ดที่ผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด	24
ภาพประกอบ 15 การปรับปรุงแผ่นซีเมนต์บอร์ดโดยผสมสาร CMC	25

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

สัญลักษณ์และคำย่อในการวิจัยมีดังนี้

CMC = สารคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (Carboxyl methyl cellulose)

P = กาวผง (Plastic Resin glue)

R = ฟางข้าว (Rice husk)

ρ = ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

M = มวลของตัวอย่างทดสอบ (กิโลกรัม)

V = ปริมาตรของตัวอย่างทดสอบ (ลูกบาศก์เมตร)

W = การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)

W_w = น้ำหนักตัวอย่างอิ่มตัว (กิโลกรัม)

W_d = น้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง (กิโลกรัม)

U = ค่าการส่งผ่านความร้อน (วัตต์ต่อตารางเมตรองศาเคลวิน)

Q = ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านวัสดุทดสอบในภาวะเสถียร (วัตต์)

A = พื้นที่ภาคตัดขวางที่ความร้อนไหลผ่าน (ตารางเมตร)

$t_2 - t_1$ = ผลต่างของอุณหภูมิ ณ จุดที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล ระหว่างตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทนำ

1. ข้อมูลทั่วไป

ผลผลิตของข้าวในประเทศไทย ได้มาจาก 2 ฤดูกาลหลัก ในฤดูกาลแรก คือ ข้าวนาปี จากผลการสำรวจ ในปี 2553 มีเนื้อที่เพาะปลูก 57.50 ล้านไร่ ผลผลิต 23.25 ล้านตันข้าวเปลือก และในปี 2554 มีเนื้อที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นเป็น 61.78 ล้านไร่ ผลผลิต 24.34 ล้านตันข้าวเปลือก คิดเป็นร้อยละ 7.44 และร้อยละ 4.69 ตามลำดับ โดยเนื้อที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้น เนื่องจากภาครัฐดำเนินโครงการประกันรายได้ ทำให้มีแรงจูงใจให้เกษตรกรขยายเนื้อที่เพาะปลูก ส่วนผลผลิตต่อไร่ลดลงจาก 404 กิโลกรัม ของปี 2553 เหลือ 394 กิโลกรัม ในปี 2554 เนื่องจากกระทบแล้งในช่วงต้นฤดูเพาะปลูก การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และจากอุทกภัยที่ค่อนข้างรุนแรงในทั่วทุกภาคของประเทศในช่วงเดือนสิงหาคม - พฤศจิกายน 2553 ซึ่งข้าวอยู่ในช่วงออกดอกและตั้งท้อง ทำให้ผลผลิตข้าวเสียหาย

ส่วนฤดูกาลที่สอง คือ ข้าวนาปรัง จากผลการสำรวจเบื้องต้น ในปี 2554 มีเนื้อที่เพาะปลูก 16.102 ล้านไร่ ผลผลิต 10.14 ล้านตันข้าวเปลือก ผลผลิตต่อไร่ 630 กิโลกรัม ทั้งเนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นจาก 15.22 ล้านไร่ ผลผลิต 8.86 ล้านตันข้าวเปลือก ผลผลิตต่อไร่ 582 กิโลกรัม ของปี 2553 คิดเป็นร้อยละ 5.78 ร้อยละ 14.45 และร้อยละ 8.25 ตามลำดับ เนื่องจากในฤดูแล้งปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ และน้ำตามธรรมชาติมีมากกว่าปี 2553 และบางพื้นที่กรมชลประทานปล่อยน้ำให้เพาะปลูกข้าวนาปรังเพื่อชดเชยข้าวนาปีที่เสียหายจากน้ำท่วม สำหรับผลผลิตต่อไร่และผลผลิตรวมของข้าวนาปรังเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีน้ำเพียงพอต่อการเพาะปลูก ถึงแม้จะมีการระบาดของแมลงบั่ว ในภาคเหนือตอนล่าง เช่น จังหวัดพิจิตร พิษณุโลก และนครสวรรค์ เป็นต้น แต่ผลผลิตได้รับความเสียหายเพียงเล็กน้อย (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2555)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการส่งออกข้าวเป็นอันดับ 1 ของโลก ในปี 2553/2554 การส่งออกข้าวไทยมีปริมาณ 10.55 ล้านตันข้าวสาร และมีส่วนแบ่งการตลาดข้าวในตลาดโลกร้อยละ 30.70 ซึ่งในปี 2554/2555 พบว่าการส่งออกข้าวไทยมีปริมาณลดลงเหลือ 8.50 ล้านตันข้าวสาร และมีส่วนแบ่งการตลาดข้าวในตลาดโลกลดลงเหลือร้อยละ 25.82 สำหรับประเทศที่มีส่วนแบ่งการตลาดข้าวในตลาดโลกรองลงมา คือ เวียดนาม อินเดีย และปากีสถาน มีค่าร้อยละ 20.35, 13.67 และ 11.39 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบถึงร้อยละอัตราการเพิ่มของการส่งออกข้าว ระหว่างปี 2554/2555 ถึงปี 2553/2554 พบว่าไทยมีอัตราการเพิ่มของการส่งออกร้อยละ -19.43 ส่วนประเทศเวียดนาม อินเดีย และปากีสถาน มีอัตราการเพิ่มของการส่งออกร้อยละ -4.29, 18.42 และ 33.93 ตามลำดับ (World Grain Situation and Outlook. 2554)

ข้าวนับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เพราะนอกจากจะเป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญของเกษตรกรส่วนใหญ่ของประเทศแล้ว ข้าวยังเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนมาก จนทำให้ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก โดยประเทศที่นำเข้าข้าวไทย 5 อันดับแรกได้แก่ ไนจีเรีย, อิรัก, อินโดนีเซีย, ไอวอรี่โคสต์ และแอฟริกาใต้ (นิพนธ์ พัวพงศกร. 2556)

2. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 60 ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญมาก ประเทศไทยจัดได้ว่าเป็นประเทศที่มีการส่งออกข้าวมากที่สุด สามารถผลิตข้าวได้ปริมาณ 25.9 ล้านตันต่อปี ในปีหนึ่ง ๆ ประเทศไทยมีฟางข้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 3 เท่าของผลผลิต คิดเป็นปริมาณฟางข้าว 87.57 ล้านตัน นอกจากนี้ยังพบว่า มีการนำฟางข้าวไปใช้ประโยชน์หลายอย่าง เช่น เป็นอาหารสัตว์ คลุมดิน เพาะเห็ดฟาง ทำโครงพวงหรีดดอกไม้ ใช้ในอุตสาหกรรมทำกระดาษ และพลังงานทดแทน เป็นต้น แต่ยังมีฟางข้าวอีกมากที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ คาดว่าประมาณ 1 ใน 3 ของส่วนที่เหลือถูกเผาทิ้ง บางพื้นที่ไม่มีการนำฟางข้าวไปใช้ประโยชน์แต่จะเผาทิ้งทั้งหมด เหตุผลหลักที่เกษตรกรเลือกที่จะใช้วิธีการจำกัดฟางข้าวโดยวิธีการเผา เนื่องจากเกษตรกรไม่มีทุนเพิ่มในการที่จะใช้วิธีกำจัดฟางข้าวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การเผาฟางข้าวเป็นการสร้างก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศของโลก สร้างมลพิษทางอากาศนำไปสู่ภาวะโลกร้อน พื้นที่ป่าเสื่อมโทรม สูญเสียอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดิน ทำลายโครงสร้างดินที่เหมาะสมและทำลายห่วงโซ่อาหาร การเผาฟางข้าวทำให้พื้นที่เกษตรสูญเสียไนโตรเจน 6-9 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 0.8 ต่อไร่ และโพแทสเซียม 15.6 ต่อไร่ โครงสร้างดินถูกทำลาย ดินเก็บน้ำได้น้อยนำมาสู่การแพร่ระบาดของโรคพืช (สุเทพ ลิ้มทองกุล และวิเศษ ชัญญานุวัตร. 2541 : 2 ; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2548 : 4)

เกษตรกรบางรายอาจใช้วิธีไถกลบฟางข้าวลงดินแล้วหว่านข้าว ซึ่งในไม่กี่วันต่อมาข้าวจะเมาตอซัง เพราะตอซังเศษฟางข้าวก็ถูกทับถมดีหมักลงไปเรื่อย ๆ และเกิดการเน่าจึงทำให้เกิดก๊าซพิษโดยเฉพาะก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือก๊าซไข่เน่า ดินที่มีก๊าซตัวนี้อยู่จะมีกลิ่นเหม็นเน่าเกิดแก๊สเป็นฟองขึ้นเมื่อลงไปย่ำดินจะรู้สึกอุ่นและร้อน ซึ่งขณะนั้นอาจทำให้ดินร้อนถึง 70 °C อุณหภูมิที่สูงนี้จะทำลายรากข้าวทำให้เกิดอาการเน่าดำ รากพืชไม่สามารถดูดซับปุ๋ย หรือดูดธาตุอาหารจากดินไปใช้ได้ ต้นข้าวจึงแสดงอาการขาดธาตุอาหาร เช่น ธาตุไนโตรเจน เมื่อข้าวแสดงอาการขาดลำต้นจะแคระแกร็น ใบเหลืองซีด ลำต้นแดง เหมือนจะยืนต้นตาย ไม่แตกกอ

จากการศึกษาข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรมีที่มาจากหลายแหล่ง อาทิ เช่น ระบบย่อยอาหารของปศุสัตว์ การทำนาข้าว การเผาเศษซากพืช การใช้ปุ๋ยและการหายใจของดิน เป็นต้น และจากข้อมูลของคณะกรรมาธิการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) พบว่าในช่วงระหว่างปี 1990-2005 ประเทศกำลังพัฒนาปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรมเพิ่มขึ้นร้อยละ 32 ขณะที่ประเทศพัฒนาแล้วมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรมลดลงร้อยละ 12 และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรของประเทศไทยคิดเป็น ร้อยละ13 (ศรีสุราษฎร์ ชุมชนออนไลน์. 2554) ซึ่งจากการสำรวจข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษพบว่า พื้นที่ที่มีการเผาฟางข้าวและปล่อยมลพิษทางอากาศมากที่สุดมีจำนวน 12 จังหวัด ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคกลาง เช่น ชัยนาท ลพบุรี สุพรรณบุรี อยุธยา และอ่างทอง เป็นต้น (นางสาวไตรทิพย์ สุรเมธางกูร. 2550) หากไม่มีการนำฟางข้าวไปใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง จะทำให้เกิดปัญหามลพิษหมอกควันทางอากาศ รวมไปถึงเป็นการเผาผลาญอินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารในดิน และก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกรุนแรงขึ้นทุกปี

วัสดุฉนวนกันความร้อนกำลังเป็นที่นิยมแพร่หลายมากในปัจจุบัน มีการใช้มากทั้งในโรงงาน งานก่อสร้างอาคาร และบ้านพักอาศัย แต่ส่วนใหญ่จะใช้ฉนวนใยแก้ว และแผ่นโฟม โดยเฉพาะอย่างยิ่งฉนวนใยแก้วที่ต้องสั่งนำเข้าจากต่างประเทศ จากสถิติในปี 2543 ไทยมีการนำเข้าฉนวนใยแก้วสูงถึง 45ล้านบาท ทำให้เสียดุลการค้า นอกจากนั้น ฉนวนกันความร้อนเหล่านี้ ยังผลิตจากวัสดุสังเคราะห์ ซึ่งมักประสบปัญหาและคำถามเกี่ยวกับความปลอดภัยต่อสุขภาพเมื่อนำมาใช้งาน สำนักวิจัยและการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กล่าวว่า การพัฒนาฉนวนกันความร้อนที่อาศัยเส้นใยจากพืชที่หาได้จากธรรมชาติย่อมส่งผลดีทั้งช่วยลดปัญหาการขาดดุลการค้า และปัญหาด้านสุขภาพ ซึ่งฟางข้าวมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถพัฒนาเป็นฉนวนกันความร้อน เพื่อทดแทนฉนวนใยแก้ว และแผ่นโฟมที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และจากการทดสอบค่าการนำความร้อนของฟางข้าวแห้งที่นำมาอัดจนมีความหนาแน่นประมาณ 80 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.05-0.07 W/mK ในขณะที่ฉนวนใยแก้ว มีค่าการนำความร้อนประมาณ 0.03-0.04 W/mK ขึ้นอยู่กับชนิด และความหนาแน่นของฉนวน (สำนักวิจัยและการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้. 2550 ; นายวรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2548)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาถึง คุณสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงความร้อนของฟางข้าว เพื่อนำไปผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดฉนวนกันความร้อน โดยผลของการศึกษาจะเป็นประโยชน์อย่างมากที่สามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนที่สร้างมูลค่าเพิ่ม และรายได้ให้แก่เกษตรกรในอนาคตต่อไปได้อีก

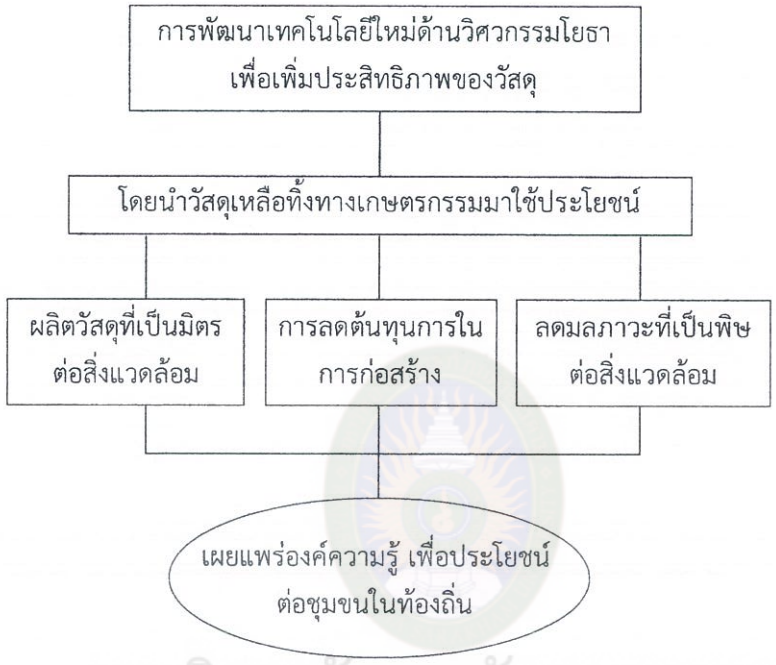
3. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำฟางข้าวมาผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดฉนวนกันความร้อน และหาปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสมของฟางข้าวต่อส่วนผสมอื่น ๆ

2. เพื่อพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากฟางข้าวให้มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี

3. วิเคราะห์ต้นทุนเบื้องต้นในการสร้างผลิตภัณฑ์ แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากฟางข้าวเป็นฉนวนกันความร้อน

4. กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

5. ขอบเขตของโครงการวิจัย

ในงานวิจัยเรื่องนี้ได้เก็บตัวอย่างฟางข้าวจากอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม โดยนำมาย่อยให้มีขนาดอนุภาค 3 ขนาด คือ ค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 (ขนาดช่องเปิด 4.75 มม.) เบอร์ 8 (ขนาดช่องเปิด 2.36 มม.) และเบอร์ 16 (ขนาดช่องเปิด 1.18 มม.) โดยใช้มอร์ต้าร์ที่มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทรายเท่ากับ 1:3, 1:4 และ 1:5 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำฟางข้าวขนาดต่าง ๆ ไปแทนที่มอร์ต้าร์ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 โดยปริมาตร และผสมกาวผงที่อัตราส่วนร้อยละ 20, 40, 60, และ 80 โดยเปรียบเทียบกับน้ำหนักของน้ำ ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุซีเมนต์บอร์ดซึ่งได้แก่ ความหนาแน่น (Density) และร้อยละการดูดซึมน้ำ (Percent water absorption) และคุณสมบัติทางกล ได้แก่ กำลังรับแรงกดแตก

(Breaking load) และสภาพการนำความร้อน (Thermal conductivity) เพื่อหาอัตราส่วนของซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด

จากนั้นใช้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด มาปรับปรุงคุณภาพโดยเติมสาร Carboxyl methyl cellulose (CMC) ซึ่งเป็นสารเพิ่มความหนืดในปริมาณร้อยละ 0, 0.2 และ 0.4 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ทดสอบกำลังรับแรงกดแตก และสภาพการนำความร้อน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการใช้ฟางข้าวเพื่อผลิต แผ่นฝ้าเพดานซีเมนต์บอร์ดโดยมีส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติที่เหลือใช้จากการทำนา เช่น ฟางข้าว โดยทำการทดลองและเก็บข้อมูลที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม คณะผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย
3. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1.1 ปูนซีเมนต์

ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Portland Cement Type I) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มอก. 15-2547 สำหรับงานคอนกรีตโครงสร้างทั่วไป โดยเป็นปูนซีเมนต์ที่ใหม่ นำปูนซีเมนต์ทั้งหมดที่ใช้มาคลุกให้เข้ากัน จากนั้นบรรจุไว้ในถุงพลาสติกเพื่อป้องกันความชื้น และชั่งน้ำหนักเตรียมไว้ก่อนการผสมคอนกรีต

1.2 ทราย

ใช้ทรายแม่น้ำล้างทำความสะอาดให้ปราศจากอินทรีย์สาร เช่น เศษวัสดุ กรวดที่มีขนาดใหญ่ และส่วนที่เป็นดินตะกอน จากนั้นนำมาอบเพื่อลดความชื้น และร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 (ขนาดช่องเปิด 4.75 มม.) โดยมีการกระจายขนาดคละของทรายตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials C 136 (1997 A : 84-87)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.3 ฟางข้าว

ในงานวิจัยเรื่องนี้ได้เก็บตัวอย่างฟางข้าวจากจังหวัดมหาสารคาม ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2 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 กาวผง

ใช้ผสมน้ำแห้งเร็วถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับงานไม้โดยเฉพาะ โดยน้ำซึ่งทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้พลาสติกนิ่ม (พลาสติไซเซอร์) นั้นก็จะลดความเค้นแรงดึงลง แต่จะเพิ่มแรงยึดและแรงเฉือนให้

มากขึ้น การยึดเกาะของกาวมีความทนทานและแข็งแกร่งกว่าเนื้อไม้ สามารถกันน้ำได้ มีความชื้นน้อยมาก ไม่ขึ้นเชื้อรา และทนทานต่อน้ำมันและสารระเหย มีน้ำหนักเบา

1.5 สารคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (CMC)

Carboxyl methyl cellulose หรือซีเอ็มซี เป็นสารเคมีช่วยในการเกิดฟอง ลดความหนาแน่น ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมกันอย่างแพร่หลาย เช่น อุตสาหกรรมการซักฟอก สี กาว สิ่งทอ กระดาษ เซรามิก อาหารและยา เนื่องจากมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่เป็นอันตราย ไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ละลายน้ำได้ดี มีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืดที่ช่วยในการยึดเกาะ และเป็นสารคงสภาพ (สุนทร ตรีนันทวัน. 2555)

1.6 น้ำ

ใช้น้ำประปาในการผสมมอร์ต้าร์แผ่นซีเมนต์บอร์ด ต้องสะอาด ไม่มีสารแขวนลอย และสารแปลกปลอมเจือปนอื่นอยู่

ภาพประกอบ 2 สถานที่เก็บฟางข้าวจากอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม

2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

2.1 เครื่องย่อยใบไม้

2.2 เครื่องบดฟางข้าว

2.3 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล

2.5 ตระแกรงมาตราฐานทองเหลืองเบอร์ 4, 8 และ 16

2.5 แบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ด

2.6 เกรียงฉาบปูน

2.7 เครื่องทดสอบกำลังอัด

2.8 เครื่องอบความร้อน

3. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.1 การเตรียมตัวอย่าง

ในงานวิจัยเรื่องนี้ได้เก็บตัวอย่างฟางข้าวจากจังหวัดมหาสารคาม หรือจังหวัดใกล้เคียง โดยนำมาย่อยด้วยเครื่องย่อยกิ่งไม้ ให้มีขนาดอนุภาค 3 ขนาด คือ ค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 (ขนาดช่องเปิด 4.75 มม.) เบอร์ 8 (ขนาดช่องเปิด 2.36 มม.) และเบอร์ 16 (ขนาดช่องเปิด 1.18 มม.)

3.2 อัตราส่วนผสมของตัวอย่าง

โดยใช้มอร์ต้าร์ที่มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทรายเท่ากับ 1:3, 1:4 และ 1:5 โดยน้ำหนัก โดยนำฟางข้าวทั้ง 3 ขนาดไปแทนที่มอร์ต้าร์ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 โดยปริมาตร และผสมกาวผงที่อัตราส่วนร้อยละ 20, 40, 60, และ 80 โดยเปรียบเทียบกับน้ำหนักของน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 1 - 3 ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ทางกล และสภาพการนำความร้อน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 1 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทรายเท่ากับ 1:3

Type of cement boards	Mix Proportion (kg/m^3)				
	Cement	Plastic Resin glue	Sand	Rice husk	Water
0R-0P	0.205	0	0.615	0	0.180
0R-100P	0.000	0.205	0.615	0	0.180
20R-0P	0.205	0	0.492	0.123	0.180
20R-80P	0.041	0.164	0.492	0.123	0.180
40R-0P	0.205	0	0.369	0.246	0.180
40R-60P	0.082	0.123	0.369	0.246	0.180
60R-0P	0.205	0	0.246	0.369	0.180

60R-40P	0.123	0.082	0.246	0.369	0.180
80R-0P	0.205	0	0.123	0.492	0.180
80R-20P	0.164	0.041	0.123	0.492	0.180

- Note: The first 2-digit number before "R" denotes as "percent replacement of rice hush with sand" and the number before "P" means "percent replacement of plastic resin glue with cement"

ตาราง 2 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทรายเท่ากับ 1:4

Type of cement boards	Mix Proportion (kg/m^3)				
	Cement	Plastic Resin glue	Sand	Rice husk	Water
0R-0P	0.164	0	0.656	0	0.180
0R-100P	0.000	0.164	0.656	0	0.180
20R-0P	0.164	0	0.525	0.1312	0.180
20R-80P	0.033	0.131	0.525	0.1312	0.180
40R-0P	0.164	0	0.394	0.2624	0.180
40R-60P	0.066	0.098	0.394	0.2624	0.180
60R-0P	0.164	0	0.262	0.3936	0.180
60R-40P	0.098	0.066	0.262	0.3936	0.180
80R-0P	0.164	0	0.131	0.5248	0.180
80R-20P	0.131	0.033	0.131	0.5248	0.180

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

- Note: The first 2-digit number before "R" denotes as "percent replacement of rice hush with sand" and the number before "P" means "percent replacement of plastic resin glue with cement"

ตาราง 3 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทรายเท่ากับ 1:5

Type of cement boards	Mix Proportion (kg/m^3)				
	Cement	Plastic Resin glue	Sand	Rice husk	Water
0R-0P	0.137	0	0.683	0	0.180
0R-100P	0.000	0.137	0.683	0	0.180
20R-0P	0.137	0	0.546	0.1366	0.180
20R-80P	0.027	0.110	0.546	0.1366	0.180
40R-0P	0.137	0	0.410	0.2732	0.180
40R-60P	0.055	0.082	0.410	0.2732	0.180
60R-0P	0.137	0	0.273	0.4098	0.180
60R-40P	0.082	0.055	0.273	0.4098	0.180
80R-0P	0.137	0	0.137	0.5464	0.180
80R-20P	0.110	0.027	0.137	0.5464	0.180

3.3 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

3.3.1 ทดสอบความหนาแน่น

คำนวณหาค่าความหนาแน่นจากมวลต่อปริมาตรของตัวอย่างแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าว ขนาดตัวอย่างทดสอบขนาดกว้าง 30 x ยาว 30 ซม. จำนวน 3 ตัวอย่าง จากสมการดังต่อไปนี้

$$\rho = \frac{M}{V}$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

M = มวลของตัวอย่างทดสอบ (กิโลกรัม)

V = ปริมาตรของตัวอย่างทดสอบ (ลูกบาศก์เมตร)

3.3.2 ทดสอบร้อยละการดูดซึมน้ำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การหาปริมาณการดูดซึมน้ำ เป็นการทดลองโดยเปรียบเทียบน้ำหนักของน้ำที่ตัวอย่างดูดซึมน้ำได้ภายหลังการแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กับน้ำหนักของตัวอย่างที่อบแห้งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.1505) โดยขนาดตัวอย่างทดสอบขนาดกว้าง 30 x ยาว 30 ซม. สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

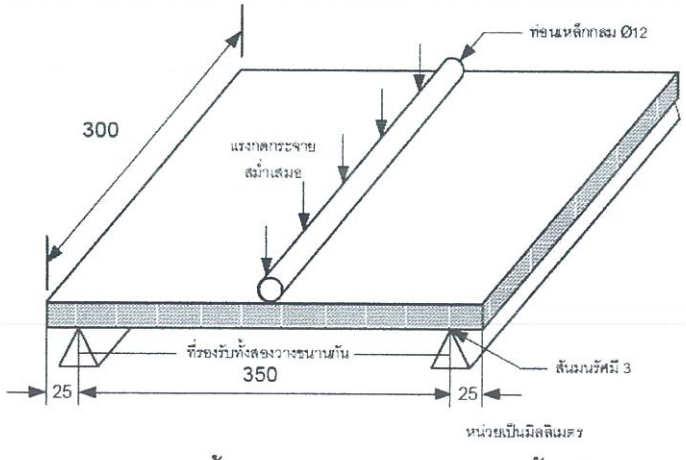
$$W = \frac{(W_w - W_d) \times 100}{W_d}$$

เมื่อ W = การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)
W_w = น้ำหนักตัวอย่างอิ่มตัว (กิโลกรัม)
W_d = น้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง (กิโลกรัม)

3.4 การทดสอบกำลังรับแรงกดแตก

ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.219-2552) เตรียมชิ้นทดสอบขนาดกว้าง 30 x ยาว 40 ซม. อบที่อุณหภูมิ 40 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดสอบทันที หรือภายหลัง 10 นาที หลังจากนำตัวอย่างออกจากตู้อบ วางตัวอย่างทดสอบตามภาพประกอบที่ 3 โดยให้คว่ำด้านที่ใช้งานลง ในกรณีของชิ้นทดสอบตามยาว ส่วนชิ้นทดสอบตามขวางให้หงายด้านที่ใช้งานขึ้น กดน้ำหนักลงบนจุดกึ่งกลางของระยะช่วง 350 มิลลิเมตร โดยหัวกดมีอัตราความเร็วสม่ำเสมอ 25 มิลลิเมตรต่อนาที หรือแรงกดมีอัตราสม่ำเสมอประมาณ 250 นิวตันต่อนาที บันทึกแรงกดที่ทำให้ชิ้นทดสอบหัก ให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพประกอบ 3 แสดงการวางชิ้นงานทดสอบ และตำแหน่งน้ำหนักบรรทุกบนจุดรองรับ

ตาราง 4 แรงกดแตก

ความหนาระบุ (มม.)	แรงกดแตก (N)	
	ตามแนวยาว	ตามแนวขวาง
6	222	89
7	222	89
8	289	111
9	256	133
10	360	150
12	512	200
13	535	230
15	620	260
16	670	280
18	730	300
19	760	320
25	910	380

3.5 การทดสอบสภาพการนำความร้อน

ทดสอบค่าการสภาพการนำความร้อน โดยประยุกต์ใช้ตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials C 236-89 (1997 B : 1-4) ทำการติดตั้งตัวอย่างทดสอบ โดยจัดวางตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิล ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4 อุดรอยรั่วของกล่องด้านซ้ายมือที่มีเครื่องทำความร้อน (Heater) และด้านขวาของตัวอย่างทดสอบด้วยซีลยาง ฟองน้ำ หรือเทปกาว เพื่อป้องกันอากาศรั่ว ปล่อยให้มีการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อน (ซ้ายมือ) ไปยังด้านขวามือโดยผ่านตัวอย่างทดสอบ ผลต่างของอุณหภูมิระหว่าง t_2 และ t_3 ถูกใช้ในการคำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$U = \frac{Q}{A(t_2 - t_3)}$$

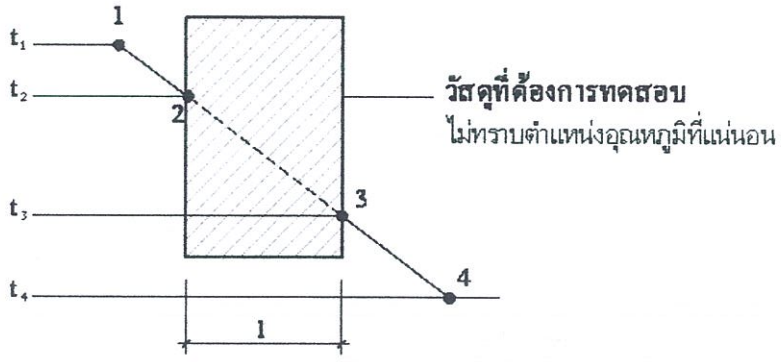
เมื่อ U = ค่าการส่งผ่านความร้อน (วัตต์ต่อตารางเมตรองศาเคลวิน)

Q = ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านวัสดุทดสอบในภาวะเสถียร (วัตต์)

A = พื้นที่ภาคตัดขวางที่ความร้อนไหลผ่าน (ตารางเมตร)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

$t_2 - t_3$ = ผลต่างของอุณหภูมิ ณ จุดที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล ระหว่างตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3



ภาพประกอบ 4 แสดงการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล

3.6 การปรับปรุงคุณภาพ

หลังจากที่ได้อัตราส่วนของซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นใช้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด มาปรับปรุงคุณภาพ (นายวินิจ ศรีอุบล. 2551 ; Godeke et al. 1997 : 14.1-14.9) โดยเติมสาร Carboxyl methyl cellulose (CMC) ซึ่งเป็นสารเพิ่มความหนืดในปริมาณร้อยละ 0, 0.2 และ 0.4 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ทดสอบกำลังรับแรงกดแตก และสภาพการนำความร้อน

3.7 สถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

โดยทำการทดลองและเก็บข้อมูลที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ผลการวิจัยและการอภิปราย

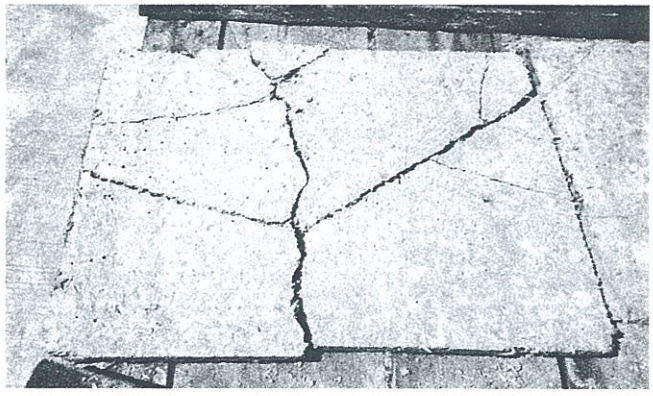
บทนี้กล่าวถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของฟางข้าวขนาดค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 (ขนาดช่องเปิด 4.75 มม.) เบอร์ 8 (ขนาดช่องเปิด 2.36 มม.) และเบอร์ 16 (ขนาดช่องเปิด 1.18 มม.) โดยการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์บอร์ด ซึ่งได้แก่ ความหนาแน่น (Density) และร้อยละการดูดซึมน้ำ (Percent water absorption) และคุณสมบัติทางกล ได้แก่ กำลังรับแรงกดแตก (Breaking load) และสภาพการนำความร้อน (Thermal conductivity) เพื่อหาอัตราส่วนของซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด

1. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

จากผลการทดลองโดยใช้มอร์ต้าร์ที่มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทราย เท่ากับ 1:3, 1:4 และ 1:5 โดยน้ำหนัก พบว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดทุกอัตราการแทนที่ด้วยฟางข้าวขนาดค้างบนตะแกรงมาตาฐานเบอร์ 4, 8 และ 16 ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 และการใช้กาวผงผสมที่อัตราส่วนร้อยละ 20, 40, 60, และ 80 ไม่สามารถยึดประสานเป็นแผ่นได้ ทำให้แตกหักได้ง่าย เนื่องจากฟางข้าวมีน้ำหนักเบาเมื่อแทนที่โดยปริมาตร จะทำให้ฟางข้าวมีปริมาณมากขึ้น ซึ่งทำให้วัสดุมีพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้นด้วย ส่งผลทำให้ปูนซีเมนต์ซึ่งทำหน้าที่เป็นวัสดุประสานไม่เพียงพอต่อการยึดประสานระหว่างพื้นที่ผิวของวัสดุ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 5

ภาพประกอบ 5 แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่ไม่สามารถยึดประสานได้

นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้กาวผงแทนที่ปูนซีเมนต์ทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีน้ำหนักลดลงเพียงเล็กน้อย แต่โดยส่วนใหญ่ทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดเปราะหักได้ง่าย ดังแสดงในภาพประกอบที่ 6



ภาพประกอบ 6 แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่ใช้กาวผงแทนที่ปูนซีเมนต์

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบอัตราส่วนผสมใหม่ โดยการแทนที่ฟางข้าวแต่ละขนาดโดยน้ำหนัก ด้วยวิธีการลองผิดลองถูก (Trial and Error) จนได้อัตราส่วนที่เหมาะสมทำให้การผสมฟางข้าวแต่ละขนาดสามารถยึดประสานเป็นแผ่นได้ ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทราย เท่ากับ 1:0.8, 1:1 และ 1:1.2 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำฟางข้าวขนาดค้างบนตะแกรงมาตาฐานเบอร์ 4, 8 และ 16 ไปผสมเพิ่มในมอร์ต้าร์ในปริมาณ 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08 กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5 - 7 จากนั้นทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 5 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทราย เท่ากับ 1:0.8

อัตราส่วนผสม 1:0.8	ปูนซีเมนต์ (kg)	ทราย (kg)	ฟางข้าว (kg)	น้ำ (kg)
Control A	2.20	1.814	-	0.992
A1	2.20	1.814	0.04	0.992
A2	2.20	1.814	0.05	0.992
A3	2.20	1.814	0.06	0.992
A4	2.20	1.814	0.07	0.992
A5	2.20	1.814	0.08	0.992

ตาราง 6 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทราย เท่ากับ 1:1

อัตราส่วนผสม 1:1	ปูนซีเมนต์ (kg)	ทราย (kg)	ฟางข้าว (kg)	น้ำ (kg)
Control B	1.0	1.0	-	1.056
B1	1.0	1.0	0.04	1.056
B2	1.0	1.0	0.05	1.056
B3	1.0	1.0	0.06	1.056
B4	1.0	1.0	0.07	1.056
B5	1.0	1.0	0.08	1.056

ตาราง 7 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทราย เท่ากับ 1:1.2

อัตราส่วนผสม 1:1.2	ปูนซีเมนต์ (kg)	ทราย (kg)	ฟางข้าว (kg)	น้ำ (kg)
Control C	2.16	2.60	-	1.340
C1	2.16	2.60	0.04	1.340
C2	2.16	2.60	0.05	1.340
C3	2.16	2.60	0.06	1.340
C4	2.16	2.60	0.07	1.340
C5	2.16	2.60	0.08	1.340

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

คำอธิบายสัญลักษณ์

A, B, C = อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 0.8, 1 : 1 และ 1 : 1.2 ตามลำดับ

ตัวเลขหลังตัวอักษร 1, 2, 3, 4, 5 = ผสมเพิ่มปริมาณฟางข้าว 0.04, 0.05, 0.06, 0.07 และ 0.08 กิโลกรัม ตามลำดับ

ตัวเลขสุดท้าย 4, 8, 16 = ฟางข้าวขนาดค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4, 8 และ 16 ตามลำดับ

2. ผลการทดสอบความหนาแน่น

ผลการทดสอบความหนาแน่น ดังแสดงในตารางที่ 8 - 10 พบว่า ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดขึ้นอยู่กับปริมาณการผสมเพิ่ม และขนาดความละเอียดของฟางข้าว กล่าวคือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผสมฟางข้าวในปริมาณที่มากกว่า ทำให้ความหนาแน่นน้อยลง และขนาดความละเอียดที่มากกว่า ส่งผลทำให้มีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน เนื่องจากขนาดอนุภาคที่เล็กจะเข้าไปแทรกในช่องว่าง ทำให้ขนาดของโพรงลดลง มีความแน่นมากขึ้น (Tangpagasit and others. 2005 : 1145-1151)

ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 0.8 พบว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดควบคุม (Control) มีความหนาแน่นสูงกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวขนาดค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4, 8 และ 16 อยู่ในช่วง 6-18, 2-19 และ 2-16 kg/ m^3 ตามลำดับ ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 1 พบว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดควบคุม (Control) มีความหนาแน่นสูงกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวขนาดค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4, 8 และ 16 อยู่ในช่วง 4-16, 9-20 และ 8-12 kg/ m^3 ตามลำดับ และที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 1.2 พบว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดควบคุม มีความหนาแน่นสูงกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวขนาดค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4, 8 และ 16 อยู่ในช่วง 16-22, 14-20 และ 16-23 kg/ m^3 ตามลำดับ

ตาราง 8 ผลการทดสอบของอัตราส่วน 1 : 0.8

อัตราส่วนผสม 1 : 0.8	ฟางข้าว (kg)	มวล (kg)	ปริมาตร (m^3)	ความหนาแน่น (kg/ m^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (kg)	น้ำหนักอบแห้ง (kg)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดแตก (kg/ cm^2)
Control A	-	1.690	0.0081	208.64	1.562	1.854	18.69	20.22
A1 - 4	0.04	1.641	0.0081	202.59	1.225	1.483	21.06	14.35
A2 - 4	0.05	1.627	0.0081	200.86	1.211	1.485	22.63	11.74
A3 - 4	0.06	1.583	0.0081	195.43	1.205	1.483	23.07	10.85
A4 - 4	0.07	1.571	0.0081	193.95	1.223	1.511	23.55	10.21
A5 - 4	0.08	1.546	0.0081	190.86	1.223	1.524	24.61	10.08
A1 - 8	0.04	1.711	0.0081	211.23	1.482	1.815	22.47	16.43
A2 - 8	0.05	1.700	0.0081	209.88	1.489	1.827	22.70	17.09
A3 - 8	0.06	1.660	0.0081	204.94	1.426	1.749	22.65	19.04

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

A4 - 8	0.07	1.560	0.0081	192.59	1.419	1.817	28.05	13.43
A5 - 8	0.08	1.600	0.0081	197.53	1.401	1.817	29.69	10.78
A1 - 16	0.04	1.671	0.0081	206.30	1.542	1.863	20.82	20.43
A2 - 16	0.05	1.660	0.0081	204.94	1.525	1.847	21.11	18.04
A3 - 16	0.06	1.580	0.0081	195.06	1.473	1.893	28.51	18.35
A4 - 16	0.07	1.572	0.0081	194.07	1.389	1.713	23.33	15.04
A5 - 16	0.08	1.544	0.0081	190.62	1.377	1.783	29.48	13.39

ตาราง 9 ผลการทดสอบของอัตราส่วน 1 : 1

อัตราส่วนผสม 1 : 1	ฟางข้าว (kg)	มวล (kg)	ปริมาตร (m^3)	ความหนาแน่น (kg/ m^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (kg)	น้ำหนักอบแห้ง (kg)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดแตก (kg/ cm^2)
Control B	-	1.671	0.0081	206.30	1.553	1.885	21.38	17.87
B1 - 4	0.04	1.644	0.0081	202.96	1.543	1.896	22.88	12.87
B2 - 4	0.05	1.645	0.0081	203.09	1.514	1.901	25.56	10.58
B3 - 4	0.06	1.602	0.0081	197.77	1.502	1.836	22.24	11.82
B4 - 4	0.07	1.579	0.0081	194.98	1.523	1.866	22.53	9.83
B5 - 4	0.08	1.542	0.0081	190.37	1.510	1.876	24.26	9.09
B1 - 8	0.04	1.625	0.0081	200.62	1.571	1.961	24.82	11.74
B2 - 8	0.05	1.548	0.0081	191.11	1.565	1.896	21.16	13.43
B3 - 8	0.06	1.511	0.0081	186.54	1.555	1.877	20.71	14.15
B4 - 8	0.07	1.478	0.0081	182.47	1.621	1.990	22.75	11.09
B5 - 8	0.08	1.466	0.0081	180.99	1.584	1.988	25.51	10.25
B1 - 16	0.04	1.637	0.0081	202.10	1.534	1.901	23.92	15.87
B2 - 16	0.05	1.561	0.0081	192.72	1.541	1.855	20.38	17.13
B3 - 16	0.06	1.521	0.0081	187.78	1.647	1.993	21.00	17.43
B4 - 16	0.07	1.497	0.0081	184.81	1.611	1.975	22.59	13.51
B5 - 16	0.08	1.460	0.0081	180.25	1.578	1.999	26.68	11.09

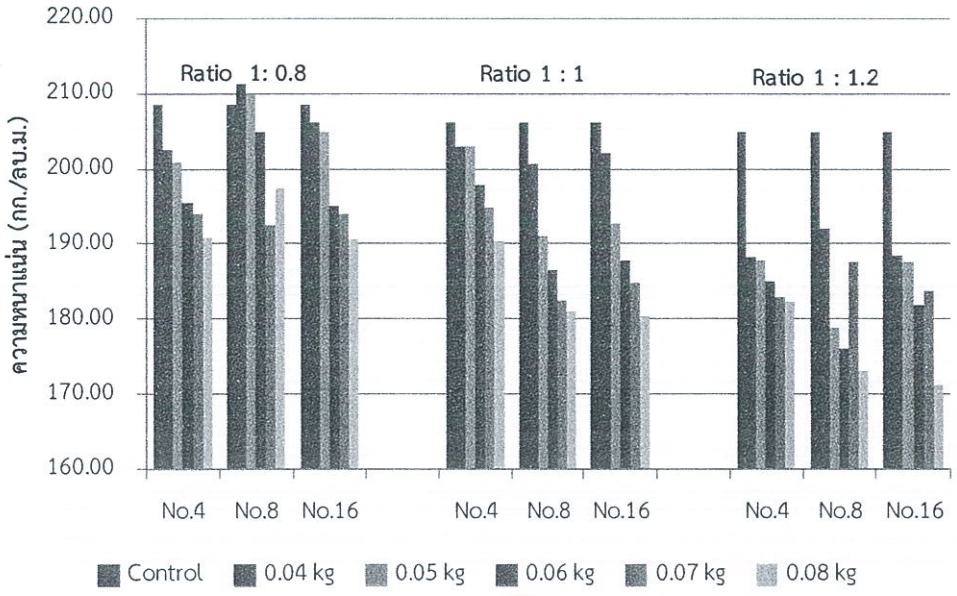
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 10 ผลการทดสอบของอัตราส่วน 1 : 1.2

อัตราส่วนผสม 1 : 1.2	ฟางข้าว (kg)	มวล (kg)	ปริมาตร (m^3)	ความหนาแน่น (kg/ m^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (kg)	น้ำหนักอบแห้ง (kg)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดแตก (kg/ cm^2)
Control C	-	1.660	0.0081	204.94	1.579	1.951	23.56	16.09
C1 - 4	0.04	1.525	0.0081	188.27	1.537	1.921	24.98	10.43
C2 - 4	0.05	1.521	0.0081	187.78	1.544	1.920	24.35	10.43
C3 - 4	0.06	1.499	0.0081	185.06	1.477	1.955	32.36	8.42
C4 - 4	0.07	1.482	0.0081	182.96	1.421	1.930	35.82	7.83
C5 - 4	0.08	1.477	0.0081	182.35	1.425	1.990	39.65	5.78
C1 - 8	0.04	1.556	0.0081	192.10	1.552	1.950	25.64	13.09
C2 - 8	0.05	1.449	0.0081	178.89	1.496	1.932	29.14	15.78
C3 - 8	0.06	1.426	0.0081	176.05	1.467	1.911	30.27	12.48
C4 - 8	0.07	1.519	0.0081	187.53	1.412	1.897	34.35	8.39
C5 - 8	0.08	1.401	0.0081	172.96	1.456	1.946	33.65	9.13
C1 - 16	0.04	1.660	0.0081	204.94	1.488	1.935	30.04	15.78
C2 - 16	0.05	1.527	0.0081	188.52	1.397	1.895	35.65	13.13
C3 - 16	0.06	1.520	0.0081	187.65	1.441	1.910	32.55	14.52
C4 - 16	0.07	1.473	0.0081	181.85	1.394	1.892	35.72	11.87
C5 - 16	0.08	1.489	0.0081	183.83	1.468	1.988	35.42	10.78

จากภาพประกอบที่ 7 พบว่า ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 0.8 จะให้ความหนาแน่นสูงสุด รองลงมา คือ ที่อัตราส่วน 1 : 1 และอัตราส่วน 1 : 1.2 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน เนื่องจากปริมาณปูนซีเมนต์ที่มากกว่า ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันได้มากเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ทุกอัตราส่วนผสมของฟางข้าว มีความหนาแน่นต่ำกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดควบคุม ยกเว้นที่อัตราส่วน 1 : 0.8 แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวขนาดค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 8 ที่มีความหนาแน่นสูงกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดควบคุม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



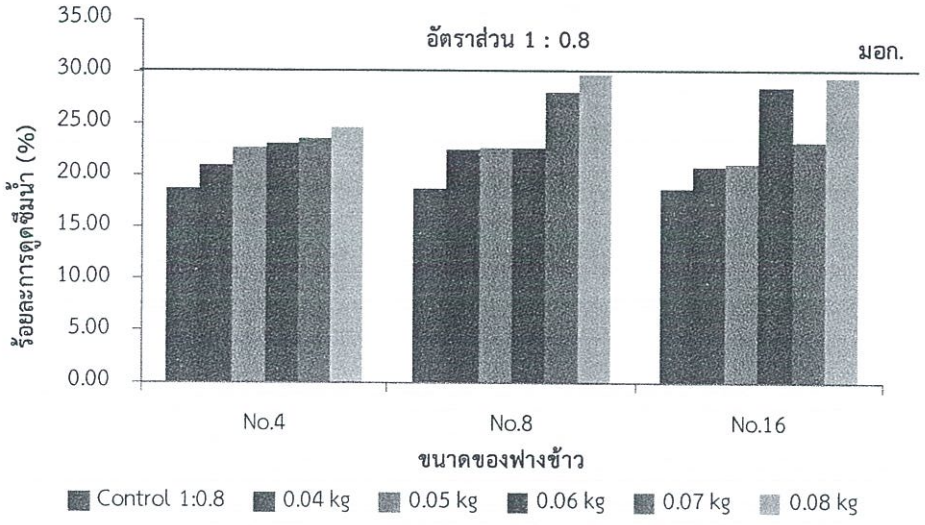
ภาพประกอบ 7 เปรียบเทียบความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ด

3. ผลการทดสอบร้อยละการดูดซึมน้ำ

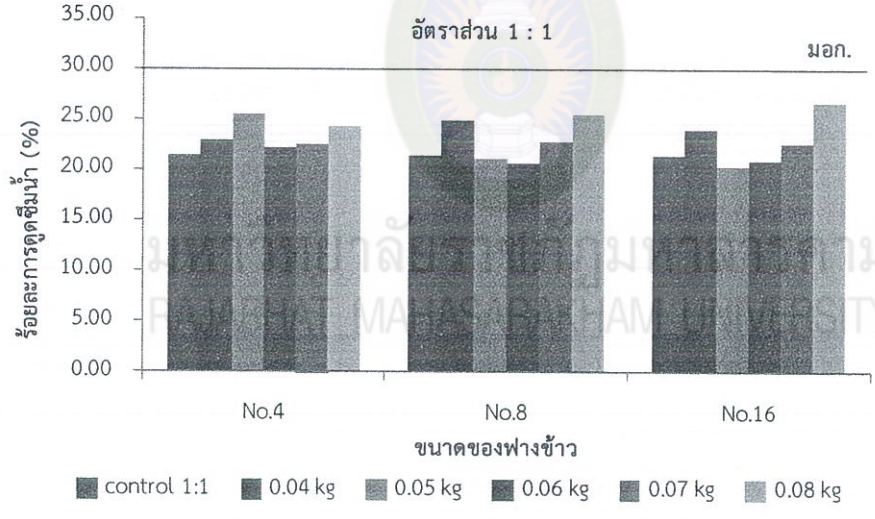
ในงานวิจัยนี้ใช้ฟางข้าวเป็นวัสดุเบาในการผสมแผ่ยซีเมนต์บอร์ด ดังนั้นการทดสอบการดูดซึมน้ำ ประยุกต์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.1505) ได้แนะนำไว้ว่าค่าการดูดซึมน้ำต้องไม่เกินร้อยละ 30-35 จากภาพประกอบที่ 8 - 9 พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 0.8 และอัตราส่วน 1 : 1 ทุกขนาดและทุกปริมาณการที่ ให้ค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าร้อยละ 30

นอกจากนี้ยังพบอีกว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 1.2 จะให้ร้อยละการดูดซึมน้ำสูงสุด รองลงมา คือ ที่อัตราส่วน 1 : 1 และอัตราส่วน 1 : 0.8 ตามลำดับ และการด้วยผสมฟางข้าวที่มีความละเอียดมากกว่า ส่งผลทำให้ร้อยละการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน เนื่องจากความละเอียดมากขึ้น ทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น (Habeeb and Fayyadh. 2009 : 1616-1622)

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม



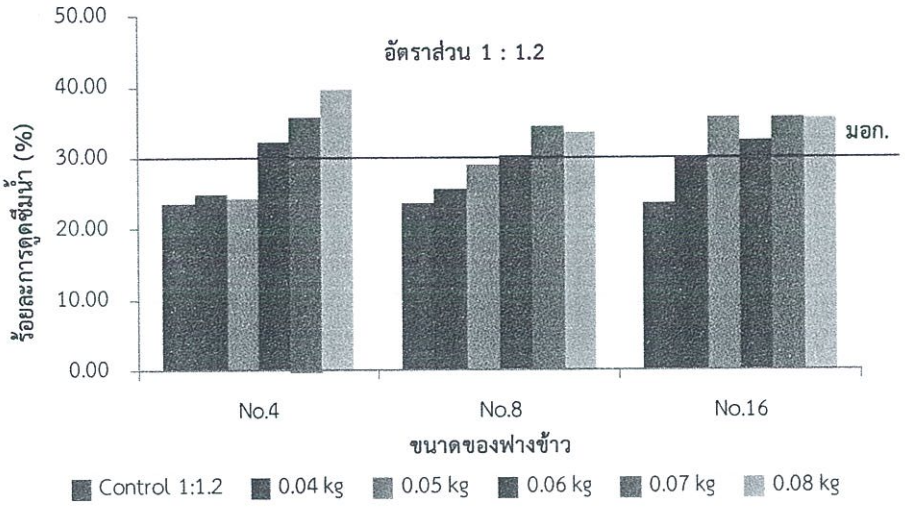
ภาพประกอบ 8 ร้อยละการดูดซึมแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วน 1 : 0.8



ภาพประกอบ 9 ร้อยละการดูดซึมแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วน 1 : 1

จากภาพประกอบที่ 10 พบว่า ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 1.2 แผ่นซีเมนต์บอร์ดทีมีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าร้อยละ 30 คือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าว C3 - 4, C4 - 4, C5 - 4, C3 - 8, C4 - 8, C5 - 8, C2 - 16, C3 - 16, C4 - 16 และ C5 - 16 ซึ่งจะส่งผลทำให้ความแข็งแรงลดลง

261833

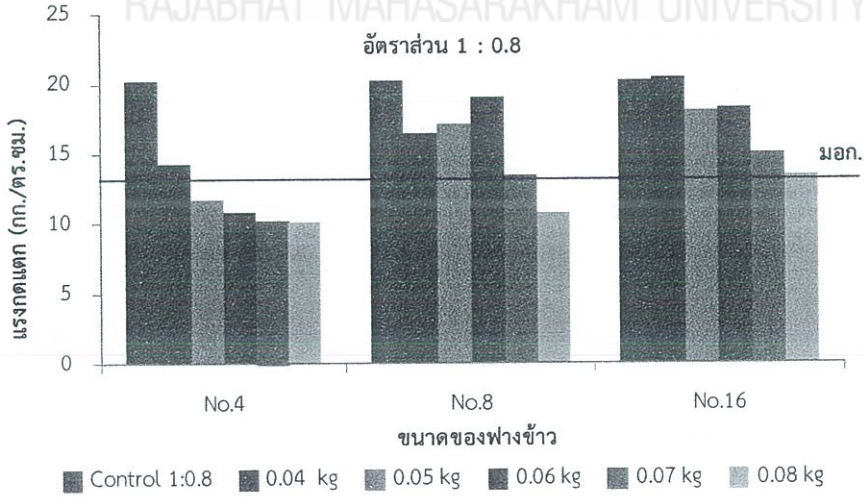


ภาพประกอบ 10 ร้อยละการดูดซึมแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วน 1 : 1.2

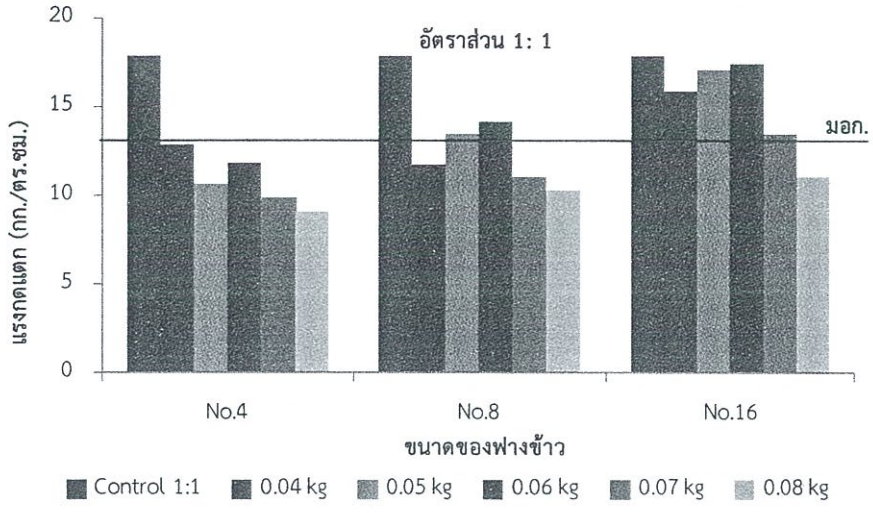
4. ผลการทดสอบกำลังรับแรงกดแตก

จากภาพประกอบที่ 11 - 13 พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวขนาดค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 8 ในปริมาณ 0.05 - 0.06 กิโลกรัม แรงกดแตกจะค่อยเพิ่มขึ้นจนสูงสุด ค่อย ๆ ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณมากขึ้น และแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวเบอร์ 4 และเบอร์ 16 เมื่อผสมฟางข้าวในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้กำลังรับแรงกดแตกลดลงอย่างต่อเนื่อง

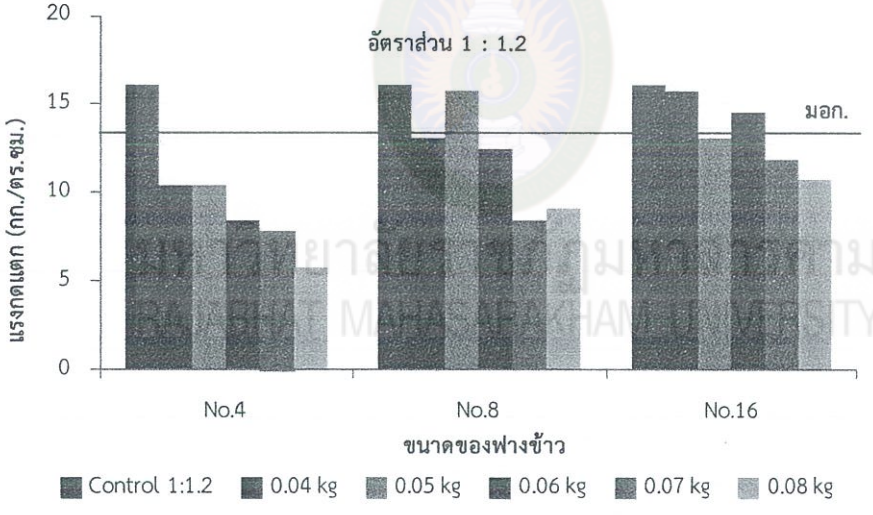
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพประกอบ 11 กำลังรับแรงกดแตกแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วน 1 : 0.8



ภาพประกอบ 12 กำลังรับแรงกดแตกแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วน 1 : 1



ภาพประกอบ 13 กำลังรับแรงกดแตกแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วน 1 : 1.2

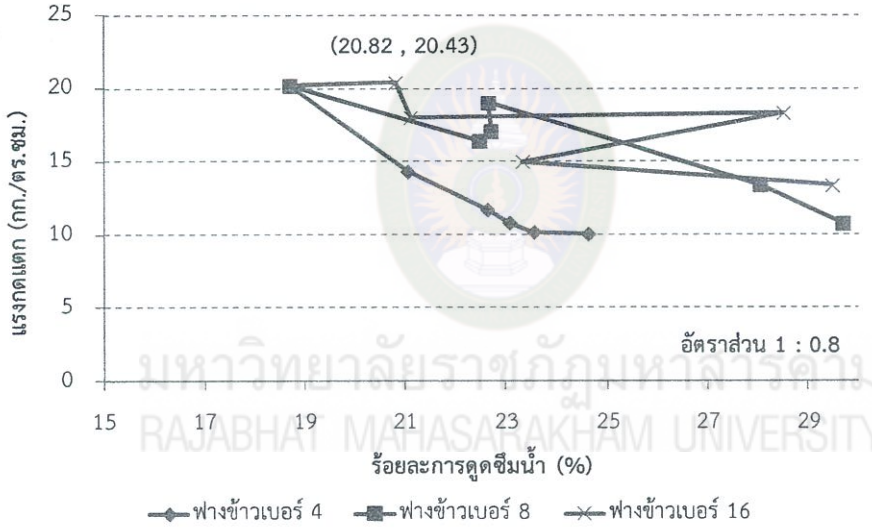
นอกจากนี้ยังพบว่า ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 0.8 แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีกำลังรับแรงกดแตกตามแนวขวางมากกว่า 13.3 กิโลกรัม ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.219-2552) สำหรับผลิตยิปซัมบอร์ดได้กำหนดไว้ คือ A1- 8, A2 - 8, A3- 8, A4 - 8 และทุกอัตราส่วนผสมของฟางข้าวเบอร์ 16 ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 1 คือ B2 - 8, B3 - 8, B1 - 16, B2 - 16, B3

- 16 และ B4 - 16 และที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 1.2 คือ C2 - 8, C1 - 16 และ C3 - 16

แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 0.8 จะให้กำลังรับแรงกดแตกสูงสุด รองลงมา คือ ที่อัตราส่วน 1 : 1 และอัตราส่วน 1 : 1.2 ตามลำดับ และการด้วยผสมฟางข้าวที่มีความละเอียดมากกว่า ส่งผลทำให้กำลังรับแรงกดแตกเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน

5. ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซึมน้ำกับกำลังรับแรงกดแตก

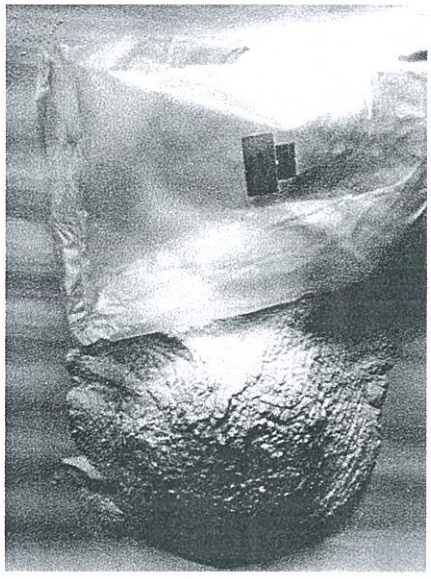
จากภาพประกอบที่ 14 พบว่า ที่อัตราส่วนผสม 1 : 0.8 ของแผ่นซีเมนต์บอร์ด A1 - 16 เป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด คือ มีกำลังรับแรงกดแตกสูงสุด เท่ากับ 20.43 กก./ตร.ซม. และมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 20.82 ซึ่งไม่เกินตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.219-2552) ที่ได้กำหนดไว้



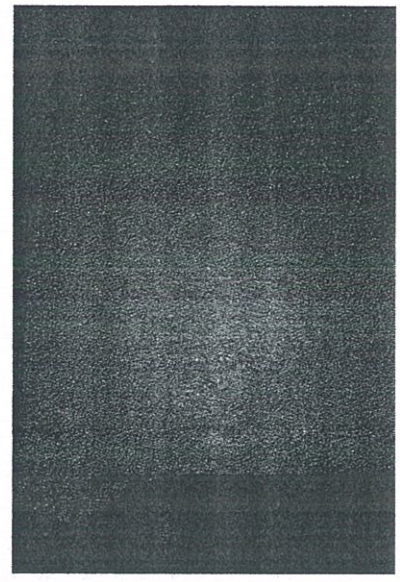
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพประกอบ 14 อัตราส่วนผสมของซีเมนต์บอร์ดที่ผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด

จากนั้นนำแผ่นซีเมนต์บอร์ด A1 - 16 ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 0.8 โดยผสมฟางข้าวขนาดค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 เพิ่มในปริมาณ 0.04 กิโลกรัม ไปปรับปรุงคุณสมบัติ โดยเติมสาร Carboxyl methyl cellulose (CMC) ดังแสดงในภาพประกอบ 14 (ก) ซึ่งเป็นสารเพิ่มความหนืดในปริมาณร้อยละ 0.2 และ 0.4 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ซึ่งแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ได้จะมีผิวค่อนข้างเรียบ ไม่ขรุขระ ดังแสดงในภาพประกอบ 14 (ข)



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 15 การปรับปรุงแผ่นซีเมนต์บอร์ดโดยผสมสาร CMC

ผลการทดสอบของซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 11 พบว่า การเติมสาร CMC ร้อยละ 0.2 และร้อยละ 0.4 ทำให้การกระจายตัวของฟองอากาศดีขึ้น ช่วยให้อนุภาคผลึกมีการยึดเหนี่ยวกันมากขึ้น ทำให้ได้แผ่นยิปซัมบอร์ดมีค่าสภาพการนำความร้อนลดลงจาก 0.124 วัตต์/เมตร.เคลวิน เป็น 0.088 วัตต์/เมตร.เคลวิน และ 0.075 ตามลำดับ แต่ยังมีค่าสภาพการนำความร้อนน้อยกว่าแผ่นยิปซัมบอร์ดชนิดธรรมดา ที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป คือ 0.174 วัตต์/เมตร.เคลวิน และกำลังรับแรงกดแตกก็ลดลงด้วยเช่นกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบของซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด

อัตราส่วนผสม	แทนที่ซีเมนต์ด้วยสาร CMC (kg)	แรงกดแตก (kg/cm^2)	ค่าสภาพการนำความร้อน $W/m.^{\circ}K$
A1 - 16	0	20.43	0.124
A1 - 16 - 0.2	0.44	17.42	0.088
A1 - 16 - 0.4	0.88	13.95	0.075

สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยเรื่องนี้ได้เก็บตัวอย่างฟางข้าวจากอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม โดยนำมาย่อยให้มีขนาดอนุภาค 3 ขนาด คือ ค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 (ขนาดช่องเปิด 4.75 มม.) เบอร์ 8 (ขนาดช่องเปิด 2.36 มม.) และเบอร์ 16 (ขนาดช่องเปิด 1.18 มม.) จากนั้นนำฟางข้าวทั้ง 3 ขนาดไปแทนที่มอร์ต้าร์ และผสมกาวผง ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุซีเมนต์บอร์ด ซึ่งได้แก่ ความหนาแน่น (Density) และร้อยละการดูดซึมน้ำ (Percent water absorption) และคุณสมบัติทางกล ได้แก่ กำลังรับแรงกดแตก (Breaking load) และสภาพการนำความร้อน (Thermal conductivity) เพื่อหาอัตราส่วนของซีเมนต์บอร์ดผสมฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นใช้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด มาปรับปรุงคุณภาพโดยเติมสาร Carboxyl methyl cellulose (CMC) และทำการทดสอบกำลังดัด และค่าสภาพการนำความร้อน จากผลงานวิจัยสามารถกล่าวสรุปได้ต่อดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทรายเท่ากับ 1:3, 1:4 และ 1:5 และทุกอัตราการแทนที่ด้วยฟางข้าวขนาดค้างบนตะแกรงมาตาฐานเบอร์ 4, 8 และ 16 และกาวผงผสม ไม่สามารถยึดประสานเป็นแผ่นได้ เนื่องจากฟางข้าวมีน้ำหนักเบาเมื่อแทนที่โดยปริมาตร จะทำให้ฟางข้าวมีปริมาณมากขึ้น ซึ่งทำให้วัสดุมีพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้นด้วย ส่งผลทำให้ปูนซีเมนต์ซึ่งทำหน้าที่เป็นวัสดุประสานไม่เพียงพอต่อการยึดประสานระหว่างพื้นที่ผิวของวัสดุ ทำให้แตกหักได้ง่าย

2. อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทราย เท่ากับ 1:0.8, 1:1 และ 1:1.2 ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดขึ้นอยู่กับปริมาณการผสมเพิ่ม และขนาดความละเอียดของฟางข้าว กล่าวคือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผสมฟางข้าวในปริมาณที่มากกว่า ทำให้ความหนาแน่นน้อยลง และขนาดความละเอียดที่มากกว่า ส่งผลทำให้มีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน

3. แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 1.2 จะให้ร้อยละการดูดซึมน้ำสูงสุด รองลงมา คือ ที่อัตราส่วน 1 : 1 และอัตราส่วน 1 : 0.8 ตามลำดับ และการด้วยผสมฟางข้าวที่มีความละเอียดมากกว่า ส่งผลทำให้ร้อยละการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน

4. แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 0.8 จะให้กำลังรับแรงกดแตกสูงสุด รองลงมา คือ ที่อัตราส่วน 1 : 1 และอัตราส่วน 1 : 1.2 ตามลำดับ และการด้วยผสมฟางข้าวที่มีความละเอียดมากกว่า ส่งผลทำให้กำลังรับแรงกดแตกเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน

5. อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 0.8 โดยผสมฟางข้าวขนาดค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 เพิ่มในปริมาณ 0.04 กิโลกรัม เป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด คือ มีกำลังรับแรงกดแตกสูงสุดเท่ากับ 20.43 กก./ตร.ซม. และมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 20.82 ซึ่งไม่เกินตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.219-2552) ที่ได้กำหนดไว้

6. การเติมสาร CMC ร้อยละ 0.2 และร้อยละ 0.4 ทำให้ได้แผ่นยิปซัมบอร์ดมีค่าสภาพการนำความร้อนลดลงจาก 0.124 วัตต์/เมตร.เคลวิน เป็น 0.088 วัตต์/เมตร.เคลวิน และ 0.075 ตามลำดับ แต่กำลังรับแรงกดแตกก็ลดลงด้วยเช่นกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ผลผลิตโครงการ

การนำเสนอผลงานทางวิชาการ

นำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ ในการประชุมใหญ่โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาครั้งที่ 1 (The First Higher Education Research Promotion Congress; HERP CONGRESS I) วันที่ 20 - 23 มกราคม 2556 ณ บริเวณลานดอกบัว ศูนย์ศิลปวัฒนธรรมภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จัดโดยสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (HERP-NRU) สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา ร่วมกับ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รายงานสรุปการเงิน

รหัสโครงการ 45960 รหัสข้อเสนอโครงการ 2555A14762002

สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา

ชื่อมหาวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ชื่อโครงการวิจัย: การใช้ฟางข้าวเพื่อผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดฉนวนกันความร้อน

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย อาจารย์ ดร.สมชาย อินทะตา

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 29 มิถุนายน 2555 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน 2555

ระยะเวลาการดำเนินการ 1 ปี 1 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2554 ถึง 30 พฤศจิกายน 2555

รายจ่าย

หมวด	งบประมาณรวมทั้งโครงการ		ค่าใช้จ่ายงวดปัจจุบัน		คงเหลือ (หรือเกิน)	
1. ค่าตอบแทน	72,000	บาท	66,000	บาท	0.00	บาท
2. ค่าจ้าง	10,000	บาท	0.00	บาท	0.00	บาท
3. ค่าวัสดุ	34,600	บาท	19,600	บาท	0.00	บาท
4. ค่าใช้สอย	40,400	บาท	8,000	บาท	0.00	บาท
5. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	70,000	บาท	0.00	บาท	0.00	บาท
รวม	**227,000**	**บาท**	**93,600**	**บาท**	**0.00**	**บาท**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินคงเหลือ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1	136,200	บาท	เมื่อ มิถุนายน 2555
งวดที่ 2	90,800	บาท	เมื่อ พฤศจิกายน 2555
รวม	**227,000**	**บาท**	

---------- ----------

(อาจารย์ ดร.สมชาย อินทะตา) (นางสาวชนิดา ขันคำ)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน ลงนามเจ้าหน้าที่การเงินโครงการ

บรรณานุกรม

ไตรทิพย์ สุรเมธางกูร. "เปลี่ยนมลพิษเผาฟางข้าวมาเป็นพลังงาน," หนังสือพิมพ์ไทยโพสต์ เอ็กซ์ – ไซท์. ฉบับที่ 3987 28-29 กันยายน 2550. หน้า 19.

นิพนธ์ พัวพงศกร. "ทิศทางข้าวไทยในปี 2556," ใน เอกสารประกอบการสัมมนาโดยมูลนิธิข้าวไทย สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. 2556. หน้า 3-4.

"ภาวะโลกร้อนคืออะไร วิธีลดโลกร้อนง่ายๆ ผลกระทบจากภาวะโลกร้อน ป้องกัน สาเหตุภาวะโลกร้อน," ศรีสุราษฎร์ ชุมชนออนไลน์ – Home Page. 14 กรกฎาคม, 2553. <http://www.srisurat.com/forums/b48/global-warming/?action=printpage> 10 มกราคม, 2554

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. "มอก. 1505-2541 : ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ," กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2520.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. "มอก.219-2552 : แผ่นยิปซัม," กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2520.

วรธรรม อุ่นจิตดิชัย. "โลกเกษตร : เส้นทางของเศษฟางข้าววัสดุทดแทนไม้ที่มีอนาคต," หนังสือพิมพ์เดลินิวส์. 18 ตุลาคม 2548. หน้า 22.

วินิจ ศรีอุบล. การศึกษา FGD ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะเพื่อผลิตยิปซัมบอร์ดฉนวนกันความร้อน. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2551.

สุเทพ ลิ้มทองกุล และวิเศษ ชัญญานุวัตร. การทำกระดาษจากฟางข้าว. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ : ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี สถาบันวิจัยข้าว, 2541.

สุนทร ตรีนันทวัน.2555."ฟิล์มเคลือบผิวผลไม้จากเยื่อฟางข้าว CMC." [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา 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 (สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2555).

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2555. กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. "ข้าว," ใน เอกสารประกอบการสัมมนา ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2548 และแนวโน้มปี 2549. 2548. หน้า 3-4.

สำนักวิจัยและการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้. กรมป่าไม้. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

American Society for Testing Materials. "ASTM C 136-01: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates," Annual Book of ASTM Standards. 4(2) : 84-87, 1997A.

American Society for Testing Materials. "ASTM C 236 : Standard test method for steady-state thermal performance of building assemblies by means of a guarded hot box," Annual Book of ASTM Standards. 4(2) : 1-4, 1993.

Godeke, H., N. Konig and R. Miller. "The Utilization of Gypsum from Flue Gas Desulphurization (FGD Gypsum) in Insulation Materials – Manufacture and Properties," in 5th International Conference on FGD and Synthetic Gypsum. p. 14.1-14.9. Toronto, Canada : ORTECH Corporation, 1997.

Habeeb, G.A. and M.M. Fayyadh. "Rice Husk Ash Concrete: the Effect of RHA Average Particle Size on Mechanical Properties and Drying Shrinkage," Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 3(3) : 1616-1622 ; July, 2009.

Tangpagasit, J. and others. "Packing Effect and Pozzolanic Reaction of Fly Ash in Mortar," Cement and Concrete Research. 35(6) : 1145-1151 ; June, 2005.

"World Grain Situation and Outlook," in United States Department of Agriculture. November 2012.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพประกอบการทำวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

นำฟางข้าวมาย่อยครั้งแรกด้วยเครื่องย่อยใบไม้

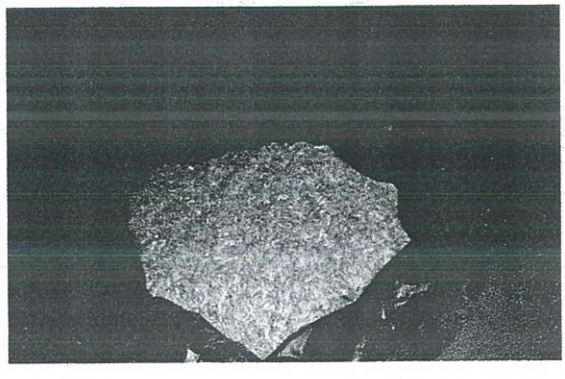
นำมาย่อยต่อครั้งที่สองด้วยเครื่องบดฟางข้าว

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
RAJABHAT UNIVERSITY

ตระแกรงมาตราฐานทองเหลืองเบอร์ 4, 8 และ 16

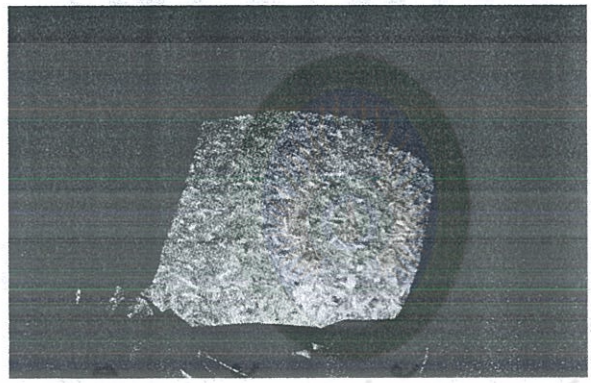
การร่อนฟางข้าวแต่ละเบอร์โดยใช้ตะแกรงทรงเหลืองมาตรฐาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM RAJABHAT UNIVERSITY



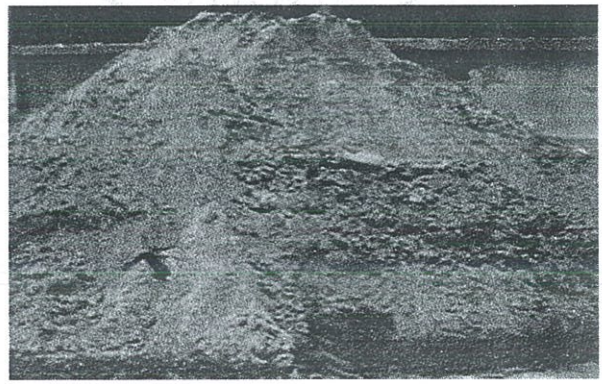
ขนาดฟางข้าวค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16

ขนาดฟางข้าวค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 8



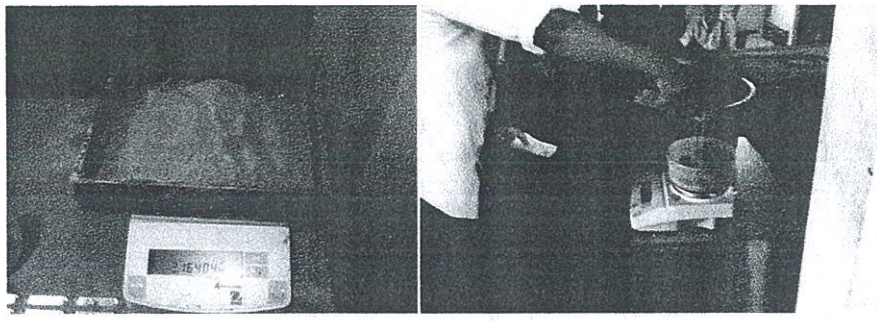
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขนาดฟางข้าวค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4



ทรายแม่น้ำล้างทำความสะอาด และร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4

2. การหล่อตัวอย่างแผ่นซีเมนต์บอร์ด

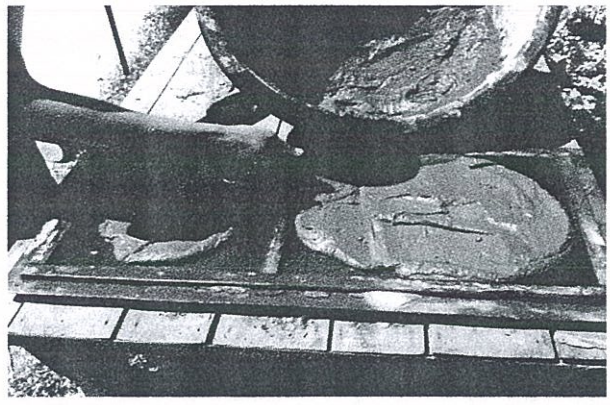


ชั่งน้ำหนักของวัสดุตามอัตราส่วนผสม

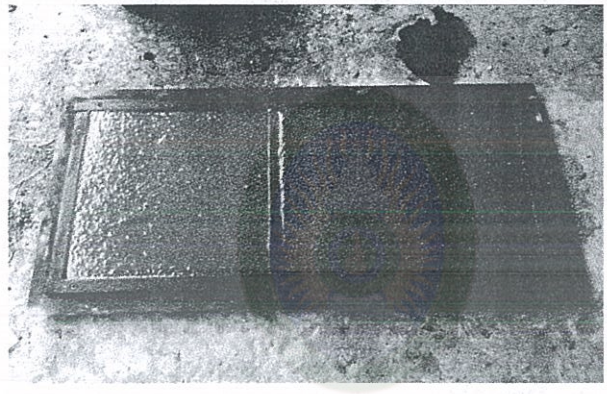
ผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน

ทำความสะอาดแบบหล่อ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

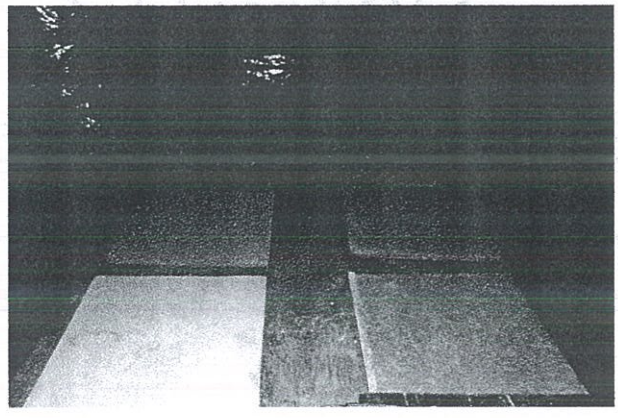


การเทส่วนผสมลงแบบหล่อซีเมนต์บอร์ด



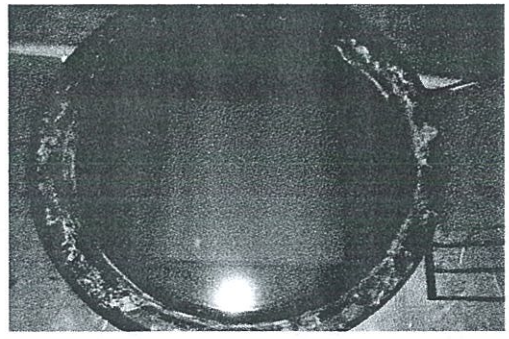
ทิ้งไว้ให้แห้งในอุณหภูมิห้องปกติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



จนครบอายุ 28 วัน ก่อนนำไปทดสอบ

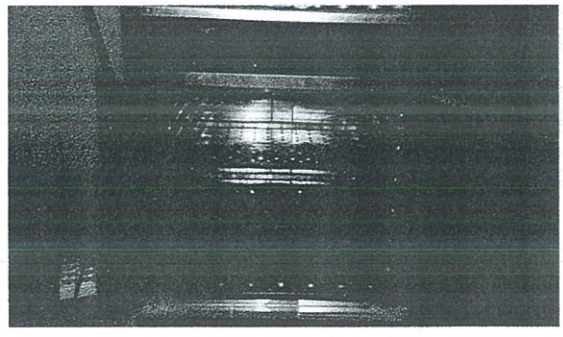
3. การทดสอบร้อยละการดูดซึมน้ำ



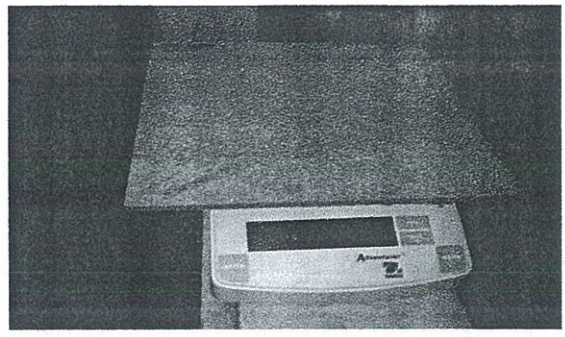
นำแผ่นซีเมนต์บอร์ดมาแช่น้ำในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หลังจากนั้นพักแผ่นซีเมนต์บอร์ดเพื่อรอชั่งน้ำหนักอิ่มตัว

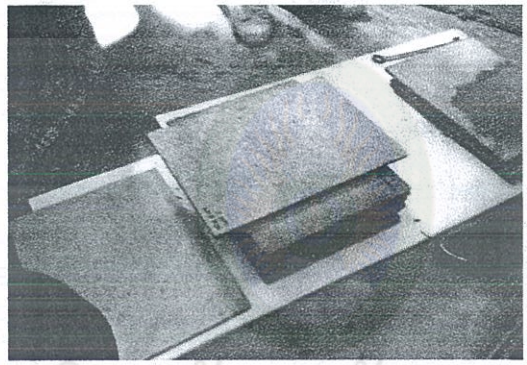


นำเข้าเตาอบอีก 24 ชั่วโมง



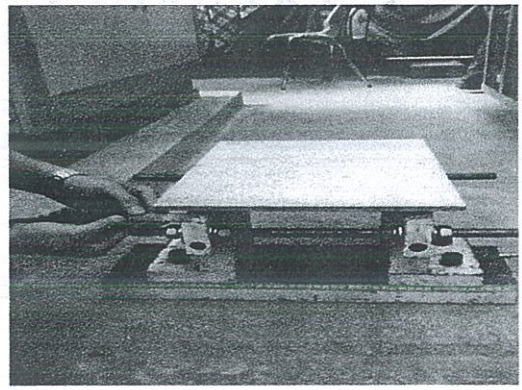
นำแผ่นฝ้าเพดานซีเมนต์บอร์ดมาชั่งน้ำหนักอบแห้ง

4. การทดสอบกำลังรับแรงกดแตก

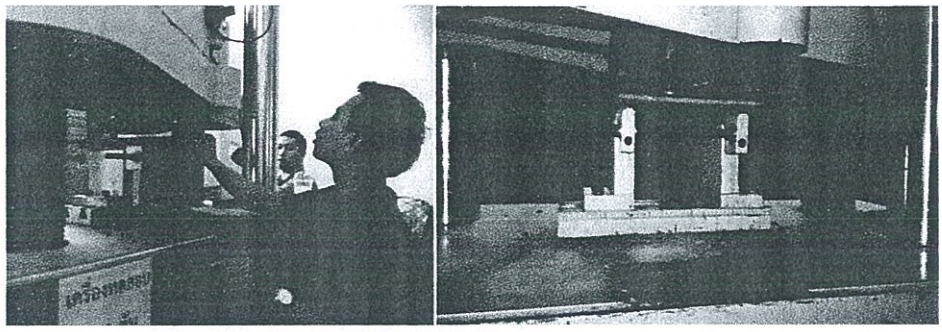


มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

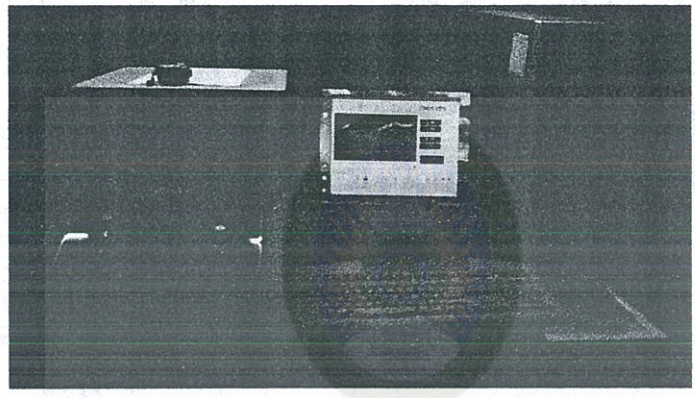
แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่รอการทดสอบกำลังรับแรงกดแตก



ปรับแท่นวางตามแนวขวางของแผ่นซีเมนต์บอร์ดก่อนทดสอบ

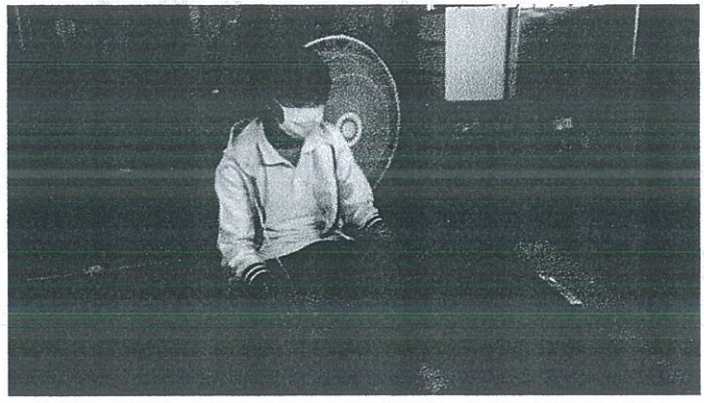


นำแผ่นซีเมนต์บอร์ดเข้าเครื่องทดสอบกำลังดัด



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ทำการเก็บค่าการรับแรงกดแตกของตัวอย่าง



การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ดร. สมชาย อินทะตา
   Dr. Somchai Inthata
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-4499-00092-72-5
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. หน่วยงานที่สามารถติดต่อได้สะดวก สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ต. ตลาด อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000
   หมายเลขโทรศัพท์ : 0-4372-2118-9 ต่อ 107 และ 082-858-8485 (มือถือ)
   โทรสาร: 0-4374-2620 e-mail: somchai_asap@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา

2551 - ปัจจุบัน	:	กำลังศึกษาต่อ ปรัชญาดุษฎีบัฒฑิต (ปร.ด.) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
2530 – 2531	:	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคขอนแก่น (ไทย-เยอรมัน) สาขาเขียนแบบเครื่องกล เกรดเฉลี่ย 2.78
2534 – 2535	:	English Language, Intermediate level - Melbourne Learning Centre 252 Lygon Street, Carlton, Melbourne, Victoria 3053, Australia
2535 – 2537	:	Certificate in Engineering - Mechanical Engineering The Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT) University, Melbourne, Victoria, Australia
2546 – 2548	:	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา เกรดเฉลี่ย 3.41
2549 – 2550	:	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เกรดเฉลี่ย 3.82

2551 - 2556 : ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.)
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
เกรดเฉลี่ย 3.88

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ ด้านคอนกรีตเทคโนโลยี, วัสดุปอซโซลาน, วัสดุก่อสร้าง และแบบจำลองการทำนายผลโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network)

ผู้ร่วมงานวิจัย

1. นางสาวชนิดา ขันคำ
   Miss Chanida Khankham
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1-3308-00093-76-9
3. ตำแหน่ง นักวิชาการเครื่องกล สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. หน่วยงานที่สามารถติดต่อได้สะดวก โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
   หมายเลขโทรศัพท์: 0-4372-2118-9 ต่อ 107 และ 085-462-3905 (มือถือ)
   โทรสาร: 0-4374-2620 e-mail: step_am51@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา
   2546 – 2548 : ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.)
   มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สาขาวิศวกรรมการผลิต
   เกรดเฉลี่ย 2.10
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ ด้านการผลิตอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ผลงานวิจัยที่เผยแพร่

บทความในการประชุมวิชาการระดับชาติ (National Proceeding Article)

- สมชาย อินทะตา สุรัตน์ อัตถจริยกุล และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, 2549, "การศึกษาการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างสำหรับบ้านประหยัดพลังงาน", การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, หน้า 90, ENETT49-113.

- สมชาย อินทะตา ชัยชาญ โชติถนอม และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, 2550, "การศึกษาการแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตที่ผสมเถ้าก้นเตาบดละเอียด", การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 3, โรงแรมลองบีชการ์เด้น โฮเทล แอนด์ สปา, พัทยา, ชลบุรี, หน้า 155, MAT 38.

- สมชาย อินทะตา ชัยชาญ โชติถนอม และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, 2550, "อิทธิพลของเถ้าก้นเตาบดละเอียดต่อการแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีต", การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 3, โรงแรมตักสิลา, มหาสารคาม, หน้า 92, OS 32.

- ทรงลักษมณ์ วิโรจน์รัตน์ สมชาย อินทะตา และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, 2551, "ระดับการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันและปฏิกิริยาปอซโซลานของเพสต์ผสมเถ้าก้นเตาบดละเอียด โดยวิธีวิเคราะห์ภาพถ่าย", การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13, โรงแรมจอมเทียน ปาล์ม บีช, พัทยา, ชลบุรี, หน้า 145, MAT 029

- พัชร อ่อนพรม สมชาย อินทะตา ฉัตรชัย ชูทอง และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, 2551, "คอนกรีตบล๊อกมวลเบาผสมเถ้าถ่านหินและเถ้าก้นเตา", การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 4, โรงแรมลายทอง, อุบลราชธานี, หน้า 193, MAT 32.

- เพ็ญชาย เวียงใต้ สมชาย อินทะตา และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, 2551, "ความสามารถการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตที่ผสมเถ้าก้นเตาบดละเอียด", การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 4, โรงแรมลายทอง, อุบลราชธานี, หน้า 198, MAT 33.

- ธีรชัย ศรีสารคาม สมชาย อินทะตา และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, 2552, "ผลกระทบของความละเอียดของทรายแม่น้ำต่อการพัฒนากำลังของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอย", การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14, โรงแรมสุรสัมนาคาร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, หน้า 1775, MAT 50469.

- แสงทอง อินธิแสง สมชาย อินทะตา และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, 2552, "ผลกระทบของการใช้เอฟจีดียิปซัมในปูนซีเมนต์ต่อการก่อตัวและกำลังอัด", การประชุมวิชาการวิศวกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

โยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14, โรงแรมสุรสัมนาคาร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, หน้า 1775, MAT 50424.

- เพ็ญชาย เวียงใต้ สมชาย อินทะตา และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, 2552, "การศึกาการแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อย", การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14, โรงแรมสุรสัมนาคาร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, หน้า 1871, MAT 50337.

- แสงทอง อินธิแสง สมชาย อินทะตา และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, 2552, "ผลกระทบของเอฟจีดียิปซัมในมอร์ต้าร์ที่ผสมเถ้าถ่านหิน และเถ้าก้นเตาบดละเอียดต่อการต้านทานซัลเฟต", การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 5, โรงแรมสุรสัมนาคาร, โรงแรมเดอะ กรีนเนอรี่ รีสอร์ท เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา, หน้า 215, MAT 31.

- สมชาย อินทะตา แสงทอง อินธิแสง และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, 2553, "กำลังอัดและกำลังดัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยเมื่อใช้ FGD ยิปซัมแทนยิปซัมจากธรรมชาติในส่วนผสมปูนซีเมนต์", การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 6, โรงแรม Grand Pacific Sovereign Resort and Spa อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี, หน้า 150-155, MAT 41.

- อภิวัฒน์ ศรีภูมั่น พัชร อ่อนพรม สมชาย อินทะตา กริสน์ ชัยมูล และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์ , 2554, "เซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอย", การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 7, ณ โรงแรมระยอง รีสอร์ท อำเภอเมือง จังหวัดระยอง, MAT 126-131.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทความในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ (International Proceeding Article)

- Inthata, S., C. Chotitanom and R. Cheerarot, 2008, "Ground bottom ash concrete: An evaluation of chloride penetration testing methods", The 2nd Technology and Innovation for sustainable development conference (TISD 2008), Sofitel raja orchid, Khon Kaen, pp. 105-110, 02_016_2008I.

- Inthata, S. and R. Cheerarot, 2008, "Water permeability and chloride penetration of ground bottom ash concrete", The 6th Regional Symposium on Infrastructure Development (RSID 6), Rama gardens hotel, Bangkok, STR-25 (in CD-ROM).

- Inthata, S. and R. Cheerarot, 2010, "Predicting the chloride penetration of ground bottom ash concrete by artificial neural network models", The 3rd Technology and Innovation for sustainable development conference (TISD 2010), Royal Mekong Nong-khai Hotel, Nong Khai, pp. 28-32, A1_007_2010S.

- Changyant, P. and S. Inthata, 2011, "Chloride Penetration of Ground Bottom Ash Concrete using Fully Immersed Method", International Conference on Sciences and Social Sciences 2011: Sustainable Development (ICSSS2011), Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, pp. 142-148, SC-19.

- Inthata, S., P. Onprom and R. Cheerarot, 2012, "Evaluation of chloride penetration in concrete containing ground rice husk ash", The Australasia and South East Asia Conference in Structural Engineering and Construction (ASEA-SEC-1), Curtin University's Bentley Campus, Perth, Western Australia, pp. 425-430, M-8.

- Onprom, P., S. Inthata and R. Cheerarot, 2012, "Utilization of bagasse ash as fine aggregate in non-autoclave cellular concrete", The Australasia and South East Asia Conference in Structural Engineering and Construction (ASEA-SEC-1), Curtin University's Bentley Campus, Perth, Western Australia, pp. 407-410, M-9.

บทความในวารสารระดับชาติ (National Journal Article)

- สมชาย อินทะตา และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, 2551, "ความต้านทานการแทรกซึมของคลอไรด์ของคอนกรีตที่ผสมเถ้าก้นเตาบดละเอียด", วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.), ปีที่ 19 ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2551

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

บทความในวารสารระดับนานาชาติ (International Journal Article)

- Inthata, S., W. Kowtanapanich and R. Cheerarot, 2013, "Prediction of chloride permeability of concretes containing ground pozzolans by artificial neural networks", Materials and Structures Journal, DOI 10.1617/s11527-012-0009-x.

- Manuscript accepted: Inthata, S. and R. Cheerarot, "Chloride penetration resistance of concrete containing ground fly ash, bottom ash and rice husk ash", Computers and Concrete Journal, Paper ID: CAC10835XC.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY