

การศึกษาอิฐคอนกรีตที่มีเถ้าแกลบ-เปลือกไม้เป็นส่วนผสม

A Study of Rice Husk-Bark Ash as Concrete Block Ingredients

สุรพันธ์ สุคันธปรีย์¹, จตุพล ตั้งปภาสิต², ชัย จาตุรพิทักษ์กุล³¹นักศึกษานิเทศศาสตร์, ²นักศึกษานิเทศศาสตร์, ³รองศาสตราจารย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด กรุงเทพฯ กรุงเทพมหานคร 10140

โทร. 0-2470-9137 E-mail : chai.jat@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิฐคอนกรีตที่มีเถ้าแกลบ-เปลือกไม้เป็นส่วนผสม โดยนำเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเผาแกลบและเปลือกไม้จาก 3 โรงไฟฟ้า มาใช้ในการศึกษา โดยนำเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ที่มาจากโรงงานโดยตรง และที่ได้รับการบดให้วัสดุค้างบนตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ 25 ถึง 30 มาแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ร้อยละ 10, 20 และ 30 เพื่ออัดอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้และทดสอบกำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่อายุ 1, 3, 7, 14, 28 และ 60 วัน

กำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ พบว่าขึ้นอยู่กับร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์และความละเอียดของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ คือยิ่งแทนที่ปูนซีเมนต์มากกำลังอัดยิ่งต่ำและความละเอียดของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้สูงขึ้นยิ่งทำให้กำลังอัดของอิฐคอนกรีตสูงขึ้นตามไปด้วย ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาเถ้าแกลบ-เปลือกไม้โดยการบดอนุภาคให้มีความละเอียดขึ้นทำให้มีคุณสมบัติการเป็นวัสดุพอซโซลานที่ดี สามารถนำมาใช้ผลิตอิฐคอนกรีตได้ดี

Abstract

This research was to study the feasibility of rice husk-bark ash (RHBA) in making concrete block. RHBA is a by-product from burning process of rice husk and bark from thermal power plants and 3 sources of them were selected. Concrete blocks with replacement of Portland cement type I by 10, 20 and 30 percent of RHBA by weight of cementitious material were prepared and tested for compressive strength at the ages of 1, 3, 7, 14, 28 and 60 days.

The compressive strength of RHBA concrete block depended on percentage replacement and fineness of RHBA. The higher is the replacement of RHBA in the mixture, the lower is the compressive strength of concrete block. The finer of RHBA resulted in higher compressive strength of concrete block. As the results, the improvement of RHBA by grinding can increase the pozzolanic property and can also be used in producing good quality of concrete block.

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยต้องสูญเสียรายได้เป็นจำนวนมหาศาล เนื่องจากการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาและสนับสนุนการใช้ทรัพยากรและบุคลากรในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์มากที่สุด การทำอิฐคอนกรีตถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่ทำได้เองในชุมชนและชนบท ซึ่งในอิฐคอนกรีตนั้นถือว่าปูนซีเมนต์เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อราคาของคอนกรีตที่สูง ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะหาวัสดุอื่นมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ และจากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [1] พบว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่ปลูกข้าวเป็นอันดับ 6 ของโลก ซึ่งในปี 2543/44 ปริมาณของแกลบมีจำนวนประมาณ 5,600,000 ตัน โดยที่แกลบเป็นของเหลือที่ได้มาจากการสีข้าวและมีเถ้าแกลบมากกว่า 1 ล้านตันต่อปี เพราะการเผาแกลบแต่ละกิโลกรัมจะกลายเป็นเถ้าแกลบประมาณร้อยละ 20 หรือ 0.2 กิโลกรัม นอกจากนี้มีโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าบางแห่งซึ่งใช้แกลบและเปลือกไม้เป็นเชื้อเพลิงซึ่งมีปริมาณเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ประมาณ 200 ตันต่อวันต่อโรง แต่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย เป็นผลให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมตามมา เช่น การกองเก็บ และการกำจัดทิ้ง เป็นต้น

ในการวิจัยครั้งนี้เห็นว่าเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ซึ่งเป็นผลผลิตในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาและวิจัย ซึ่งเป็นวัสดุใหม่ที่มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนเพื่อทำอิฐคอนกรีต

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาคุณสมบัติด้านกำลังอัดและการดูดซึมน้ำของอิฐคอนกรีตที่มีเถ้าแกลบ-เปลือกไม้เป็นส่วนผสม

3. การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ

3.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1, ทรายแม่น้ำ ซึ่งร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4, หินปูนที่ใช้ทำอิฐคอนกรีตทั่วไป, เถ้าแกลบ-เปลือกไม้จากโรงไฟฟ้าที่ 2, 3 และ 4

RECEIVED 21 FEBRUARY, 2003

ACCEPTED 6 JUNE, 2003

ของบริษัท ไทยเพาเวอร์ ซัพพลาย จำกัด อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา โดยอัตราส่วนระหว่างแกนต่อเปลือกไม้ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเท่ากับ 2.5:1, 1:12 และ 4:1 โดยน้ำหนัก สำหรับโรงไฟฟ้าที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ และมีการควบคุมอุณหภูมิการเผาไหม้ที่ประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส

เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ที่ใช้มี 2 ขนาดคือก่อนบดซึ่งได้จากโรงงานแต่ละแห่งโดยตรง เรียกว่า เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR และนำเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ที่ได้จากโรงงานโดยตรงไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดวัสดุจนมีความละเอียดเมื่อร่อนด้วยตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 ร้อยละ 25-30 เรียกว่า เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ MR

3.2 การเตรียมตัวอย่างอิฐคอนกรีตและการทดสอบ

การวิจัยนี้ใช้อัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุประสาน (ปูนซีเมนต์และเถ้าแกลบ-เปลือกไม้) ต่อทรายต่อหินปูนเท่ากับ 1.5:2:2.5 โดยน้ำหนัก ใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ 2 ความละเอียดคือ ขนาดหยาบ (OR) ซึ่งได้จากโรงงานโดยตรงและขนาดละเอียด (MR) อัตราส่วนการใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้แทนที่ปูนซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักวัสดุประสานและใช้อัตราส่วนต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.50 หลังจากที่ได้อัดขึ้นรูปอิฐคอนกรีตแล้วปล่อยให้แห้งด้วยอากาศ 1 วันและทดสอบกำลังอัด ส่วนที่เหลือบ่มในน้ำจนถึงอายุที่ต้องการทดสอบกำลังอัดคือ 3, 7, 14, 28 และ 60 วัน นอกจากนี้ยังทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ที่อายุ 28 วันด้วย

3.3 สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้ คือ Control หมายถึง อิฐคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุประสาน, ตัวเลข 2, 3 และ 4 หมายถึง เถ้าแกลบ-เปลือกไม้จากโรงไฟฟ้าที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ, ตัวเลข 10, 20 และ 30 หมายถึง อัตราส่วนร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ-เปลือกไม้, ตัวอักษร OR และ MR หมายถึง เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ก่อนบด และ เถ้าแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียดตามลำดับ, ส่วนตัวอักษร B หมายถึง ตัวอย่างที่เป็นอิฐคอนกรีตตัวอย่างเช่น 2OR20B หมายถึง อิฐคอนกรีตที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR จากโรงไฟฟ้าที่ 2 ในอัตราส่วนร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน เป็นต้น

3.4 เครื่องอัดอิฐคอนกรีตและอิฐคอนกรีต

รูปที่ 1 เป็นเครื่องอัดอิฐคอนกรีตซึ่งเป็นเครื่องอัดซินาแรมแบบมาตรฐานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) และรูปที่ 2 เป็นอิฐคอนกรีตที่ได้จากเครื่องอัดอิฐจาก วท. มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 12.5x12.5x10 ซม. โดยอัดได้ครั้งละ 2 ก้อน

4. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

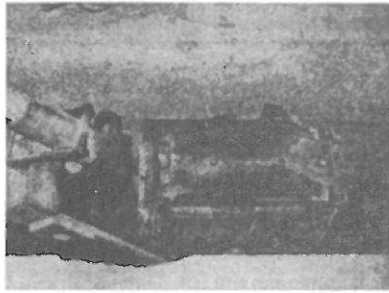
4.1 รูปร่างและขนาดอนุภาคของวัสดุ

รูปที่ 3 และ รูปที่ 4 เป็นภาพถ่ายขยายอนุภาคของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) พบว่า เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ก่อนบด (OR) มีขนาดใหญ่ ผิวขรุขระ มีรูพรุนและโพรงอากาศอยู่มาก สำหรับเถ้าแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียด (MR) มีขนาดอนุภาคเล็กลง มีผิวขรุขระ และขนาดอนุภาคเฉลี่ยของวัสดุได้แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ MR มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 34.1, 32.5 และ 30.9 ไมครอน สำหรับโรงไฟฟ้าที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ขณะที่เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR ที่มาจากโรงไฟฟ้าเดียวกันมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 74.6, 91.1 และ 81.9 ไมครอน ตามลำดับ

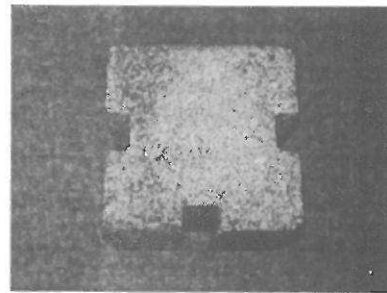
4.2 ความถ่วงจำเพาะและความละเอียด

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ พบว่า เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR มีความถ่วงจำเพาะค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 2.07, 1.89 และ 2.06 สำหรับเถ้าแกลบ-เปลือกไม้จากโรงไฟฟ้าที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ที่มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 3.15 แล้วปูนซีเมนต์มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR ประมาณ 1.5 เท่า และมีความละเอียดค่าตะแกรงเบอร์ 325 สำหรับเถ้าแกลบ-เปลือกไม้จากโรงไฟฟ้าที่ 2, 3 และ 4 ร้อยละ 87.3, 92.7 และ 88.6 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR มีความละเอียดต่ำมาก และไม่เหมาะเป็นวัสดุปอชโซลานเพราะจะทำให้ปฏิกิริยาค่า

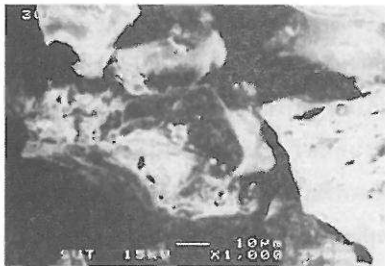
ASTM C 618 [2] ได้กำหนดว่า ความละเอียดของวัสดุปอชโซลานที่คำนวณค่าตะแกรงเบอร์ 325 ต้องไม่เกินร้อยละ 34 ดังนั้นจึงพอคาดคะเนว่าการใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR มาแทนที่ปูนซีเมนต์ในการทำอิฐคอนกรีตจะส่งผลกระทบต่อกำลังอัดมาก ด้วยเหตุผลนี้จึงได้ปรับปรุงคุณภาพเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR โดยการบดให้ละเอียดขึ้นจนได้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ MR และมีค่าความถ่วงจำเพาะที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับการใช้เถ้าแกลบจากงานวิจัยของ บุญมาก และ ชัย [3] เมื่อพิจารณาในด้านความละเอียดพบว่าเมื่อเถ้าแกลบ-เปลือกไม้มีความละเอียดมากขึ้นจะส่งผลให้ค่าความถ่วงจำเพาะสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เป็นเพราะการบดเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ให้มีความละเอียดสูงจะมีรูพรุนน้อยกว่าเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ที่หยาบกว่า โดยพื้นที่ผิวจำเพาะของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ MR จากโรงที่ 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 7,325, 6,650 และ 7,020 ซม²/ก ตามลำดับ ซึ่งมีความละเอียดค่อนข้างสูง ขณะที่ปูนซีเมนต์มีพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 3,485 ซม²/ก การที่วัสดุมีพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยาได้มาก กำลังอัดที่ได้ก็จะสูงขึ้นด้วย ในส่วนของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR ไม่สามารถหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะได้เนื่องจากมีขนาดอนุภาคใหญ่มากจนไม่สามารถวัดค่าเวลาที่อากาศไหลผ่านตัวอย่างวัสดุได้



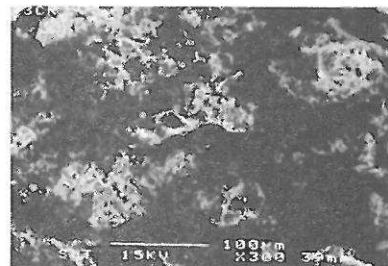
รูปที่ 1 เครื่องอัดอิฐชินวาแรมของ วท.



รูปที่ 2 อิฐคอนกรีตที่ได้จากเครื่องอัดอิฐชินวาแรมของ วท.



รูปที่ 3 ภาพถ่ายขยายกำลังสูงของเส้นแกลบ-เปลือกไม้ OR



รูปที่ 4 ภาพถ่ายขยายกำลังสูงของเส้นแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียด MR

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และเส้นแกลบ-เปลือกไม้

Material		Specific Gravity	Retained on Sieve No. 325 (%)	Median Particle Size (micron)	Blaine Fineness (cm ² /g)
Cement Type 1		3.15	-	14.6	3,485
RHBA(2)	2OR	2.07	87.3	74.6	-
	2MR	2.09	29.0	34.1	7,325
RHBA(3)	3OR	1.89	92.7	91.1	-
	3MR	2.12	29.6	32.5	6,650
RHBA(4)	4OR	2.06	88.6	81.9	-
	4MR	2.20	29.0	30.9	7,020

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และเส้นแกลบ-เปลือกไม้ (OR)

Chemical Composition (%)	Cement Type I	RHBA(2)	RHBA(3)	RHBA(4)
SiO ₂	20.80	79.56	88.41	84.75
Al ₂ O ₃	5.50	0.91	0.00	0.16
Fe ₂ O ₃	3.16	0.55	0.00	0.00
CaO	64.97	3.15	1.11	2.78
MgO	1.06	2.35	2.05	2.32
Na ₂ O	0.08	0.38	0.26	0.37
K ₂ O	0.55	2.43	1.44	2.57
SO ₃	2.96	0.68	0.01	0.60
LOI	2.89	10.19	2.23	3.72

4.3 องค์ประกอบทางเคมี

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เมื่อพิจารณาเฉพาะองค์ประกอบทางเคมีตามมาตรฐาน ASTM C 618 [2] พบว่าเถ้าแกลบ-เปลือกไม้จัดอยู่ใน Class N ซึ่งเป็นวัสดุปอซโซลานธรรมชาติ ทั้ง 3 โรงไฟฟ้า เพราะเถ้าแกลบ-เปลือกไม้โรงที่ 2, 3 และ 4 มีปริมาณ $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ สูงถึงร้อยละ 81.02, 88.41 และ 84.91 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าร้อยละ 70 ตามที่ ASTM C 618 [2] กำหนดไว้ ส่วนปริมาณ $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ของปูนซีเมนต์มีค่าร้อยละ 29.46 ซึ่งน้อยกว่าเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ทั้ง 3 โรงมาก

การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Loss On Ignition, LOI) พบว่าปูนซีเมนต์มีค่า LOI เท่ากับร้อยละ 0.96 โดยที่ ASTM C 150 [4] ยอมให้มีค่า LOI ไม่เกินร้อยละ 3.0 ส่วนเถ้าแกลบ-เปลือกไม้มีค่า LOI เท่ากับร้อยละ 10.19, 2.23 และ 3.72 สำหรับโรงที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ASTM C 618 [2] กำหนดให้ค่า LOI สำหรับวัสดุปอซโซลาน Class N มีค่าไม่เกินร้อยละ 10 โดยเถ้าแกลบ-เปลือกไม้โรงที่ 2 อาจจัดอยู่ในวัสดุปอซโซลาน Class N ได้หากการทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7 วัน หรือ 28 วัน สูงกว่าร้อยละ 75 ขึ้นไปเมื่อเทียบกับมอร์ตาร์ดมาตรฐาน

สิ่งที่ควรระวังสำหรับเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ก็คือปริมาณ MgO และ K_2O มีค่าเท่ากับร้อยละ 2.05-2.35 และ 1.44-2.55 ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณค่าหรืออัลคาไลที่ค่อนข้างสูง ขณะที่ ASTM C 618 [2] กำหนดปริมาณค่าเทียบเท่า Na_2O ไว้ต้องไม่เกินร้อยละ 1.5 เพราะค่าดังกล่าวอาจทำให้คอนกรีตขยายตัวและสร้างความเสียหายให้กับคอนกรีตได้ [5] จึงควรมีการศึกษาเรื่องนี้ร่วมด้วยในอนาคต อย่างไรก็ตามเมื่อนำความละเอียดมาร่วมพิจารณาพบว่าเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR ไม่ผ่านข้อกำหนดของ ASTM C 618 [2] เนื่องจากอนุภาคที่ทำงานตะแกรงเบอร์ 325 เกินร้อยละ 34 ส่วนเถ้าแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียด MR สามารถจัดอยู่ใน Class N

4.4 ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้

ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐคอนกรีตที่ใช้ เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR และ MR แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนที่อายุการบ่ม 28 วันแสดงในตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ พบว่าอิฐคอนกรีตที่ใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR คืออิฐคอนกรีต 2OR10B, 2OR20B, 3OR10B และ 4OR10B มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 108.4, 135.3, 113.9 และ 149.1 กก/ม³ ซึ่งไม่เกิน 160 กก/ม³ ตามที่ มอก.59 [6] กำหนดไว้ จึงสามารถจัดเป็นอิฐคอนกรีตชั้นคุณภาพประเภท ก-1 และ ก-2 หากกำลังอัดของอิฐดังกล่าวมีค่าสูงกว่า 245 กก/ซม² เมื่ออิฐคอนกรีตมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR มากขึ้น ก็จะมีการดูดซึมน้ำที่มากขึ้นด้วย และจัดเป็นอิฐคอนกรีตชั้นคุณภาพที่รองจาก ก-1 และ ก-2 เพราะการดูดซึมน้ำมากขึ้น จะทำให้กำลังอัดของอิฐคอนกรีตมีค่าต่ำลงไปด้วย

สำหรับอิฐคอนกรีตที่ใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียด MR แทนที่ปูนซีเมนต์ไม่เกินร้อยละ 30 สามารถจัดเป็นอิฐคอนกรีตชั้นคุณภาพ ก-1 และ ก-2 ได้ทั้งหมด หากกำลังอัดของอิฐดังกล่าวมีค่าสูงกว่า 245 กก/ซม² เพราะค่าการดูดซึมน้ำของอิฐคอนกรีตที่ใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียด MR มีค่าไม่เกิน 160 กก/ม³ ตามที่ มอก.59 [6] กำหนดไว้ จากที่ได้กล่าวมาแล้วพบว่า อิฐคอนกรีตที่ใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR มีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าอิฐคอนกรีตที่ใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียด MR เนื่องจากเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR มีขนาดอนุภาคที่หยาบและมีความพรุนสูง นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่ออัตราทดแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ-เปลือกไม้มากขึ้น ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐคอนกรีตก็ยังมีค่ามากขึ้นด้วย แต่เมื่อมีการปรับปรุงคุณภาพของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้โดยการบด ทำให้มีขนาดอนุภาคมีความละเอียดมากขึ้นและความพรุนลดลง ซึ่งเป็นผลให้อิฐคอนกรีตที่ใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ที่ละเอียดกว่าสามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลานได้ดีให้กำลังอัดที่สูงขึ้น โดยการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานของวัสดุปอซโซลานที่มีความละเอียดสูงๆ นี้จะเป็นการลดช่องว่างของซีเมนต์เจลและลดความพรุน ทำให้การซึมผ่านน้ำของอิฐคอนกรีตต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rayment [7] ที่พบว่าการใช้วัสดุปอซโซลานคือเถ้าถ่านหินที่มีความละเอียดสูง เป็นการเพิ่มซีเมนต์เจล ทำให้ลดการซึมผ่านน้ำและยังเป็นการต้านทานการกัดกร่อนเนื่องจากซัลเฟตอีกด้วย

4.5 กำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้

ผลการทดสอบกำลังอัดของอิฐคอนกรีตจากเครื่องอัดอิฐของวท. โดยใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR และ เถ้าแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียด MR แทนที่ปูนซีเมนต์ แสดงในตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าการพัฒนา กำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้จากโรงไฟฟ้าที่ 2, 3 และ 4 มีลักษณะไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นในรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 7 จึงแสดงเฉพาะอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้จากโรงไฟฟ้าที่ 4 เท่านั้น

รูปที่ 5 เป็นการเปรียบเทียบกำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR กับ เถ้าแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียด MR จากโรงไฟฟ้าที่ 4 เมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ร้อยละ 10 พบว่ากำลังอัดของอิฐคอนกรีตมาตรฐานจะให้กำลังอัดที่สูงที่สุด โดยกำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR มีกำลังอัดที่ต่ำกว่าอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ MR อยู่ไม่มาก และยังมีกำลังอัดเกินร้อยละ 70 ของอิฐคอนกรีตมาตรฐาน

รูปที่ 6 และ 7 พบว่า เมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ-เปลือกไม้มากขึ้นคือร้อยละ 20 และ 30 จะทำให้อิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR มีกำลังอัดที่ต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ MR โดยยังแทนที่ปูนซีเมนต์มากขึ้น ก็ยังทำให้กำลังอัดต่ำลง และลักษณะการพัฒนา กำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR

ร้อยละ 30 จะมีการพัฒนากำลังอัดอย่างช้าๆ สำหรับอิฐคอนกรีตที่ผสม
เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ MR ร้อยละ 30 มีกำลังอัดเกินกว่าร้อยละ 70 ของ
อิฐคอนกรีตมาตรฐาน

การทดสอบโดยขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดอิฐของสถาบันวิจัย
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) พบว่าการใช้
เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR แทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 10 สามารถใช้ทำเป็น
อิฐคอนกรีตสำหรับก่อผนังได้ และผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
มอก.59 [6] โดยจัดเป็นอิฐคอนกรีตชั้นคุณภาพประเภท ก-1 และ ก-2
สำหรับการใช้งานภายนอกอาคารได้ เนื่องจากมีกำลังอัดที่อายุ 28 วันสูง
กว่า 245 กก/ซม² ซึ่งมีค่าระหว่าง 266-297 กก/ซม² และมีการดูดซึมน้ำ
ที่ต่ำกว่า 160 กก/ม³

ส่วนการใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้บดละเอียด (MR) แทนที่
ปูนซีเมนต์ร้อยละ 10, 20 และ 30 พบว่ากำลังอัดที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ
อิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ที่ไม่ผ่านการบด (OR) โดยมี
กำลังอัดใกล้เคียงกับกำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์อย่างเดียว
เป็นวัสดุประสาน และกำลังอัดมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่
ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยด้านกำลังอัดของมอร์ตาร์ที่ศึกษาโดย
จักรพันธุ์ และคณะ [8] นอกจากนั้นการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ-
เปลือกไม้บดละเอียดในอัตราส่วนร้อยละ 30 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน
พบว่าการกำลังอัดของอิฐคอนกรีต 2MR30B, 3MR30B และ 4MR30B ที่อายุ
28 วันมีค่าเท่ากับ 291, 294 และ 261 กก/ซม² ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 245
กก/ซม² และสามารถจัดให้เป็นอิฐคอนกรีตชั้นคุณภาพประเภท ก-1 และ
ก-2 ตาม มอก.59 [6] ได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากมีการปรับปรุงคุณภาพ
เถ้าแกลบ-เปลือกไม้โดยการบดให้ละเอียดขึ้นจะสามารถเพิ่มอัตราส่วน
การแทนที่ปูนซีเมนต์ได้สูงขึ้นอีก โดยที่คุณสมบัติของอิฐคอนกรีตที่ได้มี
ความใกล้เคียงกันทั้งด้านกำลังอัดและการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 3 กำลังอัดและร้อยละกำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่ใช้
เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR

MIX.	Water Absorption (kg/m ³)	Compressive Strength (ksc)					
		- Percentage Compressive Strength (%)					
		1-day	3-day	7-day	14-day	28-day	60-day
Control	85.6	202-100	246-100	301-100	344-100	364-100	390-100
2OR10B	108.4	148-73	225-91	255-85	262-76	296-81	328-84
2OR20B	135.3	112-55	156-63	164-54	178-52	214-59	225-58
2OR30B	161.9	90-45	98-40	136-45	147-43	158-43	173-44
3OR10B	113.9	176-87	215-87	247-82	270-78	297-82	320-82
3OR20B	192.6	122-60	144-59	166-55	200-58	210-58	230-59
3OR30B	212.7	75-37	110-45	126-42	135-39	159-44	166-43
4OR10B	149.1	161-80	197-80	210-70	248-72	266-73	300-77
4OR20B	177.6	108-53	148-60	149-50	170-49	196-54	219-56
4OR30B	207.8	74-37	88-36	101-34	117-34	139-38	145-37

ตารางที่ 4 กำลังอัดและร้อยละกำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่ใช้
เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ MR

MIX.	Water Absorption (kg/m ³)	Compressive Strength (ksc)					
		- Percentage Compressive Strength (%)					
		1-day	3-day	7-day	14-day	28-day	60-day
Control	85.6	202-100	246-100	301-100	344-100	365-100	390-100
2MR10B	81.0	184-91	225-91	243-81	321-93	359-98	375-96
2MR20B	116.5	177-87	201-82	247-82	302-88	334-91	358-92
2MR30B	152.8	143-71	198-81	229-76	260-75	291-80	298-77
3MR10B	56.6	194-96	257-104	260-86	304-88	340-93	389-100
3MR20B	72.0	179-88	236-96	296-98	311-90	353-97	368-94
3MR30B	126.5	169-83	205-83	226-75	268-78	294-81	302-77
4MR10B	99.9	180-89	236-96	279-93	300-87	325-89	349-90
4MR20B	82.1	176-87	235-96	261-87	287-83	310-85	336-86
4MR30B	105.2	141-70	200-81	216-72	231-67	261-72	270-69

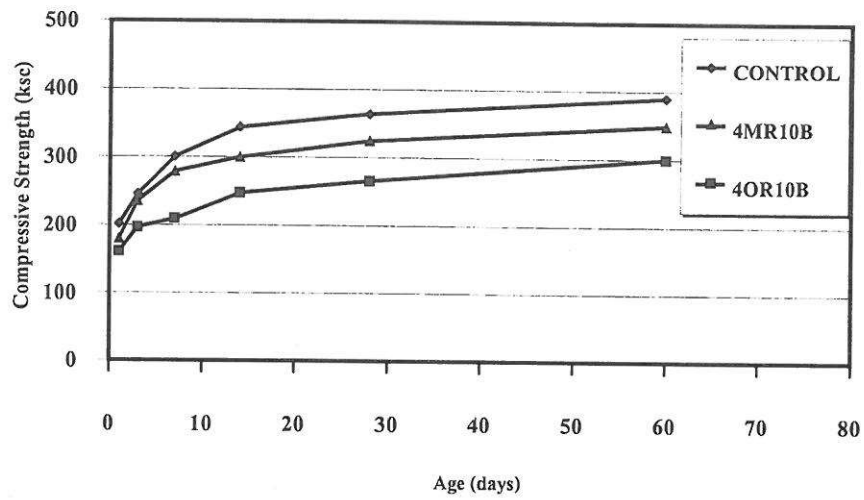
5. สรุปผลการทดสอบ

จากการวิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้คือ

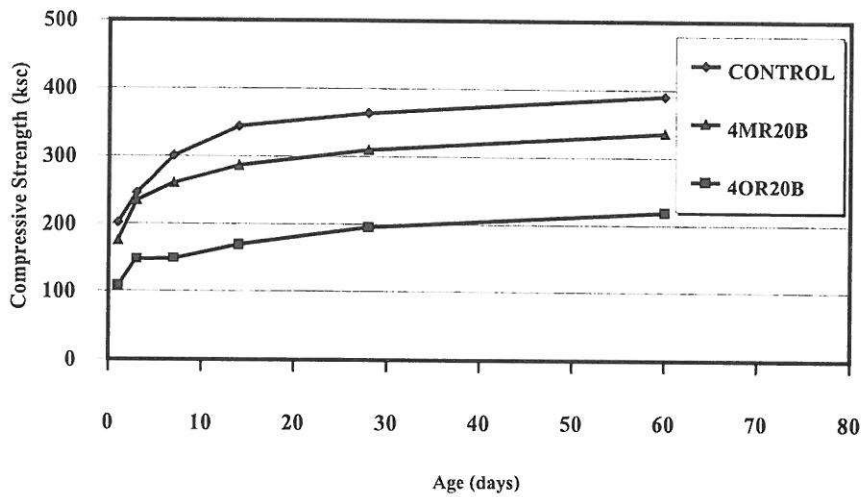
1. กำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้จะ
ลดลง เมื่อมีอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ-เปลือกไม้สูงขึ้น
และเมื่อเพิ่มความละเอียดของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ ทำให้กำลังอัดของอิฐ
คอนกรีตสูงขึ้น
2. อิฐคอนกรีตที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้เมื่อผสมเถ้าแกลบ-
เปลือกไม้ที่ได้จากโรงงานโดยตรง (OR) สามารถแทนที่ปูนซีเมนต์ได้
ร้อยละ 10 โดยสามารถใช้ทำอิฐก่อผนัง
3. อิฐคอนกรีตตามส่วนผสมที่ใช้ศึกษาเมื่อผสมเถ้าแกลบ-
เปลือกไม้บดละเอียด MR สามารถใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ได้ถึงร้อยละ 30
โดยมีกำลังอัดและค่าดูดซึมน้ำตามข้อกำหนด มอก.56 [6] ซึ่งสามารถใช้
ทำอิฐก่อผนังได้

6. กิตติกรรมประกาศ

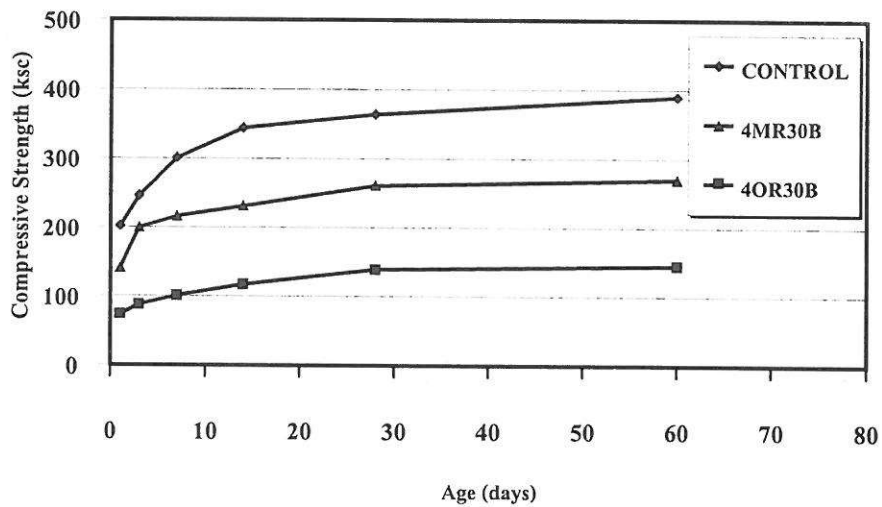
ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
ซึ่งเป็นผู้ให้ทุนหลักในการทำวิจัย คุณวิซาร์ จามิกร และ คุณชนพพงศ์
กลิ่นอุทัย ผู้ประสานงานโครงการวิจัย IRAS - Energy ที่ได้ดูแล
โครงการวิจัยนี้อย่างดี บริษัท ไทยเพนเวอร์ ชัพพลาย จำกัด ที่อนุเคราะห์
เถ้าแกลบ-เปลือกไม้และสมทบทุนอุดหนุนการวิจัย คุณธีรวัฒน์ สนิทสิริ
นักศึกษาปริญญาเอก คุณจักรพันธ์ วงษ์พา, คุณวันทยา วรศักดิ์กองแก้ว,
คุณธีรพัทธ์ รัตนภาส และคุณวิเชียร ชาลี นักศึกษาปริญญาโท
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ซึ่งเป็นผู้มีส่วนสำคัญในการเตรียมตัวอย่าง
ตลอดจนทดสอบข้อมูลต่างๆ



รูปที่ 5 กำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน



รูปที่ 6 กำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน



รูปที่ 7 กำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, สถิติการเกษตรของประเทศ
ไทยปีเพาะปลูก 2543/44, เล่มที่ 42, 2544
- [2] American Society for Testing and Materials, 1997, "ASTM C
618: Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or
Calcined Natural Pozzolan for Use Mineral Admixture in
Portland Cement Concrete," in 1997 Annual Book of ASTM
Standard, Vol. 04.01, Philadelphia, ASTM, pp. 298-296.
- [3] บุญมาก รุ่งเรือง และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2544, "การศึกษาวัสดุ
ประสานชนิดใหม่ที่ได้จากส่วนผสมของการแคลเซียมคาร์ไบด์
กับเถ้าแกลบ," วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 12 ฉบับ
ที่ 1, หน้า 8-14
- [4] American Society for Testing and Materials, 1995, "ASTM C
150-95 : Standard Specification for Portland Cement," in 1995
Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.02, Philadelphia,
ASTM, pp. 91-95.
- [5] Neville, A.M., 1996, Properties of Concrete, 4th ed., England,
Addison Wesley, pp. 1-58.
- [6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2516, มอก.59-
2516 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐคอนกรีต, หน้า
1-12
- [7] Rayment, P.L., 1982, "The Effect of Pulverized-Fuel Ash on
the C/S Mortar Ratio and Alkali Content of Calcium Silicate
Hydrates in Cement", Cement and Concrete Research, Vol.
12, pp. 133-140.
- [8] จักรพันธุ์ วงษ์พา, สุรพันธ์ สุคันธปรีย์ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล,
2545, "การพัฒนาเถ้าแกลบ-เปลือกไม้เพื่อใช้ในงานคอนกรีต,"
เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการวิศวกรรมโยธา
แห่งชาติ ครั้งที่ 8, 23-25 ตุลาคม 2545, สมาคมวิศวกรรมสถาน
แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, หน้า MAT 163 – 172

