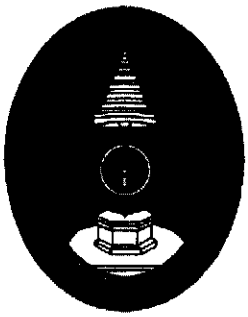


สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา

อาบีดีน ตะแซสาเมาะ* จินดา มะมิง** โนรีสะ ราแดง** และ ยาเซ็ง อาแว**

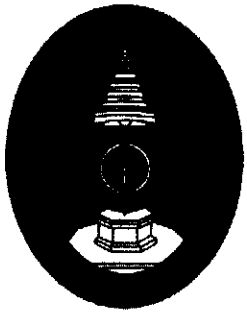
บทคัดย่อ

เถ้าไม้ยางพาราเป็นผลพลอยได้จากโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล เป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม วัสดุเหลือใช้นี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อใช้เถ้าไม้ยางพาราเป็นส่วนผสมในอิฐ โดยมีส่วนประกอบของ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าไม้ยางพารา และ ทราย ในอัตราส่วน 50 : 45 : 5 60 : 35 : 5 และ 70 : 25 : 5 อัตราส่วนของน้ำต่อวัสดุประสาน 0.80 1.07 และ 1.76 จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และกำลังอัดของอิฐตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505 - 2541 พบว่า ปริมาณการเติมเถ้าไม้ยางพารามีผลต่อ ความหนาแน่น และ ร้อยละการดูดซึมน้ำ นั้นคือ เมื่ออัตราส่วนการเติมเถ้าไม้ยางพารามีค่าเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นจะมีค่าลดลง แต่ ร้อยละการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น และจากผลการทดสอบกำลังอัดพบว่ากำลังจะมีค่าลดลงเมื่อร้อยละการเติมเถ้าไม้ยางพารามีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก ความพรุน และ ร้อยละของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ของเถ้าไม้ยางพาราที่น้อย ทำให้ลดการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานซึ่งปฏิกิริยาที่สร้างความแข็งแรงแก่อิฐ จากงานวิจัยสรุปได้ว่า อิฐจากการวิจัยเหมาะสำหรับการใช้งานที่ไม่รับน้ำหนักเช่น อิฐสำหรับงานประดับ อิฐสำหรับปูทางเดิน

คำสำคัญ : เถ้าไม้ยางพารา อิฐ กำลังอัด

* อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
133 ถนนเทศบาล 3 อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

** นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ภาควิชาวิทยาศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
133 ถนนเทศบาล 3 อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000



Physical Properties and Mechanical Properties of Para Rubber Wood Fly Ash Brick

Abedeen Dasaesamoh* Jinda Maming* Norisah Radeang* and Yaseng Awae*

Abstract

Para rubber wood fly ash (PWFA), the environmentally and healthily harmful waste from biomass power plant, can be applied for numerous purposes. This study aimed to use PWFA in Portland cement as a mixture. Design of three categories in which each contains the proportion of PWFA, Portland cement, and sand as following 50:45:5, 60:35:5 and 70:25:5 at water-binder (W/B) ratios of 0.80, 1.07 and 1.76 respectively. Test of physical properties and the compressive strength of standard brick according to Thai Industrial Standards Institute (TISI) 1505-2541 revealed that the proportion of PWFA influenced over the product properties not only density but also the percentage of absorption. The decrease of density when added more proportion of PWFA leading to increase the percentage of water absorption which due to the higher surface area of PWFA causes water retention. The compressive strength values were reduced when increase the proportion of PWFA due to its porosity and low chemical composition (SiO_2, Al_2O_3). These results can be affected from the pozzolanic reaction in producing solidified bricks. It can be concluded that PWFA-contained brick is recommended to apply for non-load-bearing structures: decorative bricks, paving bricks and etc.

Keywords: Rubber wood fly ash Brick Compressive strength

* Lecturer, Department of Science Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University 133 Tesaban 3 Road Moung Yala 95000,

** Undergraduate Student , Department of Science Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University 133 Tesaban 3 Road, Moung Yala 95000,

บทนำ

เถ้าไม้ยางพารา (Para-wood ash) เป็นผลพลอยได้ (by-product) จากการเผาเศษไม้ยางพาราที่อุณหภูมิประมาณ 1,000 °C เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยหลังจากกระบวนการเผาไหม้เพื่อให้พลังงานความร้อนและถ่ายเทความร้อนให้กับหม้อน้ำ (boiler) เพื่อปั่นกังหันที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าแล้วนั้น จะมีเถ้าเกิดขึ้น ซึ่งเกิดจากกระบวนการการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เถ้าไม้ยางพาราที่มีขนาดใหญ่ หรือเถ้าหนัก (wet ash) จะตกลงสู่ก้นเตา ส่วนเถ้าที่มีขนาดเล็ก คือ ประมาณ 1-200 ไมโครเมตร หรือเถ้าลอย (fly ash) จะลอยไปกับอากาศร้อนและถูกดักจับโดยเครื่องดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิต (electrostatic precipitator) เพื่อแยกฝุ่นออกจากก๊าซร้อน ก่อนจะปล่อยอากาศร้อนออกทางปล่องควัน โดยเถ้าลอยที่เกิดขึ้นมีปริมาณร้อยละ 80-95 ของเถ้าที่เกิดขึ้นทั้งหมด (1) ซึ่งถือว่ามีปริมาณมากโดยถ้าในการผลิตกระไฟฟ้า 22 เมกะวัตต์ ต้องใช้เศษไม้ยางพารา 750 ตัน ซึ่งจะได้เถ้าไม้ยางพาราประมาณ 15 ตัน เถ้ามีลักษณะเป็นผงฝุ่น น้ำหนักเบาสามารถฟุ้ง กระจายได้ง่าย เป็นปัญหาในการกำจัดทิ้ง

โครงสร้างทางเคมีของเถ้าลอยประกอบด้วยส่วนที่ไม่เป็นผลึกหรืออยู่ในสถานะแก้ว (glassy phase) เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากการเผาที่อุณหภูมิสูง และมีองค์ประกอบทางเคมีที่คล้ายกับปูนซีเมนต์นั้นคือมี ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) และ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นองค์ประกอบหลัก หากผสมเถ้ากับปูนซีเมนต์และน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดคุณสมบัติในการช่วยเพิ่มการเชื่อมประสานทำให้อิฐมีความแข็งแรงมากขึ้น (2)

จากสมบัติดังกล่าวจึงมีงานวิจัยหลายชิ้นได้นำเถ้าลอยจากวัสดุประเภทต่างๆ เป็นส่วนประกอบ ใช้ในการแทนที่ปูนซีเมนต์ในการสร้างอิฐ โดยสัดส่วนของส่วนผสมและปริมาณการใช้เถ้ามากน้อยขึ้นกับปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีของเถ้า และชนิดของวัสดุผสมที่ใช้ เช่น การใช้เถ้าแกลบ ทั้งเถ้าแกลบขาว และเถ้าแกลบดำ (3-6) มีร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ ได้สูงสุดร้อยละ 40 โดยเถ้าแกลบมีปริมาณของ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ประมาณร้อยละ 90 การใช้เถ้าจากถ่านหิน ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมาเป็นวัสดุในการผลิตคอนกรีตบล็อกชนิดกลวง (7) การใช้เถ้าชานอ้อย ในร้อยละการแทนที่สูงสุด 40 มีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ประมาณร้อยละ 70 (8) และการใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพาราในร้อยละการที่เถ้าไม้ยางสูงสุด ร้อยละ 30 (9) จากข้อมูลดังกล่าวสามารถประเมินได้ว่าการนำเถ้าจากอุตสาหกรรมหลายประเภทมาใช้ในการทำอิฐ โดยปริมาณที่ใช้แตกต่างกัน จะทำให้อิฐมีสมบัติทางกายภาพและทางกลแตกต่างกัน

งานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา และมีส่วนประกอบอื่นได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 และทราย ร้อยละการที่แทนปูนซีเมนต์ 50 60 และ 70 และทดสอบสมบัติทางกายภาพได้แก่ ความหนาแน่น ร้อยละการดูดซึมน้ำ ทดสอบสมบัติทางกล ได้แก่ กำลังอัด เพื่อนำข้อมูลจากการวิจัยไปประกอบการพิจารณาสำหรับการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้สร้างมูลค่าแก่เถ้าไม้ยางพารา

วิธีการ

วัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมในการทำอิฐประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ทรายน้ำจืด และเถ้าไม้ยางพาราโดยเป็นเถ้าที่เกิดจากการนำ

เศษไม้ยางพารามาใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ากัลฟ์ ยะลากรีน ต.พร่อน อ.เมือง จ.ยะลา ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 4 เพื่อแยกสิ่งเจือปนซึ่งมีอนุภาคขนาดใหญ่ปะปนในกระบวนการการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จากนั้นนำไปอบด้วยอุณหภูมิ 105±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมงเพื่อกำจัดความชื้น ดังภาพที่ 1

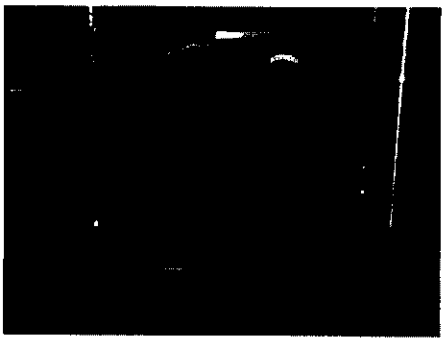
ภาพที่ 1 เถ้าไม้ยางพารา

วัสดุผสมทั้งหมด ผ่านการทดสอบสมบัติทางกายภาพได้แก่ ขนาดเฉลี่ยของอนุภาค ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การกระจายตัวของขนาดอนุภาคด้วยลำแสงเลเซอร์ (Laser Particles Size Analysis: LPSA) ลักษณะรูปร่างของเถ้าไม้ยางพาราจากถ่ายภาพด้วยจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscope: SEM) องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray Diffraction: XRD) แบบกึ่งคุณภาพ (semi quantitative measurement) ทำการทดสอบที่มุมการเลี้ยวเบน 20-90 องศา และองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence Spectrometry: XRF)

สำหรับสัดส่วนของวัสดุผสมออกแบบด้วยการลดการใช้ปูนซีเมนต์และแทนที่ด้วยเถ้าไม้ยางยางรา ในสัดส่วน ร้อยละ 50 60 และ 70 โดยมีสัดส่วนผสมระหว่าง เถ้าไม้ยางพารา: ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1: ทรายละเอียด และอัตราส่วนของน้ำต่อวัสดุประสาน แสดงดังตารางที่ 1 จากส่วนผสมที่ออกแบบไว้คลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมด เทใส่ในแบบรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10x10x10 ลูกบาศก์เซนติเมตร กระทุ้งเพื่อให้ส่วนผสมทั้งหมดมีความหนาแน่นเพิ่มความหนาแน่น ลดฟองอากาศภายใน จากนั้นวางทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อให้อิฐแข็งตัว เมื่อได้ก้อนอิฐแล้วนำไปบ่มเป็นเวลา 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ปริมาณของส่วนผสมในการทำอิฐ

สัดส่วนวัสดุ เถ้าไม้ยางพารา : ปูนซีเมนต์ : ทราย	ปริมาณ (kg/m^3)			
	เถ้าไม้ยางพารา	ปูนซีเมนต์	ทราย	W/B
50 : 45 : 5	981	613	68	0.80
60 : 35 : 5	762	445	64	1.07
70 : 25 : 5	813	290	58	1.76

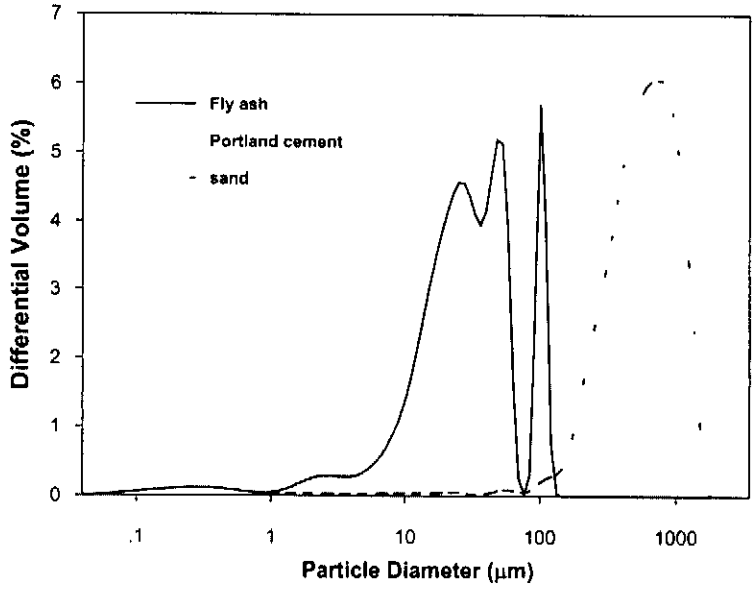


ภาพที่ 2 การทดสอบกำลังอัด

เมื่อครบ 28 วันนำอิฐมาทดสอบสมบัติทางกายภาพได้แก่ ความหนาแน่น (density) และ อัตราการดูดซึมน้ำ (absorption rate) ทำการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541 (10) โดยชิ้นทดสอบที่ใช้มีขนาด 10x10x10 ลูกบาศก์เซนติเมตร และการทดสอบกำลังอัด (compressive strength) ทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ มอก.1505-2541(10) ณ แผนกวิชาก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคยะลา โดยนำอิฐที่ต้องการทดสอบกดด้วยเครื่องกดในแนวตั้งฉากกับด้านยาวของอิฐจนได้ค่าแรงอัดสูงสุด ที่ทำให้อิฐแตกเสียหาย ดังภาพที่ 2 ทุกการทดสอบทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นวิเคราะห์ผลของแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเดิมเถ้าไม้ยาง ที่มีต่อ ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และกำลังอัดของอิฐ และเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541 (10)

ผล

จากการวิเคราะห์สมบัติกายภาพของวัสดุผสม พบว่าขนาดอนุภาคเฉลี่ยของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าไม้ยางพารา และทราย (ภาพที่ 3) มีค่า 16.01 ไมโครเมตร 39.88 ไมโครเมตร และ 664.80 ไมโครเมตร ตามลำดับ อนุภาคของปูนซีเมนต์มีลักษณะเรียบมากกว่าอนุภาคเถ้าไม้ยางพารา อีก



ภาพที่ 3 ขนาดอนุภาคของวัสดุผสมได้แก่ เถ้าไม้ยางพารา (Fly ash) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (portland cement) และทราย (sand)

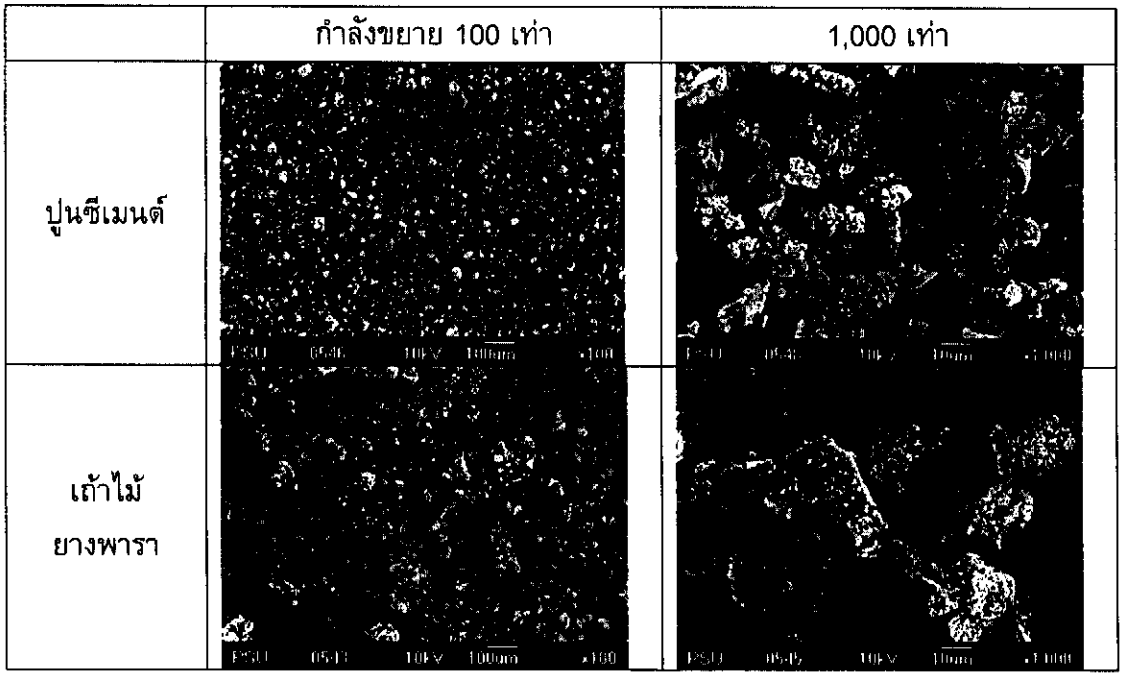
ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์และเถ้าไม้ยางพารา

	องค์ประกอบทางเคมี							
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	SO_3	CaO	MgO	K_2O	LOI
เถ้าไม้ยางพารา	1.08	0.31	0.76	1.65	33.93	1.77	13.06	21.34
ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1	11.96	2.35	3.66	3.93	73.73	0.94	0.51	-

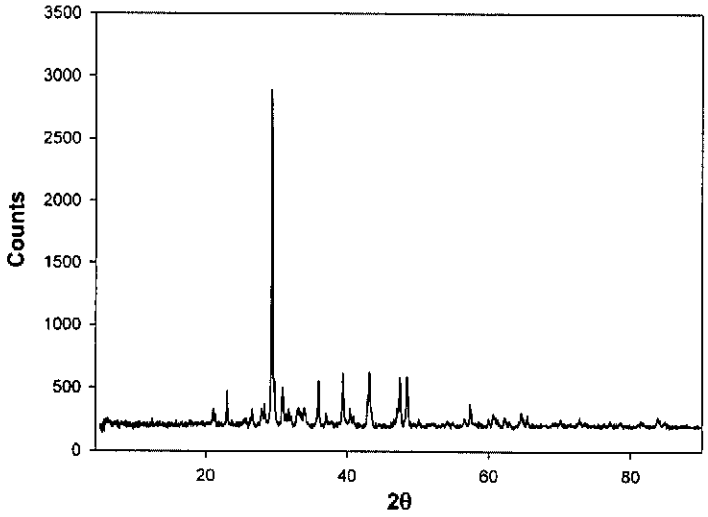
ทั้งเถ้าไม้ยางพารามีรูพรุนดังภาพที่ 4 สำหรับสมบัติทางเคมีซึ่งพิจารณาจากผลการทดสอบ XRF ดังตารางที่ 2 และ ลวดลายการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ดังภาพที่ 5 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มี CaO เป็นองค์ประกอบหลักถึงร้อยละ 73.73 และมีปริมาณ SiO_2 Al_2O_3 และ Fe_2O_3 ร้อยละ 11.96 2.35 และ 3.66 ตามลำดับ ส่วนเถ้าไม้ยางพารามีปริมาณของ SiO_2 Al_2O_3 และ Fe_2O_3 รวมกันร้อยละ 2.15 และมีปริมาณของ CaO ร้อยละ 33.93 และมีค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Loss on ignition: LOI) ร้อยละ 21.34 และเถ้าไม้ยางพาราประกอบด้วยส่วนที่ไม่เป็นผลึก (amorphous) หรือ อยู่ในสถานะแก้ว (glassy phase)

จากการผลิตอิฐที่มีสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าไม้ยางพาราในร้อยละการแทนที่ 50 60 และ 70 หล่อให้มีขนาด 10x10x10 ลูกบาศก์เซนติเมตร บ่มเป็นเวลา 7 วัน14 วัน 21 วัน และ 28 วัน (ภาพที่ 6) และทดสอบค่าความหนาแน่น อัตราการดูดซึมน้ำ และกำลังอัดตามมาตรฐานการทดสอบ มอก. 1505-2541 ได้ผลการทดสอบดังนี้

ผลการทดสอบความหนาแน่นของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา พบว่าความหนาแน่นของ

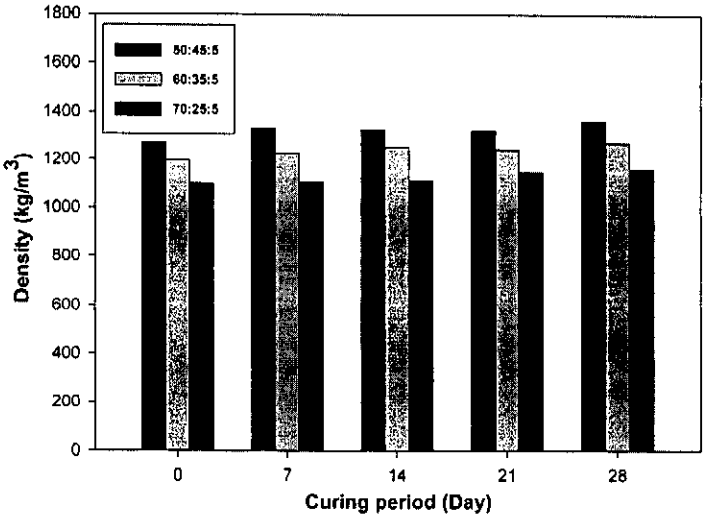


ภาพที่ 4 ภาพถ่าย SEM ของเถ้าไม้ยางพารา และ ปูนซีเมนต์

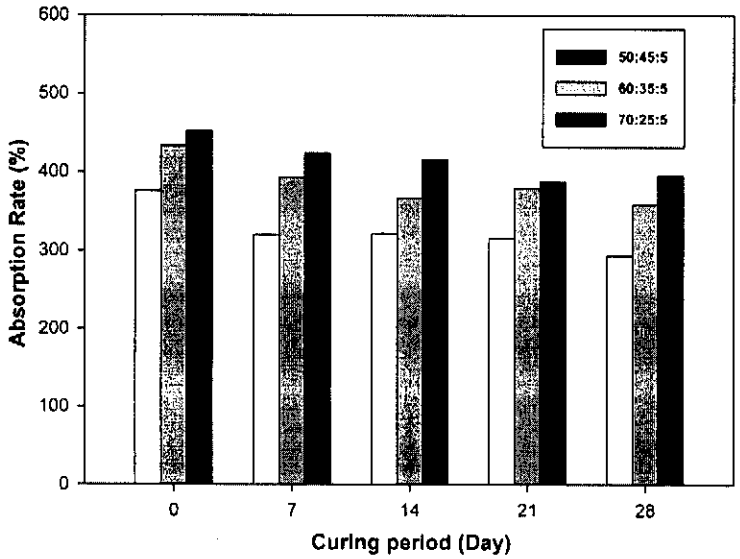


ภาพที่ 5 ลวดลายการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของเถ้าไม้ยางพาราที่มุมการเลี้ยวเบน 20-90 องศา

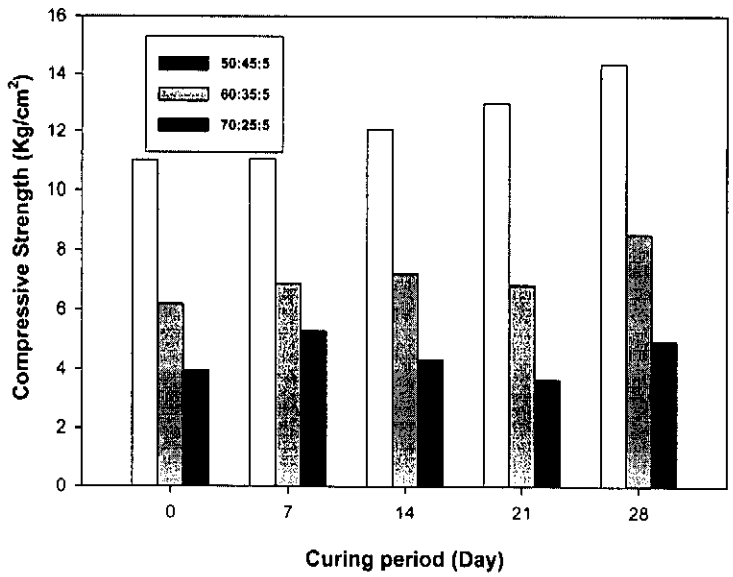
ภาพที่ 6 อิฐจากสัดส่วนการเติมเถ้าไม้ยางพารา : ปูนซีเมนต์ : ทราย สัดส่วน (ก) 50:45:5 (ข) 60:35:5 และ (ค) 70:25:5



ภาพที่ 7 ความหนาแน่นของอิฐที่สัมพันธ์กับสัดส่วนการเติมเถ้าไม้ยางพารา และระยะเวลาในการบ่ม



ภาพที่ 8 อัตราการดูดกลืนน้ำของอิฐที่สัมพันธ์กับสัดส่วนการเติมเถ้าไม้ยางพารา และระยะเวลาในการบ่ม



ภาพที่ 9 กำลังอัดของอิฐที่สัมพันธ์กับสัดส่วนการเติมเถ้าไม้ยางพารา และระยะเวลาในการบ่ม

อิฐมีค่าลดลงตามสัดส่วนการเติมเถ้าไม้ยางพารา (ภาพที่ 7) นั้นคืออิฐที่มีร้อยละการแทนที่ร้อยละ 70 มีความหนาแน่นน้อยกว่าอิฐที่มีร้อยละการแทนที่ร้อยละ 50 แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่ม โดยมีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1,100-1,362 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับอัตราการดูดกลืนน้ำ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการเติมเถ้าไม้ยางพารา (ภาพที่ 8) และมีค่าอัตราการดูดกลืนน้ำที่ลดลงตามระยะเวลาในการบ่ม

จากผลการทดสอบกำลังอัดของอิฐ (ภาพที่ 9) พบว่ากำลังอัดของอิฐที่มีร้อยละการเติมเถ้าไม้ยางพารา 50 60 และ 70 มีค่า 14.34 8.53 และ 4.95 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยอิฐที่มีร้อยละการแทนที่เถ้าไม้ยางพาราร้อยละ 50 มีค่า

กำลังอัดมากที่สุด และเมื่อพิจารณาระยะเวลาในการบ่มพบว่ากำลังอัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่ม ดังจะเห็นได้จากกำลังอัดของอิฐที่มีร้อยละการแทนที่เถ้าไม้ยางพารา ร้อยละ 50 มีค่ากำลังอัด 11.00 11.05 12.06 12.98 และ 14.34 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ระยะเวลาในการบ่ม 0 วัน 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน

วิจารณ์

จากผลการผลิตอิฐตามสัดส่วนในตารางที่ 1 ได้อิฐมีลักษณะกายภายนอกที่แข็งแรง มีสีเหลืองตามปริมาณการเติมเถ้าไม้ยางพารา (ภาพที่ 6) ความหนาแน่นมีค่าลดลงเมื่อร้อยละการแทนที่เถ้าไม้ยางพารามีค่าเพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องจากเถ้าไม้ยางมีอนุขนาดเล็ก น้ำหนักเบา เมื่อใช้เป็นส่วนผสมจึงส่งผลโดยตรงต่อน้ำหนักของอิฐ อีกทั้งการที่อนุภาคของเถ้าไม้ยางพารามีลักษณะเรียบมีรูพรุน (cellular) (ภาพที่ 4) มีพื้นที่ผิวมาก ทำให้สามารถกักเก็บน้ำ โดยการดูดซึมน้ำ (water absorption) เข้าไปในอนุภาค และมีการดูดซึมน้ำเนื่องจากแรงดึงที่ผิวของอนุภาค (3) เห็นได้จากอิฐที่มีร้อยละการการแทนที่ 70 มีร้อยละดูดซึมน้ำสูงกว่าสัดส่วนอื่น แต่ก็ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541 ซึ่งกำหนดค่าการดูดซึมน้ำของอิฐไม่เกิน 500 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

สำหรับสมบัติทางกลโดยทำการทดสอบกำลังอัดซึ่งแสดงถึงความเค้นสูงสุดที่อิฐสามารถทนภายใต้แรงกดอัดและเป็นคุณสมบัติสำคัญของอิฐขณะแข็งตัว แสดงถึงความสามารถของอิฐที่รับต่อน้ำหนักของโครงสร้างของอาคารได้ จากผลการทดสอบพบว่ากำลังอัดของอิฐจะขึ้นกับร้อยละการแทนที่เถ้าไม้ยางพารา และระยะเวลาในการบ่ม นั่นคือเมื่อสัดส่วนการเติมเถ้าไม้ยางพารามีค่าเพิ่มขึ้นกำลังอัดของอิฐจะมีค่าลดลงโดยมีค่าการลดลงร้อยละ 40.51 และ 41.96 และ เมื่อระยะเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังอัดของอิฐมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.45 9.14 7.62 และ 10.47 สำหรับระยะเวลาในการบ่ม 0 วัน 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ

ความแข็งแรงของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพาราจะขึ้นจากปฏิกิริยาสำคัญ 2 ปฏิกิริยา ได้แก่ ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ เป็นปฏิกิริยาหลักที่ทำให้เกิดความแข็งแรงแก่อิฐ และปฏิกิริยาปอซโซลานซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดหลังจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (12) เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ที่มีอยู่ในเถ้าไม้ยางพารา กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ $Ca(OH)_2$ ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ทำให้เกิดสารเชื่อมประสานขึ้น (1,2) เพิ่มความแข็งแรงให้แก่อิฐอีกทางหนึ่ง การเติมเถ้าไม้ยางพาราจะทำให้อิฐมีความพรุนเกิดช่องว่างภายในอิฐ ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างมวลรวม(ทราย) กับเถ้าไม้ยางพารา โดยมีปูนซีเมนต์เป็นตัวช่วยเชื่อมประสานมีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังอัดของอิฐมีค่าน้อยลง ถึงแม้จากทดสอบสมบัติทางเคมีของเถ้าไม้ยางพารา (ตารางที่ 2) พบว่าเถ้าไม้ยางพารามีองค์ประกอบของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) สามารถเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานได้ แต่ก็มีความเป็นปอซโซลานน้อย อีกทั้งในการวิจัยครั้งนี้ทำการลดปริมาณปูนซีเมนต์และแทนที่ด้วยเถ้าไม้ยางพาราส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานได้น้อย ไม่สามารถชดเชยความแข็งแรงจากส่วนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นได้ จึงทำให้อิฐมีกำลังอัดลดลงเมื่อร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าไม้ยางพาราเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าความหนาแน่น ร้อยละการดูดซึมน้ำ และกำลังอัด กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541 (10) ซึ่งกำหนดมาตรฐานของอิฐ พบว่า อิฐที่ได้จัดเป็นอิฐมวลเบา มีร้อยละการดูดซึมน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด แต่มีค่ากำลังอัดที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือต้องมีกำลังอัดไม่น้อยกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จึงไม่สามารถนำไปใช้ในงานโครงสร้างได้ แต่สามารถนำไปใช้ในงานที่ไม่รับน้ำหนักเช่น ใช้เป็นอิฐสำหรับปูทางเดิน อิฐสำหรับงานจัดสวน เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อแนวทางลดต้นทุนในการผลิตอิฐ และเป็นการใช้ประโยชน์จากเถ้าไม้ยางพาราที่อาจก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม เพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุที่เหลือทิ้ง การเพิ่มความแข็งแรงให้กับอิฐอาจทำได้โดย ทำให้เถ้ามีขนาดเล็กลง การใช้ความร้อนเร่งปฏิกิริยาปอซโซลาน หรือใช้กระบวนการทางเคมีในการปรับปรุงเถ้า เช่น การปรับปรุงผิวด้วยกรดหรือด่างให้เถ้าอยู่ในสภาพที่พร้อมทำปฏิกิริยา และการใช้สารเคมีกลุ่มซัลเฟตหรือกลุ่มอัลคาไล เพื่อทำให้โพรงและความพรุนลดลง (1)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์ ในการวิพากษ์นิพนธ์ต้นฉบับ และงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโรงไฟฟ้ากัลฟยะลา กรีน ทุนวิจัย บกศ. ปี 2551 คณะวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

เอกสารอ้างถึง

1. ปริญญา จินดาประเสริฐ : เถ้าลอยในงานคอนกรีต. สมาคมคอนกรีตไทย, กรุงเทพมหานคร. 110 หน้า, 2547.
2. ปริญญา จินดาประเสริฐ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล : ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต. สมาคมคอนกรีตไทย, กรุงเทพมหานคร. 381 หน้า, 2551.
3. บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ วัชรากร วงศ์คำจันทร์: พฤติกรรมทางกลของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบละเอียด. ว.วิจัยและพัฒนา มจธ. 24 (3) : 327 - 342, 2544
4. บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ ทวิสัณห์ คงทรัพย์: ความทนทานของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบดำจากโรงสีข้าว. ว.วิจัยและพัฒนา มจธ. 25 (4): 373-389, 2545
5. บุรฉัตร ฉัตรวีระ ณรงค์ศักดิ์ มากุล และบัณฑิต รักษาดี : การใช้เถ้าแกลบไม่บดในการผลิตคอนกรีตบล็อก. ว.วิจัยและพัฒนา มจธ. 27 (4): 483-496, 2547
6. คำภี จิตชัยภูมิ และ ชัยชาญ โชติถนอม : การทำอิฐบล็อกมวลเบาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมทราย และเถ้าแกลบบด. ว.วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 25 (1) : 12-18, 2549.
7. สมิตร ส่งพิริยะกิจ และ ปริญญา จินดาประเสริฐ : การผลิตอิฐมวลเบาจากวัสดุรีไซเคิล. การประชุมวิชาการเทคโนโลยี และนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน 25-26 มกราคม 2549 จังหวัดขอนแก่น. หน้า 586-589. 2549.

8. สาโรจน์ ดำรงศีล และ สุวิมล สัจจวาณิชย์ : ผลกระทบของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยในลักษณะบดร่วมต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของคอนกรีต. ว.วิจัยและพัฒนา มจธ. 30 (3) : 489-498. 2550.
9. อาบีเด็ง ฮาวา และ ดนุพล ตันนโยภาส : ผลกระทบของเถ้าลอยไม้ยางพาราที่ต่อสมบัติของคอนกรีตมวลรวมพัมมิซ. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 6, 8-9 พฤษภาคม 2551. จังหวัดสงขลา.หน้า 43-47, 2551.
10. _____: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ มอก. 1505-2541. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร. 2542
11. วินิต ช่อวิเชียร : คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร. 233 หน้า, 2544.
12. วีรชาติ ตั้งจิรภัทร จตุรพล ตั้งปกาศิต ศักดิ์สินธุ์ แววคุ้ม และชัย จาตุรพิทักษ์กุล : วัสดุปอซโซลานชนิดใหม่จากเถ้าปาล์มน้ำมัน. ว.วิจัยและพัฒนา มจธ. 26(4) : 459-472, 2546.