จำนวน 1 เล่ม
27 มี.ค. 2559

รายงานการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารามาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

Feasibility Study of the Rice Husk Ash and the Rubber Tree Ash Replacing Cement in the Light Weight Concrete Blocks Production

รอซี ผิวดี
สมบัติ สุวรรณชาตรี
สุพัฒพงศ์ วัฒนา

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
2558

1138174
วันที่ ... ธ.ค. 2558
เลขเรียกหนังสือ 620.14
ว147ก

รายงานการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารามาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

Feasibility Study of the Rice Husk Ash and the Rubber Tree Ash Replacing Cement in the Light Weight Concrete Blocks Production

รอซี ผิวดี
สมบัติ สุวรรณชาตรี
สุพัฒพงศ์ วัฒนา

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
2558

ใบรับรองการวิจัยสิ่งแวดล้อม

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์)

เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารามาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

Feasibility Study of the Rice Husk Ash and the Rubber Tree Ash Replacing Cement in the Light Weight Concrete Blocks Production

ผู้วิจัย นายรอซี ผิวดี รหัสนักศึกษา 534291025

นายสมบัติ สุวรรณชาตรี รหัสนักศึกษา 534291033

นายสุพัฒพงศ์ วัฒนา รหัสนักศึกษา 534291042

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ

(นางสาวนัดดา โปดำ)

.....กรรมการ

(นางสาวหิรัญวดี สุวิบูรณ์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ขวัญกมล ขุนพิทักษ์)

.....กรรมการ

(ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

.....กรรมการ

(นายกมลนาวิน อินทนูจิตร)

.....กรรมการ

(นางสาวหิรัญวดี สุวิบูรณ์)

.....กรรมการ

(นางสาวนัดดา โปดำ)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.ทัศนา ศิริโชติ)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์นัดดา โปดำ อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์ และขอขอบคุณคณาจารโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่คอยให้คำแนะนำแนวทางดำเนินการศึกษา รวมถึงการเขียน และตรวจแก้ไขรายงานวิจัย เพื่อปรับปรุงให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ รวมถึงข้อคิดเห็นต่างๆ เพื่อประโยชน์สำหรับการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ และเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้การวิเคราะห์คุณภาพอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักในแต่ละพารามิเตอร์ พร้อมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการใช้ห้องปฏิบัติการ และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์การต้านแรงอัดของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่อุปถัมภ์กำลังทรัพย์และคอยเป็นกำลังใจตลอดมา จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ รวมถึงเพื่อนๆทุกคนที่มีส่วนช่วยในวิจัยเล่มนี้

คณะผู้จัดทำ

28 พฤศจิกายน 2558

ชื่องานวิจัย การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารามาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

ผู้วิจัย นายรอซี ผิวดี

นายสมบัติ สุวรรณชาตรี

นายสุพัฒพงค์ วัฒนา

โปรแกรมวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2558

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์นัดดา โปดำ

อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์

บทคัดย่อ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารามาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสมบัติและความเป็นไปได้ในการนำเถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารามาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก โดยอัตราส่วนระหว่างเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม (เถ้าแกลบต่อเถ้าไม้ยางพาราในอัตราส่วน 50:50) กับปูนซีเมนต์ 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25 และ 70:30 ซึ่งมีทั้งหมด 18 ชุดการทดลอง โดยทำการทดสอบกำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ ความชื้นและการเปลี่ยนแปลงความยาว ตามมาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก พบว่ามี 5 ชุดการทดลองที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือ CP1, CP2, CRP1, CR1 และ CP3 ซึ่งมีค่ากำลังต้านแรงอัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.32, 9.54, 9.96, 9.70 และ 9.50 เมกะพาสคาล ตามลำดับ การดูดกลืนน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 5.20, 5.52, 5.66, 5.90 และ 6.78 ตามลำดับ ความชื้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 19.81, 20.25, 20.98, 12.55 และ 22.61 ตามลำดับ และการเปลี่ยนแปลงความยาวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.034, 0.035, 0.042, 0.042 และ 0.042 ตามลำดับ โดยพบว่าชุดการทดลอง CP1 (95:5) เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น พบว่า ชุดทดลอง CP3 มีต้นทุนการผลิตต่ำสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.43 บาท/ก้อน แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับราคาอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักในท้องตลาด ซึ่งมีราคา 4 บาท/ก้อน พบว่าอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักจากการทดลองมีราคาถูกกว่า 0.60 บาท/ก้อน จึงมีความเป็นไปได้ที่นำมาผลิตเป็นอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเพื่อการพาณิชย์

Research Topic:	Feasibility Study of the Rice Husk Ash and the Rubber Tree Ash Replacing Cement in the Light Weight Concrete Blocks Production
Authors:	Mr. Rorsee Phuewdee
	Mr. Sombat Suwannachatree
	Mr. Supatphong Wattana
Program:	Environmental Science
Faculty:	Science and Technology
Academic year:	2015
Advisors:	Ms. Nadda Podam
	Ms. Hirunwadee Suwiboon

Abstract

The objective of this study is to compare the properties and feasibility to use the rice husk ash compared with the rubber tree ash replacing cement to do the light weight concrete blocks. The ratios between the rice husk ash, the rubber ash and the mixed ash (the rice husk ash and the rubber ash in ratio was 50:50) with cement were 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25 and 70:30, there were 18 samples in total. All samples were tested for compressive strength test, water absorption test, humidity test and length change by following standard method for light weight concrete block (TIS 58-2533). The result found that 5 samples passed the standard, including CP1, CP2, CRP1, CR1, and CP3. The averages of compressive strength were 10.32, 9.54, 9.96, 9.70 and 9.50 MPa, respectively. The percentage averages of water absorption were 5.20, 5.52, 5.66, 5.90 and 6.78, respectively. The percentage averages of humidity were 19.81, 20.25, 20.98, 12.55 and 22.61, respectively. The percentage averages of length change were 0.034, 0.035, 0.042, and 0.042, respectively. It was found that CP1 (95:5) is the best ratio. The cost analysis found that CP3 has the lowest production cost which was equal to 3.43 baht/pack. Then, cost of CP3 was compared with commercial light weight concrete block, which was 4 baht/pack. It is showed that the light weight concrete block from this study was cheaper than the commercial one at 0.60 baht /pack. Thus, it is possible to use the rice husk ash mixed with the rubber tree ash replacing cement to produce the light weight concrete blocks for commercial purpose.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ตัวแปร	2
1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	2
1.5 สมมติฐาน	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ประเภทและความหมายของอิฐบล็อก	4
2.2 คุณสมบัติบางประการของอิฐบล็อก	5
2.3 ลักษณะของอิฐบล็อกที่ต้องการ	6
2.4 สมบัติของวัสดุปอซโซลาน	8
2.5 ปูนซีเมนต์	9
2.6 เถ้าแกลบ	10
2.7 เถ้าไม้ยางพารา	11
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 กรอบแนวความคิดการศึกษา	17

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ(ต่อ)

3.2 ขอบเขตการวิจัย 19

3.3 วัสดุและอุปกรณ์ 19

3.4 การเตรียมเถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารา 20

3.5 การกำหนดอัตราส่วนผสมอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารา 20

3.6 การขึ้นรูปอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก 22

3.7 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ 23

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล 24

บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบความต้านแรงอัด 25

4.2 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำ 26

4.3 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาว 28

4.4 ผลการทดสอบความชื้น 29

4.5 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น 31

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผล 32

5.2 ข้อเสนอแนะ 34

บรรณานุกรม 35

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก มาตรฐาน มอก. 58-2533 36

ภาคผนวก ข ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักด้วยสถิติแบบ ANOWA 63

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น 67

สารบัญ(ต่อ)

ภาคผนวก ง รูปประกอบการทำวิจัย 70

ภาคผนวก จ โครงร่างวิจัย 75

ภาคผนวก ฉ ประวัติของผู้วิจัย 92

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.7-1	แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	3
2.3-1	ความต้านทานแรงอัด	7
2.3-2	ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น)	7
2.5-1	องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	10
2.6-1	องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบ	11
2.7-1	องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าไม้ยางพารา	12
2.8-1	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
3.5-1	อัตราส่วนระหว่างเถ้าแกลบ ในการทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก	20
3.5-2	อัตราส่วนระหว่างเถ้าแกลบต่อเถ้าไม้ยางพารา (100 : 0) ในการทาอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก	20
3.4-3	อัตราส่วนระหว่างเถ้าแกลบต่อเถ้าไม้ยางพารา (50 : 50) ในการทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก	20
3.7-1	การทดสอบประสิทธิภาพของอิฐบล็อก	22
4.1-1	ผลการทดสอบความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสมเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารา (50:50) ของแต่ละสูตร	24
4.1-1	ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสมเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารา (50:50) ของแต่ละสูตร	26
4.3-1	ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาวอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสมเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารา (50:50) ของแต่ละสูตร	27
4.4-1	ผลการทดสอบความชื้นอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสมเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารา (50:50) ของแต่ละสูตร	29

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1-1	กรอบแนวความคิดการศึกษา	17
4.1-1	ค่าความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก	25
4.2-1	ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก	26
4.3-1	ปริมาณการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก	28
4.4-1	ปริมาณความชื้นของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก	29

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในจังหวัดสงขลาระหว่าง ปี 2550-2555 แสดงให้เห็นว่า พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อการปลูกข้าว (ทำนา) มีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ก็ยังมีมากกว่าการปลูกพืชชนิดอื่นคือ ปาล์มน้ำมัน โดยมีปริมาณร้อยละ 11.00 ของพื้นที่จังหวัดสงขลา (กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2550-2555) จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการทำนาข้าวยังมีความสำคัญในแง่เศรษฐกิจของชุมชน ซึ่งข้าวเปลือกที่เหลือทิ้งจากการทำนาได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ในด้าน การเผาถ่าน การทำไม้อัด เป็นต้น และพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญในแง่เศรษฐกิจ และยังมีปริมาณการปลูกที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง คือ ยางพารา โดยมีปริมาณการปลูกคิดเป็นร้อยละ 39.25 ของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดสงขลา (กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2550-2555) ซึ่งเมื่อยางพาราหมดอายุในการกรีด ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ คือ ทำเฟอร์นิเจอร์ ไม้อัด และผลิตถ่าน และสิ่งที่เหลือจากกระบวนการเผาถ่านไม้ยางพารา คือ เถ้าไม้ยางพารา

เถ้าแกลบเป็นวัสดุที่มีปริมาณซิลิกาสูงประมาณร้อยละ 86.9–97.3 ซึ่งมีสมบัติเป็นตัวประสานในปฏิกิริยาปอซโซลานิตามมาตรฐาน ASTMC 618-94a Class F (จักรพันธุ์ วงษ์พา, 2546) โดยเถ้าแกลบที่มีความละเอียดสูงจะมีการทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกได้ดี และสามารถใช้เป็นวัสดุซีเมนต์ในคอนกรีตได้ (บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ วัชรากร วงศ์คำจันทร์, 2544) นอกจากนี้เมื่อศึกษาสมบัติทางเคมีของเถ้าไม้ยางพารา พบว่ามีแคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงเทียบเท่ากับปูนซีเมนต์ซึ่งการที่มีสารแคลเซียมออกไซด์สูงมีความสำพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการรับแรงอัด (วิจิตร พรมสุวรรณ และวาชินีย์ หลำเบ็นละ, 2555) จรูน เจริญเนตรกุล (2547) พบว่าปริมาณแคลเซียมออกไซด์เทียบเท่า (CaO Equivalent) ในวัสดุประสานมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการรับแรงอัดของมอร์ตาที่ผสมวัสดุปอซโซลาน กล่าวคือ มอร์ตาร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานในอัตราแทนที่ที่เท่ากัน กำลังอัดมอร์ตาร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานที่มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO) มากกว่าจะมีความสามารถรับกำลังอัดได้มากด้วย

ทั้งนี้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้ง 2 ชนิดนี้มีจำนวนมากในภาคใต้ และส่วนใหญ่จะเหลือทิ้งโดยที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงปัญหาขยะมูลฝอยที่อาจเกิดจากวัสดุดังกล่าว และการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทั้งเถ้าแกลบ และเถ้าไม้ยางพารามาใช้เป็นวัสดุประสานในการทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก จะเป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุทั้ง 2 ชนิดด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 **เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมบัติระหว่างเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารามาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วนสำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก**

1.2.2 **เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารามาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วนสำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก**

1.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น : ปูนซีเมนต์ เถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา

ตัวแปรตาม : กำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ ความชื้น และการเปลี่ยนแปลงความยาว

ตัวแปรควบคุม : ปริมาณหินฝุ่น และน้ำ

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

เถ้าแกลบ หมายถึง แกลบจากกระบวนการเผาถ่านจนเป็นเถ้าที่มีสีเทาหรือสีดำ (บุรฉัตร ฉัตรวีระ, 2547)

เถ้าไม้ยางพารา (para-wood ash) หมายถึง ผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการผลิตถ่านไม้ยางพาราเป็นเถ้าที่มีสีขาวเทาหรือสีดำ

อิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก (hollow non-loab-bearing concrete masonry unit) หมายถึง คอนกรีตบล็อกที่ใช้สำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใดๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533)

อิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารา หมายถึง อิฐบล็อกที่ได้จากการนำเถ้าไม้ยางพาราและเถ้าแกลบมาเป็นส่วนผสมในการทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

1.5 สมมติฐาน

เถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพาราสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในการผลิตอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักได้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถใช้เป็นแนวทางในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาพัฒนาเป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในการทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

1.6.2 สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางเพื่อนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าให้วัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตรกร

1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

การศึกษานี้มีระยะเวลาดำเนินการระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2258 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2558 สำหรับแผนการดำเนินการศึกษาแสดงไว้ใน **ตารางที่ 1.7-1**

ตารางที่ 1.7-1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

การดำเนินการ	พ.ศ. 2558											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
รวบรวมข้อมูลและตรวจเอกสาร	———											
สอบโครงร่างวิจัย		▲										
ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ		———	———	- - -	- - -	- - -	- - -					
วิเคราะห์ผลการทดลอง							———	———				
สอบรายงานความก้าวหน้าวิจัย								▲				
สรุปและอภิปรายผลการทดลอง								———	-			
การเขียนเล่มวิจัย										———	———	———
สอบและแก้ไขเล่มวิจัย												▲

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทและความหมายของอิฐบล็อก

ในปัจจุบันมีความต้องการใช้อิฐบล็อกเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากความต้องการใช้อย่างต่อเนื่อง และอิฐบล็อกมีราคาถูกสามารถก่อสร้างได้อย่างรวดเร็วจึงทำให้ได้รับความนิยมใช้ในงานก่อสร้าง ซึ่งสามารถแบ่งอิฐบล็อกได้ดังนี้

2.1.1 คอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อก (concrete block)

เป็นวัสดุก่ออีกประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศ โดยมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาดโดยประมาณ20 x 40 เซนติเมตร หนาระหว่าง 7 – 20 ซนติเมตร ซึ่งลักษณะของการใช้งานก่ออิฐจะก่อเหมือนงานอิฐมอญ แต่จะมีข้อดีกว่า คือ สามารถที่จะก่อได้เร็วกว่า และมีขนาดที่มาตรฐานกว่า ทำให้สามารถที่จะทำการประมาณการจำนวนของวัสดุได้ง่ายกว่า และเมื่อรวมค่าแรงในงานก่อสร้างแล้วจะถูกกว่าการก่ออิฐมอญคอนกรีตบล็อกที่ทำการผลิตนั้นสามารถที่จะเลือกใช้ได้ทั้ง 2 ประเภท คือ คอนกรีตบล็อกชนิดที่รับน้ำหนัก และไม่รับน้ำหนัก ซึ่งคอนกรีตบล็อกแบบชนิดรับน้ำหนักจะมีลักษณะเป็นแท่งผิวเรียบ มีรูตรงกลางในแนวตั้ง ส่วนแบบที่ไม่รับน้ำหนัก หรือที่เรียกว่า Screen Block จะเป็นบล็อกที่มีลักษณะเป็นลวดลาย เมื่อทำการก่อแล้วสามารถที่จะเกิดเป็นลวดลายหรือให้แดดลมผ่านได้ นิยมเรียกเป็นภาษาชาวบ้านทั่วไปว่า “บล็อกช่องลม”

2.1.2 อิฐมอญ อิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมาตรฐาน

เป็นอิฐที่เกิดจากการนำวัตถุดิบหลายชนิดมาผสมเข้าด้วยกัน เช่น ดินเหนียว ทราย และเชื้อเพลิงต่างๆ เช่น ฟืนหรือแกลบ จากนั้นทำการขึ้นรูปโดยการปั้นเป็นก้อนหรือการใช้เครื่องจักรในการผลิตสินค้า จากนั้นทำการเผาอิฐ ซึ่งโดยทั่วไปจะนิยมใช้แกลบในการเผา เนื่องจากใช้ระยะเวลาน้อยกว่า

2.1.3 คอนกรีตมวลเบาหรืออิฐมวลเบา

เป็นวัสดุก่ออีกชนิดหนึ่ง ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง เนื่องจา กมีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของวัสดุที่สามารถที่จะใช้งานได้ดีในสภาวะสภาพอากาศที่รุนแรง มีน้ำหนักเบาทำให้สามารถประหยัดขนาดของโครงสร้าง และมีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี โดยผลิตมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย ยิปซั่ม ผสมกับน้ำ และผงอลูมิเนียม

2.1.4 อิฐประสาน หรืออิฐดินซีเมนต์

อิฐประสานเป็นอิฐที่มีชื่อเรียกอีกหลายชื่อ อาทิเช่นอิฐบล็อกประสาน อิฐดินซีเมนต์ อิฐคงทอง และอิฐดินแดง เป็นต้น ซึ่งรูปแบบจะมีลักษณะคล้ายกับอิฐก่อทั่วไป แต่จะมีขนาดใหญ่กว่ามาก เนื่องจากใช้เป็นระบบผนังในการรับน้ำหนัก (bearing wall) ซึ่งมีลักษณะแตกต่างต่างกันกับอิฐก่อโดยทั่วไป โดยวัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้ในการผลิต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ หินฝุ่น ทราย และดินลูกรัง

2.2 สมบัติบางประการของอิฐบล็อก

2.2.1 สมบัติคอนกรีตสด (fresh concrete)

คุณสมบัติคอนกรีตสดจะมีผลโดยตรงกับคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ดั้งนั้นคุณสมบัติของคอนกรีตสดที่ต้องการ ได้แก่ ความสม่ำเสมอของส่วนผสม ความง่ายในการลำเลียงและขนส่ง การทำงานที่สะดวก โดยที่สามารถเทลงแบบและอัดแน่นได้ง่าย โดยไม่เกิดการแยกตัว คุณสมบัติของคอนกรีตสดขึ้นอยู่กับส่วนผสมของคอนกรีต ได้แก่ ปริมาณน้ำ อัตราส่วนผสม คุณสมบัติของมวลรวม ชนิดของปูนซีเมนต์ และสารผสมเพิ่ม นอกจากนี้คุณสมบัติของคอนกรีตสดยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาและอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ได้แก่ ความชื้น และอุณหภูมิ เป็นต้น

2.2.2 สมบัติคอนกรีตเมื่อแข็งตัว

ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะทำให้คอนกรีตเริ่มก่อตัวและแข็งตัว มวลรวมและซีเมนต์เพสต์จะยึดเกาะกันแน่นขึ้น และคอนกรีตจะมีความสามารถในการรับแรงกระทำจากภายนอก กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเป็นคุณสมบัติของคอนกรีตที่วิศวกรให้ความสำคัญมากที่สุด ทั้งนี้เพราะการทดสอบกำลังแรงทำได้ง่าย และคุณสมบัติอื่นของคอนกรีตมีความสัมพันธ์กับกำลังแรงคอนกรีตที่มีกำลังแรงดีจะมีคุณสมบัติด้านอื่นดีด้วย โดยทั่วไปจึงใช้กำลังรับแรงเป็นตัวชี้บ่งคุณสมบัติของคอนกรีต

1) กำลังอัดของคอนกรีต คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของคอนกรีต ก็คือคุณสมบัติในการต้านทานแรงอัด (compressive strength) ได้สูง กำลังอัดของคอนกรีตขึ้นอยู่กับส่วนผสมของวัสดุในคอนกรีต และวิธีทำคอนกรีต เช่น การผสม การเท และการบ่มคอนกรีต ตลอดจนอายุของคอนกรีต กำลังอัดประลัยของคอนกรีต fc' ถือเอาจากผลการทดสอบแทงคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐานที่อายุ 28 วัน หลังจากหล่อแล้วเป็นเกณฑ์ สำหรับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ให้กำลังสูงเร็วจะทดสอบfc'ที่อายุ 3 วัน

2) กำลังดึงของคอนกรีต คุณสมบัติของคอนกรีตในการต้านทานแรงดึง (Tension strength) นั้นต่ำมาก กำลังดึงของคอนกรีต มีค่าประมาณร้อยละ 7-10 ของ fc' ด้วยเหตุนี้การออกแบบงานโครงสร้างคอนกรีตโดยทั่วไปจึงไม่ได้นำเอาค่ากำลังดึงของคอนกรีตมาใช้ประโยชน์ แต่จะใช้เหล็กเสริมเข้าไปในคอนกรีตเพื่อทำหน้าที่ในการต้านทานแรงดึงที่เกิดขึ้น กำลังแรงดึงของคอนกรีตอาจหามาได้ 3 วิธี คือ

ก) ทดสอบโดยการดึงโดยตรง (direct tension test) ข้อเสียวิธีนี้ คือ การเยื้องศูนย์เพียงเล็กน้อย และการเกิดหน่วยแรงเฉพาะจุดของเครื่องมือ จะทำให้ผลการทดสอบผิดพลาด

ข) การทดสอบโดยการกดแท่งทรงกระบอกให้แยกผ่าซีก (split cylinder test) เป็นวิธีที่ใช้มากที่สุด โดยกดแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซนติเมตร สูง 30 ซนติเมตร ให้แยกผ่าซีก

ค) โมดูลัสของการแตกหัก (modulus of rupture) ทดสอบโดยการกดให้คานคอนกรีตล้วนเกิดการแตกหัก เมื่อทราบค่าโมเมนต์ที่ทำให้เกิดการแตกหักแล้ว สามารถคำนวณหาโมดูลัสของการแตกหักได้

3) การคืบ (creep) เป็นคุณสมบัติของคอนกรีตในลักษณะที่มีการเปลี่ยนรูปภายใต้น้ำหนักบรรทุกคงค้างที่คงที่เป็นเวลานานในช่วงอิลาสติก

4) การหดตัว (shrinkage) เป็นคุณสมบัติของคอนกรีตเมื่อมีการสูญเสียน้ำ การหดตัวจะขึ้นอยู่กับลักษณะการสัมผัสของคอนกรีต (สัมผัสกับลม อากาศแห้ง หรืออากาศชื้น) เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิความชื้น และชนิดของวัสดุผสม

2.3 ลักษณะของอิฐบล็อกที่ต้องการ

2.3.1 ลักษณะทั่วไป

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก่อนต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้องหรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลัง หรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักจะเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติ หรือรอยปริเล็กน้อย เนื่องจากวิธีการขนย้าย หรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับ

1) คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย จะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่นๆ

2) ความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ ของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักเมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างดังแสดง**ตารางที่ 2.3-1** การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก,ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (มอก.109)

ตารางที่ 2.3-1 ความต้านทานแรงอัด

ความต้านทานแรงอัดต่ำสุด (เมกะพาสคัล) เฉลี่ยจากพื้นที่รวม	
เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก	**คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน**
2.5	2.0

ที่มา: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม(1619) (2533)

3) ปริมาณความชื้น เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้นเมื่อถึงที่ก่อสร้างดังแสดง**ตารางที่** 2.3-2

ตารางที่ 2.3-2 ความชื้น เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น

การหดตัวทางยาว (ร้อยละ)	**ความชื้นสูงสุด ร้อยละของการดูดชื้นน้ำทั้งหมด (เฉพาะจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)**		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย(ร้อยละ)		
0.03 และ น้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	25	30	35

หมายเหตุ

- ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้มีประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM C426) และทดสอบก่อนกำหนดจำหน่ายไม่เกิน 12 เดือน

- อาศัยสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับสถานีที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

ที่มา: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (1691) (2533)

2.4 สมบัติของวัสดุปอซโซลาน

2.4.1 ความหมายของวัสดุปอซโซลาน

วัสดุที่มีซิลิกาหรือซิลิกาและอลูมินาเป็นส่วนใหญ่ โดยปกติวัสดุปอซโซลานจะมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานน้อยมากหรือไม่มีเลยแต่ถ้าวัสดุปอซโซลานอยู่ในรูปของผงละเอียดและมีความชื้นเพียงพอจะสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติ และเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานคล้ายกับปูนซีเมนต์ คือมีความแข็งแรงยึดเกาะได้ดี วัสดุปอซโซลานที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ เถ้าถ่านหิน ซึ่งได้นำมาใช้เป็นวัสดุผสมส่วนหนึ่งในคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เพื่อช่วยให้คอนกรีตมีคุณสมบัติดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีเถ้าแกลบที่มีงานวิจัยอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน สิ่งสำคัญประการหนึ่งของวัสดุปอซโซลาน คือ จะต้องมีความละเอียดสูง จึงจะสามารถทำปฏิกิริยาเคมีได้ดีและรวดเร็ว

2.4.2 ปฏิกิริยาไฮเดรชันที่เกิดขึ้นกับปฏิกิริยาปอซโซลาน

ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ผลที่ได้คือแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (calcium silicate hydrate , CSH) ($3CaO.2SiO_2.3H_2O$ ซึ่งเป็นสารที่มีความแข็งแรงและเป็นองค์ประกอบหลักที่ช่วยเพิ่มกำลังให้กับคอนกรีต และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH_2)$) ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2

$$2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + 3Ca(OH)_2 \quad (2.1)$$

$$2(2CaO.SiO_2) + 4H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + Ca(OH)_2 \quad (2.2)$$

ปฏิกิริยาปอซโซลาน เป็นปฏิกิริยาที่เกิดต่อเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน โดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ที่เกิดจากปฏิกิริยาในสมการที่ 2.1 และ 2.2 เป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาร่วมกับซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอลูมินาไตรออกไซด์ (Al_2O_3) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของวัสดุปอซโซลาน เช่น เถ้าถ่านหิน เถ้าแกลบ และซิลิกาฟูม รวมถึงเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ ผลที่ได้จากปฏิกิริยาปอซโซลานคือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (calcium silicate hydrate , CSH) และแคลเซียมอลูมิเนียมไฮเดรต (calcium aluminate hydrate , CAH) ซึ่งเป็นสารที่ให้กำลังแก่คอนกรีตเช่นเดียวกับที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชันดังที่กล่าวข้างต้น ในส่วนของปฏิกิริยาปอซโซลานมีสมการเคมีดังแสดงในสมการ 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 + H_2O \longrightarrow xCaO.ySiO_2.zH_2O \quad (2.3)$$

$$Ca(OH)_2 + Al_2O_3 + H_2O \longrightarrow qCaO.rAl_2O_3.sH_2O \quad (2.4)$$

ค่า x, y และ z ในสมการที่ 2.3 และ q, r และ s ในสมการที่ 2.4 เป็นค่าที่แปรไปตามชนิดของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตและแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรตที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาปอซโซลานสารประกอบ CSH และ CAH นอกจากจะช่วยเพิ่มกำลังให้กับคอนกรีตแล้ว ยังช่วยให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคของเม็ดปูนซีเมนต์ลดลง ทำให้อัตราการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตลดลงตามไปด้วย

2.5 ปูนซีเมนต์

2.5.1 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

โดยสมาคมทดสอบวัสดุอเมริกา (ATM.C.150) (type I-V) และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทย (มอก.15) แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็นประเภทใหญ่ๆ 5 ประเภทคือ

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (normai Portland cement) ใช้สำหรับลักษณะงานธรรมดาที่ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว และตราเพชรเม็ดเดียว

2) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (modifird portland cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตที่ต้องการลดอุณหภูมิเนื่องจากสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง งานคอนกรีตเหลา หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง เช่น งานสร้างเขื่อนคอนกรีตกำแพงดินหนาๆ หรือท่อคอนกรีตขนาดใหญ่ ๆ ตอหม้อ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเจ็ดเศียร

3) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความแข็งแรงสูงโดยเร็ว (high-early-strngth-portland Cement) ปูนซีเมนต์ให้กำลังสูงในระยะแรก มีเนื้อเป็นผงละเอียดกว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา มีประโยชน์สำหรับคอนกรีตที่จะต้องใช้งานเร็ว หรือรื้อแบบได้เร็วเช่น เสาเข็มคอนกรีต ถนน พื้น และคานที่ต้องถอนแบบเร็ว เป็นต้น ได้แก่ ปูนตราเอราวัณ ตราพญานาคสีแดง และตราสามเพชร

4) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดความร้อนต่ำ (low-heat portland cement) สามารถลดปริมาณความร้อนเนื่องจากการรวมตัวของปูนซีเมนต์กับน้ำ ซึ่งจะสามารถลดการขยายตัวและหดตัวของคอนกรีตภายหลังการแข็งตัว ใช้มากในงานก่อสร้างเขื่อน เนื่องจากอุณหภูมิของคอนกรีตต่ำกว่างานชนิดอื่นไม่เหมาะสำหรับงานโครงสร้างทั่วไปเพราะแข็งตัวช้า

5) ปูนซีเมนต์ปอนต์แลนด์ ชนิดทนซัตเฟตได้สูง (sulfate-resistant portland cement) ใช้ในบริเวณที่น้ำหรือดินมีค่าความด่างสูง มีระยะการแข็งตัวช้า และมีการกระทำของซัลเฟตอย่างรุนแรง ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราปลาฉลาม

2.5.1 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ซีเมนต์ประกอบด้วยสารประกอบพื้นฐานที่สำคัญ 4 ชนิด คือ CaO, SiO_2, Al_2O_3 และ Fe_2O_3 ในสัดส่วนที่พอเหมาะ แต่เนื่องจากไม่สามารถหาวัตถุดิบที่มีสารประกอบดังกล่าวในสัดส่วนที่เหมาะสมได้ จึงจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบมากกว่าหนึ่งชนิด มาผสมรวมกันในปริมาณที่ต่างกัน เพื่อให้ได้สัดส่วนรวมของออกไซด์ตามที่ต้องการ

ตารางที่ 2.5-1 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ชื่อของสารประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ชื่อย่อ
ไตรแคลเซียม ซิลิเกต	$3CaO.SiO_2$	C_3S
ไดแคลเซียม ซิลิกา	$2CaO.SiO_2$	C_2S
ไตรแคลเซียม อะลูมิเนต	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A
เตตตราแคลเซียม อะลูมิโน เฟอไรต์	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF

หมายเหตุ C_3S ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้เร็วภายใน 14 วัน

C_2S ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้ช้า ความร้อนเกิดบ่อยขึ้น

C_3A ทำให้ปูนซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาเริ่มแข็งตัวเกิดความร้อนสูง มีกำลังรับแรงเร็ว

C_4AF มีผลน้อยให้ความแข็งแรงเล็กน้อยเติมเข้าไปเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้น

2.6 เถ้าแกลบ

เถ้าแกลบเป็นวัสดุที่เกิดจากการนำแกลบมาเป็นวัตถุดิบเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงสีข้าวและโรงไฟฟ้า จากการศึกษาพบว่า เถ้าแกลบมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานตามมาตรฐาน ASTM C618-94a โดยจัดอยู่ใน Class N (บุรฉัตร ฉัตรวีระ และณรงค์ศักดิ์ มากุล, 2547) และมีปริมาณซิลิกาสูง แกลบเมื่อได้รับความร้อนจะสูญเสียความชื้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เกิดการเผาไหม้และถ้ามีอากาศพอจะกลายเป็นสีขาว การเผาแกลบในที่มีอากาศไม่เพียงพอ มีอุณหภูมิต่ำ จะได้แกลบที่มีสีดำและการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (LOI) สูง นอกจากนี้ต้องลดขนาดให้ละเอียดอย่างมาก จึงจะสามารถนำมาใช้ผสมปูนซีเมนต์ได้ การเผาในที่มีอากาศไม่เพียงพอหรือระยะเวลาในการเผาสั้น ถึงแม้มีอุณหภูมิสูงก็ตาม แกลบดำที่ได้ก็ยังคงมี LOI สูง แกลบที่ผ่านการเผาอย่างสมบูรณ์มี LOI ต่ำ และมีซิลิกาสูง

เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาไหม้ของแกลบมีองค์ประกอบที่มีซิลิกาชนิดอะมอร์ฟัสเป็น ผลพลอยได้สามารถนำมาเพิ่มมูลค่าของเถ้าแกลบ โดยการนำมาใช้ประโยชน์ต่อไปนี้ เช่นนำไปทำชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ เซมิคอนดัคเตอร์ เป็นต้น ส่วนที่เกิดการการเผาไหม้แกลบอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส มี 2 ประเภท คือ เถ้าลอย ซึ่งมีลักษณะเล็กและเบา กับเถ้าหนัก ในอัตราส่วน 9:1 โดยเถ้าแกลบที่ได้มีคุณสมบัติเป็นฉนวน หรือที่นิยมเรียกว่าขี้เถ้าแกลบ (มีปริมาณคาร์บอนเจือปนต่ำ 2-7 เปอร์เซ็น) ซึ่งลักษณะโครงสร้างดังกล่าวเป็นที่ต้องการสำหรับการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหล็กกล้า นอกจากนี้เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาในอัตรา 9 ส่วน ใน 10 ส่วนของเถ้าแกลบทั้งหมด

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบแสดงในตารางที่ 2.6-1 ซึ่งพบว่าในเถ้าแกลบมี ปริมาณ SiO_2 (ซิลิกา) สูงมากถึงประมาณร้อยละ 86.9–97.3 ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์ของโซเดียมซึ่งมีอยู่ปริมาณร้อยละ 0.2–1.5 นอกจากนั้นยังมี โปรแตสเซียมอยู่ปริมาณร้อยละ 0.6–2.5 แคลเซียมอยู่ปริมาณร้อยละ 0.2–1.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.6-1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบ

สารประกอบ	เถ้าแกลบ	เถ้าแกลบขาว	เถ้าแกลบดำโรงสี
SiO_2	86.9 - 97.3	88.33	89.95
K_2O	0.6 – 2.5	2.76	1.49
Na_2O	0 – 1.5	0.15	0.07
CaO	0.2 – 1.5	0.56	0.50
MgO	0.12 – 1.96	0.28	0.23
Fe_2O_3	0 - 0.6	3.37	1.87
P_2O_5	0.2 – 2.9	NA	NA
SO_3	0.1 – 1.1	0.12	0.02

2.7 เถ้าไม้ยางพา

ดนุพล อ้างใน สราวุธ เทศศิริ (2550) ได้กล่าวว่า อนุภาคของเถ้าไม้ยางพารามีขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าเถ้าลอย ซึ่งอนุภาคของเถ้าไม้ยางพารามีขนาด 48.85 ไมโครเมตร ซึ่งใหญ่กว่าเถ้าลอยประมาณ 10 เท่า เถ้าไม้ยางพารามีลักษณะทั้งเม็ดเหลี่ยมและเม็ดมุม มีทั่วผิวขรุขระมีรูปพรุนอยู่ และมีบางอนุภาคเป็นแผ่นวางซ้อนหนาติดกัน ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวจึงมีความดูดซึมน้ำได้มาก และพื้นที่บางส่วนบดบังการทำปฏิกิริยาได้ไม่ทั่วถึง

จรูน อ้างถึงใน สราวุธ เทศศิริ (2550) ได้กล่าวว่า ลักษณะของเถ้าไม้ยางพารามีอนุภาคหยาบกว่าเมื่อเทียบกับอนุภาคของปูนซีเมนต์ลักษณะของเถ้าไม้ยางพาราเป็นรูปร่างไม่แน่นอนมีขนาดแตกต่างกัน มีลักษณะเป็นเหลี่ยมๆ มนๆ ปะปนเป็นจำนวนมากลักษณะคล้ายวัตถุที่มีรูพรุนการกระจายตัวของอนุภาคลักษณะของเถ้าไม้ยางพาราอยู่ในเกณฑ์สูง ขนาดของอนุภาคแตกต่างกันมากโดยมีอนุภาคที่เล็กที่สุดเท่ากับ 0.375 ไมครอน และมีขนาดใหญ่สุดเท่ากับ 717.80 ไมครอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.91 ไมครอน ในขณะที่ปูนซีเมนต์มีอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 21.30 ไมโครเมตร

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าไม้ยางพาราแสดงใน**ตารางที่2.7-1** ซึ่งประกอบด้วยแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ประมาณร้อยละ 32.34 โดยน้ำหนัก และมีซิลิกา (SiO_2) ปริมาณร้อยละ 15.14 โดยน้ำหนักนอกจากนั้นยังมี โปรแทสเซียมอยู่ปริมาณร้อยละ 19.05 โดยน้ำหนัก ซัลเฟอร์อยู่ปริมาณร้อยละ 3.29 และค่าการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการเผา (Loss On Ignition หรือ LOI) ซึ่งตามปกติมี LOI อยู่ประมาณร้อยละ 2.64 โดยน้ำหนัก

จรูน เจริญเนตรกุล (2547) ได้กล่าวว่า ปริมาณแคลเซียมออกไซด์เทียบเท่า (CaO Equivalent) ในวัสดุประสานมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลาน กล่าวคือ มอร์ตาร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานในอัตราแทนที่ที่เท่ากัน กำลังอัดมอร์ตาร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานที่มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO) มากกว่าจะมีความสามารถรับกำลังอัดได้มากด้วย

ตารางที่ 2.7-1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าไม้ยางพารา

องค์ประกอบทางเคมี (%)	เถ้าไม้ยางพารา
SiO_2	15.14
Al_2O_3	1.06
Fe_2O_3	0.56
CaO	32.34
K_2O	19.05
SO_3	3.29
LOI	2.64

อ้างอิง จรูน เจริญเนตรกุล (2547)

2.8 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเกี่ยวกับอิฐบล็อก มีรายละเอียดดังแสดงไว้ใน**ตารางที่ 2.8-1**

ตารางที่ 2.8-1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชื่อวิจัย	ผลการศึกษา	แหล่งที่มา
การศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการทำอิฐบล็อกประสานจากเศษทรายดำ	จากการทดลองพร้อมวิเคราะห์ผลสามารถสรุปผลวิจัยที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05 พบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์กับเศษทรายดำโดยน้ำหนักในการทำอิฐบล็อกประสานดีที่สุด มีอัตราส่วนผสม 1:4 ให้ค่าความต้านทานแรงอัดเกินมาตรฐาน 70 กก./ตร.ซม. เหมาะสำหรับชนิดรับน้ำหนัก และอัตราส่วนผสม 1:12 เหมาะสำหรับชนิดไม่รับน้ำหนัก ดังนั้นเศษทรายดำสามารถนำมาทำอิฐบล็อกประสานได้จึงเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้ง	นายสมเกียรติ ฉิมสร (2553)
การใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้เพื่อเป็นวัสดุปอซโซลาน	กำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่ได้จากการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ต์แลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยเถ้าแกลบ-เปลือกไม้จากโรงไฟฟ้าที่ 2, 3, หรือ 4 โดยไม่ปรับปรุงความละเอียด (OR) ในอัตราส่วนร้อยละ 20 มีราค่าไม่ถึงร้อยละ 50 ที่อายุ 28 วัน เมื่อเทียบกับมอร์ต้าร์มาตรฐาน ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมากและไม่เหมาะที่จะนำมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์แต่เมื่อบดเถ้าแกลบ-เปลือกไม้จนมีความละเอียดเพิ่มขึ้นและมีน้ำหนักค้างตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 ระหว่างร้อยละ 25-30 (CR) พบว่ากำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับมอร์ต้าร์ที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ OR โดยมีค่าประมาณร้อยละ 80 ถึง 100 ของมอร์ต้าร์	นายจักรพันธุ์ วงษ์พา (2546)

ตารางที่ 2.8-1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ชื่อวิจัย	ผลการศึกษา	แหล่งที่มา
การพัฒนาอิฐคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน	จากการทดลองพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผลิตอิฐคอนกรีตที่มีเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อทรายต่อเถ้าปาล์มน้ำมันเป็น 1:1:2 โดยน้ำหนักซึ่งง่ายต่อการจดจำ อิฐคอนกรีตที่ได้มีค่าความหนาแน่นประมาณ 766 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อก สามารถรับแรงอัดได้ประมาณ 90 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำของคอนกรีตบล็อกแบบไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 มีค่าการดูดซึมน้ำประมาณร้อยละ 20 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ค่าการนำความร้อน 0.194 W/mK ซึ่งสามารถป้องกันความร้อนได้ใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบา	พัชราวรรณ เก๊อะเจริญ (2554)
การเตรียมอิฐบล็อกมวลเบาจากแกลบ	จากการศึกษาพบว่าอิฐบล็อกที่มีอายุการบ่ม 28 วัน จะมีค่าความต้านการอัดเฉลี่ยมากที่สุด ถึงแม้ว่าอิฐบล็อกที่แทนที่วัสดุผสมด้วยแกลบ 75% ที่เตรียมได้จะมีค่าความต้านการอัดเฉลี่ยต่ำกว่าอิฐบล็อกมวลเบาสำหรับงานก่อ ซึ่งมีค่าความต้านการอัดต่ำสุดเท่ากับ 100 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ยังคงผ่านเกณฑ์มาตรฐานค่าความต้านการอัดต่ำสุดของอิฐบล็อกมวลเบาสำหรับงานฉนวนความร้อน ซึ่งเท่ากับ 10 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามมาตรฐาน ACI.DESIGNATION : 213R-87 อิฐบล็อกมวลเบาผสมแกลบ จึงน่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างสำหรับงานฉนวนความร้อนและงานก่อสร้างได้	สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา (2553)

ตารางที่ 2.8-1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ชื่อวิจัย	ผลการศึกษา	แหล่งที่มา
การใช้ฝุ่นหินภูเขาไฟในผลิตภัณฑ์บล็อกประสาน	งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ฝุ่นหินภูเขาไฟ ในผลิตภัณฑ์บล็อกประสาน กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1: ฝุ่นหินภูเขาไฟ: เท่ากับ 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10 และ 1:11โดยน้ำหนัก ใช้ปริมาณน้ำประปา ร้อยละ 10 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ขึ้นรูปบล็อกประสาน ขนาด 10 x 10 x 20 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดแบบมือโยก ทดสอบตามมาตรฐาน มผช. 602 – 2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน ผลการทดสอบ พบว่า มีความหนาแน่น ความต้านทานแรงอัด และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลง ส่วนการดูดกลืนน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม บล็อกประสานอัตราส่วนที่มีฝุ่นหินภูเขาไฟน้อยกว่าอัตราส่วน 1:8 มีสมบัติผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด	กิตติพงษ์ สุวีโรและคณะ อ้างถึงใน ประชุม คำพุฒ (2553)
การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบและเถ้าขี้เลื่อยสำหรับอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก	ผลการทดสอบประสิทธิภาพ 5 ชุดการทดลองมาเปรียบเทียบมาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 3 ปูนซีเมนต์ : ทราย : น้ำ : เถ้าแกลบ : เถ้าขี้เลื่อย (1 : 0.5 : 1 : 0.915 : 0.915) เนื่องจากผลทดสอบประสิทธิภาพกำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ ความชื้น และการเปลี่ยนแปลงความยาว มีค่าใกล้เคียงมาตรฐานมอก. 58-2533	วิจิตร พรมสุวรรณ และ วาซินีย์ หลำเบ็นสะ (2555)

ตารางที่ 2.8 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ชื่อวิจัย	ผลการศึกษา	แหล่งที่มา
อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมเถ้าและกะลาปาล์มน้ำมัน	งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าปาล์มน้ำ มันมาแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน และนำกะลาปาล์มน้ำมันมาแทนที่ดินลูกรังบางส่วน เพื่อผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าและกะลาปาล์มและเปรียบเทียบคุณสมบัติกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มและแทนที่ดินลูกรังด้วยกะลาปาล์ม ในอัตราส่วนร้อยละ 5-5, 10-10, 15-15, 20-20, 25-25, 30-30, 35-35 และ 40-40 โดยน้ำ หนัก มวลรวมที่ใช้ในการผลิต คือ ดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ ทราย เถ้าปาล์ม และกะลาปาล์ม บ่มในอากาศ 28 วัน นำมาทดสอบการดูดกลืนน้ำ และการทดสอบการรับแรงอัด จากผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มปริมาณของเถ้าปาล์มและกะลาปาล์มจะทำให้อิฐบล็อกประสานมีอัตราการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น และพบว่าอิฐบล็อกประสานที่ผสมเถ้าปาล์มและกะลาปาล์มจะทำให้อิฐบล็อกประสานมีอัตราส่วนผสมร้อยละที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความสามารถในการรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานลดลง และเมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 พบว่าค่าการรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าปาล์มและกะลาปาล์ม ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนัก	จรูญ เจริญเนตรกุล (2551)

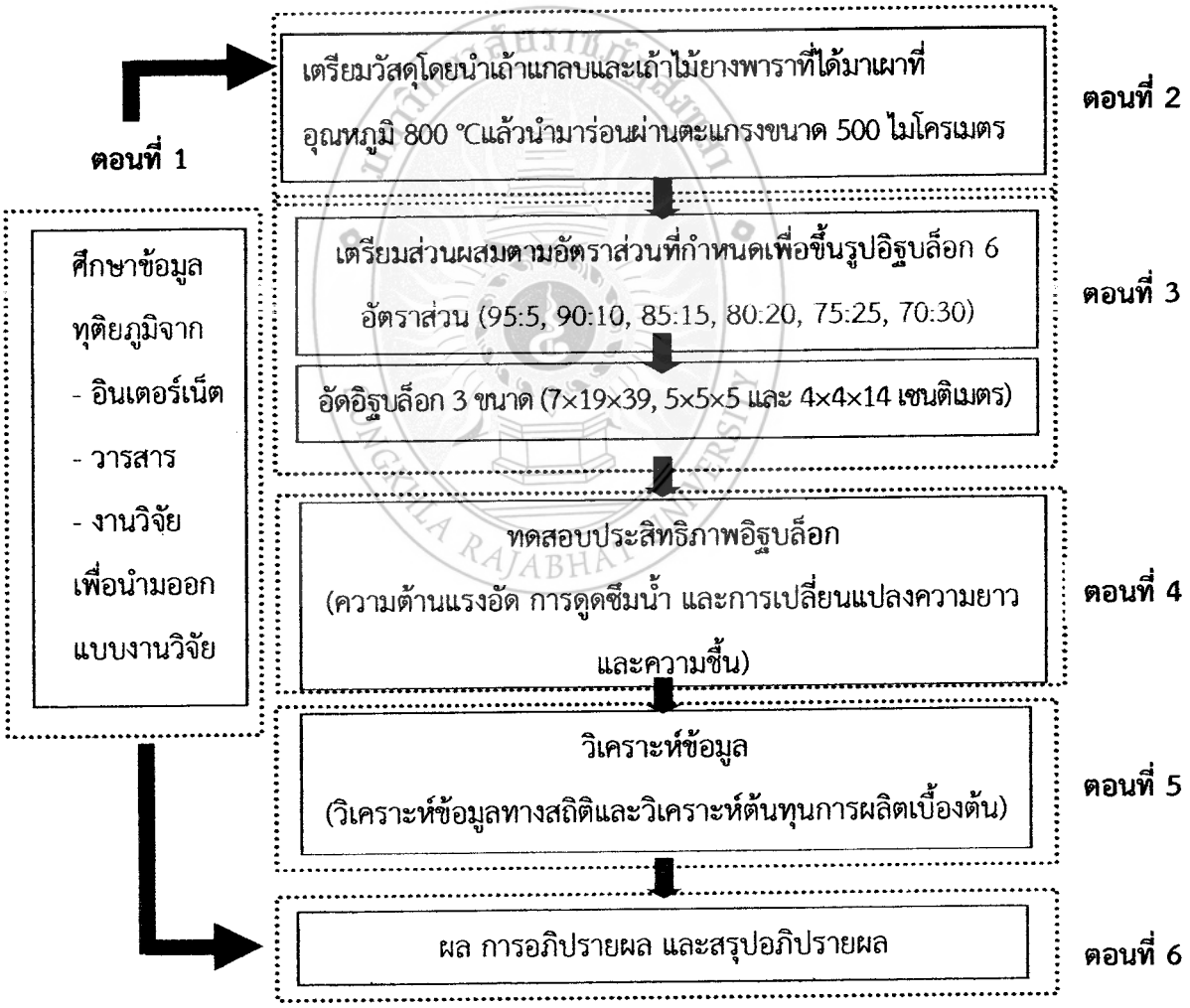
จากตารางงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า

ในอัตราส่วนผสมเศษวัสดุที่นำมาผสมในอัตราส่วนที่น้อยที่สุดจะทำให้ได้ค่าความต้านแรงอัดสูงที่สุดอิฐบล็อกที่มีอายุการบ่ม 28 วัน จะมีค่าความต้านการอัดเฉลี่ยมากที่สุด การเพิ่มปริมาณของเถ้าปาล์มและกะลาปาล์มจะทำให้อิฐบล็อกประสานมีอัตราการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น และพบว่าอิฐบล็อกประสานที่ผสมเถ้าปาล์มและกะลาปาล์มจะทำให้อิฐบล็อกประสานมีอัตราส่วนผสมร้อยละที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความสามารถในการรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานลดลง พบว่าอิฐบล็อกมวลเบาผสมแกลบ น่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างสำหรับงานฉนวนความร้อนและงานก่อสร้างได้ กำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่ได้จากการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ต์แลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยเถ้าแกลบ-เปลือกไม้จากโรงไฟฟ้าที่ 2, 3, หรือ 4 โดยไม่ปรับปรุงความละเอียด (OR) ในอัตราส่วนร้อยละ 20 มีราค่าไม่ถึงร้อยละ 50 ที่อายุ 28 วัน เมื่อเทียบกับมอร์ต้าร์มาตรฐาน ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมากและไม่เหมาะที่จะนำมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 กรอบแนวความคิดการศึกษา

งานวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารามาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก กรอบแนวคิดของการศึกษาแสดงไว้ดังรูปที่ 3.1-1



รูปที่ 3.1-1 กรอบแนวคิดของการศึกษา

3.2 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการโดยศึกษาการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพาราสำหรับอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ด้วยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม ในอัตราส่วน (95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30) โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาว และความชื้น

3.2.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

1) เถ้าแกลบ ที่เหลือจากการเผาถ่านไม้ยางพารา (การเผาแบบหลุม) ได้รับความอนุเคราะห์จาก นายวุน ชูเมือง ตำบลม่วงเตี้ย อำเภอแม่ลาน จังหวัดปัตตานี โดยเก็บตัวอย่างวันที่ 18 สิงหาคม 2558 ประมาณที่ใช้ในการศึกษา 30 กิโลกรัม

2) เถ้าไม้ยางพารา ที่เหลือจากการเผาถ่านไม่ยางพารา (การเผาแบบโดม ไม่ใช้แกลบคลุม) ได้จากการเผาได้รับความอนุเคราะห์จาก นายธีรพงษ์ ชุมแสง ตำบลถ้ำพรรณรา อำเภอถ้ำพรรณรา จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยเก็บตัวอย่างวันที่ 12 สิงหาคม 2558 ประมาณที่ใช้ในการศึกษา 30 กิโลกรัม

3.2.2 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

1) พื้นที่ผลิตอิฐบล็อก ขนาด 7x19x39 เซนติเมตร โดยใช้สถานที่ผลิตอิฐบล็อกแบบชุมชนของ นายวารินมณีรัตน์ ตำบลละงู อำเภอละงู จังหวัดสตูล ซึ่งเป็นเบ้าหล่อที่ใช้สำหรับอิฐบล็อก

2) การผลิตอิฐบล็อก ขนาด 4x4x16 เซนติเมตร และขนาด 5x5x5 เซนติเมตร ซึ่งทำการผลิตอิฐบล็อกจากเบ้าไม้ทำมือโดยใช้พื้นที่บ้านเลขที่ 239/24 หมู่ 10 ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

3.2.3 การทดสอบประสิทธิภาพ

1) ทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาว การดูดซึมน้ำ และความชื้น ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

2) วิเคราะห์การต้านแรงอัด ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

3.3 วัสดุและอุปกรณ์

3.3.1 วัสดุ

1) หินฝุ่น ขนาด 0-3 มิลลิเมตร

2) น้ำสะอาด

3) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

4) เถ้าแกลบ

5) เถ้าไม้ยางพารา

3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1) เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง mettle Toledo /al204

2) ผ้าซับน้ำ ผ้าสะอาดที่สามารถซับน้ำได้ดี

3) อ่างน้ำ

4) เครื่องทดสอบความต้านแรงอัด electromechanica universal testing machine

5) ตู้อบอากาศร้อน (OVEN) memmert /ufe500

6) เครื่องผสมคอนกรีต

7) เครื่องอัดอิฐบล็อก

8) ตะแกรงร่อน ขนาด 500 ไมโครเมตร

3.4 การเตรียมเถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารา

3.4.1 นำเถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารามาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น จากนั้นทำการบดเถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารา

3.4.2 นำเถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพาราที่ได้ร่อนด้วยตะแกรงขนาด 500 ไมโครเมตร ชั่งน้ำหนักวัสดุที่บดแล้วตามที่ใช้ทดลอง

3.5 การกำหนดอัตราส่วนผสมอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารา

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่องอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก โดยใช้อัตราส่วนที่ผลิตขายตามร้านวัสดุก่อสร้าง คือ ปูนซีเมนต์ : หินฝุ่น (1:5) จึงนำมาพัฒนาโดยใช้เถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารา มาทดแทนปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25 และ 70:30 ตามลำดับ มีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 อัตราส่วนเถ้าแกลบในการทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

สำหรับอัตราส่วนของเถ้าแกลบที่ใช้เป็นส่วนผสมในการอัดอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก (CR) มีทั้งหมด 6 สูตรมีรายละเอียดดังแสดงใน**ตารางที่ 3.5-1**

ตารางที่ 3.5-1 อัตราส่วนเถ้าแกลบในการทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

สูตร	อัตราส่วน ปูน : เถ้า ร้อยละโดยมวล	สูตรผสมโดย ปริมาณ วัสดุประสาน : หินฝุ่น	อัตราส่วนผสมร้อยละโดยมวล			
			ปูน	เถ้า	หินฝุ่น	น้ำ
CR1	95 : 5	1 : 5	15.04	0.79	79.17	5
CR2	90 : 10	1 : 5	14.25	1.58	79.17	5
CR3	85 : 15	1 : 5	13.46	2.37	79.17	5
CR4	80 : 20	1 : 5	12.66	3.17	79.17	5
CR5	75 : 25	1 : 5	11.87	3.96	79.17	5
CR6	70 : 30	1 : 5	11.08	4.75	79.17	5

หมายเหตุ CR อิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ

3.5.2 อัตราส่วนเถ้าไม้ยางพารา (100:0) ในการทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

สำหรับอัตราส่วนของเถ้าไม้ยางพาราที่ใช้เป็นส่วนผสมในการอัดอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก (CP) มีทั้งหมด 6 สูตรมีรายละเอียดดังแสดงใน**ตารางที่ 3.5-2**

ตารางที่ 3.5-2 อัตราส่วนเถ้าไม้ยางพารา (100:0) ในการทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

สูตร	อัตราส่วน ปูน : เถ้า ร้อยละโดยมวล	สูตรผสมโดย ปริมาณ วัสดุประสาน : หินฝ่น	อัตราส่วนผสมร้อยละโดยมวล			
			ปูน	เถ้า	หินฝุ่น	น้ำ
CP1	95 : 5	1 : 5	15.04	0.79	79.17	5
CP2	90 : 10	1 : 5	14.25	1.58	79.17	5
CP3	85 : 15	1 : 5	13.46	2.37	79.17	5
CP4	80 : 20	1 : 5	12.66	3.17	79.17	5
CP5	75 : 25	1 : 5	11.87	3.96	79.17	5
CP6	70 : 30	1 : 5	11.08	4.75	79.17	5

หมายเหตุ CP อิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักไม้ยางพารา

3.5.3 อัตราส่วนผสมเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารา (50:50) ในการทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

สำหรับอัตราส่วนของเถ้าผสม ที่ใช้เป็นส่วนผสมในการอัดอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก (CRP) มีทั้งหมด 6 สูตรมีรายละเอียดดังแสดงใน**ตารางที่ 3.5-3**

ตารางที่ 3.5-3 อัตราส่วนเถ้าผสม (เถ้าแกลบต่อเถ้าไม้ยางพารา ในอัตราส่วน 50:50) ในการทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

สูตร	อัตราส่วน ปูน : เถ้า ร้อยละโดยมวล	สูตรผสมโดยปริมาณวัสดุประสาน : หินฝุ่น	อัตราส่วนผสมร้อยละโดยมวล			
			ปูน	เถ้า	หินฝุ่น	น้ำ
CRP1	95:5	1:5	15.04	0.79	79.17	5
CRP2	90:10	1:5	14.25	1.58	79.17	5
CRP3	85:15	1:5	13.46	2.37	79.17	5
CRP4	80:20	1:5	12.66	3.17	79.17	5
CRP5	75:25	1:5	11.87	3.96	79.17	5
CRP6	70:30	1:5	11.08	4.75	79.17	5

หมายเหตุ CRP อิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารา

3.6 การขึ้นรูปอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

3.6.1 เตรียมส่วนผสมตามอัตราส่วนในตาราง 3.5-1, 3.5-2 และ3.5-3 (ตัวอย่างเช่น ต้องการผสมสูตร CR1 ทั้งหมด 100 กก. จะต้องใส่วัสดุดังนี้ ปูนซีเมนต์=15.04 กิโลกรัม เถ้าแกลบ=0.79 กิโลกรัม และหินฝุ่น=79.17 กิโลกรัม) ยกเว้นน้ำ ใส่ลงในเครื่องผสมคอนกรีตแล้วผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ในสูตรอื่นก็ทำเหมือนกัน

3.6.2 ใส่น้ำที่เตรียมไว้ลงไปในเครื่องผสมคอนกรีต การใส่น้ำควรใส่น้ำลงไปทีละนิดโดยทำการหยุดเครื่องผสม ทำการเคาะ เถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา ทราย และปูนซีเมนต์ ที่เกาะตามข้างเครื่องผสมคอนกรีตออกบ่อยๆ เติมน้ำจนครบ จากนั้นทำการหมุนเครื่องผสมคอนกรีตเป็นเวลา 7-10 นาที

3.6.3 นำส่วนผสมที่ผสมจนเข้ากันดีแล้วไปอัดในเครื่องอัดบล็อกขนาด 7×19×39 และอิฐบล็อกทดสอบขนาด 5×5×5 และขนาด 4×4×16 เซนติเมตร แต่ละก้อนใส่ส่วนผสมให้เท่าๆ กัน จึงทำการอัดอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารา

3.6.4 ก่อนที่จะใส่ส่วนผสมลงในเครื่องอัดบล็อกควรทาน้ำมันก่อน เพื่อไม่ให้ส่วนผสมติดกับเครื่องอัดอิฐบล็อก และป้องกันการสึกหรอของเครื่องอัดอิฐบล็อก

3.6.5 เมื่อทำการอัดเสร็จแล้วให้ยกอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่ได้ออกจากเครื่องอัดอิฐบล็อกและนำไปวางให้เป็นระเบียบเรียบร้อย (แต่ละชุดการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง)

3.6.6 นำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่ได้จากข้อ 3.6.5 มาทำการบ่มโดยปกคลุมผิวมิให้ถูกแดดหรือลมร้อน และมิให้ถูกรบกวนหรือสะเทือน เพื่อให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการรับแรงและความทนทานตามความต้องการ ห้ามนำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพาราไปตากแดดเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่เกิดขึ้นจะไม่สมบูรณ์ และมีผลต่อกำลังต้านแรงอัดอัดของอิฐบล็อก หลังจากนั้นเมื่ออายุครบ 14 วันก็นำอิฐบล็อกไปทำการทดสอบประสิทธิภาพ

3.7 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพ มีวิธีการดังตารางที่ 3.7-1 และรายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก

ตารางที่ 3.7-1 การทดสอบประสิทธิภาพของอิฐบล็อก

ลำดับที่	พารามิเตอร์	อ้างอิง	หมายเหตุ	
1	ความต้านแรงอัด	มาตรฐาน มอก. 58-2533	วิเคราะห์เอง	ณ มทร. ศรีวิชัย
2	การดูดซึมน้ำ	มาตรฐาน มอก. 58-2533	วิเคราะห์เอง	ศูนย์วิทยาศาสตร์
3	การเปลี่ยนแปลงความยาว	มาตรฐาน มอก. 58-2533	วิเคราะห์เอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
4	ความชื้น	มาตรฐาน มอก. 58-2533	วิเคราะห์เอง	
5	การยุบตัวของคอนกรีต	มทช.(ท) 103.1-2545	วิเคราะห์เอง	
6	ความถ่วงจำเพาะ	ASTM D 854 – 00 Standard Test Methods for Specific Gravity Of Soil Solids By Water Pycnometer	วิเคราะห์เอง	

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.8.1 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

- การวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา โดยวิเคราะห์ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน เพื่อนำเสนอผลการศึกษา

- การวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบอ้างอิง **โดยวิเคราะห์** One Way Anova เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของชนิดเถ้าต่อประสิทธิภาพของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักรวมถึงการเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราส่วนผสม (6 ชุด) ต่อประสิทธิภาพของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

3.8.2 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้นของการผลิตอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักจะวิเคราะห์จากต้นทุนของวัสดุคือ หินฝุ่น ปูนซีเมนต์ รวมถึงต้นทุนค่าดำเนินการคือ ค่าน้ำ ค่าไฟ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบสมบัติระหว่างเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารามาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วนสำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

บทที่ 4
ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพาราสำหรับอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ด้วยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม (เถ้าแกลบต่อเถ้าไม้ยางพารา ในอัตราส่วน 50:50) ในอัตราส่วน (95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30) โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก 4 พารามิเตอร์ ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการทดสอบความต้านแรงอัด

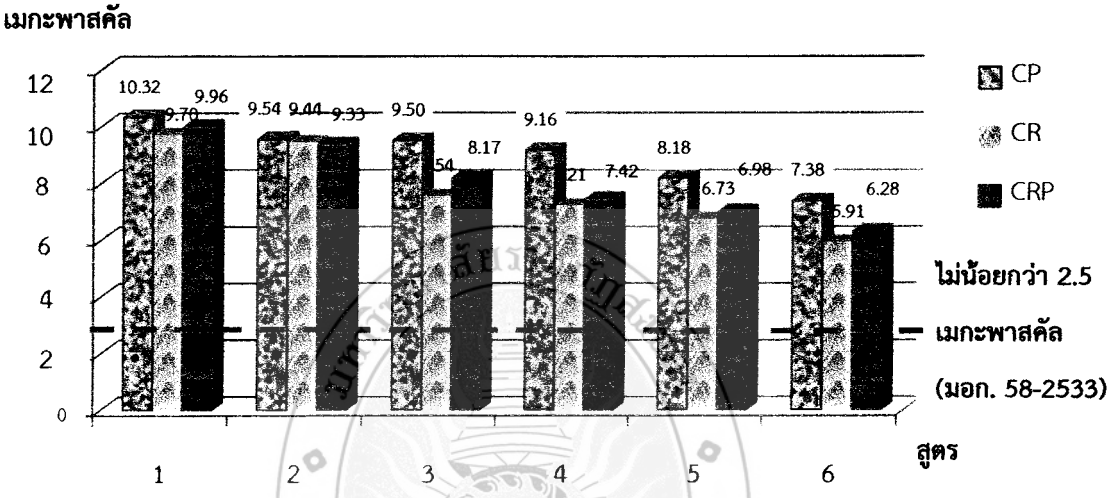
ผลการทดสอบความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม พบว่า มีค่าความต้านแรงอัด อยู่ในช่วงระหว่าง 5.91±0.228 – 10.32±0.134 เมกะพาสคัล โดยมีค่าสูงสุดในสูตร CP1 และค่าต่ำสุดในสูตร CRP6 ดัง**ตารางที่ 4.1-1**

ตารางที่ 4.1-1 ผลการทดสอบความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

สูตร	อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : เถ้า ร้อยละโดยมวล	ความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก เถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม เฉลี่ย(เมกะพาสคัล)		
		CR	CP	CRP
1	95:5	9.70±0.006	10.32±0.134	9.96±0.008
2	90:10	9.44±0.041	9.54±0.015	9.33±0.060
3	85:15	7.54±0.006	9.50±0.025	8.17±0.212
4	80:20	7.21±0.161	9.16±0.075	7.42±0.059
5	75:25	6.73±0.019	8.18±0.310	6.98±0.123
6	70:30	5.91±0.228	7.38±0.079	6.28±0.370

หมายเหตุ CP อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าไม้ยางพารา
CR อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ
CRP อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักผสม (เถ้าแกลบต่อเถ้าไม้ยางพารา 50:50)

เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดค่าความต้านแรงอัดไว้ไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล พบว่าทุกสูตรผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังรูปที่ 4.1-1



รูปที่ 4.1-1 ค่าความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

ซึ่งจะเห็นได้ว่าอิฐบล็อกเถ้าไม้ยางพาราจะมีค่าความต้านแรงอัดสูงกว่าอิฐบล็อกเถ้าแกลบในอัตราส่วนเดียวกัน เนื่องจากเถ้าไม้ยางพารามีปริมาณแคลเซียมออกไซด์สูงกว่าเถ้าแกลบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จรูญ เจริญเนตรกุล (2547) ได้กล่าวว่า **ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ในวัสดุประสานมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการรับแรงอัดของมอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลาน กล่าวคือ มอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานในอัตราแทนที่ที่เท่ากัน กำลังอัดมอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานที่มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์** (CaO) มากกว่าจะมีความสามารถรับแรงอัดได้มากด้วย

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ค่าความต้านแรงอัดมาเปรียบเทียบความแตกต่างของเถ้าแต่ละชนิด และอัตราส่วนผสม รายละเอียดดังแสดงใน**ภาคผนวก ค** พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.2 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำ

ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม พบว่ามีค่าการดูดกลืนน้ำ อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 5.2±0.050 – 12.46±0.299 โดยมีค่าสูงสุดในสูตร CR6 และค่าต่ำสุดในสูตร CP1 ดัง**ตารางที่4.2-1**

ตารางที่ 4.2-1 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

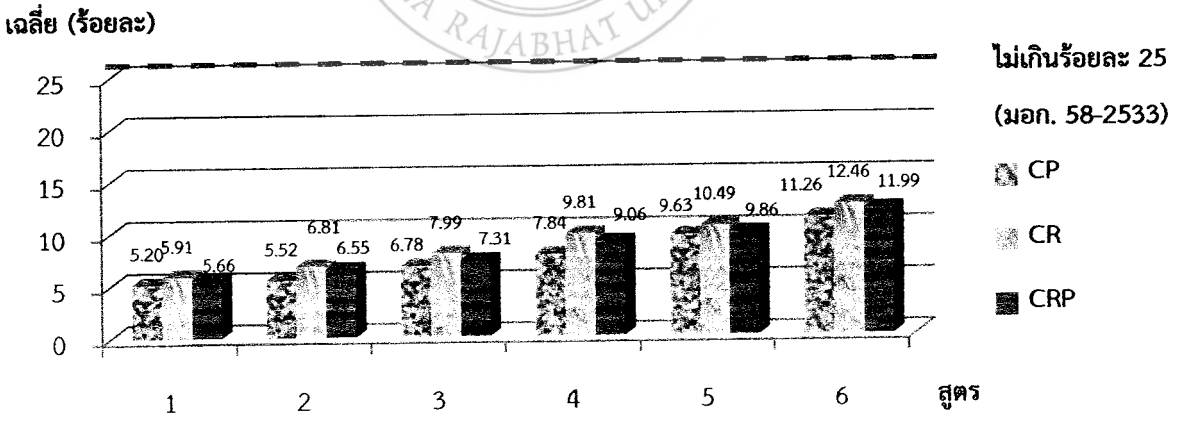
สูตร	อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : เถ้า ร้อยละโดยมวล	ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก เถ้าแกลบเถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม (ร้อยละ)		
		CR	CP	CRP
1	95:5	5.90±0.009	5.20±0.050	5.66±0.075
2	90:10	6.81±0.489	5.52±0.233	6.55±0.083
3	85:15	7.99±0.175	6.78±0.111	7.31±0.076
4	80:20	9.81±0.153	7.84±0.061	9.06±0.191
5	75:25	10.49±0.026	9.63±0.082	9.86±0.177
6	70:30	12.46±0.299	11.26±0.139	11.99±0.115

หมายเหตุ CP อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าไม้ยางพารา

CR อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ

CRP อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักผสม (เถ้าแกลบต่อเถ้าไม้ยางพารา 50:50)

เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58–2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักซึ่งกำหนดค่าไว้ไม่เกินร้อยละ 25 พบว่าทุกสูตรผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดัง**รูปที่ 4.2-1**



รูปที่ 4.2-1 ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

ซึ่งจะเห็นได้ว่า อิฐบล็อกเถ้าไม้ยางพาราจะมีการดูดกลืนน้ำน้อยกว่าอิฐบล็อกเถ้าแกลบในอัตราส่วนเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิจิตร พรมสุวรรณ และวาชินีย์ หลำเบ็นสะ (2555) เมื่อเพิ่มเถ้าไม้ยางพาราทำให้อิฐบล็อกดูดกลืนน้ำน้อยลง เนื่องจากเถ้าไม้ยางพารามีความละเอียดกว่าและมีรูพรุนน้อยกว่าเถ้าแกลบซึ่งมีความพรุนสูงทำให้ระยะห่างระหว่างอนุภาคสูง ส่งผลให้มีช่องว่างเป็นจำนวนมาก และวัสดุที่มีความพรุนสูงส่งผลให้ต้องการน้ำมากขึ้น

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนน้ำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของเถ้าแต่ละชนิดและอัตราส่วนผสม รายละเอียดดังแสดงใน**ภาคผนวก ค** พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาว

ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสมเถ้า พบว่ามีค่าการเปลี่ยนแปลงความยาว อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 0.034±0.0004–0.1±0.002 โดยมีค่าสูงสุดในสูตร CR6 และค่าต่ำสุดในสูตร CP1 ดัง**ตารางที่ 4.3-1**

ตารางที่ 4.3-1 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาวอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

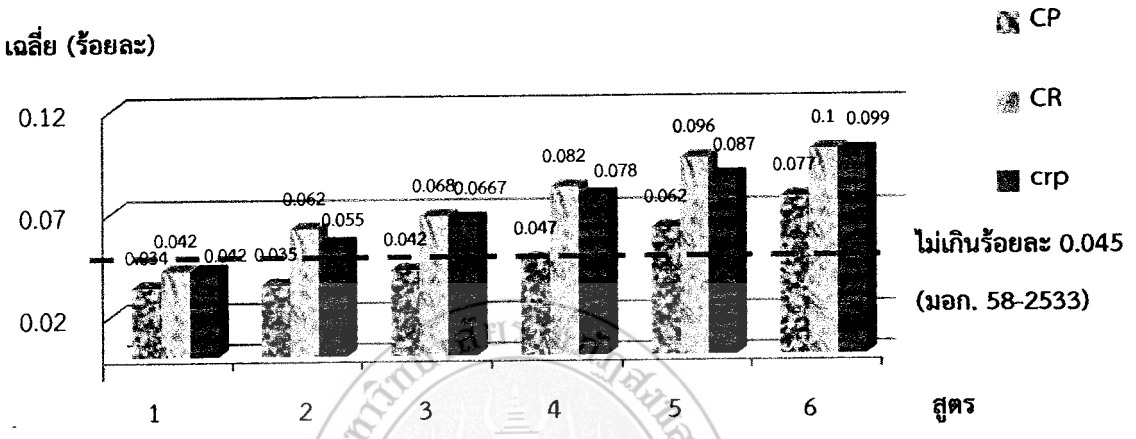
สูตร	อัตราส่วน ปูน : เถ้า ร้อยละโดยมวล	การเปลี่ยนแปลงความยาวอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก เถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม เฉลี่ย (ร้อยละ)		
		CR	CP	CRP
1	95:5	0.042±0.0004	0.034±0.0004	0.042±0.0037
2	90:10	0.062±0.0016	0.035±0.0003	0.055±0.0019
3	85:15	0.068±0.0018	0.042±0.0002	0.066±0.0056
4	80:20	0.082±0.0022	0.047±0.0001	0.078±0.0053
5	75:25	0.096±0.0025	0.062±0.0019	0.087±0.0041
6	70:30	0.100±0.0025	0.077±0.0008	0.099±0.0072

หมายเหตุ CP อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าไม้ยางพารา

CR อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ

CRP อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักผสม (เถ้าแกลบต่อเถ้าไม้ยางพารา 50:50)

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบเถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม กับ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58 - 2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดค่าไว้ไม่เกินร้อยละ 0.045 พบว่าสูตร CP1, CP2, CP3, CR1, และCRP1



รูปที่ 4.3-1 ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

ซึ่งจะเห็นได้ว่าอิฐบล็อกเถ้าแกลบจะมีการเปลี่ยนแปลงความยาวมากกว่าอิฐบล็อกเถ้าไม้ยางพารา เนื่องจากเถ้าแกลบมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าเถ้าไม้ยางพารา จึงส่งผลให้ปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดได้ช้ากว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, (2555) วัสดุที่นำมาผสม (ปอซโซลาน) นั้นต้องการการบ่มที่นานกว่า เพราะปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดขึ้นได้ช้า ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์เพสต์ตามอายุที่เพิ่มขึ้น แต่ยังคงมีอยู่ต่อไปตราบใดที่ยังมีน้ำให้ทำปฏิกิริยาอยู่ ดังนั้นควรบ่มคอนกรีตให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้

เมื่อนำผลการทวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักมาเปรียบเทียบความแตกต่างของเถ้าแต่ละชนิดและอัตราส่วนผสม รายละเอียดดังแสดงใน**ภาคผนวก ค** พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.4 ผลการทดสอบความชื้น

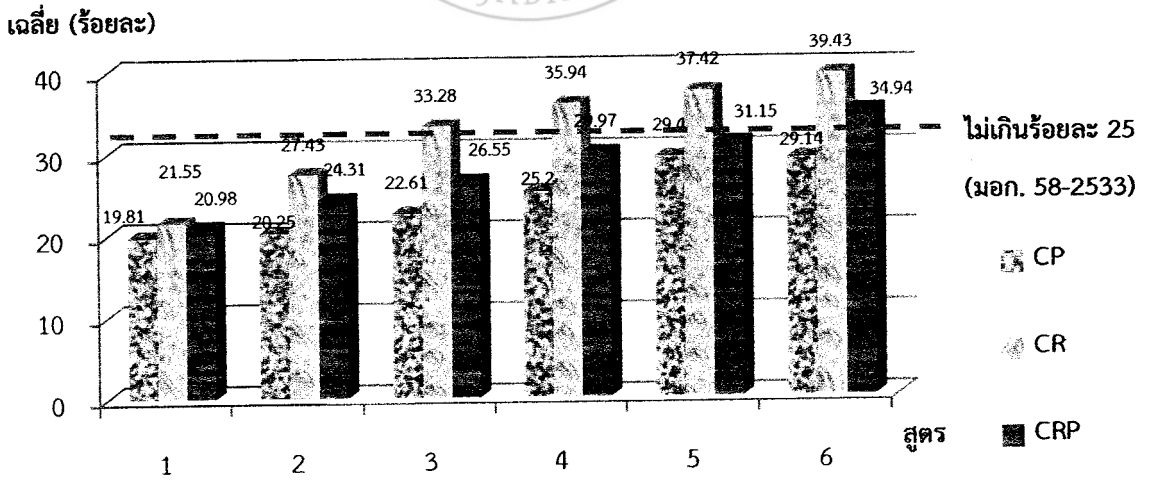
ผลการทดสอบการความชื้นของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบเถ้าไม้ยางพาราและเถ้าผสม พบว่ามีค่าความชื้น อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 19.81±0.639–39.43±0.137 ซึ่งโดยมีค่าสูงสุดในสูตร CR6 และค่าต่ำสุดในสูตร CP1 ดัง**ตารางที่ 4.4-1**

ตารางที่ 4.4-1 ผลการทดสอบความชื้นอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

สูตร	อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : เถ้า ร้อยละโดยมวล	ความชื้นของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม เฉลี่ย (ร้อยละ)		
		CR	CP	CRP
1	95:5	21.55±0.111	19.81±0.639	20.98±0.309
2	90:10	27.43±0.132	20.25±0.041	24.31±0.111
3	85:15	33.28±0.242	22.61±0.066	26.55±0.076
4	80:20	35.94±0.082	25.2±0.036	29.97±0.379
5	75:25	37.42±0.293	29.4±0.863	31.15±0.501
6	70:30	39.43±0.137	29.14±0.039	34.94±0.220

หมายเหตุ CP อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าไม้ยางพารา
CR อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ
CRP อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักผสม (เถ้าแกลบต่อเถ้าไม้ยางพารา 50:50)

เมื่อเปรียบเทียบค่าความชื้นของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม กับ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดค่าไว้ที่ไม่เกินร้อยละ 25 พบว่าสูตร CP1, CP2, CP3, CR1, CRP1, CRP2 และ CRP3 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังรูปที่ 4.4-1



รูปที่ 4.4-1 ค่าความชื้นของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

ซึ่งจะเห็นได้ว่าอิฐบล็อกเถ้าไม้ยางพาราจะมีความชื้นน้อยกว่าอิฐบล็อกเถ้าแกลบในอัตราส่วนเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิจิตร พรมสุวรรณ และวาชินีย์ หลำเบ็นสะ (2555) เนื่องจากเถ้าไม้ยางพารามีความละเอียดมากกว่าเถ้าแกลบที่มีลักษณะทางกายภาพที่มีรูพรุนสูง เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเถ้าไม้ยางพาราทำให้ช่องว่างอากาศภายในอิฐบล็อกน้อยลง จึงเก็บความชื้นได้น้อยลงด้วย แต่อย่างไรก็ตามความชื้นมีผลทำให้วัสดุส่วนต่างๆ ของอาคารชำรุดและเสียหาย เพราะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเนื้อวัสดุ ซึ่งมีสารที่เป็นกรดเกลือ หรือด่างเจือปน จึงทำให้เกิดการสึกกร่อนของวัสดุและแตกร้าวในที่สุด

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักมาเปรียบเทียบความแตกต่างของเถ้าแต่ละชนิดและอัตราส่วนผสม รายละเอียดดังแสดงใน**ภาคผนวก ค** พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.5 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

จากการศึกษาในเบื้องต้นทั้ง 18 ชุดการทดลองพบว่ามี 5 ชุดการทดลองที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก คือ CP1, CP2, CRP1, CR1 และ CP3 ตามลำดับ แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้นพบว่า ชุดทดลอง CP3 มีต้นทุนการผลิตต่ำสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.43 บาท/ก้อน รองลงมาคือ CP2 มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 3.57 บาท/ก้อน และ CP1,CR1,CRP1 ซึ่งมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 3.78 บาท/ก้อน ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงใน**ภาคผนวก ค**

ดังนั้นหากนำราคาชุดการทดลอง CP3 มาเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักในท้องตลาด พบว่าอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักมีราคา 4 บาท/ก้อน (คูขุดวัสดุก่อสร้าง) พบว่าอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่ศึกษาชุด CP3 มีต้นทุนการผลิตเบื้องต้นต่ำกว่าอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักในท้องตลาดถึง 0.6 บาท/ก้อน เนื่องจากอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่ผลิตได้ลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีราคาสูง จึงเป็นไปได้ว่าหากนำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักมาผลิตเชิงพาณิชย์จะยังมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลงจึงเหมาะสมที่จะส่งเสริมการผลิตอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพาราสำหรับอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ด้วยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสมในอัตราส่วน (95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30) โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาวและความชื้น ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

5.1 ความต้านแรงอัด

จากผลการทดสอบความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม พบว่า มีค่าความต้านแรงอัด อยู่ในช่วง 5.91±0.228 – 10.32±0.134 โดยมีค่าสูงสุดในสูตร CP1 และค่าต่ำสุดในสูตร CRP6 เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดค่าความต้านแรงอัดไว้ไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล พบว่าทุกสูตรผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อนำผลการวิเคราะห์ค่าความต้านแรงอัดมาเปรียบเทียบความแตกต่างของเถ้าแต่ละชนิด และอัตราส่วนผสม รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ค พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5.2 การดูดกลืนน้ำ

จากผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม พบว่ามีค่าการดูดกลืนน้ำ อยู่ในช่วง 5.2±0.050 – 12.46±0.299 โดยมีค่าสูงสุดในสูตร CR6 และค่าต่ำสุดในสูตร CP1 เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบ เถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58 – 2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดค่าไว้ไม่เกินร้อยละ 25 พบว่าทุกสูตรผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อนำผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนน้ำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของเถ้าแต่ละชนิดและอัตราส่วนผสม รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ค พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5.3 การเปลี่ยนแปลงความยาว

จากผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบเถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสมเถ้า พบว่ามีค่าการเปลี่ยนแปลงความยาว อยู่ในช่วง 0.034±0.0004 – 0.1±0.002 โดยมีค่าสูงสุดในสูตร CR6 และค่าต่ำสุดในสูตร CP1 เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบเถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสมกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58 - 2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดค่าไว้ไม่เกินร้อยละ 0.045 พบว่าสูตร CP1, CP2, CP3, CR1, และ CRP1 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อนำผลการวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักมาเปรียบเทียบความแตกต่างของเถ้าแต่ละชนิดและอัตราส่วนผสม รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ค พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5.4 ความชื้น

จากผลการทดสอบการความชื้นของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบเถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม พบว่ามีค่าความชื้น อยู่ในช่วง 19.81±0.639 – 39.43±0.137 ซึ่งโดยมีค่าสูงสุดในสูตร CR6 และค่าต่ำสุดในสูตร CP1 เมื่อเปรียบเทียบค่าความชื้นของอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบเถ้าไม้ยางพารา และเถ้าผสม กับ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58 - 2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดค่าไว้ที่ไม่เกินร้อยละ 25 พบว่าสูตร CP1, CP2, CP3, CR1, CRP1, CRP2 และ CRP3 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อนำผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักมาเปรียบเทียบความแตกต่างของเถ้าแต่ละชนิดและอัตราส่วนผสม รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ค พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า อัตราส่วนที่ดีที่สุด คือ ชุดการทดลอง CP1 อัตราส่วนการทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าไม้ยางพารา 95:5 เนื่องจากผลการทดสอบประสิทธิภาพการต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ ความชื้น การเปลี่ยนแปลงความยาว มีค่าผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก และรองลงมาคือชุดทดลอง CP2, CRP1, CR1 และ CP3 ตามลำดับ

5.5 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้นพบว่า ชุดทดลอง CP3 มีต้นทุนการผลิตต่ำสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.43 บาท/ก้อนแต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับราคาอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักในท้องตลาด พบว่ามีราคาถูกกว่าประมาณ 60 สตางค์/ก้อน จึงเป็นไปได้ที่จะนำเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารามาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วนสำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักมาผลิตเพื่อการพาณิชย์

5.6 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีวิธีการทดสอบความชื้นของผสมในขั้นตอนการขึ้นอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าไม้ยางพารา เพื่อให้ได้ความชื้นที่เหมาะสมในการขึ้นรูปอิฐบล็อก

2. ควรมีการศึกษาวัสดุเหลือใช้ชนิดอื่นๆ ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักได้ดีกว่า เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บรรณานุกรม

จรูญ เจริญเนตรกุล. (2557). “อิฐบล็อกที่มีส่วนผสมเถ้าแกลบและกะลาปาล์มน้ำมัน,” **วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต**. ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 หน้า 103-112: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

จักรพันธุ์ วงษ์พา. (2546). **การใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้เพื่อเป็นวัสดุปอซโซลาน**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นราธิป จันทร์ทอง, สมิตร ส่งพิริยะกิจ, เสรี เกียรยุทธชาติ และ อวิรุทธิ์ ทับทิมแท้. (2533). **การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของขี้เถ้าแกลบเพื่อใช้ในการทำคอนกรีต**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หน้า 23-39.

บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ พรีชล สุภัททธรรม. (2543). “คุณสมบัติทางกลและความทนทานของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบ,” **วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา**. ปีที่ 11 ฉบับที่ 4 หน้า 36-42: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ภานุ คะนอง. (2555). “การเตรียมอิฐบล็อกมวลเบาจากเถ้าแกลบ,” **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 หน้า 59-66:มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วิจิตร พรมสุวรรณ และ วาชินย์ หลำเบ็นสะ. (2555). **การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อยสำหรับอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก**. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

สมเกียรติ ฉิมสร. (2553) **การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำอิฐบล็อกประสานจากเศษทรายดำ**. สารนิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุรพันธ์ สุคันธปรีย์. (2545). **การศึกษาอิฐบล็อกที่มีเถ้าแกลบ-เปลือกไม้และเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม**. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ภาคผนวก ก

เรื่อง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก 58-2533

คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 1619 (พ.ศ. 2533)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (แก้ไขครั้งที่ 1)

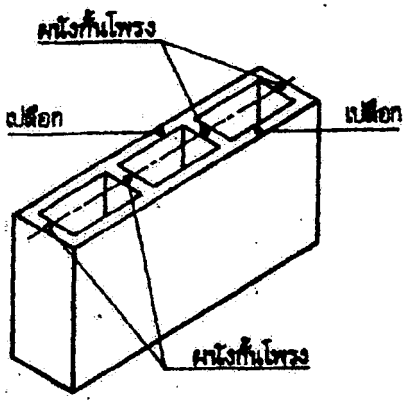
โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก.58-2530

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก.58-2530 ท้ายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1295 (พ.ศ. 2530) ลงวันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ. 2530 ดังต่อไปนี้

1. ให้แก้หมายเลขมาตรฐานเลขที่ "มอก.58-2530" เป็น "มอก.58-2533"
2. ให้ยกเลิกความในข้อ 1.1 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

   "1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภทและสัญลักษณ์ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน วัสดุ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินและการทดสอบคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก"
3. ให้ยกเลิกความในข้อ 2.3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

   "2.3 เปลือก (face-shell) หมายถึง ผนังของคอนกรีตบล็อกซึ่งเชื่อมต่อด้วยผนังกั้นโพรง ดังแสดงในรูปที่ 1"
4. ให้เพิ่มรูปต่อไปนี้เป็นรูปที่ 1



รูปที่ 1 เปลือกของคอนกรีตบล็กไม่รับน้ำหนัก

(ข้อ 2.3)

5. ให้ยกเลิกความในข้อ 3. และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"3. ประเภทและสัญลักษณ์

3.1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.1.1 ประเภท 1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ควบคุมความชื้น ใช้สัญลักษณ์ 1

3.1.2 ประเภท 2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ไม่ควบคุมความชื้น ใช้สัญลักษณ์ 2"

6. ให้แก้ความจาก "รูปที่ 1" เป็น "รูปที่ 2" ทุกแห่ง

7. ให้ยกเลิกความในข้อ 6.2 และข้อ 6.3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"6.2 ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก
ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าแต่ละก้อนต้องเป็นไปตามตารางที่ 2
การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.109

6.3 ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภท 1)
ต้องเป็นไปตามตารางที่ 3"

8. ให้ยกเลิกชื่อตารางที่ 3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน
"ตารางที่ 3 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภท 1)"

9. ให้ยกเลิกความในหมายเหตุ [1)] ท้ายตารางที่ 3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน
"หมายเหตุ[1)] ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ASTM C 426)"

10. ให้ยกเลิกความใน (1) ของข้อ 7.1 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน
"(1) สัญลักษณ์แสดงประเภท"

11. ให้ยกเลิกความในข้อ 8.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"8.2 การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบ ให้กระทำ ณ สถานที่ผลิต และต้องให้เวลาสำหรับการทดสอบจนครบทุกรายการอย่างน้อย 10 วัน"

12. ให้ยกเลิกความในข้อ 8.3.1 และข้อ 8.3.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"8.3.1 การชักตัวอย่าง

ให้เป็นไปตาม มอก.109 โดยคัดตัวอย่างที่บกพร่องเนื่องจากการขนส่งออกเสียก่อน แล้วจึงชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันมาทำเป็นตัวอย่างทดสอบ

8.3.2 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4. และข้อ 6. ทุกข้อ จึงจะถือว่าคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ในกรณีที่มีตัวอย่างใดไม่เป็นไปตามข้อ 4. ข้อ 6.1 ข้อ 6.2 หรือข้อ 6.3 รายการใดรายการหนึ่ง ให้ชักตัวอย่างจากรุ่นเดียวกันจำนวน 2 เท่าของชุดตัวอย่าง มาทดสอบซ้ำในรายการนั้น ผลการทดสอบซ้ำ ตัวอย่างทุกชุดต้องเป็นไปตามข้อ 4. ข้อ 6.1 ข้อ 6.2 หรือข้อ 6.3 แล้วแต่กรณี จึงจะถือว่าคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ยกเว้นรายการความต้านแรงอัด ตัวอย่างต้องมีความต้านแรงอัดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 ของเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 2 จึงจะยอมให้ทดสอบซ้ำในรายการความต้านแรงอัดได้"

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด 270 วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

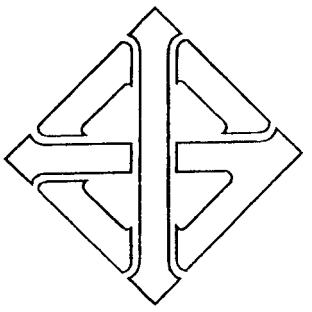
ประกาศ ณ วันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2533

พลตำรวจเอก ประมาณ อดิเรกสาร

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 107 ตอนที่ 119

วันที่ 10 กรกฎาคม พุทธศักราช 2533



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 58–2530

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

STANDARD FOR HOLLOW NON–LOAD–BEARING CONCRETE MASONRY UNITS

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม UDC 691.327– 478 : 69.022.324/.324 ISBN 974–8111–71–7

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

มอก. 58 – 2530

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 105 ตอนที่ 8
วันที่ 14 มกราคม พุทธศักราช 2531

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 55
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง

ประธานกรรมการ

นายวรรณะ มณี	ผู้แทนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

รองประธานกรรมการ

นายพงศ์พัน วรสุนทโรสถ	ผู้แทนสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

กรรมการ

พลตรีทวี วิเชียรโรจน์	ผู้แทนกระทรวงกลาโหม
นายปราโมทย์ วสิกชาติ	ผู้แทนกระทรวงศึกษาธิการ
นายธีระพันธ์ ทองประวัติ	ผู้แทนกรมโยธาธิการ
นายกิตติรัตน์ สร้อยคีรี	
นายอารีย์ วงศ์บุญมี	ผู้แทนกรมวิทยาศาสตร์บริการ
นายชวลิต นิตยะ	ผู้แทนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายวิเชียร เต็งอำนวย	ผู้แทนคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายวิศาล เชาวน์ชูเวชช	ผู้แทนกรุงเทพมหานคร
นายเรืองศักดิ์ กันตะบุตร	ผู้แทนสมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์
นายพูนศักดิ์ จารุจินดา	ผู้แทนสมาคมอุตสาหกรรมก่อสร้างไทย
นายวิชัย สุวรรณสุขโรจน์	ผู้แทนสมาคมอุตสาหกรรมไทย
ม.ร.ว. ศุภนิวัทธ์ เกษมสันต์	ผู้แทนบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด
นายวิชัย ภูษิตวิทย์	ผู้แทนบริษัท ไม้อัดไทย จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นายกิตติ อยู่สินธุ์	ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก นี้ ได้ประกาศใช้เป็นครั้งแรกตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก.58–2516 ในราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ เล่ม 91 ตอนที่ 12 วันที่ 26 มกราคม พุทธศักราช 2517 ต่อมาสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเห็นควรแก้ไขมาตรฐานเนื่องจากมาตรฐานเดิมไม่กำหนดขนาด แต่กำหนดเฉพาะเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของขนาด ทำให้เป็นปัญหาทางปฏิบัติในการพิจารณาออกใบอนุญาตให้แสดงเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เนื่องจากโรงงานผู้ผลิตทำแบบหล่อที่มีขนาดต่าง ๆ กันจำนวนมาก และทำให้เกิดการแก้ไขขนาดในคำขออนุญาตแสดงเครื่องหมายมาตรฐาน เพื่อปรับขนาดดังกล่าวให้สามารถผ่านเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่กำหนดในมาตรฐาน การขอแก้ไขดังกล่าว จะทำเมื่อทราบผลการทดสอบจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แล้ว

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยใช้เอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

ASTM C 129–80	Standard specification for hollow non load–bearing concrete masonry units

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 1295 (พ.ศ. 2530)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก.58-2516

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 63 (พ.ศ. 2516) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ลงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2516 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก.58-2530 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2531 เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ. 2530

ประมวล สภาวสุ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภท ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน วัสดุ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 คอนกรีตบล็อก (hollow concrete block or hollow concrete masonry unit) หมายถึง ก้อนคอนกรีตทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่าง ๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ สำหรับก่อผนังหรือกำแพง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวธารน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน

2.2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (hollow non–load–bearing concrete masonry unit) หมายถึง คอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง

2.3 เปลือก (face–shell) หมายถึง ผนังด้านนอกของคอนกรีตบล็อก

3. ประเภท

3.1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

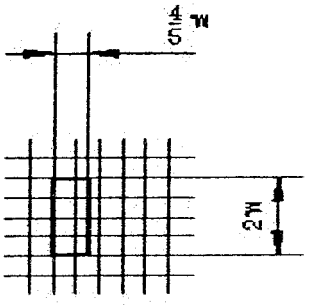
3.1.1 ประเภทควบคุมความชื้น

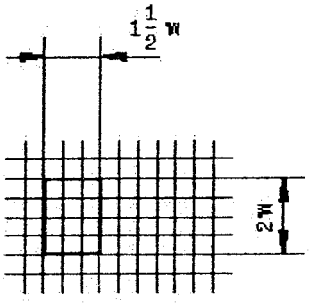
3.1.2 ประเภทไม่ควบคุมความชื้น

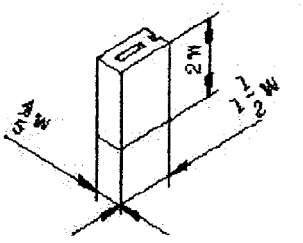
4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ความหนาของเปลือกต้องไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร

4.2 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก
ให้มีขนาดดังแสดงในรูปที่ 1 และตารางที่ 1 โดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 2 มิลลิเมตร

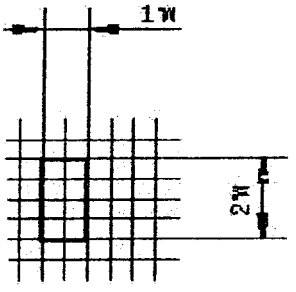


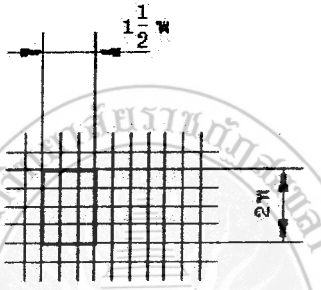


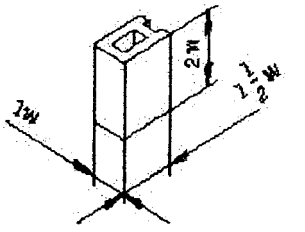


มิติพิกัด $^4/_5 \times 2 \times 1\ ^1/_2$

ขนาดที่ทำ 70 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 140 มิลลิเมตร

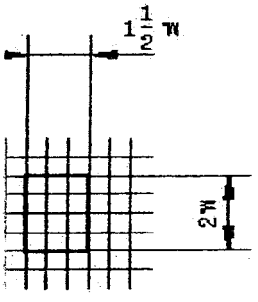


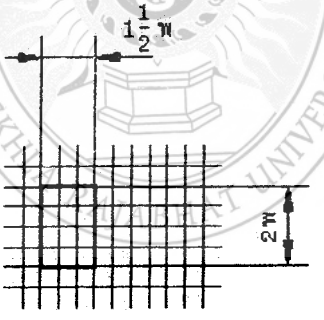


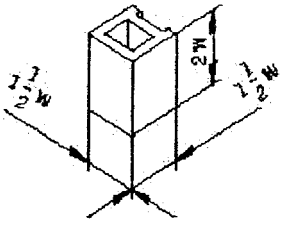


ติพิกัด $1 \times 2 \times 1\ ^1/_2$

นาดที่ทำ 90 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 140 มิลลิเมตร





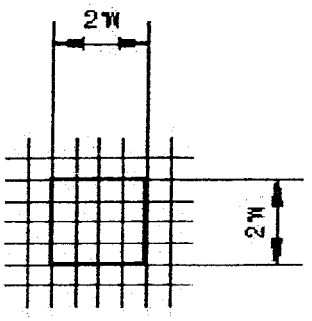


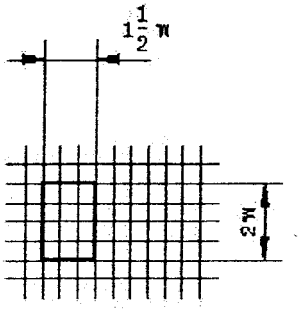
ติพิกัด $1^1/_2 \times 2 \times 1^1/_2$

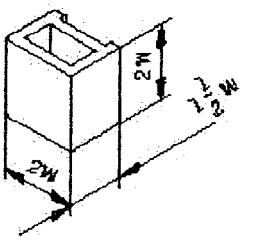
ขาดที่ทำ 140 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 140 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

(ข้อ 4.2)

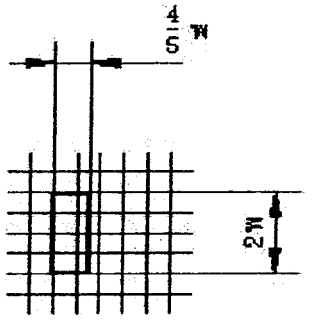


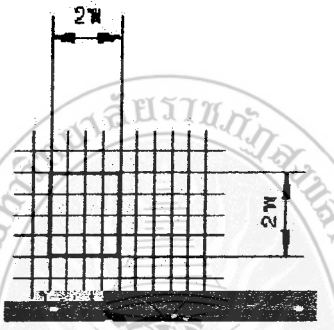




มิติพิกัด $2 \times 2 \times 1\ ^{1}/_{2}$

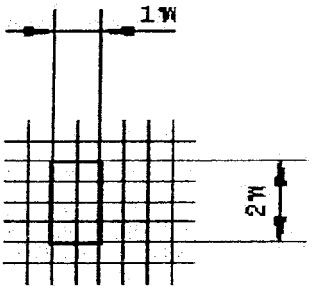
ขนาดที่ทำ 190 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 140 มิลลิเมตร

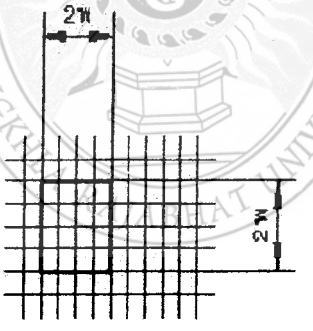


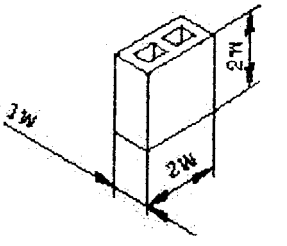


มิติพิกัด $^{4}/_{5} \times 2 \times 2$

ขนาดที่ทำ 70 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร



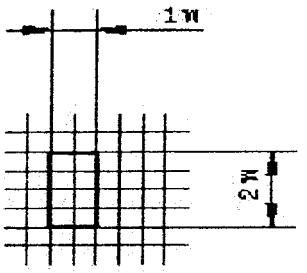


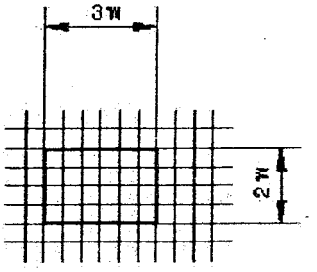


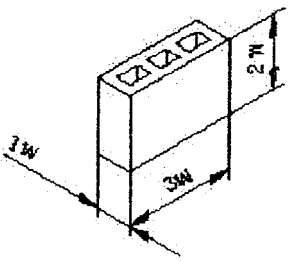
มิติพิกัด $1 \times 2 \times 2$

ขนาดที่ทำ 90 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ต่อ)

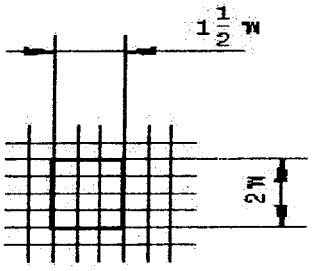


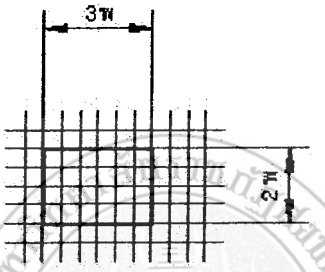


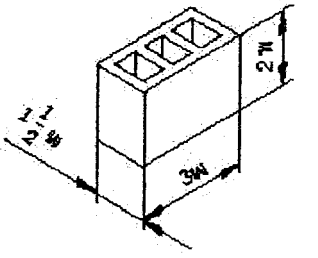


มิติพิกัด 1 × 2 × 3

ขนาดที่ทำ 90 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 290 มิลลิเมตร

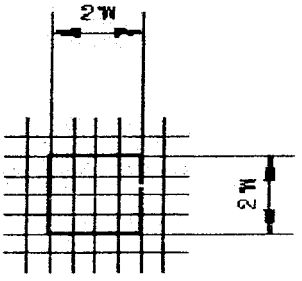


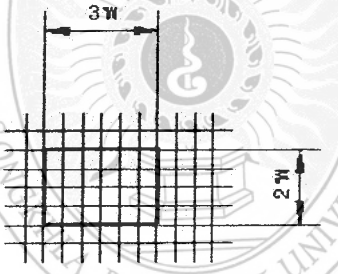


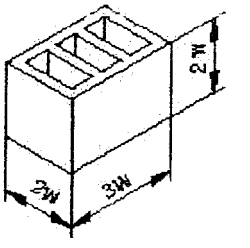


มิติพิกัด 1 $^{1}/_{2}$ × 2 × 3

ขนาดที่ทำ 140 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 290 มิลลิเมตร



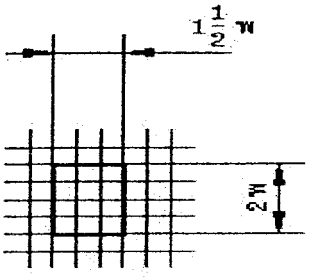


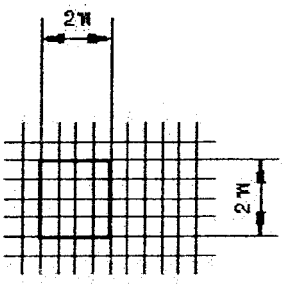


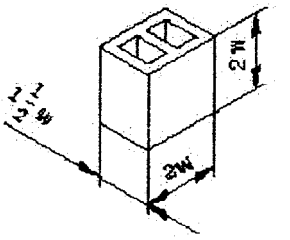
มิติพิกัด 2 × 2 × 3

ขนาดที่ทำ 190 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 290 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ต่อ)

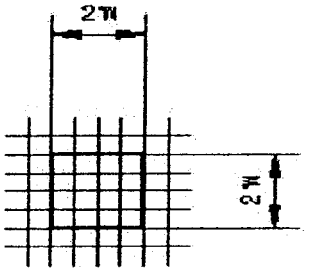


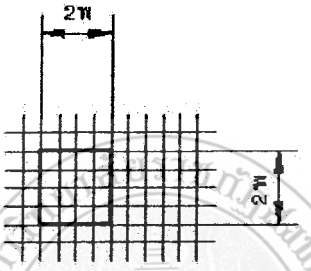


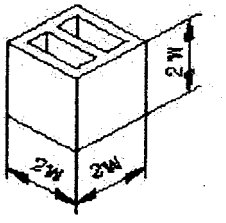


มิติพิกัด $1^1/_2 \times 2 \times 2$

ขนาดที่ทำ 140 มิลลิเมตร ×× 190 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร

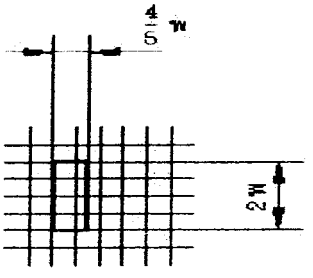


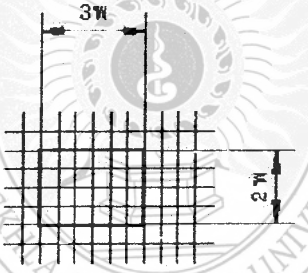


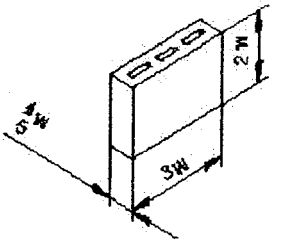


มิติพิกัด 2 × 2 × 2

ขนาดที่ทำ 190 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร





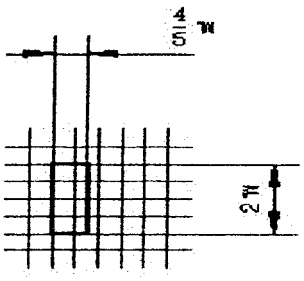


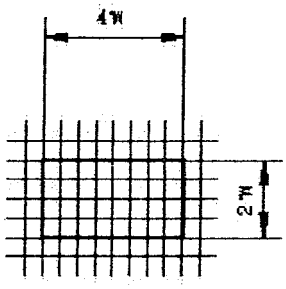
มิติพิกัด $^4/_5 \times 2 \times 3$

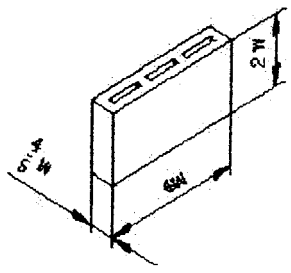
ขนาดที่ทำ 70 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 290 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

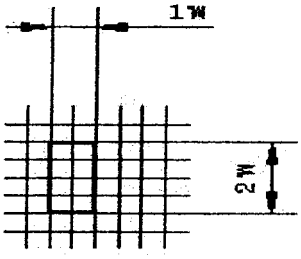


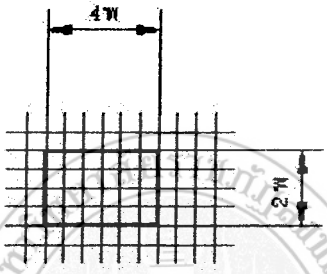


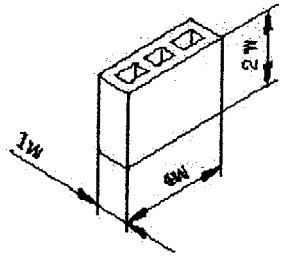


มิติพิกัด $^{4}/_{5} \times 2 \times 4$

ขนาดที่ทำ 70 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 390 มิลลิเมตร

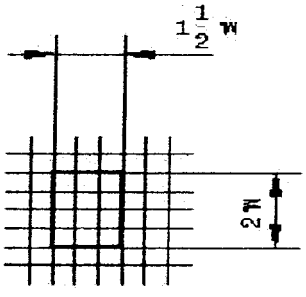


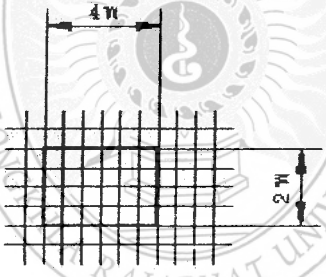


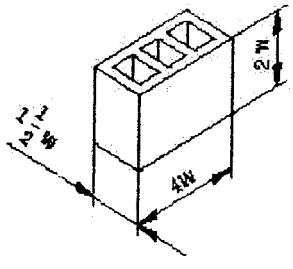


มิติพิกัด 1 × 2 × 4

ขนาดที่ทำ 90 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 390 มิลลิเมตร



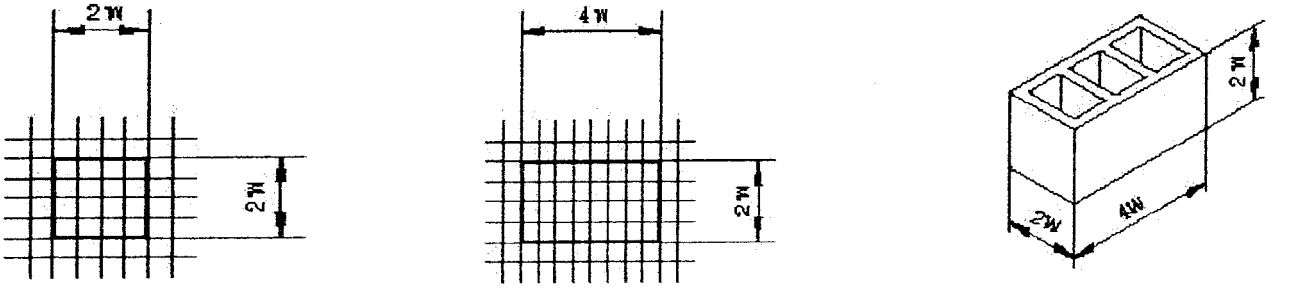




มิติพิกัด $1^{1}/_{2} \times 2 \times 4$

ขนาดที่ทำ 140 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 390 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ต่อ)



มิติพิกัด 2 × 2 × 4

ขนาดที่ทำ 190 มิลลิเมตร × 190 มิลลิเมตร × 390 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

(ข้อ 4.2)

มิติพิกัด หนา × สูง × ยาว พ	ขนาดที่ทำ หนา × สูง × ยาว มิลลิเมตร × มิลลิเมตร × มิลลิเมตร
$^{4}/_{5} \times 2 \times 1^{1}/_{2}$	70 × 190 × 140
$1 \times 2 \times 1^{1}/_{2}$	90 × 190 × 140
$1^{1}/_{2} \times 2 \times 1^{1}/_{2}$	140 × 190 × 140
$2 \times 2 \times 1^{1}/_{2}$	190 × 190 × 140
$^{4}/_{5} \times 2 \times 2$	70 × 190 × 190
$1 \times 2 \times 2$	90 × 190 × 190
$1^{1}/_{2} \times 2 \times 2$	140 × 190 × 190
$2 \times 2 \times 2$	190 × 190 × 190
$^{4}/_{5} \times 2 \times 3$	70 × 190 × 290
$1 \times 2 \times 3$	90 × 190 × 290
$1^{1}/_{2} \times 2 \times 3$	140 × 190 × 290
$2 \times 2 \times 3$	190 × 190 × 290
$^{4}/_{5} \times 2 \times 4$	70 × 190 × 390
$1 \times 2 \times 4$	90 × 190 × 390
$1^{1}/_{2} \times 2 \times 4$	140 × 190 × 390
$2 \times 2 \times 4$	190 × 190 × 390

หมายเหตุ ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่กำหนดนี้ เป็นขนาดที่ออกแบบ เพื่อให้เป็นไปตามระบบการประสานทางพิกัดในการก่อสร้างอาคาร ซึ่งได้กำหนดหน่วยพิกัดมูลฐาน พ ให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตร และกำหนดความหนาของปูนก่อในรอยต่อมาตรฐานเท่ากับ 10 มิลลิเมตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

5. วัสดุ

5.1 ปูนซีเมนต์ ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

5.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1

5.1.2 ปูนซีเมนต์ผสม

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ผสม มาตรฐานเลขที่ มอก.80

5.2 มวลผสมคอนกรีต

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลผสมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต

5.3 ส่วนผสมอื่น ๆ

ตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ฯลฯ ที่นำมาใช้ ควรเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้กับคอนกรีต และควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

6.1.1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้องหรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับ

6.1.2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูนต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้อย่างดี

6.1.3 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย ด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่น ๆ ถ้าในการสั่งคราวหนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับ

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.2 ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้าง ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าแต่ละก้อน ต้องเป็นไปตามตารางที่ 2

การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.109

ตารางที่ 2 ความต้านแรงอัด

(ข้อ 6.2)

ความต้านแรงอัด ต่ำสุด เมกะพลาสคัล (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม)	
เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน
2.5	2.0

6.3 ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น) เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้าง ต้องเป็นไปตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น)

(ข้อ 6.3)

การหดตัวทางยาว [1] ร้อยละ	ความชื้น สูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย ร้อยละ [2]		
	น้อยกว่า 50	50 ถึง 75	มากกว่า 75
0.03 และน้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	25	30	35

หมายเหตุ [1] ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ASTM C 426) และทดสอบก่อนกำหนดจำหน่าย ไม่เกิน 12 เดือน

[2] อาศัยสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับสถานีที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษรหรือเครื่องหมาย แจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ประเภท

(2) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทและขนาดเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบ ให้กระทำ ณ สถานที่ผลิต และต้องให้เวลาอย่างน้อย 10 วัน เพื่อทดสอบให้เสร็จ

8.3 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

8.3.1 การชักตัวอย่าง

ให้เป็นไปตาม มอก.109

8.3.2 เกณฑ์ตัดสิน

ในกรณีที่ทดสอบแล้วไม่ผ่าน อาจคัดบางส่วนออก แล้วเลือกชักตัวอย่างใหม่จากส่วนที่เหลือเพื่อทดสอบใหม่ ถ้าตัวอย่างใหม่จากชุดที่สองนี้ทดสอบแล้วไม่ผ่านอีก ให้ถือว่าคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทั้งรุ่นไม่เป็นไปตามมาตรฐานนี้

SUKHOTHAI THAMMATHIRAT RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

เรื่อง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก 109-2517

วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 123 (พ.ศ. 2517)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต

เพื่อประโยชน์แก่การดำเนินงานในด้านการมาตรฐาน รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.109-2517 ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2517

อรุณ สรเทศน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
วิธีการชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานนี้ กำหนดการชักตัวอย่าง และการทดสอบกำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ น้ำหนัก ปริมาณความชื้น และการวัดขนาด วัสดุงานก่อคอนกรีต

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 กำลังต้านแรงอัด (compressive strength) หมายถึง แรงเค้นอัดขณะที่ทำให้ชิ้นทดสอบเริ่มเสียหาย

2.2 การดูดกลืนน้ำ (absorption) หมายถึง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละของวัสดุแห้ง หลังจากแช่ไว้ในน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด

2.3 ปริมาณความชื้น (moisture content) หมายถึง ปริมาณของน้ำในเนื้อวัสดุเป็นร้อยละของน้ำหนักเมื่อแห้ง

2.4 การอิ่มตัว (saturation) หมายถึง การดูดกลืนน้ำจมอิ่มตัวของวัสดุ เมื่อนำวัสดุไปแช่จมในน้ำตามอุณหภูมิและเวลาที่กำหนด

2.5 แรงธาร (bearing load) หมายถึง แรงอัดบนผิวหน้าที่สัมผัสกัน

3. การชักตัวอย่าง

3.1 วิธีการชักตัวอย่าง

ให้ชักตัวอย่างวัสดุงานก่อคนอรกีตทั้งก้อนเพื่อการทดสอบ ตัวอย่างที่ชักขึ้นมาให้ใช้เป็นตัวแทนสำหรับวัสดุทั้งรุ่น จะต้องป้องกันไม่ให้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบนั้นถูกฝนหรือถูกความชื้นอื่น ๆ จนกระทั่งถึงเวลาที่จะทำการทดสอบ

3.2 ขนาดตัวอย่าง

สำกรับการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด การดูดกลืนน้ำ และปริมาณความชื้น จะต้องชักตัวอย่าง 10 ก้อนต่อขนาดของรุ่นที่ 10 000 ก้อน หือน้อยกว่า และเลือกชักตัวอย่าง 20 ก้อนต่อขนาดของรุ่นที่เกิน 10 000 ก้อนถึง 100 000 ก้อน ถ้าขนาดของรุ่นเกิน 100 000 ก้อน ขึ้นไปให้ชักตัวอย่างสิบก้อนทุก ๆ 50 000 ก้อนและเศษที่เหลือ และอาจชักตัวอย่างเพิ่มอีกได้เมื่อมีเหตุผลสมควร

3.3 ขนาดตัวอย่างดังที่กล่าวในข้อ 3.2 อาจตลงเหลือครึ่งหนึ่งก็ได้ ถ้าต้องการทดสอบกำลังต้านแรงอัดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

3.4 การทำเครื่องหมายสำหรับการทดสอบ

3.4.1 ตัวอย่างแต่ละก้อนที่ชักมาแล้วจะต้องทำเครื่องหมายเพื่ออ้างถึงได้เมื่อต้องการ เครื่องหมายต้องโตไม่เกินร้อยละห้าของพื้นที่ผิวหน้าของก้อนตัวอย่าง

3.4.2 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบเพื่อหาปริมาณความชื้นจะต้องชั่งน้ำหนักทันทีที่ชักออกมา และทำเครื่องหมายแล้ว

4. การทดสอบ

4.1 การทดสอบกำลังต้านแรงอัด

4.1.1 เครื่องมือ

4.1.1.1 เครื่องกดต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีรับรองเครื่องกด ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ในระหว่างที่ยังไม่มีประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้ใช้ตาม ASTM E 4) เครื่องนี้จะต้องมีแท่นธารเป็นเหล็กสองแท่น (หมายเหตุ 1) แท่นบนมีบ่ารับรูปทรงกลมซึ่งทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักไปยังผิวบนของก้อนตัวอย่าง อีกแท่นหนึ่งเป็นแผ่นเรียบแข็งสำหรับรองรับก้อนตัวอย่าง เมื่อพื้นที่ธารของแท่นเหล็กไม่พอคลุมพื้นที่ธารของก้อนตัวอย่างก็จะต้องวางแผ่นธารเหล็กตามเกณฑ์กำหนดในข้อ 4.1.1.2 เข้าไประหว่างแท่นธารกับก้อนตัวอย่างที่ได้เคลือบผิวธารเรียบร้อยแล้ว หลังจากได้ปรับให้แกนศูนย์ถ่วงของพื้นที่ธารของก้อนให้อยู่ในแนวเดียวกับศูนย์ของแรงอัดของแท่นธาร (ข้อ 4.1.4.1)

หมายเหตุ 1. ในการทดสอบกำลังต้านแรงอัดของวัสดุงานก่อคอนกรีต หน้าอัดของแท่นธารกับแผ่นธารเหล็กต้องมีความ แข็งไม่น้อยกว่า RC 60 (หรือ BHN 620)

4.1.1.2 แท่นธารและแผ่นธารเหล็ก

ผิวของแท่นธารจะต้องไม่เอียงจากระนาบเกิน 0.025 มิลลิเมตร ทุกระยะ 150 มิลลิเมตรของมิติศูนย์กลางของทรงกลมในบ่ารับทรงกลมของแท่นธารแท่นบนจะต้องอยู่ในแนวเดียวกับศูนย์กลางของผิวธารของก้อน ถ้าใช้แผ่นธารศูนย์กลางของทรงกลมในบ่ารับทรงกลมของแท่นธารจะต้องอยู่ในแนวตึง และผ่านศูนย์เนื้อที่ของพื้นที่ธารของก้อนตัวอย่าง แท่นทรงกลมจะต้องจับชิดอยู่ในบ่าและต้องพร้อมที่จะหมุนไปในทิศทางอื่นได้ หน้าแท่นธารต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร เมื่อใช้แผ่นธารระหว่างแท่นธารกับก้อนตัวอย่าง (ข้อ 4.1.4.1) แผ่นธารจะต้องมีความหนาอย่างน้อยเท่ากับหนึ่งในสามของระยะจากแท่นธารถึงมุมแห่งตัวอย่างที่ไกลที่สุด ไม่ว่ากรณีใด ๆ ความหนาของแผ่นธารต้องไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร

4.1.2 ภาวะการทดสอบ

4.1.2.1 หลังจากได้ส่งตัวอย่างถึงห้องทดสอบแล้ว ให้เก็บตัวอย่างอยู่ในสภาพอากาศปกติของห้องทดสอบและให้ทำการทดสอบตัวอย่างเต็มก้อนจำนวนห้าก้อนภายในเวลา 72 ชั่วโมง

4.1.2.2 ก้อนที่ทำให้มีขนาดรูปร่างหรือกำลังผิดกว่าปกติ อาจเลื่อยออกเป็นชิ้น ๆ แล้วนำบางชิ้นหรือทุกชิ้นมาทดสอบ โดยวิธีเดียวกับที่กล่าวในการทดสอบเต็มก้อน กำลังของก้อนเต็มให้คำนวณจากผลเฉลี่ยกำลังของชิ้นต่าง ๆ

4.1.3 การเคลือบผิวก้อนตัวอย่าง

ให้เคลือบผิวธารของก้อนโดยวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

4.1.3.1 เคลือบด้วยกำมะถันกับวัสดุเป็นเม็ด

ใช้สารสำเร็จรูป หรือเตรียมจากห้องทดลองโดยผสมกำมะถันร้อยละ 40 ถึง 60 ของน้ำหนักส่วนที่เหลือใช้ดินทนไฟบด หรือวัสดุเฉื่อยอื่น ๆ ที่เหมาะสมซึ่งผ่านแร่งขนาด 149 ไมครอน (เบอร์ 100) โดยผสมสารหล่อง่ายเข้าไปด้วยหรือไม่ก็ได้ เกลี่ยให้เรียบเสมอกันบนพื้นผิวที่ไม่ดูดน้ำ ทาด้วยน้ำมันบาง ๆ (หมายเหตุ 2) ให้ความร้อนสารผสมกำมะถันในหม้อควบคุมความร้อนพอที่จะให้หลอมจนเป็นของเหลวอยู่ได้ และสัมผัสกับก้อนตัวอย่างนานพอสมควร ต้องระมัดระวังไม่ให้ความร้อนสูงเกินไปและให้กวนของเหลวในหม้อก่อนใช้งาน พื้นผิวหน้าที่จะฉาบจะต้องเรียบภายในเกณฑ์ 0.07 มิลลิเมตร ในระยะ 400 มิลลิเมตร และต้องยึดไว้ไม่ให้เอียงระหว่างทำการเคลือบ นำเหล็กรูปสี่เหลี่ยมขนาด 25 มิลลิเมตร สีแท่งวางลงบนแผ่นเหล็กผิวเรียบเพื่อทำเป็นแบบหล่อรูปสี่เหลี่ยมโตกว่าขนาดก้อน ด้านละ 12 มิลลิเมตร เทกำมะถันที่หลอมเหลวนั้นลงในแบบหล่อหนา 6 มิลลิเมตร รีบนำก้อนตัวอย่างหย่อนลงให้ผิวที่จะเคลือบสัมผัสกับของเหลวนั้น จับก้อนตัวอย่างให้แกนตั้งได้ฉากกับผิวของเหลวต้องไม่ให้ก้อนตัวอย่างกระทบกระเทือนจนกว่าของเหลวจะแข็งตัว ปล่อยให้เย็นอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบ ไม่อนุญาตให้ทำการซ่อมผิวที่เคลือบแล้ว ผิวเคลือบที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์ต้องรื้อออกแล้วเคลือบใหม่

หมายเหตุ *2. ถ้าปรากฏว่าแผ่นหล่อกับก้อนตัวอย่างแยกออกจากกันได้โดยไม่ทำความเสียหายแก่ผิวเคลือบ ก็ไม่ต้องใช้น้ำมันทาแผ่นหล่อเคลือบ*

4.1.3.2 เคลือบด้วยปูนปลาสเตอร์

ใช้ปูนปลาสเตอร์พิเศษกำลังสูงล้วน (หมายเหตุ 3) ผสมน้ำ เกลี่ยให้เรียบเสมอกันบนผิวพื้นที่ไม่ดูดน้ำและทาด้วยน้ำมันบาง ๆ (หมายเหตุ 2) ปูนปลาสเตอร์ที่ผสมกับน้ำจนเหลวพอเหมาะในการ ใช้เคลือบเมื่อครบ 2 ชั่วโมงจะมีกำลังต้านแรงอัดไม่น้อยกว่า 245 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร โดยการทดสอบก้อนลูกบาศก์ขนาด 50 มิลลิเมตร ผิวพื้นของแผ่นที่ใช้ในการหล่อจะต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 4.1.3.1 นำผิวหน้าก้อนซึ่งจะทำการเคลือบลงไปสัมผัสกับปูนปลาสเตอร์ จับก้อนตัวอย่างให้แกนตั้งได้ฉากกับผิวธารที่จะเคลือบ และกดลงไปครั้งเดียว ความหนาเฉลี่ยของปูนเคลือบต้องไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ผิวธารที่เคลือบแล้วต้องทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง ก่อนนำก้อนตัวอย่างไปทดสอบ ไม่อนุญาตให้ทำการซ่อมผิวที่เคลือบแล้ว ผิวเคลือบที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์ต้องรื้อออกแล้วเคลือบใหม่

หมายเหตุ *3. ใช้ไฮโดรสโตน (hydrostone) และไฮโดรคัลไวต์ (sydrocal white) เท่านั้นไม่ควรใช้ปูนปลาสเตอร์ชนิดอื่น นอกจากทำการทดสอบแล้วว่าได้กำลังตามต้องการ*

4.1.4 วิธีการทดสอบ

4.1.4.1 ตำแหน่งทดสอบ

จะต้องทำการทดสอบก้อนตัวอย่างโดยให้ศูนย์เนื้อที่ของผิวธารทั้งสองหน้าอยู่ในแนวดิ่งกับศูนย์แรงกดจากแท่นธาร ในบ่าทรงกลมของเครื่องกด (หมายเหตุ 4) นอกจากการทดสอบก้อนซึ่งมีลักษณะพิเศษที่ประสงค์จะใช้ในลักษณะที่รูอยู่ตามแนวระดับแล้ว การทดสอบคอนกรีตบล็อกจะต้องทดสอบโดยให้รูตั้งอยู่ในแนวดิ่ง สำหรับก้อนวัสดุก่อซึ่งตันร้อยละ 100 และก้อนกลวงซึ่งมีลักษณะพิเศษ ประสงค์ใช้ในลักษณะที่ให้รูอยู่ตามแนวระดับ อาจทำการทดสอบตามลักษณะการใช้งาน

หมายเหตุ 4. สำหรับวัสดุที่เป็นเนื้อเดียวตลอด ศูนย์เนื้อที่ของผิวธารถือว่าอยู่ในแนวดิ่งเหนือจุดศูนย์ถ่วงของก้อนได้

4.1.4.2 ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ

บรรทุกน้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำหนักสูงสุดที่คาดว่าจะทดสอบด้วยอัตราเร็วตามสะดวก หลังจากนั้นจะต้องคุมเครื่องทดสอบโดยปรับให้หัวกดเคลื่อนในอัตราสม่ำเสมอจนทำให้น้ำหนักบรรทุกส่วนที่เหลือบรรทุกได้ในเวลาไม่เร็วกว่า 1 นาที แต่ไม่เกิน 2 นาที

4.1.5 วิธีคำนวณและการรายงานผล

4.1.5.1 กำลังต้านแรงอัดของก้อนวัสดุก่อคอนกรีต คำนวณได้จากแรงสูงสุดเป็นกิโลกรัม หารด้วยพื้นที่ภาคตัดขวางรวมของก้อน วัดเป็นตารางเซนติเมตร พื้นที่ภาคตัดขวางรวมของก้อน หมายถึงพื้นที่รวมของภาคตัดในแนวตั้งฉากกับทิศทางของน้ำหนักบรรทุก โดยรวมพื้นที่ภายในช่องว่างทั้งหมด รวมทั้งส่วนที่เว้าออกนอกจากเนื้อที่ส่วนนี้เมื่อก่อตัวแล้ว ส่วนของก้อนที่ก่อชิดกันจะสอดเข้ามาจนเต็ม

4.1.5.2 ในกรณีซึ่งต้องการทราบค่ากำลังต้านแรงอัดต่ำสุดจากพื้นที่สุทธิเฉลี่ยเช่นเดียวกับจากพื้นที่รวมเฉลี่ยให้คำนวณโดยเอาน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเป็นกิโลกรัมหารด้วยพื้นที่สุทธิเฉลี่ยรวมเข้าไปในรายงานด้วย

4.1.5.3 พื้นที่สุทธิ–คำนวณค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สุทธิของก้อนดังนี้ (หมายเหตุ 5)

$$\text{พื้นที่สุทธิเฉลี่ย ร้อยละ} = \frac{A}{B} \times 100$$

$$\text{ปริมาตรสุทธิ A เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร} = \frac{C}{D}$$

ปริมาตรสุทธิ B เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร = $W \times H \times L$

ปริมาตรสุทธิ D เป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

$$= \frac{C}{E-F} \times 10^{-3}$$

เมื่อ A คือ ปริมาตรสุทธิของก้อน เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร
B คือ ปริมาตรรวมของก้อน เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร
C คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อแห้ง เป็นกิโลกรัม
D คือ หน่วยน้ำหนัก เป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
W คือ ความกว้างของก้อน เป็นเซนติเมตร
H คือ ความสูงของก้อน เป็นเซนติเมตร
L คือ ความยาวของก้อน เป็นเซนติเมตร
E คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม
F คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อแขวนแช่ในน้ำ เป็นกิโลกรัม

หมายเหตุ 5. การคำนวณพื้นที่สุทธิ อาศัยค่าที่ได้ในการทดสอบการดูดกลืนน้ำ และการหาหน่วยน้ำหนักในข้อ 4.2.1

4.1.5.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลการทดสอบละเอียดถึง 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรสำหรับการทดสอบแต่ละก้อนและผลเฉลี่ยจากห้าก้อน

4.2 การทดสอบการดูดกลืนน้ำ

4.2.1 เครื่องมือ

4.2.1.1 เครื่องชั่ง

เครื่องชั่งที่ใช้อย่างน้อยจะต้องอ่านได้ละเอียดถึงร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักก้อนตัวอย่างที่เล็กที่สุดที่ทำการทดสอบ

4.2.2 จำนวนและลักษณะตัวอย่าง

ใช้ก้อนตัวอย่างเต็มก้อนจำนวนห้าก้อน

4.2.3 วิธีทดสอบ

4.2.3.1 การอิ่มตัว

ก้อนตัวอย่างที่นำมาทดสอบจะต้องแช่จมอยู่ในน้ำ ที่อุณหภูมิห้องที่ 16 ถึง 27 องศาเซสเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำก้อนตัวอย่างขึ้นชั่งโดยแขวนด้วยลวดโลหะและจมอยู่ในน้ำทั้งก้อน ยกก้อนตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ทิ้งไว้ให้น้ำระบายออกเป็นเวลา 1 นาที วางก้อนตัวอย่างลงบนแร่งขนาด 9 มิลลิเมตร หรือหยาบกว่า หยดน้ำตามผิวที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ให้ซับออกด้วยผ้าซับ แล้วทำการชั่งทันที

4.2.3.2 การทำให้แห้ง

หลังจากการอิ่มน้ำ ทำก้อนตัวอย่างให้แห้งในตู้อบระบายอากาศที่มีอุณหภูมิ 110 ถึง 115 องศาเซสเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง และจนกว่าการชั่งน้ำหนักสองครั้งห่างกัน 2 ชั่วโมง แสดงน้ำหนักที่สูญเสียเพิ่มขึ้นไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักตัวอย่างในการชั่งครั้งก่อน

4.2.4 วิธีคำนวณและการรายงานผล

4.2.4.1 การคำนวณหาการดูดกลืนน้ำ

$$\text{การดูดกลืนน้ำ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร} = \frac{A-B}{A-C} \times 1\,000$$

$$\text{การดูดกลืนน้ำ ร้อยละ} = \frac{A-B}{B} \times 100$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่างเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

B คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อแห้ง เป็นกิโลกรัม

C คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

4.2.4.2 การคำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น ร้อยละ} = \frac{A-B}{C-B} \times 100$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่าง เป็นกิโลกรัม

B คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อแห้ง เป็นกิโลกรัม

C คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

4.2.4.3 การรายงานผล

ให้รายงานผลลัพธ์ของแต่ละก้อน และผลเฉลี่ยจากห้าก้อน

4.3 การวัดขนาด

4.3.1 เครื่องมือ

ขนาดภายนอกให้วัดด้วยบรรทัดเหล็กซึ่งแบ่งละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร ความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงให้วัดด้วยคาลิเปอร์ซึ่งแบ่งละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร และมีปากขนานกันยาวไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร และไม่เกิน 25 มิลลิเมตร

4.3.2 จำนวนและลักษณะก้อนตัวอย่าง

ใช้ก้อนตัวอย่างเต็มก้อนจำนวนห้าก้อน

4.3.3 วิธีวัด

4.3.3.1 ความยาว ความกว้าง และความสูง ของแต่ละก้อนให้วัดอ่านละเอียดเท่าที่บรรทัดหรือคาลิเปอร์ที่อ่านได้ สำหรับก้อนที่มีรูให้วัดความหนาของเปลือก และผนังกั้นโพรงส่วนที่บางที่สุด (หมายเหตุ 6) บันทึกผลเฉลี่ยไว้

หมายเหตุ 6. ก้อนตัวอย่างนี้นำไปใช้ในการทดสอบอย่างอื่นได้

4.3.3.2 ความยาว L ต้องวัดที่เส้นผ่านศูนย์กลางของแต่ละหน้าความกว้าง W วัดผ่านผิวธารด้านบนและล่างที่กึ่งกลางความยาว และวัดความสูง H บนผิวหน้าทั้งสองที่กึ่งกลางความยาว ความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงให้วัดส่วนที่บางที่สุดสูง 12 มิลลิเมตรจากระนาบที่ก้อนวางบนปูนก่อในกรณีที่เปลือกด้านตรงกันข้ามมีความหนาแตกต่างกันน้อยกว่า 3 มิลลิเมตรให้ใช้ค่าเฉลี่ยได้ รางกรอบหน้าต่าง รอยต่อหลอก และรายละเอียดอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกันนี้ ไม่ต้องคำนึงถึงวัดขนาด

4.3.4 การรายงานผล

ในรายงานควรแสดงค่าความยาว กว้าง และสูงเฉลี่ยของตัวอย่างแต่ละก้อนและความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงที่บางที่สุดและความหนาของผนังกั้นโพรงเทียบเท่าที่ได้จากการเฉลี่ยจากตัวอย่างห้าก้อน (หมายเหตุ 7)

หมายเหตุ 7. ความหนาของผนังกั้นโพรงเทียบเท่า (วัดเป็นมิลลิเมตรต่อความยาว 1 เมตร ของก้อนตัวอย่าง) คือผลบวกของความหนาผนังกั้นโพรงที่วัดได้ทั้งหมดรวมกันทุกผนังคูณด้วย 1 000 และหารด้วยความยาวของก้อนวัดเป็นมิลลิเมตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

เรื่อง ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักด้วยสถิติแบบ ANOWA ความต้านแรงอัด

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
เถ้า	1	เถ้าแกลบ	18
	2	เถ้าไม้ยางพารา	18
	3	เถ้าผสม	18
อัตราส่วน	1	95:5	9
	2	90:10	9
	3	85:15	9
	4	80:20	9
	5	75:25	9
	6	70:30	9

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: แรงอัด

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	104.811[a]	17	6.165	277.493	.000
Intercept	3676.622	1	3676.622	165479.6	.000
เถ้า	13.668	2	6.834	307.586	.000
อัตราส่วน	89.889	5	17.978	809.159	.000
เถ้า * อัตราส่วน	1.253	10	.125	5.641	.000
Error	.800	36	.022		
Total	3782.233	54			
Corrected Total	105.610	53			

a. R Squared = .992 (Adjusted R Squared = .989)

การดูดกลืนน้ำ

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
เถ้า	1	เถ้าแกลบ	18
	2	เถ้าไม้ยางพารา	18
	3	เถ้าผสม	18
อัตราส่วน	1	95:5	9
	2	90:10	9
	3	85:15	9
	4	80:20	9
	5	75:25	9
	6	70:30	9

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ดูดกลืน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	287.362[a]	17	16.904	693.235	.000
Intercept	3741.884	1	3741.884	153458.2	.000
อัตราส่วน	272.059	5	54.412	2231.480	.000
เถ้า	13.205	2	6.602	270.773	.000
อัตราส่วน * เถ้า	2.098	10	.210	8.606	.000
Error	.878	36	.024		
Total	4030.124	54			
Corrected Total	288.240	53			

a. R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .996)

การเปลี่ยนแปลงความยาว

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
เถ้า	1	เถ้าแกลบ	18
	2	เถ้าไม้ยางพารา	18
	3	เถ้าผสม	18
อัตราส่วน	1	95:5	9
	2	90:10	9
	3	85:15	9
	4	80:20	9
	5	75:25	9
	6	70:30	9

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ความยาว

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.026[a]	17	.002	169.389	.000
Intercept	.231	1	.231	25511.413	.000
เถ้า	.007	2	.004	389.484	.000
อัตราส่วน	.018	5	.004	401.418	.000
เถ้า * อัตราส่วน	.001	10	8.472E-05	9.355	.000
Error	.000	36	9.056E-06		
Total	.257	54			
Corrected Total	.026	53			

a. R Squared = .988 (Adjusted R Squared = .982)

ความชื้น

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
เถ้า	1	เถ้าแกลบ	18
	2	เถ้าไม้ยางพารา	18
	3	เถ้าผสม	18
อัตราส่วน	1	95:5	9
	2	90:10	9
	3	85:15	9
	4	80:20	9
	5	75:25	9
	6	70:30	9

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ความชื้น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1870.734[a]	17	110.043	39.781	.000
Intercept	43361.336	1	43361.336	15675.316	.000
อัตราส่วน	1174.723	5	234.945	84.933	.000
เถ้า	594.056	2	297.028	107.377	.000
อัตราส่วน * เถ้า	101.955	10	10.196	3.686	.002
Error	99.584	36	2.766		
Total	45331.654	54			
Corrected Total	1970.317	53			

a. R Squared = .949 (Adjusted R Squared = .926)

ภาคผนวก ค

เรื่อง ตารางวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

สูตร	ส่วนผสมทั้งหมด 45 กิโลกรัม สามารถทำอิฐได้ 7 ก้อน		กิโลกรัม/ก้อน	ราคา (บาท)	ราคา/ก้อน	รวมเป็นเงินทั้งหมด (บาท)
CR1	ปูนซีเมนต์ %	15.04	0.97	3.3	3.21	3.78
	เถ้า %	0.79	0.05	-	-	
	หินฝุ่น %	79.17	5.1	0.10	0.5	
	น้ำ %	5	0.39(ลิตร)	0.014	0.0005	
	ค่าไฟฟ้า				0.06	
CP1	ปูนซีเมนต์ %	15.04	0.97	3.3	3.21	3.78
	เถ้า %	0.79	0.05	-	-	
	หินฝุ่น %	79.17	5.1	0.10	0.5	
	น้ำ %	5	0.32(ลิตร)	0.014	0.0005	
	ค่าไฟฟ้า				0.06	
CP2	ปูนซีเมนต์ %	15.04	0.92	3.3	3.01	3.57
	เถ้า %	0.79	0.05	-	-	
	หินฝุ่น %	79.17	5.1	0.10	0.5	
	น้ำ %	5	0.32(ลิตร)	0.014	0.0005	
	ค่าไฟฟ้า				0.06	
CP3	ปูนซีเมนต์ %	15.04	0.87	3.3	2.87	3.43
	เถ้า %	0.79	0.05	-	-	
	หินฝุ่น %	79.17	5.1	0.10	0.5	
	น้ำ %	5	0.32(ลิตร)	0.014	0.0005	
	ค่าไฟฟ้า				0.06	
CRP1	ปูนซีเมนต์ %	15.04	0.97	3.3	3.21	3.78
	เถ้า %	0.79	0.05	-	-	
	หินฝุ่น %	79.17	5.1	0.10	0.5	
	น้ำ %	5	0.39(ลิตร)	0.014	0.0005	
	ค่าไฟฟ้า				0.06	

หมายเหตุ

- ค่าไฟฟ้า คือ เครื่องอัดบล็อกใช้มอเตอร์ ขนาด 3 แรงม้า 2.2 kW กำลังการผลิตของ
- เครื่อง110±10 ก้อน/ชั่วโมง และใช้ไฟฟ้าไปชั่วโมงละ 2.2 หน่วย
- ไฟฟ้าประเภทที่ 2 หน่วยละ 2.98 บาท อ้างอิง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- น้ำประปา หน่วยละ 14.28 บาท อ้างอิง การประปาสวนภูมิภาค
- หินฝุ่น ตันละ 100 บาท
- ปูนซีเมนต์ ตราช้าง สีแดง ลูกละ 165 บาท

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

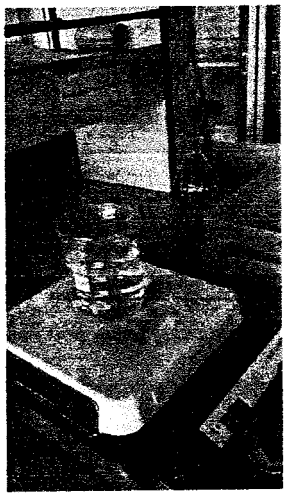
ภาคผนวก ง

เรื่อง รูปประกอบการทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

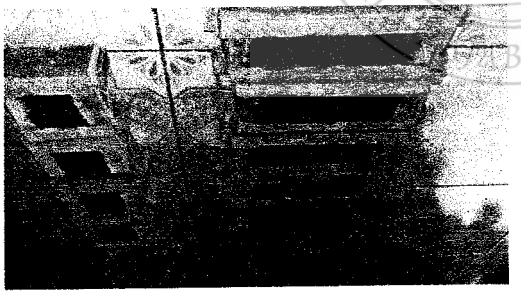
1. การร่อนเถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารา

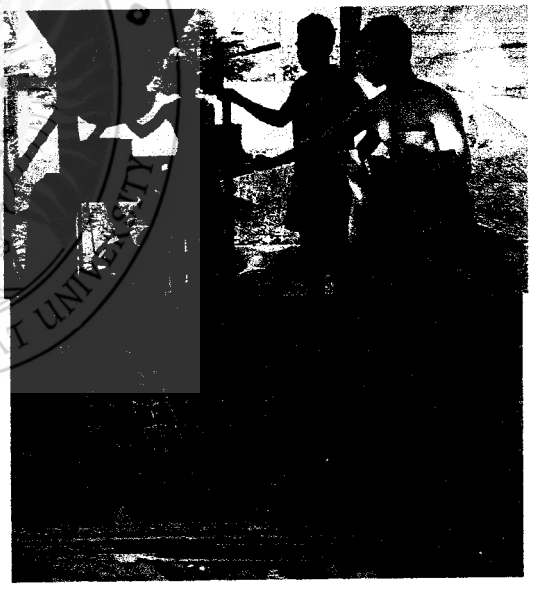
2. การชั่งอัตราส่วน

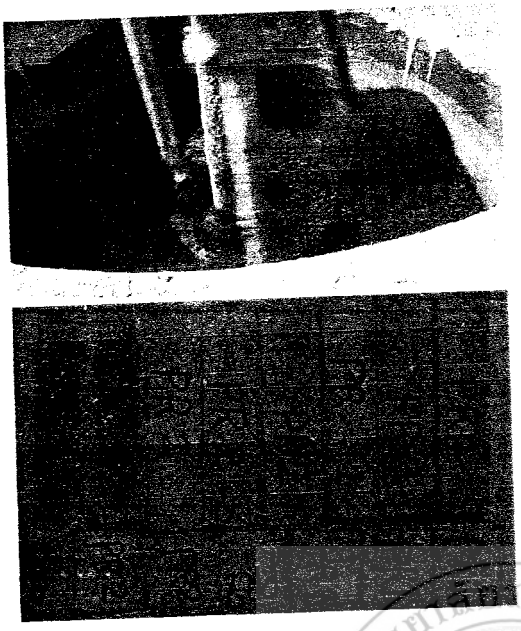
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย LOEI RAJABHAT UNIVERSITY

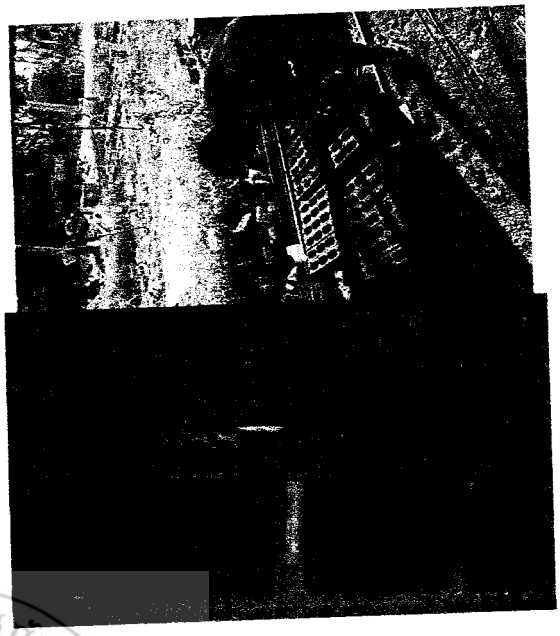


3. การขึ้นรูปและการอัดบล็อก

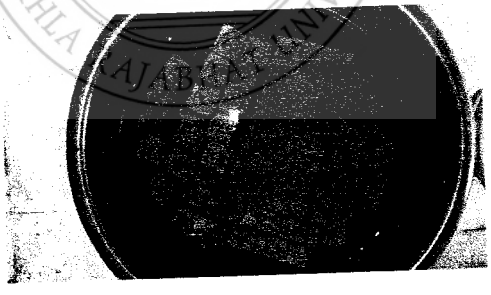




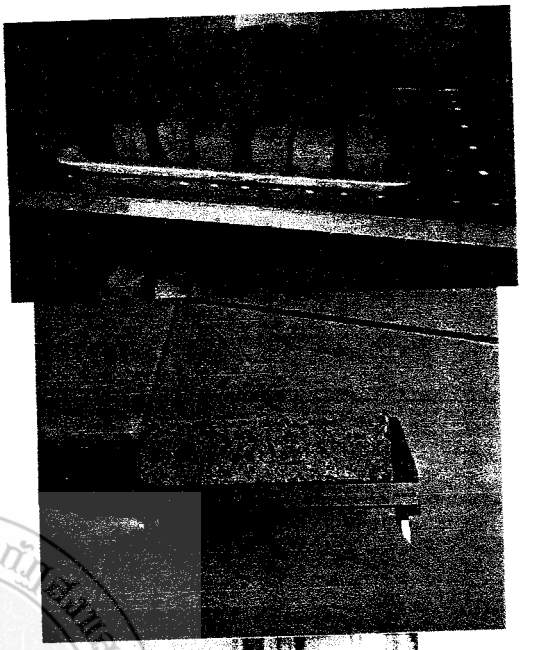


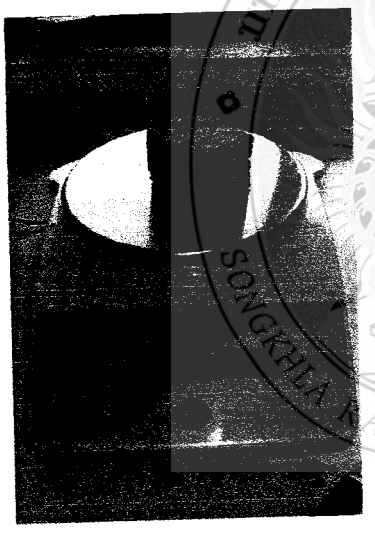


4. การบ่มอิฐบล็อกและการอบไล่ความชื้น

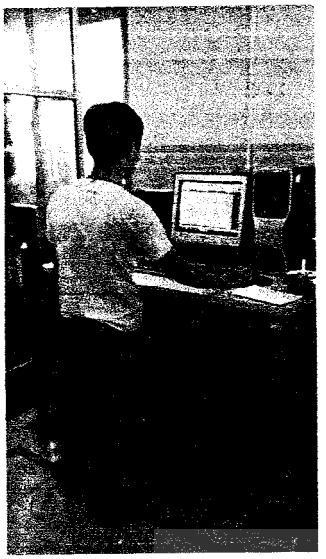


4. การทดสอบค่ามาตรฐาน มอก. 58-2533





มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY



มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก จ

เรื่อง โครงร่างวิจัยเฉพาะทาง

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. **ชื่อโครงการวิจัย** การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารามาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

Education the feasibility of using rice husk ash and para-wood ash to replace cement timber For non-load-bearing concrete block..

ปีการศึกษา 2558

3. **สาขาวิชาที่ทำการวิจัย** โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)

4. **ผู้วิจัย** นาย รอซี ผิวดี 534291025 นักศึกษาปริญญาตรี สาขา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

นาย สมบัติ สุวรรณชาตรี 534291033 นักศึกษาปริญญาตรี
สาขา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

นาย สุพัฒพงศ์ วัฒนา 534291042 นักศึกษาปริญญาตรี
สาขา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

5. **อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก** อาจารย์ นัดดา โปดำ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ หิรัญวดี สุวิบูรณ์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

6. รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการ

6.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันได้มีการนำวัสดุประเภทปอซโซลานมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมซีเมนต์และอุตสาหกรรมก่อสร้างกันอย่างแพร่หลาย โดยวัสดุประเภทปอซโซลานนี้ถือว่าเป็นวัสดุเชื่อมประสาน (Cementitious Material) ชนิดหนึ่ง คำว่าวัสดุเชื่อมประสานนี้หมายถึง วัสดุที่ทำหน้าที่เชื่อมประสานองค์ประกอบต่างๆ หรือวัสดุอื่นเข้าด้วยกัน ซึ่งในอดีตวัสดุเชื่อมประสานในงานก่อสร้างมีเพียงอย่างเดียวคือ ซีเมนต์พอร์ตแลนด์ โดยมาตรฐาน ASTM C618 [1] ได้ให้คำจำกัดความของวัสดุปอซโซลานไว้ว่า วัสดุปอซโซลานเป็นวัสดุที่มีซิลิกา หรือซิลิกาและอลูมินาเป็นองค์ประกอบหลัก โดยทั่วไปแล้ววัสดุ ปอซโซลานจะไม่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน แต่ถ้าวัสดุปอซโซลานมีความละเอียดมากและมีน้ำหรือความชื้นที่เพียงพอ จะสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติ ทำให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน วัสดุจำพวกนี้ได้แก่ เถ้าถ่านหิน เถ้าแกลบ ตะกรันเหล็ก และ ซิลิกาฟูม เป็นต้น ซึ่งเป็นของเหลือใช้ (Waste) จากโรงงานอุตสาหกรรม

ปัจจุบันวัสดุเหลือทิ้งภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมมีหลายชนิด เช่น เถ้าแกรบ และเถ้าขี้เลื่อย ซึ่งพบว่าเถ้าแกรบเป็นวัสดุที่มีปริมาณซิลิกาสูง (silica) ประมาณ 86.9 97 % (ประชุม คำพุฒ) เถ้าแกรบมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานตามมาตรฐาน ASTMC618-94a โดยจัดอยู่ใน Class N (บุรฉัตร ฉัตรวีระ และณรงค์ศักดิ์ มากุล ,2547) เถ้าแกรบละเอียดมีการทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกสูง และสามารถใช้เป็นวัสดุซีเมนต์ในคอนกรีตได้ (บุรฉัตร ฉัตรวีระ และวัชรกร วงศ์คำจันทร์ , 2544) จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของเถ้าไม้ยางพารา พบว่ามีแคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงเท่ากับปูนซีเมนต์ซึ่งการที่มีสารแคลเซียมออกไซด์สูง เมื่อนำเถ้าไม้ยางพาราไปผสมกับคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอย เถ้าไม้ยางพารามีความละเอียดสูงสามารถใช้เป็นวัสดุปอซโซลาน เพื่อทดแทนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 10 ซึ่งส่วนผสมดังกล่าวจะสามารถรับแรงอัดได้ใกล้เคียงกับคอลกรีตทั่วไป และเถ้าไม้ยางพารา จะช่วยพัฒนากำลังอัดของวัสดุที่อายุมากขึ้นด้วย สราวุธ เทศศิริ (2550)

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวความคิดที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าแกลบผสมกับเถ้าไม้ยางพารา โดยศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างเถ้าแกรบผสมกับเถ้าไม้ยางพารา โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเถ้าแกรบกับเถ้าไม้ยางพารามาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก และเป็นการเสริมแนวความคิดในการดึงประโยชน์ของทรัพยากรธรรมชาติมาให้ใช้คุ้มค่ามากที่สุด อัตราส่วนที่ใช้ดังกล่าวมีลักษณะและคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 นอกจากนี้การนำเอาเถ้าแกรบผสมกับเถ้าไม้ยางพารา มาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์จะเป็นการช่วยลดพลังงานโดยตรงจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ และยังช่วยลดปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการเผา

6.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าแกรบกับเถ้าขี้เลื่อยมาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักและอิฐบล็อกประสาน
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพระหว่างเถ้าแกรบกับเถ้าขี้เลื่อยมาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักและอิฐบล็อกประสาน

6.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น : ปูนซีเมนต์ เถ้าแกลบ เถ้าขี้เลื่อย

ตัวแปรตาม : กำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ ความชื้น และการเปลี่ยนแปลงความยาว

ตัวแปรควบคุม : ปริมาณทราย และ น้ำ

6.4 ขอบเขตการวิจัย

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพระหว่างเถ้าแกรบกับเถ้าขี้เลื่อยมาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักและอิฐบล็อกประสาน

1. ใช้เถ้าแกลบและเถ้าขี้เลื่อยที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 325

6.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ขี้เลื่อย หมายถึง ผงไม้ที่เกิดจากการตัดไม้ด้วยเลื่อยหรือเกิดจากการขัดไม้ด้วยกระดาษทรายหรือเครื่องขัด โดยอาจนำไปบดให้ละเอียดก่อนนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช,2547)

เถ้าแกรบ หมายถึง แกรบจากโรงสีข้าวที่ผ่านการเผาไหม้จนเป็นเถ้าที่มีสีเทาหรือสีดำ (บุระฉัตร ฉัตรวีระ . 2547)

คอนกรีตบล็อก หรือ อิฐบล็อก หมายถึง ก้อนคอนกรีตทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ น้ำ วัสดุที่เหมาะสมชนิดต่างๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม้ก็ได้ สำหรับก่อผนังหรือกำแพง มีรู้หรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวธารน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 28-2533)

คอลกรีตบล็อกไม้รับน้ำหนัก (hollow non-loab-bearing concrete masonry unit) หมายถึง คอลกรีตบล็อกที่ใช้สำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใดๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533)

อิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกรบกับเถ้าขี้เลื่อย คือ ก้อนคอลกรีตทำจากปูนซีเมนต์ ทราย น้ำ และที่มีส่วนผสมของเถ้าแกรบกับขี้เลื่อย ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ใช้สำหรับก่อผนังหรือกำแพงที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใดๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง

6.6 สมมติฐาน

เถ้าแลบและเถ้าขี้เลื่อยสามารถนำมาแทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตอิฐบล็อกได้บางส่วน

6.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าการทำอิฐบล็อกจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น
2. พัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านวัสดุในงานก่อสร้างที่ช่วยประหยัดพลังงาน
3. ช่วยลดปัจจัยเสี่ยงและชะลอการเกิดสภาวะโลกร้อน

6.8 ระยะเวลาที่จำทำการวิจัย

กุมภาพันธ์ – เมษายน 2558

6.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.9.1 วัสดุปอซโซลาน ACI 116R-90 [5] ได้นิยามว่า วัสดุปอซโซลาน (Pozzolan) คือวัสดุที่มีซิลิกา หรือซิลิกาและอลูมินาเป็นส่วนใหญ่ โดยปกติวัสดุปอซโซลานจะมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานน้อยมากหรือไม่มีเลยแต่ถ้าวัสดุปอซโซลานอยู่ในรูปของผงละเอียดและมีความชื้นเพียงพอจะสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติ และเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานคล้ายกับปูนซีเมนต์ คือมีความแข็งแรงยึดเกาะได้ดี วัสดุปอซโซลานที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่เถ้าถ่านหิน ซึ่งได้นำมาใช้เป็นวัสดุผสมส่วนหนึ่งในคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เพื่อช่วยให้คอนกรีตมีคุณสมบัติดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีเถ้าแกลบที่มีงานวิจัยอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน สิ่งสำคัญประการหนึ่งของวัสดุปอซโซลานคือ จะต้องมีความละเอียดสูง จึงจะสามารถทำปฏิกิริยาเคมีได้ดีและรวดเร็ว

6.9.2 คอนกรีตบล็อก หรือ อิฐบล็อก (Concrete Block) เป็นวัสดุก่ออีกประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศ โดยมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาดโดยประมาณ 20 x 40ซม. หนาระหว่าง 7 – 20 ซม. ซึ่งลักษณะของการใช้งานก่ออิฐจะก่อเหมือนงานอิฐมอญ แต่จะมีข้อดีกว่า คือ สามารถที่จะก่อได้เร็วกว่า และมีขนาดที่มาตรฐานกว่า ทำให้สามารถที่จะทำการประมาณการจำนวนของวัสดุได้ง่ายกว่า และเมื่อรวมค่าแรงในงานก่อสร้างแล้วจะถูกกว่าการก่ออิฐมอญ

คอนกรีตบล็อกที่ทำการผลิตนั้นสามารถที่จะเลือกใช้ได้ทั้ง 2 ประเภท คือ คอนกรีตบล็อกชนิดที่รับน้ำหนัก และไม่รับน้ำหนัก ซึ่งคอนกรีตบล็อกแบบชนิดรับน้ำหนักจะมีลักษณะเป็นแท่งผิวเรียบ มีรูตรงกลางในแนวตั้ง ส่วนแบบที่ไม่รับน้ำหนัก หรือที่เรียกว่า Screen Block จะเป็นบล็อกที่มีลักษณะเป็นลวดลาย เมื่อทำการก่อแล้วสามารถที่จะเกิดเป็นลวดลายหรือให้แดดลมผ่านได้ นิยมเรียกเป็นภาษาชาวบ้านทั่วไปว่า “บล็อกช่องลม”

นอกจากสินค้าในกลุ่มของอิฐบล็อก หรือคอนกรีตบล็อกแล้ว ยังมีอิฐชนิดอื่นที่สามารถที่จะนำไปใช้ในงานผนัง ซึ่งประกอบไปด้วย

6.9.2.1 อิฐมอญ หรืออิฐก่อสร้างสามัญ หรืออิฐมาตรฐานเป็นอิฐที่เกิดจากการนำวัตถุดิบหลายชนิดมาผสมเข้าด้วยกัน เช่น ดินเหนียว ,ทราย และเชื้อเพลิงต่างๆ เช่น ฟืน หรือแกลบ จากนั้นทำการขึ้นรูปโดยการปั้นเป็นก้อน หรือการใช้เครื่องจักรในการผลิตสินค้า จากนั้นทำการเผาอิฐ ซึ่งโดยทั่วไปจะนิยมใช้แกลบในการเผา เนื่องจากใช้ระยะเวลาน้อยกว่า

6.9.2.2 คอนกรีตมวลเบาหรืออิฐมวลเบา เป็นวัสดุก่ออีกชนิดหนึ่ง ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของวัสดุที่สามารถที่จะใช้งานได้ดีในสภาวะสภาพอากาศที่รุนแรง มีน้ำหนักเบาทำให้สามารถประหยัดขนาดของโครงสร้าง และมีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี โดยผลิตมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ,ทราย ,ยิปซั่ม ผสมกับน้ำ และผงอลูมิเนียม

6.9.2.3 อิฐประสาน หรืออิฐดินซีเมนต์ อิฐประสานเป็นอิฐที่มีชื่อเรียกอีกหลายชื่อ อิฐ วท. ,บล็อกประสาน ,อิฐดินซีเมนต์ ,อิฐคงทอง และอิฐดินแดง เป็นต้น เนื่องจากมีผู้ผลิตสินค้าประเภทดังกล่าวอยู่หลายราย และอยู่ในระหว่างการพัฒนาในเรื่องของรูปแบบ และคุณสมบัติ จึงมีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งรูปแบบจะมีลักษณะคล้ายกับอิฐก่อทั่วไป แต่จะมีขนาดใหญ่กว่ามาก เนื่องจากใช้เป็นระบบผนังในการรับน้ำหนัก (Bearing Wall) ซึ่งมีลักษณะแตกต่างต่างกันกับอิฐก่อโดยทั่วไป โดยวัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้ในการผลิต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ,หินฝุ่น ,ทราย และดินลูกรัง

6.9.3 เถ้าแกลบ องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบแสดงในตารางที่ ซึ่งพบว่าเถ้าแกลบมี Sio_2 สูงมากถึงประมาณร้อยละ 90 ทำนองเดียวกัน พบว่า เถ้าแกลบที่เผามาประเทศไทยมี Sio_2 อยู่ร้อยละ 92.28 และ 91.84 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์ของโซเดียม โปรแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ และค่าการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการเผา (L0ss On Ignition หรือ LOI) ซึ่งตามปกติมี LOI อยู่ประมาณร้อยละ 2-5 อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาแกลบมีผลต่อค่า LOI

ตาราง องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบ

สารประกอบ	เถ้าแกลบ	เถ้าแกลบขาว	เถ้าแกลบดำโรงสี
Sio_2	86.9 - 97.3	88.33	89.95
K_2O	0.6 – 2.5	2.76	1.49
Na_2O	0 – 1.5	0.15	0.07
CaO	0.2 – 1.5	0.56	0.50
MgO	0.12 – 1.96	0.28	0.23
Fe_2O_3	0 – 0.6	3.37	1.87
P_2O_5	0.2 – 2.9	NA	NA
SO_3	0.1 – 1.1	0.12	0.02
Cl	0 – 0.4	NA	NA
Al_2O_3	NA	0.48	0.54
LOI	NA	3.71	4.70

6.9.4 ขี้เลื่อยและเศษไม้ยางพา

จากรายงานของสถาบันวิจัยยางพารา พบว่า ภายหลังกระบวนการแปรรูปไม้ยางพาราเพื่อผลิตเฟอร์นิเจอร์ จะมีเศษไม้ 3.6 ล้านตัน และขี้เลื่อย 8 ล้านตัน (คู่มือพลังงานชีวมวล. ออนไลน์)

1. ลักษณะทางกายภาพ

ดนุพล อ้างใน สราวุธ เทศศิริ (2550) ได้กล่าวว่า อนุภาคของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารามีขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าเถ้าลอย ซึ่งอนุภคของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารามีขนาด 48.85 ไมครอนซึ่งใหญ่กว่าเถ้าลอยประมาณ 10 เท่า เถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารามีลักษณะทั้งเม็ดเหลี่ยมและเม็ดมุม มีทั่วผิวขรุขระมีรูปพรุนอยู่ และมีบางอนุภาคเป็นแผ่นวางซ้อนหนาติดกัน ซึ่งจากลักษณะดั่งกล่าวจึงมีความดูดซึมน้ำได้มาก และพื้นที่บางส่วนบดบังการทำปฏิกิริยาได้ไม่ทั่วถึง

จรูน อ้างถึงใน สราวุธ เทศศิริ (2550) ได้กล่าวว่า ลักษณะของขี้เลื่อยไม้ยางพารา มีอนุภาคหยาบกว่าเมื่อเทียบกับอนุภาคของปูนซีเมนต์ ลักษณะของขี้เถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นรูปร่างไม่แน่นอนมีขนาดแตกต่างกัน มีลักษณะเป็นเหลี่ยมๆ มนๆ ปะปนเป็นจำนวลมากลักษณะคล้ายวัตถุที่มีรูพรุนการกระจายตัวของอนุภาคลักษณะของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพาราอยู่ในเกณฑ์สูง ขนาดของอนุภาคแตกต่างกันมากโดยมีอนุภาคที่เล็กที่สุดเท่ากับ 0.375 ไมครอน และมีขนาดใหญ่สุดเท่ากับ 717.80 ไมครอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.91 ไมครอน ในขณะที่ปูนซีเมนต์มีอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 21.30 ไมครอน

2. องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา ประกอบด้วยแคลเซียมออกไซค์ (CaO) ประมาณร้อยละ 40-55 โดยน้ำหนัก มีแมกนีเซียมออกไซค์ (MgO) ประมาณร้อยละ 10-20 โดยน้ำหนัก และมีโพแทสเซียมออกไซค์ (M_2O) ประมาณร้อยละ 18-26 โดยน้ำหนัก

จรูน เจริญเนตรกุล (2547) ได้กล่าวว่า ปริมาณแคลเซียมออกไซค์เทียบเท่า (CaO Equivalent) ในวัสดุประสานมีความสำพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการรับแรงอัดของมอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลาน กล่าวคือ มอร์ต้าร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานในอัตราแทนที่ที่เท่ากัน กำลังอัดมอร์ตาร์ที่ผสมวัสดุปอซโซลานที่มีปริมาณแคลเซียมออกไซค์ (CaO) มากกว่าจะมีความสามารถรับกำลังอัดได้มากด้วย

สราวุธ เทศศิริ (2550) คุณสมบัติทางเคมีของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่าปริมาณของ Si2,Al2O3,Ee2O3 และCaO เท่ากับร้อยละ 15.14, 1.06,0.56, และ 32.34 ตามลำดับ

ตารางแสดง องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา

องค์ประกอบทางเคมี (%)	เถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา
SiO_2	15.14
Al_2O_3	1.06
Fe_2O_3	0.56
CaO	32.34
K_2O	19.05
SO_3	3.29
LOI	2.64

6.9.5 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

โดยสมาคมทดสอบวัสดุอเมริกา (ATM.C.150) (type I-V) และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทย (ม.อ.ก 15) แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ 5 ประเภทคือ

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Normai Portland Cement) ใช้สำหรับลักษณะงานธรรมดาที่ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว และ ตราเพชรเม็ดเดียว

2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modifird Portland Cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตที่ต้องการลดอุณหภูมิเนื่องจากสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง งานคอนกรีตเหลา หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง เช่น งานสร้างเขื่อน คอลกรีต กำแพงดินหนาๆ หรือท่อคอลกรีตขนาดใหญ่ ๆ ต่อมอ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเจ็ดเศียร

3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความแข็งแรงสูงโดยเร็ว (High-Early-Strngth-Portland Cement) หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนซีเมนต์ให้กำลังสูงในระยะแรกมีเนื้อเป็นผงละเอียดกว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา มีประโยชน์สำหรับคอนกรีตที่จะต้องใช้งานเร็ว หรือรื้อแบบได้เร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต ถนน พื้น และคานที่ต้องถอนแบบเร็ว เป็นต้น ได้แก่ ปูนตราเอราวัญ ตราพญานาคสีแดง และตราสามเพชร

4. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดความร้อยต่ำ (Low-Heat Portland Cement) สามารถลดปริมาณความร้อนเนื่องจากการรวมตัวของปูนซีเมนต์กับน้ำซึ่งจะสามารถลดการขยายตัวและหดตัวของคอนกรีตภายหนังการแข็งตัว ใช้มากในงานก่อสร้างเขื่อน เนื่องจากอุณหภูมิของคอนกรีตต่ำกว่างานชนิดอื้นไม่เหมาะสำหรับงานโครงสร้างทั่วไปเพราะแข็งตัวช้า

5. ปูนซีเมนต์ปอนต์แลนต์ ชนิดทนซัตเฟตได้สูง (Sulfate-Resistant Portland Cement) ใช้ในบริเวณที่น้ำหรือดิน มีค่าด่าวสูง มีระยะการแข็งตัวช้า และมีการกระทำของวัลเฟตอย่างรุนแรง ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราปลาฉลาม

ตารางแสดงองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ชื่อของสารประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ชื่อย่อ
ไตรแคลเซียม ซิลิเกต	3 $CaO.SiO_2$	C_3S
ไดแคลเซียม ซิลิกา	2 $CaO.SiO_2$	C_2S
ไตรแคลเซียม อะลูมิเนต	3 $CaO.Al_2O_3$	C_3A
เตตตราแคลเซียม อะลูมิโน เฟอไรต์	4 $CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF

6.9.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชื่อวิจัย	ผลการศึกษา	แหล่งที่มา
การศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการทำอิฐบล็อกประสานจากเศษทรายดำ	จากการทดลองพร้อมวิเคราะห์ผลสามารถสรุปผลวิจัยที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05 พบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์กับเศษทรายดำโดยน้ำหนักในการทำอิฐบล็อกประสานดีที่สุด มีอัตราส่วนผสม 1:4ให้ค่าความต้านทานแรงอัดเกินมาตรฐาน 70 กก./ตร.ซม. เหมาะสำหรับชนิดรับน้ำหนัก และอัตราส่วนผสม 1:12 เหมาะสำหรับชนิดไม่รับน้ำหนัก ดังนั้นเศษทรายดำสามารถนำมาทำอิฐบล็อกประสานได้จึงเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้งและเป็นการประหยัดทรัพยากรธรรมชาติที่นำมาใช้ทำอิฐบล็อกประสาน	นายสมเกียรติ ฉิมสร (2553)
อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมเถ้าและกะลาปาล์มน้ำมัน	งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนและนำกะลาปาล์มน้ำมันมาแทนทีjดินลูกรังบางส่วนเพื่อผลิตเป็ นอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าและกะลาปาล์ม และเปรียบเทียบคุณสมบัติกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มและแทนที่ดินลูกรังด้วยกะลาปาล์มในอัตราส่วนร้อยละ 5-5, 10-10, 15-15, 20-20, 25-25, 30-30, 35-35 และ 40-40 โดยน้ำ หนักมวลรวมที่ใช้ในการผลิต	จรูญ เจริญเนตรกุล (2551)

เอกสารที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

การพัฒนาอิฐคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน	จากการทดลองพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผลิตอิฐคอนกรีตที่มีเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อทรายต่อเถ้าปาล์มน้ำมันเป็น 1: 1: 2 โดยน้ำหนักซึ่งง่ายต่อการจดจำ อิฐคอนกรีตที่ได้มีค่าความหนาแน่นประมาณ 766 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อก สามารถรับแรงอัดได้ประมาณ 90 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำของคอนกรีตบล็อกแบบไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 มีค่าการดูดซึมน้ำประมาณร้อยละ 20 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ค่าการนำความร้อน 0.194 W/mK ซึ่งสามารถป้องกันความร้อนได้ใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบา	นางสาวพัชราวรรณ เก๊อะเจริญ (2554)
การศึกษาอิฐคอนกรีตที่มีเถ้าแกลบ-เปลือกไม้และเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม	ผลการทดสอบพบว่ากำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันก่อนบดมีกำลังอัดที่ไม่สูงมากนักเพราะมีขนาดอนุภาคที่ใหญ่ และมีรูพรุนสูง จึงไม่เหมาะที่จะนำมาเป็นวัสดุปอซโซลาน ส่วนมอร์ต้าร์ที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันที่บดจนละเอียดค้างบนตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ 29.2 และ 4.3 พบว่ามีกำลังอัดที่อายุ 7 และ 28 วันสูงกว่าร้อยละ 75 ของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมีแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นเรื่อยๆซึ่งแสดงว่าเถ้าปาล์มน้ำมันที่บดละเอียดสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลานเพื่อใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนได้	นายสุรพันธ์ สุคันธบุรีย์ (2545)

เอกสารที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

การพัฒนาอิฐคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน	จากการทดลองพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผลิตอิฐคอนกรีตที่มีเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อทรายต่อเถ้าปาล์มน้ำมันเป็น 1: 1: 2 โดยน้ำหนักซึ่งง่ายต่อการจดจำ อิฐคอนกรีตที่ได้มีค่าความหนาแน่นประมาณ 766 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อก สามารถรับแรงอัดได้ประมาณ 90 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำของคอนกรีตบล็อกแบบไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 มีค่าการดูดซึมน้ำประมาณร้อยละ 20 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ค่าการนำความร้อน 0.194 W/mK ซึ่งสามารถป้องกันความร้อนได้ใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบา	สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
การศึกษาอิฐคอนกรีตที่มีเถ้าแกลบ-เปลือกไม้และเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม	ผลการทดสอบพบว่ากำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันก่อนบดมีกำลังอัดที่ไม่สูงมากนักเพราะมีขนาดอนุภาคที่ใหญ่ และมีรูพรุนสูง จึงไม่เหมาะที่จะนำมาเป็นวัสดุปอซโซลาน ส่วนมอร์ต้าร์ที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันที่บดจนละเอียดค้างบนตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ 29.2 และ 4.3 พบว่ามีกำลังอัดที่อายุ 7 และ 28 วันสูงกว่าร้อยละ 75 ของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมีแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นเรื่อยๆซึ่งแสดงว่าเถ้าปาล์มน้ำมันที่บดละเอียดสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลานเพื่อใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนได้	กิติพงษ์ สุวีโรและคณะ อ้างถึงในประชุม คำพุฒ (2553)ต

เอกสารที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

การเตรียมอิฐบล็อกมวลเบาจากแกลบ	จากการศึกษาพบว่าอิฐบล็อกที่มีอายุการบ่ม 28 วัน จะมีค่าความต้านการอัดเฉลี่ยมากที่สุด ถึงแม้ว่าอิฐบล็อกที่แทนที่วัสดุผสมด้วยแกลบ 75% ที่เตรียมได้จะมีค่าความต้านการอัดเฉลี่ยต่ำกว่าอิฐบล็อกมวลเบาสำหรับงานก่อ (Masonry concrete) ซึ่งมีค่าความต้านการอัดต่ำสุดเท่ากับ 100 kg/cm2 แต่ยังคง ผ่านเกณฑ์มาตรฐานค่าความต้านการอัดต่ำสุดของอิฐบล็อกมวลเบาสำหรับงานฉนวนความร้อน (Insulatingconcrete) ซึ่งเท่ากับ 10 kg/cm2 ตามมาตรฐาน ACI.DESIGNATION : 213R-87 อิฐบล็อกมวลเบาผสมแกลบ จึงน่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างสำหรับงานฉนวนความร้อนและงานก่อสร้างที่ไม่ต้องการรับน้ำหนักสูงได้	นายจักรพันธุ์ วงษ์พา (2546)
การใช้ฝุ่นหินภูเขาไฟในผลิตภัณฑ์บล็อกประสาน	งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ฝุ่นหินภูเขาไฟ (หินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย) ในผลิตภัณฑ์บล็อกประสาน กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1: ฝุ่นหินภูเขาไฟ: เท่ากับ 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10 และ 1:11โดยน้ำหนัก ใช้ปริมาณน้ำประปา ร้อยละ 10 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ขึ้นรูปบล็อกประสาน ขนาด 10 x 10 x 20 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดแบบมือโยก ทดสอบตามมาตรฐาน มผช. 602 – 2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน ผลการทดสอบ พบว่า บล็อกประสานฝุ่นหินภูเขาไฟมีความหนาแน่น ความต้านทานแรงอัด และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลง ส่วนการดูดกลืนน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม บล็อกประสานอัตราส่วนที่มีฝุ่นหินภูเขาไฟน้อยกว่าอัตราส่วน 1:8 มีสมบัติผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด	วิจิตร พรมสุวรรและวาชินีย์ หลำเบ็นสะ

6.10 วิธีการวิจัย

6.10.1 พื้นที่ศึกษา

6.10.1.1 แหล่งที่มาของวัสดุ

6.10.1.2 การทำชุดทดสอบและการทดสอบประสิทธิภาพ

ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

6.10.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

6.10.2.1 วัสดุอุปกรณ์การทำอิฐและชุดทดสอบ

1. ทราย หมายถึง ทรายก่อสร้างทั่วไป
2. น้ำ หมายถึง น้ำสะอาดสามารถที่ใช้ดื่มได้
3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
4. เถ้าแกลบ
5. เถ้าชี้เลื่อย
6. เครื่องผสมคอนกรีต
7. เบ้าหล่ออิฐบล็อก (Concrete block mould) เป็นเบ้าเหล็กที่ใช้สำหรับเตรียมอิฐบล็อก มีหลายขนาด ดังนี้

7.1 เบ้าหล่ออิฐบล็อก ขนาด 7×19×39 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้หล่ออิฐบล็อก สำหรับทดสอบหาค่ามวล และค่าความต้านการอัด ประกอบด้วยเบ้าหล่อ ซึ่งผลิตอิฐบล็อกได้ครั้งละ 2 ก้อน มีแท่งเขย่าเบ้าละ 3 แท่ง สำหรับเขย่าส่วนผสมคอนกรีตให้แน่นโดยใช้ชุดมอเตอร์ขับสายพาน ซึ่งติดตั้งอยู่กับเครื่องอัดบล็อกคอนกรีต

7.2 เบ้าหล่ออิฐบล็อก ขนาด 5×5×5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้หล่ออิฐบล็อกขนาดเล็กรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 5×5×5 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นเบ้าหล่ออิฐบล็อก สำหรับทดสอบหาค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรและค่าการดูดซึมน้ำ

7.3 เบ้าหล่ออิฐบล็อก ขนาด 4×4×16 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้หล่ออิฐบล็อก ขนาด4×4×16 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นเบ้าหล่ออิฐบล็อก สำหรับทดสอบหาค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวหรือค่าการหดตัว

7.4 1 เบ้าหล่ออิฐบล็อก ขนาด 12.5×25×10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้หล่ออิฐบล็อก สำหรับทดสอบหาค่ามวล และค่าความต้านการอัด

6.10.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทดลอง

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
2. ตู้อบ
3. ผ้าซับน้ำ
4. อ่างน้ำ
5. เครื่องผสมคอนกรีต
6 เครื่องอัดบล็อก

6.10.3 การกำหนดอัตราส่วนผสมอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนักเถ้าแกลบกับเถ้าขี้เลื่อย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่องอิฐบล็อกชนิดไม่รับนำหนัก และอิฐประสาน จึงนำมาพัฒนาโดยใช้เถ้าแกรบกับขี้เลื่อย ตามอัตราส่วนของ ภานุ คะนอง (2557)

ชุดการทดลองที่ 1 อัตราส่วนระหว่างเถ้าแกลบต่อเถ้าไม้ยางพารา (50 : 50) ในการทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

สูตร	อัตราส่วน ปูน : เถ้า (วัสดุประสาน) (%)	สูตรผสมโดยปริมาณ วัสดุประสาน : ทราย	อัตราส่วนการผสม (%)			
			ปูน	เถ้า	ทราย	น้ำ
A1	ปูน 95% + เถ้า 5%	1 : 5	14.25	0.75	75	10
A2	ปูน 90% + เถ้า 10%	1 : 5	13.5	1.5	75	10
A3	ปูน 85% + เถ้า 15%	1 : 5	12.75	2.25	75	10
A4	ปูน 80% + เถ้า 20%	1 : 5	12	3	75	10
A5	ปูน 75% + เถ้า 25%	1 : 5	11.25	3.75	75	10
A6	ปูน 70% + เถ้า 30%	1 : 5	10.5	4.5	75	10

ชุดการทดลองที่ 2 อัตราส่วนระหว่างเถ้าแกลบต่อเถ้าขี้เลื่อย (50:50) ในการทำอิฐประสาน

สูตร	อัตราส่วน ปูน : เถ้า (วัสดุประสาน) (%)	สูตรผสมโดยปริมาณ วัสดุประสาน : ดินลูกรัง	อัตราส่วนการผสม (%)			
			ปูน	เถ้า	ดินลูกรัง	น้ำ
B1	ปูน 95% + เถ้า 5%	1 : 6	12.22	0.64	77.14	10
B2	ปูน 90% + เถ้า 10%	1 : 6	11.41	1.29	77.14	10
B3	ปูน 85% + เถ้า 15%	1 : 6	10.93	1.93	77.14	10
B4	ปูน 80% + เถ้า 20%	1 : 6	10.29	2.57	77.14	10
B5	ปูน 75% + เถ้า 25%	1 : 6	9.65	3.22	77.14	10
B6	ปูน 70% + เถ้า 30%	1 : 6	9.00	3.86	77.14	10

6.10.4 การเตรียมเถ้าแกลบและเถ้าขี้เลื่อย

6.10.4.1 นำเถ้าแกลบและเถ้าขี้เลื่อยที่ได้มาอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น จากนั้นทำการบดเถ้าแกลบและเถ้าขี้เลื่อย

6.10.4.2 นำเถ้าแกลบและเถ้าขี้เลื่อยไปร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 325 ชั่งน้ำหนักวัสดุที่บดแล้วตามที่ใช้ทดลอง

6.10.4.3 เตรียมส่วนผสมตามอัตราส่วนในตาราง

6.10.5 การเตรียมตัวอย่างอิฐบล็อก

6.10.5.1 ชิ้นทดสอบอิฐบล็อกขนาด 7x19x39 และ 12.5x25x10 ลูกบาศก์เซนติเมตรชิ้นทดสอบอิฐบล็อกขนาด 7x19x39 และ 12.5x25x10 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีขนาดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก. 58-2530 อ้างจาก ASTM C129-80 Standard Specification for Hollow Non-Load-Bearing Concrete Masonry Units จะใช้สำหรับการทดสอบหาค่ามวลและค่าความต้านการอัดของตัวอย่างอิฐบล็อกเพื่อศึกษาการแปรปัจจัยต่างๆ เริ่มต้นเตรียมตัวอย่างอิฐบล็อกด้วยการผสมวัสดุ ตามปริมาณที่กำหนดในสูตร ด้วยเครื่องผสมคอนกรีตขนาดเล็กให้เข้ากันดี หลังจากนั้นจึงเติมน้ำลงไป แล้วคลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน โดย

ใช้เวลาประมาณ 5 ถึง 10 นาที แล้วจึงทำการเทคอนกรีตดังกล่าวลงในเบ้าหล่ออิฐบล็อก ขนาด 7×19×39 และ 12.5×25×10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อทำการอัดบล็อกเรียบร้อยแล้วจึงถอดคอนกรีตหล่อออกจากเบ้า ตั้งทิ้งไว้ 24ชั่วโมง ก่อนนำไปบ่มในน้ำเป็นเวลา 28 วัน โดยจะทำการเตรียมชิ้นทดสอบในแต่ละสูตร จำนวน 5 ชิ้น

6.10.5.2 ชิ้นทดสอบอิฐบล็อกขนาด 5×5×5 และ 4×4×16 ลูกบาศก์เซนติเมตรชิ้นทดสอบอิฐบล็อกขนาด 5×5×5 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะใช้สำหรับการทดสอบหาค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรและค่าการดูดซึมน้ำ และชิ้นทดสอบอิฐบล็อกขนาด 4×4×16 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะใช้สำหรับการทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาวหรือเปอร์เซ็นต์การหดตัวเริ่มต้นเตรียมตัวอย่างอิฐบล็อกเตรียมตัวอย่างอิฐบล็อกเตรียมตัวอย่างอิฐบล็อกด้วยการผสมวัสดุ ตามปริมาณที่กำหนดในสูตร ด้วยเครื่องผสมคอนกรีตขนาดเล็กให้เข้ากันดี หลังจากนั้นจึงเติมน้ำลงไป แล้วคลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน โดยใช้เวลาประมาณ 5 ถึง 10 นาที แล้วจึงทำการเทคอนกรีตดังกล่าวลงในเบ้าหล่ออิฐบล็อก ทำการอัดบล็อกด้วยการกระทุ้งด้วยเหล็กปลายมนเพื่อไล่ฟองอากาศ โดยจะทำการเทคอนกรีต 3 ครั้ง สลับกับการกระทุ้ง 25 ครั้ง ซึ่งเป็นวิธีตามมาตรฐานเลขที่ มอก.109-2517 วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อสร้างซึ่งทำด้วยคอนกรีต อ้างจาก ASTM C140 70 Standard Methods of Sampling and Testing Concrete Masonry Units จากนั้นใช้เกรียงปาดให้เรียบ แล้วใช้แผ่นกระจกปิดที่ปากของแบบหล่อ เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ ตั้งทิ้งไว้จนครบ 24 ชั่วโมง ทำการถอดตัวอย่างอิฐบล็อกออกจากแบบหล่อ แล้วนำไปบ่มในน้ำเป็นเวลา 28 วัน

6.10.5 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

6.10.5.1 การทดสอบหาค่าความต้านการอัดของตัวอย่างอิฐบล็อก (Compressive strength)หลังจากบ่มชิ้นทดสอบอิฐบล็อก ขนาด 7×19×39 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในน้ำเป็นเวลา 28 วันจะนำตัวอย่างอิฐบล็อกออกมาตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง 24 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบหาค่าความต้านการอัด ด้วยเครื่องทดสอบความต้านการอัดของคอนกรีต เริ่มด้วยการนำชิ้นทดสอบอิฐบล็อกวางไว้ระหว่างแท่นเครื่อง (plate) บนและล่าง หลังจากนั้นเริ่มเดินเครื่องเพื่อให้กดชิ้นทดสอบในแนวตั้งฉากกับด้านยาวของชิ้นทดสอบซึ่งจะได้ค่าแรงอัดสูงสุดเมื่อชิ้นทดสอบแตก โดยแต่ละสูตรจะใช้ตัวอย่างชิ้นทดสอบ จำนวน5 ชิ้น ทำการคำนวณหาค่าความต้านการอัด โดยใช้สูตร

$$\text{ค่าความต้านการอัด} = \frac{\text{แรงอัดสูงสุดเมื่อชิ้นทดสอบแตก}}{\text{พื้นที่หน้าตัดชิ้นทดสอบ}} \qquad kg/cm^2$$

6.10.5.2 การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐบล็อก

หลังจากบ่มชิ้นทดสอบอิฐบล็อก ขนาด 5×5×5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในน้ำครบ 28 วัน จะนำตัวอย่างอิฐบล็อก ตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง 24 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐบล็อกโดยการอบชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง ทำการวัดค่ามวลและปริมาตรของชิ้นทดสอบ ซึ่งจะใช้จำนวนชิ้นทดสอบทั้งหมด 5 ชิ้น หลังจากนั้นทำการแช่ชิ้นทดสอบในน้ำให้ท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วยกชิ้นทดสอบออก ใช้ผ้าชุ่มน้ำเช็ดที่ผิวชิ้นทดสอบแต่ละก้อนและทำการชั่งชิ้นทดสอบใหม่ให้เสร็จภายในเวลา 3 นาที ทำการคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำ โดยใช้สูตรตามสมการที่ 3 ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบอิฐบล็อก จะต้องไม่เกิน 500 kg/m3 ตาม มอก. 1505-2541

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{มวลชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ} - \text{มวลชิ้นทดสอบหลังอบ}}{\text{ปริมาตรชิ้นทดสอบ}} \quad kg/cm^3$$

6.10.5.3 การทดสอบหาค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาวหรือเปอร์เซ็นต์การหดตัวของตัวอย่างอิฐบล็อก

หลังจากบ่มชิ้นทดสอบอิฐบล็อก ขนาด 4×4×16 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในน้ำครบ 28 วัน จะนำตัวอย่างอิฐบล็อก ตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง 24 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาวหรือเปอร์เซ็นต์การหดตัว โดยจะทำการอบชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า24 ชั่วโมง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง ทำการชั่งหาค่ามวลและวัดความยาวของชิ้นทดสอบอิฐบล็อก หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบแช่ในอ่างน้ำ ที่อุณหภูมิ 25 ± 5 องศาเซลเซียส โดยผิวของชิ้นทดสอบ จะต้องอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำ 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นจึงเก็บชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิห้อง ชั่งหาค่ามวลและวัดความยาวของชิ้นทดสอบทุกวัน จนมีค่ามวลและความยาวต่ำกว่าค่าที่วัดได้ครั้งแรก หลังจากนั้นจะทำการชั่งมวลและวัดความยาวของชิ้นทดสอบทุกๆ 3 วัน จนชิ้นทดสอบมีความยาวเข้าสู่สภาพสมดุลหรือคงที่ ซึ่งจะใช้จำนวนชิ้นทดสอบทั้งหมด 5 ชิ้น เมื่อชิ้นทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงความยาวน้อยกว่าร้อยละ 0.003 ต่อวัน ทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาวหรือเปอร์เซ็นต์การหดตัวของตัวอย่างอิฐบล็อก โดยใช้สูตรตามสมการที่ 4 ซึ่งเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาวหรือเปอร์เซ็นต์การหดตัวของตัวอย่างอิฐบล็อก จะต้องไม่เกินร้อยละ 0.05 ตาม มอก. 1505-2541

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาว} = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100$$

ภาคผนวก ฉ

เรื่อง ประวัติของผู้วิจัย

ชื่อผู้ทำวิจัย นาย รอซี ผิวดี

วันเดือนปีเกิด 25 มกราคม 2534

ที่อยู่ 22 หมู่ 7 ตำบลนาทอน อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล 91120

ประวัติการศึกษานักศึกษา โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ชื่อผู้ทำวิจัย นาย สมบัติ สุวรรณชาตรี

วันเดือนปีเกิด 18 ธันวาคม 2533

ที่อยู่ 58 หมู่ 1 ตำบลม่วงเตี้ย อำเภอแม่ลาน จังหวัดปัตตานี 94180

ประวัติการศึกษานักศึกษา โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ชื่อผู้ทำวิจัย นาย สุพัฒพงศ์ วัฒนา

วันเดือนปีเกิด 15 มีนาคม 2534

ที่อยู่ 122/1 หมู่ 6 ตำบลคลองงเส อำเภอถ้ำพรรณรา
จังหวัดนครศรีธรรมราช 80260

ประวัติการศึกษานักศึกษา โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY