ใบรับรองงานวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ชื่อเรื่องงานวิจัย การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าชีวมวลเพื่อทดแทนดินลูกรัง

Feasibility Study of Non-Load Interlocking Blocks Product Containing Fly Ash from Biomass Power Plant to Substitute Lateritic Soil

ชื่อผู้ทำงานวิจัย วิสนีย์ มุสอแยนา, สุภัสสรา เพ็งทิพย์ และอาซีมา มะหะมะสุลง

คณะกรรมการสอบโครงการวิจัย

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์)

.....ประธานกรรมการสอบ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญกมล ขุนพิทักษ์)

.....กรรมการสอบ
(อาจารย์ ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

.....กรรมการสอบ
(อาจารย์นัดดา โปดำ)

.....กรรมการสอบ
(อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์)

.....ประธานหลักสูตร
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญกมล ขุนพิทักษ์)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุมัติ เดชนะ)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เมื่อวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ชื่อเรื่อง	การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าชีวมวลเพื่อทดแทนดินลูกรัง	
ผู้ทำวิจัย	นางสาววิสนีย์ มุสอแยนา	รหัสนักศึกษา 584232016
	นางสาวสุภัสสรา เพ็งทิพย์	รหัสนักศึกษา 584232023
	นางสาวอาซีมา มะหะมะสุลง	รหัสนักศึกษา 584232028
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์	
หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต	สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	
สถาบัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา	
ปีการศึกษา	2561	

เลขทะเบียน 11 A 2932
วันที่ 11 ก.พ. 2563
เลขเรียกหนังสือ ว 620.1A 3361

บทคัดย่อ

เถ้าลอยจากไม้ยางพาราเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในกระบวนการผลิตไอน้ำของจากโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลซึ่งมี SiO_2 Al_2O_3 Fe_2O_3 และ CaO ปริมาณมาก อาจทำให้ลดการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานซึ่งสร้างความแข็งแรงแก่อิฐ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าลอยจากโรงฟ้าชีวมวลแทนที่ดินลูกรังเพื่อผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ด้วยอัตราส่วนโดยน้ำหนักร้อยละ 100:0(ชุดควบคุม), 95:5(BF1), 90:10(BF2), 85:15(BF3), 80:20(BF4), 75:25(BF5) และ70:30(BF6) โดยออกแบบสัดส่วนของปูนซีเมนต์ ทราย ผสมดินลูกรังที่ 1.0:1.5:4.5 และบ่มในอากาศ 7 วัน ทดสอบลักษณะทั่วไป ความต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547) และการเปลี่ยนแปลงความยาว (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1505-2541)

ผลการศึกษาพบว่าอิฐบล็อกประสานที่ผสมเถ้าลอยในอัตราส่วน 95:5(BF1) มีค่าความต้านแรงอัดสูงสุด 6.81±0.71 MPa และต่ำสุดในอัตราส่วน 70:30(BF6) โดยยิ่งเพิ่มปริมาณส่วนผสมของเถ้าลอยความต้านแรงอัดจะยิ่งลดลง นอกจากนี้ค่าการดูดกลืนน้ำ และการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกประสานที่ผสมเถ้าลอยอัตราส่วน 70:30(BF6) มีค่าสูงสุด คือ 245.33±33.05 kg/m^3 และ ร้อยละ 0.0037±0.05 ตามลำดับ ซึ่งยิ่งเพิ่มปริมาณส่วนผสมของเถ้าลอยค่าการดูดกลืนน้ำและการเปลี่ยนแปลงความยาวจะยิ่งเพิ่มขึ้น โดยอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักอัตราส่วน 100:0(ชุดควบคุม), 95:5(BF1), 90:10(BF2), 85:15(BF3) และ 80:20(BF4) เป็นไปตามมาตรฐานในทุกพารามิเตอร์ สำหรับต้นทุนการผลิตเบื้องต้นของอิฐบล็อกประสาน 80:20(BF4) มีต้นทุนการผลิตต่ำสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0167 บาท/ก้อน ซึ่งถูกกว่าราคาอิฐบล็อกประสานในท้องตลาดและหากนำมามีความเป็นไปได้ที่จะนำมาผลิตในเชิงพาณิชย์

ความสำคัญ: อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก เถ้าลอย ดินลูกรัง และโรงไฟฟ้าชีวมวล

Study Title	Feasibility Study of Non-Load Interlocking Blocks Product Containing Fly Ash from Biomass Power Plant to Substitute Lateritic Soil	
Authors	Wisanee Musoyaena	student Code 584232016
	Supassara Pengtip	student Code 584232023
	Arseema Mahamasulong	student Code 584232028
Advisory	Miss Hirunwadee Suviboon	
Bachelor of science	Environmental Science	
Institution	Songkhla Rajabhat University	
Academic Year	2561	

Abstract

Para rubber wood fly ash (PWFA) are leftovers from incomplete combustion in the production process of biomass power plant which releases an excess of SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 and CaO that can be affected to the pozzolanic reaction in producing solidified bricks. This study investigated the possibility of the replacement of lateritic soil with PWFA for non-load interlocking blocks at the ratios by weight of 100:0(control unit), 95:5(BF1), 90:10(BF2), 85:15(BF3), 80:20(BF4), 75:25(BF5) and 70:30(BF6). Design of three categories in which each contains the proportion of cement, sand was mixed with lateritic soil at 1.0:1.5:4.5 and cured time in the air for 7 days. Compression strength, water absorption (by Thai community product standard 602/2547) and length change rate (by Thai Industrial Standards Institute 1505-2541) were tested.

The results also showed that compression strength of the interlocking blocks with PWFA in the ratio of 95:5(BF1) is highest at 6.81±0.71 MPa and the lowest compression strength at the ratios of 70:30(BF6). The more fly ash mixed, the less compression strength was found. The results also showed that water absorption and length change rate of the interlocking blocks with fly ash in the ratio of 70:30(BF6) are highest at 245.33±33.05 kg/m^3 and 0.0037±0.05 %, respectively. The more fly ash mixed, the more water absorption and length change rate were found. Non-load interlocking blocks at the ratios by weight of 100:0(control unit), 95:5(BF1), 90:10(BF2), 85:15(BF3) and 80:20(BF4) were based on product standard for every

parameter. This study also revealed that the lowest production cost of 80:20(BF4) interlocking blocks which was 0.0167 baht/block was lower than their market price. This result suggests 80:20(BF4) interlocking blocks can be produced for commercial purpose.

Keywords: Brick, block, coordinate types do not support the weight of fly ash Lateritic soils and biomass power plan

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ หิรัญวดี สุวิบูรณ์ ที่ให้ความรู้ในการดำเนินการวิจัย เสนอแนะแนวทางการศึกษา รวมถึงให้ข้อคิดเห็นในการปรับแก้ไขรายงานวิจัยฉบับนี้จนสมบูรณ์ พร้อมทั้งนี้ขอขอบคุณคณาจารย์โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่เสนอแนะแนวทางการวิจัย พร้อมทั้งข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัยฉบับนี้

ขอบคุณนายสอแหละ บางูสัน เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิจัย พร้อมทั้งขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และเจ้าหน้าที่สาขาวิศวกรรมโยธาที่อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ และอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์การต้านแรงอัดของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

ขอขอบคุณ บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าชีวมวล เพื่อนำมาเป็นวัสดุผสมในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่มีส่วนช่วยในวิจัยเล่มนี้ สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่อุปถัมภ์กำลังทรัพย์และคอยให้กำลังใจตลอดมาจนทำให้งานวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์

วิสนีย์ มุสอแยนา
สุภัสสรา เพ็งทิพย์
อาซีมา มะหะมะสุลง
พฤษภาคม 2561

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ตัวแปร	2
1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	2
1.5 สมมติฐาน	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 โรงไฟฟ้าชีวมวล	5
2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย	11
2.3 การเกิดกระบวนการปอสโซลาน	12
2.4 ข้อมูลทั่วไปของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก	13
2.5 กระบวนการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก	19
2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 กรอบแนวคิดการศึกษา	26
3.2 ขอบเขตการวิจัย	27
3.3 วัสดุ และอุปกรณ์	27
3.4 การเก็บและเตรียมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา	28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการวิจัย (ต่อ)

3.5 วิธีการวิเคราะห์ 29

3.6 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 31

บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาลักษณะทั่วไป 33

4.2 ผลการศึกษาการดูดกลืนน้ำ 34

4.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความยาว 35

4.4 ผลการศึกษาความต้านแรงอัด 37

4.5 ผลการศึกษาต้นทุน 38

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 43

5.2 ข้อเสนอแนะ 44

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก โครงร่างวิจัยเฉพาะทาง ผก-1

ภาคผนวก ข ภาพประกอบ ผข-1

ภาคผนวก ค รายละเอียดวิธีการทดสอบ ผค-1

ภาคผนวก ง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของอิฐบล็อกประสาน ผง-1

ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผจ-1

ภาคผนวก ฉ ประวัติของผู้ทำวิจัย ผฉ-1

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.7-1	แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	4
2.1-1	แสดงศักยภาพพลังงานจากพืชชีวมวลประเทศไทย	7
2.2-1	องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยจากไม้ยางพารา	11
2.4-1	องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	16
2.4-2	ค่ามาตรฐานสมบัติของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก	18
2.5-1	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
3.5-1	อัตราส่วนเถ้าลอยในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก	30
3.5-2	การทดสอบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก	31
4.1-1	ผลการศึกษาลักษณะทั่วไป	33
4.5-1	การวิเคราะห์ต้นทุนต่อวัสดุคงที่ในการผลิตอิฐบล็อกประสาน	39
4.5-2	การวิเคราะห์ต้นทุนค่าวัสดุผันแปรในการผลิตอิฐบล็อกประสาน	40

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1-1	กระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล	6
2.1-2	แผนที่แสดงที่ตั้งของบริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด	10
2.4-1	อิฐบล็อกประสานสี่เหลี่ยมขนาดเต็มก้อน	14
2.4-2	อิฐบล็อกประสานโค้ง	14
2.4-3	เครื่องอัดบล็อกประสานเครื่องอัดด้วยแรงคน	17
2.4-4	เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบไฮดรอลิก	18
2.5-1	การเก็บวัสดุในที่ร่มเพื่อรอการผสม	19
2.5-2	การผสมวัสดุผลิตอิฐบล็อกประสานด้วยเครื่องโม่ผสมอัตโนมัติ	19
2.5-3	การอัดอิฐด้วยเครื่องไฮดรอลิก	20
2.5-4	อิฐบล็อกประสานที่อัดเสร็จแล้ว	20
2.5-6	การบ่มอิฐบล็อกประสาน	21
3.1-1	กรอบแนวคิดการศึกษาวิจัย	26
3.4-1	เถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่ได้จากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล	29
3.5-1	ดินลูกรังที่ใช้ในการศึกษา	29
4.1-1	ลักษณะสีของอิฐบล็อกประสาน	34
4.2-1	ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก	35
4.2-1	ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก	36
4.4-1	ค่าความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก	38

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

โรงไฟฟ้าชีวมวลเป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เศษวัสดุชีวมวลจากธรรมชาติมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า หลักการทำงานคล้ายกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแต่ใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อผลิตไอน้ำแทนฟอสซิล ซึ่งเศษวัสดุที่นิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นวัสดุที่เหลือจากการเกษตร และผลผลิตทางการเกษตรที่ยังไม่ผ่านการแปรรูป เช่น แกลบ ชานอ้อย เศษไม้ กากปาล์ม กากมันสำปะหลัง ซังข้าวโพด กากกะลามะพร้าว ส่าเหล้า เป็นต้น (พีรภพ จอมทอง, 2559) สำหรับบริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด ตั้งอยู่ในตำบลขุนตัดขวาย อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา เป็นโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก กำลังการผลิตไฟฟ้า 9.9 MW ใช้เศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไอน้ำ ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตที่สำคัญคือ ขี้เถ้า ซึ่งประกอบด้วยเถ้าหนัก และเถ้าลอย ซึ่งบริษัทได้นำบางส่วนให้ชุมชนเพื่อใช้เป็นปุ๋ยสำหรับสวนยางพาราและปาล์มน้ำมัน ส่วนที่เหลือนำไปฝังกลบ โดยปริมาณเถ้าลอยที่เกิดขึ้นมีประมาณ 152.66 ตันต่อเดือน (บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด, 2560)

เถ้าลอยเป็นเถ้าที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 1000 °C เพื่อถ่ายเทความร้อนให้หม้อน้ำ (boiler) สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า มีอนุภาคประมาณ 1-200 μm จะลอยไปกับอากาศร้อนและถูกดักจับโดยดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิต (electrostatic precipitator) แยกฝุ่นจากก๊าซร้อน เถ้าลอยที่เกิดจากการเผาไหม้วัสดุชีวมวลส่วนใหญ่มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์สูง ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าเถ้าลอยไม้ยางพารามีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ร้อยละ 33.93-54.45 และโพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) ร้อยละ 13.06-18.85 นอกจากนี้ยังพบว่ามีองค์ประกอบของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) (ทองแดง เดี่ยวกี่, 2548; อาบีเด็ง ฮาวา, 2551; อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ, 2554) และจากการศึกษาของอัจจิมา ไชยศิริ และสรญา สีดาวเดือน ที่ศึกษาการใช้เส้นใยปาล์มน้ำมันมาทดแทนดินลูกรังในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก มีทั้งหมด 7 ชุดการทดลอง ได้แก่ ร้อยละการทดแทน 0 5 10 15 20 และ 25 ตามลำดับ พบว่ามี 5 ชุดการทดลอง ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือ ร้อยละการทดแทน 0 5 10 15 และ 20 อิฐบล็อกที่มีสมบัติเหมาะสมในการนำไปผลิตสำหรับงานตกแต่ง การรับแรงอัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.39 5.88 5.19 4.34 และ 3.27 MPa ตามลำดับ การดูดกลืนน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 126.72 130.00 161.80 175.81 และ 192.06 kg/m^3 ตามลำดับ และการเปลี่ยนแปลงขนาดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 0.0 0.0 0.1 และ 0.2 cm ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตาม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 (อัจจิมา ไชยศิริ และสรญา สีดาวเดือน, 2558) สารประกอบเหล่านี้หากผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำจะเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานทำให้เกิดคุณสมบัติในการเพิ่มการเชื่อมประสานทำให้อิฐมีความแข็งแรงมากขึ้น (อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ, 2554)

ดังนั้นผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำเถ้าลอยจากไม้ยางพาราซึ่งเป็นผลพลอยได้มาจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าของบริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด มาใช้เป็นวัสดุผสมในการผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก เพื่อช่วยลดพื้นที่ในการฝังกลบวัสดุเหลือทิ้ง และเป็นการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ ทั้งนี้ยังเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักในชุมชน เนื่องจากอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยไม้ยางพารามีน้ำหนักเบากว่าอิฐทั่วไปและสามารถลดต้นทุนในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าชีวมวล บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด ทดแทนดินลูกรัง

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักจากเถ้าลอยไม้ยางพาราตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547

1.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น : อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยจากไม้ยางพารากับดินลูกรัง

ตัวแปรตาม : ลักษณะทั่วไป การดูดกลืนน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาว ความต้านแรงอัด

ตัวแปรควบคุม : ปริมาณปูนซีเมนต์ ทรายและน้ำ

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

โรงไฟฟ้าชีวมวล หมายถึง โรงไฟฟ้าที่ใช้เศษวัสดุชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า และพลังงานไอน้ำ ซึ่งอาจจะเป็นเศษวัสดุชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกัน (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2543)

เถ้าลอย (fly ash) หมายถึง เถ้าที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 1000 °C ที่มีขนาดเม็ดละเอียดขนาดตั้งแต่ 1-200 μm จะลอยปะปนกับก๊าซร้อนจากปล่องควันแต่จะถูกจับโดยเครื่องดักฝุ่นแบบเปียกมีลักษณะเป็นเนื้อละเอียดสีเทา (อาบีดีน ดะแซสาเมาะ, 2554)

เถ้าลอยไม้ยางพารา (para-wood fly ash) หมายถึง ผลพลอยได้จากการเผาไม้ยางพาราที่อุณหภูมิ 1000 °C สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งมีน้ำหนักเบา ขนาด 1-200 μm เนื้อละเอียดสีเทาจะ

ลอยปะปนไปกับก๊าซร้อนจากปล่องควันและถูกดักจับโดยเครื่องดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิตซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพาราของโรงไฟฟ้าจาก บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด

ดินลูกรัง (lateritic soil) หมายถึง ดินที่เกิดจากการสลายตัวและพัฒนามาเป็นระยะเวลานานภายในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเป็นส่วนใหญ่มีองค์ประกอบของเหล็กและอะลูมินัมออกไซด์ในปริมาณสูงสุดอันเป็นผลมาจากกระบวนการเกิดศิลาแลง (นิโรจน์ เงินพรหม, 2555)

อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก (non-load interlocking block) หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

1.5 สมมติฐาน

เถ้าลอยไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้าชีวมวลสามารถนำมาเป็นส่วนผสมทดแทนดินลูกรังในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการพัฒนาอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักจากเศษวัสดุเหลือทิ้ง (เถ้าลอยไม้ยางพารา) จากโรงไฟฟ้าชีวมวล

1.6.2 ช่วยลดอัตราการเกิดของเสียที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งจากโรงไฟฟ้าชีวมวล

1.6.3 ลดข้อด้อยของอิฐบล็อกประสานที่มีน้ำหนักมากโดยการใช้ส่วนผสมของเถ้าลอยมีน้ำหนักเบา

1.7 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

การศึกษามีระยะเวลาดำเนินการ (ในช่วงเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ 2562 อยู่ระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพซึ่งไม่ได้ดำเนินการวิจัย) ซึ่งแผนการดำเนินการวิจัยแสดงดัง**ตารางที่ 1.7-1** ส่วนโครงร่างวิจัยแสดงรายละเอียดใน**ภาคผนวก ก**

ตารางที่ 1.7-1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2560							2561												2562			
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.–ก.พ	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1) ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูล	—	—	—														—	—		—	—	—	
2) เขียนโครงร่างวิจัย			—																				
3) สอบโครงร่างวิจัย				★																			
4) ดำเนินการวิจัย			—	—	—	—	—	—	—	—	—												
4.1) การเตรียมเถ้าลอย				—	—	—																	
4.2) การขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก							—	—															
4.3) การทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก									—	—	—												
5) สอบรายงานความก้าวหน้า										★													
6) ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล									—	—	—	—	—	—									
7) สรุปผลการวิจัย															—	—							
8) สอบจบวิจัยฉบับสมบูรณ์																		★					
9) การทำเล่มวิจัยและแก้ไข														—	—	—	—	—		—	—	—	—

หมายเหตุ

—— หมายถึง ช่วงระยะเวลาที่มีการดำเนินการวิจัย

- - - - หมายถึง ช่วงระยะเวลาที่มีการขยายเวลาดำเนินการวิจัย

★ หมายถึง ช่วงสอบวิจัยทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

▒ หมายถึง ช่วงที่อยู่ระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยไม้ยางพาราซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแบบชีวมวลมาใช้เป็นวัสดุผสมทดแทนดินลูกรัง เพื่อผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 สำหรับเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีรายละเอียดดังนี้

2.1 โรงไฟฟ้าชีวมวล

เนื่องจากพืชชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกที่สำคัญของประเทศไทยและประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตรเป็นจำนวนมากโดยประเทศไทยมีชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้งหมด 59,539,905.20 ตัน ซึ่งกระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกร้อยละ 25 ภายใน 10 ปี (พ.ศ. 2555-2564) และได้กำหนดเป้าหมายเพิ่มการใช้พลังงานทดแทนเป็นร้อยละ 25 ของพลังงานที่ใช้ภายในประเทศภายในปี 2564 โดยกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานชีวมวลในการผลิตไฟฟ้าให้ได้ 3,630 MW (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555) ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงไฟฟ้าชีวมวล 135 แห่ง ซึ่งกระจายอยู่ทุกภูมิภาคของประเทศไทย เฉพาะในพื้นที่ภาคใต้มีถึง 28 แห่ง (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2556)

2.1.1 กระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล

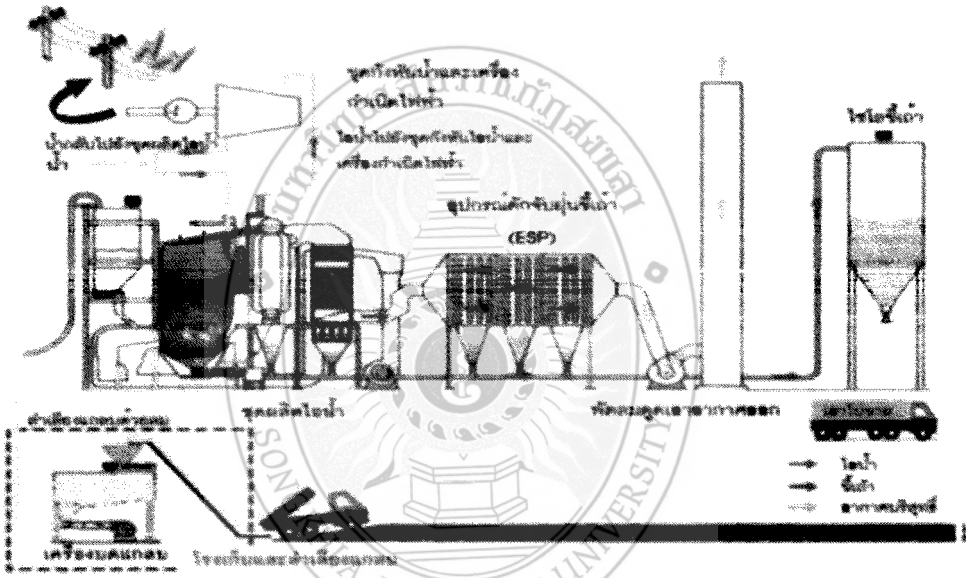
โรงไฟฟ้าชีวมวล (biomass power plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เศษวัสดุชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าซึ่งอาจเป็นเศษวัสดุชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกันก็ได้ โดยมีหลักการทำงานคล้ายกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแต่จะใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อให้เกิดความร้อนในการผลิตไอน้ำแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิล (น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ) โดยประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าจะเท่ากับอัตราส่วนของพลังงานไฟฟ้าต่อพลังงานเคมีของเชื้อเพลิง (พีรภพ จอมทอง, 2559) ซึ่งหลักการทำงานมี 4 ขั้นตอน คือ

1) จัดเก็บเชื้อเพลิงชีวมวลเข้าสู่โรงเก็บและถ้าเชื้อเพลิงชีวมวลมีความเปียกชื้นอาจมีการนำมาตากแดดให้แห้งก่อน

2) นำชีวมวลมาบดให้ละเอียดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้แล้วนำไปป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้

3) เชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้จะมีการส่งพลังงานความร้อนไปต้มน้ำ จากนั้นจะได้ไอน้ำโดยไอน้ำที่ได้จะถูกส่งไปหมุนกังหัน (turbines) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

4) ไอน้ำร้อนที่ผ่านกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจะถูกทำให้เย็นลงด้วยกระบวนการควบแน่นด้วย condenser โดยจะได้เป็นหยดน้ำซึ่งจะถูกรวบรวมและส่งด้วยปั๊มน้ำ (boiler feed pump) ไปเติมให้กับหม้อต้มน้ำเพื่อให้หมุนเวียนกลายเป็นไอต่อไป ส่วนน้ำหล่อเย็น (cooling water) ที่ใช้ในการควบแน่นแล้วมีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากได้รับความร้อนที่ถ่ายเทมาจากไอน้ำจะถูกทำให้เย็นลงโดยใช้หอหล่อเย็น (cooling tower) (พีรภพ จอมทอง, 2559) แสดงดัง**ภาพที่ 2.1-1**



ภาพที่ 2.1-1 กระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล

ที่มา : พีรภพ จอมทอง (2559)

2.1.2 วัสดุที่นิยมใช้ในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล

สำหรับวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้ามีหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นวัสดุที่เหลือใช้จากกระบวนการเกษตรและผลผลิตทางการเกษตรที่ผ่านการแปรรูปแล้ว ซึ่งวัสดุชีวมวลแต่ละประเภทให้ค่าพลังงานความร้อนที่แตกต่างกัน อาทิเช่น แกลบ ให้ค่าความร้อน 13.52-14.27 MJ/Kg ฟางข้าว 10.24-12.33 MJ/Kg ชานอ้อย 7.37-9.25 MJ/Kg และเศษกิ่งไม้ยางพารา 6.57 MJ/Kg (**ตารางที่ 2.1-1**) ซึ่งยิ่งวัสดุที่ให้ค่าความร้อนสูงจะยิ่งเป็นผลดีต่อกระบวนการเผาไหม้ นอกจากค่าความร้อนแล้วปัจจัยเรื่องของแหล่งผลิตก็มีผลโดยตรงกับการตั้งโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าชีวมวล อาทิ

เช่น แกลบ ฟางข้าว ใบอ้อยและยอดอ้อย กากและชานอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง เปลือกและกากมันสำปะหลัง ต้นและวังข้าวโพด เศษไม้ยางพารา ใบและลำต้นปาล์ม เป็นต้น แสดงดัง**ตารางที่ 2.1-1**

ตารางที่ 2.1-1 แสดงศักยภาพพลังงานจากพืชชีวมวลประเทศไทย

ชนิด	วัสดุเหลือใช้	อัตราผลผลิตต่อวัสดุเหลือใช้	ค่าความร้อน (MJ/Kg)
อ้อย	ชานอ้อย	0.25-0.28	7.37-9.25
	ยอด	ไม่มีข้อมูล	15.48-17.39
ข้าวเปลือก	แกลบ	0.21-0.23	13.52-14.27
	ฟางข้าว	0.447-0.49	10.24-12.33
มันสำปะหลัง	ลำต้นมัน	0.08-0.09	15.59-18.42
	สำปะหลัง	0.2	5.49
	เหง้า	-	-
ปาล์มน้ำมัน	ทะลายปาล์ม	0.32-0.428	7.24-17.86
	เส้นใยปาล์ม	0.147-0.19	11.4-17.62
	กะลาปาล์ม	0.049	16.9-18.46
	ก้านทาง	ไม่มีข้อมูล	9.83
	ทะลาย	0.32	7.24-16.33
มะพร้าว	กากมะพร้าว	0.362	16.23
	กะลามะพร้าว	0.16	17.93
	ทะลาย	ไม่มีข้อมูล	15.40
	มะพร้าว	ไม่มีข้อมูล	16.00
ข้าวโพด	ทาง	0.24	9.62-18.04
	ซัง	0.82	9.83
ถั่งลิสง	ลำต้น	ไม่มีข้อมูล	12.66
ฝ้าย	เปลือก	ไม่มีข้อมูล	14.49
ถั่วเหลือง	ลำต้น	ไม่มีข้อมูล	19.44
ข้าวฟ่าง	ลำต้นและใบ	ไม่มีข้อมูล	19.23
เศษไม้	ลำต้นและใบ	ไม่มีข้อมูล	14.98
ยางพารา	กิ่งก้าน	ไม่มีข้อมูล	6.57

ตารางที่ 2.1-1 แสดงศักยภาพพลังงานจากพืชชีวมวลประเทศไทย (ต่อ)

ชนิด	วัสดุเหลือใช้	อัตราผลผลิตต่อวัสดุเหลือใช้	ค่าความร้อน (MJ/Kg)
ยางพารา (ต่อ)	ขี้เลื่อย	ไม่มีข้อมูล	6.57
	ปีกไม้	ไม่มีข้อมูล	6.57
ยูคาลิปตัส	รากไม้	ไม่มีข้อมูล	4.9
	เปลือกไม้	-	-
	ขี้เลื่อย	ไม่มีข้อมูล	6.57
	ปีกไม้	ไม่มีข้อมูล	6.57

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2545)

2.1.3 ของเสียที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าชีวมวล

สำหรับของเสียที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าชีวมวลซึ่งก่อให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่อาจคุกคามต่อสุขภาพของประชาชน (พนิตา เจริญสุข, 2557) มีดังนี้

1) ของเสียจากมลพิษทางอากาศ จากกระบวนการผลิตไฟฟ้าแบบชีวมวลซึ่งเป็นการเผาไหม้เศษวัสดุ จึงมีมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นซึ่งปริมาณมลพิษที่ปล่อยจะขึ้นอยู่กับประเภทของชีวมวลและเทคโนโลยีที่ใช้ แต่โดยทั่วไปพืชชีวมวลจะทำให้เกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในปริมาณที่น้อยมากเนื่องจากพืชมีส่วนประกอบของธาตุกำมะถันในสัดส่วนที่น้อยมาก ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) เป็นก๊าซมลพิษหลักที่เกิดจากอุตสาหกรรมประเภทนี้ ซึ่งอาจมีปริมาณที่มากได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่ใช้ในการเผาไหม้และการควบคุม นอกจากนี้ยังทำให้เกิดฝุ่นละอองซึ่งหากไม่มีการควบคุมที่ดีอาจสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนได้ โดยพบว่าควันจากการเผาไหม้ประกอบด้วยฝุ่นซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 μm (PM 2.5) และเล็กกว่า 10 μm (PM 10) ซึ่งสามารถเข้าไปถึงปอดและถุงลมปอดได้ (พนิตา เจริญสุข, 2557)

2) ของเสียจากมลพิษทางน้ำ จากกระบวนการผลิตไฟฟ้าแบบชีวมวล โรงไฟฟ้าชีวมวลมีการใช้น้ำมากเหมือนโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์อื่นๆ เนื่องจากใช้เทคโนโลยีในการผลิตเหมือนกัน เพียงแต่เปลี่ยนเชื้อเพลิงที่ผลิตความร้อนเท่านั้น ในการผลิตไฟฟ้าจำเป็นต้องมีการใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิของระบบ จึงต้องใช้น้ำเป็นจำนวนนับพันแกลลอนต่อเมกะวัตต์ แยกเป็นน้ำที่ใช้ครั้งเดียว (once through) 60-140 แกลลอนต่อเมกะวัตต์ 460-520 แกลลอนต่อเมกะวัตต์สำหรับหอล่อเย็น (cooling tower) และ 4-800 แกลลอนต่อเมกะวัตต์ สำหรับสระลดอุณหภูมิ (cooling pond) โรงไฟฟ้าชีวมวลอาจทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำของชุมชน และสร้างผลกระทบต่อการเกษตรในพื้นที่ นอกจากนี้น้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้าอาจสร้างมลพิษแก่แหล่งน้ำ น้ำทิ้ง

อาจมีอุณหภูมิที่สูงซึ่งจะสร้างผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและรบกวนระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำได้ (พนิตา เจริญสุข, 2557)

สำหรับน้ำเสียสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

- กลุ่มที่ก่อให้เกิดความสกปรกต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ ของแข็งแขวนลอย (TSS), ของแข็งละลายน้ำ (TDS), ของแข็งทั้งหมด (TS), บีโอดี (BOD), ซีโอดี (COD), ไนโตรเจนทั้งหมดในรูป (TKN) และไขมัน (FOG)

- กลุ่มที่มีความเป็นพิษ ได้แก่ Cd (แคดเมียม), Cu (ทองแดง), Pb (ตะกั่ว), Fe (เหล็ก), Zn (สังกะสี), HCN (ไฮโดรเจนไซยาไนด์), CH_2O (ฟอร์มาลดีไฮด์), H_2S (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) และ C_6H_6OH (ฟีนอล) ผลจากการตรวจวัดพบว่าอัตราการเกิดของเสียในน้ำเสียจะมีค่าสูงในกลุ่มที่ 1 โดยเฉพาะในรูปของ COD และ TKN ส่วนกลุ่มที่มีความเป็นพิษที่ตกค้างในน้ำเสีย ตรวจพบน้อยหรือไม่พบเลย (วีรชัย อาจหาญ, 2551)

3) เถ้า สำหรับขี้เถ้าซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของถ่าน โดยผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบแยกธาตุ พบว่ามีองค์ประกอบของโลหะหนักและคลอรีนต่ำมากถึงตรวจไม่พบ ซึ่งอัตราการเกิดเถ้าสุทธิต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่า 0.07 kg/kWh ผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งหมดนี้เมื่อทำการประเมินให้เป็นศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม คือ ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน ศักยภาพที่ก่อให้เกิดฝนกรด และศักยภาพการเกิดยูโทรฟิเคชั่น (eutrophication) โดยเทียบกับหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ 1 kWh มีค่า 0.19 $kgCO_2$-eq, 4.46×10^{-3} $kgSO_2$-eq และ 1.05×10^{-3} $kgPO_4$-eq ตามลำดับ (วีรชัย อาจหาญ, 2551)

2.1.4 โรงไฟฟ้าชีวมวล บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด

จากนโยบายของรัฐที่ส่งเสริมและสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนเป็นพลังงานหลักของประเทศโดยมีเป้าหมายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนจากปัจจุบันร้อยละ 15 ให้เป็นร้อยละ 20 ในปี 2565 และนโยบายส่งเสริมการลงทุนของรัฐในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ รวมสี่อำเภอในจังหวัดสงขลา คือ อำเภอจะนะ เทพา นาทวี และสะบ้าย้อย ด้วยการให้สิทธิพิเศษแก่เอกชนผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนขายรัฐได้ราคาขายไฟฟ้าเพิ่มเติมจากปกติ บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด จึงได้เสนอนโยบายของรัฐดังกล่าว โดยเป็นโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมาก

1) ที่ตั้งของโรงไฟฟ้า ตั้งอยู่ที่ ตำบลขุนตัดหวาย อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา พิกัดที่ตั้ง 6°47’30”N และ 100°42’12”E (**ภาพที่ 2.1-2**)

ภาพที่ 2.1-2 แผนที่แสดงที่ตั้งของบริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด

ที่มา : google earth ที่ระดับความสูง 17 เมตร (15 พฤษภาคม 2562)

2) การผลิตไฟฟ้า บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด เป็นโรงไฟฟ้าขนาดเล็กมาก มีกำลังการผลิตไฟฟ้า 9.9 MW เพื่อจำหน่ายให้แก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ภายใต้โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (very small power producer)

3) การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด นอกจากความรอบคอบในการพิจารณาเทคนิค วิธีก่อสร้างที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดแล้ว ยังคำนึงถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมในทุกๆ ด้าน โดยคำนึงถึงชุมชน หลักในการจัดการสิ่งแวดล้อมดังนี้

3.1) โรงไฟฟ้าถูกออกแบบมาเพื่อลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมให้เกิดน้อยที่สุด

3.2) มีการใช้พืชในท้องถิ่น คือ รากไม้ยางพารา ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีธาตุกำมะถันต่ำ มีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่เกิดจากการเผาไหม้ปริมาณต่ำ

3.3) มีการใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้ที่เหมาะสมช่วยลดปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์

3.4) การติดตั้งเครื่องดักฝุ่นละออง โดยใช้ไฟฟ้าสถิตที่มีประสิทธิภาพซึ่งช่วยลดปริมาณฝุ่นละอองที่ออกมาจากปล่องโรงไฟฟ้าให้ได้ตามมาตรฐาน

3.5) มีระบบการบำบัดน้ำเสียเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำทิ้ง

3.6) มีการป้องกันเสียงดังที่เกิดจากการเดินเครื่อง

3.7) มีการควบคุมปริมาณมลสารจากโรงไฟฟ้าทั้งหมดให้อยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทย (บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด, 2561)

2.1.5 การเกิดเถ้าลอยจากไม้ยางพาราของบริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด

กระบวนการผลิตเริ่มจากนำเศษไม้ยางพาราลำเลียงเข้าเครื่องสับไม้ เพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนและลดขนาดตามต้องการ ประมาณ 1×1 นิ้ว จากนั้นจะลำเลียงจากเครื่องสับไม้ไปสู่ถังเก็บ

เชื้อเพลิงเพื่อเก็บเป็นคลังเชื้อเพลิงและลำเลียงไปยังหม้อไอน้ำเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการต้มน้ำจนกลายเป็นไอน้ำตามแรงดันและอุณหภูมิที่เหมาะสม ไอน้ำดังกล่าวจะถูกส่งไปยังกังหันไอน้ำเพื่อขับกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะปล่อยกระแสไฟฟ้าภายในเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้าส่งออกสู่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคต่อไป ส่วนเถ้าหนักจะตกลงด้านล่างของห้องเผาเชื้อเพลิง ส่วนเถ้าลอยเมื่อเกิดการเผาไหม้ในห้องเชื้อเพลิงแล้วจะมีน้ำหนักเบาและถูกส่งออกไปยังตัวไซโคลนและดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิตด้วยเครื่อง electrostatic precipitator เรียกว่า สครับบิงไซโคลน (scrubing cyclone) ซึ่งจะทำหน้าที่แยกก๊าซออกจากเถ้าลอยหลังจากนั้นก๊าซและอากาศจะลอยออกสู่ปล่องควันส่วนเถ้าลอยจะตกสู่ก้นถังเกิดประมาณ 152.66 ตัน/เดือน (บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด, 2561)

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยไม้ยางพารา พบว่าในเถ้าลอยมีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงมากถึงประมาณร้อยละ 33.93-54.45 ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) มีอยู่ปริมาณร้อยละ 1.08-88.33 อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) มีอยู่ปริมาณร้อยละ 0.31-0.53 ตามลำดับ แสดงดัง**ตารางที่ 2.2-1** ซึ่งสารประกอบเหล่านี้มีสมบัติเมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (hydration reaction) กับน้ำแล้ว เมื่อแข็งตัวจะสามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุได้

ตารางที่ 2.2-1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย (%)	แหล่งที่มาของเถ้าลอย			
	โรงไฟฟ้าชีวมวล[1]	โรงไฟฟ้าชีวมวล[2]	โรงงานผลิตไม้ยาง[3]	โรงสีข้าว[4]
CaO	33.93	41.19	54.45	0.56
K_2O	13.06	16.11	18.85	2.76
SO_3	1.65	5.54	-	0.12
SiO_2	1.08	2.57	2.33	88.33
MgO	1.77	4.52	15.19	0.28
Al_2O_3	0.31	0.53	0.41	0.48

ตารางที่ 2.2-1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย (%)	แหล่งที่มาของเถ้าลอย			
	โรงไฟฟ้าชีวมวล[1]	โรงไฟฟ้าชีวมวล[2]	โรงงานผลิตไม้ยาง[3]	โรงสีข้าว[4]
Fe_2O_3	0.76	0.56	1.12	3.37
LOI	21.34	-	-	3.71

หมายเหตุ

LOI หมายถึง ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาไหม้

ที่มา : [1]อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2554) [2]อาบีเด็ง ฮาวา (2551)

[3]ทองแดง เดียวกี่ (2548) [4]ประชุม คำพุฒ และกิตติพงษ์ สุวิโร (2553)

2.3 การเกิดกระบวนการปอซโซลาน

การเกิดกระบวนการปอซโซลานเป็นการนำวัสดุที่มีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานมาทำปฏิกิริยาทางเคมี คือ ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นและสามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุได้คล้ายคลึงกับการทำปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์กับน้ำ

2.3.1 ความหมายของวัสดุปอซโซลาน

วัสดุปอซโซลาน หมายถึง วัสดุที่มีองค์ประกอบของซิลิกาหรือซิลิกาและอลูมินาเป็นส่วนใหญ่ โดยปกติวัสดุปอซโซลานจะมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานน้อยมากหรือไม่มีเลยแต่ถ้าวัสดุปอซโซลานอยู่ในรูปของผงละเอียดและมีความชื้นเพียงพอจะสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติ และเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานคล้ายกับปูนซีเมนต์ คือมีความแข็งแรงยึดเกาะได้ดี (บุญชัย กาดำ และหมัดรอซี หวังกุหลำ, 2557) ในปัจจุบันมีงานวิจัยมากมายที่นำเถ้าลอยจากวัสดุธรรมชาติ เช่น เถ้าแกลบ กะลามะพร้าว ปาล์มน้ำมัน และไม้ยางพารา มาเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐหลายประเภท อาทิเช่น การศึกษาของ อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2554) ที่ใช้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าชีวมวลเพื่อพัฒนาเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก พบว่ากำลังจะมีค่าลดลงเมื่อร้อยละการเติมเถ้าไม้ยางพารามีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความพรุน ร้อยละของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ของเถ้าไม้ยางพาราที่น้อย ทำให้ลดการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานซึ่งปฏิกิริยาที่สร้างความแข็งแรงแก่อิฐ

2.3.2 การเกิดปฏิกิริยาเคมีกับวัสดุปอซโซลาน

ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ผลที่ได้คือแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium Silicate Hydrate; CSH) ($3CaO.2SiO_2.3H_2O$) ซึ่งเป็นสารที่มีความแข็งแรงและเป็นองค์ประกอบหลักที่ช่วยเพิ่มกำลังให้กับคอนกรีต และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ $Ca(OH_2)$ ดังสมการที่ (ก) และ (ข)

$$2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_2 .3H_2O + 3Ca(OH)_2 \quad \text{——} \quad (ก)$$

$$2(2CaO.SiO_2) + 4H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + Ca(OH)_2 \quad \text{——} \quad (ข)$$

ปฏิกิริยาปอซโซลาน เป็นปฏิกิริยาที่เกิดต่อเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน โดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ $Ca(OH)_2$ เป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาร่วมกับซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอลูมินาไตรออกไซด์ (Al_2O_3) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของวัสดุปอซโซลาน เช่น เถ้าลอยจากไม้ยางพารา ผลที่ได้จากปฏิกิริยาปอซโซลานคือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตและแคลเซียมอลูมิเนียมไฮเดรต (Calcium Aluminate Hydrate; CAH) ซึ่งเป็นสารที่ให้กำลังแก่คอนกรีตช่วยให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคของเม็ดปูนซีเมนต์ลดลงทำให้อัตราการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตลดลงตามไปด้วย ดังสมการ (ค) และ (ง) ตามลำดับ

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 + H_2O \longrightarrow xCaO.ySiO_2.zH_2O \quad \text{——} \quad (ค)$$

$$Ca(OH)_2 + Al2O_3 + H_2O \longrightarrow qCaO.rAl2O_3.sH_2O \quad \text{——} \quad (ง)$$

ค่า x, y และ z ในสมการที่ (ค) และ q, r และ s ในสมการที่ (ง) เป็นค่าที่แปรผันตามชนิดของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตและแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรตที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาปอซโซลาน สารประกอบ CSH และ CAH นอกจากจะช่วยเพิ่มกำลังให้กับคอนกรีตแล้ว ยังช่วยให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคของเม็ดปูนซีเมนต์ลดลงทำให้อัตราการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตลดลง (รอซี ผิวดี และคณะ, 2558)

2.4 ข้อมูลทั่วไปของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

ในปัจจุบันมีความต้องการใช้อิฐบล็อกเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีความต้องการใช้อย่างต่อเนื่อง และอิฐบล็อกมีราคาถูกสามารถก่อสร้างได้อย่างรวดเร็วจึงทำให้ได้รับความนิยมใช้ในงานก่อสร้าง

2.4.1 ความหมายและประเภทอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

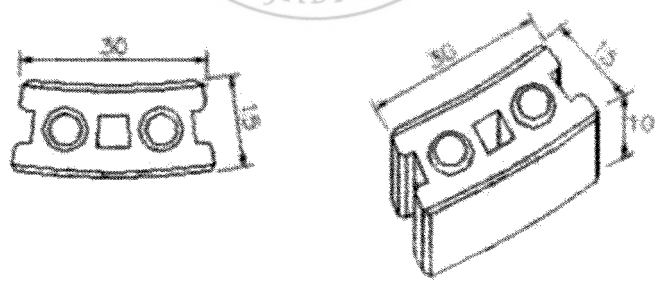
1) อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้อง หรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

2) ประเภทของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 602/2547 ได้แบ่งประเภทของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ตามลักษณะการใช้งานได้ 2 ประเภท คือ

- บล็อกตรงหรือทรงสี่เหลี่ยมมีลักษณะเป็นอิฐก้อนทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดเป็นไปตามบล็อกของอิฐ แสดงดัง**ภาพที่ 2.4-1** ใช้สำหรับก่อสร้างอาคาร

ภาพที่ 2.4-1 อิฐบล็อกประสานสี่เหลี่ยมขนาดเต็มก้อน 12.5x25x10 cm
ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2547)

- บล็อกโค้ง มีลักษณะเป็นอิฐก้อนทรงสี่เหลี่ยมโค้ง ขนาดเป็นไปตามบล็อกของอิฐ แสดงดัง**ภาพที่ 2.4-2** ใช้สำหรับก่อสร้างถังเก็บน้ำ



ภาพที่ 2.4-2 อิฐบล็อกประสานโค้งขนาด 15x30x10 cm
ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2547)

2.4.2 วัสดุที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

สำหรับวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักในปัจจุบันประกอบด้วยดินลูกรัง ทราย น้ำ และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

1) ดินลูกรัง เป็นดินที่มีชั้นดินลูกรังหรือเศษหินกรวดเกิดขึ้นเป็นชั้นหนาและแน่นจนเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของพืชและพบความลึก 50 cm จากผิวดินบนและชั้นปกติลูกรังที่กล่าวนี้จะประกอบด้วยลูกรัง เศษหินหรือกรวดไม่ต่ำกว่า 35 ร้อยละโดยปริมาตร จากผลการสำรวจดินระดับจังหวัดของกรมพัฒนาที่ดินพบว่า ประเทศไทยมีดินลูกรังและดินตื้นประมาณ 52 ล้านไร่ในภาคใต้ชั้นดินลูกรังลงไปมักเป็นชั้นดินเหนียวหรือดินลูกรังนี้เกิดจากการสลายตัวของหินแล้วกลายสภาพมาเป็นดินลูกรังที่เกิดอยู่กับที่ ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากหินดินดานและหินละเอียดซึ่งมักพบในพื้นที่ลูกคลื่น ดินลูกรังไม่นิยมนำมาใช้ในการเพาะปลูกเนื่องจากมีศักยภาพทางการเกษตรต่ำ เนื่องจากมีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์กับพืชได้น้อยมีการชะล้างพังทลายสูงและการระบายน้ำและการอุ้มน้ำต่ำ แต่นิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

2) ทราย เป็นหินแข็งที่แตกแยกออกมาจากก้อนหินใหญ่ โดยทรายจะแยกตัวออกมาได้เองตามธรรมชาติ มีขนาดระหว่าง 1/12 นิ้ว 1/400 นิ้ว ถ้ามีขนาดเล็กกว่านี้จะมีสภาพเป็นฝุ่นทรายจะประกอบด้วยแร่ควอตซ์หรือหินบะซอลต์ ทรายแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

- ทรายบก เกิดจากหินทรายที่แตกแยกชำรุดออกมา เป็นเม็ดทรายตามสภาพภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม และจะฝังจมอยู่ในพื้นดินเป็นแห่งๆ ทรายชนิดนี้จะมีดิน ซากพืชและซากสัตว์ปะปน ในการใช้งานจึงนำทรายมาล้างแยกดินซากพืช และซากสัตว์ออกให้สะอาด นอกจากนี้ทรายจากทะเลทรายก็จัดเป็นทรายบกด้วย

- ทรายแม่น้ำ มีอยู่ทั่วไปในที่ราบลุ่มของแม่น้ำซึ่งเกิดจากกระแสน้ำได้พัดพาทรายจากที่ต่างๆ มาตกตะกอนรวมกันในที่ราบลุ่มที่เป็นที่รวมของทรายมีเม็ดละเอียดหรือเม็ดเล็กกว่าทรายหยาบ เป็นทรายผสมปูนที่เหมาะสำหรับนำมาผสมปูนเพื่อฉาบผนังหรือจะนำมาผสมปูนเพื่อก่ออิฐก็ได้ (แต่ไม่ค่อยนิยมนำมาผสมปูนก่ออิฐ)

3) น้ำ ต้องเป็นน้ำสะอาดปราศจากสารเจือปนหรือสารอินทรีย์ต่างๆ ไม่มีความเป็นกรดหรือด่างหรือคราบน้ำมันเพราะน้ำจะทำปฏิกิริยากับซีเมนต์โดยตรง ถ้าในน้ำมีสารอินทรีย์หรือมีสภาพเป็นกรดหรือด่างจะมีผลกับการเกิดปฏิกิริยา อาจทำให้อิฐบล็อกที่ผลิตได้ออกมาก็จะไม่เป็นตามมาตรฐาน

4) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ สำหรับในประเทศไทยปูนซีเมนต์มีชื่อทางการค้าหลายชนิด อาทิเช่น ปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราพญานาคเศียรสีเขียว ตราเพชร และตราดอกขินปูนซีเมนต์ ตาม

มาตรฐาน ASTME 150 แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตามความเหมาะสมสำหรับการใช้งานออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (normal portland cement) เป็นชนิดมาตรฐาน เหมาะสมที่จะใช้กับงานก่อสร้างทั่วไปโดยเฉพาะงานคอนกรีตเสริมเหล็กในงานอาคาร สะพาน ผิวถนน ลานบินและอื่นๆ ได้ ในประเทศไทยมีชื่อทางการค้าเช่น ปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราพญานาคเศียรเดียวสีเขียว ตราเพชร และตราดอกขินปูนซีเมนต์

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (modified portland cement) เป็นชนิดที่ผลิตขึ้นเพื่อต้านทานซัลเฟต เมื่อปูนซีเมนต์มีปฏิกิริยากับน้ำ (hydration) จะเกิดความร้อนต่ำและเพิ่มขึ้นช้ากว่าปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1 เหมาะที่จะนำมาใช้กับคอนกรีตหลา (mass concrete) อุณหภูมิจะค่อยเพิ่มไม่ทำให้เกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนในคอนกรีตได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาค 7 เศียร

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความแข็งแรงสูงโดยเร็ว (high-early strength portland cement) เป็นชนิดของปูนซีเมนต์ที่ให้กำลังรวดเร็วในช่วงอายุ 24 ชั่วโมง เหมาะที่จะนำมาใช้กับงานที่ต้องการเร่งด่วน เช่น ถนนที่มีการสัญจรคับคั่ง สนามบินจะต้องเปิดใช้ และยังเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับช่วงที่มีอากาศหนาวเพื่อให้คอนกรีตแข็งตัวได้อย่างรวดเร็วก่อนที่น้ำที่ผสมจะแข็งตัวเสียก่อน ได้แก่ ปูนซีเมนต์ของไทยตราเอราวัณ ตราสามเพชร และตราพญานาคเศียรเดียวสีแดง

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดความร้อนต่ำ (low-heat portland cement) เป็นปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ มีอัตราความร้อนต่ำและกำลังก็เพิ่มขึ้นช้าๆเหมาะที่จะใช้กับงานสร้างเขื่อนขนาดใหญ่

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดทนซัลเฟตได้สูง (sulfate-resistant portland cement) เป็นการจงใจที่ให้ต้านทานซัลเฟต เช่น การสร้างบริเวณใกล้ทะเล หรือมิฉะนั้นก็อยู่ในดินเค็ม เทียบปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ได้กับตราปลาฉลามของบริษัทปูนซีเมนต์เอเชีย (ประชุม คำพุฒ, 2553)

ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเลือกใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แบบปูนโครงสร้างสารประกอบพื้นฐานที่สำคัญ 4 ชนิด คือ CaO, SiO_2, Al_2O_3 และ Fe_2O_3 ในสัดส่วนที่พอเหมาะ ซึ่งจึงจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบมากกว่าหนึ่งชนิดมาผสมกันในปริมาณที่ต่างกันเพื่อให้ได้สัดส่วนรวมของออกไซด์ตามที่ต้องการแสดงดัง**ตารางที่ 2.4-1**

ตารางที่ 2.4-1 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ชื่อของสารประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ชื่อย่อ
ไตรแคลเซียม ซิลิเกต	$3CaO.SiO_2$	C_3S
ไดแคลเซียม ซิลิกา	$2CaO.SiO_2$	C_2S

ตารางที่ 2.4-1 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ต่อ)

ชื่อของสารประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ชื่อย่อ
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

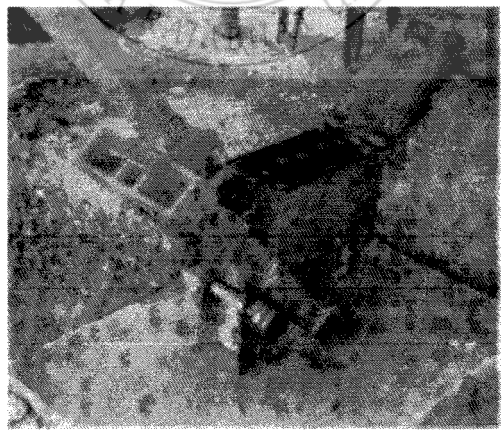
C_4AF ทำให้ปูนซีเมนต์มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเติมเข้าไปเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้น

ที่มา : ทองแดง เดียวกี่ (2548)

2.4.3 เครื่องจักรที่นำมาใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

เครื่องจักรที่นำมาใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) เครื่องอัดด้วยแรงคน เป็นเครื่องอัดด้วยแรงคนแบบมือโยกใช้การทดแรงแบบคานงัด คานดีดมีลักษณะดอกร่องด้านใต้หลายรูปแบบและความหนาของเหล็กที่ใช้ผลิตแต่ละแห่งจะไม่เท่ากัน (**ภาพที่ 2.4-3**) สามารถผลิตได้วันละประมาณ 400-800 ก้อน ขึ้นอยู่กับจำนวนแรงงานและความชำนาญ



ภาพที่ 2.4-3 เครื่องอัดบล็อกประสานเครื่องอัดด้วยแรงคน

ที่มา : สมเกียรติ ฉิมสร (2553)

2) เครื่องอัดไฮดรอลิก เป็นเครื่องอัดแบบอุตสาหกรรมขนาดย่อมจนถึงขนาดใหญ่ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับน้ำมันสร้างแรงดันในระบบไฮดรอลิก (**ภาพที่ 2.3-4**) อัดได้ครั้งละ 2–4 ก้อน ยังทำ

ให้ผลิตให้มากกว่าการอัดด้วยแรงคนและยังไม่ต้องอาศัยผู้มีความชำนาญเป็นพิเศษซึ่งสามารถผลิตได้วันละประมาณ 1,000-2,600 ก้อน

ภาพที่ 2.4-4 เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบไฮดรอลิก

2.4.4 มาตรฐานอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักใช้ก่อสร้างในส่วนภายในหรือภายนอกอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรูและเดือยบนตัวบล็อกเพื่อให้สะดวกในการก่อสร้างโดยเน้นการใช้วัตถุดิบในพื้นที่ ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ ที่มีความเหมาะสม นำมาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสมโดยมีข้อกำหนดสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1505–2541 แสดงดัง**ตารางที่ 2.4-2**

ตารางที่ 2.4-2 ค่ามาตรฐานสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

ค่ามาตรฐาน	หน่วย	เกณฑ์ที่กำหนด	มาตรฐาน
1) ลักษณะทั่วไป	-	ต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว อาจบิ่นได้เล็กน้อย	มผช.602/2547[1]
2) มิติ (ขนาด)	mm	เปลี่ยนแปลง ≤ ±2	มผช.602/2547[1]
3) ความต้านแรงอัด	MPa	เปลี่ยนแปลง ≥ 2.5	มผช.602/2547[1]
4) การดูดกลืนน้ำ	kg/m^3	เปลี่ยนแปลง ≤ 208	มผช.602/2547[1]
5) การเปลี่ยนแปลงความยาว	cm	เปลี่ยนแปลง ≤ 0.05	มอก. 1505-2541[2]

ที่มา : [1]สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2547)

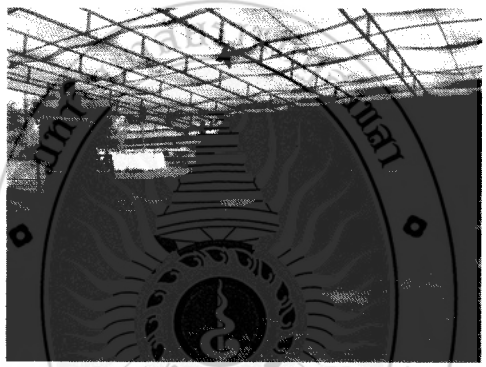
[2]สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2541)

2.5 กระบวนการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

สำหรับกระบวนการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบ การผสม การอัดขึ้นรูป การผึ่ง และการบ่ม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.5.1 เตรียมวัตถุดิบ

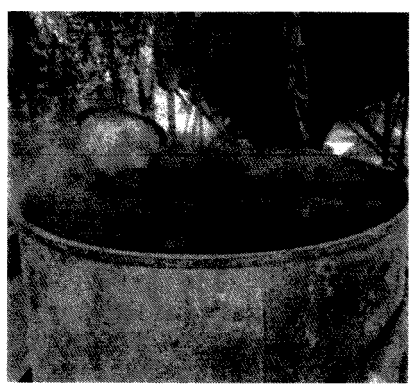
ถ้ามีความชื้นมากควรนำไปตากให้แห้งและกองเก็บวัตถุดิบในที่ร่มให้มากเพียงพอที่จะทำการผลิตตลอดเวลา หากดินเป็นก้อนหรือมีมวลหยาบ ควรใช้เครื่องบดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2–4 mm แต่ไม่ควรใช้ตะแกรงร่อนที่ตาละเอียดมากเกินไปเพราะจะทำให้ได้แต่เนื้อฝุ่นดิน ซึ่งทำให้อิฐบล็อกไม่มีความแข็งแรงได้ แล้วกองเก็บในที่ร่มเพื่อรอผลิต แสดงดัง**ภาพที่ 2.5-1**



ภาพที่ 2.5-1 การเก็บวัสดุในที่ร่มเพื่อรอการผสม

2.5.2 การผสม

ควรผสมดินแห้งหรือมวลรวม กับซีเมนต์ให้เข้ากันก่อนแล้วค่อยๆ เติมน้ำโดยใช้ฝักบัว หรือหัวฉีดพ่นให้เป็นละอองกว้าง น้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำสะอาด ใช้ผสมหลังจากผสมดินและซีเมนต์เข้ากันแล้วในปริมาณที่พอเหมาะโดยใช้ปริมาณน้ำที่ดีที่สุด แสดงดัง**ภาพที่ 2.5-2**

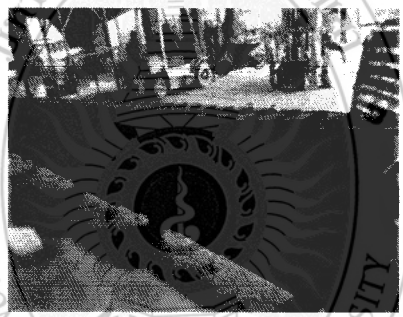


ภาพที่ 2.5-2 การผสมวัสดุผลิตอิฐบล็อกประสานด้วยเครื่องโม่ผสมอัตโนมัติ

2.5.3 การอัดขึ้นรูป

นำดินที่ผสมแล้วเข้าเครื่องอัด โดยชั่งน้ำหนักดินผสมตามสัดส่วนที่กำหนดแล้ว เติมส่วนผสมลงในแบบอัด ควรใช้ส่วนผสมให้หมดภายใน 30 นาทีหลังจากผสมน้ำ เพื่อป้องกันปูนก่อตัวก่อนอัดขึ้นรูป แสดงดัง**ภาพที่ 2.5-3** และแสดงดัง**ภาพที่ 2.5-4**

ภาพที่ 2.5-3 การอัดอิฐด้วยเครื่องไฮดรอลิก



ภาพที่ 2.5-4 อิฐบล็อกประสานที่อัดเสร็จแล้ว

2.5.4 การผึ่ง

เมื่อได้อิฐบล็อกที่ผ่านการอัดขึ้นรูปแล้วจะนำมาผึ่งในที่ร่มอย่างน้อย 1 วัน ไม่ควรตากแดดเพราะน้ำจะระเหย ทำให้ปูนซีเมนต์ผสมน้ำส่งผลทำให้ปฏิกิริยาเกิดไม่เต็มที่ บล็อกที่ได้จะไม่แข็งแรงตามต้องการหรืออาจเกิดรอยแตกร้าว

2.5.5 การบ่มตัวอย่างอิฐ

เมื่อผึ่งอิฐบล็อกครบ 1 วันแล้วอิฐจะเซ็ตตัวเป็นก้อนจะนำอิฐบล็อกที่ได้มาจัดเรียงแล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติกไม่ให้ไอน้ำระเหยออก บ่มด้วยความชื้นทิ้งไว้อีก 7 วัน บล็อกประสานจะมีความแข็งแรงพร้อมส่งออกจำหน่ายหรือใช้งานได้ ไม่ควรขนส่งก่อนกำหนดเพราะจะทำให้ก้อนบิ่นหรือเกิดการแตกร้าวได้ง่าย ในดินบางประเภทการรดน้ำในช่วง 1-3 วันแรก แต่ควรระวังน้ำอาจละลายเกลือหรือด่างในปูนที่ใช้ผสมกับดินให้ไหลออกมาจนเกิดคราบสีขาวแข็งติดผิวจนบล็อกไม่สวย

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

จึงควรพิจารณารดน้ำตามความเหมาะสม โดยให้มีความชื้นอยู่ตลอดเวลาแต่อย่าให้น้ำมากจนชุ่มโชก แสดงดัง**ภาพที่ 2.5-6**

ภาพที่ 2.5-6 การบ่มอิฐบล็อกประสาน

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

สำหรับเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก มีรายละเอียดแสดงดัง**ตารางที่ 2.6-1**

ตารางที่ 2.6-1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง					
ชื่องานวิจัย	**ประเภทเถ้า**	**ลักษณะการใช้งานของเถ้า**	**ระยะเวลาการบ่ม**	**ผลการศึกษา**	**ชื่อผู้วิจัย**
อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา	เถ้าไม้ยางพารา	ใช้เถ้าลอยไม้ยางพาราผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานเพื่อทดแทนดินลูกรัง	28 วัน	จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าไม้ยางพาราแทนที่ดินเพื่อผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานวัสดุผสมที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ ดินลูกรัง เถ้าไม้ยางพารา ทราย และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเถ้าไม้ยางพาราส่งผลให้ค่าความหนาแน่นลดลง แต่อัตราการดูดกลืนน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่ากำลังอัด จากผลการทดสอบ พบว่าค่ากำลังอัดจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของเถ้าไม้ยางพาราเพิ่มขึ้นเมื่อพิจารณาตามมาตรฐาน มอก. 57-2533 และ มอก. 58-2553 พบว่าอิฐที่มีอัตราส่วนของดินลูกรัง:เถ้าไม้ยางพารา:ทราย:ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เท่ากับ 3:2:1:1 มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักหรือใช้งานเพื่อการประดับตกแต่ง	อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2558)

ตารางที่ 2.6-1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง					
ชื่องานวิจัย	**ประเภทเถ้า**	**ลักษณะการใช้งานของเถ้า**	**ระยะเวลาการบ่ม**	**ผลการศึกษา**	**ชื่อผู้วิจัย**
ความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยไม้ยางพาราเพื่อทดแทนดินลูกรังในอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก	เถ้าไม้ยางพารา	ใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพาราเพื่อทดแทนดินลูกรังในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก	7 วัน	จากการศึกษาการนำเถ้าลอยจากไม้ยางพารา ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตไอน้ำของอุตสาหกรรมปลากระป๋องนำมาทดแทนดินลูกรังในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ผลการศึกษา พบว่า อิฐบล็อกประสานสูตร BF1 มีค่าความต้านแรงอัดสูงสุด คือ 6.54±0.61 MPa ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุม (5.83±1.15 MPa) โดยยิ่งเพิ่มปริมาณส่วนผสมของเถ้า กำลังต้านแรงอัดจะยิ่งลดลง ค่าการดูดกลืนน้ำ ต่ำสุดในสูตรควบคุมมีค่า 128.00±0.00 kg/m^3 รองลงมาเป็นสูตร BF1 (149.00±43.72 kg/m^3) และสูงสุดในสูตร BF6 (240.00±33.56 kg/m^3) ซึ่งการเพิ่มอัตราส่วนของเถ้า ค่าการดูดกลืนน้ำจะยิ่งเพิ่มขึ้น สำหรับค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกประสานทุกสูตรไม่แตกต่างกันมากนัก	บุญชัย กาดำ และ หมัดรอซี หวังกุหลำ (2557)

ตารางที่ 2.6-1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง					
ชื่องานวิจัย	**ประเภทเถ้า**	**ลักษณะการใช้งานของเถ้า**	**ระยะเวลาการบ่ม**	**ผลการศึกษา**	**ชื่อผู้วิจัย**
การประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตอิฐบล็อกประสาน	เถ้าลอยจากถ่านหิน	ใช้เถ้าลอยเพื่อทดแทนปูนซีเมนต์	28 วัน	จากการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เถ้าลอยในการแทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตบล็อกประสานที่ใช้ในงานโครงสร้างไม่รับแรงแบกทาน อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินที่ใช้ในการศึกษานี้เท่ากับ 1:6 และ 1:8 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กันในทางปฏิบัติ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของบล็อกประสานมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย จนถึงร้อยละ 30 (ค่าเหมาะสม) หลังจากนั้น ความหนาแน่นแห้งจะมีค่าลดลง กำลังของบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยแม้ว่าหน่วยน้ำหนักจะมีค่าเพิ่มขึ้น อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับผลิตอิฐบล็อกประสานในงานโครงสร้างไม่รับแรงแบกทานคือ 1/8 หากพิจารณากำลังรับแรงอัดที่เท่ากับ 30 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าลอยเท่ากับ 92:8, 87:13 และ 60:40 ด้วยต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 1.90, 1.85 และ 1.58 บาท	สำเร็จ สารมาคม (2556)

สำนักวิทยบริการและเครือข่ายวิทยาการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

จากตารางงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า

ในการใช้เถ้าลอยไม้ยางพารามาผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานเพื่อทนแทนดินลูกรังมีอายุในการบ่ม 28 วัน จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลพบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนเถ้าไม้ยางพาราส่งผลให้ค่าความหนาแน่นลดลงแต่อัตราการดูดกลืนน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นและค่ากำลังอัดจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของเถ้าไม้ยางพาราเพิ่มขึ้น พบว่าอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าลอยมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานเพื่อประดับตกแต่ง การใช้เถ้าลอยจากถ่านหินในการแทนทีปูนซีเมนต์ในการผลิตอิฐบล็อกประสานทีใช้ในงานโครงสร้างไม่รับแรงแบกทาน พบว่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของบล็อกประสานมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงร้อยละ 30 (เป็นค่าที่เหมาะสม) หลังจากนั้นความหนาแน่นแห้งจะลดลงและกำลังของบล็อกประสานจะมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยแม้ว่าน้ำหนักจะมีค่าเพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

620.1A
2549

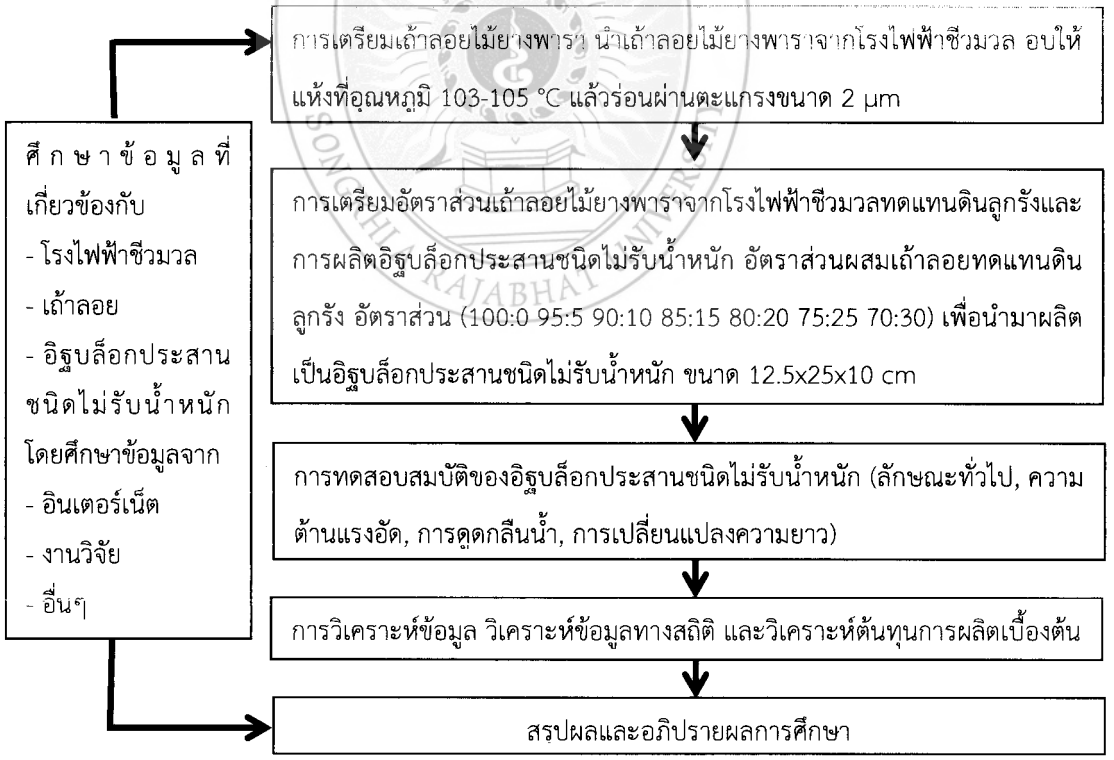
11 ก.พ. 256

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

การศึกษานี้ผู้วิจัยได้นำเถ้าลอยไม้ยางพาราซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล จากบริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด มาใช้เป็นวัสดุเพื่อทดแทนดินลูกรังในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก แล้วทำการทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ด้านลักษณะทั่วไป ความต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ และการเปลี่ยนแปลงความยาว ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1505-2541 ซึ่งวิธีการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 กรอบแนวความคิดการศึกษา

สำหรับกรอบแนวคิดการศึกษา แสดงดัง**ภาพที่ 3.1-1**



ภาพที่ 3.1-1 กรอบแนวคิดการศึกษา

3.2 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยศึกษาการใช้เถ้าลอยไม้ยางพาราซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าชีวมวลมาทดแทนดินลูกรังผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก 7 อัตราส่วน คือ 100:0 (ชุดควบคุม) 95:5 90:10 85:15 80:20 75:25 และ 70:30 แล้วนำมาผสมปูนซีเมนต์:ทราย:ดินลูกรัง 1:1.5:4.5 ผสมน้ำพอประมาณให้อัตราส่วนขึ้นรูปได้ อัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแบบไฮดรอลิก บ่มอิฐเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นนำไปทดสอบสมบัติของอิฐ มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

เถ้าลอยจากไม้ยางพาราซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล

3.2.2 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

1) พื้นที่เก็บตัวอย่างเถ้าลอยไม้ยางพารา ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท สงขลาไบโอแมส จำกัด ตำบลขุนตัดหวาย อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา

2) พื้นที่การผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักได้รับความอนุเคราะห์จาก ร้านหาดใหญ่แซ็นบล็อก ตำบลคลองอู่ตะเภา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

3) พื้นที่ทดสอบศึกษาลักษณะทั่วไป การดูดกลืนน้ำ และการเปลี่ยนแปลงความยาว ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

4) พื้นที่ศึกษาความต้านแรงอัด ณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยสงขลา

3.3 วัสดุ และอุปกรณ์

3.3.1 วัสดุ

- ดินลูกรังบดละเอียด
- น้ำสะอาด
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
- เถ้าลอยจากไม้ยางพารา
- ทราย
- อ่างน้ำ

- ตลับเมตร
- ถุงซิป

3.3.2 อุปกรณ์

- เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ mettler toledo รุ่น PL 3002
- เครื่องอัดอิฐบล็อกประสาน ระบบไฮดรอลิก
- เครื่องทดสอบความต้านแรงอัด ยี่ห้อ electromechanica universal testing machine
- ตู้อบความร้อน (oven hot) ยี่ห้อ memmert รุ่น UFE 500
- เครื่องผสมดิน
- ตะแกรงร่อน ขนาด 2 μm
- เครื่องชั่งสปริง 20 kg ตรา สิงห์คู่

3.4 การเก็บและเตรียมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

สำหรับการเก็บและการเตรียมเถ้าลอยจากไม้ยางพารามีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 การเก็บเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

เถ้าลอยจากไม้ยางพาราซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าในขั้นตอนการเผาไหม้ไม้ยางพาราของบริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด (21 กันยายน 2560) โดยใช้จอบตักใส่กระสอบปุ๋ย จำนวน 100 kg

3.4.2 การเตรียมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

1) นำเถ้ามาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม และนำมาอบที่อุณหภูมิ 1000 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วตั้งให้เย็น

2) นำเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่อบจนแห้งสนิทแล้วนำมาบดให้ละเอียด หลังจากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 μm เพื่อให้เถ้าลอยมีขนาดเท่ากัน เก็บไว้ในถุงซิป

ภาพที่ 3.4-1 เถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่ได้จากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล

3.5 วิธีการวิเคราะห์

ในส่วนของวิธีการวิเคราะห์จะกล่าวถึง การเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ เถ้าลอยไม้ยางพาราและดินลูกรัง รวมถึงวิธีการขึ้นรูปอิฐบล็อกประสาน มีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 การเตรียมดินลูกรัง

นำดินลูกรังที่ซื้อมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อน ขนาด 2 μm เพื่อกำจัดกรวดและเศษวัสดุที่ติดมาแสดงดัง**ภาพที่ 3.5-1**

ภาพที่ 3.5-1 ดินลูกรังที่ใช้ในการศึกษา

3.5.2 การเตรียมส่วนผสมสำหรับผลิตอิฐบล็อกประสาน

การเตรียมส่วนผสมตามอัตราส่วนที่กำหนด ตามคำแนะนำของ นายมนัส หมัดสมาน ร้านหาดใหญ่แซ็นบล็อก โดยใช้ ปูนซีเมนต์:ทราย:ดินลูกรัง 1:1.5:4.5 ซึ่งในส่วนของดินลูกรังออกแบบ

ส่วนผสมโดยแทนที่ดินลูกรังด้วยเถ้าลอยจากไม้ยางพารา 7 อัตราส่วน คือ สูตรควบคุมไม่ผสมเถ้า BF0 (100:0) รวมถึงอัตราส่วนผสมดินลูกรังต่อเถ้าลอยไม้ยางพารา BF1 (95:5) BF2 (90:10) BF3 (85:15) BF4 (80:20) BF5 (75:25) และ BF6 (70:30) แสดงดัง**ตารางที่ 3.5-1**

ตารางที่ 3.5-1 อัตราส่วนเถ้าลอยในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

สูตร	อัตราทดแทนดินลูกรังด้วยเถ้า	ปริมาณที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสาน ต่อ 1 ก้อน			
		ดินลูกรัง (g)	เถ้า (g)	ทราย (g)	ปูน (g)
BF0	100:0	3343	0	1114	743
BF1	95:5	3176	167	1114	743
BF2	90:10	3009	334	1114	743
BF3	85:15	2842	501	1114	743
BF4	80:20	2675	668	1114	743
BF5	75:25	2508	835	1114	743
BF6	70:30	2340	1003	1114	743

หมายเหตุ

BF0 หมายถึง อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ชุดควบคุมไม่เติมเถ้าลอย (100:0) ซึ่งประมาณ ว่าในชุดควบคุมอิฐบล็อกประสานมีน้ำหนัก 5.2 kg

BF1-BF6 หมายถึง อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ที่ผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพาราทดแทนดินลูกรัง

3.5.3 การขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

1) นำส่วนผสมที่เตรียมไว้มากวนผสมด้วยเครื่องผสมดิน ซึ่งในการกวน 1 ครั้ง จะผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ประมาณ 24 ก้อน

2) ใส่น้ำสะอาดที่เตรียมไว้ลงไปในเครื่องผสมดิน โดยใส่ทีละน้อยและหยุดเครื่องผสมเป็นระยะ เคาะส่วนผสมที่ติดอยู่บริเวณถังกวนผสม เมื่อกวนได้จนส่วนผสมเข้ากันดี จะตรวจสอบส่วนผสมโดยนำส่วนผสมที่ได้มาทดสอบอย่างง่ายด้วยมือ โดยนำมากำจะเป็นก้อนไม่ติดมือและไม่มีรอยร้าว ทำการกวนผสมต่อไปอีก 5-7 นาที

3) ก่อนที่จะใส่ส่วนผสมลงในเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานควรทาน้ำมันก่อน เพื่อไม่ให้ส่วนผสมติดกับเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานและป้องกันการสึกหรอของเครื่องอัดอิฐบล็อกประสาน

4) นำส่วนผสมที่ผสมจนเข้ากันดีแล้วใส่ในเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบไฮดรอลิก ซึ่งใช้บล็อกของอิฐขนาด 12.5x25x10 cm โดยแต่ละก้อนจะใส่จนเต็มแม่พิมพ์แล้วทำการอัดแบบอัตโนมัติ

5) เมื่อทำการอัดเสร็จแล้วให้ยกอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ได้ออกจากเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานและนำไปเรียงให้เป็นระเบียบ

6) ทำการบ่มอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ได้จากข้อที่ 5 เป็นเวลา 7 วัน โดยนำแผ่นพลาสติกมาคลุมก้อนอิฐไม่ให้ถูกแดดหรือลมร้อน และไม่ให้ถูกรบกวนหรือสะเทือน เพื่อให้อิฐบล็อกประสานมีคุณสมบัติในการรับแรงและความทนทานตามความต้องการ ห้ามนำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักจากเถ้าลอยไม้ยางพาราไปตากแดด เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชันที่เกิดขึ้นจะไม่สมบูรณ์ และมีผลต่อกำลังต้านแรงอัดของอิฐบล็อกประสาน แล้วนำอิฐบล็อกประสานไปที่บ่มแล้วทดสอบต่อไป

สำหรับภาพประกอบการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักแสดงไว้ใน**ภาคผนวก ข**

3.5.4 การทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

การทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักแสดงดัง**ตารางที่ 3.5-2** ภาพประกอบการทดสอบ พร้อมรายละเอียดการทดสอบแสดงใน**ภาคผนวก ข** และ**ภาคผนวก ค** สำหรับค่ามาตรฐานของอิฐบล็อกแสดงใน**ภาคผนวก ง**

ตารางที่ 3.5-2 การทดสอบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

พารามิเตอร์	วิธีการทดสอบ	สถานที่การทดสอบ
ลักษณะทั่วไป	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
การดูดกลืนน้ำ	ดัดแปลงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 109-2517	
การเปลี่ยนแปลงความยาว	ดัดแปลงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1505-2541	
ความต้านแรงอัด	ดัดแปลงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 109-2517	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

3.6 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติแบบอ้างอิง รวมถึงการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้นของการผลิตอิฐบล็อกประสาน มีรายละเอียดดังนี้

3.6.1 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1) การวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน เพื่อนำเสนอผลการศึกษา

2) การวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบอ้างอิง ด้วยสถิติแบบ T-test เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพารากับอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักชุดควบคุม

3.6.2 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้มีการศึกษาต้นทุนการผลิตเบื้องต้น โดยแบ่งเป็นการวิเคราะห์ต้นทุนค่าดำเนินการ ซึ่งพิจารณาต้นทุนค่าไฟฟ้าที่เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงต้นทุนค่าวัสดุที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสาน

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักโดยใช้เถ้าลอยไม้ยางพาราจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าแบบชีวมวลทดแทนดินลูกรัง ซึ่งทำการศึกษาทั้งหมด 7 สูตร คือ สูตร BF0 (100:0) เป็นสูตรชุดควบคุมที่ไม่ได้มีการผสมเถ้าลอยทดแทนดินลูกรัง รวมถึงอัตราส่วนดินลูกรังต่อเถ้าลอย BF1 (95:5), BF2 (90:10), BF3 (85:15), BF4 (80:20), BF5 (75:25) และ BF6 (70:30) แล้วนำไปทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 ในด้านลักษณะทั่วไป การดูดกลืนน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาว ความต้านแรงอัด สำหรับผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการศึกษาลักษณะทั่วไป

ผลการศึกษาลักษณะทั่วไปของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก โดยพิจารณาจากรอยแตกร้าว และบิ่น ลักษณะรูปทรงมิติ สี และน้ำหนักของอิฐบล็อก พบว่าอิฐบล็อกทุกสูตรไม่มีรอยแตกร้าวและบิ่น รวมถึงขนาดของอิฐบล็อกเป็นไปตามบล็อกที่ผลิต คือ มีความกว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 12.5×25×10 cm ซึ่งถือได้ว่าอิฐบล็อกที่ผลิตได้ไม่ความคลาดเคลื่อน (≤±0.2 mm) และเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 สำหรับสีของอิฐบล็อกพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าลอยสีจะคล้ำขึ้นตามสีของเถ้าลอยโดยสูตร BF6 เป็นสูตรที่มีสีคล้ำที่สุด ส่วนน้ำหนัก 5.13 kg เมื่อมีการเพิ่มเถ้าลอยทำให้น้ำหนักของอิฐบล็อกลดลงแสดงดัง**ตารางที่4.1-1**

ตารางที่ 4.1-1 ผลการศึกษาลักษณะทั่วไป

สูตร	อัตราส่วนของดินลูกรัง:เถ้า	ลักษณะทั่วไปของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก						
		รูปทรงของอิฐ (cm)			มิติ (mm)	น้ำหนัก (kg/ก้อน)	สีของอิฐ	รอยแตกร้าวและบิ่น
		กว้าง	ยาว	สูง				
BF0	100:0	12.5	25	10	0	5.20	น้ำตาล	×
BF1	95:5	12.5	25	10	0	5.19	น้ำตาล	×
BF2	90:10	12.5	25	10	0	5.17	น้ำตาล	×
BF3	85:15	12.5	25	10	0	5.16	น้ำตาล	×
BF4	80:20	12.5	25	10	0	5.16	น้ำตาลเข้ม	×

ตารางที่ 4.1-1 ผลการศึกษาลักษณะทั่วไป (ต่อ)

สูตร	อัตราส่วนของดินลูกรัง:เถ้า	ลักษณะทั่วไปของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก						
		รูปทรงของอิฐ (cm)			มิติ (mm)	น้ำหนัก (kg/ก้อน)	สีของอิฐ	รอยแตกร้าวและบิ่น
		กว้าง	ยาว	สูง				
BF5	75:25	12.5	25	10	0	5.15	น้ำตาลเข้ม	×
BF6	70:30	12.5	25	10	0	5.13	น้ำตาลเข้ม	×

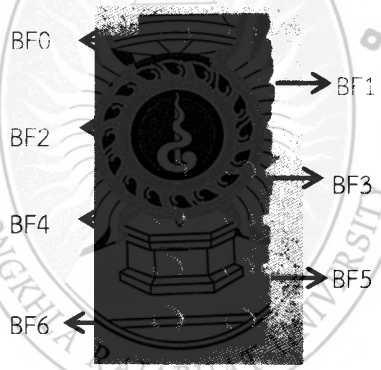
หมายเหตุ

BF หมายถึง อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

× หมายถึง ไม่เกิดการแตกร้าวและบิ่นหลังจากการขึ้นรูป

√ หมายถึง มีการการแตกร้าวและบิ่นหลังจากการขึ้นรูป

0 หมายถึง มีการบิ่นแต่ไม่มีการแตกร้าว



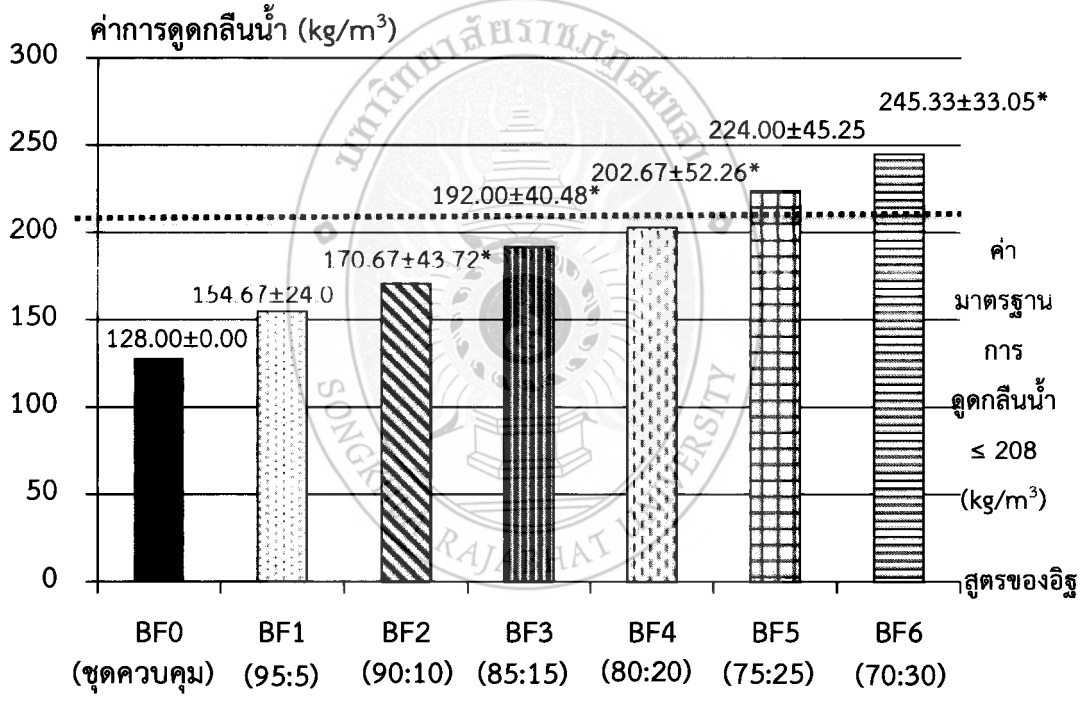
ภาพที่ 4.1-1 ลักษณะสีของอิฐบล็อกประสาน

4.2 ผลการศึกษาการดูดกลืนน้ำ

การศึกษาการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยไม้ยางพาราเพื่อทดแทนดินลูกรัง จะแสดงถึงความสามารถในการดูดกลืนน้ำของอิฐหากอิฐมีการดูดกลืนน้ำสูงเกินไปจจะส่งผลต่อโครงสร้างและความแข็งแรงของอิฐได้ ผลการศึกษาพบว่าอิฐบล็อกสูตร BF6 (70.30) มีค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 245.33±33.05 kg/m^3 รองลงมาเป็นสูตร BF5 (75:25), BF4 (80:20), BF3 (85:15), BF2 (90:10), BF1 (95:5), BF0 (ชุดควบคุม) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 224.00±45.25, 202.67±52.62, 192.00±40.48, 170.67±43.72, 154.67±24.09 และ 128.00±0.00 kg/m^3 ตามลำดับ โดยเกือบทุกสูตรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 (การดูดกลืนน้ำ ≤ 208 kg/m^3) ยกเว้นสูตร BF5 และ BF6 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณอัตราส่วนปริมาณของเถ้าลอยไม้ยางพาราทดแทนดินลูกรัง อิฐมีแนวโน้มเพิ่มค่าการดูดกลืนน้ำสูงขึ้น ซึ่ง

สอดคล้องกับการศึกษาของอาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2558) ที่ทำการศึกษาอิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้าลอยไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้าชีวมวล พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าลอยส่งผลให้ค่าการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น (**ภาพที่ 4.2-1**)

เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักทุกสูตรกับสูตรควบคุมจะเห็นว่าสูตร BF2, BF3, BF4, BF5 และ BF6 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) **ภาพที่ 4.2-1** (**ภาคผนวก จ**) การที่ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานเพิ่มขึ้นตามปริมาณเถ้าที่เติมลงไป อาจเนื่องมาจากอนุภาคของเถ้าไม้ยางพารามีลักษณะเรียบมีรูพรุน มีพื้นที่ผิวมากทำให้สามารถกักเก็บน้ำโดยการดูดซึมเข้าไปในอนุภาค และมีการดูดกลืนน้ำเนื่องจากแรงตึงผิวที่อนุภาค (อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ, 2558)



หมายเหตุ

--- หมายถึง ค่ามาตรฐานการดูดกลืนน้ำ ≤ 208 kg/m3 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) กับชุดควบคุม

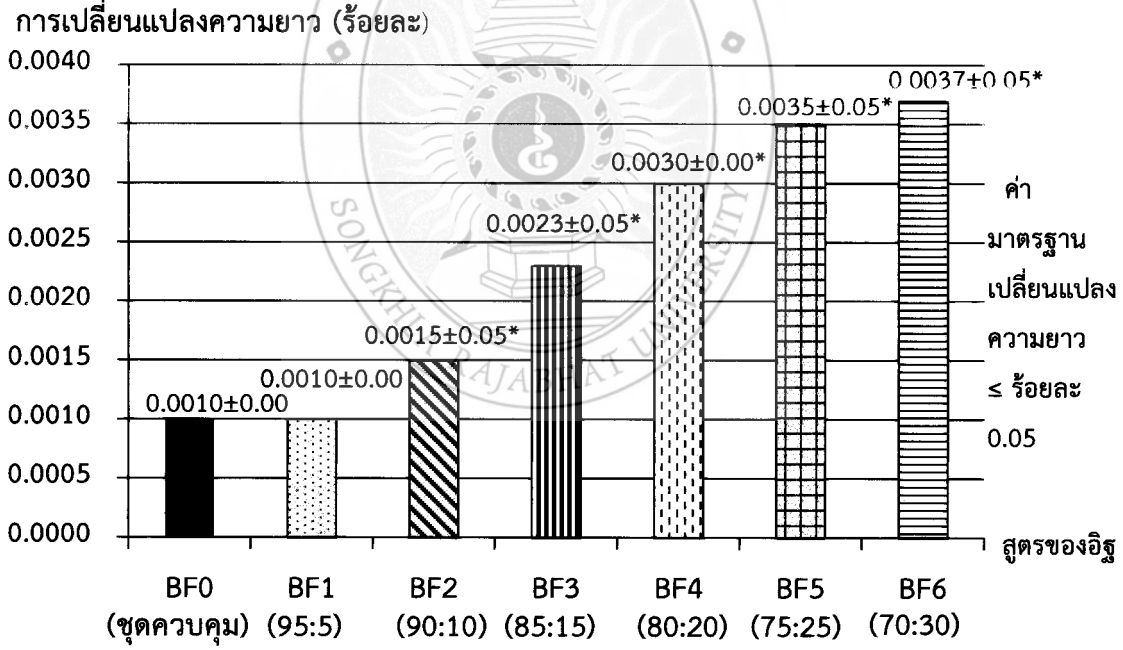
ภาพที่ 4.2-1 ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

4.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความยาว

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยไม้ยางพาราทดแทนดินลูกรังแสดงถึงความสามารถในการยืดตัวสูง ผลการศึกษาพบว่าค่าการ

เปลี่ยนแปลงความยาวเฉลี่ยสูงสุด คือ สูตร BF6 อัตราส่วนระหว่างดินลูกรัง:เถ้า 70:30 มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.0037±.005 kg/m^3 รองลงมาเป็นสูตร BF5 (75:25), BF4 (80:20), BF3 (85:15), BF2 (90:10), BF1 (95:5), BF0 (ชุดควบคุม) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.0035±0.05, 0.0030±0.00, 0.0023±0.05, 0.0015±0.05, 0.0010±0.00 และ 0.0010±0.00 ตามลำดับ ซึ่งทุกสูตรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1505-2541 (การเปลี่ยนแปลงความยาว ≤ ร้อยละ 0.05) แสดงให้เห็นว่าค่าการเปลี่ยนแปลงความสูงตามปริมาณเถ้าลอยที่เพิ่มขึ้น แสดงดัง**ภาพที่ 4.3-1**

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกทุกสูตรกับชุดควบคุมจะเห็นว่าทุกสูตรแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P≤0.05) ยกเว้นสูตร BF1 (**ภาคผนวก จ**) ซึ่งการที่การเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกเพิ่มตามปริมาณเถ้าลอยที่เติมอาจเป็นผลจากการเพิ่มปริมาณเถ้าลอยจากไม้ยางพาราจะทำให้เกิดการยืดหดตัวสูง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาปอซโซลานระหว่างเถ้าและน้ำที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาระยะเวลาการบ่มที่เหมาะสมโดยเพิ่มระยะการบ่มให้นานขึ้น (บุญชัย กาดำ และหมัดรอซี หวังกาดำ, 2557)



หมายเหตุ

-- หมายถึง ค่ามาตรฐานการเปลี่ยนแปลงความยาว ≤ ร้อยละ 0.05 ตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1505-2541

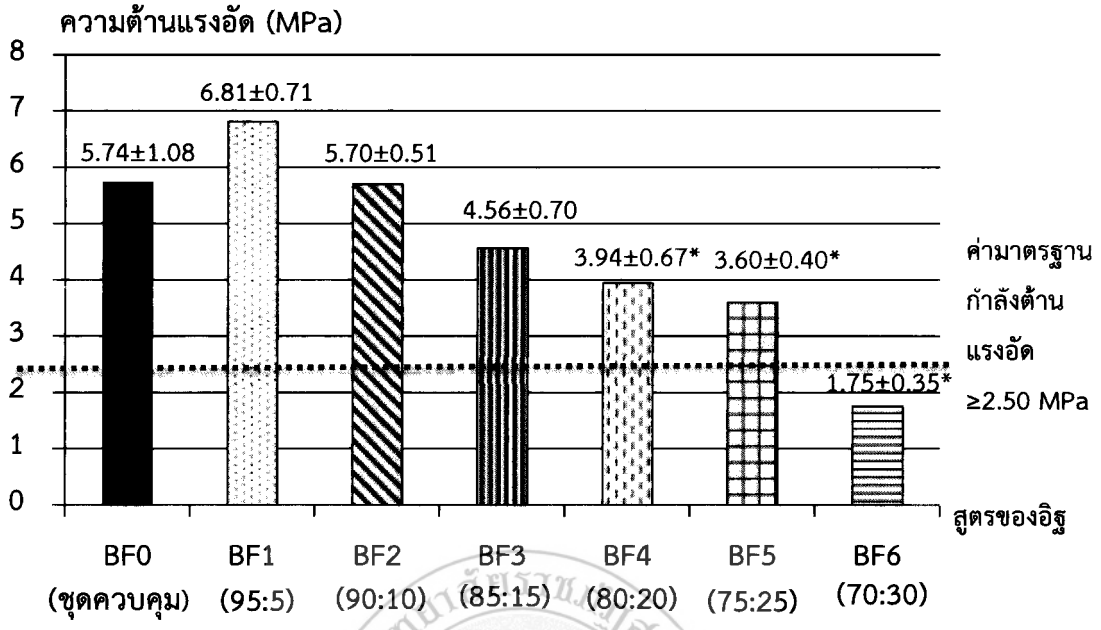
* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P≤0.05) กับชุดควบคุม

ภาพที่ 4.2-1 ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

4.4 ผลการศึกษาความต้านแรงอัด

การศึกษาความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยไม้ยางพาราเพื่อทดแทนดินลูกรังแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการรับแรงกระแทกของอิฐบล็อก โดยอิฐบล็อกค่าต้านแรงอัดสูงจะยิ่งสามารถรับแรงกระแทกได้ดี ผลการศึกษาพบว่าอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยสูงสุด คือ สูตร BF1 อัตราส่วนระหว่างดินลูกรัง:เถ้า 95:5 มีค่าเท่ากับ 6.81±0.71 MPa รองลงมาเป็นสูตร BF0 (ชุดควบคุม), BF2 (90:10), BF3 (85:15), BF4 (80:20), BF5 (75:25) และ BF6 (70:30) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.75±.08, 5.70±0.51, 4.56±0.70, 3.94±0.67, 3.60±0.40 และ 1.75±0.35 MPa ตามลำดับ ซึ่งเกือบทุกสูตรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 (ความต้านแรงอัด ≥ 2.50 MPa) ยกเว้นสูตร BF6 (70:30) แสดงให้เห็นว่าตั้งแต่สูตร BF2 ยิ่งเพิ่มปริมาณเถ้าลอยจะมีผลทำให้ค่าความต้านแรงอัดของอิฐมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ ที่พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าลอยที่เหมาะสมจะเพิ่มความแข็งแรงให้กับอิฐบล็อก แต่ถ้ามากเกินไปอิฐบล็อกจะมีความแข็งแรงลดลง แสดงดัง**ภาพที่ 4.4-1**

เมื่อเปรียบเทียบความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกทุกสูตรกับสูตรชุดควบคุมจะเห็นว่าสูตร BF4, BF5 และ BF6 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) **ภาพที่ 4.4-1 (ภาคผนวก จ)** การที่ความต้านทานแรงอัดของอิฐลดลงเมื่อเพิ่มเถ้าลอย อาจเนื่องมาจากการใช้ปริมาณของเถ้าลอยมากเกินไปจะทำให้ปูนซีเมนต์ลดความสามารถในการเชื่อมผสานวัสดุผสม และในเถ้าลอยมีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) น้อยจึงเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานที่สร้างความแข็งแรงแก่อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักได้น้อยหรือเกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ (อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ, 2554)



หมายเหตุ

---หมายถึง ค่ามาตรฐานความต้านแรงอัด ≥2.50 MPa ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) กับชุดควบคุม

ภาพที่ 4.4-1 คาความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

4.5 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน

ในการศึกษานี้วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้นโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ต้นทุนการผลิตคงที่และต้นทุนการผลิตผันแปรมีรายละเอียดดังนี้

4.5.1 ผลการศึกษาต้นทุนคงที่

การคำนวณต้นทุนการผลิตคงที่สามารถแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ต้นทุนค่าวัสดุ และต้นทุนค่าดำเนินการ ซึ่งสำหรับการวิจัยครั้งนี้มีต้นทุนคงที่จากผลิตอิฐบล็อก 24 ก้อน เท่ากับ 4.1221 บาท หรือ 0.1717 บาท/ก้อน มีรายละเอียดดังนี้

1) ต้นทุนค่าวัสดุ พิจารณาจากค่าปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำ ที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อก 24 ก้อน มีต้นทุนรวม 2.4175 บาท หรือคิดเป็น 0.1007 บาท/ก้อน (**ตารางที่ 4.5-1**)

ตารางที่ 4.5-1 การศึกษาต้นทุนคงที่ของการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยไม้ยางพาราเพื่อทดแทนดินลูกรัง

วัสดุที่ใช้ผสม	หน่วย	ต้นทุนต่อหน่วย (บาท)	สำหรับผลิตอิฐ 24 ก้อน		ต้นทุนรวม (บาท)	ต้นทุนต่ออิฐ 1 ก้อน (บาท)
			ปริมาณที่ใช้ (kg)	ต้นทุน (บาท)		
ปูนซีเมนต์	kg	3.1	0.743	2.3033	2.4175	0.1007
ทราย	kg	0.1	1.114	0.114		
น้ำ	L	0.007	0.04	0.0028		

หมายเหตุ - ค่าปูนซีเมนต์ ข้อมูลจาก ตั๋วปูน.com วันที่ 25 พฤษภาคม 2562 ราคา 155 บาท/กระสอบ (50 kg) หรือ 3.1 บาท/kg

- ค่าทราย ข้อมูลจาก หาดใหญ่แซ็นบล็อก วันที่ 18 สิงหาคม 2561 ราคา 100 บาท/ตัน (1000 kg) หรือ 0.1 บาท/kg

- ค่าน้ำ ข้อมูลจาก การประปาฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย วันที่ 18 สิงหาคม 2561 ราคา 1 ลิตรเท่ากับ 0.007 บาท

2) ต้นทุนค่าดำเนินการ พิจารณาจากค่าไฟฟ้าจากเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อก 24 ก้อน ซึ่งในการศึกษานี้ได้คำนวณค่าไฟฟ้าตามคำแนะนำของการไฟฟ้านครหลวง (2561) โดยคิดจากค่ากำลังไฟฟ้า (W) จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าและระยะเวลา (hr) ของการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้ามีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (1) พร้อมทั้งประเมิณจากค่าไฟฟ้าต่อหน่วยตามประเภทที่ 2 แบบธุรกิจขนาดเล็ก (หน่วยละ 2.98 บาท) (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2561) รายละเอียดการคำนวณดังนี้

$$\text{สูตร หน่วยไฟฟ้า (ยูนิต/hr)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า (w)} \times \text{จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า} \times \text{ระยะเวลา (hr)}}{1000} \quad \text{—— (1)}$$

2.1) การคำนวณหน่วยไฟฟ้าจากเครื่องอัดอิฐบล็อก เมื่อกำหนด เครื่องอัดอิฐบล็อกใช้มอเตอร์ 3 แรงม้า 2.2 kw ผลิต 110 ก้อน 1 hr (นายมนัส หมัดสมาน) การผลิตอิฐบล็อก 24 ก้อน ใช้เวลาประมาณ 13.09 นาที หรือประมาณ 0.22 hr จึงใช้ไฟฟ้า 0.484 ยูนิต/บาท

การคำนวณ

$$\text{หน่วยไฟฟ้า (ยูนิต/hr)} = \frac{2.2\times10^{3}\,(w) \times 1\ (\text{เครื่อง}) \times 0.22\ (hr)}{1000} = 0.484\ hr$$

2.2) การคำนวณหน่วยไฟฟ้าจากเครื่องกวนผสม เมื่อกำหนด เครื่องกวนผสมแบบใช้มอเตอร์ 1.5 แรงม้า 1.1 kw (นายมนัส หมัดสมาน)

การผลิตอิฐบล็อก 24 ก้อน ใช้เวลากวนประมาณ 5 นาที หรือประมาณ 0.08 hr จึงใช้ไฟฟ้า 0.088 ยูนิต/hr

$$\text{หน่วยไฟฟ้า (ยูนิต/hr)} = \frac{1.1\times10^{3}\ (w)\times1\ (\text{เครื่อง})\times0.08\ (hr)}{1000} = 0.088\ hr$$

2.3) การคำนวณค่าไฟฟ้ารวม จากการคำนวณค่าไฟฟ้าต่อหน่วย เครื่องอัดอิฐบล็อกและเครื่องกวนผสม มีผลรวมเท่ากับ 0.572 ยูนิต/hr คิดเป็นค่าไฟฟ้าตามแบบการประเมินประเภทที่ 2 เท่ากับ 1.70456 บาท (ผลิตได้ 24 ก้อน) หรือ 0.0710 บาท/ก้อน

หน่วยไฟฟ้ารวม (ยูนิต/hr) = หน่วยไฟฟ้าจากเครื่องอัดอิฐบล็อก + หน่วยไฟฟ้าจากเครื่องกวนผสม

= 0.484 + 0.088 = 0.572 ยูนิต/hr

คิดเป็นค่าไฟฟ้ารวม = 0.572 × 2.98 = 1.0456 บาท

4.5.2 ผลการคำนวณต้นทุนผันแปร

ต้นทุนผันแปรพิจารณาจากต้นทุนของดินลูกรังที่ใช้ในการผสมสำหรับผลิตอิฐบล็อกทั้ง 7 สูตร ซึ่งพบว่าสูตร BF6 (70:30) มีต้นทุนในการผลิตผันแปรต่ำสุด เนื่องจากมีการใช้ดินลูกรังในการผลิตน้อยที่สุด แต่ในการศึกษานี้ไม่ได้มีการคำนวณค่าใช้จ่ายในการซื้อเถ้าลอยแสดงดัง**ตารางที่ 4.5-2**

ตารางที่ 4.5-2 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าวัสดุผันแปรในการผลิตอิฐบล็อกประสาน

สูตร (อัตราส่วนผสม)	วัสดุที่ใช้ผสม	ต้นทุนต่อหน่วย (บาท)	สำหรับอิฐบล็อก 24 ก้อน		ต้นทุนต่ออิฐ 1 ก้อน (บาท)
			ปริมาณที่ใช้	ต้นทุน (บาท)	
BF0 (100:0)	ดินลูกรัง	0.15	3.343	0.50	0.0208
	เถ้า	-	-		
BF1 (95:5)	ดินลูกรัง	0.15	3.176	0.48	0.0200
	เถ้า	-	0.167		

ตารางที่ 4.5-2 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าวัสดุผันแปรในการผลิตอิฐบล็อกประสาน (ต่อ)

สูตร (อัตราส่วนผสม)	วัสดุที่ใช้ผสม	ต้นทุนต่อหน่วย (บาท)	สำหรับอิฐบล็อก 24 ก้อน		ต้นทุนต่ออิฐ 1 ก้อน (บาท)
			ปริมาณที่ใช้	ต้นทุน (บาท)	
	เถ้า	-	0.167		
BF2 (90:10)	ดินลูกรัง	0.15	3.009	0.45	0.0188
	เถ้า	-	0.334		
BF3 (85:15)	ดินลูกรัง	0.15	2.842	0.43	0.0179
	เถ้า	-	0.501		
BF4 (80:20)	ดินลูกรัง	0.15	2.675	0.40	0.0167
	เถ้า	-	0.667		
BF5 (75:25)	ดินลูกรัง	0.15	2.508	0.38	0.0158
	เถ้า	-	0.835		
BF6 (70:30)	ดินลูกรัง	0.15	2.340	0.35	0.0138
	เถ้า	-	1.003		

หมายเหตุ

ค่าดินลูกรัง ข้อมูลจาก หาดใหญ่แซ็นบล็อก วันที่ 18 สิงหาคม 2561 ราคา 150 บาท/ตัน (1000 kg)

4.5.3 สรุปผลการศึกษาต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้าชีวมวลเพื่อทดแทนดินลูกรัง ผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ในอัตราส่วนดินลูกรังต่อเถ้าลอย 7 สูตร คือ BF0 (100:0), BF1 (95:5), BF2 (90:10), BF3 (85:15), BF4 (80:20), BF5 (75:25) และ BF6 (70:30) ซึ่งทุกสูตรมีต้นทุนการผลิตคงที่จากค่าวัสดุ คือ ค่าปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำ เท่ากับ 0.1007 บาท/ก้อน และต้นทุนการผลิตคงที่จากค่าดำเนินการคือ ค่าไฟฟ้า เท่ากับ 0.0710 บาท/ก้อน (รวม 0.1717 บาท/ก้อน) เมื่อพิจารณารวมกับต้นทุนการผลิตผันแปรจากราคาของดินลูกรังและเถ้าลอยซึ่งแตกต่างกันในแต่ละสูตรทำให้อิฐบล็อกสูตร BF0 (100:0) มีต้นทุนการผลิตเบื้องต้นสูงสุดเท่ากับ 0.0208 บาท/ก้อน และต่ำสุดที่สูตร BF6 (70:30) เท่ากับ 0.0138 บาท/ก้อน

เมื่อพิจารณาจากผลการศึกษา ความเป็นไปได้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าชีวมวลเพื่อทดแทนดินลูกรัง พบว่าอิฐบล็อกประสานสูตร BF0 (100:0) BF1 (95:5) BF2 (90:10) BF3 (85:15) และ BF4 (80:20) มีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 ในด้านลักษณะทั่วไป การดูดกลืนน้ำ และความต้านแรงอัด รวมถึงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1505-2541 เฉพาะด้านการเปลี่ยนแปลงความยาว ซึ่งเมื่อมาพิจารณาในส่วนของต้นทุนการผลิตพบว่าสูตร BF4 (80:20) เป็นสูตรที่มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุด ซึ่งแตกต่างจากสูตร BF3 (85:15) เล็กน้อย ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาผลิตในเชิงการผลิตปริมาณมากจะช่วยประหยัดต้นทุนให้ผู้ผลิต และเป็นการส่งเสริมการนำของเสียมาใช้ประโยชน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพาราด้วยการแทนที่ดินลูกรังด้วยเถ้าลอยจากไม้ยางพาราร้อยละ 95:5 90:10 85:15 80:20 75:25 และ 70:30 สรุปผลการทดลอง ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักทุกสูตรที่ทดสอบมีลักษณะทั่วไปได้รูปทรงของอิฐบล็อกไม่มีความคลาดเคลื่อนจากบล็อกผลิต ไม่มีรอยแตกร้าว ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1505-2541 ส่วนสีของอิฐบล็อกเมื่อเทียบกับสูตร BF0 (ควบคุม) สูตรที่เติมเถ้าลอยจะมีสีที่เข้มกว่าและจะเข้มขึ้นตามปริมาณเถ้าลอยที่เติมลงไป เมื่อพิจารณาถึงสมบัติเชิงกลด้านกำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำและการเปลี่ยนแปลงความยาว พบว่ามีอิฐบล็อก 4 สูตร ที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1505-2541 (เฉพาะเปลี่ยนแปลงความยาว) คือ ในสูตร BF1 BF2 BF3 และ BF4 โดยมีค่าความต้านแรงอัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.81±0.71, 5.70±0.51, 4.56±0.70 และ 3.94±0.6 MPa ตามลำดับ การดูดกลืนน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 154.67±24.09, 170.67±43.72, 192.00±40.48 และ 202.67±52.26 kg/m^3 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงความยาวมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.0010±0.00, 0.0015±0.05, 0.0023±0.05 และ 0.0030±0.00 ตามลำดับ ซึ่งผู้วิจัยแนะนำให้ใช้อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา จากสูตร BF4 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 ด้านกำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาว และลักษณะทั่วไป ทั้งยังผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1505-2541 ด้านการเปลี่ยนแปลงความยาวนอกจากนี้อิฐสูตร BF4 ยังมีน้ำหนักเบา และราคาถูกกว่าชุดควบคุม 0.0041 บาท/ก้อน ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาผลิตในเชิงการผลิตปริมาณมากจะช่วยประหยัดต้นทุนให้ผู้ผลิตและเป็นการส่งเสริมการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าไม้ยางพาราทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวมีการยืดหดตัวสูง เนื่องจากวัสดุที่นำมาผสม (ปอซโซลาน) อาจต้องการระยะเวลาการบ่มที่นานขึ้น เพราะปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดได้ช้า ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นระยะเวลาการบ่มอิฐบล็อก เพื่อให้อิฐมีสมบัติที่ดีที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการบ่มอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพาราเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและลดการเปลี่ยนแปลงความยาว

5.2.2 ควรมีการศึกษาวัสดุเหลือใช้ชนิดอื่นๆ เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย และ เส้นใยปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่สามารถหาได้ง่าย และมีคุณสมบัติในการทำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเพื่อเป็นแนวทางการศึกษาค้นคว้าต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บรรณานุกรม

ทองแดง เดียวกี่. (2548). **การศึกษาผลกระทบด้านกำลังอัดของอิฐบล็อกผสมเถ้าไม้ยางพารา.** วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บุญชัย กาดำ และ หมัดรอซี หวังกุหลำ. (2557). **ความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพาราเพื่อทดแทนดินลูกรังในอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก.** รายงานวิจัย วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. คณะวิทยาศสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ประชุม คำพุฒ และ กิตติพงษ์ สุวีโร. (2553). **การศึกษาคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบเสริมแผ่นยางธรรมชาติ.** รายงานวิจัย วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา. คณะวิศวกรรมศาศตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

พนิตา เจริญสุข. (2557). **การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการร้องเรียนด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพจากการดำเนินการโรงไฟฟ้าชีวมวล**. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข(Online). http://hia.anamai.moph.go.th 23 พฤษภาคม 2562

พีรภพ จอมทอง. (2559). **การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโรงไฟฟ้าชีวมวล**. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

รอซี ผิวดี, สมบัติ สุวรรณชาตรี และ สุพัฒพงค์ วัฒนา. (2558) **การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารามาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก**. รายงานวิจัย วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. คณะวิทยาศสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

วีรชัย อาจหาญ. (2551). **การศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาตร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน.** รายงานวิจัย วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สมเกียรติ ฉิมสร. (2553). **การศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะในการทำอิฐบล็อกประสานจากทรายดำ.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมจัดการอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บรรณานุกรม (ต่อ)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2517). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต.** มอก.109-2517.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2541). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ**. มอก. 1505-2541.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน.** มผช.602/2547.

สำเร็จ สารมาคม. (2556). **การประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตบล็อกประสาน.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ, จินดา มะมิง, โนรีสะ ราแดง และ ยาเซ็ง อาแว. (2554). **สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา.** วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 6 (1): 25-35.

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ, โพซี วาจิ, พารีด๊ะ สาแล และ นูรีฮัน แนแซ. (2558). **อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา.** วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 10 (1): 77-86.

อาบีเด็ง ฮาวา. (2551). **สมบัติของคอนกรีตมวลเบาหินพัมมิซผสมเถ้าลอยไม้ยางพาราและเถ้าแกลบ.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เรื่อง โครงร่างวิจัยเฉพาะทาง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

เรื่อง โครงร่างวิจัยเฉพาะทาง

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1 **ชื่อโครงการ** การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าชีวมวลเพื่อทดแทนดินลูกรัง

Feasibility Study of Non-Load Interlocking Blocks Product Containing Fly Ash from Biomass Power Plant to Substitute Lateritic Soil

2 **สาขาวิชา** วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม)

3 **ชื่อผู้วิจัย** นางสาว วิสนีย์ มุสอแยนา รหัส584232016

นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

นางสาว สุภัสสรา เพ็งทิพย์ รหัส584232023

นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

นางสาว อาซีมา มะหะมะสุลง รหัส584232028

นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

4 **คณะกรรมการที่ปรึกษาวิจัยเฉพาะทาง**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

5 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

โรงไฟฟ้าชีวมวลเป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เศษวัสดุชีวมวลจากธรรมชาติมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า หลักการทำงานคล้ายกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแต่ใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อผลิตไอน้ำแทนฟอสซิล ซึ่งเศษวัสดุที่นิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล คือ วัสดุที่เหลือจากการเกษตรและผลผลิตทางการเกษตรที่ยังไม่ผ่านการแปรรูป เช่น แกลบ ชานอ้อย เศษไม้ กากปาล์ม กากมันสำปะหลัง ซังข้าวโพด กากกะลามะพร้าว ส่าเหล้า เป็นต้น (พีรภพ จอมทอง, 2559) บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด ตั้งอยู่ในตำบลขุนตัดขวาย อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา เป็นโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก กำลังการผลิตไฟฟ้า 9.9 MW ใช้เศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไอน้ำ ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตที่สำคัญคือ ขี้เถ้า ซึ่งประกอบด้วยเถ้าหนัก และเถ้าลอยซึ่งบริษัทได้นำบางส่วนให้ชุมชนเพื่อใช้เป็นปุ๋ยสำหรับสวนยางพาราและปาล์มน้ำมัน ส่วนที่เหลือนำไปฝังกลบโดยปริมาณเถ้าลอยที่เกิดขึ้นมีประมาณ 152.66 ตันต่อเดือน (บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด, 2560)

เถ้าลอยที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 1000 °C เพื่อถ่ายเทความร้อนให้หม้อน้ำ (boiler) สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้ามีอนุภาคประมาณ 1-200 μm จะลอยไปกับอากาศร้อนและถูกดักจับโดยดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิติ (electrostatic precipitator) แยกฝุ่นจากก๊าซร้อนเถ้าลอยที่เกิดจากการเผาไหม้วัสดุชีวมวลส่วนใหญ่มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์สูง ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าเถ้าลอยไม้ยางพารามีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ร้อยละ 33.93-54.45 และโพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) ร้อยละ 13.06-18.85 นอกจากนี้ยังพบว่ามีองค์ประกอบของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) (ทองแดง เดี่ยวกี่, 2548; อาบีเด็ง ฮาวา, 2551 และอาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ, 2554) สารประกอบเหล่านี้หากผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดคุณสมบัติในการเพิ่มการเชื่อมประสานทำให้อิฐมีความแข็งแรงมากขึ้น (อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ, 2554)

ดังนั้นผู้วิจัยเล็งเห็นดังความเป็นไปได้ในการนำเถ้าลอยจากไม้ยางพาราซึ่งเป็นผลพลอยได้มาจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าของบริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด มาใช้เป็นวัสดุผสมในการผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก เพื่อช่วยลดพื้นที่ในการฝังกลบวัสดุเหลือทิ้ง และเป็นการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ ทั้งที่ยังเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักในชุมชน เนื่องจากอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยไม้ยางพารามีน้ำหนักเบากว่าอิฐทั่วไปและสามารถลดต้นทุนในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักได้

6 วัตถุประสงค์

6.1 เพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้าชีวมวล บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด ทดแทนดินลูกรัง

6.2 เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักจากเถ้าลอยไม้ยางพาราตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547

7 ตัวแปร

ตัวแปรต้น : อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยจากไม้ยางพารากับดินลูกรัง

ตัวแปรตาม : ลักษณะทั่วไป การดูดกลืนน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาว ความต้านแรงอัด

ตัวแปรควบคุม : ปริมาณปูนซีเมนต์ ทรายและน้ำ

8 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

โรงไฟฟ้าชีวมวล หมายถึง โรงไฟฟ้าที่ใช้เศษวัสดุชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า และหรือ พลังงานไอน้ำ ซึ่งอาจจะเป็นเศษวัสดุชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกัน (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2543)

เถ้าลอย (fly ash) หมายถึง เถ้าที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 1000 °C ที่มีขนาดเม็ดละเอียดขนาดตั้งแต่ 1-200 μm จะลอยปะปนกับก๊าซร้อนจากปล่องควันแต่จะถูกจับโดยเครื่องดักฝุ่นแบบเปียกมีลักษณะเป็นเนื้อละเอียดสีเทา (อาบีดีน ดะแซสาเมาะ, 2554)

เถ้าลอยไม้ยางพารา (para-wood fly ash) หมายถึง ผลพลอยได้จากการเผาไม้ยางพาราที่อุณหภูมิ 1000 °C สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งมีน้ำหนักเบา ขนาด 1-200 μm เนื้อละเอียดสีเทาจะลอยปะปนไปกับก๊าซร้อนจากปล่องควันและถูกดักจับโดยเครื่องดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิติซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เถ้าลอยใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพาราของโรงไฟฟ้าจาก บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด

ดินลูกรัง (lateritic soil) หมายถึง ดินที่เกิดจากการสลายตัวและพัฒนามาเป็นระยะเวลานานภายในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเป็นส่วนใหญ่มีองค์ประกอบของเหล็กและอะลูมินัมออกไซด์ในปริมาณสูงสุดอันเป็นผลมาจากกระบวนการเกิดศิลาแลง (นิโรจน์ เงินพรหม, 2555)

อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก (non-load interlocking block) หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

9 สมมติฐาน

เถ้าลอยไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้าชีวมวลสามารถนำมาเป็นส่วนผสมทดแทนดินลูกรังในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547

10 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

10.1 สามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการพัฒนาอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักจากเศษวัสดุเหลือทิ้ง (เถ้าลอยไม้ยางพารา) จากโรงไฟฟ้าชีวมวล

10.2 ช่วยลดอัตราการเกิดของเสียที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งจากโรงไฟฟ้าชีวมวล

10.2 ลดข้อด้อยของอิฐบล็อกประสานที่มีน้ำหนักมากโดยการใช้ส่วนผสมของเถ้าลอยมีน้ำหนักเบา

11 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการโดยมีรายละเอียดดังนี้

11.1 การเตรียมวัสดุ

- เถ้าลอยจากไม้ยางพาราได้รับความอนุเคราะห์ จากบริษัท สงขลาไบโอแมส จำกัด
- ดินลูกรังซื้อจากร้านหาดใหญ่แซนบล็อก ตำบลคลองอู่ตะเภา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

11.2 เครื่องอัดขึ้นรูปเครื่องอัดขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักได้รับความอนุเคราะห์จากร้านหาดใหญ่แซนบล็อก ตำบลคลองอู่ตะเภา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

11.3 การทดสอบประสิทธิภาพ

- ทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาว การดูดกลืนน้ำและลักษณะทั่วไป ณ ศูนย์วิทยาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
- วิเคราะห์การต้านแรงอัด ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

12 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

12.1 เถ้าลอยจากไม้ยางพารา

เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการเผาไม้ยางพาราโดยทำการเผาที่อุณหภูมิสูง (1,000 °C) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า เถ้าจากการเผาที่เกิดขึ้นเรียกว่า “เถ้าลอย (fly ash)” เถ้าชนิดนี้มีน้ำหนักเบาและมีขนาดเล็กประมาณ 1-200 μm มีองค์ประกอบหลักทางเคมีคล้ายกับปูนซีเมนต์ คือ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ไอรอนกออกไซด์ (Fe_2O_3)

และแคลเซียมออกไซด์ (CaO) หากนำมาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดคุณสมบัติในการช่วยเพิ่มการเชื่อมประสาน ทำให้อิฐมีความแข็งแรงมากขึ้น

12.2 การเกิดเถ้าลอยจากไม้ยางพาราของบริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด

กระบวนการผลิตเริ่มจากนำเศษไม้ยางพาราลำเลียงเข้าเครื่องสับไม้ เพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนและลดขนาดตามต้องการ ประมาณ 1×1 นิ้ว จากนั้นจะลำเลียงจากเครื่องสับไม้ไปสู่ถังเก็บเชื้อเพลิงเพื่อเก็บเป็นคลังเชื้อเพลิงและลำเลียงไปยังหม้อไอน้ำเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการต้มน้ำจนกลายเป็นไอน้ำตามแรงดันและอุณหภูมิที่เหมาะสม ไอน้ำดังกล่าวจะถูกส่งไปยังกังหันไอน้ำเพื่อขับกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อต่อเข้าด้วยกัน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะปล่อยกระแสไฟฟ้าภายในเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้าส่งออกสู่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคต่อไป ส่วนเถ้าหนักจะตกลงด้านล่างของห้องเผาเชื้อเพลิง ส่วนเถ้าลอยเมื่อเกิดการเผ้าไหม้ในห้องเชื้อเพลิงแล้วจะมีน้ำหนักเบาและถูกส่งออกไปยังตัวไซโคลนและสครับบิงไซโคลนและสครับบิงจะทำหน้าที่แยกก๊าซออกจากเถ้าลอยหลังจากนั้นก๊าซและอากาศจะลอยออกสู่ปล่องควันส่วนเถ้าลอยจะตกสู่ก้นถังเกิดประมาณ 152.66 ตัน/เดือน (บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด, 2561)

12.3 สมบัติทางเคมีของเถ้าลอย

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยแสดงดัง**ตารางที่ 12.3-1** ซึ่งพบว่าในเถ้าลอยจากไม้ยางพารามีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงมากถึงประมาณร้อยละ 33.93-54.45 ซิลิกา (SiO_2) มีอยู่ปริมาณร้อยละ 1.08-2.33 อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) มีอยู่ปริมาณร้อบละ 0.31-0.53 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.2-1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย (%)	**แหล่งที่มาของเถ้าลอย**			
	โรงไฟฟ้าชีวมวล[1]	**โรงไฟฟ้าชีวมวล[2]**	**โรงงานผลิตไม้ยาง[3]**	**โรงสีข้าว[4]**
CaO	33.93	41.19	54.45	0.56
K_2O	13.06	16.11	18.85	2.76
SO_3	1.65	5.54	-	0.12
SiO_2	1.08	2.57	2.33	88.33
MgO	1.77	4.52	15.19	0.28
Al_2O_3	0.31	0.53	0.41	0.48

ตารางที่ 2.2-1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย (%)	แหล่งที่มาของเถ้าลอย			
	โรงไฟฟ้าชีวมวล[1]	โรงไฟฟ้าชีวมวล[2]	โรงงานผลิตไม้ยาง[3]	โรงสีข้าว[4]
Fe_2O_3	0.76	0.56	1.12	3.37
LOI	21.34	-	-	3.71

หมายเหตุ

LOI หมายถึง ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาไหม้

ที่มา : [1]อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2554) [2]อาบีเด็ง ฮาวา (2551)

[3]ทองแดง เดียวกี่ (2548) [4]ประชุม คำพุฒ และกิตตพงษ์ สุวิโร (2553)

12.4 วัสดุปอซโซลาน

12.4.1 ความหมายของวัสดุปอซโซลาน

วัสดุปอซโซลาน หมายถึง วัสดุที่มีองค์ประกอบของซิลิกา หรือซิลิกาและอลูมินาเป็นส่วนใหญ่ โดยปกติวัสดุปอซโซลานจะมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานน้อยมากหรือไม่มีเลย แต่ถ้าวัสดุปอซโซลานอยู่ในรูปของผงละเอียดและมีความชื้นเพียงพอจะสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติ และเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานคล้ายกับปูนซีเมนต์ คือมีความแข็งแรงยึดเกาะได้ดี วัสดุปอซโซลานที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ เถ้าถ่านหิน ซึ่งได้นำมาใช้เป็นวัสดุผสมส่วนหนึ่งในคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เพื่อช่วยให้คอนกรีตมีคุณสมบัติดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีเถ้าแกลบที่มีงานวิจัยอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน สิ่งสำคัญประการหนึ่งของวัสดุปอซโซลานคือ จะต้องมีความละเอียดสูง จึงจะสามารถทำปฏิกิริยาเคมีได้ดีและรวดเร็ว

12.4.2 การเกิดปฏิกิริยาในวัสดุปอซโซลาน

ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ผลที่ได้คือแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (calcium silicate hydrate , CSH) (3CaO.2SiO2.3H2O) ซึ่งเป็นสารที่มีความแข็งแรงและเป็นองค์ประกอบหลักที่ช่วยเพิ่มกำลังให้กับคอนกรีต และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH2)) ดังสมการ (**ก**) และดังสมการ (**ข**)

$$2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + 3Ca(OH)_2 \quad \text{——} (ก)$$

$$2(2CaO.SiO_2) + 4H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + Ca(OH)_2 \quad \text{——} (ข)$$

ปฏิกิริยาปอซโซลาน เป็นปฏิกิริยาที่เกิดต่อเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน โดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) เป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาร่วมกับซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอลูมินาไตรออกไซด์ (Al_2O_3) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของวัสดุปอซโซลาน เช่น เถ้าลอยจากไม้ยางพารา ผลที่ได้จากปฏิกิริยาปอซโซลานคือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (calcium silicate hydrate , CSH) และแคลเซียมอลูมิเนียมไฮเดรต (calcium aluminate hydrate , CAH) ซึ่งเป็นสารที่ให้กำลังแก่คอนกรีต ช่วยให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคของเม็ดปูนซีเมนต์ลดลง ทำให้อัตราการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตลดลงตามไปด้วย ดังสมการ (ค) และดังสมการ (ง) ตามลำดับ

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 + H_2O \longrightarrow xCaO.ySiO_2.zH_2O \qquad \text{—— (ค)}$$

$$Ca(OH)_2 + Al_2O_3 + H_2O \longrightarrow qCaO.rAl_2O3.sH_2O \qquad \text{—— (ง)}$$

ค่า x, y และ z ในสมการที่ (ค) และ q, r และ s ในสมการที่ (ง) เป็นค่าที่แปรผันตามชนิดของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตและแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรตที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาปอซโซลาน สารประกอบ CSH และ CAH นอกจากจะช่วยเพิ่มกำลังให้กับคอนกรีตแล้ว ยังช่วยให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคของเม็ดปูนซีเมนต์ลดลงทำให้อัตราการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตลดลง

12.5 วัสดุที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานนิดไม่รับน้ำหนัก

12.5.1 ดินลูกรัง เป็นดินที่มีชั้นดินลูกรังหรือเศษหินกรวดเกิดขึ้นเป็นชั้นหนาและแน่นจนเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของพืช และพบความลึก 50 cm จากผิวดินบนและชั้นปกติลูกรังที่กล่าวนี้จะประกอบด้วยลูกรัง เศษหิน หรือ กรวด ไม่ต่ำกว่า 35 ร้อยละ โดยปริมาตร จากผลการสำรวจดินระดับจังหวัดของกรมพัฒนาที่ดินพบว่าประเทศไทยมีดินลูกรังและดินตื้นประมาณ 52 ล้านไร่ในภาคใต้ชั้นดินลูกรังลงไปมักเป็นชั้นดินเหนียวหรือดินลูกรังนี้เกิดจากการสายตัวของหินแล้วกลายสภาพมาเป็นดินลูกรังที่เกิดอยู่กับที่ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากหินดินดานและหินละเอียดซึ่งมักพบในพื้นที่ลูกคลื่น ดินลูกรังไม่นิยมนำมาใช้ในการเพาะปลูกเนื่องจากมีศักยภาพทางการเกษตรต่ำ เนื่องจากมีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์กับพืชได้น้อยมีการชะล้างพังทลายสูงและมีดินชั้นล่างแน่นทึบทำให้รากพืชชอดไชได้ยาก การระบายน้ำและการอุ้มน้ำต่ำ

12.5.2 ทราย เป็นหินแข็งที่แตกแยกออกมาจากก้อนหินใหญ่ โดยทรายจะแยกตัวออกมาได้เองตามธรรมชาติ ทรายมีขนาดระหว่าง 1/12 นิ้ว 1/400 นิ้ว ถ้ามีขนาดเล็กกว่านี้จะมีสภาพเป็นฝุ่น ทรายจะประกอบด้วยแร่ควอตซ์หรือหินบะซอลต์ ทรายแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

- ทรายบก เกิดจากหินทรายที่แตกแยกชำรุดออกมา เป็นเม็ดทรายตามสภาพภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม และจะฝังจมอยู่ในพื้นดินเป็นแห่งๆ ทรายชนิดนี้จะมีดิน ซากพืชและซากสัตว์ปะปน ในการใช้งานจึงนำทรายมาล้างแยกดินซากพืช และซากสัตว์ออกให้สะอาด นอกจากนี้ทรายจากทะเลทรายก็จัดเป็นทรายบกด้วย

- ทรายแม่น้ำ มีอยู่ทั่วไปในที่ราบลุ่มของแม่น้ำซึ่งเกิดจากกระแสน้ำได้พัดพาทรายจากที่ต่างๆ มาตกตะกอนร่วมกันในที่ราบลุ่มที่เป็นที่รวมของทรายมีเม็ดละเอียดหรือเม็ดเล็กกว่าทรายหยาบ เป็นทรายผสมปูนที่เหมาะสำหรับนำมาผสมปูนเพื่อฉาบผนัง หรือจะนำมาผสมปูนเพื่อก่ออิฐก็ได้ แต่ไม่ค่อยนิยมนำมาผสมปูนก่ออิฐ

12.5.3 น้ำ ที่ใช้ในการผสมดินซีเมนต์ต้องเป็นน้ำสะอาดปราศจากสารเจือปนหรือสารอินทรีย์ต่างๆไม่มีความเป็นกรดหรือด่าง หรือคราบน้ำมัน เพราะน้ำจะทำปฏิกิริยากับซีเมนต์โดยตรง ถ้าในน้ำมีสารอินทรีย์หรือ มีสภาพเป็นกรด หรือด่าง จะมีผลกับการเกิดปฏิกิริยา อาจทำให้อิฐบล็อกที่ผลิตได้ออกมาก็จะไม่เป็นตามมาตรฐาน

12.5.4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามมาตรฐาน Astme 150 แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามความเหมาะสมสำหรับการใช้งานออกเป็น 5 ประเภทซึ่งในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเลือกใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แบบปูนโครงสร้าง (ในประเทศไทยมีชื่อทางการค้าหลายชนิดอาทิเช่น ปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราพญานาคเศียรสีเขียว ตราเพชร และตราดอกขินปูนซีเมนต์) ซึ่งเหมาะกับ

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (normal portland cement) เป็นชนิดมาตรฐานเหมาะสมที่จะใช้กับงานก่อสร้างทั่วไปโดยเฉพาะงานคอนกรีตเสริมเหล็ก ในงานอาคาร สะพาน ผิวถนน ลานบิน และอื่นๆ ได้ ในประเทศไทยมีชื่อทางการค้า เช่น ปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราพญานาคเศียรเดียวสีเขียว ตราเพชร และตราดอกขินปูนซีเมนต์

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (modified portland cement) เป็นชนิดที่ผลิตขึ้นเพื่อต้านทานซัลเฟต เมื่อปูนซีเมนต์มีปฏิริกิยากับน้ำ (hydration) จะเกิดความร้อนต่ำ และเพิ่มขึ้นช้ากว่าปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1 เหมาะที่จะนำมาใช้กับคอนกรีตหลา (mass Concrete) อุณหภูมิจะค่อยเพิ่มไม่ทำให้เกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนในคอนกรีต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาค 7 เศียร

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความแข็งแรงสูงโดยเร็ว (high-early strength portland cement) เป็นชนิดของปูนซีเมนต์ ที่ให้กำลังรวดเร็วในช่วงอายุ 24 ชั่วโมง เหมาะที่จะนำมาใช้กับงานที่ต้องการเร่งด่วน เช่น ถนนที่มีการสัญจรคับคั่ง สนามบินจะต้องเปิดใช้ และยังเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับช่วงที่มีอากาศหนาวเพื่อให้คอนกรีตแข็งตัว ได้อย่างรวดเร็วก่อนที่น้ำที่ผสมจะแข็งตัวเสียก่อน ได้แก่ ปูนซีเมนต์ของไทย ตราเอราวัณตราสามเพชร และตราพญานาคเศียรเดียวสีแดง

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดความร้อนต่ำ (Low-heat portland cement) เป็นปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ มีอัตราความร้อนต่ำและกำลังก็เพิ่มขึ้นช้า ๆ เหมาะที่จะใช้กับงานสร้างเขื่อนขนาดใหญ่

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดทนซัลเฟตได้สูง (Sulfate-resistant Portland cement) เป็นการจงใจที่ให้ต้านทานซัลเฟต เช่น การสร้างบริเวณใกล้ทะเล หรือมิฉะนั้นก็อยู่ในดินเค็ม เทียบปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ได้กับตราปลาฉลามของบริษัทปูนซีเมนต์เอเชีย (ประชุม คำพุฒ, 2553)

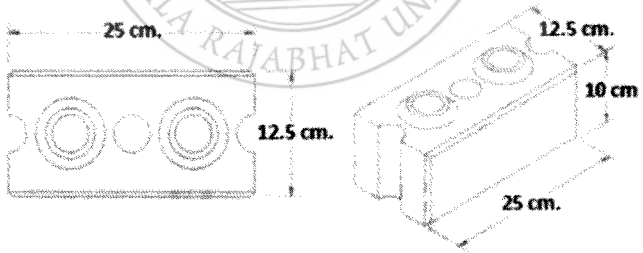
12.6 การผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

ในปัจจุบันมีความต้องการการใช้อิฐบล็อกเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากความต้องการใช้อย่างต่อเนื่อง และอิฐบล็อกมีราคาถูกสามารถก่อสร้างได้อย่างรวดเร็วจึงทำให้ได้รับความนิยมใช้ในงานก่อสร้างซึ่งสามารถแบ่งอิฐบล็อกได้ดังนี้

12.6.1 ประเภทอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก (non-load interlocking brick)

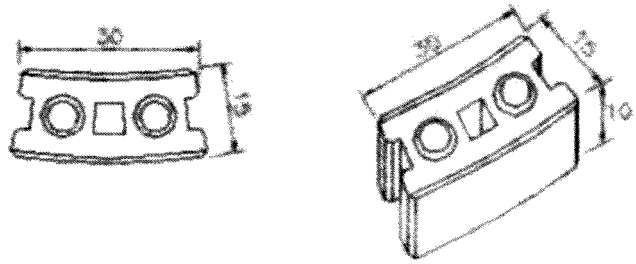
อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก เป็นอิฐบล็อกที่ได้จากการนำดินลูกรังผสมกับปูนซีเมนต์และชั่งในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจมีวัสดุอื่นๆผสม เช่น หินฝุ่น ทราย หรือวัสดุเหลืองทิ้งกวนให้เข้ากัน เทลงในแม่พิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรูปร่างและเตรียมอัดเป็นก้อนและบ่มให้แห้งตัวประมาณ 7 10 วัน (ระยะเวลาการบ่มแตกต่างกันตามเทคนิคของผู้ผลิต) สามารถนำมาใช้งานก่อผนังกับห้องหรือก่อสร้างภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรม, 2547) แบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ 2 ประเภท คือ

- บล็อกตรงหรือทรงสี่เหลี่ยมใช้สำหรับก่อสร้างอาคาร แสดงดัง**ภาพที่ 12.6-1**



ภาพที่ 12.6-1 อิฐบล็อกประสานสี่เหลี่ยม ขนาดเต็มก้อน 12.5x25x10 cm
ที่มา: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรม (2547)

- บล็อกโค้งใช้สำหรับก่อสร้างถังเก็บน้ำ แสดงดัง**ภาพที่ 12.6-2**



ภาพที่ 12.6-2 อิฐบล็อกประสานโค้งขนาด 15x30x10 cm
ที่มา: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรม (2547)

12.7 กระบวนการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

สำหรับกระบวนการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบการผสม การอัดขึ้นรูป การผึ่ง และการบ่ม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- เตรียมวัตถุดิบ ถ้ามีความชื้นมากควรนำไปตากให้แห้งและกองเก็บวัตถุดิบในที่ร่มให้มากเพียงพอที่จะทำการผลิตตลอดเวลา หากดินเป็นก้อน หรือมีมวลหยาบ ควรใช้เครื่องบดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2–4 มิลลิเมตร แต่ไม่ควรใช้ตะแกรงร่องที่ตาละเอียดมากเกินไป เพราะจะทำให้ได้แต่เนื้อฝุ่นดิน ซึ่งทำให้อิฐบล็อกไม่มีความแข็งแรงได้ แล้วกองเก็บในที่ร่มเพื่อรอผลิต

- การผสม ควรผสมดินแห้งหรือมวลรวม กับซีเมนต์ให้เข้ากันก่อน แล้วค่อย ๆ เติมน้ำโดยใช้ฝักบัว หรือหัวฉีดพ่นให้เป็นละอองกว้าง น้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำสะอาด ใช้ผสมหลังจากผสมดิน และปูนซีเมนต์เข้ากันแล้วในปริมาณที่พอเหมาะโดยใช้ปริมาณน้ำที่ดีที่สุด

- การอัดขึ้นรูป นำดินที่ผสมแล้วเข้าเครื่องอัด โดยชั่งน้ำหนักดินผสมตามสัดส่วนที่กำหนดแล้ว เติมส่วนผสมลงในแบบอัด ควรใช้ส่วนผสมให้หมดภายใน 30 นาที หลังจากผสมน้ำ เพื่อป้องกันปูนก่อตัวก่อนอัดขึ้นรูป

- การผึ่ง เมื่อได้อิฐบล็อกที่ผ่านการอัดขึ้นรูปแล้วจะนำมาผึ่งในที่ร่มอย่างน้อย 1 วัน ไม่ควรตากแดดเพราะน้ำจะระเหย ทำให้ปูนซีเมนต์ผสมน้ำส่งผลทำให้ปฏิกิริยาเกิดไม่เต็มที่ บล็อกที่ได้จะไม่แข็งแรงตามต้องการหรืออาจเกิดรอยแตกร้าวที่ยังอาการแห้งเร็วเกินไป

- การบ่มตัวอย่างอิฐ เมื่อผึ่งอิฐบล็อกครบ 1 วันแล้ว อิฐจะเซ็ตตัวเป็นก้อนจะนำอิฐบล็อกที่ได้มาจัดเรียงแล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติกไม่ให้ไอน้ำระเหยออก บ่มด้วยความชื้นทิ้งไว้อีก 7 วันบล็อกประสานจะมีความแข็งแรงพร้อมส่งออกจำหน่ายหรือใช้งานได้ ไม่ควรขนส่งก่อนกำหนดเพราะจะทำให้ก้อนบิ่น หรือเกิดการแตกร้าวได้ง่าย ในดินบางประเภทการรดน้ำในช่วง 1-3 วันแรก แต่ควรระวังน้ำอาจละลายเกลือ หรือด่างในปูนที่ใช้ผสมกับดินให้ไหลออกมาจนเกิดคราบสีขาวแข็งติดผิวจนบล็อก

ไม่สวย จึงควรพิจารณารดน้ำตามความเหมาะสม โดยให้มีความชื้นอยู่ตลอดเวลาแต่อย่าให้น้ำมากจนชุ่มโชก (ชาคริส วราหะ, 2012)

12.8 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2558) จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าไม้ยางพาราแทนที่ดินเพื่อผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานวัสดุผสมที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ ดินลูกรัง เถ้าไม้ยางพารา ทราย และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนเถ้าไม้ยางพาราส่งผลให้ค่าความหนาแน่นลดลง แต่อัตราการดูดกลืนน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่ากำลังอัด จากผลการทดสอบพบว่า ค่ากำลังอัดจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของเถ้าไม้ยางพาราเพิ่มขึ้นเมื่อพิจารณาตามมาตรฐาน มอก. 57-2533 และมอก. 58-2553 พบว่าอิฐที่มีอัตราส่วนของดินลูกรัง:เถ้าไม้ยางพารา:ทราย:ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เท่ากับ 3:2:1:1 มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักหรือใช้งานเพื่อการประดับตกแต่ง

บุญชัย กาดำ และหมัดรอซี หวังกุหลำ (2557) จากการศึกษาการนำเถ้าลอยจากไม้ยางพารา ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตไอน้ำของอุตสาหกรรมปลากระป๋องนำมาทดแทนดินลูกรังในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ผลการศึกษาพบว่า อิฐบล็อกประสานสูตร BF1 มีค่าความต้านแรงอัดสูงสุด คือ 6.54±0.61 MPa ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุม (5.83±1.15 MPa) โดยยิ่งเพิ่มปริมาณส่วนผสมของเถ้า กำลังต้านแรงอัดจะยิ่งลดลง ค่าการดูดกลืนน้ำ ต่ำสุดในสูตรควบคุมมีค่า 128.00±0.00 kg/m^3 รองลงมาเป็นสูตร BF1 (149.00±43.72 kg/m^3) และสูงสุดในสูตร BF6 (240.00±33.56 kg/m^3) ซึ่งการเพิ่มอัตราส่วนของเถ้า ค่าการดูดกลืนน้ำจะยิ่งเพิ่มขึ้น สำหรับค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกประสานทุกสูตรไม่แตกต่างกันมากนัก

สำเร็จ สารมาคม (2556) จากการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เถ้าลอยในการแทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตบล็อกประสานที่ใช้ในงานโครงสร้างไม่รับแรงแบกทาน อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินที่ใช้ในการศึกษานี้เท่ากับ 1:6 และ 1:8 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กันในทางปฏิบัติ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของบล็อกประสานมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย จนถึงร้อยละ 30 (ค่าเหมาะสม) หลังจากนั้น ความหนาแน่นแห้งจะมีค่าลดลง กำลังของบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนทีปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยแม้ว่าหน่วยน้ำหนักจะมีค่าเพิ่มขึ้น อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับผลิตอิฐบล็อกประสานในงานโครงสร้างไม่รับแรงแบกทานคือ 1/8 หากพิจารณากำลังรับแรงอัดที่เท่ากับ 30 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าลอยเท่ากับ 92:8, 87:13 และ 60:40 ด้วยต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 1.90, 1.85 และ 1.58 บาท

13 วิธีการดำเนินการวิจัย

13.1 วัสดุและอุปกรณ์

- ดินลูกรังบดละเอียด
- น้ำสะอาด
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
- เถ้าลอยจากไม้ยางพารา
- ทราย
- เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- เครื่องอัดอิฐบล็อกประสาน
- อ่างน้ำ
- เครื่องทดสอบความต้านแรงอัด
- ตู้อบความร้อน
- เครื่องผสมดิน
- ตะแกรงร่อน ขนาด 2 mm

13.2 วิธีการทดลอง

การเตรียมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

- เก็บตัวอย่างเถ้าลอยจากกไม้ยางพาราที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไอน้ำซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท สงขลาไบโอ แมส จำกัด เก็บตัวอย่างวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 จำนวน 100 kg

- นำเถ้าลอยจากไม้ยางพารามาอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น จากนั้นทำการบดเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

- นำเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่ได้ร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 mm ชั่งน้ำหนักวัสดุที่บดแล้วตามที่ใช้ทดลอง

13.3 การกำหนดอัตราส่วนผสมอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักของเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักโดยใช้อัตราส่วนผสมตามร้านผลิตอิฐบล็อกประสานคือ ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง (1:6) จึงได้มีการพัฒนาและมี

แนวคิดที่เถ้าลอยจากไม้ยางพารามาทดแทนที่ดินในอัตราส่วนดินต่อเถ้าดังนี้ (95:5):6 (90:10):6 (85:15):6 (80:20):6 (75:25):6 และ (70:30):6 ตามลำดับมีรายละเอียดดังนี้

สูตร	อัตราส่วนผสม (ดินลูกรัง:เถ้า)	ปริมาณที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานต่อ 1ก้อน			
		ปูน (g)	เถ้า (g)	ทราย (g)	ดินลูกรัง (g)
BF0	100:0	743	0	1114	3343
BF1	95:5	743	167	1114	3176
BF2	90:10	743	334	1114	3009
BF3	85:15	743	501	1114	2842
BF4	80:20	743	668	1114	2675
BF5	75:25	743	835	1114	2508
BF6	70:30	743	1003	1114	2340

13.4 การขึ้นรูปอิฐบล็อกประสาน

- เตรียมส่วนผสมตามอัตราส่วน เช่น ปูน ทราย เถ้า ดิน ยกเว้นน้ำ ใส่ลงในเครื่องผสมแล้วผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน
- ใส่น้ำที่เตรียมไว้ลงไปในเครื่องผสมจากนั้นทำการหมุนเครื่องผสมเป็นเวลา 7-10 นาที
- นำส่วนผสมที่ผสมจนเข้ากันดีแล้วไปอัดในเครื่องอัดบล็อกตามลักษณะที่ต้องการ
- เมื่อทำการอัดเสร็จแล้วให้ยกอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักออกและนำไปวางให้เป็นระเบียบเรียบร้อย
- นำอิฐบล็อกประสานมาทำการบ่มโดยปกคลุมผิวมิให้ถูกแดดหรือลมร้อน หลังจากนั้นเมื่ออายุบ่มครบ 14 วันก็นำอิฐบล็อกไปทำการทดสอบ

13.5 การทดสอบอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

ตารางที่ 13.5-1 การทดสอบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

พารามิเตอร์	วิธีการทดสอบ	สถานที่การทดสอบ
ลักษณะทั่วไป	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
การดูดกลืนน้ำ	ดัดแปลงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 109-2517	

ตารางที่ 13.5-1 การทดสอบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก (ต่อ)

พารามิเตอร์	วิธีการทดสอบ	สถานที่การทดสอบ
การเปลี่ยนแปลงความยาว	ดัดแปลงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1505-2541	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ความต้านแรงอัด	ดัดแปลงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 109-2517	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

14 การวิเคราะห์ข้อมูล

14.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

14.1.1 การวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน เพื่อนำเสนอผลการศึกษา

14.1.2 การวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบอ้างอิง ด้วยสถิติแบบ T-test เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพารากับอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักชุดควบคุม

14.2 การวิเคราะห์ต้นทุน

การวิจัยครั้งนี้มีการศึกษาต้นทุนการผลิตเบื้องต้น โดยแบ่งเป็นการวิเคราะห์ต้นทุนค่าดำเนินการ ซึ่งพิจารณาต้นทุนค่าไฟฟ้าที่เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงต้นทุนค่าวัสดุที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสาน

15 ระยะดำเนินการ

การศึกษามีระยะเวลาดำเนินการ (ในช่วงเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ 2562 เป็นช่วงในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพซึ่งไม่ได้ดำเนินการวิจัย) ซึ่งแผนการดำเนินการวิจัยแสดงใน**ตารางที่ 15.1-1** ส่วนโครงร่างวิจัยแสดงรายละเอียดใน**ภาคผนวก ก**

ตารางที่ 15.1-1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2560							2561													2562			
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.–พ.ม.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1) ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูล	—	—	—														—	—		—	—	—	
2) เขียนโครงร่างวิจัย			—																				
3) สอบโครงร่างวิจัย				★																			
4) ดำเนินการวิจัย			—	—	—	—	—	—	—	—	—												
4.1) การเตรียมเถ้าลอย				—	—	—																	
4.2) การขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก							—	—															
4.3) การทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก									—	—	—												
5) สอบรายงานความก้าวหน้า										★													
6) ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล									—	—	—	—	—	—									
7) สรุปผลการวิจัย														—	—	—							
8) สอบจบวิจัยฉบับสมบูรณ์																		★					
9) การทำเล่มวิจัยและแก้ไข													—	—	—	—	—	—		—	—	—	—

หมายเหตุ

——— หมายถึง ช่วงระยะเวลาที่มีการดำเนินการวิจัย

- - - - - หมายถึง ช่วงระยะเวลาที่มีการขยายเวลาดำเนินการวิจัย

★ หมายถึง ช่วงสอบวิจัยทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

▒ หมายถึง ช่วงที่อยู่ระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

16 งบประมาณในการวิจัย

รายการ	งบประมาณตลอดโครงการ
-ค่าปริ้นเอกสาร	1,000
-ค่าเหมารถ	1,800
-ค่าน้ำมัน	500
-ค่าขึ้นรูปอิฐบล็อกประสาน	1,700
-ค่าอุปกรณ์	1,200
รวม	6,200

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

ภาพประกอบวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

(ก) การเตรียม

(ข) นำเถ้าลอยมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 °C

(ค) การชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วน

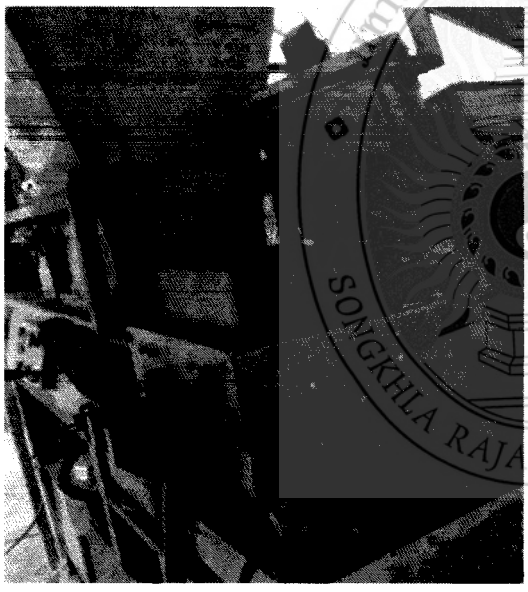
(ง) เตรียมอัตราส่วนใส่ถุงซิป

ภาพที่ ผข-1 การเตรียมเถ้าลอยและการเตรียมส่วนผสมตามร้อยละการทดแทน

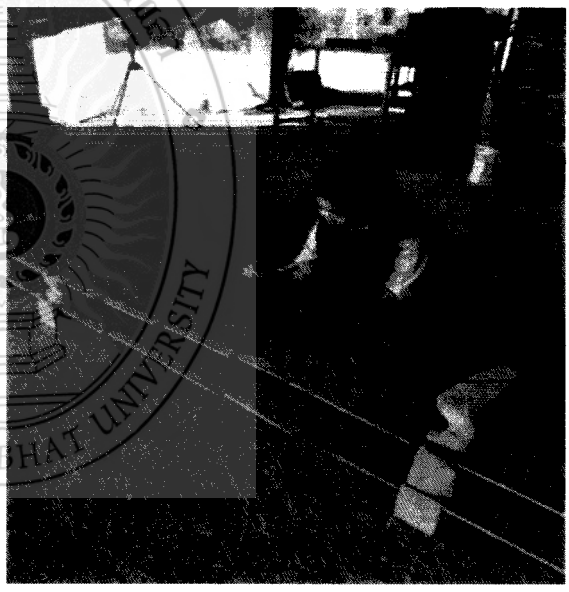
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

(ก) เตรียมส่วนผสมใส่ในเครื่องผสม

(ข) คลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากันและเติมน้ำเล็กน้อย



(ค) การอัดขึ้นรูปอิฐ



(ง) นำอิฐมาจัดเรียงในที่ร่มจนครบ 1 วัน ก่อนการขนย้าย

ภาพที่ ผข-2 การอัดขึ้นรูปอิฐบล็อกประสาน

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

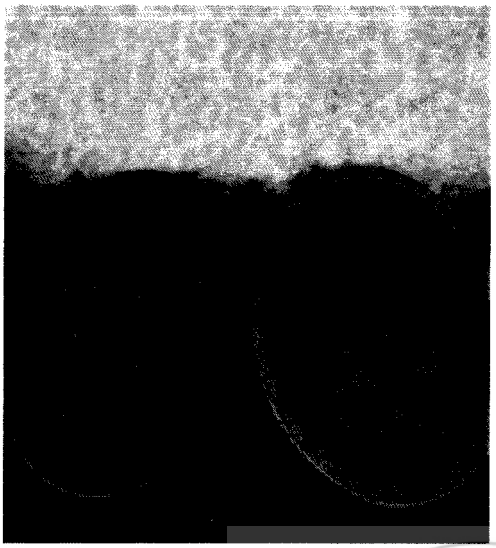
(ก) บ่มอิฐเป็นเวลา 7 วัน

(ข) วัดขนาดอิฐ

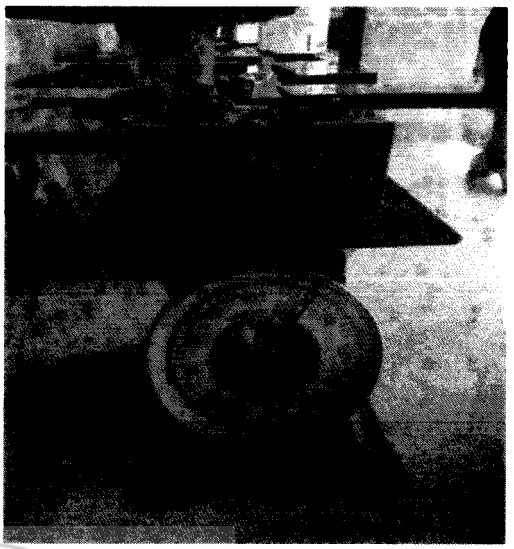
(ค) อบที่อุณหภูมิ 110-115 °C

ภาพที่ ผข-3 การบ่มอิฐบล็อกประสาน

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY



(ก) นำอิฐไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 hr



(ข) ชั่งน้ำหนักอิฐ

(ค) นำอิฐเข้าเครื่องทดสอบ

(ง) จนกระทั่งอิฐพังทลาย

ภาพที่ ผข-4 การทดสอบของอิฐบล็อกประสาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ค
รายละเอียดวิธีทดสอบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

วิธีทดสอบสมบัติอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

1. การทดสอบลักษณะทั่วไป ตามผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547

วัดขนาดอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักขณะเต็มก้อน 12.5×25×10 cm โดยแต่ละก้อนมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน±2 mm

2. การทดสอบการดูดกลืนน้ำ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 109-2517

2.1 นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่เตรียมไว้ทดสอบมาวัดขนาด (กว้างx ยาว x หนา) ของก้อนตัวอย่าง

2.2 นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่ทำการทดสอบไปแช่ให้จมน้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำอิฐบล็อกประสานขึ้นมา ทิ้งไว้ให้ระบายน้ำออกเป็นเวลา 1 นาที ใช้ผ้าซับหยดน้ำบนผิวอิฐบล็อกประสานที่มองเห็นด้วยตาเปล่าทีละก้อน แล้วทำการชั่งน้ำหนักทันที จดบันทึกค่าอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่ดูดซึมน้ำ

2.3 หลังจากการอิ่มน้ำ นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าลอยจากไม้ยางพาราให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 110-115 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 24 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักทีละก้อน โดยอ่านค่าละเอียดถึง 0.1 g จดบันทึกค่าน้ำหนักอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่แห้ง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 109)

2.4 ทำการคำนวณหาค่าการดูดกลืนน้ำตามสูตรดังนี้

การดูดกลืนน้ำ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ = $\frac{A-B}{A-C} \times 1000$

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

เมื่อ A = น้ำหนักอิฐบล็อกตัวอย่างเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

B = น้ำหนักอิฐบล็อกเมื่อแห้ง

C = น้ำหนักอิฐบล็อกเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

3. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาว ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1505-2547

3.1 นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ทำการทดลองที่เตรียมไว้ทดสอบวัดขนาดขนาด (กว้าง×ยาว×หนา) ของก้อนตัวอย่าง

3.2 นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ทำการทดลองเข้าตู้อบโดยใช้เวลาในการอบ 24 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น

3.3 ชั่งมวลและวัดความยาวของชิ้นทดสอบถือเป็นมวลในสภาพแห้งที่ละก้อน

3.4 นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ทำการทดลองไปแช่ในน้ำโดยผิวบนของชิ้นทดสอบอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำ 3 เซนติเมตรเป็นเวลา 3 วัน

3.5 เก็บรักษาที่ห้องหรือภาชนะปิดชั่งมวล และวัดความยาวทุกวัน จนความยาวเข้าสู่สภาวะสมดุล

3.6 คำนวณหาค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความยาว

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

เมื่อ L_1 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 40 mm

L_2 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบเมื่อเข้าสู่สภาพสมดุล (mm)

4. การทดสอบความต้านแรงอัด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 109-2517

4.1 วัดขนาดอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยไม้ยางพาราเป็นมิลลิเมตร (กว้างxยาวxหนา) แล้วชั่งน้ำหนักโดยอ่านค่าละเอียด 0.5 g

4.2 นำเข้าเครื่องทดสอบเพื่อหาค่าต้านแรงอัด โดยใช้อัตราการเพิ่มแรงอัดประมาณ 100 kg/cm^3 จนกระทั่งอิฐพังทลายและบันทึกค่าแรงอัดสูงสุด

4.3 คำนวณค่าต้านแรงอัดโดยสูตรคำนวณ

$$\text{ค่าต้านแรงอัด} = \frac{\text{แรงอัดสูงสุดเมื่อชิ้นทดสอบแตกร้าว}}{\text{พื้นที่หน้าตัดชิ้นทดสอบ}} \ kg/cm^3$$

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1505-2541 และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของอิฐบล็อกประสาน 602/2547

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 1505 – 2541

ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบา แบบมีฟองอากาศ–อบไอน้ำ

AUTOCLAVED AERATED LIGHTWEIGHT CONCRETE ELEMENTS

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 91.100.99

ISBN 974-607-866-6

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบา แบบมีฟองอากาศ–อบไอน้ำ

มอก. 1505 – 2541

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 2023300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 115 ตอนที่ 105ง
วันที่ 31 ธันวาคม พุทธศักราช 2541

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 873
มาตรฐานคอนกรีตมวลเบา

1. ผู้แทนกรมโยธาธิการ
2. ผู้แทนกรมวิทยาศาสตร์บริการ
3. ผู้แทนคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
4. ผู้แทนการเคหะแห่งชาติ
5. ผู้แทนสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
6. ผู้แทนสมาคมธุรกิจบ้านจัดสรร
7. ผู้แทนบริษัท ซุปเปอร์บล๊อก จำกัด
8. ผู้แทนบริษัท ควอลิตี้คอนสตรัคชั่นโปรดัคส์ จำกัด
9. ผู้แทนบริษัท ผลิตภัณฑ์คอนกรีตซีแพค จำกัด
10. ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กรรมการและเลขานุการ
11. ผู้แทนบริษัท โกลเด้น แพลน จำกัด กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ปัจจุบันมีการทำชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ–อบไอน้ำ สำหรับงานก่อสร้างภายในประเทศเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมประเภทนี้ จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ–อบไอน้ำ ขึ้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยใช้เอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

DIN 4165–1986	Autoclaved aerated concrete blocks and flat elements
DIN SFS prEN 991–1992	Determination of the dimensions of prefabricated reinforced components made of autoclaved aerated concrete or lightweight aggregate concrete with open structure
JIS A 5416–1995	Autoclaved lightweight aerated concrete panels
มอก.15 เล่ม 1–2532	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ
มอก.109–2517	วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต
มอก.319–2541	ปูนไลม์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 2411 (พ.ศ. 2541)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ–อบไอน้ำ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ–อบไอน้ำ มาตรฐานเลขที่ มอก. 1505-2541 ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 7 กันยายน พ.ศ. 2541

สมศักดิ์ เทพสุทิน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบา
แบบมีฟองอากาศ–อบไอน้ำ

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดรายละเอียดของชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ ซึ่งเป็นวัสดุก่อผนังมวลเบา โดยมีฟองอากาศกระจายอย่างสม่ำเสมอภายในเนื้อคอนกรีต และอบด้วยไอน้ำ โดยกำหนดชั้นคุณภาพและชนิด ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน วัสดุและการทำ คุณลักษณะที่ต้องการ การบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การเก็บคอนกรีตมวลเบา การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบ

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ครอบคลุมเฉพาะผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศกระจายอย่างสม่ำเสมอในเนื้อคอนกรีต และอบในเตาอบไอน้ำ และไม่เสริมเหล็ก

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “คอนกรีตมวลเบา” หมายถึง คอนกรีตที่มีมวลเบากว่าคอนกรีตทั่วไปที่มีขนาดเดียวกัน โดยมีฟองอากาศเล็ก ๆ แทรกกระจายในเนื้อคอนกรีตอย่างสม่ำเสมอ ทำให้แข็งด้วยการอบไอน้ำ และไม่เสริมเหล็ก เหมาะสำหรับใช้ก่อผนังด้วยวิธีก่อบาง ดูรูปที่ 1

2.2 วิธีก่อบาง หมายถึง วิธีก่อที่มีลักษณะปูนก่อบาง มีความหนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร และจำเป็นต้องใช้ปูนก่อที่ทำขึ้นด้วยส่วนผสมพิเศษ ที่สามารถให้แรงยึดหน่วงมากเพียงพอเหมาะสมกับความหนา

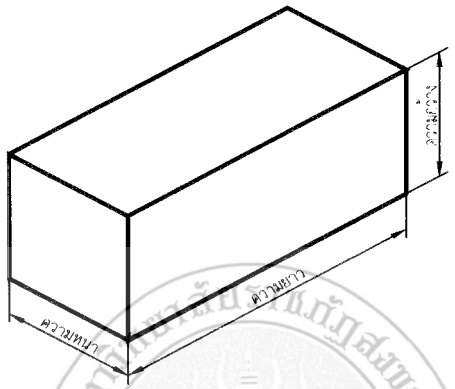
2.3 ร่องปูนก่อ หมายถึง ร่องที่ด้านข้างของคอนกรีตมวลเบาที่จะประกอบกันให้เป็นช่อง ใช้สำหรับใส่ปูนก่อขณะทำงานก่อผนัง

2.4 ร่อง หมายถึง ส่วนของคอนกรีตมวลเบาที่อยู่ต่ำกว่าพื้นผิวด้านข้าง สำหรับให้ลิ้นยื่นเข้ามาเพื่อการประสาน

2.5 ลิ้น หมายถึง ส่วนของคอนกรีตมวลเบาที่ยื่นเลยพื้นผิวส่วนอื่น สำหรับแทรกไปในร่องเพื่อการประสาน

2.6 ความหนาของคอนกรีตมวลเบา หมายถึง ความหนาของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ก่อผนัง

2.7 ร่องมือจับ หมายถึง ร่องที่ด้านข้างของคอนกรีตมวลเบาที่อยู่ต่ำจากขอบบน ใช้สำหรับจับยกเพื่อทำงาน



รูปที่ 1 ตัวอย่างคอนกรีตมวลเบา

(ข้อ 2.1)

3. ชั้นคุณภาพและชนิด

3.1 คอนกรีตมวลเบาแบ่งตามความต้านแรงอัดออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ และแบ่งตามความหนาแน่นเชิงปริมาตรออกเป็น 7 ชนิด โดยชั้นคุณภาพและชนิดของคอนกรีตมวลเบามีความสัมพันธ์กันตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชั้นคุณภาพและชนิดของคอนกรีตมวลเบา

(ข้อ 3.1)

ชั้นคุณภาพ	ความต้านแรงอัด นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร		ชนิด	ความหนาแน่นเชิงปริมาตรเฉลี่ย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด		
2	2.5	2.0	0.4	0.31 ถึง 0.40
			0.5	0.41 ถึง 0.50
4	5.0	4.0	0.6	0.51 ถึง 0.60
			0.7	0.61 ถึง 0.70
			0.8	0.71 ถึง 0.80
6	7.5	6.0	0.7	0.61 ถึง 0.70
			0.8	0.71 ถึง 0.80
8	10.0	8.0	0.8	0.71 ถึง 0.80
			0.9	0.81 ถึง 0.90
			1.0	0.91 ถึง 1.00

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

ขนาดของคอนกรีตมวลเบาที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานนี้ ออกแบบเพื่อให้เป็นไปตามระบบการประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร ซึ่งได้กำหนดหน่วยพิกัดมูลฐาน (พ) ให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตร ขนาดของคอนกรีตมวลเบาเป็นไปตามตารางที่ 2 โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน + 2 มิลลิเมตร

ในกรณีมีร่องและลิ้นให้เพิ่มได้อีกมิติละ 9 มิลลิเมตร

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 11.1

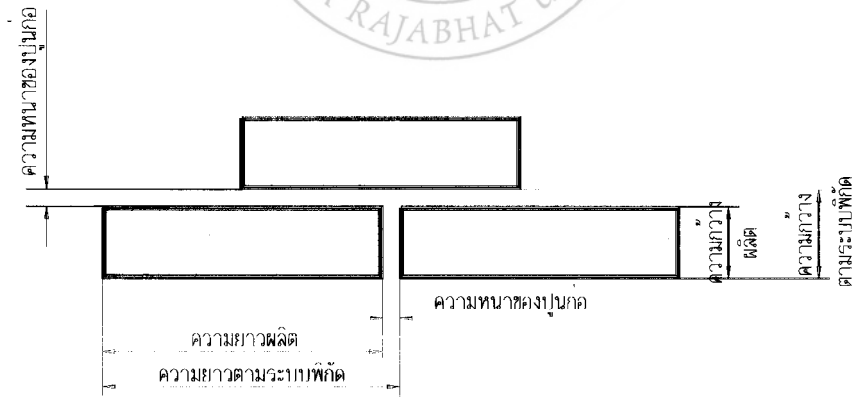
ตารางที่ 2 ขนาดคอนกรีตมวลเบา

(ข้อ 4.1)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ความกว้าง	ความยาว	ความหนา
200	600	75
300		90
400		100
		125
		150
		175
		200
		250

หมายเหตุ *ความกว้างและความยาวตามตารางที่ 2 เป็นค่าที่รวมความหนาของปูนก่อ 3 มิลลิเมตรไว้แล้ว(ดูรูปที่ 2)*



รูปที่ 2 ความหนาของปูนก่อตามระบบประสานทางพิกัด

4.2 ความได้ฉาก

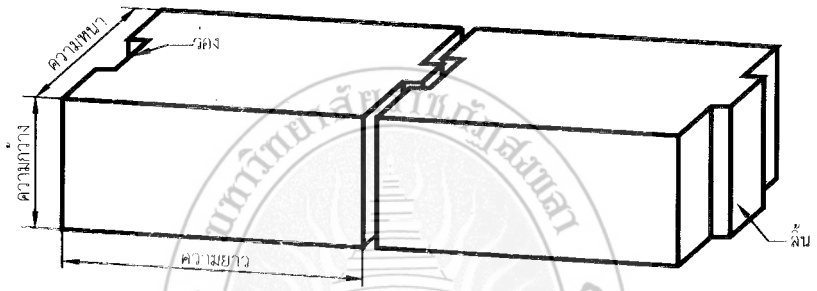
คอนกรีตมวลเบา ที่ระยะ 300 มิลลิเมตร วัดจากมุมฉากจะคลาดเคลื่อนจากแนวฉากได้ไม่เกิน 1 มิลลิเมตร การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 11.1

4.3 ร่องและลิ้น (ถ้ามี) ดูรูปที่ 3

คอนกรีตมวลเบาอาจทำเป็นร่องและลิ้นในตัวได้ และให้เป็นดังนี้

4.3.1 ขนาดของร่องและลิ้น ไม่ควรเล็กกว่าเศษหนึ่งส่วนเจ็ด และไม่ควรเกินเศษสองส่วนห้าของความหนาของคอนกรีตมวลเบา โดยในแต่ละด้านอาจมีร่องและลิ้นได้หลายแนว

4.3.2 ความกว้าง และความลึกของลิ้นในทุก ๆ ด้าน ควรเล็กกว่าความกว้างและความลึกของร่องระหว่าง 1 ถึง 2 มิลลิเมตร

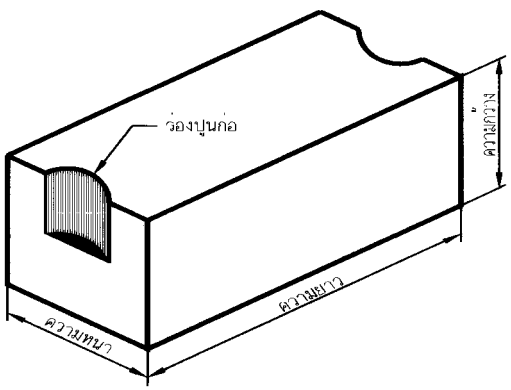


รูปที่ 3 ตัวอย่างร่องและลิ้นของคอนกรีตมวลเบา

(ข้อ 4.3)

4.4 ร่องปูนก่อ (ถ้ามี) ดูรูปที่ 4

ร่องปูนก่อที่ด้านข้างของคอนกรีตมวลเบาและมีขนาดเริ่มจากผิวบนลงมามีระยะ 1/4 ถึง 1/2 ของความกว้างของคอนกรีตมวลเบา

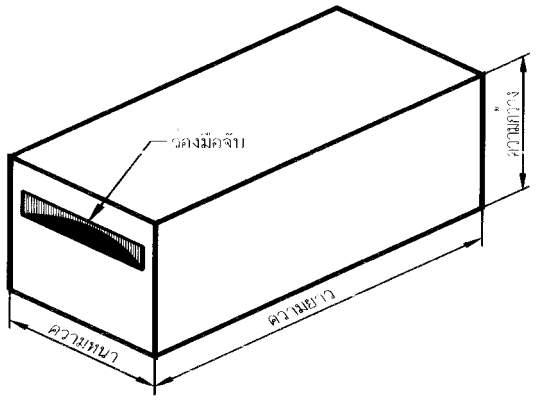


รูปที่ 4 ตัวอย่างร่องปูนก่อสำหรับคอนกรีตมวลเบา

(ข้อ 4.4)

4.5 ร่องมือจับ (ถ้ามี) ดูรูปที่ 5

กรณีที่คอนกรีตมวลเบามีขนาดใหญ่ เพื่อความสะดวกในการทำงานอาจมีร่องสำหรับมือจับด้วย



รูปที่ 5 ตัวอย่างร่องมือจับสำหรับคอนกรีตมวลเบา
(ข้อ 4.5)

5. วัสดุและการทำ

5.1 วัสดุ

5.1.1 ปูนซีเมนต์ต้องเป็นปูนซีเมนต์ประเภท 1 ตาม มอก. 15 เล่ม 1

5.1.2 ปูนขาวต้องเป็นไปตาม มอก. 319

5.1.3 มวลผสมต้องเป็นวัสดุซิลิกา หรือทรายควอตซ์ หรือตะกรันจากเตาถลุงแบบพ่นลม หรือเถ้าถ่านหิน หรือวัสดุอื่นใดที่ไม่มีสาร เช่น โคลน ฝุ่น สารอินทรีย์ ในจำนวนที่อาจเป็นผลเสีย นำมาบดละเอียดโดยให้มีขนาดไม่ใหญ่กว่า 500 ไมโครเมตร

5.1.4 สารก่อฟองและสารผสมเพิ่ม (ถ้ามี) ต้องเป็นวัสดุทำให้เกิดฟองอากาศมีเสถียรภาพ และคุมเวลาแข็งตัว โดยต้องไม่ก่อให้เกิดผลเสียใด ๆ ต่อคุณภาพของคอนกรีตมวลเบา

5.2 การทำ

คอนกรีตมวลเบาต้องทำโดยผสมส่วนผสมตามที่ระบุในข้อ 5.1.1 ถึงข้อ 5.1.3 เข้าด้วยกันอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นเติมน้ำจำนวนที่เหมาะสม สารก่อฟอง และสารผสมเพิ่ม (ถ้ามี) ให้มีฟองอากาศกระจายอย่างสม่ำเสมอ แล้วเทลงในแบบนำไปบ่มจนแข็งพอที่จะแกะแบบเพื่อทำการตัดตามขนาดที่ต้องการ จากนั้นนำไปอบด้วยไอน้ำ เพื่อให้ได้ค่าความต้านแรงอัดตามที่กำหนดที่ความดันไม่ต่ำกว่า 1.0 เมกะพาสคัลและอุณหภูมิประมาณ 180 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ *ให้ตัดคอนกรีตมวลเบาในแนวที่ทำให้ด้านยาวขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ของฟองอากาศ*

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องไม่แตกร้าว ไม่บิดเบี้ยว ไม่แอ่นตัว และไม่มีตำหนิใด ๆ ที่เป็นผลเสียหายต่อการใช้งาน

6.2 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

เมื่อทดสอบตามข้อ 11.2 แล้ว คอนกรีตมวลเบาต้องมีความหนาแน่นเชิงปริมาตรเฉลี่ยตามตารางที่ 1 โดยคอนกรีตมวลเบาแต่ละก้อนจะมีค่าแตกต่างจากที่กำหนดได้ไม่เกิน + 0.05 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

6.3 อัตราการเปลี่ยนแปลงความยาว

เมื่อทดสอบตามข้อ 11.3 แล้ว อัตราการเปลี่ยนแปลงความยาวต้องไม่เกินร้อยละ 0.05

6.4 ความต้านแรงอัด

เมื่อทดสอบตามข้อ 11.4 แล้ว คอนกรีตมวลเบาต้องมีความต้านแรงอัดตามตารางที่ 1

6.5 อัตราการดูดกลืนน้ำ

เมื่อทดสอบตามข้อ 11.5 แล้ว อัตราการดูดกลืนน้ำต้องไม่เกิน 500 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

7. การบรรจุ

7.1 เมื่อจะนำคอนกรีตมวลเบาออกจำหน่าย ผู้ทำต้องจัดเรียงคอนกรีตมวลเบาบนแผงรองรับที่เหมาะสม มีการป้องกันขอบไม่ให้แตกบิ่นเสียหายที่จะเป็นผลเสียต่อการใช้งานทั้งในการเก็บรักษาและขนส่ง รวมทั้งให้มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก

8. เครื่องหมายและฉลาก

8.1 ที่คอนกรีตมวลเบา อย่างน้อยทุก ๆ 10 ก้อน ต้องมีเลขอักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และถาวร

(1) ชั้นคุณภาพ หรือความต้านแรงอัดต่ำสุด

(2) ชนิดของคอนกรีตมวลเบา

(3) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

8.2 ที่ภาชนะบรรจุคอนกรีตมวลเบา อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายและรายละเอียดต่อไปนี้

(1) ชั้นคุณภาพ หรือความต้านแรงอัดต่ำสุด

(2) ชนิดของคอนกรีตมวลเบา

(3) ความยาว ความกว้าง ความหนา เป็นมิลลิเมตร

(4) ปี เดือนที่ทำ

(5) จำนวนที่บรรจุในหีบห่อ

(6) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

9. การเก็บคอนกรีตมวลเบา

9.1 ต้องเก็บคอนกรีตมวลเบาไว้ที่แห้งมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก และมีการป้องกันความชื้นไม่ให้เข้าถึงคอนกรีตมวลเบาได้ทุกฤดูกาล

9.2 ควรกองเก็บคอนกรีตมวลเบาให้สามารถนำคอนกรีตมวลเบารุ่นที่มาถึงก่อนไปใช้ได้ก่อน

10. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

10.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง คอนกรีตมวลเบาชั้นคุณภาพเดียวกัน ส่วนผสมเดียวกัน จำนวนไม่เกิน 1 000 ลูกบาศก์เมตร ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

10.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

10.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาดและลักษณะทั่วไป

10.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 ก้อน

10.2.1.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4 และข้อ 6.1 จึงจะถือว่าคอนกรีตมวลเบารุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบความต้านแรงอัด

10.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากคอนกรีตมวลเบาที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดข้อ 10.2.1 เพื่อนำมาทำเป็นชิ้นทดสอบจำนวน 9 ชิ้น

10.2.2.2 ชิ้นทดสอบทุกชิ้นต้องเป็นไปตามข้อ 6.4 จึงจะถือว่าคอนกรีตมวลเบารุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบความหนาแน่นเชิงปริมาตรและอัตราการเปลี่ยนแปลงความยาว

10.2.3.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 ก้อน เพื่อนำมาทำเป็นชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบความหนาแน่นเชิงปริมาตร 3 ชิ้น และอัตราการเปลี่ยนแปลงความยาว 3 ชิ้น

10.2.3.2 ชิ้นทดสอบทุกชิ้นต้องเป็นไปตามข้อ 6.2 และ 6.3 ในแต่ละรายการ จึงจะถือว่าคอนกรีตมวลเบารุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10.2.4 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบอัตราการดูดกลืนน้ำ

10.2.4.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 ก้อน เพื่อนำมาทำเป็นชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น

10.2.4.2 ชิ้นทดสอบทุกชิ้นต้องเป็นไปตามข้อ 6.5 จึงจะถือว่าคอนกรีตมวลเบารุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างคอนกรีตมวลเบาต้องเป็นไปตามข้อ 10.2.1.2 ข้อ 10.2.2.2 ข้อ 10.2.3.2 และข้อ 10.2.4.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าคอนกรีตมวลเบารุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

11. การทดสอบ

11.1 ขนาด

11.1.1 เครื่องมือ

11.1.1.1 เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร

11.1.1.2 เวอร์เนียร์ที่วัดได้ถึง 200 มิลลิเมตร

11.1.1.3 เหล็กฉากที่มีความยาวแต่ละด้านไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร

11.1.2 วิธีทดสอบ

11.1.2.1 ความกว้างและความยาว

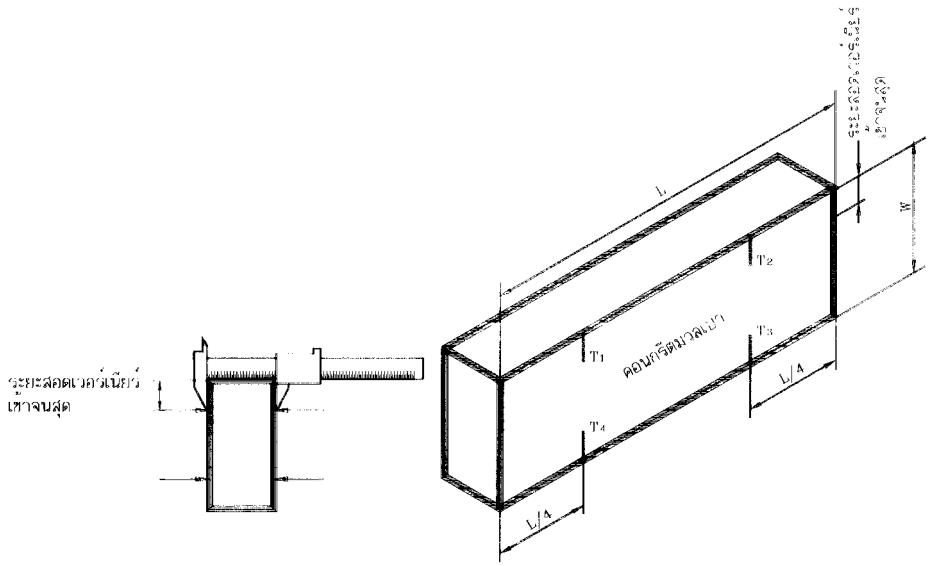
ใช้เครื่องวัดตามข้อ 11.1.1.1 วัดความกว้างและความยาวของตัวอย่าง โดยวัดที่ตำแหน่งห่างจากขอบเป็นระยะหนึ่งในสี่ของด้านนั้น ๆ ดูรูปที่ 6

รูปที่ 6 ตำแหน่งวัดความกว้าง และความยาว

(ข้อ 11.1.2.1)

11.1.2.2 ความหนา

ใช้เวอร์เนียร์วัดความหนาของตัวอย่างที่ตำแหน่งห่างจากขอบด้านยาวของชิ้นทดสอบเป็นระยะหนึ่งในสี่ของความยาว โดยสอดเวอร์เนียร์เข้าจนสุด ดูรูปที่ 7

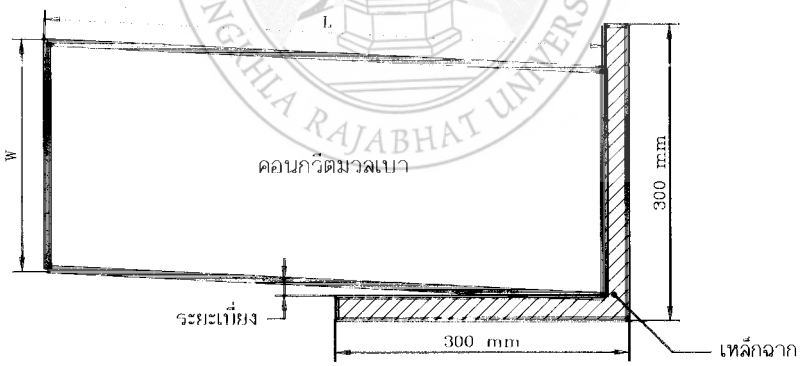


รูปที่ 7 ตำแหน่งวัดความหนา

(ข้อ 11.1.2.2)

11.1.2.3 ความได้ฉาก

ทาบเหล็กฉากที่ด้านสั้นของตัวอย่าง จากนั้นวัดความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นที่ระยะประมาณ 300 มิลลิเมตรจากมุมของเหล็กฉาก ดูรูปที่ 8



รูปที่ 8 การวัดความได้ฉาก

(ข้อ 11.1.2.3)

11.1.3 การรายงานผล

ให้รายงาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยที่วัดได้

11.2 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

11.2.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นทดสอบที่กึ่งกลางความยาวของตัวอย่างให้มีขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน + 1 มิลลิเมตร

กรณีชิ้นทดสอบมีความหนาน้อยกว่าค่าที่กำหนด ให้อนุโลมใช้รูปทรงลูกบาศก์ที่มีมิติเท่ากับความหนา

11.2.2 เครื่องมือ

11.2.2.1 เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร

11.2.2.2 เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม

11.2.2.3 ตู้อบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียส ± 5 องศาเซลเซียส

11.2.3 วิธีทดสอบ

ให้วัดปริมาตรและมวลของชิ้นทดสอบหลังอบในตู้อบ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

11.2.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งของชิ้นทดสอบแต่ละค่าและค่าเฉลี่ย จากสูตร

$$\text{ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้ง} = \frac{\text{มวลของชิ้นทดสอบหลังอบในตู้อบ}}{\text{ปริมาตรของชิ้นทดสอบ}}$$

11.3 อัตราการเปลี่ยนแปลงความยาว

11.3.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นทดสอบที่กึ่งกลางความยาวของตัวอย่างให้มีขนาด 40 มิลลิเมตร x 40 มิลลิเมตร x 160 มิลลิเมตร โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน + 1 มิลลิเมตร และให้ด้านยาวของชิ้นทดสอบขนานกับด้านยาวของตัวอย่าง

11.3.2 เครื่องมือ

11.3.2.1 เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 0.005 มิลลิเมตร

11.3.2.2 เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม

11.3.2.3 อ่างน้ำที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 25 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส

11.3.2.4 ห้องหรือภาชนะปิดที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 25 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 43 ± ร้อยละ 2 ได้

11.3.2.5 ตู้อบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 105 องศาเซลเซียส ± 5 องศาเซลเซียส

11.3.3 วิธีทดสอบ

11.3.3.1 นำชิ้นทดสอบเข้าอบในตู้อบเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็น ชั่งมวลและวัดความยาวของชิ้นทดสอบถือเป็นมวลในสภาพแห้ง คำนวณหาค่ามวลที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 40

11.3.3.2 นำชิ้นทดสอบไปแช่ในอ่างน้ำตามข้อ 11.3.2.3 โดยผิวบนของชิ้นทดสอบอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำ 3 เซนติเมตรเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นให้เก็บรักษาที่ห้องหรือภาชนะปิดตามข้อ 11.3.2.4 ชั่งมวลและวัดความยาวทุกวันจนมวลของชิ้นทดสอบมีค่าต่ำกว่าค่ามวลที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 40 ซึ่งคำนวณได้จากข้อ 11.3.3.1

11.3.3.3 วัดความยาวและชั่งมวลของชิ้นทดสอบทุก 3 วัน จนความยาวเข้าสู่สภาพสมดุล โดยชิ้นทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงความยาวน้อยกว่า ร้อยละ 0.003 ต่อ 3 วัน

หมายเหตุ *การรักษาอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในกรณีใช้ภาชนะปิด ให้ทำโดยเก็บชิ้นทดสอบไว้เหนือสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต ที่ละลายอยู่ในภาวะสมดุลกับน้ำในภาชนะปิดที่ควบคุมอุณหภูมิได้ และต้องมีการกวนเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการก่อตัวของเกลือโพแทสเซียม หรือฝ้าที่ผิว*

11.3.4 การรายงานผล

ให้รายงานอัตราการเปลี่ยนแปลงความยาวจากสูตร

$$\text{อัตราการเปลี่ยนแปลงความยาวร้อยละ (R)} = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \times 100$$

เมื่อ l_1 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 40 เป็นมิลลิเมตร

l_2 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบเมื่อเข้าสู่สภาพสมดุล เป็นมิลลิเมตร

หมายเหตุ *ความยาวของชิ้นทดสอบที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 40 หาโดยการประมาณค่าจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับความยาวที่ได้จากการทดสอบตามข้อ 11.3.3.1 กับข้อ 11.3.3.2*

11.4 ความต้านแรงอัด

11.4.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นทดสอบที่ตำแหน่ง ตอนบน ตอนกลาง และตอนล่างของคอนกรีตมวลเบาให้มีขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน + 1 มิลลิเมตร ทำเครื่องหมายแสดงด้านยาวของตัวอย่าง ทำการทดสอบเมื่อชิ้นทดสอบมีปริมาณความชื้นร้อยละ 10 + ร้อยละ 2

กรณีชิ้นทดสอบมีความชื้นมากกว่าที่กำหนด ให้อบชิ้นทดสอบในตู้อบที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 75 องศาเซลเซียสจนได้ความชื้นตามที่ต้องการ

กรณีชิ้นทดสอบมีความหนาน้อยกว่าค่าที่กำหนด ให้อนุโลมใช้รูปทรงลูกบาศก์ที่มีมิติเท่ากับความหนา

11.4.2 เครื่องมือ

11.4.2.1 เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร

11.4.2.2 เครื่องกดที่อ่านได้ละเอียดถึง 100 นิวตัน และสามารถควบคุมอัตราเพิ่มแรงอัดได้ระหว่าง 0.05 ถึง 0.20 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที

11.4.2.3 ตู้อบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 105 องศาเซลเซียส + 5 องศาเซลเซียส และควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 75 องศาเซลเซียส สำหรับการอบหาปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์ร้อยละ 10 + ร้อยละ 2 ได้

11.4.3 วิธีทดสอบ

11.4.3.1 ให้กดชิ้นทดสอบด้วยวิธีตามที่ระบุใน มอก.109 โดยใช้อัตราเพิ่มแรงอัดตามตารางที่ 4 ในแนวตั้งฉากกับด้านยาวของชิ้นตัวอย่างจนได้ค่าแรงอัดสูงสุดเมื่อชิ้นทดสอบแตกเสียหาย

11.4.3.2 วัดปริมาณความชื้นของชิ้นทดสอบ

ตารางที่ 4 อัตราเพิ่มแรงอัดตัวอย่างคอนกรีตมวลเบา

(ข้อ 11.4.3.1)

ชั้นคุณภาพ	อัตราเพิ่มแรงอัด นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที
2	0.05
4	0.10
6	0.15
8	0.20

11.4.4 การรายงานผล

ให้รายงานปริมาณความชื้น และค่าความต้านแรงอัดของชิ้นทดสอบแต่ละค่าและค่าเฉลี่ย

11.5 อัตราการดูดกลืนน้ำ

11.5.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นทดสอบที่กึ่งกลางความยาวของตัวอย่างให้มีขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน + 1 มิลลิเมตร

กรณีชิ้นทดสอบมีความหนาน้อยกว่าค่าที่กำหนด ให้อนุโลมใช้รูปทรงลูกบาศก์ที่มีมิติเท่ากับความหนา

11.5.2 เครื่องมือ

11.5.2.1 เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร

11.5.2.2 เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม

11.5.2.3 ตู้อบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 105 องศาเซลเซียส + 5 องศาเซลเซียส

11.5.3 วิธีทดสอบ

11.5.3.1 อบชิ้นทดสอบในตู้อบให้แห้งจนได้น้ำหนักคงที่ เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส + 5 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง จากนั้นวัดมวลและมิติของแต่ละก้อน

11.5.3.2 แช่ชิ้นทดสอบตามข้อ 11.5.3.1 ในน้ำสะอาดให้น้ำท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วยกออก ใช้ผ้าชุ่มน้ำเช็ดที่ผิวทีละก้อนแล้วชั่งใหม่ให้เสร็จภายใน 3 นาที น้ำหนักที่ชั่งได้นี้ถือเป็นน้ำหนักคอนกรีตมวลเบาที่ดูดกลืนน้ำ

กรณีตัวอย่างไม่ผ่านการทดสอบ ให้ทำการทดสอบซ้ำตั้งแต่ข้อ 11.5.3.1 โดยใช้ตัวอย่างเดิมกับน้ำกลั่นอีก 1 ครั้ง

11.5.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าเฉลี่ยการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบา โดยคำนวณจากสัดส่วนน้ำหนักของน้ำที่ดูดกลืนต่อปริมาตรชิ้นทดสอบซึ่งคำนวณจากมิติ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
อิฐบล็อกประสาน

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะอิฐบล็อกประสานที่มีดินลูกรังและปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบหลัก

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ อิฐบล็อกประสาน หมายถึง อิฐบล็อกที่ได้จากการนำดินลูกรัง ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่น ๆ เช่น หินฝุ่น ทราย กวนให้เข้ากัน เทลงในแบบพิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรูร่อง และเดือย อัดเป็นก้อน แล้วบ่มให้แข็งตัว

๒.๒ อิฐบล็อกประสาน ชนิดรับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้ เช่น ก่อเสา ก่อผนัง

๒.๓ อิฐบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร

๓. ชนิด

๓.๑ อิฐบล็อกประสาน แบ่งออกเป็น ๒ ชนิด คือ

๓.๑.๑ ชนิดรับน้ำหนัก

๓.๑.๒ ชนิดไม่รับน้ำหนัก

๔. คุณลักษณะที่ต้องการ

๔.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว อาจบิ่นได้เล็กน้อย

๔.๒ มิติ

ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยแต่ละมิติมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± ๒ มิลลิเมตร

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

๔.๓ ความต้านแรงอัด

๔.๓.๑ ชนิดรับน้ำหนัก

ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า ๗.๐ เมกะพาสคัล

๔.๓.๒ ชนิดไม่รับน้ำหนัก

ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า ๒.๕ เมกะพาสคัล

๔.๔ การดูดกลืนน้ำ (เฉพาะชนิดรับน้ำหนัก)

ต้องเป็นไปตามตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ การดูดกลืนน้ำ

(ข้อ ๔.๔)

น้ำหนักอิฐบล็อกประสานเมื่ออบแห้ง กิโลกรัม	การดูดกลืนน้ำสูงสุด เฉลี่ยจากอิฐบล็อกประสาน ๕ ก้อน กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
๑ ๖๘๐ และ น้อยกว่า	๒๘๘
๑ ๖๘๑ ถึง ๑ ๗๖๐	๒๗๒
๑ ๗๖๑ ถึง ๑ ๘๔๐	๒๕๖
๑ ๘๔๑ ถึง ๑ ๙๒๐	๒๔๐
๑ ๙๒๑ ถึง ๒ ๐๐๐	๒๒๔
มากกว่า ๒ ๐๐๐	๒๐๘

๕. การบรรจุ

๕.๑ หากมีการบรรจุ ให้บรรจุอิฐบล็อกประสานในภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอิฐบล็อกประสานได้

๖. เครื่องหมายและฉลาก

๖.๑ ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุอิฐบล็อกประสาน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อผลิตภัณฑ์

(๒) มิติ

(๓) เดือน ปีที่ทำ

(๔) ข้อแนะนำในการใช้และการดูแลรักษา

(๕) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนใน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป มิติ การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๕ ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๑ ข้อ ๔.๒ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความต้านแรงอัด ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๖.๒.๑ แล้ว จำนวน ๕ ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๓ จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการดูดกลืนน้ำ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๕ ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๔ จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างอิฐบล็อกประสานต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ และข้อ ๗.๒.๓ ทุกข้อ จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก

ให้ตรวจพินิจ

๘.๒ การทดสอบมิติ

ให้ใช้เครื่องวัดที่เหมาะสม

๘.๓ การทดสอบความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ

ให้ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๗ และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๘

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักด้วยสถิติแบบ Independent-Sample T Test

สถิติ SPSS ของกำลังต้านแรงอัดของอิฐโดยใช้ Independent-Sample T Test

	BF0	BF1	BF2	BF3	BF4	BF5	BF6
BF0	-	0.115	0.083	0.083	0.016*	0.003*	0.000*
BF1	-	-	0.020*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
BF2	-	-	-	0.006*	0.000*	0.000*	0.000*
BF3	-	-	-	-	0.148	0.016*	0.000*
BF4	-	-	-	-	-	0.290	0.000*
BF5	-	-	-	-	-	-	0.000*
BF6	-	-	-	-	-	-	-

สถิติ SPSS ของการดูดกลืนน้ำของอิฐโดยใช้ Independent-Sample T Test

	BF0	BF1	BF2	BF3	BF4	BF5	BF6
BF0	-	0.074	0.033*	0.033*	0.018*	0.009*	0.001*
BF1	-	-	0.268	0.081	0.050*	0.008*	0.000*
BF2	-	-	-	0.401	0.277	0.065*	0.008*
BF3	-	-	-	-	0.701	0.226	0.031*
BF4	-	-	-	-	-	0.467	0.176
BF5	-	-	-	-	-	-	0.373
BF6	-	-	-	-	-	-	-

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สถิติ SPSS ของการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐโดยใช้ Independent-Sample T Test

	BF0	BF1	BF2	BF3	BF4	BF5	BF6
BF0	-	0.000*	0.000*	0.003*	0.000*	0.000*	0.000*
BF1	-	-	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
BF2	-	-	-	0.022*	0.000*	0.000*	0.000*
BF3	-	-	-	-	0.000*	0.004*	0.001*
BF4	-	-	-	-	-	0.000*	0.000*
BF5	-	-	-	-	-	-	0.448
BF6	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ *แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ฉ

เรื่อง ประวัติของผู้ทำวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ชื่อผู้ทำวิจัย	นางสาววิสนีย์ มุสอแยนา
วันเดือนปีเกิด	29 สิงหาคม 2539
ที่อยู่	37/4 หมู่ที่1 ตำบลสะกอม อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา 90130
ประวัติการศึกษานักศึกษา	โปรแกรมวิชาวิทยาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ชื่อผู้ทำวิจัย	นางสาวสุภัสสรา เพ็งทิพย์
วันเดือนปีเกิด	31 ตุลาคม 2539
ที่อยู่	128/5 หมู่ที่3 ตำบลตะเครียะ อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา 90140
ประวัติการศึกษานักศึกษา	โปรแกรมวิชาวิทยาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ชื่อผู้ทำวิจัย	นางสาวอาซีมา มะหะมะสุลง
วันเดือนปีเกิด	15 กันยายน 2539
ที่อยู่	75/6 หมู่ที่3 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา 90170
ประวัติการศึกษานักศึกษา	โปรแกรมวิชาวิทยาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา