รายงานการวิจัย

ความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพารา เพื่อทดแทนดินลูกรังในอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

The Possibility of Using Fly Ash from Para-Rubber Wood to Substitute Lateritic Soil in Non-Load Interlocking Brick

บุญชัย กาดำ

หมัดรอซี หวังกุหลำ

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

2557

ชื่อการวิจัยสิ่งแวดล้อม	ความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพาราเพื่อทดแทนดินลูกรังในอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก
ผู้วิจัย	นายบุญชัย กาดำ นายหมัดรอซี หวังกุหลำ
โปรแกรมวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	นางสาวหิรัญวดี สุวิบูรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นางสาวนัดดา โปดำ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเถ้าลอยจากไม้ยางพารา ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตไอน้ำของอุตสาหกรรมปลากระป๋องนำมาทดแทนดินลูกรังในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก เนื่องจากเถ้าลอยไม้ยางพารามีน้ำหนักเบาและมีองค์ประกอบของ แคลเซียมออกไซด์ ซิลิกอนไดออกไซด์ และ อะลูมิเนียมออกไซด์ ซึ่งมีสมบัติเป็นวัสดุประสาน โดยมีอัตราส่วนของอิฐบล็อกที่ใช้ศึกษาคือ ปูนซีเมนต์:ทราย:ดินลูกรัง 1:1.5:4.5 กำหนดส่วนผสมโดยแทนที่ดินลูกรังด้วยเถ้าไม้ยางพาราในอัตราส่วน 100:0 (ชุดควบคุม) 95:5 (BF1) 90:10 (BF2) 85:15 (BF3) 80:20 (BF4) 75:25 (BF5) และ 70:30 (BF6) บ่มในอากาศ 28 วัน ผลการศึกษาพบว่าอิฐบล็อกประสานสูตร BF1 มีค่าความต้านแรงอัดสูงสุดคือ 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 โดยเกือบทุกสูตรมีค่ากำลังต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602/2547 ยกเว้นสูตร BF6 สำหรับค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวทุกสูตรเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1505-2541 ซึ่งอิฐบล็อกจากงานวิจัยทุกสูตรยกเว้นสูตร BF6 เหมาะสำหรับการใช้งานที่ไม่รับน้ำหนักเช่น อิฐสำหรับงานประดับ อิฐสำหรับปูทางเดิน แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับต้นทุนการผลิตแนะนำให้ใช้สูตร BF4 เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่อก้อน 3.02 บาท ซึ่งต่ำกว่าชุดควบคุม 0.10 บาท/ก้อน และมีน้ำหนักเบาผ่านเกณฑ์มาตรฐานความต้านแรงอัดการดูดกลืนน้ำ และการเปลี่ยนแปลงความยาว

Study title	The Possibility of Using Fly Ash from Para-Rubber Wood to Substitute Lateritic Soil in Non-Load Interlocking Brick
Authors	Mr. Boonchai Kadum
	Mr. Madrosee Wangkulam
Study Program	Environmental Science
Faculty	Science and Technology
Academic year	2014
Main Advisor	Miss Hirunwadee Suviboon
Co-advisor	Miss Nadda Podam

Abstract

This research used fly ash of para-rubber wood which was the waste from steam production process of canned fish industrial. This fly ash was used to produce non-load interlocking brick instead of lateritic soil. Since fly ash of para-rubber wood is light and composes with CaO, SiO_2 and Al_2O_3 which is interlocking property material. The brick composition ratio of cement:sand:iateritic soil was 1:1.5:4.5. Designed composition was mixed fly ash institution with lateritic soil ratio 100:0 (control state type), 95:5 (BF1), 90:10 (BF2), 85:15 (BF3), 80:20 (BF4), 75:25 (BF5) and 70:30 (BF6) then compost in normal atmosphere for 28 days. The result showed that non-ioad Interlocking brick type BF1 was the maximum compressive strength equal to 6.54.± 0.61 MPa which was higher than the control state type (5.83±1.15 MPa). Compressive strength was inverse with fly ash composition. The minimum water absorption was non-load Interlocking brick control state type (128.00±0.00 kg/m^3) and followed by BF1 type (149.00±43.72 kg/m^3). The maximum water absorption was non-load interlocking brick control type BF6 (240.00±33.56 kg/m^3). Water absorption property of non-load interlocking brick was direct-changed with fly ash composition. The length changed value of every type of non-load Interlocking brick was not much difference. Almost every type had compressive strength and water absorption value following the Community Product Standard (CPS 602/2547), except BF6 type. The length changed value of every type of non-load interlocking brick was following Thai Industrial Standard (TIS 1505-2541), except BF6 which optimum to none high loading

weight for example decorative brick and footbath brick. Considered production cost,the optimum suggested type was BF4 because of production cost 3.02 THB per piece which was lower than control state type 0.10 THB per piece, lighter, and meet the standard of compressive strength, water absorption and length changes.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และอาจารย์นัดดา โปดำ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รวมถึงอาจารย์โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ให้คำแนะนำแนวทางดำเนินการศึกษาถ่ายทอดความรู้รวมถึงข้อคิดเห็นต่างๆ รวมถึงการเขียนและตรวจแก้ไขรายงานวิจัยเพื่อปรับปรุงให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ นายสอแหละ บางูสัน เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมืออุปกรณ์ พร้อมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

ขอขอบคุณ บริษัท ทรอปิคอลแคนนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ เถ้าลอยจากไม้ยางพารามาใช้เป็นวัสดุในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่อุปถัมภ์กำลังทรัพย์และคอยเป็นกำลังใจตลอดมา จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ รวมถึงเพื่อนๆ ทุกคนที่มีส่วนช่วยในงานวิจัยเล่มนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

นายบุญชัย กาดำ
นายหมัดรอซี หวังกุหลำ
29 พฤศจิกายน 2560

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 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก	5
2.2 ลักษณะของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก	12
2.3 สมบัติของวัสดุปอซโซลาน	14
2.4 เถ้าลอยจากไม้ยางพารา	15
2.5 การเกิดเถ้าลอยจากไม้ยางพาราจาก บริษัท ทรอปิคอลแคนนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน	16
2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 กรอบแนวความคิดการศึกษา	19
3.2 ขอบเขตการวิจัย	20
3.3 วัสดุและอุปกรณ์	21
3.4 การดำเนินการศึกษา	21
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาลักษณะทั่วไป 24

4.2 ผลการศึกษาความต้านแรงอัด 25

4.3 ผลการศึกษาการดูดกลืนน้ำ 26

4.4 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความยาว 27

4.5 ผลการศึกษาน้ำหนัก 28

4.6 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น 29

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 32

5.2 ข้อเสนอแนะ 32

บรรณานุกรม 33

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก โครงร่างวิจัยเฉพาะทาง ผก-1

ภาคผนวก ข รูปประกอบการวิจัย ผข-1

ภาคผนวก ค วิธีทดสอบสมบัติอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ผค-1

ภาคผนวก ง พารามิเตอร์และมาตรฐาน ผง-1

ภาคผนวก ฉ การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ ผฉ-1

ภาคผนวก ช ประวัติผู้วิจัย ผช-1

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.7-1	แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	4
2.1-1	ปริมาณซิลิกาและเซสควิออกไซด์ของดินลูกรังในประเทศไทย	8
2.1-2	องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	10
2.2-1	ค่ามาตรฐานความต้านแรงอัด	13
2.2-2	ค่ามาตรฐานการดูดกลืนน้ำ	13
2.4-1	องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยจากไม้ยางพารา	15
3.4-1	อัตราส่วนเถ้าลอยในการทำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก	21
3.4-2	การทดสอบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก	23
4.1-1	ผลการศึกษาลักษณะทั่วไปของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำนัก	24
4.6-1	การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น	30

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1-1	อิฐบล็อกประสานสี่เหลี่ยมขนาดเต็มก้อน	5
2.1-2	อิฐบล็อกประสานโค้ง	5
2.1-3	เครื่องอัดบล็อกประสานเครื่องอัดด้วยแรงคน	6
2.1-4	เครื่องอัดอิฐประสานแบบไฮดรอลิก	6
2.1-5	การเตรียมดินสำหรับการผสมวัสดุ	10
2.1-6	การผสมวัสดุผลิตอิฐบล็อกด้วยเครื่องโม่ผสมอัตโนมัติ	11
2.1-7	การอัดอิฐด้วยเครื่องไฮดรอลิก	11
2.1-8	อิฐบล็อกประสานที่อัดเสร็จแล้ว	11
2.1-9	ตัวอย่างการห่อเพื่อใช้บ่มอิฐบล็อกประสาน	12
2.1-10	การบ่มอิฐบล็อกประสาน	12
3.1-1	กรอบแนวคิดการศึกษา	19
4.2-1	ผลการศึกษาความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก	26
4.3-1	ผลการศึกษาการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก	27
4.4-1	ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความยาวอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก	28
4.5-1	ผลการศึกษาการน้ำหนักของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก	29

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

เถ้าลอย (Fly ash) เป็นขี้เถ้าที่มีขนาดเม็ดละเอียด ขนาดตั้งแต่ 0.001-1.0 มิลลิเมตร (จรูญ เจริญเนตรกุล, 2557) จะมีลักษณะเป็นฝุ่นที่ฟุ้งกระจายลอยปะปนไปกับก๊าซร้อน ทางโรงงานจึงมีเครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียก (Wet collectors หรือ Scrubbers) เพื่อแยกเถ้าลอยออกจากก๊าซ เมื่อแยกก๊าซได้แล้วก๊าซจะถูกปล่อยออกทางปล่องควันโรงงาน ส่วนเถ้าลอยจะถูกจับโดยละอองไอน้ำแล้วตกลงสู่ก้นถังซึ่งจะมีการนำถังมารองรับเพื่อนำไปกำจัด เถ้าลอยที่ได้มีลักษณะเป็นเนื้อละเอียดสีเทาเถ้าหนักและเถ้าลอยเป็นกากของเสียอุตสาหกรรม และเป็นกากของเสียที่เป็นมลพิษทางสิ่งแวดล้อม และจากการศึกษาของ อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2554) พบว่าเถ้าลอยจากไม้ยางพารามีองค์ประกอบของแคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงถึงร้อยละ 54.45 และมีแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ร้อยละ 15.19 ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ร้อยละ 2.33 และ อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ร้อยละ 0.41 ซึ่งสารประกอบเหล่านี้ มีสมบัติเป็นวัสดุเชื่อมประสานกับวัสดุในการผลิตอิฐบล็อก (ทองแดง เดียวกี่, 2548)

บริษัท ทรอปิคอลแคนนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทที่มีผลิตภัณฑ์หลักเป็นอาหารประเภทบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋อง เช่น ปลาซาร์ดีนกระป๋อง อาหารทะเลกระป๋อง เป็นต้น ซึ่งมีฐานการผลิตทั้งในและนอกประเทศ สำหรับประเทศไทยมีฐานการผลิตอยู่ที่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา วัตถุดิบส่วนใหญ่ร้อยละ 70 นำเข้ามาจากต่างประเทศ กระบวนการผลิตมีความสะอาดและปลอดภัยเป็นไปตามมาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งในกระบวนการผลิตมีการใช้ไอน้ำเป็นพลังงานตัวสำคัญในการผลิต เช่น การนึ่งปลา การฆ่าเชื้อกระป๋องและฝาผลิตภัณฑ์ การผลิตไอน้ำเป็นการผลิตโดยเครื่องผลิตไอน้ำหรือบอยเลอร์ (Boiler) ในการผลิตไอน้ำมีการใช้เชื้อเพลิงในการผลิต นั่นคือ ไม้ยางพารา ซึ่งเป็นวัตถุดิบท้องถิ่นที่หาง่ายและราคาไม่สูงมากนักเพื่อจะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนในการผลิตไอน้ำเพื่อส่งกระจายเข้าสู่กระบวนการในการผลิต ทำให้กระบวนการผลิตไอน้ำมีกากของเสียอุตสาหกรรมเกิดขึ้น นั่นคือ เถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่มีในปริมาณมากซึ่งปัจจุบันบริษัทจัดการเถ้าลอยโดยวิธีการฝังกลบ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงโอกาสที่จะนำเถ้าลอยที่เหลือจากกระบวนการดังกล่าวมาใช้ประโยชน์เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพิ่มความแข็งแรงให้วัสดุ ทั้งยังสามารถลดข้อด้อยของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักในเรื่องน้ำหนัก และยังเป็นแนวทางในการสร้างทางเลือกให้กับผู้

ประกอบกิจการอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก โดยประหยัดค่าดินลูกรังซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพารามาทดแทนดินลูกรังในการพัฒนาเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักจากเถ้าลอยไม้ยางพาราตามมาตรฐาน

1.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น : อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

ตัวแปรตาม : ลักษณะทั่วไป กำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาว และน้ำหนัก

ตัวแปรควบคุม : ปริมาณปูนซีเมนต์ ทรายและน้ำ

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

เถ้าลอย (Fly ash) หมายถึง ขี้เถ้าที่มีขนาดเม็ดละเอียด ขนาดตั้งแต่ 0.001-1.0 มิลลิเมตร จะลอยปะปนไปกับก๊าซร้อนจากปล่องควันแต่จะถูกจับโดยเครื่องดักจับฝุ่นแบบเปียก มีลักษณะเป็นเนื้อละเอียดสีเทา (อาบีดีน ดะแซสาแมะ และคณะ, 2554)

เถ้าลอยไม้ยางพารา (Para-wood fly ash) หมายถึง ผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการเผาเศษไม้ ปีกไม้ และขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่เหลือทิ้งจากโรงเลื่อย โรงงานเฟอร์นิเจอร์ โดยทำการเผาที่อุณหภูมิสูง (1,000 องศาเซลเซียส) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า เถ้าจากการเผาที่เกิดขึ้นเรียกว่า เถ้าลอย ซึ่งเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 80-85 ของเถ้าที่เกิดขึ้นทั้งหมด เถ้าชนิดนี้มีน้ำหนักเบาและมีขนาดเล็กประมาณ 1-200 ไมโครเมตร มีองค์ประกอบหลักทางเคมีคล้ายกับปูนซีเมนต์ คือ ซิลิกอนออกไซด์ อลูมิเนียมออกไซด์ เฟอร์ริกออกไซด์ และแคลเซียมออกไซด์ หากนำมาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดคุณสมบัติในการช่วยเพิ่มการเชื่อมประสาน ทำให้อิฐมีความแข็งแรงมากขึ้น (อาบีดีน ดะแซสาแมะ และคณะ, 2554)

ดินลูกรัง (Lateritic soil) หมายถึง ดินที่เกิดจากการสลายตัวและพัฒนามาเป็นระยะเวลานานภายใต้สภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเป็นส่วนใหญ่ มีองค์ประกอบของเหล็กและอะลูมินัมออกไซด์ในปริมาณสูงอันเป็นผลมาจากกระบวนการเกิดศิลาแลง (นิโรจน์ และ สำเริง, 2555)

อิฐบล็อกประสาน (Interlocking block) หมายถึง อิฐบล็อกที่ได้จากการนำดินลูกรัง ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่นๆ เช่น หินฝุ่น ทราย กวนให้เข้ากัน เทลงในแบบพิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรูร่องและเดือย อัดเป็นก้อน แล้วบ่มให้แข็งตัว (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก (Non-load interlocking block) หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

1.5 สมมติฐาน

เถ้าลอยจากไม้ยางพาราสามารถนำมาเป็นส่วนผสมทดแทนดินลูกรังในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547 ได้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถนำกากของเสียเหลือทิ้ง (เถ้าลอยไม้ยางพารา) จากกระบวนการผลิตไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมปลาประป่องมาพัฒนาเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

1.6.2 เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับกากของเสียเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

1.6.3 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักจากกากของเสียอุตสาหกรรมและสามารถลดข้อด้อยของอิฐบล็อกประสานที่มีน้ำหนักมากโดยใช้ส่วนผสมของเถ้าลอยทดแทนดิน ซึ่งเถ้าลอยมีน้ำหนักเบา

1.6.4 ช่วยลดอัตราการเกิดขยะที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

1.7 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้มีระยะเวลาดำเนินการระหว่างเดือนกรกฎาคม 2559 ถึงเดือนตุลาคม 2560 สำหรับแผนการดำเนินการศึกษาแสดงไว้ใน**ตารางที่ 1.7-1**

ตารางที่ 1.7-1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

การดำเนินการ	พ.ศ. 2559						พ.ศ. 2560										
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ต.ค.	พ.ย.
1.การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	━	
2.การสอบโครงร่าง			▲														
3 การทำการทดสอบ																	
3.1 การเตรียมเถ้าลอย				━	━												
3.2 การขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก						━	━										
3.3 การทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก								━	━	━							
4. การวิเคราะห์ข้อมูล																	
5. การสอบรายงานความก้าวหน้า											▲						
6. สรุปและอภิปรายผลการศึกษา												━	━	━	━		
7. การสอบวิจัยฉบับสมบูรณ์																▲	
8. การจัดทำเล่มรายงานวิจัย																━	━

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

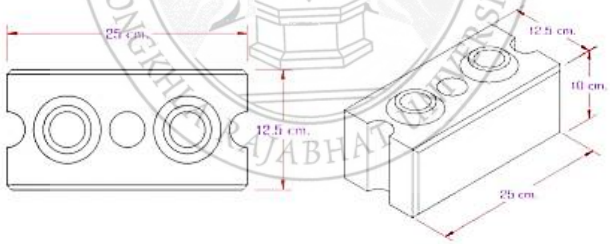
2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก คือ วัสดุก่อรับน้ำหนักที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรู และเดือยบนตัวบล็อก เพื่อให้สะดวกในการก่อสร้าง โดยเน้นการใช้วัตถุดิบในพื้นที่ ได้แก่ ดิน ลูกรัง ทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งต่างๆที่มีความเหมาะสม นำมาผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม อัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดแล้วนำมาบ่ม จะได้อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีความแข็งแกร่ง มีรูปลักษณะพิเศษ ที่สามารถใช้ในการก่อสร้างอาคารต่าง ๆ

2.1.1 อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก (Non-load interlocking brick)

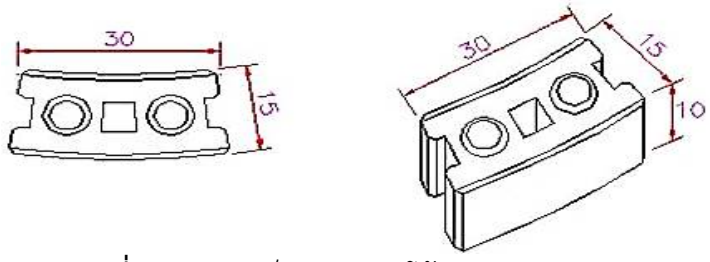
อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก เป็นอิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักแบ่งการใช้งานเป็น 2 ประเภท เพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน

1) บล็อกตรงหรือทรงสี่เหลี่ยมใช้สำหรับก่อสร้างอาคาร (ดังแสดงใน**ภาพที่ 2.1-1**)



ภาพที่ 2.1-1 อิฐบล็อกประสานสี่เหลี่ยม ขนาดเต็มก้อน 12.5x25x10 ซ.ม.

2) บล็อกโค้งใช้สำหรับก่อสร้างถังเก็บน้ำ (ดังแสดงใน**ภาพที่ 2.1-2**)



ภาพที่ 2.1-2 อิฐบล็อกประสานโค้งขนาด 15 x 30 x 10 ซ.ม.

2.1.2 เครื่องจักรที่นำมาใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

เครื่องจักรที่นำมาใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) เครื่องอัดด้วยแรงคน เป็นเครื่องอัดแบบใช้แรงคนโดยการโยกอัดดิน ด้วยหลักการทดแทนแรงแบบคานงัดคานดีดดังแสดงใน**ภาพที่ 2.1-3** สามารถผลิตได้ประมาณวันละ 400-800 ก้อน ขึ้นอยู่กับจำนวนแรงคนและความชำนาญ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมชุมชน

ภาพที่ 2.1-3 เครื่องอัดบล็อกประสานเครื่องอัดด้วยแรงคน
ที่มา : นิโรจน์ และ สำเริง (2555)

2) เครื่องอัดแบบอุตสาหกรรม เป็นเครื่องอัดแบบใช้มอเตอร์เป็นตัวขับน้ำมันสร้างแรงดันในท่อไฮดรอลิก ดังแสดงใน**ภาพที่ 2.1-4** สามารถผลิตได้ประมาณวันละ 1,000-1,300 ก้อน ในการกดอัด 1 ครั้ง จะสามารถอัดได้ 2-4 ก้อน นิยมใช้ในอุตสาหกรรมขนาดย่อม

ภาพที่ 2.1-4 เครื่องอัดอิฐประสานแบบไฮดรอลิก

2.1.3 วัสดุที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

สำหรับวัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเพื่อการค้าควรประกอบด้วยวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของมวลรวมละเอียดของอิฐบล็อกประสานควรมีขนาดเล็กกว่า 4 มิลลิเมตร ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น และทราย โดยมวลรวมละเอียดที่ใช้ควรมีลักษณะตามมาตรฐานการแบ่งชั้นคุณภาพดินและมวลรวม สำหรับงานก่อสร้างทางหลวง (ASTM D3282; 2015) standard classification of soils and soil-aggregate mixtures for highway construction purposes คือ มีฝุ่นดินไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก หรือทดสอบเบื้องต้นโดยนำดินใส่ขวดครึ่งหนึ่ง เติมน้ำแล้วเขย่าให้เข้ากัน เมื่อหยุดเขย่า สังเกตส่วนที่ตกตะกอนทันทีแล้วขีดเส้นไว้ รอจนตกตะกอนทั้งหมดจนน้ำใส แล้ววัดตะกอนฝุ่นไม่ควรเกินร้อยละ 15 โดยปริมาตร ถ้าวัตถุดิบมีมวลหยาบผสมอยู่มากสามารถใช้เครื่องบดร่อนจะทำให้ผิวบล็อกเรียบขึ้น ส่วนปูนซีเมนต์สำหรับงานบล็อกประสาน คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ปูนโครงสร้าง) จะให้ก้อนบล็อกประสานมีความแข็งแกร่ง ทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดี การใช้ปูนซีเมนต์ผสม (ปูนก่อฉาบ) คุณภาพจะต่ำกว่าทำให้ต้องใช้ปริมาณปูนมากขึ้น เพื่อให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ต้นทุนสูงขึ้น

โดยส่วนผสมของบล็อกประสานที่เหมาะสมควรทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ส่วนใหญ่มีอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมประมาณ 1:6 ถึง 1:7 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของมวลรวมเป็นหลัก (นิโรจน์ และ สำเริง, 2555)

1) ดินลูกรัง

ดินลูกรัง (Lateritic soils) หมายถึง ดินสีแดงที่มีออกไซด์ของเหล็กและอลูมินัมในปริมาณที่สูงอันเป็นผลมาจากการเกิดกระบวนการ Laterization ดินดังกล่าวมีคุณสมบัติที่แข็งตัวได้เอง (Self-Hardening) และมีเม็ดลูกรังหรือเม็ดกรวดประเภท ศิลาแลง หรือ หินกรวดทรายขาว ผสมปนอยู่

ศิลาแลง (Laterite rock) หมายถึง ลูกรังที่เกิดการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ของหินมากกว่าดิน เช่น หิน ศิลาแลง

หินกรวดทรายขาว (Laterite gravel) หมายถึง ลูกรังที่มีลักษณะคล้ายศิลาแลง แต่เป็นเม็ดแข็ง ขนาดเม็ด หยาบ ไม่ได้มีการรวมตัวเป็นก้อนอย่างศิลาแลง

ประเทศไทยมีอากาศแบบร้อนชื้น โดยมีฤดูร้อนและฤดูฝนสลับกันเป็นระยะเวลายาวนาน สภาพภูมิอากาศเช่นนี้เหมาะแก่การก่อกำเนิดดินลูกรังเป็นอย่างยิ่ง ในประเทศไทยจะพบดินลูกรังมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออกและภาคเหนือ หินต้นกำเนิดดินลูกรังส่วนใหญ่เป็นหินทราย หินบะซอลท์และหินดินดาน ในประเทศไทยได้มีการวิจัยลักษณะการเกิดและคุณสมบัติของดินลูกรังมาบ้างพอสมควร ซึ่งประเทศไทยจะพบดินลูกรังมากกว่าหินลูกรัง ดินลูกรังที่พบมักจะพบ

ในลักษณะของกรวด ทราย ดินตะกอน และดินเหนียวที่มีออกไซด์ของเหล็กปนอยู่ในปริมาณสูง ลูกรังที่จับเกาะกันเป็นก้อนใหญ่ไม่ค่อยพบบ่อยนัก ดินลูกรังที่ใช้ในการก่อสร้างทางหลวงมักจะได้จากการขุดและการดันผสมกองเป็นคลังสินค้า (Stockpile) อันประกอบไปด้วยดินตะกอนและดินเหนียวที่มีเหล็กออกไซด์ปริมาณสูงผสมรวมอยู่กับเม็ดลูกรังซึ่งมีความแข็งต่างกัน ดินลูกรังที่เกิดขึ้นเป็นก้อนใหญ่หรือเป็นพืดแข็งติดต่อกันจะไม่นำมาใช้ในงานก่อสร้างทางหลวง สภาวะที่เหมาะสมที่จะก่อให้เกิดดินลูกรังในประเทศไทยได้แก่ สภาวะแร่เหล็กหรืออลูมินัมที่สะสมในปริมาณสูงอย่างน้อยร้อยละ 1-2 สภาวะที่ดินมีการระบายน้ำดี สภาวะที่มีออกซิเจนในน้ำใต้ดินสูง และสภาวะที่สิ่งแวดล้อมมีภาวะเป็นกรด รวมทั้งสภาวะที่ภูมิประเทศมีความเหมาะสมที่จะก่อให้เกิดการชะล้างในดินได้ดี ความแข็งแรงของเม็ดดินลูกรังอาจจะเพิ่มขึ้นได้ภายหลังการขุด การที่ดินลูกรังได้ตากแดดจะทำให้ดินลูกรังเกิดปฏิกิริยาเคมีกับออกซิเจนในอากาศ วงจรเปียกสลับกับแห้งจะช่วยให้ออกซิเจนแทรกซึมเข้าไปในเม็ดลูกรังและเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องอันทำให้ดินลูกรังแข็งแรงมากยิ่งขึ้น ดินลูกรังถือว่าเป็นวัสดุที่จะนำมาใช้ในการสร้างทางได้ถ้าหากมีการกำหนดมาตรฐานและขีดจำกัดอันจะทำให้สามารถใช้ดินลูกรังเป็นวัสดุก่อสร้างชั้นรองพื้นทางและผิวทางชั่วคราวได้อย่างเหมาะสม ดินลูกรังในประเทศไทยมีปริมาณเหล็กออกไซด์และอลูมินัมค่อนข้างสูงดังแสดงใน**ตารางที่ 2.1-1**

ตารางที่ 2.1-1 ปริมาณซิลิกาและเซสควิออกไซด์ของดินลูกรังในประเทศไทย

ลักษณะดินและหิน	SiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	Al_2O_3 (%)	SiO_2/R_2O_3
ดินทราย (Sandy soil)	47.0	30.1	12.7	3.2
บะซอลต์ร็อคคันทรี (Basaltic country rock)	23.6	39.9	21.8	0.9
วัสดุต้นกำเนิดของส่วนผสม (Material origins ingredients)	31.3	40.0	17.7	1.4
วัสดุอื่นๆ (Other materials)	37.9	40.0	11.9	2.1

ที่มา: อ้างถึงใน นิโรจน์ และ สำเริง (2555)

2) หินฝุ่น

หินฝุ่น คือ หินปูนบดหยาบๆ เป็นผลพลอยได้จากการโม่หินปูน มีองค์ประกอบหลากหลายขึ้นอยู่กับแหล่งของหินว่ามีสิ่งเจือปนมากน้อยเท่าใด ในการศึกษาตัวอย่างหินฝุ่นจากโรงโม่หิน อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา พบว่ามีองค์ประกอบสำคัญ คือ แคลเซียมประมาณ 30–35% แมกนีเซียมประมาณ 3–5% และธาตุอื่นๆ ปะปนในปริมาณเล็กน้อย ได้แก่ ฟอสฟอรัส กำมะถัน เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี

3) ทราย

ทราย (Sand) เป็นหินแข็งที่แตกแยกออกมาจากก้อนหินใหญ่ โดยทรายจะแยกตัวออกมาได้เองตามธรรมชาติ ทรายมีขนาดระหว่าง 1/12 นิ้วถึง 1/400 นิ้ว ถ้ามีขนาดเล็กกว่านี้จะมีสภาพเป็นฝุ่นทราย จะประกอบด้วยแร่ควอตซ์หรือหินบะซอลต์ ทรายแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ทรายบกและทรายแม่น้ำ

4) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทย (ม.อ.ก.15) แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็น 5 ประเภท คือ

4.1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Normal portland cement) ใช้สำหรับลักษณะงานธรรมดาที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว และตราเพชรเม็ดเดียว

4.2) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified portland cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตที่ต้องการลดอุณหภูมิเนื่องจากสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง งานคอนกรีตเหลาหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกิดความร้อน และทนซัลเฟตได้ปานกลาง เช่น งานสร้างเขื่อนคอนกรีตกำแพงดินหนาๆ หรือท่อคอนกรีตขนาดใหญ่ๆ ตอหม้อ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเจ็ดเศียร

4.3) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่มีความแข็งแรงสูง (High-early-strength-portland cement) ปูนซีเมนต์ให้กำลังสูงในระยะแรก มีเนื้อเป็นผงละเอียดกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา มีประโยชน์สำหรับคอนกรีตที่จะต้องใช้งานเร็วหรือรื้อแบบได้เร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต ถนน พื้น และคานที่ต้องถอนแบบเร็ว เป็นต้น ได้แก่ ปูนตราเอราวัณ ตราพญานาคสีแดง และตราสามเพชร

4.4) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดความร้อนต่ำ (Low-heat portland cement) สามารถลดปริมาณความร้อนเนื่องจากการรวมตัวของปูนซีเมนต์กับน้ำ ซึ่งจะสามารถลดการขยายตัวและหดตัวของคอนกรีตภายหลังการแข็งตัว ใช้มากในงานก่อสร้างเขื่อนเนื่องจากอุณหภูมิของคอนกรีตต่ำกว่างานชนิดอื่น ไม่เหมาะสำหรับงานโครงสร้างทั่วไปเพราะแข็งตัวช้า

4.5) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดทนซัตเฟตได้สูง (Sulfate-resistant portland cement) ใช้ในบริเวณที่น้ำหรือดินมีค่าความด่างสูง มีระยะการแข็งตัวช้า และมีการกระทำของซัลเฟตอย่างรุนแรง ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราปลาฉลาม

ซีเมนต์ประกอบด้วยสารประกอบพื้นฐานที่สำคัญ 4 ชนิด คือ แคลเซียมออกไซด์ (CaO), ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2), อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) และไอรอนออกไซด์ (Fe_2O_3) ในสัดส่วนที่พอเหมาะ แต่เนื่องจากไม่สามารถหาวัตถุดิบที่มีสารประกอบดังกล่าวในสัดส่วนที่เหมาะสมได้

จึงจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบมากกว่าหนึ่งชนิด มาผสมรวมกันในปริมาณที่ต่างกันเพื่อให้ได้สัดส่วนรวมของออกไซด์ตามที่ต้องการ

ตารางที่ 2.1-2 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ชื่อของสารประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ชื่อย่อ
ไตรแคลเซียมซิลิเกต	$3CaO•SiO_2$	C_3S
ไดแคลเซียมซิลิกา	$2CaO•SiO_2$	C_2S
ไตรแคลเซียมอะลูมิเนต	$3CaO•Al_2O_3$	C_3A
เตตตราแคลเซียมอะลูมิโนเฟอไรต์	$4CaO•Al_2O_3•Fe_2O_3$	C_4AF

หมายเหตุ: C_3S ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้เร็วภายใน 14 วัน

C_2S ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้ช้า ความร้อนเกิดบ่อยขึ้น

C_3A ทำให้ปูนซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาเริ่มแข็งตัวเกิดความร้อนสูง มีกำลังรับแรงเร็ว

C_4AF ทำให้ปูนซีเมนต์มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเติมเข้าไปเพื่อลดความร้อนเกิดขึ้น

ที่มา: ทองแดง เดียวกี่ (2548)

2.1.4 การผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

สำหรับขั้นตอนการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักประกอบด้วยการเตรียมดิน การผสม การอัดขึ้นรูป การผึ่ง และบ่ม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) การเตรียมดิน ถ้าดินมีความชื้นมาก ควรนำไปตากให้แห้งและกองเก็บวัตถุดิบในที่ร่มให้มากเพียงพอที่จะทำการผลิตตลอดเวลา หากดินเป็นก้อนหรือมีมวลหยาบน้อยควรร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2–4 มิลลิเมตร ไม่ควรใช้ตาละเอียดมากเกินไปเพราะจะทำให้ได้แต่เนื้อฝุ่นดินทำให้ก้อนอิฐบล็อกไม่มีความแข็งแรง ถ้าเนื้อดินมีก้อนใหญ่หรือมวลหยาบมากควรใช้เครื่องบดร่อน แล้วกองเก็บในที่ร่มเพื่อรอผลิต (**ภาพที่ 2.1-5**)

ภาพที่ 2.1-5 การเตรียมดินสำหรับการผสมวัสดุ

2) การผสม ควรผสมดินแห้งหรือมวลรวมกับปูนซีเมนต์ให้เข้ากันก่อน แล้วค่อยๆ เติมน้ำโดยใช้ฝักบัวหรือหัวฉีดพ่นให้เป็นละอองกว้าง น้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำสะอาด ใช้ผสมหลังจากผสมดินลูกรัง และปูนซีเมนต์เข้ากันแล้วในปริมาณที่พอเหมาะ โดยใช้ปริมาณน้ำที่ดีที่สุด (**ภาพที่ 2.1-6**)

ภาพที่ 2.1-6 การผสมวัสดุผลิตอิฐบล็อกด้วยเครื่องโม่ผสมอัตโนมัติ

3) การอัดขึ้นรูป โดยตวงวัดหน่วยเป็นน้ำหนัก เติมส่วนผสมลงในแบบอัดโดยใช้น้ำหนักมากที่สุดที่สามารถทำงานได้สะดวก ควรใช้ส่วนผสมให้หมดภายใน 30 นาที หลังจากผสมน้ำเพื่อป้องกันปูนก่อตัวก่อนอัดขึ้นรูป (**ภาพที่ 2.1-7** และ **ภาพที่ 2.1-8**)

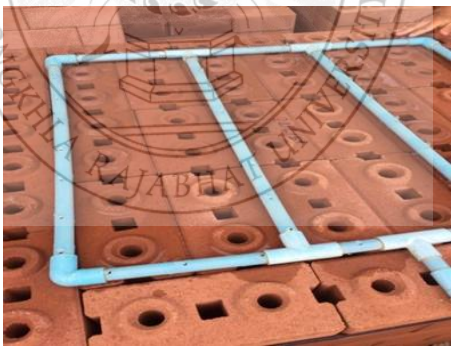
ภาพที่ 2.1-7 การอัดอิฐด้วยเครื่องไฮดรอลิก

ภาพที่ 2.1-8 อิฐบล็อกประสานที่อัดเสร็จแล้ว

4) บล็อกประสานที่อัดเป็นก้อนแล้วควรผึ่งในที่ร่มอย่างน้อย 1 วัน จึงเริ่มบ่มจนอายุครบ 7 วัน

5) ตัวอย่างการบ่มหลังจากนำบล็อกออกจากเครื่องอัดแล้วนำมาจัดเรียงในที่ร่มจนมีอายุครบ 1 วัน เริ่มบ่มโดยการรดน้ำด้วยฝักบัวหรือฉีดพ่นเป็นละอองให้ชุ่มแล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติกไม่ให้ไอน้ำระเหยออก ทิ้งไว้จนมีอายุครบ 7 วัน จนมีความแข็งแรงพร้อมส่งออกจำหน่ายหรือใช้งานได้ ไม่ควรเคลื่อนย้ายก่อนกำหนดเพราะจะทำให้ก้อนบิ่น หรือเกิดการแตกร้าวได้ง่าย การบ่มไม่ควรให้น้ำมากเกินเพราะอาจทำให้มีปัญหาคราบขาวได้ ควรบ่มด้วยปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพียงแค่ให้มีความชื้นก็เพียงพอ (**ภาพที่ 2.1-9** และ **ภาพที่ 2.1-10**)

ภาพที่ 2.1-9 ตัวอย่างการห่อเพื่อใช้บ่มอิฐบล็อกประสาน



ภาพที่ 2.1-10 การบ่มอิฐบล็อกประสาน

2.2 ลักษณะของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักใช้ก่อสร้างในส่วนภายในหรือภายนอกอาคารที่ไม่ใช้ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรูและเดือยบนตัวบล็อกเพื่อให้สะดวกในการก่อสร้าง โดยเน้นการใช้วัตถุดิบในพื้นที่ ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ ที่มีความเหมาะสม นำมาผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม

2.2.1 ลักษณะทั่วไป

อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักทุกก้อนต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่ออิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้องหรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักจะเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติ หรือรอยปริเล็กน้อย เนื่องจากวิธีการขนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับ

1) อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย จะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่นๆ

2) ความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างดังแสดง**ตารางที่ 2.2-1** การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547 อิฐบล็อกประสานไม่รับน้ำหนัก

ตารางที่ 2.2-1 ค่ามาตรฐานความต้านทานแรงอัด

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

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547

3) การดูดกลืนน้ำ เฉพาะอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมการดูดกลืนน้ำเมื่อถึงที่ก่อสร้างดังแสดง**ตารางที่ 2.2-2**

ตารางที่ 2.2-2 ค่ามาตรฐานการดูดกลืนน้ำ

น้ำหนักอิฐบล็อกประสาน เมื่ออบแห้ง (กิโลกรัม)	**การดูดกลืนน้ำสูงสุด เฉลี่ยจากอิฐบล็อกประสาน 5 ก้อน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)**
1680 และ น้อยกว่า	288
1681 ถึง 1760	272
1761 ถึง 1840	256
1841 ถึง 1920	240
1921 ถึง 2000	224
มากกว่า 2000	208

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547

2.3 สมบัติของวัสดุปอซโซลาน

วัสดุปอซโซลาน (Pozzolan) เป็นสารผสมซึ่งมีองค์ประกอบของธาตุที่สำคัญเหมือนปูนซีเมนต์ เช่น ซิลิกา (SiO_2) และอลูมิน่า (Al_2O_3) ในปัจจุบันวัสดุปอซโซลานที่นำมาผสมกับผงซีเมนต์มีมากมาย เช่น ดินเหนียว ดินดาน ผงถ่านหิน เถ้าแกลบเถ้าลอย แต่ที่นิยมนำมาใช้มากที่สุดคือเถ้าลอย

2.3.1 ความหมายของวัสดุปอซโซลาน

วัสดุปอซโซสาน หมายถึง วัสดุที่มีองค์ประกอบของซิลิกาหรือซิลิกาและอลูมินาเป็นส่วนใหญ่ โดยปกติวัสดุปอซโซลานจะมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานน้อยมากหรือไม่มีเลย แต่ถ้าวัสดุปอซโซลานอยู่ในรูปของผงละเอียดและมีความชื้นเพียงพอจะสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติ และเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานคล้ายกับปูนซีเมนต์ คือมีความแข็งแรงยึดเกาะได้ดี วัสดุปอซโซลานที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ เถ้าถ่านหิน ซึ่งได้นำมาใช้เป็นวัสดุผสมส่วนหนึ่งในคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เพื่อช่วยให้คอนกรีตมีคุณสมบัติดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีเถ้าแกลบที่มีงานวิจัยอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน สิ่งสำคัญประการหนึ่งของวัสดุปอซโซลานคือ จะต้องมีความละเอียดสูง จึงจะสามารถทำปฏิกิริยาเคมีได้ดีและรวดเร็ว

2.3.2 การเกิดปฏิกิริยาในวัสดุ

ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ผลที่ได้คือแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium Silicate Hydrate; CSH) ($3CaO•2SiO_2•3H_2O$ ซึ่งเป็นสารที่มีความแข็งแรงและเป็นองค์ประกอบหลักที่ช่วยเพิ่มกำลังให้กับคอนกรีต และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2

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

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

ปฏิกิริยาปอซโซลานเป็นปฏิกิริยาที่เกิดต่อเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน โดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ที่เกิดจากปฏิกิริยาในสมการที่ 2.1 และ 2.2 เป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาร่วมกับซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอลูมินาไตรออกไซด์ (Al_2O_3) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของวัสดุปอซโซลาน เช่น เถ้าถ่านหิน เถ้าไม้ยางพารา และซิลิกาฟูม ผลที่ได้จากปฏิกิริยาปอซโซลานคือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต และแคลเซียมอลูมิเนียมไฮเดรต (Calcium Aluminate Hydrate; CAH) ซึ่งเป็นสารที่ให้กำลังแก่คอนกรีต เช่นเดียวกับที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชันดังที่กล่าวข้างต้น ในส่วนของปฏิกิริยาปอซโซลานมีสมการเคมีดังแสดงในสมการ 2.3และ 2.4 ตามลำดับ

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

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

ค่า x, y และ z ในสมการที่ 2.3 และ q, r และ s ในสมการที่ 2.4 เป็นค่าที่แปรผันตามชนิดของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตและแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรตที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาปอซโซลาน สารประกอบ CSH และ CAH นอกจากจะช่วยเพิ่มกำลังให้กับคอนกรีตแล้ว ยังช่วยให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคของเม็ดปูนซีเมนต์ลดลงทำให้อัตราการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตลดลงตามไปด้วย

2.4 เถ้าลอยจากไม้ยางพารา

เถ้าลอยจากไม้ยางพารา เป็นเถ้าที่เกิดจากการเผาไม้ยางพารา มีลักษณะเป็นเม็ดละเอียด (มีขนาด 1-100 ไมโครเมตร) น้ำหนักเบา มีสีน้ำตาลอมเทา การกระจายของขนาดเม็ดค่อนข้างสม่ำเสมอ ความข้นเหนียวต่ำ มีพื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักสูงกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดธรรมดาประมาณ 2 เท่า ซึ่งจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการเผาเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำของโรงงานอุตสาหกรรม อาทิเช่น โรงงานชีวมวล และโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา เป็นต้น เถ้าไม้ยางพารามีปริมาณสารประกอบแคลเซียมออกไซด์ ในปริมาณที่สูงมาก (ระหว่างร้อยละ 35.95-58.17) นอกจากนี้ยังพบว่ามีซิลิกอนไดออไซด์ ระหว่างร้อยละ 1.08-15.14 อลูมิเนียมออกไซด์ ระหว่างร้อยละ 0.25-1.06 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของวัสดุ (ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.4-1**)

โดยสารประกอบแคลเซียมออกไซด์ ซิลิกอนไดออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ มีสมบัติเป็นวัสดุประสานสามารถทำปฏิกิริยาไฮเดรชันและปฏิกิริยาปอซโซลาน ที่อุณหภูมิปกติ เมื่อมีความชื้นเหมาะสม ทำหน้าที่เชื่อมประสานคล้ายปูนซีเมนต์ ซึ่งมีสมบัติเพิ่มกำลังให้กับคอนกรีต แต่ความสามารถเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว จะมีความสัมพันธ์กับความละเอียดของวัสดุอีกด้วย

ตารางที่ 2.4-1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

องค์ประกอบทางเคมี	**ร้อยละที่พบในเถ้าลอยจากไม้ยางพารา**			
	โรงไฟฟ้าชีวมวล[1]	**โรงไฟฟ้าชีวมวล**[2]	**โรงงานเฟอร์นิเจอร์**[3]	**ขี้เลื่อยไม้ยาง**[4]
CaO	33.93	54.45	58.17	52.34
K_2O	13.06	18.85	13.68	19.05
MgO	1.77	15.19	4.68	-
SO_3	1.65	-	1.40	3.29

ตารางที่ 2.4-1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยจากไม้ยางพารา (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละที่พบในเถ้าลอยจากไม้ยางพารา			
	โรงไฟฟ้าชีวมวล[1]	โรงไฟฟ้าชีวมวล[2]	โรงงานเฟอร์นิเจอร์[3]	ขี้เลื่อยไม้ยาง[4]
MgO	1.77	15.19	4.68	-
Al_2O_3	0.31	0.41	0.25	1.06
Fe_2O_3	0.76	1.12	0.92	0.56
SO_2	-	2.42	-	-
Na_2O	-	1.92	-	-
องค์ประกอบอื่นๆ	21.34	-	-	2.64

ที่มา : [1] อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2554)

[2] ทองแดง เดียวกี่ และคณะ (2548)

[3] ดนุพล ตันนโยภาส และ จิรชาติ เจ้าสินเจริญ (2543)

[4] วิจิตร พรมสุวรรณ และ วาซินีย์ หลำเบ็นซะ (2555)

2.5 การเกิดเถ้าลอยจากไม้ยางพาราของบริษัท ทรอปิคอลแคลนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน

ภายในบริษัท ทรอปิคอลแคนนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) มีการใช้เครื่องให้กำเนิดไอน้ำหรือหม้อไอน้ำ (Boiler) 2 แบบ คือ แบบใช้น้ำมันเตาและแบบใช้เชื้อเพลิง ซึ่งหม้อไอน้ำภายในโรงงานทั้งหมด 4 ตัว แบบใช้น้ำมันเตา 2 ตัว และแบบใช้เชื้อเพลิง 2 ตัว กรณีนี้ได้มีการศึกษาหม้อไอน้ำแบบใช้เชื้อเพลิงในการผลิตเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนผลิต วัตถุดิบที่ให้ความร้อนคือไม้ยางพารา (Para wood) ที่ได้มีการจัดซื้อมาจากจังหวัดพัทลุง ซึ่งมีการจัดซื้อไม้ยางพาราจำนวนมากมาเก็บไว้เพื่อรองรับการผลิต โดยภายในโรงงานมีการใช้รถบรรทุกทำการขนส่งจากลานเก็บไม้ยางพารามายังแผนกบอยเลอร์ โดยจะมีพนักงานที่ขับรถคีบไม้ยางพาราทำการคีบไม้ยางพาราไปใส่ในสายพานเพื่อลำเลียงไม้ยางพาราเข้าสู่ห้องเชื้อเพลิงซึ่งมีการเผาที่อุณหภูมิสูง โดยความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ จะถูกส่งไปในท่อเหล็กจำนวนมากที่ประกอบตามความยาวของหม้อไอน้ำ ทำให้น้ำโดยรอบท่อเดือดและเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอน้ำ ไอน้ำที่ได้จะถูกส่งไปยังตัวดักไอน้ำหรือสตรีมแทรป (Steam trap) ก่อนที่จะถูกนำไปใช้และจ่ายในส่วนการผลิตต่างๆ ภายในโรงงาน ส่วนเถ้าหนักจะตกลงด้านล่างของห้องเผาเชื้อเพลิง แต่เถ้าลอยเมื่อเกิดการเผาไหม้ในห้องเชื้อเพลิงแล้ว จะมีน้ำหนักเบาและถูกส่งออกไปยังตัวไซโคลน (Cyclone) และสครับบิง (Scrubbing) ไซโคลนและสครับบิงจะทำหน้าที่แยกก๊าซออกจากเถ้าลอย หลังจากนั้นก๊าซและอากาศต่างๆ จะลอยออกสู่ปล่องควัน ส่วนเถ้า

ลอยจะตกลงสู่ก้นถังที่ได้มีการนำภาชนะมารองรับ เถ้าลอยที่ได้จากกระบวนการเผาเชื้อเพลิงนั้นจะถูกนำไปฝังกลบที่โรงงานได้มีการจัดเตรียมไว้

2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2554) ศึกษาอิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าไม้ยางพาราแทนที่ดินเพื่อผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานวัสดุผสมที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าไม้ยางพารา ทราย และดินลูกรัง จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนเถ้าไม้ยางพาราส่งผลให้ค่าความหนาแน่นลดลง แต่อัตราการดูดซึมน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่ากำลังต้านทานแรงอัด พบว่ากำลังอัดจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของ เถ้าไม้ยางพาราเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2533 พบว่า อิฐที่มีอัตราส่วนของปูนซีเมนต์ปอรต์แลนด์ : เถ้าไม้ยางพารา : ทราย : ดินลูกรัง เท่ากับ 3 :2 :1 :1 มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักหรือใช้งานเพื่อการประดับตกแต่ง

สำเร็จ สารมาคม (2556) ประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตอิฐบล็อกประสาน งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตอิฐบล็อกประสานที่ใช้ในงานโครงสร้างแบบไม่รับแรงแบกทาน รวมทั้งนำเสนออัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยที่เหมาะสม กำลังอัดของบล็อกประสานในโครงสร้างไม่รับแรงแบกทานต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินที่ใช้ในการศึกษานี้เท่ากับ 1:6 และ 1:8 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กันในทางปฏิบัติ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของบล็อกประสานมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย จนถึงร้อยละ 30 (ค่าเหมาะสม) หลังจากนั้น ความหนาแน่นแห้งจะมีค่าลดลง กำลังอัดของบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยแม้ว่าหน่วยน้ำหนักจะมีค่าเพิ่มขึ้น อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับผลิตอิฐบล็อกประสานในงานโครงสร้างไม่รับแรงแบกทานคือ 1/8 หากพิจารณากำลังรับแรงอัดที่เท่ากับ 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าลอยที่เหมาะสมเท่ากับ 92:8 87:13 และ 60:40 ที่อายุบ่ม 7 14 และ 28 วัน ด้วยต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 1.90 1.85 และ 1.58 บาท

รอซี ผิวดี และคณะ (2558) ศึกษาการใช้เถ้าแกลบและเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารามาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักโดยศึกษาอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา (CP) อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าแกลบ (CR) รวมถึงอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าแกลบและเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่ามี 5 ชุดการทดลองที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานความต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาว และความชื้น โดยพบว่าชุดการทดลอง

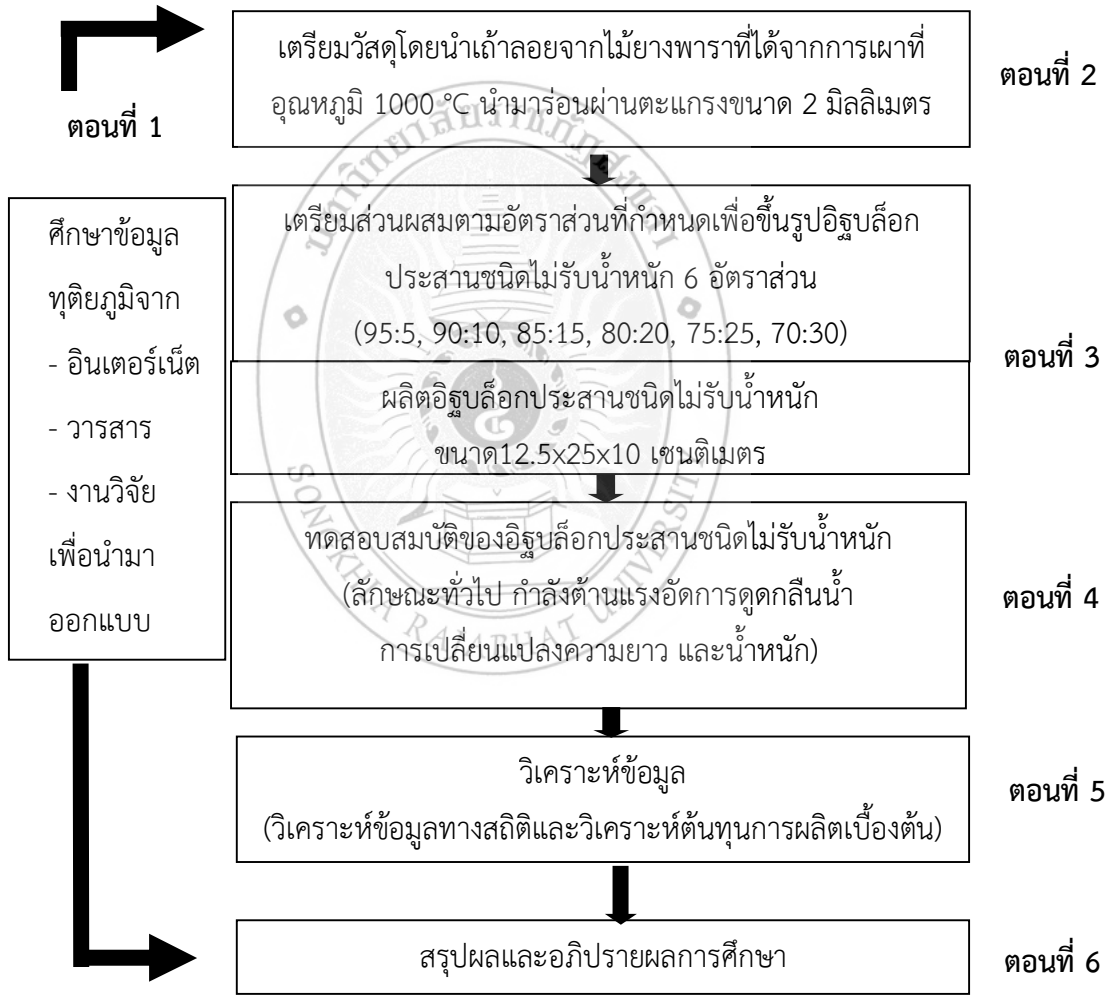
อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์กับเถ้าไม้ยางพารา 95:5 (CP1) เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด คือมีค่าความต้านแรงอัด 5.91 MPa การดูดกลืนน้ำร้อยละ 5.2 การเปลี่ยนแปลงความยาว 0.034 kg/m^3 และความชื้นร้อยละ 19.81 อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าแกลบ 95:5 (CP1) 90:10 (CP2) และ85:15 (CP3) อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา 95:5 (CP1) อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ : เถ้าแกลบ และเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา 95:5 (CRP1)

จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่า เถ้าลอยจากวัสดุธรรมชาติหลายชนิด อาทิเช่น เถ้าแกลบไม้ยางพารา เถ้าขี้เลื่อยจากไม้ยางพารา สามารถนำมาผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักได้ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 กรอบแนวความคิดการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพารามาทดแทนดินลูกรังสำหรับทำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักกรอบแนวคิดผลการศึกษาแสดงไว้ดัง **ภาพที่ 3.1-1** สำหรับโครงร่างวิจัย แสดงใน**ภาคผนวก ก**



ภาพที่ 3.1-1 กรอบแนวคิดการศึกษา

3.2 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการโดยมีรายละเอียดดังนี้ การศึกษาการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าลอยจากไม้ยางพาราสำหรับอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักด้วยการแทนที่ดินด้วยเถ้าลอยจากไม้ยางพาราในอัตราส่วน (95:5 90:10 85:15 80:20 75:25 70:30) โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ ลักษณะทั่วไป กำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ และการเปลี่ยนแปลงความยาวและน้ำหนัก

3.2.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

เถ้าลอยจากไม้ยางพารา ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท ทรอปิคอลแคนนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

3.2.2 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

1) พื้นที่การผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก (ขนาด 12.5x25x10 เซนติเมตร) ได้รับความอนุเคราะห์จาก ร้านหาดใหญ่แซนบล็อก ตำบลคลองอู่ตะเภา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

2) พื้นที่ทดสอบศึกษาการลักษณะทั่วไป การดูดกลืนน้ำ และการเปลี่ยนแปลงความยาวและน้ำหนัก ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

3) พื้นที่ศึกษาความต้านแรงอัด ณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

3.3 วัสดุและอุปกรณ์

3.3.1 วัสดุ

1) ดินลูกรังบดละเอียด
2) น้ำสะอาด
3) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
4) เถ้าลอยจากไม้ยางพารา
5) ทราย

3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1) เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2) เครื่องอัดอิฐบล็อกประสาน

3) อ่างน้ำ

4) เครื่องทดสอบความต้านแรงอัด

5) ตู้อบอากาศร้อน

6) เครื่องผสมดิน

7) ตะแกรงร่อน ขนาด 2 มิลลิเมตร

3.4 การดำเนินการศึกษา

3.4.1 การเตรียมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

1. เก็บตัวอย่างเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไอน้ำซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท ทรอปิคอลแคนนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) เก็บตัวอย่างวันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ.2559 จำนวน 100 กิโลกรัม

2. นำเถ้าเถ้าลอยจากไม้ยางพารามาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น จากนั้นทำการบดเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

3. นำเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่ได้ร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนักวัสดุที่บดแล้วตามที่ใช้ทดลอง

3.4.2 การกำหนดอัตราส่วนผสมอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดอัตราส่วนผสมอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ใช้ในการศึกษาคือ ปูนซีเมนต์ : ทราย : ดินลูกรัง 1 : 1.5 : 4.5 หรือปูนซีเมนต์ต่อมวลรวม 1:6 (อัตราส่วนตามคำแนะนำของร้านหาดใหญ่แซนบล็อก ผู้ผลิตอิฐบล็อกผสานชนิดไม่รับน้ำหนัก) แล้วออกแบบส่วนผสมโดนแทนที่ดินลูกรังด้วยเถ้าไม้ยางพารา 7 สูตร ประกอบด้วย อัตรา 100 : 0 (ชุดควบคุม) 95:5 (BF1) 90:10 (BF2) 85:15 (BF3) 80:20 (BF4) 75:25 (BF5) 70:30 (BF6) ดังแสดง**ในตารางที่ 3.4-1**

ตารางที่ 3.4-1 อัตราส่วนเถ้าลอยในการทำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

สูตร	อัตราส่วนผสม ปูนซีเมนต์: ทราย:ดินลูกรัง	อัตราทดแทนดินลูกรังด้วยเถ้า	ปริมาณที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสาน 1 ก้อน			
			ปูน (กรัม)	ทราย (กรัม)	ดินลูกรัง (กรัม)	เถ้า (กรัม)
ชุดควบคุม	1:1.5:4.5	100:0	743	1114	3343	0
BF1	1:1.5:4.5	95:5	743	1114	3176	167
BF2	1:1.5:4.5	90:10	743	1114	3009	334

ตารางที่ 3.4-1 อัตราส่วนเถ้าลอยในการทำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก (ต่อ)

สูตร	อัตราส่วนผสม ปูนซีเมนต์: ทราย:ดินลูกรัง	อัตราทดแทนดินลูกรังด้วยเถ้า	ปริมาณที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสาน 1 ก้อน			
			ปูน (กรัม)	ทราย (กรัม)	ดินลูกรัง (กรัม)	เถ้า (กรัม)
BF3	1:1.5:4.5	85:15	743	1114	2842	501
BF4	1:1.5:4.5	80:20	743	1114	2675	668
BF5	1:1.5:4.5	75:25	743	1114	2508	835
BF6	1:1.5:4.5	70:30	743	1114	2340	1003

หมายเหตุ: การผสมน้ำจะพิจารณาจากลักษณะของส่วนผสมทดสอบโดยกำส่วนผสมที่กวนแล้วจะมีลักษณะเป็นก้อนและกำไม่ติดมือ

3.4.3 การขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

1) เตรียมส่วนผสมตาม**ตารางที่ 3.4-1** (ตัวอย่างเช่น ต้องการผสม BF1 ทั้งหมด 5200 กรัม จะต้องใส่วัสดุดังนี้ ปูนซีเมนต์ = 743 กรัม เถ้าลอย = 167 กรัม ทราย = 1114 กรัม และดิน =3176 กรัม) ยกเว้นน้ำ ใส่ลงในเครื่องผสมดินแล้วผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันโดยทำเหมือนกันทุกสูตร

2) ใส่น้ำที่เตรียมไว้ลงไปในเครื่องผสมดิน การใส่น้ำควรใส่น้ำลงไปทีละนิดโดยทำการหยุดเครื่องผสม ทำการเคาะ เถ้าลอยจากไม้ยางพารา ทราย และปูนซีเมนต์ ที่เกาะตามข้างเครื่องผสมดินออกบ่อยๆ เติมน้ำจนสามารถกำเป็นก้อนและไม่ติดมือผสมต่อไปอีก 5-7 นาที

3) นำส่วนผสมที่ผสมจนเข้ากันดีแล้วไปอัดในเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบไฮดรอลิก โดยใช้บล็อกของอิฐขนาด 12.5×25×10 เซนติเมตร แต่ละก้อนใส่ส่วนผสมให้เท่าๆกันโดยใส่จนเต็มแม่พิมพ์แล้วทำการอัดแบบอัตโนมัติ

4) ก่อนที่จะใส่ส่วนผสมลงในเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานควรทาน้ำมันก่อน เพื่อไม่ให้ส่วนผสมติดกับเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานและป้องกันการสึกหรอของเครื่องอัดอิฐบล็อกประสาน

5) เมื่อทำการอัดเสร็จแล้วให้ยกอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ได้ออกจากเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานและนำไปวางให้เป็นระเบียบเรียบร้อย

6) นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ได้จากข้อที่ 5 มาทำการบ่มเป็นเวลา 7 วัน โดยปกคลุมผิวมิให้ถูกแดดหรือลมร้อน และมิให้ถูกรบกวนหรือสะเทือน เพื่อให้อิฐบล็อกประสานมีคุณสมบัติในการรับแรงและความทนทานตามความต้องการ ห้ามนำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับ

น้ำหนักเถ้าลอยจากไม้ยางพาราไปตากแดด เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่เกิดขึ้นจะไม่สมบูรณ์ และมีผลต่อกำลังต้านแรงอัดของอิฐบล็อกประสาน หลังจากนั้นเมื่ออายุครบ 7 วันก็นำอิฐบล็อกประสานไปทำการทดสอบประสิทธิภาพ

สำหรับภาพประกอบการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักแสดงไว้ใน **ภาคผนวก ข**

3.4.9 การทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

การทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก แสดงดัง**ตารางที่ 3.4-2** รายละเอียดการทดสอบแสดงใน**ภาคผนวก ค** และค่ามาตรฐานของอิฐบล็อกแสดงไว้ใน**ภาคผนวก ง**

ตารางที่ 3.4-2 การทดสอบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

พารามิเตอร์	วิธีการศึกษา	สถานที่ทดสอบ
ความต้านแรงอัด	มาตรฐาน มผช. 602/2547	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
การดูดกลืนน้ำ	มาตรฐาน มผช. 602/2547	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
การเปลี่ยนแปลงความยาว	มาตรฐาน มอก. 1505-2541	
ลักษณะทั่วไป	มาตรฐาน มผช. 602/2547	
น้ำหนัก	เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง	

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

- การวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน เพื่อนำเสนอผลการศึกษา

- การวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบอ้างอิงด้วยสถิติแบบ T-Test เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพารากับอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักชุดควบคุม

3.5.2 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้นจะใช้ศึกษาจากค่าวัสดุและค่าดำเนินการ เพื่อเปรียบเทียบราคาของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าลอยจากไม้ยางพารากับราคาอิฐบล็อกประสานที่ขายในร้านวัสดุก่อสร้าง

บทที่ 4
ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพาราเพื่อทดแทนดินลูกรัง โดยการศึกษา 7 อัตราส่วนคือ (ชุดควบคุม 100:0) และชุดการทดลอง (95:5 90:10 85:15 80:20 75:25 และ70:30) และทำการทดสอบสมบัติด้าน ลักษณะทั่วไป ความต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาว และน้ำหนัก สำหรับผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการศึกษาลักษณะทั่วไป

ผลการศึกษาลักษณะทั่วไปของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพาราเพื่อทดแทนดินลูกรัง พบว่า มีค่ากว้างxยาวxสูง เท่ากับ 12.5x25x10 เซนติเมตร ตามขนาดของบล็อกที่ใช้ในการขึ้นรูป ซึ่งทุกสูตรมีค่าเท่ากัน ดัง**ตารางที่ 4.1-1**

ตารางที่ 4.1-1 ผลการศึกษาลักษณะทั่วไปของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

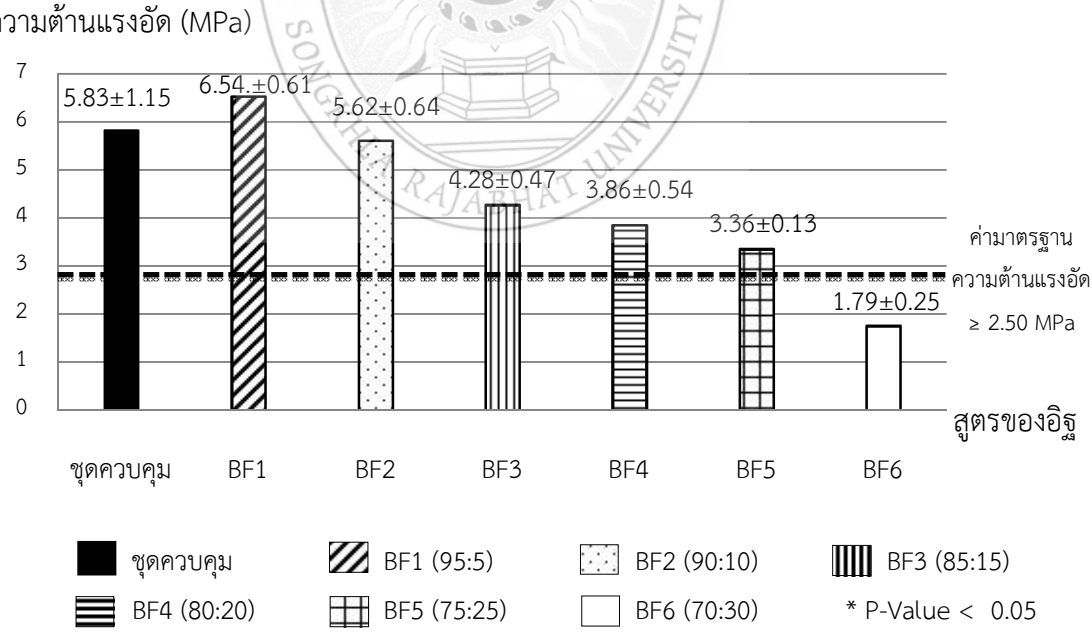
สูตร	**อัตราส่วนทดแทนดินลูกรังด้วยเถ้า**	**ลักษณะทั่วไปของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก**		
		กว้าง (เซนติเมตร)	**ยาว (เซนติเมตร)**	**สูง (เซนติเมตร)**
ชุดควบคุม	100:0	12.5	25	10
BF1	95:5	12.5	25	10
BF2	90:10	12.5	25	10
BF3	85:15	12.5	25	10
BF4	80:20	12.5	25	10
BF5	75:25	12.5	25	10
BF6	70:30	12.5	25	10

หมายเหตุ: BF หมายถึง อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะทั่วไปของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพารากับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน ซึ่งกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนขนาดอิฐบล็อกประสานไม่เกิน 2 เซนติเมตร และไม่มีรอยแตกร้าวพบว่าทุกสูตรผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

4.2 ผลการศึกษาความต้านแรงอัด

ผลการศึกษาความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพาราเพื่อทดแทนดินลูกรังซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการรับแรงกระแทกได้สูงผลการศึกษาพบว่าค่าต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกจะสูงสุดในสูตร BF1 มีค่าเท่ากับ 6.54±0.61 MPa และรองลงมาคือสูตร BF2 BF3 BF4 BF5 และ BF6 มีค่าเท่ากับ 5.62±0.64 4.28±0.47 3.86±0.54 3.36±0.13 และ 1.79±0.25 MPa ตามลำดับดังแสดงใน**ภาพที่ 4.2-1** และทุกสูตรยกเว้นสูตร BF1 มีความต้านแรงอัดต่ำกว่าชุดควบคุม โดยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P≥0.05) (**ภาคผนวก ฉ**) แสดงให้เห็นว่าหากเพิ่มปริมาณเถ้าลอยจากไม้ยางพารามากเกินไปมีผลทำให้ค่าความต้านแรงอัดลดลง เนื่องจากปริมาณที่ใช้มีค่ามากจึงลดความสามารถของปูนซีเมนต์ที่จะเชื่อมวัสดุผสมทั้งหมด จากปริมาณของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ของเถ้าไม้ยางพาราที่น้อย จึงลดการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่สร้างความแข็งแรงแก่อิฐ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2554) เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547 พบว่าอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักมีค่าความต้านแรงอัดสูงกว่ามาตรฐานเกือบทุกสูตร ยกเว้นสูตร BF6 ซึ่งมีปริมาณเถ้าลอยสูงสุด

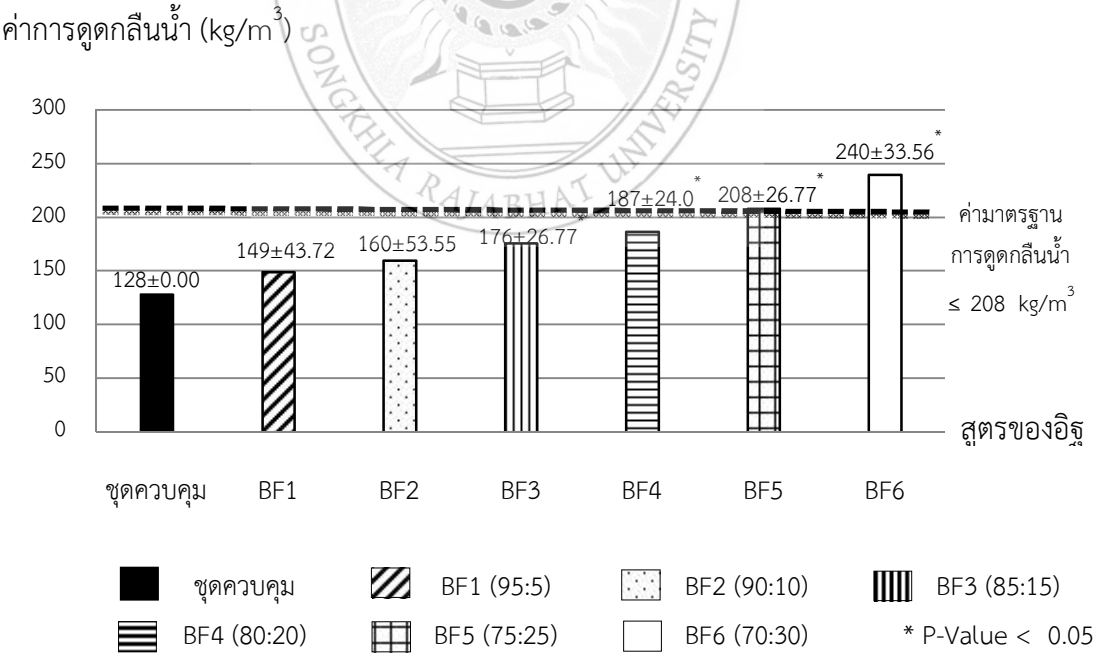


ภาพที่ 4.2-1 ค่าความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

4.3 ผลการศึกษาการดูดกลืนน้ำ

ผลการศึกษาการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพาราเพื่อทดแทนดินลูกรังซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการดูดกลืนน้ำผลการศึกษาพบว่าค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยสูงสุดในอิฐบล็อกสูตร BF6 เท่ากับ 240±33.56 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และรองลงมาคือสูตร BF5 BF4 BF3 BF2 และ BF1 มีค่า 208±26.77 187±24.09 176±26.77 160±53.55 และ149±43.72 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมพบว่าทุกสูตรมีค่าเฉลี่ยการดูดกลืนน้ำสูงกว่าชุดควบคุม โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) (**ภาคผนวก ฉ**) ยกเว้น สูตร BF1 และ BF2 แสดงให้เห็นว่าหากเพิ่มปริมาณเถ้าลอยจากไม้ยางพารามากเกินไปจะทำให้ค่าการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคของเถ้าไม้ยางพารามีลักษณะเรียบมีรูพรุน (Cellular) มีพื้นที่ผิวมาก ทำให้สามารถกักเก็บน้ำโดยการดูดซึม (Water absorption) เข้าไปในอนุภาค และมีการดูดกลืนน้ำเนื่องจากแรงตึงผิวที่อนุภาค ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2554)

เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547 พบว่าอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักมีค่าการดูดกลืนน้ำเป็นไปตามมาตรฐานเกือบทุกสูตร ยกเว้นสูตร BF6 ซึ่งมีปริมาณเถ้าลอยสูงสุด

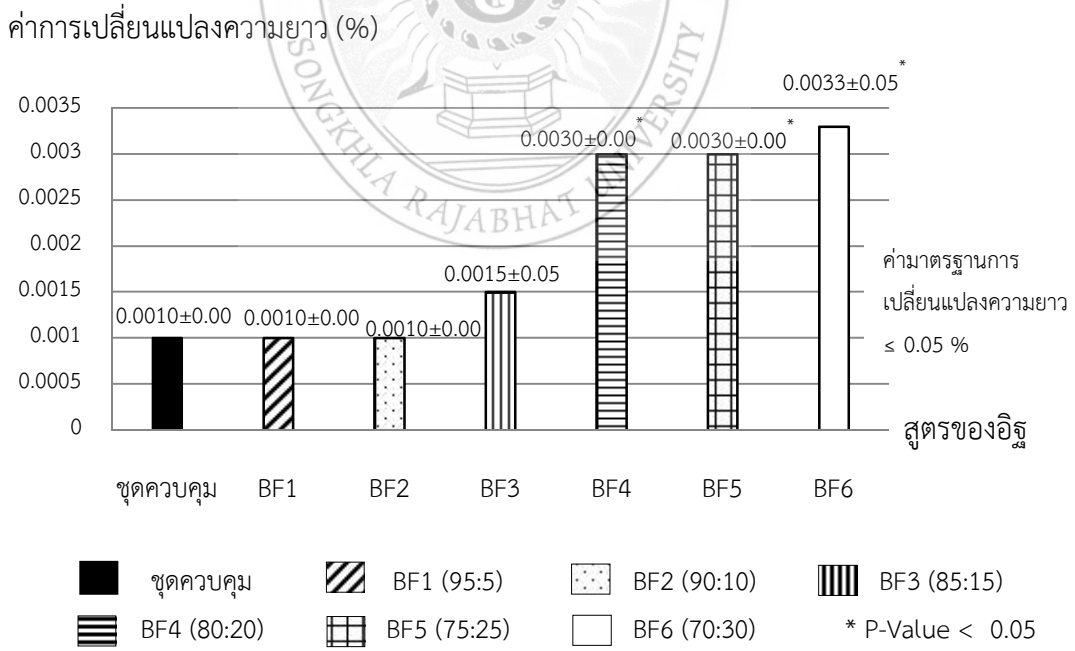


ภาพที่ 4.3-1 ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

4.4 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความยาว

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพาราเพื่อทดแทนดินลูกรังซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการยืดหดตัวสูงและผลการศึกษาพบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกจะสูงสุดอยู่ที่สูตร BF6 เท่ากับ 0.0033±0.05 และรองลงมาคือสูตร BF5 BF4 BF3 BF2 และ BF1 มีค่า 0.0030±0.00 0.0030±0.00 0.0015±0.05 0.0010±0.00 และ 0.0010±0.00 ตามลำดับดังแสดงใน**ภาพที่ 4.4-1** และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมพบว่าทุกสูตรมีค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวเพิ่มขึ้น ยกเว้น BF1 BF2 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) (**ภาคผนวก ฉ**) แสดงให้เห็นว่าหากเพิ่มปริมาณเถ้าลอยจากไม้ยางพารามากจะทำให้ค่าเปลี่ยนแปลงความยาวเพิ่มขึ้น ซึ่งมีการยืด-หดตัวสูง อาจเนื่องจากวัสดุที่นำมาผสม (ปอซโซลาน) นั้นต้องการการบ่มที่นานกว่า เพราะปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดได้ช้า สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิจิตร พรมสุวรรณ และ วาซินีย์ หลำเบ็นสะ (2555) ดังนั้นควรบ่มอิฐบล็อกประสานให้นานขึ้น อย่างไรก็ตามการบ่มอิฐบล็อกประสานที่นานมากเกินไปจะเสียเวลา และค่าใช้จ่ายในการบ่ม

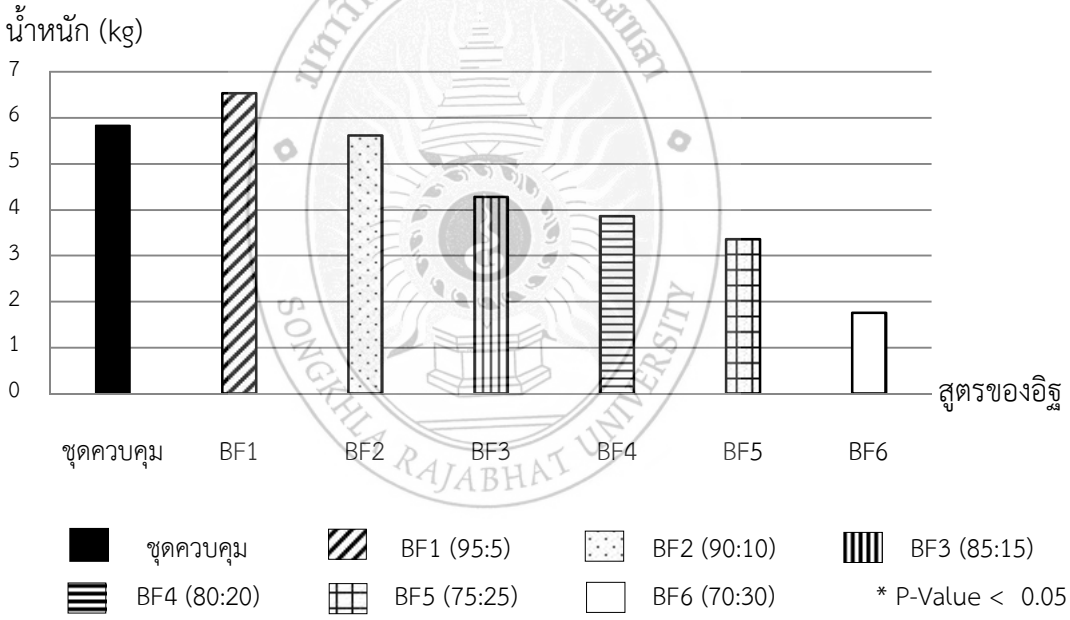
เมื่อเปรียบเทียบกับค่า มอก. 1505-2541 พบว่าอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักมีค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวเป็นไปตามมาตรฐานทุกสูตร



ภาพที่ 4.4-1 ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

4.5 ผลการศึกษาน้ำหนัก

ผลการศึกษาน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา เพื่อทดแทนดินลูกรัง พบว่าน้ำหนักของอิฐบล็อกอยู่ในช่วง 5.10±0.05 - 5.19±0.01 กิโลกรัม โดยมีค่าสูงสุดในสูตร BF1 และค่าต่ำสุดในสูตร BF6 เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพาราทั้ง 6 สูตร กับชุดควบคุม พบว่าเกือบทุกสูตรมีน้ำหนักต่ำกว่าชุดควบคุม โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) (**ภาคผนวก ฉ**) ยกเว้นสูตร BF1 และ BF2 แสดงให้เห็นว่ายิ่งเพิ่มเถ้าลอยจากไม้ยางพาราทดแทนดินลูกรัง น้ำหนักของอิฐจะยิ่งลดลง โดยอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพาราสามารถลดข้อด้อยของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักซึ่งมีน้ำหนักมากและมีผลนำไปใช้งานโครงสร้างต้องรับน้ำหนักมากไปด้วย



ภาพที่ 4.5-1 น้ำหนักของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

4.6 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพาราทดแทนดินสำหรับอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักโดยใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพารามาทดแทนดินในอัตราส่วนผสมระหว่างดินกับเถ้า 95:5 90:10 85:15 80:20 75:25 และ 70:30 พบว่าสูตร BF1 BF2 BF3 BF4 และ BF5 เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547 และ มอก. 1505-2541 (เฉพาะการเปลี่ยนแปลงความยาว) โดยเมื่อพิจารณาในด้านต้นทุนการผลิตจากค่าวัสดุ จะพบว่าอิฐบล็อกสูตร BF5 มีต้นทุนการผลิตต่ำสุด 3.00 บาท/ก้อน รองลงมาเป็นสูตร BF4 มีต้นทุนการผลิต 3.02 บาท/ก้อน และต้นทุนการผลิตสูงสุดในสูตร BF1 3.10 บาท/ก้อน ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.6-1** ซึ่งผู้วิจัยแนะนำให้ใช้อิฐบล็อกประสานดินไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา จากสูตร BF4 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 ด้านความต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาว และน้ำหนัก ทั้งยังผ่านมาตรฐาน มอก. 1505-2541 ด้านการเปลี่ยนแปลงความยาว น้ำหนักเบา และยังราคาถูกกว่าชุดควบคุม 0.10 บาท/ก้อน ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาผลิตในเชิงการผลิต ปริมาณมากจะช่วยประหยัดต้นทุน ให้ผู้ผลิต และเป็นการส่งเสริมการนำของเสียมาใช้ประโยชน์

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 4.6-1 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

สูตร	ส่วนผสมทั้งหมด สามารถผลิตอิฐได้ 24 ก้อน		kg/ก้อน	ราคา (บาท)	ราคา/ก้อน	รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (บาท)
ชุดควบคุม	ปูนซีเมนต์ (kg)	8.916	0.743	3.18	2.37	3.12
	เถ้า (kg)	-	-	-	-	
	ดินลูกรัง (kg)	40.116	3.343	0.15	0.50	
	ทราย (kg)	13.368	1.114	0.1	0.1114	
	น้ำ (L)	0.5 (L)	0.04 (L)	0.007	0.02	
	ค่าไฟฟ้า				0.12	
BF1	ปูนซีเมนต์ (kg)	8.916	0.743	3.18	2.37	3.10
	เถ้า (kg)	4.152	0.173	-	-	
	ดินลูกรัง (kg)	76.224	3.176	0.15	0.48	
	ทราย (kg)	26.736	1.114	0.1	0.1114	
	น้ำ (L)	1 (L)	0.04 (L)	0.007	0.02	
	ค่าไฟฟ้า				0.12	
BF2	ปูนซีเมนต์ (kg)	8.916	0.743	3.18	2.37	3.07
	เถ้า (kg)	8.304	0.346	-	-	
	ดินลูกรัง (kg)	72.216	3.009	0.15	0.45	
	ทราย (kg)	26.736	1.114	0.1	0.1114	
	น้ำ (L)	1 (L)	0.04 (L)	0.007	0.02	
	ค่าไฟฟ้า				0.12	
BF3	ปูนซีเมนต์ (kg)	8.916	0.743	3.18	2.37	3.05
	เถ้า (kg)	12.456	0.519	-	-	
	ดินลูกรัง (kg)	68.208	2.842	0.15	0.43	
	ทราย (kg)	26.736	1.114	0.1	0.1114	
	น้ำ (L)	1 (L)	0.04 (L)	0.007	0.02	
	ค่าไฟฟ้า				0.12	

ตารางที่ 4.6-1 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น (ต่อ)

สูตร	ส่วนผสมทั้งหมด สามารถผลิตอิฐได้ 24 ก้อน		kg/ก้อน	ราคา (บาท)	ราคา/ก้อน	รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (บาท)
BF4	ปูนซีเมนต์ (kg)	8.916	0.743	3.18	2.37	3.02
	เถ้า (kg)	16.584	0.691	-	-	
	ดินลูกรัง (kg)	64.200	2.675	0.15	0.40	
	ทราย (kg)	26.736	1.114	0.1	0.1114	
	น้ำ (L)	1 (L)	0.04 (L)	0.007	0.02	
	ค่าไฟฟ้า				0.12	
BF5	ปูนซีเมนต์ (kg)	8.916	0.743	3.18	2.37	3.00
	เถ้า (kg)	20.736	0.864	-	-	
	ดินลูกรัง (kg)	60.192	2.508	0.15	0.38	
	ทราย (kg)	26.736	1.114	0.1	0.1114	
	น้ำ (L)	1 (L)	0.04 (L)	0.007	0.02	
	ค่าไฟฟ้า				0.12	
BF6	ปูนซีเมนต์ (kg)	8.916	0.5743	3.18	2.37	2.97
	เถ้า (kg)	24.888	1.037	-	-	
	ดินลูกรัง (kg)	56.160	2.340	0.15	0.50	
	ทราย (kg)	26.736	1.114	0.1	0.1114	
	น้ำ (L)	1 (L)	0.04 (L)	0.007	0.02	
	ค่าไฟฟ้า				0.12	

หมายเหตุ - ค่าไฟฟ้า คือ เครื่องอัดอิฐบล็อกใช้มอเตอร์ ขนาด 3 แรงม้า 2.2 kW กำลังการผลิต
- เครื่อง110±10 ก้อน/ชั่วโมง และใช้ไฟฟ้าไปชั่วโมงละ 2.2 หน่วย
- ไฟฟ้าประเภทที่ 2 หน่วยละ 2.98 บาท อ้างอิง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- น้ำประปา หน่วยละ 14.28 บาท อ้างอิง การประปาส่วนภูมิภาค จ.สงขลา
- ทราย ตันละ 100 บาท
- ดินลูกรัง ตันละ 150 บาท
- ปูนซีเมนต์ ตราช้าง สีแดงกระสอบละ 159 บาท

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพาราทดแทนดินลูกรังสำหรับอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก อัตราส่วนผสมระหว่างดินลูกรังกับเถ้าลอยจากไม้ยางพารา ร้อยละ 95:5 90:10 85:15 80:20 75:25 และ 70:30 สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

จากการศึกษาพบว่า มี 5 ชุดการทดลองที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547 และมาตรฐาน มอก. 1505-2541 (เฉพาะการเปลี่ยนแปลงความยาว) ในสูตร BF1 BF2 BF3 BF4 และ BF5 ซึ่งมีค่าความต้านแรงอัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.54 5.62 4.28 3.86 และ 3.36 เมกะพาสคัล ตามลำดับ การดูดกลืนน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 149 160 176 187 และ 208 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงความยาวมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.0010 0.0010 0.0015 0.0030 และ 0.0030 เปอร์เซ็น ตามลำดับ โดยพบว่าชุดการทดลอง สูตร BF4 (80:20) เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด และมีน้ำหนักเบาสามารถลดข้อด้อยของอิฐบล็อกประสานเรื่องน้ำหนักได้ นอกจากนี้อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก สูตร BF4 (80:20) ยังมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดและต่ำกว่าชุดควบคุม (100:0) ประมาณ0.10 บาท อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าไม้ยางพาราทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวมีการยืด-หดตัวสูง เนื่องจากวัสดุที่นำมาผสม (ปอซโซลาน) นั้นต้องการการบ่มที่นานกว่า เพราะปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดได้ช้า ดังนั้นควรบ่มอิฐบล็อกประสานให้นานที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยแนะนำให้ใช้อัตราส่วนผสม สูตร BF4 ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602/2547 เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ น้ำหนักเบา และมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ผลิตเชิงพาณิชย์ และมีราคาถูกกว่าท้องตลาด 0.10 บาท ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602/2547 และมีการทดแทนดินด้วยเถ้าลอยจากไม้ยางพาราในปริมาณที่สูง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการบ่มอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและลดการเปลี่ยนแปลงความยาว

2) ควรมีการศึกษาวัสดุเหลือใช้ชนิดอื่นๆ ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักได้ดีกว่า เพื่อเป็นแนวทางในการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ประโยชน์

3) ควรมีการศึกษาปริมาณโลหะหนักในวัสดุที่อยู่ในเถ้าลอยไม้ยางพารา

บรรณานุกรม

กมลชนก บัวดี, จิรายุ ศรีละบุตร, ประจักษ์ ทูลกสิกร, กิตติพงษ์ สุวีโร และ ประชุม คำพุฒ. 2553. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกดินขาวผสมเถ้าแกลบ, น. 3-11. ใน **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยกรุงเทพ**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีธัญบุรี, ปทุมธานี.

จรูญ เนตรกุล. 2557. อิฐบล็อกที่มีส่วนผสมเถ้าแกลบและกะลาปาล์มน้ำมัน. **วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต** 2 (1): 103-112

ดนุพล ตันนโยภาส และ จิรชาติ เจ้าสินเจริญ. 2543. ปูนสอผสมเถ้าลอยและเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา. **วารสารสงขลานครินทร์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 22 (4): 489 – 500.

ทองแดง เดียวกี่ . 2548. **การศึกษาผลกระทบด้านกำลังอัดของอิฐบล็อกผสมเถ้าไม้ยางพารา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นิโรจน์ เงินพรหม และ สำเริง รักซ้อน. 2555. **พัฒนาดินซีเมนต์ลูกรังผสมวัสดุเถ้าทิ้งจากผลผลิตอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมเป็นอิฐประสาน**. งบประมาณประจำปี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

พัชราวรรณ เก๊อะเจริญ และ เศรษฐพงศ์ เศรษฐบุปผา. 2554. การพัฒนาอิฐคอนกรีตน้ำหนักเบาผสมเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม. **วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร** 1 (1): 33-40

ประชุม คำพุฒ. 2550. การใช้น้ำยางพาราปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ** 30 (2): 363-376.

รอซี ผิวดี, สมบัติ สุวรรณชาตรี และ สุพัฒพงค์ วัฒนา. 2558. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารามาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก**. รายงานวิจัยปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

วิจิตร พรมสุวรรณ และ วาชินี หลำเบ็นสะ. 2555. **การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบกับขี้เลื่อยสำหรับอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก**. รายงานวิจัยปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

สมเกียรติ ฉิมสร. 2553. **การศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการทำอิฐบล็อกประสานจากเศษทรายดำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุบรรณ ตาคำวัน, วิศรุต เรืองฤทธิ์ และ อารยา กิ่งหลักเมือง. 2558. คุณสมบัติทางกลบล็อกประสานผสมเถ้ากะลามะพร้าว, น. 195-200. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 8 (คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม)**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปราจีนบุรี.

สำเร็จ สารมาคม. 2556. **การประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตบล็อกประสาน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สำเนียง องสุพันธ์กุล, วราธร แก้วแสง และ จิรัฐิติ์ บรรจงศิริ. 2559. การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากเม็ดดินเผาและเถ้าลอย, น. 1-9. *ใน* **รายงานการประชุมระดับชาติครั้งที่ 1**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, นครปฐม.

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

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

อัจจิมา ไชยศิริ และ สรญา สีดาวเดือน. 2559. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เส้นใยปาล์มน้ำมันทดแทนดินลูกรังในการผลิตอิฐบล็อกประสาน**. รายงานวิจัยปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

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.

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก

เรื่อง โครงร่างวิจัยเฉพาะทาง
โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. ชื่อโครงการ ความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพาราเพื่อทดแทนดินลูกรังในอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

The possibility of using fly ash from para-rubber wood to substitute lateritic soil in non-load interlocking brick.

2. สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)

3. ชื่อผู้วิจัย นายบุญชัยกาดำ รหัสนักศึกษา 554231008

นักศึกษาปริญญาตรี (สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

นายหมัดรอซี หวังกุหลำ รหัสนักศึกษา 554231031

นักศึกษาปริญญาตรี (สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

4. คณะกรรมการที่ปรึกษาวิจัยเฉพาะทาง

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์นัดดา โปดำ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

5. รายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัย

5.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

บริษัท ทรอปิคอลแคนนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทที่มีผลิตภัณฑ์หลักเป็นอาหารประเภทบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋อง เช่น ปลาซาร์ดีนกระป๋อง อาหารทะเลกระป๋อง เป็นต้น ซึ่งมีฐานการผลิตทั้งในและนอกประเทศ สำหรับประเทศไทยมีฐานการผลิตอยู่ที่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาวัตถุดิบส่วนใหญ่ร้อยละ 70 นำเข้ามาจากต่างประเทศ กระบวนการผลิตมีความสะอาดและปลอดภัยเป็นไปตามมาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งในกระบวนการผลิตมีการใช้ไอน้ำเป็นพลังงานตัวสำคัญในการผลิต เช่น การนึ่งปลา การฆ่าเชื้อกระป๋องและฝาผลิตภัณฑ์ การผลิตไอน้ำเป็นการผลิตโดยเครื่องผลิตไอน้ำหรือบอยเลอร์ (Boiler) ในการผลิตไอน้ำมีการใช้เชื้อเพลิงในการผลิต นั่นคือ ไม้ยางพารา เป็นวัตถุดิบท้องถิ่นที่หาง่ายและราคาไม่สูงมากนักเพื่อจะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนในการผลิตไอน้ำเพื่อส่งกระจายเข้าสู่กระบวนการในการผลิต ทำให้กระบวนการผลิตไอน้ำมีกากของเสียอุตสาหกรรมเกิดขึ้น นั่นคือ เถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่มีในปริมาณมากซึ่งปัจจุบันบริษัทจัดการเถ้าลอยโดยวิธีการฝังกลบ

เถ้าลอย (Fly ash) เป็นขี้เถ้าที่มีขนาดเม็ดละเอียด ขนาดตั้งแต่ 0.001-1.0 มิลลิเมตร (จรูญ เจริญเนตรกุล , 2557) จะมีลักษณะเป็นฝุ่นที่ฟุ้งกระจายลอยปะปนไปกับก๊าซร้อน ทางโรงงานจึงมีเครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียก (Wet Collectors หรือ Scrubbers) เพื่อแยกเถ้าลอยออกจากก๊าซ เมื่อแยกก๊าซได้แล้วก๊าซจะถูกปล่อยออกทางปล่องควันโรงงาน ส่วนเถ้าลอยจะถูกจับโดยละอองไอน้ำแล้วตกลงสู่ก้นถังซึ่งจะมีการนำถังมารองรับเพื่อนำไปกำจัด เถ้าลอยที่ได้มีลักษณะเป็นเนื้อละเอียดสีเทา เถ้าหนักและเถ้าลอยเป็นกากของเสียอุตสาหกรรม และเป็นกากของเสียที่เป็นมลพิษทางสิ่งแวดล้อม และจากการศึกษา อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2554) พบว่าเถ้าลอยจากไม้ยางพารามีองค์ประกอบของแคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงถึงร้อยละ 54.45 และมี แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และ อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ร้อยละ 15.19 2.33 และ0.41 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ทองแดง เดียวกี่ (2548) โดยสารประกอบ CaO MgO SiO_2 และ Al_2O_3 มีสมบัติเป็นวัสดุเชื่อมประสานกับวัสดุในการผลิตอิฐบล็อกโดยการนำเถ้าลอยหรือวัสดุเหลือทิ้งอื่นๆ มาผสมหรือทดแทนปูนซีเมนต์ ดินลูกรัง ทราย ในอัตราส่วนตามที่ต้องการ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงโอกาสที่จะนำเถ้าลอยที่เหลือจากกระบวนการดังกล่าวมาใช้ประโยชน์เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพิ่มความแข็งแรงให้วัสดุ ทั้งยังสามารถลดข้อด้อยของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักในเรื่องน้ำหนัก และยังเป็นแนวทางในการสร้างทางเลือกให้กับผู้ประกอบกิจการอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก โดยประหยัดค่าดินลูกรังซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

6. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพารามาทดแทนดินลูกรังในการพัฒนาเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักจากเถ้าลอยไม้ยางพาราตามมาตรฐาน

7. สมมุติฐานของการวิจัย

เถ้าลอยจากไม้ยางพาราสามารถนำมาเป็นส่วนผสมทดแทนดินลูกรังในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 602/2547) ได้

8. ตัวแปร

ตัวแปรต้น :อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

ตัวแปรตาม :ลักษณะทั่วไป กำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาวและน้ำหนัก

ตัวแปรควบคุม :ปริมาณปูนซีเมนต์ ทรายและน้ำ

9. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิจัย

1. สามารถนำกากของเสียเหลือทิ้ง (เถ้าลอยไม้ยางพารา) จากกระบวนการผลิตไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมปลาประป่องมาพัฒนาเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

2. สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับกากของเสียเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

3. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักจากกากของเสียอุตสาหกรรมและสามารถลดข้อด้อยของอิฐบล็อกประสานที่มีน้ำหนักมากโดยใช้ส่วนผสมของเถ้าลอยทดแทนดิน ซึ่งเถ้าลอยมีน้ำหนักเบา

4. ช่วยลดอัตราการเกิดขยะที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

10. ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การเตรียมวัสดุ

- เถ้าลอยจากไม้ยางพาราได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัททรอปิคอล แคนนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

- ดินลูกรัง ซื้อจากร้านหาดใหญ่แซนบล็อก ตำบลคลองอู่ตะเภา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

2. เครื่องอัดขึ้นภาพอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ได้รับความอนุเคราะห์จากร้านหาดใหญ่แซนบล็อกตำบลคลองอู่ตะเภา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

3. การทดสอบประสิทธิภาพ

- ทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาว การดูดกลืนน้ำและลักษณะทั่วไปณ ศูนย์วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

- วิเคราะห์การต้านแรงอัด ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

11. นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในงานวิจัย

เถ้าลอย (Fly ash) เป็นขี้เถ้าที่มีขนาดเม็ดละเอียด ขนาดตั้งแต่ 0.001-1.0 มิลลิเมตร จะลอยปะปนไปกับก๊าซร้อนจากปล่องควันแต่จะถูกจับโดยเครื่องดักจับฝุ่นแบบเปียก มีลักษณะเป็นเนื้อละเอียดสีเทา (อาบาดีน ดะแซสาแมะ และคณะ, 2554)

ไม้ยางพารา (Para-rubber wood) หรือบางครั้งเรียกอย่างย่อว่าไม้ยาง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Heveabrasiliensis เป็นไม้ที่นิยมนำมาใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ไม้คุณภาพสูง เนื่องจากคุณสมบัติเด่นของไม้ยางที่เหมาะสมกับการนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ เช่น ความหนาแน่นของเนื้อไม้ สีสันที่สวยงาม การหดตัวน้อยและสามารถตกแต่งผิวได้ง่าย นอกจากนี้ไม้ยางพารายังได้ชื่อว่าเป็นไม้ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม้ยางพารานั้นได้มีการนำส่วนต่างๆ ของต้นยางมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพส่วนประกอบทั้งหมดสามารถนำมาใช้ได้ทุกส่วน ตั้งแต่ยางของต้นไม้จนถึงขั้นตอนสุดท้ายที่ตัดไม้ออกมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์

ดินลูกรัง (Lateritic soil) หมายถึง ดินที่เกิดจากการสลายตัวและพัฒนามาเป็นระยะเวลานานภายใต้สภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเป็นส่วนใหญ่ มีองค์ประกอบของเหล็กและอะลูมินัมออกไซด์ในปริมาณสูงอันเป็นผลมาจากกระบวนการเกิดศิลาแลง

อิฐบล็อกประสาน (Interlocking block) หมายถึง อิฐบล็อกที่ได้จากการนำดินลูกรัง ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่นๆ เช่น หินฝุ่น ทราย กวนให้เข้ากัน เทลงในแบบพิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรูร่องและเดือย อัดเป็นก้อน แล้วบ่มให้แข็งตัว (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547, 2547)

อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก (Non-load interlocking block) หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547, 2547

12. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

12.1เถ้าลอย (Fly ash) จากไม้ยางพารา

เถ้าลอยจากไม้ยางพารา เป็นเถ้าที่เกดจากการเผาไม้ยางพาราในการผลิต ไอน้ำ มีลักษณะเป็นเม็ดละเอียด (มีขนาด 1-100 ไมโครเมตร) น้ำหนักเบา มีสีน้ำตาลอมเทา การกระจายของขนาดเม็ดค่อนข้างสม่ำเสมอ ความข้นเหนียวต่ำ มีพื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักสูงกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดธรรมดาประมาณ 2 เท่า

12.2 การเกิดเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

ภายในโรงงานโรงงานทรอปิคอล แคนนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) มีการใช้เครื่องให้กำเนิดไอน้ำหรือหม้อไอน้ำ(Boiler) มี 2 แบบ คือ แบบใช้น้ำมันเตาและแบบใช้เชื้อเพลิง ซึ่งบอยเลอร์ภายในโรงงานทั้งหมด 4 ตัว แบบใช้น้ำมันเตา 2 ตัวและแบบใช้เชื้อเพลิง 2 ตัว กรณีนี้ได้มีการศึกษาบอยเลอร์แบบใช้เชื้อเพลิงในการผลิตเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนผลิต วัตถุดิบที่ให้ความร้อนคือไม้ยางพารา (Parawood) ที่ได้มีการจัดซื้อมาจากจังหวัดพัทลุง ซึ่งมีการจัดซื้อไม้ยางพาราจำนวนมากมาเก็บไว้เพื่อรองรับการผลิต โดยภายในโรงงานมีการใช้รถบรรทุกทำการขนส่งลานเก็บไม้ยางพารามายังแผนกบอยเลอร์ โดยจะมีพนักงานที่ขับรถคีบไม้ยางพาราโดยจะทำการคีบไม้ยางพาราไปใส่ในสายพานเพื่อลำเลียงไม้ยางพาราเข้าสู่ห้องเชื้อเพลิงซึ่งมีการเผาที่อุณหภูมิสูง โดยความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ จะถูกส่งไปในท่อเหล็กจำนวนมากที่ประกอบตามความยาวของหม้อไอน้ำ ทำให้น้ำโดยรอบท่อเดือดและเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอน้ำ ไอน้ำที่ได้จะถูกส่งไปยังตัวดักไอน้ำหรือสตรีมแทรป (Steam trap) ก่อนที่จะถูกนำไปใช้และจ่ายในส่วนการผลิตต่างๆภายในโรงงาน ส่วนเถ้าหนักจะตกลงด้านล่างของห้องเผาเชื้อเพลิง แต่เถ้าลอยเมื่อเกิดการเผาไหม้ในห้องเชื้อเพลิงแล้ว จะมีน้ำหนักเบาและถูกส่งออกไปยังตัวไซโคลน (Cyclone)และสครับบิง (Scrubbing) ไซโคลนและสครับบิงจะทำหน้าที่แยกก๊าซออกจากเถ้าลอย หลังจากนั้นก๊าซและอากาศต่างๆจะลอยออกสู่ปล่องควัน ส่วนเถ้าลอยจะตกลงสู่ก้นถังที่ได้มีการนำภาชนะมารองรับ เถ้าลอยและเถ้าหนักที่ได้จากกระบวนการเผาเชื้อเพลิงนั้นจะถูกนำไปฝังกลบที่โรงงานได้มีการจัดเตรียมไว้

12.3 สมบัติทางเคมีของเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

ตารางที่ 12.3-1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

องค์ประกอบทางเคมี	เถ้าลอยจากไม้ยางพารา (%)			
	งานวิจัย [1)]	งานวิจัย [2)]	งานวิจัย [3)]	งานวิจัย [4)]
SiO_2	1.08	2.33	1.61	15.14
Al_2O_3	0.31	0.41	0.25	1.06
Fe_2O_3	0.76	1.12	0.92	0.56
CaO	33.93	54.45	58.17	52.34
MgO	1.77	15.19	4.68	-
Na_2O	-	1.92	-	-
K_2O	13.06	18.85	13.68	19.05
SO_2	-	2.42	-	-
SO_3	1.65	-	1.40	3.29
อื่นๆ	21.34	-	-	2.64

ที่มา : [1]อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2554) เรื่องสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของอิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพาราโดยใช้เถ้าลอยจากโรงงานไฟฟ้าพลังงานชีวมวล

[2]ทองแดง เดียวกี่ และคณะ (2548) เรื่องอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าไม้ยางพาราโดยใช้เถ้าลอยจากโรงงานไฟฟ้าพลังงานชีวมวล

[3]อนุพล ตันนโยภาส และ จิรชาติ เจ้าสินเจริญ (2543) เรื่องการใช้เถ้าลอยในงานคอนกรีตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยใช้เถ้าลอยจากการอบนิ่งไม้เพื่อฆ่าเชื้อราของโรงงานเฟอร์นิเจอร์

[4]วิจิตร พรมสุวรรณ และวาซินีย์ หลำเบ็นสะ (2555) เรื่องการศึกษาการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าแกลบกับขี้เลื่อยสำหรับอิฐบล็อกไม่รับน้ำหนัก

12.4 วัสดุปอซโซลาน

ความหมายของวัสดุปอซโซลาน

วัสดุที่มีซิลิกาหรือซิลิกาและอลูมินาเป็นส่วนใหญ่ โดยปกติวัสดุปอซโซลานจะมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานน้อยมากหรือไม่มีเลยแต่ถ้าวัสดุปอซโซลานอยู่ในภาพของผงละเอียด

และมีความชื้นเพียงพอจะสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติ และเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานคล้ายกับปูนซีเมนต์ คือมีความแข็งแรงยึดเกาะได้ดี วัสดุปอซโซลานที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ เถ้าถ่านหิน ซึ่งได้นำมาใช้เป็นวัสดุผสมส่วนหนึ่งในคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เพื่อช่วยให้คอนกรีตมีคุณสมบัติดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีเถ้าหนักและเถ้าลอย จากไม้ยางพารา ปาล์ม แกลบ เป็นต้น ที่มีงานวิจัยอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน สิ่งสำคัญประการหนึ่งของวัสดุปอซโซลาน คือ จะต้องมีความละเอียดสูง จึงจะสามารถทำปฏิกิริยาเคมีได้ดีและรวดเร็ว

12.4.1ปฏิกิริยาไฮเดรชันที่เกิดขึ้นกับปฏิกิริยาปอซโซลาน

ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration Reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ผลที่ได้คือแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium Silicate Hydrate,CSH) ($3CaO•2SiO_2•3H_2O$ ซึ่งเป็นสารที่มีความแข็งแรงและเป็นองค์ประกอบหลักที่ช่วยเพิ่มกำลังให้กับคอนกรีต และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2

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

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

ปฏิกิริยาปอซโซลานเป็นปฏิกิริยาที่เกิดต่อเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน โดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ที่เกิดจากปฏิกิริยาในสมการที่ 2.1 และ 2.2 เป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาร่วมกับซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอลูมินาไตรออกไซด์ (Al_2O_3) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของวัสดุปอซโซลาน เช่น เถ้าถ่านหิน เถ้าไม้ยางพารา และซิลิกาฟูม ผลที่ได้จากปฏิกิริยาปอซโซลาน คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium Silicate Hydrate , CSH) และแคลเซียมอลูมิเนียมไฮเดรต (Calcium Aluminate Hydrate CAH) ซึ่งเป็นสารที่ให้กำลังแก่คอนกรีต เช่นเดียวกับที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชันดังที่กล่าวข้างต้น ในส่วนของปฏิกิริยาปอซโซลานมีสมการเคมีดังแสดงในสมการ 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ

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

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

ค่า x, y และ z ในสมการที่ 2.3 และ q, r และ s ในสมการที่ 2.4 เป็นค่าที่แปรผันตามชนิดของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตและแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรตที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาปอซโซลานสารประกอบ CSH และ CAH นอกจากจะช่วยเพิ่มกำลังให้กับคอนกรีตแล้ว ยังช่วยให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคของเม็ดปูนซีเมนต์ลดลงทำให้อัตราการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตลดลงตามไปด้วย

12.5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทย แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็น 5 ประเภท คือ

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Normal portland cement) ใช้สำหรับลักษณะงานธรรมดาที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว และตราเพชรเม็ดเดียว

2) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modifird portland cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตที่ต้องการลดอุณหภูมิเนื่องจากสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง งาน คอนกรีตเหลาหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกิดความร้อน และทนซัลเฟตได้ปานกลาง เช่น งานสร้างเขื่อนคอนกรีตกำแพงดินหนาๆ หรือท่อคอนกรีตขนาดใหญ่ๆ ตอหม้อ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเจ็ดเศียร

3) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่มีความแข็งแรงสูง (High-early-strength-Portland Cement) ปูนซีเมนต์ให้กำลังสูงในระยะแรก มีเนื้อเป็นผงละเอียดกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา มีประโยชน์สำหรับคอนกรีตที่จะต้องใช้งานเร็วหรือรื้อแบบได้เร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต ถนน พื้น และคานที่ต้องถอนแบบเร็ว เป็นต้น ได้แก่ ปูนตราเอราวัณ ตราพญานาคสีแดง และตราสามเพชร

4) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดความร้อนต่ำ (Low-heat portland cement) สามารถลดปริมาณความร้อนเนื่องจากการรวมตัวของปูนซีเมนต์กับน้ำ ซึ่งจะสามารถลดการขยายตัวและหดตัวของคอนกรีตภายหลังการแข็งตัว ใช้มากในงานก่อสร้างเขื่อนเนื่องจากอุณหภูมิของคอนกรีตต่ำกว่างานชนิดอื่น ไม่เหมาะสำหรับงานโครงสร้างทั่วไปเพราะแข็งตัวช้า

5) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดทนซัตเฟตได้สูง (Sulfate-resistant portland cement) ใช้ในบริเวณที่น้ำหรือดินมีค่าความด่างสูง มีระยะการแข็งตัวช้า และมีการกระทำของซัลเฟตอย่างรุนแรง ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราปลาฉลาม

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

ตารางที่ 2.1-2 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ชื่อของสารประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ชื่อย่อ
ไตรแคลเซียมซิลิเกต	$3CaO•SiO_2$	C_3S
ไดแคลเซียมซิลิกา	$2CaO•SiO_2$	C_2S
ไตรแคลเซียมอะลูมิเนต	$3CaO•Al_2O_3$	C_3A
เตตตราแคลเซียมอะลูมิโนเฟอไรต์	$4CaO•Al_2O_3•Fe_2O_3$	C_4AF

หมายเหตุ: C_3S ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้เร็วภายใน 14 วัน

C_2S ทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้ช้า ความร้อนเกิดบ่อยขึ้น

C_3A ทำให้ปูนซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาเริ่มแข็งตัวเกิดความร้อนสูง มีกำลังรับแรงเร็ว

C_4AF ทำให้ปูนซีเมนต์มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเติมเข้าไปเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้น

12.6 ดินลูกรัง

ดินลูกรัง (Lateritic Soils) หมายถึง ดินสีแดงที่มีออกไซด์ของเหล็กและอลูมินัมในปริมาณที่สูงอันเป็นผลมาจากการเกิดกระบวนการ (Laterization) ดินดังกล่าวมีคุณสมบัติที่แข็งตัวได้เอง (Self -Hardening) และมีเม็ดลูกรังหรือเม็ดกรวดประเภท ศิลาแลง หรือ หินกรวดทรายขาว ผสมปนอยู่

ศิลาแลง (Laterite rock) หมายถึง ลูกรังที่เกิดการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ของหินมากกว่าดิน เช่น หิน ศิลาแลง

หินกรวดทรายขาว (Laterite gravel) หมายถึง ลูกรังที่มีลักษณะคล้าย ศิลาแลง แต่เป็นเม็ดแข็ง ขนาดเม็ด หยาบ ไม่ได้มีการรวมตัวเป็นก้อนอย่าง ศิลาแลง

ประเทศไทยมีอากาศแบบร้อนชื้น โดยมีฤดูร้อนและฤดูฝนสลับกันเป็นระยะเวลายาวนาน สภาพภูมิอากาศเช่นนี้เหมาะแก่การก่อกำเนิดดินลูกรังเป็นอย่างยิ่ง ในประเทศไทยจะพบดินลูกรังมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออกและภาคเหนือ หินต้นกำเนิดดินลูกรังส่วนใหญ่เป็นหินทราย หินบะซอลท์และหินดินดาน ในประเทศไทยได้มีการวิจัยลักษณะการเกิดและคุณสมบัติของดินลูกรังมาบ้างพอสมควร ซึ่งประเทศไทยจะพบดินลูกรังมากกว่าหินลูกรัง ดินลูกรังที่พบมักจะพบในลักษณะของกรวด ทราย ดินตะกอน และดินเหนียวที่มีออกไซด์ของเหล็กปนอยู่ในปริมาณสูง ลูกรังที่จับเกาะกันเป็นก้อนใหญ่ไม่ค่อยพบบ่อยนัก ดินลูกรังที่ใช้ในการก่อสร้างทางหลวงมักจะได้จากการขุดและการดันผสมกองเป็น คลังสินค้า (Stockpile) อันประกอบไปด้วยดินตะกอนและดินเหนียวที่มี

เหล็กออกไซด์ปริมาณสูงผสมรวมอยู่กับเม็ดลูกรังซึ่งมีความแข็งต่างกัน ดินลูกรังที่เกิดขึ้นเป็นก้อนใหญ่หรือเป็นพืดแข็งติดต่อกันจะไม่นำมาใช้ในงานก่อสร้างทางหลวง สภาวะที่เหมาะสมที่จะก่อให้เกิดดินลูกรังในประเทศไทยได้แก่ สภาวะแร่เหล็กหรืออลูมินัมที่สะสมในปริมาณสูงอย่างน้อยร้อยละ 1-2 สภาวะที่ดินมีการระบายน้ำดี สภาวะที่มีออกซิเจนในน้ำใต้ดินสูง และสภาวะที่สิ่งแวดล้อมมีภาวะเป็นกรด รวมทั้งสภาวะที่ภูมิประเทศมีความเหมาะสมที่จะก่อให้เกิดการชะล้างในดินได้ดี ความแข็งแรงของเม็ดดินลูกรังอาจจะเพิ่มขึ้นได้ภายหลังการขุด การที่ดินลูกรังได้ตากแดดจะทำให้ดินลูกรังเกิดปฏิกิริยาเคมีกับออกซิเจนในอากาศ วงจรเปียกสลับกับแห้งจะช่วยให้ออกซิเจนแทรกซึมเข้าไปในเม็ดลูกรังและเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องอันทำให้ดินลูกรังแข็งแรงมากยิ่งขึ้น ดินลูกรังถือว่าเป็นวัสดุที่จะนำมาใช้ในการสร้างทางได้ถ้าหากมีการกำหนดมาตรฐานและขีดจำกัดอันจะทำให้สามารถใช้ดินลูกรังเป็นวัสดุก่อสร้างชั้นรองพื้นทางและผิวทางชั่วคราวได้อย่างเหมาะสม ดินลูกรังในประเทศไทยมีปริมาณเหล็กออกไซด์และอลูมินัมค่อนข้างสูงดังแสดงใน**ตารางที่ 2.1-1**

ตารางที่ 2.1-1 ปริมาณซิลิกาและเซสควิออกไซด์ของดินลูกรังในประเทศไทย

ลักษณะดินและหิน	SiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	Al_2O_3 (%)	SiO_2/R_2O_3
ดินทราย	47.0	30.1	12.7	3.2
Basaltic Country Rock	23.6	39.9	21.8	0.9
วัสดุต้นกำเนิดส่วนผสม	31.3	40.0	17.7	1.4
วัสดุอื่นๆ	37.9	40.0	11.9	2.1

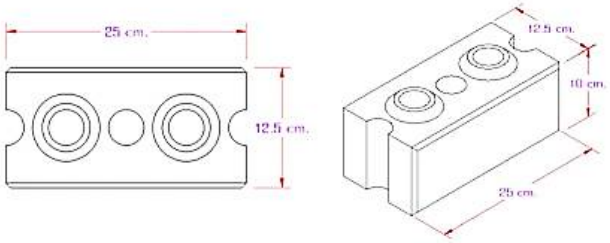
ที่มา: Pendleton and Sharasuva (2013)

12.7อิฐบล็อกประสาน

บล็อกประสานคือ วัสดุก่อรับน้ำหนักที่ได้ทำการพัฒนาภาพแบบให้มีรู และเดือยบนตัวบล็อก เพื่อให้สะดวกในการก่อสร้าง โดยเน้นการใช้วัตถุดิบในพื้นที่ ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งต่างๆที่มีความเหมาะสม นำมาผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม อัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดแล้วนำมาบ่ม ให้บล็อกแข็งตัวประมาณ 10 วัน จะได้คอนกรีตบล็อกที่มีความแข็งแกร่ง มีภาพลักษณะพิเศษ ที่สามารถใช้ในการก่อสร้างอาคารต่าง ๆ หรือก่อเป็นถังเก็บน้ำได้อย่างรวดเร็ว สวยงาม และประหยัดกว่างานก่อสร้างทั่วไป

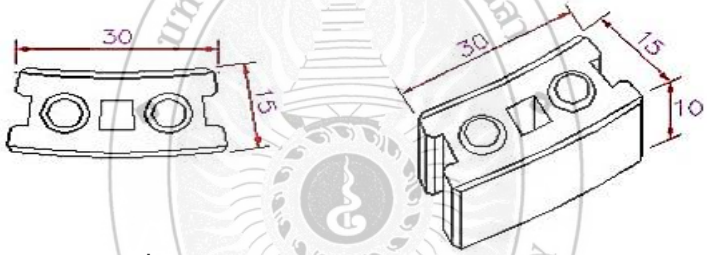
บล็อกประสานแบ่งการใช้งานเป็น 2 ประเภท เพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน

1) บล็อกตรงหรือทรงสี่เหลี่ยมใช้สำหรับก่อสร้างอาคาร



ภาพที่ 1 อิฐบล็อกประสานสี่เหลี่ยม ขนาดเต็มก้อน 12.5x25x10 ซ.ม.

2) บล็อกโค้งใช้สำหรับก่อสร้างถังเก็บน้ำ (ดังแสดงใน**ภาพที่ 2.1-2**)



ภาพที่ 2 อิฐบล็อกประสานโค้งขนาด 15 x 30 x 10 ซ.ม.

วัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับทำบล็อกประสาน

วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสม หรือ มวลรวมละเอียดของบล็อกประสานควรมีขนาดเล็กกว่า 4 มม. ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย และเถ้าลอย(Fly ash)จากโรงงานผลิตไฟฟ้า โดยมวลรวมละเอียดที่ใช้ควรมีลักษณะตามมาตรฐานการแบ่งชั้นคุณภาพดินและมวลรวม สำหรับงานก่อสร้างทางหลวง (ASTM D3282 Standard Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes) คือมีฝุ่นดินไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก หรือทดสอบเบื้องต้นโดยนำดินใส่ขวดครึ่งหนึ่ง เติมน้ำแล้วเขย่าให้เข้ากัน เมื่อหยุดเขย่า สังเกตส่วนที่ตกตะกอนทันทีแล้วขีดเส้นไว้ รอจนตกตะกอนทั้งหมดจนน้ำใส แล้ววัดตะกอนฝุ่นไม่ควรเกินร้อยละ 15 โดยปริมาตร ถ้าวัตถุดิบมีมวลหยาบผสมอยู่มากสามารถใช้เครื่องบดร่อนจะทำให้ผิวบล็อกเรียบขึ้น

ปูนซีเมนต์สำหรับงานบล็อกประสาน คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์(ปูนโครงสร้าง) จะให้ก้อนบล็อกประสานมีความแข็งแกร่ง ทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดี การใช้ปูนซีเมนต์ผสม (ปูนก่อฉาบ) คุณภาพจะต่ำกว่าทำให้ต้องใช้ปริมาณปูนมากขึ้น เพื่อให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ต้นทุนสูงขึ้น

ส่วนผสมของบล็อกประสานที่เหมาะสมควร ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ส่วนใหญ่มีอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมประมาณ 1 : 6 ถึง 1 : 7 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของมวลรวมเป็นหลัก

ภาพที่ 3 เครื่องอัดบล็อกประสานเครื่องอัดด้วยแรงคน

1. เป็นเครื่องอัดด้วยแรงคนแบบมือโยกใช้การทดแรงแบบคานงัดคานดีด

2. สามารถผลิตได้วันละประมาณ 400-800 ก้อน ขึ้นอยู่กับจำนวนแรงงานและความชำนาญเครื่องอัดไฮดรอลิก

ภาพที่ 4 เครื่องอัดอิฐประสานแบบอุตสาหกรรมขนาดย่อม

เป็นเครื่องอัดแบบอุตสาหกรรมขนาดย่อมใช้มอเตอร์เป็นตัวขับน้ำมันสร้างแรงดันในท่อไฮดรอลิก

- สามารถผลิตได้วันละประมาณ 1,000 - 1,300 ก้อน
- อัดได้ครั้งละ 2 - 4 ก้อน

ขั้นตอนการทำบล็อกประสาน

1. ทดสอบแหล่งดินเพื่อหาแหล่งที่เหมาะสมที่สุด และกำหนดส่วนผสมที่เหมาะสม

ภาพที่ 5 การเตรียมดิน

2. เตรียมวัตถุดิบ ถ้ามีความชื้นมากควรนำไปตากให้แห้งและกองเก็บวัตถุดิบในที่ร่มให้มากเพียงพอที่จะทำการผลิตตลอดเวลา หากดินเป็นก้อน หรือมีมวลหยาบน้อย ควรร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 – 4 มม. ไม่ควรใช้ตาละเอียดมากเกินไป เพราะจะทำให้ได้แต่เนื้อฝุ่นดิน ทำให้ก้อนบล็อกไม่มีความแข็งแรง ถ้าเนื้อดินมีก้อนใหญ่หรือมวลหยาบมากควรใช้เครื่องบดร่อน แล้วกองเก็บในที่ร่มเพื่อรอผลิต

ภาพที่ 6 การผสมดิน

3. ในการผสม ควรผสมดินแห้งหรือมวลรวมกับซีเมนต์ให้เข้ากันก่อน แล้วค่อย ๆ เติมน้ำโดยใช้ฝักบัว หรือหัวฉีดพ่นให้เป็นละอองกว้าง น้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำสะอาด ใช้ผสมหลังจากผสมดิน และซีเมนต์เข้ากันแล้วในปริมาณที่พอเหมาะ โดยใช้ปริมาณน้ำที่ดีที่สุด

ภาพที่ 7 การอัดอิฐด้วยแรงคน

4. หลังจากนั้นจึงนำดินที่ผสมแล้วเข้าเครื่องอัด โดยตวงวัดหน่วยเป็นน้ำหนัก เติมส่วนผสมลงในแบบอัดโดยใช้น้ำหนักมากที่สุดที่สามารถทำงานได้สะดวก ควรใช้ส่วนผสมให้หมดภายใน 30 นาที หลังจากผสมน้ำ เพื่อป้องกันปูนก่อตัวก่อนอัดขึ้นภาพ

ภาพที่ 8 อิฐบล็อกประสานที่อัดเสร็จแล้ว

5. บล็อกประสานที่อัดเป็นก้อนแล้วควรผึ่งในที่ร่มอย่างน้อย1 วันจึงเริ่มบ่มจนอายุครบ 7 วัน

ภาพที่ 9 การบ่มอิฐบล็อกประสาน

วิธีการบ่ม

หลังจากนำบล็อกออกจากเครื่องอัดแล้วนำมาจัดเรียงในที่ร่มจนมีอายุครบ 1 วัน เริ่มบ่มโดยการรดน้ำด้วยฝักบัวหรือฉีดพ่นเป็นละอองให้ชุ่ม แล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติกไม่ให้ไอน้ำระเหยออก ทิ้งไว้จนมีอายุครบ 14 วันจนมีความแข็งแรงพร้อมส่งออกจำหน่ายหรือใช้งานได้ ไม่ควรเคลื่อนย้ายก่อนกำหนดเพราะจะทำให้ก้อนบิ่น หรือเกิดการแตกร้าวได้ง่าย การบ่มไม่ควรให้น้ำมากเกินเพราะอาจทำให้มีปัญหาคราบขาวได้ ควรบ่มด้วยปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ คือเพียงแค่ให้มีความชื้นก็เพียงพอ

12.8งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อาบีดีน ดะแซสาเมาะและคณะ (2554) ศึกษาอิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าไม้ยางพาราแทนที่ดินเพื่อผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานวัสดุผสมที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าไม้ยางพารา ทราย และดินลูกรัง จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนเถ้าไม้ยางพาราส่งผลให้ค่าความหนาแน่นลดลง แต่อัตราการดูดซึมน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่ากำลังต้านทานแรงอัด พบว่ากำลังอัดจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของ เถ้าไม้ยางพาราเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาตามมาตรฐาน มอก. 58-2533 พบว่า อิฐที่มีอัตราส่วนของปูนซีเมนต์ปอรต์แลนด์ : เถ้าไม้ยางพารา : ทราย : ดินลูกรัง เท่ากับ 3 :2 :1 :1 มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักหรือใช้งานเพื่อการประดับตกแต่ง

สำเร็จ สารมาคม (2556) การประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตอิฐบล็อกประสาน งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการทำเถ้าลอยในการแทนที่ปูนซีเมนต์ ในการผลิตอิฐบล็อกประสานที่ใช้ในงานโครงสร้างแบบไม่รับแรงแบกทาน รวมทั้งนำเสนออัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยที่เหมาะสม กำลังอัดของบล็อกประสานในโครงสร้างไม่รับแรงแบกทานต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินที่ใช้ในการศึกษานี้เท่ากับ 1:6 และ 1:8 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กันในทางปฏิบัติ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของบล็อกประสานมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยจนถึงร้อยละ 30 (ค่าเหมาะสม) หลังจากนั้น ความหนาแน่นแห้งจะมีค่าลดลง กำลังอัดของบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยแม้ว่าหน่วยน้ำหนักจะมีค่าเพิ่มขึ้น อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับผลิตอิฐบล็อกประสานในงานโครงสร้างไม่รับแรงแบกทานคือ 1/8 หากพิจารณากำลังรับแรงอัดที่เท่ากับ 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าลอยที่เหมาะสมเท่ากับ 92:8 87:13 และ 60:40 ที่อายุบ่ม 7 14 และ 28 วัน ด้วยต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 1.90 1.85 และ 1.58 บาท

รอซี ผิวดี และคณะ (2558) ศึกษาการใช้เถ้าแกลบและเถ้าไม้ยางพารามาทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักจากการศึกษาพบว่ามี 5 ชุดการทดลองที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานความต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาว และความชื้น คือ CP1 (95:5) CP2 (90:10) CRP1 (95:5) CR1 (95:5) และ CP3 (85:15) โดยพบว่าชุดการทดลอง CP1 (95:5) เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด คือมีค่าความต้านแรงอัด 5.91 MPa การดูดกลืนน้ำ 5.2 % การเปลี่ยนแปลงความยาว 0.034 และความชื้น 19.81% อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าแกลบ 95:5 (CP1) 90:10 (CP2) และ85:15 (CP3) อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าไม้ยางพารา 95:5 (CP1) อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ : เถ้าแกลบ : เถ้าไม้ยางพารา 95:5 (CRP1)

13. วิธีการวิจัย

13.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. ดินลูกรังบดละเอียด
2. น้ำสะอาด
3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
4. เถ้าลอยจากไม้ยางพารา
5. ทราย
6. เครื่องอัดอิฐประสาน
7. เครื่องประสมดิน
8. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม4ตำแหน่ง
9. ตู้อบความร้อน
10. ตะแกรงร่อน ขนาด 2 มิลลิเมตร
11. เครื่องทดสอบต้านแรงอัด
12. ชุดอุปกรณ์การทดสอบการดูดกลืนของน้ำ
13. เครื่องบดดินลูกรัง

13.2 วิธีการทดลอง

การเตรียมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

1. เถ้าลอยจากไม้ยางพารานำมาจากบริษัท ทรอปิคอล แคลนนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) จากหน่วยวิศวกรรมพลังงานแผนกบอยเลอร์

2. นำเถ้าลอยมาอบให้แห้งในตู้อบความร้อนอุณหภูมิ 110 องศาเป็นเวลา 24 ชั่วโมงหลังจากนั้นนำมาใส่ในตู้ดูดความชื้นแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงเพื่อให้เถ้ามีขนาดเท่ากัน

3. นำเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่ผ่านการร่อนตะแกรง ขนาด 2 มิลลิเมตรแล้ว มาชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนที่ต้องการแล้วนำไปใส่ในถุงซิปใสเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

13.3 การกำหนดอัตราส่วนผสมอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักของเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลในการผลิตอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก โดยใช้อัตราส่วนผสมตามร้านผลิตอิฐประสาน คือ ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง (1:6) จึงได้มีการพัฒนาและมีแนวคิดที่เถ้าลอยจากไม้ยางพารามาทดแทนที่ดินในอัตราส่วนดินต่อเถ้าดังนี้ (95:5):6 (90:10):6 (85:15):6 (80:20):6 (75:25):6 และ(70:30):6 ตามลำดับมีรายละเอียดดังนี้

ตารางแสดง อัตราส่วนส่วนผสมอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักของเถ้าหนักจากไม้ยางพารา

สูตร	อัตราส่วนผสม (ปูนซีเมนต์: ทราย:ดินลูกรัง)	อัตรา (ดินลูกรัง: เถ้า)	ปริมาณที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสาน ต่อ 1 ก้อน			
			ปูน (g)	เถ้า (g)	ทราย (g)	ดิน (g)
ชุดควบคุม	1:1.5:4.5	100:0	743	0	1114	3343
BF1	1:1.5:4.5	95:5	743	167	1114	3176
BF2	1:1.5:4.5	90:10	743	334	1114	3009
BF3	1:1.5:4.5	85:15	743	501	1114	2842
BF4	1:1.5:4.5	80:20	743	668	1114	2675
BF5	1:1.5:4.5	75:25	743	835	1114	2508
BF6	1:1.5:4.5	70:30	743	1003	1114	2340

หมายเหตุ: การผสมน้ำจะพิจารณาจากลักษณะของส่วนผสมทดสอบโดยกำส่วนผสมที่กวนแล้วจะมีลักษณะเป็นก้อนและกำไม่ติดมือ

13.4 การขึ้นภาพอิฐบล็อกประสาน

1. เตรียมส่วนผสมตามอัตราส่วนในตาราง5,6 และ7ใส่ลงในเครื่องผสมดินเติมน้ำลงไปเล็กน้อย เพื่อช่วยในการจับตัวของส่วนผสมทั้งหมด

2. นำส่วนผสมทั้งหมดจากเครื่องผสมดินใส่ในเครื่องอัดอิฐประสานหลังจากนั้นเครื่องจะทำงานอัตโนมัติอัดอิฐขึ้นมาเป็นภาพ

3. หลังจากนั้นนำอิฐบล็อกประสานที่ได้มาจัดเรียงในที่ร่มจนมีอายุครบ 1 วันก่อนขนย้ายและเริ่มบ่มอิฐเป็นเวลา 7 วัน โดยการฉีดพรมน้ำเป็นละอองให้ชุ่ม แล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติก เพื่อไม่ให้น้ำระเหยออก ทิ้งไว้ตามอายุที่ 7 วัน จึงนำมาทดสอบต่อไป

13.5 การทดสอบอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

13.5.1 การทดสอบกำลังต้านแรงอัด

โดยกำหนดอายุวันที่ใช้ทดสอบที่ 7 วันมา 6 ก้อนต่อ 1 สูตรการทดสอบหาค่ากำลังต้านแรงอัดโดยการกดชิ้นทดสอบในด้านยาวของชิ้นทดสอบจนได้แรงอัดสูงสุดเมื่อชิ้นทดสอบแตกหักนำมาค่ากำลังต้านแรงอัดซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรโดยมีขั้นตอนดังนี้

1.วัดขนาดอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าหนักกับเถ้าลอยเป็นมิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x หนา) แล้วชั่งน้ำหนักโดยอ่านค่าละเอียดถึง 0.5กรัม

2. นำเข้าเครื่องทดสอบเพื่อหาค่ากำลังต้านแรงอัด โดยใช้อัตราการเพิ่มแรงอัดประมาณ 100 กก./ตร.ซม. จนกระทั่งอิฐพังทลายแล้วบันทึกค่าแรงอัดสูงสุด(ประชุมคำพุฒ 2553)

3. คำนวณค่ากำลังต้านแรงอัดโดยสูตรที่ใช้คำนวน คือ

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

เมื่อ σ = กำลังต้านแรงอัด (กก./ตร.ซม.)

P= แรงกดที่ทำให้ชิ้นส่วนเกิดการวิบัติ(กก.)

A = พื้นที่รับแรงอัด (ตร.ซม.)

13.5.2 การทดสอบการดูดกลืนน้ำ

การทดสอบหาค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าหนักและเถ้าลอยจากไม้ยางพารา ทำโดยชักตัวอย่างอิฐบล็อกแห้งที่มีอายุ7วัน มา 6 ก้อนต่อ 1 สูตร (เป็นไปตามการชักตัวอย่าง มอก.109) โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าหนักและเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่เตรียมไว้ทดสอบมาวัดขนาด (กว้าง x ยาว x หนา) ของก้อนตัวอย่าง

2. นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่ทำการทดสอบไปแช่ให้จมอยู่ในน้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำอิฐบล็อกขึ้นมา ทิ้งไว้ให้ระบายน้ำออกเป็นเวลา 1นาที ใช้ผ้าซับหยดน้ำบนผิวอิฐบล็อกที่มองเห็นด้วยตาเปล่าทีละก้อน แล้วทำการชั่งน้ำหนักทันที จดบันทึกค่าน้ำหนักอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่ดูดซึมน้ำ

3. หลังจากการอิ่มน้ำทำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าลอยจากไม้ยางพาราให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 ถึง 115 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 24 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักทีละก้อน โดยอ่านค่าละเอียดถึง0.1 กรัม จดบันทึกค่าน้ำหนักอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่แห้ง(มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก.109)

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

13.5.3 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาว

การทดสอบอัตราการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าลอยจากไม้ยางพารา ทำโดยชักตัวอย่างอิฐบล็อกประสานที่แห้งที่มีอายุ 7 วัน มา 6 ก้อนต่อ 1 สูตร (เป็นไปตามการชักตัวอย่างมอก.109) โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. นำอิฐที่ทำการทดลองที่เตรียมไว้ทดสอบวัดขนาด (กว้าง x ยาว x หนา) ของก้อนตัวอย่าง

2. นำอิฐบล็อกที่ทำการทดลองเข้าตู้อบโดยใช้เวลาในการอบ 24ชั่วโมงจากนั้นทิ้งให้เย็นแล้วชั่งมวลและวัดความยาวของชิ้นทดสอบถือเป็นมวลในสภาพแห้งทีละก้อน คำนวณหาค่ามวลที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 40

3. นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ทำการทดลองไปแช่ในน้ำโดยผิวบนของชิ้นทดสอบอยู่ต่ำกว่า ผิวน้ำ 3 เซนติเมตรเป็นเวลา 3 วัน

4. เก็บรักษาที่ห้องหรือภาชนะปิด ชั่งมวลและวัดความยาวทุกวัน จนมวลของชิ้นทดสอบมีค่าต่ำกว่ามวลที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 40 ซึ่งคำนวณได้จากข้อ 2

5. วัดความยาวและชั่งมวลของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักทุก 3 วัน จนความยาวเข้าสู่สภาวะสมดุลโดยอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าลอยจากไม้ยางพาราต้องมีการเปลี่ยนแปลงความยาวน้อยกว่าร้อยละ 0.003 ต่อ 3 วัน

6. รายงานผลปริมาณการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกแต่ละค่า

7. คำนวณหาค่าเฉลี่ยอิฐบล็อกแต่ละอัตราส่วนผสม

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

เมื่อ L_1 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบในการวัดครั้งแรก (มิลลิเมตร)

L_2คือ ความยาวของชิ้นทดสอบเมื่อเข้าสู่สภาพสมดุล (มิลลิเมตร)

14. ระยะดำเนินการ

ระยะการดำเนินการวิจัยเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยจากไม้ยางพาราทดแทนดินสำหรับอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก มีระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยดังนี้

ตารางแสดงแสดงระยะเวลาในการดำเนินงานตลอดโครงการ

รายละเอียด	**ระยะเวลาในการดำเนินการ**			
	2559			
	ก.ค.	**ส.ค.**	**ก.ย.**	**ต.ค.**
1.ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูล	▬▬	▬	▬	
2.เขียนเค้าโครงวิจัย	▬			
3.ดำเนินการวิจัย -การเตรียมวัสดุ -การอัดขึ้นภาพอิฐบล็อกประสาน -ทดสอบคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก		▬▬		
4.สรุปและอภิปรายผลการวิจัย			▬	
5.จัดทำรายงาน				▬

15. งบประมาณในการวิจัย

รายการ	งบประมาณตลอดโครงการ
- ค่าถ่ายเอกสาร	400
- ค่ายานพาหนะ	500
- ค่าอุปกรณ์	1,000
- ค่าการขึ้นของอิฐ	1,560
รวม	3,460

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข

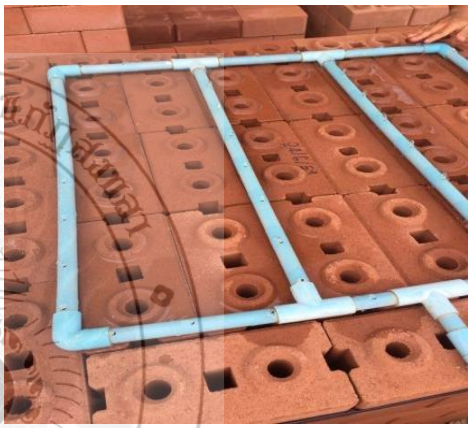
เรื่อง ภาพประกอบการทำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักจากเถ้าลอยไม้ยางพารา

1) การเตรียมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

2) การชั่งอัตราส่วน

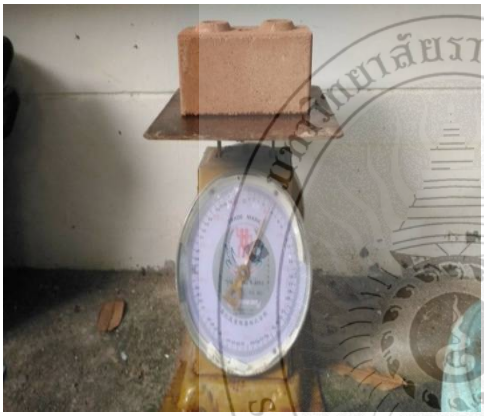
3. การอัดขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

4. การบ่มอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก



5. การทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

การทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก (ต่อ)



มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

การทดสอบสมบัติของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก (ต่อ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

ภาคผนวก ค

วิธีทดสอบสมบัติอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

1) ทดสอบลักษณะทั่วไป ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 602/2547) วัดขนาดอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักขนาดเต็มก้อน 12.5 x 25 x 10 ซ.ม.โดยแต่ละก้อนมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน±2มิลลิเมตร

2) ทดสอบกำลังต้านแรงอัด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 602/2547)

2.1 วัดขนาดอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าลอยเป็นมิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x หนา) แล้วชั่งน้ำหนักโดยอ่านค่าละเอียดถึง 0.5 กรัม

2.2 นำเข้าเครื่องทดสอบเพื่อหาค่ากำลังต้านแรงอัด โดยใช้อัตราการเพิ่มแรงอัดประมาณ 100 กก./ตร.ซม. จนกระทั่งอิฐพังทลายแล้วบันทึกค่าแรงอัดสูงสุด

2.3 คำนวณค่ากำลังต้านแรงอัดโดยสูตรคำนวณ

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

3) ทดสอบการดูดกลืนน้ำ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 602/2547)

3.1 นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่เตรียมไว้ทดสอบมาวัดขนาด (กว้าง x ยาว x หนา) ของก้อนตัวอย่าง

3.2 นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักเถ้าลอยจากไม้ยางพาราที่ทำการทดสอบไปแช่ให้จมอยู่ในน้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.3 จากนั้นนำอิฐบล็อกขึ้นมา ทิ้งไว้ให้ระบายน้ำออกเป็นเวลา 1 นาที ใช้ผ้าซับหยดน้ำบนผิวอิฐบล็อกที่มองเห็นด้วยตาเปล่าทีละก้อน แล้วทำการชั่งน้ำหนักทันที

3.4 จดบันทึกค่าน้ำหนักของอิฐ

3.5 หลังจากการอิ่มน้ำ นำอิฐไปอบตู้อบที่อุณหภูมิ110 ถึง 115 องศาเซลเซียสโดยใช้เวลา 24 ชั่วโมงปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง

3.6 ชั่งน้ำหนักทีละก้อน โดยอ่านค่าละเอียดถึง0.1 กรัมแล้วจดบันทึกค่าน้ำหนักอิฐ

3.7 คำนวณหาปริมาณการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักโดยใช้สูตร

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

4) ทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(มอก. 1505-2541)

4.1 นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ทำการทดลองที่เตรียมไว้ทดสอบวัดขนาด (กว้าง x ยาว x หนา) ของก้อนตัวอย่าง

4.2 นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ทำการทดลองเข้าตู้อบโดยใช้เวลาในการอบ 24 ชั่วโมงจากนั้นทิ้งให้เย็น

4.3 ชั่งมวลและวัดความยาวของชิ้นทดสอบถือเป็นมวลในสภาพแห้งทีละก้อน

4.4 นำอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ทำการทดลองไปแช่ในน้ำโดยผิวบนของชิ้นทดสอบอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำ 3 เซนติเมตรเป็นเวลา 3 วัน

4.5 เก็บรักษาที่ห้องหรือภาชนะปิด ชั่งมวลและวัดความยาวทุกวัน จนความยาวเข้าสู่สภาวะสมดุล

4.6 คำนวณหาค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความยาวโดยใช้สูตร

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

5) ทดสอบน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา

พารามิเตอร์นี้ไม่มีในมาตรฐาน แต่ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญ เพราะเถ้าลอยมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้น้ำหนักของอิฐบล็อกประสานลดลง เนื่องจากอิฐบล็อกประสานมีข้อด้อยคือ มีน้ำหนักมาก และการใช้เถ้าลอย ซึ่งมีน้ำหนักเบา อาจช่วยลดข้อด้อยตรงนี้ได้

นำอิฐบล็อกประสานเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 ถึง 115 องศาเซียลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงจากนั้น ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และชั่งน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานทีละก้อน

ภาคผนวก ง

ภาคผนวก ง

พารามิเตอร์และค่ามาตรฐาน

พารามิเตอร์	ชุดควบคุม	อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยจากไม้ยางพารา						มผช.602/2547 และ มอก. 1505-2541 (เฉพาะการเปลี่ยนแปลงความยาว)
		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	
ลักษณะทั่วไป (กว้างxยาวxสูง)	12.5x25x10	12.5x25x10	12.5x25x10	12.5x25x10	12.5x25x10	12.5x25x10	12.5x25x10	คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน±2 มิลลิเมตร
การต้านแรงอัด (MPa)	5.83	6.54	5.62	4.28	3.86	3.36	1.79	≥ 2.5 เมกะพาสคัล (Mpa)
การดูดกลืนน้ำ (kg/m^3)	128	149	160	176	187	208	240	≤ 208 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3)
การเปลี่ยนแปลงความยาว (ร้อยละ)	0.0010	0.0010	0.0010	0.0015	0.0030	0.0030	0.0033	≤ 0.05 ร้อยละ
น้ำหนัก (kg)	5.20	5.19	5.18	5.15	5.14	5.12	5.10	-

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ฉ

ภาคผนวก ฉ

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักด้วยสถิติแบบ Independent-Sample T Test

สถิติ SPSS ของกำลังต้านแรงอัดของอิฐโดยใช้ Independent-Sample T Test

	B0	BF1	BF2	BF3	BF4	BF5	BF6
B0	1	0.249	0.739	0.136	0.008*	0.065	0.024*
BF1	0.249	1	0.029*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
BF2	0.739	0.029*	1	0.002*	0.000*	0.000*	0.000*
BF3	0.136	0.000*	0.002*	1	0.189	0.004*	0.000*
BF4	0.008*	0.000*	0.000*	0.189	1	0.070	0.000*
BF5	0.065	0.000*	0.000*	0.004*	0.070	1	0.000*
BF6	0.024*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	1

สถิติ SPSS ของการดูดกลืนน้ำของอิฐโดยใช้ Independent-Sample T Test

	B0	BF1	BF2	BF3	BF4	BF5	BF6
B0	1	0.441	0.203	0.007*	0.005*	0.000*	0.000*
BF1	0.441	1	0.713	0.231	0.097	0.004*	0.002*
BF2	0.203	0.713	1	0.527	0.292	0.043*	0.011*
BF3	0.007*	0.231	0.527	1	0.485	0.006*	0.004*
BF4	0.005*	0.097	0.292	0.485	1	0.017*	0.010*
BF5	0.000*	0.004*	0.043*	0.006*	0.017*	1	0.193
BF6	0.000*	0.002*	0.011*	0.004*	0.010*	0.193	1

สถิติ SPSS ของการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐโดยใช้ Independent-Sample T Test

	B0	BF1	BF2	BF3	BF4	BF5	BF6
B0	1	0.000*	0.000*	0.076	0.000*	0.000*	0.000*
BF1	0.000*	1	1.000	0.076	0.000*	0.000*	0.000*
BF2	0.000*	1.000	1	0.076	0.000*	0.000*	0.000*
BF3	0.076	0.076	0.076	1	0.001*	0.001*	0.000*
BF4	0.000*	0.000*	0.000*	0.001*	1	0.000*	0.175
BF5	0.000*	0.000*	0.000*	0.001*	0.000*	1	0.175
BF6	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.175	0.175	1

สถิติ SPSS ของน้ำหนักอิฐโดยใช้ Independent-Sample T Test

	B0	BF1	BF2	BF3	BF4	BF5	BF6
B0	1	0.374	0.238	0.018*	0.009*	0.014*	0.032*
BF1	0.374	1	0.678	0.011*	0.004*	0.017*	0.043*
BF2	0.238	0.678	1	0.003*	0.001*	0.016*	0.046*
BF3	0.018*	0.011*	0.003*	1	0.101	0.114	0.140
BF4	0.009*	0.004*	0.001*	0.101	1	0.251	0.210
BF5	0.014*	0.017*	0.016*	0.114	0.251	1	0.510
BF6	0.032*	0.043*	0.046*	0.0140	0.210	0.510	1

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ภาคผนวก ช

ภาคผนวก ช

เรื่อง ประวัติของผู้วิจัย

ชื่อผู้ทำวิจัย นาย บุญชัย กาดำ

วันเดือนปีเกิด 18 มิถุนายน 2536

ที่อยู่ 88/1หมู่ 4ตำบลคลองพน อำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่ 81170

ประวัติการศึกษานักศึกษา โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ชื่อผู้ทำวิจัย นาย หมัดรอซี หวังกุหลำ

วันเดือนปีเกิด 9 พฤษภาคม 2536

ที่อยู่ 20หมู่ 2 ตำบลควนโดน อำเภอควนโดน จังหวัดสตูล 91160

ประวัติการศึกษานักศึกษา โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY