อิฐมอญผสมไบโอชาร์

CLAYBRICK MIXED BIOCHAR

ธนชาติ ไชยา

โยธิการ มาลี

ศศิธร เครือประสิทธิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLAYBRICK MIXED BIOCHAR

THANACHAT CHAIYA

YOTHIKAN MALEE

SASITHON KRUEAPRASIT

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, SCHOOL OF ENGINEEING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ อิฐมอญผสมไบโอชาร์

CLAYBRICK MIXED BIOCHAR

นักศึกษา นายธนชาติ ไชยา รหัสนักศึกษา 63015062

นางสาวโยธิการ มาลี รหัสนักศึกษา 63015143

นางสาวศศิธร เครือประสิทธิ์ รหัสนักศึกษา 63015169

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. แหลมทอง เหล่าคงถาวร

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ. สมเกรียรติ ขวัญพฤกษ์	.....
รศ.ดร. ชลิดา อู่ตะเภา	.....
รศ.ดร. แหลมทอง เหล่าคงถาวร	.....

ภาควิชาวิศกรรมโยธารับรองแล้ว

(รศ.ดร. ชลิดา อู่ตะเภา)

หัวหน้าภาควิชาวิศกรรมโยธา

วันที่.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิฐมอญผสมไบโอชาร์

ธนชาติ	ไชยา	รหัสนักศึกษา	63015062
โยธิการ	มาลี	รหัสนักศึกษา	63015143
ศศิธร	เครือประสิทธิ์	รหัสนักศึกษา	63015169

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร

ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนของไบโอชาร์จากผักตบชวาที่เหมาะสมในการผลิตอิฐมอญ และการใช้ไบโอชาร์จากผักตบชวาแทนที่ขี้เถ้าแกลบสำหรับการผลิตอิฐมอญ โดยทำการศึกษาอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ ดิน: ทราย เท่ากับ 1 : 0.1 ส่วนอัตราส่วนของไบโอชาร์ที่ผสมกับดินคือ 0% , 1.6% , 3%, 3.2% และ 4.8% โดยน้ำหนัก จากนั้นนำมาทดสอบค่าความหนาแน่น อัตราการดูดซึมน้ำและค่ากำลังรับแรงอัด(ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 77-2545) การทดสอบละ3ตัวอย่าง

จากการศึกษาพบว่าอิฐมอญผสมไบโอชาร์ที่มีการผสมขี้เถ้าแกลบและแบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบสามารถรับแรงอัดอยู่ที่ 167.52 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 90.36 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง พบว่า อิฐมอญผสมไบโอชาร์ที่ผสมขี้เถ้าแกลบสามารถรับแรงอัดได้ดีกว่าแบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ ในขณะที่อิฐมอญแบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบมีอัตราการดูดซึมน้ำมากกว่า ซึ่งอัตราส่วนผสมของไบโอชาร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการศึกษาครั้งนี้ คืออัตราส่วนผสมร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก และยังจัดอยู่ในเกณฑ์ซึ่งผ่านมาตรฐานการผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 77-2545 ตามที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLAYBRICK MIXED BIOCHAR

Mr. THANACHAT CHAIYA ID 63015062
Ms. YOTHIKAN MALEE ID 63015143
Ms. SASITHON KRUEAPRASIT ID 63015169

Advisor : Assoc Prof. Dr. Laemthong Laokhongthavom

Academic Year 2022

Abstract

The purpose of this research was to determine the suitable ratio of biochar from water hyacinth in clay brick production. and the use of water hyacinth biochar in place of rice husk ash for the production of clay bricks. The ratio by weight of clay: sand was 1 : 0.1 and the ratio of biochar mixed with soil was 0%, 1.6%, 3%, 3.2% and 4.8% by weight. Then all samples were tested for water absorption rate density, flexural test and compressive strength (according to TIS 77-2545) 3 samples per test.

The results of study shows that claybrick mixed biochar which rice husk ash containing and those without rice husk ash have compressive strength of 167.52 ksc and 90.36 ksc respectively. Comparins with the obtained values of the experiment, biochar-containing claybricks mixed with rice husk ash have hisker compressive strength than those without rice husk ash. While clay bricks without rice husk ash have a higher water absorption rate. The optimum ratio of biochar was obtained from this study. It is 3 percent by weight and also conformed to of TIS. 77-2545.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจาก ได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร และ รศ.ดร.วิรุฬห์ คำชุม ที่กรุณาให้คำปรึกษาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง คอยแนะนำช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหา คอยให้ความรู้ เอาใจใส่ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือจนสำเร็จได้ด้วยดี พวกเราผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ภาควิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุกๆรายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐานอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ นายสมบัติ เนตรสว่าง , นาย ธีรเดช คำวิไล และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำการทดลองต่างๆให้ผ่านไปด้วยดีรวมถึงให้คำแนะนำต่างๆในการทดลอง

ขอขอบคุณเพื่อนๆในคณะวิศวกรรมโยธา ที่คอยให้คำแนะนำช่วยเหลือตลอดมา รวมถึงการให้กำลังใจ และความรู้ตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาในภาควิศวกรรมโยธาในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและให้กำลังใจในการสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้ง ในพระคุณเป็นอย่างสูง

นายธนชาติ ไชยา
นางสาวโยธิการ มาลี
นางสาวศศิธร เครือประสิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**6**
2.1 กล่าวนำ	6
2.2 อิฐมอญ	6
2.2.1 ความหมายของอิฐมอญ	6
2.2.2 ประเภทของอิฐมอญ	6
2.2.3 คุณสมบัติของอิฐมอญ	7
2.2.4 มาตรฐานอิฐมอญ	7
2.3 ไบโอชาร์	9
2.3.1 ประเภทและชนิดของไบโอชาร์	10
2.3.2 องค์ประกอบทางเคมีของไบโอชาร์	11
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	**17**
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	17
3.2 วิธีการผลิตและทดสอบอิฐมอญ	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา..... 18

3.2.2 การจัดเตรียมวัสดุและส่วนผสมที่ใช้ในการศึกษา..... 23

3.3 การทดลองหารอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิฐมอญแทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ..... 29

3.3.1 วิธีดำเนินงาน..... 29

3.3.2 ขั้นตอนการทดสอบ..... 29

3.4 ทดลองหารอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิฐมอญแทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบ 34

3.4.1 วิธีดำเนินงาน..... 34

3.4.2 ขั้นตอนการทดสอบ..... 34

3.5 การทดสอบหาคุณสมบัติของอิฐมอญ..... 35

3.5.1 กำลังรับแรงอัด..... 35

3.5.2 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร..... 36

3.5.3 อัตราการดูดซึมน้ำ..... 37

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล..... 40

4.1 ผลการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบ..... 40

4.1.1 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น..... 40

4.1.2 ผลการทดสอบค่าอัตราการดูดซึมน้ำ..... 40

4.1.3 ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด..... 40

4.2 ผลการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไบโอชาร์แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ..... 42

4.2.1 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น..... 42

4.2.2 ผลการทดสอบค่าอัตราการดูดซึมน้ำ..... 42

4.2.3 ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด..... 42

4.3 ผลการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบ (เพิ่มเติม)..... 43

4.3.1 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น..... 43

4.3.2 ผลการทดสอบค่าอัตราการดูดซึมน้ำ..... 44

4.3.3 ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด..... 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	**47**
5.1 สรุปผลการวิจัย	47
5.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล	47
5.2.1 ความหนาแน่น	47
5.2.2 อัตราการดูดซึมน้ำ	47
5.2.3 กำลังรับแรงอัด	48
5.3 ปัญหาที่พบในงานวิจัย	48
5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	48
เอกสารอ้างอิง	**49**
ภาคผนวก ก. ผลทดสอบค่าความหนาแน่นอิฐมอญขนาด 5×5×5 ซม. (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)	51
ภาคผนวก ข. ผลทดสอบค่าความหนาแน่นอิฐมอญขนาด 5×5×5 ซม. (ผสมขี้เถ้าแกลบ)	52
ภาคผนวก ค. ผลทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำอิฐมอญขนาด 5×5×5 ซม. (ไม่ผผสมขี้เถ้าแกลบ)	55
ภาคผนวก ง. ผลทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำอิฐมอญขนาด 5×5×5 ซม. (ผสมขี้เถ้าแกลบ)	56
ภาคผนวก จ. ผลทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดอิฐมอญขนาด 5×5×5 ซม. (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)	58
ภาคผนวก ฉ. ผลทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดอิฐมอญขนาด 5×5×5 ซม. (ผสมขี้เถ้าแกลบ)	59
ประวัติผู้เขียน	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของขนาดอิฐแดง มอก. 77-2545..... 9

2.2 การแบบชั้นคุณภาพของอิฐมอญ..... 9

3.1 แสดงอัตราส่วนผมของอิฐมอญ แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ..... 29

3.2 แสดงอัตราส่วนผมของอิฐมอญ แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบ..... 35

ก.1 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 5.0% (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)..... 49

ก.2 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 5.0% (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)..... 49

ข.1 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 0% (ผสมขี้เถ้าแกลบ)..... 50

ข.2 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 3.0% (ผสมขี้เถ้าแกลบ)..... 50

ข.3 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 1.6% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม..... 51

ข.4 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 3.2% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม..... 51

ข.5 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 4.8% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม..... 52

ค.1 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 5.0% (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)..... 53

ค.2 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 7.0% (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)..... 53

ง.1 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 0% (ผสมขี้เถ้าแกลบ)..... 54

ง.2 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 3.0% (ผสมขี้เถ้าแกลบ)..... 54

ง.3 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 1.6% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม..... 54

ง.4 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 3.2% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม..... 55

ง.5 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 4.8% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม..... 55

จ.1 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 5.0% (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)..... 56

จ.2 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 7.0% (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)..... 56

ฉ.1 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 0% (ผสมขี้เถ้าแกลบ)..... 57

ฉ.2 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 3.0% (ผสมขี้เถ้าแกลบ)..... 57

ฉ.3 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 1.6% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม..... 57

ฉ.4 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 3.2% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม..... 58

ฉ.5 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 4.6% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม..... 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 แผนผังการทำงาน	4
2.1 แสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของถ่านไบโอชาร์	11
2.2 ภาพถ่ายพื้นผิวของไบโอชาร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนกำลังขยาย 2,500 เท่า	12
3.1 เครื่องทดสอบกำลังอัด	19
3.2 Vernier Calipers	19
3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก	20
3.4 แม่แบบขนาด 5×5×5 เซนติเมตร	20
3.5 แม่แบบขนาด 6.5×4×14 เซนติเมตร	21
3.6 ตะแกรงมาตรฐาน	21
3.7 เครื่องเผาไบโอชาร์	22
3.8 เครื่องเผาอิฐ	22
3.9 ตู้อบ	23
3.10 ดินเหนียว	23
3.11 ทรายละเอียด	24
3.12 ผักตบชวาจากแหล่งน้ำ	25
3.13 เก็บผักตบชวาจากแหล่งน้ำ	25
3.14 ล้างทำความสะอาดผักตบชวา ตัดรากและใบทิ้ง เลือกเฉพาะส่วนลำต้นของผักตบชวา	26
3.15 หั่นผักตบชวาเป็นชิ้นเล็กๆ	26
3.16 ผักตบชวาที่ทำการหั่นเสร็จ	27
3.17 นำผักตบชวาที่มาเข้าตู้เผา	27
3.18 ไบโอชารที่ได้จากการเผาผักตบชวา	28
3.19 น้ำสะอาด	28
3.20 ชั่งนำหนักของแต่ละส่วนผสมที่กำหนดไว้	30
3.21 ผสมดิน ทราย น้ำและไบโอชาร์ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้	31
3.22 ทำการบรรจุดินที่ผสมแล้วใส่แม่แบบขนาด 5×5×5 เซนติเมตร	31
3.23 ถอดแบบออก	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.24 หลังตากแดด 24 ชั่วโมง..... 32
3.25 นำอิฐไปใส่เตาเผา..... 33
3.26 อิฐที่เผาเสร็จ..... 33
3.27 การทดสอบกำลังรับแรงอัด..... 36
3.28 ชั่งน้ำหนัก..... 37
3.29 นำอิฐไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง..... 38
3.30 ชั่งน้ำหนักอิฐหลังแช่น้ำ..... 38
3.31 นำอิฐไปอบ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง..... 39
4.1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยค่าความหนาแน่นของอิฐมอญแบบผสมขี้เถ้าแกลบ..... 41
4.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญแบบผสมขี้เถ้าแกลบ..... 41
4.3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของอิฐมอญแบบผสมขี้เถ้าแกลบ..... 42
4.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยค่าความหนาแน่นของอิฐมอญแบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ..... 43
4.5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญแบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ..... 43
4.6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของอิฐมอญแบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ..... 44
4.7 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยค่าความหนาแน่นของอิฐมอญแบบผสมขี้เถ้าแกลบ (เพิ่มเติม)..... 45
4.8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญแบบผสมขี้เถ้าแกลบ (เพิ่มเติม)..... 45
4.9 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของอิฐมอญแบบผสมขี้เถ้าแกลบ (เพิ่มเติม)..... 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันในประเทศไทยมีการก่อสร้างกันมากขึ้น วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างที่นิยมใช้ส่วนใหญ่จะเป็นอิฐแดงหรือที่เรียกกันว่าอิฐมอญ อิฐมอญเหมาะกับงานก่อสร้างอาคารที่ไม่สูง เช่น บ้านพักอาศัย 1-2 ชั้น มักจะถูกเลือกใช้ในบริเวณที่โดนความชื้นบ่อยครั้ง เช่น ห้องน้ำ ห้องครัว ผนังส่วนที่โดนฝนสาดโดยตรง หรือส่วนที่ต้องรับน้ำหนัก เช่น อ่างล้างหน้า ท็อปโต๊ะ ซึ่งถือว่าเป็นอิฐที่เหมาะกับสภาพภูมิอากาศบ้านเรา เพราะมีคุณสมบัติเรื่องการทนร้อนทนฝนได้ดีและปัจจุบันยังถูกนำไปประยุกต์กับการตกแต่งหลากหลาย การตกแต่งที่เห็นได้ทั่วไปเช่น การก่ออิฐโชว์แนว เพื่อความสวยงามและดูเป็นธรรมชาติอิฐมอญมีข้อจำกัดในเรื่องของน้ำหนัก และการกักเก็บความร้อน จึงมักไม่เหมาะกับบ้านหรืออาคารสูงเท่าไหร่นัก น้ำหนักของอิฐมอญจะอยู่ที่ 180 กก./ตร.ม. (น้ำหนักรวมปูนฉาบ 2 ด้าน) ทำให้ค่อนข้างเปลืองงบประมาณเรื่องของโครงสร้าง และค่าแรงงานก่อสร้าง อีกทั้งยังเป็นวัสดุที่ระบายความร้อนได้ไม่ดีมากนัก ดังนั้น การก่อผนังด้วยอิฐมอญ จึงมีเทคนิคอย่างหนึ่งคือการก่อผนัง 2 ชั้นทางผู้จัดทำจึงอยากหาวัสดุที่หาได้ง่ายและสามารถนำมาทดแทนส่วนประกอบบางส่วนในอิฐมอญได้

ไบโอชาร์คือวัสดุที่มีส่วนประกอบหลักคือคาร์บอน ผลิตจากชีวมวลหรือสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ หรืออาจจะเป็นวัสดุเหลือใช้จากเกษตร เช่น กิ่งไม้ หญ้า ฟางข้าว ซังและต้นข้าวโพด มูลสัตว์ กากตะกอนของเสีย เป็นต้น นำมาผ่านกระบวนการเผาไหม้ที่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและอากาศหรือป้องกันไม่ให้อากาศเข้าไปหรือเข้าไปเผาไหม้น้อยที่สุด ซึ่งกระบวนการเผาไหม้นี้เรียกว่า การแยกสลายด้วยความร้อนหรือกระบวนการไพโรไลซิส ในสภาะที่ไม่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อยมากและเหตุผลที่เลือกใช้ผักตบชวาในการทดสอบนี้ เพราะผักตบชวาเป็นพืชล้มลุกในน้ำที่หาได้ง่ายและมีอยู่ทั่วไปตามแม่น้ำลำคลอง ซึ่งผักตบชวามีการขยายพันธุ์ได้ง่าย ทำให้ผักตบชวาแพร่กระจายไปอย่างรวดเร็ว ทำให้มีปริมาณผักตบชวาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายในเวลาอันสั้นจนทำให้ผักตบชวากลายเป็นวัชพืช จึงทำให้เกิดผลกระทบต่อวิถีชีวิตของผู้คนตามบริเวณแหล่งน้ำ เช่น ขวางทางเดินเรือและทำลายระบบนิเวศของแหล่งน้ำ ซึ่งผู้จัดทำเห็นว่าการนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผักตบชวาที่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมมาแปรรูปเป็นไบโอชาร์แล้วนำมาผสมกับอิฐมอญได้ก็จะสามารถลดปริมาณผักตบชวาได้และสามารถหาได้ง่ายตามท้องถิ่นที่อยู่

1.2 วัตถุประสงค์

มีรายละเอียดดังนี้

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคของอิญมอญโดยการแทนที่ไบโอชาร์จากผักตบชวา

2. เพื่อทดสอบหาอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยการแทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์จากผักตบชวา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

มีรายละเอียดดังนี้

1. เปรียบเทียบจากคุณสมบัติหลายๆด้าน เช่น ค่าความหนาแน่น ค่าอัตราการดูดซึมน้ำ ค่ากำลังรับแรงอัด (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 77-2545)

2. งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเฉพาะคุณสมบัติทางด้านกายภาพเท่านั้นไม่มีการศึกษทางด้านค่าใช้จ่ายของขบวนการผลิตแต่อย่างใด

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

สามารถแสดงแนวคิดของวิธีการศึกษาของงานวิจัยนี้ได้และมีรายละเอียดของวิธีการศึกษาแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. ทำการศึกษางานวิจัย ปี2564 อ้างอิงจากคอนกรีตมวลเบาผสมไบโอชาร์

2. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเป้าหมายและผลลัพธ์ของงานวิจัย

3. ทำการทบทวนวรรณกรรมงานหรือวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับอิฐมอญและไบโอชาร์ โดยทำการค้นคว้างานวิจัยในอดีตได้จากห้องสมุดและงานวิจัย ต่อด้วยทำการศึกษาทางอินเตอร์เน็ต

4. ศึกษาการทำอิฐมอญ จากหนังสือและมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

5. ศึกษาคุณสมบัติของไบโอชาร์ในด้านต่างๆ จากเว็บไซต์และงานวิจัยในอดีต

6. จากข้อ 2 3 และ 4 สามารถนำความรู้มาใช้กำหนดแนวทางขั้นตอนศึกษาของงานวิจัยได้

7. ทำการเตรียมผักตบชวา โดยการเก็บผักตบชวาจากแหล่งน้ำที่ยังคงสภาพสด มาทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสะอาด ตัดรากและใบทิ้ง โดยเลือกส่วนนำส่วนของลำต้นมาหั่นให้มีขนาดเล็กประมาณ 1 - 1½ นิ้ว และนำเข้าขบวนการเผาที่มีอุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

8. นำไบโอชาร์ที่ได้จากการเผาผักตบชวาในข้อ 7 นำไปบดให้ละเอียด โดยร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 50

9. นำไบโอชาร์ที่ได้จากการเผาผักตบชวาในข้อ 7 ทำการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะโดยใช้วิธีเดียวกับการหาความถ่วงจำเพาะอิฐ

10. นำไบโอชาร์จากผักตบชวาไปทำการส่องกล้องเพื่อดูลักษณะทางกายภาพ

11. นำไบโอชาร์ที่ได้จากการเผาผักตบชวาในข้อ 7 ไปเป็นส่วนผสมของอิฐมอญโดยการแทนที่ของขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ โดยผลิตทั้งแบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบและแบบผสมขี้เถ้าแกลบ โดยกำหนดอัตราส่วนผสมดังนี้

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิฐมอญแทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ

1. CBN50 แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 5.0% ของน้ำหนักดินเหนียว
2. CBN70 แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 7.0% ของน้ำหนักดินเหนียว

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิฐมอญแทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ แบบผสมขี้เถ้าแกลบ

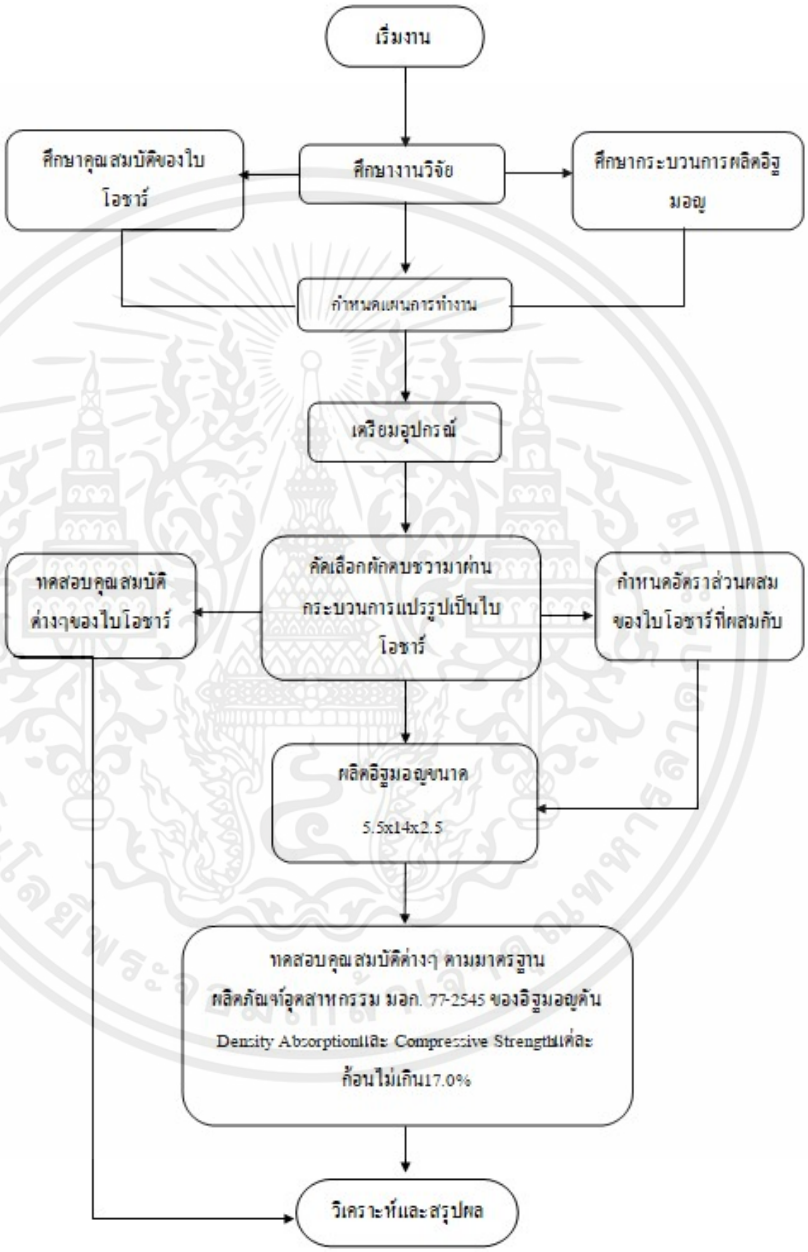
1. CBR00 แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 0% ของน้ำหนักดินเหนียว
2. CBR16 แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 1.6% ของน้ำหนักดินเหนียว
3. CBR30 แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 3.0% ของน้ำหนักดินเหนียว
4. CBR32 แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 3.2% ของน้ำหนักดินเหนียว
5. CBR48 แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 4.8% ของน้ำหนักดินเหนียว

โดยนำแต่ละรูปแบบ จัดทำตัวอย่างขนาด 5×5×5 เซนติเมตร แบบละ 8 ตัวอย่าง

12. นำตัวอย่างในข้อ 11 ไปทำการทดสอบค่าความหนาแน่น ค่าอัตราการดูดซึมน้ำ ค่ากำลังรับแรงอัด (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 77-2545 ของแต่ละส่วนผสม พิจารณาเลือกอัตราส่วนที่มีความเหมาะสม เพื่อหาแนวโน้มที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตอิฐมอญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ทำการวิเคราะห์ สรุปผลการวิจัย และเขียนรายงาน



รูปที่ 1.1 แผนผังการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการนำผักตบชวาซึ่งเป็นวัชพืชที่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำต่างๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
2. ทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของอิฐมอญผสมไบโอชาร์
3. ทราบอัตราส่วนผสมที่เหมาะของไบโอชาร์มาทำอิมอญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ความหมายของอิฐมอญ ประเภทของอิฐมอญ คุณสมบัติของอิฐมอญ มาตรฐานของอิฐมอญและกล่าวถึงคุณสมบัติของไบโอชาร์ที่นำมาผสม องค์ประกอบทางเคมีของไบโอชาร์ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ

2.2 อิฐมอญ

เนื้อหามีรายละเอียดแยกตามแต่ละหัวข้อย่อย ดังนี้

2.2.1 ความหมายของอิฐมอญ

อิฐมอญ (Brick Mon) หรืออิฐแดงเป็นวัสดุก่อสร้างยอดนิยมที่ใช้กันมาอย่างยาวนานตั้งแต่สมัยอดีตกาล ด้วยคุณสมบัติ แข็งแกร่ง ทนทาน และสีสันที่ไม่มีวัสดุใดเหมือน นิยมนำไปใช้ในการก่อสร้างที่พักอาศัย อาคาร สถานที่ต่างๆ เหมาะกับทุกงานก่อฉาบและมีให้เลือกใช้หลากหลายรูปแบบ ทั้งชนิดกลวง เช่น อิฐแดง 2 รู อิฐแดง 3 รู อิฐแดง 4 รู ไปจนถึงอิฐแดง 8 รู หรือแบบตัน เช่น อิฐแดงตันมือ อิฐแดงตันเครื่อง และอิฐแดงตัน มอก. 77-2545 ที่มีความแข็งแกร่ง ทนทานเป็นพิเศษ ผ่านการตรวจสอบจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จึงเป็นที่ยอมรับจากหน่วยงานต่างๆ นิยมนำไปก่อสถานศูนย์ราชการ สถานศึกษา ตึก อาคารมหาวิทยาลัย โรงพยาบาลและงานโครงการที่ต้องใช้จำนวนมาก (แหล่งที่มา : https://itdang2009.com/product-category/)

2.2.2 ประเภทของอิฐมอญ

2.2.2.1 แบ่งตามกระบวนการผลิตได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. อิฐมอญตันมือ เป็นการผลิตโดยการอัดดินใส่แม่พิมพ์ ทิ้งไว้จนแห้งแล้วนำไปเผา วิธีนี้อิฐอาจมีขนาดและสัดส่วนไม่ตายตัวขึ้นอยู่กับรูปแบบและแหล่งผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.อิฐมอญเครื่อง เป็นการผลิตโดยการรีดขึ้นรูป จากนั้นตัดเป็นท่อน ๆ แล้วนำไปผ่านกระบวนการอบไล่ความชื้น ก่อนนำไปเผาเพื่อคงรูป และเพิ่มความแข็งแรง ในกระบวนการนี้อิฐจะมีขนาดที่เท่ากัน

2.2.3 คุณสมัติของอิฐมอญ

1.คุณสมบัติทางกายภาพ น้ำหนักของอิฐมอญจะอยู่ที่ 180 กก./ตร.ม. (น้ำหนักรวมปูนฉาบ 2 ด้าน) การก่อผนังด้วยอิฐมอญ จึงมีเทคนิคอย่างหนึ่งคือการ "ก่อผนัง 2 ชั้น" โดยจะต้องเว้นช่องว่างระหว่างอิฐแต่ละชั้นอย่างน้อย 5 ซม. เพื่อให้เกิดช่องว่างมีอากาศถ่ายเท พร้อมกับทำช่องระบายความร้อนให้กับอิฐชั้นนอกเพื่อให้ความร้อนถ่ายเทออกจากตัวบ้าน

2.การสะสมความร้อน อิฐมอญทำจากดินเผา มีความหนาแน่น จึงค่อนข้างอมความร้อนจากแสงอาทิตย์ ทำให้ผนัง และบรรยากาศในห้องร้อนกว่าการใช้อิฐชนิดอื่น ๆ แต่มีวิธีป้องกันความร้อนจากภายนอกได้มากมาย เช่น การก่อผนังอิฐ 2 ชั้น หรือการปลูกต้นไม้ป้องกันแสงแดด

3.การกันเสียง อิฐมอญเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง จึงค่อนข้างกันเสียงจากภายนอก และภายในได้ดี

4.อิฐมอญสามารถรับน้ำหนักได้ 30 กิโลกรัมและการเจาะ ตอก ยึด อิฐมอญที่มีความหนาแน่น จะรับน้ำหนักได้มากกว่าอิฐบล็อกที่เนื้อของวัสดุค่อนข้างพรุน แต่ปัจจัยสำคัญอีกข้อ คือการเลือกใช้วัสดุในการเจาะ ตอก และยึดให้เหมาะสมกับวัสดุ สามารถใช้พุกพลาสติกทั่วไปในการยึดได้

5.อัตราการดูดซึมน้ำ หมายถึงการที่วัสดุมีการดูดซึมน้ำจากภายนอก ซึ่งอิฐมอญมีอัตราการดูดซึมน้ำสูง เมื่อนำไปก่อ อาจจะไปแย่งน้ำจากปูนก่อ ทำให้ปูนแห้งตัวเร็วเกินไป และหดตัว ผนังที่ได้จะไม่แข็งแรง หรืออาจเกิดการแตกร้าวได้ในอนาคต วิธีแก้ไขคือการนำอิฐแดงไปแช่น้ำ หรือฉีดน้ำรดอิฐมอญก่อนนำขึ้นก่อ เท่านี้ก็จะสามารถแก้ปัญหาการดูดซึมน้ำของตัวอิฐมอญได้แล้ว

2.2.4 มาตรฐานอิฐมอญ

อิฐแดง มอก. ย่อมาจาก “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม” คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบคุณภาพจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้วได้คุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นอิฐแดงที่ได้รับอนุญาตเครื่องหมาย มอก. จึงเป็นอิฐที่มีคุณภาพ และได้มาตรฐาน แข็งแกร่ง ทนทาน สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้าง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมั่นใจในคุณภาพ

ประเภทของอิฐ มอก. ที่ใช้ในการก่อฉาบ แบ่งออกได้ 2 ประเภท

1. มอก. 77-2545 หรือ อิฐก่อสร้างสามัญ เช่น อิฐตันมอก. อิฐ มอก.77-2545 หรือ อิฐก่อสร้างสามัญ

ลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมตัน ใช้ในงานก่อสร้าง เช่น งานก่อผนังหรือกำแพง และต้องมีการฉาบปูน ลักษณะภายนอกทั่วไปต้องแข็งแรง ไม่มีรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียหายอื่น ๆ ที่จะทำให้เกิดอุปสรรคต่อการก่อฉาบ ต้องมีผิวร่อง ผิวรอยหวี หรือผิวหยาบ ในด้านที่ก่อฉาบ ขนาดของอิฐก่อสร้างสามัญแต่ละมิติจะมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินเกณฑ์ที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด ตามตารางด้านด่าง ซึ่งการทดสอบต้องทำโดยการวัดด้วยเครื่องมือที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

ต้องมีการทดสอบคุณภาพของอิฐอย่างสม่ำเสมอ หรืออย่างน้อย 1 ครั้งต่อปี ประกอบไปด้วยการทดสอบการต้านแรงอัด และ การทดสอบการดูดกลืนน้ำ จากสถาบันทดสอบที่เชื่อถือได้ ซึ่งผลต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด

2. มอก. 153-2540 หรือ อิฐกลวงก่อแผงไม่รับน้ำหนัก เช่น อิฐแดง มอก. 4 ช่อง , อิฐแดง มอก. 2 รู และ อิฐแดง มอก. 3 รู อิฐที่มีลักษณะเป็นก้อนวัสดุดินเผา ทำจากดินเหนียวปนทราย ดินทนไฟ หรือส่วนผสมของวัตถุเหล่านี้ มีรู หรือโพรง ใช้สำหรับก่อผนัง กำแพง ที่ไม่ต้องรับน้ำหนักใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง โดยแบ่งประเภทความคงทนถาวรออกเป็น 3 ชั้น คุณภาพ คือ

1.ชั้นคุณภาพ ก เป็นอิฐที่มีความทนทานสูงอย่างสม่ำเสมอต่อการผุกร่อน เนื่องจากลม ฟ้า อากาศ

2.ชั้นคุณภาพ ข เป็นอิฐที่มีความทนทานปานกลาง และไม่ค่อยสม่ำเสมอต่อการผุกร่อนเนื่องจากลม ฟ้า อากาศ

3.ชั้นคุณภาพ ค เป็นอิฐสำหรับใช้ภายใน ไม่เหมาะกับการเผยผึ่งต่อลม ฟ้า อากาศ ขนาดของอิฐกลวงก่อแผงไม่รับน้ำหนัก จะมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินเกณฑ์ที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด ตามตารางด้านล่าง ซึ่งการทดสอบต้องทำโดยการวัดด้วยเครื่องมือที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของขนาดอิฐแดง มอก. 77-2545

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของขนาด อิฐแดง มอก. 77-2545 ตามที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด	
ขนาดอิฐ (มิลลิเมตร)	ความคลาดเคลื่อน (มิลลิเมตร)
40	±2
65-90	±3
140-190	±5

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตารางที่ 2.2 การแบ่งชั้นคุณภาพของอิฐมอญ

ชั้นคุณภาพ	ค่าต้านแรงอัดต่ำสุด MPa		ค่าดูดกลืนน้ำสูงสุด %	
	เฉลี่ย 5 ก้อน	แต่ละก้อน	เฉลี่ย 5 ก้อน	แต่ละก้อน
ก	21.0 MPa	17.0 MPa	17.0%	20.0%
ข	17.0 MPa	15.0 MPa	22.0%	25.0%
ค	10.0 MPa	9.0 MPa	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สีของอิฐกลวงก่อแผงไม่รับน้ำหนักจะเปลี่ยนแปรไปตามชนิดของดิน และอุณหภูมิที่เผา สีจึงไม่ใช่จุดบ่งชี้คุณภาพที่แน่นอนของอิฐกลวงก่อแผงไม่รับน้ำหนัก ซึ่งสามารถตรวจสอบคุณภาพได้จากการวัดค่าการดูดกลืนน้ำ โดยต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด

นอกจากนี้ อิฐจาก มอก.ทั้ง 2 ประเภท จะต้องมีเครื่องหมายฉลากที่บ่งบอกประเภท ชั้นคุณภาพ หรือชื่อโรงงาน เครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน อยู่ด้านข้างทุกด้านของตัวอิฐ อย่างน้อย 1 ก้อน จากในกอง ให้เห็นชัดเจน

2.3 ไบโอชาร์

เนื้อหามีรายละเอียดแยกตามแต่ละหัวข้อย่อดังต่อไปนี้

ถ่านชีวภาพ หรือ ไบโอชาร์ (Biochar) คือ วัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอน ผลิตจากชีวมวล หรือสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้จากธรรมชาติ หรือวัสดุเหลือใช้จากเกษตร เช่น ใบไม้ กิ่งไม้ หญ้า ฟางข้าว เหง้ามัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำปะหลัง ซังและต้นข้าวโพด มูลสัตว์ กากาตะกอนของเสีย เป็นต้น แม้กระทั่งมูลสัตว์ นำมาผ่านกระบวนการเผาไหม้ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและอากาศหรือจำกัดอากาศให้เข้าไปเผาไหม้น้อยที่สุด ซึ่งกระบวนการนี้ เรียกว่า “การแยกสลายด้วยความร้อนหรือกระบวนการไพโรไลซิส” ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อยมาก มีงานวิจัยที่ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ของถ่านชีวภาพมีหลายด้าน เช่น การปรับปรุงดิน และช่วยเพิ่มปริมาณคุณภาพของผลผลิตทางเกษตร รวมถึงลดระยะเวลาการปลูกได้อีกด้วย แล้วแต่ชนิดของพืชที่ปลูก มรงานวิจัยที่นำถ่านชีวภาพไปใช้กับพืชทางการเกษตร ใช้เป็นวัสดุปลูกร่วมกับวัสดุอื่น เพื่อผลิตผลผลิตทางการเกษตร การลดการดูดซับสารเคมีที่ใช้กำจัดวัชพืชและศัตรูพืช และโลหะหนักที่อยู่ในดินและน้ำของพืชที่ปลูก โดยถ่านชีวภาพจะตรึงสารเคมีกลุ่มนี้ไว้ ทำให้ลดผลกระทบต่อพืชที่ปลูกจากสารเคมีและโลหะหนักที่ปนเปื้อน ใช้ดูดซับมันปิโตรเลียม ใช้เป็นตัวเร่งในปฏิกิริยากระบวนการการปลิตไบโอดีเซลและไบโอแก๊ส ใช้เป็นวัสดุเพื่อผลิตชิ้นส่วนอิเล็กโทรนิกส์ ผลิตกราฟีน เป็นต้น (ธนศิษฏ์ วงศ์ศิริอำนวย, 2560)

2.3.1 ประเภทและชนิดของไบโอชาร์

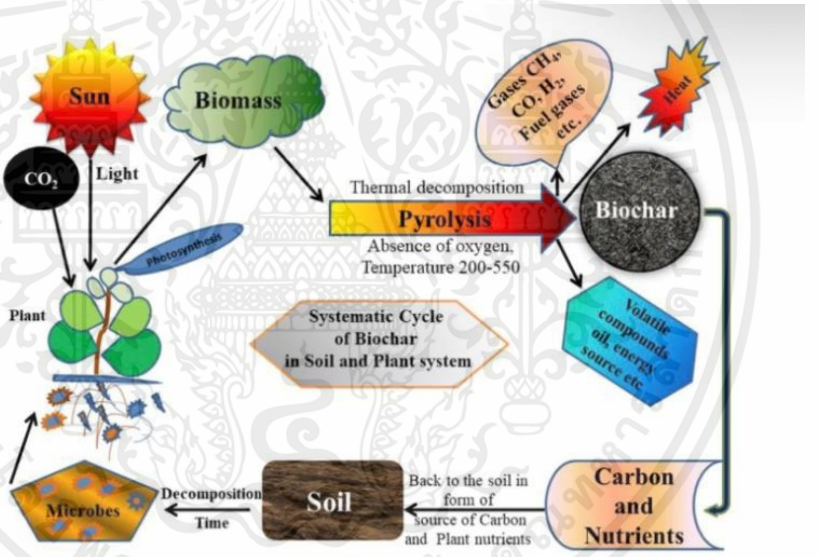
1. ไบโอชาร์ที่ได้จากพืช เช่น ใบไม้ กิ่งไม้ ผักตบชวา เปลือกผลไม้ นำมาผ่านกระบวนการเผาไหม้ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและอากาศหรือจำกัดอากาศให้เข้าไปเผาไหม้น้อยที่สุด ซึ่งกระบวนการเผาไหม้นี้เรียกว่า“การแยกสลายด้วยความร้อนหรือกระบวนการไพโรไลซิส” ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อยมาก ซึ่งมีสองวิธีหลักๆ คือ 1. การแยกสลายด้วยความร้อนอย่างช้า(Slow Pyrolysis) อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 300-600 องศาเซลเซียส แต่จะใช้เวลาเป็นชั่วโมง หากใช้อุณภูมิเฉลี่ยในการเผาไหม้ประมาณ 500 องศาเซลเซียส จะได้ผลผลิตของถ่านชีวภาพมากกว่า 20-50% ที่เหลือเป็นแก๊สที่จุดติดไฟได้และมีของเหลวบางส่วนที่ควบแน่นได้ 2.การแยกสลายด้วยความร้อนอย่างเร็ว(Fast Pyrolysis) อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 700 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเป็นวินาที ผลผลิตที่ได้จะเป็นน้ำมันชีวภาพ(Bio-Oil)ส่วนใหญ่และที่เหลือได้แก๊สสังเคราะห์ (Syngas) และถ่านชีวภาพ(Biochar)

2. ไบโอชาร์จากมูลสัตว์ เกิดจากการนำมูลสัตว์ เช่น มูลไก่ มูลวัว นำมาผ่านกระบวนการเผาไหม้ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและอากาศหรือจำกัดอากาศให้เข้าไปเผาไหม้น้อยที่สุด ซึ่งกระบวนการเผาไหม้เพื่อเปลี่ยนมูลสัตว์ที่มีคาร์บอนสูง ให้เป็นถ่านที่เป็นของแข็ง และขณะเดียวกันก็จะได้ของเหลว(เรียกว่าไบโอออยล์ Bio-Oil) และก๊าซ (เรียกว่า ซินก๊าซSyngas)ซึ่งมีเทคนิควิธีการเผาได้หลายแบบ ทั้งที่ใช้อุปกรณ์ที่ง่ายๆ จนถึงซับซ้อน และไม่ใช้อุปกรณ์อะไรเป็นพิเศษ (ธนศิษฏ์ วงศ์ศิริอำนวย, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 องค์ประกอบทางเคมีของไบโอชาร์

องค์ประกอบพื้นฐานของถ่านชีวภาพมีลักษณะแตกต่างจากถ่านไม้ที่ผ่านการผาไหม้โดยทั่วไป ได้แก่ ถ่านชีวภาพมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบโดยน้ำหนักสูงกว่าธาตุชนิดอื่นๆ และไม่เกิดการแปรสภาพเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากไม่ได้ผ่านการสัมผัสกับออกซิเจนขณะให้ความร้อนอีกทั้งคาร์บอนเป็นสารอะโรมาติกที่มีลักษณะเป็นวงแหวนคาร์บอน 6 อะตอม ที่เชื่อมต่อด้วยพันธะโคเวเลนส์ โดยไม่มีออกซิเจนและโฮโดรเจน (พินิจภณ ปิตุยะ, 2557., ศริลักษณ์ ศิริลักษณ์, 2556. และอรสา สุกสว่าง, 2561)

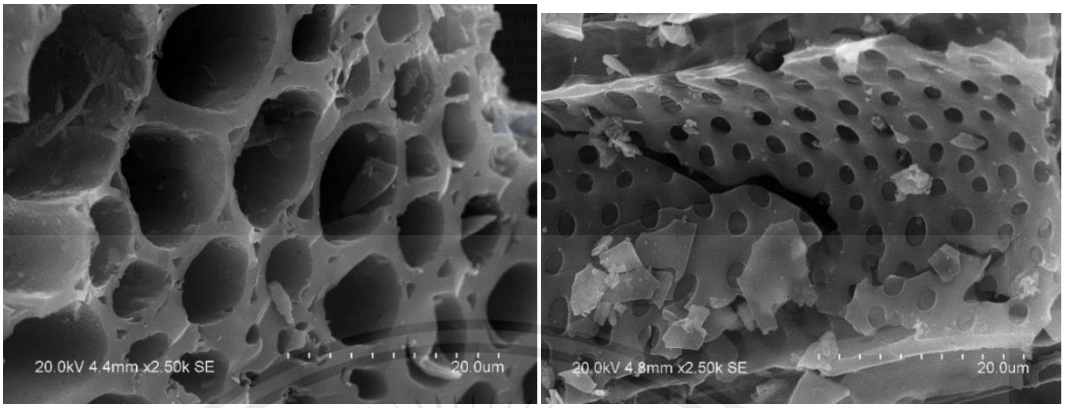


รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของถ่านไบโอชาร์

ที่มา : (Sumit Rai and Rajesh KumarSingh)

ถ่านชีวภาพมีลักษณะเป็นรูพรุน มีองค์ประกอบของคาร์บอน โฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์และขี้เถ้า แต่องค์ประกอบจะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของชีวมวลและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกระบวนการไพโรไลซิสในการผลิตชีวภาพ เช่น อุปกรณ์อุณหภูมิและระยะเวลา เป็นต้น (Lehmann 2009, พินิจภณ ปิตุยะ. 2557, ศริลักษณ์ ศิริสิงห์. 2556 และอรสา สุกสว่าง. 2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ภาพถ่ายพื้นผิวของไบโอชาร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 2,500 เท่า

ที่มา : (รัตถชล อ่างมณี, กัญจน์นรี ช่วงฉ่า และ อรรณพ หอมจันทร์, 2560.)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอก ช่อประดับ (2547) ศึกษาผลของแกลบต่อคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐสามัญที่ทำจากดินเหนียวเอก ผสมแกลบมีอัตราส่วนของแกลบต่อดินเหนียวโดยน้ำหนักแห้งที่ร้อยละ 0, 3.4, 4.9 และ 7.8 เผาที่อุณหภูมิ 800, 1000 และ 1200 องศาเซลเซียส ผลจาการทดลองพบว่า แกลบมีผลทำให้อิฐ มีกำลังรับแรงอัดลดลง และลดในอัตราที่รวดเร็วกว่าการเพิ่มขึ้นของความพรุนเมื่ออิฐมีความพรุนตัวเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นตามไปด้วย อิฐที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างคืออิฐที่ผสมแกลบร้อยละ 2.2 เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงอัด 35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 24

พนาทอง อินทรชัย (2548) ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและเชิงความร้อนของอิฐดินเหนียวผสมเถ้าลอยและยิปซั่มจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ โดยศึกษาคุณสมบัติเชิงกลคือ ความต้านทานความเค้นอัด และความต้านทานโมเมนต์ดัด และศึกษาคุณสมบัติเชิงความร้อนคือการนำความร้อน รวมไปถึงศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพคือความหนาแน่น ความพรุน และการดูดซึมน้ำ ตัวอย่างของอิฐเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส โดยเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมของเถ้าลอยเป็น 0, 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและยิปซัม 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ส่วนที่เหลือเป็นดินเหนียว ผลจากการศึกษาพบว่า ที่ส่วนผสมยิปซั่ม 10% ที่ทุกสัดส่วนของเถ้าลอย ค่าความต้านทานความเค้นอัดและค่าความต้านทานโมเมนต์ดัดจะสูงกว่าที่ส่วนผสมต่ำกว่าหรือสูงกว่า 10% ส่วนผสมของเถ้าลอย ในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นจาก 0% จะทำให้ค่าความต้านทานความเค้นอัดและค่าความต้านทานโมเมนต์ดัด ลดลง แต่จะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสมของเถ้าลอยอยู่ในช่วงมากกว่า 20% การผสมเถ้าลอยมากขึ้นจะทำให้ค่าการนำความร้อนลดลง ในขณะที่ความแข็งแรงลดลง สำหรับค่าความหนาแน่น ความพรุนและการดูดซึมน้ำผ่านมาตรฐานและอยู่ในเกณฑ์ของอิฐสามัญก่อสร้าง ซึ่งอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมคือ เถ้าลอย : ยิปซั่ม : ดินเหนียว เท่ากับ 0 : 10 : 90 % โดยน้ำหนัก อิฐที่ได้จะมีค่าความต้านทานความเค้นอัดระหว่าง 3.8340-4.3545 เมกะพาสคัล ค่าความต้านทานโมเมนต์ดัด 3.0752- 3.6477 เมกะพาสคัล และค่าการนำความร้อนคือ 0.2997-0.3026 วัตต์ต่อเมตร เคลวิน

Faller (2004) ศึกษาใช้ขี้เลื่อยผสมดินเหนียวเพื่อผลิตอิฐ โดยใช้ขี้เลื่อยขนาดใหญ่ปนอยู่ตั้งแต่ 0.5-10 มิลลิเมตร หลังการเผาจะให้ให้มีช่องว่างขนาดไม่เท่ากันและมีความพรุนตัวมาก ทำให้ค่าความแข็งแรงลดลงและค่าความเป็นฉนวนความร้อนเพิ่มตามไปด้วย

Okunade, E. A. (2008) ใช้เถ้าไม้และขี้เลื่อยผสมในเนื้อดินสำหรับทำอิฐในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนักที่ใช้ในการศึกษา อัตราส่วนผสมจาก 0-10 เปอร์เซ็นต์ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณของขี้เลื่อยเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการรบแรงอัดลดลงในขณะที่อุณหภูมิการเผาเพิ่มขึ้นจาก 950 องศาเซลเซียส เป็น 1100 องศาเซลเซียส ค่าการรับแรงอัดเพิ่มขึ้นสูงขึ้น และค่าการดูดซึมน้ำลดลง

Souza et al. (2011) ศึกษาการนำเถ้าชานอ้อยมาเป็นตัวเติมในส่วนผสมของการทำวัสดุ เซรามิกสำหรับทำกระเบื้องมุงหลังคา โดยเถ้าชานอ้อยที่นำมาผสมในการทำกระเบื้องมุงหลังคา เท่ากับ 0, 20, 40 และ 60% ของเถ้าโดยน้ำหนักและนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไปเผาที่อุณหภูมิ 800, 900, 1000, 1100 และ 1200 °C. ผลจากการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าชานอ้อยจาก 0-60% ในตัวอย่างชิ้นทดลองนั้น ปริมาณการดูดซึมน้ำจะลดลงและค่าการดูดซึมน้ำจะไม่เปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิ ต่ำกว่า 1000 °C แต่จะเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดที่อุณหภูมิ 1100 และ 1200 °C เป็นผลมาจากการหลอมเหลวของเฟสที่เป็นตัวหลอมละลายในเนื้อดินร่วมกับซิลิกาและองค์ประกอบอื่นๆที่มาจาก เถ้าชานอ้อย ซึ่งจะทำให้ความพรุนตัวลดลงเมื่ออุณหภูมิในการเผาสูงขึ้น การเพิ่มปริมาณของเถ้าชานอ้อยจะทำให้ค่าความแข็งแรงลดลง อย่างไรก็ตามค่าความแข็งแรงของชิ้นตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเผาเพิ่ม จะทำให้ความพรุนลดลงค่าความหนานแน่นเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเมื่ออุณหภูมิในการเผาสูงขึ้น สรุปผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้เถ้าชานอ้อยในปริมาณตั้งแต่ 20-60% โดย น้ำหนักและอุณหภูมิในการเผาตั้งแต่ 1000 °C ขึ้นไปจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์กระเบื้องมุงหลังคามีความทนทานที่ดีดูดซึมน้ำน้อยและค่าความแข็งแรงสูง นอกจากนี้การนำเถ้าชานอ้อยมาใช้ยังเป็นผลดีของการเพิ่มมูลค่าจากของเสียที่มีอยู่ในปริมาณที่มากเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำเอามาใช้ให้เกิดประโยชน์และยังช่วยในเรื่องการรักษาสิ่งแวดล้อมอีกทางด้วย อีกทั้งหากมีการศึกษาเพิ่มเติมผลจากการใช้เถ้าชานอ้อยเป็นตัวเติมในส่วนผสมของอิฐดินเผาเมื่อผสมเถ้าชานอ้อยแล้วหลังจากการเผาจะเกิดเป็นรูพรุนขึ้นในเนื้ออิฐ ซึ่งตรงนี้อาจจะต้องศึกษาการปรับปรุงการเป็นแนวนความร้อนสำหรับอิฐดินเผาได้อีกทางหนึ่งก็เป็นได้

ปิยาลัคน์ เงินชูกลิ่น (2555) ศึกษาการใช้เถ้าแกลบในการผลิตอิฐบล็อกประสานในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินลูกรัง (1:7) โดยแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ 0%,5%,10%,15% และ 20% พบว่า ความชื้นที่เหมาะในการอัดก้อนตัวอย่างอยู่ที 9.5% โดยน้ำหนักส่วนผสมโดยการแทนที่ 10% ที่อายุ 28 วันให้ ค่ารับกำลังอัดสูงสุดเท่ากับ 162 Ksc ค่าการดูดซึมน้ำทุกอัตราส่วนการแทนที่สามารถผ่านเกณฑ์ มาตรฐาน มอก.57-2530

จรูญ เจริญเนตรกุล (2555) ศึกษาความเป็นไปได้ในการน้าเถ้าใยปาล์มน้ำมันมาแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน เพื่อผลิตเป็นอิฐบล็อกประสาน โดยแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนัก ใช้มวลรวม คือดินลูกรัง และทรายละเอียดที่ร่อนผ่านตะแกรง เบอร์ 4 บ่มในอากาศเป็นเวลา 28 วัน นำอิฐบล็อกประสานที่ได้มาทดสอบกำลังอัด การดูดซึมน้ำและกำลังอัดของอิฐบล็อกประสานก่อสูง 5 ก้อน จากการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณของเถ้าใยปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่ากำลังอัดลดลงและมีการดูดซึมน้ำสูงขึ้น เมื่อนำผลการทดสอบเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.602/2547) พบว่าบล็อกประสานที่มีเถ้าใยปาล์มน้ำมันที่แทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 10 และ 20 ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนักและ อัตราส่วนอื่นๆ ผ่านมาตรฐานชนิดไม่รับน้ำหนัก

วุฒินัย กกกำแหง (2553) ศึกษาผลกระทบของความสามารถในการรับกำอัดและการดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน พบว่ากำลังอัดขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและปริมาณปูนซีเมนต์ส่วนการดูดกลืนน้ำจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นแห้งไม่ขึ้นกับปูนซีเมนต์โดยกำลังอัดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นแห้งสูงขึ้นและปริมาณปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้นและมีค่าลดลงเมื่อความหนาแน่นแห้งน้อยลงและปริมาณปูนซีเมนต์น้อยลง ส่วนการดูดกลืนน้ำมีค่าลดลงเมื่อความหนาแน่นแห้งสูงขึ้นและมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความหนาแน่นแห้งลดลง

Faria et al. (2012) ได้รายงานผลการศึกษาจากการใช้เถ้าชานอ้อยผสมในการทำอิฐดินเผา พบว่าหลังจากการเผาปริมาณการดูซึมน้ำของอิฐจะเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าความแข็งแรงของอิฐลดลง อย่างไรก็ตามอุณหภูมิในการเผาที่เหมาะสมคือ 1000 °C ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำจะน้อยลงนั้นแสดงให้เห็นว่าซิลิกาที่ได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เถ้าชานอ้อยทำปฏิกิริยาหลอมละลายรวมกับตัวหลอมละลายที่เป็นองค์ประกอบในเนื่อดิน เช่น เฟลด์สปาร์และตัวหลอมละลายอื่นๆ ซึ่งจะทำให้รูพรุนลดลงและส่งผลให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยปริมาณของเถ้าชานอ้อยที่เหมาะสำหรับเป็นส่วนผสมในดินเพื่อทำอิฐควรไม่เกิน 10 % โดยน้ำหนักของส่วนผสมและเหมาะที่จะนำเอามาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอิฐดินเผา

Kadir and Maasom (2013) ศึกษาการนำเอาเศษชานอ้อยมาผสมในการทำอิฐดินเผา โดยศึกษาค่าการนำความร้อน ค่าความแข็งแรง ผลจาการศึกษาพบว่า เมื่อนำเศษชานอ้อนมาผสมตั้งแต่ 1, 2 และ 3% เปรียบเทียบกับที่ไม่ได้เติมค่าความหนาแน่นของอิฐอยู่ระหว่าง 1790, 1640 และ 1520 kg/m³ ตามลำดับ ในขณะที่ค่าการนำความร้อนคือ 0.0117, 0.0111 และ 0.0107 W/m. °K และค่าความแข็งแรงของอิฐอยู่ระหว่าง 22.8, 14.2 และ 5.8 MPa ตามลำดับ ซึ่งค่าความแข็งแรงจะลดลงเมื่อปริมาณของเศษชานอ้อยเพิ่มขึ้นถึง 3%

Görhan and Şimşek (2013) ศึกษาผลของการเติมแกลบข้าวต่อความพรุนตัวและค่าการ เป็นฉนวนความร้อนของอิฐก่อสร้าง โดยใช้แกลบข้าวตั้งแต่ 0 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์และนำไปเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 700-1000 °C ผลจาการเติมแกลบข้าวในปริมาณตั้งแต่ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์หลังการเผาพบว่าปริมาณค่าการดูดซึมน้ำของอิฐก่อสร้างคือ15, 24, 27 และ 32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าความแข็งแรงของอิฐก่อสร้างที่มีการเติมแกลบข้าว 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์พบว่ามีค่าความแข็งแรงที่ค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง 7–10 MPa การใช้แกลบข้าวในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์พบว่ามีความเหมาะสมนอกจากนี้ยังสามารถช่วยเพิ่มความพรุนตัวให้กับอิฐก่อสร้าง

Muñoz et al. (2013) ศึกษาอิทธิพลของการใช้เยื่อกระดาษ (Paper Pulp) เติมในส่วนผสมการทำอิฐเพื่อลดน้ำหนักของอิฐต่อสมบัติทางความร้อนและสมบัติเชิงกลของอิฐ ผลจากการศึกษาพบว่าการใช้เยื่อกระดาษสามารถเพิ่มความพรุนตัวของอิฐจึงส่งผลให้ความสามารถในการรับแรงกดลดลงและมีค่าการนำความร้อนต่ำเมื่อผสมเยื่อกระดาษในปริมาณร้อยละ 15 เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนและเปรียบเทียบกับอิฐที่ไม่ได้ผสมเยื่อกระดาษ ปริมาณรูพรุนที่พบ คือ 39.69% ที่การทดสอบปริมาณความร้อน 10 °C ค่าการนำความร้อนเท่ากับ 0.45 W/m-K อย่างไรก็ตามค่าการนำความร้อนและรูพรุนจะแปรผันตามปริมาณเยื่อกระดาษที่ได้เติมลงในส่วนผสม ของการทำอิฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วรรณี เอกศิลป์ (2555) ศึกษาการนำวัสดุชีวมวลที่มีความเป็นฉนวนกันความร้อนราคาถูก สามารถหาได้ง่ายมีอยู่ทั่วไปมาผสมทำอิฐบล็อก โดยการนำผักชวาและขี้เลื่อยมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนในรูปแบบของอิฐบล็อกทำการผลิตอิฐบล็อกที่มีส่วนผสมระหว่าง ผักชวา: หินฝุ่น และขี้เลื่อย : หินฝุ่น ในอัตราส่วนต่างๆ นำอิฐบล็อกที่ได้มาศึกษาถึงความเหมาะสมในการใช้งาน โดยคำนึงถึงความแข็งแรงและคุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อนเป็นตัวชี้วัด จากการศึกษาพบว่าการใช้ผักตบชวามาผสมกับวัสดุที่ผลิตอิฐบล็อกในอัตราส่วน ผักตบชวา : หินฝุ่น 1: 9 มีความแข็งแรงครึ่งหนึ่งของอิฐบล็อกมาตรฐานและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกมาตรฐานและอิฐบล็อกในอัตราส่วนผักตบชวา : หินฝุ่น 1: 9 ส่วนมีค่า 0.188 และ 0.105 W/m.K ตามลำดับ ส่วนอิฐบล็อกส่วนผสมหินฝุ่นและขี้เลื่อยไม่มีความแข็งแรงพอที่จะนำมาทำเป็นวัสดุก่อสร้างที่รับแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาอิฐมอญโดยใช้ ไบโอชาร์จากผักตบชวาซึ่งเป็นวัสดุที่หาง่ายตามแหล่งน้ำทั่วไปสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์เพื่อเป็นหนึ่งในทางเลือกของการใช้ประโยชน์จากผักตบชวาและเป็นการลดปัญหาขยะและวัชพืชตามแหล่งน้ำไปในตัวขั้นตอนแรกจะเป็นการเตรียมวัสดุโดยนำผักตบชวาที่เก็บจากแหล่งน้ำมาผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดหั่นเป็นชิ้นเล็กๆและนำไปเผาด้วยอุณหภูมิ 500 องศาเป็นเวลา 1 ชั่วโมงจากนั้นร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 50 เพื่อเป็นวัสดุผสมของอิฐมอญ ซึ่งประกอบไปด้วยดินเหนียว ทรายและขี้เถ้าแกลบในขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมกับอิฐมอญ แทนที่ทรายด้วยไบโอชาร์แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบเพื่อหาค่าความหนาแน่นค่าอัตราการดูดซึมน้ำและค่ากำลังรับแรงอัด(ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 77-2545)

2. การทดลองหาค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่นและค่าอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญขนาด 5x5x5 เซนติเมตร (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.77-2545 อิฐมอญตัน)

3. การทดลองหาค่ากำลังรับแรงอัดความหนาแน่นและค่าอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญ ขนาด 6.5x4x14 เซนติเมตร (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.77-2545 อิฐมอญตัน)

3.1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยการพัฒนาอิฐมอญผสมไบโอชาร์จากผักตบชวามีขั้นตอนการดำเนินงาน 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ทำการเตรียมวัตถุดิบโดยการนำผักตบชวาจากแหล่งน้ำขึ้นมาผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดตัดใบและรากทิ้งโดยจะใช้ส่วนของลำต้นของผักตบชวาทำการหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำผักตบชวาไปเผาด้วยอุณหภูมิ 500 องศาเป็นเวลา 1 ชั่วโมงจึงได้เป็นไบโอชาร์

2. การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิฐมอญแทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ โดยกำหนดให้อัตราส่วนผสมอิฐมอญคือ ดินเหนียว : ทราย : ขี้เถ้าแกลบ เท่ากับ 1 : 0.1 : 0 ของน้ำหนักอิฐมอญ อัตราส่วนของไบโอชาร์แทนที่ขี้เถ้าแกลบร้อยละ 5และ7 ตามลำดับ หลังจากนั้นทำการบรรจุลงไปในแม่แบบขนาด 5×5×5 เซนติเมตร โดยผลิตอัตราส่วนละ 8 ก้อน เพื่อหาค่าความหนาแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอัตราการดูดซึมน้ำและค่ากำลังรับแรงอัด (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 77-2545) และพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสม เพื่อหาแนวโน้มที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตอิฐมอญต่อไป

3. หลังจากนั้นการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิฐมอญแบบผสมขี้เถ้าแกลบ โดยกำหนดให้อัตราส่วนผสมอิฐมอญคือ ดินเหนียว : ทราย เท่ากับ 1 : 0.1 โดยน้ำหนักอิฐมอญ โดยผสมขี้เถ้าแกลบร้อยละ 1.6และ2 ตามลำดับโดยน้ำหนัก อัตราส่วนของไบโอชาร์ร้อยละ 1.6, 3, 3.2, 4.8, 5, 7 ตามลำดับ หลังจากนั้นทำการบรรจุลงไปในแม่แบบขนาด 5×5×5 เซนติเมตร โดยผลิตอัตราส่วนละ 8 ก้อน เพื่อหาค่าความหนาแน่น ค่าอัตราการดูดซึมน้ำและค่ากำลงรับแรงอัด (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 77-2545) และพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสม เพื่อหาแนวโน้มที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตอิฐมอญต่อไป

4. เมื่อได้สัดส่วนของไบโอชาร์ที่เหมาะสมที่สุดแล้วนำมาทำขนาดจริงนั่นคือขนาด 6.5x4x14 เซนติเมตร จำนวน 12 ก้อน โดยหาความหนาแน่นของอิฐแต่ละก้อน แบ่งเป็น 2 การทดสอบคือ การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด และค่าอัตราการดูดซึมน้ำ การทดสอบละ 6 ก้อน (ตามมาตรฐานการผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.77-2545)

5. สรุปผลการทดลองโดยทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบถึงคุณสมบัติในด้านต่างๆของอิฐมอญที่แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบและแบบผสมขี้เถ้าแกลบ (ตามมาตรฐานการผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.77-2545) ที่ได้กำหนดไว้และเปรียบเทียบกับมาตรฐานของอิฐมอญ

3.2วิธีการผลิตและทดสอบอิฐมอญ

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

อุปกรณ์และเครื่องมือที่สำคัญที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีดังต่อไปนี้

1. เครื่องทดสอบกำลังอัดขนาดแรงกดของเครื่องทดสอบที่มีขนาด 2000 กิโลนิวตัน ใช้สำหรับทดสอบความแข็งแรงของตัวอย่างอิฐมอญ (Compressive Strength)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบกำลังอัด

2. เครื่องมือวัดชนิดละเอียด (Vernier Calipers) เป็นเครื่องมิดวัดความยาวอย่างละเอียด ที่ใช้หลักของเวอร์เนียร์สเกล โดยการแบ่งสเกลตามแนวยาวคล้ายไม้บรรทัด

รูปที่ 3.2 Vernier Calipers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องชั่งน้ำหนัก เป็นเครื่องมือชั่งที่มีความละเอียดในหน่วย 0.1 กรัม เพื่อวัดหาค่าน้ำหนักของตัวอย่างในการทดสอบ

รูปที่ 3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

4. แบบสำหรับใส่ดินเหนียวขนาด 5x5x5 เซนติเมตร โดยมีลักษณะเป็นลูกบาศก์ ใช้สำหรับการใส่แบบอิฐตัวอย่างและสำหรับใส่กินเหนียวทำจากไม้ขนาด 6.5x4x14 เซนติเมตร สำหรับใส่ดินเหนียวเพื่อทำอิฐขนาดมาตรฐาน

รูปที่ 3.4 แม่แบบขนาด 5×5×5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 แม่แบบขนาด 6.5x4x14 เซนติเมตร

5. ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 40 โดยตะแกรงช่องผ่านเป็นสีเหลี่ยมจัตุรัส โดยตัวตะแกรงจะต้องสามารถป้องกันไม่ให้ตัวอย่างมวลรวมที่ทดสอบสูญหายจากตะแกรง

รูปที่ 3.6 ตะแกรงมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เครื่องเผาไบโอชาร์

รูปที่ 3.7 เครื่องเผาไบโอชาร์

7. เครื่องเผาซึ่งสามารถใช้อุณหภูมิได้ถึง 1200 องศาเซลเซียส

รูปที่ 3.8 เครื่องเผาอิฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ตู้อบ ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่ต้องการได้

รูปที่ 3.9 ตู้อบ

3.2.2 การจัดเตรียมวัสดุและส่วนผสมที่ใช้ในการศึกษา

วัสดุและส่วนผสมที่ใช้ในการทำอิฐมอญ

1. ดินเหนียว เป็นดินเหนียวล้วน จากอำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

รูปที่ 3.10 ดินเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทรายละเอียด เป็นวัสดุที่มีขนาดเล็กละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ซึ่งทรายได้มาจากห้องปฏิบัติการทดลองคอนกรีต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สจล.

รูปที่ 3.11 ทรายละเอียด

3. การเตรียมวัตถุดิบ

ผักตบชวาที่นำมาใช้ในการทดสอบ นำมาจากแหล่งน้ำ โดยเลือกเฉพาะส่วนของลำต้น นำมาผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาด และหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการเผาอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงเป็นไบโอชาร์ แล้วทำการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 50 จนมีลักษณะเป็นผงละเอียด ตามที่ต้องการ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการเก็บผักตบชวาขึ้นมาจากแหล่งน้ำ

ขั้นตอนที่ 2 ทำการล้างทำความสะอาดเศษดินที่ปนเปื้อนมา ตัดรากและใบทิ้ง เลือกเฉพาะส่วนของลำต้นผักตบชวาและหั่นผักตบชวาในขณะที่ยังสดอยู่ให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ

ขั้นตอนที่ 3 นำผักตบชวาไปผ่านกระบวนการเผา ที่อุณภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 4 บดให้เป็นผงละเอียด (ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 50)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 ผักตบชวาจากแหล่งน้ำ

รูปที่ 3.13 เก็บผักตบชวาจากแหล่งน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 ล้างทำความสะอาดผักตบชวา ตัดรากและใบทิ้ง เลือกเฉพาะส่วนลำต้นของผักตบชวา

รูปที่ 3.15 หั่นผักตบชวาเป็นชิ้นเล็กๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.16 ผักตบชวาที่ทำการหั่นเสร็จ

รูปที่ 3.17 นำผักตบชวาที่มาเข้าตู้เผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 ไบโอชาร์ที่ได้จากการเผาผักตบชวา

3. น้ำ ที่ใช้ผสมต้องสะอาดปราศจากกรด ด่าง น้ำมันและสารอินทรีย์อื่น ๆ โยทำหน้าที่เข้าผสมกับดินเหนียว

รูปที่ 3.19 น้ำสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิฐมอญแทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ

3.3.1 วิธีดำเนินงาน

เป็นการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิฐมอญแทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ที่แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ โดยกำหนดอัตราส่วนผสมดังนี้

1. CBN50 แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 5.0% ของน้ำหนักอิฐมอญ ด้วยอัตราส่วนดิน : ทราย : ขี้เถ้าแกลบ เท่ากับ 1 : 0.1 : 0 โดยน้ำหนัก

2. CBN70 แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 7.0% ของน้ำหนักอิฐมอญ ด้วยอัตราส่วนดิน : ทราย : ขี้เถ้าแกลบ เท่ากับ 1 : 0.1 : 0 โดยน้ำหนัก

ทำการผสมตามอัตราส่วนผสมของอิฐมอญในแต่ละแบบ ทำการผสมให้เข้ากันแล้วบรรจุใส่ลงไปในแม่แบบ ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร โดยทำสูตรละ 8 ก้อน แล้วนำไปเผาในตู้เผา 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อทดสอบหาค่ากำลังรับแรงกด อัตราการดูดซึมน้ำและค่าความหนาแน่น

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนผสมของอิฐมอญ แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ

รายการ	รายละเอียด	อัตราส่วนผสม (กิโลกรัม)				
		ดินเหนียว	ทราย	น้ำ	ขี้เถ้าแกลบ	ไบโอชาร์
CBN50	แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 0.05	1	0.1	0.70	0	0.05
CBN70	แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 0.07	1	0.1	0.75	0	0.07

3.3.2 ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมดินเหนียว ทราย น้ำ และไบโอชาร์ ตามอัตราส่วนดังตาราง 3.1

2. นำดินเหนียวและทรายมานวดแล้วใส่ไบโอชาร์ตามลงไป ผสมจนรวมกันเป็นเนื้อเดียว จากนั้นนำดินเหนียวที่ผสมจนได้ที่แล้วไปเข้าเครื่องผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3. นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ลงแบบขนาด 5x5x5 เซนติเมตร สูตรละ 8 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แกะแบบที่บรรจุไปใส่ในภาชนะสะอาดแล้วนำตัวอย่างทั้งหมดไปตากแดดเป็นเวลา 1 วัน

5. หลังจากตากแดดเสร็จนำอิฐตัวอย่างไปเข้าเครื่องเผาไฟฟ้าด้วยอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6. หลังจากครบเวลาที่กำหนด เอาตัวอย่างออกมาวัดขนาดและน้ำหนัก เพื่อนำไปหาปริมาตรและความหนาแน่น

7. นำอิฐ 3 ก้อนของแต่ละสูตรไปหาค่ากำลังรับแรงอัดโดยใช้เครื่องทดสอบแรงกด

8. นำอิฐอีก 3 ก้อนของแต่ละสูตรไปแช่น้ำ 1 วัน ชั่งน้ำหนักเพื่อหาอัตราการดูดซึมน้ำ

9. หลังจากชั่งน้ำหนักแล้วนำอิฐที่แช่น้ำไปอบเป็นเวลา 1 วันเพื่อให้น้ำระเหยออกจนหมด จากนั้นนำไปกดเพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัดโดยเครื่องทดสอบแรงกด

รูปที่ 3.20 ชั่งน้ำหนักของแต่ละส่วนผสมที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21 ผสมดิน ทราย น้ำและไบโอชาร์ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้

รูปที่ 3.22 ทำการบรรจุดินที่ผสมแล้วใส่แม่แบบขนาด 5×5×5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.23 ถอดแบบออก

รูปที่ 3.24 หลังตากแดด 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.25 นำอิฐไปใส่เตาเผา

รูปที่ 3.26 อิฐที่เผาเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิฐมอญแทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบ

3.4.1 วิธีดำเนินงาน

เป็นการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิฐมอญแทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ที่แบบผสมขี้เถ้าแกลบ โดยกำหนดอัตราส่วนผสมดังนี้

1. CBR00 แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 0% ของน้ำหนักอิฐมอญ ด้วยอัตราส่วนดินเหนียว : ทราย : ขี้เถ้าแกลบ เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.05 โดยน้ำหนัก

2. CBR16 แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 1.6% ของน้ำหนักอิฐมอญ ด้วยอัตราส่วนดินเหนียว : ทราย : ขี้เถ้าแกลบ เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.016 โดยน้ำหนัก

3. CBR30 แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 3.0% ของน้ำหนักอิฐมอญ ด้วยอัตราส่วนดินเหนียว : ทราย : ขี้เถ้าแกลบ เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.02 โดยน้ำหนัก

4. CBR32 แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 3.2% ของน้ำหนักอิฐมอญ ด้วยอัตราส่วนดินเหนียว : ทราย : ขี้เถ้าแกลบ เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.016 โดยน้ำหนัก

5. CBR48 แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 4.8% ของน้ำหนักอิฐมอญ ด้วยอัตราส่วนดินเหนียว : ทราย : ขี้เถ้าแกลบ เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.016 โดยน้ำหนัก

ทำการผสมตามอัตราส่วนผสมของอิฐมอญในแต่ละแบบ ทำการผสมให้เข้ากันแล้วบรรจุใส่ลงไปในแม่แบบ ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร โดยทำสูตรละ 8 ก้อน แล้วนำไปเผาในตู้เผา 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อทดสอบหาค่ากำลังรับแรงกด อัตราการดูดซึมน้ำและค่าความหนาแน่น

3.4.2 ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมดิน ทราย น้ำ แกลบและไบโอชาร์ ตามอัตราส่วนดังตาราง 3.2

2. นำดินเหนียวและทรายมานวด โดยใช้เท้าเหยียบจนรวมกันเป็นเนื้อเดียว จากนั้นนำดินที่ ผสมทรายแล้วไปเข้าเครื่องผสมกับแกลบหรือไบโอชาร์สำหรับการทำอิฐมอญ

3. นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ลงแบบขนาด 5×5×5 เซนติเมตร สูตรละ 8 ก้อน

4. แกะแบบที่บรรจุไปใส่ในภาชนะสะอาดแล้วนำตัวอย่างทั้งหมดไปตากแดดเป็นเวลา 1 วัน

5. หลังจากตากแดดเสร็จนำอิฐตัวอย่างไปเข้าเครื่องเผาไฟฟ้าด้วยอุณหภูมิ 900 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. หลังจากครบเวลาที่กำหนด เอาตัวอย่างออกมาวัดขนาดและน้ำหนัก เพื่อนำไปหาปริมาตรและความหนาแน่น

7. นำอิฐ 3 ก้อนของแต่ละสูตรไปหาค่ากำลังรับแรงอัดโดยใช้เครื่องทดสอบแรงกด

8. นำอิฐอีก 3 ก้อนของแต่ละสูตรไปแช่น้ำ 1 วัน ชั่งน้ำหนักเพื่อหาอัตราการดูดซึมน้ำ

9. หลังจากชั่งน้ำหนักแล้วนำอิฐที่แช่น้ำไปอบเป็นเวลา 1 วันเพื่อให้น้ำระเหยออกจนหมด จากนั้นนำไปกดเพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัดโดยเครื่องทดสอบแรงกด

ตารางที่ 3.2 แสดงอัตราส่วนผสมของอิฐมอญ แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบ

รายการ	รายละเอียด	อัตราส่วนผสม (กิโลกรัม)				
		ดินเหนียว	ทราย	น้ำ	ขี้เถ้าแกลบ	ไบโอชาร์
CBR00	แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 0	1	0.1	0.45	0.05	0
CBR30	แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 0.03	1	0.1	0.50	0.020	0.03
อัตราส่วนแบบผสมขี้เถ้าแกลบ (เพิ่มเติม)						
CBR16	แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 0.016	1	0.1	0.65	0.016	0.016
CBR32	แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 0.032	1	0.1	0.70	0.016	0.032
CBR48	แทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์ 0.048	1	0.1	0.75	0.016	0.048

3.5 การทดสอบหาคุณสมบัติของอิฐมอญ

3.5.1 กำลังรับแรงอัด

เมื่อเผาอิฐมอญครบ 24 ชั่วโมงแล้วพักให้เย็นลง ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 77-2545) โดยนำชิ้นทดสอบของอิฐมอญที่มีขนาด 5×5×5 เซนติเมตร โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมอัตราเพิ่มแรงอัดระหว่าง 0.05 ถึง 0.2 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร จนเมื่อตัวอย่างเกิดการวิบัติ บันทึกค่านั้นเป็นความต้านทางแรงอัดสูงสุด

รูปที่ 3.27 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

3.5.2 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

ความหนาแน่นของอิฐมอญ หลังจากอิฐผ่านการเผาแล้ว ทำการชั่งน้ำหนักและใช้เวอร์ เนียร์คาลิปเปอร์วัดความยาวทุกด้านของอิฐทุกก้อน จากนั้นนำขนาดของอิฐมาหาปริมาตรของอิฐ แล้วหาความหนาแน่นจากสมการ (3.1) ดังนี้

$$\text{ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร (แห้ง)} = \frac{\text{มวลของชิ้นทดสอบหลังเผา}}{\text{ปริมาตรของชิ้นทดสอบหลังเผา}} \qquad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.28 ชั่งน้ำหนัก

3.5.3 อัตราการดูดซึมน้ำ

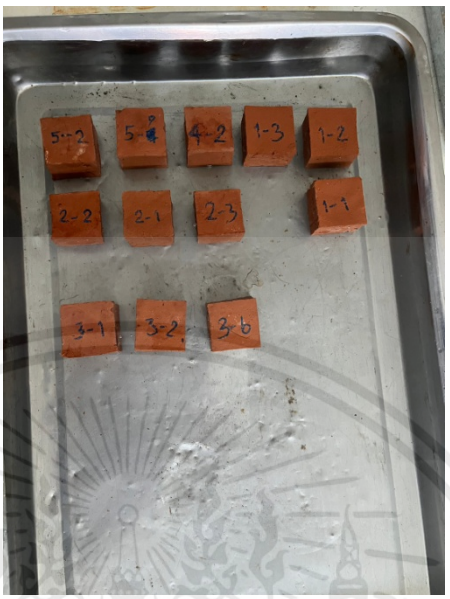
โดยการนำอิฐที่เผาเสร็จทันทีไปชั่งน้ำหนัก จะได้น้ำของอิฐที่แห้ง จากนั้นนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำอิฐมาชั่งน้ำหนักอีกที จะได้น้ำหนักของอิฐในสภาพที่ดูดซึมน้ำ หาอัตราการดูดซึมน้ำได้จากสมการ (3.2) ดังนี้

$$\text{อัตราการดูดซึมน้ำ (\%)} = \frac{(Ws - W\ )}{Wd} \times 100 \qquad (3.2)$$

โดยที่ Ws คือ น้ำหนักอิ่มตัวของอิฐมอญ มีหน่วยเป็น กรัม

Wd คือ น้ำหนักแห้งของอิฐมอญ มีหน่วยเป็น กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.29 นำอิฐไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

รูปที่ 3.30 ชั่งน้ำหนักอิฐหลังแช่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.31 นำอิฐไปอบ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบ

เป็นการหารูปแบบของผักตบชวาที่เหมาะสม ซึ่งพิจารณาจากคุณสมบัติการรับแรงกด อัตราการดูดซึมน้ำและความหนาแน่น เพื่อปริมาณที่สามารถใส่ไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบที่เหมาะสมที่สุดและมีคุณสมบัติผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 77-2545)

4.1.1 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของอิฐมอญโดยการแทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบ พบว่าความหนาแน่นจะแปรผกผันตามเปอร์เซ็นต์ของไบโอชาร์ กล่าวคือเมื่อเพิ่มปริมาณไบโอชาร์จะทำให้ความหนาแน่นลดลง

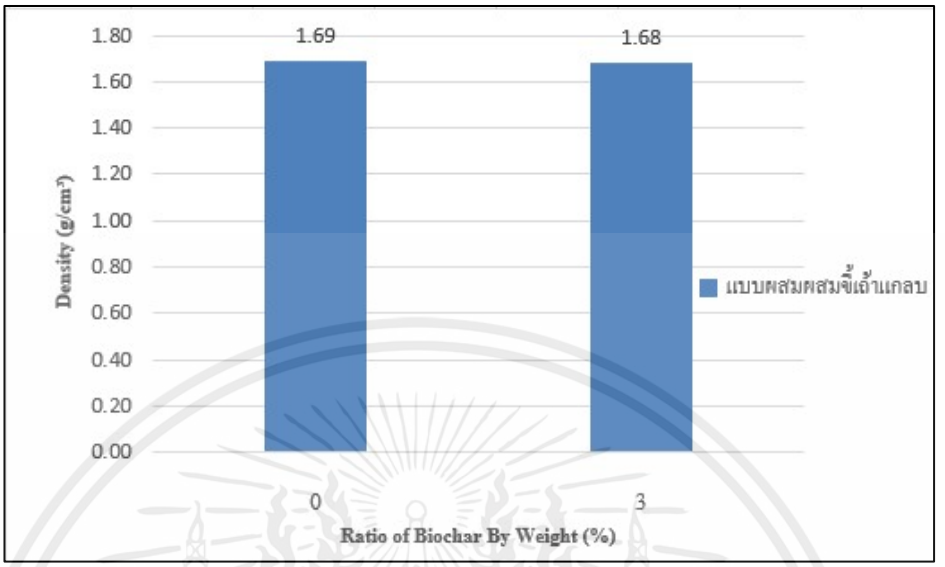
4.1.2 ผลการทดสอบค่าอัตราการดูดซึมน้ำ

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำกับเปอร์เซ็นต์ไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบ พบว่าอัตราการดูดซึมน้ำจะแปรผันตรงกับเปอร์เซ็นต์ของผักตบชวา แต่จะมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการดูดซึมน้ำมากกล่าวคือ เมื่อเพิ่มปริมาณไบโอชาร์จะทำให้อัตราการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นแปรผันตรงตามปริมาณของไบโอชาร์

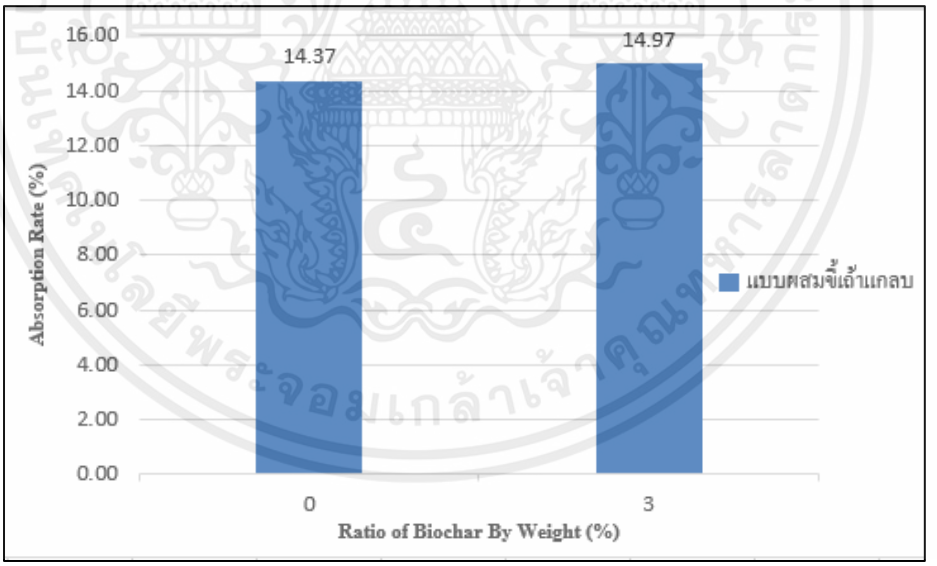
4.1.3 ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดกับเปอร์เซ็นต์ไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบ พบว่ากำลังรับแรงอัดจะแปรผันตรงกับเปอร์เซ็นต์ไบโอชาร์ แต่จะมีการลดลงของกำลังรับแรงอัดเมื่อเปอร์เซ็นต์ของไบโอชาร์เท่ากับ 0% กล่าวคือเมื่อเพิ่มปริมาณไบโอชาร์จะทำให้กำลังรับแรงอัดได้มากกว่าแบบไม่ผสมไบโอชาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

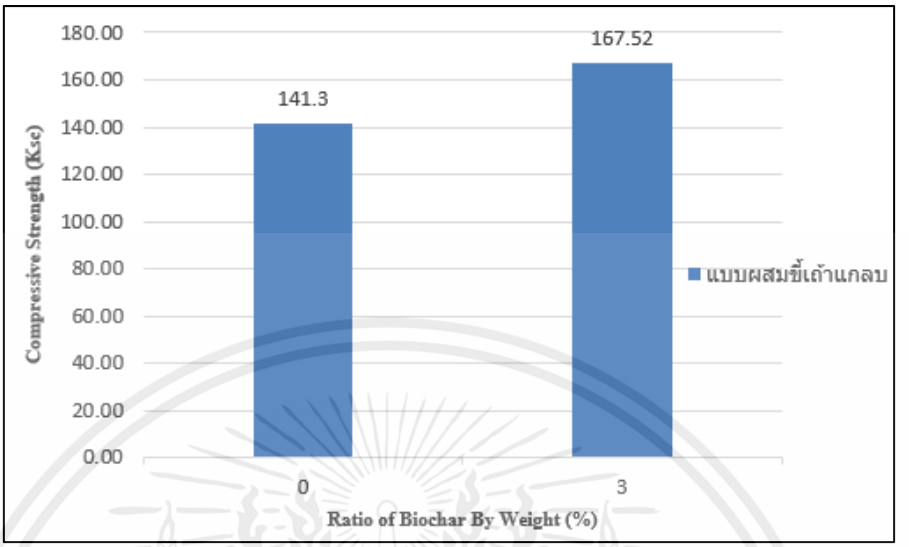


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของอิฐมอญแบบผสมขี้เถ้าแกลบ



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญแบบผสมขี้เถ้าแกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดน้ำของอิฐมอญแบบผสมขี้เถ้าแกลบ

4.2 ผลการทดลองหาอัตราส่วนของไบโอชาร์ที่เหมาะสมที่แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ

เป็นการหาอัตราส่วนที่เหมาะสม สามารถวิเคราะห์จากความหนาแน่น อัตราการดูดซึมน้ำและกำลังรับแรงอัด เพื่อหาปริมาณที่สามารถใส่ไบโอชาร์แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบได้และมีคุณสมบัติผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 77-2545)

4.2.1 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของอิฐมอญโดยการแทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ พบว่าความหนาแน่นจะแปรผกผันตามเปอร์เซ็นต์ของไบโอชาร์ กล่าวคือเมื่อเพิ่มปริมาณไบโอชาร์จะทำให้ความหนาแน่นลดลง

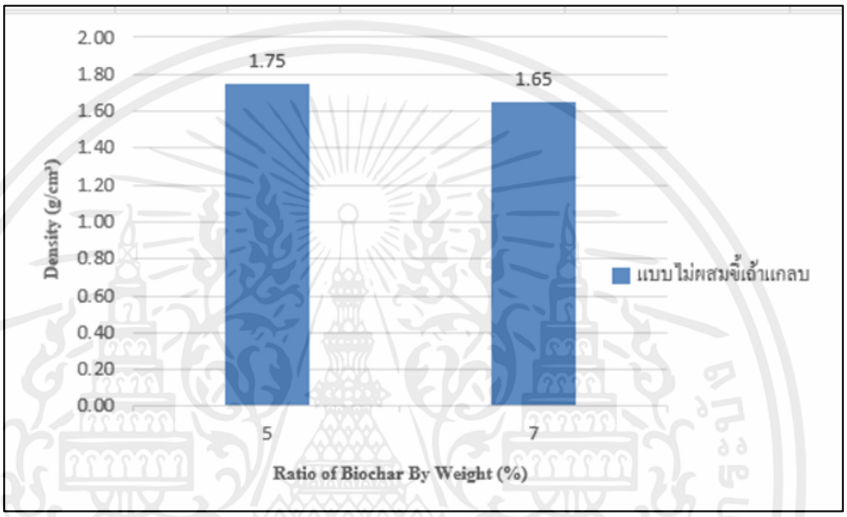
4.2.2 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำกับเปอร์เซ็นต์ไบโอชาร์แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ พบว่าอัตราการดูดซึมน้ำจะแปรผันตรงกับเปอร์เซ็นต์ของผักตบชวา แต่จะมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการดูดซึมน้ำมาก กล่าวคือ เมื่อเพิ่มปริมาณไบโอชาร์จะทำให้อัตราการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นแปรผกผันตามปริมาณของไบโอชาร์

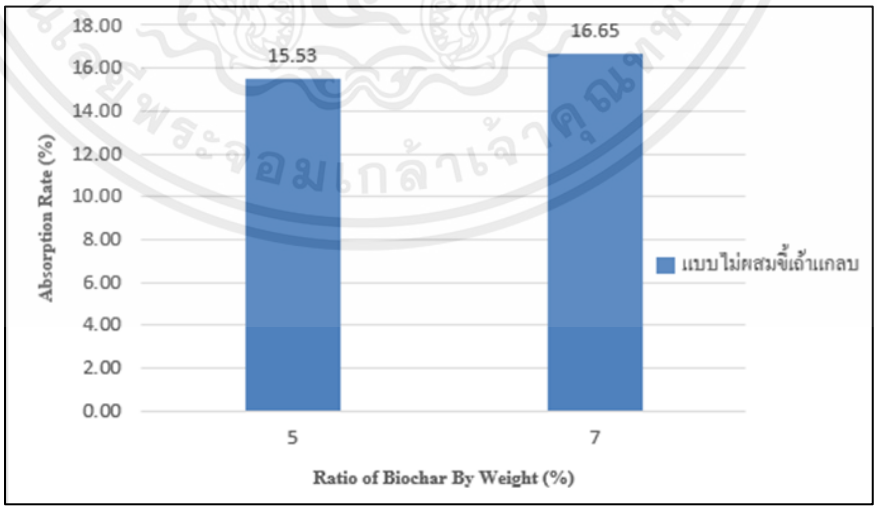
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดกับเปอร์เซ็นต์ไบโอชาร์แบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ พบว่ากำลังรับแรงอัดจะแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์ไบโอชาร์ แต่จะมีการลดลงของกำลังรับแรงอัดเมื่อเปอร์เซ็นต์ของไบโอชาร์เท่ากับ 7% กล่าวคือเมื่อเพิ่มปริมาณไบโอชาร์จะทำให้กำลังรับแรงอัดลดลงและแปรผกผันตามปริมาณไบโอชาร์

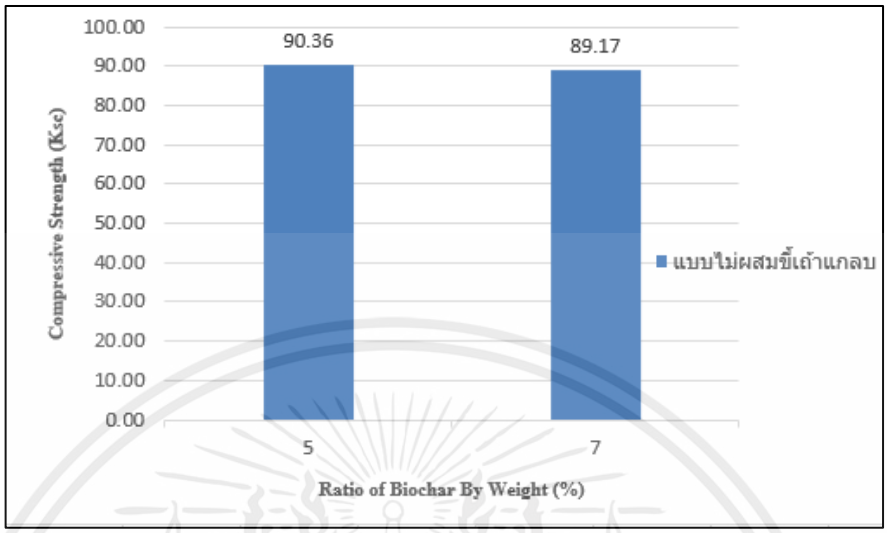


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของอิฐมอญแบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของอิฐมอญแบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดน้ำของอิฐมอญแบบผสมไม่ขี้เถ้าแกลบ

4.3 ผลการทดลองหาอัตราส่วนของไบโอชาร์ที่เหมาะสมที่แบบผสมขี้เถ้าแกลบ (เพิ่มเติม)

4.3.1 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของอิฐมอญโดยการแทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบเพิ่มเติม พบว่าความหนาแน่นจะแปรผันตามเปอร์เซ็นต์ของไบโอชาร์ กล่าวคือเมื่อเพิ่มปริมาณไบโอชาร์จะทำให้ความหนาแน่นลดลง

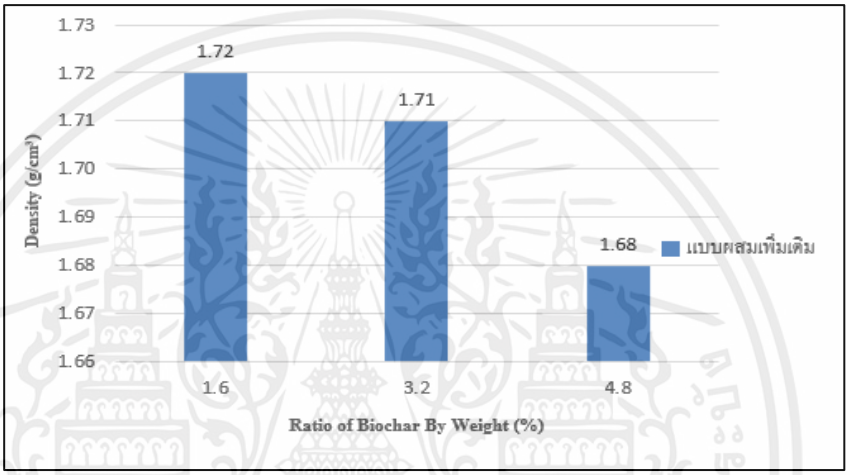
4.3.2 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำกับเปอร์เซ็นต์ไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบ พบว่าอัตราการดูดซึมน้ำจะแปรผันตรงกับเปอร์เซ็นต์ของผักตบชวา แต่จะมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการดูดซึมน้ำมาก กล่าวคือ เมื่อเพิ่มปริมาณไบโอชาร์จะทำให้อัตราการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นแปรผกผันตามปริมาณของไบโอชาร์

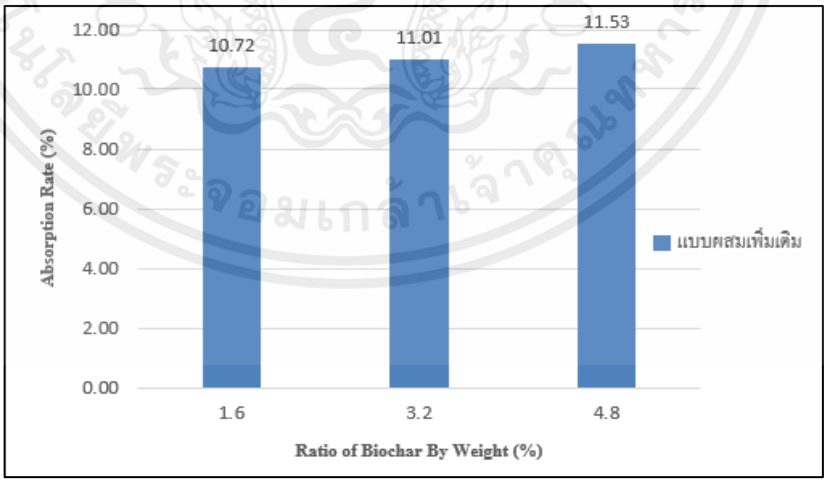
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดกับเปอร์เซ็นต์ไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบ(เพิ่มเติม) พบว่ากำลังรับแรงอัดจะแปรผันตรงกับเปอร์เซ็นต์ไบโอชาร์ แต่จะมีการลดลงของกำลังรับแรงอัดเมื่อเปอร์เซ็นต์ของไบโอชาร์เท่ากับ 3.2% กล่าวคือเมื่อเพิ่มปริมาณไบโอชาร์จะทำให้กำลังรับแรงอัดได้มากกว่า

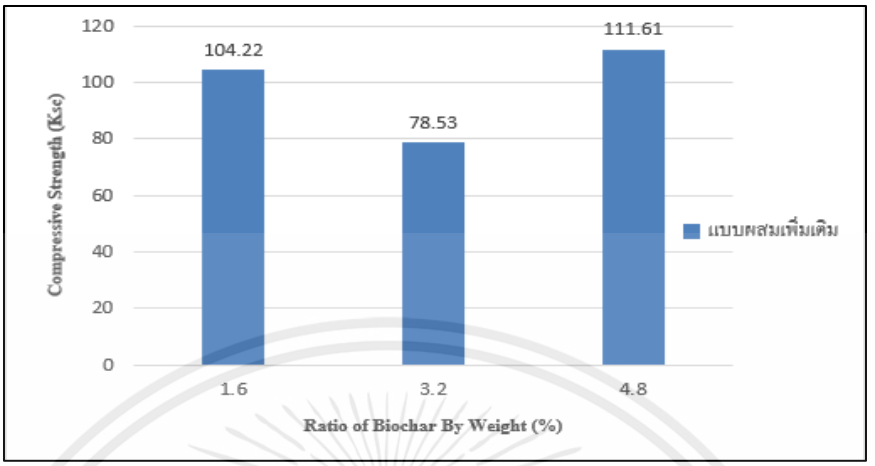


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของอิฐมอญแบบผสมขี้เถ้าแกลบ(เพิ่มเติม)



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญแบบผสมขี้เถ้าแกลบ(เพิ่มเติม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐมอญแบบผสมขี้เถ้าแกลบ(เพิ่มเติม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบการใช้ไบโอชาร์ในการทำอิฐมอญจะลดความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัด แต่อัตราการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของไบโอชาร์ที่ใช้ สัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดของการผสมไบโอชาร์ในอิฐมอญคือ 3% โดยน้ำหนักดินเหนียวโดยมีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 167.52 ksc และมีค่าอัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับ 14.97% เมื่อเทียบกับอิฐมอญแบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ จะรับแรงอัดได้มากที่สุด อิฐมอญผสมไบโอชาร์ที่สัดส่วน 3% ผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 77-2545 ที่กำหนดไว้ เมื่อใช้ไบโอชาร์ที่ผ่านการแปรรูปจากผักตบชวามาทำอิฐมอญขนาด 4x6.5x14 cm. โดยใช้อัตราส่วนไบโอชาร์ 3% โดยน้ำหนักอิฐมอญจะสามารถกำจัดผักตบชวาในแหล่งน้ำได้ประมาณ 2-3 ตารางเมตร

5.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล

5.2.1 ความหนาแน่น

พบว่า ค่าความหนาแน่นจะแปรผกผันตามร้อยละของไบโอชาร์ที่นำไปแทนที่แกลบการเพิ่มปริมาณไบโอชาร์จะทำให้ค่าความหนาแน่นมีค่าลดลง โดยเปอร์เซ็นต์ไบโอชาร์ทั้งแบบไม่ผสมไบโอชาร์และแบบผสมไบโอชาร์ ที่ทำให้ค่าความหนาแน่นต่ำที่สุดคือ 0.048% มีค่าเท่ากับ 1.68 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความหนาแน่นของอิฐมอญโดยการแทนที่ขี้เถ้าแกลบด้วยไบโอชาร์แบบผสมขี้เถ้าแกลบเพิ่มเติม พบว่าความหนาแน่นจะแปรผันตามเปอร์เซ็นต์ของไบโอชาร์เมื่อเพิ่มปริมาณไบโอชาร์จะทำให้ความหนาแน่นลดลง

5.2.2 อัตราการดูดซึมน้ำ

พบว่า ค่าการดูดซึมน้ำจะแปรผันตรงกับตามร้อยละของไบโอชาร์ที่นำไปแทนที่แกลบเปอร์เซ็นของไบโอชาร์ที่ทำให้ค่าอัตราการดูดซึมน้ำ สัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด ของการผสมไบโอชาร์ในอิฐมอญคือ 0.048% โดยน้ำหนักดิน มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 11.53% เมื่อ เทียบกับอิฐมอญแบบไม่ผสมขี้เถ้าแกลบถึงจะรับแรงอัดได้น้อยกว่า แต่มีน้ำหนักเบากว่า และอิฐมอญผสมไบโอชาร์ที่สัดส่วน 0.048 ผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 77-2545 ที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 กำลังรับแรงอัด

พบว่า ค่ากำลังรับแรงอัดจะแปรผกผันตามเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนผสมของไบโอชาร์และขี้เถ้าแกลบ การเพิ่มส่วนผสมไบโอชาร์และขี้เถ้าแกลบจะทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดเปลี่ยนแปลง พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดจะเพิ่มอย่างมาก เมื่อเปลี่ยนส่วนผสมขี้เถ้าแกลบเท่ากับ 0.05% โดยไม่สผมไบโอชาร์จะได้กำลังรับแรงอัด 141.30 Ksc เปลี่ยนส่วนผสมขี้เถ้าแกลบเท่ากับ 0.02% ผสมสผมไบโอชาร์ 0.03% จะได้กำลังรับแรงอัด 167.52 Ksc และเปลี่ยนส่วนผสมขี้เถ้าแกรบให้คงที่ 0.016% เพิ่มไบโอชาร์เป็น 0.016%, 0.032%, และ 0.048% ตามลำดับ จะได้กำลังรับแรงอัดเท่ากับ 104.22 Ksc, 78.53 Ksc, และ 111.61 Ksc ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ของไบโอชาร์และขี้เถ้าแกลบที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.03%

5.3 ปัญหาที่พบในงานวิจัย

1. ปัญหาในการเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ผักตบชวา ซึ่งต้องเตรียมผักตบชวาเป็นจำนวนมาก และการขนย้ายมีความยากลำบาก และเนื่องจากผักตบชวาที่ต้องใช้ในการเผาเป็นจำนวนมาก

2. ใส่แบบแล้วหน้าไม่เรียบหรือใส่ไปแล้วไม่เต็มแบบ

3. ขั้นตอนการผสมดินเข้ากับไบโอชาร์และขี้เถ้าแกลบกับส่วนผสมอื่นๆจะใช้เวลานานเกินไป และต้องใช้เครื่อง มอตาร์ช่วยผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

4. ถ้าปล่อยไว้แห้งนานเกินไปจะทำให้ดินแตก เวลาเผาจะเกินรอยแตกร้าวและแตกได้

5. ถ้าเผาที่อุณหภูมิที่ไม่ได้ตามที่กำหนดและระยะเวลาการเผาจะทำให้ดินข้างในอิฐมอญไม่แห้งและจะเกิดปัญหาในการทดสอบ

6.พอแบบแห้งแล้วทำให้อิฐหดตัวเยอะเกินไป เลยทำให้อิฐแตก

5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1.ควรทำการศึกษาปริมาณน้ำ (w/c) ที่เหมาะสมโดยทำการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับปริมาณไบโอชาร์โดยให้ปริมาณไบโอชาร์คงที่

2.ควรทำการศึกษาหาวิธีป้องกันการกันการแตกร้าวและอุณหภูมิที่ใช้ในการเผารวมถึงระยะเวลาของการเผาอิฐมอญ

3.ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของอิฐมอญผสมไบโอชาร์จากผักตบชวาเพียงบางส่วนเท่านั้น ควรมีการศึกษาวิจัยในด้านอื่น ๆ เช่น การนำความร้อน ความเป็นชนวนกันเสียง อายุการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ธนศิษฏ์ วงศ์ศิริอำนวย, 25 มีนาคม 2566, **ถ่านชีวภาพหรือไบโอชาร์ (Biochar) และประเภทและชนิดของไบโอชาร์** ,แหล่งที่มา : https://erp.mju.ac.th/acticleDetail.aspx?qid=1072, 25 มีนาคม 2566

[2] สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, **องค์ประกอบทางเคมีของไบโอชาร์**, แหล่งที่มา : https ://www.opsmoac.go.th/chachoengsao-article_prov-files-431391791813

[3] **Youtube Channel : คุยกับลุงช่าง ความหมายของอิฐมอญ** แหล่งที่มา : https://www.wazzadu.com/article/5507

[4] ศิริลักษณ์ ศิริสิงห์ และ อรสา สุกสว่าง, **การประยุกต์ใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร** วารสารวิจัย, ปี 2556

[5] ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ **ผลของการใช้ถ่านชีวภาพจากผักตบชวา** Eichhornia crassipes แหล่งที่มา : https://ph02.tcithaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/246460

[6] ธัชพล ชาญวานิชบริการ, พงศกร ทรงไตรย์ และ พลช เพชรปานวงศ์, **อิฐมอญผสมผักตบชวาเพื่อศึกษาหาปริมาณของก้านผักตบที่มากที่สุดที่สามารถใส่เข้าไปในอิฐมอญ โดยที่อิฐมอญยังสามารถผ่านมาตรฐาน มอก.77-2545**, ปริญญานิพนธ์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2560

[7] **ภาพถ่ายพื้นผิวของไบโอชาร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 2,500 เท่า** : รัตถชล อ่างมณ, กัญจน์นรี ช่วงฉ่า และ อรรณพ หอมจันทร์

[8] บัวหลวง ฝ้ายเยื่อ เสาวนีย์ วิจิตรโกสุม, **ไบโอชาร์**, วารสารสิ่งแวดล้อม, สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ปีที่ 24 (ฉบับที่ 2)

[9] **Sumit Rai and Rajesh KumarSingh, Biochar: Moisture stress mitigation, (2019**), from (PDF) Biochar แหล่งที่มา : Moisture stressmitigation (researchgate.net)

[10] **สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน** แหล่งที่มา : http://oss101.ldd.go.th/web_soils_for_youth/s_prop_text2.htm

[11] (Green Net)**ถ่านชีวภาพ-ถ่านไบโอชาร์** แหล่งที่มา : **https://www.greennet.or.th/biochar**

[12] **ความหมายของอิฐมอญ** แหล่งที่มา : https://itdang2009.com/product-category/

[13] พินิจภณ ปิตุยะ 2557, ศริลักษณ์ 2556 และ อรสา สุกสว่าง 2561 : **องค์ประกอบทางเคมีของไบโอชาร์**

[14] ดวงใจ วัยเจริญ, เกษร จำปา : **ไบโอชาร์-ถ่านชีวภาพตัวช่วยปรับปรุงคุณภาพดิน** แหล่งที่มา : https://shorturl.at/bftwC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[15] Lehmann 2009, พินิจภณ ปิตุยะ. 2557, ศริลักษณ์ ศิริสิงห์. 2556 และอรสา สุกสว่าง. 2561 **องค์ประกอบทางเคมีของไบโอชาร์**

[16] ศึกษาผลของแกลบต่อคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐ เอก ช่อประดับ (2547) : **งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

[17] พนาทอง อินทรชัย (2548) : **ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและเชิงความร้อนของอิฐดินเหนียวผสมเถ้าลอยและยิปซั่มจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ**

[18] Faller (2004) : **ศึกษาใช้ขี้เลื่อยผสมดินเหนียวเพื่อผลิตอิฐ** : Faller (2004)

[19] Okunade, E. A. (2008) : **ใช้เถ้าไม้และขี้เลื่อยผสมในเนื้อดินสำหรับทำอิฐ**

[20] Souza et al. (2011) : **ศึกษาการนำเถ้าชานอ้อยมาเป็นตัวเติมในส่วนผสมของการทำวัสดุเซรามิกสำหรับทำกระเบื้องมุงหลังคา**

[21] ปิยาลัคน์ เงินชูกลิ่น (2555) : **ศึกษาการใช้เถ้าแกลบในการผลิตอิฐบล็อกประสานในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินลูกรัง**

[22] จรูญ เจริญเนตรกุล (2555) : **ศึกษาความเป็นไปได้ในการน้าเถ้าใยปาล์มน้ำมันมาแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน**

[23] วุฒินัย กกกำแหง (2553) : **ศึกษาผลกระทบของความสามารถในการรับกำอัดและการดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน**

[24] Faria et al. (2012) : **รายงานผลการศึกษาจากการใช้เถ้าชานอ้อยผสมในการทำอิฐดินเผา**

[25] Kadir and Maasom (2013) **: ศึกษาการนำเอาเศษชานอ้อยมาผสมในการทำอิฐดินเผา**

[26] Görhan and Şimşek (2013) : **ศึกษาผลของการเติมแกลบข้าวต่อความพรุนตัวและค่าการ เป็นฉนวนความร้อน**

[27] Muñoz et al. (2013) : **ศึกษาอิทธิพลของการใช้เยื่อกระดาษ (Paper Pulp) เติมในส่วนผสมการทำอิฐเพื่อลดน้ำหนักของอิฐต่อสมบัติทางความร้อนและสมบัติเชิงกลของอิฐ**

[26] วรรณีเอกศิลป์ (2555) **: ศึกษาการนำวัสดุชีวมวลที่มีความเป็นฉนวนกันความร้อนราคาถูก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ผลทดสอบค่าความหนาแน่น
อิฐมอญขนาด 5x5x5 cm. (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตารางที่ ก.1 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 5.0% (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (g)	ปริมาตร (cm^3)	ค่าความหนาแน่น (g/cm3)	**ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (g/cm3)**
1	111.47	65.03	1.71	**1.75**
2	112.27	62.96	1.78	

ตารางที่ ก.2 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 7.0% (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (g)	ปริมาตร (cm^3)	ค่าความหนาแน่น (g/cm3)	**ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (g/cm3)**
1	112.52	66.91	1.68	**1.65**
2	112.34	66.61	1.69	
3	114.43	68.41	1.67	
4	106.89	67.80	1.58	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
ผลทดสอบค่าความหนาแน่น
อิฐมอญขนาด 5x5x5 cm. (ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 0% (ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (g)	ปริมาตร (cm^3)	ค่าความหนาแน่น (g/cm3)	**ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (g/cm3)**
1	101.19	61.67	1.64	**1.69**
2	100.77	60.09	1.68	
3	102.33	59.10	1.73	
4	102.14	61.57	1.66	
5	101.78	59.21	1.72	
6	104.25	60.50	1.72	
7	101.77	61.50	1.65	
8	103.45	60.48	1.71	

ตารางที่ ข.2 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 3.0% (ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (g)	ปริมาตร (cm^3)	ค่าความหนาแน่น (g/cm3)	**ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (g/cm3)**
1	118.75	68.67	1.73	**1.68**
2	116.65	70.70	1.65	
3	116.79	68.62	1.70	
4	115.90	67.18	1.73	
5	116.17	72.60	1.60	
6	118.10	71.59	1.65	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 1.6% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (g)	ปริมาตร (cm^3)	ค่าความหนาแน่น (g/cm3)	**ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (g/cm3)**
1	91.45	54.58	1.68	**1.72**
2	95.61	53.89	1.77	
3	98.24	54.93	1.79	
4	94.66	53.53	1.68	
5	90.78	52.84	1.72	
6	97.41	55.85	1.74	
7	89.39	54.35	1.64	
8	89.57	52.11	1.72	
9	88.41	53.17	1.66	

ตารางที่ ข.4 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 3.2% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (g)	ปริมาตร (cm^3)	ค่าความหนาแน่น (g/cm3)	**ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (g/cm3)**
1	89.26	48.02	1.86	**1.71**
2	86.32	54.28	1.59	
3	89.08	50.84	1.75	
4	88.73	52.77	1.68	
5	87.17	51.27	1.70	
6	86.79	52.03	1.67	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 แสดงค่าความหนาแน่นของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 4.8% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (g)	ปริมาตร (cm^3)	ค่าความหนาแน่น (g/cm3)	**ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (g/cm3)**
1	103.57	53.62	1.66	**1.68**
2	103.84	49.64	1.79	
3	101.50	54.33	1.60	
4	102.30	49.60	1.77	
5	101.51	56.79	1.53	
6	101.67	49.69	1.75	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
ผลทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ
อิฐมอญขนาด 5x5x5 cm. (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 5.0% (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตัวอย่างที่	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	น้ำหนักของน้ำในอิฐ (g)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	**ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำ (%)**
1	116.23	102.27	13.96	13.65	**14.37**
2	116.53	101.68	14.85	14.60	
3	118.56	103.23	15.33	14.85	

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 7.0% (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตัวอย่างที่	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	น้ำหนักของน้ำในอิฐ (g)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	**ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำ (%)**
1	138.03	120.43	17.60	14.61	**14.97**
2	135.52	117.77	17.75	15.07	
3	134.98	117.15	17.83	15.22	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
ผลทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ
อิฐมอญขนาด 5x5x5 cm. (ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตารางที่ ง.1 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 0% (ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตัวอย่างที่	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	น้ำหนักของน้ำในอิฐ (g)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	**ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำ (%)**
1	130.42	112.89	17.53	15.53	**15.53**

ตารางที่ ง.2 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 3.0% (ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตัวอย่างที่	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	น้ำหนักของน้ำในอิฐ (g)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	**ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำ (%)**
1	131.29	113.29	18.00	15.89	**16.65**
2	125.08	106.54	18.54	17.40	

ตารางที่ ง.3 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 1.6% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม

ตัวอย่างที่	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	น้ำหนักของน้ำในอิฐ (g)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	**ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำ (%)**
1	106.43	95.79	10.64	11.11	**14.37**
2	108.53	98.41	10.12	10.28	
3	100.71	90.93	9.78	10.76	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 3.2% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม

ตัวอย่างที่	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	น้ำหนักของน้ำในอิฐ (g)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	**ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำ (%)**
1	98.39	88.79	9.60	10.81	**11.01**
2	96.78	87.27	9.51	10.90	
3	96.68	86.84	9.84	11.33	

ตารางที่ ง.5 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 4.8% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม

ตัวอย่างที่	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	น้ำหนักของน้ำในอิฐ (g)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	**ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำ (%)**
1	99.63	89.17	10.46	11.73	**11.53**
2	97.71	87.64	10.07	11.49	
3	97.05	87.15	9.90	11.36	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.
ผลทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด
อิฐมอญขนาด 5x5x5 cm. (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตารางที่ จ.1 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 5.0% (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตัวอย่างที่	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัดสูงสุด (kg)	กำลังรับแรงอัด (Ksc)	**ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (Ksc)**
1	16.05	2258.92	90.36	**90.36**

ตารางที่ จ.2 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 7.0% (ไม่ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตัวอย่างที่	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัดสูงสุด (kg)	กำลังรับแรงอัด (Ksc)	**ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (Ksc)**
1	101.19	61.67	1.64	**1.69**
2	100.77	60.09	1.68	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ.
ผลทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด
อิฐมอญขนาด 5x5x5 cm. (ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตารางที่ ฉ.1 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 0% (ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตัวอย่างที่	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัดสูงสุด (kg)	กำลังรับแรงอัด (Ksc)	**ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (Ksc)**
1	15.58	3450.56	138.02	**141.30**
2	15.72	3939.86	157.59	
3	15.38	3206.93	128.28	

ตารางที่ ฉ.2 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 3.0% (ผสมขี้เถ้าแกลบ)

ตัวอย่างที่	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัดสูงสุด (kg)	กำลังรับแรงอัด (Ksc)	**ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (Ksc)**
1	16.75	3938.84	157.55	**167.52**
2	17.28	4437.31	177.49	

ตารางที่ ฉ.3 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 1.6% (ผสมขี้เถ้าแกลบ)
สูตรเพิ่มเติม

ตัวอย่างที่	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัดสูงสุด (kg)	กำลังรับแรงอัด (Ksc)	**ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (Ksc)**
1	14.16	1386.34	55.45	**104.22**
2	14.09	1483.18	59.33	
3	14.39	1665.65	66.63	
4	13.94	2505.61	100.22	
5	13.84	3645.26	145.81	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.4 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 3.2% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม

ตัวอย่างที่	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัดสูงสุด (kg)	กำลังรับแรงอัด (Ksc)	**ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (Ksc)**
1	13.47	2268.09	90.72	
2	14.37	1903.16	76.13	**178.53**
3	13.10	1718.65	68.75	

ตารางที่ ฉ.5 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างอิฐมอญผสมไบโอชาร์ 4.8% (ผสมขี้เถ้าแกลบ) สูตรเพิ่มเติม

ตัวอย่างที่	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัดสูงสุด (kg)	กำลังรับแรงอัด (Ksc)	**ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัด (Ksc)**
1	14.62	1690.11	67.60	
2	14.85	3540.27	141.61	**111.61**
3	14.85	3140.67	125.63	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายธนชาติ ไชยา

วัน/เดือน/ปีเกิด 3 มกราคม 2542

ที่อยู่ปัจจุบัน 78/6 หมู่13 ต.เกาะช้าง อ.แม่สาย จ.เชียงราย 57130

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2558 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านสันหลวง จังหวัดเชียงราย

พ.ศ. 2560 จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย จังหวัด เชียงราย

พ.ศ. 2562 จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย จังหวัด เชียงราย

ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา (หลักสูตรต่อเนื่อง)

อีเมล์ thanachat.chaiya@gmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน (ต่อ)

ชื่อ-นามสกุล นางสาวโยธิการ มาลี

วัน/เดือน/ปีเกิด 13 ตุลาคม 2542

ที่อยู่ปัจจุบัน 120 หมู่2 ต.ดงมะดะ อ.แม่ลาว จ.เชียงราย 57250

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2558 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนแม่ลาววิทยาคม จังหวัดเชียงราย

พ.ศ. 2561 จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย จังหวัดเชียงราย

พ.ศ. 2563 จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย จังหวัดเชียงราย

ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา (หลักสูตรต่อเนื่อง)

อีเมล์ yothikan13@gmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน (ต่อ)

ชื่อ-นามสกุล นางสาวศศิธร เครือประสิทธิ์

วัน/เดือน/ปีเกิด 26 มกราคม 2543

ที่อยู่ปัจจุบัน 227/3 หมู่2 ต.แม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง 52220

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2558 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนประชาวิทย์ลำปาง จังหวัดลำปาง

พ.ศ. 2561 จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคลำปาง จังหวัด ลำปาง

พ.ศ. 2563 จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคลำปาง จังหวัด ลำปาง

ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา (หลักสูตรต่อเนื่อง)

อีเมล์ pluem_pluem_02@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้