อิฐมอญผสมผักตบชวา

CLAYBRICK MIXED WATER HYACINTH

ธัชพล ชาญวานิชบริการ

พงศกร ทรงไตรย์

พลช เพชรปานวงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

อิฐมอญผสมผักตบชวา

CLAYBRICK MIXED WATER HYACINTH

ธัชพล ชาญวานิชบริการ
พงศกร ทรงไตรย์
พลช เพชรปานวงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLAYBRICK MIXED WATER HYACINTH

THACHAPON CHANVANICHBORIKARN

PONGSAKORN SONGTRAI

PALOCH PETPANVONG

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ อิฐมอญผสมผักตบชวา

CLAYBRICK MIXED WATER HYACINTH

นักศึกษา นายธัชพล ชาญวานิชบริการ รหัสนักศึกษา 58010565

นายพงศกร ทรงไตรย์ รหัสนักศึกษา 58010809

นายพลช เพชรปานวงศ์ รหัสนักศึกษา 58010843

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. แหลมทอง เหล่าคงถาวร

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

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร. อาทิตย์ เพชรศศิธร)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิฐมอญผสมผักตบชวา

นายธัชพล ชาญวานิชบริการ รหัสนักศึกษา 58010565

นายพงศกร ทรงไตรย์ รหัสนักศึกษา 58010809

นายพลช เพชรปานวงศ์ รหัสนักศึกษา 58010843

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบและสัดส่วนของผักตบชวาที่เหมาะสมในการผลิตอิฐมอญ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 77-2545 โดยทำการศึกษาที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของดิน: ทราย: น้ำ เท่ากับ 1: 0.1: 0.1 ส่วนอัตราส่วนของผักตบชวาที่ผสมกับดินคือ 0, 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1 โดยน้ำหนัก เพื่อศึกษาจากนั้นนำมาทดสอบความต้านทานแรงอัด อัตราการดูดกลืนน้ำ น้ำหนัก ความหนาแน่น และแรงดัด การทดสอบละ 3 ตัวอย่าง

จากการศึกษาพบว่าอิฐมอญที่ผสมผักตบชวาที่สามารถรับแรงได้มากสุดคืออิฐมอญที่ผสมผักตบชวาด้วยสัดส่วน 0.025 โดยน้ำหนัก และเมื่อเปรียบเทียบรูปแบบของผักตบระหว่างแบบเส้นและแบบผงที่สัดส่วนเหมือนกันพบว่า อิฐมอญที่ผสมผักตบชวาแบบผงสามารถรับแรงกดได้ดีกว่า ส่วนคุณสมบัติด้านอื่นมีค่าใกล้เคียงกัน จากผลการศึกษาพบว่าอิฐมอญแบบธรรมดาที่ไม่ใส่ผักตบชวาสามารถรับแรงอัดได้มากกว่าอิฐมอญที่ใส่ผักตบชวาเช่นเดียวกับความหนาแน่นที่มีค่ามากกว่า ในขณะที่อิฐมอญแบบธรรมดามีค่าอัตราดูดซึมน้ำที่น้อยกว่าอิฐมอญที่ผสมผักตบชวา ซึ่งค่าคุณสมบัติต่างๆ ของอิฐมอญทั้ง3ประเภท มีค่ามากกว่าค่าต่ำสุดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 77-2545) และจากการนำผักตบชวามาทำอิฐมอญพบว่าอิฐมอญผสมผักตบชวา1ก้อน ขนาด 14*6.5*4 เซนติเมตร สามารถลดผักตบชวาสดในแม่น้ำได้ 10 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Claybrick Mixed Water Hyacinth

Mr. Thachapon Chavanichborikarn Student ID: 58010565

Mr. Pongsakorn Songtrai Student ID: 58010809

Mr. Paloch Petpanvong Student ID: 58010843

Advisor; Assoc.Prof.Dr.Laemthong Laokhongthavorn

Academic Year 2018

Abstract

The purpose of this research is to examine the proper quantity and proper form of water hyacinth in clay brick refer to TIS77-2545.Composition of clay brick was clay: sand: water, 1: 0.1: 0.1 per weight of clay in every ratio. Water hyacinth was mixed with clay brick as follow 0, 0.025, 0.05, 0.075 and 0.1 per weight. Then samples were tested by compressive strength test, rate of water absorption test, density test and bending strength test 3 samples for each test.

The test shows that the best ratio of water hyacinth in clay brick is 0.025 by weight and powder water hyacinth is better than fiber water hyacinth in compressive strength test. But other properties are similar. By test results, the original clay brick has compressive strength and density greater than clay brick with water hyacinth; nevertheless, the water absorption of original clay brick is lower than clay brick with water hyacinth. Moreover, every properties of every types of clay brick is more than minimum required value of TIS (77-2545). A sample in size 14x6.5x4 was made by using optimum composition of water hyacinth. This composition of a piece of brick can get rid of 10 grams water hyacinth in river.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร ที่กรุณาให้คำปรึกษาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง คอยแนะนำช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหา คอยให้ความรู้ เอาใจใส่ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือจนสำเร็จได้ด้วยดี พวกเราผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร-ลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุกๆรายวิชาเพื่อเป็นพื้นฐานเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณ นายสมบัติ เนตรสว่าง,นายธีรเดช คำวิไลและเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำการทดลองต่างๆให้ผ่านไปได้ด้วยดีรวมถึงให้คำแนะนำต่างๆในการทดลอง

ขอขอบพระคุณ คุณสุนทร กาญจนสุนทร และพนักงานจากบริษัท อิฐแดง 2009 จำกัด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่อนุญาตให้เข้าชมโรงงานทำอิฐมอญพร้อมแนะนำขั้นตอนการทำอิฐมอญที่ถูกต้อง

ขอขอบคุณเพื่อนๆในคณะวิศวกรรมโยธา ที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือตลอดมาในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่สนับสนุนค่าใช้จ่ายต่างๆในการดำเนินงานทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ และให้กำลังใจเสมอมา

นายธัชพล ชาญวานิชบริการ

นายพงศกร ทรงไตรย์

นายพลช เพชรปานวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) I

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VIII

สารบัญรูปภาพ X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ขอการศึกษา 2

1.3 ขอบเขตขอการศึกษา 2

1.4 วิธีการศึกษา 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์ 5

2.1 กล่าวนำ 5

2.2 อิฐมอญ 5

2.2.1. ประวัติความเป็นมาของอิฐมอญ 5

2.2.2. ความหมายของอิฐมอญ 8

2.2.3. คุณสมบัติของอิฐมอญ 9

2.2.4. ขั้นตอนการทำอิฐมอญ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

2.3 ผักตบชวา 13

2.3.1 ถิ่นกำเนิดและการแพร่กระจายของผักตบชวา 13

2.3.2. ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของผักตบชวา 14

2.3.3. องค์ประกอบทางเคมีของผักตบชวา 16

2.3.4. การขยายพันธ์ของผักตบชวา 17

2.3.5. ปัญหาที่เกิดจากผักตบชวา 18

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 24

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 24

3.2 วิธีการผลิตและทดสอบอิฐมอญ 25

3.2.1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา 25

3.2.2. การจัดเตรียมวัสดุและส่วนผสมที่ใช้ในการศึกษา 30

3.3 การทดลองหารูปแบบของผักตบชวาที่ดีที่สุด 36

3.3.1. วิธีการดำเนินงาน 36

3.3.2. ขั้นตอนการทดสอบ 36

3.4 การทดลองหาอัตราส่วนของผักตบชวาที่ดีที่สุด 41

3.4.1. วิธีการดำเนินงาน 41

3.4.2. ขั้นตอนการทดสอบ 41

3.5 การทดลองเปรียบเทียบอิฐมอญผสมผักตบชวากับอิฐดินล้วน 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

3.5.1. วิธีการดำเนินงาน....46

3.5.2. ขั้นตอนการทดสอบ....46

3.6 การทดสอบคุณสมบัติของอิฐมอญ....50

3.6.1. กำลังรับแรงอัด....50

3.6.2. ความหนาแน่นเชิงปริมาตร....51

3.6.3. อัตราการดูดซึมน้ำ....52

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล....54

4.1 ผลการทดลองหารูปแบบของผักตบชวาที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้เป็นส่วนผสม....54

4.1.1. ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น....54

4.1.2. ผลการทดสอบค่าอัตราการดูดซึมน้ำ....55

4.1.3. ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด....55

4.2 ผลการทดลองหาอัตราส่วนของผักตบชวาที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นส่วนผสม....56

4.2.1. ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น....56

4.2.2. ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ....58

4.2.3. ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด....59

4.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของอิฐระหว่างแบบใส่ผักตบชวาแบบผงแบบเส้นและแบบไม่ใส่ผักตบชวา....60

4.3.1. ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

4.3.2. ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ....61

4.3.3. ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด....62

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ....63

5.1 สรุปผลการวิจัย....63

5.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล....63

5.2.1. ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น....63

5.2.2. ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ....64

5.2.3. ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด....64

5.3 ปัญหาที่พบในงานวิจัย....64

5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป....65

เอกสารอ้างอิง....66

ภาคผนวก ก. ผลการทดสอบการหาปริมาณผักตบชวาที่เหมาะสม ความหนาแน่น ค่าอัตราการดูดซึมน้ำและค่ากำลังรับแรงอัด....68

ภาคผนวก ข. การทดสอบการหารูปแบบผักตบชวาที่เหมาะสมก้อนเล็ก ความหนาแน่น ค่าอัตราการดูดซึมน้ำและค่ากำลังรับแรงอัด....73

ภาคผนวก ค. การทดสอบการหารูปแบบผักตบชวาที่เหมาะสมก้อนใหญ่ ความหนาแน่น ค่าอัตราการดูดซึมน้ำและค่ากำลังรับแรงอัด....75

ประวัติผู้เขียน....78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การแบ่งคุณภาพของชั้นอิฐ....9

2.2. มาตรฐานและการทดสอบของอิฐมอญ....13

2.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของผักตบชวา....17

3.1 แสดงอัตราส่วนทั้ง 3 รูปแบบของอิฐมอญ....36

3.2 แสดงอัตราส่วนทั้ง 5 สูตรของอิฐมอญ....41

3.3 แสดงอัตราส่วนทั้ง 5 สูตรของอิฐมอญ....46

ก.1 ผลการทดสอบการหาปริมาณผักตบชวาที่เหมาะสม ครั้งที่ 1 (ผักตบ 0%)....68

ก.2 ผลการทดสอบการหาปริมาณผักตบชวาที่เหมาะสม ครั้งที่ 1 (ผักตบ 0.025%)....68

ก.3 ผลการทดสอบการหาปริมาณผักตบชวาที่เหมาะสม ครั้งที่ 1 (ผักตบ 0.05%)....69

ก.4 ผลการทดสอบการหาปริมาณผักตบชวาที่เหมาะสม ครั้งที่ 1 (ผักตบ 0.075%)....69

ก.5 ผลการทดสอบการหาปริมาณผักตบชวาที่เหมาะสม ครั้งที่ 1 (ผักตบ 0.1%)....70

ก.6 ผลการทดสอบการหาปริมาณผักตบชวาที่เหมาะสม ครั้งที่ 2 (ผักตบ 0%)....70

ก.7 ผลการทดสอบการหาปริมาณผักตบชวาที่เหมาะสม ครั้งที่ 2 (ผักตบ 0.025%)....71

ก.8 ผลการทดสอบการหาปริมาณผักตบชวาที่เหมาะสม ครั้งที่ 2 (ผักตบ 0.05%)....71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ก.9 ผลการทดสอบการหาปริมาณผักตบชวาที่เหมาะสม ครั้งที่ 2 (ผักตบ 0.075%).....72

ก.10 ผลการทดสอบการหาปริมาณผักตบชวาที่เหมาะสม ครั้งที่ 2 (ผักตบ 0.1%).....72

ข.1 การทดสอบการหารูปแบบผักตบชวาที่เหมาะสมก้อนเล็ก (รูปแบบผง).....73

ข.2 การทดสอบการหารูปแบบผักตบชวาที่เหมาะสมก้อนเล็ก (รูปแบบเส้น).....73

ข.3 การทดสอบการหารูปแบบผักตบชวาที่เหมาะสมก้อนเล็ก (แบบผสมแกลบ).....74

ค.1 การทดสอบการหารูปแบบผักตบชวาที่เหมาะสมก้อนใหญ่ (รูปแบบผง).....75

ค.2 การทดสอบการหารูปแบบผักตบชวาที่เหมาะสมก้อนใหญ่ (รูปแบบเส้น).....75

ค.3 การทดสอบการหารูปแบบผักตบชวาที่เหมาะสมก้อนใหญ่ (แบบไม่ผสมผักตบชวา).....76

ค.4 ผลการทดลองอิฐมอญผสมผักตบชวารูปแบบผงที่สัดส่วน 0.025 โดยน้ำหนักของดิน..76

ค.5 ผลการทดลองอิฐมอญดินธรรมดาที่ขายตามท้องตลาด.....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ลักษณะของอิฐมอญ.....8

2.2 ลักษณะโดยทั่วไปของผักตบชวา.....14

2.3 องค์ประกอบทางเคมีของผักตบชวา.....16

3.1 เครื่องทดสอบกำลังอัด.....26

3.2 Vernier Calipers.....26

3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก.....27

3.4 แบบใส่ดินเหนียวขนาด 5*5*5 cm.....27

3.5 แบบใส่ดินเหนียวขนาด 6.5*4*14 cm.....28

3.6 ตะแกรงมาตรฐานขนาดต่างๆ.....28

3.7 ตู้อบ.....29

3.8 เครื่องปั่นขนาดเล็ก.....29

3.9 เครื่องเผาไฟฟ้า.....30

3.10 ดินเหนียว.....30

3.11 ทราย.....31

3.12 ผักตบชวาจากแหล่งน้ำ.....32

3.13 เก็บผักตบชวาจากแหล่งน้ำ.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.14 ตัดเอาเฉพาะก้านผักตบชวา....32

3.15 ล้างทำความสะอาดผักตบชวา....33

3.16 หั่นผักตบชวาเป็นชิ้นเล็กๆ....33

3.17 นำผักตบชวาไปผ่านกระบวนการอบ....33

3.18 ผักตบชวาที่ผ่านการอบเรียบร้อยแล้ว....34

3.19 เครื่องปั่นที่นำผักตบมาปั่นให้ละเอียด....34

3.20 นำผักตบที่ปั่นแล้วไป sieve ผ่านตะแกรงเบอร์16....34

3.21 ผักตบชวาที่เป็นผงแล้ว....35

3.22 น้ำสะอาด....35

3.23 ชั่งน้ำหนักดินเหนียว....35

3.24 ชั่งน้ำหนักทราย....37

3.25 ชั่งน้ำหนักผักตบชวา....37

3.26 ชั่งน้ำหนักแกลบ....38

3.27 ชั่งน้ำหนักน้ำ....38

3.28 ทำการผสมส่วนผสมต่างๆเข้าด้วยกัน....38

3.29 ทำการยัดดินที่ผสมแล้วใส่แม่พิมพ์....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.30 ถอดแบบออก....39

3.31 ภาพอิฐหลังการตากแดด1วัน....39

3.32 นำอิฐไปใส่เตาเผา....40

3.33 ทำการเผาอิฐ....40

3.34 อิฐที่เผาเสร็จแล้ว....40

3.35 ชั่งน้ำหนักดินเหนียว....42

3.36 ชั่งน้ำหนักทราย....42

3.37 ชั่งน้ำหนักผักตบชวา....43

3.38 ชั่งน้ำหนักน้ำ....43

3.39 ทำการผสมส่วนผสมต่างๆเข้าด้วยกัน....43

3.40 ทำการยัดดินที่ผสมแล้วใส่แม่พิมพ์....44

3.41 ถอดแบบออก....44

3.42 ภาพอิฐหลังการตากแดด1วัน....44

3.43 นำอิฐไปใส่เตาเผา....45

3.44 ทำการเผาอิฐ....45

3.45 อิฐที่เผาเสร็จแล้ว.... 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.46 ชั่งน้ำหนักดินเหนียว....47

3.47 ชั่งน้ำหนักทราย....47

3.48 ชั่งน้ำหนักผักตบชวา....47

3.49 ชั่งน้ำหนักน้ำ....48

3.50 ทำการผสมส่วนผสมต่างๆเข้าด้วยกัน....48

3.51 ทำการใส่ดินที่ผสมแล้วใส่แม่พิมพ์....48

3.52 ถอดแบบออก....49

3.53 ภาพอิฐหลังการตากแดด1วัน....49

3.54 ทำการเผาอิฐ....49

3.55 อิฐที่เผาเสร็จแล้ว....50

3.56 นำอิฐก้อนเล็กมาทดสอบหาแรงอัด....50

3.57 นำอิฐก้อนมาตรฐานมาหาแรงอัด....51

3.58 การวัดขนาดอิฐ....51

3.59 ชั่งน้ำหนัก....52

3.60 อิฐชุดสองนำไปแช่น้ำเป็นเวลา1วัน....52

3.61 น้ำหนักอิฐหลังแช่น้ำ....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.62 นำอิฐไปอบอีก1วันจนน้ำออกจนหมด.....53

3.63 นำอิฐที่อบแล้วไปกดเพื่อหาค่า compressive strength.....53

4.1 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของอิฐมอญผสมผักตบชวาในรูปแบบผงและเส้น.....54

4.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญผสมผักตบชวาในรูปแบบผงและเส้น.....55

4.3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของอิฐมอญผสมผักตบชวาในรูปแบบผงและเส้น.....56

4.4 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของอิฐมอญผสมผักตบชวาปริมาณต่างๆ.....57

4.5 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของอิฐมอญผสมผักตบชวาปริมาณต่างๆ.....57

4.6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญผสมผักตบชวาปริมาณต่างๆ.....58

4.7 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญผสมผักตบชวาปริมาณต่างๆ.....58

4.8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของอิฐมอญผสมผักตบชวาปริมาณต่างๆ.....59

4.9 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของอิฐมอญผสมผักตบชวาปริมาณต่างๆ.....59

4.10 กราฟแสดงความหนาแน่นของอิฐทั้ง3ประเภทของการทดลองทั้ง2ครั้ง.....60

4.11 กราฟแสดงอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐทั้ง3ประเภทของการทดลองทั้ง2ครั้ง.....61

4.12 กราฟแสดงความสามารถรับแรงกดของอิฐทั้ง3ประเภทของการทดลองทั้ง2ครั้ง.....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบันมีการก่อสร้างเกิดขึ้นอย่างมากมาย ตั้งแต่ในอดีตมีการใช้อิฐมอญกันอย่างแพร่หลาย จนถึงปัจจุบันก็ยังคงมีการใช้อิฐมอญอยู่ ทั้งในการก่อสร้างบ้านอาคารต่างๆ หรือตึกแถว เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน ความแข็งแกร่ง แล้วส่วนผสมก็ทำมาจาก ดินเหนียวปนทราย ผสม แกลบ และขี้เถ้า นำเข้าเตาอบ การยึดเกาะของเนื้อผิวจึงมีมากกว่า สามารถทุบ สกัด เจาะ ฝังอุปกรณ์ต่างๆ ที่รับน้ำหนักมากๆ ซึ่งต่างจากอิฐมวลเบาที่มีส่วนผสมทำมาจาก ทราย ซีเมนต์ปูนขาว ยิบซัม และผงอลูมิเนียม มีรูพรุนอยู่ข้างในมากกว่า และวัสดุที่ใช้ทำอิฐมอญยังหาง่ายอีกด้วย

ผักตบชวาเป็นพืชล้มลุกในน้ำที่หาได้ง่าย และมีอยู่ทั่วไปตามแม่น้ำลำคลอง ซึ่งการขยายพันธุ์ยังหาได้ง่าย ทำให้พืชชนิดนี้แพร่กระจายไปอย่างรวดเร็ว ทำให้มีปริมาณเพิ่มขึ้นมากภายในเวลาไม่กี่วัน จนทำให้พืชชนิดนี้กลายเป็นวัชพืชในที่สุด ทำให้พืชชนิดนี้สามารถพบเห็นได้ตามแม่น้ำลำคลองตามภูมิภาคต่างๆของประเทศไทย จึงทำให้เกิดผลกระทบอย่างมากต่อวิถีชีวิตของผู้คนบริเวณแหล่งน้ำ เช่น ทำให้กีดขวางการสัญจรทางน้ำของชาวบ้านบริเวณนั้น หรือผู้คนที่ต้องอาศัยแม่น้ำลำคลองในการประกอบอาชีพและการใช้ชีวิตประจำวัน อีกทั้งยังเกี่ยวข้องกับความสวยงามของแม่น้ำลำคลองซึ่งส่งผลต่อการท่องเที่ยว เศรษฐกิจ และอื่นๆอีกมากมาย เพราะแม่น้ำลำคลองมีความสำคัญต่อวิถีชีวิตของคนไทยในอดีตอย่างมาก ทั้งในด้านการคมนาคมขนส่งทาง การนำน้ำไปหล่อเลี้ยงพื้นที่ทางการเกษตร การระบายน้ำ เพื่อป้องกันน้ำท่วมขัง ในบริเวณที่ราบลุ่ม เพื่อเป็นการลดปริมาณของผักตบชวาให้น้อยลงในแม่น้ำลำคลอง เนื่องจากพืชชนิดนี้เป็นพืชลอยน้ำและมีการเจริญเติบโตเป็นจำนวนมาก ถ้ามีพืชชนิดนี้มากเกินไปจะส่งผลเสียต่อระบบนิเวศของน้ำเกิดเป็นอุปสรรคกีดขวางการระบายน้ำอีกด้วย จนปัจจุบันมีการนำพืชชนิดนี้ไปใช้ประโยชน์ต่างๆมากมาย เช่น ในด้านของเครื่องจักรสาน เฟอร์นิเจอร์ ด้านสมุนไพร ด้านเกษตรกรรม หรือการทำวิจัยทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆของผักจบชวา งานวิจัยเรื่องนี้จึงมีแนวคิดที่จะหาแนวทางการใช้ประโยชน์จากผักชวาให้ได้มากที่สุด เนื่องจากผักตบชวาเป็นพืชทีมีไฟเบอร์สูง มีความเหนียว มีเส้นใยขนาดเล็ก มีลักษณะอ่อนนิ่มละเอียด ซึ่งผู้จัดทำเห็นว่าหากนำเอาผักตบชวาซึ่งมีคุณสมบัติดังกล่าวแล้วนำมาผสมกับอิฐมอญ ก็จะสามารถลดปริมาณของผักตบชวาได้ และยังลดต้นทุนในการผลิตอิฐมอญได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ก้านของผักตบชวาเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐมอญ

2. เพื่อศึกษาหาปริมาณของก้านผักตบที่มากที่สุดที่สามารถใส่เข้าไปในอิฐมอญ โดยที่อิฐมอญยังสามารถผ่านมาตรฐาน มอก.77-2545

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ต้องการหาปริมาณที่มากที่สุดของก้านผักตบชวาที่สามารถใช้เป็นส่วนผสมของอิฐมอญ เพื่อเป็นการนำผักตบชวาที่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยกำหนดให้อิฐมอญยังต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.77-2545

งานวิจัยนี้ ทำการศึกษาคุณสมบัติ ความต้านทานแรงอัด ความหนาแน่นและการดูดกลืนน้ำตามการทดสอบของ มอก.77-2545

1.4 วิธีการศึกษา

สามารถแสดงแนวคิดของวิธีการศึกษาของงานวิจัยนี้ได้และมีรายละเอียดของวิธีการศึกษาแต่ละขั้นตอนดังนี้

1.ทำการกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำการทดลองและกำหนดเป้าหมายของงานวิจัย

2.ทำการรวบรวมหาข้อมูลจากงานวิจัยหรือเอกสารวิชาการต่างๆ ในเรื่อง การทำอิฐมอญผักตบชวาสามารถนำมาใช้ประโยชน์อะไรได้บ้างและการนำอิฐมอญมาผสมกับผักตบชวา โดยทำการค้นคว้าผ่านทางห้องสมุด และเว็บไซต์ จากนั้นนำมาทำการศึกษาถึงแนวทางการวิจัยและผลลัพธ์ของงานวิจัยในอดีตเหล่านั้น

3.ศึกษาการทำอิฐมอญ จากหนังสือ เอกสารวิชาการและมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

4.ศึกษาคุณสมบัติของผักตบชวา ในด้านต่างๆ จากหนังสือ เอกสารวิชาการในงายวิจัยต่างๆ

5.จากข้อ 2. 3.และ4. สามารถนำความรู้มาใช้กำหนดแนวทางขั้นตอนการศึกษาของงานวิจัยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.ทำการเตรียมตัวอย่างผักตบชวา โดยทำการเก็บผักตบชวาจากในแหล่งน้ำ ที่ยังมีสภาพสด มาทำการล้างทำความสะอาด ตัดรากและใบทิ้ง โดยเลือกใช้เฉพาะส่วนลำต้น จากนั้นทำการหั่นให้มีขนาดประมาณ 3-5 เซนติเมตรแล้วนำไปเข้าเครื่องอบให้แห้ง

7.นำผักตบชวาในข้อ6. มาปั่นด้วยเครื่องปั่นผลไม้ โดยจัดเตรียมผักตบชวาเป็น 3 รูปแบบ คือ ผักตบชวาแบบละเอียด(ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์50),ผักตบชวาแบบหยาบ(ค้างตะแกรงมาตรฐานเบอร์50) และผักตบชวาขนาด 0.5 เซนติเมตร

8.หารูปแบบของผักตบชวาที่เหมาะสมคือ แบบผงละเอียด และผักตบชวาแบบเส้น พร้อมทั้งทำอิฐมอญผสมแกลบเพื่อเปรียบเทียบ

9.ทำการผสมดิน โดยแบ่งเป็น 5 รูปแบบดังนี้

1.ทำการผสมดินโดยสัดส่วนเป็น ดิน : น้ำ : ทราย : ผักตบชวา 1 : 0.1 : 0.15 : 0

2.ทำการผสมดินโดยสัดส่วนเป็น ดิน : น้ำ : ทราย : ผักตบชวา 1 : 0.1 : 0.15 : 0.025

3.ทำการผสมดินโดยสัดส่วนเป็น ดิน : น้ำ : ทราย : ผักตบชวา 1 : 0.1 : 0.15 : 0.05

4.ทำการผสมดินโดยสัดส่วนเป็น ดิน : น้ำ : ทราย : ผักตบชวา 1 : 0.1 : 0.15 : 0.075

5.ทำการผสมดินโดยสัดส่วนเป็น ดิน : น้ำ : ทราย : ผักตบชวา 1 : 0.1 : 0.15 : 0.1

10.นำดินทั้ง 5 รูปแบบมาใส่แม่พิมพ์ขนาดลูกบาศก์ 5*5*5 เซนติเมตรที่ทาน้ำมันไว้และทำการถอดแบบออก

11.นำตัวอย่างทั้งหมดในข้อ9. มาทำการอบให้แห้งในเครื่องอบ

12.นำตัวอย่างทั้งหมดในข้อ10. มาทำการเผาในเครื่องเผาให้สามารถใช้งานได้

13.จากนั้นนำไปทดสอบหาแรงกดและอัตราดูดซึมน้ำเพื่อหารูปแบบที่สามารถใส่ผักตบชวามากที่สุดและยังมีคุณสมบัติผ่านมาตรฐาน(มอก.77-2545)จาก5รูปแบบ

14.จากนั้นนำรูปแบบที่ได้จากข้อ12มาทำตามข้อ 8-11อีกรอบแต่เปลี่ยนแม่พิมพ์เป็นขนาด 6.5*4*14 เซนติเมตร(ขนาดมาตรฐาน)โดยทำเพียงรูปแบบเดียวและนำมาทดสอบหาแรงกดและอัตราดูดซึมน้ำ

15.ทำการวิเคราะห์ สรุปผลการวิจัย และเขียนรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.เป็นการนำผักตบชวาซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้และปัญหาสิ่งแวดล้อมมาใช้ให้เกิดประโยชน์

2.ทราบถึงอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของผักตบชวาที่ใช้ในการทำอิฐมอญ

3.ทราบถึงปริมาณผักตบชวาสูงสุดที่สามารถใส่ลงไปในอิฐมอญแล้วคุณสมบัติของอิฐยังผ่านค่ามาตรฐาน(มอก.)

4.ทราบถึงคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางกลของอิฐมอญผสมผักตบชวา

5.ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำมาใช้งานได้จริงในอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงประวัติความเป็นมาของอิฐมอญ ความหมายของอิฐมอญ ประเภทของอิฐมอญ คุณสมบัติของอิฐมอญ ขั้นตอนการทำอิฐมอญ มาตรฐานและการทดสอบของอิฐมอญ และกล่าวถึงคุณสมบัติของพืชผักตบชวาที่นำมาผสม ลักษณะของผักตบชวาที่นำมาผสม ลักษณะของผักตบชวา องค์ประกอบทางเคมีของผักตบชวา ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 อิฐมอญ

2.2.1 ประวัติความเป็นมาของอิฐมอญ

อิฐมอญ เป็นวัสดุก่อสร้างที่มนุษย์รู้จักนำวัสดุจากธรรมชาติมาทำเป็นก้อนใช้ในการก่อสร้างมานับพัน ๆ ปีมาแล้ว การใช้อิฐครั้งแรกนั้นใช้ในสมัยอียิปต์โบราณ ในสมัยนั้นใช้โคลนในแม่น้ำไนล์มาย่ำและปั้นให้เป็นก้อนตามขนาดที่ต้องการแล้วนำไปตากแดดให้แห้งโดยมิได้มีการเผาให้สุกอิฐชนิดนี้ใช้ในการก่อกำแพงของอาคารบางประเภทและเนื่องจากภูมิประเทศในแถบนั้นในปีหนึ่งๆฝนตกน้อยมากหรือบางครั้งไม่ตกเป็นปี ๆ ก็มี จึงไม่มีปัญหาในเรื่องอิฐละลายเพราะน้ำฝนชะล้างออก จากการค้นคว้าทางประวัติศาสตร์ พบว่าในที่ฝังศพของกษัตริย์อียิปต์โบราณที่อยู่ใต้พีระมิดนั้นมีการใช้อิฐเผาเคลือบสีกรุผนังบางตอนพวกชาวบาบิโลเนียซึ่งมีในแถบลุ่มแม่น้ำไทกริสและยูเฟติสซึ่งมีฝนตกมากได้ทำอิฐที่เผาไฟสุกแล้วใช้ในการก่อสร้างอาคารต่างๆมากมาย ในยุคต่อมาประมาณปี พ.ศ. 1300 อาณาจักรทวาราวดี ซึ่งมีความเจริญรุ่งเรืองอยู่ทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยาก็ได้มีการผลิตอิฐใช้ในการก่อสร้างอาคาร บ้านเรือนของตนเช่นกัน อิฐของอาณาจักรทวาราวดีมีขนาดใหญ่มากค่อนข้างแบน สีหมากสุกเพราะเกิดจากการเผาการใช้อิฐในงานก่อสร้างในประเทศไทยนับตั้งแต่ยุคสมัยสุโขทัยเป็นต้นมา จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์ ซากสิ่งก่อสร้างในสมัยสุโขทัยบางส่วนมีการใช้อิฐเป็นส่วนประกอบร่วมกับการใช้ศิลาแลง จากซากปรักหักพังของอาคาร วัดวาอาราม ในสมัยสุโขทัย พบว่าอิฐที่ผลิตในสมัยนั้นมีความคงทนมาเกือบ 1000 ปี ซึ่งนับว่าเป็นระยะเวลาที่ยาวนานมาก และพบว่ารูปทรงของอิฐในสมัยสุโขทัยไม่แตกต่างไปกว่าอิฐของขอม และทวาราวดี หากแต่การนำมาใช้งานค่อนข้างแตกต่างไปบ้าง คือ มีการนำอิฐมาก่อเป็นองค์พระพุทธรูป เพื่อพอกปูนขาวปั้นให้เกิดเป็นรูปทรงที่งดงามอีกทีหนึ่งอิฐที่ทำขึ้นในสมัยสุโขทัยนั้น มีขนาดกว้างประมาณ 13 เซนติเมตร และยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 30เซนติเมตร ซึ่งนับว่าใหญ่กว่าอิฐที่ทำกันในสมัยปัจจุบันมากการสร้างเมืองใหม่ในสมัยอยุธยา ทำให้อิฐมีความจำเป็นมากมีการสร้างอาคาร บ้านเรือนวัด และพระบรมมหาราชวังขึ้นใหม่ตลอดเวลา การก่อสร้างแต่ละครั้งก็จำเป็นต้องใช้อิฐเป็นจำนวนมากจึงต้องมีการเร่งทำอิฐกันอย่างรีบด่วนทำให้ความรู้ในเรื่องการทำอิฐกระจายไปในหมู่ประชาชนทั่วไปในวงกว้าง และความรู้เหล่านั้นก็ได้ตกทอดสืบต่อกันมาจนถึงปัจจุบันในอดีตเกิดภาวะขาดแคลนอิฐอย่างรุนแรงเกิดขึ้นในสมัยรัตนโกสินทร์ เมื่อมีการย้ายพระนครมาอยู่ทางฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา หลังจากการกอบกู้อิสรภาพครั้งที่ 2 ของพระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกฯ ต้องขนอิฐจากวัดเก่าแก่ที่หักพังเพราะสงครามที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาบรรทุกลงเรือล่องมาใช้ในการก่อสร้างพระนครใหม่ ประวัติศาสตร์ของอิฐในประเทศไทย หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะกล่าวถึงช่วงตอนสำคัญของอิฐที่ได้เปลี่ยนบทบาทจากงานหลวงมาสู่งานราษฎร์ หรืองานที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการประกอบอาชีพชาวมอญซึ่งเข้ามาพึ่งพระบรมโพธิสมภารพระมหากษัตริย์ไทยในอดีตและรับสั่งให้ตั้งบ้านเรือน อยู่กันตามชายฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณปากเกร็ด ปทุมธานี เป็นชนกลุ่มแรกที่เริ่มงานทำอิฐขึ้นแล้วนำออกมาขายตามท้องตลาด โดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่รอบ ๆ ตัวนั่นเอง เล่ากันว่าดินที่ใช้ในการทำอิฐได้มาจากใต้แม่น้ำเจ้าพระยา โดยดำลงไปงมขึ้นมาผสมกับแกลบ ซึ่งมาจากกรรมวิธีการสีข้าวสารออกไปแล้ว จากนั้นก็นำมาตากแดดจนแห้งสนิท แล้วจึงนำไปเผาให้แข็งแกร่งบรรทุกออกเร่ขายความนิยมในการก่อสร้างอาคาร บานเรือนของคนทั่วไปที่ค่อนข้างมีฐานะร่ำรวย ด้วยการก่ออิฐถือปูนทำให้อิฐซึ่งออกเร่ขายโดยชาวมอญเป็นที่รู้จักแพร่หลายกว้างไกลออกไปด้วย พร้อมกับคำว่า อิฐมอญ ซึ่งเป็นคำที่มีความหมายว่า อิฐที่ขายและทำโดยคนมอญ ก็นิยมติดปากควบคู่กันไปทำให้เกิดความเข้าใจในหมู่ประชาชนว่าอิฐไทยหรืออิฐที่ทำด้วยดินแกลบ แล้วนำไปเผาไฟนี้ มีชื่อว่า “อิฐมอญ”เป็นที่น่าเสียดายว่า ปัจจุบันนี้ครัวมอญที่เคยทำอิฐออกจำหน่ายจนได้ชื่อว่าเป็นผู้นำในการผลิตวัสดุก่อสร้างชนิดนี้ขึ้น ได้เลิกราหันไปประกอบอาชีพอื่นกันหมดสิ้น ทำให้คำว่า อิฐมอญ ตกเป็นชื่อของอิฐดินเผา ซึ่งผลิตออกขายมาจากโรงงาน หรือกลุ่มผู้ผลิตอื่น ๆ ที่ไม่มีเชื้อสายมอญอยู่เลยหลังจากอิฐกลายเป็นสินค้าประเภทวัสดุก่อสร้าง ที่มีความสำคัญมากขึ้น เพราะประชาชนไม่นิยมปลูกสร้างบ้านเรือนด้วยไม้ที่มีราคาสูงมาก ต่อไปขนาดของอิฐก็ถูกลดลงให้เล็กจนเหลือเพียงยาว 14 เซนติเมตร กว้าง 6.5 เซนติเมตร และสูง 3 เซนติเมตร เท่านั้น ขนาดของอิฐที่เล็กลงนี้เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการก่อสร้างด้วย กล่าวคือเปลี่ยนการเรียงอิฐแบบโบราณโดยใช้ด้านยาวสลับด้านกว้าง มาเป็นใช้ด้านยาวโดยตลอด แต่ใช้วิธีเรียงสลับครึ่งก้อนปัจจุบันนี้ อาชีพที่ทำอิฐมอญแพร่หลายไปตามจังหวัดต่าง ๆ หลายจังหวัด แต่ที่ทำกันในแบบครัวเรือนยึดถือตกทอดกันมาตั้งแต่ครั้งบรรพบุรุษ มีอยู่เพียงไม่มากนัก ส่วนใหญ่เกาะกลุ่มกันอยู่ที่จังหวัดปทุมธานี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และจังหวัดอ่างทองเท่านั้นอิฐไทยหรือที่นิยมเรียกกันว่า อิฐมอญ ยังมีวิวัฒนาการต่อมาอีกขั้นหนึ่ง นั่นคือ อิฐโชว์หรืออิฐประดับ อิฐประเภทนี้มีวิธีการทำเช่นเดียวกับอิฐไทย หากแต่ส่วนผสมของอิฐ ไม่มีแกลบอยู่ จึงทำให้ผิวเรียบสวยงานแต่ก็มีจุดด้อยอยู่ตรงที่เหราะกว่าอิฐที่ผสมด้วยแกลบ อิฐโชว์หรืออิฐประดับนี้มีราคาสูงกว่าอิฐไทยมาก เพราะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการผลิตที่ประณีต พิถีพิถัน ดังนั้นจึงไม่เป็นที่นิยมของคนทำอิฐทั่วไปการทำอิฐมอญเริ่มจากการนำเรือ เช่น เรือมาดหรือเรือชะล่า ไปบรรทุกดินเลนที่ขุดขึ้นมาจากแม่น้ำเจ้าพระยา ภาษาคนทำอิฐเรียกว่า “ทำดิน” จากนั้นก็โกยดินเลนออกจากเรือ ไปใส่ในบ่อ ผสมดินเรียกว่า “หลุมดิน” แล้วเอาแกลบใส่ผสม ใช้เท้าย่ำให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันเรียกว่า “ย่ำดิน”เมื่อได้ที่แล้วจึงโกยดินดังกล่าวไปเก็บไว้ในบ่อพักดิน เพื่อผึ่งดินให้หมาด ใช้เวลาประมาณ 12ชั่วโมง แล้วโกยดินขึ้นรถเข็นนำไปยังลาน แล้วเทดินไว้บนลานกลางแจ้ง ใช้พิมพ์ที่ทำด้วยไม้เป็นกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ใช้กดลงบนดิน พิมพ์เป็นแผ่นเรียงกันเป็นแถวบนลาน แล้วผึ่งแดดไว้ประมาณสามวันจนแห้ง จากนั้นจึงใช้มีดถากตกแต่งให้เรียบร้อยทั้งสี่ด้าน มีดที่ใช้แต่งเรียกว่า “มีดถากอิฐ” เมื่อตกแต่งแล้วจะผึ่งแดดไว้จนกว่าอิฐจะแห้ง แล้วขนอิฐไปเรียงซ้อนไว้เป็นชั้น ๆ ในโรงอิฐจนเป็นกองใหญ่ ขนาดกว้าง 10 เมตร ยาว 20 เมตร สูง 2 เมตร จะได้อิฐประมาณสองหมื่นแผ่นเรียกว่า“หนึ่งเตา” แล้วเอาโคลนผสมแกลบทาให้ทั่วเตา อย่าให้มีรูหรือร่องรอย เพื่อที่เวลาเผาจะเก็บความร้อนได้มาก จากนั้นเอาฟืนสอดตามช่องระหว่างแถวอิฐที่ติดกับพื้นดิน เอาไฟจุดเผา ไฟจะลุกลามขึ้นไปจนถึงชั้นบนสุด ใช้เวลาเผาประมาณ 5-8 วัน ก็ไหม้หมด พอถึงวันที่สิบอิฐจะเย็นลง ช่างจะรื้ออิฐด้านนอกที่ไม่สุกออก เหลือแต่อิฐสุกสีแดงไว้ขายต่อไปในการผลิตอิฐมอญได้มีการวิวัฒนาการเรื่อยมา เพื่อให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งานของงานและพื้นที่ ซึ่งมีความแตกต่างออกไป ปัจจุบันได้มีการทำอิฐมอญกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย แต่ละแหล่งการผลิตที่มีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักกันดีในธุรกิจอุตสาหกรรมการทำอิฐมอญ ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในเรื่องของคุณภาพที่เหมาะสำหรับเป็นวัสดุในการก่อสร้าง ได้แก่ อยุธยา อ่างทอง ปทุมธานี ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น โดยแหล่งผลิตอิฐมอญที่จะทำการศึกษาจะเป็นในส่วนของจังหวัดชลบุรี ซึ่งจะอยู่ในเขตพื้นที่ อำเภอพานทอง และอำเภอพนัสนิคม ที่เป็นแหล่งที่มีชื่อเสียงในเรื่องของความแข็งแรงและขนาดของอิฐที่เหมาะสมสำหรับเป็นวัสดุในการก่อสร้างส่วนสำคัญที่ทำให้อิฐมอญของจังหวัดชลบุรีมีชื่อเสียง นอกจากเรื่องของคุณสมบัติที่เหมาะสมแล้ว ยังมีการเลือกวัตถุดิบและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในการผลิต แล้วที่สำคัญอีกอย่าง คือ ความชำนาญของผู้ผลิตที่มีการสืบทอดกันมาเป็นเวลายาวนาน ทำให้อิฐมอญมีคุณสมบัติที่ ตรงตามความต้องการอีกด้วย (นายภราดร ชุไชยสงค์,นายสุพรรณ วงทอง,2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ความหมายของอิฐมอญ

รูปที่ 2.1 ลักษณะของอิฐมอญ

อิฐมอญ เป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันแพร่หลายมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน อิฐมอญทำจาก ดินเหนียว น้ำ และวัสดุที่ไม่มีความเหนียว อาทิ ขี้เถ้าแกลบ ทราย ผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม นวดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ใส่แบบพิมพ์อัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมตามขนาดที่ต้องการ ทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นจึงนำไปเผาจนสุก อิฐมอญเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช) รองรับ โดยเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ประกอบด้วย ลักษณะทั่วไปต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว แต่อาจจะบิ่นได้เล็กน้อย มีความคลาดเคลื่อนของความกว้าง ความยาว และความหนา ไม่เกิน ± 5 มิลลิเมตร มีความต้านทานแรงอัดไม่น้อยกว่า 7 เมกะพาสคัล และการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 25 การเลือกดินเหนียวที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอิฐมอญนั้น มีข้อที่ควรคำนึงถึงคือ ความเหนียวของดินเพื่อให้ขึ้นรูปได้ง่าย อุณหภูมิที่เผาให้สุกตัวควรอยู่ในช่วง 950-1100 C เพื่อให้อิฐมีความแข็งโดยไม่มีการหดตัวหรือผิดรูปมากเกินไป นอกจากนั้นควรมีปริมาณดินเหนียวสำรองที่เพียงพอเพื่อมีวัตถุดิบใช้ในระยะยาว ในธรรมชาติดินเหนียวที่มีสมบัติตามต้องการนั้นจะมีอยู่อย่างจำกัด ถึงแม้ว่าดินเหนียวหลายแหล่งสามารถจะนำมาใช้ในการผลิตอิฐมอญได้แต่การที่คิดว่าดินเหนียวทุกชนิดสามารถใช้ผลิตอิฐมอญได้นั้นเป็นการเข้าใจผิด ดังนั้นการศึกษาสมบัติของดินเหนียวที่ใช้ในการผลิตอิฐมอญจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ในการควบคุมสมบัติของอิฐมอญให้เป็นไปตามมาตรฐาน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐมอญ (มอก.601/2547))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การแบ่งคุณภาพของชั้นอิฐ

ชั้นคุณภาพ	ความต้านแรงอัดต่ำสุด MPa		การดูดกลืนน้ำสูงสุด %	
	เฉลี่ย 5 ก้อน	แต่ละก้อน	เฉลี่ย 5 ก้อน	แต่ละก้อน
ก	21	17	17	20
ข	17	15	22	25
ค	10	9	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด

2.2.3 คุณสมบัติของอิฐมอญ

ข้อดี

1. มีความแข็งแรงและทนทาน
2. มีความทึบเสียงสูง
3. ต้านทานต่อไฟไหม้สูง
4. เก็บรักษาอุณหภูมิภายในตัวโครงสร้างได้ดี
5. มีความสวยงามเนื่องจากสามารถที่จะนำมาก่อสร้างให้มีรูปแบบใดๆได้
6. มีราคาค่อนข้างถูกและค่าบำรุงรักษาต่ำ
7. ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมมากเท่าวัสดุชนิดอื่นๆ เช่น คอนกรีตและเหล็ก

ข้อเสีย

1. การวิเคราะห์และออกแบบที่ต้องการรายละเอียดที่สูงและถูกต้องทำได้ยาก
2. การก่อสร้างโครงสร้างอิฐก่อต้องใช้ฝีมือแรงงานที่มีคุณภาพสูง

(นายภราดร ชุไชยสงค์, นายสุพรรณ วงทอง,2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของอิฐที่ดี

อิฐที่ดีต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ทำด้วยเครื่องจักรหรือทำด้วยมืออย่างประณีต
2. สุกสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 1,800-2,200 °F (980-1,205 °C)
3. มีความเหนียว ไม่แตกง่าย
4. มีความแข็งแรงทนทาน รับน้ำหนักได้มาก
5. มีรูปร่างเรียบร้อยดี ไม่แอ่นบิด หรือไม่มีขอบขรุขระมาก
6. ทุก ๆ เหลี่ยมของอิฐจะต้องได้ฉากตลอด
7. ขณะเผา ให้ความร้อนค่อย ๆ เพิ่มขึ้นทีละน้อยตามลำดับ จนถึง 1,800-2,200 F (980-1,205 C) และถ้าเป็นเตาเผาด้วยฟืน จะเผาอยู่นาน 2-3 สัปดาห์
8. ขนาดเฉลี่ยเท่ากันทุกก้อน
9. เมื่ออิฐหักออก จะมองเห็นเนื้อภายในคล้ายหินและแน่นมาก ไม่มีรูพรุน ไม่มีรอยแตกร้าว
10. น้ำหนักและขนาดควรเฉลี่ยเท่ากันทุกก้อน มีสีสม่ำเสมอตลอดทุกแผ่น
11. ไม่ดูดน้ำเกิน 10 % ของน้ำหนักอิฐเมื่อแช่น้ำไว้ 24 ชั่วโมง
12. เคาะเพื่อฟังเสียงดู ต้องมีเสียงแกร่งคล้ายโลหะ

2.2.4 ขั้นตอนการทำอิฐมอญ

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> การเลือกดินที่จะนำมาทำอิฐมอญ ลักษณะดินที่ใช้ทำอิฐมอญรูจะต้องเป็นดินเหนียวปนดินร่วนและมีทรายปนบ้างนิดหน่อย แต่ห้ามปนทรายเยอะเพราะถ้าปนทรายเยอะจะทำให้อิฐเปราะง่ายและการรีดอิฐก็จะช้ามาก ที่สำคัญสุดคือ ห้ามให้มีเศษกิ่งไม้ รากไม้ หรืออื่นๆ ที่ไม่ใช่ดินปนมากับดินที่เราจะทำอิฐ เพราะหากมีสิ่งพวกนี้จะทำให้เราทำอิฐไม่ได้หรือหากทำได้ก้อทำยากและเสียเวลาในการทำมาก และดินที่นำมาทำถ้าออกสีแดงดำยิ่งดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 การหมักดิน เมื่อเราได้ดินเรียบร้อยแล้วเราจะนำดินที่ได้ลงมักในบ่อดินที่เราเตรียมไว้ การหมักดินจะใช้น้ำเทลงไปที่ดินจนดินที่เตรียมไว้ชุ่มน้ำแล้วนำขี้เถ้าแกลบมาโรยบนดินที่เตรียมไว้ให้ทั่ว การโรยขี้เถ้าจะโรยหนาประมาณ1-2 ซม. แล้วหมักดินทิ้งไว้ 1 คืน

ขั้นตอนที่ 3 การรีดอิฐ เมื่อเราหมักดินไว้หนึ่งคืนแล้วจะทำการรีดอิฐโดยขั้นตอนนี้จะต้องใช้คนทำอย่างน้อย 4 คน คือจะเป็นคนตักดินใส่เครื่องทำอิฐจนเต็มและต้องคอยเติมดินให้เต็มอยู่เสมอ เครื่องทำอิฐจะทำการปั่นดินผสมดินให้เข้ากันจนดินละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันแล้วดินจะไหลออกมาตามท่อเข้าสู่หัวพิมพ์อิฐออกมาเป็นตัวอิฐจะทำหน้าที่ตัดดินที่ไหลออกมาจากแท่นพิมพ์อิฐตามขนาดที่เราต้องการตัดเสร็จก็ต้องคอยหยิบอิฐที่ไหลออกมาไปวางไว้ที่รองอิฐ หนึ่งรองจะว่าได้ 9 ตัวคอยหยิบรองวางให้กับคนที่ 2 จะวางซ้อนไปเรื่อย ๆ ซ้อนกัน 8-9 ชั้นตามความถนัดของแต่ละคนจะเป็นคนคอยเอาอิฐที่วางอยู่บนรองไปตากแดดโดยใช้ รถเข็นเข็นไปตากแดด

ขั้นตอนที่ 4 การตากอิฐให้แห้งก่อนเข้าเตาเผา อิฐที่รีดออกมาแล้วจะต้องตากแดดให้แห้งโดยจะใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน เมื่ออิฐแห้งแล้วจะทำการถ่ายตัวอิฐออกจากรองแล้วเรียงกองไว้ (ทึบอิฐภาษาคนทำอิฐ) คนทำอิฐจะเก็บรองไปวางไว้ใกล้ๆ เครื่องทำอิฐอีกทีหนึ่ง เมื่ออิฐแห้งได้ที่แล้วก็จะเก็บอิฐเข้าเตาเผา

ขั้นตอนที่ 5 การตั้งอิฐมอญ การตั้งอิฐมอญต้อง จะต้องให้คนที่มีความชำนาญในการตั้งอิฐเพราะหากให้คนที่ไม่เคยทำ อาจทำให้อิฐที่เราเผา ล้มเผาอิฐไม่สุก และสิ้นเปลื้องแกลบ และใช้ระยะเวลาในการเผานาน การตั้งอิฐจะต้องให้มีช่องไฟด่านล่างเป็นขา ๆ เพื่อให้ไฟผ่านเข้าไปเผาอิฐมอญได้และต้องตั้งอิฐให้ตรงเสมอกัน เพื่อให้เวลาเผาอิฐจะได้ไม่ล้มหาบแกลบเพื่อจะเผาอิฐมอญที่เราปิดกำแพงเตรียมตัวเผาในขั้นตอนต่อไป การหาบแกลบจะใช้เวลาในการหาบประมาณ 4-6 ชั่วโมง แกลบถึงจะเต็มเตา แต่บางทีถ้าเผาอิฐในปริมาณมาก ๆ ก็อาจจะต้องใช้เวลามากขึ้นไปอีกตามปริมาณของอิฐที่เผา

ขั้นตอนที่ 6 การเผาอิฐ เมื่อเราตั้งอิฐเรียบร้อยแล้วจะต้องทำการปิดเตาเผาอิฐ เราจะให้ผนังสังกะสี หรืออลูมิเนียมก็ได้เป็นกำแพงปิดเตา รอบเตาอิฐด้านบนกองอิฐเปิดโล่งไว้เพื่อใส่แกลบที่จะเผา เมื่อปิดเตาเผาอิฐแล้ว ต่อไปการเป็นการหาบแกลบเติมแกลบให้เต็มเตาเผา และจุดเตาเผา การจุดเตาจะจุดไฟรอบเตาเพื่อให้อิฐสุกพร้อมกัน และระหว่างเผาต้องคอยเติมแกลบอย่าให้แกลบหมดก่อนอิฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะสุก และต้องคอยเกลี่ยขี้เถ้าเสมอเพื่อให้มีช่องไฟผ่านไปเผาอิฐตลอด เพราะหากไม่เกลี่ยขี้เถ้าจะทำให้การเผาอิฐช้า ใช้เวลานาน และสิ้นเปลืองแกลบ การเผาอิฐจะใช้เวลาในการเผาประมาณ 7-10 วัน

ขั้นตอนที่ 7 การเปิดกำแพง เมื่ออิฐสุกได้ที่แล้ว คนเผาอิฐจะทำการเปิดกำแพงที่ปิดเตา การเปิดกำแพงจะต้องดูให้ดีว่าอิฐสุกดีหรือยัง เราจะทยอยเปิดเตาทีละด้าน และเราจะไม่ดับไฟในเตาเผาทันที แต่เราจะปล่อยให้ไฟในเตาค่อย ๆ ดับไปเรื่อย ๆ เพราะบางทีอิฐที่อยู่ด้านในสุดจะสุกช้ากว่าอิฐที่อยู่ด้านนอก

ขั้นตอนที่ 8 การเคลียร์เตาเผาอิฐ เมื่ออิฐสุกหมดแล้วและเรานำอิฐที่สุกออกจากเตาเรียบร้อยแล้ว ที่เตาเผาจะเหลือขี้เถ้าแกลบอยู่ในเตาเผา เราจะต้องเอาขี้เถ้าที่มีอยู่มาเก็บไว้อีกที่หนึ่งและต้องเลือกขี้เถ้าที่ไม่มีเศษอิฐและสิ่งอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ขี้เถ้าแกลบออกให้หมด เพราะเราต้องนำขี้เถ้าที่ได้จากการเผาอิฐไปใช้ทำอิฐมอญต่อไป

การทำอิฐ (นายภราดร ชุไชยสงค์,นายสุพรรณ วงทอง,2552)

1.การเตรียมดิน นำดินมาตากแดดไว้เพื่อทำให้ดินมีความเหนียว และกองดินหนาประมาณ 90ซม. ควรใช้เวลา 2-3 เดือน หรือถึง 2 ปี ทำให้ดินอ่อนนุ่มดี สำหรับดินเหนียวแก่ (shale)แข็ง ต้องนำเข้าเครื่องบดดินอ่อนนำมาย่ำให้เป็นเนื้อเดียวกัน

2.การปั้นดินเป็นรูปแผ่นอิฐ มีการทำด้วยมือ โดยต้องมีแบบพิมพ์เมื่ออัดดินลงไปให้แบนแล้วใช้ไม้ปาดให้ด้านบนเรียบแล้วนำมาคว่ำลงบนกระดานและถอดแบบออก นำไปผึ่งให้หมาดเพื่อทำการเผาต่อไปส่วนการใช้เครื่องจักรนั้นทำรวดเร็วและได้ขนาดที่เป็นมาตรฐาน ไม่บิดงอมาก

3. การผึ่งให้แห้งหรือเพียงหมาดถ้าอิฐยังเปียกอยู่แล้วใช้ความร้อนเผา ความชื้นที่ผิวจะออกไปเร็วเกินควร อาจทำให้อิฐแตกเนื่องจากหดตัวเร็ว ฉะนั้นจึงมีการผึ่งให้ผิวหรือตอนมุมของแผ่นแห้งแล้วเข้าเตาโดยเพิ่มความร้อนทีละน้อยจนถึงความร้อนสูงสุด และลดต่ำเป็นลำดับจนเย็นแล้วนำอิฐออกจากเตาเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2. มาตรฐานและการทดสอบของอิฐมอญ มอก.77-2545

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

2.3 ผักตบชวา

2.3.1 ถิ่นกำเนิด และการแพร่กระจายของผักตบชวา

ผักตบชวา (Water Hyacinth)

ชื่อทางวิทยาศาสตร์: Eichhornia crassipes (Mart.) Solms.

ชื่อสามัญ : Water hyacinth, floating water hyacinth

ชื่ออื่นๆ: บัวลอย ผักปง ผักตบ ผักปอด ผักป่อง สวะ ผักยะวา ผักอีโยก

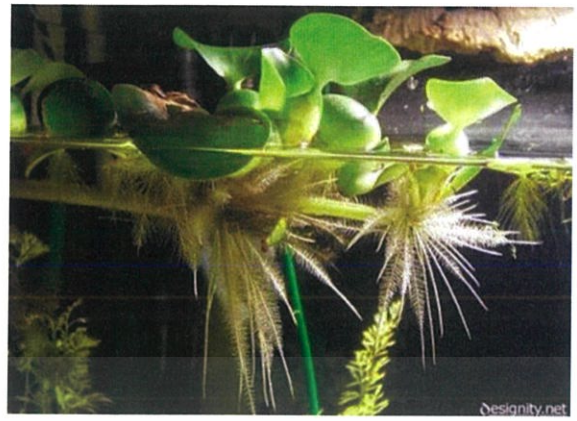
วงศ์ : Pontederiaceae

สกุล : Eichhornia

อาณาจักร : Plantae

สปฺชีส์ : E. crassipes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ลักษณะโดยทั่วไปของผักตบชวา

ผักตบชวาเป็นพืชพื้นเมืองในแถบอเมริกาใต้ ประเทศบราซิลปี 2367 นายแพทย์ชาวเยอรมันชื่อ Karl von Martius ได้ค้นพบที่ประเทศบราซิลและในอีกหลายประเทศในแถบทวีปอเมริกาใต้ โดยผักตบชวาที่อยู่ตามธรรมชาติเดิม ไม่ได้เป็นมลภาวะหรือก่อปัญหาใด ๆ แก่สิ่งแวดล้อมในแถบนั้น เพราะมีศัตรูพืชตามธรรมชาติ เช่น แมลง โรค และศัตรูอื่น ๆ ที่ควบคุม การแพร่กระจาย แต่เมื่อถูกนำไปจากถิ่นกำเนิดเดิม ซึ่งไม่มีศัตรูตามธรรมชาติ จึงทำให้เกิดเป็น มลภาวะและปัญหาต่าง ๆ ตามมา ผักตบชวามีดอกสีฟ้าเป็นช่อคล้ายดอกไฮยาซีน (Hyacinth) ซึ่งถือเป็นดอกไม้ประดับ ชื่อ “Water Hyacinth” จึงเป็นชื่อสามัญภาษาอังกฤษตั้งแต่นั้นมา (อมรรัตน์ สีสุกอง และคณะ, 2551)

การแพร่กระจายของผักตบชวา มีบันทึกว่า นักธุรกิจชาวญี่ปุ่น ได้นำไปแสดงในงานนิทรรศการฝ้าย (Cotton State Exposition) เมืองนิวออร์ลีนส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ปี 2427 แล้วมอบให้เป็นของที่ระลึกแก่บุคคลสำคัญที่มาเที่ยวชมงาน เมื่อนำกลับมายังประเทศของตน ผักตบชวาจึงได้แพร่กระจายไปตามที่ต่าง ๆ ทั่วโลก และเข้ามาในประเทศไทยในปี 2444 โดย เจ้านายในสมัยรัชการที่ 5 ครั้งตามเสด็จประพาสเกาะชวา (ประเทศอินโดนีเซียปัจจุบัน) แล้วได้ นำกลับมาปลูกในวังสระปทุม ต่อมาเกิดน้ำท่วมใหญ่ จึงทำให้ผักตบชวาหลุดลอยออกมาภายนอกและเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งระบาดสู่แม่น้ำลำคลองต่าง ๆ ทั่วทุกภาคของ ประเทศไทย (นพพล เกตุประสาท, 2547)

2.3.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผักตบชวา

ผักตบชวา เป็นพืชที่อาศัยอยู่บนผิวน้ำจัดเป็นประเภทลอยน้ำ (Floating plant) ปกติ แล้วรากจะไม่ยึดติดกับพื้นดินหรือโคลนจึงถูกกระแสลมหรือน้ำพัดไปได้ ในกรณีน้ำตื้นรากจะ หยั่งติดกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นดินได้ในบริเวณที่เป็นน้ำลึกจะมีทุ่นลอย (Floating structure) ซึ่งมีหัวรากลอย (Floating rhizomes) ที่ฐานใบมีกระเปาะภายในมีลักษณะโปร่งพรุนคล้ายฟองน้ำ

ลำต้น ประกอบด้วยกลุ่มของใบเรียงกันเป็นกระจุก มีสีเขียวสูง 5-10 เซนติเมตร ถ้า รากที่ยึดติดกับพื้นดิน ลำต้นจะสูงขึ้นประมาณ 50 เซนติเมตร การเจริญเติบโตที่เป็นแบบแตก กอ (Sympodial) จะเชื่อมติดต่อกันโดยมีไหล (Stolon) สีน้ำตาลแกมม่วงซึ่งเป็นลำต้นที่ทอดไป ตามผิวน้ำช่วยในการขยายพันธุ์ของผักตบชวาให้เพิ่มจำนวนต้นผักตบชวาสามารถมีไหลแตก ออกไปได้หลายอันเมื่อไหลแตกออกไปก็จะเจริญขึ้นเป็นต้นใหม่ได้แต่ยังติดกับต้นเดิมและเกิด เป็นกอขึ้นใหม่มีรากเกิดขึ้น(สุรชัย มัจฉาชีพ, 2538)

ดอกเป็นช่อแบบช่อเชิงลด (Spike) ดอกย่อยเรียงอยู่บนแกนกลางอันเดียวไม่มีก้าน ดอกย่อยหนึ่งช่อมีดอกย่อยประมาณ 4-60 ดอก ก้านช่อดอกยาวประมาณ 15-30 เซนติเมตร ฐานกลีบดอกรวมกันเป็นรูปกรวยสีม่วง กลีบเลี้ยงดอกย่อยเป็นสมบูรณ์เพศแบบ Zygomorphic โคนกลีบดอกเป็นท่อ (Tube) ปลายกลีบแยกจากกันแต่เรียวซ้อนเหลี่ยมกันมีสีม่วง กลีบตรง กลางขนาด 2.3 x 3.5 เซนติเมตร กลีบอื่นมีขนาด 1.2 x 3.5 เซนติเมตร เกสรตัวผู้มี 6 อันก้าน เกสรมีขนพองกลมตรงปลาย เกสรตัวเมียมีรังไข่อยู่เหนือโคนกลีบ (Superior ovary) มี 3 ห้อง ส่วนไข่อ่อนยึดติดแกนรังไข่ (Axile-placentation) ก้านเกสรตัวเมียมีขนสั้นปลายขนพองกลมการ พัฒนาของช่อดอกที่เกิดจากลำต้นโดยตรง ลำต้นจะสูงขึ้นตรงปลายมีแผ่นใบรูปหัวใจมีกาบบาง ใสและกาบหนาหุ้มรอบส่วนนี้กับโคนก้านใกล้เคียงและบริเวณโคนก้านใบที่อยู่บนลำต้นนี้มี ลักษณะป่องเล็กน้อยเป็นส่วนของกระเปาะที่เกิดของช่อดอก เมื่อช่อดอกเจริญขึ้น ลำต้นและ ก้านใบยืดยาวขึ้น ทำให้กาบใบที่หุ้มขาดออกจากกัน เมื่อช่อดอกเจริญมากขึ้นจะแทงออกทำให้ กระเปาะปริและดอกย่อยทยอยบานจากโคนผักตบชวาจะออกดอกช่วงเดือนพฤศจิกายนถึง กุมภาพันธ์ ของทุกปี

ผลเป็นแบบผลแห้ง (Capsule) มีลักษณะแบ่งได้เป็น 3 พู เมื่อแก่ตัว จะแตกกลางพู (Loculicidal capsule) ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ฐานกลมขนาด 0.3 x 1.0 เซนติเมตร

ที่ส่วนปลายผลมีส่วนแหลมยื่นออกมามีเมล็ดกลมอยู่ภายในผลมีขนาด 0.25 x 1.17 มิลลิเมตร มีสัน ตามแนวยาวของเมล็ด 10-12 สัน การติดเมล็ดของผักตบชวาตามธรรมชาติจะมีไม่มาก และ ปริมาณการติดเมล็ดจะแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่แต่ถ้ามีการช่วยผสมเกสรการติดเมล็ดจะสูงขึ้นประมาณร้อยละ 20-91 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ผักตบชวานั้น ๆ

จำนวนเมล็ดของ ผักตบชวาตามธรรมชาติในพื้นที่ 1ไร่ มีเมล็ดของผักตบชวาจมอยู่ในโคลนประมาณ 18 ล้านเมล็ด และมีชีวิตอยู่ในดินได้นานถึง 15 ปี มีชีวิตอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง –4 ถึง 40 องศา เซลเซียส เมล็ดงอกได้ในสภาพที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 22 องศาเซลเซียส และมีแสงแดดส่องถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

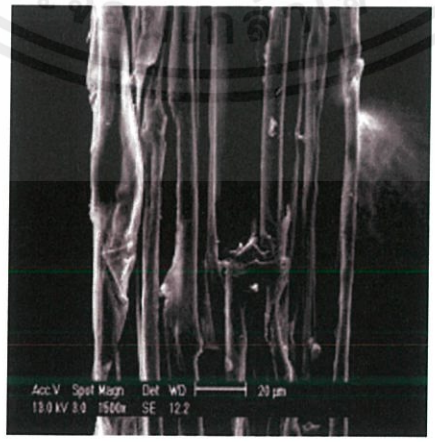
รากของผักตบชวา เป็นส่วนที่มีน้ำหนักมากกว่าร้อยละ 50 ของทั้งต้นเป็นรากฝอย (Fibrous root) มีรากย่อยเป็นกระจุกรากที่แทงออกมีสีขาวเมื่อมีอายุมากขึ้นจะมีรากขนอ่อน (Root hair) มีสีน้ำตาลอ่อนเมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแก่จนถึงดำความยาวของรากประมาณ 60-90 เซนติเมตร แตกต่างกันไปบางเส้นอาจยาวได้ถึง 1 เมตร ความยาวของรากขึ้นอยู่กับ ปริมาณของแหล่งอาหารในน้ำ ซึ่งรากเป็นส่วนที่มีความแข็งแรงและมีประสิทธิภาพสูงในการ ดูดซับสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำ

ใบของผักตบชวา มีการจัดเรียงตัวกันเป็นรัศมีออกจากจุดเดียวกัน (Rosette) เป็นใบ เดี่ยว ประกอบด้วยก้านใบ (Petiole) และแผ่นใบ (Blade) ผักตบชวาหนึ่งต้นจะมีใบตั้งแต่ 2 ใบ ขึ้นไป ใบมี 2 ชนิด คือใบปกติมีรูปร่างแบบรูปไข่ (Ovate) รูปหัวใจ (Cordate) กลมคล้ายใบบัว (Orbicular) หรือรูปไต (Reniform) โคนก้านใบแผ่ออกเป็นกระเปาะหุ้มช่อดอกที่โคนก้านใบมีกาบ ใบ (Sheath) ลักษณะเป็นแผ่นเยื่อบาง ๆ สีขาวแกมเขียวอ่อนเมื่อมีอายุมากขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสี น้ำตาลใบเป็นแบบใบเดี่ยว (Simple leaf) ใบมักจะมนแต่เมื่อมีอายุมากขึ้นปลายใบจะแหลมมีสี เข้มขึ้นขอบใบเรียบเส้นใบ (Venation) ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและอาหาร

ก้านใบมีลักษณะกลมเรียบอวบน้ำถ้าต้นผักตบชวาเจริญไม่หนาแน่นลำต้นจะเล็กและ ก้านใบจะพองออกเป็นทุ่นลอยน้ำ (Buoyancy leaf) ผักตบชวาที่เจริญเติบโตอย่างหนาแน่นก้าน ใบจะไม่พองออกแต่ก้านใบจะยาว (สุรชัย มัจฉาชีพ, 2538)

2.3.3 องค์ประกอบทางเคมีของผักตบชวา

ผักตบชวา 100 กิโลกรัมหลังจากตากให้แห้งจะมีน้ำหนักเหลือประมาณ 5 กิโลกรัม คิดเป็นน้ำหนักแห้งเฉลี่ยร้อยละ 5 ของน้ำหนักทั้งหมดจากการวิเคราะห์องค์ประกอบผักตบชวา พบว่าผักตบชวาประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 2.3



รูปที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของผักตบชวา (สุรชัย มัจฉาชีพ, 2538)

การวิเคราะห์หา	ใบ	ลำต้น	ราก
เถ้าทั้งหมด (Total Ash)	11.52-15.57	16.65-19.47	10.58-12.67
เถ้าละลายน้ำ (Soluble Ash)	11.01-14.85	15.50-17.32	9.85-12.00
เถ้าที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble Ash)	0.51-0.72	0.05-0.07	0.45-0.64
ไนโตรเจน(Nitrogen)	2.21-3.14	1.04-1.72	0.75-1.14
โปรตีนหยาบ(Crude Protein)	13.81-19.63	6.50-10.75	4.69-7.12
โซเดียม(Na)	0.11-0.68	0.16-0.60	0.12-0.32
โพแทสเซียม(K)	1.49-2.29	0.69-1.18	0.37-1.43
แคลเซียม(Ca)	0.81.2.71	0.23-1.25	0.20-0.32
แมกนีเซียม(Mg)	0.20-0.52	0.20-0.48	0.21-0.81
แมงกานิส(Mn)	0.02-0.08	0.03-0.08	0.01-0.04
เหล็ก(Fe)	0.01-0.04	0.01-0.05	0.09-1.93
สังกะสี(Zn)	0.003-0.004	0.003-0.005	0.003-0.005
ทองแดง(Cu)	0-0.001	0-0.004	0-0.003
ฟอสฟอรัส(P)	0.31-0.70	0.13-0.28	0.05-0.09
ซัลเฟอร์(S)	0.03-0.10	0.02-0.05	0.09-0.25
คลอไรด์(Cl)	0.18-1.23	0.07-1.24	0.02-0.68

2.3.4 การขยายพันธุ์ของผักตบชวา

ผักตบชวาขยายพันธุ์ได้ 2 วิธี คือการสืบพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) โดยการแตกไหลและการสืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ (Sexual reproduction) โดยใช้เมล็ด การขยาย พันธ์ส่วนใหญ่จะงอกไหลออกมาจากต้นแม่ผักตบชวาที่ขยายพันธุ์โดยไม่ใช้เพศ อาศัยการแตก ไหลจากต้นแม่ แล้วเจริญเติบโตให้ต้นใหม่ จ้ำเกิดใบอ่อนในระยะแรกที่โคนด้านในของก้านใบแก่ จากต้นแม่ และการขยายพันธุ์โดยใช้เพศ เมล็ดผักตบชวาที่ลอยอยู่ในความที่ 2-3 เซนติเมตร สามารถงอกแล้วลอยตัวบนผิวน้ำได้ เมล็ดที่อยู่ในดินหรือโคลนสามารถงอกได้เช่นกัน เมื่องอก แล้วรากฝอยจะยึดกับโคลน

ผักตบชวา มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดีสามารถเจริญเติบโต ได้ทั้งในน้ำดีและน้ำเสีย สามารถแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็วในสภาวะที่เหมาะสมเช่นอ่างเก็บน้ำสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตเพิ่มปริมาณได้เป็น 120 ตัน น้ำหนักสดต่อไร่ต่อปี การเพิ่มจำนวนต้นหรือ ปริมาณน้ำหนักต่อพื้นที่โดยผักตบชวา 1 ต้นในเวลา 2 สัปดาห์ สามารถแตกไหลเพิ่มจำนวนต้น ได้เฉลี่ย 12 ต้นต่อตารางเมตร น้ำหนักของผักตบชวาจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 35 เท่า ในแหล่งน้ำที่มี ธาตุอาหารอย่างสมบูรณ์มีแสงแดดและอุณหภูมิเหมาะสม ผักตบชวาจะเพิ่มปริมาณขึ้นเป็น 2 เท่า ได้ภายใน 7 วัน ผักตบชวามีอัตราการเจริญเติบโตสูงมากมีการสะสมชีวมวลได้สูงถึง 20 กรัมน้ำหนักแห้ง ต่อตารางเมตรต่อวันโดยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดเท่ากับร้อยละ 1.5 ต่อ วัน และในน้ำที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยตั้งแต่ 19.2-35.5 องศาเซลเซียสจะให้อัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด (Wilson, Holst, and Rees, 2004)

ในน้ำเสียทั่วไปไนโตรเจนจะอยู่ในรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจนแอมโมเนียไนโตรเจนและ ไนเตรทไนโตรเจนโดยผักตบชวาสามารถดูดซับไนโตรเจนได้ทั้ง 3 ชนิด โดยสามารถดูดซับ อินทรีย์ไนโตรเจนได้ประมาณร้อยละ 95 ไนเตรทไนโตรเจนประมาณร้อยละ 80 และแอมโมเนีย ไนโตรเจนได้ร้อยละ 77 ในน้ำเสียที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงจะทำให้ผักตบชวา เจริญเร็วขึ้นปกคลุมพื้นที่ผิวน้ำมากขึ้น (ดวงจันทร์ เกรียงสุวรรณ, 2537)

2.3.5 ปัญหาที่เกิดจากผักตบชวา

- ด้านการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำ ผักตบชวาตายทับถมกันจะทำให้อ่างเก็บน้ำ ตื้นเขิน เพิ่มอัตราการระเหยน้ำทำให้น้ำลดปริมาณลง 3-8 เท่า

- ด้านระบบชลประทาน ผักตบชวาจะลดอัตราการไหลของน้ำลงประมาณร้อยละ 4

- ด้านการเกษตรกรรม ผักตบชวาจะแย่งน้ำและสารอาหารจากพืชที่ปลูกผักตบชวา ที่ลอยมากับกระแสน้ำก่อให้เกิดปัญหาแก่นาข้าว แพของผักตบชวาที่ไหลมาตามน้ำเป็นแหล่ง เพาะพันธุ์ศัตรูพืชหลายชนิดทำให้การพัฒนาแหล่งน้ำได้ผลไม่เป็นไปตามเป้าหมายเป็นเหตุให้ เกิดผลกระทบต่อเกษตรกร

- ด้านการประมง ผักตบชวาที่มีอยู่อย่างหนาแน่นเป็นอุปสรรคแก่การเจริญเติบโต ของปลาและการจับปลา ผักตบชวาที่ลอยอยู่อย่างหนาแน่นบนผิวน้ำทำให้บดบังแสงสว่างที่ ส่องลงไปในน้ำเป็นผลให้พืชที่เป็นอาหารของปลาขนาดเล็ก มีปริมาณลดลง

- ด้านการสาธารณสุข ผักตบชวาเป็นที่อาศัยของสัตว์น้ำซึ่งบางชนิดเป็นพาหะนำ โรคเช่น หอยไบธีเนีย (Bithynia) ซึ่งเป็นพาหะนำโรคพยาธิใบไม้ในตับ เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำ ของยุงก้นปล่อง ที่เป็นพาหะนำโรคเท้าช้างการกำจัดหอยบางชนิดโดยการใช้สารเคมีกำจัด เป็นไปได้ยากและต้องสิ้นเปลืองมากเนื่องจากผักตบชวาจะดูดซับสารเคมีนั้นไว้ส่วนหนึ่ง

- ด้านการคมนาคมทางน้ำ ผักตบชวาเป็นอุปสรรคที่กีดขวางการสัญจรทางน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ด้านการท่องเที่ยว ผักตบชวาที่ขึ้นอยู่หนาแน่นมีส่วนทำลายความสวยงามของ ทัศนียภาพของแหล่งน้ำที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวและส่งผลรบกวนต่อกิจกรรมอื่น ๆ เช่น การลงเรือ ท่องเที่ยว การว่ายน้ำ การตกปลา

- ด้านเศรษฐกิจและสังคม ปี 2553 รัฐบาลใช้งบประมาณ 10.8 ล้านบาทเพื่อการ กำจัดผักตบชวา 432,000 ตัน ใน 15 จุดทั่วประเทศ เฉพาะกรมชลประทานหน่วยงานเดียว ใช้งบประมาณปีละ 4 ล้านบาท ในการกำจัดผักตบชวาร้อยละ 60 หรือประมาณ 2.4 ล้านบาท

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชัยวัฒน์ ธีร์วรากุล (2561) การวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพและประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตอิฐมอญด้วยมือของกลุ่มชาวบ้านท้องถิ่น โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น ในการผลิตอิฐมอญด้วยมือของกลุ่มชาวบ้านและหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มคุณภาพของอิฐให้ได้มาตรฐาน พร้อมทั้งหาส่วนผสม ชนิดของวัตถุดิบ และวิธีการเผาที่เหมาะสม เนื่องจากที่ผ่านการผลิตอิฐมอญผ่านมาเป็นการผลิตอิฐที่มีคุณภาพต่ำ อิฐมีขนาดไม่สม่ำเสมอและผลิตได้ค่อนข้างช้า เนื้ออิฐไม่แน่นพอ ผิวอิฐไม่เรียบขาดความสวยงาม มีความเสียหายจากการเผามากกว่าอิฐที่ได้จากเครื่องอัด

ปัญหาโดยทั่วไปที่ผลิตอิฐมอญด้วยมือ

1.ขนาดไม่สม่ำเสมอ(Defect of size) เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การหดตัวของดินไม่เท่ากัน เนื่องมาจากอนุภาคของเม็ดละเอียดกับอนุภาคเม็ดหยาบมีสัดส่วนไม่เท่ากัน บางโรงพิมบางอันมีขนาดไม่เท่ากัน

2.รูปร่างของอิฐบิดเบี้ยวไม่เป็นรูปทรง(Defect of shape) เกิดได้จากหลายสาเหตุ

กายุบตัว(Slumping) เกิดจากการที่ส่วนผสมเหลวเกินไป ด้านล่างจึงหนากว่าด้านบน มุมของอิฐเกิดการแตกหัก(Roundness corner) เกิดจากการอัดดินเข้าแบบไม่ดี มุมของอิฐแอ่นขึ้น(Raised corner) เกิดจากการที่มุมของอิฐถูกขอบรั้งเนื่องจากความฝืด ขอบของหน้าของผิวอิฐไม่เรียบ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นทุกขั้นตอนการผลิต และการออกแบบการทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมชนิดของวัตถุดิบและการเผาที่เหมาะสม โดยทำการปรับปรุงกระบวนการบางส่วนเพื่อให้ได้อิฐที่มีคุณภาพที่ดีขึ้น โดยมีการทดลองคือ มีการใช้วัตถุดิบคือ ดินเหนียวผสมขี้เลื่อย ดินเหนียวผสมขี้เถ้าแกลบ ในอัตราส่วน 5:1 5:2 5:3 การเผาจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ เผาด้วยฟืนแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่มีเตาเผา และการเผาด้วยแกลบ นำอิฐที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติการรับแรงกด ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ

ภราดร ชุไชยสงค์ และ สุพรรณ วงทอง (2552) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของอิฐมอญที่ผลิตในจังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นดินจากอำเภอพานทองและอำเภอพนัสนิคม นำมาเปรียบเทียบกับอิฐมอญที่ผลิตจากจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดอ่างทอง ซึ่งคุณสมบัติที่จะนำมาเปรียบเทียบกันประกอบด้วย การทดสอบความหนาแน่นของอิฐมอญ คุณสมบัติความชื้นของอิฐมอญ การทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ การทดสอบกำลังอัดของอิฐมอญและการทดสอบแรงดัด โดยมีจุดประสงค์คือต้องการที่จะเปรียบเทียบคุณสมบัติของดินที่จะนำมาทำอิฐมอญของทั้ง 2 จังหวัดโดยวิธีทำคือนำดินของแต่ละจังหวัดมาเข้าแบบแล้วนำไปเผาด้วยอุณหภูมิและเวลาที่เท่ากัน โดยทำอิฐมอญตัวอย่างจังหวัดละ 20 ก้อน แล้วนำมาทดสอบหาคุณสมบัติความหนาแน่นของอิฐมอญ คุณสมบัติความชื้นของอิฐมอญ การทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ การทดสอบกำลังอัดของอิฐมอญและการทดสอบแรงดัดของอิฐมอญ จากนั้นเฉลี่ยค่าทั้ง 20 ก้อน แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน

ผลการวิจัยพบว่า

1) การทดสอบหาความหนาแน่น อิฐที่ทำจากดินของชลบุรีมีความหนาแน่นมากกว่าอิฐจากอยุธยา หมายความว่าอิฐจากชลบุรีมีความแข็งแรงกว่าอิฐจากอยุธยา คิดเป็นร้อยละ 8.77

2) จากการทดสอบหาความชื้นพบว่าอิฐจากชลบุรีมีค่าความชื้นน้อยกว่าอิฐจากอยุธยาร้อยละ 173.18 ซึ่งอิฐที่มีความชื้นน้อยกว่าจะแข็งแรงกว่า หมายความว่าอิฐจากชลบุรีมีความแข็งแรงกว่าอิฐจากอยุธยา

3) การทดลองการดูดซึมน้ำ พบว่าอิฐจากอยุธยาดูน้ำได้มากกว่าอิฐจากชลบุรี ร้อยละ 23.18 โดยอิฐที่ดูดน้ำได้มากกว่าจะมีรูพรุนเยอะกว่าด้วย หมายความว่าอิฐจากชลบุรีมีความแข็งแรงกว่าอิฐจากอยุธยา

4) การทดสอบแรงดัด พบว่าอิฐจากชลบุรีมีค่า Modulus of rupture มีค่าเท่ากับ 0.8071 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ส่วนอิฐจากอยุธยามีค่า Modulus of rupture มีค่าเท่ากับ 0.5402 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร หมายความว่าอิฐจากชลบุรีมีความแข็งแรงกว่าอิฐจากอยุธยา

5) การทดสอบรับแรงอัด พบว่า อิฐจากชลบุรีมีค่า stress เท่ากับ 52.67 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ในขณะที่อิฐจากอยุธยามีค่า stress เท่ากับ 27.16 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร หมายความว่าอิฐจากชลบุรีมีความแข็งแรงกว่าอิฐจากอยุธยา ดังนั้นจากผลการทดสอบทั้งหมดจึงสรุปได้ว่าอิฐที่ทำจากดินจังหวัดชลบุรีมีคุณสมบัติที่ดี สามารถใช้แทนอิฐมอญที่ทำจากจังหวัดพระนครศรีอยุธยาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริปัญญา พลมีเดช (2559)การนำเศษวัสดุชีวมวลกลับมาใช้ใหม่สาหรับผลิตอิฐก่อสร้างองค์ประกอบของดินและกระบวนการผลิตอิฐมอญ มีความจาเป็นอย่างยิ่งสาหรับการผลิตอิฐมอญ วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ คือ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของอิฐดินเหนียวโดยดูผลของการใช้สารเติมแต่งคือ แกลบข้าว ขี้เลื่อย กากกาแฟ ชานอ้อยและเศษหญ้านามาใช้เติมในส่วนผสมของการทาอิฐ สารเติมแต่งมีอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันคือ 0, 5, 10, 15 และ 20 % โดยน้าหนัก ตัวอย่างของอิฐมอญเผาด้วยเตาเผาแบบแก๊สที่อุณหภูมิ 900, 950 และ 1000 °C ผลการวิจัยพบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารเติมแต่งทาให้อิฐมีรูพรุนเปิดเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าความหนาแน่น และค่าความแข็งแรงจะลดลงอัตราส่วนผสมเศษวัสดุชีวมวลต่อดินเหนียวที่เหมาะสมสาหรับอิฐมอญผสมแกลบข้าว อิฐมอญผสมขี้เลื่อย และอิฐมอญผสมกากกาแฟคือ อัตราส่วนผสม 5% และ 10%ส่วนอัตราส่วนผสมเศษวัสดุชีวมวลต่อดินเหนียวที่เหมาะสมสาหรับชานอ้อยและเศษหญ้าคือ อัตราส่วนผสม 5% โดยทั้งหมดให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้าระหว่าง 17.25 – 23.56% ค่าการรับกาลังอัดระหว่าง 45.26 – 141.92 kg/cm2 ซึ่งตามมาตรฐานมอก.77 - 2545 ให้ค่าการดูดซึมน้าได้สูงสุด 25% และค่าความแข็งแรงเพียง 35 kg/cm2

สุวัฒชัย ปลื้มฤทัย และ โยธิน อึ่งกูล (2555) ศึกษาพัฒนาคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.58-2530 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการลดการนำความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร โดยการนำผักตบชวาที่มีองค์ประกอบของ K2O ร้อยละ 42.2 ,CaO ร้อยละ 30.69 ,MgO ร้อยละ 6.23 , Na2O ร้อยละ 5.98 , และอื่นๆร้อยละ 14.9 เพื่อนำมาผสมกับส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกในสัดส่วนต่างๆ โดยแบ่งส่วนผสมออกเป็น 16สูตร และกำหนดให้ส่วนผสมต้นแบบคือ ปูน:ทราย:หิน 1:3:5 (โดยน้ำหนัก) ทำการอัดขึ้นรูปในเบื้องต้นเป็นรูปทรงลูกบาศก์ขนาด 10x10x10 ซม. เพื่อเปรียบเทียบหาสูตรที่มีความต้านทานแรงอัดผ่าน มอก.58-2530และคัดเลือกนำไปผลิตรูปทรงจริง 12 สูตร ทำการทดสอบคุณสมบัติเปรียบเทียบหาสูตรที่มีคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์ในการนำความร้อนต่ำที่สุด และมีคุณสมบัติในด้านความต้านแรงอัดและปริมาณความชื้นผ่านมาตรฐาน มอก.58-2530

ซึ่งพบว่า คอนกรีตบล็อกสูตร D3 โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่าง ปูน:ทราย:หิน:ผักตบ = 1 : 3 : 4.925 : 0.075 ให้ผลค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K Value) ต่ำสุด 0.111 W/m.K ต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกต้นแบบที่ไม่ได้ใส่ผักตบชวาที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไปซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(K Value) 0.189 W/m.K ผลการทดสอบความต้านแรงอัดและปริมาณความชื้นตามมาตรฐานอุตสาหกรรมมอก. 58-2530 พบว่ามีค่าความต้านแรงอัด 3.06 เมกะพาสคัล และมีค่าปริมาณความชื้นโดยการหดตัวทางยาวร้อยละ 0.05 และการดูดกลืนน้ำร้อยละ 11.3 ผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.58-2530 ทั้งในด้านความต้านแรงอัดและปริมาณความชื้นจัดอยู่คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักในประเภทที่ 1 คือประเภทควบคุมความชื้น มีค่าน้ำหนักต่อก้อน 6.04 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบการป้องกันความร้อนเมื่อนำคอนกรีตบล็อกสูตร D3 ไปก่อผนังกล่องทดลองเพื่อทดสอบความสามารถในการลดความร้อนเข้าสู่อาคารเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่มีขายในเชิงพาณิชย์พบว่า อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกยี่ห้อที่ 1 ประมาณ 3.350C และต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกยี่ห้อที่ 2 ประมาณ 0.730C อีกทั้งยังมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าราคาจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป

จากผลการศึกษาการพัฒนาคอนกรีตบล็อกจากผักตบชวานั้น สามารถที่จะลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและน้ำหนักได้อีกโดยเพิ่มปริมาณผักตบชวาเข้าไป เนื่องจากค่าความต้านแรงอัดยังสูงกว่าที่ มอก.58-2530 กำหนดไว้ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้วัชพืชให้มากขึ้นไปในตัว เพื่อเป็นแนวทางในการนำผักตบชวาซึ่งเป็นวัชพืชที่อยู่ตามแม่น้ำลำคลองและคอยสร้างปัญหาให้แก่การระบายน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีกวิธีหนึ่ง

ณัฐพล นาวารี ,ธนิต แปลกประหลาด และสุทธิเกียรติ แข็งแรง (2557)ได้ศึกษาอัตราส่วนผสมอิฐมอญโดยใช้ใบสับปะรด มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนผสมของ อิฐมอญโดยใช้ใบสับปะรดเป็นวัตถุดิบ ขนาดของก้อนอิฐมอญที่ศึกษามี 2 ลักษณะ คืออิฐมอญแบบ 2 รู ขนาด 6.5×16×4.5 เซนติเมตร และอิฐมอญแบบ 3 รู ขนาด 10×19×5.5 เซนติเมตร หาค่าการรับแรงอัดสูงสุดใน แนวตั้ง แนวนอน การดูดซึมน้ำ และค่าความหนาแน่น ผลพบว่า อิฐมอญลักษณะแบบ 2 รู ที่ผสมระหว่างดินเหนียวกับใบสับปะรดดิบในอัตราส่วน 30 ต่อ 4 กิโลกรัม มีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมกว่าส่วนผสมชนิดต่างๆ สามารถรับการอัดสูงสุดก่อนที่ก้อนอิฐมอญจะพังทลาย ซึ่งลักษณะแนวนอน เฉลี่ยรับแรงได้เท่ากับ 21.39 กิโลนิวตัน และลักษณะแนวตั้งเฉลี่ยรับแรงได้เท่ากับ 9.72 กิโลนิวตัน ค่าการรับ ความเค้นอัดในลักษณะแนวนอนเฉลี่ยรับแรงได้เท่ากับ 2,409.59 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร และลักษณะแนวตั้งเฉลี่ย รับแรงได้เท่ากับ 5,129.28 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยได้เท่ากับ 19.37 เปอร์เซ็นต์ และค่า ความหนาแน่นเฉลี่ยได้เท่ากับ 1.115 กรัมต่อตารางเซนติเมตร อิฐมอญลักษณะแบบ 3รู ที่ผสมระหว่างดิน เหนียวกับใบสับปะรดดิบในอัตราส่วน 30 ต่อ 4 กิโลกรัม มีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมกว่าส่วนผสมชนิดต่างๆ โดยสามารถรับการอัดสูงสุด ก่อนที่ก้อนอิฐมอญจะพังทลาย ซึ่งลักษณะแนวนอนรับแรงได้เท่ากับ 21.08 กิโลนิวตัน และลักษณะแนวตั้งรับแรงได้เท่ากับ 17.49 กิโลนิวตัน ค่าการรับความเค้นอัดในลักษณะแนวนอนรับแรงได้เท่ากับ 1,208.71 กิโลนิวตัน ต่อตารางเมตร และลักษณะแนวตั้งรับแรงได้เท่ากับ 4,227.02 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ย ไดเท่ากับ 21.14 เปอร์เซ็นต์ และค่าความหนาแน่นเฉลี่ยได้เท่ากับ 0.00113 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

Gaurav Goel and Ajay S. Kalamdhad (2017) study about Strenuous efforts are being made to make the manufacturing activities sustainable. Consequently, industries are seeking ways not only to reduce energy consumption, waste

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

accumulation and carbon footprint but also to reduce exploitation of precious natural resources. Fertile soil is one such precious resource which is being used for brick manufacturing for centuries. Brick industry needs frugal innovations to accommodate large quantities of waste and to make the production processes sustainable. Numerous studies in the past have tried to recycle waste materials by incorporating them into the brick production cycle. This experimental feasibility study is first to demonstrate the use of aquatic weed (water hyacinth) in brick manufacturing. Using chemical-mineralogical and physical-mechanical characterization, optimal mixing ratio of water hyacinth (WH) and soil was determined for achieving the desirable mechanical properties (compressive strength and water absorption) of a fired clay brick compliant with Indian and ASTM standard codes. XRD results confirmed that addition of WH does not cause compositional changes in the phase and leads merely to an increased porosity in bricks. An optimum mix of 10% WH with soil and a firing temperature of 900 °C were found appropriate for brick production using WH as a partial substitute to the soil. Greenhouse gas (CO_2) emission during firing was ascertained and it was estimated that incorporation of 10% WH leads to 7% net saving in the consumption of external fuel required for firing the bricks.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อ พัฒนาอิฐมอญ โดยใช้ผักตบชวา ซึ่งเป็นวัสดุที่หาง่ายตามแหล่งน้ำทั่วไป สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์เพื่อเป็นหนึ่งในทางเลือก ของการใช้ประโยชน์จากผักตบชวา และเป็นการลดปัญหาขยะและวัชพืชตามแหล่งน้ำไปในตัว ขั้นตอนแรกจะเป็นการเตรียมวัสดุ โดยนำผักตบชวาที่เก็บจากแหล่งน้ำมาผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และนำไปอบแห้ง จากนั้นปั่นให้เป็นผงละเอียด ซึ่งกำหนดจากสัดส่วนผักตบชวาที่เหมาะสมที่สุดโดยจะแบ่งเป็นการทดลองดังนี้

1.การทดลองหาสัดส่วนและรูปแบบของผักตบชวาที่เหมาะสมจะผสมในอิฐมอญ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วนนั่นคือ การทดสอบกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่นและค่าอัตราการดูดซึมน้ำ

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

3.การทดลองหาค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่นและค่าอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญขนาด 6.5*4*14 เซนติเมตร(ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.77-2545 อิฐมอญตัน) เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับอิฐมอญแบบดินเหนียวล้วน ที่ขายตามท้องตลาด

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยพัฒนาอิฐมอญผสมผักตบชวา มีขั้นตอนการดำเนินงาน 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.การเตรียมวัตถุดิบโดยการนำผักตบชวา จากแหล่งน้ำขึ้นมาผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาดตัดใบและรากทิ้ง โดยจะใช้ส่วนของลำต้นผักตบชวา ทำการหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปอบให้แห้งด้วยอุณหภูมิ 50 C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนแห้งและนำมาปั่นโดยใช้เครื่องปั่นน้ำผลไม้จนละเอียด ซึ่งสามารถผ่านตะแกรงเบอร์ 16 ได้ และใช้ดินเหนียวจาก อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี ทรายที่ผ่านตะแกรง 50 ที่ห้องปฏิบัติการภาควิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การทดลองหารูปแบบของผักตบชวาที่เหมาะสมที่สุด ที่จะนำมาผสม โดยมีรูปแบบผงกับเส้นและทำการกับเปรียบเทียบกับวัสดุที่ผสมในอิฐมอญทั่วไปอย่างแกลบ ในการทดสอบนี้ใช้สัดส่วนของ ดินเหนียว ทราย น้ำ ผักตบชวา เท่ากับ 1:0.15:0.1:0.025 ของน้ำหนักอิฐมอญ โดยการนำผักตบชวาตามสูตรดังกล่าวไปผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นมอร์ต้า จากนั้นจึงทำการบรรจุลงลงในแม่แบบทรงลูกบาศก์ ขนาด 5*5*5 เซนติเมตร โดยผลิตรูปแบบจำนวนล่ะ 6 ก้อน เพื่อนำมาทดสอบหาแรงอัดที่มากที่สุด ค่าอัตราการดูดซึมน้ำ และความหนาแน่น ของแต่ละสูตร

3.การทดลองหาสัดส่วนของผักตบชวาที่เหมาะสมที่สุด ที่จะนำมาผสม โดยกำหนดค่าสัดส่วนของผักตบชวาโดยน้ำหนักดังนี้ 0 0.025 0.05 0.075 และ0.1 โดยกำหนดส่วนผสมต้นแบบของอิฐมอญ คือ ดินเหนียว น้ำ ทราย แกลบ(แล้วแต่แหล่งที่ผลิต) และในการทดสอบนี้ใช้สัดส่วนของ ดินเหนียว ทราย น้ำ ผักตบชวา เท่ากับ 1:0.15:0.1 ของน้ำหนักอิฐมอญ โดยการนำผักตบชวาตามสูตรดังกล่าวไปผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นจึงทำการบรรจุลงลงในแม่แบบทรงลูกบาศก์ ขนาด 5*5*5 เซนติเมตร โดยผลิตรูปแบบจำนวนล่ะ 6 ก้อน เพื่อนำมาทดสอบหาแรงอัดที่มากที่สุด ค่าอัตราการดูดซึมน้ำ และความหนาแน่น ของแต่ละสูตร

4.เมื่อได้รูปแบบและสัดส่วนของผักตบชวาที่เหมาะสมที่สุดแล้วนำมาทำขนาดจริงนั่นคือ ขนาด 6.5*4*14 เซนติเมตร จำนวน 10 ก้อน โดยหาความหนาแน่นของอิฐแต่ละก้อนและแบ่งเป็น 2 การทดสอบ คือ การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด และค่าอัตราการดูดซึมน้ำ การทดสอบล่ะ 5 ก้อน (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.77-2545)

5.สรุปผลการทดลองโดยทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบถึงคุณสมบัติในด้านต่างๆของอิฐมอญที่แทนที่ด้วยผักตบชวา(ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 77-2545) ที่ได้กำหนดไว้ และเปรียบเทียบกับอิฐมอญที่มีขายตามท้องตลาด

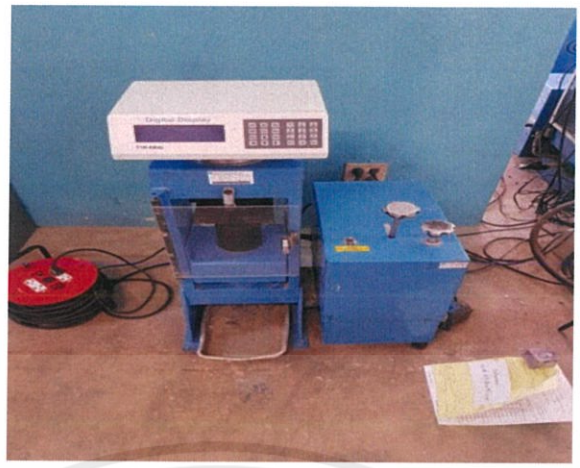
3.2 วิธีการผลิตและทดสอบอิฐมอญ

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

อุปกรณ์และเครื่องมือที่สำคัญที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีดังต่อไปนี้

1. เครื่องทดสอบกำลังอัดขนาดแรงกดของเครื่องทดสอบที่มีขนาด 2000 กิโลนิวตัน ใช้สำหรับทดสอบความแข็งแรงของตัวอย่างอิฐมอญ (Compressive Strength)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



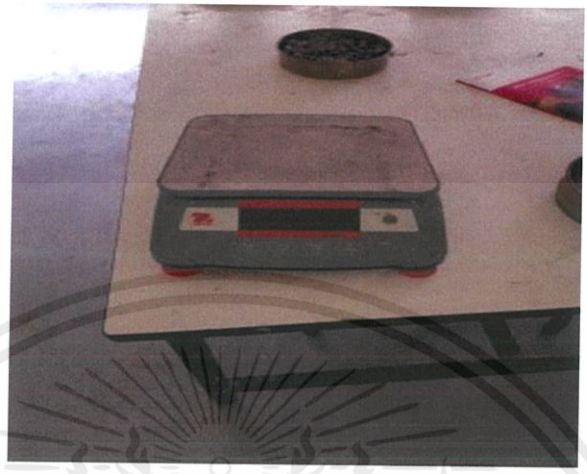
รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบกำลังอัด

2.เครื่องมือวัดชนิดละเอียด (Vernier Calipers) เป็นเครื่องวัดความยาวอย่างละเอียดที่ใช้หลักของเวอร์เนียร์สเกล โดยการแบ่งสเกลตามแนวยาวคล้ายไม้บรรทัด

รูปที่ 3.2 Vernier Calipers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องชั่งน้ำหนัก เป็นเครื่องชั่งที่มีความละเอียดในหน่วย กรัม เพื่อวัดหาค่าน้ำหนักของตัวอย่างในการทดสอบ

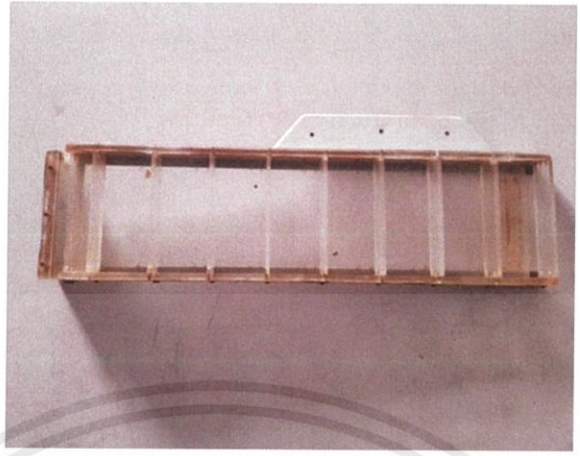


รูปที่ 3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

4.แบบสำหรับใส่ดินเหนียวขนาด 5*5*5 cm โดยมีลักษณะเป็นลูกบาศก์ ใช้สำหรับการใส่แบบอิฐตัวอย่างและแบบสำหรับใส่ดินเหนียวทำจากไม้ขนาด 6.5*4*14 cm สำหรับใส่ดินเหนียวเพื่อทำอิฐขนาดมาตรฐาน

รูปที่ 3.4 แบบใส่ดินเหนียวขนาด 5*5*5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



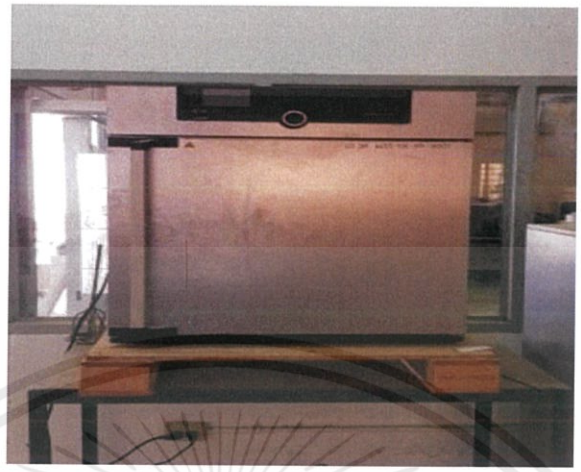
รูปที่ 3.5 แบบใส่ดินเหนียวขนาด 6.5*4*14 cm

5.ตะแกรงมาตรฐานเบอร์16(ขนาดตะแกรง1.18 มิลลิเมตร),ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 30 (ขนาดตะแกรง 0.595 มิลลิเมตร) , ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 50 (ขนาดตะแกรง 0.297 มิลลิเมตร) , ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 100 (ขนาดตะแกรง 0.149 มิลลิเมตร) , โดยตะแกรงช่องผ่านเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยตะแกรงจะต้องสามารถป้องกันไม่ให้ตัวอย่างมวลรวมที่ทดสอบหายไปจากตะแกรง

รูปที่ 3.6 ตะแกรงมาตรฐานขนาดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตู้อบ ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่ต้องการได้



รูปที่ 3.7 ตู้อบ

7. เครื่องปั่นขนาดเล็ก เพื่อใช้ในการเตรียมวัตถุดิบผักตบชวาให้มีความละเอียด

รูปที่ 3.8 เครื่องปั่นขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เครื่องเผาซึ่งสามารถใช้อุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 1200 องศาเซลเซียส

รูปที่ 3.9 เครื่องเผาไฟฟ้า

3.2.2 การจัดเตรียมวัสดุและส่วนผสมที่ใช้ในการศึกษา

วัสดุและส่วนผสมที่ใช้ในการทำอิฐมอญมีดังต่อไปนี้

1.ดินเหนียว เป็นดินเหนียวล้วน จากอำเภอ ปากเกร็ด จังหวัด นนทบุรี ซึ่งได้มาจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล. เป็นดินเหนียวสำหรับการปั้นการเตรียมดินเหนียว นำดินเหนียวไปชั่งน้ำหนักและอบในตู้อบเป็นเวลา 1 วันจนไม่เหลือน้ำในดินเหนียวจากนั้นนำดินนั้นไปชั่งน้ำหนักหลังการอบและนำค่าที่ได้ไปคำนวณหา water content ของดินเหนียวทั้งหมด

รูปที่ 3.10 ดินเหนียว

2.ทรายละเอียด เป็นวัสดุที่มีขนาดเล็กละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 50 ซึ่งทรายได้มาจากห้องปฏิบัติการทดลองคอนกรีต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 ทราย

3.ผักตบชวา

<u>การเตรียมวัตถุดิบ</u>

ผักตบชวา ผักตบชวาที่นำมาใช้ในการทดสอบ นำมาจากแหล่งน้ำ โดยเลือกเฉพาะส่วนของลำต้นนำมาผ่านกระบวนการ ล้างทำความสะอาด และหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการอบ ด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน จนแห้งสนิท และใช้เครื่องปั่น ปั่นผักตบชวาให้ละเอียด จนมีลักษณะเป็นผงและนำไปผ่านตะแกรงเบอร์16 โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เก็บผักตบชวาขึ้นจากแหล่งน้ำ

ขั้นตอนที่ 2 ล้างทำความสะอาดผักตบ แล้วตัดเฉพาะส่วนที่เป็นลำต้นออกมา แล้วหั่นลำต้นให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 5 cm

ขั้นตอนที่ 3 นำผักตบชวาไปผ่านกระบวนการอบ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน

ขั้นตอนที่ 4 นำผักตบชวาที่แห้งสนิทไปเข้าเครื่องปั่นให้ละเอียด

ขั้นตอนที่ 5 นำผักตบชวาที่ผ่านการปั่นแล้วไปร่อนในตะแกรงเบอร์16 โดยใช้เครื่องเขย่าเป็นเวลา 5นาทีแล้วเลือกใช้เฉพาะที่ผ่านตะแกรงเบอร์16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 ผักตบชวาจากแหล่งน้ำ

รูปที่ 3.13 เก็บผักตบชวาจากแหล่งน้ำ

รูปที่ 3.14 ตัดเอาเฉพาะก้านผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 ล้างทำความสะอาดผักตบชวา

รูปที่ 3.16 หั่นผักตบชวาเป็นชิ้นเล็กๆ

รูปที่ 3.17 นำผักตบชวาไปผ่านกระบวนการอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 ผักตบชวาที่ผ่านการอบเรียบร้อยแล้ว

รูปที่ 3.19 เครื่องปั่นที่นำผักตบมาปั่นให้ละเอียด

รูปที่ 3.20 นำผักตบที่ปั่นแล้วไป sieve ผ่านตะแกรงเบอร์16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21 ผักตบชวาที่เป็นผงแล้ว

4. น้ำ

น้ำที่ใช้ผสมต้องสะอาดปราศจากกรด ด่าง น้ำมันและสารอินทรีย์อื่นๆ

รูปที่ 3.22 น้ำสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดลองหารูปแบบของผักตบชวาที่ดีที่สุด

3.3.1 วิธีดำเนินงาน

เป็นการทดลองหารูปแบบของผักตบชวาที่เหมาะสมที่จะใส่ลงไปในอิฐมอญที่สุด เพื่อจะได้นำไปใช้สรุปผลต่อไป โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 สูตร โดยรูปแบบที่จะนำมาทดลองคือ แบบผงกับแบบเส้น และนำมาเปรียบเทียบกับแกลบที่มีขายในท้องตลาดปกติ โดยกำหนดอัตราส่วนดังนี้

1. อัตราส่วนดิน : น้ำ : ทราย : ผักตบชวาแบบผง เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.15 : 0.025
2. อัตราส่วนดิน : น้ำ : ทราย : ผักตบชวาแบบเส้น เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.15 : 0.025
3. อัตราส่วนดิน : น้ำ : ทราย : แกลบ เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.15 : 0.025

โดยนำผักตบชวาแต่ละรูปแบบผสมคลุกเคล้ากับดินที่เตรียมไว้ให้เข้ากัน แล้วบรรจุลงใส่แบบขนาด 5x5x5 เซนติเมตร โดยทำสูตรละ 6 ก้อนเพื่อทดสอบหาแรงกดและอัตราการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนทั้ง 3 สูตรของอิฐมอญ

สูตร	ดินเหนียว	ทราย	น้ำ	วัสดุที่นำมาผสม
ผง	1	0.15	0.1	0.025
เส้น	1	0.15	0.1	0.025
แกลบ	1	0.15	0.1	0.025

3.3.2 ขั้น

น

3.3.2 ขั้นตอนการทดสอบ

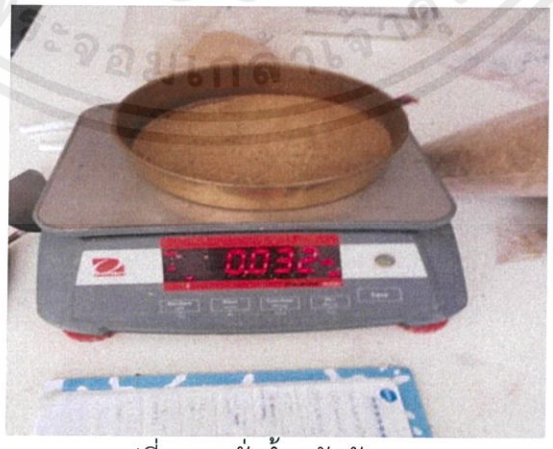
1. เตรียมดิน ทราย น้ำ ผักตบชวาและแกลบ ตามอัตราส่วนดังตาราง 3.1
2. นำดินเหนียวและทรายมานวด โดยใช้เท้าเหยียบจนรวมกันเป็นเนื้อเดียว จากนั้นนำดินที่ผสมทรายแล้วไปเข้าเครื่องผสมกับผักตบชวาและแกลบสำหรับการทำอิฐแต่ละสูตร
3. นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ลงแบบขนาด 5x5x5 เซนติเมตร สูตรละ 6 ก้อน
4. แกะแบบที่บรรจุไปใส่ในภาชนะสะอาดแล้วนำตัวอย่างทั้งหมดไปตากแดดเป็นเวลา 3 วัน
5. หลังจากตากแดดเสร็จนำอิฐตัวอย่างไปเข้าเครื่องเผาไฟฟ้าด้วยอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วันครึ่ง
6. หลังจากครบเวลาที่กำหนด เอาตัวอย่างออกมาวัดขนาดและน้ำหนัก เพื่อนำไปหาปริมาตรและความหนาแน่น
7. นำอิฐ 3 ก้อนของแต่ละสูตรไปหาค่ากำลังรับแรงอัดโดยใช้เครื่องทดสอบแรงกด
8. นำอิฐอีก 3 ก้อนของแต่ละสูตรไปแช่น้ำ 1 วัน ชั่งน้ำหนักเพื่อหาอัตราการดูดซึมน้ำ
9. หลังจากชั่งน้ำหนักแล้วนำอิฐที่แช่น้ำไปอบเป็นเวลา1วันเพื่อให้น้ำระเหยออกจนหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำไปกดเพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัดโดยเครื่องทดสอบแรงกด

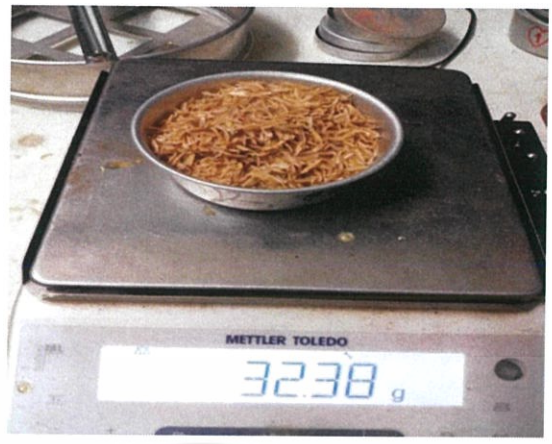
รูปที่ 3.23 ชั่งน้ำหนักดินเหนียว

รูปที่ 3.24 ชั่งน้ำหนักทราย



รูปที่ 3.25 ชั่งน้ำหนักผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.26 ชั่งน้ำหนักแกลบ

รูปที่ 3.27 ชั่งน้ำหนักน้ำ

รูปที่ 3.28 ทำการผสมส่วนผสมต่างๆเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.29 ทำการยัดดินที่ผสมแล้วใส่แม่พิมพ์

รูปที่ 3.30 ถอดแบบออก

รูปที่ 3.31 ภาพอิฐหลังการตากแดด1วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.32 นำอิฐไปใส่เตาเผา

รูปที่ 3.33 ทำการเผาอิฐ

รูปที่ 3.34 อิฐที่เผาเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดลองหาอัตราส่วนผสมผักตบชวาที่ดีที่สุด

3.4.1 วิธีดำเนินงาน

เป็นการทดลองหาอัตราส่วนผักตบชวาที่สามารถใส่ลงไปในอิฐได้มากที่สุด เพื่อจะได้นำไปใช้สรุปผลต่อไป โดยแบ่งการทดลองเป็น 5 สูตร
โดยกำหนดอัตราส่วนดังนี้

1. อัตราส่วนดิน : น้ำ : ทราย : ผักตบชวา เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.15 : 0
2. อัตราส่วนดิน : น้ำ : ทราย : ผักตบชวา เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.15 : 0.025
3. อัตราส่วนดิน : น้ำ : ทราย : ผักตบชวา เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.15 : 0.05
4. อัตราส่วนดิน : น้ำ : ทราย : ผักตบชวา เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.15 : 0.075
5. อัตราส่วนดิน : น้ำ : ทราย : ผักตบชวา เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.15 : 0.1

โดยนำผักตบชวาแต่ละสูตรผสมคลุกเคล้ากับดินที่เตรียมไว้ให้เข้ากัน แล้วบรรจุลงใส่แบบขนาด 5x5x5 เซนติเมตร โดยทำสูตรละ 6 ก้อนเพื่อทดสอบหาแรงกดและอัตราการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 3.2 แสดงอัตราส่วนทั้ง 5 สูตรของอิฐมอญ

สูตร	ดิน	น้ำ	ทราย	ผักตบชวา
1	1	0.1	0.15	0
2	1	0.1	0.15	0.025
3	1	0.1	0.15	0.05
4	1	0.1	0.15	0.075
5	1	0.1	0.15	0.1

3.4.2 ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมดิน ทราย น้ำ และผักตบชวา ตามอัตราส่วนดังตาราง 3.2
2. นำดินเหนียวและทรายมานวด โดยใช้เท้าเหยียบจนรวมกันเป็นเนื้อเดียว จากนั้นนำดินที่ผสมทรายแล้วไปเข้าเครื่องผสมกับผักตบชวาสำหรับการทำอิฐแต่ละสูตร
3. นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ลงแบบขนาด 5x5x5 เซนติเมตร สูตรละ 6 ก้อน
4. แกะแบบที่บรรจุไปใส่ในภาชนะสะอาดแล้วนำตัวอย่างทั้งหมดไปตากแดดเป็นเวลา 3 วัน
5. หลังจากตากแดดเสร็จนำอิฐตัวอย่างไปเข้าเครื่องเผาไฟฟ้าด้วยอุณหภูมิ 900 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส เป็นเวลา 1 วันครึ่ง

6. หลังจากครบเวลาที่กำหนด เอาตัวอย่างออกมาวัดขนาดและน้ำหนัก เพื่อนำไปหาปริมาตรและความหนาแน่น
7. นำอิฐ 3 ก้อนของแต่ละสูตรไปหาค่ากำลังรับแรงอัดโดยใช้เครื่องทดสอบแรงกด
8. นำอิฐอีก 3 ก้อนของแต่ละสูตรไปแช่น้ำ 1 วัน ชั่งน้ำหนักเพื่อหาอัตราการดูดซึมน้ำ
9. หลังจากชั่งน้ำหนักแล้วนำอิฐที่แช่น้ำไปอบเป็นเวลา1วันเพื่อให้น้ำระเหยออกจนหมด จากนั้นนำไปกดเพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัดโดยเครื่องทดสอบแรงกด

รูปที่ 3.35 ชั่งน้ำหนักดินเหนียว

รูปที่ 3.36 ชั่งน้ำหนักทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.37 ชั่งน้ำหนักผักตบชวา

รูปที่ 3.38 ชั่งน้ำหนักน้ำ

รูปที่ 3.39 ทำการผสมส่วนผสมต่างๆเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.40 ทำการยัดดินที่ผสมแล้วใส่แม่พิมพ์

รูปที่ 3.41 ถอดแบบออก

รูปที่ 3.42 ภาพอิฐหลังการตากแดด1วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.43 นำอิฐไปใส่เตาเผา

รูปที่ 3.44 ทำการเผาอิฐ

รูปที่ 3.45 อิฐที่เผาเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การทดลองเปรียบเทียบอิฐมอญผสมผักตบชวาแบบผงกับเส้นและอิฐดินล้วน

3.5.1 วิธีดำเนินงาน

เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบอิฐมอญผสมผักตบชวาที่รูปแบบและปริมาณที่เหมาะสมที่สุดกับอิฐมอญทั่วไปตามท้องตลาด เพื่อจะได้เปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย โดยกำหนดอัตราส่วนดังนี้

1. อัตราส่วนดิน : น้ำ : ทราย : ผักตบชวาแบบผง เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.15 : 0.025
2. อัตราส่วนดิน : น้ำ : ทราย : ผักตบชวาแบบเส้น เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.15 : 0.025
3. อัตราส่วนดิน : น้ำ : ทราย เท่ากับ 1 : 0.1 : 0.15

โดยนำผักตบชวาที่สัดส่วนดังกล่าวผสมคลุกเคล้ากับดินที่เตรียมไว้ให้เข้ากัน แล้วบรรจุลงใส่แบบขนาด 14*6.5*4 เซนติเมตร โดยทำสูตรละ 10 ก้อนเพื่อทดสอบหาแรงกดและอัตราการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 3.3 แสดงอัตราส่วนทั้ง 5 สูตรของอิฐมอญ

สูตร	ดินเหนียว	ทราย	น้ำ	ผักตบชวา
ผักตบชวา (ผง)	1	0.15	0.1	0.025
ผักตบชวา(เส้น)	1	0.15	0.1	0.025
ดินล้วน	1	0.15	0.1	0

3.5.2 ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมดิน ทราย น้ำ และผักตบชวา ตามอัตราส่วนดังตาราง 3.3
2. นำดินเหนียวและทรายมานวด โดยใช้เท้าเหยียบจนรวมกันเป็นเนื้อเดียว จากนั้นนำดินที่ผสมทรายแล้วไปเข้าเครื่องผสมกับผักตบชวาสำหรับการทำอิฐมอญ
3. นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ลงแบบขนาด 14x6.5x4 เซนติเมตร สูตรละ 10 ก้อน
4. แกะแบบที่บรรจุไปใส่ในภาชนะสะอาดแล้วนำตัวอย่างทั้งหมดไปตากแดดเป็นเวลา 3 วัน
5. หลังจากตากแดดเสร็จนำอิฐตัวอย่างไปเข้าเครื่องเผาไฟฟ้าด้วยอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วันครึ่ง
6. หลังจากครบเวลาที่กำหนด เอาตัวอย่างออกมาวัดขนาดและน้ำหนัก เพื่อนำไปหาปริมาตรและความหนาแน่น
7. นำอิฐ 5 ก้อนของแต่ละสูตรไปหาค่ากำลังรับแรงอัดโดยใช้เครื่องทดสอบแรงกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

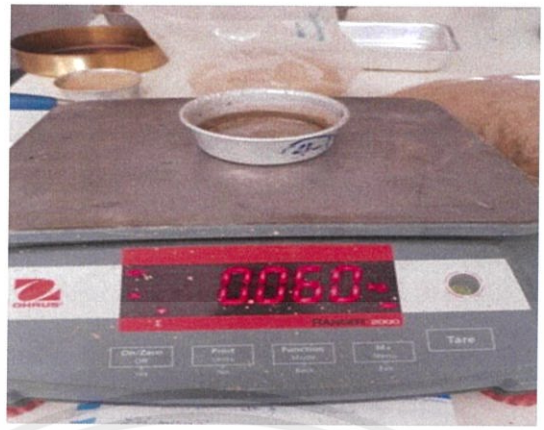
8. นำอิฐอีก 5 ก้อนของแต่ละสูตรไปแช่น้ำ 1 วัน ชั่งน้ำหนักเพื่อหาอัตราการดูดซึมน้ำ
9. หลังจากชั่งน้ำหนักแล้วนำอิฐที่แช่น้ำไปอบเป็นเวลา1วันเพื่อให้น้ำระเหยออกจนหมด จากนั้นนำไปกดเพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัดโดยเครื่องทดสอบแรงกด

รูปที่ 3.46 ชั่งน้ำหนักดินเหนียว

รูปที่ 3.47 ชั่งน้ำหนักทราย

รูปที่ 3.48 ชั่งน้ำหนักผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.49 ชั่งน้ำหนักน้ำ

รูปที่ 3.50 ทำการผสมส่วนผสมต่างๆเข้าด้วยกัน

รูปที่ 3.51 ทำการใส่ดินที่ผสมแล้วใส่แม่พิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.52 ถอดแบบออก

รูปที่ 3.53 ภาพอิฐหลังการตากแดด1วัน

รูปที่ 3.54 ทำการเผาอิฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.55 อิฐที่เผาเสร็จแล้ว

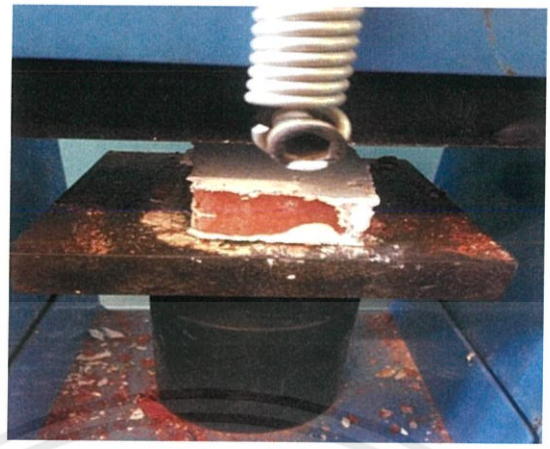
3.6 การทดสอบคุณสมบัติของอิฐมอญ

3.6.1 กำลังรับแรงอัด

หลังจากอิฐผ่านการเผาแล้ว ให้ทำการทดสอบกำลังรับแรงกด ตามมาตรฐาน มอก. 77-2545 โดยนำอิฐตัวอย่างขนาด 5x5x5 เซนติเมตร โดยควบคุมอัตราเพิ่มแรงอัดระหว่าง 0.05 ถึง 0.2 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร จนเมื่อตัวอย่างเกิดการวิบัติ บันทึกค่านั้นเป็นความต้านทานแรงอัดสูงสุด

รูปที่ 3.56 นำอิฐก้อนเล็กมาทดสอบหาแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.57 นำอิฐก้อนมาตรฐานมาหาแรงอัด

3.6.2 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

หลังจากอิฐผ่านการเผาแล้ว ทำการชั่งน้ำหนักและความยาวทุกด้านของอิฐทุกก้อน จากนั้นนำความยาวของอิฐมาหาปริมาตรของอิฐ แล้วหาความหนาแน่นจากสมการดังนี้

ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร (แห้ง) = น้ำหนักอิฐหลังเผา / ปริมาตรของชิ้นทดสอบ

รูปที่ 3.58 การวัดขนาดอิฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.59 ชั่งน้ำหนัก

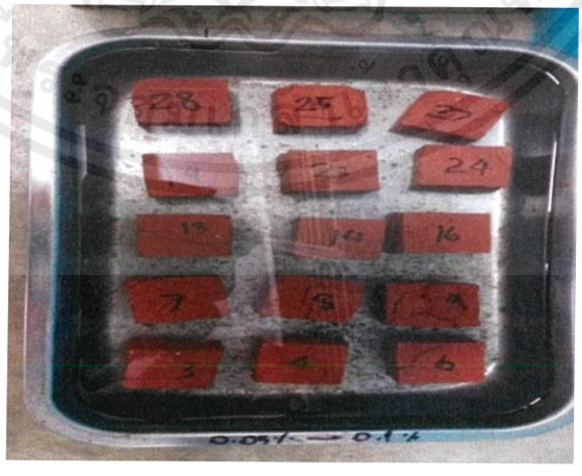
3.6.3 อัตราการดูดซึมน้ำ

โดยการนำอิฐที่เผาเสร็จทันทีไปชั่งน้ำหนัก จะได้น้ำของอิฐที่แห้ง จากนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 1 วัน แล้วนำอิฐนั้นมาชั่งน้ำหนักอีกที จะได้น้ำหนักของอิฐในสภาพที่ดูดซึมน้ำ หาอัตราการดูดซึมน้ำจากสมการดังนี้

อัตราการดูดซึมน้ำ(%) = (Ws - Wd)*100 /Wd

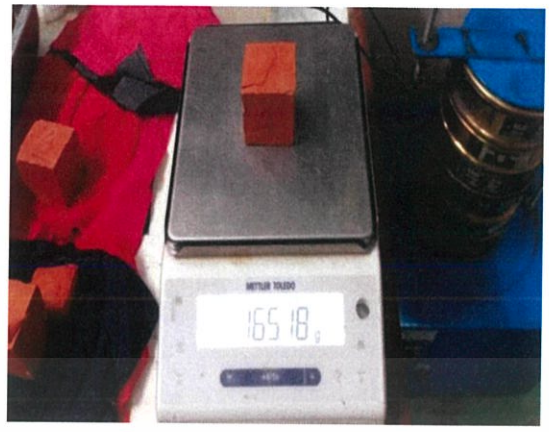
โดยที่ Ws = น้ำหนักอิฐที่อิ่มตัว

Wd = น้ำหนักอิฐที่แห้ง

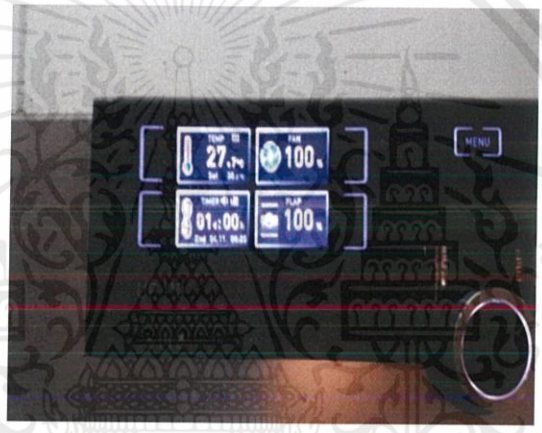


รูปที่ 3.60 อิฐชุดสองนำไปแช่น้ำเป็นเวลา1วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.61 น้ำหนักอิฐหลังแช่น้ำ



รูปที่ 3.62 นำอิฐไปอบอีก1วันจนน้ำออกจนหมด

รูปที่ 3.63 นำอิฐที่อบแล้วไปกดเพื่อหาค่า compressive strength

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

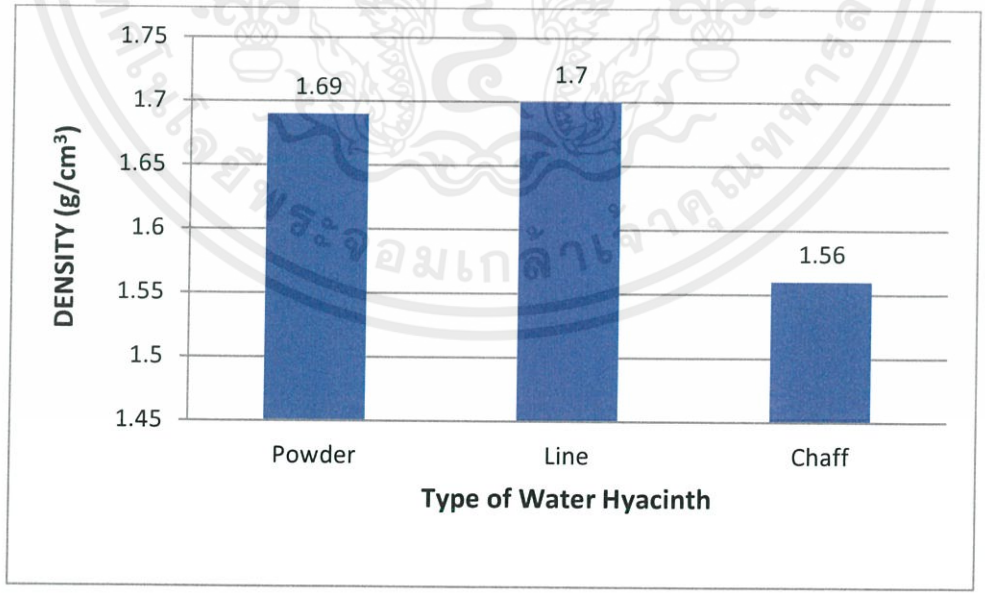
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการทดลองหารูปแบบของผักตบชวาที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้เป็นส่วนผสม

เป็นการหารูปแบบของผักตบชวาที่เหมาะสม ซึ่งพิจารณาจากคุณสมบัติการรับแรงกด อัตราการดูดซึมน้ำและความหนาแน่น เพื่อหารูปแบบของผักตบชวาที่เหมาะสมที่สุดและมีคุณสมบัติผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 77-2545)

4.1.1 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของอิฐมอญผสมผักตบชวาในรูปแบบผงกับเส้นและแกลบจำนวน 5ก้อน พบว่าอิฐมอญที่ผสมผักตบชวาในรูปแบบเส้นมีค่าความหนาแน่นมากที่สุดรองลงมาคือแบบผงและแกลบตามลำดับ

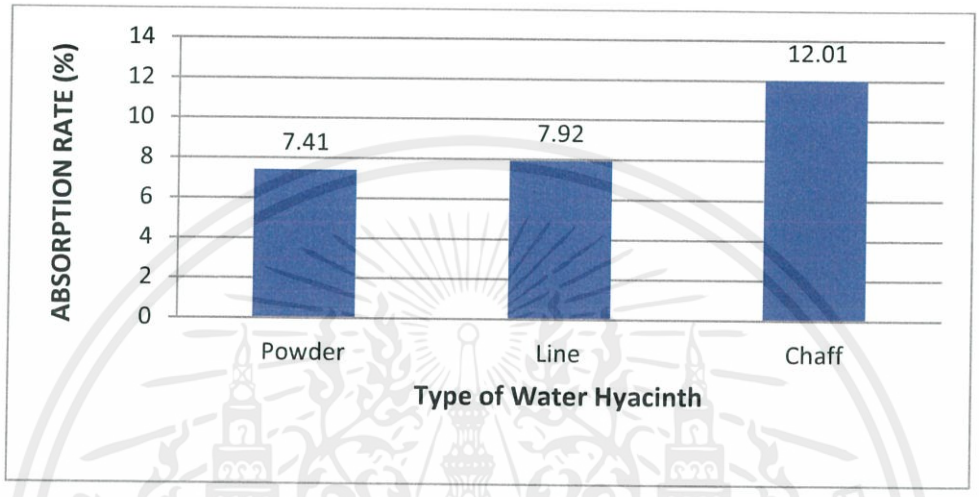


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของอิฐมอญผสมผักตบชวาในรูปแบบผงกับเส้นและแกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการทดสอบค่าอัตราการดูดซึมน้ำ

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญผสมผักตบชวาในรูปแบบผงกับเส้นและแกลบจำนวน 5ก้อน พบว่าอิฐมอญที่ผสมแกลบมีอัตราดูดน้ำมากที่สุดรองลงมาคือผักตบชาแบบเส้นและแบบผงตามลำดับ

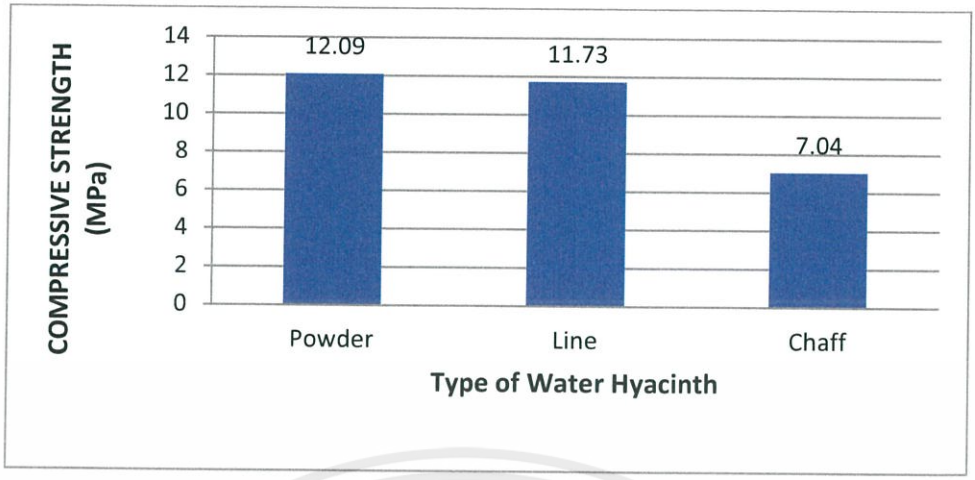


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญผสมผักตบชวาในรูปแบบผงกับเส้นและแกลบ

4.1.3 ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของอิฐมอญผสมผักตบชวาในรูปแบบผงและเส้นจำนวน 5 ก้อน พบว่าอิฐมอญที่ผสมผักตบชวาในรูปแบบผงสามารถรับแรงได้มากที่สุดรองลงมาคือแบบเส้นและน้อยสุดคือแกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของอิฐมอญผสมผักตบชวาในรูปแบบผงและเส้น

4.2ผลการทดลองหาอัตราส่วนของผักตบชวาที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นส่วนผสม

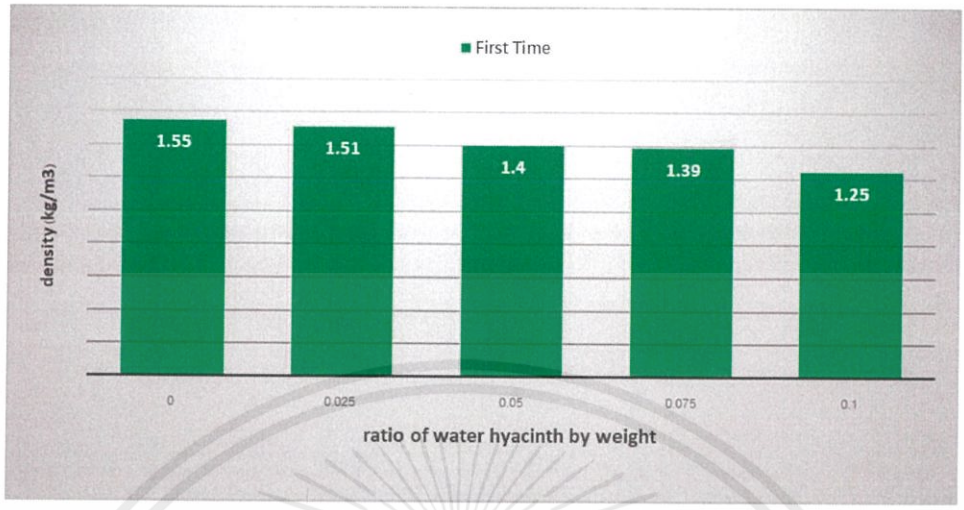
เป็นการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสามารถวิเคราะห์จากความหนาแน่น อัตราการดูดซึมน้ำ และกำลังรับแรงอัด เพื่อหาปริมาณที่สามารถใส่ผักตบชวาได้และมีคุณสมบัติผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม(มอก.77-2545)

4.2.1 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนหนาแน่นกับเปอร์เซ็นต์ผักตบชวาที่ใส่เข้าไปแทนที่ดินเหนียว พบว่าความหนาแน่นจะแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์ของผักตบชวา กล่าวคือเมื่อเพิ่มปริมาณผักตบชวาจะทำให้ความหนาแน่นลดลง

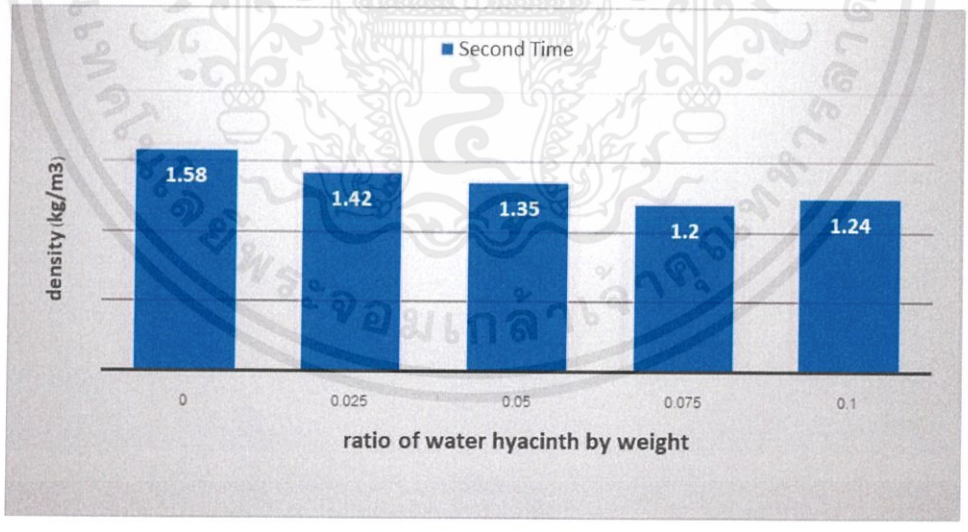
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่1



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของอิฐมอญผสมผักตบชวาปริมาณต่างๆ

ครั้งที่2



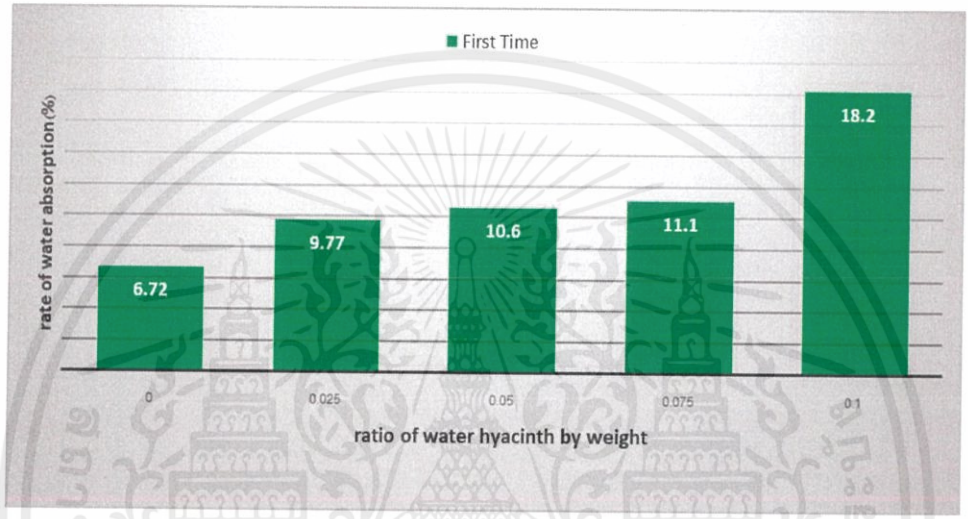
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของอิฐมอญผสมผักตบชวาปริมาณต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

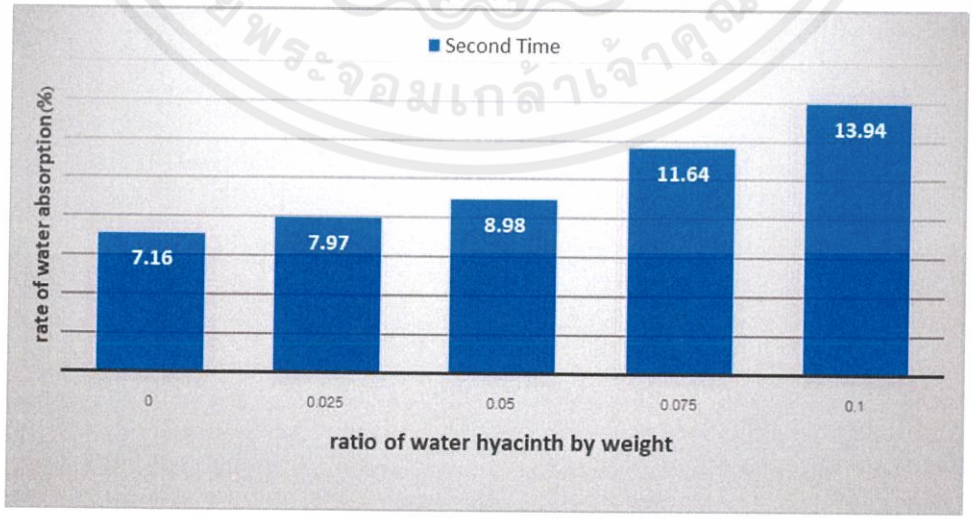
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำกับเปอร์เซ็นต์ผักตบชวาที่ใส่เข้าไปแทนที่ดินเหนียว พบว่าอัตราการดูดซึมน้ำจะแปรผันตรงกับผักตบชวา กล่าวคือเมื่อเพิ่มปริมาณผักตบชวาจะทำให้อัตราการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นและจะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อมีปริมาณของผักตบชวามากเกินไป

ครั้งที่1



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญผสมผักตบชวาปริมาณต่างๆ

ครั้งที่2



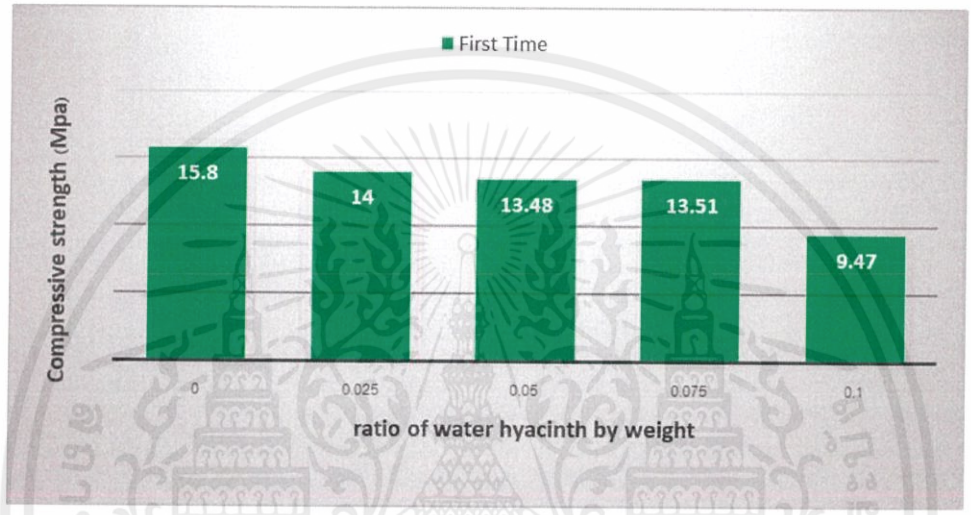
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมอญผสมผักตบชวาปริมาณต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด

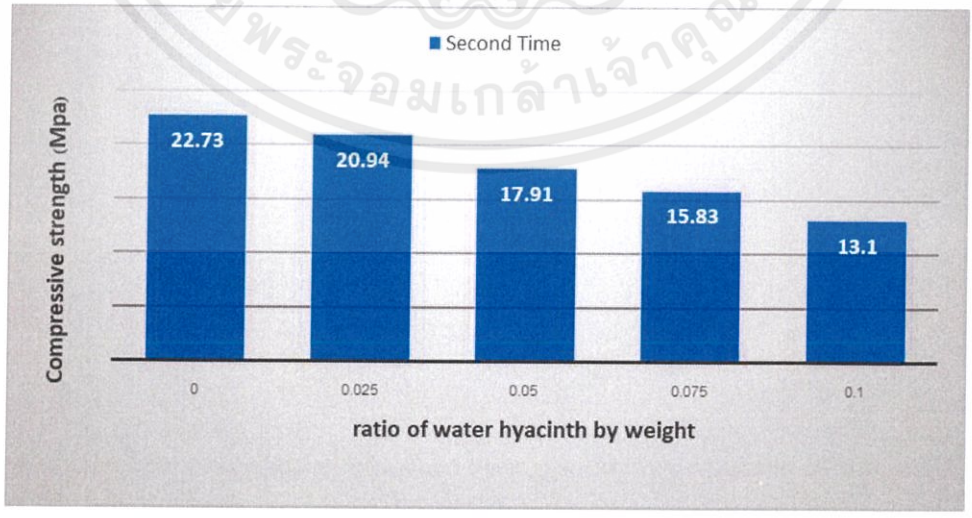
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเปอร์เซ็นต์ผักตบชวาที่ใส่เข้าไปแทนที่ดินเหนียว พบว่ากำลังรับแรงอัดจะแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์ของผักตบชวา กล่าวคือเมื่อเพิ่มปริมาณผักตบชวาจะทำให้กำลังรับแรงอัดลดลงและจะลดลงอย่างมากเมื่อมีปริมาณของผักตบชวามากเกินไป

ครั้งที่1



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของอิฐมอญผสมผักตบชวาปริมาณต่างๆ

ครั้งที่2



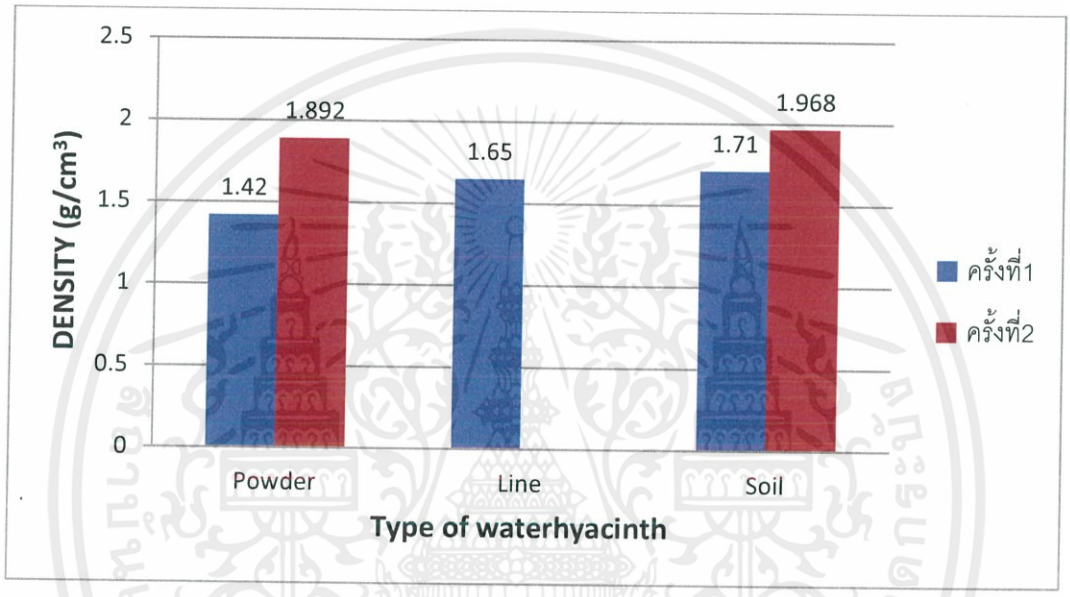
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของอิฐมอญผสมผักตบชวาปริมาณต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของอิฐระหว่างแบบใส่ผักตบชวาแบบผง แบบเส้นและแบบไม่ใส่ผักตบชวา

4.3.1.ความหนาแน่น

จากกราฟแสดงความหนาแน่นของอิฐทั้ง3ประเภท จากการทดลองทั้ง2ครั้ง พบว่าความหนาแน่นของอิฐที่ไม่ใส่ผักตบชวามีค่ามากกว่าอิฐที่ใส่ผักตบชวาแบบเส้นและแบบผงตามลำดับ

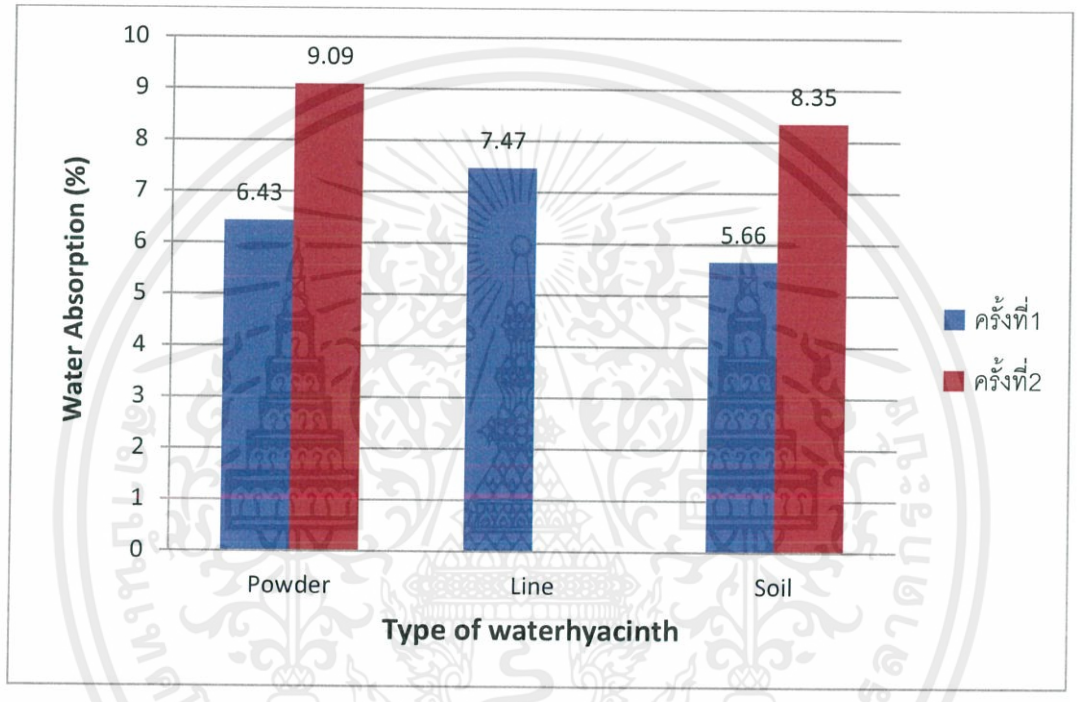


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความหนาแน่นของอิฐทั้ง3ประเภทของการทดลองทั้ง2ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.อัตราดูดซึมน้ำ

จากกราฟแสดงอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐทั้ง3ประเภท จากการทดลองทั้ง2ครั้ง สรุปได้ว่า อัตราการดูดซึมน้ำของอิฐที่ผสมผักตบชวาแบบเส้นมีค่ามากกว่าอิฐใส่ผักตบชวาแบบผงและอิฐแบบไม่ใส่ผักตบชวาตามลำดับ

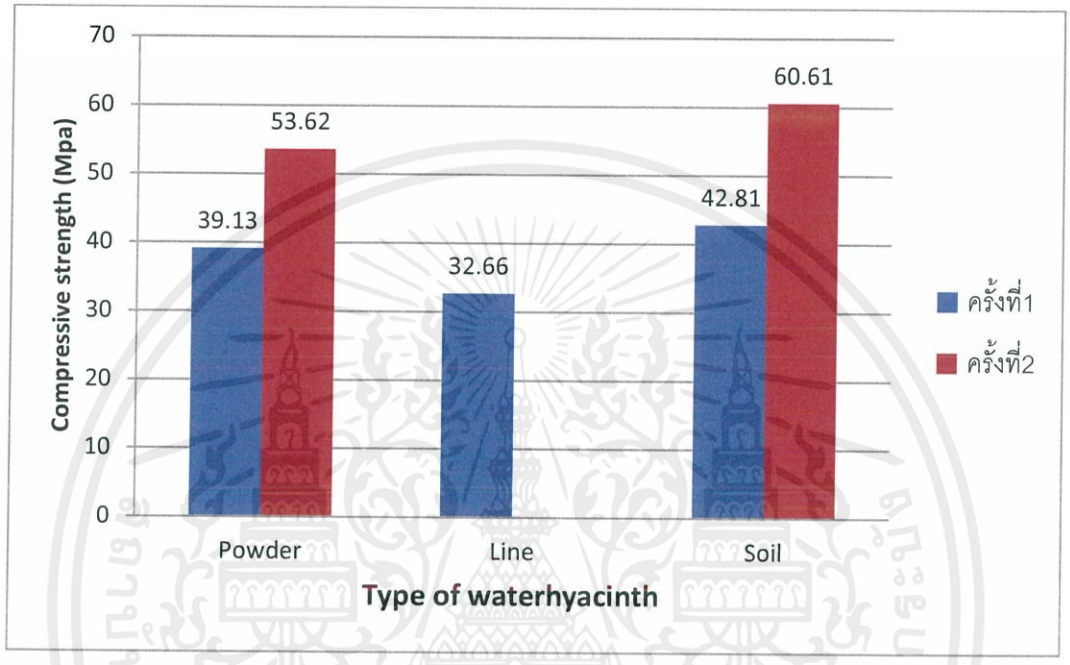


รูปที่ 4.11 กราฟแสดงอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐทั้ง3ประเภทของการทดลองทั้ง2ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.การทดสอบกำลังรับแรงอัด

จากกราฟแสดงความสามารถรับแรงกดของอิฐทั้ง3ประเภททั้ง2ครั้งของการทดลอง สรุปได้ว่าอิฐมอญแบบไม่ใส่ผักตบชวามีค่ามากกว่าอิฐมอญแบบใส่ผักตบชวาแบบผงและอิฐมอญแบบใส่ผักตบชวาแบบเส้นตามลำดับ



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสามารถรับแรงกดของอิฐทั้ง3ประเภทของการทดลองทั้ง2ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบคุณสมบัติของอิฐมอญผสมผักตบชวา ที่สัดส่วน 0,0.025,0.05,0.075,0.1 โดยน้ำหนักของดิน ซึ่งจะนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับอิฐมอญที่ไม่ได้ผสมผักตบชวา ทั้งแบบดินอย่างเดียวและแบบผสมแกลบ โดยนำรูปแบบของผักตบชวาที่มีลักษณะเป็นผง (ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 50) มาใช้ในการทดลองพบว่า การนำผักตบชวามาผสมในอิฐมอญ ทั้งแบบเส้นและแบบผง จะทำให้ค่าความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดลดลง ส่วนอัตราการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้น ตามร้อยละที่เพิ่มขึ้นของผักตบชวา ส่วนอัตราส่วนของผักตบชวาแบบผงที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.025 โดยน้ำหนักดิน เนื่องจาก มีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 53.62 MPa ซึ่งมากที่สุดเมื่อเทียบกับสัดส่วนที่เหลือ และมีค่าอัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับ 9.09% ซึ่งน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ แล้วเมื่อเปรียบเทียบกับอิฐมอญแบบไม่ผสมผักตบชวา ถึงจะรับแรงกดได้น้อยกว่า แต่มีน้ำหนักที่เบากว่า และอิฐมอญผสมผักตบชวาที่สัดส่วน 0.025 ผ่านมาตรฐานผลิตอุตสาหกรรม มอก. 77-2545 ที่กำหนดไว้ แล้วเมื่อนำผักตบชวาไปผสมในอิฐมอญ โดยผลิตขึ้นรูปในขนาด 14*6.5*4 เซนติเมตร โดยใช้ส่วนผสมที่ 0.025 โดยน้ำหนักดิน 1 ก้อนจะสามารถกำจัดผักตบชวาในลำคลองได้ประมาณ 10 กรัม

5.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล

5.2.1 ความหนาแน่น

พบว่า ค่าความหนาแน่นจะแปรผกผันกับปริมาณของผักตบชวา การเพิ่มปริมาณผงผักตบชวาจะทำให้ค่าความหนาแน่นลดลง โดยสัดส่วนของผงผักตบชวาทั้งแบบผงและแบบเส้น ที่ให้ค่าความหนาแน่นต่ำสุดคือ 0.1 โดยน้ำหนักดิน มีค่าเท่ากับ 1.25 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ค่ากำลังรับแรงอัดและอัตราการดูดซึมน้ำมีค่าไม่ผ่านมาตรฐานผลิตอุตสาหกรรม มอก. 77-2545 เพราะฉะนั้นสัดส่วนที่ 0.1 จึงไม่ถูกนำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 อัตราการดูดซึมน้ำ

พบว่าอัตราการดูดซึมน้ำจะมีค่าแปรผันตรงกับปริมาณผักตบชวา การเพิ่มปริมาณผงผักตบชวาจะทำให้อัตราการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น โดยสัดส่วนของผงผักตบชวาทั้งแบบผงและแบบเส้น ที่ให้ค่าอัตราการดูดซึมน้ำต่ำสุดคือ 0.025 โดยน้ำหนักดิน มีค่าเท่ากับ 9.09 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านมาตรฐานผลิตอุตสาหกรรม มอก. 77-2545 เพราะฉะนั้นสัดส่วนที่ 0.025 จึงดีที่สุดเมื่อที่อัตราการดูดซึมน้ำ

5.2.3 กำลังรับแรงอัด

พบว่า ค่ากำลังรับแรงอัดจะแปรผกผันกับปริมาณของผักตบชวา การเพิ่มปริมาณผงผักตบชวาจะทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลง โดยสัดส่วนของผงผักตบชวาทั้งแบบผงและแบบเส้น ที่ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดคือ 0.025 โดยน้ำหนักดิน มีค่าเท่ากับ 53.62 MPa ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านมาตรฐานผลิตอุตสาหกรรม มอก. 77-2545 เพราะฉะนั้นสัดส่วนที่ 0.025 จึงดีที่สุดเมื่อที่ค่ากำลังรับแรงอัด

5.3 ปัญหาที่พบในงานวิจัย

1. ปัญหาในการเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ผักตบชวา ซึ่งต้องเตรียมผักตบชวาสดมาใช้ในปริมาณมาก ทำให้การขนย้ายมีความยากลำบาก และเนื่องจากผักตบชวามีความเหนียวของเส้นใยพอสมควร ทำให้ขั้นตอนการปั่นละเอียดต้องใช้ความระมัดระวัง เพราะความเหนียวของผักตบชวาอาจทำให้เครื่องปั่นชำรุดได้

2. การผสมวัตถุดิบต้องอาศัยความชำนาญในการทำส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และต้องตวงปริมาณชั่งน้ำหนักของส่วนผสมให้มีความถูกต้องเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้

3. การใส่แบบอิฐมอญนั้นต้องอาศัยความชำนาญอย่างมากเพื่อให้ผิวภายนอกของอิฐมอญมีความเรียบและสวยงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ในงานวิจัยนี้ได้นำอิฐมอญที่ทำเสร็จไปหาค่ากำลังรับแรงอัดเลย แต่ในการก่อสร้างจริง จะมีการผสมปูนในการก่ออิฐด้วยซึ่งการที่อิฐมีค่าอัตราการดูดซึมเยอะอาจทำให้รับแรงได้มากกว่าได้

2. ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของอิฐมอญผสมผักตบชวาเพียงบางส่วนเท่านั้น ควรมีการศึกษาวิจัยในด้านอื่นเพิ่ม เช่น ค่าการนำความร้อน ความเป็นฉนวนกันเสียง ความทนทานต่อการกัดกร่อน และอายุการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(สมอ.), 2546, มอก. 77-2545 **อิฐมอญตัน**(อิฐก่อสร้างสามัญ), สำนักงานมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (มอก. 77-2545)

- Gaurav Goel and Ajay S. Kalamdhad, **Study about strenuous efforts are being made to make the manufacturing activities sustainable**. 2017.

- Wilson,J.R.,Holst,N.,Rees,M.2005. ,**Determinants and patterns of population growth in water hyacinth.Aquatic Botany 81**(1): 51-67

- ชัยวัฒน์ ธีร์วรากุล, พงค์เกษม ของดีงาม, จิราภรณ์ พรมณีวรรณ และ สนธยา ทองอรุณศรี , **การวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพและประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตอิฐมอญด้วยมือของกลุ่มชาวบ้านท้องถิ่น** สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก 2561.

- ณัฐพล นาวารี ,ธนิต แปลกประหลาด และนายสุทธิเกียรติ แข็งแรง, หาอัตราส่วนผสมของอิฐมอญโดยใช้ใบสับปะรดเป็นวัตถุดิบ, **การศึกษาอัตราส่วนผสมอิฐมอญโดยใช้ใบสับปะรด** 2557.

- ปริปัญญา พลมีเดช, **การนำเศษวัสดุชีวมวลกลับมาใช้ใหม่สาหรับผลิตอิฐก่อสร้าง** 2559.

- นพพล เกตุประสาท ,ผักตบชวา ,**หน่วยอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชพรรณ** ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 2547

- พเยาว์ เข็มนาค และ มนัชญา วาจก์วิศุทธิ์, อิฐโบราณ **การศึกษาวิจัยและการนำผลมาใช้ประโยชน์ ,การสัมมนาถกแถลงเชิงปฏิบัติการเพื่อจัดทำหลักสูตรด้านการอนุรักษ์โบราณสถานสำหรับผู้ทำงานอนุรักษ์**, 2-5 และ 16-18 พฤษภาคม พ.ศ. 2560.

- ภราดร ชุไชยสงค์ และ สุพรรณ วงทอง, **การศึกษาคุณสมบัติของอิฐมอญที่ผลิตในจังหวัดชลบุรี** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา,ปีการศึกษา 2552.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สุวัฒชัย ปลื้มฤทัย และ อาจารย์ดร.โยธิน อึ่งกูล, **ศึกษาพัฒนาคอนกรีตจากบล็อกผักตบชวาไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานอุตสาหกรรม** มอก.58-2530 ผักตบชวา วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร 2555.

- สุรชัย มัจฉาชีพ ,**วัชพืชในประเทศไทย** , สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2538

- อมรรัตน์ สีสุกกอง และคณะ, **การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากวัชพืชท้องถิ่นในจังหวัดนนทบุรี**, ในเอกสารประกอบการวิจัยโปรแกรมวิชาชีวะวิทยาประยุกต์, กรุงเทพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต, 2551.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลการทดสอบการหาปริมาณผักตบชวาที่เหมาะสม ความหนาแน่น ค่าอัตราการดูดซึมน้ำ และค่ากำลังรับแรงอัด

ตารางก.1 ผลการทดสอบปริมาณของผักตบชวา 0% (ครั้งที่ 1)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง(g.)	ความหนาแน่นแห้ง(g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว(g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	4.690	4.690	4.500	98.982	147.620	1.491			16.344
2	4.580	4.510	4.400	90.886	148.500	1.634			14.430
3	4.650	4.630	4.400	94.730	148.260	1.565			16.750
4	4.550	4.620	4.420	92.913	143.550	1.545	152.110	5.963	
5	4.530	4.600	4.500	93.771	143.180	1.527	152.000	6.160	
6	4.570	4.610	4.450	93.751	143.710	1.533	155.260	8.037	
เฉลี่ย						1.549		6.720	15.841

ตาราง ก.2 ผลการทดสอบปริมาณของผักตบชวา 0.025% (ครั้งที่ 1)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้(g.)	ความหนาแน่นแบบแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	4.580	4.510	4.540	93.777	141.080	1.504			15.590
2	4.520	4.480	4.630	93.756	140.540	1.499			10.230
3	4.540	4.520	4.550	93.370	141.140	1.512			16.230
4	4.570	4.550	4.530	94.195	139.620	1.482	151.830	8.745	
5	4.530	4.450	4.530	91.318	140.920	1.543	156.110	10.779	
6	4.500	4.520	4.550	92.547	140.540	1.519	154.320	9.805	
เฉลี่ย						1.510		9.776	14.017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางก.3 ผลการทดสอบปริมาณของผักตบชวา 0.05% (ครั้งที่ 1)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	ความหนาแน่นแบบแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	4.540	4.620	4.520	94.806	134.900	1.423			16.090
2	4.520	4.630	4.530	94.802	133.410	1.407			10.160
3	4.620	4.620	4.560	97.330	135.200	1.389			14.190
4	4.530	4.600	4.510	93.979	131.860	1.403	146.660	11.224	
5	4.480	4.550	4.550	92.747	130.690	1.409	144.340	10.445	
6	4.550	4.650	4.580	96.901	132.820	1.371	146.310	10.157	
เฉลี่ย						1.400		10.608	13.480

ตารางก.4 ผลการทดสอบปริมาณของผักตบชวา 0.075% (ครั้งที่ 1)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	ความหนาแน่นแบบแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	4.570	4.520	4.540	93.780	126.860	1.353			12.420
2	4.460	4.530	4.560	92.129	126.140	1.369			12.230
3	4.500	4.520	4.550	92.547	125.440	1.355			15.880
4	4.510	4.470	4.510	90.920	129.380	1.423	143.790	11.138	
5	4.490	4.510	4.550	92.137	127.240	1.381	142.160	11.726	
6	4.500	4.550	4.510	92.342	132.920	1.439	146.550	10.254	
เฉลี่ย						1.387		11.039	13.510

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางก.5 ผลการทดสอบปริมาณของผักตบชวา 0.1% (ครั้งที่ 1)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	ความหนาแน่นแบบแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	4.520	4.540	4.510	92.549	116.480	1.259			7.740
2	4.510	4.530	4.510	92.141	117.960	1.280			6.960
3	4.530	4.540	4.600	94.605	122.690	1.297			13.710
4	4.510	4.520	4.570	93.160	112.060	1.203	132.570	18.303	
5	4.570	4.580	4.530	94.816	113.650	1.199	133.410	17.387	
6	4.540	4.520	4.510	92.549	117.960	1.275	140.470	19.083	
เฉลี่ย						1.252		18.257	9.470

ตารางก.6 ผลการทดสอบปริมาณของผักตบชวา 0% (ครั้งที่ 2)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	ความหนาแน่นแบบแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	4.510	4.510	4.540	92.344	148.120	1.604			19.590
2	4.620	4.650	4.570	98.177	151.630	1.544			22.740
3	4.530	4.620	4.700	98.364	145.880	1.483			24.110
4	4.550	4.620	4.580	96.276	158.680	1.648	169.360	6.731	22.120
5	4.530	4.600	4.600	95.855	154.920	1.616	166.290	7.339	24.890
6	4.570	4.610	4.630	97.543	156.330	1.603	167.930	7.420	22.930
เฉลี่ย						1.583		7.163	22.730

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางก.7 ผลการทดสอบปริมาณของผักตบชวา 0.025% (ครั้งที่ 2)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	ความหนาแน่นแบบแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	4.530	4.530	4.540	93.165	137.850	1.480			16.880
2	4.700	4.620	4.630	100.536	138.160	1.374			20.070
3	4.640	4.570	4.550	96.482	135.900	1.409			23.370
4	4.570	4.630	4.530	95.851	134.890	1.407	145.610	7.947	21.840
5	4.620	4.650	4.530	97.318	137.870	1.417	147.610	7.065	22.430
6	4.500	4.520	4.550	92.547	132.310	1.430	144.100	8.911	21.020
เฉลี่ย						1.419		7.974	20.935

ตารางก.8 ผลการทดสอบปริมาณของผักตบชวา 0.05% (ครั้งที่ 2)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	ความหนาแน่นแบบแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	4.510	4.650	4.720	98.985	133.070	1.344			16.190
2	4.500	4.630	4.530	94.383	132.990	1.409			19.160
3	4.620	4.620	4.650	99.251	129.790	1.308			19.490
4	4.540	4.600	4.610	96.275	127.970	1.329	139.300	8.854	19.710
5	4.450	4.650	4.550	94.151	131.070	1.392	142.420	8.659	18.640
6	4.550	4.650	4.680	99.017	128.320	1.296	140.410	9.422	14.250
เฉลี่ย						1.346		8.978	17.907

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางก.9 ผลการทดสอบปริมาณของผักตบชวา 0.075% (ครั้งที่ 2)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	ความหนาแน่นแบบแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	4.610	4.540	4.540	95.019	114.090	1.201			13.920
2	4.450	4.590	4.700	96.000	112.670	1.174			13.830
3	4.550	4.570	4.550	94.610	113.980	1.205			15.400
4	4.610	4.450	4.510	92.520	114.600	1.239	128.010	11.702	21.640
5	4.490	4.510	4.550	92.137	111.680	1.212	124.500	11.479	14.450
6	4.570	4.550	4.610	95.858	112.640	1.175	125.850	11.728	15.720
เฉลี่ย						1.201		11.636	15.827

ตารางก.10 ผลการทดสอบปริมาณของผักตบชวา 0.1% (ครั้งที่ 2)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง(g.)	ความหนาแน่นแบบแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	4.570	4.540	4.610	95.647	121.080	1.266			15.630
2	4.510	4.530	4.610	94.184	119.810	1.272			14.920
3	4.530	4.540	4.600	94.605	112.590	1.190			13.710
4	4.610	4.600	4.570	96.911	120.110	1.239	137.400	14.395	10.540
5	4.570	4.580	4.600	96.281	120.280	1.249	136.900	13.818	10.550
6	4.600	4.620	4.610	97.972	121.910	1.244	138.500	13.608	13.220
เฉลี่ย						1.244		13.940	13.095

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การทดสอบการหารูปแบบผักตบชวาที่เหมาะสมก้อนเล็ก ความหนาแน่น ค่าอัตราการดูดซึมน้ำ และค่ากำลังรับแรงอัด

ตารางข.1 ผักตบชวารูปแบบผง

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	ความหนาแน่นแห้ง(g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	4.090	4.320	4.350	76.859	124.320	1.618	133.270	7.199	10.680
2	4.330	4.310	4.340	80.994	137.100	1.693	148.550	8.352	
3	4.300	4.210	4.090	74.041	135.520	1.830	146.090	7.800	10.910
4	4.340	4.440	4.290	82.667	126.330	1.528	135.610	7.346	10.150
5	4.500	4.400	4.450	88.110	139.910	1.588	149.620	6.940	8.860
6	4.210	4.220	4.220	74.973	139.540	1.861	149.100	6.851	19.860
เฉลี่ย						1.686		7.415	12.092

ตารางข.2 ผักตบชวารูปแบบเส้น

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	ความหนาแน่นแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (MPa)
7	4.480	4.490	4.210	84.685	141.870	1.675	151.050	6.471	
8	4.350	4.160	4.200	76.003	136.470	1.796	147.110	7.797	17.320
9	4.310	4.460	4.340	83.426	138.810	1.664	149.650	7.809	11.240
10	4.150	4.290	4.310	76.733	134.540	1.753	145.980	8.503	10.010
11	4.300	4.310	4.350	80.619	136.010	1.687	148.760	9.374	9.040
12	4.200	4.210	4.280	75.679	122.850	1.623	132.110	7.538	11.050
เฉลี่ย						1.700		7.915	11.732

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางข.3 อิฐมอญผสมแกลบ

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	ความหนาแน่นแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (MPa)
13	4.410	4.430	4.310	84.201	132.260	1.571	148.260	12.097	6.080
14	4.490	4.410	4.340	85.936	132.950	1.547	148.730	11.869	7.330
15	4.420	4.310	4.480	85.345	133.010	1.558	148.300	11.495	8.040
16	4.250	4.430	4.400	82.841	131.940	1.593	147.240	11.596	7.050
17	4.390	4.450	4.460	87.128	132.190	1.517	148.890	12.633	
18	4.530	4.410	4.340	86.701	135.860	1.567	152.720	12.410	6.710
เฉลี่ย						1.559		12.017	7.042

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

การทดลองเปรียบเทียบอิฐมอญผสมผักตบชวาแบบผงกับเส้นและอิฐดินล้วน

ตารางค.1 ผักตบชวารูปแบบผง (ครั้งที่1)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	ความหนาแน่นแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ(%)	แรงกดสูงสุด (KN)	Mpa
1	5.640	12.820	2.980	215.468	279.690	1.298	295.050	5.492	0.000	
2	5.700	12.590	2.940	210.983	328.640	1.558	351.750	7.032	280.790	36.000
3	5.750	12.320	3.000	212.520	324.980	1.529	347.650	6.976	239.950	33.330
4	5.400	12.440	3.100	208.246	318.310	1.529	333.940	4.910	322.950	48.070
5	6.000	12.900	2.950	228.330	273.640	1.198	294.820	7.740	0.000	
เฉลี่ย						1.422		6.430		39.133

ตารางค.2 ผักตบชวารูปแบบเส้น (ครั้งที่1)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	ความหนาแน่นแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ(%)	แรงกดสูงสุด (KN)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	5.540	12.590	2.900	202.271	335.750	1.660	363.260	8.194	255.520	32.690
2	5.680	12.690	3.010	216.958	338.420	1.560	364.410	7.680	214.740	27.430
3	5.710	12.850	3.000	220.121	334.980	1.522	359.850	7.424	293.180	37.560
4	5.610	12.400	2.620	182.258	339.460	1.863	361.780	6.575	257.780	32.950
เฉลี่ย						1.651		7.468		32.658

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางค.3 ดินอย่างเดียวไม่มีผักตบชวา (ครั้งที่1)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง(g.)	ความหนาแน่นแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (KN)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	5.750	12.450	2.750	196.866	331.870	1.686	350.570	5.635	322.760	42.350
2	5.650	12.550	2.700	191.450	333.110	1.740	351.960	5.659	242.290	34.610
3	5.850	12.450	2.750	200.289	337.560	1.685	355.760	5.392	345.740	45.640
4	5.750	12.500	2.700	194.063	338.420	1.744	358.060	5.803	324.240	42.890
5	5.850	12.450	2.700	196.648	333.300	1.695	352.840	5.863	385.730	51.160
6.	5.750	12.450	2.650	189.707	335.020	1.766	353.750	5.591	285.380	40.210
เฉลี่ย						1.719		5.657		42.810

ตารางค.4 อิฐมอญผสมผักตบชวา (ครั้งที่2)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	ความหนาแน่นแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (KN)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	2.900	5.500	12.300	196.185	370.600	1.889	404.010	9.015	358.740	53.029
2	2.900	5.500	12.200	194.590	367.580	1.889	401.750	9.296	345.150	51.438
3	2.900	5.400	12.100	189.486	358.800	1.894	391.460	9.103	369.660	56.575
4	2.800	5.500	12.300	189.420	359.070	1.896	385.410	8.952	361.540	53.443
เฉลี่ย						1.892		9.091		53.621

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางค.5 อิฐมอญธรรมดา (ครั้งที่2)

อิฐ	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	สูง (cm.)	ปริมาตร (cm^3.)	น้ำหนักแห้ง (g.)	ความหนาแน่นแห้ง (g/cm^3)	น้ำหนักอิ่มตัว (g.)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	แรงกดสูงสุด (KN)	แรงกดสูงสุด (MPa)
1	2.600	5.400	12.500	175.500	359.690	2.050	388.690	8.062	426.590	63.199
2	2.700	5.300	12.200	174.582	336.540	1.928	365.150	8.501	380.000	58.769
3	2.700	5.500	12.400	184.140	367.080	1.993	398.620	8.592	417.700	61.246
4	2.800	5.400	12.300	185.976	353.740	1.902	382.960	8.260	393.500	59.244
เฉลี่ย						1.968		8.354		60.615

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายธัชพล ชาญวานิชบริการ

วัน เดือน ปีเกิด 8 กรกฎาคม 2540

ที่อยู่ 466/292 ถ.ปัญญาอินทรา แขวงสามวาตะวันตก เขตคลองสามวา จ. กรุงเทพมหานคร 10510

โทร 088-122-8259

ประวัติการศึกษา พ.ศ.2555 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๒ เขตบึงกุ่ม จ.กรุงเทพ

พ.ศ.2558 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๒ เขตบึงกุ่ม จ.กรุงเทพ

ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4

Email boss_itto@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-นามสกุล นายพงศกร ทรงไตรย์

วัน เดือน ปีเกิด 1 กุมภาพันธ์ 2539

ที่อยู่ 24/67 ซอยนวมินทร์76 ถนนนวมินทร์ แขวงนวลจันทร์ เขตบึงกุ่ม กทม. 10230

โทร 096-942-3841

ประวัติการศึกษา พ.ศ.2554 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๒

พ.ศ.2557 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียนบดินทรเชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๒

ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่4 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรม โยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail golf.gun@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-นามสกุล	นายพลช เพชรปานวงศ์
วัน เดือน ปีเกิด	22 กรกฎาคม 2539
ที่อยู่	111/5 หมู่4 ต.นาท่ามเหนือ อ.เมือง จ.ตรัง 92190
โทร	080-545-6322
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 จบการศึกษาจากระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่โรงเรียนบูรณะรำลึก อ.เมือง จ.ตรัง พ.ศ. 2558 จบการศึกษาจากระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียนบูรณะรำลึก อ.เมือง จ.ตรัง ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4
Email.	sia_stormy@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้