การผลิตผนังอิฐบล็อกคอนกรีตโดยมีส่วนผสมของผักตบชวา

The production of wall concrete block with added water hyacinth

นายคณสรณ์ ภูมิศิริสวัสดิ์
นายณัฐพร วัฒนบุตร
นายธนภัทร พรหมแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

การผลิตผนังอิฐบล็อกคอนกรีตโดยมีส่วนผสมของผักตบชวา

The production of wall concrete block with added water hyacinth

นายคณสรณ์ ภูมิศิริสวัสดิ์

นายณัฐพร วัฒนบุตร

นายธนภัทร พรหมแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The production of wall concrete block with added water hyacinth

Kanasorn Poomisirisawat

Nattaporn Wattanabut

Thanaphat Promkaew

A THESIS SUBMITED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTUTUITE OF TEACHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การผลิตผนังอิฐบล็อกคอนกรีตโดยมีส่วนผสมของผักตบชวา
The production of wall concrete block with added water hyacinth

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายคณสรณ์	ภูมิศิริสวัสดิ์	รหัสนักศึกษา	58010140
นายณัฐพร	วัฒนบุตร	รหัสนักศึกษา	58010409
นายธนภัทร	พรหมแก้ว	รหัสนักศึกษา	58010507

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร

ปีการศึกษา 2561

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ประสันต์ ชุมใจหาญ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การผลิตผนังอิฐบล็อกคอนกรีตโดยมีส่วนผสมของผักตบชวา

นักศึกษาผู้จัดทำ นายคณสรณ์ ภูมิศิริสวัสดิ์ รหัสนักศึกษา 58010140

นายณัฐพร วัฒนบุตร รหัสนักศึกษา 58010409

นายธนภัทร พรหมแก้ว รหัสนักศึกษา 58010507

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ประสันต์ ชุมใจหาญ

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ผักตบชวามาเป็นส่วนผสมของอิฐบล็อกคอนกรีต โดยการทดลองใช้สูตรการผสมคอนกรีต ในอัตราส่วนตามน้ำหนัก 1 : 3 : 5 (ปูน : ทราย : หิน) และได้มีการเตรียมผักตบชวาไว้ 2 ขนาดคือ ขนาดที่ใหญ่กว่า 4.75 มิลลิเมตร และขนาดเล็กกว่า 4.75 มิลลิเมตร และมีการเสริมแรงโดยใช้ตะแกรงขนาด 1 และ 2 mesh เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรง แล้วนำไปทดสอบตามมาตรฐาน มอก.58-2530 การทดสอบความต้านแรงอัดจะขึ้นรูปวัสดุเป็นรูปทรงลูกบาศก์ 15×15×15 ซม. จากการทดสอบพบว่ามีสูตรที่มีส่วนผสมของผักตบชวามีน้ำหนักของอิฐลดลงเมื่อเทียบกับสูตรที่ไม่มีส่วนผสมผักตบชวา จากการทดสอบพบว่าคอนกรีตบล็อกสูตร 1 : 3 : 4.925 : 0.075 (ปูน : ทราย : หิน : ผักตบชวา) โดยจะใช้ผักตบชวาขนาดใหญ่กว่า 4.75 มิลลิเมตร และมีการเสริมตะแกรงขนาด 2 mesh มีค่าความต้านทานแรงอัดที่ 57.44 ksc การดูดซึมน้ำ 7.58% น้ำหนักต่อก้อน 7.46 กิโลกรัม การทดสอบความแตกต่างของอุณหภูมิเมื่อใช้คอนกรีตบล็อกเป็นผนัง พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวอิฐภายสูงสุด คือ 10C ในช่วงเวลาประมาณ 12.00-14.30 นาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title The production of wall concrete block with added water hyacinth

Author Kanasorn Poomisirisawat Student NO.58010140
Nattaporn Wattanabut Student NO.58010409
Thanaphat Promkaew Student NO.58010507

Thesis Advisor Assist. Prof. Dr. Prasan Choomjaihan

Academic Year 2018

Abstract

This project was aimed to apply water hyacinth as a composition of concrete block. Originally, the concrete block used the ratio by weight of 1 : 3 : 5 (mortar : sand : stone). The two sizes of water hyacinth (larger than 4.75 mm and smaller than 4.75 mm) and two sieve sized (1 and 2 mesh) were used to strengthening the concrete block. The concrete block was tested following Thai Industrial Standard (TIS) 58-2530 by producing the cube concrete block with size of 15x15x15cm. The testing results showed that the weight of concrete block with water larger size of water hyacinth with the ratio of 1 : 3 : 4.925 : 0.075 (mortar : sand : stone : water hyacinth) and strengthened by 2 mesh sieve gave the compression test, the water absorption and the weight of 57.44 ksc, 7.58% and 7.46 kg respectively. The maximum difference of temperature of the surface (inside and outside chamber) was 10C during 12.00-02.30. pm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยวิศวกรรมเกษตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำปรึกษาและการสนับสนุน. อย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานวิจัยที่กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นในงานวิจัยด้วยความทุ่มเทเป็นอย่างมาก คณะผู้จัดทำตระหนักถึงข้อนั้น จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือจนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อนึ่งคณะผู้จัดทำหวังว่าโครงงานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงของมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าคณาจารย์ที่ได้ประสิทธิประสานวิชาจนทำให้โครงงานฉบับนี้เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณคณาจารย์ บุคลากร ภายในภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านอย่างสุดซึ้ง

นายคณสรณ์ ภูมิศิริสวัสดิ์
นายณัฐพร วัฒนบุตร
นายธนภัทร พรหมแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	v
สารบัญรูป	vi
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	2
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ผักตบชวา	4
2.1.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์	4
2.1.2 สมบัติทางวิศวกรรมของผักตบชวา	4
2.1.3 การลดขนาดชีววัสดุ	5
2.2 ชนิดของอิฐก่อผนัง	5
2.2.1 อิฐมวลเบา	5
2.2.2 อิฐมอญ	5
2.2.3 อิฐบล็อก	6
2.3 ปูนสำเร็จรูป	6
2.4 คอนกรีต	7
2.4.1 หน้าทีและคุณสมบัติของส่วนผสม	8
2.4.2 การบ่มคอนกรีต	9
2.4.3 สัดสวนผสมคอนกรีต	9
2.5 การทดสอบวัสดุแบบต่างๆ	9
2.5.1 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต	9
2.5.2 ปริมาณความชื้นของวัสดุทดแทน (Moisture content)	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.5.3 การดูดซึมน้ำของวัสดุทดแทน	10
2.6 มอก.สำหรับคอนกรีตบล็อกผนัง	10
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 การออกแบบและสร้าง	12
3.1 เครื่องมือสำหรับงานวิจัย	12
3.2 การออกแบบและสร้าง	13
บทที่ 4 ผลการทดลอง	16
4.1 การทดสอบแรงต้านแรงอัดของก้อนคอนกรีตขนาด 15x15x15 ซม.	16
4.2 การผลิตรูปทรงเท่าของจริงและการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานอุตสาหกรรม	18
4.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการลดความร้อนของอิฐขนาดจริง	19
4.4 การวิเคราะห์การดูดซึมน้ำ	22
4.5 การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิต	23
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง	24
5.1อภิปรายผล	24
5.2สรุปผลการทดลอง	24
บรรณานุกรม	26
ภาคผนวก	27
ผนวก ก	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ตารางแสดงระยะเวลาการดำเนินงาน 3
ตารางที่ 2 องค์ประกอบของผักตบชวาแห้ง 4
ตารางที่ 3 แสดงอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง 14
ตารางที่ 4 แสดงค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกแต่ละสูตร ในการบ่มน้ำ 7 วัน 16
ตารางที่ 5 แสดงค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกแต่ละสูตร ในการบ่มน้ำ 28 วัน 17
ตารางที่ 6 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกแต่ละสูตร ในการบ่มน้ำ 7 วัน 18
ตารางที่ 7 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกแต่ละสูตร ในการบ่มน้ำ 28 วัน 18
ตารางที่ 8 ค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกขนาดจริง 18
ตารางที่ 9 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของกล่องทดลอง 20
ตารางที่ 10 แสดงอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 สูตร 22
ตารางที่ 11 แสดงราคาต้นทุนคอนกรีตบล็อกสูตร A 23
ตารางที่ 12 แสดงราคาคอนกรีตบล็อก A เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่มีขายตามท้องตลาด 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 1 สถานที่เก็บผักตบชวา 13

รูปที่ 2 เครื่องบดย่อยขนาดผักตบชวา 13

รูปที่ 3 ผักตบชวาที่ทำการบดแล้วก่อนอบแห้ง 13

รูปที่ 4 ผักตบชวาที่ทำการบดแล้วหลังอบแห้ง 13

รูปที่ 5 ผักตบชวาและตระแกรงร่อน 13

รูปที่ 6 ขณะทำการเขย่าร่อนผักตบชวา 13

รูปที่ 7 ตัวอย่างคอนกรีตบล็อก 13 สูตร 14

รูปที่ 8 ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกขนาดจริง 15

รูปที่ 9 การทดสอบแรงกด 16

รูปที่ 10 แสดงค่าความต้านแรงอัดเมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.58-2533 ในการบ่มน้ำ 7 วัน 17

รูปที่ 11 แสดงค่าความต้านแรงอัดเมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.58-2533 ในการบ่มน้ำ 28 วัน 17

รูปที่ 12 รูปคอนกรีตบล็อกขนาด 19x7x39 ซม 18

รูปที่ 13 แสดงค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยของคอนกริตบล็อกขนาดจริง 19

รูปที่ 14 การทดสอบความสามารถในการลดความร้อนทั้ง 3 กล่อง 19

รูปที่ 15 แสดงอุณหภูมิภายในกล่องทั้ง 3 สูตร 20

รูปที่ 16 แสดงอุณหภูมิผิวภายนอกกล่องทั้ง 3 สูตร 21

รูปที่ 17 แสดงอุณหภูมิผิวภายในกล่องทั้ง 3 สูตร 21

รูปที่ 18 กราฟแสดงอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 สูตร 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันผักตบชวาเป็นปัญหาหนึ่งของระบบนิเวศทางน้ำ เนื่องจากเป็นพืชที่มีสภาพทนทานต่อสภาพแวดล้อมและมีการขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วจึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตรง เช่นก่อให้เกิดน้ำเน่าเสีย กีดขวางการไหลของน้ำ ทำให้แหล่งน้ำตื่นเขิน ซึ่งเป็นปัญหาในการคมนาคม การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ ปัญหาต่อสิ่งมีชีวิตใต้น้ำและประชาชนที่ต้องใช้ชีวิตเกี่ยวกับน้ำเป็นอย่างมาก

ผักตบชวา (water hyacinth) จัดเป็นพรรณไม้น้ำที่มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในแถบลุ่มน้ำอะเมซอน ประเทศบราซิล ทวีปอเมริกาใต้ ทนทานต่อสภาพแวดล้อมและเกิดน้ำท่วมจึงทำให้ผักตบชวาหลุดรอดออกมา และเกิดการแพร่กระจายไปทั่ว จนกลายเป็นวัชพืชน้ำที่รุนแรง มีความทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี มีผลกระทบต่อระบบนิเวศทางน้ำ และจากงานวิจัย **อมรรัตน์ (2546)** ได้รายงานว่าผักตบชวามีส่วนประกอบทางเคมีคือ เซลลูโลส เฮมีเซลลูโลสและลิกนินที่ค่อนข้างสูง เมื่อนำผักตบชวา 10 กิโลกรัม ไปตากให้แห้งน้ำหนักจะเหลือประมาณ 1 กิโลกรัม ซึ่งจากส่วนประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพที่มีน้ำหนักเบา จึงทำให้เกิดแนวคิดของคณะผู้จัดทำ ที่จะนำผักตบชวามาใช้เป็นวัสดุทดแทน เช่น อิฐ เพื่อเป็นการนำผักตบชวาซึ่งมีการแพร่กระจายการเจริญเติบโตสูงเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม มาทำให้เกิดประโยชน์ ซึ่งสามารถลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อย่างสร้างสรรค์และยังทำให้เกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อผลิตผนังอิฐบล็อกคอนกรีตโดยมีส่วนผสมของผักตบชวา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1) ศึกษาลักษณะโครงสร้างของการผลิตผนังอิฐบล็อกคอนกรีตโดยมีส่วนผสมของผักตบชวา

2) ศึกษาลักษณะโครงสร้างและขั้นตอนการขึ้นรูปของผักตบชวา

3)ศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพของ ผนังอิฐบล็อกคอนกรีตโดยมีส่วนผสมของผักตบชวา

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) อิฐบล็อกคอนกรีตที่ทำจากผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงระยะเวลาการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ. 2561 (สัปดาห์)																				พ.ศ. 2562 (สัปดาห์)							
	ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.ค้นคว้าข้อมูลและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง																												
2.ศึกษาโครงสร้างการรับแรงของวัดสุทดแทนในแนวต่างๆ																												
3.ทดลองการขึ้นรูปของวัดสุทดแทนและทำการทดสอบ สร้างชิ้นตัวอย่างสำหรับการทดสอบ																												
4. หาคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐ																												
5. เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างอิฐปกติกับวัสดุทดแทนที่ได้จากผักตบชวา																												
6. สรุปผล และเขียนรายงาน																												

มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1) ผักตบชวา

2.1.1) ลักษณะทางพฤษศาสตร์

ผักตบชวามีลำต้นสั้นแตกใบเป็นกอลอยไปตามน้ำ มีไหล ซึ่งเกิดตามซอกใบแล้วเจริญเป็นต้นอ่อนที่ปลายไหล ถ้าน้ำตื้นก็จะหยั่งรากลงดิน ใบเป็นใบเดี่ยวรูปไข่หรือเกือบกลม ก้านใบกลมอวบน้ำตรงกลางพองออกภายในเป็นช่องอากาศคล้ายฟองน้ำช่วยให้ลอยน้ำได้ ดอกเกิดเป็นช่อที่ปลายยอดมีดอกย่อย 3-25 ดอก สีม่วงอ่อน มีกลีบดอก 6 กลีบ กลีบบนสุดขนาดใหญ่กว่ากลีบอื่น ๆ และมีจุดเหลืองที่กลางกลีบ ขยายพันธุ์โดยการแยกต้นอ่อนที่ปลายไหลไปปลูก

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของผักตบชวาแห้งได้แก่

องค์ประกอบ	สัดส่วน(ร้อยละ)
ลิกนิน	12-13
เซลลูโลส	43-44
เพนแซน	14-15
เถ้า	20-21
คาร์บอน	32-35
ไฮโดรเจน	5.4-5.8
ไนโตรเจน	2.8-3.5
โซเดียม	1.5-2.5
โปแตสเซียม	2.0-3.5
แคลเซียม	0.6-1.3

2.1.2) สมบัติทางวิศวกรรมของผักตบชวา

คุณสมบัติทางวิศวกรรมของผักตบชวาได้แก่

- คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยผักตบชวา จะมีลักษณะที่เหนียวและแข็งแรง ขึ้นอยู่กับอายุของผักตบชวา ถ้าอายุของผักตบชวามีอายุที่มาก จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยใหญ่ขึ้น แต่จะมีค่าความแข็งแรงของแรงดึงและค่า Young's modulus ลดลง

- ผักตบชวามีน้ำหนักที่เบา เพราะมีเซลลูโลสที่มีจำนวนมากทำให้เกิดการอุ้มน้ำ เมื่อนำไปตากแห้งน้ำที่อยู่ในเซลลูโลสจะระเหย ทำให้มวลที่แท้จริงของผักตบชวามีน้ำหนักที่เบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผักตบชวามีค่าการนำความร้อนที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งมีค่า 0.064 W/m.c° จึงเหมาะแก่ ประเภทกันความร้อน

2.1.3) การลดขนาดชีววัสดุ

นำผักตบชวาที่ตัดเอารากออกเหลือลำต้นกับใบแล้วนำไปใส่เครื่องหั่นย่อยซากพืชปฏิพงศ์ ให้มีลักษณะเป็นเส้นใยความยาวเฉลี่ยเส้นละประมาณ 1 เซนติเมตร

2.2) ชนิดของอิฐก่อผนัง

2.2.1) อิฐมวลเบา

อิฐมวลเบา หรือ คอนกรีตมวลเบา เป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน เพราะมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนได้มากกว่าอิฐชนิดอื่น โดยมีส่วนผสมมาจาก ทราย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนขาว น้ำ ยิปซั่ม และผงอลูมิเนียม แต่ส่วนที่สำคัญที่สุดก็คือฟองอากาศเล็กๆ เป็นรูพรุนไม่ต่อเนื่องที่อยู่ในเนื้อวัสดุมากประมาณ 75% ทำให้อิฐชนิดนี้มีน้ำหนักเบา ช่วยให้ประหยัดโครงสร้าง รวมถึงฟองอากาศเหล่านี้ยังเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี นอกจากนี้ อิฐมวลเบา ยังมีคุณสมบัติที่เด่นกว่าอิฐประเภทอื่นตรงที่ ทนทานต่อไฟ แข็งแรง รับแรงกดได้มาก สะดวกในการก่อสร้าง ใช้เวลาไม่นาน แต่ก็มีข้อด้อยตรงที่ ราคาอิฐมวลเบา จะสูงกว่าอิฐชนิดอื่นๆ

สำหรับ อิฐมวลเบา เหมาะกับการก่อสร้างในส่วนผนังหลักของบ้าน กับผนังคอนกรีตมวลเบาทั่วไปภายในอาคาร บ้าน หรือห้องที่ต้องการความเย็นสบาย และเก็บเสียงได้ดี ซึ่งสิ่งสำคัญในการนำ อิฐมวลเบา มาใช้ก็คือ ช่างที่ทำการก่อสร้างต้องมีประสบการณ์และมีฝีมือที่ละเอียดในระดับหนึ่ง เพื่อให้ได้ผนังอิฐมวลเบาที่มีคุณภาพ

2.2.2) อิฐมอญ

อิฐมอญ คือวัสดุก่อสร้างที่หาได้ง่าย มีเอกลักษณ์คือสีแดง ผลิตมาจากการนำดินเหนียวมาเผาเพื่อให้ได้วัสดุที่คงรูปและมีความแข็งแรง เป็นอิฐอีกประเภทที่ใช้ในงานก่อสร้างมาหลายสิบปี เพราะมีคุณสมบัติพิเศษที่ความคงทนต่อสภาพอากาศทั้งร้อนชื้นของไทย ทนแดด ทนฝน ได้ดี จึงนิยมนำมาใช้กับงานผนังโดยเฉพาะบริเวณที่ใช้งานเฉพาะช่วงกลางวัน หรือบริเวณภายนอกบ้าน สามารถผลิตได้เองในประเทศไทยจึงราคาถูก ช่างทั่วไปมีความชำนาญ ส่วนข้อเสียของ อิฐมอญ อยู่ที่มีน้ำหนักเยอะนำมาใช้งานยากเพราะขนาดไม่มีมาตรฐานตายตัว รวมถึงอาจทำให้บ้านร้อนด้วย เพราะ อิฐมอญ เป็นวัสดุที่สะสมความร้อน และจะถ่ายเทความร้อนเข้าสู่บริเวณที่อุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้ห้องต่างๆ ในบ้านร้อน ทั้งนี้ เพื่อป้องกันข้อด้อยของอิฐมอญจึงควรก่ออิฐมอญแบบ 2 ชั้น จะช่วยลดการถ่ายเทความร้อนและยังช่วยป้องกันเสียงเข้าภายในตัวบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิฐมอญนั้นต้องทำการก่อด้วย ปูนซีเมนต์ผสมทราย(ปูนมอร์ตาร์) หนา 2-3 ซม.โดยรอบ จึงจะทำให้มีความแข็งแรงในการรับน้ำหนัก เช่น แขวนทีวี แขวนตู้ลอย นอกจากงานผนังแล้วยังนำมาใช้กับงานเก็บรายละเอียดเล็กๆ อย่าง การเจาะช่องประตู หน้าต่าง หรือปิดช่องแคบๆ ได้โดยไม่ต้องตัดอิฐให้เหลือเศษเยอะอีกด้วย

2.2.3) อิฐบล็อก

อิฐบล็อก หรือ คอนกรีตบล็อก ถูกผลิตในลักษณะอุตสาหกรรมมากกว่า อิฐมอญ ส่วนใหญ่จะมีสีเทา ลักษณะเด่นคือมีรูกลวงตรงกลางซึ่งถือเป็นข้อดีเพราะช่วยลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าอิฐมอญ ได้รับความนิยมเพราะมีราคาถูกมาก ถูกที่สุดเมื่อเทียบกับอิฐชนิดอื่นๆ สะดวกในการก่อสร้าง งานเสร็จรวดเร็วกว่า เพราะมีขนาดก้อนใหญ่ ส่วนข้อเสียก็มี คือมีโอกาสรั่วซึม ได้สูง ถ้าไม่มีการฉาบปูนที่ได้มาตรฐาน เรื่องความแข็งแรงก็จะรับแรงกดได้น้อยกว่า อิฐชนิดอื่นๆ รวมถึงรับน้ำหนักแขวนมากๆ ไม่ได้ ไม่เหมาะกับการเจาะผนังเพื่อยึดติดอุปกรณ์ต่างๆ เปราะง่าย ไม่เหมาะกับงานเดินท่อไฟ ท่อประปา ในผนัง ต้องเดินภายนอก

ด้านการใช้งาน อิฐบล็อก เหมาะกับการก่อผนังอาคารทั่วไป เพราะมีคุณสมบัติเด่นอยู่ที่ มีความแข็งแรง รับแรงกดได้ และระบายความร้อนได้ดี หรือจะเป็นการก่อสร้าง อาคาร โกดัง โรงงาน ที่ต้องการประหยัดงบประมาณ และต้องการให้งานเสร็จไว

2.3) ปูนสำเร็จรูป

ในสมัยก่อนที่ยังไม่มี ปูนสำเร็จรูป เราจะใช้ปูนแบบที่เรียกว่า "ปูนเค็ม" คือ เป็นปูนที่เราต้องนำมาผสมกับส่วนผสมที่เป็น หิน และ ทราย มาคลุกเคล้าให้เข้ากันเพื่อนำไปใช้งานในประเภทต่างๆ ซึ่งสัดส่วนในการผสมนั้นก็จะแตกต่างกันไปตามประเภทของการใช้งาน

ในปัจจุบันนี้มีปูนสำเร็จรูปเกิดขึ้นมาเพื่อรองรับการใช้งานที่สะดวกสบายมากขึ้น ง่ายๆ แค่ฉีกถุงผสมน้ำ และใช้งานได้ทันที โดยปูนสำเร็จรูปเองก็มีหลากหลายประเภทการใช้งาน

1) ปูนสำเร็จรูปสำหรับงานก่อ

ใช้สำหรับก่อผนังอิฐมอญ อิฐบล็อก หรือคอนกรีตบล็อก ซึ่งปูนสำเร็จรูปสำหรับงานก่อจะสามารถรับน้ำหนักได้ดีกว่าปูนสำเร็จรูปชนิดอื่น และมีน้ำหนักในตัว เมื่อใช้ในงานก่อจะช่วยเสริมเรื่องของความแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ปูนสำเร็จรูปสำหรับงานฉาบ

แบ่งเป็น “งานฉาบหยาบ” และ “งานฉาบละเอียด” ซึ่งก็จะมีปูนสำเร็จรูปแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน

ปูนสำเร็จรูปสำหรับงานฉาบหยาบ – เป็นการฉาบชั้นแรกเพื่อปกปิดวัสดุก่อต่างๆ เป็นงานที่ไม่ต้องการความเรียบร้อยมาก

ปูนสำเร็จรูปสำหรับงานฉาบละเอียด – เรียกอีกอย่างว่า “Skim Coat” เป็นการฉาบชั้นที่สองเพื่อให้พื้นผิวเรียบเสมอกัน

3) ปูนสำเร็จรูปสำหรับงานเทพื้นปรับระดับ

ใช้สำหรับเทพื้นปรับระดับในบ้าน หรือโรงจอดรถ เพื่อทำให้พื้นมีผิวหน้าที่เรียบเสมอกันก่อนการปูกระเบื้องต่อไป

4) ปูนสำเร็จรูปสำหรับซ่อมแซมโครงสร้าง

ปูนสำเร็จรูปชนิดนี้พิเศษตรงที่มีส่วนผสมของเส้นใยไฟเบอร์ ช่วยในเรื่องของการยึดเกาะสามารถรับแรงอัดที่สูงกว่าปูนสำเร็จรูปทั่วไป

2.3.1) ปูนฉาบสำเร็จรูปมีหลายแบบ ที่ควรรู้ไว้มีอยู่ 3 ชนิด

1) ฉาบทั่วไป ปูนฉาบสำเร็จชนิดนี้ เหมาะสำหรับฉาบผนังที่ไม่ต้อง การความละเอียดเรียบเนียนมากนัก แต่ก็ได้ผนังที่เรียบเนียนกว่าผนังปูนฉาบที่ช่างไม่ร่อนปูน ไม่ร่อนทราย

2) ฉาบละเอียด ผนังที่ละเอียดเรียบเนียนกว่าปูนฉาบสำเร็จแบบทั่วไป เพราะผสมทรายที่มีขนาดเล็กกว่าทรายละเอียด แต่จะฉาบให้ได้ผนังเรียบเนียนและติดทน การฉาบชั้นแรกต้องฉาบด้วยปูนฉาบสำเร็จรูปแบบทั่วไปก่อน ฉาบชั้นที่ 2 ถึงจะเอาปูนฉาบสำเร็จรูปชนิดละเอียดฉาบทับลงไป ถ้าใช้ปูนฉาบละเอียดฉาบทั้ง 2 ชั้น ผนังจะเกิดรอยแตกร้าวแบบลายงา

3) ฉาบผิวคอนกรีต เป็นปูนฉาบสำเร็จรูปเหมาะสำหรับฉาบบนผิวคอนกรีตเช่น เสา คาน เป็นต้น ฉาบได้โดยไม่ต้องสกัด หรือสลัดดอกให้ผิวคอนกรีตขรุขระ เพราะเป็นปูนฉาบมีส่วนผสมของกาวช่วยยึดเกาะผิวคอนกรีต

2.4) คอนกรีต

เป็นวัสดุที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและได้รับการยอมรับ ทั้งนี้เนื่องจากคอนกรีตมีความเหมาะสมกว่าวัสดุก่อสร้างประเภทอื่นๆ ทั้งด้านเชิงกลและกายภาพอีกทั้งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้หาง่าย ราคาต้นทุนในการผลิตต่ำ ในที่นี้เราสามารถแยกองค์ประกอบหลักของคอนกรีตออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

1.วัสดุประสาน → ปูนซีเมนต์ น้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต

2.มวลรวม → ทราย หิน หรือ กรวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำส่วนประกอบต่างๆ ของวัสดุมาผสมเข้าด้วยกัน ก็จะมีชื่อเรียกเฉพาะของวัสดุต่างๆ ที่ผสมกันดังนี้

ปูนซีเมนต์ผสมน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต → ซีเมนต์เพลสต์ (Cement Paste)

ซีเมนต์เพสต์ผสมกับทราย → มอร์ต้า (Mortar)

มอร์ต้าร์ผสมกับหินหรือกรวด → คอนกรีต (Concrete)

2.4.1) หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม

1) ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)

หน้าที่ ซีเมนต์เพสต์จะประกอบไปด้วย ปูนซีเมนต์กับน้ำ ซึ่งจะเป็นตัวที่ให้กำลังแก่คอนกรีต ทำหน้าที่เป็นตัวยึดประสานระหว่างมวลรวมเข้าด้วยกัน และยังทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นเพื่อที่จะให้ส่วนผสมต่างๆ เทเข้าแบบหล่อได้ง่าย

คุณสมบัติ ซีเมนต์เพสต์จะมีคุณสมบัติที่ดีหรือไม่ดีนั้นก็ขึ้นอยู่กับคุณภาพของปูนซีเมนต์ สารเคมีที่ประกอบในปูนซีเมนต์ อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์และความสมบูรณ์ของการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นในซีเมนต์เพสต์

2) มวลรวม (Segregate)

หน้าที่ มวลรวมจะทำหน้าที่เป็นวัสดุประสานที่กระจายอยู่ทั่วเนื้อคอนกรีตช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ลดการยืดหดตัวของคอนกรีต ราคาถูกซึ่งช่วยให้ต้นทุนในการผลิตต่ำ

คุณสมบัติ มวลรวมจะต้องมีความคงทนแข็งแรง สามารถทนต่อปฏิกิริยาเคมี มีความต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสี มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้อย

3) น้ำ (water)

หน้าที่ น้ำจะทำหน้าที่ผสมกับปูนซีเมนต์ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ทำหน้าที่เคลือบวัสดุมวลรวมให้เปียกเพื่อช่วยให้ซีเมนต์เพสต์เข้ายึดเกาะได้โดยรอบ และช่วยหล่อลื่นให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทลงในแบบหล่อได้

คุณสมบัติ น้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตต้องสะอาดไม่มีกลิ่น ไม่มีสีและต้องไม่มีรส เป็นต้น

4) น้ำยาผสมคอนกรีต (Mixing water for concrete)

หน้าที่ เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีตสดหรือคอนกรีตแข็งตัวแล้วให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ เช่น ลดหรือเร่งการก่อตัวของคอนกรีต เพิ่มกำลังอัด ความสามารถเทได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2) การบ่มคอนกรีต

เป็นวิธีการช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ของปูนซีเมนต์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เพื่อพัฒนาด้านกำลังและความคงทน โดยการบ่มที่ดีต้องป้องกันการระเหยของน้ำและลดการสูญเสียความชื้นในเนื้อ คอนกรีต

2.4.3.1) ระยะเวลาในการบ่มคอนกรีต

สำหรับระยะเวลาในการถอดแบบและถอดค้ำยันที่เหมาะสมนั้น ขึ้นอยู่กับประเภทปูนที่ใช้และตำแหน่งของส่วนประกอบต่าง ๆที่ทำการเทคอนกรีต โดยระยะเวลาการเซทตัวของคอนกรีตสูงสุดหรือเวลาที่โครงสร้างสามารถรับน้ำหนัก ได้เต็มที่จะอยู่ประมาณ 28 วัน

2.4.3) สัดสวนผสมคอนกรีต

สัดส่วนผสมคอนกรีตที่ต่างกันจะมีผลต่อการใช้งาน ดังนี้

สูตร 1 : 2 : 4 เหมาะสำหรับงานโครงสร้างคอนกรีตทั่วไป เช่น พื้น เสา คาน ตอม่อ

สูตร 1 : 3 : 5 เหมาะสำหรับเทคอนกรีตหยาบ ใช้ปรับระดับ หรืองานรับกำลังได้ต่ำ

สูตร 1 : 1.5 : 3 เหมาะสำหรับงานถนน และโครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรง

สูตร 1 : 1.5 : 2 เหมาะกับงานโครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรงและความทนทานมากขึ้น

2.5) การทดสอบวัสดุแบบต่าง ๆ

2.5.1) การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

กำลังอัดของคอนกรีต, fc หมายถึงกำลังอัดที่ได้จากการทดสอบแท่งตัวอย่างมาตรฐานรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15ซม. สูง 30ซม. ที่อายุ 28วัน ในบางครั้งแท่งตัวอย่างรูปลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 ซม. ก็มักนิยมใช้ในการก่อสร้างแต่กำลังอัดของรูปลูกบาศก์จะสูงกว่ากำลังอัดของรูปทรงกระบอกมาตรฐานซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$fc = \frac{Pu}{A}$$

fc = ความต้านทานแรงอัดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, กก. /ซม^2

Pu = น้ำหนักกดสูงสุดที่ชิ้นตัวอย่างทดสอบรับได้, กก.

A = พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักกดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, ซม^2

และคำนวณหาค่าหน่วยน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างจากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$WC = \frac{W}{V}$$

WC = ความแน่นของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, กก. /ม^3

W = น้ำหนักของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, กก.

V = ปริมาตรของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, ม^3

2.5.2) ปริมาณความชื้นของวัสดุทดแทน (Moisture content)

ปริมาณความชื้นของวัสดุทดแทนหมายถึง อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุในสภาพธรรมชาติต่อน้ำหนักของวัสดุที่อบแห้ง คูณด้วย 100

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

เมื่อ ω = เป็นปริมาณความชื้นของวัสดุในสภาพธรรมชาติ (%)

W_w = น้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ (g) หาได้โดยเอาน้ำหนักวัสดุชื้นในสภาพธรรมชาติลบน้ำหนักวัสดุแห้ง

W_s = น้ำหนักวัสดุแห้ง

2.5.3) การดูดซึมน้ำของวัสดุทดแทน

การดูดซึมน้ำของวัสดุทดแทนสามารถบอกถึงความคงทนของวัสดุ การทดสอบการดูดซึมน้ำของวัสดุก่อสร้าง ปกติให้แช่วัสดุในน้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

การดูดซึมน้ำของวัสดุทดแทน(Absorption) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุหลังจากนำไปแช่น้ำต่อน้ำหนักวัสดุแห้ง นิยมบอกเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของวัสดุ} = \frac{W' - W_s}{W} \times 100$$

เมื่อ W' เป็นน้ำหนักของวัสดุหลังจากแช่น้ำ (g)

W_s เป็นน้ำหนักวัสดุแห้ง (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6) มอก.สำหรับคอนกรีตบล็อกผนัง

2.6.1) มอก.57 -2533

มาตรฐานอุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกผนังรับน้ำหนัก ที่กำหนดหลักเกณฑ์ คุณภาพ ของคอนกรีตบล็อก หรือ อิฐบล็อก ไว้ 4 เรื่องสำคัญ คือ 1. ผนังเปลือกของอิฐบล็อกต้องไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร . 2. การรับแรงอัดของอิฐบล็อก เฉลี่ย 3 ก้อน ไม่น้อยกว่า 140 ksc. 3. การดูดซึมความชื้น (สำหรับอิฐบล็อกที่ควบคุมความชื้น) ไม่เกินกว่า 5 % 4. มิติพิกัดของอิฐบล็อกคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 มิลลิเมตร โดยหลักเกณฑ์ สำคัญดังกล่าว อ้างอิงจาก มาตรฐานอเมริกา ASTM C140 และ ASTM C90

2.6.2)มอก.58- 2533

มาตรฐานอุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกผนังไม่รับน้ำหนัก โดยกำหนดหลักเกณฑ์ อิฐบล็อก ที่สำคัญ 2 เรื่อง คือ 1. การรับแรงอัดของอิฐบล็อก เฉลี่ย 3 ก้อนไม่น้อยกว่า 25 ksc. 2. มิติพิกัดของอิฐบล็อก คลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 มิลลิเมตร อ้างอิงจาก มาตรฐานอเมริกา ASTM เช่นเดียวกัน

2.7) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุวัฒชัย ปลื้มฤทัย กล่าวว่าผลการทดสอบการป้องกันความร้อนเมื่อนำคอนกรีตบล็อกสูตร D3 ไปก่อผนังกล่องทำลองเพื่อทดสอบความสามารถในการลดความร้อนเข้าสู่อาคารเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่มีขายในเชิงพาณิชย์พบว่า อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกยี่ห้อที่ 1 ประมาณ 3.35°C และต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกยี่ห้อที่ 2 ประมาณ 0.73°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและสร้าง

แนวคิดในการออกแบบและสร้างวัสดุทดแทนจากผักตบชวาในโครงงานวิศวกรรมเกษตรในครั้งนี้ พิจารณาจากการผลิตอิฐตามท้องตลาดจะใช้ปูนซีเมนต์ ทรายและหินในผลิต จึงมีแนวคิดที่จะนำผักตบชวามาใช้ในการผลิตเพื่อลดต้นทุนในการผลิตและยังเป็นการลดปริมาณผักตบชวาจากแหล่งน้ำ จึงพบว่าปริมาณเส้นใยของผักตบชวาค่อนข้างมากและยาว เมื่อนำมาทำการบดและกรองขนาด เพื่อเลือกขนาดที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในการสร้างอิฐจากผักตบชวา จากนั้นจะนำขนาดที่เลือกมาทำการอัดขึ้นรูป โดยจะพิจารณา

1) การยึดเกาะ ความละเอียด และความเป็นรูพรุนของเส้นใยผักตบชวา

2) ความแข็งแรง ขนาด และน้ำหนักของแผ่นวัสดุ

3) อัตราส่วนผสมระหว่างปริมาณของผักตบชวากับปริมาณของตัวประสาน ที่เหมาะสมต่อการยึดเกาะเพื่อให้ผักตบชวามีการยึดติดกันที่ดีขึ้น

3.1) เครื่องมือสำหรับงานวิจัย

3.1.1) เครื่องสับย่อยรุ่น P8088 บริษัท ปฏิพงษ์จักรกลการเกษตร จำกัด

3.1.2) เครื่องเขย่าร่อนวัสดุผ่านตะแกรง

3.1.3) ตู้อบความร้อน

3.1.4) แบบสำหรับหล่อก้อนคอนกรีตขนาด 15 x 15 x 15 ซม.

3.1.5) ตราชั่งความละเอียด

3.1.6) โม่ผสมปูน

3.1.7) เครื่องทดสอบแรงอัด

3.1.8) แม่พิมพ์อิฐบล็อคหล่อแข็ง LYA แม่พิมพ์อิฐบล็อคประสาน ขนาด 200x200x400 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2) การออกแบบและสร้าง

3.2.1) เก็บผักตบชวาจากแหล่งน้ำบริเวณรอบๆสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเลือกใช้ส่วนลำต้นและใบ ส่วนรากให้ตัดทิ้ง เนื่องจากเส้นใยมีปริมาณน้อย หลังจากนั้นนำผักตบชวามาทำการขนาดโดยใช้เครื่องบดให้มีขนาดเล็ก ให้ได้ขนาดประมาณ 9.5-0.6 mm แต่พบปัญหาว่าขนาดที่บดได้นั้นมีหลายขนาดเนื่องจากไม่สามารถปรับระดับความละเอียดได้

รูปที่ 1 สถานที่เก็บผักตบชวา

รูปที่ 2 เครื่องบดย่อยขนาดผักตบชวา

3.2.2) เมื่อทำการย่อยขนาดแล้วจะนำผักตบชวาที่ย่อยแล้วมาทำการตากหรืออบให้แห้ง เนื่องจากผักตบชวามีความชื้นสูงถึง 93%-95% ของน้ำหนักอาจจะเกิดเชื้อราได้ง่าย

รูปที่ 3 ผักตบชวาที่ทำการบดแล้วก่อนอบแห้ง

รูปที่ 4 ผักตบชวาที่ทำการบดแล้วหลังอบแห้ง

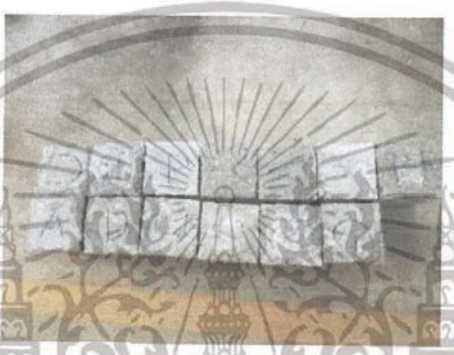
3.2.3) นำผักตบชวาที่ย่อยได้มาทำการแยกขนาด โดยใช้เครื่องเขย่าร่อนวัสดุ เป็นเวลา 10 นาที จะสามารถกรองขนาดของเส้นได้ดังนี้ ขนาดมากกว่า 9.5 mm และขนาดน้อยกว่า 0.6 mm

รูปที่ 5 ผักตบชวาและตระแกรงร่อน

รูปที่ 6 ขณะทำการเขย่าร่อนผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4) ทำการทดลองหาอัตราส่วนของ คอนกรีตบล็อกกับผักตบชวาแต่ละขนาด โดยกำหนดให้มีอัตราส่วนผสมของต้นแบบ คือ ปูนซีเมนต์ก่อ : ทราย : หิน = 1 : 3 : 5 โดยน้ำหนัก กก. โดยกลุ่ม A-D ทำการใส่ผักตบชวาเพิ่มเข้าไปแทนหิน 75 มิลลิกรัม ใส่ตะแกรง 1,2 เมท ตามลำดับ กลุ่ม E-H ทำการใส่ผักตบชวาเพิ่มเข้าไปแทนหิน 100 มิลลิกรัม ใส่ตะแกรง 1,2 เมท ตามลำดับ กลุ่ม W-X ทำการใส่ผักตบชวาเพิ่มเข้าไปแทนหิน 75 มิลลิกรัม โดยไม่ใส่ตะแกรง กลุ่ม Y-Z ทำการใส่ผักตบชวาเพิ่มเข้าไปแทนหิน 100 มิลลิกรัม โดยไม่ใส่ตะแกรง ตัวอย่าง P ไม่ใส่ผักตบชวาเข้าไปแทนหินและไม่ใส่ตะแกรง รวม 13 สูตร ทำการอัดขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกขนาด 15x15x15 ซม. สูตรละ 3 ก้อน เพื่อทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดเมื่อครบ 28 วัน



รูปที่ 7 ตัวอย่างคอนกรีตบล็อก 13 สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง

สูตร	ปูน	ทราย	หิน	ผักตบขนาดใหญ่	ผักตบชวาขนาดเล็ก	1 เมท	2 เมท
A	1	3	4.925	0.075	-	-	3
B	1	3	4.925	0.075	-	3	-
C	1	3	4.925	-	0.075	-	3
D	1	3	4.925	-	0.075	3	-
E	1	3	4.9	0.1	-	-	3
F	1	3	4.9	0.1	-	3	-
G	1	3	4.9	-	0.1	-	3
H	1	3	4.9	-	0.1	3	-
W	1	3	4.925	0.075	-	-	-
X	1	3	4.925	-	0.075	-	-
Y	1	3	4.9	0.1	-	-	-
Z	1	3	4.9	-	0.1	-	-
P	1	3	5	-	-	-	-

3.2.5) คัดเลือกสูตรคอนกรีตบล็อกที่ผ่านเกณฑ์ค่าความต้านแรงอัดตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 58-2530 จากนั้น ทำการผลิตขึ้นรูปทรงจริงขนาด 19x7x39 ซม. โดยทำการอัดขึ้นรูปและทำการทดสอบคุณสมบัติในด้านความต้านทานแรงอัด ปริมาณความชื้น ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 58-2530

รูปที่ 8 ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกขนาดจริง

3.2.6) สรุปผลการทดลองวิเคราะห์คุณสมบัติในด้านต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบแรงต้านแรงอัดของก้อนคอนกรีตขนาด 15x15x15 ซม.

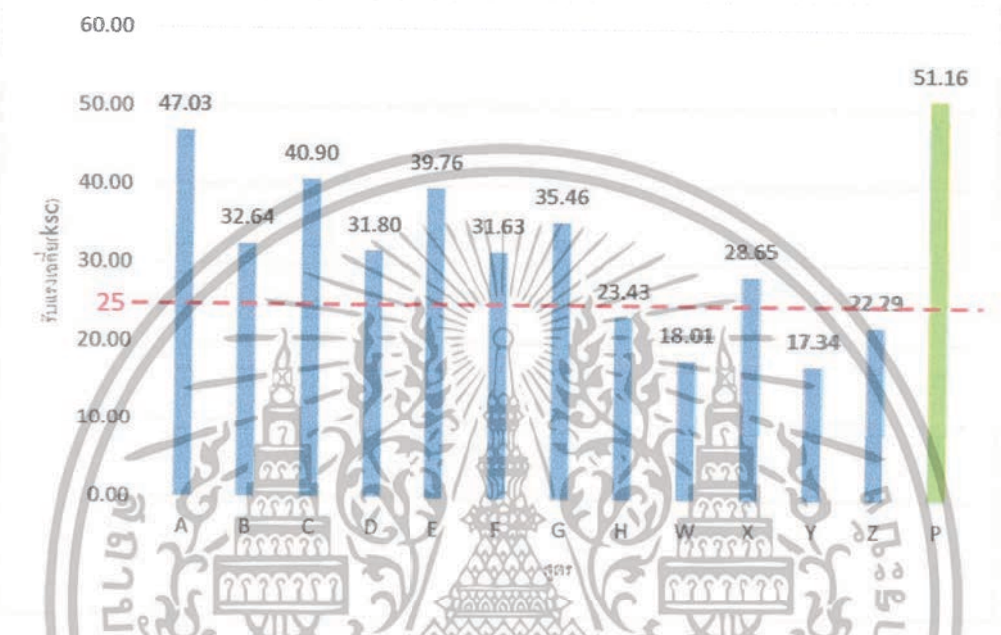
เพื่อศึกษาการหาส่วนผสมระหว่างผักตบชวา กับ ปูนซีเมนต์ก่อ ทราย และหิน โดยอาศัยผลการทดสอบทางด้านความต้านทานแรงอัดเป็นตัววัดผลหาส่วนผสมที่สามารถใส่ผักตบชวาเข้าไปได้มากที่สุดและมีความสามารถในการต้านทานแรงอัดที่ผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 58-2530) ที่กำหนดไว้ว่าค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 25 กก./ซม^2 พบว่าเมื่อใส่ผักตบชวาเข้าไปในส่วนผสมคอนกรีตบล็อก จะทำให้ค่าความต้านแรงอัดสูตรที่ใส่ผักตบชวาขนาดใหญ่มีค่าน้อยกว่าขนาดเล็ก แต่เมื่อทำการใส่ตะแกรงทั้ง 2 ขนาดเข้าไป ทำให้สูตรที่ใส่ผักตบชวาขนาดใหญ่เข้าไปมีค่าต้านทานแรงอัดมีค่ามากกว่าสูตรที่ใส่ผักตบชวาขนาดเล็ก และตะแกรงขนาด 2 เมทจะมีค่าต้านทานแรงอัดมากกล่าตะแกรงขนาด 1 เมท ซึ่งแสดงในตารางที่ 2 แสดงค่าความต้านแรงอัด

รูปที่ 9 การทดสอบแรงกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกแต่ละสูตร ในการบ่มน้ำ 7 วัน

สูตร	A	B	C	D	E	F	G	H	W	X	Y	Z	P
รับแรงเฉลี่ย 3 ก้อน (ksc)	47.03	32.64	40.90	31.80	39.76	31.63	35.46	23.43	18.01	28.65	17.34	22.29	51.16

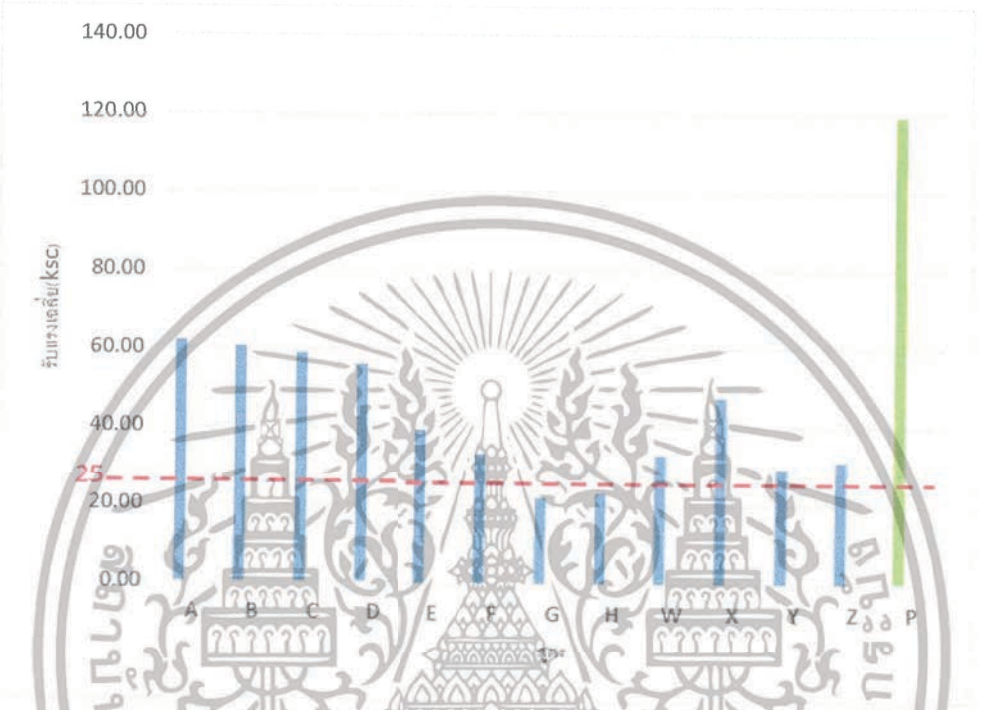


รูปที่ 10 แสดงค่าความต้านแรงอัดเมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.58-2533 ในการบ่มน้ำ 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกแต่ละสูตร ในการบ่มน้ำ 28 วัน

สูตร	A	B	C	D	E	F	G	H	W	X	Y	Z	P
รับแรงเฉลี่ย 3 ก้อน (ksc)	62.02	60.52	58.91	55.93	39.35	33.20	22.11	23.22	32.92	47.63	29.52	31.34	119.24



รูปที่ 11 แสดงค่าความต้านแรงอัดเมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.58-2533 ในการบ่มน้ำ 28 วัน

ตารางที่ 6 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกแต่ละสูตร ในการบ่มน้ำ 7 วัน

สูตร	A	B	C	D	E	F	G	H	W	X	Y	Z	P
น้ำหนักเฉลี่ย 3 ก้อน (กก.)	7.76	7.66	7.47	7.76	7.66	7.53	7.37	7.52	7.26	7.60	7.33	7.31	8.43

ตารางที่ 7 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกแต่ละสูตร ในการบ่มน้ำ 28 วัน

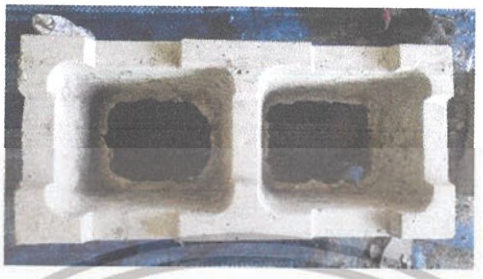
สูตร	A	B	C	D	E	F	G	H	W	X	Y	Z	P
น้ำหนักเฉลี่ย 3 ก้อน (กก.)	7.46	7.57	7.46	7.50	7.42	7.11	7.06	7.16	7.58	7.50	7.47	7.34	8.17

จากผลการทดสอบค่าความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกขนาด 15x15x15 ซม. ได้ทำการเลือกสูตรที่มีความต้านทานแรงอัด โดยคัดเลือกสูตร A นำไปผลิตรูปทรงขนาดจริงและทำการทดสอบคุณสมบัติและคัดเลือกสูตร W และ P เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การผลิตรูปทรงเท่าของจริงและการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

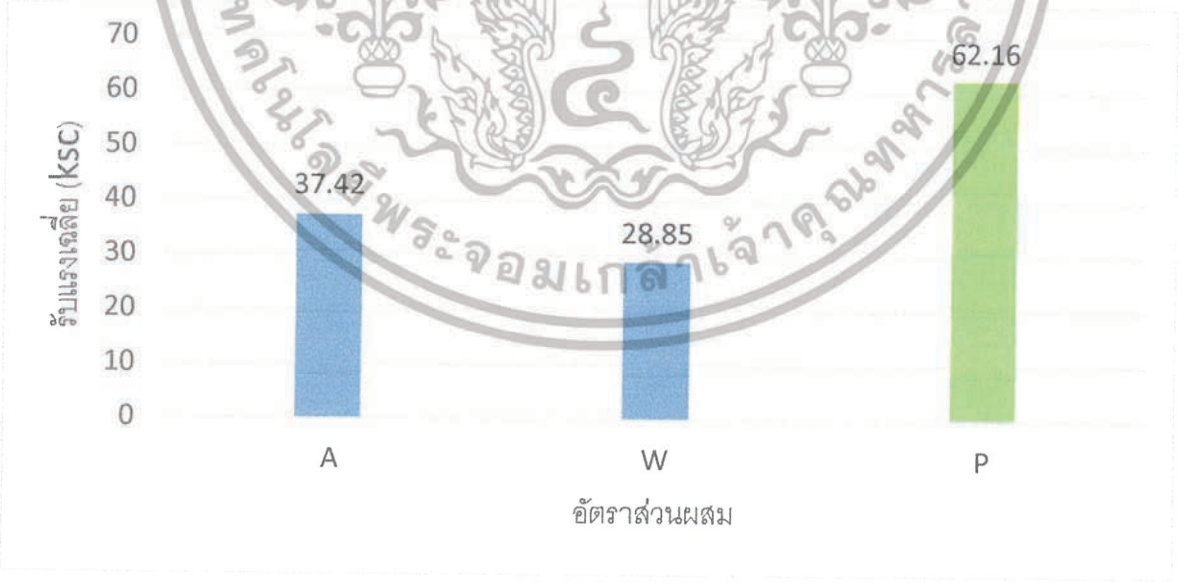
การผลิตขึ้นรูปทรงเท่าของจริงโดยใช้การอัดขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกขนาด 19x7x39 ซม ซึ่งผลการผลิตขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกทั้ง 3 สูตร ได้แก่ A, W และ P สามารถผลิตขึ้นรูปได้ตามมาตรฐาน



รูปที่ 12 รูปคอนกรีตบล็อกขนาด 19x7x39 ซม

ตารางที่ 8 ค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกขนาดจริง

สูตร	A	W	P
รับแรงเฉลี่ย (ksc)	37.42	28.85	62.16



รูปที่ 13 แสดงค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกขนาดจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการลดความร้อนของอิฐขนาดจริง

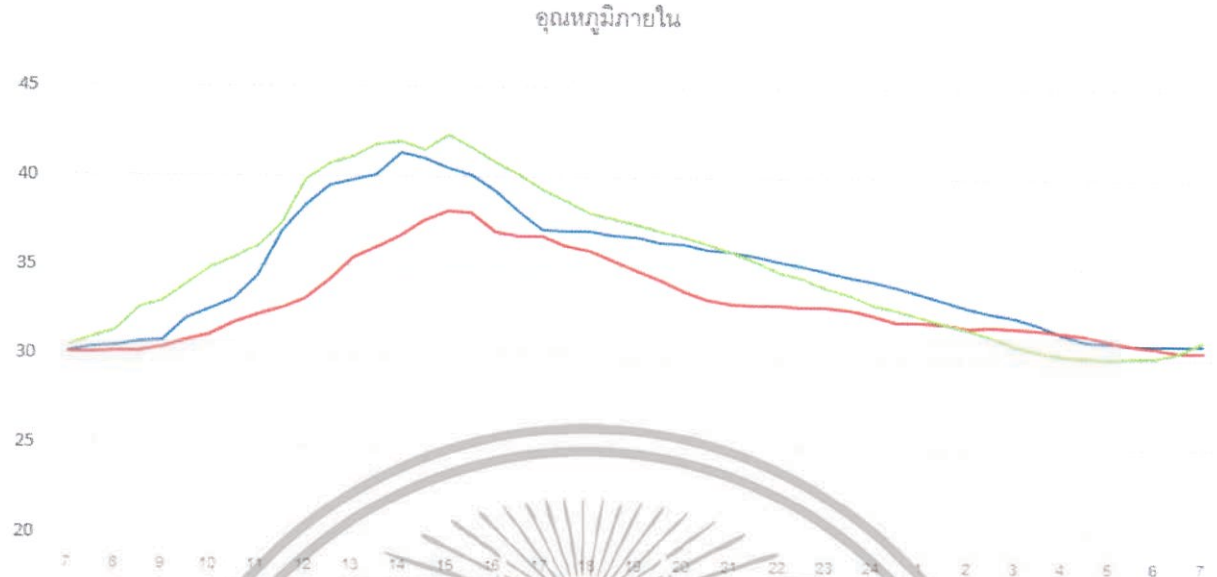
จากการทดสอบความสามารถในการรับแรง ทำให้ได้คอนกรีตบล็อกสูตร **A W** และ **P** นำมาทำการทดสอบหาค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่ใส่ผักตบชวา เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่ไม่ใส่ผักตบชวา โดยกล่องที่ 1 วัดค่าการนำร้อนคอนกรีตบล็อกสูตร **A** กล่องที่ 2 วัดค่าการนำความร้อนคอนกรีตบล็อกสูตร **W** และกล่องที่ 3 วัดค่าการนำความร้อนคอนกรีตบล็อกสูตร P โดยทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบ และค่าความชื้นสัมพัทธ์ และทำการวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องอินฟราเรด และเครื่องเทอร์โมคับเปิล วันที่ 20-21เมษายน 2562

รูปที่ 14 การทดสอบความสามารถในการลดความร้อนทั้ง 3 กล่อง

ตารางที่ 9 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของกล่องทดลอง

ชนิดผนัง	อุณหภูมิภายในเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิผิวภายนอกเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิภายนอก (°C)
กล่องที่ 1 คอนกรีตบล็อกจากผักตบชวาสูตร A	35.5	40.21	34.47	34.26
กล่องที่ 1 คอนกรีตบล็อกจากผักตบชวาสูตร W	33.55	39.16	32.89	
กล่องที่ 1 คอนกรีตบล็อกจากผักตบชวาสูตร P	36.73	41.49	36.01	

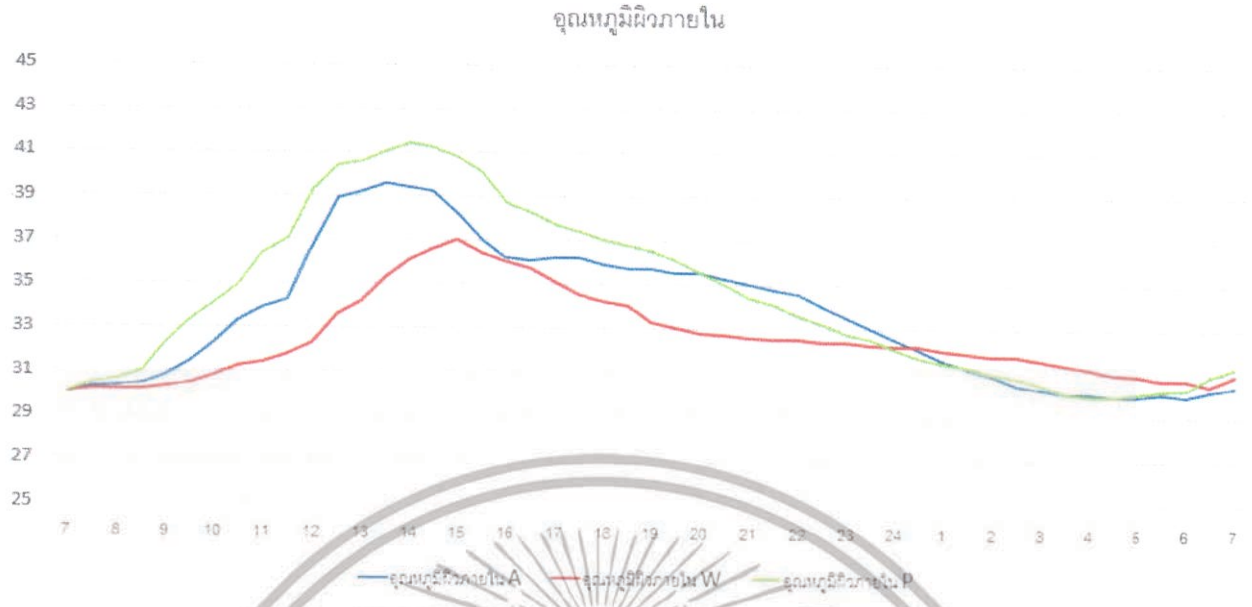
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15 แสดงอุณหภูมิภายในกล่องทั้ง 3 สูตร

รูปที่ 16 แสดงอุณหภูมิผิวภายนอกกล่องทั้ง 3 สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 แสดงอุณหภูมิผิวภายในกล่องทั้ง 3 สูตร

4.4 การวิเคราะห์การดูดซึมน้ำ

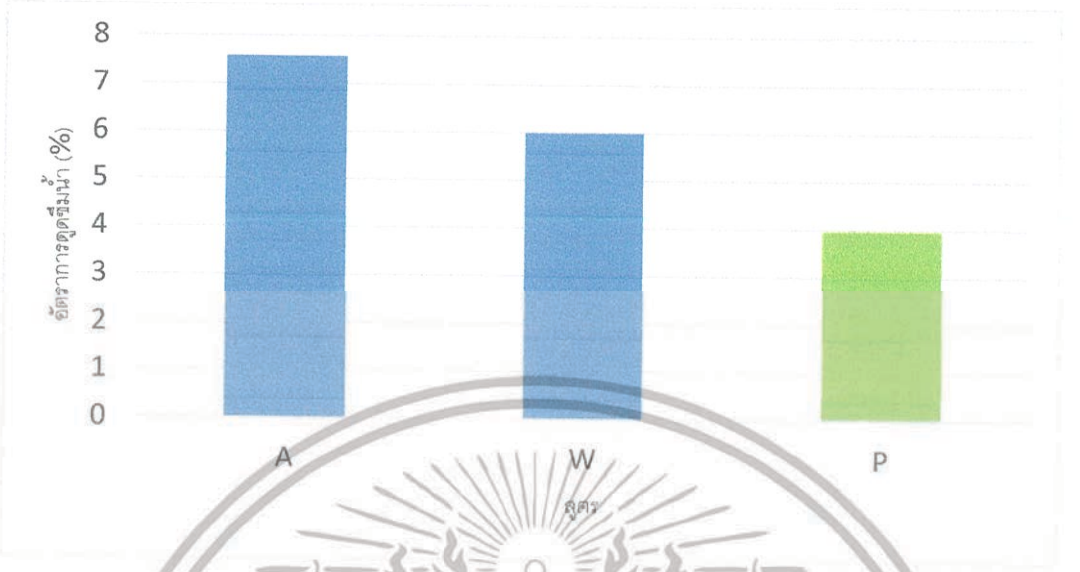
การทดสอบการวัดการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 สูตร ทำได้โดยการชั่งน้ำหนักก่อนการแช่น้ำ จากนั้นนำอิฐบล็อกไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการชั่งน้ำหนักหลังการแช่น้ำ จากนั้นทำการคำนวณตามสูตรการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 10 แสดงอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 สูตร

รายการ	อัตราการดูดซึมน้ำเฉลี่ย (%)
อิฐบล็อกคอนกรีตสูตร A	7.58
อิฐบล็อกคอนกรีตสูตร W	6
อิฐบล็อกคอนกรีตสูตร P	3.97

จากตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตสูตร A คือ 7.58% มีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าอิฐบล็อกคอนกรีตสูตร W ซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำ 6% และอิฐบล็อกคอนกรีตสูตร P ซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำ 3.97% อยู่ที่ 1.58% และ 3.51% ซึ่งทั้ง 3 สูตรผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.58-2530 เนื่องจากคอนกรีตบล็อกสูตร A และ W ซึ่งมีการใส่ผักตบชวาลงไป ทำให้มีอัตราการดูดซึมน้ำสูงกว่าอิฐบล็อกคอนกรีตสูตร P ซึ่งไม่ใส่ผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18 กราฟแสดงอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 สูตร

4.5 การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิต

การคำนวณหาราคาต้นทุนการผลิตคอนกรีตจากผักตบชวา โดยมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ , ทราย , หิน และผักตบชวา โดยคิดราคาต้นทุนจากสูตรที่ทำการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบกับราคากับราคาอิฐบล็อกที่ขายตามท้องตลาด และราคาต้นทุนจะคิดจากน้ำหนักวัสดุแต่ละอย่างที่นำมาผลิตก้อนคอนกรีตบล็อก ราคาต้นทุนการผลิตผักตบชวาละเอียดต่อกิโลกรัมละ 1.2 บาท ราคาปูนซีเมนต์ก่อ 1 ถุง 145 บาท คิดเป็นกิโลกรัมละ 2.9 บาท (จากราคาตามท้องตลาด) ราคาทรายหยาบ 1 คัน ราคา 298 บาท คิดเป็นกิโลกรัมละ 0.29 บาท (ไม่รวมค่าขนส่งและภาษีมวลค่าเพิ่ม) ราคาหิน 1 คัน ราคา 359 บาท คิดเป็นกิโลกรัมละ 0.359 บาท (ไม่รวมค่าขนส่งและภาษีมวลค่าเพิ่ม) ราคาตะแกรง 1 เมช 1 เมตร 60 บาท คิดเป็นตารางเซนติเมตรละ 0.006 บาท ราคาตะแกรง 2 เมช 1 เมตร 60 บาท คิดเป็นตารางเซนติเมตรละ 0.006 บาท (จากราคาตามท้องตลาด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงราคาต้นทุนคอนกรีตบล็อกสูตร A

สูตร	น้ำหนัก/ก้อน (กก.)	ปูน/ก้อน (บาท)	ทราย/ก้อน (บาท)	หิน/ก้อน (บาท)	ผักตบชวา/ก้อน (บาท)	ตะแกรง/ชิ้น (บาท)	ราคารวม/ก้อน (เต็มก้อน/บาท)
A	7.76	4.35	1.305	2.65	0.135	11.46834	19.91

จากการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก ทำให้ได้สูตรที่มีคุณสมบัติดีที่สุดคือ A ซึ่งราคาต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 19.91 หรือประมาณ 20 บาท (เต็มก้อน) ซึ่งถูกกว่าคอนกรีตบล็อกจาก Inter home material ซึ่งราคาอยู่ที่ 45 บาท (เต็มก้อน) จากการเปรียบเทียบราคาทำให้พบว่าคอนกรีตบล็อกจากผักตบชวามีราคาถูกกว่าคอนกรีตบล็อกในท้องตลาดทั่วไป

ตารางที่ 12 แสดงราคาคอนกรีตบล็อก A เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่มีขายตามท้องตลาด

ราคา	ราคาต่อก้อน (เต็มก้อน/บาท)
ราคาคอนกรีตบล็อกสูตร A	20
ราคาคอนกรีตบล็อกจาก Inter home material	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1อภิปรายผล

4.1อภิปรายผล

1.ในขั้นตอนการผสม เนื่องจากอุปกรณ์บางชนิดไม่พร้อมหรือมีคุณสมบัติไม่เท่าที่ใช้ในโรงงานผลิต เช่นเครื่องโม่สำหรับผสมวัสดุ โดยผู้ทดลองได้ใช้กะละมังและใช้เกียงในการผสมด้วยมือ ทำการคลุกเคล้าส่วนผสมต่างๆเข้าด้วยกัน ไม่สามารถทำได้ดีเท่าการใช้โม่ผสม

2.ขั้นตอนการอัดขึ้นรูปนั้น อาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากผู้จัดทำได้ใช้แท่งเหล็กยาวในการอัดแทงเพื่อให้ส่วนผสมอัดกันให้มากที่สุด ทำให้วัสดุแต่ละก้อนอาจมีรูอากาศซึ่งเกิดจากการอัดส่วนผสมได้ไม่สม่ำเสมอ

3.ขนาดอิฐแต่ละก้อนจะแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากในขั้นตอนการอัดในข้อ 2 ทำให้มีส่วนผสมบางส่วนล้นเหนือแม่พิมพ์ที่ใช้ออกมา

4.ขั้นตอนการตากคอนกรีตบล็อกให้แห้ง เนื่องจากการผลิตคอนกรีตบล็อก 1 ก้อนใช้เวลาประมาณ 30 นาที และการนำคอนกรีตบล็อกไปบ่ม เรานำไปครั้งละ 13 สูตร ซึ่งเวลาในการผลิตชิ้นแรกจนถึงชิ้นสุดท้ายต่างกันค่อนข้างนาน ทำให้เวลาในการตากให้แห้งต่างกัน ส่งผลให้ความแข็งแรงต่างกันเล็กน้อย

5.2สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาวัสดุทดแทนจากผักตบชวาสามารถสรุปได้ดังนี้

1.ผักตบชวานั้นเป็นวัสดุที่สามารถนำไปเป็นส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกได้ โดยจะทำให้น้ำหนักของคอนกรีตบล็อกลดลงเนื่องจากผักตบชวาใส่เข้าไปแทนหิน แต่จะทำให้ค่าความสามารถในการรับแรงลดลงด้วย ซึ่งคอนกรีตบล็อกที่ผ่านมาตรฐานความต้านแรงอัดมีทั้งสิ้น 11 สูตรและคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผ่านมาตรฐานความต้านแรงอัดมีทั้งสิ้น 2 สูตร ตามมาตรฐาน มอก.58-2530

2.คอนกรีตบล็อกสูตรที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองคือสูตร A โดยอัตราส่วนผสมระหว่าง ปูน : ทราย : หิน : ผักตบชวาขนาดใหญ่ เท่ากับ 1 : 3 : 4.925 : 0.075 (โดยน้ำหนัก) มีน้ำหนักต่อก้อน 7.46 กิโลกรัม มีค่าความต้านทานแรงอัด 62.02 กก./ซม^2 ผ่านมาตรฐาน มอก.58-2530

3.จากการทดลองพบว่าอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตสูตร A คือ 7.58% อิฐบล็อกคอนกรีตสูตร W ซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำ 6% และอิฐบล็อกคอนกรีตสูตร P ซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำ 3.97% ซึ่งทั้ง 3 สูตรผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.58-2530

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผักตบชวานั้นเป็นวัสดุผสมที่สามารถช่วยลดการนำความร้อนของคอนกรีตได้ เนื่องจากตบชวามีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ เมื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตบล็อกจะทำให้มีความสามารถในการนำความร้อนลดลงจากคอนกรีตบล็อกที่ไม่ใส่ผักตบชวา และคอนกรีตบล็อกที่มีการใส่ตะแกรง mesh จะทำให้มีค่าการนำความร้อนเพิ่มขึ้นจากคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของผักตบชวา แต่มีค่าน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกที่ไม่มีส่วนผสมของผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

(1) กระทวงพาณิชย์ , “ราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร ปี 2557”. [ระบบออนไลน์].แหล่งที่ http://www.indexpr.moc.go.th/PRICE_PRESENT/tablecsi_region.asp?DDYear=2557&DDProvince=10&B1=%B5%A1%C5%A7, (24/2/2562)

(2) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม , “วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต”. [ระบบออนไลน์].แหล่งที่ https://www.tisi.go.th/data/standard/pdf_files/standards_development/TIS409_25XX.pdf, (24/2/2562)

(3) SCG , “การคำนวณปริมาณ ปูนซีเมนต์ ทราย และหิน” . [ระบบออนไลน์].แหล่งที่ https://www.scgbuildingmaterials.com/th/LivingIdea/Maintenance/Calculate-Amount-of-Ready-Mix-Concrete.aspx, (24/2/2562)

(4) WKBlock, “มอก.57 และ มอก. 58 คืออะไร”. [ระบบออนไลน์].แหล่งที่ http://wkblock.com/block-talk/36-%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B8%81-57-%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0-%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B8%81-58-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD-%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.html, (24/2/2562)

(5) ตราเพชร, “อิฐบล็อก อิฐมวลเบา กับ อิฐมอญ แตกต่างกันอย่างไร”. [ระบบออนไลน์].แหล่งที่ http://blog.dbp.co.th/2017/11/%E0%B8%AD%E0%B8%B4%E0%B8%90%E0%B8%9A%E0%B8%A5%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%81-%E0%B8%AD%E0%B8%B4%E0%B8%90%E0%B8%A1%E0%B8%A7%E0%B8%A5%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%B2-%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A-%E0%B8%AD/, (24/2/2562)

(6) สุวัฒชัย ปลื้มฤทัย (2555) , การพัฒนาคอนกรีตบล็อกจากผักตบชวา ,สาขาวิชาสถาปัตยกรรม , มหาวิทยาลัยศิลปากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) น้ำหนักเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกแต่ละสูตร ในการบ่มน้ำ 7 วัน

สูตร/ตัวอย่าง	1	2	3	น้ำหนักเฉลี่ย(กก.)
A	7.613	7.678	7.986	7.759
B	7.451	7.734	7.795	7.66
C	7.567	7.482	7.364	7.471
D	7.661	7.813	7.809	7.761
E	7.781	7.541	7.658	7.66
F	7.589	7.611	7.429	7.534
G	7.444	7.321	7.339	7.368
H	7.473	7.553	7.537	7.521
W	7.413	7.382	6.997	7.264
X	7.702	7.411	7.678	7.597
Y	7.493	7.289	7.299	7.327
Z	7.546	7.202	7.191	7.313
P	8.343	8.4	8.547	8.430

2) น้ำหนักเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกแต่ละสูตร ในการบ่มน้ำ 28 วัน

สูตร/ตัวอย่าง	1	2	3	น้ำหนักเฉลี่ย(กก.)
A	7.384	7.463	7.520	7.455
B	7.624	7.713	7.386	7.574
C	7.512	7.407	7.451	7.456
D	7.535	7.474	7.515	7.508
E	7.273	7.486	7.497	7.418
F	7.148	7.089	7.104	7.113
G	7.017	7.080	7.085	7.060
H	7.209	7.073	7.193	7.158
W	7.802	7.396	7.527	7.575
X	7.912	7.531	7.058	7.500
Y	7.381	7.528	7.489	7.466
Z	7.248	7.311	7.463	7.340
P	8.114	8.256	8.151	8.173

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกแต่ละสูตร ในการบ่มน้ำ 7 วัน

สูตร/ตัวอย่าง	1	2	3	แรงอัดเฉลี่ย (ksc)
A	47.032	46.958	47.049	47.03
B	32.596	32.560	32.745	32.64
C	40.916	40.819	40.929	40.90
D	31.629	32.005	31.725	31.80
E	39.758	39.695	39.787	39.76
F	31.642	31.651	31.563	31.63
G	35.392	35.474	35.474	35.46
H	23.514	23.400	23.354	23.43
W	17.986	17.978	18.035	18.01
X	28.692	28.691	28.542	28.65
Y	17.352	17.334	17.329	17.34
Z	22.295	22.335	22.213	22.29
P	52.35	49.58	51.55	51.16

4) ค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกแต่ละสูตร ในการบ่มน้ำ 28 วัน

สูตร/ตัวอย่าง	1	2	3	แรงอัดเฉลี่ย (ksc)
A	61.985	58.943	65.670	62.199
B	67.923	61.234	52.410	60.522
C	59.125	52.383	65.216	58.908
D	53.312	54.285	60.220	55.939
E	28.549	52.598	36.915	39.354
F	29.020	40.322	30.259	33.200
G	22.654	24.335	19.335	22.108
H	24.295	21.244	24.113	23.217
W	33.109	29.762	35.895	32.922
X	54.373	45.519	43.007	47.633
Y	34.507	28.984	30.512	31.335
Z	31.955	26.780	35.296	31.344
P	114.893	117.052	125.759	119.235

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกขนาดจริง ในการบ่มน้ำ 28 วัน

สูตร/ ตัวอย่าง	1	2	3	แรงอัดเฉลี่ย (KSC)
A	35.67	37.28	39.39	37.42
W	30.18	26.98	29.39	28.85
P	63.57	60.73	62.18	62.16

7) อุณหภูมิผิวภายนอกของคอนกรีตบล็อกขนาดจริงและอุณหภูมิภายนอก ณ วันที่ 20 เมษายน 2562

เวลา	อุณหภูมิ	อุณหภูมิผิว ภายนอก A	อุณหภูมิผิว ภายนอก W	อุณหภูมิผิว ภายนอก P
7.00	30	32.3	32	32.5
7.30	30	33	32.7	33.2
8.00	30.6	33.9	33.6	33.4
8.30	31	35	34.5	35.3
9.00	32.3	35.9	35.3	36.2
9.30	33.1	36.7	36	37.2
10.00	34.4	38.4	37.7	38.8
10.30	34.7	39.5	38.3	39.9
11.00	35	41.8	40.5	42.4
11.30	35.2	43.6	42.2	44.2
12.00	35.5	47.2	45.3	47.7
12.30	35.7	48.3	46.7	48.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา	อุณหภูมิ	อุณหภูมิผิวภายนอก A	อุณหภูมิผิวภายนอก W	อุณหภูมิผิวภายนอก P
13.00	35.8	48.7	47	48.9
13.30	36.4	48.9	47.3	49
14.00	36.9	49.8	47.8	49.9
14.30	37.3	48.2	46.4	48.5
15.00	37.8	47.6	45.7	48
15.30	37.5	45.8	44.5	46.3
16.00	37	43.1	42.1	43.7
16.30	36.6	41.2	40.4	41.6
17.00	36.1	38.7	38.1	39.1
17.30	35.5	37.2	37	37.5
18.00	34.8	35.7	35.4	36
18.30	34.1	35.4	35.2	35.7
19.00	33.3	34.6	34.5	35
19.30	33	33.9	33.9	34.3
20.00	32.8	33.6	33.7	33.7
20.30	32.3	33.5	33.6	33.4
21.00	31.9	32.8	33	32.9
21.30	31.7	32.4	32.7	32.2
22.00	31.6	32.1	32.4	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา	อุณหภูมิ	อุณหภูมิผิวภายนอก A	อุณหภูมิผิวภายนอก W	อุณหภูมิผิวภายนอก P
22.30	31.4	32	32.2	31.9
23.00	31.4	31.9	32	31.8
23.30	31.3	31.7	31.8	31.7
0.00	31.2	31.5	31.7	31.5
0.30	31	31.3	31.5	31.3
1.00	30.8	31	31.2	31
1.30	30.8	30.9	31	30.8
2.00	30.7	30.7	30.9	30.8
2.30	30.7	30.5	30.8	30.7
3.00	30.4	30.3	30.6	30.4
3.30	30.2	30.2	30.4	30.1
4.00	30.1	30.1	30.1	30.1
4.30	30.1	30.1	30	30.1
5.00	29.9	30.1	30	30.1
5.30	30	30.2	30.1	30.2
6.00	30.3	30.7	30.1	30.8
6.30	30.5	31.8	30.5	31.5
7.00	30.9	32.6	31.1	32.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) อุณหภูมิผิวภายในของคอนกรีตบล็อกขนาดจริง ณ วันที่ 20 เมษายน 2562

เวลา	อุณหภูมิผิวภายใน A	อุณหภูมิผิวภายใน W	อุณหภูมิผิวภายใน P
7.00	30	30	30
7.30	30.2	30.1	30.4
8.00	30.3	30.1	30.6
8.30	30.4	30.1	31
9.00	30.8	30.2	32.2
9.30	31.4	30.4	33.3
10.00	32.3	30.8	34.1
10.30	33.3	31.2	34.9
11.00	33.9	31.4	36.4
11.30	34.3	31.8	37.1
12.00	36.7	32.3	39.3
12.30	38.9	33.6	40.4
13.00	39.2	34.2	40.6
13.30	39.6	35.3	41
14.00	39.4	36.1	41.4
14.30	39.2	36.6	41.2
15.00	38.2	37	40.8
15.30	37	36.4	40.1
16.00	36.2	36	38.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา	อุณหภูมิผิวภายใน A	อุณหภูมิผิวภายใน W	อุณหภูมิผิวภายใน P
16.30	36.1	35.7	38.3
17.00	36.2	35.1	37.7
17.30	36.2	34.5	37.4
18.00	35.9	34.2	37
18.30	35.7	34	36.8
19.00	35.7	33.3	36.5
19.30	35.5	33	36.1
20.00	35.5	32.8	35.5
20.30	35.3	32.7	35
21.00	35	32.6	34.4
21.30	34.8	32.5	34.1
22.00	34.6	32.5	33.6
22.30	34	32.4	33.2
23.00	33.5	32.4	32.8
23.30	33	32.3	32.5
0.00	32.5	32.2	32.1
0.30	32.1	32.2	31.7
1.00	31.6	32	31.5
1.30	31.2	31.9	31.3
2.00	30.9	31.8	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา	อุณหภูมิผิวภายใน A	อุณหภูมิผิวภายใน W	อุณหภูมิผิวภายใน P
2.30	30.5	31.8	30.8
3.00	30.3	31.6	30.5
3.30	30.1	31.4	30.1
4.00	30.1	31.2	30
4.30	30	31	30
5.00	30	30.9	30.1
5.30	30.1	30.7	30.2
6.00	30	30.7	30.3
6.30	30.2	30.5	30.9
7.00	30.4	30.9	31.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) อุณหภูมิภายในกล่องของคอนกรีตบล็อกขนาดจริง ณ วันที่ 20 เมษายน 2562

เวลา	อุณหภูมิภายในกล่อง A	อุณหภูมิภายในกล่อง W	อุณหภูมิภายในกล่อง P
7.00	30.2	30.1	30.5
7.30	30.4	30.1	30.9
8.00	30.5	30.2	31.3
8.30	30.7	30.2	32.6
9.00	30.8	30.4	33
9.30	32	30.8	33.9
10.00	32.5	31.1	34.8
10.30	33.1	31.8	35.4
11.00	34.4	32.2	36.1
11.30	36.9	32.6	37.4
12.00	38.4	33.1	39.8
12.30	39.5	34.2	40.7
13.00	39.8	35.4	41.1
13.30	40.1	36	41.8
14.00	41.3	36.7	41.9
14.30	41	37.5	41.5
15.00	40.5	38.1	42.3
15.30	40.1	38	41.6
16.00	39.2	36.9	40.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา	อุณหภูมิภายในกล่อง A	อุณหภูมิภายในกล่อง W	อุณหภูมิภายในกล่อง P
16.30	38.1	36.7	40.1
17.00	37.1	36.7	39.3
17.30	37	36.2	38.7
18.00	37	35.9	38
18.30	36.8	35.3	37.7
19.00	36.7	34.8	37.4
19.30	36.4	34.3	37
20.00	36.3	33.7	36.7
20.30	36	33.2	36.3
21.00	35.9	33	35.9
21.30	35.6	32.9	35.3
22.00	35.3	32.9	34.7
22.30	35.1	32.8	34.4
23.00	34.8	32.8	33.9
23.30	34.5	32.7	33.5
0.00	34.3	32.4	33
0.30	34	32	32.7
1.00	33.6	32	32.3
1.30	33.2	31.9	31.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา	อุณหภูมิภายในกล่อง A	อุณหภูมิภายในกล่อง W	อุณหภูมิภายในกล่อง P
2.00	32.8	31.7	31.6
2.30	32.5	31.8	31.2
3.00	32.3	31.7	30.7
3.30	31.9	31.6	30.4
4.00	31.4	31.5	30.2
4.30	31	31.3	30.1
5.00	30.9	31	30
5.30	30.8	30.8	30.1
6.00	30.8	30.6	30.1
6.30	30.8	30.4	30.4
7.00	30.8	30.4	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) น้ำหนักก่อนนำไปแช่น้ำ 24 ชม.

สูตร/ตัวอย่าง	1	2	3
A	14.5	14.6	14.5
W	14.7	14.7	14.7
P	15.2	15.1	15.1

10) น้ำหนักหลังนำไปแช่น้ำ 24 ชม.

สูตร/ตัวอย่าง	1	2	3
A	15.6	15.6	15.7
W	15.5	15.6	15.6
P	15.7	15.8	15.7

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้