

อิฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มน้ำมันและใยกล้วย

AERATED BRICK MIXED WITH PLAM OIL ASH AND BANANA TREE FIBER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AERATED BRICK MIXED WITH
PLAM OIL ASH AND BANANA TREE FIBER



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2022




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ อีฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มน้ำมันและใยกล้วย
AERATED BRICK MIXED WITH PLAM OIL ASH AND BANANA TREE FIBER

นักศึกษา นางสาวปรีนาภา ระพีทรัพย์ รหัสนักศึกษา 63015109
นางสาวศุภาพิชญ์ อินทอง รหัสนักศึกษา 63015177
นายอุดมพร อุดมรัตน์ รหัสนักศึกษา 63015212

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ชลิตา อู่ตะเภา	
ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤษ์	
รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(รศ.ดร.ชลิตา อู่ตะเภา)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มน้ำมันและใยกล้วย

นางสาวปริณาคา ระพีทรัพย์ รหัสนักศึกษา 63015109

นางสาวศุภาพิชญ์ อินทอง รหัสนักศึกษา 63015177

นายอุดมพร อุดมรัตน์ รหัสนักศึกษา 63015212

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร

ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติ แนวทางการประยุกต์ใช้และศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตอิฐมวลเบาที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันและใยกล้วย โดยทำการศึกษาที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ : ทราย : น้ำ เท่ากับ 1 : 1 : 0.65 อัตราส่วนโดยน้ำหนักสารเพิ่มฟองอากาศเท่ากับ 44.08% โดยปริมาตร ส่วนเส้นใยกล้วยมีขนาด 2 3 และ 4 เซนติเมตร มีอัตราส่วนผสมที่นำมาแทนที่ทรายโดยน้ำหนักคือ 0.5%, 1%, 2% และ 3% ส่วนอัตราส่วนเถ้าปาล์มน้ำมันที่นำมาแทนที่ปูนซีเมนต์โดยน้ำหนักคือ 5%, 10%, 20% และ 30% เพื่อศึกษาค่าความหนาแน่น ค่าอัตราการดูดซึมน้ำ และค่ากำลังรับแรงอัด (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1504-2541)

จากการศึกษาอิฐมวลเบาที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันและใยกล้วยไปมีค่ากำลังรับแรงอัดที่สูงที่สุดคือ เถ้าปาล์ม 5% ใยกล้วย 0.5% ความยาว 2 เซนติเมตร มีค่ากำลังรับแรงอัดคือ 56.69 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังนั้นเปอร์เซ็นต์เถ้าปาล์มและใยกล้วยที่เหมาะสมคือ 5% และ 0.5% ความยาว 2 เซนติเมตร มีค่ากำลังรับแรงอัด ลดลงจากอิฐมวลเบาที่ไม่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วยร้อยละ 2.89 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิด C14 ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1504-2541

AERATED BRICK MIXED WITH PLAM OIL ASH AND BANANA TREE FIBER

Ms. Parinaka rapeesup Student ID.63015109

Ms. Supapich inthong Student ID.63015177

Mr. Audomporn Audomrat Student ID.63015212

Advisor :Assoc.Prof.Dr.Laemthong Laokongthavorn

Academic Year 2022

Abstract

The purpose of this study was to determine the properties of lightweight concrete blocks mixed with palm oil ash and banana tree fiber. The study was conducted at the ratio by weight of cement: sand: water was 1: 1: 0.65, the ratio by weight of air foaming agent was 44.08% by volume, and the size of banana fibers was 2, 3 and 4 cm. length. and was replaced with banana tree fiber about 0.5%, 1%, 2% and 3%.by weight The ratios of palm oil ash used to replace cement by weight were 5%, 10%, 20% and 30% to study the density, water absorption rate and compressive strength, according to Thai Industrial Standards Institute 1504-2541.

By the result of the study, the lightweight blocks mixed with oil palm ash and banana tree fiber are tested for the highest compressive strength, which is 5% palm ash, 0.5% banana fiber, 2 cm long, and the compressive strength is 56.69 kg/cm². So the appropriate percentages of palm ash and banana fiber are 5% and 0.5%, with a length of 2 centimeters. It is lower than lightweight bricks (that does not mix palm ash and banana fiber) 2.89 percent, which is conformed to the criteria of lightweight concrete block type C14 by the Thai Industrial Standards Institute 1504-2541.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทนี้สำเร็จลงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รศ.ดร. แผลมทอง เหล่าคงถาวร ที่กรุณาให้คำปรึกษาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง คอยแนะนำช่วยเหลือ ในการแก้ไขปัญหา คอยให้ความรู้ เอาใจใส่ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือจนสำเร็จได้ด้วยดี พวกเรา ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุก ๆ รายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน โดยคณาจารย์ท่านต่าง ๆ ได้ ถ่ายทอดความรู้ทั้งทางด้านวิชาการ ความรู้ทั่วไป และประสบการณ์ต่าง ๆ จนสามารถนำมาใช้ในการ ทำงานและการดำเนินชีวิตได้อย่างดีเยี่ยม ตลอดจนขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ร่วมเป็นกรรมการใน การทดสอบ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการ ทำโครงการ รวมถึงตลอดระยะเวลาที่ได้เรียนรู้ศึกษาในภาควิชาโยธาจนได้มาขอขอบคุณผู้ตอบ แบบสอบถามทุกท่านที่ได้กรุณาให้ข้อมูลโดยการตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงและครบถ้วน

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดาอันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและกำลังใจใน การสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้ คณะผู้จัดทำ รู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

ปรีณาคา	ระพีทรัพย์
ศุภาพิชญ์	อินทอง
อุดมพร	อุดมรัตน์

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4 วิธีการศึกษา.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 กล่าวนำ.....	5
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.2.1 คอนกรีตมวลเบา.....	6
2.2.2 คุณสมบัติคอนกรีตมวลเบา.....	7
2.2.3 คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาที่ทำการศึกษา.....	8
2.2.3.1 ความหนาแน่น	9
2.2.3.2 อัตราการดูดซึมน้ำ.....	9
2.2.3.3 ความต้านแรงอัด.....	9
2.2.4 มาตรฐานคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC.....	9
2.2.5 สารเพิ่มฟองโฟม.....	11
2.2.6 กัลวย.....	11
2.2.7 เส้นใย.....	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.2.8 เส้นใยกล้วย.....	16
2.2.9 ถ้ำปาล์มน้ำมัน.....	16
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
บทที่ 3 การศึกษาและเก็บข้อมูล.....	20
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	20
3.2 วิธีการผลิตและทดสอบอิฐมวลเบา.....	21
3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา.....	21
3.2.2 การเตรียมวัสดุและส่วนผสมที่ใช้ในการศึกษา.....	23
3.3 การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิฐมวลเบา.....	29
3.3.1 วิธีการดำเนินงาน.....	29
3.3.2 ขั้นตอนการทดสอบ.....	31
3.4 การทดสอบคุณสมบัติของอิฐมวลเบา.....	34
3.4.1 กำลังรับแรงอัด.....	34
3.4.2 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร.....	34
3.4.3 อัตราการดูดซึมน้ำ.....	35
บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล.....	37
4.1 ความหนาแน่น.....	37
4.2 อัตราการดูดซึมน้ำ.....	42
4.3 กำลังรับแรงอัด.....	47
4.4 เปรียบเทียบผลการทดสอบ.....	52
4.5 คำนวณต้นทุน.....	55
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	57
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	57
5.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ.....	57
5.2.1 ความหนาแน่น.....	57
5.2.2 อัตราการดูดซึมน้ำ.....	58
5.2.3 การรับแรงอัด.....	58
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	58

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
เอกสารอ้างอิง.....	59
ภาคผนวก ก.....	61
ประวัติผู้เขียน.....	62



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ชนิดของคอนกรีตมวลเบาตาม มอก. 2601-2556.....	10
2.2 อัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาตาม มอก. 2601-2556.....	10
2.3 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาตาม มอก. 2601-2556.....	10
3.1 แสดงอัตราส่วนผสมของซีเมนต์มอร์ต้าที่ใช้ในการทดลอง.....	31
4.1 ความถ่วงจำเพาะของสูตรอิฐมวลเบา(ไม่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย).....	37
4.2 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 %.....	37
ความยาว 2 ซม.....	.....
4.3 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 %.....	38
ความยาว 2 ซม.....	.....
4.4 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 %.....	38
ความยาว 2 ซม.....	.....
4.5 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 %.....	38
ความยาว 2 ซม.....	.....
4.6 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 %.....	39
ความยาว 3 ซม.....	.....
4.7 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 %.....	39
ความยาว 3 ซม.....	.....
4.8 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 %.....	39
ความยาว 3 ซม.....	.....
4.9 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 %.....	40
ความยาว 3 ซม.....	.....
4.10 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 %.....	40
ความยาว 4 ซม.....	.....
4.11 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 %.....	40
ความยาว 4 ซม.....	.....
4.12 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 %.....	41
ความยาว 4 ซม.....	.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมโยกกล้วย 3 %.....	41
ความยาว 4 ซม.....	
4.14 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรอิฐมวลเบา(ไม่ผสมเถ้าปาล์มและโยกกล้วย).....	42
4.15 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมโยกกล้วย 0.5 %.....	43
ความยาว 2 ซม.....	
4.16 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโยกกล้วย 1 %.....	43
ความยาว 2 ซม.....	
4.17 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมโยกกล้วย 2 %.....	43
ความยาว 2 ซม.....	
4.18 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมโยกกล้วย 3 %.....	44
ความยาว 3 ซม.....	
4.19 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมโยกกล้วย 0.5 %.....	44
ความยาว 3 ซม.....	
4.20 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโยกกล้วย 1 %.....	44
ความยาว 3 ซม.....	
4.21 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมโยกกล้วย 2 %.....	45
ความยาว 3 ซม.....	
4.22 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมโยกกล้วย 3 %.....	45
ความยาว 3 ซม.....	
4.23 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมโยกกล้วย 0.5 %.....	45
ความยาว 4 ซม.....	
4.24 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโยกกล้วย 1 %.....	46
ความยาว 4 ซม.....	
4.25 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมโยกกล้วย 2 %.....	46
ความยาว 4 ซม.....	
4.26 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมโยกกล้วย 3 %.....	46
ความยาว 4 ซม.....	
4.27 กำลังรับแรงอัดของสูตรอิฐมวลเบา(ไม่ผสมเถ้าปาล์มและโยกกล้วย)	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.28 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 %.....	48
ความยาว 2 ซม.....	
4.29 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 %.....	48
ความยาว 2 ซม.....	
4.30 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 %.....	48
ความยาว 2 ซม.....	
4.31 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 %.....	49
ความยาว 2 ซม.....	
4.32 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 %.....	49
ความยาว 3 ซม.....	
4.33 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 %.....	49
ความยาว 3 ซม.....	
4.34 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 %.....	50
ความยาว 3 ซม.....	
4.35 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 %.....	50
ความยาว 3 ซม.....	
4.36 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 %.....	50
ความยาว 4 ซม.....	
4.37 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 %.....	51
ความยาว 4 ซม.....	
4.38 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 %.....	51
ความยาว 4 ซม.....	
4.39 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 %.....	51
ความยาว 4 ซม.....	
4.40 การเปรียบเทียบความหนาแน่นเชิงปริมาตร.....	52
4.41 การเปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำ.....	53
4.42 การเปรียบเทียบความหนาด้านทานแรงอัด.....	54
4.43 ราคาวัสดุตามท้องตลาดโดยเฉลี่ย.....	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.44	56
ก-1	61
ก-2	61
ก-3	61



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แผนผังการดำเนินงาน.....	4
2.1 องค์ประกอบต่างๆของต้นกล้วย.....	12
2.2 เส้นใยกล้วย.....	16
2.3 กอกล้วยปาล์มน้ำมันที่ต้องนำไปเป็นข้อเพลิง.....	17
2.4 กอกล้วยปาล์มน้ำมันที่ต้องนำไปทิ้ง.....	17
2.5 ลักษณะอนุภาคของกล้วยปาล์ม.....	18
3.1 เครื่องทดสอบกำลังอัด.....	21
3.2 เครื่องผสมมอร์ต้า.....	21
3.3 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์.....	22
3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก.....	22
3.4 แบบหล่อขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร.....	22
3.5 ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 30.....	23
3.6 ตู้อบ.....	23
3.7 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1.....	24
3.8 ทรายละเอียด.....	24
3.9 กล้วยปาล์มน้ำมันที่ยังไม่ได้ผ่านการร่อน.....	25
3.10 กล้วยปาล์มน้ำมันที่ผ่านการร่อน.....	25
3.11 ต้นกล้วยหอม.....	26
3.12 หั่นต้นกล้วยเป็นชิ้น.....	26
3.13 ต้นกล้วยที่ผ่านการหั่นแล้ว.....	26
3.14 กาบกล้วย.....	27
3.15 กาบกล้วยที่ผ่านการเลาะฟองน้ำออกจากกาบกล้วย.....	27
3.16 แยกเส้นใยกล้วย.....	27
3.17 ตัดเส้นใยให้ได้ขนาดที่ต้องการ.....	28
3.18 เส้นใยที่ผ่านการตัดแล้ว.....	28
3.19 น้ำ.....	28
3.20 น้ำยาผลิตโฟม.....	29
3.21 ผสมปูนซีเมนต์ ทราย กล้วยปาล์ม และใยกล้วยตามอัตราส่วนที่กำหนด.....	32

สารบัญรูป(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.22 ผสมปูนซีเมนต์ ททราย เถ้าปาล์ม และใยกล้วยตามอัตราส่วนให้เข้ากัน.....	33
3.23 บรรจุคอนกรีตมวลเบาที่ผสมแล้วลงแบบหล่อ ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร.....	33
3.24 ตัวอย่างคอนกรีตมวลเบาที่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย.....	33
3.25 แสดงการทดสอบความต้านทานแรงอัด.....	34
3.26 ชั่งน้ำหนัก.....	35
3.27 วัดขนาด.....	35
3.28 การอบชิ้นงานเพื่อหาอัตราการดูดซึมน้ำ.....	36
4.1 กราฟเปรียบเทียบความหนาแน่นของอิฐมวลเบาสูตรต้นแบบกับสูตรที่ไม่ผสมเถ้าปาล์ม.....	42
และใยกล้วย.....	.....
4.2 กราฟเปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมวลเบาสูตรต้นแบบกับสูตรที่ผสมเถ้าปาล์ม.....	47
และใยกล้วย.....	.....
4.3 กราฟเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดประลัยของอิฐมวลเบาสูตรต้นแบบกับสูตร.....	52
ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย.....	.....

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการก่อสร้างความรวดเร็วและความสะดวกเป็นสิ่งสำคัญจึงนิยมใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปมากขึ้น อิฐบล็อกจึงเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีประโยชน์และความสำคัญ่องานก่อสร้างเกือบทุกชนิด แต่เนื่องจากอิฐบล็อกที่ผลิตขึ้นส่วนใหญ่มาจากการผสมปูนซีเมนต์ หิน กรวด และน้ำ จึงทำให้อิฐบล็อกที่ได้มีน้ำหนักค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามได้มีการได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาพัฒนาการผลิตอิฐบล็อกเพื่อทำให้มีน้ำหนักเบาลงโดยการใช้วัสดุมวลเบาแทนการใช้หิน แต่ก็ยังมีข้อเสียในเรื่องของความแข็งแรงที่ลดลง และกระบวนการผลิตค่อนข้างมีราคาสูง ดังนั้นจึงมีการวิจัยอิฐบล็อกที่มีน้ำหนักเบา แต่ยังคงสภาพความแข็งแรง มีกระบวนการผลิตที่ง่าย ราคาประหยัด ขึ้นมาหลายงานซึ่งได้ทำการปรับเปลี่ยนส่วนผสมในการผลิตโดยใช้วัสดุจากธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมแทน เช่น แกลบ ชี้เถ้า กากน้ำตาล ฟางข้าว เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงการนำเส้นใยจากธรรมชาติมาใช้เป็น ส่วนผสมในการพัฒนาอิฐบล็อกให้มีคุณสมบัติการใช้งานที่ดีขึ้นเช่นกัน ตัวอย่างของเส้นใยที่มีการศึกษา มาแล้วในอดีต เช่น เส้นใยจากเปลือกมะพร้าว เส้นใยปาล์ม และเส้นใยจากต้นปอ เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก ประเทศไทยมีเนื้อที่ 320.70 ล้านไร่ เป็นเนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร 149.25 ล้านไร่ (ร้อยละ 46.54) โดยเนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรแบ่งเป็นที่นาข้าว พืชไร่ สวนไม้ผลและไม้ยืนต้น สวนผักและ ไม้ดอกไม้ประดับ และการเกษตรอื่นๆ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) จากลักษณะดังกล่าวทำให้ ประเทศไทยมีของเสียที่เกิดจากการผลิตทางการเกษตรค่อนข้างสูงหนึ่งในของเสียที่เกิดจากผลผลิตทางการเกษตร คือ ต้นกล้วย กกล้วย จัดเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย ในปี 2554 มูลค่าการส่งออก ผลไม้และผลิตภัณฑ์ของไทย ประมาณ 81,513 ล้านบาท มูลค่าการส่งออกมากที่สุด คือ สับปะรด รองลงมา คือ ลำไย พุเรียน มังคุด มะม่วง และ กล้วย โดยปกติเมื่อนำเครือกล้วยไปใช้ประโยชน์ ต้นกล้วย ก็จะโดนตัดทิ้ง มีการนำต้นกล้วยไปใช้เป็นอาหารสัตว์บ้างในสวน หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ แต่ก็ยัง ถือว่ามีปริมาณน้อยต้นกล้วยส่วนที่เหลือ จึงต้องกำจัดทิ้งในวิธีที่แตกต่างกันไป จากที่ผ่านมามีการแปรรูป 2 ต้นกล้วยเพื่อนำมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น เส้นใยสำหรับทอผ้า การนำเส้นใยกล้วยมาสร้างเป็น ผลิตภัณฑ์ สานเส้นใยเป็นผ้าเปตานโดยการขึ้นและยึดติดกับโครงเคร่า เนื่องด้วยคุณสมบัติของเส้นใย กล้วยที่มีลักษณะเป็นเส้นใยสั้น พวงเซลล์ค่อนข้างบาง เส้นใยแข็งแรงและกระด้าง มีความเหนียว สามารถ ต้านทานแรงดึงได้ดี และเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นที่มาจากธรรมชาติ ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงเล็งเห็น ถึงความสำคัญของต้นกล้วยซึ่งจัดเป็นพืชที่มีเส้นใยนำมาศึกษาโดยการใช้เส้นใยจากต้นกล้วยเป็นส่วนผสม ในการผลิตอิฐบล็อกแทนการใช้หินคลุกในอัตราส่วนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสม เพื่อลดน้ำหนักของอิฐบล็อกให้เบาลง และยังคงรักษาสภาพของแข็งแรง นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยการนำ ผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการเกษตรมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 5.87 ล้านไร่ เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2546 จำนวน 3.85 ล้านไร่ คิดเป็น 190 % และมีผลผลิตปาล์มน้ำมัน 15.53 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2546 จำนวน 10.63 ล้านตัน คิดเป็น 216.94 % จะเห็นได้ว่าจากข้อมูล พื้นที่ปลูก พื้นที่ให้ผลผลิต ปาล์มน้ำมัน และผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ได้ของประเทศไทยมีอัตราการเพิ่มขึ้นมากกว่า 100 % (สำนักงานเศรษฐกิจ การเกษตร, 2562) ผลผลิตจากสวนปาล์มที่ได้ถูกส่งเข้าโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมันดิบ ซึ่งในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม ดิบก่อให้เกิดวัสดุเหลือใช้หลายชนิด ได้แก่ เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม น้ำเสีย กากตะกอนปาล์ม และทะลายเปล่าปาล์ม ในแต่ละปีจะมีทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันที่เกิดขึ้นจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในปริมาณมาก หากมีการสะสมทะลายเปล่าปาล์ม น้ำมันในปริมาณมากจะทำให้เกิดการหมักหมม และเกิดการชะล้างน้ำมันลงสู่แหล่งธรรมชาติโดยฝน ทำให้คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงไปจนเกิดภาวะมลพิษได้ (ณัฐวาทศน์ แจ้เปี้ยว, 2558)

วัสดุผลพลอยจากโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มพบว่า วัสดุดิบทะลายปาล์มสด 1,000 กิโลกรัม จะให้น้ำมันประมาณ 200 กิโลกรัม ทะลายเปล่าประมาณ 220 กิโลกรัม เมล็ดในประมาณ 50 กิโลกรัม กะลา ประมาณ 55 กิโลกรัม กากตะกอนและน้ำประมาณ 475 กิโลกรัม (ธีระพงศ์, 2551) จะเห็นว่าในกระบวนการสกัดน้ำมัน ปาล์ม มีส่วนที่เหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมันมากกว่าส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์ ในปัจจุบันจึงมีวัสดุอินทรีย์เหลือใช้จาก โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในปริมาณมาก ซึ่งถ้ามีการสะสมโดยไม่มีการกำจัดหรือนำไปใช้ประโยชน์ อาจทำให้เกิดมลภาวะขึ้น ได้ ปัจจุบันจึงได้มีการนำวัสดุอินทรีย์เหล่านี้มาใช้ประโยชน์มากขึ้น เช่น ใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ด เป็นวัสดุปลูก ทำปุ๋ยหมัก

ขี้เถ้าปาล์มน้ำมัน (oil palm ash) เป็นวัสดุผลพลอยได้จากการนำกากของผลปาล์มน้ำมัน ได้แก่ เศษกะลา เส้นใย และทะลายปาล์มเปล่าของผลปาล์มเผาเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิดไอน้ำ ในการผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ภายในโรงงาน หลังจากการใช้เป็นเชื้อเพลิง ทำให้เกิดเถ้าขนาดเล็กฟุ้งกระจาย

ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการใช้เส้นใยกล้วยและเถ้าปาล์มน้ำมันให้เป็นประโยชน์ ซึ่งหากไม่นำมาใช้ประโยชน์อาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ โดยนำมาใช้เป็นวัสดุผสมในอิฐมวลเบา

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

มีรายละเอียดดังนี้

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติและหาแนวทางการประยุกต์ใช้เถ้าปาล์มน้ำมันและใยกล้วยที่ใช้ในการทำอิฐมวลเบา
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตอิฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มน้ำมันและใยกล้วยหอม
3. คำนวณต้นทุนของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าผลปาล์มน้ำมันและใยกล้วยหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้ากะลาปาล์มจากจังหวัดกระบี่และโยกล้วยจากกาบ ของต้นกล้วยหอม ที่ใช้ผสมในคอนกรีตมวลเบา เพื่อให้ได้คอนกรีตมวลเบาที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างจากคอนกรีตมวลเบาทั่วไป โดยเปรียบเทียบจากคุณสมบัติด้านต่าง ๆ เช่น ค่าความหนาแน่น ค่าอัตราการดูดซึมน้ำ ค่ากำลังรับแรงอัด (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์-อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541)

1.4 วิธีการศึกษา

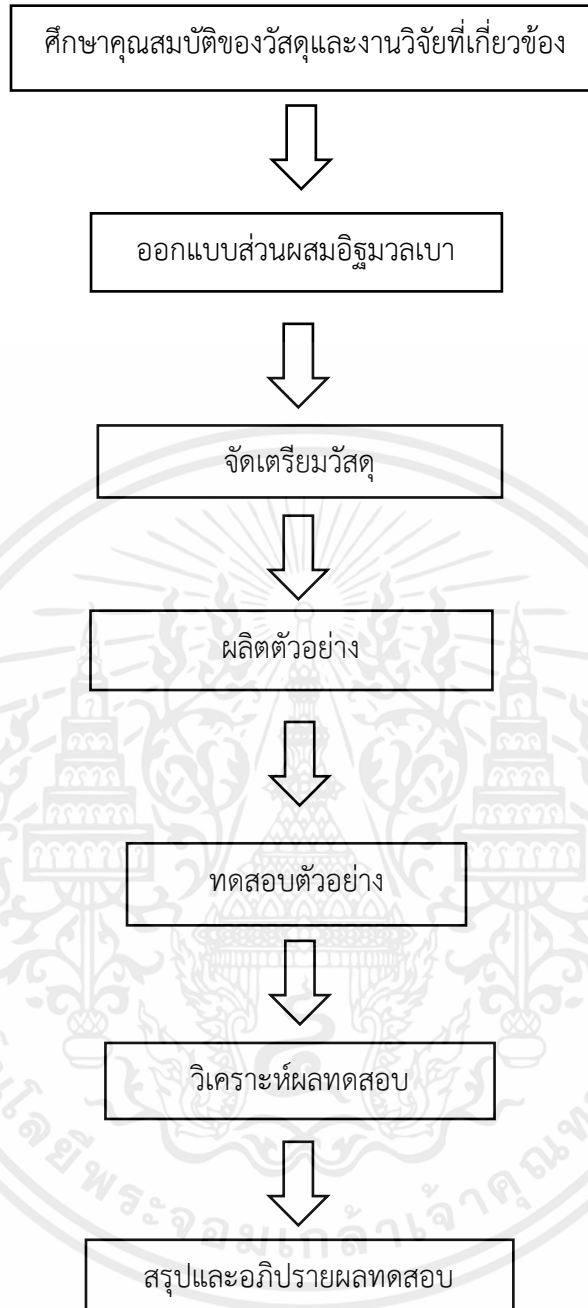
วิธีการศึกษาแสดงได้ดังรูปที่ 1.1 และมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา เถ้าปาล์มน้ำมัน โยกล้วยหอม รวมถึงรายงานที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการทดสอบ
2. ออกแบบส่วนผสมโดยกำหนดอัตราส่วนผสม
3. เตรียมส่วนผสมของโยกล้วยโดยการนำต้นกล้วยไปผ่านกรรมวิธีแยกเป็นเส้นใย และเตรียมเถ้าปาล์ม
4. ทำการทดสอบคุณสมบัติของเถ้าปาล์มน้ำมันคือหาความถ่วงจำเพาะ หาขนาดผลของเถ้าผลปาล์ม และทดสอบคุณสมบัติเส้นโยกล้วยโดยทดสอบความถ่วงจำเพาะแล้วทดสอบแรงดึง
5. ทำการผลิตตัวอย่างตามส่วนผสมที่ออกแบบ หล่อในแบบมอร์ต้าขนาด 5x5x5 เซนติเมตร โดยผลิตตัวอย่างละ 3 จำนวนในแต่ละส่วนผสม
6. นำตัวอย่างที่ได้มาทดสอบ เพื่อหาความหนาแน่น อัตราการดูดซึมน้ำ และกำลังรับแรงอัด โดยเกณฑ์การทดสอบอิงตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีคุณลักษณะตามที่มาตรฐานกำหนด
7. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ พร้อมเปรียบเทียบผลที่ได้กับค่ามาตรฐาน
8. สรุปผลการทดสอบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นแนวทางมีรายละเอียดดังนี้

1. เป็นแนวทางในการผลิตอิฐมวลเบาและลดต้นทุนการผลิตอิฐมวลเบาโดยการใช้วัสดุที่เหลือจากการเกษตรและเถ้าปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นขยะจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน
2. สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตอิฐมวลเบาให้แก่อุตสาหกรรมชุมชนได้
3. เป็นการลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากการเกษตร



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ความหมายคอนกรีตมวลเบา คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา มาตรฐานคอนกรีตมวลเบา ระบบ CLC สารเพิ่มฟองอากาศ ความหมายตันกล้วย ส่วนประกอบของตันกล้วย เส้นใย เส้นใยกล้วย ถ้ำปาล์ม น้ำมัน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประวัติของคอนกรีตมวลเบา

การริเริ่มคิดค้นการผลิตคอนกรีตมวลเบา เกิดขึ้นจากแนวคิดที่ว่าด้วยการนำวัสดุที่มีอยู่มาพัฒนาให้เป็นวัสดุ ก่อสร้างชนิดใหม่ ที่มีความสามารถในการทำได้ดีกว่าเดิม เช่น มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ใช้งานง่าย และสะดวก AYLSWORTH ได้คิดค้นโดยการเพิ่มฟองอากาศในเนื้อวัสดุทำน้ำหนักเบาโดยใช้ผงโลหะ ในปี ค.ศ.1881 (พ.ศ. 2424) ประเทศสวีเดน MICHAELIS ได้คิดค้นวัสดุก่อสร้างชนิดแรกที่ใช้ก้อนขี้เถ้าบดด้วยไอน้ำ โดยมีส่วนผสม ของทรายกับปูนขาวเป็นวัตถุดิบหลักในปี ค.ศ.1914 (พ.ศ. 2457) ประเทศอังกฤษ (Metallic Powder) เป็นตัวทำปฏิกิริยาเคมี ในปี ค.ศ.1923 (พ.ศ. 2466) ประเทศอังกฤษ ERIKSSON ได้นำพัฒนา โดยรวมวิธีการอบไอน้ำละเพิ่มฟองอากาศเข้าด้วยกันในเนื้อ วัสดุ ซึ่งเป็นผลทำให้ได้วัสดุก้อนขี้เถ้าที่มีความเบา และมีความแข็งแรงสูงซึ่งดีกว่าอิฐก่อ ผนังชนิดอื่นในโลกการผลิตคอนกรีตมวลเบาได้ถือกำเนิดเกิดขึ้นและมีการพัฒนามาจนถึงปี 1929 (พ.ศ.2472) ในปี ค.ศ.1929 (พ.ศ. 2472) ประเทศเยอรมัน ช่วงสงครามโลกนำ พัฒนาระบบการผลิตในรูปของเครื่องจักร ควบคุมด้วยระบบ คอมพิวเตอร์ เพื่อผลิตคอนกรีตมวลเบาสำหรับ ช่อมแซมบ้านเรือน,อาคารสำนักงาน ในปี ค.ศ.1995 (พ.ศ. 2538) ประเทศไทย ประเทศไทยมีความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีการก่อสร้างเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะ ธุรกิจสังหาริมทรัพย์ที่เป็นธุรกิจที่ทำ ให้กับนักลงทุนเป็นอย่างมาก แต่ทว่างาน ก่อสร้างในเมืองไทยยังมีปัญหาด้านอิฐก่อผนังที่ยังไม่มีวิธีการผลิตที่ ควบคุมมาตรฐานที่ดี ซึ่งผู้ประกอบการรายใหญ่ในขณะนั้น ได้ค้นพบการแก้ปัญหาในงานก่อสร้าง ลดความ ล่าช้า ในการทำการ สามารถส่งมอบโครงการได้ตรงตามกำหนดเวลา ด้วยการซื้อลิขสิทธิ์ การผลิตและ เครื่องจักรจากเยอรมันจาก 2 ผู้ผลิตชั้นนำของโลกคือHEBLE,YTONG และWEHEAHAN โรงงานผลิตสินค้าออก สู่ตลาด ในปี 2539-2540 ตามลำดับในปี ค.ศ.2002 (พ.ศ. 2545) ประเทศไทย ประเทศไทยมีความนิยมในตัว คอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำมาก

จนมีผู้คิดค้นวัสดุทดแทน (CLC) หรือเทียบเท่า แต่ไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร รวมถึงมาตรฐานการผลิตที่ถูกต้อง และแก้ปัญหา เหตุผลหนึ่งที่ทำให้คอนกรีตมวลเบาเป็นที่นิยมมากคือ เป็นวัสดุที่ผลิตจาก วัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศ และได้จากธรรมชาติ จึงไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ผลิตได้ทุกฤดูกาล (สุรเชษฐ์ อุปวรรณ, สุรพงษ์ สุวรรณราช และอรรถพล หายทุกข์, 2556)

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 คอนกรีตมวลเบา

คอนกรีตมวลเบา คือคอนกรีตที่มีน้ำหนักเบาและมีความหนาแน่นน้อยกว่าคอนกรีตที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป ซึ่งสามารถนำมาใช้แทนส่วนประกอบโครงสร้างเป็นผลทำให้ขนาดของโครงสร้างลดลงและรวมถึงลดแรงงานก่อสร้างด้วย อีกทั้งยังมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนและเก็บเสียงได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา โดยคอนกรีตมวลเบาที่นิยมใช้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆดังนี้ (กฤตวิทย์ กันทะวงศ์, 2559)

1) คอนกรีตที่มีส่วนผสมของวัสดุที่มีน้ำหนักเบา (Lightweight Aggregate Concrete) ได้แก่การใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาทดแทนหินเพื่อลดน้ำหนักของคอนกรีตลงหินเบาจะมีลักษณะที่เป็นรูพรุนมีฟองอากาศอยู่ภายในจำนวนมากจึงมีน้ำหนักเบา คอนกรีตมวลเบาที่ได้จากวิธีนี้จะมีน้ำหนักประมาณ 1000-1600 กก./ลบ.ม. แต่ก็มีผลเสียคือมีราคาที่สูงกว่าคอนกรีตธรรมดาทำให้คอนกรีตมวลเบาประเภทนี้ไม่เป็นที่นิยม

2) คอนกรีตเติมฟองอากาศ (Aerated Concrete) คือ คอนกรีตที่ได้จากการผสมฟองอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 – 1.0 มิลลิเมตร หรือที่เรียกว่า โฟม ลงในคอนกรีต การผสมมี 3 วิธี คือ

2.1) การผสมโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical Aerating) คือ การใช้สารเคมีประเภท Aluminum powder หรือใช้ Hydrogen peroxide ที่ร่วมกับ Bleaching powder ผสมเข้ากับคอนกรีตเพื่อทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำขึ้นภายในเนื้อคอนกรีต ฟองอากาศเหล่านี้เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์เพสต์กับสารเคมี ซึ่งจะทำให้คอนกรีตพองตัวฟูขึ้นมีปริมาตรมากกว่าเดิมหลายเท่า และเมื่อแข็งตัวแล้วก็กลายเป็นคอนกรีตที่มีรูเล็กๆอยู่ภายในมากมาย ด้วยวิธีนี้อาจทำคอนกรีตให้เบากว่าน้ำได้ถึง 3 เท่า คือหนักเพียง 320 กก./ลบ.ม. และอาจเรียกคอนกรีตประเภทนี้ว่า “Gas Aerated Concrete”

2.2) การผสมสารที่ทำให้เกิดโฟม (Foaming Mixture) คือ การใช้สารกักกระจายฟองอากาศ (Air-entrained foam) ผสมร่วมกับคอนกรีต สารชนิดนี้เป็นสารอินทรีย์ที่ทำปฏิกิริยาบวมผิวก่อให้เกิดฟองอากาศเล็กๆ ในปริมาณที่สามารถควบคุมได้ภายในเนื้อคอนกรีต ฟองอากาศนี้จะกระจายตัวอยู่สม่ำเสมอและไม่ทะลุซึ่งกันและกัน

2.3) การผสมโดยทำให้เกิดโฟมก่อนแล้วผสมกับมอร์ต้า เป็นวิธีการสร้างฟองก่อนแล้วจึงผสมร่วมกับซีเมนต์เพสต์ (Preformed foam) อาจเรียกคอนกรีตประเภทนี้ว่า “Foam Aerated Concrete” หรือ “Cellular Lightweight Concrete

การเพิ่มฟองอากาศในเนื้อคอนกรีตจากปฏิกิริยาเคมี เป็นวิธีที่ต้องอาศัยเครื่องมือ, อุปกรณ์และกรรมวิธีทางเคมี ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 วิธีดังนี้

1) วิธีทำคอนกรีตภายใต้แรงดันสูงและอบไอน้ำ (Autoclaved Aerated Concrete) หรือ ACC. ซึ่งแบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้เป็น 2 ประเภท

- ประเภทที่ 1 Lime Base ใช้ปูนขาวซึ่งควบคุมคุณภาพได้ยาก มาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต คุณภาพคอนกรีตที่ได้ไม่ค่อยสม่ำเสมอ มีการดูดกลืนน้ำมากกว่า

- ประเภทที่ 2 Cement Base ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต เป็นระบบที่นอกจากจะช่วยให้คอนกรีตได้มาตรฐานสม่ำเสมอแล้วยังช่วยให้เกิดการตกผลึก(Calcium Silicate) ในเนื้อคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรง ทนทานกว่าการผลิตในระบบอื่นมากโดยส่วนผสมประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนขาว (Lime) ททราย ยิปซัม และสารผสมเพิ่มเพื่อการขยายตัว (Expansion Agent) โดยทั่วไปใช้ผงอลูมิเนียมในปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ปฏิกิริยาเคมีของผงอลูมิเนียมกับต่างจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ก่อให้เกิดฟองก๊าซไฮโดรเจนในขณะที่มอร์ต้ายังสด หรือใช้ผงสังกะสีหรืออลูมิเนียมอัลลอย ส่วนผสม จะขยายตัวฟูขึ้น ภายหลังการก่อตัวเริ่มต้น จึงนำคอนกรีตไปบ่มภายใต้ไอน้ำแรงดันสูง (High- Pressured-Steam) ที่เรียกว่า “ออโตคลอว์” (Autoclave) อุณหภูมิ 180 องศา ถึง 210 องศาเซลเซียสเพื่อเร่งการแข็งตัวก่อนนำไปใช้งาน

2) วิธีการทำในสภาวะแวดล้อมและความดันบรรยากาศทั่วไป (Cellular Light Weight Concrete) หรือมีชื่อย่อ ว่า CLC. เป็นกระบวนการลดแรงตึงผิว (Surfactant) โดยทั่วไปนิยมใช้ โปรตีนจากสัตว์ซึ่งผ่านกระบวนการย่อยสลายทางเคมี (Protein Hydrolyzed) เป็นพื้นฐาน หรือได้ จากสารสังเคราะห์อื่นๆ ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่ากันผลิตโดยใช้ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ททราย น้ำ และผสมฟองอากาศที่เป็นเม็ดกลมขนาดเล็กมากซึ่งมีเสถียรภาพสูงจนคอนกรีตหรือมอร์ต้า ก่อตัวจนแข็งโดยฟองอากาศไม่แตกอาจใช้สารลดน้ำ หรือ สารหน่วง หรือ สารเร่งการแข็งตัว เพื่อ ความเหมาะสมตามสภาวะการใช้งาน หรือ ตามที่วิศวกรหรือผู้เชี่ยวชาญออกแบบไว้ (กฤตวิทย์ กันทะวงค์, 2559)

2.2.2 คุณสมบัติคอนกรีตมวลเบา

1) คุณสมบัติทางกายภาพ คอนกรีตมวลเบา หนา 10 เซนติเมตร เมื่อรวมน้ำหนักวัสดุรวมปูนฉาบหนัก 120 กิโลกรัม ในขณะที่อิฐมอญก่อ 2 ชั้น (เว้นช่องว่างตรงกลาง) จะหนัก 180 กิโลกรัมซึ่งน้ำหนักของการก่ออิฐมอญจะมากกว่าทำให้ต้องเตรียมโครงสร้างเพื่อการรับน้ำหนักในส่วนนี้ด้วยทำให้ต้นทุนโครงสร้างเพิ่มขึ้น

2) การกันความร้อนหากเป็นกรณีปกติ “คอนกรีตมวลเบา” จะมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่าอิฐมอญประมาณ 8-11 เท่า แต่การก่อผนังภายนอกจะต้องมีความหนา 10 เซนติเมตร และผนังภายในหนา 7 เซนติเมตรขึ้นไปจึงจะสามารถกันความร้อนได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การกันเสียงคอนกรีตมวลเบาจะกันเสียงได้ดีกว่าอิฐมวลเบาประมาณ 20% ลดการสะท้อนของเสียงได้ดีกว่าเนื่องจากโครงสร้างของอิฐมวลเบาไม่มีฟองอากาศเป็นจำนวนมากอยู่ภายในทำให้ดูดซับ เสียงได้ดีจึงเหมาะสำหรับห้องหรืออาคารที่ต้องการความเงียบ เช่น โรงภาพยนตร์หรือห้องประชุม

4) การกันไฟคอนกรีตมวลเบา ทนไฟที่ 1,100 องศาเซลเซียส ได้นานกว่า 4 ชั่วโมงซึ่งนานกว่า อิฐมวลเบา 2-4 เท่า จะทำให้ช่วยจำกัดความเสียหายในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ได้

5) น้ำหนักเบาและรับแรงกดได้ดีน้ำหนักเบากว่าอิฐมวลเบา 2-3 เท่าและเบากว่าคอนกรีต 4-5 เท่า ส่งผลให้ประหยัดค่าก่อสร้างโครงสร้างอาคาร และเสาเข็มลงได้อย่างมาก แต่อาคารยังคงมีความแข็งแรงเท่าเดิมจากโครงสร้างของคอนกรีตมวลเบาที่ประกอบไปด้วยฟองอากาศจำนวนมากทำให้มีน้ำหนักเบาและสามารถรับแรงกดได้ดี ซึ่งจากคุณสมบัติข้อนี้ทำให้ผู้ใช้สามารถประหยัดต้นทุนในการก่อสร้างได้มาก ยกตัวอย่างเช่น ไม่ต้องลงเสาเข็มลึกมากเนื่องจากโครงสร้างเบาและสามารถก่อสร้างโดยใช้โครงสร้างที่เล็กลง ทำให้ประหยัดการใช้เหล็ก และมีพื้นที่ใช้สอยภายในมากขึ้น

6) ประหยัดพลังงานเนื่องจากสามารถกันความร้อนได้ดีกว่าอิฐมวลเบาแล้วยังใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดเล็กลงได้ ช่วยประหยัดค่าไฟได้มาก กันความร้อนได้ดีกว่าอิฐมวลเบาถึง 4-8 เท่า จึงช่วยลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก สู่ภายในอาคารได้เป็นอย่างดี ช่วยลดค่าไฟฟ้าได้ถึง 30%

7) ใช้งานง่าย และรวดเร็ว เนื่องจากการผลิตที่ได้มาตรฐานทำให้สินค้าที่ออกมาเท่ากันทุกก้อน ทำให้การก่อสร้างโดยใช้คอนกรีตมวลเบาจะใช้เวลาในการก่อและเกิดการสูญเสียน้อยกว่าโดยเฉลี่ยแล้วภายใน 1 วัน การก่อผนังโดยใช้คอนกรีตมวลเบาจะได้พื้นที่ 25 ตารางเมตร สามารถตัด แต่ง เลื่อย โส เจาะส่งท่อระบบได้โดยใช้เครื่องมือเฉพาะที่ใช้งานง่าย และหาซื้อได้ทั่วไป

8) มิติเที่ยงตรง ขนาดมิติเที่ยงตรง แน่นนอน ได้ชิ้นงานที่เรียบ สวยงาม มีหลายขนาดให้เลือกประหยัดวัสดุ และ แรงงานในการก่อ ฉาบ

9) อายุการใช้งานยาวนาน เท่าโครงสร้างคอนกรีต (50 ปี) เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ทราย ปูนขาว ยิปซัม สารกระจายฟองอากาศ จึงมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า อิฐ มอญซึ่งส่วนผสมส่วนใหญ่ คือ ดิน (กฤษณะ เจริญคลัง และมานูญ บุญมา, 2548)

2.2.3 คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาที่ทำการศึกษา

คอนกรีตมวลเบาต่างจากคอนกรีตทั่วไป ทั้งเรื่องส่วนผสมและคุณสมบัติทางกายภาพ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับผู้ที่ทำการศึกษาว่าจะกำหนดและออกแบบอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ทราย น้ำ และปริมาณโฟมมากน้อยเพียงใด โดยคุณสมบัติที่ทำการศึกษาประกอบด้วย

2.2.3.1 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่น (Density) คือ อัตราส่วนระหว่างมวลของชิ้น ทดสอบหลังอบในตู้อบต่อปริมาตรของชิ้นทดสอบ ในการเลือกใช้คอนกรีตมวลเบาสำหรับก่อผนังแล้ว ส่วนใหญ่จะเลือกผลิตภัณฑ์ ที่มีความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งต่ำจะทำให้น้ำหนักของโครงสร้างเบาลง แต่เมื่อคอนกรีตมวลเบาที่มีความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งต่ำ ค่าความต้านแรงอัดก็จะต่ำลงด้วย (กฤษฎา สุทธิพันธ์, 2557)

2.2.3.2 อัตราการดูดซึมน้ำ (Water absorption)

อัตราการดูดซึมน้ำ (water absorption) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำสูงสุดที่คอนกรีตมวลเบาสามารถดูดซับได้ ต่อน้ำหนักของคอนกรีตมวลเบาในสภาพแห้ง การเลือกใช้ งานคอนกรีตมวลเบาสำหรับก่อผนังควรเลือกคอนกรีตมวลเบาที่มีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำ เพราะถ้าหากคอนกรีตมวลเบาที่มีอัตราการดูดซึมน้ำสูง เมื่อคอนกรีตมวลเบาได้ รับความชื้นจากภายนอก คอนกรีตมวลเบาจะดูดซับความชื้นไว้ได้มาก ทำให้ความแข็งแรงของผนังลดต่ำลง การยึดหดตัวก็เปลี่ยนแปลงได้มากขึ้น และการเลือกใช้ คอนกรีตมวลเบาสำหรับก่อสร้างผนังจำเป็นต้องฉาบผนังด้วยปูนฉาบให้เรียบเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของผนัง และลดสภาวะอากาศจากภายนอกที่มีผลต่อคอนกรีตมวลเบาซึ่งต่างจากอิฐดินเผา และคอนกรีตบล็อกที่สามารถก่อเปลือยผิวได้ (กฤษฎา สุทธิพันธ์, 2557)

2.2.3.3 ความต้านแรงอัด (Compressive strength)

ความต้านแรงอัด (compressive strength) คือ ความสามารถในการรับแรงกดต่อพื้นที่ในการรับแรงกดของชิ้นทดสอบ การทดสอบทำโดยการวัดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบแล้วกดให้ชิ้นทดสอบแตก ในการเลือกใช้คอนกรีตมวลเบาสำหรับก่อผนัง ยิ่งคอนกรีตมวลเบาที่มีค่าความต้านแรงอัดสูงก็จะทำให้ผนังของอาคารมีความแข็งแรงขึ้น แต่โดยปกติเมื่อคอนกรีตมวลเบาที่มีค่าความต้านแรงอัดสูง น้ำหนักของผนังก็จะสูงตามไปด้วยดังนั้นการเลือกใช้งานก็ควรเลือกให้เหมาะกับชนิด และตำแหน่งของผนัง เช่น ถ้าผนังภายนอกควรเลือกใช้ คอนกรีตมวลเบาที่มีความต้านแรงอัดสูง ส่วนผนังกันห้องภายในอาจเลือกคอนกรีตมวลเบาที่มีค่าความต้านแรงอัดต่ำลงก็ได้ (กฤษฎา สุทธิพันธ์, 2557)

2.2.4 มาตรฐานคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC

สำหรับประเทศไทย ได้มีการประกาศกฎกระทรวงอุตสาหกรรมเกี่ยวกับคอนกรีตมวลเบา แบบเติมฟองอากาศ มอก.2601-2556 ในการศึกษาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้คอนกรีตมวลเบาที่มีคุณลักษณะผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.2601-2556 ด้วยคุณสมบัติที่สำคัญ 3 ประการคือ

1. ความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้ง ตามตารางที่ 2.1
2. อัตราการดูดซึมน้ำ ตามตารางที่ 2.23. ความต้านทานแรงอัด ตามตารางที่ 2.3
3. ความต้านทานแรงอัด ตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.1 ชนิดของคอนกรีตมวลเบาตาม มอก.2601-2556

ชนิด	ความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งเฉลี่ย (kg/m ³)
C6	501 ถึง 600
C7	601 ถึง 700
C8	701 ถึง 800
C9	801 ถึง 900
C10	901 ถึง 1000
C12	1001 ถึง 1200
C14	1201 ถึง 1400
C16	1401 ถึง 1600

ตารางที่ 2.2 อัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาตาม มอก.2601-2556

ชนิด	อัตราการดูดซึมน้ำ ไม่มากกว่า % (เศษส่วนโดยมวล)
C6	25
C7	
C8	
C9	23
C10	
C12	
C14	20
C16	

ตารางที่ 2.3 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาตาม มอก.2601-2556

ชนิด	ความต้านทานแรงอัด ไม่น้อยกว่า Mpa (kg/cm ²)
C6	2.0 (20.4)
C7	
C8	
C9	2.5 (25.5)
C10	
C12	
C14	5.0 (51.0)
C16	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 สารเพิ่มฟองโฟม

เป็นส่วนหนึ่งของการปรับคุณสมบัติของ ผลิตภัณฑ์คอนกรีต CLC ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ ออกแบบ เช่นการนำไปผลิตเป็น อิฐมวลเบา, กำแพงมวลเบา, ผนังมวลเบา, การเทหล่อในที่คอนกรีตมวลเบา แบบที่ใช้สารสร้างโฟมก่อน (ต่างจากสารกักกระจายฟองอากาศที่ใช้ในกรณีคอนกรีตกักกระจายฟองอากาศ เนื่องจากสารกักกระจายฟองอากาศจะให้ฟองที่มีขนาดเล็กกว่าและฟองจะมีความเสถียรมากกว่า) โฟมที่ใช้เป็นโฟม ที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันฟองโฟมมันคง ให้ประสิทธิภาพดีเยี่ยมในการต้านทานความร้อน โฟมโพรตีน

โฟมโพรตีนจากสัตว์ “มีลักษณะสีน้ำตาลเข้ม” มีกลิ่นแรง ผลิตขึ้นมาโดยการหมักโพรตีนจากส่วนแข็ง ของสัตว์ เช่น กีบและเขาสัตว์ ขนไก่ ฯลฯ ซึ่งเมื่อย่อยสลายจะให้เนื้อโฟมคุณภาพสูง เมื่อเก็บไว้นานจะมีปัญหา เรื่องการบูดเน่า เหม็น ผลิตภัณฑ์จะมีกลิ่นของโฟมติดด้วยนาน ปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมโฟมโพรตีนจากพืช “มี ลักษณะใส” มีส่วนผสมของสารลดความตึงผิวไม่มีกลิ่น เนื้อโฟมคุณภาพสูงโดยมีการเติมสารบางชนิดเพื่อเพิ่ม คุณสมบัติพิเศษต่างๆรวมทั้ง ความต้านทาน การกัดกร่อน ความต้านทานการสลายตัวของแบคทีเรีย รวมไปถึง การควบคุมความชื้น เมื่อเก็บไว้นานจะไม่มีปัญหาเรื่องการบูดเน่า เหม็น เป็นที่นิยมใช้อย่างมาก การจำแนกประเภทโฟมตามอัตราการขยายตัว (Expansion Rate)

- 1.โฟมอัตราขยายตัวต่ำ (Low ExpansionFoam Concentrate) มีการขยายตัว 20 เท่า
 - 2.โฟมอัตราขยายตัวปานกลาง (MediumExpansion Foam Concentrate) มีการขยายตัวจาก 20 ถึง 200 เท่า
 - 3.โฟมอัตราขยายตัวสูง (High ExpansionFoam Concentrate) มีการขยายตัวจาก 200 ถึง 1,000 เท่า
- คุณภาพของโฟม

ตรวจสอบได้จากอัตราการขยายตัว และความหนาแน่นของโฟมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 40 ถึง 60 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร โฟมที่มีความหนาแน่นมากกว่านี้มีแนวโน้มจะแยกชั้น เนื่องจากโฟมไม่สามารถอุ้มน้ำได้ โฟมจะแตกตัวเป็นฟองขนาดใหญ่ขึ้น และน้ำจะแยกตัวออกอยู่ด้านล่าง ลักษณะโฟมที่ดีต้องไม่แยกตัวเมื่อตั้งทิ้งไว้ 15 นาที โฟมจะถูกนำไปผสมให้เข้ากับซีเมนต์ในชั้นตอนสุดท้าย ซึ่งถ้าผสมนานเกินไปจะทำให้ฟองอากาศ แตก ปริมาณฟองอากาศในส่วนผสมก็จะลดลงได้ โดยปริมาณฟองอากาศที่ใส่หรือการออกแบบสัดส่วนผสม ขึ้นอยู่กับกำลังอัดที่ต้องการ หนวญน้ำหนักที่ต้องการและคำแนะนำจากผู้ผลิตน้ำยา (อ้างอิงจาก เว็บไซต์ mortarhai.blogspot 27 กันยายน 2559)

2.2.6 กล้าย

กล้าย เป็นพรรณไม้ล้มลุกในสกุล Musa มีหลายชนิดในสกุล บางชนิดก็ออกหน่อแต่ว่าบางชนิดก็ไม่ ออกหน่อ ใบแบนยาวใหญ่ ก้านใบตอนล่างเป็นกาบยาวหุ้มห่อซ้อนกันเป็นลำต้น ออกดอกที่ปลายลำต้นเป็น ปลี และมักยาวเป็นวง มีลูกเป็นหวี ๆ รวมเรียกว่า เครือ พืชบางชนิดมีลำต้นคล้ายปาล์ม ออกใบเรียงกันเป็น แถวทำนองพตคลี่ คล้ายใบกล้วย เช่น กล้ายพัต (Ravenala madagascariensis) ทว่าความจริงแล้วเป็นพืชใน สกุลอื่น ที่มีใช้ทั้งปาล์มและกล้ายในเขตร้อนมีการปลูกกล้ายหลายชนิดเพื่อนำมาใช้เป็นอาหารส่วนมากจะปลูก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแถบของเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทางเหนือและลงมาทางใต้ สำหรับในประเทศไทยพบว่าอาจมีกล้วยมากถึง 13 พันธุ์ที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในประเทศไทย

พืชวงศ์ Musaceae จัดแบ่งออกได้เป็น 2 สกุลตามลักษณะการแตกกอ คือ

- 1) สกุลกล้วยโทน (Ensete) ได้แก่กล้วยที่ไม่แตกกอ ขึ้นเป็นต้นเดี่ยวๆมีอายุประมาณ 2 ปีหรือมากกว่า ผลรับประทานไม่ได้ เมื่อให้เมล็ดแล้วต้นจะตาย ใช้ทำแป้งหรือเอาเส้นใย กล้วยสกุลนี้ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด
- 2) สกุลกล้วยแตกกอ (Musa) ได้แก่กล้วยทั่วไป มีการแตกกอหรือแตกหน่อ ผลสามารถนำมาใช้เป็นอาหารและรับประทานได้ กล้วยในสกุลแตกกอนี้ แบ่งออกเป็น 5 พวก คือ

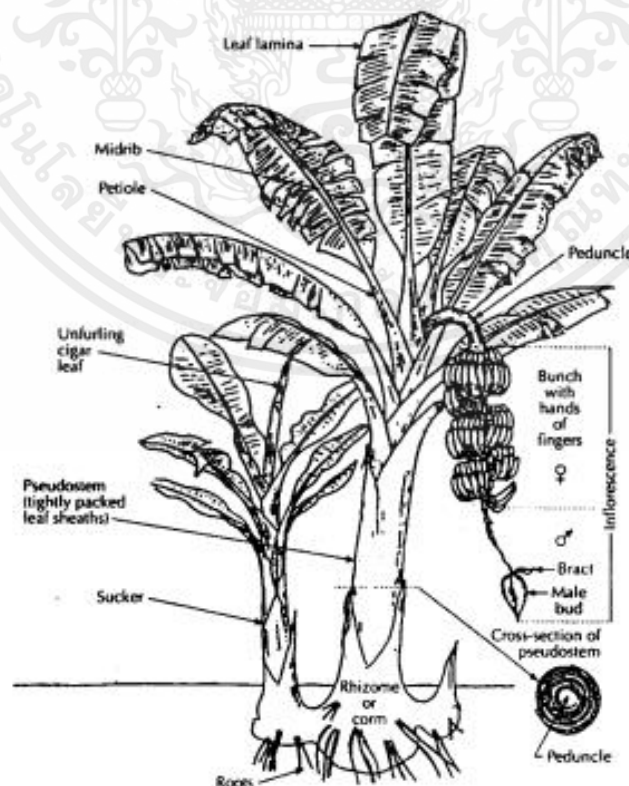
ก. Eumusa กล้วยพวกนี้มีความสำคัญที่สุด ใช้เป็นอาหารเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้นี้ยังใช้ทำเส้นใย มีถิ่นกำเนิดในอินเดียตอนเหนือ อินโดจีน และหมู่เกาะซามัว

ข. Australimusa มีความสำคัญทางเศรษฐกิจน้อยกว่าพวกแรก ที่สำคัญได้แก่กล้วยปามนิลหรือบางที่เรียก อะบากา มีมากในประเทศฟิลิปปินส์ นอกจากนี้ยังมีกล้วยไฟเอ เป็นกล้วยที่มีแป้งมากใช้เป็นอาหาร

ค. Cullimusa ไม่ค่อยมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ส่วนใหญ่ใช้เป็นไม้ประดับ

ง. Rhodochlamys ไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีถิ่นกำเนิดในอินเดียตอนเหนืออินโดจีน ส่วนใหญ่ใช้เป็นไม้ประดับ เช่น กล้วยบัว

จ. Ingentimusa พบในป่าดิบชื้นบนที่สูงระหว่าง 1,000-2,100 เมตร ใช้เป็นไม้ประดับ



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบต่างๆของต้นกล้วย (คำคุณ กาญจนภูมิ, 2550-2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะพฤกษศาสตร์ของกล้วยประกอบด้วยลักษณะดังนี้

1) ราก

ในระยะแรกหรือระยะต้นกล้าจะพบว่ามีรากแก้วปรากฏอยู่ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นรากฝอย เส้นผ่านศูนย์กลางของรากประมาณ 5- 8 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 20- 39 เซนติเมตร รากจะเกิดเป็นกลุ่ม กลุ่มละประมาณ 4 ราก ต้นกล้วยที่สมบูรณ์อาจมีรากถึง 400 รากในหนึ่งต้น

2) ลำต้นใต้ดิน

เป็นลำต้นที่แท้จริงของกล้วย หรือเรียกว่า "เหง้ากล้วย" (Rhizome) มีขนาดใหญ่ อาจมีเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 30 เซนติเมตร บนเหง้าจะมีข้อและปล้องที่สั้นมาก เนื้อเยื่อของเหง้าเป็นส่วนสะสมของพวกแป้ง จุดเจริญของเหง้าจะเป็นรูปร่างวงกลมแบนๆ เป็นจุดเริ่มของการเกิดใบและช่อดอกตามลำดับ ในแต่ละเหง้าอาจจะมีหลาย ๆ ตา และอายุที่แตกต่างกัน เนื้อเยื่อเจริญจะพัฒนาไปเป็นหน่อ ซึ่งใช้เป็นส่วนขยายพันธุ์ของกล้วย

3) ลำต้นเทียม

ลำต้นเทียม (Pseudo stem) คือส่วนที่ยึดตัวของหน่อ ประกอบด้วยกาบใบที่ประกบกันแน่นในระหว่างการเจริญเติบโตกาบเหล่านี้จะค่อยๆ คลี่ออกทีละกาบ กาบแรกได้แก่ กาบใบแคบ กาบที่สองได้แก่ กาบใบกว้าง และกาบที่สามได้แก่ กาบใบแก่ บริเวณของปลายลำต้นเหนือดินเป็นที่รวมของกาบใบ กาบใบที่อยู่รอบโคนกล้วยนั้นเป็นเนื้อเยื่อที่มีขนาดโต หนา และอวบไปด้วยน้ำเลี้ยง เนื่องจากใบใหม่เติบโตทยอยกันขึ้นมาเป็นลำต้นจนเบียดกันแน่นที่ใจกลางของลำต้น จึงเกิดการอัดกัน ทำให้ลำต้นแข็งแรงกาบใบที่เจริญยาวขึ้นมาจะกลายเป็นลำต้นกล้วยเทียมที่อาจสูงถึง 12 ฟุต

4) ใบ

ใบกล้วยที่โผล่เหนือดินขึ้นมา จะอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับลำต้น แล้วจะค่อยๆ ลู่ลง ใบมีลักษณะใหญ่ ยาวรี ขนาดใบกว้างประมาณ 100 เซนติเมตร ยาวประมาณ 150 - 400 เซนติเมตร มีความยาวเป็น 2 - 4.5 เท่าของความกว้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นด้วยเช่นกัน เช่น อายุ พันธุ์ และสภาพแวดล้อม

5) ช่อดอก

เมื่อหน่อกล้วยมีอายุ 7-9 เดือน หรือหลังจากปลูกกล้วยด้วยหน่อประมาณ 6-8 เดือนกล้วยจะเกิดช่อดอก ตาดอกที่อยู่กลางเหง้าจะทะลุเหง้าผ่านกลางลำต้นเหนือดินและโผล่ออกมาทางยอดใช้เวลาประมาณ 1 เดือน ช่อดอกประกอบด้วย ช่อดอกย่อยอยู่รวมกันบนก้านช่อดอก บนช่อดอกย่อยจะมีดอกเกิดเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 2 แถว แต่ละดอกจะมีกาบดอกสีแดงรูปไข่รองรับอยู่ หลังจากช่อดอกโผล่ออกมาจากส่วนยอดของกล้วย ตาที่อยู่บริเวณโคนกาบปลีซึ่งเป็นส่วนที่ออกผลนั้นจะเจริญอย่างรวดเร็วช่วงก้านเครือระหว่างหวีจะยึดออกจากกัน กาบปลีจะเปิดและม้วนออกคราวละหนึ่งกาบหรือมากกว่า เผยให้เห็นดอกตัวเมียที่ติดอยู่กับปลายผลเล็กๆ ซึ่งจะเจริญเป็นหวีกล้วยต่อไป ต่อมากาบปลีที่คลุมดอกตัวเมียอยู่จะร่วงหล่น กาบปลีที่อยู่ถัดลงมาจะเปิดออก และดอกที่ปลายเครือจะบานเป็นเวลาก็ดมาโดยจะเป็นดอกตัวผู้ทั้งหมด พอถึงระยะนี้โดยส่วนมากดอกตัวเมียจะเริ่มเหี่ยว เป็นการป้องกันการผสมพันธุ์กันเองในต้นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ดอก

ลักษณะของดอกกล้วยแต่ละดอกจะไม่ได้สัดส่วนกัน กลีบเลี้ยงและกลีบดอกจะไม่แยกออกจากกัน ทำให้มองเห็นกลีบสีเหลือง สีครีม หรือขาวเป็น 2 ชั้น คือชั้นกลีบรวม ประกอบด้วยกลีบใหญ่ 3 กลีบ และกลีบเล็ก 2 กลีบ เชื่อมติดกันเป็นอันเดียว และชั้นกลีบอิสระ ดอกตัวเมียจะยาวประมาณ 10 เซนติเมตร มีรังไข่ที่พัฒนาอย่างดี และยาวกว่าชั้นกลีบ ภายในรังไข่แบ่งออกเป็น 3 ช่อง มีไข่เกิดเป็นจำนวนมากโดยเรียงกันเป็น 2 - 4 แถว ก้านเกสรตัวเมียอวบและส่วนยอดของเกสรตัวเมียมี 3 พู ส่วนเกสรตัวผู้มีลักษณะฝอยมีจำนวน 5 อัน เมื่อเจริญเป็นผล รังไข่จะยังคงอยู่ส่วนชั้นกลีบเกสรตัวผู้ที่ฝ่อและก้านเกสรตัวเมียจะหลุดร่วงไป

7) ผล

ผลกล้วยเป็นแบบเบอร์รี่ ใช้เวลาหลังจากเกิดช่อดอกจนถึงเก็บเกี่ยวได้ประมาณ 90 วันผลของกล้วยป่าจะต้องได้รับการผสมเกสรถึงจะติดเป็นผลได้ ส่วนกล้วยปลูกจะติดผลได้โดยไม่ต้องรับการผสมเกสร เนื้อของกล้วยที่รับประทานได้เกิดจากเนื้อเยื่อชั้นนอกของช่องว่างภายในรังไข่ ผลกล้วยทั้งหมดบนก้านกล้วยเรียกว่า เครือ ส่วนผลกล้วยแต่ละกลุ่มแต่ละช่อเรียกว่า หวี ส่วนแต่ละผลเรียกว่าผลกล้วย

8) เมล็ด

เมล็ดของกล้วยมีรูปร่างเกือบกลม หรือเป็นรูปเหลี่ยม เปลือกหุ้มเมล็ดแข็ง มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 มิลลิเมตร ภายในเมล็ดมีอาหารเลี้ยงต้นอ่อนอยู่ ส่วนของคัพภะมีขนาดเล็กมาก การจำแนกกลุ่มของกล้วย

การจำแนกกลุ่มของกล้วยทำได้ 2 วิธี คือ จำแนกตามวิธีการนำมาบริโภค และจำแนกตามลักษณะทางพันธุกรรม

1) การจำแนกตามลักษณะทางพันธุกรรม

หลังปี ค.ศ. 1955 นักวิชาการได้จำแนกพันธุ์กล้วยตามพันธุกรรมโดยใช้โนมของกล้วยเป็นตัวกำหนดในการแยกพันธุ์ กล้วยที่นิยมบริโภคกันในปัจจุบันมีบรรพบุรุษเพียง 2 ชนิด คือ กล้วยป่าและกล้วยตานี กล้วยที่มีกำเนิดจากกล้วยป่ามีโนมเป็น AA กล้วยที่มีกำเนิดจากกล้วยตานีมีโนมเป็น BB ส่วนกล้วยที่เกิดจากลูกผสมของกล้วยทั้ง 2 ชนิดจะมีโนมแตกต่างกันไป นอกจากนี้ ซิมมอนด์และเชปเพ็ตได้เสนอให้ใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาทั้งหมด 15 ลักษณะ มาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา คือ สีของกาบใบ ร่องของกาบใบ ก้านช่อดอก ก้านดอก ออวูล ไหล่ของกาบปลี การม้วนของกาบปลี รูปร่างของกาบปลี ปลายของกาบปลี การขีดของกาบปลี รอยแผลของกาบปลี กลีบรวมเดี่ยว สีของดอกเพศผู้ สีของยอดเกสรเพศเมีย และสีของกาบปลี

2) การจำแนกตามวิธีการนำมาบริโภค

การจำแนกกล้วยตามวิธีการนำมาบริโภคสามารถแบ่งกล้วยออกเป็น 2 กลุ่มคือ กล้วยกินสดเป็นกล้วยที่เมื่อสุกสามารถนำมารับประทานได้ทันที โดยไม่ต้องนำมาทำให้สุกด้วยความร้อน เพราะเมื่อสุก เนื้อจะนิ่ม มีรสหวาน เช่น กล้วยไข่ กล้วยหอมทอง กล้วยหอมเขียว และกล้วยที่ใช้ประกอบอาหารเป็นกล้วยที่เมื่อดิบมีแป้งมาก เนื้อค่อนข้างแข็ง เมื่อสุกยังมีส่วนของแป้งอยู่มากกว่ากล้วยกินสดมาก เนื้อจึงไม่ค่อยนิ่ม รสไม่หวาน ต้องนำมาต้ม เผา ปิ้ง เชื่อม จึงจะทำให้อร่อย รสชาติดีขึ้น เช่น กล้วยกล้วยกล้วยหักมุก กล้วยเล็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 เส้นใย (Fibers)

เส้นใย หมายถึงวัสดุหรือสารใด ๆ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมาจากที่มนุษย์สร้างขึ้น มีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับหรือมากกว่า 100 สามารถขึ้นรูปเป็นผ้าได้ ไม่สามารถแยกย่อยในเชิงกลได้อีก ประเภทของเส้นใยแบ่งตามแหล่งกำเนิดออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เส้นใยธรรมชาติและเส้นใยประดิษฐ์

1) เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers) แบ่งย่อยเป็น เส้นใยพืช เช่น ฝ้าย ลินิน ปอ รา มีน หนุ่น เป็นต้น ส่วนเส้นใยสัตว์ เช่น ขนสัตว์ ไหม ผม แร่ เช่น แร่ใยหิน

2) เส้นใยประดิษฐ์ (Man-made fibers) แบ่งย่อยเป็นเส้นใยประดิษฐ์จากธรรมชาติเช่น เรยอย อะซิเตด ไตรอะซีเตด เป็นต้น ส่วนเส้นใยสังเคราะห์ เช่น โอลิฟินส์ โพลีเอสเตอร์ ไนลอน แร่และเหล็ก เช่น โลหะแก้ว เซรามิก เป็นต้น

2.2.7.1 การใช้เส้นใยเป็นวัสดุเสริมแรง

ปัจจุบันมีการใช้วัสดุทดแทนมาช่วยในการเสริมแรงในการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพอลิเมอร์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งการทำเช่นนี้จะได้เปรียบในเรื่องของค่าใช้จ่าย ความปลอดภัยเนื่องจากเป็นวัสดุที่ได้มาจากธรรมชาติและมีผลดีต่อสิ่งแวดล้อม (19) ทำให้นักวิจัยเริ่มหันมาให้ความสนใจต่อเส้นใยที่ทำได้ตามธรรมชาติ โดยที่ผ่านมาเคยมีการศึกษานำเส้นใยมาเป็นส่วนผสมของ วัสดุคอมโพสิต (composite) แล้วโดยเส้นใยที่ถูกนำมาใช้ศึกษา เช่น เส้นใยที่ได้จาก กัญชง แกลบ ไม้ไผ่ ปอ ป่าน ป่านศรนารายณ์ สับปะรด ปอมนิลา และมะพร้าว เป็นต้น (20)[21] มีการศึกษาวิจัยเพื่อนำเอาเส้นใยกัญชงมาเป็นวัสดุเสริมแรงสำหรับพอลิเมอร์โดยทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์เชิงประกอบของพีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เรซินซึ่งใช้เส้นใยกัญชงและเส้นใยแก้วเป็นวัสดุเสริมแรง ผลการศึกษาพบว่า ความยาวของเส้นใยที่ให้ความแข็งแรงในเชิงการดึงมากที่สุดคือ 30 มิลลิเมตร สำหรับเส้นใยกัญชง ค่ามอดูลัสและความแข็งแรงในเชิงการดึงของพอลิเมอร์ประกอบมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามการเพิ่มปริมาณของเส้นใย และค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ประกอบทั้งสองชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใยเช่นกันรายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการพัฒนาและผลิตอิฐบล็อกมวลเบาโดยผสมเส้นใยธรรมชาติ ประจำปีงบประมาณ

2.2.7.2 การลดข้อด้อยของเส้นใยพืชและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเมทริกซ์กับเส้นใย

ศักยภาพและคุณสมบัติของเส้นใยและวัสดุเสริมแรงจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติองค์ประกอบและธรรมชาติของพื้นผิวสัมผัส (interface) โดยความแข็งแรงและแรงยึดเหนี่ยวที่ผิวสัมผัสจะมีบทบาทสำคัญต่อความแข็งแรงของพอลิเมอร์เชิงประกอบ ซึ่งเส้นใยพืชเป็นเส้นใยเซลลูโลสมีคุณสมบัติชอบน้ำ จากเหตุผลดังกล่าวทำให้มีผู้พยายามศึกษาเพื่อปรับปรุงและลดข้อด้อย [1 1] โดยจากการศึกษาคุณสมบัติของพอลิเมอร์เชิงประกอบอีพอกซีกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ พบว่า โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้พื้นผิวเส้นใยมีลักษณะขรุขระมีแรงยึดเหนี่ยวสูงขึ้นทำให้ความแข็งแรงในเชิงกดอัด (compressive strength) สูงขึ้นตามไปด้วย การดูดซับน้ำมีค่าลดลง (คำคุณ กาญจนภูมิ,2550-2551)

2.2.8 เส้นใยกล้วย (Banana tree Fiber)

เส้นใยของต้นกล้วยส่วนมากจะพบปริมาณมากบริเวณลำต้นของกล้วย รูปร่างของเส้นใยกล้วยตามแนวความยาว จะมีส่วนประกอบของกลุ่มเส้นใยเล็กๆเรียงตัวตามแนวยาวของเส้นใย มีลักษณะเป็นรูปทรงกรวย ตอนปลายจะแหลม จัดอยู่ในประเภทของเส้นใยสั้น ลักษณะตัดขวางจะเป็นรูปทรงรีเกือบกลม มีลูเมนเห็นได้ชัดเจน ในส่วนของผนังเซลล์จะค่อนข้างบาง เส้นใยค่อนข้างจะแข็งแรงและกระด้างแต่เส้นใยจะมีความมันคล้ายกับเส้นใยไหม เป็นเส้นใยที่มีความเหนียวและสามารถทนแรงดึงได้ดี สามารถยืดหยุ่นตัวได้เล็กน้อย และสามารถทนต่อพวกแบคทีเรียในน้ำเค็มได้ดีมาก (คำคุณ ภาณุจณภูมิ,2550-2551)



รูปที่ 2.2 เส้นใยกล้วย

2.2.9 ถ่านปาล์มน้ำมัน (palm oil fuel ash)

เป็นวัสดุพลอยได้จากการนำกากของผลปาล์มน้ำมัน ได้แก่ เศษกะลา เส้นใย และหลายปาล์มเปล่าของผลปาล์ม เเผาเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิดไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ามีอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้ประมาณ 800 - 900 องศาเซลเซียสเป็นวัสดุที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมในปูนซีเมนต์หรือคอนกรีต โดยมีวัตถุประสงค์ในการลดต้นทุนของคอนกรีตหรือเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของคอนกรีตให้ดีขึ้น เช่น เพิ่มความทนทานของคอนกรีตต่อสภาพการกัดกร่อน ช่วยปรับคุณสมบัติของคอนกรีตสดเพื่อให้ทำงานได้ง่ายขึ้น มาตรฐาน ASTM C 618 ให้คำจำกัดความของวัสดุปอซโซลานไว้ว่า “วัสดุปอซโซลาน” เป็นวัสดุที่มีซิลิกา หรือซิลิกาและอลูมินาเป็นองค์ประกอบหลัก โดยทั่วไปแล้ววัสดุปอซโซลานจะไม่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน แต่ถ้าวัสดุปอซโซลานมีความละเอียดมากและมีน้ำหรือความชื้นที่เพียงพอ จะสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติ ทำให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน” ตาม ASTM C618 (1991) ได้จำแนกปอซโซลานออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ได้แก่

ชั้นคุณภาพ N (Class N) เป็นปอซโซลานจากธรรมชาติหรือปอซโซลานจากธรรมชาติที่ผ่านขบวนการเผาแล้วเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ

ชั้นคุณภาพ F (Class F) เป็นถ่านล้อยที่ได้จากการเผากถ่านหินแอนทราไซต์ (anthracite) หรือบิทูมินัส (bituminous) โดยมีปริมาณผลรวมของซิลิกาออกไซด์ (silicaoxideSiO₂) อลูมินาออกไซด์ (เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

aluminaoxide , Al_2O_3) เฟอร์ริกออกไซด์ (ferricoxide, Fe_2O_3) มากกว่าร้อยละ 70 และมีคุณสมบัติอื่นตามทีระบุในมาตรฐาน ASTM C618 (1991) ดังแสดง ในตารางที่ 6.1 ถึง 6.4 ซึ่งโดยทั่วไป เถ้าลอยชั้นคุณภาพ F มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (calcium oxide, CaO) ที่ต่ำ ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเถ้าลอยแคลเซียมต่ำ สำหรับ SiO_2 มาจากแร่ดินเหนียวและควอร์ตซ์ เนื่องจากถ่านหินแอนทราไซต์ และบิทูมินัสมีแร่ดินเหนียวสูงจึงให้เถ้าลอยที่มี SiO_2 สูง สำหรับวิธีการเก็บตัวอย่างและการทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 311

ชั้นคุณภาพ C (Class C) เป็นเถ้าลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินลิกไนต์ (lignite) หรือซับบิทูมินัส (subbituminous) เป็นส่วนใหญ่ โดยมีปริมาณผลรวมของ SiO_2 , Al_2O_3 และ Fe_2O_3 มากกว่าร้อยละ 50 มีปริมาณ CaO สูง และมีคุณสมบัติอื่นตามทีระบุในมาตรฐาน ASTM C 618, (1991) เถ้าลอยชนิดนี้เรียกชื่ออีกอย่างหนึ่งว่าเถ้าลอยแคลเซียมสูง สำหรับ Al_2O_3 มาจากแร่ดินเหนียว โดยที่ลิกไนต์ประกอบไปด้วยดินเหนียวที่ Al_2O_3 ต่ำ ทำให้เถ้าลอย Class C นอกจากมี SiO_2 ต่ำแล้ว ยังมี Al_2O_3 ต่ำด้วย (ACI 232.2R-96, 2000) องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าปาล์มน้ำมันพบว่าปริมาณ SiO เป็นองค์ประกอบหลัก เช่นเดียวกับเถ้าแกลบและเถ้าแกลบเปลือกไม้ แต่มีปริมาณที่น้อยกว่า เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าปาล์มน้ำมันตามมาตรฐาน ASTM C618 พบว่าเถ้าปาล์มน้ำมันมีองค์ประกอบทางเคมีที่ตรงกับข้อกำหนดของวัสดุปอซโซลาน Class N มาตรฐาน ASTM ผลรวม $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 > 70\%$
(ที่มา : การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน อีรสิทธิ์ แซ่ตั้ง วิศวกรรมโยธา)

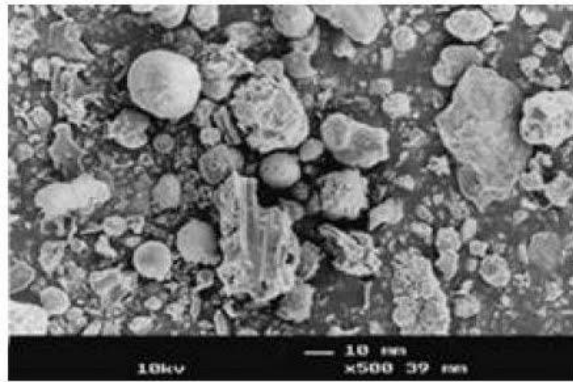


รูปที่ 2.3 กองเถ้าปาล์มน้ำมันที่ตองนำไปเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 2.4 กองเถ้าปาล์มน้ำมันที่ตองนำไปทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ลักษณะอนุภาคของเถ้าปาล์ม

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อศวิน น้อยสุวรรณ, วรากร หมั่นสระเกษ, สกนธ์ เลิศมลลิกภาพร และสุรเชษฐ์ สุพรรณกลาง, 2548. ได้เสนอผลการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมแกลบ ซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของคอนกรีตธรรมดา ในด้าน กำลังต้านทานแรงอัด หน่วยน้ำหนัก และปริมาณการดูดซึมน้ำ โดยออกแบบกำลังอัดประลัยที่ 150 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และใช้ปริมาณแกลบที่ผสมในคอนกรีตมีอัตราส่วนร้อยละ 5 10 20 50 และ 100% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า หน่วยน้ำหนักและกำลังต้านทานแรงอัด มีค่าลดลงเมื่อปริมาณแกลบเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการดูดซึมน้ำ มีค่ามากขึ้น

ธนิน เลื่อมประพวงกุล และ พิเชฐ ปราชญ์พยนต์, 2551. ได้ศึกษาเรื่องฉนวนดูดซับเสียงจากคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ใช้แล้ว โดยการเติมเศษยางรถยนต์บดลงไปคอนกรีตในส่วนผสมรวมละเอียดคือทรายหยาบ โดยใช้เม็ดยาง 2 ขนาด คือ เม็ดยางรถยนต์เบอร์ 7 (2.79 มิลลิเมตร) และเม็ดยางรถยนต์เบอร์ 20 (0.83 มิลลิเมตร) ในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนักของทรายตามลำดับ เมื่อพิจารณาสมบัติด้านต่างๆ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของเม็ดยางรถยนต์ที่ผสมในคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับวัสดุที่ไม่ต้องการกำลังรับแรงสูง คือเม็ดยางรถยนต์เบอร์ 7 ร้อยละ 20 มีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 13.8 เมกะปาสคาล และมีค่าการลดระดับความดังของเสียงเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์จากระดับเสียงเริ่มต้น

สุเมธ สันต์วัฒนา, 2554. ได้ศึกษาเรื่องคอนกรีตมวลเบาในระบบ CLC เป็นการผลิตโดยใช้น้ำยาเคมีทำให้เกิดฟองอากาศก่อน จึงนำไปผสมกับซีเมนต์และน้ำ ทำให้ความหนาแน่นของคอนกรีตลดลง การวิจัยนี้ศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตมวลเบาที่มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 600 ถึง 1800 กก./ลบ.ม. ทดลองโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 1:1 โดยจะศึกษาถึงคุณสมบัติในด้านกำลังรับแรงอัด อัตราการดูดซึมน้ำ อัตราการหดตัว และค่าการนำความร้อน ซึ่งได้ค่ากำลังอัดในช่วง 5 ถึง 300 กก./ตร.ซม. อัตราการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 14% ถึง 33% อัตราการหดตัวอยู่ในช่วง 550 μ -1100 μ และค่าการนำความร้อนอยู่ในช่วง 0.23 ถึง 0.61 วัตต์/เมตร-เคลวิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุรเชษฐ์ อุปวรรณ, สุรพงษ์ สุวรรณราช และอรรถพล หายทุกข์, 2556. ได้ศึกษาเรื่องอิฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มน้ำมันด้วยระบบ CLC โดยใช้เถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์เพื่อเป็นการลดต้นทุนของอิฐมวลเบา ใช้อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำต่อวัสดุประสาน(W/C) = 0.50 0.70 และ 0.90 ตามลำดับ ใช้เถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปริมาณ 0% 20% 35% และ 50% ตามลำดับ ทดสอบวัสดุตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 จากผลการทดสอบกำลังอัดพบว่าที่อายุคอนกรีต 14 วัน ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน(W/C) = 0.70 และใช้เถ้าปาล์มน้ำมันเท่ากับ 35% เป็นอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด โดยมีค่ากำลังอัดเฉลี่ย 26.32 กก./ตร.ซม. มีอัตราการดูดกลืนน้ำร้อยละ 27.09 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร 779.297 กก./ลบ.ม. การเปลี่ยนแปลงความยาวเมื่อเข้าสู่สมดุลน้อยกว่าร้อยละ 0.003 ใน 3 วัน ผ่านข้อกำหนด ตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การศึกษาและเก็บข้อมูล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อ พัฒนาอิฐมวลเบาโดยใช้เถ้าปาล์มน้ำมันและเส้นใยของกล้วยหอม ซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ตามชุมชน หรือโรงงานปาล์มน้ำมันที่ทำการเผาปาล์มน้ำมัน มาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อเป็นหนึ่งในทางเลือก ของการใช้ประโยชน์เถ้าปาล์มน้ำมันและเส้นใยกล้วยหอม และเป็นการลดปัญหาขยะ ขั้นตอนแรกจะเป็นการเตรียมวัสดุ โดยการนำต้นกล้วยมาแยกกาบ นำกาบมาชูดเอาฟองน้ำของต้นกล้วยออก และนำไปอบให้แห้ง จากนั้นนำกาบที่อบแล้วมาแยกเป็นเส้น จะแบ่งเป็นการทดลองดังนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยการพัฒนาอิฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มน้ำมันและใยกล้วยมีขั้นตอนต่างๆดังนี้

1.การเตรียมวัตถุดิบเส้นใยกล้วยหอม นำกล้วยหอมมาแกะกาบออกจากต้น ตัดแต่งกาบกล้วยให้เหลือผิวกาบส่วนนอกสุด เพื่อชูดเส้นใยผิวส่วนนอกสุด ใช้ช้อนชูดเนื้อเยื่อกาบกล้วยไปในทิศทางเดียวกันแล้วล้างเนื้อเยื่อที่หลุดออกมาเป็นระยะๆ ล้างเส้นใยที่ชูดออก และนำไปตากแดดหรือจะใช้วิธีอบโดยอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนแห้ง นำกาบที่ได้มาแยกเป็นเส้นใย แล้วตัดให้ได้ตามความยาวที่ต้องการ ส่วนเถ้าปาล์มน้ำมันสามารถเอามาจากโรงงานปาล์มน้ำมันซึ่งเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนที่เหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมันมากกว่าส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์ ในปัจจุบันจึงมีวัสดุอินทรีย์เหลือใช้จาก โรงงานและใช้ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทราายละเอียด และสารเพิ่มฟองอากาศ ซึ่งหาได้ตามร้านวัสดุก่อสร้างทั่วไป

2.การทดลองหารูปแบบของเถ้าปาล์มน้ำมันและเส้นใยกล้วยหอมที่เหมาะสม ที่จะนำมาผสม โดยการกำหนดรูปแบบของเถ้าปาล์มน้ำมันและเส้นใยกล้วยหอม เพื่อนำมาทดสอบหาแนวโน้มของกำลังรับแรงอัดที่มากที่สุด โดยกำหนดให้อัตราส่วนผสมมอร์ต้าต้นแบบ คือ ปูนซีเมนต์ : ทราาย เท่ากับ 1 : 1 โดยน้ำหนัก สารเพิ่มฟองอากาศเท่ากับ 44.08% โดยปริมาตร และน้ำเท่ากับ 65% ของน้ำหนักซีเมนต์ และมอร์ต้าที่มีอัตราส่วนผสมของเถ้าปาล์มน้ำมันตั้งแต่ 5% 10% 20% และ30% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ใยกล้วย 0.5% 1% 2% และ 3% โดยน้ำหนักของทราายน้ำหนัก สารเพิ่มฟองอากาศเท่ากับ 44.08% และน้ำเท่ากับ 65% ของน้ำหนักซีเมนต์ โดยการนำผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นจึงทำการเป็นบรรจุลงในแม่แบบทรงลูกบาศก์ ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร โดยผลิตรูปแบบละจำนวน 3 ก้อน เพื่อนำมาทดสอบหาแนวโน้มของกำลังรับแรงอัดที่มากที่สุด ของในแต่ละรูปแบบ

3.สรุปผลการทดลองโดยทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบถึงคุณสมบัติในด้านต่างๆของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการผลิตและทดสอบอิฐมวลเบา

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

มีรายละเอียดเป็นดังหัวข้อต่อไปนี้

3.2.1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่สำคัญที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีดังต่อไปนี้

1. เครื่องทดสอบกำลังอัดขนาดแรงกดของเครื่องทดสอบมีขนาด 2,000 กิโลนิวตัน ใช้สำหรับทดสอบความแข็งแรงของตัวอย่างลูกปูน (Compressive Strength)



รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบกำลังอัด

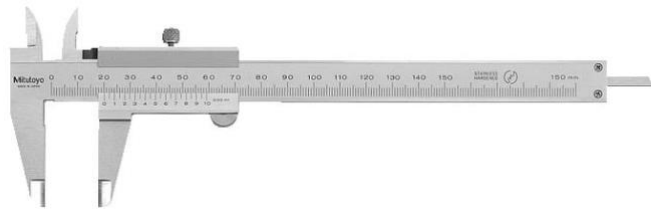
2. เครื่องผสมมอร์ต้าตามมาตรฐาน ASTM : C305-91 ซึ่งเป็นเครื่องผสมปูนขนาดเล็ก สามารถทำการเคลื่อนย้ายได้ ใช้สำหรับผสมส่วนผสมในการทดสอบให้เข้ากัน



รูปที่ 3.2 เครื่องผสมมอร์ต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องมือวัด ชนิดละเอียด (เวอร์เนียคาลิปเปอร์ Vernier Calipers) เป็นเครื่องมือวัดความยาวอย่างละเอียดที่ใช้หลักของเวอร์เนียสเกล โดยการแบ่งสเกลตามแนวยาวคล้ายไม้บรรทัด



รูปที่ 3.3 เวอร์เนียคาลิปเปอร์

4. เครื่องชั่งน้ำหนัก เป็นเครื่องชั่งที่มีความละเอียดในหน่วย กรัม เพื่อวัดน้ำหนักซีเมนต์ ทราย เถ้าปาล์ม น้ำมัน โยกล้วน และค่าน้ำหนักของตัวอย่างในการทดสอบ



รูปที่ 3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

5. แบบหล่ออิฐมวลเบาขนาด 5x5x5 เซนติเมตร ซึ่งสามารถถอดประกอบโดยการขันสลัก ใช้สำหรับหล่อส่วนผสมของตัวอย่างอิฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มและโยกล้วน



รูปที่ 3.4 แบบหล่อขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 30 (ขนาดตะแกรง 0.595 มิลลิเมตร) ใช้สำหรับร่อนทรายและเถ้าปาล์มน้ำมัน



รูปที่ 3.5 ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 30

7. ตู้อบ ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิตามที่ต้องการได้



รูปที่ 3.6 ตู้อบ

3.2.2 การจัดเตรียมวัสดุและส่วนผสมที่ใช้ในการศึกษา

มีรายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

3.2.2.1 วัสดุและส่วนผสมที่ใช้ในการทำคอนกรีตมวลเบาติดตั้งต่อไปนี้

1. ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) (ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 100) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีต หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดก็ได้ที่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดาและสำหรับใช้ในการก่อสร้างปกติทั่วไป ที่ไม่อยู่ในภาวะอากาศที่รุนแรง หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่มีอันตรายจากซัลเฟตเป็นพิษหรือความร้อนที่เกิดจากการรวมตัวกับน้ำจะไม่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงขั้นอันตรายที่คอนกรีตจะแตกร้าวเสียหาย



รูปที่ 3.7 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

2. ทรายละเอียด

เป็นวัสดุผสมที่มีขนาดเล็ก (ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 30) แต่ทั้งนี้ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 0.07 มิลลิเมตร วัสดุผสมที่เล็กกว่านี้เรียกว่า ฝุ่น



รูปที่ 3.8 ทรายละเอียด

3. เถ้าปาล์มน้ำมัน

เถ้าปาล์มที่ได้จากโรงงานปาล์มน้ำมันซึ่งเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนที่เหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมัน เป็นวัสดุผสมที่มีขนาดเล็ก (ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 30)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ถาดปาล์มน้ำมันที่ยังไม่ได้ผ่านการร่อน



รูปที่ 3.10 ถาดปาล์มน้ำมันที่ผ่านการร่อน

4. เส้นใยกล้วย

การเตรียมวัตถุดิบ เส้นใยกล้วยหอม ที่นำมาทำการทดสอบเลือกในส่วนของลำต้นที่เป็นกาบนำมาผ่านกระบวนการแยกเป็นเส้นใย จากนั้นอบที่อุณหภูมิ และนำมาตัดให้ได้ความยาวตามที่ต้องการ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ตัดต้นกล้วย และนำมาหั่นเป็นชิ้นๆ

ขั้นตอนที่ 2 นำลำต้นมาแกะกาบออก ตัดแต่งกาบให้เหลือผิวด้านนอกสุด เพื่อขูดเส้นใยผิวส่วนนอก

ขั้นตอนที่ 3 ใช้ช้อนขูดเนื้อเยื่อกาบกล้วยไปในทิศทางเดียวกันแล้วล้างเนื้อเยื่อที่หลุดออกมาเป็นระยะ

ขั้นตอนที่ 4 นำเส้นใยไปตากแดดหรืออบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 5 นำกาบที่ได้มาแยกเป็นเส้นใย แล้วตัดให้ได้ตามความยาวที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ต้นกล้วยหอม



รูปที่ 3.12 หั่นต้นกล้วยเป็นชิ้น



รูปที่ 3.13 ต้นกล้วยที่ผ่านการหั่นแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 กาบกล้วย



รูปที่ 3.15 กาบกล้วยที่ผ่านการเลาะฟองน้ำออกจากกาบกล้วย



รูปที่ 3.16 แยกเส้นใยกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ตัดเส้นใยให้ได้ขนาดที่ต้องการ



รูปที่ 3.18 เส้นใยที่ผ่านการตัดแล้ว

5. น้ำ

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องสะอาดปราศจากกรด ต่าง น้ำมันและสารอินทรีย์อื่น ๆ โดยทำหน้าที่เข้าผสมกับปูนซีเมนต์ และทำปฏิกิริยาเคมีแล้วเกิดความร้อนที่เรียกว่า Heat of hydration



รูปที่ 3.19 น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. น้ำยาผลิตโฟมสำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบา (CLC Foaming agent)

ใช้ผสมน้ำในอัตราส่วนที่กำหนดในการออกแบบส่วนคอนกรีต เนื้อโฟมละเอียดความหนาแน่นอัตราการขยายตัวสูง อัตราการยุบตัวต่ำ (ไม่แยกชั้น) โดยปริมาณฟองอากาศที่ใส่หรือการออกแบบสัดส่วนผสมขึ้นอยู่กับกำลังอัดที่ต้องการ และหน่วยน้ำหนักที่ต้องการ



รูปที่ 3.20 น้ำยาผลิตโฟม

3.3 การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิฐมวลเบา

3.3.1 วิธีการดำเนินงาน

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย โดยกำหนดให้อัตราส่วนผสมอิฐมวลเบาแต่ละแบบดังนี้

1. F00A00 ส่วนผสมอิฐมวลเบา(ที่ไม่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย) ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 : ทราย เท่ากับ 1 : 1 โดยน้ำหนักสารเพิ่มฟองอากาศเท่ากับ 44.08% โดยปริมาตร และน้ำเท่ากับ 65% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์

2. FA205A5 ผสมเถ้าปาล์ม 5% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ และเส้นใยกล้วยหอม 1% เส้นใยยาว 2 เซนติเมตร ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 : ทราย เท่ากับ 1 : 1 โดยน้ำหนัก น้ำหนักสารเพิ่มฟองอากาศเท่ากับ 44.08% โดยปริมาตร และน้ำเท่ากับ 65% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์

3. F21A10 ผสมเถ้าปาล์ม 10% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ และเส้นใยกล้วยหอม 1% เส้นใยยาว 2 เซนติเมตร ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 : ทราย เท่ากับ 1 : 1 โดยน้ำหนัก น้ำหนักสารเพิ่มฟองอากาศเท่ากับ 44.08% โดยปริมาตร และน้ำเท่ากับ 65% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. F43A30 ผสมเถ้าปาล์ม 30% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ และเส้นใยกล้วยหอม 3% เส้นใยยาว 4 เซนติเมตร ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 : ททราย เท่ากับ 1 : 1 โดยน้ำหนัก น้ำหนักสารเพิ่มฟองอากาศ เท่ากับ 44.08% โดยปริมาตร และน้ำเท่ากับ 65% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์

ทำการผสมตามอัตราส่วนผสมของอิฐมวลเบาในแต่ละแบบ ทำการผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันหลังจากนั้น จึงทำการเป็นบรรจุลงในแบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร โดยทำการผลิตรูปแบบจำนวนละ 3 ก้อน และนำไปบ่มที่ 14 วัน เพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัด ค่าความหนาแน่นและค่าอัตราการดูดซึมน้ำ (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541) และทำการพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสม เพื่อหาแนวโน้มที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตอิฐมวลเบาต่อไป

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนผสมของซีเมนต์มอร์ต้าที่ใช้ในการทดลอง

รายละเอียด				รหัส	ส่วนผสม (กิโลกรัม)						
					ซีเมนต์	ทราย	เถ้าปาล์ม	เส้นใยกล้วย	น้ำ	โฟม (%)	
ต้นแบบ				F00A00	1	1	-	-	0.65	44.08	
เส้นใยกล้วย	ขนาด 2 cm	ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน	0.5%	5%	F205A5	0.95	0.995	0.05	0.005	0.65	44.08
			1%	10%	F21A10	0.9	0.99	0.1	0.01	0.65	44.08
			2%	20%	F22A20	0.8	0.98	0.2	0.02	0.65	44.08
			3%	30%	F23A30	0.7	0.97	0.3	0.03	0.65	44.08
	ขนาด 3 cm	ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน	0.5%	5%	F305A5	0.95	0.995	0.05	0.005	0.65	44.08
			1%	10%	F31A10	0.9	0.99	0.1	0.01	0.65	44.08
			2%	20%	F32A20	0.8	0.98	0.2	0.02	0.65	44.08
			3%	30%	F33A30	0.7	0.97	0.3	0.03	0.65	44.08
	ขนาด 4 cm	ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน	0.5%	5%	F405A5	0.95	0.995	0.05	0.005	0.65	44.08
			1%	10%	F41A10	0.9	0.99	0.1	0.01	0.65	44.08
			2%	20%	F42A20	0.8	0.98	0.2	0.02	0.65	44.08
			3%	30%	F43A30	0.7	0.97	0.3	0.03	0.65	44.08

3.3.2 ขั้นตอนการทดสอบ

มีรายละเอียดดังนี้

1. เตรียมซีเมนต์ ทราย เถ้าปาล์ม น้ำมัน เส้นใยกล้วยหอมและน้ำ ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ ในแต่ละแบบ
2. ผสมน้ำยาโฟมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1 ต่อ 30 ตามคำแนะนำของผู้ผลิต

3. การผสมอิฐมวลเบาโดยจะผสมด้วยเครื่องมือรต้า ผสมซีเมนต์ ทราย เถ้าปาล์ม น้ำมัน เส้นใยกล้วยหอมให้เข้าด้วยกันบนภาชนะหรือพื้นที่สะอาดราบเรียบ และไม่ดูดซึมน้ำ เทส่วนผสมที่คลุกเคล้าเข้ากันอย่างดี แล้วและเทน้ำทั้งหมดลงในหม้อผสม แล้วเปิดสวิทซ์เดินเครื่องด้วยความเร็วต่ำ เป็นเวลา 30 วินาที หยุดเครื่อง และเปลี่ยนเป็นความเร็วปานกลาง แล้วเดินเครื่องไว้อีก 30 วินาที แล้วจึงปิดฝาจนส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันเป็น

4. นำโฟมที่วัดปริมาณมาแล้ว ลงในเครื่องผสมมอร์ต้า คนให้ส่วนผสมเข้ากันดีในเวลาที่เหมาะสมถ้าใช้เวลาในการผสมนานเกินไปจะทำให้ฟองโฟมแตกได้การหาความหนาแน่นของโฟมโปรตีน โฟมที่ใช้ต้องมีความหนาแน่น 40 -60 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรซึ่งทำให้อุณหภูมิของฟองอากาศมีขนาดพอดีเมื่อผสมกับปูนซีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาความโดยใช้แก้วที่รู้ปริมาตรที่แน่นอน และชั่งน้ำหนักแก้วเปล่าไว้ จากนั้นฉีดโคมตัวอย่างเข้าไปในแก้วจนเต็มพอดี ใช้ไม้ที่มีความเรียบตรงปาดที่ปากแก้ว แล้วนำแก้วมาชั่งน้ำหนัก เมื่อได้น้ำหนักแก้วที่มีโคมบรรจุอยู่เต็ม นำค่าที่ได้มาใช้สูตรคำนวณดังสมการที่ (3.1)

$$D = \frac{(\text{น้ำหนักแก้วบรรจุโคม} - \text{น้ำหนักแก้วเปล่า}) , \text{กิโลกรัม}]}{\text{ปริมาตรแก้ว} , \text{ลูกบาศก์เมตร}} \quad (3.1)$$

5. การบรรจุอิฐมวลเบาลงในแบบ ก่อนบรรจุซีเมนต์มอร์ต้าลงในแบบหล่อทรงลูกบาศก์ ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร ให้ทาเคลือบผิวด้านที่สัมผัสซีเมนต์ด้วยน้ำมันบาง ๆ เตรียมไว้ก่อน แล้วค่อย ๆ อัดคอนกรีตมวลเบา ทีละ 3 ชั้น กระทุ้งด้วยเหล็กในแน่นเพียงเล็กน้อยในแต่ละชั้น จนกระทั่งเต็ม อิฐมวลเบาจะล้นขอบแบบขึ้นมา ให้ใช้เกรียงเหล็กปาดแต่งให้เรียบเบา ๆ จากนั้นนำพลาสติกใสมาปิดคลุมตัวอย่าง แล้วตั้งทิ้งไว้ 96 ชั่วโมง (เพื่อให้คอนกรีตมวลเบามีการก่อตัวอย่างสมบูรณ์) จึงแกะแบบ แล้วนำตัวอย่างไปบ่มแบบการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต เป็นเวลา 14 วัน วิธีนี้เป็นการป้องกันความชื้นจากผิวคอนกรีตมิให้เล็ดลอดออกสู่ภายนอก การป้องกันความชื้นวิธีนี้ ได้แก่ การใช้กระดาษกันน้ำ ผ้าพลาสติกหรือ สารเคมี เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ไม้แบบที่ยังไม่ถอดก็สามารถป้องกันการเสียน้ำความชื้นได้เช่นกัน

6. เมื่อต้องการทดสอบตัวอย่างที่อายุครบ 14 วันตามที่กำหนดแล้ว ให้นำตัวอย่างฝั่งให้แห้ง จากนั้นชั่งน้ำหนัก และวัดขนาดของตัวอย่าง แล้วจึงนำตัวอย่างไป หาค่าความหนาแน่น ค่าอัตราการดูดซึมน้ำ และค่ากำลังรับแรงอัด (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541)



รูปที่ 3.21 ผสมปูนซีเมนต์ ทราย เถ้าปาล์ม และใยกล้วยตามอัตราส่วนที่กำหนด



รูปที่ 3.22 ผสมปูนซีเมนต์ ทราย เถ้าปาล์ม และใยกล้วยตามอัตราส่วนให้เข้ากัน



รูปที่ 3.23 บรรจุคอนกรีตมวลเบาที่ผสมแล้วลงแบบหล่อ ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร



รูปที่ 3.24 ตัวอย่างคอนกรีตมวลเบาที่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดสอบคุณสมบัติของอิฐมวลเบา

3.4.1 กำลังรับแรงอัด

เมื่ออิฐมวลเบาที่มีอายุการบ่มครบที่ 14 วันแล้ว ให้ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541) โดยนำชิ้นทดสอบของคอนกรีตมวลเบาที่มีขนาด 5x5x5 เซนติเมตร โดยควบคุมอัตราการเพิ่มแรงอัดระหว่าง 0.05 ถึง 0.20 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที กดชิ้นทดสอบจนได้ค่าแรงอัดสูงสุดเมื่อชิ้นทดสอบแตกเสียหาย แล้วทำการบันทึกผล



รูปที่ 3.25 แสดงการทดสอบความต้านทานแรงอัด

3.4.2 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

ความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบา จะคำนวณในสภาพแห้ง (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541) ทำได้โดยการวัดขนาดแต่ละด้านด้วยเวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ ทำการบันทึกข้อมูล จากนั้นนำชิ้นทดสอบเข้าตู้อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการชั่งน้ำหนักโดยระบุงสมการที่ใช้คำนวณดังสมการ (3.2) ดังนี้

$$\text{ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้ง} = \frac{\text{มวลของชิ้นทดสอบหลังอบในตู้อบ}}{\text{ปริมาตรของชิ้นทดสอบ}} \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 ชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 3.27 วัดขนาด

3.4.3 อัตราการดูดซึมน้ำ

การทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำจะอ้างอิง (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541) โดยการอบชิ้นทดสอบในตู้อบให้แห้งจนได้น้ำหนักคงที่ เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง จากนั้นชั่งมวลแต่ละก้อนเป็นน้ำหนักชิ้นทดสอบเมื่อแห้ง ขั้นตอนต่อไปให้แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดให้ท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วยกออก ใช้ผ้าชุมน้ำเช็ดที่ผิวที่ละก้อนแล้วชั่งใหม่ให้เสร็จภายใน 3 นาที น้ำหนักที่ชั่งได้ถือเป็นน้ำหนักคอนกรีตมวลเบาที่ดูดกลืนน้ำ โดยระบุสมการที่ใช้คำนวณดังสมการ (3.3) ดังนี้

$$\% \text{Absorption} = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ws คือ น้ำหนักอิมตัวของตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กิโลกรัม

Wd คือน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กิโลกรัม



รูปที่ 3.28 การอบชิ้นงานเพื่อหาอัตราการดูดซึมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

ผลการทดสอบมีรายละเอียดเป็นดังหัวข้อต่อไปนี้

4.1 ความหนาแน่น

ในการหาความหนาแน่นของตัวอย่างจะใช้เป็นความหนาแน่นแห้ง ซึ่งได้จากการชั่งน้ำหนักและการวัดขนาดเพื่อหาปริมาตรของตัวอย่างหลังทำการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสและการเก็บบันทึกค่าจะเก็บเป็นค่าความถ่วงจำเพาะเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณต่อไป

ตารางที่ 4.1 ความถ่วงจำเพาะของสูตรอิฐมวลเบา(ไม่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย)

ตัวอย่าง	อิฐมวลเบา(ไม่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย)					
	น้ำหนัก(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ²)	ความถ่วงจำเพาะ
1	165.71	5.000	5.080	5.000	127.00	1.30
2	160.42	5.022	5.000	5.034	126.40	1.27
3	164.03	5.000	5.000	5.000	125.00	1.31
ค่าเฉลี่ย						1.30

จากตารางที่ 4.1 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ต้าที่ยังไม่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วยเฉลี่ยเป็น 1.30

ตารางที่ 4.2 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 % ความยาว 2 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใย 0.5 % ยาว 2 ซม.					
	น้ำหนัก(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ²)	ความถ่วงจำเพาะ
1	162.42	5.100	5.068	5.000	129.23	1.26
2	163.49	4.996	5.000	5.000	124.90	1.31
3	160.79	5.000	5.000	5.000	125.00	1.29
ค่าเฉลี่ย						1.28

จากตารางที่ 4.2 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 % ความยาว 2 ซม. เฉลี่ยเป็น 1.28

ตารางที่ 4.3 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 % ความยาว 2 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 % ยาว 2 ซม.					
	น้ำหนัก(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ²)	ความถ่วงจำเพาะ
1	137.79	4.982	5.060	5.050	127.31	1.08
2	135.20	5.024	5.072	5.020	127.92	1.06
3	132.76	5.012	5.010	5.040	126.56	1.05
ค่าเฉลี่ย						1.06

จากตารางที่ 4.3 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 % ความยาว 2 ซม. เฉลี่ยเป็น 1.06

ตารางที่ 4.4 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 % ความยาว 2 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 % ยาว 2 ซม.					
	น้ำหนัก(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ²)	ความถ่วงจำเพาะ
1	129.38	5.022	5.042	5.000	126.60	1.02
2	131.27	5.010	4.996	5.054	126.50	1.04
3	133.22	5.024	5.020	5.082	128.17	1.04
ค่าเฉลี่ย						1.03

จากตารางที่ 4.4 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 % ความยาว 2 ซม. เฉลี่ยเป็น 1.03

ตารางที่ 4.5 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 % ความยาว 2 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 % ยาว 2 ซม.					
	น้ำหนัก(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ²)	ความถ่วงจำเพาะ
1	121.07	5.180	5.018	5.014	130.33	0.93
2	127.13	5.078	5.038	5.060	129.45	0.98
3	124.87	5.032	5.034	4.830	122.35	1.02
ค่าเฉลี่ย						0.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 % ความยาว 2 ซม. เฉลี่ยเป็น 0.98

ตารางที่ 4.6 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 % ความยาว 3 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใย 0.5 % ยาว 3 ซม.					
	น้ำหนัก(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ²)	ความถ่วงจำเพาะ
1	160.85	5.000	5.000	5.000	125.00	1.29
2	164.09	5.000	5.000	5.000	125.00	1.31
3	161.77	5.000	5.000	5.000	125.00	1.29
ค่าเฉลี่ย						1.30

จากตารางที่ 4.6 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 % ความยาว 3 ซม. เฉลี่ยเป็น 1.30

ตารางที่ 4.7 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 % ความยาว 3 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใย 1 % ยาว 3 ซม.					
	น้ำหนัก(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ²)	ความถ่วงจำเพาะ
1	131.91	5.052	4.956	5.022	125.74	1.05
2	143.32	5.020	5.058	5.006	127.11	1.13
3	142.35	5.004	4.996	5.048	126.20	1.13
ค่าเฉลี่ย						1.10

จากตารางที่ 4.7 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 % ความยาว 3 ซม. เฉลี่ยเป็น 1.10

ตารางที่ 4.8 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 % ความยาว 3 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใย 2 % ยาว 3 ซม.					
	น้ำหนัก(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ²)	ความถ่วงจำเพาะ
1	136.38	5.026	5.050	5.008	127.11	1.07
2	129.93	5.100	5.042	4.966	127.70	1.02
3	123.36	5.094	5.046	5.030	129.29	0.95
ค่าเฉลี่ย						1.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 % ความยาว 3 ซม. เฉลี่ยเป็น 1.01

ตารางที่ 4.9 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 % ความยาว 3 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใย 3 % ยาว 3 ซม.					
	น้ำหนัก(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ²)	ความถ่วงจำเพาะ
1	129.13	5.022	4.900	5.026	123.68	1.04
2	124.07	4.962	5.058	5.070	127.25	0.98
3	125.82	4.982	5.002	5.096	126.99	0.99
ค่าเฉลี่ย						1.00

จากตารางที่ 4.9 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 % ความยาว 3 ซม. เฉลี่ยเป็น 1.00

ตารางที่ 4.10 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 % ความยาว 4 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใย 0.5 % ยาว 3 ซม.					
	น้ำหนัก(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ²)	ความถ่วงจำเพาะ
1	160.39	5.000	5.000	5.000	125.00	1.28
2	162.72	5.000	5.000	5.000	125.00	1.30
3	161.15	5.000	5.000	5.000	125.00	1.29
ค่าเฉลี่ย						1.29

จากตารางที่ 4.10 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 % ความยาว 4 ซม. เฉลี่ยเป็น 1.29

ตารางที่ 4.11 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 % ความยาว 4 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใย 1 % ยาว 4 ซม.					
	น้ำหนัก(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ²)	ความถ่วงจำเพาะ
1	136.14	5.074	5.130	4.992	129.94	1.05
2	137.69	5.016	5.002	5.096	127.86	1.08
3	140.69	4.982	5.102	5.066	128.77	1.09
ค่าเฉลี่ย						1.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.11 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 % ความยาว 4 ซม. เฉลี่ยเป็น 1.07

ตารางที่ 4.12 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 % ความยาว 4 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใย 2 % ยาว 4 ซม.					
	น้ำหนัก(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ²)	ความถ่วงจำเพาะ
1	128.97	5.074	5.130	4.992	129.94	0.99
2	132.26	5.016	5.002	5.096	127.86	1.03
3	129.44	4.982	5.102	5.066	128.77	1.01
ค่าเฉลี่ย						1.01

จากตารางที่ 4.12 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 % ความยาว 4 ซม. เฉลี่ยเป็น 1.01

ตารางที่ 4.13 ความถ่วงจำเพาะของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 % ความยาว 4 ซม.

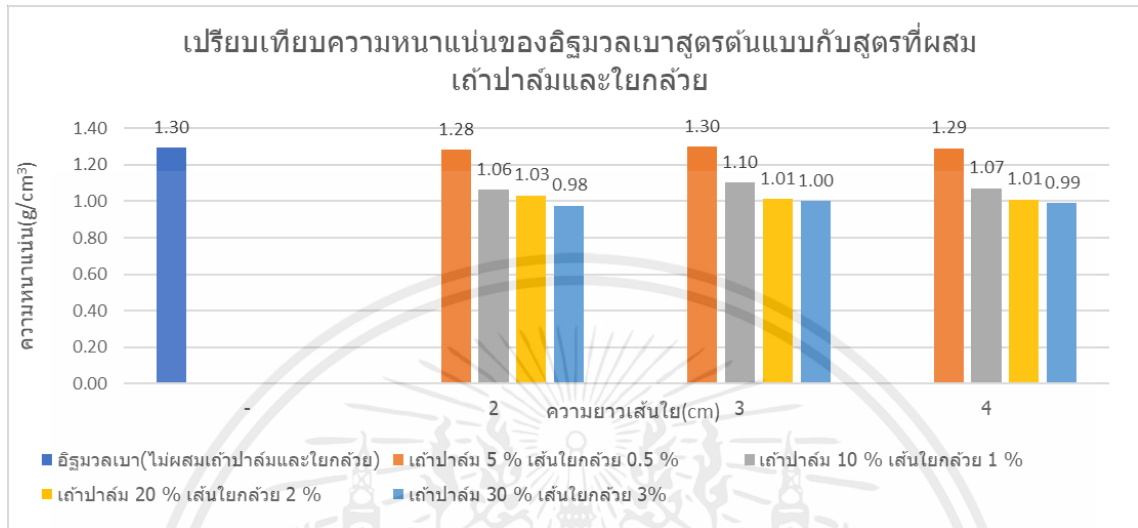
ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใย 3 % ยาว 4 ซม.					
	น้ำหนัก(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ²)	ความถ่วงจำเพาะ
1	123.27	4.988	5.024	5.068	127.00	0.97
2	125.16	5.064	5.038	4.974	126.90	0.99
3	127.97	5.052	5.058	4.948	126.44	1.01
ค่าเฉลี่ย						0.99

จากตารางที่ 4.13 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 % ความยาว 4 ซม. เฉลี่ยเป็น 0.99

จากกราฟที่ 4.1 เปรียบเทียบความหนาแน่นของอิฐมวลเบาสูตรต้นแบบกับสูตรที่ไม่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย ความหนาแน่นจะแปรผกผันตามปริมาณของส่วนผสมเพิ่ม กล่าวคือเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าปาล์มและใยกล้วยจะทำให้ความหนาแน่นลดลง จากกราฟหากต้องการอิฐมวลเบาที่มีความหนาแน่นสูงให้เลือกใช้สูตรเถ้าปาล์ม 5% ใยกล้วย 0.5% ความยาว 2 3 และ 4 เซนติเมตร มีค่าความหนาแน่นที่ 1.28 1.30 และ 1.29 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ หากต้องการเลือกอิฐมวลเบาที่มีความหนาแน่นต่ำให้เลือกใช้สูตร เถ้า

ปาล์ม 30% ไยกกล้วย 3% ความยาว 2 3 และ 4 เซนติเมตร มีค่าความหนาแน่นที่ 0.98 1.00 และ 0.99 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

กราฟที่ 4.1 เปรียบเทียบความหนาแน่นของอิฐมวลเบาสูตรต้นแบบกับสูตรที่ไม่ผสมเถ้าปาล์มและไยกกล้วย



4.2 อัตราการดูดซึมน้ำ

ในการอัตราการดูดซึมน้ำ อบขึ้นทดสอบในตู้อบให้แห้งจนได้น้ำหนักคงที่เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นซึ่งมวลของแต่ละก้อนเป็นขึ้นทดสอบเมื่อแห้ง แล้วนำไปแช่น้ำสะอาดให้ท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก

ตารางที่ 4.14 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรอิฐมวลเบา(ไม่ผสมเถ้าปาล์มและไยกกล้วย)

ตัวอย่าง	อิฐมวลเบา(ไม่ผสมเถ้าปาล์มและไยกกล้วย)		
	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	185.33	165.71	0.12
2	181.06	160.42	0.13
3	183.38	164.03	0.12
ค่าเฉลี่ย			0.12

จากตารางที่ 4.14 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ไม่ผสมเถ้าปาล์มและผสมไยกกล้วย เฉลี่ยเป็น 0.12

ตารางที่ 4.15 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมโยกล้วย 0.5 % ความยาว 2 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 5 % และผสมโย 0.5 % ยาว 2 ซม.		
	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	194.14	162.42	0.20
2	196.51	163.49	0.20
3	192.85	160.79	0.20
ค่าเฉลี่ย			0.20

จากตารางที่ 4.15 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมโยกล้วย 0.5 % ความยาว 2 ซม. เฉลี่ยเป็น 0.20

ตารางที่ 4.16 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโยกล้วย 1 % ความยาว 2 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโย 1 % ยาว 2 ซม.		
	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	168.61	137.79	0.22
2	167.69	135.20	0.24
3	161.67	132.76	0.22
ค่าเฉลี่ย			0.23

จากตารางที่ 4.16 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโยกล้วย 1 % ความยาว 2 ซม. เฉลี่ยเป็น 0.227

ตารางที่ 4.17 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมโยกล้วย 2 % ความยาว 2 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 20 % และผสมโย 2 % ยาว 2 ซม.		
	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	161.84	129.38	0.25
2	163.91	131.27	0.25
3	165.72	133.22	0.24
ค่าเฉลี่ย			0.25

จากตารางที่ 4.17 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมโยกล้วย 2 % ความยาว 2 ซม. เฉลี่ยเป็น 0.248

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถาป่าลัม 30 % และผสมโยกกล้วย 3 % ความยาว 2 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถาป่าลัม 30 % และผสมโย 3% ยาว 2 ซม.		
	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	155.81	121.07	0.29
2	168.33	127.13	0.32
3	164.39	124.87	0.32
ค่าเฉลี่ย			0.31

จากตารางที่ 4.18 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถาป่าลัม 30 % และผสมโยกล้วย 3 % ความยาว 2 ซม. เฉลี่ยเป็น 0.31

ตารางที่ 4.19 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถาป่าลัม 5 % และผสมโยกล้วย 0.5 % ความยาว 3 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถาป่าลัม 5 % และผสมโย 0.5 % ยาว 3 ซม.		
	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	198.34	160.85	0.23
2	197.97	164.09	0.21
3	193.79	161.77	0.320
ค่าเฉลี่ย			0.21

จากตารางที่ 4.19 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถาป่าลัม 5 % และผสมโยกล้วย 0.5 % ความยาว 3 ซม. เฉลี่ยเป็น 0.21

ตารางที่ 4.20 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถาป่าลัม 10 % และผสมโยกล้วย 1 % ความยาว 3 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถาป่าลัม 10 % และผสมโย 1 % ยาว 3 ซม.		
	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	168.61	131.91	0.28
2	170.48	143.32	0.19
3	175.33	142.35	0.23
ค่าเฉลี่ย			0.23

จากตารางที่ 4.20 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถาป่าลัม 10 % และผสมโยกล้วย 1 % ความยาว 3 ซม. เฉลี่ยเป็น 0.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถาป่าลัม 20 % และผสมโยกกล้วย 2 % ความยาว 3 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถาป่าลัม 20 % และผสมโย 2 % ยาว 3 ซม.		
	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	167.04	136.38	0.22
2	160.00	129.93	0.23
3	158.31	123.36	0.28
ค่าเฉลี่ย			0.25

จากตารางที่ 4.21 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถาป่าลัม 20 % และผสมโยกล้วย 2 % ความยาว 3 ซม. เฉลี่ยเป็น 0.25

ตารางที่ 4.22 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถาป่าลัม 30 % และผสมโยกล้วย 3 % ความยาว 3 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถาป่าลัม 30 % และผสมโย 3 % ยาว 3 ซม.		
	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	166.72	129.13	0.29
2	164.27	124.07	0.32
3	162.72	125.82	0.29
ค่าเฉลี่ย			0.30

จากตารางที่ 4.22 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถาป่าลัม 30 % และผสมโยกล้วย 3 % ความยาว 3 ซม. เฉลี่ยเป็น 0.30

ตารางที่ 4.23 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถาป่าลัม 5 % และผสมโยกล้วย 0.5 % ความยาว 4 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถาป่าลัม 5 % และผสมโย 0.5 % ยาว 4 ซม.		
	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	195.38	160.39	0.22
2	195.97	162.72	0.20
3	194.40	161.15	0.21
ค่าเฉลี่ย			0.21

จากตารางที่ 4.23 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถาป่าลัม 5 % และผสมโยกล้วย 0.5 % ความยาว 4 ซม. เฉลี่ยเป็น 0.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโยกกล้วย 1 % ความยาว 4 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโย 1 % ยาว 4 ซม.		
	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	166.73	136.14	0.22
2	168.48	137.69	0.22
3	173.33	140.69	0.23
ค่าเฉลี่ย			0.23

จากตารางที่ 4.24 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโยกล้วย 1 % ความยาว 4 ซม. เฉลี่ยเป็น 0.23

ตารางที่ 4.25 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมโยกล้วย 2 % ความยาว 4 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 20 % และผสมโย 2 % ยาว 4 ซม.		
	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	160.03	128.97	0.24
2	163.36	132.26	0.24
3	161.57	129.44	0.25
ค่าเฉลี่ย			0.24

จากตารางที่ 4.25 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมโยกล้วย 2 % ความยาว 4 ซม. เฉลี่ยเป็น 0.24

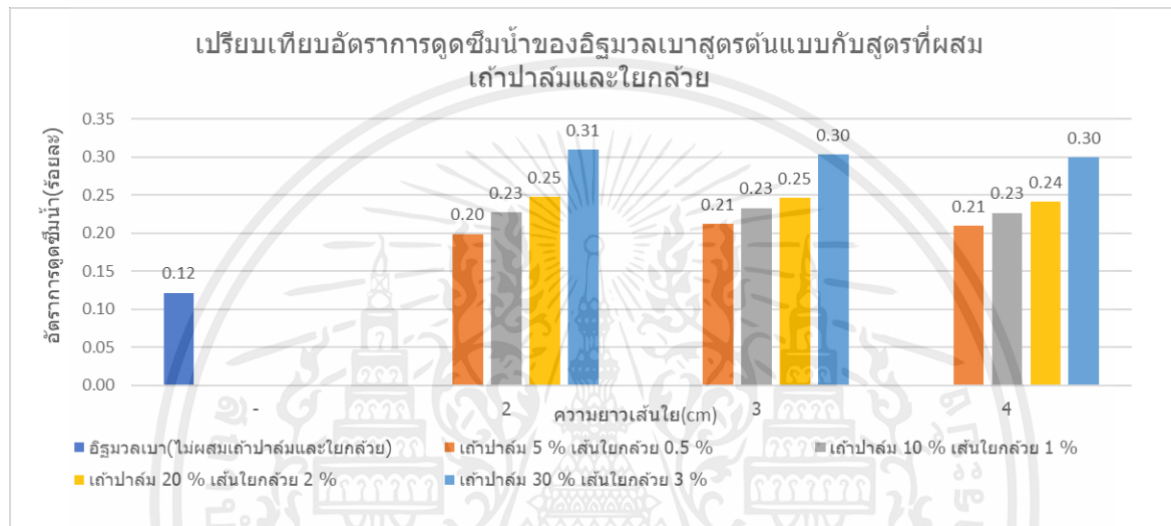
ตารางที่ 4.26 อัตราการดูดซึมน้ำของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมโยกล้วย 3 % ความยาว 4 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 30 % และผสมโย 3 % ยาว 4 ซม.		
	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	161.170	123.270	0.31
2	162.840	125.160	0.30
3	164.930	127.970	0.29
ค่าเฉลี่ย			0.30

จากตารางที่ 4.26 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมโยกล้วย 3 % ความยาว 4 ซม. เฉลี่ยเป็น 0.30

จากกราฟที่ 4.2 เปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมวลเบาสูตรต้นแบบกับสูตรที่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย จะเห็นได้ว่าที่ปริมาณส่วนผสมเพิ่มมากขึ้นอัตราการดูดซึมน้ำก็จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเถ้าปาล์มและเส้นใยกล้วยมีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำ จากกราฟหากต้องการเลือกสูตรที่มีอัตราการดูดซึมน้ำคือสูตรเถ้าปาล์ม 30% และใยกล้วย 3% ความยาว 2 3 และ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 0.31 0.30 และ 0.30 ตามลำดับ สูตรที่มีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำคือสูตรเถ้าปาล์ม 5% ใยกล้วย 0.5% ความยาว 2 3 และ 4 เซนติเมตร มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำที่ร้อยละ 0.20 0.21 และ 0.21 ตามลำดับ

กราฟที่ 4.2 เปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐมวลเบาสูตรต้นแบบกับสูตรที่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย



4.3 กำลังรับแรงอัด

ในการทดสอบกำลังรับแรงอัดจะเป็นการหาค่าความต้านทานแรงอัดของตัวอย่างที่อายุ 14 วันตามที่มาตรฐานกำหนด

ตารางที่ 4.27 กำลังรับแรงอัดของสูตรอิฐมวลเบา(ไม่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย)

ตัวอย่าง	อิฐมวลเบา(ไม่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย)					กำลังรับแรงอัด (ksc)
	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	
1	14.42	1469.93	5.000	5.080	25.40	57.87
2	14.14	1441.39	5.022	5.000	25.11	57.40
3	14.68	1496.40	5.000	5.000	25.00	59.86
ค่าเฉลี่ย						58.38

จากตารางที่ 4.27 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ไม่ผสมเถ้าปาล์มและผสมใยกล้วยเฉลี่ยเป็น 58.38 ksc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมโยกล้วย 0.5 % ความยาว 2 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 5 % และผสมโย 0.5 % ยาว 2 ซม.					
	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	14.40	1467.89	5.100	5.068	25.85	56.79
2	13.94	1421.00	4.996	5.000	24.98	56.89
3	13.83	1409.79	5.000	5.000	25.00	56.39
ค่าเฉลี่ย						56.69

จากตารางที่ 4.28 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมโยกล้วย 0.5 % ความยาว 2 ซม. เฉลี่ยเป็น 56.69 ksc

ตารางที่ 4.29 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโยกล้วย 1 % ความยาว 2 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโย 1 % ยาว 2 ซม.					
	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	8.410	857.29	4.982	5.060	25.21	34.01
2	7.230	737.00	5.024	5.072	25.48	28.92
3	7.670	781.86	5.012	5.010	25.11	31.14
ค่าเฉลี่ย						31.36

จากตารางที่ 4.29 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโยกล้วย 1 % ความยาว 2 ซม. เฉลี่ยเป็น 31.36 ksc

ตารางที่ 4.30 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมโยกล้วย 2 % ความยาว 2 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 20 % และผสมโย 2 % ยาว 2 ซม.					
	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	6.71	684.00	5.022	5.042	25.32	27.01
2	6.59	671.76	5.010	4.996	25.03	26.84
3	7.36	750.26	5.024	5.020	25.22	29.75
ค่าเฉลี่ย						27.87

จากตารางที่ 4.30 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมโยกล้วย 2 % ความยาว 2 ซม. เฉลี่ยเป็น 27.86 ksc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.31 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมโยกล้วย 3 % ความยาว 2 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 30 % และผสมโย 3 % ยาว 2 ซม.					
	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	4.45	453.62	5.180	5.018	25.99	17.45
2	5.23	533.13	5.078	5.038	25.58	20.84
3	5.90	601.43	5.032	5.034	25.33	23.74
ค่าเฉลี่ย						20.68

จากตารางที่ 4.31 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมโยกล้วย 3 % ความยาว 2 ซม. เฉลี่ยเป็น 20.68 ksc

ตารางที่ 4.32 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมโยกล้วย 0.5 % ความยาว 3 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 5 % และผสมโย 0.5 % ยาว 3 ซม.					
	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	13.01	1326.20	5.000	5.000	25.00	53.05
2	13.27	1352.70	5.000	5.000	25.00	54.11
3	13.54	1380.22	5.000	5.000	25.00	55.21
ค่าเฉลี่ย						54.12

จากตารางที่ 4.32 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมโยกล้วย 0.5 % ความยาว 3 ซม. เฉลี่ยเป็น 54.12 ksc

ตารางที่ 4.33 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโยกล้วย 1 % ความยาว 3 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโย 1 % ยาว 3 ซม.					
	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	7.84	799.19	5.052	4.956	25.04	31.92
2	7.08	721.71	5.020	5.058	25.39	28.42
3	7.46	760.45	5.004	4.996	25.00	30.42
ค่าเฉลี่ย						30.25

จากตารางที่ 4.33 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมโยกล้วย 1 % ความยาว 3 ซม. เฉลี่ยเป็น 30.25 ksc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.34 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 % ความยาว 3 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใย 2 % ยาว 3 ซม.					
	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	6.35	647.30	5.026	5.050	25.38	25.50
2	5.53	563.71	5.100	5.042	25.71	21.92
3	4.32	440.37	5.094	5.046	25.70	17.13
ค่าเฉลี่ย						21.52

จากตารางที่ 4.34 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 % ความยาว 3 ซม. เฉลี่ยเป็น 21.52 ksc

ตารางที่ 4.35 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 % ความยาว 3 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใย 3 % ยาว 3 ซม.					
	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	4.79	488.28	5.022	4.900	24.61	19.84
2	4.03	410.81	4.962	5.058	25.10	16.37
3	4.25	433.23	4.982	5.002	24.92	17.38
ค่าเฉลี่ย						17.87

จากตารางที่ 4.35 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 % ความยาว 3 ซม. เฉลี่ยเป็น 17.87 ksc

ตารางที่ 4.36 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 % ความยาว 4 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใย 0.5 % ยาว 4 ซม.					
	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	12.18	1241.59	5.000	5.000	25.00	49.66
2	13.35	1360.86	5.000	5.000	25.00	54.43
3	11.95	1218.14	5.000	5.000	25.00	48.73
ค่าเฉลี่ย						50.94

จากตารางที่ 4.36 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 5 % และผสมใยกล้วย 0.5 % ความยาว 4 ซม. เฉลี่ยเป็น 50.94 ksc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.37 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 % ความยาว 4 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใย 1 % ยาว 4 ซม.					กำลังรับแรงอัด (ksc)
	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	
1	6.15	626.91	5.096	4.93	25.12	24.95
2	6.45	657.49	5.066	5.00	25.33	25.96
3	8.37	853.21	4.998	5.01	25.04	34.07
ค่าเฉลี่ย						28.33

จากตารางที่ 4.37 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 10 % และผสมใยกล้วย 1 % ความยาว 4 ซม. เฉลี่ยเป็น 28.33 ksc

ตารางที่ 4.38 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 % ความยาว 4 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใย 2 % ยาว 4 ซม.					กำลังรับแรงอัด (ksc)
	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	
1	5.41	551.48	5.074	5.024	25.49	21.63
2	4.84	493.37	5.016	5.038	25.27	19.52
3	4.71	480.12	4.982	5.058	25.20	19.05
ค่าเฉลี่ย						20.07

จากตารางที่ 4.38 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 20 % และผสมใยกล้วย 2 % ความยาว 4 ซม. เฉลี่ยเป็น 20.07 ksc

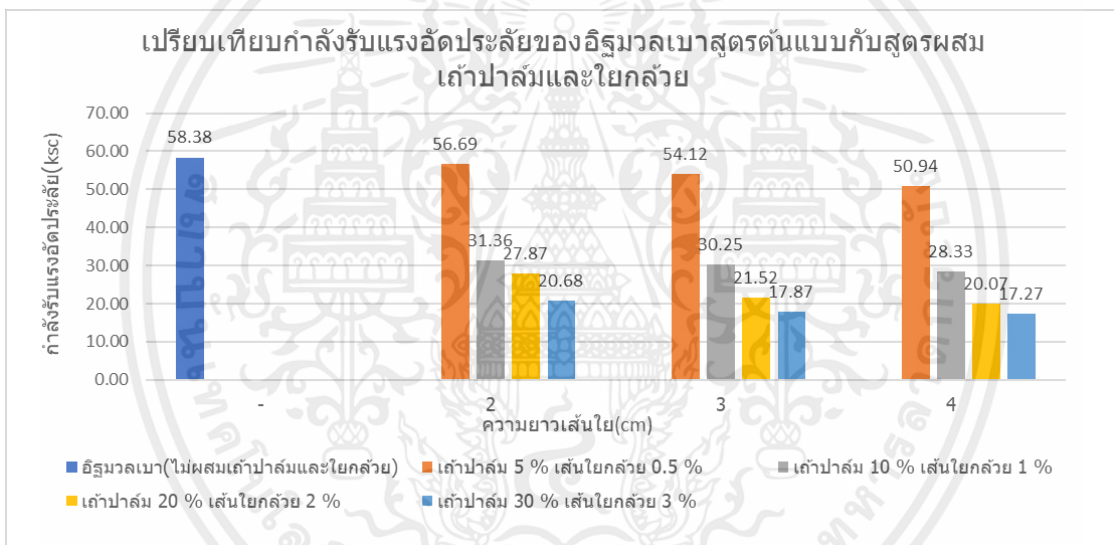
ตารางที่ 4.39 กำลังรับแรงอัดของสูตรผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 % ความยาว 4 ซม.

ตัวอย่าง	สูตรเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใย 3 % ยาว 4 ซม.					กำลังรับแรงอัด (ksc)
	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	
1	4.18	426.10	4.988	5.024	25.06	17.00
2	4.81	490.32	5.064	5.038	25.51	19.22
3	3.91	398.57	5.052	5.058	25.55	15.60
ค่าเฉลี่ย						17.27

จากตารางที่ 4.39 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์ม 30 % และผสมใยกล้วย 3 % ความยาว 4 ซม. เฉลี่ยเป็น 17.27 ksc

จากกราฟที่ 4.3 เปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดประลัยของอิฐมวลเบาสูตรต้นแบบกับสูตรผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย ค่ากำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับปริมาณเถ้าปาล์มและใยกล้วยที่ใส่เข้าไปในอัตราส่วนผสม ซึ่งจากการทดสอบเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าปาล์มและใยกล้วยจะทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลง จากกราฟหากต้องการเลือกใช้ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยที่สูงให้เลือกใช้สูตรเถ้าปาล์มน้ำมัน 5% ใยกล้วย 0.5% ความยาว 2 3 และ 4 เซนติเมตร มีค่ากำลังรับแรงอัดประลัยที่ 56.69 54.12 และ 50.94 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ แต่หากต้องการค่ากำลังรับแรงอัดประลัยที่ต่ำให้เลือกใช้สูตรเถ้าปาล์ม 30% ใยกล้วย 3% ความยาว 2 3 และ 4 เซนติเมตร มีค่ากำลังรับแรงอัดประลัยที่ 20.68 17.87 และ 17.27 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

กราฟที่ 4.3 เปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดประลัยของอิฐมวลเบาสูตรต้นแบบกับสูตรผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย



4.4 เปรียบเทียบผลการทดสอบ

เป็นการเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยยึดตามคุณลักษณะที่ต้องการของคอนกรีตมวลเบาตามมาตรฐาน มอก.2601-2556 ได้แก่

1) ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

ตารางที่ 4.40 การเปรียบเทียบความหนาแน่นเชิงปริมาตร

เถ้าปาล์ม (%)	ใยกล้วย (%)	ความยาว (cm)	รหัส	ค่าความหนาแน่นจากการทดสอบ (g/cm ³)	ผลการเปรียบเทียบ	หมายเหตุ
-	-	-	F00A00	1.30	ผ่าน	

ตารางที่ 4.40 การเปรียบเทียบความหนาแน่นเชิงปริมาตร(ต่อ)

เถ้าปาล์ม (%)	ใยกล้วย (%)	ความยาว (cm)	รหัส	ค่าความหนาแน่นจากการทดสอบ (g/cm ³)	ผลการเปรียบเทียบ	หมายเหตุ
5	0.5	2	F205A5	1.28	ผ่าน	
10	1		F21A10	1.06	ผ่าน	
20	2		F22A20	1.03	ผ่าน	
30	3		F23A30	0.98	ผ่าน	
5	0.5	3	F305A5	1.30	ผ่าน	
10	1		F31A10	1.10	ผ่าน	
20	2		F32A20	1.01	ผ่าน	
30	3		F33A30	1.00	ผ่าน	
5	0.5	4	F405A5	1.29	ผ่าน	
10	1		F41A10	1.07	ผ่าน	
20	2		F42A20	1.01	ผ่าน	
30	3		F43A30	0.99	ผ่าน	

จากการเปรียบเทียบความหนาแน่นเชิงปริมาตร ทุกตัวอย่างผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำตามมาตรฐาน มอก.2601 - 2556 คือมีค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรอยู่ที่ 0.50 - 1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2) อัตราการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 4.41 การเปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำ

เถ้าปาล์ม (%)	ใยกล้วย (%)	ความยาว (cm)	รหัส	ค่าอัตราการดูดซึมน้ำจากการทดสอบ (ร้อยละ)	ผลการเปรียบเทียบ	หมายเหตุ
-	-	-	F00A00	0.12	ผ่าน	
5	0.5	2	F205A5	0.2	ผ่าน	
10	1		F21A10	0.23	ผ่าน	
20	2		F22A20	0.25	ผ่าน	
30	3		F23A30	0.31	ไม่ผ่าน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.41 การเปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำ(ต่อ)

เถ้าปาล์ม (%)	ใยกล้วย (%)	ความยาว (cm)	รหัส	ค่าอัตราการดูดซึมน้ำจากการทดสอบ (ร้อยละ)	ผลการเปรียบเทียบ	หมายเหตุ
5	0.5	3	F305A5	0.21	ผ่าน	
10	1		F31A10	0.23	ผ่าน	
20	2		F32A20	0.25	ผ่าน	
30	3		F33A30	0.3	ไม่ผ่าน	
5	0.5	4	F405A5	0.21	ผ่าน	
10	1		F41A10	0.23	ผ่าน	
20	2		F42A20	0.24	ผ่าน	
30	3		F43A30	0.3	ไม่ผ่าน	

จากการเปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำ เกณฑ์ขั้นต่ำตามมาตรฐาน มอก.2601- 2556 คือมีอัตราการดูดซึมน้ำไม่มากกว่า ร้อยละ 0.25 จะมีสูตรที่มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำเกินมาตรฐานได้แก่ สูตรเถ้าปาล์ม 30% ใยกล้วย 3% ที่ความยาว 2,3 และ 4 เซนติเมตร

3) กำลังต้านทานแรงอัดประลัย

ตารางที่ 4.42 การเปรียบเทียบความหนาต้านทานแรงอัด

เถ้าปาล์ม (%)	ใยกล้วย (%)	ความยาว (cm)	รหัส	ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยจากการทดสอบ (ksc.)	ผลการเปรียบเทียบ	หมายเหตุ
-	-	-	F00A00	58.38	ผ่าน	
5	0.5	2	F205A5	56.69	ผ่าน	
10	1		F21A10	31.36	ผ่าน	
20	2		F22A20	27.87	ผ่าน	
30	3		F23A30	20.68	ผ่าน	
5	0.5	3	F305A5	54.12	ผ่าน	
10	1		F31A10	30.25	ผ่าน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.42 การเปรียบเทียบความหนาต้านทานแรงอัด(ต่อ)

เถ้าปาล์ม (%)	ใยกล้วย (%)	ความยาว (cm)	รหัส	ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยจากการทดสอบ (ksc.)	ผลการเปรียบเทียบ	หมายเหตุ
20	2	3	F32A20	21.52	ผ่าน	
30	3		F33A30	17.87	ไม่ผ่าน	
5	0.5	4	F405A5	50.94	ผ่าน	
10	1		F41A10	28.33	ผ่าน	
20	2		F42A20	20.07	ไม่ผ่าน	
30	3		F43A30	17.27	ไม่ผ่าน	

จากการเปรียบเทียบความต้านทานแรงอัด เกณฑ์ขั้นต่ำตามมาตรฐาน มอก.2601- 2556 คือ 20.4 ksc ซึ่งมี 3 สูตรที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้แก่ สูตรเถ้าปาล์ม 30% ใยกล้วย 3% ความยาว 3 เซนติเมตร สูตรเถ้าปาล์ม 20% ใยกล้วย 2% ความยาว 4 เซนติเมตร และสูตรเถ้าปาล์ม 30% ใยกล้วย 3% ความยาว 4 เซนติเมตร

4.5 คำนวณต้นทุน

ในการคำนวณต้นทุนของอิฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วยนั้นจะใช้ราคาเฉลี่ยตามท้องตลาดของวัสดุที่ใช้ แต่จะไม่คิดราคาของเถ้าปาล์มและใยกล้วย และใช้อิฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย ในอัตราส่วน ใยกล้วย 1% และเถ้าปาล์ม 10% เนื่องจากเป็นส่วนผสมที่ผ่านมาตรฐาน มอก. และประหยัดต้นทุนกว่าสูตรอื่นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเช่นกัน

ตาราง 4.43 ราคาวัสดุตามท้องตลาดโดยเฉลี่ย

วัสดุ	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย(บาท)	ปริมาตร(kg)
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1	1	กระสอบ	130	50
ทรายสำหรับก่อสร้าง	1	ถุง	40	25
คอนกรีตมวลเบาธรรมดา	1	ก้อน	20	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากใช้คอนกรีตมวลเบาธรรมดา ขนาด 20 cm x 60 cm x 7.5 cm ในการก่อผนังในขนาด 100 cm x 100 cm x 7.5 cm จะใช้จำนวน 8.33 ก้อน คิดเป็นเงิน 166.60 บาท

ตาราง 4.44 คำนวณต้นทุนอิฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย

วัสดุ	ราคาต่อกิโลกรัม	น้ำหนัก	ราคา
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	2.6	27.79	72.25
ทรายสำหรับก่อสร้าง	1.6	30.57	48.9
เถ้าปาล์มและใยกล้วย	-	3.38	-
น้ำยาผลิตโฟม	150	0.1	15
รวม			136.15

ในการก่อผนัง 1 ตารางเมตร ขนาด 100 cm x 100 cm x 7.25 cm โดยใช้อิฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย ในอัตราส่วนใยกล้วย 1% และเถ้าปาล์ม 10% จะมีต้นทุนอยู่ที่ 136.15 บาท เมื่อคิดเป็นก้อนจะมีราคาอยู่ที่ ประมาณ 17 บาท เมื่อเทียบกับอิฐมวลเบาทั่วไป จะมีราคาถูกกว่า 3 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกลของอิฐมวลเบาที่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มร้อยละ 5 ,10 ,20 และ 30 โดยน้ำหนักซีเมนต์ ไยกล้วยร้อยละ 0.5 ,1 ,2 และ 3 โดยน้ำหนักทราย มีความยาวใยกล้วย 2 ,3 และ 4 เซนติเมตร มาใช้ในการทดสอบไปเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางกลของอิฐมวลเบา(ที่ไม่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย)กับอิฐมวลเบาที่ผสมเถ้าปาล์มและใยกล้วย พบว่า การนำเถ้าปาล์มและใยกล้วยมาผสมในอิฐมวลเบา ทำให้ค่าความหนาแน่น ค่ากำลังรับแรงอัด มีค่าลดลงตามอัตราส่วนผสมที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าอัตราการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ตามร้อยละที่เพิ่มขึ้นของเถ้าปาล์มและใยกล้วย ส่วนอัตราส่วนของเถ้าปาล์มร้อยละ 5 โดยน้ำหนักซีเมนต์ ไยกล้วยร้อยละ 0.5 ความยาว 2 เซนติเมตร เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากมีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 56.69 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งค่ากำลังรับแรงอัดลดลงจากเดิมอยู่ที่ร้อยละ 2.89 มีค่าความหนาแน่นร้อยละ 1.28 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีอัตราการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.20 เป็นสูตรที่ผ่านตามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541

5.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

5.2.1 ความหนาแน่น

พบว่า ค่าความหนาแน่นจะแปรผกผันตามร้อยละของเถ้าปาล์มและใยกล้วย การเพิ่มปริมาณของเถ้าปาล์มและใยกล้วยจะทำให้ค่าความหนาแน่นมีค่าลดลง โดยเปอร์เซ็นต์เถ้าปาล์มและใยกล้วย ที่ทำให้มีค่าความหนาแน่นต่ำที่สุดคือ เถ้าปาล์ม 30% ไยกล้วย 3% ความยาว 2 เซนติเมตร มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.98 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ไม่จัดเป็นคอนกรีตบล็อกมวลเบาเนื่องจากอัตราการดูดซึมน้ำและความต้านทานแรงอัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 2601-2556 ดังนั้นเปอร์เซ็นต์เถ้าปาล์มและใยกล้วยที่เหมาะสมคือ 5% และ 0.5% ความยาว 2 เซนติเมตร (โดยเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.1) มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.28 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งจัดเป็นคอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิด C14 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเต็มฟองอากาศ มอก. 2601-2556

5.2.2 อัตราการดูดซึมน้ำ

พบว่า ค่าอัตราการดูดซึมน้ำจะแปรผันตามร้อยละของเถาปาล์มและใยกล้วย การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของเถาปาล์มและใยกล้วยจะทำให้อัตราการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นด้วย อัตราการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดคือ เถาปาล์ม 5% ใยกล้วย 0.5% ความยาว 2 เซนติเมตร มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 0.20 และอัตราการดูดซึมน้ำที่สูงที่สุด คือ เถาปาล์ม 30% ใยกล้วย 3% ความยาว 2 เซนติเมตร มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 0.31 ซึ่งมีค่าสูงกว่าตัวอย่างอิฐมวลเบา(ที่ไม่ผสมเถาปาล์มและใยกล้วย) แต่เปอร์เซ็นต์เถาปาล์มและใยกล้วยที่เหมาะสมคือ 5% และ 0.5% ความยาว 2 เซนติเมตร (โดยเปรียบเทียบจากตารางที่ 2.2) มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 0.20 ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ มอก. 2601-2556 จัดเป็นคอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิด C14

5.2.3 กำลังรับแรงอัด

พบว่า ค่ากำลังรับแรงอัดจะแปรผันตามเปอร์เซ็นต์ของเถาปาล์มและใยกล้วย การเพิ่มปริมาณของเถาปาล์มและใยกล้วยนั้นทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลง กำลังรับแรงอัดที่ต่ำที่สุดคือ เถาปาล์ม 30% ใยกล้วย 3% ความยาว 3 เซนติเมตร มีค่ากำลังรับแรงอัดคือ 17.27 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และกำลังรับแรงอัดที่สูงที่สุดคือ เถาปาล์ม 5% ใยกล้วย 0.5% ความยาว 2 เซนติเมตร มีค่ากำลังรับแรงอัดคือ 56.69 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเปอร์เซ็นต์เถาปาล์มและใยกล้วยที่เหมาะสมคือ 5% และ 0.5% ความยาว 2 เซนติเมตร (โดยเปรียบเทียบจากตารางที่ 2.3) มีค่ากำลังรับแรงอัดคือ 56.69 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ลดลงจากอิฐมวลเบา(ที่ไม่ผสมเถาปาล์มและใยกล้วย)ร้อยละ 2.89 ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ มอก. 2601-2556 จัดเป็นคอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิด C14

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดสอบนี้ ทำการทดสอบโดยใช้ส่วนผสมทั้งเถาปาล์มและใยกล้วยพร้อมกัน จึงไม่ได้ทดสอบแยกในแต่ละส่วนผสมทำให้อาจไม่เพียงพอต่อการสรุปว่าอัตราส่วน ของเถาปาล์มและใยกล้วยส่งผลต่อคุณสมบัติในด้านต่างๆของอิฐมวลเบาอย่างไร
2. ขั้นตอนการผสมวัสดุ จำเป็นต้องตรวจสอบ การกระจายตัวของเส้นใยกล้วย เพื่อให้เส้นใยกล้วยกระจายตัวสม่ำเสมอ
3. สูตรส่วนผสมในการทดสอบนี้ยังมีความแตกต่างในหลายๆด้านน้อย จึงทำให้ผลทดสอบไม่ค่อยมีความแตกต่างกันเท่าไร

อ้างอิงเอกสาร

- ณัฐฐาทิศน์ เจ้ยเปี้ยว, “การจัดการของเสียในอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน”(วิทยานพนธ์ วท.ม. การจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,2558)
- ธีรสิทธิ์ แซ่ตั้ง , “การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน” (วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2547)
- กฤตวิทย์ กันทะวงค์, “การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาแบบ CLC ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน”(วิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2548)
- กฤษณะ เจริญคลังและมานูญ บุญมา, “การใช้ประโยชน์จากขี้เถ้าลอบสำหรับผลิตอิฐมวลเบา” (ปริญญาานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2548)
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม,มอก.2601-2556,คอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ,ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 4562 (พ.ศ.2556) สำนักงานมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (มอก.2601-2556)
- กฤษฎา สุทธิพันธ์, คอนกรีตมวลเบาสำหรับงานก่อ, วารสารวิจัยโครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม, กรมวิทยาศาสตร์บริการ, พฤศจิกายน 2557
- คำณูณ กาญจนภูมิ, “การอนุรักษ์พันธุกรรมกล้วยในภาคใต้ของประเทศไทยภายใต้สภาวะเจริญเข้าในหลอดทดลอง”, รายงานฉบับสมบูรณ์ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2550-2551 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- อัศวิน น้อยสุวรรณ, วรากร หมั่นสระเกษ, สกนธ์ เลิศมัลลิกาพร และสุรเชษฐ์ สุพรรณกลาง, “คอนกรีตผสมแกลบ” (ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2548)
- ธนิญ เลื่อมประพวงกุล และพิเชฐ ปราชญ์พยนต์, “ฉนวนดูดซับเสียงจากคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ใช้แล้ว” (ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551)
- สุเมธ สันต์วัฒนา “เรื่องคอนกรีตมวลเบาในระบบ CLC เป็นการผลิตโดยใช้น้ำยาเคมีทำให้เกิดฟองอากาศก่อน” (ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ้างอิงเอกสาร(ต่อ)

สุรเชษฐ์ อุปวรรณ, สุรพงษ์ สุวรรณราช และอรรถพล หายทุกข์, “อิฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน” (ปริญญา
นิพนธ์ สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบคุณสมบัติของเถ้าปาล์มและใยกล้วย

ตารางที่ ก-1 เปรียบเทียบความถ่วงจำเพาะของเถ้าปาล์มน้ำมันกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

คุณสมบัติ	เถ้าปาล์มน้ำมัน	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1
ความถ่วงจำเพาะ	2.16	3.15

ตารางที่ ก-2 ขนาดคละมวลรวมของเถ้าปาล์มน้ำมัน

ขนาด ตะแกรง มาตรฐาน	น้ำหนัก ตะแกรง (g)	น้ำหนัก เถ้าปาล์ม +ตะแกรง (g)	น้ำหนักที่ ค้างอยู่บน ตะแกรง (g)	ร้อยละที่ ค้างบน ตะแกรง	ร้อยละ สะสมที่ ค้างบน ตะแกรง	ร้อยละที่ ผ่าน ตะแกรง
No.4	764	799	35	17.68	17.68	82.32
No.8	691	720	29	15.93	33.61	66.39
No.16	390	450	60	9.96	43.56	56.44
N0.30	602	642	40	14.20	57.77	42.23
No.50	558	670	112	14.82	72.59	27.41
No.100	504	667	163	14.76	87.35	12.65
ถาด	511	572	61	12.65	100.00	0.00
รวม	4020	4520	500	100.00	-	-

ตาราง ก-3 ผลการทดสอบแรงดึงเส้นใยกล้วยหอม

ชนิดของเส้นใย	Tensile properties		
	Modulus (Gpa)	Tensile Strength (Mpa)	Elongation at break (%)
เส้นใยกล้วย	15.28	434	3.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวปรินาคา ระพีทรัพย์
วัน-เดือน-ปีเกิด	6 พฤศจิกายน 2542
ที่อยู่	105 ม.6 ต.อ่าวนาง อ.เมือง จ.กระบี่ 81000
โทร	0650423904
E-mail	parinaka.pow@gmail.com
ประวัติการศึกษา	<p>พ.ศ. 2558 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่โรงเรียน อำนวยพานิชกุล อ.เมือง จ.กระบี่</p> <p>พ.ศ. 2561 จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่วิทยาลัยเทคนิคกระบี่ อ.เมือง จ.กระบี่</p> <p>พ.ศ. 2563 จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ที่วิทยาลัยเทคนิคกระบี่ อ.เมือง จ.กระบี่</p> <p>ปัจจุบันศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธาหลักสูตรต่อเนื่อง ชั้นปีที่3</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน (ต่อ)

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวศุภาพิชญ์ อินทอง
วัน-เดือน-ปีเกิด	30 มกราคม 2542
ที่อยู่	184/3 ม.6 ต.แก้วแสน อ.นาบอน จ.นครศรีธรรมราช
โทร	0630790307
E-mail	supapich0685@gmail.com
ประวัติการศึกษา	<p>พ.ศ. 2558 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่โรงเรียนนาบอน อ.นาบอน จ.นครศรีธรรมราช</p> <p>พ.ศ. 2561 จบระดับการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่วิทยาลัยเทคนิคทุ่งสง อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช</p> <p>พ.ศ. 2563 จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ป.ว.ส)วิทยาลัยเทคนิคทุ่งสง</p> <p>ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์สาขาวิศวกรรมโยธาหลักสูตรต่อเนื่อง ชั้นปีที่3</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน (ต่อ)

ชื่อ-นามสกุล	นายอุดมพร อุดมรัตน์
วัน-เดือน-ปีเกิด	1 กันยายน 2542
ที่อยู่	89/1 หมู่ที่ 7 ถนนร่วมใจ ต.กระเป๋าน้อย อ.เมืองกระบี่ จ.กระบี่ 81000
โทร	0812385256
E-mail	birth12831@gmail.com
ประวัติการศึกษา	<p>พ.ศ.2558 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่โรงเรียนเมืองกระบี่ อ.เมืองกระบี่ จ.กระบี่</p> <p>พ.ศ.2561 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่โรงเรียนเมืองกระบี่ อ.เมืองกระบี่ จ.กระบี่</p> <p>พ.ศ.2563 จบระดับการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ป.ว.ส) วิทยาลัยเทคนิคกระบี่ อ.เมืองกระบี่ จ.กระบี่</p> <p>ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา หลักสูตรต่อเนื่อง ชั้นปีที่ 3</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้