

สำนักงานคณะกรรมการ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการผลิตโฟมอินทรีย์สำหรับทำอิฐมวลเบา
STUDY ON PRODUCTION OF ORGANIC FOAM FOR LIGHT
WEIGHT CONCRETE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการผลิตโฟมอินทรีย์สำหรับทำอิฐมวลเบา
STUDY ON PRODUCTION OF ORGANIC FOAM FOR LIGHT
WEIGHT CONCRETE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาการผลิตโฟมอินทรีย์สำหรับทำอิฐมวลเบา

Study on Production of Organic Foam for Light Weight Concrete

ผู้จัดทำ

1. นายธีระพงศ์ มีเงิน รหัสประจำตัว 48015538
2. นายนิพนธ์ วรรณตรี รหัสประจำตัว 48015539
3. นายศรายุทธ์ แข็งจันทร์ รหัสประจำตัว 48015554





อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. วัชร เพ็ชชาติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการผลิตโฟมอินทรีย์สำหรับทำอิฐมวลเบา

นายธีรพงศ์ มีเงิน
 นายนิพนธ์ วรเนตร์
 นายศรายุทธ์ แยังจันทร์
 ผศ.ดร.วัชระ เพิ่มชาติ อาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาวิจัยร่วมกับบริษัท Professional Block จำกัด ซึ่งเป็นผู้ผลิตและจำหน่ายอิฐมวลเบาชนิดไม่อบไอน้ำ และภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยรามคำแหง โดยได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากโครงการ IRPUS ประจำปี 2550 การศึกษาได้มุ่งที่จะพัฒนาการผลิตอิฐมวลเบาโดยใช้โฟมอินทรีย์ที่ผลิตขึ้นเองจากถั่วเหลือง เป็นส่วนผสมแทนโฟมอินทรีย์ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งจะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ การทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) ศึกษาการผลิตโฟมอินทรีย์จากถั่วเหลือง และ 2) ศึกษาความแข็งแรงของอิฐมวลเบาที่ได้

ผลการศึกษาพบว่า ค่าความคงตัวของโฟมอินทรีย์ (Foam Stability) ที่ปริมาณถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2.0N จะให้ค่าความคงตัวของโฟมสูงสุดที่ 600 มิลลิลิตร ซึ่งจะให้ค่าความหนาแน่นและค่าความแข็งแรงของอิฐมวลเบาที่ 991 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 41 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และมีค่าการนำความร้อน 0.193 วัตต์ต่อเมตร องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : โฟมอินทรีย์, ถั่วเหลือง, ค่าความแข็งแรง

STUDY ON PRODUCTION OF ORGANIC FOAM FOR LIGHT WEIGHT CONCRETE

Mr. Teerapong Mcengen

Mr. Nipon Woranate

Mr. Sarayut Yaengjan

Asst.Prof.Dr. Watchara Permchart Advisor

2007

Abstract

This project is the collaborated research study with Professional Block Co.,Ltd., which is a producer of light weight concrete (referred to as LWC), as well as Department of Environmental Science, Ramkhamhaeng University. It was funded by IRPUS-2007. The study is aimed to develop the production process of LWC by using the organic foam that is extracted from the domestic soybean. The experiments were sub-divided into 2 parts; 1) study on the production of organic foam from soybean, and 2) study on the compressive strength of LWC.

The results were showed that the value of foam stability at 15% wt. of soybean and 2.0N of H₂SO₄ was found to be the maximum value at 600 ml. Meanwhile, the density and compressive strength of LWC were found to be 991 kg/m³ and 41 kg/cm², respectively. The thermal conductivity was 0.193 W/m²°C

Keyword : Organic foam, Soybean, Compressive strength

กิตติกรรมประกาศ

การที่ปฏิญยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ วัชรระ เพิ่มชาติ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ รวมถึงคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความแนวคิด พร้อมทั้งให้คำแนะนำในการทำปฏิญยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการแก้ปัญหาต่างๆและการช่วยเหลือในด้านอื่นๆอย่างดียิ่ง อันประโยชน์ในการจัดทำปฏิญยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ โครงการอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี (IRPUS) ที่ได้ให้เงินทุนสนับสนุนในการทำโครงการนี้และคณะวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยรามคำแหง รวมถึงบริษัท Professional Block จำกัด จ. อ่างทอง ที่ได้ให้คณะผู้จัดทำเข้าไปทำการวิจัยโดยใช้เครื่องมือ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ คุณจิตราพร กังสวัสดิ์ คุณพัชรา เอมอำไพวงศ์ และคุณน้อย ประทีป ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทางด้านธุรการ ตลอดจน นายอภัย คำทัง และนายเข้ม สมบูรณ์ เจ้าหน้าที่อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเกษตรที่ได้ให้ความช่วยเหลือทางเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ

อีกทั้งคณะผู้จัดทำ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนและผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำปฏิญยานิพนธ์ฉบับนี้ ไม่ว่าจะเป็นทั้งการให้คำปรึกษา และช่วยเหลือรวมถึงเป็นกำลังใจให้แก่กลุ่มของผู้จัดทำโครงการจนทำให้ปฏิญยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆและเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุดในการทำปฏิญยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี ซึ่งทางคณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงขอกราบขอบพระคุณท่านทั้งสองไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตและงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ลักษณะของอิฐมวลเบา	3
2.2 คุณสมบัติของอิฐมวลเบา	3
2.3 กระบวนการผลิตอิฐมวลเบา	5
2.3.1 ระบบที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง	5
2.3.2 ระบบอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง	6
2.4 โพรตีน	6
2.4.1 ชนิดของโปรตีน	7
2.4.2 โครงสร้างของโปรตีน	9
2.5 แรงตามแนวแกน และความเค้นในแนวตั้งฉาก	10
2.6 ชั้นคุณภาพของอิฐมวลเบา	14
2.7 ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	16
2.8 การนำความร้อน	17
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	21
3.1 การศึกษาการผลิตโฟมอินทรีย์สำหรับทำอิฐมวลเบา	21
3.1.1 การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	21
3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในผลิต โฟมอินทรีย์	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

3.1.3	ขั้นตอนการผลิตโฟมอินทรีย์	23
3.2	การศึกษาความแข็งแรงของอิฐมวลเบา	29
3.2.1	การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	29
3.2.2	ขั้นตอนการหล่อแบบทดสอบความแข็งแรง	33
3.2.3	การหล่อแผ่นทดสอบการนำความร้อน	37
บทที่ 4	ผลการทดลอง	39
4.1	ผลการทดสอบการคงตัวของโฟมอินทรีย์	39
4.2	ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของ โฟมอินทรีย์	39
4.2.1	ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของ โฟมอินทรีย์ 10% 1.5N	40
4.2.2	ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของ โฟมอินทรีย์ 10% 2.0N	41
4.2.3	ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของ โฟมอินทรีย์ 15% 1.5N	42
4.2.4	ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของ โฟมอินทรีย์ 10% 2.0N	43
4.2.5	ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของ โฟมอินทรีย์ 20% 1.5N	44
4.2.6	ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของ โฟมอินทรีย์ 20% 2.0N	45
4.3	ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของโฟมอินทรีย์	46
4.3.1	ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของโฟมอินทรีย์ที่ความเข้มข้น 1.5 N	46
4.3.2	ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของโฟมอินทรีย์ที่ความเข้มข้น 2.0 N	46
บทที่ 5	สรุปผลการศึกษา	47
	ข้อเสนอแนะ	48
	หนังสืออ้างอิง	49
	ภาคผนวก	50
	ภาคผนวก ก.1 ค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงของการใช้โฟมอินทรีย์ 10% 1.5N	51
	ภาคผนวก ก.2 ค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงของการใช้โฟมอินทรีย์ 10% 2.0N	52
	ภาคผนวก ก.3 ค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงของการใช้โฟมอินทรีย์ 15% 1.5N	53
	ภาคผนวก ก.4 ค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงของการใช้โฟมอินทรีย์ 15% 2.0N	54
	ภาคผนวก ก.5 ค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงของการใช้โฟมอินทรีย์ 20% 1.5N	55
	ภาคผนวก ก.6 ค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงของการใช้โฟมอินทรีย์ 20% 2.0N	56
	ภาคผนวก ก.7 ค่าการนำความร้อนของโฟมอินทรีย์	57
	ภาคผนวก ข การคำนวณความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก	58
	ภาคผนวก ค บทความประชุมวิชาการ	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ชั้นคุณภาพและชนิดของอิฐมวลเบา	14
2.2	เปรียบเทียบคุณสมบัติของอิฐมวลเบา	15
2.3	ขนาดของอิฐมวลเบา	16
2.4	ตารางที่ 2.4 ค่าการนำความร้อนของวัสดุบางชนิดที่อุณหภูมิห้อง	17
2.5	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการสร้างผนังอาคาร โดยใช้อิฐแบบต่างๆ	20
3.1	อัตราส่วนผสม	33
4.1	การทดสอบค่าความคงตัวของโฟมอินทรีย์	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้าที่
2.1	ความเค้นแนวตั้งฉาก	10
2.2	แรงตามแนวแกน	11
2.3	ความเค้นบนพื้นที่ ΔA	12
2.4	แรงกระทำบนหน้าตัดในแท่งวัสดุเปรี๊ยะ	12
2.5	แรงกระทำที่จุดเซนทรอยด์	13
2.6	แรงกระทำที่จุดเซนทรอยด์	14
2.7	ขนาดของอิฐมวลเบา	16
3.1	อุปกรณ์ในการทดลอง	21
3.2	เครื่องชั่งน้ำหนัก	22
3.3	เครื่องชั่งน้ำหนัก	22
3.4	กรดซัลฟิวริก	23
3.5	ถ้วยเหล็องแช่น้ำ	23
3.6	ถ้วยเหล็องหลังจากแช่น้ำ 1 คิน	24
3.7	ชั่งถ้วยเหล็อง	24
3.8	ถ้วยเหล็องปั้นละเอียด	25
3.9	ถ้วยเหล็องปั้นละเอียดใส่ในขวดคูลแลน	25
3.10	การปิเปิดกรดซัลฟิวริกเข้มข้น	26
3.11	นำเข้าเครื่อง Auto Clave	26
3.12	กรองด้วยผ้าขาวบาง	27
3.13	ปรับค่า pH	27
3.14	กรองด้วยกระดาษกรอง	28
3.15	น้ำยาโพมอินทรีย์	28
3.16	ทดสอบการเกิดฟอง	29
3.17	ฟองโพมอินทรีย์	29
3.18	เครื่องผสมปูน	30
3.19	บล็อกหล่อลูกปูน	30
3.20	เครื่องทดสอบความแข็งแรง	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปร่าง (ต่อ)

รูปที่		หน้าที่
3.21	เครื่องฉีดโฟม	31
3.22	โฟมอินทรีย์	32
3.23	ทรายละเอียด	32
3.24	ปูนซีเมนต์	33
3.25	ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน	34
3.26	การฉีดโฟมอินทรีย์	34
3.27	เทปูนลงในบล็อกทรงกระบอก	35
3.28	ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชม.	35
3.29	ส่วนผสมที่จับตัวกันแล้ว	36
3.30	ทดสอบความแข็งแรง	36
3.31	อิฐมวลเบา	37
3.32	แบบหล่อแผ่นทดสอบการนำความร้อน	37
3.33	เทส่วนผสมในแบบทดสอบการนำความร้อน	38
3.34	แผ่นทดสอบการนำความร้อนที่แห้งสนิท	38
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength กับ Organic Foam 10% 1.5N	40
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่าง Density กับ Organic Foam 10% 1.5N	40
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength กับ Organic Foam 10% 2.0N	41
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่าง Density กับ Organic Foam 10% 2.0N	41
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength กับ Organic Foam 15% 1.5N	42
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่าง Density กับ Organic Foam 15% 1.5N	42
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength กับ Organic Foam 15% 2.0N	43
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่าง Density กับ Organic Foam 15% 2.0N	43
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength กับ Organic Foam 20% 1.5N	44
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่าง Density กับ Organic Foam 20% 1.5N	44
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength กับ Organic Foam 20% 2.0N	45
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่าง Density กับ Organic Foam 20% 2.0N	45
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการนำความร้อน กับ อัตราส่วนถ่วงเหลืองที่ความเข้มข้น 1.5 N	46
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการนำความร้อน กับ อัตราส่วนถ่วงเหลืองที่ความเข้มข้น 2.0 N	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การก่อสร้างในปัจจุบันวัสดุหลักที่ใช้ในการก่อสร้าง อาคาร บ้านเรือน ได้แก่ ไม้ อิฐบล็อก และอิฐมอญ อิฐในสมัยโบราณจะทำมาจากดินเหนียว โดยการขึ้นรูปเป็นก้อนอิฐด้วยมือ ซึ่งพบว่าอิฐที่ได้จะมีขนาดไม่เท่ากัน ลักษณะที่ใช้งานแตกต่างจากคอนกรีตในเรื่องความแข็งแรงคือ อิฐที่ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความแข็งแรงมาก เพราะใช้งานก่อกำแพงหรืองานเพื่อความสวยงาม และ การทำอิฐสำหรับการก่อสร้างของคนไทยได้ทำกันมานานแล้ว โดยส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมครอบครัวในแถบชนบท ซึ่งมีขนาดเล็ก และอิฐที่ผลิตส่วนใหญ่เป็นอิฐมอญ ต่อมาได้มีการตั้งโรงงานใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วยมากขึ้น โดยอิฐที่ทำการผลิตมีคุณภาพและประสิทธิภาพมากขึ้น ได้แก่ อิฐบล็อก อิฐมวลเบา อิฐโฟม อิฐแก้ว และกระฉก โดยเฉพาะการผลิตอิฐมวลเบาในปัจจุบันได้พัฒนาอิฐมวลเบา สามารถทนไฟได้ดี กันความร้อนได้ การผลิตอิฐใช้ได้ทั้งแรงคนและเครื่องจักร โดยเครื่องจักรจะผลิตอิฐได้ขนาดค่อนข้างมาตรฐาน เรียบร้อยผลิตได้เป็นจำนวนมาก

แต่ในปัจจุบันไม้นั้นมีราคาแพง อิฐบล็อกและอิฐมอญ เป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยมอย่างมาก ในการนำไปใช้งานและธุรกิจก่อสร้าง แต่ในปัจจุบันได้มีการนำอิฐมวลเบาซึ่งนับได้ว่าเป็นนวัตกรรมวัสดุก่อสร้างแบบใหม่สำหรับวงการก่อสร้างของไทย ซึ่งได้รับความนิยมอย่างสูง และเป็นทางเลือกใหม่แก่วงการก่อสร้าง เนื่องจากอิฐมวลเบา มีคุณสมบัติพิเศษที่โดดเด่น แตกต่างจากอิฐชนิดอื่นๆ คือ สามารถนำไปใช้สร้างบ้านได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ประหยัดแรงงาน และลดต้นทุนในการดำเนินการก่อสร้าง รวมทั้งสามารถช่วยประหยัดพลังงาน ป้องกันความร้อนได้ดี ซึ่งช่วยลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงได้และมีน้ำหนักเบากว่าอิฐบล็อกและอิฐมอญ

ปัจจุบันอิฐมวลเบาเป็นที่รู้จักกันมากขึ้นในวงการก่อสร้างและเป็นที่รู้จักและยอมรับในด้านคุณสมบัติที่โดดเด่น จึงมีการเปลี่ยนมาใช้อิฐมวลเบาทดแทนอิฐมอญหรืออิฐบล็อกมากขึ้น แต่ปัจจุบันราคาของอิฐมวลเบา มีราคาสูงมากเมื่อเทียบราคากับ อิฐบล็อกและอิฐมอญ เนื่องจากการผลิตอิฐมวลเบา ยังใช้เทคโนโลยีการผลิตจากต่างประเทศ อีกทั้งผู้ผลิตยังมีน้อย ซึ่งในปัจจุบันมีผู้ผลิตในประเทศไทยอยู่ 4 บริษัทคือ 1) Quality Construction จำกัด 2) บริษัท SuperBlock จำกัด 3) บริษัท Thai Light Block and Panel จำกัด 4) บริษัท Aerocrete จำกัด จึงทำให้ราคาค่อนข้างสูง อีกทั้งปริมาณการผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นโครงการนี้จึงมุ่งศึกษาและพัฒนาการผลิตอิฐมวลเบา โดยใช้วัสดุที่มีในประเทศ เพื่อลดต้นทุนการนำเข้าของวัสดุเช่น โฟมอินทรีย์และไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ผลิตอิฐมวลเบาภายในประเทศที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ ที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีจากต่างประเทศ โดยโครงการนี้ได้ศึกษาร่วมกับ คณะวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยรามคำแหง และได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท Professional Block จำกัด ในการร่วมโครงการเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการผลิตโฟมอินทรีย์โดยใช้ถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบเพื่อใช้ในการผลิตอิฐมวลเบา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1) ศึกษากรรมวิธีการผลิตโฟมอินทรีย์จากถั่วเหลือง
- 2) ศึกษาความแข็งแรงของอิฐมวลเบาโดยใช้โฟมอินทรีย์ที่ผลิตได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ลดต้นทุนการผลิตอิฐมวลเบาจากการนำเข้าโฟมอินทรีย์จากต่างประเทศ
- 2) สามารถผลิตอิฐมวลเบาต้นทุนต่ำที่สามารถใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะของอิฐมวลเบา

อิฐมวลเบาเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่มีมวลเบากว่าคอนกรีตทั่วไป คอนกรีตมวลเบา หมายถึง คอนกรีตที่มวลหรือความหนาแน่นน้อยกว่าคอนกรีตปกติ ($2,450 \text{ kg/m}^3$)[1] อิฐมวลเบาเป็นวัสดุที่ผลิตมาจากการนำ หินยี่สิบ ซีเมนต์ ปูนขาว ยิปซัม และผงอลูมิเนียม มีฟองอากาศมากประมาณ 75% ทำให้เบา (ลอยน้ำได้) ฟองอากาศเป็น closed cell ไม่ดูดซึมน้ำ(ดูดซึมน้ำน้อยกว่าอิฐมอญ 4 เท่า) ความเบาจะทำให้ประหยัดโครงสร้าง เป็นฉนวนความร้อน ค่าการต้านทานความร้อนดีกว่าคอนกรีตบล็อก 4 เท่า ดีกว่าอิฐมอญ 6-8 เท่า ไม่สะสมความร้อน ไม่ติดไฟ ทนไฟ 1,100 องศาได้นาน 4 ชม. กันเสียงได้ดี เมื่อฉาบจะแตกร้าวน้อยกว่าอิฐฉาบปูนเนื่องจากตัวบล็อกกับปูนฉาบมีส่วนผสมที่ใกล้เคียงกัน

2.2 คุณสมบัติของอิฐมวลเบา

อิฐมวลเบาเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตชนิดใหม่ ผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หินยี่สิบ ปูนขาว ยิปซัม น้ำ และสารกระจายฟองอากาศส่วนผสมพิเศษในอัตราส่วนที่เป็นสูตรเฉพาะตัว การผลิตส่วนใหญ่เป็นการนำเทคโนโลยีและเครื่องจักรที่นำเข้ามาจากต่างประเทศอาทิเช่น เยอรมนี ออสเตรเลีย ผลิตภัณฑ์คอนกรีตมวลเบาเป็นวัสดุก่อสร้างยุคใหม่ที่มุ่งเน้นให้เกิด ประโยชน์สูงสุดจากการนำไปใช้งานทุกด้าน ด้วยคุณสมบัติพิเศษ คือ ตัววัสดุมีน้ำหนักเบา ขนาดก้อนได้มาตรฐานเท่ากันทุกก้อน ทนไฟ ป้องกันความร้อน ป้องกันเสียง ตัดแต่งเข้ารูปง่าย ใช้งานได้เกือบ 100% ไม่มีเศษเป็นอิฐหัก และที่สำคัญคือรวดเร็ว สะอาดลดระยะเวลาในการก่อสร้างและลดต้นทุนโครงสร้างและมีคุณสมบัติที่โดดเด่นดังนี้

1) คุณสมบัติทางกายภาพ อิฐมวลเบาหนา 10 เซนติเมตร เมื่อรวมน้ำหนักวัสดุรวมปูนฉาบจะหนัก 120 กิโลกรัม ในขณะที่อิฐมอญก่อ 2 ชั้น (เว้นช่องว่างตรงกลาง) จะหนัก 180 กิโลกรัม ซึ่งน้ำหนักของการก่ออิฐมอญจะมากกว่าทำให้ต้องเตรียม โครงสร้างเพื่อกันรับน้ำหนักในส่วนนี้ด้วย ทำให้ต้นทุนโครงสร้างเพิ่มขึ้น

2) การกันความร้อน หากเป็นกรณีปกติ “อิฐมวลเบา” จะมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่าอิฐมอญประมาณ 8-11 เท่า แต่การก่อผนังภายนอกอิฐจะต้องมีความหนา 10 เซนติเมตร และผนังภายในหนา 7 เซนติเมตร ขึ้นไปจึงจะสามารถกันความร้อนได้ดี แต่ในกรณีใช้อิฐมอญก่อ 2 ชั้น ตัวช่องว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรงกลาง จะทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี และอิฐแถวด้านในไม่สัมผัสความร้อนโดยตรง จึงทำให้คุณสมบัติตรงนี้ของอิฐมอญจะมีความสามารถในการกันความร้อนได้ดีกว่าแต่การเว้นช่องว่างไม่ควรต่ำกว่า 5 เซนติเมตร

3) การกันเสียง ปกติอิฐมวลเบาจะกันเสียงได้ดีกว่าอิฐมอญประมาณ 20% แต่ในกรณีใช้อิฐมอญก่อ 2 ชั้น ช่องว่างตรงกลางจะทำหน้าเป็นฉนวนกันเสียงได้ดีกว่าเกือบ 2 เท่า แต่อิฐมวลเบาจะลดการสะท้อนของเสียงได้ดีกว่า เนื่องจากโครงสร้างของอิฐมวลเบา มีฟองอากาศเป็นจำนวนมากอยู่ภายในทำให้ดูดซับเสียงได้ดีจึงเหมาะสำหรับห้องหรืออาคารที่ต้องการความเงียบเช่น โรงภาพยนตร์หรือห้องประชุม

4) การกันไฟ อิฐมอญก่อ 2 ชั้นมีฉนวนตรงกลาง (ช่องว่างตรงกลาง) จะกันไฟได้ดีกว่าอิฐมวลเบาเล็กน้อยและทนไฟที่ 1,100 องศาเซลเซียส ได้นานกว่า 4 ชั่วโมงซึ่งนานกว่าอิฐมอญ 2-4 เท่า ทำให้จะช่วยจำกัดความเสียหายในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ได้

5) ความแข็งแรง การใช้งานทั่วไปไม่ต่างกัน แต่ผนังอิฐมอญจะเหมาะสำหรับการใช้วัสดุกรุผนังที่มีน้ำหนักมากเช่นหินแกรนิตหรือหินอ่อน

6) น้ำหนักเบาและรับแรงกดได้ดี น้ำหนักเบากว่าอิฐมอญ 2-3 เท่า และเบากว่าคอนกรีต 4-5 เท่า ส่งผลให้ประหยัดค่าก่อสร้างโครงสร้างอาคาร และเสาเข็มลงได้อย่างมาก แต่อาคารยังคงมีความแข็งแรงเท่าเดิมจากโครงสร้างของอิฐมวลเบาที่ประกอบไปด้วยฟองอากาศจำนวนมาก ทำให้มีน้ำหนักเบาและสามารถรับแรงกดได้ดี ซึ่งจากคุณสมบัติข้อนี้ทำให้ผู้ใช้สามารถประหยัดต้นทุนในการก่อสร้างได้มาก ยกตัวอย่างเช่น ไม่ต้องลงเสาเข็มลึกมากนัก เนื่องจากโครงสร้างเบาและสามารถก่อสร้างโดยใช้โครงสร้างที่เล็กลงทำให้ช่วยประหยัดการใช้เหล็กและมีพื้นที่ใช้สอยภายในมากขึ้น

7) ประหยัดพลังงาน เนื่องจากสามารถกันความร้อนได้ดีกว่าอิฐมอญแล้วยังใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดเล็กลงได้ ช่วยประหยัดค่าไฟไปได้มาก กันความร้อนได้ดีกว่าอิฐมอญถึง 4-8 เท่า จึงช่วยลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคารได้เป็นอย่างดีช่วยลดค่าไฟฟ้าได้ถึง 30%

8) ใช้งานง่ายและรวดเร็ว เนื่องจากการผลิตที่เป็นมาตรฐานทำให้สินค้าที่ออกมาเท่ากันทุกก้อน ไม่เหมือนกับอิฐมอญที่ยังมีความไม่เป็นมาตรฐานอยู่ ทำให้การก่อสร้างโดยใช้อิฐมวลเบาจะใช้เวลาในการก่อและเกิดการสูญเสียน้อยกว่าโดยเฉลี่ยแล้วภายใน 1 วันการก่อผนังโดยใช้อิฐมวลเบาจะได้พื้นที่ 25 ตารางเมตรไม่ต้องอาศัยความชำนาญของช่าง สามารถตัด แต่ง เลื่อย ใส เจาะ ฝังท่อระบบได้โดยใช้เครื่องมือเฉพาะที่ใช้งานง่าย และหาซื้อได้ทั่วไป ขณะที่หากใช้อิฐมอญจะก่อได้เพียง 12 ตรม. นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดวัสดุอื่นๆ เช่น ปูนฉาบด้วย เนื่องจากสามารถก่อฉาบได้บางกว่าช่วยจำกัดความเสียหายในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ได้

9) มิติตีเขียงตรง ขนาดมิติตีเขียงตรง แน่นอน ได้ชิ้นงานที่เรียบ สวยงาม มีหลายขนาดให้เลือกประหยัดวัสดุ และ แรงงานในการก่อ ฉาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) อายุการใช้งานยาวนานเท่าโครงสร้างคอนกรีต เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ทราย ปูนขาว ยิปซัม สารกระจายฟองและเหล็กเส้น จึงมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าอิฐมอญ

2.3 กระบวนการผลิตอิฐมวลเบา

อิฐมวลเบาโดยทั่วไปอาจแบ่งตามกระบวนการผลิตได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.3.1 ระบบที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (Non - autoclave System) ซึ่งแบ่งย่อยออกได้อีกเป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 ใช้วัสดุเบาเข้ามาทดแทน เช่น ขี้เลื่อย ขี้เถ้า ฆานอ้อยหรือเม็ดโฟมทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักที่เบาขึ้นแต่จะมีอายุการใช้งานที่สั้นเสื่อมสภาพได้เร็ว หากเกิดไฟไหม้สารเหล่านี้อาจเป็นพิษต่อผู้อยู่อาศัย

ประเภทที่ 2 ใช้สารเคมี (Circular Lightweight Concrete) เพื่อให้เนื้อคอนกรีตฟูและทิ้งให้แข็งตัว ซึ่งคอนกรีตประเภทนี้จะมีการหดตัวมากกว่าทำให้ปูนฉาบแตกร้าวได้ง่าย ไม่ค่อยแข็งแรง ต่างจากคอนกรีตที่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูงซึ่งจะมีเนื้อผลิตภัณฑ์เป็นผลึกสีขาว คอนกรีตที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูงนี้ส่วนใหญ่เนื้อผลิตภัณฑ์มักจะมีสี เป็นสีปูนซีเมนต์

สำหรับขั้นตอนการผลิตแบบไม่ผ่านการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง

- (1) นำวัสดุที่เตรียมไว้มาร้อนด้วยตะแกรงคัดขนาดเอาส่วนหยาบออกให้เหลือแต่ส่วนละเอียด
- (2) กลูกเกล้าส่วนผสมให้สม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน
- (3) นำวัสดุแต่ละชนิดที่เตรียมไว้ ทอยลงในเครื่องผสม เพื่อคลุกเกล้าให้ส่วนผสมทั้งหมดกระจายตัวเข้ากันดี จากนั้น เติมน้ำแปรรูปพิเศษลงไปคลุกเกล้าเป็นลำดับสุดท้าย คลุกเกล้าต่อไปกระทั่งส่วนผสมรวมกันเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว
- (4) วัสดุผสมที่ได้ก็พร้อมนำไปอัดรูปเป็นอิฐตามขนาดที่ต้องการก่อน
- (5) นำไปอัดพิมพ์ควรสังเกตด้วยว่าส่วนผสมนั้น มีความชื้นพอเหมาะดีหรือไม่ หากแห้งเกินไปเมื่ออัดพิมพ์แล้วอาจแตกร้าวได้ จำเป็นต้องปรับส่วนผสมใหม่ให้มีความชื้นพอเหมาะคลุกเกล้าส่วนผสมด้วยเครื่องผสม
- (6) กรอกส่วนผสมลงแม่พิมพ์ให้มากพอทยอยกรอกส่วนผสมลงแม่พิมพ์พร้อมๆกับใช้มืออัดส่วนผสมให้แน่น และให้ส่วนผสมนั้นพูนล้นแม่พิมพ์เล็กน้อยจึงอัดพิมพ์ เพื่อให้ได้มวลอิฐที่แน่นไม่แตกร้าวเมื่อถอดพิมพ์อัดส่วนผสมในพิมพ์ให้แน่นอัดพิมพ์เป็นขั้นตอนสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) หลังจากถอดแบบพิมพ์ ให้ผึ่งลมทิ้งไว้ ประมาณ 3 วัน อิฐมวลเบาที่ได้จะแห้งสนิท สามารถนำไปใช้งานได้ แต่ถ้ามีแสงแดดจัด โดยเฉพาะช่วงถอดพิมพ์ หากนำไปผึ่งแดดจะช่วยให้อิฐแห้งเร็วขึ้น อิฐมวลเบา นี้ใช้ระยะเวลาผึ่งให้แห้งสั้นกว่าอิฐที่ทำจากซีเมนต์ ซึ่งต้องใช้เวลาผึ่งนานถึง 7 วัน ทั้งมีขั้นตอนและกรรมวิธีในการบ่มซับซ้อนกว่า แต่มีข้อพึงระวังระหว่างผึ่งอิฐต้องระมัดระวังมิให้ถูกฝน หรือน้ำ มิฉะนั้นอาจเกิดความเสียหายได้เนื่องจากขณะที่อิฐมวลเบาแปรรูปยังไม่แห้งตัวจะละลายไปกับน้ำนั่นเอง

2.3.2 ระบบอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (Autoclaved System) ซึ่งแบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้เป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 Lime Base ใช้ปูนขาวซึ่งควบคุมคุณภาพได้ยาก มาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตทำให้คุณภาพคอนกรีตที่ได้ไม่สม่ำเสมอ มีการดูดซึมน้ำมากกว่า

ประเภทที่ 2 Cement Base ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเป็นระบบที่นอกจากจะช่วยให้อิฐมวลเบาคุณภาพได้มาตรฐานสม่ำเสมอแล้วยังช่วยให้เกิดการตกผลึก (Calcium Silicate) ในเนื้อคอนกรีตทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรง ทนทาน กว่าที่ผลิตในระบบอื่นมาก

สำหรับขั้นตอนการผลิตแบบผ่านการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง

- (1) นำวัตถุดิบหลักคือทรายมาบดด้วยเครื่องบด บดผสมกับน้ำ
- (2) นำวัตถุดิบที่ใช้ในกรรมวิธีทำอิฐมวลรวมเบา (ปูนขาว, ผงอลูมิเนียม, ทราย, ซีเมนต์, ยิบซั่ม) ผสมเข้ากันตามอัตราส่วน โดยส่วนผสมหลักคือทราย และซีเมนต์ ตามลำดับ ด้วยเครื่องผสม (Mixing) โดยนำทรายและยิบซั่มมาผสมกันก่อนในขณะเดียวกันปูนขาวผสมกับซีเมนต์ จากนั้นจึงนำทั้งหมดมาผสมกัน และจึงผสมกับอลูมิเนียม
- (3) เทเข้าแม่พิมพ์
- (4) นำเข้าห้องบ่มเพื่อให้เกิดปฏิกิริยา เป็นฟองอากาศและฟูขึ้นมา
- (5) นำเข้าเครื่องตัด Cutting Machines (M203) และเครื่องทำโครงตาข่าย
- (6) นำผ่านเข้าเครื่องอบ Over Dryer (M 114) โดยสายพานลำเลียง Conveyor System (M122)
- (7) ตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์
- (8) บรรจุโดยทุกขั้นตอนการผลิตมีการใช้คอมพิวเตอร์ทั้งกระบวนการผลิต

2.4 โปรตีน (Protein)

โปรตีนคือโพลีเปปไทด์ที่มีการพันทบไปมาจนเกิดโครงสร้างสามมิติที่มีหน้าที่ทางชีวภาพ และยังเป็นสารอินทรีย์ซึ่งพบได้ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีโครงสร้างซับซ้อนและมีมวลโมเลกุลมาก โปรตีนมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยย่อย คือ กรดอะมิโน เรียงต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ โปรตีนมีหน้าที่สำคัญต่อโครงสร้างและกิจกรรมภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด รวมทั้งไวรัสด้วย

โปรตีนหลายชนิดทำหน้าที่เป็นเอนไซม์หรือหน่วยย่อยของเอนไซม์ ส่วนโปรตีนอื่นทำหน้าที่ทางด้าน โครงสร้าง เช่น โครงสร้างภายในเซลล์ (Cytoskeleton) กลไกทางกายภาพ และบางชนิดยังมีหน้าที่เป็นภูมิคุ้มกันคอยปกป้องร่างกายจากสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เป็นขนส่งสารภายในระบบร่างกาย และเป็นแหล่งสำรองพลังงานยามขาดแคลนอีกด้วยโปรตีนในอาหารนั้นเป็นแหล่งของกรดอะมิโนให้แก่สิ่งมีชีวิตแต่ไม่สามารถสังเคราะห์กรดอะมิโนเหล่านั้นได้เองและโปรตีนยังเป็นหนึ่งใน “มหโมเลกุล” (Macromolecules) เช่นเดียวกับกับโพลีแซคาไรด์ (คาร์โบไฮเดรต) และกรดนิวคลีอิก (สารพันธุกรรม) ซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โปรตีนถูกค้นพบครั้งแรกโดย Jöns Jacob Berzelius ในปี พ.ศ. 2381 (ค.ศ.1838)

2.4.1 ชนิดของโปรตีน

โปรตีนต่างๆ จะแตกต่างกันในด้านโครงสร้าง สมบัติทางกายภาพและหน้าที่ทางชีวภาพ ทำให้สามารถจำแนกโปรตีนออกตามความแตกต่างดังกล่าวเป็น 4 ชนิด คือ

(1) จำแนกตามหน้าที่ตามชีวภาพ

ก. เอนไซม์ (Enzymes) เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในร่างกาย ทั้งในกระบวนการย่อยอาหาร เช่น แอมิเลส ทริปซิน ไลเปส โรโบนิวคลีเอส ฯลฯ ในกระบวนการเมแทบอลิซึม เช่น ฟอสโฟฟรุกโทไคเนส (Phosphofruktokinase) แลคเตตดีไฮโดรเจเนส (Lactate dehydrogenase) ทรานส์แอมิเนส ฯลฯ และในปฏิกิริยาอื่นๆ เช่น คาทาเลส แอซิติลโคลีนเอสเทอเรส (Acetylcholine esterase) เป็นต้น

ข. โปรตีนขนส่ง (Transport proteins) เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่ขนส่ง เช่น ฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดขนส่งออกซิเจนในเม็ดเลือดระหว่างปอดกับเนื้อเยื่อในร่างกาย ไมโอโกลบิน (Myoglobin) ขนส่งออกซิเจนระหว่างปอดกับเซลล์กล้ามเนื้อ ซีรัมอัลบูมิน (Serum albumin) ขนส่งกรดไขมันจากเนื้อเยื่อไปตามกระแสเลือดเพื่อไปส่งอวัยวะต่างๆ หรืออาจเป็นโปรตีนขนส่งสารผ่านเยื่อเยื่อ เช่น โปรตีนขนส่งน้ำตาลกลูโคสและ โปรตีนขนส่งกรดอะมิโนต่างๆ เป็นต้น

ค. โปรตีนควบคุม (Regulatory proteins) เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการบางอย่างของร่างกาย เช่น อาจเป็นฮอร์โมน ได้แก่ อินซูลิน (Insulin) ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดโดยกระตุ้นให้ตับกล้ามเนื้อและอวัยวะต่างๆ นำกลูโคสออกจากกระแสเลือดเพื่อไปใช้สังเคราะห์สารอินโทรโทรฟิน (Thyrotropin) หรือเรียกฮอร์โมนกระตุ้น ไทรอยด์ (Thyroid stimulating hormone, TSH) ควบคุมและกระตุ้นการทำงานของต่อมไทรอยด์ให้สังเคราะห์และขับไทรอกซิน (Thyroxine) โซมาโทโทรฟิน (Somatotropin) หรือเรียก โกรทฮอร์โมน (Growth hormone) ควบคุมการเจริญเติบโตของร่างกาย หรืออาจเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่ควบคุมการแสดงออกของยีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Gene) โดยเป็นตัวกดคั้น (Repressor) ที่จะควบคุมยีนโครงสร้าง (Structural gene) ในโอเพอรอน (Operon) ให้แสดงหรือไม่แสดงออก

ง. โปรตีนสะสม (Storage proteins) เป็นโปรตีนที่เป็นอาหารสะสมทั้งในสัตว์และพืช ได้แก่ โอวัลบูมิน (Ovalbumin) ในไข่ขาวเคซีน (Casein) ในน้ำนมเซอิน (Zein) ในข้าวโพดและฟาซีโอลิน (Phaseolin) ในถั่ว เป็นต้น

จ. โปรตีนโครงสร้าง (Structural proteins) ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของร่างกาย ให้ความแข็งแรง รองรับและยึดเหนี่ยวส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น คอลลาเจน (Collagen) ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและกระดูกอ่อน α - เคอราทิน (α - keratin) ในเส้นผม ขน เขา และไฟโบรอิน (Fibroin) ในเส้นไหม เป็นต้น

ฉ. โปรตีนป้องกัน (Protective proteins) ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายแก่ร่างกาย เช่น อิมมูโนโกลบูลิน (Immunoglobulin) เป็นภูมิคุ้มกัน (Antibodies) ของร่างกาย ทรอมบิน (Thrombin) และไฟบริโนเจน (Fibrinogen) ในพลาสมาช่วยให้เลือดแข็งตัว

ช. โปรตีนสารพิษ (Toxins) สารพิษบางชนิดเป็นโปรตีน เช่น พิษงู (Venom toxin) พิษคอตีบ (Diphtheria toxin) พิษอหิวาต์ (Cholera toxin) และไรซิน (Ricin) ในพืชบางชนิด

ซ. โปรตีนนิเวศ (Exotic proteins) เป็นโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น โปรตีนต้านการแช่แข็ง (Antifreeze protein) ในปลาที่อยู่แถบอาร์กติกและแอนตาร์กติก ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เลือดและตัวปลาแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์องศาเซลเซียส โมเนลลิน (Monellin) เป็นโปรตีนในพืชแถบแอฟริกา มีรสหวานมากถูกนำมาใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลเรซิลิน (Resilin) เป็นโปรตีนที่มีความยืดหยุ่น (Elastic) พบที่รอยต่อของปีกแมลง โปรตีนกาว (Glue protein) พบในสิ่งมีชีวิตได้ทะเลบางชนิด เป็นสารที่ให้ความเหนียวจะปล่อยออกมาเพื่อใช้เกาะกับพื้นผิวภายนอก

(2) จำแนกตามส่วนประกอบทางเคมี

โปรตีนมีทั้งส่วนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนล้วนๆ เรียกว่า โปรตีนธรรมดา (Simple proteins) เช่น ไรโบนิวคลีโอไซด์ แอ็กตินและโปรตีนที่มีสารอื่นอยู่ด้วย เรียกว่า โปรตีนประกอบ (Conjugated proteins) สารที่มาประกอบอยู่ เรียกว่า หมู่พอสเทติก (Prosthetic group) จับความเป็นโปรตีนด้วย พันธะโคเวเลนต์ หมู่พอสเทติกมีหลายชนิด ทำให้เรียกโปรตีนได้ตามชนิดของหมู่พอสเทติก เช่น ไกลโคโปรตีน ไลโปโปรตีน นิวคลีโอโปรตีนและโครโมโปรตีน เป็นต้น

(3) จำแนกตามรูปร่าง ได้ 2 ชนิด คือ

ก. โปรตีนเส้นใย (Fibrous protein) มีรูปร่างเป็นเส้นใยยาวเกิดจากสายพอลิเปปไทด์หลายสายพันกันเป็นเกลียวหรือวางเป็นเส้นซ้อนกันหลายชั้น สามารถยืดหยุ่นได้ มักทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง เช่น α - เคอราทิน คอลลาเจนและไฟโบรอิน

ข. โปรตีนชนิดกลม (Globular protein) มีรูปร่างค่อนข้างกลม เกิดจากสายพอลิเปปไทด์พับทบไปมาจนมีรูปร่างสามมิติ โดยมากทำหน้าที่ในกระบวนการต่างๆ ของร่างกาย เช่น ออร์โมน เอนไซม์ โปรตีนขนส่ง

(4) โปรตีนจำแนกตามสมบัติในการละลายน้ำ

การละลายน้ำของโปรตีนขึ้นกับรูปร่างโปรตีนชนิดเส้นใยไม่ละลายน้ำ ส่วนโปรตีนชนิดกลมละลายน้ำได้ บางชนิดละลายน้ำได้ดี บางชนิดละลายน้ำได้น้อย พวกที่ละลายได้น้อย การละลายจะสูงขึ้นหากอยู่ในสารละลายเกลือเจือจาง เช่น 5–10% NaCl ทำให้สามารถจำแนกโปรตีนตามความสามารถของการละลายได้ กล่าวคือ โปรตีนที่ละลายได้ดีในน้ำและในสารละลายเกลือเจือจาง เรียกว่า อัลบูมิน (Albumin) เช่น อัลบูมินในไข่ขาว อัลบูมินในซีรัม (Serum albumin) โปรตีนที่ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในสารละลายเกลือเจือจาง เรียกว่า กลอบูลิน (globulin) เช่น อิมมูโนกลอบูลิน เป็นภูมิคุ้มกันของร่างกาย ไฟบริโนเจน (Fibrinogen) ในเลือด โปรตีนชนิดเส้นใยไม่ละลายน้ำหรือในตัวทำละลายใดๆ เรียกว่า สเคลอโรโปรตีน (Scleroprotein) เช่น เคอราทิน ในเส้นผม ขน เขา เล็บ คอลลาเจน ในกระดูกอ่อนและเอ็น อีลาสติน (Elastin) ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน[11]

2.4.2 โครงสร้างของโปรตีน

โปรตีนจัดเป็นชีวโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ อาจมีขนาดตั้งแต่ 5,000 จนถึง 1,000,000 ดาลตัน ขนาดของโปรตีนขึ้นกับจำนวนกรดอะมิโนในสายพอลิเปปไทด์ โปรตีนบางชนิดอาจจะประกอบขึ้นด้วยสายพอลิเปปไทด์มากกว่า 1 สาย เรียกแต่ละสายว่า หน่วยย่อย ในโปรตีนหนึ่งๆ อาจมีหน่วยย่อยเหมือนกันหมด เช่น เอนไซม์กลูตาเมตดีไฮโดรเจเนส มี 6 หน่วยย่อยเหมือนกัน หรืออาจแตกต่างกัน เช่น ฮีโมโกลบิน มีหน่วยย่อยชนิด α (แอลฟา) และ β (เบตา) อย่างละ 2 หน่วย เป็นต้น นอกเหนือจากรูปร่างสามมิติของแต่ละหน่วยย่อยแล้ว การจับตัวของหน่วยย่อยเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดรูปร่างที่เหมาะสมที่จะทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โปรตีนแต่ละชนิดจะทำหน้าที่ได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ซึ่งหน้าที่นี้มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของมัน โดยโปรตีนจะทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพต้องมีรูปร่างที่ถูกต้องเหมาะสมได้เพียงแบบเดียวเท่านั้น โดยโครงสร้างของโปรตีนแบ่งได้เป็น 4 ระดับ คือ

(1) โครงสร้างปฐมภูมิ (Primary structure) หมายถึง ลำดับของกรดอะมิโนที่เรียงตัวต่อกัน ซึ่งจะแสดงออกในทางที่เป็นลักษณะทางพันธุกรรม โปรตีนแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างปฐมภูมิที่แตกต่างกัน

(2) โครงสร้างทุติยภูมิ (Secondary structure) หมายถึง โครงสร้างในแต่ละส่วนของสายพอลิเปปไทด์ที่ขดตัวอย่างเป็นระเบียบยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โครงสร้างระดับนี้มี 2 แบบ คือ เกลียวแอลฟา (α - helix) และแผ่นพับบีตา (β - pleated sheet) โปรตีนแต่ละชนิดจะพบโครงสร้างแบบใดปริมาณมากน้อยเพียงใดขึ้นกับโครงสร้างปฐมภูมิของโปรตีนนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) โครงสร้างตติยภูมิ (Tertiary structure) หมายถึง โครงสร้างของสายพอลิเพปไทด์ทั้งสายประกอบด้วยส่วนที่เป็นระเบียบของโครงสร้างทุติยภูมิหลายส่วนรวมกัน และส่วนของสายพอลิเพปไทด์ที่จัดออกเป็นโครงสร้างไร้ระเบียบ เป็นผลให้สายพอลิเพปไทด์จัดตัวกลายเป็นโครงรูปสามมิติ

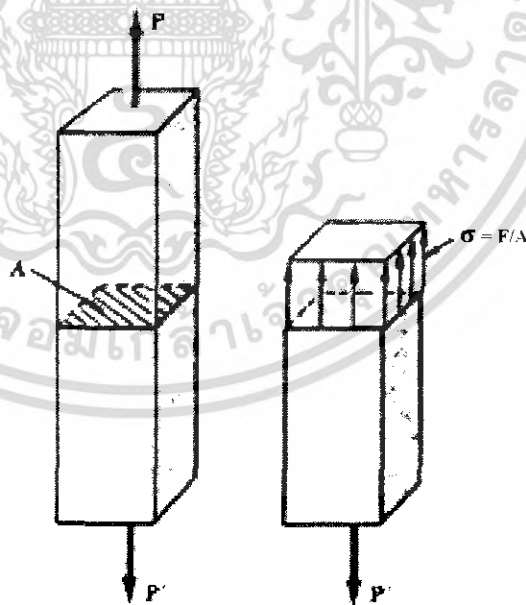
(4) โครงสร้างจตุรภูมิ (Quaternary structure) หมายถึง โครงสร้างของโมเลกุลของโปรตีนที่เกิดจากหลายสายมารวมกัน แต่ละสาย คือ หน่วยย่อยแต่ละหน่วยย่อยมีโครงสร้างตติยภูมิของตัวเอง การรวมตัวของหน่วยย่อยเป็นโครงสร้างจตุรภูมินี้เองที่ช่วยให้โปรตีนมีการทำงานที่สลับซับซ้อนขึ้น[11]

2.5 แรงตามแนวแกน และความเค้นในแนวตั้งฉาก

แรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ หรือความเข้มของแรงที่กระจายบนหน้าตัด เรียกว่า ความเค้น (Stress) บนหน้าตัดนั้นๆ และแทนด้วยอักษรกรีก σ (ซิกมา) ดังนั้นความเค้นบนชิ้นส่วนที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัด A และรับแรงตามแนว P (รูปที่ 2.1) จะได้จากผลหารระหว่างแรง P กับ พื้นที่หน้าตัด A นั่นคือ

$$\sigma = P/A$$

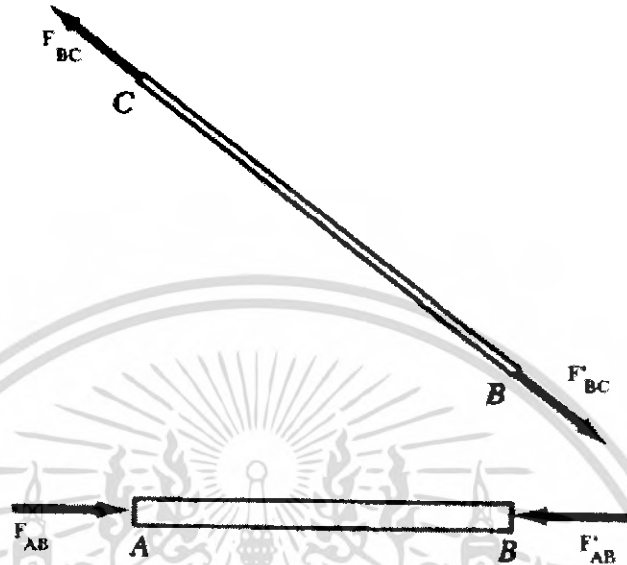
2.1



รูปที่ 2.1 ความเค้นแนวตั้งฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องหมายบวกจะใช้เพื่อแสดงว่าเป็นความเค้นดึง(ชิ้นส่วนรับแรงดึง) และเครื่องหมายลบจะใช้เพื่อแสดงว่าเป็นความเค้นอัด (ชิ้นส่วนรับแรงอัด) เนื่องจากในที่นี้เราจะใช้หน่วยระบบเอสไอ (SI Metric units) ดังนั้นแรง P จะมีหน่วยเป็นนิวตัน (N) พื้นที่ A มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2) และความเค้น σ มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือว่าปาสกาล (Pa)



รูปที่ 2.2 แรงตามแนวแกน

ดังที่เราได้เห็นแล้วว่าชิ้นส่วน BC ในหัวข้อที่ผ่านมาเป็นชิ้นส่วนที่รับแรง 2 แรง ดังนั้นแรง FBC และแรง F'BC ซึ่งกระทำที่ปลาย B และ C (ดังรูปที่ 2.2)

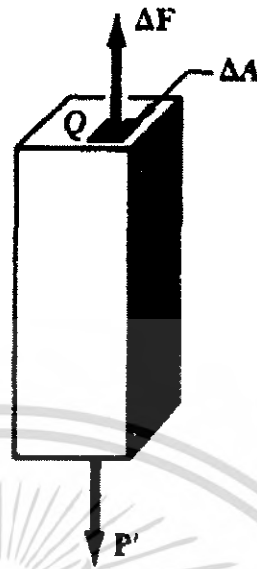
จึงมีทิศทางเดียวกันกับแนวแกนของชิ้นส่วน อาจจะสามารถกล่าวได้ว่าชิ้นส่วนนี้อยู่ภายใต้ แรงตามแนวแกน (Axial loading) หน้าตัดที่ตัดผ่านชิ้นส่วนเพื่อที่จะหาขนาดของแรงภายในและค่าความเค้นที่เกิดขึ้นนั้นจะตั้งฉากกับแนวแกนของชิ้นส่วน ดังนั้นทิศทางของแรงภายในจะตั้งฉากกับระนาบของหน้าตัด และความเค้นที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ความเค้นในแนวตั้งฉาก (Normal stress) สมการที่ 2.1 แสดงค่าความเค้นในแนวตั้งฉากในชิ้นส่วนที่รับแรงตามแนวแกน

ในสมการที่ (2.1) σ จะได้จากการหารค่าของ P ซึ่งเป็นค่าผลลัพธ์ของแรงภายในซึ่งกระจายอยู่บนหน้าตัดด้วย A ซึ่งเป็นพื้นที่หน้าตัด ดังนั้นจึงเป็นค่าเฉลี่ยของความเค้นบนหน้าตัดนี้ แต่ไม่ใช่ค่าความเค้นที่จุดใดจุดหนึ่งบนหน้าตัด

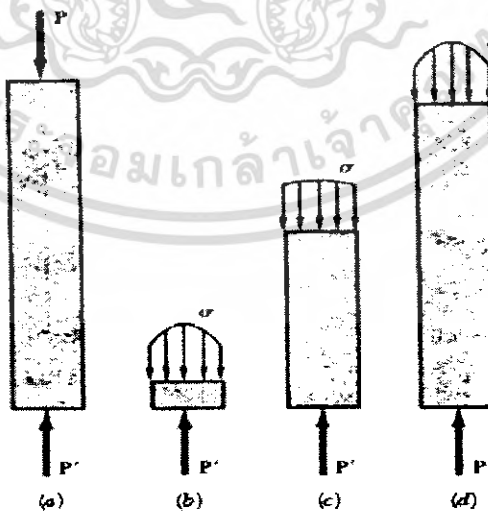
ในการหาความเค้นที่จุด Q บนหน้าตัด เราจะต้องพิจารณาพื้นที่เล็กๆ ΔA (รูปที่ 2.3) เมื่อหารค่าของ ΔF ด้วย ΔA เราจะได้ค่าเฉลี่ยของความเค้นบนพื้นที่ ΔA ให้ ΔA เขาสู่ศูนย์จะได้ค่าความเค้นที่จุด Q คือ

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \Delta F / \Delta A \quad 2.2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 ความเค้นบนพื้นที่ ΔA

โดยทั่วไปค่าของความเค้น σ ที่จุด Q บนหน้าตัดจะมีค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยที่ได้จากสมการที่ 2.1 และจะพบว่าค่าของ σ จะแตกต่างกันไปสำหรับแต่ละจุดบนหน้าตัด ในแท่งวัสดุเพียวซึ่งรับแรงกระทำเป็นจุด P และ P' ซึ่งมีขนาดเท่ากันและทิศทางตรงกันข้าม (รูปที่ 2.4a) ความแปรผันของความเค้นบนหน้าตัดจะมีค่าน้อยบนหน้าตัดที่อยู่ห่างออกไปจากจุดที่มีแรงมากระทำ (รูปที่ 2.4 c) แต่ความแปรผันจะเห็นได้ชัดตรงบริเวณใกล้เคียงกับที่มีแรงมากระทำ (รูปที่ 2.4 b และ d)



รูปที่ 2.4 แรงกระทำบนหน้าตัดในแท่งวัสดุเพียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

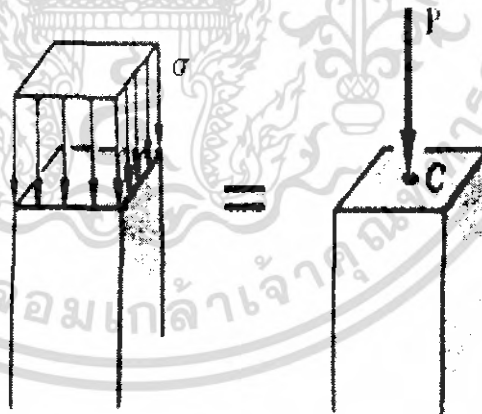
จากสมการที่ (2.2) จะได้ว่าขนาดผลลัพท์ของแรงภายในที่กระจายอยู่บนหน้าตัดมีค่าเท่ากับ

$$\int dF = \int A \sigma da \quad 2.3$$

แต่จากสภาพสมดุลของแต่ละช่วงของแท่งวัสดุในรูปที่ 1.8 จะได้ว่าค่านี้จะต้องเท่ากับขนาดของแรง P ดังนั้น

$$P = \int dF = \int A \sigma da \quad 2.4$$

ซึ่งหมายความว่าปริมาตรภายใต้พื้นที่ผิวที่รับความเค้นแต่ละพื้นที่ผิวในรูปที่ 2.4 นั้นจะต้องเท่ากับขนาดของแรง P อย่างไรก็ตามเป็นเพียงสิ่งเดียวที่เราสามารถพิสูจน์ได้จากความรู้ทางสถิติศาสตร์ในเรื่องการกระจายของความเค้นในแนวตั้งฉากบนหน้าต่างๆในแท่งวัสดุ การกระจายที่แท้จริงของความเค้นบนหน้าตัดเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหาได้ และในการที่จะศึกษาการกระจายของความเค้น ให้มากกว่านี้เราต้องการพิจารณาการเสียรูปที่เกิดจากแรงที่มากระทำที่ปลายของชิ้นส่วนในแต่ ลักษณะในทางปฏิบัติ เราตั้งสมมุติฐานว่าความเค้นในแนวตั้งฉากกระจายสม่ำเสมอในชิ้นส่วนที่รับแรงตามได้จากสมการที่ 1.1 อย่างไรก็ตามเมื่อเราสมมุติว่าแรงภายในกระจายอย่างสม่ำเสมอบนหน้าตัดแล้ว จากสถิติแนวแกน ยกเว้นตรงบริเวณที่ชิดกับจุดที่มีแรงมากระทำ ดังนั้นค่า σ หรือความเค้นจะมีค่า เท่ากับ σ_{ave} และหากศาสตร์เบื้องต้นจะได้ว่าแรงภายในลัพธ์ P จะต้องกระทำที่จุดเซนทรอยด์ C ของหน้าตัด (รูปที่ 2.5) ซึ่งหมายความว่า การกระจายอย่างสม่ำเสมอของความเค้นจะเป็นไปได้ต่อเมื่อแนวของแรง P และ P' ผ่านจุดเซนทรอยด์ ของหน้าตัดที่พิจารณา



รูปที่ 2.5 แรงกระทำที่จุดเซนทรอยด์

รูปที่ 2.6 แรงในลักษณะนี้เรียกว่า แรงตรงศูนย์ (Centric loading) และถือว่าจะเกิดขึ้นกับทุก ชิ้นส่วนที่รับแรง 2 แรงซึ่งมีแนวแกนเป็นเส้นตรง[12]



รูปที่ 2.6 แรงตรงศูนย์

2.6 ชั้นคุณภาพของอิฐมวลเบา

อิฐมวลเบาสามารถแบ่งชั้นคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้ตามความต้านทานแรงอัด เป็น 4 ชั้นคุณภาพ และแบ่งตามความหนาแน่นเชิงปริมาตรเป็น 7 ชนิด[8]

ตารางที่ 2.1 ชั้นคุณภาพและชนิดของอิฐมวลเบา

ชั้นคุณภาพ	ความเค้นด้านแรงอัด กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร		ชนิด	ความหนาแน่นเชิงปริมาตร เฉลี่ย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยต่ำสุด		
2	25.48	20.39	0.4	310-400
			0.5	410-500
4	50.97	40.77	0.6	510-600
			0.7	610-700
			0.8	710-800
6	76.45	61.16	0.7	610-700
			0.8	710-800
8	101.94	81.55	0.8	710-800
			0.9	810-900
			1.0	910-1000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติของอิฐมวลเบา

คุณสมบัติ	ชั้นคุณภาพ		รายละเอียดเปรียบเทียบ
	Class 2 (G2)	Class 4 (G4)	
1. ความหนาแน่นแห้ง (Dry Density) (kg/m ³)	500	700	G2 เบากว่า G4 40% เพราะมีฉนวน ฟองอากาศมากกว่า
2. น้ำหนักผืนความหนา 7.5 ซม. (ไม่รวมฉาบ) น้ำหนักผืนความหนา 7.5 ซม. (รวมฉาบ)	45 90	60 105	G2 น้ำหนักน้อยกว่า G4 จะประหยัด โครงสร้างอาคารได้มากกว่า G2 น้ำหนักน้อยกว่า G4 จะประหยัด โครงสร้างอาคารได้มากกว่า
3. ค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) (ksc.)	>30	>45	G2 แข็งแรงมากเกินพอ ใน โครงสร้าง อาคารระบบเสา-คาน
4. อัตราการกันไฟ (Fire Rating) มีความหนา 10 ซม. (ชั่วโมง)	4	4	G2 และ G4 ทนไฟได้ไม่แตกต่างกัน
5. อัตราการกันเสียง (STC Rating) (dB)	42	43	G2 และ G4 กันเสียงได้ไม่แตกต่างกัน
6. อัตราการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) (%)	35	38	G2 จะดูดซึมน้ำน้อยกว่า G4
7. ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) (W/ mK)	0.124	0.178	G2 กันความร้อนได้ดีกว่า G4 เพราะมี ฉนวนฟองอากาศมากกว่า

เพื่อประโยชน์สูงสุดของผู้เลือกใช้คอนกรีตมวลเบาชั้นคุณภาพ 2 (G2) และชั้นคุณภาพ 4 (G4)

ชั้นคุณภาพ 2 (G2) เหมาะสำหรับโครงสร้างอาคารระบบเสา-คาน (Non Load Bearing Walls)

ชั้นคุณภาพ 4 (G4) เหมาะสำหรับโครงสร้างอาคารระบบไว้เสา-ไว้คาน (Load Bearing Walls)

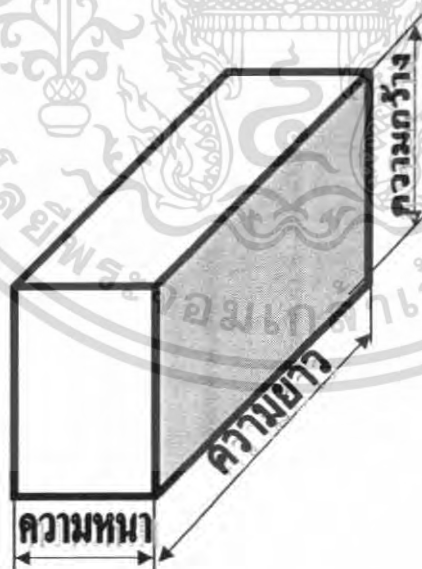
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 2.3 ขนาดของอิฐมวลเบา (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)

ความกว้าง	ความยาว	ความหนา
200	600	75
300		90
400		100
		150
		175
		200
		250

ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ขนาดของอิฐมวลเบาที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานนี้ ออกแบบเพื่อให้เป็นไปตามระบบการประสานทางพิคัดในงานก่อสร้างอาคาร ซึ่งได้กำหนดหน่วยพิคัดมาตรฐานให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตร ขนาดของคอนกรีตมวลเบาให้เป็นไปตามตารางที่ 5 โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร ในกรณีมีร่องและสัน ให้เพิ่มได้อีกมิตละ 9 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.7 ขนาดของอิฐมวลเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อนเป็นวิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำภายใต้ตัวกลางเดียวกันหรือระหว่างตัวกลางต่างชนิดที่อยู่ติดกัน ซึ่งการถ่ายโอนความร้อนเกิดจากผลของการเคลื่อนที่ของโมเลกุลภายในตัวกลางสมการที่ใช้คำนวณหาปริมาณการนำความร้อนถูกเสนอขึ้นในปี ค.ศ.1822 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ โจเซฟ ฟูเรียร์ (Joseph Fourier) โดยรูปของสมการเป็นดังนี้

$$Q = -kA \frac{dT}{dx}$$

2.5

โดยที่

Q = อัตราการนำความร้อน (W)

k = ค่าการนำความร้อน (thermal conductivity, W/m K)

A = พื้นที่ในการถ่ายโอนความร้อน (m^2)

T = อุณหภูมิ

x = ระยะทางในการเคลื่อนที่ของความร้อน

เนื่องจากความร้อนจะเกิดการถ่ายโอนจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะทำให้ dT/dx มีเครื่องหมายเป็นลบ ดังนั้นเพื่อให้อัตราการนำความร้อนในทิศทาง x มีค่าเป็นบวกจึงมีการเติมเครื่องหมายลบไว้ด้านขวามือของสมการการนำความร้อนสำหรับค่าการนำความร้อนเป็นค่าเฉพาะตัวของวัสดุแต่ละชนิด โดยมีตัวอย่างของค่าการนำความร้อนวัสดุบางชนิดแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2.4 ค่าการนำความร้อนของวัสดุบางชนิดที่อุณหภูมิห้อง[2]

วัสดุ	ค่าการนำความร้อน (W/m K)
เหล็ก	80.2
ปรอท (ของเหลว)	8.54
แก้ว	1.40
อิฐ	0.72
น้ำ (ของเหลว)	0.613
อากาศ (แก๊ส)	0.026

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการรายงานของ Percy Lavan Julian ซึ่งเป็นทหารเรือของประเทศสหรัฐอเมริกา เกี่ยวกับโปรตีนโฝมจากถั่วเหลือง โดยนำถั่วเหลืองไปผ่านกระบวนการไฮโดรลิซิส เรียกว่า “Areo form” ที่ใช้ในการเป็นสารในการดับเพลิง โดยในการใช้น้ำไปผสมกับน้ำใส่ในถังความดันที่มีการผสมกันของอากาศกับน้ำยาและฉีดออกมาจากท่อมีลักษณะเป็นฟองโฝม พบว่า สายของโปรตีนที่ใช้ในการดับไฟนี้เป็นสายของแอลฟาโปรตีนที่มีการผลิตมาจากสารอินทรีย์ โดยในการศึกษานั้นคุณสมบัติหลักที่มีการนำโปรตีนโฝมมาใช้ คือ ความมีเสถียรภาพในการเกิดฟองลักษณะที่เมื่อทำการฉีดออกมาเป็นฟองโฝมแล้วนั้นไม่แตกตัวหรือเปลี่ยนแปลงสภาพจากฟองเป็นน้ำได้เร็ว ทำให้สามารถที่จะเข้าไปครอบคลุมไฟ ส่งผลทำให้ออกซิเจนซึ่งเป็นส่วนประกอบในการเกิดไฟไม่สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงได้ในที่สุดไฟก็จะดับลง น้ำจากฟองโฝมโปรตีนก็จะทำให้กองไฟที่ลุกไหม้เย็นลง ผลของสารที่เป็นสารอินทรีย์ยังทำให้ไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพราะสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ

จากเว็บไซต์ Wikipedia ในหัวข้อ The free encyclopedia เกี่ยวกับโปรตีนจากถั่วเหลือง พบว่า ถั่วเหลืองนั้นมีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่ถึง 60-70% และยังมีการนำถั่วเหลืองมาใช้ในอุตสาหกรรมในด้านต่างๆ มากมาย เช่น น้ำสลัด น้ำซูป สิ่งที่เลียนแบบเนื้อหมู สารให้ความหวานใช้รับประทานแทนน้ำตาล การผลิตอาหารสัตว์ การทำพลาสติก การทำสารที่ใช้ในการเคลือบกระดาษ ให้สามารถเขียนติดหมึกได้ดี เป็นต้น

จากการศึกษา พบว่า ในการแยกโปรตีนออกเป็นแต่ละชนิดนั้น มีการใช้กระบวนการไฮโดรไลซิสโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก (Acid hydrolysis) 6 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 12-36 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะที่คงค่า pH ระบุไว้ทุกพันธะจะสลายตัวจนหมด และยังพบว่า สายของโปรตีนสายเดี่ยวๆ เหล่านั้นไม่มีประสิทธิภาพในการเกิดเป็นฟองโฝม ดังนั้น ทางผู้ทำการศึกษาวิจัย จึงมีการออกแบบการทดลองโดยมีการเปลี่ยนสภาวะในการไฮโดรลิซิสทั้งความเข้มข้นของกรด เวลาในการกระบวนการไฮโดรลิซิส และอุณหภูมิในกระบวนการไฮโดรลิซิส เพื่อที่จะทดสอบหาว่าสายของโปรตีนที่ได้ผ่านการตัดสายของโปรตีนด้วยกระบวนการไฮโดรลิซิสที่สภาวะต่างๆ ที่ทำการกำหนดขึ้นมานั้น จะสามารถทำให้เกิดสารที่มีประสิทธิภาพในการเกิดฟองโฝมและสามารถนำไปเป็นส่วนประกอบในการทำอิฐมวลเบา โดยมีการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัด โปรตีนโฝมที่ได้ขึ้นด้วยการทดสอบสภาพความคงตัวของฟองโฝมและยังมีการนำไปเป็นส่วนผสมในการทำอิฐมวลเบาในแต่ละสูตร เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ และยังมีการนำไปเปรียบเทียบกับค่าความแข็งแรงและค่าการนำความร้อนกับ อิฐมวลเบาที่ใช้ที่ทำให้เกิดฟองของทางโรงงานนำเข้ามาเป็นส่วนประกอบใช้ในกระบวนการผลิตอิฐมวลเบาจริงอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฤษณะ เจริญคลัง และ มานูญ บุญมา (2548)[2] ได้ศึกษา การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอิฐมวลเบา ทดแทนการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ โดยมุ่งพัฒนาการผลิตอิฐมวลเบาชนิดไม่อบไอน้ำ ร่วมกับการค้นหาสูตรส่วนผสมใหม่ที่ให้คุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ทั้งยังมีคุณภาพดีกว่าอิฐบล็อกและอิฐมอญ ซึ่งเป็นวัสดุดั้งเดิมสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป อิฐมวลเบาที่ใช้วัตถุดิบต่างชนิด เช่น ปูนซีเมนต์ ทราย โฟม จี๊เจ้าลอยจากแกลบและจี๊เจ้าลอยจากถ่าน เปรียบเทียบกับอิฐมอญและอิฐบล็อกธรรมดา ในเรื่องน้ำหนัก กันความร้อน และต้นทุน จึงลดต้นทุนผลิตและเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งนี้ จี๊เจ้าลอยเป็นของเหลือทิ้งจาก ขบวนการเผาไหม้ ที่มีคุณสมบัติสามารถนำมาทดแทนทรายและปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นส่วนประกอบในอิฐ েলাลอยที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านหินบดตามมาตรฐาน ASTM C 618 ได้แบ่งเ้าลอยสำหรับใช้ใน งานคอนกรีต ออกเป็น 2 ชนิด คือ Class F ได้จากการเผาถ่านหินประเภทแอนทราไซค์กับบิทูมินัส และ Class C ได้จากการเผาถ่านหินประเภทซับบิทูมินัสหรือลิกไนต์ เ้าลอยทั้ง 2 ชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีต่างกันซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติการเป็นวัสดุประสานและคุณสมบัติทางปอซโซลานของเ้าลอย โดยตรง เ้าลอย Class F แทบจะไม่มีคุณสมบัติในการเป็นตัวประสานเลยเมื่อผสมกับน้ำเนื่องจาก ปริมาณของแคลเซียมออกไซด์ต่ำในขณะที่เ้าลอย Class C มักจะมีคุณสมบัติในการเป็นวัสดุประสาน เนื่องจากมีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ค่อนข้างสูง รวมทั้งมีคุณสมบัติทางปอซโซลานด้วย

การศึกษาการนำเ้าลอยถ่านหินและเ้าลอยแกลบมาเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐมวลเบา โดย การดำเนินงานแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ 1) ศึกษาคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปของอิฐมวลเบาของบริษัทเมื่อ ผสมเ้าลอยที่อัตราส่วนต่างๆ คุณสมบัติของอิฐที่ศึกษาได้แก่ ความแข็งแรงและค่าการนำความ 2) สร้างห้องทดสอบขนาด 2.3 x 2.3 ตารางเมตร สูง 2.4 เมตร โดยใช้อิฐมอญและอิฐมวลเบาที่ผสมเ้า ลอยทำการวัดอุณหภูมิภายในห้องเพื่อเปรียบเทียบกันผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนผสมเ้าลอยของทั้ง ถ่านหินและแกลบที่ร้อยละ 12.5 โดยน้ำหนักจะให้ค่าความแข็งแรงของวัสดุที่สูงที่สุด นอกจากนี้ ยัง พบว่าหากผสมจี๊เจ้าลอยในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การนำความร้อนของอิฐมวลเบาลดลงตาม อัตราส่วน ขณะที่อิฐผสมเ้าลอยแกลบจะให้ค่าการนำความร้อนต่ำกว่าเ้าลอยถ่านหิน

จากการทดสอบวัดอุณหภูมิภายในห้อง ที่ผนังสร้างจากอิฐมวลเบาพบว่า มีค่าต่ำกว่าห้องที่สร้าง จาก อิฐมอญเฉลี่ย 1.0-1.5 องศาเซลเซียส และผลจากการเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย ในการสร้างผนัง อาคารโดยใช้ อิฐแบบต่างๆ เช่น อิฐมวลเบาสูตรเดิมของบริษัท อิฐมอญและอิฐมวลเบาผสมเ้าลอย แกลบพบว่า อิฐมวลเบาผสมเ้าลอยแกลบสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายสูงสุด หรือต้นทุนผลิตอยู่ที่ 320 บาทต่อตารางเมตร ขณะที่อิฐมอญและอิฐมวลเบาเดิมต้นทุนอยู่ที่ 370-375 บาทต่อตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการสร้างผนังอาคาร โดยใช้อิฐแบบต่างๆ (บาทต่อตารางเมตร)

	อิฐมวลเบาเดิมของ บริษัทฯ	อิฐมอญ	อิฐผสมเถ้าลอยแกลบ ร้อยละ 12.5
1. ค่าอิฐ	150	75	100
2. ค่าปูนก่อ	12	60	12
3. ค่าปูนฉาบ	58	70	58
4. ค่าแรงในการก่อ - ฉาบ	150	170	150
รวม	370	375	320



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

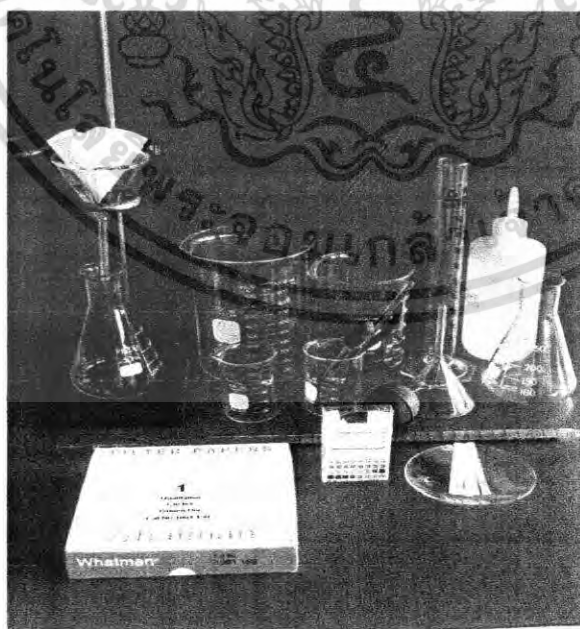
บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การศึกษาการผลิตโฟมอินทรีย์สำหรับทำอิฐมวลเบา

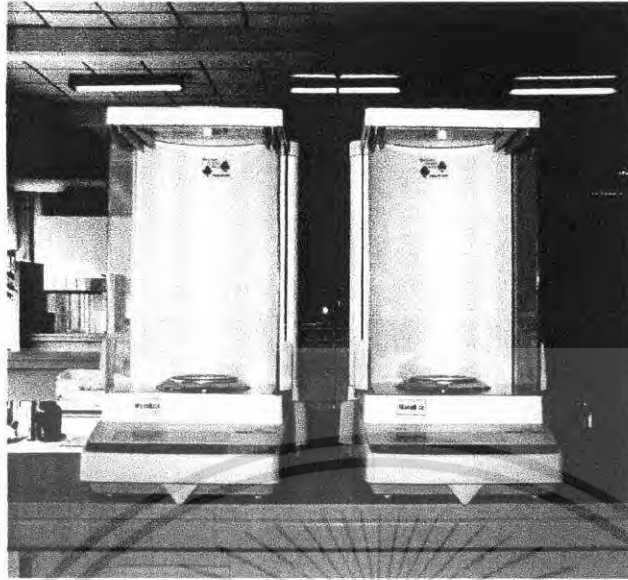
3.1.1 การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์

- (1) บีกเกอร์ ขนาด 100, 600, 1000 มิลลิลิตร
- (2) ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
- (3) กระจกนาฬิกา
- (4) กรวยกรอง กระดาษกรอง เบอร์ 3
- (5) ปิเปต
- (6) กระจกตวงปริมาตร
- (7) กระดาษกรองเบอร์ 3 และ pH indicator
- (8) ขาดั่ง (Stand base)
- (9) น้ำกลั่น
- (10) เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 1,000 กรัม



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 เครื่องซังน้ำหนัก

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในผลิตโฟมอินทรีย์

(1) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)



รูปที่ 3.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์

(2) กรดซัลฟิวริก ($\text{con. H}_2\text{SO}_4$) - เป็นสารเคมีที่มีความเข้มข้นของกรดสูงควรใช้ด้วยความระมัดระวัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 กรดซัลฟิวริก

3.1.3 ขั้นตอนการผลิตโฟมอินทรีย์

เนื่องจากในถั่วเหลืองมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนหลายๆ โมเลกุลต่อกันเป็นสายยาว ซึ่งเรียกว่าโปรตีน ดังนั้นเมื่อนำถั่วเหลืองมาผ่านกระบวนการ Hydrolysis จะได้โปรตีนสายสั้นๆ เรียกว่า โปรตีน โฟม ที่สามารถแข็งตัวได้เมื่อทำให้เกิดเป็นฟองโดยเครื่องฉีด โฟม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

(1) ชั่งถั่วเหลืองด้วยเครื่องชั่งละเอียด (Analytical balance) จำนวน 3 ตัวอย่าง โดยมีน้ำหนัก 40, 60, 80 กรัม จดบันทึกและนำมาแช่น้ำเป็นเวลา 1 คืน

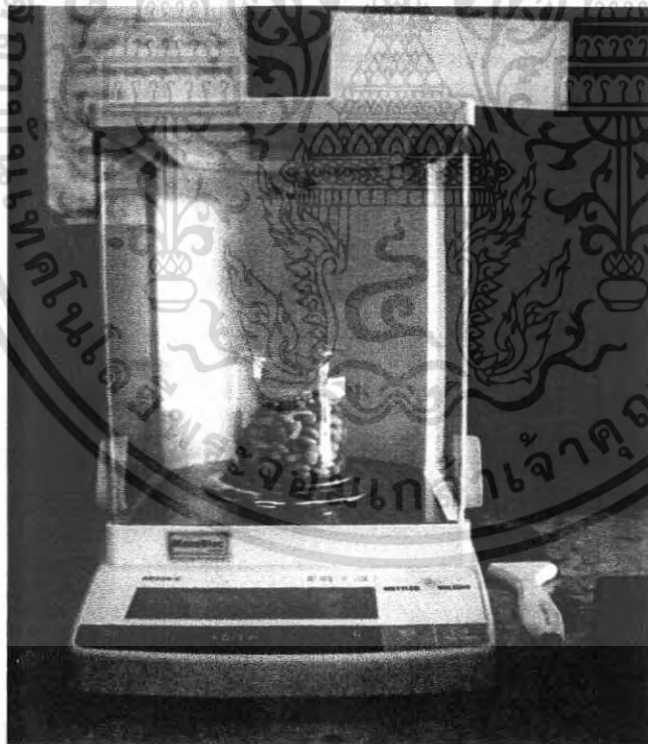


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.5 ถั่วเหลืองแช่น้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ถั่วเหลืองหลังจากแช่น้ำ 1 คืน

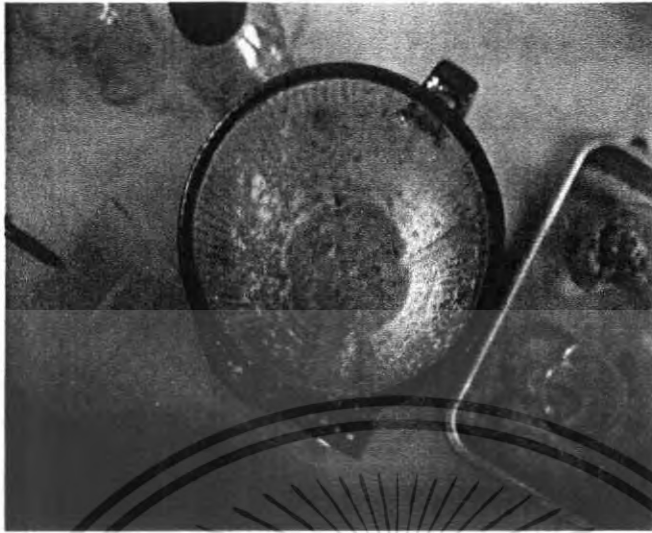
(2) นำถั่วเหลืองที่ได้จากข้อ(1) ไปชั่งน้ำหนัก จดบันทึก



รูปที่ 3.7 ชั่งถั่วเหลือง

(3) นำถั่วเหลืองที่ชั่งแล้วไปปั่นพอละเอียด แล้วเทใส่บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร

ใช้น้ำล้างถั่วเหลืองที่ติดที่เครื่องปั่นออกให้ได้มากที่สุด การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ถั่วเหลืองบดละเอียด

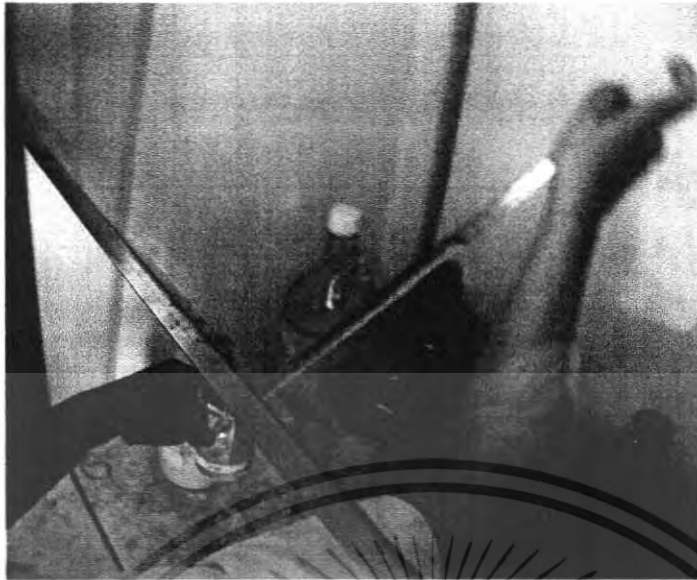
(4) นำสารตัวอย่างจากข้อที่(3) ใส่ขวด Duran ขนาด 1 ลิตร แต่ละขวดตามลำดับ



รูปที่ 3.9 ถั่วเหลืองบดละเอียดใส่ในขวดดูแลน

(5) เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ใส่เพื่อปรับให้ได้ค่าความเข้มข้นกรดให้มีค่าเท่ากับ 1.5N, 2.0N ในการใส่กรดเข้มข้นนั้นควรทำในในตู้ดูดควันเพราะกรดจะมีไอระเหยมีผลต่อระบบหายใจและในระหว่างเติมกรดสารตัวอย่างจะมีความร้อนเกิดขึ้นควรค่อย ๆ เติมและคนเป็นระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การปีเลตกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

(6) ปรับปริมาตรสารตัวอย่างด้วยน้ำประปาเป็น 400 มิลลิลิตร แล้วปิดฝาขวด หลวมๆ ใช้ผ้าชุบน้ำหมาดๆ คลุมบริเวณฝาขวดและใส่ถุงพลาสติกมัดปากถุงด้วยหนังไว้เพื่อกันไอ กรดที่ระเหยออกมาที่มีผลเสียต่อเครื่อง Auto Clave จากนั้นใส่ในเครื่อง Auto Clave ปิดเครื่อง หมุน ฝาเครื่องให้แน่น ตั้งอุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง รอเครื่องเย็นตัวลงแล้วจึงเอา สารตัวอย่างออก



รูปที่ 3.11 นำเข้าเครื่อง Auto Clave

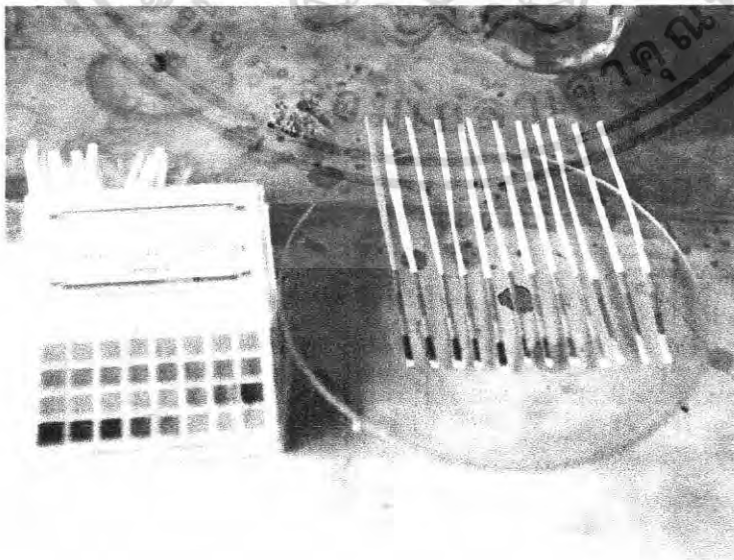
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) นำสารตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการไฮโดรซิสด้วยเครื่อง Auto Clave มากรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อเอากากถั่วเหลืองออก และนำกากถั่วเหลืองที่ได้ในแต่ละตัวอย่างชั่งน้ำหนัก จดบันทึก ส่วนสารตัวอย่างที่กรองแล้วมาวัดปริมาตร จดบันทึก



รูปที่ 3.12 กรองด้วยผ้าขาวบาง

(8) นำสารตัวอย่างที่กรองแล้วทั้ง 3 ตัวอย่างเทรวมกัน แล้วนำไปปรับ pH ให้อยู่ในช่วงประมาณ 7 แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรองอีกครั้ง



รูปที่ 3.13 ปรับค่า pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้สอนเพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 กรองด้วยกระดาษกรอง



รูปที่ 3.15 น้ำยาโฟมอินทรีย์

(9) เมื่อกรองเสร็จจะได้น้ำยาโฟมอินทรีย์แล้วนำไปทดสอบการเกิดฟองโดยการ
ฉีดด้วยเครื่องฉีดโฟม
ไมวากรณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ทดสอบการเกิดฟอง



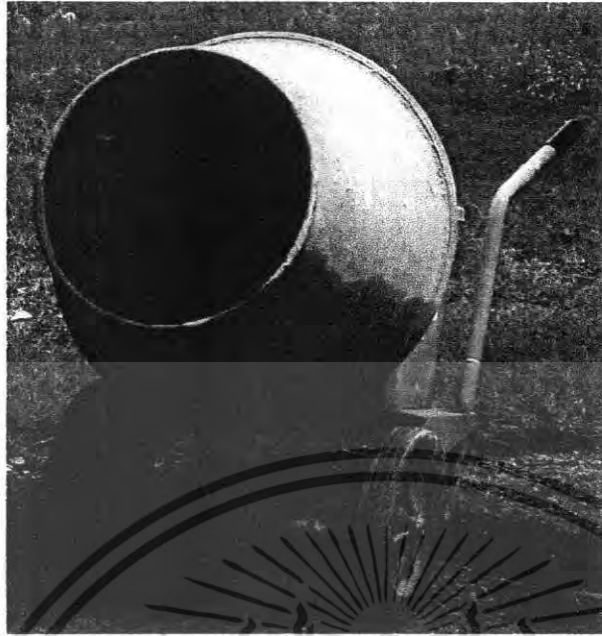
รูปที่ 3.17 ฟองโฟมอินทรีย์

3.2 การศึกษาความแข็งแรงของอิฐมวลเบา

3.2.1 การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์

(1) เครื่องผสมปูน (Mixer) ซึ่งเป็นเครื่องผสมปูนขนาดเล็กสามารถทำการเคลื่อนย้ายได้โดยใช้ล้อ ใช้สำหรับผสมสวนผสมแต่ละสูตรในการทดลองให้เข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 เครื่องผสมปูน

(2) บล็อกหล่อลูกปูน (Mold) ลักษณะเป็นทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ความสูง 30 เซนติเมตร ซึ่งสามารถถอด-ประกอบได้ ใช้สำหรับหล่อส่วนผสมที่จะผลิตลูกปูนทดสอบ และนำไปทดสอบค่าความแข็งแรง (Concrete compressive strength test) โดยจะทำตัวอย่างทดสอบค่าความแข็งแรงจำนวน 3 Mold ต่อ 1 สูตร ซึ่งจะได้ความอนุเคราะห์จาก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



20 9.40

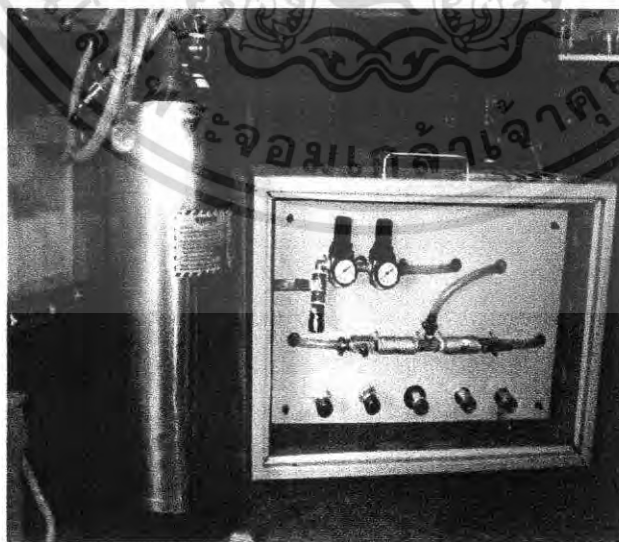
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) เครื่องทดสอบความแข็งแรงขนาดแรงกดของเครื่องทดสอบมีขนาด 2000 กิโลนิวตัน ใช้สำหรับทดสอบความแข็งแรงของลูกปูน (Compressive strength) โดยจะแสดงผลเป็นตัวเลข



รูปที่ 3.20 เครื่องทดสอบความแข็งแรง

(4) เครื่องฉีดโฟม จะใช้สำหรับฉีดโฟมอินทรีย์ เพื่อเป็นส่วนผสมหนึ่งของการผลิตอิฐมวลเบา ซึ่งจะใช้แรงดันในระบบของเครื่องฉีดสารเคมี 5.5-7 บาร์



รูปที่ 3.21 เครื่องฉีดโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) โฟมอินทรีย์ (Organic Foam) มีลักษณะเป็นของเหลว



รูปที่ 3.22 โฟมอินทรีย์

(6) ทราย (Sand) ที่จะใช้ทำตัวอย่างทดสอบค่าความแข็งแรง และค่าการนำความร้อนเป็นส่วนผสมในการทดลอง ซึ่งเป็นทรายที่ทางโรงงาน ได้ส่งมาจากฐานวัสดุก่อสร้างเป็นทรายละเอียด



รูปที่ 3.23 ทรายละเอียด

(7) ปูนซีเมนต์ ที่ใช้ทำตัวอย่างทดสอบค่าความแข็งแรงจะเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการแข็งตัวเร็ว ซึ่งจะใช้กับงาน โครงสร้าง(ตราช้าง) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 ปูนซีเมนต์

3.2.2 ขั้นตอนการหล่อแบบทดสอบความแข็งแรง

ทำตัวอย่างเพื่อทดสอบค่าความแข็งแรง (Compressive strength) เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม โดยตัวอย่างทดสอบค่าความแข็งแรง มีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร [10]

(1) ทำการติดตั้งเครื่องไม่ผสมปูน โดยการหาพื้นที่วางไม่ผสมปูนที่ลักษณะพื้นที่ราบเรียบพร้อมทั้งลองเปิดเครื่องไม่ผสมว่าใช้งานได้ดี ก่อนผสมตัวอย่างทดลองที่จะนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรง

(2) ทำการเตรียมส่วนผสมที่จะใช้ทำการทดลองในแต่ละสูตรซึ่งใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ ทราย น้ำ และ โฟมอินทรีย์ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสม

ครั้งที่	ปูนซีเมนต์ (kg)	ทราย (kg)	น้ำ (kg)	โฟมอินทรีย์ (ml)
1	9	9	4.5	375
2	9	9	4.5	400
3	9	9	4.5	425
4	9	9	4.5	450

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (3) นำส่วนผสมที่ซั้งไว้คือ ปูน ทราช เทใส่ในโม้ผสมปูนทำการเปิดเครื่อง โม้โดยให้ส่วนผสมเข้ากันประมาณ 5 – 10 นาที
- (4) เมื่อส่วนผสมเข้ากันแล้วให้เติมน้ำ(สังเกตส่วนผสมจะเริ่มเหลวและเป็นเนื้อเดียวกัน)



รูปที่ 3.25 ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

- (6) ทำการฉีดโฟมอินทรีย์ลงไปอัตราส่วนที่กำหนดไว้



รูปที่ 3.26 การฉีดโฟมอินทรีย์

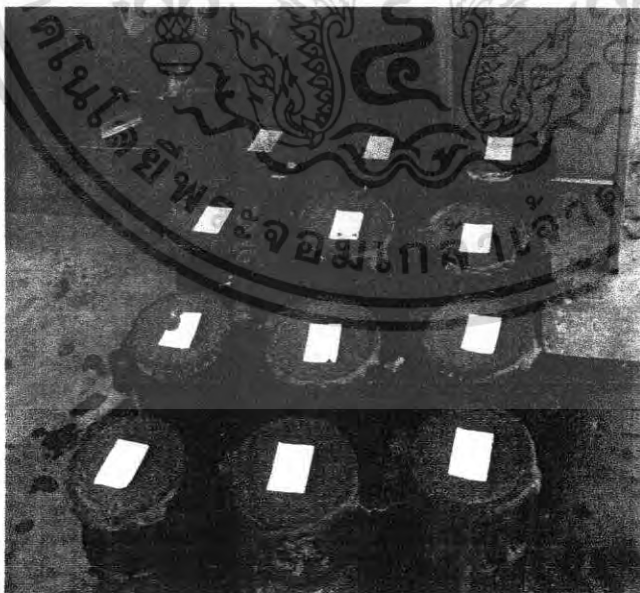
- (7) เดินเครื่องโม้ผสม จนให้โฟมอินทรีย์ผสมเข้ากันกับปูนซีเมนต์ ทราชดีแล้ว ก็ให้ทำการหยุดเครื่องโม้ เอกสารที่ส่งจนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8) นำน้ำมันมาทาบบล๊อคหล่อลูกปูนเพื่อป้องกันการเกาะตัวของคอนกรีตและทำให้สามารถแกะออกจากบล๊อคหล่อได้ง่าย

(9) นำส่วนผสมที่ได้ไปเทลงในบล๊อคหล่อลูกปูนทรงกระบอก (Mold) ให้ล้นบล๊อคออกมาบ้าง ป้องกันการยุบตัวเวลาเริ่มแห้ง

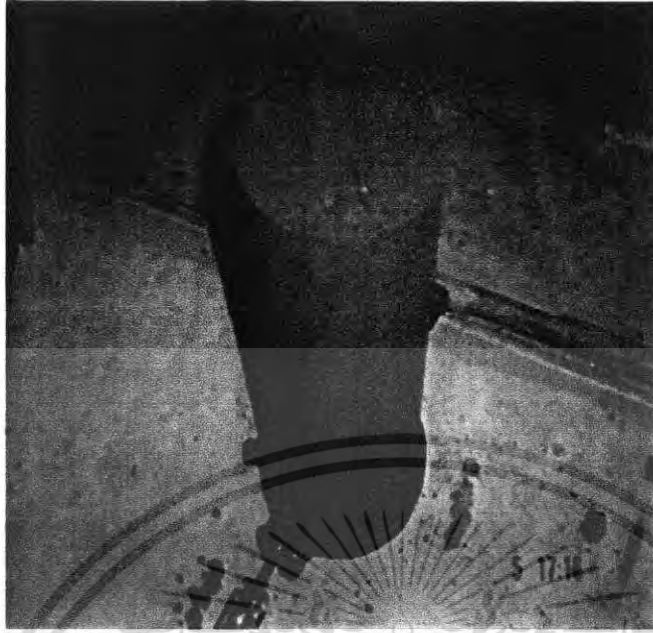


รูปที่ 3.27 เทปูนลงในบล๊อคทรงกระบอก



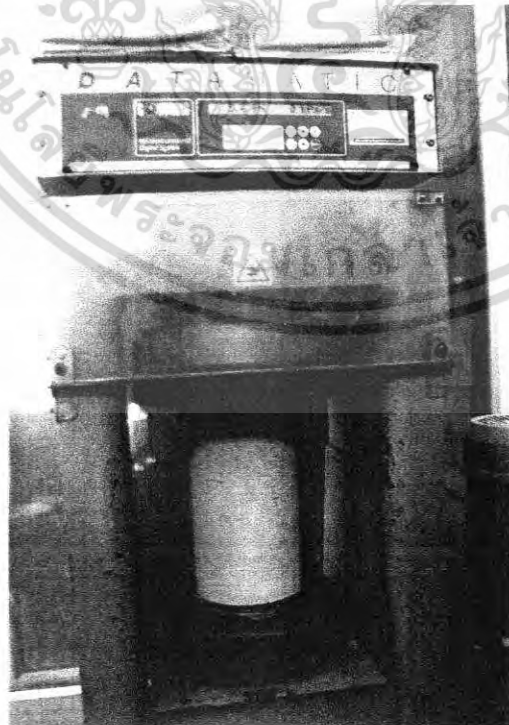
รูปที่ 3.28 ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (10) ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชม. ก็ทำการแกะออกจากแบบหล่อได้
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

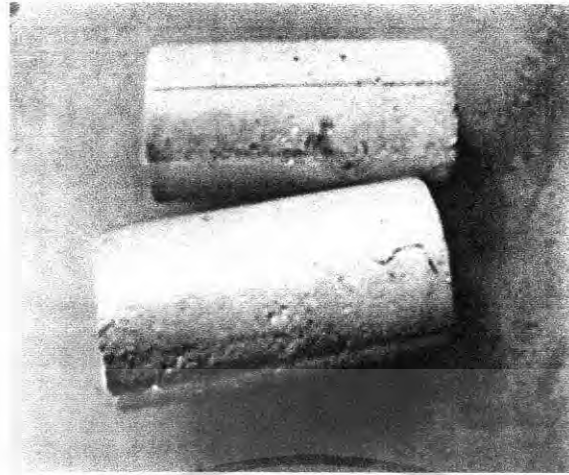


รูปที่ 3.29 ส่วนผสมที่จับตัวกันแล้ว

(11) ส่วนของตัวอย่างทรงกระบอกจะนำไปบ่มคอนกรีต โดยการแช่ในน้ำหรือใช้กระสอบป่านคลุมและรดน้ำให้เปียกชุ่มเป็นเวลา 28 วัน เมื่อครบกำหนดจะไปทดสอบค่าความแข็งแรงที่ภาควิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.30 ทดสอบความแข็งแรง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 อีฐมวลเบา

- (12) บันทึกผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง
- (13) สรุปผลการทดลอง

3.2.3 การหล่อแผ่นทดสอบการนำความร้อน

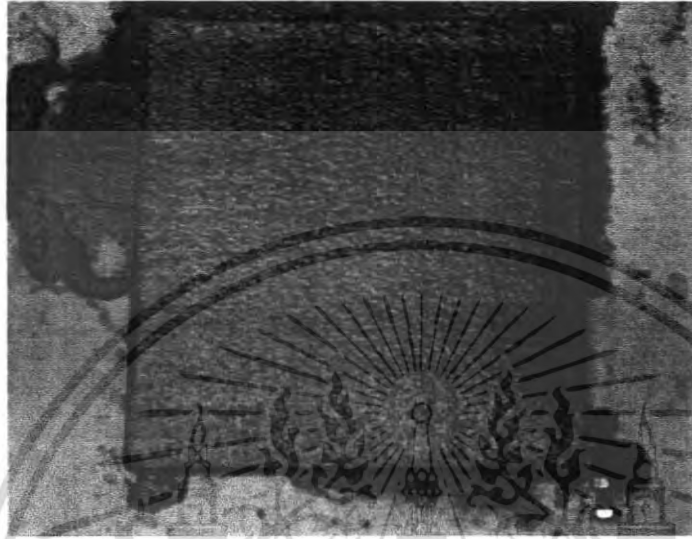
(1) แบบหล่อแผ่นทดสอบความร้อน ลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด กว้าง 30 ซม. ยาว 30 เซนติเมตรหนา 2.5 เซนติเมตร[9] ดังรูปที่ 3.32 สามารถถอด- ประกอบได้เช่นกันโดยการจันน็อต แบบเป็นลักษณะแผ่นสี่เหลี่ยมเพื่อนำไปทดสอบค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity) โดยจะทำตัวอย่างทดสอบค่าการนำความร้อนจำนวน 2 แผ่นต่อ 1 สูตร



รูปที่ 3.32 แบบหล่อแผ่นทดสอบการนำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เช่าตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) นำส่วนผสมที่ได้ไปเทลงในแบบหล่อสี่เหลี่ยมจำนวน 2 Mold แล้วทำการปาดหน้าให้เรียบสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 เทส่วนผสมในแบบทดสอบการนำความร้อน

- (3) ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชม. ก็ทำการแกะออกจากแบบได้
 (4) เมื่อแห้งสนิทแล้ว นำไปส่งทดสอบค่าการนำความร้อน



19 6 2007

รูปที่ 3.34 แผ่นทดสอบการนำความร้อนที่แห้งสนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบการคงตัวของโฟมอินทรีย์

ตารางที่ 4.1 การทดสอบค่าความคงตัวของโฟมอินทรีย์

โฟมอินทรีย์		ปริมาตร โฟมอินทรีย์ (ml)	น้ำหนักโฟมอินทรีย์ (g)
10 %	1.5 N	100	40
	2.0 N	100	30
15 %	1.5 N	850	40
	2.0 N	600	30
20%	1.5 N	900	30
	2.0 N	700	30

จากตารางที่ 4.1 พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมงโฟมอินทรีย์ 15% และ 20% มีค่าความคงตัวใกล้เคียงกับโฟมอินทรีย์ของบริษัท Professional Block จำกัด และโฟมอินทรีย์ 20% 1.5N จะมีค่าความคงตัวสูงสุด คือ 900 มิลลิลิตร และโฟมอินทรีย์ 10% ทั้งสองความเข้มข้นจะมีค่าความคงตัวต่ำสุด คือ 100 มิลลิลิตร

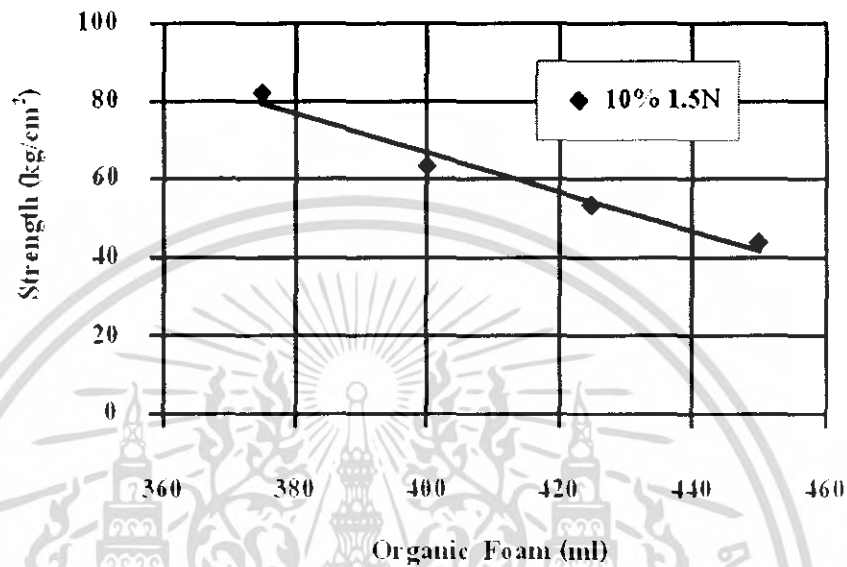
4.2 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของ โฟมอินทรีย์

จากผลการทดสอบความหนาแน่นและค่าความแข็งแรง จะเห็นได้ว่าที่ปริมาตร โฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร จะมีค่าความหนาแน่นและค่าความแข็งแรงมากที่สุดสำหรับทุกสูตร ส่วนที่ปริมาตร โฟมอินทรีย์ 450 มิลลิลิตร จะมีค่าความหนาแน่นและค่าความแข็งแรงต่ำที่สุดสำหรับทุกสูตรเช่นกัน

ความหนาแน่นและค่าความแข็งแรงจะแปรผกผันกับปริมาณของ โฟมอินทรีย์ที่ใส่คือเมื่อ ปริมาณ โฟมอินทรีย์มากขึ้นความหนาแน่นจะลดลงเนื่องจาก โฟมอินทรีย์ที่ฉีดเข้าไปผสมใน โม่จะมี ลักษณะเป็นฟองอากาศและจะเข้าไปแทรกตัวในเนื้อคอนกรีต เมื่อคอนกรีตแข็งตัวเนื้อคอนกรีตจะมี รูพรุนและมีน้ำหนักเบา ซึ่งรูพรุนถ้ามีปริมาณมากจะทำให้รับแรงอัดได้น้อยทำให้ค่าความแข็งแรง ลดลง

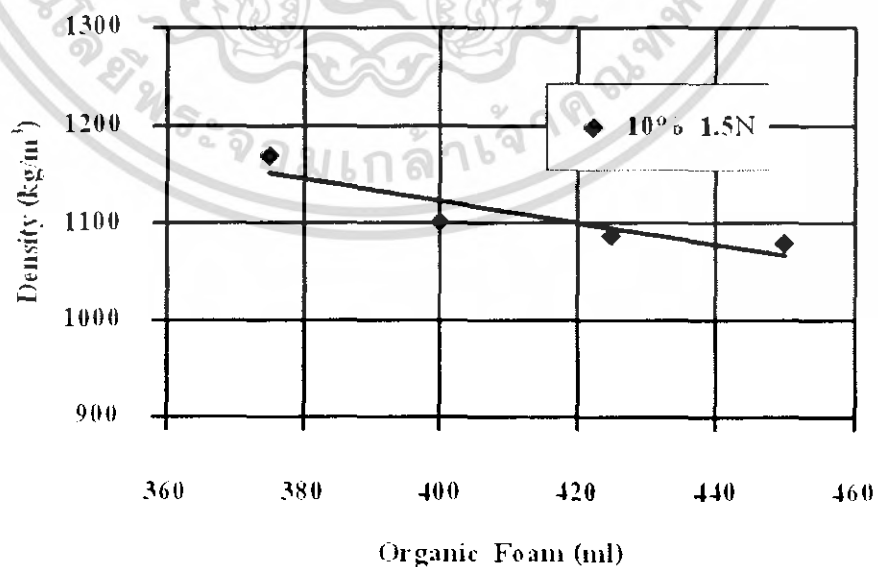
4.2.1 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของ โฟมอินทรีย์ 10% 1.5N

จากรูปที่ 4.1 พบว่า โฟมอินทรีย์ 10% 1.5N ที่อัตราส่วนผสมโฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร อีฐมวลเบาจะมีค่าความแข็งแรงสูงสุดคือ 82.09 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และอีฐมวลเบาจะมีค่าความแข็งแรงต่ำสุดคือ 43.76 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength กับ Organic Foam

จากรูปที่ 4.2 พบว่า โฟมอินทรีย์ 10% 1.5N ที่อัตราส่วนผสมโฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร อีฐมวลเบาจะมีค่าความหนาแน่นสูงสุดคือ 1168.52 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และอีฐมวลเบาจะมีค่าความหนาแน่นต่ำสุดคือ 1079.49 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

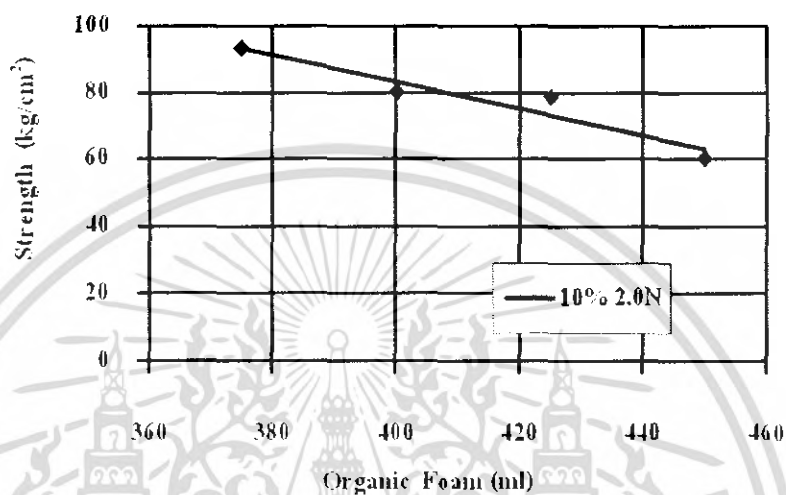


รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Density กับ Organic Foam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

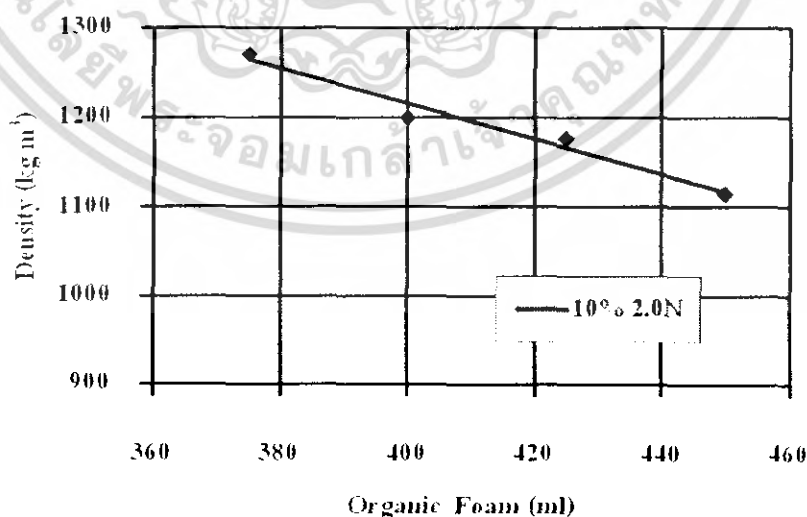
4.2.2 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของ โฟมอินทรีย์ 10% 2.0N

จากรูปที่ 4.3 พบว่า โฟมอินทรีย์ 10% 2.0N ที่อัตราส่วนผสมโฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร อีฐมวลเบาจะมีค่าความแข็งแรงสูงสุดคือ 93.38 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และอีฐมวลเบาจะมีค่าความแข็งแรงต่ำสุดคือ 60.23 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength กับ Organic Foam

จากรูปที่ 4.4 พบว่า โฟมอินทรีย์ 10% 2.0N ที่อัตราส่วนผสมโฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร อีฐมวลเบาจะมีค่าความหนาแน่นสูงสุดคือ 1271.00 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และอีฐมวลเบาจะมีค่าความหนาแน่นต่ำสุดคือ 1114.87 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

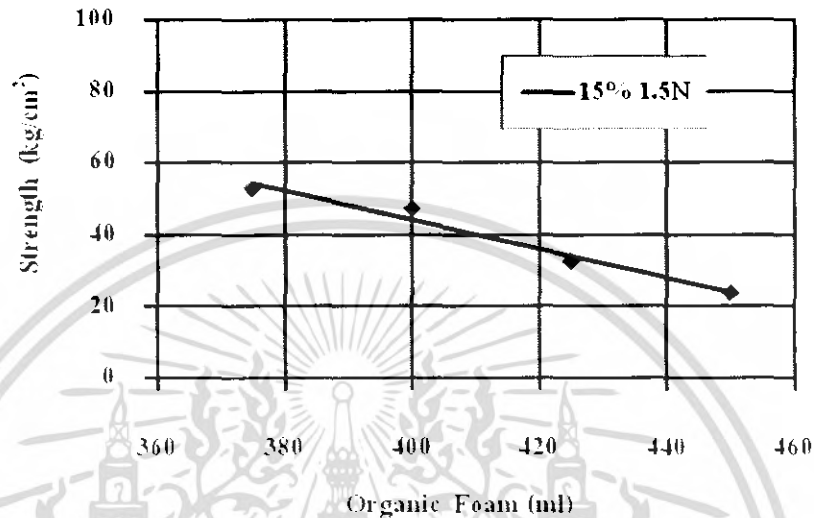


รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Density กับ Organic Foam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

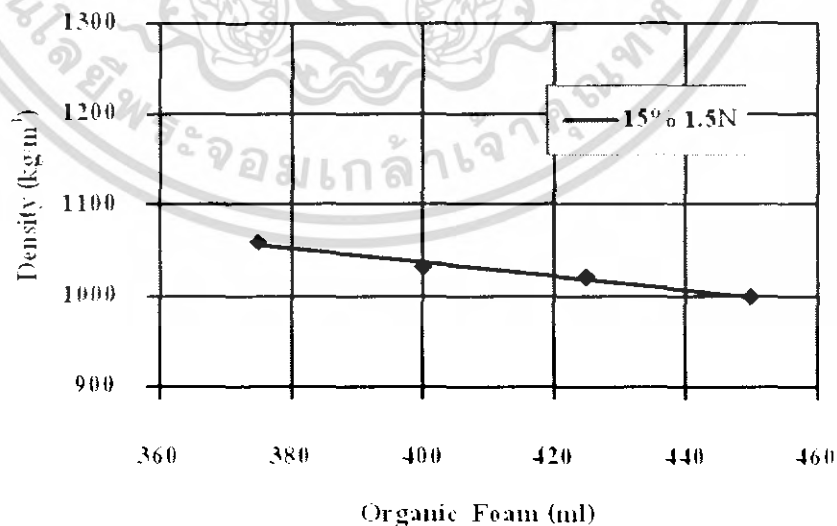
4.2.3 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของ โฟมอินทรีย์ 15% 1.5N

จากรูปที่ 4.5 พบว่า โฟมอินทรีย์ 15% 1.5N ที่อัตราส่วนผสมโฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร อีฐมวลเบาจะมีค่าความแข็งแรงสูงสุดคือ 52.88 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และอีฐมวลเบาจะมีค่าความแข็งแรงต่ำสุดคือ 23.87 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength กับ Organic Foam

จากรูปที่ 4.6 พบว่า โฟมอินทรีย์ 15% 1.5N ที่อัตราส่วนผสมโฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร อีฐมวลเบาจะมีค่าความหนาแน่นสูงสุดคือ 1059.84 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และอีฐมวลเบาจะมีค่าความหนาแน่นต่ำสุดคือ 1000.17 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

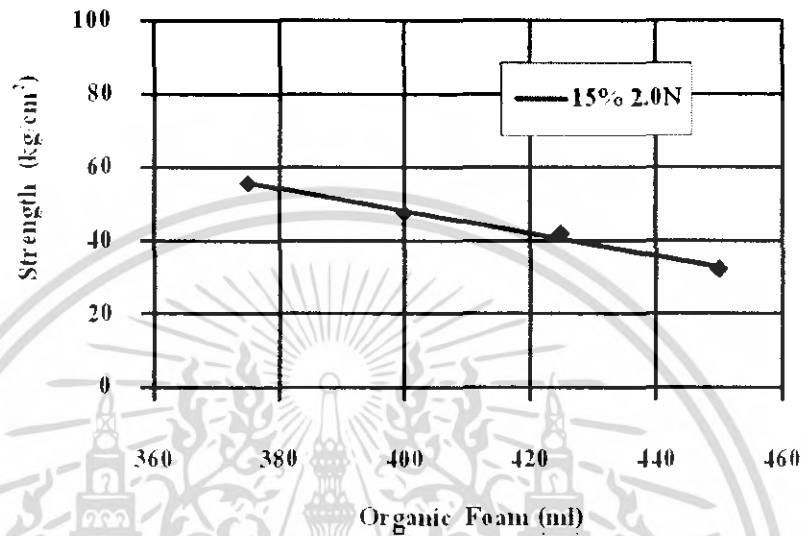


รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง Density กับ Organic Foam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

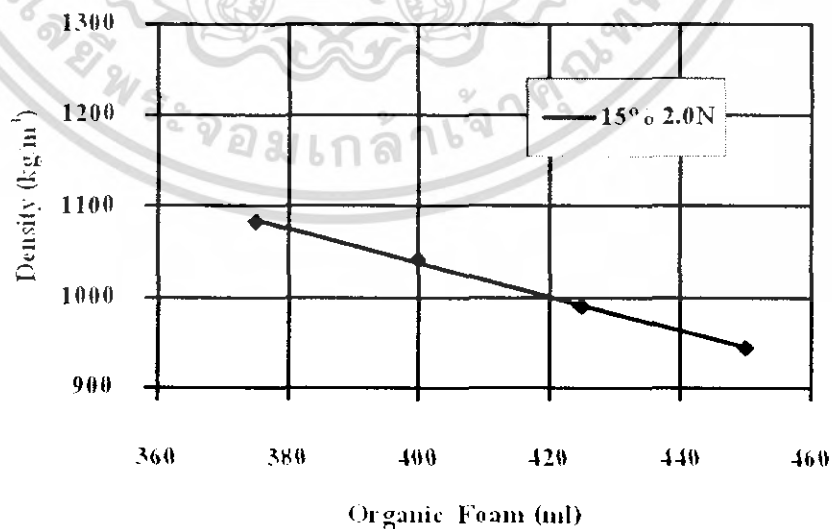
4.2.4 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของ โฟมอินทรีย์ 15% 2.0N

จากรูปที่ 4.7 พบว่า โฟมอินทรีย์ 15% 2.0N ที่อัตราส่วนผสมโฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร อีฐมวตเบาจะมีค่าความแข็งแรงสูงสุดคือ 55.87 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และอีฐมวตเบาจะมีค่าความแข็งแรงต่ำสุดคือ 32.22 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength กับ Organic Foam

จากรูปที่ 4.8 พบว่า โฟมอินทรีย์ 15% 2.0N ที่อัตราส่วนผสมโฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร อีฐมวตเบาจะมีค่าความหนาแน่นสูงสุดคือ 1083.49 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และอีฐมวตเบาจะมีค่าความหนาแน่นต่ำสุดคือ 944.27 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

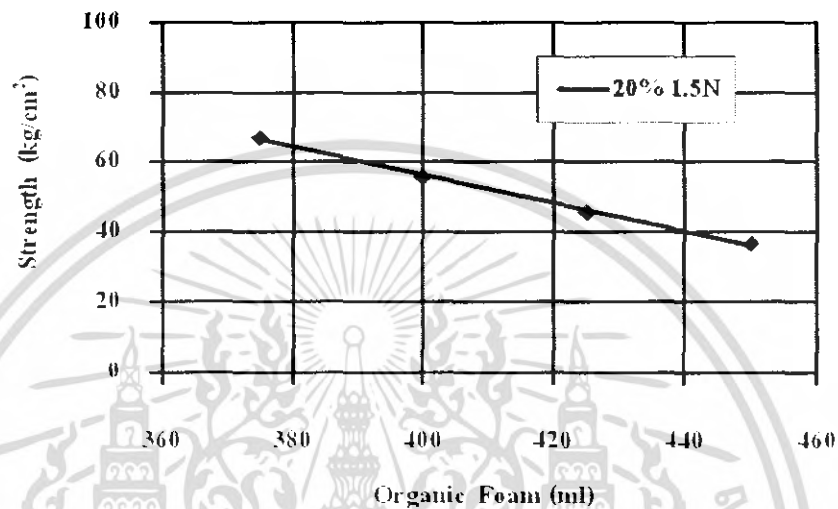


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง Density กับ Organic Foam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

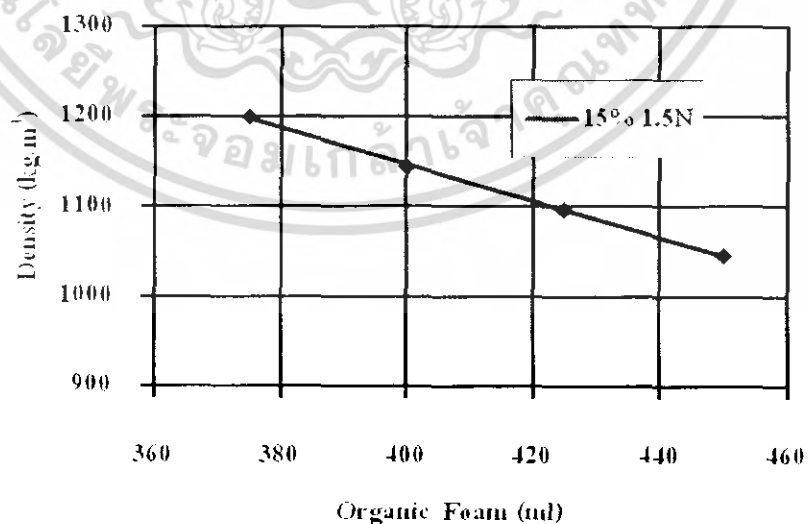
4.2.5 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของ โฟมอินทรีย์ 20% 1.5N

จากรูปที่ 4.9 พบว่า โฟมอินทรีย์ 20% 1.5N ที่อัตราส่วนผสมโฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร อีจุมวลเบาจะมีค่าความแข็งแรงสูงสุดคือ 67.04 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และอีจุมวลเบาจะมีค่าความแข็งแรงต่ำสุดคือ 36.73 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength กับ Organic Foam

จากรูปที่ 4.10 พบว่า โฟมอินทรีย์ 20% 1.5N ที่อัตราส่วนผสมโฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร อีจุมวลเบาจะมีค่าความหนาแน่นสูงสุดคือ 1199.74 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และอีจุมวลเบาจะมีค่าความหนาแน่นต่ำสุดคือ 1046.65 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

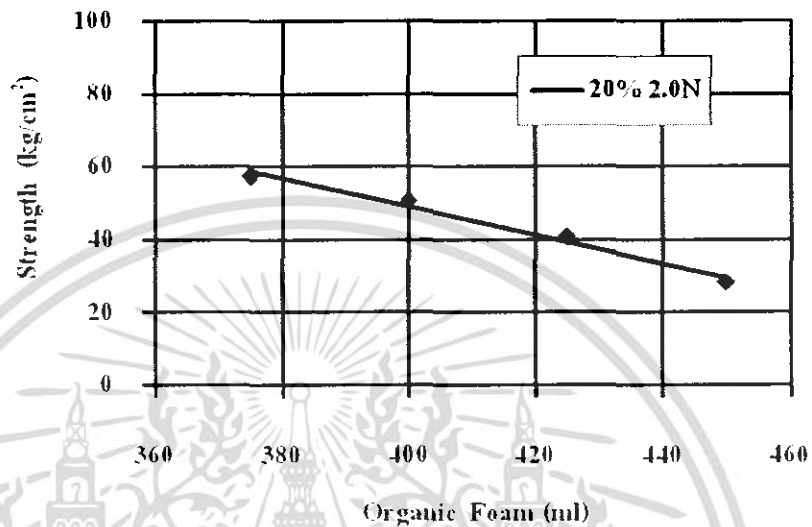


รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง Density กับ Organic Foam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

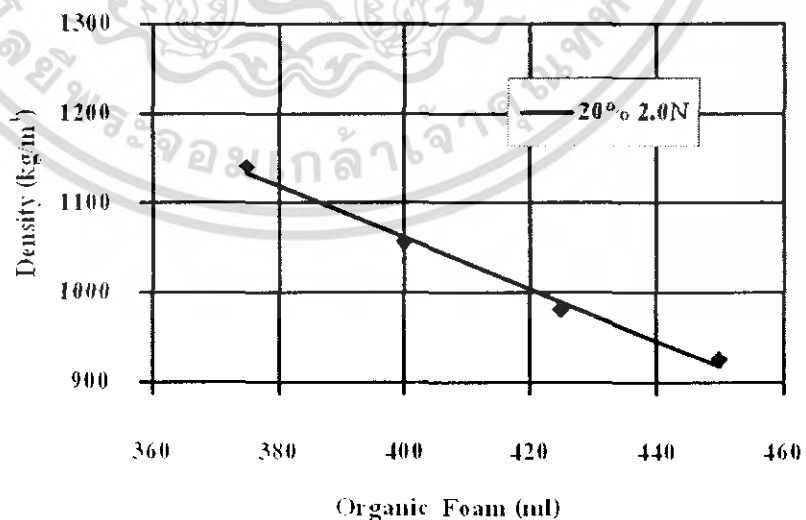
4.2.6 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของ โฟมอินทรีย์ 20% 2.0N

จากรูปที่ 4.11 พบว่า โฟมอินทรีย์ 20% 2.0N ที่อัตราส่วนผสมโฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร อีฐมวลเบาจะมีค่าความแข็งแรงสูงสุดคือ 57.29 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และอีฐมวลเบาจะมีค่าความแข็งแรงต่ำสุดคือ 28.27 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength กับ Organic Foam

จากรูปที่ 4.12 พบว่า โฟมอินทรีย์ 20% 2.0N ที่อัตราส่วนผสมโฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร อีฐมวลเบาจะมีค่าความหนาแน่นสูงสุดคือ 1141.64 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และอีฐมวลเบาจะมีค่าความหนาแน่นต่ำสุดคือ 926.28 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



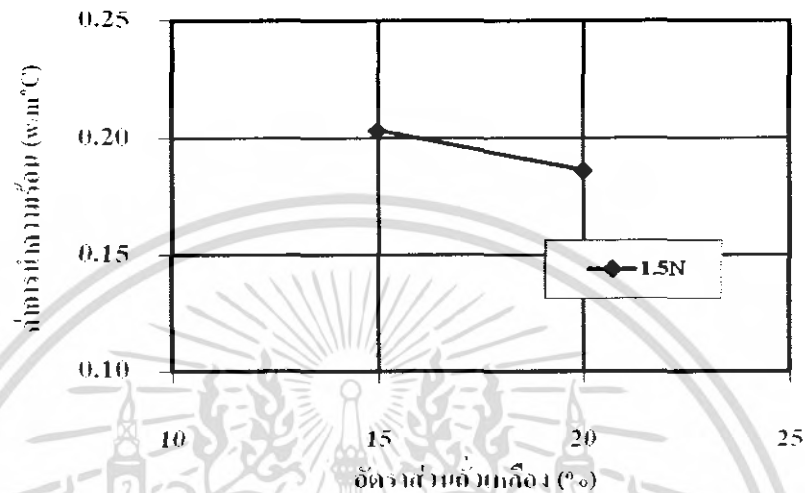
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง Density กับ Organic Foam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของโฟมอินทรี

4.3.1 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของโฟมอินทรีที่ความเข้มข้น 1.5 N

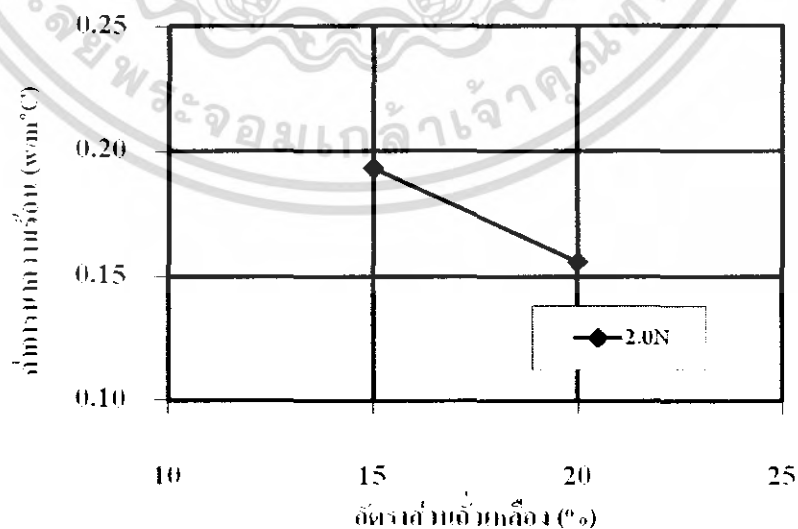
จากรูปที่ 4.13 พบว่าเมื่ออัตราส่วนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นค่าการนำความร้อนจะลดลง (ความเป็นฉนวนเพิ่มขึ้น)



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการนำความร้อน กับ อัตราส่วนถั่วเหลือง

4.3.2 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของโฟมอินทรีที่ความเข้มข้น 2.0 N

จากรูปที่ 4.14 พบว่าเมื่ออัตราส่วนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นค่าการนำความร้อนจะลดลง (ความเป็นฉนวนเพิ่มขึ้น)



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการนำความร้อน กับ อัตราส่วนถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการผลิตโฟมอินทรีย์ซึ่งเป็นวัสดุผสมในอิฐมวลเบาของบริษัท Professional Block จำกัด ซึ่งจะได้นำไปพัฒนาในการผลิตอิฐมวลเบา ทำให้ช่วยลดต้นทุนการผลิตของทางบริษัท โดยการ ใช้ปริมาณถั่วเหลือง 15% และ 20% โดยน้ำหนัก ที่ความเข้มข้น 1.5N และ 2.0N สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

- โฟมอินทรีย์ที่ผลิตจากถั่วเหลืองสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุผสมในอิฐมวลเบาชนิดไม่อบไอน้ำได้จริงและให้คุณสมบัติใกล้เคียงกับอิฐมวลเบาชนิดอบไอน้ำ
- ปริมาณถั่วเหลือง 20% 1.5N จะมีค่าความคงตัวสูงสุด คือ 900 มิลลิลิตร และที่ปริมาณถั่วเหลือง 10% จะมีค่าความคงตัวต่ำสุด คือ 100 มิลลิลิตร
- การใช้โฟมอินทรีย์ที่ผลิตจากถั่วเหลืองทำให้ค่าความแข็งแรง (Compressive strength) ของอิฐมวลเบา มีค่าสูงขึ้นจากของเดิมที่บริษัทผลิต
- โฟมอินทรีย์ที่ฉีดเข้าไปผสมในโมจะมีลักษณะเป็นฟองอากาศและจะเข้าไปแทรกตัวในเนื้อคอนกรีต เมื่อคอนกรีตแข็งตัวเนื้อคอนกรีตจะมีรูพรุนและมีน้ำหนักเบา
- ความหนาแน่นและค่าความแข็งแรงของอิฐมวลเบาจะมีค่ามากที่สุดเมื่อมีอัตราส่วนโฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร และมีค่าต่ำที่สุดเมื่อมีอัตราส่วนโฟมอินทรีย์ 450 มิลลิลิตร
- อัตราส่วนผสมที่ปริมาณโฟมอินทรีย์ 425 มิลลิลิตร จะให้ค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 900 - 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความแข็งแรง 40 - 45 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และที่ปริมาณถั่วเหลือง 15 % 2.0 N จะได้ค่าความหนาแน่น 944 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 41 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรเนื่องจากมีต้นทุนที่ประหยัดกว่าและให้ค่าความแข็งแรงอยู่ในชั้นคุณภาพที่ 4 ตามตารางที่ 2.1 และมีค่าการนำความร้อน 0.193 วัตต์ต่อเมตร องศาเซลเซียส
- ปริมาณถั่วเหลือง 15% 2.0N สามารถประหยัดต้นทุนในส่วนของน้ำยาโฟมอินทรีย์ได้ 34.68% จากโฟมอินทรีย์เดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

5.2.1 การแช่ตัวอย่างเม็ดถั่วเหลืองในการนำมาผลิตน้ำยา ควรแช่ที่ระยะเวลา 1 คืนเท่านั้น ควรทำการรินน้ำออกทันทีในตอนเช้า เพื่อจะช่วยลดการเกิดตะกอนของน้ำยาที่ผลิตได้

5.2.2 การขั้นตอนการฉีดโปรตีนโพลีเมอร์ควรมีการปรับตั้งความดันของเครื่องอัดอากาศให้เท่ากันทุกครั้งทำการฉีด เพราะจะทำให้ฟองโปรตีน โพลีเมอร์ที่เกิดขึ้นเป็นไปในแนวทางเดียวกัน

5.2.3 การทำตัวอย่างทดสอบค่าความแข็งแรง (Compressive strength) และค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity) ควรทำมากกว่า 3 ตัวอย่าง เพราะจะทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

5.2.4 เครื่องโม่ผสมควรมีลักษณะของใบผสมที่จะทำให้เกิดการคลุกเคล้าได้ดี (การดึงส่วนผสมเข้าส่วนกลาง) เนื่องจากโปรตีนโพลีเมอร์เมื่อทำการฉีดจะลอยตัวอยู่ด้านบน

5.2.5 การทำตัวอย่างทดสอบค่าความแข็งแรง(Compressive strength)ควรเทส่วนผสมให้ล้นจากแบบหล่อลูกปูน เพื่อป้องกันการยุบตัวบริเวณส่วนหัวของตัวอย่างทดสอบค่าความแข็งแรง

5.2.6 ตัวอย่างทดสอบค่าการนำความร้อนจะต้องแห้งสนิทก่อนนำไปทดสอบ

5.2.7 ศึกษาหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับโพลีเมอร์ชนิดในแต่ละสูตร

5.2.8 ศึกษาให้ทราบถึงผลต่างของอุณหภูมิของผนังภายนอกและภายในโดยการสร้างห้องทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

1. กฤษณา โรจน์ประสิทธิ์พร, อราวิณ์ บริรักษ์อราวิณ์, สุภัทรชัย สุกกล้า และ ปิติ สุคนธ์สุขกุล. “คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาผสมเส้นใยไมโครไฟเบอร์.” ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2. กฤษณะ เจริญคลังและมานูญ บุญมา. 2548. “การใช้ประโยชน์จากขี้เถ้าลอยสำหรับผลิตอิฐมวลเบา.” ปรินญาณีพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. ธนคม ปินะสา, พาริน ไวยิ่งบุทธิ์และสมาน นิลสกุล. 2547. “อิฐประหยัดพลังงาน.” ปรินญาณีพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
4. ชีรนุช วิชญานันต์. 2545. **คู่มือชีวมวลเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง
5. บริษัท Professional Block จำกัด. **เอกสารประชาสัมพันธ์อิฐ ProBlock** 173 หมู่ 2 ต. อบทม อ. สามโก้ จ. อ่างทอง 14160
6. บริษัท Quality Construction Product จำกัด (มหาชน). (มิถุนายน 2550). คุณสมบัติพิเศษของคอนกรีตมวลเบา Q – CON. [Online]. Available : <http://www.qcon.co.th>
7. บริษัท SuperBlock จำกัด (มหาชน). (มิถุนายน 2550). Autoclave aerated concrete. [Online]. Available : <http://www.superblock.co.th>
8. มาตรฐานการผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 1505-2541. **ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ – อมไอน้ำ**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม : หน้า 2-3
9. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. **ASTM C -177**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม.
10. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. **ASTM C -192**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม.
11. รัตนา สัมพันธ์ชิต. 2548. **ชีวมวล โครงสร้างและหน้าที่ของชีวมวล**. บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด
12. รุ่งสุรีย์ ใจเขื่อนแก้ว. 2545. **กลศาสตร์ของวัสดุ**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ท้อป!

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.1

ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงของอิฐมวลเบา

ค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงของการใช้โฟมอินทรีย์ 10% 1.5N

ปริมาณโฟมอินทรีย์ (ml)	ลูกที่	น้ำหนัก (kg)	ความแข็งแรง (kg/cm ²)	ความหนาแน่น (kg/m ³)
375	1	5.9	82.42	1170.64
	2	5.91	82.55	1169.44
	3	5.9	81.31	1165.49
	เฉลี่ย	5.90	82.09	1168.52
400	1	5.52	64.64	1108.46
	2	5.58	62.69	1104.76
	3	5.51	62.45	1091.64
	เฉลี่ย	5.54	63.26	1101.62
425	1	5.54	52.67	1089.84
	2	5.53	54.89	1084.93
	3	5.55	52.35	1086.19
	เฉลี่ย	5.54	53.30	1086.98
450	1	5.51	47.02	1057.30
	2	5.52	42.90	1088.35
	3	5.59	41.38	1092.83
	เฉลี่ย	5.54	43.76	1079.49

* ทดสอบโดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.2

ค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงของการใช้โฟมอินทรีย์ 10% 2.0N

ปริมาตรโฟมอินทรีย์ (ml)	ลูกที่	น้ำหนัก (kg)	ความแข็งแรง (kg/cm ²)	ความหนาแน่น (kg/m ³)
375	1	6.49	83.26	1276.55
	2	6.47	101.09	1267.48
	3	6.45	95.78	1268.97
	เฉลี่ย	6.47	93.38	1271.00
400	1	6.01	77.16	1194.20
	2	6.12	82.13	1211.53
	3	6.00	81.14	1192.75
	เฉลี่ย	6.04	80.14	1199.50
425	1	6.00	78.55	1183.64
	2	5.95	80.49	1172.58
	3	5.93	77.50	1174.72
	เฉลี่ย	5.96	78.85	1176.98
450	1	5.61	59.94	1107.94
	2	5.68	67.29	1121.39
	3	5.63	53.48	1115.29
	เฉลี่ย	5.64	60.23	1114.87

* ทดสอบโดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.3

ค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงของการใช้โฟมอินทรีย์ 15% 1.5N

ปริมาณโฟมอินทรีย์ (ml)	ลูกที่	น้ำหนัก (kg)	ความแข็งแรง (kg/cm ²)	ความหนาแน่น (kg/m ³)
375	1	5.42	52.73	1058.88
	2	5.50	51.02	1058.09
	3	5.48	54.89	1062.55
	เฉลี่ย	5.47	52.88	1059.84
400	1	5.31	47.80	1032.07
	2	5.29	46.09	1029.93
	3	5.30	47.74	1032.57
	เฉลี่ย	5.30	47.21	1031.53
425	1	5.30	30.57	1022.04
	2	5.19	31.69	1013.33
	3	5.27	35.32	1028.87
	เฉลี่ย	5.25	32.53	1021.41
450	1	5.24	22.15	996.53
	2	5.26	23.12	1002.71
	3	5.24	26.35	1001.26
	เฉลี่ย	5.25	23.87	1000.17

* ทดสอบโดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.4

ค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงของการใช้โฟมอินทรีย์ 15% 2.0N

ปริมาณ โฟมอินทรีย์ (ml)	ลูกที่	น้ำหนัก (kg)	ความแข็งแรง (kg/cm ²)	ความหนาแน่น (kg/m ³)
375	1	5.51	55.06	1077.26
	2	5.58	56.50	1086.08
	3	5.58	56.06	1087.13
	เฉลี่ย	5.56	55.87	1083.49
400	1	5.39	43.59	1044.03
	2	5.33	48.16	1036.31
	3	5.41	50.88	1046.14
	เฉลี่ย	5.38	47.54	1042.16
425	1	5.07	31.77	995.69
	2	5.05	32.38	994.54
	3	5.08	61.62	984.65
	เฉลี่ย	5.07	41.92	991.63
450	1	4.79	31.73	952.86
	2	4.76	34.62	938.70
	3	4.76	30.31	941.25
	เฉลี่ย	4.77	32.22	944.27

* ทดสอบโดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.5

ค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงของการใช้โฟมอินทรีย์ 20% 1.5N

ปริมาณ โฟมอินทรีย์ (ml)	ลูกที่	น้ำหนัก (kg)	ความแข็งแรง (kg/cm ²)	ความหนาแน่น (kg/m ³)
375	1	6.17	69.70	1197.96
	2	6.19	65.99	1197.72
	3	6.22	65.42	1203.54
	เฉลี่ย	6.19	67.04	1199.74
400	1	5.93	56.92	1159.19
	2	5.87	54.90	1133.90
	3	5.90	54.97	1137.74
	เฉลี่ย	5.90	55.60	1143.61
425	1	5.76	45.88	1109.24
	2	5.32	44.59	1042.94
	3	5.85	46.23	1138.19
	เฉลี่ย	5.64	45.57	1096.79
450	1	5.21	35.56	1031.28
	2	5.30	38.30	1044.39
	3	5.41	36.33	1064.26
	เฉลี่ย	5.31	36.73	1046.65

* ทดสอบโดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.6

ค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงของการใช้โฟมอินทรี 20% 2.0N

ปริมาณโฟมอินทรี (ml)	ลูกที่	น้ำหนัก (kg)	ความแข็งแรง (kg/cm ²)	ความหนาแน่น (kg/m ³)
375	1	5.90	58.54	1137.74
	2	5.91	56.10	1139.69
	3	5.89	57.23	1147.48
	เฉลี่ย	5.90	57.29	1141.64
400	1	5.43	48.45	1044.98
	2	5.48	51.64	1057.49
	3	5.54	51.86	1067.62
	เฉลี่ย	5.48	50.65	1056.70
425	1	5.06	41.85	984.11
	2	4.98	38.70	974.96
	3	4.98	41.75	986.54
	เฉลี่ย	5.01	40.77	981.87
450	1	4.55	26.01	931.26
	2	4.34	30.77	929.18
	3	4.46	28.02	918.41
	เฉลี่ย	4.45	28.27	926.28

* ทดสอบโดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.7

ค่าการนำความร้อนของโฟมอินทรีซ์

อัตราส่วน ถั่วเหลือง (%)	การนำความร้อนของอิฐมวลเบา (ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 60 ± 5 °C (W/m*°C))	
	1.5 N	2.0 N
15	0.203	0.193
20	0.186	0.156



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การคำนวณความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก

การคำนวณความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4 Conc.)

$$\text{จากสูตร } N = \frac{Eq}{L} \times \% \text{ เนื้อสาร} \quad (1)$$

$$Eq = \frac{g}{Eq.wt} \quad (2)$$

$$Eq.wt = \frac{MW}{n} \quad (3)$$

โดย N = ความเข้มข้นของสารเคมี
 $\%$ เนื้อสาร = เปอร์เซ็นต์เนื้อสารของกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเท่ากับ 98.0 %
 Eq = ความสามารถที่เท่ากันในการรวมกันทางเคมี
 L = ปริมาตรของสาร (ลิตร)
 g = ความหนาแน่นของกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1,840 กรัมต่อลิตร (g/L)
 $Eq.wt$ = น้ำหนักสมมูลของสาร (g/Eq)
 MW = ค่าน้ำหนักโมเลกุลของกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเท่ากับ 98 กรัมต่อโมลล์ ($g/mole$)
 n = ปริมาณความจุในการทำปฏิกิริยาของ H_2SO_4 เท่ากับ 2 ($Eq/mole$)
 แทนค่า ลงในสมการที่ (3)

$$Eq.wt = \frac{98 \left(\frac{g}{mole} \right)}{2 \left(\frac{Eq}{mole} \right)}$$

$$= 49 \frac{g}{Eq}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า ลงในสมการที่ (2)

$$Eq = \frac{1,840 \left(\frac{g}{L} \right)}{49 \left(\frac{g}{Eq} \right)}$$

$$= 37.55 \left(\frac{Eq}{L} \right)$$

แทนค่า ลงในสมการที่ (1)

$$N = 37.55 \frac{Eq}{L} \times 0.98$$

$$= 36.8 \text{ N}$$

ดังนั้น ค่าความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกมีค่าเท่ากับ 36.8 นอร์มอล (N)

การหาปริมาณกรดที่จะเติมลงในสารตัวอย่าง เมื่อ ปริมาตร 400 มิลลิลิตร ที่ความเข้มข้น 2.5 N จากสูตร

$$N_1 V_1 = N_2 V_2 \quad (4)$$

โดย N_1 คือ ความเข้มข้นของสารที่มี
 V_2 คือ ปริมาตรของสารที่จะเอามาเตรียม
 N_2 คือ ความเข้มข้นของสารที่ต้องการเตรียม
 V_1 คือ ปริมาตรของสารที่ต้องการเตรียม

แทนค่า ลงในสมการที่ (4)

$$(36.8 \text{ N}) \times V_1 = 2.5 (\text{N}) \times 400 (\text{mL})$$

$$V_1 = \frac{2.5 (\text{N}) \times 400 (\text{mL})}{36.8 (\text{N})}$$

$$V_1 = 27.17 \text{ mL}$$

ดังนั้น ปริมาตรของกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4 conc.) ที่เติมลงในสารตัวอย่าง เพื่อให้สารตัวอย่างมีความเข้มข้นของกรดในการไฮโดรลิซิส 2.5 นอร์มอล (N) เท่ากับ 27.17 มิลลิลิตร

หมายเหตุ ในการใส่กรดเข้มข้นนั้นควรทำในในตู้ดูดควันเพราะกรดจะมีไอระเหยมีผลต่อระบบหายใจและในระหว่างเติมกรดลงในสารตัวอย่างจะมีความร้อนเกิดขึ้นควรค่อยๆ เติมและคนเป็นระยะๆ เพื่อความปลอดภัยในการทำทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

บทความผลงานที่เผยแพร่

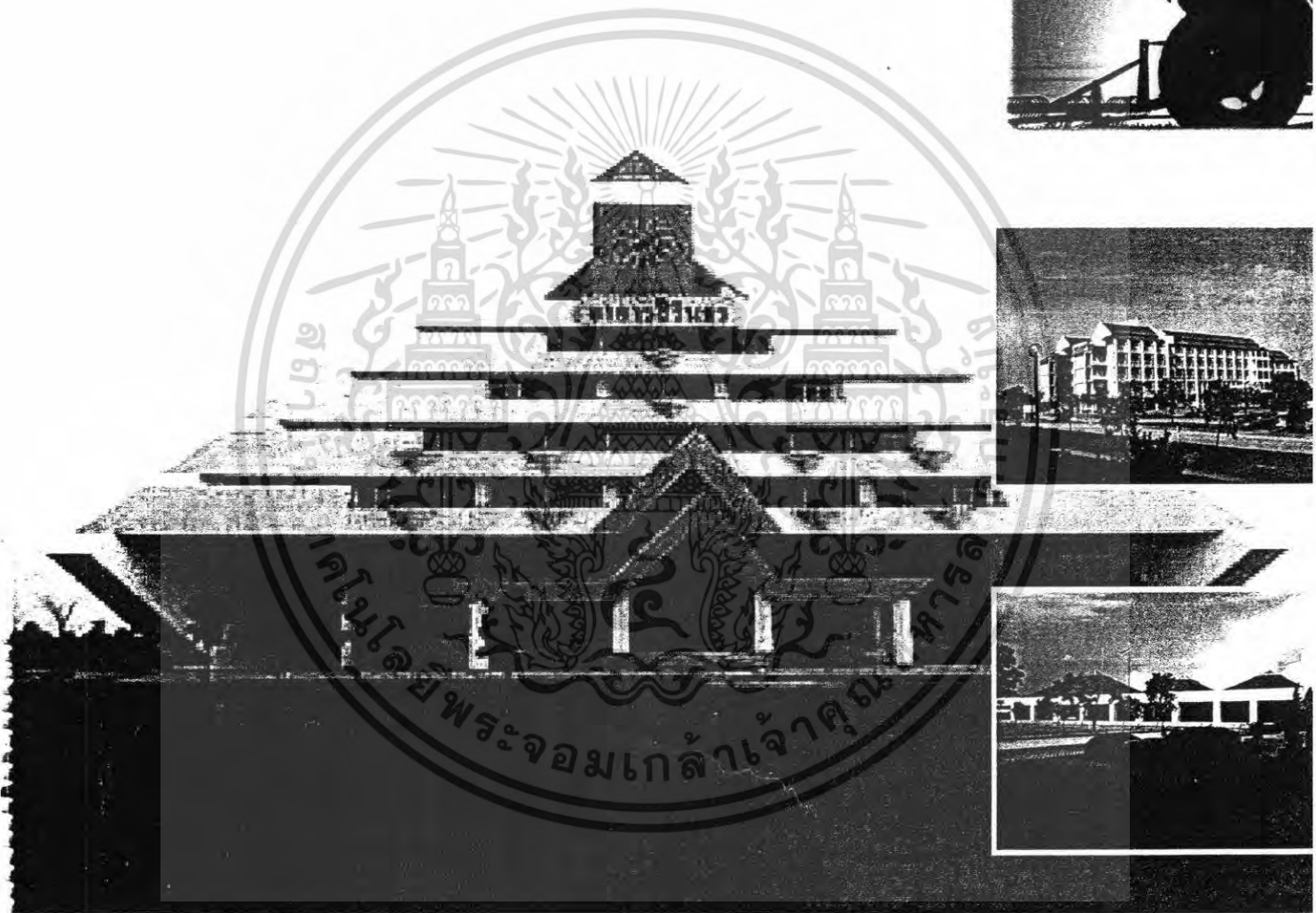
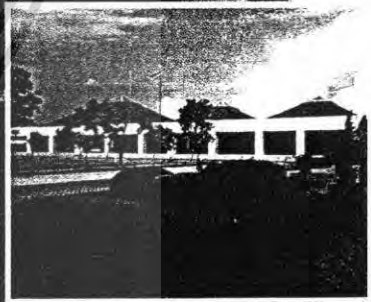
เรื่อง “การศึกษาการผลิตโพลีอินทรีย์สำหรับทำอิมมัลชัน”, การประชุมโครงการวิศวกรรม
 เกษตร ครั้งที่ 14 ประจำปี 2551 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2551,
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปรำจันบุรี ปรำจันบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมโครงการวิศวกรรมเกษตร

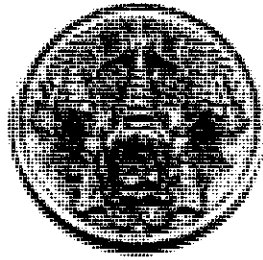


ครั้งที่ 14 ประจำปี 2551



15 กุมภาพันธ์ 2551

ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปรากฏบุรี



การประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตร

ครั้งที่ 14 ประจำปี 2551



วันศุกร์ที่ 15 กุมภาพันธ์ 2551

ณ ห้องประชุมใหญ่ อาคารบริหาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปราจีนบุรี

จัดโดย

ภาควิชาเทคโนโลยีการออกแบบและผลิต

เครื่องจักรกลอุตสาหกรรมเกษตร

คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปราจีนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปรำจันบุรี

เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงแข็ง.....1

ชำนาญ เชิดพงษ์ สันติ เถลิ้มชัย รัตนทัต คศิริธรรม

การออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้สดและหญ้า.....10

ฉัตรมงคล นารี สมศักดิ์ แดงวิเศษ ศรัณยู วนิชเจริญการ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การพัฒนาและการปรับปรุงชุดคัดขนาดฝักถั่วลิสงของเครื่องผลิตฝักถั่วลิสง.....18

วีระวิทย์ รัตที ธนากร จันทรพิชญ์ ว่าที่ รต.วรจักร อัครกะ

การศึกษาการผลิตโพนอินทรีซี่สำหรับทำอิฐมวลเบา.....25

ธีระพงศ์ มีเงิน นิพนธ์ วรเนตร์ ศรายุทธ์ แย้งจันทร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การศึกษาและออกแบบเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ด.....30

นายฉัฐพล โสภคเสาะ นายนิรัตศักดิ์ คงทน

การจำลองน้ำท่วมเนื่องจากเขื่อนปากมูล.....38

กฤษณา เอี่ยมโคกสูง เลอลักษณ์ แก้วจอมแพง

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

การพัฒนาเครื่องคัดและย่อยใบไม้.....46

กฤษณะ แสงขาว ปริญญารัตน์ อร่ามเรือง

การออกแบบและพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวผลสับปู้ด้า.....54

กิตติพงษ์ คงศรี สุธาสนี นาล้วน

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เครื่องวัดแรงดึงความชื้นในดินแบบอิเล็กทรอนิกส์.....61

ธีรนนท์ ปานสุข อรวรรณ ปริตะออง

รถคัดหญ้าแบบขับเคลื่อนเอง.....68

ธีรณัย กันไชย เอกวัฒน์ เหลืองอุทัยกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในของนักศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการผลิตโฟมอินทรีย์สำหรับทำอิฐมวลเบา Study on Production of Organic Foam for Light Weight Concrete

นายธีระพงศ์ มีเงิน, นายนิพนธ์ วรรณศรี และ นายศราวุทธิ์ แยังจันทร์

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ศศ.ดร.วัชรระ เพิ่มชาติ

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทร.0-2739-2412-3,0-2737-3000 ต่อ 5008-9

โทรสาร 0-2326-4178 E-mail : agrieng@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาวิจัยร่วมกับบริษัท Professional Block จำกัด ซึ่งเป็นผู้ผลิตและจำหน่ายอิฐมวลเบาชนิดไม่อบไอน้ำ และภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยรามคำแหง โดยได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากโครงการ IRPUS ประจำปี 2550 การศึกษาได้มุ่งที่จะพัฒนาการผลิตอิฐมวลเบาโดยใช้โฟมอินทรีย์ที่ผลิตขึ้นเองจากถั่วเหลือง เป็นส่วนผสมแทนโฟมอินทรีย์ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งจะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ การทดลองเป็น 2 ส่วน คือ 1) ศึกษาการผลิตโฟมอินทรีย์จากถั่วเหลือง และ 2) ศึกษาความแข็งแรงของอิฐมวลเบาที่ได้

ผลการศึกษา พบว่า ค่าความคงตัวของโฟมอินทรีย์ (Foam Stability) ที่ปริมาณถั่วเหลือง 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2.0N จะให้ค่าความคงตัวของโฟมสูงสุดที่ 600 มิลลิลิตร ซึ่งจะให้ค่าความหนาแน่นและค่าความแข็งแรงของอิฐมวลเบาที่ 944 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 41 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ : โฟมอินทรีย์

Abstract

This project is the collaborated research study with Professional Block Co.,Ltd., which is a supplier of light weight concrete (referred to as LWC), as well as Department of Environmental Science, Ramkhamhaeng University. It was funded by IRPUS-2007. The study is aimed to develop the production process of LWC by using the organic foam that is extracted from domestic soybean. The experiments were sub-divided into 2 parts; 1) study on the production of organic foam from soybean and 2) study on the compressive strength of LWC.

The results were showed that the value of foam stability at 15% wt. of soybean and 2.0N of H_2SO_4 was found to be maximum value at 600 ml. Meanwhile, the density and compressive strength of LWC were found to be 944 kg/m^3 and 41 kg/cm^2 , respectively.

Keyword : Organic foam

1. บทนำ

ปัจจุบันอิฐมวลเบาเป็นที่รู้จักกันมากขึ้นในวงการก่อสร้างและยอมรับในด้านคุณสมบัติที่โดดเด่น แตกต่างกว่าอิฐชนิดอื่นๆ คือ สามารถนำไปใช้สร้างบ้านได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ประหยัดแรงงาน และลดต้นทุนในการดำเนินการก่อสร้าง รวมทั้งสามารถช่วยประหยัดพลังงาน ป้องกันความร้อนได้ดี ซึ่งช่วยลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงได้และมีน้ำหนักเบากว่าอิฐบล็อกและอิฐมอญ ในปัจจุบันสามารถจำแนกอิฐมวลเบาที่ผลิตในประเทศไทยได้เป็น 2 ชนิด คือ อิฐมวลเบาที่ผ่านการอบไอน้ำ (Autoclaved Aerated Concrete: AAC) ซึ่งใช้เทคโนโลยีจากต่างประเทศ ทำให้มีราคาสูงมาก และ อิฐมวลเบาที่ไม่อบไอน้ำ (Light Weight Concrete: LWC) ไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ทำให้ราคาถูกกว่าแบบ AAC อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของ LWC อาจจะต้องดีกว่า AAC แต่ยังคงคุณสมบัติของความเป็นฉนวน และมีน้ำหนักเบากว่าอิฐบล็อก และอิฐมอญทั่วไป สำหรับวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตอิฐมวลเบาทั้งสองแบบยังคงเหมือนกัน คือ ปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำ ในส่วนที่ต่างกันคือ อิฐ AAC จะใช้ยิปซัมและปูนขาว เป็นส่วนประกอบ แต่สำหรับ อิฐ LWC ไม่มีส่วนผสม 2 ส่วนนี้ แต่จะใช้สารที่ทำให้เกิดฟอง (Foam) เป็นส่วนผสมแทน ซึ่งในส่วนของสารที่ทำให้เกิดฟองนี้ยังจำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอิฐมวลเบาโดยไม่อาศัยเทคโนโลยีและการนำเข้าจากต่างประเทศจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ

บริษัท Professional Block จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ที่เลขที่ 173 หมู่ที่ 2 ตำบลอบทม อำเภอสสามโก้ จังหวัดอ่างทอง เป็นผู้ประกอบการรายหนึ่งที่น่าสนใจ และเริ่มพัฒนาการผลิตอิฐมวลเบาชนิดไม่อบไอน้ำขึ้น โดยใช้วัสดุผสม 3 ชนิด ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ทราย และ โฟมอินทรีย์ (Organic foam) ซึ่งอิฐที่ผลิตได้มีน้ำหนักเบา ความหนาแน่นอยู่ในช่วง 800 – 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ด้วยความมุ่งมั่นที่จะลดต้นทุนการผลิตอิฐมวลเบาลง โดยยังคงมีคุณสมบัติและการใช้งานได้ใกล้เคียงกับอิฐมวลเบาชนิดอบไอน้ำ[4]

ดังนั้น โครงการนี้ จึงมุ่งศึกษาการผลิต โฟมอินทรีย์ ซึ่งมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับสารที่ทำให้เกิดฟอง ซึ่งเป็นส่วนผสมหนึ่งของอิฐแบบ LWC โดยจะทำการผลิตโปรตีนโฟมจากถั่วเหลือง และนำมาใช้ทดแทนสารที่ทำให้เกิดฟอง เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ผลิตอิฐมวลเบาภายในประเทศที่จะลดต้นทุนการผลิต โดยโครงการนี้ได้ศึกษาร่วมกับภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง และได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท Professional Block จำกัด ในการร่วมโครงการ โดยได้รับทุนสนับสนุนการทำโครงการภายใต้โครงการ IRPUS รหัส AI25013001 ประจำปี 2550

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 การศึกษาการผลิต โฟมอินทรีย์

นำถั่วเหลืองด้วยเครื่องขังละเอียด ตามน้ำหนัก 40, 60, 80 กรัม จดบันทึกและนำมาแช่น้ำเป็นเวลา 1 คืน และนำถั่วเหลืองที่ได้ ไปปั่นพอละเอียด แล้วเทใส่ขวด Duran เดิมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น เพื่อปรับให้ได้ค่าความเข้มข้นกรดให้มีค่าเท่ากับ 1.5N, 2.0N ปรับปริมาตรสารตัวอย่างด้วยน้ำเป็น 400 มิลลิตร แล้วปิดฝาขวดหลวมๆ ใช้ผ้าชุบน้ำหมาดๆ คลุมบริเวณฝาขวดและใส่ถุงพลาสติกมัดปากถุงด้วยหนังไว้ เพื่อกันไอน้ำที่ระเหยออกมามีผลเสียต่อเครื่อง Auto Clave เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นใส่ในเครื่อง Auto Clave ปิดเครื่อง หมุนฝาเครื่องให้แน่น ตั้งอุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำสารตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการไฮโดรซิสด้วยเครื่อง Auto Clave มากรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อเอากากตัวเหลืองออกแล้วนำไปปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วงประมาณ 7 แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรองและนํานํ้าโพรอินทรีย์ไปทดสอบการเกิดฟองโดยการฉีดด้วยเครื่องฉีดโฟม

2.2 การศึกษาความแข็งแรงของอิฐมวลเบา

ทำตัวอย่างเพื่อทดสอบค่าความแข็งแรง (Compressive strength) โดยตัวอย่างทดสอบค่าความแข็งแรงมีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C -192[5] ซึ่งส่วนผสมจะประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ ทราย น้ำ มีอัตราส่วนผสม 9 : 9 : 4.5 โดยปริมาตร โพรอินทรีย์ที่ 375, 400, 425, 450 มิลลิลิตร

นำส่วนผสมที่ซึ่งไว้คือ ปูน ทราย เทใส่ใน โม่ผสมปูน ผสมให้เข้ากัน แล้วให้เติมนํ้า (สังเกตส่วนผสมจะเริ่มเหลวและเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน) จากนั้นทำการฉีด โพรอินทรีย์ลงไป ในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ จนส่วนผสมเข้ากัน แล้วนำส่วนผสมที่ได้ไปเทลงในบล็อกหล่อลูกปูนทรงกระบอก (Mold) ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชม. ก็ทำการแกะออกจากแบบหล่อ แล้วนำลูกปูนบ่มคอนกรีต โดยการแช่นํ้าหรือใช้กระสอบป่านคลุมและรดนํ้าให้เปียกชุ่มเป็นเวลา 28 วัน เมื่อครบกำหนดนำไปทดสอบค่าความแข็งแรง

ตารางที่ 1 การทดสอบค่าความคงตัวของโพรอินทรีย์

โพรอินทรีย์	ปริมาณโพรอินทรีย์ (ml)	น้ำหนักโพรอินทรีย์ (g)	
		1.5 N	2.0 N
10 %	1.5 N	100	40
	2.0 N	100	30
15 %	1.5 N	850	40
	2.0 N	600	30
20%	1.5 N	900	30
	2.0 N	700	30

3. ผลการทดลอง

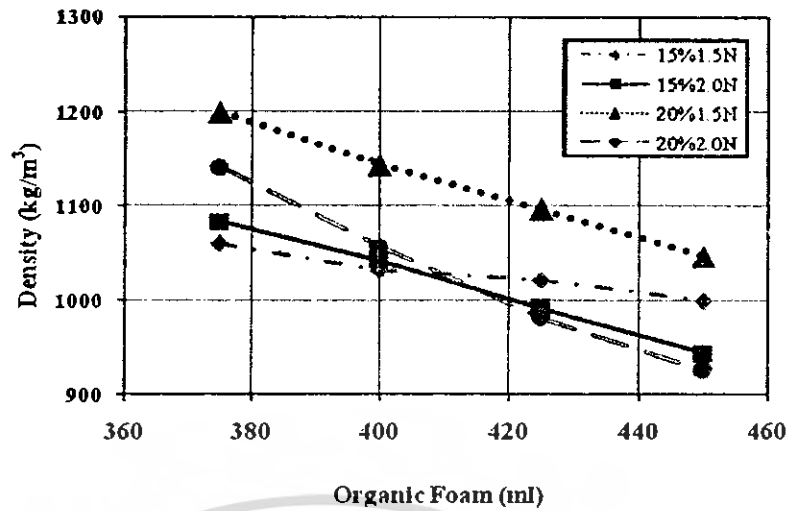
3.1 การทดสอบการคงตัวของโพรอินทรีย์

จากตารางที่ 2 พบว่าที่ปริมาณตัวเหลือง 15% และ 20% มีค่าความคงตัวใกล้เคียงกับโพรอินทรีย์ของบริษัท Professional Block จำกัด และที่ปริมาณตัวเหลือง 20% 1.5N จะมีค่าความคงตัวสูงสุด คือ 900 มิลลิลิตร และที่ปริมาณตัวเหลือง 10% จะมีค่าความคงตัวต่ำสุด คือ 100 มิลลิลิตร

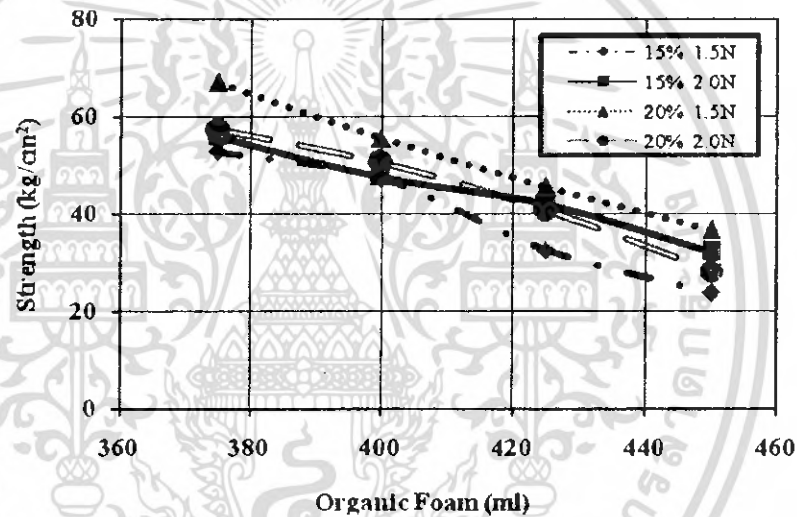
3.2 การทดสอบความหนาแน่นและความแข็งแรงของอิฐมวลเบา

ผลการทดสอบความหนาแน่นและความแข็งแรงของอิฐมวลเบาที่ผสมโพรอินทรีย์ที่ปริมาณ ตั้งแต่ 375 – 450 มิลลิลิตร ได้แสดงไว้ในภาพที่ 1 และ ภาพที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาณโฟมอินทรีย์



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงกับปริมาณโฟมอินทรีย์

จากผลการทดสอบความหนาแน่นและค่าความแข็งแรงดังที่แสดงในภาพที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าที่ปริมาตรโฟมอินทรีย์ 375 มิลลิลิตร จะมีค่าความหนาแน่นและค่าความแข็งแรงมากที่สุดสำหรับทุกสูตร ส่วนที่ปริมาตรโฟมอินทรีย์ 450 มิลลิลิตร จะมีค่าความหนาแน่นและค่าความแข็งแรงต่ำที่สุดสำหรับทุกสูตรเช่นกัน

ความหนาแน่นและค่าความแข็งแรงจะแปรผกผันกับปริมาณของโฟมอินทรีย์ที่ใส่คือเมื่อปริมาณโฟมอินทรีย์มากขึ้นความหนาแน่นจะลดลงเนื่องจากโฟมอินทรีย์ที่ฉีดเข้าไปผสมในไม้จะมีลักษณะเป็นฟองอากาศและจะเข้าไปแทรกตัวในเนื้อคอนกรีต เมื่อคอนกรีตแข็งตัวเนื้อคอนกรีตจะมีรูพรุนและมีน้ำหนักเบา ซึ่งรูพรุนถ้ามีปริมาณมากจะทำให้รับแรงอัดได้น้อยทำให้ค่าความแข็งแรงลดลง

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการผลิต โฟมอินทรีย์ซึ่งเป็นวัสดุผสมในอิฐมวลเบาของบริษัท Professional Block จำกัด ซึ่งจะได้นำไปพัฒนาในการผลิตอิฐมวลเบา ทำให้ช่วยลดต้นทุนการผลิตของทางบริษัท โดยการใช้ปริมาณแก้วเหลือง 15% และ 20% โดยน้ำหนัก ที่ความเข้มข้น 1.5N และ 2.0N สามารถสรุปผลการศึกษาดังต่อไปนี้

- การใช้โฟมอินทรีย์ที่ผลิตจากแก้วเหลืองทำให้ค่าความแข็งแรง (Compressive strength) มีค่าสูงขึ้นจากของเดิมที่บริษัทผลิต

- อัตราส่วนผสมที่ปริมาณโฟมอินทรีย์ 425 มิลลิลิตร จะให้ค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 900 – 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความแข็งแรง 40 – 45 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และที่ปริมาณแก้วเหลือง 15 % 2.0 N จะให้ค่าความหนาแน่น 944 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 41 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการ IRPUS ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณบริษัท Professional Block จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุและอุปกรณ์ในการทำวิจัย จนทำให้โครงการวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. กฤษณะ เจริญคลัง และ มานูญ บุญมา. (2548). การใช้ประโยชน์จากขี้เถ้าลอยสำหรับผลิตอิฐมวลเบา. ปรินญา นิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
2. บริษัท Professional Block จำกัด. เอกสารประชาสัมพันธ์อิฐ ProBlock 173 หมู่ 2 ต. อบทม อ. สามโก้ จ. อ่างทอง 14160.
3. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. ASTM C -192. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม.