

ปกนอกของสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาคุณสมบัติการส่งผ่านความร้อนในอิฐก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงาน
THE STUDY OF HEAT TRANSFER CHARACTERISTIC IN CONSTRUCTION
BRICK FOR SAVING ENERGY



เลขหระ.....
เลขทะเบียน.....83312
วัน,เดือน,ปี.....11 ส.ค. 2551

119 ๒๖๓๘๙
b.....
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**THE STUDY OF HEAT TRANSFER CHARACTERISTI IN CONSTRUCTION BRICK
FOR SAVING ENERGY**



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2007**

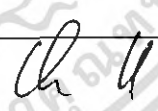
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

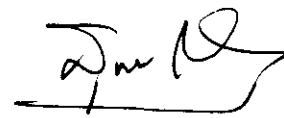
หัวข้อ โครงการงานพิเศษ การศึกษาคุณสมบัติการส่งผ่านความร้อนในอิฐก่อสร้างเพื่อการ
ประหยัดพลังงาน

นักศึกษา นายเฉลิมพล ศรีใจวงศ์ รหัสประจำตัว 48015465
นายวรรณัฐ สุวรรณพัฒน์ รหัสประจำตัว 48015490
นายศราวุธ ศรีประเสริฐ รหัสประจำตัว 48015493

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ชลิตา อุตะเกา

คณะกรรมการสอบ โครงการงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ศศ.ดร.สฤต ห่อโนทยาน	
ดร.อุมา สีนุญเรือง	
อาจารย์นันท์วัตร จรัสโรจน์ชนเดช	
อาจารย์ชลิตา อุตะเกา	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(ศศ.สุพจน์ ศรีนิล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 30 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาคุณสมบัติการส่งผ่านความร้อนในอิฐก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงาน

THE STUDY OF HEAT TRANSFER CHARACTERISTIC IN CONSTRUCTION BRICK FOR SAVING ENERGY

นักศึกษา นายเฉลิมพล ศรีใจวงศ์
นายวรรณัฐ สุวรรณพัฒน์
นายศราวุธ ศรีประเสริฐ

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ชลิตา อุตะเกา

ระดับการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐที่ใช้เป็นวัสดุก่อผนัง โดยศึกษาข้อมูลในการต้านทานความร้อนของอิฐแต่ละประเภท เพื่อเพิ่มคุณภาพให้อิฐมีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนให้ดียิ่งขึ้น และช่วยประหยัดพลังงาน โดยสมมุติฐานที่ว่าอิฐก่อสร้างที่มีความหนาแน่นน้อยจะต้านทานความร้อนได้มาก จึงทำการหาค่าความหนาแน่นของอิฐ 4 ประเภทคือ อิฐมอญ อิฐ บบก. อิฐบล็อกคอนกรีต และอิฐมวลเบา ได้ผลดังนี้ 0.00133, 0.00166, 0.00373, 0.000796 (กก./ลบ.ซม.) ตามลำดับ จากนั้นทำการทดสอบ การส่งผ่านความร้อน โดยสร้างเครื่องมือให้ความร้อน (Heat Box) จากผลการทดลองปรากฏว่า อิฐมวลเบาที่มีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดนั้นมีค่าความต้านทานความร้อนที่ดีที่สุด จึงเลือกเอาอิฐมวลเบามาทำการศึกษาโดยเลือกใช้ค่าความหนาแน่น 1000, 1200, 1400 (กก./ลบ.ม.) เมื่อนำไปทดสอบหาค่าความหนาแน่น ได้ผลดังนี้ 0.00142, 0.00119 และ 0.00100 (กก./ลบ.ซม.) ตามลำดับ ซึ่งสรุปได้ว่าอิฐมวลเบาตัวอย่างที่มีค่าความหนาแน่น 1000 กก./ลบ.ม. จะมีค่าความต้านทานความร้อนที่ดีที่สุด จึงทำให้มีความสามารถในการประหยัดพลังงานที่ดีด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : THE STUDY OF HEAT TRANSFER CHARACTERISTIC IN
CONSTRUCTION BRICK FOR SAVING ENERGY

Name : MR.CHALERMPHOL SRIJAIWONG
MR.WORANAT SUWANNAPHAT
MR.SARAWUTH SRIPRASERT

Advisor : CHALIDA UTAPAO

Field : CIVIL ENGINEERING

Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

ABSTRACT

The project researches this invent for study physical property of a brick that uses to are the inventory builds the wall by study the data in withstanding heat of each kind brick for enhance the quality gives a brick has the property in withstanding heat superiorly go up and help economize the energy then do seeking value the density of 4 kind bricks is brick , Fireproof brick , a brick blocks the concrete and Lightweight Concrete effective 0.00133, 0.00166, 0.00373, 0.000796 as follows (kilogram./cubiccentimetre) respectively from that time do the test transmitting heat by build a tool gives the heat (Heat Box) from the experiment appears that mass light brick that is valuable the density least that is valuable heat best resistance then choose take mass light brick comes to do the education by choose to use 1400, 1200, 1000 density values the reed is (kilogram./cubicmetre) when induce test seek density effective value 0.00142, 0.00119 as follows and 0.00100 (kilogram./cubiccentimetre) respectively which can summarize that mass brick is relaxed as is valuable 1000 reed densities (kilogram./cubicmetre) secondary education will valuable heat best resistance then make have the ability in energy good saving with also

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยไม่สามารถนำคำกล่าวใดที่จะบ่งบอกถึงความกรุณาและความอนุเคราะห์ของอาจารย์ชลิตา อุตะเกาอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษนี้ได้ตลอดระยะเวลาของโครงการ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำรับฟังปัญหาและช่วยแก้ไขปัญหาทุกเรื่องที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังได้สั่งสอนและหยิบยื่นสิ่งที่มีค่ามากมายนอกเหนือจากที่ได้ศึกษาทางด้านวิศวกรรม ท่านได้ปลูกฝังและเน้นให้ประพฤติดนเพื่อทุ่มเทกับงาน ช่วยปรับปรุงเกี่ยวกับภาษา และการนำเสนองานซึ่งถือเป็นประสบการณ์อันมีค่าที่ผู้ประพันธ์ได้รับจากการศึกษา ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อันทรงเกียรติแห่งนี้ นอกเหนือจากปริญญาบัตร ปริญญาบัตรอันสูงส่ง ขอกล่าวคำขอบพระคุณอย่างซาบซึ้ง และด้วยความเคารพนับถือแก่อาจารย์ชลิตา อุตะเกา

ถือเป็นเกียรติอย่างสูงส่งแก่ผู้ประพันธ์ที่ได้รับจาก ผศ.ดร.สกุล ห่อวโนทยาน คร.อุมา สีนุญเรื่อง อาจารย์ชลิตา อุตะเกา และอาจารย์อาจารย์นันทวัตร จรัสโรจน์ธนเศรษฐินฐานะกรรมการสอบโครงการพิเศษ ด้วยคำแนะนำและข้อคิดเห็นของท่านถือเป็นปัจจัยที่สำคัญ สำหรับความสำเร็จในผลงานวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ถ่ายทอดความรู้อันมีค่าอย่างมากตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับทำโครงการวิจัย เพื่อนร่วมคณะวิจัยและเพื่อนร่วมห้องทุกคน สำหรับความคิดเห็นความช่วยเหลือ และกำลังใจแก่ผู้ประพันธ์ตลอดระยะเวลาทำโครงการวิจัย

สุดท้ายนี้บุคคลที่จะไม่กล่าวถึงไม่ได้ ผู้ประพันธ์ขอกราบขอบพระคุณ บิศา มารดา และครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจสำหรับความช่วยเหลือและให้การสนับสนุนในทุกเรื่อง จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ที่พึงมีจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบให้แก่ผู้มีส่วนร่วมและผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายเฉลิมพล ศรีใจวงศ์

นายวรรณัฐ สุวรรณพัฒน์

นายศราวุธ ศรีประเสริฐ

ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน(ภาษาไทย)	ก
	ปกใน(ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ญ
	สารบัญรูป	ฎ
1	บทนำ	
	1.1 กล่าวนำ	1
	1.2 ความสำคัญและที่มาของ โครงการ (Problem Identification)	1
	1.3 วัตถุประสงค์ของ โครงการทำวิจัย	2
	1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
	1.5 ทบทวนหลักการและทฤษฎีที่ใช้ (Literature Review)	3
	1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
	1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
	1.8 แผนการดำเนินงานตลอดการทำโครงการวิจัย	5
	1.9 งบประมาณของโครงการวิจัย	5
2	ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
	2.1 กล่าวนำ	6
	2.2 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)	6
	2.2.1 การนำความร้อน (Conduction)	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.2.2 การพาความร้อน (Convection)	7
	2.2.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)	7
2.3	วัสดุกันความร้อน(Insulating materials)	8
	2.3.1 วัสดุที่ต้านทานความร้อน	
	มีให้ผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง	9
	2.3.2 ลักษณะของฉนวนกันความร้อน	9
2.4	ข้อมูลกายภาพและอุณหภูมิของวัสดุ	13
	2.4.1. อิฐมอดู (Brick)	13
	2.4.2. คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry Unit)	14
	2.4.3. คอนกรีตมวลเบา	15
2.5	องค์ประกอบสำคัญของการใช้พลังงานในอาคาร (Energy factors)	19
	2.5.1 ปริมาณพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร	19
	2.5.2 ภูมิอากาศ (Climate)	21
	2.5.3 ที่ตั้ง (Site)	22
	2.5.4 การออกแบบผังที่ตั้งของตัวอาคาร (Site Planning)	24
3	วัสดุอุปกรณ์และขั้นตอนในการดำเนินการ	25
	3.1 วัสดุอุปกรณ์	25
	3.1.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหาคูณสมบัติเบื้องต้น	26
	3.1.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำเครื่องมือ	
	ทดสอบ การส่งผ่านความร้อน	27
	3.1.3 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตอิฐตัวอย่าง	30
	3.2 ขั้นตอนในการดำเนินการ	34
	3.2.1 ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน	
	ในการทดสอบหาคูณสมบัติเบื้องต้น	34
	3.2.2 ขั้นตอนในการทำเครื่องมือทดสอบ	
	การส่งผ่านความร้อน	35
	3.2.3 ขั้นตอนการทดสอบหาค่า การส่งผ่านความร้อน	39
	3.2.4 ขั้นตอนในการผลิตอิฐตัวอย่าง	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่	เรื่อง	หน้า
4	ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล	48
	4.1 กล่าวนำ	48
	4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุผนัง	48
	4.3 ผลการทดสอบวัดอุณหภูมิภายในของผนัง	49
	4.4 ผลการทดสอบวัดผลต่างอุณหภูมิของภายในและภายนอกผนัง	51
	4.5 ค่าความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในผนัง ที่เวลาต่อเนื่องกันของทั้งหมด	52
5	สรุปการวิจัยและแนวทางการพัฒนา	54
	5.1 สรุปการวิจัย	54
	5.2 สรุปปัญหาของโครงการวิจัย	55
	5.2.1 ด้านเครื่องมือทดสอบ	55
	5.2.2 ด้านคุณภาพของผลงานวิจัย	55
	5.2.3 ด้านสถานที่ทำโครงการวิจัย	56
	5.2.4 ด้านสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศ	56
	5.3 แนวทางการแก้ไข	56
	5.4 แนวทางการพัฒนา	57
	บรรณานุกรม	
	ภาคผนวก ก.	ผก1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
1.1	ตารางแผนการดำเนินงาน	5
2.1	แสดงคุณสมบัติของอิฐมอญ	13
2.2	แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก	14
2.3	แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา	15
2.4	การจำแนกคอนกรีตเบาตามการนำไปใช้ ACI 211.2-18	16
4.1	แสดงค่าปริมาตรและความหนาแน่นของวัสดุผนังตัวอย่าง 4 ชนิด	48
4.2	แสดงค่าปริมาตรและความหนาแน่นของวัสดุผนังตัวอย่าง 4 ชนิด	49
ภาคผนวก		
1	แสดงค่าปริมาตรและความหนาแน่นของวัสดุผนังตัวอย่าง 4 ชนิด	ผก2
2	แสดงค่าปริมาตรและความหนาแน่นของวัสดุผนังที่ออกแบบ 3 ชนิด	ผก3
3	ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐมอญ	ผก4
4	ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐบล็อกคอนกรีต	ผก5
5	ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐมวลเบา	ผก5
6	ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐ บก.	ผก6
7	ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐมวลเบา	ผก6
8	ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐมวลเบา ที่ออกแบบหน่วยน้ำหนัก 1400 กก/ลบ.ม	ผก7
9	ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐมวลเบา ที่ออกแบบหน่วยน้ำหนัก 1200 กก/ลบ.ม	ผก7
10	ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐมวลเบา ที่ออกแบบหน่วยน้ำหนัก 1000 กก/ลบ.ม	ผก8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	รูป	หน้า
2.1	การถ่ายเทความร้อนรูปแบบต่างๆ	7
2.2	แสดงการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนัง	11
2.3	แสดงการเปรียบเทียบการป้องกันความร้อนแบบต่างๆ	12
2.4	ภูมิอากาศเฉพาะถิ่นในเมือง	22
2.5	แสดงการใช้ธรรมชาติช่วยในการประหยัดพลังงานภายในอาคาร	23
3.1	อิฐที่ใช้ในการทดลอง	26
3.2	เวอร์เนียร์คาลิเปอร์	26
3.3	เครื่องชั่งน้ำหนัก	27
3.4	แผ่นซีพซีมบอร์ด	27
3.5	เหล็กเส้น C-Line	27
3.6	คัลลิเบรเตอร์	28
3.7	ไขควง	28
3.8	สว่าน	28
3.9	ปากกา	29
3.10	เลื่อยตัดเหล็ก	29
3.11	อุปกรณ์วัดสลักเกลียว และ สลักเกลียว	29
3.12	เครื่องตัดซีพซีมบอร์ด	30
3.13	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	30
3.14	น้ำ	30
3.15	ทรายละเอียด	31
3.16	น้ำยาโฟม ใช้ GRACE AE4	31
3.17	แบบหล่อ	31
3.18	เครื่องผสมปูน	32
3.19	บี๊มลม	32
3.20	เครื่องฉีดโฟม	32
3.21	กระบอกดวง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	รูป	หน้า
3.22	เครื่องชั่ง	33
3.23	เครื่องอัดลม	33
3.24	การวัดขนาดทั้งด้านกว้าง ยาว สูง	34
3.25	การชั่งน้ำหนัก	34
3.26	รูปแปลนเครื่องทดสอบการส่งผ่านความร้อน	35
3.27	รูปตัดเครื่องทดสอบการส่งผ่านความร้อน	35
3.28	แผ่นซีพซัมบอร์ด	36
3.29	การเจาะชิ้นสลักเกลียว	36
3.30	การตัวอย่างการประกอบ Heat Box	37
3.31	การขีดรอยต่อระหว่างแผ่นซีพซัมบอร์ด	37
3.32	การเก็บรายละเอียดของงาน	37
3.33	การเจาะรูเพื่อที่ให้ใส่ตัว Heater	38
3.34	การจัดวาง Heater และ ตัว Controller	38
3.35	การบันทึกค่าอุณหภูมิ	39
3.36	การเตรียมการสร้างฐานรองรับ	40
3.37	การก่ออิฐมอดู เพื่อเตรียมการทดสอบ	40
3.38	การก่ออิฐบล็อกจากกริด เพื่อเตรียมการทดสอบ	40
3.39	การก่ออิฐ บก. เพื่อเตรียมการทดสอบ	41
3.40	การก่ออิฐมวลงเพื่อเตรียมการทดสอบ	41
3.41	Heat Box (กล่องให้ความร้อน)	42
3.42	ตัว Controller ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ	42
3.43	แสดงตำแหน่งการติดตั้ง Thermal Couples ตัวที่ 1	43
3.44	แสดงตำแหน่งการติดตั้ง Thermal Couples ตัวที่ 2	43
3.45	การเตรียมวัสดุการผลิต	44
3.46	ขั้นตอนการผสมคอนกรีต	45
3.47	ขั้นตอนการผสมโฟมลงในคอนกรีต	46
3.48	การเทคอนกรีตลงในแบบหล่อ	46
3.49	ขั้นตอนการถอดแบบ	47
3.50	การก่ออิฐมวลงที่ผลิตขึ้นเอง เพื่อเตรียมการทดสอบ	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1	การวาง Thermo Couple และ Controller	49
4.2	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิภายในของผนังทั้งหมด	50
4.3	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับผลต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกของผนังทั้งหมด	51
4.4	แผนภูมิแสดงค่าความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในผนัง ที่เวลาต่อเนื่องกันของทั้งหมด	52



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

ประเทศไทยกำลังพัฒนาด้านเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ซึ่งงานด้านวิศวกรรมโยธาก็ได้มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วตามสภาพเศรษฐกิจ ทำให้เกิดการแข่งขันกันโดยใช้เทคโนโลยีใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดเวลาในการก่อสร้าง ลดค่าใช้จ่าย จึงได้มีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาช่วยในการพัฒนาวัสดุในด้านวิศวกรรมให้มีประโยชน์ในหลายๆ ด้าน เช่น วัสดุผสมนอกจากจะผลิตให้มีน้ำหนักเบาได้แล้วยังสามารถใช้ร่วมกับวัสดุที่เป็นฉนวนอื่น ๆ ได้ หรืออาจจะนำมาพัฒนาให้วัสดุนั้นมีความสามารถในการต้านความร้อน เพื่อจะได้ประหยัดพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายและยังช่วยลดปัญหาสภาวะโลกร้อน ได้ด้วย

1.2 ความสำคัญและที่มาของโครงการ (Problem Identification)

ในปัจจุบัน โลกของเรานั้นกำลังประสบปัญหาสภาวะโลกร้อน ซึ่งมีหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดสภาวะดังกล่าว ซึ่งมีความสำคัญในการดำรงชีวิตของประชากรบนโลก ซึ่งประชากรส่วนมากดำรงชีวิตในอาคาร ที่ทำงานและที่อยู่อาศัย ซึ่งมีระบบทำความเย็น ไร้ภายใน แต่เนื่องจากระบบนี้จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการทำงานของระบบมาก ความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในทุกวันนี้ โดยเฉพาะในเมือง ที่มีทั้งความแออัดหนาแน่นทำให้เกิดมลภาวะและลมร้อนเกือบทั้งปี เครื่องปรับอากาศจึงกลายเป็นปัจจัยสำคัญของมนุษย์ไปอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และเครื่องปรับอากาศนี้เองเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานอย่างมหาศาล ทั้งยังสร้างมลภาวะให้กับสภาพแวดล้อมอีกด้วย

การใช้พลังงานไฟฟ้าสูงเพื่ออำนวยความสะดวกภายในอาคาร ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนออกมาสู่บรรยากาศภายนอก ทำให้อากาศร้อนขึ้น และสาร CFC. ที่ใช้ในระบบปรับอากาศเป็นสารที่ทำลายชั้นโอโซน ซึ่งเป็นชั้นที่ปกป้องรังสีอัลตราไวโอเล็ตมาให้ตกลงมาบนผิวโลกมากเกินไปซึ่งถ้าขาดชั้นโอโซนจะนำความสูญเสียต่อผลผลิตการเกษตร ซึ่งเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิตของประชากรเกิดมาเร็วผิวหนังเพิ่มขึ้น เป็นอันตรายต่อดวงตา และลดภูมิคุ้มกัน โรคอีกด้วย

ปัจจุบันรัฐบาลได้เห็นปัญหาทางด้านพลังงาน จึงได้วางมาตรการไว้หลายรูปแบบ เช่นการปลูกจิตสำนึกให้ประชาชนเห็นคุณค่าของการประหยัดพลังงาน จัดตั้งกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อส่งเสริมให้ประชาชนสนใจในวิธีการอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนการตราพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ขึ้น เพื่อกำหนดแนวทางหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการอนุรักษ์พลังงานของประเทศ

วิศวกรจึงต้องมีจิตสำนึก และความเข้าใจในเรื่องการประหยัดพลังงานและแสวงหาวัสดุและวิธีการนำมาทำคุณประโยชน์ไปใช้ในการออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงาน ในการศึกษาวัสดุที่เข้ามาทดแทนหรือช่วยประหยัดพลังงาน เป็นอีกทางเลือกอีกทางหนึ่งที่เราสามารถนำมาใช้ในองค์ประกอบอาคารของเราได้

ดังนั้นการค้นคว้าและวิจัยผนังประหยัดพลังงานจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่วิศวกรควรจะสนใจ เพราะผนังนั้นเป็นองค์ประกอบสำคัญที่อยู่ทั้งภายในและภายนอกของอาคารมีการรับความร้อนจากภายนอกโดยตรง ทำให้เกิดความร้อนภายในอาคาร จึงต้องใช้ระบบทำความเย็น ในการลดความร้อน แต่ถ้าวเราสามารถทำให้ผนังของเราลดหรือป้องกันความร้อนก็จะสามารถช่วยให้ลดพลังงานที่ใช้ในระบบทำความเย็น ซึ่งจะช่วยประหยัดพลังงานได้อีกทางหนึ่งด้วย

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการทำวิจัย

1.3.2 เพื่อศึกษาและรวบรวมคุณสมบัติเบื้องต้นของอิฐก่อสร้างที่ใช้ในปัจจุบันและคัดเลือกอิฐที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาพัฒนาด้านการประหยัดพลังงาน

1.3.3 เพื่อพัฒนาอิฐก่อสร้างให้สามารถใช้งานได้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.4.1 ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลของวัสดุผนังที่รวบรวมและมีใช้อยู่ในปัจจุบัน

1.4.2 คัดเลือกวัสดุเพื่อทำการทดสอบ การต้านทานความร้อน โดยใช้ค่าความหนาแน่น เป็นปัจจัยในการคัดเลือกวัสดุที่มีความสามารถในการต้านทานความร้อน

1.4.3 ทดลองสร้างเครื่องมือ การส่งผ่านความร้อนผ่านผนัง โดยอ้างอิง มาตรฐาน ASTM C 182-88, C 201-93, C 202-93

1.4.4 ทดลองสร้างอิฐก่อสร้างตัวอย่างที่มีความต้านทานความร้อนที่ดีเพื่อ ทดสอบการส่งผ่านความร้อนผ่านผนัง

1.4.5 กำหนดและควบคุมวิธีการทดสอบ สถานที่ อุณหภูมิที่ใช้ทดสอบ ขนาดของผนังทดสอบ และระยะเวลา ให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน

1.4.6 รวบรวมข้อมูลจากการทดสอบและวิเคราะห์ผลจากการทดลอง การส่งผ่านความร้อนผ่านผนัง และสรุปผลที่ได้

1.5 ทบทวนหลักการและทฤษฎีที่ใช้ (Literature Review)

1.5.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของความร้อนจากตำแหน่งหนึ่ง ไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) จะเกิดขึ้น ได้ก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้น แต่กลไกในการที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนแต่ละวิธีแตกต่างกัน การนำความร้อนที่สภาวะคงที่ การนำความร้อนชั่วขณะแบบมิติเดียว การวิเคราะห์มิติ การพาความร้อนแบบอิสระที่ไหลแบบลามินาร์ และเทอร์บิวเลนซ์ การพาความร้อนแบบบังคับของการไหลแบบลามินาร์ และเทอร์บิวเลนซ์ ผิวหน้าที่คอมแพคต์ และไมอริกกูลาร์ การแผ่รังสีความร้อน การถ่ายเทความร้อนแบบรวม การควบแน่นและการเคี้ยว อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ระบบทางความร้อนที่สำคัญบางอย่าง (อาจารย์ ทวีวัฒน์ สุการส , www.kmutt.ac.th)

1.5.2 หลักการใช้วัสดุกันความร้อน การใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อช่วยลดการถ่ายเทความร้อนสามารถทำได้สองแบบ คือ แบบแรกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการหน่วงความร้อน และแบบที่สองคือวัสดุที่มีคุณสมบัติการสะท้อนความร้อน วัสดุที่ต้านทานความร้อนมิให้ผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของผนังที่เป็นเปลือกอาคาร ได้สะดวก โดยหลักใหญ่เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติ 2 ประเภท คือ ประเภทที่ทำหน้าที่เป็นฉนวน และประเภทที่มีคุณสมบัติด้านการแผ่รังสีความร้อน ปัจจุบันสามารถแยกลักษณะของฉนวนกันความร้อนได้เป็น 3 ชนิด คือ ชนิดเป็นแผ่นแข็งก้อน (Rigid or Semi-rigid Blocks or

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Boards) ชนิดเป็นแผ่นปิดหุ้ม (Flexible or Blanket Types Insulation) ชนิดใช้ฉนวนหรือฉนวนเสริม (Loose Fills) (รศ.ดร.ศรีใจ บูรณสมภพ , รศ.สมสิทธิ์ นิตยะ , ปรีชญา รังสิริภรณ์)

1.5.3 วัสดุผนังประหยัดพลังงานสำหรับใช้ในการก่อสร้างอาคารพักอาศัย (กรณีศึกษา โครงการบ้านเอื้ออาทร (การเคหะแห่งชาติ)) การศึกษาทดสอบและประมวลผลวัสดุผนังซึ่งมีทั้งที่เป็นวัสดุผนังชั้นเดียวและวัสดุผนังประกอบ เป็นการเปรียบเทียบของวัสดุผนังในบ้านขนาด 2 ชั้นของโครงการบ้านเอื้ออาทร ในด้านการประหยัดพลังงาน (อาจารย์โชติวิทย์ พงษ์เสริมผล ,ผศ.วรวรรณ โรจนไพบูลย์,ผศ.ไกรทอง โชติวุฒิพัฒนา,ผศ.ดร.สกล ห่อวโนทยาน)

1.5.4 องค์ประกอบสำคัญของการใช้พลังงานในอาคาร ปริมาณพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ อาคาร ระบบอาคาร ผู้ใช้อาคารและลักษณะการใช้ (รศ.ดร.ศรีใจ บูรณสมภพ , รศ.สมสิทธิ์ นิตยะ, ปรีชญา รังสิริภรณ์)

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.6.1 ศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ และวิเคราะห์ปัญหา
- 1.6.2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผนังประหยัดพลังงานในรูปแบบต่างๆ ในปัจจุบัน
- 1.6.3 ค้นคว้าหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการ
- 1.6.4 ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน ได้แก่การหาค่าความหนาแน่น ของวัสดุที่ทำการคัดเลือก
- 1.6.5 ทดลองผลิตวัสดุที่ทำการคัดเลือกและทดสอบวัสดุที่ทำการผลิต ในด้านคุณสมบัติการส่งผ่านความร้อน
- 1.6.6 สรุปการวิจัย และแนวทางแก้ไข รวมทั้งแนวทางการพัฒนา
- 1.6.7 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.7.1 เป็นแนวทางในการเลือกใช้ระบบและเทคนิคในการเลือกใช้ผนังประหยัดพลังงาน
- 1.7.2 สามารถนำผลที่ได้จากการทดลองผนังประหยัดพลังงาน ไปประยุกต์ใช้กับอาคารจริงได้
อย่างมีประสิทธิภาพ
- 1.7.3 สามารถเป็นแนวทางในการวิจัยเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการนำเทคนิคนี้มาใช้กับความต้องการอื่นๆ

1.7.4 สามารถนำผนังประหยัดพลังงานมาใช้ให้สอดคล้องกับการออกแบบ เพื่ออนุรักษ์พลังงาน
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 แผนการดำเนินงานตลอดการทำโครงการวิจัย

ตารางที่ 1.1 ตารางแผนการดำเนินงาน

ลำดับ	หมายเหตุลำดับงาน	พ.ย.50	ธ.ย.50	ก.ย.50	ก.ค.50	ก.ย.50	ก.ค.50	พ.ย.50	ธ.ย.50	พ.ค.51
1	ศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	■								
2	กำหนดวิสัยทัศน์ที่เชื่อมโยงโครงการกับโครงการ		■							
3	ทดลองหาลูกข่ายวิเคราะหขวารวิสกูที่ทอกรลลเลจล			■	■	■				
4	ทดลองหาลูกข่ายวิเคราะหเลจล						■	■	■	
5	ทดลองหาลูกข่ายวิเคราะหเลจลและทดลองหาลูกข่ายเลจล				■	■	■			
6	วิเคราะห์ผลการทดลอง					■	■	■		
7	จัดทำรูปเล่มรายงาน							■	■	■

1.9 งบประมาณของโครงการวิจัย

ศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ และวิเคราะห์ปัญหา	500	บาท
ศึกษาวิธีการหรือวัสดุในลักษณะต่างๆของผนัง	2000	บาท
ค้นคว้าหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการ	500	บาท
ศึกษาและวิจัยเพื่อออกแบบผนังประหยัดพลังงาน	10000	บาท
ทดสอบผนังตามทีออกแบบไว้ วิเคราะห์ ผลการทำงาน	3000	บาท
สรุปผลการสร้างผนังประหยัดพลังงาน และแนวทางพัฒนา	1000	บาท
เบ็ดเตล็ด	1500	บาท
รวม	18500	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

วัสดุหนึ่งที่ต้องการพัฒนาเพื่อการประหยัดพลังงานนั้น มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับ การถ่ายเทความร้อน วัสดุกันความร้อน เป็นต้น รวมไปถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้นก็ยังเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการทดสอบการต้านทานความร้อน การทดสอบการนำความร้อนซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นประโยชน์ในการทำการวิจัยนี้มาก

สำหรับในประเทศไทย ได้มีการพัฒนา และทำโครงการเกี่ยวกับวัสดุหนึ่งเพื่อการประหยัดพลังงานอยู่พอสมควร และในปัจจุบันสภาวะ โลกร้อนก็เป็นปัจจัยในการพัฒนาวัสดุหนึ่งเพื่อการประหยัดพลังงานอย่างต่อเนื่อง

2.2 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) กล่าวถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของความร้อนจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้น แ่กลไกในการที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนแต่ละวิธีแตกต่างกัน

2.2.1 การนำความร้อน (Conduction)

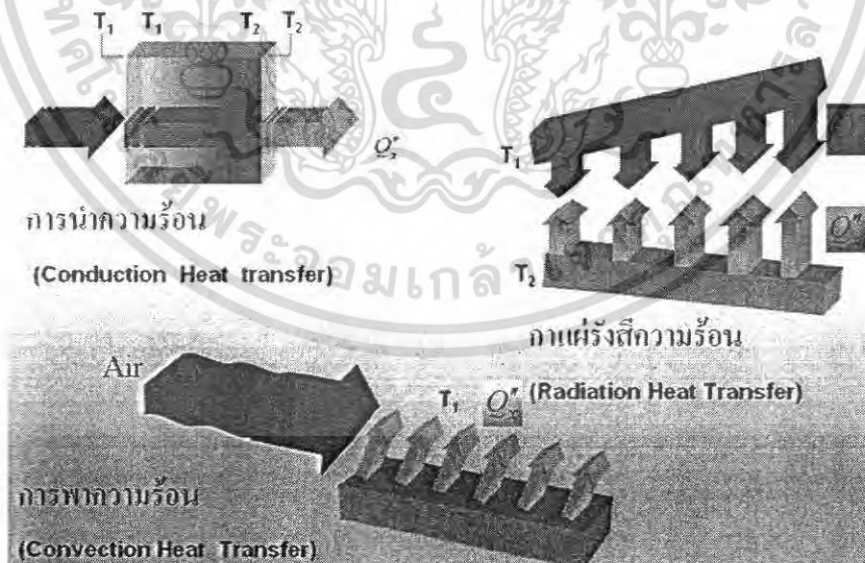
การนำความร้อน เป็นลักษณะการถ่ายเทความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ไปยังบริเวณที่อุณหภูมิต่ำภายในตัวกลางเดียวกัน หรือเป็นการเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างตัวกลางติดกัน แต่อุณหภูมิต่างกัน ในการนำความร้อน ความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่าน โมเลกุลของสาร โดยที่โมเลกุลไม่เคลื่อนที่ การนำความร้อนจะเกิดขึ้นได้ดีมากในตัวกลางที่เป็นของแข็ง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากจุดที่มีอุณหภูมิสูง ไป สู่จุดที่มีอุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ความร้อนยังเคลื่อนที่ไปได้โดยการสั่นสะเทือนของโมเลกุลภายในของแข็งในลักษณะของพลังงานของความสั่นสะเทือน (Vibration energy)

2.2.2 การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อน คือ การเคลื่อนที่ ของความร้อนระหว่างผิวของแข็งและของไหล โดยที่ของไหลจะเป็นกลไกหรือพาหะในการพาความร้อนเข้าหรือออกจากผิวของแข็ง ซึ่งกลไกหรือพาหะที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อน โดยการพานั้น เกิดจากการอนุรักษ์พลังงานความร้อนที่บริเวณผิวความร้อนระหว่างของแข็งและของไหล โดยพิจารณาจากการนำความร้อน การเก็บสะสมพลังงานความร้อนและการเคลื่อนที่ของของไหล ดังรูป แสดงการพัฒนาขอบเขตความร้อนระหว่างของแข็งและของไหล

2.2.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

การแผ่รังสีความร้อน เป็นการพิจารณาการเคลื่อนที่ของความร้อน โดยไม่ต้องอาศัยกลไกต่างๆ หรือ ตัวกลาง เช่น การนำความร้อน และการพาความร้อน จะเคลื่อนที่จากผิวตัวกลางที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ผิวตัวกลางที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า พลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนจะเคลื่อนที่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือในรูปของโปรตอน โดยที่ความร้อนสามารถเคลื่อนที่ได้ดีในสุญญากาศ สำหรับการแผ่รังสีความร้อน



รูปที่ 2.1 การถ่ายเทความร้อนรูปแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วัสดุกันความร้อน (Insulating materials)

การใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อช่วยลดการถ่ายเทความร้อนสามารถทำได้สองแบบ คือ แบบแรกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการหน่วงความร้อน และแบบที่สองคือวัสดุที่มีคุณสมบัติการสะท้อนความร้อน

1. แบบใช้การหน่วงความร้อน - ฉนวนประเภทนี้จะใช้ความหนาของวัสดุในการหน่วง ความร้อน คมท้อตลาดโดยทั่วไปก็เช่น ชนิดพ่นกระดาศ โยหิน โยแก้ว (สีเหลือง , สีเขียว) ซึ่งหลักการทำงานคือใช้ความหนาในการหน่วงความร้อนให้เข้ามาสู่ตัวอาคารให้ช้าที่สุด ฉนวนประเภทนี้ จะมีข้อเสียคือตัวมันเองจะเป็นตัวเก็บความร้อนและคายความร้อนออกมา ในช่วงบ่าย - เย็น และอายุการใช้งานจะสั้นคือ สามารถเป็นเชื้อรา (ฉนวนเน่า) ควันไฟเป็นพิษ , กันเวลาสัมผัส ค่างประเทศไม่นิยมใช้แล้ว

2. แบบใช้การสะท้อนความร้อน - ฉนวนประเภทนี้จะใช้วัสดุประเภทอลูมิเนียมบริสุทธิ์ เป็นตัวสะท้อนความร้อนซึ่ง โดยคุณสมบัติของอลูมิเนียมสามารถสะท้อนความร้อนได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และยังมีคุณสมบัติการคายความร้อนเพียง 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นวัสดุที่นำมาใช้เป็นฉนวนได้ดีเป็นอย่างมาก ยิ่ง ในต่างประเทศนิยมมากเนื่องจากด้วยคุณสมบัติการป้องกัน ความร้อนแล้วยังรวมถึง การติดตั้งที่ไม่ยาก อายุการใช้งานนานกว่า 10 ปี ไม่ลามไฟ ไม่อมน้ำ ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และไม่เก็บความร้อน

อาคารก่ออิฐ ในสมัยโบราณมีความหนาของมวลมาก เพราะก่ออิฐหลายชั้น อิฐและปูนเป็นวัสดุที่ช่วยหน่วงความร้อนในตอนกลางวันที่ร้อนจัด (Thermal Inertia) แต่เก็บความร้อนบางส่วนไปถ่ายเทออกในตอนกลางคืน ซึ่งเมื่อถ่ายความร้อนให้บรรยากาศไปแล้ว ก็จะกลายเป็นตัวสะสมความเย็น (Cool Storage) ช่วยดูดซึมความร้อนในเวลากลางวันของวันต่อไปแต่เนื่องจากประเทศไทยอุณหภูมิในช่วงเวลา กลางวันกับกลางคืน ไม่แตกต่างกันมาก การทำผนังหนาจะทำให้เกิดปัญหาความชื้นที่สะสมอยู่ในผนังนี้ โดยเฉพาะในส่วนที่ติดกับพื้นดิน ทั้งยังสิ้นเปลืองวัสดุ และเพิ่มน้ำหนักให้กับตัวอาคารด้วย

ทางเลือกที่ดีสำหรับอาคารในประเทศไทย คือการใช้ผนังบางสองชั้นและกรูฉนวนตรงกลาง หรือผนังที่มีช่องว่างอากาศตรงกลาง (Cavity Wall) และถ้าสามารถถ่ายเทอากาศระหว่างกลางผนัง ก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการลดความร้อนจากภายนอกอาคาร ได้ดียิ่งขึ้น

2.3.1 วัสดุที่ต้านทานความร้อนให้ผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง

วัสดุที่ต้านทานความร้อนให้ผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของผนังที่เป็นเปลือกอาคารได้สะดวก โดยหลักใหญ่เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติ 2 ประเภท คือ

1. ประเภทที่ทำหน้าที่เป็นฉนวน เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีความหนาแน่นน้อย ประกอบด้วย ฟองอากาศเล็ก ๆ จำนวนมาก ฟองอากาศดังกล่าว มีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อน โดยสกัดกั้นความร้อนให้อยู่ในบริเวณฟองอากาศเล็ก ๆ จำนวนมากนี้ ซึ่งทำให้เกิดการพาความร้อนด้วย วัสดุประเภทฉนวนจึงทำหน้าที่เสมือนตัวฉกความร้อนก่อนที่จะผ่านเข้าอาคาร ทำให้พลังงานความร้อนผ่านได้น้อยลง

2. ประเภทที่มีคุณสมบัติด้านการแผ่รังสีความร้อนหรือสะท้อนรังสีความร้อนกลับเป็นวัสดุ ประเภทที่มีผิวเป็น โลหะมันวาวที่ใช้กันส่วนใหญ่ได้แก่แผ่นอลูมิเนียมพอยล์ โดยคุณสมบัติแล้วไม่ถือว่าเป็นฉนวน ฉนวนที่ผลิตออกจำหน่ายมีทั้งชนิดที่ไม่บุออลูมิเนียมพอยล์ และบุออลูมิเนียมพอยล์ ฉนวนแต่ละชนิดจะมีความต้านทานความร้อนที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งฉนวนที่ดีจะต้องต้านทานความร้อนที่ผ่านจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งให้ลดลงเหลือน้อยที่สุด ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (ค่า k) ยิ่งน้อย แสดงได้ว่าเป็นฉนวนที่สามารถต้านทานความร้อน ได้ดีกว่า โฟมฉนวนมีค่าการนำ ความร้อนน้อยกว่าโฟมแผ่น ฉนวนใยแก้ว ไม้อัด แผ่นอิปซัม และกระเบื้องแผ่นเรียบ แสดงว่าโฟมฉนวนมีความต้านทานความร้อน ได้ดีกว่า แครกคาสูงกว่าด้วย

2.3.2 ลักษณะของฉนวนกันความร้อน

เราสามารถแยกลักษณะของฉนวนกันความร้อนได้เป็น 4 ชนิด คือ

1. ชนิดเป็นแผ่นแข็งกึ่ง (Rigid or Semi-rigid Blocks or Boards)

ชนิดเป็นแผ่นแข็งกึ่ง (Rigid or Semi-rigid Blocks or Boards) มีหลายชนิดแตกต่างกัน หนา $\frac{1}{2}$ นิ้ว – 6 นิ้ว แต่โดยทั่วไปหนา $\frac{1}{2}$ นิ้ว – 1 1/2 นิ้ว มีวัสดุดังต่อไปนี้

1.) แผ่นโฟมผลิตจากโพลีสไตรีน (Polystyrene), และ โพลียูรีเทน (Polyurethane), ทนอุณหภูมิได้ 85°C เป็นแผ่นสีขาว น้ำหนักเบา มีค่าความต้านทานความร้อนได้ดี (ค่า k น้อย = 0.03) มีข้อเสียที่ติดไฟได้ง่าย และเมื่อถูกไฟไหม้แล้วควันจะมีพิษการใช้หรือติดตั้งจึงต้องซ่อนอยู่ภายในปิดกั้นด้วยวัสดุอื่น เช่น วางบนฝ้าได้หลังคา อัดระหว่างผนังหรือบรรจุมุมระหว่างกลางของแผ่นอิฐซีเมนต์ หรือ ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป โฟมแผ่นเสื่อมสภาพการเป็นฉนวน ได้ง่ายถ้าโดนน้ำหรือไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) แผ่นใยพืช เป็นพวกใยไม้ไผ่ ขานอ้อย ไม้หั่น และใยพืชชนิดอื่น ๆ อัดแน่นเป็นแผ่น แข็งตอกติดกับเกราะ ดง เช่นแผ่นเซลโลเทกส์ เซฟวิ่งบอร์ด หนาตั้งแต่ 3/8 นิ้ว – 2 นิ้ว บางชนิดเป็นแผ่น ฐานสำหรับปูพลาสติกหรือปิดด้วยกระดาษกันน้ำเพื่อกันไอน้ำ บางแผ่นอาจจะเคลือบมัน หรือทาน้ำยาเพื่อป้องกันความชื้น

3.) แผ่นไม้คอร์ก ทำด้วยไม้คอร์กอัดแน่นและอบหนา 1 นิ้ว – 6 นิ้ว ชนิดนี้เป็นตัว ป้องกันความร้อนที่ดีมาก ทนต่อความชื้น

2. ชนิดเป็นแผ่นแก้ว

1.) แผ่นแก้วเอาอัดเป็นก้อน (Foam Glass) ทำเป็นแผ่นหนาประมาณ 2 นิ้ว ขึ้นไป ชนิดนี้ ทนทานและกันความชื้นได้

2.) แผ่นใยแก้ว (Fiber Glass) ทำด้วยเส้นใยแก้วยาว ๆ อัดกันแน่นเป็นแผ่น โดยวิธี เทอร์โมเซตติง (Thermosetting) มีความหนาประมาณ 1 นิ้ว – 4 นิ้ว

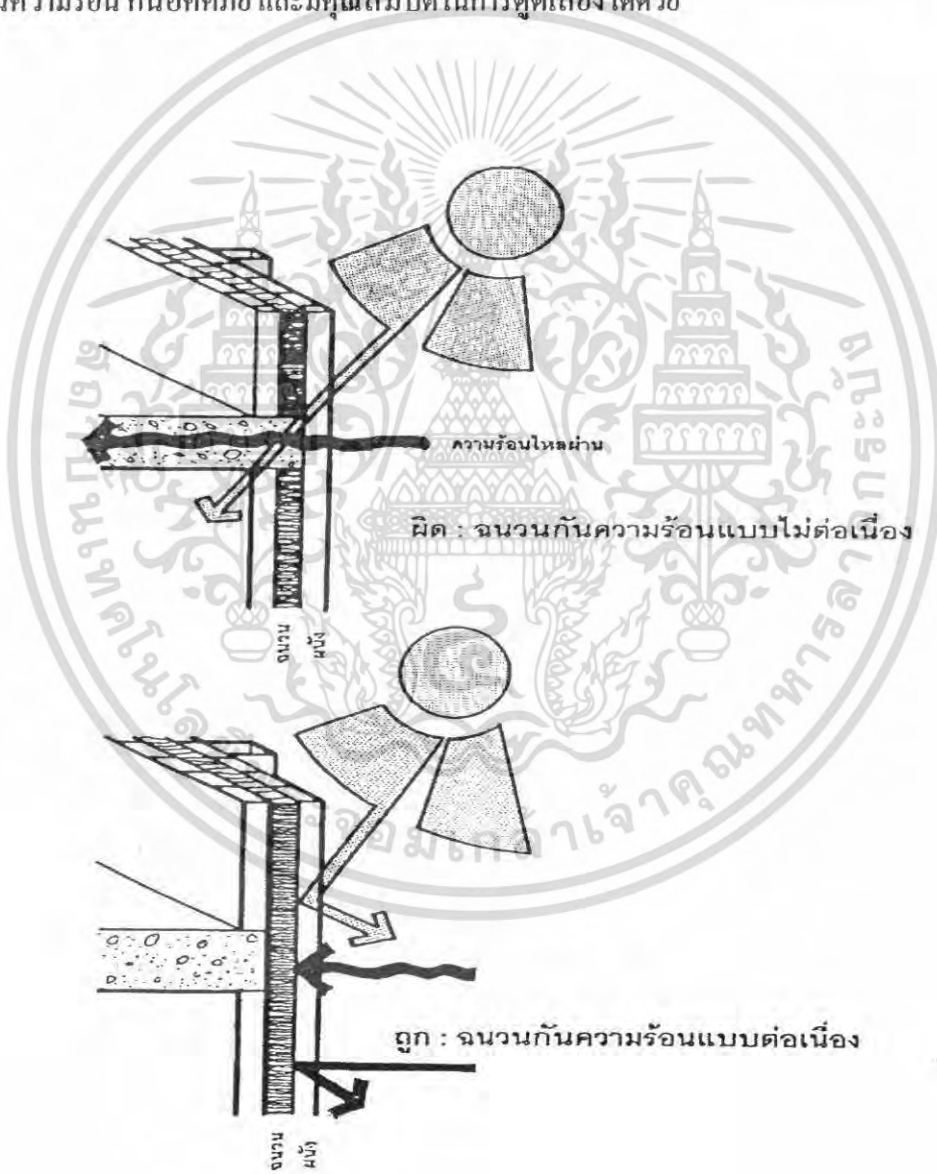
การวางวัสดุที่เป็นฉนวน ต้องวางในแนวที่ใยแก้ว (Fibers) เป็นแนวขวางกับแนวที่ความร้อน ผ่าน ถ้าแนวขนานกับแนวเคลื่อนของความร้อน ความร้อนไม่ไหลผ่านใยแก้ว โดยตรงแต่ไหลขนานไป กับแนวของใยแก้ว

3. ชนิดเป็นแผ่นยืดหยุ่น (Flexible or Blanket Types Insulation)

ชนิดเป็นแผ่นยืดหยุ่น (Flexible or Blanket Types Insulation) ฉนวนชนิดนี้ประกอบด้วย ใยแก้ว (Fiber Glass) และใยหิน (Rock Wool, Mineral Wool) มีค่า $k = 0.035$ มีคุณสมบัติที่ดีคือไม่ไหม้ไฟ การกันความร้อนและความชื้นจะดีขึ้นถ้าปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์หรือแผ่นวัสดุกันความชื้นที่ยืดหยุ่นได้ การติดตั้งบรรจุในช่องว่างระหว่าง เกราะ ดง หรือฉันทัน ปิดไว้ด้วยขื่อเกี่ยว วัสดุชนิดนี้สามารถทน อุณหภูมิได้ถึง 350°C

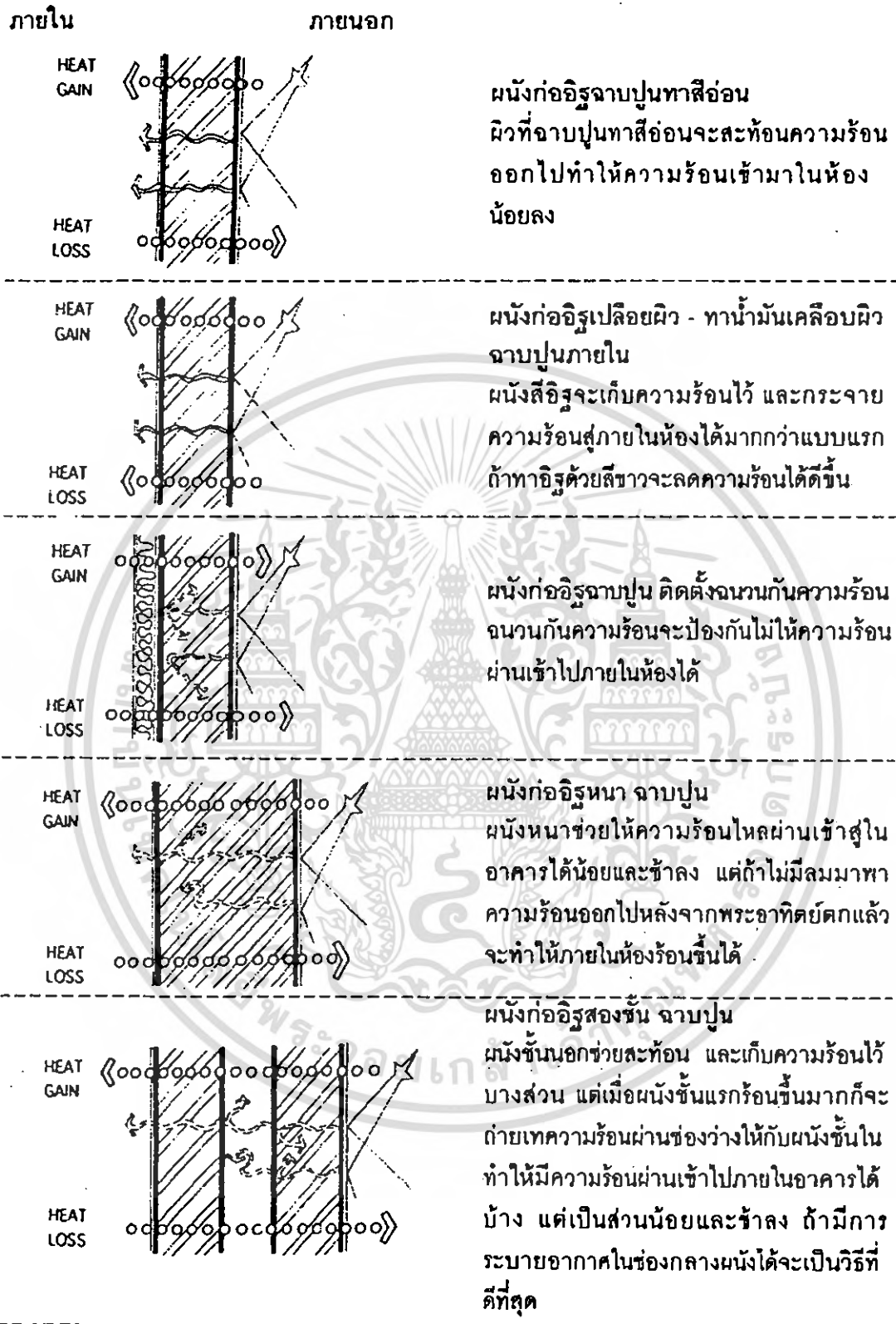
4. ชนิดใช้ฉีดย่นหรือฉาบเสริม (Loose Fills)

ชนิดใช้ฉีดย่นหรือฉาบเสริม (Loose Fills) วัสดุกันความร้อนชนิดนี้มีลักษณะเป็นเม็ดเล็กหรือแผ่นชิ้นเล็กๆ ประกอบด้วยธาตุอลูมิเนียม เหล็ก แมกนีเซียมและซิลิเกต ฯลฯ ซึ่งเป็นส่วนผสมของแร่กลีบหิน (Mica) ชนิดหนึ่งมีชื่อเรียกว่าเวอร์มิคิวไลท์ (Vermiculite) กับเพอร์ไลท์ (Perlite) นำวัสดุนี้มาผสมกับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ใช้เทในช่องว่างของผนังหรือเหนือฝ้าเพดาน หรือฉาบบนแผ่นคอนกรีตทำคอนกรีตบล็อกชนิดเม็ดเล็กมาก ใช้ผสมพลาสติกอร์ ฟันบนแผ่นคอนกรีตให้หนาประมาณ 7/16 นิ้ว เป็นฉนวนกันความร้อน กันอับก็ภัย และมีคุณสมบัติในการดูแลเสียงได้ด้วย



รูปที่ 2.2 แสดงการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบการป้องกันความร้อนแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ข้อมูลกายภาพและคุณภาพของวัสดุ

2.4.1 อิฐมอญ (Brick)

ลักษณะทั่วไป

อิฐมอญ เป็นวัสดุที่ผลิตมาจากการนำดินเหนียวมาเผาเพื่อให้ได้วัสดุที่คงรูป ความแข็งแรง และเป็นวัสดุที่ผลิตได้เองในประเทศจากแรงงานท้องถิ่นที่มีกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ ที่ใช้มากเช่น อยุธา, อ่างทอง คุณสมบัติของอิฐมอญ เป็นวัสดุที่ขอมให้ความร้อนถ่ายเท เข้าออก ใ้ได้ง่าย และยังคงเก็บความร้อนไว้ในตัวเองเป็นเวลานานกว่าจะเย็นตัวลงเนื่องจากอิฐมอญมีความจุความร้อนสูงทำให้สามารถกักเก็บความร้อน ไว้ในเนื้อวัสดุได้มาก จึงเหมาะกับการใช้กับบริเวณที่ใช้งาน เฉพาะช่วงกลางวัน คุณสมบัติเฉพาะของอิฐมอญดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของอิฐมอญ

รูปแบบกายภาพ	หน่วย		
		การต้านทานแรงอัด (kg/cm ²)	35 kg/cm ²
		ความแข็งแรงทางกล (kg/cm ²)	-
ราคาค่อหน่วย (บาท)	0.60	การกันเสียง (dB)	36-40
ราคารวมค่อ ตร.ม. (บาท)	100-190	การทนไฟ (ชั่วโมง)	0.5 – 2
ค่าวัสดุ + ค่าแรง / ตร.ม. (บาท)	425-440	การปลอดกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
ขนาด (Volume) (cm ³)	7x16x3.5	ความต้านทานแมลงเชื้อรา และความปลอดกับคอธรรมชาติ-	
ความหนาแน่น (kg/m ³)	1615-1650	อัตราการซึม (%)	30-40%
จำนวนก้อนค่อ ตร.ม. (ก้อน,แผ่น)	145	การบดคั่วของวัสดุ (มม./ม.)	+ 0.18
น้ำหนักค่อ ตร.ม. (kg/m ²)	130	จำนวนผู้ผลิต	มาก
น้ำหนักรวมปูนฉาบค่อตร.ม.(kg/m ²)	200	ปริมาณการผลิตเทียบกับความต้องการ	เพียงพอ
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม "Q" (Thermal Transfer) (Wat/m ²)	30-45	ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย
ค่าการนำความร้อน "K" (Conductivity – K. Value) (W/m.K)	0.473	การบำรุงรักษา	ง่าย
ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity – R value) (m ² K/W)	0.15	อายุการใช้งาน	มากกว่า 50ปี
ค่าความจุความร้อน "C" (Thermal Capacity) (J/kg.	800-100	ข้อดี	
ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว (Thermal Expansion /C)	4.6 x 10 ⁻⁶	- เป็นที่ขอมรับทั่วไป - ช่างชำนาญ - หาซื้อง่าย	
การหดตัวเมื่อแห้ง	1.8	- แข็งแรง,ทน - ราคาถูก - ไม่เป็นพิษ	
		- มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อน	
		ข้อเสีย	
		- คุณภาพและขนาดไม่แน่นอน	
		- ใช้เวลานานในการก่อสร้าง - เสียหายขณะขนส่ง	
		- น้ำหนักมาก - ขาดแคลนช่วงฤดูฝน	

ที่มา :โครงการศึกษาวิจัยวัสดุผนังเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับใช้ในการก่อสร้างอาคารพักอาศัย พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry Unit)

ลักษณะทั่วไป

คอนกรีตบล็อกจะถูกนำมาผลิตในลักษณะอุตสาหกรรมมากกว่าอิฐมอญ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีลักษณะกลวง (Hollow Concrete Block) และเป็นที่ยอมรับมากเนื่องจากมีราคาถูก และสามารถหาซื้อได้ง่าย ไม่มีปัญหาในขั้นตอนการก่อสร้าง เนื่องจากช่างมีความเคยชินในการทำงานอยู่แล้ว อีกทั้งยังสามารถทำงานได้เร็วเพราะมีขนาดก้อนใหญ่กว่าอิฐมอญ และจากลักษณะที่มีรูกลวงตรงกลางทำให้ช่องอากาศภายในนั้นเป็นฉนวนในการกันความร้อนที่ดี แต่ข้อเสียคือจะเปราะและแตกง่าย การดอกตะปูยึดทุกต้องทำที่ปูนก่อเสาเอ็นหรือคานเอ็น ซึ่งถ้าเป็นผนังฉาบปูนจะหาตำแหน่งยาก ส่วนผนังเซาะร่องหาจุดเจาะทุกไม่ยากเท่าไร หากเกิดน้ำรั่วเข้าผนัง น้ำจะซึมได้คิดว่าอิฐมอญและบล็อกที่ขายกันทั่วไป คุณภาพต่ำ บางกว่าที่กำหนด มีอูบแตก หล่นก็แตก คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก

รูปแบบกายภาพ	หน่วย	การหดตัวเมื่อแห้ง	0.8
ราคาต่อหน่วย (บาท)	4.50	การปลอกคลิ่น	ไม่มีคลิ่น
ราคารวมต่อ ตร.ม. (บาท)	200	อัตราการซึม (%)	30%
ค่าวัสดุ + ค่าแรง / ตร.ม. (บาท)	390	การยืดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	-0.8
ขนาด (Volume) (cm ³)	7x19x39	จำนวนผู้ผลิต	มาก
ความหนาแน่น (kg/m ³)	765	ปริมาณการผลิตเทียบกับความต้องการ	เพียงพอ
จำนวนก้อนต่อ ตร.ม. (ก้อน/แผ่น)	14	ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย
น้ำหนักต่อ ตร.ม. (kg/m ²)	90	การบำรุงรักษา	ง่าย
น้ำหนักรวมปูนฉาบต่อตร.ม.(kg/m ²)	130	อายุการใช้งาน	มากกว่า50ปี
ค่าการนำความร้อน "K" (Conductivity – K Value) (W/m.K)	0.519	ข้อดี	
ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity – R value) (m ² K/W)	0.149	- แข็งแรง	- ราคาถูก
ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว (Thermal Expansion /°C)	4.5 x 10 ⁻⁶	- มีช่องอากาศที่ช่วยกันความร้อนได้	
		ข้อเสีย	
		- อายุใช้งานยังไม่มีการขึ้นชั้น	
		- ต้องใช้ปูนฉาบเฉพาะ	

ที่มา : โครงการศึกษาวิจัยวัสดุผนังเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับการใช้ในการก่อสร้างอาคาร หักอาศั พ.ศ. 2549

2.4.3 คอนกรีตมวลเบา

ลักษณะทั่วไป

คอนกรีตมวลเบาเป็นวัสดุที่มีกรรมวิธีและการนำมาใช้ และเป็นที่ยอมรับมากขึ้น ในปัจจุบัน เนื่องจากมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนได้มากกว่าวัสดุชนิดอื่นที่มีในท้องตลาด โดยตัววัสดุเองมีส่วนผสมมาจาก ทราย ซีเมนต์ ปูนขาว น้ำ ยิปซัม และผงอลูมิเนียมผสมรวมกัน แต่ส่วนที่สำคัญที่สุดก็คือฟองอากาศเล็ก ๆ เป็นรูพรุนไม่ต่อเนื่อง (Disconnecting Voids) ที่อยู่ในเนื้อวัสดุประมาณ 75% ทำให้น้ำหนักเบา ซึ่งผลของความเบาจะช่วยให้ประหยัด โครงสร้าง อีกทั้งฟองอากาศเหล่านั้นยังเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี คุณสมบัติเฉพาะของคอนกรีตมวลเบา

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา

รูปแบบกายภาพ	หน่วย	การต้านทานแรงอัด (kg./cm ²)	40-50
ราคาต่อหน่วย (บาท)	25.21-37.80	ความแข็งแรงทางกล (kg./cm ²)	23
ราคารวมต่อ ตร.ม. (บาท)	315-412	การกันเสียง (dB)	38-43
ค่าวัสดุ + ค่าแรง / ตร.ม. (บาท)	450-646	การทนไฟ (ชั่วโมง)	4
ขนาด (Volume) (cm ³)	7.5x20x60	อัตราการซึม (%)	30%
ความหนาแน่น (kg./m ³)	550-640	การบิดคดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	-0.2
จำนวนก้อนต่อ ตร.ม. (ก้อน/แผ่น)	8	จำนวนผู้ผลิต	มาก
น้ำหนักต่อ ตร.ม. (kg./m ²)	46.5	ปริมาณการผลิตเทียบกับความต้องการ	กำลังผลิตไม่เพียงพอ
น้ำหนักรวมปูนฉาบต่อตร.ม.(kg./m ²)	90-100	ขั้นตอนการก่อสร้าง	ต้องการช่างเฉพาะ
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม "Q"	32-42	การบำรุงรักษา	ง่าย
(Thermal Transfer) (Watt/m ²)	15	อายุการใช้งาน	ยังไม่คงที่
ค่าการนำความร้อน "K"	0.089-0.132	ข้อดี	
(Conductivity – K Value) (W/m.K)		- คุณภาพคงที่	- น้ำหนัก รวมน้อย
ค่าการต้านทานความร้อน "R"	0.58	- ป้องกันความร้อนดี	
(Resistivity – R value) (m ² /W)		ข้อเสีย	
ค่าความจุความร้อน "C"	น้อยกว่า	- ไม่ค่อยแข็งแรง	- ไม่ทนน้ำ
(Thermal Capacity) (J/kg.	อิฐมอญ2.5เท่า	- ราคาสูง	- ขั้นตอนก่อสร้างยุ่งยาก
(Thermal Expansion /°C)		- ผู้ผลิตน้อยราย เกิดการผูกขาดทางการตลาด	
ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว	8-10 x 10 ⁻⁶		
(Thermal Expansion /°C)	0.13		
การหดตัวเมื่อแห้ง	0.2		

ที่มา : โครงการศึกษาวิจัยวัสดุผสมเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับใช้ในการก่อสร้างอาคารพักอาศัย พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตเบา คือ คอนกรีตที่มีความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนักน้อยกว่าคอนกรีตทั่วไป โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามวัสดุที่ใช้คือ

1.คอนกรีตที่ใช้มวลเบา (Light-Weight Aggregate Concrete)

มีหน่วยน้ำหนักระหว่าง 60-1,000 กก./ลบ.ม. เทียบกับ 1,100-1,750 กก./ลบ.ม. ของมวลรวมปกติหน่วยน้ำหนักของมวลรวมเบาแต่ละชนิด1 สามารถจำแนกมวลรวมเบาออกได้เป็น 4 ชนิดคือ

1.) มวลรวมเบาที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ หินที่เป็นลาวาที่พองตัวโดยธรรมชาติ มวลรวมชนิดนี้ใช้ผสมคอนกรีตที่ไม่ต้องการกำลังสูง และมวลรวมจะดูดซึมน้ำมาก

2.) มวลรวมเบาที่ได้จากขบวนการผลิต 3 กระบวนการคือ Expanded Clay Aggregate ได้จากการนำดินเหนียวผสมกับสารก่อฟองอากาศและนำไปเผาในหม้อเผาที่อุณหภูมิอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียสเกิดเป็นฟองอากาศอยู่ในเนื้อหิน ทำให้ภายในเป็นโพรงอากาศ ขบวนการที่สองคือ Expanded Shale Aggregate ได้จากการนำดินดานผสมกับถ่านที่บดละเอียดนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส มีความแข็งแรงค่อนข้างดี จึงนิยมนำมาทำคอนกรีตเบา และขบวนการที่สามคือ Sintered Fly Ash ได้จากการนำ Fly Ash นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1400 องศาเซลเซียส ทำให้อนุภาคเกาะติดกัน ผิวของมวลรวมค่อนข้างเรียบ

3.) มวลรวมเบาที่ได้จากสารอินทรีย์ ได้แก่ การใช้ไม้หรือพลาสติกผสมในคอนกรีต

4.) มวลที่ได้จากของเหลือของกระบวนการผลิต ได้แก่ เถ้าที่หนักที่ได้โรงไฟฟ้าถ่านหินหรือจากการพ่นน้ำไปบน Slag ที่หลอมเหลวแต่ถ้าจำแนกคอนกรีตเบาตามการนำไปใช้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การจำแนกคอนกรีตเบาตามการนำไปใช้ ACI 211.2-18

ประเภท	กำลังอัดรูปทรงลูกบาศก์ (กก. / ตร.ซม.)	หน่วยน้ำหนัก (กก. / ลบ.ม.)
คอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้าง (Structural Lightweight Concrete)	180-480	1,400-1,800
คอนกรีตสำหรับงานก่อ (Masonry Concrete)	100-180	500-800
คอนกรีตสำหรับงานฉนวนความร้อน (Insulating Concrete)	10-100	น้อยกว่า 800

ที่มา : ประเสริฐ คำรังษี .2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2. โฟมคอนกรีต (Aerated or Foam Concrete)

คอนกรีตประเภทนี้ เป็นคอนกรีตที่ได้จากการทำให้เกิดฟองอากาศ หรือที่เรียกว่า “โฟม” ขนาด 0.1 ถึง 1.0 มิลลิเมตร ในเนื้อคอนกรีต วิธีการผสมคอนกรีตพูนมี 2 วิธี คือ

1) วิธีทางเคมี โดยใช้ผลของการทำปฏิกิริยาเคมี ทำให้เกิดฟองก๊าซในเนื้อคอนกรีต ในขณะที่ยังมีสภาพ Plastic

2) การทำให้เกิดฟองอากาศ (Foaming Agent) แล้วผสมลงในส่วนผสมคอนกรีต เนื่องจากคอนกรีตพูน มีโพรงที่เกิดจากการแทรกตัวของฟองอากาศอยู่ภายในเนื้อคอนกรีต ซึ่งทำให้ความหนาแน่นของคอนกรีตลดลง มีน้ำหนักเบา หน่วยน้ำหนักประมาณ 200 ถึง 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยทั่วไปคอนกรีตประเภทนี้ นิยมนำไปใช้เป็นฉนวนกันความร้อน นอกจากนี้คอนกรีตพูนยังมีคุณสมบัติหลายอย่างคล้ายไม้ เช่น สามารถเลื่อยได้ ตอกตะปูได้ สามารถเชื่อมต่อกัน ได้ด้วยกาว

3. คอนกรีตไม่มีส่วนละเอียด (No-Fines Concrete)

คอนกรีตประเภทนี้ เป็นคอนกรีตที่ไม่มีมวลรวมละเอียด (ทราย) อยู่ในส่วนผสม ส่วนผสมหลักจะประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ น้ำ และมวลรวมหยาบ การบีบเกาะติดกันระหว่างมวลรวมหยาบ เกิดจากผิวที่ถูกเคลือบด้วยซีเมนต์เฟสค์หนาประมาณ 1 ถึง 3 มิลลิเมตร เมื่อคอนกรีตแข็งตัว จะเกิดช่องว่างระหว่างมวลรวมหยาบนั้น และทำให้น้ำหนักของคอนกรีตลดลงหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตประเภทนี้ประมาณ 1600 ถึง 2000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของมวลรวมที่ใช้ได้แก่ กรวดไม่ หินไม่ เป็นต้น ขนาดของมวลรวมควรมีขนาดเท่าๆกัน ขนาดที่ใช้อยู่ในช่วง 9.5 ถึง 20.0 มิลลิเมตร มีกำลังต้านทานแรงอัด 60 ถึง 140 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทั้งนี้กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตประเภทนี้ ขึ้นอยู่กับมวลรวมที่ใช้ และปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้ โดยทั่วไปส่วนผสมที่ใช้จะประมาณ 1: 8 โดยปริมาตร และอัตราส่วนผสมของน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) ประมาณ 0.4

4. คุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตเบาชนิดนี้

1.) ความแข็งแรง ค่ากำลังต้านทานแรงอัดสูงสุดของคอนกรีตเบาจะมีค่าประมาณ 10 ถึง 140 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร ยกเว้นคอนกรีตมวลร่วนน้ำหนักเบาสำหรับโครงสร้าง ซึ่งมีค่ากำลังต้านทานแรงอัด 100 ถึง 400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับค่ากำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตเบาทั่วไปอาจทำให้สูงขึ้น โดยการใช้ทรายธรรมชาติแทนมวลร่วนน้ำหนักเบา แต่จะทำให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามคอนกรีตที่มีความหนาแน่นต่ำ จะมีค่าความแข็งแรงน้อยกว่าคอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูงกว่า

2.) ความคงทน คอนกรีตเบาโดยทั่วไป ไม่สามารถทนการกัดกร่อนจากสารเคมี ความเค้นทางกายภาพ และการกระทบกระแทกเนื่องจากแรงภายนอก เนื่องจากคอนกรีตเบามีโพรงอากาศอยู่ภายใน ดังนั้น คอนกรีตเบาจึงไม่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพที่มีสารจำพวกซัลเฟตเจือปนอยู่หรือในสภาพดินชื้น ดังนั้นในการนำไปใช้งานควรมีการฉาบผิวเพื่อป้องกันการสึกกร่อน

3.) คอนกรีตเบาหดรัดตัวมากกว่าคอนกรีตธรรมดาประมาณ 5-40% แต่คอนกรีตเบาที่ใช้วัสดุผสมซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จาก ดินเผา ดินดานหรือตะกรัน จะหดรัดตัวน้อยลง

4.) การนำความร้อน คอนกรีตเบาเป็นฉนวนนำความร้อนที่เลว เนื่องจากในเนื้อคอนกรีตมีโพรงอากาศมาก ทำให้คอนกรีตเบาดูดซับความร้อนได้ไม่ดี

5.) หน่วยน้ำหนักหรือความหนาแน่นประมาณ 300 – 1800 กก./ลบ.ม. กำลังอัดรูปทรงลูกบาศก์ประมาณ 4 – 480 กก./ตร.ซม.

6.) คอนกรีตเบาดูดซึมน้ำได้มากกว่าคอนกรีตธรรมดา เนื่องจากมีรูพรุนมากกว่า

7.) ในปริมาณความสามารถเท่าได้เท่ากัน คอนกรีตมวลรวมเบาจะมีค่าขุบตัวน้อยกว่าคอนกรีตทั่วไป

8.) ความสามารถทนไฟได้ดี กำลังรับแรงดึงมากกว่าคอนกรีตปกติ

9.) สัมประสิทธิ์การขยายตัวของคอนกรีตเบาประมาณ 7×10^{-6} ถึง 14×10^{-6} ต่อ $^{\circ}\text{C}$ น้อยกว่าคอนกรีตธรรมดา

5. ข้อควรระวังของคอนกรีตเบาในการใช้งานประกอบด้วย

1) การแยกตัว ถ้าส่วนผสมมีค่าขุบตัวมากหรือมีการจี้เข่ามากเกินไป คอนกรีตจะเกิดการแยกตัว มวลรวมจะลอยตัวสู่ผิวหน้าคอนกรีต การแต่งผิวทำได้ยาก

2) การดูดซึมน้ำของมวลรวมจะมาก ดังนั้นในการออกแบบสัดส่วนส่วนผสมต้องนำปัจจัยนี้มาพิจารณา รวมทั้งกำหนดวิธีการผสม

3) การผสมต้องผสมให้ถูกวิธีใช้เวลาผสมที่นานเกินไป อาจทำให้มวลรวมเบาแตก

4) ความทนทานในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

2.5 องค์ประกอบสำคัญของการใช้พลังงานในอาคาร (Energy factors)

2.5.1 ปริมาณพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร

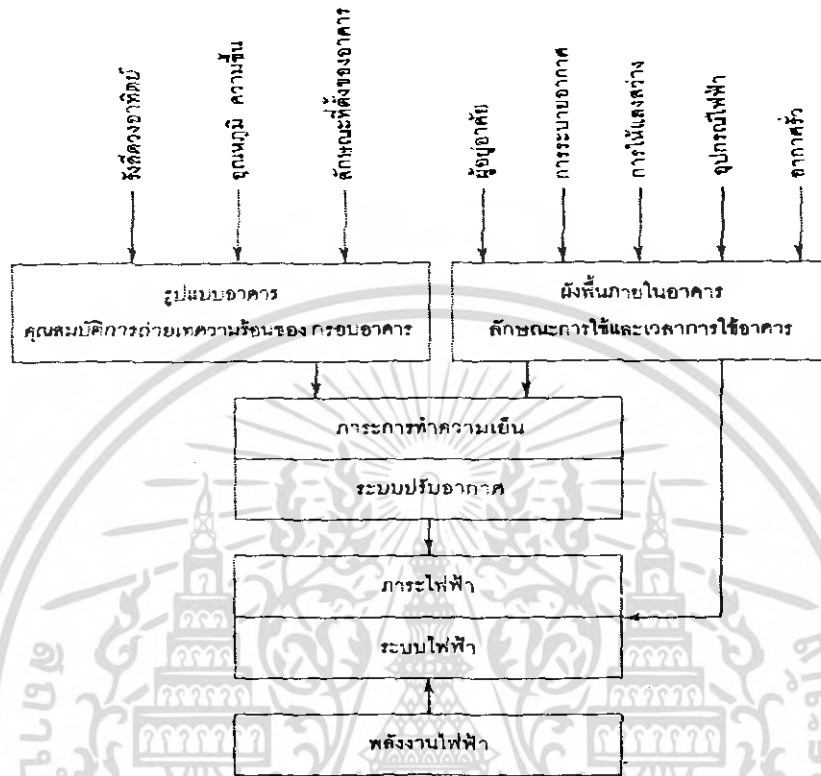
ปริมาณพลังงานที่ใช้ภายในอาคาร ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

- 1.) สภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติ ประกอบด้วยลักษณะที่ตั้งและสภาพภูมิอากาศบริเวณที่ตั้งอาคาร (Site and Climate)
- 2.) อาคาร (Building) ประกอบด้วยกรอบอาคาร (Building Envelope) รูปแบบและกลุ่มพื้นที่ที่ใช้สอยภายในอาคาร (Building Configuration & Building Zone)
- 3.) ระบบอาคาร (Building System)
- 4.) ผู้ใช้อาคารและลักษณะการใช้ (User and Operation)

จากข้อมูลทั้งหมดนี้เราสามารถเขียนออกมาเป็นแผนภูมิการใช้พลังงานภายนอกอาคารได้ใน รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบสำคัญของการใช้พลังงาน

องค์ประกอบภายนอก

องค์ประกอบภายใน



รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบสำคัญของการใช้พลังงาน

จากรูปที่ 2.1 การอนุรักษ์พลังงานในอาคารจึงสามารถพิจารณาจาก

- 1.) การออกแบบบริเวณที่ตั้งอาคาร ออกแบบอาคาร และ กรอบอาคาร
- 2.) ประสิทธิภาพของระบบและการควบคุม
- 3.) การบริหารหรือการจัดการด้านพลังงาน
- 4.) กิจกรรมเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน

การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ควรเริ่มต้นตั้งแต่การออกแบบอาคาร และการปรับปรุงอาคารที่ใช้งานอยู่

2.5.2 ภูมิอากาศ (Climate)

ที่ตั้งของประเทศไทย อยู่ในเขตร้อนชื้นทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย ระหว่างละติจูด $5^{\circ}37'$ เหนือ กับ $20^{\circ}27'$ เหนือ และระหว่างลองจิจูด $97^{\circ}22'$ ตะวันออก กับ $105^{\circ}37'$ ตะวันออก มีอาณาเขตติดต่อกับประเทศพม่าและลาวทางทิศเหนือ ติดต่อกับประเทศลาวกับกัมพูชาและอ่าวไทยทางทิศตะวันออก ติดต่อกับประเทศมาเลเซียทางทิศใต้ ส่วนทางทิศตะวันตกติดต่อกับประเทศพม่าและทะเลอันดามัน

ลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทยสามารถแบ่งตามฤดูกาลได้ 3 ฤดู ดังนี้

1.) ฤดูร้อน (กลางเดือนกุมภาพันธ์-กลางเดือนพฤษภาคม)

เป็นช่วงเวลาที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่าน และเป็นระยะเวลาที่ขั้วโลกเหนือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะเดือนเมษายนดวงอาทิตย์จะอยู่เกือบตรงศีรษะในเวลาเที่ยงวัน ทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เต็มที่ สภาพอากาศจึงร้อนอบอ้าว

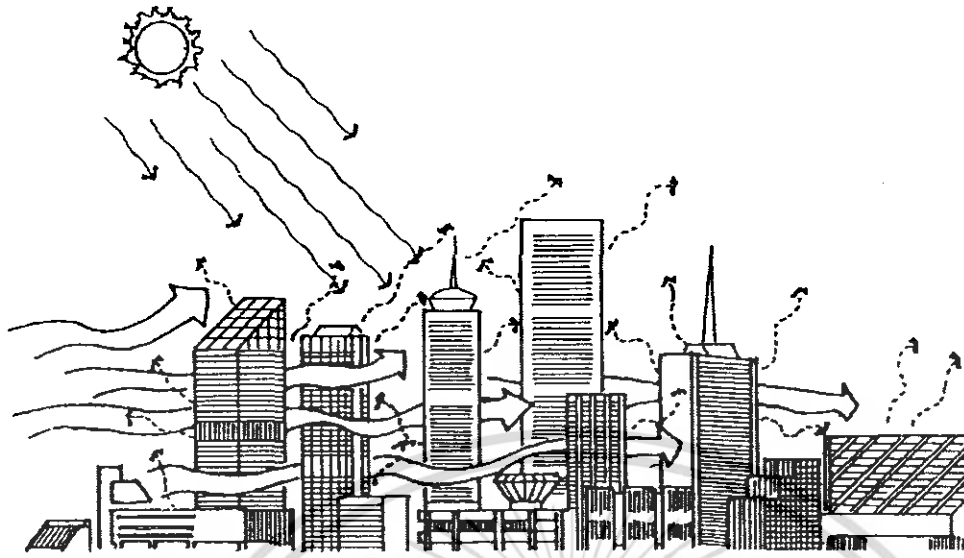
2.) ฤดูฝน (กลางเดือนพฤษภาคม-กลางเดือนตุลาคม)

เป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้ฝนชุกทั่วไป ประมาณกลางเดือนตุลาคมประเทศไทยคอนบน จะเริ่มมีอากาศเย็นและฝนลดลง โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เว้นแต่ภาคใต้ยังคงมีฝนตกชุกต่อไปจนถึงเดือนธันวาคม

3.) ฤดูหนาว (กลางเดือนตุลาคม-กลางเดือนกุมภาพันธ์)

เป็นช่วงเวลาที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมในช่วงกลางเดือนตุลาคมนานราว 1-2 สัปดาห์ เป็นช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาวอากาศแปรปรวนไม่แน่นอน อาจเริ่มมีอากาศเย็นหรืออาจยังมีฝนฟ้าคะนอง

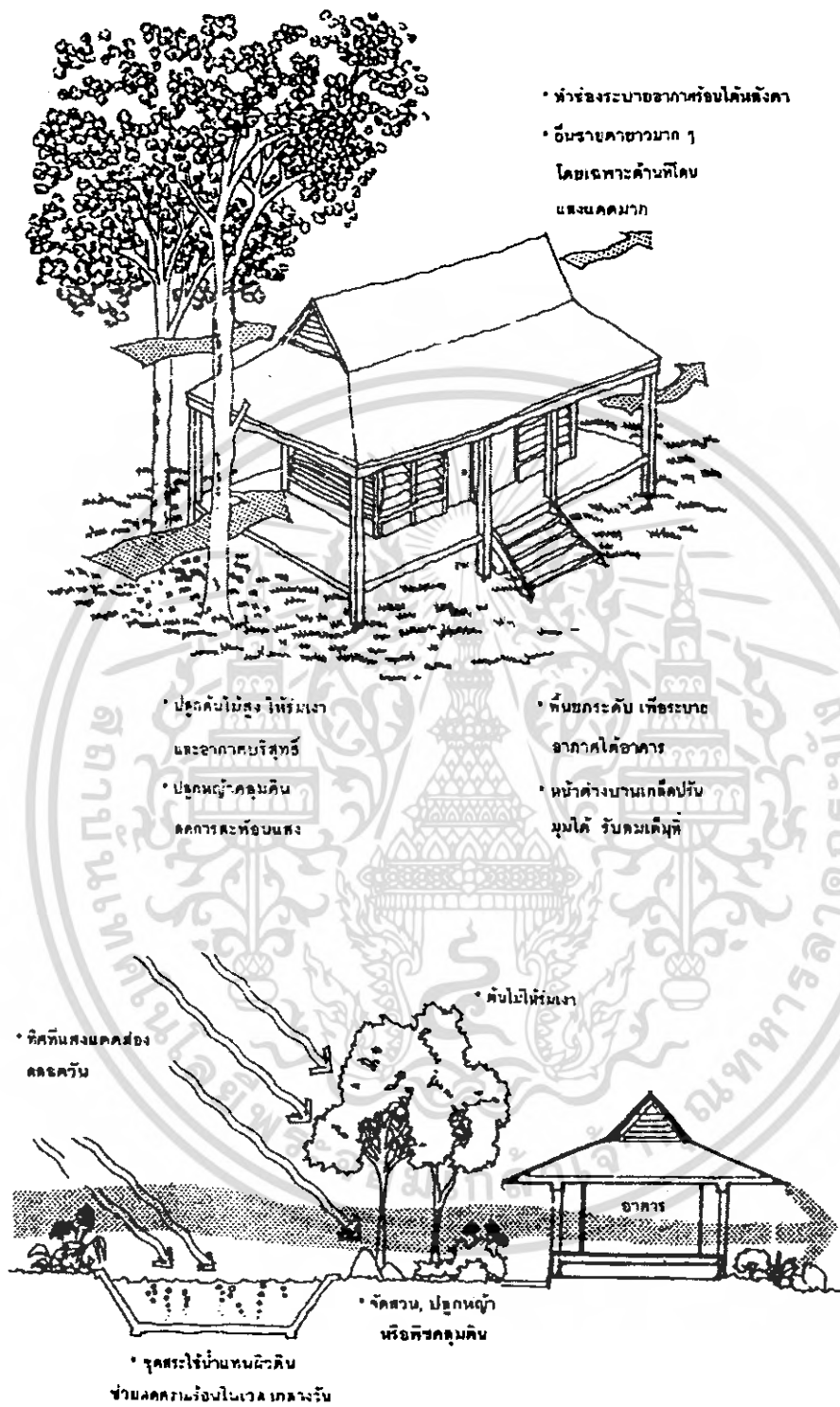
ภูมิอากาศเฉพาะถิ่นเป็นสภาพภูมิอากาศที่เจาะจงลงไปในพื้นที่แต่ละแห่ง สภาพอากาศที่มีความสัมพันธ์กับภูมิประเทศและที่ตั้ง เช่น ภูมิอากาศเฉพาะถิ่นในเมือง



รูปที่ 2.4 ภูมิอากาศเฉพาะถิ่นในเมือง

2.5.3 ที่ตั้ง (Site)

การพิจารณาสภาพแวดล้อมของที่ตั้งอาคาร มีความสำคัญในการปรับสภาพเย็นภายในอาคาร ควรพิจารณาสภาพแวดล้อมรอบบริเวณอาคาร ภูมิอากาศ และลักษณะที่ตั้ง ทั้งหมดนี้เกี่ยวข้องกับโดยตรงต่อการวางแผนผังอาคารและกลุ่มของอาคาร อาจเสริมแต่งบริเวณที่ตั้งอาคาร เพื่อช่วยลดอุณหภูมิลงไปอีก ภูมิประเทศและพืชพันธุ์รอบอาคารมีผลกระทบต่ออุณหภูมิลงตามธรรมชาติภายในอาคาร



รูปที่ 2.5 แสดงการใช้ธรรมชาติช่วยในการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 การออกแบบผังที่ตั้งของตัวอาคาร (Site Planning)

นอกจากจะปรับปรุงแต่งบริเวณผังภายนอกอาคารแล้ว การวางอาคารในผังที่ตั้งก็มีความสำคัญมากในการป้องกันความร้อน และขับไล่ความชื้นออกไป ซึ่งมีวิธีการดังนี้

- 1.) หันด้านแคบของอาคาร ไปทางทิศตะวันออก-ตะวันตก เพื่อให้ได้รับแสงอาทิตย์น้อยสุด
- 2.) ให้มีช่องเปิดทางด้านทิศเหนือ-ใต้ เพื่อช่วยกับการรับแสงแดดให้ร่มเงากับอาคาร พยายามทำผนังด้านทิศ ตะวันออก-ตะวันตกให้เป็นผนังทึบเพราะสองทิศนี้ยากกับการทำที่บังแดด เนื่องจากมุมของอาทิตย์จะทอดต่ำ
- 3.) หน้าต่างที่เปิดทางด้านทิศเหนือ-ทิศใต้เป็นที่รับลมแรงได้ตลอดทั้งปี ซึ่งจะช่วยขับความชื้นออกไป
- 4.) ในตำแหน่งที่ตั้งที่ไม่สามารถวางอาคารได้ตามที่กล่าวข้างต้น ให้ออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมเข้ามาช่วยบังแดดและดักลมให้เกิดช่องลม เช่น แนวต้นไม้ กำแพงรั้ว เป็นต้น

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และขั้นตอนในการดำเนินการ

3.1 วัสดุอุปกรณ์

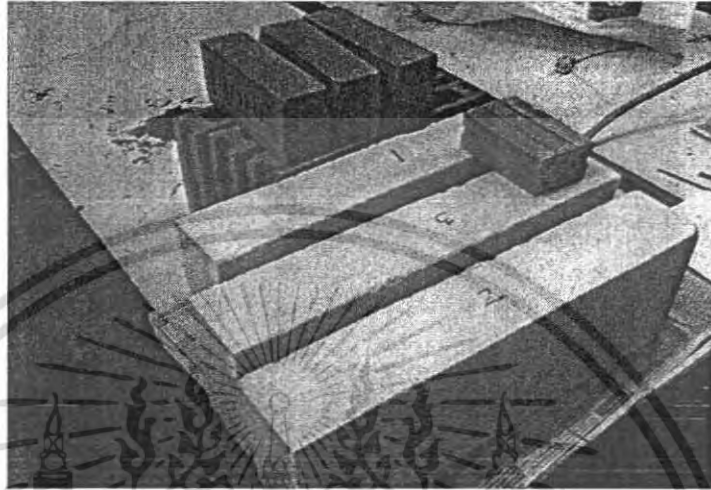
วัสดุที่เป็นผนัง ในงานการก่อสร้าง ในปัจจุบันมีอยู่มากมายหลายประเภทให้เลือก ยกตัวอย่าง เช่น ผนังไม้, ผนังวัสดุแผ่นสำเร็จรูป, ผนังวัสดุก่อ, ผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก, ผนังกระจก, ผนังโลหะเคลือบ ฯลฯ และวัสดุทำผนังบางประเภท เริ่มหายากและมีราคาแพง เช่น ไม้ ดังนั้น ทางคณะผู้วิจัยจึงได้สังเกตเห็นว่าวัสดุทำผนังประเภทวัสดุก่อซึ่งมีอิฐเป็นส่วนประกอบสำคัญที่มีจำหน่ายและเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป งานก่อสร้างนั้น เป็นประเภทที่สมควรเลือกนำมาพัฒนาคุณภาพ เมื่อเทียบกับผนังประเภทอื่นเมื่อคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่าง เช่น ราคา ความเหมาะสม วัสดุดิบที่หาได้ง่าย ประโยชน์ใช้สอย กรรมวิธีในการผลิต รวมไปถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นอยู่ในปัจจุบัน จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทางคณะผู้วิจัยตัดสินใจนำมาเป็นหัวข้อ ในโครงการวิจัยเพื่อทำการพัฒนาวัสดุที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้น และมีประสิทธิภาพหรือประโยชน์มากที่สุด

คณะผู้วิจัยจึงพิจารณาเอาอิฐประเภทต่างๆ 4 ประเภทคือ อิฐมอญ, อิฐมวลเบา, อิฐบล็อกคอนกรีตและอิฐ บบก. นำมาเป็นข้อเปรียบเทียบโดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพโดยรวมของอิฐทั้ง 4 ประเภทนี้มาอ้างอิงเพื่อใช้สำหรับการผลิตและพัฒนาอิฐตัวอย่างขึ้นมาใหม่ โดยมีวิธีในการทดลองดังต่อไปนี้

- 1.) การทดสอบหาคุณสมบัติเบื้องต้น
- 2.) การทำเครื่องมือทดสอบการส่งผ่านความร้อนผ่านผนัง
- 3.) การผลิตอิฐตัวอย่าง

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหาคุณสมบัติเบื้องต้น

- 1.) วัสดุที่ใช้ทดสอบ (อิฐมอญ, อิฐบล็อกคอนกรีต, อิฐ บบก. , อิฐมวลเบา)



รูปที่ 3.1 อิฐที่ใช้ในการทดสอบ

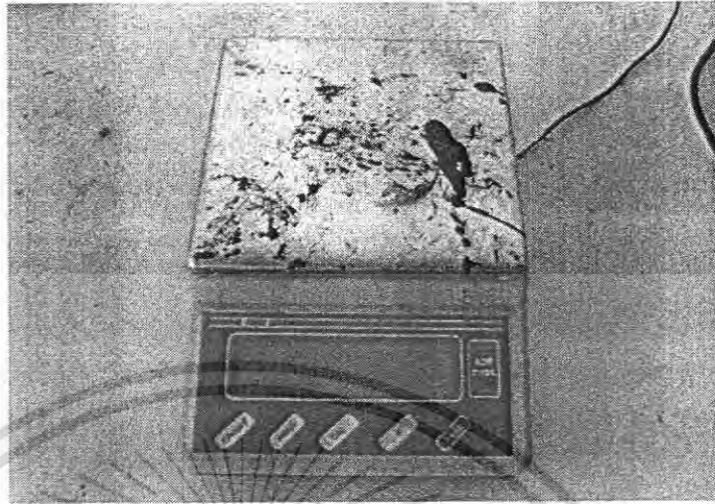
- 2.) เครื่องวัดขนาด (เวอร์เนียร์คาลิเปอร์)



รูปที่ 3.2 เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) เครื่องชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

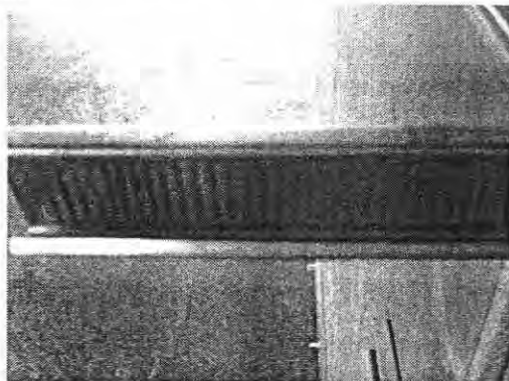
3.1.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำเครื่องมือทดสอบการส่งผ่านความร้อนผ่านผนัง

1.) แผ่นอิพซิมบอร์ด



รูปที่ 3.4 แผ่นอิพซิมบอร์ด

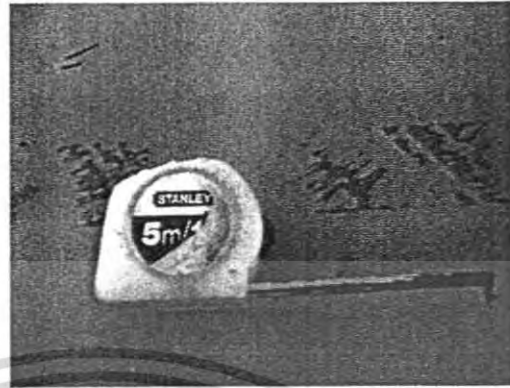
2.) เหล็กคร่า C-Line



รูปที่ 3.5 เหล็กคร่า C-Line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดได้มีไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.)คัลิบเมตร



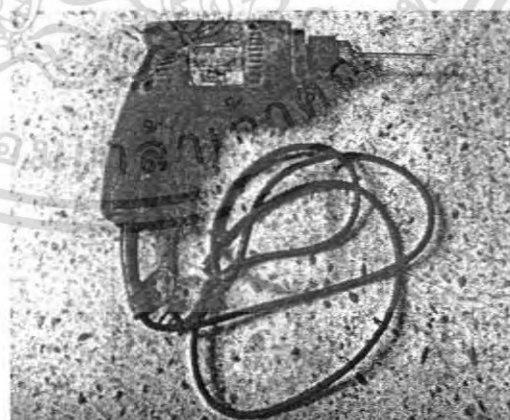
รูปที่ 3.6 คัลิบเมตร

4.)ไขควง



รูปที่ 3.7 ไขควง

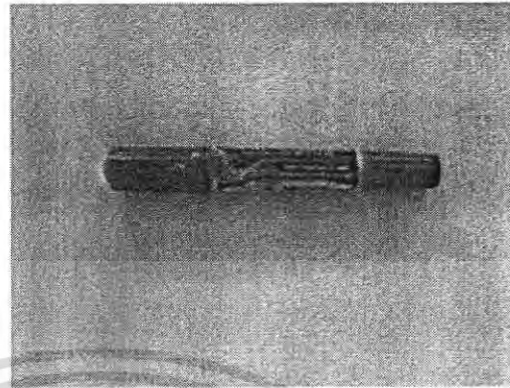
5.)สว่าน



รูปที่ 3.8 สว่าน

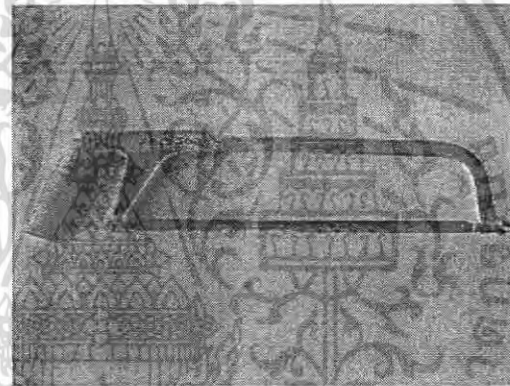
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.)ปากกา



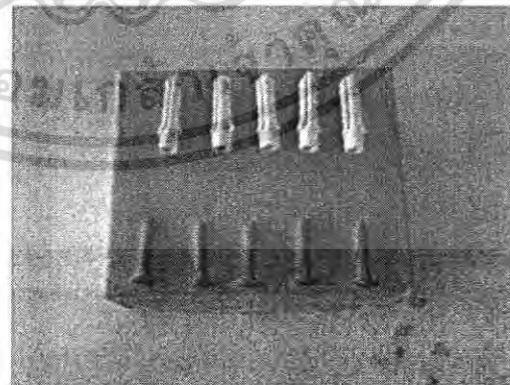
รูปที่ 3.9 ปากกา

7.) เลื่อยตัดเหล็ก



รูปที่ 3.10 เลื่อยตัดเหล็ก

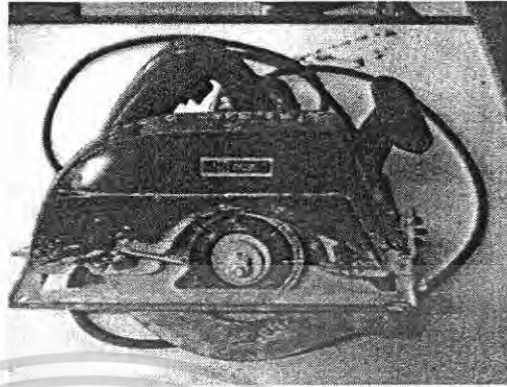
8.) อุปกรณ์ขีดสลักเกลียว และ สลักเกลียว



รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ขีดสลักเกลียว และ สลักเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.) เครื่องตัดหญ้าแบบพอร์ต



รูปที่ 3.12 เครื่องตัดหญ้าแบบพอร์ต

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตอิฐตัวอย่าง

1.) ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1



รูปที่ 3.13 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

2.) น้ำ



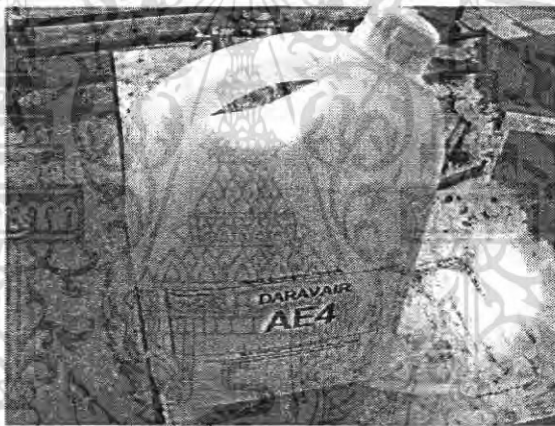
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้นรูปที่ 3.14 น้ำให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) ทรายละเอียด



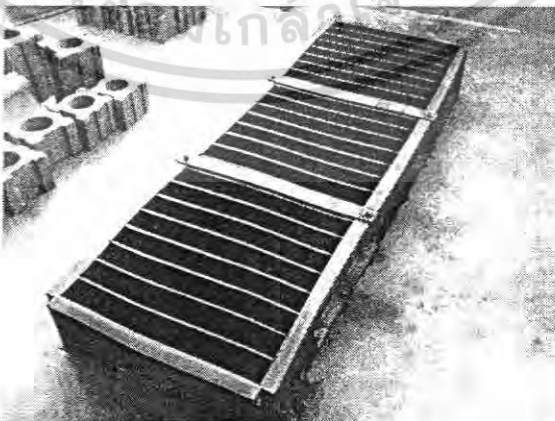
รูปที่ 3.15 ทรายละเอียด

4.) น้ำยาโพน ไซ้ GRACE AE4



รูปที่ 3.16 น้ำยาโพน ไซ้ GRACE AE4

5.) แบบหล่อ



รูปที่ 3.17 แบบหล่อ

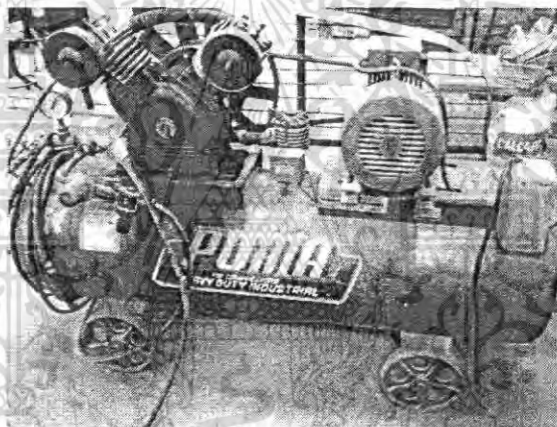
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.) เครื่องผสมปูน



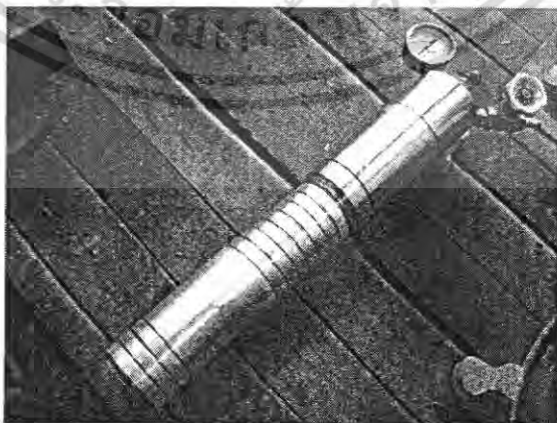
รูปที่ 3.18 เครื่องผสมปูน

7.) ปั่นลม



รูปที่ 3.19 ปั่นลม

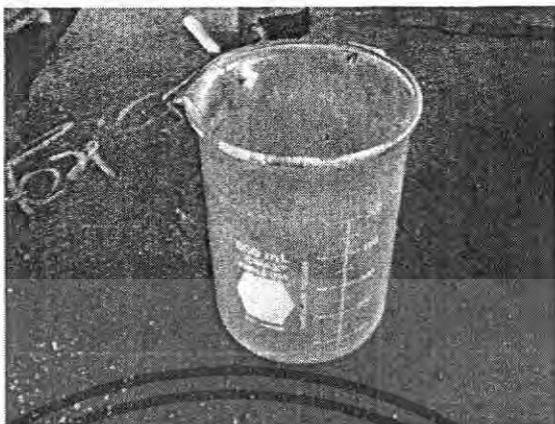
8.) เครื่องฉีดโฟม



รูปที่ 3.20 เครื่องฉีดโฟม

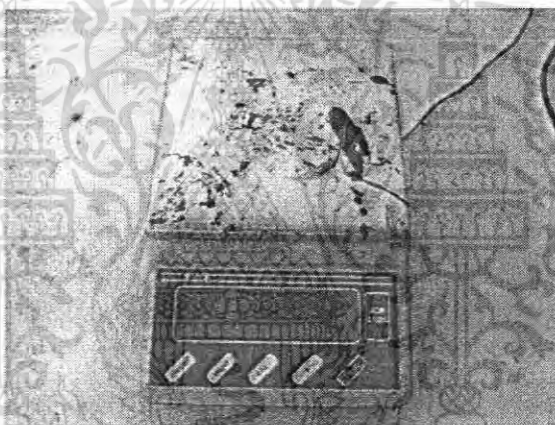
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.) กระบอกตวง



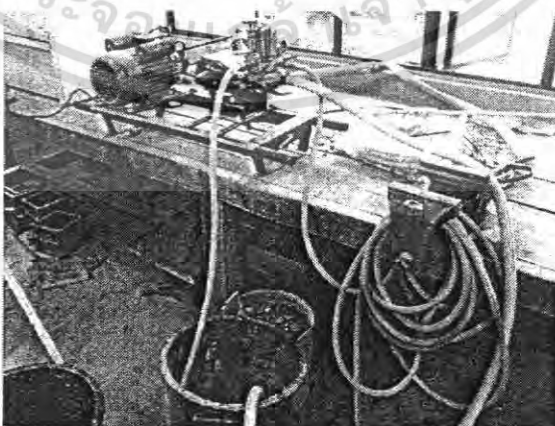
รูปที่ 3.21 กระบอกตวง

10.) เครื่องชั่ง



รูปที่ 3.22 เครื่องชั่ง

11.) เครื่องอัดลม



รูปที่ 3.23 เครื่องอัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนในการดำเนินการ

ขั้นตอนในการทดลองเพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐ ที่ทางคณะผู้วิจัยได้ ทำการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลนั้นจะแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ การหาความหนาแน่น การต้านทานความร้อน การถ่ายเทความร้อน เพื่อที่จะทำให้ทราบถึงค่าของอุณหภูมิความร้อนที่มีผลต่ออิฐโดยตรง เนื่องจากทางคณะผู้วิจัยต้องการจะออกแบบและพัฒนาอิฐตัวอย่างให้มีความสามารถในการประหยัดพลังงานโดยมีค่าของอุณหภูมิความร้อนเป็นตัวแปรที่สำคัญ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

3.2.1 ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานในการทดสอบหาค่าคุณสมบัติเบื้องต้น

- 1.) ทำการวัดขนาดทั้งด้านกว้าง ยาว สูง เพื่อคำนวณหาปริมาตรของวัสดุหนึ่ง



รูปที่ 3.24 การวัดขนาดทั้งด้านกว้าง ยาว สูง

- 2.) ทำการชั่งน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละประเภท ประเภทละ 3 ค่า



รูปที่ 3.25 การชั่งน้ำหนัก

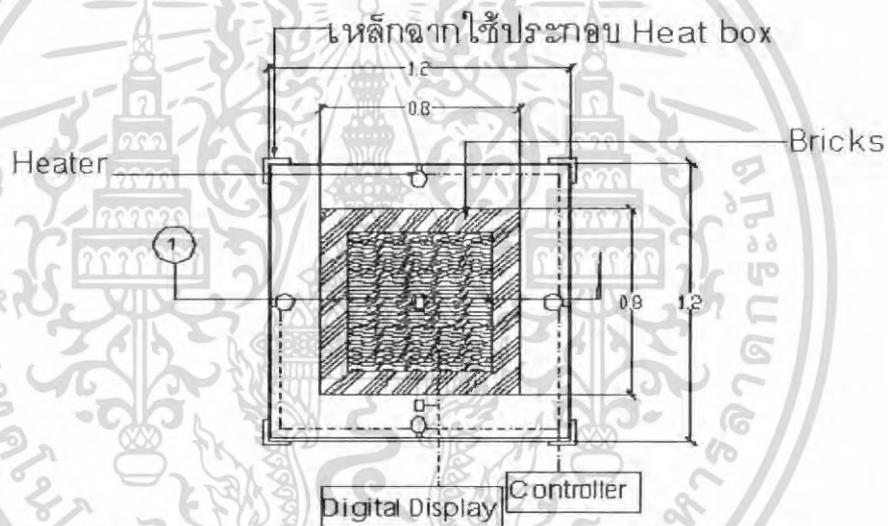
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) พอได้ค่าต่างๆ แล้วจะทำการหาค่าความหนาแน่นจากสูตร

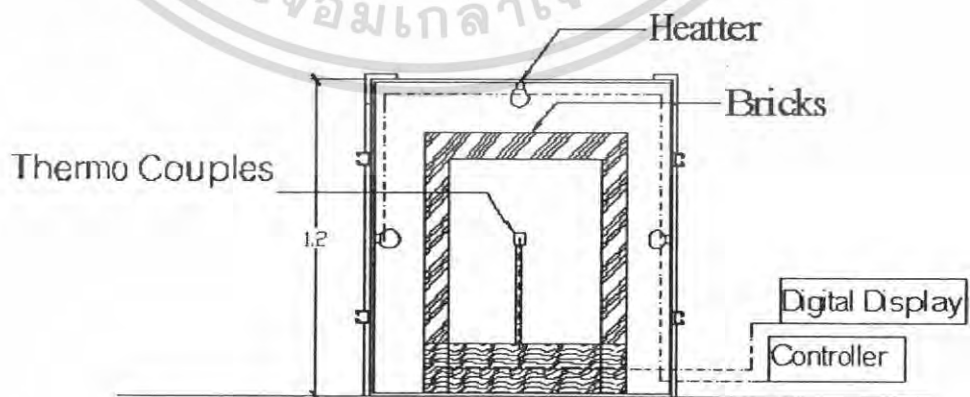
$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนักของวัสดุ}}{\text{ปริมาตร}}$$

3.2.2 ขั้นตอนในการทำเครื่องมือทดสอบการส่งผ่านความร้อนผ่านผนัง

คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบกล่องให้ความร้อน (Heat Box) โดยทำการศึกษาค้นคว้า ข้อมูล และรูปร่างของเครื่องมือดังกล่าว โดยอ้างอิงจากมาตรฐาน ASTM C182-88 ,C 201-93 ,C202-93 เพื่อให้มีรูปร่างและประสิทธิภาพที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ใกล้เคียงกับมาตรฐานที่สุด โดยเครื่องมือ ดังกล่าวมีรูปร่างลักษณะดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.26 รูปแปลนเครื่องทดสอบการส่งผ่านความร้อนผ่านผนัง

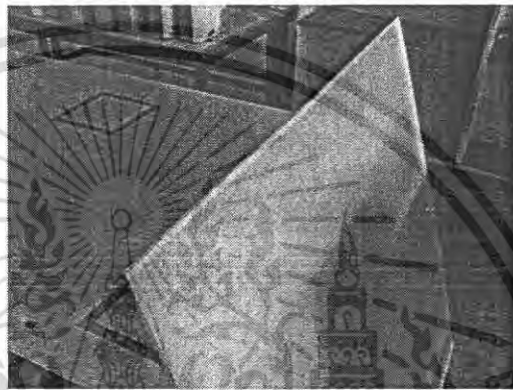


รูปที่ 3.27 รูปตัดเครื่องทดสอบการส่งผ่านความร้อนผ่านผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือทดสอบ ก่อให้เกิดความร้อน (Heat Box) ทางคณะผู้วิจัยได้ศึกษาค้นหาวัสดุ อุปกรณ์เพื่อใช้ในการสร้างเครื่องมือทดสอบขึ้นมา โดยคำนึงถึงเหตุผลต่างๆ ทั้งด้านความ ประหยัด, ระยะเวลาในการสร้าง, ประสิทธิภาพในการทำงานให้เกิดประโยชน์ และใกล้เคียงกับ มาตรฐานที่สุด โดยมีลำดับขั้นตอนการสร้างก่อก่อให้เกิดความร้อน (Heat Box) ดังต่อไปนี้

- 1.) ทำการตัดแผ่นยิปซัมบอร์ด ให้ได้ขนาด 1.2 x 1.2 ม. จำนวน 6 แผ่น



รูปที่ 3.28 แผ่นยิปซัมบอร์ด

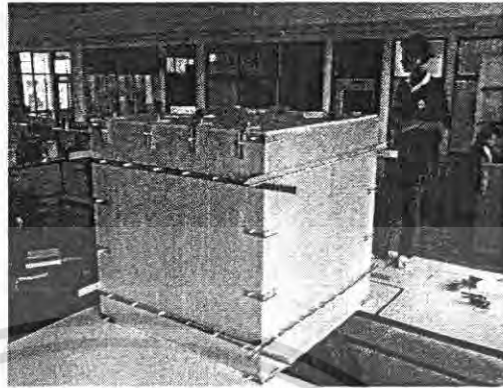
- 2.) นำแผ่นยิปซัมบอร์ดมาติดตั้งติดกับโครง C-Line โดยใช้สว่านขันสลักเกลียวให้ ติดกัน โดยทำทั้งหมดจำนวน 5 แผ่น



รูปที่ 3.29 การเจาะขันสลักเกลียว

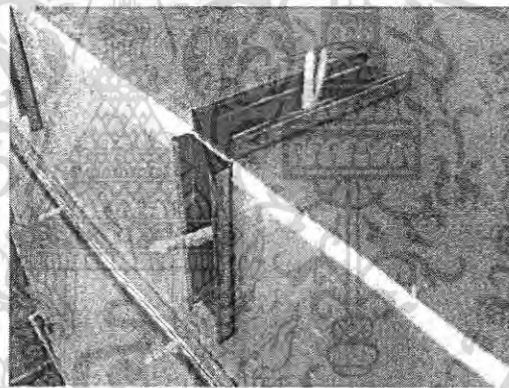
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) นำแผ่นซีพซีมบอร์ดที่ติดกับเครื่อ C-Line ทั้ง 5 แผ่น มาประกอบเข้าด้วยกัน



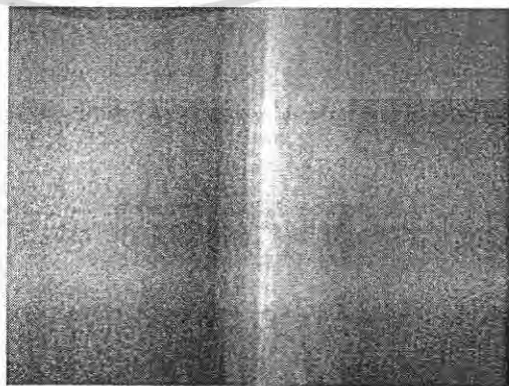
รูปที่ 3.30 การตัวอย่างการประกอบ Heat Box

4.) แล้วนำอุปกรณ์ยึดสลักเกลียวมาขันเข้าตรงที่สลักเกลียวที่ขึ้นออกมาเนื่องจากอาจทำให้เกิดอันตรายได้จึงต้องใช้อุปกรณ์ยึดสลักเกลียวมาช่วยป้องกัน



รูปที่ 3.31 การยึดรอยต่อระหว่างแผ่นซีพซีมบอร์ด

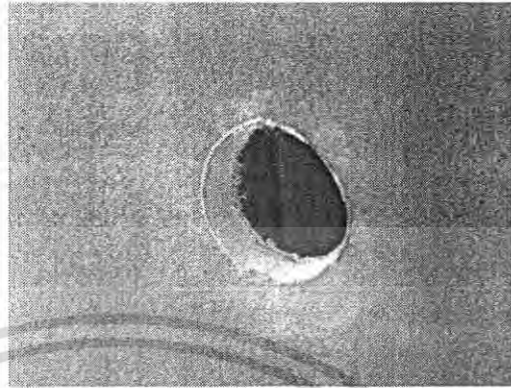
5.) ทำการอุดรอยต่อที่รั่วโดยการใช้น้ำปูนปลาสเตอร์ผสมกับน้ำ แล้วทำการขัดรอยต่อที่อุดให้สวยงามโดยใช้กระดาษทราย



รูปที่ 3.32 การเก็บรายละเอียดของงาน

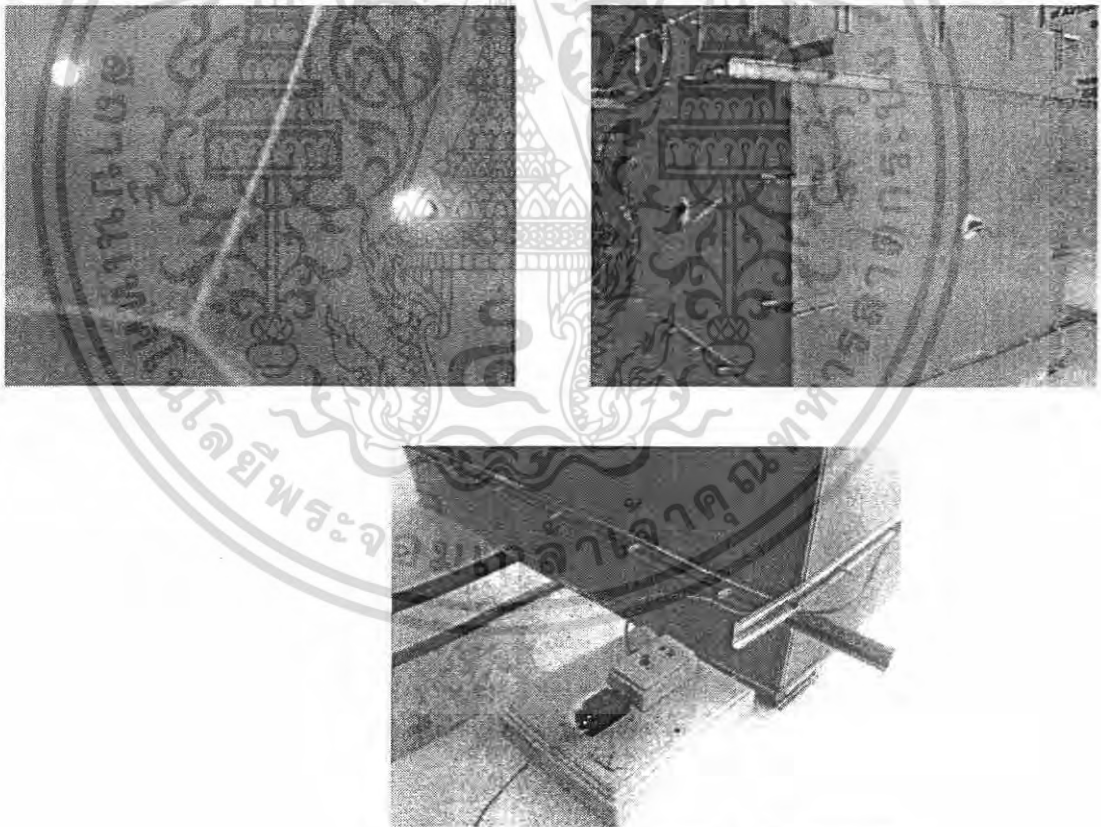
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.) ทำการเจาะรูแผ่นอีปซัมบอร์ดเพื่อที่จะติดตั้ง Heater จำนวน 5 ตัว



รูปที่ 3.33 การเจาะรูเพื่อที่ให้ใส่ตัว Heater

7.) จัดวางตำแหน่ง Heater ตามตำแหน่งต่างๆ ดังรูป โดย Heater จำนวนทั้ง 5 ตัวนี้จะถูกควบคุมอุณหภูมิด้วย Controller

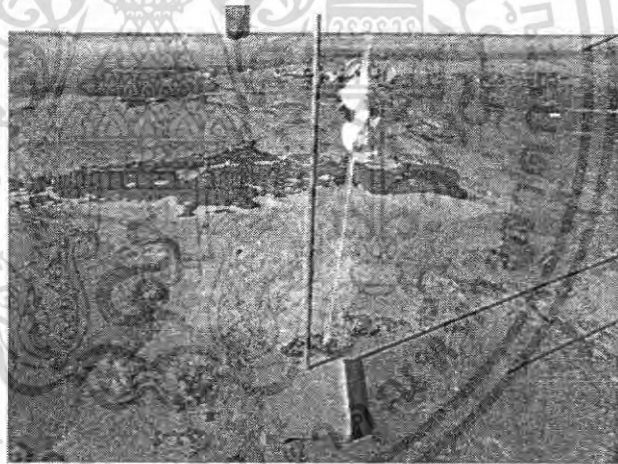


รูปที่ 3.34 การจัดวาง Heater และ ตัว Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ขั้นตอนการทดสอบหาค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านผนัง

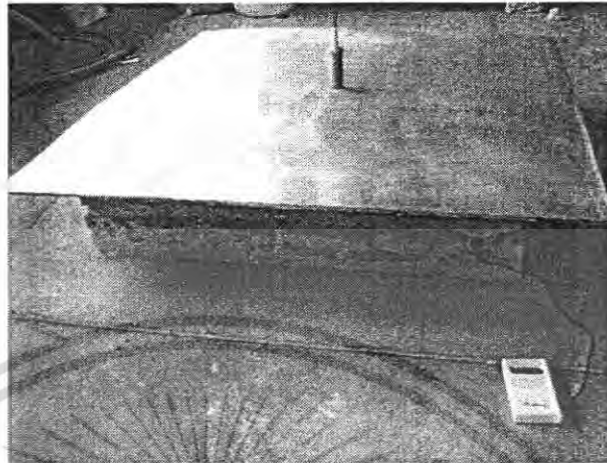
ในส่วนของวิธีการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐ ทั้งเรื่องความหนาแน่น, ค่าความสามารถในการถ่ายเทความร้อน ระยะเวลาในการเก็บกักความร้อน, ค่าความสามารถในการต้านทานความร้อน ซึ่งเป็นคุณสมบัติเบื้องต้นของอิฐตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด ที่ได้เลือกมาทดสอบ ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโดยวิธีการสร้าง “กล่องให้ความร้อน” ขึ้นมา โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ เช่น ตัวให้ความร้อน (Heater) อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (Controller) และ Thermo Couple เป็นตัวบอกอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบ โดยจะทำการนำกล่องดังกล่าวครอบตัวอย่างอิฐแต่ละชนิดที่ก่อสร้างขึ้นมา ซึ่งทางคณะผู้วิจัยจะใช้เวลาในการให้ความร้อนกับอิฐตัวอย่าง ต่อเนื่องกัน 24 ชั่วโมง แต่คณะผู้วิจัยได้มีการควบคุมอุณหภูมิซึ่งเหมาะสมที่ 37-38 องศา C ซึ่งได้มีการบันทึกข้อมูลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลาที่คาดว่าในช่วงที่มีค่าของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยที่สูงที่สุด โดยเลือกช่วงเวลาในการบันทึกค่าของอุณหภูมิเป็น 3 ช่วงเวลาดังนี้ ช่วงเช้า ช่วงกลางวัน และช่วงบ่าย โดยเลือกใช้เวลาที่ 9.00 น. 12.00 น. 15.00 น. รวมเป็นระยะเวลาทั้งหมด 7 วัน และนำค่าของอุณหภูมิที่บันทึกมาหาค่าของอุณหภูมิเฉลี่ย ซึ่งปรากฏว่าได้ค่าอยู่ระหว่าง 37-38 องศา C



รูปที่ 3.35 การบันทึกค่าอุณหภูมิ

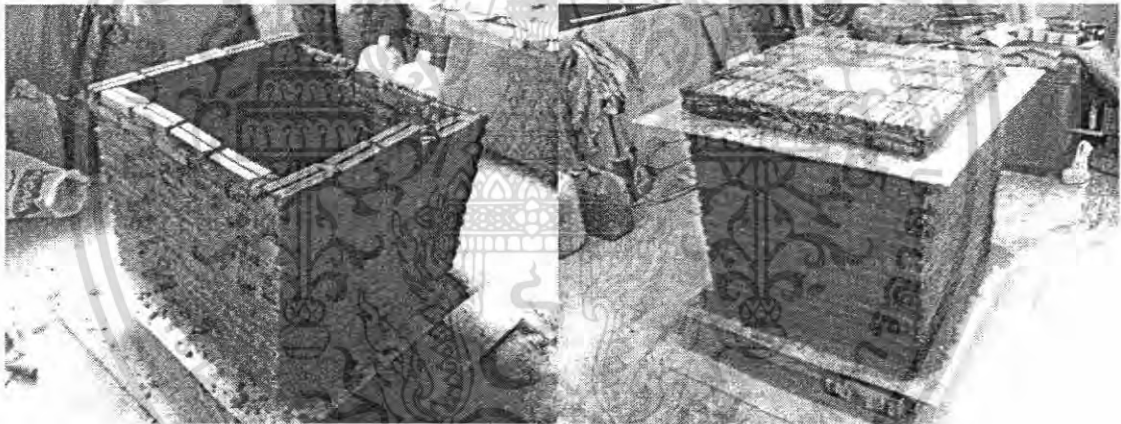
และระหว่างนั้นจะทำการบันทึกค่าของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งข้อมูลที่ได้ดังกล่าวจะบ่งบอกให้เห็นถึงคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐเมื่อได้รับความร้อนในระยะเวลาเท่ากัน และเป็นข้อเปรียบเทียบเพื่อที่คณะผู้วิจัยจะนำมาศึกษาและอ้างอิงกับสิ่งที่ได้จากการทดสอบดังกล่าว เมื่อได้ข้อมูลเป็นที่น่าพอใจแล้วทางคณะผู้วิจัยจะทำการค้นคว้าหาวัสดุเพื่อเป็นส่วนผสมในอิฐที่จะทำการพัฒนาในลำดับต่อไป และมีขั้นตอนในการทดสอบดังต่อไปนี้

1.) ทำการสร้างฐานรองรับ โดยก่ออิฐสูง 20 ซม. กว้าง 80 ซม. ยาว 80 ซม. แล้ววางด้วยไม้อัดค้ำรูป



รูปที่ 3.36 การเตรียมการสร้างฐานรองรับ

2.) ทำการก่อผนังอิฐทั้ง 4 ด้านอย่าง โดยไม่ฉาบ โดยมี วัตถุประสงค์เพื่อหาค่า การส่งผ่านความร้อนผ่านผนัง ของตัวอย่างนั้นๆ

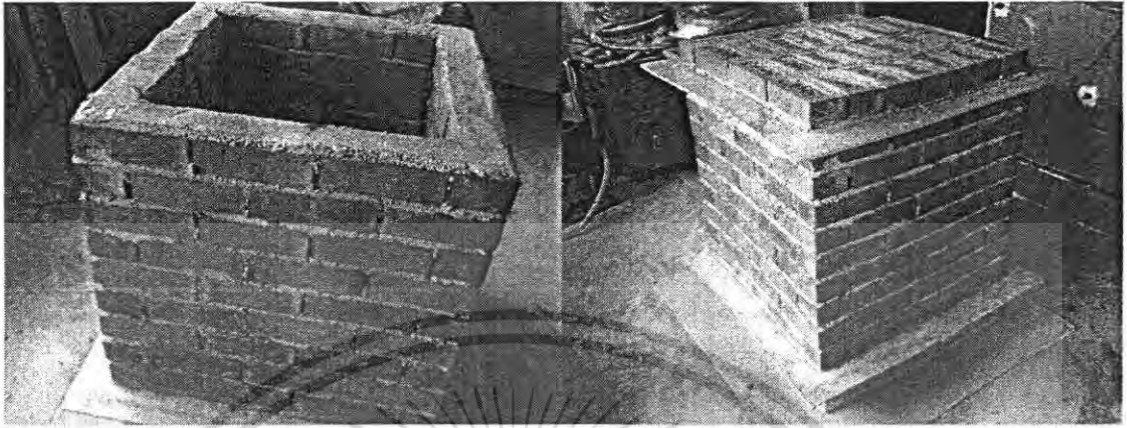


รูปที่ 3.37 การก่ออิฐมอญ เพื่อเตรียมการทดสอบ



รูปที่ 3.38 การก่ออิฐบล็อกคอนกรีต เพื่อเตรียมการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.39 การก่ออิฐ บนก. เพื่อเตรียมการทดสอบ



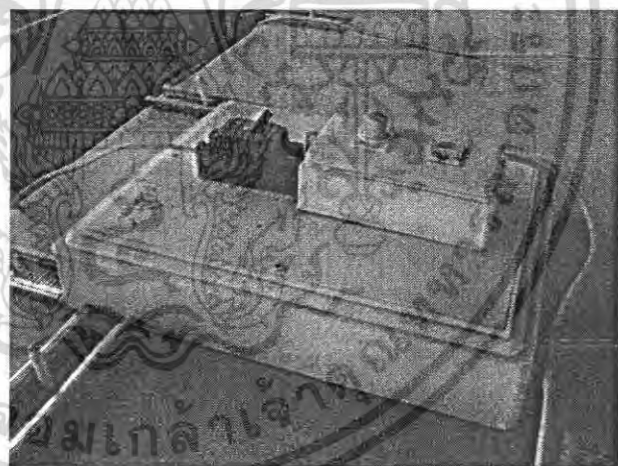
รูปที่ 3.40 การก่ออิฐมวลเบา เพื่อเตรียมการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) นำผนังก่ออิฐทั้งหมด เข้าไปสู่ Heat Box (กล่องให้ความร้อน) จากนั้นให้ความร้อน โดย กำหนดค่าความร้อนที่ ประมาณ 37-38 C โดยติดตั้งตัว Heater ให้ความร้อนอย่างสม่ำเสมอ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ดังรูป



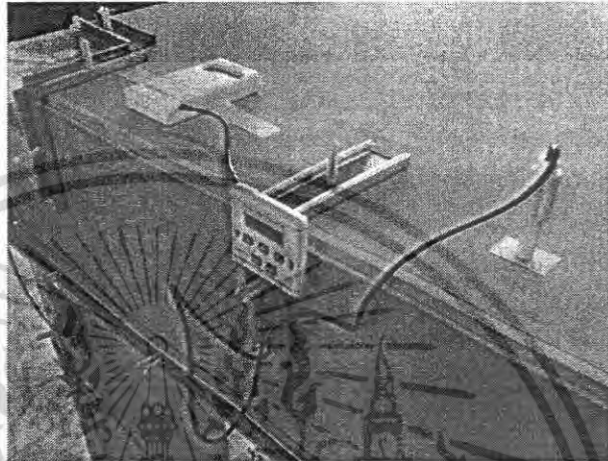
รูปที่ 3.41 Heat Box (กล่องให้ความร้อน)



รูปที่ 3.42 ตัว Controller ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) วัดค่าอุณหภูมิ โดยเริ่มวัดจากช่วง 0 นาที, 15 นาที, 30 นาที, 45 นาที, 1 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมงครึ่ง, 2 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง, 5 ชั่วโมง, 8 ชั่วโมง, 12 ชั่วโมงและ จนถึง 24 ชั่วโมง โดยใช้ อุปกรณ์ Thermal Couples เป็นตัววัดค่าอุณหภูมิ โดยจะติดตั้ง Thermal Couples จำนวน 2 ตัว ที่ ตำแหน่งต่าง ๆ ดังรูป



รูปที่ 3.43 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง Thermal Couples ตัวที่ 1

5.) นำค่าที่ได้จากการทดสอบหาค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านผนังของตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด มาทำการเปรียบเทียบเพื่อเลือกตัวอย่างที่มีค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านผนังที่ดีที่สุด ไปใช้ เพื่อพัฒนาในลำดับต่อไป



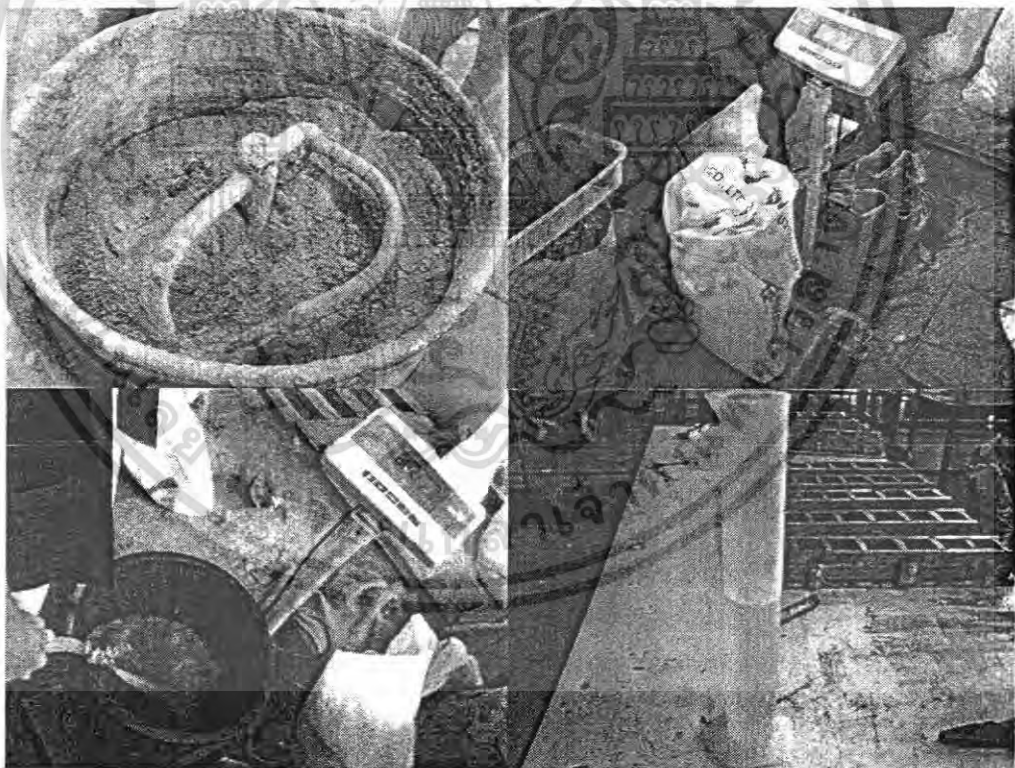
รูปที่ 3.44 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง Thermal Couples ตัวที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ขั้นตอนในการผลิตอิฐตัวอย่าง

โดยคณะวิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลในการผลิตอิฐมวลเบาโดยใช้วิธี CLC. (Cellular Lightweight Concrete) ซึ่งเป็นวิธีที่มีขั้นตอนในการผลิตที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และวัสดุที่ได้นั้นมีคุณภาพอยู่ในระดับหนึ่งตรงตามที่ต้องการ โดยอ้างอิงข้อมูลข้างต้นจาก โครงการวิจัย INFLUENCES OF CELLULAR ON PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT CONCRETE คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งจะออกแบบอิฐตัวอย่างให้มีค่าของหน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) ที่เลือกใช้ 3 ค่า คือ 1,000 1,200 1,400 (หน่วย กก./ลบ.ม.) ตามลำดับ ส่วนค่าของ $w/c = 0.4$ จะใช้ปูนซีเมนต์ 50 กก. ทราย 50 กก. (อัตราส่วนมอร์ต้าเท่ากับ 1:1) และน้ำ 20 กก. ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการผลิตอิฐตัวอย่างดังนี้

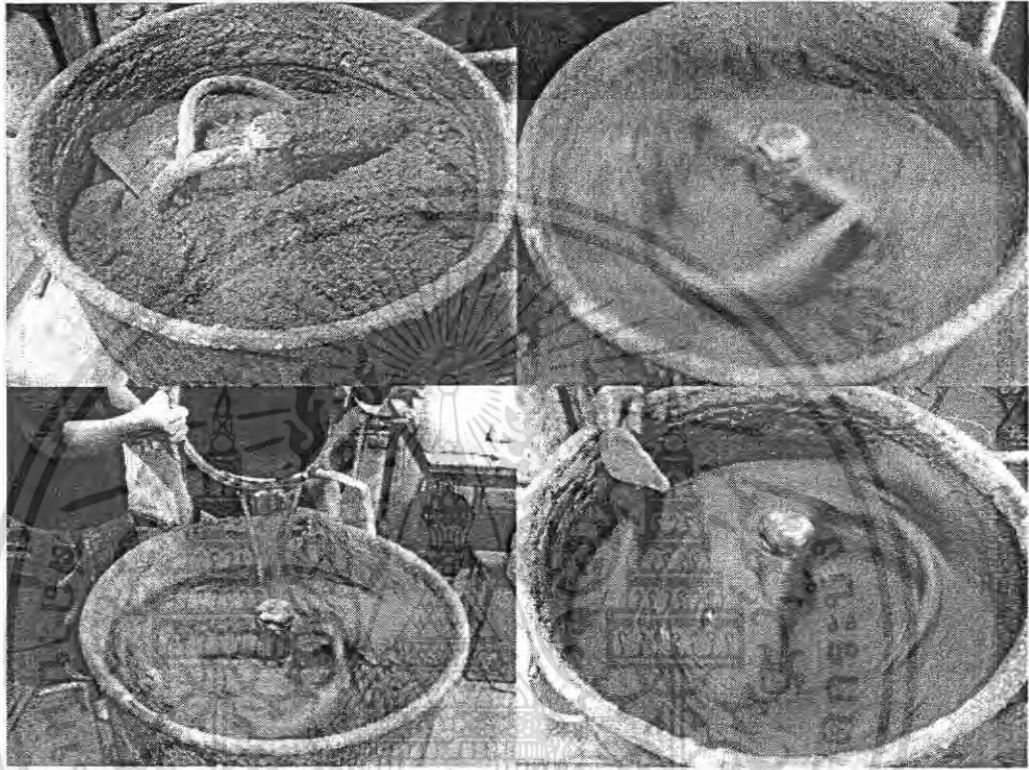
- 1.) ทำการคำนวณปริมาณปูนซีเมนต์ ทราย น้ำ น้ำยาโฟม โดยแบ่งเป็นกรณีต่างๆ ได้ดังนี้ที่ $w/c = 0.4$ ใช้ GRACE AE4 ความเข้มข้น 1 : 40 และการเตรียมวัสดุการผลิต



รูปที่ 3.45 การเตรียมวัสดุการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

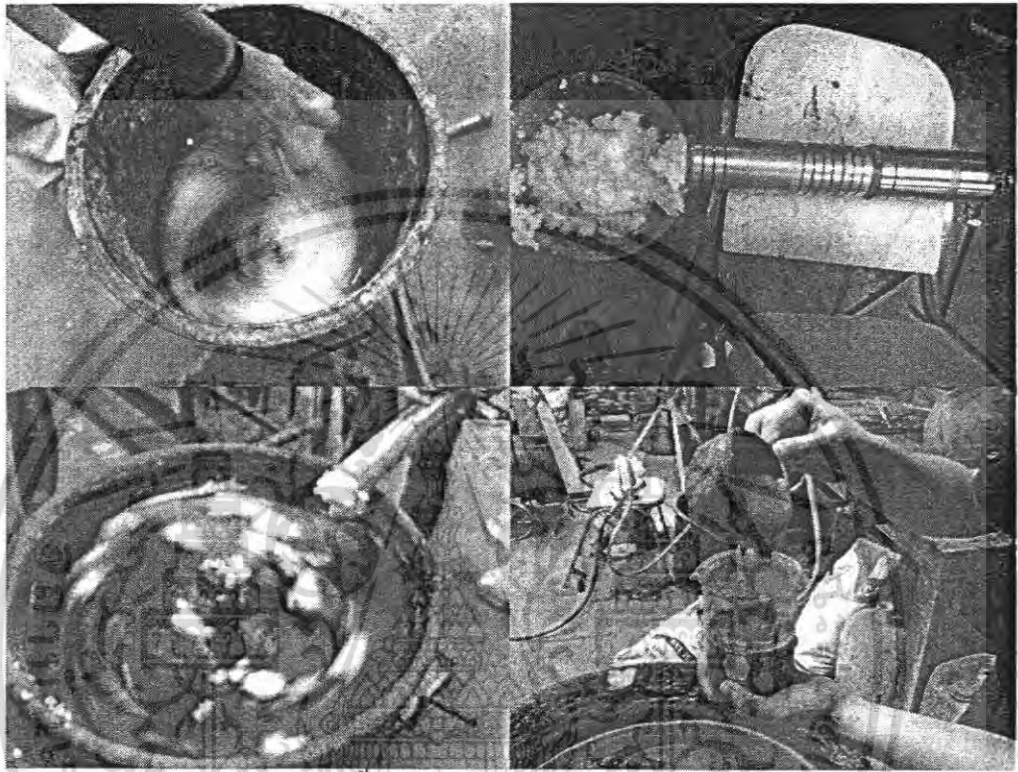
2.) ผสมปูนซีเมนต์กับทรายใน โม่แล้วทำการปั่นให้เข้ากัน จากนั้นจึงผสมน้ำกับปูนซีเมนต์และ ทรายในโม่ โดยแบ่งน้ำที่ใช้เติมออกเป็น 2 ส่วน โดยเติมน้ำส่วนแรกลงไป $\frac{2}{3}$ ของทั้งหมด ปั่นรวมกัน ประมาณ 1 นาที จากนั้นจึงทำการผสมน้ำส่วนที่เหลือ



รูปที่ 3.46 ขั้นตอนการผสมคอนกรีต

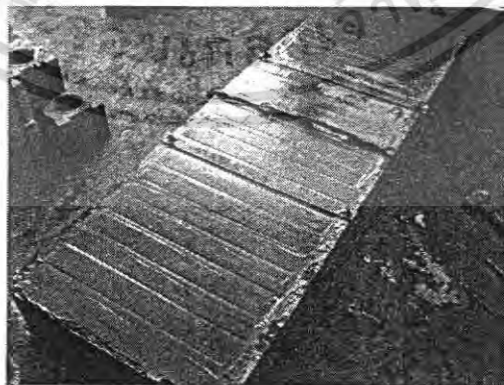
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) จากนั้นทำการผสมโฟมที่ได้จากน้ำยาแต่ละตัวลงในส่วนผสม โดยก่อนทำการผสมต้องชั่งน้ำหนักโฟมทุกครั้ง จากนั้นนำโฟมที่ได้ผสมในโมเมนต์กว่าโฟมและมอร์ต้าจะเข้ากันดี แต่ไม่ควรใช้เวลาในการผสมเกิน 5 นาที



รูปที่ 3.47 ขั้นตอนการผสมโฟมลงในคอนกรีต

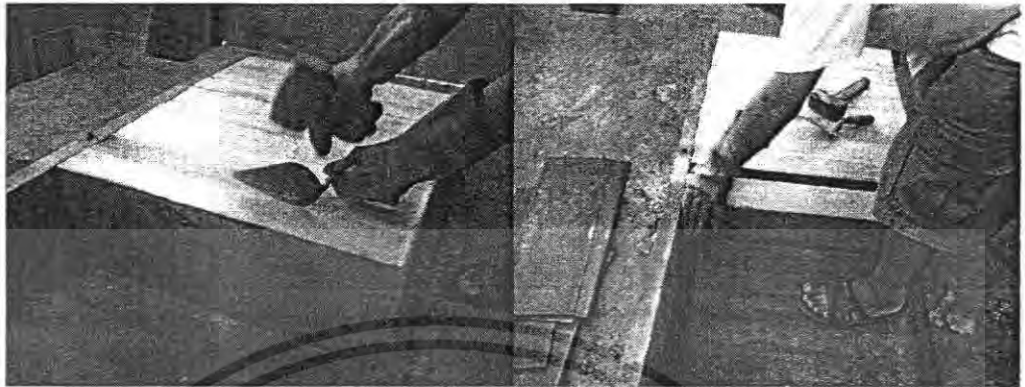
4.) เทมอร์ต้าที่ได้ลงในแบบหล่อ จากนั้นทำการเคาะแบบเพื่อให้มอร์ต้าเข้าแบบได้ดีขึ้น จากนั้นปิดแต่งผิวหน้าด้วยเกรียงให้เรียบร้อย



รูปที่ 3.48 การเทคอนกรีตลงในแบบหล่อ

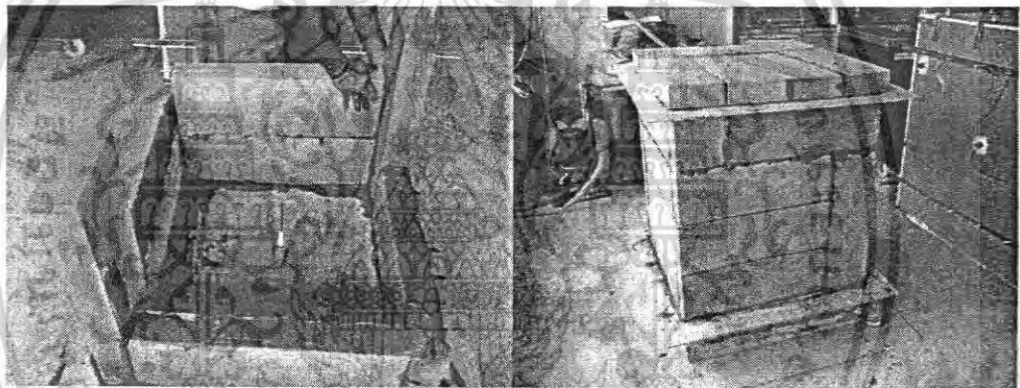
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.) ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงแล้วจึงทำการแกะแบบ วัดขนาดและชั่งน้ำหนักเสียก่อน



รูปที่ 3.49 ขั้นตอนการถอดแบบ

6.) เมื่อแห้งตัวอย่างมีอายุครบตามกำหนดแล้ว จึงนำไปทดสอบต่อไป



รูปที่ 3.50 การก่ออิฐมวลเบาที่ผลิตขึ้นเอง เพื่อเตรียมการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

4.1 กล่าวนำ

ในการวิจัยนี้ทางคณะวิจัยได้ทำการทดสอบเกี่ยวกับคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุผึ่งและการทดสอบการต้านทานความร้อน ซึ่งเป็นการวิจัยค้นคว้าหาวัสดุที่เหมาะสมที่สุดในการพัฒนาเพื่อการประหยัดพลังงาน โดยได้ค่าต่างๆเทียบกับเวลา ซึ่งค่าดังกล่าวนี้จะเป็นดัชนีบอกถึงการต้านทานความร้อนของวัสดุทดสอบ โดยค่าทั้งหมดนี้จะเป็นเป็นผลการทดสอบต่างดังนี้

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุผึ่ง

ในการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุผึ่งนั้นเราจะทำการหาค่า ขนาด ปริมาตรและน้ำหนัก เพื่อหาค่าความหนาแน่น โดยทำการทดสอบจากตัวอย่างอิฐทั้ง 4 ชนิด คือ อิฐมอญ, อิฐบล็อกคอนกรีต, อิฐ บวก., อิฐมวลเบา เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยในการหาค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ โดยมีค่าดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าปริมาตรและความหนาแน่นของวัสดุผึ่งตัวอย่าง 4 ชนิด

ชนิดของวัสดุผึ่ง	ขนาด ก.*ข.*ส. (cm.)	ปริมาตร (cm ³ .)	น้ำหนัก (Kg.)	ความหนาแน่น (Kg./cm ³ .)
อิฐมวลเบา (Super block)	20.257*54.892*9.776	10874.875	8.660	0.000796
อิฐมอญธรรมดา	5.703*14.522*2.888	237.603	0.318	0.00133
อิฐ บวก.	10.419*22.470*6.728	1575.078	2.631	0.00166
อิฐบล็อกคอนกรีต	18.681*39.361*6.556	4821.172	6.026	0.00373

การทดสอบนี้ทำให้รู้คุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุว่าอิฐชนิดไหนมีคุณสมบัติอย่างไรกันบ้าง โดยเราจะเห็นได้ว่า อิฐมวลเบาที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุดและอิฐ บวก. มีความหนาแน่นมากที่สุด แต่เรายังไม่ทราบว่าคุณสมบัติการต้านทานความร้อนของวัสดุชนิดไหนจะดีที่สุด จากการทดลองหาค่าต้านทานความร้อนแบบต่างทางคณะวิจัยก็รวบรวมข้อมูลเพื่อออกแบบ วัสดุผึ่งมา 1 ชนิด แต่มี 3 ตัวอย่างซึ่งได้มีค่าความหนาแน่นต่างๆกันไปคือ 1400 1200 1000 กก./ลบ.ม การทดสอบนี้ทำให้รู้คุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุที่เราได้ออกแบบและจำทำการทดลองหาค่าการต้านทานความร้อนต่อไป โดยได้ค่าดังนี้

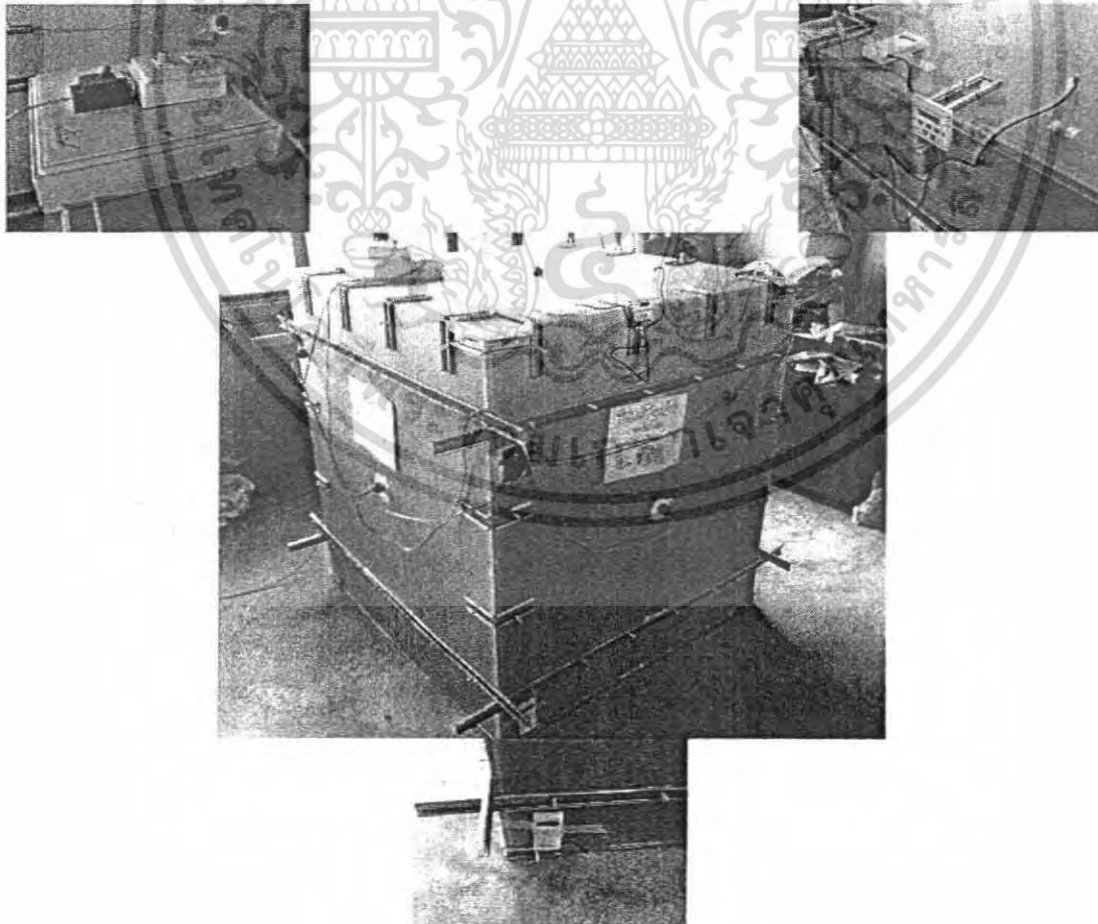
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าปริมาตรและความหนาแน่นของวัสดุผนังตัวอย่าง 4 ชนิด

ชนิดของวัสดุผนัง	ขนาด ก.*ข.*ต. (cm.)	ปริมาตร (cm ³ .)	น้ำหนัก (Kg.)	ความหนาแน่น (Kg./cm ³ .)
อิฐมวลเบา 1000 กก./ลบม.	20.107*60.130*7.545	9123.319	8.877	0.00100
อิฐมวลเบา 1200 กก./ลบม.	20.078*60.249*7.521	9098.401	10.542	0.00119
อิฐมวลเบา 1400 กก./ลบม.	20.135*60.154*7.501	9085.256	12.329	0.00142

4.3 ผลการทดสอบวัดอุณหภูมิภายในของผนัง

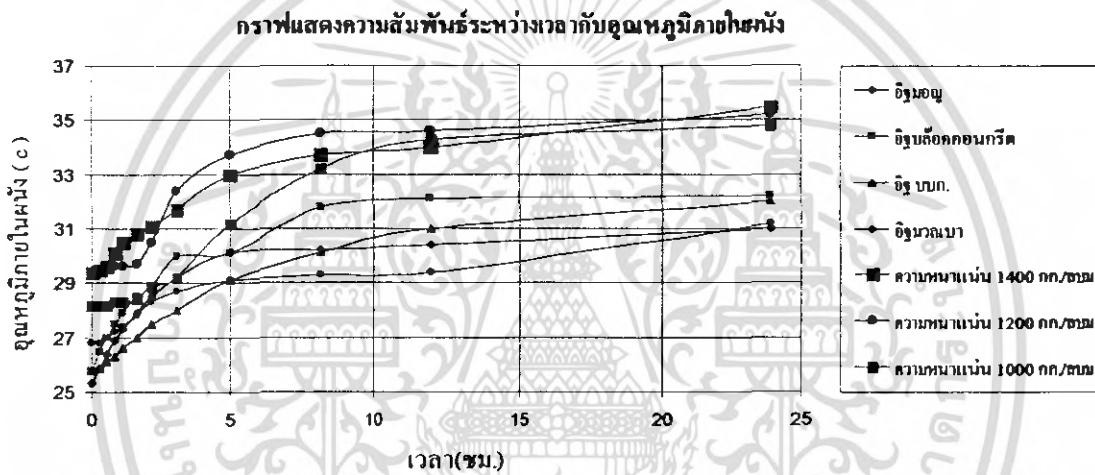
การทดสอบเพื่อหาค่าของอุณหภูมิในกล่องให้ความร้อน (Head Box) ของอิฐทั้งหมด ซึ่งในการทดลองทางคณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบค่าของอุณหภูมิ 2 ค่า โดยจะแบ่งเป็นการวัดอุณหภูมิภายนอกผนังและภายในผนัง โดยเลือกติดตั้งตำแหน่งของ Thermo Couple ตามตำแหน่งดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 4.1 การวาง Thermo Couple และ Controller เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง Thermo Couple ตัวที่ 1 จะทำการจับวัดค่าอุณหภูมิที่ภายนอกของอิฐที่ก่อขึ้นมา จะกำหนดให้มีค่าอุณหภูมิที่คงที่อยู่ที่ 37-38°C โดยจะใช้เครื่องควบคุมค่าอุณหภูมิ (Controller) เป็นตัวควบคุมให้มีอุณหภูมิคงที่ส่วน Thermo Couple ตัวที่ 2 จะทำการจับวัดค่าอุณหภูมิอยู่ที่ภายในช่องว่างของอิฐที่ก่อขึ้นมา

ในการวัดค่าอุณหภูมิจากตัวอย่างอิฐทั้ง 5 ชนิด คือ อิฐมอญ, อิฐบล็อกคอนกรีต, อิฐ บวก., อิฐมวลเบาและอิฐตัวอย่างที่ได้ออกแบบไว้ ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ณ ช่วงเวลาต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ เช่น 5, 10, 15 และ 20 นาที ซึ่งค่าของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 35°C สามารถนำเอาข้อมูลดังกล่าวแสดงเป็นแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา กับอุณหภูมิ ได้ดังนี้



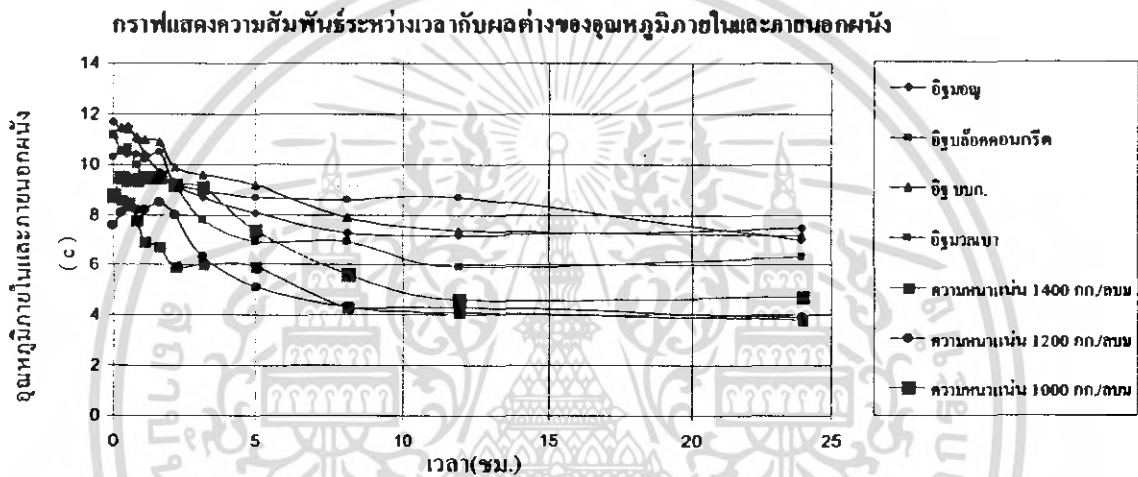
รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิภายในของผนังพื้นทั้งหมด

จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิภายในผนัง อิฐทั้ง 4 ชนิด แสดงให้เห็นว่า อิฐมอญและอิฐมวลเบา มีค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ภายในผนังน้อยที่สุดประมาณ 25.3 -31.2 °C ซึ่งอิฐทั้งสองชนิดนี้ มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน นั่นคือ อิฐมอญซึ่งมีรูอยู่ จะช่วยในการถ่ายเทความร้อน ส่วนอิฐมวลเบาซึ่งมีความหนาแน่นน้อย ดังนั้นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนที่สามารถเข้าสู่ภายในของผนังจึงน้อย จึงส่งผลให้อุณหภูมิของอิฐทั้ง 2 ชนิดมีค่าน้อยที่สุด

จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิภายในผนัง อิฐตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่างที่ คณะผู้วิจัย ได้ทำการออกแบบซึ่งแบ่งแยกตามค่าของหน่วยน้ำหนัก ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าอิฐตัวอย่างที่มีค่าความหนาแน่นที่ 1,000 กก./ลบ.ม เราจะได้ค่าของอุณหภูมิที่น้อยที่สุดประมาณ 38.2-34.8 °C สาเหตุเพราะตัวกลางซึ่งเป็นปัจจัยในการถ่ายเทความร้อน มีความสามารถในการถ่ายเทความร้อน ได้น้อย และค่าที่ได้ดังกล่าวนี้เป็น ไปตามที่ทางคณะผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานเอาไว้

4.4 ผลการทดสอบวัดผลต่างอุณหภูมิของภายในและภายนอกผนัง

จากการทดสอบการ วัดค่าผลต่างของอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกของผนัง ของอิฐแต่ละชนิด ก็เพื่อเป็นการเปรียบเทียบให้ทราบว่าความร้อนที่ภายในและภายนอกของผนัง มีค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันเท่าไร เพื่อจะได้ทราบว่าภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่ทดสอบ ณ ช่วงเวลาที่ได้กำหนดไว้ นั้น ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในผนังนั้นมีอุณหภูมิเท่าไร ซึ่งถ้าปรากฏว่าอุณหภูมิภายในและภายนอกผนังมีค่าที่แตกต่างกันมาก ก็ แสดงว่าวัสดุชนิดนั้นมีความสามารถในการต้านทานความร้อนได้มาก สามารถนำเอาข้อมูลดังกล่าวแสดงเป็นแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา กับอุณหภูมิได้ดังนี้



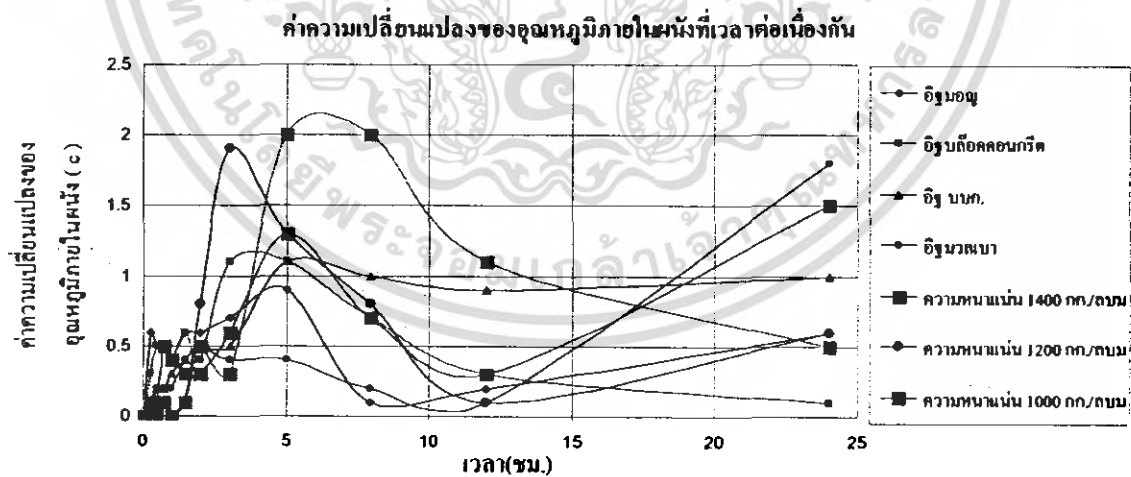
รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับผลต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกของผนังทั้งหมด

จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิภายใน ผนังอิฐทั้ง 4 ชนิด แสดงให้เห็นว่า อิฐมอญและอิฐมวลเบา มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิมากที่สุดที่เวลา 5 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบจากอิฐทั้ง 4 ชนิด ซึ่งบ่งบอกให้เห็นว่าอิฐทั้งสองชนิดนี้มีความสามารถในการต้านทานความร้อนได้มากที่สุด เหตุผลเพราะคุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ของอิฐมอญและอิฐมวลเบา มีข้อแตกต่างกับอิฐชนิดอื่น ๆ แต่ในตัวอย่างของอิฐมอญนั้น เราไม่สามารถที่จะพัฒนาต่อไปได้มาก เนื่องจากเหตุผลทางด้านงบประมาณที่ใช้ในการพัฒนา อีกทั้งกรรมวิธีในการผลิตที่ซับซ้อนและยุ่งยากด้วยเหตุนี้ทางคณะวิจัย จึงได้เลือกที่จะทำการพัฒนาอิฐมวลเบา โดยมีการตั้งสมมุติฐานเอาไว้ว่าอิฐมวลเบาซึ่งมีความหนาแน่นน้อย จะมีความสามารถในการต้านทานความร้อนได้มากหรือน้อยเพียงใด

จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเก็บอุณหภูมิภายใน ผงงอิฐตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง ที่ คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบ ซึ่งแบ่งแยกค่าของน้ำหนักค่าความแตกต่างของอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกของผนังเมื่อเปรียบเทียบกับอิฐทั้ง 3 ตัวอย่าง ปรากฏว่าอิฐตัวอย่างที่มีค่าความหนาแน่นที่ 1,000 กก./ลบ.ม. จะมีค่ามากที่สุดประมาณ 4.7-8.8 องศา นั้นแสดงให้เห็นว่า อิฐที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีความสามารถในการต้านทานความร้อนที่ต่ำกว่า

4.5 ค่าความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในผนังที่เวลาต่อเนื่องกัน

จากการทดสอบค่าความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในผนังที่เวลาต่อเนื่องกันของอิฐแต่ละชนิด เพื่อเป็นการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป จะทำโดยนำเอาค่าของอุณหภูมิวัดไปลบกับค่าอุณหภูมิก่อนหน้า ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่กำหนดเอาไว้ เช่น ค่าของอุณหภูมิที่เวลา 30 นาที ลบกับค่าอุณหภูมิที่ 15 นาที เพื่อเป็นการสังเกตการเพิ่มขึ้นของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในผนังว่า ช่วงไหนเวลาไหนที่ความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และช่วงเวลาใดที่อุณหภูมิมีค่าคงที่ เพื่อต้องการทราบว่าช่วงเวลาใด ที่มีค่าของอุณหภูมิต่างกันมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลานั้น มีการถ่ายเทความร้อนออกมามากที่สุด สามารถนำเอาข้อมูลดังกล่าวแสดงเป็นแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเก็บอุณหภูมิ ได้ดังนี้



รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงค่าความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในผนังที่เวลาต่อเนื่องกันของทั้งหมด

จากแผนภูมิแสดงค่าความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในผนังที่เวลาต่อเนื่องกัน ผนังอิฐทั้ง 4 ชนิด แสดงให้เห็นว่าค่าของอุณหภูมิจะเกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดที่ช่วงเวลา 3-5 ชั่วโมง ยกเว้นอิฐมวลเบา นั้นแสดงให้เห็นว่าอิฐมวลเบามีความสามารถในการต้านทานความร้อนได้ดีกว่าอิฐชนิดอื่น ๆ โดยคณะผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่า อิฐชนิดนี้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่อยู่ในสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันที่ดีกว่า

จากแผนภูมิแสดงค่าความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในผนังที่เวลาต่อเนื่องกัน ผนังอิฐตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง ที่คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบซึ่งแบ่งแยกตามค่าของหน่วยน้ำหนัก จะแสดงให้เห็นว่าค่าของอุณหภูมิจะเกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดในช่วงเวลา 3-5 ชั่วโมง เช่นเดียวกับอิฐทั้ง 4 ชนิดข้างต้น แต่อิฐตัวอย่างที่มีค่าความหนาแน่นที่ 1,000 กก./ลบ.ม. จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่น้อยกว่าอิฐตัวอย่างอื่น ๆ นั้นแสดงให้เห็นว่า อิฐมาความหนาแน่นน้อยก็จะมีความสามารถในการต้านทานความร้อนได้มากกว่าอิฐที่มีค่าความหนาแน่นที่มากกว่า

บทที่ 5

สรุปการวิจัยและแนวทางการพัฒนา

5.1 สรุปการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รวบรวมสามารถสรุปข้อกำหนดคุณภาพและชนิดของวัสดุที่ใช้ทดสอบการส่งผ่านความร้อนผ่านผนังโดยเลือกใช้ปูนตราเสือ ประเภทที่ 3 สำหรับก่ออิฐบล็อกคอนกรีต อิฐมอญ อิฐ บบก. และใช้ปูนก่อสำหรับอิฐมวลเบา ตราเสือ ในการก่ออิฐมวลเบา รวมถึงอิฐมวลเบาที่ออกแบบเพื่อเป็นมาตรฐานเดียวกันในการทดสอบ “การส่งผ่านความร้อนผ่านผนัง” ของอิฐก่อสร้างทั้งหมดโดยใช้เครื่องมือทดสอบการส่งผ่านความร้อน เพื่อต้องการทราบถึงปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อ คุณสมบัติการต้านทานความร้อน ของอิฐก่อสร้างทั้ง 4 ประเภทปรากฏว่า ได้ค่าความหนาแน่นดังนี้ อิฐมวลเบา มีค่าความหนาแน่น 796 (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) อิฐมอญมีค่าความหนาแน่น 1330 (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) อิฐ บบก. มีค่าความหนาแน่น 1660(กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) และอิฐบล็อกคอนกรีต มีค่าความหนาแน่น 3730 (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) โดยนำมาทดสอบ การส่งผ่านความร้อนผ่านผนัง ซึ่งจากการทดสอบอิฐมวลเบา มีค่าความต้านทานความร้อนที่ดีที่สุดในช่วงระยะเวลา 16 ชั่วโมง จึงเลือกอิฐมวลเบา มาทดสอบ โดย ให้ความหนาแน่น 1000 1200 1400 (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ผลที่ได้ปรากฏว่า อิฐมวลเบาตัวอย่าง ที่มีความหนาแน่น 1000 (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) สามารถต้านทานความร้อนได้ดีกว่า ความหนาแน่น 1200 และ 1400 (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) จึงได้ข้อสรุปได้ว่า ความสามารถในการต้านทานความร้อนจะมากหรือน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับ ค่าความหนาแน่นในอิฐก่อสร้างแต่ละประเภทถ้ามีค่าความหนาแน่นที่น้อย ค่าการต้านทานความร้อนก็จะมากขึ้น เนื่องจากตัวนำความร้อนที่ทำหน้าที่นำความร้อนเข้าสู่อิฐ เมื่อมีปริมาณที่น้อยความร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่อิฐก็จะทำได้ยาก หรือใช้ระยะเวลานาน และตัวกลางที่ทำให้ความร้อนเข้ามาได้น้อยลงคือ ฟองอากาศเล็กๆเป็นรูพรุนไม่ต่อเนื่องกัน (Disconnecting Voids) ที่อยู่ในอิฐมวลเบาเนื้อเอง ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนที่ดี ทำให้ความร้อนที่สะสมภายในอิฐเกิดขึ้นน้อย จึงถ่ายเทความร้อนอยู่ภายในอาคาร ในปริมาณที่น้อย

และการที่วัสดุผนังมีความต้านทานความร้อนที่มากนั้นก็จะมีส่วนช่วยในเรื่องของการประหยัดพลังงานเพราะเมื่อผนังมีความสามารถต้านทานความร้อนได้มากขึ้น ความร้อนจากภายนอกตัวอาคารก็จะเข้ามาสู่ภายในตัวอาคาร ได้ยากขึ้นและในทางกลับกันความเย็นจากภายในตัวอาคารก็จะออกไปภายนอกตัวอาคาร ได้ยากเช่นกัน จึงส่งผลให้เครื่องที่ทำหน้าที่ให้ความเย็นทำงานน้อยลงก็จะทำให้ประหยัดพลังงาน ช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายและลดสภาวะ โลกร้อนได้อีกทางหนึ่งด้วย

ในส่วนของความเหมาะสมสำหรับเลือกนำไปใช้งานของอิฐก่อสร้างที่ได้ทำการทดสอบนั้นอิฐที่มีความสามารถด้านทานความร้อนได้คั้นนั้นก็เหมาะกับงานประเภทที่ต้องการจำกัดอุณหภูมิ เช่น ผนังภายนอกอาคารที่ต้องการด้านความร้อนไม่ให้เข้ามาภายใน หรือ ห้องเก็บความเย็นที่ต้องรักษาความเย็นไว้ ควรใช้อิฐมวลเบาในการก่อสร้าง ส่วนงานที่ต้องการด้านทานความร้อนรองลงมา เช่น การก่อสร้างบ้านพักอาศัย ก็มีปัจจัยในเรื่องของงบประมาณในตัดสินใจเลือกใช้วัสดุผนัง ก็ควรเลือกใช้อิฐมวลเบา ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่ถูกกว่าอิฐมวลเบาและยังมีความสามารถด้านทานความร้อนใกล้เคียงกัน

ส่วนวัสดุที่มีความสามารถด้านทานความร้อนต่ำได้แก่ อิฐบล็อกคอนกรีตและอิฐ บบก.ก็สามารถนำไปใช้ในบริเวณหรือประเภทของงานที่ไม่ต้องการความสามารถด้านทานความร้อนมากนักได้ เช่น ผนังภายในอาคาร รั้วรอบบริเวณ เป็นต้น

5.2 สรุปปัญหาของโครงการวิจัย

ในส่วนของปัญหาระหว่างการทำ โครงการวิจัย ทางคณะผู้วิจัย ได้สรุปปัญหาในด้านต่างๆ ดังนี้

5.2.1 ด้านเครื่องมือทดสอบ

เนื่องจากประสิทธิภาพของเครื่องมือทดสอบมีข้อจำกัด เพราะเครื่องมือที่สร้างขึ้นมานั้นมีอายุการใช้งานชั่วคราว อาจมีข้อบกพร่องในเรื่องของความมั่นคงแข็งแรงเมื่อถูกเคลื่อนย้ายบ่อยครั้ง ทำให้เครื่องมือทดสอบชำรุดเสียหาย ซึ่งอาจส่งผลให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อน และปัจจัยอื่นที่อาจมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมือทดสอบ

5.2.2 ด้านคุณภาพของผลงานวิจัย

ในการพัฒนาอิฐมวลเบาตัวอย่างอาจมีข้อจำกัดในส่วนของคุณภาพของวัตถุดิบที่เลือกใช้ ทั้งในเรื่องของการควบคุมปริมาณของส่วนผสมต่าง ๆ ต้องมีมาตรฐานของวัตถุดิบที่แน่นอน จึงทำให้อิฐตัวอย่างนั้นออกมามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ตรงตามที่คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบส่วนผสมเอาไว้ และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอิฐมวลเบาที่ใช้ส่วนผสมชนิดอื่น ๆ ที่ได้รับการพัฒนาในปัจจุบันนั้น อาจมีคุณภาพแตกต่างกันออกไป โดยมีผลมาจากการที่คณะผู้วิจัยมุ่งเน้นวิเคราะห์ไปที่ “ความหนาแน่น” เป็นหลัก จึงมองข้ามในเรื่องของขนาดและน้ำหนักของอิฐตัวอย่างไป อีกทั้งในเรื่องของปริมาณการผลิตอิฐตัวอย่าง ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนแบบพิมพ์ที่ใช้ในการผลิต ระยะเวลาในการผลิต ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ อาจส่งผลต่อคุณภาพของผลงานวิจัยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 ด้านสถานที่ทำโครงการวิจัย

เรื่องข้อจำกัดในส่วนของสถานที่ ทั้งในด้านของการคิดค้น เครื่องมือทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของอิฐ การจำลองสร้างผนังอิฐก่อสร้างกรรมวิธีในการผลิตอิฐตัวอย่าง ซึ่งมีพื้นที่ที่ค่อนข้างจำกัด ก็เป็นข้อเสียต่อผลงานการวิจัยในแง่ของปริมาณการผลิต การขนส่งและลำเลียงวัสดุ

5.2.4 ด้านสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศ

ในช่วงระยะเวลาของการทำโครงการวิจัย เริ่มแรกมีข้อจำกัดในเรื่องของสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงบ่อย ซึ่งเป็นอุปสรรคอย่างหนึ่งที่มีผลทำให้คณะผู้วิจัยขาดความต่อเนื่องในกระบวนการวิจัยและพัฒนาผลงานวิจัย เช่น อุณหภูมิ อากาศ ฝนที่ตกบ่อยครั้ง ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้ จึงทำให้เกิดความล่าช้า และจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนแผนงานการวิจัยให้สอดคล้องกับระยะเวลาที่กำหนด ทำให้ขั้นตอนวิจัยบางขั้นตอนไม่เป็นไปตามแผนงานที่ได้วางแผนไว้

5.3 แนวทางการแก้ไข

- 1.) อิฐก่อสร้างตัวอย่างที่ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโดยใช้กรรมวิธีแบบ CLC. (Cellular Lightweight Concrete) นั้น อาจมีค่าความหนาแน่นที่สูงเกินไปจึงทำให้สิ้นเปลืองวัสดุผสมที่ใช้ในการผลิตและมีน้ำหนักมาก จึงควรกำหนดให้มีค่าความหนาแน่นที่น้อยลง มีน้ำหนักลดลง แต่สามารถนำไปใช้งานโดยมีคุณภาพและประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเมื่อเลือกใช้กรรมวิธีการผลิตแบบเดียวกัน
- 2.) เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบควรมีประสิทธิภาพการใช้งานและอายุการใช้งานในระยะยาวหรือเลือกใช้วัสดุที่มีคุณภาพที่ดีกว่าเดิม
- 3.) ระยะเวลาในการผลิตเพื่อเปรียบเทียบและหาข้อบกพร่องของอิฐตัวอย่างเพื่อให้ได้อิฐที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ
- 4.) สถานที่หรือองค์กรที่ให้บริการด้านเครื่องมือทดสอบที่มีอยู่อย่างจำกัดและมีค่าใช้จ่ายที่สูงควรมีสถานที่หรือองค์กรที่ช่วยพัฒนาเครื่องมือทดสอบเพื่อรองรับความต้องการได้อย่างทั่วถึง

5.4 แนวทางการพัฒนา

1. ควรมีกรรมวิธีการผลิตที่สามารถควบคุมปริมาณของส่วนผสมที่ทำให้อิฐมีคุณภาพตรงตามที่ต้องการ
2. สร้างเครื่องมือทดสอบให้มีประสิทธิภาพการใช้งานและมีมาตรฐาน เพื่อลดขั้นตอนในการทดสอบโดยใช้ระยะเวลาที่น้อยลง
3. เลือกใช้วัสดุประเภทอื่นมาเป็นส่วนผสมในอิฐ เช่น เม็ดโฟม ซึ่งมีคุณสมบัติที่เป็นฉนวนและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก โดยการ Recycle ซึ่งจะช่วยลดความสิ้นเปลืองและค่าใช้จ่าย แต่มีประสิทธิภาพในการช่วยประหยัดพลังงานที่มากขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะช่วยลดโลกร้อนในปัจจุบัน



บรรณานุกรม

- ASTM. C182-88, C 201-93 and C202-93. คู่มือมาตรฐาน ASTM. สำนักห้องสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- โชติวิทย์ พงษ์เสริมผล ,วรารณ โรจนไพบูลย์,ไกรทอง โชติวิทย์พัฒนาและสกุล ห่อวโนทยาน โครงการศึกษาวิจัยวัสดุผนังเพื่อ การประหยัดพลังงานสำหรับใช้ในการก่อสร้างอาคารพักอาศัย , (ปริญญาณิพนธ์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ภาควิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2549)
- ชาดิชาย พรหมวงศ์,ศาสตราจารย์เอี่ยมโหมดและวีไลรัตน์ สุขศรี “INFLUENCES OF CELLULAR ON PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT CONCRETE”, (ปริญญาณิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2549)
- คริ่งใจ บวรณสมภพ และสมสิทธิ์ นิคยะ, 2527 หลักการใช้วัสดุกันความร้อน กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปรีชญา รั้งสิริภักย์, 2535 องค์ประกอบสำคัญของการ ใช้พลังงานในอาคาร กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- ทวีวัฒน์ สุภารส, 2547 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลองคุณสมบัติเบื้องต้น

(1) วัสดุผนัง 4 ตัวอย่างพื้นฐาน

ตารางที่ 1 แสดงค่าปริมาตรและความหนาแน่นของวัสดุผนังตัวอย่าง 4 ชนิด

ชนิดของวัสดุผนัง	ขนาด ก.*ข.*ส. (cm.)	ปริมาตร (cm ³ .)	น้ำหนัก (Kg.)	ความหนาแน่น (Kg./cm ³ .)
อิฐมอญธรรมดา	5.673*14.416*2.896	232.404	0.313	0.00134
	5.675*14.516*2.976	244.940	0.324	0.00132
	5.763*14.634*2.792	235.465	0.319	0.00135
ค่าเฉลี่ย	5.703*14.522*2.888	237.603	0.318	0.00133
อิฐ บปก.	10.536*22.420*6.686	1579.347	2.679	0.00169
	10.386*22.560*6.543	1533.078	2.509	0.00163
	10.337*22.430*6.956	1612.810	2.706	0.00167
ค่าเฉลี่ย	10.419*22.470*6.728	1575.078	2.631	0.00166
อิฐบล็อกคอนกรีต	18.740*39.323*6.532	4813.515	6.033	0.00125
	18.655*39.349*6.772	4971.024	6.106	0.00122
	18.650*39.413*6.366	4679.343	5.940	0.00126
ค่าเฉลี่ย	18.681*39.361*6.556	4821.172	6.026	0.00373
อิฐมวลเบา (Super block)	20.150*54.891*9.763	10798.401	8.633	0.000799
	20.332*54.912*9.780	10919.084	8.752	0.000801
	20.291*54.873*9.796	10907.141	8.596	0.000788
ค่าเฉลี่ย	20.257*54.892*9.776	10874.875	8.660	0.000796

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) วัสดุผนัง 3 ตัวอย่างที่ได้ออกแบบ.

ตารางที่ 2 แสดงค่าปริมาตรและความหนาแน่นของวัสดุผนังที่ออกแบบ 3 ชนิด

ชนิดของวัสดุผนัง	ขนาด ก.*ข.*ค. (cm.)	ปริมาตร (cm ³ .)	น้ำหนัก (Kg.)	ความหนาแน่น (Kg./cm ³ .)
อิฐมวลเบา 1400 กก./ลบม.	20.100*60.186*7.509	9083.927	12.932	0.00142
	20.150*60.151*7.493	9081.835	12.921	0.00142
	20.155*60.126*7.501	9090.008	12.935	0.00142
ค่าเฉลี่ย	20.135*60.154*7.503	9085.256	12.329	0.00142
อิฐมวลเบา 1200 กก./ลบม.	20.079*60.231*7.521	9095.733	10.831	0.00119
	20.081*60.253*7.523	9102.382	10.853	0.00119
	20.076*60.264*7.519	9097.088	10.843	0.00119
ค่าเฉลี่ย	20.078*60.249*7.521	9098.401	10.542	0.00119
อิฐมวลเบา 1000 กก./ลบม.	20.113*60.132*7.532	9109.463	9.119	0.00100
	20.099*60.129*7.543	9115.962	9.120	0.00100
	20.111*60.130*7.562	9144.533	9.230	0.00100
ค่าเฉลี่ย	20.107*60.130*7.545	9123.319	8.877	0.00100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลอุณหภูมิช่วงกลางวัน

(1) ผลอุณหภูมิช่วงกลางวัน

ตารางที่ 3 ตารางบันทึกผลอุณหภูมิช่วงกลางวัน

วันที่	อุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลา			หมายเหตุ
	9.00 น.	12.00 น.	15.00 น.	
16/8/2550	32.2	36.1	35.8	
17/8/2550	31.2	33.3	34.1	ฝนตกช่วงกลางวัน
18/8/2550	33.4	37.5	37.2	
19/8/2550	33.5	38.0	37.7	
20/8/2550	34.5	38.5	32.2	ฝนตกช่วงบ่าย
21/8/2550	33.3	37.2	36.8	
22/8/2550	33.4	37.5	37.2	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลองการต้านทานความร้อนของอิฐต่างๆ

(1) ผนังก่ออิฐมอดู

ตารางที่ 4 ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐมอดู

เวลาที่ทำการทดลอง	ช่วงเวลาที่ทำการทดลอง(ชม.)	อุณหภูมิภายนอกผนัง(c)	อุณหภูมิภายในผนัง(c)	ผลต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกผนัง(c)	ผลต่างของอุณหภูมิภายในของผนังในช่วงเวลาติดต่อกัน(c)	อุณหภูมิภายในสะสม (c)
10:00	0	37	25.3	11.7	0	25.3
10:15	0.25	37.3	25.9	11.4	0.6	51.2
10:30	0.5	37.9	26.4	11.5	0.5	77.6
10:45	0.75	37.9	26.9	11	0.5	104.5
11:00	1	37.7	27.3	10.4	0.4	131.8
11:30	1.5	37.6	27.9	9.7	0.6	159.7
12:00	2	37.7	28.5	9.2	0.6	188.2
13:00	3	37.9	29.2	8.7	0.7	217.4
15:00	5	38.2	30.1	8.1	0.9	247.5
18:00	8	37.5	30.2	7.3	0.1	277.7
22:00	12	37.6	30.4	7.2	0.2	308.1
10:00	24	38.5	31	7.5	0.6	339.1

(2) ผนังก่ออิฐบล็อกคอนกรีต

ตารางที่ 5 ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐบล็อกคอนกรีต

เวลาที่ทำการทดลอง	ช่วงเวลาที่ทำการทดลอง(ชม.)	อุณหภูมิภายนอกผนัง(c)	อุณหภูมิภายในผนัง(c)	ผลต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกผนัง(c)	ผลต่างของอุณหภูมิภายในของผนังในช่วงเวลาติดต่อกัน(c)	อุณหภูมิภายในสะสม (c)
10:00	0	37	25.8	11.2	0	25.8
10:15	0.25	37	26.5	10.5	0.3	52.3
10:30	0.5	37.7	27	10.7	0.5	79.3
10:45	0.75	37.5	27.5	10	0.5	106.8
11:00	1	37.4	27.9	9.5	0.4	134.7
11:30	1.5	37.9	28.5	9.4	0.6	163.2
12:00	2	38.1	28.9	9.2	0.4	192.1
13:00	3	37.8	30	7.8	1.1	222.1
15:00	5	37	30.1	6.9	1.1	252.2
18:00	8	38.7	31.8	6.9	0.7	284
22:00	12	38	32.1	5.9	0.3	316.1
10:00	24	38.5	32.2	6.3	0.1	348.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ผนังก่ออิฐ บ.บ.ก.

ตารางที่ 6 ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐ บ.บ.ก.

เวลาที่ทำการทดลอง	ช่วงเวลาที่ทำการทดลอง(ชม.)	อุณหภูมิภายนอกผนัง(c)	อุณหภูมิภายในผนัง(c)	ผลต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกผนัง(c)	ผลต่างของอุณหภูมิภายในของผนังในช่วงเวลาที่ติดต่อกัน(c)	อุณหภูมิภายในขณะ (c)
10:00	0	37	25.8	11.2	0	25.8
10:15	0.25	37.4	25.9	11.5	0.1	51.7
10:30	0.5	37.5	26.1	11.4	0.2	77.8
10:45	0.75	37.4	26.3	11.1	0.2	104.1
11:00	1	37.6	26.6	11	0.3	130.7
11:30	1.5	37.9	27	10.9	0.4	157.7
12:00	2	37.4	27.5	9.9	0.5	185.2
13:00	3	37.6	28	9.6	0.5	213.2
15:00	5	38.3	29.1	9.2	1.1	242.3
18:00	8	38	30.1	7.9	1	272.4
22:00	12	38.4	31	7.4	0.9	303.4
10:00	24	39.2	32	7.2	1	335.4

(4) ผนังก่ออิฐมวลเบา

ตารางที่ 7 ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐมวลเบา

เวลาที่ทำการทดลอง	ช่วงเวลาที่ทำการทดลอง(ชม.)	อุณหภูมิภายนอกผนัง(c)	อุณหภูมิภายในผนัง(c)	ผลต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกผนัง(c)	ผลต่างของอุณหภูมิภายในของผนังในช่วงเวลาที่ติดต่อกัน(c)	อุณหภูมิภายในขณะ (c)
10:00	0	37.1	26.8	10.3	0	26.8
10:15	0.25	37.4	26.8	10.6	0	53.6
10:30	0.5	37.4	27	10.4	0.2	80.6
10:45	0.75	37.6	27.2	10.4	0.2	107.8
11:00	1	37.6	27.4	10.2	0.2	135.2
11:30	1.5	38.3	27.8	10.5	0.4	163
12:00	2	37.6	28.3	9.3	0.5	191.3
13:00	3	37.7	28.7	9	0.4	220
15:00	5	37.8	29.1	8.7	0.4	249.1
18:00	8	37.9	29.3	8.6	0.2	278.4
22:00	12	38.1	29.4	8.7	0.1	307.8
10:00	24	38.2	31.2	7	1.8	339

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) ผนังก่ออิฐมวลเบาที่ออกแบบหน่วยน้ำหนัก 1400 กก/ลบ.ม

ตารางที่ 8 ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐมวลเบาที่ออกแบบหน่วยน้ำหนัก 1400 กก/ลบ.ม

เวลาที่ทำการทดลอง	ช่วงเวลาที่ทำการทดลอง(ชม.)	อุณหภูมิภายนอกผนัง(c)	อุณหภูมิภายในผนัง(c)	ผลต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกผนัง(c)	ผลต่างของอุณหภูมิภายในของผนังในช่วงเวลาติดต่อกัน(c)	อุณหภูมิภายในขณะทดสอบ (c)
10:00	0	37.8	29.4	8.4	0	29.4
10:15	0.25	37.9	29.5	8.4	0.1	58.9
10:30	0.5	38.1	29.6	8.5	0.1	88.5
10:45	0.75	37.9	30.1	7.8	0.5	118.6
11:00	1	37.4	30.5	6.9	0.4	149.1
11:30	1.5	37.5	30.8	6.7	0.3	179.9
12:00	2	37	31.1	5.9	0.3	211
13:00	3	37.7	31.7	6	0.6	242.7
15:00	5	38.9	33	5.9	1.3	275.7
18:00	8	38	33.7	4.3	0.7	309.4
22:00	12	38.1	34	4.1	0.3	343.4
10:00	24	39.3	35.5	3.8	1.5	378.9

(6) ผนังก่ออิฐมวลเบาที่ออกแบบหน่วยน้ำหนัก 1200 กก/ลบ.ม

ตารางที่ 9 ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐมวลเบาที่ออกแบบหน่วยน้ำหนัก 1200 กก/ลบ.ม

เวลาที่ทำการทดลอง	ช่วงเวลาที่ทำการทดลอง(ชม.)	อุณหภูมิภายนอกผนัง (c)	อุณหภูมิภายในผนัง(c)	ผลต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกผนัง(c)	ผลต่างของอุณหภูมิภายในของผนังในช่วงเวลาติดต่อกัน(c)	อุณหภูมิภายในขณะทดสอบ (c)
10:00	0	37.7	29.4	8.3	0	29.4
10:15	0.25	37.8	29.4	8.4	0	58.8
10:30	0.5	37.8	29.5	8.3	0.1	88.3
10:45	0.75	37.8	29.6	8.2	0.1	117.9
11:00	1	37.8	29.6	8.2	0	147.5
11:30	1.5	38.2	29.7	8.5	0.1	177.2
12:00	2	38.5	30.5	8	0.8	207.7
13:00	3	38.7	32.4	6.3	1.9	240.1
15:00	5	38.8	33.7	5.1	1.3	273.8
18:00	8	38.8	34.5	4.3	0.8	308.3
22:00	12	38.9	34.6	4.3	0.1	342.9
10:00	24	39.1	35.2	3.9	0.6	378.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) ผนังก่ออิฐมวลเบาที่ออกแบบหน่วยน้ำหนัก 1000 กก/ลบ.ม

ตารางที่ 10 ตารางบันทึกผลการทดลองของผนังก่ออิฐมวลเบาที่ออกแบบหน่วยน้ำหนัก 1000 กก/ลบ.ม

เวลาที่ทำการทดลอง	ช่วงเวลาที่ทำการทดลอง(ชม.)	อุณหภูมิภายนอกผนัง(c)	อุณหภูมิภายในผนัง(c)	ผลต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกผนัง(c)	ผลต่างของอุณหภูมิภายในของผนังในช่วงเวลาที่คิดค้กับ(c)	อุณหภูมิภายในขณะ (c)
10:00	0	37.7	28.2	9.5	0	28.2
10:15	0.25	37.8	28.2	9.6	0	56.4
10:30	0.5	37.6	28.2	9.4	0	84.6
10:45	0.75	37.7	28.3	9.4	0.1	112.9
11:00	1	37.8	28.3	9.5	0	141.2
11:30	1.5	37.9	28.4	9.5	0.1	169.6
12:00	2	38.1	28.9	9.2	0.5	198.5
13:00	3	38.3	29.2	9.1	0.3	227.7
15:00	5	38.6	31.2	7.4	2	258.9
18:00	8	38.8	33.2	5.6	2	292.1
22:00	12	38.9	34.3	4.6	1.1	326.4
10:00	24	39.5	34.8	4.7	0.5	361.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้