สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หลังคาคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าไลท์เวทคอนกรีต

THE LIGHTWEIGHT CONCRETE ROOFS BY CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE

โดย

นายกำพล วงศ์กำชัย

นางสาวฉัตรสุดา ธิตินาสกุล

นายณัฐพล จันใจนาย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 117598
วัน,เดือน,ปี 9 ส.ค. 2554

b 12345519
i

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE LIGHTWEIGHT CONCRETE ROOFS BY CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE

MR. KAMPOL WONGKAMCHAI

MISS. CHATSUDA THITINASAKUL

MR.NUTTAPONE CHABCHAINAI

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR DEGREE OF

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEER

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKABANG

2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรอบโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	หลังคาคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าไลท์เวทคอนกรีต			
นักศึกษา	นายกำพล	วงศ์กำชัย	รหัสประจำตัว	50010094
	นางสาวฉัตรสุดา	ธิตินาสกุล	รหัสประจำตัว	50010277
	นายณัฐพล	จับใจนาย	รหัสประจำตัว	50010483
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต		สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา			
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.คมสัน	มาลีสี		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ศิลป์ชัย	จานสุวรรณ		

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.คมสัน	มาลีสี	
อาจารย์ศิลป์ชัย	จานสุวรรณ	
ผศ.ศักดิ์ชัย	สกานุพงษ์	

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช)

ประธานสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 17 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	หลังคาคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าไลท์เวทคอนกรีต THE LIGHTWEIGHT CONCRETE ROOFS BY CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE
นักศึกษา	นายกำพล วงศ์กำชัย นางสาวฉัตรสุดา ธิตินาสกุล นายณัฐพล จับใจนาย
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ดมสัน มาลีสี
อาจารย์ทีปรึกษาร่วม	อาจารย์ศิลป์ชัย จานสุวรรณ
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาและทดลองในการนำคอนกรีตมวลเบามาประยุกต์ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนวัสดุมุงหลังคา โดยมีการใช้การผสมคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC (Cellular lightweight Concrete) ซึ่งการผสมระบบนี้เป็นการผสมระหว่างปูนทราย น้ำและสารเพิ่มฟองอากาศ (Foaming Agent) ทำให้คอนกรีตมีโพรงเล็กๆในเนื้อคอนกรีตส่งผลให้มีน้ำหนักเบา รวมทั้งมีการใส่แผ่นโฟมเข้าไปภายในคอนกรีตเพื่อทำให้แผ่นหลังคามีน้ำหนักเบาลง เมื่อทำการหล่อแผ่นหลังคาแล้วจะนำไปทำการทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540 คือ การทดสอบแรงกดตามขวาง การทดสอบความไม่รั่วซึมของแผ่นหลังคาและการทดสอบการดูดซึมน้ำ รวมทั้งการทดสอบการนำความร้อนและทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติกับกระเบื้องหลังคาชนิดอื่นๆ

จากผลการทดสอบแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบาของกลุ่มวิจัยนั้นมีความสามารถในการทดสอบแรงกดตามขวางและการทดสอบความไม่รั่วซึมเป็นไปมาตราฐานและมีความสามารถในการป้องกันความร้อนได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นที่วางขายทั่วไปแต่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำที่มากกว่าที่มาตราฐานกำหนดและมีน้ำหนักมากกว่าแผ่นกระเบื้องหลังคาชนิดอื่นๆ ที่วางขายตามท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	THE LIGHTWEIGHT CONCRETE ROOFS BY CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE
Name	:	MR.KAMPOL WONGKAMCHAI
		MISS.CHATSUDA THITINASAKUN
		MR.NUTTAPONE CHABCHAINAI
Field	:	CIVIL ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	ASST.PROF.DR.KOMSAN MAREESEE
Co - Advisor	:	MR.SINCHAI JANSUWAN

ABSTRACT

This Thesis is to study and testing about using lightweight concrete applying to producing the roof form lightweight concrete by CLC (Cellular lightweight Concrete) technical. Also, use chemical foaming agent for the bubble combine to cement plate and use the foam is brought to in the middle of lightweight concrete cause roof form lightweight concrete after the production is done, test the quality of Thai industrial Standard Institution that important to make roof such the pressure, non leak out of water , water absorption and thermal conductivity of heat compare with the production in the market .

The result of testing the pressure and non leak out of water is in quality and thermal conductivity of heat is good than the production in the market. But water absorption testing is not quality and the roof form lightweight concrete is heavy than the production in the market .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาเป็นอย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.คมสัน มาลีสีและอาจารย์ศิลป์ชัย จานสุวรรณ ที่กรุณาประสิทธิประสาทความรู้ทั้งให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่างๆ ตลอดจนการติดตามเอาใจใส่ตั้งแต่เริ่มทำจนสำเร็จเรียบร้อย ทางคณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณบริษัท W.R. Grace (Thailand) Co.,Ltd. ได้ให้ความอนุเคราะห์น้ำยาเคมีสำหรับผสมคอนกรีตมวลเบาเพื่อผลิตชิ้นงาน

นอกจากนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้อง ที่ให้การสนับสนุนในหลายๆด้านและเป็นกำลังใจอย่างดี คุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงานนี้ ผู้ศึกษาขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบุพการีที่ท่านเป็นผู้อบรมสั่งสอน ส่งเสริม ให้ความรู้ ทำให้ผู้ศึกษาประสบความสำเร็จกับการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้

คณะผู้จัดทำ

นายกำพล วงศ์กำชัย

นางสาวฉัตรสุดา ธิตินาสกุล

นายณัฐพล จับใจนาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ฎ
	สารบัญรูป	ฐ
1	**บทนำ**	
	1.1. ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย	1
	1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
	1.3. ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
	1.4. หลักการและทฤษฎีที่ใช้	2
	1.5. ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
	1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
2	วรรณกรรมปริทัศน์	
	2.1. กล่าวนำ	4
	2.2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
	2.2.1. คอนกรีตมวลเบา	4
	2.2.1.1. ประเภทของคอนกรีตมวลเบา	4
	2.2.1.2. คอนกรีตมวลเบาระบบ CLC และ AAC	5
	2.2.1.3. คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา	6
	2.2.2. โครงสร้างของหลังคา	7
	2.3. การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	8
3	วรรณกรรมปริทัศน์	
	3.1. กล่าวนำ	16
	3.2. ขั้นตอนและรายละเอียดการดำเนินงาน	16
	3.2.1. ขั้นตอนการดำเนินงาน	16
	3.2.2. รายละเอียดการดำเนินงาน	17
	3.2.3. แผนการดำเนินงาน	17
	3.3. ขั้นตอนการหล่อแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา	19
	3.3.1. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา	19
	3.3.2. ขั้นตอนการหล่อแผ่นหลังคา	26
	3.4. ขั้นตอนการทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวาง	31
	3.4.1. วัตถุประสงค์	31
	3.4.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
	3.4.3. ขั้นตอนในการทดสอบ	32
	3.5. ขั้นตอนการทดสอบความไม่รั่วซึมของแผ่นหลังคา	34
	3.5.1. วัตถุประสงค์	34
	3.5.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	34
	3.5.3 ขั้นตอนในการทดสอบ	35
	3.6. ขั้นตอนการทดสอบการดูดซึมน้ำ	37
	3.6.1. วัตถุประสงค์	37
	3.6.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	37
	3.6.3. ขั้นตอนในการทดสอบ	38
	3.6.4. การคำนวณ	40
	3.7. ขั้นตอนการทดสอบการหาค่านำความร้อน	40
	3.7.1. วัตถุประสงค์	40
	3.7.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	40
	3.7.3. ขั้นตอนในการทดสอบ	42
	3.7.4. การคำนวณ	43
4	ผลการศึกษา	44
	4.1. กล่าวนำ	44
	4.2. ผลการออกแบบและหล่อแบบแผ่นหลังคา	44
	4.2.1. รูปแบบจำลองของแผ่นหลังคาที่ออกแบบ	44
	4.2.1.1. ภาพไอโซเมตริก	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
	4.2.1.2. ภาพด้านหน้า	45
	4.2.1.3. ภาพด้านข้าง	46
	4.2.1.4. ภาพด้านบน	46
	4.2.1.5. ภาพแผ่นหลังคาประกอบกับโครงหลังคาจำลอง	46
	4.2.1.6. รอยต่อทางด้านข้าง	47
	4.2.1.7. รอยต่อทางด้านหน้า	48
	4.2.2. รูปแบบแผ่นหลังคาที่หล่อเสร็จ	48
	4.2.2.1. รูปแผนหลังคาคอนกรีตมวลเบา	48
	4.2.2.2. รูปการประกอบแผ่นหลังคา กับโครงหลังคา	49
	4.2.3. รายละเอียดของแผ่นหลังคา	40
	4.3. ผลการทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวาง	51
	4.4. ผลการทดสอบการความไม่รั่วซึมของแผ่นหลังคา	51
	4.5. ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นหลังคา	52
	4.6. ผลการทดสอบการหาค่าการนำความร้อน	52
5	ผลการศึกษา	53
	5.1. กล่าวนำ	53
	5.2. ผลการทดสอบแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา	53
	5.2.1. การทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวาง	53
	5.2.2. การทดสอบความไม่รั่วซึม	54
	5.2.3. การทดสอบการดูดซึมน้ำ	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
	5.2.4. การทดสอบหาค่าการนำความร้อน	54
	5.3. สรุปผลการวิจัย	55
	หนังสืออ้างอิง	57
	ภาคผนวก ก	ผก1
	- ตารางผลการทดลอง	ผก2
	ภาคผนวก ข	ผข1
	- มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.535-2540	ผข2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
3.1	แผนงานวางแผนไว้และแผนงานที่ได้ดำเนินการ	18
4.1.	รายละเอียดของแผ่นหลังคา	50
4.2.	การเปรียบเทียบกับรายละเอียดแผ่นหลังคาชนิดอื่น	50
4.3.	ผลการทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวาง	51
4.4.	ผลการทดสอบความไม่รั่วซึมของแผ่นหลังคา	51
4.5.	ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ	52
4.6.	ผลการทดสอบการหาค่าการนำความร้อน	52
ผ.ก.1	ผลการทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวาง	ผก2
ผ.ก.2	ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ	ผก2
ผ.ก.3	ผลการทดสอบการหาค่าการนำความร้อนแผ่นหลังคาของกลุ่มวิจัย	ผก3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
3.21.	แผ่นหลังคาคอนกรีตเมื่อแกะแบบแล้ว	30
3.22.	ทาสีกันซึม	30
3.23.	แผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา	31
3.24.	เครื่องทดสอบแรงกด	32
3.25.	ลักษณะการวางตัวอย่างทดสอบแรงกด	33
3.26.	ผลการทดสอบแรงกด	33
3.27.	แผ่นอะคลิลิคสำหรับขังน้ำขาแนวด้วยดินน้ำมัน	34
3.28.	เวอร์เนียร์คาลิเปอร์	35
3.29.	ขังน้ำไว้บนแผ่นกระเบื้องสูง 50 มิลลิเมตร	36
3.30.	บริเวณใต้แผ่นหลังคาของการทดสอบความไม่รั่วซึม	36
3.31.	เครื่องชั่งละเอียด	37
3.32.	เตาอบ	38
3.33.	นำตัวอย่างแช่น้ำ	39
3.34.	ทำการอบชิ้นตัวอย่าง	39
3.35.	เครื่องให้ความร้อน	41
3.36.	เครื่องวัดความร้อนที่ผิว	41
3.37.	ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่อง	42
3.38.	วางแผ่นกระเบื้องตัวอย่างบนเครื่องให้ความร้อน	42
3.39	วัดอุณหภูมิที่ผิวบน	43
4.1.	ภาพไอโซเมตริกแผ่นหลังคาที่ออกแบบ 1	44
4.2.	ภาพไอโซเมตริกแผ่นหลังคาที่ออกแบบ 2	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.3.	ด้านหน้าของแผ่นหลังคาที่ออกแบบ	45
4.4.	ด้านข้างของแผ่นหลังคาที่ออกแบบ	46
4.5.	ด้านบนของแผ่นหลังคาที่ออกแบบ	46
4.6.	ภาพแผ่นหลังคาประกอบกับโครงหลังคา	47
4.7.	รอยต่อทางด้านข้าง	47
4.8.	รอยต่อทางด้านหน้า	48
4.9.	รูปแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา	48
4.10.	รูปการประกอบแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา	49
4.11.	รูปการประกอบแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบาทดสอบการไหลของน้ำ	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

ในปัจจุบันต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารเพิ่มขึ้นทั้งทางตรงและทางอ้อม แรงงานที่มีฝีมือขาดแคลน การควบคุมการก่อสร้างให้ได้มาตรฐานทำได้ยาก ดังนั้นระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปจึงถูกนำมาใช้ในการก่อสร้าง ด้วยเหตุผลหลัก คือ ลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ความรวดเร็วในการก่อสร้างและคุณภาพของงานที่ออกมามีมาตรฐาน

วัสดุมุงหลังคาในปัจจุบันนั้นมีความสามารถในการกันความร้อนได้ไม่เพียงพอ เพราะวัสดุที่ใช้มุงหลังคานั้นบางเกินไปและไม่สามารถทำให้ความหนาเพิ่มขึ้นได้เพราะจะมีน้ำหนักมาก จึงต้องมีการใช้ฉนวนความร้อนมามุงใต้หลังคา ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองงบประมาณและเวลาในการก่อสร้าง แต่หลังคาที่ทำจากคอนกรีตมวลเบานั้นมีความหนาและมีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนอีกทั้งเป็นการประหยัดระยะเวลาและแรงงานในการก่อสร้างและประหยัดพลังงานในระยะยาว

1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC (Cellular lightweight Concrete)
2. เพื่อนำผลงานที่ได้สามารถไปใช้ในการก่อสร้างได้จริง
3. เพื่อสร้างสรรค์วัสดุมุงหลังคาที่ มีประสิทธิภาพมากกว่าในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาการทำคอนกรีตมวลเบาสำหรับหลังคาคอนกรีตมวลเบา ซึ่งมีความหนาแน่นมีค่าอยู่ระหว่าง 1,000-1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.4 โดยในการทำวิจัยครั้งนี้พิจารณาตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อคอนกรีตมวลเบาดังนี้

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
2. สารเคมีที่ทำให้เกิดฟองอากาศ (Foaming Agent)
3. อัตราผสมซีเมนต์ต่อทราย 1 : 1
4. สัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.4
5. แบบหล่อหลังคาชิ้นทดสอบ 33x38x8 เซนติเมตร
6. วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน

1.4. หลักการและทฤษฎีที่ใช้

1) เมื่อแผ่นหลังคามีความหนาเพิ่มมากขึ้นจะสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกได้ดีขึ้นและยังสามารถลดความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารหรือที่พักอาศัยได้ดีขึ้น
2) การทำให้แผ่นหลังคามีน้ำหนักที่เบากว่าหรือเท่ากับแผ่นกระเบื้องหลังคาทั่วไปเมื่อเทียบกันโดยปริมาตร

1.5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ขั้นตอนรวบรวมข้อมูล ทำการหาข้อมูลเกี่ยวกับคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ทั้งจากหนังสือ อินเตอร์เน็ตและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
2. ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล ทำการศึกษาข้อมูลที่รวบรวม รวมทั้งศึกษามาตรฐานและเงื่อนไขในการออกแบบแล้วนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้
3. ขั้นตอนการออกแบบลักษณะแผ่นหลังคาที่จะทำการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผสมคอนกรีต
5. ขั้นตอนการหล่อแบบแผ่นหลังคา
6. ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติหลังคาคอนกรีตมวลเบา
   - การทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวาง ตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540
   - การทดสอบความไม่รั่วซึมของแผ่น ตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540
   - การทดสอบการดูดซึมน้ำ ตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540
   - การทดสอบการนำความร้อน

1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้พัฒนาการเกี่ยวกับคุณสมบัติต่างๆของคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC
2. ส่งเสริมและพัฒนาระบบการก่อสร้างสำเร็จรูป ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการก่อสร้าง
3. เพื่อนำผลงานที่ได้สามารถไปใช้ได้จริงและนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. กล่าวนำ

คอนกรีตมวลเบาเป็นชิ้นส่วนก่อสร้างที่ปัจจุบันนำไปเป็นส่วนประกอบของอาคาร เนื่องจากมีคุณสมบัติที่มีน้ำหนักเบา สามารถป้องกันความร้อนได้ดี ซึ่งคอนกรีตมวลเบาสามารถผลิตได้หลายวิธี ในที่นี้จะใช้การผสมคอนกรีตโดยการใช้การเพิ่มฟองอากาศเพื่อลดความหนาแน่น โดยเรียกวิธีนี้ว่า การผสมคอนกรีตโดยระบบ CLC (Cellular Lightweight Concrete)

2.2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1. คอนกรีตมวลเบา

คอนกรีตมวล คือ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับงานก่อสร้าง ด้วยคุณสมบัติพิเศษที่เป็นผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบาและสามารถป้องกันความร้อนได้ดีทำให้ประหยัดการใช้พลังงาน ทนต่อเพลิงไหม้ที่อุณหภูมิสูง

2.2.1.1. ประเภทของคอนกรีตมวลเบา แบ่งตามกรรมวิธีการผลิต คือ

1. ระบบที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง ซึ่งระบบนี้สามารถแบ่งออกได้อีกเป็น 2 ประเภท คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทที่ 1 ใช้วัสดุเบามาเป็นส่วนผสม เช่น ขี้เลื่อย ขี้เถ้า ชานอ้อย หรือเม็ดโฟม ทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักที่เบาขึ้น แต่จะมีอายุการใช้งานจะสั้น เสื่อมสภาพได้เร็ว และหากเกิดไฟไหม้ สารเหล่านี้อาจจะติดไฟและเป็นพิษต่อผู้อยู่อาศัยได้

ประเภทที่ 2 ใช้สารเคมีเป็นส่วนผสมหรือเรียกว่าคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC (Cellular lightweight Concrete) ใช้สารเคมีเพื่อให้เนื้อคอนกรีตฟูและทิ้งให้แข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง คอนกรีตประเภทนี้จะมีการหดตัวมาก ทำให้ปูนฉาบแตกร้าวได้ง่าย ไม่ค่อยแข็งแรง คอนกรีตที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูงนี้ส่วนใหญ่เนื้อผลิตภัณฑ์มักจะมีสีเป็นสีปูนซีเมนต์ ต่างจากคอนกรีตที่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูงซึ่งจะมีเนื้อผลิตภัณฑ์เป็นผลึกสีขาว

2. ระบบอบไอน้ำภายใต้ความดันสูงสามารถออกได้อีก 2 ประเภท ตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

ประเภทที่ 1 ใช้ปูนขาว มาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตหรือเรียกว่า Lime Base ซึ่งประเภทนี้จะควบคุมคุณภาพได้ยาก ทำให้คุณภาพคอนกรีตที่ได้ไม่ค่อยสม่ำเสมอ มีการดูดซึมน้ำมากกว่า

ประเภทที่ 2 ระบบที่ใช้ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตหรือ Cemet Base เป็นระบบที่นอกจากจะช่วยให้คอนกรีตมีคุณภาพได้มาตรฐานสม่ำเสมอแล้ว ยังช่วยให้เกิดสารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ซึ่งเป็นสารให้กำลังในเนื้อคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีความแข็งแกร่ง ทนทาน กว่าการผลิตในระบบอื่นมาก

2.2.1.2. คอนกรีตมวลเบาระบบ CLC และ AAC

กระบวนการทางอุตสาหกรรมการผลิตคอนกรีตมวลเบาที่นิยมในปัจจุบันมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ วิธีแรก ได้จากการผสมสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) หรือสารเพิ่มฟองอากาศ (Foaming Agent) ลงบนซีเมนต์เพสต์ หรือมอร์ต้าในสภาพที่สดอยู่ เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟองอากาศเหล่านั้นจะกลายเป็นช่องว่างอากาศที่มีขนาดเล็กใกล้เคียงกันอยู่เป็นจำนวนมากจึงมักนิยมเรียกว่า Cellular Lightweight Concrete หรือ CLC วิธีที่ 2 เป็นคอนกรีตอัดอากาศอบไอน้ำ (Autoclaved Aerated Concrete) มีชื่อย่อว่า AAC ประกอบด้วย ปูนขาว ทราย ปูนซีเมนต์ วัสดุปอซโซลานและสารผสมเพิ่มเพื่อการขยายตัว (Expansion Agent) คอนกรีตชนิดนี้ผ่านการบ่มในเตานึ่งภายใต้ไอน้ำแรงดัน ที่เรียกว่าออโตเคลป (Autoclave) ส่งผลให้เกิดโครงสร้างระดับไมโครที่เรียกว่าทูเบอโมไรท์ (Tobermorite) ทำให้โครงสร้างซีเมนต์เพสต์มีความแข็งแรง

หากเปรียบเทียบตามคุณสมบัติระหว่างคอนกรีต AAC และ CLC จะพบว่ามีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน สำหรับระบบ AAC นั้นพบว่ามีข้อดีคือ มีน้ำหนักเบาและแข็งแรงกว่าระบบ CLC แต่มีข้อเสียคือ มีการดูดซึมน้ำสูง ต้องใช้ปูนก่อฉาบชนิดพิเศษทำให้ต้นทุนการผลิตสูงมีขั้นตอนในการผลิตที่ยุ่ง ยากหากนำข้อดีและข้อเสียของคอนกรีตมวลเบาทั้ง 2 ระบบ มาเปรียบเทียบกันในการใช้เป็นผนังบล็อกจะเห็นว่าคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC มีข้อดีมากกว่าระบบ AAC ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าจะเน้นจุดแข็งในด้านใด แต่ถ้าหากมุ่งเน้นที่ความประหยัดในเรื่องต้นทุนและขั้นตอนการผลิตเป็นสำคัญจะเห็นได้ว่าระบบ CLC น่าจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าระบบ AAC เพราะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า

คอนกรีตมวลเบาระบบ CLC เป็นระบบการผลิตที่ใช้ส่วนผสมของปูน ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย น้ำ และผสมฟองอากาศที่เป็นเม็ดกลมขนาดเล็กมาก ซึ่งจะมีความมั่นคงจนคอนกรีตก่อตัวแข็ง ดังนั้นคอนกรีตมวลเบาที่ได้จากเทคโนโลยี CLC จึงมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับคอนกรีตปกติฟองอากาศแบบไม่ต่อ เนื่องในมวลคอนกรีตก่อให้เกิดผลดี คือ น้ำหนักเบา ป้องกันความร้อน เสียง และทนไฟได้ดีกว่าคอนกรีตปกติ ดังนั้นคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC จึงเหมาะ ที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างหรือทำโครงสร้างอาคารและใช้ในการทำแผ่นหลังคาในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้

2.2.1.3. คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา

1. น้ำหนักเบาสะดวกในการขนย้าย และลดเวลาในการทำงานก่อสร้าง
2. ความแข็งแรง ค่ากำลังต้านทานแรงอัดสูงสุดของคอนกรีตมวลเบามีค่าประมาณ 140 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ยกเว้นคอนกรีมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับโครงสร้างซึ่งมีกำลังต้านทานแรงอัด 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับค่ากำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตเบาทั่วไปอาจจะทำให้สูงขึ้นโดยการใช้ทรายธรรมชาติแทนมวลรวมน้ำหนักเบาแต่จะทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามคอนกรีตที่มีความหนาแน่นต่ำจะมีความแข็งแรงน้อยกว่าคอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูงกว่า

3. การดูดซึมน้ำคอนกรีตมวลเบามีการดูดซึมน้ำมากกว่าคอนกรีตธรรมดาเนื่องจากมีรูพรุนมากกว่า
4. ความคงทน คอนกรีตมวลเบาทั่วไปไม่มีความสามารถทนต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี ความเค้นและแรงจากภายนอกเนื่องจากคอนกรีตมวลเบามีโพรงอากาศอยู่ภายในดังนั้นคอนกรีตมวลเบาจึงไม่เหมาะกับการใช้งานในสภาพที่มีสารซัลเฟตอยู่หรือในสภาพดินชื้น ดังนั้นควรที่จะมีการฉาบผิวเพื่อป้องกันการสึกกร่อน
5. การหดตัว คอนกรีตมวลเบามีการหดตัวมากกว่าคอนกรีตธรรมดาประมาณ 5-40% แต่คอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมจากดินเผา ดินดานหรือตะกรันจะหดตัวน้อยลง
6. การนำความร้อน เนื่องจากในเนื้อคอนกรีตมีโพรงอากาศมากทำให้คอนกรีตดูดซับความร้อนได้ดี
7. ความสามารถเทได้ในปริมาณความสามารถเทได้ที่เท่ากัน คอนกรีตมวลเบาจะมีค่ายุบตัวน้อยกว่าคอนกรีตธรรมดา
8. การทนไฟ คอนกรีตมวลเบามีความสามารถความต้านทานเพลิงไหม้ได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดาทั่วไป
9. สัมประสิทธิ์การขยายตัวของคอนกรีตมวลเบาประมาณ 7x106 ถึง 5x106 ต่อองศาเซลเซียสซึ่งน้อยกว่าคอนกรีตธรรมดา

2.2.2. โครงสร้างของหลังคา

โครงสร้างของหลังคานับว่าเป็นโครงสร้างส่วนที่สำคัญของบ้านอีกส่วนหนึ่งเช่นกัน เพราะหลังคาจะทำหน้าที่คุ้มแดดคุ้มฝนให้แก่ตัวบ้านรวมทั้งผู้อยู่อาศัยด้วย เพราะเหตุว่าด้วยโครงสร้างหลังคาและตัวหลังคาเป็นส่วนที่อยู่สูงสุดของตัวบ้านดังนั้นปัญหาเรื่องการรับน้ำหนักของตัวหลังคาจึงไม่ค่อยพบแต่ที่พบบ่อยจะเป็นปัญหาเรื่องการเกาะยึดของตัวหลังคาและโครงหลังคามากกว่านอกจากนี้ปัญหาที่ได้บ่อยอีกอย่างหนึ่งคือการแตกหรือรั่วของหลังคาปัญหาเหล่านี้มักมีสาเหตุมาจากวัสดุที่ใช้ทำหลังคาหรือการขาดความประณีตในการทำหลังคาเหตุเพราะว่าหลังคาเป็นส่วนที่อยู่สูงที่สุดของตัวบ้านเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นมักมองไม่เห็นและทำการแก้ไขได้ยาก ฉะนั้นขั้นตอนการทำที่ประณีตและการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมดูแลอย่างถูกต้องจะช่วยลดปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมาก หากจะกล่าวถึงโครงสร้างของหลังคาอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ โครงหลังคาและวัสดุมุงหลังคา

2.2.2.1. ประเภทของโครงหลังคา

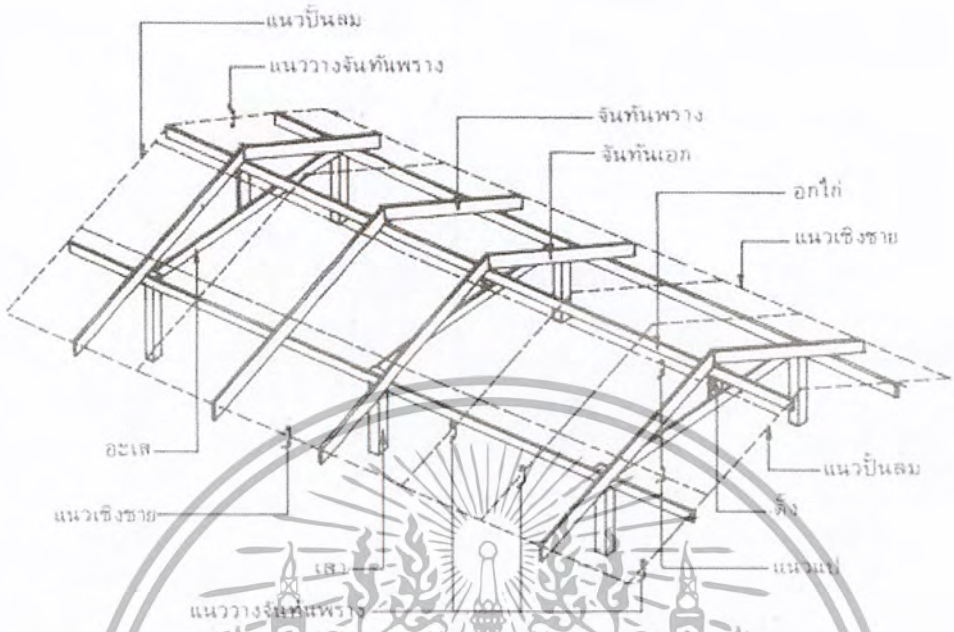
โครงหลังคา โครงหลังคาเป็นโครงสร้างที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักของวัสดุมุงหลังคา โดยทำหน้าที่ยึดมุงหลังคาอย่าง เช่น กระเบื้องมุงหลังคา ให้อยู่ในลักษณะที่มั่นคงแข็งแรงและเป็นระเบียบในขณะเดียวกันก็จะทำหน้าที่ยึดตัว หลังคาทั้งหมด ให้เชื่อมต่อกับ โครงสร้างของเสา และคาน ของตัวบ้านอย่างแข็งแรง โครงหลังคาที่ดีนอกจาก จะต้องมีการเชื่อมต่อ หรือเกาะยึดอย่างแข็งแรงแล้ว ยังมีความคง ทนต่อดินฟ้าอากาศ และสภาพกาลเวลาที่ผ่านไป อีกทั้งการสร้างจะต้องกระทำอย่างประณีตและถูกต้องในแง่ของขนาดและระยะต่าง ๆ เพื่อให้แนวหลังคาที่มุงเสร็จอยู่ในลักษณะเข้าที่เรียบร้อย โครงหลังคาที่ใช้ในบ้านเรือนทั่วไปอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ตามวัสดุที่ใช้ กล่าวคือ

1. โครงหลังคาไม้ โครงหลังคาที่ทำด้วยไม้นิยมใช้กันมากในสมัยก่อน เพราะต้นทุนของวัสดุต่ำ ขั้นตอนการปลูกสร้าง ก็ไม่ยุ่งยาก ไม่ต้องใช้เครื่องมือมาก อีกประการหนึ่งบ้านในสมัยก่อนยังนิยมปลูกเป็นบ้านไม้ การเชื่อมต่อระหว่างโครงหลังคา กับโครงสร้างของเสาและคาน ที่ทำด้วยไม้เหมือนกันสามารถทำได้โดยสะดวก

2. โครงหลังคาเหล็ก โครงหลังคาที่ทำด้วยเหล็กเป็นโครงหลังคาที่นิยมใช้กันทั่วไปสำหรับอาคารบ้านเรือนในปัจจุบัน เพราะเหล็กเป็นวัสดุที่หาง่ายในท้องตลาด อีกทั้งมีรูปแบบและขนาดต่าง ๆ ให้เลือกมากมายเพื่อ ให้เหมาะสมกับการรับน้ำหนักและรูปทรงที่แตกต่างกันของบ้านเรือนแต่ละหลัง นอกจากนี้ เหล็กยังเป็นวัสดุ ที่ให้ความแข็งแรงและความคงรูปเป็นอย่างดี ในแง่ของความคงทนและอายุการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2. ส่วนประกอบของโครงหลังคา



รูปที่ 2.1. ส่วนประกอบของโครงหลังคา

1. อะเส คือส่วนของโครงหลังคาที่วางพาดอยู่บนหัวเสา ลักษณะคล้ายๆ คานทำหน้าที่ยึดและรัดหัวเสาและยังทำหน้าที่รับแรงจากโครงหลังคาถ่ายลงสู่เสาอีกด้วย โดยทั่วไปแล้วในการวางอะเส มักจะวางทางด้านริมนอกของเสาและวางเฉพาะด้านที่มีความลาดเอียงของหลังคา ดังนั้นหลังคามะนิลา (Gable Roof) จะมีอะเสหลักเพียง 2 ด้านในขณะที่หลังคาปั้นหยา (Hip Roof) จะมีอะเสหลัก 4 ด้าน
2. ขื่อ คือส่วนของโครงสร้างที่ว่าอยู่บนหัวเสาในทิศทางเดียวกัน กับจันทันทำหน้าที่รับทั้งแรงดึงและยึดหัวเสา ในแนวคานสกัด และช่วยยึดโครงผนัง
3. ดั้งเอก คือส่วนของโครงสร้างที่อยู่ในแนวสันหลังคา โดยวางอยู่บนขื่อตัวฉากตรงขึ้นไป โดยมีอกไก่วางพาดตามแนวสันหลังคาเป็นตัวยึด
4. อกไก่ คือส่วนของโครงสร้างที่วางพาดอยู่บนดั้งบริเวณสันหลังคา ทำหน้าที่รับจันทัน
5. จันทัน คือสวนของโครงสร้างที่วางอยู่บนหัวเสา โดยวางพาดอยู่บนอะเสและอกไก่รองรับแป หรือระแนงที่รับกระเบื้องมุงหลังคา จันทันยังแบ่งเป็นจันทันเอกคือ จันทันที่วางอยู่บนหัวเสาและจันทัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มิได้วางพาดอยู่บนหัวเสา โดยทั่วไปจันทันจะวางทุกระยะประมาณ 1.00 ม. โดยระยะห่างของจันทันขึ้นอยู่กับน้ำหนักของวัสดุมุงหลังคาและระยะแปด้วย

6. แปหรือระแนง คือส่วนของโครงสร้างที่วางอยู่บนจันทัน รองรับวัสดุมุงหลังคาประเภทต่างๆ โดยวางขนานกับแนวอกไก่ เริ่มจากส่วนที่ต่ำสุดไปสู่ส่วนที่สูงสุดของหลังคา
7. เชิงชาย คือส่วนของโครงสร้างที่ปิดอยู่บริเวณปลายจันทัน เพื่อปกปิดความไม่เรียบร้อยของปลายจันทัน อีกทั้งยังเป็นส่วนที่ใช้ยึดเหล็กรับรางน้ำและยังทำหน้าที่เป็นแผ่นปิดด้าน สกัดของจันทันที่ช่วยกันมิให้ฝนสาดย้อนกลับด้วย
8. ปั้นลม คือส่วนของโครงสร้างที่ปิดไม่ให้เห็นสันกระเบื้องทางด้านหน้าจั่ว และปิดหัวแป จะใช้กับอาคารประเภทมีหน้าจั่วเท่านั้น
9. ไม้ปิดลอน หรือไม้เซาะตามลอนกระเบื้อง เป็นไม้ที่มีลักษณะโค้งตามขนาดลอนของวัสดุมุงหลังคา เพื่อปิดช่องว่างระหว่างปลายกระเบื้องกับเชิงชายกันนกและแมลงเล็ดลอดเข้าไป ก่อความรำคาญในบ้านของท่าน
10. ตะเฆ่สัน จะอยู่บริเวณครอบมุมหลังคา ที่ความลาดเอียง 2 ด้านมาบรรจบกัน โดยหันหน้าออกจากกัน โดยมีครอบกระเบื้องและวัสดุมุงอีกที
11. ตะเฆ่ราง เป็นส่วนที่ความลาดเอียงของหลังคาสองด้านมาชนกันเป็นราง ซึ่งบริเวณส่วนนี้จำเป็นจะต้องมีรางน้ำเพื่อระบายน้ำออกจากหลังคา

2.2.2.3. วัสดุมุงหลังคา

1. วัสดุมุงหลังคาชนิดแผ่นกระเบื้อง สามารถแบ่งออกได้เป็น

- กระเบื้องดินเผา เป็นวัสดุธรรมชาติใช้เป็นวัสดุมุงหลังคากันมาแต่โบราณปัจจุบันใช้มุงหลังคาที่ต้องการโชว์หลังคาเช่น บ้านทรงไทย โบสถ์ วิหารกระเบื้องชนิดนี้ใช้มุงหลังคาที่มีความลาดเอียงมากๆ มิฉะนั้นหลังคามีโอกาสจะรั่วได้
- กระเบื้องคอนกรีตหรือกระเบื้องซีเมนต์ วัสดุมุงหลังคาชนิดนี้มีความแข็งแรงและสวยงามแต่ราคาค่อนข้างแพงและมีน้ำหนักมาก ทำให้โครงหลังคาที่จะมุงด้วยกระเบื้องชนิดนี้ต้องแข็งแรงขึ้นเพื่อรับ น้ำหนักวัสดุมุงหลังคา กระเบื้องซีเมนต์มีอยู่ 2 ชนิดด้วยกันคือ กระเบื้องสี่เหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนมเปียกปูนขนาดเล็กที่ใช้มุงกับหลังคาที่มีความลาดเอียงตั้งแต่ 30-45 องศา ส่วนอีกชนิดนั้นเป็นกระเบื้องที่เรียกกันว่า กระเบื้องโมเนียร์ซึ่งสามารถมุงหลังคาในความชันตั้งแต่ 17 องศาขึ้นไป

- กระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบ กระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบ มีความสวยงามเพราะผิวกระเบื้องมีความเนียนเรียบ
- กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องชนิดนี้มีคุณสมบัติกันไฟและเป็นฉนวนป้องกันความร้อน มีราคาไม่แพงและมุงหลังคาที่มีความลาดชันตั้งแต่ 10 องศากระเบื้องซีเมนต์ใยหินสามารถแบ่งเป็นประเภทต่างๆ ตามที่พบในท้องตลาดมี 2 ชนิดคือ กระเบื้องลูกฟูกลอนเล็กใช้กับบ้านพักอาศัย ส่วนลูกฟูกลอนใหญ่ใช้กับอาคารขนาดใหญ่ตามสัดส่วนที่รับกันพอดี
- กระเบื้องลอนคู่ ระบายน้ำได้ดีกว่ากระเบื้องลูกฟูกเนื่องจากมีลอนที่ลึกและ กว้างกว่า จึงนิยมใช้มุงหลังคามากกว่า

2. วัสดุมุงหลังคาโลหะ หรือเรียกกันภาษาช่างว่าหลังคาเหล็กรีด ทำจากแผ่นเหล็กอาบสังกะสีดัดเป็นลอน นิยมใช้ในการมุงหลังคา ขนาดใหญ่เพิ่มสีสันให้กับอาคารสมัยใหม่ แต่วัสดุชนิดนี้มีปัญหาเรื่องความร้อน เนื่องจากหลังคาโลหะกันความร้อนได้น้อยมาก และมีปัญหาเรื่องเสียงในเวลาฝนตก

3. วัสดุประเภทพลาสติกหรือไฟเบอร์ที่เป็นแผ่นโปร่งใสทำเป็นรูปร่างเหมือน กระเบื้องชนิดต่างๆ เพื่อใช้มุงกับกระเบื้องเหล่านั้น ในบริเวณที่ต้องการแสงสว่างจากหลังคาเช่นห้องน้ำ เป็นต้น ก็ทราบวัสดุมุงหลังคาประเภทต่างๆที่นิยมใช้กันไปเรียบร้อยแล้ว ส่วนการเลือกใช้นั้นต้องคำนึงถึงลักษณะของหลังคาความลาดเอียงรูปแบบของอาคาร บ้านเรือนของท่านตลอดจน ราคาวัสดุค่าโครงหลังคาจะรักจะชอบแบบไหนก็เลือกใช้กันตามความเหมาะสม

4. วัสดุประเภทแผ่นชิงเกิ้ล ซึ่งเป็นประเภทวัสดุสังเคราะห์ เริ่มเป็นที่นิยมใช้ในบ้านเราโดยเฉพาะอาคารประเภท รีสอร์ทเพราะเล่นรูปทรงได้หลายรูปแบบ

5. วัสดุมุงประเภทอื่นๆ เช่นวัสดุประเภททองแดงหรือแผ่นตะกั่ว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3. การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องคอนกรีตมวลเบามีมากกว่า 50 ปี ในต่างประเทศ ในระยะแรกจะเป็นคอนกรีตเบาประเภท Lightweight Aggregate Concrete คือ คอนกรีตที่มีมวลรวมเป็นวัสดุเบา สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป เช่น หล่อเป็นก้อนสี่เหลี่ยมสำหรับไว้ทำกำแพง หรือหล่อผนังเป็นต้น

สำหรับคอนกรีตประเภท Aerated Concrete คือคอนกรีตที่มีการกักขังฟองอากาศขนาดเล็กให้กระจายอยู่ภายในเนื้อคอนกรีต ก็ได้มีการพัฒนาควบคู่กันมาอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 1976 C.bagon และ S.Frondista-Yonus ได้ศึกษาและประดิษฐ์คอนกรีตเบาประเภท Aerate Concrete ขึ้นโดยใช้ส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ประเภทสาม น้ำ ทรายละเอียด และสารทำให้เกิดฟองคอนกรีตที่ได้มีค่าหน่วยน้ำหนัก 845 กิโลกรัมต่อลูกบาสก์เซนติเมตร ค่ากำลังต้านทานแรงอัดสูงสุด 48 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่า Modulus of Elasticity 5.9×10^4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ต่อมา Aerate Concrete ได้ถูกพัฒนาในประเทศสวีเดนให้เป็น Autoclave Aerate concrete โดยอาศัยหลักการของ การเกิดปฏิกิริยาเคมีของผงอะลูมิเนียมกับแคลเซียมทำให้เกิดไฮโดรเจนขึ้นในส่วนผสม ทำให้เกิดการเร่งการแข็งตัวและไล่ก๊าซออกจากเนื้อคอนกรีตโดยการอบไปน้ำภายใต้แรงดันสูง ซึ่งเรียกว่า Autoclave concrete คอนกรีตเบาประเภท Autoclave Aerate concrete มีค่าหน่วยน้ำหนัก 300-600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถทำให้วัสดุไม่รับแรง ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกันความร้อนได้เป็นอย่างดี แต่วิธีการนี้ไม่เป็นที่แพร่หลาย เนื่องจากใช้ต้นทุนในการผลิตสูงมาก สำหรับประเทศไทยการศึกษาและพัฒนาคอนกรีตเบาเพื่อนำไปใช้งานก็มีอยู่บ้างแต่ยังไม่มากนักมีดังนี้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2529-2530) ได้ทำการศึกษาคอนกรีตมวลเบาประเภท Foam concrete ขึ้นทำให้คอนกรีตมวลเบามีค่าหน่วยน้ำหนัก 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าต้านทานแรงอัด 20-70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมคิด เศียรอุ่น และคณะ (2537-2538) ได้เสนอการศึกษาเรื่องคอนกรีตผสมโฟม โดยใช้โฟมเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ถึง 0.1 เซนติเมตร เป็นมวลรวมหยาบในส่วนผสมแทนหิน และเลือกอัตราส่วนผสมคอนกรีต 1:2:3 ซึ่งผลการศึกษาทำให้ได้คอนกรีตที่มีค่าหน่วยน้ำหนัก 1,550 ถึง 1,600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่ากำลังต้านทานแรงอัดสูงสุด 153.2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรและในขั้นตอนของการผลิตคอนกรีตผสมโฟมยังพบว่า ถ้าคอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวมากเกินไปและมีการเขย่าหรือกระทุ้งคอนกรีตมากเกินไปจะทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัวได้ โดยโฟมจะลอยตัวขึ้นสู่ผิวหน้าของคอนกรีต สำหรับความเป็นไปได้ของการนำไปใช้งานสำหรับคอนกรีตผสมโฟมเหมาะสมที่จะนำไปใช้ทำผนังสำเร็จรูป เพื่อช่วยลดน้ำหนักของโครงสร้าง

ปิยะพงศ์ กิ่สวัสดิ์คอน และคณะ (2538-2539) ได้เสนอผลการศึกษาเรื่องคอนกรีตมวลเบาโดยการทดสอบคุณสมบัติการก่อตัว ความสามารถเทได้ ปริมาณอากาศ และกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตเบาประเภท Foam Concrete โดยการเติมสารเคมีผสมชนิด AEA-303 และออกแบบส่วนผสมที่กำลังอัด 180,210 และ 240 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ผลจากการศึกษาพบว่าปริมาณอากาศที่ได้จากการใส่สารกักฟองอากาศมีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต โดยทำให้เวลาที่ใช้ในการก่อตัวลดลง 45-65 % มีความสามารถเทได้ดี โดยมีค่าการยุบตัว 20-23 เซนติเมตร ค่ากำลังต้านทานแรงอัด 90-130 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทำให้สามารถนำคอนกรีตไปใช้กับงานที่มีขนาดหล่อแคบได้ อย่างไรก็ตามผลจากการทดสอบยังพบว่ายิ่งทำให้ความหนาแน่นของคอนกรีตมีค่าลดลงคอนกรีตจะมีน้ำหนักเบาขึ้นแต่ความสามารถในการต้านทานลดลงด้วย

เกรียงไกร ภาครัฐประเสริฐ และคณะ (2539-2539) ได้เสนอผลการศึกษาเรื่องคอนกรีตมวลเบาโดยใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ 2 ชนิดคือ Pumine กับ Perlite นำมาผสมกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในอัตราส่านต่างๆผลจาการศึกษาพบว่าอัตราส่านที่เหมาะสมที่สุดคือ ปูนซีเมนต์:ทราย ในอัตราส่วน 1:0.8:2.4:0.8 ซึ่งทำให้คอนกรีตมีค่าน้ำหนัก 1,145-1,500 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่ากำลังต้านทานแรงอัดสูงสุด 118 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรและมีอัตราการดูดซึม 37.4 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขจร ดันติพจน์ และคณะ (2540) ได้เสนอผลงานการศึกษาเรื่องคุณสมบัติของคอนกรีตพรุนที่ผลิตโดยผงอะลูมิเนียมโดยใช้อัตราส่วน ปูน: ทราย 1:1 โดยน้ำหนักปูนขาว 5% และยิปซัม 3 % โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ได้ว่า กำลังแรงอัดของคอนกรีตพรุนจะแปรผกผันกับปริมาณผงอะลูมิเนียมและแปรผกผันกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทดลองนี้โดยพิจารณาจากกำลังแรงอัด แรงเฉือน ความหนาแน่นและการดูดซึมของคอนกรีตพรุน คือการใช้ปริมาณผงอลูมิเนียม 0.15% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.55 มีราคาประมาณ2 ,610 บาทต่อลูกบาศก์เมตรและมีคุณสมบัติดังนี้ กำลังแรงอัด 46.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร กำลังแรงเฉือน 7.17 กิโลกรัมต่อตารางเมตรความหนาแน่น 1.19 ตันต่อลูกบาศก์เมตร อัตราการดูดซึม 35.36%

ธวัชชัย วนาพิทักษ์กุล และคณะ(2539-2540) ได้เสนอผลการศึกษาเรื่องคอนกรีตโฟมโดยทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติการนำความร้อน โดยเลือกใช้โฟมเม็ดกลมขนาด 1\4 1\2 และ 1 นิ้ว แทนหินในปริมาณ 200 400 และ 585 ลิตรต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ผลจากการศึกษาทำให้ได้คอนกรีตที่มีค่าหน่วยน้ำหนัก 1,185 ถึง 2,029 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่ากำลังสูงสุด 213.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แสดงว่าคอนกรีตผสมโฟมให้ค่ากำลังต้านทานแรงอัด ค่าหน่วยน้ำหนักและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดา และจะมีค่าดังกล่าวลดลงอีก เมื่อมีการเพิ่มปริมาณส่วนผสมของโฟมมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคอนกรีตผสมโฟมมีน้ำหนักเบาและป้องกันความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา แต่มีความแข็งแรงน้อยกว่า อย่างไรก็ตามผลการทดสอบยังพบว่าในการใช้โฟมเป็นวัสดุในปริมาณที่เท่ากัน โฟมที่มีขนาดเม็ดเล็กกว่าจะทำให้คอนกรีตมีกำลังต้านทานแรงอัดได้ดีกว่าโฟมที่มีขนาดใหญ่กว่า

กฤษฎา โรจน์ประสิทธุพร และคณะ (2546) ได้เสนอผลงานการศึกษาเรื่องคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาผสมเส้นใยไฟเบอร์ คอนกรีตมวลเบาที่ใช้เป็นคอนกรีตมวลเบาที่เกิดจากการกักฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต โดนผสมเส้นใยไฟเบอร์นั้น วัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มกำลังรับแรงให้คอนกรีตทำให้การแตกหักระหว่างการขนส่งลดลง ผลการทดสอบพบว่าปริมาณไฟเบอร์ที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 0.05% (โดยปริมาณ) ซึ่งแสดงให้เห็นจากการเพิ่มขึ้นของกำลังอัดและกำลังดัดสูงสุดที่ค่านี้ อย่างไรก็ตามคอนกรีตมวลเบามีแนวโน้มที่จะมีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาติชาย พรหมวงศ์ และคณะ(2549) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของสารเพิ่มฟองอากาศที่มีผลต่อคุณสมบัติด้านต่างๆของคอนกรีตมวลเบา โดยใช้น้ำยาเคมีทำให้เกิดฟองอากาศก่อนแล้วจึงนำไปผสมกับซีเมนต์และน้ำ ศึกษาความหนาแน่นในช่วง 1,400-1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีกำลังรับแรงอัดที่ 28 วันมากกว่า 180 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.3, 0.4

E.K. kunhanandam Nambiar , K.ramamurthy (2007) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของช่องอากาศในคอนกรีตที่ผสมสารเพิ่มฟองอากาศ โดยมีตัวแปรเป็นค่าความพรุน การซึมผ่านได้ของน้ำ การกระจายตัวของฟองอากาศ ตัวแปรดังกล่าวมานี้เป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีอิทธิพลต่อโฟมคอนกรีตโดยพบว่าปริมาตร ขนาด และระยะห่างระหว่างซึ่งอากาศมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นและกำลัง ถ้าผสมให้การกระจายตัวของฟองอากาศมีความแคบลง จะทำให้ได้กำลังมากขึ้น ถ้าปริมาตรของโฟมมากขึ้นจะเกิดการรวมตัวของฟองอากาศทำให้เกิดช่องอากาศขนาดใหญ่ เมื่อมีการกระจายตัวกว้างค่ากำลังก็จะลดลง

บุรฉัตร กาฬยี และคณะ (2551) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการนำผลของกำลังรับแรงอัดและค่าการนำความร้อนของคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC มาทำการพิจารณาพร้อมกันพบว่าค่าคอนกรีตมวลเบามีค่ากำลังรับแรงอัดมากนั้นจะมีความสามารถกันความร้อยได้น้อย ดังตัวอย่างคือ คอนกรีตมวลเบาที่ทีความหนาแน่นเท่ากับ 1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดแต่มีความสามารถกันความร้อนได้น้อยที่สุด

ธีรพงษ์ กรีธากร และคณะ (2552) ทำการศึกษาถึงการประยุกต์หลังคาสำเร็จรูปโดยใช้คอนกรีตมวลเบา โดยใช้น้ำยาเคมีทำให้เกิดฟองอากาศก่อนทำให้คอนกรีตนั้นมีน้ำหนักเบาและยังมีส่วนประกอบของโฟมในชิ้นส่วนหลังคา เมื่อนำมาศึกษาการรั่วซึม ค่าการดูดซึม ความต้านทานแรงกดตามขวางและค่าการนำพาความร้อน ได้พบว่าแผ่นมุงหลังคามีน้ำหนักที่เบากว่าผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดและยังสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้แต่ยังมีค่าการดูดซึมที่ผิวยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานและการประกอบแผ่นหลังคายังไม่สามารถประกอบกันได้จริง ซึ่งจะต้องมีการแก้ไขและพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดสอบตั้งแต่เริ่มต้นทำการหล่อแบบกระเบื้องหลังคาและการทดสอบกระเบื้องหลังคาตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540 คือ การทดสอบแรงกดตามขวาง การทดสอบความไม่รั่วซึมของแผ่นหลังคาและการทดสอบการดูดซึมน้ำ รวมทั้งการทดสอบการนำความร้อนซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ต้องทดสอบเพื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติกับกระเบื้องหลังคาชนิดอื่นๆ

3.2. ขั้นตอนและรายละเอียดการดำเนินงาน

3.2.1. ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ขั้นตอนรวบรวมข้อมูล ทำการหาข้อมูลเกี่ยวกับคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ทั้งจากหนังสือ อินเตอร์เน็ตและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
2. ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล ทำการศึกษาข้อมูลที่รวบรวม รวมทั้งศึกษามาตรฐานและเงื่อนไขในการออกแบบแล้วนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้
3. ขั้นตอนการออกแบบลักษณะแผ่นหลังคาที่จะทำการวิจัย
4. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผสมคอนกรีต
5. ขั้นตอนการหล่อแบบแผ่นหลังคาให้ได้ตามคุณสมบัติ
6. ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติหลังคาคอนกรีตมวลเบา
   - การทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวาง ตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

- การทดสอบความไม่รั่วซึมของแผ่นหลังคา ตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540
- การทดสอบการดูดซึมน้ำ ตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540
- การทดสอบการนำความร้อน

3.2.2. รายละเอียดการดำเนินงาน การดำเนินงานหลักๆสามารถแบ่งได้ 3 ส่วนดังนี้

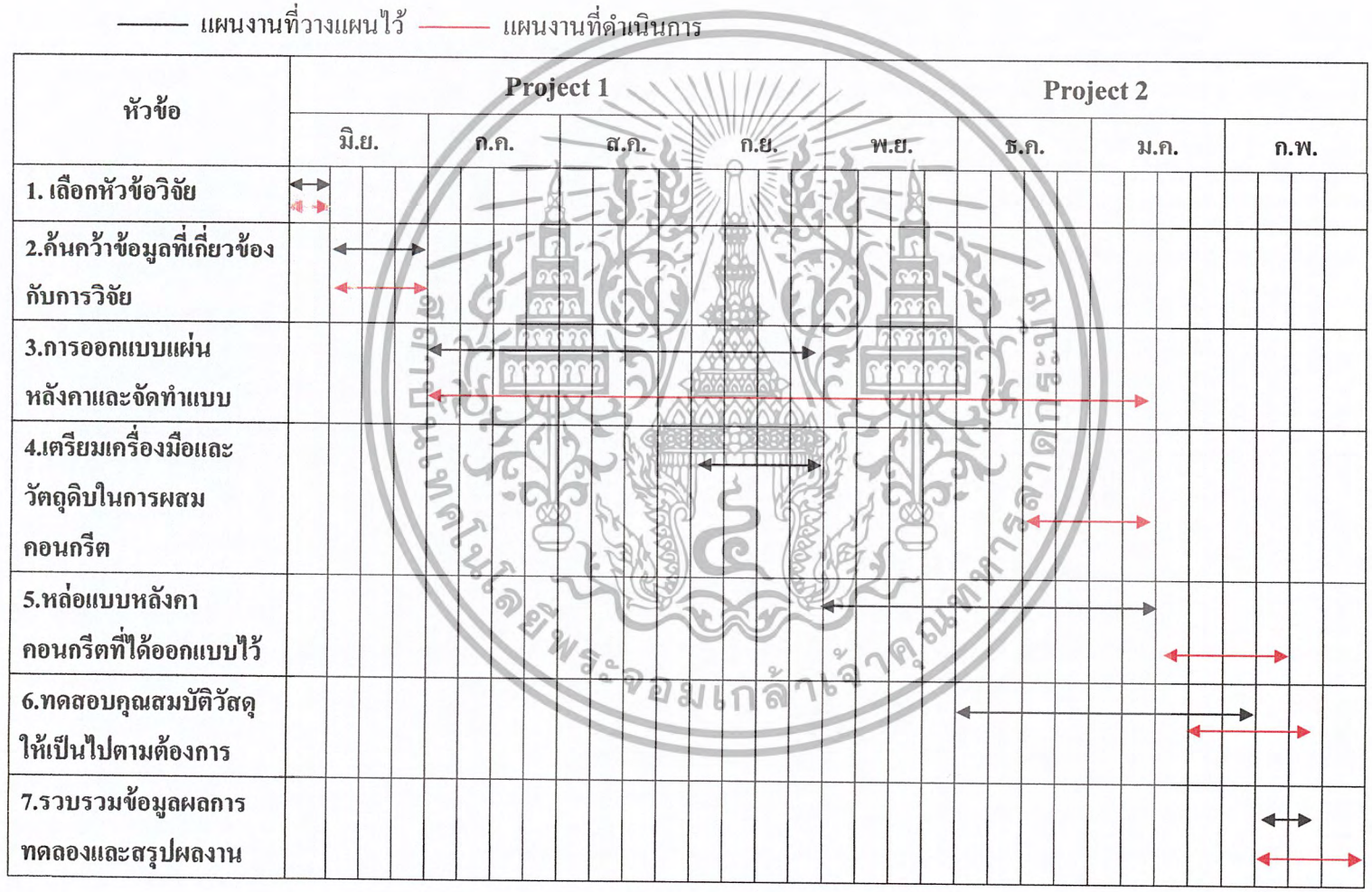
1. ขั้นตอนการออกแบบและทำแบบหล่อแผ่นหลังคา
2. ขั้นตอนการหล่อแบบแผ่นหลังคา
3. ขั้นตอนทดสอบคุณสมบัติของแผ่นหลังคา

3.2.3. แผนการดำเนินงาน

แผนการจะแบ่งเป็นช่วงเวลาต่างๆทั้งแผนงานวางแผนไว้และแผนงานที่ได้ดำเนินการ ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
117598

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน



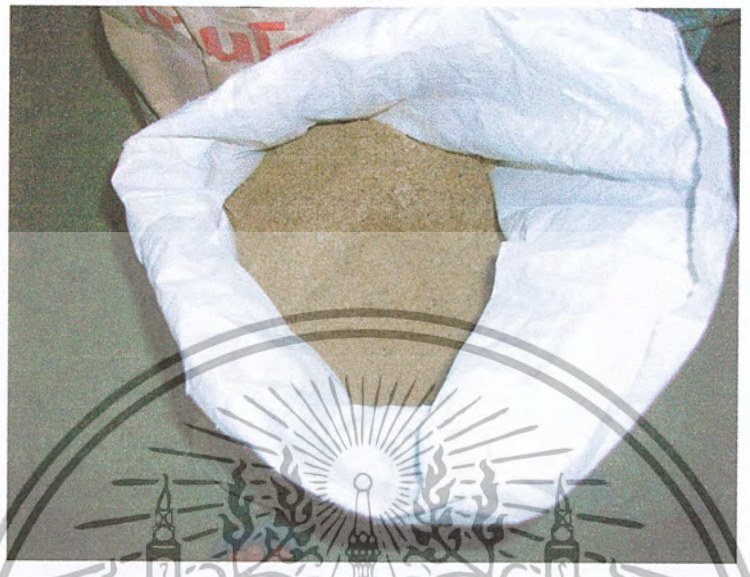
3.3. ขั้นตอนการหล่อแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา

3.3.1. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
2. ทรายละเอียด
3. น้ำและกระบอกตวง
4. สารเคมีทำให้เกิดฟองอากาศ AE4
5. เครื่องชั่ง
6. เครื่องผสมคอนกรีต
7. ปั๊มสูบน้ำ
8. เครื่องอัดอากาศ
9. เครื่องผลิตฟองโฟม
10. แผ่นโฟมขนาด 25x27x5 เซนติเมตร
11. ถาด , เกียงและอุปกรณ์อื่นๆ
12. แบบหล่อเหล็กขนาด 33x38x8 เซนติเมตร
13. สีทากันซึม

รูปที่ 3.1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

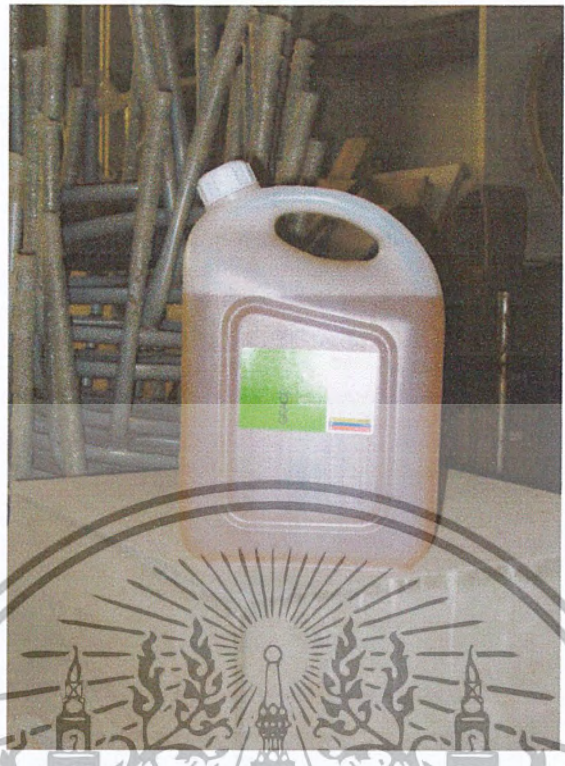
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



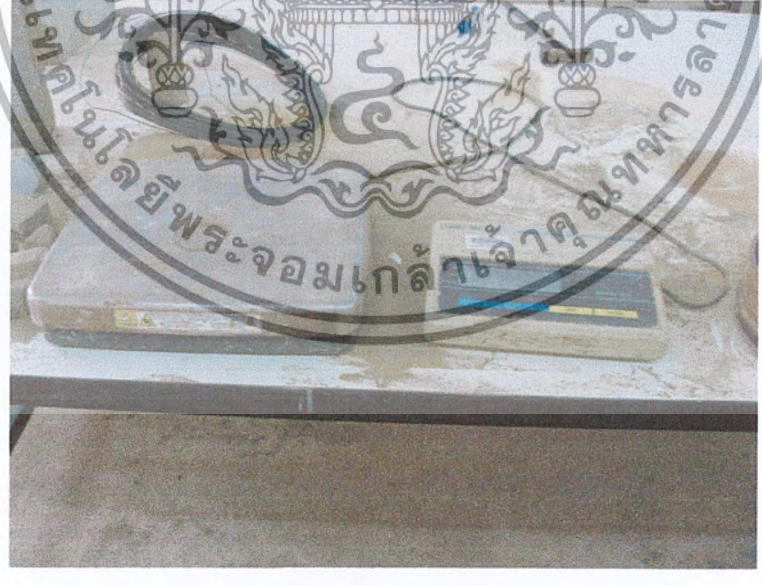
รูปที่ 3.2. ทรายละเอียด

รูปที่ 3.3. น้ำและกระบอกตวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4. สารเคมีที่ทำให้เกิดฟองอากาศ



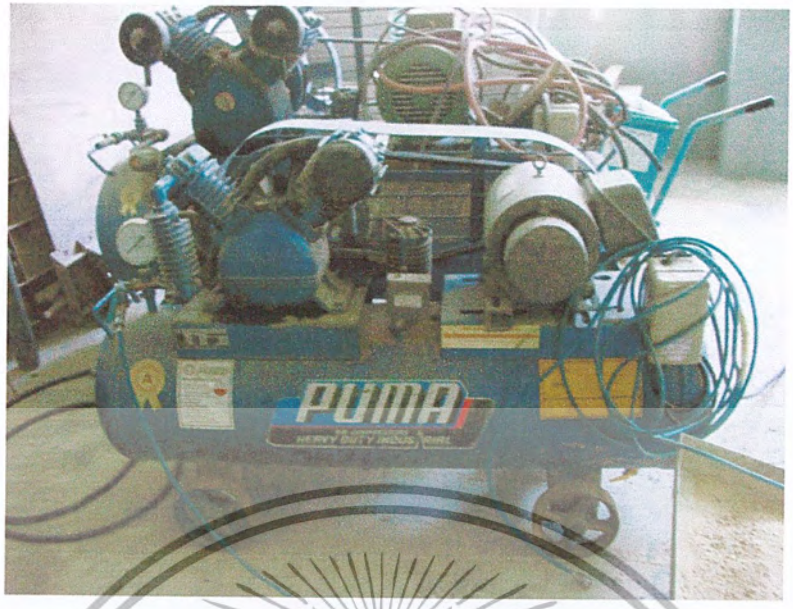
รูปที่ 3.5. เครื่องชั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6. เครื่องผสมคอนกรีต

รูปที่ 3.7. ปั๊มสูบน้ำ

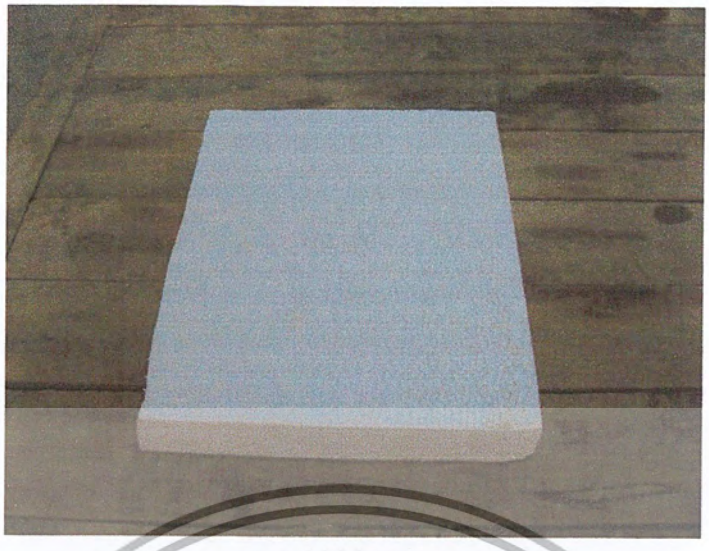
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8. เครื่องอัดอากาศ

รูปที่ 3.9. เครื่องผลิตฟองโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10. แผ่นโฟม

รูปที่ 3.11. อุปกรณ์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

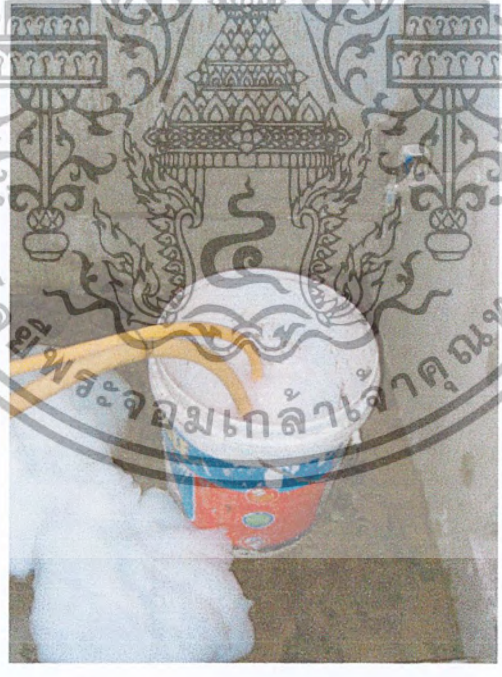
รูปที่ 3.12. แบบหล่อเหล็ก

รูปที่ 3.13. สีทากันซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

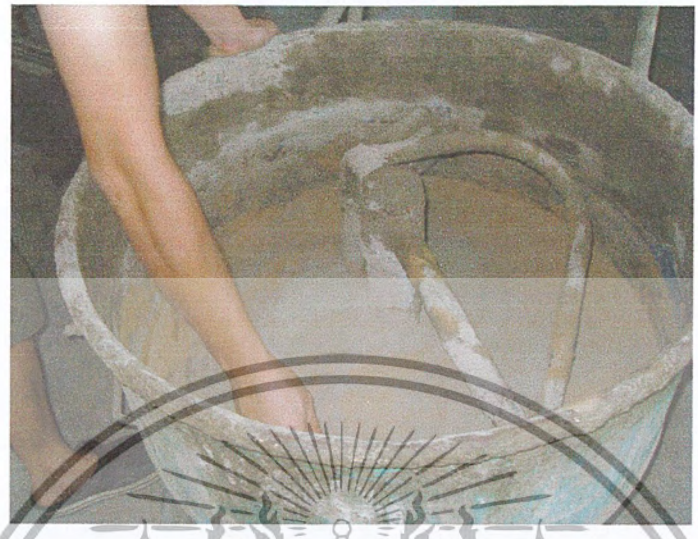
3.3.2. ขั้นตอนการหล่อแผ่นหลังคา

1. เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการผสมคอนกรีต เช่น ปูน ทราย น้ำ โดยการชั่งน้ำหนัก
2. เตรียมสารเคมีที่ทำให้เกิดฟองโดยมีอัตราส่วนระหว่างน้ำและสารเคมี 1 : 50
3. ติดตั้งชุดอุปกรณ์ฉีดฟองโฟม
4. ผสมคอนกรีตโดยใช้อัตราส่วนน้ำกับปูนซีเมนต์ 0.4
5. ผสมซีเมนต์เพสทแล้วฉีดฟองอากาศผสมคอนกรีตให้ได้หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ 1,000 - 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
6. นำคอนกรีตที่ผสมได้หล่อในแบบเหล็กโดยนำแผ่นโฟมขนาด 25x30x5 เซนติเมตร ใส่ไว้ตรงกลางระหว่างแบบหล่อโดยแบ่งการเทเป็น 2 ชั้น
7. เมื่อเทคอนกรีตลงในแบบ พร้อมทั้งเขย่ากระทุ้งคอนกรีตให้แน่นแล้วปาดและแต่งหน้าผิว
8. เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วทำการแกะแบบจากนั้นทาสีกันซึมให้เรียบร้อย



รูปที่ 3.14. เตรียมสารเคมีโดยผสมกับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

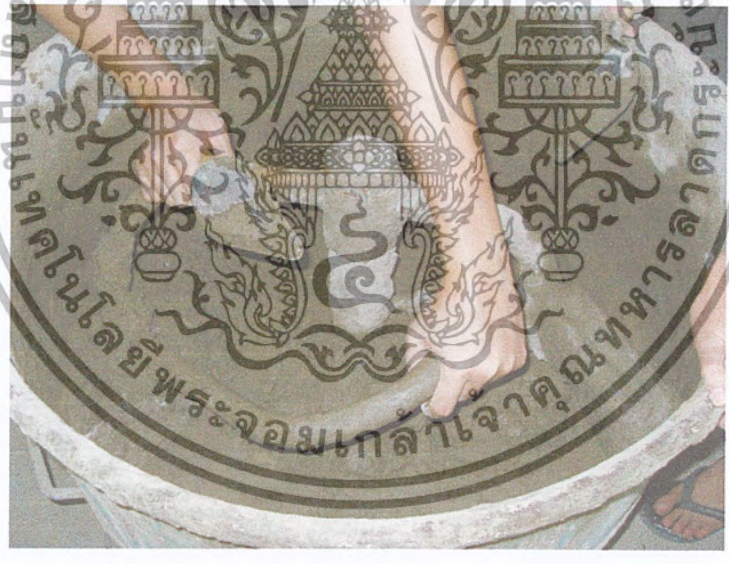


รูปที่ 3.15. ใส่ปูนและทรายลงในโม่

รูปที่ 3.16. ใส่น้ำเพื่อผสมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.17. ฉีดฟองอากาศผสมคอนกรีต



รูปที่ 3.18. ผสมคอนกรีตให้ได้หน่วยน้ำหนักที่ต้องการ

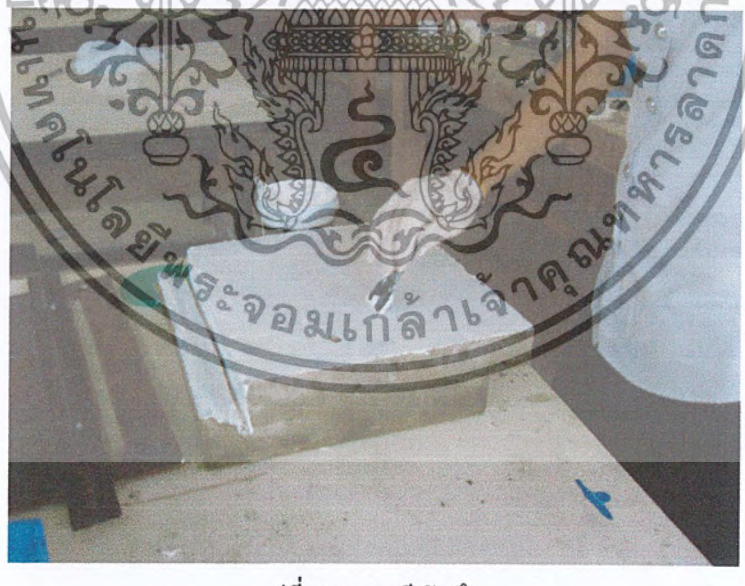
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19. นำคอนกรีตที่ผสมได้หล่อในแบบเหล็กโดยนำแผ่นโฟมขนาดใส่ไว้ตรงกลาง

รูปที่ 3.20. ปาดและแต่งหน้าผิวคอนกรีต

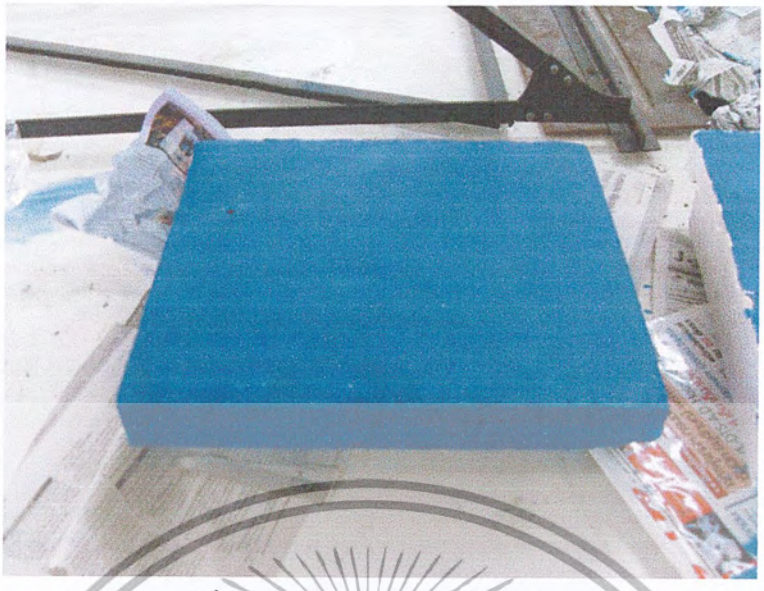
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21. แผ่นหลังคาคอนกรีตเมื่อแกะแบบแล้ว



รูปที่ 3.22. ทาสีกันซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23. แผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา

3.4. ขั้นตอนการทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวาง

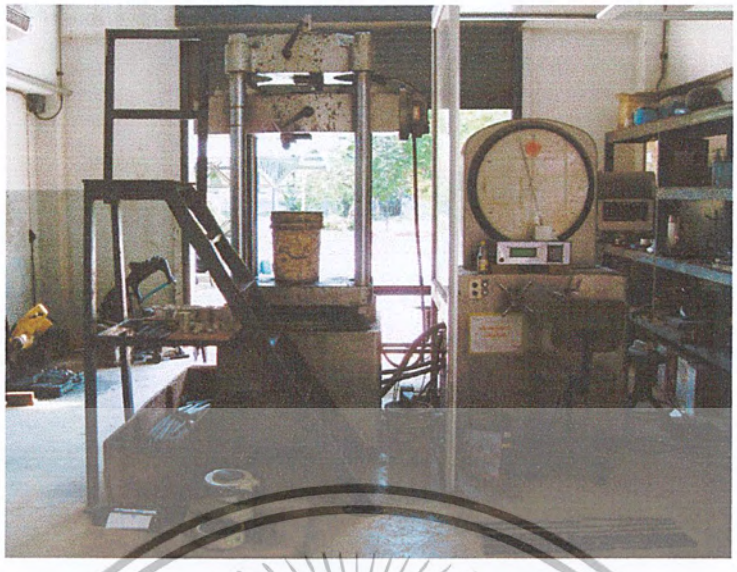
3.4.1. วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าความต้านทานแรงกดตามขวางตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540 เมื่อทดสอบแล้วความต้านทานแรงกดตามขวางของแต่ละแผ่นต้องไม่น้อยกว่า 540 นิวตันหรือค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 580 นิวตัน

3.4.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องทดสอบแรงกด Universal Testing Machine (UTM)
2. ตัวอย่างแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

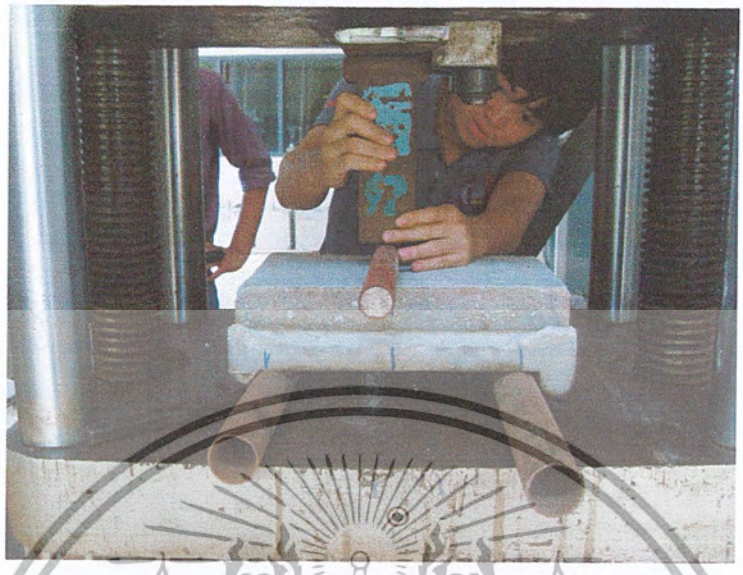


รูปที่ 3.24. เครื่องทดสอบแรงกด

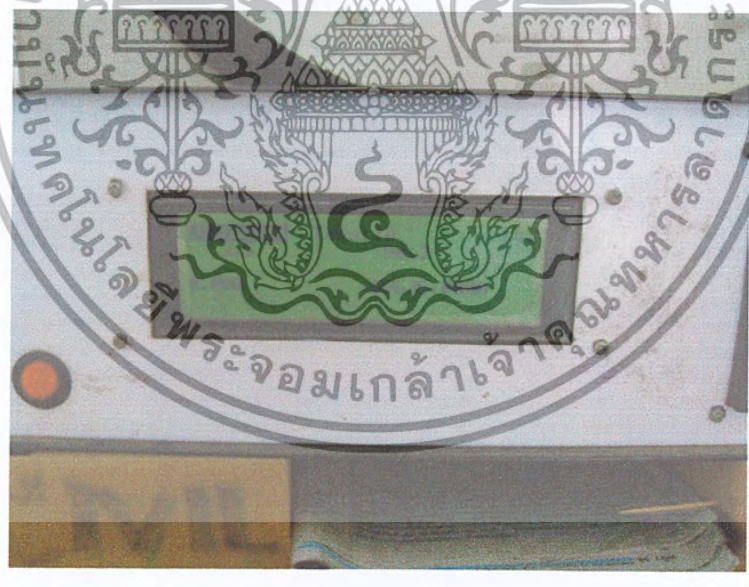
3.4.3. ขั้นตอนในการทดสอบ

1. นำตัวอย่างจัดให้อยู่ในสภาพรับแรงกด โดยจัดตัวอย่างในลักษณะใกล้เคียงกับสภาพจริงในการใช้งาน หาจุดกึ่งกลางที่น้ำหนักกระทำ แล้วใช้ปากกาทำเครื่องหมายไว้
2. เริ่มทำการให้น้ำหนักกดลงไปในอัตราสม่ำเสมอจนกระทั่งตัวอย่างแตกหัก เมื่อทดสอบถึงจุดวิบัติ ตัวเลขที่แสดงแรงกระทำจะลดลงให้บันทึกค่าแรงกระทำที่จุดวิบัติแล้วนำค่าที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับมาตราฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25. ลักษณะการวางตัวอย่างทดสอบแรงกด



รูปที่ 3.26. ผลการทดสอบแรงกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5. ขั้นตอนการทดสอบความไม่รั่วซึมของแผ่นหลังคา

3.5.1. วัตถุประสงค์

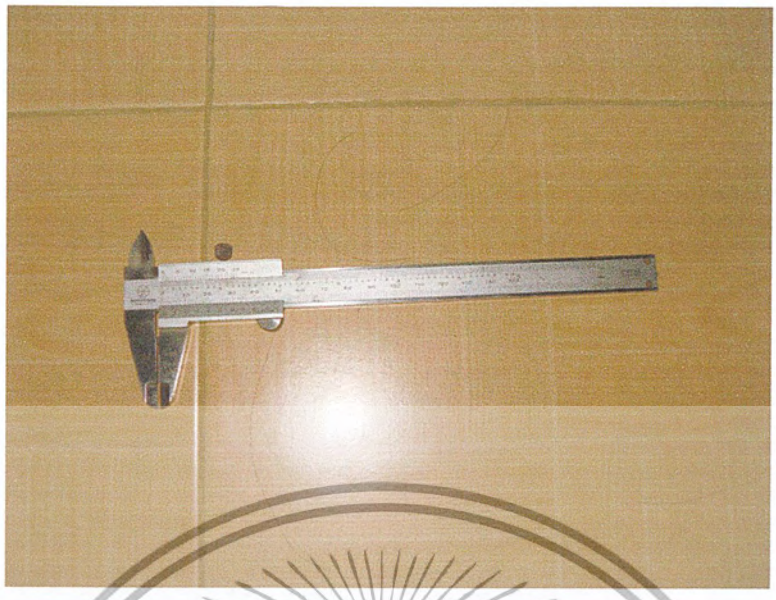
ทดสอบความไม่รั่วซึมของแผ่นหลังคาคอนกรีตโดยจะต้องไม่ปรากฏหยดน้ำใต้ผิวกระเบื้องเมื่อขังน้ำบนแผ่นกระเบื้องให้มีความสูงระดับ 50 มิลลิเมตรทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540

3.5.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. ตัวอย่างแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา
2. แผ่นอะคลิลิคใสสำหรับขังน้ำ
3. วัสดุยาแนว เช่น ดินน้ำมัน
4. เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

รูปที่ 3.27. แผ่นอะคลิลิคสำหรับขังน้ำยาแนวด้วยดินน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28. เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

3.5.3 ขั้นตอนในการทดสอบ

1. นำแผ่นตัวอย่างใส่กล่องพลาสติกแล้วขาแนวด้วยดินน้ำมันเพื่อไม่ให้น้ำผ่าน โดยเว้นระยะให้พอที่จะใส่น้ำ
2. ใส่น้ำบนแผ่นกระเบื้องให้มีความสูงระดับ 50 มิลลิเมตรทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. ตรวจสอบว่าด้านล่างของแผ่นมีหยดน้ำซึมผ่านหรือไม่ ถ้าไม่ปรากฏหยดน้ำใต้แผ่นแสดงว่าตัวอย่างไม่เกิดการรั่วซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.29. ขังน้ำไว้บนแผ่นกระเบื้องสูง 50 มิลลิเมตร

รูปที่ 3.30. บริเวณใต้แผ่นหลังคาของการทดสอบความไม่รั่วซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

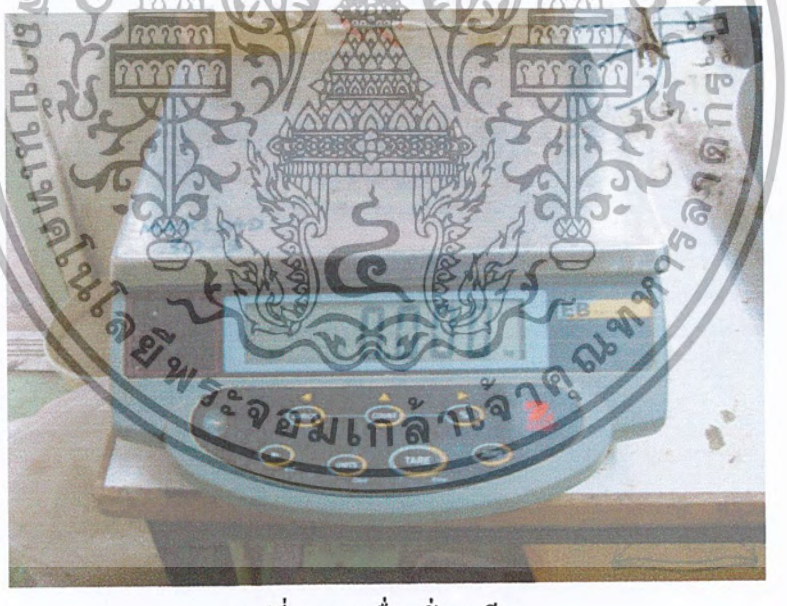
3.6. ขั้นตอนการทดสอบการดูดซึมน้ำ

3.6.1. วัตถุประสงค์

การทดสอบเพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540 ซึ่งจะต้องมีค่าต้องมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 10

3.6.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. ตัวอย่างแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา
2. เครื่องชั่งละเอียด
3. เตาอบ



รูปที่ 3.31. เครื่องชั่งละเอียด

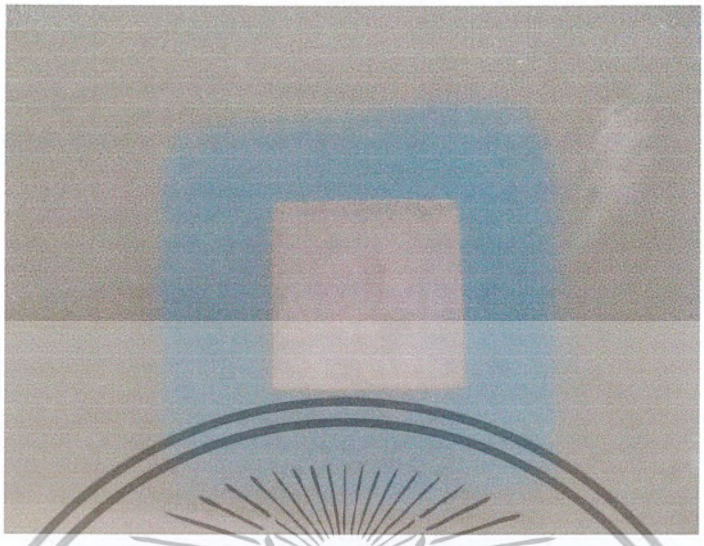
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.32. เตาอบ

3.6.3. ขั้นตอนในการทดสอบ

1. นำตัวอย่างนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. นำตัวอย่างที่อิ่มตัวด้วยน้ำมาแช่น้ำหนัก แล้วบันทึกน้ำหนักตัวอย่างไว้เป็น W_1
3. อบชิ้นตัวอย่างที่อุณหภูมิ 100 ถึง 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. นำตัวอย่างออกมาจากเตาอบทิ้งไว้จนถึงอุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกค่า เป็น W_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33. นำตัวอย่างแช่น้ำ

รูปที่ 3.34. ทำการอบชิ้นตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4. การคำนวณ

หาค่าการดูดซึมน้ำหาได้จากสมการ

น้ำหนักที่ดูดซึมน้ำ = $W_2 - W_1$ (3.1.)

ค่าการดูดซึมน้ำ = $\frac{W2 - W1}{W1} \times 100\%$ (3.2.)

โดย W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลักจากอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

3.7. ขั้นตอนการทดสอบการหาค่านำความร้อน

3.7.1. วัตถุประสงค์

การทดสอบเพื่อหาค่าการนำความร้อน K (Thermal Conductivity) ของแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา

3.7.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. แผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา
2. เครื่องให้ความร้อน
3. เครื่องวัดค่าการนำความร้อนที่ผิวด้วยอินฟาเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.35. เครื่องให้ความร้อน

รูปที่ 3.36. เครื่องวัดความร้อนที่ผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3. ขั้นตอนในการทดสอบ

1. ตั้งค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ที่ค่าหนึ่ง รอให้เครื่องทำอุณหภูมิจนถึงที่กำหนด
2. ให้อุณหภูมิที่ผิวล่างโดยการวางแผ่นคอนกรีตตัวอย่างไว้เป็นระยะเวลา 30 นาที
3. ทำการวัดอุณหภูมิที่ผิวบน ทำการจดบันทึกไว้เพื่อนำไปคำนวณหาค่าการนำความร้อน
4. ทำการทดสอบกับกระเบื้องที่มีวางขายกับท้องตลาดแล้วนำมาเปรียบเทียบค่า

รูปที่ 3.37. ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่อง

รูปที่ 3.38. วางแผ่นกระเบื้องตัวอย่างบนเครื่องให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.39 วัดอุณหภูมิที่ผิวบน

3.7.4. การคำนวณ

$$P = IV \tag{3.3.}$$

โดย P คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องให้ความร้อน (วัตต์)

I คือ กระแสไฟฟ้าของเครื่องให้ความร้อน (แอมแปร์)

V คือ ความต่างศักย์ของเครื่องให้ความร้อน (โวลต์)

$$Q = \frac{P}{t} \tag{3.4.}$$

t คือ เวลาของเครื่องให้ความร้อน (วินาที)

$$k = \frac{Q\,x\,d}{A\,x\,\Delta T} \tag{3.5.}$$

โดย k คือ ค่าการนำความร้อน (วัตต์ต่อเมตรเคลวิน)

Q คือ กำลังเฉลี่ยเครื่องทดสอบการนำความร้อน (วัตต์)

d คือ ความหนาของชิ้นทดสอบ (เมตร)

A คือ พื้นที่ที่ให้ความร้อน (ตารางเมตร)

ΔT คือ ความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างผิวบนและล่างของแผ่น (เคลวิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการศึกษา

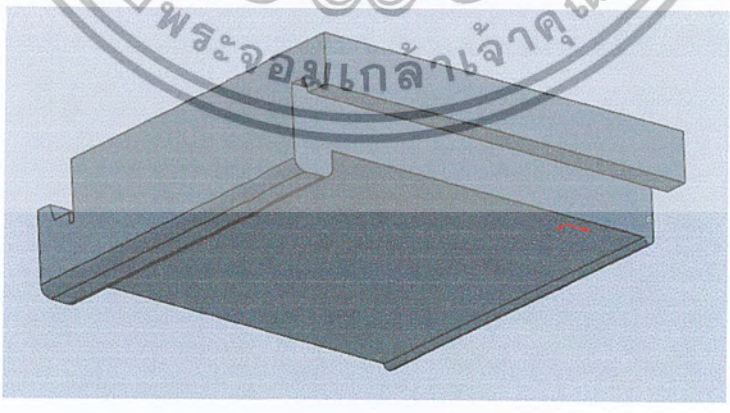
4.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษาของการออกแบบแผ่นหลังคาโดยใช้โปรแกรมและเปรียบเทียบกับแผ่นหลังคาหล่อจริงและผลการทดสอบของแผ่นหลังคาคอนกรีตตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540 คือ การทดสอบแรงกดตามขวาง การทดสอบความไม่รั่วซึมของแผ่นหลังคาและการทดสอบการดูดซึมน้ำ รวมทั้งการทดสอบการหาค่านำความร้อนและทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติกับกระเบื้องหลังคาชนิดอื่นๆ

4.2. ผลการออกแบบและหล่อแบบแผ่นหลังคา

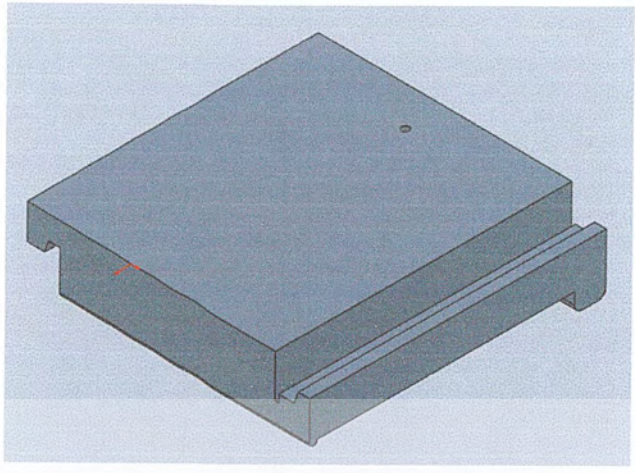
4.2.1. รูปแบบจำลองของแผ่นหลังคาที่ออกแบบ

4.2.1.1. ภาพไอโซเมตริก



รูปที่ 4.1. ภาพไอโซเมตริกแผ่นหลังคาที่ออกแบบ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



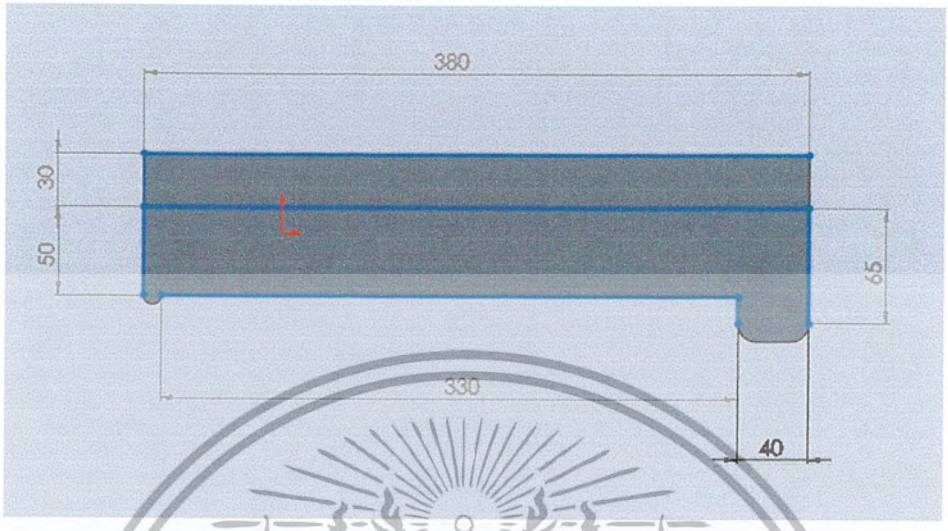
รูปที่ 4.2. ภาพไอโซเมตริกแผ่นหลังคาที่ออกแบบ 2

4.2.1.2. ภาพด้านหน้า

รูปที่ 4.3. ด้านหน้าของแผ่นหลังคาที่ออกแบบ

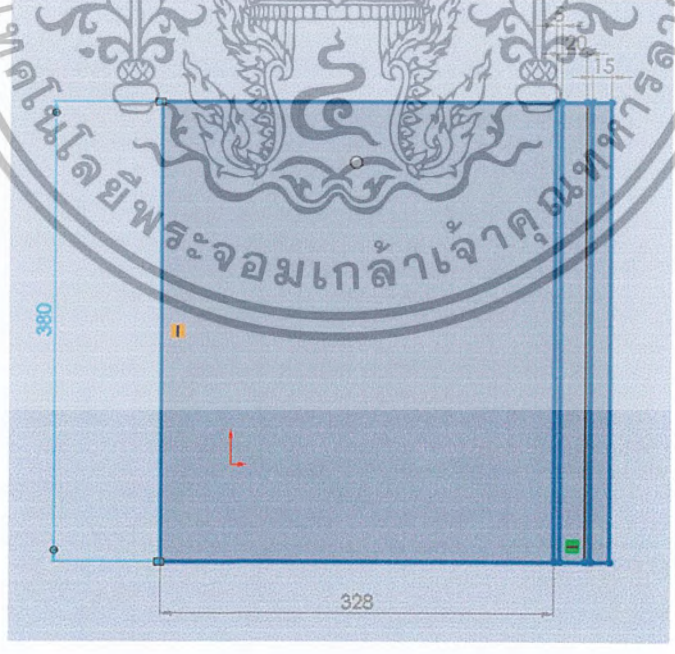
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3. ภาพด้านข้าง



รูปที่ 4.4. ด้านข้างของแผ่นหลังคาที่ออกแบบ

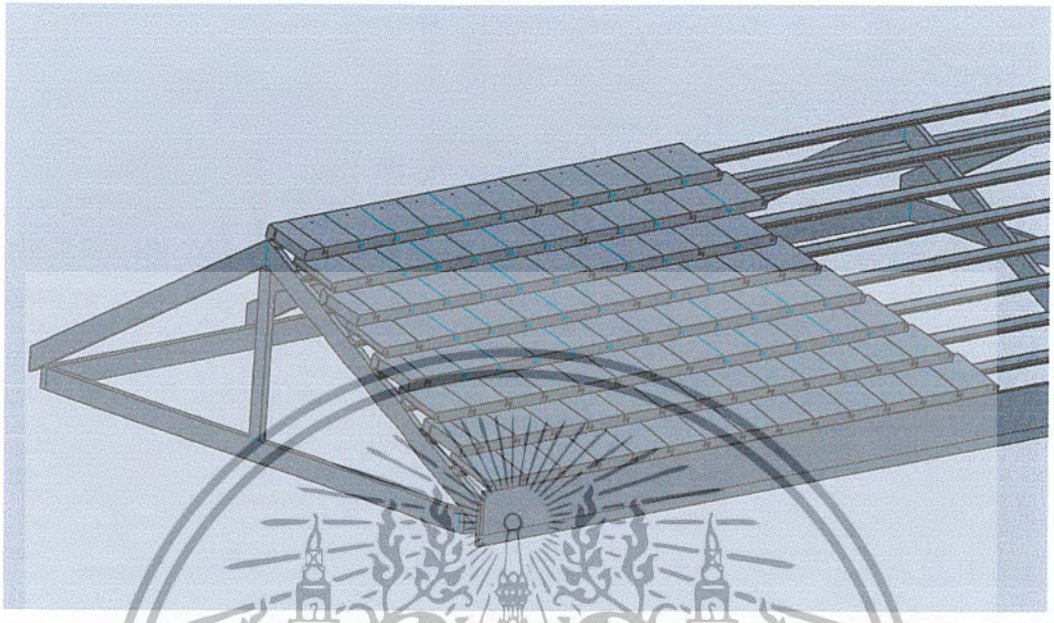
4.2.1.4. ภาพด้านบน



รูปที่ 4.5. ด้านบนของแผ่นหลังคาที่ออกแบบ

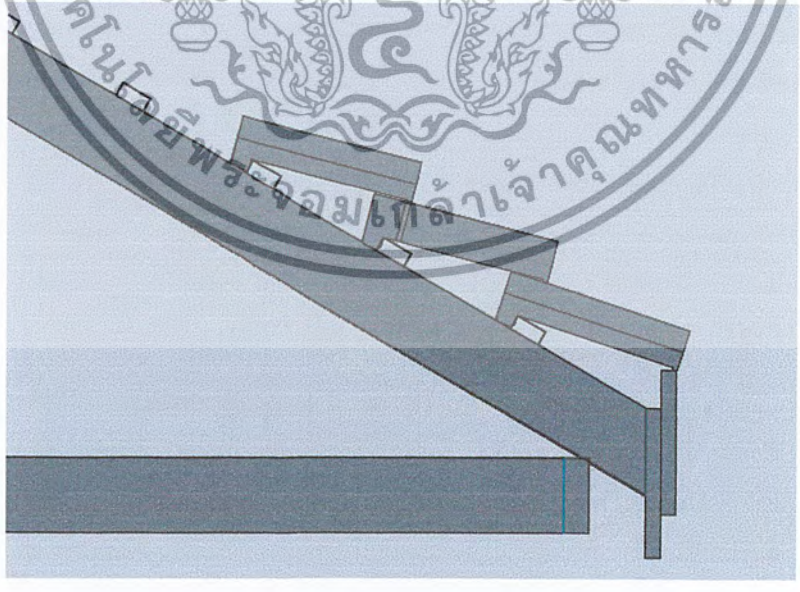
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.5. ภาพแผ่นหลังคาประกอบกับโครงหลังคาจำลอง



รูปที่ 4.6. ภาพแผ่นหลังคาประกอบกับโครงหลังคา

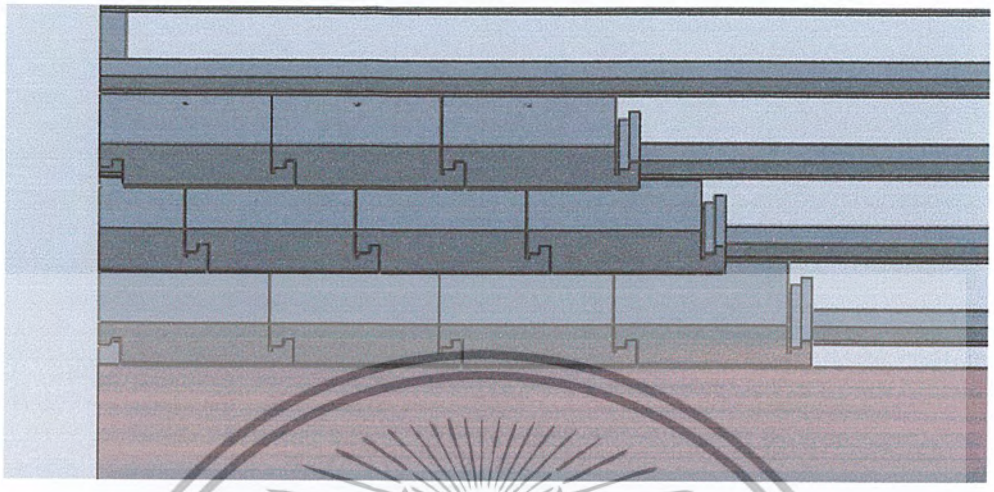
4.2.1.6. รอยต่อทางด้านข้าง



รูปที่ 4.7. รอยต่อทางด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.7. รอยต่อทางด้านหน้า



รูปที่ 4.8. รอยต่อทางด้านหน้า

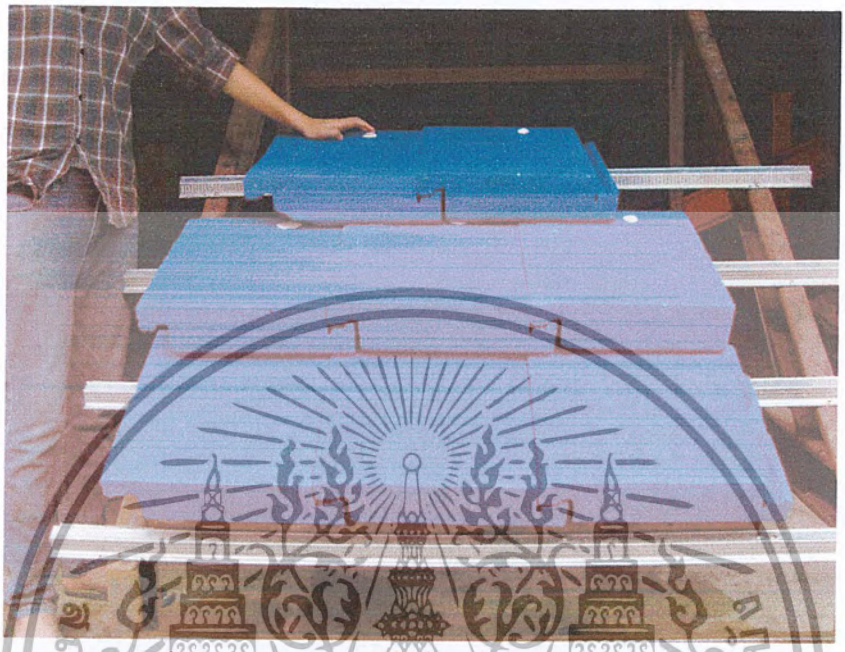
4.2.2. รูปแบบแผ่นหลังคาที่หล่อเสร็จ

4.2.2.1. รูปแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา

รูปที่ 4.9. รูปแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2. รูปการประกอบแผ่นหลังคา กับโครงหลังคา



รูปที่ 4.10. รูปการประกอบแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา

รูปที่ 4.11. รูปการประกอบแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบาทดสอบการไหลของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3. รายละเอียดของแผ่นหลังคา

ตารางที่ 4.1. รายละเอียดของแผ่นหลังคา

ขนาด (โดยรวม)	33 x 38 เซนติเมตร
ความหนา	8 เซนติเมตร
น้ำหนักต่อแผ่น (โดยประมาณ)	6 – 8 กิโลกรัม
จำนวนการใช้งานต่อตารางเมตร	10 – 11 แผ่นต่อตารางเมตร
น้ำหนักการใช้งานต่อตารางเมตร	60 – 80 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
มุมองศาที่ออกแบบ	35 - 40 องศา
ระยะแปที่ใช้	29 – 31 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.2. แสดงการเปรียบเทียบกับรายละเอียดแผ่นหลังคาชนิดอื่น

รายการ	กระเบื้อง Prestige	กระเบื้อง Neustile	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	กระเบื้องของกลุ่มวิจัย
ชนิดกระเบื้อง	ชนิดเรียบ	ชนิดเรียบ	ชนิดรูปลอน	ชนิดเรียบ
ขนาดกระเบื้อง (กว้าง x ยาว) (ซม.)	33 x 42	40 x 40	33 x 42	33 x 38
น้ำหนักกระเบื้อง (กก./แผ่น)	5.25	5 - 6	4	6 – 8
ความลาดชันที่แนะนำ	25 - 40 องศา	22.5 - 45 องศา	17 - 90 องศา	35 - 40 องศา
ระยะแป (ซม.)	31 - 33	27 - 29	32 - 34	29 – 31
จำนวนกระเบื้องต่อ ตร.ม.	10 - 11	10 - 11	10 - 11	10 - 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3. ผลการทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวาง

ตารางที่ 4.3. ผลการทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวาง

ตัวอย่างที่	แรงกดตามขวาง (นิวตัน)	ค่าเฉลี่ย (นิวตัน)
1	963.34	902.19
2	856.41	
3	886.82	

จากตารางแสดงผลการทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวางของแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา โดยทำการทดสอบจำนวน 3 ตัวอย่างจากผลการทดสอบพบว่าค่าเฉลี่ยแรงกดตามขวางของแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบามีค่า 902.19 นิวตัน ซึ่งจากมาตราฐานตามมาตราฐาน มอก.235-2540 เมื่อทดสอบแล้วความต้านทานแรงกดตามขวางของแต่ละแผ่นต้องไม่น้อยกว่า 540 นิวตันหรือค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 580 นิวตัน

4.4. ผลการทดสอบการความไม่รั่วซึมของแผ่นหลังคา

ตารางที่ 4.4. ผลการทดสอบความไม่รั่วซึมของแผ่นหลังคา

ตัวอย่างทดสอบ	น้ำใต้แผ่นที่ทดสอบ
1	ไม่ปรากฏ
2	ไม่ปรากฏ
3	ไม่ปรากฏ

จากตารางแสดงผลการทดสอบความไม่รั่วซึมของแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา โดยทำการทดสอบจำนวน 3 ตัวอย่างจากผลการทดสอบพบว่าแผ่นหลังคาไม่ปรากฏน้ำใต้แผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบาแสดงว่าแผ่นหลังคาไม่เกิดการรั่วซึม ซึ่งเป็นไปตามมาตราฐานตามมาตราฐาน มอก.235-2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5. ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นหลังคา

ตารางที่ 4.5. ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตัวอย่างทดสอบ	ค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ย (ร้อยละ)
1	12.64	14.04
2	15.46	
3	14.02	

จากตารางแสดงผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา โดยทำการทดสอบจำนวน 3 ตัวอย่างจากผลการทดสอบพบว่ามีค่าการดูดซึมน้ำจากการคำนวนเฉลี่ยร้อยละ 14.04 ซึ่งตามมาตราฐานตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540 จะต้องมีค่าต้องมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 10

4.6. ผลการทดสอบการหาค่าการนำความร้อน

ตารางที่ 4.6. ผลการทดสอบการหาค่าการนำความร้อน

ตัวอย่างที่	ค่าการนำความร้อน (วัตต์ต่อเมตรเคลวิน)	ค่าการนำความร้อนเฉลี่ย (วัตต์ต่อเมตรเคลวิน)
1	0.0244	0.0227
2	0.0222	
3	0.0214	

จากตารางแสดงผลการทดสอบการหาค่าการนำความร้อนของแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา โดยทำการทดสอบจำนวน 3 ตัวอย่างจากผลการทดสอบพบว่ามีค่าการนำความร้อนของแผ่นหลังคาการคำนวนเฉลี่ย 0.0227 วัตต์/เมตร เคลวิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1. กล่าวนำ

จากการศึกษาและออกแบบแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบาโดยวิธีผสมคอนกรีตระบบ CLC โดยทำให้คอนกรีตมีความหนาแน่นลดลงโดยใช้สารเพิ่มฟองอากาศผสมกับเนื้อคอนกรีตทำให้ภายในมีรูพรุน ซึ่งมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1,000 – 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร โดยการผสมคอนกรีตใช้อัตราส่วนน้ำและคอนกรีตมีค่า 0.4 และการใช้โฟมใส่ไว้ภายในเพื่อให้น้ำหนักที่เบาลง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการทดสอบของแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา ตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540 คือ การทดสอบแรงกดตามขวาง การทดสอบความไม่รั่วซึมของแผ่นหลังคาและการทดสอบการดูดซึมน้ำ รวมทั้งการทดสอบการนำความร้อน

5.2. ผลการทดสอบแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา

5.2.1. การทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวาง

ผลการทดสอบแรงกดตามขวางตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.535-2540 พบว่าแผ่นทดสอบมีค่าแรงกดตามขวางทั้ง 3 ตัวอย่างมีค่า 963.34 , 856.41 และ 886.82 นิวตัน และมีค่าเฉลี่ย 902.19 นิวตันซึ่งเป็นไปตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.535-2540 เมื่อทดสอบแล้วความต้านทานแรงกดตามขวางของแต่ละแผ่นต้องไม่น้อยกว่า 540 นิวตันหรือค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 580 นิวตัน ซึ่งสรุปได้ว่าแผ่นหลังคามีความแข็งแรงเป็นไปตามมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2. การทดสอบความไม่รั่วซึม

ผลการทดสอบความไม่รั่วซึมของแผ่นหลังคาตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.535-2540 พบว่าแผ่นทดสอบไม่ปรากฏน้ำใต้แผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบา แสดงว่าแผ่นหลังคาคอนกรีตมีการป้องกันการรั่วซึมที่ดี

แผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบามีความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมเนื่องจากแผ่นหลังคามีการป้องกันจากน้ำด้วยสีทากันน้ำซึม

5.2.3. การทดสอบการดูดซึมน้ำ

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ พบว่าแผ่นตัวอย่างทดสอบมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 12.64 , 15.46 และ 14.02 ซึ่งจะได้ค่าเฉลี่ยร้อยละ 14.04 ซึ่งมีค่ามากกว่าที่มาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.535-2540 กำหนดไว้ว่าจะต้องมีค่าต้องมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 10

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ ไม่ได้ตามมาตรฐานเนื่องจากภายในเนื้อแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบานั้นมีโพรงอากาศเนื่องจากการฉีดฟองโฟมในขั้นตอนการผสมทำให้มีความสามารถในการดูดซึมน้ำมาก

5.2.4. การทดสอบหาค่าการนำความร้อน

จากผลการทดสอบการหาค่าการนำความร้อนโดยการทดสอบการให้อุณหภูมิที่ผิวล่างแล้ววัดอุณหภูมิที่ผิวบนแล้วนำค่ามาคำนวณแล้วนำมาเปรียบเทียบกับแผ่นหลังคาที่วางขายตามท้องตลาดพบว่าค่าการนำความร้อนของกลุ่มวิจัยมีค่าเฉลี่ย 0.0227 วัตต์/เมตร เคลวิน ซึ่งเปรียบเทียบกับกระเบื้องหลังคาคอนกรีตชนิดอื่น เช่น กระเบื้องหลังคาแผ่นเรียบของซีแพค มีค่าการนำความร้อนมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำความร้อน 0.836 และกระเบื้องหลังคาซีแพคโมเนียมีค่าการนำความร้อน 0.993 ซึ่งเปรียบเทียบกันแล้วกระเบื้องของกลุ่มวิจัยมีความสามารถในการป้องกันความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้องที่ขายตามท้องตลาด

แผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบามีความสามารถในการป้องกันความร้อนจากภายนอกได้ดี เนื่องจาก

- แผ่นหลังคามีความหนาทำให้ความร้อนผ่านเข้ามาได้ยาก
- ภายในเนื้อคอนกรีตมวลเบามีโพรงอากาศจากการใส่สารเคมีในขั้นตอนการผสมคอนกรีตทำให้โพรงอากาศนั้นสามารถดูดซับความร้อนได้
- ภายในแผ่นหลังคาคอนกรีตนั้นมีโฟมอยู่ภายในซึ่งเป็นฉนวนกันความร้อน

5.3. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาและออกแบบแผ่นหลังคาคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC แล้วนำมาทำการทดสอบตามมาตราฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มอก.235-2540 และการทดสอบการหาค่าการนำความร้อนเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตชนิดอื่นๆ ได้ผลการศึกษาว่าแผ่นหลังคามีความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมและการทดสอบแรงกดตามขวางเป็นไปตามมาตรฐาน ส่วนการดูดซึมของแผ่นน้ำยังไม่เป็นไปตามมาตราฐานและยังมีน้ำหนักมากกว่าแผ่นกระเบื้องที่วางขายตามท้องตลาด แต่แผ่นหลังคามีความสามารถในการป้องกันความร้อนได้ดีกว่ากระเบื้องที่วางขายตามท้องตลาดทั่วไป และสามารถประกอบกับโครงหลังคาได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.1 ผลการทดสอบความต้านทานแรงกดตามขวาง

ตัวอย่างที่	แรงกดตามขวาง (กิโลกรัม)	แรงกดตามขวาง (นิวตัน)	ค่าเฉลี่ย (นิวตัน)
1	98.2	963.34	902.19
2	87.3	856.41	
3	90.4	886.82	

ตารางที่ ผ.ก.2 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตัวอย่างทดสอบ	น้ำหนักก่อนอบตัวอย่าง (กรัม)	น้ำหนักหลังจากอบตัวอย่าง (กรัม)	ค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ย (ร้อยละ)
1	9564	8355	12.64	14.04
2	9419	7963	15.46	
3	9472	8144	14.02	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.3 ผลการทดสอบการหาค่าการนำความร้อนแผ่นหลังคาของกลุ่มวิจัย

ตัวอย่างทดสอบ	ความกว้าง (เมตร)	ความยาว (เมตร)	พื้นที่ (ตารางเมตร)	ความหนา (เมตร)	อุณหภูมิที่ให้ด้านล่างผิว (เคลวิน)	อุณหภูมิที่วัดจากด้านบนผิว (เคลวิน)	ค่าต่างระหว่างอุณหภูมิ (เคลวิน)	ค่าการนำความร้อน (วัตต์ต่อเมตรเคลวิน)	ค่าการนำความร้อนเฉลี่ย (วัตต์ต่อเมตรเคลวิน)
1	0.27	0.37	0.10	0.08	329.75	308.55	26.48	0.0244	0.0227
2	0.27	0.37	0.10	0.08	341.75	306.75	29.10	0.0222	
3	0.27	0.37	0.10	0.08	328.55	306.70	30.20	0.0214	

หน้า 3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก ข

มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา

มอก.๕๓๕-๒๕๔๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา

มอก.๕๓๕-๒๕๔๐

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระราม ๖ กรุงเทพฯ ๑๐๔๐๐
โทรศัพท์ ๐-๒๒๔๒-๓๘๒๑,๐-๒๒๔๑-๗๕๕๕,๐-๒๒๘๑-๗๕๕๗ ถึง ๕

ประกาศในพระราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไปเล่ม ๑๑๔ ตอนที่ ๘๑ ง

วันที่ ๕ ตุลาคม พุทธศักราช ๒๕๔๐

ผข2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ ๕๕

มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง

ประธานกรรมการ	
นายมณีวรรณ สาลักษณ์	ผู้แทนสมาคมอุตสาหกรรมไทย
รองประธานกรรมการ	
น.อ.ประสิทธิ์ ประภาสะโนบล	กรรมการ
น.อ.สงวน โกไสยเศรษฐ์	ผู้แทนกระทรวงกลาโหม
นายกุมุท เกียรติ์เฟื่องฟู	ผู้แทนกระทรวงศึกษาธิการ
นายประสบ กระแสสินธุ์	ผู้แทนกรมโยธาธิการ
นายอารีย์ วงศ์บุญมี	ผู้แทนกรมวิทยาศาสตร์บริการ
นายเฉลิม สุจริต	ผู้แทนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายชวลิต นิตยะ	
นายวรรณะ มณี	ผู้แทนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
นายวิเชียร เต็งอำนวย	ผู้แทนคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายพงศ์พัน วรสุนทโรรถ	ผู้แทนสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
นายวิศาล เชาว์ชูเวช	ผู้แทนกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายชำนาญ สุนทรวัฒน์	ผู้แทนวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
นายเรืองศักดิ์ กันตะบุตร	ผู้แทนสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์
นายอุทัย รักราชการ	ผู้แทนสมาคมนายช่างเหมาไทย
นายวิเชียร สุวรรณสุขโรจน์	ผู้แทนสมาคมอุตสาหกรรมไทย
นายรชฎ กาญจนวาณิชย์	
นายเลิศวิทย์ ตั้งก่อสกุล	ผู้แทนสภาหอการค้าประเทศไทย
นายวิชัย ภูษิตวิทย์	
ม.ร.ว.ศุภนิวัทธ์ เกษมสันต์	ผู้แทนบริษัท ปูนซีเมนต์ไทยจำกัด
กรรมการเลขานุการ	
นายปฏิภาณ อริยเดช	ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
นายกิตติ อยู่สินธิ์	

เนื่องจากมีการใช้กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคากันมากและมีโรงงานผลิตขึ้นได้เองภายในประเทศหลายแห่ง แต่ละแห่งผลิตโดยอาศัยมาตราฐานของต่างประเทศที่เห็นว่าเหมาะสมหรือจากประสบการณ์ของผู้ทำเอง ทำให้มีคุณภาพแตกต่างกัน จึงกำหนดมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ขึ้นเพื่อใช้เป็นมาตราฐานของประเทศสืบไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดตาม

AS 1757 – 1975	Concrete interlocking Roofing tiles (without weathering check)
BS 473 & 550 : Part 2 :1980	Specification for concrete roofing tiles and Fittings

คณะกรรมการมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้พิจารณามาตราฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตราฐานอุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๘๓๑ (พ.ศ. ๒๕๔๐)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มาตราฐานเลขที่ มอก.๕๔๓-๒๕๔๐ ไว้ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ ๒๗ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๔๐

จิรายุ อิศรางกูล ณ อยุธยา

รัฐมนตรีช่วยว่าการฯ ปฏิบัติงานราชการแทน

รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา

1. ขอบข่าย

1.1 มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดมิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนส่วนประกอบ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินและการทดสอบกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา

1.2 มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะกระเบื้องมุงหลังคาแผ่นลอนและกระเบื้องเสริมประกอบเท่านั้นจะมีสีผิวอย่างไรก็ได้

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในอุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา (Concrete roofing tile) หมายถึง วัสดุแผ่นลอนแบบเกาะเกยสำหรับใช้มุงหลังคา ทำจากคอนกรีตซึ่งเป็นส่วนผสมของปูนซีเมนต์ มวลผสมคอนกรีตและน้ำ ออกแบบให้มีลักษณะเป็นลอนเพื่อความสวยงามและแข็งแรง มีส่วนเกาะระแนงที่ส่วนบนด้านหลังของแผ่นกระเบื้อง และอาจมีรูเจาะสำหรับการตอกตะปูยึดกับระแนงด้วย ขอบด้านข้างของแผ่นกระเบื้องมีรางลิ้นเพื่อเกาะเกยกันระหว่างแผ่นต่อแผ่นส่วนลาสงด้านหลังมีขอบเป็นบังกันน้ำไหลย้อนเข้าใต้แผ่น

2.2 กระเบื้องเสริมประกอบ (fitting) หมายถึง กระเบื้องรูปลักษณะอื่นๆ สำหรับใช้มุงหลังคาเช่น กระเบื้องสันหลังคา ครอบสามทาง เป็นต้น ทำจากคอนกรีตเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

3.1 ความกว้างและความยาวของกระเบื้องมุงหลังคา ตองไม่ต่างจากขนาดที่ผู้กำหนกทำไว้เกิน ± 3 มิลลิเมตร

3.2 ความหนาของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคา เมื่อวัดที่ภาคตัดขวางใดๆ ต้องไม่น้อยกว่า 9 มิลลิเมตร ยกเว้นรางลิ้นที่ขอบด้านข้างของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา ต้องหนาไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร

3.3 ระยะซ้อนทับของรางลิ้น ที่ขอบด้านข้างของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา ต้องไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร

3.4 ส่วนเกาะระแนงของแผ่นกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาต้องมี 2 แห่งและต้องมีฐานกว้างไม่น้อยกว่า 32 มิลลิเมตรแบะหนาไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร ความลึกของส่วนเกาะระแนงวัดจากผิวล่างของกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาต้องไม่น้อยกว่า 9 มิลลิเมตร

3.5 รูตะปู หากมีรูเจาะที่ขอบบนขอบระแนงแผ่นกระเบื้องสำหรับตอกตะปูยึดแผ่นกระเบื้องกับระแนง รูตะปูต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 5 ถึง 8 มิลลิเมตร ตำแหน่งศูนย์กลางของรูตะปูห่างจากเส้นฐานจากเส้นฐานในส่วนเกาะระแนงต้องไม่น้อยกว่า 9 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 16 มิลลิเมตรและห่างจากขอบด้านข้างของกระเบื้องเองไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร

4. ส่วนประกอบ

4.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่มที่ 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพมาตราฐานเลขที่ มอก. 15 เล่ม 1

4.2 มวลผสมคอนกรีต

มวลผสมคอนกรีตที่ให้จะเป็นทราย กรวด หินย่อย หรือวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการทำกระเบื้องและต้องเป็นขนาดที่ผ่านตะแกรงตากว้าง 4.75 มิลลิเมตร

4.3 ส่วนผสมอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี สารกันซึม หรือสารอื่นๆ ที่นำมาใช้ต้องเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้กับคอนกรีตและต้องผ่านมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง สำหรับสีนั้นต้องปราศจากสิ่งที่เป็นพิษซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บิรโภคน้ำฝนซึ่งรองจากหลังคา เช่น ตะกั่ว

5. คุณลักษณะที่ต้องการ

5.1 ลักษณะทั่วไป เมื่อตรวจพินิจผิวกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาจะเรียบหรือหยาบก็ได้แต่ต้องไม่มีรอยแตก รอยนูน รอยเว้า หรือตำหนิอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการมุงหลังคา ยกเว้นรอบบิ่นเล็กน้อยที่อาจเกินขึ้นในกรรมวิธีการผิตตามปกติ การเคลื่อนย้ายขนส่ง

5.2 ความต้านทานแรงกดตามขวางเมื่อทดสอบตามข้อ 8.2 แล้วต้านทานแรงกดตามขวางของแต่ละแผ่นต้องไม่น้อยกว่า 540 นิวตันหรือค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 580 นิวตัน

5.3 การดูดซึมน้ำ เมื่อทดสอบตามข้อ 8.3 แล้วกระเบื้องมุงหลังคาเสริมประกอบต้องมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 10

5.4 ความไม่รั่วซึม เมื่อทดสอบตามข้อ 8.4 แล้ว กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาต้องไม่ปรากฏหยดน้ำใต้แผ่นกระเบื้อง

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาและกระเบื้องเสริมประกอบทุกแผ่นอย่างน้อยต้องมีเลขอักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อ ไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจย ถาวร ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำหรือเครื่องหมายการค้าในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหมดไว้ข้างต้น

6.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้จะแสดงเครื่องหมายมาตราฐานนั้นได้ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาติจากคณะกรรมการมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การชักตัวอย่างเกณฑ์การตัดสิน

7.1 ความหมายของคำที่ใช้ มีดังต่อไปนี้

รุ่น หมายถึง กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาและกระเบื้องเสริมประกอบจำนวณหนึ่งที่ชักตัวอย่างมาสำหรับตรวจสอบหรือที่มีการซื้อขายส่งมอบกันในแต่ละครั้ง

7.2 การชักตัวอย่างเกณฑ์การตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผ่นที่กำหนดไว้

1. การชักตัวอย่างกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา

ให้ชักตัวอย่างกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาโดยวิธีสุ่มจำนวน 9 แผ่น จากกระเบื้องทุก 2,000 แผ่นหรือเศษของ 2,000 แผ่นที่เกิน 100 แผ่น เพื่อการทดสอบดังนี้

(1) มิติ จำนวน 9 แผ่น

(2) ลักษณะทั่วไป (ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบจากข้อ (1) แล้ว) จำนวน 9 แผ่น

(3) ความต้านทางแรงกดตามขวาง (ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบจากข้อ (1) และข้อ (2) แล้ว) จำนวน 6 แผ่น

(4) การดูดซึมน้ำ (ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบจากข้อ (1) ข้อ (2) และ (3) แล้ว) จำนวน 6 แผ่น

(5) ความไม่รั่วซึม (ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบจากข้อ (1) และข้อ (2) แล้ว) จำนวน 3 แผ่น

2. เกณฑ์การตัดสิน

(1) ตัวอย่างเมื่อนำไปตรวจสอบและทดสอบมิติและลักษณะทั่วไปแล้วต้องเป็นไปตามข้อ 3 และข้อ 5.1 ทุกแผ่นถือว่ากระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคารุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

(2) ตัวอย่างเมื่อนำไปทดสอบการดูดซึมน้ำแล้ว ต้องมีค่าการดูดซึมเฉลี่ยเป็นไปตามข้อ 5.3 จึงถือว่ากระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคารุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

(3) ตัวอย่างเมื่อนำไปทดสอบความต้านทางแรงกดตามขวางแล้ว ต้องเป็นไปตามข้อ 5.2 ทุกแผ่น หากมีกระเบื้องแผ่นใดแผ่นหนึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือกระเบื้องทุกแผ่นเป็นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามเกณฑ์ที่กำหนดแต่ค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดให้ทดสอบซ้ำ โดยใช้ตัวอย่างใหม่ 12 แผ่นจากรุ่นเดียวกันและผลการทดสอบซ้ำตัวอย่างทุกแผ่นต้องเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดถือว่ากระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคารุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

(4) ตัวอย่างเมื่อนำไปทดสอบความไม่รั่วซึม ต้องเป็นไปตามข้อ 5.2 ทุกแผ่น หากมีกระเบื้องแผ่นใดแผ่นหนึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือกระเบื้องทุกแผ่นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดแต่ค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดให้ทดสอบซ้ำ โดยใช้ตัวอย่างใหม่ 6 แผ่นจากรุ่นเดียวกันและผลการทดสอบซ้ำตัวอย่างทุกแผ่นต้องเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดถือว่ากระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคารุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

(5) ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ (1) (2) (3) และ (4) ทุกข้อ ถือว่ากระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคารุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

3. การชักตัวอย่างกระเบื้องเสริมประกอบ

- ให้ชักตัวอย่างกระเบื้องเสริมประกอบโดยใช้วิธีสุ่มจำนวน 3 แผ่นจากกระเบื้องทุก 200 แผ่นหรือเศษของ 200 แผ่นที่เกิน 100 แผ่น สำหรับการทดสอบการดูดซึมน้ำเท่านั้น

- ตัวอย่างเมื่อทดสอบการดูดซึมน้ำแล้ว จะต้องเป็นไปตามข้อ 5.3 ทุกแผ่นถือว่ากระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคารุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา(มอก. 535-2540) กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม 2540

[2] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์(มอก.15 เล่ม 1-2514) กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม 2514

[3] บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) . เอกสารเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีสมัยใหม่. กรุงเทพฯ : 2537

[4] ณาตยา สุวรรณาภรณ์, เรวัตร ขาวเกต, ศิริพราณ อร่ามรส, กระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์ผสมใยมะพร้าวและผสมโฟม, "ปริญญานิพนธ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550"

[5] วินิต ช่อวิเชียร , คอนกรีตเทคโนโลยี, พิมพ์ครั้งที่ 9 (กรุงเทพฯ: หปป. สัมพันธ์พานิชย์, 2544)

[6] ชาติชาย พรหมวงศ์, ศาศวัต เอี่ยมโหมด และ วิไลรัตน์ สุขศรี, "อิทธิพลของสารเพิ่มฟองอากาศที่มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา", (ปริญญานิพนธ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง), 2549

[7] กฤฎา โรจนประสิทธิพร, อราวินท์ บริรักษ์อราวินท์ และ สุภัทรชัย สุดเกล้า, "คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาผสมเส้นใยไมโครไฟเบอร์," (ปริญญานิพนธ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546)

[8] ปิยพงศ์ ดี่สวัสดิ์คอน และ สิทธิโชค หอมกระจาย "คอนกรีตมวลเบา" ,(สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2539)

[9] ธีรพงษ์ กรีธากร, ธรีเดช อารีประยูรกิจ และ ฐากูร เปรมเดช "การประยุกต์ชิ้นส่วนหลังคาสำเร็จรูปโดยใช้คอนกรีตมวลเบา" ,(สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้