สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูป

TEST OF SEMI-PREFABRICATED STRUCTURE PANEL

T 058571

โดย

นายพงศ์ธร เอี่ยมศรี

นายวิชิต เจริญทรัพย์

นายอภิสิทธ์ จงคุจิพันธ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 58571

วัน,เดือน,ปี 25 ส.ค. 2549

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b.....

i.....

TEST OF SEMI-PREFABRICATED STRUCTURE PANEL

MR.PONGTON IEMSRI

MR.WEECHIT JARERNZUB

MR.APISIT JONGSUJIPUN

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

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูป		
นักศึกษา	นายพงศ์ธร เอี่ยมศรี	รหัสประจำตัว	43010700
	นายวิชิต เจริญทรัพย์	รหัสประจำตัว	43010761
	นายอภิสิทธ์ จงศุจิพันธ์	รหัส ประจำตัว	43010835
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา	
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์		
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์		

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายเซ็นต์
1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์	
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์	
3. รองศาสตราจารย์ศิริวัฒน์ ไชยชนะ	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ. สุพจน์ ศรีนิล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 21 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูป
	TEST OF SEMI-PREFABRICATED STRUCTURE PANEL
นักศึกษา	นายพงศ์ธร เอี่ยมศรี รหัสประจำตัว 43010700
	นายวิชิต เจริญทรัพย์ รหัสประจำตัว 43010761
	นายอภิสิทธ์ จงศุจิพันธ์ รหัส ประจำตัว 43010835
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2546

บทคัดย่อ

การเพิ่มจำนวนของประชากรทำให้ต้องมีการสร้างที่พักอาศัยเพิ่มขึ้น ซึ่งรูปแบบที่อยู่อาศัยและวัสดุที่ใช้ในปัจจุบันนั้นเป็นแบบที่ใช้งานมานาน โดยที่ก่อสร้างอยู่ส่วนใหญ่ยังคงใช้การก่อผนังอิฐมอญแล้วฉาบปูนทับ เนื่องจากปัจจุบันมีการพัฒนาการทางด้านการค้นคว้า การวิจัย และการพัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีการผลิตมากขึ้น จึงมีการผลิตวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างให้มีน้ำหนักเบาเพื่อลดน้ำหนักโครงสร้างของอาคาร และมีความสะดวกรวดเร็วในการผลิต ตลอดจนการติดตั้งหน้างาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำผนังโฟมโครงสร้างลวดเหล็ก ฉาบด้วยมอร์ต้า 2 ด้านมาทำการค้นคว้าและทดสอบคุณสมบัติ เช่น การทนไฟ การป้องกันเสียง กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด และการป้องกันความร้อน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการนำแผ่นโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปมาใช้งาน สามารถช่วยลดขั้นตอนและเวลาในการก่อสร้าง ลดน้ำหนักบรรทุก อีกทั้งยังมีคุณสมบัติการป้องกันความร้อนได้ดีกว่าการใช้การก่ออิฐฉาบปูนอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	TEST OF SEMI-PREFABRICATED STRUCTURE PANEL
Name	:	MR.PONGTON IEMSRI
		MR.WEECHIT JARERNZUB
		MR.APISIT JONGSUJIPUN
Field	:	CIVIL ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	ASST.PROF.SAKCHAI SKANUPONG
		ASST.PROF.SUWAT TEERASET

ABSTRACT

The outgrowth number of population requires a greater number of housing and accommondation. The recent construction patterns and materials have been applied in the industry for quite sometime. Mainly, bricks and concrete covering have been used for wall construction. Because of recent advanced research and development in production technology, construction products tend to be lighter to reduce the loads on building structures, to increase the productivity, and to speed up the installation process. Therefore, this research employs foam wall and steel-bar structures, coated with mortar on both sides, to investigate for their properties, e.g. fire resistivity, noise protection, compressive strength, shear strength, and head protection. In conclusion, the application of this semi-prefabricated structure panel can reduce the construction steps and times, reduce the weight acting on structures, and have properties of noise and heat protection, which are superior than the conventional cement coated bricks.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ดีด้วยความอนุเคราะห์ของ ผศ.ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์ และผศ.สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ ซึ่งท่านได้ให้ความรู้เกี่ยวกับ การใช้อุปกรณ์ ตลอดจนแนวทางการทำงาน และในตลอดระยะเวลาที่ได้ทำโครงงานพิเศษนี้ ท่านได้ให้คำแนะนำ และ การสั่งสอนสิ่งต่าง ๆ มากมาย นอกจากนี้ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้วิชาความรู้ต่างๆ ทั้งในความรู้ทางด้านการศึกษาและความรู้ทั่วไปจนทำให้ข้าพเจ้าได้นำความรู้ที่อาจารย์ได้สอนมาพัฒนาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการทำโครงงานพิเศษนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และ ข้าพเจ้าหวังว่าโครงงานพิเศษที่ข้าพเจ้าได้ทำมาจะมีประโยชน์ไม่มากก็น้อยต่อผู้ที่จะพัฒนาต่อไปในอนาคต

ขอขอบคุณ รศ.ดร.ยุพา ลีลารุจิ ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำหรับคำแนะนำและเครื่องมือทดสอบด้านเสียง

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและเจ้าหน้าที่อาคารปฏิบัติการงานวิศวกรรมเกษตร

ขอขอบคุณ ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และคุณลุงหล่อ เจ้าหน้าที่โรงงานเซรามิกส์

ท้ายสุดนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณสมาชิกครอบครัวทุกคน ลุงฉอ้อน พี่มานิตย์ พี่ไชยา พี่สมบัติ พี่กอล์ฟ พี่เจ๊ียบ พี่แอ๊ด เจ้าหน้าที่อาคารปฏิบัติการงานวิศวกรรมโยธา และอีกหลายบุคคลที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ที่มอบความรัก ความห่วงใยและให้การช่วยเหลืออย่างต่อเนื่องตลอดการศึกษาของผู้ประพันธ์ และขอบคุณหอสมดกลาง KMITL สำหรับหนังสือและแหล่งข้อมูลอันทรงค่า

นายพงศ์ธร เอี่ยมศรี
นายอภิสิทธิ์ จงศุจิพันธ์
ผู้ประพันธ์

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
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
	1.4. ขอบเขตในการศึกษา	2
	1.5. ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
2	วรรณกรรมปริทัศน์	3
	2.1. ลักษณะและพฤติกรรมของอัคคีภัย	3
	2.1.1. กล่าวนำ	3
	2.1.2. ขบวนการเกิดเพลิงไหม้	3
	2.1.3. ช่วงการก่อตัวของไฟ	4
	2.1.4. ช่วงการเผาไหม้และช่วงการสลายตัว	5
	2.1.5. ปริมาณของไฟ	6
	2.1.6. พื้นที่ของช่องเปิด	6
	2.1.7. เส้นโค้งมาตรฐานไฟและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.1.8. แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ	7
	2.1.9. เส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลา	7
	2.1.10. ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ	8
	2.2. ทฤษฎีของเสียง	9
	2.2.1. ระดับเสียง	9
	2.2.2. ความเข้ม และความดัง	10
	2.2.3. คุณภาพของเสียง	11
	2.2.4. เดซิเบล และระดับ	11
	2.2.5. ระดับกำลังเสียง	12
	2.2.6. ระดับกำลังอัดของเสียง	12
	2.2.7. มลภาวะของเสียง	13
	2.2.8. เสียงกับการได้ยิน	14
	2.2.9. เครื่องวัดระดับเสียง	15
	2.2.10. เสียงแบคกราวด์	17
	2.2.11. การสูญเสียการส่งผ่านเสียง	17
	2.3. ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบผนังรับแรง	20
	2.3.1. ผนัง	20
	2.3.2. การออกแบบเบื้องต้น	20
	2.3.2.1. การพิจารณาสิ่งต่างๆ ในการออกแบบ	20
	2.3.2.2. ลำดับของการแก้ปัญหา	21
	2.3.3. ผนังรับน้ำหนัก	21
	2.3.4. พฤติกรรมของโครงสร้างผนังชนิดโครงถัก	22
	2.3.5. โครงลวดเหล็กเชื่อม	23
	2.4. ฉนวนกันความร้อน	24
	2.4.1. นิยามของฉนวนกันความร้อน	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.4.2. หลักการถ่ายเทความร้อนของฉนวนความร้อน	30
	2.4.2.1. การนำความร้อน	31
	2.4.2.2. การพาความร้อน	32
	2.4.2.3. การแผ่รังสีความร้อน	32
	2.4.3. การถ่ายเทความร้อนในฉนวน	33
	2.4.4. ฉนวนโพลีสไตรีนโฟม	34
3	วิธีการดำเนินการและการศึกษา	37
	3.1 กล่าวนำ	37
	3.2. ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา	37
	3.2.1. ขั้นตอนเตรียมวัสดุสำหรับทำการ	37
	3.2.2. ขั้นตอนการทดสอบ	38
	3.2.2.1. การศึกษาคุณสมบัติความทนไฟ	38
	3.2.2.2. การทดสอบคุณสมบัติการป้องกันเสียง	40
	3.2.2.3. การทดสอบการรับแรงอัด	41
	3.2.2.4. การทดสอบการรับแรงดัด	41
	3.2.2.5. การทดสอบการป้องกันความร้อน	41
4	ผลการทดลองและการวิเคราะห์	42
	4.1. คุณสมบัติความทนไฟ	42
	4.2. คุณสมบัติการป้องกันเสียง	43
	4.3. คุณสมบัติการรับแรงอัด	45
	4.4. คุณสมบัติการรับแรงดัด	45
	4.5. คุณสมบัติการป้องกันความร้อน	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
5	**สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ**	47
	5.1. สรุปผลการทดลอง	47
	5.1.1. คุณสมบัติความทนไฟ	47
	5.1.2. คุณสมบัติการป้องกันเสียง	47
	5.1.3. คุณสมบัติการรับแรงอัด	48
	5.1.4. คุณสมบัติการรับแรงดัด	48
	5.1.5. คุณสมบัติการป้องกันความร้อน	48
	5.2. ข้อเสนอแนะ	49
	5.2.1. คุณสมบัติความทนไฟ	49
	5.2.2. คุณสมบัติการป้องกันเสียง	49
	5.2.3. คุณสมบัติการรับแรงอัด	49
	5.2.4. คุณสมบัติการรับแรงดัด	49
	5.2.5. คุณสมบัติการป้องกันความร้อน	49
	หนังสืออ้างอิง	60
	บรรณานุกรม	61
	ภาคผนวก ก	
	- รายการคำนวณ	
	ภาคผนวก ข	
	- ผลการทดลอง	
	ภาคผนวก ค	
	- รูปแสดงการทดลอง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1.	ค่าลบเสียงแบคกราวด์ออกจากเสียงทั้งหมด	17
2.2.	ค่าสูญเสียการส่งผ่านของเสียงสำหรับวัสดุก่อสร้างทั่วไป	19
2.3.	คุณสมบัติทางกายภาพที่ต่ำที่สุดของลวดใน WWF	24
2.4.	รหัส ACI (ACI 318-77) ของตาข่ายเหล็กที่ใช้ในคอนกรีต	25
2.5.	รายการขนาดของ WWF	26
2.6.	รายการขนาดของลวด	27
2.7.	แสดงคุณสมบัติของฉนวนโพลีสไตรีน	35
4.1.	สรุปกำลังของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 ซม.เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ	42
4.2.	สรุปกำลังของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 ซม.เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ	42
4.3.	แสดงค่าการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร	43
4.4.	แสดงค่าการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร	43
4.5.	แสดงกำลังรับแรงดัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร	45
4.6.	แสดงกำลังรับแรงดัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร	45
4.7.	สรุปคุณสมบัติป้องกันความร้อน	46
5.1.	ค่าการสูญเสียการส่งผ่านของแผ่นโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปที่ทดลองเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างทั่วไป	51
ผ.ข.1.	แสดงผลการทดสอบกำลังของชิ้นทดสอบหลังเผาไฟอุณหภูมิ 400 คงที่ เวลา 1 ชั่วโมง	ผข2
ผ.ข.2.	แสดงผลการทดสอบกำลังของชิ้นทดสอบหลังเผาไฟอุณหภูมิ 400 คงที่ เวลา 2 ชั่วโมง	ผข2
ผ.ข.3.	แสดงผลการทดสอบกำลังของชิ้นทดสอบหลังเผาไฟอุณหภูมิ 400 คงที่ เวลา 3 ชั่วโมง	ผข3
ผ.ข.4.	แสดงผลการทดสอบกำลังของชิ้นทดสอบหลังเผาไฟอุณหภูมิตามกราฟ ASTM E119 เวลา 1 ชั่วโมง	ผข3
ผ.ข.5.	แสดงผลการทดสอบกำลังของชิ้นทดสอบหลังเผาไฟอุณหภูมิตามกราฟ ASTM E119 เวลา 1.5 ชั่วโมง	ผข4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ข.6.	แสดงผลการทดสอบกำลังของชิ้นทดสอบหลังเผาไฟอุณหภูมิตามกราฟ ASTM E119 เวลา 2 ชั่วโมง	ผข4
ผ.ข.7.	แสดงผลการทดสอบกำลังของชิ้นทดสอบ ไม่เผาไฟ	ผข5
ผ.ข.8.	แสดงผลการทดสอบการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบ ชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร	ผข6
ผ.ข.9.	แสดงผลการทดสอบการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบ ชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร	ผข6
ผ.ข.10.	แสดงผลการปรับแก้ค่าความดังเสียงและผลการปรับแก้ค่าเฉลี่ย ของการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร	ผข7
ผ.ข.11.	แสดงผลการปรับแก้ค่าความดังเสียงและผลการปรับแก้ค่าเฉลี่ย ของการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร	ผข8
ผ.ข.12.	แสดงผลการทดสอบแรงดัดของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร	ผข9
ผ.ข.13.	แสดงผลการทดสอบแรงดัดของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร	ผข9
ผ.ข.14.	การทดสอบแรงอัดชนิดความหนาโฟม 3 ซม.ขนาดความหนา 6.7 เซนติเมตร	ผข10
ผ.ข.15.	การทดสอบแรงอัดชนิดความหนาโฟม 3 ซม.ขนาดความหนา 7.0 เซนติเมตร	ผข10
ผ.ข.16.	การทดสอบแรงอัดชนิดความหนาโฟม 3 ซม.ขนาดความหนา 7.2 เซนติเมตร	ผข11
ผ.ข.17.	การทดสอบแรงอัดชนิดความหนาโฟม 5 ซม.ขนาดความหนา 8.8 เซนติเมตร	ผข11
ผ.ข.18.	การทดสอบแรงอัดชนิดความหนาโฟม 5 ซม.ขนาดความหนา 9.5 เซนติเมตร	ผช12
ผ.ข.19.	การทดสอบแรงอัดชนิดความหนาโฟม 5 ซม.ขนาดความหนา 9.8 เซนติเมตร	ผข12
ผ.ข.20.	ตารางแสดงผลการทดสอบคุณสมบัติการป้องก้นความร้อน ทดสอบครั้งที่ 1	ผข13
ผ.ข.21.	ตารางแสดงผลการทดสอบคุณสมบัติการป้องก้นความร้อน ทดสอบครั้งที่ 2	ผข14
ผ.ข.22.	ตารางแสดงผลการทดสอบคุณสมบัติการป้องก้นความร้อน ทดสอบครั้งที่ 3	ผข15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1.	แสดงพฤติกรรมความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของไฟ	4
2.2.	เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลามาตรฐานไฟ ASTM E119	8
2.3.	แสดงการแปลงความรุนแรงของไฟเสมือน	9
2.4.	แสดงถึงลักษณะภายในหูมนุษย์	14
2.5.	Sound Level Meter เบื้องต้น	16
2.6.	ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ และเดซิเบล Weighting Network	16
2.7.	ค่าสูญเสียการส่งผ่านเสียงแปรตามความถี่ของผนัง homogeneous	18
2.8.	ผนังมีขอบ	21
2.9.	การประมาณผนังที่มีขอบ	22
2.10.	รายละเอียดของ WWF 26	26
4.1.	แสดงค่าการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร	44
4.2.	แสดงค่าการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร	44
5.1.	กราฟแสดงกำลังเมื่อเผาด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน ASTM E119 ของแผ่นชิ้นทดสอบ ชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร	50
5.2.	กราฟแสดงกำลังเมื่อเผาด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน ASTM E119 ของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร	50
5.3.	กราฟค่าการสูญเสียการส่งผ่านของแผ่นโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปที่ทดลองเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างทั่วไป	51
5.4.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวราบกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่1	52
5.5.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวดิ่งกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่1	52
5.6.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวราบกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่2	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
5.7.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวดิ่งกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่2	53
5.8.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวราบกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่3	54
5.9.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวดิ่งกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่3	54
5.10.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวราบกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่1	55
5.11.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวดิ่งกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่1	55
5.12.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวราบกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่2	56
5.13.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวดิ่งกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่2	56
5.14.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวราบกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่3	57
5.15.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวดิ่งกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่3	57
5.16.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการแอ่นตัวกับน้ำหนักกระจายที่กระทำในการทดสอบแรงดัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร	58
5.17.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการแอ่นตัวกับน้ำหนักกระจายที่กระทำในการทดสอบแรงดัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร	58
5.18.	แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อน	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ผ.ก.1.	แสดงรายละเอียดชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร	ผก2
ผ.ก.2.	แสดงรายละเอียดชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร	ผก3
ผ.ค.1.	แสดงเตาที่ใช้เผาชิ้นทดสอบ	ผค2
ผ.ค.2.	แสดงการจัดวางชิ้นทดสอบภายในเตาเผา	ผค2
ผ.ค.3.	แสดงชิ้นทดสอบหลังเผาจนอุณหภูมิถึง 978 °C รวมเป็นเวลา1 ชั่วโมง 30นาที	ผค 3
ผ.ค.4.	แสดงการทดสอบกำลังรับแรงอัดของชิ้นทดสอบขนาด 50*50 เซนติเมตร	ผค3
ผ.ค.5.	แสดงลักษณะชิ้นทดสอบหลังทดสอบกำลังรับแรงอัด	ผค4
ผ.ค.6.	แสดงลักษณะการวิบัติของชิ้นทดสอบที่ผ่านการเผาจนอุณหภูมิถึง 1010 °C รวมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง	ผค4
ผ.ค.7.	แสดงลักษณะของมอร์ต้าและโครงลวดหลังเผาจนอุณหภูมิถึง 1010 °C รวมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง	ผค5
ผ.ค.8.	แสดงลักษณะผิวภายนอกของชิ้นทดสอบที่ผ่านการเผาจนอุณหภูมิถึง 1010 °C รวมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง	ผค5
ผ.ค.9.	แสดงเครื่อง oscillator หรือ function generator ที่ใช้กำหนดความถี่ของต้นกำเนิดเสียง	ผค6
ผ.ค.10.	แสดงเครื่อง Sound Level Meter ที่ใช้วัดค่าแรงดันของเสียง	ผค6
ผ.ค.11.	แสดงชิ้นทดสอบที่จะนำมาประกอบเป็นกล่องทดสอบการป้องกันเสียง	ผค7
ผ.ค.12.	แสดงลักษณะกล่องทดสอบที่ประกอบเสร็จและซีลขอบด้านบนด้วยดินน้ำมัน	ผค7
ผ.ค.13.	แสดงเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัดของชิ้นทดสอบขนาด 1.00*2.30 เมตร	ผค8
ผ.ค.14.	แสดงการติดอุปกรณ์วัดการโก่งตัวของชิ้นทดสอบ	ผค8
ผ.ค.15.	แสดงการวางแผ่นยางเพื่อกระจายแรงให้เต็มหน้าตัดก่อนการทดสอบทุกครั้ง	ผค9
ผ.ค.16.	แสดงการติดตั้งชิ้นทดสอบเข้ากับเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด	ผค9
ผ.ค.17.	แสดงการจัดวางถุงทรายเพื่อใช้เป็นแรงกระจายทดสอบกำลังรับแรงดัด	ผค10
ผ.ค.18.	แสดงการจัดวาง DIAL GAUGE เพื่อวัดการแอ่นตัวของชิ้นทดสอบ	ผค10
ผ.ค.19.	แสดงรอยแตกร้าวหลังจากวางน้ำหนักบรรทุกทดสอบ	ผค11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ผ.ค.20.	แสดงรอยแตกร้าวหลังจากวางน้ำหนักบรรทุกทดสอบ	ผค11
ผ.ค.21.	แสดงการจัดเตรียมชิ้นทดสอบที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติการป้องกันความร้อน	ผค12
ผ.ค.22.	แสดงเครื่อง digital thermo meter ที่ใช้วัดอุณหภูมิที่มีความละเอียด 0.1 องศาเซลเซียส	ผค12
ผ.ค.23.	แสดงเครื่องพ่นปูนที่ใช้เตรียมชิ้นทดสอบ	ผค13
ผ.ค.24.	แสดงการจัดวางแผ่นโครงชิ้นทดสอบก่อนการพ่นมอร์ต้า	ผค13
ผ.ค.25.	แสดงการพ่นมอร์ต้า	ผค14
ผ.ค.26.	แสดงการฉาบผิวมอร์ต้าให้เรียบด้วยแรงงานคน	ผค14
ผ.ค.27.	แสดงเครื่องทดสอบกำลังของมอร์ต้า	ผค15
ผ.ค.28.	แสดงการทดสอบเส้นลวดที่ใช้ในแผ่นชิ้นทดสอบ	ผค15
ผ.ค.29.	แสดงการทดสอบจุดเชื่อมของลวดตะแกรงที่ใช้ในชิ้นทดสอบ	ผค16
ผ.ค.30.	แสดงเครื่อง hydraulic jack ขนาด 50 ตันที่ใช้ให้แรงสำหรับการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแผ่นทดสอบขนาด 1.00*2.30 เมตร	ผค16
ผ.ค.31.	แสดง DIAL GAUGE สามารถวัดได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร	ผค17
ผ.ค.32.	แสดงเตาอบไฟฟ้าใช้อบไล่ความชื้นก่อนทดสอบการป้องกันความร้อน	ผค17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. กล่าวนำ

การเพิ่มจำนวนของประชากรทำให้ต้องมีการสร้างที่พักอาศัยเพิ่มขึ้น ซึ่งรูปแบบที่อยู่อาศัยและวัสดุที่ใช้ในปัจจุบันนั้นเป็นแบบที่ใช้งานมานาน จึงสมควรที่จะต้องมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เช่นเดียวกับผนังของอาคารที่ก่อสร้างอยู่ส่วนใหญ่ยังคงใช้การก่อผนังอิฐมอญแล้วฉาบปูนทับอยู่ เพื่อให้ได้ผนังที่ประสิทธิสูงขึ้น สะดวกในการก่อสร้าง และช่วยลดเวลาในการก่อสร้าง จึงได้มีการพัฒนาผนังโครงเหล็กกึ่งสำเร็จรูปขึ้น

1.2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

หลักการทางวิศวกรรมกำหนดให้ผลงานทางวิศวกรรมต้องมีความประหยัดแต่คำนึงถึงการใช้งานได้อย่างปลอดภัย โดยยอมรับหลักการทางธรรมชาติว่าทั้งวัสดุ ฝีมือแรงงาน และการใช้งานมีความปรวนแปรในตัวของมันเอง ฉะนั้นงานทาง วิศวกรรมจึงจำเป็นต้องมีอัตราส่วนของความปลอดภัย เพื่อให้ความมั่นใจว่าผลงานทางวิศวกรรมมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน ตลอดอายุ ที่ออกแบบไว้ของผลงานนั้นๆ

เนื่องจากการขยายตัวทางด้านการก่อสร้างที่เกิดขึ้นเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ทำให้วัสดุก่อสร้างไม่เพียงพอต่อความต้องการ วัสดุแผ่นสำเร็จรูปซึ่งทำด้วยแผ่นโฟมโพลีสไตรีน และฉาบด้วยเหล็กสำเร็จรูปซึ่งเมื่อฉาบคอนกรีตเสร็จสามารถรับน้ำหนักและทำหน้าที่เป็นผนังรับแรง (Duble Reinforcement Concrete Wall) อีกทั้งสามารถพัฒนาออกแบบเป็นระบบพื้นและหลังคาบ้าน และอาคารต่างๆได้เป็นอย่างดี โดยนำแผ่นสำเร็จรูปมาติดตั้งในหน้างานให้ได้รูปตามแบบที่ต้องการ เช่นช่วงที่เป็นหน้าต่างก็ตัดเป็นช่วงไว้แล้วทำการฉาบทั้ง 2 ด้าน หนาด้านละ 2.5 ซม. ด้วยอัตราส่วนปูนทราย 2:1 โดยน้ำที่พอเหมาะในการพ่นปูน คือ น้ำ : ปูน ประมาณ 0.48 โดยน้ำหนัก จะเห็นว่าผนังโฟมสำเร็จรูปเมื่อคิดถึงระยะเวลาในการทำงาน และค่าขนาดโครงสร้าง คือ คาน ฐานราก ที่หน้าตัดน้อยลงเนื่องจากน้ำหนักผนังที่น้อยลง ก็จะเห็นว่าเป็นข้อที่ได้เปรียบกว่าผนังก่ออิฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. ทดสอบคุณสมบัติและประสิทธิภาพของผนังโครงเหล็กกึ่งสำเร็จรูป
2. สร้างความเชื่อมั่นเพื่อการนำมาใช้งานจริง

1.4.ขอบเขตการศึกษา

1. แผ่นโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูป panotech panel ชนิดชั้นโฟมหนา 3 เซนติเมตรและ 5 เซนติเมตร ปูนฉาบอัตราส่วนซีเมนต์ต่อทราย 1: 2 โดยใช้ซีเมนต์ type 1
2. ทดสอบคุณสมบัติการทนไฟ
3. ทดสอบคุณสมบัติการป้องกันเสียง
4. ทดสอบความสามารถในการรับแรงอัด
5. ทดสอบความสามารถในการรับแรงดัด
6. ทดสอบคุณสมบัติการป้องกันความร้อน

1.5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ทำการศึกษารวบรวมข้อมูล
2. ทำตัวอย่างทดสอบ
3. นำตัวอย่างไปทดสอบ
4. วิเคราะห์ผลการทดลอง
5. สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. ลักษณะและพฤติกรรมของอัคคีภัย

2.1.2. กล่าวนำ

ไฟเป็นอันตรายร้ายแรงอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดความสูญเสียต่อทรัพย์สิน และชีวิตมนุษย์ ธรรมชาติของไฟเกิดจากการพัฒนาตัวเองของความร้อน แต่ไฟเกิดขึ้นในอาคารส่วนใหญ่นั้นเกิดจากแหล่งเชื้อเพลิงที่ติดไฟเล็ก ๆ แล้วค่อย ๆ เพิ่มตัวขึ้นเรื่อยๆ แหล่งเชื้อเพลิงหรือที่ให้ความร้อนต่างๆ นั้น บางอย่างอาจจะเป็นเปลวไฟจากไม้ขีดไฟ ความร้อนจากเตาเผาในโรงงานหรืออาจจะเป็นไฟที่เกิดจากการช็อตของไฟฟ้าก็เป็นได้เป็นต้น อัตราการเพิ่มตัวเองของไฟโดยทั่วๆ ไปแล้วขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราความร้อนที่เราป้อนเข้าไปนั่นคือสิ่งซึ่งสามารถติดไฟได้ทั้งหมดที่มีอยู่ภายในอาคารกับอัตราของความร้อนที่กระจายออกมา ถ้าความร้อนที่ป้อนเข้าไปมีค่ามากกว่าความร้อนที่กระจายออกมาแล้วอัตราการเพิ่มตัวเองของไฟก็เพิ่มมากขึ้นได้

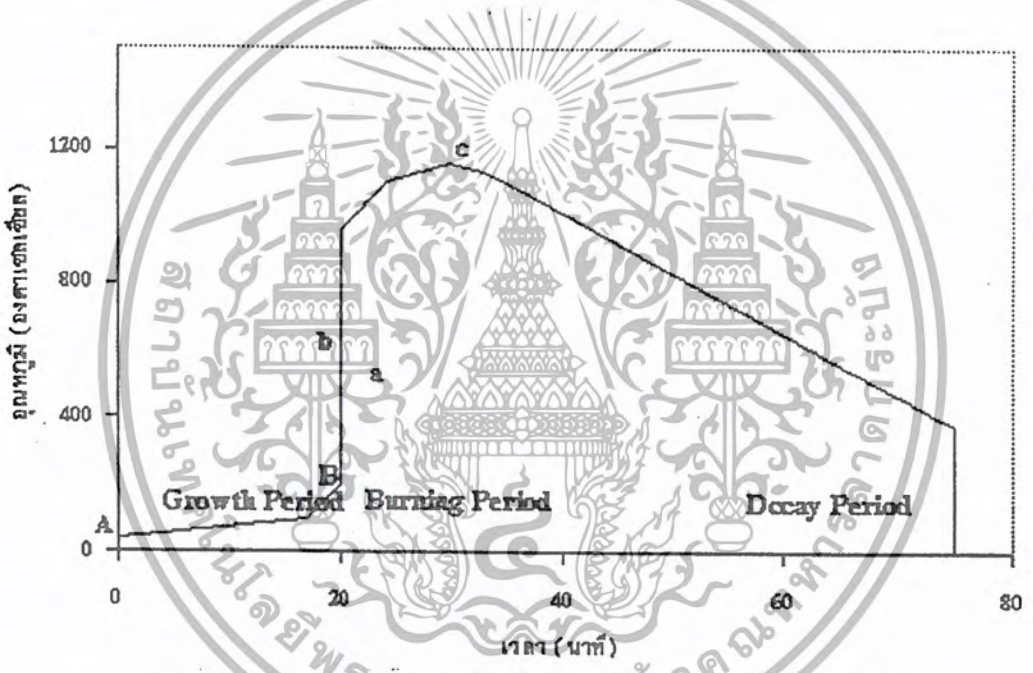
2.1.2. ขบวนการเกิดเพลิงไหม้

การเพิ่มตัวเองขึ้นของไฟจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วมาก ถ้าสภาวะแวดล้อมเอื้ออำนวย ไฟที่ไหม้ในอาคารภายใจที่จำกัด เช่น ห้องทำงาน ห้องพักอาศัย ห้องเรียนหรือห้องอื่น ๆ ไฟจะสามารถกระจายลุกลามไปได้อย่างรวดเร็วหรือไม่นั้นขึ้นกับว่าภายในห้องนั้นมีสิ่งที่ติดไฟได้สะสมอยู่เป็นปริมาณมากน้อยเท่าไหร่ และมีการถ่ายเทของอากาศได้ดีเพียงไร ดังนั้นจะเห็นว่าวัสดุอื่นหรือสิ่งอื่น ๆ ที่ติดไฟช้าหรือติดไฟได้ยากนั้นจึงอาจติดไฟได้ด้วยและจะเกิดขึ้นภายในเวลาเพียงไม่กี่นาทีเท่านั้น ซึ่งอุณหภูมิในตอนนั้นจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วมาก

จากรูปที่ 2.1 เป็นกราฟแสดงพฤติกรรมของไฟในรูปความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลาภายในห้องหนึ่ง ๆ ซึ่งมีเชื้อเพลิงจำนวนหนึ่งและมีการถ่ายเทอากาศแบบหนึ่ง เส้นกราฟ a เป็นกราฟของข้อมูลจริงๆ ที่เก็บมาได้ ส่วนกราฟ b เป็นกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของกราฟ a ช่วง A – B เป็นช่วงก่อนที่เกิดเพลิงไหม้หมดทั้งห้องและเราเรียกช่วงนี้ว่า “ช่วงเริ่มก่อตัวของไฟ” (Growth Period) ที่จุด b ช่วงเผาไหม้ (Burning Period) จะเริ่มต้นขึ้น นั่นหมายความว่าภายในห้องนั้นได้เกิดเพลิงลุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหม้จนทั่วหมดแล้ว ช่วงนี้ถือว่าการพัฒนาตัวเองของไฟได้เกิดขึ้นเต็มที่ อุณหภูมิภายในจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ว่าจะเกิดในอัตราที่ลดลงเมื่อใกล้ถึงจุด C ซึ่งเป็นจุดที่ความร้อนที่ได้จากสิ่งที่ถูกเผาไหม้ไปหรือช่วงกับความร้อนที่สูญเสียไปกับกำแพงและสิ่งแวดล้อมมีค่าเท่ากันพอดี อุณหภูมิจะเริ่มลดลง เลยจุด C ไปถือว่าเป็นช่วงของการสลายตัว (Decay Period) แม้ว่าอุณหภูมิจะเริ่มลดลง แต่อุณหภูมิในช่วงนี้ยังสูงมากอยู่ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการพังทลายของโครงสร้างได้ถ้าไหม้เป็นเวลานาน ๆ ติดต่อกันหลายชั่วโมง ในระหว่างที่ลุกไหม้ในช่วงของการเผาไหม้การสลายนั้นอาจจะมีการส่งผ่านความร้อนหรือการกระจายของไฟจากห้องหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่งก็ได้หรืออาจจะมีการแผ่เปลวไฟความร้อนไปยังตึกข้างเคียงอีกด้วย



รูปที่ 2.1. แสดงพฤติกรรมความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของไฟ

2.1.3. ช่วงการก่อตัวของไฟ (Growth Period)

อุณหภูมิในช่วงนี้ค่อนข้างต่ำอยู่ดังนั้นจึงไม่ค่อยมีผลเท่าใดนัก เวลาของช่วงนี้จะสำคัญกว่าช่วงเวลาอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากว่าถ้าเวลาของช่วงนี้นานก็จะยังพอมีเวลาที่จะหลบหนีออกจากห้องหรือตึกได้อย่างปลอดภัยและยังสามารถดับไฟได้อย่างปลอดภัยได้ทันท่วงทีอีกด้วย เวลาของช่วงนี้จะนานเท่าใดนั้นขึ้นกับชนิดและขนาดของเชื้อเพลิง ถ้าเชื้อเพลิงติดไฟได้ไวความร้อนที่ออกมาก็จะมากทำให้เวลาของช่วงนี้ก็จะน้อยตามไปด้วย พื้นที่ผิวของกำแพงเพดาน ก็มีผลกระทบเช่นเดียวกันถ้าพื้นผิวใหญ่กว้างมากก็จะทำให้ช่วงการก่อตัวของไฟเกิดได้เร็ว เพราะว่าความร้อนสามารถส่งผ่านหรือเคลื่อนตัวได้อย่างต่อเนื่อง นอกเหนือจากนี้ยังมีประกอบอื่นอีกที่มีผลกระทบต่อเวลาของช่วงการก่อตัวของไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกก็คือ ระยะห่างของสิ่งที่ติดไฟภายในห้อง ขนาดและตำแหน่งของแหล่งกำเนินไฟ ขนาดและตำแหน่งของช่วงเปิดภายในห้อง ทิศทางและความเร็วลม ขนาดและรูปร่างของห้องและปริมาณและขนาดของเชื้อเพลิงภายในห้อง

2.1.4. ช่วงการเผาไหม้และช่วงการสลายตัว (Burning and Decay Period)

ระหว่างที่มีไฟกำลังไหม้อยู่ภายในห้องนั้น ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของก๊าซที่มาจากสิ่งที่ติดไฟจะมีการเคลื่อนตัวลอยสูงขึ้นและออกไปทางส่วนบนของช่องเปิด หรือทางหน้าต่าง ส่วนอากาศที่เย็นกว่าจากภายนอกก็จะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ทางส่วนล่างของช่องเปิดและเข้าร่วมในการเผาไหม้ต่อไป เหตุการณ์นี้ก็ต่อเนื่องมาจากการเกิดความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของอากาศร้อนภายในและอากาศเย็นภายนอกนั่นเอง ตัวการที่มีส่วนช่วงให้ช่วงนี้เกิดได้ดีก็คือปริมาณของเชื้อเพลิงและขนาดของช่องเปิดภายในห้องนั้น ถ้าช่องเปิดภายในมีขนาดใหญ่อัตราการเผาไหม้จะยิ่งสูง แต่ความจริงแล้วพื้นที่ผิวของสิ่งที่ติดไฟก็เป็นตัวควบคุมอัตราการเผาไหม้ด้วย สิ่งที่ติดไฟภายในอาคารส่วนใหญ่จะเป็นพวกเครื่องเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งในแต่ละห้องก็มีจำนวนแตกต่างกันไปและเปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วย อย่างไรก็ตามภายในอาคารหลาย ๆ แห่งจะมีพื้นที่ผิวของเฟอร์นิเจอร์อยู่อย่างเพียงพอ สรุปแล้วอัตราการถ่ายเทของอากาศภายในห้องจะเป็นตัวควบคุมอัตราการเผาไหม้ที่มีผลมากกว่าตัวการอื่น ๆ

ดังนั้นจะเห็นว่าจากขบวนการของการพัฒนาตัวเองของไฟ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะไฟไหม้กระจายของไฟ ช่วงเวลาที่เกิดไฟไหม้ ความรุนแรงของไฟ และอื่น ๆ อีกนั้นจะขึ้นอยู่กับฟังก์ชั่นหลายอย่างซึ่งถ้าพิจารณาเฉพาะไฟที่เกิดขึ้นภายในอาคารมีดังนี้

ก. ปริมาณของไฟ (Fire Load)
ข. ตำแหน่งที่อยู่ของปริมาณไฟ
ค. ชนิด รูปร่างและขนาดของเชื้อเพลิงหรือสิ่งซึ่งติดไฟ
ง. พื้นที่ของช่องเปิดหรือหน้าต่าง
จ. อุณหภูมิ ความดัน และความสัมพันธ์
ฉ. ขนาดของห้อง
ช. การนำความร้อนของโครงสร้าง
ซ. ระดับการแผ่กระจายของไฟ

จากการสำรวจศึกษาและวิจัยพบว่าตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นนั้น ตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลทำให้กราฟของไฟมีลักษณะต่างๆ กันไป ก็คือ ปริมาณของไฟและพื้นที่ของช่องเปิด

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5. ปริมาณของไฟ (Fire Load)

ปริมาณของไฟนิยามว่าเป็นปริมาณความร้อนที่วัดได้จากวัสดุซึ่งติดไฟได้ในห้อง ๆ หนึ่งหรืออาจจะนิยามปริมาณไฟว่าเป็นปริมาณความร้อนของวัสดุซึ่งติดไฟต่อพื้นที่หนึ่งตารางหน่วยถ้าพูดถึงความหนาแน่นของปริมาณไฟนั่นคือ วัดภายในปริมาตรปิดนั่นเอง ปกติแล้วค่าปริมาณไฟจะติดต่อพื้นที่ผิวของห้อง

ในประเทศต่าง ๆ ได้มีการสำรวจเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณของไฟในอาคารกันอย่างกว้างขวาง โดยทั่วไปแล้วปริมาณความร้อนของวัสดุซึ่งติดไฟนั้นจะอยู่ในรูปของน้ำหนักของไม้ที่ให้ความร้อนออกมาเท่า ๆ กันกับปริมาณความร้อนของวัสดุนั่นเอง ปริมาณไฟสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับการกระจายของวัสดุในอาคารหรือตำแหน่งของวัสดุ ชนิดของห้องภายในอาคารและอื่นๆ อีก จากข้อมูลที่เก็บมาจากหลายๆ อาคารก็ได้มีการลงความเห็นกันว่าค่าเฉลี่ยของความน่าจะเป็นของค่าปริมาณไฟในอาคารควรมีค่าไม่น้อยกว่า 10 ปอนด์ต่อพื้นที่หนึ่งตารางฟุตต่อหนึ่งชั่วโมงซึ่งค่านี้ได้ถูกนำไปใช้กำหนดมาตรฐานไฟเพื่อใช้ในการทดสอบ

2.1.6. พื้นที่ของช่องเปิด (Opening Area)

พื้นที่ของช่องเปิดมีอิทธิพลอย่างมากต่อการลุกไหม้ของไฟ ถ้าพื้นที่ของช่องเปิดมีมากก็จะทำให้อากาศร้อนภายในลอยตัวออกไปแล้วอากาศเย็นก็จะเข้ามาแทนที่ ทำให้ไฟมีการลุกไหม้ได้อย่างสมบูรณ์และยังสามารถกระจายไปยังห้องข้างเคียงหรือตึกข้างเคียงได้ง่าย พื้นที่ของช่องเปิดในที่นี้ไม่ใช่หมายถึงพื้นที่ของหน้าต่างและประตูเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังรวมถึงพื้นที่ที่อากาศสามารถผ่านเข้าออกภายในห้องได้อีกด้วย

จากการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้วนั้น ก็จะสามารถเลียนแบบพฤติกรรมของไฟที่เกิดขึ้นจริงได้โดยอยู่ในรูปของความสัมพันธ์เวลากับอุณหภูมิ เมื่อสามารถเลียนแบบไฟได้แล้วก็สามารถกำหนดเป็นมาตรฐานไฟเพื่อใช้ในการทดสอบหาพฤติกรรมต่าง ๆ ของวัสดุดังจะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

2.1.7. เส้นโค้งมาตรฐานไฟและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ (Standard Fire Curve and Basic Theory of Fire Severity)

การที่จะทราบว่าอาคารที่ถูกไฟไหม้ไปแล้วนั้น จะมีพฤติกรรมอย่างไรจะสามารถต้านทานไฟได้มากน้อยเพียงใดนั้นก็จะต้องมาจากการทดสอบทั้งสิ้น จากข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง ๆ ในอาคารได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการค้นคว้าเพื่อหามาตรฐานไฟขึ้นมาใช้ ดังนั้นจึงได้มีการค้นคว้ากันในหลาย ๆ ประเทศสถาบันต่าง ๆ อาทิเช่น ASTM ISO และอื่นๆ อีกได้มีการนแนะนำมาตรฐานไฟขึ้นมาใช้ทดสอบโดยอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (Temperature - Time Relation) เพื่อเลียนแบบไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ ในอาคาร นักวิจัยชาวอเมริกันชื่อ INGBERG ได้เสนอแนวความคิดในการสร้างเส้นโค้งมาตรฐานไฟโดยเรียกว่า "แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ (Fire Load Concept)"

2.1.8. แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ

แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟมีข้อสมมุติฐานที่สำคัญดังนี้ คือ

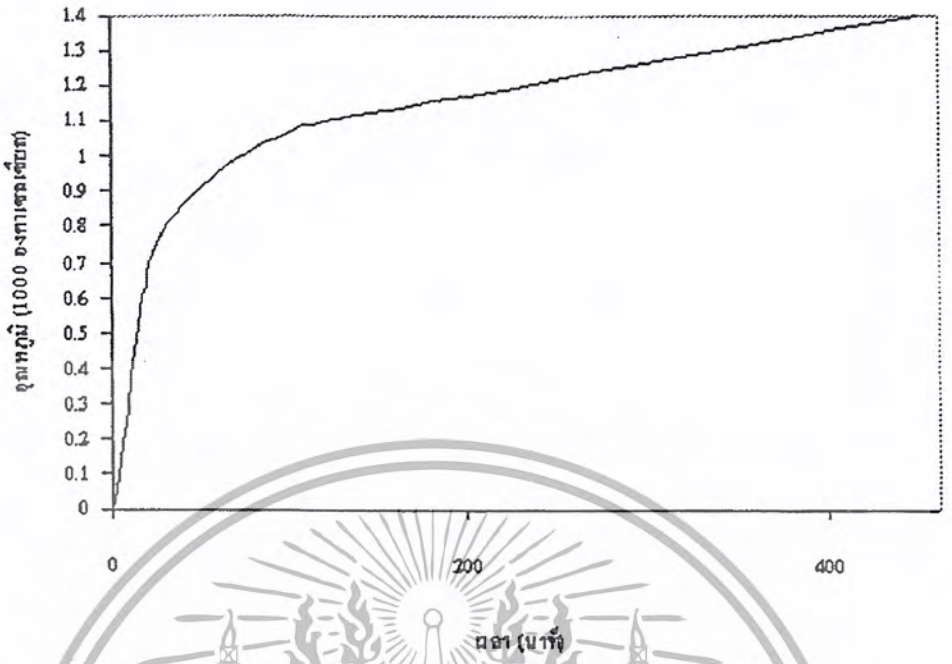
1. ความทนทานไฟขององค์อาคารขึ้นกับ "ความรุนแรงของไฟ" เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ความรุนแรงของไฟสำหรับอาคารหรือเตาไฟที่ใช้ในการทดสอบซึ่งลอกเลียนแบบไฟจริง ๆ นั้นก็คือ พื้นที่ใต้เส้น กราฟอุณหภูมิกับเวลานั่นเอง
2. ความรุนแรงของไฟขึ้นกับความเข้มของปริมาณไฟอย่างเดียวเท่านั้น

ข้อสมมุติฐานดังกล่าวนั้นง่ายและไม่ถูกต้องเท่าไรนัก เนื่องจากความรุ่นแรงของไฟไม่ได้ขึ้นกับความเข้มของปริมาณไฟแต่อย่างเดียวจริง ๆ แล้วยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ของช่องเปิดชนิดและน้ำหนักของเชื้อเพลิง คุณสมบัติทางความร้อนของกำแพง เพดาน เป็นต้น แม้กระนั้นก็ตามก็ถือว่าตัวประกอบเหล่านั้นมีผลน้อยกว่าเมื่อเทียบกับความเข้มของปริมาณไฟ จนถึงบัดนี้ก็ยังไม่มีแนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟนี้จึงยังคงเป็นที่ใช้กันอยู่และยังใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาด้วย

2.1.9. เส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลา (Standard Temperature – Time Curve)

ASTM E 119 ได้เสนอเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาที่มีความเข้มของปริมาณไฟใกล้เคียงกันกับไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ ในอาคารโดยมีค่าความเข้มเท่ากับ 10 ปอนด์ต่อพื้นที่หนึ่งตารางฟุตต่อหนึ่งชั่วโมง ISO ก็ได้เสนอเส้นโค้งมาตรฐานเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วจะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก เส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาของ ASTM แสดงอยู่ในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



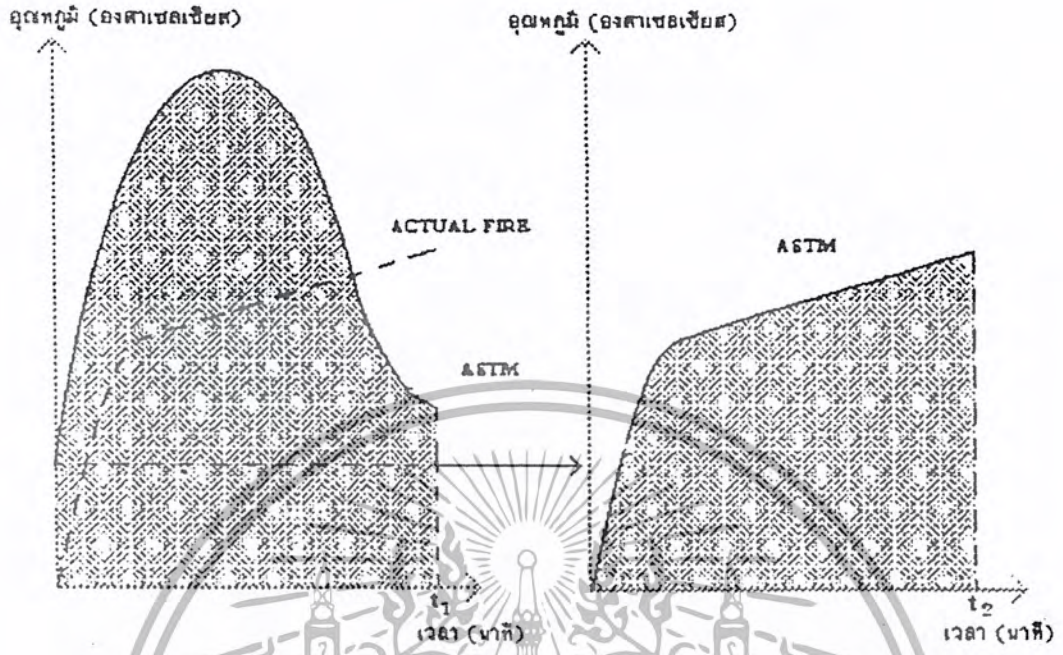
รูปที่ 2.2. เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลามาตรฐานไฟ ASTM E119

2.1.10. ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ (Basic Theory of Fire Severity)

ความรุนแรงของไฟที่เกิดขึ้นในอาคารจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวประกอบที่สำคัญสองตัว คือ เชื้อเพลิงหรือสิ่งซึ่งติดไฟที่มีอยู่ในอาคารและพื้นที่ของช่องเปิดภายในอาคาร แต่ตัวประกอบทั้งสองนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้และสามารถที่จะกำหนดให้ตายตัวได้ว่า ในอาคารแบบนั้น ๆ มีค่าเป็นเท่าไร ดังนั้นการที่จะกำหนดค่าความรุนแรงของไฟจึงจำเป็นจะต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิของไฟที่เวลาต่าง ๆ นั่นคือ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลานั่นเอง

ความรุนแรงของไฟจริง ๆ แล้วก็คือ พลังงานความร้อนที่สามารถทำลายคุณสมบัติในการต้านทานไฟและความทนทานไฟของวัสดุ พลังงานความร้อนในที่นี้ก็คือพื้นที่ใต้เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลานั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟที่ว่า ความรุนแรงของไฟก็คือ พื้นที่ใต้เส้นโค้งอุณหภูมิกับเวลา เนื่องจากเส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลาของ ASTM ซึ่งสามารถดัดแปลงให้อยู่ในรูปของมาตรฐานได้ โดยการกำหนดให้พื้นที่เส้นโค้งมาตรฐานมีค่าเท่ากันกับเส้นโค้งของไฟจริง ๆ นั่นก็คือ อาศัยหลักการของพลังงานนั่นเอง ยกตัวอย่างการแปลงดังรูปที่ 2.3 รูปทางซ้ายมือแสดงถึงลักษณะของไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ ซึ่งมีเวลาการเผาไหม้เป็น t_1 และจากรูปทางขวามือจะแสดงความรุนแรงของไฟเสมือนภายใต้เส้นโค้งมาตรฐนของ ASTM ซึ่งจะใช้เวลาในการเผาไหม้นานกว่าเป็นเวลา t_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3. แสดงการแปลงความรุนแรงของไฟเสมือน

2.2. ทฤษฎีของเสียง

2.2.1. ระดับเสียง (SOUND LEVEL)

ปกติสามารถได้ยินเสียงที่มีความถี่ในย่าน 20 Hz - 20000 Hz การตอบสนองความถี่สูงของแต่ละคนเปลี่ยนแปลงไปตามวัย คืออายุยิ่งมากความสามารถที่จะได้รับรู้การได้ยินเสียงสูงๆ ยิ่งลดลง เสียงใดที่มีความถี่สูงกว่าอีกเสียงหนึ่งอาจเรียกได้ว่ามีระดับเสียงสูงกว่า (Higher Pitch) อีกเสียง

เสียงของผู้ชายอยู่ในความถี่ประมาณ 250 - 1000 Hz
เสียงของผู้หญิงอยู่ในความถี่ประมาณ 500 - 2500 Hz
เท่าที่ทดลองกันมาความถี่ของเสียงที่หูคนคุ้นและตอบสนองไวที่สุดคือ ความถี่ 3000 Hz

ความเข้มของเสียง เสียงค่อยมีแอมปริจูดต่ำ เสียงที่ดังขึ้นมีความเข้มมากขึ้นมีแอมปริจูดสูง ในการทดลองพบว่า ความเข้มของเสียง ณ จุดต่างๆ มีขนาดแปรผันเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแอมปริจูดกำลังสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความไวของหูกับความเข้ม เมื่อเริ่มทดลองด้วยเสียงที่มีความถี่ขนาดหนึ่งมีความเข้มน้อยๆ ตั้งแต่เราไม่สามารถจะได้ยินได้ และค่อยๆ เพิ่มความเข้มจนเราสามารถได้ยินได้ ณ จุดของความเข้มนั้นเราเรียกว่า (Threshold of Hearting) ของความถี่นั้นเมื่อเพิ่มความเข้มขึ้นเรื่อยๆ เราจะได้ยินรู้สึกว่าดังขึ้นๆ ความเข้มที่เพิ่มที่เราได้ยิน ได้ปรากฏว่ามีค่ามากหลายล้านเท่าของความเข้มของเสียงทีเริ่มได้ยิน ซึ่งนับได้ว่าหูของคนเราสามารถรับความเข้มของเสียงหนึ่งๆ มีย่านใหญ่โตมาก จะต้องมีความเข้มอยู่ค่าหนึ่งๆ เริ่มให้ความรู้สึกเจ็บปวดแทรกเข้ามากับการได้ยิน ค่านั้นเรียกว่า (Threshold Value of pain)

ความเข้มของความถี่ในการทดลองหาค่าความเข้มของเสียงความต่างๆ ที่พอดีให้เกิดความรู้สึกเจ็บในการได้ยิน ปรากฏว่ามีความเข้มของเสียงความถี่ต่ำๆ และสูงๆ มีแนวโน้มจะมีความเข้มมากๆ จึงจะทำให้เกิดความรู้สึกเจ็บในการได้ยินหรือกล่าวง่ายๆ ที่ความถี่เท่าๆ กับความถี่ขนาดกลาง (1000 - 5000 Hz)

2.2.2. ความเข้ม และความดัง (INTENSITY AND LOUNDNESS)

แม้ความดังมีความสัมพันธ์กับความเข้ม แต่การหาความสัมพันธ์ไม่อาจแสดงออกมาง่ายๆ ได้ เพราะความดังของเสียงแปรเปลี่ยนไปตามความถี่ของเสียง คือ ความถี่ขนาดกลางๆ มีความเข้มน้อยอาจได้ความรู้สึกดังเท่ากับความถี่สูง ต่ำได้ จึงอาศัยการเปรียบเทียบกับเสียงมาตรฐานค่าระดับความเข้มของเสียงมาตราฐานที่ทำให้เกิดความรู้สึกดังเท่ากับเสียงนั้น เรียกว่า เสียงนั้นมีความดังเท่านั้น ดังนั้นเสียง 100 Hz มีระดับความเข้มเท่าไรก็มีความดังเท่านั้น เสียง 3500 Hz เป็นเสียงที่มีความเข้มน้อยที่สุดที่เราได้ยิน จึงถือเป็นเสียงที่หูคนไวที่สุด

เสียงจากลำโพงวิทยุเบาๆ	40	phons
รอบๆ ห้องเงียบ	30	phons
พูดจาค่อยๆ	50	phons
วิทยุธรรมดา	70	phons
วิทยุเปิดดังมากๆ	80	phons
วงออเคสตรา 80 คน	100	phons

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3. คุณภาพของเสียง (QULITY OF SOUND)

มีอยู่บ่อยๆ ที่เวลาที่เสียงจากเครื่องดนตรีต่างชนิด เช่น ไวโอลิน, เปียโน, ขลุ่ย เล่นเสียงที่มีความถี่ และระดับความเข้มเดียวกัน เราฟังแล้วยังรู้สึกว่าเป็นคนละเสียงต่างกันไปอย่างเห็นได้ชัด นั่นคือ เสียงนั้นมีคุณสมบัติที่สามเข้ามาได้แก่ Quality หรือ Timbre ต่างกันไป

จากการศึกษาวิเคราะห์เสียงดนตรีต่างๆ จึงทราบว่าเสียงดนตรีเท่าไหร่เป็นเสียงที่ออกมาโดยเป็นตัวแทนของความถี่หลายๆ ความถี่ ซึ่งมีหลักเกณฑ์อันอาจจะเข้าใจมันได้ไม่ยาก เสียงไวโอลิน วิเคราะห์ออกมาแล้วประกอบด้วยเสียงความถี่ต่างๆ กัน

เมื่อแยกแยะออกมาแล้วความถี่ต่ำสุดทีปรากฏมีชื่อทั่วไปว่า Fundamental หรือเสียงพื้นฐานปกติที่ขนาดใหญ่กว่าเสียงอื่นๆ และคนที่คุ้นเคยกับเสียงนี้จะได้ยินชัดกว่าเสียงอื่นๆ ความถี่ต่อไปจะพบว่ามีความถี่เป็น 2 เท่าของเสียงพื้นฐาน แต่มีขนาดลดลงมีชื่อเรียกว่า Second Haemental และมีความถี่เป็นทวีคูณเป็นเท่าๆ ของตัวเลขของ Fundamental เรียกว่า Overtones, ความถี่ f Hz เรียกว่า Fundamenta หรือ First Hermonics, ความถี่ 2f Hz เรียกว่า Second Hermonics หรือ First Overtone

ปัจจุบันนี้ในท้องตลาดยังไม่มีเครื่องมือวัดที่สามารถใช้งานได้โดยตรง สำหรับค่ากำลังของเสียง หรือความเข้มของเสียง นอกจากจะอาศัยหูมนุษย์แต่ละคน และไมโครโฟนที่มีการตอบสนองกับกำลังอัดของเสียงเท่านั้น และเครื่องมือเหล่านี้ยังสามารถวัดเป็นเพียงค่าเอฟเฟคตีฟ หรือค่า Root Mean Square (RMS) เมื่อต้องการวัดค่าระดับกำลังอัดของเสียง

2.2.4. เดซิเบล และระดับ (DECIBEL AND LEAVELS)

ในรูปของเดซิเบล จะหาได้อัตราส่วนของกำลังวัตต์ทางไฟฟ้าคูณกับ 10 เท่าของ ลอกการิทึม ฐาน 10 ดังตัวอย่างเช่น ถ้ากำลังเข้าสัญญานเข้าวงจรขยายอิเลคโทรนิคส์วงจรหนึ่ง = W_1 และกำลังขยายสัญญานออก = W_2 ค่าเกณฑ์ของวงจรขยายเป็นเดซิเบล จะเท่ากับ

$$dB = 10 \log \frac{W_2}{W_1} \qquad (2.1.)$$

$W_1 = 1\ mW_1$
$W_2 = 10\ mW$ power gain

$$dB = 10 \log \frac{10}{1} = 10\ dB$$

Input power = 2W , output power = 20 watt , power gain ก็คงเป็น 10 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5. ระดับกำลังเสียง (SOUND POWER LEVEL)

ค่าระดับเดซิเบล จะใช้ได้เฉพาะอัตราส่วน ไม่ใช่สูตรที่แน่นอนที่ใช้ได้จริงๆ นอกจากว่าค่าระดับคงที่แน่นอน ในเรื่องของ Acoutics ค่าระดับเปรียบเทียบ W_1 จะใช้ 10^{-12} W นั้นคือ

$$\text{Sound power level} = \text{PWL} = 10 \log \frac{W}{10^{-12} W}$$

ถ้าต้นกำเนิดเสียงมีกำลัง 10^{-5} W ระดับกำลังของเสียงจะเท่ากับ

$$\text{PWL} = 10 \log \frac{10^{-5}}{10^{-12}} = 70 \text{ dB re } 10^{-12} \text{ W}$$

2.2.6. ระดับกำลังอัดของเสียง (SOUND PRESSURE LEVEL)

ในทางไฟฟ้า ถ้าค่าอิมพีแดนซ์คงที่อัตราของกำลังไฟฟ้า (Power) จะเท่ากับอัตราส่วนของแรงดัน (Voltage) ยกกำลังสอง

$$\frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2 \qquad (2.2.a.)$$

E_1 และ E_2 แรงดันขาออก และแรงดันขาเข้า ตามลำดับ ดังนั้น ค่าระดับไฟฟ้าเป็น 10 X ลอกาลิทึม ของอัตราส่วนกำลังไฟฟ้า

$$\frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2 \qquad (2.2.b.)$$

$$\text{SPL} = 10\text{LOG} \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2 = 20 \log \frac{P_2}{P_1} \qquad (2.3.)$$

SPL = กำลังอัดของเสียงเป็นเดซิเบล

P_2 = กำลังอัดของเสียงเป็น นิวตัน / เมตร^2

P_1 = กำลังของเสียงทีระดับเปรียบเทียบเป็น นิวตัน / เมตร^2

ในเรื่องของอะคูสติค ค่าระดับเปรียบเทียบ คือ 2.0×10^{-5} N/m^2 บางครั้งจะเขียนเป็น 0.0002 dyne / cm^2 หรือ 0.0002 u bar

ดังนั้น $\text{SPL} = 20 \text{ LOG } \frac{P}{2.0 \times 10^{-5}}$ ค่าระดับเปรียบเทียบที่ 1000 Hertz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้วัดระดับเสียง คือ Sound Level Meter ประกอบด้วย ไมโครโฟนแบบปรับทิศทาง (Nondirection mocrophone) ชุดปรับความดังของเสียง วงจรขยาย ชุดแสดงผล (Indirection Meter) และชุดปรับเปลี่ยนความถี่ (Weighting Network) ค่าของระดับเสียงที่อ่านได้จากมิเตอร์ จะอยู่ในรูปของค่า RMS ที่ระดับเปรียบเทียบ 2.0×10^{-5} N / m^2 ดังนั้นเครื่องมือชนิดนี้จะไม่วัดค่าออกมาสูงสุด (Peal Level)

2.2.7. มลภาวะของเสียง

เสียงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ และจัดไว้ในประเภทพลังงานที่สามารถแผ่รังสีกระจานออกไปรอบๆ ตัว โดยอาศัยตัวกลางที่อยู่โดยรอบเป็นสื่อการเคลื่อนที่ และมันจะเคลื่อนที่ออกไปรอบๆ ตัวในลักษณะคลื่นตามยาวจนกระทั่งถึงเครื่องรับ (ถ้ามี) ดังนั้นการที่หูมนุษย์จะได้ยินเสียงนั้นจะต้องมีปัจจัยที่จำเป็นและขาดไม่ได้อยู่ 3 ประเภท คือ

ก. แหล่งกำเนิดเสียง
ข. ตัวกลาง
ค. เครื่องรับ

นอกจากปัจจัยหลักดังกล่าวแล้ว การได้ยินเสียงยังต้องประกอบด้วยปัจจัยอื่นๆ อีกเช่น ความเข้มของเสียง , ระดับของเสียง เป็นต้น

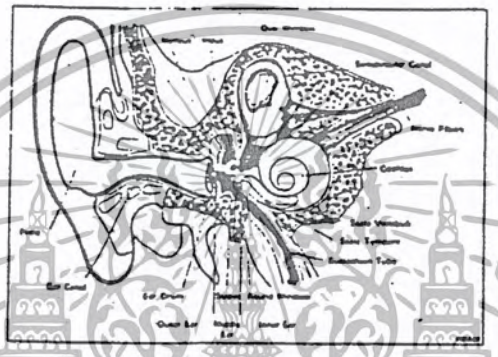
สมมติว่าดวงจันทร์เกิดระเบิดแตกออกเป็นเสี่ยงๆ มนุษย์บนโลกจะได้ยินเสียงหรือไม่ เพราะเหตุใด เราก็สามารถตอบได้ทันทีเลยว่า มนุษย์จะไม่ได้ยินเสียงระเบิดเพราะถือว่าไม่มีบรรยากาศรอบดวงจันทร์ ดังนั้นเสียงที่เกิดจากการระเบิดจะไม่สามารถเคลื่อนที่มายังโลกได้เพราะไม่มีอากาศหรือตัวลางให้เสียงเคลื่อนที่ผ่านได้

การเคลื่อนที่ของเสียงเป็นการเคลื่อนที่ของพลังงานจากแหล่งกำเนิดถ่ายทอดผ่านตัวกลางไปสู่ผู้รับฟัง อัตราที่พลังงานเสียงตกกระทบหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่รับเสียงในแนวตั้งฉาก เรียกว่าความเข้มของเสียง (Sound Intensity) ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ความเข้มของเสียงเป็นปฏิภาคผกผันกับระยะทางกำลังสอง เพราะฉะนั้นเมื่อเราอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงยิ่งมาก ความเข้มของเสียงยิ่งลดลง เมื่อพลังงานเคลื่อนที่เข้ารูหู ผู้รับฟังจะรับรู้ความดังของเสียง (Loudness) โดยที่ความดังของเสียงนี้ขึ้นอยู่กับประสาทรับความรู้สึกของผู้รับฟัง จึงเป็นผลทางสรีระศาสตร์มนุษย์ที่ไม่อาจวัดได้โดยตรงโดยเครื่องวัด โดยทั่วไปเสียงจะมีความดังมากขึ้นเมื่อเสียงมีความเข้มข้นสูงขึ้น แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับฟังความดังของเสียงไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของเสียง แต่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าลอกาลิทึม (logarithm) ของความเข้มของเสียงตามกฎของ วีเบอร์ เฟคเนอร์ เช่น คนเราจะรู้สึกว่าเสียงดังเป็น 2 เท่า เมื่อเสียงมีความเข้มของเสียงสูงกว่าเดิม 10 เท่าดีบี หรือรู้สึกดังกว่าเดิมเป็น 4 เท่า

เมื่อเสียงมีความเข้มของเสียงขึ้นกว่าเดิม 100 เท่าดีบี นอกจากนี้ยังพบว่าความรู้สึกต่อเสียงที่มีความถี่ต่างกัน จะให้ความรู้สึกไม่เหมือนกัน เช่น เสียงที่ความถี่สูงจะรู้สึกดังไม่เท่าเสียงที่มีความถี่ต่ำ สำหรับเสียงที่มีความเข้มข้นของเสียงเท่ากันเป็นต้น



รูปที่ 2.4. แสดงถึงลักษณะภายในหูมนุษย์

2.2.8. เสียงกับการได้ยิน

ความเข้มข้นของเสียงต่ำสุดที่มนุษย์เราฟังได้ โดยเฉลี่ยประมาณ 10 – 12 ดีบีต่อตารางเมตร ค่าความเข้มของเสียงนี้เราเรียกว่า (Threshold of Handing) ส่วนความเข้มข้นของเสียงที่หูทนฟังได้โดยเฉลี่ยประมาณ 100 Hz) ความเข้มของเสียงนี้เรียกว่า ขีดจำกัดของความรู้สึกที่รบกวน (Threshold of Feeling)

การได้ยินเสียงนอกจากขึ้นอยู่กับความเข้มของเสียงแล้ว ยังขึ้นอยู่กับระดับเสียง (Pitch) อีกด้วย เสียงที่มีความถี่สูงหมายถึง (เสียงทุ้ม) ถ้าเสียงที่มีความถี่เกินไปหูจะไม่ได้ยินเสียงนั้น ซึ่งตามปกติช่วงความถี่ของคลื่นเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินมีค่าตั้งแต่ 20 ถึง 20,000 Hz (แต่ละคนได้ยินในช่วงที่แตกต่างกันเล็กน้อย) เด็กและคนชราจะมีช่วงความถี่ที่แคบลง คลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่าความถี่ที่มนุษย์สามารถได้ยินได้เรียกว่า “เสียงอินฟาโซนิค – Infrasonic” ส่วนคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่าหูมนุษย์สามารถได้ยินเรียกว่า “เสียงอุลตร้าโซนิค – Ultrasonuc” ความถี่ของคลื่นเสียงที่เหมาะสำหรับมนุษย์โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 3,500 Hz สัตว์บางชนิดสามารถได้ยินเสียงดีกว่ามนุษย์ เช่น สุนัขสามารถได้ยินเสียงตั้งแต่ 15 ถึง 50,000 Hz และค้างคาวกับปลาโลมาสามารถได้ยินเสียงที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่สูงถึง 120,000 Hz สัตว์เหล่านี้จะใช้เสียงในการนำทางโดยการส่งคลื่นออกไปเป็นห้วงๆ และคอยรับเสียงสะท้อนกลับทำให้สามารถรับรู้ว่ามีวัตถุที่สะท้อนเสียงอยู่ไกลออกไปเพียงใด

คำว่าเสียงตรงกับคำในภาษาอังกฤษ 2 คำ คือ Sound และ Noise คำว่า Sound มักจะใช้กับเสียงที่พึงปรารถนา เช่น เสียงดนตรีประเภทต่างๆ ส่วนคำว่า Noise มักจะใช้ในความหมายถึงเสียงที่ไม่พึงปรารถนา หรือเสียงรบกวน เช่น เสียงดังจากระเบิด ฟ้าผ่า และเสียงดังจากเครื่องจักร เป็นต้น คำว่า Noise นี้เองเป็นตัวกลางทำให้เกิดมลภาวะทางเสียง

โดยที่เสียงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ และจัดไว้ในประเภทสิ่งที่สามารถแผ่รังสีกระจายออกไปได้ โดยอาศัยตัวกลางที่มีอยู่โดยรอบเป็นสื่อในการเคลื่อนที่ ดังนั้นในลักษณะทางกายภาพ Noise กับ Sound ไม่มีอะไรแตกต่างกัน Noise จัดเป็น Sound ประเภทหนึ่ง การที่ Noise กับ Sound จึงไม่มีเครื่องวัดเสียงใดๆ วัดได้

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าเสียงที่มีความเข้มของเสียงอยู่ในระดับสูงนั้นเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนา หรือสิ่งรบกวนต่อสุขภาพ และจิตใจของมนุษย์ได้มากกว่าเสียงที่มีความเข้มของเสียงอยู่ในระดับต่ำ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าเสียงที่มีความเข้มของเสียงอยู่ในระดับสูงซึ่งดังพอที่จะทำให้ประสาทหูเสื่อม จะเป็นเสียงที่ต้องห้ามและต้องหาทางป้องกันทุกกรณีไป เช่น เสียงเพลงดิสโก้เธค (Discotheques) ซึ่งมักจะมีความเข้มข้นของเสียงอยู่ในระดับสูงถ้าระดับเสียงนี้เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมอาจทำให้เจ้าหน้าที่ของโรงงานอุตสาหกรรมจัดมาตรการรักษาความปลอดภัยของคนงานโดยรีบด่วน หรือสั่งปิดโรงงานอุตสาหกรรมนั้นในฐานะที่เป็นแหล่งที่ทำให้เกิดอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพของคนงาน

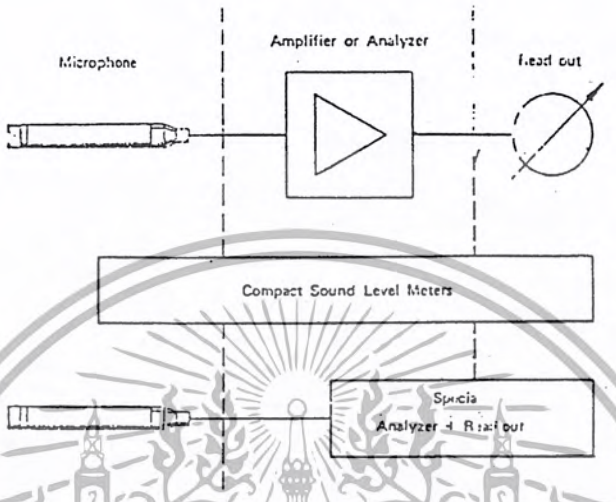
2.2.9. เครื่องวัดระดับเสียง (Sound Level Meter)

เครื่องมือวัดระดับเสียงโดยทั่วๆ ไป จะตอบสนองกับ 2 ความเร็ว คือ ความเร็วสูง (Fast) ความเร็วต่ำ (Slow) ถ้าเสียงที่เราต้องการวัดมีระดับสูงๆ ต่ำๆ ต้องปรับไปที่ Fast ส่วนเสียงที่มีความถี่คงที่ต้องปรับไปที่ Slow

โดยทั่วๆ ไปชุด Weighting Network จะมีอยู่ 3 ตำแหน่ง คือ A, B และ C ซึ่งคุณสมบัติของความถี่ที่ตอบสนองจะได้ดังรูป 2.6 ชุดทั้ง 3 จะเป็นตัวเลือกค่าประมาณ กับหูมนุษย์ที่ระดับเสียงที่แตกต่างกัน หูมนุษย์จะไม่ไวต่อเสียงทีมีความถี่สูงมากๆ และมีความถี่ต่ำมากๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีชุดช่วยปรับ Weighting network A จะใช้เมื่อมีเสียงต่ำกว่า 55 dB Weighting network B สำหรับเสียงระหว่าง 55 dB และ 85 dB ส่วน Weighting network C สำหรับเสียงสูงกว่า 85 dB

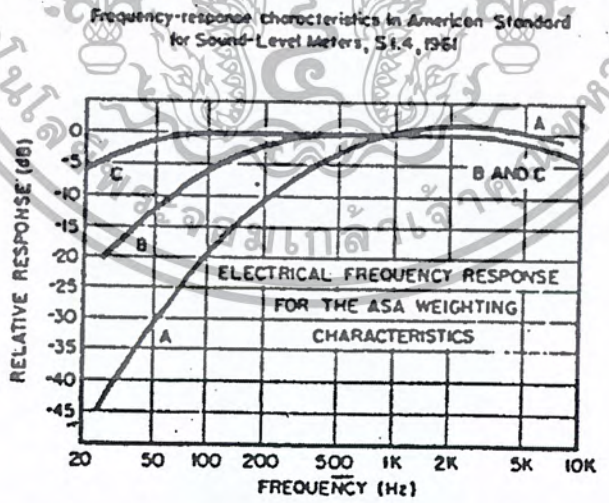
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแตกต่างที่สำคัญของค่าที่อ่านได้จะเรียกว่า Sound pressure level ส่วน A network เคอร์ฟจะตกมากที่ค่าความถี่ต่ำซึ่งจะคล้ายกับเสียงของหูมนุษย์ ค่าที่อ่านได้จะเรียกว่า Sound Level หรือ เทียบกับ dBA การวัดเสียงสามารถวัดได้ทั้งสเกล A หรือสเกล C การวัดที่สำคัญที่สุด คือ การวัดจาก Scale A



รูปที่ 2.5. Sound Level Meter เบื้องต้น

ถ้าเครื่องมือวัดระดับเสียงมีวงจรขยายที่มีความถี่ตอบสนองเรียบตลอดย่านจาก 20 – 20,000 Hz เมื่อรวมกับการใช้ตำแหน่ง A, B และ C ค่าที่อ่านได้จะขึ้นอยู่กับ Microphone ที่ใช้



รูปที่ 2.6. ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ และเดซิเบล Weighting Network

ปัจจุบันมิเตอร์วัดระดับเสียงมีอยู่ 2 แบบ คือ American Standard Specification for General - Purpose Sound level meter, S 1.4 – 1971 และ International Electrotechnical Commission Publication 479, Precision Sound level meter (IEC 179 – 1965)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2.10. เสียงแบคกราวด์

ต้องตรวจสอบว่าเสียงแบคกราวด์ดังมากเกินไปหรือไม่โดยหยุดการทำงานของแหล่งกำเนิดเสียง ถ้าพบว่าความแตกต่างระดับเสียงแบคกราวด์กับเสียงที่วัดได้เมื่อเดินเครื่องมากกว่า 10 dB ให้ถือว่าเสียงแบคกราวด์ไม่มีผลนัยสำคัญต่อการวัดเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง แต่ถ้าความแตกต่างของแหล่งกำเนิดเสียงนี้น้อยกว่า 10 dB เราต้องลบเสียงแบคกราวด์ออกโดยใช้ตาราง 2.1 จึงจะได้ระดับเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง ถ้าความแตกต่างน้อยกว่า 3 dB การวัดเสียงของแหล่งกำเนิดเสียงจะทำได้ยาก เว้นแต่ว่าลดเสียงแบคกราวด์ลง แต่ถ้าไม่สามารถลดระดับเสียงของแบคกราวด์ลงได้ ก็ควรเลื่อนไมโครโฟนให้เข้าใกล้แหล่งกำเนิดเสียงมากขึ้น

ตารางที่ 2.1 ค่าลบเสียงแบคกราวด์ออกจากเสียงทั้งหมด

ระดับเสียงแตกต่างระหว่างเสียงทั้งหมดกับเสียงแบคกราวด์ (dB)	ระดับเสียงที่ต้องลบออกจากเสียงทั้งหมดเพื่อหาระดับเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง (dB)
8 – 10	0.5
6 – 8	1
4.5 – 6	1.5
4 – 4.5	2.0
3.5	2.5
3	3.0

2.2.11. การสูญเสียการส่งผ่านเสียง (sound transmission loss, TL)

เสียงส่งผ่านเข้าไปในห้อง,อาคาร ได้หลายทาง เช่น โดยที่ผนังหรือพื้นห้องสั่นสะเทือนเมื่อเสียงมากระทบ การสั่นสะเทือนจะให้กำเนิดเสียงในห้องได้ หรือผนังห้องสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากเครื่องจักรกล นอกจากนี้เสียงยังสามารถลอดผ่านหน้าต่างประตูที่เปิดทิ้งไว้ หรือผ่านท่อระบายอากาศก็ได้

เสียงที่ส่งผ่านสู่ห้องโดยวิธีแรกนั้นจะลดลงได้ถ้าเราใช้ผนังห้องที่มีความหนาแน่นสูงๆ ลักษณะผนังห้องแบบนี้จะสะท้อนเสียงออกไปมากกว่าส่งผ่าน แต่ถ้าเสียงนั้นมีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของผนัง เสียงก็จะส่งผ่านไปได้มากเนื่องจากปรากฏการณ์ “รีโซแนนท์” (resonant)

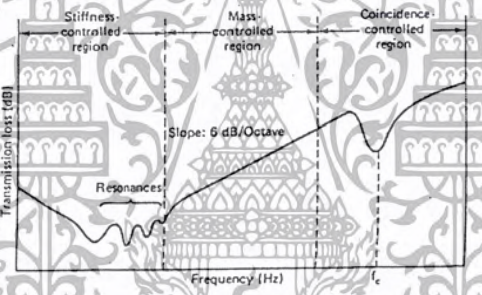
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
58571

ปริมาณที่ใช้วัดการกันเสียงของโครงสร้างเราเรียก “การสูญเสียการส่งผ่าน” (sound transmission loss, TL) ซึ่งจะหมายถึงจำนวณเดซิเบลของพลังงานเสียงที่สูญเสียไปเมื่อมีการส่งผ่านเสียง และหาได้จาก

$$SPL_1 = 10\log(\frac{W_1}{W_0}) \qquad (2.4.a.)$$

$$= 10\log(\frac{I}{t}) \qquad (2.4.b.)$$

TL ขึ้นอยู่กับความถี่ด้วยดังแสดงในรูป 2.7 ที่ความถี่ต่ำๆ TL จะขึ้นอยู่กับความแข็ง (stiffness) ในช่วงความถี่นี้ผนังที่แข็งจะให้ TL สูง ถ้าความถี่เพิ่มขึ้น TL จะถูกควบคุมโดยความถี่ รีโซแนนท์ของผนัง และ TL ถูกจำกัดโดยแดมปิ้ง (damping) ของผนัง ที่ความถี่เหนือความถี่รีโซแนนท์ TL ก็จะขึ้นอยู่กับมวลซึ่งมีกฎของมวล (mass law) ดังสมการ



รูปที่ 2.7 ค่าสูญเสียการส่งผ่านเสียงแปรตามความถี่ของผนัง homogeneous
(f_c คือความถี่วิกฤติ)

$$TL = 20\log f + 20\log w - 47.2 \text{ dB} \qquad (2.5.a.)$$

เมื่อ f = ความถี่ (H_Z)

w = มวลต่อพื้นที่ (Kg / m^2)

ซึ่งจะพบว่า TL เพิ่มขึ้น 6 dB ถ้า m หรือ W เพิ่มเป็น 2 เท่า

ถ้าเป็นเสียงที่ตกกระทบเป็นมุมฉากกับผนัง ไม่กระจัดกระจายเราจะได้ TL มากกว่าปรกติประมาณ 5 dB

$$(TL)_0 = 20\log f + 20\log W - 42.2 \text{ dB} \qquad (2.5.b.)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก $$TL = 10\log(\frac{W_i}{W_t})$$

และ $$SPL_1 = 10\log(\frac{W_1}{W_0})$$

$$SPL_2 = 10\log(\frac{W_2}{W_0})$$

$$SPL_1 - SPL_2 = 10\log(\frac{W_1}{W_0}) - 10\log(\frac{W_2}{W_0})$$

$$= 10\log(\frac{W_1}{W_2})$$

ดังนั้น $$TL = SPL_1 - SPL_2 \qquad (2.6.)$$

ค่าสูญเสียการส่งผ่านของเสียงแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่า TL สำหรับวัสดุก่อสร้างทั่วไป

Material	Transmission Loss (dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1,000 Hz	2,000 Hz	4,000 Hz
Brick, 4 in.	30	36	37	37	37	43
Cinder block, 7.625 in., hollow	33	33	33	39	45	51
Concrete block, 6 in., lightweight, painted	38	36	40	45	50	56
Curtains, lead vinyl, 1.5 lb/ft^2	22	23	25	31	35	42
Door, hardwood, 2.625 in.	26	33	40	43	48	51
Fiber tile, filled mineral, 0.625 in.	30	32	39	43	53	60
Glass plate, 0.25 in.	25	29	33	36	26	35
Glass, laminated, 0.5 in.	23	31	38	40	47	52
Panels, perforate metal with mineral fiber insulator, 4in. thick	28	34	40	48	56	62
Plywood, 0.25 in., 0.7 lb/ ft^2	17	15	20	24	28	27
Plywood, 0.75 in., 2lb/ ft^2	24	22	27	28	25	27
Steel, 18 gauge, 2 lb/ ft^2	15	19	31	32	35	48
Steel, 16 gauge, 2.5 lb/ ft^2	21	30	34	37	40	47
Sheet metal laminate, 2 lb/ ft^2, visiolastic core	15	25	28	32	39	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบผนังรับแรง

2.3.1. ผนัง

การใช้คอนกรีตแผ่นในการก่อสร้างและรับน้ำหนักต่างๆ ที่จะกล่าวถึงในบทนี้ น้ำหนักเบื้องต้นเป็นเหตุที่เกิดจากความน้ำหนักของวัตถุ ลมพายุ แผ่นดินไหวและอื่นๆ ซึ่งในการออกแบบนั้นจำต้องนำน้ำหนักนี้มาคิดประกอบกับองค์ประกอบอื่นๆ อีกมากมาย

การออกแบบผนังรับแรง ผู้ออกแบบควรจะพิจารณาถึงความบอบบาง การเปลี่ยนแปลงปริมาตร ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ และการออกแบบจุดต่อ ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งานด้วย สำหรับสิ่งก่อสร้างที่สูงไม่เกิน 12 ชั้น นั้นต้องคำนึงถึงการกระจายของน้ำหนัก (load) เป็นส่วนใหญ่ สิ่งก่อสร้างที่สูงกว่า 16 ชั้นขึ้นไปนั้น เราต้องหาค่าต่างๆ ของการกระจายของน้ำหนัก โดยละเอียดและในช่วง 12-16 ชั้นนั้น ต้องพิจารณาเป็นกรณีๆ ไป เช่น ถ้าน้ำหนักมากจะทำให้การกระจายน้ำหนักไม่เป็นเชิงเส้น เป็นต้น

2.3.2. การออกแบบเบื้องต้น

การออกแบบกำแพงภายนอกโดยใช้แผ่นรองรับน้ำหนักนั้น ต้องพิจารณาถึงหน้าที่ของแผ่นหล่อสำเร็จ และความสูงของการออกแบบ

2.3.2.1 การพิจารณาสิ่งต่างๆ ในการออกแบบ

ในการออกแบบแผ่นคอนกรีตภายนอกนั้นควรพิจารณาดังนี้

1. ความหนาแน่นของน้ำหนัก (p) และการกระจายแรงลงสู่ฐานราก
2. ขนาดและการกระจายของน้ำหนักในแนวราบและอุปกรณ์สำหรับต้านแรงนั้น โดยใช้แผ่นพื้นและผนังรับแรงเฉือน
3. ตำแหน่งของจุดต่อที่จะควบคุมการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากการคืพ, การหดและการเปลี่ยนอุณหภูมิของคอนกรีต
4. นิยามของจุดต่อและชนิดของจุดต่อที่ต้องการเพื่อต้านแรงต่างๆที่เกิดขึ้น
5. ความผิดพลาดที่ยอมรับได้สำหรับโครงสร้างที่ออกแบบเพื่อการผลิตและการประกอบ
6. การออกแบบเป็นพิเศษระหว่างขั้นตอนการก่อสร้างซึ่งอาจจะเป็นการควบคุมการออกแบบผนังที่แรงและไม่รับแรงควรมีจำนวนเหล็กที่น้อยที่สุด $\rho = 0.001$

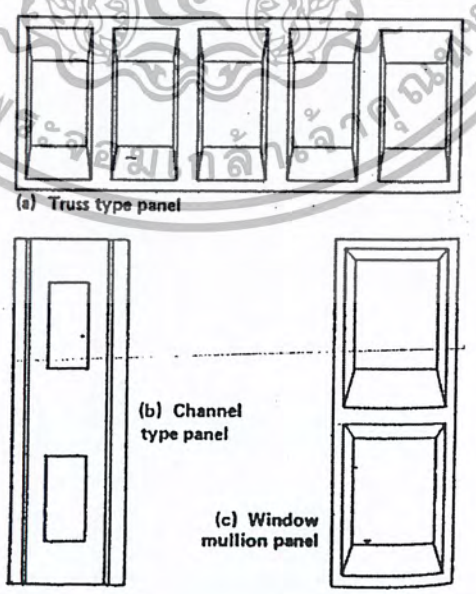
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 ลำดับของการแก้ปัญหา

1. หาค่าความหนาแน่นของน้ำหนักและการกระจายของน้ำหนักที่นำมาใช้เข้ากับแผ่นผนังและหาว่าแผ่นผนังรองรับน้ำหนักให้ได้มากที่สุดเท่าใด
2. ขนาดและรูปทรงของแผ่นผนังอาจมีผลกระทบต่อการเชื่อมต่อและที่ตั้งทั้งทางแนวดิ่งและแนวระดับดังนั้นในการหารายละเอียดเพื่อที่จะออกแบบการเชื่อมต่อ ควรพิจารณาถึงคำถามเหล่านี้
   * รายละเอียดได้มาตรฐานในตัวมันเองไหม
   * รายละเอียดต่างๆที่นำมาก่อสร้างนั้นเป็นไปได้ตามค่าความผิดพลาดที่ยอมรับหรือไม่
   * รายละเอียดต่างๆสามารถออกแบบโดยทฤษฎีและการเปลี่ยนแปลงปริมาตรหรือไม่
3. ขนาดและรูปร่างต่างๆของผนังได้มีการพิจารณาถึงความแข็งแรงทั้งทางแนวดิ่งและระดับจนกระทั่งสร้างเสร็จ
4. ต้องพิจารณาถึงพฤติกรรมของสิ่งก่อสร้างเมื่อเกิดแตกร้าวและผลของอุณหภูมิว่ามีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างอย่างไร

2.3.3. ผนังรับน้ำหนัก

การออกแบบและตรวจสอบพฤติกรรมของคอนกรีตนั้นเราสามารถพิจารณาได้จากขนาดและรูปร่างและขนาดของน้ำหนักที่ใส่เข้าไปได้ หรือโดยการกระจายน้ำหนักในการออกแบบคอนกรีตสำเร็จรูปนั้นจะออกแบบแตกต่างจากไม่เหมือน โครงสร้าง 2 มิติ ซึ่งจะต้องคิดเป็นวัตถุอิสระ



รูปที่ 2.8. ผนังมีขอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตที่ใช้กับกำแพงน้ำหนักคล้ายๆ กับในการออกแบบผนังเรียบหรือผนังมีขอบทั้งผนังเรียบและผนังมีขอบจะประกอบด้วยหน้าต่างและประตู รูปที่ 2.8 จะแสดง ผนังมีขอบ 3 ชนิด รูป 2.8 (a) คือ ชนิดโครงหน้าต่างในแนวราบ ส่วนอื่นๆ เป็นแบบช่องหน้าต่างในแนวดิ่ง

อย่างไรก็ตาม การที่เราจะให้โครงสร้างภายนอกเป็นแบบขวางและตามยาว ซึ่งขึ้นการจัดยึดการติดตั้งกรรมวิธีการผลิตและอื่นๆ ผนังที่ไม่ใช่ผนังภายนอกจะถูกติดตั้งในแนวระดับและแนวดิ่งจะขึ้นอยู่กับความต้องการพื้นฐานจะขึ้นอยู่กับการยกและการประกอบ และการเลือกตัวยึด ผนังในแนวระดับจะต้องคำนึงถึงการยกตัวมันเองขณะที่เคลื่อนย้ายเข้าสู่บริเวณที่ติดตั้ง ซึ่งต้องการกระจายน้ำหนักในแนวดิ่งในแต่ละชั้น และตามการประกอบที่จะต้องการยึดครั้งน้อยที่สุด ส่วนในแนวดิ่งต้องการการพิจารณาเพิ่มเติมในการยกและเหตุผลจากความสูงในการประกอบจะทำให้ต้องการการยึดครั้งมากขึ้น สำหรับการประมาณผนังที่มีขอบจะแสดงดังรูป 2.9

รูปที่ 2.9. การประมาณผนังที่มีขอบ

2.3.4. พฤติกรรมของโครงสร้างผนังชนิดโครงถัก

ผนังรับแรงที่มีหน้าต่าง ที่มีขนาดใหญ่ในแนวระดับอาจจะเป็นแกนที่ขนานกันและมีขอบยึดแกนได้ พฤติกรรมของโครงสร้างผนังชนิดโครงถักจะต่างจากการวิเคราะห์ผนังทั่วไป การอธิบายถึงความสำคัญของผนังระบบโครงถัก เพราะว่าส่วนนี้ไม่สามารถใช้จุดศูนย์กลางมาวิเคราะห์ได้ แต่จะใช้น้ำหนักที่จะต้องรับจากภายนอกมากำหนดความลึกและความแข็งแรงของคานจากรูป 2.8(a) แสดงถึงขอบของโครง (หลังคา) 2.8(b) แสดงถึงหลังคาที่ตั้งฉาก

ถึงว่าไม่สามารถจะหากฎเกณฑ์ในการวิเคราะห์ได้แรงภายใน และรายละเอียดของโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับความแข็งและพื้นที่ของส่วนประกอบของโครงสร้างด้วยมีตัวแปรมาก ดังนั้นผู้ออกแบบต้องตระหนักถึงโครงสร้างเป็นอย่างมากแต่ละโครงสร้างมีบรรทัดฐานในการเลือก ความโค้งงอ แรง ตำแหน่ง มุมหักเหที่เกิดจาก แรงโน้มถ่วงของน้ำหนักซึ่งมีผลเป็นอย่างมาก มันจำเป็นที่จะต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมผลจากแรงที่เกิดจากน้ำหนักที่เกิดขึ้นที่ข้อต่อรับน้ำหนัก โครงสร้างแต่ละแบบจะมีรูปแบบของตัวเอง วิธีการคำนวณแรงที่เกิดจากน้ำหนักเพียงอย่างเดียวหรือรวมกับแรงที่เกิดขึ้นบริเวณข้อต่อ แต่มีคำแนะนำให้คำนวณโครงสร้างโดยคิดคล้ายๆ กัน การคิดโมเมนต์หรือใช้โปรแกรมเช่น “STRESS” หรือ “STRUD” ซึ่งใช้หาแรงลัพธ์ของโครงสร้างเนื่องจากโครงสร้างของกำแพงจะมีรูปร่างเดียวกันหมด การวิเคราะห์จะถูกกำหนดในสามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุด

2.3.5. โครงลวดเหล็กเชื่อม

โครงลวดเหล็กเชื่อม เป็นเหล็กเสริมสำเร็จรูปที่ประกอบด้วย ลวดดึงเย็นวางขนานกันเชื่อมเข้าด้วยกัน เป็นจัตุรัสหรือผืนผ้าเป็นลูกกรงเหล็ก แต่ละหน้าตัดมีความต้านทานไฟฟ้าเนื่องจากการเชื่อมอยู่โดยการเชื่อมอย่างต่อเนื่องโดยอัตโนมัติ ความดันและความร้อนจะหลอมลวดแต่ละเส้นเข้าด้วยกันให้เหมือนกัน ตลอดทุกพื้นที่และยึดลวดทุกเส้นให้คงที่

โครงถักลวดเหล็กเชื่อม (WWF) แบบสามัญเรียกว่า Mesh มีความกว้างไม่จำกัด ตะแกรงลวดเรียบมัดติดกับคอนกรีตโดยการยึดทางกลที่แต่ละรอยเชื่อมของตะแกรงเหล็กข้ออ้อย จะใช้เหล็กข้ออ้อยบวกกับรอยเชื่อมสำหรับการยึดเกาะ

ลวดเรียบ, เหล็กข้ออ้อย หรือโครงตะแกรงของทั้งคู่อาจจะใช้ในโครงถักลวดเชื่อม ขนาดของลวดเรียบถูกกำหนดโดยตัวอักษร W และตามด้วยตัวเลขที่แสดงพื้นที่หน้าตัดของลวดในหน่วย 100 ตารางนิ้ว เช่น W16 แสดงว่า ลวดเรียบมีพื้นที่หน้าตัด 0.16 ตารางนิ้ว, W 5.5 แสดงว่าลวดเรียบมีพื้นที่หน้าตัด 0.055 ตารางนิ้ว และอื่นๆทำนองเดียวกัน ขนาดของลวดปิดถูกกำหนดโดยตัวอักษร D ตามด้วยตัวเลขที่แสดงพื้นที่หน้าตัดเป็น 100 ตารางนิ้ว เช่น D10 แสดงว่าลวดปิดมีพื้นที่หน้าตัด 0.1 ตารางนิ้ว

โครงถักลวดเหล็กเชื่อมมักจะแสดงข้อกำหนดตามนี้ WWF ตามด้วยระยะเรียงของลวดในแนวตั้งและแนวนอนและตามด้วยขนาดของลวดในแนวตั้งและแนวนอน

เช่น WWF 6 × 12 – W 2.9 × W 1.4 แสดงให้เห็นดังนี้ ระยะเรียงในแนวตั้ง

= 6” ระยะเรียงในแนวนอน

= 12” ขนาดลวดในแนวตั้ง

= W 2.9 ขนาดลวดในแนวนอน W 1.4

ตะแกรงเหล็กข้ออ้อย ก็มีจุดมุ่งหมายในทางเดียวกัน โดยขนาดของลวดข้ออ้อยซึ่งจะใช้ขนาดเป็น D-number ข้อสำคัญของลวดในแนวตั้งและแนวนอนก็คือ ความสัมพันธ์ซึ่งมีผลต่อวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตโครงถักและไม่มีตำแหน่งอ้างอิงของเส้นลวดในหน่วยคอนกรีตหล่อสำเร็จ เมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมา เป็นธรรมเนียมที่ใช้ลวดเหล็กวัดขนาดเพื่ออ้างอิงกับ WWF เช่น การตั้งชื่อ 6 × 12 – W 2.9 × W 1.4 จะอ้างถึง 6 × 12 – 6/6

ตาข่ายเหล็กที่ใช้ในคอนกรีตจะถูกเรียกตามรหัส ACI (ACI 318-77) สรุปในตารางที่ 2.4 ใช้คุณสมบัติ ASTM ตามรายการข้างล่าง

A82 ลวดดึงเย็นสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

A185 โครงตาข่ายเหล็กเชื่อมสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

A496 เหล็กข้ออ้อยสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

A497 โครงตาข่ายเหล็กข้ออ้อยเชื่อมสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

คุณสมบัติทางกายภายที่ต่ำที่สุดของลวดใน WWF ที่เทียบกับ ASTM สรุปไว้ในตาราง 2.3 โครงถักที่มีขนาดของลวดเล็กกว่าค่าที่น้อยที่สุดของค่าที่ให้ในตาราง 2.3 จะไม่สามารถรับแรงได้เพียงพอในรอยเชื่อม การตั้งชื่อโดยใช้รายละเอียดของ WWF ที่แสดงในรูปที่ 2.10 ตามรูปที่ 2.10 การเปลี่ยนแปลงมีทางเป็นไปได้ในกระบวนการผลิต

ตารางที่ 2.3. คุณสมบัติทางกายภายที่ต่ำที่สุดของลวดใน WWF

Type of Fabric	Yield Strength Psi	Tensile Strength psi	Weld Shear Strength psi
Smooth	65,000	75,000	35,000[1]
Deformed	70,000	980,000	20,000[2]

Note: 1. Based on the area of the larger wire, when the smaller wire is nor less than size W1.2 and has an area of 40% or more of the area of the larger wire.

2. Base on the area of the larger wire, when the smaller wire is not less than size D4 and has an area of 35% or more of the area of the larger wire.

1. ระยะห่างของลวดในแนวตั้ง
2. ขนาดของลวดในแนวตั้ง
3. ความกว้าง
4. ด้านข้างและปลายของการแขวน
5. ขนาดของลวดในแนวนอน
6. ระยะห่างของลวดในแนวนอน
7. ความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4. รหัส ACI (ACI 318-77) ของตาข่ายเหล็กที่ใช้ในคอนกรีต

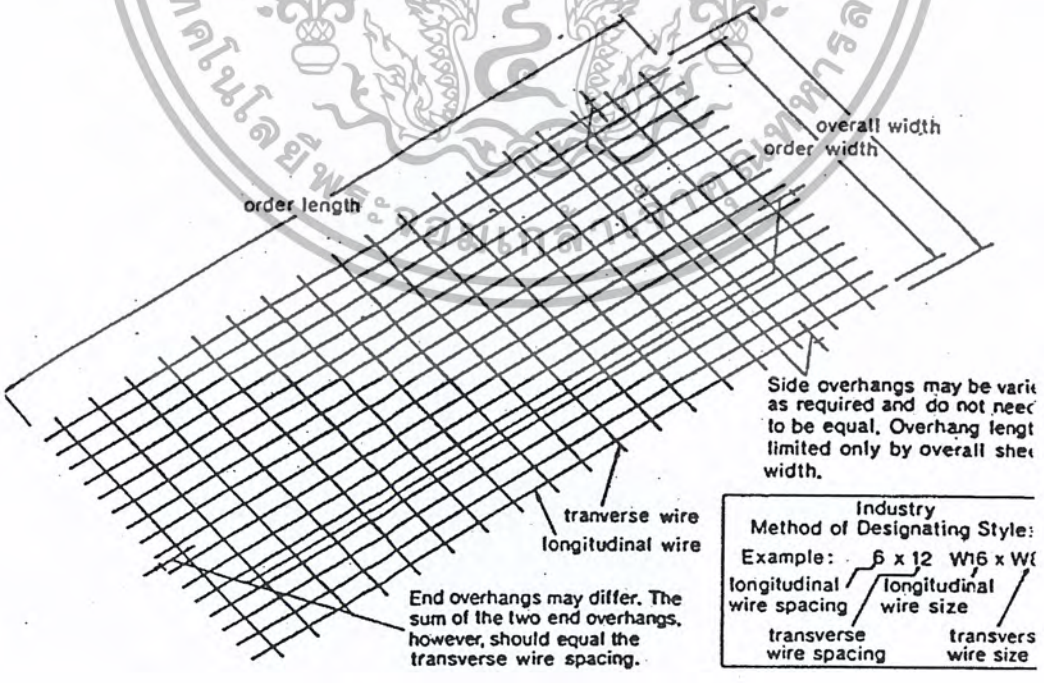
ROVISION	ACI 318-77 Section Number
Definitions and Specifications 1. Welded wire fabric (smooth and deformed) is defined as *deformed reinforcement when* conforming *to subsequent sections*……	2.1
2. Smooth wire conforms to ASTM A 82. Yield strength (f_y) is considered to be 60,000 psi unless measured at 0.35 percent strain	3.5.4.2
3. Smooth wire fabric conforms with ASTM A 185. Maximum spacing of welded intersections in direction of principal reinforcement = 12 inches……	3.5.3.6
4. Deformed wire conforms to ASTM A 496. Yield strength (f_y) considered to be 60,000 psi unless measured at 0.35 percent streain...	3.5.3.5
5. Deformed wire fabric conforms to ASTM A 497. Maximum spacingof welded intersections in direct of principal reinforcement = 16 inches……	3.5.3.7

โครงถัดลวดเชื่อมสำหรับคอนกรีตหล่อสำเร็จใช้ในงานแผ่นแบน ประโยชน์ของโครงถักจากม้วนของมัน โดยเฉพาะงานหล่อสำเร็จแบบบางไม่อาจจะทำได้เพราะม้วนของโครงถักไม่สามารถคลี่ให้แบนได้ เมื่อมีปริมาณมากพอที่จะเริ่มงานบนเครื่องทำตะแกรง ขนาดและระยะเรียบของลวดจะถูกเลือกเพื่อการประหยัดเหล็ก ระยะเรียงสามารถกำหนดให้มากกว่าที่กำหนดได้ 2 หรือ 3 นิ้ว ขนาดของลวดก็ดูตาม WWF ในตาราง 2.5 ตารางจะมีรายการเส้นผ่าศูนย์กลาง น้ำหนักของลวด โดยประมาณ และพื้นที่หน้าตัดต่อฟุตของความกว้างจากจุดศูนย์กลางหนึ่งไปยังอีกศูนย์กลางหนึ่งระยะเรียง 2 ถึง 12 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5. รายการขนาดของ WWF

STYLE DESIGNATION		STEEL AREA Sq in. per ft		APPROX.WEIGHT Lb per 100 sq ft
Old designation (By Steel Wire Gage)	New Designatin (By W-Number)	Longit.	Trams.	
6x6–10x10	6x6–W1.4xW1.4	.029	.029	21
4x12-8x12**	4x12-W2.1xW0.9	.062	.009	25
6x6-8x8	6x6-W2.1xW2.1	.041	.041	30
4x4-10x10	4x4-W1.4xW1.4	.043	.043	31
4x12-7x11**	4.12-W2.5xW1.1	.074	.011	31
6x6-6x6*	6x6-W2.9xW2.9	.058	.058	42
4x4-8x8	4x4-W2.1xW2.1	.062	.062	44
6x6-4x4*	6x6-W4.0xW4.0	.080	.080	58
4x4-6x6	4x4-W2.9xW2.9	.087	.087	62
6x6-2x2*	6x6-W5.5xW5.5***	.110	.110	80
4x4-4x4*	4x4-W4.0xW4.0	.120	.120	85
4x4-3x3*	4x4-W4.7xW4.7	.141	.141	102
4x4-2x2*	4x4-W5.5xW5.5***	.165	.165	119



รูปที่ 2.10. รายละเอียดของ WWF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6. รายการขนาดของลวด

Wire Size Number		Nominal Diameter In.	Nominal Weight Plf	Area – sq in. per ft of Width						
				Center to Center Spacing, in.						
Smooth	Deformed			2	3	4	6	8	10	12
W31	D31	0.628	1.054	1.86	1.24	.93	.62	.465	.372	.31
W30	D30	.0618	1.020	1.80	1.20	.90	.60	.45	.36	.30
W28	D28	.597	.952	1.68	1.12	.84	.56	.42	.336	.28
W26	D26	0.575	.934	1.56	1.04	.78	.52	.39	.312	.26
W24	D24	0.553	.816	1.44	.96	.72	.48	.36	.288	.24
W22	D22	0.529	.748	1.32	.88	.66	.44	.33	264	.22
W20	D20	0.504	.680	.120	.80	.60	.40	.30	.24	.20
W18	D18	0.478	.612	1.08	.72	.54	.36	.27	.216	.18
W16	D16	0.451	.544	.96	.64	.48	.32	.24	.192	.16
W14	D14	0.422	.476	.84	.56	.42	.28	.21	.168	.14
W12	D12	0.390	.408	.72	.48	.36	.24	.18	.144	.12
W11	D11	0.374	.374	.66	.44	.33	.22	.165	.132	.11
W10.5		0.366	.357	.63	.42	.315	.21	.157	.126	.105
W10	D10	0.356	.340	.60	.40	.30	.20	.15	.12	.10
W9.5		0.348	.323	.57	.38	.285	.19	.142	.114	.095
W9	D9	0.338	.306	.54	.36	.27	.18	.135	.108	.09
W8.5		0.328	.289	.51	.34	.255	.17	.127	.102	.085
W8	D8	0.319	.272	.48	.32	.24	.16	.12	.096	.08
W7.5		0.309	.255	.45	.30	.225	.15	.112	.09	.075
W7	D7	0.298	.238	.42	.28	.21	.14	.105	.084	.07
W6.5		0.288	.221	.39	.26	.195	.13	.097	.078	.065
W	D6	0.276	.204	.36	.24	.18	.12	.09	.072	.06
W5.5		0.264	.187	.33	.22	.165	.11	.082	.066	.055
W5	D5	0.252	.170	.30	.20	.15	.10	.075	.06	.05
W4.5		0.240	.153	.27	.18	.135	.09	.067	.054	.045
W4	D4	0.225	.136	.24	.16	.12	.08	.06	.048	.04
W3.5		0.211	.119	.21	.14	.105	.07	.020	.042	.035
W3		0.195	.102	.18	.12	.09	.06	.045	.036	.03
W2.9		0.192	.098	.174	.116	.087	.058	.043	.035	.029
W2.5		0.178	.085	.15	.10	.075	.05	.037	.03	.025
W2.1		0.162	.070	.126	.084	.063	.042	.031	.025	.021
W2		0.159	.068	.12	.08	.06	.04	.03	.024	.02
W1.5		0.138	.051	.09	.06	.045	.03	.022	.018	.015
W1.4		0.135	.049	.084	.056	.042	.028	.021	.017	.014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4. ฉนวนกันความร้อน

2.4.1. นิยามของฉนวนกันความร้อน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีในการก่อสร้างถูกพัฒนาไปมาก ความหลากหลายในการเลือกใช้วัสดุจึงเป็นไปอย่างค่อนข้างอิสระจนทำให้ได้รูปแบบที่แปลกใหม่ ซึ่งการนำวัสดุมาใช้นั้นบ่อยครั้งที่ไม่เหมาะสมกับประเทศไทยเรา ซึ่งเป็นเขตร้อนชื้นที่มีอิทธิพลจากแสงแดดและมีฝนตกชุกโดยจะมีอุณหภูมิสูงตลอดปี ในการออกแบบและใช้งาน ปัญหาใหญ่อย่างหนึ่งของการออกแบบอาคารคือการลดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นซึ่งความร้อนที่สะสมในอาคาร โดยทั่วๆ ไปจะมาจาก 5 สาเหตุคือ

1. ความร้อนจากดวงอาทิตย์
2. ความร้อนจากคนที่อยู่อาศัยหรือที่ทำงานในอาคารและเครื่องใช้สำนักงานต่างๆ
3. ความร้อนจากแสงสว่าง (จากหลอดไฟและบัลลาสต์)
4. ความร้อนจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่อยู่ในอาคาร
5. ความร้อนจากลมรั่ว

ความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์จะเป็นความร้อนที่ค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับความร้อนในส่วนอื่นๆ ความร้อนในส่วนนั้นจะเข้าสู่อาคารได้ 2 ทางคือ

1. ความร้อนที่ผ่านหลังคา
2. ความร้อนที่ผ่านหน้าต่าง ผนังหรือกำแพง

ความร้อนต่อหนึ่งพื้นที่ที่ผ่านเข้ามาทางช่องเปิด เช่น ช่องแสงหน้าต่างกระจกจะมากที่สุดมีปริมาณเป็น 2 เท่าของความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ที่ผ่านเข้ามาทางหลังคา ซึ่งปริมาณความร้อนดังกล่าว จะส่งผลถึงผู้ที่อยู่อาศัยภายในอาคาร จึงมีการคิดค้นวัสดุซึ่งสามารถช่วยในการป้องกันและต้านทานความร้อน มิให้เข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งวัสดุนั้นคือ “ฉนวนความร้อน”

ฉนวนกันความร้อน หมายถึง วัสดุที่ป้องกันความร้อนมิให้พลังงานความร้อนไหลผ่านจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้สะดวก ซึ่งต่างจากวัสดุทนไฟคือ วัสดุอโลหะที่สามารถทนอุณหภูมิสูงได้ตามมาตรฐาน ASTM ที่ 1,430 °C และมาตรฐาน DIN ที่ 1,580 °C แต่วัสดุฉนวนกันความร้อนจะทนอุณหภูมิได้สูงไม่เกิน 1,483 °C โดยฉนวนกันความร้อนจะป้องกันมิให้มีการถ่ายเทปริมาณความร้อนเข้าภายในอาคาร โดยจะอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่นำมาทำเป็นฉนวนคือ เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะประกอบด้วยฟองอากาศเล็กๆจำนวนมากมาย มีเซลล์อากาศที่อยู่นิ่งๆความต้านทานต่อการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับเซลล์อากาศจำนวนมาก โดยที่เซลล์อากาศนี้มีอากาศอยู่นิ่งหรือค่อนข้างนิ่งในมวลของฉนวน เซลล์อากาศจะอยู่นิ่งถ้าเส้นผ่าศูนย์กลางของมันไม่ใหญ่กว่าระยะ ทางเดินอิสระเฉลี่ย ในทางปฏิบัติสามารถถือได้ว่าเท่ากับ 0.09 ไมครอน วัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวสามารถนำมาผลิตเป็นฉนวนได้ และฟองอากาศที่อยู่ในเซลล์อากาศจะทำให้มวลของฉนวนมีลักษณะพรุน โดยฟองอากาศเหล่านี้มีคุณสมบัติในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนด้วยการสกัดกั้นความร้อนให้อยู่ภายในฟองอากาศเล็กๆจำนวนมากนี้จึงเป็นผลให้วัสดุที่พิจารณามีคุณสมบัติในความเป็นฉนวนกันความร้อน

ยังมีวัสดุอีกประเภทหนึ่งที่มีคุณสมบัติต้านทานการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์หรือสะท้อนรังสีความร้อนกลับ โดยคุณสมบัติแล้วไม่ถือวัสดุที่ใช้หลักการสะท้อนแสงเป็นวัสดุลดความร้อนจากการแผ่รังสี แต่ก็จัดเป็นวัสดุที่ช่วยในการป้องกันความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารได้ชนิดหนึ่ง

โดยวัสดุที่จะนำมาผลิตเป็นฉนวนจะต้องมีคุณสมบัติอื่นๆ ที่ป้องกันปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ที่มีผลต่อวัสดุฉนวน เช่น ความร้อน, ความชื้น, สารเคมี, รังสีอุลตร้าไวโอเลต, แรงกดที่กระทำต่อวัสดุฉนวน เป็นต้น อย่างไรก็ตามการเลือกวัสดุมาผลิตเป็นฉนวนใช้ในอาคารจะต้องมีคุณสมบัติดังกล่าวค่อนข้างครบถ้วนหรือเป็นที่ยอมรับ แต่การหาวัสดุที่มีคุณสมบัติครบถ้วนทุกประการย่อมเป็นไปได้ยาก ดังนั้นฉนวนแต่ละชนิดจึงมีทั้งข้อดีและข้อด้อยที่แตกต่างกัน สำหรับประเทศไทยการใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนได้ถูกยึดถือเป็นระบบฉนวนที่ยอมรับกันมานาน ทั้งๆ ที่คุณสมบัติหลายอย่างด้อยกว่าวัสดุใหม่ๆ ที่มีความเหมาะสมกับสภาวะต่างๆในเมืองไทย ทำให้ต้องมีการรณรงค์ให้มีการใช้วัสดุฉนวนประเภทต่างๆ เพื่อเป็นการประหยัดการใช้พลังงานของประเทศได้อีกทางหนึ่ง

ในการเลือกใช้งานฉนวนในงานแต่ละประเภทผู้ใช้ต้องใช้ให้ถูกชนิดและความหนาที่มีประสิทธิผล ผู้นำวัสดุฉนวนไปประยุกต์ใช้งานจะต้องทราบรายละเอียดดังนี้

- ความร้อนไหลอย่างไรและฉนวนมีผลอย่างไรต่อการไหล
- ฉนวนต่างชนิดให้ผลต่างกันอย่างไร
- ฉนวนที่สามารถหาได้ในปัจจุบัน
- การติดตั้งฉนวนจะติดตั้งที่ไหนและการติดตั้งเป็นอย่างไร
- ปริมาณของฉนวนที่ต้องการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2. หลักการถ่ายเทความร้อนของฉนวนความร้อน

ก่อนที่จะทำความเข้าใจถึงวิธีที่ฉนวนความร้อนสามารถกันความร้อนได้อย่างไรนั้น ต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของพลังงานว่ามีพฤติกรรมอย่างไร โดยพลังงานในที่นี้ หมายถึง งานและความร้อนซึ่งความร้อนก็คือพลังงานรูปหนึ่งที่สามารถทำให้ประสาทสัมผัสของคนปกติเกิด ความรู้สึกร้อนหรือเย็นก็ได้ ความร้อนอาจเปลี่ยนมาจากพลังงานรูปอื่น และตัวมันเองก็สามารถเปลี่ยน ไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้เช่นเดียวกัน โดยการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนเนื่องจากความแตกต่าง ของอุณหภูมิเรียกว่า การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อน โดยธรรมชาติจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่ มีอุณหภูมิต่ำเช่นเดียวกับน้ำที่ไหลจากที่สูงไปยังที่ต่ำ โดยการถ่ายเทความร้อนสามารถแบ่งออกได้เป็น สามรูปแบบคือ การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน

โดยการนำความร้อน (Conduction) ใช้สำหรับการถ่ายเทความร้อน (คือเมื่อมีความแตก ต่างของอุณหภูมิ) ในตัวกลางที่อยู่กับที่ ซึ่งอาจเป็นของแข็งหรือของไหล เช่น การถ่ายเทความร้อนที่ผ่าน ผนัง หรือกำแพง เป็นต้น การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยความร้อนนั้นถูก พาไปโดยตัวกลางของของไหล หรือก๊าซ ที่มีพลังงานบรรจุอยู่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เช่น ภายใน อาคารความร้อนจะผ่านผนังเข้ามาโดยการนำ (Conduction) จากนั้นผิวของผนังด้านในก็จะร้อนขึ้น จะ ทำให้อากาศรอบๆ กำแพงด้านในร้อนขึ้น แล้วจะลอยตัวสูงขึ้น จะหมุนเวียนกับอากาศตรงกลางห้อง ซึ่ง มีอุณหภูมิต่ำกว่า จะเกิดการถ่ายเทความร้อนแบบพาขึ้น และสำหรับการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) ซึ่ง วัตถุทุกชนิด ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ จะส่งพลังงานออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเสมอแม้ว่าไม่มีตัว กลางก็ตาม เช่น ความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่งมายังโลก โดยผ่านสุญญากาศ ซึ่งความร้อนนี้จะได้รับจาก การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ เป็นต้น

จากคำจำกัดความข้างต้น จะเห็นว่าการนำและการพาความร้อนต้องมีตัวกลางในการส่ง ผ่านพลังงานขณะที่การแผ่รังสีความร้อนไม่จำเป็นต้องมีแต่อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงแล้วการถ่ายเท ความร้อนมักไม่ปรากฏว่าเป็นวิธีใดวิธีหนึ่งโดยเฉพาะ แต่จะเป็นรูปแบบผสมของวิธีดังกล่าวข้างต้นรวม กัน เพียงแต่รูปแบบไหนจะสำคัญมากกว่าเป็นกรณีๆ ไปเท่านั้น โดยสัดส่วนของปริมาณความร้อนทั้ง 3 ลักษณะนั้น การแผ่รังสีความร้อนจะมีปริมาณมากที่สุดคือประมาณ 87%-90%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.1. การนำความร้อน

เมื่อความร้อนมีการส่งผ่านในสภาพการนำความร้อนโดยความร้อนจะถูกส่งผ่านจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในวัตถุชิ้นเดียวกัน การถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน นี้จะมีการเคลื่อนตัวของพลังงานจากจุดที่มีพลังงานสูงหรืออุณหภูมิสูงไปสู่จุดที่มีพลังงานต่ำหรืออุณหภูมิต่ำกว่าโดยจะถือว่าไม่มีการสูญเสียพลังงานและอุณหภูมิในระหว่างการเคลื่อนตัว

การถ่ายเทความร้อนที่มีการทะลุผ่านวัสดุอาคารจะใช้หลักการนำความร้อนโดยความร้อนจะเคลื่อนตัวจากด้านของวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่วัตถุและผ่านออกอีกด้านหนึ่งจะขึ้นอยู่กับ

1. ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างสองผิวของวัตถุ
2. ความหนาของวัตถุ
3. พื้นที่ในการรับการนำความร้อน
4. อัตราการนำความร้อนของวัตถุแต่ละชนิด

คุณสมบัติของวัตถุที่มีการไหลของความร้อนจะเรียกว่า "สัมประสิทธิ์การนำความร้อน" (k) โดยจะแสดงอยู่ในรูปของปริมาณความร้อนจูล ที่ไหลผ่านวัสดุเนื้อเดียวกัน หนา 1 เมตร และมีพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางเมตรในเวลา 1 วินาที ทำให้อุณหภูมิที่ผิวข้างหนึ่งสูงกว่าอีกข้างหนึ่ง 1 องศาเซลเซียส และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้

1. ชนิดของวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนที่แตกต่างกัน
2. ค่าความหนาแน่นของวัสดุที่จะแปรผันโดยตรงกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน
3. ปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในช่องว่างภายในเนื้อของวัสดุ ซึ่งความชื้นจะเป็นตัวนำได้ดีกว่าอากาศ
4. อุณหภูมิในเนื้อวัสดุ

ซึ่งการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทต่อ 1 วินาที ระหว่างผิวสองด้านของวัสดุสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$q_c = (t_1 - t_2)\frac{Ak}{x} \qquad (2.7.)$$

เมื่อ q_c = ปริมาณความร้อนโดยการนำ J/s, W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t_1 = อุณหภูมิสูงของผิววัสดุ, ($^{\circ}$C)

t_2 = อุณหภูมิต่ำของผิววัสดุ, ($^{\circ}$C)

A = พื้นที่ของการนำความร้อน, (m^2)

x = ความหนาของวัสดุ, (m)

k = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน, (W/ms)

2.4.2.2. การพาความร้อน

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการพาความร้อนเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของของไหลหรือก๊าซเมื่อของไหลสัมผัสพื้นที่ผิวของของแข็งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน การแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดพาความร้อนจะเกิดขึ้นโดยการพาความร้อนสามารถแบ่งออกได้เป็นสองลักษณะ คือ การพาความร้อนแบบอิสระหรือโดยธรรมชาติ และการพาความร้อนแบบบังคับลักษณะแรกเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหล จากเหตุผลที่ว่าของไหลเมื่อได้รับความร้อนและมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะมีความหนาแน่นลดลงกว่าอากาศโดยรอบทำให้เกิดการยกตัว (Buoyant force) ลอยตัวขึ้น เช่น การถ่ายเทความร้อนจากหลังคาสู่อากาศโดยรอบที่สงบ เป็นต้น ส่วนการพาแบบบังคับจะเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยใช้แรงภายนอกมาเคลื่อนที่ของไหลผ่านพื้นที่ของแข็งที่มีอุณหภูมิต่างกัน เช่น แรงจากปั๊มหรือพัดลมปริมาณการถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อนสามารถหาได้จาก กฎนิวตันว่าด้วยการเย็นตัว (Newton's law of cooling) ที่ว่า

$$Q = hA(t_1 - t_2) \qquad (2.8.)$$

เมื่อ q_c = ปริมาณความร้อนโดยการนำ J/s, W

t_1 = อุณหภูมิสูงของผิววัสดุ, ($^{\circ}$C)

t_2 = อุณหภูมิต่ำของผิววัสดุ, ($^{\circ}$C)

A = พื้นที่ของการนำความร้อน, (m^2)

H = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน, (W/m^2s)

2.4.2.3. การแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีความร้อน คือ กระบวนการที่พลังงานความร้อนซึ่งแผ่ออกโดยสาร ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ การแผ่รังสีจะเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบอิเลคตรอนในอะตอมของสารพลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานของการแผ่รังสีจะถูกส่งอกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic waves) โดยมีลักษณะคล้ายกับคลื่นแสงและคลื่นไฟฟ้า และความยาวของคลื่นที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิด ณ อุณหภูมิห้องมีค่าประมาณ 10 ไมครอน (10^{-5} เมตร) ความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาจากวัตถุร้อนจะถูกปล่อยออกมาในรูปของรังสีพลังงานมีหลายช่วงความถี่แต่คลื่นรังสีที่ทำให้เกิดความร้อนขึ้น คือ คลื่นที่มีช่วงความถี่อยู่ในย่าน "รังสีอินฟาเรด" เท่านั้น โดยพลังงานที่ถูกปล่อยออกมานี้จะวิ่งไปจนกระทั่งกระทบกับวัสดุที่เย็นกว่าซึ่งวัตถุนี้จะทำการดูดซับบางส่วนของรังสีพลังงานความร้อนไว้และบางส่วนก็จะทะลุผ่านวัตถุออกไป ตลอดจนมีบางส่วนที่จะเกิดการสะท้อนที่ผิววัตถุกลับออกไปขึ้นกับตัวของวัตถุเองและคุณสมบัติทางพื้นผิวของวัตถุนั้น สำหรับวัตถุที่ทึบสัดส่วนที่ทะลุผ่านจะเท่ากับศูนย์

2.4.3. การถ่ายเทความร้อนในฉนวน

จุดมุ่งหมายในการติดตั้งฉนวนความร้อน คือ ต้องการเก็บรักษาพลังงานไม่ให้มีการถ่ายเทออกไป หรือเข้ามาภายในบริเวณที่ต้องการ นั้นคือฉนวนความร้อนต้องยับยั้งหรือขัดขวางการถ่ายเทความร้อนให้เกิดน้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตามการถ่ายเทความร้อนสามารถขึ้นได้ทั้งสามรูปแบบ ถึงแม้ว่าโดยปกติแล้วจะพิจารณาว่าฉนวนความร้อนที่ใช้ในงานก่อสร้างเป็นลักษณะรูปร่างของแข็ง และคาดว่าฉนวนความร้อนจะถ่ายเทความร้อนในรูปของการนำความร้อน ดังนั้นในการกำหนดคุณสมบัติของฉนวนจะกำหนดเฉพาะสภาพการนำความร้อนเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นทั้งสามรูปแบบคือ การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน ฉะนั้นจึงใช้คำว่า "สภาพนำความร้อนปรากฏ" (Apparent thermal conductivity) แทน

พิจารณากลไกการถ่ายเทความร้อนภายในฉนวนความร้อน ซึ่งความร้อนที่ไหลผ่านฉนวนที่บรรจุเต็มไปด้วยอากาศหรือก๊าซ (อากาศเป็นตัวนำความร้อนที่เลวหรือเป็นฉนวนที่ดี) ที่เกิดจากการพองตัวของเส้นใย หรือการขยายตัวของเซลล์ของวัสดุฉนวนจะทำให้อัตราการไหลที่ช้าลงโดยถ้าช่องอากาศนี้มีขนาดและปริมาณที่เหมาะสม และเพียงพอการพาความร้อนจากด้านหนึ่งสู่อีกด้านหนึ่งก็จะมีปริมาณน้อยลงและทำให้เส้นทางการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนผ่านส่วนที่เป็นเส้นใยยาวขึ้นและคดเคี้ยวเพื่อจำกัดการนำความร้อนและวัสดุส่วนที่เป็นของแข็งควรที่จะเป็นวัสดุทึบอย่างเพียงพอหรือมีผิวสะท้อนแสงที่ดี เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อน

ความหนาแน่นของฉนวนก็มีผลต่อสภาพการนำความร้อนของฉนวน เมื่อฉนวนความร้อนมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้นสภาพความนำความร้อนปรากฏก็จะลดลง เนื่องจากการพาความร้อนของอากาศภายในฉนวนลดลงจาก การชิดกันของเส้นใยหรือเซลล์ของ ฉนวนและเมื่อเส้นใยชิดกันเข้ามาการแผ่รังสีในลักษณะการแผ่รังสีระหว่างเส้นใยคู่ก็จะลดลงจากผลที่อุณหภูมิของเส้นใยที่ติดกันมีค่าใกล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคียงกันและเมื่อค่าความหนาแน่นของวัสดุฉนวนมีค่าสูงถึงจุดหนึ่งการพาความร้อนจะไม่เกิดขึ้นเพราะอากาศภายในฉนวนหยุดการเคลื่อนที่คงเหลือไว้แต่การนำความร้อนของอากาศในฉนวนเท่านั้น

ในการออกแบบวัสดุฉนวนเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแผ่รังสีแบบพื้นผิวสู่พื้นผิว จะออกแบบฉนวนในลักษณะฉนวนผิวสะท้อนรังสี (Refection-Insulation) ซึ่งเป็นฉนวนที่ต้านทานการถ่ายเทความร้อนด้วยวัสดุที่มีค่าสภาพการแผ่รังสีและดูดกลืนรังสีต่ำเป็นหลัก ตัวกั้นเหล่านี้ต้องจัดวางและจัดช่องให้มีการพาความร้อนต่ำที่สุดและต้องออกแบบการค้ำยันแผ่นกั้นให้มีการนำความร้อนน้อยที่สุด ด้วยฉนวนผิวสะท้อนรังสีจะประกอบเป็นระบบของวัสดุมากกว่าจะเป็นวัสดุเนื้อเดียว

2.4.4. ฉนวนโพลีสไตรีนโฟม

ฉนวนโพลีสไตรีนโฟมสังเคราะห์มาจากปิโตรเลียม ผลิตขึ้นมาใน 2 รูปแบบ คือ แบบโฟมอัดรีด (Extruded) และแบบโฟมหล่อ (Molden) โฟมที่ผลิตด้วยกระบวนการอัดรีดจะมีความหนาแน่นบรรจุมากกว่า และสามารถทนแรงกดและแรงดึงได้มากกว่าโฟมที่ผลิตด้วยกระบวนการแบบหล่อ ความหนาแน่นของโฟมแบบอัดรีดโดยปกติอยู่ในช่วง 28.84 ถึง 41.65 กก./ลบ.ม. มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.017 W/mC อย่างไรก็ตามถ้ามีอากาศแพร่กระจายในโฟมจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเพิ่มขึ้นอีก 0.029 W/mC ส่วนการดูดซึมความชื้นอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 0.7 เปอร์เซ็นต์

ฉนวนโพลีสไตรีนเป็นฉนวนประเภทเซลล์ปิด ลักษณะเฉื่อย ที่มีน้ำหนักเบา ไม่เป็นอาหารของสัตว์ต่างๆ สามารถรับแรงอัดได้ประมาณ 10-60 ปอนด์/ตารางนิ้ว และสามารถคืนสภาพได้อย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างที่ต้องรับแรงอัด เช่น ฐานราก หลังคา ผนัง และสามารถใช้ได้ทั้งอาคารอุตสาหกรรม, อาคารพาณิชย์, อาคารที่พักอาศัย รวมทั้งห้องเย็น โดยค่าความเป็นฉนวนจะคงอยู่ได้นานถ้าไม่มีการกระทบจากการที่ต้องรับแสงแดดโดยตรงหรือสัมผัสกับสารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับโพลีสไตรีน และปริมาณความชื้นที่มากเกิน

โฟมแผ่นโพลีสไตรีน ทนอุณหภูมิได้สูงไม่เกิน 150°C ซึ่งจะพบเห็นได้ทั่วไปตามท้องตลาดเป็นแผ่นสีขาว น้ำหนักเบา แต่มีความหนาแน่นมากกว่าโฟมทั่วไป มีขนาดความหนาต่างๆ กัน มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนน้อยกว่าของฉนวนใยแก้ว โฟมแผ่นใช้บุรอบผนังตู้แช่อาหารสดเพื่อป้องกันความร้อน แต่การใช้โฟมแผ่นกับตู้แช่อาหารสดนี้ไม่ถูกต้องนัก ทั้งนี้เพราะโฟมแผ่นจะเสื่อมสภาพการเป็นฉนวนอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการดูดซึมน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำในอากาศรอบผนังตู้แช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7. แสดงคุณสมบัติของฉนวนโพลีสไตรีน

คุณสมบัติ	ฉนวนโพลีสไตรีน
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) W/mC	0.0374
ความหนาแน่นของวัสดุ ρ (pcf)	1
ขนาดมาตรฐาน (ม.) ม้วน	–
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด °c	85
ค่าดูดซึมน้ำ, เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	ไม่เกิน 4%
การเสื่อมสภาพลงจากผลของ	
อุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร	ไม่มี
สัตว์จำพวกหนู หมัด ไส้เดือน	ไม่มี
ความชื้น	เล็กน้อย
ฟังไจ/แบคทีเรีย	ไม่มี
สภาพอากาศ	อุลตร้าไวโอเลตทำให้เสื่อม
ลม	ไม่มี
ปัจจัยที่กระทบต่อคน	
การเป็นพิษ	ไม่มี
กลิ่น	ไม่มี
การสัมผัส	ไม่มี
การดูดซับเสียง	ปานกลาง
สภาพการติดไฟ	เกิดควันพิษ
ระดับการกระจายไฟ	
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง	–
ระดับการเกิดควัน	–
ผลกระทบของอายุต่อ	
เสถียรภาพของขนาด	ไม่มี
สมรรถนะทางความร้อน	ไม่มี
สภาพการติดไฟ	สามารถลุกไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำฉนวนโพลีสไตรีนไปประยุกต์ใช้งานในอาคารจำเป็นปฏิบัติเพิ่มเติมดังนี้

1. ไม่นำไปติดตั้งใกล้แหล่งความร้อนหรือเปลวไฟ
2. ป้องกันการสัมผัสสารเคมีที่ทำปฏิกิริยาต่อฉนวน
3. ไม่ควรติดตั้งฉนวนให้สัมผัสกับแสงแดดโดยตรง
4. แม้ว่าฉนวนโพลิสไตรีนจะสามารถกันความชื้นได้ดีแต่การออกแบบไปใช้ในงานฐานรากหรืองานผนังที่ต้องสัมผัสกับความชื้นบ่อยๆ ควรที่จะเลือกชนิดที่มีการผสมสารกันความชื้นไว้ด้วย
5. โครงสร้างหลังคาที่เป็นแอสฟัลล์ควรมีอุณหภูมิสูงไม่เกิน 200 องศาฟาเรนไฮน์
6. รอยต่อระหว่างแผ่นฉนวนโพลีสไตรีนควรทำเป็นแบบต่อตรง (Butt Joint) และแบบเข้าร่อง (Shiplap Joint)
7. การใช้ก๊าซฟรีออนในการผสมในฉนวนโพลียูรีเทนโฟม จะทำให้ตัวฉนวนมีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าฉนวนโพลีสไตรีนโฟมแต่การใช้ก๊าซฟรีออนสามารถที่จะแพร่กระจายออกไปได้และมีอากาศเข้ามาแทนที่ ทำให้ค่าความต้านทานความร้อนลดลงประมาณ 50%

การใช้ฉนวนความร้อนประเภทโฟมส่วนมากจะมีการแสดงผลที่ไม่ได้คาดหวังจากการใช้งานซึ่งผลในทางลบของฉนวนโพลีสไตรีนจะเกิดการความควบแน่นเป็นบริเวณกว้างในแผ่นบอร์ด, ละลายได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับความร้อนและแสงอาทิตย์ ยากที่จะเชื่อมต่อพันธะซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงได้ หรือใช้ฉนวนประเภทอื่น หรือไม่ก็ในการติดตั้งต้องใช้ความระมัดระวังอย่างสูงและควรใช้ผู้ชำนาญในการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการและการศึกษา

3.1. กล่าวนำ

ในการทดสอบนี้จะดำเนินการทดสอบในคุณสมบัติต่างๆ 5 กรณี ได้แก่

1.คุณสมบัติความทนไฟ
2.คุณสมบัติการป้องกันเสียง
3.ความสามารถในการรับแรงอัด
4.ความสามารถในการรับแรงดัด
5.คุณสมบัติการป้องกันความร้อน

3.2. ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาแบ่งออกเป็น

3.2.1. ขั้นตอนเตรียมวัสดุสำหรับทำการทดสอบ

วัสดุที่ใช้ในการเตรียมชิ้นทดสอบ

1. ปูนซีเมนต์ผสมเสร็จ Type 1 ตราผึ้ง มีอัตราส่วนปูนต่อทรายหยาบเป็น 1 ต่อ 2 ปูน 1 ถุงหนัก 50 กิโลกรัม
2. น้ำ ใช้น้ำประปา
3. กรรไกรตัดลวด
4. คัดเตอร์
5. เครื่องพ่นปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมชิ้นทดสอบ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1.เตรียมพื้นที่กองเก็บวัสดุทั้งหมดให้อยู่ภายในอาคารสามารถป้องกันฝนแดดได้

2.ตัดแผ่นโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปให้ได้ขนาดตามที่ออกแบบไว้

3.เตรียมพื้นที่สำหรับการพ่นปูน โดยวางแผ่นโครงเหล็กบนพื้นเพื่อให้ได้ระนาบที่เรียบและสะดวกในการยกกลับชิ้นทดสอบ

4.ผสมปูนซีเมนต์ผสมเสร็จในโม่ด้วยอัตราส่วนน้ำ 8 กิโลกรัมต่อปูนซีเมนต์ผสมเสร็จ 1 ถุง

5.ตักมอร์ต้าที่ผสมแล้วลงในเครื่องพ่นปูน

6.ทำการพ่นปูนที่ละด้านของชิ้นงาน โดยต้องรอให้ด้านหนึ่งเซตตัวก่อนจึงกลับชิ้นงานเพื่อพ่นอีกด้านให้สร็จ

7.เมื่อพ่นทั้งสองด้านเสร็จแล้วทำการฉาบปิดขอบชิ้นทดสอบ

8.ทำการบ่มโดยฉีดพ่นน้ำเป็นเวลา 28 วัน

3.2.2. ขั้นตอนการทดสอบ

3.2.2.1 การศึกษาคุณสมบัติความทนไฟ

การศึกษาคุณสมบัติความทนไฟใช้ชิ้นงานที่มีขนาด 50*50 เซนติเมตรชนิดความหนาโฟม 3 เซนติเมตร 3 ตัวอย่าง ความหนาโฟม 5 เซนติเมตร 3 ตัวอย่าง นำตัวอย่างคอนกรีตดังกล่าวไปเผาไฟ โดยใช้อุณหภูมิที่ได้มาจาก Standard of Fire Test ตามมาตรฐาน ASTM E119 ซึ่งเป็นไปตามเส้นโค้งของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา โดยโครงงานนี้ศึกษาที่อุณหภูมิต่อไปนี้

- เผาตัวอย่างทดสอบโดยเริ่มจากอุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิถึง 927 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง
- เผาตัวอย่างทดสอบโดยเริ่มจากอุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิถึง 978 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง
- เผาตัวอย่างทดสอบโดยเริ่มจากอุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิถึง 1010 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง
- เผาตัวอย่างทดสอบโดยอุณหภูมิคงที่ 400 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง
- เผาตัวอย่างทดสอบโดยอุณหภูมิคงที่ 400 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง
- เผาตัวอย่างทดสอบโดยอุณหภูมิคงที่ 400 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำการทดสอบหากำลังของชิ้นทดสอบ และการบันทึกผล ทำการทดสอบโดยใช้เครื่อง UTM ทำการถ่ายแรงสู่ชิ้นทดสอบ โหลดที่ใช้เป็นโหลดแบบกระจายกระทำเต็มหน้าตัดชิ้นทดสอบ

การทดสอบหากำลังรับแรงอัดของชิ้นทดสอบแบ่งการทดสอบออกเป็น

- ทำการทดสอบชิ้นทดสอบโดยไม่เผา ชนิดละ 3 ตัวอย่าง
- ทำการทดสอบหลังเผา
- บันทึกผลการทดลองและเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างที่ผ่านการเผาและไม่ผ่านการเผา

การทดสอบการรับกำลังอัดของมอร์ต้าขนาด 5*5*5 เซนติเมตร

การทดสอบทำโดยใช้เครื่อง UTM ทำการอัดลูกปูนจนกระทั่งตัวอย่างทดสอบเกิดการวิบัติ

การทดสอบการรับกำลังดึงของลวดตะแกรง

การทดสอบตัวอย่างลวดตะแกรงทำการทดสอบโดยใช้เครื่องUTMทำการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ ทั้งกำลังรับแรงดึงของลวดและกำลังของจุดเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 การทดสอบคุณสมบัติการป้องกันเสียง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1. Function Generator
2. Driver Unit with Amplifier
3. Sound Level Meter

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ประกอบชิ้นทดสอบเป็นกล่องลูกบาศก์เปิด 1 ด้านด้วยชิ้นทดสอบขนาน 50*50 เซนติเมตร ชนิดละ 1 กล่อง
2. วางแหล่งกำเนิดเสียงลงในกล่องลูกบาศก์ นำแผ่นชิ้นทดสอบมาปิดปากกล่องด้านบนโดยใช้ดินน้ำมันอุดตามช่องว่างเพื่อป้องกันเสียงลอดผ่าน
3. กำหนดความถี่ของเสียงโดย Function Generator โดยความถี่ที่ใช้ในการทดสอบเป็น 63 , 125 , 250 , 500 , 1000 , 2000 , 4000 และ 8000 เฮิร์ต
4. วัดระดับความดันเสียงด้วย Sound Level Meter โดยใช้ Weighting network A ในการวัด ซึ่งจะวัดในกรณีที่มีแผ่นชิ้นทดสอบมาปิดปากกล่องและไม่มีแผ่นชิ้นทดสอบมาปิดปากกล่อง โดยเครื่องมือวัดอยู่ในตำแหน่งเดียวกันทั้ง 2 กรณี
5. วัดระดับความดันเสียงสิ่งแวดล้อม
6. บันทึกผลการทดลองและวิเคราะห์ผลที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 การทดสอบการรับแรงอัด

การทดสอบทำตามมาตรฐาน ASTM E72-80 โดยชิ้นทดสอบมีขนาด 1.0*2.3 เมตร โหลดที่ใช้เป็นโหลดกระจาย

3.2.2.4 การทดสอบการรับแรงดัด

ทดสอบ โดยชิ้นทดสอบมีขนาด 1.0*2.3 เมตร แบบแรงกระจายโดยใช้ถุงทราย ถุงละ 25 กิโลกรัม ค่อยๆเพิ่มโหลดและวัดค่าการแอ่นตัวที่กลางช่วง

3.2.2.5 การทดสอบการป้องกันความร้อน

ทดสอบ โดยชิ้นทดสอบขนาน 50*50 เซนติเมตร ชนิดละ 3 ตัวอย่าง มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. ค่อยๆให้ความร้อนด้านเดียวให้เท่ากันทั่วทั้งแผ่น
2. วัดอุณหภูมิที่ผิวชิ้นทดสอบทั้ง 2 ด้าน
3. ทำตามขั้นตอนที่ 1 และ 2 แต่เปลี่ยนชิ้นทดสอบเป็นวัสดุอื่น
4. หาค่าการป้องกันความร้อนของชิ้นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1. คุณสมบัติความทนไฟ

จากการเผาที่อุณหภูมิคงที่ 400 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างๆจนถึง 3 ชั่วโมง ค่ากำลังของชิ้นทดสอบมีค่าแตกต่างกันน้อยมาก ค่ากำลังจะแปรผันตามความหนาของผิวปูนที่ฉาบ

การเผาที่อุณหภูมิตามมาตรฐาน ASTM E119 ที่เวลา 1 ชั่วโมงสภาพภายนอกของชิ้นทดสอบมีสภาพปกติไม่เปลี่ยนแปลง ที่เวลา 1.5 ชั่วโมง ผิวปูนเปลี่ยนสีเป็นเทาแดง ที่เวลา 2 ชั่วโมง ผิวปูนเปลี่ยนสีเป็นเหลืองอ่อนและมีรอยร้าวที่ผิวปูน ค่ากำลังของชิ้นทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1. แสดงกำลังของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

ชนิดหน่วยแรง	กำลังของชิ้นทดสอบเมื่อไม่เผา	อุณหภูมิคงที่ 400 องศาเซลเซียส			อุณหภูมิตามมาตรฐาน ASTM E119		
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	1.5 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง
แรงกด(load,kg)	19053.80	17022.70	17023.30	16602.00	6350.00	6312.30	4080.00
ความเค้น(stress,ksc)	91.83	85.11	83.65	80.40	29.06	27.87	18.01
เปอร์เซนต์กำลังที่มี	100.00	92.69	91.10	87.55	31.65	30.35	19.62

ตารางที่ 4.2. แสดงกำลังของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

ชนิดหน่วยแรง	กำลังของชิ้นทดสอบเมื่อไม่เผา	อุณหภูมิคงที่ 400 องศาเซลเซียส			อุณหภูมิตามมาตรฐาน ASTM E119		
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	1.5 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง
แรงกด(load,kg)	22919.30	17394.70	18631.70	18739.00	7677.70	9345.00	5964.70
ความเค้น(stress,ksc)	108.37	98.55	90.23	90.75	38.39	39.18	32.86
เปอร์เซนต์กำลังที่มี	100.00	90.94	83.26	83.74	35.42	36.16	30.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2. คุณสมบัติการป้องกันเสียง

ค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียงของแผ่นโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปสำหรับชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตรและชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร มีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

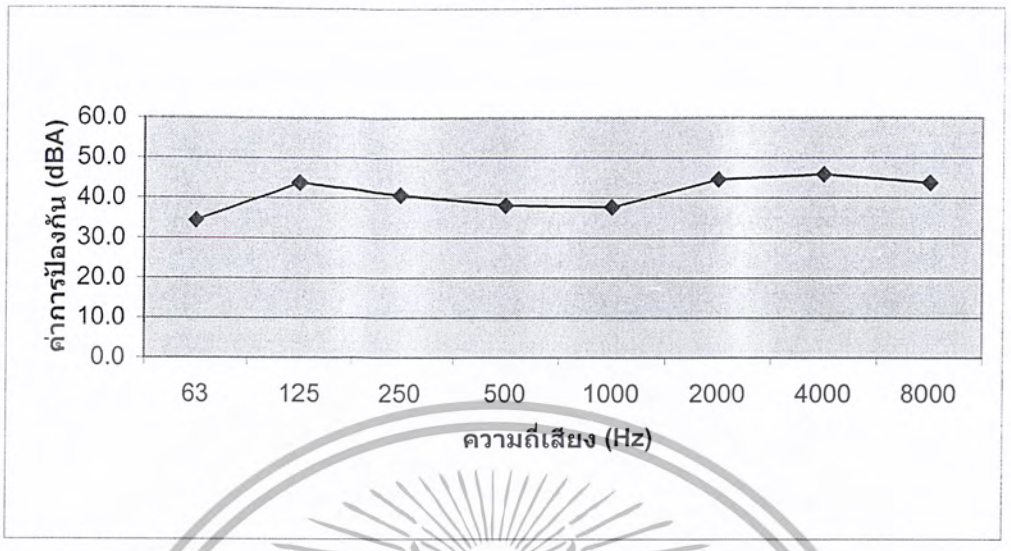
ตารางที่4.3. แสดงค่าการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร

ความถี่เสียง (Hz)	ค่าการป้องกันเสียง (dBA)
63	34.4
125	43.8
250	40.7
500	38.1
1000	37.7
2000	44.6
4000	45.9
8000	43.8

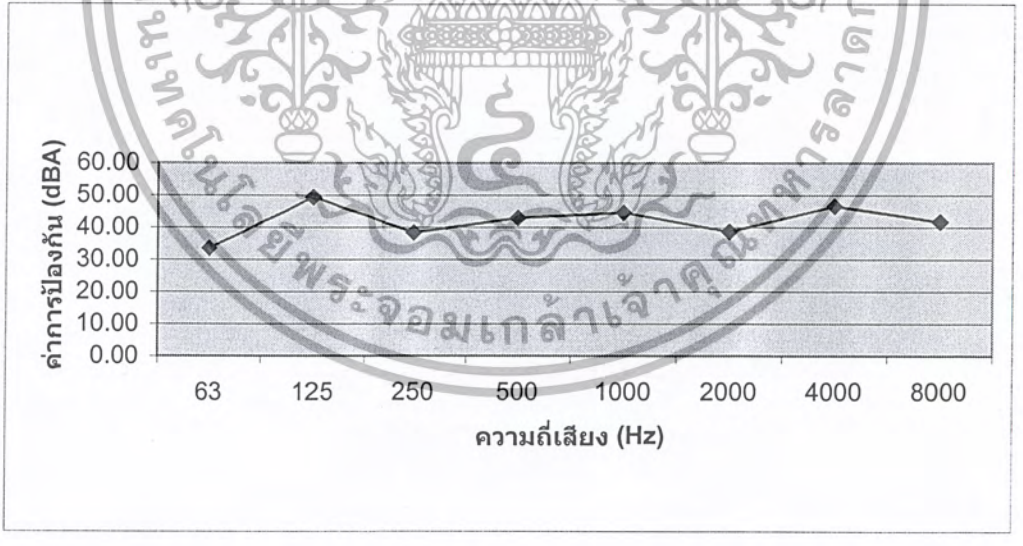
ตารางที่4.4. แสดงค่าการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร

ความถี่เสียง (Hz)	ค่าการป้องกันเสียง (dBA)
63	33.60
125	49.40
250	38.40
500	43.00
1000	44.67
2000	38.67
4000	46.67
8000	41.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.1. แสดงค่าการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร



รูปที่4.2. แสดงค่าการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3. คุณสมบัติการรับแรงอัด

จากการทดสอบ เมื่อชิ้นทดสอบรับน้ำหนักเพิ่มถึงจุดหนึ่งแล้ว แม้จะยังคงจะเพิ่มน้ำหนักกดให้ชิ้นทดสอบ แต่ชิ้นทดสอบจะไม่สามารถรับน้ำหนักเพิ่มได้อีกโดยที่การโก่งตัวของชิ้นทดสอบยังคงเพิ่มขึ้น ค่ากำลังที่ได้ของชิ้นทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.5 และ ตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5. แสดงกำลังรับแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 ซม. ขนาด 1.00*2.30 ม.

ชิ้นทดสอบที่	กำลังของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 cm.	
	kg	ksc
1	16310	44
2	18349	46
3	17839	42
เฉลี่ย	17499	44

ตารางที่ 4.6. แสดงกำลังรับแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 ซม. ขนาด 1.00*2.30 ม.

ชิ้นทดสอบที่	กำลังของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 cm.	
	kg	ksc
1	18858	50
2	19878	44
3	20897	44
เฉลี่ย	19878	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4. คุณสมบัติการรับแรงดัด

จากการทดสอบชิ้นทดสอบขนาด 1.00*2.30 เมตรรับน้ำหนักกระจาย ชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร รับน้ำหนักกระจายสูงสุด 239 กิโลกรัม/ตารางเมตร ค่าการแอ่นตัวสุดท้ายที่กลางช่วงมีค่า 1.09 ซนติเมตร ค่า $\Delta/L = 1/211$ และชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร รับน้ำหนักกระจายสูงสุด 370 กิโลกรัม/ตารางเมตร ค่าการแอ่นตัวสุดท้ายที่กลางช่วงมีค่า 1.52 ซนติเมตร ค่า $\Delta/L = 1/151$ ลักษณะการวิบัติของชิ้นทดสอบเกิดรอยร้าวของคอนกรีตที่ผิวล่างที่บริเวณกลางช่วง

4.5. คุณสมบัติการป้องกันความร้อน

จากการทดสอบพบว่า ชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร และชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตรซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการป้องกันความร้อนกับชิ้นทดสอบที่ทำจากวัสดุอื่นจะมีความแตกต่างอย่างชัดเจนโดยอิฐมอญสามารถป้องกันความร้อนได้ใกล้เคียงกับอิฐสองรู อิฐบล็อกสามารถป้องกันความร้อนได้ดีกว่าอิฐมอญและอิฐสองรูเพียงเล็กน้อย ผลการทดสอบการป้องกันความร้อนแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สรุปคุณสมบัติป้องกันความร้อน

วัสดุที่ทดสอบ	ความสามารถป้องกันความร้อน (องศาเซลเซียส)
อิฐมอญ	5.2
อิฐ 2 รู	5.4
อิฐบล็อก	6.7
ชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 ซม.	11.3
ชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 ซม.	14.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการทดลอง

5.1.1. คุณสมบัติความทนไฟ

1. การเผาที่อุณหภูมิคงที่ 400 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมงกำลังของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตรมีกำลัง 87.55 เปอร์เซ็นต์และกำลังของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตรมีกำลัง 83.74 เปอร์เซ็นต์
2. กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าลดลงมากเมื่อเผาด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน ASTM E119ซึ่งชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตรเมื่อเผาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีกำลังเพียง 31.65 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเผาเป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง มีกำลังเพียง 30.35 เปอร์เซ็นต์และเมื่อเผาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีกำลังเพียง 19.62 เปอร์เซ็นต์ สำหรับชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตรเมื่อเผาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีกำลังเพียง 35.42 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเผาเป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง มีกำลังเพียง 36.16 เปอร์เซ็นต์และเมื่อเผาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีกำลังเพียง 30.33 เปอร์เซ็นต์

กราฟแสดงกำลังที่ลดลงเมื่อเผาด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน ASTM E119 แสดงดังกราฟในรูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2

5.1.2. คุณสมบัติการป้องกันเสียง

ความสามารถในการป้องกันเสียงของชิ้นทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เมื่อเทียบกับวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในปัจจุบัน ค่าการสูญเสียการส่งผ่านของแผ่นโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปที่ทดลองเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างทั่วไปได้ผลดังกราฟรูปที่ 5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3. คุณสมบัติการรับแรงอัด

จากสมการของออยเลอร์ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการทดลองมากถึงแม้ว่าชิ้นทดสอบจะเกิดการวิบัติแบบการโก่งตัวตามพฤติกรรมของเสายาว ซึ่งไม่สามารถใช้สมมติฐานของออยเลอร์มาอธิบายพฤติกรรมของชิ้นทดสอบนี้ได้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวกับน้ำหนักแผ่อัดที่กระทำแสดงดังรูปที่ 5.4 ถึงรูปที่ 5.15

5.1.4. คุณสมบัติการรับแรงดัด

จากการคำนวณการหาค่าแรงดัดตามวิธีหน่วยแรงใช้งานค่าน้ำหนักกระจายที่รับได้สำหรับชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตรเท่ากับ 271.45 กิโลกรัมต่อตารางเมตร สำหรับชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตรเท่ากับ 354.93 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองได้ค่าใกล้เคียงกัน

ความสามารถในการรับแรงดัดของแผ่นทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการแอ่นตัวแล้วสอดคล้องกับค่าความแข็งแกร่งของวัสดุ(STIFFNESS , (ค่าEI))ของแผ่นทดสอบทั้ง 2 ขนาด กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการแอ่นตัวกับน้ำหนักกระจายที่กระทำแสดงดังรูปที่ 5.16 และรูปที่ 5.17

5.1.5. คุณสมบัติการป้องกันความร้อน

การป้องกันความร้อนของแผ่นทดสอบสามารถป้องกันการส่งผ่านความร้อนได้ดี ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้การก่ออิฐฉาบปูนทั่วไปแล้ว สามารถป้องกันความร้อนได้ดีกว่า 2 ถึง 3 เท่า กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนแสดงดังรูปที่ 5.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2. ข้อเสนอแนะ

5.2.1. คุณสมบัติความทนไฟ

1. เนื่องจากลักษณะของเตาเผาที่ใช้มีขนาดเล็ก จึงมีข้อจำกัดขนาดของชิ้นทดสอบ ซึ่งควรมีขนาดเท่ากับที่ใช้จริง
2. ค่ากำลังที่ได้จากการทดสอบความทนไฟนี้ใช้เพื่อวิเคราะห์กำลังที่ลดลงเมื่อเผาที่อุณหภูมิและระยะเวลาการเผาที่ต่างกันเท่านั้น ไม่ได้ใช้เพื่อหาค่ากำลังรับน้ำหนักของผนัง

5.2.2. คุณสมบัติการป้องกันเสียง

ค่าระดับความดังเสียงเมื่อมีแผ่นชิ้นทดสอบปิดกั้นที่ความถี่ 8000 เฮิร์ต ที่วัดได้มีเท่ากับระดับความดังเสียงสิ่งแวดล้อมหลายค่า ซึ่งค่าระดับความดังเสียงที่มาจากแหล่งกำเนิดเพียงอย่างเดียวอาจมีค่าน้อยกว่านี้ได้ เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยหากทำการทดสอบแบบกล่องกั้นเสียงควรทำการทดสอบในห้องเก็บเสียง

5.2.3. คุณสมบัติการรับแรงอัด

ควรเตรียมชิ้นทดสอบให้มีความหนาใกล้เคียงกัน มีหน้าตัดที่เรียบเสมอกันตลอดแนว เพื่อให้ได้ค่าการรับแรงที่ถูกต้อง และควรมีการทดสอบการรับแรงเยื้องศูนย์

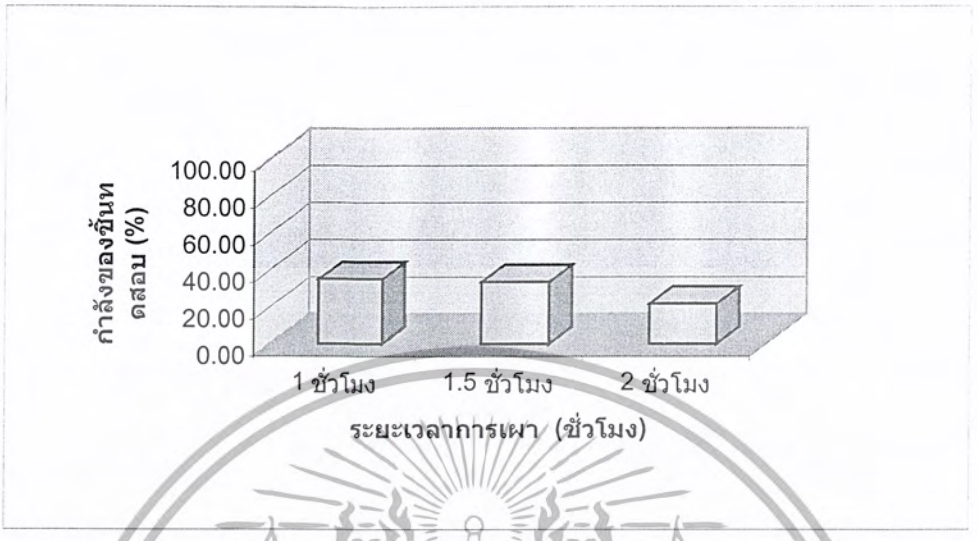
5.2.4. คุณสมบัติการรับแรงดัด

เนื่องจากมีการทดสอบที่ผิดพลาดและแก้ไขวิธีทดสอบทำให้มีตัวอย่างทดสอบเพียงชนิดความหนาโฟมละ 1 แผ่นตัวอย่างเพื่อให้ได้ผลที่ยอมรับได้ควรมีการทดสอบเพิ่มเติมอย่างน้อยชนิดความหนาโฟมละ 3 แผ่นตัวอย่าง

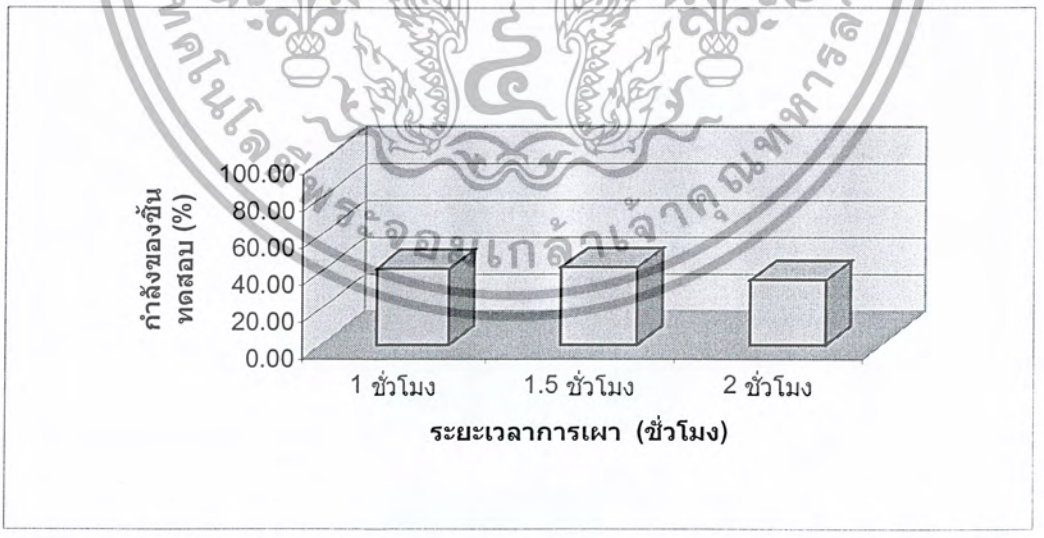
5.2.5. คุณสมบัติการป้องกันความร้อน

ในการนำไปใช้งานจริงเมื่อมีการฉาบผิวเรียบและทาสีแล้วอาจสามารถป้องกันความร้อนได้เพิ่มขึ้นจากค่าที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่5.1. กราฟแสดงกำลังเมื่อเผาด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน ASTM E119ของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร

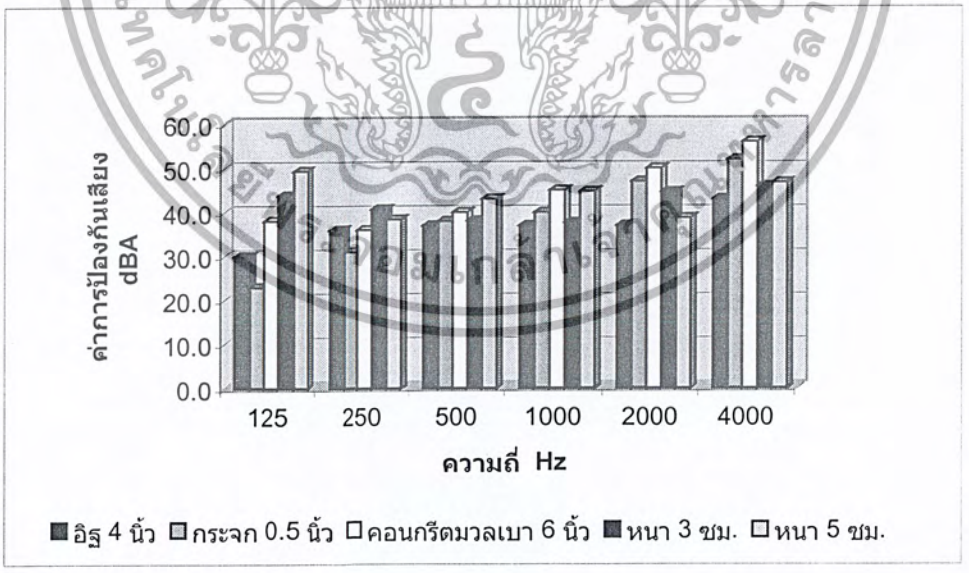


รูปที่5.2. กราฟแสดงกำลังเมื่อเผาด้วยอุณหภูมิมาตรฐาน ASTM E119 ของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

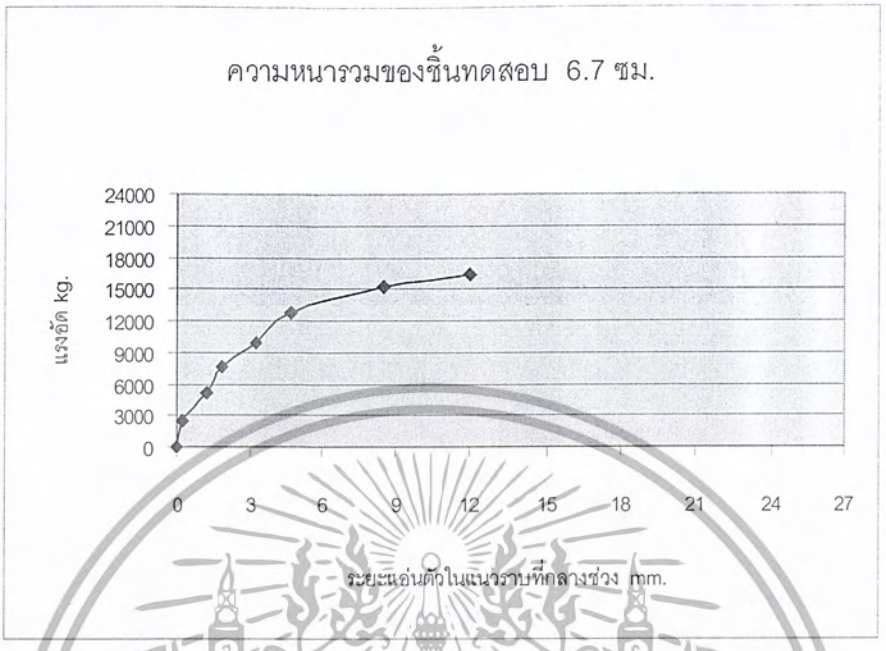
ตารางที่5.1. แสดงค่าการสูญเสียการส่งผ่านของแผ่นโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปที่ทดลอง เปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างทั่วไป

ความถี่	ค่าการป้องกันเสียงของวัสดุก่อสร้างชนิดต่างๆ (dBA)				
(Hz)	อิฐ 4 นิ้ว	กระจก 0.5 นิ้ว	คอนกรีตมวลเบา 6 นิ้ว	หนา 3 ซม.	หนา 5 ซม.
125	30.0	23.0	38.0	43.8	49.4
250	36.0	31.0	36.0	40.7	38.4
500	37.0	38.0	40.0	38.1	43.0
1000	37.0	40.0	45.0	37.7	44.7
2000	37.0	47.0	50.0	44.6	38.7
4000	43.0	52.0	56.0	45.9	46.7

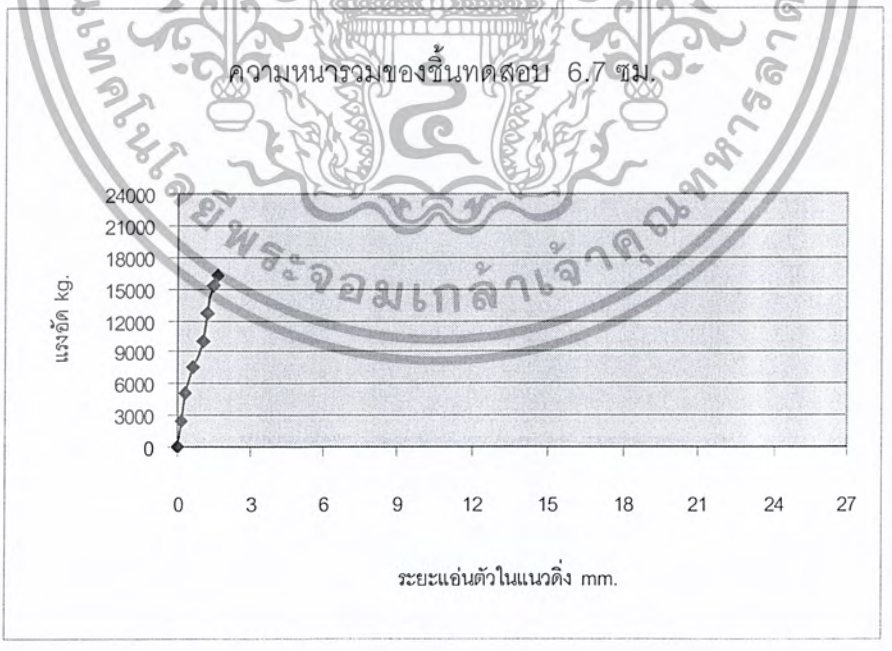


รูปที่5.3. กราฟค่าการสูญเสียการส่งผ่านของแผ่นโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปที่ทดลอง เปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

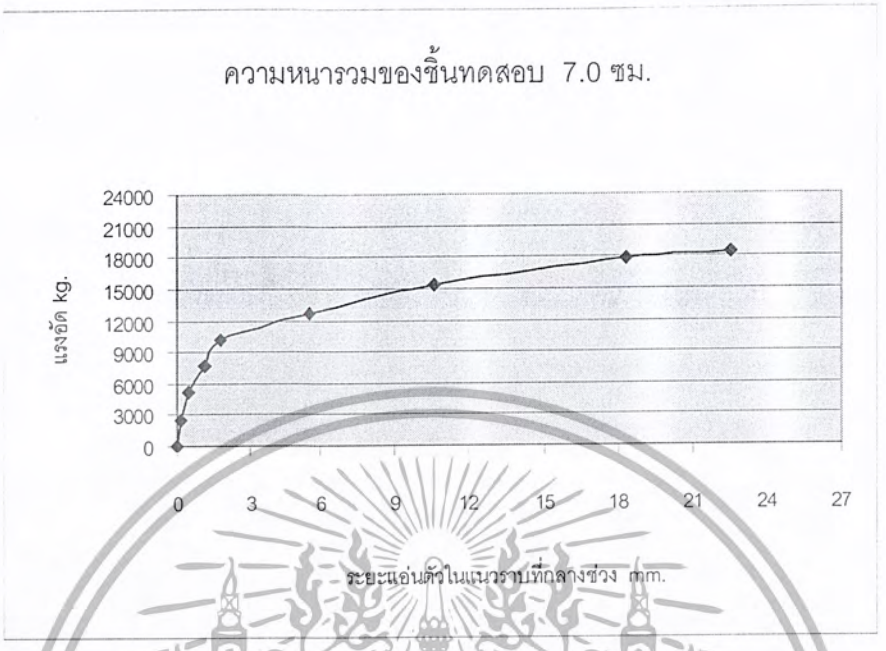


รูปที่5.4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวราบกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่1

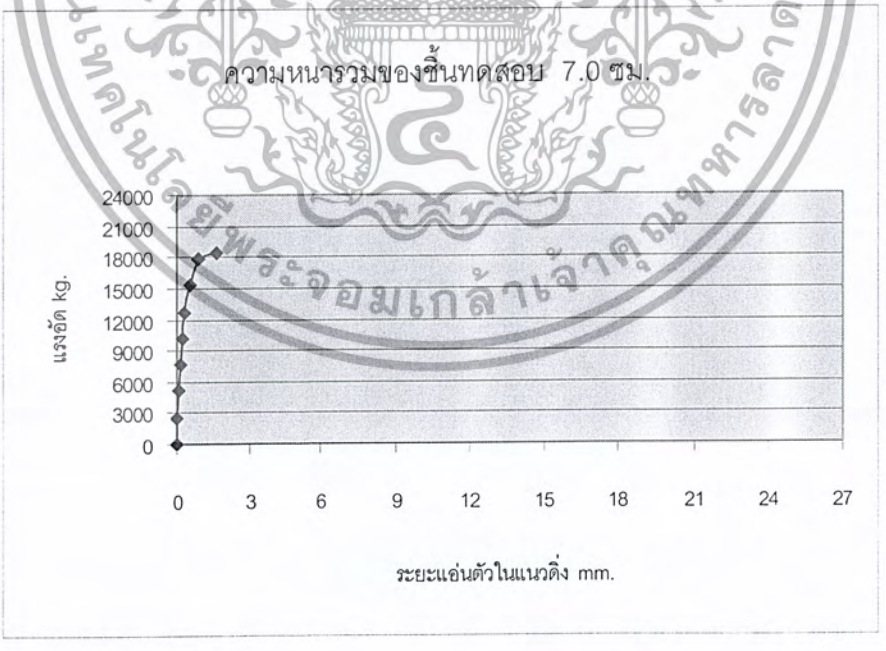


รูปที่5.5. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวดิ่งกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

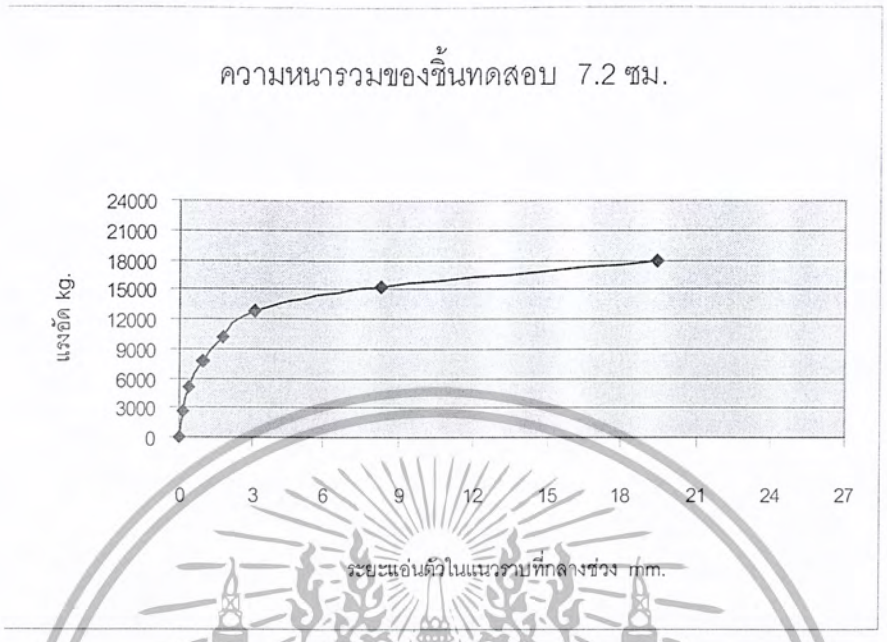


รูปที่5.6. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวราบกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่2

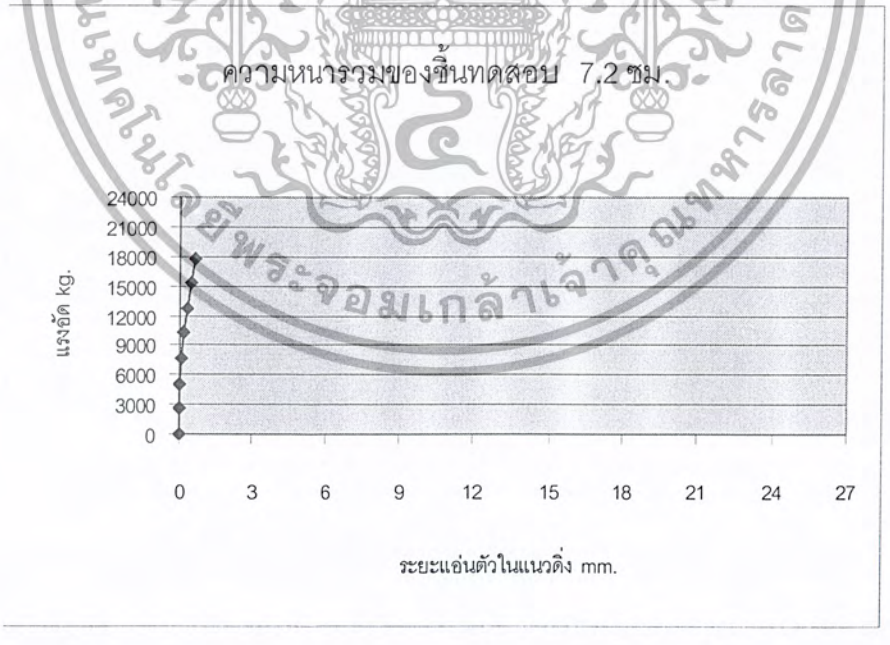


รูปที่5.7. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวดิ่งกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

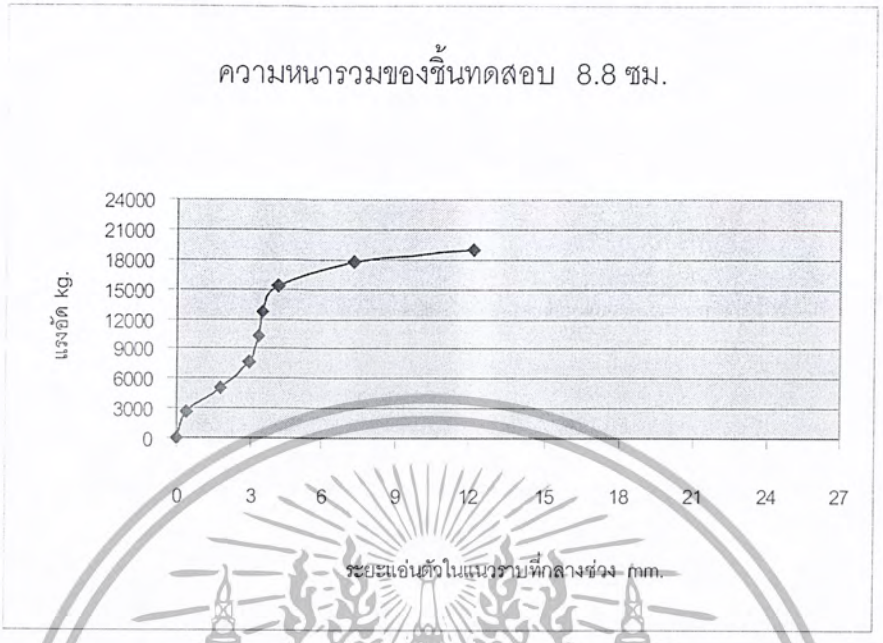


รูปที่5.8. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวราบกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่3

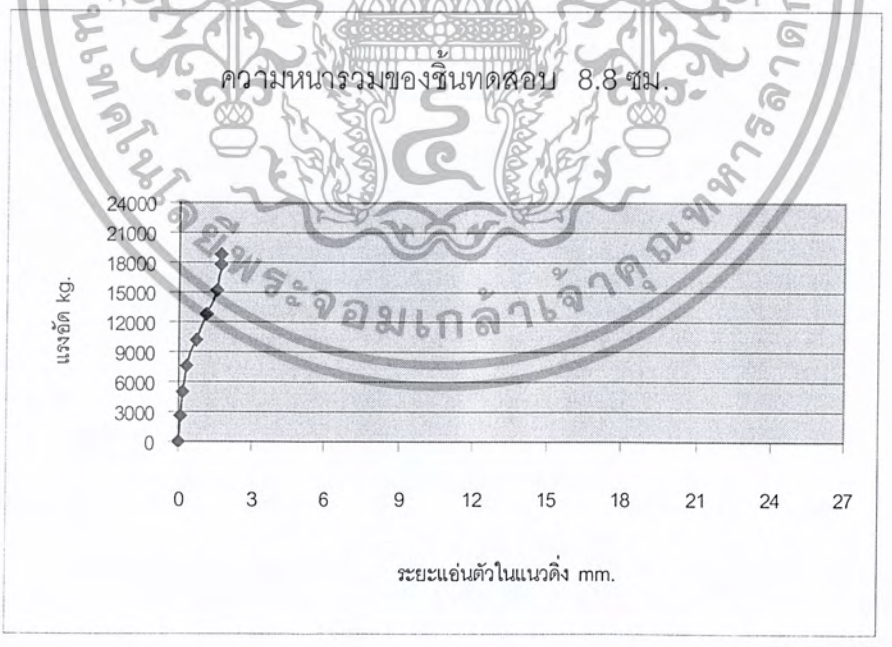


รูปที่5.9. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวดิ่งกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

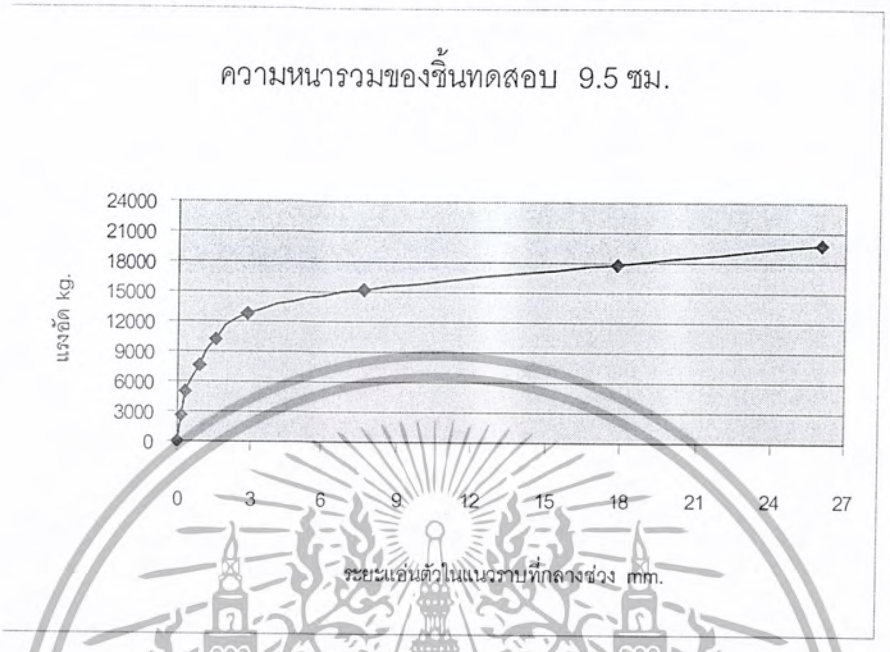


รูปที่5.10. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวราบกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่1

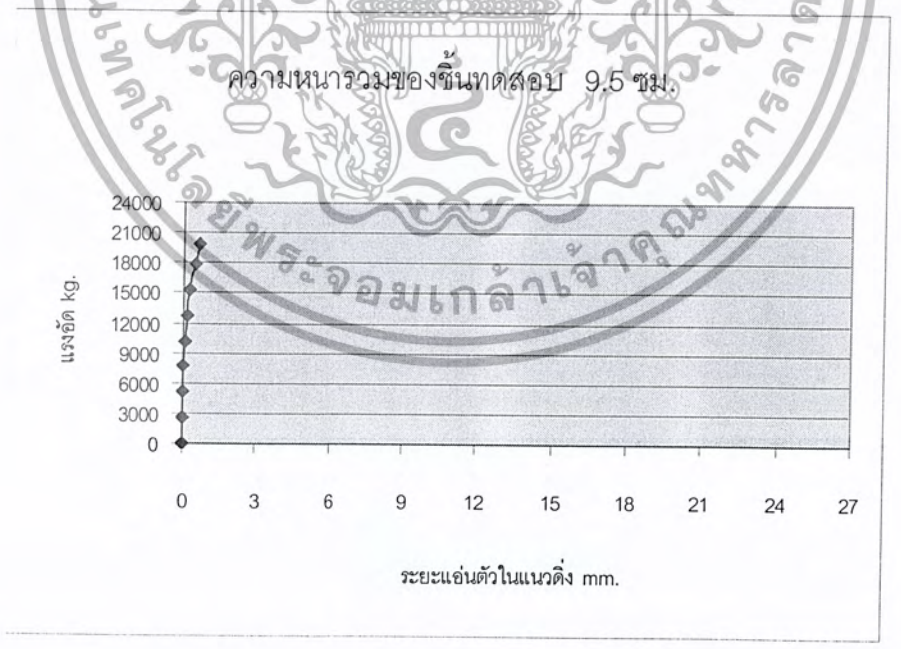


รูปที่5.11. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวดิ่งกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

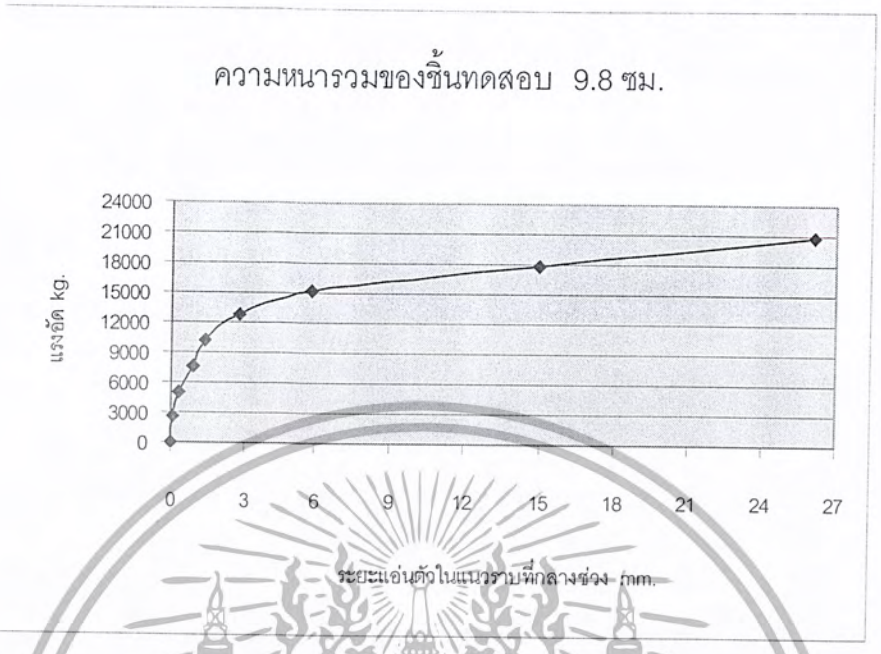


รูปที่5.12. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวราบกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่2

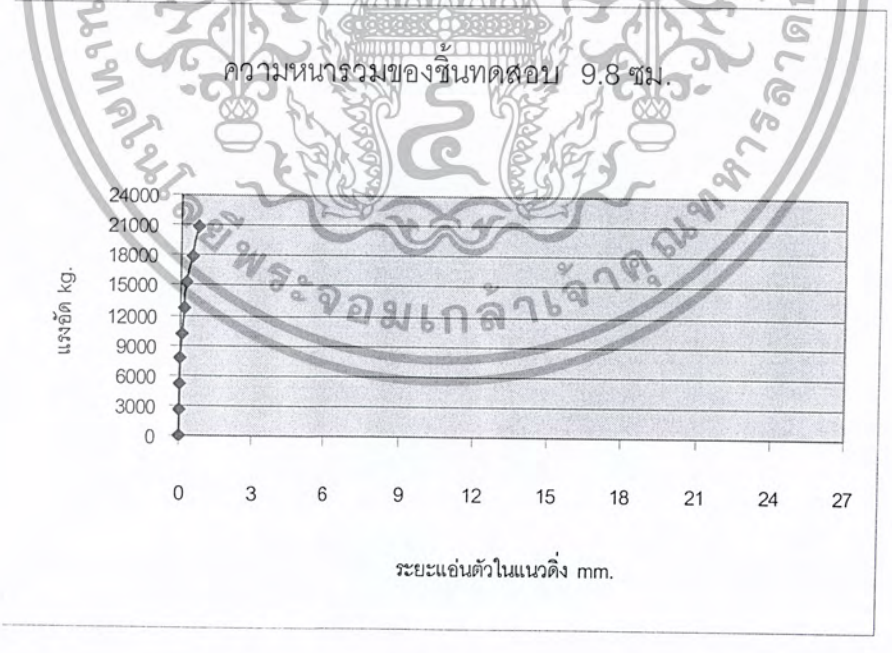


รูปที่5.13. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวดิ่งกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

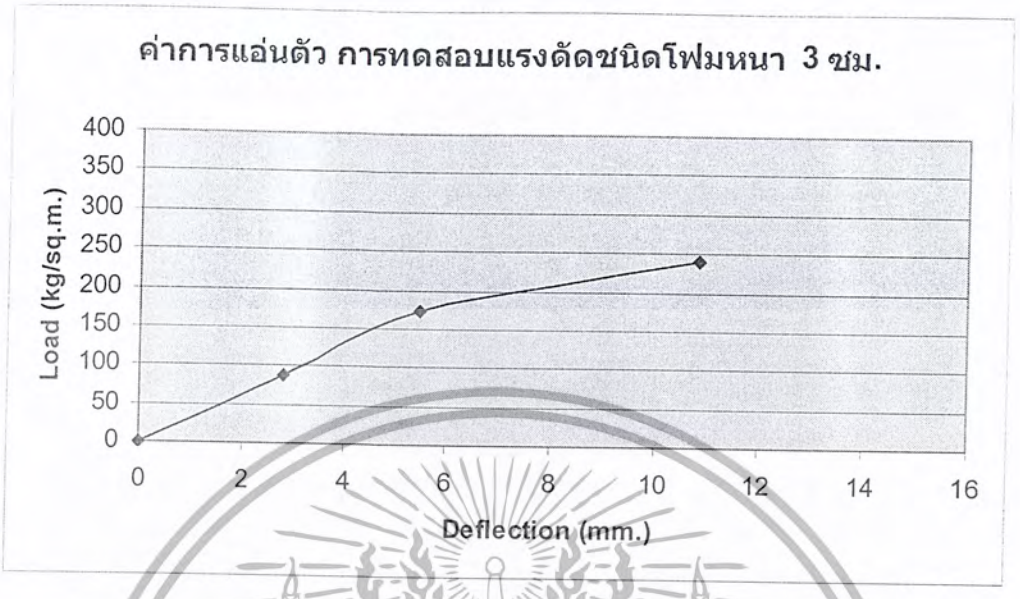


รูปที่5.14. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวราบกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่3

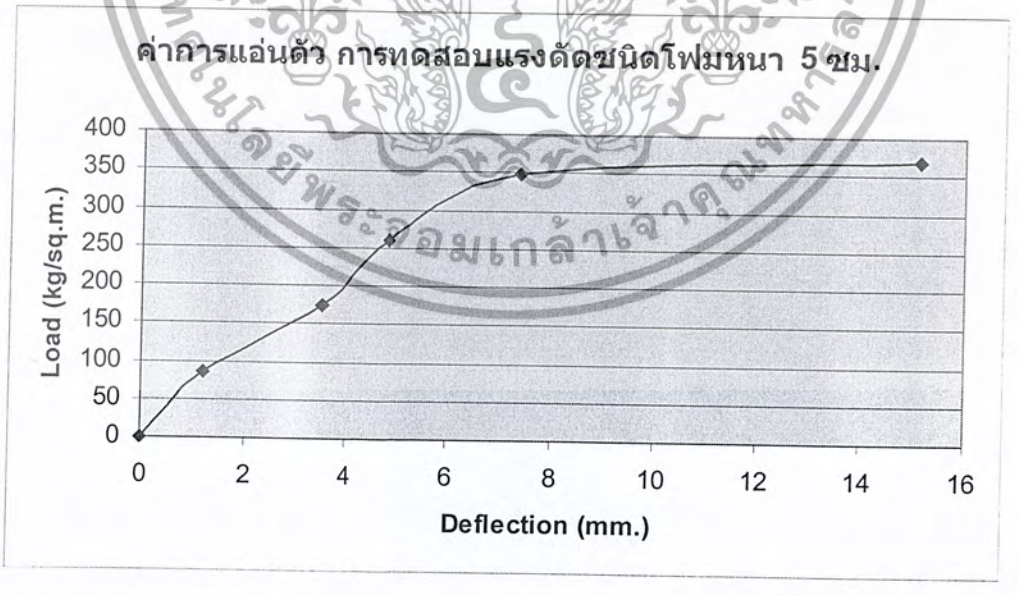


รูปที่5.15. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวในแนวดิ่งกับน้ำหนักที่กระทำในการทดสอบแรงอัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร ชิ้นตัวอย่างที่3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

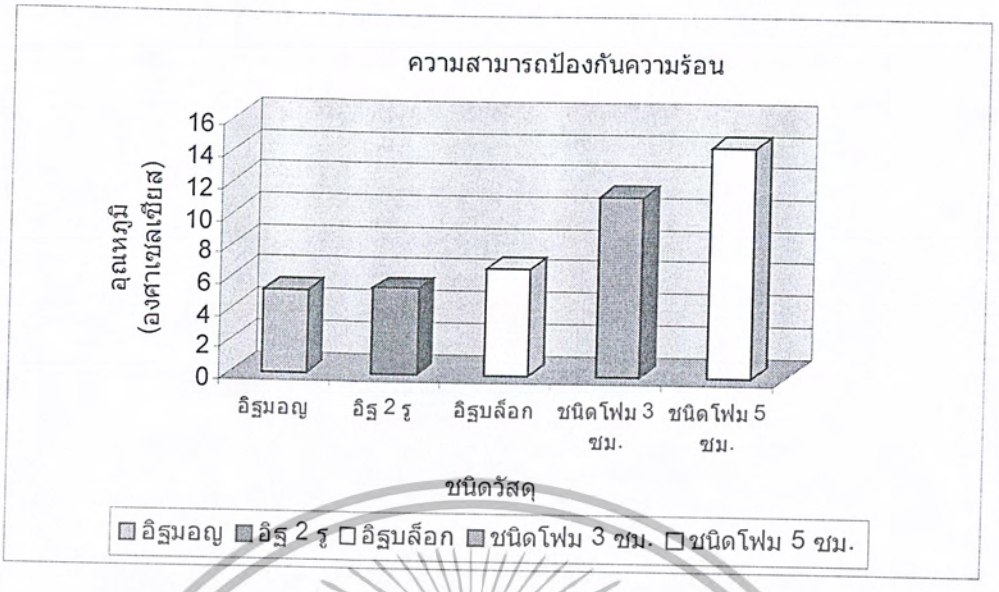


รูปที่5.16. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแอ่นตัวกับน้ำหนักกระจายที่กระทำในการทดสอบแรงดัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร



รูปที่5.17. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแอ่นตัวกับน้ำหนักกระจายที่กระทำในการทดสอบแรงดัดของชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.18. แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- เกรียงไกร เอกจิตต์ และคณะ, 2540. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้งานฉนวนกันความร้อนในอาคาร.ปริญญานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- ชูเกียรติ์ ธนพิทักษ์ และคณะ, 2533. เครื่องมือวัดระดับเสียงแบบดิจิตอล.ปริญญานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- ทินกร แพทย์รักษ์ และคณะ, 2543. วิเคราะห์กำลังของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหลังถูกเพลิงไหม้. ปริญญานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- วิฑูร เจริญชัยฤทธิ์, 2537. บ้านสำเร็จรูปโดยระบบผนังรับแรง.ปริญญานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2525. เสียงและการควบคุมเสียงแวดล้อม.พิมพ์ครั้งที่1. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
- ASTM. Manual of Concrete Inspection (American Society for Testing and Materials) 1999 – 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- คมสัน มาลีสี และคณะ, 2535. การศึกษาความสามารถในการรับน้ำหนักของพื้นสำเร็จรูปเมื่อมีการก่อกำแพง. ปริญญานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- ชัชวาล เศรษฐบุตร, 2537. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ เดอะ พริ้นท์อินเตอร์เนชั่นแนล.
- ชัยยะ พัฒนเจริญ และคณะ, 2533. การการทำผนังสำเร็จรูปด้วยแกลบ. ปริญญานิพนธ์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ตระการ ก้าวกล้ากรรม, 2537. คู่มือคำนวณความร้อน. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชัน.
- เทอดศักดิ์ พรวัฒนกุล, 2538. การศึกษา ออกแบบ และการสร้างชุดทดสอบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน. วิทยานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2535. เซรามิกส์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร, 2545. การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก.พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริพงษ์ อุทัยแก้ว และอาวุธ เจริญวัฒนานนท์, 2533. การเปลี่ยนแปลงการรับกำลังของคอนกรีตหลังเผา. ปริญญานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- เสาวคนธ์ ทิพโอสถ และคณะ, 2543. การศึกษาคุณลักษณะของตัวลดเสียง. ปริญญานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- Charles Head Norris, Sc.D.,and John Benson Wilbur, Sc.D. Structural Analysis. McGraw-Hill.
- Edwin, H. Gaylord, Jr.,and Charles N. Gayload, Structural Engineering Handbook. Third Edit: McGraw-Hill.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

รายการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.ข้อมูลในการออกแบบ

1.1 ขนาดชิ้นทดสอบ

1.1.1 ชนิดความหนาโฟม 3 เซนติเมตร

ขนาดแผ่น = 1.00 x 2.30 m

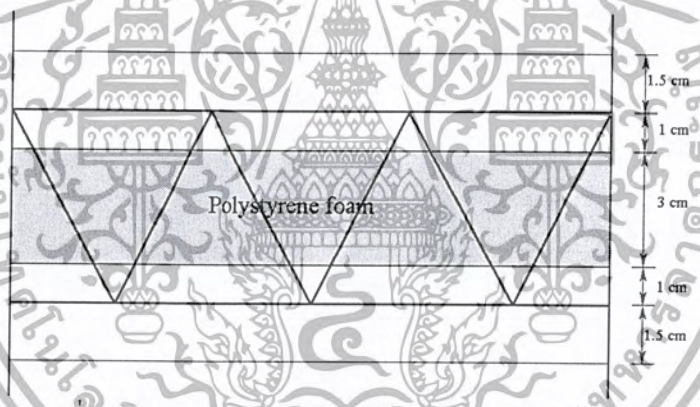
ความหนาปูน, T_S = 2.5 cm

ระยะห่างระหว่างฉนวนโฟมกับตะแกรงลวด, T_3 = 1 cm

ความหนาโฟม Polystyrene, T_2 = 3 cm

ความหนากำแพง, T = 8 cm

ขนาดตะแกรงลวด = 10 x 10 cm



รูปที่ ผ.ก.1. แสดงรายละเอียดชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร

1.1.2 ชนิดความหนาโฟม 5 เซนติเมตร

ขนาดแผ่น = 1.00 x 2.30 m

ความหนาปูน, T_S = 2.5 cm

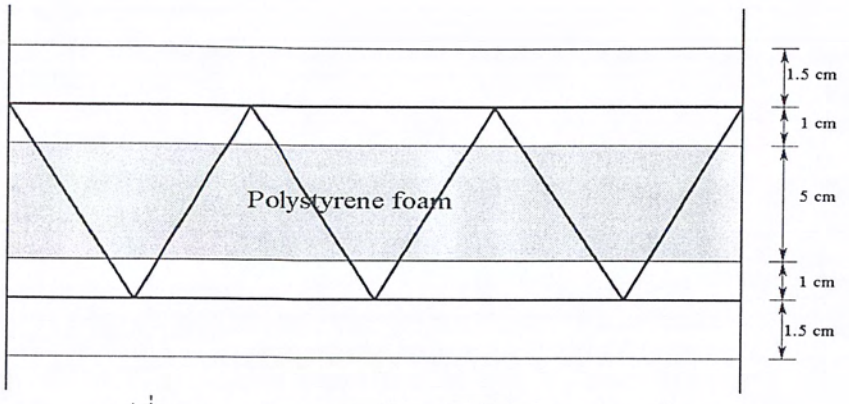
ระยะห่างระหว่างฉนวนโฟมกับตะแกรงลวด, T_3 = 1 cm

ความหนาโฟม Polystyrene, T_2 = 5 cm

ความหนากำแพง, T = 10 cm

ขนาดตะแกรงลวด = 10 x 10 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.2. แสดงรายละเอียดชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร

1.2 ปอร์แลนด์มอร์ต้าซีเมนต์

f'_c= 140 ksc

$$E_c = 15120 \times \sqrt{f'c} = 1.8 \times 10^5$$

1.3 ลวดตะแกรง

ขนาดหน้าตัด = 0.3 cm

พื้นที่หน้าตัด = 0.07 cm

f_y = 7200 ksc

$f_s = 0.6f_y$ = 4320 ksc

E_s = 2.04 x 10^6 ksc

1.4 $$n = \frac{E_s}{E_c} = 11$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{nf_c}} = 0.263$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.263}{3} = 0.913$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.โมเมนต์ดัด (วิธีหน่วยแรงใช้งาน)

2.1 ชนิดความหนาโฟม 3 เซนติเมตร

แรงดึงของเหล็ก $T_f = A_s \times f_s$

$= 0.07 \times 4320$

$= 302.4$ kg/wire

โมเมนต์ดัด $M_s = T_s \times j \times d$

$M_s = 302.4 \times 10 \times 0.913 \times \frac{6.5}{100}$

$= 179.5$ kg-m/m

แรงกระจาย $W = 179.5 \times \frac{8}{2.3^2}$

$= 271.5$ kg/m^2

2.2 ชนิดความหนาโฟม 5 เซนติเมตร

แรงดึงของเหล็ก $T_f = A_s \times f_s$

$= 0.07 \times 4320$

$= 302.4$ kg/wire

โมเมนต์ดัด $M_s = T_s \times j \times d$

$M_s = 302.4 \times 10 \times 0.913 \times \frac{8.5}{100}$

$= 234.7$ kg-m/m

แรงกระจาย $W = 234.7 \times \frac{8}{2.3^2}$

$= 354.9$ kg/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แรงอัดตามแกน

สมการออยเลอร์ $P = \frac{\pi^2 E_t I}{L_e^{\ 2}}$

3.1 ชนิดความหนาโฟม 3 เซนติเมตร

$$I \approx I_c = \left(\frac{1}{12} \times 100 \times 8^3\right) - \left(\frac{1}{12} \times 100 \times 3^3\right)$$
$$= 4267\text{-}225$$
$$= 4042 \quad \text{cm}^4$$
$$E_t = \frac{E_c}{3} = \frac{1.8 \times 10^5}{3}$$
$$= 6 \times 10^4 \quad \text{ksc}$$
$$L_e = KL = 1 \times 230$$
$$= 230 \quad \text{cm}$$
$$P = \frac{\pi^2 \times 6 \times 10^4 \times 4042}{230^2}$$
$$= 45{,}247 \quad \text{kg}$$

3.2 ชนิดความหนาโฟม 5 เซนติเมตร

$$I \approx I_c = \left(\frac{1}{12} \times 100 \times 10^3\right) - \left(\frac{1}{12} \times 100 \times 5^3\right)$$
$$= 8333\text{-}1042$$
$$= 7291 \quad \text{cm}^4$$
$$E_t = \frac{E_c}{3} = \frac{1.8 \times 10^5}{3}$$
$$= 6 \times 10^4 \quad \text{ksc}$$
$$L_e = KL = 1 \times 230$$
$$= 230 \quad \text{cm}$$
$$P = \frac{\pi^2 \times 6 \times 10^4 \times 7291}{230^2}$$
$$= 81{,}617 \quad \text{kg}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.1. แสดงผลการทดสอบกำลังของชิ้นทดสอบหลังเผาไฟอุณหภูมิ 400 คงที่ เวลา 1 ชั่วโมง

อุณหภูมิ 400 คงที่ เวลา 1 ชม.			
ขนาดความหนาโฟม	ชิ้นทดสอบ	ความหนาชิ้นทดสอบ(cm.)	แรงกด(Kg.)
3 เซนติเมตร	1	6.2	17294
	2	7.3	16548
	3	7.5	17226
	เฉลี่ย	7.00	17023
5 เซนติเมตร	1	8.8	17866
	2	8.3	16421
	3	8.5	17897
	เฉลี่ย	8.53	17395

ตารางที่ ผ.ข.2. แสดงผลการทดสอบกำลังของชิ้นทดสอบหลังเผาไฟอุณหภูมิ 400 คงที่ เวลา 2 ชั่วโมง

อุณหภูมิ 400 คงที่ เวลา 2 ชม.			
ขนาดความหนาโฟม	ชิ้นทดสอบ	ความหนาชิ้นทดสอบ(cm.)	แรงกด(Kg.)
3 เซนติเมตร	1	6.9	17568
	2	7.0	16717
	3	7.3	16785
	เฉลี่ย	7.07	17023
5 เซนติเมตร	1	9.7	18740
	2	9.0	16850
	3	8.7	20305
	เฉลี่ย	9.13	18632

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.3. แสดงผลการทดสอบกำลังของชิ้นทดสอบหลังเผาไฟอุณหภูมิ 400 คงที่ เวลา 3 ชั่วโมง

อุณหภูมิ 400 คงที่ เวลา 3 ชม.			
ขนาดความหนาโฟม	ชิ้นทดสอบ	ความหนาชิ้นทดสอบ(cm.)	แรงกด(Kg.)
3 เซนติเมตร	1	6.0	14080
	2	7.9	18976
	3	7.5	16750
	เฉลี่ย	7.13	16602
5 เซนติเมตร	1	10.2	19250
	2	8.5	18443
	3	8.7	18524
	เฉลี่ย	9.13	18739

ตารางที่ ผ.ข.4. แสดงผลการทดสอบกำลังของชิ้นทดสอบหลังเผาไฟอุณหภูมิตามกราฟ ASTM E119 เวลา 1 ชั่วโมง

อุณหภูมิตามกราฟ ASTM E119 เวลา 1 ชม.			
ขนาดความหนาโฟม	ชิ้นทดสอบ	ความหนาชิ้นทดสอบ(cm.)	แรงกด(Kg.)
3 เซนติเมตร	1	7.0	5030
	2	7.7	7775
	3	7.4	6290
	เฉลี่ย	7.37	6365
5 เซนติเมตร	1	9.0	7887
	2	8.8	7398
	3	9.2	7748
	เฉลี่ย	9.00	7678

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.5. แสดงผลการทดสอบกำลังของชิ้นทดสอบหลังเผาไฟอุณหภูมิตามกราฟ ASTM E119 เวลา 1.5 ชั่วโมง

อุณหภูมิ ตามกราฟ ASTM E119 เวลา 1.5 ชม.			
ขนาดความหนาโฟม	ชิ้นทดสอบ	ความหนาชิ้นทดสอบ(cm.)	แรงกด(Kg.)
3 เซนติเมตร	1	7.5	6154
	2	7.8	6333
	3	7.3	6450
	เฉลี่ย	7.53	6312
5 เซนติเมตร	1	9.3	8878
	2	9.0	8657
	3	11.0	10500
	เฉลี่ย	9.77	9345

ตารางที่ ผ.ข.6. แสดงผลการทดสอบกำลังของชิ้นทดสอบหลังเผาไฟอุณหภูมิตามกราฟ ASTM E119 เวลา 2 ชั่วโมง

อุณหภูมิ ตามกราฟ ASTM E119 เวลา 2 ชม.			
ขนาดความหนาโฟม	ชิ้นทดสอบ	ความหนาชิ้นทดสอบ(cm.)	แรงกด(Kg.)
3 เซนติเมตร	1	7.5	3920
	2	7.6	4356
	3	7.5	3964
	เฉลี่ย	7.53	4080
5 เซนติเมตร	1	8.2	5821
	2	8.5	5941
	3	9.2	6132
	เฉลี่ย	8.63	5965

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.7. แสดงผลการทดสอบกำลังของชิ้นทดสอบไม่เผาไฟ

ชิ้นทดสอบไม่เผาไฟ			
ขนาดความหนาโฟม	ชิ้นทดสอบ	ความหนาชิ้นทดสอบ(cm.)	แรงกด(Kg.)
3 เซนติเมตร	1	7.4	19305
	2	7.1	19843
	3	6.9	18015
	เฉลี่ย	7.13	19054
5 เซนติเมตร	1	9.3	23548
	2	8.9	21138
	3	9.5	24071
	เฉลี่ย	9.23	22919

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.8. แสดงผลการทดสอบการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร

ความถี่เสียง (Hz)	ความดังเสียงเมื่อไม่มีแผ่นวัสดุทดสอบกั้น(dBA)	ความดังเสียงเมื่อมีแผ่นวัสดุทดสอบกั้น (dBA)				
		แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	แผ่นที่ 5
63	98	65.5	61	65	63.5	63
125	113	78.5	64.5	74	61	69
250	102	60	64	61	62.5	59
500	101	64	61	61.5	65	56
1000	102	71	64	57	64	65
2000	103	58	62	55	73.5	59
4000	98	55	55	51	68	52
8000	92	52	47.5	47	54	48

ตารางที่ ผ.ข.9. แสดงผลการทดสอบการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร

ความถี่เสียง (Hz)	ความดังเสียงเมื่อไม่มีแผ่นวัสดุทดสอบกั้น(dBA)	ความดังเสียงเมื่อมีแผ่นวัสดุทดสอบกั้น (dBA)				
		แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	แผ่นที่ 5
63	98	65	65	64	63	65
125	113	65	64	65	63	61
250	105	66	69	68	66	64
500	105	63	63	57	59	63
1000	103	59	71	57	59	53
2000	103	64	69	65	64	55.5
4000	99	52	63	47	53	52
8000	89	47	47	47	48	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.10. แสดงผลการปรับแก้ค่าความดังเสียงและผลการปรับแก้ค่าเฉลี่ยของการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร

ความถี่เสียง (Hz)	ความดังเสียงเมื่อไม่มีแผ่นวัสดุทดสอบกั้น(dBA)	ความดังเสียงเมื่อมีแผ่นวัสดุทดสอบกั้น (dBA)					ค่าเฉลี่ยที่ปรับแก้แล้ว ความคาดเคลื่อนแล้ว(dBA)	ค่าการป้องกันเสียง (dBA)
		แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	แผ่นที่ 5		
63	98	66	61	65	64	63	63.60	34.4
125	113	79	65	74	61	69	69.17	43.8
250	102	60	64	61	63	59	61.30	40.7
500	101	64	61	62	65	56	62.88	38.1
1000	102	71	64	57	64	65	64.33	37.7
2000	103	58	62	55	74	59	58.38	44.6
4000	98	55	55	49	68	51	52.13	45.9
8000	92	51	48	47	53	48	48.25	43.8

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ ผ.ข.11. แสดงผลการปรับแก้ค่าความดังเสียงและผลการปรับแก้ค่าเฉลี่ยของการป้องกันเสียงของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร

ความถี่เสียง (Hz)	ความดังเสียงเมื่อไม่มีแผ่นวัสดุทดสอบกั้น(dBA)	ความดังเสียงเมื่อมีแผ่นวัสดุทดสอบกั้น (dBA)					ค่าเฉลี่ยที่ปรับแก้แล้ว ความคาดเคลื่อนแล้ว(dBA)	ค่าการป้องกันเสียง (dBA)
		แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	แผ่นที่ 5		
63	98	65	65	64	63	65	64.4	33.6
125	113	65	64	65	63	61	63.6	49.4
250	105	66	69	68	66	64	66.6	38.4
500	105	63	63	57	59	63	62.0	43.0
1000	103	59	71	57	59	53	58.3	44.7
2000	103	64	69	65	64	56	64.3	38.7
4000	99	52	63	47	53	52	52.3	46.7
8000	89	47	47	47	48	47	47.2	41.8

ตารางที่ ผ.ข.12. แสดงผลการทดสอบแรงดัดของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 3 เซนติเมตร

Load (kg)	Dial gauge (mm)					Deflection (mm)					
	ที่กลางช่วง(L/2)			(L/2)-25ซม.	(L/2)+25ซม.	ที่กลางช่วง(L/2)			(L/2)-25ซม.	(L/2)+25ซม.	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	ที่กลางช่วง(L/2)
0	7	13	26	26	23	0	0	0	0	0	
200	9.94	15.64	28.81	28.67	25.68	2.94	2.64	2.81	2.67	2.68	2.80
400	12.74	18.3	31.46	30.1	27.27	2.8	2.66	2.65	1.43	1.59	2.70
550	18.67	23.02	36.87	35.1	34.24	5.93	4.72	5.41	5	6.97	5.35

ตารางที่ ผ.ข.13. แสดงผลการทดสอบแรงดัดของแผ่นชิ้นทดสอบชนิดโฟมหนา 5 เซนติเมตร

Load (kg)	Dial gauge (mm)					Deflection (mm)					
	ที่กลางช่วง(L/2)			(L/2)-25ซม.	(L/2)+25ซม.	ที่กลางช่วง(L/2)			(L/2)-25ซม.	(L/2)+25ซม.	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	ที่กลางช่วง(L/2)
0	5	8	24	22	19	0	0	0	0	0	
200	6.1	9.01	25.47	23.27	20.11	1.1	1.01	1.47	1.27	1.11	1.19
400	8.72	11.69	27.15	25.86	21.53	3.72	3.69	3.15	3.86	2.53	3.52
600	10.1	12.89	28.55	26.28	23.37	5.1	4.89	4.55	4.28	4.37	4.85
800	12.68	15.48	31.04	28.66	25.92	7.68	7.48	7.04	6.66	6.92	7.40
850	20.49	23.33	38.68	36.14	32.15	15.49	15.33	14.68	14.14	13.15	15.17

ตารางที่ ผ.ข.14. การทดสอบแรงอัดชนิดความหนาโฟม 3 ซม.ขนาดความหนา 6.7 ซม.

Load		Dial gauge(mm.)		Deflection(mm.)	
KN	Kg	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
0	0	25.00	23.94	0	0
25	2548	25.13	24.16	0.13	0.22
50	5097	25.34	25.14	0.34	1.2
75	7645	25.64	25.78	0.64	1.84
100	10194	26.02	27.13	1.02	3.19
125	12742	26.20	28.62	1.20	4.68
150	15291	26.42	32.45	1.42	8.51
160	16310	26.57	35.89	1.57	11.95

ตารางที่ ผ.ข.15. การทดสอบแรงอัดชนิดความหนาโฟม 3 ซม.ขนาดความหนา 7.0 ซม.

Load		Dial gauge(mm.)		Deflection(mm.)	
KN	Kg	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
0	0	27.00	20.00	0.00	0.00
25	2548	27.02	20.13	0.02	0.13
50	5097	27.10	20.45	0.10	0.45
75	7645	27.15	21.12	0.15	1.12
100	10194	27.21	21.76	0.21	1.76
125	12742	27.33	25.48	0.33	5.48
150	15291	27.54	30.56	0.54	10.56
175	17839	27.90	38.32	0.90	18.32
180	18349	28.60	42.55	1.60	22.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.16. การทดสอบแรงอัดชนิดความหนาโฟม 3 ซม.ขนาดความหนา 7.2 ซม.

Load		Dial gauge(mm.)		Deflection(mm.)	
KN	Kg	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
0	0	8.00	20.00	0.00	0.00
25	2548	8.00	20.14	0.00	0.14
50	5097	8.04	20.42	0.04	0.42
75	7645	8.09	20.94	0.09	0.94
100	10194	8.20	21.80	0.20	1.80
125	12742	8.32	23.10	0.32	3.10
150	15291	8.45	28.30	0.45	8.30
175	17839	8.61	39.40	0.61	19.40

ตารางที่ ผ.ข.17. การทดสอบแรงอัดชนิดความหนาโฟม 5 ซม.ขนาดความหนา 8.8 ซม.

Load		Dial gauge(mm.)		Deflection(mm.)	
KN	Kg	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
0	0	14.00	28.02	0.00	0.00
25	2548	14.05	27.63	0.05	0.39
50	5097	14.18	26.28	0.18	1.74
75	7645	14.33	25.10	0.33	2.92
100	10194	14.75	24.68	0.75	3.34
125	12742	15.16	24.51	1.16	3.51
150	15291	15.57	23.86	1.57	4.16
175	17839	15.70	20.78	1.70	7.24
185	18858	15.72	15.92	1.72	12.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.18. การทดสอบแรงอัดชนิดความหนาโฟม 5 ซม.ขนาดความหนา 9.5 ซม.

Load		Dial gauge(mm.)		Deflection(mm.)	
KN	Kg	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
0	0	4.00	40.00	0.00	0.00
25	2548	4.00	39.87	0.00	0.13
50	5097	4.01	39.70	0.01	0.30
75	7645	4.02	39.15	0.02	0.85
100	10194	4.07	38.50	0.07	1.50
125	12742	4.18	37.20	0.18	2.80
150	15291	4.26	32.36	0.26	7.64
175	17839	4.48	22.20	0.48	17.80
195	19878	4.63	19.60	0.63	20.40

ตารางที่ ผ.ข.19. การทดสอบแรงอัดชนิดความหนาโฟม 5 ซม.ขนาดความหนา 9.8 ซม.

Load		Dial gauge(mm.)		Deflection(mm.)	
KN	Kg	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
0	0	11.00	23.00	0.00	0.00
25	2548	11.00	22.89	0.00	0.11
50	5097	11.01	22.69	0.01	0.31
75	7645	11.02	22.14	0.02	0.86
100	10194	11.06	21.60	0.06	1.40
125	12742	11.15	20.25	0.15	2.75
150	15291	11.25	17.20	0.25	5.80
175	17839	11.46	8.07	0.46	14.93
205	20897	11.70	3.90	0.70	19.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.20. ตารางแสดงผลการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันความร้อน ทดสอบครั้งที่ 1

วัสดุทดสอบ	ชิ้นตัวอย่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ผลต่างอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
		ด้านที่ได้รับความร้อน	ด้านที่ไม่ได้รับความร้อน	
ชิ้นทดสอบชนิดโฟม 3 ซม.	1	50.6	39.7	10.9
	2	51.1	41.1	10
	3	53.3	42.6	10.7
	เฉลี่ย			10.5
ชิ้นทดสอบชนิดโฟม 5 ซม.	1	59.5	43.9	15.6
	2	57.5	42.8	14.7
	3	56.5	40.1	16.4
	เฉลี่ย			15.6
อิฐ 2 รู	1	47.3	41.5	5.8
	2	48.5	41.7	6.8
	3	48.8	42.2	6.6
	เฉลี่ย			6.4
อิฐมอญ	1	46.7	41.5	5.2
	2	47.4	41.7	5.7
	3	47.8	42.2	5.6
	เฉลี่ย			5.5
อิฐบล็อก	1	49.5	42.1	7.4
	2	49.5	42.5	7
	3	48.5	41.5	7
	เฉลี่ย			7.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.21. ตารางแสดงผลการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันความร้อน ทดสอบครั้งที่ 2

วัสดุทดสอบ	ชิ้นตัวอย่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ผลต่างอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
		ด้านที่ได้รับความร้อน	ด้านที่ไม่ได้รับความร้อน	
ชิ้นทดสอบชนิดโฟม 3 ซม.	1	53.2	41.0	12.2
	2	56.5	44.2	12.3
	3	58.3	45.5	12.8
	เฉลี่ย			12.4
ชิ้นทดสอบชนิดโฟม 5 ซม.	1	57.8	43.4	14.4
	2	55.6	42.4	13.2
	3	60.3	46.3	14.0
	เฉลี่ย			13.9
อิฐ 2 รู	1	47.7	43.3	4.4
	2	49.6	44.6	5.0
	3	46.2	42.2	4.0
	เฉลี่ย			4.5
อิฐมอญ	1	45.5	41.3	4.2
	2	48.4	42.4	6.0
	3	48.5	42.8	5.7
	เฉลี่ย			5.3
อิฐบล็อก	1	49.8	42.7	7.1
	2	50.5	44.8	5.7
	3	48.5	42.7	5.8
	เฉลี่ย			6.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.22. ตารางแสดงผลการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันความร้อน ทดสอบครั้งที่ 3

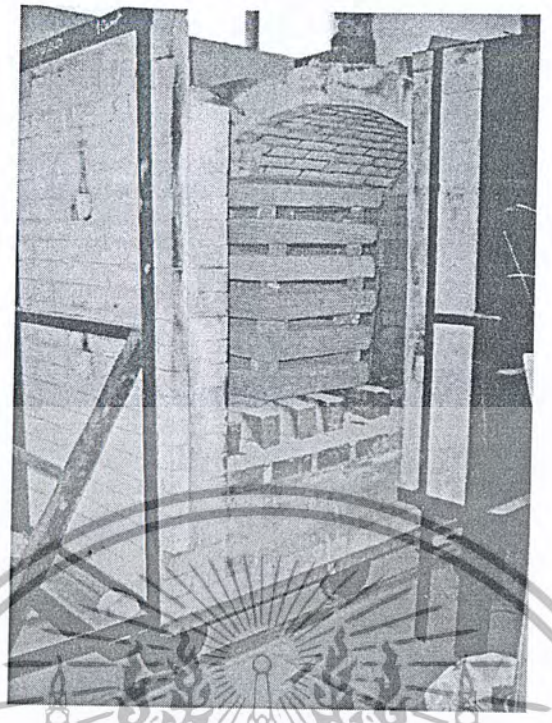
วัสดุทดสอบ	ชิ้นตัวอย่าง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ผลต่างอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
		ด้านที่ได้รับความร้อน	ด้านที่ไม่ได้รับความร้อน	
ชิ้นทดสอบชนิดโฟม 3 ซม.	1	52.4	42.0	10.4
	2	53.2	43.1	10.1
	3	54.8	42.2	12.6
	เฉลี่ย			11.0
ชิ้นทดสอบชนิดโฟม 5 ซม.	1	58.3	43.4	14.9
	2	56.6	42.7	13.9
	3	57.6	44.1	13.5
	เฉลี่ย			14.1
อิฐ 2 รู	1	47.3	41.9	5.4
	2	47.9	42.8	5.1
	3	46.8	41.5	5.3
	เฉลี่ย			5.3
อิฐมอญ	1	45.9	41.5	4.4
	2	47.6	42.9	4.7
	3	47.5	42.6	4.9
	เฉลี่ย			4.7
อิฐบล็อก	1	49.2	42.4	6.8
	2	49.5	42.3	7.2
	3	48.3	41.9	6.4
	เฉลี่ย			6.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รูปแสดงการดำเนินการทดสอบ

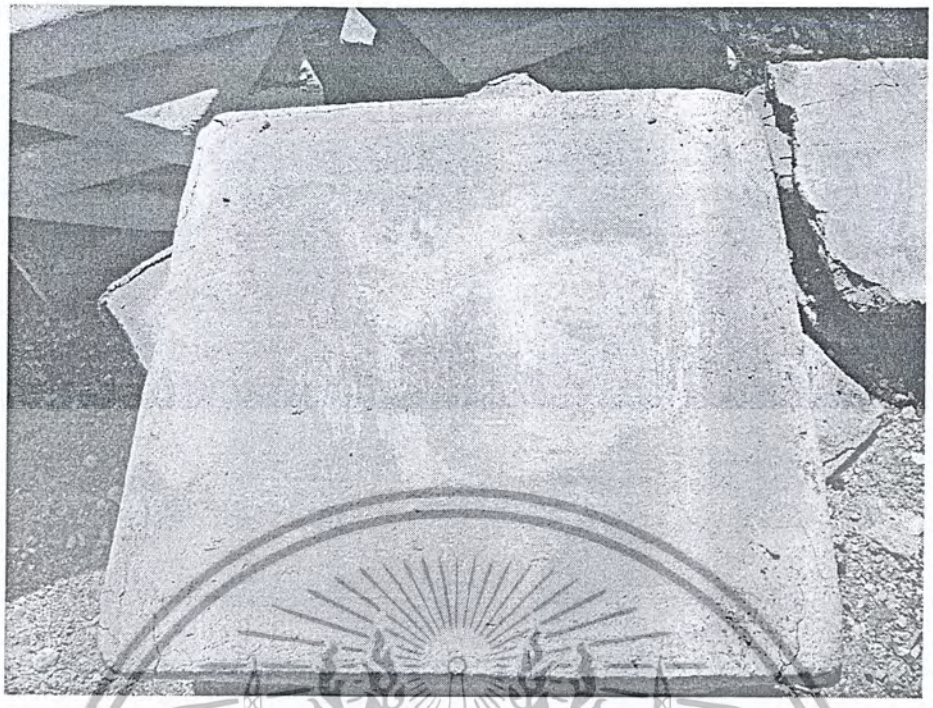
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ค.1.แสดงเตาที่ใช้เผาชิ้นทดสอบ

รูปที่ ผ.ค.2.แสดงการจัดวางชิ้นทดสอบภายในเตาเผา

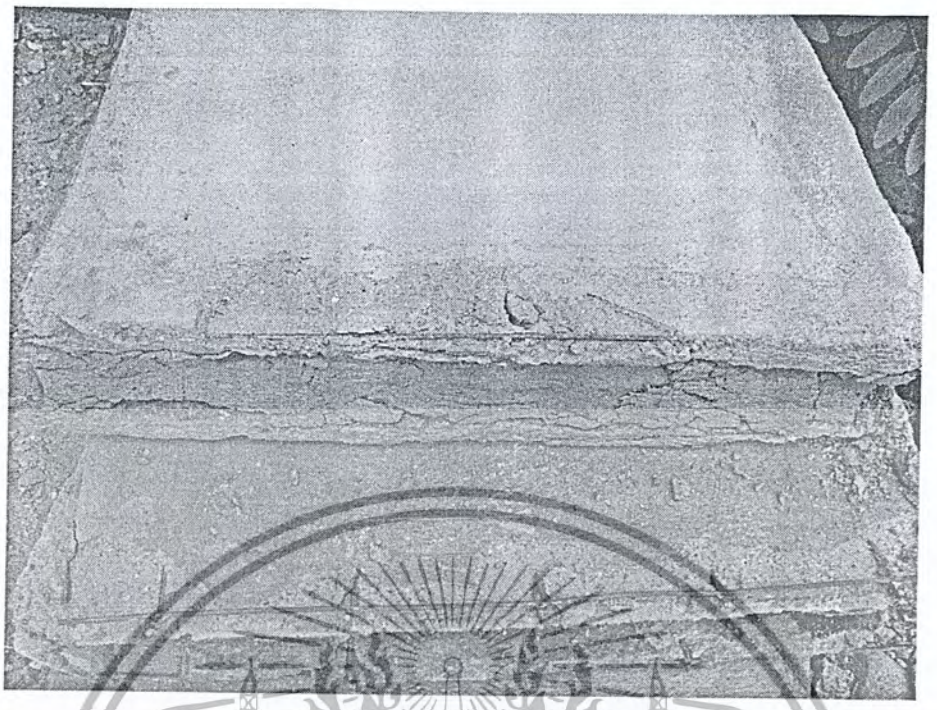
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ค.3.แสดงชิ้นทดสอบหลังเผาจนอุณหภูมิถึง 978 ^{o}C รวมเป็นเวลา1 ชั่วโมง 30นาที

รูปที่ ผ.ค.4.แสดงการทดสอบกำลังรับแรงอัดของชิ้นทดสอบขนาด 50*50 เซนติเมตร

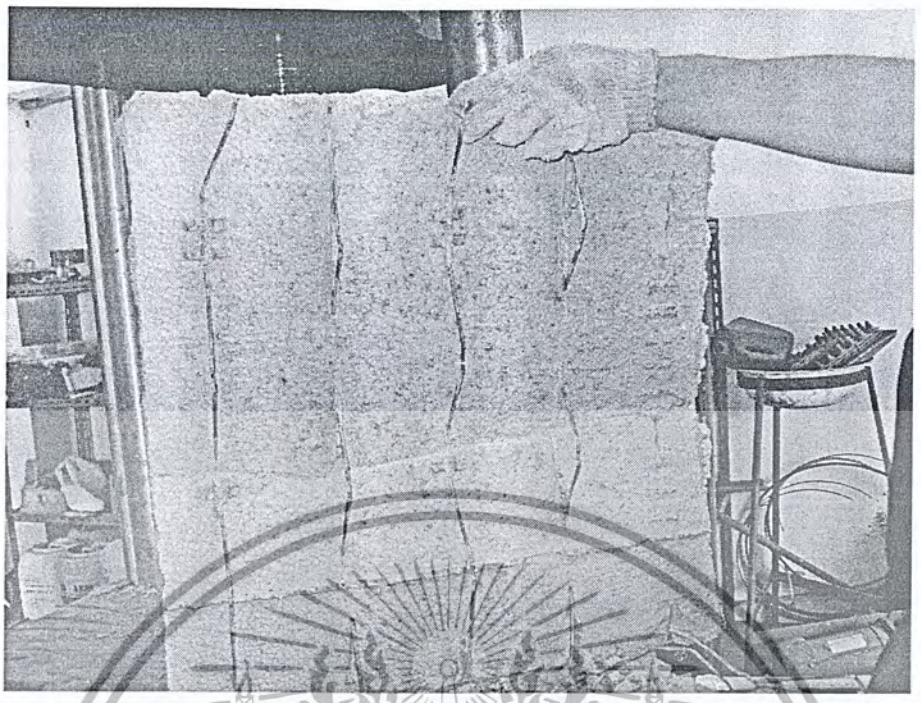
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ค.5.แสดงลักษณะชิ้นทดสอบหลังทดสอบกำลังรับแรงอัด

รูปที่ ผ.ค.6.แสดงลักษณะการวิบัติของชิ้นทดสอบที่ผ่านการเผาจนอุณหภูมิถึง 1010 ^{o}C รวมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

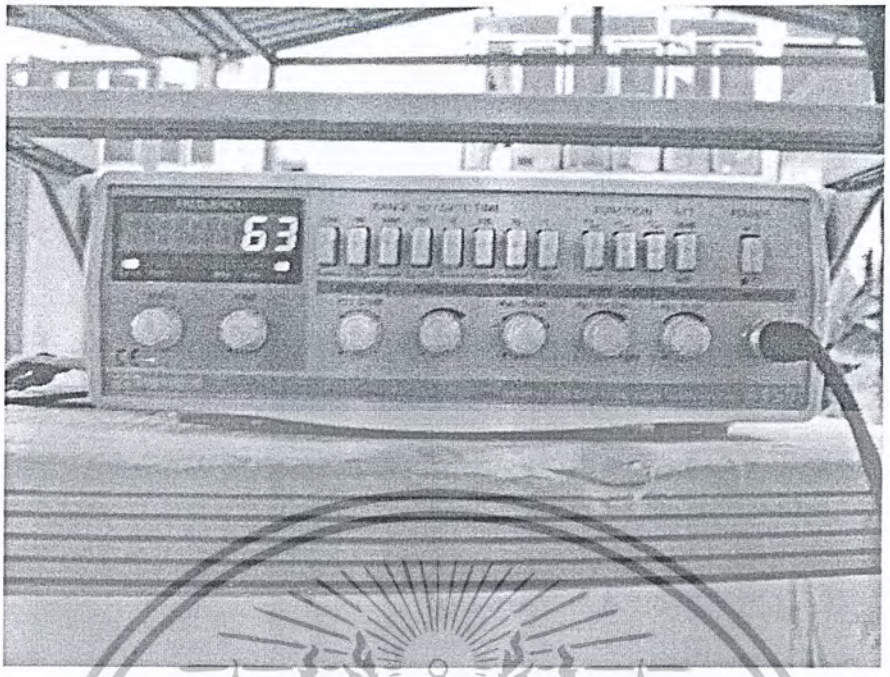
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



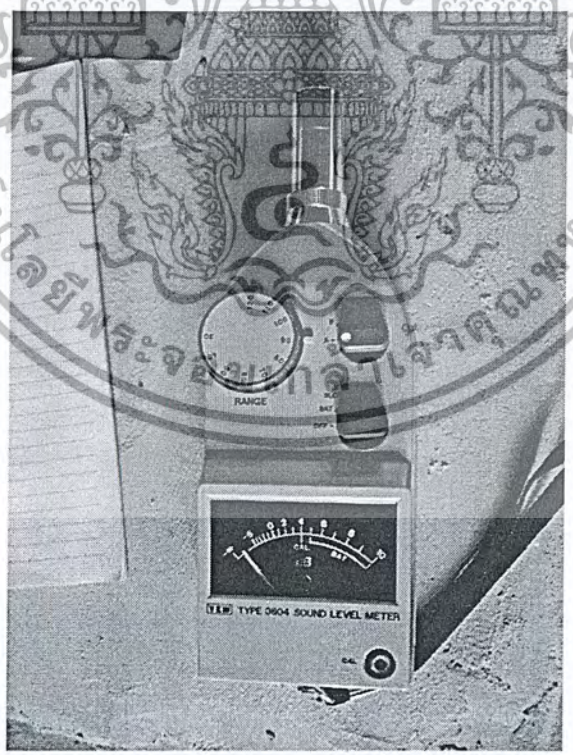
รูปที่ ผ.ค.7.แสดงลักษณะของมอร์ต้าและโครงลวดหลังเผาจนอุณหภูมิถึง1010°Cรวมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

รูปที่ ผ.ค.8.แสดงลักษณะผิวภายนอกของชิ้นทดสอบที่ผ่านการเผาจนอุณหภูมิถึง1010°C รวมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ค.9.แสดงเครื่อง oscillator หรือ function generator ที่ใช้กำหนดความถี่ของต้นกำเนิดเสียง



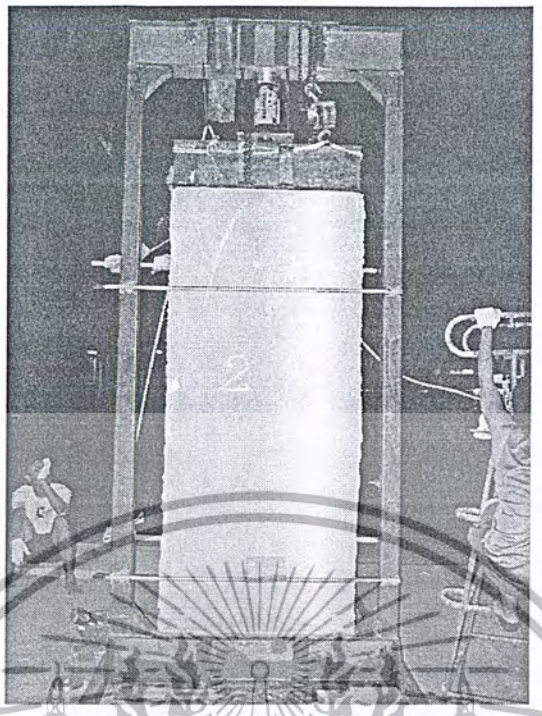
รูปที่ ผ.ค.10.แสดงเครื่อง Sound Level Meter ที่ใช้วัดค่าแรงดันของเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

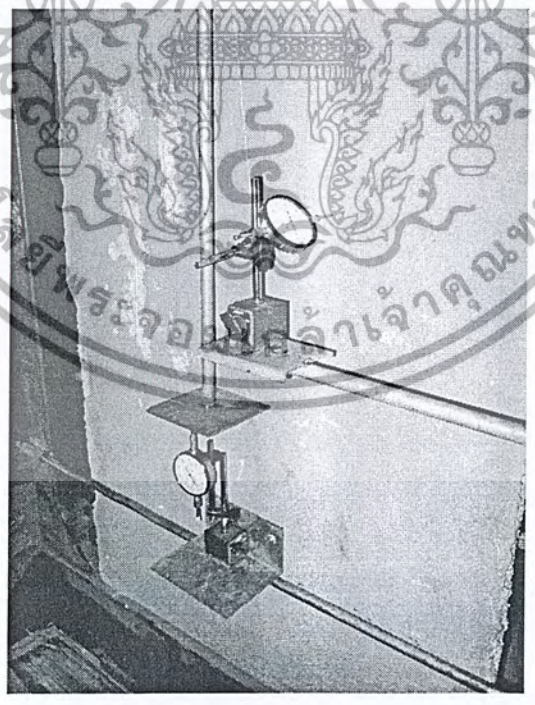
รูปที่ ผ.ค.11.แสดงชิ้นทดสอบที่จะนำมาประกอบเป็นกล่องทดสอบการป้องกันเสียง

รูปที่ ผ.ค.12.แสดงลักษณะกล่องทดสอบที่ประกอบเสร็จและซีลขอบด้านบนด้วยดินน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

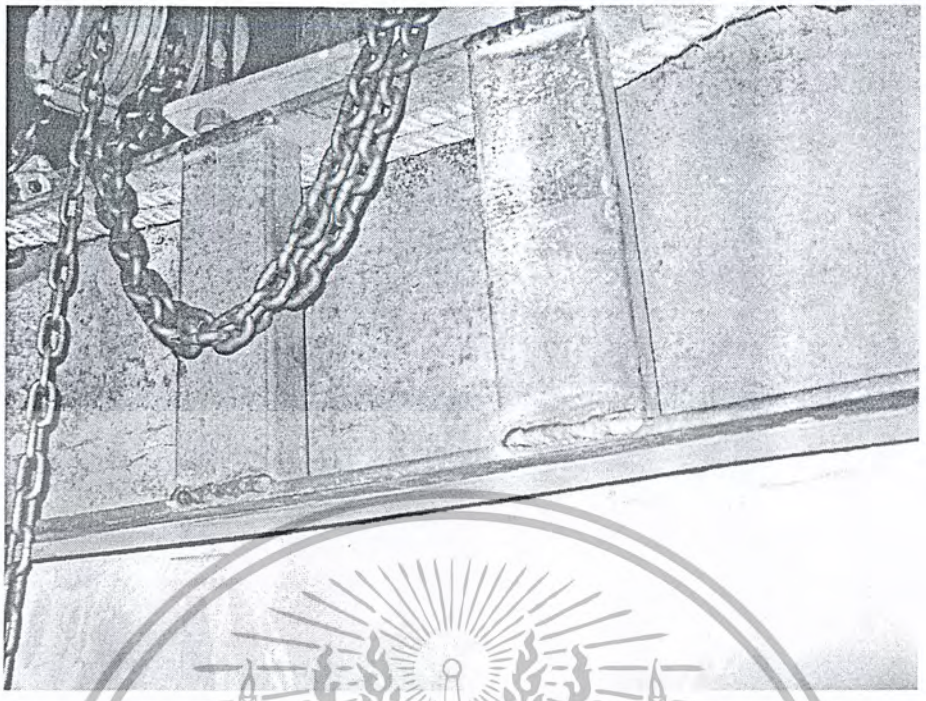


รูปที่ ผ.ค.13.แสดงเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัดของชิ้นทดสอบขนาด 1.00*2.30 เมตร



รูปที่ ผ.ค.14.แสดงการติดอุปกรณ์วัดการโก่งตัวของชิ้นทดสอบ

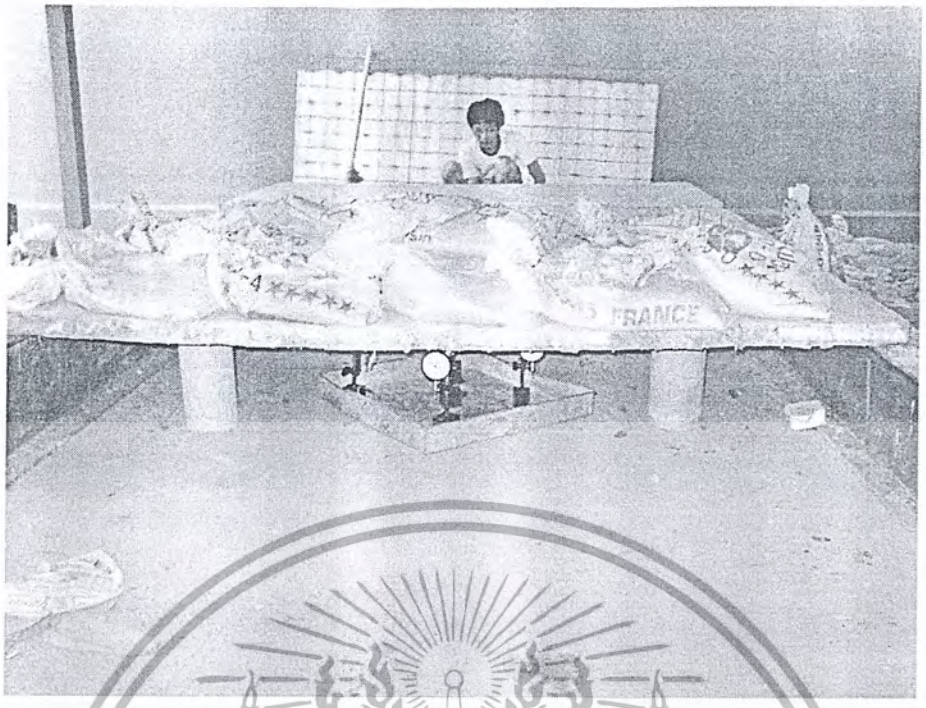
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



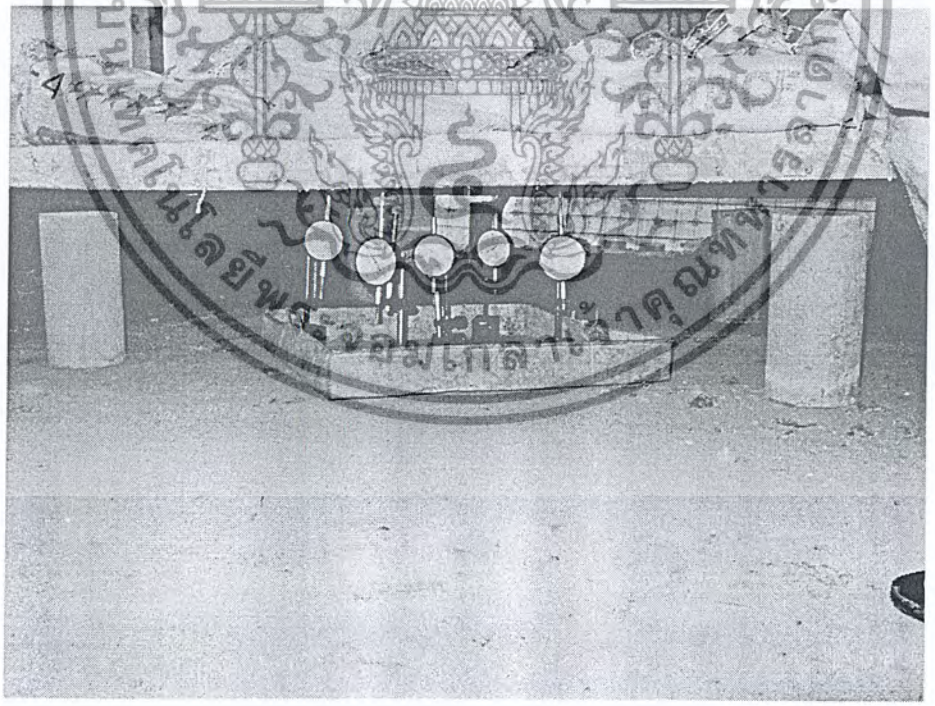
รูปที่ ผ.ค.15.แสดงการวางแผ่นยางเพื่อกระจายแรงให้เต็มหน้าตัดก่อนการทดสอบทุกครั้ง

รูปที่ ผ.ค.16.แสดงการติดตั้งชิ้นทดสอบเข้ากับเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

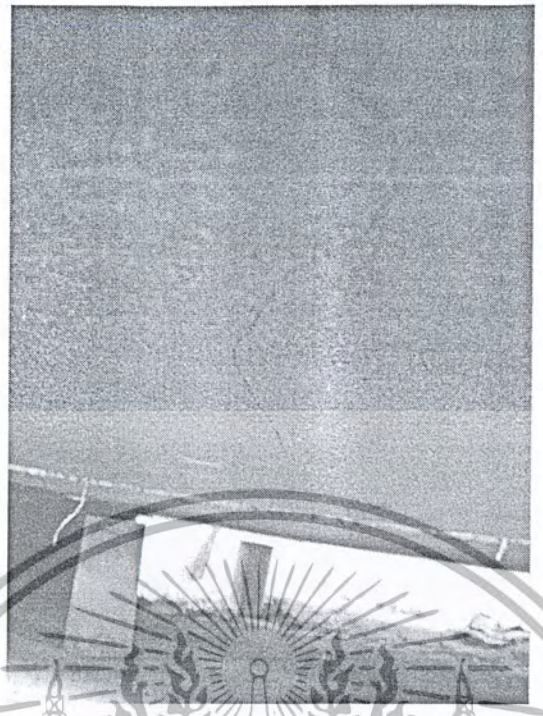


รูปที่ ผ.ค.17.แสดงการจัดวางถุงทรายเพื่อใช้เป็นแรงกระจายทดสอบกำลังรับแรงดัด



รูปที่ ผ.ค.18.แสดงการจัดวาง DIAL GAUGE เพื่อวัดการแอ่นตัวของชิ้นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ค.19.แสดงรอยแตกร้าวหลังจากวางน้ำหนักบรรทุกทดสอบ

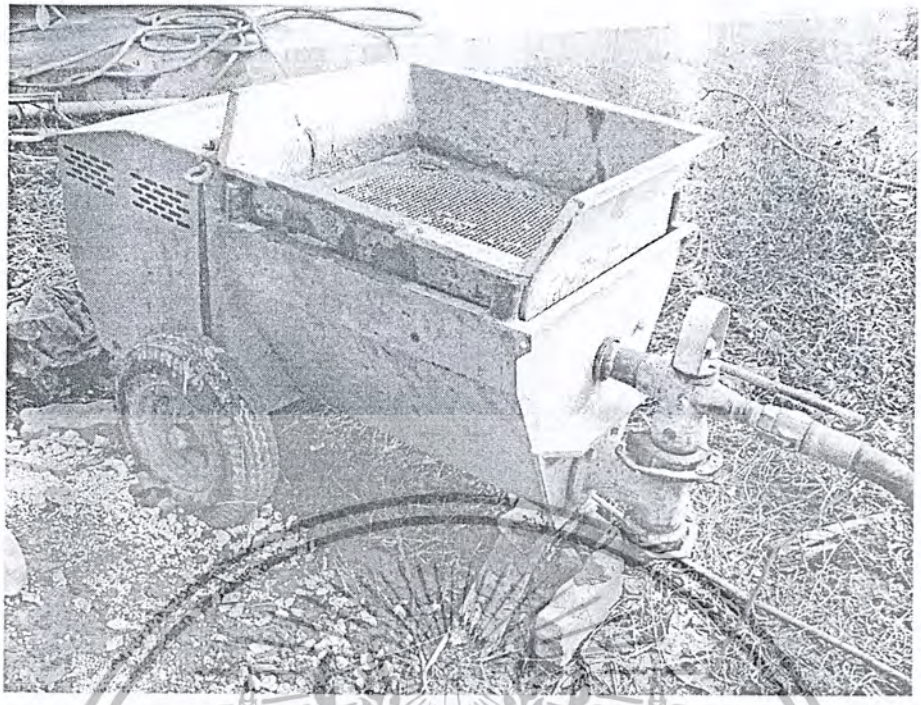
รูปที่ ผ.ค.20.แสดงรอยแตกร้าวหลังจากวางน้ำหนักบรรทุกทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

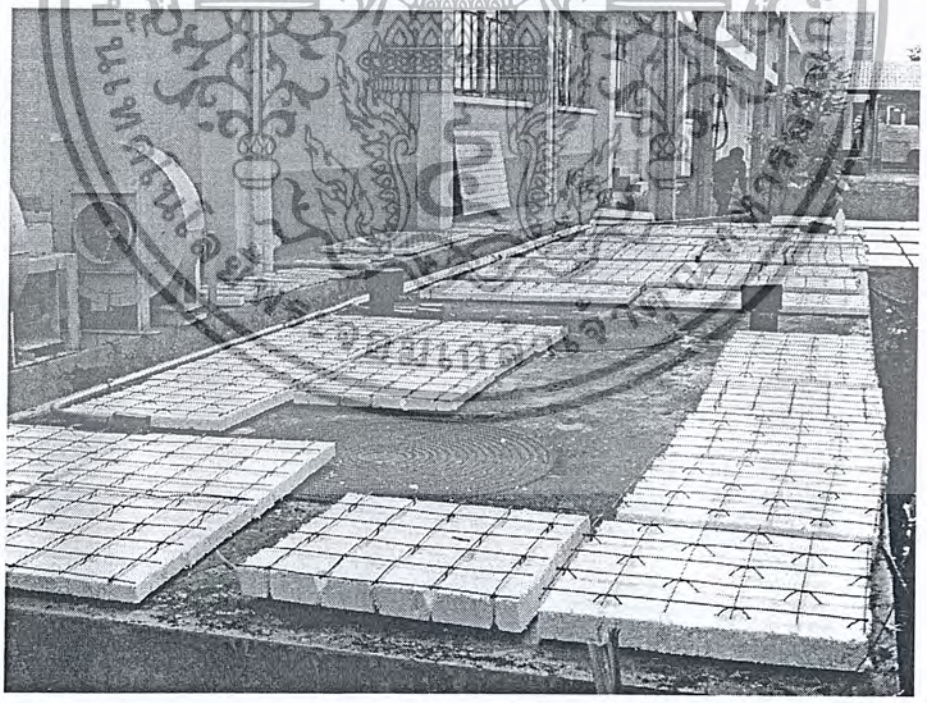
รูปที่ ผ.ค.21.แสดงการจัดเตรียมชิ้นทดสอบที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติการป้องกันความร้อน

รูปที่ ผ.ค.22.แสดงเครื่อง digital thermo meter ที่ใช้วัดอุณหภูมิที่มีความละเอียด 0.1 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



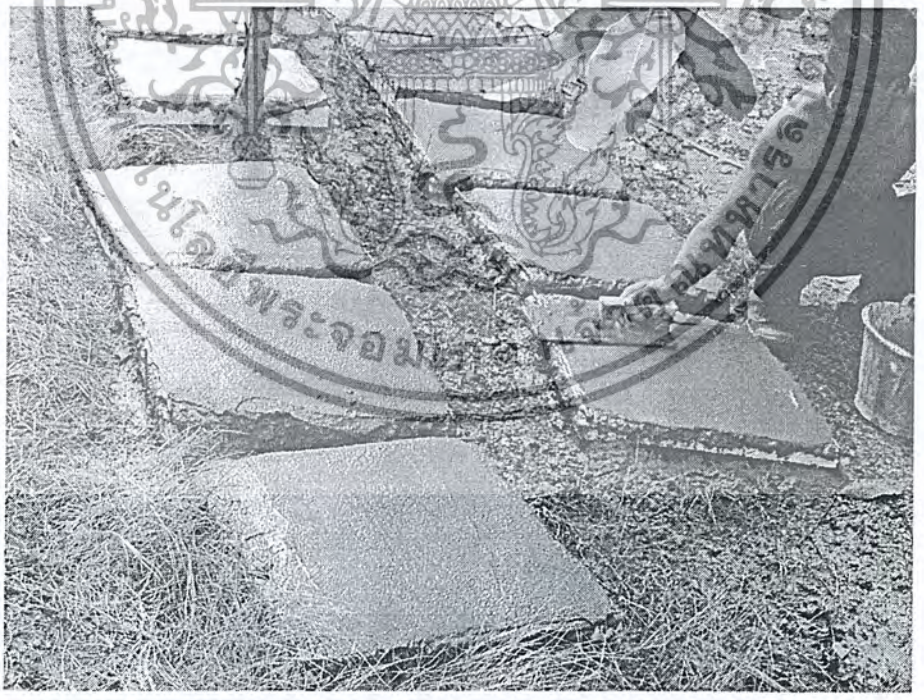
รูปที่ ผ.ค.23.แสดงเครื่องพ่นปูนที่ใช้เตรียมชิ้นทดสอบ



รูปที่ ผ.ค.24.แสดงการจัดวางแผ่นโครงชิ้นทดสอบก่อนการพ่นมอร์ต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

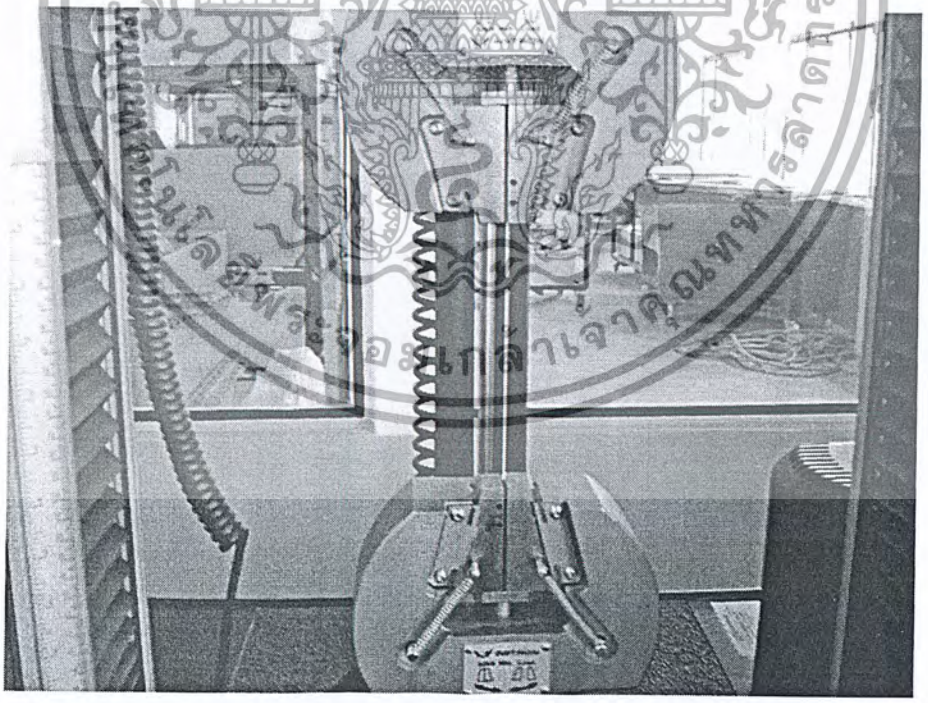
รูปที่ ผ.ค.25.แสดงการพ่นมอร์ต้า



รูปที่ ผ.ค.26.แสดงการฉาบผิวมอร์ต้าให้เรียบด้วยแรงงานคน

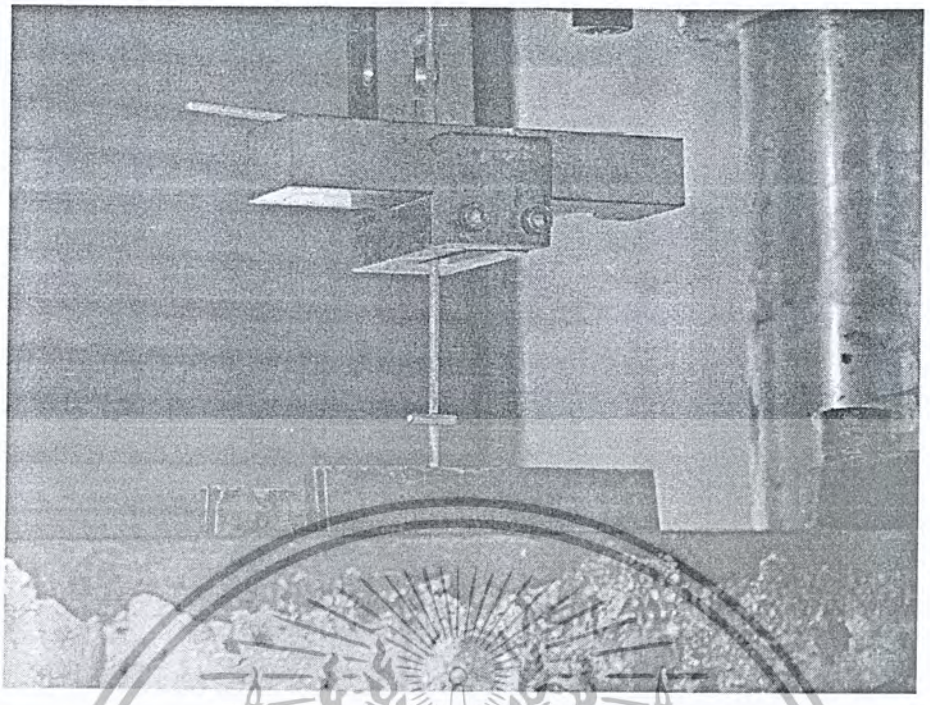
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ผ.ค.27.แสดงเครื่องทดสอบกำลังของมอร์ต้า

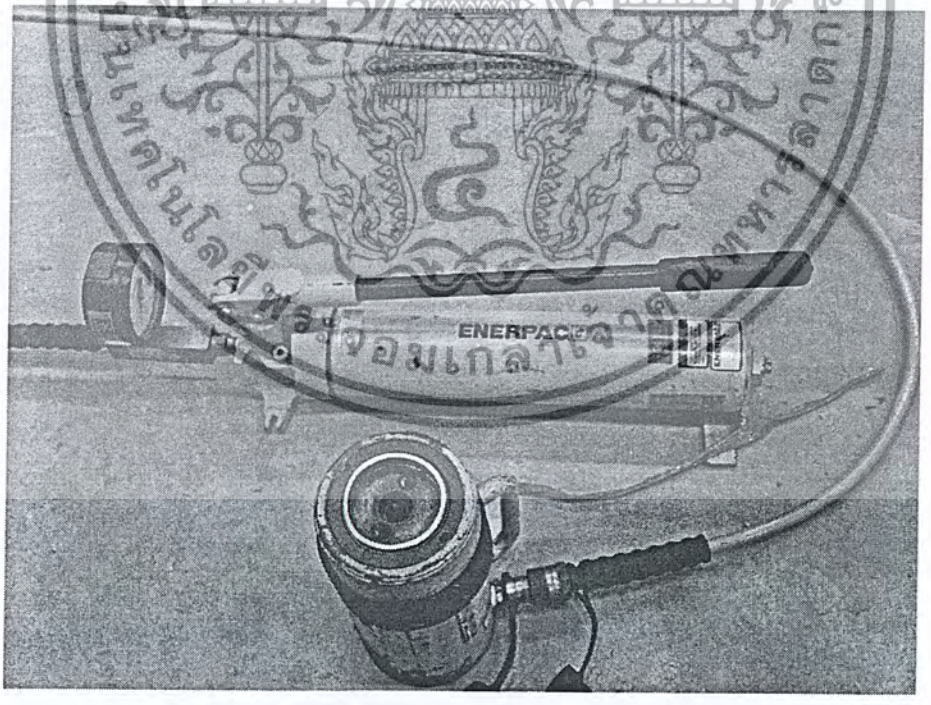


รูปที่ ผ.ค.28.แสดงการทดสอบเส้นลวดที่ใช้ในแผ่นชิ้นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

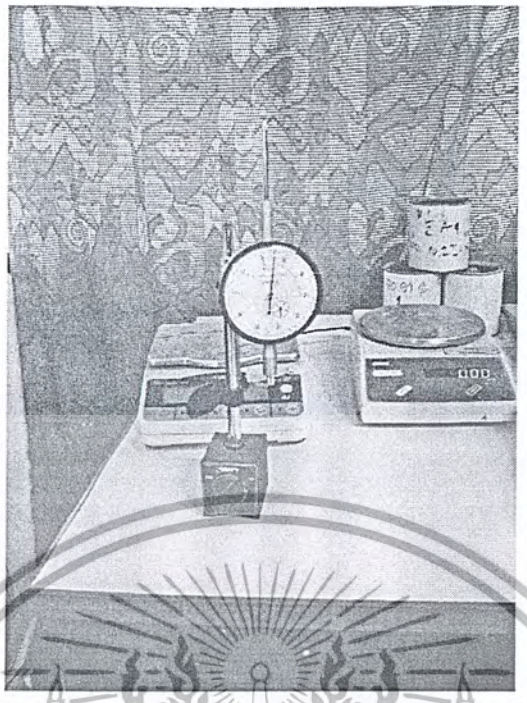


รูปที่ ผ.ค.29.แสดงการทดสอบจุดเชื่อมของลวดตะแกรงที่ใช้ในชิ้นทดสอบ



รูปที่ ผ.ค.30.แสดงเครื่อง hydraulic jack ขนาด 50 ตันที่ใช้ให้แรงสำหรับการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแผ่นทดสอบขนาด 1.00*2.30 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ค.31.แสดง DIAL GAUGE สามารถวัดได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

รูปที่ ผ.ค.32.แสดงเตาอบไฟฟ้าใช้อบไล่ความชื้นก่อนทดสอบการป้องกันความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้