

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทดสอบสารเคลือบผิวผนังโฟมกริตสำหรับป้องกันไฟ

THE TESTING OF THE GLAZED FOAMCRETE WALL FOR FIRE RESISTANCE



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....58570  
วัน,เดือน,ปี.....25 ส.ค. 2549

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๖.....  
๗.....

**THE TESTING OF THE GLAZED FOAMCRETE WALL FOR FIRE RESISTANCE**







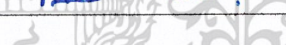
**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING , FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECNOLOGY LADKRABANG**

**2003**

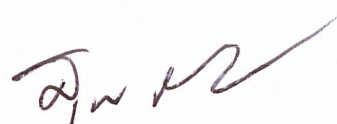
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การทดสอบสารเคลือบผิวผนังโพลีเอทิลีนสำหรับป้องกันไฟ  
นักศึกษา นายชลชัย จิตต์ไทย รหัสประจำตัว 43010608  
นายสิทธิศักดิ์ เชื้อดวงผุย รหัสประจำตัว 43010802  
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา  
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา  
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
รศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ	
ผศ.ดร.แดง เจริญสุขสุวรรณ	
ผศ.ดร.จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง	
ผศ.สุวัฒน์ ธิรเศรษฐ์	
อาจารย์ทรงกลด แซ่ฮึง	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

  
(ผศ.สุวัฒน์ ศรีนิล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ เดือน พ.ศ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การทดสอบสารเคลือบผิวผนังโฟมกริตสำหรับป้องกันไฟ
	THE TESTING OF THE GLAZED FOAMCRETE WALL FOR FIRE RESISTANCE
นักศึกษา	นายชลชัย จิตต์ไทย นายสิทธิศักดิ์ เชื้อดวงผุย
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2546

## บทคัดย่อ

จากการศึกษาโครงการพิเศษของนักศึกษาเรื่องผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมคอนกรีตและเสขโฟมทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จากโฟมกริตขึ้นใช้หลายชนิดอาทิ บล็อกตัวหนอน ใต๊ะสนาม และที่น่าสนใจเป็นพิเศษคือมีการพัฒนาผนังสำเร็จรูปซึ่งมีน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรงเพียงพอในการก่อหรือกั้นเป็นผนัง แต่เนื่องจากผนังโฟมกริตที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ยังขาดคุณสมบัติด้านความทนไฟซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มคุณสมบัติด้านความทนไฟให้กับผิวผนัง โฟมกริต โดยมุ่งที่การทดสอบความสามารถในการทนไฟของตัวอย่างผนังโฟมกริตที่เคลือบด้วยสารเคลือบต่างๆ ได้แก่ สีทนความร้อน สีกันไฟ สีสเปรย์ทนความร้อนและปูนฉาบ

ผลจากการทดสอบสรุปว่าผนัง โฟมกริตที่เคลือบด้วยสารเคลือบจำพวกสีกันไฟและสเปรย์ทนความร้อนสามารถทนไฟได้ดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 704 °c โดยสารเคลือบยังอยู่ในลักษณะปกติ แต่หากอุณหภูมิสูงเกิน 704°c จะเกิดความเสียหายต่อสารเคลือบในลักษณะไหม้กรอบแห้งหลุดร่อนเป็นแผ่นๆ ส่วนผนังโฟมกริตที่เคลือบด้วยสีทนความร้อนไม่สามารถทนไฟได้เนื่องจากเกิดการพองและหลุดออกเป็นแผ่นเมื่อสัมผัสเปลวไฟ ส่วนผนังโฟมกริตที่เคลือบด้วยปูนฉาบสามารถทนไฟได้ดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 843 °c ถ้าอุณหภูมิสูงเกิน 843 °c จะเกิดการรอยแตกร้าวขึ้นบนผิวของปูนฉาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : THE TESTING OF THE GLAZZED FOAMCRETE WALL FOR FIRE  
RESISTANCE  
Name : MR. CHOLCHAI CHITTHAI  
MR. SITHTHISAK CHAUDONGPUI  
Field : CIVIL ENGINEERING  
Department : CIVIL ENGINEERING  
Faculty : ENGINEERING  
Advisor : ASSOC.PROF.SIRIWAT CHAICHANA

## ABSTRACT

As a result of the previous study on foamcrete products, which is concrete mixed with used foam, there are various products, e.g. field table and pavement block. Among those products, ready-made interior wall is the most interesting outcome because of its light weight and sufficiently durable. However, the newly developed foamcrete interior wall is still lack of the fire resistance property, which is one of the most important property. Therefore, this special project aims to improve the fire resistance property of the foamcrete wall surface. The procedure includes several experiments of glazing the wall surface with different materials, e.g., heat-resistant paint coat, fire-protection coat, heat-resistant spray, and plaster.

To conclude, the foamcrete wall glazed by the fire-protection coat and heat-resistant spray can resist fire at the temperature lower than 704 °c and the coating is still in a good condition. When the temperature is higher than 704 °c, the coating is damaged shown by their burns, crispy-dry, and coming off in layers. The foamcrete wall glazed by fire-resistant coat can not endure fire and the coat broke out and came off in layers when contacting the fire. Moreover, the foamcrete wall glazed by plaster can best resist fire when the temperature lower than 843 °c and cracks occurred when the temperature higher than 843 °c.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้จะสำเร็จมิได้โดยหากขาดบุคคลผู้หนึ่งผู้ใดที่จะกล่าวถึงดังต่อไปนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ รศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ ที่ได้ให้คำแนะนำแนวทางในการศึกษาและทดสอบและขอขอบพระคุณ อาจารย์แหลมทอง เหล่าคงถาวร ที่ได้ให้การช่วยเหลือในเรื่องอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ โรงปฏิบัติการเซรามิก ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้การช่วยเหลือเป็นอย่างดีในเรื่องของเตาเผา

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ควบคุมการปฏิบัติการทดสอบทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องเครื่องมือในการทำงาน

สุดท้ายนี้จะขาดเสียมิได้สำหรับคำขอบพระคุณแด่บุคลากรของผู้จัดทำโครงการ ตั้งแต่การสั่งสอน การเลี้ยงดู ทำให้มีทุกวันนี้ได้ จนถึงความช่วยเหลือที่ท่านมีในระหว่างทำโครงการทั้งเป็นกำลังใจและกำลังทุนทรัพย์ รวมทั้งความรักที่มีให้แก่บุตรเสมอมา

นายชลชัย จิตต์ไทย

นายสิทธิศักดิ์ เชื้อดวงมูย

ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน(ภาษาไทย)	ก
	ปกใน(ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอำนวยการ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญ	ญ
	สารบัญตาราง	
1	บทนำ	
	1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2. วัตถุประสงค์ของ โครงการพิเศษ	1
	1.3. แนวความคิดที่ใช้ใน โครงการ	2
	1.4. ขอบเขตของ โครงการพิเศษ	2
2	วรรณกรรมปริทัศน์	
	2.1. แสดงผลการทดสอบที่ผ่านมาแล้วของผนัง โฟมกรีต	3
	2.2. ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
3	<b>การดำเนินงานวิจัย</b>	
	3.1. คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทำผนังโพลีเมอร์	9
	3.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานทดสอบ	11
	3.3. การสร้างชิ้นงานทดสอบ	11
	3.4. ชิ้นงานทดสอบที่สามารถนำมาทดสอบได้	12
	3.5. ข้อมูลพื้นฐานในการเลือกสารเคลือบจำพวกสีอุตสาหกรรม	12
	3.6. การทดสอบการทนไฟของผนังโพลีเมอร์หลังเคลือบด้วยสารเคลือบ	13
4	<b>ผลการทดสอบ,การวิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลอง</b>	
	4.1. ผลการทดสอบ	16
	4.2. วิเคราะห์ผลการทดลอง	18
	4.3. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	19
	<b>รายการอ้างอิง</b>	23
	<b>บรรณานุกรม</b>	24
	<b>ภาคผนวก ก.</b>	
	รูปแสดงผลการทดสอบแผ่นผนังโพลีเมอร์ที่เคลือบด้วยสารเคลือบ	ผก6
	<b>ภาคผนวก ข.</b>	
	การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุผสม	
	ข.1 การทดสอบความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์	ผข2
	ข.2 การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด และมวลรวมหยาบ	ผข4
	ข.3 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึ่มของ มวลรวมละเอียด	ผข7
	ข.4 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึ่มของ มวลรวมหยาบ	ผข9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ข.5 การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวม	ผข11
	ข.6 การทดสอบหาปริมาณความชื้นในมวลรวม	ผข14
	ข.7 การทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด	ผข16
<b>ภาคผนวก ก.</b>		
แสดงคุณสมบัติสารเคลือบที่ใช้ในการทดสอบ		
	ก.1 ข้อมูลทางเทคนิคของสีกันไฟ	ผค2
	ก.2 ข้อมูลทางเทคนิคของสีทนความร้อน	ผค3
	ก.3 ข้อมูลทางเทคนิคของสีสเปรย์ทนความร้อน	ผค4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริง	5
3.1.	ความสัมพันธ์ของเวลากับอุณหภูมิ	15
4.1.	ความความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสารเคลือบกับอุณหภูมิ	59
ผ.ก.1.	แสดงลักษณะการลอกตัวของส่วนผสมที่เป็นโฟมบนผิวแผ่นผนัง โฟมกรีต	ผก2
ผ.ก.2.	แสดงการหายไปของเม็ด โฟมเมื่อแผ่นผนังต้องสัมผัสไฟ	ผก2
ผ.ก.3.	แสดงสารเคลือบชนิดต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ	ผก3
ผ.ก.4.	แสดงลักษณะเตาเผาที่ควบคุมอุณหภูมิได้	ผก4
ผ.ก.5.	แสดงลักษณะการจัดเรียงชั้นทดสอบภายในเตาเผา	ผก4
ผ.ก.6.	แสดงขั้นตอนการหล่อตัวอย่างผนัง โฟมกรีต	ผก5
ผ.ก.7.	แสดงขั้นตอนการเคลือบผิวผนัง โฟมกรีต	ผก5
ผ.ก.8.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีกันไฟก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 538 °C ระยะเวลา 5 นาที (หนา 2 ชั้น)	ผก7
ผ.ก.9.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีกันไฟก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 704 °C ระยะเวลา 10 นาที (หนา 2 ชั้น)	ผก8
ผ.ก.10.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีกันไฟก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 843 °C ระยะเวลา 30 นาที (หนา 2 ชั้น)	ผก9
ผ.ก.11.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีกันไฟก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 927 °C ระยะเวลา 1 ชั่วโมง (หนา 2 ชั้น)	ผก10
ผ.ก.12.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีกันไฟก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 1010 °C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง (หนา 2 ชั้น)	ผก11
ผ.ก.13.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีทนความร้อนก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 538 °C ระยะเวลา 5 นาที (หนา 2 ชั้น)	ผก12
ผ.ก.14.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีทนความร้อนก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 704 °C ระยะเวลา 10 นาที (หนา 2 ชั้น)	ผก13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ผ.ก.15.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีทนความร้อนก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 843 °C ระยะเวลา 30 นาที (หนา 2 ชั้น)	ผก14
ผ.ก.16.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีทนความร้อนก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 927 °C ระยะเวลา 1 ชั่วโมง (หนา 2 ชั้น)	ผก15
ผ.ก.17.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีทนความร้อนก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 1010 °C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง (หนา 2 ชั้น)	ผก16
ผ.ก.18.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีสเปรย์ทนความร้อนก่อน และหลังการเผาที่อุณหภูมิ 538 °C ระยะเวลา 5 นาที (หนา 2 ชั้น)	ผก17
ผ.ก.19.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีสเปรย์ทนความร้อนก่อน และหลังการเผาที่อุณหภูมิ 704 °C ระยะเวลา 10 นาที (หนา 2 ชั้น)	ผก18
ผ.ก.20.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีสเปรย์ทนความร้อนก่อน และหลังการเผาที่อุณหภูมิ 843 °C ระยะเวลา 30 นาที (หนา 2 ชั้น)	ผก19
ผ.ก.21.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีสเปรย์ทนความร้อนก่อน และหลังการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ระยะเวลา 1 ชั่วโมง (หนา 2 ชั้น)	ผก20
ผ.ก.22.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีสเปรย์ทนความร้อนก่อน และหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง (หนา 2 ชั้น)	ผก21
ผ.ก.23.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยปูนฉาบก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 583 °C ระยะเวลา 5 นาที(หนา 1.5 ซม.)	ผก22
ผ.ก.24.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยปูนฉาบก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 704 °C ระยะเวลา 10 นาที(หนา 1.5 ซม.)	ผก23
ผ.ก.25.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยปูนฉาบก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 843 °C ระยะเวลา 30 นาที(หนา 1.5 ซม.)	ผก24
ผ.ก.26.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยปูนฉาบก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 927 °C ระยะเวลา 1 ชั่วโมง (หนา 1.5 ซม.)	ผก25
ผ.ก.27.	แสดงแผ่นผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยปูนฉาบก่อนและหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 1010 °C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง (หนา 1.5 ซม.)	ผก26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1.	แสดงผลการทดสอบที่ผ่านมาของผนังโพนกรีต	3
2.2.	แสดงสีผิวของคอนกรีตเมื่อเวลาถูกไฟไหม้ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ กัน	8
3.1.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการทดสอบ ตามมาตรฐานASTM;E-119	15
4.1.	แสดงผลการทดสอบผนังโพนกรีตที่เคลือบด้วยสีกันไฟ (หนา 2 ชั้น)	16
4.2.	แสดงผลการทดสอบผนังโพนกรีตที่เคลือบด้วยสีทนความร้อน (หนา 2 ชั้น)	16
4.3.	แสดงผลการทดสอบผนังโพนกรีตที่เคลือบด้วยสีเปอร์ทอนความร้อน (หนา 2 ชั้น)	17
4.4.	แสดงผลการทดสอบผนังโพนกรีตที่ฉาบด้วยปูนฉาบ(หนา 1.5 ซม.)	17
ผ.ข.1.	แสดงมาตรฐานส่วนคละของมวลรวม	ผข6
ผ.ข.2.	แสดงขนาดของภาชนะต่างๆ	ผข11
ผ.ข.3.	แสดงค่าหน่วยน้ำหนักของน้ำ	ผข12
ผ.ข.4.	แสดงค่าใกล้เคียงของปริมาณความชื้นที่ผิวของมวลรวม	ผข15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา งานด้านวิศวกรรมเป็นส่วนหนึ่งที่เสริมในการที่จะพัฒนาประเทศ สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาได้มีสิ่งก่อสร้างต่างๆเกิดขึ้นอย่างมากมายและรวดเร็ว ดังนั้นในการที่จะสามารถค้นคว้าวิจัยเพื่อผลิตวัสดุสำหรับการก่อสร้างย่อมจะเป็นประโยชน์ในงานด้านนี้เป็นอย่างยิ่ง

ในปี 2543 ได้มีผลการวิจัยโครงการเรื่องผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโพลีเมอร์ของนายชัยรัตน์ วงศ์จารุพรหม , นายณรงค์ฤทธิ์ ว่องไว และ นายราม วัฒนาวีรวงศ์ ทำให้ได้ผนังโพลีเมอร์ที่ผ่านการทดสอบคุณสมบัติทางด้านกลศาสตร์และด้านกายภาพ เช่น การดูดซึมความชื้น การรับแรงกระแทก การรับแรงแบกทาน ซึ่งผลการทดสอบให้ผลเป็นที่น่าพอใจสำหรับการนำมาใช้เป็นผนังกันห้องภายในได้ ขนาดเพียงคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่ผิวของแผ่นผนังเท่านั้นทำให้เมื่อต้องเผชิญกับสภาวะที่ต้องสัมผัสกับไฟหรืออุณหภูมิที่สูงจะทำให้เกิดการลุกไหม้ที่ผิวของแผ่นผนังเนื่องจากส่วนผสมที่เป็นเม็ดโพลีเมอร์ลอยตัวอยู่ที่ผิวของแผ่นผนังทำให้เป็นเชื้อเพลิงได้อย่างดีหากเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้น

ดังนั้นถ้ามีการศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติการป้องกันไฟและความร้อนให้กับผิวของแผ่นผนังโพลีเมอร์ก็จะทำให้ผนังมีความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้นและยังเป็นการช่วยประกอบการตัดสินใจให้กับผู้บริโภคในการเลือกใช้วัสดุที่จะนำมาเคลือบผิวแผ่นผนังโพลีเมอร์

### 1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

เพื่อพัฒนาคุณสมบัติการป้องกันไฟให้กับผิวของผนังโพลีเมอร์

### 1.3. แนวความคิดที่ใช้ในโครงการ

ผนังโพมกรีตที่ได้จากโครงการวิจัยเรื่องผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโพมมีจุดอ่อนอยู่ที่ส่วนผสมที่เป็นเม็ดโพมลอยตัวอยู่บนผิวหน้าของแผ่นผนังทำให้เมื่อต้องสัมผัสกับไฟหรือความร้อนสูงๆอาจทำให้เกิดการลุกติดไฟขึ้นบนผิวของแผ่นผนังได้เนื่องจากเม็ดโพมที่ลอยตัวอยู่สามารถเป็นเชื้อไฟได้เป็นอย่างดีและที่สำคัญอาจทำให้เกิดการลามของไฟไปยังบริเวณใกล้เคียงได้หากยังไม่มีกำบังป้องกันจุดอ่อนในข้อนี้

เนื่องจากในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่ใช้เคลือบวัสดุที่ต้องทนกับไฟและความร้อนสูงๆออกขายตามท้องตลาดมากมายหลายชนิด เช่น สีที่ใช้ในอุตสาหกรรม หรือ แม้แต่กระทั่งปูนฉาบต่างๆไป จึงทำให้เกิดแนวความคิดที่จะนำผลิตภัณฑ์เหล่านี้มาเป็นตัวเคลือบผิวของแผ่นผนังเพื่อกำจัดจุดอ่อนของแผ่นผนังโพมกรีตที่กล่าวไว้แล้วข้างต้นพร้อมกับการทดสอบความสามารถทนไฟของผนังโพมกรีตเมื่อทำการเคลือบด้วยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแล้วและที่สำคัญในอนาคตหากจะมีการนำผนังโพมกรีตไปใช้ในการก่อสร้าง ข้อมูลการทดสอบที่ได้จัดทำขึ้นนี้จะเป็ข้อมูลเบื้องต้นให้ผู้บริโภคได้เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาเคลือบผิวผนังโพมกรีตอย่างเหมาะสม

### 1.4. ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติทางกายภาพในด้านการทนไฟและความร้อนให้กับผิวของผนังโพมกรีต โดยใช้สารเคมีจำพวกสีอุตสาหกรรมและผลิตภัณฑ์จากปูนซีเมนต์ เช่น ปูนฉาบ
2. การวิจัยดังกล่าวเป็นการวิจัยต่อเนื่องจากการวิจัยเรื่อง ผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโพม โดยเน้นที่ผลิตภัณฑ์ประเภทผนังโพมกรีตที่ได้มีการวิจัยไว้แล้วแต่ยังขาดคุณสมบัติในด้านการป้องกันไฟและทนความร้อนที่ผิวของผนังโพมกรีต

## บทที่ 2

### วรรณกรรมปริทัศน์

#### 2.1. แสดงผลการทดสอบที่ผ่านมาของผนังโพลีกรีด(อ้างอิงจากผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโพลี)

การทดสอบทางกลศาสตร์ Bearing	ไม่มีการทดสอบเนื่องจากเป็นผนังที่ใช้ระบบ โครงเคร่ารับแรง
การทดสอบทางกายภาพ -ความต้านทานไฟที่ผิวผนัง -การดูดซึมความชื้น -การรับแรงกระแทก	-ไม่สามารถต้านทานไฟที่ผิวผนังได้เนื่องจากเศษ โพลีที่ลอยตัวอยู่ เกิดการไหม้ทันทีเมื่อสัมผัสกับเปลวไฟ - ค่าเฉลี่ยของการดูดซึมความชื้นอยู่ที่ 8.52% - การรับแรงกระแทกที่ความสูง 800 mm. อยู่ที่ 16-26 N-M

ตารางที่ 2.1. แสดงผลการทดสอบที่ผ่านมาของผนังโพลีกรีด

#### 2.2. ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้

##### ลักษณะและพฤติกรรมของอัคคีภัย

ไฟเป็นอันตรายร้ายแรงอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดความสูญเสียต่อทรัพย์สินและชีวิตมนุษย์ธรรมชาติของไฟเกิดจากการพัฒนาตัวเองของความร้อน แต่ไฟที่เกิดในอาคารส่วนใหญ่่นั้นเกิดจากแหล่งเชื้อเพลิงที่ติดไฟเล็ก ๆ แล้วค่อย ๆ เพิ่มตัวขึ้นเรื่อย ๆ แหล่งเชื้อเพลิงหรือที่ให้ความร้อนต่าง ๆ นั้นบางอย่างอาจจะเป็นเปลวไฟจากไม้ขีดไฟ ความร้อนจากเตาเผาในโรงงาน หรืออาจจะเป็นเปลวไฟที่เกิดขึ้นจากการช็อตของไฟฟ้าก็เป็นได้ เป็นต้น

อัตราการเพิ่มตัวเองของไฟโดยทั่ว ๆ ไปแล้วขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความร้อนที่เราป้อนเข้าไปนั่นคือ สิ่งซึ่งสามารถติดไฟได้ทั้งหมดที่มีอยู่ภายในอาคาร กับอัตราของความร้อนที่กระจายออกมา ถ้าความร้อนที่ป้อนเข้าไปมีค่ามากกว่าความร้อนที่กระจายออกมาแล้วอัตราการเพิ่มเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

3

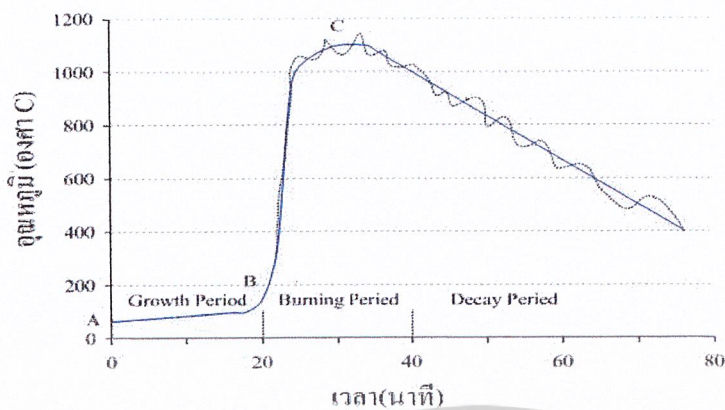
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเองของไฟก็จะเพิ่มมากขึ้นได้

## ขบวนการเกิดเพลิงไหม้

การเพิ่มตัวเองขึ้นของไฟจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วมาก ถ้าสภาวะแวดล้อมเอื้ออำนวยที่ไหม้ในอาคารภายในที่จำกัด เช่น ห้องทำงาน ห้องพักอาศัย ห้องเรียนที่อื่น ๆ ไฟจะสามารถกระจายลุกลามไปได้อย่างรวดเร็วหรือไม่ขึ้นกับว่าภายในห้องนั้นมีสิ่งที่ติดไฟได้สะสมอยู่เป็นปริมาณมากน้อยเท่าไรและมีการถ่ายเทอากาศได้ดีหรือไม่เพียงใด ดังนั้นจะเห็นว่าวัสดุอื่นหรือสิ่งอื่น ๆ ที่ติดไฟช้าหรือติดไฟได้ยากนั้นจึงอาจจะติดไฟได้ด้วยและจะเกิดขึ้นภายในเวลาเพียงไม่กี่นาทีเท่านั้น ซึ่งอุณหภูมิในตอนนั้นจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วมาก

จากกราฟแสดง พฤติกรรมความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริง เป็นกราฟแสดงพฤติกรรมของไฟในรูปความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลาภายในห้องหนึ่ง ๆ ซึ่งมีเชื้อเพลิงจำนวนหนึ่งและมีการถ่ายเทอากาศแบบหนึ่ง เส้นกราฟ a เป็นกราฟของข้อมูลจริง ๆ ที่เก็บมาได้ ส่วนกราฟ b เป็นกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของกราฟ a ช่วง A-B เป็นช่วงก่อนที่จะเกิดเพลิงไหม้หมดทั้งห้องและเราเรียกช่วงนี้ว่า “ช่วงเริ่มก่อตัวของไฟ” (Growth period) ที่จุด b ช่วงเผาไหม้ (Burning period) จะเริ่มต้นขึ้น นั้นหมายความว่าภายในห้องนั้นได้เกิดเพลิงลุกไหม้จนทั้งหมดแล้วช่วงนี้ถือว่าการพัฒนาตัวเองของไฟได้เกิดขึ้นเต็มที่ อุณหภูมิภายในจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ว่าจะเกินในอัตราที่ลดลงเมื่อเข้าใกล้ถึงจุด c ซึ่งเป็นจุดที่ความร้อนที่ได้จากสิ่งที่ถูกเผาไหม้ไปกับความร้อนที่สูญเสียไปกับกำแพง และสิ่งแวดล้อมมีค่าเท่ากันพอดีอุณหภูมิจะเริ่มลดลงเลยจุด c ไปถือว่าเป็นช่วงของการสลายตัว (Decay period) แม้ว่าอุณหภูมิจะเริ่มลดลงแต่อุณหภูมิในช่วงนี้ยังสูงมากอยู่ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการพังทลายของการโครงสร้างได้ถ้าไหม้เป็นเวลานาน ๆ ติดต่อกันหลาย ๆ ชั่วโมง ในระหว่างมีการลุกไหม้ในช่วงของการเผาไหม้หรือช่วงการสลายนั้น อาจจะมีการส่งผ่านความร้อนหรือการกระจายของไฟจากห้องหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่งได้ หรืออาจจะมีการแผ่เปลวไฟความร้อนไปยังตึกข้างเคียงอีกด้วย



รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริง

### ช่วงการก่อตัวของไฟ (Growth Period)

อุณหภูมิในช่วงนี้ค่อนข้างต่ำอยู่ ดังนั้นจึงไม่ค่อยมีผลทำได้นัก เวลาของช่วงนี้จะสำคัญกว่าช่วงเวลาอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าถ้าเวลาของช่วงนี้นานก็จะยังมีเวลาที่จะหลบหนีออกจากห้องได้อย่างปลอดภัยและยังสามารถดับไฟได้ทันทีที่อีกด้วย เวลาของช่วงนี้จะนานเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเชื้อเพลิง ถ้าเชื้อเพลิงติดไฟได้ไวความร้อนที่ออกมาจะมากทำให้เวลาของช่วงนี้น้อยตามไปด้วย พื้นที่ผิวของผนัง และเพดาน ก็มีผลกระทบต่อเวลาของช่วงการก่อตัวของไฟอีก ก็คือระยะห่างของสิ่งที่ติดไฟภายในห้อง ขนาดและตำแหน่งของแหล่งกำเนิดไฟขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดภายในห้อง ทิศทางและความเร็วลม ขนาดและรูปร่างของห้องและปริมาณและขนาดของเชื้อเพลิงภายในห้อง

### ช่วงของการเผาไหม้และช่วงการสลายตัว (Burning and Decay Period)

ระหว่างที่มีไฟกำลังไหม้อยู่ภายในห้องนั้น ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของก๊าซที่มาจากสิ่งที่ติดไฟจะมีการเคลื่อนตัวลอยสูงขึ้นและออกไปทางส่วนบนของช่องเปิด หรือทางหน้าต่าง ส่วนอากาศที่เย็นกว่าจากภายนอกก็จะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ทางส่วนล่างของช่องเปิดและเข้าร่วมในการเผาไหม้ต่อไป เหตุการณ์นี้เนื่องจากการเกิดความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของอากาศร้อนภายในและอากาศเย็นภายนอกนั่นเอง ตัวการที่มีส่วนช่วยให้ช่วงนี้เกิดได้ดีก็คือ ปริมาณของเชื้อเพลิงและขนาดของช่องเปิดภายในห้องนั้น ถ้าช่องเปิดภายในมีขนาดใหญ่อัตราการเผาไหม้จะยิ่งสูง แต่ความเป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
5  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วพื้นที่ผิวของสิ่งที่ติดไฟก็จะเป็นตัวควบคุมอัตราการเผาไหม้ด้วย สิ่งติดไฟภายในอาคารส่วนใหญ่ จะเห็นพวกเครื่องเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งในแต่ละห้องก็จะมีจำนวนแตกต่างกันไปและเปลี่ยนแปลงตามเวลา ด้วย อย่างไรก็ตามภายในอาคารหลาย ๆ แห่งจะมีพื้นที่ผิวของเฟอร์นิเจอร์อยู่อย่างเพียงพอ สรุปแล้ว อัตราการถ่ายเทของอากาศภายในห้องจะเป็นตัวควบคุมอัตราการเผาไหม้ที่มีผลมากกว่าตัวการอื่น ๆ

ดังนั้นจะเห็นว่าจากขบวนการของการพัฒนาตัวเองของไฟ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะไฟ ใหม้การกระจายของไฟ ช่วงเวลาที่เกิดไฟไหม้ และอื่น ๆ อีกนั้นจะขึ้นอยู่กับฟังก์ชันหลายอย่างซึ่งถ้า พิจารณาเฉพาะไฟที่เกิดขึ้นภายในอาคารมีดังนี้

- ปริมาณของไฟ (Fire Load)
- ตำแหน่งที่อยู่ของปริมาณไฟ
- ชนิดรูปร่างและขนาดของเชื้อเพลิงหรือสิ่งซึ่งติดไฟได้
- พื้นที่ของช่องเปิดหรือหน้าต่าง
- อุณหภูมิ ความดัน และความชื้นสัมพัทธ์
- ขนาดของห้อง
- การนำความร้อนของโครงสร้าง
- ระดับการแผ่กระจายของไฟ

จากการศึกษา ที่ได้มีการค้นคว้าและทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเอาไว้แล้วนั้น พบว่าตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ ตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลทำให้เส้นกราฟของไฟมีลักษณะต่าง ๆ กันไปก็คือปริมาณของไฟและพื้นที่ช่องเปิด

## ปริมาณไฟ (Fire Load)

ปริมาณของไฟนิยามว่าเป็น ปริมาณความร้อนที่วัดได้จากวัสดุซึ่งติดไฟได้ในห้องหนึ่ง หรือ อาจนิยามปริมาณไฟว่าเป็น ปริมาณความร้อนของวัสดุซึ่งติดไฟต่อพื้นที่หนึ่งตารางหน่วยถ้าพูดถึง ความหนาแน่นของปริมาณไฟนั่นก็คือ วัดภายในปริมาตรนั่นเอง ปกติแล้วค่าปริมาณไฟจะคิดต่อพื้นที่ ผิวของห้อง

ในประเทศต่าง ๆ ได้มีการสำรวจเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณของไฟในอาคาร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
6  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันอย่างกว้างขวางโดยทั่วไปแล้วปริมาณความร้อนของวัสดุซึ่งติดไฟนั้นจะอยู่ในรูปของน้ำหนักของไม้ ที่ให้ความร้อนออกมาเท่า ๆ กันกับปริมาณความร้อนของวัสดุนั้นเอง ปริมาณของไฟสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับกระบวนการกระจายของวัสดุในอาคารหรือตำแหน่งของวัสดุชนิดของห้องภายใน อาคารและอื่นๆอีก จากข้อมูลที่ได้มาจากหลายๆอาคารก็ได้ทำการลงความเห็นกันว่าค่าเฉลี่ยของความ น่าจะเป็นของค่าปริมาณไฟในอาคารจะมีค่าไม่น้อยไปกว่า 10 ปอนด์ต่อพื้นที่หนึ่งตารางฟุตต่อหนึ่ง ชั่วโมง ซึ่งค่านี้ได้ถูกนำไปใช้กำหนดมาตรฐานไฟเพื่อใช้ในการทดสอบ

## เส้นโค้งมาตรฐานไฟและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ (Standard Fire Curve basic Theory of Fire Severity)

การที่จะทราบว่าองค์อาคารที่ถูกไฟไหม้ไปนั้นจะมีพฤติกรรมอย่างไรจะสามารถต้านทานไฟได้มากน้อยเพียงใดนั้นก็ต้องมาจากการทดสอบทั้งสิ้น จากข้อมูลดังกล่าวที่เกิดขึ้นจริงกับ อาคารต่าง ๆ ต่อมาจึงได้มีการค้นคว้าเพื่อหาหลักการที่จะใช้เป็นมาตรฐานไฟขึ้นมาใช้ ดังนั้นจึงได้มีการค้นคว้ากันในหลาย ๆ ประเทศ ตามสถาบันต่าง ๆ อาทิ เช่น ASTM ISO และอื่นๆ อีกมากมาย ได้มีการแนะนำมาตรฐานไฟขึ้นมาใช้ทดสอบโดยมากรสร้างหลักการของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ กับเวลา (Temperature-Time Relation) เพื่อเลียนแบบไฟที่เกิดขึ้นจริง ๆ กับอาคาร โดยนักวิจัยชาว อเมริกาชื่อ Ingberg ได้เสนอแนวความคิดในการสร้างเส้นโค้งมาตรฐานไฟ โดยเรียกว่า “แนวความคิด เกี่ยวกับปริมาณไฟ (Fire Load concept)”

### Fire Load Concept

แนวความคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟมีข้อสมมุติฐานที่มีความสำคัญที่จะใช้ในการวิเคราะห์ มีดังนี้คือ

1. ความทนทานไฟขององค์อาคารขึ้นกับ “ความรุนแรงของไฟ” เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ความรุนแรงของไฟสำหรับอาคารหรือที่ได้จากเตาไฟ ที่ใช้ในการทดสอบซึ่งลอกเลียนแบบไฟจริง ๆ นั่นก็คือพื้นที่ได้กราฟอุณหภูมิกับเวลานั่นเอง
2. ความรุนแรงของไฟขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้นของปริมาณไฟเพียงอย่างเดียว

## การเปลี่ยนแปลงสีของคอนกรีตตามอุณหภูมิต่าง ๆ

คอนกรีตที่ถูกเผาไฟไปแล้วนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวของคอนกรีตไปเป็นสีต่าง ๆ ตามระดับของอุณหภูมิต่าง ๆ

ตารางที่ 2.2. แสดงสีผิวของคอนกรีตเมื่อเวลาถูกไฟไหม้ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ กัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สีของคอนกรีต
300	ปกติไม่เปลี่ยนแปลง
300-600	ชมพู-แดง
600-950	เทาขาว (White-Gray)
950	เหลืองคล้ำ (Buff)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การดำเนินงานวิจัย

#### 3.1. คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทำผนังโฟมกรีต(อ้างอิงจากผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟม)

##### 3.1.1. ปูนซีเมนต์

ปูนที่ใช้เป็นปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา และสำหรับใช้ในการก่อสร้างตามปกติทั่วไป ที่ไม่อยู่ในสภาวะอากาศที่รุนแรงหรือในที่ที่มีอันตรายจากซัลเฟตเป็นพิเศษ หรือความร้อนที่เกิดจากการรวมตัวกับน้ำจะไม่ทำให้เพิ่มขึ้นถึงชั้นอันตรายที่คอนกรีตจะแตกร้าวเสียหาย

##### 3.1.2. หิน

หิน มีอิทธิพลต่อคุณภาพของคอนกรีต สัดส่วนการผสม และในด้านความประหยัด หินที่จะใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตต้องสะอาด แข็งแรง และทนทาน มีเหลี่ยมคม ไม่ขยายตัวมาก มีสารที่จะทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพต่อคอนกรีตน้อยที่สุด

หินเป็นวัสดุที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มิลลิเมตรขึ้นไปหรือไม่สามารถลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ได้จากการทดลองคุณสมบัติของหินที่ใช้ในการผสมคอนกรีต มีค่าต่างๆ ดังนี้

- ขนาดหิน	10 mm.
- ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้ง	2.66
- อัตราการดูดซึม	0.38 %
- ปริมาณความชื้น	1.1 %
- โมดูลัสความละเอียด	5.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
9  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.3.ทราย

ทราย เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีทั้งทรายบกและทรายทะเล ในการก่อสร้างใช้ทรายแม่น้ำ ทรายเป็นวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 mm. หรือสามารถลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 แต่ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 0.07 mm. จากการทดลองคุณสมบัติของทรายที่ใช้ในการผสมคอนกรีต มีค่าต่าง ๆ ดังนี้

- ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวของผิวแห้ง	2.5
- อัตราการดูดซึมน้ำ	2.167 %
- ปริมาณความชื้น	2.04 %
- โมดูลัสความยืดหยุ่น	2.65

### 3.1.4.โฟม

โฟมที่ใช้เรียกว่า Expandable Polystyrene (ESP) ซึ่งบรรจุอากาศประมาณ 98% ผสมกับ Pentane โดยการพ่นไอน้ำ

คุณสมบัติของเม็ดโฟมพลาสติก (Expandable Polystyrene (ESP))

1. การนำความร้อนต่ำ ESP เป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นฉนวน เนื่องจากมีคุณสมบัติกันความร้อนได้ดีกว่า ค่าการนำความร้อน 0.032 W/M c การต้านทานความร้อน 31 m c/w
2. ทนทานต่อสภาพอากาศ สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในที่ที่มีอุณหภูมิสูง และอุณหภูมิต่ำอุณหภูมิสูงสุดที่โฟมทนได้ เท่ากับ 75 °c
3. อัตราการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 1%
4. มีน้ำหนักเบา มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 40 กก./ม.<sup>3</sup>
5. ค่า Compressive Stress At Yeild Point เท่ากับ  $27 \times 10^4 \text{ N/M}^2$
6. ไม่ทนทานต่อสารเคมี โดยโฟมจะเกิดการเสียหาย ผุกร่อน เมื่อโดนกรดและด่าง

### 3.1.5. น้ำ

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องสะอาดปราศจากกรดต่าง น้ำมัน และสารอินทรีย์อื่นๆ ในปริมาณที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีตหรือเหล็กเสริม โดยปกติน้ำประปาและน้ำจืดตามธรรมชาติส่วนใหญ่ ซึ่งไม่มีส่วนผสมของน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนหรือจากโรงงานอุตสาหกรรม ถือว่ามีคุณภาพดีพอสำหรับงานคอนกรีต (นาย อัสวิน เลิศโสภา และคณะ, 2542)

### 3.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานทดสอบ

1. แบบสำหรับหล่อตัวอย่างผนัง
2. เครื่องผสมคอนกรีตชนิดเอียง Tilting Drum Mixer
3. เหล็กกระทุ้ง
4. สารเคลือบได้แก่ สีทนความร้อน สีกันไฟ สีสเปรย์ทนความร้อน และปูนฉาบ
5. ลูกกลิ้ง
6. เครื่องฉาบปูน

### 3.3. การสร้างชิ้นงานทดสอบ (อ้างอิงจากผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟม)

1. เตรียมแบบหล่อผนังคอนกรีตขนาด  $0.60 \times 0.60 \times 0.03$  เมตร
2. เตรียมส่วนผสมสำหรับทำผนังโฟมกรีตโดยมีส่วนประกอบดังนี้ (อ้างอิงจากผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสม คอนกรีตและเศษโฟม)

ส่วนประกอบต่อคอนกรีต  $1 \text{ m}^3$

ปูนซีเมนต์	738	กิโลกรัม
ทราย	729	กิโลกรัม
หิน	194	กิโลกรัม
โฟม	8.7	กิโลกรัม
น้ำ	295	กิโลกรัม

3. ทำการผสมส่วนผสมให้เข้ากันโดยใช้โม่ผสมชนิดเอียง Tilting Drum Mixer
4. ทำการเทส่วนผสมที่ได้ลงในแบบหล่อพร้อมกระทุ้งให้แน่นและทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. นำตัวอย่างแผ่นผนังที่ได้ไปทำการอบไล่ความชื้น โดยใช้อุณหภูมิไม่เกิน 60 ° ประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นหลังจากนั้นจึงนำแผ่นพลาสติกมาคลุมเพื่อป้องกันความชื้น
6. ทำการคัดเลือกแผ่นผนังสำหรับนำมาทำการทดสอบ โดยเป็นไปตามข้อกำหนดในหัวข้อ 3.5.
7. นำแผ่นผนังที่ทำการคัดเลือกแล้วมาทำการเคลือบด้วยสารเคลือบที่เตรียมไว้

### 3.4. ชิ้นงานที่สามารถนำมาทดสอบได้

1. แผ่นผนังต้องมีขนาด 0.60×0.60×0.03 เมตร
2. น้ำหนักของแผ่นผนังต้องไม่เกิน 14-16 กิโลกรัมต่อแผ่น(อ้างอิงจากผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟม)
3. แผ่นผนังต้องมีเศษโฟมลอยอยู่ด้านบนผิวผนัง โดยสังเกตเห็นได้ชัดเจน

### 3.5. ข้อมูลพื้นฐานในการเลือกสารเคลือบจำพวกสีอุตสาหกรรม

ในขั้นตอนการเลือกสารเคลือบ(จำพวกสีอุตสาหกรรม)จำเป็นต้องทราบข้อมูลพื้นฐานบางประการ ดังต่อไปนี้

1. สามารถทำให้ฟิล์มสีแห้งได้โดยวิธีใด ได้แก่ การอบ หรือ ปล่อยให้แห้งในอากาศ ที่กล่าวเช่นนี้เนื่องจากว่าสีที่มีความหนาของฟิล์มสีมากส่วนใหญ่จะต้องทำให้แห้งโดยอาศัยการอบ ส่วนสีที่มีความหนาของฟิล์มสีน้อยสามารถทำให้แห้งด้วยการปล่อยให้แห้งในอากาศ
2. ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้แห้งเพื่อทาทับและระยะเวลาในการทำให้แห้งเพื่อใช้งาน
3. อุณหภูมิใช้งาน-อุณหภูมิสูงสุดที่สามารถจะใช้งานได้
4. จุดวาบไฟ-จุดที่บอกระดับอุณหภูมิต่ำสุดของสีซึ่งระเหยกลายเป็นไอและจะเกิดการวาบไฟขึ้นเมื่อมีเปลวไฟมากระทบ
5. จุดติดไฟ-จุดที่สีเริ่มติดไฟเมื่อมีเปลวไฟมากระทบ โดยอุณหภูมิของจุดติดไฟจะสูงกว่าอุณหภูมิของจุดวาบไฟ
6. โทษที่เกิดจากสารพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6. การทดสอบความสามารถทนไฟของผนังโพนกรีตหลังเคลือบด้วยสารเคลือบ (Test for Fire Resistance of Concrete Specimen) ASTM ; E-119

#### วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบความสามารถในการทนไฟของผนัง โพนกรีตหลังเคลือบด้วยสารเคลือบที่  
อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

#### วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ

1. แผ่นผนังโพนกรีตขนาด 0.60x0.60x0.03 เมตร
2. สารที่ใช้เคลือบผิวผนังโพนกรีต ได้แก่ สีทนไฟ สีทนความร้อน สีสเปรย์พ่นกันความร้อน และปูน  
ฉาบ
3. เตาเผาที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้
4. เครื่องผสมคอนกรีต
5. ตะแกรงเพื่อป้องกันหากวัสดุที่ทดสอบเกิดการระเบิด

#### ขั้นตอนการทดสอบ

1. การทำความสะอาดแบบ อย่าให้มีฝุ่นหรือเศษปูนเก่าติดอยู่ทาน้ำมันด้านผิวในที่คอนกรีตจะ  
สัมผัสกับแบบให้ทั่ว พร้อมกับประกอบแบบให้แน่นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดรอยแยกหรือแบบหลุด  
ขณะเทคอนกรีตหรือกระทุ้งเพื่อให้คอนกรีตแน่น
2. การเตรียมตัวอย่างแผ่นผนัง โพนกรีต
  - 2.1. ทำความสะอาด โม่ผสมคอนกรีตให้สะอาด
  - 2.2. ทำการชั่งน้ำหนักส่วนผสมให้ได้ตามสัดส่วนตามที่มีการวิจัยไว้แล้วดังนี้

ส่วนประกอบต่อคอนกรีต 1 m<sup>3</sup>

น้ำ	295	กิโลกรัม
ปูนซีเมนต์	738	กิโลกรัม
ทราย	729	กิโลกรัม
หิน	194	กิโลกรัม
โฟม	8.7	กิโลกรัม

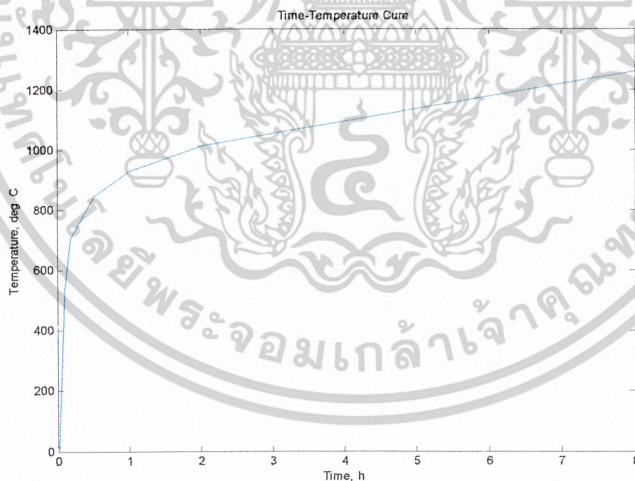
- 2.3. ทำการผสมคอนกรีตให้เข้ากันแล้วเทคอนกรีตดังกล่าวลงในแบบขนาด 60x60x3 ซม. แล้วทำการกระทุ้งให้แน่น พร้อมแต่งผิวหน้าให้เรียบ
- 2.4. ทิ้งแบบที่บรรจุคอนกรีตเรียบร้อยแล้วไว้ในร่มเฉยๆ ประมาณ 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบออกแล้วบ่มทิ้งเอาไว้ในน้ำ 7 วัน แล้วนำขึ้นจากน้ำพร้อมทำการอบแห้ง 1 วัน
3. การเคลือบผิวผนังด้วยสารเคลือบ
  - 3.1. นำแผ่นผนัง โฟมกรีตมาทำการเคลือบด้วยสารเคลือบที่ได้เตรียมไว้ ดังนี้
    - สีทนความร้อน (650 องศาเซลเซียส) ใช้การทาทับด้วยลูกกลิ้งเหมือนทาสีทั่วไป โดยทาสีทับ 2 ชั้น ตามคู่มือการใช้
    - สีกันไฟ (650 องศาเซลเซียส) ใช้การทาทับด้วยลูกกลิ้งเหมือนการทาสีทั่วไป โดยทาสีทับ 2 ชั้น ตามคู่มือการใช้
    - สีสเปรย์ทนความร้อน (650 องศาเซลเซียส) พ่นทับหนา 2 ชั้น ตามคู่มือการใช้
    - ปูนฉาบ ฉาบหนา 1.5 cm.
  - 3.2. ทิ้งแผ่นผนังที่ทำการเคลือบแล้วให้แห้งเป็นเวลา 1 วัน
  - 3.3. นำแผ่นผนังที่ทำการเคลือบด้วยสารเคลือบแต่ละชนิดไปเผาในเตาเผา ตามความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ และเวลา ดังนี้

ตารางที่ 3.1. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการทดสอบตามมาตรฐานASTM;E-119

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา
538	5 นาที
704	10 นาที
843	30 นาที
927	1 ชั่วโมง
1,010	2 ชั่วโมง
1,093	4 ชั่วโมง
1,260	8 ชั่วโมง

4. การรายงานผลการทดสอบ

ผลการทดสอบจะแสดงอยู่ในรูปของช่วงเวลาที่สามารถทนต่อไฟและรวมถึงการสังเกตพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงของสารเคลือบก่อนถูกเผาและหลังเผา อย่างเช่น การหลุดร่อน การแตกร้าว รอยไหม้ เป็นต้น



รูปที่ 3.1. กราฟความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิ

## บทที่ 4

# ผลการทดสอบ, การวิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดสอบ

### 4.1. ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1. แสดงผลการทดสอบแผ่นผนังโฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีกันไฟ (หนา 2 ชั้น)

PROJECT: FOAMCRETE  
TESTING: Fire Resistance  
TYPE OF SAMPLE: Foamcrete Partition

Specimen No.	Temperature (c°)	Time	Description
1	538	5min	ตัวสารเคลือบ-อยู่ในสภาพปกติ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2	704	10min	ตัวสารเคลือบ-อยู่ในสภาพปกติ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
3	843	30min	ตัวสารเคลือบ-มีรอยไหม้เกรียมหลุดลอกออกเป็นเงาสีดำ
4	927	1hour	ตัวสารเคลือบ-มีรอยไหม้เกรียมหลุดลอกออกเป็นเงาสีดำ
5	1010	2hour	ตัวสารเคลือบ-กลายเป็นผงฝุ่น

ตารางที่ 4.2. แสดงผลการทดสอบแผ่นผนังโฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีทนความร้อน (หนา 2 ชั้น)

PROJECT: FOAMCRETE  
TESTING: Fire Resistance  
TYPE OF SAMPLE: Foamcrete Partition

Specimen No.	Temperature (c°)	Time	Description
1	538	5min	ตัวสารเคลือบ-มีลักษณะพุดอง
2	704	10min	ตัวสารเคลือบ-มีรอยไหม้สีน้ำตาล, พุดองและแห้งกรอบ
3	843	30min	ตัวสารเคลือบ-มีรอยไหม้สีน้ำตาล, พุดองและแห้งกรอบ
4	927	1hour	ตัวสารเคลือบ-มีรอยไหม้สีน้ำตาล, พุดองขนาดใหญ่และแห้งกรอบ
5	1010	2hour	ตัวสารเคลือบ-กลายเป็นผงฝุ่น

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 4.3. แสดงผลการทดสอบแผ่นผนังโฟมกรีตที่เคลือบด้วยสีสเปรย์ทนความร้อน (หนา 2 ชั้น)

PROJECT: FOAMCRETE  
 TESTING: Fire Resistance  
 TYPE OF SAMPLE: Foamcrete Partition

Specimen No.	Temperature (c°)	Time	Description
1	538	5min	ตัวสารเคลือบ-อยู่ในสภาพปกติ
2	704	10min	ตัวสารเคลือบ-อยู่ในสภาพปกติ
3	843	30min	ตัวสารเคลือบ-กรอบแห้งและหลุดลอกออกหมดเห็นเป็นเนื้อคอนกรีต
4	927	1hour	ตัวสารเคลือบ-กรอบแห้งและหลุดลอกออกหมดเห็นเป็นเนื้อคอนกรีต
5	1010	2hour	ตัวสารเคลือบ-หลุดออกหมดเห็นเป็นเนื้อคอนกรีต

ตารางที่ 4.4. แสดงผลการทดสอบแผ่นผนังโฟมกรีตที่ฉาบด้วยปูนฉาบ (หนา 1.5 ซม.)

PROJECT: FOAMCRETE  
 TESTING: Fire Resistance  
 TYPE OF SAMPLE: Foamcrete Partition

Specimen No.	Temperature (c°)	Time	Description
1	538	5min	ตัวสารเคลือบ-อยู่ในสภาพปกติ
2	704	10min	ตัวสารเคลือบ-อยู่ในสภาพปกติ
3	843	30min	ตัวสารเคลือบ-อยู่ในสภาพปกติ
4	927	1hour	ตัวสารเคลือบ-มีรอยแตกเกิดขึ้นที่ผิวของปูนฉาบ
5	1010	2hour	ตัวสารเคลือบ-แตกเป็นชิ้นๆ

58570

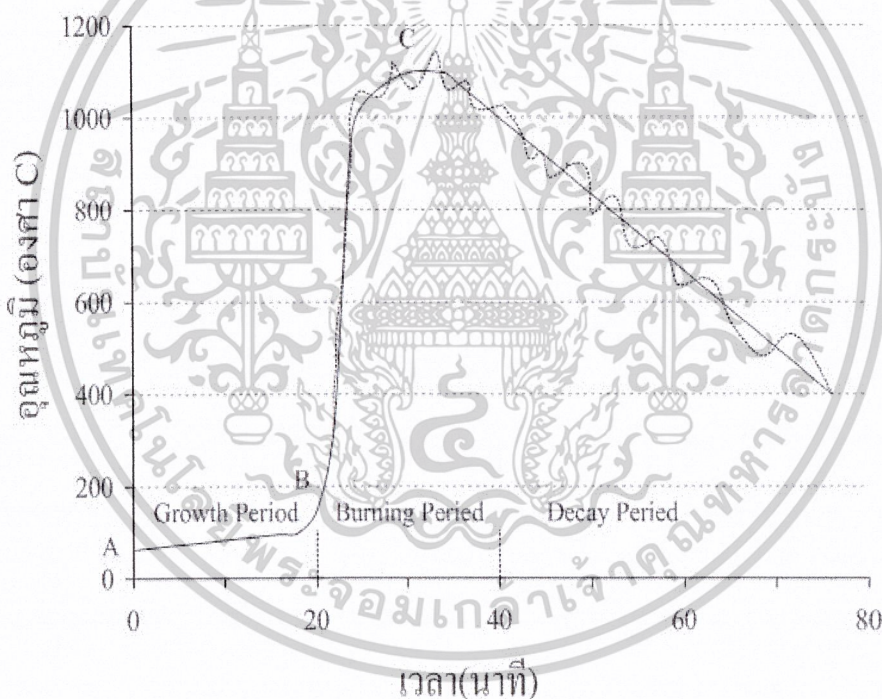
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2. วิเคราะห์ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบพบว่า

1. สีทนความร้อน ไม่สามารถทนไฟได้เนื่องจากเกิดการพองซึ่งเป็นเหตุให้สารเคลือบเสียหาย
2. สีกันไฟและสีสเปรย์ทนความร้อน สามารถทนไฟได้ดีในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า  $704^{\circ}\text{C}$
3. ปูนฉาบสามารถทนไฟได้ดีในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า  $843^{\circ}\text{C}$

เนื่องจากการทดสอบดังกล่าวเกิดจากการทดสอบการเผาไหม้ในเตาเผาซึ่งไม่ใช่ขบวนการเกิดเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นจึงต้องมีการนำอุณหภูมิดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิไฟไหม้ที่เกิดขึ้นจริงเพื่อหาระยะเวลาที่สารเคลือบสามารถชะลอการแพร่กระจายของสารพิษ



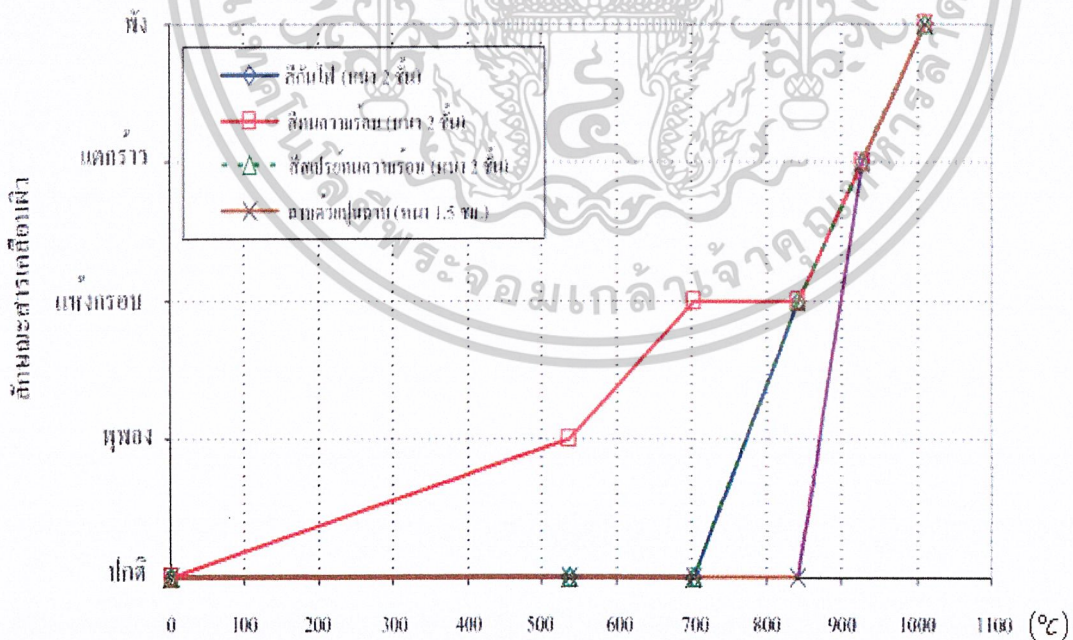
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่เกิดขึ้นจริงจากการทดสอบขบวนการเกิดเพลิงไหม้ที่ห้องฯหนึ่ง ณ สถานะหนึ่ง(อ้างจากรูปที่ 2.1)

ดังนั้นในสภาวะไฟไหม้ที่เกิดขึ้นจริงสารเคลือบที่เป็นสีกันไฟและสเปรย์ทนความร้อน จึงทนไฟได้นานอย่างน้อย 23 นาทีเริ่มตั้งแต่เกิดเหตุเพลิงไหม้สำหรับสารเคลือบที่เป็นปูนฉาบสามารถ ทนไฟได้นานอย่างน้อย 26 นาที ซึ่งอาจนานพอที่จะทำให้คนที่อยู่ภายในหนีออกมาได้ทันก่อนที่สารพิษ ที่เกิดจากโฟมจะแพร่ออกมา

### 4.3. สรุปผลการทดสอบ

ผนังโฟมกรีตที่เคลือบด้วยสารเคลือบจำพวกสีกันไฟและสเปรย์ทนความร้อนสามารถ ทนไฟได้ดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า  $704^{\circ}\text{C}$  โดยสารเคลือบยังอยู่ในลักษณะปกติ แต่หากอุณหภูมิสูง เกิน  $704^{\circ}\text{C}$  จะเกิดความเสียหายต่อสารเคลือบในลักษณะใหม่และกรอบแห้ง ส่วนผนังโฟมกรีตที่ เคลือบด้วยสีทนความร้อนไม่สามารถทนไฟได้เนื่องจากเกิดการพองเมื่อสัมผัสเปลวไฟ ส่วนผนังโฟ มกรีตที่เคลือบด้วยปูนฉาบสามารถทนไฟได้ดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า  $843^{\circ}\text{C}$  ถ้าอุณหภูมิสูงเกิน  $843^{\circ}\text{C}$  จะเกิดรอยแตกร้าวขึ้นบนผิวของปูนฉาบ

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสารเคลือบผิวกับอุณหภูมิ



รูปที่ 4.1. ความความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสารเคลือบกับอุณหภูมิ

#### 4.3.1. ข้อดีและข้อเสียของสารเคลือบในการนำไปใช้งาน

##### 4.3.1.1. สีกันไฟ

###### ข้อดี

- ให้ความสวยงาม มีกรรมวิธีเคลือบที่ง่ายและสะดวก ไม่ทำให้น้ำหนักของผนังเพิ่มขึ้น , ไม่มีสารพิษที่ก่อให้เกิดอันตราย

###### ข้อเสีย

- มีราคาแพง

###### การนำไปใช้

- เหมาะกับการใช้เคลือบผนัง โฟมกรีตสำหรับ อาคาร บ้าน และ สำนักงานทั่วไป เนื่องจากมีอุณหภูมิสะสมสูงสุดของการทนไฟไหม้อยู่ที่  $704^{\circ}\text{C}$  ซึ่งหากเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ อุณหภูมิสะสมที่เกิดขึ้นกับสิ่งปลูกสร้างลักษณะนี้จะไม่สูงมากนักเนื่องจากเชื้อเพลิงภายในเป็นพวกกระดาษและเพอร์นิเจอร์

##### 4.3.1.2. สีสเปรย์ทนความร้อน

###### ข้อดี

- ให้ความสวยงาม มีกรรมวิธีเคลือบที่ง่ายและสะดวก ไม่ทำให้น้ำหนักของผนังเพิ่มขึ้น , มีราคาถูก

###### ข้อเสีย

- ส่งผลให้เกิดสารพิษเมื่อสีสเปรย์ทนความร้อนสัมผัสกับเปลวไฟ

###### การนำไปใช้งาน

- เหมาะกับการใช้เคลือบผนัง โฟมกรีตที่อยู่ภายนอกอาคาร สำนักงาน

#### 4.3.1.3. สีสถูมิเนียมทนความร้อน

- ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานเป็นสารเคลือบผิวผนัง โฟมกรีต เนื่องจากไม่สามารถป้องกันไฟให้กับผนัง โฟมกรีต ได้เนื่องจากจะเกิดการพองและเสียสภาพทันทีเมื่อสัมผัสเปลวไฟและทำให้เกิดสารพิษ

#### 4.3.1.4. ปูนฉาบ

##### ข้อดี

- มีราคาถูก

##### ข้อเสีย

- เป็นการเพิ่มน้ำหนักให้กับผนัง โฟมกรีต (ผนัง โฟมกรีตที่ไม่มีเคลือบหนัก ประมาณ 14-16 กิโลกรัม สำหรับผนัง โฟมกรีตที่เคลือบด้วยปูนฉาบหนักประมาณ 28-30 กิโลกรัม)

- ทำให้ราคาในการติดตั้งสูงขึ้นเนื่องจากต้องใช้โครงเคร่าขนาดใหญ่ขึ้น

- ระหว่างการใช้งานอาจทำให้เกิดการหลุดร่อนขึ้นได้

##### การนำไปใช้งาน

- เหมาะกับการนำไปเคลือบผิวผนัง โฟมกรีตภายในโรงงาน เนื่องจากมีอุณหภูมิสะสมสูงสุดของการทนไฟไหม้อยู่ที่  $843^{\circ}\text{C}$  ซึ่งหากเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ อุณหภูมิสะสมที่เกิดขึ้นกับสิ่งปลูกสร้างลักษณะนี้จะมีอุณหภูมิที่สูงเนื่องจากเชื้อเพลิงภายในเป็นพวกสารเคมีและน้ำมันต่างๆ

#### 4.3.2. การเปรียบเทียบราคา

ผนัง โฟมกรีตที่มีการเคลือบด้วยสีกันไฟหนา 2 ชั้น (ไม่รวมโครง) มีราคาประมาณ 425 บาทต่อตารางเมตร

ผนัง โฟมกรีตที่มีการเคลือบด้วยสีสปรอยทนความร้อนหนา 2 ชั้น (ไม่รวมโครง) มีราคาประมาณ 184 บาทต่อตารางเมตร

ผนังโพลีคาร์บอเนตที่มีการเคลือบด้วยปูนฉาบ(ไม่รวมโครง)มีราคาประมาณ 60 บาทต่อตารางเมตร

เปรียบเทียบราคาผนังยิปซัมตราช้างชนิดธรรมดาชนิดไม่มีลูนีเยียมฟอสฟอรัสขนาด 1 ตารางเมตร ความหนา 12 มิลลิเมตร(ไม่รวมโครง) มีราคาประมาณ 210 บาทต่อตารางเมตร

เปรียบเทียบราคาผนังซูปเปอร์บล็อกมีราคาประมาณ 290 บาทต่อตารางเมตร

#### 4.3.3.ข้อเสนอแนะสำหรับโครงการพิเศษ

คณะผู้จัดทำโครงการพิเศษมีความเห็นว่า การใช้ปูนฉาบเป็นสารเคลือบถึงแม้จะทนไฟได้ในอุณหภูมิที่สูงแต่น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดข้อเสียตามมาเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นราคาด้านการติดตั้งที่เพิ่มขึ้นและการทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นมากขึ้นซึ่งขัดกับวัตถุประสงค์ในการจัดทำผนังโพลีคาร์บอเนต ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงขอเสนอให้มีการทดลองใช้น้ำปูนทำการเคลือบบางๆเพื่อใช้เคลือบผิวผนังโพลีคาร์บอเนตแทนการใช้ปูนฉาบ และหากมีการทดสอบสารเคลือบผิวผนังโพลีคาร์บอเนตขึ้นมาอีกในอนาคตสิ่งที่ควรคำนึงคือราคาของผนังโพลีคาร์บอเนตเมื่อเคลือบด้วยสารเคลือบแล้วยังต้องได้เปรียบราคาของผนังที่ทำจากวัสดุอื่น

# รายการอ้างอิง

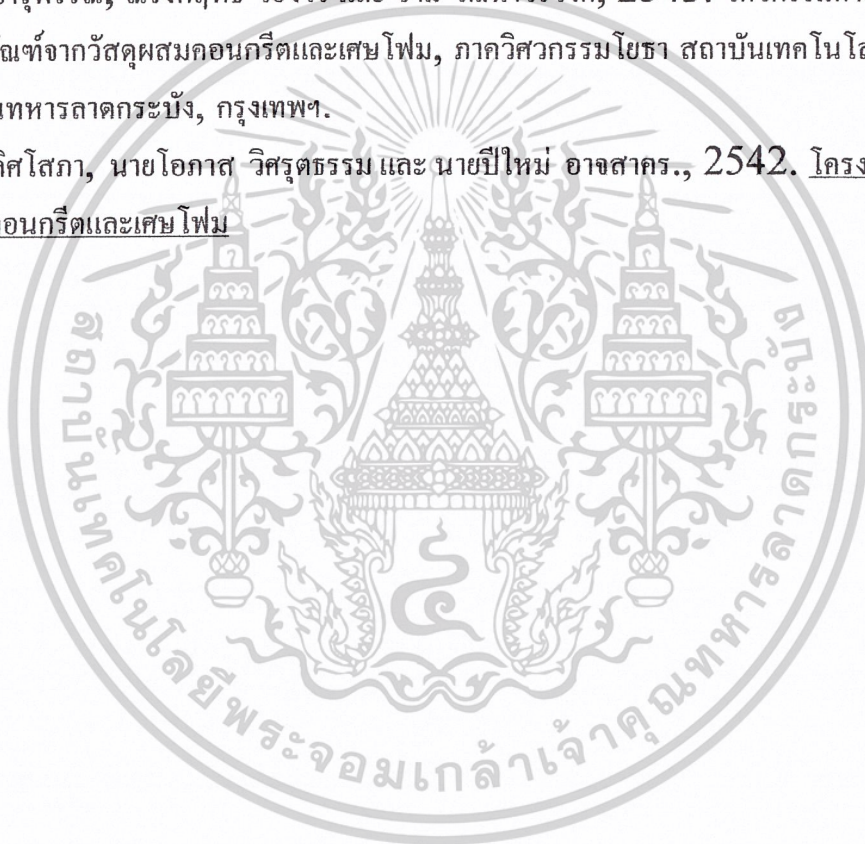
- นายชัยรัตน์ วงศ์จารุพรรณ, นายณรงค์ฤทธิ์ ว่องไวและนายราม วัฒนาวีรวงศ์, 2542. ผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโพลีเม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- รศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ, 2542. ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์ บ. เอส เอส บুকเฮาส์ จำกัด.
- ASTM Standard, 1998. Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials.
- ชัยรัตน์ วงศ์จารุพรรณ, ณรงค์ฤทธิ์ ว่องไว และ ราม วัฒนาวิรวงศ์, 2543. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ผลกระทบจากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟม, ภาควิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- นายอัศวิน เลิศโสภา, นายโอภาส วิศรุทธธรรม และ นายปีใหม่ อัจสาคร., 2542. โครงการวิจัยเรื่องวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟม



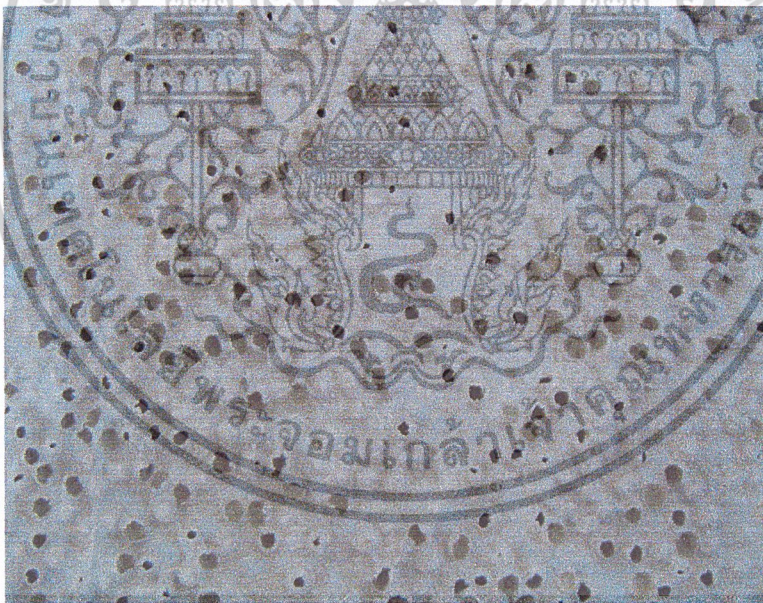
# ภาคผนวก ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ฟก  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.1. แสดงลักษณะการลอยตัวของส่วนผสมที่เป็นโฟมบนผิวแผ่นผนังโฟมกรีต



รูปที่ ผ.ก.2. แสดงการหายไปของเม็ดโฟมเมื่อแผ่นผนังต้องสัมผัสไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สีกันไฟสูตรน้ำ



สีอลูมิเนียมทนความร้อน



สีสเปรย์ทนความร้อน



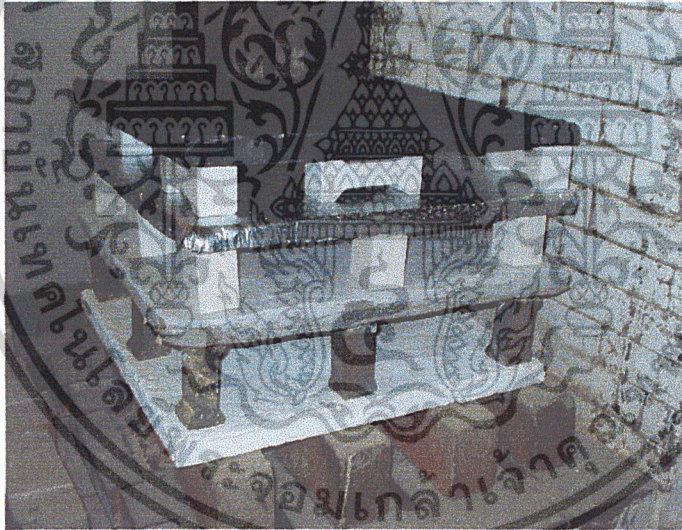
ปูนฉาบ

รูปที่ ผ.ก.3. แสดงสารเคลือบชนิดต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

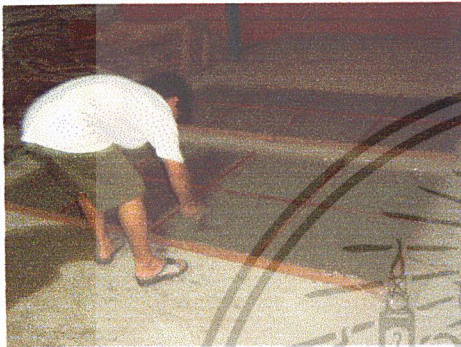
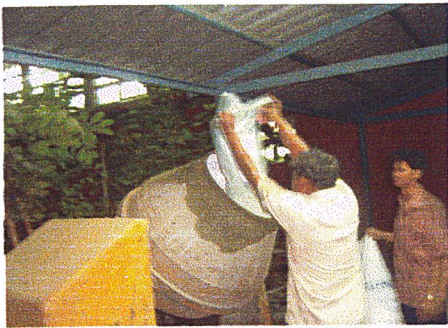


รูปที่ ผ.ก.4. แสดงลักษณะเตาเผาที่ควบคุมอุณหภูมิได้

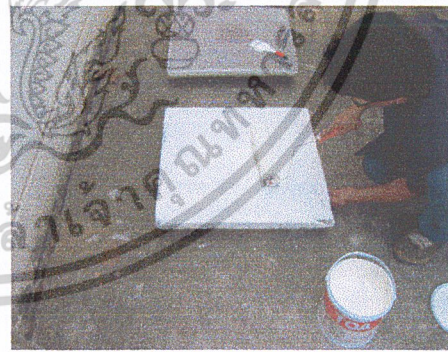
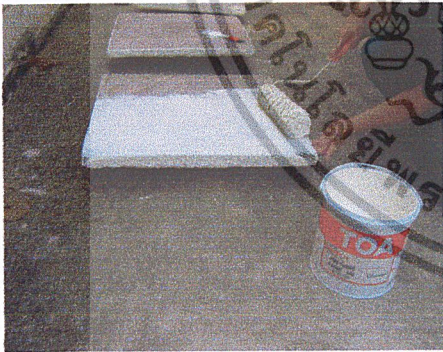


รูปที่ ผ.ก.5. แสดงลักษณะการจัดเรียงชิ้นทดสอบภายในเตาเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ <sup>ผก4</sup> วิทยาลัยศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.6. แสดงขั้นตอนการหล่อตัวอย่างผนังโฟมกรีต



รูปที่ ผ.ก.7. แสดงขั้นตอนการเคลือบผิวผนังโฟมกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ **นคร**ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# รูปแสดงผลการทดสอบแผ่นผนังโฟมกริดที่เคลือบด้วยสาร

## เคลือบ

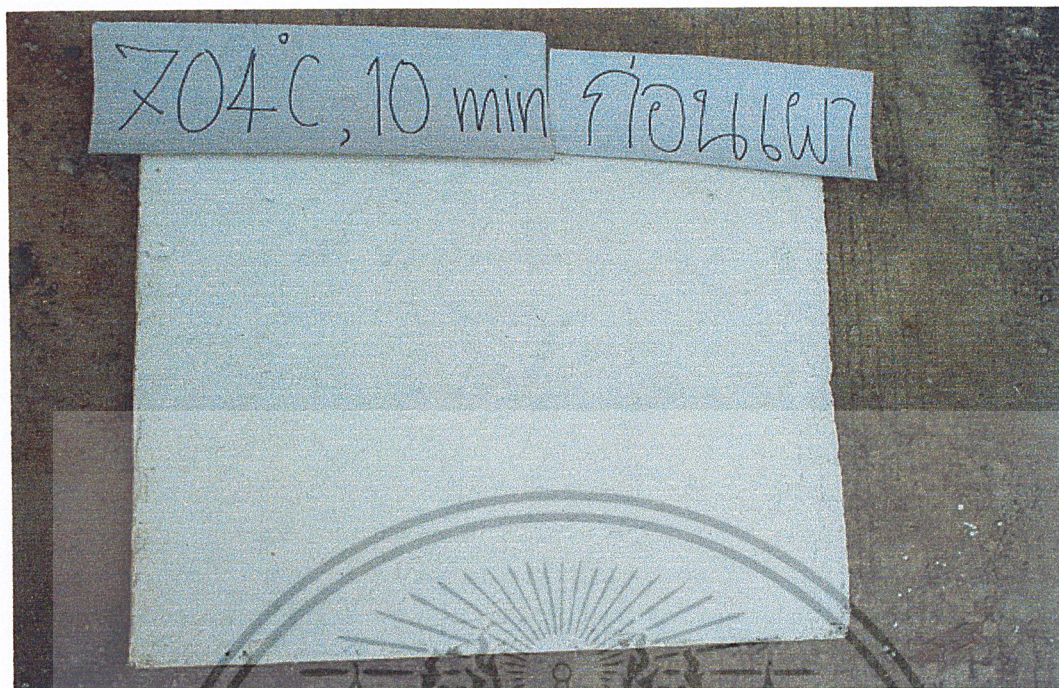


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



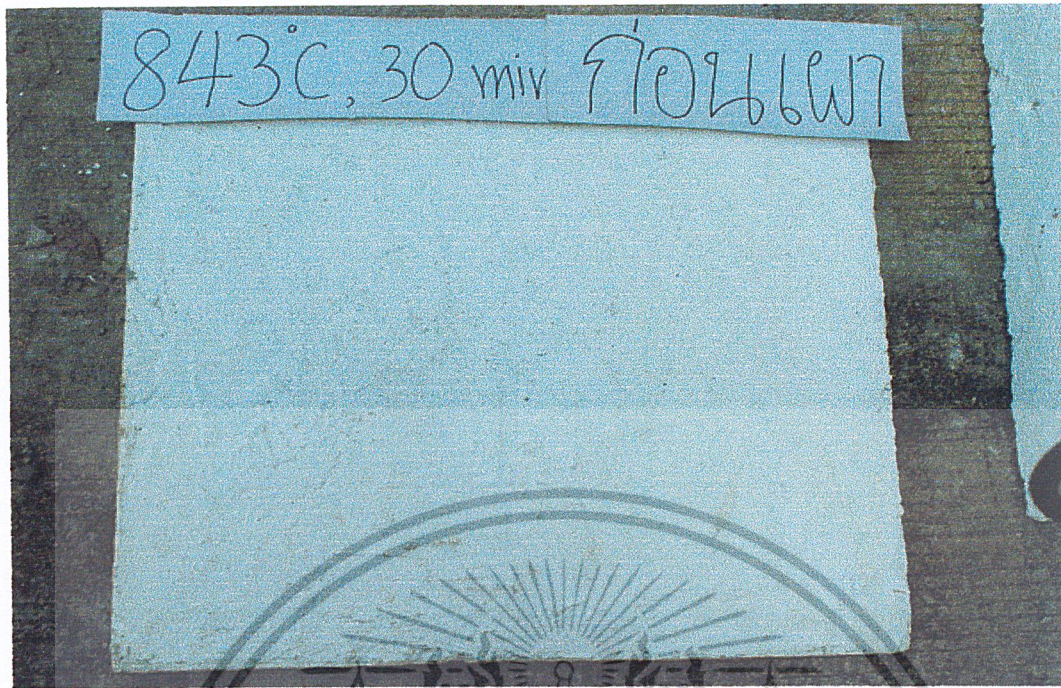
รูปที่ ผ.ก.8. ตัวอย่างแผ่นผนัง โฟมกริดที่เคลือบด้วยสีกันไฟก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 538 °C  
ระยะเวลา 5 นาที (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



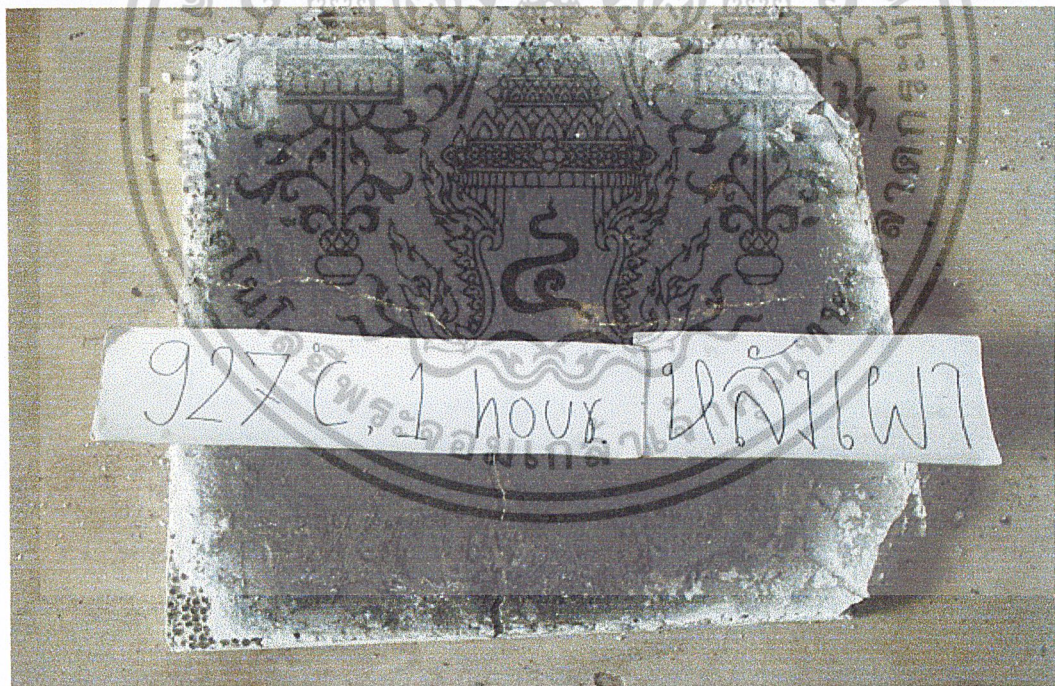
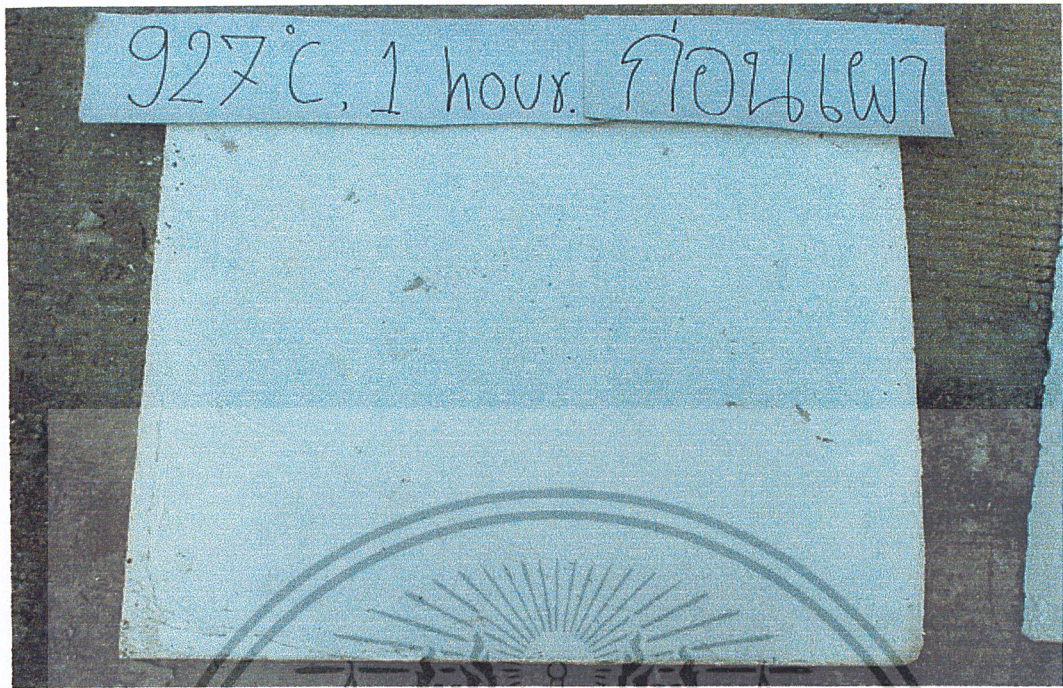
รูปที่ ผ.ก.9. ตัวอย่างแผ่นผนังโพลีกริดที่เคลือบด้วยสีกันไฟก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 704 °C  
ระยะเวลา 10 นาที (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



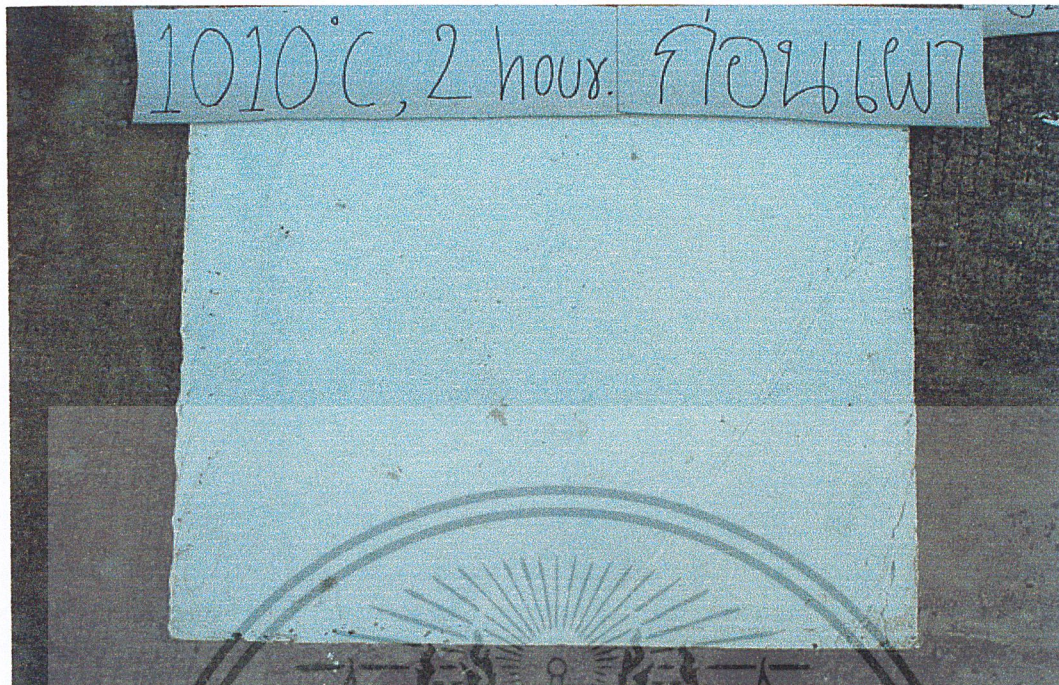
รูปที่ ผ.ก.10. ตัวอย่างแผ่นผนังโคมกริตที่เคลือบด้วยสีกันไฟก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 843 °C  
ระยะเวลา 30 นาที (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ **ศก9** ศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.11. ตัวอย่างแผ่นผนังโพรกกริตที่เคลือบด้วยสีกันไฟก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C  
ระยะเวลา 1 ชั่วโมง (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.12. ตัวอย่างแผ่นผนังโพลีคริสตที่เคลือบด้วยสีกันไฟก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C  
ระยะเวลา 2 ชั่วโมง (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



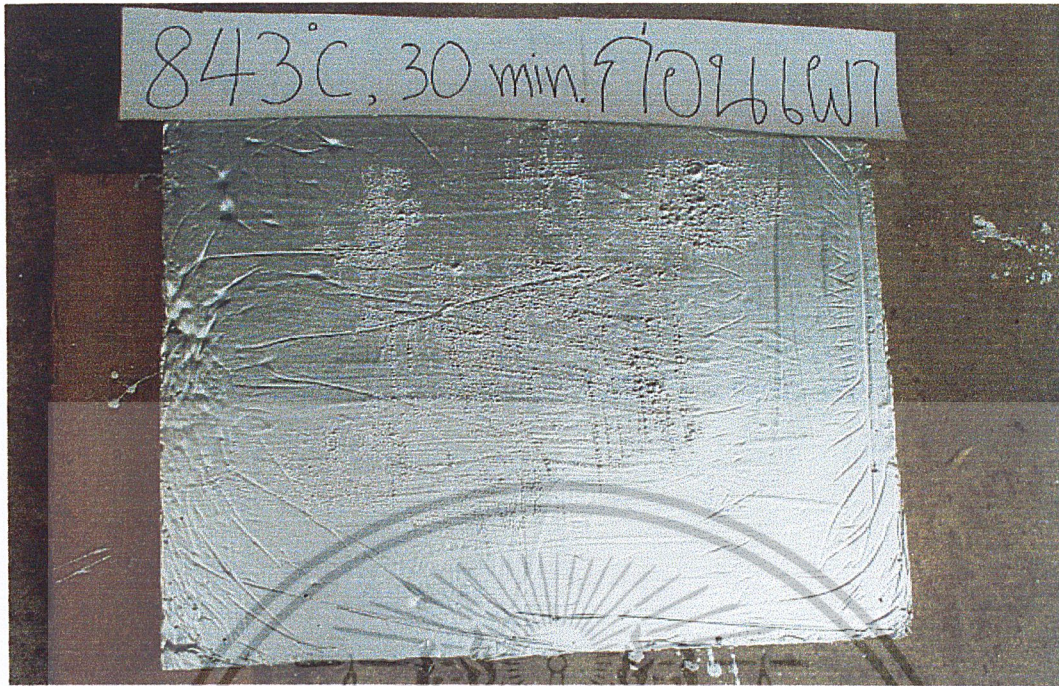
รูปที่ ผ.ก.13. ตัวอย่างแผ่นผนังโพลีเมริตที่เคลือบด้วยสีทนความร้อนก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ  $538^{\circ}\text{C}$  ระยะเวลา 5 นาที (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



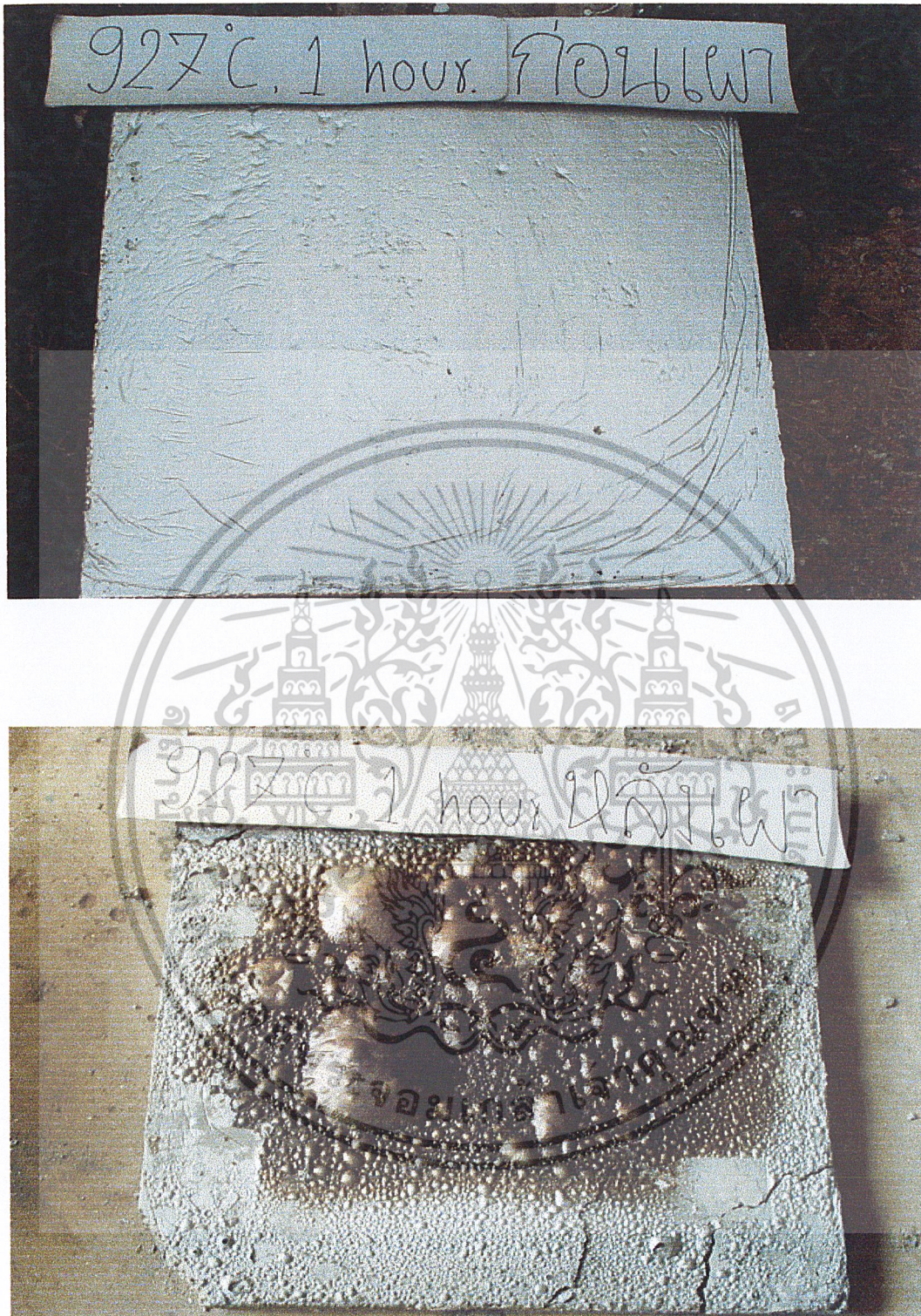
รูปที่ ผ.ก.14. ตัวอย่างแผ่นหนังโพลีเมรีดที่เคลือบด้วยสีทนความร้อนก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 704 °C ระยะเวลา 10 นาที (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



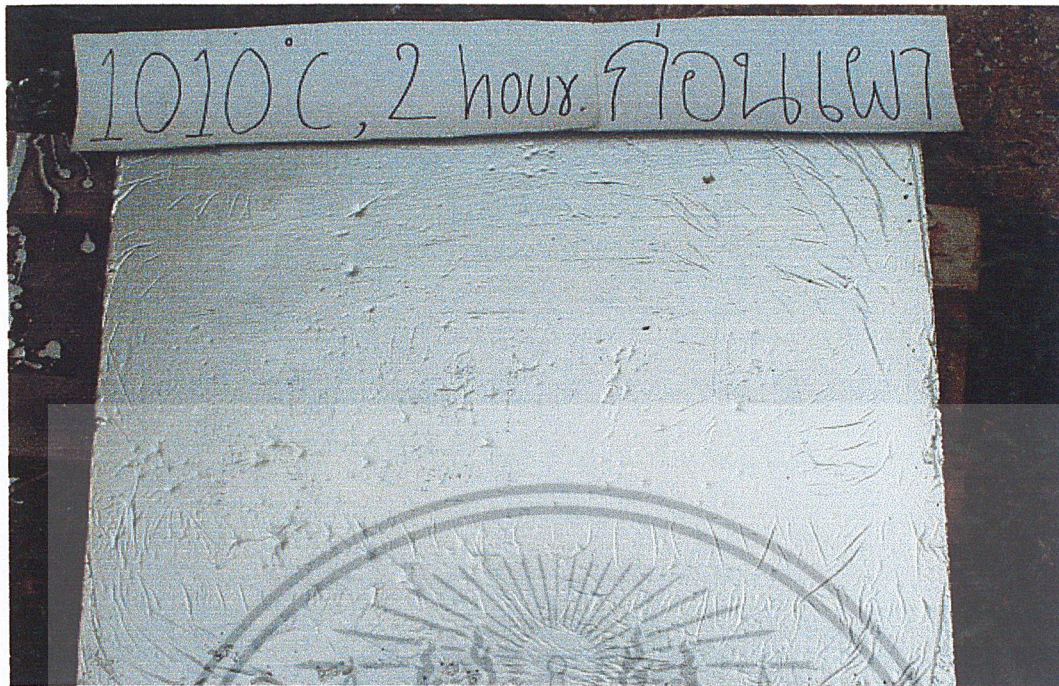
รูปที่ ผ.ก.15. ตัวอย่างแผ่นผนังโพลีเมรีดที่เคลือบด้วยสีทนความร้อนก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 843 °C ระยะเวลา 30 นาที (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.16. ตัวอย่างแผ่นผนังโพลีกรีตที่เคลือบด้วยสีทนความร้อนก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C ระยะเวลา 1 ชั่วโมง (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.17. ตัวอย่างแผ่นผนังโพลีเมอร์ที่เคลือบด้วยสีทนความร้อนก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



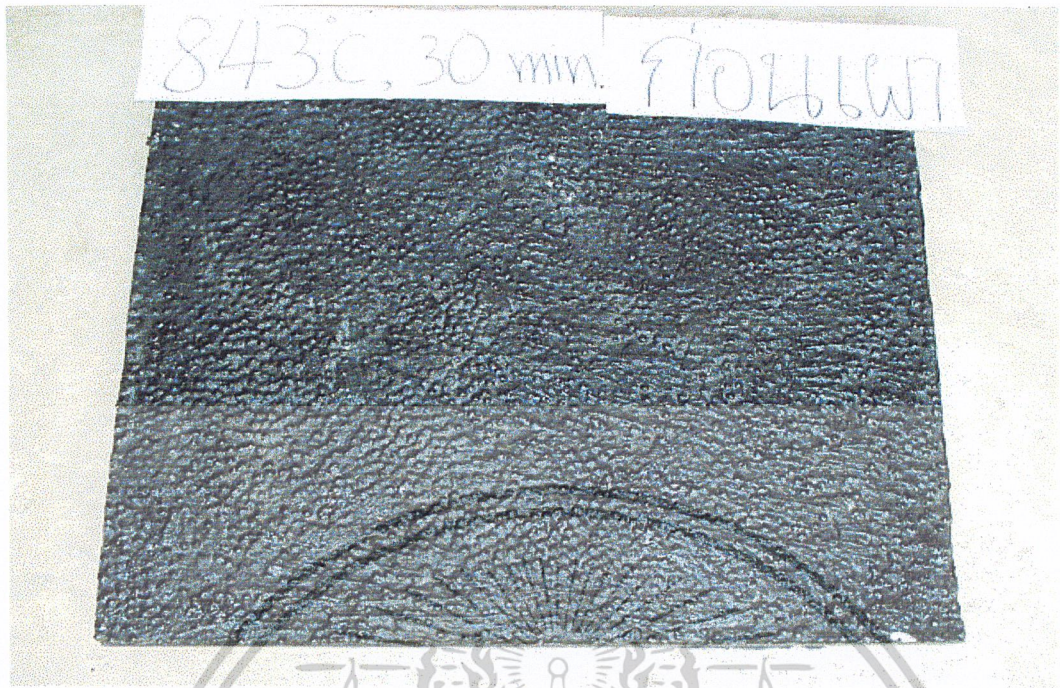
รูปที่ ผ.ก.18. ตัวอย่างแผ่นผนัง โฟมกริดที่เคลือบด้วยสีสเปรย์ทนความร้อนก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 538 °C ระยะเวลา 5 นาที (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.19. ตัวอย่างแผ่นผนังโพลีเมอร์ที่เคลือบด้วยสีสเปรย์ทนความร้อนก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 704 °C ระยะเวลา 10 นาที (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ <sup>ผก18</sup> วิทยาลัยศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.20. ตัวอย่างแผ่นผนัง โฟมกริตที่เคลือบด้วยสีสเปรย์ทนความร้อนก่อนและหลังการเผาที่ อุณหภูมิ 843 °C ระยะเวลา 30 นาที (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



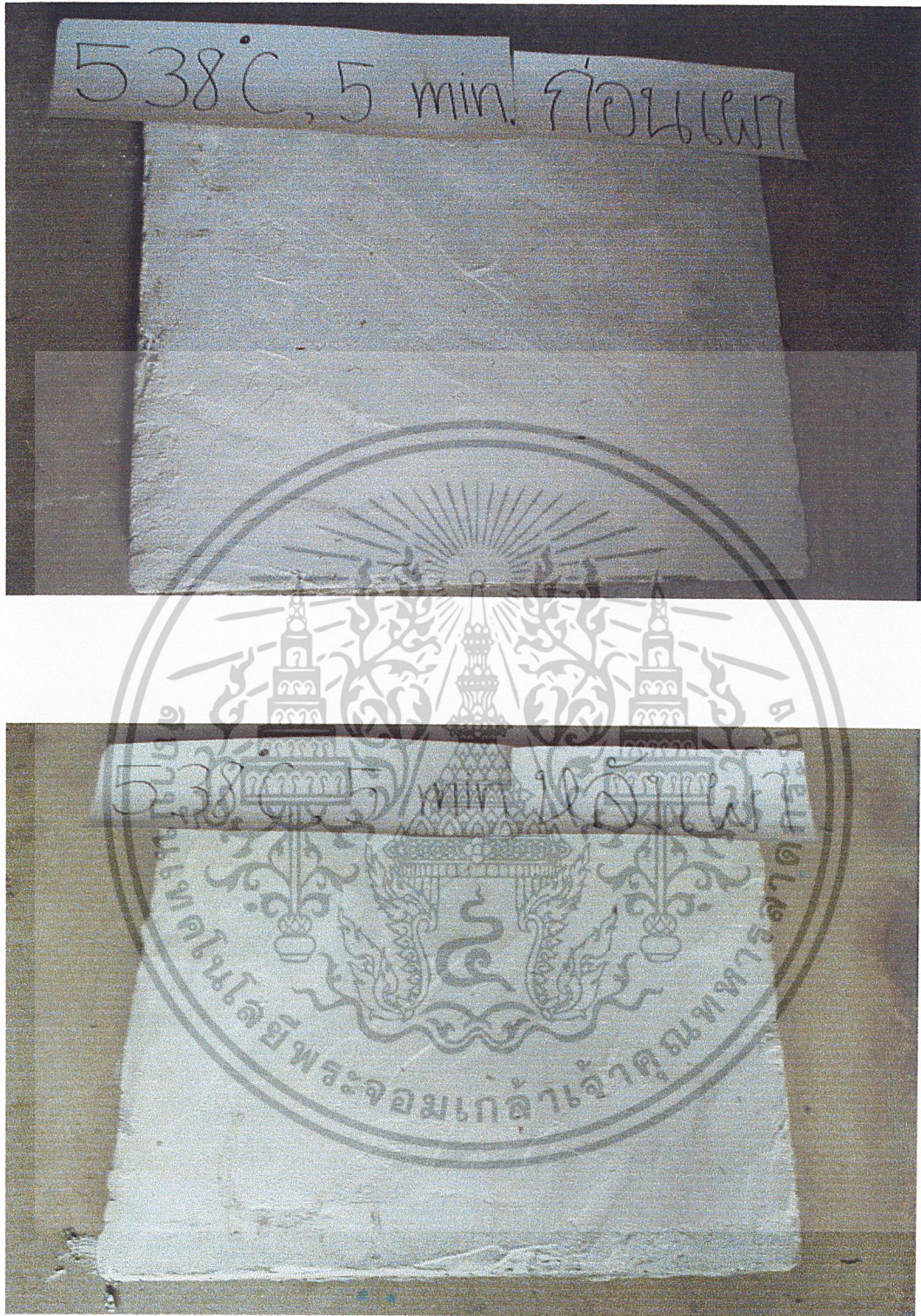
รูปที่ ผ.ก.21. ตัวอย่างแผ่นผนังโฟมกริดที่เคลือบด้วยสีสเปรย์ทนความร้อนก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ  $927^{\circ}\text{C}$  ระยะเวลา 1 ชั่วโมง (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.22. ตัวอย่างแผ่นผนังโพรทิตที่เคลือบด้วยสีสเปรย์ทนความร้อนก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง (หนา 2 ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



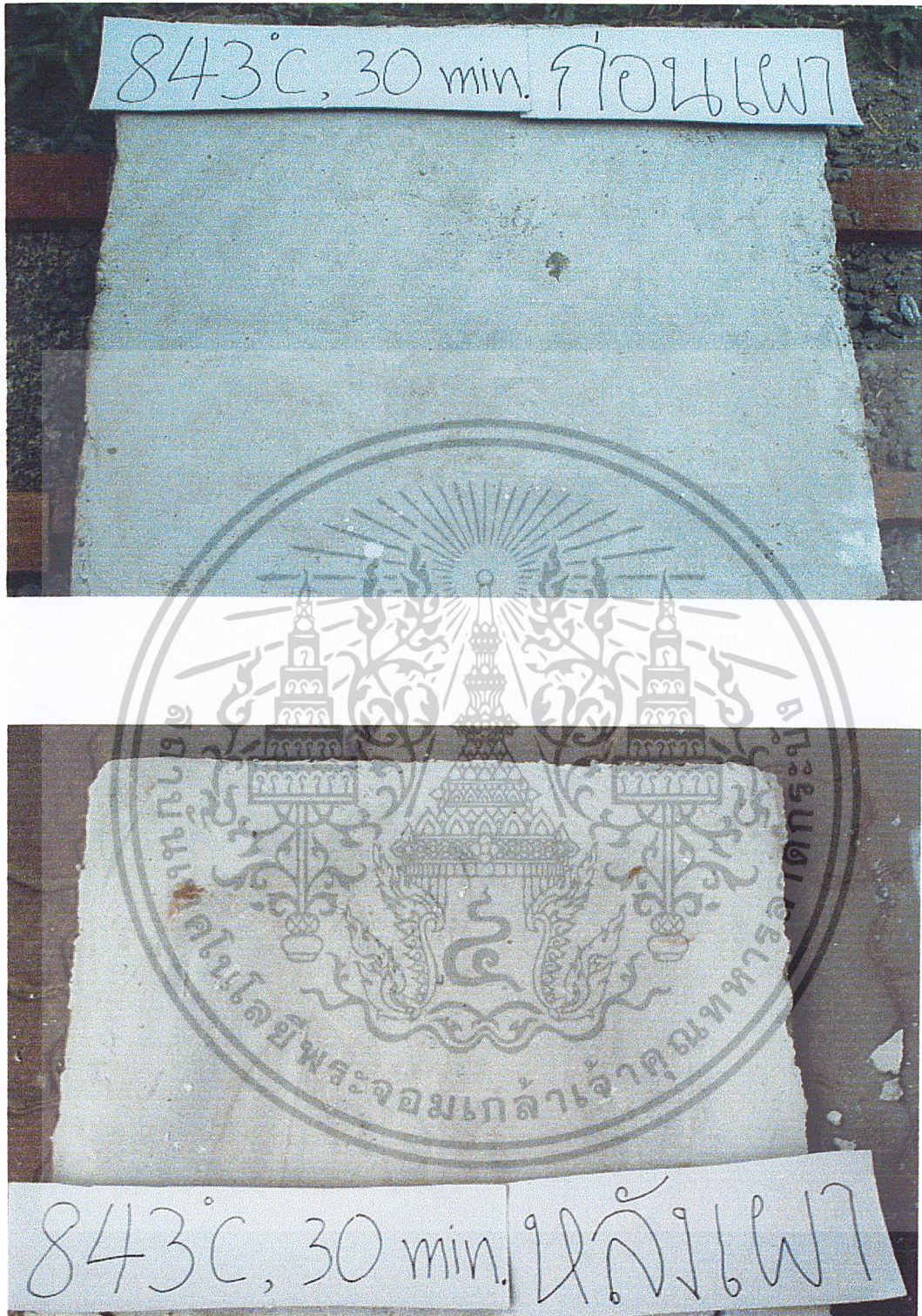
รูปที่ ผ.ก.23. ตัวอย่างแผ่นผนังโพลีเมอร์ทที่เคลือบด้วยปูนฉาบก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 533 °C  
ระยะเวลา 5 นาที(หนา 1.5 ซม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



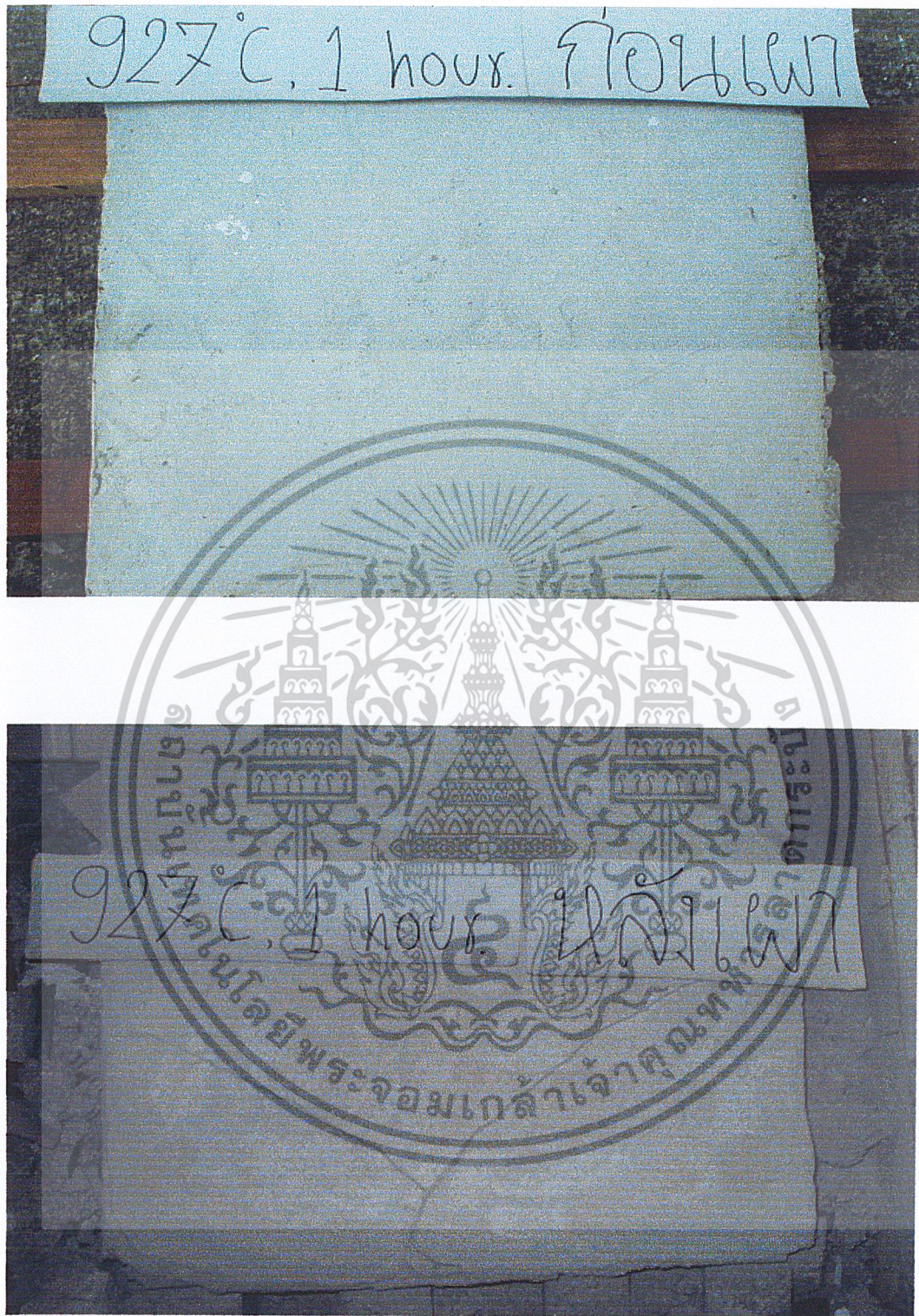
รูปที่ ผ.ก.24. ตัวอย่างแผ่นผนัง โฟมกริตที่เคลือบด้วยปูนฉาบก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ  $704^{\circ}\text{C}$  ระยะเวลา 10 นาที (หนา 1.5 ซม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
หาก23  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



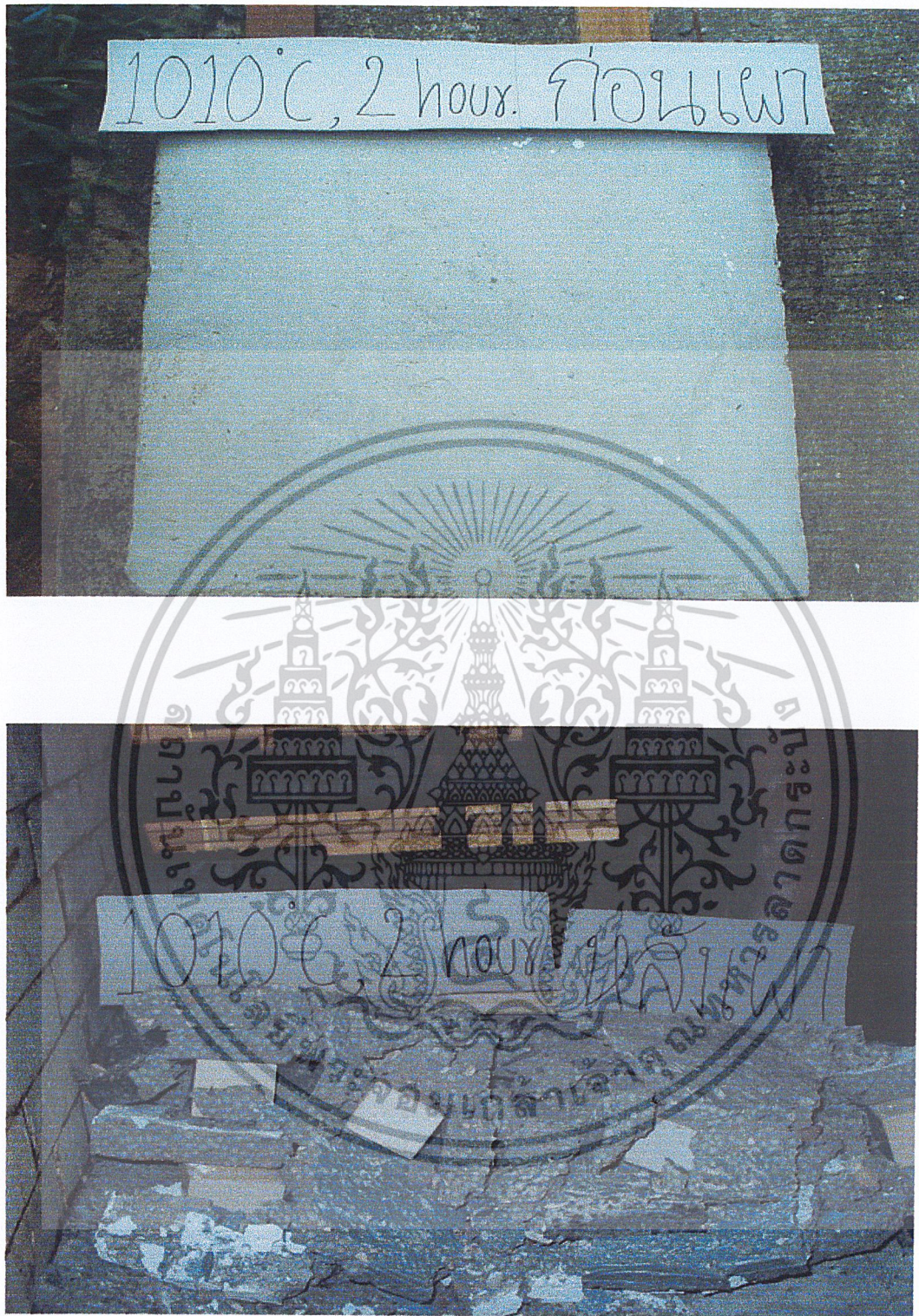
รูปที่ ผ.ก.25. ตัวอย่างแผ่นผนังโพลิคริตที่เคลือบด้วยปูนฉาบก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 843 °C  
ระยะเวลา 30 นาที (หนา 1.5 ซม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.26. ตัวอย่างแผ่นหนังโพลีเมอร์ทที่เคลือบด้วยปูนฉาบก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 927 °C  
ระยะเวลา 1 ชั่วโมง (หนา 1.5 ซม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.27. ตัวอย่างแผ่นผนังโพลีเมรีดที่เคลือบด้วยปูนฉาบก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1010 °C  
ระยะเวลา 2 ชั่วโมง (หนา 1.5 ซม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ผก26  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

## การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข. 1

### การทดสอบความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์

( Test for Specimen Gravity )

A S T M : C 150-84

#### วัตถุประสงค์

เนื่องจากความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ คือ อัตราของน้ำหนักซีเมนต์ต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับเนื้อแท้ของตัวมันเอง ซีเมนต์แต่ละชนิดจะมีความถ่วงจำเพาะตัวคงที่เสมอไป เมื่อใดที่ซีเมนต์เสื่อมคุณภาพลง ความถ่วงจำเพาะจะต่ำกว่าปกติและเราจะรู้ว่า ซีเมนต์นี้จะใช้ได้หรือไม่จากการลดลงของความถ่วงจำเพาะนี้เอง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ที่จะนำมาใช้ผสมคอนกรีตและนำค่าไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของซีเมนต์แต่ละชนิด ซึ่งปกติความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 3.10-3.20

#### วัสดุและการจัดเตรียมตัวอย่าง

1. ซีเมนต์ ซีเมนต์ที่นำมาใช้ทดสอบเปรียบเทียบกับแต่ละชนิด ควรเป็นซีเมนต์ใหม่ยังไม่เสื่อมคุณภาพหรือจับเป็นก้อนแข็ง หากเป็นซีเมนต์ใหม่ให้ตักออกจากถุงหรือภาชนะเก็บได้โดยตามจำนวนที่ต้องการ ( ประมาณครึ่งละ 100 กรัม ) หากเป็นซีเมนต์ให้เลือกตักออกจากกลางถุงหรือภาชนะเก็บในปริมาณ 5 กก. แล้วนำมาทำเป็น Quartering คือ การเก็บตัวอย่างแบบแบ่งเป็นสี่แล้วเลือกเอาสองส่วนตรงข้ามมาใช้ หรือนำมาแบ่งเป็นสี่ส่วนซ้ำอีก เพื่อให้เหลือปริมาณที่ต้องการ
2. น้ำมันก๊าดหรือน้ำมันเบนซิน ประมาณ 500 มล.

#### อุปกรณ์การทดลอง

1. ขวดแก้วสำหรับหาความถ่วงจำเพาะของเลอชาตาลีเย (La Chatalie ) เป็นขวดแก้วใส หน้าตัดเป็นรูปร่างกลม ลักษณะคอขวดเป็นก้านยาวและมีกระเปาะเล็ก ๆ ก่อนจะถึงก้นขวด ซึ่งเป็นกระเปาะขนาดใหญ่ ความจุของขวดแก้วนี้ประมาณ 290 มล.
2. ตาชั่ง (ความละเอียดอย่างต่ำ 0.2 กรัม )
3. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
4. ถ้วยตวงหรือกรวยก้านยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ลวดแขง
6. ผ้ําห้ําหรือผ้ําแขง
7. เทอร้ํอไมมิเตอร์

ขั้นตอนการทดลอง

1. เช็ดแก้วให้สะอาด แล้วเติมน้ำมันก๊าดหรือเบนซินลงในขวดแก้ว ให้ปริมาณอยู่ระหว่าง 250 มล. และ 251 มล.
2. ใช้ผ้าถูน้ำมันที่อยู่ภายในช่องหลอดดึบให้หมด เสร็จแล้วนำขวดแก้วแช่น้ำที่ทราบอุณหภูมิอย่างน้อย 30 วินาที จึงยกขึ้นมาอ่านระดับของน้ำมันครั้งแรกโดยให้ค่าที่อ่านได้เป็น N1 เนื่องจากระดับของน้ำมันก๊าดไม่เรียบตรงเหมือนน้ำธรรมดา ระดับผิวของน้ำมันก๊าดนั้นจะเว้าเป็นรูปโค้งหงาย ดังนั้น การอ่านระดับให้วัดที่จุดต่ำสุดของส่วนโค้ง
3. ค่อยๆเติมซีเมนต์ที่จัดเตรียมไว้ทีละน้อยลงในแก้ว มีข้อควรระวังคือ อย่าให้ซีเมนต์หกและอย่าให้มีสารอื่นเจือปน ถึงตอนนี้ระดับน้ำมันก๊าดหรือเบนซินจะสูงขึ้นมาถึงคอขวดส่วนบน เมื่อเรียบร้อยแล้วให้กลิ้งขวดไปมาเพื่อไล่อากาศ การกลิ้งควรใช้ผ้าหรือผ้ําแขงนุ่มๆรองรับ และข้อสำคัญคือ ควรปิดจุกขวดแก้วเสียก่อนเพื่อป้องกันการระลอกของน้ำมัน

หมายเหตุ

ก่อนถึงขั้นตอนนี้ หากเกรงว่าซีเมนต์จะขาดจากที่เตรียมไว้ให้นำขวดแก้วที่เติมน้ำมันก๊าดแล้วไปช้ําบ้นที่ก้นน้ำหนักเสียก่อน และเมื่อเติมซีเมนต์แล้วนำไปช้ําอีกครั้ง จะได้น้ำหนักที่แท้จริงของซีเมนต์ในขวดแก้ว

4. จากนั้นนำไปแช่น้ำที่ทราบอุณหภูมิ นานประมาณ 30 นาที ก่อนยกขวดแก้วขึ้นให้ทำการตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำเสียก่อนว่า แตกต่างจากการวัดครั้งแรกเกิน 0.2 °C หรือไม่หากเกินจะต้องรอจนกว่าอุณหภูมิจะลดหรือเพิ่มให้อยู่ภายในขอบเขตที่กล่าวแล้ว จึงจะยกขวดแก้วขึ้นมาได้และอ่านค่าระดับของน้ำมันก๊าดอีกครั้งหนึ่ง โดยให้เป็นค่า N2
5. ค่าความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์จะได้จากค่าเฉลี่ยของการทดลองดังกล่าวสองครั้ง ค่าที่ได้จะต้องไม่ต่างกันเกิน 0.01 โดยการแทนค่าความถ่วงจำเพาะจากสมการต่อไปนี้

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักซีเมนต์ที่แท้จริงในขวดแก้ว}}{\text{ปริมาตรน้ำมันก๊าดส่วนที่เพิ่ม (N2 - N1)}} \quad (\text{ผ.ข.1})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข.2

### การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

(Sieve Analysis Of Fine And Coarse Aggregates)

AASHTO : T 27-28

ASTM : C136-84

### จุดประสงค์

เพื่อทดสอบหาขนาดมวลรวมละเอียด โดยใช้ขนาดตระแกรงมาตรฐานสำหรับหาค่าพิสัยความละเอียด (Fineness Modulus) ซึ่งเป็นดัชนีที่เป็นปฏิภาคโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของอนุภาคในมวลรวมที่กำหนดให้ นั่นคือ มวลรวมยิ่งหยาบค่าพิสัยความละเอียดก็ยิ่งสูงขึ้น

### วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. มวลรวมละเอียด คือ ทรายประมาณ 500 กรัม
2. มวลรวมหยาบ คือ หินหรือกรวดประมาณ 1000 กรัม
3. ตะแกรงขนาดมาตรฐานเบอร์ 4 หรือ 3/16", 8, 16, 30, 50 และ 100 สำหรับทราย
4. ตะแกรงมาตรฐานขนาด 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" และ No.4
5. เครื่องเขย่าตะแกรง ชนิดมอเตอร์หรือมือหมุนสำหรับทราย
6. เครื่องเขย่าตะแกรง ชนิดมอเตอร์สำหรับหินหรือกรวด
7. ตาชั่งขนาดใหญ่ ขนาดใหญ่วัดได้ละเอียดถึง 0.1%
8. เตือบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้

### ขั้นตอนการทดลอง

#### 1. การหาส่วนขนาดคละของทราย

- 1.1. เตรียมทรายสำหรับทดสอบด้วยการตรวจดูว่ามีความชื้นหรือไม่ ปรกติควรเป็นทรายที่แห้ง หากชื้นเกินไปควรอบเสียก่อน
- 1.2. เตรียมชุดของตะแกรงด้วยการทำความสะอาด ไม่ให้มีเศษฝุ่นผงค้างอยู่ในช่องซึ่งน้ำหนักตะแกรงทุกขนาดและบันทึกไว้ พร้อมกับจัดเรียงซ้อนตามลำดับพร้อมถาดรองอยู่ด้านล่างสุด
- 1.3. ค่อยๆเททรายที่เตรียมพร้อมไว้แล้วลงในชุดตะแกรง ปิดฝาให้สนิทแล้วนำเข้าเครื่องเขย่าเป็นเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 10 นาที

- 1.4. ถึงขณะนี้ทรายที่มีเม็ดต่างๆจะถูกแยกแยะไปอยู่ในตะแกรงขนาดต่างๆเช่นกันให้นำตะแกรงที่มีทรายค้างอยู่นั้นไปล้างและจดบันทึกอีกครั้ง แล้วคำนวณหาค่าพิคัดความละเอียดต่อไป
2. การหาส่วนคละของหิน
  - 2.1. เตรียมหินสำหรับทดลอง หากเป็นหินขนาดเล็กคือมีขนาด โดสุดไม่เกิน 1” ให้ใช้ประมาณ 5 กก.แต่หากเป็นหินใหญ่ควรใช้ประมาณ 20 กก.
  - 2.2. ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองของทรายตั้งแต่ ข้อ 2-4

### หมายเหตุ

1. ค่าพิคัดความละเอียดของมวลรวม หาได้จากผลรวมของอัตราที่ค้างอยู่บนตะแกรงทั้งหมดหารด้วย 100

$$\text{(Sand) F.M.} = \frac{\text{(Cumulative\% retained)}}{100} \quad (\text{ผ.ช.2})$$

$$\text{(Coarse)F.M.} = \frac{\text{(Cumulative\% retain , including No.4+500)}}{100} \quad (\text{ผ.ช.3})$$

2. ทรายทั่วไปแบ่งเป็นทรายละเอียดมาก ทรายละเอียดและทรายหยาบแต่ละชนิดมีค่าพิคัดความละเอียดแตกต่างกันดังนี้

ทรายละเอียดมาก      ค่า F.M. = 0.50-1.50

ทรายละเอียด          ค่า F.M. = 0.50-1.50

ทรายหยาบ              ค่า F.M. = 0.50-1.50

สำหรับทรายที่ใช้ในงานคอนกรีต ควรมีค่าพิคัดความละเอียดอยู่ระหว่าง 2.3-3.1

3. หินหรือกรวดที่ใช้ในงานคอนกรีต ควรมีค่าพิคัดความละเอียดระหว่าง 5.5-8
4. ในการทำ Mix Design ใช้ค่า F.M. ของทรายเป็นหลักเนื่องจากมีผลทาง Workability มากทรายที่มีความละเอียดมาก(F.M.ต่ำ) จะทำงานได้ดีกว่าค่า F.M. ทรายที่ใช้จริงๆจะต้องไม่แตกต่างจากที่กำหนดใน Mix Design เกินกว่า 0.2 เพราะจะทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับ F.M.ของกรวดหินไม่ใช้ใน Mix Design
5. นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบการเรียงตัวของมวลรวมว่าเหมาะสมหรือไม่จากการพล็อตกราฟของ Grading Curve และเทียบกับเส้นกร้าฟมาตรฐาน

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงมาตรฐานส่วนกะของมวลรวม

ก. สำหรับมวลรวมละเอียด (ทราย)

ขนาดของตะแกรง	ค่าอัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักที่ผ่านตะแกรง
3/8"	100
No.4	95-100
No.8	80-100
No.16	50-85
No.30	25-60
No.50	10-30
No.100	2-10

ข. สำหรับมวลรวมหยาบ (หินหรือกรวด)

ขนาดตะแกรง ขนาดของมวลรวมหยาบ	ค่าอัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักที่ผ่านตะแกรง						
	3/8"	No.4	No.8	No.16	No.30	No.50	No.100
1 1/2 "	95-100	-	35-70	-	Oct-30	0-5	-
1"	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
3/4 "	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
1/2"	-	-	100	90-100	40-70	0-10	0-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ภาคผนวก ข.3

## การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึ่มของมวลรวมละเอียด (Test for Gravity and Absorbison of Fine Aggregate)

A S T M : C 128 -84

### จุดประสงค์

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะและอัตราการดูดซึ่มของมวลรวมละเอียด เช่น ทรายภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง นอกจากนี้หินกรวดที่มีขนาดเล็กไม่เกิน  $\frac{3}{4}$ " ก็สามารถใช้วิธีการทดสอบได้เช่นเดียวกัน

### วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ทรายประมาณ 1200-1500 กรัม ที่อยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง
2. พิกโนมิเตอร์ (Pycnometer) ซึ่งประกอบด้วยขวดโหลแห้งสำหรับบรรจุ 14 ควอต ที่มีฝาปิดในแนวราบสนิทแน่นกับปากขวด
3. ตาชั่งละเอียดถึง 0.1 กรัม
4. เครื่องวัดอุณหภูมิ
5. เตาอบ
6. โถแก้วกันความชื้น

### ขั้นตอนการทดลอง

1. แบ่งทรายที่เตรียมไว้สองส่วนเท่าๆกันซึ่งนำหนักบันทึกค่าแทนด้วย B
2. นำทรายส่วนหนึ่งเข้าตุ๋นให้แห้งสนิทประมาณ 1 ชม. แล้วจึงนำไปใส่ในโถกันความชื้น เพื่อทิ้งให้วัสดุเย็นลงตามปกติ จึงนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าแทนด้วย A
3. เทน้ำที่ทรายอุณหภูมิลงในขวดพิกโนมิเตอร์ให้สูงประมาณ  $\frac{3}{4}$ " ของขวด นำทรายส่วน B เดิมลงไป เขย่าหรือคนให้ทั่วเพื่อไล่ฟองอากาศให้หมด จากนั้นจึงเติมน้ำลงไปให้เต็มพอดีปากขวดพร้อมกับทำให้ไม่มีอากาศเหลืออยู่เลยเช่นเดียวกัน แล้วจึงปิดฝาแก้วนำไปชั่งแล้วบันทึกค่าแทนด้วย W
4. จากนั้นนำค่าต่างๆมาคำนวณตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน **เฉพาะ** การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{ความถ่วงจำเพาะ} &= \frac{A}{Wc + B - W} && \text{(ผ.ข.4)} \\ \text{(เมื่อวัดคู่หนึ่งสนิท)} &&& \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความถ่วงจำเพาะ} &= \frac{B}{Wc + B - W} && \text{(ผ.ข.5)} \\ \text{(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง)} &&& \end{aligned}$$

$$\text{อัตราการดูดซึมน้ำ} = \frac{B - A}{B} \times 100\% \quad \text{(ผ.ข.6)}$$

โดยที่

- A = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งหลังจากผ่านการอบแห้งสนิท
- B = น้ำหนักมวลรวมภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง
- Wc = น้ำหนักขวดพิคโนเมตรที่บรรจุน้ำเดียวกับที่ใช้ทดสอบเต็มปากขวด
- W = น้ำหนักขวดพิคโนเมตรที่บรรจุน้ำและมวลรวม

#### ภาคผนวก ข.4

### การหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึ่มของมวลรวมหยาบ

( Test for Specific gravity and Absorbison of Coarse Aggregate )

A S T M : 127 -84

#### จุดประสงค์

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะและอัตราการดูดซึ่มของมวลรวมหยาบ เพื่อประโยชน์ในการ  
ออกแบบอัตราส่วนผสมของคอนกรีต วิธีนี้เรียกว่า Suspension Method

#### วัสดุและ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. มวลรวมหยาบประมาณ 5 กก. ได้มาจากการแบ่งสี และคัดเอามวลรวมหยาบที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ออก
2. ตะแกรงลวดตาข่าย มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 cm. และสูงประมาณ 60 cm. สามารถใส่ มวลรวมได้ประมาณ 5 กก.
3. เตาอบ
4. ตาชั่งขนาดใหญ่
5. ตะกร้ามาตรฐานเบอร์ 4
6. โถแก้วกันความชื้น

#### ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมวัสดุที่จะนำมาทำการทดลอง ด้วยการล้างให้ทั่วถึงเพื่อให้ฝุ่นผงหรือเศษอื่นๆที่ติดอยู่กับผิว หลุดออกจนหมด และตากทิ้งไว้ประมาณ 1-3 ชม.
2. จากนั้นให้แช่วัสดุในน้ำสะอาดเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 ชม.
3. นำวัสดุขึ้นจากน้ำเมื่อครบเวลา เทลงผ้าผืนใหญ่ๆที่สามารถดูดซับน้ำได้ก้ลึงวัสดุ ไปมาเพื่อให้ผ้า ซับน้ำจนสังเกตเห็นด้วยตาเปล่าไม่เห็นมีน้ำอยู่ที่ผิววัสดุ แม้ว่าที่จริงแล้วผิวยังจะชื้นอยู่ก็ตาม หรือถ้า วัสดุเป็นก้อนใหญ่มากอาจจับมาเช็ดเป็นก้อนๆ ไปก็ได้ แต่ต้องระวัง ไม่ให้เกิดการระเหยหายไป ของน้ำขณะอยู่ในขั้นตอนนี้
4. วัสดุที่จบขั้นตอนที่ 3 นี้เรียกว่าอยู่ในสถานะอิ่มตัวผิวแห้ง(Saturated Surface Dry) ให้นำตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุซึ่งน้ำหนักเพื่อบันทึกไว้ แล้วรีบใส่ลงในตะกร้าลวดแล้วทำการชั่งวัสดุนี้ในน้ำทันทีและบันทึกค่าไว้เช่นกัน

5. หลังจากนั้นนำวัสดุเข้าเตาอบด้วยอุณหภูมิระหว่าง 100-110 องศาประมาณ 1 ชม. แล้วจึงนำมาใส่ในโถแก้วกันความชื้น เพื่อทิ้งให้วัสดุตัวอย่างเย็นตัวลงตามปกติอีกประมาณ 1-3 ชม. จึงชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง
6. จากนั้นนำค่าต่างๆมาคำนวณหาตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

$$\text{ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม} = \frac{A}{A-C} \quad (\text{ผ.ข.7})$$

(ขณะวัสดุมีความชื้นอากาศ)

$$\text{ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม} = \frac{B}{B-C} \quad (\text{ผ.ข.8})$$

(ภายใต้สภาวะอิมตัวผิวแห้ง)

$$\text{ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม} = \frac{A}{B-C} \quad (\text{ผ.ข.9})$$

(เมื่อวัสดุแห้งสนิท)

$$\text{อัตราการดูดซึม} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \quad (\text{ผ.ข.10})$$

โดยที่ A = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศหลังจากผ่านการอบแห้งสนิทแล้ว  
 B = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศภายใต้สภาวะอิมตัวผิวแห้ง  
 C = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในน้ำ

**ภาคผนวก ข.5**  
**การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวม**  
**( Test for Unit Weight of Aggregate )**  
**A S T M : C29 -76**

**วัตถุประสงค์**

เพื่อทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวมต่อหน่วยปริมาตร ไม่ว่าจะป็นทราย หิน หรือมวลรวมผสมก็ตาม ทั้งนี้เพื่อนำไปเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

**วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง**

1. มวลรวม อาทิ ทราย หินและกรวด
2. ตาชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.3% ของน้ำหนักตัวอย่างทดสอบ
3. เหล็กกระทุ้ง เป็นเหล็กแท่งกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. ยาวประมาณ 60 ซม. มีปลายด้านกระทุ้งมนเป็นลักษณะครึ่งวงกลม
4. ภาชนะสำหรับวัดหน่วยน้ำหนัก อาจเป็นภาชนะโลหะรูปทรงกระบอก ผิวเรียบ ควรมีมือจับทั้งสอง ขนาดของภาชนะต้องเป็นไปตามตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ ผ.ข.2 แสดงขนาดของภาชนะต่างๆ

ปริมาตร (ลิตร)	เส้นผ่า ศ.ก.ภายใน (มม.)	ความสูงภายใน (มม.)	ความหนา น้อยสุดของ ก้นภาชนะ (มม.)	ความหนา น้อยสุดของ ผนังข้าง (มม.)	ขนาดโตสุดของ มวลรวม (มม.)
3	155±2	160±2	5.0	2.5	12.5
10	205±2	305±2	5.0	2.5	25.0
15	255±2	295±2	5.0	3.0	37.5
30	355±2	305±2	5.0	3.0	100.0

## ขั้นตอนการทดลอง

1. การหาหน่วยน้ำหนักของน้ำ
  - 1.1 เติมน้ำใส่ภาชนะให้เต็มและทำให้ไม่มีฟองอากาศอยู่เลย พร้อมเปิดฝาด้วยแผ่นกระจกใส
  - 1.2 วัดอุณหภูมิของน้ำเพื่อนำไปคำนวณหาหน่วยน้ำหนัก โดยเทียบจากตารางข้างล่างนี้
  - 1.3 หาค่าแฟลคเตอร์ (ความจุ) ของภาชนะ โดยการหารหน่วยน้ำหนักของน้ำในภาชนะด้วยหน่วยน้ำหนักน้ำ
2. การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักเมื่อมวลรวมอัดตัวแน่น
  - 2.1 โดยวิธีใช้เหล็กกระทุ้ง (Rodding procedure) วิธีนี้เหมาะสมสำหรับมวลรวมที่มีขนาดโตสุดไม่เกิน 37.5 มม.(1 1/2")

ตารางที่ ผ.ช.3 แสดงค่าหน่วยน้ำหนักของน้ำ

อุณหภูมิ(°F)	อุณหภูมิ(°C)	กก./ม <sup>3</sup>	ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต
60	15.6	969.01	62.336
65	18.3	998.53	62.336
70	21.1	997.97	62.301
73.4	23.0	997.53	62.274
75	23.9	997.32	62.261
80	26.7	996.6	62.261
85	29.4	995.8	62.166

- 2.1.1 เทมวลรวมที่จะทดสอบลงในภาชนะที่ชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้วแบ่งออกเป็น 3 ส่วนให้หนาประมาณ 1/3 ของความสูงของภาชนะเกลี่ยผิวหน้าให้เรียบและใช้เหล็กกระทุ้งให้เกือบถึงก้น โดยแผ่กระจายให้ทั่วผิวหน้ารวม 25 ครั้ง จากนั้นเติมมวลรวมลงไปอีกเป็นชั้นที่ 2 ทำการกระทุ้งเช่นเดียวกันและเติมลงไปอีกเป็นชั้นสุดท้าย กระทุ้งอีก 25 ครั้งเสร็จแล้วให้ปาดผิวหน้าของมวลรวมให้เรียบเสมอกับแนวขอบบนของภาชนะ อย่าให้บวมหรือโปนเป็นอันขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ชั่งน้ำหนักภาชนะที่บรรจุมวลรวมดังกล่าว เพื่อคำนวณหาน้ำหนักจำเพาะมวลรวมโดยแท้ โดยชั่งให้ได้ละเอียดถึง 0.1% แล้วคูณด้วยแฟกเตอร์ที่หาได้ในข้อ 3 ของข้อ ก) จะได้หน่วยน้ำหนักของมวลรวมเมื่ออัดตัวกันแน่น

2.2 โดยวิธีกระแทกภาชนะ(Jigging Procedure) วิธีนี้เหมาะสำหรับมวลรวมที่มีขนาดโตเกินกว่า 37.5 มม. แต่ไม่เกิน 100 มม.

2.2.1 แบ่งมวลรวมใส่ภาชนะเป็น 3 ชั้น เช่นเดียวกับวิธีใช้เหล็กกระทุ้ง แต่วิธีนี้ภาชนะควรถูกนำมาวางบนพื้นที่แข็ง เช่น พื้นคอนกรีต เป็นต้น ทั้งนี้เพราะเมื่อเทมวลรวมแต่ละชั้นแล้ว ให้เอียงภาชนะ เพื่อให้ด้านตรงข้ามสูงขึ้นจากพื้นประมาณ 50 มม. และปล่อยให้ตกลง กระแทกพื้นเป็นจำนวน 25 ครั้ง เสร็จแล้วเอียงกลับมาอีกด้านที่ติดพื้นตอนแรกนั้นยก ลอยขึ้นมา 50 มม. บ้างและปล่อยให้ตกกระทบพื้นอีก 25 ครั้งเช่นเดียวกัน ทำเช่นนี้ทั้ง 3 ชั้นจึงปาดผิวหน้ามวลรวมให้เรียบ ไม่ให้ปูดหรือบวมแล้วนำไปชั่ง

2.2.2 เมื่อได้น้ำหนักที่แท้จริงของมวลรวมแล้ว คูณด้วยแฟกเตอร์ที่หาได้ในข้อ 3 ของข้อ ก) ก็จะได้หน่วยน้ำหนักของมวลรวมเมื่ออัดตัวกันแน่นชนิดเดียวกัน

### 3. การหาค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวม

3.1 แฟกเตอร์หรือความจุภาชนะหาได้จากสมการ

$$V = \frac{W_w}{R_w}$$

(ผ.ข.11)

โดยที่

$V$  = ความจุของภาชนะ , ลบ.ม.

$W_w$  = น้ำหนักของน้ำในภาชนะ , กก.

$R_w$  = หน่วยน้ำหนักของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน , กก./ลบ.ม.

3.2 หน่วยน้ำหนักของมวลหาได้จากสมการ

$$R_A = \frac{W_A}{V_A}$$

โดยที่

$R_A$  = หน่วยน้ำหนักของมวลรวม , กก./ลบ.ม.

$W_A$  = น้ำหนักของมวลรวม , กก.

$V_A$  = ปริมาตรของมวลรวม , ลบ.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ข.6**  
**การทดสอบหาปริมาณความชื้นในมวลรวม**  
**(Test for Total Moisture Content of Aggregate by Drying)**  
**A S T M : C566 -67**

**วัตถุประสงค์**

เพื่อทดสอบหาอัตราความชื้นทั้งหมดที่มีอยู่ในมวลรวม โดยการทำให้มวลรวมแห้งด้วยการเผาซึ่งจะทำให้ได้น้ำหนักที่แท้จริงของมวลรวมสำหรับช่วงผสม

**วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง**

1. มวลรวมใช้ปริมาณ 4-6 กก. สำหรับมวลรวมหยาบ และประมาณ 0.5 กก. สำหรับมวลรวมละเอียด
2. ตาชั่ง ที่วัดละเอียดถึง 0.1%
3. เตาเผา
4. ภาชนะบรรจุตัวอย่าง
5. แท่งเหล็กสำหรับคนมวลรวม

**ขั้นตอนการทดลอง**

1. ชั่งน้ำหนักที่แท้จริงของมวลรวมชื้นที่จะนำมาทดสอบ แล้วเทลงในภาชนะบรรจุนำไปใส่หรือวางบนเตาเผาที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้สม่ำเสมอ ใช้แท่งเหล็กคนมวลรวมเปียกเป็นระยะๆ เพื่อให้มวลรวมทุกก้อนได้รับความร้อนทั่วถึงกัน
2. เมื่อมวลรวมแห้งสนิทแล้ว นำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง
3. ปริมาณความชื้นที่อยู่ในมวลรวมจะหาได้จากสูตร

$$P = \frac{100(W - D)}{D} \quad (\text{ผ.ข.13})$$

โดยที่

$P$  = ปริมาณความชื้น , %

$W$  = น้ำหนักมวลรวมก่อนเผา

$D$  = น้ำหนักมวลรวมแห้งหลังเผา

ส่วนปริมาณความชื้นที่ผิวของมวลรวมจะหาได้จากค่าความแตกต่างระหว่างปริมาณความชื้นรวมกับอัตราการดูดซึ่มของมวลรวมนั่นเอง

ตารางที่ ผ.ข.4 แสดงค่าใกล้เคียงของปริมาณความชื้นที่ผิวของมวลรวม

สภาพของมวลรวม	ปริมาณความชื้น , %
กรวดหรือหินอ่อนชื้น	1.5-2
ทรายเปียกมาก	5-8
ทรายเปียกธรรมดา	2-4
ทรายชื้น	0.5-2

## ภาคผนวก ข.7

### การทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด

( Test for Slump of Fresh Concreat)

A S T M : C143 -78

#### วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตนั้น หากมากหรือน้อยเกินไป ก็จะเป็นสาเหตุให้คอนกรีตเสียกำลังเมื่อแข็งตัวเต็มที่ คอนกรีตที่มีปริมาณน้ำผสมมากก็มีการยุบตัวค่อนข้างสูง วิธีนี้สามารถทดสอบ ได้ทั้งห้องปฏิบัติการและในสนาม

#### วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ

1. คอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ๆด้วยอัตรา ซีเมนต์:ทราย:หิน ต่างๆกันตามต้องการ
2. แบบทดสอบมาตรฐานที่ทำด้วย โลหะ ซึ่งซีเมนต์ไม่ยึดเกาะผิว ลักษณะเป็นแบบรูปกรวยกลม ปลายเปิดทั้งสองด้าน โดยปลายส่วนที่เป็นฐานสำหรับงานสัมผัสพื้นจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 203 มม.(8 “) และรูปกรวยจะสอบเล็กลงจนเหลือเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. แบบดังกล่าวต้องมี ความสูง 305 มม. (12”) แผ่นโลหะที่นำมาทำเป็นแบบดังกล่าวต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 1.61 มม. (0.06”) และมีที่สำหรับเท้าเหยียบและมือจับอยู่ตรงข้ามกันทั้งสองด้าน
3. เหล็กกระทุ้ง เป็นแท่งเหล็กกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. (5/8”) และมีความยาวประมาณ 600 มม. ปลายด้านกระทุ้งจะเป็นมน โคนครึ่งวงกลม
4. เกรียงเหล็ก
5. ไม้บรรทัดเหล็ก

#### ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมพื้นสำหรับวางกรวยควรเป็นพื้นที่แข็ง ราบเรียบและไม่ดูดซึมน้ำ เมื่อวางกรวยเรียบร้อยแล้ว ใช้เท้าทั้งสองข้างเหยียบกดลงบนที่สำหรับเท้าเหยียบให้แน่น
2. นำคอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ๆเทใส่ในกรวย โดยแบ่งเทเป็น 3 ชั้น แต่ละชั้นมีปริมาณเฉลี่ยเท่าๆกันและในแต่ละชั้นให้ใช้เหล็กกระทุ้งด้วยการตั่งท่อนเหล็กให้ตรงขณะกระทุ้งบริเวณรอบศูนย์กลางกรวย และเอียงเหล็กตามขอบกรวยเมื่อกระทุ้งแถวขอบกรวย การกระทุ้งชั้นบนสุดให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
หน้า 16  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พยายามเดินคอนกรีตให้เต็มแบบตลอดเวลาที่กระทุ้ง เสร็จแล้วปาดผิวให้เรียบ

3. ค่อยๆยกกรวยขึ้นในแนวตั้งด้วยความเร็วสม่ำเสมอ อย่าให้กรวยเอียงหรือก่อให้เกิดการบิดใดๆ ในคอนกรีตเป็นอันขาด ยกกรวยให้พ้นภายใน 5-10 วินาที และเวลาตั้งแต่เริ่มเทคอนกรีตลงในกรวยจนถึงขั้นสุดท้ายนี้ไม่ควรเกิน 2 ½ วินาที
4. ให้วัฏระยาระการขุดตัวของคอนกรีตทันที โดยนำกรวยที่ยกออกแล้วมาวางข้างๆ เอาเหล็กกระทุ้งวางพาดบนขอบกรวย ให้ปลายเหล็กยื่นเข้ามาเหนือตัวอย่างคอนกรีตที่ขุดตัว แล้วใช้ไม้บรรทัดเหล็กวัฏระยาระ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

แสดงคุณสมบัติของสื่ออุตสาหกรรมที่นำมาใช้เป็นสารเคลือบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค.1

### ข้อมูลทางเทคนิคของสีกันไฟ

#### สีกันไฟ(FIRE RESISTANT COAT)

Product description : fireguard 11 เป็นสีสูตรน้ำที่ไม่เป็นพิษ ปราศจากการบวมตัวของสีเมื่อต้องสัมผัสกับเปลวไฟหรือความร้อนและถูกออกแบบมาเพื่อปกป้องผิวของโครงสร้าง เหล็กที่ต้องสัมผัสกับเปลวไฟโดยตรง

ข้อมูลทางเทคนิค : สามารถทำให้แห้งโดยใช้การอบหรือตั้งทิ้งไว้ในอากาศ

: จุดวาบไฟมีค่ามากกว่า 55 °c

: ทนความร้อนได้ 650 °c

: การปกคลุมพื้นผิว 15 ตารางเมตร/ แกลลอน/เทียว

: ความหนาของฟิล์มสีเปียก 715-1430 microns

: ความหนาของฟิล์มสีแห้ง 500-1000 microns

: เวลาที่ใช้สำหรับปล่อยให้แห้ง 45 นาทีสำหรับการทาทับครั้งใหม่และ 2 ชั่วโมง สำหรับการนำไปใช้งาน(สำหรับฟิล์มสีแห้งหนา 500 microns)

เวลาที่ใช้สำหรับปล่อยให้แห้ง 1 ชั่วโมง 30 นาที สำหรับการทาทับครั้งใหม่และ 5 ชั่วโมงสำหรับการนำไปใช้งาน(สำหรับฟิล์มสีแห้งหนา 1000 microns)

: สำหรับการทาสีได้ฟิล์มสีต้องยังคงแข็งและเรียบ ไม่แตกล่อนหรือร้าว

วิธีการใช้ : เพื่อการใช้งานที่ดีควรเคลือบผิววัสดุที่ต้องการ 2 ชั้น โดยปล่อยเวลาแห้งตามข้อมูลทางเทคนิค การนำไปใช้ไม่จำเป็นต้องผสมน้ำหรือของเหลวใดๆ

## ภาคผนวก ค.2

### ข้อมูลทางเทคนิคของสีทนความร้อน

Product description : Heat resistant paint คือสีในสภาพเหลวที่ประกอบด้วยผงอะลูมิเนียมกระจายอยู่ในสิ่งนำสีเหมาะสำหรับเคลือบผิววัสดุที่ต้องสัมผัสกับอุณหภูมิสูงใช้เพื่อปกป้องผิวของ โครงสร้างเหล็กเนื่องจากการสัมผัสกับอุณหภูมิที่สูง

ข้อมูลทางเทคนิค : สามารถทำให้แห้งโดยการอบหรือตั้งทิ้งไว้ในอากาศ

: จุดวาบไฟมีค่ามากกว่า 35 °c

: ทนความร้อนได้ 650 °c

: การปกคลุมพื้นผิว 30 ตารางเมตร/แกลลอน/เที่ยว

: ความหนาของฟิล์มสีเปียก 40-50 ไมครอน

: ความหนาของฟิล์มสีแห้ง 20-30 ไมครอน

: เวลาที่ใช้สำหรับปล่อยให้แห้ง 2 ชั่วโมงสำหรับการทาทับครั้งใหม่และ 3 ชั่วโมงสำหรับการนำไปใช้งาน

: สำหรับการทนความร้อนได้ฟิล์มสียังคงต้องแข็งและเรียบ ไม่พอง แดกร้อนหรือร้าว

วิธีการใช้

: เพื่อการใช้งานที่ดีควรเคลือบผิววัสดุที่ต้องการ 2 ชั้น โดยปล่อยให้แห้งตามข้อมูลทางเทคนิค การนำไปใช้ไม่จำเป็นต้องผสมน้ำหรือของเหลวใดๆ

ภาคผนวก ค.3

ข้อมูลทางเทคนิคของสีสเปรย์ทนความร้อน

<p>Product description : Heat resistant spray คือสีที่เหมาะสมสำหรับเคลือบผิววัสดุที่ต้องสัมผัสกับอุณหภูมิสูง เช่น หม้อน้ำ,ท่อไอเสียเพื่อปกป้องผิวของโครงสร้างเหล็กเนื่องจากสัมผัสกับอุณหภูมิที่สูง</p>	
ข้อมูลทางเทคนิค	<p>: สามารถทำให้แห้งโดยการอบหรือตั้งทิ้งไว้ในอากาศ</p> <p>: จุดวาบไฟมีค่ามากกว่า 42 °c</p> <p>: ทนความร้อนได้ 650 °c</p> <p>: การปกคลุมพื้นผิว 3 ตารางเมตร/กระป๋อง</p> <p>: ความหนาของฟิล์มสีเปียก 100-150 ไมครอน</p> <p>: ความหนาของฟิล์มสีแห้ง 60-120 ไมครอน</p> <p>: เวลาที่ใช้สำหรับปล่อยให้แห้ง 1 ชั่วโมงสำหรับการพ่นทับครั้งใหม่และ 3 ชั่วโมงสำหรับการนำไปใช้งาน</p> <p>: สำหรับการทนความร้อนได้ฟิล์มสียังคงต้องแข็งและเรียบ ไม่พอง แตกหรือร้าว</p>
วิธีการใช้	<p>: เพื่อการใช้งานที่ดีควรเคลือบผิววัสดุที่ต้องการ 2 ชั้น โดยปล่อยเวลาแห้งตามข้อมูลทางเทคนิคและทำการพ่นที่ระยะห่างประมาณ 1 ฟุต</p>