สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการทำอิฐประดับจากฝุ่นหินปูน

THE STUDY OF MAKING DECORATIVE BRICKS FROM LIMESTONE DUST

T033944

โดย

นายสัญชัย พนาวัฒนกุล

นายสุพัฒน์ ชีพเจริญรัตน์

นายสุวรัตต์ วัฒนปาณี

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมก่อสร้าง

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

ปพ.
ส552 ก
2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....33944
วัน, เดือน, ปี.....23 ก.ย. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2541

การศึกษาการทำอิฐประดับจากฝุ่นหินปูน

THE STUDY OF MAKING DECORATIVE BRICKS FROM LIMESTONE DUST

โดย

นายสัญชัย พนาวัฒนกุล

นายสุพัฒน์ ชีพเจริญรัตน์

นายสุวรัตต์ วัฒนปาณี

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงงานพิเศษ

.....

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาการทำอิฐประดับจากฝุ่นหินปูน
THE STUDY OF MAKING DECORATIVE BRICKS FROM LIMESTONE DUST

นักศึกษา นายสัญชัย พนาวัฒนกุล รหัส 38014547
นายสุพัฒน์ ชีพเจริญรัตน์ รหัส 38014583
นายสุวรัตต์ วัฒนปาณี รหัส 38014596

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์	.....
2. อาจารย์สุรัตน์ หวังเจริญ	.....
3. อาจารย์เกษม อมันตกุล	.....

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

.....
(ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการทำอิฐประดับจากฝุ่นหินปูน
THE STUDY OF MAKING DECORATIVE BRICKS FROM LIMESTONE DUST

โดย นายสัญชัย พนาวัฒนกุล รหัส 38014547
นายสุพัฒน์ ชีพเจริญรัตน์ รหัส 38014583
นายสุวรัตต์ วัฒนปาณี รหัส 38014596

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์

บทคัดย่อ

ฝุ่นหินปูนเป็นขยะทางการก่อสร้างที่ยากแก่การกำจัด ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศเป็นอย่างมาก ทางออกที่ดีของปัญหาคือการนำฝุ่นหินปูนกลับมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุก่อสร้างโดยการเผาฝุ่นหินปูน ทราย และดินเหนียว ณ.อุณหภูมิหนึ่ง เพื่อใช้คุณสมบัติการเชื่อมประสานของหินปูนสุก(Burnt Lime) ให้ส่วนผสมจับตัวเป็นก้อนตามรูปแบบที่จัดทำไว้ก่อนเพื่อนำไปใช้เป็นอิฐประดับหรือวัสดุทางการก่อสร้างอื่น โดยต้องมีการทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างให้ผ่านเกณฑ์ของวัสดุชนิดนั้นๆตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

จากการศึกษาพบว่า การผสมฝุ่นหินปูน ทราย และดินเหนียวที่อัตราส่วน 1:2:0.5 และ 1:2:1.5 โดยน้ำหนัก และเผาที่อุณหภูมิ 1150 องศาเซลเซียส ด้วยขั้นตอนตามที่ได้ศึกษาจะให้คุณสมบัติเป็นที่น่าพอใจในการนำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง แต่ยังต้องทำการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตและศึกษาการแตกร้าว และการรักษารูปทรงของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Limestone dust is the construction waste, which is very hard to eliminate then it become air pollution, therefore the best solution is reusing it by mixing it with sand and clay, and burning at the suitable temperature that makes the reaction of limestone dust and giving cementitious property to make the mixture be in preset shape. Finally this product, after investigated its property through the standard of construction material products, is used as the decorative bricks or other construction materials.

According to this study, the mixture of limestone dust: sand: clay at 1:2:0.5 and 1: 2: 1.5 by weight was burnt at 1,150 ^{o}C by the direction of this study, give a good pleasant property for use it as construction material but it still be improved its shape constancy between burning process.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูป	VI
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการพิเศษ	2
1.3 ลักษณะสำคัญทางเคมีและทางกายภาพของฝุ่นหินปูน	2
1.4 สมมติฐานเบื้องต้น	3
2 ความรู้ที่ใช้ประกอบการวิจัย	4
2.1 ขั้นตอนของการผลิตซีเมนต์	4
2.2 ขั้นตอนการผลิตอิฐในการก่อสร้าง	7
2.3 อิฐที่ทำจากการผสมระหว่างทรายกับปูนขาว	11
2.4 วัสดุก่อชนิดอื่นๆที่ควรทราบ	13
2.5 ขั้นตอนการทำน้ำเคลือบ	15
3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย	18
3.1 แหล่งที่มาของวัสดุ	18
3.2 ขอบเขตที่ใช้ในการทดลองโครงงานพิเศษ	19
3.3 การทำอิฐและกระเบื้องจากฝุ่นหินปูน	19
3.4 การทดสอบ	23
4 ผลการทดสอบ	38
4.1 ลักษณะทางกายภาพของอิฐตัวอย่าง	38
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของอิฐตัวอย่าง	38
4.3 ผลการทดลองทำน้ำเคลือบ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 วิเคราะห์ผลการทดสอบ	44
5.1 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของอิฐตัวอย่าง	44
5.2 วิเคราะห์คุณสมบัติทางวิศวกรรมของอิฐตัวอย่าง	44
5.3 วิเคราะห์ผลการทดลองทำน้ำเคลือบ	45
6 สรุปผลการทดลอง และปัญหา	48
6.1 สรุปผลการทดลองทำอิฐ	48
6.2 สรุปผลการทดลองทำน้ำเคลือบ	48
6.3 ปัญหาในการทดลองทำอิฐ	48
6.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลองทำน้ำเคลือบ	49
6.5 ข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัยในอนาคต	49
ภาคผนวก ก. ตารางของผลการทดสอบ	51
ภาคผนวก ข. กราฟของผลการทดสอบ	78
ภาคผนวก ค. รูปภาพประกอบ	93
ภาคผนวก ง. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐก่อสร้างสามัญ	102
กิตติกรรมประกาศ	117
เอกสารอ้างอิง	118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่าง 39
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของตัวอย่าง 40
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่าง 40
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองโมดูลัสแตกร้าวทางด้านตั้ง 41
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองโมดูลัสแตกร้าวทางด้านนอน 41
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองหาหน่วยน้ำหนักของตัวอย่างโดยการแทนที่น้ำ 42
ตารางที่ ก.1 ความละเอียดของฝุ่นหินปูน 52
ตารางที่ ก.2 ความถ่วงจำเพาะของฝุ่นหินปูน 52
ตารางที่ ก.3 กำลังรับแรงอัดของฝุ่งหินปูน 53
ตารางที่ ก.4 กำลังรับแรงดึงของฝุ่นหินปูน 56
ตารางที่ ก.5 การหาค่าความดูดซึมน้ำ 57
ตารางที่ ก.6 การหาหน่วยน้ำหนักของวัสดุโดยการแทนที่น้ำ 66
ตารางที่ ก.7 การหาค่าความดูดซึมของอิฐและกระเบื้อง 68
ตารางที่ ก.8 การทดสอบภาคตัดขวางของอิฐ 71
ตารางที่ ก.9 การเปรียบเทียบราคาในการผลิตอิฐ 75
ตารางที่ ก.10 ราคาต้นทุนเปรียบเทียบโดยคิดเป็นหน่วยบาทต่อตารางเมตร 77
ตารางที่ ง.1 ขนาดความคลาดเคลื่อนและขีดจำกัดในการทดสอบ 104
ตารางที่ ง.2 แรงอัดและการดูดซึมน้ำ 105
ตารางที่ ง.3 การชักตัวอย่างจำนวนอิฐ 106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 3.1 แหล่งกองเก็บฝุ่นหินปูน 18
รูปที่ 3.2 การเก็บฝุ่นหินปูน 18
รูปที่ 3.3 การผสมส่วนผสม 20
รูปที่ 3.4 การบรรจุส่วนผสมลงในแบบ 20
รูปที่ 3.5 ก่อนเข้าเครื่องอัด 20
รูปที่ 3.6 การอัดส่วนผสมด้วยเครื่อง UTM 21
รูปที่ 3.7 การนำอิฐหรือกระเบื้องที่ได้ ไปตากแดด 21
รูปที่ 3.8 เตาเผา 22
รูปที่ 3.9 การจัดก้อนวัสดุเข้าเตาเผา 23
รูปที่ 3.10 การทดสอบกำลังรับแรงดึง 26
รูปที่ 3.12 การทำตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงอัด 28
รูปที่ 3.13 เครื่อง UTM ที่ใช้ทดสอบกำลังอัด 30
รูปที่ 3.14 แสดงการใส่ลูกหินเล็ก ๆ ไว้ภายในหม้อบด 34
รูปที่ 3.15 แสดงวิธีการชุบ หรือจุ่มน้ำเคลือบ 36
รูปที่ 3.16 แสดงการตากแห้ง 36
รูปที่ ข.1 แผนภูมิเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของวัสดุต่างๆ 79
รูปที่ ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับระยะเวลาในการบ่มของแต่ละอัตราส่วนผสม 80
รูปที่ ข.3 ความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงดึงกับแต่ละอัตราส่วนผสม 81
รูปที่ ข.4 อัตราการดูดซึมเฉลี่ยกับแต่ละอัตราส่วนผสม 82
รูปที่ ข.5 เปรียบเทียบอัตราการซึมน้ำของวัสดุ 83
รูปที่ ข.6 อัตราการดูดซึมน้ำของกระเบื้อง 84
รูปที่ ข.7 การเปรียบเทียบค่าโมดูลัสการแตกร้าวของอิฐกับชนิดของอิฐที่วางในแนวตั้ง 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ ข.8 การเปรียบเทียบค่าโมดูลัสการแตกร้าวของอิฐกับชนิดของอิฐที่วางในแนวนอน	86
รูปที่ ข.9 การเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของอิฐกับแต่ละอัตราส่วนผสม	87
รูปที่ ข.10 เปรียบเทียบกำลังรับแรงดึง	88
รูปที่ ข.11 เปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของอิฐ	89
รูปที่ ข.12 การเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของกระเบื้องแต่ละอัตราส่วนผสม	90
รูปที่ ข.13 เปรียบเทียบราคาในการผลิตอิฐ	91
รูปที่ ข.14 ราคาต้นทุนเปรียบเทียบระหว่างอิฐจากฝุ่นหินปูนกับคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น	92
รูปที่ ค.1 ผลิตภัณฑ์ในเตาเผาหลังจากผ่านการเผาแล้ว	94
รูปที่ ค.2 อิฐที่เผาจนได้ลักษณะขึ้นมันวาว (ฝุ่นหินปูน:ทราย 1:3)	94
รูปที่ ค.3 อิฐอัตราส่วนฝุ่นหินปูน:ทราย 1:3	95
รูปที่ ค.4 การทดสอบกำลังรับแรงอัด	95
รูปที่ ค.5 แสดงแนวการพังทลายของตัวอย่างการทดสอบแรงอัดพังทลายแบบแยกออก (Splitting)	96
รูปที่ ค.6 ซ้ายมือเป็นตัวอย่างที่เผาที่อุณหภูมิต่ำกว่าความต้องการมีลักษณะการพังทลายเหมือนมอร์ต้าสองลูกด้านขวามือ	96
รูปที่ ค.7 อิฐที่เผาไม่ถึงอุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส จะมีรอยร้าวมาก	97
รูปที่ ค.8 ภาพตัดของอิฐมีลักษณะเหมือนหินทราย	97
รูปที่ ค.9 ลักษณะแนวการพังทลายของตัวอย่างทดสอบแรงดึง	98
รูปที่ ค.10 การหลุดร่อนของผิวเคลือบของอิฐดิบหลังจากชุบและปล่อยไว้ให้แห้ง	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ ค.11 ตัวอย่างกระเบื้องแตกหักเมื่อแห้งหลังจากชุบเคลือบ 99
รูปที่ ค.12 การหลุดร่อนของผิวเคลือบหลังจากการเผา 99
รูปที่ ค.13 อิฐ บ.ป.ก.ที่ถูกเคลือบและนำไปเผาแต่ดินทนความร้อนสูงไม่ได้ 100
รูปที่ ค.14 การทดลองเผาที่อุณหภูมิ 1050 องศาเซลเซียสทำได้แค่ทำให้อิฐสุกแต่ไม่เกิดการเคลือบ 100
รูปที่ ค.15 คอนกรีตประสานปูพื้นไม่มีความคงตัวเมื่อได้รับความร้อนสูงเนื่องจากความไม่คงตัวของยิปซัมที่อยู่ข้างใน 101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฝุ่นหินปูนเป็นฝุ่นที่เกิดจากการก่อสร้าง โดยปกติหินปูนที่ใช้ในการก่อสร้างที่ผิวจะมีผงฝุ่นของตัวมันเองเกาะอยู่หรือหากเกิดการเสียดสีของตัวมันเองระหว่างการขนย้ายหรือในขั้นตอนใด ๆ ในการก่อสร้างก็จะทำให้เกิดฝุ่นนี้ฟุ้งขึ้นมาก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศฝุ่นละอองที่เกิดจากการลำเลียงไปยังลานกองหินทางลูกรังหรือถนนที่กำลังก่อสร้างทางลาดยาง ฝุ่นละอองเหล่านี้ก่อให้เกิดการรบกวนและก่อความรำคาญให้แก่ราษฎรที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงและเกิดผลกระทบหลายด้าน

1.1.1 ผลกระทบจากฝุ่นละอองต่อระบบนิเวศน์

ฝุ่นหินปูนจะทำให้การเติบโตของต้นไม้ลดลง ทำให้ปากใบของพืชลดลง ทำให้ความเป็นกรดด่างของดินเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากมีปริมาณแคลเซียมจำนวนมากที่ปนเปื้อนลงไป เปลี่ยนแปลงระบบการดูดซึมของพืช

1.1.2 ผลกระทบจากฝุ่นละอองต่อสุขภาพอนามัย

โรคที่ตรวจพบว่าเกี่ยวข้องกับฝุ่นหินปูนได้แก่

(1) โรคระบบหายใจ

(2) ความผิดปกติของระบบย่อยอาหาร

(3) โรคผิวหนัง

ดังนั้นตามหน้างานใหญ่ ๆ จึงมีเครื่องดักฝุ่นเพื่อดักจับฝุ่นที่ลอยฟุ้งออกมาจากผงหินเหล่านี้ แต่ปัญหาที่ตามมา คือ การกำจัดขยะเหล่านี้ ซึ่งต้องทำการขนทิ้งในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งและต้องทำการกลบทับด้วยดินอีกชั้นหนึ่ง ทำให้ต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมากทีเดียว

ความคิดที่ตามมาเนื่องจากปัญหานี้คือ เราจะสามารถเปลี่ยนให้ขยะเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ทางใดได้บ้าง สิ่งที่น่าคิดก็คือ จะเป็นไปได้ไหมที่จะนำไปผลิตเป็นวัสดุก่อสร้างเนื่องจากตัวมันเองก็มีต้นกำเนิดมาจากหินปูน ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในวงการก่อสร้างเพราะเป็นส่วนประกอบในคอนกรีต, ซีเมนต์ และวัสดุผิวทาง เป็นต้น

เนื่องจากคุณลักษณะของหินปูนนี้เองจึงเกิดความคิดที่จะนำฝุ่นหินปูนนี้มาประกอบเป็นส่วนผสมของอิฐ หรือวัสดุก่อสร้างชนิดอื่นที่อาจจะได้เป็นผลที่ตามมา

อิฐในสมัยโบราณทำจากดินเหนียว โดยการขึ้นรูปเป็นก้อนอิฐด้วยมือ นำไปเผาให้ได้อิฐที่มีลักษณะที่ปัจจุบันเรียกว่า อิฐมอญ นิยมนำไปก่อกำแพงเพราะราคาถูก แต่ปัจจุบันเรื่องราคาไม่ใช่ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรหลักในการตัดสินใจแต่เพียงอย่างเดียว หากแต่จะมีเรื่องความสวยงามและศิลปะเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ตัวแปรนี้เองทำให้แนวความคิดเป็นรูปร่างขึ้นมาว่า ถึงแม้ว่าฝุ่นหินปูนเมื่อนำมาทำเป็นวัสดุก่ออาจจะเป็นไปได้ที่ราคาผลิตสูงกว่าอิฐก่อสร้างสามัญ หรืออิฐประดับที่ทำจากดินเหนียวทั่ว ๆ ไป แต่หากได้อิฐที่มีลักษณะเป็นอิฐประดับมีความแปลกใหม่และยังช่วยลดมลพิษของโลกด้วยแล้ว อาจจะคุ้มค่าต่อการผลิตก็เป็นได้ เพราะเมื่อหันไปมองแวดวงการก่อสร้างแล้ว วัสดุตกแต่งพื้นและผนังต่างก็แข่งขันดันด้านความสวยงามในขณะที่วัสดุชนิดใหม่ ๆ ก็มีราคาสูงขึ้นเรื่อย ๆ

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1.2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อทำการทดลองส่วนผสมและวิธีการ ที่จะทำให้ส่วนผสมที่ประกอบด้วยฝุ่นหินปูนและวัสดุชนิดอื่นสามารถจับตัวอยู่ด้วยกันเป็นก้อนได้ โดยไม่แตกแยกออกจากกันให้ได้ โดยที่ไม่ต้องใช้เทคโนโลยีที่สูงมากนัก

1.2.2 วัสดุที่ได้มาข้างต้นจะนำไปทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ว่าจะสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้างได้หรือไม่

1.2.3 ศึกษาเปรียบเทียบราคาว่าเหมาะสมที่จะผลิตวัสดุก่อสร้างชนิดนี้หรือไม่

1.3 ลักษณะสำคัญทางเคมีและทางกายภาพของฝุ่นหินปูน

จากการวิเคราะห์ทางเคมีของฝุ่นหิน ได้ข้อมูลทางเคมีของผงฝุ่นหินดังนี้

1. หมู่คาร์บอเนต (แคลเซียมคาร์บอเนต, โปตัสเซียมคาร์บอเนต) มีอยู่ถึง 97.16% โดยส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต
2. โซเดียม 2.56%
3. สังกะสี 0.06%
4. โปตัสเซียม 0.22%

อ้างอิง แหล่งข้อมูล : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หมายเหตุ การวิเคราะห์สารประกอบเป็นการวิเคราะห์คร่าว ๆ เท่านั้น

คุณสมบัติทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่1.1 ความละเอียดของฝุ่นหินปูน

ครั้งที่	น้ำหนักของฝุ่นหินปูน (กรัม)	ขนาดตะแกรง (ไมโครเมตร)	น้ำหนักของฝุ่นหินปูนที่ค้างบนตะแกรง (กรัม)	% ความละเอียด	ค่าเฉลี่ย
1	50	150	25	47.275	
2	50	150	24	49.384	48.681
3	50	150	24	49.384	

ความละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 150 ไมโครเมตร 48.681 %

ตารางที่ 1.2 ความถ่วงจำเพาะของฝุ่นหินปูน

ครั้งที่	น้ำหนักของฝุ่นหินปูน (กรัม)	ปริมาตรของฝุ่นหินปูน (ลบ.ซม.)	อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	ความถ่วงจำเพาะของฝุ่นหินปูน	หมายเหตุ
1	65	22.8	30	2.85	
2	57	20.7	29.5	2.86	

ความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.855 ได้จากการทดลองตามตารางข้างต้น

1.4 สมมติฐานเบื้องต้น

เนื่องจากสารประกอบของฝุ่นหินปูนประกอบด้วยสารหมู่แคลเซียม คาร์บอเนต เป็นส่วนใหญ่ และสารนี้เป็นสารประกอบสำคัญในการผลิตปูนขาว และซีเมนต์ โดยเฉพาะปูนขาวนั้นมีการนำไปใช้ผลิตอิฐขาวด้วย น่าจะเป็นไปได้ว่าผงชนิดนี้จะสามารถยึดผสานส่วนผสม เช่น ทราย ดินเหนียว ให้อยู่เป็นรูปทรงได้หลังจากการเผา และจะมีคุณสมบัติที่สำคัญมากพอที่จะใช้เป็นวัสดุก่อได้ โดยการทดลองจะใช้คุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุต่าง ๆ ที่จะใช้ผสม เพื่อประกอบในการพิจารณาหาวัสดุที่ต้องใช้ต่อไป

สารประกอบออกไซด์ (Oxide) ของโลหะจะช่วยในการเกิดสีที่ขึ้นเงาและใช้เป็นสารเคลือบดินเผาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ความรู้ที่ใช้ประกอบการวิจัย

หินปูนเป็นส่วนประกอบสำคัญของซีเมนต์ และวัสดุเชื่อมประสานหลายชนิด เพราะฉะนั้น ในการทำวิจัยนี้ จะต้องมีความรู้ทั่วไปหลายด้านที่เกี่ยวข้อง เช่น ความรู้ในการใช้หินปูนในซีเมนต์, การผลิตอิฐชนิดต่าง ๆ

2.1 ขั้นตอนการผลิตซีเมนต์

ซีเมนต์แบ่งออกได้เป็น 2 จำพวกใหญ่ ๆ คือ hydraulic cements และ non-hydraulic cements ชนิดแรกเป็นซีเมนต์ที่ต้องทำปฏิกิริยากับน้ำเพื่อการแข็งตัวและมีความสามารถก่อตัวและแข็งตัวในน้ำได้ ชนิดที่สองเป็นซีเมนต์ที่ไม่ต้องทำปฏิกิริยากับน้ำแต่จะใช้การทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์แทน ซีเมนต์ชนิดที่สองนั้นจะถูกเรียกว่าปูนขาว

1) ปูนขาว

ปูนขาวเป็นวัตถุดิบในการก่อสร้างมาช้านานหลายศตวรรษแล้ว โดยมีสูตรทางเคมีดังนี้

1. $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$
   (ได้จากการเผาหินปูนถึงระดับอุณหภูมิ 750-1000° C)
2. $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
   (ได้หินปูนสุกมีสภาพร่วน)
3. $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$
   (เกิดปฏิกิริยาแข็งตัวด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ หินปูนจะมีการหดตัวเลน้อยในขบวนการ)

2) ซิลิกา

ซิลิกาไดออกไซด์ (SiO_2) มักจะพบในหินธรรมชาติ, หินทราย โดยมีลักษณะเป็นผลึกควอทซ์ ซิลิกามีลักษณะพิเศษ คือ มีความคงทนและมีเสถียรภาพมีการยืดหรือหดตัวน้อยมาก ถ้าซิลิกาถูกทำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 1900° C จะได้แก้วซิลิกาหลอมเหลว

ปริมาตรของซิลิกาจะมีความคงที่มากไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนอุณหภูมิความร้อนไปเช่นไร

3) อลูมินา

มีมากในดินเหนียว คุณสมบัติที่สำคัญ คือ มันจะทำปฏิกิริยากับน้ำ เพื่อผนวกตัวมันเข้ากับหินปูน จะได้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นเจล (gel-like products)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ปูนขาวไฮโดรลิค

ส่วนผสมที่มีปูนขาว (ได้จากหินปูน), ซิลิกา เมื่อผ่านการเผาก็จะได้แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดการแข็งตัวด้วยการทำปฏิกิริยา โดยแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตมีสูตรทางเคมีดังนี้

$$3\ CaO\ .\ 2\ SiO_2\ .\ 3\ H_2O$$

5) ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์

ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์จะแข็งตัวเร็วกว่าและให้กำลังอัดที่ดีกว่าปูนขาวธรรมดา (quick lime CaO) ซีเมนต์จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

$$3\ CaO\ .\ SiO_2$$

ซีเมนต์จะต้องถูกเผาที่อุณหภูมิ 1,250 ถึง 2,100 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ $3\ CaO\ .\ SiO_2$ (ไตรคัลเซียมซิลิเกต) ให้มาก ๆ

2.1.2 สารประกอบในปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ประกอบด้วยสารประกอบที่สำคัญ 4 อย่างคือ

1. ไตรแคลเซียมซิลิเกต (tricalcium silicate) มีสูตรทางเคมีว่า $3\ CaO\ .\ SiO_2$ ซึ่งย่อคือ C_3S ซึ่งทำให้ปูนซีเมนต์สร้างกำลังได้เร็ว

2. ไดแคลเซียมซิลิเกต (dicalcium silicate) มีสูตรทางเคมีว่า $2\ CaO\ .\ SiO_2$ ซึ่งย่อคือ C_2S ซึ่งทำให้ปูนซีเมนต์สร้างกำลังได้ช้า

3. ไตรแคลเซียมอะลูมิเนต (tricalcium aluminate) มีสูตรทางเคมีว่า $3\ CaO\ .\ Al_2O_3$ ชื่อย่อคือ C_3A ซึ่งทำให้ปูนซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาเริ่มแข็งตัว และยิปซัมเป็นตัวถ่วงให้ปูนซีเมนต์แข็งตัวตามความต้องการ

4. เตตรา-แคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรต์ (tetra-calcium alumino ferrite) มีสูตรทางเคมีว่า $4\ CaOA_2O.\ Fe_2O_3$ ชื่อย่อ C_4AF

2.1.3 การผลิตปูนซีเมนต์

การผลิตปูนซีเมนต์มีทั้งแบบเผาแห้ง (semi-dry process) และแบบเผาเปียก (wet process) ซึ่งกรรมวิธีในการผลิตโดยรวม ๆ จะเหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการผลิตปูนซีเมนต์เผาแห้งมีกรรมวิธีเป็นขั้น ๆ คือ นำวัตถุดิบที่มีธาตุอะลูมินาและธาตุซิลิกา ซึ่งมีอยู่มากในดินดำ กับเหล็กซึ่งมีอยู่มากในศิลาแลง มาผสมกันตามสัดส่วน บดให้ละเอียดและนำมาตีกับน้ำจะเป็นน้ำดิน แล้วนำไปเผาในหม้อเผา (cement kiln) จนกระทั่งเกิดปฏิกิริยาทางเคมีจับกันเป็นเม็ดเล็ก ๆ ที่เรียกว่าปูนเม็ด (clinker) เมื่อนำปูนเม็ดไปบดรวมกับยิปซัมก็จะได้ปูนซีเมนต์ตามที่ต้องการ

ในการเตรียมวัตถุดิบตามวิธีนี้ จะต้องนำวัตถุดิบที่จะใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ ได้แก่ ดินขาว ดินดำ และศิลาแลงมาวิเคราะห์หาส่วนประกอบเพื่อคำนวณหามาตราส่วนที่จะใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ผสมกับวัตถุดิบดังกล่าว แล้วจึงนำไปตีรวมกันกับน้ำในบ่อเตรียมดิน ให้ละเอียดจนเป็นน้ำดิน (slurry) วัตถุประสงค์ของกรรมวิธีขั้นนี้ก็เพื่อที่จะย่อยดินขาวส่วนที่แข็งมากให้แหลกลงแล้วกรองผลิตผลที่ดีแล้วเพื่อกันเอาส่วนละเอียดไปใช้ และควบคุมปริมาณของน้ำไม่ให้มีมากเกินไป เพราะจะทำให้หมดเปลืองเชื้อเพลิง โดยเปล่าประโยชน์ ส่วนกากของดินนำไปบดให้ละเอียดใหม่ในหม้อบดดิน (tube mill) แล้วนำมากรองใหม่อีกครั้งหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ในการเตรียมวัตถุดิบดังกล่าวมาแล้วนี้ส่วนผสมของวัตถุดิบก็อาจจะคลาดเคลื่อนไปได้บ้าง เพราะความชื้นในดินตลอดจนความเปลี่ยนแปลงในส่วนผสมของดินอีกเล็กน้อย จึงต้องกวนน้ำดินที่ได้บรรจุไว้ในถัง (slurry silo) โดยวิธีอัดลมลงไปเป่าให้เดือดพล่านเป็นเวลา 1 คืน แล้วจึงนำมาวิเคราะห์ทางเคมีเป็นครั้งที่สอง ถ้าจำเป็นก็จะได้จัดการผสมน้ำดินนี้ให้ถูกส่วนตามที่ต้องการต่อไป แล้วสูบน้ำดินนี้ไปลงถังพัก (slurry agit tank) ซึ่งมีพายและลมสำหรับกวนและเป่าน้ำดิน เพื่อป้องกันไม่ให้ตกตะกอนและเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในส่วนผสมให้มากที่สุดที่จะทำได้

ขั้นต่อมาให้เตรียมดินผง โดยเอาหินปูนแห้งมาบดกับดินดำแห้งให้ละเอียดและมีส่วนผสมทางเคมีกวนเข้ากับน้ำดิน เอาน้ำดินและดินผงผสมกันแล้วมาปั้นเป็นเม็ดแบบขนมบัวลอย เม็ดดินนี้จะมีความชื้นประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ถ้าผลิตโดยกรรมวิธีเผาเปียก (wet process) น้ำดินจะต้องมีความชื้นถึง 40 เปอร์เซ็นต์ก่อนที่จะป้อนเข้าหาหม้อเผา ด้วยความชื้นต่ำของน้ำดินและโดยการเพิ่มตระกรันเผาเม็ดดินเข้าอีกชุดหนึ่งการใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงจะเป็นไปในอัตราต่ำ และมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบเผาเปียก ทำให้เชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าไปในหม้อปริมาณเดียวกันสามารถเผาปูนเม็ดได้เพิ่มขึ้นอีก 50 เปอร์เซ็นต์ หรือถ้าจะกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าวิธีเผาเปียกใช้ความร้อนประมาณ 1500 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม เมื่อใช้วิธีเผาแห้งใช้ความร้อนลดลงเหลือประมาณ 1000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม สูบน้ำดินดังกล่าวไปเผาในหม้อเผา (cement rotary kiln) ซึ่งวางนอนอยู่บนแท่นคอนกรีต และหมุนรอบตัวเองอยู่บนลูกกลิ้งประมาณนาทีละ 1 รอบ และน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในเตาจะมีอิฐทนไฟ เมื่อเตาร้อนถึง 800-1000 องศาเซลเซียส เม็ดดินละลาย คาร์บอนไดออกไซด์ออกมา เมื่อเผาถึงอุณหภูมิ 1,500 องศาเซลเซียส จะเป็นเม็ดปูน โดยฉับพลันเมื่อปูนเม็ดเย็นตัวลงก็จะนำไปบดและผสมยิปซัมลงไปด้วย

2.2 ขั้นตอนการผลิตอิฐในการก่อสร้าง

2.2.1 ชนิดของอิฐ

การแบ่งชนิดของอิฐนี้เป็นการแบ่งตามวิธีในการผลิต ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) อิฐที่ทำด้วยมือ

อิฐที่ทำด้วยมือนั้นขนาดของอิฐแต่ละแผ่นไม่เท่ากันทุกแผ่น อาจมีการคลาดเคลื่อนในขนาดได้ซึ่งอาจมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น แบบไม่เท่ากัน การอัดดินเข้าในแบบไม่แน่นการหดตัวของโคลนที่ใช้ทำอิฐไม่เท่ากันเพราะส่วนผสมไม่สม่ำเสมอ แต่ก็ยังใช้ในการก่อสร้างได้เป็นอย่างดีพอสมควรและยังเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน แหล่งที่ทำอิฐในประเทศไทยจะมีอยู่ทั่วไป เช่น เชียงใหม่ พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี

กรรมวิธีในการผลิตนั้นมีขั้นตอนดังนี้

1. การเลือกดิน ดินที่จะใช้ทำอิฐนั้นจะต้องไม่มีทรายเจือปนมากเกินไป หรือไม่เป็นดินเหนียวจนเกินไป ถ้ามีทรายมากก็จะทำให้อิฐนั้นร่อนร่วน ถ้าเป็นดินเหนียวมากเกินไปเมื่อตากแดดก็จะเกิดการแตกร้าวมาก วิธีที่ดีก็คือควรทำตัวอย่างในปริมาณที่น้อย ๆ ไว้ดูก่อน หากดินเหนียวเกินไปต้องผสมทรายหรือบางครั้งผสมแกลบซึ่งจะช่วยทำให้ดินหายเหนียวและช่วยในการเผาไหม้ของอิฐด้วย

2. การขุดดินและย่ำ ดินที่จะใช้ทำอิฐนั้นยิ่งเปียกฝนมาก ๆ ยิ่งดี บางครั้งใช้ดินโคลนที่งอกออกมาที่ริมฝั่งแม่น้ำ เมื่อนำดินขึ้นมาแล้ว เลือกเอาเศษผงและสิ่งอื่น ๆ ที่ปนอยู่ออกให้หมด แล้วนำมาย่ำให้ละเอียดและให้เข้ากันดี ใช้แกลบปนลงไปประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตร ถ้าดินแห้งเกินไปให้เติมน้ำบ้างตามสมควรที่จะทำงานได้สะดวก ขนาดให้มีความเหลวพอที่จะลงในแบบไม้ได้โดยสะดวก การผสมแกลบทำให้ข้างในของอิฐโปร่งเมื่อแกลบถูกความร้อนไหม้ไป ทำให้อิฐเบาขึ้นและเป็นฉนวนความร้อนที่ดีเมื่อนำมาก่อเป็นฝาผนัง ประโยชน์จากการผสมแกลบลงไปอีกประการหนึ่งก็คือ ป้องกันไม่ให้อิฐแตกในเวลาตากแดด และไม่ให้ติดพิมพ์แบบไม้เมื่ออัดเข้าเป็นรูปอิฐ

3. การทำให้เป็นรูปแบบที่ต้องการ แบบที่ใช้หล่อดินเป็นแผ่นอิฐนั้นเป็นไม้ 4 ด้าน มีเฉพาะด้านข้างไม่มีส่วนบนและส่วนล่าง ไม้ที่ทำแบบควรเป็นไม้ที่มีคุณลักษณะที่ดีคือ เมื่อถูกน้ำหรือความชื้นแล้วไม่บิดงอทนทาน ด้านในแบบไสเรียบ ขนาดของไม้แบบควรโตกว่าขนาดของอิฐที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ เพราะเมื่อเอาดินที่ผสมเป็นอิฐเทลงในแบบและตากให้แห้งแล้ว ขนาดของดินที่ตากแดดจะหดเล็กลง

เมื่อแบบพร้อมแล้ว วางแบบลงบนพื้นราบ จะเป็นพื้นในบริเวณที่จะตากแดดก็ได้ นำโคลนที่ผสมแล้วมาเตรียมไว้ใกล้ ๆ แบบ เอาไม้แบบชุบน้ำ (เพื่อกันลื่น) แล้ววางราบลง ตักโคลนที่ผสมเทลงไปในแบบ ใช้ไม้ตบ ๆ ให้โคลนเข้าไปอัดแน่นในแบบโดยทั่ว แล้วปาดส่วนบนให้เรียบเสมอไม้แบบ แล้วยกไม้แบบออก นำแบบไปชุบน้ำแล้วเทโคลนลงทำแผ่นใหม่ต่อไปจนได้จำนวนตามที่ต้องการ

4. การตากแดดให้แห้งสนิท เมื่อถอดแบบออกแล้วต้องทิ้งตากแดดไว้ให้แห้งสนิท การกำหนดระยะเวลาในการตากแดดนั้นขึ้นอยู่กับกาลฤดูกาลและสภาพของอากาศ ถ้าทำในหน้าแล้งอาจใช้เวลาประมาณ 3-5 วัน ในฤดูอื่น ๆ เฉลี่ยโดยทั่ว ๆ ไปประมาณ 7-8 วัน แต่ในฤดูฝนจะไม่เหมาะที่จะทำอิฐเพราะขณะตากแดดฝนอาจตกลงมา ทำให้อิฐที่ตากแดดอยู่เกิดการเสียหายได้เว้นไว้แต่จะมีวัสดุปกคลุมในเวลาที่ฝนตกลงมา

5. การถากแต่งอิฐที่จะเผาให้เรียบร้อย ดินที่อัดลงในแบบและเอาแบบออกแล้วเอาไปตากแดดจนแห้งจะเห็นว่าที่ส่วนข้าง ๆ ของก้อนจะไม่เรียบเพราะมีเนื้อดินที่อัดเข้าแบบเกินออกมา จึงต้องใช้มีดถากแต่งก้อนดินที่จะนำเข้าเตาเผาให้ได้รูปร่างที่เรียบสม่ำเสมอกันทั้งก้อน จึงพร้อมที่จะเผาได้

6. การเผาอิฐ เมื่อแท่งดินตากแดดแห้งพอที่จะเผาเป็นอิฐได้แล้ว จะนำมาวางกองเป็นแถว แถวหนึ่งกว้างเท่ากับความยาวของแผ่นดินที่จะเผาเป็นอิฐ โดยเว้นระยะเรียงระหว่างแถวไว้เท่า ๆ กัน เพื่อใส่แกลบลงไปในระหว่างแถว การเรียงขนาดกองทั้งหมดจะมีขนาดเท่าใดนั้นแล้วแต่ปริมาณของแท่งดินที่จะเผาในครั้งหนึ่ง ๆ ขนาดที่ปฏิบัติกันทั่วไปก็คือ กองกว้างประมาณ 4 เมตร ยาวประมาณ 6-7 เมตร ความสูงของกองประมาณ 1.6 เมตร ถ้าสูงเกินไปจะทำให้ไม่สะดวกที่จะเติมแกลบที่ส่วนบนของกองในขณะที่เผา ถ้ากองกว้างเกินไปก็จะทำให้การโรยเพิ่มแกลบที่ส่วนบนไม่สะดวกเช่นเดียวกัน เมื่อกองเสร็จเรียบร้อยแล้ว ที่ด้านนอกทั้ง 4 ด้าน ใช้อิฐเผาสุกแล้ว กองล้อมรอบไว้เพื่อเป็นเครื่องกันความร้อนไม่ให้กระจายออกไป ระยะช่องระหว่างแถวที่กองเว้นไว้นั้น เทแกลบลงไปให้เต็มทุก ๆ ช่อง ส่วนบนของกองโรยแกลบให้ทั่วหนาประมาณ 7-10 เซนติเมตร แล้วจุดไฟให้แกลบไหม้โดยทั่วไป แกลบจะค่อย ๆ ลามไปทั่วกอง เมื่อแกลบไหม้และยุบลงให้คอยเติมแกลบให้ได้ระดับเดิมอยู่เสมอ ให้ทำดังนี้ประมาณ 15 วันแล้วจึงปล่อยให้ไฟดับไปเองรอจนเย็นแล้วรื้อกองออกก็จะได้อิฐตามต้องการ

ขนาดของอิฐที่ผลิตด้วยมือนี้มีต่าง ๆ กันแล้วแต่ความนิยม ความสะดวกในการเผาให้สุกทั่ว ความสะดวกในการหยิบยกมาก่อเป็นฝาผนัง เป็นต้น ในสมัยอยุธยาหรือก่อนนั้นจะเห็นว่าอิฐที่ใช้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดใหญ่กว่าในปัจจุบันมาก อิฐที่นิยมเผากันในปัจจุบันนั้นขนาดกว้างประมาณ 7 เซนติเมตร ยาวประมาณ 15-15.5 เซนติเมตร หนาประมาณ 3.5-4 เซนติเมตร ขนาดอิฐที่ดีจะต้องมีความยาวเท่ากับ 2 เท่าของความกว้างบวกด้วยระยะปูนก่อ (คือ 1 เซนติเมตร) เพื่อที่เวลาก่อกำแพงหนาหนึ่งแผ่นอิฐแล้ว จะได้เสมอเป็นแนวเดียวกันทั้งกำแพง

ในภาคกลางส่วนมากการเผาอิฐที่ทำด้วยมือจะเผาด้วยแกลบ ส่วนทางภาคเหนือหลาย ๆ จังหวัดจะเผาด้วยฟืน การเผาด้วยฟืนจะก่อเตาล้อมรอบดินที่จะเผาและมีช่องใส่ฟืน

การเผาอิฐนี้นอกจากจะเผาด้วยแกลบหรือฟืนแล้ว ในบางประเทศที่มีน้ำมันอุดมสมบูรณ์ เช่น อินโดนีเซีย ใช้เผาด้วยกากน้ำมันแต่ไม่ได้เผากลางแจ้งแบบเผาด้วยแกลบ การเผาด้วยน้ำมันจะต้องก่อเตาเผาด้วยอิฐที่สุกแล้วโดยรอบและมีหลังคาคลุมอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันฝน ตัวเตาก่อด้วยอิฐเป็นอุโมงค์ยาว ภายใต้กองอิฐมีรูเพื่อนำความร้อนเข้ามา และข้าง ๆ ผนังเตายังมีท่อสำหรับทำความร้อนออกมาทั้งสองด้าน ส่วนตัวเตาน้ำมันนั้นอยู่แยกออกไปประมาณ 5 เมตร มีปล่องทำด้วยดินเผาขนาด 20 เซนติเมตร ความกว้างของโรงงานประมาณ 10 เมตร ปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการเผานั้นถ้าเผาอิฐ (ขนาด 12x26x6 เซนติเมตร) จำนวน 6000 แผ่นจะใช้น้ำมันประมาณ 900 ลิตร เมื่อผลิตออกมาแล้วมูลค่าน้ำมันที่ใช้ในการเผาจะมีค่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของราคาอิฐ อุณหภูมิที่เผาประมาณ 1000 องศาเซลเซียส

การที่จะนำดินอัดเข้าไปในแบบนั้น ถ้าหากมีเครื่องช่วยผ่อนแรงก็จะทำให้อัดดินเข้าในแบบได้แน่นยิ่งขึ้น เช่น เป็นเครื่องกลผ่อนแรงใช้คนงานเพียง 2 คน ช่วยกันอัดและเอาดินเข้าแบบและยกออก จะใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่าและเสียค่าใช้จ่ายน้อย สามารถผลิตดินเพื่อไปเผาเป็นอิฐได้ประมาณ 400 ก้อนต่อชั่วโมง ราคาประมาณเครื่องละไม่เกิน 2 หมื่นบาท

2) อิฐที่อัดด้วยเครื่อง

อิฐที่อัดด้วยเครื่องมือกล เป็นอิฐที่มีความแน่นดี กรรมวิธีผลิตดีกว่าอิฐธรรมดาที่ทำด้วยมือ เรียกในวงการก่อสร้างว่า อิฐมอญ แบบอัดของอิฐชนิดนี้เป็นแบบเหล็กทำให้อิฐมีขนาดสม่ำเสมอ แรงอัดที่ใช้อัดสม่ำเสมอทำให้มีความแน่นเสมอกันดี

วัสดุที่ใช้ในการทำอิฐชนิดนี้เป็นดินเหนียวเช่นเดียวกับดินที่ใช้ในการทำอิฐสามัญ ดินซึ่งมีคุณภาพเหมาะในการทำอิฐนี้มีอยู่ที่ภาคกลางแถบจังหวัดพระนครศรีอยุธยา อ่างทอง ซึ่งตามเส้นทางเดินรถยนต์จากอยุธยา-ป่าโมก-อ่างทอง จะเห็นโรงงานทำอิฐชนิดนี้อยู่มากมาย มีเครื่องหมายการค้าต่าง ๆ กัน เช่น บปก. ปปก. บบก. อปท. อปว. มอท. สำหรับอิฐ บปก. ผลิตที่ตำบลบางปลากด จังหวัดอ่างทอง กรรมวิธีในการผลิตมีดังต่อไปนี้

1. นำเอาดินธรรมชาติมาผสมกับน้ำทิ้งไว้ให้ละลายตัวรวมกันประมาณ 2 วัน
2. กลับดินอีกครั้งหนึ่งแล้วเอาไปผึ่งไว้อีกประมาณ 2-3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เอาขี้เถ้าแกลบมาผสมกับดินที่ผึ่งไว้แล้วย่ำและกลับให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน

4. นำดินที่ผสมและย่ำแล้วเข้าเครื่องบดและรีดออกมาเป็นเส้น โดยเครื่องรีด เส้นดินที่รีดออกมานั้น มีขนาดหน้าตัดเท่ากับขนาดของอิฐที่ต้องการ จากขนาดของเส้นดินนี้ถ้าต้องการอิฐขนาดใดก็สามารถเปลี่ยนหัวแบบได้ตามต้องการ ขณะที่เครื่องรีดดินออกมานั้น จะมีเครื่องตัดให้ขาดออกไปเป็นก้อน ๆ โดยลวดขึงตึงในโครงเหล็กซึ่งติดอยู่ที่เครื่องรีด

5. นำดินที่รีดและตัดเป็นก้อนแล้วไปผึ่งในที่ร่มซึ่งมีหลังคากันแดดกันฝนได้ โดยวางผึ่งเป็นชั้น ๆ อย่าให้ทับกัน ระยะเวลาที่ผึ่งประมาณ 3 วัน

6. นำเอาดินที่ผึ่งแล้วไปเข้าเครื่องอัดไฮดรอลิกซึ่งอัดด้วยแรงคน ใช้คนคน เดียว แบบที่อัดเป็นแบบเหล็ก แข็งแรง ขนาดสม่ำเสมอกัน แบบที่อัดนี้จะมีตราของบริษัทที่ผลิตหรือลวดลายที่ต้องการอัดลงไปด้วยในคราวเดียวกันกับการที่อัดให้ดินแน่น

7. นำเอาอิฐที่ผึ่งแล้วไปผึ่งอีกครั้งหนึ่ง ผึ่งไว้ประมาณ 7-10 วัน ในที่มีหลังคากันแดดกันฝนได้

8. นำก้อนดินที่อัดแล้วไปเรียงเข้าเตาเผา โดยเรียงให้โปร่งพอที่ความร้อนจะกระจายไปได้ทั่วระยะเวลาในการเผาประมาณ 6 วัน 6 คืน

9. ดับเตาเผาโดยไม่เติมฟืนอีกต่อไป เมื่อฟืนหมดแล้วทิ้งไว้ให้ระอุและเย็นอีก 4-5 วัน

10. ลำเลียงอิฐออกจากเตา นำไปเข้าโกดังเก็บไว้เพื่อรอการจำหน่ายต่อไป

รายละเอียดอื่น ๆ ที่ควรทราบในการเผาอิฐ คือ

1. อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาประมาณ 900-1000 องศาเซสเซียส

2. ค่าใช้จ่ายในการทำอิฐเมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าวัสดุและเชื้อเพลิง (ฟืน) แล้วมีอัตราส่วนดังนี้ ดิน 30 เปอร์เซ็นต์และฟืน 70 เปอร์เซ็นต์

3. เชื้อเพลิงที่ใช้คือ ฟืนไม้เนื้อแข็ง

4. การเผา 1 ครั้ง เตาสามารถบรรจุอิฐได้ประมาณ 30000 ก้อน เผาแล้วมีอิฐเสียประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์

5. ฟืนที่ใช้เผานั้นต้องมีคนงานผลัดกันเติมเป็นกะ กะละ 8 ชั่วโมงตลอดระยะเวลาที่เผา 6 วัน 6 คืน ฟืนที่บรรจุรถเข็น 2 ล้อ 1 คัน รถจะจุประมาณ 1 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร เผาได้ประมาณ 20 นาที

6. ราคาค่าก่อสร้างเตา ประมาณ 100000 บาท (ปี พ.ศ. 2526)

7. ขนาดอิฐ บปก. มาตรฐานสำหรับก่อสร้างทั่วไป ผลิตจากเครื่องออกมา มิติเป็นนิ้ว ขนาดยาว 9 นิ้ว กว้าง 4 นิ้ว หนา 3 นิ้ว นอกจากนี้มีขนาดอื่น ๆ อีกตามเอกสารของโรงงานผู้ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. รถสิบล้อ (ปริมาตรประมาณ 10 ลูกบาศก์เมตร สามารถบรรทุกอิฐได้ประมาณ 4800-5000 ก้อน)

9. น้ำหนักอิฐ บปก. ขนาด 9x4x3 นิ้ว ก้อนละ 0.25 กิโลกรัม

10. ระยะเวลาผลิตตั้งแต่ย่ำดินจนออกมาเป็นอิฐประมาณ 30 วัน

2.2.2 ลักษณะของเตาและการเผา

ลักษณะของเตาและการเผาจะเป็นรูปทรงกลมเรียวจากส่วนล่างขึ้นไปส่วนยอด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเตาภายในประมาณ 5 เมตร เตาแบบนี้เรียกว่า เตาทรงเจดีย์ ความหนาของผนังเตาประมาณ 1-1.5 เมตร ผนังด้านในก่อด้วยอิฐทนไฟ ผนังภายนอกก่อบังอีกครั้งด้วยอิฐซึ่งโรงงานเผาขึ้นเองเป็นขนาดพิเศษด้านบนของเตาเป็นรูกลมเพื่อระบายอากาศ ด้านข้างของเตามีปล่องระบายอากาศ 3-4 ปล่อง

เตามีประตูทางเข้า 1 ประตูสำหรับขนดินเข้าไปเรียงเพื่อทำการเผา และเป็นทางลำเลียงอิฐที่เผาสุกแล้วออกมา ที่ตรงประตูนี้เมื่อเรียงดินที่จะเผาเต็มเตาแล้ววางฟืนบนตะแกรงสำหรับวางฟืน ซึ่งเป็นตะแกรงเหล็กสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 15 มิลลิเมตร วางห่างกัน 25 มิลลิเมตร

การวางก้อนดินที่จะเผาเป็นอิฐนั้นจะต้องวางให้โปร่ง เพื่อให้มีช่องที่ความร้อนจะกระจายไปได้ทั่วเตา เมื่อใส่ฟืนเสร็จแล้วจุดไฟ เมื่อไฟเริ่มลุกติดดีแล้ว ให้ปิดประตูเตาซึ่งทำด้วยเหล็กและมีช่องดูเป็นรูเล็ก ๆ ที่บานประตู การเผานั้นจะต้องเติมฟืนทุก ๆ 20 นาทีโดยประมาณ ตลอดระยะเวลา 6 วัน 6 คืน เมื่อครบระยะเวลาดังกล่าวแล้วจึงหยุดเติมฟืนให้ไฟมอดไปเอง จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นและระอุอีกประมาณ 3-4 วันจึงลำเลียงอิฐออกมา การลำเลียงอิฐออกจากเตาหรือการเอาดินเข้าไปเรียงในเตานั้นใช้สายพานลำเลียงเข้าช่วย

2.3 อิฐที่ทำจากการผสมระหว่างทรายกับปูนขาว

อิฐชนิดนี้เป็นอิฐที่ทำมาจากทรายซิลิกาผสมกับปูนขาวและน้ำ โดยนำไปเข้าเครื่องอัดและอบด้วยไอน้ำ การอบไอน้ำของทรายซึ่งรวมตัวกับปูนขาวแล้วทำให้เกิดไฮเดรตแคลเซียมซิลิเกต ซึ่งเป็นสารที่ทำให้การยึดตัวระหว่างทรายกับปูนขาวมีความเหนียวแน่น แข็งแรง ทนทาน ทำให้เชื่อมเม็ดทรายที่ทำอิฐเข้าด้วยกันเป็นเนื้อเดียว อิฐชนิดนี้มีข้อดีคือ นอกจากจะมีความแข็งแรงดีแล้ว สียังมีความน่าดู ขาวสะอาดสะท้อนความร้อนและสะท้อนแสงได้ดี สามารถก่อกำแพงได้โดยไม่ต้องฉาบปูน ซึ่งเป็นการประหยัดอีกทางหนึ่งด้วย

กรรมวิธีในการผลิตชนิดนี้ แวน เดอเบิค ได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์ไว้ในอังกฤษในปี พ.ศ.2309 ต่อมา ดับเบิลยู. มิชาลิส ได้ปรับปรุงแก้ไขวิธีการและได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์ใหม่ในเยอรมัน เมื่อปี พ.ศ. 2323 อิฐชนิดนี้ได้ผลิตออกเป็นสินค้าครั้งแรกในเยอรมันเมื่อปี พ.ศ. 2441 หลังจากนั้นก็ได้แพร่หลายเป็นที่นิยมในการก่อสร้างอย่างรวดเร็ว จากสถิติปรากฏว่า ในปี พ.ศ. 2471 ได้มีการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิฐชนิดนี้ถึง 1000 ล้านก้อน ขณะที่ในสวิตเซอร์แลนด์ผลิตปีละ 100 ล้านก้อน ปี พ.ศ. 2479 ฮอลันดาผลิตประมาณ 600 ล้านก้อน ในสหรัฐอเมริกาโรงงานผลิตได้ตั้งขึ้นในครั้งแรกในปี พ.ศ. 2446 ซึ่งหลังจากนั้นก็ได้ขยายตัวออกไปอย่างรวดเร็วในปี พ.ศ. 2470 ผลิตถึง 320 ล้านก้อน

2.3.1 วัสดุที่ใช้

วัสดุที่ใช้ในการผลิตอิฐนี้คือ ทรายซิลิกา ปูนขาวและน้ำ นอกจากนี้อาจเติมส่วนผสมอื่น ๆ ลงไปได้อีกตามสมควรตามความประสงค์ในการใช้ ซึ่งการผสมวัตถุอื่นลงไปนั้นต้องไม่ให้เสียความแข็งแรงหรือความคงทน เช่น อาจเติมสีลงไปเพื่อให้ได้ผิวสีตามต้องการ

ทรายเป็นส่วนสำคัญของอิฐแบบนี้ซึ่งมีถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ในการทำอิฐ 1000 ก้อนจะต้องใช้ทรายประมาณ 2-3 ตัน ฉะนั้นในการเลือกที่ตั้งของโรงงานจึงควรคำนึงให้ใกล้แหล่งทรายให้มากเพื่อประหยัดค่าขนส่ง สำหรับปูนขาวนั้นใช้น้อยกว่าจึงอาจซื้อจากที่อื่นมาโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายมาก เหมือนกับการลำเลียงทรายมา ความไม่บริสุทธิ์ของทรายอาจเนื่องมาจากมีแร่ธาตุอื่นเคลือบเม็ดทรายปนอยู่ หรืออาจมีแร่ธาตุอื่นนอกจาก ซิลิกา เช่น ธาตุเกลือ อินทรีย์วัตถุอื่น ๆ

การที่มีแร่ธาตุอื่นเคลือบเม็ดทรายอยู่จะทำให้การเชื่อมตัวติดกันของเม็ดทรายเมื่ออบด้วยไอน้ำคุณภาพด้อยลง ซึ่งทำให้อิฐลดความแข็งแรงลงไป การที่มีโคลนปนอยู่จะทำให้ความทนทานของอิฐน้อยลง

แร่ธาตุอื่น ๆ ที่ปนอยู่ในทรายนอกจากซิลิกาแล้ว อาจมีเฟลด์สปาร์ ไมก้า แมกนีไทต์ ซึ่งแม้จะมีจำนวนมากนักก็ไม่ทำให้เกิดความเสียหาย แต่สีของอิฐอาจเปลี่ยนจากสีขาวไปได้เล็กน้อย

การที่มีธาตุเกลือปนอยู่ด้วยในทรายนั้นไม่ดี เพราะจะทำให้อิฐไม่ทนทานและอาจเกิดรอยด่างได้

ขนาดของเม็ดทรายเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการทำอิฐชนิดนี้ เม็ดทรายที่ใหญ่เกินขนาดและขนาดที่ไม่สม่ำเสมอกัน จะทำให้ลักษณะผิวของอิฐผิดแผกไป และเกิดปัญหาในการอัดเข้าเป็นก้อน เพราะขอบริมของก้อนอิฐอาจไม่เรียบสม่ำเสมอกัน

ปูนขาวที่ใช้ในการผลิตนั้นส่วนใหญ่มีขายอยู่ทั่ว ๆ ไป ปูนขาวเหล่านี้มักประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ กันของแคลเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียม ซิลิกา อะลูมินา แอลกาไลน์ และซิลิเกต สำหรับปูนขาวที่ใช้ในการทำอิฐชนิดนี้นั้น ใช้ในอัตราส่วนปูนขาว 130 กิโลกรัมจะต้องการทราย 1000 กิโลกรัม

2.3.2 ขั้นตอนในการผลิต

ขั้นตอนในการผลิตนั้นแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ ผสมวัสดุ การอัดเข้าแบบ และการอบให้แข็งตัว โดยนำปูนขาวชนิดธรรมดามาบดให้ละเอียดแล้วร่อนเอาส่วนที่หยาบ ๆ หรืออินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ออกทิ้ง แล้วนำปูนขาวมาผสมกับทรายตามส่วนสัดที่ต้องการ โดยเครื่องคลุกผสมโดยใช้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมตามความเหมาะสม แล้วนำส่วนผสมเข้าไปเก็บไว้ในไซโลประมาณ 24 ชั่วโมง หลังจาก 24 ชั่วโมงแล้วนำวัสดุจากไซโลมาคลุกผสมอีกครั้งหนึ่งโดยเพิ่มน้ำเข้าไปให้เหลวพอที่จะเทเข้าแบบอัดได้สะดวกแล้วส่งเข้าเครื่องอัดเป็นก้อน การส่งใช้สายพานลำเลียง เครื่องอัดมีความกด 1000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่ออัดออกมาเป็นก้อนแล้วนำใส่รถเข็นลำเลียงเข้าไปวางไว้ในเตาอบไอน้ำ

เตาอบไอน้ำตามปกติมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5-2 เมตร ยาวประมาณ 10 เมตรหรือกว่านั้นขึ้นไป รูปทรงกระบอก ทำด้วยเหล็ก มีประตูอัดแน่นเมื่อได้เรียงอิฐที่จะอบเต็มเตาแล้ว อิฐที่นำเข้าเตานั้นบรรทุกมาบนรถเข็น 4 ล้อบนรางแบบรางรถไฟ เมื่อปิดประตูเรียบร้อยแล้วเริ่มเปิดไอน้ำเข้ามาในเตาอบโดยเพิ่มความดันขึ้นทีละน้อย ๆ ภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง จนได้ความดันเต็มที่แล้ว ปล่อยไอน้ำทิ้งไว้ประมาณ 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เมื่อครบ 8 ชั่วโมงแล้วปิดวาล์ว หยุดการส่งไอน้ำเข้าไปทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเปิดเตาออก นำรถเข็นออกจากเตาไปยังโรงเก็บเพื่อจำหน่ายต่อไป

อิฐชนิดนี้มีผลิตในประเทศไทย โดยใช้ชื่อการค้าว่า อิฐขาว ซึ่งผลิตที่โรงงานในอำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ขนาดที่ผลิตออกจำหน่ายในปัจจุบัน มีขนาดดังนี้

7.5 x 11.5 x 24 เซนติเมตร ราคาที่โรงงานประมาณก้อนละ 2.90 บาท

11.5 x 11.5 x 24 เซนติเมตร ราคาที่โรงงานประมาณก้อนละ 4.20 บาท

เชื้อเพลิงใช้ซังข้าวโพด

2.4 วัสดุก่อชนิดอื่น ๆ ที่ควรทราบ

วัสดุก่อในที่นี้หมายถึง วัสดุแท่งที่ใช้ก่อกำแพงอย่างอื่นนอกจากอิฐซึ่งเป็นดินแล้วนำมาเผา วัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในการผสมวัสดุก่อ อาจเป็นทรายกับปูนซีเมนต์กับน้ำ ทรายกับหินย่อยเล็ก ๆ กับปูนซีเมนต์และน้ำ ดินกับปูนซีเมนต์และน้ำ ดินผสมน้ำ ฯลฯ การรวมตัวของส่วนต่าง ๆ ดังกล่าวเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีของปูนซีเมนต์ ซึ่งเป็นวัสดุประสานร่วมกับแรงอัดอย่างเดียว วัสดุก่อที่ใช้กันในวงการก่อสร้างที่ทราบกันทั่ว ๆ ไปมีหลายชนิดด้วยกันแล้วแต่วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นนั้น ๆ

2.4.1 ดินซีเมนต์บล็อก

ดินซีเมนต์บล็อกทำมาจากการผสมดินลูกรังหรือศิลาแลงหรือหินชนวนผุกับปูนซีเมนต์และน้ำให้เข้ากันตามส่วนแล้วนำเข้าอัดในเครื่องอัด สามารถทำขนาดได้ตามความต้องการ

ดินลูกรังที่ใช้ทำนั้น เป็นดินลูกรังแดงที่มีทรายปนอยู่เกินกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ มีสนิมเหล็กปนอยู่ประมาณ 8-10 เปอร์เซ็นต์ และมีดินเหนียวปนอยู่ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ดินชนิดนี้เมื่อแห้งจะร่วนและสามารถทำให้แตกเป็นก้อนเล็ก ๆ ได้ง่าย ใช้บีบด้วยมือก็แตกตัวได้ แต่เมื่อถูกน้ำจะจับตัวกันเป็นก้อน เมื่อจับดูจะไม่เหนียวติดมือ ดินชนิดนี้มีอยู่ในหลายภูมิภาคในประเทศไทย เช่น ทางภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะวันออกเฉียงเหนือ ที่สระบุรี ลพบุรี ปราจีนบุรี ดินชนิดนี้มีสีแดงคล้ำ หรือแดงปนน้ำตาล หรือแดงแก่ เมื่อนำมาใช้จะต้องร่อนผ่านตะแกรงขนาดตา 4-5 มิลลิเมตร

หินชนวนผุก็สามารถใช้แทนดินลูกรังได้ หินชนวนผุเป็นหินชิ้นเล็ก ๆ สีเทา ไม่แข็งมาก เวลาทุบจะแตกได้ง่าย มีมากตามภูเขาในแพร่ น่าน ภูเก็ต อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย หินชนิดนี้เมื่อจะนำมาใช้จะต้องบดให้มีขนาดคละกัน และเมื่อทำเป็นบล็อกแล้วต้องแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักได้ดี แต่การดูดซึมน้ำจะมากกว่าบล็อกที่ใช้ดินลูกรังแดงเป็นส่วนผสม

ศิลาแลงสลายตัวเป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่เหมาะในการนำมาทำดินซีเมนต์ ศิลาแลงสลายตัวมีลักษณะเป็นเม็ดสีน้ำตาลค่อนข้างโต เมื่อนำมาใช้จะต้องบดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 วัสดุชนิดนี้มีปริมาณธาตุเหล็กสูงถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นเหตุให้การจับตัวของปูนซีเมนต์กับตัวเม็ดไม่ดีเท่าดินลูกรังแดง ฉะนั้นในการทำบล็อกจึงจะต้องเพิ่มส่วนของซีเมนต์ขึ้นอีกเล็กน้อยเป็น 1 : 7 คือ ใช้ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ศิลาแลง 7 ส่วน ซึ่งผิดกับวัสดุประเภทดินลูกรังแดงและหินชนวนผุซึ่งใช้อัตราส่วน 1 : 8 โดยน้ำหนักศิลาแลงสลายตัวมีมากที่จังหวัดชลบุรี ราชบุรี กาญจนบุรี กำแพงเพชร สุโขทัย ตาก ลพบุรี และลำพูน ที่ลำพูนจะเห็นได้ง่ายที่บริเวณหน้าลานวัดพระพุทธบาทตากผ้า

2.4.2 วิธีผลิต

วิธีผลิตดินซีเมนต์บล็อกนั้นจะต้องเตรียมวัสดุที่กล่าวแล้ว และน้ำ พร้อมทั้งเตรียมเครื่องอัดไว้ให้พร้อม แล้วทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำดินที่เหมาะสมดังได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นมาร่อนผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 4 ครึ่งตะแกรงมีขนาดตาโต 4 มิลลิเมตร

2. นำปูนซีเมนต์ธรรมดามาผสมกับดินตามข้อที่ 1 ในอัตราส่วน 1 : 8 โดยน้ำหนักคลุกเคล้าให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วผสมน้ำเข้าไปเล็กน้อย คลุกกลับไปมาให้ความเหลวไม่เหลวมากนัก ให้หมาดพอที่จะนำเข้าไปใส่ในเครื่องอัดได้โดยสะดวก

3. นำดินที่ผสมกับปูนซีเมนต์แล้วตามข้อที่ 2 แล้วอัดตามกรรมวิธีการใช้เครื่องอัด

4. นำก้อนดินที่อัดแล้วออกจากเครื่องอัด แล้วนำไปบ่มในที่ร่มประมาณ 10-14 วัน เพื่อให้ปูนซีเมนต์แข็งตัวประสานวัสดุต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และแข็งพอที่จะนำไปใช้ได้

2.4.3 คุณสมบัติของดิน

ดินซึ่งเหมาะที่จะทำดินซีเมนต์บล็อกนั้นควรจะมีคุณสมบัติดังนี้

1. คุณสมบัติทางเคมี มีดังนี้

ก. เฟอร์ริกออกไซด์ (ferric oxide) ประมาณ 1.5-3 เปอร์เซ็นต์

ข. อะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide) ประมาณ 8-12 เปอร์เซ็นต์

ค. ซิลิคอนไดออกไซด์ (silicon dioxide) ประมาณ 75-85 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. แคลเซียมออกไซด์ (calcium oxide) ประมาณ 1.5-3.5 เปอร์เซ็นต์

2. คุณสมบัติทางฟิสิกส์ มีดังนี้

ก. การหดตัวเมื่อแห้ง 2-8 เปอร์เซ็นต์

ข. การหดตัวเมื่อถูกไฟเผา 2.5-10 เปอร์เซ็นต์

ง. ขนาดก่อนใช้ ควรผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 4 ขนาดของเม็ดควรผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 4 (ตะแกรงขนาดตา 4 มิลลิเมตร) ก่อนจึงนำไปใช้

2.5 ขั้นตอนการทำน้ำเคลือบ

น้ำเคลือบคือสารประกอบของอลูมินา ซิลิกา และสารที่ช่วยให้ละลายในกระบวนความร้อน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือสารประกอบซิลิเกตที่ถูกหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันฉาบบนผิวผลิตภัณฑ์ มีลักษณะโปร่งใสหรือทึบตัน แข็งแกร่งสามารถทนต่อกรดและด่างได้เป็นอย่างดี

น้ำเคลือบได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่สมัยก่อนคริสตกาล อียิปต์เป็นชนชาติแรกที่ค้นพบน้ำเคลือบแถบทะเลทราย เป็นเคลือบประเภทด่างซึ่งมีส่วนผสมของโซดาแอซ ทรายและดินเมื่อนำมาผสมกันสามารถเผาให้ละลายในอุณหภูมิต่ำได้ ต่อมาชาวซีเรียและบาบิโลเนีย ได้ค้นพบเคลือบประเภทตะกั่วและสามารถทำเป็นสีต่าง ๆ ได้โดยเติมออกไซด์ต่าง ๆ ลงไป เช่น คอปเปอร์ ออกไซด์ และแมงกานิสออกไซด์

ความรู้เรื่องน้ำเคลือบได้แพร่หลายไปยังประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะประเทศจีน ในสมัยแรก ๆ จีนได้ทำเคลือบตะกั่วที่มีหลายสีคล้ายสีรุ้ง ต่อมาเมื่อจีนได้ประสบความสำเร็จในการสร้างเตาเผาที่สามารถเผาในอุณหภูมิสูง จึงมีการคิดค้นสูตรน้ำเคลือบที่เผาในอุณหภูมิสูงได้ ทั้งนี้โดยมีส่วนผสมของขี้เถ้า หินฟันม้าและดินในอัตราส่วนที่เท่า ๆ กัน นอกจากนี้จีนยังค้นพบเคลือบอื่น ๆ อีก เช่น เคลือบสลิปซึ่งมีสีน้ำตาลเข้าและเคลือบหินซึ่งมีสีขาวนวล

ปัจจุบันสีเคลือบเกิดขึ้นมากมายหลายชนิด ถ้าแบ่งตามลักษณะผิวเคลือบจะแบ่งได้ดังนี้

1. เคลือบใส คือ เคลือบที่มีลักษณะแววววาวและสะท้อนแสงสามารถมองเห็นเนื้อดินที่เคลือบได้

2. เคลือบด้าน คือ เคลือบชนิดผิวไม่เป็นมัน

3. เคลือบทึบ คือ เคลือบชนิดที่สามารถบังเนื้อดินจนมองไม่เห็น

4. เคลือบราน คือ เคลือบที่มีรอยราน การรานมีทั้งที่เป็นลักษณะตาข่าย รานใหญ่และรานเล็ก

ถ้าแบ่งน้ำเคลือบตามอุณหภูมิที่เผา อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. เคลือบอุณหภูมิสูง ใช้อุณหภูมิในการเผาระหว่าง 1230° ซ - 1370° ซ มักใช้เคลือบผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ปอร์ซเลนและโบนไชน่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เคลือบอุณหภูมิกลาง เป็นเคลือบที่ใช้อุณหภูมิในระหว่าง 792° ซ - 1,120° ซ เนื่องจากเคลือบชนิดนี้ใช้สารตะกั่วผสมจึงไม่นิยมใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอาหาร

ถ้าแบ่งน้ำเคลือบตามวัตถุดิบที่ใช้ จะแบ่งได้เป็น เคลือบตะกั่ว เคลือบเกลือ เคลือบบอแรกซ์ เคลือบขี้เถ้า เคลือบเฟลด์สปาร์

สำหรับวัตถุประสงค์ในการเคลือบนั้น เราพอจะแยกแยะได้ดังนี้ คือ

1. เพื่อป้องกันไม่ให้ของเหลวและก๊าซไหลผ่าน
2. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์แข็งแกร่ง ทนต่อการกัดกร่อนต่าง ๆ
3. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกลี้ยงเกลา สะอาด และง่ายต่อการทำความสะอาด
4. ทำให้ผลิตภัณฑ์สวยงามน่าใช้
5. ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ทนต่อการกระแทก

2.5.1 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างเผาดิบ

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาดิบเกิดขึ้นเป็นหลายระยะดังนี้

1) ระยะที่น้ำระเหย เป็นระยะที่เกิดซึ่งแทรกอยู่ในเนื้อดินพยายามแทรกตัวออกจากผิวผลิตภัณฑ์ และจะระเหยหมดที่อุณหภูมิ 120° ซ

2) ระยะการเปลี่ยนของอินทรีย์สารที่เป็นพืช ระยะนี้เป็นระยะที่ซากพืชซึ่งผสมอยู่ในดินมีการเปลี่ยนแปลง และรวมตัวกันใหม่ระยะนี้อยู่ในอุณหภูมิประมาณ 200° ซ

3) ระยะการเปลี่ยนสภาพเป็นเครื่องปั้นดินเผา คือระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพดินที่สามารถละลายตัวในน้ำได้เป็นของแข็งที่ไม่สามารถละลายตัวในน้ำได้ อุณหภูมิในระยะนี้ประมาณ 350° ซ - 450° ซ

4) ระยะการเผาไหม้ของคาร์บอนและซัลเฟอร์ ระยะนี้คือระยะที่คาร์บอนและซัลเฟอร์ที่อยู่ในดินสลายตัวที่อุณหภูมิ 700° ซ - 800° ซ

5) ระยะแกร่งตัวคือระยะที่สารประกอบในดินหลอมละลายแทรกซึมตามรูพรุนและผลิตภัณฑ์เริ่มมีการหดตัว มีความแข็งและความทึบหรือเรียกว่าความแกร่งที่อุณหภูมิ 800° ซ

2.5.2 ปฏิกิริยาระหว่างการเผาเคลือบ มีระยะต่าง ๆ ดังนี้

1. ระยะแห้งตัว คือ ระยะที่น้ำเดือดและระเหยออกจากน้ำเคลือบในระดับอุณหภูมิ 100° ซ
2. ระยะการเปลี่ยนแปลงเป็นเครื่องปั้นดินเผาและรวมตัวกันใหม่ของสารประกอบ ระยะนี้สารประกอบต่าง ๆ ในน้ำเคลือบจะมีการรวมตัวเป็นออกไซด์ เช่น สารประกอบซิลิกา โซดา และตะกั่ว อุณหภูมิในระยะนี้มีความแตกต่างกันตามคุณสมบัติของสารประกอบ
3. ระยะหลอมตัวคือระยะที่สารประกอบในน้ำเคลือบหลอมตัวกันที่อุณหภูมิ 600° ซ - 1000° ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

4. ระยะแกร่งตัวคือระยะที่ดินและน้ำเคลือบหลอมละลายเป็นตัวเดียวกันและมีความแกร่งตัวที่อุณหภูมิ 1100° ซ

5. ระยะการเย็นตัว คือ ระยะที่หลังการปิดสวิตซ์แล้วปล่อยให้เย็นตัว เวลาการเย็นตัวนี้ถ้าปล่อยให้เย็นอย่างช้า ๆ มีส่วนให้น้ำเคลือบมีความด้าน ถ้าปล่อยให้เย็นตัวเร็วอาจมีส่วนทำให้เคลือบมีความมัน

2.5.3 การเพิ่มความร้อน

เมื่อความร้อนถึงจุดหลอมเหลวของน้ำเคลือบแล้ว น้ำเคลือบจะค่อยเยิ้มละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ในขณะที่น้ำเคลือบเยิ้มตัว จะมีปฏิกิริยาเดือดคล้ายกับฟองอากาศ แล้วค่อย ๆ รวมตัวกันจะสังเกตมองเห็นได้จากช่องดูไฟ การเผาเคลือบจะต้องเผาให้ได้อุณหภูมิตามข้อกำหนดของน้ำเคลือบแต่ละชนิด มิฉะนั้นจะทำให้เกิดความเสียหาย เช่น การเผาไฟสูงเกินไป ทำให้น้ำเคลือบไหลเยิ้มมาก ทำให้ติดพื้นเตา ชั้นรอง ก้นภาชนะ ยากแก่การเอาออก ถ้าเผาอุณหภูมิไม่ถึงตามกำหนดจะทำให้สีของน้ำเคลือบไม่มันเท่าที่ควร หรือสารเคลือบบางอย่างที่นำมาผสมกันไม่ละลาย แต่มีข้อสังเกตอยู่อย่างหนึ่ง หากทิ้งภาชนะที่เคลือบเรียบร้อยแล้ว แต่อุณหภูมิไม่ถึงที่จะปรากฏคราบรอยขาว ๆ ติดอยู่ที่ภาชนะนั้น ๆ นี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ต้องระวังอย่างมากในการเผาภาชนะเครื่องปั้นดินเผา (ไฟต่ำ)

2.5.4 การปิดเตาเผา

การปิดเตาเผา คือ การเผาผลิตภัณฑ์และปรับอุณหภูมิไปจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้แล้ว เผาต่ออีกประมาณ 20 นาที จากนั้นก็หยุดการปรับอุณหภูมิ ตัดไฟฟ้าออกจากวงจรเตา เรียกว่า การปิดเตาเผา (สำหรับเตาไฟฟ้า) หลังจากการเผาเสร็จสิ้นลงแล้วควรปล่อยเตาทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 16-24 ชั่วโมง จึงค่อยเปิดเตานำเอาผลิตภัณฑ์ออกจากเตา ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำเคลือบติดบนผิวผลิตภัณฑ์แตกเป็นรอยร้าวได้

ดังนั้นในการเผาเคลือบแต่ละครั้ง ย่อมมีข้อดีและข้อเสีย ซึ่งเกิดขึ้นในการเผาผลิตภัณฑ์

เหตุผลที่เราต้องนำดินเหนียวมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มีด้วยกัน 4 ประการ คือ

1. ช่วยเพิ่มความสามารถในการขึ้นรูปของเนื้อดินปั้นให้ดีขึ้น

2. พัฒนาผลิตภัณฑ์ก่อนเผาให้มีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้การสูญเสียเนื่องจากการแตกหักของผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เผาในขณะมีการเคลื่อนย้ายลดน้อยลง

3. ช่วยทำให้น้ำดินที่ใช้ในการเทแบบมีการไหลตัวดีขึ้น

4. ดินเหนียวบางชนิดมีความสามารถช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างมวลสารในเนื้อดินปั้นในขณะทำการเผา เป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่นเป็นเนื้อเดียวกันตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
33944

บทที่ 3
ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

3.1 แหล่งที่มาของวัสดุ

1) ฝุ่นหินปูน ได้จากฝุ่นที่เครื่องดักฝุ่นดักจับได้จากการขนย้ายและการกองเก็บหินปูนในหน้างานก่อสร้างทางราดยางถนนบางนา-ตราด ของบริษัท อุบลสหธรรมขนส่ง(1983) จำกัด

รูปที่ 3.1 แหล่งกองเก็บฝุ่นหินปูน

รูปที่ 3.2 การเก็บฝุ่นหินปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผงดินเหนียว ได้มาจากโรงงานผลิตอิฐ บปก. เฮ้งมุ่ยหลี จังหวัดอ่างทอง

3) น้ำที่ใช้ในการผสม เป็นน้ำประปาเขตลาดกระบังโดยใช้โดยตรงจากก๊อกน้ำที่โรงฝึกงานภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4) ก๊าซที่ใช้ในการเผา เป็นก๊าซหุงต้มธรรมดา

3.2 ขอบเขตที่ใช้ในการทดลองโครงงานพิเศษ

1. ขอบเขตของวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

-ฝุ่นหินปูน

-ทราย

-ดินเหนียว

2. ขอบเขตของวิธีการทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

-ทดสอบการรับแรงอัด

-ทดสอบการรับแรงดึง

-ทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ

-ทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของอิฐและกระเบื้อง

-ทดสอบหาความละเอียดของฝุ่นหินปูน

-ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของฝุ่นหินปูน

-ทดสอบหาค่าโมดูลัสการแตกร้าว

(การทดสอบทั้งหมด ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM)

3.3 การทำอิฐและกระเบื้องจากฝุ่นหินปูน

3.3.1 ส่วนผสม

การทำอิฐและกระเบื้องจะใช้ส่วนผสมโดยน้ำหนัก แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

1. ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย = 1 : 2
2. ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย = 1 : 3
3. ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย ต่อ ผงดินเหนียว = 1 : 2 : 0.5
4. ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย ต่อ ผงดินเหนียว = 1 : 2 : 1.5

3.2.2) ขั้นตอนการผลิต

1. เตรียมส่วนผสมตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ของแต่ละรูปแบบ
2. เติมน้ำผสมกับส่วนผสมดังข้อ 1 คลุกเคล้าให้เข้ากันโดยให้มีปริมาณที่พอเหมาะ (หมาด ๆ) ดังรูปที่ 3.3
3. นำเข้าแบบพิมพ์หรือบล็อก ซึ่งทำด้วยเหล็กที่เตรียมไว้ ดังรูปที่ 3.4และรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 การผสมส่วนผสม

รูปที่ 3.4 การบรรจุส่วนผสมลงในแบบ

รูปที่ 3.5 ก่อนเข้าเครื่องอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากนั้นไปอัดด้วยเครื่อง UTM รูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 การอัดส่วนผสมด้วยเครื่อง UTM

5. ทำการถอดแบบ และนำอิฐหรือกระเบื้องที่ได้ ไปตากแดดไว้ประมาณ 2-3 วัน เพื่อทำให้ผิวแห้งดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 การนำอิฐหรือกระเบื้องที่ได้ ไปตากแดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำเข้าเตาเผา โดยมีเวลาและอัตราการให้ความร้อนดังนี้

ช่วงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ให้ความร้อน (ชม.)	อัตราการเผา (องศาเซลเซียส/ชั่วโมง)	หมายเหตุ
0 - 100	1	100	
100 - 200	1	100	
200 - 300	1	100	
300 - 400	1	100	
400 - 500	1	100	
500 - 600	1	100	
600 - 700	1	100	
700 - 850	1	150	
850 - 1000	1	150	
1000 - 1150	1	150	
1150	0.5	0	ความร้อนคงที่

เมื่อสุกได้ที่แล้วจึงดับไฟและทิ้งให้เย็นลงประมาณ 24 ชั่วโมง จึงเอาออกซึ่งรวมเวลาการให้ความร้อน 10 ชั่วโมง 30 นาที

รูปที่ 3.8 เตาเผา

หมายเหตุ

1. ในการทำอิฐและกระเบื้องนี้จะทำทั้ง 4 รูปแบบ ตามขั้นตอนที่กล่าวมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ก่อนนำส่วนผสมบรรจุในแบบให้ทาเคลือบผิวด้านที่สัมผัสกับส่วนผสมด้วยน้ำมันบาง ๆ เพื่อไม่ให้ติดแบบ

3. จะใช้ทรายที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 30

4. การจัดเรียงอิฐในเตาเผาต้องไม่ให้อิฐที่เรียงนั้นวางติดกันหรือสัมผัสกัน

รูปที่ 3.9 การจัดก้อนวัสดุเข้าเตาเผา

3.4 การทดสอบ

3.4.1 การทดสอบหากำลังรับแรงดึง

ก. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ฝุ่นหินปูน
2. ทรายผ่านตะแกรงเบอร์ 30
3. ผงดินเหนียว
4. น้ำ
5. ตะแกรงเบอร์ 30 ตามมาตรฐาน ASTM. Designation E11
6. ตาชั่ง
7. Briguet Gang Molds คือ แบบหล่อแท่งตัวอย่าง ภายในมีช่องสำหรับบรรจุส่วนผสมรูปโค้งรีและคอดเล็กตรงกลาง
8. กระบอกแก้วตวงน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เกรียงเหล็ก

10. ถุงมือยาง

11. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

12. เครื่องทดสอบกำลังรับแรงดึง

ข. ขั้นตอนการทดลอง

1. ส่วนผสมโดยน้ำหนัก

แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

1) ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย = 1 : 2

2) ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย = 1 : 3

3) ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย ต่อ ผงดินเหนียว = 1 : 2 : 0.5

4) ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย ต่อ ผงดินเหนียว = 1 : 2 : 1.5

2. การผสมส่วนผสม อาจผสมได้ คือ

ผสมด้วยมือ ให้คลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้าด้วยกันบนภาชนะหรือพื้นที่สะอาด ราบเรียบ และไม่ดูดซึมน้ำ เมื่อผสมกันได้ที่แล้วให้เกลี่ยรวมกันเป็นกองและทำแอ่งตรงกลาง ค่อย ๆ รินน้ำลงตรงกลางแอ่ง ให้เกรียงเหล็กตักส่วนผสมรอบนอกเข้าไปในแอ่งให้หมดภายใน 30 วินาที แล้วจึงปล่อยทิ้งให้ส่วนผสมดูดซับน้ำอีก 30 วินาที แล้วจึงใช้มือที่สวมถุงยางผสมคลุกเคล้าภายในเวลาประมาณ 90 วินาที

3. การบรรจุส่วนผสมลงในแบบ

1) ก่อนบรรจุส่วนผสมลงในแบบ ให้ทาเคลือบผิวด้านที่สัมผัสส่วนผสมด้วยน้ำมันพืชบาง ๆ เตรียมไว้ก่อนจึงค่อย ๆ อัดส่วนผสมลงไปให้เต็มโดยไม่ต้องออกแรงกดใด ๆ เตรียมไว้ก่อนจึงค่อย ๆ อัดฝุ่นหินปูนลงไปให้เต็มโดยไม่ต้องออกแรงกดใด ๆ เมื่อเต็มแล้วจึงใช้หัวแม่มือกดลงไปโดยออกแรงประมาณ 6-9 กก. จำนวน 12 ครั้งต่อช่องแบบ ส่วนผสมจะล้นขอบแบบขึ้นมาเล็กน้อย ใช้เกรียงเหล็กปาดแต่งให้เรียบเบา ๆ ด้วยแรงกดไม่เกิน 2 กก.

2) นำแผ่นโลหะที่ทำน้ำมันพืชแล้วหรือแผ่นกระจกมาปิดประกบปากแบบไว้ แล้วพลิกแบบกลับเอาด้านล่างขึ้น และอัดส่วนผสมด้วยวิธีการเดียวกับข้อ 1)

3) นำไปตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2-3 วันเพื่อให้ผิวแห้งจึงแกะแบบ (จะต้องทำให้ครบทั้ง 4 รูปแบบ)

4) นำเข้าเตาเผา โดยมีเวลาและอัตราการให้ความร้อนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ให้ความร้อน (ชม.)	อัตราการเผา (องศาเซลเซียส/ชั่วโมง)	หมายเหตุ
0 – 100	1	100	
100 - 200	1	100	
200 - 300	1	100	
300 - 400	1	100	
400 - 500	1	100	
500 - 600	1	100	
600 - 700	1	100	
700 - 850	1	150	
850 - 1000	1	150	
1000 - 1150	1	150	
1150	0.5	0	ความร้อนคงที่

เมื่อสุกได้ที่แล้วจึงดับไฟและทิ้งให้เย็นลงประมาณ 24 ชั่วโมง จึงเอาออกซึ่งรวมเวลาการให้ความร้อน 10 ชั่วโมง 30 นาที

ค. การคำนวณ

ค่ากำลังรับแรงดึง (Tensile Strength) ของส่วนผสมดังกล่าวหาได้จากสมการ

$$f_t = P/A$$

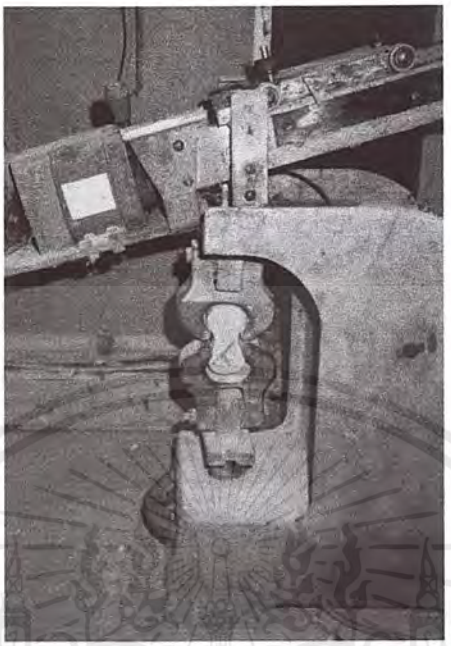
โดย

f_t = กำลังรับแรงดึงประลัย มีหน่วยเป็น กก/ตร.ซม. หรือ ปอนด์/ตร.นิ้ว

P = แรงดึง มีหน่วยเป็น กก. หรือ ปอนด์

A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง วัดที่รอยขาดตั้งฉากกับแรงดึง มีหน่วยเป็น ตร.ซม. หรือ ตร.นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การทดสอบกำลังรับแรงดึง

3.4.2 การทดสอบหาการรับกำลังอัดและการดูดซึมน้ำ

ก. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. แบบหล่อลูกบาศก์ ขนาด 5x5x5 ซม.

2. หลอดแก้วกระทุ้งหรือวัสดุอื่นที่ไม่ดูดซึมน้ำ ไม่สึกหรอเมื่อถูกเสียดสีหรือไม่เปราะหักง่าย อาทิ แท่งยางแข็ง ไม้ที่มีขนาดหน้าตัดประมาณ 13x25 มม.^{2} และมีความยาวประมาณ 120-150 มม. หน้าตัดประลัยที่ใช้กระทุ้งต้องตั้งฉากกับแกนยาวของแท่ง

3. ฝุ่นหินปูน

4. ทรายผ่านตะแกรงเบอร์ 30

5. ผงดินเหนียว

6. น้ำ

7. ตะแกรงเบอร์ 30 ตามมาตรฐาน ASTM. Designation E11

8. ตาชั่ง

9. กระบอกแก้วตวงน้ำ

10. เกรียงเหล็ก

11. ถุงมือยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

13. เครื่องทดสอบกำลังอัด UTM.

ข. ขั้นตอนการทดลอง

1. ส่วนผสมโดยน้ำหนัก

แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

1) ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย = 1 : 2

2) ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย = 1 : 3

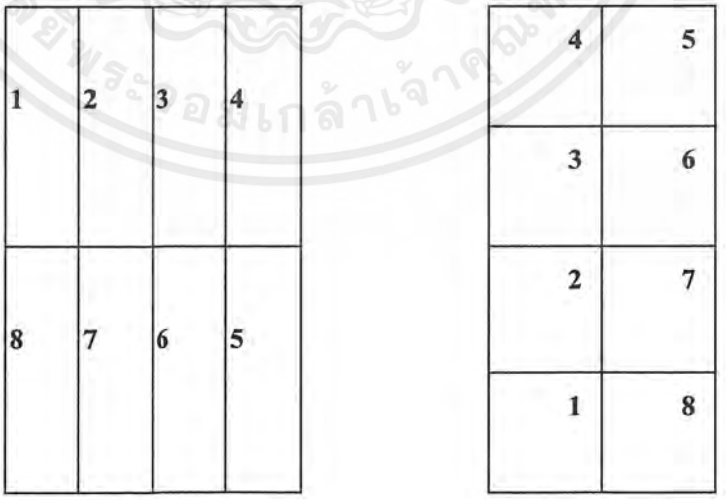
3) ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย ต่อ ผงดินเหนียว = 1 : 2 : 0.5

4) ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย ต่อ ผงดินเหนียว = 1 : 2 : 1.5

2. การผสมส่วนผสมอาจผสมได้ คือ

1) ผสมด้วยมือ ให้คลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้าด้วยกันบนภาชนะหรือพื้นที่สะอาด ราบเรียบ และไม่ดูดซึมน้ำ เมื่อผสมกันได้ที่แล้วให้เกลี่ยรวมกันเป็นกองและทำแอ่งตรงกลาง ค่อย ๆ รินน้ำด้วยปริมาณที่คำนวณหรือเปรียบเทียบได้ลงตรงกลางแอ่ง ให้เกรียงเหล็กตักส่วนผสมรอบนอกเข้าไปในแอ่งให้หมดภายใน 30 วินาที แล้วจึงปล่อยทิ้งให้ส่วนผสมดูดซับน้ำอีก 30 วินาที แล้วจึงใช้มือที่สวมถุงยางผสมคลุกเคล้าภายในเวลาประมาณ 90 วินาที

2) เมื่อได้ส่วนผสมตามที่ต้องการแล้ว และหลังจากชโลมน้ำมันในช่องแบบจนทั่วแล้ว จึงใส่ส่วนผสมลงไปประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงแบบหล่อ (1") แล้วใช้แท่งกระทุ้ง กระทุ้งให้ได้ 32 ครั้ง ภายในเวลา 10 วินาที โดยแบ่งการกระทุ้งเป็น 4 รอบดังรูปที่ 11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) จากนั้นจึงใส่ส่วนผสมลงในแบบที่เหลือจนเต็ม และกระทุ้งอีก 32 ครั้ง ภายใน 10 วินาที โดยแบ่งเป็น 4 รอบเช่นเดียวกัน เสร็จแล้วปาดผิวหน้าให้เรียบ และนำไปตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2-3 วัน เพื่อให้ผิวแห้งจึงแกะแบบ

รูปที่ 3.12 การทำตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงอัด

4) นำเข้าเตาเผา โดยมีเวลาและอัตราการให้ความร้อนดังนี้

ช่วงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ให้ความร้อน (ชม.)	อัตราการเผา (องศาเซลเซียส/ชั่วโมง)	หมายเหตุ
0 – 100	1	100	
100 - 200	1	100	
200 - 300	1	100	
300 - 400	1	100	
400 - 500	1	100	
500 - 600	1	100	
600 - 700	1	100	
700 - 850	1	150	
850 - 1000	1	150	
1000 - 1150	1	150	
1150	0.5	0	ความร้อนคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.เมื่อสุกได้ที่แล้วจึงดับไฟและทิ้งให้เย็นลงประมาณ 24 ชั่วโมง จึงเอาออกซึ่งรวมเวลาการให้ความร้อน 10 ชั่วโมง 30 นาที

7.จากนั้นทำการแบ่งก้อนตัวอย่างเป็น 3 จำพวกโดยแบ่งเป็นอย่างละ 5 ก้อน ดังนี้

จำพวกที่ 1 ไม่ต้องทำการบ่มในน้ำ

จำพวกที่ 2 บ่มในน้ำเป็นเวลา 7 วัน

จำพวกที่ 3 บ่มในน้ำเป็นเวลา 14 วัน

8. นำก้อนตัวอย่างมาบ่ม (ในการหาค่าการดูดซึมน้ำ จะต้องนำก้อนตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักทุกวันจนครบอายุการบ่มที่กำหนด บันทึกผล)

9. เมื่อครบกำหนดอายุการบ่มแล้วให้นำก่อนตัวอย่างขึ้นจากน้ำเช็ดผิวให้แห้งด้วยผ้าเปียกหมาด ๆ แล้วทำการวัดขนาดหน้าตัด ความสูง และชั่งน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละก้อน บันทึกไว้

10. นำก้อนตัวอย่างไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$ C เป็นเวลา 2 วัน เมื่อนำก้อนตัวอย่างออกจากเตาอบแล้ว ทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักแต่ละก้อน บันทึกผล เพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำจากสูตรของอัตราการดูดซึม

11. จากนั้นจึงนำมาทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ที่อายุการบ่ม ต่าง ๆ

ค. การคำนวณ

1. อัตราการดูดซึม = $(B-A)/B \times 100\%$

เมื่อ A = น้ำหนักแห้ง

B = น้ำหนักภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

2. ค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ของฝุ่นหินปูนหาได้จากสมการ

$$f_c = P/A$$

โดยที่

f_c = กำลังรับแรงอัดประลัย มีหน่วยเป็น กก/ตร.ซม. หรือ ปอนด์/ตร.นิ้ว

P = แรงอัด มีหน่วยเป็น กก. หรือ ปอนด์

A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง มีหน่วยเป็น ตร.ซม. หรือ ตร.นิ้ว

นำค่าระหว่างกำลังรับแรงอัดกับจำนวนวันในการบ่มมาวาดกราฟ เพื่อหาความสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การทดสอบหาค่าความดูดซึมน้ำ, โมดูลัสการแตกร้าวและหน่วยน้ำหนักของอิฐ

ก. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ก้อนวัสดุ โดยแบ่งออกเป็น

1.1 อิฐและกระเบื้องที่ทำจากฝุ่นหินปูนตามรูปแบบส่วนผสมโดยน้ำหนักดังนี้

1.1.1) ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย = 1 : 2

1.1.2) ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย = 1 : 3

1.1.3) ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย ต่อ ผงดินเหนียว = 1 : 2 : 0.5

1.1.4) ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย ต่อ ผงดินเหนียว = 1 : 2 : 1.5

1.2 อิฐประดับและกระเบื้องดินเผา

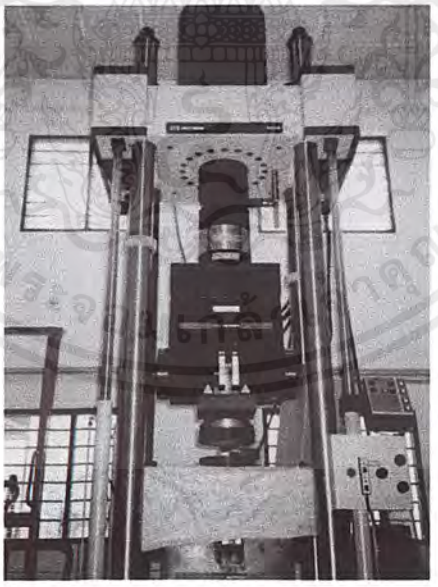
1.3 อิฐประดับและกระเบื้องดินเผาเคลือบ โดยแบ่งเป็นการเคลือบดิบและการเคลือบสุก

2.เครื่อง UTM

3.เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

4.ตาชั่ง

5.ถังน้ำ



รูปที่ 3.13 เครื่อง UTM ที่ใช้ทดสอบกำลังอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ขั้นตอนการทดลอง

1. วัดขนาดและน้ำหนักของก้อนอิฐ

2. การทดสอบภาคตัดขวาง (Transverse Test)

วางอิฐไว้บนฐานรองรับ (Support) ซึ่งมีระยะห่าง 7 ซม. กรัมให้น้ำหนักกดลงไปในอัตราสม่ำเสมอจนกระทั่งอิฐแตก ใช้อัตราไม่เกิน 1000 กก./วินาที หรืออัตราที่หัวกดไม่เกิน 0.05 นิ้ว/นาที โดยทดสอบที่ด้านหน้าของอิฐจำนวน 2 ก้อน ส่วนอีก 2 ก้อนทดสอบที่ด้านบาง

3. การทดสอบหาการดูดซึมของน้ำของก้อนวัสดุ (Absorption)

นำก้อนวัสดุ 3 ก้อนที่ได้จากการทดสอบ Transverse Test มาทำให้แห้ง และชั่งน้ำหนักไว้ และชั่งอีกครั้งเมื่อแช่ลงในน้ำ 24 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของก้อนวัสดุ การชั่งก้อนวัสดุ นั้นเมื่อนำขึ้นจากน้ำต้องเช็ดด้วยผ้าชื้นและชั่งภายใน 2 นาที

ค. การคำนวณ

1. การทดสอบตามขวาง (Transverse Test)

โมดูลัสการแตกร้าว (Modulus of Rupture) $= 3/2 \times (w \times s) / (b \times d^2)$ กก./ตร.ซม

เมื่อ w = น้ำหนักแตกหักที่กึ่งกลางช่วง (กก.)

s = ความยาวช่วง (ซม.)

b = ความกว้างอิฐ (ซม.)

d = ความลึกอิฐ (ซม.)

2. เปอร์เซ็นต์การดูดซึม $= [(w_2 - w_1) / w_1] \times 100$

เมื่อ w_1 = น้ำหนักแห้ง

w_2 = น้ำหนักภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

3. หน่วยน้ำหนัก $= w_1 / V$

เมื่อ V = ปริมาตรของก้อนวัสดุ

หมายเหตุ การหาปริมาตรของก้อนวัสดุ ทำได้โดยการแทนที่น้ำ

3.4.4การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของฝุ่นหินปูน

ก. วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. ขวดแก้วสำหรับหาความถ่วงจำเพาะของเลอซาทาเลีย (La Chatalia) เป็นขวดแก้วใส หน้าตัดเป็นรูปวงกลม ลักษณะคอขวดเป็นก้านยาวและมีกระเปาะเล็ก ๆ ก่อนจะถึงก้นขวดซึ่งเป็นกระเปาะกลมใหญ่ ความจุของขวดแก้วนี้ประมาณ 290 มล.

2. ฝุ่นหินปูน

3. อ่างควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ถ้วยตวงหรือกรวยก้านยาว
5. ลวดแยง
6. ผ้าแห้งหรือแผ่นยาง
7. ตาชั่ง
8. น้ำมันก๊าดหรือน้ำมันเบนซิน ประมาณ 500 มล.
9. นาฬิกาจับเวลา
10. เทอร์โมมิเตอร์

ข. ขั้นตอนการทดลอง

1. เช็ดขวดแก้วให้สะอาด แล้วเติมน้ำมันก๊าดหรือเบนซินลงในขวดแก้ว ให้ปริมาณอยู่ระหว่าง 250 มล. มละ 251 มล.

2. ใช้ผ้าถูน้ำมันที่ค้างอยู่ภายในช่องหลอดตีบให้หมด เสร็จแล้วนำขวดแก้วลงแช่ในน้ำที่ทราบอุณหภูมิอย่างน้อย 30 นาที จึงยกขึ้นมาอ่านระดับของน้ำมันครั้งแรก โดยให้ค่าที่อ่านได้เป็น n_1 เนื่องจากระดับของน้ำมันก๊าดไม่เรียบตรงเหมือนน้ำธรรมดาระดับผิวของน้ำมันก๊าดนั้นจะเว้าเป็นรูปโค้งหงาย ดังนั้น การอ่านค่าระดับให้วัดที่จุดต่ำสุดของส่วนโค้ง

3. ค่อย ๆ เติมฝุ่นหินปูนที่จัดเตรียมไว้ทีละน้อยลงในขวดแก้ว มีข้อควรระวัง คือ อย่างให้ฝุ่นหินปูนหกและให้มีสารอื่นเจือปน ถึงตอนนี้ระดับของน้ำมันก๊าดหรือเบนซินจะสูงขึ้นมาถึงคอขวดส่วนบน เมื่อเรียบร้อยแล้วให้กลิ้งขวดแก้วไปมาเพื่อไล่ฟองอากาศ การกลิ้งควรใช้ผ้าหรือแผ่นยางนุ่ม ๆ รองรับ และข้อสำคัญคือ ควรปิดจุกขวดแก้วเสียก่อนเพื่อป้องกันการกระฉอกของน้ำมัน

หมายเหตุ ก่อนถึงขั้นตอนนี้ หากเกรงว่าฝุ่นหินปูนจะขาดไปจากที่ได้เตรียมไว้ ให้นำขวดแก้วที่เติมน้ำมันก๊าดแล้วไปชั่งบันทึกน้ำหนักเสียก่อน และเมื่อเติมฝุ่นหินปูนแล้วจึงนำไปชั่งอีกครั้ง จะได้น้ำหนักที่แท้จริงของฝุ่นหินปูนในขวดแก้ว

4. จากนั้นนำไปแช่น้ำในที่ทราบอุณหภูมิ นานประมาณ 30 นาที ก่อนยกขวดแก้วขึ้นให้ทำการตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำเสียก่อนว่า แตกต่างจากการวัดครั้งแรกเกิน 0.2° C หรือไม่หากเกินจะต้องรอจนกว่าอุณหภูมิจะลดหรือเพิ่มให้อยู่ภายในขอบเขตที่กล่าวแล้ว จึงจะยกขวดแก้วขึ้นมาได้ และอ่านระดับของน้ำมันก๊าดอีกครั้งหนึ่ง โดยให้เป็นค่า n_2

5. ค่าความถ่วงจำเพาะของฝุ่นหินปูนจะได้จากค่าเฉลี่ยของการทดลองดังกล่าวสองครั้ง ค่าที่ได้จะต้องไม่ต่างกันเกิน 0.01 โดยการแทนค่าเพื่อหาความถ่วงจำเพาะจากสมการต่อไปนี้

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักฝุ่นหินปูนที่แท้จริงในขวดแก้ว}}{\text{ปริมาตรน้ำมันก๊าดส่วนที่เพิ่ม } (n_2 - n_1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 การทดสอบความละเอียดของฝุ่นหินปูน

ก. วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. ฝุ่นหินปูน ประมาณ 50 กรัม
2. ตะแกรงขนาด 150ไมโครเมตร
3. ตาชั่ง

ข. ขั้นตอนการทดสอบโดยใช้ตะแกรงขนาด 150 ไมโครเมตร

1. ชั่งฝุ่นหินปูนจะทดลองจำนวน 50 กรัม และค่อย ๆ เทลงบนตะแกรงขนาด 150 ไมโครเมตร ที่แห้งและสะอาดพร้อมถาดรองอยู่ด้านใต้
2. ขยับข้อมือช้า ๆ ไปทางซ้ายและขวา เพื่อให้ฝุ่นหินปูนส่วนที่ละเอียดผ่านลงไปบนถาด ขยับเช่นนี้ประมาณ 3-4 นาที นำส่วนที่ค้างบนตะแกรงไปชั่งหาน้ำหนัก
3. ความละเอียดของตัวอย่างฝุ่นหินปูนจะหามาเป็นเปอร์เซ็นต์โดยตรง จากสูตร

$$R_C = R_S (100 + C)$$

และ

$$F = 100 - R_C$$

เมื่อ F = ความละเอียดของฝุ่นหินปูนซึ่งผ่านตะแกรง 150 ไมโครเมตร โดยคิดเป็นอัตราร้อยละ

R_C = ส่วนค้างของฝุ่นหินปูนบนตะแกรง คิดเป็นร้อยละ

R_S = ส่วนของฝุ่นหินปูนบนตะแกรง คิดเป็นน้ำหนักกรัมต่อตัวอย่างหนึ่งกรัม

= น้ำหนักฝุ่นหินปูนที่ค้าง/น้ำหนักฝุ่นหินปูนที่ใช้ทดลอง

C = ตัวประกอบสำหรับปรับความคลาดเคลื่อนของตะแกรงคิดเป็นร้อยละ

= + 5.45 สำหรับตะแกรงขนาด 150 ไมโครเมตร

3.4.6 การทดสอบน้ำเคลือบจากฝุ่นหินปูน

1. การทำน้ำเคลือบจากฝุ่นหินปูน

ก. วัสดุและอุปกรณ์

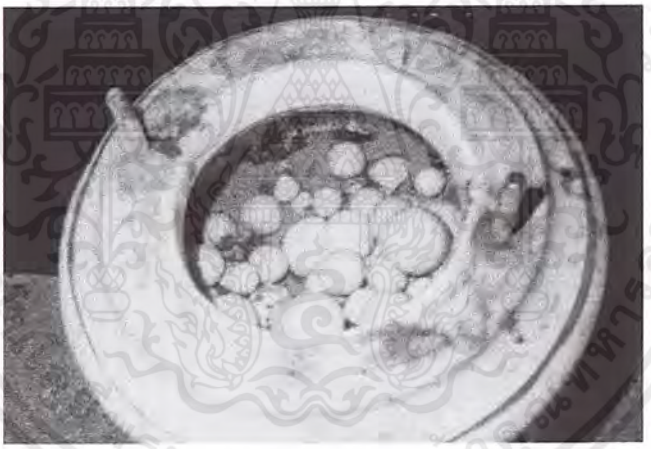
1. ฝุ่นหินปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผงดินเหนียว
3. น้ำ
4. หม้อบด
5. ตาชั่ง
6. ถุงมือยาง

ข. ขั้นตอนการทำน้ำเคลือบ

1. การเตรียมส่วนผสม ทำดังนี้
   - ฝุ่นหินปูน 90% โดยน้ำหนัก
   - ผงดินเหนียว 10% โดยน้ำหนัก
2. นำหม้อบดน้ำเปิดฝาหม้อบดน้ำเคลือบออก ใส่ส่วนผสมที่ชั่งเรียบร้อยลงในหม้อบด ใส่น้ำสะอาดพอประมาณเพื่อเป็นตัวช่วยให้ส่วนผสมที่ใส่ลงในหม้อน้ำเคลือบละลายเร็วเข้า
3. ใส่ลูกหินเล็ก ๆ ไว้ภายในหม้อบด เพื่อเป็นตัวช่วยให้น้ำเคลือบละเอียดเร็วขึ้น



รูปที่ 3.14 แสดงการใส่ลูกหินเล็ก ๆ ไว้ภายในหม้อบด

4. ปิดฝาหม้อบดน้ำเคลือบฝายางรัดด้วยลวดบนฝายางอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันน้ำเคลือบซึ่งบรรจุอยู่ภายในหกออกมาเวลาบด แล้วขันน็อตทั้ง 2 ตัวให้แน่น
5. นำหม้อบดน้ำเคลือบตั้งบนเครื่องหมุนด้วยไฟฟ้า เพื่อช่วยให้หม้อน้ำเคลือบหมุนตลอดเวลา การหมุนของเครื่องนี้เป็นการช่วยบดน้ำเคลือบให้ละเอียดไปในตัว เวลาบดน้ำเคลือบนี้ใช้เวลาบดประมาณ 2-3 ชั่วโมง แต่อาจจะเร็วกว่านี้ก็ได้ ถ้าน้ำเคลือบนั้นละเอียดก่อนปิดเครื่องยกหม้อน้ำเคลือบลง
6. เปิดฝาน้ำเคลือบออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เทน้ำเคลือบที่ละเอียดลงในกระป๋องที่ใช้บรรจุน้ำเคลือบ แต่มีข้อระวังอยู่อย่างหนึ่ง คือ ก่อนจะนำน้ำน้ำเคลือบไปใช้ทุกครั้งต้องคนน้ำเคลือบไปใช้ทุกครั้งต้องคนน้ำเคลือบก่อนเพื่อไม่ให้น้ำเคลือบตกตะกอน

หมายเหตุ หากน้ำเคลือบข้นเกินไป อาจเติมน้ำเพิ่มเข้าไปอีกแล้วทำตามขั้นตอนที่ 5 ซ้ำอีกรอบ

ค. การทดสอบ

1. นำน้ำเคลือบที่ได้ไปทำการชุบเคลือบ ซึ่งจะมีอยู่ด้วยกัน 4 วิธี คือ

1) วิธีทาด้วยแปรง ใช้แปรงขนนุ่ม ๆ จุ่มน้ำเคลือบทาที่ผิวภาชนะดินเผา เวลาทาไม่ควรทาขึ้นลง เพราะจะทำให้ผิวผลิตภัณฑ์ หรือภาชนะนั้นไม่เรียบในเวลาเผาออกมาแล้ว ดังนั้นข้อควรระวังในการทาน้ำเคลือบแบบนี้จึงจำเป็นต้องทาน้ำเคลือบไปทางเดียวกัน การใช้แปรงทานี้เหมาะกับชิ้นงานที่ไม่ใหญ่นัก

2) วิธีการชุบ หรือจุ่มน้ำเคลือบ วิธีนี้เหมาะสำหรับน้ำเคลือบที่มีปริมาณมาก ๆ และภาชนะที่จะเคลือบนั้นไม่ใหญ่จนเกินไป การจุ่มเคลือบหรือการชุบนั้นจะทำให้การเคลือบนั้นเรียบ เวลาผ่านออกมาแล้วสีเคลือบจะเสมอกัน แต่อย่าลืมว่าก่อนเคลือบต้องปัดฝุ่นออกจากผิวภาชนะเสียก่อน แล้วใช้ฟองน้ำชุบน้ำเช็ดผิวภาชนะเสียก่อน เพื่อกันไม่ให้เกิดรูเข็มเมื่อเวลาเผาเคลือบออกมาแล้ว

3) วิธีการเทราด เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เหมาะสำหรับการเคลือบจำนวนน้อย ๆ และเป็นสิ่งของที่ไม่ใหญ่จนเกินไป วิธีเทราดนั้นให้นำเอาภาชนะนั้นไปวางไว้บนไม้รองซึ่งวางอยู่บนภาชนะที่รองรับน้ำเคลือบอีกทีหนึ่ง หลังจากนั้นจึงนำเอาน้ำเคลือบเทราดรอบ ๆ ภาชนะนั้นให้ทั่ว การเทราดนั้นสามารถจะเทราดได้หลายสี โดยเทราดให้แต่ละสีทับกันก็ได้ ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีความสวยงามมากขึ้น

4) วิธีการพ่น วิธีนี้นับว่าได้ผลดีมาก เนื่องจากการพ่นจะทำให้สีเคลือบเกิดความสม่ำเสมอกันเมื่อเวลาเผาเคลือบออกมาแล้ว เหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่และผลิตภัณฑ์จำนวนมาก

น้ำเคลือบที่ใช้พ่นควรให้มีสีค่อนข้างใสเพื่อสะดวกในการพ่น การพ่นควรพ่นในตู้พ่นเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำเคลือบที่พ่นนั้นฟุ้งเพราะจะเกิดอันตรายกับผู้ปฏิบัติงาน

การพ่นนั้นนิยมกับผลิตภัณฑ์ที่เคลือบไฟสูงอย่างเช่น เครื่องสุขภัณฑ์ เช่น อ่างล้างหน้า อ่างน้ำและโถส้วม ฯลฯ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 แสดงวิธีการชุบ หรือจุ่มน้ำเคลือบ

2. ตากไว้ให้แห้งในอากาศประมาณ 1 วัน

รูปที่ 3.16 แสดงการตากแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำเข้าเตาเผา โดยมีเวลาและอัตราการให้ความร้อนดังนี้

ช่วงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ให้ความร้อน (ชม.)	อัตราการเผา (องศาเซลเซียส/ชั่วโมง)	หมายเหตุ
0 - 100	1	100	
100 - 200	1	100	
200 - 300	1	100	
300 - 400	1	100	
400 - 500	1	100	
500 - 600	1	100	
600 - 700	1	100	
700 - 850	1	150	
850 - 1000	1	150	
1000 - 1150	1	150	
1150	0.5	0	ความร้อนคงที่

เมื่อสุกได้ที่แล้วจึงดับไฟและทิ้งให้เย็นลงประมาณ 24 ชั่วโมง จึงเอาออกซึ่งรวมเวลาการให้ความร้อน 10 ชั่วโมง 30 นาที

หมายเหตุ สิ่งที่ใช้เคลือบ คือ อิฐบปก., อิฐประดับ, กระเบื้องและคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ยี่ห้อ CPAC) โดยแบ่งเป็นการเคลือบดิบและการเคลือบสุก

3.5.4 การทดสอบหาการดูดซึมน้ำ

1. หลังจากก้อนวัสดุออกจากเตาเผา นำมาชั่งน้ำหนัก (w_1) แล้ว บันทึกผล
2. นำก้อนวัสดุแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. เมื่อครบ 24 ชั่วโมง แล้วนำก้อนวัสดุขึ้นจากน้ำ เช็ดด้วยผ้าเปียกหมาด ๆ แล้วชั่งน้ำหนัก (w_2) เพื่อหาค่าความดูดซึมน้ำ

ง. การคำนวณ

เปอร์เซ็นต์การดูดซึม $= [(w_2 - w_1) / w_1] \times 100$

เมื่อ w_1 = น้ำหนักแห้ง

w_2 = น้ำหนักภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดสอบ

ผลการทดลองทำอิฐ

4.1 ลักษณะทางกายภาพของอิฐตัวอย่าง

1) ก้อนตัวอย่างหลังจากนำออกมาจากเตาเผา ตัวอย่างที่มีส่วนผสมของดินเหนียวอยู่ด้วยจะมีลักษณะขึ้นมันวาวโดยอัตราส่วนฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว เท่ากับ 1 : 2 : 0.5 โดยน้ำหนักจะมีสีเหลือง-เขียว ส่วนอัตราส่วนฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว เท่ากับ 1 : 2 : 1.5 โดยน้ำหนักจะมีสีดำ-น้ำตาล ดังรูป และตัวอย่างในภาคผนวก ง. ส่วนใหญ่มีลักษณะบิดเบี้ยวเสียรูปทรงเหมือนวัตถุที่โดนหลอมเหลว

2) ก้อนตัวอย่างที่ไม่มีส่วนผสมของดินเหนียวอยู่ด้วย หลังจากการเผามีลักษณะหินทรายโดยไม่ขึ้นมันวาวเหมือนกับส่วนผสมที่มีดินเหนียว ตัวอย่างมีรอยแตกร้าว ผิวของตัวอย่างไม่ทนทานต่อการขีดข่วน

(*หมายเหตุ* : จากการทดลองเผาครั้งที่ 1 ก้อนตัวอย่างที่มีส่วนผสมฝุ่นหินปูน : ทราย เผาที่อุณหภูมิเดียวกันนี้ ตัวอย่างมีผิวมันวาวไม่เหมือนกับการทดลองเผาครั้งนี้)

3) อิฐที่ออกจากเตามีลักษณะเหมือนกับตัวอย่างตามแต่ละอัตราส่วน ส่วนกระเบื้องจะมีลักษณะคล้ายกันแต่ว่ามีรอยแตกร้าวน้อยกว่าอิฐ

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของอิฐตัวอย่าง

1) กำลังรับแรงอัด

จากผลการทดลองกำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างที่มีอัตราส่วนผสมต่าง ๆ จะได้ว่าอัตราส่วนผสม ฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว จะให้ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยสูงสุดเมื่อเทียบอัตราส่วนผสมที่ไม่มีดินเหนียวค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดเฉลี่ยถึง 415.9 ก.ก./ซ.ม.^{2} และ 3776.9ก.ก./ซ.ม.^{2} สำหรับอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ ฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว เท่ากับ 1 : 2 : 0.5 และ 1 : 2 : 1.5 ตามลำดับสามารถสร้างแผนภาพเปรียบเทียบได้ดังรูป ค.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่าง

ชนิดของก้อนตัวอย่าง	อายุการบ่ม (วัน)	กำลังรับแรงอัดเฉลี่ย (กก./ซม.^{2})
ฝุ่นหินปูน : ทราย = 1 : 2 โดยน้ำหนัก	0	42.806
	7	76.915
	14	175.682
ฝุ่นหินปูน : ทราย = 1 : 3 โดยน้ำหนัก	0	144.912
	7	116.693
	14	40.618
ฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว = 1:2:0.5 โดยน้ำหนัก	0	466.729
	7	384.123
	14	396.128
ฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว = 1:2:1.5 โดยน้ำหนัก	0	270.047
	7	379.945
	14	485.892
บล็อกประสานปูพื้น (CPAC)	0	295.391

2) กำลังรับแรงดึง

จากผลการทดลองกำลังรับแรงดึงของก้อนตัวอย่างที่มีส่วนผสม ฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว เท่ากับ 1 : 2 : 1.5 โดยน้ำหนักจะให้ค่ากำลังรับแรงดึงมากที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่น ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยถึง 30.44 กก./ซม.^{2} โดยส่วนผสมฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว เท่ากับ 1: 2 : 0.5 โดยน้ำหนัก จะมีค่ากำลังรับแรงดึง 28.692 กก./ซม.^{2} หากนำมาเขียนแผนภูมิเปรียบเทียบกันแล้วจะได้ดังรูป ค.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของตัวอย่าง

ชนิดของก้อนตัวอย่าง	กำลังรับแรงดึงเฉลี่ย (กก./ซม.^{2})
ฝุ่นหินปูน : ทราย = 1 : 2 โดยน้ำหนัก	10.743
ฝุ่นหินปูน : ทราย = 1 : 3 โดยน้ำหนัก	8.863
ฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว = 1:2:0.5 โดยน้ำหนัก	28.692
ฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว = 1:2:1.5 โดยน้ำหนัก	30.440

3) อัตราการดูดซึมน้ำ

อัตราการดูดซึมน้ำแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีส่วนผสมมีดินเหนียวและส่วนผสมที่ไม่มีดินเหนียว ซึ่งกลุ่มที่มีดินเหนียวจะแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่มีดินเหนียวอย่างเห็นได้ชัด โดยกลุ่มที่มีดินเหนียวจะมีค่าอัตราการดูดซึมน้ำต่ำกว่า 4.3% ส่วนกลุ่มที่ไม่มีดินเหนียวจะมีค่าอัตราการดูดซึมน้ำประมาณ 15% สามารถสังเกตได้จากแผนภาพดังรูป ค.5 และ ค.6

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่าง

ชนิดของตัวอย่าง	ระยะเวลาที่คำนวณอัตราการซึมน้ำ (วัน)	อัตราการซึมน้ำเฉลี่ย (%)
ฝุ่นหินปูน : ทราย = 1 : 2 โดยน้ำหนัก	1	15.246
	7	15.500
	14	15.480
ฝุ่นหินปูน : ทราย = 1 : 3 โดยน้ำหนัก	1	15.000
	7	16.000
	14	16.204
ฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว = 1:2:0.5 โดยน้ำหนัก	1	2.495
	7	2.540
	14	2.540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของตัวอย่าง	ระยะเวลาที่คำนวณอัตราการซึมน้ำ (วัน)	อัตราการซึมน้ำเฉลี่ย (%)
ฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว = 1:2:1.5 โดยน้ำหนัก	1	1.763
	7	2.150
	14	2.390

4) โมดูลัสการแตกร้าว

ค่าโมดูลัสการแตกร้าวในการวางตัวอย่างทั้งในแนวนอนและในแนวตั้งของส่วนผสมฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียวเท่ากับ 1 : 2 : 1.5 โดยน้ำหนักจะมีค่าโมดูลัสน้อยกว่าอิฐประดับดินเผาและค่าโมดูลัสการแตกร้าวของส่วนผสมที่มีดินเหนียวจะมีค่ามากกว่าส่วนผสมที่ไม่มีดินเหนียวผสมอยู่ โดยค่าโมดูลัสการแตกร้าวสูงสุดในแนวนอนของส่วนผสมที่มีดินเหนียวมีค่า 81.65 กก./ซม.^{2} และค่าโมดูลัสการแตกร้าวสูงสุดในแนวตั้งของส่วนผสมที่มีดินเหนียว (1.5) มีค่า 91.38 กก./ซม.^{2} ซึ่งสังเกตได้จากแผนภาพดังรูป ค.7 และ ค.8

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองโมดูลัสแตกร้าวของตัวอย่างทางด้านตั้ง

ชนิดของตัวอย่าง	โมดูลัสแตกร้าวเฉลี่ย (ก.ก./ซม.^{2})
ฝุ่นหินปูน : ทราย = 1 : 2 โดยน้ำหนัก	4.299
ฝุ่นหินปูน : ทราย = 1 : 3 โดยน้ำหนัก	8.087
ฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว = 1:2:0.5	36.182
ฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว = 1:2:1.5	91.381
อิฐดินเผา	111.883

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองโมดูลัสแตกร้าวของตัวอย่างทางด้านนอน

ชนิดของตัวอย่าง	โมดูลัสแตกร้าวเฉลี่ย (ก.ก./ซม.^{2})
ฝุ่นหินปูน : ทราย = 1 : 2 โดยน้ำหนัก	10.141
ฝุ่นหินปูน : ทราย = 1 : 3 โดยน้ำหนัก	7.004
ฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว = 1:2:0.5	26.449

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของตัวอย่าง	โมดูลัสแตกร้าวเฉลี่ย (ก.ก./ซม.^{2})
ฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว = 1:2:1.5	81.655
อิฐดินเผา	110.382

5) หน่วยน้ำหนัก

จากการทดสอบหน่วยน้ำหนักของอิฐที่มีส่วนผสมฝุ่นหินปูนต่อทรายเท่ากับ 1 : 2 จะมีหน่วยน้ำหนักมากที่สุดเท่ากับ 2.490 กรัม/ซม.^{3} ส่วนกระเบื้องที่มีส่วนผสมฝุ่นหินปูนต่อทรายต่อดินเหนียวเท่ากับ 1 : 2 : 0.5 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.632 กรัม/ซม.^{3} ดังรูป ค.2

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองหาหน่วยน้ำหนักของตัวอย่างโดยการแทนที่น้ำ

ชนิดของตัวอย่าง	หน่วยน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ซม.^{3})
อิฐฝุ่นหินปูน : ทราย = 1 : 2 โดยน้ำหนัก	2.490
อิฐฝุ่นหินปูน : ทราย = 1 : 3 โดยน้ำหนัก	2.350
อิฐฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว = 1:2:0.5 โดยน้ำหนัก	2.395
อิฐฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว = 1:2:1.5 โดยน้ำหนัก	2.243
กระเบื้องฝุ่นหินปูน : ทราย = 1 : 2 โดยน้ำหนัก	2.372
กระเบื้องฝุ่นหินปูน : ทราย = 1 : 3 โดยน้ำหนัก	2.364
กระเบื้องฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว = 1:2:0.5 โดยน้ำหนัก	2.632
กระเบื้องฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียว = 1:2:1.5 โดยน้ำหนัก	2.473
อิฐดินเผา	2.090

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองทำน้ำเคลือบ

1. ก่อนเผา

1.1) เกิดการหลุดร่อนของน้ำเคลือบ

1.2) เกิดการแตกร้าว ซึ่งเกิดกับกระเบื้องดิบเท่านั้น

2. หลังเผา

2.1)เกิดสีดำขึ้นมันวาว

2.2) เกิดการบิดงอ

2.3) แตกร้าว

2.4) เผาเคลือบออกมาแล้วบางชิ้นงานสีด้านไม่เป็นมันวาว

2.5) สำหรับคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นชิ้นงานแตกละเอียดเป็นผงนำไปใช้งานไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิเคราะห์ผลการทดสอบ

5.1 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของอิฐตัวอย่าง

1) เหตุที่ก้อนตัวอย่างมีลักษณะขึ้นมันวาวเนื่องมาจากฝุ่นหินปูนเมื่อได้รับความร้อนถึง 1200 องศาเซลเซียส ฝุ่นหินปูนจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยจะได้สารที่มีความสามารถในการเชื่อมประสาน ส่วนสีที่ออกมันวาวอาจจะเนื่องมาจากสารประกอบออกไซด์ของธาตุบางชนิดที่มีอยู่ในฝุ่นหินปูน ส่วนสีดำนั้นน่าจะมาจากส่วนผสมของดินเหนียวที่มีอยู่มากพอที่จะทำให้เกิดสีที่เป็นส่วนใหญ่ของก้อนตัวอย่าง เพราะดินเหนียวมีจุดสุกตัวต่ำกว่าฝุ่นหินปูนซึ่งมีค่าประมาณ 900 องศาเซลเซียส ลักษณะที่บิดเบี้ยวของตัวอย่างเนื่องมาจากความร้อนที่ให้แก่ตัวอย่างมากเกินจุดหลอมเหลวของฝุ่นหินปูนทำให้ส่วนผสมมีลักษณะเป็นของไหล ณ. อุณหภูมินั้น ตัวอย่างจึงมีลักษณะบิดเบี้ยวเสียรูปทรง

2) เหตุที่ก้อนตัวอย่างที่มีส่วนผสมเพียงแค่ฝุ่นหินปูนกับทรายเพียง 2 อย่าง เกิดสีที่มีลักษณะไม่มันวาว แต่ในขณะที่การทดลองเผาครั้งแรกสามารถทำให้เกิดความมันวาวได้ด้วยอุณหภูมิเท่ากัน เนื่องมาจากตำแหน่งที่วางในเตาของตัวอย่างนี้เป็นตำแหน่งที่อุณหภูมิต่ำสุด และต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของฝุ่นหินปูน ทำให้ก้อนตัวอย่างที่ได้หลังจากการเผามีผิวไม่มันวาวเหมือนกับการทดลองเผาครั้งแรก

3) การร้าวในก้อนตัวอย่างและอิฐจะเกิดขึ้นน้อยในตัวอย่างที่มีส่วนผสมของดินเหนียว เนื่องมาจากคุณสมบัติของดินเหนียวเมื่อถึงจุดหลอมเหลวจะมีสามารถในการเชื่อมประสานในส่วนผสม

4) สาเหตุที่กระเบื้องเกิดรอยร้าวน้อยกว่าอิฐ เนื่องมาจากตำแหน่งในเตาเผาของกระเบื้องได้รับความร้อนน้อยกว่าตำแหน่งในเตาเผาของอิฐ ซึ่งโดยปกติแล้วส่วนบนของเตามีความสูงกว่าส่วนล่างของเตา และตัวอย่างที่มีส่วนผสมของทรายมากจะมีขนาดค่อนข้างคงที่แต่ก็มีความเปราะมาก

5.2 วิเคราะห์คุณสมบัติทางวิศวกรรมของอิฐตัวอย่าง

1) ส่วนสำคัญที่ทำให้กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างที่ส่วนผสมฝุ่นหินปูนต่อทรายต่อดินเหนียวเท่ากับ 1 : 2 : 0.5 โดยน้ำหนัก สูงสุดเนื่องจากตัวอย่างได้รับความร้อนฝุ่นหินปูนถึงจุดที่เกิดปฏิกิริยาทำให้เนื้อของตัวอย่างเชื่อมประสานกันแน่นด้วยคุณสมบัติของฝุ่นหินปูน ส่วนอัตราส่วนที่ไม่มีดินเหนียวรับกำลังแรงอัดได้น้อย เนื่องมาจากฝุ่นหินปูนไม่ได้รับความร้อนจนถึงจุดที่จะเกิดปฏิกิริยาทำให้เนื้อของตัวอย่างไม่เชื่อมประสานกัน จึงน่าจะมีการศึกษาต่อถึงเรื่องคุณสมบัติของตัวอย่างถ้าหากได้รับการเผาอย่างเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุที่ส่วนผสม ฝุ่นหินปูน : ทราย เท่ากับ 1 : 2 โดยน้ำหนักรับแรงดึงได้มากกว่าอัตราส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1 : 3 แต่ว่ามีกำลังอัดน้อยกว่าอาจเนื่องมาจากคุณสมบัติการเชื่อมแน่นและความเสียดทานของเม็ดทรายภายใน หากมีทรายมากก็จะมีความเสียดทานจะรับกำลังอัดได้ดี แต่ว่าจะทำให้คุณสมบัติความเชื่อมแน่นด้อยลงทำให้ไม่เป็นผลดีต่อกำลังรับแรงดึงนั่นเอง

2) ดินเหนียวจะมีช่วยในการเพิ่มกำลังรับแรงดึงเนื่องมาจากความร้อนทำให้ดินเหนียวหลอมตัวจึงเกิดการประสานกันของส่วนผสมได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีผลทำให้รับแรงดึงได้สูง

3) จะเห็นได้ว่ากลุ่มที่มีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำกว่า 4.3% เป็นส่วนผสมระหว่างฝุ่นหินปูนกับทรายกับดินเหนียว เนื่องมาจากอนุภาคดินเหนียวที่หลอมตัวไปอุดช่องว่างในส่วนผสม ส่วนกลุ่มที่มีอัตราการดูดซึมน้ำประมาณ 15% เป็นส่วนผสมระหว่างฝุ่นหินปูนกับทราย ซึ่งมีผลมาจากความร้อนไม่ทำให้ฝุ่นหินปูนหลอมตัวจะเกิดช่องว่างมากกว่าตัวอย่างที่มีดินเหนียวผสมอยู่

4) ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการรับแรงดัด (จากการทดสอบหาโมดูลัสการแตกร้าวน้อยมากเมื่อเทียบกับอิฐประดับดินเผา) เกิดเนื่องมาจากความสามารถในการรับแรงดึงน้อยและขั้นตอนการผลิตทำให้เกิดตำหนิในอิฐ

5) หน่วยน้ำหนักของตัวอย่างที่ได้ค่อนข้างจะมีค่าสูงกว่าอิฐประดับดินเผามากทีเดียวจากอิฐที่ทดลองนี้มีส่วนผสมของทราย ซึ่งทรายจะมีลักษณะเป็นผลึกควอทซ์และมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าดินเหนียว

6) จากผลการทดลองเมื่อนำมาเขียนแผนภาพดังรูป ค.4 จะเห็นได้ว่าไม่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการบ่มกับการพัฒนากำลังรับแรงอัดได้ จึงสันนิษฐานได้ว่าปฏิกิริยาภายในตัวอย่างที่จะทำให้เกิดการพัฒนา กำลังรับแรงอัดไม่ได้ใช้น้ำเป็นตัวทำปฏิกิริยาดังเช่น ซีเมนต์

5.3 วิเคราะห์ผลการทดลองทำน้ำเคลือบ

เมื่อนำก้อนวัสดุที่ผ่านการชุบเคลือบแล้วมาตากทิ้งไว้เพื่อให้แห้ง 1 วัน ก่อนนำเข้าเตาเผาจะพบว่าในก้อนวัสดุที่สุกแล้ว บางอันน้ำเคลือบจะมีการหลุดร่อน ซึ่งจะเกิดทั้งอิฐ บปก. , อิฐประดับ และกระเบื้องดินเผา ดังรูป ในก้อนวัสดุดิบจะเกิดการแตกร้าวที่ผิว ซึ่งทำให้แผ่นกระเบื้องเกิดการแตกหักได้ ซึ่งจะเกิดกับกระเบื้องดิบเท่านั้น เมื่อนำก้อนวัสดุมาเข้าเตาเผาที่อัตราการให้ความร้อนดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จะพบว่าชิ้นงานที่เผาเคลือบแล้วจะมีสีดำมันวาว, ก้อนวัสดุมีการบิดงอ ซึ่งจะเกิดการแตกร้าว (คล้ายกับการระเบิด) ซึ่งจะพบกับอิฐ บปก. ทุกก้อน และอิฐประดับบางอันเท่านั้น สำหรับคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ยี่ห้อ CPAC) จะมีการแตกละเอียด ในก้อนวัสดุบางก้อนจะพบว่า เผาเคลือบออกมาแล้วสีด้านไม่เป็นมันวาว บางตำแหน่งหรือทั้งก้อน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ก่อนเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1) เกิดการหลุดร่อนของน้ำเคลือบ แสดงว่าคุณสมบัติของน้ำเคลือบ (ฝุ่นหินปูน : ผงดินเหนียว = 9 : 1) มีความสามารถในการยึดเกาะไม่ดีเท่าที่ควร และในกรณีที่จะพบแต่ในก้อนวัสดุที่สุกแล้วอาจเกิดจากก้อนวัสดุได้ดูดน้ำออกไปจากน้ำเคลือบมากทำให้น้ำเคลือบเกิดการหลุดร่อนได้

1.2) เกิดการแตกร้าว ซึ่งเกิดกับกระเบื้องดิบเท่านั้น ซึ่งอาจเป็นเพราะว่า เมื่อผิวเคลือบเริ่มแห้ง น้ำเคลือบก็จะดูดน้ำจากกระเบื้องดิบออกมาทำให้แผ่นกระเบื้องดิบเกิดการหดตัว ทำให้กระเบื้องเกิดการแตกร้าวที่ผิวหรือบางแผ่นเกิดการแตกหัก เนื่องจากการหดตัวเลยก็ได้ แต่ในกรณีที่ไม่พบกับอิฐดิบอาจเนื่องมาจากเป็นชิ้นงานที่มีความหนามาก จึงทำให้เกิดการหดตัวและบิดงอน้อย เมื่อเทียบกับความหนาของอิฐดิบจึงไม่เกิดการแตกร้าวในดิฐดิบนี้ ทำให้อนุภาคของดินจะเคลื่อนตัวเข้ามาชิดกันปริมาตรของเนื้อดินทั้งหมดจะลดลง

2. หลังเผา

2.1) การเกิดสีดำ เกิดเนื่องมาจากดินเหนียวซึ่งเป็นก้อนวัสดุและส่วนผสมของน้ำเคลือบ ซึ่งดินเหนียวชนิดนี้เป็นดินที่ทนไฟได้ต่ำเมื่อให้ความร้อนสูงเกินไป จะทำให้มีสีดำ ซึ่งแสดงว่าความร้อนที่ใช้ในการเผามีค่าสูงเกินไปนั่นเอง

2.2) การเกิดการบิดงอ อาจเกิดเนื่องมาจาก

การหดตัวหลังการเผา ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างกว้างขึ้นอยู่กับชนิดของดินที่ประกอบอยู่, ความละเอียดของดิน ปริมาณสารอินทรีย์ที่ปะปนอยู่ การหดตัวของดินจะมากขึ้นเมื่อเผาสูงขึ้น (แต่มีข้อจำกัด คือ จะหดตัวน้อยลงหรือไม่หดตัวอีกเมื่อเผาถึงจุดหลอมหรือจุดสลายตัว) เมื่อการหดตัวมากเกินไป จะเป็นเหตุทำให้ก้อนวัสดุบิดเบี้ยว โค้งงอ และแตก

ความไม่สม่ำเสมอของความชื้นในเนื้อวัสดุ ทำให้เกิดการโค้งงอหลังการเผาได้ ซึ่งด้านที่มีความชื้นมากกว่า จะหดตัวมากกว่าด้านที่แห้ง

ความไม่สม่ำเสมอของอุณหภูมิ ระหว่างทำการเผาก็เป็นสาเหตุทำให้ก้อนวัสดุโค้งงอได้

2.3) การแตกร้าว (แตกหัก) การแตกร้าวของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ อาจเกิดเนื่องมาจาก

1. การโค้งงอที่มีความรุนแรงมากกว่า
2. การหดตัวหลังการเผาดังที่กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 2.2)
3. ก้อนวัสดุยังไม่แห้งขณะทำการเผาดิบ

2.4) เผาเคลือบออกมาแล้วสีด้านไม่เป็นมันวาว อาจเกิดเนื่องมาจากบริเวณนั้น ได้รับความร้อนต่ำเกินไป เพราะว่าอุณหภูมิในเตาเผาไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งเตาเผา

2.5) สำหรับคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ยี่ห้อ CPAC) ซึ่งมีส่วนประกอบของซีเมนต์ เมื่อบล็อกได้รับความร้อนมากแล้วปล่อยให้เย็นตัวลง ยิปซั่มที่อยู่ภายในจะรวมตัวกันเมื่อได้รับความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนและขยายตัวเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง ทำให้เกิดความไม่ลงตัวในบล็อกทำให้เกิดการแตกร้าวอย่างละเอียด

2.6) สาเหตุอื่น ๆ เช่น การให้ความร้อนในเตาที่ใช้เป็นไปอย่างไม่สม่ำเสมอ ซึ่งบางแห่งมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ และบางแห่งอุณหภูมิต่ำกว่าปกติทำให้ก้อนวัสดุที่วางแต่ละตำแหน่งมีผลออกมาต่าง ๆ กันดังที่ได้วิเคราะห์ไปแล้ว และจากผลการทดลองพบว่า จุดสุกตัวของดินเหนียวที่นำมาทำก้อนวัสดุมีค่าต่ำกว่าจุดหลอมละลายของน้ำเคลือบ ซึ่งทำให้ก้อนวัสดุเสียหายได้ ซึ่งเราควรจะศึกษา อุณหภูมิของจุดสุกตัวของก้อนวัสดุ และจุดหลอมละลายของน้ำเคลือบเสียก่อนแล้วจึงทำการเผาก้อนวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง และปัญหา

6.1 สรุปผลการทดลองทำอิฐ

ผลิตภัณฑ์นี้สามารถรับแรงอัดได้ดีโดยมีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ย 415.9 กก./ซม.^{2} สำหรับอัตราส่วนฝุ่นหินปูน : ทราย : ดินเหนียวโดยน้ำหนักเท่ากับ 1 : 2 : 0.5 ถ้าหากมีการควบคุมอุณหภูมิให้มีระดับเท่ากับ 1150 องศาเซลเซียส เท่ากันทุกตำแหน่งในเตาเผา และอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองนี้คือ อัตราส่วน ฝุ่นหินปูนต่อทรายต่อดินเหนียว เท่ากับ 1 : 2 : 0.5 โดยน้ำหนัก เพื่อให้ดินเหนียวเป็นตัวช่วยยึดเหนี่ยวในการขึ้นรูปและมีฝุ่นหินปูนเป็นส่วนสำคัญแม้ว่าอัตราส่วนฝุ่นหินปูนต่อทรายต่อดินเหนียว เท่ากับ 1 : 2 : 1.5 โดยน้ำหนัก จะให้คุณสมบัติที่ดีเช่นเดียวกันแต่ว่าสีที่ปรากฏออกมาเป็นสีดำนั้นหายากที่จะมีผู้ใช้ที่นิยมผลิตภัณฑ์นี้ การเชื่อมประสานในเนื้อวัสดุและช่วยให้เกิดการเคลือบผิวเพื่อความสวยงาม และช่วยลดอัตราการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอัตราการดูดซึมน้ำที่ต่ำจะเป็นผลดีมากสำหรับวัสดุที่ถูกใช้งานร่วมกับมอร์ต้า เพราะผลิตภัณฑ์จะไม่ดูดน้ำมาจากมอร์ต้าจนทำให้กำลังยึดเหนี่ยว (bond strength) ลดลง แต่เนื่องจากหน่วยน้ำหนักค่อนข้างสูงอาจจะไม่เหมาะนักที่นำไปใช้กับงานที่ต้องการวัสดุตกแต่งน้ำหนักเบา

เนื่องจากคุณสมบัติในการรับแรงอัดที่ดีจะมีความเป็นไปได้ที่นำมาแทนผลิตภัณฑ์บล็อคประสานปูพื้น

6.2 สรุปผลการทดลองทำน้ำเคลือบ

จากผลการทดสอบ การนำฝุ่นหินปูนมาทำเป็นสารเคลือบ โดยนำมาผสมกับผงดินเหนียว ในอัตราส่วน ฝุ่นหินปูน : ผงดินเหนียว เท่ากับ 9 : 1 โดยน้ำหนัก ทำให้พิจารณาได้ว่า ไม่เหมาะสมที่จะนำฝุ่นหินปูนมาทำเป็นสารเคลือบเซรามิกส์ ซึ่งจะพิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้นและสาเหตุต่าง ๆ อีกทั้งยังไม่มีความสวยงามและคุณสมบัติที่ดีเท่ากับสารเคลือบชนิดอื่น ๆ ซึ่งอาจทำให้สารเคลือบที่ทำมาจากฝุ่นหินปูนมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นได้ แต่ก็ต้องผสมสารอื่น ๆ เพิ่มเติมอีก

6.3 ปัญหาในการทดลองทำอิฐ

1) เนื่องจากแบบหล่อเหล็กที่ใช้ขึ้นรูปกับแท่งเหล็กที่ใช้กดมีขนาดไม่พอดีกัน เมื่อใช้ขึ้นรูปอิฐหรือกระเบื้องจะเกิดดินทะลักออกมารอบๆแท่งเหล็กที่ใช้กดทำให้ได้อิฐหรือกระเบื้องที่มีความหนาไม่เท่ากันในแต่ละก้อนตัวอย่าง

2) ในการผลิตอิฐหรือกระเบื้องจะควบคุมความหนาให้เท่ากันเป็นเรื่องยากลำบากเนื่องจากการควบคุมปริมาณส่วนผสมที่ใส่ในแบบหล่อเหล็กในละครั้งไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) หลังจากการเผาตัวอย่างที่เป็นรูปลูกบาศก์ที่มีดินเหนียวผสมอยู่จะเกิดการบิดเบี้ยวเสียรูปทรงอาจเนื่องมาจากตำแหน่งในเตาเผานั้นมีความร้อนเกินจุดหลอมตัว

4) ในการ CAP หัวรูปลูกบาศก์ที่จะทำให้ได้ระนาบทั้งสองด้านนั้นยากลำบากเนื่องมาจากไม่มีอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานในการ CAP ซึ่งมีผลทำให้เวลาทดสอบหากำลังรับแรงอัดได้กำลังที่คลาดเคลื่อน

5) เตาที่ใช้เผาตัวอย่างมีความร้อนในแต่ละตำแหน่งไม่เท่ากัน โดยส่วนบนของเตาจะมีความร้อนสูงกว่าส่วนล่างของเตา เนื่องมาจากหัวเตาด้านข้างหัวหนึ่งเกิดอุดตันทำให้ความร้อนที่ก้อนตัวอย่างได้รับแต่ละตำแหน่งแตกต่างกัน

6.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดสอบทำน้ำเคลือบ

1) น้ำเคลือบมีจุดหลอมเหลวละลายสูงเกินไป ทำให้ใช้กับผลิตภัณฑ์ เช่น ดินเหนียว ซึ่งมีจุดสุกตัวต่ำกว่าได้ยาก

2) น้ำเคลือบเกิดการหลุดร่อนง่ายเนื่องจากน้ำเคลือบมีความสามารถในการยึดเกาะไม่ดี, ก้อนวัสดุดูดน้ำออกจากน้ำเคลือบมากก่อนทำการเผา

3) การเกิดสีดำเนื่องมาจากดินเหนียวซึ่งเป็นส่วนประกอบของก้อนวัสดุและน้ำเคลือบ ซึ่งดินเหนียวชนิดนี้ทนไฟได้ต่ำ

4) น้ำเคลือบร้าวหรือมีรอยแตกที่ผิวเนื่องมาจากเมื่อผิวเคลือบเริ่มแห้ง ทำให้น้ำเคลือบดูดน้ำจากก้อนวัสดุทำให้เกิดการหดตัว (ก่อนเผา)

5) การแตกร้าวเกิดจากการหดตัว เนื่องมาจากการสูญเสียน้ำ, เกิดจากการโค้งงอขณะทำการเผา

6) การบิดงอเกิดจากการหดตัวหลังการเผา, ความไม่สม่ำเสมอของความชื้นในเนื้อวัสดุ, ความไม่สม่ำเสมอของอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในขณะเผา

7) เผาเคลือบออกมาแล้วสีด้านไม่เป็นมันวาวเนื่องจากก้อนวัสดุได้รับความร้อนต่ำเกินไปขณะทำการเผา

6.5 ข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัยในอนาคต

1) ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่อง UTM ช่วยในการอัดขึ้นรูปอิฐ แต่ผู้วิจัยมิได้หาความสัมพันธ์ของกำลังที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปกับคุณสมบัติของอิฐ

2) คุณสมบัติที่สำคัญที่ยังมิได้ตรวจสอบมีดังนี้

- ความต้านทานต่อการตัดเจาะ
- ความต้านทานการเสียดสี
- ความต้านทานการขีดข่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ยังมีวัสดุชนิดอื่น ๆ อีก ที่อาจจะสามารถนำผลิตภัณฑ์ที่วิจัยไปใช้แทนได้

4) ขั้นตอนในโรงงานอาจจะทำให้งานสะดวกขึ้นในการผลิต

5) อาจผสมสารที่มีจุดหลอมละลายต่ำ เช่น ตะกั่ว, สารประเภทด่าง ได้แก่ โบแรกซ์, โซดาแอช เป็นต้น ซึ่งจะทำให้น้ำเคลือบมีจุดหลอมละลายต่ำลงมาได้ และควรศึกษาอุณหภูมิของจุดสุกตัวของก้อนวัสดุ และจุดหลอมละลายของน้ำเคลือบเสียก่อน

6) อาจใช้ดินเหนียวที่มีการทนไฟได้สูง เช่น ดินเหนียวที่ราชบุรี

7) ควรทำการศึกษาเตาเผาด้วยว่า สามารถให้ความร้อนได้สม่ำเสมอเพียงใด, อุณหภูมิแต่ละตำแหน่งเท่ากันหรือไม่

8) เมื่อเผาถึงจุดสุกตัวควรทิ้งระยะไว้สักพักหนึ่งแล้วค่อยปิดเตา เพื่อจะทำให้ผิวเคลือบสม่ำเสมอดี

9) การปิดเตาเผาเคลือบควรปิดช่องดูไฟทุกช่องของเตาเผา หลังจากการเผาเสร็จเรียบร้อยแล้ว เพื่อควบคุมความร้อนให้เย็นตัวอย่างช้า ๆ

10) ควรทำการศึกษาการหดตัวเมื่อแห้ง และหลังจากเผา เพื่อการเผื่อขนาดของผลิตภัณฑ์ในตอนเป็นผลิตภัณฑ์ดิบ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จมีขนาดได้มาตรฐาน

11) การเพิ่มอุณหภูมิในการเผา ซึ่งจะต้องเพิ่มอย่างช้า ๆ ในตอนแรกแล้วค่อย ๆ เร่งอุณหภูมิเพิ่มทีละน้อยกันการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์

12) ถ้าใช้ดินแหล่งต่างกันมาขึ้นรูปต่อกันต้องนวดดินจนเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงนำไปขึ้นรูป

13) การให้ความร้อนต้องกระทำอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งปิดเตาเผา

14) ก่อนที่จะนำเอาผลิตภัณฑ์ออกจากเตา ต้องปิดเตาทิ้งไว้อย่างน้อย 16-24 ชั่วโมง หรือปล่อยให้เตาเย็นก่อนจึงจะเปิดเผา นำเอาผลิตภัณฑ์ออกจากเตา

15) การจัดเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบนควรเรียงให้เป็นเส้นตรงทั้งแนวตั้งและแนวนอน ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กวางซ้อนกันได้ ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่และสูงไม่ควรตั้งไว้ที่จุดถูกไฟโดยตรงเพราะจะทำให้จุดที่ถูกไฟมีการทรุดตัวและบิดเบี้ยวในที่สุด

16) ควรเช็ดก้อนผลิตภัณฑ์ให้สะอาดก่อนนำเข้าเตาเผาและเรียงผลิตภัณฑ์ให้ห่างกันพอสมควร เพื่อกันน้ำเคลือบที่สุดตัวไหลติดชั้นวางหรือผลิตภัณฑ์ด้วยกัน

17) ควรทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ที่เผาดิบแล้วให้สะอาดไม่ให้ติดคราบน้ำมัน เพื่อให้น้ำเคลือบติดผิวผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ความละเอียดของฝุ่นหินปูน

ครั้งที่	น้ำหนักของฝุ่นหินปูน (กรัม)	ขนาดตะแกรง (ไมโครเมตร)	น้ำหนักของฝุ่นหินปูนที่ค้างบนตะแกรง (กรัม)	% ความละเอียด	ค่าเฉลี่ย
1	50	150	25	47.275	
2	50	150	24	49.384	48.681
3	50	150	24	49.384	

ความละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 150 ไมโครเมตร 48.681 %

ตารางที่ ก.2 ความถ่วงจำเพาะของฝุ่นหินปูน

ครั้งที่	น้ำหนักของฝุ่นหินปูน (กรัม)	ปริมาตรของฝุ่นหินปูน (ลบ.ซม.)	อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	ความถ่วงจำเพาะของฝุ่นหินปูน	หมายเหตุ
1	65	22.8	30	2.85	
2	57	20.7	29.5	2.86	

ความถ่วงจำเพาะ 2.855 กรัม/ล.บ.ซ.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่าง

รูปแบบ	ก้อนที่	พื้นที่ด้านบน			พื้นที่ด้านล่าง			พื้นที่เฉลี่ย	น้ำหนัก	อายุการบ่ม	แรงประลัย	กำลังรับแรงอัด	กำลังรับแรงอัดเฉลี่ย
		(ซม.)	(ซม.)	(ซม.xซม.)	(ซม.)	(ซม.)	(ซม.xซม.)	(ซม.xซม.)	(กรัม)	(วัน)	(กก.)	(กก./ตร.ซม.)	(กก./ตร.ซม.)
A	1	5.080	5.040	25.603	5.140	5.030	25.854	25.729	219	0	1150.0	44.697	
	2	5.140	5.100	26.214	5.060	5.080	25.705	25.959	222	0	975.0	37.559	42.806
	3	5.120	5.110	26.163	5.185	5.190	26.910	26.537	220	0	1225.0	46.163	
	6	5.100	5.100	26.010	5.120	5.120	26.214	26.112	218	7	1920.0	73.529	
	7	5.100	5.120	26.112	5.120	5.110	26.163	26.138	222	7	2253.0	86.198	76.915
	9	5.000	5.100	25.500	5.000	5.100	25.500	25.500	218	7	1811.0	71.020	
	13	5.000	5.075	25.375	4.990	5.100	25.449	25.412	221	14	4106.0	161.577	
	14	5.050	5.070	25.604	5.050	5.050	25.503	25.553	223	14	4386.0	171.643	175.682
	15	4.940	5.000	24.700	5.000	5.100	25.500	25.100	220	14	4865.0	193.825	
B	1	5.040	5.160	26.006	5.080	5.020	25.502	25.754	220	0	2995.0	116.293	
	3	4.960	4.960	24.602	5.040	5.100	25.704	25.153	229	0	4456.0	177.157	144.912
	4	5.150	5.140	26.471	5.120	5.220	26.726	26.599	228	0	3758.0	141.285	
	7	5.100	5.050	25.755	5.050	5.100	25.755	25.755	229	7	2571.0	99.825	
	8	5.100	5.050	25.755	5.100	5.050	25.755	25.755	221	7	3943.0	153.096	116.693

รูปแบบ	ก้อนที่	พื้นที่ด้านบน			พื้นที่ด้านล่าง			พื้นที่เฉลี่ย	น้ำหนัก	อายุการบ่ม	แรงประลัย	กำลังรับแรงอัด	กำลังรับแรงอัดเฉลี่ย
		(ซม.)	(ซม.)	(ซม.xซม.)	(ซม.)	(ซม.)	(ซม.xซม.)	(ซม.xซม.)	(กรัม)	(วัน)	(กก.)	(กก./ตร.ซม.)	(กก./ตร.ซม.)
B	11	4.740	4.940	23.416	5.000	4.940	24.700	24.058	211	14	3883.0	161.403	
	12	5.040	4.960	24.998	4.900	4.920	24.108	24.553	207	14	821.1	33.442	40.618[1]
	13	4.990	4.980	24.850	5.100	5.080	25.908	25.379	210	14	1213.0	47.795	
C	1	5.080	5.150	26.162	5.415	5.550	30.053	28.108	223	0	13450.0	478.518	
	2	5.340	5.000	26.700	5.400	5.440	29.376	28.038	212	0	12220.0	435.837	466.729
	3	5.120	5.100	26.112	5.090	5.020	25.552	25.832	226	0	12550.0	485.833	
	6	4.750	4.800	22.800	5.040	5.100	25.704	24.252	213	7	4039.0	166.543	
	8	4.850	4.790	23.232	5.240	5.360	28.086	25.659	209	7	10060.0	392.066	384.123[1]
	9	4.720	4.500	21.240	5.415	5.240	28.375	24.807	208	7	9332.0	376.180	
	11	4.635	4.740	21.970	4.940	5.300	26.182	24.076	212	14	9230.0	383.370	
	12	4.500	4.400	19.800	5.580	5.700	31.806	25.803	204	14	10070.0	390.265	396.128
	15	4.850	4.800	23.280	5.340	5.330	28.462	25.871	219	14	10730.0	414.749	
D	2	5.145	5.200	26.754	5.270	5.270	27.773	27.263	227	0	7760.0	284.630	
	3	5.000	5.400	27.000	5.630	5.300	29.839	28.420	228	0	6960.0	244.902	270.047
	4	5.030	5.080	25.552	5.120	5.060	25.907	25.730	229	0	7220.0	280.608	
	6	5.020	5.100	25.602	5.160	5.120	26.419	26.011	237	7	9970.0	383.305	

รูปแบบ	ก้อนที่	พื้นที่ด้านบน			พื้นที่ด้านล่าง			พื้นที่เฉลี่ย	น้ำหนัก	อายุการบ่ม	แรงประลัย	กำลังรับแรงอัด	กำลังรับแรงอัดเฉลี่ย
		(ซม.)	(ซม.)	(ซม.xซม.)	(ซม.)	(ซม.)	(ซม.xซม.)	(ซม.xซม.)	(กรัม)	(วัน)	(กก.)	(กก./ตร.ซม.)	(กก./ตร.ซม.)
	8	5.080	5.310	26.975	5.500	5.500	30.250	28.612	227	7	8951.0	312.836	379.945
	9	4.490	5.140	23.079	4.490	5.100	22.899	22.989	221	7	10200.0	443.694	
	12	4.880	5.270	25.718	5.480	5.550	30.414	28.066	225	14	16800.0	598.593	
	14	5.050	5.010	25.301	5.635	5.600	31.556	28.428	230	14	12310.0	433.020	485.892
	15	4.890	4.950	24.206	5.400	5.410	29.214	26.710	224	14	11380.0	426.062	
F	1	8.200	8.200	67.240	8.220	8.205	67.445	67.445	Xxx	0	14350.0	219.149	
	2	8.140	8.150	66.341	8.140	8.220	66.911	66.911	Xxx	0	23780.0	366.060	295.391
	3	8.150	8.150	66.423	8.150	8.180	66.667	66.667	Xxx	0	19480.0	300.964	

หมายเหตุ F แทนคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ยี่ห้อ CPAC)

การหากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ยี่ห้อ CPAC) จะต้องคูณตัวประกอบปรับค่าความต้านแรงอัดสำหรับคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นหนา 6 ซม.ที่มีการลบมุม (C) = 1.03

[1] ทำการหาค่าเฉลี่ยเพียง 2 ค่าจากค่าที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ ก.4 กำลังรับแรงดึงของตัวอย่าง

รูปแบบ	ก้อนที่	พื้นที่หน้าตัด			น้ำหนัก (กรัม)	แรงประลัย (กก.)	กำลังรับแรงดึง (กก./ตร.ซม.)	กำลังรับแรงดึงเฉลี่ย (กก./ตร.ซม.)
		กว้าง(ซม.)	ยาว(ซม.)	(ซม.xซม.)				
A	1	2.540	2.635	6.693	108.0	60.320	9.013	
A	2	2.490	2.490	6.200	111.0	74.432	12.005	10.743
A	3	2.550	2.600	6.630	110.0	74.342	11.213	
B	1	2.550	2.550	6.503	106.0	45.360	6.976	
B	2	2.535	2.600	6.591	108.0	70.550	10.704	8.863
B	3	2.590	2.630	6.812	106.0	60.678	8.908	
C	1	2.630	2.640	6.943	110.0	226.800	32.665	
C	2	2.550	2.700	6.885	111.0	181.440	26.353	28.692
C	3	2.540	2.640	6.706	109.0	181.440	27.058	
D	1	2.680	2.765	7.410	111.0	204.120	27.546	
D	2	2.700	2.660	7.182	105.0	230.800	32.136	30.440
D	3	2.655	2.700	7.169	108.0	226.800	31.638	

ตารางที่ ก.5 การหาค่าความดูดซึมน้ำ

รูปแบบ	ก้อนที่	น้ำหนักที่ระยะเวลาการบ่ม..... วัน (กรัม)															น้ำหนักหลังการอบ (กรัม)	หมายเหตุ
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
A	1	219																
	2	222																
	3	220																
	4	224																
	5	221																
	6	218	249	250	250	250	251	251	251								218	
	7	222	258	258	258	258	259	259	259								222	
	8	230	263	263	264	265	265	266	266								229	
	9	218	251	251	251	252	252	252	252								217	
	10	221	248	254	254	254	255	255	255								220	
	11	219	249	250	250	250	250	251	251	251	252	252	252	252	252	252	219	
	12	225	256	257	257	257	258	259	260	260	260	260	260	260	260	260	225	
	13	221	252	252	252	252	252	253	253	253	254	254	254	254	254	254	220	

รูปแบบ	ก้อนที่	น้ำหนักที่ระยะเวลาการบ่ม..... วัน (กรัม)															น้ำหนักหลังการอบ (กรัม)	หมายเหตุ
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
A	14	223	257	258	258	258	259	259	260	260	260	260	260	260	260	260	223	
	15	220	247	248	248	248	248	248	248	249	249	250	251	251	251	251	219	
B	1	220																
	2	215																
	3	229																
	4	228																
	5	216																
	6	230	254	267	267	267	267	267	267								230	
	7	229	262	265	265	265	265	265	265								229	
	8	221	254	254	255	255	255	256	256								221	
	9	215	247	248	248	249	249	249	249								215	
	10																	เสียหายจากการเผา
	11	211	234	235	235	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	211	
	12	207	237	237	237	237	237	237	238	238	238	238	238	238	238	238	207	
	13	210	253	253	254	254	254	255	255	255	256	256	257	257	257	257	210	

รูปแบบ	ก้อนที่	น้ำหนักที่ระยะเวลาการบ่ม..... วัน (กรัม)															น้ำหนักหลังการอบ (กรัม)	หมายเหตุ
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
B	14	227	238	240	240	240	241	241	242	242	242	242	242	242	242	242	227	
	15																	เสียหายจากการเผา
C	1	223																
	2	212																
	3	226																
	4	209																
	5	226																
	6	213	216	218	218	218	218	218	218								213	
	7	222	225	227	227	227	228	228	228								222	
	8	209	211	214	214	214	214	214	214								209	
	9	208	212	213	213	213	214	215	215								208	
	10																	เสียหายจากการเผา
	11	212	215	215	215	216	216	216	217	217	217	217	218	218	218	218	212	
	12	204	207	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	204	
	13	204	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	204	

รูปแบบ	ก้อนที่	น้ำหนักที่ระยะเวลาการบ่ม..... วัน (กรัม)															น้ำหนักหลังการอบ (กรัม)	หมายเหตุ
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
C	14	200	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	200	
	15	219	222	223	223	223	224	224	225	225	225	225	225	225	225	225	219	
D	1	236																
	2	227																
	3	228																
	4	229																
	5	229																
	6	237	242	242	242	242	242	242	242								236	
	7	210	212	212	212	212	212	213	213								209	
	8	227	231	231	231	231	231	231	231								227	
	9	221	224	225	225	225	226	226	226								221	
	10																	เสียหายจากการเผา
	11	233	236	237	237	237	237	238	238	238	238	238	238	238	238	238	233	
	12	225	226	228	228	229	229	230	230	230	231	231	232	232	232	232	225	
	13	230	234	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	230	

รูปแบบ	ก้อนที่	น้ำหนักที่ระยะเวลาการบ่ม..... วัน (กรัม)														น้ำหนักหลังการอบ (กรัม)	หมายเหตุ
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
D	14	230	234	234	234	234	235	235	236	236	236	236	236	236	236	236	230	
	15	224	229	229	229	229	229	230	230	230	230	231	231	231	231	231	224	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รูปแบบ	ก้อนที่	อัตราการดูดซึมที่ระยะเวลาการบ่ม..... วัน (%)														หมายเหตุ
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
A	1	0															
	2	0															
	3	0															
	4	0															
	5	0															
	6	0	14.2	14.7	14.7	14.7	15.1	15.1	15.1								
	7	0	16.2	16.2	16.2	16.2	16.7	16.7	16.7								
	8	0	14.8	14.8	15.3	15.7	15.7	16.2	16.2								
	9	0	15.7	15.7	15.7	16.1	16.1	16.1	16.1								
	10	0	12.7	15.5	15.5	15.5	15.9	15.9	15.9								
	11	0	13.7	14.2	14.2	14.2	14.2	14.6	14.6	14.6	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	
	12	0	13.8	14.2	14.2	14.2	14.7	15.1	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	
	13	0	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	15.0	15.0	15.0	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	
	14	0	15.2	15.7	15.7	15.7	16.1	16.1	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	
	15	0	12.8	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.7	13.7	14.2	14.6	14.6	14.6	14.6	
B	1	0															

รูปแบบ	ก้อนที่	อัตราการดูดซึมที่ระยะเวลาการบ่ม..... วัน (%)														หมายเหตุ
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
B	2	0															
	3	0															
	4	0															
	5	0															
	6	0	10.4	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1								
	7	0	14.4	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7								
	8	0	14.9	14.9	15.4	15.4	15.4	15.8	15.8								
	9	0	14.9	15.3	15.3	15.8	15.8	15.8	15.8								
	10																เสียหายจากการเผา
	11	0	10.9	11.4	11.4	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	
	12	0	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	
	13	0	20.5	20.5	21.0	21.0	21.0	21.4	21.4	21.4	21.9	21.9	22.4	22.4	22.4	22.4	
	14	0	4.85	5.73	5.73	5.73	6.17	6.17	6.61	6.61	6.61	6.61	6.61	6.61	6.61	6.61	
	15																เสียหายจากการเผา
C	1	0															
	2	0															

รูปแบบ	ก้อนที่	อัตราการดูดซึมที่ระยะเวลาการบ่ม..... วัน (%)															หมายเหตุ
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
C	3	0															
	4	0															
	5	0															
	6	0	1.41	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35								
	7	0	1.35	2.25	2.25	2.25	2.70	2.70	2.70								
	8	0	0.96	2.39	2.39	2.39	2.39	2.39	2.39								
	9	0	1.92	2.40	2.40	2.40	2.88	3.37	3.37								
	10																เสียหายจากการเผา
	11	0	1.42	1.42	1.42	1.89	1.89	1.89	2.36	2.36	2.36	2.36	2.83	2.83	2.83	2.83	
	12	0	1.47	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	
	13	0	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	
	14	0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
	15	0	1.37	1.83	1.83	1.83	2.28	2.28	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74	
D	1	0															
	2	0															
	3	0															

รูปแบบ	ก้อนที่	อัตราการดูดซึมที่ระยะเวลาการบ่ม..... วัน (%)														หมายเหตุ
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
D	4	0															
	5	0															
	6	0	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54								
	7	0	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.91	1.91								
	8	0	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76								
	9	0	1.36	1.81	1.81	1.81	2.26	2.26	2.26								
	10																เสียหายจากการเผา
	11	0	1.29	1.72	1.72	1.72	1.72	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	
	12	0	0.44	1.33	1.33	1.78	1.78	2.22	2.22	2.22	2.67	2.67	3.11	3.11	3.11	3.11	
	13	0	1.74	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	
	14	0	1.74	1.74	1.74	1.74	2.17	2.17	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	
	15	0	2.23	2.23	2.23	2.23	2.23	2.68	2.68	2.68	2.68	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	

ตารางที่ ก.6 การหาหน่วยน้ำหนักของวัสดุโดยการแทนที่น้ำ

ประเภท	รูปแบบ	ก้อนที่	น้ำหนักถังและน้ำ (กรัม)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	น้ำหนักถัง, น้ำและวัสดุ (กรัม)	น้ำหนักน้ำที่ล้น (กรัม)	ปริมาตรของวัสดุ (ลบ.ซม.)	หน่วยน้ำหนัก (กรัม/ลบ.ซม.)	หน่วยน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ลบ.ซม.)	หมายเหตุ
อิฐ	A	1	4713	940	5280	373	373	2.520		มีรอยร้าวมาก
		2	4713	982	5287	408	408	2.407	2.490	
		3	4713	926	5275	364	364	2.544		
	B	1	4713	1089	5333	469	469	2.322		
		2	4713	1146	5378	481	481	2.383	2.350	
		3	4713	1060	5321	452	452	2.345		
	C	1	4713	1106	5331	488	488	2.266		
		2	4713	926	5266	373	373	2.483	2.395	
		3	4713	1030	5320	423	423	2.435		
	D	1	4713	652	5079	286	286	2.280		
		2	4713	686	5092	307	307	2.235	2.243	
		3	4713	678	5085	306	306	2.216		
กระเบื้อง	A	1	7252	741	7683	310	310	2.390		

ประเภท	รูปแบบ	ก้อนที่	น้ำหนักถังและน้ำ (กรัม)	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	น้ำหนักถัง, น้ำและวัสดุ (กรัม)	น้ำหนักน้ำที่ล้น (กรัม)	ปริมาตรของวัสดุ (ลบ.ซม.)	หน่วยน้ำหนัก (กรัม/ลบ.ซม.)	หน่วยน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ลบ.ซม.)	หมายเหตุ
กระเบื้อง	A	2	7252	756	7689	319	319	2.370	2.372	
		3	7252	723	7668	307	307	2.355		
	B	1	7252	744	7677	319	319	2.332		
		2	7252	736	7680	308	308	2.390	2.364	
		3	7252	725	7671	306	306	2.369		
	C	1	7252	784	7735	301	301	2.605		
		2	7252	619	7635	236	236	2.623	2.632	
		3	7252	752	7722	282	282	2.667		
	D	1	7252	782	7718	316	316	2.475		
		2	7252	790	7724	318	318	2.484	2.473	
		3	7252	768	7708	312	312	2.462		
อิฐดินเผา	-	1	4713	727	5071	369	369	1.970		
		2	4713	797	5069	371	371	2.148	2.090	
		3	4713	803	5067	373	373	2.153		

ตารางที่ ก.7 การหาค่าความดูดซึมของอิฐและกระเบื้อง

ประเภท	รูปแบบ	ก้อนที่	น้ำหนักก่อนบ่ม (กรัม)	น้ำหนักหลังบ่ม (1วัน) (กรัม)	น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	อัตราการดูดซึม (%)	อัตราการดูดซึมเฉลี่ย (%)	หมายเหตุ
อิฐ	A	1	940	1054	940	12.128		
		2	982	1085	982	10.489	11.930	
		3	926	1048	926	13.175		
	B	1	1089	1253	1089	15.060		
		2	1146	1324	1145	15.633	15.451	
		3	1060	1226	1060	15.660		
	C	1	1106	1215	1106	9.855		
		2	926	994	926	7.343	9.196	
		3	1030	1137	1030	10.388		
	D	1	652	673	651	3.379		
		2	686	700	686	2.041	2.446	
		3	678	691	678	1.917		
กระเบื้อง	A	1	741	857	739	15.968		

ประเภท	รูปแบบ	ก้อนที่	น้ำหนักก่อนบ่ม (กรัม)	น้ำหนักหลังบ่ม (1วัน) (กรัม)	น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	อัตราการดูดซึม (%)	อัตราการดูดซึมเฉลี่ย (%)	หมายเหตุ
กระเบื้อง	A	2	756	871	756	15.212	15.096	
		3	723	825	723	14.108		
	B	1	737	855	737	16.011		
		2	748	880	748	17.647	17.472	
		3	741	880	741	18.758		
	C	1	784	884	785	12.611		
		2	619	691	620	11.452	12.188	
		3	752	846	752	12.500		
	D	1	782	793	779	1.797		
		2	790	802	790	1.519	1.496	
		3	768	777	768	1.172		
กระเบื้องดินเผาเคลือบ	-	1	430	433	430	0.698[1]		
		2	423	424	423	0.236[1]	0.468	
		3	426	428	426	0.469[1]		
อิฐดินเผา	-	1	727	913	794	14.987		
		2	797	911	796	14.447	14.317	

ประเภท	รูปแบบ	ก้อนที่	น้ำหนักก่อนบ่ม (กรัม)	น้ำหนักหลังบ่ม (1วัน) (กรัม)	น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	อัตราการดูดซึม (%)	อัตราการดูดซึมเฉลี่ย (%)	หมายเหตุ
อิฐดินเผา	-	3	803	907	799	13.517		
กระเบื้องดินเผา	-	1	382	420	383	9.661		
		2	383	421	381	10.499	10.098	
		3	375	413	375	10.133		

หมายเหตุ [1] คิดอัตราการดูดซึมจากพื้นที่ผิวเพียง 5 ด้านเท่านั้น โดยหักพื้นที่ด้านบนออกเนื่องจากไม่ได้เคลือบ

ตารางที่ ก.8 การทดสอบภาคตัดขวางของอิฐ

รูปแบบ	ก้อนที่	ขนาด (ซม.)								ระยะห่างของจุดรองรับ (ซม.)	หมายเหตุ
		กว้าง (1)	กว้าง (2)	กว้าง (3)	กว้างเฉลี่ย	หนา (1)	หนา (2)	หนา (3)	หนาเฉลี่ย		
A	1	6.80	7.13	7.12	7.02	4.35	4.42	4.50	4.42	7.00	
	2	7.05	7.00	6.99	7.01	4.55	4.48	4.52	4.52	7.00	
	3	7.12	6.95	6.89	6.99	4.33	4.40	4.41	4.38	7.00	
	4	7.01	7.08	7.04	7.04	4.39	4.38	4.38	4.38	7.00	
B	1	6.98	6.99	6.89	6.95	4.97	4.97	4.96	4.97	7.00	
	2	7.05	7.12	7.10	7.09	5.30	5.41	5.31	5.34	7.00	
	3	6.99	7.02	7.05	7.02	5.24	5.35	5.30	5.30	7.00	
	4	7.01	7.12	7.10	7.08	5.33	5.29	5.29	5.30	7.00	
C	1	6.81	6.92	6.95	6.89	4.80	4.92	5.01	4.91	7.00	
	2	6.80	6.83	6.82	6.82	3.94	3.92	3.92	3.93	7.00	
	3	6.89	6.93	6.94	6.92	4.51	4.52	4.54	4.52	7.00	
	4	6.95	6.92	6.97	6.95	4.51	4.51	4.53	4.52	7.00	
D	1	6.78	6.85	6.69	6.77	2.67	2.69	2.65	2.67	7.00	
	2	6.62	6.71	6.70	6.68	2.71	2.83	2.79	2.78	7.00	

รูปแบบ	ก้อนที่	ขนาด (ซม.)								ระยะห่างของจุดรองรับ (ซม.)	หมายเหตุ
		กว้าง (1)	กว้าง (2)	กว้าง (3)	กว้างเฉลี่ย	หนา (1)	หนา (2)	หนา (3)	หนาเฉลี่ย		
D	3	6.80	6.70	6.65	6.72	2.77	2.75	2.70	2.74	7.00	
	4	6.78	6.70	6.71	6.73	2.67	2.74	2.72	2.71	7.00	
G	1	5.41	5.46	5.42	5.43	4.52	4.56	4.52	4.53	7.00	
	2	5.44	5.44	5.44	5.44	4.52	4.56	4.56	4.55	7.00	
	3	5.35	5.41	5.41	5.39	4.61	4.61	4.62	4.61	7.00	
	4	5.44	5.44	5.42	5.43	4.50	4.52	4.51	4.51	7.00	

รูปแบบ	ก้อนที่	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร ($ซม^3$.)	หน่วยน้ำหนัก (กรัม/$ซม^3$.)	ลักษณะการวางตัวอย่างทดสอบ	แรงกระทำ (กก.)	โมดูลัสการแตกร้าว,กก./$ซม^2$. (Modulus of Rupture, ksc)	โมดูลัสการแตกร้าวเฉลี่ย, กก./$ซม^2$. (Average Modulus of Rupture, ksc)
A	1	940	373	2.520	ด้านนอน	150	11.484	
	2	982	408	2.407	ด้านนอน	120	8.798	10.141
	3	926	364	2.544	ด้านตั้ง	165	8.135	
	4	945	377	2.507	ด้านตั้ง	170	0.322	4.229
B	2	1146	481	2.383	ด้านนอน	120	6.233	
	3	1060	452	2.345	ด้านนอน	146	7.774	7.004
	1	1089	469	2.322	ด้านตั้ง	180	7.873	
	4	1120	475	2.358	ด้านตั้ง	210	8.300	8.087
C	1	1106	488	2.266	ด้านนอน	472	29.831	
	4	989	412	2.400	ด้านนอน	312	23.067	26.449
	2	926	473	1.958	ด้านตั้ง	720	41.364	
	3	1030	423	2.435	ด้านตั้ง	639	31.000	36.182
D	2	686	307	2.235	ด้านนอน	460	93.578	
	3	678	306	2.216	ด้านนอน	335	69.731	81.655
	1	652	286	2.280	ด้านตั้ง	1100	94.395	
	4	684	307	2.228	ด้านตั้ง	1033	88.367	91.381

รูปแบบ	ก้อนที่	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร ($ซม^3$.)	หน่วยน้ำหนัก (กรัม/$ซม^3$.)	ลักษณะการวางตัวอย่างทดสอบ	แรงกระทำ (กก.)	โมดูลัสการแตกร้าว,กก./$ซม^2$. (Modulus of Rupture, ksc)	โมดูลัสการแตกร้าวเฉลี่ย, กก./$ซม^2$. (Average Modulus of Rupture, ksc)
G	1	727	369	1.970	ด้านนอน	1193	112.407	110.382
	3	803	373	2.153	ด้านนอน	1182	108.356	
	2	797	371	2.148	ด้านตั้ง	1296	101.049	
	4	800	379	2.111	ด้านตั้ง	1554	122.716	111.883

หมายเหตุ G แทนอิฐดินเผา

** ทุกตารางจะใช้ค่าดังนี้

A แทนอัตราส่วน ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย เท่ากับ 1 : 2

B แทนอัตราส่วน ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย เท่ากับ 1 : 3

C แทนอัตราส่วน ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย ต่อ ดินเหนียว เท่ากับ 1 : 2 : 0.5

D แทนอัตราส่วน ฝุ่นหินปูน ต่อ ทราย ต่อ ดินเหนียว เท่ากับ 1 : 2 : 1.5

ตาราง ก.9 การเปรียบเทียบราคาในการผลิตอิฐ

รายการ	อิฐประดับดินเผา		
	ค่าใช้จ่าย	จำนวนที่ผลิตได้ (ก้อน)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ก้อน)
ดิน(รวมค่าขนส่ง)	60 บาท/ตัน	780	0.08
ค่าแรงในการหมักดิน	50 บาท/ตัน	780	0.06
ค่านวดดิน	60 บาท/ตัน	780	0.08
ค่าฟืน	30000 บาท/ครั้ง	30000	1.00
ค่าแรงในการพิมพ์อิฐ	900 บาท/ครั้ง	30000	0.03
ค่าแรงในการขนฟืน	3900 บาท/ครั้ง	30000	0.13
ค่าแรงในการขนย้ายอิฐออกจากเตา	2600 บาท/ครั้ง	30000	0.09
รวม			1.46

รายการ	อิฐจากฝุ่นหินปูน		
	ค่าใช้จ่าย	จำนวนที่ผลิตได้ (ก้อน)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ก้อน)
ผงหินปูน	0 บาท/ตัน	3750	0.000
ค่าขนส่งฝุ่นหินปูน	40 บาท/ตัน	3750	0.011
ดิน(รวมค่าขนส่ง)	60 บาท/ตัน	2500	0.024
ทราย(รวมค่าขนส่ง)	60 บาท/ตัน	1875	0.032
ค่าน้ำมันดีเซล[1]	900 ลิตร/ครั้ง (7200 บาท/ครั้ง)	10000	0.720
ค่าแรงในการผลิต(โดยประมาณ)	3500 บาท/ครั้ง	30000	0.120
ค่าแรงในการผสม	50 บาท/ตัน	800	0.063
รวม			0.969

หมายเหตุ 1.อ้างอิงจากการเผาอิฐด้วยเตาที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (พงศ์พัน วรสุนทโรสถ)

: ข้อมูลส่วนใหญ่ได้มาจากโรงงานอิฐ บปก. เฮ่งมุ่ยหลี จังหวัดอ่างทอง

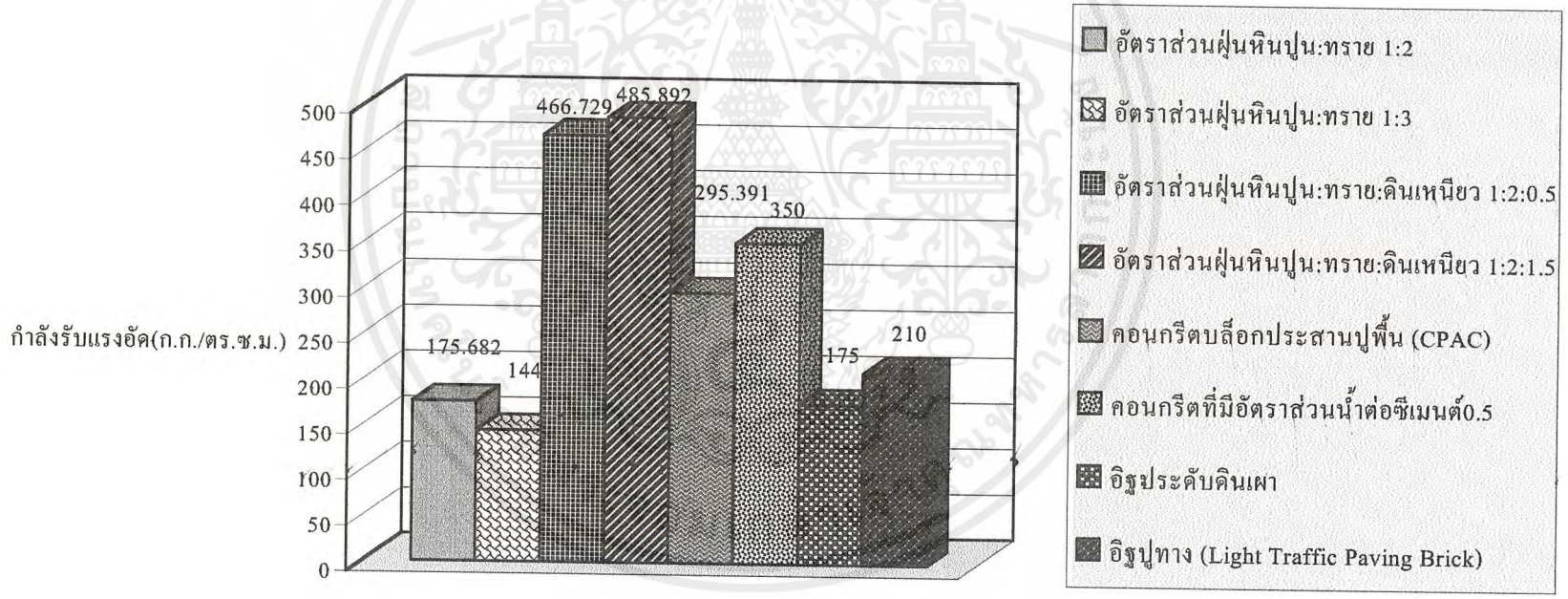
ตาราง ก.10 ราคาต้นทุนเปรียบเทียบโดยคิดเป็นหน่วยบาทต่อตารางเมตร

รูปแบบของวัสดุ	ราคาต้นทุน (บาท/ก้อน)	จำนวนวัสดุที่ใช้ (ก้อน/ตร.ม.)	ราคา/หน่วยพื้นที่ (บาท/ตร.ม.)
บล็อกประสานปูพื้นชนิดดอกริช	2.45	42	102.9
อิฐจากฝุ่นหินปูน (7X15)	0.969	98	94.96

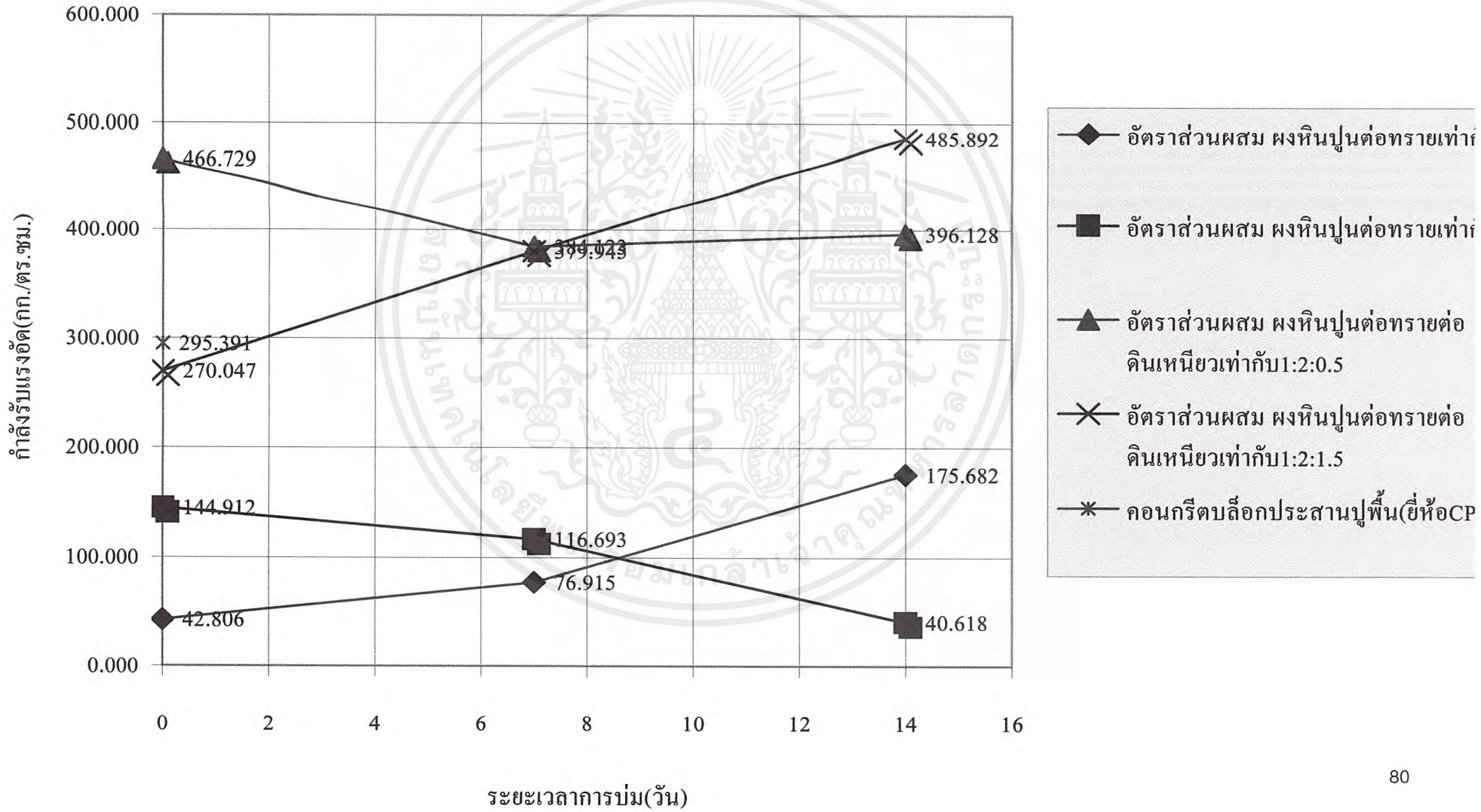
หมายเหตุ ราคาคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นได้มาจากการสมมติหักกำไรและค่าขนส่งในการขายปลีกออกจากราคาขายไป 30 %

ภาคผนวก ข

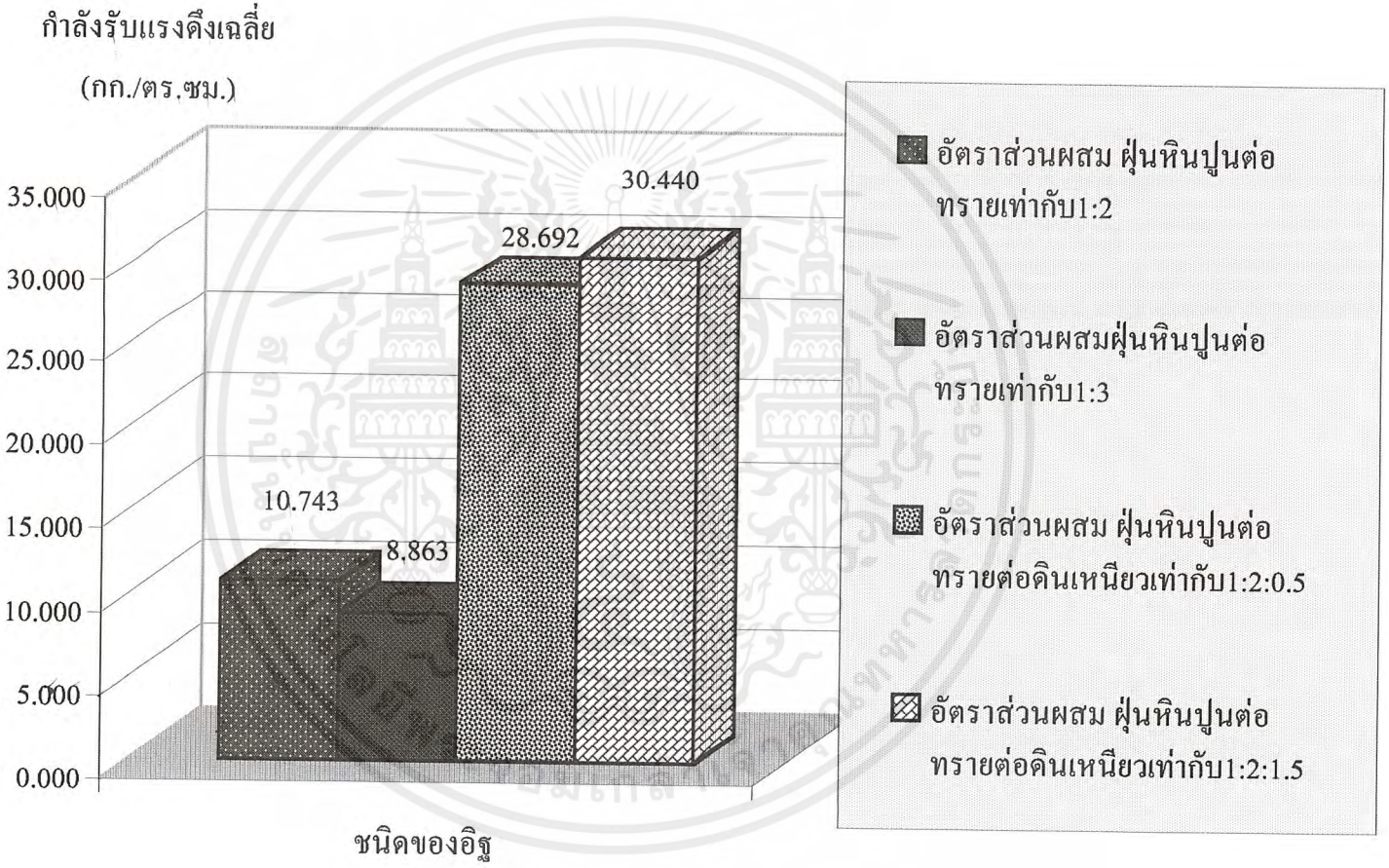
รูป ข.1 แผนภูมิเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของวัสดุต่างๆ



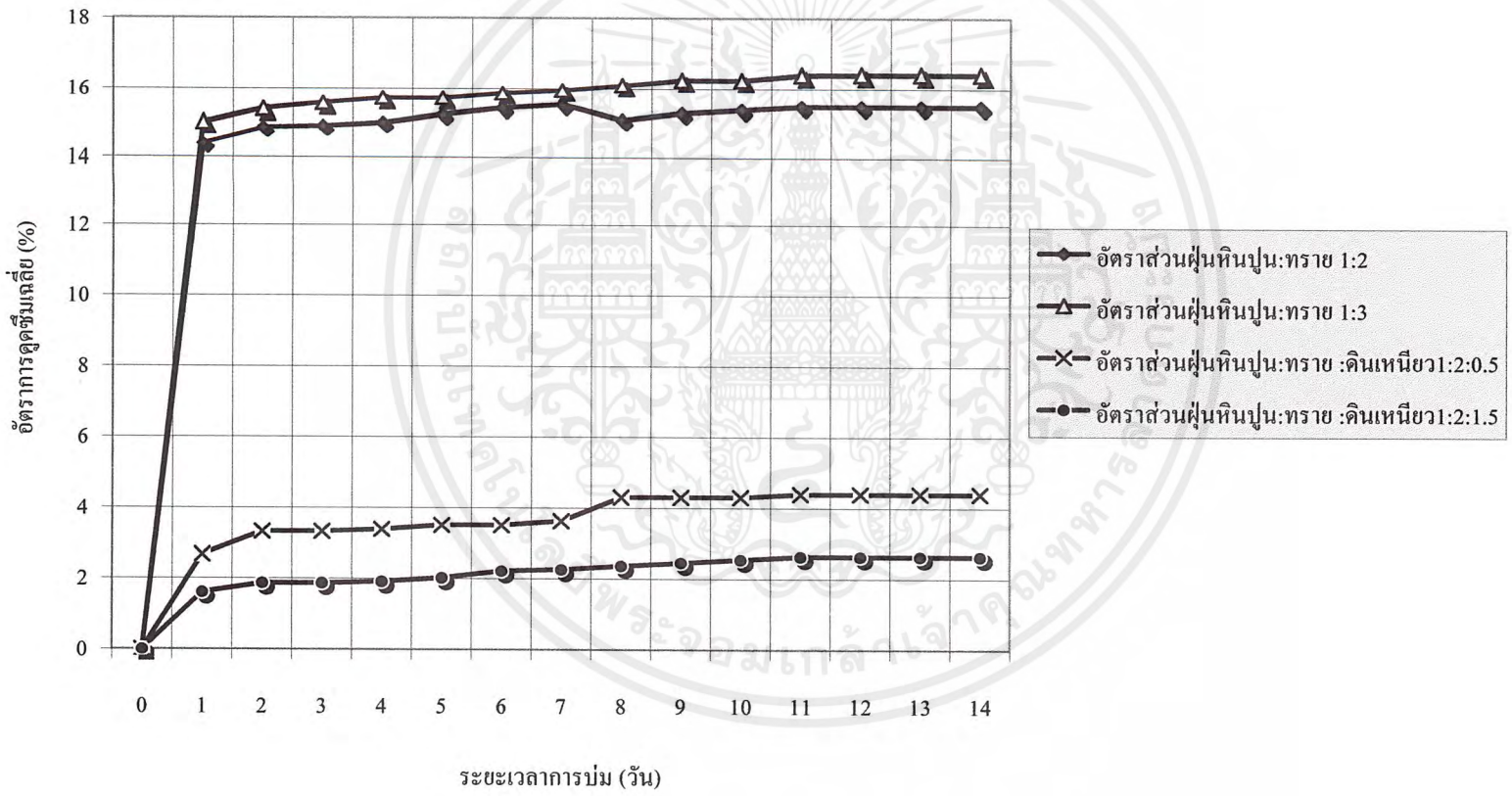
รูปที่ ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับระยะเวลาการบ่มของแต่ละอัตราส่วนผสม



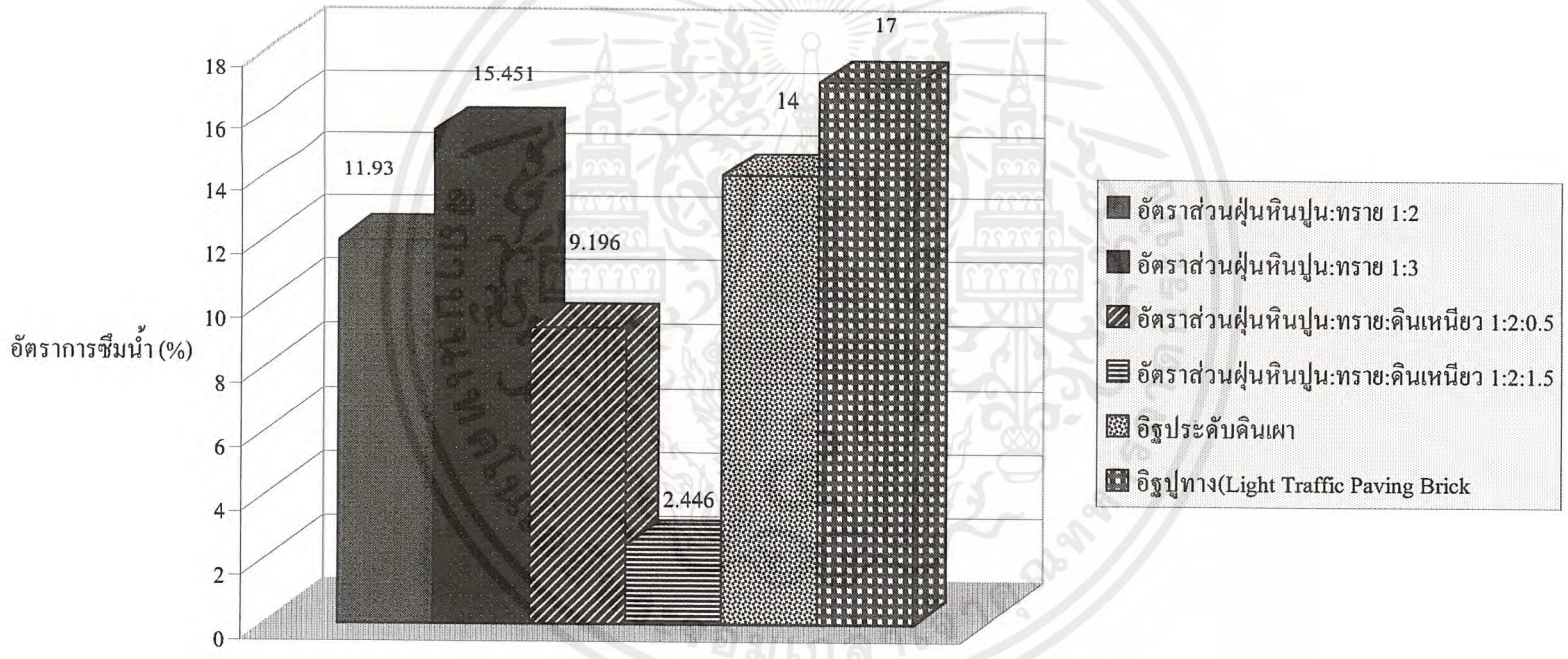
รูป ข.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับแต่ละอัตราส่วนผสม



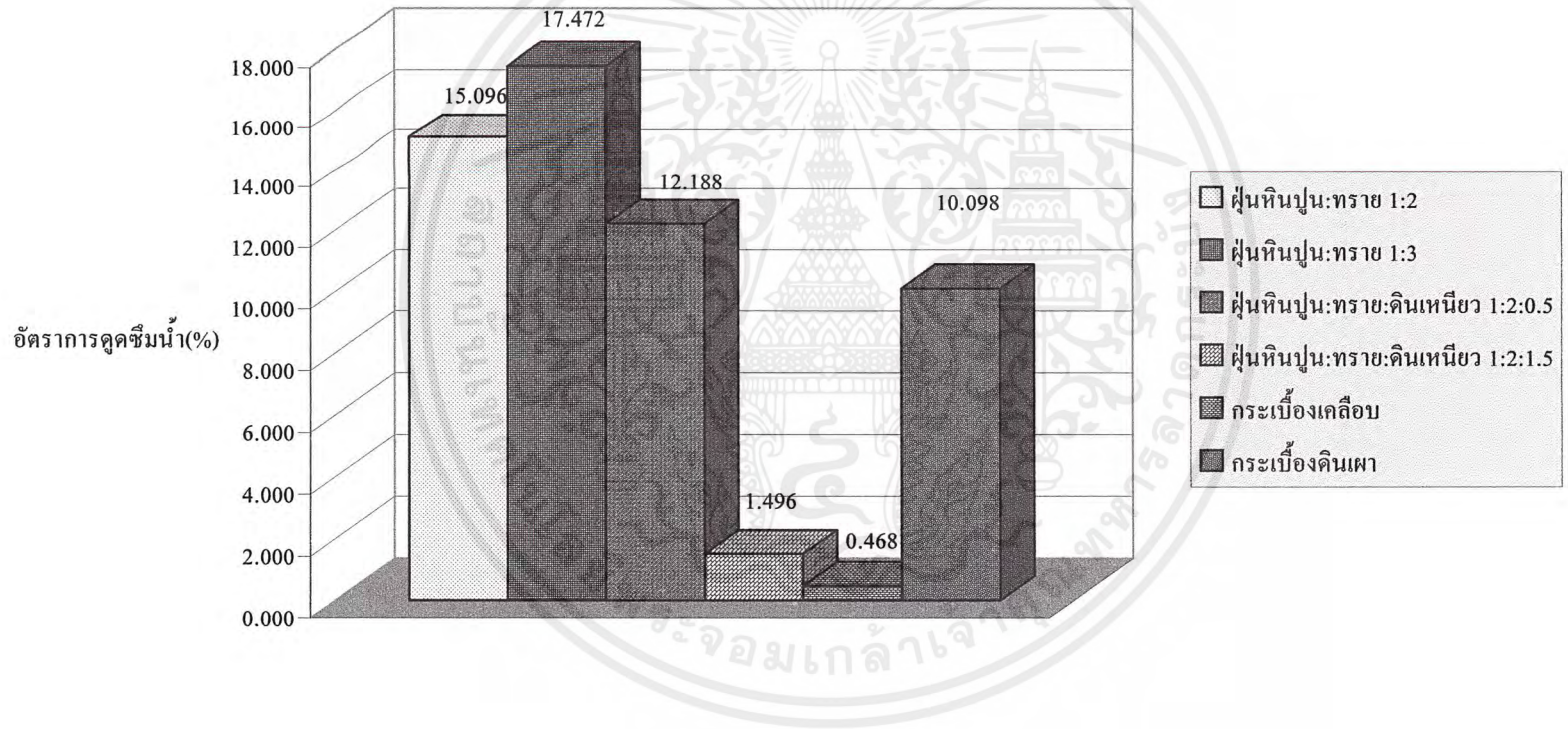
รูป ข.4 อัตราการดูดซึมเฉลี่ยของส่วนผสมต่างๆ



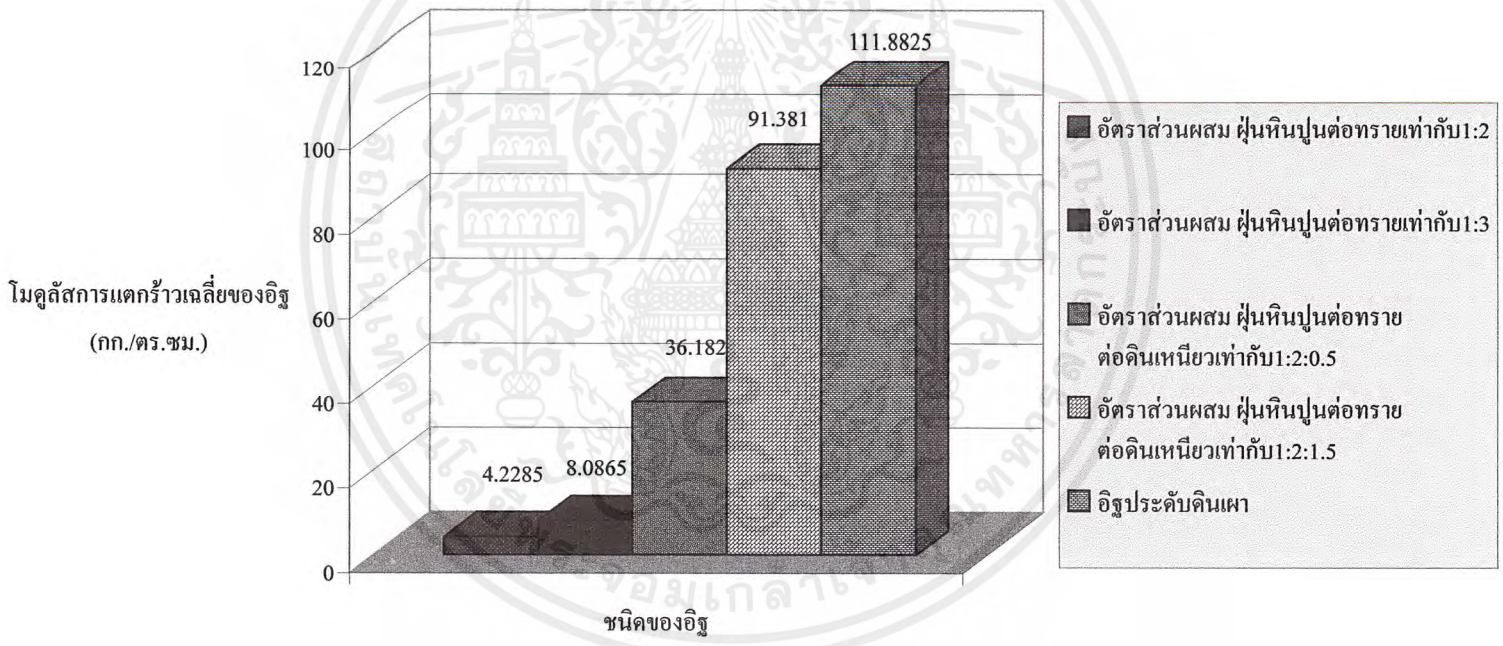
รูป ข.5 เปรียบเทียบอัตราการซึมน้ำของวัสดุ



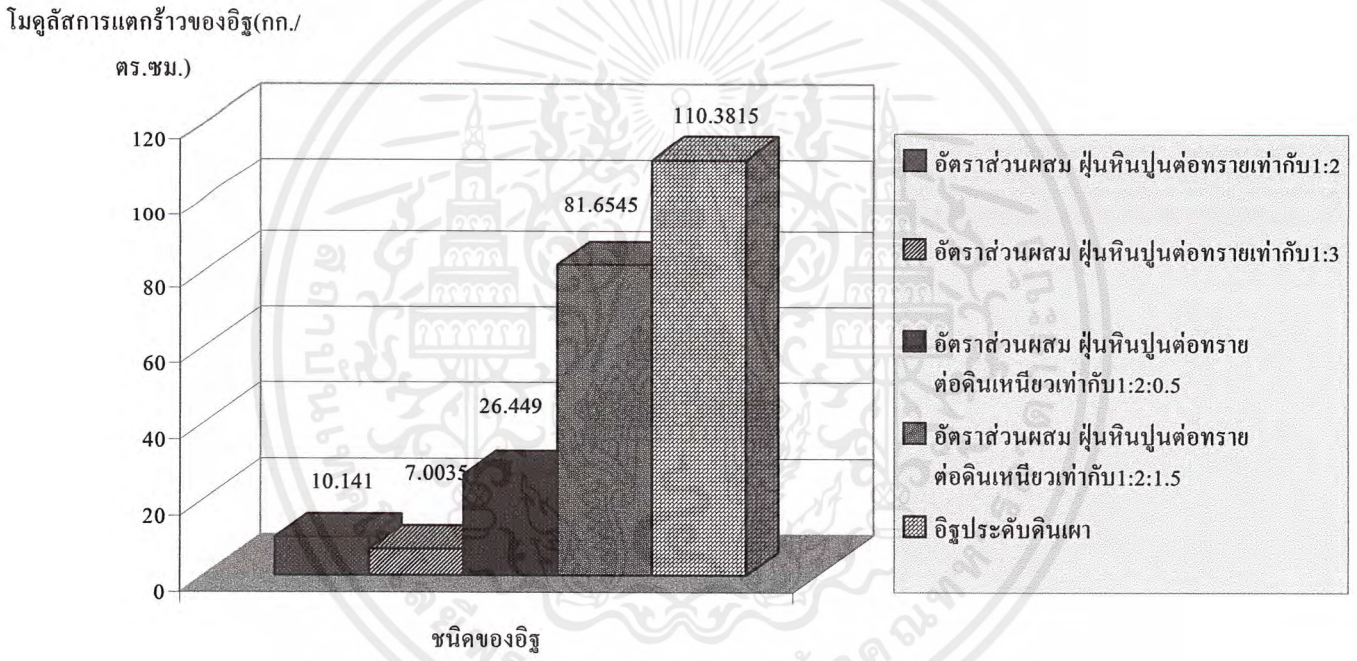
รูป ข.6 อัตราการดูดซึมน้ำของกระเบื้อง



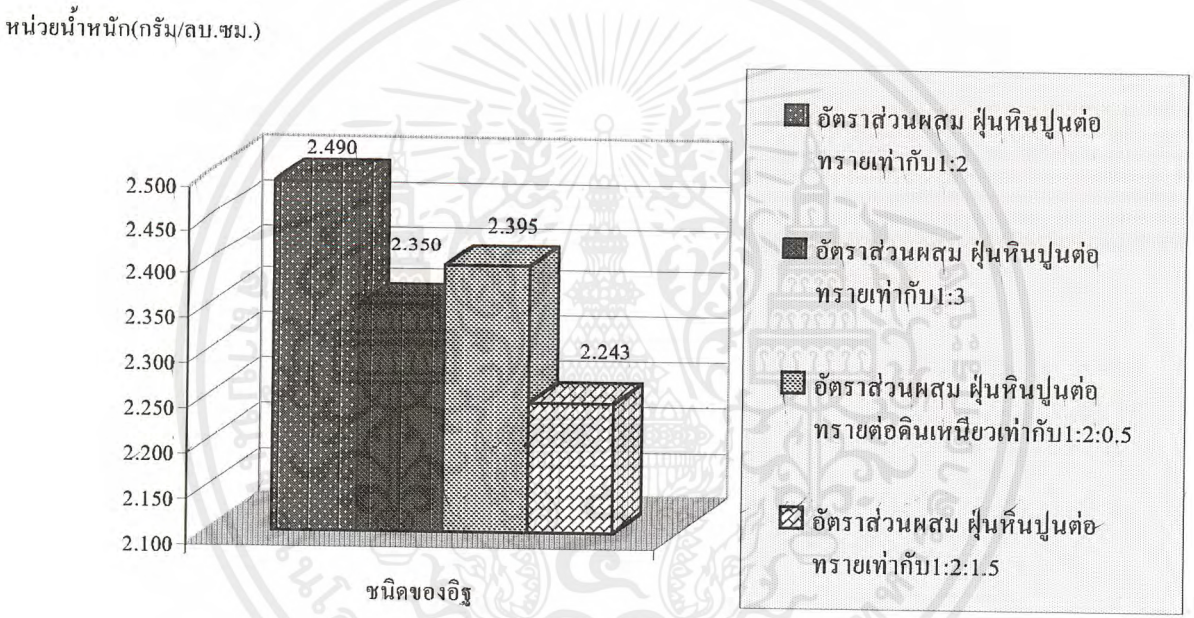
รูป ข.7 การเปรียบเทียบค่าโมดูลัสการแตกร้าวเฉลี่ยของอิฐกับชนิดของอิฐที่วางในแนวตั้ง



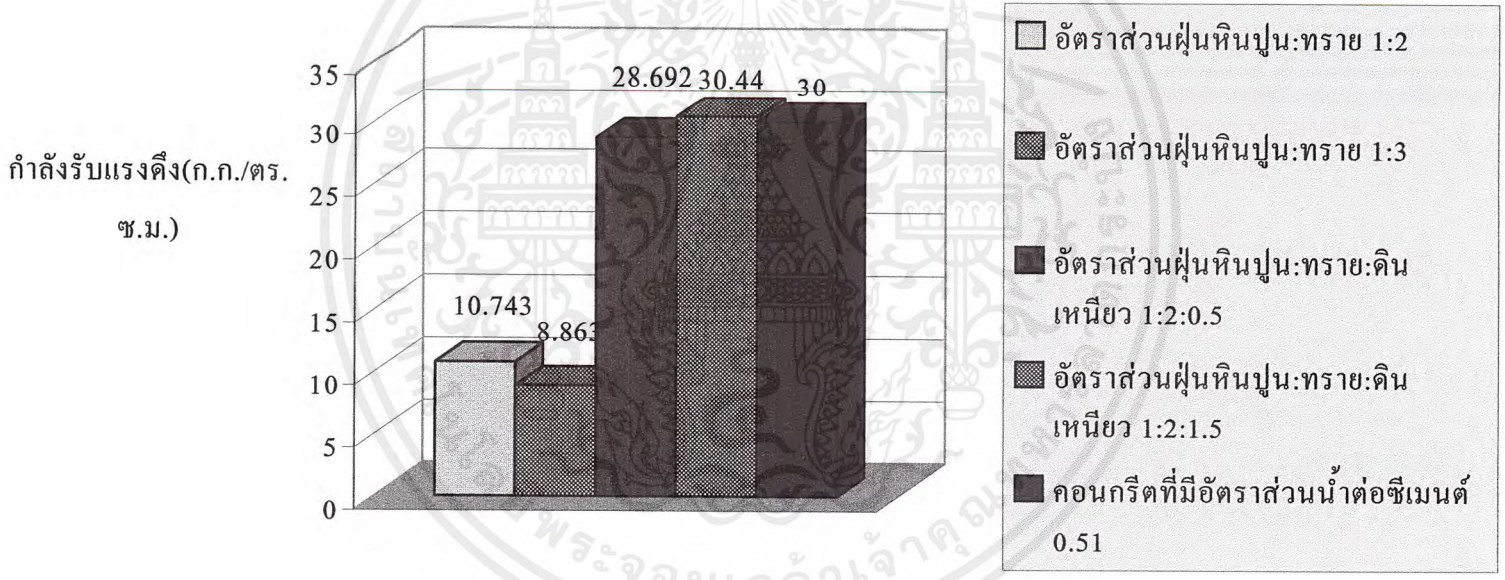
รูป ข.8 การเปรียบเทียบค่าโมดูลัสการแตกร้าวเฉลี่ยของอิฐกับชนิดของอิฐที่วางในแนวนอน



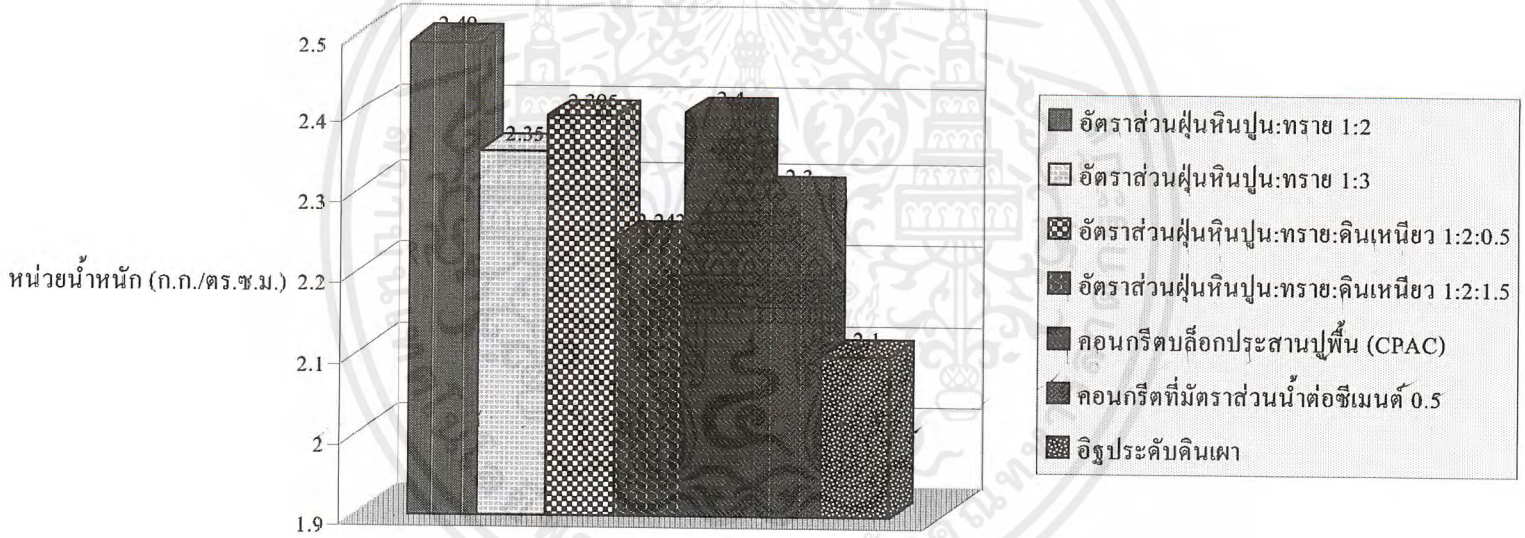
รูป ข.9 การเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของอิฐกับแต่ละอัตราส่วนผสม



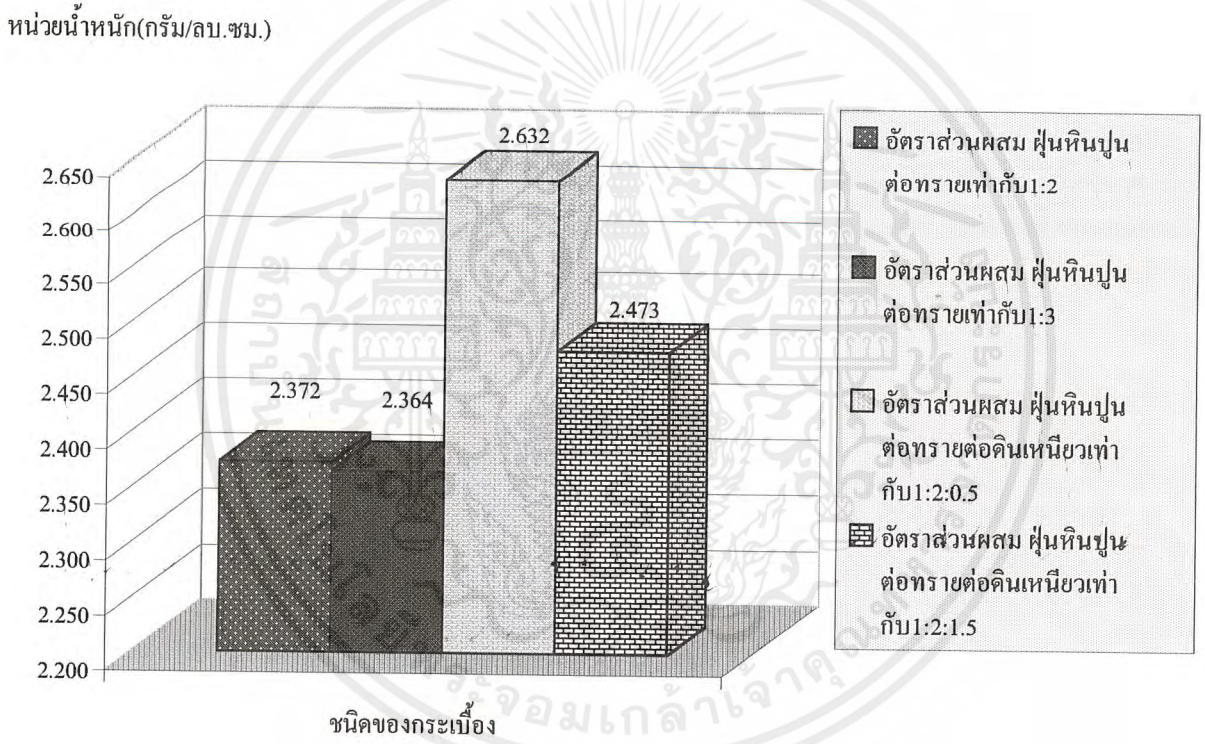
รูป ข.10 เปรียบเทียบกำลังรับแรงดึง



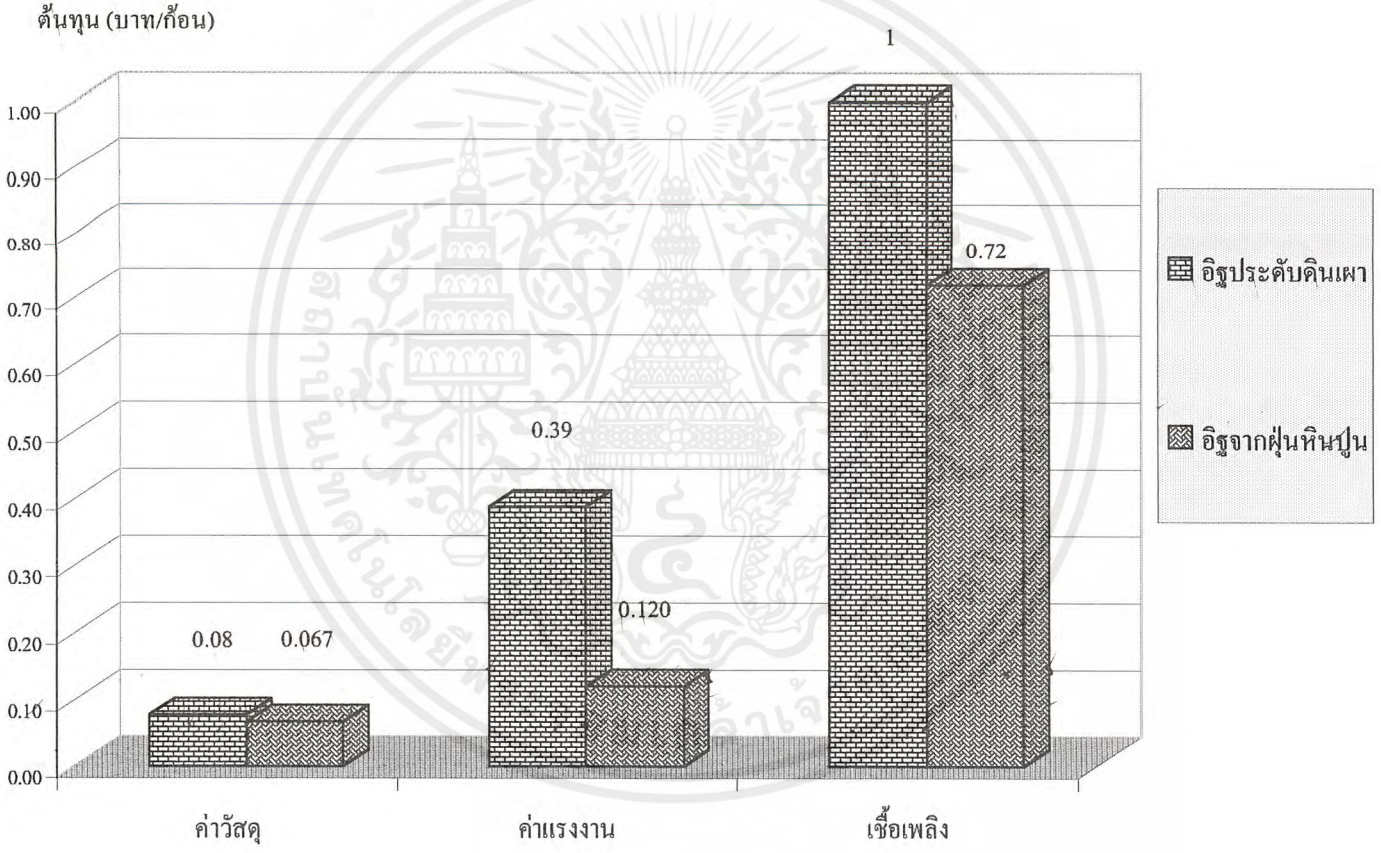
รูป ข.11 เปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของวัสดุ



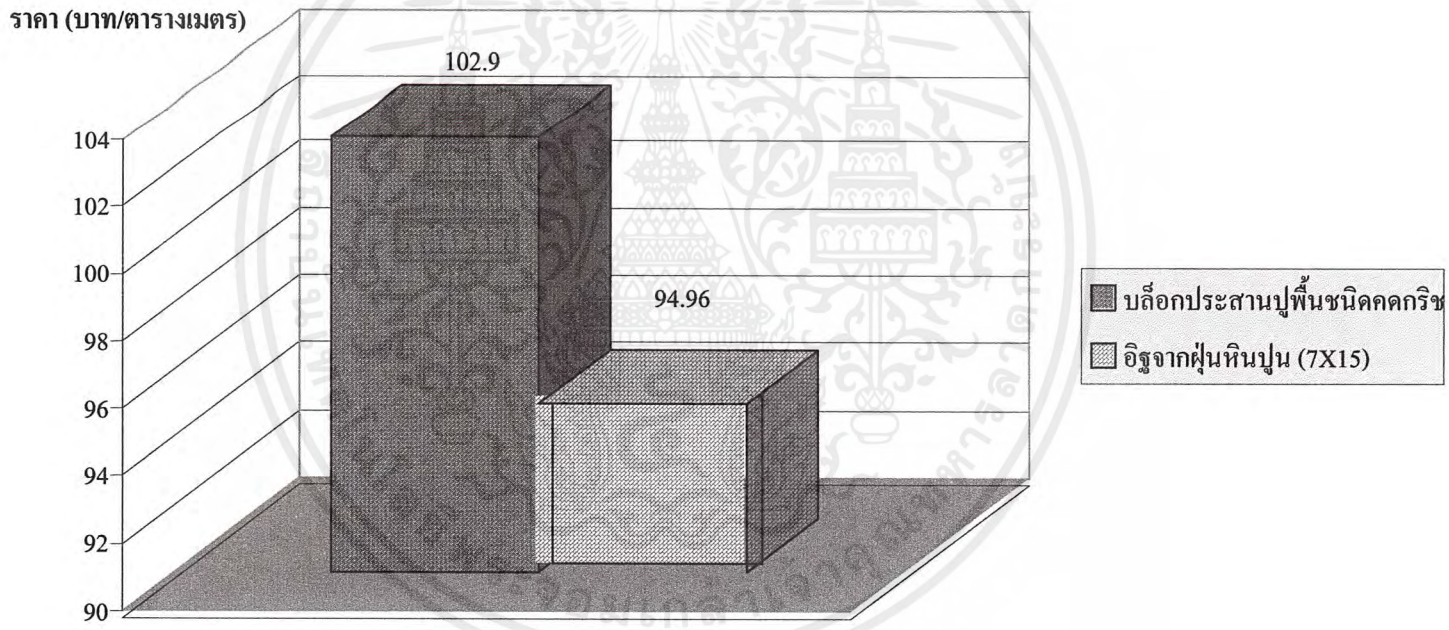
รูป ข.12 การเปรียบเทียบหน่วยน้ำหนักของกระเบื้องแต่ละอัตราส่วนผสม



รูป ข.13 เปรียบเทียบราคาในการผลิตอิฐ



รูป ข.14 ราคาต้นทุนเปรียบเทียบระหว่างอิฐจากฝุ่นหินปูนกับคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น



ภาคผนวก ค.

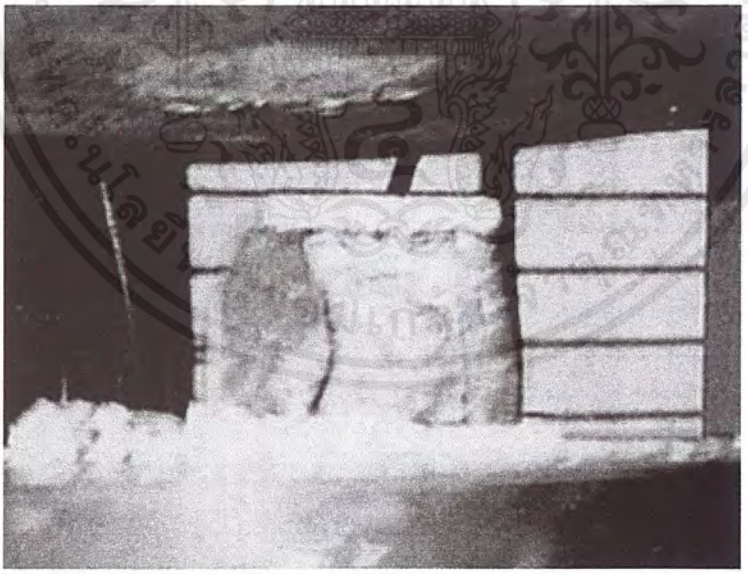
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ค.1 ผลิตภัณฑ์ในเตาเผาหลังจากผ่านการเผาแล้ว

รูป ค.2 อิฐที่เผาจนได้ลักษณะขึ้นมันวาว (ฝุ่นหินปูน:ทราย)

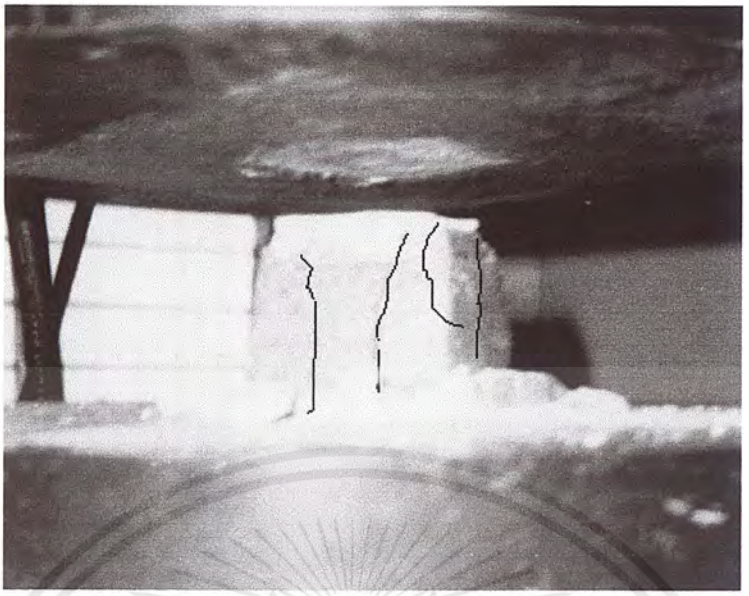
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ค.3 อิฐอัตราส่วนฝุ่นหินปูน:ทราย 1:3

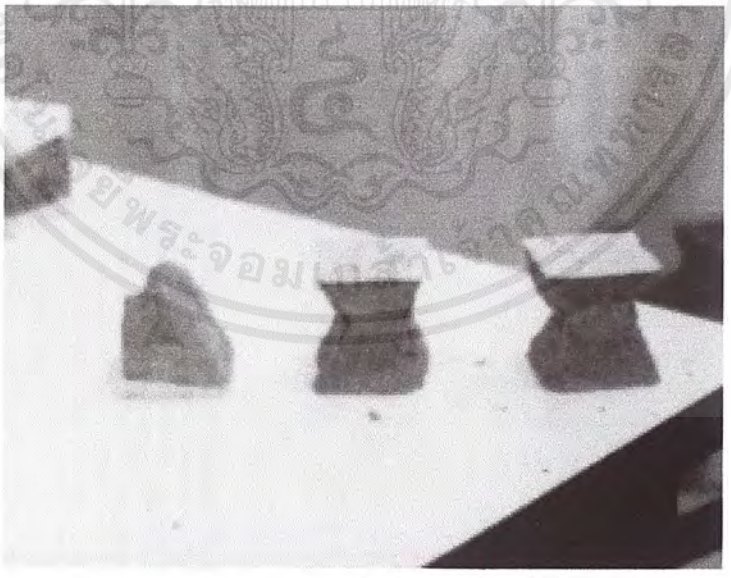


รูป ค.4 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

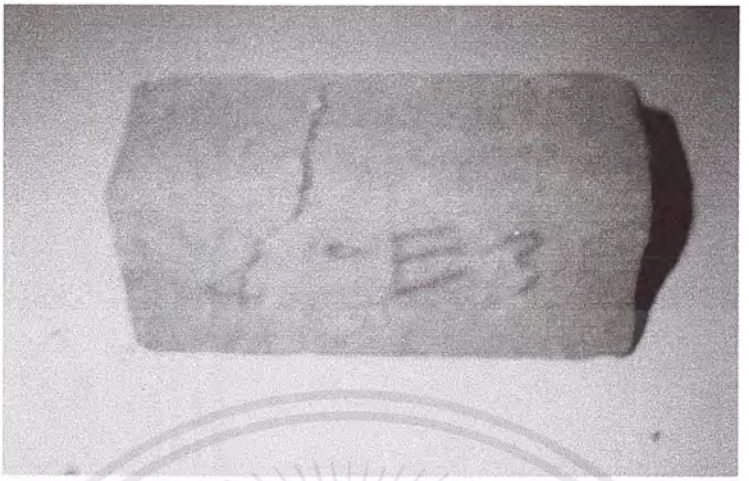


รูป ค. 5 แสดงแนวการพังทลายของตัวอย่างการทดสอบแรงอัด พังทลายแบบแยกออก (Splitting)



รูป ค.6 ซ้ายมือเป็นตัวอย่างที่เผาที่อุณหภูมิต่ำกว่าความต้องการมีลักษณะการพังทลายเหมือนมอร์ต้าสองลูกด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

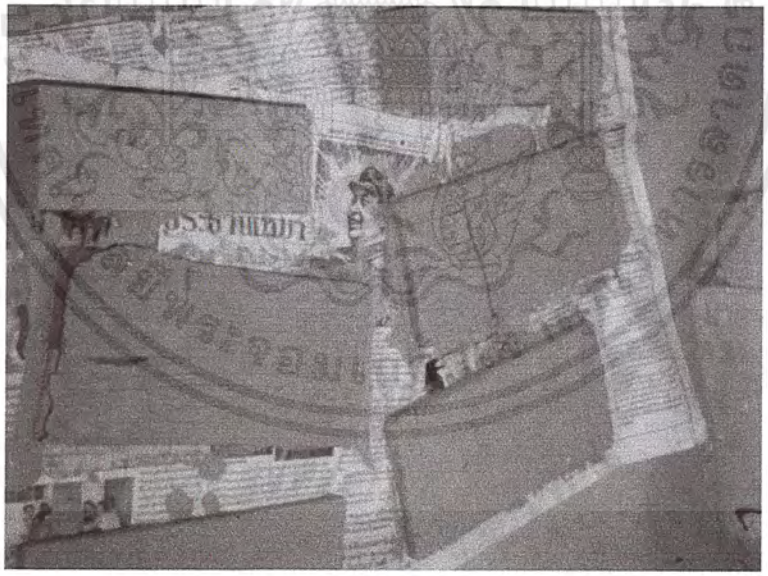


รูป ค.7 อิฐที่เผาไม่ถึงอุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส จะมีรอยร้าว

รูป ค.8 ภาพตัดของอิฐมีลักษณะเหมือนหินทราย

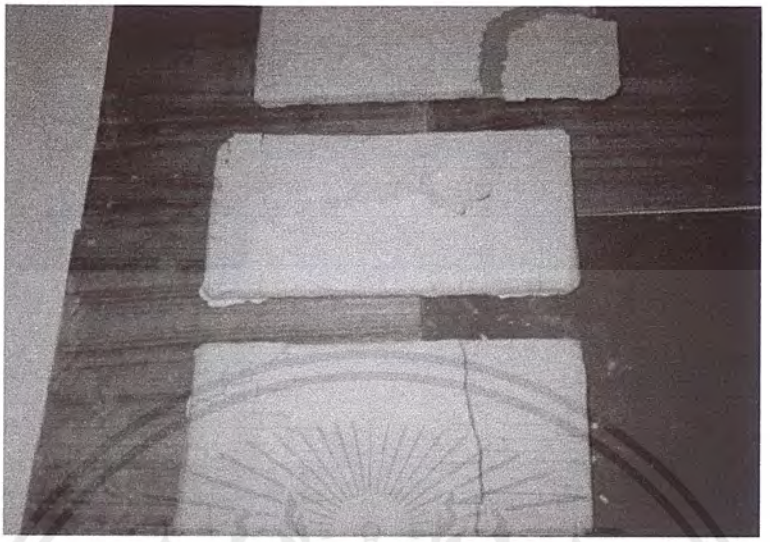
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ค. 9 ลักษณะแนวการพังทลายของตัวอย่างทดสอบแรงดึง



รูป ค. 10 การหลุดร่อนของผิวเคลือบของอิฐดิบหลังจากชุบและปล่อยไว้ให้แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

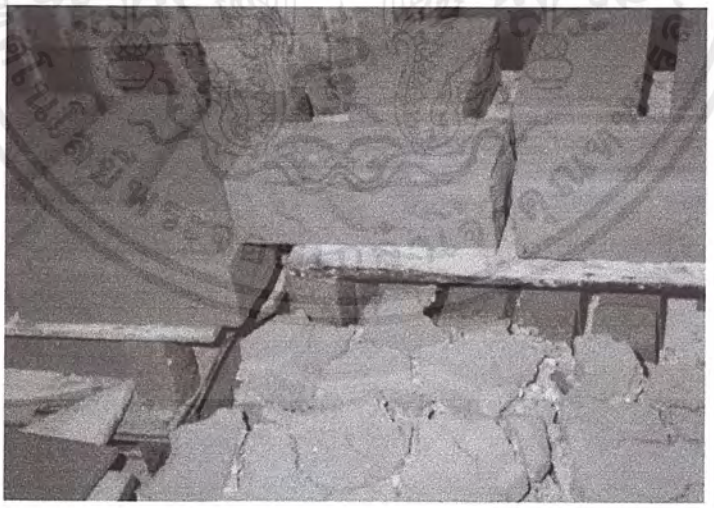


รูป ค. 11 ตัวอย่างกระเบื้องแตกหักเมื่อแห้งหลังจากชุบเคลือบ

รูป ค. 12 การหลุดร่อนของผิวเคลือบหลังจากการเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ค.13 อิฐมบ.ป.ก.ที่ถูกเคลือบและนำไปเผาแต่ดินทนความร้อนสูง



รูป ค.14 การทดลองเผาที่อุณหภูมิ 1050 องศาเซลเซียสทำได้
แค่ทำให้อิฐสุกแต่ไม่เกิดการเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ค.15 คอนกรีตประสานปูพื้นไม่มีความคงตัวเมื่อได้รับความร้อนสูงเนื่องจากความไม่คงตัวของยิปซัมที่อยู่ข้างใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐก่อสร้างสามัญ

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภท ขนาด และคุณลักษณะที่ต้องการของอิฐก่อสร้างสามัญขนาดเล็ก (อิฐมอญ) และขนาดใหญ่

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ขนาด หมายถึง ความยาว ความกว้าง และความหนาตามมาตรฐาน

2.2 อิฐขนาดเล็ก (อิฐมอญ) หมายถึง อิฐที่มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมตัน ผิวไม่สู้เรียบ ทำด้วยมือหรือเครื่องจักร เหมาะสำหรับใช้ก่อผนังหรือกำแพงที่ฉาบปูน

2.3 อิฐขนาดใหญ่ หมายถึง อิฐที่มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมตัน ขนาดใหญ่กว่าอิฐมอญ ผิวหน้าเรียบ มีร่องสำหรับยึดปูนก่อ ทำด้วยเครื่องจักร เหมาะสำหรับใช้ก่อผนังหรือกำแพง

2.4 ร่องสำหรับยึดปูนก่อ (frog) หมายถึง ร่องที่กดลึกอยู่บนด้านแบนของแผ่นอิฐขนาดใหญ่ด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านแล้วแต่ความเหมาะสม ให้ร่องอยู่กลางแผ่นอิฐมีขนาดความยาว ความกว้างไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวความกว้างของแผ่นอิฐ และมีความลึกประมาณ 10 มิลลิเมตร

3. ประเภทและขนาด

3.1 ประเภท

อิฐก่อสร้างสามัญแบ่งเป็นสองประเภท ได้แก่

3.1.1 ประเภทที่ 1 อิฐขนาดเล็ก

3.1.2 ประเภทที่ 2 อิฐขนาดใหญ่

3.2 ขนาดและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้อิฐทั้งประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 นี้ ให้มีขนาดและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เป็นไปตามตารางที่ ง.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ขนาดความคลาดเคลื่อนและขีดจำกัดในการทดสอบ

(ข้อ 3.2)

ประเภท	ขนาดมาตรฐาน (ซม.)			ความคลาดเคลื่อน (ซม.)			ขีดจำกัดในการทดสอบอิฐจำนวน 20 แผ่น (ซม.)		
	ยาว	กว้าง	หนา	ยาว	กว้าง	หนา	ยาว	กว้าง	หนา
1	14.0	6.5	4.0	± 0.5	± 0.3	± 0.2	270.0 - 290.0	124.0 - 136.0	76.0 - 84.0
	19.0	9.0	4.0	± 0.5	± 0.3	± 0.2	370.0 - 390.0	174.0 - 186.0	76.0 - 84.0
2	19.0	9.0	6.5	± 0.5	± 0.3	± 0.2	370.0 - 390.0	174.0 - 186.0	126.0 - 134.0
	19.0	9.0	9.0	± 0.5	± 0.3	± 0.3	370.0 - 390.0	174.0 - 186.0	174.0 - 186.0

4. ส่วนผสมและวิธีทำ

4.1 อิฐประเภทที่ 1

4.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทำ ได้แก่

4.1.1.1 ดินเหนียว หรือ ดินโคลน

4.1.1.2 วัสดุอื่น เช่น แกลบ ทราย ขี้เลื่อย อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันแล้วแต่ความเหมาะสม

4.1.2 วิธีทำ

4.1.2.1 การทำด้วยมือ ใช้ดินเหนียวผสมกับทรายหรือแกลบหรือใช้ดินโคลนผสมกับแกลบย่ำผสมน้ำ อัดลงในแบบพิมพ์ไม้ซึ่งวางอยู่บนลานดินที่เรียบ โดยโรยเถ้าแกลบบนลานดินและภายในแบบพิมพ์ เพื่อกันไม่ให้ดินผสมติดแบบพิมพ์

4.1.2.2 การทำด้วยเครื่องจักร ใช้ดินเหนียวผสมกับทราย หรือแกลบ นำเข้าเครื่องพ่นน้ำ นวด อัด รีด ออกมาเป็นแท่งยาว ตัดด้วยลวดเป็นแผ่นอิฐ ผึ่งให้แห้งแล้วจึงนำเข้าเตาเผา

4.2 อิฐประเภทที่ 2

4.2.1 วัสดุที่ใช้ในการทำ ได้แก่

4.2.1.1 ดินเหนียว

4.2.1.2 วัสดุอื่น ๆ เช่น ทราย

4.2.2 วิธีทำ

ใช้ดินเหนียวผสมกับทราย ย่ำผสมน้ำ อัดลงแบบไม้ ปาดให้เรียบแล้วยกแบบไม้ออกหรือนำเข้าเครื่องนวด อัด รีดออกมาเป็นแท่งยาว ตัดลวดเป็นก้อนขนาดใหญ่กว่าแผ่นอิฐเล็กน้อย ผึ่งก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินที่เตรียมไว้นี้ให้มีความชื้นพอสมควร นำเข้าเครื่องอัดให้แน่นเป็นก้อนอิฐตามขนาดที่ต้องการ ผึ่งให้แห้งแล้วจึงนำเข้าเตาเผา

5. คุณลักษณะที่ต้องการ

5.1 ผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จต้องมีขนาดเป็นไปตามตารางที่ 1 มีลักษณะและคุณสมบัติอื่น ๆ ดังต่อไปนี้

5.1.1 เผาสุกและมีสีสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น

5.1.2 มีความแข็งแรงทนทานตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2

5.1.3 มุมทุกมุมควรเป็นมุมฉาก

5.1.4 รูปร่าง และขนาดสม่ำเสมอกัน

5.1.5 เนื้อแน่นไม่มีรอยแตกร้าว

5.2 คุณสมบัติทางกายภาพ

5.2.1 แรงอัด (compressive strength) ต้องเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดในตารางที่ ง.2

5.2.2 การดูดซึมน้ำ (water absorption) ต้องเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดในตารางที่ ง.2

ตารางที่ ง.2 แรงอัดและการดูดซึมน้ำ

(ข้อ 5.2.1 และข้อ 5.2.2)

ประเภท	ขนาด	แรงอัดต่ำสุด		การดูดซึมน้ำสูงสุด
	ยาว x กว้าง x หนา	เมกะนิวตันต่อ	กิโลกรัมแรงต่อ	ร้อยละของน้ำหนัก
	เซนติเมตร	ตารางเมตร	ตาราง ซม. (ประมาณ)	อิฐ
1	14.0x6.5x4.0	3.5	(35)	25
	19.0x9.0x4.0	3.5	(35)	25
2	19.0x9.0x6.5	15.0	(160)	15
	19.0x9.0x9.0	15.0	(160)	15

6. การทำเครื่องหมายการค้า

6.1 ผลิตภัณฑ์ทั้งหลายที่ระบุไว้ในมาตรฐานนี้ ต้องมีเครื่องหมายแสดงชื่อผู้ทำ หรือเครื่องหมายการค้าปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจนไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ก็ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

7. การชักตัวอย่าง

อิฐที่จะชักตัวอย่างมาทำการทดสอบ ต้องเป็นอิฐใหม่ที่ยังไม่เคยทดสอบมาก่อนและให้ชักตัวอย่างตามจำนวนและวิธีการในข้อ 7.1 และข้อ 7.2

7.1 จำนวนของอิฐจะชักตัวอย่างจะต้องตรงกับจำนวนอิฐในตารางที่ ง.3

ตารางที่ ง.3 การชักตัวอย่างจำนวนอิฐ

(ข้อ 7.1)

จำนวนอิฐทั้งหมด (ก้อน)	จำนวนอิฐที่ชักตัวอย่าง	
	อิฐประเภทที่ 1 (ก้อน)	อิฐประเภทที่ 2 (ก้อน)
น้อยกว่า 5000	-	-
5000 ถึง 10000	50	50
10001 ถึง 20000	50	100
20001 ถึง 30000	100	150
30001 ถึง 50000	100	200

หมายเหตุ จำนวนอิฐในตาหนึ่งหรือในกองหนึ่งมากกว่า 50000 ก้อน ต้องทำการชักตัวอย่างเพิ่มเติมในส่วนที่มากกว่านั้น ตามตารางที่ ง.3

7.2 การชักตัวอย่างอิฐที่จะนำไปใช้ในการทดสอบทำได้สองวิธีดังต่อไปนี้

7.2.1 ชักตัวอย่างอิฐขณะเคลื่อนย้าย

การชักตัวอย่างขณะเคลื่อนย้าย เช่น ขณะขนออกจากเตาเผาหรือขนขึ้นบรรทุกยานพาหนะในกรณีนี้ให้เก็บตัวอย่างอิฐด้วยวิธีสุ่มจากอิฐส่วนย่อยแต่ละส่วน ซึ่งแบ่งออกตามความเหมาะสมจนได้ครบจำนวนที่ต้องการตามที่ระบุได้ในข้อ 7.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.2 ชักตัวอย่างอิฐที่อยู่ในกอง

การชักตัวอย่างอิฐที่อยู่ในกอง ให้เก็บตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มจากทุก ๆ ส่วนของกองโดยเก็บอิฐด้านบน ด้านข้าง และภายในกองจนได้ครบจำนวนที่ต้องการตามที่ระบุไว้ในข้อ 7.1

7.3 ตัวอย่างอิฐที่ได้ทำการชักตัวอย่างมาแล้วให้เก็บไว้ในที่แห้งไม่ควรวางติดกับพื้นดินจนกว่าจะได้ทดสอบแล้ว

8. การทดสอบ

8.1 ขนาด

8.1.1 การวัดความยาว ความกว้าง และความหนา ให้ใช้สายวัดชนิดทำด้วยโลหะ หรือเครื่องมือวัดชนิดไม่ยืดอย่างอื่นที่เหมาะสม และยาวพอที่จะวัดแถวอิฐได้ทั้งแถว 10 และ 20 แผ่น (ห้ามวัดโดยใช้บรรทัดหรือเครื่องมือวัดขนาดสั้นที่ต้องวัดซ้ำต่อกันไปหลายหน)

8.1.2 วิธีการทดสอบให้ปฏิบัติตามวิธีการดังนี้

8.1.2.1 วัดความยาว ความกว้าง และความหนาโดยนำอิฐจำนวน 20 แผ่น โดยเอาส่วนที่โป่งพองและเศษดินที่ติดมาออกให้หมด เรียงอิฐไปตามลำดับบนพื้นผิวที่ได้ระดับ ดังแสดงในรูปที่ 1 (ก) (ข) และ (ค) โดยให้ทุกแผ่นแตะกันและอยู่ในแนวตรง วัดความยาวจรดหัวท้ายของอิฐที่เรียงไว้ด้วยสายวัดที่กำหนดในข้อ 8.1.1

8.1.2.2 ถ้าปรากฏว่าในทางปฏิบัติไม่อาจวัดอิฐแถวละ 20 แผ่น ได้ด้วยเหตุผลใดก็ตาม ให้แบ่งตัวอย่างอิฐออกเป็นสองแถว ๆ ละ 10 แผ่น และให้วัดแถวอิฐแยกกันแต่ละแถว แล้วให้เอาระยะที่วัดได้ทั้งสองนั้นบวกเข้าด้วยกัน

8.2 การทดสอบแรงอัด

8.2.1 ตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบจะต้องผ่านการตรวจสอบขนาดตามข้อ 8.1

8.2.2 วิธีการทดสอบให้ปฏิบัติตามวิธีในผนวก ง.ดังข้างล่าง

8.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

8.3.1 ตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบจะต้องผ่านการตรวจสอบขนาดตามข้อ 8.1

8.2.3 วิธีการทดสอบ ให้ปฏิบัติตามวิธีในผนวก ง.ดังข้างล่าง

การทดสอบแรงอัด

ก.1 อิฐประเภทที่ 1

ก.1.1 จำนวนตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้อิฐจำนวน 15 แผ่น ให้ทำการทดสอบสามครั้ง โดยอัตรวมกันครั้งละห้าแผ่นตามวิธีในข้อ ก.1.2 แล้วหาผลเฉลี่ยของการทดสอบทั้งสามครั้ง

ก.1.2 วิธีทดสอบ

อิฐที่จะใช้ทดสอบนี้ต้องชุบน้ำเสียก่อน ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำให้เหลวพอสมควรละเลงบนแผ่นกระจกเรียบซึ่งวางอยู่ในระดับนอน นำอิฐแผ่นที่หนึ่งกดทางด้านแบนบนปูนปลาสเตอร์ให้ได้ระดับ โดยมีความหนาระหว่างแผ่นอิฐกับกระจกประมาณ 5 มิลลิเมตร ตัดปูนปลาสเตอร์ที่ล้นเกินขอบอิฐออกโดยรอบละเลงปูนปลาสเตอร์ลงบนแผ่นอิฐนี้แล้วนำอิฐแผ่นที่สองกดทับลงไปให้ได้ระดับ โดยให้มีความหนาของปูนระหว่างแผ่นอิฐประมาณ 5 มิลลิเมตร เช่นกัน การวางแผ่นอิฐจะต้องไม่ให้เหลื่อมกันโดยทางใดทางหนึ่ง แล้วทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที ละเลงปูนปลาสเตอร์บนแผ่นกระจกเรียบอีกแผ่นหนึ่งตามวิธีที่ได้ทำมาแล้วยกอิฐที่ติดกันด้วยปูนปลาสเตอร์ทั้งห้าแผ่นออกจากแผ่นกระจกแผ่นแรกโดยระมัดระวัง พลิกกลับให้หน้าอิฐแผ่นบนวางกดลงบนปูนปลาสเตอร์ของกระจกแผ่นที่สองให้ผิวปลาสเตอร์ข้างบนมีระดับขนานกับแผ่นกระจกทิ้งไว้สามชั่วโมง

ก.1.3 นำเข้าเครื่องทดสอบหาความต้านทานแรงอัดทางด้านแบนของแผ่นอิฐ โดยใช้อัตราการเพิ่มแรงอัด 2.0 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร (ประมาณ 20 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ในระยะเวลา 1 นาที

ก.2 อิฐประเภทที่ 2

ก.2.1 จำนวนตัวอย่าง

ใช้อิฐจำนวน 10 แผ่น โดยทดสอบแต่ละแผ่นแล้วหาผลเฉลี่ย

ก.2.2 วิธีทดสอบ

อิฐที่จะใช้ทดสอบนี้ต้องนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เช็ดน้ำที่ติดอยู่กับแผ่นอิฐออกแล้วใช้มอร์ตา (mortar) อุดปิดส่วนที่เป็นร่องของแผ่นอิฐให้เต็ม เสร็จแล้วนำไปบ่มไว้ในที่ที่มีอากาศชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เช็ดน้ำที่ติดอยู่ออก นำเข้าเครื่องทดสอบโดยใช้ไม้อัดหนาประมาณ 4 มิลลิเมตร รองชิ้นทดสอบไว้ทั้งข้างบนและข้างล่าง ไม้อัดที่ใช้รองทั้งสองแผ่นแต่ละแผ่นจะต้องมีพื้นที่มากกว่าพื้นที่ของหน้าแผ่นอิฐ

ก.2.3 อัตราการเพิ่มแรงอัดให้ใช้ 14.0 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร (ประมาณ 140 กิโลกรัมแรงต่อ ตารางเซนติเมตร) ในระยะเวลา 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบการดูดซึมน้ำ

ข.1 วิธีทดสอบ

ข.1.1 อบตัวอย่างอิฐประเภทละห้าแผ่น ให้แห้งจนน้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ $110 \pm 5^{\circ}$ C กา รอบต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง แล้วปล่อยไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง จาก นั้นนำมาแยกชั่งทีละแผ่น การชั่งให้อ่านละเอียดถึงร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักของชิ้นทดสอบ น้ำหนัก ที่ชั่งได้นี้ถือเป็นน้ำหนักอิฐที่แห้ง ($น_1$)

ข.1.2 อิฐประเภทที่ 1 ให้นำอิฐที่ชั่งแล้วตามข้อ ข.1.1 จำนวนทั้งห้าแผ่นแช่ลงในน้ำกลั่นจน ท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ยกอิฐออก ใช้ผ้าเปียกซับน้ำบนผิวทีละก้อนแล้วชั่งใหม่ให้เสร็จภายใน 3 นาที น้ำหนักที่ชั่งได้นี้ถือเป็นน้ำหนักอิฐที่ดูดซึมน้ำ ($น_1$)

ข.1.3 อิฐประเภทที่ 2 ให้นำอิฐที่ชั่งแล้วตามข้อ ข.1.1 จำนวนทั้งห้าแผ่น ต้มในน้ำเดือดเป็น เวลา 1 ชั่วโมง การวางอิฐในภาชนะที่ใช้ต้ม ไม่ควรวางแผ่นอิฐให้ติดกับผิวภาชนะเสร็จแล้วปล่อย ทิ้งไว้ให้เย็นไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ยกอิฐออก ใช้ผ้าเปียกซับน้ำบนผิวทีละก้อน แล้วชั่งใหม่ให้เสร็จ ภายใน 3 นาที น้ำหนักที่ชั่งได้นี้ถือเป็นน้ำหนักอิฐที่ดูดซึมน้ำ ($น_2$)

ข.2 การคำนวณ

ให้คำนวณค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของอิฐทั้งห้าแผ่น โดยคิดจากค่าเฉลี่ยน้ำหนักของอิฐที่แห้ง และน้ำหนักของอิฐที่ดูดซึมน้ำเป็นกรัม จากสูตร

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ} = (น_2 - น_1 / น_1) \times 100$$

เมื่อ $น_1$ คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของอิฐที่แห้งเป็นกรัม

$น_2$ คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของอิฐที่ดูดซึมน้ำเป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและทดสอบอิฐ

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานนี้กำหนด การชักตัวอย่าง การวัดขนาด การบิดเบี้ยว น้ำหนัก โมดูลัสการแตกร้าว กำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ ความทนต่อการเยือกแข็งและการละลาย อัตราการดูดกลืนน้ำขั้นแรกและการทดสอบรอยด่างของอิฐและอิฐกลวง

2. การชักตัวอย่าง

2.1 วิธีชักตัวอย่าง

2.1.1 รุ่น หมายถึง อิฐที่ทำขึ้นหรือส่งมอบในคราวเดียวกันแล้วแต่กรณี ที่มีชนิดและมิติเดียวกัน ให้ชักตัวอย่างอิฐเต็มก้อนเพื่อทดสอบ ก้อนตัวอย่างที่ชักขึ้นมาให้เป็นตัวแทนของอิฐในรุ่นนั้น

2.2 จำนวนก้อนตัวอย่าง

2.2.1 อิฐ ต้องชักตัวอย่างไม่น้อยกว่า 10 ก้อน จากทุกรุ่นที่มีจำนวน 250000 ก้อน หรือเศษของ 250000 ก้อน สำหรับจำนวนที่มากกว่าให้ชักตัวอย่างเพิ่ม 5 ก้อนจากอิฐแต่ละ 500000 ไม่ว่าในกรณีใด ๆ ต้องชักตัวอย่างไม่น้อยกว่า 10 ก้อน

2.3 การทำเครื่องหมายสำหรับการทดสอบ

ตัวอย่างแต่ละก้อนที่ชักมาแล้วจะต้องทำเครื่องหมายเพื่ออ้างถึงได้ขนาดของเครื่องหมายต้องมีพื้นที่ประมาณไม่เกินร้อยละ 2 ของพื้นที่ผิวหน้าของก้อนตัวอย่าง

3. การทดสอบ

3.1 การวัดขนาด

3.1.1 เครื่องมือ

บรรทัดเหล็กซึ่งแบ่งละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร หรือเครื่องวัดระยะหรือคาลิปเปอร์ซึ่งอ่านได้จาก 10 ถึง 300 มิลลิเมตร และเป็นชนิดที่มีปากขนานกันสำหรับใช้วัดขนาดของแต่ละก้อน บรรทัดเหล็กหรือคาลิปเปอร์ที่มีขนาดและความละเอียดตามต้องการนี้ใช้สำหรับวัดอิฐ

3.1.2 จำนวนและลักษณะก้อนตัวอย่าง

ใช้อิฐเต็มก้อนขณะแห้ง จำนวน 10 ก้อน อิฐเหล่านี้จะเป็นตัวแทนของอิฐทั้งหมด ควรจะมีขนาดและสีแตกต่างกันมากที่สุดเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า (ใช้ตัวอย่างนี้ทดสอบหารอยด่างหรือคุณสมบัติอื่น ๆ ได้)

3.1.3 วิธีวัดความยาว ความกว้าง ความหนาของอิฐแต่ละก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.1 ใช้เครื่องมือวัดที่กล่าวในข้อ 3.1.1 วัดความยาวของก้อนทางหน้ายาวทั้ง 4 หน้า โดยวัดที่จุดกึ่งกลางของแต่ละหน้า บันทึกผลการวัดทั้ง 4 หน้าให้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร และบันทึกค่าเฉลี่ยของความยาวให้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร วัดความกว้างและความหนาของก้อนในลักษณะเช่นเดียวกับการวัดความยาวที่กล่าวแล้ว และบันทึกผลการวัดในทำนองเดียวกัน

3.2 การหาน้ำหนัก

3.2.1 เครื่องมือ

3.2.1.1 เครื่องชั่ง

เครื่องชั่งต้องมีความไวภายในร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักของก้อนตัวอย่างที่เล็กที่สุดที่ถูกทดสอบ

3.2.1.2 ตู้อบแห้ง

ตู้อบแห้งต้องมีอากาศภายในหมุนเวียนได้อย่างทั่วถึง และรักษาระดับอุณหภูมิระหว่าง 110 ถึง 115 องศาเซลเซียส

3.2.1.3 พัดลม

3.2.2 วิธีทดสอบ

3.2.2.1 การทำให้แห้ง

ทำก้อนตัวอย่างให้แห้งในตู้อบแห้ง ที่อุณหภูมิ 110 ถึง 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนัก และนำเข้าอบใหม่นาน 2 ชั่วโมง นำออกมาชั่งน้ำหนักใหม่ หากปรากฏว่าน้ำหนักที่สูญเสียไปไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักก้อนตัวอย่างในการชั่งครั้งก่อนถือว่าก้อนน้ำหนักนั้นแห้งใช้ทดสอบต่อไปได้ หากน้ำหนักที่สูญเสียไปเกินเกณฑ์ดังกล่าว ให้อบแห้งซ้ำอีกจนกว่าจะได้ผลว่าน้ำหนักที่สูญเสียไปในระหว่างการอบแห้งนานครั้งละ 2 ชั่วโมงไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักก้อนตัวอย่างที่ชั่งครั้งก่อน

3.2.2.2 การทำให้เย็น

(1) หลังจากทำให้แห้งแล้ว ทำให้เย็นลงในห้องทดลองรักษาระดับอุณหภูมิ 24 8 องศาเซลเซียสให้มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30 ถึง 70 เก็บตัวอย่างไว้ในที่ซึ่งไม่มีลมพัดผ่าน โดยวางแยก ๆ กัน ไม่ให้วางติดกันหรือซ้อนกันเป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง จนกว่าเมื่อสัมผัสดูไม่รู้สึกอุ่น จึงนำไปชั่งน้ำหนักต่อไปได้

(2) การทำให้ก้อนตัวอย่างเย็นเท่าอุณหภูมิห้องโดยประมาณอาจทำได้อีกวิธีหนึ่ง คือ เก็บก้อนตัวอย่างโดยวางแยก ๆ กัน ในห้องที่อากาศถ่ายเทได้สะดวกเป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยเปิดพัดลมให้กระแสลมพัดผ่านก้อนตัวอย่างเป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 นำก้อนตัวอย่างที่ได้ตามข้อ 3.3.2.2 ไปชั่งน้ำหนักเรียกว่าน้ำหนักแห้ง

3.2.3 วิธีคำนวณและรายงานผล

3.2.3.1 คำนวณหาน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของก้อนตัวอย่าง ที่ได้จากข้อ 3.3.2.3 โดยการหารน้ำหนักทั้งหมดเป็นกิโลกรัม ด้วยพื้นที่เฉลี่ยระหว่างหน้าทั้งสองของก้อนเป็นตารางเมตร ตามลักษณะที่ก่อในกำแพง

3.2.3.2 รายงานผลการคำนวณแต่ละก้อนผลเฉลี่ยจาก 5 ก้อนหรือมากกว่านั้น

3.3 การทดสอบกำลังต้านแรงอัด

3.3.1 เครื่องมือ

3.3.1.1 เครื่องกด

เครื่องกดจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีรับรองเครื่องกด ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ในขณะที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM E 4-1973)

3.3.1.2 แท่นธาร

แท่นธารตัวบนจะต้องมีบ่ารับรูปทรงกลม เป็นแท่นโลหะแข็งยึดติดตรงกลางที่ส่วนบนของเครื่องทดสอบแรงอัดศูนย์ของทรงกลมจะต้องอยู่ในศูนย์กลางของผิวหน้าของแท่นธารที่สัมผัสกับก้อนตัวอย่าง จับแท่นธารให้ชิดและเข้าในบ่าทรงกลม แต่จะต้องให้หมุนไปในทิศทางใดก็ได้ และจะต้องมีช่องว่างในแท่นธารตัวบนอย่างน้อย 6 มิลลิเมตร เผื่อไว้สำหรับก้อนตัวอย่างที่มีผิวธารไม่ขนานกันทีเดียว เส้นผ่านศูนย์กลางของผิวธารต้องไม่น้อยกว่า 125 มิลลิเมตร จะต้องใช้แท่นธารซึ่งเป็นโลหะแข็งรองใต้ก้อนตัวอย่าง เพื่อกันการสึกหรอที่แท่นล่างของเครื่องทดสอบแรงอัด ผิวแท่นธารด้านที่สัมผัสกับก้อนตัวอย่างควรมีค่าความแข็งรอกเวลล์ไม่ต่ำกว่า C 60 (หรือความแข็งบริเนลล์ 620) ผิวของแท่นธารทั้งสองนี้จะต้องไม่คลาดเคลื่อนจากผิวเรียบเกิด 0.025 มิลลิเมตร ถ้าพื้นที่ธารของแท่นมีทรงกลมไม่พอคลุมพื้นที่ของก้อนตัวอย่างให้ใช้เหล็กแผ่นผิวหน้าไสเรียบอยู่ระหว่าง $\pm$0.025 มิลลิเมตร และมีความหนาอย่างน้อยเท่ากับหนึ่งในสามของระยะจากขอบแท่นธาร ที่มีส่วนทรงกลมถึงมุมที่ห่างที่สุด และสอดเข้าไประหว่างแท่นธารที่มีส่วนทรงกลมกับก้อนตัวอย่างที่เคลือบผิวแล้ว

3.3.2 จำนวนและลักษณะก้อนตัวอย่าง

3.3.2.1 อิฐ

ใช้อิฐแห้งที่ได้จากข้อ 3.3.2.2 จำนวน 5 ก้อน เตรียมเป็นชิ้นตัวอย่างให้มีความยาวเท่ากับความกว้าง $\pm$25 มิลลิเมตร การเตรียมต้องระวังไม่ให้แตกเป็นชิ้น ๆ หรือมีรอยร้าว ชิ้นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างต้องมีหน้าค่อนข้างเรียบและขนานกันโดยประมาณอิฐที่มีโพรงจะต้องทดสอบตามข้อกำหนดการทดสอบอิฐกลวง

3.3.3 การเคลือบผิวก้อนตัวอย่างเพื่อทดสอบ

ถ้าผิวธารของก้อนตัวอย่างมีร่อง ราง หรือ หลุม ให้อุดส่วนลึกด้วยปูนทรายซึ่งประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 3 (มอก. 15 เล่ม 1) 1 ส่วนกับทราย 2 ส่วน โดยน้ำหนักและจะต้องทิ้งปูนทรายที่อุดให้มีอายุครบ 48 ชั่วโมงเสียก่อนจึงนำไปเคลือบผิวได้ ถ้าร่องลึกเกิน 12 มิลลิเมตรจะใช้เนื้ออิฐหรือแผ่นกระเบื้องหรือแผ่นโลหะเป็นแกนอุดก็ได้หลังจากนั้นจึงนำก้อนตัวอย่างไปเคลือบผิวด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งตามที่กำหนดในข้อ 3.5.3.1 และ 3.5.3.2

3.3.3.1 การเคลือบด้วยปูนปลาสเตอร์

ทาผิวธารหน้าตรงข้ามทั้งสองหน้าด้วยเชลแล็ก แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง วางชิ้นตัวอย่างให้ผิวที่ทาเชลแล็กซึ่งแห้งแล้วฝังลงในปูนปลาสเตอร์ล้วน ที่ได้เกลี่ยไว้บาง ๆ บนแผ่นกระจกหรือแผ่นโลหะใสเรียบซึ่งใช้น้ำมันทาไว้ บาง ๆ ผิวหน้าของแผ่นกระจกหรือแผ่นโลหะที่ใช้หล่อปูนจะต้องเรียบภายใน 0.08 มิลลิเมตร ใน 400 มิลลิเมตร และแข็งพอ เมื่อวางบนที่รองรับจะได้ไม่แอ่นระหว่างการเคลือบผิว เคลือบผิวทาเชลแล็กอีกหน้าหนึ่งด้วยวิธีเดียวกัน ระวังให้ผิวธารหน้าตรงข้ามทั้งสองที่หล่อแล้วให้ขนานกันโดยประมาณ และตั้งได้ฉากกับแกนดิ่งของชิ้นตัวอย่าง ความหนาของผิวเคลือบจะต้องเท่ากันโดยประมาณและหนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ทิ้งปูนเคลือบให้มีอายุครบ 24 ชั่วโมง ก่อนนำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบ ควรใช้ปูนปลาสเตอร์แข็งเร็วไฮโดรกัล (hydrocal) หรือไฮโดรสโตน (hydrostone)

3.3.3.2 การเคลือบผิวด้วยสารผสมกำมะถัน

ผสมกำมะถันร้อยละ 40 ถึง 60 ของน้ำหนัก ส่วนที่เหลือใช้ดินทนไฟบดหรือวัสดุเฉื่อยอื่น ๆ ที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 150 ไมครอน (เบอร์ 100) จะผสมสารเติมหล่อง่ายเข้าไปด้วยหรือไม่ก็ได้ แผ่นพื้นผิวเรียบที่ใช้หล่อจะต้องมีเกณฑ์กำหนดตามที่กล่าวในข้อ 3.5.3.1 ใช้เหล็ก 25 มิลลิเมตร สี่เหลี่ยมจัตุรัส 4 แท่ง วางลงบนแผ่นพื้นนั้นเพื่อทำเป็นแบบหล่อรูปสี่เหลี่ยมให้โตกว่าขนาดก้อนตัวอย่างประมาณด้านละ 12 มิลลิเมตร ให้ความร้อนสารผสมกำมะถันในหม้อควบคุมความร้อนพอที่จะหลอมจนเป็นของเหลวอยู่ได้จนกระทั่งสัมผัสกับก้อนตัวอย่างนานพอสมควร จะต้องใช้ความระมัดระวังไม่ให้ความร้อนสูงเกินไป และกวนกำมะถันเหลวในหม้อก่อนใช้งาน เทกำมะถันเหลวลงในแบบหล่อให้หนาประมาณ 6 มิลลิเมตร รีบวางผิวหน้าชิ้นตัวอย่างที่จะเคลือบผิวลงในกำมะถัน จับก้อนตัวอย่างให้แกนตั้งได้ฉากกับผิวเคลือบ ความหนาของผิวเคลือบทั้งหมดควรหนาเท่ากันโดยประมาณ ต้องไม่ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก้อนตัวอย่างกระทบกระเทือนจนกว่าของเหลวจะแข็งตัว ก่อนนำไปทดสอบต้องปล่อยให้ผิวที่เคลือบทั้งสองหน้าแล้วเย็นลงอย่างน้อย 2 ชั่วโมง

3.3.4 วิธีทดสอบ

3.3.4.1 การวางชิ้นตัวอย่างในการทดสอบ

ชิ้นตัวอย่างจะต้องทดสอบโดยวางให้รับน้ำหนักตามลักษณะการใช้งานและให้ศูนย์ชิ้นตัวอย่างกับศูนย์แท่งธารตัวบนของเครื่องกดอยู่ตรงกัน โดยยอมให้เยื้องกันไม่เกิน 1.6 มิลลิเมตร

3.3.4.2 อัตราเร็วที่ใช้ทดสอบ

บรรทุกน้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำหนักสูงสุดที่คาดว่าจะทดสอบโดยให้หัวกดมีอัตราเร็วตามสะดวก หลังจากนั้นต้องคุมเครื่องทดสอบโดยปรับให้หัวกดเคลื่อนในอัตราสม่ำเสมอจนทำให้น้ำหนักบรรทุกส่วนที่เหลือบรรทุกได้ในเวลาไม่เร็วกว่า 1 นาที แต่ไม่เกิน 2 นาที

3.3.5 การคำนวณและรายงาน

3.3.5.1 คำนวณหากำลังต้านแรงอัดของชิ้นงานตัวอย่างดังนี้

$$C = W/A$$

เมื่อ C คือ กำลังต้านทานแรงอัดของชิ้นตัวอย่าง เป็นเมกะปาสคาล (1 เมกะปาสคาลมีค่าประมาณ 10 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

W คือ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด เป็นนิวตัน

A คือ พื้นที่ทั้งหมดโดยเฉลี่ยจากพื้นที่ธารทั้งด้านบนและด้านล่างของชิ้นตัวอย่างเป็นตารางมิลลิเมตร

หมายเหตุ เมื่อต้องการหากำลังต้านแรงอัดโดยเทียบกับพื้นที่สุทธิ ก็ให้แทนค่า A ในสูตรด้วยพื้นที่สุทธิของชิ้น โดยคิดจากพื้นที่ซึ่งมีเนื้ออิฐน้อยที่สุดในภาคตัดที่มีแนวตั้งฉากกับทิศทางของแรงอัด

3.3.5.2 รายงานค่ากำลังต้านทานแรงอัดของอิฐทั้งรุ่น โดยนำค่ากำลังต้านแรงอัดของชิ้นตัวอย่างทุกชิ้นมาคิดเฉลี่ย

3.4 การทดสอบโมดูลัสการแตกร้าว

3.4.1 เครื่องมือ

3.4.1.1 เครื่องกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีรับรองเครื่องกดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ในขณะที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM E 4-1973)

3.4.2 จำนวนและลักษณะก้อนตัวอย่าง

ใช้ก้อนตัวอย่างเต็มก้อนจำนวน 5 ก้อนที่ได้จากข้อ 3.3.2.2

3.4.3 วิธีทดสอบ

3.4.3.1 หากมิได้กำหนดเป็นอย่างอื่น ให้วางก้อนตัวอย่างทางด้านแบนบนแท่งรองรับสอง
แท่ง (เพื่อให้น้ำหนักกดตามทิศทางของความหนาของตัวอย่าง) ให้ระยะช่วงรองรับน้อยกว่าความยาวระบุของก้อนตัวอย่าง 25 มิลลิเมตร กดน้ำหนักที่จุดกึ่งกลางระยะช่วง ถ้าตัวอย่างนั้นมีส่วนเว้าเข้าไป ต้องจัดวางให้ส่วนเว้านั้นอยู่บนด้านที่รับแรงอัด ให้น้ำหนักกดลงที่พื้นผิวด้านบนของก้อนตัวอย่าง โดยผ่านแผ่นเหล็กธาร ซึ่งมีความหนา 6 มิลลิเมตร ความกว้าง 38 มิลลิเมตร และความยาวอย่างน้อยต้องเท่ากับความกว้างของก้อนตัวอย่าง

3.4.3.2 แท่งรองรับก้อนตัวอย่างทั้งสอง ต้องหมุนได้อย่างอิสระในทิศทางตามยาวและตามขวางของก้อนตัวอย่างได้และต้องปรับไม่ให้มีแรงต้านในทิศทางเหล่านี้

3.4.3.3 ความเร็วของการทดสอบ อัตราของการเพิ่มน้ำหนักต้องไม่เกิน 8900 นิวตันต่อนาที แต่ถ้าความเร็วของหัวกดของเครื่องทดสอบที่กำลังเคลื่อนที่ ก่อนที่น้ำหนักจะกดบนก้อนตัวอย่างไม่เกิน 1.27 มิลลิเมตรต่อนาที ก็ถือว่าใช้ได้

3.4.4 การคำนวณและการรายงาน

3.4.4.1 คำนวณหาค่าโมดูลัสการแตกร้าวของตัวอย่างแต่ละก้อนดังต่อไปนี้

$$R = 3\,WL / 2\,bd^2$$

เมื่อ R คือ ความเค้นในก้อนตัวอย่างเมื่อทดสอบที่จุดกึ่งกลางระยะช่วง เป็นเมกะปาสคาล (1 เมกะปาสคาลมีค่าประมาณ 10 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

W คือ แรงกดสูงสุดอ่านจากเครื่องทดสอบ เป็นนิวตัน

L คือระยะห่างระหว่างแท่งรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างทั้งหมดโดยเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างเป็นมิลลิเมตร

d คือ ความลึกทั้งหมดโดยเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างเป็นมิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4.2 รายงานค่าโมดูลัสการแตกร้าวของอิฐทั้งรุ่น โดยนำค่าโมดูลัสการแตกร้าวของชิ้นตัวอย่างทุกชิ้นมาคิดเฉลี่ย

3.5 การทดสอบการดูดกลืนน้ำ

3.5.1 เครื่องมือ

3.5.1.1 เครื่องชั่ง

(1) การทดสอบอิฐ เครื่องชั่งที่ใช้ต้องมีสมรรถวิสัยไม่น้อยกว่า 2 000 กรัม และมีความไวถึง 0.5 กรัม

3.5.2 จำนวนและลักษณะตัวอย่าง

3.5.2.1 อิฐ

ใช้ตัวอย่างอิฐครึ่งก้อนขณะแห้งจำนวน 5 ก้อน ลักษณะเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดที่กล่าวในข้อ 3.5.2.1

3.5.3 วิธีทดสอบ

3.5.3.1 การทดสอบโดยวิธีแช่ให้จมน้ำเป็นเวลา 5 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง

(1) การทำให้แห้งและเย็น

ทำชิ้นตัวอย่างให้แห้งและเย็นตามข้อ 3.3.2.1 และ 3.3.2.2 แล้วชั่งน้ำหนักแต่ละชิ้นเป็นน้ำหนักแห้ง (W_d)

(2) การอิ่มน้ำ

เมื่อได้น้ำหนักของชิ้นตัวอย่างแล้ว เอาชิ้นตัวอย่างแช่ในน้ำสะอาดไม่กระด้าง หรือน้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิ 15 ถึง 30 องศาเซลเซียส จนได้เวลาที่กำหนด แล้วเอาชิ้นตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ใช้ผ้าชื้นเช็ดน้ำที่ติดตามผิว แล้วชั่งน้ำหนักชิ้นตัวอย่างให้เสร็จภายใน 5 นาที หลังจากเอาชิ้นตัวอย่างขึ้นจากน้ำ เป็นน้ำหนักอิ่มน้ำ (W_s)

3.5.3.2 การคำนวณและรายงาน

(1) คำนวณการดูดกลืนน้ำของชิ้นตัวอย่างดังนี้

$$\text{การดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ)} = 100 (Ws - Wd) / Wd$$

เมื่อ Wd คือ น้ำหนักแห้ง

Ws คือ น้ำหนักอิ่มน้ำ

(2) รายงานค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐทั้งรุ่น โดยนำค่าการดูดกลืนของชิ้นตัวอย่างทุกชิ้นมาคิดเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือของหลาย ๆ บุคคลขอขอบพระคุณ อาจารย์ศักดิ์ชัย สถานุพงษ์ ที่ให้คำปรึกษา คำสั่งสอนและความเอาใจใส่เสมอ รศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ อำนวยความสะดวกในการหาวัสดุและให้คำแนะนำ อาจารย์สุรพล พลีคราม, อาจารย์สนั่น สังข์ปล้อง ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความรู้ที่มีค่ายิ่ง

ขอขอบคุณ คุณลุงฉอ้อน, คุณลุงหล่อ, คุณสุรินทร์ เหล่าพระจันทร์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทดลองเป็นอย่างมาก ขอบคุณ คุณภากร คูวุฒยากร ที่ร่วมแรงและให้หยิบยืมยานพาหนะในการเดินทาง และขนส่งวัสดุ ขอขอบคุณ คุณวรวรรณ วิชชุเกรียงไกร ผู้จัดการโรงงานอิฐ บ.ป.ก. เฮ้งมุ่ยหลี ที่ให้เข้าชมโรงงาน ให้ความรู้และวัสดุ

ขอบคุณเพื่อน ๆ หลาย ๆ ท่านที่คอยถามไถ่ถึงความคืบหน้าของการวิจัย ทำให้เกิดแรงขับดันในการดำเนินงานอย่างมาก

ผู้จัดทำโครงการ
นายสัญชัย พนาวัฒนกุล
นายสุพัฒน์ ชีพเจริญรัตน์
นายสุวรัตต์ วัฒนปาณี
มีนาคม 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ทรงพันธ์ วรรณมาศ, "เครื่องปั้นดินเผา", โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์, 2532
2. พงศ์พัน วรสุนทโรสถ, "วัสดุก่อสร้าง", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ, 2538
3. พุทธิพงศ์ ถวิล และ รุ่งชัย พิชิตมงคล, "การผลิตอิฐโดยใช้เส้นใยผักตบชวา", ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2539
4. รศ. ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, "เคลือบเซรามิคส์", สำนักพิมพ์ อักษรเจริญทัศน์, กรุงเทพฯ, 2532
5. ผศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ, "ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี", บริษัท เอส. เอส. บุคส์เฮ้าส์ จำกัด, 2538
6. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการชักตัวอย่างและการทดสอบอิฐ"
7. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น", 2532
8. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐกลวงประดับ", 2519
9. สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, "รายงานสรุปผลสำหรับผู้บริหาร โครงการการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมระดับพื้นที่จากกิจกรรมเหมืองหินปูน โรงโม่หิน และอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ในจังหวัดสระบุรี",2537
10. อุดมวิทย์ กาญจนวรงค์, "การปฏิบัติงานทดสอบวัสดุแบบทำลาย", บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด, กรุงเทพฯ, 2538
11. American Society for Testing and Materials (ASTM)
12. Fred Moavenzadeh, Robert W. Cahn and Michael B. Bever, "Concise Encyclopedia of Building & Construction Materials", Pergamon Press, 1994
13. Harold B. Olin, John L. Schmidt and Walter H. Lewis, "Construction Principles, Materials & Methods", Van Nostrand Reinhold, New York, 1994
14. Noel T. Rubio, "A Feasibility Study on The Production of Cementitious Material From Lime And Pozzolana", Asian Institute of Technology, Bangkok, 1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. Wolfgang Czernin, "Cement Chemistry and Physics for Civil Engineers", 2nd English, Edition, Foreign Publication Inc., New York, 1980

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้