



การใช้เศษหน้าดินขาวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน
ภายในอาคารของอิฐก่อสร้างสามัญ

Using scrap page kaolin to optimize thermal protection of buildings of brick
construction

สัจจะชาญ พรีดมะลิ
ธนนท์ ศัลยวุฒิ
ประชุม คำพุด

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง	การใช้เศษหน้าดินขาวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน ภายในอาคารของอิฐก่อสร้างสามัญ
ผู้วิจัย	สัจจะชาญ พรีคมะลี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. พระนคร ธนันท์ लयุฒิ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. พระนคร ประชุม คำพุด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. รัตนบุรี
พ.ศ.	2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำดินขาวมาผลิตเป็นอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญ โดยกำหนดอัตราส่วนผสมดินเหนียวต่อดินขาว เท่ากับ 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 และ 0:100 โดยปริมาตร แล้วทำการผสมด้วยซีเมนต์และแกลบ อีกอย่างละ 15 ส่วน โดยน้ำหนัก รวมทั้ง 7 อัตราส่วน จากนั้นนำไปทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือ มอก. 77 – 2545 เรื่องอิฐก่อสร้างสามัญ พบว่า การผสมดินขาวลงในอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญมีผลทำให้ความชื้น และการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้น ในขณะที่ความหนาแน่น สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความต้านทานแรงอัด และความต้านทานแรงอัดมีแนวโน้มต่ำลง โดยผู้วิจัยได้ทำการเลือกอัตราส่วนผสมดินเหนียวต่อดินขาวที่เหมาะสมในการผลิตเป็นอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่สุด เท่ากับ 80:20 โดยปริมาตร ซึ่งมีความต้านทานแรงอัด 43.16 กก./ตร.ซม. และการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 24.93 โดยผลการทดสอบดังกล่าวสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานของ มอก. 77-2545 ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงอัด ต้องไม่ต่ำกว่า 35 กก./ตร.ซม. และการดูดซึมน้ำ ต้องไม่สูงกว่า ร้อยละ 25 ได้ แสดงว่า อัตราส่วนผสมดินเหนียวต่อดินขาว เท่ากับ 80:20 โดยปริมาตร สามารถใช้ในการผลิตอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญรวมทั้งสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ตกแต่งผนังอาคารแบบก่อโชว์แนวได้เนื่องจากมีผิวและสีที่สวยงาม

คำสำคัญ : อิฐก่อสร้างสามัญ, ดินขาว, ประหยัดพลังงาน, อุณหภูมิ, อาคาร

Title	Using scrap page kaolin to optimize thermal protection of buildings of brick construction	
Researcher	Sajjachan Pradmali	Faculty of Engineering, RMUTP
	Thanan Sanyawuth	Faculty of Engineering, RMUTP
	Prachoom Khamput	Faculty of Engineering, RMUTT
Year	2016	

Abstract

This research aims to produce scrap page kaolin of brick construction. The kaolin clay ratio of 100: 0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 and 0: 100 by volume, Add mixed with rice husk and rice 15 percent by weight, A total of seven ratios. According to standard tests or TIS. 77-2545 ordinary story brick building. The moisture content and water absorption is increasing. While density Thermal conductivity resistance, flexural and compressive strength tends to decrease. The best ratio of 80:20 by volume, with compressive strength 43.16 kg / cm^2 and 24.93 percent water absorption. Criteria standard of TIS. 77-2545 requiring compressive strength not less than 35 kg / cm^2 , and water absorption must not be higher than 25 percent. Can be used in the manufacture of brick construction, including building decorative wall can be developed into products. Because skin color and beautiful.

Key Words: Brick, Kaolin, Saving Energy, Temperature, Building

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยประเภทงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2559 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และ ความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎี	3
2.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	12
2.3 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	14
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	15
3.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย	15
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	16
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย	17
บทที่ 4 ผลการวิจัย	20
4.1 สมบัติเฉพาะของดินขาวในจังหวัดระนอง	20
4.2 ลักษณะของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาว	21
4.3 ความหนาแน่นของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาว	22
4.4 ความชื้นของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาว	23
4.5 การดูดซึมน้ำของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาว	24
4.6 ความต้านทานแรงอัดของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาว	25
4.7 ความต้านทานแรงดัดของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาว	26
4.8 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาว	27
4.9 การนำอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาวไปใช้งาน ก่อนผนังอาคารในสถานที่จริง	28
4.10. การวิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์เมื่อนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์	29
4.11. วิจารณ์ผล	29

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	30
5.1 สรุปผล	30
5.2 ข้อเสนอแนะ	30
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
วัสดุ อุปกรณ์ และการดำเนินงานวิจัย	
ประวัติผู้วิจัย	



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	การก่อผนังด้วยอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญและปูนก่อ	3
2	แกลบ	15
3	ซีเมนต์แกลบ	16
4	แบบหล่ออิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญ	16
5	ดินขาวที่ผ่านการแช่น้ำหรือหมักแล้ว 1 คืบ	18
6	ดินเหนียวที่ผ่านการแช่น้ำหรือหมักแล้ว 1 คืบ	18
7	การนวดส่วนผสมในการทำอิฐดินขาวให้เข้ากันด้วยเท้า	19
8	อิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาวก่อนการเผา	21
9	อิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาวหลังการเผา	22
10	ความหนาแน่นของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว	22
11	ความชื้นของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว	23
12	อัตราการดูดซึมน้ำของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว	24
13	ความต้านทานแรงอัดของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว	25
14	ความต้านทานแรงดัดของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว	26
15	ตัวอย่างอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาวสำหรับทดสอบ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	27
16	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว	27
17	การก่อสร้างอาคารด้วยอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว ณ ..	28
18	บริเวณสถานที่ก่อสร้างงานวิจัยบ้านดิน ณ อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ..	29

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ขนาดความคาดเคลื่อนที่ยอมให้และขีดจำกัดในการทดสอบ	5
2	แรงอัดและการดูดซึมน้ำของอิฐตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	6
3	อัตราส่วนผสมของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่มีดินขาวเป็นส่วนผสม	17
4	องค์ประกอบทางเคมีของดินขาวจากจังหวัดระนอง	20
5	ผลการวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของดินขาวจากจังหวัดระนองเทียบกับดินเหนียวทั่วไป	20



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ดินขาว (White clay or China Clay) เป็นดินที่ประกอบด้วย แร่เคโอลิไนต์ (Kaolinite) ฮาลลอยไซต์ (Halloysite) หรือ อิลไลต์ (Illite) เป็นส่วนใหญ่ ในอุตสาหกรรมเซรามิก ดินขาวเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ เพราะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติเฉพาะตัวของดินขาวแต่ละแหล่ง จะเหมาะกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท อาทิเช่น อุตสาหกรรมยาง การผลิตสี การเคลือบกระดาษ เครื่องปั้นดินเผา ยาปราบศัตรูพืช โดยแหล่งผลิตดินขาวที่ใหญ่ ๆ ในประเทศไทย ก็เช่นที่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดลำปาง และจังหวัดระนอง แต่ปัญหาหลักของดินขาวคือ ดินขาวบางแหล่งไม่เหมาะกับการนำไปผลิตเซรามิก เนื่องจากมีอนุภาคที่หยาบ หรือในบางแหล่งก็มีดินขาวที่มีอนุภาคละเอียด แต่ชาวบ้านในพื้นที่กลับไม่นิยมนำไปผลิตเซรามิกด้วยตนเอง จึงทำให้การสร้างรายได้จากดินขาวในพื้นที่ คือ ต้องส่งดินขาวที่มีไปจำหน่ายในจังหวัดอื่นๆ ที่มีการผลิตเซรามิกหรือมีความต้องการดินขาวที่มีอนุภาคหยาบไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่น

ด้วยราคาน้ำมันที่แพงขึ้นและระยะทางที่ใช้ในการขนส่งดินขาวจากแหล่งต่างๆ ภายในประเทศ ไปยังโรงงานเซรามิกที่มีมากในภาคเหนือ เช่น จังหวัดลำปาง และอุตรดิตถ์ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและต้นทุนในการขนส่งมาก ดังนั้นเพื่อให้ชาวบ้านหรือชุมชนในแหล่งดินขาวมีรายได้จากการผลิตผลิตภัณฑ์ภายในพื้นที่โดยไม่ต้องขนส่งดินขาวไปจำหน่ายในจังหวัดอื่นๆ อีฐุก่อสร้างสามัญหรืออีฐุก่อสร้างจากดินขาว จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดชนิดหนึ่ง เพราะไม่ต้องใช้ดินขาวที่มีอนุภาคละเอียดมาก ผลิตง่ายโดยไม่ต้องใช้ความประณีต มีความต้องการใช้งานในพื้นที่มาก กระบวนการผลิตไม่ยุ่งยาก และลงทุนต่ำ

โดย อีฐุก่อสร้างสามัญจากดินขาว ที่พัฒนานี้ คาดว่า จะมีข้อได้เปรียบอีฐุก่อสร้างสามัญจากดินเหนียวทั่วไป ในด้านของการมีสีสวยงามสะอาดตามธรรมชาติ ไม่ต้องเติมแต่งหรือใส่สีผสมเพิ่ม เนื่องจากผิวของบล็อกจะมีลักษณะเป็นสีขาวนวลสวยมากกว่าอีฐูที่ทำจากดินเหนียวชนิดอื่น ๆ จึงสามารถที่จะใช้ก่อผนังโชว์แนวได้ทันที และมีสมบัติทางกลที่ดีกว่า ทำให้ประหยัด ลดการสิ้นเปลืองปูนซีเมนต์และทรายในการฉาบปิดผิว และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและพลังงานในการก่อสร้าง

เมื่อโครงการการพัฒนาอีฐุก่อสร้างสามัญจากดินขาวเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคารนี้สำเร็จ สามารถนำไปเผยแพร่และพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับแหล่งดินขาวทั่วประเทศ ซึ่งนับเป็นทางเลือกที่สามารถก่อให้เกิดการกระจายรายได้และส่งเสริมอาชีพในชุมชน โดยยึดหลักเศรษฐกิจพอเพียงอย่างยั่งยืนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตอีฐุก่อสร้างสามัญจากดินขาวเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

1.2.2 เพื่อทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตอีฐุก่อสร้างสามัญจากดินขาวเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

1.2.3 เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของอิฐก่อสร้างสามัญจากดินขาวเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

1.2.4 เพื่อทดสอบการใช้งานจริงของอิฐก่อสร้างสามัญจากดินขาวเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

1.2.5 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีอิฐก่อสร้างสามัญจากดินขาวเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ออกแบบอัตราส่วนอิฐก่อสร้างสามัญจากดินขาวเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคาร ที่มีส่วนผสม ได้แก่ ดินเหนียว, ทราย, แกลบ, ขี้เลื่อย, และดินขาว

1.3.2 ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.77-2545 เรื่องอิฐก่อสร้างสามัญ (อิฐมอญ)

1.3.3 ทำการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงตามมาตรฐาน ASTM

1.3.4 ใช้วัตถุดิบและเครื่องจักรในการผลิตทั้งหมดภายในประเทศ

1.3.5 ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีอิฐก่อสร้างสามัญจากดินขาวเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคารให้แก่ผู้ประกอบการ ชุมชน และประชาชนทั่วไปที่สนใจ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบกระบวนการผลิตอิฐก่อสร้างสามัญจากดินขาวเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

1.4.2 ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตอิฐก่อสร้างสามัญจากดินขาวเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

1.4.3 ทราบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของอิฐก่อสร้างสามัญจากดินขาวเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

1.4.4 ทราบเพื่อทดสอบการใช้งานจริงของอิฐก่อสร้างสามัญจากดินขาวเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

1.4.5 โรงงาน วิสาหกิจชุมชน และกลุ่มชาวบ้านต่างๆ สามารถนำอิฐก่อสร้างสามัญจากดินขาวเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคารไปผลิตในเชิงพาณิชย์

1.4.6 ช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรดินขาวภายในประเทศได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด

1.4.7 ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/ อนุสิทธิบัตรได้

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 อิฐก่อสร้างสามัญ

อิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญ เป็นองค์ความรู้ที่มีมาแต่โบราณ โดยได้รับถ่ายทอดมาจากคนรุ่นก่อนที่ทำสืบทอดต่อกันมา ต้องใช้ที่มีฝีมือและความอดทนในการผลิตให้มีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่หมากสุก [1]



รูปที่ 1 การก่อผนังด้วยอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญและปูนก่อ

2.1.2 ความเป็นมาของอิฐ [1]

กว่า 2,000 ปีมาแล้ว อียิปต์เป็นชนชาติแรกที่คิดค้นการนำอิฐมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง โดยนำโคลนจากแม่น้ำไนล์มาทำเป็นแท่งสี่เหลี่ยมก่อนนำไปผึ่งแดดจนได้อิฐที่คงทน ซึ่งยืนยันได้จากอาคารสมัยโบราณที่ยังหลงเหลืออยู่ ต่อมาพวกบาบิโลเนียนพัฒนาขึ้นจากเดิม ด้วยการนำแห้งดินไปเผาไฟจนได้อิฐที่มีคุณภาพสูงขึ้นและกลายเป็นต้นแบบที่แพร่หลายไปทั่วโลก

ในประเทศไทย การนำอิฐมาใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในการก่อสร้างมีมานานแล้วเช่นกัน ใน พ.ศ. 1100 เป็นยุคที่ขอมเฟื่องฟูแผ่อิทธิพลในแถบดินแดนสุวรรณภูมิ ชนขอมยุคนั้นใช้วิธีการทำอิฐให้มีลักษณะแบนและกว้าง วางเรียงซ้อนกันเป็นโครงสร้าง แต่ต่อมาก็ยกเลิกเปลี่ยนมาใช้ศิลาแลงและหินทรายแทน

พุทธศตวรรษที่ 11 - 16 ในสมัยทวารวดีมีการนำอิฐมาใช้ในสถาปัตยกรรมรูปทรงเจดีย์อิฐที่ใช้มีขนาดความกว้าง 6 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว และหนา 3 นิ้ว มีสี่หมากสุกอันเกิดจากการ

เผา หลังจากนั้นการทำอิฐขึ้นใช้เองได้สืบทอดต่อเนื่องจนเข้าสู่สมัยสุโขทัย การเผาอิฐเพื่อนำมาใช้ก่อสร้างอาคาร พระราชวัง และเจดีย์ก็ยิ่งมีความสำคัญเพิ่มขึ้นตามลำดับและกลายเป็นส่วนเสริมคุณค่าทางศิลปะ โดยเฉพาะการก่อสร้างพระพุทธรูปที่ใช้อิฐขนาดกว้าง 13 ซม. ยาว 30 ซม. และหนา 6 ซม. ก่อขึ้นเป็นโครงสร้างก่อนใช้ปูนพอกซ้ำ จนได้พระพุทธรูปที่มีความสวยงาม สมัยสุโขทัยนับเป็นยุคที่เฟื่องฟูด้านการทำอิฐควบคู่ไปกับงานศิลปะเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งมีกรรมวิธีคล้ายคลึงกัน หากแต่ต่างกันตรงวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งาน

สมัยอยุธยาเป็นยุคที่ไทยเจริญก้าวหน้ามาก มีการก่อสร้างพระบรมมหาราชวัง และอาคารอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะวัดซึ่งเป็นพุทธสถานมีการสร้างขึ้นใหม่มากมาย ด้วยเหตุที่พระมหากษัตริย์ในรัชกาลต่าง ๆ ทรงยึดถือเป็นราชประเพณีที่ต้องมีวัดประจำรัชกาล ความต้องการใช้อิฐระยะนี้จึงมากกว่าทุกยุคสมัยที่ผ่านมา ส่งผลให้ชนชาวไทยซึมซับวิชาการแขนงนี้เข้าไปอย่างไม่รู้ตัวจนกล่าวได้ว่า ในสมัยแผ่นดินอยุธยาแทบไม่มีคนไทยรายใดเลยที่ไม่เคยสัมผัสหรือไม่รู้จักวิธีการทำอิฐ ต่อมาความรู้นี้ได้กระจายวงกว้างออกไป ยังผลให้เกิดความสืบทอดต่อ ๆ กันมา อิฐที่ใช้ในการก่อสร้างพระราชวังและวัดต่างๆ ในสมัยอยุธยา ยังได้มีการนำมาใช้ใน

ยุคต้นรัตนโกสินทร์เป็นจำนวนมาก เนื่องจากช่วงนั้นเป็นการสร้างเมืองใหม่ที่ปรักหักพังจากการทำลายของฝ่ายพม่าเมื่อรัชกาลที่ 1 ทรงมีพระราชประสงค์ให้สร้างเมืองใหม่แถบฝั่งพระนคร อิฐที่สร้างในสมัยอยุธยาทั้งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและสุพรรณบุรี ได้รับการขนย้ายลำเลียงล่องมาทางลำน้ำเจ้าพระยา และนำมาเป็นวัสดุสำคัญในการสร้างเมืองใหม่ ขณะที่การผลิตอิฐขึ้นใหม่ก็ยังมีอย่างต่อเนื่อง และยังคงมีความสำคัญจวบจนถึงปัจจุบัน

สำหรับอิฐมอญนั้นเป็นชื่อที่รู้จักกันทั่วไปนับตั้งแต่ปลายสมัยอยุธยาจนเข้าสู่รัตนโกสินทร์ ภาชนะนั้นชวรามัญหรือมอญที่อาศัยอยู่ตามแถบแนวชายแดนไทยติดต่อกับประเทศพม่า ได้อพยพเข้ามาพึ่งพระบรมโพธิสมภารของพระมหากษัตริย์ไทย ชนชาวมอญนี้เมื่อเข้ามาได้นำวิชาความรู้เกี่ยวกับงานปั้นดินเผาและการทำอิฐติดตัวมา ได้สร้างสรรคงานในแถบจังหวัดนนทบุรีและปทุมธานี จนมีชื่อเสียงอย่างกว้างขวางทั้งการทำเครื่องปั้นดินเผาและการทำอิฐ อิฐที่ชาวมอญทำขึ้นมีขนาดกว้างประมาณ 10 ซม. ยาว 21 ซม. และหนา 4 ซม. มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยม ผิวไม่เรียบเนื่องจากเป็นงานที่ทำด้วยมือ แต่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางเพราะมีราคาถูก น้ำหนักเบาและคงทนแข็งแรง ซึ่งส่วนใหญ่นิยมนำไปก่อกำแพงอาคารสถานที่ต่างๆ แล้วฉาบทับด้วยปูนอีกชั้น โดยอิฐที่ชาวมอญทำอาจมีขนาดแตกต่างกันบ้างแต่ด้วยรูปลักษณะและชิ้นงานที่ออกมาคล้ายคลึงกัน คนส่วนใหญ่จึงนิยมเรียกแบบเหมารวมกันไปว่า อิฐมอญ

2.1.3 การเผาอิฐก่อสร้างสามัญ [2]

เตาเผาอิฐมอญมีความสำคัญต่อขั้นตอนการทำอิฐเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะขั้นตอนการเผาซึ่งถือเป็นหัวใจของงาน ลักษณะของเตาเผาอิฐมอญ นิยมก่อสร้างด้วยปูนมีขนาด 3.5 ม. x 4 ม. x 4.5 ม. ด้านล่างจะก่อด้วยอิฐมอญโอบทับด้วยปูนรอบทั้งสี่ด้าน เสริมด้วยรางเหล็กข้างใน ซึ่งเตาเผาอิฐมอญมักสร้างให้มีขนาดที่สามารถเผาอิฐมอญได้ครั้งละ จำนวน 10,000 – 20,000 ก้อน แม้ว่าส่วนใหญ่จะเผาแต่ละครั้งไม่ถึงก็ตาม เนื่องจากต้องการให้มีพื้นที่ว่างเพื่อสะดวกในการเก็บแห้งดินก่อนเผาที่ทยอยเข้ามาเตรียมไว้อยู่ตลอดเวลา

2.1.4 วัตถุประสงค์หลักในการทำอิฐมอญ [2]

1) ดิน ที่สามารถนำมาทำอิฐมอญได้นั้นมีอยู่หลายประเภท และมีคุณสมบัติต่างกันอย่างสิ้นเชิง เช่น ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวแก่ ดินร่วน ดินร่วนปนทราย เป็นต้น แต่สำหรับดินที่เหมาะสมกับการทำอิฐมอญมากที่สุด ในอดีตจะใช้ดินจากแม่น้ำซึ่งมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทรายเนื้อละเอียด ปัจจุบันการถมดินใต้แม่น้ำมาใช้ประโยชน์ดังกล่าวไม่ได้รับความนิยม ผู้ทำอิฐมอญจึงหันไปใช้ดินที่ขุดได้จากบึงแทน แต่ยังคงมีคุณสมบัติเป็นดินปนทรายอยู่

2) แกลบ เป็นส่วนเปลือกของเมล็ดข้าวเจ้าและข้าวเหนียว แกลบมีคุณสมบัติที่ช่วยให้ดินยึดเกาะกันโดยไม่แตกเปราะง่าย

3) น้ำ มีคุณสมบัติเป็นตัวประสานให้ดินและแกลบกลมกลืนกัน และยังช่วยให้การอัดดินใส่แบบพิมพ์ไม่เปื้อนไปโดยง่าย ปกติไม่มีการกำหนดอัตราส่วนผสมระหว่างดิน แกลบ และน้ำเป็นมาตรฐาน ผู้ทำอิฐมอญจะรู้ดีว่าควรใส่น้ำลงไปปริมาณเท่าใดจึงจะสมดุลกัน

2.1.5 มาตรฐานของอิฐก่อสร้างสามัญ [3-4]

อิฐก่อสร้างสามัญ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.77-2545 เรื่องอิฐก่อสร้างสามัญ (อิฐมอญ) ได้แบ่งประเภทของอิฐก่อสร้างสามัญไว้ 2 ประเภท ดังนี้

1) ประเภทที่ 1 อิฐขนาดเล็ก (อิฐมอญ) หมายถึง อิฐที่มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมตัน ผิวไม่สู้เรียบ ทำด้วยมือหรือเครื่องจักร เหมาะสำหรับใช้ก่อผนังหรือกำแพงที่ฉาบปูน

2) ประเภทที่ 2 อิฐขนาดใหญ่ หมายถึง อิฐที่มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมตัน ใหญ่กว่าอิฐมอญ ผิวหน้าเรียบ มีร่องสำหรับยึดปูนก่อทำด้วยเครื่องจักร เหมาะสำหรับก่อผนังหรือกำแพง ขนาดและความคดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับอิฐประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ความคดเคลื่อนที่ยอมให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขนาดความคดเคลื่อนที่ยอมให้และขีดจำกัดในการทดสอบ [3]

ประเภทที่	ขนาด			ขีดจำกัดในการทดสอบอิฐจำนวน 20 แผ่น		
	ยาว	กว้าง	หนา	ยาว	กว้าง	หนา
1	140 ± 5	65 ± 3	40 ± 2	2700 ถึง 2900	1240 ถึง 1360	760 ถึง 840
	160 ± 5	65 ± 3	40 ± 2	3100 ถึง 3300	1240 ถึง 1360	760 ถึง 840
	190 ± 5	90 ± 3	40 ± 2	3700 ถึง 3900	1740 ถึง 1860	760 ถึง 840
2	190 ± 5	90 ± 3	65 ± 2	3700 ถึง 3900	1740 ถึง 1860	1260 ถึง 1340
	190 ± 5	90 ± 3	90 ± 2	3700 ถึง 3900	1740 ถึง 1860	1740 ถึง 1860

2.1.6 ส่วนผสมและวิธีทำอิฐก่อสร้างสามัญ [5]

1) อิฐประเภทที่ 1 หรืออิฐขนาดเล็ก (อิฐมอญ) วัสดุที่ใช้ในการทำได้แก่ ดินเหนียวหรือดินโคลน และวัสดุอื่นๆ เช่น แกลบ ทราย ชี้เลื้อย อย่างไม่อย่างหนึ่ง หรือหลายๆ อย่างรวมกัน แล้วแต่ความเหมาะสม ถ้าเป็นการทำด้วยมือจะใช้ดินเหนียวผสมกับทรายหรือแกลบ หรือใช้ดินโคลนผสมกับแกลบย่ำผสมน้ำ อัดลงในแบบพิมพ์ไม้ ซึ่งวางอยู่บนลานดินที่เรียบ โดยโรยเอาแกลบบนลานดินและภายในแบบพิมพ์ เพื่อกันไม่ให้ดินผสมติดแบบพิมพ์ ปาดให้เรียบ ยกแบบพิมพ์ไม้ออก ผึ่งไว้กลางลานดินให้แห้ง แล้วจึงนำเข้าเตาเผา หากเป็นการทำด้วยเครื่องจักรจะใช้ดินเหนียวผสมกับทรายหรือแกลบ นำเข้าเครื่อง ฟันน้ำ นวด อัด ริด ออกมาเป็นแท่งยาว ตัดด้วยลวดเป็นแผ่นอิฐ ผึ่งให้แห้งแล้วจึงนำเข้าเตาเผา

2) อิฐประเภทที่ 2 หรืออิฐขนาดใหญ่ วัสดุที่ใช้ในการทำได้แก่ ดินเหนียว และวัสดุอื่นๆ เช่น ทราย โดยใช้ดินเหนียวผสมกับทราย ย่ำผสมน้ำ อัดลงในแบบไม้ ปาดให้เรียบ แล้วยกแบบไม้ ออก นำเข้าเครื่อง นวด อัด ริด ออกมาเป็นแท่งยาว ตัดด้วยลวดเป็นก้อน ขนาดใหญ่กว่าแผ่นอิฐเล็กน้อย ผึ่งก้อนดินที่เตรียมไว้ให้มีความชื้นพอสมควร นำเข้าเครื่องอัดให้แน่นเป็นก้อนอิฐตามขนาดที่ต้องการ ผึ่งให้แห้งแล้วจึงนำเข้าเตาเผา

2.1.7 คุณลักษณะของอิฐก่อสร้างสามัญที่ต้องการ [3]

1) ผลิตรักษณ์ที่สำเร็จรูปต้องมีขนาดตามตารางที่ 1 โดยมีลักษณะและคุณสมบัติอื่นๆ ดังต่อไปนี้

- 1.1) เสาสุกและมีสีสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น
- 1.2) มีความแข็งแรงทนทานตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2
- 1.3) มุมทุกมุมควรเป็นมุมฉาก
- 1.4) รูปร่างและขนาดสม่ำเสมอ
- 1.5) เนื้อแน่นและไม่มีรอยแตกร้าว

2) คุณสมบัติทางกายภาพ

- 2.1) แรงอัด (Compressive Strength) ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2
- 2.2) การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แรงอัดและการดูดซึมน้ำของอิฐตามมาตรฐานผลิตรักษณ์อุตสาหกรรม [3]

ประเภทที่	ยาว x กว้าง x หนา เซนติเมตร	แรงอัดต่ำสุด กก./ซม. ²	การดูดซึมน้ำสูงสุด ร้อยละของน้ำหนักอิฐ
1	14.0 x 6.5 x 4.0	35.7	25
	16.0 x 6.5 x 4.0	35.7	25
	19.0 x 9.0 x 4.0	35.7	25
2	19.0 x 9.0 x 6.5	152.8	15
	19.0 x 9.0 x 9.0	152.8	15

2.1.8 ดินขาว [6-8]

ดินขาว (Kaolin, China Clay) หมายถึง ดินที่มีสีขาวหรือสีจางๆ แหล่งดินชนิดนี้มี 2 แบบแหล่งต้นกำเนิด (Residual Deposits) ดินขาวแหล่งนี้ มักพบในลักษณะเป็นภูเขา หรือที่ราบซึ่งเดิมเป็นแหล่งแร่หินฟันม้า (Feldspar) เมื่อหินฟันม้าผุพังโดยบรรยากาศ (Weathering) ผลสุดท้ายเหลือเป็นดินขาวอยู่ ณ ที่นั้น

สิ่งสกปรกที่พบเสมอในดินเหล่านี้คือ ซิลิกา มีสูตรเคมีเป็น SiO_2 นอกจากนี้ก็มีหินฟันม้า และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ยังไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยายังไม่สมบูรณ์ และอาจมีสิ่งสกปรกจากที่อื่นเข้าไปปนแหล่งสะสมที่ลุ่ม (Sedimentary Deposit) หมายถึงแหล่งดินขาวที่เกิดจากดินขาวจากแหล่งแรก ถูกกระแสน้ำพัดไป และไปสะสมในบริเวณที่ราบลุ่มในประเทศไทยมีแหล่งดินขาวหลายจังหวัด มี ลำปาง อุตรดิตถ์ ปราจีนบุรี ระนอง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช เป็นต้น

เมื่อได้ชุดสำรวจจนทราบบริเวณของแหล่งดินแล้วขุดผิวหน้าซึ่งปกคลุมแหล่งดินออกแล้วจึงขุดดินขาวส่งไปยังโรงล้างดิน การล้างดินอาศัยน้ำเป็นตัวล้าง และใช้สารเคมี เช่น Sodium Polyphosphate หรือ Sodium Silicate เป็นตัวช่วยทำให้ดินกระจายตัวได้ดี ดินละเอียดๆจะถูกกระแสน้ำพาไป พวกหยาบๆจะจมตัวลง เครื่องมือใช้ในการล้างดินอาจใช้ รางแยกแร่ (Trough Type) อ่างกัดดิน (Bowl Classifier) เครื่องคัดขนาดแบบระหัด (Drug Classifier), Hydrocyclone หรือเครื่องเซนติฟิวส์ที่มีอัตราเร็วสูง หลังจากขจัดพวกหยาบๆแล้วกรองด้วย Filter Press หรือ Centrifuge แยกดินออกจากน้ำ แล้วนำไปตากแห้ง บดละเอียด บรรจุถุงและส่งไปจำหน่าย [2]

แร่ดินขาว คือ Kaolinite เป็นชนิดหนึ่งของแร่ดินเหนียว และแร่ดินเหนียวแต่ละชนิดจะต่างกัน คือ

- 1) ระยะห่างระหว่าง Sheet และจำนวน Sheet ในอนุภาคดินเหนียว
- 2) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก หรือ Cation Exchange Capacity

8.9 ส่วนประกอบทางเคมีของดินขาว [6-8]

ผลึกที่บริสุทธิ์ของดินขาวมีส่วนประกอบทางเคมีเป็น $(\text{OH})_4 \text{Al}_2\text{SiO}_2$ หรือ $\text{AlO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ หรือ 39.8% AlO 46.3% SiO_2 และ 13.9% H_2O

ดินขาวที่พบตามแหล่งมีส่วนประกอบต่างกันไปด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ

- 1) เนื่องจากในโครงสร้างของดินขาวมีการแทนที่กันของโลหะธาตุซึ่งมีประจุบวก
- 2) เนื่องจากมีสารประกอบอื่นปะปนอยู่ ได้แก่ Quartz, Feldspar, Rutile, Pyrite, Tourmaline, Zircon, Hematite, Magnetite, Fluorite, Mascovite เป็นต้น

โครงสร้างของสารประกอบพวกซิลิเกต (Silicate Structures)

สารประกอบพวกซิลิเกตมีโครงสร้างได้หลายแบบซึ่งขึ้นกับการเชื่อมโยงกันของ Silicon-Oxygen Tetrahedron Disilicates เป็นโครงสร้างที่พบในแร่ดิน โครงสร้างของมันเกิดจากการเชื่อมโยงกันของออกซิเจนกับออกซิเจน อะตอมสามคู่ของ Tetrahedron แต่ละหน่วยซึ่งการเชื่อมโยงกันเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ในลักษณะที่เป็นแผ่น (Sheet) ซึ่งจะมีอัตราส่วนของ Si : O ในอัตราส่วน 2:5 รูปร่างของ Tetrahedron Sheet จะมีลักษณะคล้ายรวงผึ้งตรงกลางของแต่ละเซลล์เป็นโพรงใหญ่ Octahedron Sheet ประกอบด้วยแต่ละคู่ของ Octahedral-Packed CH Sheets ซึ่ง

มีอนุมูลบวกรอยู่ระหว่าง Octahedron เหล่านี้ มาเรียงซ้อนกันอย่างเหมาะสม พวกอนุมูลบวกรอาจเป็น Al^{+3} , Fe^{+2} หรือ Mg^{+2} ในดินซึ่งมีคุณภาพสูง เราจะพบแต่ Al^{+3} นอกจากนี้ใน Octahedral Sheet ยังมีโพรงเช่นเดียวกับ Tetrahedral Sheet ในโพรงเหล่านี้พวกอนุมูลบวกรสามารถเข้าไปอยู่ได้ในหนึ่งเซลล์ ถ้ามีอนุมูลบวกรเข้าไปอยู่เต็มที 6 ตัวเรียกแร่เหล่านี้ว่า Trioctahedral และถ้ามีอนุมูลบวกรเข้าไปอยู่เพียง 2 ใน 3 หรือ 4 ตัว เรียกแร่เหล่านี้ว่า Dioctahedral

Tetrahedral Sheet กับ Octahedral Sheet เมื่อจับตัวกันอย่างเหมาะสมจะกลายเป็น Layers Typical ของแร่ดิน การจับตัวกันโดยการแทนที่ 4 ใน 6 ของ OH ในหนึ่งเซลล์ของ Octahedral Sheet ด้วย O ซึ่งเป็นตัวที่เหลืออยู่ที่ยอดของ Tetrahedral Sheet

แร่ที่เกิดจาก	T : O	พบในแร่ดินขาว
แร่ที่เกิดจาก	T : O : T	พบในแร่ Mica และ Montmorillonite
เมื่อ	T =	Tetrahedral Sheet
	O =	Octahedral Sheet
	:	การจับตัวกัน

ในหนึ่งเซลล์ของแร่ดินอาจมี 2 Layers หรือมากกว่า เรียงซ้อนกันก็ได้ เมื่อ Layer หนึ่งซ้อนบนอีก Layer หนึ่งอย่างเหมาะสมจะได้โครงสร้างเป็น Orthorhombic ถ้า Layers บิดไปทางหนึ่งทางใดจะได้โครงสร้างเป็น Monoclinic หรือถ้ามีการบิดไปใน 2 ทิศทางจะได้โครงสร้างเป็น Triclinic แร่บางชนิด เช่น Montmorillonite การซ้อนกันของ Layer เป็นไปในลักษณะไม่มีระเบียบ

แร่ดินขาว (Kaolin Minerals) แร่ดินขาวมีหลายอย่างแตกต่างกันไปตามโครงสร้างและสูตรทางเคมีสูตรเคมีพื้นฐานคือ $(OH)_4 Al_2 (Si_2O_5)$ การเรียกชื่อแร่ดินต่างๆในที่นี้เรียกตาม The Clay Minerals Group Sup-Committee

Kaolinite เป็นแร่ดินที่พบมากที่สุดโครงสร้างของมันประกอบด้วย 1 Layer ใน 1 เซลล์ ซึ่งเกิดจากการจับตัวกันของ Tetrahedral Sheet กับ Octahedral Sheet โครงสร้างของมันเป็น Triclinic

Dickite เป็นแร่ดินที่พบบ้าง โครงสร้างของมันเป็นแบบสอง Layers ในหนึ่งเซลล์ และมีโครงสร้างเป็น Monoclinic

Nacrite เป็นแร่ดินที่หาได้ยาก โครงสร้างของมันเป็นแบบ Six Layers ในหนึ่งเซลล์ และมีโครงสร้างเป็น Orthorhombic

Halloysite แร่ดินชนิดนี้นักเชรามิกส์สนใจเป็นพิเศษ เพราะว่ามันอาจช่วยทำให้เนื้อดินปั้นขาวมากขึ้น แร่ดินชนิดนี้ไม่เป็นแผ่นเหมือนแร่ดินที่กล่าวมาข้างต้น แต่มันมีลักษณะไม่เป็นแผ่น มันเป็นหลอดเล็กๆมีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็น $(OH)_4 Al_2 (Si_2O_5) \cdot 2H_2O$ ที่อุณหภูมิ 50-60°C $2H_2O$ จะเริ่มถูกขจัดออกไป ซึ่งจะกลายเป็น Meta-Halloysite เพราะฉะนั้นโครงสร้างของ Halloysite อาจเป็นแบบ TO : H₂O : TO ส่วน Meta-Halloysite มีโครงสร้างคล้าย Kaolinite มาก

Anauxite แร่ดินชนิดนี้มี X-Ray Difraction Patterns เหมือน Kaolinite มากแต่ ส่วนประกอบทางเคมีมีอัตราส่วนระหว่าง $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ มากกว่า 2 แสดงว่า Anauxite อาจเกิดจาก Silica Sheet แทรกเข้าไประหว่างชั้นของ Kaolinite หรืออาจจะเกิดจาก Si^{+4} เข้าแทนที่ Al^{+3} ใน Kaolinite ก็เป็นไปได้

Fire- Clay Minerals แร่ดินชนิดนี้มักพบในดินเหนียว เขาพบว่าแร่ดินชนิดนี้ชั้น ในทางแกน C มีการเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ

2.1.10 คุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินขาว [6-8]

การทราบคุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินขาวจะช่วยให้เราสามารถทำนาย คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นซึ่งมีแร่ดินเหล่านี้ผสมอยู่ได้ดีพอสมควร คุณสมบัติที่ควรจะได้ศึกษา คือ

1) ขนาด (Particle Size)

คุณสมบัตินี้มีความสำคัญมากอันหนึ่ง เพราะว่ามันเกี่ยวข้องกับทางด้านคุณสมบัติ ความเหนียว (Plasticity) และการหดตัวเมื่อแห้ง (Drying Shrinkage) กล่าวโดยทั่วไปดินเม็ดละเอียด จะให้ความเหนียวและการหดตัวเมื่อแห้งมากกว่าดินเม็ดหยาบ

2) รูปร่าง (Particle Shape)

แร่ Kaolinite อนุภาคมันมีรูปร่างเป็นแผ่นหกเหลี่ยม มีขนาดจาก 0.05 ถึง 10 ไมครอนโดยเฉลี่ยขนาดอยู่ระหว่าง 0.5 ไมครอนความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุมูล (Base Exchange Capacity) คุณสมบัติข้อนี้สำหรับแร่พวก Kaolinite มีน้อยมาก เพราะว่าในแร่พวกนี้มีการแทนที่กันของพวกอนุมูลบวกในโครงสร้างน้อยมาก โดยเฉพาะผลึก Kaolinite ที่บริสุทธิ์จะไม่มี ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุมูลเลย มันจะแลกเปลี่ยนได้ เมื่อมันไม่เป็นผลึกที่สมบูรณ์ หรือจะ ดูดเอาผลึกขนาดเล็กของแร่พวก Three Layer เข้าไว้ที่ผิวของมัน

3) คุณสมบัติเมื่อแห้ง (Drying Property)

การหดตัวเมื่อแห้งของแร่ดินล้วนๆ เราไม่ค่อยสนใจ เพราะว่าเนื้อดินปั้นมัก ประกอบ ด้วยแร่หลายอย่างแต่กล่าวได้กว้างๆ ว่า ของละเอียด มีการหดตัวมากกว่าของหยาบ เมื่อแห้ง ไว้ให้แห้ง

4) ความแข็งแกร่งเผา (Green Strength)

คุณสมบัตินี้สำคัญมากโดยเฉพาะเมื่อจะนำแร่ดินขาวไปใช้ในเนื้อดินปั้นซึ่งไม่มีดิน ด้า (Ball Clay) อยู่เลย เพราะว่าดินขาวเท่านั้นที่จะเป็นตัวช่วยให้ผลิตภัณฑ์ดิบมีความแข็งแรงมาก น้อยเพียงใด

5) คุณสมบัติหลังจากเผา (Firing Properties)

แร่ดินขาวมีการหดตัวสูงหลังจากการเผาไม่ควรใช้แร่ดินขาวล้วนเป็นเนื้อดินปั้น แร่ดินขาวเมื่อเผาแล้วจะหดตัวประมาณ 20% [9]

2.1.11 ดินเหนียว [10]

ดินเหนียว (Ball Clays) ชื่อดิน Ball Clay มีที่มาจากคำว่า 'Cubes' หรือ 'Balls' ซึ่งมาจากลักษณะของดินที่ถูกตัดออกมาจากเหมือง ซึ่งในประเทศอังกฤษนี้จะพบที่เมือง Devon และ เมือง Dorset โดยดินเหนียว หรือดิน Ball Clay จะมีสิ่งเจือปนรวมอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน

ค่อนข้างมาก ถึงแม้ว่าแร่ดินที่พบจะเป็นแร่เคโอลิไนต์ (Kaolinite) แต่องค์ประกอบของโครงสร้างที่สำคัญก็จะคล้ายๆ กับที่พบในดินขาว (China Clays) นั่นคือ ผลึกดินจะมีความละเอียดมาก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เนื้อดินมีความเหนียวและความแข็งแรงก่อนเผาที่ค่อนข้างสูง และนี่ถือเป็นคุณสมบัติที่ดีของดินเหนียวหรือ Ball Clays นั่นเอง เช่นเดียวกับกับดินทุติยภูมิ (Secondary Clays) อื่นๆ ดินเหนียวจะมีสิ่งเจือปนต่างๆ เจือปนอยู่ในปริมาณที่สูงและมีขนาดที่ละเอียดมากๆ ดังนั้นจึงทำให้การกำจัดออกไปในขั้นตอนสุดท้ายทำได้ยาก โดยทั่วไปดินที่มาจากแหล่งที่แตกต่างกันอาจนำมาผสมเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามที่คุณผลิตเนื้อดินประเภทต่างๆ ต้องการ ซึ่งปกติแล้วจะนิยมใช้ดิน 2 หรือ 3 ชนิดผสมเข้าด้วยกันเพื่อลดผลกระทบต่อคุณสมบัติต่างๆ จากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน การเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้จะเห็นในดินเหนียวได้อย่างชัดเจนมากกว่าดินขาว (China Clays)

ดินเหนียว (Ball Clays) มักจะถูกอธิบายลักษณะด้วยสีของดินที่ยังไม่ผ่านการเผา ดังนั้นในบางครั้งจึงอาจจะมีการเรียกชื่อเป็น “ดินดำ” หรือ “ดินสีน้ำเงิน” หรือ “ดินสีงาช้าง” เป็นต้น ซึ่งสีเหล่านี้ไม่สามารถใช้ในการบ่งชี้ที่ได้สุดท้ายหลังการเผาของดินได้ เนื่องจากดินที่มีสีเข้มหรือสีดำนั้นเกิดจากสารประกอบอินทรีย์ที่อยู่ในดินซึ่งจะถูกเผาออกไปเกือบหมดในกระบวนการเผา เหลือไว้เพียงเนื้อดินที่มีสีขาวนวล ตามที่กล่าวไปแล้วว่าดินเหนียว (Ball Clays) จะมีสิ่งแปลกปลอมหลากหลายชนิดเจือปนอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก เช่น ดิน “Siliceous Clay” จะมี Free Silica ปนอยู่ในปริมาณมากซึ่งทำให้ปริมาณของ Silica โดยรวมที่เป็นองค์ประกอบของดินทั้งหมดมีมากกว่า 60% (บางครั้งอาจสูงถึง 80%) จะเห็นได้ชัดว่าดินที่มีปริมาณของแร่ดินต่ำกว่าจะให้ความเหนียว ค่าความแข็งแรงก่อนเผาและค่าการหดตัวจากการอบแห้งที่น้อยกว่าดินซึ่งมีปริมาณของแร่ดินที่สูงกว่า สำหรับดินเหนียวที่มีสารประกอบอินทรีย์เจือปนอยู่มาก (การวิเคราะห์ทางเคมี จะให้ค่า Loss-On-Ignition ที่สูง) โดยทั่วไปจะมีความเหนียว ความแข็งแรงก่อนเผา และการหดตัวจากการอบแห้งที่สูง นอกจากนี้สภาพของการกระจายตัว (Deflocculation) ก็แตกต่างจากดินที่ไม่มีสารประกอบอินทรีย์เจือปนอยู่ กล่าวคือในสภาวะความเป็นด่าง (Alkaline Condition) ดินชนิดนี้จะรวมตัวกับอนุภาคของสารประกอบอินทรีย์ ช่วยให้ดินมีสภาวะการกระจายตัวที่ดีขึ้น

ดินเหนียว (Ball Clays) โดยส่วนใหญ่มักจะได้อาจมาจากกระบวนการทำเหมืองแบบเปิดแต่บางครั้งก็พบว่าได้มาจากการทำเหมืองใต้ดิน ซึ่งแบบในกรณีแรกนั้นวัสดุที่ทับถมอยู่บนดินจะถูกกำจัดออกไปก่อนหลังจากนั้นจึงค่อยทำการขุดลอกชั้นดิน ปัญหาหนึ่งที่คุณผลิตมักจะพบจากการนำดินเหนียว (Ball Clays) มาใช้งานก็คือการที่อนุภาคของดินโดยธรรมชาติจะมีความละเอียดค่อนข้างมาก จึงทำให้ยากต่อการนำดินมาตีให้แตกโดยใช้น้ำ กล่าวคือน้ำจะไม่สามารถแทรกซึมผ่านเข้าไประหว่างอนุภาคของดินที่จับตัวกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ได้ในทันที ดังนั้นจึงทำให้ผู้ผลิตจะต้องใช้เวลาในการตีดินให้แตกค่อนข้างนาน เพื่อให้แน่ใจว่าดินเหนียว (Ball Clay) มีการแตกตัวที่ตีพอก่อนนำไปผสมกับวัตถุดิบตัวอื่นๆ ต่อไป [11-12]

ในปัจจุบันดินเหนียวที่ผ่านการย่อยให้เป็นก้อนขนาดเล็กมาแล้วสามารถหาซื้อได้จากซัพพลายเออร์หลายราย โดยดินที่มีขนาดใหญ่จะถูกนำมาย่อยโดยใช้เครื่องบดย่อยให้มีขนาดเล็กลงเหลือเพียง 0.5-2 นิ้ว ซึ่งไม่เพียงจะช่วยให้การตีดินโดยใช้น้ำทำได้เร็วขึ้นเท่านั้นแต่ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการบดผสมของดินเหนียวร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ ให้ดีขึ้นอีกด้วย

การผลิตดินเหนียว (Ball Clays) ในรูปของดินท่อนออกมาขาย โดยดินเหนียวจะถูกนำไปรีดเป็นให้ท่อนก่อนแล้วตัดให้ได้ขนาดที่เล็กลงดินเหนียวที่ซื้อมาเป็นพาเลทในลักษณะนี้ไม่เพียงแต่จะช่วยทำให้การตีผสมดินในน้ำทำได้ง่ายขึ้นเท่านั้น แต่ยังช่วยให้ขนย้ายดินทำได้ง่ายกว่าดินที่ซื้อมาเป็นก้อนด้วย

ดินเหนียวที่ซื้อมาเป็นพาเลทดังกล่าวจะนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับกลุ่มผู้ผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ในประเทศอังกฤษ เนื่องจากมีข้อดีหลายข้อที่พอจะสรุปได้ดังนี้ ช่วยให้การตีผสมดินทำได้ง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพดีขึ้นไม่มีปัญหาเรื่องของกากค้างตะแกรงปริมาณความชื้นต่ำและมีการควบคุมให้คงที่ช่วยให้การหล่อทำได้เร็วขึ้นหากน้ำดินมีค่าการไหลตัวที่สูงขึ้นเพิ่มความแข็งแรงของชิ้นงาน (Green Strength) สามารถเพิ่มความหนาแน่น (Density) ของน้ำดินได้สูงถึง 1.65 g/ml นอกจากนี้ ดินเหนียว (Ball Clays) อาจจะถูกผลิตมาในรูปของน้ำโคลน (Slop) หรือสารแขวนลอยก็ได้ ซึ่งถึงแม้ว่าจะทำให้ต้นทุนในการขนส่งเพิ่มขึ้นแต่ก็จะช่วยลดปัญหาให้กับผู้ผลิตในเรื่องของการตีผสมดินได้ [13]

การขยายตัวเนื่องจากความร้อนแบบไม่คืนกลับ (Irreversible Thermal Expansion) การวัดค่าการขยายตัวเนื่องจากความร้อน จะทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบและพฤติกรรมของวัสดุต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเผา ตัวอย่างที่แสดงนี้เป็นดินเหนียวจากประเทศอังกฤษที่ถูกแบ่งกลุ่มตามค่าการขยายตัวเนื่องจากความร้อนแบบไม่คืนกลับ โดยเป็นการทดสอบที่ทำกับดินดิบ ('Green' Clay) ซึ่งทันทีที่การทดสอบเสร็จสิ้นลง จะสังเกตเห็นได้ว่าชิ้นตัวอย่างของดินดังกล่าวไม่สามารถเอาน้ำกลับไปที่ทดสอบซ้ำได้ เนื่องจากชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่คืนกลับ (Irreversibly Converted) จากการให้ความร้อนไปยังแห้งชิ้นงาน ซึ่งผลการทดสอบของดินเหนียว 3 กลุ่มหลักๆ

เนื่องจากความร้อนแบบไม่คืนกลับของดินเหนียว (Ball Clays) ทั้ง 3 กลุ่มที่มีอุณหภูมิอยู่ ประมาณ 600 °C จะมีความสัมพันธ์เกิดขึ้นกับดินทั้ง 3 กลุ่ม ในลักษณะคล้ายๆ กัน กล่าวคือเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าการขยายตัวเนื่องจากความร้อนกับปริมาณของควอตซ์ (Quartz) ที่มีอยู่ในดินเหนียว เนื่องจากในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว คือที่ 540 °C จะมีการเปลี่ยนแปลงจาก a-Quartz ไปเป็น b-Quartz (a - b Quartz Inversion) ดินจะได้รับผลจากการขยายตัวอย่างชัดเจน และที่อุณหภูมิประมาณ 700 °C จะมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายในเกิดขึ้นซึ่งจะมีผลทำให้ดินเกิดการหดตัวแทนที่เพราะฉะนั้นโดยทั่วไปแล้ว ถ้ามีปริมาณดินที่สูงกว่าจะมีผลทำให้ค่าการขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่อุณหภูมิ 700 °C ต่ำกว่า [14]

กลุ่ม A – ดินที่มีปริมาณทรายมาก (High Silica Clays)

ค่าการขยายตัวเนื่องจากความร้อนแบบไม่คืนกลับที่อุณหภูมิ 600 °C มีค่าประมาณ 1% และโดยทั่วไปแล้วจะมีปริมาณ Silica อยู่มากกว่า 60 % ดินกลุ่มนี้จะมีสารประกอบ TiO₂ และ Fe₂O₃ อยู่ในปริมาณสูง (มากกว่า 2 %) และมีแนวโน้มจะให้สีหลังเผาเป็นสีน้ำตาล มีขนาดอนุภาคที่ค่อนข้างหยาบเนื่องจากมีทราย (Free Silica) เจือปนอยู่ในปริมาณมาก ซึ่งก็จะส่งผลทำให้อัตราการหล่อเร็วขึ้น ดินกลุ่มนี้เหมาะที่ใช้ในการผลิตวัสดุที่ใช้ในเตาเผา (Kiln Furniture) เป็นผลิตภัณฑ์วัสดุทนไฟ (Refractory Goods) และอาจจะใช้ในการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เพื่อช่วยเพิ่มอัตราการหล่อได้อีกด้วย

กลุ่ม B – ดินที่มีสีเข้มและอ่อน (Dark and Light Blue Clays)

ดินกลุ่มนี้จะมีคุณสมบัติกึ่งกลางระหว่างดินในกลุ่ม A และดินในกลุ่ม C โดยจะมีค่าการขยายตัวเนื่องจากความร้อนแบบไม่คืนกลับประมาณ 0.4 % ที่อุณหภูมิ 600 °C

กลุ่ม C – ดินที่ให้สีขาวหลังเผา (White Firing Clays)

ค่าการขยายตัวเนื่องจากความร้อนแบบไม่คืนกลับที่อุณหภูมิ 600 °C มีค่าประมาณ 0.2% ดินในกลุ่มนี้จะมีค่าความแข็งแรงและความเหนียวสูงและอาจจะมีคาร์บอนอยู่ในปริมาณสูงด้วย โดยดินเหนียวสีดำ (Black Ball Clays) ก็ถูกจัดอยู่ในกลุ่มนี้เช่นกันซึ่งเป็นดินที่จะให้สีขาวหลังเผา โดยทั่วไปแล้วจะถูกนำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ Earthenware กระเบื้อง สุขภัณฑ์และผลิตภัณฑ์พอร์ซเลน

ประโยชน์ของค่าการขยายตัวเนื่องจากความร้อนแบบไม่คืนกลับจะทำให้เราทราบถึงวิธีการจำแนกดินเหนียวออกเป็นกลุ่มเฉพาะ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในส่วนผสมของเนื้อดินสูตรหนึ่งอาจจะสามารถใช้ดินตัวใดตัวหนึ่งในกลุ่มเดียวกันแทนที่ดินอีกตัวหนึ่งได้ เนื่องจากดินที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมักจะแสดงคุณสมบัติคล้ายๆ กันเมื่อผ่านกระบวนการเดียวกัน แต่เนื่องจากดินในกลุ่มเดียวกันอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เกิดขึ้นได้ค่อนข้างมาก เมื่อต้องการจะนำดินตัวใดตัวหนึ่งมาใช้แทนที่อีกตัวหนึ่งจึงควรพิจารณาดินที่มีคุณสมบัติทั้งทางเคมีและทางกายภาพที่คล้ายกันมากที่สุด

2.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

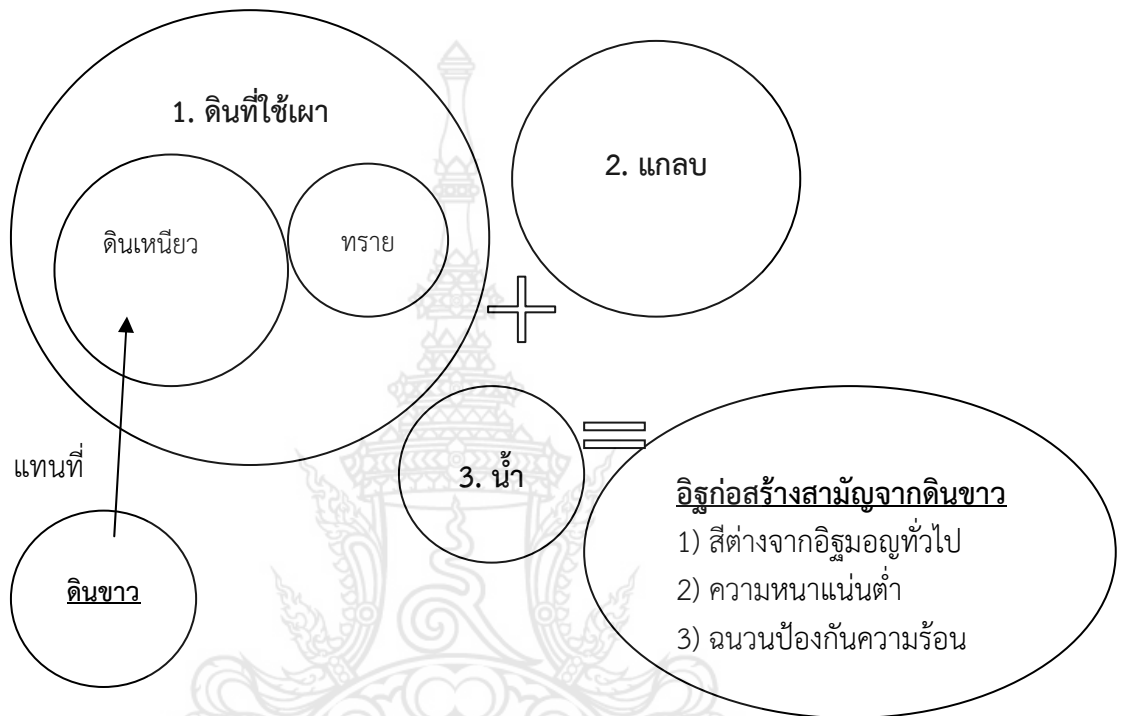
1) การศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของอิฐมอญ ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา อ่างทอง และลพบุรี [3] เนื่องจากขบวนการผลิตอิฐดินเผาในประเทศไทยมีตัวแปรเข้ามาเกี่ยวข้องค่อนข้างสูง รวมถึงสภาพดินฟ้าอากาศ ดังนั้นขบวนการผลิตที่ใช้อยู่ควรมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยเฉพาะการกดอัดดิน การอบก้อนดินและการเผาอิฐ สุดท้ายจากการวิเคราะห์ผลการทดสอบ พบว่าสมการพื้นฐานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดสูงสุดของPrism และกำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดินเผาอยู่ในรูป $f' = 0.196 \text{ br } f'$ ในกรณีของอิฐมอญและ $m f' = 0.280 \text{ br } f'$ ค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ในสมการทั้งสองนี้แสดงถึงประสิทธิภาพในการนำอิฐดินเผาไปใช้ในโครงสร้างอิฐก่อ ดังนั้น จะเห็นได้ว่าอิฐมอญมาตรฐานมีประสิทธิภาพสูงกว่าอิฐมอญประมาณ 40%

2) การศึกษาปริมาณโลหะหนักในอิฐมอญที่ผลิตจากดินเหนียวผสมตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน [10] การศึกษาการทำอิฐมอญ โดยใช้ดินเหนียวกับตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียจาก ชุมชน 6 อัตราส่วน คือ อัตราส่วน 3 : 1, 7:3, 6.5 : 3.5, 3 : 2, 5.5 : 4.5 และ 3 : 7 ทดสอบหาค่าปริมาณโลหะหนักในอิฐมอญตัวอย่าง (หน่วย มก./กก.) จำนวน 2 อัตราส่วน คือ 3 : 1 และ 7 : 3 โดยทำการบดอิฐให้ละเอียดและนำมาสกัดสารโลหะหนักและวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำสกัด 1. การหาค่าการดูดซึมน้ำหนักของอิฐมอญการหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐมอญทั้ง อัตราส่วน และอิฐมอญที่ไม่มีอัตราส่วนผสมของตะกอน (อิฐมอญที่ผลิตจากโรงงานที่ทำโรงงาน) พบว่าอิฐมอญที่มีส่วนผสมของปริมาณดินเหนียวกับตะกอนทั้ง 6 อัตราส่วนมีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าร้อยละ 25 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 2. การทดสอบกำลังอัดของอิฐมอญจากการทดสอบหาลำดับแรงอัดของอิฐมอญ 5 อัตราส่วนและอิฐมอญที่ไม่ได้ ผสมของตะกอน เนื่องจากอิฐมอญที่มีอัตราส่วนผสมของปริมาณดินเหนียวกับตะกอนที่ 3.0 : 7.0 ไม่สามารถรับแรงอัดได้เพราะมี ความ

เพราะมาก เนื่องจากมีอัตรา ส่วนผสมของตะกอนมากเกินไป แต่เมื่อได้ทำการลดปริมาณของตะกอนลงในอัตราส่วนร้อยละ 25 มีผลทำให้อิฐมอญรับแรงอัดนั้น ค่อยๆ สูงขึ้น 3. การทดสอบหาความคลาดเคลื่อนของอิฐมอญในการหาความคลาดเคลื่อนของอิฐมอญตัวอย่างที่ทำการผลิตโดยใช้ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเป็นส่วนผสม พบว่า อิฐมอญที่อัตราส่วนผสมที่ 3.0 : 1.0 มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ ด้านยาวร้อยละ 4.67 ด้านกว้างร้อยละ 4.71 และด้านหนา ร้อยละ 15.00 4.การทดสอบหาค่าความหนาแน่นของอิฐการทดสอบหาค่าความหนาแน่นของอิฐมอญ ทั้ง 6 อัตราส่วนและอิฐมอญที่ ไม่มีส่วนผสมของตะกอนพบว่าอิฐมอญที่ปริมาณดินเหนียวกับตะกอนที่อัตราส่วนที่ 3.0:1.0 มีค่าความหนาแน่นสูงสุด คือ 1.10 ก./ลบ.ซม. และอิฐมอญที่ไม่ได้มีอัตราส่วนผสมของตะกอนเลย มีค่าความหนาแน่นสูงสุดคือ 1.61 ก./ลบ.ซม. 5. การเปรียบเทียบน้ำหนักของอิฐมอญจากการทดสอบหาค่าน้ำหนักของอิฐมอญทั้ง 6 อัตราส่วน และอิฐมอญที่ไม่มีอัตราส่วนผสมของตะกอนพบว่าอิฐมอญที่อัตราส่วนผสมของปริมาณดินเหนียวกับตะกอนที่ 3.0:7.0 มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 229.80 ก. และที่อัตราส่วน 3.0:1.0 นั้นมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 388.60 ก. ส่วนอิฐมอญที่ไม่มีอัตราส่วนผสมของตะกอนเลยมีค่าน้ำหนักมากที่สุด คือ 594.00 ก. 6. การทดสอบหาปริมาณโลหะหนักการทดสอบหาปริมาณโลหะหนักในอิฐ ซึ่งมีส่วนผสมของดินเหนียว ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย และแกลบเมื่อนำมาขึ้นรูปทำเป็นอิฐมอญโดยผ่านกรรมวิธีการเผาที่อุณหภูมิ 700-800 °C โดยแบ่งการเผาออกเป็น 2 ช่วง คือ ในช่วงแรกจะมีการเติมแกลบตลอดเวลา 1-2 วัน จากนั้นช่วงต่อไปจะปล่อยให้เย็นลงช้าๆ โดยไม่มีการเติมแกลบอีก ใช้เวลา 4-5 วันเมื่อเผาเสร็จแล้วจึงนำมาทดสอบหาค่าปริมาณโลหะหนักในอิฐมอญตัวอย่าง ซึ่งทำการบดละเอียดในการทดสอบใช้อิฐมอญที่อัตราส่วนผสมของปริมาณดินเหนียวกับตะกอนที่อัตราส่วนที่ 3.0 : 1.0 และ 7.0 : 3.0 เนื่องจากอิฐมอญในสองตัวอย่างนี้มีความแข็งแรงที่สุดเมื่อเปรียบ เทียบกับปริมาณอัตราส่วนผสมอื่น เมื่อได้อิฐที่ บดละเอียดแล้ว จึงนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในอิฐศึกษาข้อมูลของโลหะหนักในตัวอย่างอิฐมอญได้แก่ ทองแดง สังกะสี โครเมียม ตะกั่ว แมงกานีส และแคดเมียม

2.3 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

กรอบแนวความคิดในการพัฒนาอิฐก่อสร้างสามัญจากดินขาวเพื่อการประหยัดพลังงานภายในอาคารนั้น เป็นการใช้จุดเด่นของดินขาวในการพัฒนาสมบัติต่างๆ ของอิฐก่อสร้างสามัญ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ได้ ดังนี้



บทที่ 3 วิธีการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (ดำเนินการออกแบบส่วนผสม ทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล) ทำการทดสอบการนำผลิตภัณฑ์ ไปใช้งานในสภาพจริง โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. ดินขาว จากจังหวัดระนอง
2. ดินเหนียว จากจังหวัดอยุธยา
3. แกลบ ดังรูปที่ 2
4. ชี้เถ้าแกลบ ดังรูปที่ 3
5. น้ำประปา



รูปที่ 2 แกลบ



รูปที่ 3 ขี้เถ้าแกลบ

3.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบหล่ออิฐก่อสร้างหรืออิฐมอญ ดังรูปที่ 4
2. เต้าเผาอิฐ
3. เครื่องซังน้ำหนักดิจิทัล แบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง
4. ตู้อบปรับอุณหภูมิ
5. เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine (UTM)
6. เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (ทำการทดสอบ ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)



รูปที่ 4 แบบหล่ออิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญ

3.3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสมบัติเฉพาะของดินขาวในจังหวัดระนองเทียบกับดินเหนียวในจังหวัดอยุธยา อาทิ เช่น องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะโครงสร้าง ปริมาณความชื้น ซีดจำกัดพลาสติก เป็นต้น

2. กำหนดอัตราส่วนผสมของอิฐมอญผสมดินขาว โดยมีส่วนผสมดินขาวต่อดินเหนียว เท่ากับ 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 และ 0:100 โดยน้ำหนัก แล้วทำการผสมด้วยซีเมนต์ แกลบและแกลบอีก อย่างละ 15 ส่วน โดยน้ำหนัก รวมเป็นอัตราส่วนผสมทั้งโครงการ 7 อัตราส่วน ทั้งนี้ก็เพื่อให้ทราบถึงผลของการใช้ดินขาวเป็นส่วนประกอบ โดยอัตราส่วนทั้งสามสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราส่วนผสมของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่มีดินขาวเป็นส่วนผสม

อัตราส่วนที่	อัตราส่วนดินเหนียว : ดินขาว : ซีเมนต์ : แกลบ (โดยปริมาตร)
1	1 : 0 : 0.15 : 0.15
2	0.80 : 0.20 : 0.15 : 0.15
3	0.60 : 0.40 : 0.15 : 0.15
4	0.50 : 0.50 : 0.15 : 0.15
5	0.40 : 0.60 : 0.15 : 0.15
6	0.20 : 0.80 : 0.15 : 0.15
7	0 : 1 : 0.15 : 0.15

หมายเหตุ ดินเหนียวและดินขาวที่นำมาผสมนั้นต้องทำการแช่น้ำไว้อย่างน้อย 1 คืน

3. ขึ้นรูปอิฐมอญผสมดินขาวโดยวิธีพื้นบ้าน คือ การผสมและอัดดินที่ผ่านการผสมกับซีเมนต์ แกลบและแกลบแล้วลงในแบบหล่อ โดยควบคุมคุณภาพด้วยปริมาณของส่วนผสมในแต่ละก้อน จากนั้นถอดแบบ และนำไปเผาในเตา ณ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งสามารถสรุปโดยละเอียดได้ ดังนี้

- 1) นำส่วนผสมซีเมนต์แกลบและแกลบผสมเข้าด้วยกันในอัตราส่วน 1: 1 จากนั้นผสมให้เข้ากัน
- 2) นำดินเหนียวและดินขาวแช่น้ำทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืน จากนั้นนำมานวดให้เป็นเนื้อเดียวกัน จนทำให้ดินเกิดความแน่น



รูปที่ 5 ดินขาวที่ผ่านการแช่น้ำหรือหมักแล้ว 1 คืน



รูปที่ 6 ดินเหนียวที่ผ่านการแช่น้ำหรือหมักแล้ว 1 คืน

3) นำส่วนผสมทั้งหมดที่เตรียมไว้มาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยโรยซีเมนต์และเกลบที่เตรียมไว้ในอัตราส่วน 1:1 โรยให้ทั่วดิน จากนั้นนวดให้เข้ากัน

4) นำดินเหนียวและดินขาวที่ทำการนวดแล้วมาผสมในอัตราส่วนดินเหนียวต่อดินขาวด้วยอัตราส่วนผสมดังนี้คือ 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 และ 0:100 จากนั้นทำตัวอย่าง 4 ก้อนต่อ 1 อัตราส่วน



รูปที่ 7 การนวดส่วนผสมในการทำอิฐดินขาวให้เข้ากันด้วยเท้า

5) นำตัวอย่างอิฐมอญทั้งหมดที่ทำการอัดแล้วนำไปฝังแดดจนแห้ง แล้วรอทำการเผาโดยเข้าตู้อบแก๊ส จากนั้นเผาที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส แล้วทิ้งไว้ในอากาศจนเย็นเป็นอันเสร็จ

4. ทำการทดลองอัตราส่วนผสม/ทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของอิฐมอญผสมดินขาวตามมาตรฐาน มอก. 77-2545 เรื่องอิฐก่อสร้างสามัญ ประกอบด้วย ความหนาแน่น หน่วยน้ำหนัก อัตราการดูดซึมน้ำ ความต้านทานแรงอัด ความต้านทานแรงคัต และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

5. ทดสอบการนำอิฐมอญผสมดินขาวไปใช้งานก่อผนังอาคารในสถานที่จริง ณ อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี

6. วิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์เมื่อนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์

บทที่ 4 ผลการวิจัย

จากผลการดำเนินงานของโครงการ “การใช้เศษหน้าดินขาวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความภายในอาคารของอิฐก่อสร้างสามัญ” สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

การทดสอบอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่มีส่วนผสมของดินขาวเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องอิฐก่อสร้างสามัญ (มอก.77-2545) ประกอบด้วย การทดสอบความหนาแน่น การทดสอบความชื้น การทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำ การทดสอบความต้านทานแรงอัด การทดสอบความต้านทานแรงดัด และการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ซึ่งสมบัติเหล่านี้ถือได้ว่ามีความสำคัญต่อการนำอิฐดังกล่าวไปใช้งานจริง โดยมีผลการทดสอบ ดังนี้

4.1. สมบัติเฉพาะของดินขาวในจังหวัดระนอง

สำหรับสมบัติเฉพาะของดินขาวที่ใช้ประกอบการออกแบบอัตราส่วนผสมของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญ อาทิเช่น องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณความชื้นขีดจำกัดพลาสติก ขีดการไหลตัว ขีดความอ่อนของดิน และค่าดัชนีพลาสติก มีผลการทดสอบดังตารางที่ 4 และ 5

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของดินขาวจากจังหวัดระนอง

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
$AlO \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$ หรือ $(OH)_4 Al_2SiO_2$ แบ่งออกเป็น	100
AlO	39.8
SiO ₂	46.3
H ₂ O	13.9

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของดินขาวจากจังหวัดระนองเทียบกับดินเหนียวทั่วไป

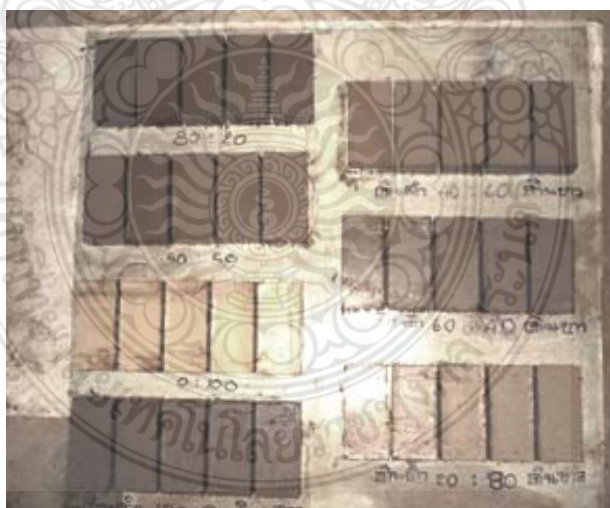
สมบัติของดิน	ชนิดของดิน	
	ดินขาวจังหวัดระนอง	ดินเหนียวจังหวัดอยุธยา
ปริมาณความชื้นในดิน (%)	29.05	22.53
ขีดการไหลตัว (%)	50.05	47.85
ขีดความอ่อนของดิน (%)	29.05	22.53
ค่าดัชนีพลาสติก (%)	21.00	25.32

จากการวิเคราะห์สมบัติของดินขาวที่นำมาใช้ในการทำอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญ พบว่าดินขาวเป็นวัสดุที่มี SiO₂ เป็นองค์ประกอบหลัก ถึงร้อยละ 46.3 ทำให้เห็นว่า ดินขาวมีโอกาที่จะเผาขึ้นรูปเป็นอิฐมอญก่อสร้างได้ ส่วนผลการทดสอบค่าปริมาณความชื้น (Water Content), ขีดจำกัดของเหลว (Liquid Limit) และ ขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit) มีค่าสูงกว่าดินเหนียวทั่วไป

โดยการที่ดินขามีค่า Liquid Limit เกินกว่า 50 จะทำให้สามารถปั้นให้เป็นก้อนได้ง่ายกว่าดินเหนียวทั่วไป และเมื่อพิจารณาผลของค่า Liquid Limit ร่วมกับค่า Plasticity Index พบว่า ดินขามีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ผสมอยู่บางส่วน และจัดอยู่ในดินประเภท Medium Plasticity และเมื่อเทียบขนาดและความเหนียวของเม็ดดินของดินขาวเทียบกับดินเหนียวจากจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นดินที่ใช้ผลิตอิฐก่อสร้างหรืออิฐมอญทั่วไป โดยดินขาวจะมีเม็ดดินที่ละเอียดและเหนียวน้อยกว่าดินเหนียวทั่วไป

4.2. ลักษณะของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาว

ผลจากการผสม ขึ้นรูป และเผาดินขาวจนกลายเป็นอิฐมอญก่อสร้างด้วยกระบวนการเช่นเดียวกับดินเหนียวนั้น พบว่า ดินขาวสามารถขึ้นรูปเป็นอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญได้ดีพอใช้ คือ อิฐมอญดินขาวจะมีความเปราะและบิตเบี้ยวมากกว่าอิฐมอญทั่วไปพอสมควร เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของดินขาวที่ปกติจะนำไปผลิตเป็นเซรามิกและอุณหภูมิในการเผา จึงทำให้อิฐมอญดินขาวที่เผามีความเปราะ และเกิดการบิตเบี้ยว และจะยิ่งบิตเบี้ยวมากขึ้นเมื่อผสมดินขาวเข้ากับดินเหนียวเพราะเนื้อดินจะสุกไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตามการผสมซีเมนต์แล้วเคลือบ และเคลือบลงในส่วนผสมก็มีส่วนช่วยให้อิฐมอญดินขาวที่ผสมดินเหนียวบิตเบี้ยวน้อยลงได้ ส่วนสีของอิฐมอญดินขาวที่ได้จะมีสีใกล้เคียงกับอิฐมอญ แต่จะอ่อนกว่ามากพอสมควร โดยเฉพาะอิฐมอญดินขาวที่มีอัตราส่วนดินเหนียวต่อดินขาว เท่ากับ 0: 100 และสีจะเข้มใกล้เคียงกับอิฐมอญเมื่อผสมดินเหนียวในปริมาณที่มากขึ้น



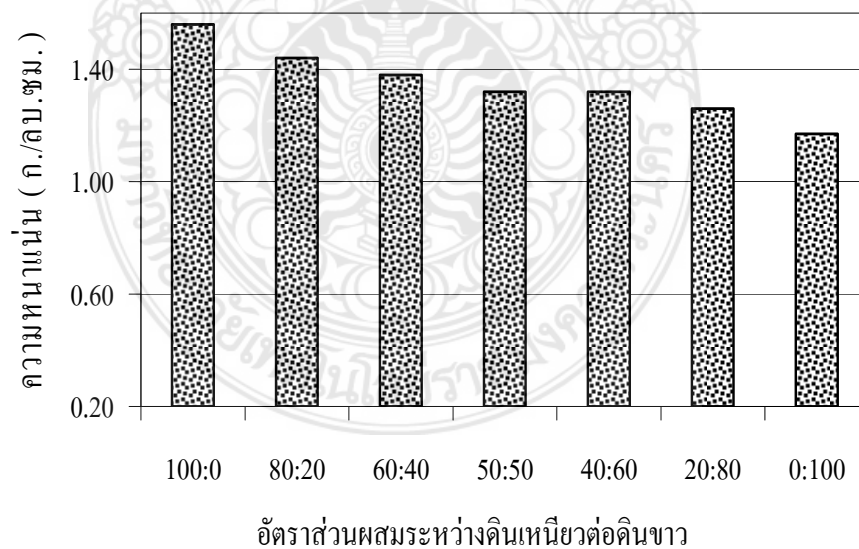
รูปที่ 8 อิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาวก่อนการเผา



รูปที่ 9 อิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาวหลังการเผา

4.3. ความหนาแน่นของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาว

การทดสอบความหนาแน่นของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาว สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 10

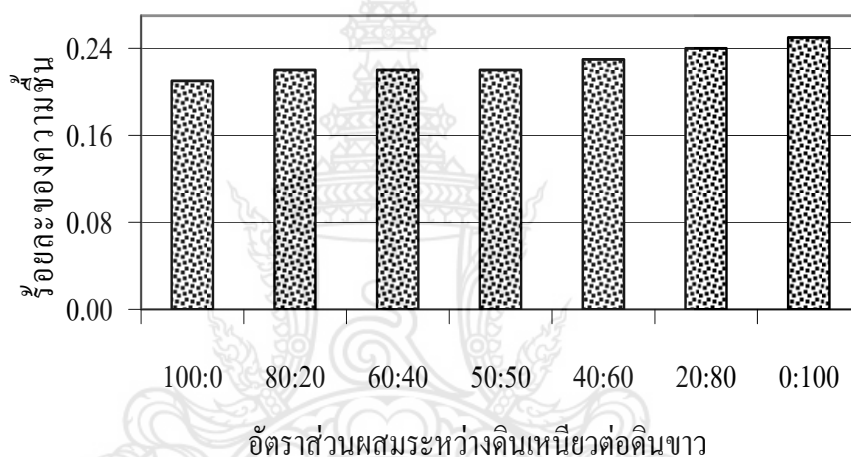


รูปที่ 10 ความหนาแน่นของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว

จากรูปที่ 10 พบว่า อิฐมอดินเหนียวที่มีอัตราส่วนผสมของดินขาวเพิ่มขึ้นมีผลต่อความหนาแน่นที่ลดลง เนื่องจากดินขาวมีสารประกอบที่มีความพรุนอยู่มาก อาทิเช่น ทราย และหินที่ผุร่อน เป็นต้น ซึ่งเมื่อนำมาทำเป็นอิฐมอดูก็จะได้อิฐที่มีความพรุนมากตามไปด้วย นอกจากนี้ปริมาณของไมก้าที่น้อยกว่าของดินขาวเมื่อเทียบกับดินเหนียวปกติยังมีผลต่อปฏิกิริยาของดินที่ทำให้อิฐมอดินขาวมีความละเอียดที่น้อยกว่าอิฐมอดูปกติที่มีไมก้ามากกว่า

4.4. ความชื้นของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอดินขาว

เมื่อนำตัวอย่างของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอดินขาวที่ได้ไปหาค่าความชื้นภายหลังการอบนั้น ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 11

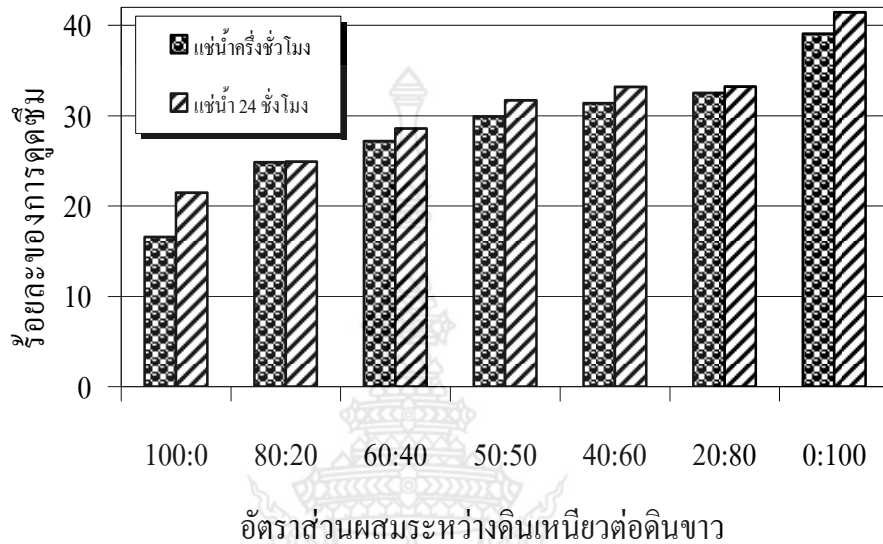


รูปที่ 11 ความชื้นของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอดูที่ผสมดินขาว

จากรูปที่ 11 พบว่า อิฐมอดินขาวมีความชื้นที่สูงกว่าอิฐมอดูทั่วไป เนื่องจากดินขาวเป็นวัสดุที่ต้องเผาในอุณหภูมิที่สูงกว่าดินเหนียวปกติ ดังนั้นผลจากการเผาจึงทำให้ค่าความชื้นของอิฐมอดินขาวมีค่าสูงกว่าอิฐมอดูปกติอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ปริมาณของ Natural Water Content ของดินขาวยังมีค่าสูงกว่าดินเหนียวอีกด้วย

4.5. การดูดซึมน้ำของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาว

การทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังรูปที่ 12

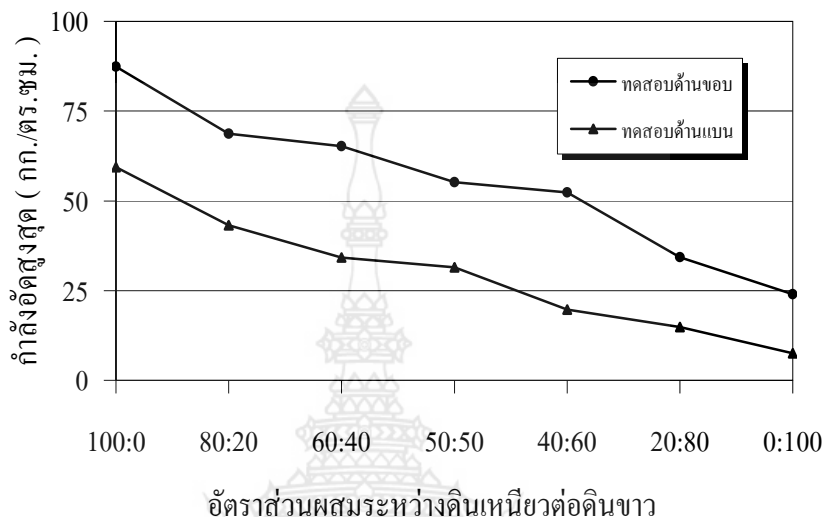


รูปที่ 12 อัตราการดูดซึมน้ำของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว

จากรูปที่ 12 พบว่า สำหรับผลจากการทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐมอญดินขาวและอิฐมอญปกติพบว่า อิฐมอญดินขาวมีการดูดซึมน้ำที่สูงกว่าอิฐมอญปกติ ทั้งนี้เป็นผลมาจากความพรุนภายในดังจะเห็นได้จากความหนาแน่นของอิฐมอญดินขาวที่ต่ำกว่าอิฐมอญปกติ

4.6. ความต้านทานแรงอัดของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาว

การทดสอบความต้านทานแรงอัดหรือกำลังอัดของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 13

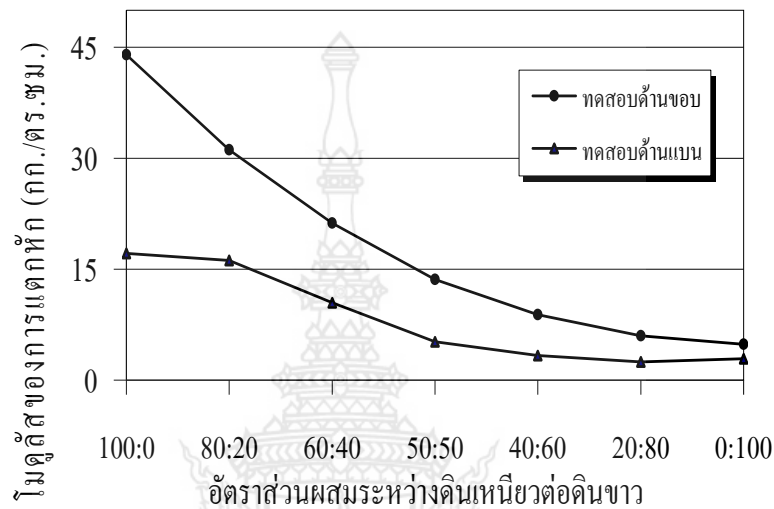


รูปที่ 13 ความต้านทานแรงอัดของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว

จากรูปที่ 13 พบว่า ความต้านทานแรงอัดของอิฐมอญดินขาวมีค่าต่ำกว่าอิฐมอญปกติอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เป็นผลมาจากพื้นที่รับแรงที่แตกต่างกันของอิฐทั้ง 2 ชนิด โดยสามารถสังเกตได้จากค่าของความหนาแน่นของอิฐมอญที่ต่ำกว่าอิฐมอญปกติ จึงทำให้อิฐมอญดินขาวจะมีพื้นที่รับแรงที่น้อยกว่าอิฐมอญปกติ (พิจารณาจากผลการทดสอบความแข็งแรง และค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุที่ใกล้เคียงกัน) นอกจากนี้ลักษณะการรับแรงของวัสดุยังมีผลต่อความแข็งแรงโดยวัสดุที่รับแรงในด้านขอบจะรับกำลังได้ดีกว่าด้านแบน

4.7. ความต้านทานแรงดัดของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาว

การทดสอบความต้านทานแรงดัดหรือกำลังดัดของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ความต้านทานแรงดัดของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว

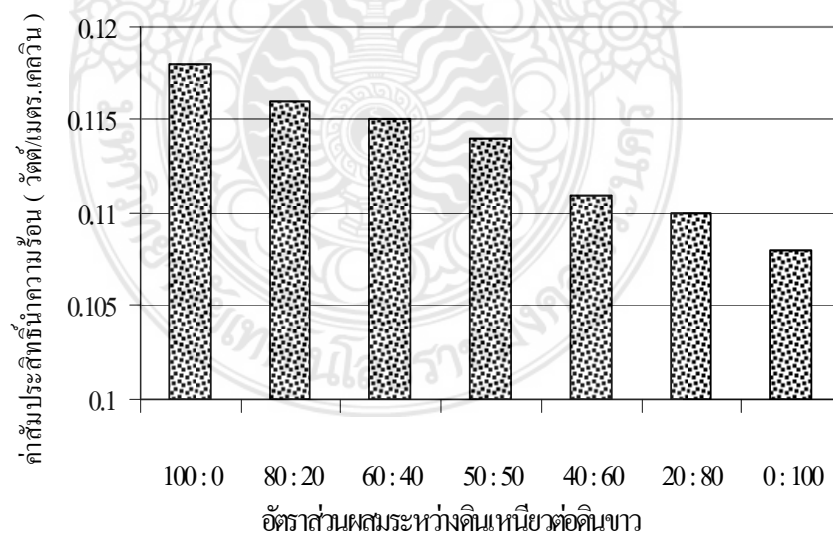
จากรูปที่ 14 พบว่า ความต้านทานแรงดัดมีผลการทดสอบเช่นเดียวกับความต้านทานแรงอัดของอิฐมอญดินขาว ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอิฐมอญปกติอย่างเห็นได้ชัด รวมทั้งลักษณะการรับแรงดัดของวัสดุ ยังมีผลต่อความแข็งแรง โดยวัสดุที่รับแรงในด้านขอบจะรับกำลังได้ดีกว่าด้านแบน

4.8. สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญดินขาว

การทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญผสมดินขาว ขนาด 30x30x15 ลูกบาศก์เซนติเมตร (รูปที่ 15) ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 16



รูปที่ 15 ตัวอย่างอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาวสำหรับทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน



รูปที่ 16 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว

4.9. การนำอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาวไปใช้งานก่อผนังอาคารในสถานที่จริง

สำหรับการนำอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาวไปใช้ก่อสร้างในสถานที่จริงนั้น ทางผู้วิจัยได้ดำเนินการนำอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาวไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของการก่อสร้างอาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี ในส่วนของอาคารวิจัยบ้านดิน ดังรูปที่ 17 ถึง 18 พบว่า การก่อสร้างสามารถดำเนินการได้เช่นเดียวกับการก่อสร้างด้วยอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญทั่วไป



รูปที่ 17 การก่อสร้างอาคารด้วยอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญที่ผสมดินขาว ณ บริเวณสถานที่ก่อสร้างงานวิจัยบ้านดิน อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



รูปที่ 18 บริเวณสถานที่ก่อสร้างงานวิจัยบ้านดิน ณ อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

4.10. การวิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์เมื่อนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์

และเมื่อเปรียบเทียบราคาทั้งอิฐดินเหนียวจากเดิมราคา 2.50 บาท/ก้อน และราคาอิฐดินเหนียวที่มีอัตราส่วนผสมของดินขาว 80: 20 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม มีราคาอยู่ที่ 3.48 บาท/ก้อน จะเห็นว่ามีความแพงกว่าราคาอิฐดินเหนียวอยู่ 0.98 บาทต่อก้อน หรือประมาณ 1 บาทต่อก้อน

4.11. วิจัยณ์ผล

จากผลการทดสอบการใช้ดินขาวแทนที่ดินเหนียวในอิฐก่อสร้างสามัญหรืออิฐมอญโดยใช้อัตราส่วนดินเหนียวต่อดินขาวโดยปริมาตรเท่ากับ 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 และ 0:100 ตามลำดับ โดยนำไปทดสอบตามมาตรฐาน มอก.77 – 2545 อิฐก่อสร้างสามัญ พบว่าเมื่อผสมดินขาวในปริมาณที่สูงขึ้น ค่าร้อยละความชื้น และค่าร้อยละการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามลำดับ ในขณะที่ความหนาแน่น สัมประสิทธิ์การนำความร้อน กำลังตัด และกำลังอัดกลับมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและทางกลของอิฐก่อสร้างสามัญที่มีส่วนผสมของดินขาว กับมาตรฐานอิฐก่อสร้างสามัญ มอก. 77-2545 ทางผู้วิจัยจึงเลือกอัตราส่วนผสมดินเหนียวต่อดินขาว เท่ากับ 80: 20 โดยปริมาตร มีค่าความต้านทานแรงอัด 43.16 กก./ตร.ซม และมีอัตราการดูดซึมน้ำร้อยละ 24.93 ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานของ มอก. 77-2545 ที่กำหนดให้ค่าความต้านทานแรงอัดต้องไม่ต่ำกว่า 35 กก./ตร.ซม และมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าร้อยละ 25 แสดงว่าอัตราส่วนดังกล่าวสามารถใช้ในการทำอิฐมอญได้ รวมทั้งสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ตกแต่งผนังอาคารแบบก่อโชว์แนวได้เนื่องจากมีผิวที่สวยงาม

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม ทางผู้วิจัยมีความเห็นว่า ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของซีเมนต์ แกลบ เส้นใย หรือส่วนผสมอื่นๆ เพิ่มเติมในการผสม เพื่อให้ได้อิฐมอญสุกได้ทั่วทั้งก้อน ไม่บิดเบี้ยว และมีสมบัติทางกายภาพและทางกลที่ดีขึ้นไปอีก อย่างไรก็ตามอัตราส่วนดังกล่าวที่ได้จากการวิจัยนี้ก็เพียงพอต่อการนำไปต่อยอดสู่การนำไปใช้งานจริงอยู่แล้ว



บรรณานุกรม

- [1] สยามอารยะ. 2549. อิฐมอญ บางชั้นหมาก. ฉบับที่ 3. พ.ศ.-ม.ย. 2549.
- [2] สิทธิชัย แสงอาทิตย์. 2542. การทดสอบและพัฒนาโครงสร้างอิฐก่อ. รายงานการวิจัย.
- [3] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2545. อิฐก่อสร้างสามัญ มอก. 77-2545. กรุงเทพฯ.
- [4] ASTM. 2001. Standard Specification for Building Brick ASTM C 62-69. ASTM Standards. Philadelphia.
- [5] จรียา พงศ์ชุตติกุล, ศิริกาญจน์ ชื่นอารมณ์ และรณชิต เดชสนธิ. 2551. การพัฒนาดินขาวสำหรับเป็นวัสดุก่อสร้าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [6] กิตติพงษ์ สุวีโร, ประชุม คำพุ่ม และสมเกียรติ รุ่งทองใบสุรีย์. 2553. คอนกรีตบล็อกผสมดินขาวจากจังหวัดลำปาง. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2553. 1 เมษายน 2553.
- [7] ประชุม คำพุ่ม, สมเกียรติ รุ่งทองใบสุรีย์ และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2552. คอนกรีตบล็อกโดยใช้ดินขาวจากจังหวัดอุดรดิตถ์เป็นส่วนผสม. การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 5. 20-22 ตุลาคม 2552.
- [8] ประชุม คำพุ่ม, สมเกียรติ รุ่งทองใบสุรีย์ และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2553. คอนกรีตบล็อกผสมดินขาวจากจังหวัดระนองเพื่อการประหยัดพลังงาน. การประชุมวิชาการพลังงานแห่งชาติ ครั้งที่ 1. 18-19 กุมภาพันธ์ 2553.
- [9] ปริญญา จินดาประเสริฐ และเจริญชัย ฤทธิรัฐ. 2550. การศึกษาสารละลายที่แตกต่างในการผลิตซีโอโพลีเมอร์มอร์ตาร์จากดินขาวเผา. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 3. โรงแรมลองบีช การ์เด้น โฮเทล แอนด์ สปา พัทยา ชลบุรี 24-26 ตุลาคม 2550.
- [10] กุลชิตา บรรจงศิริ, และจิรัฐิติ บรรจงศิริ. 2548. การศึกษาปริมาณโลหะหนักในอิฐมอญที่ผลิตจากดินเหนียวผสมตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 10.
- [11] กาญจนะ แก้วกำเนิด. 2531. เอกสารประกอบการเรียนวิชาเซรามิกและเครื่องปั้นดินเผา. ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [12] วนิตา ฉินนะไสต. 2546. การทดลองเนื้อดินปั้น อําเภอดุสิตบุรี จังหวัดปทุมธานี เพื่อใช้ในการปั้นดินเผา. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี. ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- [13] ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2535. เซรามิก. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- [14] วิชัย สัจวรปทานกุล และวชิรพล ฐิตะสัจจา, ความคงทนของดินขาวที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกลวิธีโพลีเมอร์โรเซชัน, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 11 โรงแรมเมอร์ลินปารีสอร์ท, จังหวัดภูเก็ต 2549
- [15] อนุชาติ ลีอ่อนนันทศักดิ์ศิริ และศุภสิทธิ์ คนใหญ่, 2550. การศึกษาจีโอโพลีเมอร์จากเถ้าลอยผสมดินขาว, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12 โรงแรมมอมรินทร์ลากูล จังหวัดพิษณุโลก 2-4 พฤษภาคม 2550.
- [16] ASTM. 2001. ASTM C177-04: Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus. ASTM Standards. Vol. 04.06. Philadelphia.
- [17] American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02, Philadelphia.

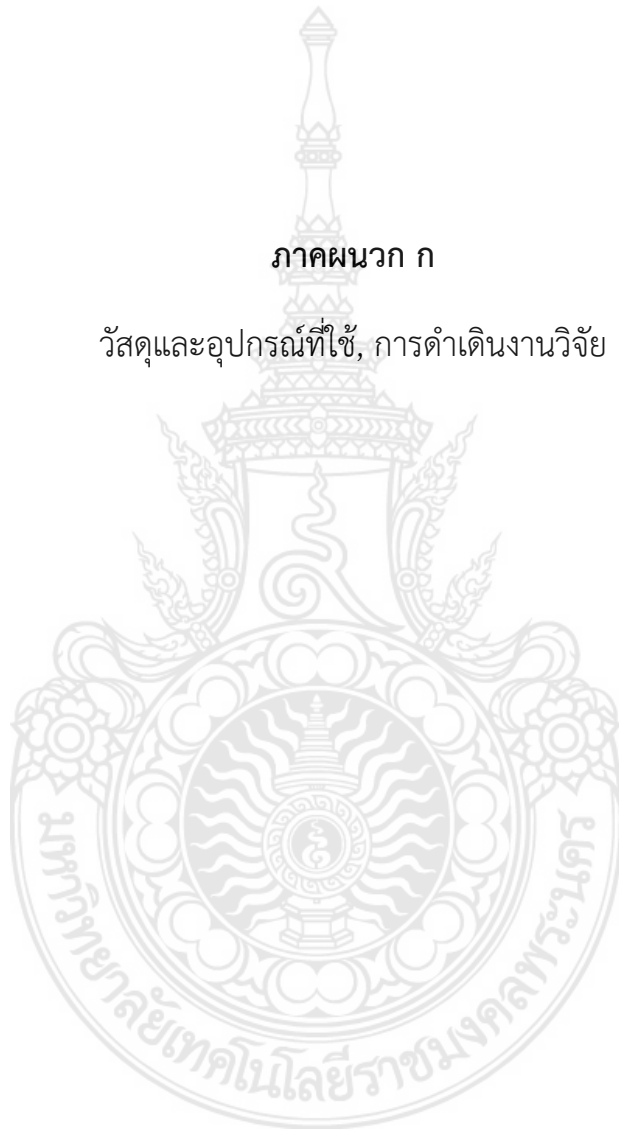


ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

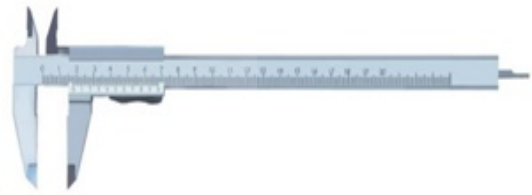
วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้, การดำเนินงานวิจัย





รูป กองดินขาว





Vernier

รูป เครื่องทดสอบกำลังอัด, Vernier



รูป ดินขาวก่ออิฐสามัญ



รูป กองดินขาว





รูป ทดสอบกำลังอัด





รูป ก่อสร้างด้วยดินขาว



รูป อัดทดสอบกำลัง



รูป ทดสอบคุณสมบัติส่วนด้านบน





รูป ก้อนตัวอย่าง





รูป ก้อนตัวอย่าง





รูป ก้อนตัวอย่าง





รูป ก้อนตัวอย่าง





รูป อาคารที่ใช้ทดสอบ





รูป อิฐก่อสร้างสามัญ





รูป อิฐก่อสร้างสามัญ





รูป กองดินทำอิฐมอญ





รูป ย่ำดินอิฐมอญ





สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม

หลักเกณฑ์เฉพาะในการตรวจสอบเพื่อการอนุญาต
สำหรับผลิตภัณฑ์อิฐก่อสร้างสามัญ
มาตรฐานเลขที่ มอก.77-2545



ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์เฉพาะในการตรวจสอบเพื่อการอนุญาต
สำหรับผลิตภัณฑ์อิฐก่อสร้างสามัญ
มาตรฐานเลขที่ มอก.77-2545

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดหลักเกณฑ์เฉพาะในการตรวจสอบเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการ
อนุญาตสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละมาตรฐานให้สอดคล้องกับประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์การตรวจสอบเพื่อการอนุญาต ลงวันที่ 20 เมษายน 2554

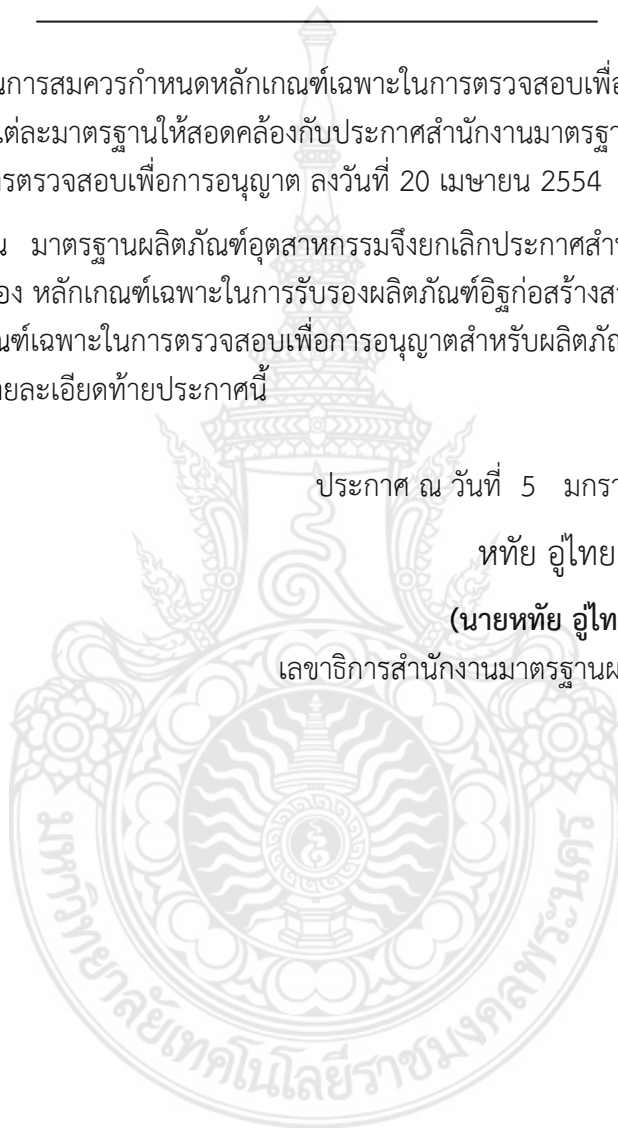
สำนักงาน มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจึงยกเลิกประกาศสำนักงานมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่อง หลักเกณฑ์เฉพาะในการรับรองผลิตภัณฑ์อิฐก่อสร้างสามัญ มาตรฐานเลขที่ มอก.77-
2545 และกำหนดหลักเกณฑ์เฉพาะในการตรวจสอบเพื่อการอนุญาตสำหรับผลิตภัณฑ์อิฐก่อสร้างสามัญ มาตรฐาน
เลขที่ มอก.77-2545 ดังรายละเอียดท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2558

หทัย อุทัย

(นายหทัย อุทัย)

เลขาธิการสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม



**หลักเกณฑ์เฉพาะในการตรวจสอบเพื่อการอนุญาต
สำหรับผลิตภัณฑ์อิฐก่อสร้างสามัญ
มาตรฐานเลขที่ มอก.77-2545**

1. การยื่นคำขอ

ในการยื่นคำขอรับใบอนุญาต ให้ผู้ยื่นคำขอจัดส่งข้อมูลเพื่อประกอบการพิจารณา ดังนี้

- 1.1 รายละเอียด ผลิตภัณฑ์ซึ่งสอดคล้องกับรายละเอียด ที่ระบุไว้ในมาตรฐาน และข้อ 2.1.1 พร้อมคำชี้แจงแสดงลักษณะรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ หรือภาพ หรือตัวอย่างผลิตภัณฑ์
- 1.2 สถานที่จัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่ขอรับใบอนุญาต และรายชื่อผู้แทนจำหน่าย (ถ้ามี)
- 1.3 รายการวัตถุดิบหรือส่วนประกอบหลักที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ที่ขอรับใบอนุญาต
- 1.4 แผนภูมิและรายละเอียดแสดงวิธีการ ทำและการ ควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ พร้อมรายละเอียดรายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ขอรับใบอนุญาต
- 1.5 ใบรับรองคุณภาพหรือรายงานผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ขอรับใบอนุญาต (ถ้ามี)

2. การตรวจสอบเพื่อการอนุญาต

2.1 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ขอรับใบอนุญาต

2.1.1 การจำแนกผลิตภัณฑ์ ตามชั้นคุณภาพ และขนาด ดังนี้

ชั้นคุณภาพ	ขนาด (ยาว x กว้าง x หนา) มิลลิเมตร
ก	140 x 65 x 40
ข	190 x 90 x 40
ค	190 x 90 x 65
	190 x 90 x 90

2.1.2 การเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจสอบตามข้อกำหนดของมาตรฐาน

1. เก็บตัวอย่าง 1 ชุดตัวอย่าง ต่อชั้นคุณภาพ และต่อขนาด
2. ตัวอย่าง 1 ชุดตัวอย่างประกอบด้วย อิฐก่อสร้างสามัญ จำนวน 10 ก้อน

2.2 การตรวจประเมินระบบควบคุมคุณภาพของโรงงานที่ทำผลิตภัณฑ์ มีองค์ประกอบดังนี้

- 2.2.1 การบริหารจัดการองค์กร และบุคลากร
- 2.2.2 การควบคุมเครื่องจักรและอาคารสถานที่
- 2.2.3 การควบคุมการออกแบบผลิตภัณฑ์
- 2.2.4 การจัดซื้อและการควบคุมวัตถุดิบ
- 2.2.5 การควบคุมกระบวนการผลิต
- 2.2.6 การควบคุมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
- 2.2.7 การควบคุมผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด
- 2.2.8 การซึ่บและสอบกลับได้
- 2.2.9 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

- 2.2.10 การควบคุมเครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบ
- 2.2.11 การปฏิบัติการแก้ไข และการดำเนินการกับข้อร้องเรียน
- 2.2.12 การควบคุมเอกสารและควบคุมบันทึก

รายละเอียดดังภาคผนวก

- 2.3 ผู้ยื่นคำขอรับใบอนุญาตต้องจัดให้โรงงานที่ทำผลิตภัณฑ์ที่มีการควบคุม /ตรวจสอบ/ทดสอบผลิตภัณฑ์ทุกรายการตามข้อกำหนดของมาตรฐาน โดยอาจมอบหมายให้หน่วยงานอื่นที่มีความสามารถ ฤเป็นผู้ดำเนินการแทนได้ และอย่างน้อยต้องจัดให้มีการทดสอบและมีเครื่องมือทดสอบเพื่อการทดสอบเป็นประจำของโรงงานที่ทำผลิตภัณฑ์ในรายการดังต่อไปนี้

- 2.3.1 ลักษณะทั่วไป

- 2.3.2 ขนาด

- 2.4 การออกใบอนุญาต

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจะพิจารณาออกใบอนุญาตในกรณีที่เกิด การตรวจสอบ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เป็นไปตามมาตรฐานและผลการตรวจประเมินระบบควบคุมคุณภาพมีความเหมาะสมเพียงพอที่จะรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ โดยระบุรายละเอียดผลิตภัณฑ์ที่อนุญาต ตามการจำแนกผลิตภัณฑ์ ข้อ 2.1.1

- 2.5 การตรวจติดตามผล

เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้รับใบอนุญาตยังคงมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานอย่างสม่ำเสมอ และโรงงานที่ทำผลิตภัณฑ์นั้นยังมีความสามารถในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ตามระบบควบคุมคุณภาพที่ได้รับการตรวจประเมินแล้วอย่างต่อเนื่อง

- 2.5.1 ผู้รับใบอนุญาตต้องจัดให้มีการตรวจติดตามผลผลิตภัณฑ์ที่ได้รับ ใบอนุญาตและระบบควบคุมคุณภาพของโรงงานที่ทำผลิตภัณฑ์นั้นอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

กรณีที่ผู้รับใบอนุญาตจัดให้มีการตรวจติดตามผลโดยผู้ตรวจสอบการทำผลิตภัณฑ์ที่ได้รับ การแต่งตั้งตามมาตรา 5 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ .ศ.2511 ให้ จัดส่งรายงานการตรวจ ติดตามผลดังกล่าวให้สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภายใน 30 วัน นับแต่วันที่การตรวจติดตามผลแล้วเสร็จ

- 2.5.2 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาจตรวจประเมินระบบควบคุมคุณภาพของ โรงงานที่ทำผลิตภัณฑ์นั้น และ เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากสถานที่ผลิต สถานที่เก็บ และ สถานที่จำหน่าย เพื่อการตรวจสอบติดตามผลเพิ่มเติมก็ได้

ทั้งนี้ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาจปรับความถี่และระยะเวลาในการตรวจติดตามผล เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ตามความเหมาะสม โดยพิจารณาจากขีดความสามารถในการรักษาคุณภาพ ผลิตภัณฑ์และระบบควบคุมคุณภาพของโรงงานที่ทำ ผลิตภัณฑ์นั้นให้เป็นไปตามมาตรฐานได้อย่าง สม่ำเสมอและต่อเนื่อง

3. เงื่อนไขที่ผู้รับใบอนุญาตต้องปฏิบัติ

ผู้รับใบอนุญาตต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดตามมาตรา 25 ทวิ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ .ศ. 2511 ซึ่งสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมแจ้งให้ทราบในวันที่ได้รับใบอนุญาต

บทเฉพาะกาล

บรรดาคำขอรับใบอนุญาตที่อยู่ระหว่างดำเนินการตามหลักเกณฑ์เฉพาะในการรับรองผลิตภัณฑ์ที่ได้ประกาศไว้แล้ว ให้ดำเนินการต่อไปจนกว่าจะแล้วเสร็จ และให้ผู้ได้รับใบอนุญาตปรับปรุงให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์เฉพาะในการตรวจสอบเพื่อการอนุญาตนี้ภายในระยะเวลาตามที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด



ภาคผนวก
แนบท้ายหลักเกณฑ์เฉพาะในการตรวจสอบเพื่อการอนุญาต
รายละเอียดข้อกำหนดระบบควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์

1. การบริหารจัดการองค์กรและบุคลากร
เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ ที่ขอรับใบอนุญาต/ได้รับใบอนุญาต มีคุณภาพ เป็นไปตามมาตรฐานอย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่อง ผู้ทำผลิตภัณฑ์ต้อง
 - 1.1 มีการจัดโครงสร้างการบริหารงานที่ แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของ หน้าที่และความรับผิดชอบของ หน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง
 - 1.2 มีการกำหนดอำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบของบุคลากรในตำแหน่งต่างๆที่ชัดเจน
 - 1.3 มีบุคลากรที่เหมาะสมและเพียงพอในการทำผลิตภัณฑ์ที่ขอรับใบอนุญาต / ได้รับใบอนุญาต
 - 1.4 มีบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเพียงพอในการปฏิบัติงาน โดย
 - (1) กำหนดความสามารถที่จำเป็น
 - (2) จัดให้มีการพัฒนาและฝึกอบรม
 - (3) ประเมินผลของการพัฒนาและฝึกอบรม
 - (4) จัดทำและเก็บรักษาบันทึกประวัติที่เกี่ยวข้องกับความรู้ความสามารถของบุคลากร
2. การควบคุมเครื่องจักรและอาคารสถานที่
ผู้ทำผลิตภัณฑ์ต้อง
 - 2.1 มีอาคาร สถานที่ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการ ทำผลิตภัณฑ์ ที่เหมาะสมและมีขีดความสามารถเพียงพอที่จะทำผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามมาตรฐานได้อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง
 - 2.2 มีระบบการซ่อมแซมและการบำรุงรักษา เพื่อให้สามารถทำผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามมาตรฐาน
 - 2.3 มีและจัดเก็บบันทึกการซ่อมแซมและการบำรุงรักษาอย่างเหมาะสม
3. การควบคุมการออกแบบผลิตภัณฑ์
กรณีที่มีการพัฒนา ออกแบบ หรือปรับเปลี่ยนแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ทำผลิตภัณฑ์ต้อง
 - 3.1 มีการวางแผน ควบคุม และทบทวนการออกแบบในขั้นตอนต่างๆตามความเหมาะสม
 - 3.2 มีข้อมูลการออกแบบที่เพียงพอ ซึ่งรวมถึงมาตรฐานและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง
 - 3.3 มีผลการออกแบบในรูปแบบของสื่อที่เหมาะสม และต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ
 - 3.4 มีการทบทวน ทวนสอบ และยืนยันผลของการออกแบบ เพื่อแสดงว่าสามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐานได้
 - 3.5 กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบของผลิตภัณฑ์ ต้องดำเนินการตามข้อ 3.1 ถึง 3.3 โดยอนุโลม
 - 3.6 เก็บรักษาบันทึกผลการออกแบบ การยืนยัน และเปลี่ยนแปลงการออกแบบ
4. การจัดซื้อและการควบคุมวัตถุดิบ
วัตถุดิบ หมายถึงชิ้นส่วนที่เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ สิ่งที่ใช้เพื่อช่วยในการทำผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ งานจ้างทำหรือจ้างเหมา และสิ่งที่เป็นทรัพย์สินของลูกค้าเพื่อใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ เป็นต้น
ผู้ทำผลิตภัณฑ์ต้อง
 - 4.1 มีระบบควบคุมการจัดซื้อ เพื่อให้มั่นใจว่าวัตถุดิบหรือบริการที่จัดซื้อสอดคล้องกับเกณฑ์กำหนดที่ใช้ในการจัดซื้อ
 - 4.2 มีการตรวจรับวัตถุดิบหรือบริการที่จัดซื้อ โดยวิธีการที่เหมาะสมและจัดทำเป็นเอกสาร
 - 4.3 มีบันทึกผลการตรวจรับ และเก็บรักษาไว้เป็นหลักฐาน

5. การควบคุมกระบวนการผลิต
- ผู้ทำผลิตภัณฑ์ต้อง
- 5.1 มีแผนภูมิแสดงขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์ การควบคุมสภาวะในกระบวนการทำผลิตภัณฑ์ การตรวจสอบและทดสอบในขั้นตอนต่างๆระหว่างกระบวนการทำผลิตภัณฑ์ รวมทั้งเกณฑ์กำหนดที่ใช้ในการควบคุม
- 5.2 ดำเนินการทำผลิตภัณฑ์ และควบคุม/ตรวจสอบ ตามแผนภูมิแสดงขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์ที่กำหนด ซึ่งต้องควบคุมปัจจัยดังต่อไปนี้
- (1) มีข้อมูลซึ่งระบุถึงข้อกำหนดหรือคุณลักษณะที่ต้องการของผลิตภัณฑ์
 - (2) มีเอกสารวิธีปฏิบัติงานตามความจำเป็นสำหรับผู้ปฏิบัติงาน
 - (3) มีการใช้เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่เหมาะสม
 - (4) มีการใช้เครื่องมือ สำหรับการตรวจวัด และการเฝ้าระวัง
 - (5) มีการดำเนินการตรวจวัด และเฝ้าระวัง
 - (6) มีการดำเนินการตรวจปล่อย การส่งมอบ และกิจกรรมหลังการส่งมอบ
 - (7) มีบันทึกที่จำเป็นเพื่อเป็นหลักฐาน แสดงว่ากระบวนการ ในการทำผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ที่ได้ เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน
- 5.3 ในกรณีที่ผลการตรวจสอบ ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถแสดง ถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ได้โดยตรง ต้อง มีหลักฐานที่สามารถพิสูจน์ให้เห็นว่ากระบวนการในการทำผลิตภัณฑ์ที่ใช้ สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ ที่ได้มีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน
6. การควบคุมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
- ผู้ทำผลิตภัณฑ์ต้อง
- 6.1 ตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปตามวิธีการที่กำหนด และสอดคล้องกับข้อกำหนดของ มาตรฐาน ทั้งนี้ ก่อนการตรวจปล่อยผลิตภัณฑ์ต้องมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปนั้นได้ผ่านการตรวจสอบ/ทดสอบที่จำเป็น และได้กำหนดไว้ในขั้นตอนต่างๆ ครบถ้วนแล้ว และเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานทุกรายการ
- 6.2 จัดทำบันทึกผลการตรวจสอบ/ทดสอบ และเก็บรักษาไว้เป็นหลักฐาน
7. การควบคุมผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด
- ผู้ทำผลิตภัณฑ์ต้อง
- 7.1 ควบคุมผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไป ตามข้อกำหนด ในขั้นตอนต่างๆ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่รับคืนจากลูกค้า เพื่อ ป้องกันการนำไปใช้งานหรือการส่งมอบให้แก่ลูกค้าอื่น และต้องดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ นั้น ตามวิธีการที่เหมาะสมโดยจัดทำเป็นเอกสาร
- 7.2 จัดทำและเก็บรักษาบันทึกรายละเอียดของข้อบกพร่อง รวมทั้งการดำเนินการกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว
8. การซึบงและสอบกลับได้
- ผู้ทำผลิตภัณฑ์ต้อง
- 8.1 ซึบงผลิตภัณฑ์และสถานะของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่างๆด้วยวิธีการที่เหมาะสม
- 8.2 ซึบงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป โดยอย่างน้อยต้องมีรายละเอียด ที่สอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐานและ กฎหมายที่เกี่ยวข้อง
- กรณีที่มีข้อกำหนดหรือ กฎหมายกำหนดให้ ต้องเรียกคืนผลิตภัณฑ์ที่ มีข้อบกพร่อง หรือไม่เป็นไปตาม ข้อกำหนดใดๆ ต้องกำหนดวิธีการในการซึบงผลิตภัณฑ์ให้สามารถสอบกลับได้ เพื่อให้สามารถใช้ในการเรียกคืนผลิตภัณฑ์ได้

9. การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ผู้ทำผลิตภัณฑ์ต้องเก็บรักษา วัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ ระหว่างการผลิต และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ให้ มีสภาพ ที่เหมาะสม และเป็นไปตามข้อกำหนดที่จะนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่างๆ และการส่งมอบให้แก่ลูกค้า ทั้งนี้ รวมถึงการเคลื่อนย้าย การบรรจุ การจัดเก็บ และการป้องกันการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์

10. การควบคุมเครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบ

ผู้ทำผลิตภัณฑ์ต้อง

- 10.1 มีเครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบ ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ในทุกขั้นตอน และในการตรวจสอบควบคุมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป อย่างน้อยต้องมีเครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบ เพื่อใช้เป็นประจำ ณ โรงงานที่ทำผลิตภัณฑ์ ตามหลักเกณฑ์เฉพาะในการ ตรวจสอบ เพื่อการอนุญาตที่กำหนดไว้
- 10.2 สอบเทียบหรือทวนสอบ เครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบ ที่มีผลต่อคุณภาพ โดยต้อง
 - (1) ดำเนินการตามช่วงเวลาที่กำหนดหรือก่อนการใช้งานและสามารถสอบกลับได้ถึงมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับในระดับชาติหรือระดับสากล
 - (2) แสดงสถานะการสอบเทียบไว้ชัดเจน และสามารถตรวจสอบได้
 - (3) มีการป้องกันการปรับแต่งเครื่องมือที่สอบเทียบแล้ว
 - (4) มีการป้องกันความเสียหายและเสื่อมสภาพระหว่างการเคลื่อนย้าย การบำรุงรักษา และเก็บรักษา
- 10.3 ดำเนินการ เพื่อจัดการ กับเครื่องตรวจ เครื่องวัดและเครื่องทดสอบ รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้รับผลกระทบ หากพบว่าเครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบ ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ด้วยวิธีการที่เหมาะสม
- 10.4 มีและเก็บรักษาบันทึกผลการสอบเทียบและการทวนสอบไว้เป็นหลักฐาน

11. การปฏิบัติการแก้ไขและการดำเนินการกับข้อร้องเรียน

ผู้ทำผลิตภัณฑ์ต้อง

- 11.1 ดำเนินการ แก้ไข และ ปฏิบัติการ แก้ไขข้อ บกพร่อง ของ ผลิตภัณฑ์ และระบบควบคุมคุณภาพเพื่อป้องกันการเกิดข้อบกพร่องซ้ำ
- 11.2 ดำเนินการกับ ข้อร้องเรียน ที่ได้รับ จากลูกค้า หรือผู้เกี่ยวข้อง โดยมีชักช้า โดยต้อง มีบันทึกการดำเนินการและผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการดังกล่าว และเก็บรักษาไว้เพื่อให้สามารถตรวจสอบได้
- 11.3 มีวิธีการเรียกคืนผลิตภัณฑ์ที่ส่งมอบหรือวางจำหน่ายในท้องตลาดกรณีพบว่าไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน
- 11.4 มีการ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อบกพร่องและปัญหา ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์และระบบควบคุมคุณภาพ และนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์และระบบควบคุมคุณภาพ

12. การควบคุมเอกสารและควบคุมบันทึก

ผู้ทำผลิตภัณฑ์ต้อง

- 12.1 จัดให้มีเอกสารที่ถูกต้อง ทันสมัย และจำเป็นต้องใช้ในการปฏิบัติงาน
- 12.2 มีวิธีการป้องกันการใช้เอกสารที่ล้าสมัยหรือยกเลิกแล้ว
- 12.3 มีการชี้บ่ง รวบรวม จัดเก็บ และรักษานบันทึกต่างๆ ไว้เพื่อแสดงความเป็นไปตามข้อกำหนด ของผลิตภัณฑ์และระบบควบคุมคุณภาพ ตามระยะเวลาที่เหมาะสม และสอดคล้องกับข้อกำหนดของกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและบันทึกอาจอยู่ในรูปแบบใดๆ เช่น กระดาษ สื่ออิเล็กทรอนิกส์

ประวัติผู้วิจัย



หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายสัจจะชาญ พรัตน์มะลิ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Sajjachan Pradmali
2. เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 8412 00xxx xx x
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กระทรวงศึกษาธิการ เลขที่ 1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ จ.กรุงเทพฯ 10800
e-mail: sajachan@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา
วศ.บ. วิศวกรรมโยธา
วศ.ม. วิศวกรรมโยธา
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ สิ่งประดิษฐ์ คอนกรีตและวัสดุทดแทนคอนกรีต การอนุรักษ์พลังงาน และการสร้างมูลค่าเพิ่ม การบริหารโครงการ และพัฒนาโครงการ
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย
 - 7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
 - 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
 - 1) การใช้ดินขาวผสม เส้นใยมะพร้าว ฟางข้าวและแกลบเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนในผนังคอนกรีตบล็อก(หัวหน้าโครงการ), ปีงบประมาณ2552
 - 2) การใช้ดินขาวผสม กากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพดและเส้นใยจากเปลือกทุเรียนเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนและลดน้ำหนักในผนังคอนกรีตบล็อก (ผู้ร่วมวิจัย), ปีงบประมาณ2554
 - 3) การพัฒนาวัสดุอาคารจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (ผู้ร่วมวิจัย), ปีงบประมาณ2554
 - 4) การใช้กากมะพร้าว ต้นข้าวโพดและเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุประกอบชีวภาพทดแทนไม้ในแผ่นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง (ผู้ร่วมวิจัย), ปีงบประมาณ2554
- 7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง) งานวิจัยที่เผยแพร่(วารสาร รายงานการประชุมวิชาการ)

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายประจุม คำพุด
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Prachoom Khamput
- เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 7201 00xxx xx x
- ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
ผู้อำนวยการ หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาฯ แห่ง มทร.
หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ ไปรษณีย์
อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถ.รังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
โทรศัพท์ 0-2549-3417 โทรสาร 0-2549-3412
E-mail: prachoom.k@en.rmutt.ac.th, choomy_gtc@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันฯ	ประเทศ
2540	ตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	โยธา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย
2544	โท	วิศวกรรมศาสตร-มหาบัณฑิต	โยธา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย

- สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 - 6.1 การทดสอบวัสดุและคุณสมบัติของวัสดุ
 - 6.2 คอนกรีตและวัสดุทดแทนคอนกรีต
 - 6.3 การอนุรักษ์พลังงาน และการสร้างมูลค่าเพิ่ม
 - 6.4 การบริหารโครงการ และพัฒนาโครงการ
 - 6.5 สิ่งประดิษฐ์ ออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์
- ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
 - 7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
การพัฒนาวัสดุและสิ่งแวดล้อมอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2552

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

ลำดับที่	ปี งบประมาณ	ชื่อเรื่อง	สถานภาพ	หน่วยงาน
1	2552	การพัฒนาอิฐรูปพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ	หัวหน้าโครงการ	สกอ. (เชิงพาณิชย์)
2	2553	การศึกษาการป้องกันสารพิษจากบ่อฝังกลบขยะซีเมนต์ น้ำใต้ดินโดยใช้น้ำยางธรรมชาติ	หัวหน้าโครงการ	สกอ. (ภาคกลาง ตอนบน)
3	2554	โครงการผลิตอิฐบล็อกประสานจากกากดินขาว	หัวหน้าโครงการ	สวทช. (iTAP)
4	2554	โครงการบ้านสำเร็จรูปทรงโดมสำหรับผู้ประสบภัย	หัวหน้าโครงการ	สวทช. (iTAP)
5	2555	การใช้อย่างธรรมชาติสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์พารา ซิง เกอร์รูป	หัวหน้าโครงการ	งปม.แผ่นดิน มทร.ธัญบุรี
6	2555	การพัฒนาบ้านสำเร็จรูปทรงโดมสำหรับผู้ประสบภัย	หัวหน้าโครงการ	สกอ. (SP2)
7	2555	ผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปมวลเบาผสม หิน ฝุ่น	หัวหน้าโครงการ	สกอ. (SP2)

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

1. Rungthongbaisuree, S., Khamput, P., and Ketratanaborvorn, T. : ***Causes of Damage of Electric Tower in Thailand***; Proc. of Second Asia/Pacific Conference on Durability of Building Systems : Harmonised Standards and Evaluation, Vol. 1, Bandung, Indonesia, July, 2000, pp. 16-1 ~ 16-9.
2. Rungthongbaisuree, S., and Khamput, P. : ***Methods for Maintenance of Transmission Towers***; Proc. of the Fourth Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engineering (RSID4), Bangkok, Thailand, April, 2003, pp. A2-45 ~ A2-54.
3. Khamput, P. : ***A Study of Compressive Strength of Concrete used Quarry Dust to Replace Sand***; Technology and Innovation for Sustainable Development Conference (TISD2006), Khon Kaen, Thailand, January 25-26, 2006, pp. 108-110.
4. Boksuwan, A., and Khamput, P. : ***A Study of Mixing Natural Rubber in Concrete Block for Developing Strength and Thermal Insulation Properties***; The 3rd International Symposium on Sustainable Energy System, Kyoto, Japan, August 30-September 1, 2006, pp. 212. (Poster Presentation)

5. Pradmali, S., and Khamput, P. : ***Regional Analysis of Load Duration Curve for Upper Ping River Basin***; 3rd APHW Conference “Wise Water Resource Management towards Sustainable Growth and Poverty Reduction”, Bangkok, Thailand, October 16-18, 2006, pp. 393. @
6. Khamput, P. : ***Using Latex from Para-Rubber for Developing Strength and Thermal Insulation Properties of Concrete Block***; Asian Symposium on Materials and Processing 2006 (ASMP 2006), Bangkok, Thailand, November 9-10, 2006, pp. 23.
7. Malai, A., and Khamput, P. : ***Development of Rubber Natural Concrete Block for Thermal Insulation and Energy Saving Purpose***; The 2nd Joint International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)”, Bangkok, Thailand, November 21-23, 2006, pp. 1009-1014.
8. Khamput, P. : ***A Study of Using Natural Rubber Mixed in Moderate Lightweight Concrete***; Asian Workshop on Polymer Processing 2006 (AWPP 2006), Bangkok, Thailand, December 6-8, 2006, pp. 257-260.
9. Khamput, P. and Wanthong, P. : ***Using Para-Rubber Mixed in Moderate Lightweight Concrete***; International Conference on Mining, Materials, and Petroleum Engineering: The Frontiers of Technology (ICFT-2007), Phuket, Thailand, May 10-12, 2007, pp. 23.
10. Khamput, P. : ***A Study of Properties of Composite Boards Made from Coir Fiber and Polyethylene***; The 2nd International Conference on Advances in Petrochemicals and Polymers (ICAPP 2007), Bangkok, Thailand, June 25-28, 2007, pp. 329. (Poster Presentation)
11. Khamput, P., Ruayruay, E. and Wanthong, P. : ***A Study of Properties of Composite Boards Made from Coir Fiber and Polyethylene***; Asian-Pacific Regional Conference on Practical Environmental Technology (APRC 2007), Khon Kaen, Thailand, August 1-2, 2007, pp. 70.
12. Khamput, P., Wanthong, P. and Kumnuantip, Ch. : ***A Study of Para-Rubber Plate as Load-Transfer Material in Compression Test of Concrete Specimens***; International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST 2007), The Swissôtel Le Concorde, Bangkok, Thailand, November 21-23, 2007, pp. 448-451.
13. Khamput, P. : ***Compressive Strength of Mortars Mixing with Fly Ash and Crushed Dust***; International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST 2007), The Swissôtel Le Concorde, Bangkok, Thailand, November 21-23, 2007, pp. 452-455.

14. Lawsuriyonta, M., Kumput, P., Rasilamlert, M. and Yamchaiya, P. : ***A Study of Forming Materials from Coir Mixing with Natural Rubber;*** Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (5th EMSES 2007), Asia Pattaya Hotel, Pattaya, Thailand, November 21-24, 2007, pp. 178-180. (Poster Presentation)
15. Khamput, P. and Wanthong, P. : ***Composite Material from High Density Polyethylene and Coconut Coir Powder;*** Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (5th EMSES 2007), Asia Pattaya Hotel, Pattaya, Thailand, November 21-24, 2007, pp. 191-194. (Poster Presentation)
16. Khamput, P. and Wanthong, P. : ***A Study of Properties of Lightweight Mortar Mixing with Low Ammonia Concentrated Latex from Natural Rubber;*** The Second GMSARN International Conference 2007 on Sustainable Development: Challenges and Opportunities for the Greater Mekong Subregion, Ambassador City Jomtien Hotel, Pattaya, Thailand, December 12-14, 2007, ME-07.
17. Khamput, P. and Wanthong, P. : ***A Study of Mortar mixing with Medium Ammonia Concentrated Latex;*** The 2nd Technology and Innovation for Sustainable Development Conference (TISD 2008), Khon Kaen, Thailand, January 28-29, 2008, pp. 134-138.
18. Khamput, P. : ***Strength Properties of Adobe Mixing with Rice Husk Ash;*** ASEAN COST+3: New Energy Forum for Sustainable Environment (NEFSE), Kyoto, Japan, May 25-27, 2008, pp. 57-58.
19. Khamput, P. and Suweero, K. : ***Properties of Lightweight Mortar Mixing with Low Ammonia Concentrated Latex from Natural Rubber;*** Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (7th EMSES 2009), Chiang Mai, Thailand, November 19-22, 2009, p. 60. (Poster Presentation)
20. Khamput, P. and Suweero, K. : ***A Study of Compressive Strength of Concrete used Dolomite to Replace Sand;*** The 5th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology (ICET-2011), Merlin Beach Resort Hotel, Trirang Beach, Phuket, Thailand, May 2-3, 2011, p. 100.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย คนที่ 2

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายธนนท์ ศัลยวุฒิ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Thanan Sanyawuth
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3120100xxxxx
- ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
- หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300
โทรศัพท์.0816595411 E-mail: tanant10@hotmail.com
- ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	ปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันฯ
ตรี	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	สถาปัตยกรรม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โท	สถาปัตยกรรมมหาบัณฑิต	นวัตกรรมการอาคาร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

