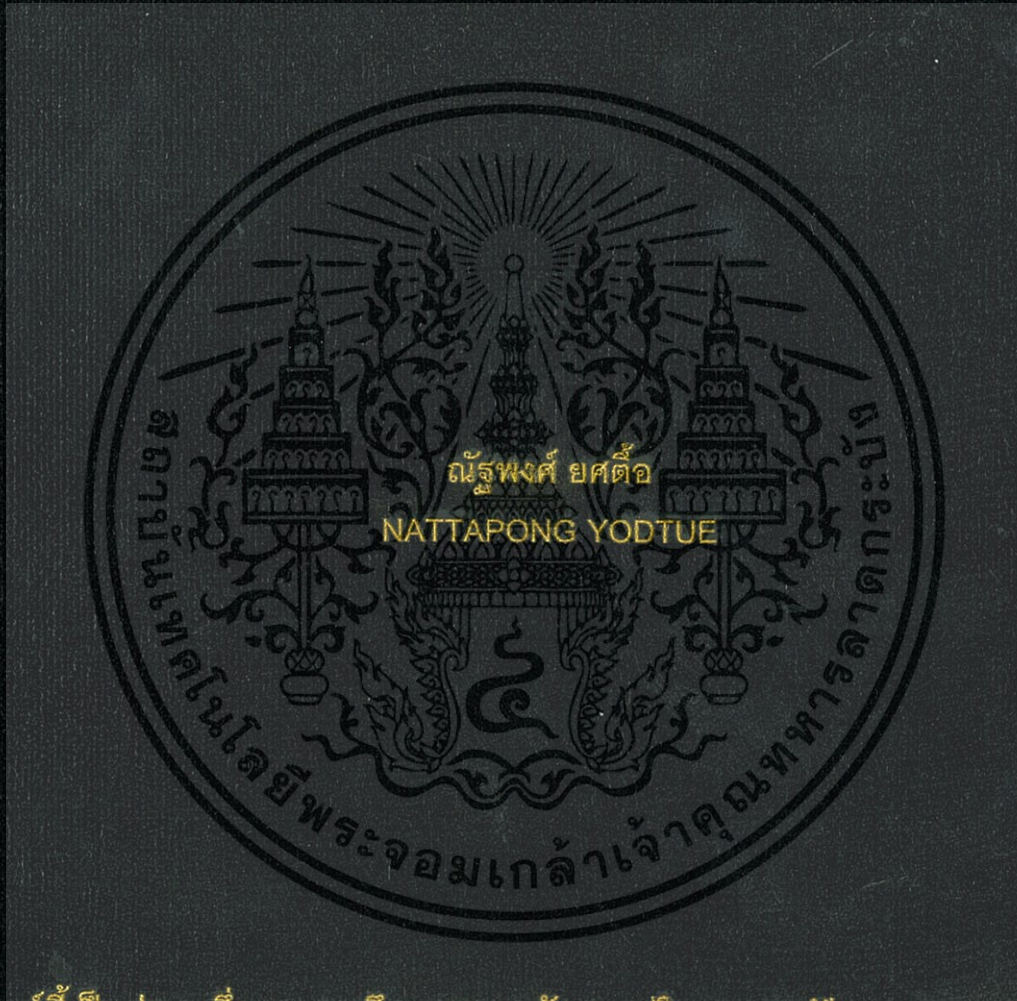


การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของบล็อกดินประสาน
ผสมเซรามิกเหลือทิ้ง

A STUDY OF THERMAL BEHAVIOR OF WASTE CERAMICS MIXED
IN INTERLOCKING-BLOCK



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-AR-M-002-053

การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของบล็อกดินประสาน
ผสมเซรามิกเหลือทิ้ง

A STUDY OF THERMAL BEHAVIOR OF WASTE CERAMICS MIXED
IN INTERLOCKING-BLOCK



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-AR-M-002-053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF THERMAL BEHAVIOR OF WASTE CERAMICS MIXED
IN INTERLOCKING-BLOCK



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN TROPICAL ARCHITECTURE
FACULTY OF ARCHITECTURE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2015

KMITL-2015-AR-M-002-053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2015

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของบล็อกดินประสานผสมเซรามิกเหลือทิ้ง
A STUDY OF THERMAL BEHAVIOR OF WASTE CERAMICS MIXED IN INTERLOCKING-BLOCK

นักศึกษา นายณัฐพงศ์ ยศดี




รหัสประจำตัว 56602045

ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน

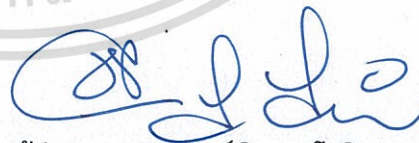
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์สุพัฒน์ บุญยฤทธิกิจ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์สุพัฒน์ บุญยฤทธิกิจ	
รองศาสตราจารย์ชนินทร์ ทิพย์โยธาส	
รองศาสตราจารย์ศุภธา ศรีเผด็จ	
ดร.รวิษ ควรประเสริฐ	
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชญา รังสิรักษ์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 24 พฤศจิกายน 2558 เวลา 09.30 น.
สถานที่สอบ กลุ่มวิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิเชฐ โสวิทยสกุล)

คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

วันที่ 30 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของบล็อกดินประสานผสมเซรามิกเหลือทิ้ง
นักศึกษา	นายณัฐพงศ์ ยศดี
รหัสประจำตัว	56602045
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.สุพัฒน์ บุญยฤทธิ์กิจ

บทคัดย่อ

จังหวัดลำปางมีเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกเป็นจำนวนมากที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เศษเซรามิกเหล่านี้ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบและยังยากแก่การย่อยสลายยาก และเพื่อนำเอาคุณสมบัติเด่นของการเป็นฉนวนความร้อน ให้อยู่ในรูปของบล็อกดินประสานที่มีคุณสมบัติของการเป็นลดการนำความร้อนด้วยเช่นกัน จึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาถึงการนำเศษเซรามิกเหลือทิ้งเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่

จากการทดสอบประสิทธิภาพลดการนำความร้อนพบว่าในเวลา 08.00 น ถึง 16.00 น คือช่วงเวลาที่บล็อกดินประสานในอัตราส่วน 1:5:0 1:4:1 และ 1:3:2 (ปูนซีเมนต์:ดินผสม:เซรามิก) ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดยมีปริมาณพื้นที่ได้กราฟเท่ากับ 25.33 , 20.36 และ 19.73 ตามลำดับ โดยบล็อกดินประสานผสมเซรามิก 1:4:1 และ 1:3:2 นั้นมีพื้นที่ได้กราฟที่น้อยกว่าบล็อกดินประสาน 1:5:0 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิภายนอกที่น้อยกว่า ดังนั้นบล็อกดินประสานผสมเซรามิก 1:4:1 และ 1:3:2 จึงมีประสิทธิภาพลดการนำความร้อนที่น้อยกว่า

อย่างไรก็ตาม บล็อกดินประสานผสมเซรามิกนั้นยังมีข้อดีอยู่ไม่น้อย โดยเป็นการนำเอาเศษเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ สามารถช่วยลดปริมาณเศษเซรามิกเหลือทิ้งได้กว่าเดือนละ 0.15 ตัน/คน และช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ก้อนละ 10 สตางค์ ประหยัดเงินได้กว่าเดือนละ 240 บาทต่อ/คน อีกทั้งในด้านการเป็นฉนวนความร้อนของบล็อกดินประสานผสมเซรามิกนั้นก็ไม่ได้ด้อยกว่าบล็อกดินประสานจากโรงงานมากเกินไป

Thesis	A Study Of Thermal Behavior Of Waste Ceramics Mixed In Interlocking-Block
Student	Mr. Nattapong Yodtue
Student ID	56602045
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2015
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Suphat Bunyarittikit

ABSTRACT

Lampang province has a large amount of industrial ceramics waste. Since those ceramics waste are not reusable, they cause environmental pollution and are non-biodegradable. With ceramics' outstanding properties as thermal insulation and efficiency by reducing heat conduction, ceramics are used as the ingredient to produce interlocking block. Thus, the idea of reusing ceramic remains is generated.

The results of testing the efficiency by reducing heat conduction showed as follows. During 08.00-16.00 hrs when exposed to the sun, interlocking block at three different conditions: 1:5:0, 1:4:1, and 1:3:2 cement-soil mixture-ceramic ratio had the area under the curve of 25.33 , 20.36 and 19.73, respectively. The blocks with 1:4:1 and 1:3:2 cement-soil mixture-ceramic ratios had less area under the curve than those with 1:5:0 ratio. This implied that the difference between internal and external temperature of the formers had lower than that of the latter. Thus, the formers (The blocks with 1:4:1 and 1:3:2 ratios) had lower efficiency by reducing heat conduction.

However, producing interlocking clay-ceramic blocks provides benefits as the method of reusing remains and also helps reducing number of ceramic remains at 0.15 ton/person/month, reducing production cost at 10 satang/ piece, and saving 240 baht/person/month. Besides, thermal insulation property of interlocking clay-ceramic blocks is comparable to commercial blocks.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก รศ.สุพัฒน์ บุญยฤทธิกิจอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ที่มีความตั้งใจให้ความรู้ ประสบการณ์ ให้คำปรึกษา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ปรีชญา รังสิรักษ์, รศ.ชนินทร์ ทิพโยภาส, ดร.รวิช ควรรประเสริฐ และ รศ.ศุทธา ศรีเผด็จ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาแนะนำข้อบกพร่อง ช่วยให้แก้ไข และปรับปรุงจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณกลุ่มบลิ๊กประสานทุ่งฝ่ายจังหวัดลำปาง เจ้าหน้าที่ทุกคน สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมืออุปกรณ์และคำแนะนำต่างๆ ในการทำบล็อกดินประสาน

กราบขอบพระคุณ คุณพนาสิน ธนบดีสกุล กรรมการผู้จัดการบริษัทธนบดีอาร์ทเซรามิก จำกัด ที่ช่วยให้ความรู้และเอื้อเฟื้อข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับเซรามิก

กราบขอบพระคุณ คุณวุฒินัย กกกำแหง วิศวกรที่มงานเทคโนโลยีบล็อกประสาน ฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษา

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณป้า คุณอา ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดจนขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจให้เสมอมา จึงทำให้การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ณัฐพงศ์ ยศดี้อ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.4 แผนการดำเนินงาน.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรม.....	6
2.1 บล็อกดินประดาน.....	6
2.1.1 ลักษณะบล็อกลดินประดานและการนำไปใช้.....	6
2.1.2 ลักษณะการผลิตบล็อกลดินประดาน.....	7
2.1.3 วิธีการกอบบล็อกลดินประดาน.....	10
2.1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของบล็อกลดินประดานผสมเศษวัสดุเหลือทิ้ง.....	13
2.2 คุณลักษณะเซรามิกและเซรามิกเหลือทิ้งเพื่อทำบล็อกลดินประดาน.....	20
2.2.1 คุณสมบัติความเป็นฉนวน.....	20
2.2.2 ลักษณะเซรามิกในจังหวัดลำปาง.....	21
2.2.3 ลักษณะของเซรามิกในประเทศ.....	23
2.2.4 ลักษณะของเซรามิกในจังหวัดลำปาง.....	24
2.2.5 เซรามิกเหลือทิ้งในจังหวัดลำปาง.....	27
2.2.6 บล็อกลดินประดานกับเซรามิกเหลือทิ้ง.....	28

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน.....	30
2.3.1 การนำความร้อน (Conduction Heat Transfer).....	30
2.3.2 ค่าความต้านทานความร้อน.....	30
2.3.3 ค่าความร้อนจำเพาะ.....	31
2.3.4 ค่าความหนาแน่น.....	32
2.3.5 การหน่วงเหนี่ยวความร้อน (time lag).....	33
2.3.6 กรอบแนวคิดบล็อกดินประสานผสมเซรามิกเหลือทิ้ง.....	35
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	37
3.1 สรุปแนวทางการผสมเซรามิกในบล็อกดินประสาน.....	37
3.1.1 บล็อกดินประสานที่จัดเป็นมาตรฐานของเทคโนโลยีบล็อกประสาน.....	37
3.2 การหาเครื่องมือเพื่อทดสอบค่าประสิทธิภาพลดการนำความร้อนจาก กรอบแนวคิด.....	39
3.2.1 การใช้วัสดุจริงในการทดสอบ.....	39
3.3. การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ทดลองประสิทธิภาพลดการนำความร้อน.....	41
3.3.1 พื้นที่หน้าตัด (A) ของวัสดุทดลอง.....	41
3.3.2 ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (ΔT).....	42
3.3.3 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U).....	44
3.3.4 พลังงานความร้อน(Q).....	47
3.4 ความน่าเชื่อถือของกล่องทดลอง.....	48
3.5 การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิ.....	49
บทที่ 4 การทดลองและการวิเคราะห์.....	51
4.1 การผลิตบล็อกดินประสานผสมเซรามิก.....	51
4.1.1 ขั้นตอนการผลิตบล็อกดินประสานผสมเซรามิก.....	51
4.1.2 ขั้นตอนการตรวจสอบความแข็งแรงหลังอัดบล็อกดินประสาน.....	60
4.2 เตรียมการทดลองประสิทธิภาพลดการนำความร้อน.....	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัว V อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2.1 ความน่าเชื่อถือของกล่องทดลอง.....	64
4.3 ผลความน่าเชื่อถือของกล่องทดลอง.....	67
4.3.1 ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของกล่องทดลอง ทั้ง 4 วันของ บล็อกดินประสานจากโรงงาน.....	67
4.3.2 ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของกล่องทั้ง 4 วันของบล็อกดิน ประสานผสมเซรามิก 1:4:1.....	68
4.3.3 ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของกล่องทั้ง 4 วันของบล็อกดิน ประสานผสมเซรามิก 1:3:2.....	69
4.4 การเปรียบเทียบวิเคราะห์ประสิทธิภาพลดการนำความร้อน.....	70
4.4.1 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกดิน ประสานจากโรงงาน.....	71
4.4.2 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกดิน ประสานผสมเซรามิก 1:4:1.....	72
4.4.3 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกดิน ประสานผสมเซรามิก 1:3:2.....	73
4.4.4 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายในของ บล็อกดินประสานทั้ง 3 ตัวอย่าง.....	74
4.5 ต้นทุนการผลิตบล็อกดินประสานผสมเซรามิกเหลือทิ้ง.....	75
4.5.1 การคำนวณต้นทุนการผลิตบล็อกดินประสาน.....	75
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและเสนอแนะ.....	79
5.1 สรุปผลการทดลองประสิทธิภาพการลดการนำความร้อน.....	79
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	80
บรรณานุกรม.....	81
ภาคผนวก.....	83
ประวัติผู้เขียน.....	88

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงตารางอัตราส่วนที่ใช้ในการผลิตชิ้นทดสอบ.....	15
2.2 ตารางแสดงสมบัติของวัสดุก่อสร้างต้นแบบและวัสดุก่อสร้างในท้องตลาด.....	16
2.3 ตารางแสดงอัตราส่วนผสมบล็อกรีดดินประสานผสมเศษหินภูเขาไฟ.....	17
2.4 ตารางแสดงเป้าหมายของบล็อกรีดดินประสานจากงานวิจัยที่มีการศึกษา.....	19
2.5 แสดงมูลค่าการนำเข้าผลิตภัณฑ์เซรามิกแต่ละประเภทในตลาดโลก.....	21
3.1 แสดงลักษณะตารางเพื่อใช้บันทึกภาพของผลการตรวจสอบความแข็งแรงบล็อกรีดดิน ประสาน.....	46
3.2 แสดงตารางเพื่อใช้บันทึกรูปภาพตัวแปรควบคุมของพลังงานความร้อนของบล็อกรีดดิน ประสานผสมเซรามิกและบล็อกจากโรงงาน.....	48
3.3 แสดงตารางเพื่อใช้เปรียบเทียบข้อมูลกราฟความแตกต่างของอุณหภูมิของบล็อกรีดดิน ประสานจากโรงงานและบล็อกรีดดินประสานผสมเซรามิกทั้ง 3 วัน.....	49
3.4 แสดงตารางเพื่อใช้เปรียบเทียบข้อมูลกราฟความแตกต่างของอุณหภูมิของบล็อกรีดดิน ประสานจากโรงงานและพื้นที่ได้กราฟ.....	49
3.5 แสดงตารางเพื่อใช้เปรียบเทียบข้อมูลกราฟความแตกต่างของอุณหภูมิของบล็อกรีดดิน ประสานผสมเซรามิกและพื้นที่ได้กราฟ.....	50
3.6 แสดงตารางเพื่อใช้เปรียบเทียบข้อมูลกราฟความแตกต่างของอุณหภูมิของบล็อกรีดดิน ประสานจากโรงงานและบล็อกรีดดินประสานผสมเซรามิกและพื้นที่ได้กราฟ.....	50
4.1 แสดงลักษณะบล็อกรีดดินประสานหลังอัดเสร็จทันที.....	62
4.2 แสดงลักษณะบล็อกรีดดินประสานหลังอัดเสร็จ 1 คืน.....	63
4.3 แสดงลักษณะบล็อกรีดดินประสานหลังอัดเสร็จ 3 วัน.....	64
4.4 แสดงตารางบันทึกภาพการทดลอง ณ สถานที่เดียวกัน.....	65
4.5 แสดงตารางบันทึกภาพการควบคุมเพื่อทดลองประสิทธิภาพการลดการนำความร้อน.....	66
4.6 แสดงตารางบันทึกภาพการใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ Opus 200.....	67

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.7 แสดงตารางรายการต้นทุนคงที่.....	77
4.8 แสดงตารางรายการต้นทุนแปรผันของโรงงานบล็อกลดดินประสานทุ้งฝาย.....	78
4.9 แสดงตารางรายการต้นทุนแปรผันของการผลิตบล็อกลดดินประสานผสมเซรามิก 1:4:1.....	79
4.10 แสดงตารางรายการต้นทุนแปรผันของการผลิตบล็อกลดดินประสานผสมเซรามิก 1:3:2.....	80



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงลักษณะบล็อกรดินประสาน	1
1.2 แสดงลักษณะเซรามิกเหลือทิ้ง	2
1.3 แสดงลักษณะขั้นตอนการศึกษา	5
2.1 แสดงขนาดบล็อกรดินประสาน	6
2.2 แสดงลักษณะอาคารจากบล็อกรดินประสาน	6
2.3 แสดงลักษณะของบล็อกรดินประสานในการใช้ก่อดูต่างๆ	7
2.4 แสดงลักษณะของดินที่ส่งทดสอบ	8
2.5 แสดงการบดดินเพื่อเตรียมส่วนผสม	8
2.6 แสดงการพรมน้ำให้แก่ดิน	9
2.7 แสดงการใช้เครื่องอัดแบบมือโยก	9
2.8 แสดงการบ่มอิฐบล็อกประสานหลังอัด	10
2.9 แสดงลักษณะการวางบล็อกรดินประสานลงบนปูน	11
2.10 แสดงลักษณะการก่อบล็อกรดินประสานให้ตรงแนวเชือก	11
2.11 แสดงลักษณะการใช้ทรายเพื่อปรับระดับ	12
2.12 แสดงการหยอดปูนเหลว	12
2.13 แสดงลักษณะเก้าลอยและผลิตภัณฑ์จากเก้าลอย	13
2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอัตราส่วนการแทนที่ด้วยเก้าลอย	13
2.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับต้นทุนต่อหน่วยของอายุบ่ม 14 และ 28 วัน	14
2.16 แสดงลักษณะบล็อกรดินประสานจากเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง	15
2.17 แสดงลักษณะเศษหินภูเขาไฟ	17
2.18 แสดงความต้านทานแรงอัดของบล็อกรดินประสานจากเศษหินภูเขาไฟ	18
2.19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของบล็อกรดินประสานจากเศษหินภูเขาไฟ	18
2.20 แสดงภาพผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเซรามิก	20
2.21 แสดงที่ตั้งของอำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง	24

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.22 แสดงลักษณะถ้วยเซรามิกเนื้อดินพอร์ซเลน	25
2.23 แสดงลักษณะถ้วยเซรามิกเนื้อดินเอิร์ธเอนแวนด์	25
2.24 แสดงลักษณะถ้วยเซรามิกเนื้อดินสโตนแวร์	26
2.25 แสดงลักษณะเศษเซรามิกเหลือทิ้งขนาดใหญ่	27
2.26 แสดงลักษณะถ้วยเซรามิกเหลือทิ้งขนาดเล็ก	27
2.27 แสดงลักษณะเซรามิกเหลือทิ้งขนาดใหญ่กับดินผสม	28
2.28 แสดงรูปจำลองแนวคิดของบล็อกดินประสานผสมเศษเซรามิกขนาดใหญ่	28
2.29 แสดงลักษณะถ้วยเซรามิกเหลือทิ้งขนาดเล็กกับดินผสม	29
2.30 แสดงรูปจำลองแนวคิดของบล็อกดินประสานผสมเศษเซรามิกขนาดเล็ก	30
2.31 แสดงรูปแบบการถ่ายเทความร้อน	31
2.32 แสดงอิทธิพลของมวลสารที่ทำให้เกิดการหน่วงความร้อน (Time Lag)	33
2.33 แสดงการเกิดสภาวะการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุ	34
2.34 แสดงลักษณะการผสมเซรามิกเหลือทิ้งมาขึ้นรูปเป็นแผ่น	35
2.35 แสดงลักษณะการนำเศษเซรามิกเหลือทิ้งมาบดให้ละเอียดแล้วผสมเป็นเนื้อเดียวกัน	36
3.1 แสดงลักษณะบล็อกดินประสานผสมเซรามิกที่ผ่านการบดผสม	37
3.2 แสดงลักษณะบล็อกดินประสานผสมเซรามิกเป็นชั้นๆ	38
3.3 แสดงลักษณะกล่องทดลองพฤติกรรมถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลมาก	40
3.4 แสดงลักษณะรูปตัดของกล่องทดลองและตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ	40
3.5 แสดงลักษณะพื้นที่หน้าตัดที่กล่องทดลอง	41
3.6 แสดงลักษณะตำแหน่งการวัดอุณหภูมิจากแปลน	42
3.7 แสดงลักษณะเครื่องมือวัด OPUS 200 และ Sensor วัดอุณหภูมิ	42

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 แสดงลักษณะการติดสาย Sensor ที่ภายในกล่องทดลอง.....	43
3.9 แสดงลักษณะการติดสาย Sensor ที่ผิวภายในกล่องทดลอง.....	43
3.10 แสดงลักษณะการติดสาย Sensor ที่ผิวภายนอกกล่องทดลองที่ 1.....	43
3.11 แสดงลักษณะวัสดุทดสอบ.....	44
3.12 แสดงอัตราส่วนของบล็อกดินประสานผสมเซรามิกเมื่อเทียบกับบล็อกดินประสานจาก โรงงานทุ่งฝ่าย.....	45
3.13 แสดงลักษณะการวางกล่องทดลอง.....	47
4.1 แสดงวิธีการทาบเซรามิก.....	51
4.2 แสดงวิธีการร่อนให้ได้ขนาดไม่เกิน 4 มิลลิเมตร.....	52
4.3 แสดงภาพเศษเซรามิกที่ผ่านการร่อนเรียบร้อยแล้ว.....	52
4.4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1.....	53
4.5 ลักษณะของดินลูกรัง.....	53
4.6 ลักษณะของทรายละเอียด.....	54
4.7 แสดงการนำทรายละเอียดหรือปูนขาวในเครื่องผสม.....	54
4.8 แสดงการนำดินลูกรังมาผสม.....	55
4.9 แสดงการนำปูนซีเมนต์มาผสม.....	55
4.10 แสดงการผสมเซรามิกกับดินผสมในอัตราส่วน 1:4: 1.....	56
4.11 แสดงการผสมเซรามิกกับดินผสมในอัตราส่วน 1:3:2.....	56
4.12 แสดงการผสมเซรามิกกับดินผสมในอัตราส่วน 1:2:3.....	57
4.13 แสดงการผสมเซรามิกกับดินผสมในอัตราส่วน 1:1:4.....	57
4.14 แสดงการเทส่วนผสมลงในแบบอัดบล็อกดินประสาน.....	58
4.15 แสดงการเกลี่ยดินเพื่อจะทำการอัดบล็อกดินประสาน.....	58
4.16 แสดงการการอัดบล็อกดินประสาน.....	59

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.17 แสดงบล็อกดินประสานหลังทำการอัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว	59
4.18 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในทั้ง 4 วันของ บล็อกดินประสานจากโรงงาน	67
4.19 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในทั้ง 4 วันของบล็อกดิน ประสานผสมเซรามิก 1:4:1	68
4.20 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในทั้ง 4 วันของบล็อกดิน ประสานผสมเซรามิก 1:3:2	69
4.21 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในทั้ง 4 วันของบล็อกดิน ประสานทั้ง 3 ตัวอย่าง	70
4.22 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกดินประสาน จากโรงงาน	71
4.23 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกดินประสาน ผสมเซรามิก 1:4:1	72
4.24 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกดินประสาน ผสมเซรามิก 1:3:2	73
4.25 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกดินประสาน ทั้ง 3 ตัวอย่าง	74

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บล็อกดินประสาน คือ วัสดุที่รับน้ำหนักที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรู และเดือยบนตัวบล็อก เพื่อให้สะดวกในการก่อสร้าง โดย

1. เน้นการใช้วัสดุดิบในพื้นที่ ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น และทรายที่มีความเหมาะสม นำมาผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม อัดเป็นก้อน จะได้บล็อกดินประสานที่มีความแข็งแรง

2. สามารถผลิตเองได้ในครัวเรือน สามารถใช้ในการก่อสร้างอาคารต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วสวยงาม และประหยัดกว่างานก่อสร้างทั่วไป¹

โดยวัสดุก่อสร้างบล็อกดินประสานก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่นิยมนำเอาเศษวัสดุเหลือทิ้งในท้องถิ่นเข้ามาผสม อาทิเช่น บล็อกดินประสานจากเศษหินภูเขาไฟ และ บล็อกดินประสานจากถักลอย เป็นต้น เนื่องจากบล็อกดินประสานนั้นสามารถทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก จึงมีแนวคิดที่จะนำเอาเศษวัสดุเหลือทิ้งในท้องถิ่นมาผสมเพื่อผลิตเป็นบล็อกดินประสานที่มีลักษณะเฉพาะของท้องถิ่น



รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะบล็อกดินประสาน

ที่มา : วิชาทกกิจบ้านดินบล็อกประสาน

¹ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, เทคโนโลยีบล็อกประสานเพื่อการสร้างอาคารราคาประหยัด,

โรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกทั่วประเทศทั้งหมด 530 โรงงาน โดยจังหวัดลำปางนั้นถือว่าเป็นจังหวัดที่มีโรงงานเซรามิกมากที่สุดของประเทศจำนวน 201 โรงงาน เนื่องจากจังหวัดลำปางมีแหล่งดินขาวซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการทำเซรามิก ซึ่งดินขาวของจังหวัดลำปางนั้นจะประกอบด้วยแร่ซิลิเกต ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มแร่เคลย์² ที่มีลักษณะเป็นสีขาวทั้งก่อนเผาและหลังเผา³

กระบวนการผลิตเซรามิกในจังหวัดลำปางจะมีเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากการผลิตเป็นจำนวนมาก โดยจากการสุ่มสำรวจปริมาณการเหลือทิ้งของเศษเซรามิกจากโรงงานเซรามิกจำนวน 4 โรงงานพบว่า

1. บริษัทธนบดีเดคอร์ซึ่งโรงงานขนาดใหญ่ที่มีการผลิตเซรามิกส่งออกต่างประเทศไปยัง 67 ประเทศทั่วโลก ได้ให้ข้อมูลว่า จำนวนการผลิตของบริษัทมีถึง 120,000 ชิ้นต่อเดือน และมีปริมาณเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากการผลิต 1,300 กิโลกรัมต่อวัน หรือ 20 ตันต่อเดือน
 2. โรงงานกังวาน มีเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากการผลิตประมาณ 15-20 กิโลกรัมต่อวัน
 3. โรงงานนงศ์ลักษณ์ มีเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากการผลิตประมาณ 15-20 กิโลกรัมต่อวัน
 4. โรงงานสมพรเซรามิก มีเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากการผลิตประมาณ 100 กิโลกรัมต่อวัน
- ซึ่งจากการสอบถามทั้ง 4 โรงงานนั้น ได้คำตอบเหมือนกันว่าเศษเซรามิกที่ได้นั้น จะนำไปทิ้งอย่างเปล่าประโยชน์ทั้งหมด ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เพราะเศษเซรามิกที่ได้เกิดขึ้นในขั้นตอนของการเผา เศษเซรามิกที่ได้จะอยู่ในรูปเศษของแข็ง (รูปที่ 1.2)



รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะเซรามิกเหลือทิ้ง

² กลุ่มแร่เคลย์ ที่ประกอบด้วย แร่คาโอลิไนต์ หรือแร่ดินขาว เป็นหลัก แร่คาโอลิไนต์ มีสีขาว และเมื่อเผาจะมีสีขาว เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเซรามิกส์ คุณภาพดี ในประเทศมีแหล่งแร่ดินที่เรียกว่าเป็นดินขาวลำปาง ซึ่งประกอบไปด้วยแร่ซิลิเกต เป็นแร่ประกอบหลัก

³ ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก, สถานการณ์อุตสาหกรรมเซรามิกของประเทศไทย, 2554, หน้า 3-31.
เอกสารนี้เผยแพร่ภายใต้ลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ หากท่านมีข้อสงสัยหรือข้อเสนอแนะ กรุณาติดต่อกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ โทร. 02-262-2000 หรือ e-mail: info@trade.go.th
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเซรามิกเป็นวัสดุที่เกิดจากการรวมตัวของสารอนินทรีย์มาประกอบกันที่อุณหภูมิสูง เกิดการตกตะกอนเหมือนตะกั่วในหม้อน้ำ(Sintering) ทำให้โครงสร้างผลึกเปลี่ยนไปจากเดิม และการให้ความร้อนหรือการเผาไหม้จะเผาด้วยกัน 2 รอบ คือ

1. การเผาดิน ซึ่งดินที่ขึ้นรูปแล้วพร้อมที่จะเผาไหม้จะประกอบด้วย ดินขาว,ดินเหนียว, โสเดียมและกาวยุตรเฉพาะ เเผาในอุณหภูมิ 1,260 องศาเซลเซียส

2. การเผาเคลือบ เป็นการเผาผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการชุบเคลือบแล้ว เพื่อให้เคลือบหลอมเป็นเนื้อแก้วติดแน่นอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์ เเผาในอุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ซึ่งคุณสมบัติความเป็นฉนวนของเซรามิกนั้นเกิดจากการเผาโดยการให้ความร้อนในปริมาณการเพิ่มความร้อนที่ละน้อย เพื่อไล่ความชื้นและสารอินทรีย์ ข้อมูลจากสถาบันราชภัฏจันทรเกษมคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระบุว่า "เซรามิกมีพันธะภายในโครงสร้างเป็นพันธะแบบไอออนิก-โคเวเลนต์ที่แข็งแรง" ซึ่งมีคุณสมบัติ การนำความร้อนต่ำและเป็นฉนวนความร้อน ตัวอย่างเช่น ลูกถ้วยไฟฟ้า เป็นต้น สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเซรามิกเท่ากับ 0.02 W/m-K ดังนั้นวัสดุเซรามิกมีสมบัติเป็นฉนวนความร้อนที่ดี⁴

จึงมีแนวคิดในการนำเซรามิกเหลือทิ้งมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำบล็อกดินประสาน จึงมีสมมติฐานว่าหากมีการนำเซรามิกที่มีคุณสมบัติของความเป็นฉนวนกันความร้อนมาเป็นส่วนผสมของบล็อกดินประสานจะสามารถช่วยเพิ่มการเป็นฉนวนความร้อนได้

จากปัญหาที่ได้กล่าวมา จึงเป็นที่มาของการศึกษาบล็อกดินประสานผสมเซรามิกเหลือทิ้ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเป็นฉนวนกันความร้อน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการนำความร้อนของบล็อกดินประสานที่มีส่วนผสมจากเซรามิกเหลือทิ้ง
2. เพื่อศึกษาต้นทุนในการผลิตบล็อกดินประสานผสมเซรามิก

⁴W.D. Kingery , H.K. Bowen , D.R. Uhlmann, Introduction to ceramic, 2005, Pages 732

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. กำหนดเศษเซรามิกพอร์ซเลนจากโรงงานกังวาน, โรงงานนงคัลักษณ์ และ โรงงานสมพรเซรามิก ในอำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง
2. ทำการศึกษาด้านการนำความร้อนเพียงอย่างเดียว
3. ทำการทดลองการถ่ายเทความร้อนโดยแบบจำลองในระบบปิด
4. ทำการทดลองการนำความร้อนของวัสดุในช่วงวันที่ 22-25 เดือนกรกฎาคม 2558 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ยุ่ทำการวิจัยมีความพร้อมที่สุดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและการวิจัยนี้ต้องการที่จะเปรียบเทียบคุณสมบัติอากาศภายในของวัสดุเพียงอย่างเดียว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรม

2.1 บล็อกดินประสาน

2.1.1 ลักษณะบล็อกดินประสานและการนำไปใช้

ลักษณะของบล็อกดินประสานมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 12.5x25x10 ซม. (รูปที่ 2.1) มีรูปแบบในการใช้งานคล้ายกับอิฐบล็อก อิฐมอญ แต่บล็อกดินประสานถูกออกแบบให้สามารถล็อกกันด้วยตัวบล็อกเอง แล้วหยอดปูนเหลวใส่ช่องซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสานกันทั่วทั้งหมดและไม่ต้องฉาบทำให้สามารถประหยัดค่าแรง ค่าวัสดุ นิยมใช้ในการสร้างบ่อเก็บน้ำและอาคารพักอาศัย(รูปที่ 2.2) เป็นต้น



รูปที่ 2.1 แสดงขนาดบล็อกดินประสาน



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะอาคารจากบล็อกดินประสาน

ที่มา : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, เทคโนโลยีบล็อกประสานเพื่อการสร้างอาคารราคาประหยัด, วารสารการวิจัยและพัฒนา, 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยลักษณะของบล็อกดินประสานก่อสร้างเป็นอาคารนั้นมีหลายลักษณะเพื่อเหมาะ
สำหรับการก่อสร้างในส่วนต่างๆของอาคาร (รูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของบล็อกดินประสานในการใช้ก่อจุดต่างๆ

ที่มา : นครปฐมบล็อกประสาน, 2558

2.1.2 ลักษณะการผลิตบล็อกดินประสาน

บล็อกดินประสานถูกพัฒนามาจากบล็อกดินซีเมนต์⁵ ซึ่งมีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีน้ำหนักมากกว่า 5-8 กิโลกรัมทำหน้าที่เป็นทั้งผนังและโครงสร้างไปพร้อมกัน ต่อมาจึงมีการปรับปรุงเป็นบล็อกดินประสานที่มีขนาดเล็กลง และมีน้ำหนักที่เบาขึ้น เพื่อความสะดวกในการก่อสร้าง จากการศึกษาของทีมเทคโนโลยีบล็อกดินประสาน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ซึ่งกำหนดวิธีทำบล็อกดินประสานให้ได้คุณภาพดังนี้⁶

⁵ บล็อกสี่เหลี่ยมตันที่มีดินลูกรัง ทราย และปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสม มีความกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร น้ำหนักต่อก้อนประมาณ 8 กิโลกรัม

⁶ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีบล็อกประสาน , สืบค้น

เอกสารนี้คัดลอกจาก http://technologyblockprasan.com/information1_1.php, 2558

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 ทดสอบแหล่งดินเพื่อหาแหล่งที่มีเนื้อละเอียดและดินมีทรายผสมเกิน 80% และกำหนดส่วนผสมที่เหมาะสม โดยส่งมาทดสอบที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) (รูปที่ 2.4)



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของดินที่ส่งทดสอบ

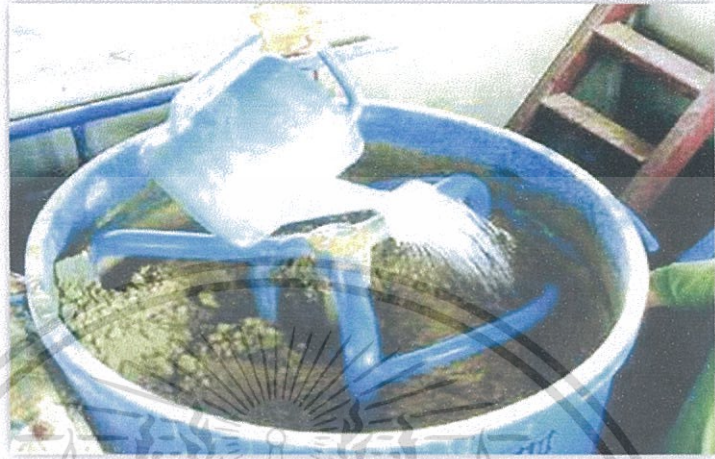
2.1.2.2 เตรียมวัตถุดิบ นำดินไปตากให้แห้งและกองเก็บวัตถุดิบในที่ร่มให้มากเพียงพอที่จะทำการผลิต แล้วนำดินมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 – 4 มม. ไม่ควรใช้ตาละเอียดมากเกินไป เพราะจะทำให้ได้แต่เนื้อฝุ่นดิน ทำให้ก้อนบล็อกไม่มีความแข็งแรงถ้าเนื้อดินมีก้อนใหญ่หรือมวลหยาบมากควรใช้เครื่องบดร่อนแล้วกองเก็บในที่ร่มเพื่อรอผลิต (รูปที่ 2.5)



รูปที่ 2.5 แสดงการบดดินเพื่อเตรียมส่วนผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 ในการผสม ควรผสมดินแห้งหรือมวลรวมกับซีเมนต์ให้เข้ากันก่อน แล้วค่อย ๆ เติมน้ำโดยใช้ฝักบัว หรือหัวฉีดพ่นให้เป็นละอองกว้าง น้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำสะอาด ใช้ผสมหลังจากผสมดิน และซีเมนต์เข้ากันแล้วในปริมาณที่พอเหมาะ (รูปที่ 2.6)



รูปที่ 2.6 แสดงการพรมน้ำให้แกดิน

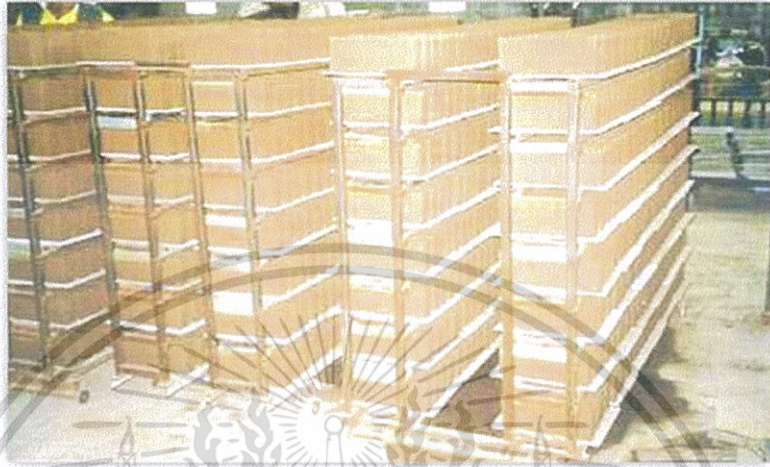
2.1.2.4 หลังจากนั้นจึงนำดินที่ผสมแล้วเข้าเครื่องอัด โดยตวงวัดหน่วยเป็นน้ำหนัก เติมส่วนผสมลงในแบบอัดโดยใช้น้ำหนักมากที่สุดที่สามารถทำงานได้สะดวก ควรใช้ส่วนผสมให้หมดภายใน 30 นาทีหลังจากผสมน้ำ เพื่อป้องกันปูนก่อตัวก่อนอัดขึ้นรูป (รูปที่ 2.7)



รูปที่ 2.7 แสดงการใช้เครื่องอัดแบบมือโยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.5 บล็อกประสานสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่อัดเป็นก้อนแล้วควรผึ่งในที่ร่มอย่างน้อย 1 วัน จึงเริ่มบ่มจนอายุครบ 7 วัน จนมีความแข็งแรงพร้อมส่งออกจำหน่ายหรือใช้งานได้ (รูปที่ 2.8)



รูปที่ 2.8 แสดงการบ่มอิฐบล็อกประสานหลังอัด

2.1.3 วิธีการกอบล็อกดินประสาน

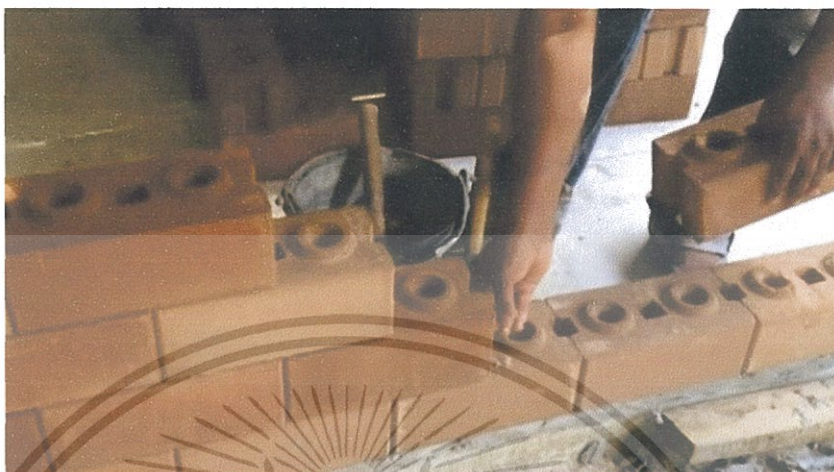
การกอบล็อกดินประสานโดยทั่วไปมีขั้นตอนง่าย ไม่ซับซ้อนเหมาะกับคนในท้องถิ่นได้
 สาธิตวิธีการกอบล็อกดินประสานได้โดยมีอุปกรณ์การกอบดังนี้⁷

1. บัว รตน้ำ สำหรับหยอดน้ำปูน พร้อมทั้งผสมน้ำปูน หรือเครื่องฉีดน้ำปูน
2. ค้อนยาง สำหรับจัดเรียงก้อนบล็อก
3. สายเอ็น ปักเต้า ลูกตึง ระดับน้ำช่วยในการวางแนวขน ดิ่ง
4. สายยางน้ำ หรือกล่องระดับ สำหรับการหารระดับ
5. ปูนทราย สำหรับป้องกันน้ำปูนไหลตอนหยอดน้ำปูน
6. ถุงมือ ป้องกันมือถลอกในการเคลื่อนย้ายบล็อก

⁷ บริษัท ช.ปริญญา รับสร้างบ้าน นุริรัมย์, วิธีการอิฐบล็อกประสาน (ออนไลน์), 1 พฤศจิกายน 2558. แหล่งที่มา

เอกสารนี้ <https://www.youtube.com/watch?v=hWOLU7EYIP0> ปรึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.1 ตั้งระดับก่อนบล็อกดินประสาน ก่อแบบสลับฟันปลาให้ได้แนวที่ละก้อนไปเรื่อยๆ(รูปที่ 2.9)



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะการวางบล็อกดินประสานลงบนปูน

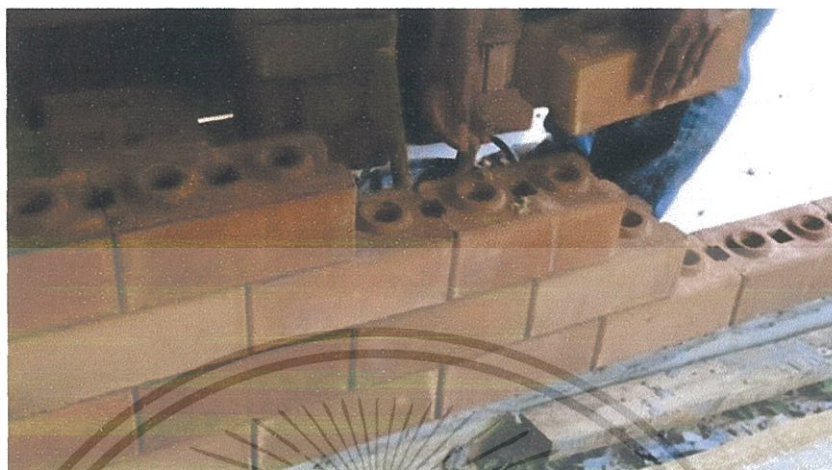
2.1.3.2 ใช้ค้อนเคาะเพื่อปรับระดับบล็อกดินประสานแต่ละก้อนให้เท่ากันไปเรื่อยๆ (รูปที่ 2.10)



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะการกอบล็อกดินประสานให้ตรงแนวเชือก

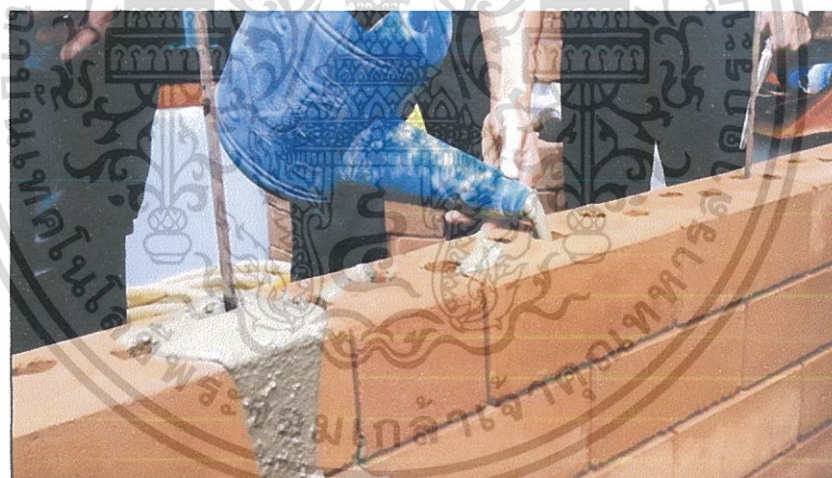
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.3 ใช้ปูนทรายหยอดเพื่อปรับระดับให้ได้ระดับตรงตามแนวผนังที่ก่อเฉพาะก้อนที่สูง
ต่ำไม่เท่ากัน (รูปที่ 2.11)



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะการใช้ทรายเพื่อปรับระดับ

2.1.3.4 เทปูนเหลวลงในช่องว่างบนตัวบล็อกดินประสานให้เต็มทุกช่อง (รูปที่ 2.12)



รูปที่ 2.12 แสดงการหยอดปูนเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของบล็อกลินประสานผสมเศษวัสดุเหลือทิ้ง

2.1.4.1 บล็อกลินประสานจากเถ้าลอย

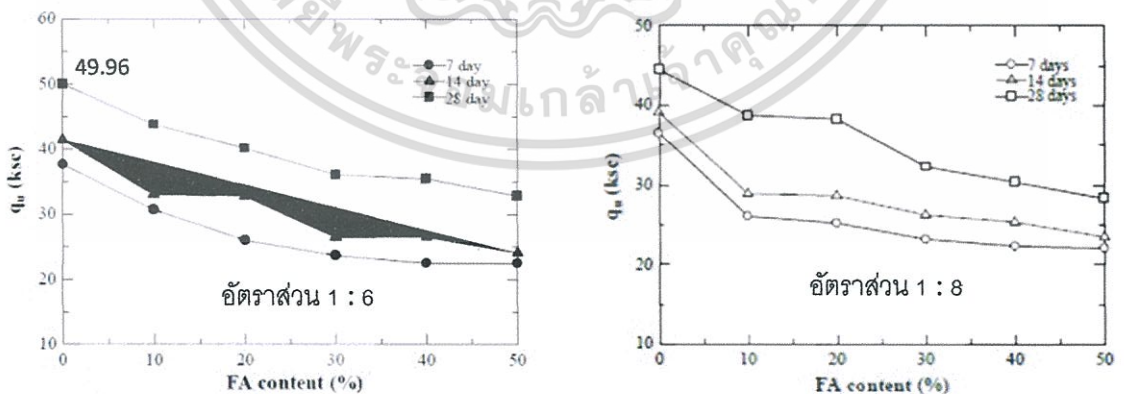
การใช้เศษเถ้าลอยที่มาจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า จากเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง สามารถนำมาประยุกต์ใช้เถ้าลอยเป็นวัสดุแทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตบล็อกลินประสาน⁸ (รูปที่ 2.13)



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะเถ้าลอยและผลิตภัณฑ์จากเถ้าลอย

ที่มา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันภัยพิบัติ, อีรูบล็อกนาโน (Nano Block) นวัตกรรมใหม่ เปลี่ยนแนวคิดการสร้างบ้านเพื่อรับมือน้ำท่วม, 2556.

โดยผลจากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนการแทนที่ด้วยเถ้าลอย 1 ต่อ 6 มีค่ากำลังอัดที่ 49.96 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมีค่ากำลังอัดสูงกว่าอัตราส่วน 1 ต่อ 8 สรุปได้ว่าอัตราส่วนการเพิ่มเถ้าลอยที่มากขึ้นจะทำให้กำลังอัดยิ่งลดลงตามไปด้วย(รูปที่ 2.14)

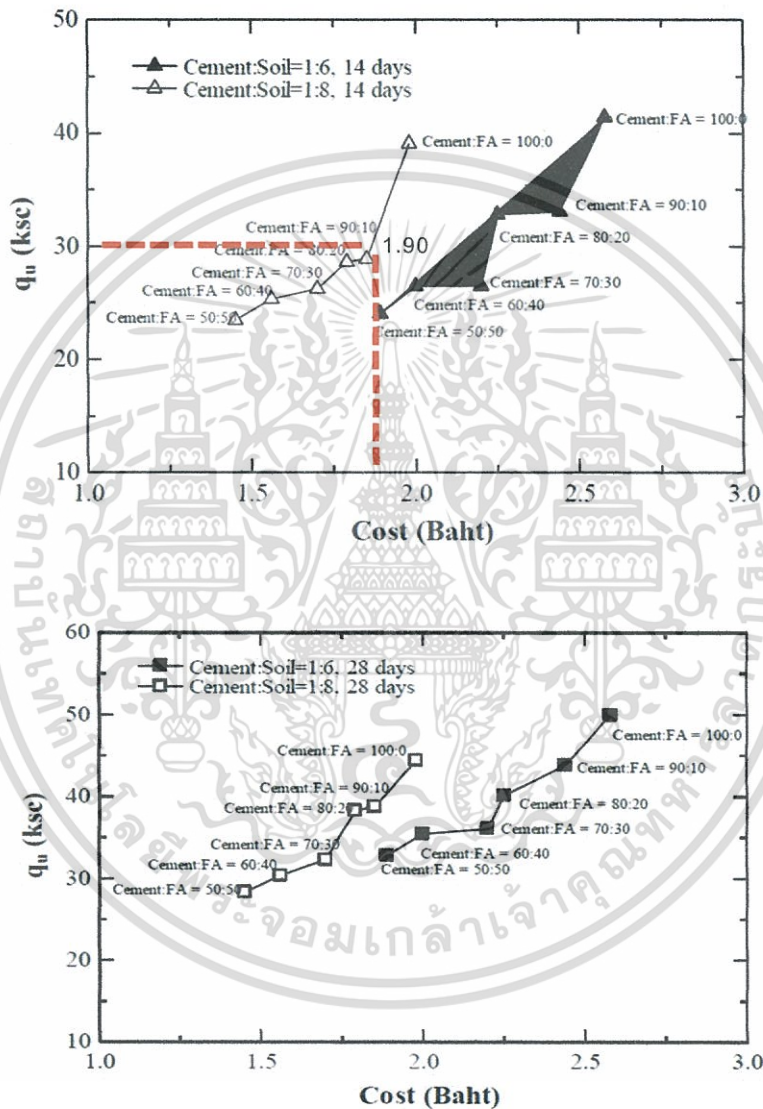


รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอัตราส่วนการแทนที่ด้วยเถ้าลอย

ที่มา : สำเร็จ สารมาคม , การประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตบล็อกลินประสาน, 2558.

⁸ สำเร็จ สารมาคม , การประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตบล็อกลินประสาน, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, คณะ

ในด้านต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตบล็อกดินประสานเถ้าลอยในอายุบ่มที่ 14 และ 28 วัน กำลังรับแรงอัดและราคาต้นทุนการผลิตต่อหน่วยจึงแปรผันตรงกัน (รูปที่ 2.15) โดยบล็อกดินประสานเถ้าลอย 1 ต่อ 8 ให้ต้นทุนที่ต่ำกว่าอัตราส่วน 1 ต่อ 6 ร้อยละ 23 เมื่อพิจารณากำลังอัดที่เท่ากันเท่ากับ 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 1.90 บาท



รูปที่ 2.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับต้นทุนต่อหน่วยของอายุบ่ม 14 และ 28 วัน
ที่มา : สำเร็จ สารมาคม , การประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตบล็อกประสาน, 2558.

2.1.4.2 บล็อกดินประสานน้ำหนักเบาจากเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง

การผลิตบล็อกดินประสานชนิดใหม่ที่ใช้ประโยชน์จากเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง⁹ ในโรงงานผลิตกระดาษนี้จะช่วยเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้ง (รูปที่ 2.16)



รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะบล็อกดินประสานจากเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง

ที่มา : วชิระ แสงรัศมี, บ้านเมือง, 2556

งานวิจัยนี้ได้ทำการผลิตบล็อกดินประสานจากเยื่อกระดาษเหลือทิ้งจำนวน 8 อัตราส่วน (ตารางที่ 2.1) ขนาด 12.5x25x10 เซนติเมตร อย่างละ 4 ก้อน

ตารางที่ 2.1 แสดงตารางอัตราส่วนที่ใช้ในการผลิตขึ้นทดสอบ

สัญลักษณ์ของวัสดุทดสอบกลุ่มหนึ่ง	อัตราส่วนผสม(โดยน้ำหนัก) ปูนซีเมนต์:ดินลูกรัง:เยื่อกระดาษ
C1	1:5:0
	อัตราส่วนอ้างอิง
C2	1:5:0.3
C3	1:5:0.6
C4	1:5:0.9
สัญลักษณ์ของวัสดุทดสอบกลุ่มสอง	ปูนซีเมนต์:ทราย:ผงสี:เยื่อกระดาษ
N1	1:5:0.02:0
N2	1:5:0.02:0.3
N3	1:5:0.02:0.6
N4	1:5:0.02:0.9

⁹ วชิระ แสงรัศมี, การพัฒนาบล็อกประสานน้ำหนักเบาจากเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เอกสารนี้เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2555 การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดพบว่า การเพิ่มปริมาณเยื่อกระดาษเหลือทิ้งในส่วนผสมจะส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดต่ำลง เนื่องจากคุณสมบัติของเยื่อกระดาษที่สามารถรับแรงอัดและแรงดึงได้ต่ำเมื่อปริมาณเยื่อกระดาษเพิ่มมากขึ้นจะทำให้การต้านทานกำลังรับแรงอัดต่ำลง ซึ่งวัสดุ C1, C2, N1 และ N2 จากตาราง 2.1 นั้นพบว่าผ่านเกณฑ์ มอก.58-2530 ที่กำหนดไว้ โดยอัตราส่วนผสมของปริมาณเยื่อกระดาษเหลือทิ้งอยู่ที่ร้อยละ 30 ของน้ำหนักซีเมนต์ แล้วจึงนำมาทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนจะแปรผันตามค่าความหนาแน่นของวัสดุ และเมื่อเปรียบเทียบบล็อกดินประสานกับชนิดต้นแบบจึงพบอีกว่าบล็อกดินประสานชนิดใหม่มีข้อดีคือ มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำและมีน้ำหนักที่เบากว่าบล็อกดินประสานในท้องตลาด (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงสมบัติของวัสดุก่อสร้างต้นแบบและวัสดุก่อสร้างในท้องตลาด

ชนิดของวัสดุ	รายการ	น้ำหนักต่อหน่วย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (วัตต์/เมตรเคลวิน)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ม.)
บล็อกดินประสาน ที่จำหน่ายในท้องตลาด	ทั่วไป	5.63	1913.40	1.481	79.79
บล็อกดินประสาน อัดโดยเครื่องอัดมือโยก	N2	4.37	1482.20	1.042	68.60
บล็อกดินประสาน ไม่ใช้เครื่องอัด	N2	3.72	1262.68	0.917	33.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.3 บล็อกดินประสานจากเศษหินภูเขาไฟ

การนำเศษหินภูเขาไฟที่มีมากในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ซึ่งเป็นหินบะซอลต์เนื้อโพรง ข่ายมาผสมเป็นบล็อกดินประสาน (รูปที่ 2.17)



รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะเศษหินภูเขาไฟ

ที่มา : อมเรศ บกสุวรรณ, ประชุม คำพุด, กิตติพงษ์ สุวิโร, นิรมล บันล้าย, งานวิจัยการใช้เศษหินภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกประสาน, 2557

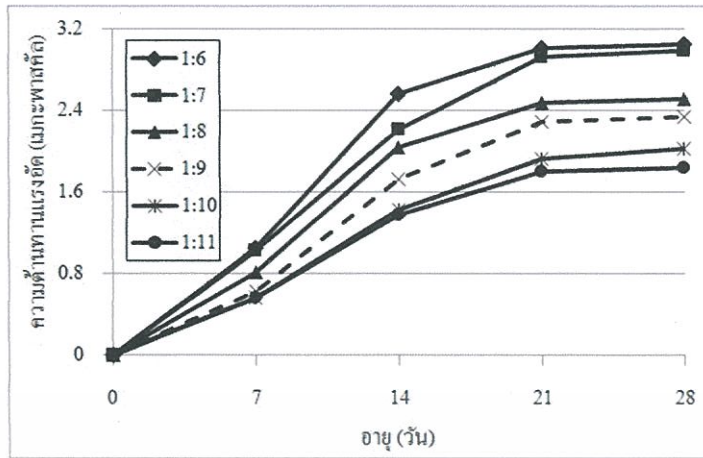
โดยงานวิจัยนี้จะออกแบบอัตราส่วนผสมโดยปรับเปลี่ยนจากอัตราส่วนจากท้องตลาดแล้วผสมเศษหินภูเขาไฟจากปริมาณที่น้อยและเพิ่มมากขึ้นตามลำดับดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงอัตราส่วนผสมบล็อกดินประสานผสมเศษหินภูเขาไฟ

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	เศษหินภูเขาไฟ	น้ำ
1:6	1	6	0.16
1:7	1	7	0.17
1:8	1	8	0.18
1:9	1	9	0.19
1:10	1	10	0.20
1:11	1	11	0.21

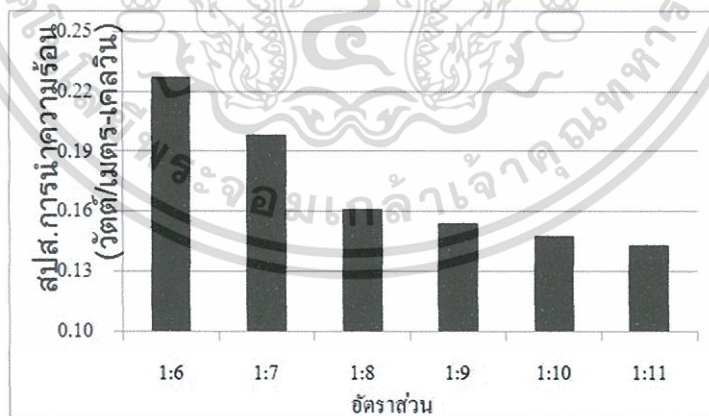
ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดหรือกำลังอัดของบล็อกดินประสานจากเศษหินภูเขาไฟที่อายุ 7 , 14 , 21 และ 28 วัน (รูปที่ 2.18) พบว่า ความต้านทานแรงอัดของบล็อกประสานที่มีปริมาณมวลรวมจากเศษหินภูเขาไฟน้อยที่สุดอย่างอัตราส่วน 1:6 นั้นมีค่าความต้านทานแรงอัดสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:7, 1:8, 1:9, 1:10 และ 1:11 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงความต้านทานแรงอัดของบล็อกดินประสานจากเศษหินภูเขาไฟ

และเมื่อทดสอบความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของบล็อกดินประสานจากเศษหินภูเขาไฟสามารถวัดได้ จากการทดสอบพบว่าบล็อกดินประสานผสมเศษหินภูเขาไฟมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี โดยเฉพาะเมื่อมีการผสมเศษหินภูเขาไฟในปริมาณที่มากขึ้นที่อัตราส่วน 1:1 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ลดต่ำลงที่สุด ทั้งนี้เป็นผลมาจากลักษณะของเศษหินภูเขาไฟที่มีรูพรุนมากให้สมบัติด้านการนำความร้อนต่ำ ความร้อนจึงผ่านเนื้อหินภูเขาไฟได้ช้าถือได้ว่า เศษหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์ เป็นมวลรวมที่ดีในด้านความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน (รูปที่ 2.29)



รูปที่ 2.19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของบล็อกดินประสานจากเศษหินภูเขาไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงเป้าหมายของบล็อกดินประสานจากงานวิจัยที่มีการศึกษา

วัสดุเหลือทิ้ง	คุณสมบัติของวัสดุเหลือทิ้ง	เป้าหมายของบล็อกดินประสานจากงานวิจัย
 <p data-bbox="380 735 471 771">เถ้าลอย</p>	<p data-bbox="685 433 928 713">มีเนื้อละเอียดที่เกิดจากการเผาของถ่านหินในอุณหภูมิสูงทำให้เกิดสภาวะทางเคมี</p>	<p data-bbox="958 487 1249 670">บล็อกดินประสานที่ได้สามารถลดการใช้ปูนซีเมนต์</p>
 <p data-bbox="375 1090 476 1127">กระดาศ</p>	<p data-bbox="685 907 928 1015">มีการนำความร้อนต่ำ</p>	<p data-bbox="958 907 1300 1090">ได้บล็อกดินประสานที่สามารถป้องกันความร้อนและมีน้ำหนักเบา</p>
 <p data-bbox="361 1511 496 1548">หินภูเขาไฟ</p>	<p data-bbox="685 1274 928 1522">เนื้อหืนมีรูพรุนทำให้เกิดคุณสมบัติการนำความร้อนที่ต่ำ</p>	<p data-bbox="958 1274 1300 1392">ได้บล็อกดินประสานที่สามารถป้องกันความร้อน</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คุณสมบัติของเซรามิกและเซรามิกเหลือทิ้งเพื่อทำบล็อกดินประสาน

2.2.1 คุณสมบัติความเป็นฉนวน

โดยคุณสมบัติของเซรามิกจากข้อมูลของสถาบันราชภัฏจันทรเกษม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระบุว่า "เซรามิกมีพันธะภายในโครงสร้างเป็นพันธะแบบไอออนิก¹⁰ – โคเวเลนต์¹¹ ที่แข็งแรง" ซึ่งมีคุณสมบัติคือไม่เกิดการนำไฟฟ้า และการนำความร้อนต่ำ ใช้ในงานที่ต้องการสมบัติทางกลที่ดีที่อุณหภูมิสูง ทนต่อการสึกหรอและการกัดกร่อนได้ดี ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันได้ดี เป็นฉนวนความร้อนตัวอย่างเช่น ลูกถ้วยไฟฟ้า เป็นต้น (รูปที่ 2.20)



รูปที่ 2.20 แสดงภาพผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเซรามิก

ที่มา : http://www.npelectricalsystem.com/pro_detail.php?P=F02

และจากบทความในหนังสือ Introduction to ceramic¹² ระบุว่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเซรามิกเท่ากับ 0.02 W/m-k โดยมีสมมติฐานว่าจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเป็นฉนวนให้กับบล็อกดินประสานมากขึ้น

¹⁰ พันธะไอออนิก คือ พันธะที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตระหว่างไอออนบวก(cation) และไอออนลบ (anion)อันเนื่องมาจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอน จากโลหะให้แก่โลหะ

¹¹ พันธะโคเวเลนต์ คือพันธะที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากอะตอม 2 อะตอมนำอิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน โดยทั่วไปแล้วหมายถึงอะตอมของธาตุหมู่ IVA, VA, VIA และ VII

¹² เอกสารใน W.D. Kingery, H.K. Bowen, D.R. Uhlmann, 2005.732 ใช้นามว่า "เซรามิก" ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ลักษณะของเซรามิกในต่างประเทศ

ผลิตภัณฑ์เซรามิก แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ

1. เซรามิกโครงสร้าง (structural ceramics) ได้แก่ กระเบื้องปูพื้น ปูหลังคา มีประเทศที่นำเข้ามากที่สุดคือ สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์

2. เครื่องใช้สีขาว (whiteware) หรือที่เรียกว่า traditional ceramics ได้แก่ เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร (tableware) กระเบื้องบุผนัง เครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องครัว ของใช้ในบ้านและในห้องน้ำ ภูบปิ่น และของประดับอื่นๆ มีประเทศที่นำเข้ามากที่สุดคือ สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ และสหรัฐอเมริกา

3. เซรามิกเทคนิค (technical ceramics) หรือที่เรียกว่า new ceramics ซึ่งนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรม ได้แก่ อิเล็กโทรเซรามิก เซรามิกทางวิศวกรรม เซรามิกแม่เหล็ก เป็นต้น ตัวอย่างเช่น กระเบื้องใช้ในยานอวกาศ มีประเทศที่นำเข้ามากที่สุดคือ จีน

ตารางที่ 2.5 แสดงมูลค่าการนำเข้าผลิตภัณฑ์เซรามิกแต่ละประเภทในตลาดโลก

ประเภทของผลิตภัณฑ์เซรามิก	มูลค่าการนำเข้า		
	มูลค่า (Bill S)	อัตราการเติบโต (ร้อยละ)	ประเทศผู้นำเข้า
1. กระเบื้องปูพื้นและบุผนัง	15.42	12.35	สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์, ฝรั่งเศส, เยอรมัน
- ประเภทที่ไม่ได้เคลือบ	3.60	20.15	ฝรั่งเศส, สหรัฐอเมริกา, เยอรมัน
- ประเภทที่มีการเคลือบ	11.81	10.65	สหรัฐอเมริกา, ฝรั่งเศส, เยอรมัน
2. เครื่องสุขภัณฑ์	5.03	15.11	สหรัฐอเมริกา, สหราชอาณาจักร, สเปน
- ชนิดพอร์ซเลน	3.00	15.94	สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์, สเปน, เยอรมัน
- ชนิดอื่นๆ	2.04	14.54	สหรัฐอเมริกา, สหราชอาณาจักร, รัสเซีย
3. เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร	6.46	7.84	สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์, เยอรมัน, ฝรั่งเศส
- ชนิดพอร์ซเลน	3.62	9.79	สหรัฐอเมริกา, เยอรมัน, อิตาลี
- ชนิดอื่นๆ	2.84	5.74	สหรัฐอเมริกา, สหราชอาณาจักร, ฝรั่งเศส
4. ของชำร่วยและเครื่องประดับ	1.91	0.31	สหรัฐอเมริกา, เยอรมัน, ฝรั่งเศส
- ชนิดพอร์ซเลน	0.52	-6.05	สหรัฐอเมริกา, เยอรมัน, ญี่ปุ่น
- ชนิดอื่นๆ	1.39	4.09	สหรัฐอเมริกา, เยอรมัน, เนเธอร์แลนด์
5. ลูกถ้วยไฟฟ้า	1.46	6.73	จีน, สหรัฐอเมริกา, เยอรมัน
6. ผลิตภัณฑ์เซรามิกอื่นๆ	11.90	15.28	-
รวม	42.17	11.44	สหรัฐอเมริกา, เยอรมัน, ฝรั่งเศส

ที่มา : Internation Trade Centre, http://www.trademap.org/Product_SelProduct_TS.aspx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยพบว่ามูลค่าผลิตภัณฑ์เซรามิกส่วนใหญ่ของโลกเป็นการค้ากระเบื้องปูพื้นและบุผนังมากที่สุด ซึ่งมีสัดส่วนของการส่งออกคิดเป็นร้อยละ 38.19 ของมูลค่าการผลิตเซรามิกรวม และมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 18.99 และผลิตภัณฑ์เครื่องใช้สีขาว (whiteware) มีสัดส่วนของมูลค่าการส่งออกรวมของโลกคิดเป็นร้อยละ 12.72 ของมูลค่าการค้าผลิตภัณฑ์ เซรามิกรวมและมีอัตราอัตราการเจริญเติบโตร้อยละ 6.76¹³ โดยผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภท whiteware สามารถแบ่งตามประเภทของเนื้อวัสดุได้เป็น 3 ประเภทหลักคือ

1. เอิร์ธเทินแวร์ (Earthenware) เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีประวัติการผลิตกันมายาวนานเรียกกันทั่วไปว่า เครื่องปั้นดินเผา ทำจากวัตถุดิบคือดินเหนียวที่หาได้ในท้องถิ่น ส่วนใหญ่จะมีปริมาณธาตุเหล็กสูง นำมาขึ้นรูปโดยการปั้น แล้วเผาที่อุณหภูมิต่ำ (900-1,100 องศาเซลเซียส) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีน้ำตาลแดง เนื้อหยาบ รุพุนมาก ไม่สามารถป้องกันการดูดซึมของน้ำได้ มีความแข็งแรงต่ำเนื่องจากยังเผาไม่ถึงจุดสุกตัวจึงแตกหักง่าย

2. สโตนแวร์ (Stoneware) เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกที่ทำจากเนื้อดินขาวผสมกับหินและทราย ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีสีขาว ออกเทา นำมาขึ้นรูปโดยการปั้นหรือหล่อจากน้ำแล้วเผาที่อุณหภูมิสูงกว่าเนื้อเอิร์ธเทินแวร์ โดยเผาที่ประมาณ 1,100-1,300 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้เนื้อหยาบ ผิวขรุขระ มีรูพุนน้อย ดูดซึมน้ำได้ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ มีความแข็งแรงกว่าผลิตภัณฑ์เอิร์ธเทินแวร์ จากการที่ต้องเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์เนื้อเอิร์ธเทินแวร์และสโตนแวร์มีลักษณะเนื้อไม่สวยงาม ดังนั้นจึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการเคลือบผิว และวาดลวดลาย ตกแต่งด้วยสี เทคนิคการเคลือบนี้ เริ่มมีปรากฏขึ้นในสมัยอียิปต์โบราณ จนกระทั่งปัจจุบัน สีที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นสีของออกไซด์ของโลหะ โดยเฉพาะสีที่มีส่วนผสมของออกไซด์ของตะกั่ว จะได้รับความนิยมอย่างมากเนื่องจากผลิตภัณฑ์จะให้สีสันที่สดใสสวยงาม

3. พอร์ซเลน (Porcelain) มีส่วนผสมของเนื้อผลิตภัณฑ์เหมือนกับสโตนแวร์ แต่มีขั้นตอนการผลิตที่ยุ่ยากซับซ้อนกว่า การเผาจะเผาที่อุณหภูมิสูงตั้งแต่ 1,250 องศาเซลเซียสขึ้นไป เพื่อให้ถึงจุดสุกตัว จึงมีความแข็งแรงสูงมาก เนื้อผลิตภัณฑ์แน่นและละเอียด ผิวเนียนเป็นมันวาวสวยงาม เหมาะแก่การใช้ตกแต่งเป็นเครื่องประดับ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จึงมีราคาแพง¹⁴

¹³ Internation Trade Centre, http://www.trademap.org/Product_SelProduct_TS.aspx

¹⁴ เอกสารนี้ สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงลอนดอนศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ลักษณะของเซรามิกในประเทศไทย

โดยแหล่งเซรามิกในประเทศไทยนั้นมีอยู่ 4 แหล่งใหญ่ๆ ดังนี้¹⁵

2.2.3.1 แหล่งผลิตเซรามิกสระบุรี เป็นแหล่งผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีและมีปริมาณการผลิตเพียงพอสำหรับการส่งออกเป็นหลัก เช่น กระเบื้องเคลือบ เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร และเครื่องสุขภัณฑ์ โดยมีโรงงานขนาดใหญ่ที่มีเครื่องมือที่ทันสมัยและมีการร่วมทุนกับต่างชาติ จะผลิตและกระจุกตัวอยู่ที่อำเภอหนองแค เพราะใกล้แหล่งวัตถุดิบและมีท่าอากาศยานนานาชาติส่งไปยังโรงงานปูนซีเมนต์ของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย

2.2.3.2 แหล่งผลิตลำปางและเชียงใหม่ เป็นแหล่งผลิตเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารของชำร่วยและเครื่องประดับ โรงงานส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อม มีเทคโนโลยีเป็นของตัวเองและมีผู้ประกอบการกลุ่มที่มีความสามารถเพื่อส่งออกพร้อมอยู่ด้วย ส่วนที่เหลือจะเป็นผู้ประกอบการที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศ กลุ่มนี้มีศักยภาพที่จะพัฒนาขึ้นสู่ระดับเดียวกับผู้ผลิตในเขตสระบุรี

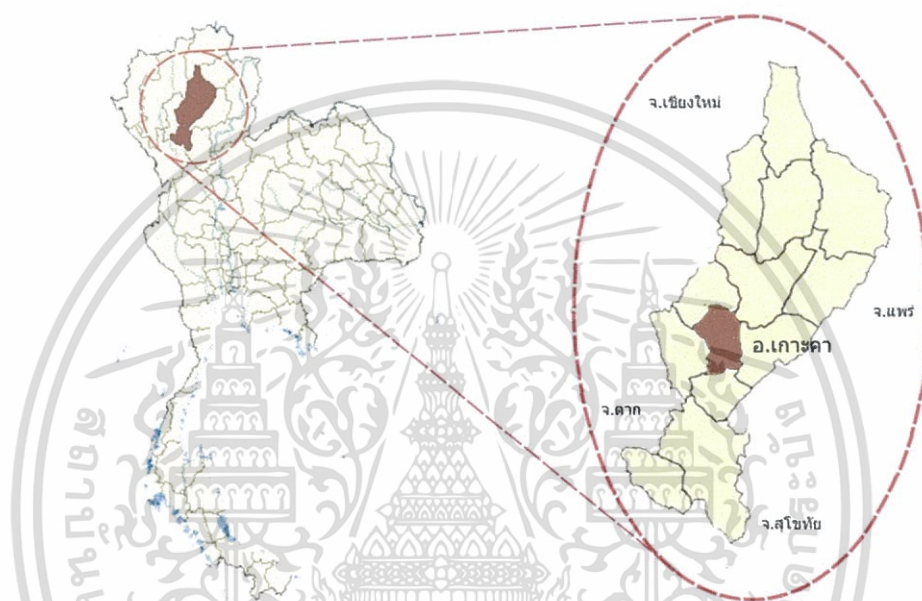
2.2.3.3 แหล่งผลิตสมุทรสาคร เป็นแหล่งผลิตงานฝีมือที่เน้นความสวยงามอันได้แก่ เครื่องเบญจรงค์ เครื่องลายน้ำทองและเครื่องลายคราม โรงงานในเขตนี้ส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดกลางและย่อมเช่นเดียวกับโรงงานในเขตลำปางและเชียงใหม่ แต่มีการลงทุนด้านเทคโนโลยีน้อยกว่าผู้ผลิตกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เน้นการผลิตในรูปแบบของการขายงานศิลป์เป็นหลัก

2.2.3.4 แหล่งราชบุรี ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่ผลิตได้แก่ โถง ไห และผลิตภัณฑ์สำหรับตกแต่งสวน ซึ่งอาศัยฝีมือในการผลิต ใช้เวลาค่อนข้างนานและใช้แรงงานฝีมือในการปั้นเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ ยังไม่มีการใช้เครื่องจักรที่มีเทคโนโลยีสูง

¹⁵ เอกสารนี้ได้นำงานนโยบายอุตสาหกรรมรายสาขา 2 สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม 2545 ตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ลักษณะของเซรามิกในจังหวัดลำปาง

จังหวัดลำปางถือเป็นจังหวัดที่มีโรงงานเซรามิกมากที่สุดในประเทศ โดยพบมากที่สุดที่อำเภอเกาะคาซึ่งอยู่ห่างจากตัวเมืองลำปางประมาณ 15 กิโลเมตร ตั้งอยู่ในพื้นที่ของเทศบาลตำบลท่าผา ประกอบด้วยสองหมู่บ้าน คือ หมู่บ้านศาลาเม็งและศาลาบัวบก ส่วนใหญ่เป็นโรงงานเซรามิกแบบครัวเรือน (รูปที่ 2.21)



รูปที่ 2.21 แสดงที่ตั้งของอำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง

โดยมีโรงงานเซรามิกกว่า 60 โรงงาน ซึ่งเซรามิกที่มีการผลิตนั้นสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทได้ดังนี้

2.2.4.1. พอร์ซเลน (Porcelain) เป็นเซรามิกที่มีเนื้อสีขาว เคลือบผิวเป็นมัน โปรงแสงมีความแข็งแกร่งเหมือนแก้วไม่ดูดซึมน้ำ เคาะมีเสียงดังกังวานส่วนผสมของเนื้อดินที่ใช้คือ ดินขาว ดินเหนียว หรือบอลเคลย์ หินไชน่าสโตน แร่ฟันม้าและแร่ควอร์ตซ์ ผลิตภัณฑ์พอร์ซเลนใช้ในงาน ได้หลากหลายทั้งในชีวิตประจำวันและงานอื่นๆ (รูปที่ 2.22)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 แสดงลักษณะถ้วยเซรามิกเนื้อดินพอร์ซเลน

ที่มา : <http://paintingonporcelain.com/> [ออนไลน์] ,13 ธันวาคม 2558

2.2.4.2 เอิร์ธเินแวร์ (Earthenware) เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกเคลือบผิวที่บดแสง มีความพรุนสามารถดูดซึมน้ำได้เนื้อละเอียดสีไม่ขาวมาก ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ได้แก่ หม้อดินเผา คนโท กระถางต้นไม้กระเบื้องมุงหลังคา (รูปที่ 2.23)



รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะถ้วยเซรามิกเนื้อดินเอิร์ธเินแวร์

ที่มา : <http://www.xn--12cgu2gjjw3fra7hh3g.net/article?tskp=2> [ออนไลน์] ,13 ธันวาคม 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.3 สโตนแวร์ (Stoneware) เป็นกลุ่มดินผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายในการเลือกใช้ ทั้งดินงานปั้น, งานหล่อ, งานอัดปั๊ม เหมาะกับผลิตภัณฑ์สำหรับปรุงอาหาร Cookware ลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์มักจะขึ้นหนาและหนัก เน้นความแข็งแรงทนทานและปัจจุบัน มีผลิตภัณฑ์ลูกผสม เพื่อเอื้อ อำนวยต่อการใช้งาน และ ต้นทุน เพิ่มเติมขึ้น เช่น นิวโบนไชน่า เนื้อจะเป็นกึ่ง สโตนแวร์ และ โบนไชน่า แต่ราคาลดต่ำกว่า โบนไชน่า ออกมาให้ได้ใช้กัน แพร่หลายมากขึ้น (รูปที่ 2.24)



รูปที่ 2.24 แสดงลักษณะถ้วยเซรามิกเนื้อดินสโตนแวร์

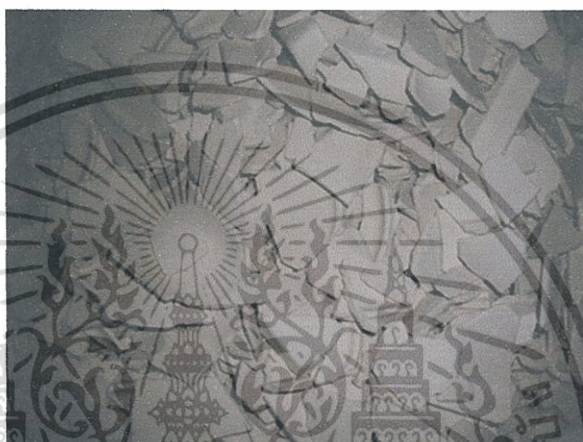
ที่มา : บริษัท ขวัญชัยเทคโนโลยี แอนด์ คอนซัลแตนท์ จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 เซรามิกเหลือทิ้งในจังหวัดลำปาง

เซรามิกเหลือทิ้งที่พบในอำเภอเกาะคา นั้นส่วนใหญ่เป็นแบบพอร์ซเลน(Porcelain) ซึ่งเศษเซรามิกที่พบสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะได้ดังนี้

2.2.5.1 เหลือทิ้งเป็นชิ้นใหญ่ อาทิเช่น จาน ชาม ผลิตภัณฑ์ที่มีรอยบิน , มีรอยแตกร้าว , สีไม่ได้คุณภาพ และแตกในขั้นตอนการเผา (รูปที่ 2.25)



รูปที่ 2.25 แสดงลักษณะเศษเซรามิกเหลือทิ้งขนาดใหญ่

ที่มา : <http://www.kasetporpeang.com/forums/index.php?topic=54503.544>. [ออนไลน์],
2 มีนาคม 2558

2.2.5.2 เหลือทิ้งเป็นชิ้นเล็ก อาทิเช่น การแตกในขั้นตอนการเผา, การตกแต่งและแตกในขั้นตอนการขนส่ง (รูปที่ 2.26)



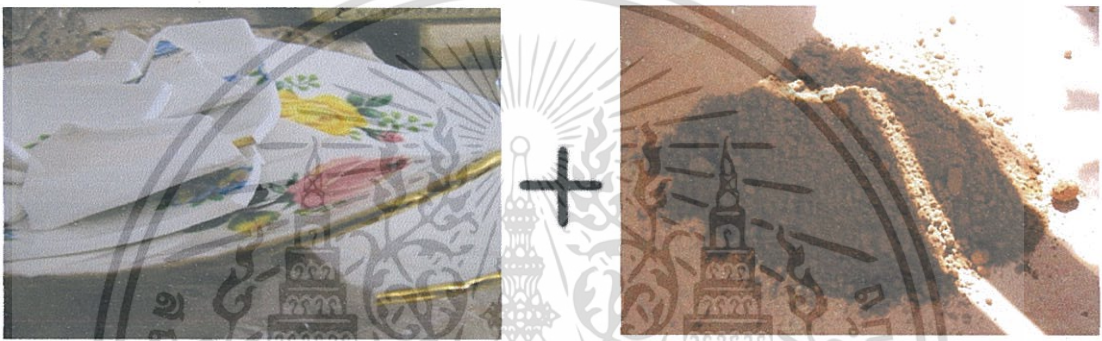
รูปที่ 2.26 แสดงลักษณะด้วยเซรามิกเหลือทิ้งขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

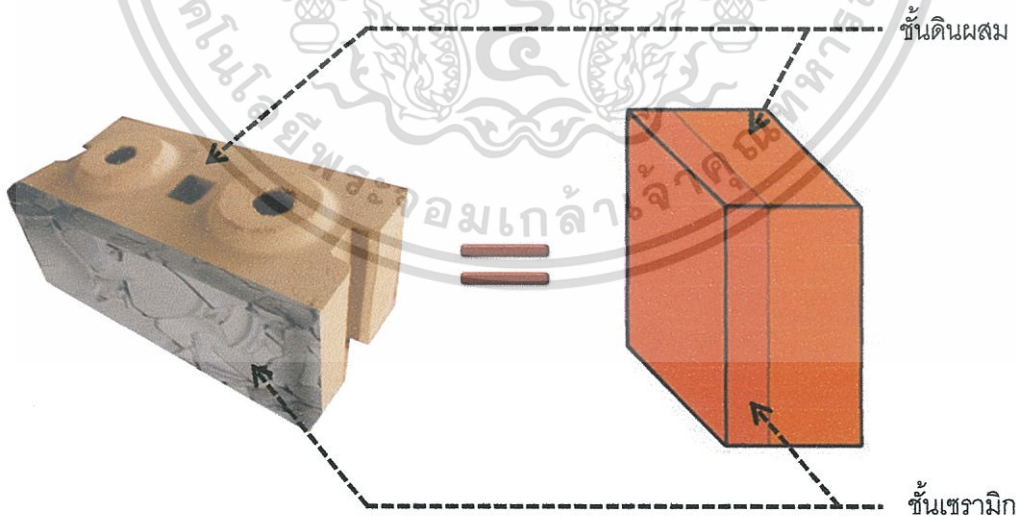
2.2.6 บล็อกดินประสานกับเซรามิกเหลือทิ้ง

จากลักษณะของบล็อกดินประสานที่สามารถนำเอาวัสดุเหลือทิ้งมาเป็นส่วนผสมเข้ากับดินและปูนแล้วก็อัดเป็นก้อนกับลักษณะของเศษเซรามิกเหลือทิ้งที่มีขนาดแตกต่างกัน จึงสามารถกำหนดวิธีผลิตบล็อกดินประสานได้ดังนี้

2.2.6.1 ลักษณะของเศษเซรามิกเป็นแผ่นที่มีขนาดใหญ่ขนาดไม่เกิน 25x10 เซนติเมตร (รูปที่ 2.27) หลายนามานำมาปะปะให้เป็นชั้นเซรามิกและอัดเป็นบล็อกดินประสาน(รูปที่ 2.28)



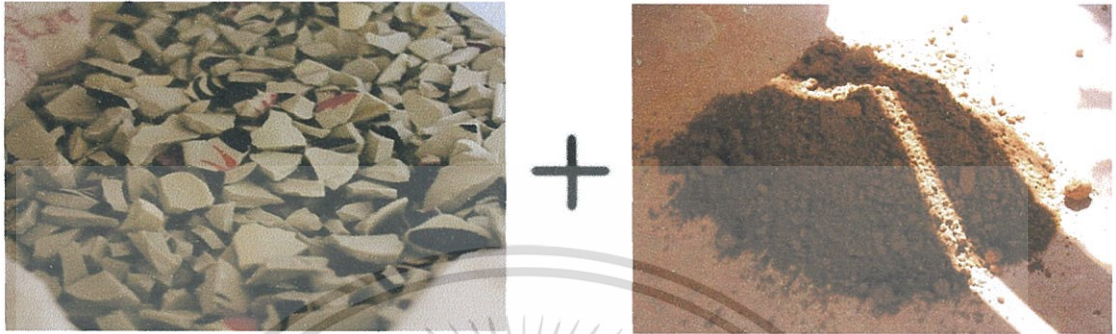
รูปที่ 2.27 แสดงลักษณะเซรามิกเหลือทิ้งขนาดใหญ่กับดินผสม



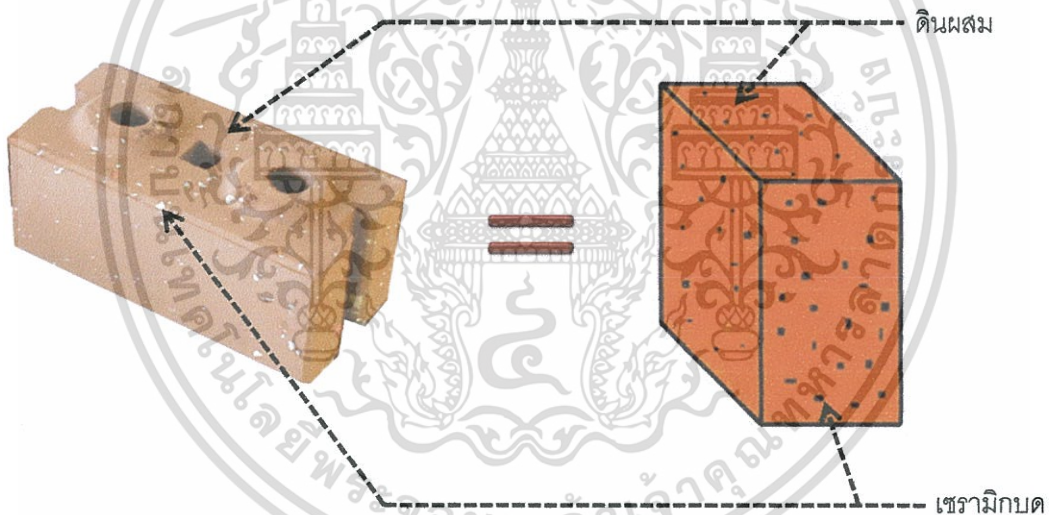
รูปที่ 2.28 แสดงรูปจำลองแนวคิดของบล็อกดินประสานผสมเศษเซรามิกขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6.2 ลักษณะของเศษเซรามิกที่มีขนาดเล็กนำมาบดย่อยก่อนแล้วจึงนำมาผสมเป็นส่วนผสมเข้ากับดินและปูนซีเมนต์ (รูปที่ 2.29) แล้วจึงนำไปอัดเป็นบล็อกดินประสาน (รูปที่ 2.30)



รูปที่ 2.29 แสดงลักษณะด้วยเซรามิกเหลือทิ้งขนาดเล็กกับดินผสม



รูปที่ 2.30 แสดงรูปจำลองแนวคิดของบล็อกดินประสานผสมเศษเซรามิกขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

ปริมาณความร้อนจากทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารจึงถูกเก็บไว้ซึ่งรูปแบบการถ่ายเทความร้อนแบ่งได้เป็น 3 ทางดังนี้¹⁶

2.3.1 การนำความร้อน (Conduction Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน (conduction) โดยสามารถคำนวณจาก (สมการที่ 2.1)

$$Q = UA \times \Delta T$$

สมการที่ 2.1

เมื่อ

Q = ปริมาณความร้อน (W)

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (W/m^2K)

A = พื้นที่หน้าตัดของผนัง (m^2)

ΔT = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (K) ($T_o - T_i$)

T_o = อุณหภูมิภายนอก (K)

T_i = อุณหภูมิอากาศภายใน (K)

โดยที่ $U = \frac{1}{R_{ทมิ}}$

2.3.2 ค่าความต้านทานความร้อน

$R_{ทมิ}$ = ค่าความต้านทานความร้อน (m^2K/W) ของผนังจำนวน n ชั้น (Total Resistance) การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังหลังคา, พื้น และโครงสร้างต่างๆของอาคารเป็นการไหลผ่านฟิล์มอากาศจากด้านหนึ่งแล้วไหลผ่านวัสดุโครงสร้างที่เป็นของแข็ง จากนั้นจึงไหลผ่านฟิล์มที่เป็นอากาศจากด้านหนึ่งวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยชั้นของวัสดุต่างชนิดกัน ซึ่งจะต้องได้รับการนำมารวมกัน(สมการที่ 2.2)

¹⁶ Steven V.Szokolay, Introduction to Architectural the Basic of Sustainable Design, Elsevier 2004, Pages 5-16.การคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{\text{tm}} = R_o + \frac{b_1}{K_1} + \frac{b_2}{K_2} + \dots + \frac{b_n}{K_n} + R_i \quad \text{สมการที่ 2.2}$$

- เมื่อ R_o = ความต้านทานความร้อนของอากาศที่ผิวด้านนอกของผนังอาคาร
 R_i = ความต้านทานความร้อนของอากาศที่ผิวด้านในของผนังอาคาร
 b = ความหนาของวัสดุ (m)
 K = ค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนวัสดุ (W/mK)
 n = จำนวนชนิดของวัสดุที่ประกอบเป็นผนังอาคาร

2.3.3 ค่าความร้อนจำเพาะ

การถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางโดยการนำความร้อน เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในทิศการไหลของความร้อนในตัวกลางนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในตัวกลางเป็นผลมาจากการสะสมพลังงานในรูปของความร้อนไว้ ซึ่งความร้อนที่สะสมไว้ขึ้นอยู่กับความจุความร้อนจำเพาะตัวกลาง ความจุความร้อนจำเพาะเป็นฟังก์ชันกับความดันและอุณหภูมิของตัวกลางนั้น ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุต่างๆ ในภาคผนวก ก

ดังนั้น ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุหนึ่งๆ ก็คือ “ ปริมาณพลังงานความร้อนที่วัสดุใดชนิดหนึ่ง มวล 1 กิโลกรัม สามารถรับเอาไว้หรือคายออก ในขณะที่อุณหภูมิของวัสดุเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศาเซลเซียส ” (สมการที่ 2.3)

$$C_p = \frac{Q}{m\Delta T}$$

สมการที่ 2.3

เมื่อ Q = ปริมาณความร้อน (W)

m = มวล (g)

ΔT = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (K)

2.3.4 ค่าความหนาแน่น

อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของสสารหนึ่งๆต่อความหนาแน่นของน้ำเมื่อทั้งสองอย่างมีอุณหภูมิเท่ากัน (สมการที่ 2.4)

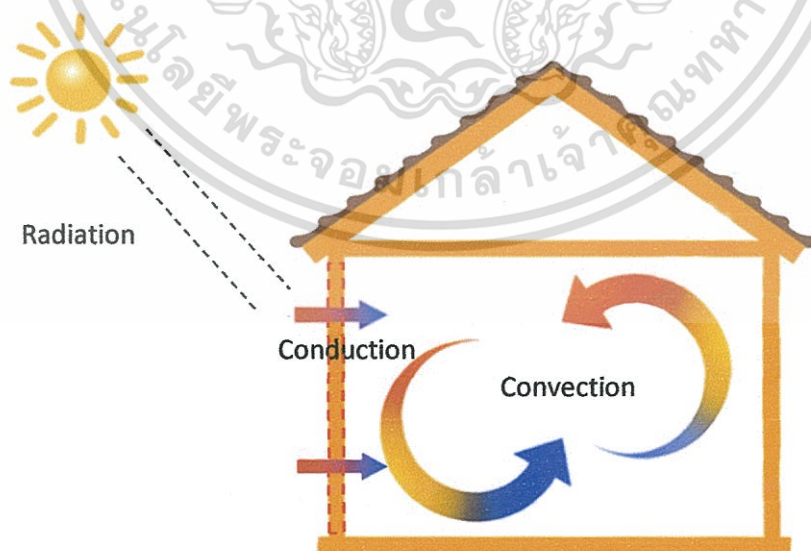
$$\rho = \frac{M}{V}$$

สมการที่ 2.4

เมื่อ M = มวลรวมของวัตถุ (g)

V = ปริมาตรรวมของวัตถุ (m³)

การเกิดปรากฏการณ์การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน จะเกิดขึ้น เมื่อวัสดุได้รับความร้อน เมื่อผนังได้รับความร้อนจะมีการกักเก็บความร้อนไว้ภายในโดย ความร้อนส่วนหนึ่งจะถูกวัสดุนำความร้อน (Conduction) เข้าสู่อาคาร ความร้อนอีกส่วนหนึ่งจะแผ่รังสี(Radiation) กระจายความร้อนออกรอบวัสดุ และการแผ่ความร้อนนี้ทำให้อากาศบริเวณผิว วัสดุมีความร้อนสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ทำให้เกิดการพาความร้อน(Convection) อันเนื่องมาจาก อากาศร้อนบริเวณผิววัสดุลอยขึ้นและเกิดการแทนที่ของอากาศที่เย็นกว่าบริเวณผิววัสดุ(รูปที่ 2.31)



รูปที่ 2.31 แสดงรูปแบบการถ่ายเทความร้อน

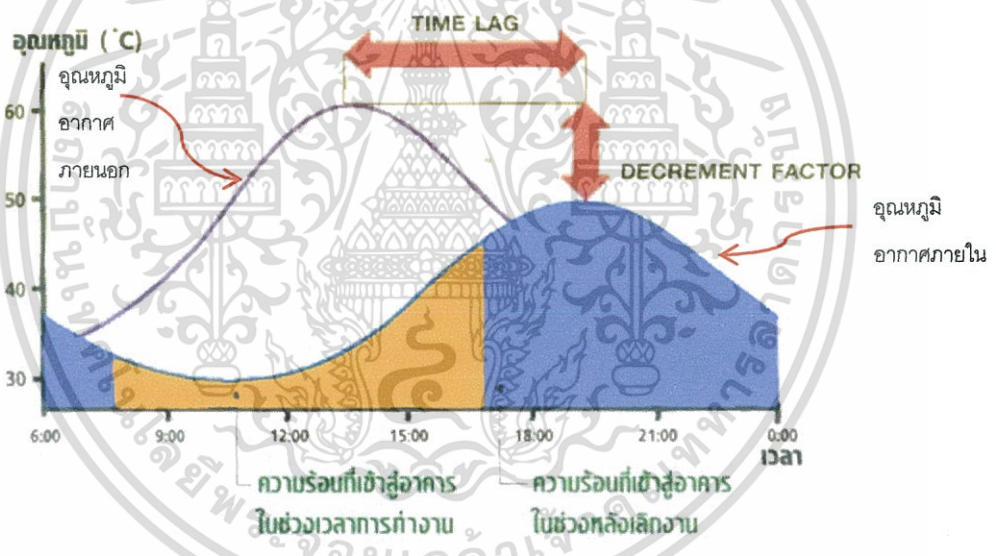
ที่มา : ปรับจาก <http://www.atticareusa.com>, 5 พฤศจิกายน 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time lag)

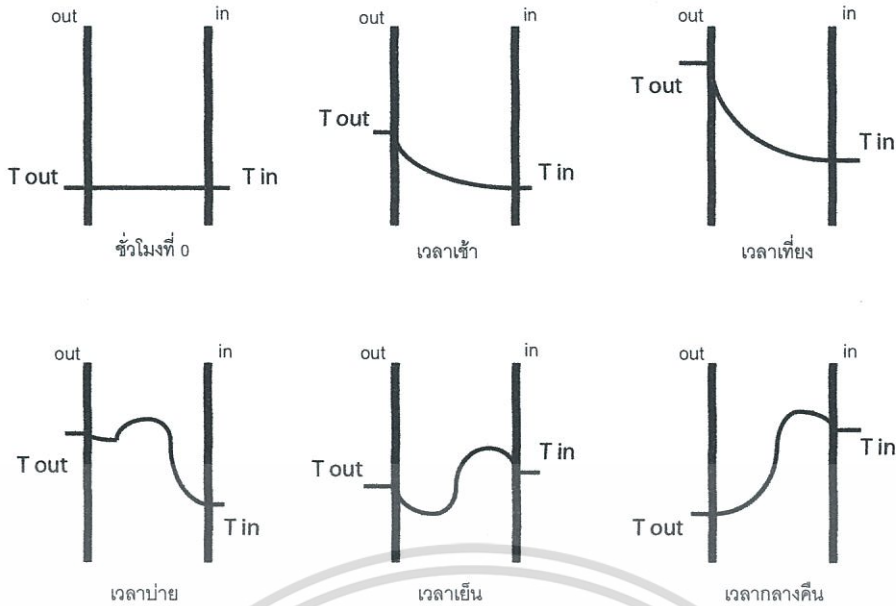
การหน่วงเหนี่ยวความร้อน คือ ช่วงเวลาที่วัสดุสามารถเก็บกักปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาไว้ได้เป็นระยะเวลาหนึ่งจนถึงจุดอิ่มตัวและคายความร้อนออกมาสู่ภายในซึ่งจะเลื่อนการเกิดความร้อนสูงสุดภายในออกไปจากช่วงเวลาการเกิดความร้อนสูงสุดที่ภายนอกระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับมวลสารของวัสดุ กล่าวคือ หากวัสดุมีมวลสารมาก วัสดุนั้นจะมีค่าหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่สูงกว่าวัสดุมวลสารน้อย

ความคลาดเคลื่อนหรือการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการแทรกซึมของความร้อนที่ผ่านเนื้อวัสดุ (Thermal through Materials) ถูกขัดขวางจากความหนาแน่นของมวลสารภายในเนื้อวัสดุ ทำให้ความร้อนไม่สามารถเดินทางผ่านจากภายนอกอาคารผ่านเนื้อวัสดุได้ในทันที แต่ถูกกักเก็บไว้ ภายในเนื้อวัสดุเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนจะถูกปล่อยออกมาภายในอาคาร (รูปที่ 2.32)



รูปที่ 2.32 แสดงอิทธิพลของมวลสารที่ทำให้เกิดการหน่วงความร้อน (Time Lag)

ที่มา: การใช้ฉนวน, เอกสารเผยแพร่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2543, หน้า 52



รูปที่ 2.33 แสดงการเกิดสภาวะการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุ

ที่มา : Santamouris and Asimakopoulos, 1996:187

พฤติกรรมการณ์หน่วงเหนี่ยวความร้อนนี้เกิดขึ้นกับผนังอาคารในช่วงเวลาของวันอธิบายได้จากรูปที่ 2.37 คือ

-ชั่วโม่งที่ 0 แรกเริ่มตั้งสมมติฐานว่า วัสดุอาคารหลังการติดตั้งมีอุณหภูมิภายนอก (T_{out}) และภายใน (T_{in}) อาคารเท่ากัน

- ถัดมา ในตอนเช้า เมื่ออุณหภูมิภายนอกเริ่มสูงขึ้น อุณหภูมิภายในวัสดุจะค่อยๆ เริ่มสูงขึ้นตาม โดยอุณหภูมิของส่วนที่ใกล้ผิวผนังด้านนอกจะมีความใกล้เคียงอุณหภูมิภายนอกมากกว่า โดยที่อุณหภูมิผิวภายในอาคารนั้นยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากด้วยความร้อนยังไม่สามารถเข้าถึงในอาคาร จึงเกิดการเลื่อนเวลาที่เกิดอุณหภูมิสูงสุดในอาคาร จากเวลาที่เกิดอุณหภูมิสูงสุดภายนอก (Shift in Phase)

- ในตอนเที่ยง เมื่ออุณหภูมิภายนอกเริ่มลดลงจากจุดสูงสุด อุณหภูมิของผิวภายในเริ่มสูงขึ้น เนื่องจากมีความร้อนบางส่วนผ่านมาถึงผิวภายในบ้าง

- ในตอนบ่าย เมื่ออุณหภูมิภายนอกเริ่มลดลงจากอุณหภูมิที่สูงที่สุด อุณหภูมิภายในเนื้อวัสดุจะยังคงมีความร้อนที่ได้รับจากตอนเที่ยงกักเก็บอยู่ เป็นผลให้ภายในมีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอก การถ่ายเทความร้อนจึงแยกเกิดเป็น 2 ทิศทาง คือ ทางแรกความร้อนพยายามผ่านเข้ามาภายในอาคาร และทางที่สองพยายามผ่านออกไปนอกอาคาร ตามกฎของการถ่ายเทความร้อน

ที่ระบุว่าเกิดการถ่ายเทความร้อนจะเกิดจากที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ในตอนเย็น เมื่ออุณหภูมิภายนอกลดลงเรื่อยๆ จากความร้อนสูงสุดที่เกิดในช่วงเที่ยงวัน ซึ่งถูกกักเก็บไว้ในมวลสารจะเริ่มถ่ายเทความร้อนกลับออกไปภายนอกอาคารมากขึ้นเท่านั้น

- ในตอนกลางคืน เมื่ออุณหภูมิที่ถูกกักเก็บไว้เข้ามาถึงภายในอาคารเต็มที่แล้ว เป็นผลให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก การถ่ายเทความร้อนจะย้อนเป็น วัฏจักรของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังในแต่ละวัน

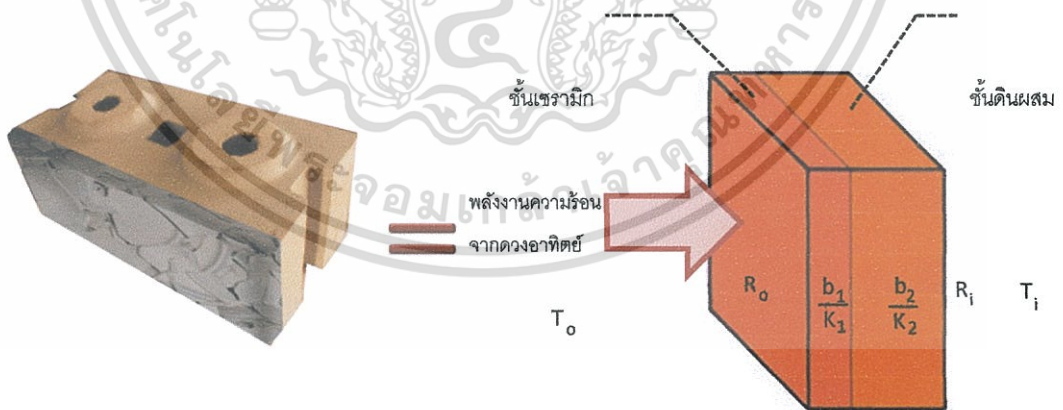
ความเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดขึ้นสำหรับวัสดุผนังแต่ละชนิด มีค่าแตกต่างกัน

2.3.6 กรอบแนวคิดบล็อกดินประสานผสมเซรามิกเหลือทิ้ง

2.3.6.1 วิธีที่ 1 นำเศษเซรามิกเหลือทิ้งมาขึ้นรูปเป็นแผ่นให้มีความหนาเท่ากัน

โดยตลอด

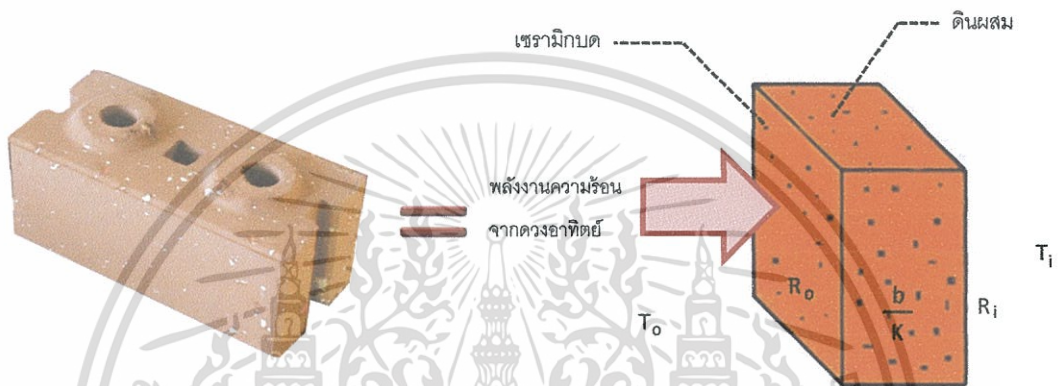
บล็อกดินประสานที่มีการนำเศษเซรามิกเหลือทิ้งมาขึ้นรูปเป็นแผ่น (รูปที่ 2.27) นำมาผนึกรวมกับบล็อกดินประสานการใช้วิธีนี้จะทำให้ยังคงคุณสมบัติของเซรามิกได้ และสามารถคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนจากสมการตามสูตรได้อย่างปกติ ที่นำค่า R แต่ละค่ามาบวกรวมกันแล้วคำนวณในขั้นต่อไป (รูปที่ 2.34)



รูปที่ 2.34 แสดงลักษณะการผสมเซรามิกเหลือทิ้งมาขึ้นรูปเป็นแผ่น

2.3.6.2 วิธีที่ 2 นำเศษเซรามิกเหลือทิ้งมาบดให้ละเอียดแล้วผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

บล็อกดินประสานที่มีการนำเศษเซรามิกเหลือทิ้งมาบดให้ละเอียดแล้วผสมเป็นเนื้อเดียวกัน(รูปที่ 2.35) โดยวิธีบดละเอียดนี้นั้นจะทำให้คุณสมบัติของความเป็นฉนวนความร้อนของเซรามิกหายไปจากสมการพลังงานความร้อนพบว่าค่าความต้านทาน (R) ของบล็อกดินประสานนั้นมีค่าเดียวคือ ค่าความต้านทานความร้อน(R)บล็อกดินประสานทั้งก้อนแล้วจึงแทนค่าในสมการเพื่อหาค่าพลังงานความร้อน(Q)ต่อไป



รูปที่ 2.35 แสดงลักษณะการนำเศษเซรามิกเหลือทิ้งมาบดให้ละเอียดแล้วผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

บทที่ 3

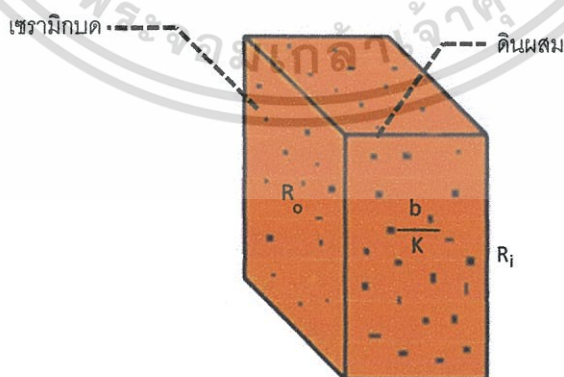
การดำเนินงานวิจัย

3.1 บล็อกดินประสานผสมเซรามิกเหลือทิ้งทั้ง 2 กรอบแนวคิด

3.1.1 บล็อกดินประสานที่จัดเป็นมาตรฐานของเทคโนโลยีบล็อกประสาน

ขั้นตอนการผลิตบล็อกประสานจากทีมเทคโนโลยีบล็อกประสาน ของสถาบันวิจัย วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.) จะต้องใช้วัตถุดิบหรือมวลละเอียดที่มีขนาดเล็กกว่า 4 มิลลิเมตร ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น และทราย โดยมวลรวมละเอียดที่ใช้ควรมีลักษณะตาม มาตรฐานการแบ่งชั้นคุณภาพดินและมวลรวม สำหรับงานก่อสร้างทางหลวง (ASTM D3282 Standard Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes) คือมีฝุ่นดินไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก แล้วนำมาผสมกันอัดเป็นก้อนเพื่อให้บล็อกดินประสาน² และจากกรอบความคิดจึงสามารถนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานได้ดังนี้

3.1.1.1 เปรียบเทียบกรอบแนวคิดวิธีที่ 1 กับมาตรฐานการผลิตบล็อกดินประสาน วว. วิธีการบดเซรามิกแล้วนำมาผสมนี้เป็นวิธีที่ตรงตามขั้นตอนเทคนิคการก่อสร้างของทีมเทคโนโลยี บล็อกประสาน และมีความเป็นไปได้มากที่สุดในการนำวิธีการผลิตนี้มาใช้ในการนำเศษเซรามิก เหลือทิ้งเข้าไปผสมเป็นบล็อกดินประสาน (รูปที่ 3.1)

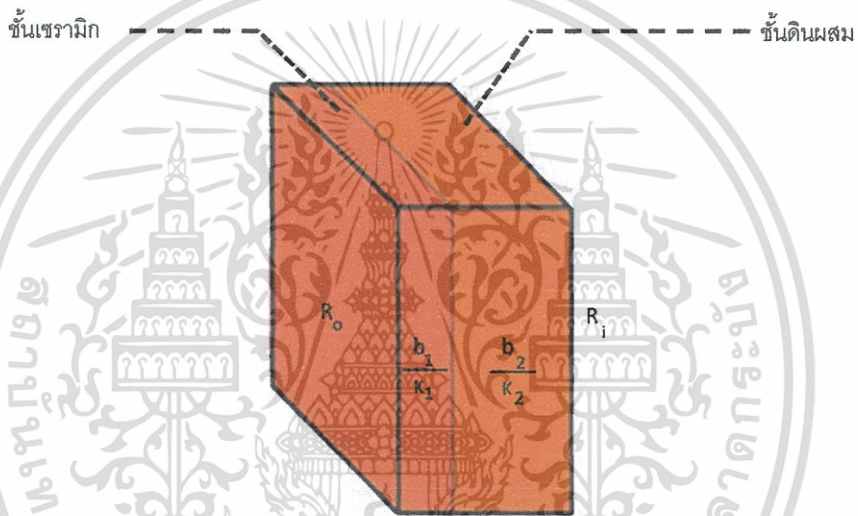


รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะบล็อกดินประสานผสมเซรามิกที่ผ่านการบดผสม

²อลิสรา คุประสิทธิ์, เทคโนโลยีบล็อกประสาน วว. เพื่อการสร้างอาคารราคาประหยัด, 2558.

3.1.1.2 เปรียบเทียบกรอบแนวคิดวิธีที่ 2 กับมาตรฐานการผลิตบล็อกดินประสาน วว.

วิธีที่ 2 คือการขึ้นรูปบล็อกดินประสานผสมเซรามิกจากการนำเซรามิกเหลือทิ้งที่เป็นแผ่นมาอัดเป็นชั้นของเซรามิกซึ่งอยู่ด้านผนังด้านนอก และทำการอัดดินผสมไว้ในชั้นถัดมา(รูปที่ 3.2) วิธีการนี้นับว่าเป็นวิธีการที่ไม่ตรงกับเทคนิควิธีการผลิตของทีมเทคโนโลยีบล็อกประสาน เนื่องจากทางทีมเทคโนโลยีบล็อกประสานได้มีข้อกำหนดวิธีการขึ้นรูปบล็อกดินประสานอย่างชัดเจนว่า ต้องมีการบดส่วนผสมทั้งหมดให้ละเอียดขนาดไม่เกิน 4 มิลลิเมตรจึงจะสามารถขึ้นรูปบล็อกดินประสานออกมาให้เป็นคุณภาพความแข็งแรง



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะบล็อกรวมดินประสานผสมเซรามิกเป็นชั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การหาเครื่องมือเพื่อทดสอบค่าประสิทธิภาพผลการนำความร้อนจากกรอบแนวคิด

ในการหาการนำความร้อนของบล็อกดินประดานั้นสามารถทำได้จากสมการ $Q=UA\Delta T$ ซึ่งจากสมการพบว่าจำเป็นต้องหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุอย่างบล็อกดินประดานมาแทนค่าเพื่อให้สมการนั้นเป็นจริง โดยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนนั้นสามารถหาได้โดยต้องทราบค่าการนำความร้อนของวัสดุ ซึ่งสามารถหาค่าได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการซึ่งมีความยุ่งยากและใช้เวลานาน ทำให้ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการทดลองจริงเพื่อหาถึงพฤติกรรมการนำความร้อนของบล็อกดินประดาน

3.2.1 การใช้วัสดุจริงในการทดสอบ

การสร้างจริงเพื่อหาประสิทธิภาพการนำความร้อนของบล็อกดินประดานนั้น จากการทบทวนงานวิจัยเรื่อง พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลมาก¹⁸ พบว่างานวิจัยนี้ ทำการวิจัยในเรื่องของคุณสมบัติด้านการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลมาก ซึ่งมีลักษณะของจุดประสงค์ของการวิจัยที่ใกล้เคียงกัน โดยได้ใช้กล่องทดลองด้านความร้อน ซึ่งมีคุณสมบัติคือ มีค่าถ่ายเทความร้อนต่ำ ค่ากักเก็บความร้อนต่ำ การดูดซับความร้อนต่ำและการถ่ายเทความร้อนขึ้นต่ำ เพื่อเป็นตัวแปรควบคุมผลการทดลอง ที่สามารถประกอบติดตั้งและดูแลรักษาได้ง่าย และเลือกใช้กล่องทดลองที่ทำจากโพลีโพลีสไตรีนที่มีคุณสมบัติการนำความร้อนที่ต่ำเพียง 0.032 W/mk ที่สามารถช่วยป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในได้ และยังทนต่อความชื้นและการซึมผ่านของน้ำได้เป็นอย่างดี โดยกล่องทดลองนั้นมีขนาด $0.90 \times 0.90 \times 0.90$ เมตร กล่องหนา 0.15 เมตร โดยมีพื้นที่บริเวณช่องเปิดด้านข้างสำหรับการติดตั้งวัสดุทดสอบเท่ากับ $0.60 \times 0.60 \times 0.60$ เมตร(รูปที่ 3.3)

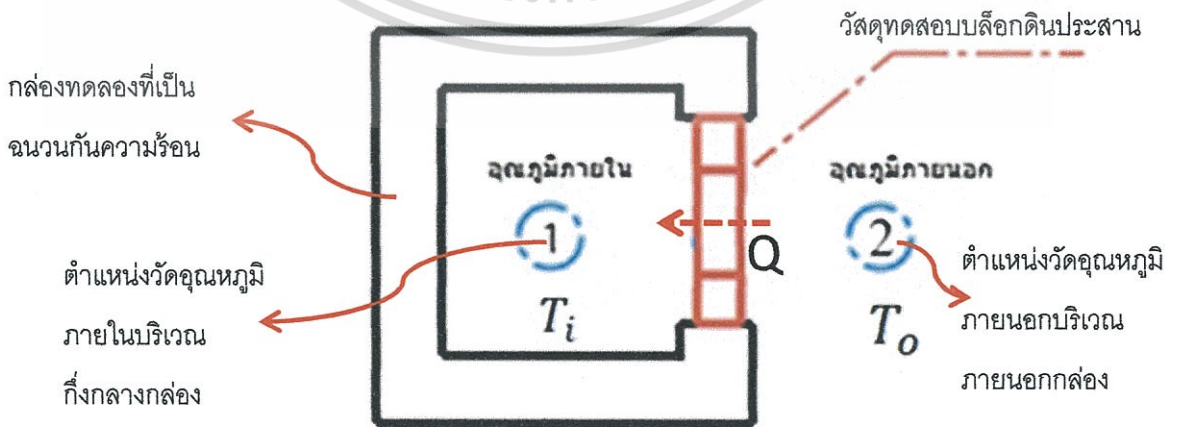
¹⁸ ณัฐกานต์ เกษประทุม, พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลสารมาก, วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์ เอกสารหน้าบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543. นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะกล่องทดลองพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลมาก
ที่มา : ธีรัฐกานต์ เกษประทุม, พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลสารมาก,
2543.

ตัวแปร ΔT หรือค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ จะประกอบไปด้วยอุณหภูมิอากาศภายนอก
ลบกับอุณหภูมิอากาศภายในของช่วงเวลาที่ต่างกันที่เปลี่ยนแปลงไปตามตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเท
ความร้อนของบล็อกดินประสาน ซึ่งการหาค่าสามารถวัดได้โดยวัดอุณหภูมิภายนอกกล่องและวัด
อุณหภูมิภายในตรงกลางกล่องทดลอง (รูปที่ 3.4)

โดยที่ตัวแปร Q เป็นพลังงานความร้อนที่เปลี่ยนแปลงอันเกิดจากการที่บล็อกดินประสาน
ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ตัวบล็อกดินประสานจึงเป็นวัสดุที่เป็นตัวแปรของพลังงานความ
ร้อน (Q) ที่ผ่านเข้ามาจนทำให้อุณหภูมิภายในกล่องทดลองเกิดจากเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะรูปตัดของกล่องทดลองและตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ

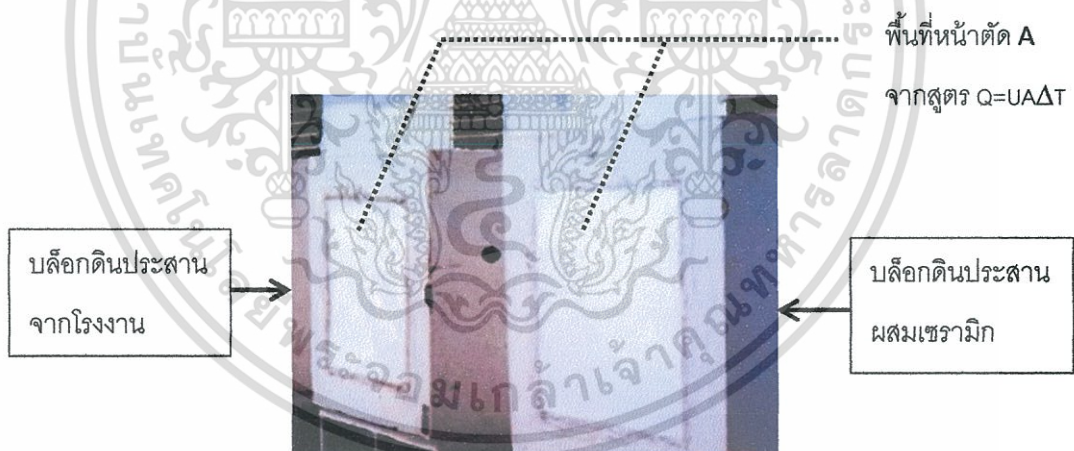
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ทดลองประสิทธิภาพการนำความร้อน

จากกรอบแนวคิด สมการการถ่ายเทความร้อน $Q=UA\Delta T$ โดยกล่องทดลองจะทำหน้าที่ควบคุมลักษณะของพื้นที่หน้าตัดในแต่ละกล่องทดลองให้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดที่เท่ากัน จากการทบทวนงานวิจัยเรื่อง พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลมาก¹⁹ พบว่ามีลักษณะของการทดลองและควบคุมตัวแปรต่างๆจากสมการ ดังนั้นจึงสามารถกำหนดวิธีการนำสมการมาสร้างมือได้โดยวิเคราะห์ถึงลักษณะของแต่ละตัวแปรที่สามารถควบคุมได้และควบคุมไม่ได้ดังนี้

3.3.1 พื้นที่หน้าตัด (A) ของวัสดุทดลอง

จากสมการ $Q=UA\Delta T$ นั้นพื้นที่หน้าตัดของวัสดุทดลองที่ถูกติดตั้งอยู่ที่บริเวณด้านหนึ่งกล่อง ซึ่งจะกำหนดให้มีขนาดเท่าๆกัน ในมีดังนี้ (รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะพื้นที่หน้าตัดที่กล่องทดลอง

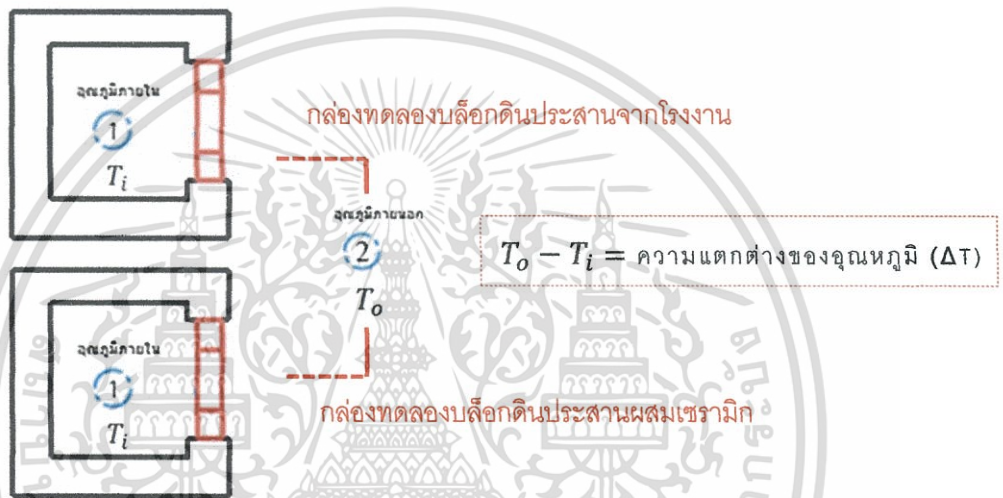
ที่มา : ญัฐกานต์ เกษประทุม, พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลสารมาก,

2543.

¹⁹ ญัฐกานต์ เกษประทุม, พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลสารมาก, วิทยานิพนธ์สถาบันปัตยกรรมศาสตร์ เอกสารนี้เก็บฉบับพิมพ์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

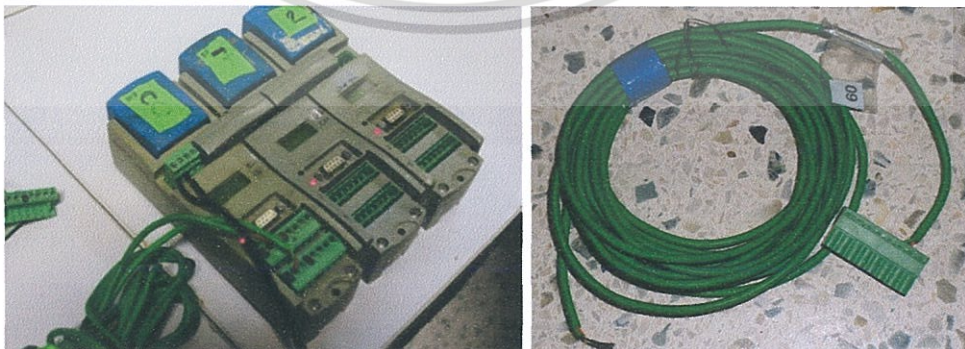
3.3.2 เครื่องมือการวัดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (ΔT)

จากสมการการถ่ายเทความร้อน $Q=UA\Delta T$ นั้นโดย ΔT คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายใน โดยค่าความแตกต่างของอุณหภูมิมี่ความต่างมากเท่าไร ก็จะเป็นตัวชี้วัดถึงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U) ของวัสดุนั้นๆ ว่ามีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนจากภายนอกได้มากเท่าไร ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในนั้นไม่สามารถควบคุมได้ โดยสามารถหาค่าได้จากการทดลองดังนี้ (รูปที่ 3.6)



รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะตำแหน่งการวัดอุณหภูมิจากแปลน

3.3.2.1 การวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ OPUS 200 (รูปที่ 3.7) ที่มีลักษณะเป็นสายวัดอุณหภูมิ 1 ชุดวัดได้ 2 จุด



รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะเครื่องมือวัด OPUS 200และ Sensor วัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2 นำสาย Sensor มาสอดเข้ากล่องจากรูที่เจาะไว้ทางด้านหลังกล่อง 2 เส้น โดยเส้นแรกจะใช้วัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง (รูปที่3.8)



ภาพที่ 3.8 แสดงลักษณะการติดตั้ง Sensor ที่ภายในกล่องทดลอง

3.3.2.3 นำสาย Sensor เส้นที่สองมาติดกับผนังทดสอบเพื่อวัดอุณหภูมิของผนังทดลอง (รูปที่3.9)



ภาพที่ 3.9 แสดงลักษณะการติดตั้ง Sensor ที่ผิวภายในกล่องทดลอง

3.3.2.4 นำสาย Sensor เส้นที่สามมาติดกับผนังทดสอบเพื่อวัดอุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังทดลอง (รูปที่3.10)



ภาพที่ 3.10 แสดงลักษณะการติดตั้ง Sensor ที่ผิวภายนอกกล่องทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

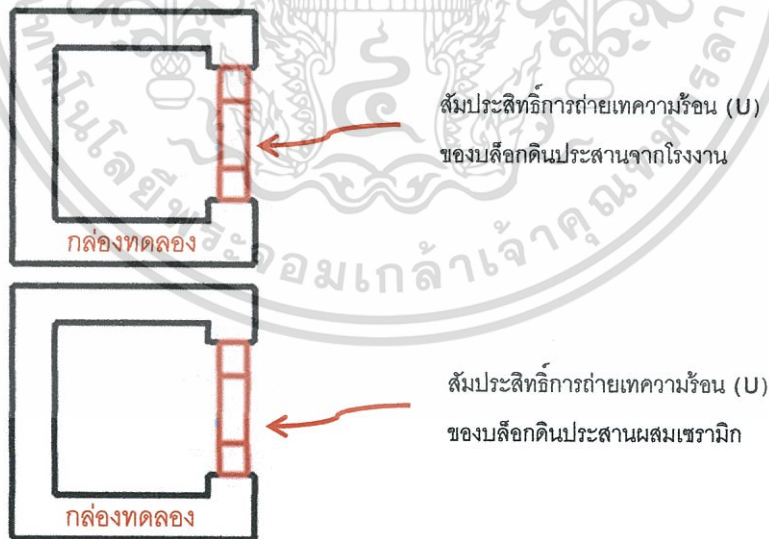
3.3.3 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U)

3.3.3.1 จากสมการการถ่ายเทความร้อน $Q=UA\Delta T$ นั้นโดย U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น W/m^2K ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนคือส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวมซึ่งคำนวณได้จากสมการ²⁰

$$U = \frac{1}{R_{\text{รวม}}}$$

โดยที่ $R_{\text{รวม}}$ = ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ

หากวัสดุมีค่า U ที่ต่ำเท่าไรก็จะเป็นตัวชี้ว่า วัสดุนั้นจะสามารถช่วยลดความร้อนจากภายนอกได้มากเท่านั้น ตัวอย่างเช่น ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของกระจกเป็นค่าที่แสดงพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในตัวอาคาร โดยความร้อนที่เข้ามามาจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนไว้ในตัวของกระจก ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของกระจก โดยที่ค่า U ที่ต่ำ จะช่วยลดการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่อาคารจากการนำความร้อน²¹ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของบล็อกดินประสานในแต่ละแบบนั้นจะเป็นตัวแปรที่ทำให้เกิดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิดังนี้ (รูปที่ 3.11)



รูปที่ 3.11 แสดงลักษณะวัสดุทดสอบ

²⁰ กมลชนก สรวงพรมทิพย์, การใช้โปรแกรม OTTV Version 1.0a ช่วยอนุรักษ์พลังงานในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเขตพื้นที่เชียงใหม่, ปริญญาโทบริหารวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2550

²¹ ณัฐพล แซ่หาน, (2553), การศึกษาประสิทธิภาพของกระจกระบายความร้อนด้วยอากาศ, หน้า 10 ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.2 การกำหนดส่วนผสมบล็อกลินประสานผสมเซรามิก ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่เปลี่ยนไปของบล็อกลินประสานผสมเซรามิกนั้นจึงขึ้นอยู่กับอัตราส่วนในการผสมเซรามิกเข้าไป โดยจะอ้างอิงสูตรการผสมของโรงงานบล็อกลินประสานทุ่งฝ่ายจังหวัดลำปางเป็นหลัก ซึ่งสูตรการผสมมีอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินผสมเป็น 1:5 จากนั้นนำ 5 ส่วนของดินผสมมาผสมเข้ากับเศษเซรามิกในอัตราส่วน 4:1 , 2:3 , 3:2 และ 1:4 (รูปที่ 3.12)



รูปที่ 3.12 แสดงอัตราส่วนของบล็อกลินประสานผสมเซรามิกเมื่อเทียบกับบล็อกลินประสานจากโรงงานทุ่งฝ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.3 การตรวจสอบความแข็งแรงบล็อกดินประสาน โดยมีขั้นตอนการตรวจสอบความแข็งแรงบล็อกดินประสานให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.) โดยทำการลองอัดบล็อกดินประสานที่หลายๆ อัตราส่วนไล่ตั้งแต่สูตรของโรงงาน 1:5 ตามด้วยสูตรผสมด้วยเซรามิก 4 ต่อ 1 , 3 ต่อ 2 , 2 ต่อ 3 และ 1 ต่อ 4 แล้วดูว่าอัตราส่วนไหนที่อัดแล้ว บล็อกแข็งแรงดี ขอบมุมไม่สลุ่ย ไม่รูดเมื่อโดนน้ำและไม่แตกร้าวเมื่อแห้ง แล้งจึงนำมาทดสอบกำลังอัดจึงถือว่าผ่าน²² ดังนี้

เมื่อบล็อกดินประสานผ่านการทดสอบด้านความแข็งแรงแล้ว จึงจะนำบล็อกดินประสานที่ได้ไปบ่มต่อกลางแจ้งอีก 4 สัปดาห์แล้วจึงจะสามารถนำมาใช้งานได้

ตารางที่ 3.1 แสดงลักษณะตารางเพื่อใช้บันทึกภาพของผลการตรวจสอบความแข็งแรงบล็อกดินประสาน

อัตราส่วน	ทันทีที่อัดเสร็จ		หลังอัด 1 วัน		หลังอัด 3 วัน	
	ไม่สลุ่ย	สลุ่ย	ไม่ยุ่ย	ยุ่ย	ไม่ร้าว	ร้าว
4:1						
3:2						
2:3						
1:4						
Base						

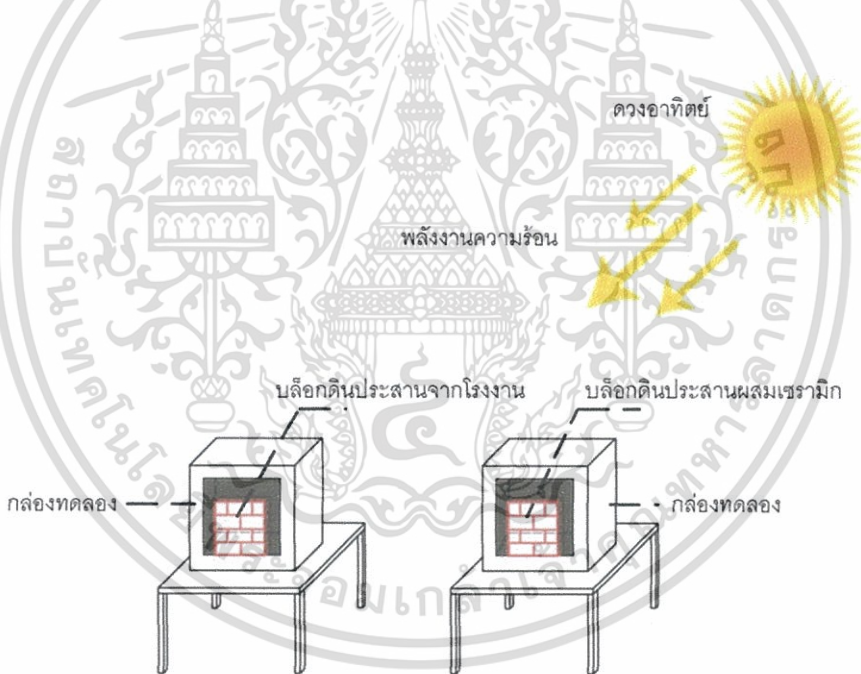
²²

คุณนัย กนกกำแหง และพิชิต เชนบรรจง, การผลิตบล็อกดินประสานให้ได้คุณภาพ, สืบค้นจาก

เอกสารนี้เป็น www.tistr.or.th/tistrblog/?p=1042,2558 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 พลังงานความร้อน(Q)

เป็นพลังงานความร้อนเกิดจากดวงอาทิตย์ที่มากกระทำต่อบล็อกดินประสานทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง โดยควบคุมให้กล่องทดลองนั้นได้รับพลังงานความร้อนเท่าๆกัน โดยตั้งกล่องทดลองไว้ในสถานที่เดียวกัน และหันด้านทดสอบไปทางเดียวกัน (รูปที่ 3.13) จากสมการจะเห็นได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U) ของบล็อกดินประสานจะเป็นตัวแปรที่ทำให้ทราบถึงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ(ΔT)ของบล็อกดินประสาน โดยมีค่าพื้นที่หน้าตัด(A)จะถูกควบคุมให้เท่ากัน และค่าการถ่ายเทความร้อน(Q) ดังนั้นในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการลดการนำความร้อนจะใช้กล่องทดลองที่มีลักษณะเดียวกันนั้นได้รับความร้อนในปริมาณที่เท่าๆกัน ทดลองในสถานที่เดียวกันและมีสภาพอากาศที่เหมือนกัน ซึ่งข้อมูลที่ได้ต้องเป็นไปในทิศทางเดียวกันจึงจะสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้



รูปที่ 3.13 แสดงลักษณะการวางกล่องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงตารางเพื่อใช้บันทึกรูปภาพตัวแปรควบคุมของพลังงานความร้อนของบล็อกดิน
ประสานผสมเซรามิกและบล็อกจากโรงงาน

กิจกรรมการทดลอง	ตัวชี้วัด	บล็อกดินประสาน จากโรงงาน	บล็อกดินประสานผสมเซรามิก			
		1:5:0	1:4:1	1:3:2	1:2:3	1:1:4
1. สถานที่ทดลองที่เดียวกัน						
2. วางในทิศทางเดียวกัน						
3. ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิชนิด เดียวกันคือ OPUS 200						

3.4 ความน่าเชื่อถือของกล่องทดลอง

ทำการวัดอุณหภูมิ โดยนำข้อมูลมาหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกและ
อุณหภูมิอากาศภายในมาทำเป็นกราฟข้อมูลเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ แล้วจึงทำการเปรียบเทียบ
ระหว่างบล็อกดินประสานจากโรงงานกับบล็อกดินประสานผสมเซรามิกและเปรียบเทียบด้วย
ปริมาณพื้นที่ใต้กราฟที่ซ้อนทับกันซึ่งมีวิธีการหาพื้นที่ใต้กราฟได้ดังนี้

1. จากกราฟแต่ละเส้นจะเห็นว่าการเชื่อมต่อแต่ละจุดทำการลากตัดกับแกน x จะได้รูป 4
เหลี่ยมคางหมู ซึ่งสูตรการหาพื้นที่ใต้กราฟคือ $\frac{1}{2} \times (\text{ผลบวกด้านคู่ขนาน}) \times \text{ความสูง}$ คือ $\frac{1}{2} \times$
(อุณหภูมิทั้ง 2 บวกกัน) \times ชั่วโมง

2. นำพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมดมารวมกัน

3. นำพื้นที่ของทั้ง 2 กราฟมาลบกันเพื่อหาส่วนต่าง

หากบล็อกดินประสานใดมีปริมาณพื้นที่ใต้กราฟมากเท่าไร ก็จะสามารถป้องกันความ
ร้อนได้เท่า่นั้นซึ่งจะสามารถสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเปรียบเทียบได้ดังนี้

เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกดินประสานจากโรงงานและบล็อกดินประสานผสมเซรามิกทั้ง 3 วันแล้วจึงทำการเลือกวันใดวันหนึ่งมาวิเคราะห์ถึงผลการทดลอง

ตารางที่ 3.3 แสดงตารางเพื่อใช้เปรียบเทียบข้อมูลกราฟความแตกต่างของอุณหภูมิของบล็อกดินประสานจากโรงงานและบล็อกดินประสานผสมเซรามิกทั้ง 3 วัน

วัสดุ	อุณหภูมิ	กราฟอุณหภูมิ ภายนอก(°C)	กราฟอุณหภูมิ ภายใน(°C)
บล็อกจากโรงงาน			
บล็อกผสมเซรามิก			

3.5 การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิ

ทำการเลือกข้อมูลกราฟจากความน่าเชื่อถือของกล่องวันใดวันหนึ่งที่มีความใกล้เคียงกัน ใน 3 วันมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในบล็อกดินประสานผสมเซรามิกและบล็อกจากโรงงานทั้งคู่ ซึ่งมีวิธีการเปรียบเทียบได้ดังนี้

1. เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในเฉพาะบล็อกดินประสานจากโรงงาน ใน 1 วัน

ตารางที่ 3.4 แสดงตารางเพื่อใช้เปรียบเทียบข้อมูลกราฟความแตกต่างของอุณหภูมิของบล็อกดินประสานจากโรงงานและพื้นที่ใต้กราฟ

วัสดุ	อุณหภูมิ	กราฟอุณหภูมิ ภายนอก(°C)	กราฟอุณหภูมิ ภายใน(°C)	พื้นที่ใต้กราฟ
บล็อกจากโรงงาน				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในเฉพาะบล็อกดินประสานผสมเซรามิก
ใน 1 วัน

ตารางที่ 3.5 แสดงตารางเพื่อใช้เปรียบเทียบข้อมูลกราฟความแตกต่างของอุณหภูมิของบล็อกดิน
ประสานผสมเซรามิกและพื้นที่ใต้กราฟ

วัสดุ \ อุณหภูมิ	กราฟอุณหภูมิ ภายนอก(°C)	กราฟอุณหภูมิ ภายใน(°C)	พื้นที่ใต้กราฟ
บล็อกผสมเซรามิก			

3. เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกดินประสานจากโรงงาน
และบล็อกดินประสานผสมเซรามิกใน 1 วัน

ตารางที่ 3.6 แสดงตารางเพื่อใช้เปรียบเทียบข้อมูลกราฟความแตกต่างของอุณหภูมิของบล็อกดิน
ประสานจากโรงงานและบล็อกดินประสานผสมเซรามิกและพื้นที่ใต้กราฟ

วัสดุ \ อุณหภูมิ	กราฟอุณหภูมิ ภายนอก(°C)	กราฟอุณหภูมิ ภายใน(°C)	พื้นที่ใต้กราฟ
บล็อกจากโรงงาน			
บล็อกผสมเซรามิก			

บทที่ 4

การทดลองและการวิเคราะห์

4.1 การผลิตบล็อกดินประสานผสมเซรามิก

จากการศึกษาวิธีการผลิตบล็อกดินประสานจากทีมเทคโนโลยีบล็อกประสาน(วว.)โดยมีขั้นตอนการผลิตให้ได้คุณภาพสามารถทำได้ดังนี้

4.1.1 ขั้นตอนการผลิตบล็อกดินประสานผสมเซรามิก

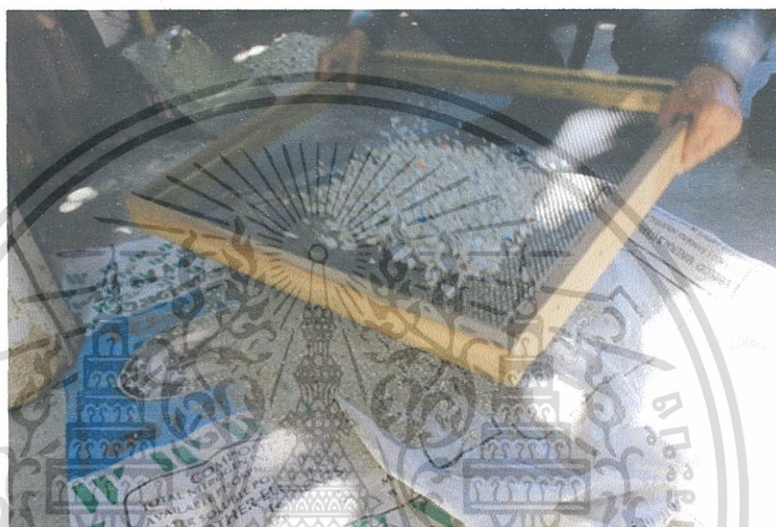
4.1.1.1 นำเศษเซรามิกเหลือทิ้งจากโรงงานกังวาน , โรงงานนงศ์ลักษณ์ และ โรงงานสมพรเซรามิก ในตำบลท่ามา อำเภอกะลา จังหวัดลำปาง นำมาบดละเอียด ด้วยวิธีการลักษณะใช้ค้อนทุบในถัง เนื่องจากเซรามิกมีความแข็งค่อนข้างมากทำให้ต้องทุบในปริมาณที่ละน้อยเพื่อความละเอียดและความรวดเร็ว (รูปที่4.1)



รูปที่ 4.1 แสดงวิธีการทุบเซรามิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 นำเซรามิกที่ทุบแล้วนำมาร่อนในตะแกรงที่มีความถี่ขนาด 4 มิลลิเมตร (รูปที่ 4.2) เทเซรามิกบดละเอียดลงในตะแกรงแล้วทำการร่อนจนได้เซรามิกละเอียดในขนาดที่ต้องการ โดยเศษเซรามิกชิ้นใหญ่ที่ไม่ได้ขนาด ต้องนำไปทุบใหม่แล้วจึงนำกลับมา ร่อนซ้ำอีกครั้งหนึ่งจนกว่าจะหมด เมื่อร่อนเสร็จแล้วก็จะได้เซรามิกบดละเอียดขนาดไม่ เกิน 4 มิลลิเมตรที่พร้อมสำหรับการนำไปเป็นส่วนผสมในการผลิตบล็อกดินประสาน (รูปที่ 4.3)



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของตะแกรงขนาด 4 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.3 แสดงภาพเศษเซรามิกที่ผ่านการร่อนเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.3 เตรียมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ปูนโครงสร้างใช้เป็นตัว
ประสานบล็อกประสานมีความแข็งแรง (รูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

4.1.1.4 นำดินลูกรังจากอำเภอแม่ทะ ซึ่งมีลักษณะที่ให้สีแดงตามที่โรงงาน
ต้องการมาเข้าเครื่องบดก็จะได้อินลูกรังละเอียดออกมา จากนั้นนำดินลูกรังที่ได้ไปแช่น้ำ 1 คืน
เพื่อให้เกิดความชุ่มชื้นของสีแดงเพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.5)



รูปที่ 4.5 ลักษณะของดินลูกรัง

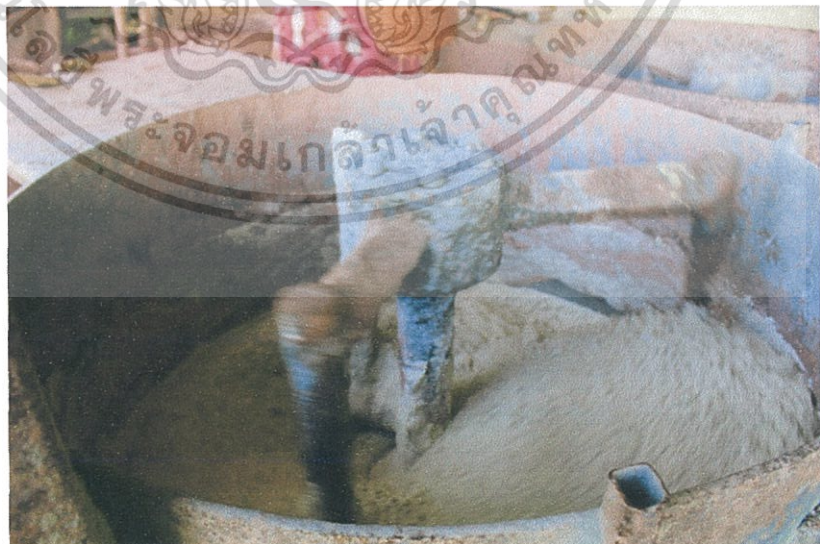
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.5 เตรียมทรายละเอียดหรือปูนขาวจากอำเภอแจ้ห่ม(รูปที่4.6) มีลักษณะเป็นเนื้อดินสีขาวชนิดเดียวกับปูนขาวที่ใช้ทำเซรามิก ซึ่งเป็นส่วนผสมเฉพาะของโรงงานบดอัดดินประสานทุ่งผาย



รูปที่ 4.6 ลักษณะของทรายละเอียด

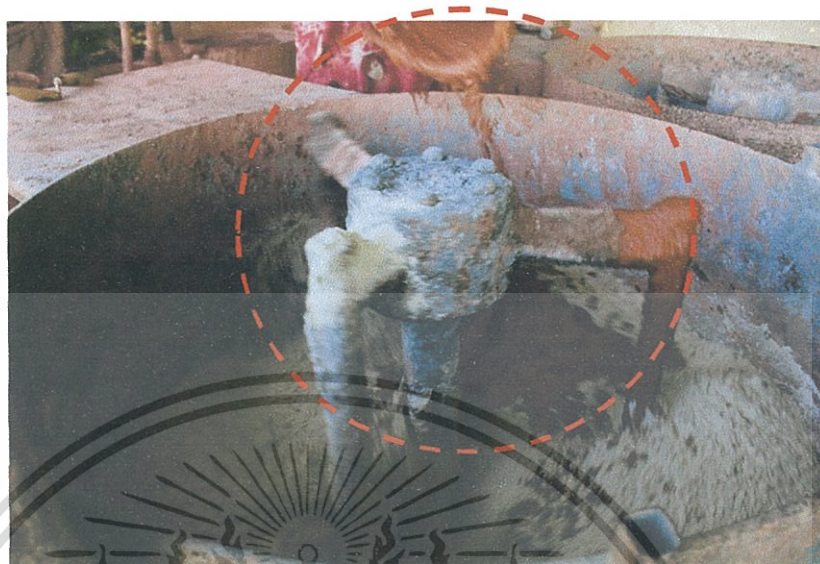
4.1.1.6 นำทรายละเอียดหรือปูนขาว 3 ส่วน เทลงในเครื่องผสม ทำการผสมปูนขาวให้ปูนขาวที่มีขนาดใหญ่ให้แตกตัวจนมีขนาดเล็กละเอียด และคอยหยิบเศษหินขนาดใหญ่ที่ปนอยู่ออกด้วยระหว่างผสม (รูปที่4.7)



รูปที่ 4.7 แสดงการนำทรายละเอียดหรือปูนขาวในเครื่องผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.7 นำดินลูกรังที่มีลักษณะเหลวที่ผ่านการแช่น้ำไว้ 1 คืนมาผสม 1 ส่วน แล้วจึงค่อยๆผสมให้เข้ากันพอประมาณ (รูปที่4.8)



รูปที่ 4.8 แสดงการนำดินลูกรังมาผสม

4.1.1.8 สุกทำย่นำปูนซีเมนต์ 1 ส่วนมาผสมในเครื่องผสม ทำการเติมน้ำเล็กน้อย และรอให้เครื่องผสมเป็นเนื้อเดียวกันเป็นเวลาประมาณ 10-15 นาทีก็จะได้นดินผสมที่พร้อมจะนำมาอัดเป็นบล็อกดินประสาน (รูปที่4.9)



รูปที่ 4.9 แสดงการนำปูนซีเมนต์มาผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.9 เมื่อได้ดินผสมแล้วจึงนำเศษเซรามิกมาผสมเข้ากับดินผสม โดยมีอัตราส่วนระหว่างดินผสมกับเซรามิกอยู่ที่ 1:4: 1 (รูปที่4.10) ,1:3:2 (รูปที่4.11), 1:2:3 (รูปที่ 4.12) และ 1:1:4 (รูปที่4.13) โดยนำมาผสมด้วยการคลุกเคล้าด้วยมือ



รูปที่ 4.10 แสดงการผสมเซรามิกกับดินผสมในอัตราส่วน 1:4: 1



รูปที่ 4.11 แสดงการผสมเซรามิกกับดินผสมในอัตราส่วน 1:3:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงการผสมเซรามิกกับดินผสมในอัตราส่วน 1:2:3



รูปที่ 4.13 แสดงการผสมเซรามิกกับดินผสมในอัตราส่วน 1:1:4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.10 ตักส่วนผสมในแต่ละอัตราส่วนที่ผสมเข้ากันดีแล้ว มาเทใส่เครื่องอัดบล็อกประสาน (รูปที่ 4.14, 4.15) แล้วจึงทำการอัดเป็นบล็อกดินประสานออกมา (รูปที่ 4.16, 4.17)



รูปที่ 4.14 แสดงการเทส่วนผสมลงในแบบอัดบล็อกดินประสาน



รูปที่ 4.15 แสดงการเกลี่ยดินเพื่อจะทำการอัดบล็อกดินประสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงการอัดบล็อกดินประสาน



รูปที่ 4.17 แสดงบล็อกดินประสานหลังทำการอัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้






4.1.2 ขั้นตอนการตรวจสอบความแข็งแรงหลังอัดบล็อกดินประสาน

โดยปกติแล้วขั้นตอนการตรวจสอบความแข็งแรงคือการทดสอบกำลังอัดโดยการส่งวัสดุไปทดสอบตามหน่วยงานต่างๆ ซึ่งหากโรงงานนั้นอยู่ตามต่างจังหวัดหรือชนบทก็อาจจะทำให้เกิดความยุ่งยากในการส่งมาทดสอบ ดังนั้นทางทีมเทคโนโลยีบล็อกดินประสานจึงมีวิธีการตรวจสอบในเบื้องต้นที่สามารถตรวจสอบดูว่าบล็อกดินประสานที่อัดออกมามีลักษณะที่สมบูรณ์แข็งแรง โดยส่วนมากโรงงานต่างๆที่ผลิตบล็อกดินประสานออกมามักจะมีสูตรที่ได้รับการวิจัยมาแล้วว่าสามารถผลิตออกมาจำหน่ายได้โดยมีความแข็งแรงได้ตามมาตรฐาน ซึ่งวิธีการทดสอบเบื้องต้นนี้จึงเป็นวิธีที่ใช้ทดสอบถึงการผสมส่วนผสมต่างๆเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นวิธีที่ชาวบ้านสามารถทำได้ง่าย ไม่ซับซ้อน หากบล็อกดินประสานไม่ผ่านการทดสอบในเบื้องต้นจึงถือว่าบล็อกดินประสานใช้ไม่ได้ต้องนำมายุ่ยแล้วนำมาผสมใหม่หรือทิ้งไปเลย²³ และวิธีการทดสอบความแข็งแรงของบล็อกดินประสานนั้นมีดังนี้

4.1.2.1 ตรวจสอบความแข็งแรงหลังทำการอัดเสร็จทันที สังเกตว่ามีขอบบล็อกดินประสานเกิดการลู่หรือไม่ ถ้าลู่ถือว่าไม่ผ่านการตรวจสอบ อาจทำให้บล็อกดินประสานเกิดการแตกง่ายเมื่อนำไปใช้ ถ้าแต่บล็อกดินประสานที่อัดได้ไม่ลู่จึงถือว่าผ่าน และสามารถนำไปตรวจสอบในขั้นตอนต่อไปได้ ซึ่งจากการตรวจสอบความแข็งแรงหลังอัดบล็อกดินประสานเสร็จแล้วก็จะได้บล็อกดินประสานจากโรงงานและบล็อกดินประสานผสมเซรามิกในอัตราส่วน 4 ต่อ 1 และ 3 ต่อ 2 มาทดสอบในขั้นตอนต่อไปดังตารางที่ 4.1

²³ นันทวิทย์ แก้ว, (17 กรกฎาคม 2558) สัมภาษณ์โดย ฌรัฐพงศ์ ยศศัตถ์, ลำปาง.




ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะบล็อกดินประสานหลังอัดเสร็จทันที

อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ดินผสม : เซรามิก		บล็อกดินประสาน	
		ขอบไม่ลู่	ขอบลู่
Base 1 : 5 : 0		✓	
1 : 4 : 1		✓	
1 : 3 : 2		✓	
1 : 2 : 3			X
1 : 1 : 4			X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 ตรวจสอบความแข็งแรงหลังทำการอัดเสร็จ 1 คืน แล้วทำการรดน้ำใส่บล็อกดิน ประสานให้ชุ่ม แล้วจึงสังเกตว่าบล็อกประสานที่ผ่านการรุดน้ำนั้นมีการยุบของเนื้อดินหรือไม่ ถ้าหากมีการยุบของเนื้อดินแสดงว่าบล็อกดินประสานนั้นไม่มีความแข็งแรงพอที่จะนำไปใช้งาน แต่ถ้าหากเนื้อดินไม่เกิดการยุบก็จะสามารถนำไปทดลองต่อในขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งจากการตรวจสอบในขั้นตอนนี้พบว่ามีบล็อกดินประสานทั้งหมดนั้นผ่านการตรวจสอบ ดังตารางที่ 4.2




ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะบล็อกลูกดินประสานหลังอัดเสร็จ 1 คืน

อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ดินผสม : เซรามิก		บล็อกลูกดินประสาน	
		ไม่ยุบ	ยุบ
Base 1 : 5 : 0		✓	
1 : 4 : 1		✓	
1 : 3 : 2		✓	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.3 ตรวจสอบความแข็งแรงหลังทำการอัดเสร็จ 3 วัน โดยสังเกตว่าบล็อกลอกดิน
 ประสานที่ผ่านการบ่มเป็นเวลา 3 วันนั้น บนตัวบล็อกลอกประสานนั้นมีการแตกร้าวหรือไม่ ถ้ามีการ
 แตกร้าวถือว่าบล็อกลอกดินประสานนั้นไม่ผ่านการตรวจสอบและไม่สามารถนำมาใช้งานได้ แต่ถ้า
 บล็อกลอกดินประสานไม่เกิดการแตกร้าวก็ถือว่าสามารถนำไปบ่มอีก 1 เดือนแล้วจึงสามารถนำไปใช้
 งานได้ดังตารางที่ 4.3 และจากนั้นนำบล็อกลอกดินประสานที่ผ่านการทดสอบคือบล็อกลอกดินประสาน
 จากโรงงาน และบล็อกลอกดินประสานผสมเซรามิกในอัตราส่วน 4 ต่อ 1 และ 3 ต่อ 2 ไปบ่มหรือตากไว้
 กลางแดดอีก 1 เดือน แล้วจึงนำไปทดสอบด้านการนำความร้อน

ตารางที่ 4.3 แสดงลักษณะบล็อกลอกดินประสานหลังอัดเสร็จ 3 วัน

อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ดินผสม : เซรามิก		บล็อกลอกดินประสาน	
		ไม่แตกร้าว	แตกร้าว
Base 1 : 5 : 0		✓	
1 : 4 : 1		✓	
1 : 3 : 2		✓	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 เตรียมการทดลองประสิทธิภาพลดการนำความร้อน

4.2.1 ความน่าเชื่อถือของกล่องทดลอง

4.2.1.1 ทำการทดลองในสถานที่เดียวกัน โดยในการทดลองจะทำการตั้งกล่องทดลองทั้ง 3 กล่องบริเวณชั้นดาดฟ้าอาคารกลางน้ำที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่เปิดโล่ง ได้รับแสงแดดตลอดทั้งวัน สะดวกต่อการติดตั้งและง่ายต่อการดูแลรักษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อไม่ให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน สถานที่นี้จึงเหมาะกับการทดลอง

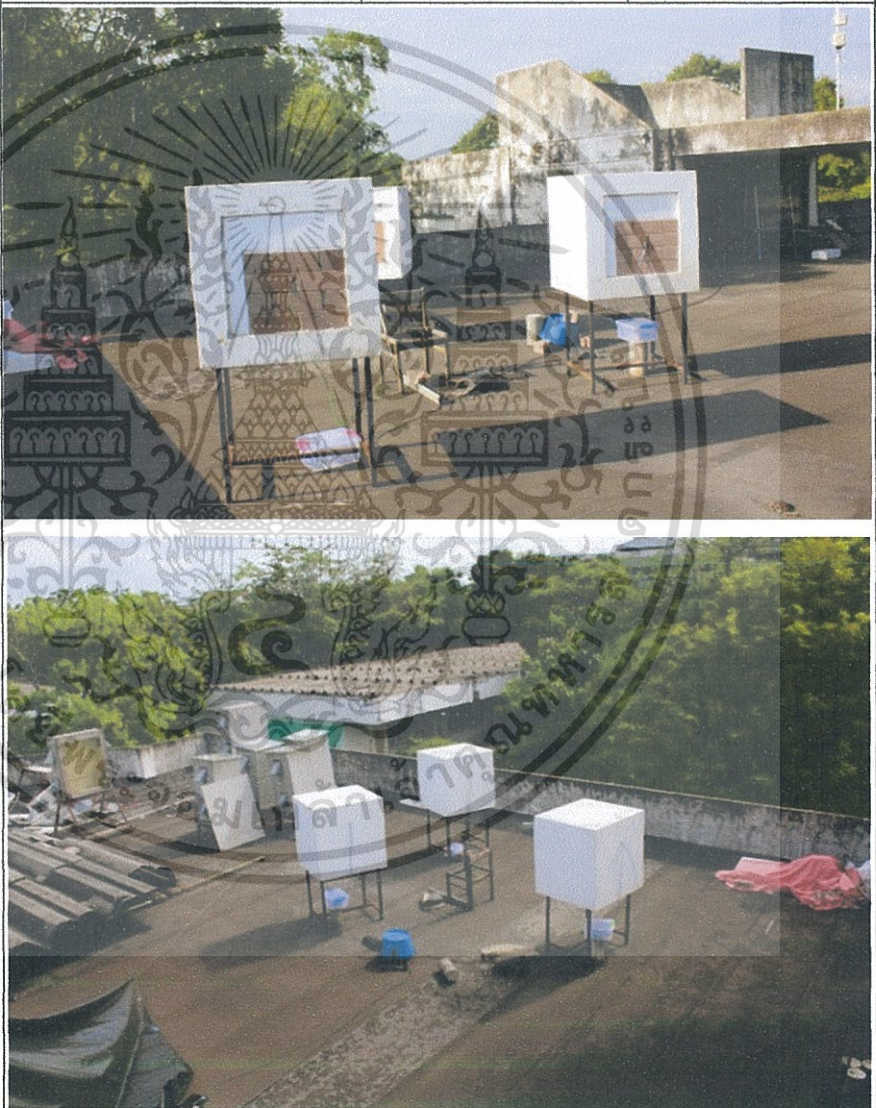
ตารางที่ 4.4 แสดงตารางบันทึกภาพการทดลอง ณ สถานที่เดียวกัน

ตัวชี้วัด	บล็อก 1 : 5 : 0	บล็อก 1 : 4 : 1	บล็อก 1 : 3 : 2
ใช้สถานที่ในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ พระจอมเกล้าลาดกระบัง			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 ในการทดลองนั้นจะทำการวางกล่องทดลองให้หันหน้าไปในทิศทางเดียวกันเพื่อเป็นการควบคุมให้กล่องทดลองทุกกล่องนั้นจะต้องได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่เท่ากัน ซึ่งในการทดลองนี้จะทำการวางกล่องทดลองทั้ง 3 กล่องให้หันไปในทางทิศใต้โดยวางให้ห่างกัน 2 เมตร เพื่อไม่ให้เงาของกล่องทดลองแต่ละกล่องนั้นพาดผ่านกัน

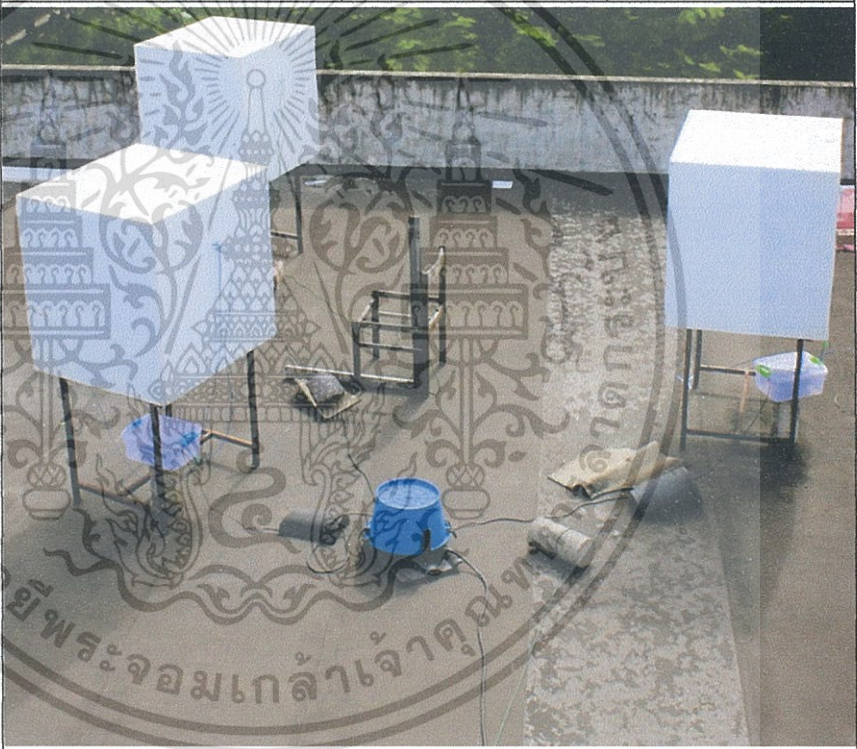
ตารางที่ 4.5 แสดงตารางบันทึกภาพการควบคุมเพื่อทดลองประสิทธิภาพการลดการนำความร้อน

ตัวชี้วัด	บล็อก 1 : 5 : 0	บล็อก 1 : 4 : 1	บล็อก 1 : 3 : 2
<p>หันหน้าไปทางทิศใต้</p>			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 ในการทดลองนี้จะทำการใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ OPUS 200 ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่วัดโดยใช้สาย Sensor ไปวัดตามจุดต่างๆตามต้องการ โดยเครื่องมือวัดอุณหภูมิ OPUS 200 1 ชุดจะใช้ adater 1 ตัว เนื่องจากในการทดลองนี้จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิจำนวน 3 ชุด จึงต้องทำการเสียบปลั๊กไว้ตลอดเวลาของการทดลอง ซึ่งจะต้องทำการป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านี้หากเกิดฝนอันทำให้อุปกรณ์เสียหาย ด้วยกล่องพลาสติกและกระเบื้อง ซึ่งเมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้นแล้วจึงจะใช้โปรแกรม Smart Control เป็นเครื่องมืออ่านค่าอุณหภูมิที่วัดได้ออกมา

ตารางที่ 4.6 แสดงตารางบันทึกภาพการใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ Opus 200

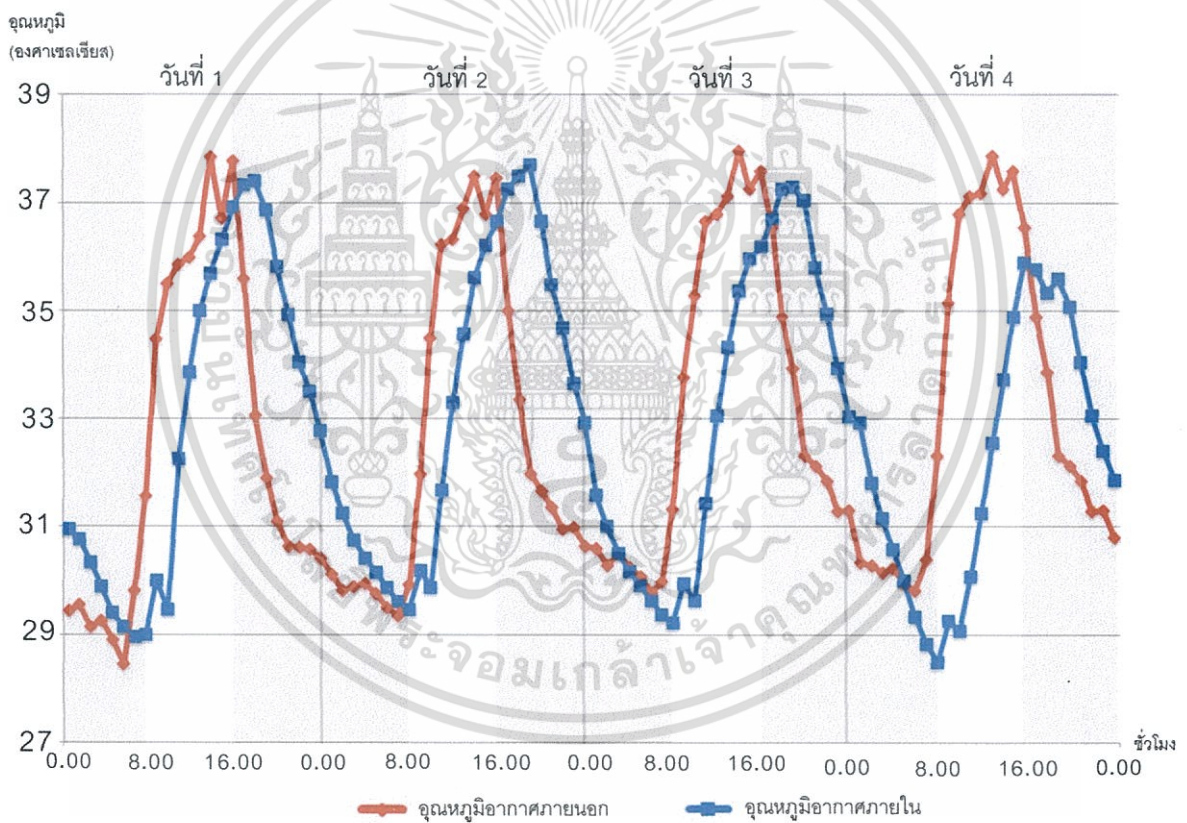
ตัวชี้วัด	บล็อก 1 : 5 : 0	บล็อก 1 : 4 : 1	บล็อก 1 : 3 : 2
วัดอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลความน่าเชื่อถือของกล่องทดลอง

4.3.1 ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของกล่องทดลองทั้ง 4 วันของบลิ๊อคดิน ประสานจากโรงงาน

จากกราฟพบว่าในวันที่ 1 , 2 , 3 และ 4 นั้นมีลักษณะอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดและต่ำสุดที่ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิอากาศภายในพบว่า ในวันที่ 1, 3 และ 4 นั้นมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเล็กน้อย ส่วนในวันที่ 2 นั้นจะมีอุณหภูมิอากาศภายในที่สูงกว่าอากาศภายนอกเล็กน้อย โดยวันที่ 4 นั้นจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดที่ลดลงซึ่งแตกต่างจาก 3 วันแรกอย่างเห็นได้ชัด(รูปที่ 4.20)

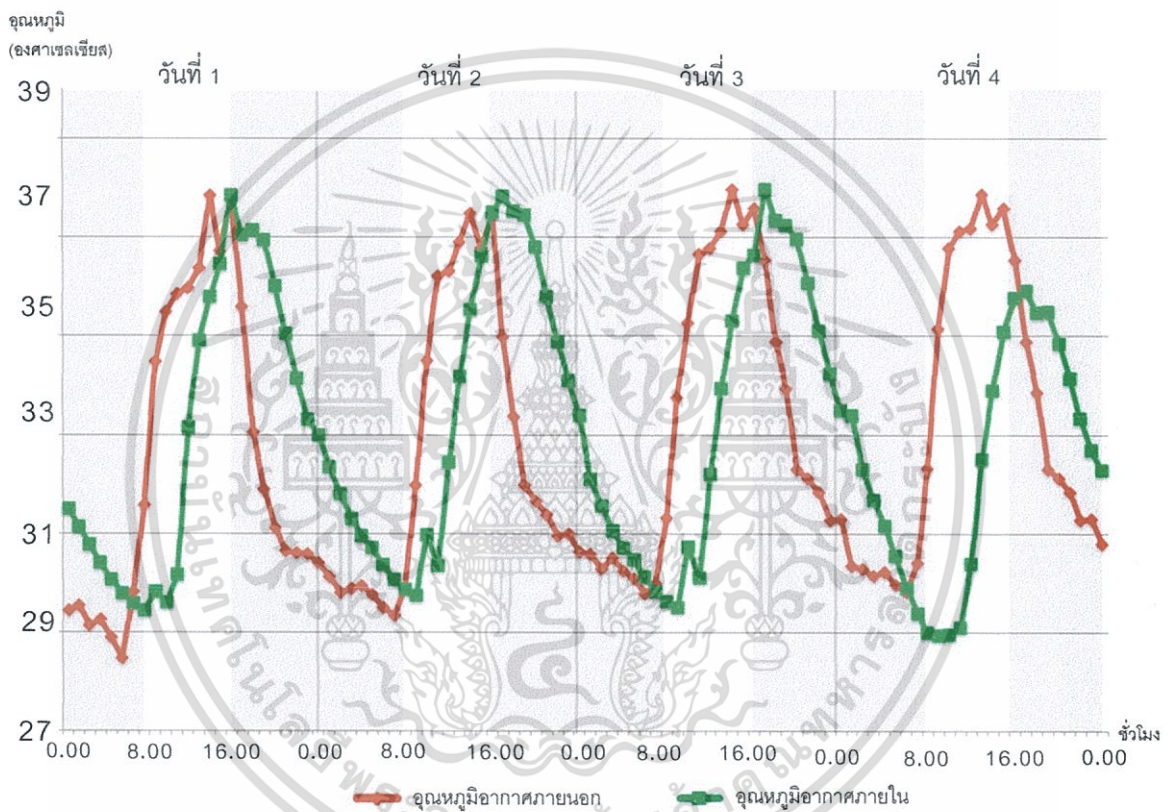


รูปที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในทั้ง 4 วันของบลิ๊อคดิน
ประสานจากโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของกล่องทั้ง 4 วันของบล็อกดินประสานผสมเซรามิก 1:4:1

จากกราฟพบว่าในวันที่ 1 , 2 , 3 และ 4 นั้นมีลักษณะอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดและต่ำสุดที่ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิอากาศภายในพบว่า ในวันที่ 1, 2 และ 3 นั้นมีอุณหภูมิอากาศภายในที่ใกล้เคียงเช่นกัน ส่วนในวันที่ 4 นั้นจะมีอุณหภูมิอากาศภายในที่ต่ำกว่าจาก 3 วันแรกอย่างเห็นได้ชัดเหมือนบล็อกดินประสานจากโรงงาน (รูปที่ 4.19)

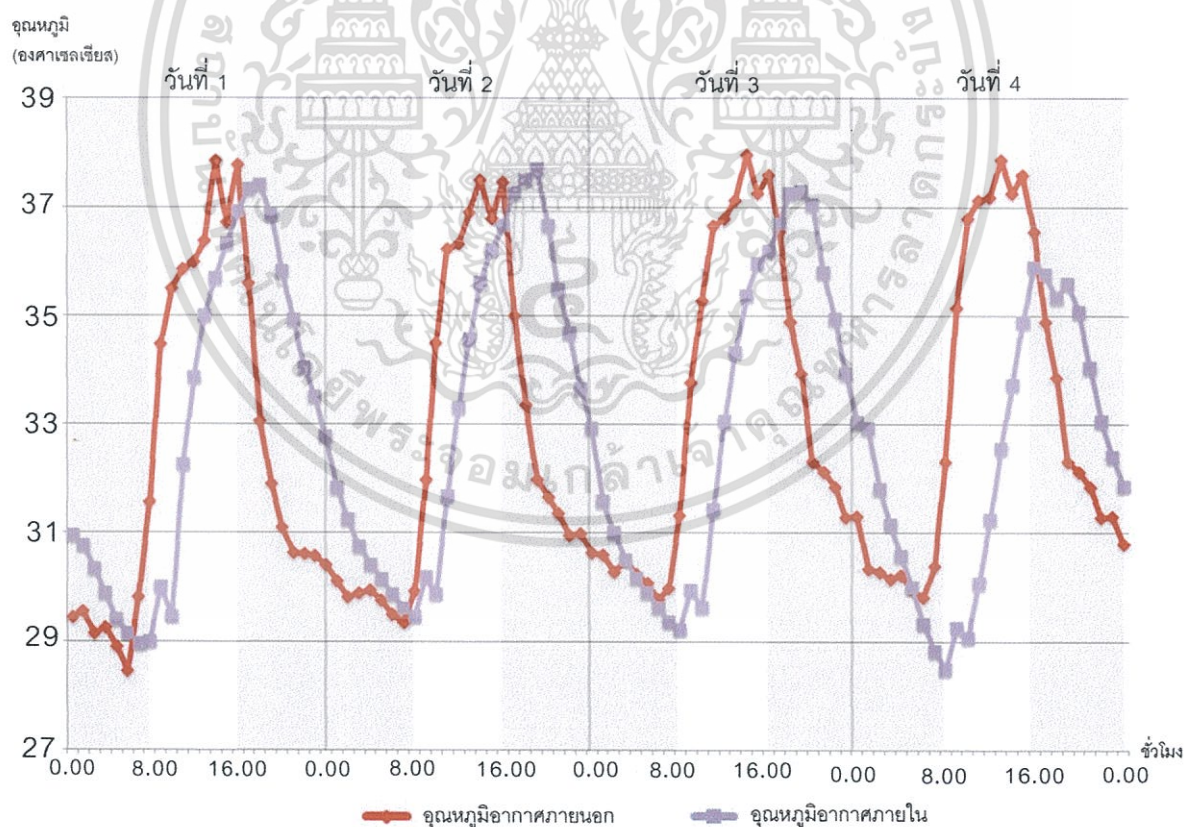


รูปที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในทั้ง 4 วันของบล็อกดินประสานผสมเซรามิก 1:4:1

4.3.3 ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของกล่องทั้ง 4 วันของบล็อกรดดินประสานผสมเซรามิก 1:3:2

จากกราฟพบว่าในวันที่ 1, 2, 3 และ 4 นั้นมีลักษณะอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดและต่ำสุดที่ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิอากาศภายในพบว่า ในวันที่ 1, 3 และ 4 นั้นมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดที่ต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก ซึ่งในวันที่ 2 นั้นจะมีอุณหภูมิอากาศภายในที่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเล็กน้อย และในวันที่ 4 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิอากาศภายในจะมีการลดต่ำมากกว่าวันอื่นๆอย่างเห็นได้ชัด(รูปที่ 4.20)

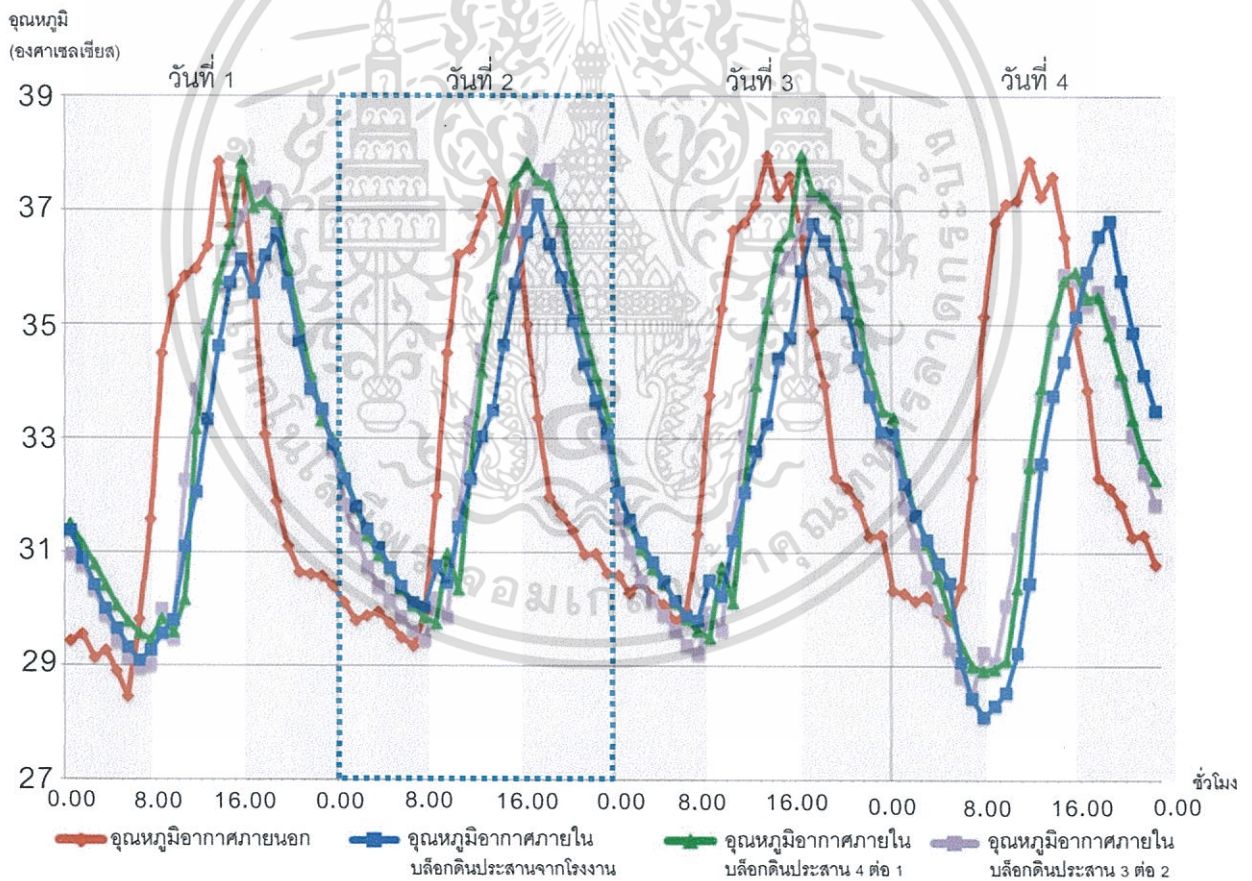
ดังนั้นจึงสามารถสรุปถึงความน่าเชื่อถือของเครื่องมือได้จากการทดลองทั้ง 4 วัน เมื่อทำการทดลอง กล่องทดลองทั้ง 3 กล่องนั้นมีอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายในที่มีความใกล้เคียงกันทั้ง 4 วัน โดยพบว่าในวันที่ 4 นั้นกล่องทดลองทั้ง 3 กล่องมีมีอุณหภูมิอากาศภายในที่แตกต่างจาก 3 วันแรกเหมือนกันเช่นกัน จึงถือว่ากล่องทดลองทั้ง 3 กล่องนั้นมีความเชื่อถือได้เพราะมีผลการทดลองจากกราฟที่ใกล้เคียงกัน



4.4 การเปรียบเทียบวิเคราะห์ประสิทธิภาพลดการนำความร้อน

การเลือกวันเพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพลดการนำความร้อน จากกราฟทั้ง 4 วัน ของบล็อกดินประสานทั้ง 3 ตัวอย่างจึงทำการเลือกกราฟข้อมูลในวันที่ 2 มาวิเคราะห์เนื่องจาก วันที่ 1 เป็นวันแรกที่เริ่มการทดลอง จึงนับเป็นวันที่จะทดสอบการทำงานของเครื่องมือต่างๆว่า สมบูรณ์หรือไม่ ส่วนวันที่ 3 นับว่าเป็นวันที่ต่อเนื่องไปวันที่ 4 ที่เกิดความผิดปกติของกราฟ โดยพื้นที่สีขาวคือช่วงเวลาทำงานและพื้นที่สีเทาคือช่วงเวลาก่อนทำงานและหลังเลิกงาน (รูปที่ 4.21)

ดังนั้นจึงทำการเลือกข้อมูลของวันที่ 2 ซึ่งเป็นวันระหว่างกลางที่ข้อมูลมีความใกล้เคียงกัน เพื่อนำมาวิเคราะห์การนำความร้อนต่อไป โดยสามารถเปรียบเทียบและวิเคราะห์ในแต่ละตัวอย่าง ของบล็อกดินประสานได้ดังนี้

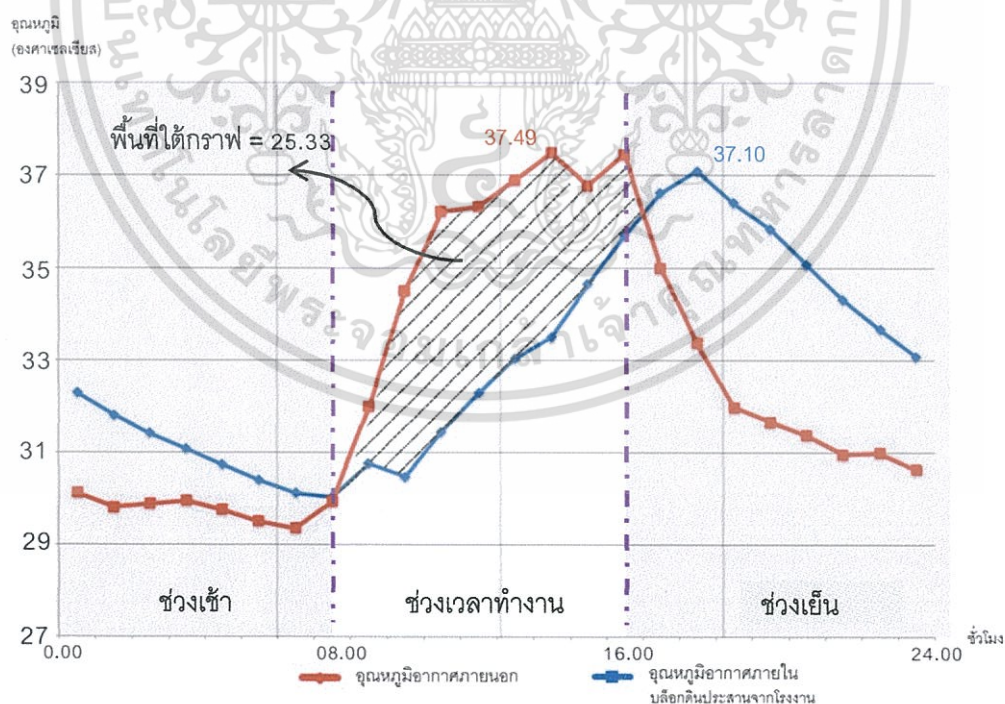


รูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในทั้ง 4 วันของบล็อกดินประสานทั้ง 3 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกรังดิน ประสานจากโรงงาน

จากกราฟพบว่าตั้งแต่เวลา 0.00 น. ถึง 08.00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเนื่องจากการที่บล็อกรังดินประสานนั้นมีการคายความร้อนอย่างช้าๆในช่วงเวลากลางคืนทำให้อุณหภูมิอากาศภายในจึงค่อยๆลดลงจนมาถึงเวลา 08.00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว บล็อกรังดินประสานจะค่อยๆเริ่มกักเก็บความร้อน ทำให้อุณหภูมิที่ผิวภายนอกของบล็อกรังดินประสานสูงขึ้นอย่างรวดเร็วแต่อุณหภูมิที่ผิวภายในจะค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นอย่างช้าๆ อุณหภูมิอากาศภายในก็จะค่อยๆสูงขึ้นอย่างช้าๆเช่นกัน จนถึงเวลา 16.00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วแต่อุณหภูมิอากาศภายในจะยังคงเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากบล็อกรังดินประสานจะยังคงกักเก็บความร้อนต่อไปจนถึงเวลา 18.00 น. บล็อกรังดินประสานมีกักเก็บความร้อนถึงจุดอิ่มตัวแล้วจึงค่อยๆคายความร้อนออกมาอย่างช้าๆ อุณหภูมิอากาศที่ผิวภายนอกของบล็อกรังดินประสานจะลดลงอย่างรวดเร็วแต่อุณหภูมิอากาศที่ผิวภายในจะค่อยๆลดลงอย่างช้าๆ อุณหภูมิอากาศภายในจึงค่อยๆเริ่มลดลงอย่างช้าๆเช่นกันไปจนถึงเวลา 24.00 น. สามารถคิดค่าประหยัลดพลังงานจากปริมาณพื้นที่ใต้กราฟช่วงเวลาบล็อกรังดินประสานป้องกันความร้อนนั้นเท่ากับ 25.33 หน่วย (รูปที่ 4.22)

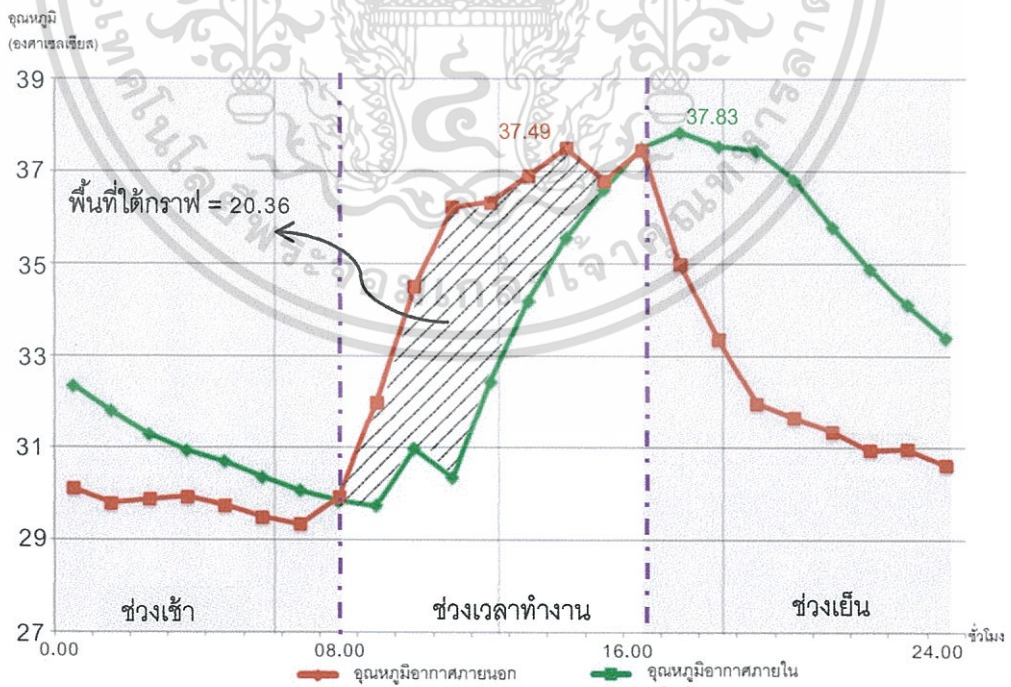


รูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกรังดินประสานจากโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกรังดิน ประสานผสมเซรามิก 1:4:1

จากกราฟพบว่าตั้งแต่เวลา 00.00 น. ถึง 08.00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเนื่องจากการที่บล็อกรังดินประสานนั้นมีการคายความร้อนอย่างช้าๆในช่วงเวลากลางคืนทำให้อุณหภูมิอากาศภายในจึงค่อยๆลดลงจนมาถึงเวลา 08.00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว บล็อกรังดินประสานจะค่อยๆเริ่มกักเก็บความร้อน ทำให้อุณหภูมิที่ผิวภายนอกของบล็อกรังดินประสานสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่ผิวภายในจะค่อยๆเพิ่มสูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในก็จะค่อยๆสูงขึ้น จนถึง 11.00 น. อุณหภูมิอากาศภายในก็จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จนถึงเวลา 16.00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วแต่อุณหภูมิอากาศภายในจะยังคงเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากบล็อกรังดินประสานจะยังคงกักเก็บความร้อนต่อไปจนถึงเวลา 17.00 น. บล็อกรังดินประสานมีกักเก็บความร้อนถึงจุดอิ่มตัวแล้วจึงค่อยๆคายความร้อนออกมาอย่างช้าๆ อุณหภูมิอากาศที่ผิวภายนอกของบล็อกรังดินประสานจะลดลงอย่างรวดเร็วแต่อุณหภูมิอากาศที่ผิวภายในจะค่อยๆลดลงอย่างช้าๆ อุณหภูมิอากาศภายในจึงค่อยๆเริ่มลดลงอย่างช้าๆเช่นกันไปจนถึงเวลา 24.00 น สามารถคิดค่าประหยัพลังงานจากปริมาณพื้นที่ใต้กราฟช่วงเวลาที่บล็อกรังดินประสานป้องกันความร้อนนั้นเท่ากับ 20.36 หน่วย (รูปที่ 4.23)



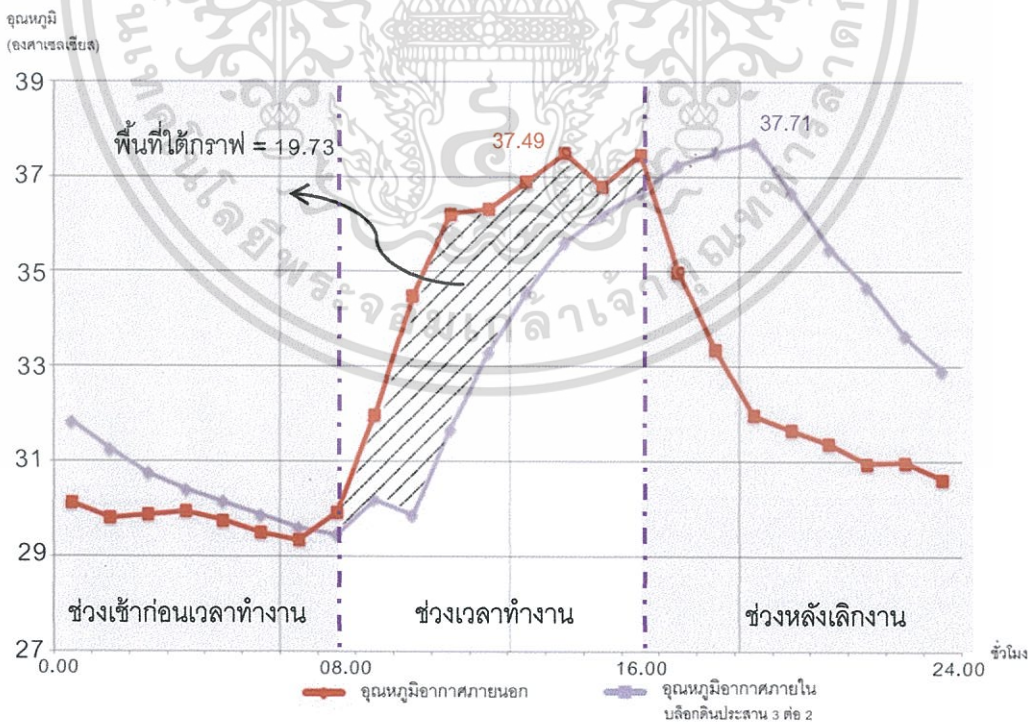
รูปที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกรังดินประสาน

ผสมเซรามิก 1:4:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกดินประสานผสมเซรามิก 3 ต่อ 2

จากกราฟพบว่าตั้งแต่เวลา 0.00 น. ถึง 08.00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเนื่องจากการที่บล็อกดินประสานนั้นมีการคายความร้อนอย่างช้าๆในช่วงเวลากลางคืนทำให้อุณหภูมิอากาศภายในจึงค่อยๆลดลงจนมาถึงเวลา 08.00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว บล็อกดินประสานจะค่อยๆเริ่มกักเก็บความร้อน ทำให้อุณหภูมิที่ผิวภายนอกของบล็อกดินประสานสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่ผิวภายในจะค่อยๆเพิ่มสูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในก็จะค่อยๆสูงขึ้น จนถึง 10.00 น. อุณหภูมิอากาศภายในก็จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จนถึงเวลา 16.00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วแต่อุณหภูมิอากาศภายในจะยังคงเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากบล็อกดินประสานจะยังคงกักเก็บความร้อนต่อไปจนถึงเวลา 19.00 น. บล็อกดินประสานมีกักเก็บความร้อนถึงจุดอิ่มตัวแล้วจึงค่อยๆคายความร้อนออกมาอย่างช้าๆ อุณหภูมิอากาศที่ผิวภายนอกของบล็อกดินประสานจะลดลงอย่างรวดเร็วแต่อุณหภูมิอากาศที่ผิวภายในจะค่อยๆลดลงอย่างช้าๆ อุณหภูมิอากาศภายในจึงค่อยๆเริ่มลดลงอย่างช้าๆเช่นกันไปจนถึงเวลา 24.00 น สามารถคิดค่าประหยัลดพลังงานจากปริมาณพื้นที่ใต้กราฟช่วงเวลาที่บล็อกดินประสานป้องกันความร้อนนั้นเท่ากับ 19.73 หน่วย(รูปที่ 4.24)



รูปที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกดินประสานผสมเซรามิก 1:3:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

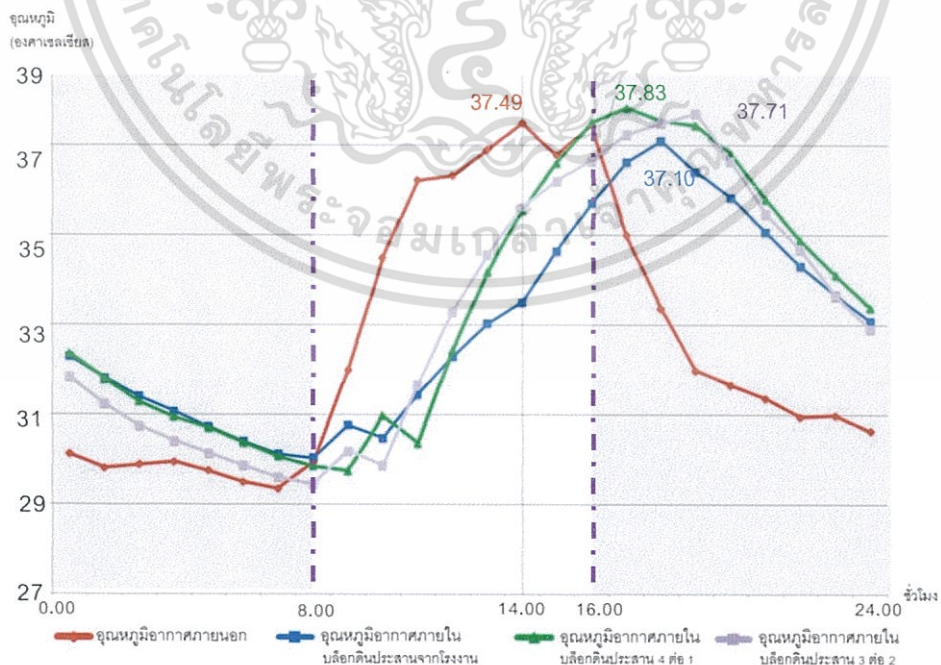
4.4.4 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายในของบล็อกดินประสานทั้ง 3 ตัวอย่าง

จากกราฟการเปรียบเทียบของบล็อกดินประสานทั้ง 3 แบบนั้นพบว่า(รูปที่ 4.27)

1. ในช่วงเวลา 0.00 น. ถึง 08.00 น. จะมีอุณหภูมิอากาศภายในที่ใกล้เคียงกันโดยมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก และจะเห็นได้ว่าบล็อกดินประสานผสมเซรามิก 1:3:2 มีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าบล็อกดินประสานใน 2 ตัวอย่างที่เหลือ

2. ในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 16.00 น. บล็อกดินประสานทั้ง 3 แบบมีอุณหภูมิอากาศภายในค่อยๆเพิ่มสูงขึ้น และสังเกตได้ว่าบล็อกดินประสานจากโรงงานนั้นมีอุณหภูมิอากาศภายในนั้นต่ำกว่า 2 รูปแบบที่เหลือ และหลังจาก 14.00 น. ซึ่งเป็นระยะเวลาที่มีอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดจะลดลง แนวโน้มของบล็อกดินประสานทั้ง 3 ก็ยังมีอุณหภูมิอากาศภายในที่สูงขึ้นต่อไปเรื่อยๆ

3. ในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 24.00 น. บล็อกดินประสานทั้ง 3 แบบอุณหภูมิอากาศภายในจะค่อยๆลงต่ำลงอย่างช้าๆจึงทำให้ตอนกลางวันจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิภายนอก และเห็นได้ว่าบล็อกดินประสานจากโรงงานนั้นจะมีอุณหภูมิอากาศภายในที่ต่ำกว่าบล็อกดินประสานผสมเซรามิกที่เหลือทั้ง 2 แบบ



รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของบล็อกดินประสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ต้นทุนการผลิตบล็อกดินประสานผสมเซรามิกเหลือทิ้ง

4.5.1 การคำนวณต้นทุนการผลิตบล็อกดินประสาน มีองค์ประกอบเกี่ยวข้องดังนี้

4.5.1.1 ต้นทุนคงที่

ตารางที่ 4.7 แสดงตารางรายการต้นทุนคงที่

รายการ	จำนวน	มูลค่า(บาท)
1. เครื่องอัดมือโยก	1 ชุด	30,000
2. เครื่องผสมดิน	1 ชุด	20,000
3. เครื่องมืออุปกรณ์ จอบ เสียม พลั่วและถังตักดิน	1 ชุด	400
4. รถเข็นขนดิน	1 คัน	550
5. แผ่นตะแกรกร้อน ดินขนาด 4 มม.	1 อัน	200
6. แผ่นกระเบื้องอย่างบาง	-	300
รวม		51,450

ที่มา : ได้มาจากการประมาณราคา ปี2558

ราคาต้นทุนคงที่ต่อการผลิตบล็อกดินประสานต่อก้อนจะได้

$$= 51,450 \text{ บาท} / 12 \text{ เดือน} \times 30 \text{ วัน} \times 100 \text{ ก้อน}$$

$$= 1.43 \text{ บาท}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1.2 ต้นทุนแปรผันของโรงงานผลิตดินประดานทุ่งฝาย

ตารางที่ 4.8 แสดงตารางรายการต้นทุนแปรผันของโรงงานผลิตดินประดานทุ่งฝาย

รายการ	จำนวน	มูลค่า(บาท/ปี)
1. ดินลูกรัง	0.875 ตัน/เดือน	1,800
2. ดินขาวหรือปูนขาว	1.75 ตัน/เดือน	2,700
3. ปูนซีเมนต์	25 ลูก	40,500
4. ค่าแรงงาน	1 คน	90,000
รวม		135,000

ที่มา : ได้มาจากการโรงงานผลิตดินประดานทุ่งฝาย ปี2558

ราคาต้นทุนแปรผันต่อการผลิตดินประดานต่อก้อนจะได้

$$= 135,000 \text{ บาท} / 12 \text{ เดือน} \times 30 \text{ วัน} \times 100 \text{ ก้อน}$$

$$= 3.75 \text{ บาท}$$

ดังนั้นต้นทุนการผลิตดินประดานของโรงงานผลิตดินประดานทุ่งฝาย

$$\text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนแปรผัน} = 1.43 + 3.75$$

$$= 5.18 \text{ บาท}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1.3 ต้นทุนแปรผันของการผลิตบล็อกดินประสานผสมเซรามิกในอัตราส่วน 1:4:1

ตารางที่ 4.9 แสดงตารางรายการต้นทุนแปรผันของการผลิตบล็อกดินประสานผสมเซรามิก 1:4:1

รายการ	จำนวน	มูลค่า(บาท/ปี)
1. ดินลูกรัง	0.44 ตัน/เดือน	900
2. ดินขาวหรือปูนขาว	0.875 ตัน/เดือน	1,350
3. ปูนซีเมนต์	25 ลูก/เดือน	40,500
4. เศษเซรามิก	0.1 ตัน/เดือน	0
5. ค่าแรงคนงาน	1 คน	90,000
รวม		132,750

ที่มา : ได้มาจากการโรงงานบล็อกดินประสานทุ่งฝ่าย ปี2558

ราคาต้นทุนแปรผันต่อการผลิตบล็อกดินประสานต่อก้อนจะได้

$$= 132,750 \text{ บาท} / 12 \text{ เดือน} \times 30 \text{ วัน} \times 100 \text{ ก้อน}$$

$$= 3.70 \text{ บาท}$$

ต้นทุนการผลิตบล็อกดินประสานของโรงงานบล็อกดินประสานทุ่งฝ่าย

$$\text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนแปรผัน} = 1.43 + 3.70 = 5.13 \text{ บาท}$$

ดังนั้นสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายต่อปีได้ 1,800 บาท/คน

4.5.1.4 ต้นทุนแปรผันของการผลิตบล็อกดินประสานผสมเซรามิกในอัตราส่วน 1:3:2

ตารางที่ 4.10 แสดงตารางรายการต้นทุนแปรผันของการผลิตบล็อกดินประสานผสมเซรามิก1:3:2

รายการ	จำนวน	มูลค่า(บาท/ปี)
1. ดินลูกรัง	0.22 ตัน/เดือน	900
2. ดินขาวหรือปูนขาว	0.875 ตัน/เดือน	675
3. ปูนซีเมนต์	25 ลูก/เดือน	40,500
4. เศษเซรามิก	0.15 ตัน/เดือน	0
5. ค่าแรงงาน	1 คน	90,000
รวม		132,075

ที่มา : ได้มาจากการโรงงานบล็อกดินประสานทุ่งฝ่าย ปี2558

ราคาต้นทุนแปรผันต่อการผลิตบล็อกดินประสานต่อก้อนจะได้

$$= 132,075 \text{ บาท} / 12 \text{ เดือน} \times 30 \text{ วัน} \times 100 \text{ ก้อน}$$

$$= 3.67 \text{ บาท}$$

ต้นทุนการผลิตบล็อกดินประสานของโรงงานบล็อกดินประสานทุ่งฝ่าย

$$\text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนแปรผัน} = 1.43 + 3.67 = 5.1 \text{ บาท}$$

ดังนั้นสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายต่อปีได้ 2,880 บาท/คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลองประสิทธิภาพลดการนำความร้อน

จากการศึกษาวิจัยประสิทธิภาพการนำความร้อนของบล็อกดินประสานจากโรงงานและจากกรอบแนวคิดที่ 2 ที่นำเซรามิกเหลือทิ้งมาบดผสมเป็นบล็อกดินประสาน สามารถทำออกมาได้ทั้งหมด 5 อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ดินผสม : เซรามิก ได้แก่ 1:5:0 (บล็อกจากโรงงาน) , 1:4:1, 1:3:2 , 1:2:3 และ 1:1:4

การทดสอบด้านความแข็งแรงพบว่าบล็อกดินประสานจากโรงงานและบล็อกดินประสานผสมเซรามิกในอัตราส่วน 1:5:0 1:4:1, และ 1:3:2 นั้นมีความแข็งแรงต่อการนำไปทดสอบในด้านการเป็นฉนวนความร้อน

จากการทดสอบประสิทธิภาพลดการนำความร้อนพบว่าในเวลา 08.00 น ถึง 16.00 น คือช่วงเวลาที่บล็อกดินประสานในอัตราส่วน 1:5:0 1:4:1 และ 1:3:2 (ปูนซีเมนต์:ดินผสม:เซรามิก) ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดยมีปริมาณพื้นที่ได้กราฟเท่ากับ 25.33 , 20.36 และ 19.73 ตามลำดับ โดยบล็อกดินประสานผสมเซรามิก 1:4:1 และ 1:3:2 นั้นมีพื้นที่ได้กราฟที่น้อยกว่าบล็อกดินประสาน 1:5:0 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิภายนอกที่น้อยกว่า ดังนั้นบล็อกดินประสานผสมเซรามิก 1:4:1 และ 1:3:2 จึงมีประสิทธิภาพลดการนำความร้อนที่น้อยกว่า

5.2 ต้นทุนในการผลิตบล็อกดินประสานผสมเซรามิก

ในด้านต้นทุนจากการนำเอาเศษเซรามิกเหลือทิ้งกลับมาใช้เป็นส่วนผสมนั้นหากนำมาเปรียบเทียบกับโรงงานบล็อกดินประสานทุ่งฝายแล้วนั้น จะสามารถลดต้นทุนการผลิตบล็อกดินประสานได้ก้อนละ 10 สตางค์ ลดการใช้ปริมาณดินแดงและปูนขาวได้เดือนละ 240 บาท/คน และยังสามารถช่วยลดปริมาณเศษเซรามิกเหลือทิ้งที่มีมากอันทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านฝุ่นและเสียง ที่ยากแก่การย่อยสลาย ได้เดือนละ 0.15 ตัน/คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ขนาดของเซรามิกที่นำมาผสม

การนำเซรามิกมาบดผสมในขนาด 4 มิลลิเมตรตามมาตรฐานของทีมเทคโนโลยีบล็อกประสาน นั้นพบว่ามีส่วนทำให้คุณสมบัติของความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนนั้นหายไปซึ่งเกิดจากพื้นที่หน้าตัดที่เล็กลง ซึ่งหากมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการวิธีการนำเอาเซรามิกมาผสมนั้น ควรจะทำการลองเพิ่มขนาดของเซรามิกให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อรักษาคุณสมบัติของความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของเซรามิกไว้ต่อไป

2. สถานที่ทดลอง

ในการทดลองนี้เลือกใช้สถานที่ทดลองที่จังหวัดกรุงเทพฯ ในพื้นที่ของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังซึ่งผลการทดลองที่ได้จึงเกิดจากลักษณะอากาศในพื้นที่ ซึ่งหากมีการศึกษาต่อในเรื่องนี้ ควรจะทำการทดลองในพื้นที่จังหวัดลำปาง ที่ใกล้เคียงกับวัตถุประสงค์ที่นำมาผลิตเป็นบล็อกดินประสาน เนื่องจากจะทราบถึงค่าอุณหภูมิอากาศในสถานที่ที่นำบล็อกดินประสานไปใช้งานจริง

บรรณานุกรม

กมลชนก สรงพรหมทิพย์, “การใช้โปรแกรม OTTV Version 1.0a ช่วยอนุรักษ์พลังงานใน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเขตพื้นที่เชียงใหม่”, ปรินฎยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2550.

กั้ววาน, 5 พฤศจิกายน 2557, เจ้าของโรงงานกั้ววานเซรามิค, สัมภาษณ์โดย ญัฐพงศ์ ยศดี้อ, ลำปาง.

ญัฐพล แซ่ห่าน, “การศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการควบคุมความร้อนด้วยอากาศ”, วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2553.

ญัฐกานต์ เกษประทุม, “พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลสารมาก”, วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ดร.คชินท์ สายอินทวงศ์. 2558. “เซรามิก Ceramic.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.thaiceramicsociety.com/ab_cer.php (1 ตุลาคม 2558).

เทา ลำพูน, 5 พฤศจิกายน 2557, เจ้าของโรงงานสมพรเซรามิค, สัมภาษณ์โดย ญัฐพงศ์ ยศดี้อ, ลำปาง.

นครปฐมบล็อกประสาน, “การก่อสร้างด้วยบล็อกประสาน”, [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.blockpasan.com/readarticle.php?article_id=5, (20 ตุลาคม 2558).

นงศ์ลักษณะณ์, 5 พฤศจิกายน 2557, เจ้าของโรงงานนงศ์ลักษณะณ์เซรามิค, สัมภาษณ์โดย ญัฐพงศ์ ยศดี้อ, ลำปาง.

พนาสิน ธนบดีสกุล, 3 พฤศจิกายน 2557, กรรมการผู้จัดการบริษัท ธนบดีอาร์ตเซรามิคจำกัด, สัมภาษณ์โดย ญัฐพงศ์ ยศดี้อ, ลำปาง.

มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, “สมบัติทางความร้อนของเซรามิก.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.elecnet.chandra.ac.th/courses/-ELEC2101/termwork-/ceramics/ceramic10-7.html> (1 ตุลาคม 2558)

บรรณานุกรม(ต่อ)

- บริษัท ช.ปริญญญา รับสร้างบ้าน นูรีรัมย์, "วิธีก่ออิฐบล็อกประสาน", [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.youtube.com/watch?v=hWOLU7EYIP0>, (20 พฤศจิกายน 2558).
- วชิระ แสงรัศมี, การพัฒนาบล็อกประสานน้ำหนักเบาจากเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2555
- วุฒินัย กกกำแหง และพิชิต เจนบรรจง, "การผลิตบล็อกดินประสานให้ได้คุณภาพ", [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.tistr.or.th/tistrblog/?p=1042, (30 ตุลาคม 2558).
- ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก, "สถานการณ์อุตสาหกรรมเซรามิกของประเทศไทย", 2554,
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, "เทคโนโลยีบล็อกประสานเพื่อการสร้างอาคารราคาประหยัด", วารสารการวิจัยและพัฒนา, 2553.
- สำเร็จ สารมาคม, "อิฐบล็อกประสานจากเถ้าลอย". วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรม-โยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2556.
- สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงลอนดอน, "ข้อมูลด้านการตลาดผลิตภัณฑ์เซรามิกในสหราชอาณาจักร", 2558
- สำนักงานนโยบายอุตสาหกรรมรายสาขา 2 สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2558.
- อมเรศ บกสุวรรณ และคนอื่นๆ. "อิฐบล็อกประสานจากเศษหินภูเขาไฟ". มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล-ธัญบุรี, 2557.
- เอกสารเผยแพร่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, "การใช้ฉนวน", 2543.
- เทคโนโลยีบล็อกประสาน วว.. 2558 "บล็อกประสาน" [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.tistr.or.th/tistrblog/?tag=บล็อกประสาน>(1 ตุลาคม 2558).
- Lawrence berkeley national laboratory, "THERM 5.2 /WINDOW 5.2 NFRC Simulation Manual", (2006)
- Santamouris and Asimakopoulos, 1996
- Steven V.Szokolay, "Introduction to Architectural the Basic of Sustainable Design,Elsevier ", (2004)
- W.D. Kingery , H.K. Bowen , D.R. Uhlmann. "Introduction to ceramic." (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก
แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน , ความหนาแน่นและค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(k) ความหนาแน่น(ρ)และค่าความร้อนจำเพาะ(C_p)

ลำดับ	วัสดุ	K (W/m.°C)	P (kg/m ³)	C _p (kJ/kg.°C)
1	วัสดุผนังหลังคา/ดาดฟ้า			
	(ก) กระเบื้องหลังคาคอนกรีต	0.993	2400	0.79
	(ข) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนเล็ก	0.384	1700	1.00
	(ค) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนใหญ่	0.441	2000	1.00
	(ง) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	0.395	2000	1.00
	(จ) วัสดุหลังคาแอสฟัลต์	0.421	1500	1.51
	(ฉ) กระเบื้องปูดาดฟ้ามวลเบา	0.341	930	0.88
	(ช) กระเบื้องใยแก้วโปร่งแสงเรียบ	0.213	1340	0.88
	(ซ) กระเบื้องใยแก้วโปร่งแสงลอนใหญ่	0.181	1700	0.88
	(ฌ) กระเบื้องลูกฟูกโปร่งแสง	0.160	1340	0.88
	(ญ) กระเบื้องใยแก้วลอนคู่สีขาวขุ่น	0.208	1500	0.88
2	วัสดุปูพื้น/ผนัง			
	(ก) โฉนดเสียม (พรมน้ำมัน)	0.227	1200	1.26
	(ข) กระเบื้องยาง	0.573	1900	1.26
	(ค) กระเบื้องเซรามิก	0.338	2100	0.80
	(ง) หินอ่อน	1.250	2700	0.80
	(จ) หินแกรนิต	1.276	2600	0.79
	(ฉ) หินกาบ	0.290	2640	0.96
	(ช) หินทราย	0.721	2440	0.96
	(ซ) ไม้ปาร์เก้	0.167	600	0.96
3	ผนังอิฐ/คอนกรีต			
	(ก) อิฐมวลฉนวนไม่ฉาบ	0.473	1600	0.79
	(ข) อิฐมวลฉนวนปูนสองหน้า	1.102	1700	0.79
	(ค) อิฐฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นไมเสด หรือกระเบื้อง หน้าเดียว	0.807	1760	0.84

ที่มา : กระทรวงพลังงาน, เรืองหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ
การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆของอาคาร พศ.

2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(k) ความหนาแน่น(ρ)และค่าความร้อนจำเพาะ(c_p)

(ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	K (W/m.°C)	P (kg/m ³)	C _p (kJ/kg.°C)
	(ง) คอนกรีตบดล็อกกลวง 80 มม. ไม่นาบ	0.546	2200	0.92
	(จ) คอนกรีตสแลบ	1.442	2400	0.92
	(ฉ) ปูนฉาบ(ซีเมนต์ผสมทราย)	0.72	1860	0.84
4	คอนกรีตมวลเบา			
	(ก) 620 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.180	620	0.84
	(ข) 700 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.210	700	0.84
	(ค) 960 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.303	960	0.84
	(ง) 1120 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.346	1120	0.84
	(จ) 1280 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.476	1280	0.84
	(ฉ) ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบา	0.326	1200	0.84
5	วัสดุทำฝ้าเพดาน/ผนัง			
	(ก) แผ่นยิปซัม	0.282	800	1.09
	(ข) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ	0.397	1700	1.00
	(ค) ไม้อัด	0.213	900	1.21
	(ง) แผ่นไฟเบอร์	0.052	264	1.30
	(จ) เซลโลกรีตชนิดธรรมดา	0.106	500	1.30
	(ฉ) เซลโลกรีตชนิดโฟม	0.068	300	1.30
	(ช) แผ่นไฟเบอร์ชานอ้อย	0.052	250	1.26
	(ซ) แผ่นไม้ก๊อก	0.042	144	2.01
	(ด) พลาสติกฉาบยิปซัม	0.230	720	1.09
6	ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และ แบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section)			
	(ก) ความหนาแน่น 10 กิโลกรัม/ลูกบาศก์ เมตร	0.046	10	0.96

ที่มา : กระทรวงพลังงาน, เรืองหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ
การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆของอาคาร พศ.

2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(k) ความหนาแน่น(ρ)และค่าความร้อนจำเพาะ(c_p)

(ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	K (W/m.°C)	P (kg/m ³)	C _p (kJ/kg.°C)
	(ข) ความหนาแน่น 12 กิโลกรัม/ ลูกบาศก์เมตร	0.042	12	0.96
	(ค) ความหนาแน่น 16 กิโลกรัม/ลูกบาศก์ เมตร	0.038	16	0.96
	(ง) ความหนาแน่น 24 กิโลกรัม/ลูกบาศก์ เมตร	0.035	24	0.96
	(จ) ความหนาแน่น 32-48 กิโลกรัม/ ลูกบาศก์เมตร	0.033	32-48	0.96
	(ฉ) ความหนาแน่น 56-69 กิโลกรัม/ ลูกบาศก์เมตร	0.031	56-69	0.96
7	ฉนวนใยหินแบบม้วน (blanket) และแบบแผ่น (rigid board)			
	ความหนาแน่น 6.4-3.2	0.039	6.4-3.2	0.8
8	ฉนวนชนิดโฟมโพลีสไตรีน แบบ ขยายตัว			
	(ก) ความหนาแน่น 9 กิโลกรัม/ลูกบาศก์ เมตร	0.047	9	1.21
	(ข) ความหนาแน่น 16 กิโลกรัม/ ลูกบาศก์เมตร	0.037	26	1.21
	(ค) ความหนาแน่น 20 กิโลกรัม/ ลูกบาศก์เมตร	0.036	20	1.21
	(ง) ความหนาแน่น 24-32 กิโลกรัม/ ลูกบาศก์เมตร	0.035	24-32	1.21
9	โฟมโพลีเอทิลีน	0.029	45	1.21
10	โฟมโพลียูรีเทน	0.023-0.026	24-40	1.59

ที่มา : กระทรวงพลังงาน, เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ
การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆของอาคาร พศ.

2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(k) ความหนาแน่น(ρ)และค่าความร้อนจำเพาะ(c_p)

(ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	K (W/m.°C)	P (kg/m ³)	C _p (kJ/kg.°C)
11	ไม้			
	(ก) ไม้เนื้อแข็ง	0.2167	800	1.30
	(ข) ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	0.176	600	1.30
	(ค) ไม้เนื้ออ่อน	0.131	500	1.30
	(ง) ไม้อัดซีพบอร์ด	0.144	800	1.30
12	กระดาศอิฐ	0.086	400	1.38
13	แผ่นกระจก			
	(ก) กระจกใส	0.960	2500	0.88
	(ข) กระจกสีชา	0.913	2500	0.88
	(ค) กระจกสะท้อนแสง	0.931	2500	0.88
	(ง) กระจกเงา	0.853	2500	0.88
14	โลหะ			
	(ก) โลหะผสมของอลูมิเนียม แบบ ธรรมชาติ	211	2672	0.896
	(ข) ทองแดง	388	8784	0.390
	(ค) เหล็กกล้า	47.6	7840	0.500

ที่มา : กระทรวงพลังงาน, เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ
การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆของอาคาร พศ.

2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายณัฐพงศ์ ยศดี
 วัน เดือน ปีเกิด 21 มิถุนายน 2532 จังหวัดลำปาง
 ที่อยู่ 323/2 หมู่ 2 ต.ต้นธงชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

ประวัติการศึกษา

- 2545 มัธยมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย โรงเรียนอนุวาทย์วิทยาลัย จ.ลำปาง
- 2551 สถาบันพัฒนบริหารศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- 2556 สถาบันพัฒนบริหารศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้