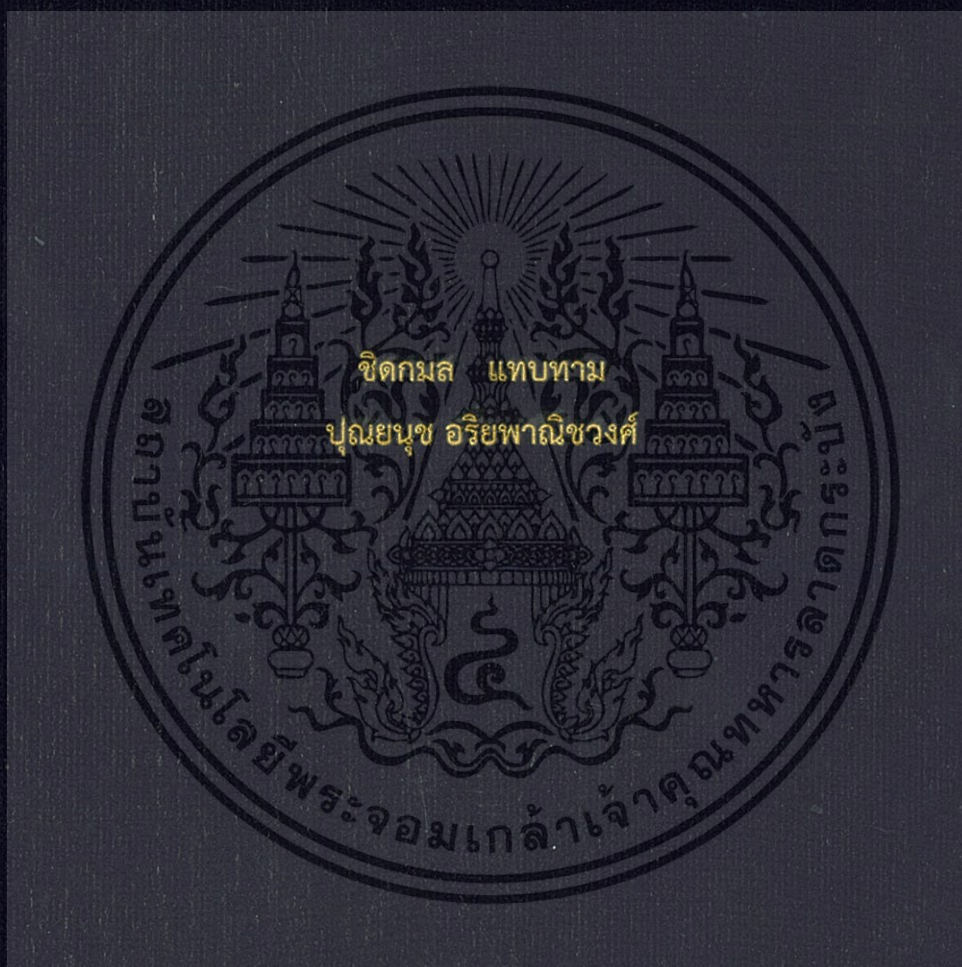


การวิเคราะห์วัสดุอาคารเพื่อช่วยประหยัดพลังงาน
ANALYSIS OF BUILDING MATERIAL FOR SAVING ENERGY



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

การวิเคราะห์วัสดุอาคารเพื่อช่วยประหยัดพลังงาน

ANALYSIS OF BUILDING MATERIAL FOR SAVING ENERGY



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANALYSIS OF BUILDING MATERIAL FOR SAVING ENERGY



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN APPLIED MATHEMATICS
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การวิเคราะห์วัสดุอาคารและเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อช่วยประหยัดพลังงาน
ANALYSIS OF BUILDING MATERIAL AND ELECTRIC DEVICES
FOR ENERGY.

ชื่อนักศึกษา นางสาวชิตกมล แพบทาม 54050015
นางสาวปุณยณัฐ อริยพานิชวงศ์ 54050042

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา คณิตศาสตร์ประยุกต์
ปีการศึกษา 2557

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ศิริกุล ศิริธีรากล

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปัญหา
พิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)
ประจำปีการศึกษา 2557

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.กัมปนาท นามงาม ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย กรรมการ	
อาจารย์ ศิริกุล ศิริธีรากล กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การวิเคราะห์วัสดุอาคารเพื่อช่วยประหยัดพลังงาน ANALYSIS OF BUILDING MATERIAL FOR SAVING ENERGY		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวชิตกมล	แทบทาม	54050015
	นางสาวปยุณนุช	อริยพาณิวงค์	54050042
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ประยุกต์		
ปีการศึกษา	2557		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ศิริกุล ศิริธีรากล		

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึง การคำนวณหาอุณหภูมิที่ผ่านวัสดุรอบอาคารเพื่อที่อยู่อาศัยที่มีลักษณะแตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ อิฐมวลเบาแบบ ACC อิฐมอญทั่วไป (Common Brick) อิฐดินดิบ (Adobe Brick) ไม้ (Wood :Yellow Pine) และกระจก ว่า ณ เวลาต่างๆ วัสดุรอบอาคารชนิดใดมีการนำความร้อนเข้าสู่บ้านมากน้อยเพียงใด เพื่อเป็นแนวทางให้แก่ผู้ที่กำลังศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุรอบอาคารที่อยู่อาศัยที่ช่วยในการลดโลกร้อน ลดค่าใช้จ่ายในด้านการใช้เครื่องปรับอากาศ โดยจะนำสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นสมการการนำความร้อน 1 มิติของวัสดุประเภทต่างๆ มาคิด ภายใต้สมมติฐานที่ว่า ไม่มีการพาความร้อนและไม่มีการแผ่รังสีความร้อนซึ่งการนำความร้อนผ่านวัสดุนั้นจะทำการคำนวณหาค่าอุณหภูมิที่แต่ละตำแหน่ง ด้วยวิธีผลต่างอันดับ (Finite difference Method) ภายใต้หลักการของเทย์เลอร์ ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าวัสดุแต่ละชั้นนั้นมีผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในที่อยู่อาศัยอย่างมาก โดยเฉพาะอุณหภูมิบริเวณที่ใกล้ผนัง ซึ่งจะพบว่าวัสดุประกอบอาคารที่เป็นอิฐดินดิบ นั้นมีอุณหภูมิที่สามารถผ่านเข้าสู่ตัวอาคารได้น้อยกว่า ไม้สนเหลือง อิฐมอญทั่วไป อิฐมวลเบา และกระจก ตามลำดับ

คำสำคัญ : การถ่ายเทความร้อน ระเบียบวิธีการผลต่างอันดับ วัสดุรอบอาคาร

Title	Analysis of Building Material for Saving Energy	
Students	Miss. Chitkamon Taebtam	54050015
	Miss. Punyanooch Ariyapanitchwong	54050042
Degree	Bachelor of Science (Applied Mathematics)	
Department	Applied Mathematics	
Academic Year	2014	
Advisor	Ms. Sirikul Siriteerakul	

Abstract

This research mentions the calculation of the temperature through the building materials for residence. There are 5 different kinds of materials. For example, autoclaved aerated concrete (AAC), common brick, adobe brick, yellow pine and glass. We find that the amount of each material temperature through into the house at different times. To guide to anyone who are studying on building materials for building residential that helps to reduce global warming, reduce the cost of using the air conditioner. We use one dimensions heat conduction equation to determine materials. This is under the assumption that there is no convection and radiation. We take the heat through the material and calculate the temperature in each position with Finite difference Method. It is under Taylor principles. The results of the study found that each material that affects the temperature inside the residence significantly, especially with the temperature near the wall. The temperature can be passed into the building of adobe brick less than, yellow pine, common brick autoclaved aerated concrete (AAC), and glass, respectively.

Keywords: heat transfer, finite difference method, building material

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษเรื่องการวิเคราะห์วัสดุอาคารและเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อช่วยประหยัดพลังงานสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ศิริกุล ศิริธีรากล ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษนี้ ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย และดร.กัมปนาท นามงาม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและเป็นทีปรึกษาในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว รวมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ทางคณะผู้จัดทำยังได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน และขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้ความสนับสนุนทางด้านกำลังใจจนปัญหาพิเศษนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ให้คำแนะนำเพื่อปรับให้ปรับหาพิเศษนี้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งเพื่อนๆและรุ่นพี่ทุกคนที่มีส่วนช่วยเหลือในด้านต่างๆเกี่ยวกับการทำปัญหาพิเศษไว้ ณ ที่นี้

นางสาวชิตกมล แทบทาม
นางสาวบุญยง อริยพานิชวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.6 ระยะเวลาการดำเนินงาน	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 วัสดุอาคารที่จะนำทำการวิจัย	6
- อิฐมวลเบา	6
- อิฐดินดิบ	8
- อิฐมอญทั่วไป	13
- ไม้สนเหลือง	14
- กระฉก	15
2.2 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยภายในกรุงเทพมหานคร	16
2.3 ค่าการแพร่สภาพความร้อน	19
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน	19
2.5 ระเบียบวิธีผลต่างสี่บเนือง	25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	28
3.1 รูปแบบของปัญหา	28
- ปัญหาที่ 1	30
- ปัญหาที่ 2	31
3.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธีขึ้นระกอบอันตะ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	40
- ผลการวิจัยปัญหาที่ 1	40
- ผลการวิจัยปัญหาที่ 2	52
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	65
- สรุปผลการวิจัย	65
- ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารอ้างอิง	67



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางแสดงระยะเวลาในการดำเนินงานตามแผนงาน	4
2.1 ตารางแสดงข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยภายในกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี ค.ศ.2009 - 2014	16
2.2 ตารางแสดงค่าการนำความร้อนของสารบางชนิด	21
2.3 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของสารไหลบางชนิด	23
3.1 ตารางแสดงข้อมูลและค่าพารามิเตอร์ต่างๆของวัสดุที่ใช้ในการคำนวณ	33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	อิฐมวลเบา	6
2.2	อิฐดินดิบ	8
2.3	การทดสอบคุณสมบัติของดินที่นำมาใช้	9
2.4	การทดสอบคุณสมบัติของดินที่นำมาใช้ด้วยการหัก	9
2.5	การทดสอบเพื่อดูสัดส่วนของทราย ดินตะกอน และดินเหนียว	10
2.6	แสดงการทำอิฐดินดิบ	11
2.7	แสดงการก่อผนังด้วยอิฐดินดิบ	11
2.8	อิฐมอญ	13
2.9	ไม้สนเหลือง	14
2.10	กระจกใส	15
2.11	รูปแบบการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นโดยการนำ การพา และการแผ่รังสี	20
3.1	การถ่ายเทความร้อนโดยการนำในแผงวัสดุ	28
3.2	แสดงการแบ่งโหนดภายในกำแพง	30
3.3	แสดงโดเมนของปัญหาที่1	31
3.4	แสดงโดเมนของปัญหาที่2	32
3.5	แสดงการแบ่งโหนดและการกำหนดจุดต่อ	35
3.6	แสดงหลักการคำนวณของสมการที่ (3.11)	37
ผลการวิจัยปัญหาที่ 1		
4.1	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของไม้สนเหลือง	41
4.2	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายที่เวลาต่างๆ ของไม้สนเหลือง	42
4.3	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของอิฐดินดิบ	43
4.4	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายที่เวลาต่างๆ ของอิฐดินดิบ	44
4.5	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของกระจก	45
4.6	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายที่เวลาต่างๆ ของกระจก	46
4.7	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของอิฐมอญทั่วไป	47
4.8	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายที่เวลาต่างๆ ของอิฐมอญทั่วไป	48
4.9	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของอิฐมวลเบา	49
4.10	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายที่เวลาต่างๆ ของอิฐมวลเบา	50
4.11	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายในแต่ละเวลาของวัสดุแต่ละชนิด	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สภาวะอากาศในปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงในทางที่เลวร้ายมากขึ้น เนื่องมาปริมาณมลพิษที่เพิ่มสูงขึ้นจากครัวเรือน โรงงานอุตสาหกรรมและรถยนต์เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ทำให้มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์สูง ทำให้อากาศร้อนขึ้นเป็นอย่างมากจนเกิดวิกฤตการณ์โลกร้อน อีกทั้งประเทศไทยอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ทำให้ภูมิอากาศในประเทศไทยเป็นแบบร้อนชื้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานของคนในประเทศ ทำให้ตามอาคารสำนักงาน และที่อยู่อาศัยต้องมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อลดความร้อนภายในตัวอาคารทำให้ผู้ใช้บริการหรือผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบายขึ้น

เมื่อมีการใช้พลังงานมากขึ้นค่าใช้จ่ายในด้านนี้จะสูงขึ้นเป็นเงาตามตัว รวมถึงเป็นการเพิ่มปริมาณความร้อนในอากาศมากขึ้นแบบไม่รู้ตัวดังนั้นจึงมีการคิดค้นวิธีการต่างๆ ที่จะช่วยลดการใช้พลังงานในส่วนนี้ ซึ่งหลายคนพยายามคิดวิธีที่จะออกแบบสิ่งก่อสร้างและเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงาน โดยในปี พ.ศ. 2544 Tawee Vechaphutti [3] ได้ทำการการศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนผ่านทางกรอบอาคารของอาคารในประเทศไทยซึ่งมีสภาพอากาศแบบร้อนชื้นโดยพิจารณาจาก ความเหมาะสมทางด้านรูปทรงทางด้านวิศวกรรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงานภายในอาคารและพบว่า การถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นที่กระจกหันหน้าไปทางทิศทางที่แตกต่างกันจะมีอุณหภูมิภายในตัวอาคารไม่เท่ากันซึ่งถ้าหันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือจะมีความร้อนต่ำสุดและถ้าหันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือจะได้รับมากที่สุด ในปี พ.ศ. 2551 วรสิทธิ์ จิระราชวโร และคณะ [18] ได้ทำการศึกษา แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนภายในอาคารรูปทรงทางเรขาคณิตแบบสมมาตรจากอาคารต้นแบบทั้งหมดและพบว่าอาคารรูปเรขาคณิตรูปทรง 8 เหลี่ยมนั้นลดความร้อนที่จะเข้ามาสู่ตัวอาคารได้ดีที่สุด ต่อมาในปี พ.ศ. 2553 บวร อิศรางกูร ณ อยุธยาและคณะ [10] ได้มีการศึกษา การศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของผนังคอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำแบบผสมตะกอนน้ำตาล และคอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำภายใต้สภาวะอากาศของกรุงเทพมหานคร พบว่าพบว่าผนัง AAC - SS มีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดีกว่าผนัง AAC และ AAC - SS มีกระบวนการผลิตที่ทันสมัยเช่นเดียวกับ AAC และสามารถลดต้นทุนการผลิตจาก AAC จากการทดสอบพบว่าอุณหภูมิอากาศภายในบ้านที่สร้างด้วยผนัง AAC - SS ต่ำกว่าผนัง AAC และสามารถลดค่าความร้อนผ่านผนังได้ถึง 17.50% เปรียบเทียบกับผนัง AAC และ AAC - SS ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ และลดมลพิษให้สิ่งแวดล้อมและช่วยลดปัญหาโลกร้อน ต่อมาในปี พ.ศ. 2555 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มนัทยา บริสุทธิ์. และคณะ [15] ได้ทำการศึกษาผลกระทบของรูปแบบการจัดวางกระจกต่อการถ่ายเทความร้อนและพบว่าถ้าติดกระจกที่มีขนาดเท่ากับอาคารที่ติดกระจกที่มีการถูกแบ่งเป็นหลายๆ แถบจะลดความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคารได้มากยิ่งขึ้นในเร็วๆ นี้ ลิขิต สิทธิวิชา และคณะ [17] ได้ทำการศึกษาผลกระทบของรูปแบบหลังคาที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนซึ่งพบว่า อาคารที่รูปทรงหลังคาสามเหลี่ยมแบบมาตรฐานยิ่งมุมมากขึ้นจะมีอุณหภูมิที่ผ่านเข้ามาในตัวบ้านน้อยกว่ามุมที่มีขนาดเล็ก และในปีเดียวกันนี้ยังสวัสดิ์ ไชยะกุล [16] ได้ทำการศึกษา ผลกระทบของสีทาอาคารและการลดความร้อนในอาคารพบว่าสีมีอิทธิพลต่อการลดความร้อนและอุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่กล่องทดสอบที่จำลองขึ้นโดยมีผนังก่ออิฐมวลเบาและทำการทดสอบผนังทางด้านทิศใต้ และเป็นปัจจัยหนึ่งส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในดังนี้ การใช้สีอ่อน (สีขาว) ทำให้อุณหภูมิภายในลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสีโทนเข้ม (สีเทา) ความต่างจะยิ่งเพิ่มขึ้นเมื่อผนังได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ใน ต่อมาปี พ.ศ. 2557 ปรัชญา ปัตถวงค์ และวิทยา ยงเจริญ [12] ได้ทำการศึกษาการอบอาคารชุดและแนวทางการประหยัดพลังงานและพบว่าแนวทางที่ปรับปรุงแล้วทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด มี 4 แนวทางคือ การปรับปรุงโดยติดตั้งอุปกรณ์บังแดด ระยะยื่น 80 เซนติเมตร บริเวณผนังโปร่งแสง ติดฉนวนโพลีเอทธีลีน ความหนา 10 มิลลิเมตร บริเวณผนังทึบแสง และติดฉนวนโพลีเอทธีลีน ความหนา 5 มิลลิเมตร บนฝ้าเพดาน (S80W10R5) และการปรับปรุงโดยติดตั้งอุปกรณ์บังแดดแบบระแนง มุมเอียง 25 องศา บริเวณผนังโปร่งแสง ติดฉนวนโพลีเอทธีลีน ความหนา 10 มิลลิเมตร บริเวณผนังทึบแสง และติดฉนวนโพลีเอทธีลีน ความหนา 5 มิลลิเมตร บนฝ้าเพดาน (STTW10R5) ในด้านของการประหยัดพลังงานแนวทาง STTW10R5 สามารถประหยัดพลังงานได้สูงที่สุด โดยมีผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารเฉลี่ย เท่ากับ 77,563 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ส่วนด้านความคุ้มค่าทางการเงิน แนวทาง STTW5R5 มีระยะเวลาคุ้มค่าเฉลี่ยเร็วที่สุด เท่ากับ 2.75 ปี

จากที่ศึกษางานวิจัยข้างต้นนี้ ผู้จัดทำจึงได้เล็งเห็นว่าการที่จะลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร และที่อยู่อาศัยนั้นวัสดุที่ใช้ทำกรอบอาคารนั้นมีส่วนสำคัญอย่างมาก และยังได้พบว่าวัสดุที่ใช้ทำกรอบอาคารยังมีอีกหลายชนิดที่ยังไม่ได้รับการทดสอบ เช่น อิฐดินดิบ ซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายลดโลกร้อนและประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านการก่อสร้างมากกว่าการนำความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารว่าแตกต่างกันอย่างไร ดังนั้นผู้จัดทำจึงเลือกที่จะศึกษาวัสดุที่ใช้ทำกรอบอาคารมา โดยในที่นี้จะเน้นในส่วนของที่อยู่อาศัยเป็นสำคัญและวัสดุกรอบอาคารที่จะนำมาใช้ในการศึกษาจะประกอบไปด้วย อิฐมวลเบา อิฐมอญ กระจก ไม้ และอิฐดินดิบ เพื่อที่จะนำมาหาว่าวัสดุชนิดใดที่ช่วยลดความร้อนที่เข้ามาสู่ตัวบ้านได้น้อยที่สุด เพื่อเป็นการช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศและช่วยลดปัญหาโลกร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำ

- 1.2.1 ทำการวิเคราะห์วัสดุอาคาร 5 ชนิด ได้แก่ ไม้สนเหลือง กระจก อิฐมอญ อิฐมวลเบา และ อิฐดินดิบ เพื่อเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด
- 1.2.2 เป็นแนวคิดให้สำหรับผู้ที่ต้องการจะเลือกวัสดุกรอบอาคารที่สามารถลดการนำความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาความแตกต่างของการกระจายความร้อนผ่านวัสดุอาคาร 5 ประเภท ซึ่งได้แก่ ไม้ อิฐมวลเบา อิฐมอญ อิฐดินดิบและกระจก
- 1.3.2 เปรียบเทียบผลว่าวัสดุอาคารแต่ละชนิดมีผลต่ออุณหภูมิภายในห้องแตกต่างกันอย่างไร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ช่วยให้ผู้ที่มีความสนใจในงานก่อสร้างอาคารมีความเข้าใจถึงความแตกต่างในด้านการนำความร้อนของวัสดุกรอบอาคาร ซึ่งได้แก่ ไม้สนเหลือง อิฐมวลเบา อิฐมอญ อิฐดินดิบและกระจก
- 1.4.2 เป็นแนวทางที่ช่วยในการตัดสินใจเลือกวัสดุสร้างอาคารที่ช่วยลดอุณหภูมิภายในห้องสำหรับผู้ที่ต้องการสร้างอาคารที่พักอาศัยใหม่ได้ดียิ่งขึ้น
- 1.4.3 เป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจนำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปปรับใช้ในการทำงานด้านอื่นๆต่อไป

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

- 1.5.1 ศึกษาวัสดุอาคารที่มีอยู่และเป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบันเพื่อเลือกมาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ
- 1.5.2 ศึกษาปัญหาการถ่ายเทความร้อนของวัสดุอาคารที่เลือกมา
- 1.5.3 หาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัสดุทั้ง 5 ชนิด ที่เลือกมาทำการวิเคราะห์เพื่อความเข้าใจที่มากยิ่งขึ้นเพื่อนำมากำหนดขอบเขตของปัญหา
- 1.5.4 กำหนดขอบเขตของปัญหาในการทำการวิเคราะห์
- 1.5.5 ศึกษาค้นคว้าวิธีการทำแบบจำลองด้วยระเบียบวิธีผลต่างอันตะและสมการการนำความร้อนของวัสดุอาคาร
- 1.5.6 ศึกษาหาวิธีแก้ปัญหาการถ่ายเทความร้อนพร้อมทั้งทดลองทำ
- 1.5.7 ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องและประเมินประสิทธิภาพของงานวิจัย
- 1.5.8 วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.5.9 นำเสนอข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจสามารถนำไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมต่อได้
- 1.5.10 จัดทำเอกสารโครงการ

1.6 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ระยะเวลาการทำงานทั้งหมด 10 เดือนซึ่งจะแสดงระยะเวลาดำเนินงานตามแผนงานแสดงไว้ในตารางที่ 1.1

ตาราง 1.1 แสดงระยะเวลาในการดำเนินงานตามแผนงาน

กิจกรรม	ระยะเวลาในการดำเนินงาน												
	ปี 2557					ปี 2558							
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
1.ศึกษาปัญหา การถ่ายเท ความร้อนของ วัสดุอาคารที่ เลือกมาและ กำหนด ขอบเขตของ ปัญหา													
2.หาข้อมูล เกี่ยวกับชนิด ของอิฐมวลเบา และอิฐมวลเบา แบบอบไอน้ำ และอิฐดินดิบ													
3.ศึกษาค้นคว้า วิธีการทำ แบบจำลอง ด้วยระเบียบวิธี ผลต่างอันดับ และสมการการ นำความร้อน ของวัสดุอาคาร													

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ศึกษาและทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการทดสอบปัญหาการถ่ายเทความร้อน													
5.ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องและประเมินประสิทธิภาพของงานวิจัย													
6.วิเคราะห์และสรุปผล รวมทั้งจัดทำเอกสารโครงการ													

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

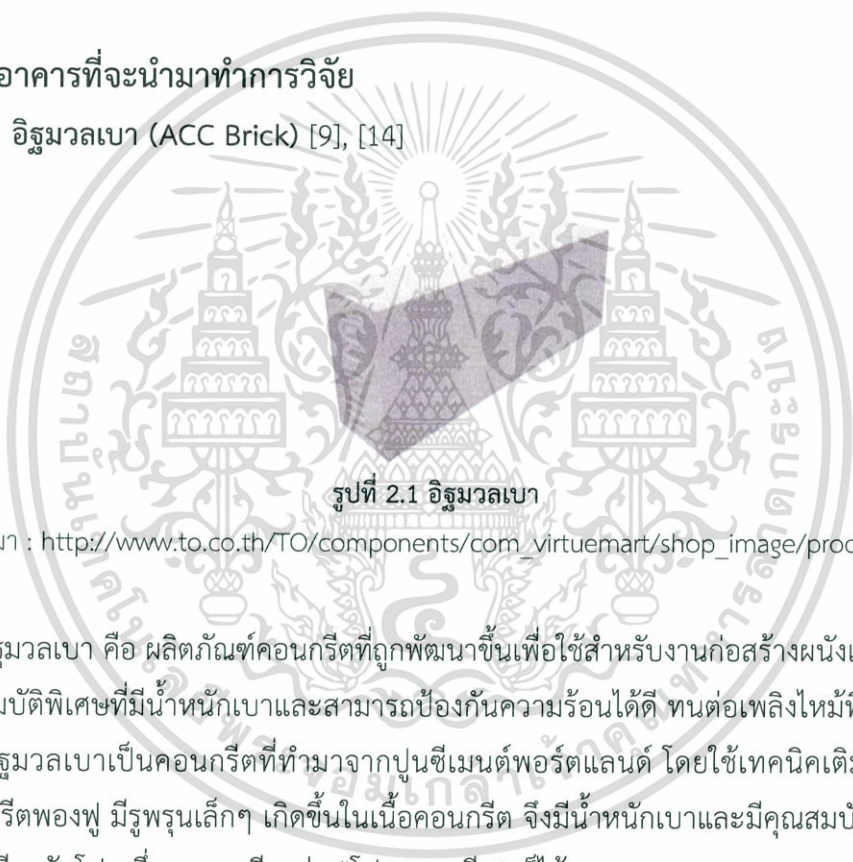
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เราจะกล่าวถึงข้อมูลของวัสดุอาคารที่เลือกมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ รวมทั้งบอกถึงเหตุผลของการเลือกวัสดุ และข้อมูลอุณหภูมิย้อนหลังในกรุงเทพตั้งแต่ปี ค.ศ. 2009-2014 ที่นำมาใช้ในการพิจารณาเงื่อนไขค่าขอบเขตของการกระจายความร้อน ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน ระเบียบวิธีขึ้นประกอบอเนก และระเบียบวิธีผลต่างสี่เหลี่ยม ซึ่งจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์วัสดุในบทต่อไป

2.1 วัสดุอาคารที่จะนำมาทำการวิจัย

2.1.1 อิฐมวลเบา (ACC Brick) [9], [14]



รูปที่ 2.1 อิฐมวลเบา

ที่มา : http://www.to.co.th/TO/components/com_virtuemart/shop_image/product

อิฐมวลเบา คือ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับงานก่อสร้างผนังและพื้น ด้วยคุณสมบัติพิเศษที่มีน้ำหนักเบาและสามารถป้องกันความร้อนได้ดี ทนต่อเพลิงไหม้ที่อุณหภูมิสูง โดยอิฐมวลเบาเป็นคอนกรีตที่ทำมาจากปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ โดยใช้เทคนิคเติมสารเคมีให้คอนกรีตพองฟู มีรูพรุนเล็กๆ เกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีต จึงมีน้ำหนักเบาและมีคุณสมบัติเป็นฉนวนแบบเดียวกับโฟม ซึ่งเราอาจเรียกว่า “โฟมคอนกรีต” ก็ได้

อิฐมวลเบา นั้นมีมากมายหลายประเภท หากมองเพียงภายนอกอาจแทบไม่แตกต่างกัน แต่แท้จริงแล้วอิฐมวลเบาที่ใช้วัสดุดิบและกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันจะทำให้คุณสมบัติของอิฐมวลเบาแตกต่างกันด้วย ในงานวิจัยนี้เราจะพิจารณาเพียงอิฐมวลเบาชนิดคอปโพน้ำเท่านั้น

อิฐมวลเบาระบบอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (Autoclaved System)

ซึ่งแบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้เป็น 2 ประเภท คือ

- ประเภทที่ 1 Lime Base ใช้ปูนขาวซึ่งควบคุมคุณภาพได้ยากมาก มาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ทำให้คุณภาพคอนกรีตที่ได้ไม่ค่อยสม่ำเสมอ มีการดูดซึมน้ำมากกว่า
- ประเภทที่ 2 Cement Base ใช้ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต เป็นระบบที่นอกจากช่วยให้คอนกรีตมีคุณภาพได้มาตรฐานสม่ำเสมอแล้ว ยังช่วยให้เกิดการตกผลึก (Calcium Silicate) ในเนื้อคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงทนทาน กว่าผลิตในระบบอื่นมาก คอนกรีตที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้แรงดันสูงนี้ ส่วนใหญ่เนื้อผลิตภัณฑ์มักจะมีสีเป็นสีปูนซีเมนต์ ต่างจากคอนกรีตที่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้แรงดันสูงซึ่งจะมีเนื้อผลิตภัณฑ์เป็นผลึกสีขาว

คุณสมบัติของอิฐมวลเบา

1. คุณสมบัติทางกายภาพ อิฐมวลเบาหนา 10 เซนติเมตร เมื่อรวมน้ำหนักวัสดุกับปูนฉาบจะหนัก 120 กิโลกรัม
2. การกันความร้อน การกักผนังภายนอกอิฐมวลเบาจะต้องมีความหนา 10 เซนติเมตร และผนังภายในหนา 7 เซนติเมตรขึ้นไป จึงจะสามารถกันความร้อนได้ดี
3. การป้องกันเสียง อิฐมวลเบาจะลดการสะท้อนของเสียงได้ดีเนื่องจากโครงสร้างของอิฐมวลเบา มีช่องอากาศเป็นจำนวนมากอยู่ภายใน ทำให้ดูดซับเสียงได้ดี จึงเหมาะสำหรับห้องหรืออาคารที่ต้องการความเงียบ เช่น โรงภาพยนตร์หรือห้องประชุม
4. การกันไฟ อิฐมวลเบาทนไฟที่ 1,100 องศาเซลเซียส ได้นานกว่า 4 ชั่วโมง ทำให้ช่วยกำจัดความเสียหายในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ได้
5. น้ำหนักและการรับแรงกดอิฐมวลเบา มีน้ำหนักเบาและรับแรงกดได้ดี มีน้ำหนักเบากว่าอิฐมอญ 2-3 เท่า และเบากว่าคอนกรีต 4-5 เท่า ส่งผลให้ประหยัดค่าก่อสร้างโครงสร้างอาคารและเสาเข็มลงได้อย่างมาก แต่อาคารยังคงมีความแข็งแรงเท่าเดิมจากโครงสร้างของอิฐมวลเบาที่ประกอบไปด้วยช่องอากาศจำนวนมากทำให้มีน้ำหนักเบาและสามารถรับแรงกดได้ดี
6. ประหยัดพลังงาน เนื่องจากอิฐมวลเบาสามารถกันความร้อนได้ดี แล้วยังใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดเล็กลงได้ จึงช่วยประหยัดค่าไฟไปได้มาก จึงช่วยลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคารได้เป็นอย่างดี ช่วยลดค่าไฟฟ้าได้ถึง 30%
7. ใช้งานง่ายและรวดเร็ว เนื่องจากการผลิตที่เป็นมาตรฐานทำให้สินค้าที่ออกมาเท่ากันทุกก้อน ทำให้การใช้อิฐมวลเบาจะใช้เวลาในการก่อสร้างและเกิดการสูญเสียน้อย โดยเฉลี่ยแล้วภายใน 1 วันการกักผนังโดยใช้อิฐมวลเบาจะได้พื้นที่ 25 ตารางเมตร โดยไม่ต้องอาศัยความชำนาญงานของช่าง สามารถตัด แต่ง เลื่อย ใส เจาะ ฝังท่อระบบได้โดยใช้เครื่องมือเฉพาะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งานง่ายและหาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดวัสดุอื่นๆ เช่น ปูนฉาบด้วย เนื่องจากสามารถก่อฉาบได้บางกว่า ช่วยจำกัดความเสียหายในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ได้

8. มิติเที่ยงตรง อิฐมวลเบาที่มีมิติเที่ยงตรง แน่นนอน ได้ชิ้นงานที่เรียบ สวยงาม มีหลายขนาดให้เลือก ประหยัดวัสดุ และแรงงานในการก่อฉาบ
9. อายุการใช้งานยาวนานเท่าโครงสร้างคอนกรีต คือ 50 ปี เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้แก่ ปูนซีเมนต์ ทราย ปูนขาว ยิปซั่ม สารกระจายฟองและเหล็กเส้น จึงมีอายุการใช้งานยาวนาน

2.1.2 อิฐดินดิบ (Adobe Brick) [8]



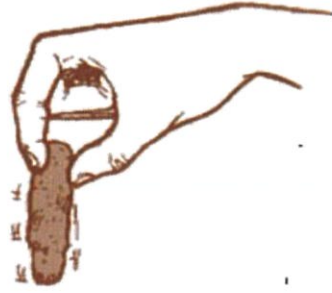
รูปที่ 2.2 อิฐดินดิบ

ที่มา : <http://www.nextsteptv.com/realmetro/wp-content/uploads/2012/12>

การก่อสร้างด้วยอิฐดินดิบ (Adobe) เป็นระบบที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในประเทศไทยโดยใช้ผนังอิฐดินดิบเป็นกำแพงรับน้ำหนักของโครงสร้างอาคารข้อดีของระบบนี้คือ สามารถทยอยทำอิฐดินดิบเก็บไว้จนได้ปริมาณที่เพียงพอสำหรับการก่อสร้างได้ตั้งแต่ก่อนเริ่มก่อสร้างแต่การทำอิฐดินดิบนั้นจำเป็นต้องใช้พื้นที่และเวลาสำหรับการตากก้อนอิฐ นอกจากนั้นยังต้องมีการเตรียมพื้นที่สำหรับการเก็บรักษาก้อนอิฐอีกด้วย ในการทำอิฐดินดิบนั้นจะใช้ส่วนผสม 3 ส่วน คือ ดินเหนียว ทรายและวัสดุเส้นใย โดยผสมกันในอัตราส่วน ดินเหนียว 1 ส่วน ทราย 1-2 ส่วน และ แกรบ ฟางเส้นสั้น หรือหญ้าสับซึ่งเป็นวัสดุเส้นใย 1.5 ส่วน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของดินที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมเป็นก้อนอิฐดินดิบ ซึ่งในการทดสอบว่าดินที่เรานำมาใช้ในการสร้างนั้นมีคุณสมบัติสามารถนำมาสร้างอาคารที่พักอาศัยหรือไม่สามารถทดสอบได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปั้นดินเหนียวที่ผสมเสร็จแล้วเป็นเส้นหรือเป็นท่อนแล้วจับด้านใดด้านหนึ่งเอาไว้ปล่อยให้อีกด้านหนึ่งห้อยลงมาตามแนวตั้ง หากไม่ขาดหรือหลุดออกจากกันแสดงว่าใช้ได้



รูปที่ 2.3 การทดสอบคุณสมบัติของดินที่นำมาใช้

ที่มา : [http://www.baandin.com/:2551\(Online\)](http://www.baandin.com/:2551(Online))

2. นำดินเหนียวที่มานั้นเป็นก้อนแบนๆ คล้ายคุกกี้ แล้วนำไปตากแดดเมื่อแห้งแล้วทดลองหักดู
 - ถ้าหักง่าย (ใช้แรงในการหักน้อย) แสดงว่ามีทรายมากเกินไป ซึ่งไม่ควรนำมาใช้
 - ถ้าหักยาก (ใช้แรงหักปานกลาง) แสดงว่ามีดินเหนียวในสัดส่วนที่พอดีสามารถนำมาใช้ได้
 - ถ้าหักยากมาก (ใช้แรงในการหักมาก) จะทำให้บ้านแข็งแรงมากขึ้น แต่ยากกับการทำงานเนื่องจากดินที่เด็นนั่นเหนียวเกินไป ดังนั้นจึงควรเติมทรายซึ่งจะช่วยให้ทำงานนั้นง่ายขึ้น และช่วยลดรอยแตกร้าวเมื่อบ้านแห้ง



รูปที่ 2.4 การทดสอบคุณสมบัติของดินที่นำมาใช้ด้วยการหัก

ที่มา : [http://www.baandin.com/:2551\(Online\)](http://www.baandin.com/:2551(Online))

3. การทดสอบเพื่อดูสัดส่วนของทราย ดินตะกอน และดินเหนียวทำได้โดย นำดินที่ร่อนแล้วใส่ลงในขวดหรือแก้ว ราว 1 ใน 3 จากนั้นเติมน้ำลงไปจนเกือบเต็ม แล้วเขย่าให้เข้ากัน อาจจะต้องแกว่งไปเพื่อช่วยเร่งในการตกตะกอน โดยลำดับตะกอนที่พบจะแบ่งออกเป็น 3 ชั้นตามลำดับโดยเรียงจากชั้นล่างสุดจะเป็นดินทราย ตรงกลางจะเป็นดินตะกอน และชั้นบนสุดจะเป็นดินเหนียว
 - หากมีสัดส่วนดินเหนียวตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไปสามารถสร้างบ้านได้
 - หากดินเหนียวมีสัดส่วนตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไปควรเพิ่มทรายเพื่อลดการหดตัวของดินเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



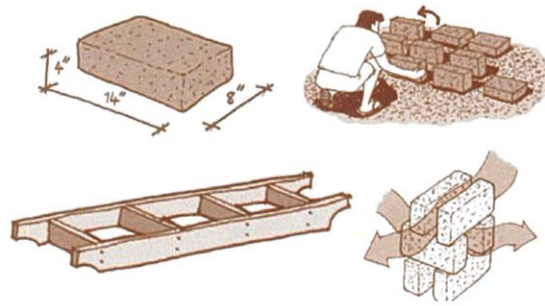
รูปที่ 2.5 การทดสอบเพื่อดูสัดส่วนของทราย ดินตะกอน และดินเหนียว

ที่มา : [http://www.baandin.com/:2551\(Online\)](http://www.baandin.com/:2551(Online))

และเมื่อเราได้ดินเหนียวที่ผสมจนมีสัดส่วนที่ต้องการแล้วเราก็จะนำดินเหนียวที่ได้มาทำมาทำเป็นอิฐดินดิบ (Adobe) โดยมีขั้นตอนการทำดังนี้

1. เตรียมบ่อสำหรับย่ำดิน โดยขุดหลุมประมาณ 30 เซนติเมตร แล้วใช้ผ้าพลาสติกหุ้มปูรองในบ่อย่ำ
2. เติมน้ำในบ่อก่อนแล้วจึงใส่ดินเหนียว ถ้าดินที่ใช้มีความแข็งหรือมีส่วนของดินเหนียวมากควรแช่ทิ้งไว้ข้ามคืนเพื่อให้น้ำซึมเข้าไปได้เต็มที่ที่จะทำให้ดินย่ำได้ง่ายขึ้น
3. ย่ำดินที่เป็นก้อนให้แตกออกจากกัน
4. ทอยใส่ทราย (ถ้าจำเป็นต้องใส่เพิ่ม) โดยการโปรยให้ทั่วสลับกับการย่ำให้ดินผสมเข้าด้วยกันดีเมื่อใส่ทรายตามอัตราส่วนและย่ำจนเข้าที่แล้วจึงค่อยใส่แกลบ
5. นำพิมพ์ไม้แม่แบบที่มีขนาดแต่ละช่องเท่ากับ 8x16x4 นิ้ว ที่แช่น้ำทิ้งไว้ มาวางตรงพื้นที่ตากอิฐที่โรยแกลบไว้แล้ว นำดินเทใส่แล้วใช้มือกดดินบริเวณตามมุมและขอบลงไปให้แน่นปาดหน้าให้เรียบพอประมาณ แล้วยกพิมพ์ออกโดยไม่ต้องรอให้ดินแห้ง
6. ก่อนทำอิฐชุดต่อไปทุกครั้งให้ใช้ผ้าชุบน้ำมาเช็ดแม่แบบ
7. ตากแดดทิ้งไว้จนอิฐแห้งและแข็งพอที่จะสามารถพลิกได้ (ประมาณ 2-3 วัน) จากนั้นให้พลิกก้อนอิฐตั้งขึ้นเพื่อให้ลมสามารถพัดผ่านได้ เมื่อแข็งแล้วจึงนำมาตั้งรวมกันในที่ร่ม โดยวางอิฐตั้งสลับกันขึ้นไปจะช่วยให้ลมสามารถพัดผ่านได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงการทำอิฐดินดิบ

ที่มา :<http://www.koomwimarndin.com/index.php?lay=show&ac=article&id=538984267>

เมื่อได้ก้อนอิฐดินดิบที่ตากแดดจนแห้งสนิทและมีจำนวนมากพอตามที่ต้องการแล้วเราก็จะมาทำในส่วนของการก่อผนัง ซึ่งการก่อผนังนั้นมีขั้นตอนดังนี้

1. ย่ำดินโดยใช้ส่วนผสมเดียวกันกับการทำอิฐดินดิบแต่เหลวกว่า (ใส่น้ำเยอะกว่า) ดินก่อนนี้จะช่วยเชื่อมอิฐแต่ละก้อนเข้าด้วยกันคล้ายกับการก่ออิฐมอญด้วยปูน
2. นำดินที่ย่ำเสร็จแล้วมาราดบนฐานราก ให้ตรงช่วงกึ่งกลางผนังหนากว่าตรงขอบ เมื่อวางอิฐลงไปแล้วกดให้แน่นหรือเหยียบลงไปเลยเพื่อช่วยให้ไม่เกิดช่องว่างระหว่างอิฐแต่ละชั้น
3. เอาดินโปะที่หัวอิฐก่อนที่จะวางอิฐก้อนถัดไป
4. ลักษณะการวางของอิฐเหมือนการก่ออิฐธรรมดาทั่วไปคือแต่ละชั้นจะวางอิฐสลับกัน
5. ควรตั้งวงกบประตูก่อนเริ่มก่ออิฐ และเมื่อก่ออิฐถึงระดับที่จะวางวงกบหน้าต่างให้ตั้งวงกบหน้าต่างให้ครบทุกบานก่อนจะทำการก่ออิฐชั้นต่อไป
6. เหนือประตูหน้าต่างควรมีแผ่นไม้กว้างประมาณ 20 เซนติเมตรวางเป็นทับหลังจะช่วยให้ก่ออิฐง่ายขึ้น



รูปที่ 2.7 แสดงการก่อผนังด้วยอิฐดินดิบ

ที่มา :<http://www.koomwimarndin.com/index.php?lay=show&ac=article&id=538984267>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราก่อนผนังเสร็จเรียบร้อยแล้วเราก็จะมาในส่วนของการฉาบเพื่อความสวยงามโดยวัสดุที่ใช้ในการฉาบก็ยังคงเป็นส่วนผสมที่เกิดจากดินเหนียว ทราย และแกลบ โดยมีขั้นตอนการฉาบดังนี้

1. ย่ำดินกับส่วนผสมต่างๆ เข้าด้วย
2. ผนังส่วนที่ยื่นออกมาสมควรใช้มีดพริ้ทำการตกแต่งเสียก่อน
3. ทำความสะอาดผนังโดยการปัดเศษฝุ่นและเศษแกลบที่ติดอยู่บนผนังออกก่อนทำการฉาบ
4. ใช้น้ำรดผนังให้เปียกก่อนฉาบ การฉาบควรฉาบจากด้านบนลงล่าง โดยใช้มีดหรือเกรียงก็ได้
5. ปั้นรูปทรงตกแต่งต่างๆ ตามต้องการ
6. ทิ้งไว้ให้แห้ง ถ้ามีรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ให้อุดโดยใช้ดินที่ผสมทรายมากๆ

เมื่อฉาบเสร็จแล้วเราจะมาสู่ขั้นตอนสุดท้ายนั่นก็คือการทำสีด้วยดินเพื่อตกแต่งให้บ้านเรามีสีสันสวยงาม โดยส่วนผสมของดินที่จะทำสีมีดังนี้

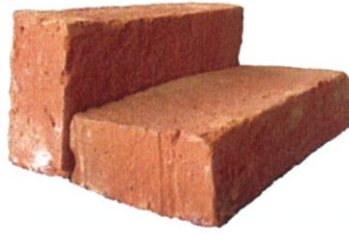
1. ดินสี ควรจะเป็นดินเหนียวหรือดินที่มีดินเหนียวผสมอยู่บ้าง
2. ทรายละเอียด อย่างน้อยปริมาณเท่ากับดินเหนียวหรือมากกว่า
3. แป้งเปียก จะช่วยทำให้ดินนั้นชื้นเหมือนสีทาบ้าน
4. น้ำมันพืช เพิ่มความเงางามและลดการเกาะของฝุ่น
5. ส่วนผสมอื่นๆ ที่เพิ่มความเหนียวหรือช่วยในการกั้นน้ำ เช่น ยางพารา นม ไข่ขาว กะทิ ฯลฯ

อัตราส่วนของดินสีเช่นเดียวกันกับดินฉาบ คือทดลองผสมในส่วนผสมและอัตราส่วนต่าง ๆ กันแล้วลองฉาบดู รอจนแห้งแล้วเลือกสีที่ดีที่สุด ดินสีจะต่างกับดินฉาบตรงที่ ใช้ดินและทรายที่ละเอียดกว่า ดินเหนียวที่ใช้ควรทุบให้ละเอียดแล้วร่อน หรือเอาดินผสมน้ำก่อนแล้วกรองเอาดินที่เป็นก้อนออกก่อนที่จะเอาไปผสมกับทราย

ขั้นตอนในการทำสี

1. ก่อนฉาบต้องมั่นใจว่าผนังนั้นแห้งสนิทแล้วไม่ต้องรดน้ำที่ผนังก่อน
2. ใช้มือ ฟองน้ำ หรือแปรงทาสี ทาสีลงไปในผนังโดยเริ่มทาจากด้านบนของผนังลงมาด้านล่าง
3. การฉาบสีให้ค่อยๆ ทาไปที่ละส่วน และทาบางๆ เมื่อดินที่ฉาบไปแล้วเริ่มหมาดให้ใช้ฟองน้ำชุบน้ำบิดพอหมาดลูบให้ผนังเรียบ
4. หากต้องการทาสีอีกรอบให้รอสีที่ทารอบแรกแห้งสนิทเสียก่อน

2.1.3 อิฐมอญทั่วไป (Common Brick) [13]



รูปที่ 2.8 อิฐมอญ

ที่มา : <http://www.79charoentrading.com/images/content/original-1368355791705.png>

อิฐมอญทั่วไป หรืออิฐสามัญ คืออิฐที่ทำจากดินเหนียวผสมแกลบหรือวัสดุอื่น ผสมกับน้ำ นวดเคล้าให้เข้าเนื้อเดียวกันแล้วใส่เข้าไปในแม่พิมพ์ การทำอิฐมอญนี้ สามารถทำได้ 2 แบบ คือ

1. ทำด้วยมือ อิฐที่ทำด้วยมือ นั้น ขนาดของอิฐแต่ละแผ่นไม่เท่ากันทุกแผ่น อาจมาจากหลายสาเหตุ เช่น การอัดดินลงในแม่พิมพ์ไม่แน่น การหดตัวของดินที่ใช้ทำอิฐไม่เท่ากัน เป็นต้น แต่ก็ยังเป็นที่ยอมรับใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน แหล่งที่ทำอิฐมอญทั่วไปในประเทศไทย คือ เชียงใหม่ พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี

2. อิฐที่อัดด้วยเครื่อง อิฐมอญทั่วไปที่อัดด้วยเครื่องกล จะมีความหนาแน่นค่อนข้างเท่ากัน มีกรรมวิธีในการผลิตดีกว่าอิฐที่ทำด้วยมือ ขนาดที่ได้จะสม่ำเสมอ

คุณสมบัติของอิฐมอญทั่วไป (Common Brick)

1. การกันความร้อน ในการก่อสร้างอาคาร หากก่ออิฐมอญ 2 ชั้น อิฐมอญจะสามารถกันความร้อนได้ค่อนข้างดีกว่ามาก เนื่องจากมีฉนวนความร้อนเป็นช่องว่างตรงกลาง แต่หากก่ออิฐมอญชั้นเดียว คุณสมบัติการกันความร้อนก็จะลดน้อยลง
2. การกันเสียง อิฐมอญจะกันเสียงได้น้อยกว่าอิฐมวลเบาอยู่ 20%
3. การกันไฟ อิฐมอญจะค่อนข้างกันไฟได้ดีกว่าอิฐมวลเบาเล็กน้อย
4. ความแข็งแรง อิฐมอญจะเหมาะสำหรับการใช้วัสดุกรุผนังที่มีน้ำหนักมาก เช่น หินแกรนิต หรือหินอ่อน ซึ่งหากมีการกรุผนังภายในอาคาร อิฐมอญจะช่วยให้กำแพงมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ไม้สนเหลือง (Wood: Yellow Pine) [5]



รูปที่ 2.9 ไม้สนเหลือง

ที่มา : <http://che-thai.com/images/gallery/gp43.jpg>

ไม้สนเหลือง เป็นไม้นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีถิ่นกำเนิดที่กว้างขวางในประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากเป็นภูมิประเทศที่มีสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม มีฤดูร้อนที่ยาวนาน ปริมาณน้ำฝนดิน ปุย ที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของไม้สนเหลืองเป็นอย่างดี นอกจากนี้ไม้สนเหลืองแล้ว ยังมีไม้สนอีกมากมายหลายสายพันธุ์ที่เจริญเติบโตในสหรัฐอเมริกาอีกด้วย

คุณสมบัติของไม้สนเหลือง

1. ความแข็งแรงสูง ไม้สนเหลืองมีคุณสมบัติที่แข็งแรงและทนทาน จึงเหมาะที่จะนำมาประกอบเป็นโครงสร้างอาคารได้ดี
2. คงทนต่อการเสียดสี ไม้สนเหลืองมีความคงทนค่อนข้างสูง ใช้งานได้นาน เหมาะต่อการใช้ในการก่อสร้างทางเดิน ระเบียง และพื้นนอกตัวอาคาร
3. การจัดการความแห้ง ความชื้นของไม้จะถูกกำหนดให้อยู่ระหว่าง 15-19% ขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศของแต่ละประเทศ
4. พลังการยึดเกาะตะปู ไม้สนเหลืองมีคุณสมบัติในการยึดเกาะตะปูค่อนข้างสูง เมื่อผ่านการอบแห้งแล้วจะยิ่งเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดเกาะกับตะปูได้ดียิ่งขึ้น
5. ง่ายต่อการป้องกันการผุ ไม้สนเหลืองมีเนื้อไม้ที่สามารถทำให้ตัวยับยั้งการผุของไม้นั้นแทรกซึมเข้าสู่เนื้อไม้ได้สม่ำเสมอ ซึ่งมีผลป้องกันเชื้อโรค ปลวก และเชื้อรา ที่จะมากัดกินเนื้อไม้ได้

ไม้สนเหลืองเป็นตัวเลือกที่ดีในการใช้เป็นวัสดุก่อสร้างตัวเลือกหนึ่ง ถึงแม้ว่าจะเป็นไม้นำเข้า แต่เนื่องจากการนำเข้าไม้สนเหลืองอยู่ภายใต้การควบคุมของกรมป่าไม้ และมีการนำเข้าไม้สนมากมายในปัจจุบัน ราคาของไม้สนจึงไม่สูงมาก บวกกับคุณสมบัติที่ดี มีความคงทนของไม้ด้วยแล้ว ก็นับว่าเป็นตัวเลือกที่ดีที่ควรนำมาพิจารณาในการก่อสร้างอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

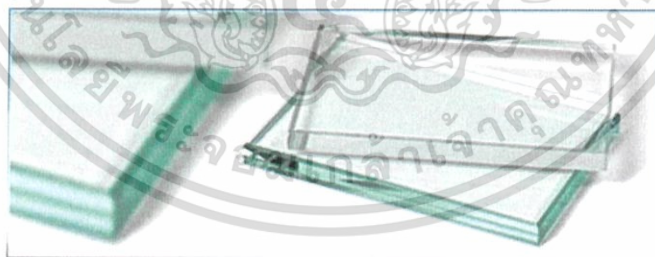
ไม้สนที่เหมาะสมที่จะมาสามารถนำมาแปรรูปเป็นโครงสร้างอาคารและผลิตภัณฑ์อื่นๆ นั้น ต้องมีอายุอย่างน้อย 25 ปี เนื่องจากไม้สนอายุประมาณนี้ไม่แก่จนเกินไปและไม่อ่อนจนเกินไป เมื่อนำมาอบแห้งในกรรมวิธีการอบที่ถูกต้อง โดยอบจนไม่มีความชื้นอยู่ระหว่าง 15-19% ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศของแต่ละประเทศ จะทำให้ขนาดของไม้ที่เสถียร เพิ่มความแข็งแรง และมีรูปลักษณะภายนอกที่สวยงาม

2.1.5 กระจก (Glass) [1]

กระจกเป็นวัสดุกรอบอาคารที่ปัจจุบันได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อความสวยงามและเพิ่มความสว่างไสวให้กับภายในตัวอาคารซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระจกประมาณ 80% ได้มาจากแหล่งผลิตภายในประเทศ ได้แก่ ทราายแก้ว หินฟิ่นม้า หินโดโลไมต์ เศษกระจก และวัสดุที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ได้แก่ โซดาแอช ผงคาร์บอน ผงเหล็ก โซเดียมซิลเฟต ซึ่งกระจกนั้นมียุคด้วยกันหลายประเภท โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ เราจะพิจารณาเฉพาะกระจกใส ดังนี้

กระจกใส (Float glass)

กระจกที่เป็นกระจกใสที่มีผิวทั้งสองด้านเรียบสนิท ให้ภาพที่มองเห็นชัดเจนและมีราคาถูกที่สุด กระจกชนิดนี้จะยอมให้แสงผ่านเข้ามาได้สูง จึงมีแสงสว่างกระจายเข้ามาภายในห้องเป็นจำนวนมากแต่ขณะเดียวกันก็จะมีปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามามากด้วยเช่นกัน ดังนั้นในการใช้งานควรติดตั้งฟิล์มกรองแสง หรือการใช้อุปกรณ์บังแดดเป็นต้น



รูปที่ 2.10 กระจกใส

ที่มา : <http://www.supplychains2012.org/image/article/big/A20130412150001.jpg>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยภายในกรุงเทพมหานคร [7]

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยในกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี ค.ศ. 2009-2014

ปี	เดือน	อุณหภูมิ สูงสุด (°C)	อุณหภูมิ ต่ำสุด (°C)	อุณหภูมิ เฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุด (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย ต่ำสุด (°C)
2009	มกราคม	34.0	15.5	25.7	31.4	20.8
2009	กุมภาพันธ์	38.8	23.1	29.1	34.9	25.1
2009	มีนาคม	37.9	22.1	29.9	35.3	26.3
2009	เมษายน	39.4	22.6	30.2	35.8	26.3
2009	พฤษภาคม	37.2	22.5	29.3	34.0	25.9
2009	มิถุนายน	35.8	21.7	29.4	33.5	26.3
2009	กรกฎาคม	36.5	23.9	28.8	33.2	25.8
2009	สิงหาคม	36.7	22.6	29.4	34.0	25.9
2009	กันยายน	35.6	23.0	28.7	33.9	25.4
2009	ตุลาคม	37.9	22.3	28.4	33.5	24.8
2009	พฤศจิกายน	38.8	19.9	28.0	33.2	23.9
2009	ธันวาคม	34.9	21.3	27.9	33.1	23.8
2010	มกราคม	35.5	20.0	27.8	32.8	24.5
2010	กุมภาพันธ์	36.9	24.1	29.4	33.9	26.7
2010	มีนาคม	37.9	23.5	30.2	35.5	27.0
2010	เมษายน	39.0	25.2	31.5	36.8	28.4
2010	พฤษภาคม	39.7	24.9	31.1	36.6	28.2
2010	มิถุนายน	37.9	25.0	30.5	35.8	27.1
2010	กรกฎาคม	37.9	24.1	29.4	34.4	26.3
2010	สิงหาคม	36.2	23.7	28.6	33.6	25.6
2010	กันยายน	36.2	23.4	28.8	33.8	25.4
2010	ตุลาคม	35.0	22.1	27.9	32.3	25.0
2010	พฤศจิกายน	34.8	21.3	28.2	32.7	24.5
2010	ธันวาคม	34.2	19.8	27.5	32.4	23.8
2011	มกราคม	34.5	19.4	27.0	32.4	22.5
2011	กุมภาพันธ์	36.1	21.4	28.5	34.0	25.2
2011	มีนาคม	25.9	17.6	27.0	31.5	24.1
2011	เมษายน	36.1	23.2	29.1	34.2	26.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2011	พฤษภาคม	39.2	23.8	29.6	34.8	26.4
2011	มิถุนายน	36.0	24.5	29.1	33.4	26.6
2011	กรกฎาคม	36.7	24.3	28.6	33.3	25.6
2011	สิงหาคม	36.7	24.5	28.4	33.2	25.7
2011	กันยายน	35.7	24.4	28.2	33.0	25.7
2011	ตุลาคม	35.3	23.2	28.2	33.0	34.1
2011	พฤศจิกายน	36.3	24.4	29.3	34.1	25.6
2011	ธันวาคม	35.1	18.7	26.8	31.9	22.7
2012	มกราคม	35.5	21.8	28.1	33.0	24.9
2012	กุมภาพันธ์	35.8	23.0	28.9	33.6	25.7
2012	มีนาคม	37.8	25.4	30.4	35.9	27.2
2012	เมษายน	40.0	23.9	31.2	36.9	27.8
2012	พฤษภาคม	39.0	24.7	30.4	35.5	27.3
2012	มิถุนายน	35.7	25.4	29.4	34.2	26.8
2012	กรกฎาคม	35.6	24.5	28.6	33.5	26.0
2012	สิงหาคม	35.3	24.4	28.5	33.5	25.8
2012	กันยายน	35.8	23.8	27.7	32.9	23.8
2012	ตุลาคม	36.4	23.7	28.3	33.6	23.7
2012	พฤศจิกายน	36.5	24.0	28.4	33.6	24.0
2012	ธันวาคม	36.5	21.8	25.2	34.1	21.8
2013	มกราคม	35.2	21.7	27.8	33.1	21.7
2013	กุมภาพันธ์	37.1	23.9	29.6	34.7	23.9
2013	มีนาคม	40.1	23.0	30.1	35.6	23.0
2013	เมษายน	39.5	24.1	29.9	36.3	24.1
2013	พฤษภาคม	39.4	25.1	31.1	36.5	25.1
2013	มิถุนายน	37.1	25.0	29.0	34.1	25.0
2013	กรกฎาคม	36.2	25.0	28.4	33.0	25.0
2013	สิงหาคม	35.3	24.2	28.6	33.9	24.2
2013	กันยายน	36.9	23.6	28.0	32.7	23.6
2013	ตุลาคม	35.7	23.3	28.2	32.9	23.3
2013	พฤศจิกายน	35.9	23.4	28.3	33.3	23.4
2013	ธันวาคม	34.0	17.8	25.1	30.8	17.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2014	มกราคม	34.7	16.6	25.7	32.1	20.9
2014	กุมภาพันธ์	35.2	22.6	27.8	33.3	24.7
2014	มีนาคม	36.3	25.0	29.6	34.7	26.7
2014	เมษายน	38.4	25.2	31.3	36.9	28.2
2014	พฤษภาคม	39.1	24.0	31.5	37.4	28.1
2014	มิถุนายน	37.5	24.4	30.0	35.0	27.4
2014	กรกฎาคม	36.8	22.6	29.5	34.2	26.8
2014	สิงหาคม	37.0	24.3	28.8	33.9	26.0
2014	กันยายน	36.2	24.7	28.9	34.2	26.1
2014	ตุลาคม	35.5	23.9	28.4	33.5	25.6
2014	พฤศจิกายน	36.3	23.6	29.2	34.4	25.9
2014	ธันวาคม	36.0	20.0	27.5	32.6	23.9

จากข้อมูลตารางที่ 2.1 จะได้ข้อมูลของอุณหภูมิความร้อนโดยเฉลี่ย สูงสุด-ต่ำสุด ของ กรุงเทพมหานครตั้งแต่ปี ค.ศ.2009- 2014 มีค่าเท่ากับ 33.95278 องศาเซลเซียส และ 25.25417 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในที่นี้เราจะใช้อุณหภูมิความร้อนโดยเฉลี่ยสูงสุดในการพิจารณาเงื่อนไขค่าขอบของการกระจายความร้อนภายในบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ค่าการแพร่สภาพความร้อน (Thermal diffusivity) [4]

ในการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน ค่า Thermal diffusivity หรือ ค่าการแพร่สภาพความร้อน เป็นสมบัติทางความร้อน (thermal properties) ที่หาได้จากการนำค่าการนำความร้อน (thermal conductivity) ของวัสดุมาหารด้วยค่าของความหนาแน่น (density) ที่คูณอยู่กับค่าความร้อนจำเพาะ (specific heat) ของวัสดุ นั่นคือค่าความดันคงที่ ซึ่งค่านี้จะสามารถบอกความสามารถของวัสดุในการนำความร้อนและความสามารถในการจัดเก็บพลังงานความร้อนซึ่งมีหน่วย SI เป็น ตารางเมตร / วินาที ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของ

$$\kappa = \frac{k}{\rho c_p}$$

โดยที่ k แทนค่าการนำความร้อนของวัสดุ

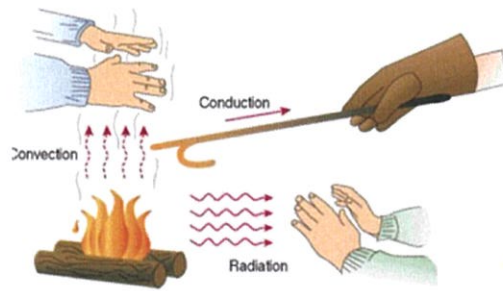
ρ แทนค่าความหนาแน่นของวัสดุ

c_p แทนค่าความจุความร้อนจำเพาะ

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน [17.]

2.4.1 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อน คือ การส่งผ่านพลังงานความร้อนซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ดังนั้นเมื่อใดก็ตามที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้นในตัวกลางหรือระหว่างตัวกลาง การถ่ายเทความร้อนมักจะเกิดขึ้นได้ ดังรูปที่ 2.11 แสดงการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นใน 3 รูปแบบ เมื่อมีเกรเดียนต์อุณหภูมิ (Temperature Gradient) เกิดขึ้นในตัวกลางที่อยู่นิ่ง เช่น ของแข็ง หรือของไหล เทอมของการนำความร้อน (Conduction) จะเป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นผ่านตัวกลาง ในขณะที่การพาความร้อน (Convection) จะเป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นผิวและของไหลที่เคลื่อนที่เมื่อมีอุณหภูมิแตกต่างกัน ส่วนการแผ่รังสีความร้อน (Thermal Radiation) จะเป็นการที่ทุกพื้นที่ผิวที่มีอุณหภูมิหนึ่งจะปล่อยพลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา ดังนั้นในสภาวะที่ปราศจากตัวกลางใด ๆ จะมีการถ่ายเทความร้อนสุทธิที่เกิดขึ้นเนื่องจากการแผ่รังสีระหว่างพื้นผิวสองพื้นผิวที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันได้



รูปที่ 2.11 รูปแบบการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นโดยการนำ การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

ที่มา : <http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/3/science/physics/phy612.jpg>

2.4.1.1 การนำความร้อน (Conduction)

การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนเพียงวิธีเดียวที่เกิดขึ้นในวัสดุที่เป็นตัวกลางทึบแสง เมื่อมีความลาดชันของอุณหภูมิสามารถเกิดได้ทั้งในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส แต่เนื่องจากการไหลหมุนเวียนเกิดขึ้นในของเหลวและแก๊ส แต่สำหรับในของแข็งทึบแสงจะไม่มี การเคลื่อนไหวภายในวัสดุจะมีแต่การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำเพียงอย่างเดียว อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนจะเป็นสัดส่วนกับค่าความลาดชันของอุณหภูมิ (Temperature gradient) $\frac{dT}{dx}$ คูณกับพื้นที่ A ที่ความร้อนไหลผ่าน ดังสมการ (2.1)

$$\text{Rate of conduction} \propto \frac{(\text{area})(\text{Temperature difference})}{\text{thickness}}$$

$$q_{\text{cond}} \propto A \frac{dT}{dx} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2.1)$$

เมื่อ q_{cond} = อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน (W)

A = พื้นที่ที่ความร้อนไหลผ่าน (m^2)

T = อุณหภูมิ (K)

x = ระยะทางการเคลื่อนที่ของความร้อน (m)

ความสามารถในการนำความร้อนของสาร วัสดุด้วยปริมาณที่เรียกว่า ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) หรือใช้ตัวอักษรย่อว่า k ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพของตัวกลางที่มีความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน อัตราการนำความร้อนจึงมีค่าเป็น

$$q_{\text{cond}} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ (2.2) คือ กฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier's law of conduction) เครื่องหมายลบที่อยู่ทางขวามือของสมการเป็นผลเนื่องจากกฎข้อที่สองทางเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งกำหนดว่า ความร้อนจะต้องไหลจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำ แต่เนื่องจากความลาดชันของอุณหภูมิจะต้องลดลงเมื่อระยะทาง X เพิ่มมากขึ้นจึงมีเครื่องหมายเป็นลบ ดังนั้นหากต้องการให้อัตราการถ่ายเทความร้อนไหลในทิศทางที่เป็นบวกหรือมีค่าเป็นบวก จะต้องเติมเครื่องหมายลบไว้ด้านขวาของสมการ (2.2) อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางนั้นขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น รูปทรง ความหนา และวัสดุที่ใช้ในการทำตัวกลาง รวมทั้งความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างตัวกลาง ค่าการนำความร้อน k เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัสดุ การนำความร้อนเป็นการถ่ายเทพลังงานจากอนุภาคที่มีพลังงานสูงไปยังอนุภาคที่มีพลังงานต่ำกว่า สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในของเหลว ของแข็ง และแก๊ส ค่าการนำความร้อนที่อุณหภูมิต่ำๆ ของแก๊สไม่สามารถหาได้จากการวิเคราะห์ ดังนั้นข้อมูลเกี่ยวกับการนำความร้อนส่วนใหญ่ของวัสดุจึงได้มาจากการวัดและการทดสอบ โดยทั่วไปแล้วค่าการนำความร้อนของวัสดุจะแปรตามอุณหภูมิ แต่การนำไปใช้งานในด้านการปฏิบัตินั้นส่วนใหญ่แล้วจะใช้ค่าการนำความร้อนคงที่ที่หาจากอุณหภูมิต่ำๆ สารที่มีความสามารถในการนำความร้อนสูง เช่น โลหะ จะมีค่า k สูง ส่วนสารที่มีความสามารถในการนำความร้อนต่ำ เช่น สารอโลหะ ก็จะมีค่า k ต่ำ ค่า k จึงเป็นคุณสมบัติประจำตัวของสารที่สำคัญมากในการศึกษาถึงการเคลื่อนที่ของความร้อนในสารนั้น สามารถเปรียบเทียบความสามารถในการนำความร้อนของสารต่าง ๆ โดยการเปรียบเทียบจากค่า k ของสารเหล่านั้น โดยสารที่มีค่า k สูง จะเรียกว่า สารตัวนำ (conductor) และสารที่มีค่า k ต่ำ จะเรียกว่า ฉนวน (insulator) ตัวอย่างค่า k ของสารบางชนิดแสดงดังตาราง 2.2

ตาราง 2.2 ค่าการนำความร้อนของสารบางชนิด

วัสดุ	ค่าการนำความร้อน (k), W / mK
โลหะบริสุทธิ์	35-430
โลหะผสม	20-200
โลหะเหลว	9-90
ของเหลว (อโลหะ)	0.2-2.0
ของแข็ง (อโลหะ)	0.02-20
ฉนวน	0.02-0.40
ก๊าซ	0.002-0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 การพาความร้อน (Convection)

การถ่ายเทความร้อนโดยการพาประกอบด้วยกลไก 2 อย่าง คือ พลังงานเกิดการถ่ายเทอันมีผลเนื่องมาจากการเคลื่อนที่หรือการแพร่แบบสุ่มของโมเลกุล และผลเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของของไหลการถ่ายเทลักษณะนี้เกิดขึ้นได้ เช่น ในระบบที่มีเกรเดียนท์อุณหภูมิจะมีการถ่ายเทความร้อนได้ และเนื่องจากโมเลกุลในกลุ่มของไหลจะมีการเคลื่อนที่แบบสุ่มอยู่ด้วย ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจึงเกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่แบบสุ่มของโมเลกุลและการเคลื่อนที่ของของไหลส่วนใหญ่ การถ่ายเทความร้อนโดยการพา แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1.2.1. การพาความร้อนแบบอิสระ (Free convection) หรือ การพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural convection) คือ การเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างผิวของแข็งและของไหล โดยที่ของไหลถูกบังคับให้เคลื่อนที่ไปสัมผัสกับผิวของของแข็งโดยกลไกภายนอก เช่น พัดลม หรือ เครื่องสูบน้ำ

1.2.2. การพาความร้อนแบบบังคับ (Force convection) คือการเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างผิวของของแข็งและของไหล โดยที่ไม่มีกลไกใดๆ ที่ทำให้ของไหลเคลื่อนที่ แต่ของไหลที่อยู่ใกล้กับผิวของของแข็งก็อาจเคลื่อนที่ได้โดยแรงลอยตัวของของไหลเอง แรงลอยตัวนี้เกิดจากความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหล เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิในชั้นของของไหลขึ้น

พิจารณาการพาความร้อนที่เกิดขึ้นในของไหลเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวของแข็งที่มีอุณหภูมิต่างกัน ดังรูป 2.11 ที่แสดงการถ่ายเทความร้อนโดยการพาระหว่างพื้นผิวร้อนกับของไหลที่เคลื่อนที่ผ่านไปบนแผ่นวัตถุ ซึ่งแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของความเร็วและอุณหภูมิ จุดที่น่าสนใจคือ ความเร็วจะลดน้อยลงในทิศทางที่วิ่งเข้าสู่ผิวของวัตถุด้วยผลของแรงจากความเสียดทานที่เนื่องมาจากความหนืดของของไหลและเนื่องจากของไหลชั้นที่อยู่ติดกับผิวนั้นมีความเร็วเป็นศูนย์ ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ระหว่างผิวของแผ่นวัสดุกับของไหลชั้นดังกล่าวเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบการนำอย่างเดียว ของไหลที่มีความเร็วสูงจะให้ค่าความลาดชันของอุณหภูมิสูงทำให้มีอัตราการนำความร้อนสูงตามไปด้วย ตาราง 2.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหลบางชนิด การคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพานั้นเป็นสิ่งยุ่งยาก เมื่อพิจารณาแล้ว มีหลายสิ่งหลายอย่างที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของความร้อนแบบการพานี้ เช่น คุณสมบัติต่าง ๆ ของของไหล เช่น ความหนาแน่น ความร้อนจำเพาะ ความหนืด ฯลฯ ความเร็วของของไหล ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นผิวของของแข็ง และของไหล เป็นต้น นิวตัน (Newton) ได้ตัดปัญหาความยุ่งยากเหล่านี้ โดยเสนอสมการสำหรับคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพา ดังนี้

$$q = h(T_h - T_c) \quad (2.3)$$

โดยที่ h คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อน(heat transfer coefficient) มีหน่วยเป็น $W / m^2 K$ ใน

ระบบ SI และ $Btu / ft^2 hr ^\circ F$ และ q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ของของแข็งที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมผัสกับของไหล, T_h คืออุณหภูมิที่ร้อนกว่า (ของของไหล หรือพื้นผิวของของแข็ง) และ T_c คืออุณหภูมิที่เย็นกว่า (ของของไหล หรือพื้นผิวของของแข็ง)

ตาราง 2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหลบางชนิด

ประเภทการพาความร้อนและชนิดของการไหล	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย ($W / m^2 K$)
การพาความร้อนแบบอิสระ, อากาศ	5-25
การพาความร้อนแบบอิสระ, น้ำ	20-100
การพาความร้อนแบบบังคับ, อากาศ	10-200
การพาความร้อนแบบบังคับ, น้ำ	50-10,000
น้ำกำลังเดือด	3,000-100,000
ไอของน้ำที่กำลังกลั่นตัว	5,000-100,000

2.4.1.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

การแผ่รังสีความร้อน คือการที่พลังงานถูกปล่อยออกมาจากวัตถุที่มีอุณหภูมิที่แน่นอน โดยวัตถุนั้นอาจเป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ก็ได้ พลังงานของสนามการแผ่รังสีมีการถ่ายเทโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือเรียกอีกนัยหนึ่งว่า โฟตอน (Photons) ในขณะที่การถ่ายเทพลังงานโดยการนำหรือการพาความร้อนจะต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายเท การถ่ายเทโดยการแผ่รังสีไม่ต้องการตัวกลางใดๆ และจะเกิดการถ่ายเทได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาวะที่เป็นสุญญากาศ สำหรับวิศวกรวิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่โดยการแผ่รังสี อาจไม่มีความสำคัญเท่ากับที่จรรยาวิธีการคำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการแผ่รังสี ในปี ค.ศ. 1884 สตีเฟนและโบลซ์แมน (Stefan and Boltzmann) ได้เสนอสมการในการคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนสูงสุดโดยการแผ่รังสีจากวัตถุที่มีพื้นที่ A และอุณหภูมิ T ดังนี้

$$q_r = \sigma AT^4 \quad (2.4)$$

โดยที่ q_r คืออัตราการถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสี (W)

σ คือค่าคงที่ของสตีเฟนและโบลซ์แมน (Stefan and Boltzmann) ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$5.67 \times 10^{-8} W / m^2 K^4$ ในระบบ SI และ $0.1717 \times 10^{-8} Btu / hr ft^2 R^4$ ในระบบอังกฤษ

A คือพื้นที่ผิวของตัวแผ่รังสีความร้อน (m^2)

T คืออุณหภูมิของผิวที่แผ่รังสีความร้อน (K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ (2.4) นี้สามารถที่จะนำไปใช้ในการคำนวณเพื่อประโยชน์ในการออกแบบเครื่องมือต่างๆ ได้ วัตถุที่ให้การแผ่รังสีความร้อนสูงสุดตามสมการที่ (2.4) เรียกว่า วัตถุในอุดมคติ หรือวัตถุดำ (black body) วัตถุที่มีอยู่ทุกๆ ไปจะแผ่รังสีได้น้อยกว่าวัตถุดำ การแผ่รังสีความร้อนจากวัสดุโดยทุกๆ ไปที่มี อุณหภูมิ T และพื้นที่ A จะเขียนได้ดังนี้

$$q_r = \sigma \varepsilon AT^4 \quad (2.5)$$

โดยที่ ε คือคุณสมบัติทางการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุซึ่งเรียกว่า ค่าการแผ่รังสี (emissivity) ซึ่งเป็นปริมาณที่แสดงถึงประสิทธิภาพการแผ่รังสีความร้อนของวัตถุ เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุที่สามารถแผ่รังสีความร้อนได้สูงสุด ε จะมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ

การที่จะหาอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีระหว่างวัสดุสองชั้นที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันนั้นยุ่งยากมากจึงจะไม่มีกรกล่าวถึง การพิจารณากรณีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างวัตถุเล็กที่มีพื้นที่ผิว ε และค่าการแผ่รังสีความร้อน ε กับวัตถุใหญ่ซึ่งครอบคลุมวัตถุเล็กอยู่ โดยที่วัตถุเล็กมีอุณหภูมิ T_h และวัตถุใหญ่มีอุณหภูมิ T_c เราสามารถเขียนอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนสุทธิของวัตถุทั้งสองได้ดังนี้

$$q_r = \varepsilon \sigma A (T_h^4 - T_c^4) \quad (2.6)$$

อาจเขียนสมการ (2.6) ได้เป็น

$$q_r = \varepsilon \sigma A (T_h - T_c)(T_h + T_c)(T_h^2 - T_c^2)$$

$$q_r = h_r A (T_h - T_c) \quad (2.8)$$

โดย $h_r = \varepsilon \sigma (T_h + T_c)(T_h^2 - T_c^2)$

$h_r = \varepsilon \sigma (T_h + T_c)(T_h^2 - T_c^2)$ คือ สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (Radiation heat transfer coefficient)

2.5 ระเบียบวิธีผลต่างสี่เบื้อง (Finite Difference Method) [20.]

วิธีการผลต่างสี่เบื้อง หรือ finite difference method มีขั้นตอนดังนี้

1. แบ่งรูปแบบจำลองของปัญหาออกเป็นตาข่าย จำนวนจุดที่เส้นตาข่ายทับกัน เราเรียกว่า nodes
2. ประมาณทุกๆ อนุพันธ์ (derivatives) โดยการใช้ unknown function ที่ทุกๆ nodes ดังนั้นสมการอนุพันธ์ (differential equation) สามารถถูกประมาณโดยระบบของสมการพีชคณิตกับแต่ละ node ของ unknown function แล้วแก้ระบบของสมการพีชคณิตนั้นๆ โดยใช้ทฤษฎีของเทย์เลอร์

Finite Difference method ในอนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง

พิจารณาฟังก์ชันการประมาณค่าที่เป็นอนุพันธ์อันดับหนึ่งได้

$$\text{จาก } U(x+h,t) = U(x,t) + h \frac{\partial U(x,t)}{\partial x} + \frac{h^2}{2!} \frac{\partial^2 U(x,t)}{\partial x^2} + \frac{h^3}{3!} \frac{\partial^3 U(x,t)}{\partial x^3} + \dots \quad (2.9)$$

$$U(x-h,t) = U(x,t) - h \frac{\partial U(x,t)}{\partial x} + \frac{h^2}{2!} \frac{\partial^2 U(x,t)}{\partial x^2} - \frac{h^3}{3!} \frac{\partial^3 U(x,t)}{\partial x^3} + \dots \quad (2.10)$$

เป็นการกระจายอนุกรม Taylor ของ $U(x,t)$ โดยการขยาย x ให้เป็น $x+h$ และ $x-h$ โดยที่ $\Delta x = h$ ซึ่งยิ่ง h มีค่าน้อยเท่าไร ก็ยิ่งมีความแม่นยำมาก จาก (2.9) และ (2.10) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$U_{i+1}^n = U_i^n + h \left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)_i^n + \frac{h^2}{2!} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)_i^n + \frac{h^3}{3!} \left(\frac{\partial^3 U}{\partial x^3} \right)_i^n + \dots \quad (2.11)$$

$$U_{i-1}^n = U_i^n - h \left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)_i^n + \frac{h^2}{2!} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)_i^n - \frac{h^3}{3!} \left(\frac{\partial^3 U}{\partial x^3} \right)_i^n + \dots \quad (2.12)$$

เราสามารถหาฟังก์ชันการประมาณค่าที่เป็นอนุพันธ์อันดับหนึ่งสำหรับอนุพันธ์ของ x ได้ดังต่อไปนี้

จาก (2.11) จัดรูปสมการใหม่ จะได้ว่า

$$\left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)_i^n = \frac{U_{i+1}^n - U_i^n}{h} - \frac{h}{2!} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)_i^n - \dots$$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)_i^n = \frac{U_{i+1}^n - U_i^n}{h} + O(h) \quad (2.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราเรียก (2.13) ว่า ผลต่างสี่เบื้องไปข้างหน้า ของอนุพันธ์อันดับหนึ่งของ x โดยที่ $O(h)$ คือ เทอมของ U'' , ที่มีอันดับของอนุพันธ์ที่มากกว่าอนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง เนื่องจาก h ในเทอมที่มีอนุพันธ์มากกว่าอันดับที่เราต้องการนั้นมีค่าลู่เข้า ซึ่งน้อยมากๆ เราเรียก $O(h^n)$ ว่า Truncation error

ในทำนองเดียวกัน จาก (2.12) จะได้สมการคือ

$$\left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_i^n = \frac{U_{i+1}^n - U_{i-1}^n}{2h} + O(h^2) \quad (2.14)$$

เราเรียก (2.14) ว่า ผลต่างสี่เบื้องย้อนหลัง ของอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของ x และจาก (2.11) – (2.12) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} U_{i+1}^n - U_{i-1}^n &= \left(U_{i+1}^n + h \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_i^n + \frac{h^2}{2!} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2}\right)_i^n + \frac{h^3}{3!} \left(\frac{\partial^3 U}{\partial x^3}\right)_i^n + \dots \right) \\ &\quad - \left(U_{i-1}^n - h \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_i^n + \frac{h^2}{2!} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2}\right)_i^n - \frac{h^3}{3!} \left(\frac{\partial^3 U}{\partial x^3}\right)_i^n + \dots \right) \\ &= \left(2h \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_i^n \right) + \left(2 \frac{h^3}{3!} \left(\frac{\partial^3 U}{\partial x^3}\right)_i^n \right) + \dots \\ \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)_i^n &= \frac{U_{i+1}^n - U_{i-1}^n}{2h} - \frac{h^2}{3!} \left(\frac{\partial^3 U}{\partial x^3}\right)_i^n + \dots \\ \frac{\partial U}{\partial x} &= \frac{U_{i+1}^n - U_{i-1}^n}{2h} + O(h^2) \end{aligned} \quad (2.15)$$

เราเรียก (2.15) ว่า ผลต่างสี่เบื้องตรงกลาง ของอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของ x

ในทำนองเดียวกัน เราสามารถหาฟังก์ชันการประมาณค่าที่เป็นอนุพันธ์อันดับหนึ่งของ t ได้จากการกระจายอนุกรม Taylor ของ $U(x, t)$ โดยการขยาย t ให้เป็น $t + \Delta t$ และ $t - \Delta t$ ได้ดังนี้

$$U(x, t + \Delta t) = U(x, t) + \Delta t \frac{\partial U(x, t)}{\partial t} + \frac{\Delta t^2}{2!} \frac{\partial^2 U(x, t)}{\partial t^2} + \frac{\Delta t^3}{3!} \frac{\partial^3 U(x, t)}{\partial t^3} + \dots \quad (2.16)$$

$$U(x, t - \Delta t) = U(x, t) - \Delta t \frac{\partial U(x, t)}{\partial t} + \frac{\Delta t^2}{2!} \frac{\partial^2 U(x, t)}{\partial t^2} - \frac{\Delta t^3}{3!} \frac{\partial^3 U(x, t)}{\partial t^3} + \dots \quad (2.17)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก (2.16) และ (2.17) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$U^{n+1}_i = U^n_i + \Delta t \left(\frac{\partial U}{\partial t} \right)_i^n + \frac{\Delta t^2}{2!} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} \right)_i^n + \frac{\Delta t^3}{3!} \left(\frac{\partial^3 U}{\partial t^3} \right)_i^n + \dots \quad (2.18)$$

ในทำนองเดียวกันกับกรณี (2.11) และ (2.12) จาก (2.18) จัดรูปสมการใหม่ จะได้ว่า

$$\left(\frac{\partial U}{\partial t} \right)_i^n = \frac{U^{n+1}_i - U^n_i}{\Delta t} + O(\Delta t) \quad (2.19)$$

เรียก (2.19) ว่า ผลต่างสี่เหลี่ยมไปข้างหน้า ของอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของ t

Finite Difference method ของอนุพันธ์อันดับที่สอง

พิจารณาฟังก์ชันการประมาณค่าที่เป็นอนุพันธ์อันดับสอง ได้

เมื่อพิจารณา (2.11) + (2.12) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} U^n_{i+1} + U^n_{i-1} &= \left(U^n_i + h \left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)_i^n + \frac{h^2}{2!} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)_i^n + \frac{h^3}{3!} \left(\frac{\partial^3 U}{\partial x^3} \right)_i^n + \dots \right) \\ &+ \left(U^n_i - h \left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)_i^n + \frac{h^2}{2!} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)_i^n - \frac{h^3}{3!} \left(\frac{\partial^3 U}{\partial x^3} \right)_i^n + \dots \right) \\ &= 2U^n_i + h^2 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)_i^n + \frac{2h^4}{4!} \left(\frac{\partial^4 U}{\partial x^4} \right)_i^n + \dots \\ \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)_i^n &= \frac{U^n_{i-1} - 2U^n_i + U^n_{i+1}}{h^2} + O(h^2) \end{aligned} \quad (2.20)$$

เรียก (2.20) ว่า ผลต่างสี่เหลี่ยมตรงกลาง ของอนุพันธ์อันดับสองของ x

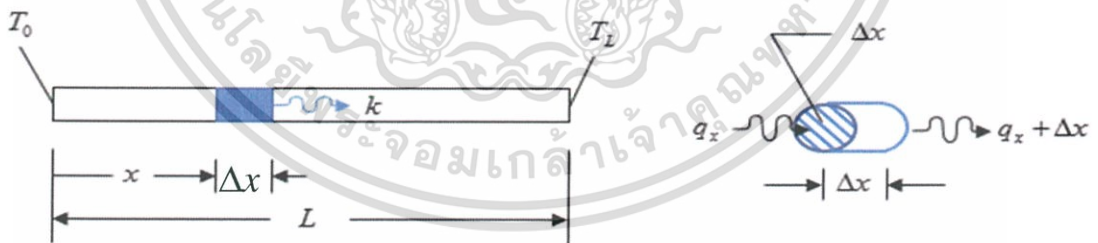
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนภายในกำแพงของอาคารที่พักอาศัยโดยใช้วัสดุที่แตกต่างกัน ซึ่งวัสดุที่เรานำมาใช้ในปัญหานี้ ได้แก่ อิฐมวลเบาแบบ ACC อิฐมอญทั่วไป อิฐดินดิบ ไม้สวน เหลือง และกระจก ซึ่งเราจะนำมาทำการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงด้วยวิธีผลต่างอันตะเพื่อคำนวณหาอุณหภูมิที่แต่ละจุดภายในกำแพงและพิจารณาอุณหภูมิที่ผิวกำแพงด้านในของกำแพงที่ประกอบจากวัสดุแต่ละชนิดที่กล่าวมาข้างต้น โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณ เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่สามารถหาใช้ได้ง่ายและสามารถใช้แก้ปัญหาในการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงนี้ได้

3.1 รูปแบบของปัญหา

กำหนดให้แท่งโลหะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (thermal conductivity) เท่ากับ k ค่าความหนาแน่นของมวล (mass density) เท่ากับ ρ , ค่าความร้อนจำเพาะ (specific heat) เท่ากับ c เราสามารถสร้างสมการอนุพันธ์ของปัญหานี้ได้โดยการพิจารณาอีลิเมนต์เล็กๆ ดังแสดงด้านขวาของรูปที่ 3.1 โดยใช้หลักความจริงของการถ่ายเทความร้อนภายใต้สถานะไม่อยู่ตัวที่ว่า



รูปที่ 3.1 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนในแท่งวัสดุ

ที่มา : หนังสือไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม โดย ปราโมทย์ เตชะอำไพ.

$$\text{ปริมาณความร้อนเข้า} - \text{ปริมาณความร้อนออก} = \text{ปริมาณความร้อนสะสม} \quad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นคือ

$$q_X - q_{X+\Delta X} = \rho c A \Delta X \frac{\partial U}{\partial T} \quad (3.2)$$

โดย q_X และ $q_{X+\Delta X}$ แทนปริมาณความร้อนที่ไหลเข้าและไหลออกผ่านพื้นที่หน้าตัด A ของอีลิเมนต์นี้ ตามลำดับ ปริมาณความร้อนดังกล่าวขึ้นอยู่กับความชันของอุณหภูมิ (temperature gradient) ตามกฎของฟูริเยร์ (Fourier's law) คือ

$$q_X = -kA \frac{\partial U}{\partial X} \quad (3.3)$$

แทนสมการ (3.3) ลงในสมการ (3.2) แล้วประยุกต์อนุกรมเทย์เลอร์เข้ากับพจน์ $q_{X+\Delta X}$ จะได้

$$-kA \frac{\partial U}{\partial X} - \left[-kA \frac{\partial U}{\partial X} - \frac{\partial}{\partial X} \left(kA \frac{\partial U}{\partial X} \right) \Delta X - \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial X^2} \left(kA \frac{\partial U}{\partial X} \right) (\Delta X)^2 - \dots \right] = \rho c A \Delta X \frac{\partial U}{\partial T}$$

สองพจน์แรกทางด้านซ้ายของสมการนี้จะหักล้างกันไป จากนั้นทำการหารตลอดด้วย $A \Delta X$ และเมื่อพิจารณา $\Delta X \rightarrow 0$ เราจะได้

$$\frac{\partial}{\partial X} \left(k \frac{\partial U}{\partial X} \right) = \rho c \frac{\partial U}{\partial T} \quad (3.4)$$

หากเราสมมุติให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อน k นิ่งคงที่โดยไม่เปลี่ยนแปลงไปกับอุณหภูมิ U และไม่ขึ้นอยู่กับตำแหน่ง X ใดๆ บนแท่งโลหะนั้น เราจะได้สมการเชิงอนุพันธ์ที่อยู่ในรูปแบบของสมการพาราโบลา ดังนี้

$$\frac{k}{\rho c} \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} = \frac{\partial U}{\partial T}$$

หรือ

$$\kappa \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} = \frac{\partial U}{\partial T} \quad (3.5)$$

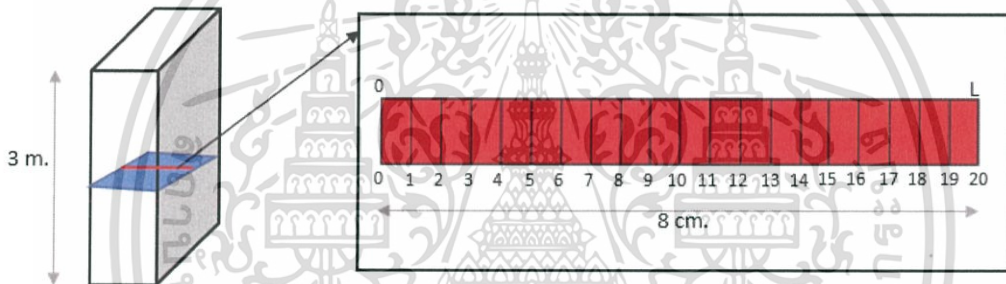
เมื่อ $\kappa = \frac{k}{\rho c}$ คือค่าการแพร่สภาพความร้อน (Thermal diffusivity)

ซึ่งในปัญหาการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่พักอาศัยที่ประกอบจากวัสดุที่แตกต่างกันนี้ จะแบ่งปัญหาในการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่ 1

เราจะพิจารณาการนำความร้อนผ่านผนังที่มีขนาดความกว้าง หรือความหนาของกำแพงเท่ากับ 8 เซนติเมตร และมีความสูงของกำแพงเท่ากับ 3 เมตร ซึ่งกำแพงที่เราจะทำการประมาณค่าอุณหภูมินั้นประกอบจากวัสดุทั้งหมด 5 ชนิด ซึ่งได้แก่ อิฐมวลเบาแบบ ACC อิฐมอญทั่วไป อิฐดินดิบ ไม้สนเหลือง และกระจก โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel ในการคำนวณการประมาณค่าของอุณหภูมิภายในกำแพงที่ประกอบจากวัสดุที่แตกต่างกันที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาต่างๆ จากสมการนำความร้อน (Heat conduction) เพื่อพิจารณาอุณหภูมิที่ผิวกำแพงด้านในอาคารของกำแพงที่ประกอบจากวัสดุต่างๆ ว่าแตกต่างกันอย่างไร โดยที่เราจะศึกษาทั้งในสมการที่เป็นแบบ 1 มิติ (One dimensional) และในแบบที่เป็นสมการไร้มิติ (non-dimensional) โดยอาศัยหลักการของระเบียบวิธีผลต่างอันดับ ซึ่งเราจะทำการแบ่งโดเมนของกำแพงที่ประกอบจากวัสดุต่างๆ ในปัญหาที่ 1 เป็นดังนี้



รูปที่ 3.2 แสดงการแบ่งโหนดภายในกำแพง

โดยเราจะทำการแบ่งโดเมนของปัญหาในกรณีนี้ 1 นี้ออกเป็น 21 โหนดตามแนวแกน x ซึ่งแต่ละโหนดจะห่างกัน 4 มิลลิเมตร โดยให้อุณหภูมิที่ขอบขวาของกำแพง เป็นอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของจังหวัดกรุงเทพมหานครซึ่งเท่ากับ 33.97778 องศาเซลเซียส และให้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ทุกโหนดเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดของจังหวัดกรุงเทพมหานครซึ่งเท่ากับ 25.25417 องศาเซลเซียส เป็นข้อมูลในปี พ.ศ. 2552 - พ.ศ. 2557 จากกรมอุตุนิยมวิทยา และเนื่องจากในปัญหานี้เรากำหนดให้ที่ขอบด้านขวาไม่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงใดๆ ของอุณหภูมิตามแนวแกน x ดังนั้น เงื่อนไขที่ขอบด้านขวา

จึงเท่ากับ $\frac{\partial U}{\partial X}(L, T) = 0$ เขียนเป็นโดเมนได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 แสดงโดเมนของปัญหาที่1

โดยมีเงื่อนไขค่าขอบ คือ

$$U(0, T) = 33.97778 \quad \text{สำหรับทุกๆ } T \geq 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial X}(L, T) = 0 \quad \text{สำหรับทุกๆ } T \geq 0 \text{ และ } L = 8 \text{ cm.}$$

และเงื่อนไขเริ่มต้น คือ

$$U(X, 0) = 25.25417 \quad \text{สำหรับทุกๆ } 0 < X \leq L$$

ในการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่ประกอบจากวัสดุที่แตกต่างกันคือ อิฐมวลเบา แบบ ACC อิฐมอญ อิฐดินดิบ ไม้สนเหลือง และกระจกนั้น เราจะใช้ค่าพารามิเตอร์ของวัสดุต่างๆ (Material Parameter) จากข้อมูลที่เผยแพร่ใน Wikipedia ดังแสดงในตารางที่ [3.1]

ปัญหาที่ 2

พิจารณากำหนดนำความร้อนของกำแพงที่ประกอบจากวัสดุที่แตกต่างกันโดยใช้ขนาดความกว้างหรือความหนาของกำแพงเท่ากับขนาดของวัสดุจริงตามข้อมูลที่แสดงในตารางที่ [3.1] และให้กำแพงมีความสูง 3 เมตร โดยวัสดุที่นำมาพิจารณาคือ อิฐมวลเบาแบบ ACC อิฐมอญทั่วไป อิฐดินดิบ ไม้สนเหลือง และกระจก โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel ในการคำนวณการประมาณค่าของอุณหภูมิภายในกำแพงที่ประกอบจากวัสดุที่แตกต่างกันที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาต่างๆ จากสมการนำความร้อน (Heat conduction) เพื่อพิจารณาอุณหภูมิที่ผิวกำแพงด้านในอาคารของกำแพงที่ประกอบจากวัสดุต่างๆ ว่าแตกต่างกันอย่างไร โดยที่เราจะศึกษาทั้งในสมการที่เป็นแบบ 1 มิติ (One dimensional) และในแบบที่เป็นสมการไร้หน่วย (non-dimensional) โดยอาศัยหลักการของระเบียบวิธีผลต่างอันดับ เราจะให้อุณหภูมิที่ขอบขวาของกำแพง เป็นอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของจังหวัดกรุงเทพมหานครซึ่งเท่ากับ 33.97778 องศาเซลเซียส และให้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ทุกโหนดเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดของจังหวัดกรุงเทพมหานครซึ่งเท่ากับ 25.25417 องศาเซลเซียส เป็นข้อมูลในปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2557 จากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเราจะทำการแบ่งโดเมนของกำแพงที่ประกอบจากวัสดุต่างๆ ในปัญหาที่ 2 ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.4 แสดงโดเมนของปัญหาที่ 2

โดยที่

อิฐมวลเบาแบบ ACC มีเงื่อนไขค่าขอบ คือ

$$U(0, T) = 33.97778 \quad \text{สำหรับทุกๆ } T \geq 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial X}(L, T) = 0 \quad \text{สำหรับทุกๆ } T \geq 0 \quad \text{และ } L = 12 \text{ cm.}$$

และเงื่อนไขเริ่มต้น คือ

$$U(X, 0) = 25.25417 \quad \text{สำหรับทุกๆ } 0 < X \leq L$$

อิฐมอญทั่วไป มีเงื่อนไขค่าขอบ คือ

$$U(0, T) = 33.97778 \quad \text{สำหรับทุกๆ } T \geq 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial X}(L, T) = 0 \quad \text{สำหรับทุกๆ } T \geq 0 \quad \text{และ } L = 6 \text{ cm.}$$

และเงื่อนไขเริ่มต้น คือ

$$U(X, 0) = 25.25417 \quad \text{สำหรับทุกๆ } 0 < X \leq L$$

อิฐดินดิบ มีเงื่อนไขค่าขอบ คือ

$$U(0, T) = 33.97778 \quad \text{สำหรับทุกๆ } T \geq 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial X}(L, T) = 0 \quad \text{สำหรับทุกๆ } T \geq 0 \quad \text{และ } L = 8 \text{ cm.}$$

และเงื่อนไขเริ่มต้น คือ

$$U(X, 0) = 25.25417 \quad \text{สำหรับทุกๆ } 0 < X \leq L$$

ไม้สนเหลือง มีเงื่อนไขค่าขอบ คือ

$$U(0, T) = 33.97778 \quad \text{สำหรับทุกๆ } T \geq 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial X}(L, T) = 0 \quad \text{สำหรับทุกๆ } X \geq 0 \quad \text{และ } L = 4 \text{ cm.}$$

และเงื่อนไขเริ่มต้น คือ

$$U(X, 0) = 25.25417 \quad \text{สำหรับทุกๆ } 0 < X \leq L$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระจก มีเงื่อนไขค่าขอบ คือ

$$U(0, T) = 33.97778 \quad \text{สำหรับทุกๆ } T \geq 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial X}(L, T) = 0 \quad \text{สำหรับทุกๆ } T \geq 0 \text{ และ } L = 1 \text{ cm.}$$

และเงื่อนไขเริ่มต้น คือ

$$U(X, 0) = 25.25417 \quad \text{สำหรับทุกๆ } 0 < X \leq L$$

และใช้ข้อมูลค่าพารามิเตอร์ของวัสดุต่างๆ (Material Parameter) จากข้อมูลที่เผยแพร่ใน Wikipedia ดังแสดงในตารางที่ [3.1]

ตารางที่ [3.1] แสดงข้อมูลและค่าพารามิเตอร์ต่างๆของวัสดุที่ใช้ในการคำนวณ [4]

ข้อมูล/ประเภทวัสดุ	อิฐมวลเบา ACC	อิฐมอญทั่วไป	อิฐดินดิบ	ไม้สนเหลือง	กระจก
รูปภาพประกอบ					
ขนาดหน้าตัดที่ใช้ (cm.)	20 × 12	6 × 3	8 × 4	10.16 × 4	4 × 1
ค่าการแพร่สภาพความร้อน (Thermal diffusivity) (m ² /s) [4.]	2.48×10^{-6}	5.2×10^{-7}	2.7×10^{-7}	8.2×10^{-8}	3.4×10^{-7}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธีผลต่างอันดับ

จากสมการ (3.5)

$$\kappa \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} = \frac{\partial U}{\partial T} \quad ; \quad 0 < X < L, \quad T > 0$$

สามารถคำนวณเพื่อประมาณค่าอุณหภูมิที่แต่ละตำแหน่งของวัสดุที่ต้องการจะทราบได้โดยทำการแปลงให้อยู่ในรูปสมการไร้มิติ (Non-dimensional) โดยให้

$$x = \frac{X}{L^*}, \quad t = \frac{T}{T^*} \quad \text{และ} \quad u(x, t) = \frac{U(X, T)}{U^*}$$

เมื่อ L^* คือความยาวเฉพาะ (Characteristic length) และเลือก $L^* = L$

T^* คือเวลาเฉพาะ (Characteristic time)

U^* คืออุณหภูมิเฉพาะ (Characteristic temperature) และเลือก $U^* = 33.97778$

จะได้ว่า $0 < x < 1, \quad t > 0$ และ

$$\frac{\partial U}{\partial T} = \frac{\partial U^* u}{\partial T} = U^* \frac{\partial u}{\partial t} \frac{\partial t}{\partial T} = \frac{U^*}{T^*} \frac{\partial u}{\partial t}$$

$$\frac{\partial U}{\partial X} = \frac{\partial U^* u}{\partial X} = U^* \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial X} = \frac{U^*}{L^*} \frac{\partial u}{\partial x}$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial X^2} = \frac{\partial}{\partial X} \left(\frac{U^*}{L^*} \frac{\partial u}{\partial x} \right) = \frac{U^*}{L^*} \frac{\partial}{\partial X} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) = \frac{U^*}{L^*} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) \right] \frac{\partial x}{\partial X} = \frac{U^*}{(L^*)^2} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

แทนในสมการ (3.5) ได้เป็น

$$\kappa \left(\frac{U^*}{(L^*)^2} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right) = \frac{U^*}{T^*} \frac{\partial u}{\partial t}$$

หรือ

$$\left(\frac{\kappa T^*}{(L^*)^2} \right) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial u}{\partial t}$$

เลือก $T^* = \frac{(L^*)^2}{\kappa}$ จะได้ว่ารูปอย่างง่ายเป็น

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial u}{\partial t} \quad ; \quad 0 < x < 1, \quad t > 0 \quad (3.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเงื่อนไขขอบของปัญหาทั้งกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2

โดยมีเงื่อนไขค่าขอบ คือ

$$U(0, T) = 33.97778 \quad \text{สำหรับทุกๆ } T \geq 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial X}(L, T) = 0 \quad \text{สำหรับทุกๆ } T \geq 0$$

เงื่อนไขเริ่มต้น คือ

$$U(X, 0) = 25.25417 \quad \text{สำหรับทุกๆ } 0 < X \leq L$$

ดังนั้น สามารถเขียนเงื่อนไขขอบได้ใหม่เป็น

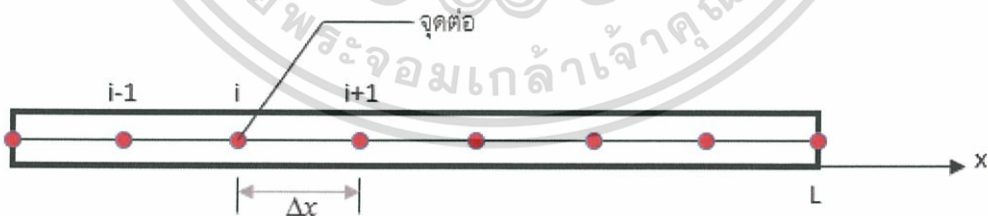
$$u(0, t) = 1 \quad \text{สำหรับทุกๆ } t \geq 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial x}(L, t) = 0 \quad \text{สำหรับทุกๆ } t \geq 0$$

เงื่อนไขเริ่มต้น คือ

$$u(x, 0) = \frac{25.25417}{33.97778} \quad \text{สำหรับทุกๆ } 0 < x \leq 1$$

เมื่อได้สมการในรูปแบบไร้มิติ (Non-dimensional) แล้ว เราจะหาผลเฉลยโดยนำวิธีผลต่างสี่เหลี่ยมมาใช้ประมาณค่าอนุกรม เนื่องจากวิธีผลต่างสี่เหลี่ยมเป็นการประยุกต์สมการผลต่างสี่เหลี่ยมเข้ากับสมการเชิงอนุพันธ์ ซึ่งอธิบายเรื่องการถ่ายเทความร้อนภายใต้สภาวะไม่คงตัว (Transient) โดยในขั้นตอนแรกจะแบ่งโดเมนออกเป็นหลายๆ ส่วน ในแต่ละส่วนจะมีความยาวเท่ากับ Δx และส่วนต่างๆ เหล่านี้จะเชื่อมต่อกันด้วยจุดต่อ ซึ่งในแต่ละจุดต่อจะใช้สัญลักษณ์ i ในการบอกตำแหน่ง ดังแสดงในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3.5 แสดงการแบ่งโหนดและการกำหนดจุดต่อ

ที่จุดต่อต่างๆ นี้เองจะเป็นตำแหน่งที่เราต้องการจะประมาณค่าอนุกรม u ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา t ซึ่งทำได้โดยการประยุกต์วิธีผลต่างสี่เหลี่ยมเข้ากับสมการเชิงอนุพันธ์ โดยใช้การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณของผลต่างสี่เบื้องไปข้างหน้า (forward difference) กับสมการอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งที่แปรผันไปตามเวลา t จะได้ว่า

$$\frac{\partial u}{\partial t} \approx \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t} \quad (3.7)$$

ในขณะเดียวกัน จะใช้การประมาณของผลต่างสี่เบื้องตรงกลาง (central difference) กับสมการอนุพันธ์อันดับสองที่แปรผันตามระยะทาง x จะได้ว่า

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \approx \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{h^2} \quad (3.8)$$

สมการที่ (3.7) และ (3.8) เป็นสมการที่ประมาณค่าที่ตำแหน่งของเวลาที่ n เมื่อนำทั้งสองสมการนี้แทนลงในสมการที่ (3.6) จะได้ว่า

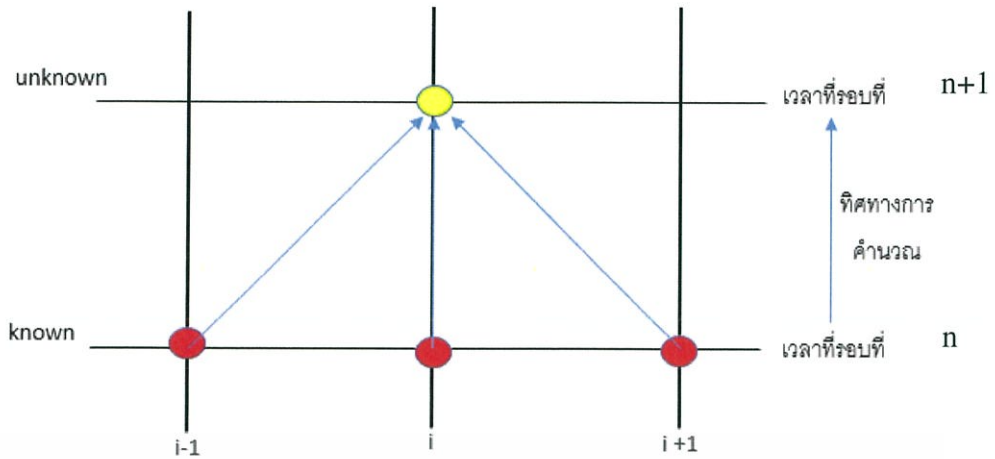
$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &= \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \\ \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t} &= \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{h^2} \\ u_i^{n+1} &= \frac{\Delta t}{h^2} \left(u_{i+1}^n + \left(\frac{h^2}{\Delta t} - 2 \right) u_i^n + u_{i-1}^n \right) \end{aligned} \quad (3.9)$$

เรียกสมการที่ (3.10) ว่า forward time central space :FTCS

โดยให้ $r = \frac{\Delta t}{h^2}$ จะได้ว่า

$$u_i^{n+1} = ru_{i-1}^n + (1-2r)u_i^n + ru_{i+1}^n \quad (3.10)$$

จากสมการที่ (3.10) แสดงให้เห็นว่า อุนทุมิที่จุดต่อ i ที่เวลา $n+1$ สามารถคำนวณได้โดยตรงจากอุนทุมิของสามจุดต่อ $i-1, i, i+1$ ที่เวลา n ซึ่งหลักการคำนวณจะแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.6 แสดงหลักการคำนวณของสมการที่ (3.11)

ที่มา : หนังสือไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม โดย ปราโมทย์ เตชะอำไพ.

จากเงื่อนไขค่าขอบที่ $\frac{\partial u}{\partial x}(1, t) = 0$ ในสมการรูปแบบไร้หน่วย (non-dimensional form)

เราจะประมาณค่าเงื่อนไขนี้ด้วยวิธีผลต่างสืบเนื่องไปข้างหน้า (Forward difference) จะได้ว่า

$$\frac{u_m^n - u_{m-1}^n}{\Delta x} = 0$$

สำหรับ m ที่เป็นโหนดสุดท้ายเมื่อจัดรูปใหม่จะได้ว่า

$$u_{m-1}^n = u_m^n \quad (3.11)$$

จากสมการที่ (3.11) นั้นหมายความว่า ที่จุดต่อที่ $i+1$ และ i นั้น อุณหภูมิไม่มีการเปลี่ยนแปลง

เป็นไปตามเงื่อนไขที่ว่า $\frac{\partial u}{\partial x} = 0$

เนื่องจากค่าของอุณหภูมิที่เวลา $n+1$ สามารถคำนวณได้โดยตรงจากสมการที่ (3.10) โดยใช้ค่าของอุณหภูมิที่เวลา n ระเบียบวิธีการผลต่างสืบเนื่องนี้ จึงถูกเรียกอีกชื่อว่า ระเบียบวิธีแบบชัดแจ้ง (Explicit method) ถึงแม้ว่าระเบียบวิธีการนี้มีข้อดีคือสะดวกในการคำนวณ แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาในหลายกรณีของนักคณิตศาสตร์ ทำให้ทราบว่า วิธีการนี้จะมีความแม่นยำมากขึ้น ก็ต่อเมื่อ r ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ $\frac{1}{2}$ เนื่องจากเป็นไปตามเงื่อนไขที่ว่าถ้าค่า r อยู่

ในช่วง $0 < r \leq \frac{1}{2}$ แล้วจะทำให้คำตอบของระเบียบวิธีชัดแจ้งนั้นเข้าใกล้คำตอบที่เป็น Exact

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

solution ที่สุด เนื่องจากเมื่อลองแทนค่า r ที่มากกว่า $\frac{1}{2}$ ในปัญหาของเราพบว่าค่าของคำตอบนั้น จะมีการแกว่งและลู่ออกในที่สุด ดังนั้นเมื่อเรานำเงื่อนไขนี้มาพิจารณาจากสมการที่ (3.10) จะได้ว่า

$$\Delta t \leq \frac{(\Delta x)^2}{2} \quad (3.12)$$

เมื่อได้รูปแบบสมการที่สามารถนำไปคำนวณได้แล้ว เราจะนำไปคำนวณเพื่อประมาณค่า อุณหภูมิภายในกำแพงที่ประกอบจากวัสดุที่แตกต่างกัน โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel มาช่วยในการคำนวณ เพื่อประมาณค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาของแต่ละตำแหน่งของจุดต่อในรูปแบบของสมการไร้หน่วย (non-dimensional form) เมื่อได้ u ที่ตำแหน่งต่างๆ ของอุณหภูมิที่อยู่ในรูปแบบไร้หน่วยแล้ว เราจะนำมาแปลงกลับให้อยู่ในรูปแบบของหน่วยจริง ซึ่งแปลงได้ดังต่อไปนี้

จาก $u = \frac{U}{U_0}$ ในสมการไร้หน่วย (non-dimensional) เราสามารถแปลงให้อยู่ในรูปสมการปกติได้โดยการคูณ U_0 หรืออุณหภูมิสูงสุดเข้าไปใน u ที่แต่ละตำแหน่งที่คำนวณได้ จะได้ว่า

$$U = U_0 u$$

นั่นคือ เมื่อคูณ u ในแต่ละตำแหน่งที่คำนวณได้จากการประมาณค่าก่อนหน้านี้ด้วย U_0 แล้วเราจะได้อุณหภูมิ U ในแต่ละตำแหน่งที่ต้องการประมาณค่าที่เป็นอุณหภูมิจริง

จาก $x = \frac{X}{L}$ ในสมการไร้หน่วย (non-dimensional) เราสามารถแปลงให้อยู่ในรูปสมการปกติได้โดยการคูณ L หรือความยาวของวัสดุ (หน่วยเป็นเมตร) เข้าไปใน x ที่คำนวณได้ จะได้ว่า

$$X = xL$$

นั่นคือ เมื่อคูณ x ในแต่ละตำแหน่งที่อยู่ในรูปแบบไร้หน่วย (non-dimensional) ด้วย L ซึ่งเป็นความกว้างหรือความยาวของวัสดุแต่ละชนิด แล้วเราจะได้อำนาจของ X ซึ่งเป็นตำแหน่งจริงที่เราต้องการจะประมาณ

และจาก $t = \frac{T}{T^*}$ และ $T^* = \frac{L^2}{\kappa}$ ในสมการไร้หน่วย (non-dimensional) เราสามารถแปลงให้อยู่ในรูปสมการปกติได้โดยการคูณ L^2 เข้าไปใน t เพื่อจัดรูป จะได้ว่า

$$T = \frac{L^2 t}{\kappa}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นคือ เมื่อเราทำการประมาณค่าอุณหภูมิในตำแหน่งต่างๆ ของวัสดุที่เวลาที่เปลี่ยนแปลงไป จากรูปแบบสมการไร้หน่วย (non-dimensional) แล้ว เราจะได้อุณหภูมิที่แต่ละตำแหน่งของแต่ละช่วงเวลา เมื่อจะทราบเวลาในหน่วยจริง T ที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปได้โดยการนำเวลาที่แต่ละช่วงในสมการไร้หน่วย t คูณด้วยความยาวของวัสดุยกกำลังสอง หรือ L^2 แล้วหารด้วยค่าการแพร่สภาพความร้อนของวัสดุ κ จะได้เวลาที่วัสดุแต่ละชนิดใช้ในการนำความร้อน ซึ่งเป็นเวลาในหน่วยจริง (มีหน่วยเป็นวินาที)

เนื่องจากเราต้องการทราบผลซึ่งอยู่ในรูปแบบผลเฉลยที่มีหน่วยดังนั้นเราจึงต้องทำการแปลงผลเฉลยของเราให้กลับมาอยู่ในรูปมีหน่วยดังนั้นเมื่อเราทำการแปลงกลับให้อยู่ในรูปหน่วยจริงแล้ว ก็จะได้อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ที่ประมาณได้ และจะได้เวลาจริงที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะไปศึกษาและวิเคราะห์ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การประมาณค่าอุณหภูมิตามขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วในบทที่สาม โดยในปัญหาพิเศษนี้จะพิจารณา $\Delta T = \frac{1}{1000}$ ซึ่งผลที่ได้ในแต่ละปัญหา มีดังต่อไปนี้

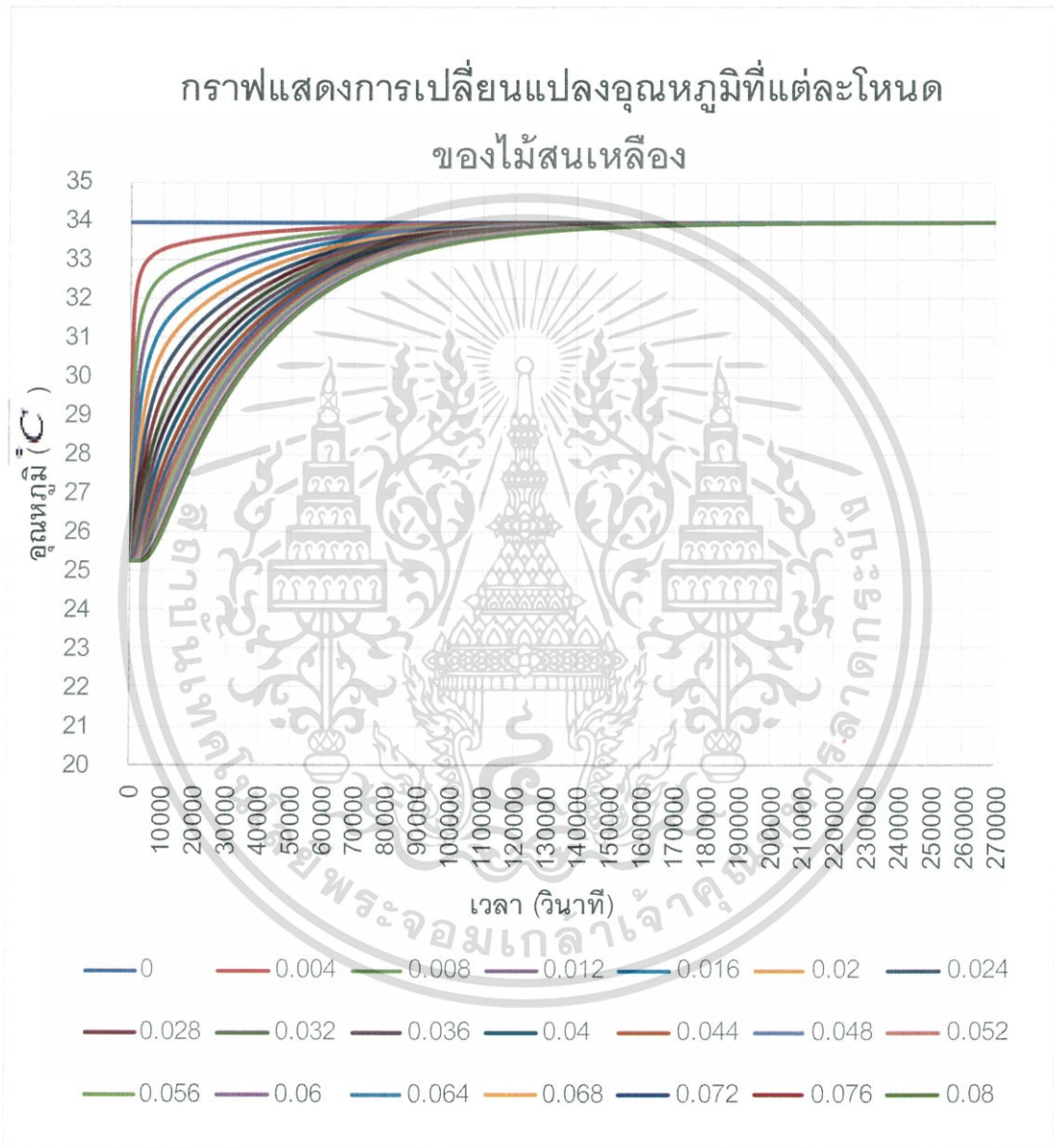
ปัญหาที่ 1

จากการพิจารณาในส่วนของกำแพงที่มีขนาดเท่ากันคือ สูง 3 เมตร และ กว้างหรือหนา $L = 8$ เซนติเมตร ในวัสดุกำแพงที่แตกต่างกันคือ อิฐมวลเบาแบบ ACC อิฐฉนวนทั่วไป อิฐดินดิบ ไม้สนเหลือง และกระจก โดยกำหนดให้ $\Delta X = 0.4 \text{ cm}$. จะได้ว่า ในปัญหานี้ วัสดุกำแพงทุกชนิดถูกแบ่งเป็น $m = 21$ โหนดเท่ากัน

เมื่อประมาณค่าด้วยสมการไร้นิพจน์แล้วแปลงค่ากลับไปอยู่ในรูปหน่วยจริง โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel ได้ผลเป็นดังต่อไปนี้

ไม้สนเหลือง (Wood :Yellow Pine)

ในการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่เป็นวัสดุประเภทไม้สนเหลือง จะได้กราฟที่แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแต่ละตำแหน่งภายในกำแพงเป็นดังนี้

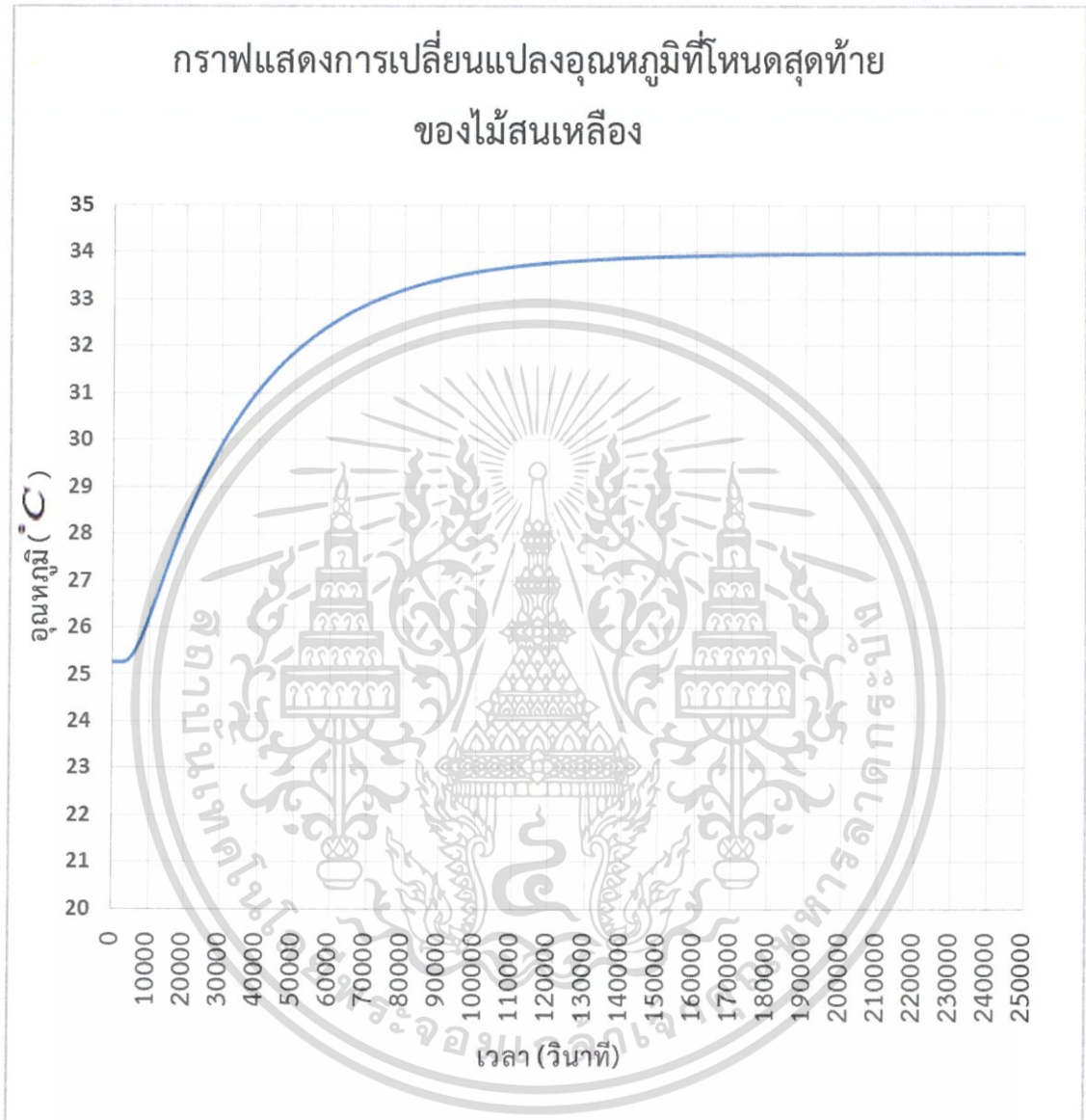


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของไม้สนเหลือง

จากกราฟที่ทุกเส้นแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดต่อแต่ละตำแหน่งจะเห็นได้ว่าทุกๆ โหนดหรือจุดต่อ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้นเวลาที่แตกต่างกัน แต่เนื่องจากเราสนใจอุณหภูมิที่ผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านในสุด ดังนั้นเราจึงทำการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายของผนังซึ่งเป็นผนังด้านในสุด จะได้กราฟของโหนดสุดท้ายของผนังด้านในเป็นดังนี้



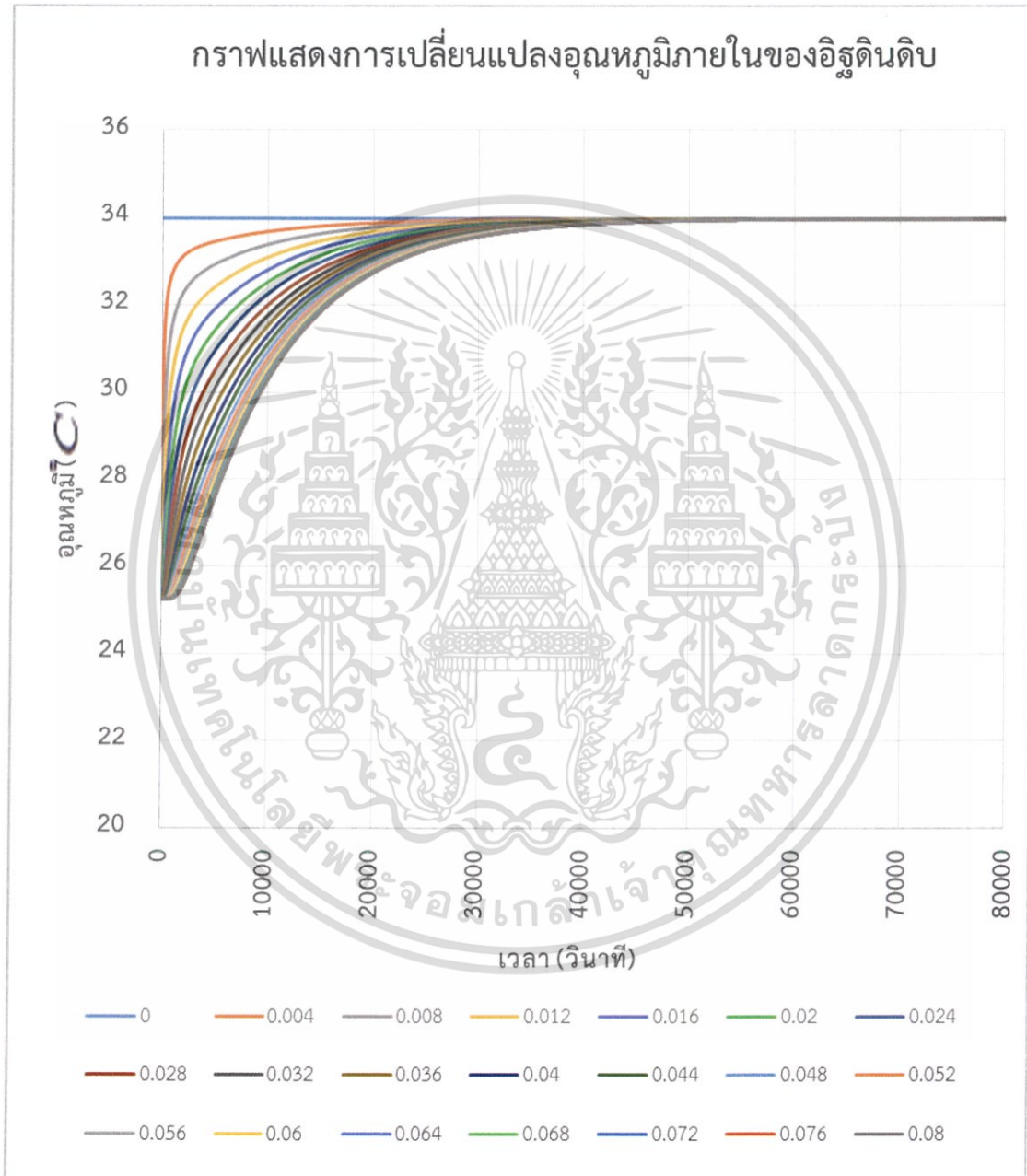
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายที่เวลาต่างๆ ของไม้สนเหลือง

จากรูปที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโหนดสุดท้ายของวัสดุกำแพงประเภทไม้สนเหลือง สังเกตได้ว่า ไม้สนเหลืองใช้เวลาที่ 150000 วินาที หรือประมาณ 41 ชั่วโมงในการเข้าสู่สภาวะคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิฐดินดิบ (Adobe Brick)

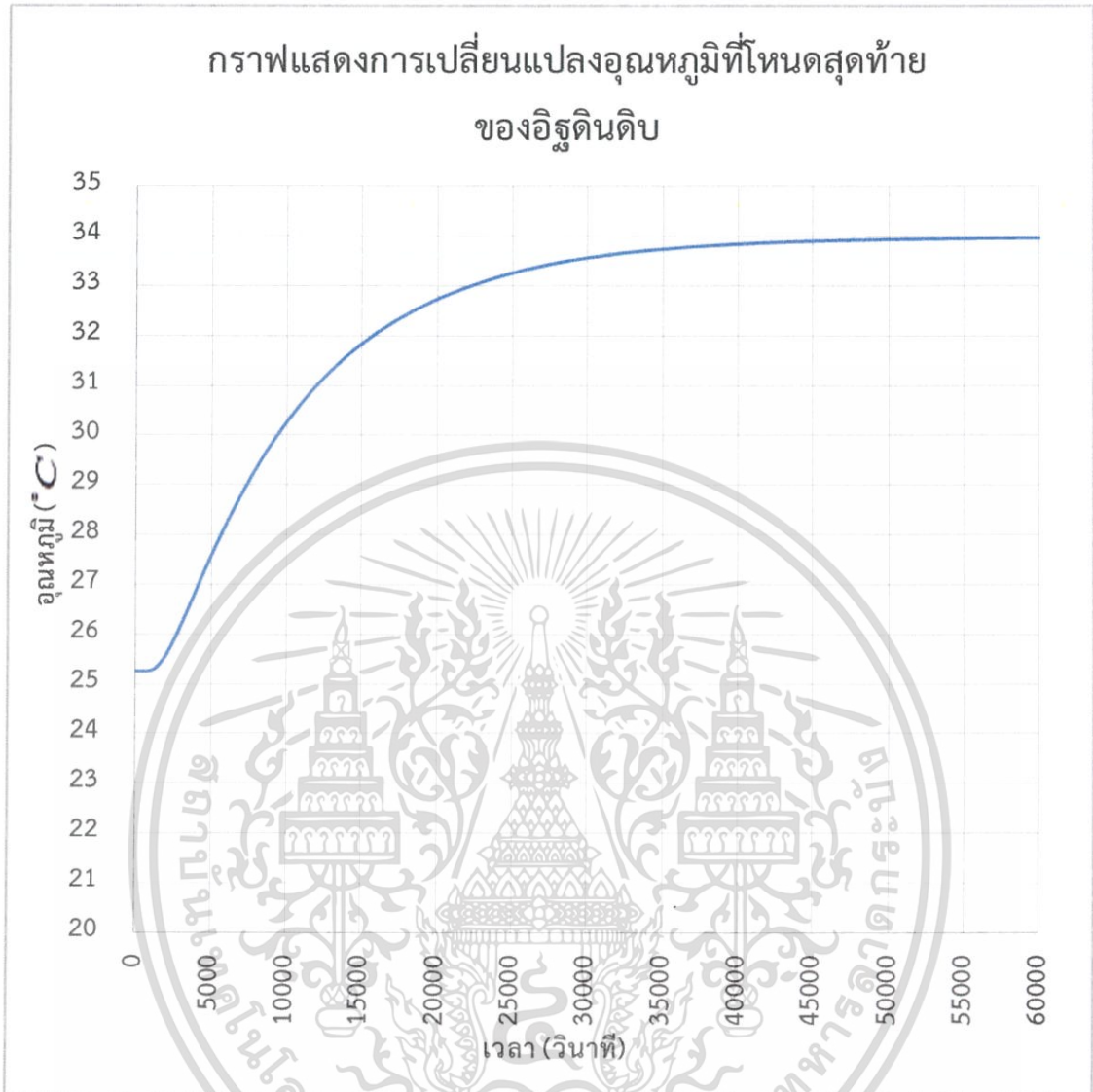
ในการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่เป็นวัสดุประเภทอิฐดินดิบ จะได้กราฟที่แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแต่ละโหนดภายในกำแพงดังนี้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของอิฐดินดิบ

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายของผนัง ซึ่งเป็นผนังด้านในสุด จะได้กราฟสุดท้ายของผนังด้านในดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



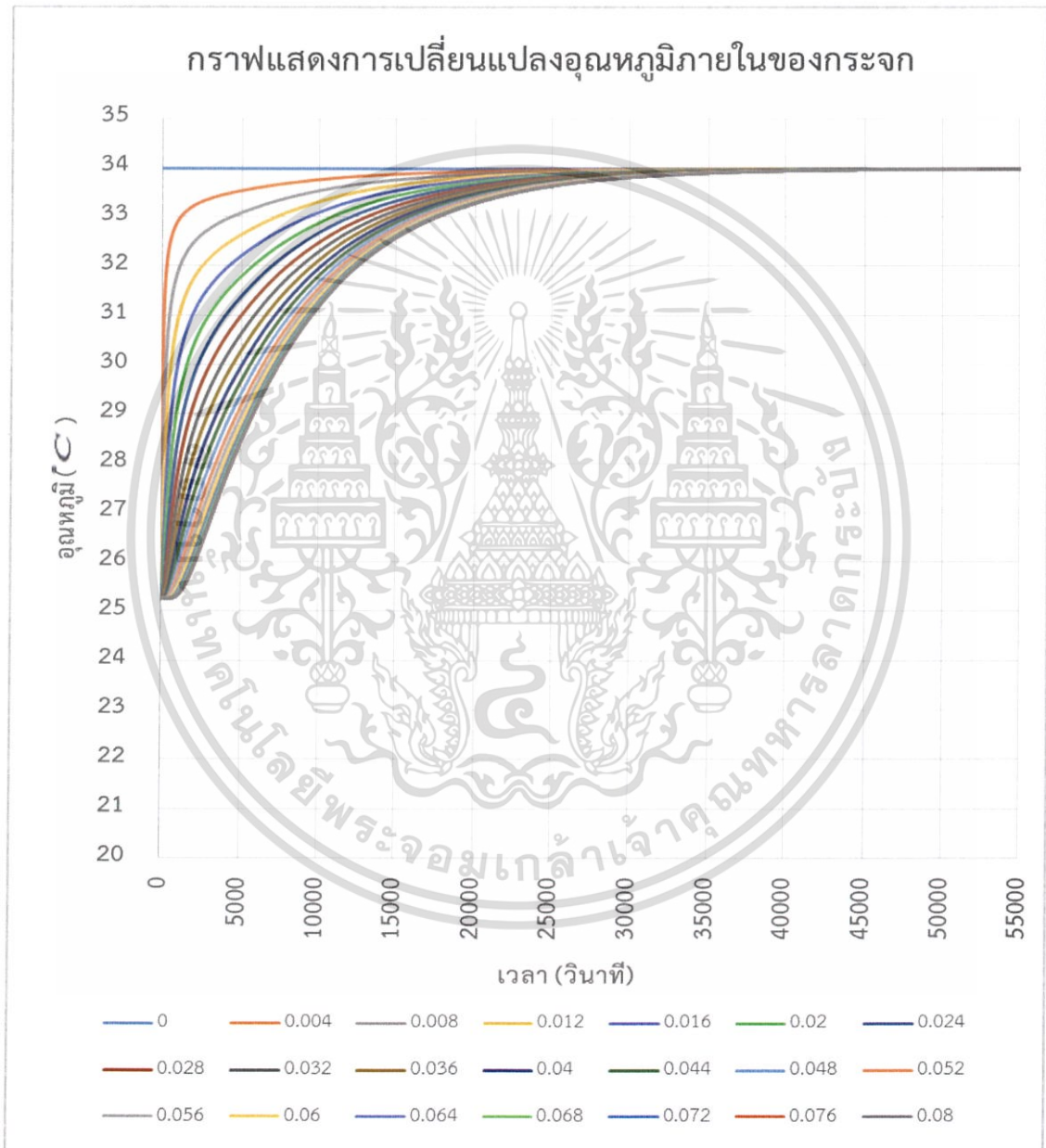
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายที่เวลาต่างๆ ของอิฐดินดิบ

จากรูปที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโหนดสุดท้ายของวัสดุกำแพงประเภทอิฐดินดิบ สังเกตได้ว่า อิฐดินดิบใช้เวลาที่ 50000 วินาที หรือประมาณ 13 ชั่วโมง ในการลู่เข้าสู่สภาวะคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

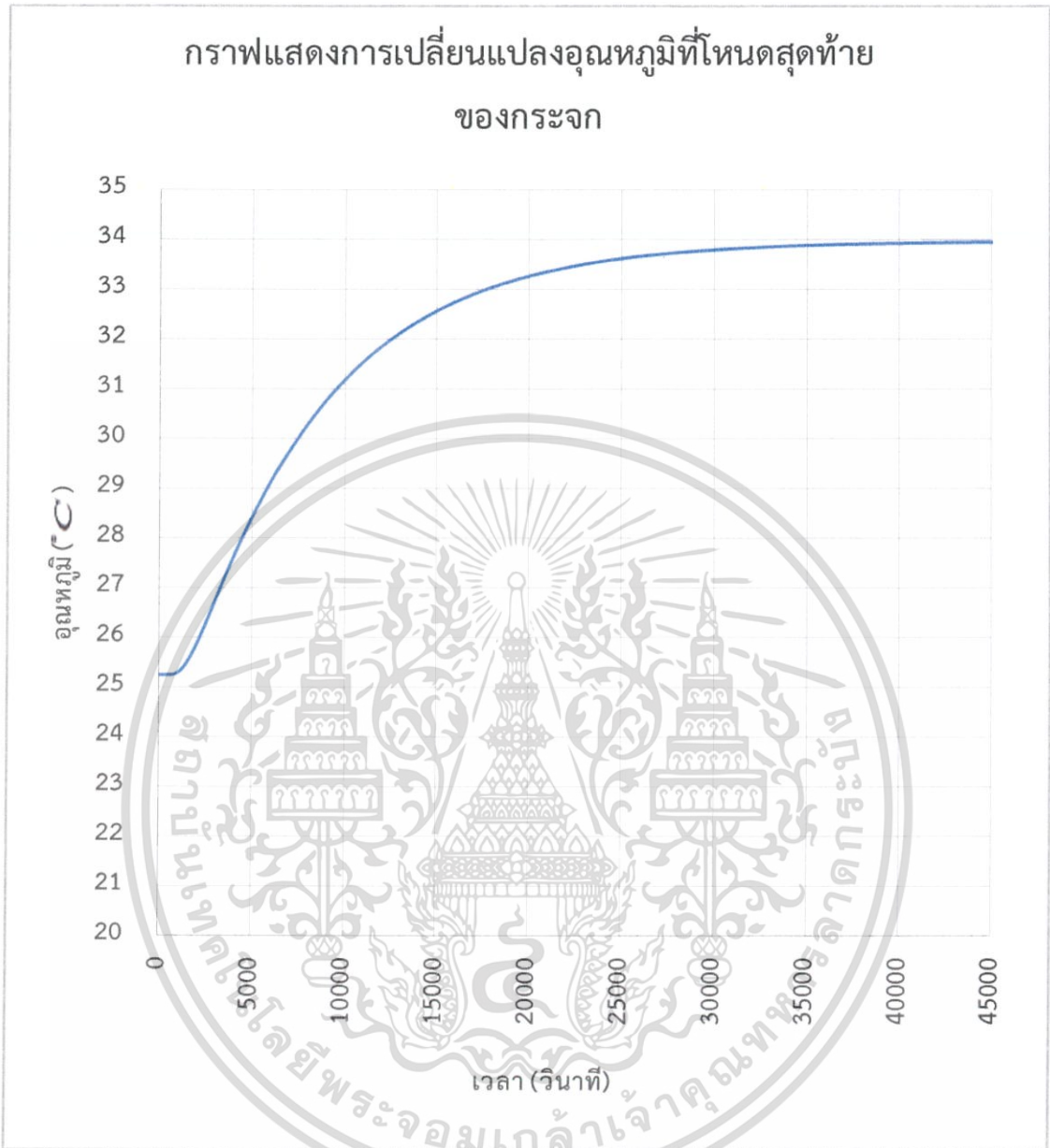
กระจก (Glass)

ในการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่เป็นวัสดุประเภทกระจก (โดยสมมติให้กระจกมีความหนา 8 cm. ซึ่งในความเป็นจริงไม่มีกระจกหนาเท่านี้) จะได้กราฟที่แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแต่ละโหนดภายในกำแพงดังนี้



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของกระจก

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายของผนังซึ่งเป็นผนังด้านในสุด จะได้กราฟของโหนดสุดท้ายของผนังด้านในดังนี้
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



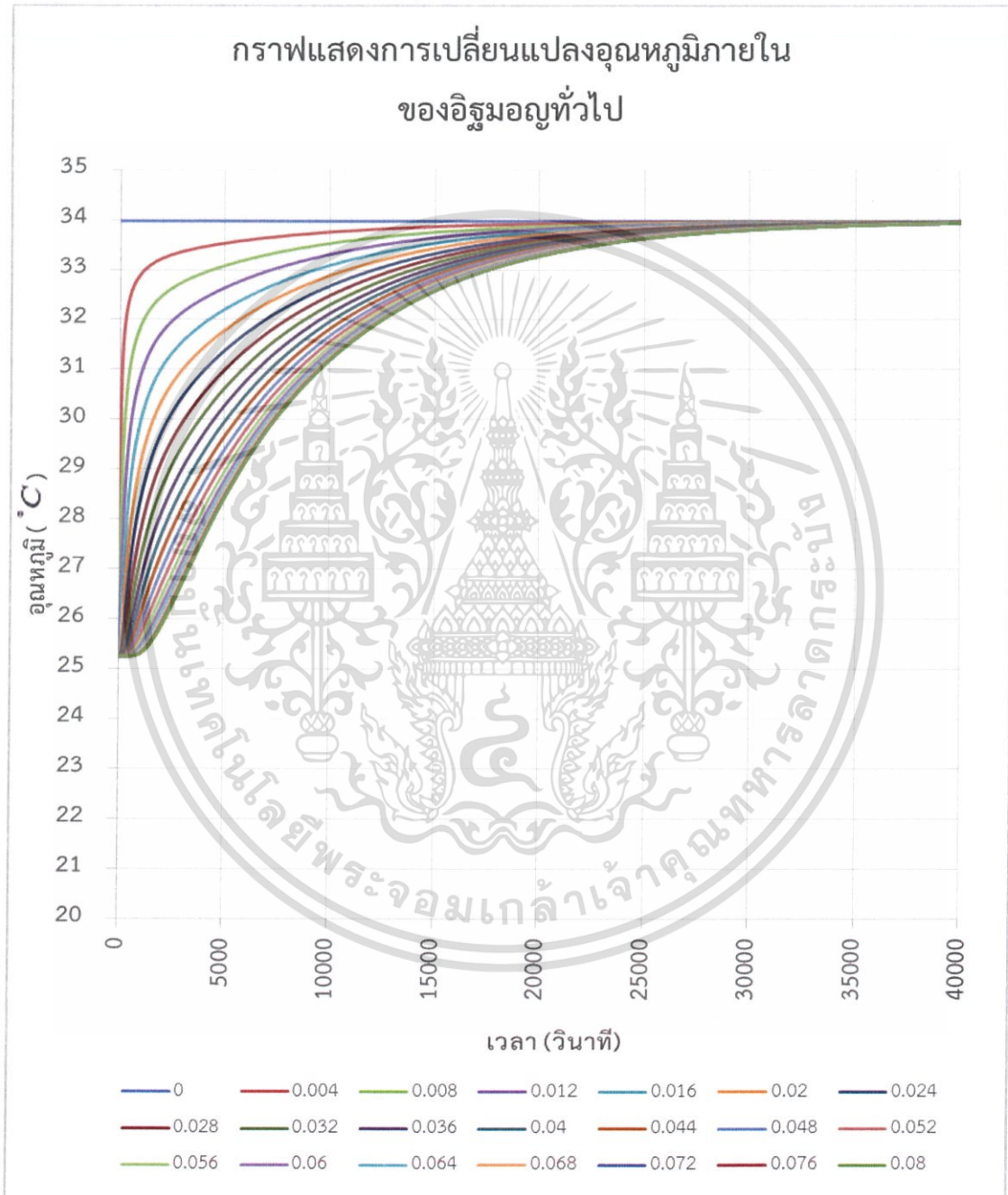
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายที่เวลาต่างๆ ของกระจก

จากรูปที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายของวัสดุกำแพงประเภทกระจก สังเกตได้ว่ากระจกใช้เวลาที่ 40000 วินาที หรือประมาณ 11 ชั่วโมงในการลู่อู่เข้าสู่สภาวะคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิฐมอญ (Common Brick)

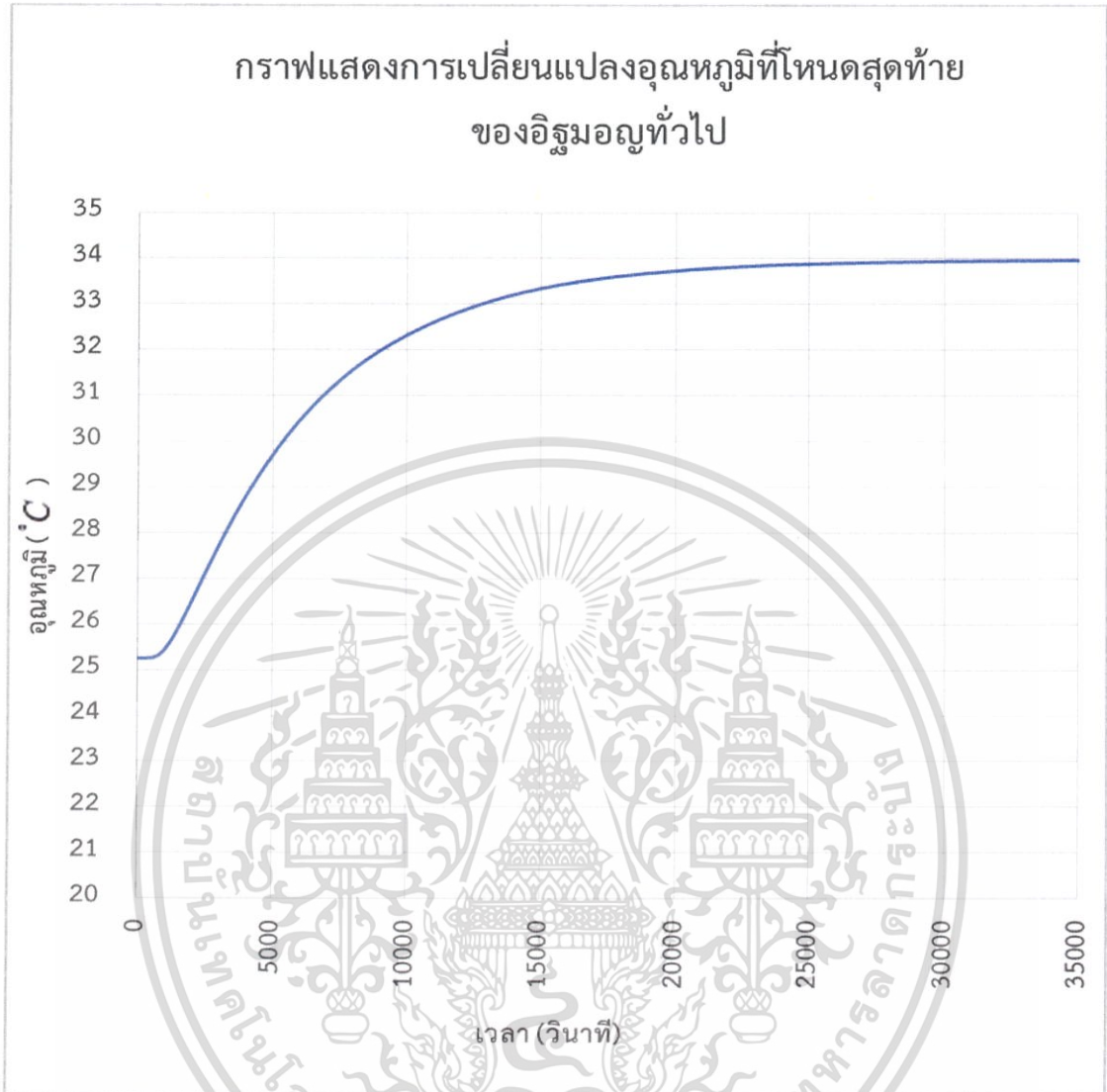
ในการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่เป็นวัสดุประเภทอิฐมอญ จะได้กราฟที่แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแต่ละโหนดภายในกำแพงดังนี้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของอิฐมอญทั่วไป

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายของผนัง ซึ่งเป็นผนังด้านในสุด จะได้กราฟของโหนดสุดท้ายของผนังด้านในสุดเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



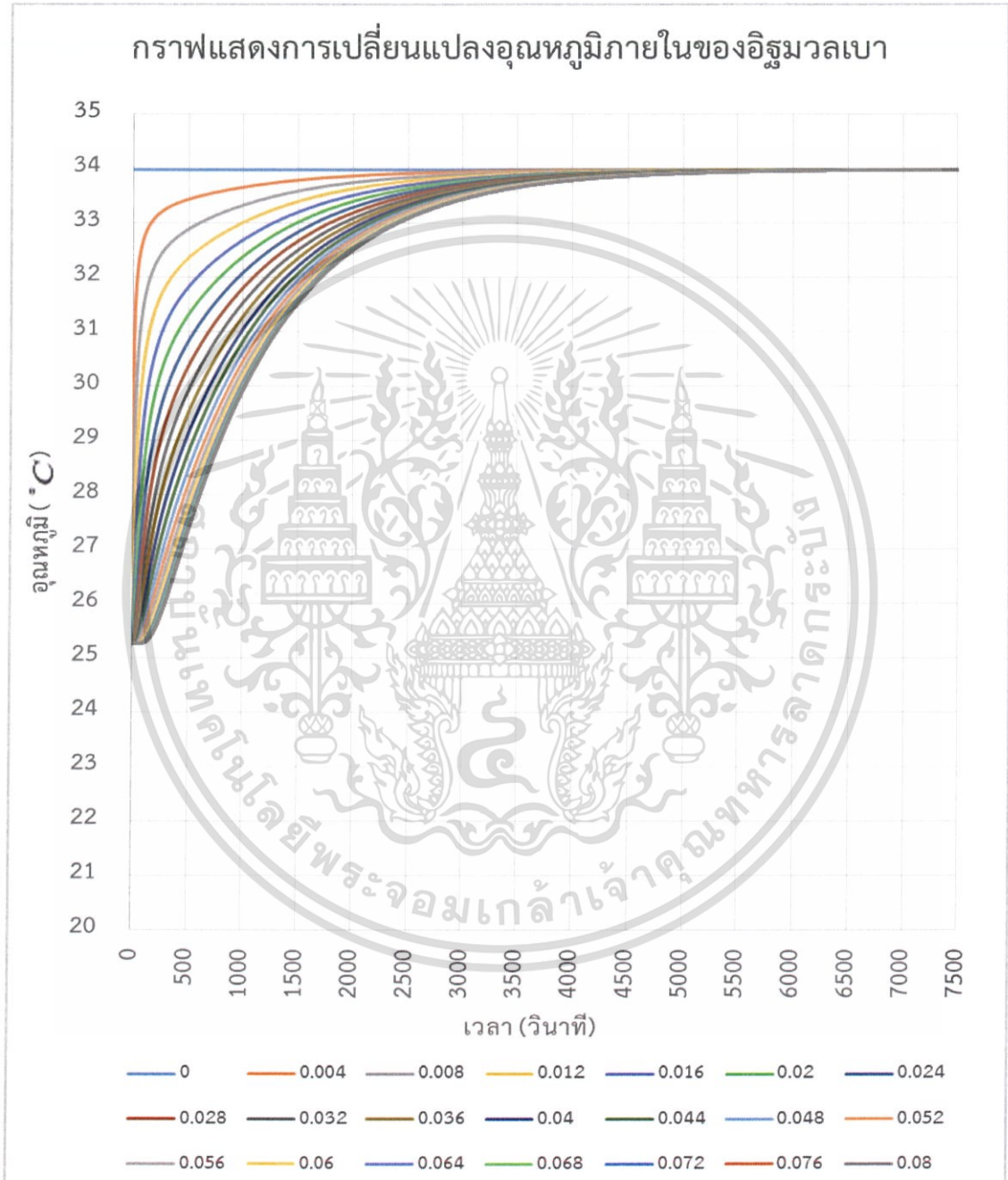
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายที่เวลาต่างๆ ของอิฐมอญทั่วไป

จากรูปที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโหนดสุดท้ายของวัสดุกำแพงประเภทอิฐมอญทั่วไป สังเกตได้ว่า อิฐมอญทั่วไปใช้เวลาที่ 14000 วินาทีหรือประมาณ 4 ชั่วโมงในการเข้าสู่สภาวะคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิฐมวลเบา (ACC Brick)

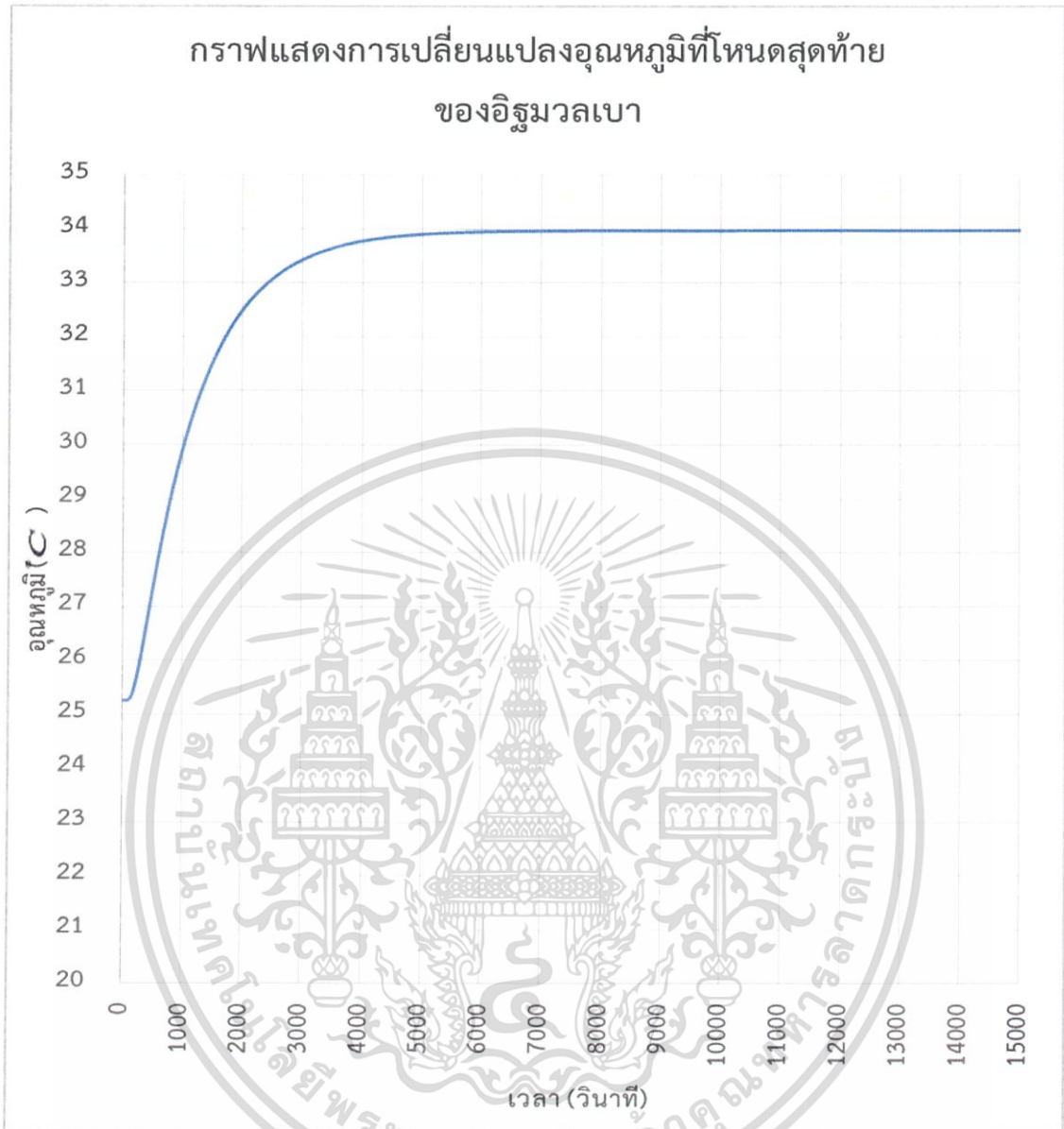
ในการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่เป็นวัสดุประเภทอิฐมวลเบา จะได้กราฟที่แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแต่ละโหนดภายในกำแพงดังนี้



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของอิฐมวลเบา

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายของผนังซึ่งเป็นผนังด้านในสุด จะได้กราฟของโหนดสุดท้ายของผนังด้านในดังนี้

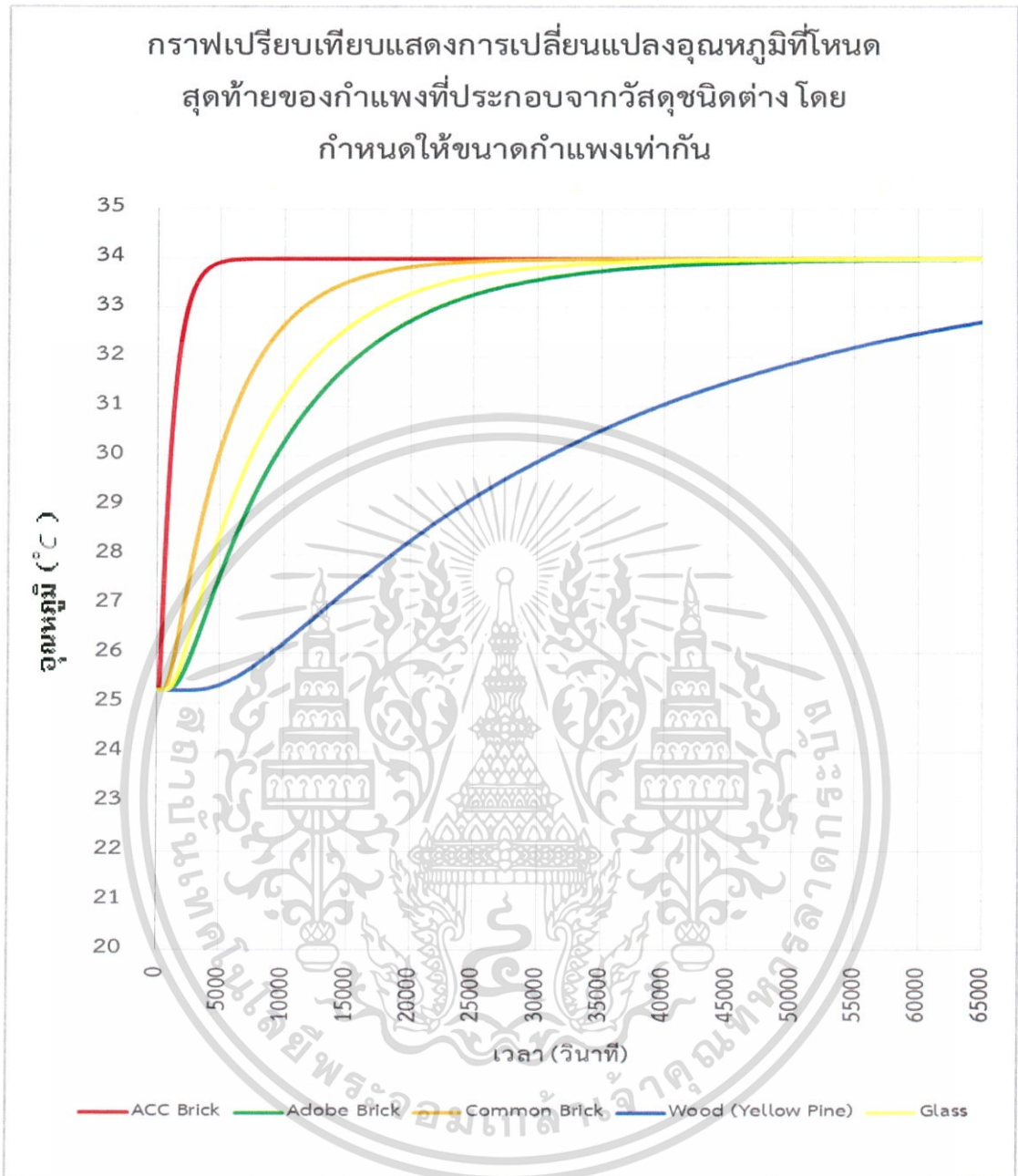
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายที่เวลาต่างๆ ของอิฐมวลเบา

จากรูปที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโหนดสุดท้ายของวัสดุกำแพงประเภทอิฐมวลเบา สังเกตได้ว่า อิฐมวลเบาใช้เวลาที่ 7000 วินาที หรือประมาณ 2 ชั่วโมงในการเข้าสู่สภาวะคงที่และเมื่อนำอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายของแต่ละวัสดุมาทำการพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่โหนดสุดท้าย จะได้ผลดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายในแต่ละเวลาของวัสดุแต่ละชนิด

จากรูปที่ 4.11 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบการนำความร้อนของกำแพงที่ประกอบจากวัสดุแต่ละประเภทที่ความหนาของผนังเท่ากัน จะเห็นได้ว่าวัสดุแต่ละชนิดมีการนำความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารที่แตกต่างกัน โดยกำแพงที่ประกอบจากวัสดุประเภทอิฐมวลเบา ACC นั้น จะมีการนำความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้เร็วที่สุด ซึ่งเมื่อเราให้ความร้อนเข้าที่กำแพงด้านซ้ายตลอด ผนังกำแพงด้านขวาจะเริ่มเข้าสู่สถานะเสถียร (อุณหภูมิที่โหนดนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง) โดยใช้เวลาประมาณ 116 นาที หรือประมาณ 2 ชั่วโมง รองลงมาเป็นอิฐมอญทั่วไป ที่จะเริ่มเข้าสู่สถานะเสถียรที่ 233 นาที หรือประมาณ 4 ชั่วโมง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 ชั่วโมง ถัดมาเป็นกระจกที่จะเริ่มเข้าสู่สภาวะเสถียรที่ 666 นาที หรือประมาณ 11 ชั่วโมง ลำดับถัดมาคืออิฐดินดิบที่จะเริ่มเข้าสู่สภาวะเสถียรที่ 833 นาที หรือประมาณ 13 ชั่วโมง และสุดท้ายคือไม้สนเหลืองที่จะเริ่มเข้าสู่สภาวะเสถียรที่ 2500 นาที หรือประมาณ 41 ชั่วโมง

เพราะฉะนั้นไม้จึงเป็นวัสดุที่มีการนำความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้ช้าที่สุด เมื่อกำหนดให้ขนาดของกำแพงที่ประกอบจากวัสดุทั้ง 5 ชนิดนี้เท่ากัน อย่างไรก็ตาม เราจะไม่สามารถที่จะตัดสินใจได้ว่าไม้เป็นวัสดุที่ดีที่สุด เนื่องจากบ้านส่วนใหญ่ไม่ได้สร้างกำแพงไม้ที่มีขนาดหนา 8 cm. เสมอไป ดังนั้นเราจึงทำการพิจารณาในกรณีที่ 2 ต่อไป

ปัญหาที่ 2

ในปัญหานี้จะพิจารณาในส่วนของกำแพงที่มีขนาดที่แตกต่างกันโดนขนาดหรือความหนาของกำแพง เราจะใช้ตามตารางค่าพารามิเตอร์ของวัสดุ แต่ความสูงของกำแพงเท่ากันคือ สูง 3 เมตร และในวัสดุกำแพงที่แตกต่างกันคือ อิฐมวลเบาแบบ ACC อิฐมอญทั่วไป อิฐดินดิบ ไม้สนเหลือง และกระจก โดยกำหนดให้ ขนาดหรือความหนาของ

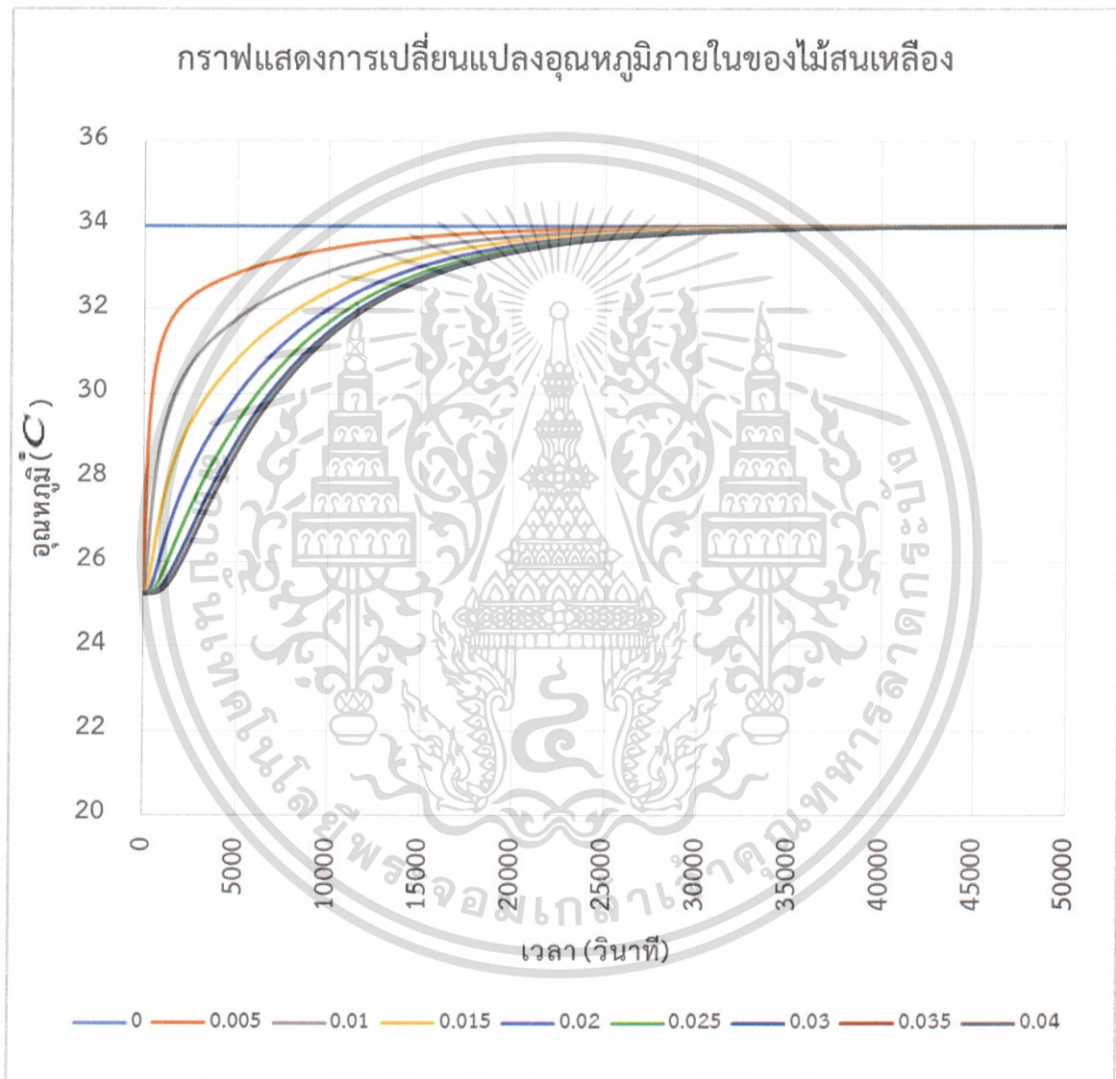
- อิฐมวลเบาแบบ ACC คือ $L = 12 \text{ cm.}$, $\Delta X = 0.5455 \text{ cm.}$ และ $m = 23$
- อิฐมอญทั่วไป คือ $L = 6 \text{ cm.}$, $\Delta X = 0.5 \text{ cm.}$ และ $m = 13$
- อิฐดินดิบ คือ $L = 8 \text{ cm.}$, $\Delta X = 0.5 \text{ cm.}$ และ $m = 17$
- ไม้สนเหลือง คือ $L = 4 \text{ cm.}$, $\Delta X = 0.5 \text{ cm.}$ และ $m = 9$
- กระจก คือ $L = 1 \text{ cm.}$, $\Delta X = 0.2 \text{ cm.}$ และ $m = 6$

เมื่อ m คือจำนวนโน้ต

เมื่อประมาณค่าด้วยสมการไร้นิพจน์แล้วแปลงค่ากลับไปอยู่ในรูปหน่วยจริง โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel เพื่อศึกษาว่า เมื่อใช้วัสดุแต่ละชนิดประกอบกำแพงในขนาดจริงตามขนาดของวัสดุ การนำความร้อนของวัสดุแต่ละในแต่ละขนาด (ความหนา) มีความแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งจากการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่ประกอบจากวัสดุขนาดจริง ได้ผลดังต่อไปนี้

ไม้สนเหลือง (Wood :Yellow Pine)

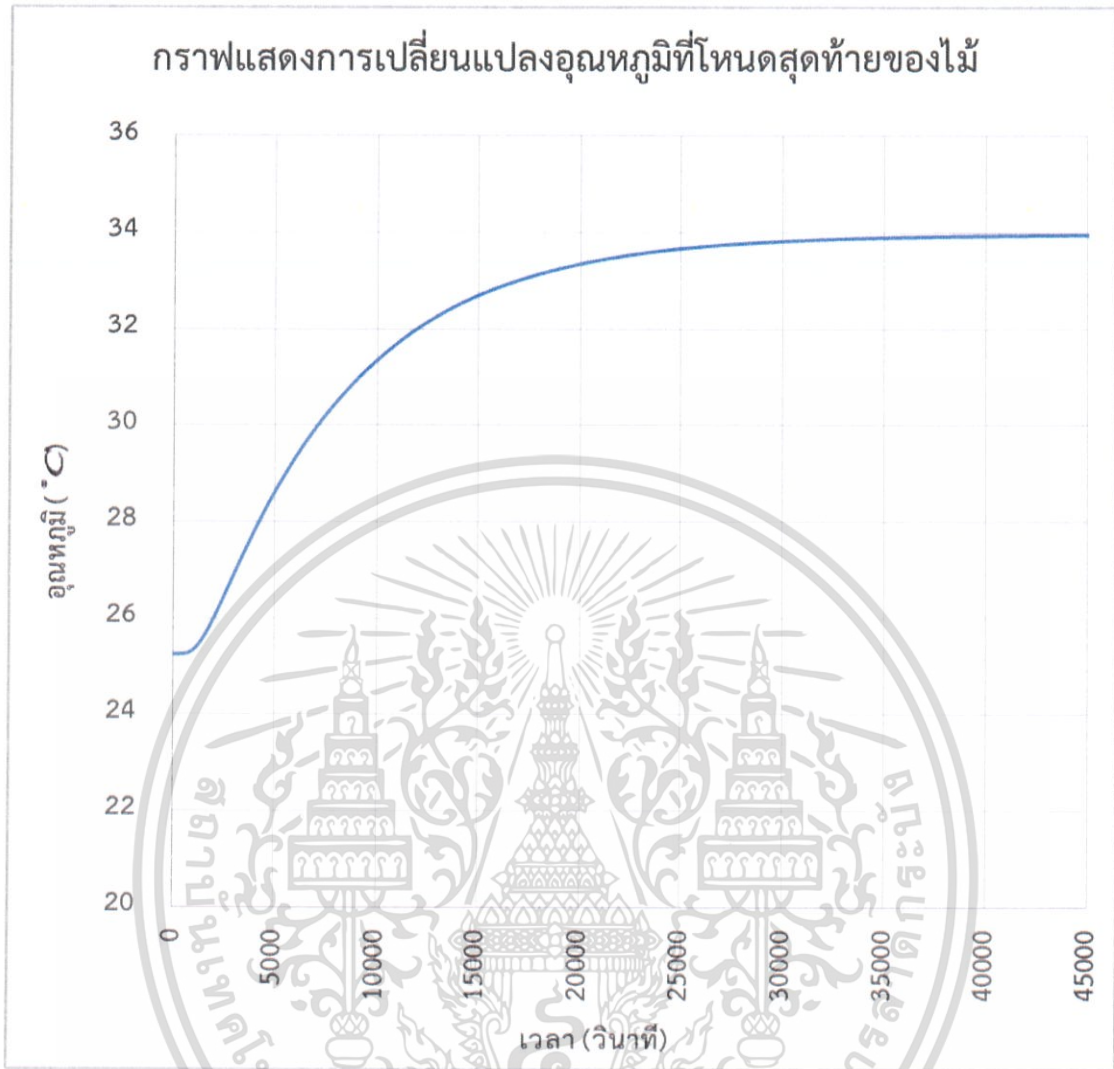
จากการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่ประกอบจากวัสดุประเภทไม้สนเหลืองด้วยวิธีผลต่างอันดับแบบ 1 มิติ โดยกำหนดให้ขนาดของกำแพงไม้สนเหลืองมีความหนาของผนังเท่ากับ 4 cm. และได้ทำการแบ่งโหนดออกเป็น 9 โหนด ระยะห่างระหว่างโหนด หรือ $\Delta X = 0.5 \text{ cm}$. จะได้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไม้สนเหลืองในแต่ละโหนดเป็นดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของไม้สนเหลือง

เนื่องจาก เราต้องการทราบค่าอุณหภูมิของผิวผนังด้านในของอาคาร ดังนั้นเราจะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุกำแพงประเภทไม้สนเหลืองที่โหนดสุดท้ายทางขวามือ ซึ่งจะได้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายดังกราฟต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



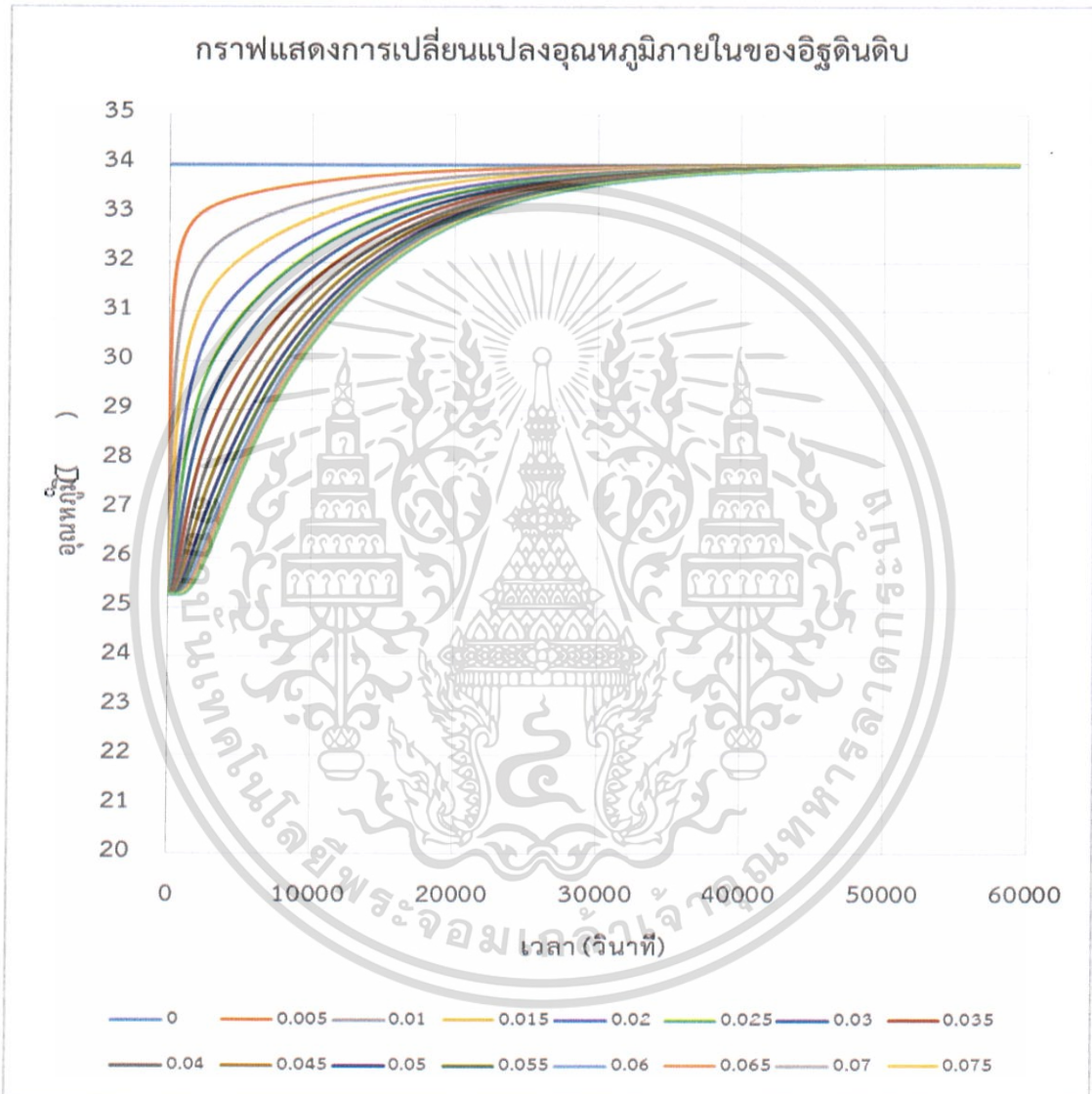
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายที่เวลาต่างๆของไม้สนเหลือง

จากกราฟ สังเกตได้ว่าเมื่อเราพิจารณากำแพงที่ชั่วสุดประเภทไม้สนเหลืองในขนาด 4 cm. ถ้ากำแพงไม้นี้โดนความร้อนที่ผิวผนังฝั่งซ้ายอยู่ตลอดเวลาจะใช้เวลาประมาณ 666 นาที หรือประมาณ 11 ชั่วโมง ในการเข้าสู่สภาวะคงที่หรือในสภาวะที่อุณหภูมิเริ่มจะไม่มีเปลี่ยนแปลงแล้วที่โหนดสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิฐดินดิบ (Adobe Brick)

การประมาณค่าอุณหภูมิภายในผนังที่ประกอบจากวัสดุประเภทอิฐดินดิบนั้น กำหนดให้ผนังมีความหนา 8 cm. และได้ทำการแบ่งโหนดของผนังออกเป็น 17 โหนด ระยะระหว่างแต่ละโหนด หรือ $\Delta X = 0.5 \text{ cm}$. จะได้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละโหนดดังกราฟต่อไปนี้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของผนังอิฐดินดิบ

เนื่องจาก เราต้องการทราบค่าอุณหภูมิของผิวผนังด้านในขวาของอาคาร ดังนั้นเราจะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุกำแพงประเภทอิฐดินดิบที่โหนดสุดท้าย ซึ่งจะได้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของโหนดสุดท้ายดังกราฟต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

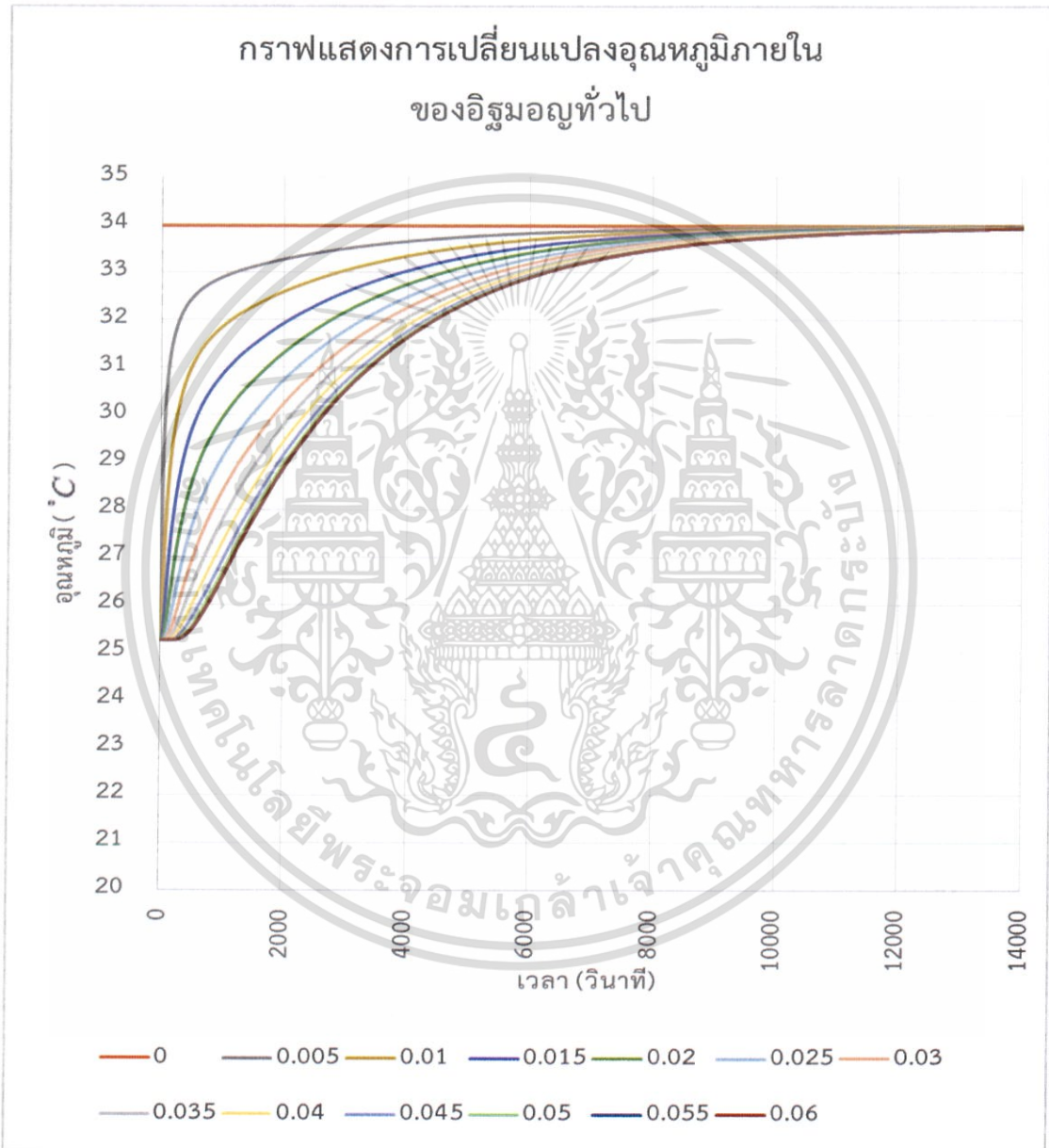


รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายของผนังอิฐดินดิบ

จากกราฟ สังเกตได้ว่า เมื่อเราพิจารณาผนังที่ใช้วัสดุประเภทอิฐดินดิบในขนาด 8 cm. ถ้ากำแพงอิฐดินดิบนี้โดนความร้อนที่ผิวผนังฝั่งซ้ายอยู่ตลอดเวลาจะใช้เวลาประมาณ 666 นาที หรือประมาณ 11 ชั่วโมง ในการเข้าสู่สภาวะคงที่หรือในสภาวะที่อุณหภูมิเริ่มจะไม่มีเปลี่ยนแปลงแล้วที่โหนดสุดท้าย

อิฐมอญทั่วไป (Common Brick)

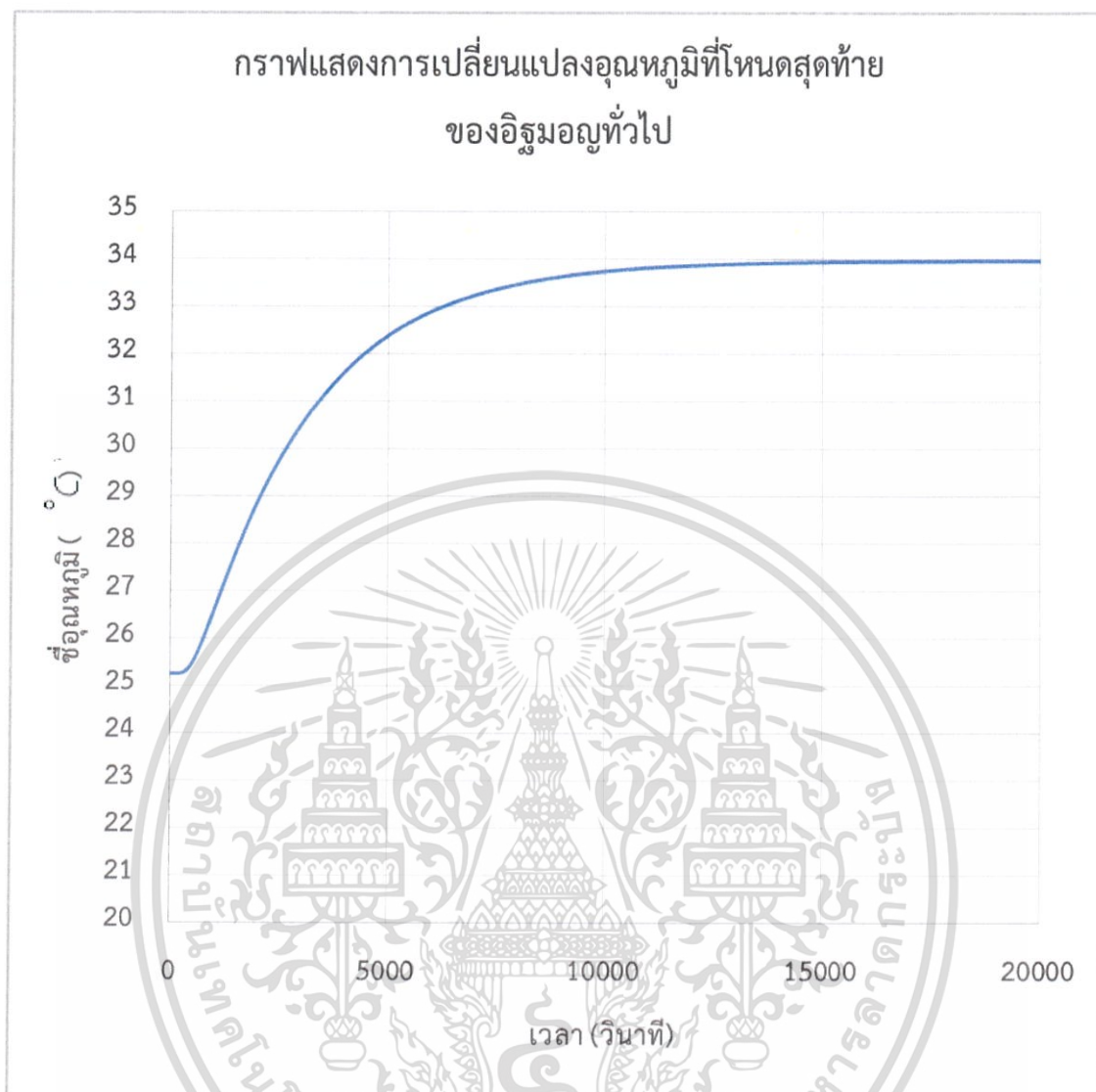
การประมาณค่าอุณหภูมิภายในผนังที่ประกอบจากวัสดุประเภทอิฐมอญนั้น กำหนดให้ผนังมีความหนา 6 cm. และได้ทำการแบ่งโหนดของผนังออกเป็น 13 โหนด ระยะห่างระหว่างแต่ละโหนด หรือ $\Delta X = 0.5 \text{ cm}$. จะได้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละโหนดดังกราฟต่อไปนี้



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของอิฐมอญทั่วไป

เนื่องจาก เราต้องการทราบค่าอุณหภูมิของผิวผนังด้านในของอาคาร ดังนั้นเราจะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุกำแพงประเภทอิฐมอญที่โหนดสุดท้าย ซึ่งจะได้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของโหนดสุดท้ายดังกราฟต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

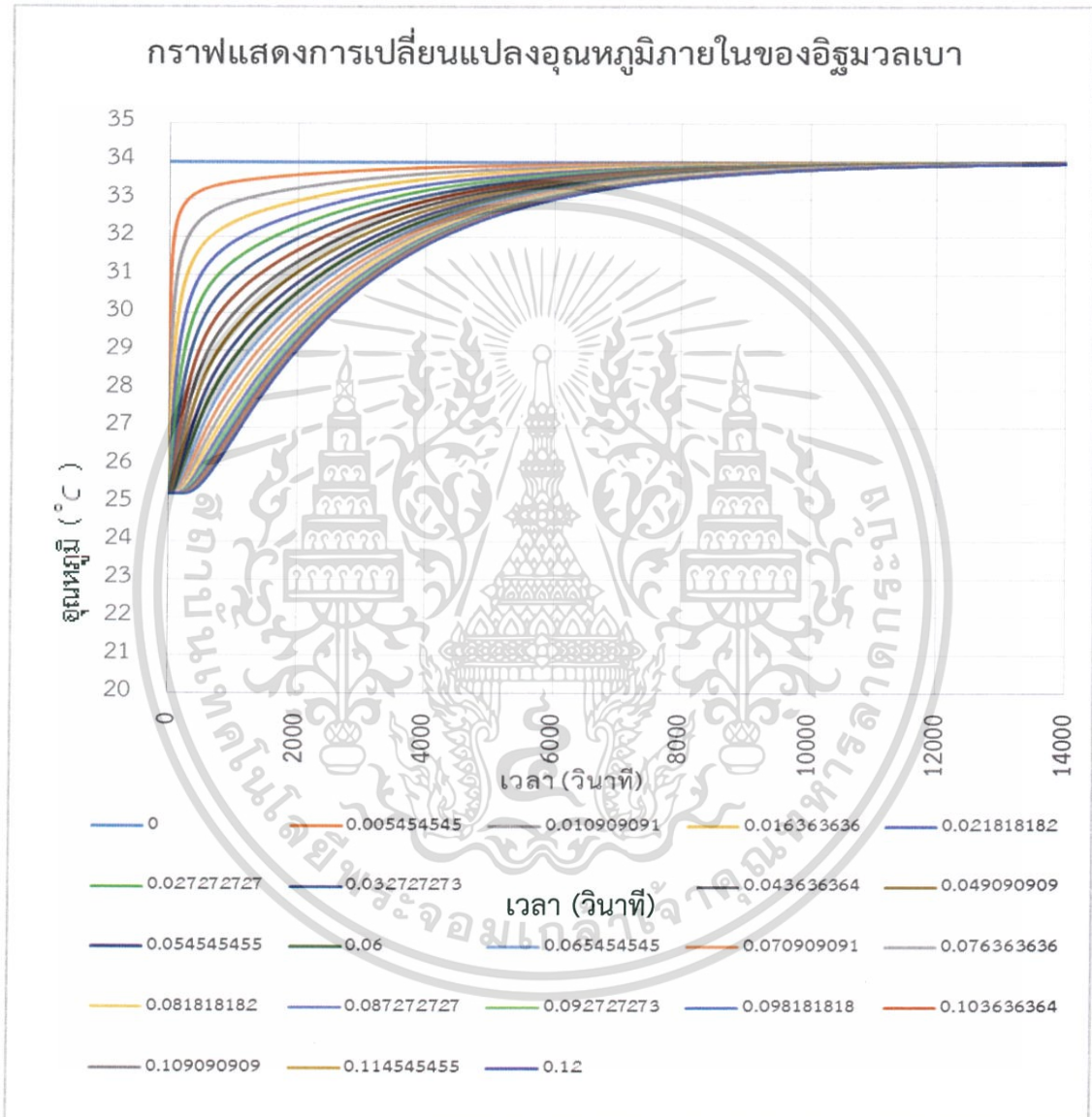


รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในโหนดสุดท้ายของผนังอิฐมอญ

จากกราฟ สังเกตได้ว่า เมื่อเราพิจารณาผนังที่ใช้วัสดุประเภทอิฐมอญทั่วไปในขนาด 6 cm. ถ้ากำแพงอิฐมอญนี้โดนความร้อนที่ผิวผนังฝั่งซ้ายอยู่ตลอดเวลา จะใช้เวลาประมาณ 233 นาที หรือประมาณ 3 ชั่วโมงการเข้าสู่สภาวะคงที่หรือในสภาวะที่อุณหภูมิเริ่มจะไม่มีเปลี่ยนแปลงแล้วที่โหนดสุดท้าย

อิฐมวลเบา (ACC Brick)

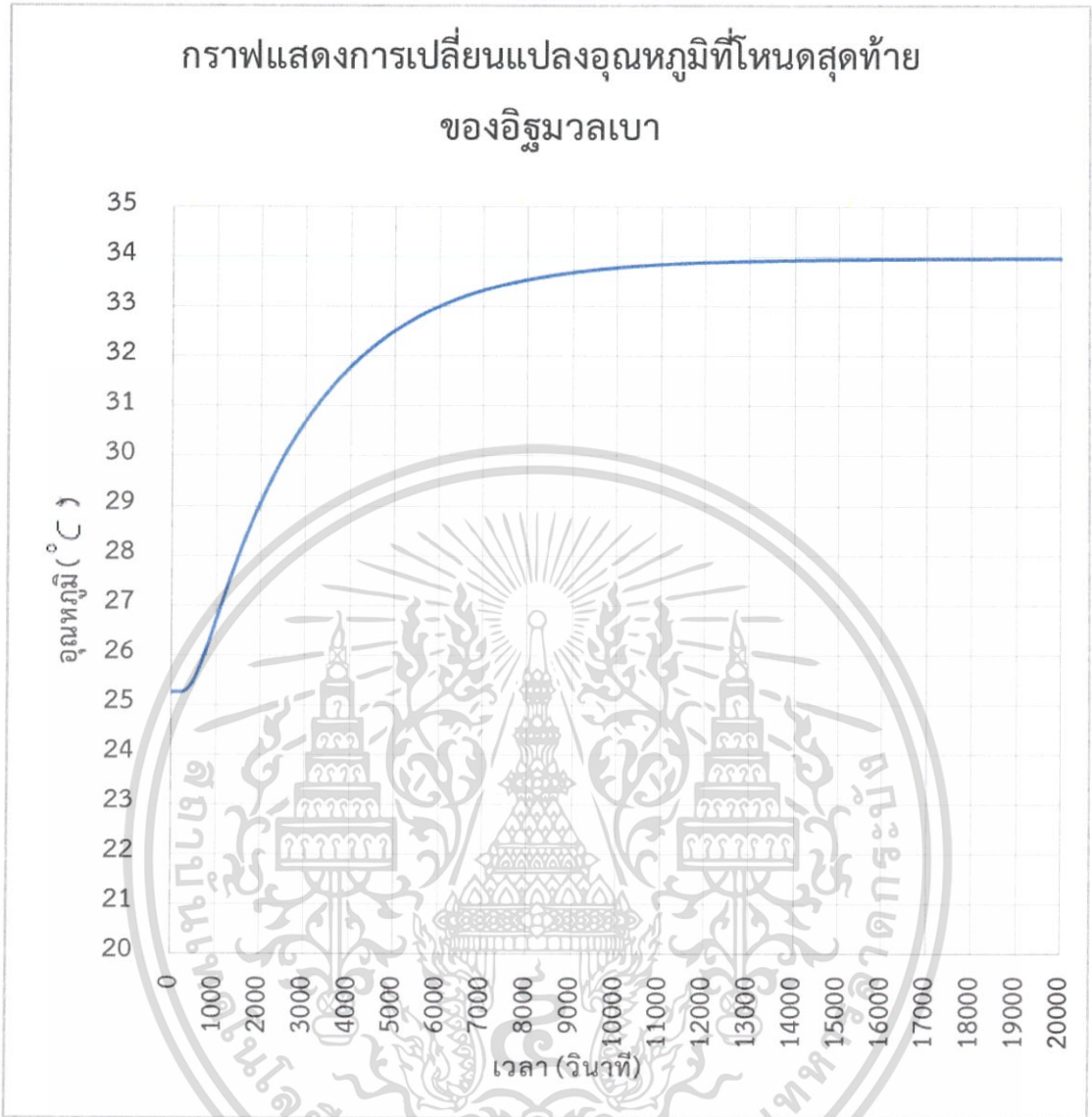
การประมาณค่าอุณหภูมิภายในผนังที่ประกอบจากวัสดุประเภทอิฐมวลเบา นั้น กำหนดให้ผนังมีความหนา 12 cm. และได้ทำการแบ่งโหนดของผนังออกเป็น 23 โหนด ระยะห่างระหว่างแต่ละโหนด หรือ $\Delta X = 0.5455 \text{ cm}$. จะได้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละโหนดดังกราฟต่อไปนี้



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของผนังอิฐมวลเบา

เนื่องจาก เราต้องการทราบค่าอุณหภูมิของผิวผนังด้านในของอาคาร ดังนั้นเราจะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุกำแพงประเภทอิฐมวลเบาที่โหนดสุดท้าย ซึ่งจะได้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของโหนดสุดท้ายดังกราฟต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



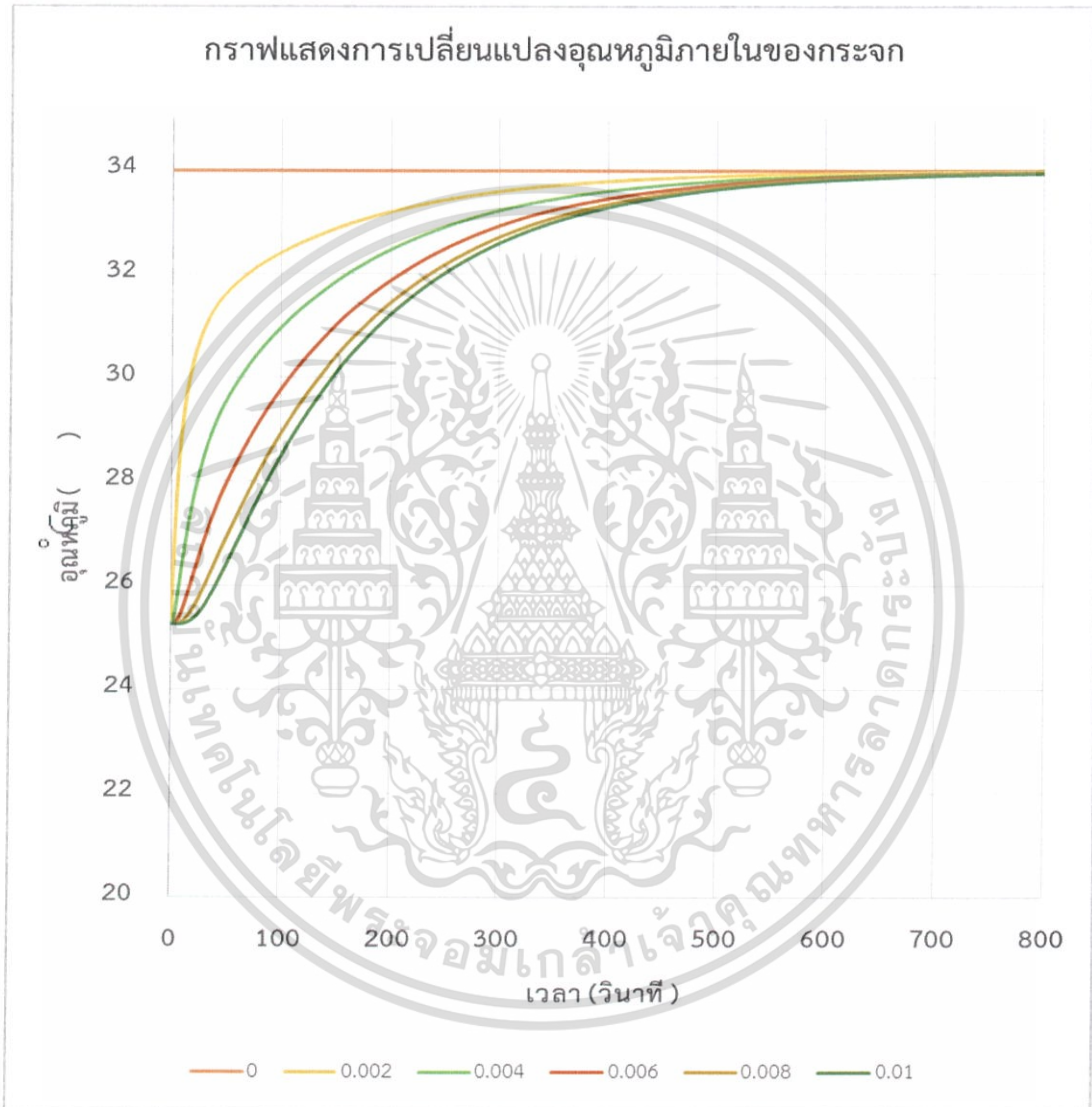
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในโหนดสุดท้ายของผนังอิฐมวลเบา

จากกราฟ สังเกตได้ว่า เมื่อเราพิจารณาผนังที่ใช้วัสดุประเภทอิฐมวลเบาในขนาด 12 cm. ถ้ากำแพงอิฐมวลเบานี้โดนความร้อนที่ผิวผนังฝั่งซ้ายอยู่ตลอดเวลา จะใช้เวลาประมาณ 230 นาที หรือประมาณ 3 ชั่วโมงในการเข้าสู่สภาวะคงที่หรือในสภาวะที่อุณหภูมิเริ่มจะไม่มีเปลี่ยนแปลงแล้วในโหนดสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระจก (Glass)

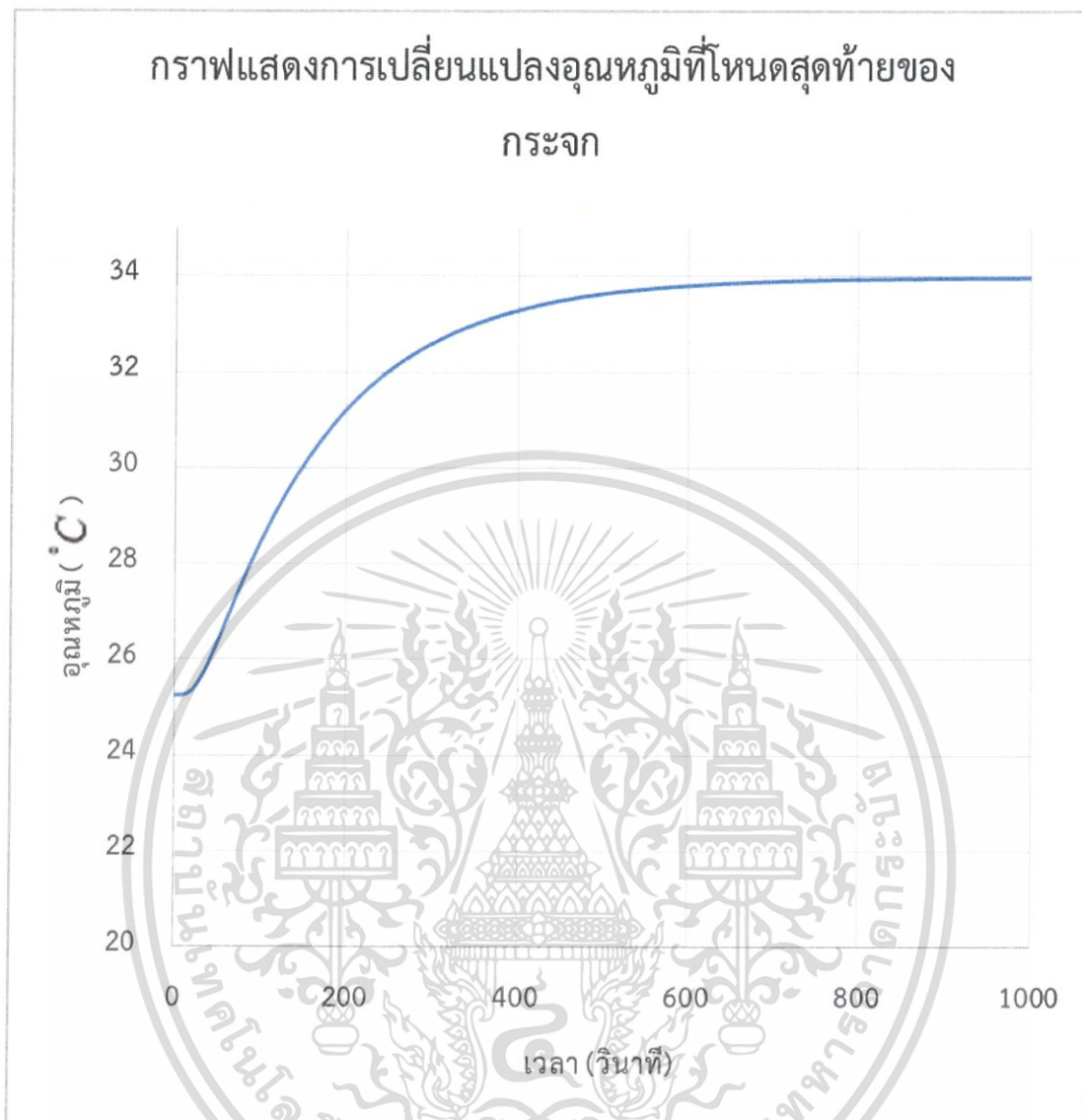
การประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่ประกอบจากวัสดุประเภทกระจกนั้น กำหนดให้ผนังมีความหนา 1 cm. และได้ทำการแบ่งโหนดของผนังออกเป็น 6 โหนด ระยะห่างระหว่างแต่ละโหนด หรือ $\Delta X = 0.2 \text{ cm}$. จะได้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละโหนดดังกราฟต่อไปนี้



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจุดต่อแต่ละตำแหน่งของผนังกระจก

เนื่องจาก เราต้องการทราบค่าอุณหภูมิของผิวผนังด้านในของอาคาร ดังนั้นเราจะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุกำแพงประเภทกระจกที่โหนดสุดท้าย ซึ่งจะได้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของโหนดสุดท้ายดังกราฟต่อไปนี้

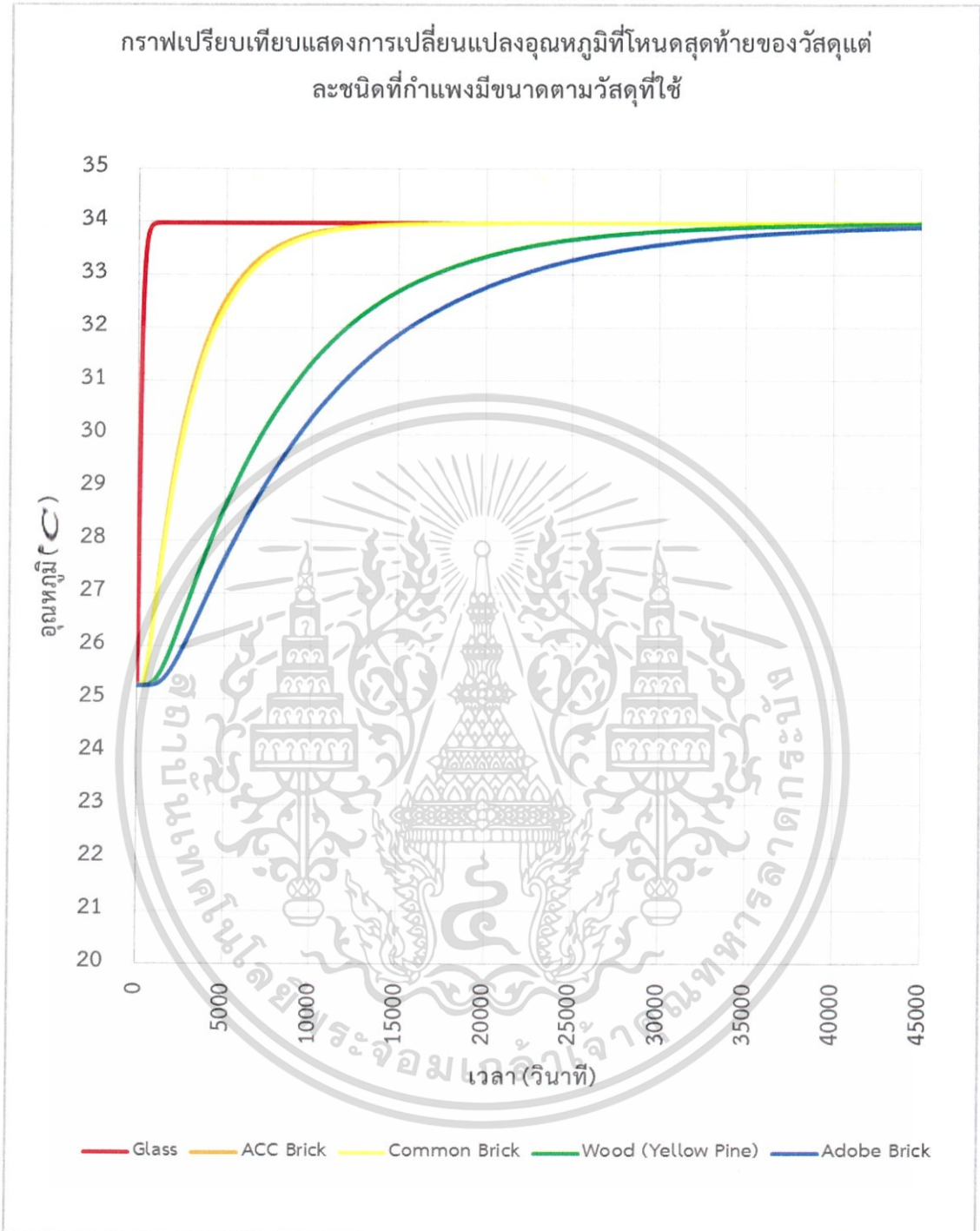
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายของผนังกระจก

จากกราฟ สังเกตได้ว่า เมื่อเราพิจารณากำแพงที่ใช้วัสดุประเภทกระจกในขนาด 1 cm. โดยไม่มีการติดฟิล์มกรองแสงใดๆ เลย ถ้ากำแพงกระจกนี้โดนความร้อนที่ผิวผนังฝั่งซ้ายอยู่ตลอดเวลา จะใช้เวลาประมาณ 12 นาที ในการเข้าสู่สภาวะคงที่หรือสภาวะที่อุณหภูมิเริ่มจะไม่มีเปลี่ยนแปลงแล้วที่โหนดสุดท้าย

เมื่อเรานำอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายของกำแพงที่ประกอบจากวัสดุแต่ละชนิดมาทำการพล็อตกราฟเปรียบเทียบแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายได้ผลออกมาดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่โหนดสุดท้ายของวัสดุแต่ละชนิดที่กำแพงมีขนาดตามวัสดุที่นำมาใช้ทำ

จากกราฟที่ 4.22 เมื่อกำหนดให้กำแพงมีขนาดตามวัสดุที่นำมาใช้ประกอบกำแพง พบว่าขนาดของผนังนั้นมีผลต่ออุณหภูมิที่ถ่ายเทเข้าสู่ตัวอาคารเป็นอย่างมาก เมื่อเราทำการประมาณค่าของอุณหภูมิภายในกำแพงที่ประกอบจากวัสดุแต่ละชนิดโดยใช้ขนาดตามวัสดุ คือ อิฐมวลเบา มีขนาดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12 cm. อิฐมอญมีขนาด 6 cm. อิฐดินดิบมีขนาด 8 cm. ไม้มีขนาด 4 cm. และ กระจกมีขนาด 1 cm. โดยพิจารณาที่โหนดสุดท้ายของกำแพงที่ประกอบจากวัสดุแต่ละชนิด เมื่อเราให้ความร้อนที่ขอบด้านซ้ายของผนังที่อุณหภูมิ 33.97778 องศาเซลเซียสตลอดเวลา ผลที่ได้คือ กำแพงที่ประกอบจากวัสดุประเภทกระจก (กระจกไม่ติดฟิล์ม) นั้นมีการนำความร้อนเข้ามาภายในผนังอีกด้านหนึ่งเร็วมาก โดยใช้เวลาไม่ถึง 15 นาที อุณหภูมิที่ผนังด้านขวาก็ร้อนเทียบเท่ากับอุณหภูมิที่ผนังด้านซ้ายแล้ว ในขณะที่กำแพงที่ประกอบจากวัสดุประเภทอิฐมวลเบาและอิฐมอญมีการนำความร้อนเข้ามาในผนังอีกด้านหนึ่งไม่แตกต่างกันเท่าใดนัก แต่ก็ช้ากว่ากระจกหลายสิบเท่า โดยใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิที่ผนังด้านขวาจะร้อนเทียบเท่ากับผนังด้านซ้าย ในลำดับถัดมาคือ กำแพงที่ประกอบจากวัสดุประเภทไม้มีการนำความร้อนเข้ามาในผนังด้านขวา โดยใช้เวลาประมาณ 9 ชั่วโมง อุณหภูมิที่ผนังด้านขวาจะร้อนเทียบเท่ากับอุณหภูมิที่ผนังด้านซ้าย และสุดท้ายที่ดีที่สุดคือ กำแพงอิฐดินดิบ ที่มีการนำความร้อนเข้ามาในผนังด้านขวา โดยใช้เวลาประมาณ 11 ชั่วโมง อุณหภูมิที่ผนังด้านขวาก็จะร้อนเทียบเท่ากับอุณหภูมิที่ผนังด้านซ้าย

หลายคนอาจจะเคยได้ยินมาบ้างว่า บ้านดิน หรือบ้านที่สร้างโดยใช้ดินในการก่อกำแพงนั้น ค่อนข้างจะเย็น จากผลการศึกษาการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่ประกอบจากวัสดุแต่ละชนิดนั้น ก็เป็นผลยืนยันได้ว่า อิฐดินดิบนั้นเป็นวัสดุที่มีการนำความร้อนเข้ามาภายในอาคารได้น้อยที่สุด จึงทำให้อุณหภูมิภายในอาคารที่ใช้วัสดุกำแพงเป็นอิฐดินดิบเย็นกว่าอาคารที่ใช้วัสดุกำแพงประเภทอื่นๆ ค่อนข้างมากพอสมควร

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาการนำความร้อนของวัสดุกำแพงทั้ง 5 ชนิด ซึ่งได้แก่ อิฐมวลเบา อิฐมอญ อิฐดินดิบ ไม้สนเหลือง และกระจก ซึ่งเราได้ได้แบ่งกรณีในการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี ได้แก่

1. กรณีเปรียบเทียบ

เมื่อกำหนดให้กำแพงที่ประกอบจากวัสดุอิฐมวลเบา อิฐมอญ อิฐดินดิบ ไม้สนเหลือง และกระจก มีขนาดเท่ากันคือ 8 cm. ทำการประมาณค่าด้วยระเบียบวิธีผลต่างอันดับแบบทรานเซียน 1 มิติ โดยแบ่งโหนดของกำแพงที่ทำจากวัสดุชนิดต่างๆ ให้มีจำนวนโหนดเท่ากัน ระยะห่างระหว่างโหนดเท่ากัน และกำหนดให้อุณหภูมิที่ขอบด้านซ้ายของกำแพงเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของจังหวัดกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2552-2557 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 33.97778 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่เวลาเริ่มต้นของทุกๆ โหนดเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดของจังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.25417 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากกรมอุตุนิยมวิทยา มาทำการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่ประกอบจากวัสดุแต่ละชนิด โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel ในการคำนวณ

จากผลการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่ประกอบด้วยวัสดุที่แตกต่างกัน โดยกำหนดให้มีขนาดหรือความหนาของกำแพงเท่ากัน คือ 8 cm. พบว่า กำแพงที่ประกอบจากวัสดุประเภทไม้สนเหลืองนั้น อุณหภูมิผ่านเข้ามาที่ผนังด้านในได้ช้าที่สุด รองลงมาเป็นกำแพงที่ประกอบจากอิฐดินดิบ กระจก อิฐมอญ และอิฐมวลเบา ตามลำดับ ซึ่งจากผลการคำนวณในกรณีที่ 1 นี้ ยังตัดสินใจไม่ได้ว่ากำแพงที่ประกอบจากวัสดุชนิดไหนดีกว่า เนื่องจากวัสดุแต่ละชนิดนั้นมีความหนาที่ใช้งานจริงแตกต่างกัน เช่นกำแพงที่ประกอบจากวัสดุประเภทไม้ ยังไม่หนามากเท่าไรต้นทุนในการก่อสร้างก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้น อีกทั้งเรายังไม่สามารถทำกำแพงกระจกที่มีความหนาขนาด 8 cm. ได้ เราจึงได้พิจารณาในกรณีที่ 2 ได้ผลดังต่อไปนี้

2. กรณีที่คำนวณจากขนาดจริง

ให้อุณหภูมิที่ขอบขวาของกำแพง และอุณหภูมิเริ่มต้นของแต่ละโหนดเท่ากันกับในกรณีแรก ในการแบ่งโหนดของวัสดุแต่ละชนิดนั้น ไม้ อิฐมอญ อิฐมวลเบา และอิฐดิน เราจะแบ่งโหนดให้ Δx มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขที่ว่า r ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ $\frac{1}{2}$ แล้วทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงที่ประกอบจากวัสดุแต่ละชนิดที่มีขนาดความหนาแตกต่างกัน โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel ในการคำนวณ

ซึ่งจากการประมาณค่าอุณหภูมิภายในกำแพงตามขนาดของวัสดุจริง พบว่า กำแพงที่ประกอบจากอิฐดินดิบนั้นอุณหภูมิสามารถผ่านเข้ามาที่ผนังด้านในอาคารได้ช้าที่สุด รองลงมาคือไม้สนเหลือง ซึ่งไม่ได้แตกต่างกันกับกำแพงที่ประกอบจากอิฐดินดิบมากนัก ในขณะที่อิฐมอญและอิฐมวลเบา นั้นมีอุณหภูมิที่ผ่านเข้ามาได้เร็วกว่ากำแพงที่ประกอบจากวัสดุประเภทไม้สนเหลืองและอิฐดินดิบเกือบ 4 เท่า และเมื่อเทียบกันระหว่างอิฐมอญกับอิฐมวลเบาแล้วพบว่า อุณหภูมิจะไหลผ่านเข้ามาในอิฐมอญได้ช้ากว่าอิฐมวลเบาแต่ไม่แตกต่างกันมาก และสุดท้ายคือกระจก ซึ่งอุณหภูมิสามารถผ่านเข้ามาที่ผนังด้านในได้เร็วมาก โดยใช้เวลาเพียงไม่ถึง 15 นาที อุณหภูมิที่ผิวด้านในก็เท่ากับอุณหภูมิที่ขอบซ้ายของกำแพงแล้ว

5.2 ข้อเสนอแนะ

ปัจจุบัน อิฐดินดิบยังไม่มีการพัฒนาเป็นอิฐสำเร็จรูปสงขาย จึงหาซื้อได้ค่อนข้างยากกว่าไม้ อิฐมวลเบา อิฐมอญ และกระจกมาก แต่ก็เห็นคนนิยมสร้างบ้านดินกันเยอะ เช่นในจังหวัดระนอง จังหวัดแพร่ และอีกหลายจังหวัดที่สร้างบ้านดินทั้งเพื่อเป็นที่อยู่อาศัย และเป็นรีสอร์ท หรือสถานที่ท่องเที่ยว ซึ่งก็ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ การก่อสร้างอาคาร หรือที่พักอาศัยนั้น ขึ้นอยู่กับประเภทการใช้งานของอาคารและโครงสร้างอาคารที่ต้องการจะปลูกสร้างอีกด้วย ว่าเหมาะกับวัสดุประเภทไหนมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] myglass. 25 November 2014. วิธีเลือกความหนากระจกที่เหมาะสม. เข้าถึงได้จาก myglass: <http://www.myglass.co.th/knowledge2.php>
- [2] O.C. Zienkiewicz and Y.K. Cheang. 1965. Finite Element in the Solution of Field Problem. The Engineer, 507-510.
- [3] Tawee Vechaphutti. 2001. Simulation of Heat Gain through Building Envelope for Buildings in Hot Humid Climates. ASHRAE.
- [4] Wikipedia. 25 November 2014. Thermal diffusivity. เข้าถึงได้จาก en.wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_diffusivity
- [5] sninterwood. 2015. ไม้สนเหลือง (Southern Yellow Pine ; SYP). เข้าถึงได้จาก sninterwood:http://www.sninterwood.com/NP17629%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%89%E0%B8%AA%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%87_syp.html
- [6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2553. คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร) พ.ศ. 2553. กรุงเทพมหานคร.
- [7] กรมอุตุนิยมวิทยา. ข้อมูลอุณหภูมิจากสถานีวิทยุกระจายเสียงในประเทศไทย. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.
- [8] ณภัทร ศรีวัฒนประยูร. 2557. เรื่องน่ารู้ของบ้านดินที่สร้างด้วยอิฐดินดิบ. ปทุมธานี : บริษัท ทริปเพิ้ล กรุป จำกัด.
- [9] นิตยรัตน์ ดอเลาะ. 2552. “วัสดุมวลเบาที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมก่อสร้าง.” Princess of Naradhiwas University Journal. ปีที่1(ฉบับที่3) : 48-62.
- [10] บวรอิศรางกูร ณ อยุธยา และคณะ. 2553. การศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของผนังคอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำแบบผสมตะกอนน้ำตาล และคอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำภายใต้สภาวะอากาศของกร. วิศวกรรมสารลาดกระบัง, 19-24.
- [11] ปราโมทย์ เตชะอำไพ. 2548. Easy finite element with software. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [12] ปรัชญา ปัตถาวงศ์ และ วิทยา ยงเจริญ. 2557. การศึกษากรอบอาคารชุดและแนวทางการประหยัด. วารสารวิจัยพลังงาน, 25-37
- [13] นายภราดร ชูไชยสงค์ และ นายสุพรรณ วงทอง. 2552. การศึกษาคุณสมบัติของอิฐมอญที่ผลิตในจังหวัดชลบุรี (Study of the Properties of Clay bricks Produced in Chon Buri Province). ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] มปป. 2558. อิฐมวลเบา และอิฐมอญ. [online]. เข้าถึงได้จาก tm.mahidol : http://www.tm.mahidol.ac.th/asset-management/sites/default/files/Brick_2.pdf
- [15] มนต์ตา บริสุทธิ์ และคณะ. 2555. ผลกระทบของรูปแบบการจัดวางกระจกต่อการถ่ายเทความร้อน (Glass arrangement effect on heat transfer). ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [16] ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล. 2556. สีและการลดความร้อนในอาคาร Paint and Heat Reduction in Buildings. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 112-118.
- [17] ลิขิต สิทธิขวา และคณะ. 2556. ผลกระทบของรูปแบบหลังคาที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (A roof pattern effect on heat transfer). ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [18] วรสิทธิ์ จิระราชวโร และคณะ. 2551. แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนภายในอาคารรูปทรงเรขาคณิตแบบสมมาตร. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [19] ศิริกุล ศิริธีรกุล. 2557. เอกสารประกอบการสอนวิชา Special Topic in Applied Mathematic for Physics. ภาควิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [20] เอกสารเรื่อง Finite difference method เข้าถึงได้จาก<http://www.mathematik.uni-dortmund.de/~kuzmin/cfdintro/lecture4.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้