

การพัฒนาผนังอาคารจากวัสดุเหลือใช้เพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร

กรณีศึกษา: ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย

A Development of Building Thermal Wall from Non-Using Materials

to Improve Thermal Comfort in Building. Case Study: Northeastern Region, Thailand

อ.นรากร พุทธิพงษ์ และ อ.ดร.ชูพงษ์ กองคำสมุทร

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาแนวทางของการประยุกต์ใช้วัสดุเหลือใช้เพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคารของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวัสดุที่นำมาทดสอบในการวิจัยนี้ได้แก่ วัสดุเคลือบเหลือใช้ที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศภายในที่มีความหนาแน่น 3.2 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต และกล่องบรรจุภัณฑ์นมเหลือใช้ที่มีลักษณะเป็นช่องว่างอากาศภายในที่มีอุณหภูมิที่พออยู่ภายใน ทำการทดสอบโดยการก่อสร้างเซลล์ทดสอบจากโฟมโพลีสไตรีนหนา 6 นิ้ว มีการติดตั้งผนังทดสอบสามรูปแบบ ได้แก่ ผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติ ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีกล่องบรรจุภัณฑ์นมติดตั้งอยู่ภายใน และผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีกล่องบรรจุภัณฑ์นมบรรจุเคลือบติดตั้งอยู่ภายใน โดยการหันผนังทดสอบไปทางทิศใต้ที่ได้รับแสงอาทิตย์ตลอดวัน เก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ Fluke Hydra Logger วัดอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน และอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ในเวลากลางวันผลต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่องนมบรรจุเคลือบติดตั้งอยู่ภายใน กับอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติมีค่าประมาณ 2.5-3 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่องนมติดตั้งอยู่ภายใน กับอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติมีค่าประมาณ 1.5-2 องศาเซลเซียส สามารถสรุปได้ว่าการใช้ฉนวนกล่องนม และฉนวนกล่องนมบรรจุเคลือบในการติดตั้งร่วมกับผนังก่ออิฐฉาบปูนนั้น ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเข้าใกล้สภาวะน่าสบายมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเคลือบที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศภายใน และคุณสมบัติความเป็นฉนวนของช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีของกล่องบรรจุภัณฑ์นม

ABSTRACT

The objectives of research are searching for the alternative materials and knowing their application of non-using materials to improve thermal comfort in building of Northeastern region of Thailand. The materials of this research were rice husk which has 3.2 lb/ft³ density and milk containers that has a reflective air space because of aluminum foil inside. The test cells were built to collect the data by Polystyrene foam 6 inches thick and the three test walls are: 4-inches brick wall, 4-inches brick wall with milk containers insulated inside, and 4-inches brick wall with milk containers and rice husk insulated inside. These test walls were faced south to get the direct sun from this direction. Fluke Hydra Logger was used to collect the air temperatures, outside surface temperatures, inside surface temperatures, and test cell temperatures. The result shows, the average temperature difference between 4-inches brick wall with milk container and rice husk insulated inside and 4-inches brick wall is 2.5-3 degree Celsius

in daytime. The average temperature difference between 4-inche brick wall with milk container insulated inside and 4-inches brick wall is 1.5-2.0 degree Celsius in daytime. The conclusion is the application of milk container and milk container with rice husk inside in 4-inche brick wall can reduce the harsh of temperature especially in daytime. The temperature inside the test cell is nearly in the range of human comfort zone because of the thermal resistance of the cavities in rice husk and the reflective air spaces of milk container

คำสำคัญ: สภาวะน่าสบาย, ผนังอาคาร, วัสดุเหลือใช้, วัสดุฉนวน, การวิจัยเชิงทดลอง

Keywords: Human Thermal Comfort, Building Wall, Non-Using Materials, Insulations, Experimental Research

1. บทนำ

บทความที่มีที่มาจากงานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่สำคัญในการที่จะค้นหาชนิด รูปแบบ และแนวทางการใช้งานที่เหมาะสมของวัสดุก่อสร้างอาคารที่ผลิตจากสิ่งเหลือใช้โดยมุ่งเน้นไปที่ส่วนของผนังอาคารซึ่งเป็นองค์ประกอบของอาคารที่มีพื้นที่มากกว่าส่วนอื่น ๆ เพื่อลดผลกระทบจากอุณหภูมิอากาศภายนอกที่มีค่าสูง เนื่องจากประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ที่อยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น ในการที่จะลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร ให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารมีสภาวะใกล้เคียงภาวะน่าสบายมากยิ่งขึ้น เนื่องจากส่วนของผนังอาคารเป็นส่วนที่มีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับสภาพแวดล้อมภายนอกมากที่สุด การพัฒนามันจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรดังกล่าว จะมุ่งเน้นให้ชาวบ้านในระดับท้องถิ่นสามารถผลิตขึ้นได้เอง กล่าวโดยสรุปคือเพื่อเป็นการแก้ปัญหาวัสดุก่อสร้างมีราคาสูง ปัญหาสภาวะน่าสบายในอาคาร และปัญหาวัสดุเหลือใช้ไปพร้อม ๆ กันอย่างบูรณาการและยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และแนวทางที่เหมาะสมในการนำเอาวัสดุเหลือใช้มาพัฒนาเป็นวัสดุป้องกันความร้อนหรือฉนวนในส่วนหนึ่งของผนังอาคาร

3. การเตรียมเซลล์ทดสอบและผนังทดสอบ

โดยการจัดสร้างเซลล์ทดสอบด้วยวัสดุที่มีความต้านทานความร้อนสูงได้แก่โฟมโพลีสไตรีนความหนา 6 นิ้ว โดยกำหนดให้ผนังที่ทำการทดสอบหันไปทางทิศใต้ ที่มีแสงแดดตกกระทบตลอดทั้งวัน และมีขนาดของผนังทดสอบเท่ากัน คือ ขนาด

60 x 60 เซนติเมตรในกล่องทดลองที่มีขนาดเท่ากัน และใช้กระบวนการทางสถิติมาใช้ในการควบคุมให้มีสภาพคงที่เท่ากัน โดยเก็บข้อมูลติดต่อกัน 1 สัปดาห์ ในช่วงฤดูหนาวที่สภาพอากาศมีความแตกต่างกันระหว่างกลางวันและกลางคืน (Diurnal Temperature Swing) มีค่าสูง คืออยู่ในช่วงประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 1 แสดงเซลล์ทดสอบที่จะนำมาใช้ในการศึกษา

การเตรียมวัสดุฉนวนเพื่อนำมาประกอบกับผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบครึ่งแผ่น เพื่อดำเนินงานความร้อนที่จะส่งผ่านเข้ามาในอาคารนั้นสามารถแบ่งออกได้ 2 รูปแบบที่สำคัญได้แก่ แบบแรกโดยการนำเอาวัสดุเหลือใช้ได้แก่กล่องผลิตภัณฑ์นมหรือกล่องน้ำผลไม้ที่มีอุณหภูมิเย็นอยู่ภายในมาติดตั้งภายในของผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติ เนื่องจากวัสดุเหลือใช้ประเภทนี้จะมีช่องว่างอากาศภายในที่มีคุณสมบัติเป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี ในส่วนของการเตรียมวัสดุสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2 ต่อไปนี้



ภาพที่ 2 แสดงวัสดุเหลือใช้จากผลิตภัณฑ์นมที่นำมาใช้ในการทดสอบ

อีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญได้แก่การเตรียมวัสดุเหลือใช้จากเกลบเพื่อที่จะนำมาใช้บรรจุในกล่องผลิตภัณฑ์นมเหลือใช้ เพื่อที่จะเพิ่มค่าความเป็นฉนวนให้กับวัสดุ โดยใช้เกลบข้าวเหนียวที่มีลักษณะเป็นโพรงตรงกลางมีความชื้นต่ำเพื่อให้มีค่าการต้านทานความร้อนสูงที่สุด (ในกรณีที่มีความชื้นสูงให้ทำการอบให้แห้งก่อนที่จะบรรจุ)



ภาพที่ 3 แสดงวัสดุเหลือใช้จากผลิตภัณฑ์นมและเกลบที่นำมาใช้ในการทดสอบ

โดยที่ผนังที่นำมาทดสอบซึ่งเป็นผนังที่ได้จากการนำเอาวัสดุฉนวนชนิดต่าง ๆ มาประกอบด้านในของวัสดุผนังหลักซึ่งได้แก่ ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบครึ่งแผ่น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบครึ่งแผ่นทาสีขาวเป็นมาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบความหนาแน่น 10 เซนติเมตร

- ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบครึ่งแผ่นทาสีขาว ภายในติดตั้งฉนวนจากกล่องนมความหนารวม 14 เซนติเมตร
- ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบครึ่งแผ่นทาสีขาว ภายในติดตั้งฉนวนจากกล่องนมที่มีเกลบความหนาแน่น 3.2 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต บรรจุภายใน ความหนาแน่น 14 เซนติเมตร

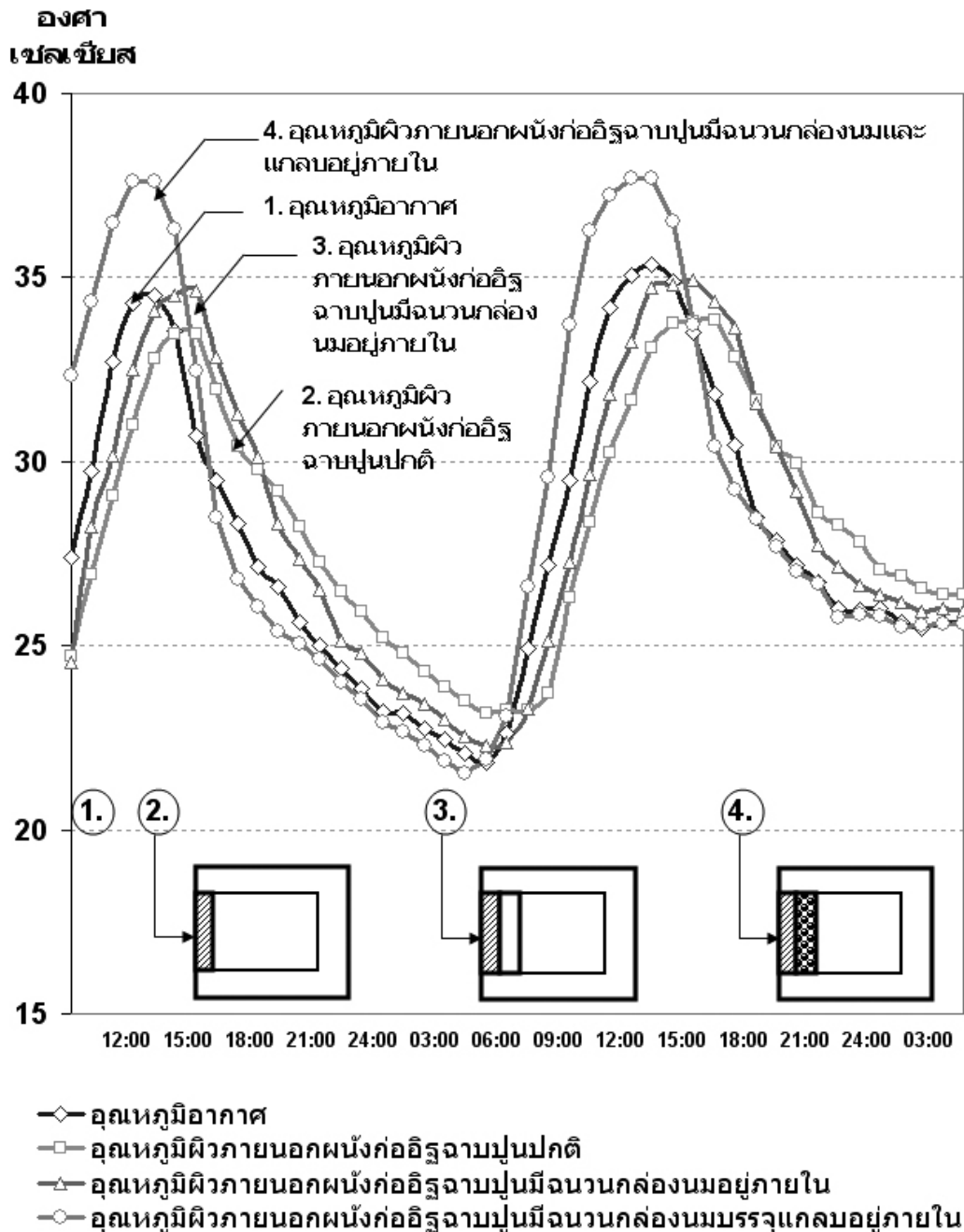
4. การเตรียมเครื่องมือที่จะใช้เก็บข้อมูล

- อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) ทั้งภายนอกและภายในแบบจำลอง ค่าที่ได้วัดเป็นองศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องมือ Fluke Hydra Logger , และสายวัดอุณหภูมิ Thermocouple Type K รุ่น Omega 204-44 ที่จะใช้ในการต่อพ่วง กับ Fluke Hydra Logger ดังกล่าว
- อุณหภูมิอากาศในส่วนของการวัดผลในแบบจำลองใช้เครื่องมือ Data Logger และสายโทรศัพท์ เชื่อมต่อกับหัว Termister
- อุณหภูมิผิว (Surface Temperature) ทั้งภายนอกและภายในแบบจำลอง ค่าที่ได้วัดเป็นองศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องมือ Fluke Hydra Logger , และสายวัดอุณหภูมิ Thermocouple Type K รุ่น Omega 204-44 ที่จะใช้ในการต่อพ่วง กับ Fluke Hydra Logger
- ทำการสอบเทียบค่า (Calibration) ที่ได้จากการวัดอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ โดยการใช้การวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis) เพื่อนำไปใช้สำหรับการปรับแก้ค่าให้สัมพันธ์กับหัว sensor ที่ใช้อ้างอิง

5. ผลการศึกษา

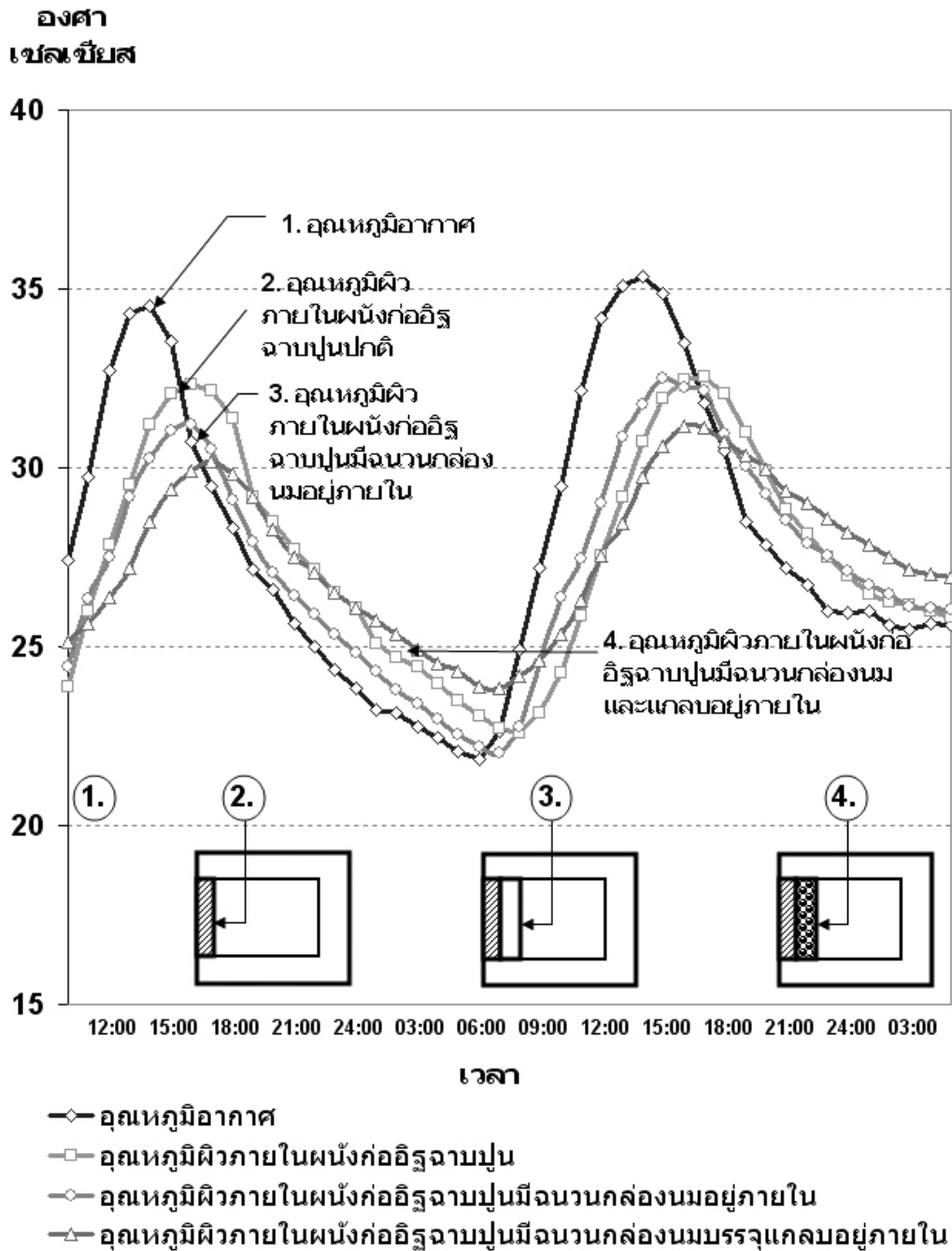
จากการจัดเตรียมเขตทดสอบ ผนังทดสอบ และเครื่องมือทดสอบ ได้ทำการเก็บข้อมูลต่อเนื่องกัน หนึ่งสัปดาห์ในช่วงระหว่างวันที่ 15-22 มกราคม 2554 จากนั้นได้ทำการจัดทำเป็นแผนภูมิดังภาพที่ 4-6 ต่อไปนี้

แผนภูมิแสดงอุณหภูมิผิวภายนอกผนังก่ออิฐฉาบปูน
อุณหภูมิผิวภายนอกผนังก่ออิฐฉาบปูนมีฉนวนกล่องนม
และอุณหภูมิผิวภายนอกผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่อง
นมบรรจุเกลสอยู่ภายใน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ



ภาพที่ 4 แสดงอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติ อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่องนมติดตั้งอยู่ภายใน และอุณหภูมิ
ผิวภายนอกของผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่องนมบรรจุเกลสติดตั้งอยู่ภายใน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ

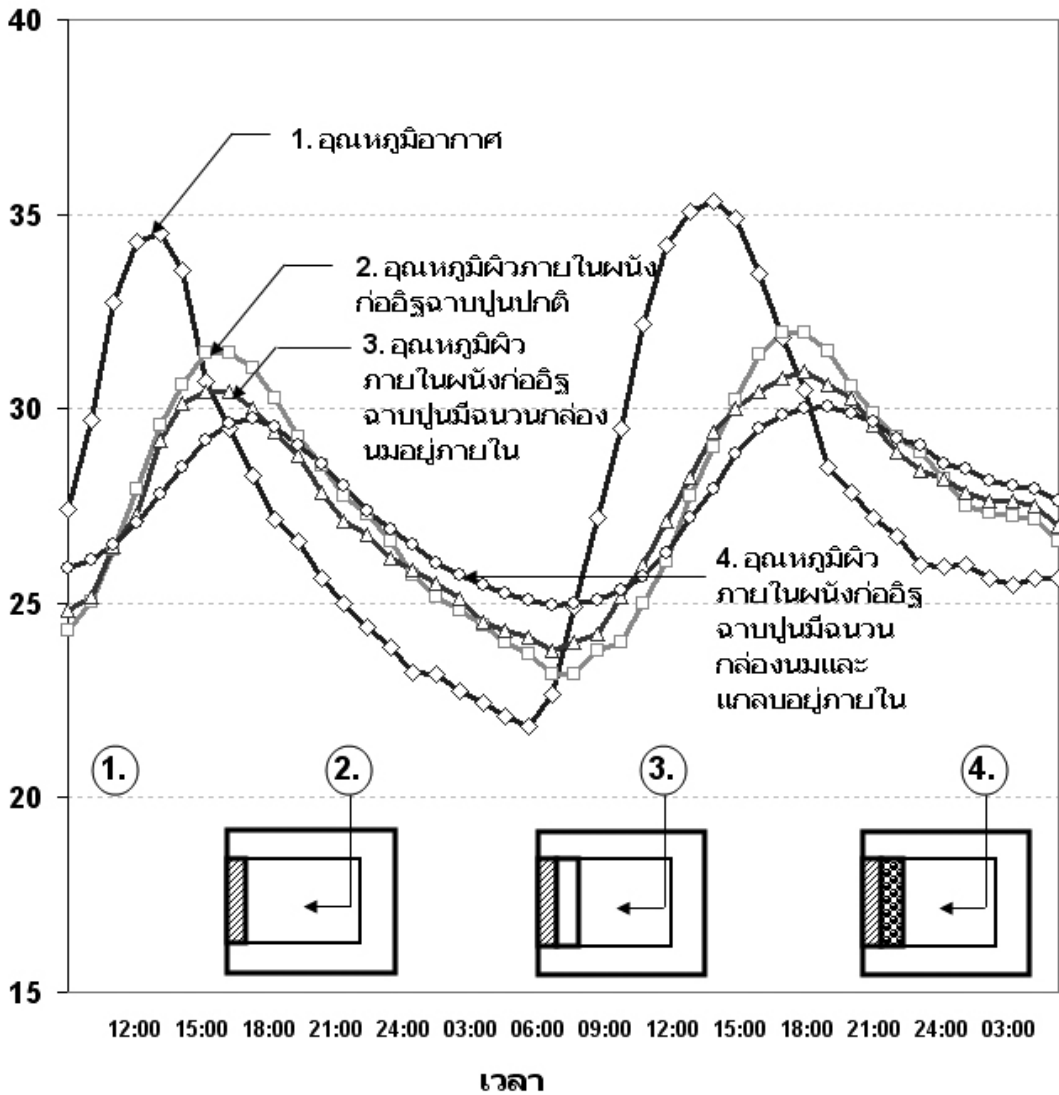
แผนภูมิแสดงอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐฉาบปูน
อุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐฉาบปูนมีฉนวนกล่องนม และ
อุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่องนม
บรรจุแคลบอยู่ภายใน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ



ภาพที่ 5 แสดงอุณหภูมิผิวภายในของผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติ อุณหภูมิผิวภายในของผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่องนมติดตั้งอยู่ภายใน และอุณหภูมิผิวภายในของผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่องนมบรรจุแคลบติดตั้งอยู่ภายใน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ

แผนภูมิแสดงอุณหภูมิในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูน อุณหภูมิในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนมีฉนวนกลองนม และอุณหภูมิในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกลองนมบรรจุแคลสเทอไซด์ภายใน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ

องศาเซลเซียส



- ◆—อุณหภูมิอากาศ
- อุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูน
- ▲—อุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนมีฉนวนกลองนมอยู่ภายใน
- ◇—อุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนมีฉนวนกลองนมบรรจุแคลสเทอไซด์อยู่ภายใน

แผนภูมิที่ 6 แสดงอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบของผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติ อุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบของผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกลองนมติดตั้งอยู่ภายใน และอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบของผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกลองนมบรรจุแคลสเทอไซด์ติดตั้งอยู่ภายใน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิในสามส่วนได้แก่ อุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน และอุณหภูมิภายใน เซลทดสอบของทั้งสามเซลล์ทดสอบ ดังนี้

- ในเวลากลางวันอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่อมนมบรรจุแกลบติดตั้งภายใน มีค่าสูงที่สุดเนื่องจากมีค่าความเป็นฉนวนสูงที่สุดในกลุ่มที่ทำการทดสอบคือประมาณ 37.5 องศาเซลเซียส ส่วนในเวลากลางคืนมีอุณหภูมิผิวภายนอกต่ำกว่าผนังทดสอบอื่น ๆ คือมีค่าที่ประมาณ 21.5 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติกับอุณหภูมิผิวภายนอกผนังก่ออิฐฉาบปูนมีฉนวนกล่อมนมติดตั้งอยู่ภายในมีค่าใกล้เคียงกัน ต่างกันเพียงเล็กน้อยในช่วงเวลากลางวัน ช่วงที่อุณหภูมิอากาศมีค่าสูงสุด คืออุณหภูมิผิวภายนอกผนังก่ออิฐฉาบปูนมีฉนวนกล่อมนมติดตั้งอยู่ภายในมีค่าสูงกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติประมาณ 1.5 องศาเซลเซียส ส่วนในเวลากลางคืนนั้น อุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติ จะมีค่าสูงกว่าประมาณ 2 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่กล่อมนมมีคุณสมบัติเป็นฉนวนช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี
- เมื่อพิจารณาอุณหภูมิผิวภายในของผนังทดสอบทั้งสามรูปแบบจะพบว่า ในเวลากลางวัน (11:00 -18:00 น.) อุณหภูมิผิวภายในของผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่อมนมบรรจุแกลบติดตั้งภายในจะมีค่าต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากความเป็นฉนวนของวัสดุแกลบเป็นสำคัญ รองลงมาได้แก่ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีฉนวนกล่อมนมติดตั้งอยู่ภายใน และผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติตามลำดับ
- เมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบจะพบว่า ในขณะที่อุณหภูมิภายนอกมีค่าสูงสุดที่ประมาณ 35 องศาเซลเซียส เวลา 13:00 น. นั้น อุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบของผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่อมนมบรรจุแกลบติดตั้งภายในจะมีค่าสูงสุดที่ประมาณ 29 องศาเซลเซียส เวลา 18:00 น. ส่วนอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนมีฉนวนกล่อมนมติดตั้งอยู่ภายในจะมีค่าสูงสุดที่

ประมาณ 31 องศาเซลเซียสที่เวลา 17:00 น. ส่วนอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติจะมีค่าประมาณ 32.5 องศาเซลเซียสที่เวลา 16:00 น.

- ในเวลากลางวันผลต่างของอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่อมนมบรรจุแกลบติดตั้งอยู่ภายใน กับอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติมีค่าประมาณ 2.5-3.0 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลต่างของอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่อมนมติดตั้งอยู่ภายใน กับอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติมีค่าประมาณ 1.5-2 องศาเซลเซียส
- ในเวลากลางคืนที่อุณหภูมิอากาศต่ำสุดในเวลา 6:00 น. มีค่าประมาณ 22 องศาเซลเซียสนั้น อุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่อมนมบรรจุแกลบติดตั้งอยู่ภายในจะมีค่าสูงที่สุดในกลุ่มคือมีค่าประมาณ 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่อมนมติดตั้งอยู่ภายในจะมีค่าประมาณ 23 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบของวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติจะมีค่า 24 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เป็นผลมาจากคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนของวัสดุผนังที่มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากการได้มีการติดตั้งวัสดุฉนวนภายใน

6. สรุปผลการศึกษา

จากที่ได้ทำการทดสอบดังแผนภูมิที่แสดงไว้ข้างต้น การวิจัยนี้สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังต่อไปนี้

- การที่ผลต่างของอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่อมนมบรรจุแกลบติดตั้งอยู่ภายใน กับอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติมีค่าประมาณ 3.5-4 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลต่างของอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีฉนวนกล่อมนมติดตั้งอยู่ภายใน กับอุณหภูมิภายในเซลล์ทดสอบผนังก่ออิฐฉาบปูนปกติมีค่าประมาณ 1.5-2 องศา

เซลล์ในเวลากลางวัน นั้นสามารถสรุปได้ว่าการใช้ฉนวนกล่องนม และฉนวนกล่องนมบรรจุแคลบ ในการติดตั้งร่วมกับผนังก่ออิฐฉาบปูนนั้น สามารถลดความรุนแรงของอากาศในเวลากลางวันได้ ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุแคลบที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศภายใน และคุณสมบัติความเป็นฉนวนของช่องว่างอากาศสะท้อนรังสีของกล่องบรรจุฉนวน

- ในการติดตั้งฉนวนไว้ภายในอาคารนั้นทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเซลล์ทดสอบ หรือในอาคารนั้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ในช่วงเวลาประมาณ 18:00 น.-6:00 น. เนื่องจากความร้อนภายในถ่ายเทออกสู่ภายนอกผ่านกรอบอาคารได้ยากขึ้น ดังนั้นการติดตั้งฉนวนจึงควรพิจารณาพร้อมกับเวลาในการระบายอากาศของอาคารด้วย จึงจะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคารได้ดียิ่งขึ้น
- แนวทางในการนำวัสดุทั้งสองประเภทดังกล่าวนี้ไปใช้ในอาคารสามารถนำไปใช้ในกรณีต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้
 - การนำไปใช้ในส่วนของฝ้าเพดาน เพื่อเป็นการป้องกันความร้อนที่จะผ่านเข้ามาในส่วนของหลังคา อาจจะใช้กล่องนม หรือกล่องนมบรรจุแคลบติดตั้งไว้เหนือฝ้าเพดาน เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้ามาในอาคารได้ แต่ต้องพิจารณาในส่วนของน้ำหนักของวัสดุประกอบด้วย ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุแคลบมีค่าความหนาแน่นประมาณ 3.2 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตซึ่งมากกว่าวัสดุฉนวนในท้องตลาดชนิดอื่น ๆ
 - การนำไปใช้ในส่วนของผนัง สามารถทำได้สองรูปแบบที่สำคัญได้แก่ รูปแบบที่มีการติดตั้งภายในผนังหลัก (ดังเช่นการทดสอบนี้) แล้วมีแผ่นไม้อัดหรือแผ่นยิปซัมบอร์ดปิดทับเพื่อความเรียบร้อยและสวยงาม กับอีกรูปแบบหนึ่งคือเป็นการติดตั้งไว้ภายนอกของผนังหลัก ซึ่งต้องมีการพิจารณาวัสดุที่ปิดทับภายนอกที่มีความคงทนแข็งแรง และ

สามารถป้องกันวัสดุฉนวนเสียหายได้ ซึ่งการติดตั้งวัสดุฉนวนไว้ภายนอกนี้ จะสามารถลดความรุนแรงของสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าการติดตั้งฉนวนไว้ภายใน (รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ, 2543)

7. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

- การวิจัยน่าจะได้ทำการทดสอบในช่วงเวลาอื่น ๆ เช่น ในฤดูร้อน หรือฤดูฝน เนื่องจากการวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลในช่วงฤดูหนาว ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
- การวิจัยน่าจะได้ทำการทดสอบการใช้ฉนวนผนังเหลือใช้ ในกรอบอาคารที่มีทิศทางต่าง ๆ กัน จะทำให้สามารถทราบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนในแต่ละด้านได้อย่างสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น
- นำที่จะมีการทดสอบการใช้งานวัสดุดังกล่าวนี้ในอาคารจริง เพื่อจะสามารถทราบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น
- การวิจัยน่าจะได้ทำการทดสอบในส่วนของหลังคา และ/หรือ ฝ้าเพดาน เนื่องจากการวิจัยนี้ทำการทดสอบเฉพาะกรอบอาคารทางด้านทิศใต้เป็นหลัก
- จะเป็นการดียิ่งหากจะได้ทำการทดสอบวัสดุอื่น ๆ ที่คาดว่าจะมีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อน เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น ดังนั้นการคิดค้นวัสดุที่ช่วยในการต้านทานความร้อนจะทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวัสดุ หรือระบบการก่อสร้างที่ปฏิบัติกันอยู่ภายในประเทศได้อย่างเหมาะสม

8. รายการอ้างอิง

- กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน. การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพมหานคร: สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน, 2541.
- ตระการ ก้าวไกลกรรม, นาวาอากาศตรี. คู่มือฉนวนความร้อน. กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์, 2537.

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตรึงใจ บุรณสมภพ. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์, 2521.

ธนิต จินดาวณิก, ผู้ช่วยศาสตราจารย์. เอกสารประกอบการสอนวิชา 250 1494 Energy Architectural Design. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ. อิทธิพลของการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการผสมมวลสารและฉนวนเข้าด้วยกัน. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

วันเอก กิจสมใจ. ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิตภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2539

วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กรม. อนุรักษ์พลังงาน, กอง. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพมหานคร: กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. แบบบ้านดินซีเมนต์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2540.

สิทธิโชค สุนทรโอภาส. เทคโนโลยีอาคาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สยามสปอร์ต ซินดิเคต, 2543.

สุนทร บุญญาริการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุนทร บุญญาริการ. บ้านชีวาทิตย์ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อคุณภาพชีวิตผลิตพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

อนันต์ วัชรพงษ์วินิจ. ประสิทธิภาพการใช้ฉนวนสะท้อนรังสีและทิศทางการถ่ายเทความร้อนสำหรับอาคารในภูมิอากาศร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิตภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. 1989 ASHRAE Handbook of Fundamental. Atlanta Georgia, 1989.

Allard, F. Natural Ventilation in Building. United Kingdom: MPG Book Limited, 1998.

Domingo L. Siazon, JR. State of R&D on Low Cost Building Materials & Technologies in Asia. Manila: Manila, 1987.

Duffie, J. A., and Beckman, W. A. Solar Engineering of Thermal Process. United States: John Wiley & Sons, Inc, 1991.

Fanger, P. O. Thermal Comfort. United States: McGraw-Hill Book Company, 1972.

Givoni, B. Man Climate and Architecture. New York: Elsevier Publishing, 1969.

Givoni, B. Passive and Low Energy cooling of Buildings. United States: Van Nostrand Reinhold, 1994.

John S. Crowley. Practical Passive Solar Design. New York: McGraw-Hill Book Company, 1984.

Olgyay V. Design with Climate. New Jersey: Princeton Hall, 1962.

Santamouris M. Passive Cooling of Buildings. United Kingdom: Antony Rowle Ltd, 1996.

Stein, B., and Reynolds. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 9th Edition. New York: John Wiley & Sons, 2000.