

ความหนาและความหนาแน่นของผนังฟางที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิ

กอบปรพร นุกุลคาม^{1*} และ วัชรินทร์ จินต์วุฒิ²

Dielectric properties of straw walls and the thickness suitable for the construction of a straw wall building

Kobporn Nukulkam^{1*} and Watchrin Jinwuth²

¹คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

²Faculty of Architecture Naresuan University

*Corresponding author E-mail address: Kobporn@rmutl.ac.th

received: March 13,2020 revised: April 23,2020 accepted: June 6,2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติความเป็นฉนวนของผนังฟาง และความหนาที่เหมาะสมในการป้องกันความร้อนเพื่อนำไปก่อสร้างอาคารผนังฟางในประเทศไทย จากการศึกษาคุณสมบัติผนังที่ทำจากฟางข้าวมีศักยภาพในการ เป็นฉนวนป้องกันมิให้ความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้ อีกทั้งผนังฟางยังใช้ฟางข้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร จากการทำนาข้าวซึ่งข้าวเป็นพืชเกษตรกรรมหลักของประเทศไทย ทำให้ฟางข้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในทุกภูมิภาคของประเทศไทย การศึกษาแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรกมุ่งศึกษาพฤติกรรมการนำความร้อนของผนังฟางอัดที่มีความหนาแน่นต่างกัน คือ อัดด้วยกำลังมนุษย์ และอัดด้วยกำลังเครื่องจักร จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาดำเนินการในส่วนที่สองโดยจำลองความหนาของก้อนฟางแต่ละความหนาด้วยโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ระบบ Computational Fluid Dynamics ผลการศึกษาวิจัยพบว่าผนังฟางมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวน โดยกล่องทดลองเพื่อทดลองผนังฟางที่มีความหนา 0.20 เมตร ที่อัดด้วยกำลังเครื่องจักรที่มีความหนาแน่น 101.43 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และผนังฟางที่มีความหนา 0.20 เมตร ที่อัดจากกำลังมนุษย์ที่มีความหนาแน่น 67.14 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร พบว่าผนังฟางทั้งสองความหนาแน่นจะมีพฤติกรรมคล้ายกัน คือ หน่วงความร้อนไว้ในผนังฟางได้ประมาณ 20 นาที จึงยอมให้ความร้อนไหลผ่านไปยังอีกฝั่งได้เล็กน้อย จึงนำข้อมูลที่ได้จากกล่องทดลอง สร้างแบบจำลองเพื่อหาความหนาของผนังที่เหมาะสมโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่าผนังฟางหนา 0.10 ,0.20 ,0.30 และ 0.40 เมตร มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนได้ใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: ผนังฟาง ฉนวน การถ่ายเทความร้อน

ABSTRACT

The objective of this research is to study the insulating properties and the suitable thickness of straw wall for heat prevention for constructing building that utilizes straw walls in Thailand. Initial study of properties of walls made from rice straw found its potential as thermal insulator, preventing heat from entering the building. Straw walls also use rice straw which is a waste product from agriculture. Since rice is the main agricultural crop in Thailand, rice straw is a major agricultural waste in all regions of Thailand. The study is divided into two parts. The first part is to study the thermal conductivity behavior of the straw walls which were compressed with different methods; one was compressed by human and the other was compressed by machine. The second part is to use the data obtained in the first part to simulate the thickness of each straw bale using Computational Fluid Dynamics simulation system. The results of the research show that the straw wall has insulating properties. A box was used to test 0.20 meters thick straw walls, one was compressed with a machine with a compression density of 101.43 kilograms per cubic meter, while the other was compressed

by human with a compression density of 67.14 kilograms per cubic meter. It was found that both straw walls had similar properties in which they were able to keep the heat within themselves for about 20 minutes before allowing the heat to flow slightly to the other side. The information from the experiment was then used to create a simulation to find suitable wall thickness with a computer program, which it was found that straw walls with thickness of 0.10, 0.20, 0.30 and 0.40 meters appear to have similar heat protection properties.

Keywords: straw wall insulation heat transfer

บทนำ

ในสมัยอดีตเรือนพักอาศัยพื้นถิ่นของประเทศไทย นิยมปลูกสร้างที่พักอาศัยในลักษณะเรือนไม้ใต้ถุนสูง ชั้นบนมักจะมีเพียงเรือนนอน มีการใช้งานเฉพาะช่วงเวลากลางคืน และใช้ประโยชน์ในการให้เรือนชั้นบนเป็นฉนวนในการป้องกันความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์ขณะทำกิจกรรมในบริเวณใต้ถุนในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งมีลักษณะเปิดโล่งอากาศถ่ายเทได้ดี นอกจากการใช้เวลาส่วนใหญ่ในแต่ละวันในพื้นที่เพาะปลูก ตามวิถีชีวิตของสังคมเกษตรกรรม อย่างไรก็ตามในปัจจุบันรูปแบบการใช้สอยของเรือนพักอาศัยของชนบทในประเทศไทยได้เปลี่ยนไปเป็นการกั้นพื้นที่ใต้ถุนเป็นสัดส่วนมากขึ้น จนไปถึงการปิดล้อมพื้นที่ทั้งหมด เพื่อการปรับเปลี่ยนมาเป็น “พื้นที่ใช้สอยหลัก” (ณัฐติ สัตนันท์, 2560) ทำให้พฤติกรรมการใช้พื้นที่ว่างใต้ถุนอาคารต้องเปลี่ยนไปจากพื้นที่โล่งที่มีการระบายอากาศได้ดี เป็นการกั้นห้องในลักษณะปิดทึบด้วยวัสดุจำพวก อิฐบล็อก และ อิฐมอญ เป็นต้น ซึ่งเป็นวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง อิฐบล็อกมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.33 วัตต์ต่อตารางเมตร และอิฐมอญมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.40 วัตต์ต่อตารางเมตร (STEEN A. S., STEEN B., BAINBRIDGE D. AND EISENBERG D.1994) ทำให้รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคารผ่านผนังอาคารมาก จนทำให้ความชื้นสะสมภายในอาคารสูงจนเกินสภาวะน่าสบาย

ในทวีปยุโรป มีการใช้ฟางเข้ามาเป็นวัสดุในการทำผนังอาคาร เนื่องจากมีคุณสมบัติการเป็นฉนวน เมื่อเทียบกับอาคารผนังอิฐบล็อก และ อิฐมอญ (ADEDEJI, A. A., 2007).ทำให้สามารถรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบายสำหรับการอยู่อาศัย ต่อมาในปี พุทธศักราช 2393 ชาวยุโรปจำนวนมากมีการอพยพมาตั้งถิ่นฐานในทวีปอเมริกาเหนือ ทำให้การใช้ “ฟาง” เป็นวัสดุก่อสร้างผนังที่แพร่หลายเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะบริเวณตอนกลางของทวีป ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศแบบทุ่งหญ้ากึ่งทะเลทราย ซึ่งเหมาะสมต่อการทำการเกษตร ผู้อพยพชาวยุโรปจึงใช้ประโยชน์จาก “ฟาง” ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรมาเป็นวัสดุในการสร้างผนังของอาคาร ในปัจจุบันยังมีการสร้างอาคารที่ใช้ “ฟาง” เป็นส่วนประกอบของผนังอาคารอยู่ในทุกภูมิภาคของโลก ทั้งอาคารพักอาศัยขนาดเล็กในทวีปอเมริกา ออสเตรเลีย ยุโรป และอาคารสาธารณะขนาดใหญ่ในทวีปยุโรป (Murray Hollis, 2005)

ในประเทศไทย พบว่ามีการสร้างอาคารที่ใช้ “ฟาง” เป็นผนังอยู่ ในกลุ่มของผู้ที่สร้างบ้านดิน โดยมีการสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญการทำบ้านดิน คือ คุณโจน จันเป็นอาคารพักอาศัย ระบบผนังรับน้ำหนักชั้นเดียว สร้างจากฟางอัดก้อน และฉาบด้วยดิน ทำหน้าที่รับน้ำหนักโครงสร้างหลังคาโดยตรง เป็นอาคารที่มีต้นทุนในการก่อสร้างต่ำเนื่องจากใช้วัสดุที่หาได้ในพื้นที่ อย่างไรก็ตามเนื่องจากอาคารหลังดังกล่าวเป็นเพียงอาคารตัวอย่าง ยังไม่มีการเข้าไปใช้งานจริง จึงทำให้ไม่มีข้อมูลการใช้งานจากผู้ใช้งาน โดยเฉพาะประเด็นเรื่องคุณสมบัติความเป็นฉนวนของผนังฟางภายใต้สภาพอากาศของประเทศไทย ปัจจุบันอาคารดังกล่าวตั้งอยู่ในโครงการ พันพรรณ อำเภอมะแม่ง จังหวัดเชียงใหม่ ดังรูปภาพที่ 1



ภาพ 1 บ้านฟางอัดก้อน ฉาบด้วยดิน โครงการ พันพรรณ อำเภอมะแม่ง จังหวัดเชียงใหม่

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าในต่างประเทศมีการใช้ประโยชน์จากผนังพองอย่างแพร่หลาย ด้วยคุณสมบัติที่เป็นฉนวน ป้องกันความร้อน เป็นวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรที่มีราคาถูก และขบวนการก่อสร้างที่ไม่มีเทคนิคทางวิศวกรรมที่ยุ่งยาก (None-Engineering structure) สามารถสร้างได้ด้วยแรงงานในครัวเรือน โดยจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยพบคุณสมบัติของผนังพองดังต่อไปนี้

1. ผนังพองนำความร้อนเข้าสู่อาคารน้อยเมื่อเทียบกับวัสดุก่อสร้างอื่น เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังพองต่ำ คือ 0.13 วัตต์ต่อตารางเมตร (STEEN A. S., STEEN B., BAINBRIDGE D. AND EISENBERG D. 1994) เมื่อเทียบกับวัสดุ ก่อที่นิยมใช้ในประเทศไทย คือ อิฐบล็อก และอิฐมอญ มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ 0.33 และ 0.40 วัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ

2. ผนังพองมีความสามารถในการเป็นผนังรับน้ำหนัก สามารถรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารและน้ำหนักบรรทุกจร อาคาร 2 ชั้น โดยที่ผนังที่มีช่องเปิดจำพวกประตู และหน้าต่างได้ร้อยละ 50 ได้โดยไม่ต้องใช้โครงสร้างอื่นมาช่วย ทำให้สามารถปรับเปลี่ยนรูปทรงของอาคารให้เหมาะสมต่อการใช้สอยได้อย่างอิสระ (GOODHEWS., CARFRAE J. AND WILDE P. De, Briefing, 2010) โดยผนังรับน้ำหนักควรใช้ก้อนพองชนิด 2 เส้น ที่มีความกว้าง 0.46 เมตร สูง 0.35 เมตร (FATHELRAHMAN, M. ADAM, SALAH ANDAHMED ALI, 2015)

3. ผนังพองมีความสามารถในการทนไฟได้ตามมาตรฐานการทดสอบการทนไฟของวัสดุ มาตรฐานที่ E-119 ของสมาคมวิชาชีพ ทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ประเทศสหรัฐอเมริกา ผนังพองแบบไม่มีวัสดุฉนวนผิว สามารถทนไฟได้ 30 นาที และแบบฉนวนวัสดุปิดผิว 2 ด้าน สามารถทนไฟได้ 120 นาที (PRAGYANB., DHARMA R. D., KESHAB N.AND CHAMBERLIN K. S. 2012)

4. ผนังพองมีคุณสมบัติในการป้องกันเสียงที่ดี ในประเทศสหรัฐอเมริกามี การใช้ ผนังพองสำหรับเป็นผนังกันเสียงของห้องอัดเสียง อีกทั้งยังมีการใช้ เป็นกำแพงกันเสียงในบริเวณสนามบิน และทางหลวงในประเทศสหรัฐอเมริกา และในทวีปยุโรป (AMAZON NAILS 2001)

5. ผนังพองมีอายุการใช้งานยาวนานเท่ากับการใช้ไม้เป็นวัสดุก่อสร้าง หากมีการป้องกันกันไม่ให้ผนังพองมีความชื้นสะสมเกินร้อยละ 20 ของน้ำหนักผนัง (STRAUBE J. 2009)

6. ผนังพองมีความสามารถในการทนต่อแผ่นดินไหวได้ดี เนื่องจากเป็นระบบผนังรับน้ำหนักมีจุดเชื่อมต่อระหว่างฐานราก ผนัง โครงสร้างหลังคามากกว่าโครงสร้างระบบเสา คาน ปกติ (STEEN A. S., STEEN B., BAINBRIDGE D. AND EISENBERG D. 1994)

จากคุณสมบัติที่หลากหลายประการของผนังพอง จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาแนวทางการนำผนังพองมาใช้แก้ปัญหาความร้อนในบ้านเรือนของผู้ที่มีฐานะยากจนของประเทศไทย ซึ่งต้องประสบปัญหาการอยู่อาศัยภายใต้อุณหภูมิที่เกินสภาวะน่าสบาย โดยเฉพาะช่วงฤดูร้อน รวมทั้งเพื่อสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับผนังพอง ในการนำมาประยุกต์ใช้งานก่อสร้างอาคารที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติความเป็นฉนวนของผนังพอง และความหนาที่เหมาะสมเพื่อเสนอแนะการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่มีคุณสมบัติที่ดี ในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร
2. สามารถนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร ในท้องถิ่นมาแปรรูปใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อการลดการใช้พลังงาน อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เป็นประโยชน์โดยตรงแก่เกษตรกรยากจนในการสร้างที่อยู่อาศัย และช่วยลดระยะทางการขนส่งวัสดุก่อสร้าง
3. ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ภาครัฐ ในการนำข้อมูลไปใช้เพื่อสนับสนุนให้ประชาชน ลดการใช้พลังงานในอนาคต

สมมติฐานของการวิจัย

ผนังพองที่มีความหนาแน่นและความหนามาก จะมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่ดีกว่าผนังพองที่มีความหนาแน่นและความหนา น้อย

ขั้นตอนการวิจัย

1. วิเคราะห์ขั้นตอนวิธีการก่อสร้างผนังฟาง
 - 1.1. ศึกษาขั้นตอนในการสร้างผนังฟาง
 - 1.2. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาออกแบบการทดลองประสิทธิภาพของผนังฟาง
2. ทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนในผนังฟางแต่ละความหนาแน่นด้วยกล่องทดลอง
 - 2.1. ออกแบบวิธีการทดสอบและออกแบบตู้ทดลอง
 - 2.2. ทดลองคุณสมบัติในการนำความร้อนของผนังฟางความหนาแน่นต่างๆ
 - 2.3. เก็บข้อมูลความสามารถในการเป็นฉนวนความร้อนด้วยอุปกรณ์บันทึกข้อมูล
 - 2.4. นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อน
3. จำลองประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของผนังฟาง
 - 3.1. ออกแบบการทดลองและคัดเลือกโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมในการใช้งาน
 - 3.2. สร้างแบบจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์
 - 3.3. ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองลักษณะการถ่ายเทความร้อนของผนังฟาง
 - 3.4. นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อน

วิธีทำการวิจัย

ก่อนเริ่มต้นการทดลองผู้ทดลองได้ทำการ วิเคราะห์รวบรวมข้อมูลเพื่อหาวิธีการก่อสร้างอาคารด้วยผนังฟางทั้งในประเทศไทย และต่างประเทศ เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมและเป็นที่นิยมใช้การก่อสร้างอาคารผนังฟาง เมื่อได้ข้อมูลในการสร้างผนังฟางดังกล่าวแล้ว จึงนำมาออกแบบการทดลองในข้อ 1 และ 2 ดังต่อไปนี้

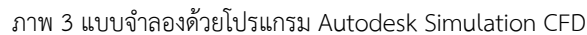
1. การทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนในผนังฟางแต่ละความหนาแน่น

จากการศึกษา พบว่าปกติฟางก้อนที่ใช้ทำผนังฟางจะมีการอัดก้อนอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ การอัดแบบใช้แรงงานมนุษย์ในการอัดก้อนฟางผ่านเครื่องทุ่นแรง และการอัดด้วยเครื่องจักรด้วยกำลังจากเครื่องจักรกล ซึ่งการอัดทั้ง 2 วิธีจะมีความต่างกันในด้านของความหนาแน่นที่สามารถทำได้ การอัดแบบใช้แรงงานมนุษย์จะมีความหนาแน่นต่ำกว่าการอัดด้วยเครื่องจักร ซึ่งทำการศึกษาเพื่อหาความแตกต่างของพฤติกรรมในการนำความร้อนของผนังฟางทั้ง 2 ความหนาแน่น โดยการใช้กล่องทดลองเป็นเครื่องมือเปรียบเทียบพฤติกรรมในการเป็นฉนวนความร้อนของผนังฟางที่มีความหนาแน่นต่างกัน โดยผนังฟางทดสอบแต่ละชั้นมีขนาด กว้าง 0.60 เมตร สูง 0.60 เมตร หนา 0.20 เมตร

จากการศึกษาพบว่าแสงแดดที่ส่องถูกผนังอาคารโดยตรงในประเทศไทย จะมีการเคลื่อนที่ตามการหมุนของโลกจากทิศตะวันออกและอ้อมทางทิศใต้ไปยังทิศตะวันตก ซึ่งทำให้ผนังแต่ละทิศรับพลังงานความร้อนโดยตรงประมาณ 1 ใน 3 ของช่วงเวลากลางวันเฉลี่ย 12 ชั่วโมง คิดเป็นช่วงเวลาที่รับพลังงานความร้อนโดยตรง 4 ชั่วโมง จึงเป็นช่วงเวลาที่สนใจศึกษาควรเป็นระยะเวลาที่ผนังอาคารเริ่มได้รับแสงแดดโดยตรงในแต่ละวัน โดยเก็บข้อมูลทุกนาที่ ตั้งแต่เวลาที่ 0 ถึง นาที่ที่ 240 จากการศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ 100 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ให้ความร้อนที่เหมาะสมกับกล่องทดลองแบบปิดขนาดภายในกล่อง กว้าง 0.50 เมตร ลึก 0.50 เมตร สูง 0.50 เมตร มีอุณหภูมิผิวใกล้เคียงกับผนังที่ถูกแสงอาทิตย์ส่องโดยตรง โดยติดตั้งไว้บริเวณกลางกล่องทดลองห่างจากผนังด้านหลังกล่อง 0.125 เมตร เพื่อให้พลังงานความร้อนภายในกล่องกระจายได้อย่างเหมาะสมในการนำพา และการแผ่รังสีความร้อนจากกล่องทดลองสู่ผนังฟางทดลอง ที่อยู่ระหว่างกลางระหว่างกล่องโฟมอีพีเอส (EXPANDABLE POLYSTYRENE (EPS)) ความหนาแน่น 2 ปอนด์ ต่อลูกบาศก์ฟุต ประกอบซ้อนกัน 2 ชั้นเพื่อป้องกันอากาศรั่วบริเวณรอยต่อแผ่นโฟม โฟมกล่องชั้นในหนา 0.05 เมตร กล่องโฟมชั้นนอกหนา 0.075 เมตร เพื่อวัดความต่างของอุณหภูมิของอากาศฝั่งที่ให้ความร้อน(T1) ผิวผนังฟางวัสดุทดสอบภายในกล่องฝั่งที่ให้ความร้อน(T2) แกนกลางผนังฟาง(T3) ผิวผนังฟางวัสดุทดสอบภายในกล่องฝั่งตรงข้ามกับที่ให้ความร้อน (T4) และอากาศฝั่งตรงข้ามกับที่ให้ความร้อน(T5) โดยกล่องทดสอบจะเป็นระบบปิดเพื่อหาศักยภาพเฉพาะตัววัสดุทดลอง คือ ผนังฟาง



หลังจากทราบข้อมูลพฤติกรรมการนำความร้อนของผนังฟางจากกล่องทดลองในข้อ 5.1 จึงทำการจำลองพฤติกรรมการส่งผ่านความร้อนของผนังฟางที่มีความหนาต่างกัน คือ 0.10 ,0.20 ,0.30 และ 0.40 เมตร ที่ความหนาแน่นของผนังฟางที่ตัดจากกำลังเครื่องจักร คือ 100 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระบบ Computational Fluid Dynamics หรือ CFD ซึ่งในปัจจุบันการทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วยโปรแกรม Computational Fluid Dynamics นั้นเป็นที่ยอมรับในช่วยการออกแบบและวิเคราะห์ สภาพแวดล้อมภายในอาคาร ปฏิกริยาของสภาพแวดล้อมภายในอาคารและพื้นผิวอาคาร รวมทั้งการตรวจสอบผลจากสภาพแวดล้อมนอกของอาคาร (KIM 2013) โดยใช้เทคนิคการจำลองที่ทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการจำลองการไหลของของไหลและการถ่ายเทความร้อน ซึ่งทำให้ลดขั้นตอนการสร้างและทดสอบในกล่องทดสอบลง เป็นการประหยัดงบประมาณและระยะเวลาในการทดสอบ โดยงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม Autodesk Simulation CFD ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาด้านการศึกษาและการวิจัย โดยโปรแกรม Autodesk Simulation CFD ที่ออกแบบมาเพื่อการจำลอง Computational Fluid Dynamics โดยเฉพาะสามารถจำลองการไหลแบบ 3 มิติ เพื่อใช้ทดแทนอุปกรณ์ในการทดสอบความร้อน และอุณหภูมิ ทำให้ทราบถึงข้อมูลวิศวกรรมที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้จากการทดลองทางกายภาพ เมื่อโปรแกรมประมวลผลจะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการตามข้อมูลในแบบจำลองที่ต้องการศึกษา(AUTODESK 2020) เพื่อหาความเหมาะสมของผนังแต่ละความหนาในการนำมาเป็นผนังอาคารที่มีความสามารถในการเป็นฉนวนกันความร้อน โดยใช้ข้อมูลจากกล่องทดลองในข้อ 5.1 ในการการจำลอง



ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนในผนังฟางแต่ละความหนาแน่นด้วยกล่องทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนในผนังฟางแต่ละความหนาแน่นด้วยกล่องทดลอง ของ ผนังฟางที่มีความหนา 0.20 เมตร ซึ่งมีความหนาแน่นต่างกัน เนื่องจากวิธีการอัดที่ต่างกันคือ ความหนาแน่นต่ำ ใช้แรงคนเป็นต้นกำลังผ่านเครื่องทุ่นแรงในการอัด จะมีความหนาแน่น 67.14 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และ ความหนาแน่นสูง ใช้แรงจากเครื่องจักรกลในการอัด จะมีความหนาแน่น 101.43กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

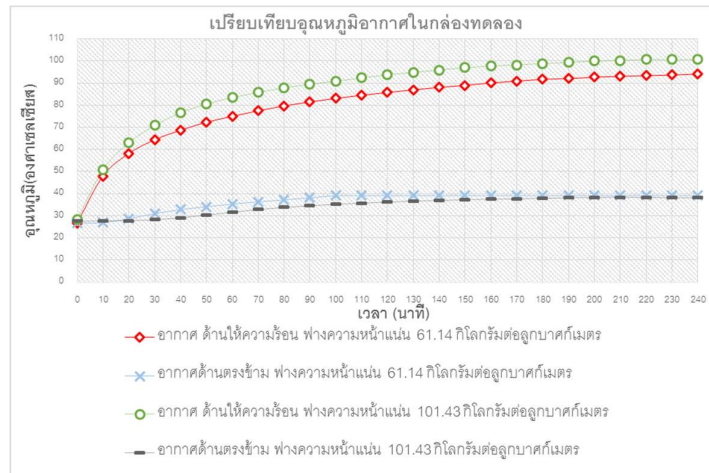
ตาราง 1 แสดงคุณสมบัติฟางแต่ละความหนาแน่นที่ใช้ทดสอบ

ลำดับ	รายการ	ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์ เมตร)
1	ความหนาแน่นต่ำ	0.07	4.20	67.14
2	ความหนาแน่นสูง	0.07	7.10	101.43

นำมาทดสอบโดยการวางในกล่องโฟมระหว่างฝั่งที่มีการให้ความร้อน และฝั่งที่ไม่มีการให้ความร้อน แล้วทำการวัดอุณหภูมิจำนวน 5 จุด คือ อากาศบริเวณกลางกล่องฝั่งที่ให้ความร้อน (T1) กลางผิวผนังฟางวัสดุทดสอบภายในกล่องฝั่งที่ให้ความร้อน (T2) กลางแกนกลางผนังฟาง (T3) กลางผิวผนังฟางวัสดุทดสอบภายในกล่องฝั่งตรงข้ามกับที่ให้ความร้อน (4) และ อากาศบริเวณกลางกล่องฝั่งตรงข้ามกับที่ให้ความร้อน (T5) ก่อนใช้อุปกรณ์ทำการทดสอบอุปกรณ์ทั้ง 5 จุด ทำการเทียบอุณหภูมิหัววัดแต่ละจุดไม่ให้ต่างกันเกิน 0.01 องศาเซลเซียส



ภาพ 4 กล่องทดสอบ



ภาพ 5 แผนภูมิอุณหภูมิในกล่องทดสอบ

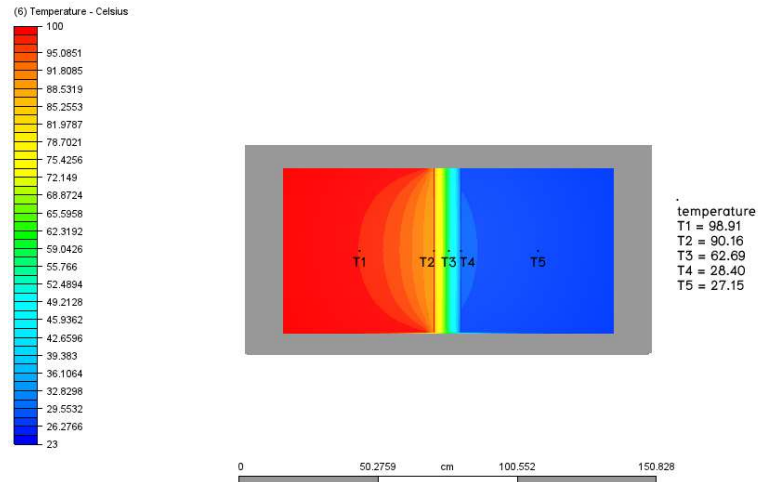
จากภาพ 4 แสดงให้เห็นว่าผนังฟางทั้งสองความหนาแน่นมีพฤติกรรมในการส่งผ่านความร้อนคล้ายกัน คือ มีการเก็บความร้อนไว้ในวัสดุในช่วงเวลาหนึ่ง เมื่อความร้อนถึงจุดอิ่มตัวจึงมีการยอมให้ความร้อนผ่าน ต่างกันคือ ผนังทดสอบความหนาแน่น 67.14 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จะเก็บสะสมความร้อนใช้เวลา 20 นาทีก่อนยอมให้ความร้อนผ่านไปยังอีกฝั่ง ส่วนผนังทดสอบมีความหนาแน่น 101.43 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จะเก็บสะสมความร้อนใช้เวลา 20 นาทีก่อนยอมให้ความร้อนผ่านไปยังอีกฝั่งในปริมาณที่น้อยกว่า ผนังทดสอบความหนาแน่น 67.14 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรเล็กน้อย โดยหลังจากที่ความร้อนถึงจุดอิ่มตัวแล้วจะยอมให้ความร้อนผ่านในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ทั้งผนังทดสอบความหนาแน่น 67.14 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และผนังทดสอบมีความหนาแน่น 101.43 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งผนังทดสอบผนังทดสอบมีความหนาแน่น 101.43 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีลักษณะการนำความร้อนใกล้เคียงกับ ผลการจำลองประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนผนังฟางหนา 0.20 เมตร ในข้อ 2.2 ซึ่งผนังทดสอบมีความหนาแน่น 100 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

2. ผลการจำลองประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของผนังฟาง ด้วยวิธี CFD

จากผลการจำลองประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของผนังฟางด้วยกล่องทดลองทำให้ทราบถึงพฤติกรรมการเป็นฉนวนกันความร้อนของผนังฟางในขณะทดสอบในกล่องทดลองแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้วยกล่องทดลอง มาจำลองผนังฟางในแต่ละความหนาเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมที่สุด โดยเลือกใช้วิธีการจำลองในระบบ Computational Fluid Dynamics หรือ CFD ด้วยโปรแกรม Autodesk Simulation CFD พบว่าพฤติกรรมการส่งผ่านความร้อนของกล่องทดลองในช่วง 10 นาทีแรก จะเป็นการกระจายความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนภายในกล่องทดลองด้านที่มีการให้ความร้อนและหยุดการกระจายเมื่ออุณหภูมิภายในกล่องทดสอบด้านที่ให้ความร้อนมีอุณหภูมิเท่ากัน ซึ่งในช่วงดังกล่าวมีการแผ่รังสีความร้อนเข้าสู่ผนังฟางเล็กน้อย หลังจากนั้นภายในอุณหภูมิของผนังฟางจะเพิ่มขึ้นจากด้านที่มีการรับความร้อน ผนังฟางทดสอบที่มีความหนามากกว่าจะหน่วงเวลาในการนำความร้อนนานกว่าผนังที่บางกว่า และอุณหภูมิภายในกล่องทดลองฝั่งที่ไม่มีการให้ความร้อนจะหยุดเพิ่มขึ้นในนาที่ที่ 120 และคงที่จนหยุดการทดลองที่นาที่ที่ 240 ซึ่งผลการจำลองประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนผนังฟางแต่ละความหนา ได้ผลดังต่อไปนี้

2.1. ผลการจำลองประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนผนังฟางหนา 0.10 เมตร

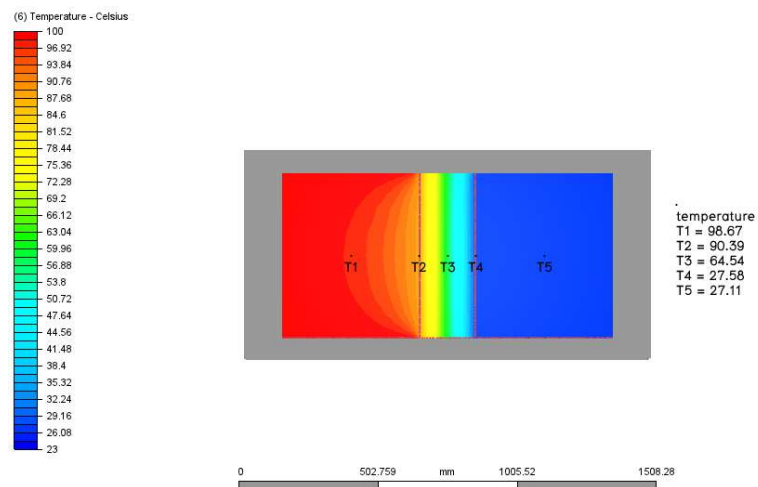
จะพบว่า อุณหภูมิอากาศระหว่างกล่องทดลอง (T1 และ T5) มีความต่างกัน 71.76 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ผิวผนังวัสดุทดสอบระหว่างกล่องทดลอง (T2 และ T4) มีความต่างกัน 61.76 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางผนังทดสอบ มีอุณหภูมิ 62.69 องศาเซลเซียส



ภาพ 6 แสดงอุณหภูมิในกล่องทดลองเมื่อความร้อนผ่านผนังฟางหนา 0.10 เมตร ที่เวลา 240 นาที

2.2. ผลการจำลองประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนผนังฟางหนา 0.20 เมตร

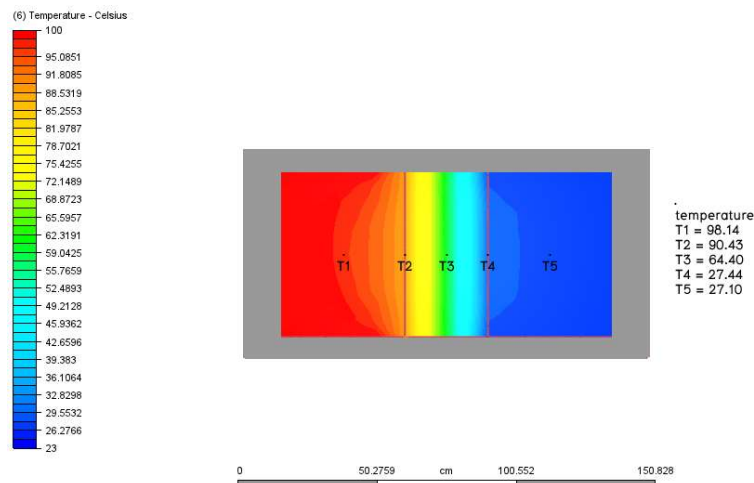
จะพบว่า อุณหภูมิอากาศระหว่างกล่องทดลอง (T1 และ T5) มีความต่างกัน 71.56 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ผิวผนังวัสดุทดสอบระหว่างกล่องทดลอง (T2 และ T4) มีความต่างกัน 62.81 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางผนังทดสอบ มีอุณหภูมิ 64.54 องศาเซลเซียส



ภาพ 7 แสดงอุณหภูมิในกล่องทดลองเมื่อความร้อนผ่านผนังฟางหนา 0.20 เมตร ที่เวลา 240 นาที

2.3. ผลการจำลองประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนผนังฟางหนา 0.30 เมตร

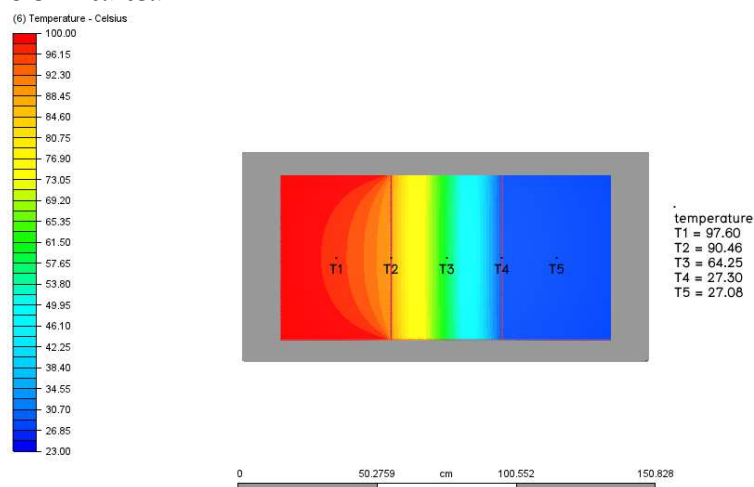
จะพบว่า อุณหภูมิอากาศระหว่างกล่องทดลอง (T1 และ T5) มีความต่างกัน 71.04 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ผิวผนังวัสดุทดสอบระหว่างกล่องทดลอง (T2 และ T4) มีความต่างกัน 62.98 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางผนังทดสอบ มีอุณหภูมิ 64.40 องศาเซลเซียส



ภาพ 8 แสดงอุณหภูมิในช่องทดลองเมื่อความร้อนผ่านผนังฟางหนา 0.30 เมตร ที่เวลา 240 นาที

2.4. ผลการจำลองประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนผนังฟางหนา 0.40 เมตร

จะพบว่า อุณหภูมิอากาศระหว่างช่องทดลอง(T1 และ T5) มีความต่างกัน 70.52 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ผิวผนังวัสดุทดสอบระหว่างช่องทดลอง (T2 และ T4) มีความต่างกัน 63.16 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางผนังทดสอบมีอุณหภูมิ 64.25 องศาเซลเซียส



ภาพ 9 แสดงอุณหภูมิในช่องทดลองเมื่อความร้อนผ่านผนังฟางหนา 0.40 เมตร ที่เวลา 240 นาที

จากผลการจำลองประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของผนังฟาง ด้วยโปรแกรม CFD จะพบว่าเมื่อออกแบบการทดลองโดยควบคุมตัวแปรจะพบว่า ความหนาของผนังฟางที่ใช้ในการทดสอบขนาดความหนา 0.10 ,0.20 ,0.30 และ 0.40 เมตร นั้น ผนังฟางทุกความหนามีประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนกันความร้อนได้ใกล้เคียงกันมาก คือมีความต่างของอุณหภูมิอากาศด้านที่ไม่ได้ให้ความร้อนต่างกันไม่ถึง 1 องศาเซลเซียส ทำให้ไม่เป็นนัยสำคัญ โดยผลการทดสอบดังตาราง

ตาราง 2 แสดงอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบด้วยโปรแกรม Autodesk Simulation CFD

	T1	T2	T3	T4	T5
ชนิดผนังฟาง	อุณหภูมิอากาศกลาง กล่องด้านที่ให้ความ ร้อน	อุณหภูมิผิวผนังฟาง กล่องด้านที่ให้ความ ร้อน	อุณหภูมิกลางผนัง ฟางกล่อง	อุณหภูมิผิวผนังฟาง กล่องด้านผลการ ทดสอบ	อุณหภูมิอากาศกลาง กล่องด้านผลการ ทดสอบ
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
หนา 0.10 เมตร	98.91	90.16	62.69	28.40	27.15
หนา 0.20 เมตร	98.67	90.39	64.54	27.58	27.11
หนา 0.30 เมตร	98.14	90.43	64.40	27.44	27.10
หนา 0.40 เมตร	97.60	90.46	64.25	27.30	27.08

สรุปผลการวิจัย

ผนังฟางที่ทดสอบความหนาแน่น 67.14 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร หนา 0.20 เมตร และผนังทดสอบมีความหนาแน่น 101.43 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร หนา 0.20 เมตร และผนังฟางจากกำจาลองด้วยโปรแกรม Autodesk Simulation CFD ความหนา ความหนา 0.10 ,0.20 ,0.30 และ 0.40 เมตร ความหนาแน่น 100 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีคุณสมบัติป้องกันความร้อนไม่แตกต่างกัน หากนำไปใช้เป็นฉนวนเพื่อลดความร้อนจากภายนอกอาคารจะมีคุณสมบัติที่ดี เนื่องจากฟางมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำ ทำให้เป็นวัสดุฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี อย่างไรก็ตามหากนำไปใช้เป็นระบบผนังรับน้ำหนักควรมีความหนา 0.35 ถึง 0.46 เมตร ซึ่งควรมีการศึกษาเรื่องความคงทนในการใช้เป็นวัสดุทำผนังทดแทนวัสดุอื่นๆ ในประเทศไทยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ณัฐวดี สัตนันท์. (2560). **ได้ถุนเรือน...การเปลี่ยนผ่านจากอดีตสู่ปัจจุบัน** ศศ.ม. มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

Adedeji, A. A. (2007). **Introduction And Design Of Straw Bale Masonry**. Ilorin : Olad publishers & printing enterprises.

Amazon nails informaion guide to straw bale bule building .(2001) . สืบค้นเดือน กันยายน 2560 จาก <http://www.strawbalefutures.org.uk/U3T>

Autodesk . What is cfd? What is Autodesk® CFD? **Autodesk Knowledge Network** สืบค้น 1 มีนาคม 2563 จาก <https://knowledge.autodesk.com/support/cfd/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/SimCFD-Learning/files/GUID-65A8C667-C56A-4E80-A849-54ED39BE3992-htm.html>

Fathelrhman , M., Salah andahmed ali . (2015). Suitability of Using Straw Bale as a Building Material in Sudan. **In Conference UKIERI Concrete Congress -Concrete Research Driving Profit and Sustainability**. India: Jalandhar.

GOODHEWS. ,CARFRAE J. AND WILDE P. De , Briefing .(2010). Challenges related to straw bale construction, Proceedings of the Institution of Civil Engineers **Engineering Sustainability**, 4(163), 185–189

Kim, D., (2013). **The application of CFD to building analysis and design : a combined approach of an immersive Case study and wind tunnel**. Ph.D. Architecture and Design Research. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg

Murray Holls. (2005). **Practical Straw Bale Building**. Collingwood : Landlinks Press

Nathaniel Coum and Jane goodall .(2005). **Building A Straw Bale House: The Red Feather Construction Handbook**. Bozeman : Red feather Development Group.

Peter walker .(2004). **Compression Load Testing Straw Bale Walls**. Bath : University of Bath,

Pragyanb, Dharma r. D.,Keshab N. and Chamberlin K. S. (2012) .Straw Bale in Construction of Building and its Future in India **IJMER**, 2(2), 422-426

Steen A. S., Steen B., Bainbridge D. And elsenberg D. (1994). **The Straw Bale House** Vermont : Chelsea Green Publishing Company

Straube J. Building Science for Straw bale Buildings **Building Science Digests** .(2009). สืบค้นเดือน กันยายน 2560 จาก<http://www.buildingscience.com>