บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและวิเคราะห์ในเรื่องของแนวทางในการสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของหลังคาอาคารในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารของหลังคาที่เกี่ยวกับพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนทางหลังคา และส่งผลกระทบต่อค่าภาระการทำความเย็นของอาคารที่ติดตั้งระบบปรับอากาศ ที่จะนำมาใช้เป็นดัชนีตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการประหยัดพลังงานของหลังคาอาคาร คือ

1. ลักษณะของวัสดุและโครงสร้างที่ใช้ทำหลังคา
2. คุณสมบัติในการต้านทานความร้อนของระบบหลังคาโดยรวม
3. ความหนาแน่นของมวลสารและสีผิวของวัสดุมุงหลังคา

ดังนั้นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุมุงหลังคาและระบบของหลังคาที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นอย่างประเทศไทย ในแง่ของการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางหลังคา และลดภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจ และการนำเสนอในสิ่งที่เหมาะสมสำหรับการอกแบบหลังคาในสภาวะการณ์ปัจจุบัน สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 บทสรุป

ส่วนที่ 1 คุณสมบัติในการป้องกันความร้อนของวัสดุมุงหลังคา

จากการวิจัยพบว่าวัสดุมุงหลังคาในปัจจุบันที่นำมาทำการศึกษาในด้านของคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนของวัสดุมุงหลังคาแต่ละชนิดนั้น หลังจากทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อน (ค่า U-VALUE) ทำให้ทราบว่า มีความสามารถในการต้านทานความร้อนที่แตกต่างกัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของหลังคาด้วย ซึ่งในส่วนนี้สามารถสรุปได้ว่า วัสดุมุงหลังคาที่มีค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนต่ำ จะมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานให้กับอาคารอย่างมาก โดยจากการทดสอบวัสดุและลักษณะโครงสร้างของหลังคาที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันในด้านของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุปกคลุมหลังคาแต่ละชนิด เพื่อศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนโดยเปรียบเทียบกัน 3 ชนิด คือ หลังคาไม่มีฝ้าเพดาน, หลังคามีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม. และหลังคามีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม. เพิ่มฉนวนกันความร้อนหนา 2 นิ้ว สามารถสรุปได้ดังนี้

- หลังคาไม่มีฝ้าเพดาน จากการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (ค่าU-VALUE) พบว่ามีค่าสูงมากซึ่งไม่ดี ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีชั้นของการกั้นความร้อนที่จะผ่านเข้ามาภาย

ในอาคารอีก นอกจากชั้นของหลังคาที่ปกคลุมอยู่ด้านบนของอาคาร ทำให้ความร้อนสามารถถ่ายเทเข้ามาภายในอาคารได้สะดวกยิ่งขึ้น

- หลังคามีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม. จากการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (ค่าU-VALUE) พบว่ามีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารลดต่ำลงจากหลังคาไม่มีฝ้าเพดาน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การติดตั้งฝ้าเพดาน มีส่วนช่วยให้การถ่ายเทความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารลดต่ำลง

- หลังคามีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม. เพิ่มฉนวนกันความร้อนหนา 2 นิ้ว จากการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (ค่าU-VALUE) พบว่าหลังคาในส่วนที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนในระบบของหลังคาสามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารได้เป็นอย่างมาก ทั้งนี้สาเหตุเนื่องมาจากการมีชั้นของวัสดุภายในระบบหลังคาที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ความร้อนที่จะผ่านเข้ามาภายในอาคารจะต้องผ่านชั้นวัสดุหลายชั้นกว่าที่จะผ่านเข้ามาภายในอาคารได้ ผนวกกับคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนที่มีค่าการสะท้อนความร้อนได้ดี และมีค่าการดูดซับความร้อนต่ำ จึงสามารถช่วยปิดกั้นความร้อนที่จะผ่านเข้ามาภายในอาคารได้เป็นอย่างดีนั่นเอง

ส่วนที่ 2 คุณสมบัติในด้านของการช่วยลดภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศ

จากการทดสอบวัสดุมุงหลังคาที่ใช้อยู่ในปัจจุบันในด้านของการช่วยลดภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศ จากผลการคำนวณสามารถสรุปได้ว่า วัสดุมุงหลังคาและลักษณะของโครงสร้างมุงหลังคาที่มีผลกระทบต่อค่าภาระการทำความเย็นจะขึ้นอยู่กับตัวแปร 4 ส่วน คือ

- ค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อน (ค่าU-VALUE) ของหลังคาแต่ละชนิด
- มวลสารของวัสดุมุงหลังคาแต่ละชนิด
- ลักษณะโครงสร้างภายในของหลังคา
- อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาต่อพื้นที่ใช้สอย

ผลจากการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น (ค่าQ) ของวัสดุมุงหลังคาที่มีการใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน สามารถสรุปค่าภาระการทำความเย็น (ค่าQ) ออกมาเป็นค่าระดับคะแนนเพื่อเป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการประหยัดพลังงานของวัสดุมุงหลังคาได้ดังต่อไปนี้

ระดับคะแนน 5 มีค่าการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้สอยน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 Btu / h. ft^2

ระดับคะแนน 4 มีค่าการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้สอยอยู่ระหว่าง 5.01 - 24 Btu / h. ft^2

ระดับคะแนน 3 มีค่าการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้สอยอยู่ระหว่าง 24.01 - 46 Btu / h. ft^2

ระดับคะแนน 2 มีค่าการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้สอยอยู่ระหว่าง 46.01 - 93 Btu / h. ft^2

ระดับคะแนน 1 มีค่าการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้สอยมากกว่าหรือเท่ากับ 93 Btu / h. ft^2

จากการทดสอบแบบประเมินประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของหลังคาอาคารเปรียบเทียบกันระหว่างบ้านพักอาศัยที่นำมาทำการศึกษาจำนวน 4 หลัง สามารสรุปออกมาได้ดังนี้

- **ในด้านของประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน**

1. หลังคาบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อน (ค่า U-VALUE) พบว่า บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้มุงด้วยกระเบื้องดินเผาและลักษณะโครงสร้างของหลังคาไม่มีการติดตั้งฝ้าเพดาน มีค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อน (ค่า U-VALUE) เท่ากับ 0.960 Btu / h. ft^2 ซึ่งสูงมาก ทำให้ความร้อนสามารถผ่านเข้ามาภายในอาคารได้เป็นจำนวนมากเช่นกัน

2. หลังคาบ้านเบิกบาน ที่มีวัสดุมุงหลังคาด้วยกระเบื้องซีแพคโมเนีย และมีการติดตั้งฝ้าเพดานยอ)ชั่มบอร์ดหนา 9 มม. จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อน (ค่า U-VALUE) มีค่าเท่ากับ 0.392 Btu / h. ft^2 แสดงว่ามีความสามารถในการป้องกันความร้อนระดับปานกลาง

3. หลังคาบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ที่มีลักษณะหลังคาแบน (Flat slab) มีผลที่ได้จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อน (ค่า U-VALUE) มีค่าเท่ากับ 0.606 Btu / h. ft^2 ซึ่งจัดได้ว่ามีความสามารถในการป้องกันความร้อนค่อนข้างต่ำ ทำให้ปริมาณความร้อนผ่านเข้ามาภายในอาคารค่อนข้างมาก

4. หลังคาบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ใช้หลังคาแผ่นโลหะแต่มีการติดตั้งระบบฉนวนกันความร้อนที่สมบูรณ์แบบ จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อน (ค่า U-VALUE) พบว่ามีค่าเพียง 0.019 Btu / h. ft^2ระแสดงว่ามีศักยภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาบ้านพักอาศัยหลังอื่นๆ

- **ในด้านของประสิทธิภาพในการช่วยลดภาระการทำความเย็น**

1.หลังคาบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ จากการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น (ค่า Q) ต่อพื้นที่ใช้สอยมีค่าเท่ากับ 94.25 Btu / h. ft^2 อยู่ในช่วงระดับคะแนน 1 จัดได้ว่ามีศักยภาพในการช่วยลดภาระการทำความเย็นที่ต่ำที่สุด

2.หลังคาบ้านเบิกบาน มีค่าภาระการทำความเย็น (ค่า Q) ต่อพื้นที่ใช้สอยมีค่าเท่ากับ 26.32 Btu / h. ft^2 ที่ได้จากการคำนวณจัดได้ว่ามีศักยภาพในการช่วยลดภาระการทำความเย็นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งอยู่ในช่วงระดับคะแนน 3

3. หลังคาบ้านเดี่ยว 2 ชั้น จากการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น (ค่า Q) ต่อพื้นที่ใช้สอยมีค่าเท่ากับ 21.96 Btu / h. ft^2 ซึ่งอยู่ในช่วงระดับคะแนน 3 ใกล้ระดับคะแนนที่ 6 แสดงว่า มีศักยภาพในการช่วยลดภาระการทำความเย็นค่อนข้างต่ำ

4. หลังคาบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าภาระการทำความเย็น (ค่า Q) ต่อพื้นที่ใช้สอยมีค่าเท่ากับ 1.18 Btu / h. ft^2 ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณ จัดอยู่ในระดับคะแนน 5 แสดงว่ามีศักยภาในการช่วยลดภาระการทำความเย็นให้กับระบบปรับอากาศสูงสุด

ทั้งนี้ จากการทดสอบวัสดุและลักษณะโครงสร้างของหลังคาที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันในด้านประสิทธิภาพของการช่วยลดภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศของวัสดุปกคลุมหลังคาแต่ละชนิด เพื่อศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนโดยเปรียบเทียบกัน 2 ส่วน คือ หลังคาไม่มีฝ้าเพดาน และหลังคามีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม. เพิ่มฉนวนกันความร้อนหนา 2 นิ้ว สามารถสรุปได้ดังนี้

- หลังคาไม่มีฝ้าเพดาน จากการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ 1 ตารางฟุต พบว่ามีอัตราภาระการทำความเย็นสูงมาก โดยเฉพาะหลังคาแผ่นสังกะสีและโลหะ ซึ่งมีค่าการทำความเย็นสูงถึง 80.09 Btu / h. ft^2. °F เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อย ทำให้มีค่าในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time Lag) ได้น้อยด้วยเช่นกัน หากเปรียบเทียบกับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 30 ซม. ไม่มีฝ้าเพดาน ที่มีค่าภาระการทำความเย็น เท่ากับ 19.37 Btu / h. ft^2. °F ซึ่งเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก จึงสามารถกักเก็บความร้อนไว้ได้มาก ในทางกลับกัน ถ้าในช่วงเวลากลางคืน วัสดุที่มีมวลสารน้อยเช่น แผ่นสังกะสีและแผ่นโลหะ จะสามารถคายความร้อนได้เร็วกว่า หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่จะค่อยๆ คายความร้อนออกมา ทำให้ถ้ามีการใช้เครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืนจะเพิ่มภาระในการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศเป็นอย่างมาก

- หลังคามีฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม. เพิ่มฉนวนกันความร้อน จากการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางฟุต พบว่า หลังคาแผ่นแอสฟัลท์ ที่ติดตั้งฝาเพดานหนา 12 มม. และติดตั้งฉนวนกันความร้อนหนา 6 นิ้ว มีค่าภาระการทำความเย็นต่ำมากเพียง 2.30 Btu / h. ft^2. °F และเนื่องจากระบบการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่มีมวลสารน้อยแต่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้มากนี้เอง ไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลากลางวันหรือกลางคืน ก็จะสามารถช่วยลดภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศได้เป็นอย่างมาก หากนำมาเปรียบเทียบกับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 30 ซม. มีการติดตั้งฉนวนหนา 2 นิ้วเพิ่มเติมที่มีค่าภาระการทำความเย็นเท่ากับ 2.83 Btu / h. ft^2. °F จะพบว่า กับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 30 ซม. ในช่วงเวลากลางคืน ความร้อนที่สะสมอยู่ภายในวัสดุจะค่อยๆ คายความร้อนออกมา ทำให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานหนักมากขึ้นเพื่อขจัดความร้อนออกไป อีกทั้งในด้านของราคาในการก่อสร้างก็ค่อนข้างสูงกว่า ขั้นตอนในการก่อสร้างยุ่งยากและใช้เวลานาน เป็นต้น

5.1 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยและทดสอบแบบประเมินประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของหลังคาอาคารพบว่า ในการที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหลังคาให้สามารถช่วยลดภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศนั้น ถ้าหากสังเกตกันแบบง่ายๆ ก็คือ ถ้าหลังคามีส่วนของชั้นที่กันความร้อนผ่านเข้ามาภายในมาก ก็จะช่วยให้ความร้อนผ่านเข้ามาภายในได้น้อย ซึ่งจากส่วนนี้เองก็เท่ากับว่า ถ้าหากหลังคามีการติดตั้งระบบกันความร้อนที่ดีและถูกต้อง ก็จะสามารถช่วยในการลดภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศได้ ดังเช่นในส่วนของการติดตั้งฝ้าเพดาน ก็จะสามารถช่วยลดปริมาณความร้อนที่จะผ่านเข้ามาได้ในระดับหนึ่ง แต่ในส่วนของการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดที่มีความหนา 9 มม.นั้น สาเหตุเนื่องมาจากเป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน แต่ถ้าจะให้ดีควรเพิ่มความหนาของฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดเป็น 12 หรือ 15 มม. แล้วแต่ทุนทรัพย์ของแต่ละบุคคล เพราะฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม. เมื่อใช้ไปนานๆ หรือ เมื่อโดนความชื้นก็จะทำให้บิดงอได้ง่าย และมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนลดลง

อีกประการหนึ่งที่น่าสนใจยิ่งขึ้น คือ การติดตั้งฉนวนกันความร้อนให้กับหลังคา เพราะเนื่องจากหลังคาเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนโดยตรงจากดวงอาทิตย์มากที่สุด การติดตั้งฝ้าเพดานเพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอสำหรับสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้นในประเทศไทย เพราะฉะนั้น การติดตั้งฉนวนกันความร้อนจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ทั้งนี้ในการติดตั้งฉนวนกันความร้อนให้ได้ผลดีนั้น ควรทำการติดตั้งให้ถูกวิธีและเหมาะสมเพราะถ้าหากทำการติดตั้งไม่ถูกวิธีและไม่เหมาะสมแล้ว การติดตั้งฉนวนกันความร้อนให้กับหลังคาก็ไม่มีความหมายอะไร อีกทั้งทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยเปล่าประโยชน์ และการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนควรทำการศึกษาคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนเสียก่อนว่าควรเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนชนิดใด เพื่อให้เหมาะสมกับหลังคาอาคารนั้นนั่นเอง

จากข้อจำกัดของระยะเวลาในการทำวิจัยจึงได้เสนอแนะแนวทางในการวิจัยต่อไปดังนี้

1. พบว่าในการการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น (ค่า Q) ของวัสดุหลังคาควรแยกวิธีการคำนวณออกเป็นกรณีของการเปิด-ปิดระบบปรับอากาศที่แกต่างกัน ซึ่งจากการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการคำนวณเฉพาะในช่วงเวลาที่มีปริมาณความร้อนสูงสุดมาทำการคำนวณเท่านั้น เพื่อจะได้เห็นถึงความแตกต่างกัน

2. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของมวลสารของวัสดุหลังคาที่สามารถบ่งชี้ถึงศักยภาพในการช่วยลดภาระการทำความเย็นให้ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบถึงค่าภาระการทำความเย็น (ค่า Q) ที่ลดลงกับค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการปรับปรุงวัสดุมุงหลังคา

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำวิจัย

1. ในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น (ค่า Q) ที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้อุณหภูมิอากาศประจำปี 2543 ของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งพบว่ามีความคลาดเคลื่อนในด้านของอุณหภูมิอากาศ หากเป็นไปได้ควรเลือกใช้อุณหภูมิสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมมากกว่านี้

2. เนื่องจากระยะเวลาในการทำวิจัยมีจำกัด หากมีการศึกษาทางด้านนี้ต่อควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของหลังคาโปร่งแสงและหลังคาที่มีรูปทรงแปลกไปจากปัจจุบันเพื่อสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้มากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย