วัสดุผนังภายนอกอาคารที่เหมาะสม สำหรับห้องปรับอากาศ กรณีศึกษา จังหวัดพิษณุโลก

Optimum Exterior Wall Materials for Air Conditioner Room Case Study Phitsanuloke Province

ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา[1*] นายภัทรพงษ์ วัฒนาจรัสแสง[2] นายวิชยุตม์ นาคประเสริฐ[2] นายศักดิ์ชัย เจริญศิลป์[2]

Sitphan Kanla[1*] Pattarapong Wattanajarassang[2] Witchayut Narkprasert[2] Sakchai Charoensin[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]นิสิตปริญญาตรีภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

(*Corresponding author, e-mail : Sitphank@nu.ac.th)

บทคัดย่อ (Abstract)

การเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศนั้นถูกพิจารณาจากค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) ของห้องปรับอากาศ โดยผนังภายนอกห้องแต่ละทิศนั้นได้รับการถ่ายเทความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์แตกต่างกัน ดังนั้นหากต้องการลดขนาดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในส่วนของราคาและค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศรวมถึงลดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษา วิเคราะห์และเปรียบเทียบเพื่อหาวัสดุผนังภายนอกให้สอดคล้องกับตำแหน่งที่ตั้งอาคาร ทิศของผนังภายนอก ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Heat Transfer Coefficient, U) ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) และอัตราส่วนพื้นที่กระจกกับพื้นที่ผนัง (Window to Wall Ratio, WWR) รวมถึงค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost, LCC) ของผนังอิฐมอญและอิฐมวลเบาติดฉนวนใยแก้วหนา 2, 4, 6 และ 8 นิ้ว ปิดทับด้วยแผ่นยิปซัม รวมถึงผนังอิฐทั้ง 2 กลุ่มติดตั้งกระจกใสและกระจกเขียว ที่ค่า WWR เท่ากับ 0 — 80% ของแบบจำลองห้องปรับอากาศขนาด 6×8×3 ลูกบาศก์เมตร ใน จ.พิษณุโลก โดยหมุนแบบจำลองให้ผนังภายนอกเพียงด้านเดียวเท่านั้นที่สามารถรับการถ่ายเทความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์ได้ครบทั้ง 8 ทิศ ส่วนพื้นเพดานและผนังของแบบจำลองอีก 3 ด้านที่เหลือนั้นกำหนดให้ติดกับพื้นที่ปรับอากาศทำให้ไม่มีการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังดังกล่าว ผลจากการศึกษาพบว่าในกรณีที่ค่า WWR เท่ากับ 0 วัสดุผนังภายนอกอาคารทั้ง 8 ทิศควรเลือกใช้อิฐมวลเบาติดฉนวนหนา 2 นิ้ว ส่วนในกรณี WWR เท่ากับ 40% 60% และ 80% วัสดุผนังภายนอกอาคารเฉพาะในส่วนของทิศเหนือเท่านั้นที่ควรเลือกใช้อิฐมวลเบาติดตั้งกระจกใส ส่วนทิศอื่นๆ นั้นควรเลือกใช้อิฐมวลเบาติดตั้งกระจกเขียว

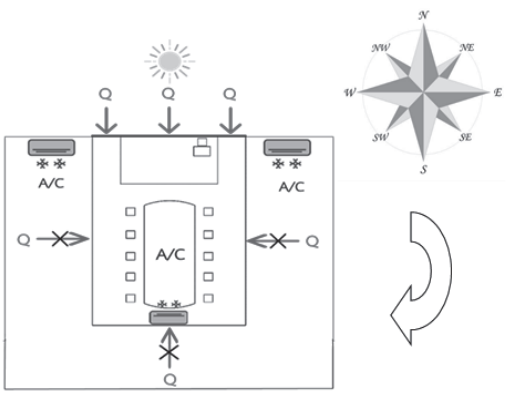
บทนำ (Introduction)

วัสดุผนังภายนอกอาคารที่เหมาะสมนั้นต้องสามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ผ่านชั้นวัสดุเข้ามาภายในอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ (พันธุดา พุฒิไพโรจน์, 2551) สถาปนิคและวิศวกรต้องพิจารณาเลือกวัสดุผนังให้สอดคล้องกับตำแหน่งที่ตั้งอาคาร ทิศของผนัง ค่าการภาระการทำความเย็นสูงสุด (Peak Cooling Load) และอัตราส่วนพื้นที่กระจกกับพื้นที่ผนัง (Window to Wall Ratio, WWR) รวมถึงค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost, LCC)

ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall heat transfer coefficient, U) ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดและค่า LCC ของวัสดุผนังอาคารแต่ละรูปแบบที่มีค่า WWR แตกต่างกันผ่านแบบจำลองห้องปรับอากาศทั้ง 8 ทิศ ในจังหวัดพิษณุโลกซึ่งมีพื้นที่ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในเส้นละติจูด 160 N โดยเส้นละติจูดนี้นอกจากจะถูกนำมาใช้ร่วมกับเส้นลองจิจูดเพื่อใช้เป็นพิกัดระบุตำแหน่งของสถานที่ต่างๆบนพื้นโลกแล้ว เส้นละติจูดยังถูกนำมาแบ่งเขตสภาวะอากาศของแต่ละสถานที่โดยวัดจากเทียบจากเส้นศูนย์สูตร สถานที่ที่มีพิกัดของเส้นละติจูดที่ต่างกันจะมีลักษณะภูมิอากาศแตกต่างกันซึ่งมีผลต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

วิธีดำเนินการวิจัย (Materials and Methods)

แบบจำลองห้องปรับอากาศขนาด 6×8×3 ลูกบาศก์เมตร ตั้งอยู่ใน จ.พิษณุโลก กำหนดให้มีเฉพาะผนังภายนอกเพียงด้านเดียวเท่านั้นที่มีการรับความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์ ส่วนพื้น เพดานและผนังของแบบจำลองอีก 3 ด้านที่เหลือนั้นติดกับพื้นที่ปรับอากาศทำให้ไม่มีการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้น เพดานและผนังดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 1 ก. การวิเคราะห์หาขนาดภาระการทำความเย็นสูงสุดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ติดตั้งในแบบจำลองห้องทั้ง 8 ทิศดังกล่าวนี้ใช้วิธี Cooling Load Temperature Difference/Solar Cooling Load/Cooling Load Factor : CLTD/SCL/CLF Method (ASHARE, 2013) โดยวิธีดังกล่าวนี้ทาง ASHARE ได้สร้างค่า CLTD SCL และ CLF ขึ้นมาเพื่อวิเคราะห์หาค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศอ้างอิงจากพิกัดของเส้นละติจูด โครงสร้างวัสดุของผนังอาคาร ทิศ อุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีอาทิตย์โดยรวม (สมศักดิ์ ไชยนันท์ และคณะ, 2550)

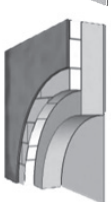


ก.

อิฐมอญ (WB) ฉาบปูนด้านนอก ด้านในติดฉนวนใยแก้วที่ความหนาต่าง ๆ ปิดทับฉนวนใยแก้วด้วยแผ่นยิปซัม

ผนังด้านนอก

ผนังด้านใน



อิฐมวลเบา (WC) ฉาบปูนด้านนอก ด้านในติดฉนวนใยแก้วที่ความหนาต่าง ๆ ปิดทับฉนวนใยแก้วด้วยแผ่นยิปซัม

ข.

ตัวอย่างสัญลักษณ์ของวัสดุผนัง
WC12SG คือ ผนังอิฐมวลเบาชั้นเดียวติดฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้วปิดทับด้วยแผ่นยิปซัมกระจกใสชั้นเดียว
WB10GG คือ ผนังอิฐมอญชั้นเดียวกระจกเขียว
WC20 คือ ผนังอิฐมวลเบา 2 ชั้น

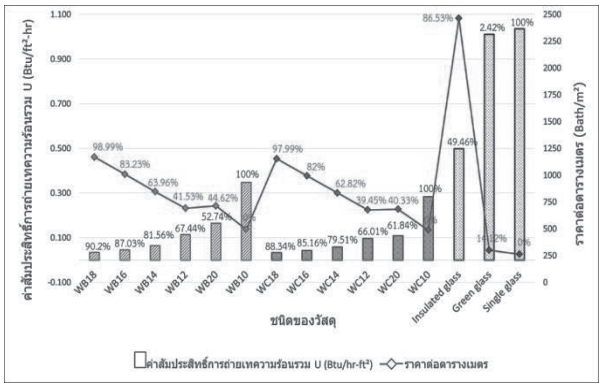
รูปที่ 1 แบบจำลองห้องปรับอากาศ และกลุ่มผนังอิฐมอญ/อิฐมวลเบาติดฉนวนใยแก้วปิดทับด้วยแผ่นยิปซัม

ซึ่งในวิจัยนี้ได้ดำเนินการหมุนแบบจำลองตามเข็มนาฬิกาเพื่อวิเคราะห์หาขนาดภาระการทำความเย็นสูงสุดของแบบจำลองที่ผนังภายนอกส่วนที่รับความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์นั้นก่อสร้างจากกลุ่มผนังทึบ ได้แก่ อิฐมอญ (WB) และกลุ่มอิฐมวลเบา (WC) ฉาบปูนด้านนอก ส่วนด้านในติดฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว 4 นิ้ว 6 นิ้วและ 8 นิ้ว ปิดทับฉนวนใยแก้วด้วยแผ่นยิปซัม ดังแสดงในรูปที่ 1 ข. และผนังภายนอกที่วิเคราะห์นี้ติดตั้งวัสดุผนังโปร่งแสงเป็นกระจกใส (SG) และกระจกเขียว (GG) โดยกำหนดค่า WWR เท่ากับ 0% 40% 60% และ 80% ตามลำดับ

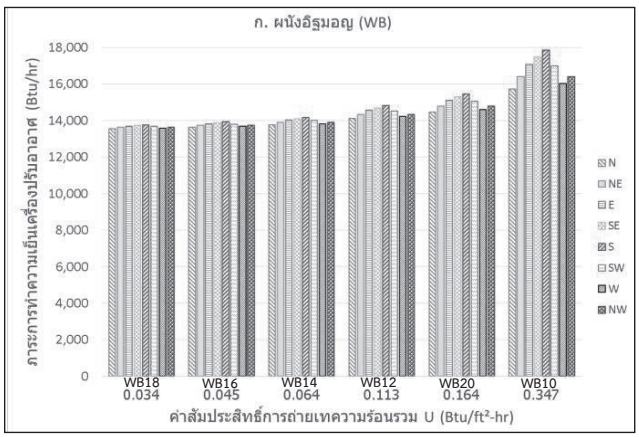
สำหรับค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) พิจารณาจากผลรวมของค่าใช้จ่าย 3 ส่วน ได้แก่ 1.ราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (Building Envelope Cost, BEC) 2.ราคาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนพร้อมค่าแรงในการติดตั้ง (Air Conditioner Cost, AC) 3.ค่าพลังงานไฟฟ้าตลอดอายุการใช้งาน (Electricity Cost, EC) ระยะเวลา15 ปี

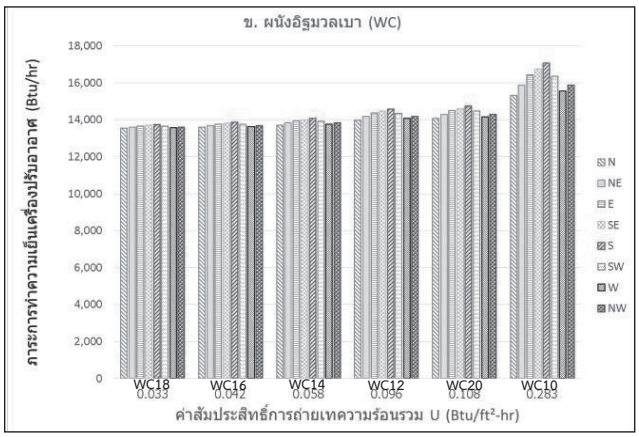
ผลและอภิปรายผล (Results and Discussion)

จากการศึกษาพบว่าในกลุ่มของผนังทึบ กลุ่ม WB มีค่า U สูงกว่ากลุ่ม WC โดยที่ค่า U ของผนังทั้งสองกลุ่มจะมีค่าลดลง เมื่อความหนาของฉนวนเพิ่มขึ้น ที่ความหนาฉนวน 2 นิ้ว ค่า U ลดลง 67.44% สำหรับ WB และลดลง 66.01% สำหรับ WC และที่ความหนาฉนวน 4 นิ้ว 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว ค่า U มีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มความหนาของฉนวนที่มากขึ้นจะไม่มีผลต่อค่า U อย่างมีนัยสำคัญ ในกลุ่มของกระจกพบว่าค่า U ของกระจกใส (SG) และกระจกเขียว (GG) มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนราคาต่อตารางเมตรกลุ่ม WB มีค่าสูงกว่ากลุ่ม WC โดยราคาจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความหนาฉนวนเพิ่มมากขึ้น ส่วนกระจกใส (SG) จะมีราคาต่อตารางเมตรสูงกว่าและกระจกเขียว (GG) ไม่มากนัก ดังแสดงในรูปที่ 2



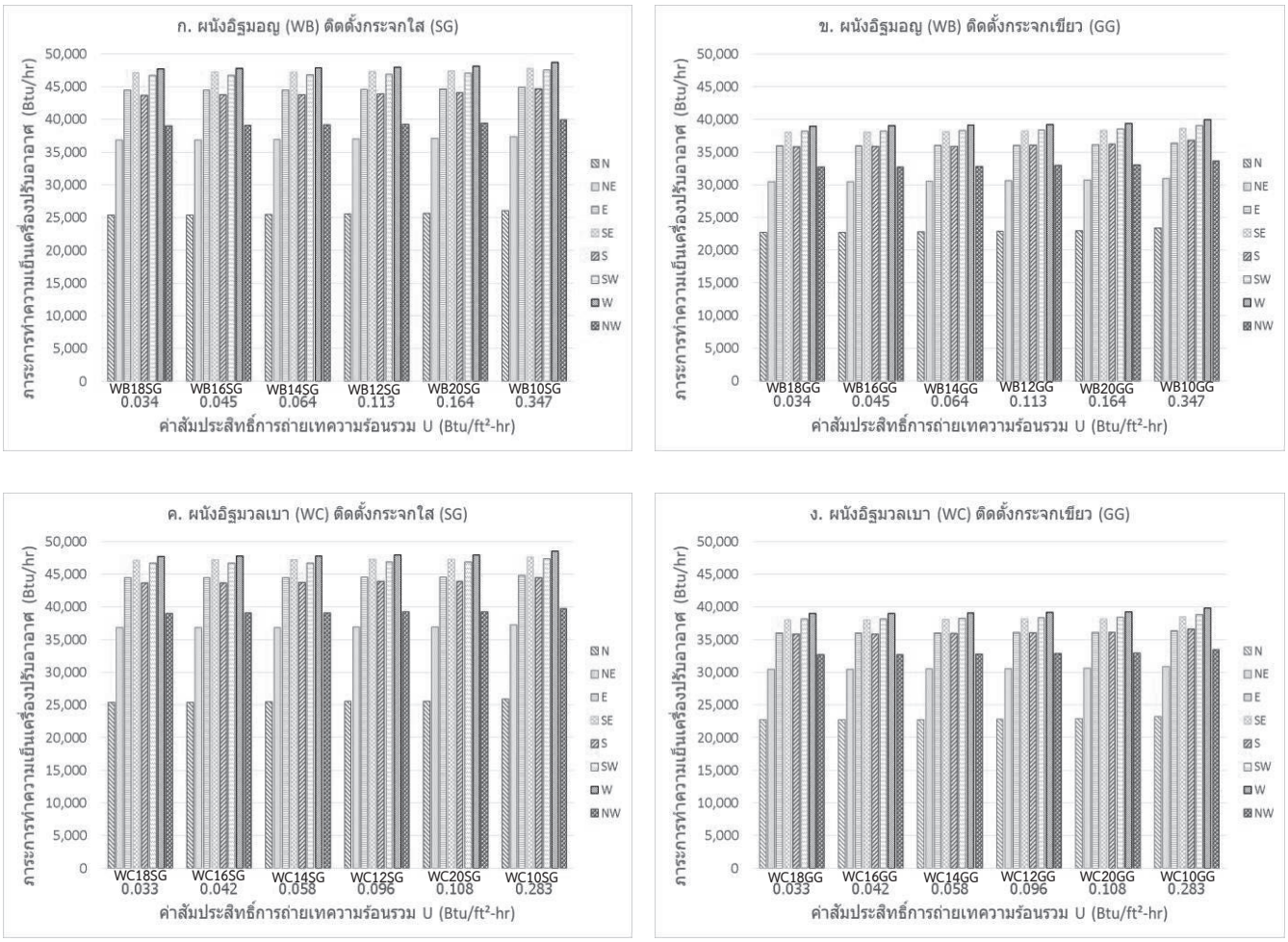
รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุผนังอาคารและราคาต่อตารางเมตร





รูปที่ 3 ขนาดภาระการทำความเย็นสูงสุดของเครื่องปรับอากาศสำหรับวัสดุผนังทึบ @WWR = 0%

จากรูปที่ 3 ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด ในกรณี WWR เท่ากับ 0% กลุ่ม WB จะมีค่าสูงกว่ากลุ่ม WC โดยสามารถเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยตามทิศของผนังได้ดังนี้ ทิศ S SE E SW NW NE W และ N ตามลำดับ การเพิ่มฉนวนหนา 2 นิ้ว มีผลทำให้ค่าภาระการทำความเย็นลดลงได้ถึง 17.04% สำหรับกลุ่ม WB และ 14.60 % สำหรับกลุ่ม WC แต่ที่ความหนาฉนวน 4 นิ้ว 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว ค่านี้กลับมีค่าใกล้เคียงกัน



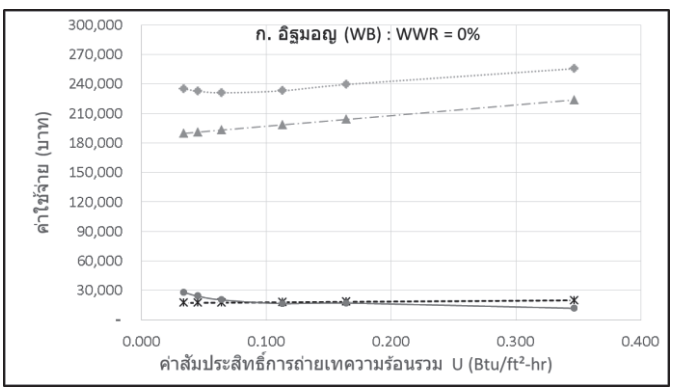
รูปที่ 4 ขนาดภาระการทำความเย็นสูงสุดของเครื่องปรับอากาศสำหรับวัสดุผนังทึบติดตั้งกระจกใสและกระจกเขียวที่ @WWR = 60%

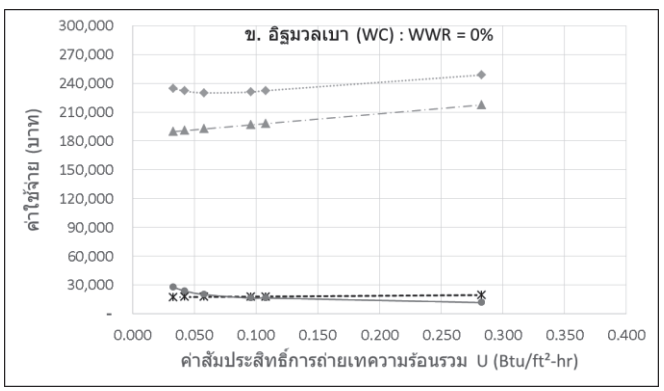
ในกรณี WWR อยู่ในช่วง 40-80% ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของทั้งกลุ่ม WB และ WC แบบที่ติดและไม่ติดฉนวนมีค่าใกล้เคียงกันมาก กล่าวคือ การติดฉนวนผนังทึบไม่มีผลต่อการลดภาระการทำความเย็นสูงสุด ทั้งเนื่องจากภาระการทำความเย็นจากรังสีอาทิตย์ส่วนใหญ่นั้นส่งผ่านกระจกด้วยการแผ่รังสีเป็นหลัก โดยที่ผนังที่ติดตั้งกระจกใสมีค่าภาระดังกล่าวนี้สูงกว่าผนังที่ติดตั้งกระจกเขียวทุกๆ ค่า WWR ซึ่งเมื่อค่า WWR มีค่าสูงขึ้นค่าภาระการทำความเย็นก็เพิ่มสูงตามไปด้วย โดยสามารถเรียงลำดับภาระการทำความเย็นจากมากไปหาน้อยตามทิศของผนังได้ดังนี้ ทิศ W SW SE S E NW NE และ N ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4 ในที่นี้แสดงเฉพาะที่ค่า WWR เท่ากับ 60%

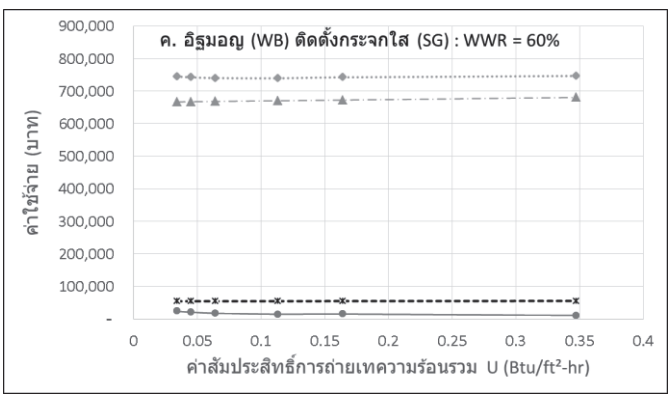
ราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง (BEC) ของกลุ่ม WB มีค่าสูงกว่า WC โดยมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามความหนาของฉนวนและชนิดของกระจก โดยกระจกเขียว (GG) มีราคาสูงกว่ากระจกใส (SG) ประมาณ 14.12%

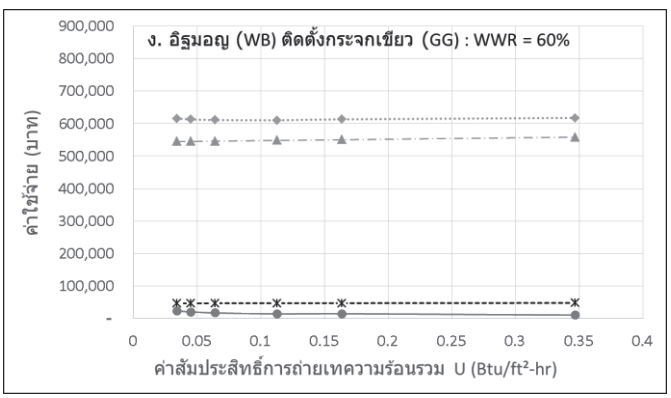
ราคาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนพร้อมค่าติดตั้ง (AC) ของกลุ่ม WB จะมีค่าสูงกว่า WC และมีแนวโน้มแปรผกผันกับค่า BEC โดยที่ความหนาฉนวน 4 - 8 นิ้ว พบว่าค่า AC แตกต่างกันไม่มากนัก และค่า AC จะแปรผันตรงกับค่า WWR ซึ่งผนังที่ติดตั้งกระจกเขียวจะมีค่า AC ต่ำกว่าผนังติดตั้งกระจกใส โดยที่ค่า AC ในแต่ละทิศมีค่าแตกต่างกันมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าภาระการทำความเย็น

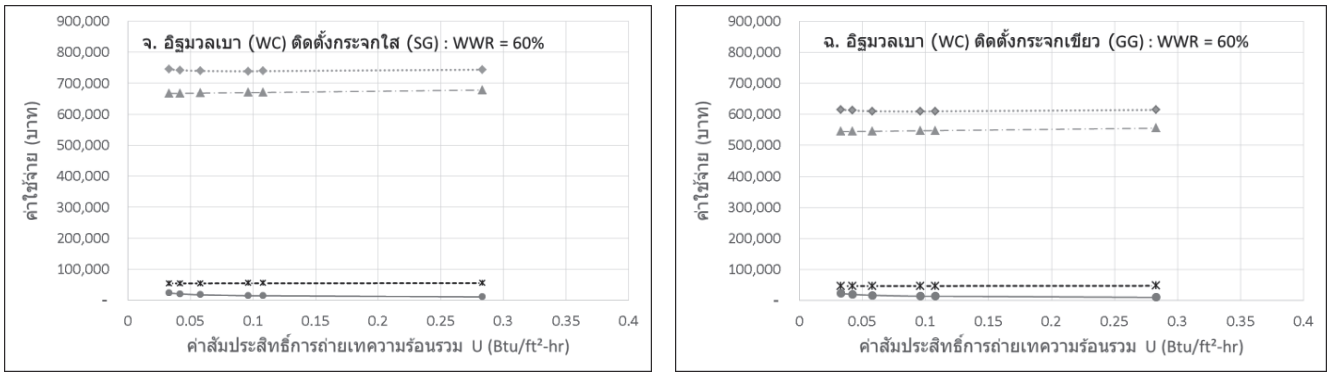
ค่าพลังงานไฟฟ้าตลอดอายุการใช้งาน (EC) มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่า AC กล่าวคือ เมื่อขนาดเครื่องปรับอากาศสูงขึ้นตามภาระการทำความเย็นที่สูงขึ้น กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก็จะมีค่าสูงขึ้นตาม มีผลทำให้ค่า EC มีค่าสูงตามไปด้วย











รูปที่ 5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆสำหรับวัสดุผนัง ทิศ W @ WWR = 60 %

ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (LCC) ของกลุ่ม WB มีค่าสูงกว่า WC โดยที่ค่า LCC มีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่อติดฉนวนหนา 2 นิ้ว แต่ค่าดังกล่าวนี้กลับมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อติดฉนวนหนาขึ้น และค่า LCC แปรผันตรงตามค่า WWR ซึ่งเมื่อค่า WWR สูงขึ้น การเพิ่มความหนาฉนวนให้กับผนังทึบในกลุ่มผนัง WB และ WC มีนัยสำคัญน้อยมากต่อค่า LCC โดยที่ผนังทึบติดตั้งกระจกเขียวมีค่า LCC ต่ำกว่าผนังติดตั้งกระจกใสทุกกรณี ในที่นี้ขอแสดงผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆเฉพาะที่ค่า WWR เท่ากับ 0% และ 60% ทิศ W ดังแสดงในรูปที่ 5

สรุปผลการวิจัย (Conclusions)

1. กลุ่มผนัง WB มีค่า U สูงกว่า WC โดยที่ค่า U ของผนังทั้งสองกลุ่มมีค่าแนวโน้มลดต่ำลงมากเมื่อความหนาของฉนวนใยแก้วเพิ่มขึ้นเป็น 2 นิ้ว แต่ที่ความหนาฉนวน 4 นิ้ว 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว ค่า U ก็มีแนวโน้มลดต่ำลงแต่ไม่มีค่าแตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มความหนาของฉนวนที่มากขึ้นจะไม่มีผลต่อค่า U อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ราคาต่อตารางเมตรของค่าวัสดุและค่าแรงในการติดตั้งของกลุ่มผนัง WB มีค่าสูงกว่า WC ประมาณ 200 บาท

2. กลุ่มของกระจกพบว่าค่า U ของ SG และ GG มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ราคาต่อตารางเมตรของค่าวัสดุและค่าแรงในการติดตั้งกระจก GG มีค่าสูงกว่า SG ไม่มากนัก แต่กระจก GG มีคุณสมบัติป้องกันการแผ่รังสีความร้อนจากรังสีอาทิตย์ได้สูงกว่ากระจก SG ทำให้ภาระการทำความเย็นสูงสุดของเครื่องปรับอากาศต่ำกว่าผนังที่ติดตั้งกระจก SG ซึ่งมีผลทำให้ค่า LCC มีค่าน้อยกว่าตามไปด้วย

3. การเพิ่มความหนาฉนวนใยแก้วให้กับผนังอิฐมอญและอิฐมวลเบา ในกรณี WWR เท่ากับ 0% มีผลทำให้ค่า LCC ลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงความหนา 2 — 4 นิ้ว แต่หากมีการเพิ่มความหนาฉนวนขึ้นอีก ค่า LCC กลับมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่สำหรับผนังติดตั้งกระจก กรณี WWR มีค่า 40 — 80% พบว่าการเพิ่มความหนาฉนวนของผนังทึบมีผลต่อค่า LCC น้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ WWR มีค่าสูงๆ

4. การเลือกวัสดุผนังภายนอกอาคารจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาเลือกให้สอดคล้องกับตำแหน่งที่ตั้งอาคาร ทิศทางการวางแนวของผนัง ค่า WWR และค่า LCC โดยในการศึกษานี้ได้จัดทำตารางแนะนำการเลือกวัสดุภายนอกอาคารที่เหมาะสมสำหรับห้องปรับอากาศ กรณีศึกษา จังหวัดพิษณุโลก ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปการเลือกวัสดุผนังอาคารตามทิศทั้ง 8 ทิศ และค่า WWR สำหรับจังหวัดพิษณุโลก

Direction	Window to Wall Ratio (WWR)			
	0	40	60	80
N	อิฐมวลเบา ติดฉนวนหนา 2 นิ้ว ปิดทับด้วย แผ่นยิปซั่มบอร์ด (WC20)	อิฐมวลเบา + กระจกใส (WC10SG)		
NE		อิฐมวลเบา + กระจกเขียว (WC10GG)		
E				
SE				
SE				
SW				
W				
NW				

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ขอขอบคุณหน่วยวิจัยนวัตกรรมทางวิศวกรรมเครื่องกล (i-MechE) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก

บรรณานุกรม (References)

[1] ภัทรพงศ์ วัฒนจรัสแสง และคณะ. **วัสดุผนังภายนอกอาคารที่เหมาะสมสำหรับห้องปรับอากาศ กรณีศึกษาจังหวัดพิษณุโลก (Optimum exterior wall materials for air conditioner room case study Phitsanuloke province)** ปริญญานิพนธ์. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2562

[2] American Society of Heating, refrigerating and Air Conditioning Engineers. **ASHRAE Handbook Fundamentals.** Atlanta : 2013

[3] สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ และคณะ. ค่า CLTD และค่า SCL ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นของอาคารภายใต้ภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร. **บทความวิชาการสมาคมวิสวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย.** 2550; ปีที่ 12, หน้า 57-78.

[4] พันธุดา พุฒิไพโรจน์. **การศึกษาเปรียบเทียบพลังงานในการปรับอากาศระหว่างการใช้ผนังอิฐมวลเบาชั้นเดียวและสองชั้น.บทความวิชาการสมาคมวิสวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย.** 2551; ปีที่ 13, หน้า 42-45.