

แบบจำลองในการพิจารณาเพื่อการตัดสินใจเลือกฉนวนห่ออาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีการวิเคราะห์กระบวนการลำดับชั้น (AHP)

Model for Selecting the Building Insulator for Energy Conservation

by Using Analytic Hierarchy Process (AHP) Method

อาจารย์ ศุภสุธีกุล* รัชยศ ช้วนรักธรรม** ปฐมทัศน์ จิระเดชะ***

*ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

องครักษ์ นครนายก 26120 โทร 0-2649-5000 โทรสาร 037-322-601 E-mail: ajaree@swu.ac.th

**หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร/วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110 โทร 0-2649-5000 โทรสาร 0-2260-2889 E-mail: game_kod@hotmail.com

***ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

องครักษ์ นครนายก 26120 โทร 02-649-5000 โทรสาร 037-322-605 E-mail: pathomthat@swu.ac.th

Ajaree Supasuteekul* Rattayot Chuanraktham** Pathomthat Chiradeja***

* Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University

Ongkharak Nakhon-Nayok 26120 Tel: 0-2649-5000 Fax: 037-322-601 E-mail: ajaree@swu.ac.th

**Master of Engineering/Master of Science (Engineering Management) Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University

Wattana, Bangkok 10110 Tel: 0-2649-5000 Fax: 0-2260-2889 E-mail: game_kod@hotmail.com

***Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University

Ongkharak Nakhon-Nayok 26120 Thailand Tel: 0-2649-5000 Fax: 037-322-605 E-mail: pathomthat@swu.ac.th

บทคัดย่อ

ในสังคมปัจจุบันผู้คนได้ให้ความสำคัญต่อการอนุรักษ์พลังงานเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก โดยได้หันมาใส่ใจในการลดการใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือยและเพิ่มความสนใจในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ฉนวนสำหรับห่ออาคารเป็นอีกหนทางหนึ่งที่สามารถจะช่วยให้การลดการใช้พลังงานของอาคารได้ โดยฉนวนสำหรับห่ออาคารนั้นจะทำหน้าที่หลักในการป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคาร หากได้รับการเลือกใช้อย่างเหมาะสมนอกเหนือไปจากจะทำให้เกิดการลดการใช้พลังงานของอาคารนั้นแล้ว ยังสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากค่าวัสดุทำฉนวน ค่าบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคารหลังจกมีการติดตั้งฉนวนห่ออาคารได้อีกด้วย แต่เนื่องจากการตัดสินใจเลือกใช้ฉนวนห่ออาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานประกอบไปด้วยปัจจัยหลากหลาย ทั้งชนิด คุณสมบัติเฉพาะของวัสดุที่นำมาใช้เป็นฉนวน และราคา เป็นต้น ส่งผลให้การตัดสินใจในการเลือกใช้ฉนวนห่ออาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานทำได้ยุ่งยากและมีความซับซ้อน ในปัจจุบันงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกฉนวนเพื่อใช้สำหรับอาคารที่อยู่อาศัยนั้นยังไม่ปรากฏ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างแบบจำลองในการพิจารณาเพื่อการตัดสินใจเลือกฉนวนห่ออาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีการวิเคราะห์กระบวนการลำดับชั้น (AHP) และเพื่อให้ได้มาซึ่งแบบจำลอง งานวิจัยในครั้งนี้จึงทำการรวบรวมแนวคิดและทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้ฉนวนจากบทสัมภาษณ์และแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ผู้บริโภค

เลือกได้รับความสะดวกและสามารถเลือกใช้ฉนวนห่ออาคารได้อย่างถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์และเกิดประสิทธิภาพอย่างสูงสุด

Abstract

Nowadays people pay much more attention on energy conservation by carefully reducing the waste use of energy and increasing the interest of using energy efficiently. The use of building insulator is one of the methods to reduce the energy consumption rate of the building as the insulator plays a major part in preventing the heat transfer from outside into the building. The appropriate selection of building insulator not only help reducing the energy consumption rate of that building but also could help lowering the expense from material, maintenance, and energy consumption after installation. The selection of building insulator for energy conservation is, however, found to be difficult and complicated. Currently, there is still no research on selection of insulators for building construction. Thus, this research aims to develop a model for selecting the building insulator for energy conservation by using Analytic Hierarchy Process (AHP) method. In order to achieve the selection model, the research focuses on data collection and analyzing the factor influences the selection of building insulator from experts. The use of this selection model

could assists consumer on selecting insulator for the building that best suit their needs and most efficient.

1. บทนำ

ฉนวนกันความร้อน(Thermal Insulation) เป็นวัสดุที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงานความร้อน ในปัจจุบันเกือบทุกอาคารใช้ฉนวนกันความร้อนในการควบคุมอุณหภูมิในอาคารให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ[1] ฉนวนกันความร้อนมีคุณสมบัติในการสกัดกั้นการส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ซึ่งในแง่ของการใช้งานแล้วจะใช้ได้ทั้งการรักษาความร้อนและความเย็น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของฉนวนและลักษณะการใช้งานของฉนวนนั้นๆ เช่น ฉนวนกันความร้อนในอุตสาหกรรมแช่แข็ง ตลอดจนการขนส่งอาหารต้องใช้ฉนวนในการรักษาความเย็นของห้องบรรจุอาหาร ส่วนฉนวนกันความร้อนบนเครื่องบินโดยสาร ต้องใช้ฉนวนในการรักษาอุณหภูมิภายในห้องผู้โดยสาร เป็นต้น

สำหรับงานฉนวนในอาคารสิ่งก่อสร้างอาจทำหน้าที่หลายอย่าง เช่น การป้องกันความร้อน การป้องกันเสียง การป้องกันไฟ ฯลฯ อาคารในประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นต้องใช้เครื่องทำความร้อน (Heater) และฉนวนเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อบอุ่น แต่สำหรับในเมืองไทยซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูง ดังนั้นเพื่อให้ภายในอาคารมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยและเกิดความสบาย[2] จึงต้องลดความร้อนที่จะเข้ามาภายในอาคาร การใช้ฉนวนกันความร้อนสำหรับประเทศไทยจึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารเป็นสำคัญ [3]

ดังนั้นการทำงานวิจัยครั้งนี้เป็นเป็นการนำเสนอแบบจำลองในการพิจารณาในส่วนของการตัดสินใจเลือกใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงานและจะทำให้ทราบถึงตัวแปรหรือปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเลือกใช้ฉนวน ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดการนำฉนวนมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดความเหมาะสมแก่ลักษณะงานนั้นๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน

ภูมิอากาศและสภาพแวดล้อม ควรทราบทิศทางลมโดยรอบบริเวณของอาคาร สํารวจดูแหล่งน้ำขนาดใหญ่ หรือมีแม่น้ำ หรือมีอาคารสูงบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะมีผลต่อการระบายความร้อนรอบๆอาคาร ถ้าอาคารได้รับการออกแบบโดยคำนึงปัจจัยข้อนี้แล้ว จะมีส่วนช่วยประหยัดพลังงานให้กับอาคารลงได้ในระดับหนึ่ง[7]

รูปแบบของอาคารและการวางทิศทาง ออกแบบอาคารให้มีการระบายความร้อนได้ดี หันทิศทางของอาคารในทิศที่ลมพัดผ่าน หรือออกแบบให้ใช้แสงธรรมชาติในการให้ความสว่าง หรือให้หน้าต่างไม่ถูกแสงแดดโดยตรง ถ้าอาคารได้ออกแบบโดยคำนึงปัจจัยข้อนี้มาด้วยอาคารนั้นจะลดการใช้พลังงานได้มากยิ่งขึ้น

คุณสมบัติของกรอบอาคาร กรอบอาคารนั้นรวมถึงผนังอาคาร หลังคา และหน้าต่างที่ประกอบกันเป็นตัวอาคาร เวลาออกแบบควรพิจารณาถึงการใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ไม่ให้เข้าไปในอาคาร และเช่นเดียวกันถ้าอาคารนั้นได้ออกแบบโดยเลือกใช้วัสดุที่ป้องกันความร้อนได้ดี อาคารนั้นจะยิ่งลดการใช้พลังงานได้มากขึ้นอีก[10]

ตัวแปรอื่น ๆ ถ้าอาคารมีการออกแบบทิศทางที่เหมาะสมมีการเลือกใช้วัสดุทำกรอบอาคาร [8] ที่ป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ดี ดังที่กล่าวในหัวข้อข้างต้นแล้วนั้น การออกแบบระบบปรับอากาศ[9] ระบบแสงสว่างที่ใช้ภายในอาคารก็ควรแตกต่างจากการออกแบบโดยทั่วไป กล่าวคือสามารถใช้เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กลงและลดจำนวนหลอดแสงสว่างลงได้ทำให้เจ้าของอาคารประหยัดเงินลงทุนเริ่มต้น และประหยัดค่าไฟฟ้าในระยะยาวด้วย

2.2 หลักการและปัจจัยในการพิจารณาเลือกฉนวน

ปัจจุบันฉนวนกันความร้อนจะมีหลากหลายแบบให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมของการใช้งาน เช่น แบบแผ่นแข็ง แบบม้วน ดังนั้นควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับอุณหภูมิการใช้งานและเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติการนำความร้อนต่ำ

ตารางที่ 1 ชนิดของฉนวนและคุณสมบัติ

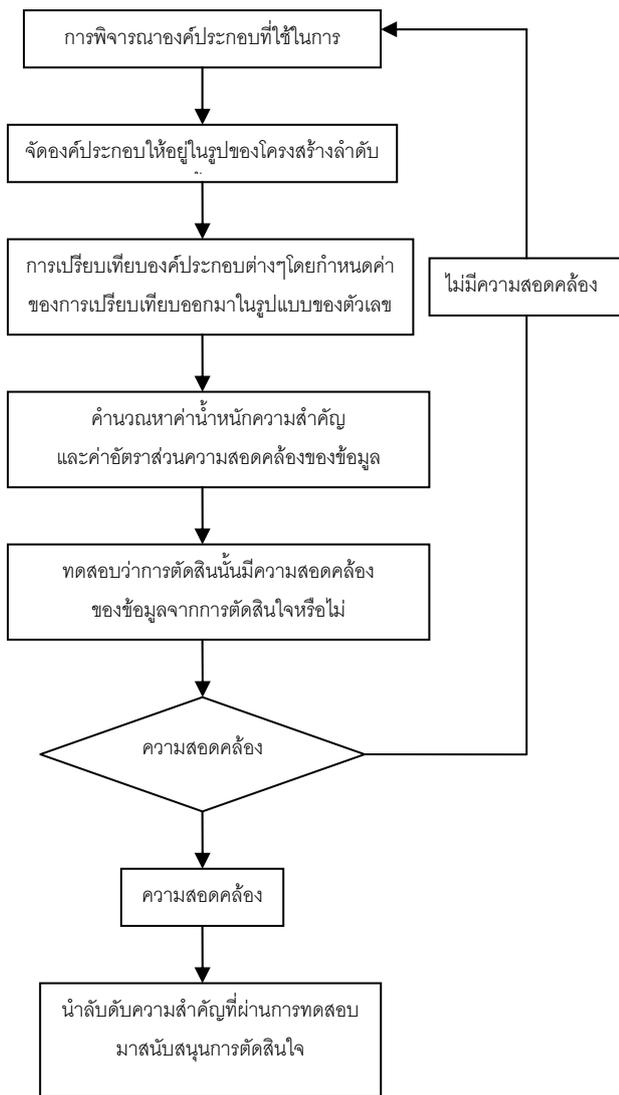
ชนิดของฉนวน	คุณสมบัติ	ค่าการนำความร้อน (W/mK)
ฉนวนใยแก้ว	สภาพการนำความร้อนต่ำ การรักษาอุณหภูมิดี	ค่าการนำความร้อนไม่เกิน 0.046-0.039 W/mK
ฉนวนใยหิน	เหมาะสมกับอุณหภูมิสูงหม้อไอน้ำ ท่อน้ำ	ค่าการนำความร้อนไม่เกิน 0.034-0.041 W/mK
ฉนวนโฟม	มีน้ำหนักเบา แข็งแรงทนการกัดกร่อนได้ดี	มีค่าการนำความร้อนไม่เกิน 0.017-0.023 W/mK
ฉนวนแคลเซียมซิลิเกต	มีความแข็งแรงมาก ถ้าทำเป็นแบบสำเร็จรูป การติดตั้งและมีความทนทานดี	ค่าการนำความร้อนไม่เกิน 0.046-0.050 W/mK

2.3 วิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

Analytic Hierarchy Process (AHP) หรือกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นวิธีที่ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด[4][5] ซึ่งอยู่ในระดับเป้าหมายเดียวกัน โดยการแบ่งระดับส่วนประกอบของปัญหา แล้วพิจารณาจากหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยผ่านทางดัชนีชี้วัด

ต่างๆ ซึ่งคล้ายกับรูปแบบการคิดของมนุษย์ที่สามารถลดความซับซ้อนในการวิเคราะห์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ชัดเจน วิธีนี้ยังทำให้ความผิดพลาดของการตัดสินใจลดลง เพราะต้องทำการตรวจสอบค่าอัตราส่วนความเที่ยงตรง (Consistency ratio :CR)

โดยค่า CR ที่มีค่าน้อยกว่า 0.10 แสดงว่าผู้ที่ตัดสินใจมีความเที่ยงตรงของการใช้เหตุผลอยู่ในระดับที่ยอมรับได้เรานำเครื่องมือนี้มาเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกจำนวนเพื่อการ ประหยัดพลังงาน โดยขั้นตอนของ AHP สรุปได้ดังภาพที่ 1 [6]



ภาพที่ 1 สรุปขั้นตอน AHP

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการค้นคว้าครั้งนี้เป็นข้อมูลแบบปฐมภูมิ(Primary Data) และทุติยภูมิ(Secondary Data) โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลถูกแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ[10]

- การสัมภาษณ์ (Interview Method)

การสัมภาษณ์จะเป็นเครื่องมือช่วยในการเก็บข้อมูลเชิงลึกซึ่งจะทำให้ได้คำตอบเฉพาะเจาะจงตามความต้องการจริงและในการสัมภาษณ์ครั้งนี้เป็นการใช้ในการถามเก็บข้อมูลเป็นส่วนๆที่เกี่ยวข้องกับจำนวนและการประหยัดพลังงานและจะเป็นคำถามแบบคำถามเปิด (Open-end questions) เพื่อให้ผู้ตอบจะได้อิสระในการตอบหรือการคิดอย่างเต็มที่และใช้คำพูดของตนเองในการตอบคำถาม

- แบบสอบถาม (Questionnaire)

ในส่วนของแบบสอบถามนั้นจะเน้นไปในทางความคิดเห็นและข้อเท็จจริง หรือทัศนคติ ความรู้สึกของผู้ตอบที่เกี่ยวกับจำนวนและการประหยัดพลังงาน โดยคำถามในแบบสอบถามนี้จะเป็นคำถามเปิด (Open-end questions) เพื่อให้ได้ให้อิสระต่อความคิดของผู้ที่ทำแบบสอบถาม โดยมีแนวคำถามที่ครอบคลุมแนวคิดและขอบเขตของงานวิจัยคือ

- คุณสมบัติของฉนวนแต่ละชนิด
- ลักษณะของกรอบอาคารที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน
- แนวทางในการประหยัดพลังงาน
- ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน

สำหรับข้อมูลแบบทุติยภูมิ (Secondary Data) จะใช้วิธีการค้นคว้าจากเอกสารต่างๆโดยทำการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน ฉนวนกรอบอาคาร หรือการติดตั้งวัสดุกรอบอาคารและจำนำเอกสารทั้งหมดที่ได้จากการค้นคว้าแบบทุติยภูมินำไปอ้างอิงและเปรียบเทียบกับข้อมูลปฐมภูมิ

3.1 ตัวอย่างคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

ถาม "มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของฉนวนกันความร้อนอย่างไร"
ตอบ "เป็นฉนวนที่ใช้ในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารเพื่อทำให้อุณหภูมิภายในต่ำกว่า"

ถาม "มีหลักการอย่างไรในการเลือกใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงาน"
ตอบ "การเลือกของทางโครงการจะเน้นไปในด้านของความต้องการของเจ้าของบ้านเป็นหลักและจะดูในเรื่องของคุณสมบัติการป้องกันความร้อน"

ถาม "มีการนำความเข้าใจในเรื่องของฉนวนกันความร้อนมาใช้กับโครงการอย่างไร"
ตอบ "จะเป็นการฉนวนเป็นวัสดุที่ใช้ในการประกอบการก่อสร้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิจากแสงแดดที่ส่งเข้าตัวอาคารโดยการป้องกันและสะท้อนความร้อน ซึ่งฉนวนมีทั้งแบบที่ติดตั้งภายในและภายนอกอาคารขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้งาน"

ถาม "จากประสบการณ์การทำงาน วิศวกรโครงการจะใช้ปัจจัยอะไรในการตัดสินใจเลือกฉนวน"
ตอบ "อย่างแรกจะต้องดูเรื่องของประสิทธิภาพของฉนวนเป็นหลัก และต่อมาก็จะดูเรื่องความหนาของฉนวน รูปแบบการติดตั้งและความสามารถในการป้องกันความร้อนของผนัง"

3.1 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยนี้ คือวิศวกรและสถาปนิกเท่านั้น เนื่องจากทั้งสองสายงานอาชีพนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเลือกใช้ และการออกแบบฉนวนวิศวกรและสถาปนิกจำนวน 20 คนจากโครงการหมู่บ้านจำนวน 4 โครงการ โดยแต่ละโครงการมีแบบบ้านที่แตกต่างกันออกไปในจำนวนที่เพียงพอต่อการสรุปเพื่อหาปัจจัยการเลือกใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงาน เนื่องจากวิศวกรโครงการและสถาปนิกโครงการได้รับการรับรองจากสภาวิศวกรและสมาคมสถาปนิกไทยแล้ว จึงมีมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับและมีความน่าเชื่อถือมากพอที่จะได้รับการไว้วางใจให้ควบคุมแต่ละโครงการ นำมาซึ่งการวิเคราะห์ปัจจัยของการเลือกใช้ฉนวนได้ถูกต้องและครบถ้วน

4. ปัจจัยที่ได้จากการสอบถามและสัมภาษณ์

จากการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้ฉนวนสำหรับงานก่อสร้างที่ผ่านมา นั้น สามารถจำแนกปัจจัยหลักออกได้เป็นจำนวน 4 ปัจจัยหลัก ดังนี้

- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนของราคา
- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านคุณสมบัติของฉนวน
- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการติดตั้ง
- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในด้านของอายุการใช้งาน

วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนการพิจารณาหาปัจจัยเพื่อใช้ในการสร้างแบบสอบถาม ซึ่งกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามจะเป็นผู้จัดการโครงการหรือวิศวกรโครงการมาวิเคราะห์โดยวิธี (AHP) แบบสอบถามที่ถามให้ระบุปัจจัยในความคิดเห็นของตน (โดยการเปรียบเทียบทีละคู่ในรูปแบบ AHP) [11] เพื่อหาน้ำหนักของปัจจัยและจัดอันดับความสำคัญของปัจจัย

4.1 วิธีการเลือกใช้ฉนวนในปัจจุบัน

จากการที่ได้สอบถามและสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการเลือกฉนวนต่าง ๆ นั้นในปัจจุบันจะมีอยู่ 2 แบบคือ

- เลือกโดยประสบการณ์
- เลือกโดยการดูคุณสมบัติของฉนวน

ดังนั้นทั้งสองวิธีที่กล่าวถึงก็จะขาดคุณสมบัติของการเลือกฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงานและการเลือกฉนวนให้ตรงกับปัจจัยของผู้บริโภค และการเลือกให้ถูกต้องและตรงกับปัจจัยนั้นก็จะต้องมีการคำนวณทางวิศวกรรมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเพื่อความถูกต้องและให้เกิดประโยชน์จากการเลือกใช้ฉนวน

4.2 การนำปัจจัยไปใช้ให้เหมาะสมกับการเลือกฉนวน

ในส่วนของปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์มาทั้งหมดนั้นก็ทำการแยกออกเป็นกลุ่มหลักๆ และในแต่ละกลุ่มนั้นก็แบ่งออกเป็นปัจจัยย่อยๆ เพื่อให้เกิดความถูกต้องที่สุดแล้วสามารถนำไปใช้ร่วมกับโปรแกรมคำนวณลำดับขั้น[12] ซึ่งจะนำค่าต่างๆที่ได้นั้นก็มาจาก

วิศวกรโครงการทั้งหมดและวิศวกรที่ได้ไปสัมภาษณ์นั้นได้ผ่านการรับรองวิชาชีพจากสภาวิศวกรแล้วทั้งหมดจึงมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปอ้างอิงได้ ดังนั้นข้อมูลเมื่อผ่านโปรแกรมคำนวณลำดับขั้น

ดังนั้นข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนั้นจะเป็นข้อมูลที่ถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ และผู้บริโภคก็จะสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทำแบบจำลองการเลือกฉนวนไปใช้อ้างอิงหรือเป็นตัวช่วยในการเลือกฉนวนอีกทางหนึ่ง

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกฉนวนสำหรับงานก่อสร้าง

คุณสมบัติ	ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกฉนวน
ราคา Cost	ราคาของตัวบ้าน - Price of the House ราคาของฉนวน - Price of Insulation
คุณสมบัติ Property	การกันน้ำและไอน้ำ – Waterproof and Vapor ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ได้ - Temperature Ranges Available การป้องกันสารเคมี แบคทีเรีย – Prevent Chemicals, Bacteria การปราศจากสารพิษ สารก่อมะเร็ง - The Non-Toxic Carcinogens การติดไฟ ปริมาณควัน - Inflammation Smoke Volume วัสดุที่ใช้ในการผลิต - Materials Used in Production การนำและการพาความร้อน – Heat Conduction and Convection
การติดตั้ง Installation	ความหนา - Thickness ความเหมาะสมกับงานที่ติดตั้ง - Appropriate to the Installation น้ำหนักของฉนวน - Weight of Insulation
อายุการใช้งาน Product Life	อายุการใช้งาน - Usage Life ความทนทาน - Durability

5. การประมวลผลข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม

ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์หรือการทำแบบสอบถามนั้นจะเป็นข้อมูลดิบและเป็นข้อมูลเชิงลึก และเพื่อการที่ได้มาซึ่งปัจจัยนั้นจะผ่านขบวนการวิเคราะห์อย่างละเอียดจากแบบสอบถามหรือแบบสัมภาษณ์เพื่อหาปัจจัยแท้จริงและจะได้ปัจจัยที่ถูกต้องที่สุดที่มีผลต่อการเลือกใช้ฉนวน โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดจะสามารถสรุปถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเลือกฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงาน ดังนั้นปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเลือกฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับงานก่อสร้างนั้นจะจำแนกได้ 4 ประเภท คือ

กลุ่มที่ 1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของฉนวน

ตารางที่ 3 แสดงถึงปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของฉนวน โดยจากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีน้ำหนักมากที่สุดก็คือปัจจัยที่เกี่ยวกับการนำความร้อนของวัสดุคือน้ำหนัก 0.374 และปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกฉนวนน้อยที่สุดก็คือ ปัจจัยที่เกี่ยวกับช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ซึ่งมีน้ำหนัก 0.061

ตารางที่ 3 น้ำหนักของปัจจัยต่างในส่วนของคุณสมบัติ

คุณสมบัติของฉนวน	น้ำหนักความสำคัญของปัจจัย
Waterproof and Vapor	0.055
Temperature Ranges Available	0.061
The Non-Toxic Carcinogens	0.103
Inflammation Smoke Volume	0.103
Prevent Chemicals, Bacteria	0.073
Material Used in Production	0.231
Heat Conduction	0.374

กลุ่มที่ 2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของการติดตั้ง

ตารางที่ 4 แสดงให้เห็นถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนของคุณสมบัติของการติดตั้งฉนวน โดยจากตารางพบว่าลักษณะของการติดตั้งฉนวนที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญมากที่สุด ซึ่งมีน้ำหนักคือ 0.726 และความหนาของฉนวนเป็นสิ่งที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญน้อยที่สุด มีน้ำหนักคือ 0.076

ตารางที่ 4 น้ำหนักของปัจจัยต่างในส่วนของคุณสมบัติการติดตั้ง

ลักษณะของการติดตั้ง	น้ำหนักความสำคัญของปัจจัย
Weight of Insulation	0.198
Appropriate to the Installation	0.726
Thickness	0.076

กลุ่มที่ 3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับราคา

ตารางที่ 5 น้ำหนักของปัจจัยต่างในส่วนของราคา

ราคา	น้ำหนักความสำคัญของปัจจัย
Price of Insulation	0.667
Price of House	0.333

สำหรับปัจจัยในส่วนของราคา จะทำการเปรียบเทียบด้วยกันสองส่วนคือ ราคาบ้านและราคาของฉนวน ผลการการคำนวณหาปัจจัยมาแล้วนั้นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5 โดยจากตารางจะเห็นได้ว่าน้ำหนักในส่วนของราคาฉนวนมากที่สุดคือ 0.667

กลุ่มที่ 4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทน

ตารางที่ 6 แสดงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนของฉนวน โดยพบว่าปัจจัยที่มีผลการความคงทนมากที่สุดคือ อายุการใช้งานของฉนวน คือน้ำหนัก 0.756

ตารางที่ 6 น้ำหนักของปัจจัยต่างในส่วนของความคงทน

ความคงทน	น้ำหนักความสำคัญของปัจจัย
Usage Life	0.756
Durability	0.274

จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในด้านของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับงานก่อสร้างใหม่นั้น จากการประมวลผลของโปรแกรมคำนวณลำดับขั้นแล้วนั้นจะส่งผลต่อการเลือกฉนวนเพื่อให้ตรงกับปัจจัยที่ต้องการมากที่สุด และในส่วนของปัจจัยที่ได้เลือกมาแล้วนั้น พบว่า ฉนวนที่เหมาะสมที่สุดก็คือฉนวนชนิด โพลียูรีเทน ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 7 ซึ่งแสดงชนิดของฉนวนที่ได้จากการเลือกของปัจจัยคือจะมีผลน้ำหนักรวมทั้งหมดคือ 0.481 และจะเห็นได้ว่าจากการที่ได้มาซึ่งฉนวนแล้วนั้นจะมีองค์ประกอบของปัจจัยอยู่หลากหลายเพื่อที่จะหาข้อสรุปในการคำนวณหาฉนวนจากปัจจัยต่างๆ

ตารางที่ 7 ชนิดของฉนวนที่ได้จากการเลือกของปัจจัย

ฉนวนที่ได้จากการคำนวณ	น้ำหนักความสำคัญของปัจจัย
Fibertex	0.183
Fiber Glass	0.16
Poly Urethane	0.481
Calcium Silicate	0.221

6.สรุป

จากผลการวิจัยในครั้งนี้จะทำให้ผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเลือกใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับงานก่อสร้างใหม่ทราบถึงปัจจัยที่มีผลในการพิจารณาเพื่อการตัดสินใจเลือกฉนวนรอบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและช่วยเป็นการลดความยุ่งยากในการตัดสินใจ จากการรวบรวมและประมวลผลข้อมูลแล้วนั้น ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกฉนวนอยู่ 4 ปัจจัยคือ ราคา คุณสมบัติของฉนวน การติดตั้งและอายุการใช้งานฉนวน เมื่อนำปัจจัยมาทั้งหมดเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) พบว่าปัจจัยในการเลือกฉนวน 1)ในส่วนของคุณสมบัติของฉนวนที่มีน้ำหนักมากที่สุดคือ การป้องกันการถ่ายเทความร้อน 2)ในส่วนของปัจจัยการติดตั้งที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ ความเหมาะสมต่อการติดตั้ง 3)ปัจจัยในส่วนของราคา พบว่าราคาฉนวนมีผลต่อการตัดสินใจเลือกฉนวนมากที่สุด และ 4)ปัจจัยที่มีผลการศึกษาความคงทนมากที่สุดจากการคำนวณของโปรแกรมพบว่าความสำคัญต่ออายุการใช้งานของฉนวนเป็นสิ่งที่ถูกคำนึงถึงมากที่สุด ดังนั้นจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในด้านของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับงานก่อสร้างใหม่นั้นพบว่าฉนวนที่เหมาะสมที่สุดก็คือฉนวนชนิด โพลียูรีเทน

7.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ ผู้เชี่ยวชาญทุก ๆ ท่านที่อนุญาตให้เข้าไปสัมภาษณ์

เอกสารอ้างอิง

1. ดรีงใจ บุณสมภพ, 2539.การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน, สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ
2. จินดา แก้วเขียว และ คณะ รวบรวมโดย ศูนย์อนุรักษ์, 2540. เอกสารเผยแพร่ชุด สาระนั้นรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการ นโยบายพลังงานแห่งชาติ พลังงานแห่งประเทศไทยผศ.
3. ดร.ชานัญ บุญญาพุทธิพงศ์, 2544. การประหยัดพลังงานในอาคารพักอาศัย. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
4. นายฐนัย สุทธิวงศ์รัชต์, 2543. การวิเคราะห์กระบวนการลำดับชั้นทางด้านจัดการวัสดุขี้, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5. วรวิทย์ เจริญวานิช, 2540. การศึกษากระบวนการจัดการความเสี่ยงของการควบคุมคุณภาพ ของโครงการก่อสร้างประเภทคอนกรีตสำเร็จรูป ด้วยการประยุกต์กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น . วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
6. วิชชุรย์ ดันศิริมงคล, 2542. กระบวนการวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process). กรุงเทพฯ ฯ สำนักพิมพ์กราฟฟิกแอนด์พรินติ้ง.

7. นายการุณย์ ศุภมิตรโยธิน, 2548. การศึกษาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานเขตร้อนชื้น. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
8. ณีติฐากร ชูกำน, 2547. การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการประเมินบริษัทขนส่ง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
9. รศ.ดร.จงจิตร หิรัญลาภ, 2544. บ้านสบายแห่งสหสวรรค์ใหม่. สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ
10. สมัญญา รังสิเสนา ณ อยุธยา, 2551. ปัจจัยสำหรับการบริหารฝูงรถยนต์เชื่อมสภาพของกองทัพอากาศ โดยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
11. รศ.ดร.สมศักดิ์ ไชยภินันท์, 2547. Development of Solar Cooling Load Factors for Fenestration in Thailand. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
12. นายสันต์ ไตรนภากุล, 2552.การศึกษากระบวนการติดต่อสื่อสารในการบริหารโครงการ IT .มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์