การพัฒนาอุปกรณ์วัดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสำหรับวัสดุก่อสร้าง

Development of Measuring Thermal Conductivity Coefficient Measurement for Construction Materials

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ อิรฟาน ยุโซะ
อีเลียส มูยา[2] อนันท์ ดอเลาะ[2] และคอดีเยาะ เจ๊ะแล[2]
Abedeen Dasaesamoh[1] Erafarn yusoh[2] Elias muya[2] Khadeeyah Chelaeh[2]
and Anan Dolah[2]

บทคัดย่อ

วิจัยนี้มุ่งพัฒนา และทดสอบความสามารถของอุปกรณ์วัดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสำหรับวัสดุก่อสร้าง โดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C177 กับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ทดสอบจากชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น จากการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของไม้อัด แผ่นยิปซั่มแผ่นเรียบ แผ่นยิปซั่มแบบมีอลูมิเนียมฟอยล์ และกระเบื้องแผ่นเรียบ มีค่าเท่ากับ 0.169 W/m.K, 0.204 W/m.K, 0.198 W/m.K และ 0.239 W/m.K ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 22.46 % , 27.50 %, 23.73 % และ 21.21 % ตามลำดับ

คำสำคัญ : ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน วัสดุก่อสร้าง

Abstract

This research aims to develop and test the ability of measuring thermal conductivity coefficient measurement for construction materials. The coefficient of thermal conductivity was measured by a home made device In comparison to that of the ASTM C177 standard. The coefficient of thermal conductivity of plywood, gypsum panels, flat gypsum, sheet, with aluminum foil and asbestos sheets is equal to 0.169 W/mK, 0.204 W/mK, 0.198 W/mK and 0.239 W/mK and the percent deviation of 22.46 %, 27.50 %, 23.73 % and 21.21 %, respectively.

Keywords : Coefficient of thermal conductivity, construction materials

[1] อาจารย์สาขาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
[2] นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทนำ

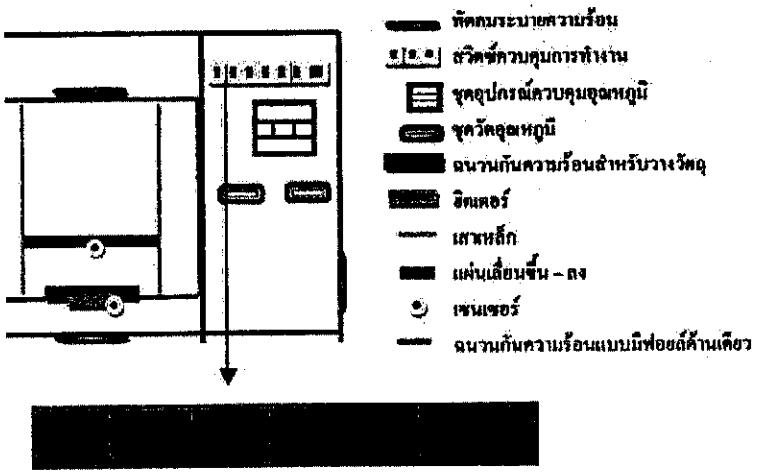
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เป็นดัชนีที่ระบุถึงสมรรถนะในการนำความร้อนของวัสดุ โดยอธิบาย เกี่ยวกับพลังงานความร้อนที่ได้รับจากแหล่งให้ความร้อนสู่ผิวด้านหนึ่งไปยังผิวอีกด้านหนึ่งของวัสดุ การนำความร้อนเป็นปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ของความร้อนจากจุดที่มีอุณหภูมิสูง ไปยังจุดที่อุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่โมเลกุลของตัวกลางมีการสัมผัสกันโดยตรง (อาบีดีน ดะแซสาเมาะ ไลลา ดะดุนะ และสูยัยลา สือแม, 2553) ดังนั้นข้อมูลเกี่ยวกับการนำความร้อนส่วนใหญ่ของวัสดุจึงได้มาจากการวัดและการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน โดยทั่วไปแล้วค่าการนำความร้อนของวัสดุจะแปรตามอุณหภูมิ แต่การนำไปใช้งานในด้านปฏิบัตินั้นส่วนใหญ่จะใช้ค่าการนำความร้อนคงที่ที่หาจากอุณหภูมิเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนจึงเป็นคุณสมบัติเฉพาะของสารที่สำคัญมากในการศึกษาถึงการเคลื่อนที่ของความร้อนในสารนั้น

สำหรับอุตสาหกรรมการก่อสร้าง การทราบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน จะเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการเลือกวัสดุเพื่อใช้ในการออกแบบที่อยู่อาศัยให้มีความสะดวกสบาย อีกทั้งเพื่อช่วยประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะประเทศไทยที่ตั้งอยู่บริเวณเส้นศูนย์สูตรที่มีสภาพอากาศร้อนของฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละปี จึงต้องมีการพัฒนาชุดทดลองสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสำหรับวัสดุก่อสร้างขึ้น

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้พัฒนาชุดทดลองสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนด้วยวิธี Guarded Hot Plate เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุก่อสร้างตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM C 177 ซึ่งมีความเหมาะสมกับวัสดุที่มีการนำความร้อนต่ำ

วิธีการ

1. ออกแบบโครงร่าง และสร้างชุดอุปกรณ์การวัดหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสำหรับวัสดุก่อสร้าง โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นห้องบรรจุอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน โดยมีการติดตั้งสวิตช์และชุดอุปกรณ์ Temperature Controller บริเวณด้านหน้าของห้องควบคุม และมีการติดตั้งวงจรบริดท์เข้ากับถาดไม้อัดส่วนที่อยู่ด้านใน และส่วนที่เป็นห้องทดสอบ โดยการนำฉนวนกันความร้อนแบบมีฟอยก์ด้านเดียวบุผนังภายในห้องทดสอบ ติดตั้งฮีตเตอร์ไว้ตรงกลางพื้นห้องและติดตั้งเทอร์โมคับเปิ้ลเพื่อวัดอุณหภูมิผิวล่างเข้ากับส่วนบนของฮีตเตอร์ นำฉนวนกันความร้อนสำหรับวางวัสดุทดสอบติดตรงกลางห้อง ขึงเสาเหล็ก 2 ต้น ไว้ระหว่างฉนวนกันความร้อนสำหรับวางวัสดุ โดยมีแผ่นเลื่อนขึ้น-ลง ยึดติดไว้ และติดตั้งเทอร์โมคับเปิ้ลเพื่อวัดอุณหภูมิผิวบนเข้ากับแผ่นเลื่อนขึ้น-ลง (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แบบโครงร่างชุดอุปกรณ์วัดหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสำหรับวัสดุก่อสร้าง

เมื่อ $S_{หลัก}$ คือ สวิตช์ควบคุมหลัก

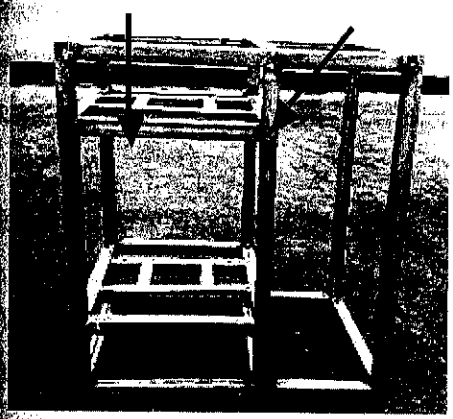
S_1 คือ สวิตช์ควบคุมชุดอุปกรณ์ Temperature Controller

S_2 คือ สวิตช์ควบคุมชุดวัดอุณหภูมิ

S_3 คือ สวิตช์ควบคุมพัดลมระบายความร้อนภายในห้องควบคุม

S_4 คือ สวิตช์ควบคุมพัดลมระบายความร้อนใต้แผ่นความร้อน

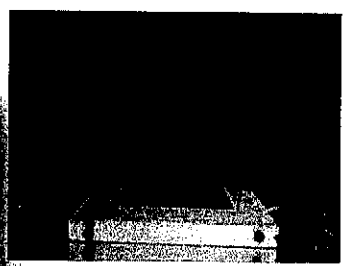
S_5 คือ สวิตช์ควบคุมพัดลมระบายความร้อนภายในห้องทดสอบ



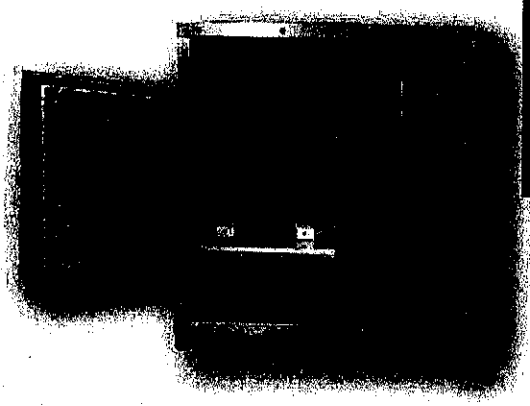
(ก) โครงเหล็กของชุดอุปกรณ์

(ค) ภายในห้องทดสอบ

(ง) การต่อวงจรบริดท์



(จ) แผ่นให้ความร้อน
และฉนวนกันความร้อน



(ข) ชุดอุปกรณ์สมบูรณ์

ภาพที่ 2 ชุดอุปกรณ์วัดหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสำหรับวัสดุก่อสร้าง

ตั้งอุณหภูมิของชุดอุปกรณ์ Temperature Controller ให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ 35 - 40°C เปิดสวิตช์ตัวที่ 1 (ภาพที่ 1) เพื่อให้ชุดอุปกรณ์ Temperature Controller ทำงาน แล้วรอจนกว่าไฟจะแสดงสถานะ on นำวัสดุทดสอบวางไว้บริเวณกึ่งกลางของฮีตเตอร์ แล้วดันฉนวนให้ชิดกับวัสดุทดสอบ และเลื่อนแผ่นเลื่อนขึ้น-ลงสำหรับวางหัววัดอุณหภูมิของแผ่นทดสอบ เปิดสวิตช์ตัวที่ 2 และ 5 เพื่อเปิดชุดวัดอุณหภูมิ และเพื่อระบายความร้อน

ภายในห้องทดสอบ เมื่ออุปกรณ์การวัดหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสำหรับวัสดุก่อสร้าง ทำงานผ่านไป 5 นาที ให้เปิดสวิตช์ตัวที่ 3 และ 4 เพื่อระบายความร้อนภายในห้องควบคุม และใช้ฮิตเตอร์อ่านค่าอุณหภูมิผิวล่าง (T_h) กับอุณหภูมิผิวบน (T_c) ของแผ่นทดสอบจากเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิแบบดิจิตอล บักทึกค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิแบบดิจิตอล แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) จากสมการดังนี้

$$k = \frac{q}{A(T_h - T_c)} \qquad (1)$$

โดยค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อน (q) สามารถหาได้จากผลคูณของกระแสไฟฟ้า (I) กับแรงดันไฟฟ้า (V)

$$q = VI \qquad (2)$$

ผล

นำค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ทดสอบโดยอุปกรณ์วัดหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสำหรับวัสดุก่อสร้างที่ผลิตขึ้น เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ASTM C177 โดยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดที่ทดสอบโดยอุปกรณ์วัดหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสำหรับวัสดุก่อสร้างต้องมีค่า Relative error ไม่เกิน 20 % เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน ASTM C177

จากการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุทดสอบ สามารถเขียนเป็นตารางเปรียบเทียบข้อมูลได้ดังนี้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุทดสอบ

ลำดับที่	วัสดุทดสอบ	อุณหภูมิเฉลี่ย (K)		k เฉลี่ย (W/m.K)	k อ้างอิง* (W/m.K)	Relative Error (%)
		T_c	T_h			
1	ไม้อัด	317.40	321.70	0.169	0.138	22.46
2	แผ่นยิปซั่มแผ่นเรียบ	316.63	321.70	0.204	0.160	27.50
3	แผ่นยิปซั่มแบบมีอะลูมิเนียมฟอยล์	316.20	321.43	0.198	0.160	23.75
4	กระเบื้องแผ่นเรียบ	320.37	322.77	0.242	0.198	21.21

หมายเหตุ : * ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนจากเครื่องมือวัดตามมาตรฐาน แบบ guard hot plate (ASTM C 177 standard, 2004)

จากการนำวัสดุทดสอบมาหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุก่อสร้าง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุทดสอบของไม้อัด แผ่นยิปซั่มแผ่นเรียบ แผ่นยิปซั่มแบบมีอลูมิเนียมฟอยล์ และกระเบื้องแผ่นเรียบ มีค่าสูงกว่าค่าอ้างอิง มีค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็น 22.46 %, 27.50 %, 23.75 % และ 21.21% ตามลำดับ ซึ่งจากค่าความคลาดเคลื่อนของแผ่นวัสดุทดสอบทั้ง 4 ชนิด สามารถนำมาหาค่าความคลาดเคลื่อนของชุดอุปกรณ์วัดหาค่าสัมประสิทธิ์ได้ เท่ากับ 23.73 %

วิจารณ์

จากการพัฒนาชุดอุปกรณ์วัดหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสำหรับวัสดุก่อสร้าง ด้วยวิธี Guarded Hot Plate สามารถวิเคราะห์ชุดอุปกรณ์วัดหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนได้ดังตารางที่ 1 นำค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C177 พบว่า ชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุทดสอบของไม้อัด แผ่นยิปซั่มแผ่นเรียบ แผ่นยิปซั่มแบบมีอลูมิเนียมฟอยล์ และกระเบื้องแผ่นเรียบ มีค่าเท่ากับ 0.169 W/m.K, 0.204 W/m.K, 0.198 W/m.K และ 0.239 W/m.K ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C177 กำหนด โดยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุทดสอบของไม้อัด แผ่นยิปซั่มแผ่นเรียบ แผ่นยิปซั่มแบบมีอลูมิเนียมฟอยล์ และกระเบื้องแผ่นเรียบ ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนอยู่ที่ 0.138 W/m.K, 0.160 W/m.K, 0.160 W/m.K และ 0.198 W/m.K ตามลำดับ (ASTM C 177, 2004) โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็น 22.46 %, 27.50 %, 23.75 % และ 21.21% ตามลำดับ ซึ่งยังไม่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ASTM C177 กำหนดให้มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดที่ทดสอบโดยอุปกรณ์วัดหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสำหรับวัสดุก่อสร้างต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 20% เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน ASTM C177 ทั้งนี้สาเหตุที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมากเกินไปอาจเกิดจากการตัดวัสดุทดสอบมีขนาดไม่เท่ากับแผ่นความร้อน อุณหภูมิในขณะทำการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทำให้หัววัดอุณหภูมิมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เป็นต้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาชุดอุปกรณ์วัดหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสำหรับวัสดุก่อสร้าง จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ได้จากชุดอุปกรณ์วัดหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่สร้างขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C177 พบว่า ชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ ทั้งนี้อาจเกิดจากปัจจัยต่างๆ เช่น ขนาดของวัสดุทดสอบ อุณหภูมิการทดลอง หัววัดอุณหภูมิ ดังนั้นในการวัดขนาดของวัสดุทดสอบควรใช้อุปกรณ์ที่มีความละเอียด และขณะที่ทำการวัดต้องเลือกวันที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันไม่มากนัก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุน จากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ประจำปี 2554

เอกสารอ้างอิง

ทศนัย บุญเกิดรัตนสกุล นริส ประทินทอง และณัฏฐ์ กาศยปนันท์. (2548). การวัดค่าการนำความร้อนของวัสดุก่อสร้างด้วยหัววัดแบบขดลวดร้อน. *ในการประชุมวิชาการด้านพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ ครั้งที่ 1 วันที่ 31 สิงหาคม 2550 ณ โรงแรมเดอะทวิน ทาวเวอร์,* กรุงเทพมหานคร.

ณัฐคม สุรทรชัยนาคแสง และเทิดศักดิ์ พรวัฒนกุล. ม.ป.ป. *การสร้างและทดสอบเครื่องมือวัดหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนด้วยวิธี Guarded hot plate.* คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (บก.), เครื่องมือวัดคุมอุตสาหกรรม (หน้า 139 - 145)

ASTM C 177. (2004) Standard Teat Method for Steady–State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus, 4(6), 20-41.