การศึกษาคุณสมบัติการกักเก็บความร้อนของมอร์ตาร์สำหรับฉาบผสมวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟิน

Study on Thermal Properties of Plastering Mortar mixed with Paraffin type Phase Change Material

ตะวัน รุ่งแสง[1*], กิติพร ธนพรสกุล[2], ธนนท์ สุทธิชวาลกุล[3] และ ปิติ สุคนธสุขกุล[4]
[1-3]นักศึกษาปี 4 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 10800
[4] ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 10800
[*]E-mail: s5601081616453@email.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติด้านการกักเก็บความร้อนของมอร์ตาร์สำหรับฉาบผสมวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟิน โดยตัวอย่างทดสอบประกอบด้วยมอร์ตาร์ปูนฉาบธรรมดาที่ไม่ผสมวัสดุเปลี่ยนสถานะ (OM) กับมอร์ตาร์ปูนฉาบที่ผสมด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟิน (PPM) ชนิด 6035 มีจุดหลอมเหลว 58 องศาเซลเซียส ที่ 2.5, 5.0, 10.0 และ 15.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งได้นำสัดส่วนผสมดังกล่าวมีฉาบลงบนบล็อกคอนกรีตที่ความหนาของชั้นปูนฉาบ 1 และ 2 เซนติเมตร พร้อมทั้งติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิด้วย Thermal couple wire ที่ตำแหน่งต่างๆ การทดสอบเป็นแบบระบบปิดโดยให้ความร้อนแก่ตัวอย่างจนมีอุณหภูมิที่ผิวหน้าเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงหยุดให้ความร้อนเพื่อศึกษาพฤติกรรมด้านอุณหภูมิที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งมีการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิตลอดเวลาการทดสอบ ผลการทดสอบพบว่าตัวอย่างผสมพาราฟิน (PPM) มีประสิทธิภาพการกักเก็บความร้อนดีกว่าปูนฉาบธรรมดา (OM) และมีแนวโน้มของประสิทธิภาพที่สูงขึ้นตามปริมาณการผสมพาราฟิน เนื่องจากพาราฟินจะกักเก็บความร้อนบางส่วนไว้ในชั้นปูนฉาบทำให้การถ่ายเทอุณหภูมิจากภายนอกไปยังภายในช้าลง อีกทั้งยังช่วยลดระดับอุณหภูมิภายในให้ต่ำลง
คำสำคัญ: วัสดุเปลี่ยนสถานะ, พาราฟิน, การกักเก็บความร้อน

Abstract

The objective of this project is to study thermal properties of plastering mortar mixed with paraffin type phase change material. PCM used in this study is paraffin 6035 (with melting temperature of 58°C.) The test samples consist of ordinary mortar (OM) (without PCM) and plastering mortar mixed with paraffin volume fractions: 2.5%, 5.0%, 10.0% and 15.0%. Plastering mortar have thicknesses 1 and 2 cm. The tests are carried out in the laboratory. Data is collected continuously during and often testing period. The collected data is analyzed to determine the optimum PCM content. From the test's result, plastering mortar mixed with paraffin (PPM) slow better performance in thermal properties than ordinary mortar (OM) due to heat storage at the plastering surface carry slower rate of heat transfer. The insulation properties also increases with the PCM content.
Keywords: phase change material, paraffin

1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันโลกประสบปัญหาสภาวะโลกร้อน ทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองมากขึ้น จึงเกิดแนวคิดเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานที่สิ้นเปลืองนี้ให้น้อยลง โดยมีแนวคิดในการนำวัสดุเปลี่ยนสถานะมาช่วยปรับปรุง โดยการ

นำวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟิน (Paraffin 6035) มาผสมเข้ากับมอร์ต้าสำหรับฉาบ ซึ่งจะช่วยให้ผนังมีความสามารถในการกักเก็บความร้อนและยังคงทำงานได้เหมือนการฉาบทั่วไป

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบความสามารถในการกักเก็บความร้อนของมอร์ตาร์ปูนฉาบผสมวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟิน ทำการผสมวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟินที่ 2.5, 5.0, 10.0 และ 15.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เข้ากับมอร์ตาร์ปูนฉาบเพื่อนำไปฉาบบนอิฐบล็อกขนาด 19 X 39 X 6.5 เซนติเมตร พร้อมทั้งมีการฝังสายวัดอุณหภูมิไว้ที่จุดต่างๆ การทดสอบเป็นแบบระบบปิดซึ่งมีการเก็บค่าอุณหภูมิตลอดเวลา โดยจะให้พลังงานความร้อนจนผิวปูนฉาบมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงหยุดให้พลังงานความร้อน ผลการทดสอบที่ได้จะนำไปทำการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณวัสดุเปลี่ยนสถานะที่เหมาะสมที่ให้ประสิทธิภาพการเป็นฉนวนที่ดีที่สุด

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพด้านอุณหภูมิของมอร์ตาร์สำหรับฉาบที่ผสมกับวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟิน

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

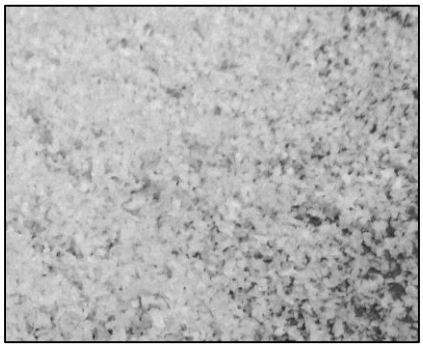
เอกชัย อินทะวงษ์ และคณะ [1] นำพาราฟิน (Paraffin) เข้ามาฝังตัวในมวลรวมเบา TEXCA ซึ่งมีความพรุน จากผลการทดสอบด้านอุณหภูมิพบว่าปริมาณพาราฟินที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้คอนกรีตกักเก็บอุณหภูมิไว้ภายในได้ดีขึ้น และการส่งผ่านอุณหภูมิของคอนกรีตจากกึ่งกลางแผ่นไปยังอุณหภูมิภายในช้าลง อันเนื่องมาจากคอนกรีตมวลรวมเบาฝังตัวด้วยพาราฟินมีคุณสมบัติในการส่งผ่านอุณหภูมิต่ำเพราะพาราฟินที่ฝังตัวในมวลรวมมีการกักเก็บอุณหภูมิไว้

Alawadhi and Alqallaf [2] ทำการทดลองเกี่ยวกับประสิทธิภาพการระบายความร้อนของหลังคาอาคารด้วยการนำ PCM มาติดตั้งในลักษณะเป็นทรงกรวยรูปทรงต่างๆ โดยใช้คุณสมบัติการเปลี่ยนสถานะของวัสดุเพื่อกักเก็บความร้อนจากภายนอกและลดการถ่ายเทความร้อนในช่วงที่มีการใช้พลังงานสูง (peak hours) ซึ่งพบว่าการนำ PCM มาใช้ในระบบหลังคาสามารถลดความร้อนในช่วง peak hours ลงได้สูงสุดถึง 39%

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 วัสดุที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างทดสอบ

1.) พาราฟินชนิด 6035 มีจุดหลอมเหลว 58 องศาเซลเซียส ลักษณะอนุภาคขนาดใกล้เคียงมวลรวมละเอียด
2.) ปูนฉาบทั่วไป
3.) อิฐบล็อก ขนาด 19 X 39 เซนติเมตร สำหรับฉาบเพื่อทดสอบคุณสมบัติการกักเก็บความร้อนของมอร์ตาร์สำหรับฉาบที่ผสมวัสดุเปลี่ยนสถานะเทียบกับมอร์ตาร์สำหรับฉาบธรรมดา
4.) น้ำประปาสะอาด มีความขุ่นไม่เกิน 2000 ppm.



รูปที่ 1 ลักษณะของพาราฟินที่ผ่านการบดให้มีลักษณะเป็นผง

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของพาราฟินชนิด 6035

Specification	Test Method	Unit	Test Result
Melting Point	ASTM D87	℃	57.2-59.9
Specific Gravity		at 25 ℃	0.89
Oil Content	ASTM D721	mass%	0.4
Penetration	ASTM D1321	at 25 ℃	10.0-17.0
Color	ASTM D156		30
UV Absorption	FBA 178.3710		1.3

4.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1.) เครื่องทดสอบการนำความร้อน แบบระบบปิดซึ่งประกอบด้วย แหล่งให้พลังงานความร้อน (สปอร์ตไลท์ ขนาด 500 วัตต์, จุดวัดอุณหภูมิห้องห่างจากด้านหลังตัวอย่างทดสอบ 30 เซนติเมตร

2.) แบบหล่อตัวอย่าง

3.) อุปกรณ์สำหรับฉาบ

อัตราส่วนผสมของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 2 สัญลักษณ์และความหมายของตัวอย่างทดสอบ

สัดส่วนผสมที่ใช้ในงานวิจัยได้ออกแบบตามคุณสมบัติการไหลแผ่ โดยมอร์ตาร์ฉาบธรรมดา (OM) มีอัตราส่วนน้ำต่อปูนฉาบเท่ากับ 0.2 ส่วนมอร์ตาร์ฉาบที่มีการผสมพาราฟินจะมีปริมาณน้ำที่มากขึ้นดังแสดงตารางที่ 3

สัญลักษณ์	ชื่อเต็ม	ความหมาย
OM	Ordinary Mortar	มอร์ตาร์สำหรับฉาบ (ปูนฉาบทั่วไป)
PPM-a	Paraffin Powder Mortar	มอร์ตาร์สำหรับฉาบผสมกับพาราฟิน

ตัวเลขต่อท้าย (a) หมายถึง ปริมาณวัสดุเปลี่ยนสถานะที่ผสมเพิ่มเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของมอร์ตาร์สำหรับฉาบ 1 ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 3 สัดส่วนผสมของตัวอย่างทดสอบขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร

Designation	w/m	% Powder	Paraffin Powder	Mortar*	Water
				kg/m^3	
OM	0.200	0	-	2000	400
PPM-2.5	0.210	2.5	22.25	2000	420
PPM-5.0	0.220	5.0	44.5	2000	440
PPM-10.0	0.235	10.0	89.0	2000	470
PPM-15.0	0.255	15.0	133.5	2000	510

*Mortar หมายถึง มอร์ตาร์ผสมสำเร็จสำหรับฉาบ

4.3 โปรแกรมการทดสอบ

การทดสอบปฏิบัติโดยการฉาบมอร์ตาร์บนอิฐบล็อกเพื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพการกักเก็บความร้อนของมอร์ตาร์ โดยรายละเอียดจำนวนตัวอย่างและการทดสอบจะเป็นไปดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 รายละเอียดจำนวนตัวอย่างและการทดสอบ

Type	Number of specimen		Total
	Thickness 1 cm	Thickness 2 cm	
OM	3	3	6
PPM-2.5	3	3	6
PPM-5.0	3	3	6
PPM-10.0	3	3	6
PPM-15.0	3	3	6
All Total			30

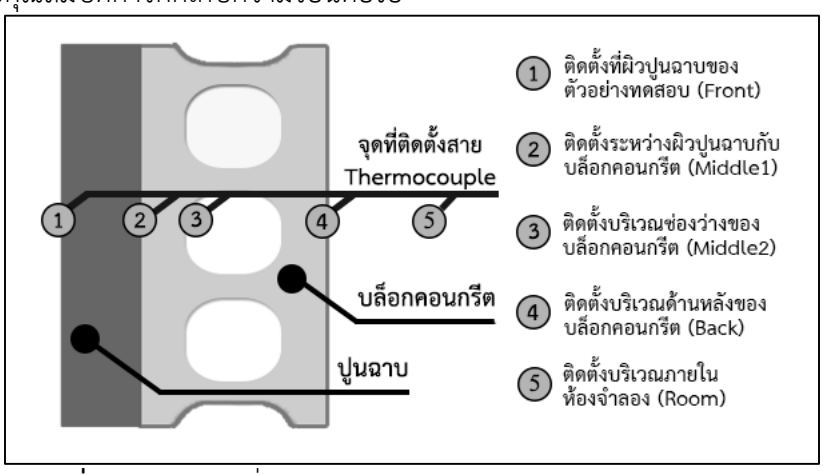
4.4 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ก.) การผสมตัวอย่างเบื้องต้น

ปฏิบัติตาม มอก.15 เล่ม 12 กรณีของ Ordinary Mortar สามารถผสมปูนฉาบกับน้ำตามปริมาณที่ออกแบบ โดยใช้เวลาประมาณ 3-5 นาที ส่วนกรณีมอร์ตาร์สำหรับฉาบที่ผสมกับวัสดุเลี่ยนสถานะ ให้นำพาราฟินมาคลุกเคล้ากับปูนฉาบทั่วไปให้มีความเข้ากันจากนั้นจึงเติมน้ำและผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เวลาประมาณ 3-5 นาที

ข.) การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบการกักเก็บความร้อน

นำมอร์ตาร์ที่ผ่านการผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันมาทำการฉาบมอร์ตาร์บนอิฐบล็อกที่ความหนา 1, 2 เซนติเมตร พร้อมทำการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิจำนวนทั้งหมด 4 จุด ดังแสดงในรูปที่ 4-1 จากนั้นเมื่อตัวอย่างมีอายุครบ 3 วัน และนำตัวอย่างไปทดสอบคุณสมบัติการกักเก็บความร้อนต่อไป



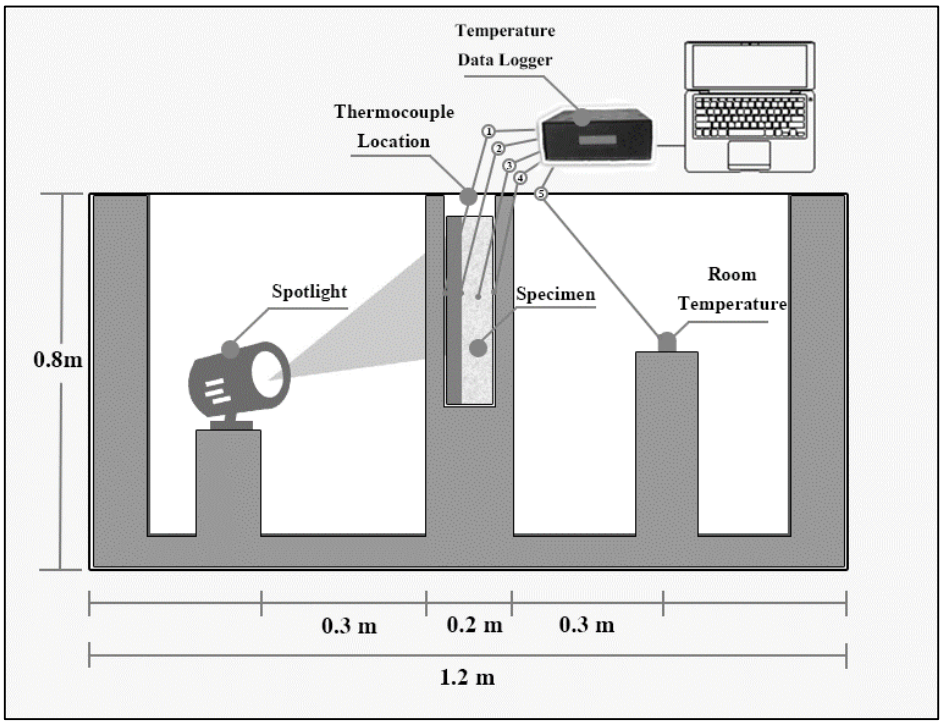
รูปที่ 4-1 ตำแหน่งที่ทำการฝังสายวัดอุณหภูมิสำหรับการฉาบ 1 ด้าน

4.5 การทดสอบ

เมื่อตัวอย่างมีอายุครบ 3 วัน จึงนำตัวอย่างมาทดสอบการกักเก็บความร้อน โดยเครื่องทดสอบแบบระบบปิด มีขนาด กว้าง 0.8, ยาว 1.2 และ สูง 0.8 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3 ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดความร้อนกำลัง 500 วัตต์ ช่องสำหรับติดตั้งตัวอย่างทดสอบ และตำแหน่งที่ติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ (Thermo-couple Wire) ซึ่งห่างจากตัวอย่างทดสอบเป็นระยะ 30 เซนติเมตร เพื่อจำลองให้เป็นอุณหภูมิภายในห้อง

การทดสอบเริ่มจากให้ความร้อนแก่ตัวอย่างและบันทึกค่าอุณหภูมิที่ระยะเวลาทุกๆ 1 นาที จนผิวด้านหน้าของตัวอย่างมีอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส จึงหยุดการให้ความร้อนเพื่อปล่อยให้ระดับอุณหภูมิค่อยๆ ลดลง

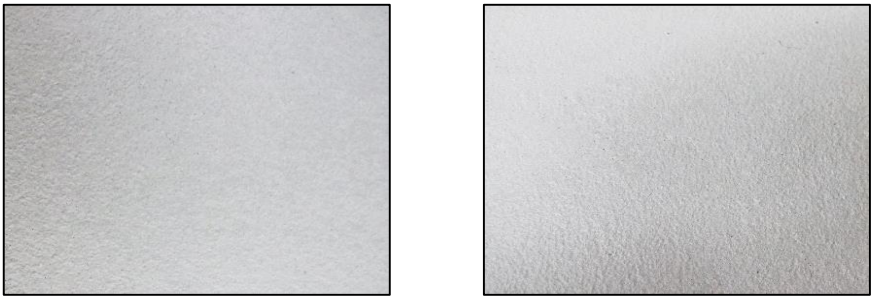
จากนั้นนำข้อมูลด้านอุณหภูมิมาวิเคราะห์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการกักเก็บความร้อนของตัวอย่างทดสอบที่เกิดขึ้น เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมอร์ตาร์ฉาบผสมพาราฟินที่ร้อยละต่างๆ เทียบกับมอร์ตาร์สำหรับฉาบแบบธรรมดา



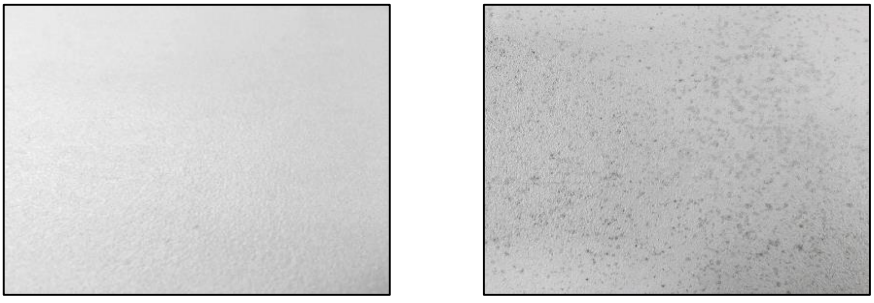
รูปที่ 4-2 เครื่องทดสอบการกักเก็บความร้อน

5. ผลและวิจารณ์

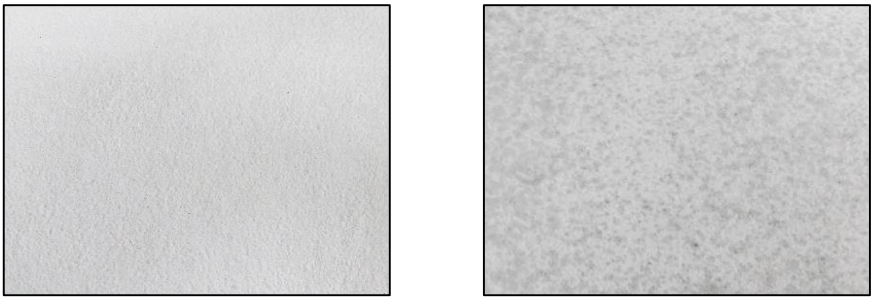
จากการทดสอบพบว่าลักษณะผิวของตัวอย่างทดสอบก่อนและหลังการให้พลังงานความร้อนสำหรับตัวอย่างปูนฉาบธรรมดา (OM) มีสีขาวเนียนและไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมดังรูปที่ 4-1 ซึ่งเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ผสมพาราฟิน (PPM) พบว่าเมื่อผ่านการให้ความร้อนได้เกิดการละลายของพาราฟินซึ่งมีลักษณะเป็นจุดสีเทาอ่อนกระจายบริเวณผิวหน้าของตัวอย่าง โดยขนาดของจุดดังกล่าวจะใหญ่ขึ้นตามปริมาณการผสมพาราฟิน ดังรูป 4-2 ถึงรูปที่ 4-5



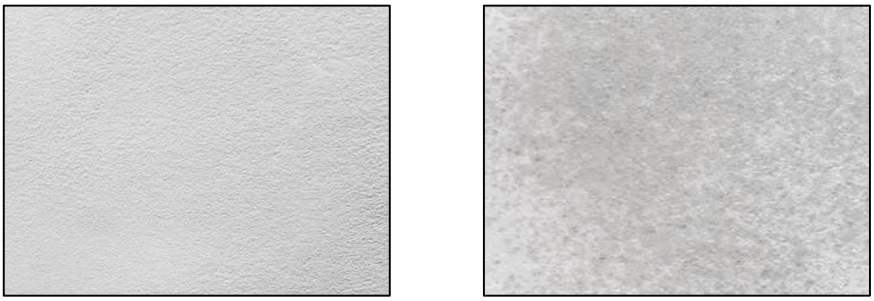
รูปที่ 4-1 ผิวฉาบก่อนทดสอบ (ซ้าย) และหลังทดสอบ (ขวา) ของมอร์ตาร์ฉาบธรรมดา



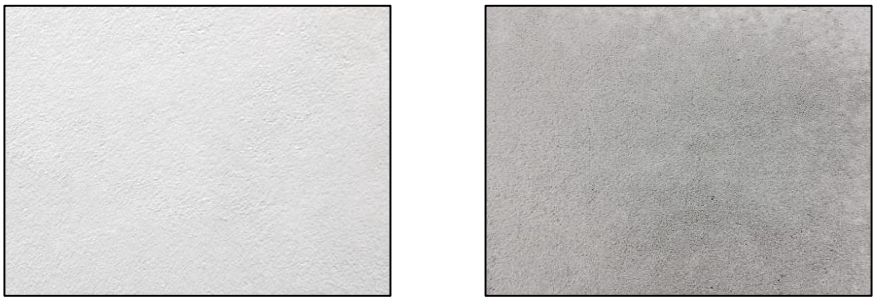
รูปที่ 4-2 ผิวฉาบก่อนทดสอบ (ซ้าย) และหลังทดสอบ (ขวา) ของมอร์ตาร์ฉาบผสมพาราฟิน 2.5%



รูปที่ 4-3 ผิวฉาบก่อนทดสอบ (ซ้าย) และหลังทดสอบ (ขวา) ของมอร์ตาร์ฉาบผสมพาราฟิน 5.0%



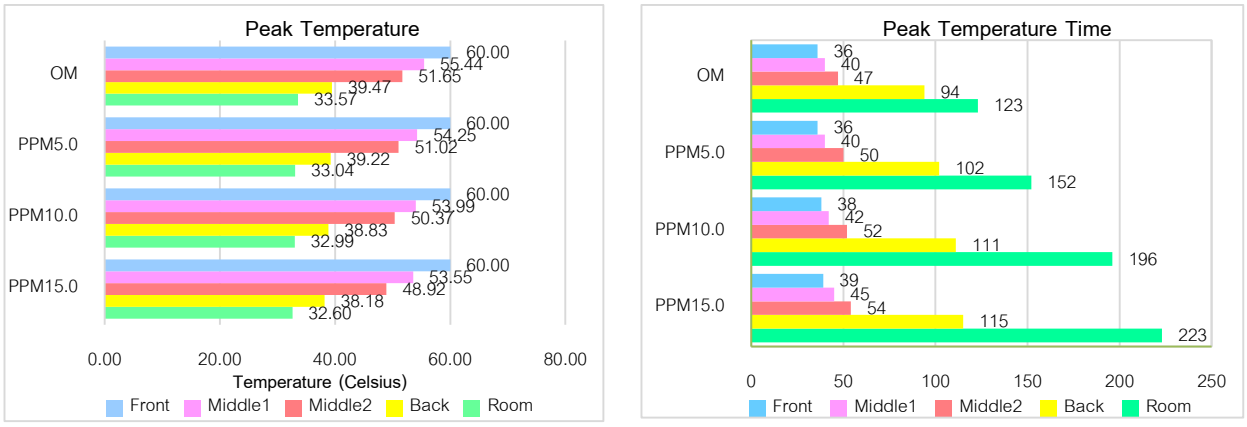
รูปที่ 4-4 ผิวฉาบก่อนทดสอบ (ซ้าย) และหลังทดสอบ (ขวา) ของมอร์ตาร์ฉาบผสมพาราฟิน 10.0%



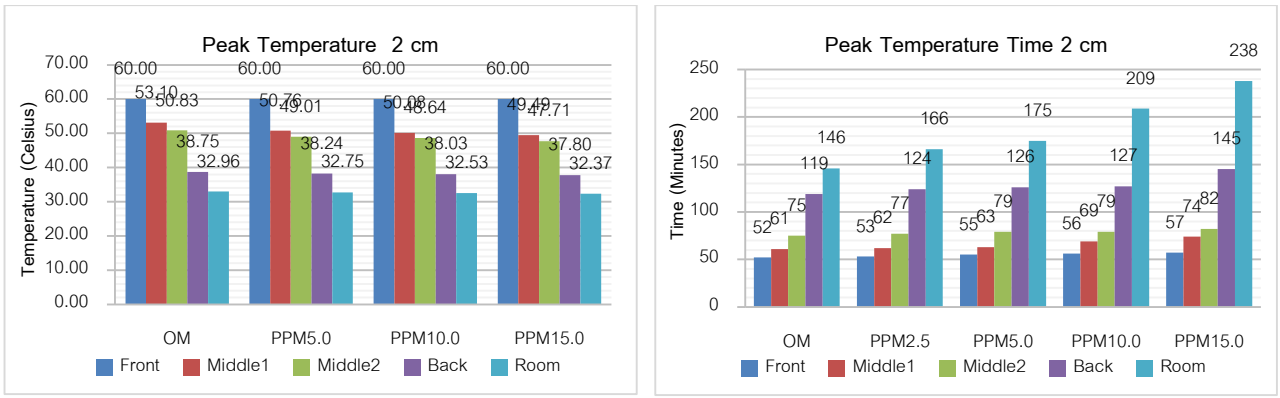
รูปที่ 4-5 ผิวฉาบก่อนทดสอบ (ซ้าย) และหลังทดสอบ (ขวา) ของมอร์ตาร์ฉาบผสมพาราฟิน 15.0%

ผลการทดสอบความหนาชั้นปูนฉาบที่ 1 และ 2 เซนติเมตรพบว่าตัวอย่างทดสอบมอร์ตาร์ฉาบธรรมดา (OM) มีแนวโน้มของระยะเวลาในการเข้าสู่อุณหภูมิสูงสุดเร็วที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างทดสอบที่มีการผสมพาราฟิน (PPM) ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวมีแนวโน้มที่ช้าลงเมื่อตัวอย่างทดสอบมีการผสมพาราฟินในปริมาณที่สูงขึ้น ซึ่งตัวอย่างทดสอบที่มีความหนาของชั้นปูนฉาบ 2 เซนติเมตร มีระยะเวลาดังกล่าวมากกว่าตัวอย่างที่มีความหนา 1 เซนติเมตร

กรณีระดับอุณหภูมิสูงสุดที่ตำแหน่งต่างๆ พบว่าตัวอย่างทดสอบความหนาชั้นปูนฉาบที่ 1 และ 2 เซนติเมตร สำหรับมอร์ตาร์ฉาบธรรมดา (OM) มีแนวโน้มของอุณหภูมิดังกล่าวสูงที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ผสมพาราฟิน (PPM) ซึ่งค่าระดับอุณหภูมิสูงสุดที่ตำแหน่งต่างๆ มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณการผสมพาราฟินที่สูงขึ้น โดยตัวอย่างทดสอบที่มีความหนาของชั้นปูนฉาบ 2 เซนติเมตร มีระดับอุณหภูมิดังกล่าวที่ต่ำกว่าตัวอย่างที่มีความหนา 1 เซนติเมตร



รูปที่ 4-6 ระยะเวลาในการเข้าสู่อุณหภูมิสูงสุด และระดับอุณหภูมิสูงสุดของตัวอย่างความหนา 1 เซนติเมตร



รูปที่ 4-7 ระยะเวลาในการเข้าสู่อุณหภูมิสูงสุด และระดับอุณหภูมิสูงสุดของตัวอย่างความหนา 2 เซนติเมตร

6. สรุปผล

จากผลการทดสอบพบว่าปริมาณการผสมวัสดุเปลี่ยนสถานะพาราฟินที่มากขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มประสิทธิภาพด้านการกักเก็บความร้อนของมอร์ตาร์ปูนฉาบให้ดียิ่งขึ้น โดยพาราฟินช่วยชะลอการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าไปยังตำแหน่งต่างๆ ภายในให้ช้าลง อีกทั้งยังช่วยลดค่าระดับอุณหภูมิสูงสุดที่เกิดขึ้นให้ลดต่ำลง ซึ่งตัวอย่างที่มีความหนาของปูนฉาบหนา 2 เซนติเมตร มีแนวโน้มของประสิทธิภาพการกักเก็บความร้อนที่ดีกว่าความหนา 1 เซนติเมตร เนื่องจากความหนาของชั้นปูนฉาบที่เพิ่มมากขึ้นช่วยเพิ่มความเป็นฉนวนโดยตรง อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มปริมาณของพาราฟินที่ผสมกับมอร์ตาร์ฉาบเป็นผลให้ตัวอย่างทดสอบที่มีการฉาบหนา 2 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพด้านการกักเก็บความร้อนที่ดีตัวอย่างทดสอบที่ทำการฉาบความหนาเพียง 1 เซนติเมตร

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการช่วยเหลือให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งของศาสตราจารย์ ดร.ปิติ สุคนธสุขกุล ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการศึกษามาโดยตลอด รวมถึง นักศึกษาปริญญาโท นางสาวธิดารัตน์ สุทธิภาศิลป์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ และขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการทดสอบภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์โยธาที่คอยให้คำแนะนำด้านเทคนิค ความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบ

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณบิดา มารดา คณาจารย์และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่คอยให้การช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนกระทั่งลุล่วงไปได้ด้วยดี

บรรณานุกรม

[1] เอกชัย อินทะวงษ์. (2556). คุณสมบัติคอนกรีตผสมมวลรวมเบาฝังตัวด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะชนิดพาราฟิน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[2] Alawadhi EM, Alqallaf HJ. Building roof with conical holes containing PCM to reduce the cooling load: numerical study, Energy Conversion and Management 52 (8-9) (2011) 2958–2964.