สัญญาเลขที่ R2554B068

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
190954

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ : การพัฒนาผนังหลายชั้นที่ส่วนประกอบของวัสดุเปลี่ยนสถานะร่วมกับคอนกรีตมวลเบา

โดย ดร.อนุสรณ์ วรสิงห์ และคณะ

พฤศจิกายน 2554

สัญญาเลขที่ R2554B068

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
190954

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

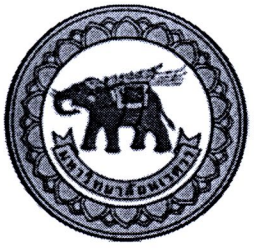
โครงการ : การพัฒนาผนังหลายชั้นที่ส่วนประกอบของวัสดุเปลี่ยนสถานะร่วมกับคอนกรีตมวลเบา

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

โดย ดร.อนุสรณ์ วรสิงห์ และคณะ

พฤศจิกายน 2554

สัญญาเลขที่ R2554B068



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ : การพัฒนาผนังหลายชั้นที่ส่วนประกอบของวัสดุเปลี่ยนสถานะร่วมกับคอนกรีตมวลเบา

โดย ดร.อนุสรณ์ วรสิงห์ และคณะ

พฤศจิกายน 2554

สัญญาเลขที่ R2554B068

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ : การพัฒนาผนังหลายชั้นที่ส่วนประกอบของวัสดุเปลี่ยนสถานะร่วมกับคอนกรีตมวลเบา

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย	: ดร.อนุสรณ์ วรสิงห์	ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยนเรศวร
นักวิจัยที่ปรึกษา	: ผศ.ดร.สมชาย มณีวรรณ์	ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ร่วมวิจัย	: ดร.โยธิน อึ่งกูล	บริษัท ซุปเปอร์บล็อก จำกัด (มหาชน)
ผู้ร่วมวิจัย	: ดร.ฉันทนา พันธุ์เหล็ก	ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ร่วมวิจัย	: นางสาวยุภามาณี ยางจ้าน	ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สนับสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทคัดย่อ

190954

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาอิฐมวลเบาเพื่อลดความร้อนเข้าสู่ตัวบ้าน โดยการนำ PCM มาเป็นส่วนประกอบ ซึ่ง PCM จะทำหน้าที่สะสมความร้อน/หน่วงความร้อนในเวลากลางวัน และคายความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมในเวลากลางคืน โดยแบ่งรูปแบบอิฐมวลเบาที่ขนาดความหนา 10 เซนติเมตร ออกเป็น 3 แบบ คือ size 3-7 size 5-5 และ size 7-3 ประกอบด้วย อิฐมวลเบา 2 ชั้น ตรงกลางใส่ PCM ที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านนอก 3.0 5.0 และ 7.0 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยผสม PCM เข้ากับปูนก่อในสัดส่วน 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซนต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ มอก. 1505 - 2541 เพื่อคัดเลือกสัดส่วนที่เหมาะสม หลังจากนั้นผลิตอิฐมวลเบาที่มีส่วนผสมของ PCM เพื่อทำการทดสอบในสภาวะภูมิอากาศจริงของประเทศไทย เปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นในบ้านทดสอบเพื่อให้ได้วัสดุประกอบอาคารที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย

การทดสอบสมบัติทางกายภาพ พบว่า ค่าต้านทานแรงอัดแปรผกผันกับปริมาณ PCM ที่เพิ่มขึ้น โดยเมื่ออัตราส่วนผสมของ PCM เพิ่มมากขึ้นทำให้ค่าต้านทานแรงอัดมีค่าลดลง และสัดส่วนที่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คือ 2.5 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) โดยมีค่ารับแรงอัดสูงสุด คือ size 3-7 มีค่า 4.91 N/mm^2 size 5-5 มีค่า 4.60 N/mm^2 และ size 7-3 มีค่า 4.70 N/mm^2

การทดสอบในสภาวะใช้งานจริง พบว่า ในช่วงเวลากลางวันสภาวะอากาศแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้น อิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ช่วยดูดซับความร้อน และช่วงกลางคืนสภาวะอากาศสิ่งแวดล้อมมีค่าลดลง อิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีการคายความร้อนที่สะสมในตอนกลางวันออกในเวลากลางคืนสู่ทั้งสภาวะอากาศภายนอกและภายในเท่ากับปริมาณที่ดูดซับไว้ ซึ่งทำให้อุณหภูมิภายในบ้านทดลองของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีค่าสูงกว่าอิฐมวลเบา ในส่วนของความชื้นสัมบูรณ์ภายในบ้านทดสอบอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีค่าต่ำกว่า อิฐมวลเบา

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า บ้านที่สร้างจากผนังอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีภาระทำความเย็นลดลงประมาณ 16.83 % ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในรอบ 1 ปี ลดลง 2,376.24 บาท คิดเป็น 19.88 % และในส่วนของค่าวัสดุก่อสร้างในส่วนของผนังบ้านขนาด 400 ตารางเมตร พบว่า บ้านที่สร้างจากผนังอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีค่าวัสดุก่อสร้างสูงกว่าผนังอิฐมวลเบาประมาณ 4.07 %

ABSTRACT

190954

This investigation studies the possibility to used PCM with Light Weight Concrete to prevent the heat transfer to the building. Light Weight Concrete (LWC) divided into three types of size 3-7 size 5-5 size and 7-3, and consists double layer in the middle put on the PCM position away from the walls outside the 3.0 to 5.0 and 7.0 cm. Ratio 2.5 5.0 7.5 and 10.0 percent (by weight). Purpose of testing the physical properties of TIS 1505-2541 and selecting the right proportion. Then to build a cubicle and test the actual used in the climate of Thailand.

The result of physical properties showed that the appropriate proportion is 2.5 percent (by weight). As the good properties of the industry standard TIS 1505-2541, thus volume density is between 0.61 – 0.64 g/cm^3, flexural strength averaged between 20.04 – 25.90 kg/cm^2, water absorption was about 0.39 g/cm^3 and compressive strength were size 3-7 value 4.91 N/mm^2, size 5-5 value 4.60 N/mm^2 and size 7-3 value 4.70 N/mm^2

The result of the actual used in the climate of Thailand showed that thermal conductivity of LWC G4 is higher than LWC+PCM. Considering the cubicles, when the weather is getting warmer the PCM is melting and the maximum peak temperatures are reduced in the LWC+PCM cubicle, and the weather is getting cooler during the day, the cubicles with PCM present better temperature stability. LWC+PCM cubicle is the one with the lowest absolute humidity while the LWC G4 cubicle.

The result of Economic analysis showed that cooling load of LWC+PCM reduced 16.83 %. The cost of electricity lower 2,376.24 Baht amount 19.88%. The construction of the wall the size of 400 square meters were constructed of LWC+PCM is higher than LWC G4 about 4.07%.

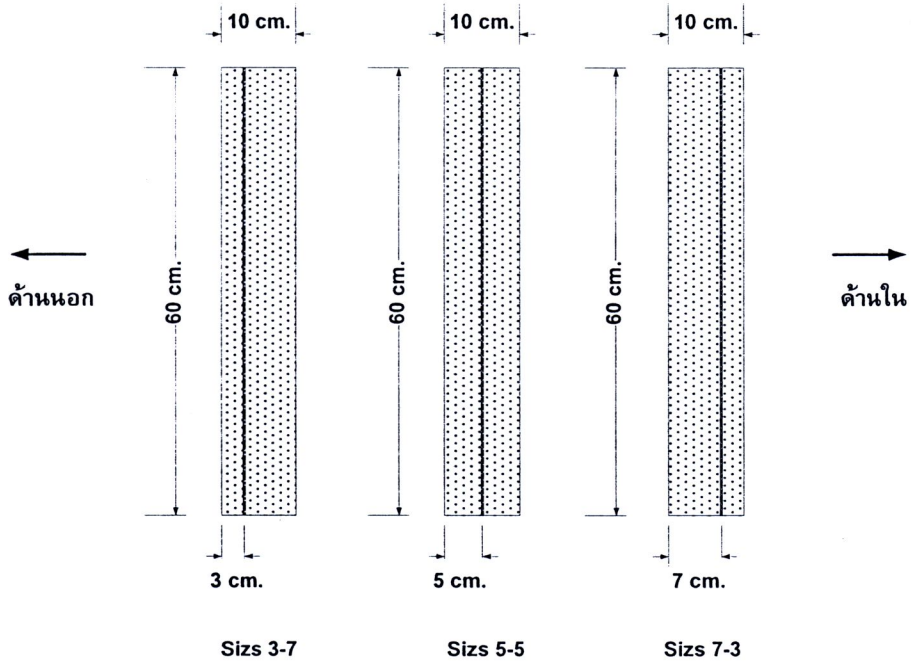
สรุปสำหรับผู้บริหาร

ผนังอาคารเป็นส่วนหนึ่งที่มีการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารมากที่สุด ถ้าหากเลือกใช้วัสดุที่สามารถป้องกันความร้อนได้ดี ผู้อยู่อาศัยภายในอาคารก็จะอยู่ในสภาวะสบายได้ตลอด เมื่อมีการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ มาวิเคราะห์แล้ว พบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ภายในอาคารที่พักอาศัยถูกใช้ในระบบปรับอากาศเป็นส่วนใหญ่ และมีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศสูงถึง 50-70 % หากมีการป้องกันในขั้นต้นอย่างเหมาะสมแล้ว จะช่วยลดภาระการทำความเย็นในระบบปรับอากาศลงได้ การเลือกใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะ (Phase Change Material หรือ PCM) ในการลดอุณหภูมิภายในอาคารหรือดูดซับความร้อนในผนังอาคารเพื่อป้องกันความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคารเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ โดยวัสดุเปลี่ยนสถานะ ถูกนำมาศึกษาและใช้งานเพื่อควบคุมการถ่ายเทความร้อนในงานวิศวกรรมหลายด้านนอกเหนือจากการใช้ควบคุมความร้อนภายในอาคาร เช่น การใช้งานในระบบน้ำร้อน การใช้งานในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษา PCM ร่วมกับอิฐมวลเบาแบบอบไอน้ำชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 โดยพัฒนาอิฐมวลเบาแบบอบไอน้ำโดยใช้ PCM เป็นส่วนประกอบ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกคือ การพัฒนาอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM โดยนำ PCM ผสมปูนก่อในสัดส่วน 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) มาใช้ในกระบวนการผลิตอิฐมวลเบาและทดสอบสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ มอก. 1505 - 2541 เพื่อวิเคราะห์หาสัดส่วน PCM ที่เหมาะสม ส่วนที่สองผลิตอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM สัดส่วนที่เหมาะสม หลังจากนั้นทำการสร้างบ้านจำลองเพื่อทดสอบการใช้งานในสภาวะภูมิอากาศของไทย เพื่อให้ได้วัสดุประกอบอาคารที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย รวมถึงศึกษาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาตร์

ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. อิฐมวลเบาแบบอบไอน้ำชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 ขนาด 20 X 60 X 10 เซนติเมตร
2. ศึกษาวิธีการนำ PCM ชนิด S32 มาใช้งานร่วมกับผนังคอนกรีตมวลเบา
3. พัฒนาผนังอิฐมวลเบาโดยใช้สารเปลี่ยนสถานะเป็นส่วนประกอบเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมโดยการสร้างผนัง 3 รูปแบบ ดังต่อไปนี้



ภาพ 1 ตำแหน่งการติดตั้ง PCM ในการทดสอบ

3.1 size 3-7 ประกอบด้วย อิฐมวลเบา 2 ชั้น ตรงกลางใส่ PCM ชนิด S32 ผสมกับปูนก่อในสัดส่วน 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านนอก 3.0 เซนติเมตร และผนังด้านใน 7.0 เซนติเมตร ตามลำดับ

3.2 size 5-5 ประกอบด้วย อิฐมวลเบา 2 ชั้น ตรงกลางใส่ PCM ชนิด S32 ผสมกับปูนก่อในสัดส่วน 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านนอก 5.0 เซนติเมตร และผนังด้านใน 5.0 เซนติเมตร ตามลำดับ

3.3 size 7-3 ประกอบด้วย อิฐมวลเบา 2 ชั้น ตรงกลางใส่ PCM ชนิด S32 ผสมกับปูนก่อในสัดส่วน 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านนอก 7.0 เซนติเมตร และผนังด้านใน 3.0 เซนติเมตร ตามลำดับ

4. ทดสอบสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ มอก. 1505 2541

4.1 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร (Compressive Density)

4.2 ค่าต้านทานแรงอัด (Compressive strength)

4.3 ค่าต้านทานแรงดัด (Flexural strength)

4.4 ค่าการดูดกลืนน้ำ (Absorption water)

5. วิเคราะห์สัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ PCM ร่วมกับผนังอิฐมวลเบาและประเมินความเป็นไปได้ในการใช้ PCM เป็นส่วนประกอบในการผลิตผนังหลายชั้นควบคู่กับอิฐมวลเบา

6. ทำการทดสอบในสภาวะการจำลองภูมิอากาศ

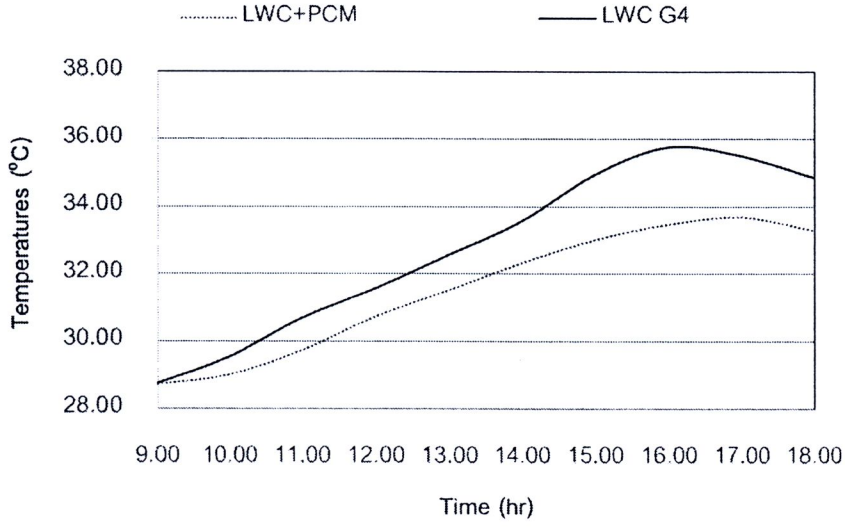
8. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในส่วนของต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้นและพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ในการนำ PCM มาใช้งานร่วมกับผนังคอนกรีตมวลเบาเปรียบเทียบกับบ้านที่สร้างด้วยอิฐมวลเบา

เงื่อนไขที่ใช้ในการคำนวณ

การศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของอิฐมวลเบาที่พัฒนาขึ้นโดยใช้สารเปลี่ยนสถานะ มีความจำเป็นต้องศึกษาต้นทุนวัตถุดิบของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอิฐมวลเบา G4 ทั่วไปกับอิฐมวลเบาที่พัฒนาโดยใช้สารเปลี่ยนสถานะ ซึ่งสามารถนำมาผลิตเชิงพาณิชย์ได้ โดยคำนวณจากบ้านอยู่อาศัย 2 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 294 ตารางเมตร 3 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ 1 ห้องรับแขก 1 ห้องครัว และ 1 โรงจอดรถ มีพื้นที่ผนัง 400 ตารางเมตร และทำการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. ต้นทุนการผลิตอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM

2. การใช้พลังงานไฟฟ้า วิเคราะห์ภาระการทำความเย็นจากอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงตั้งแต่ช่วงเวลา 9.00-19.00 น. รวมทั้งหมด 10 ชั่วโมง (ภาพ 2)



ภาพ 2 อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมง

บทสรุป

1. สมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM

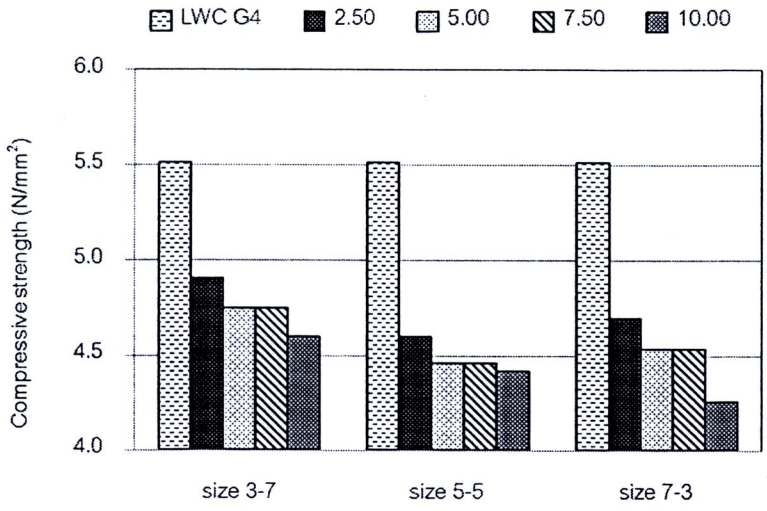
การผลิตอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ได้ศึกษาการทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM พบว่า ค่าต้านทานแรงอัดและค่าต้านทานแรงดัดแปรผกผันกับปริมาณ PCM ที่เพิ่มขึ้น โดยเมื่ออัตราส่วนผสมของ PCM เพิ่มมากขึ้นทำให้ค่าต้านทานแรงอัดและค่าต้านทานแรงดัดมีค่าลดลง เมื่อพิจารณาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ มอก.1505-2541 พบว่า สัดส่วนที่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คือ 2.5 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) โดยมีค่าต้านทานแรงอัดสูงสุด คือ size 3-7 มีค่า 4.91 N/mm^2 size 5-5 มีค่า 4.60 N/mm^2 และ size 7-3 มีค่า 4.70 N/mm^2

ตาราง 1 ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร (แห้ง)

PCM	ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร(แห้ง)				มาตรฐาน
	ร้อยละโดยน้ำหนัก (%)	size 3-7	size 5-5	size 7-3	0.61-0.70 kg/dm^2
S32	2.5	0.62	0.62	0.62	√
	5.0	0.62	0.64	0.64	√
	7.5	0.63	0.63	0.62	√
	10.0	0.64	0.63	0.63	√

ตาราง 2 ค่าต้านทานแรงดัด

PCM	ร้อยละโดยน้ำหนัก (%)	ค่าการรับแรงดัด "ผ่านการอบ"			มาตรฐาน
		size 3-7	size 5-5	size 7-3	30-40 % ของค่าการรับแรงอัด
S32	2.5	22.62	20.52	20.04	√
	5.0	20.80	20.14	20.21	√
	7.5	21.71	21.34	22.41	√
	10.0	24.12	24.30	24.99	√



ภาพ 3 ค่าต้านทานแรงอัดของ S32 แบบผ่านการอบ

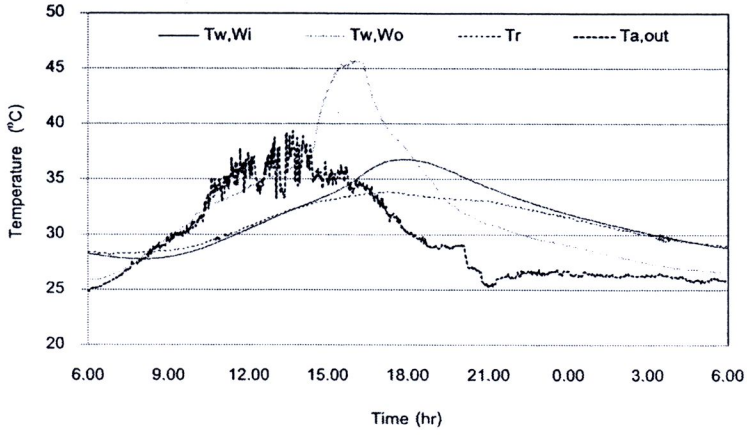
ตาราง 3 อัตราการดูดกลืนน้ำ

PCM	ร้อยละโดยน้ำหนัก (%)	อัตราการดูดกลืนน้ำ			มาตรฐาน
		size 3-7	size 5-5	size 7-3	ไม่เกิน 0.50
S32	2.5	0.39	0.40	0.39	√
	5.0	0.39	0.36	0.39	√
	7.5	0.37	0.40	0.41	√
	10.0	0.39	0.39	0.39	√

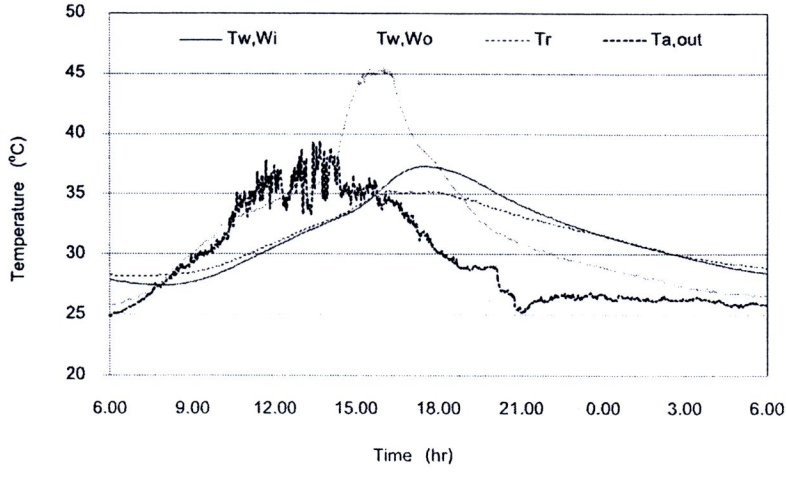
นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบการหน่วงความร้อนของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM พบว่า ขนาด size 3-7 มีความแตกต่างของอุณหภูมิผนังด้านนอกและด้านใน และความแตกต่างของอุณหภูมิผนังด้านนอกและภายในห้องมากกว่า size 5-5 และ size 7-3 ตามลำดับ เนื่องจากชั้นของปูนก่อผสมกับ PCM มีความหนาแน่นสูงกว่าชั้นของอิฐมวลเบา และอยู่ใกล้แหล่งความร้อนมากกว่าจึงทำหน้าที่ดูดซับความร้อนไว้ส่วนหนึ่ง และความร้อนส่วนที่เหลือถูกถ่ายเทเข้ามาในชั้นของอิฐมวลเบาที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านในเท่ากับ 7.0 เซนติเมตร ซึ่งช่วยป้องกันความร้อนได้มากกว่าตำแหน่งห่างจากผนังด้านใน 5.0 และ 3.0 เซนติเมตร

2. สภาวะใช้งานจริงในฤดูร้อนและจำลองสภาวะภูมิอากาศในฤดูฝน

การทดสอบในสภาวะการใช้งานจริงในบ้านทดสอบทั้งหมด 2 หลัง ประกอบด้วย อิฐมวลเบา และอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM การเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ฤดูร้อนและฤดูฝน (จำลองสเปย์น้ำโดยใช้ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30-35 มิลลิเมตร ในช่วงกลางวันตั้งแต่เวลา 6.00 18.00 น. รวม 12 ชั่วโมง) โดยทำการทดสอบตั้งแต่เวลา 6.00-6.00 น. ของวันถัดไป

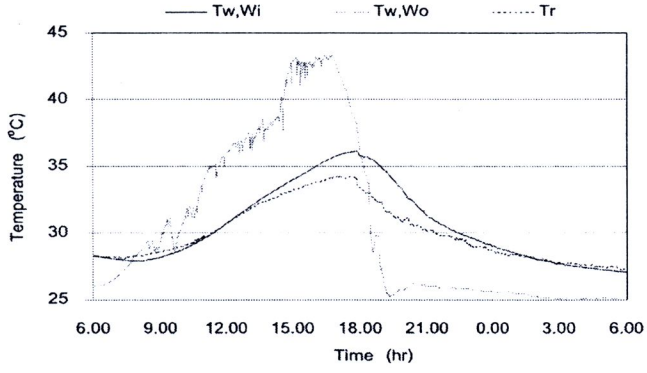


ภาพ 4 อุณหภูมิของบ้านอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM วันที่ 22 พ.ค. 2554 (ฤดูร้อน)

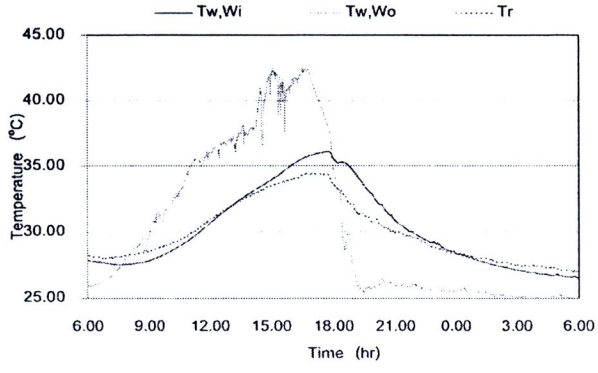


ภาพ 5 อุณหภูมิของบ้านอิฐมวลเบา วันที่ 22 พ.ค. 2554 (ฤดูร้อน)

การทดสอบฤดูร้อน ระหว่างวันที่ 21-23 พฤษภาคม 2554 ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 537.89 วัตต์ต่อตารางเมตร และอุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยตลอดทั้งวัน 30.26 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลากลางวันสภาวะอากาศสิ่งแวดล้อมอุณหภูมิจะมีค่าผันแปรขึ้นลงระหว่าง 34-40 องศาเซลเซียส อิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีการป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ตัวบ้านได้ดี ส่งผลให้อุณหภูมิภายในบ้านทดสอบต่ำกว่าอิฐมวลเบาประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังภายในและภายนอกพบว่า อิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีความแตกต่าง 8-9 องศาเซลเซียส และอิฐมวลเบามีความแตกต่าง 7-8 องศาเซลเซียส ส่วนในช่วงกลางคืนสภาวะอากาศสิ่งแวดล้อมมีค่าลดลง โดยอุณหภูมิต่ำสุดในรอบวันอยู่ระหว่าง 25-27 องศาเซลเซียส ทำให้ อิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีการคายความร้อนที่สะสมในตอนกลางวันออกในเวลากลางคืนสู่ทั้งสภาวะอากาศภายนอกและภายในเท่ากับปริมาณที่ดูดซับไว้ ซึ่งทำให้อุณหภูมิของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีค่าสูงกว่าอิฐมวลเบา (ภาพ 4-5)

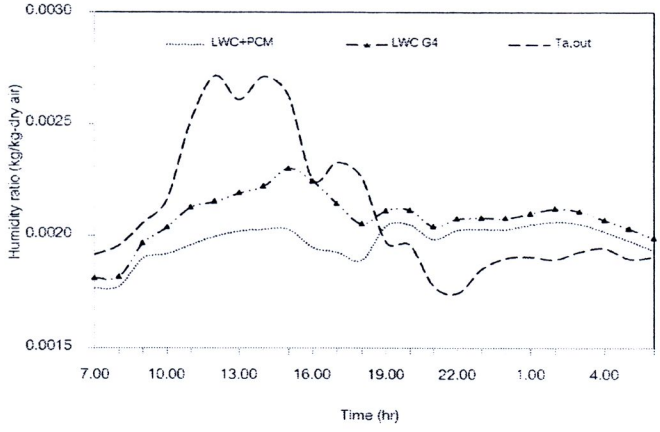


ภาพ 6 อุณหภูมิของบ้านอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM วันที่ 28 พ.ค. 2554 (ฤดูฝน)



ภาพ 7 อุณหภูมิของบ้านอิฐมวลเบา วันที่ 28 พ.ค. 2554

การทดสอบฤดูฝน (จำลอง) ระหว่างวันที่ 26-28 พ.ค. 2554 อุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยตลอดทั้งวัน 27.07 องศาเซลเซียส ช่วงกลางวันสภาวะอากาศภายนอกมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิภายในบ้านอิฐมวลเบามีค่าสูงกว่าอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังภายในและภายนอกพบว่า อิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีความแตกต่าง 7-8 องศาเซลเซียส และอิฐมวลเบามีความแตกต่าง 6-7 องศาเซลเซียส และในช่วงกลางคืนสภาวะอากาศสิ่งแวดล้อมมีค่าลดลงทำให้อุณหภูมิภายในบ้านลดลงโดยอุณหภูมิภายในของอิฐมวลเบาต่ำกว่าอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ในส่วนของความชื้นสัมบูรณ์ภายในบ้านทดสอบอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีค่าต่ำกว่าอิฐมวลเบา และอากาศแวดล้อม ส่งผลให้บ้านทดสอบอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศน้อยลงไปด้วย ส่วนในช่วงเวลากลางคืนความชื้นสัมบูรณ์ของบ้านทดสอบทั้ง 2 หลัง และอากาศแวดล้อมมีค่าใกล้เคียงกัน (ภาพ 6-7)



ภาพ 8 ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศภายในบ้านและอากาศแวดล้อม

3. ความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์

บ้านที่สร้างจากผนังอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีภาระทำความเย็นลดลงประมาณ 16.83 % ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในรอบ 1 ปี ลดลง 2,376.24 บาท คิดเป็น 19.88 % และในส่วนของค่าวัสดุก่อสร้างในส่วนของผนังบ้านขนาด 400 ตารางเมตร พบว่า บ้านที่สร้างจากผนังอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีค่าวัสดุก่อสร้างสูงกว่าผนังอิฐมวลเบาประมาณ 4.07 %

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
	ขอบเขตของงานวิจัย	2
	นิยามศัพท์เฉพาะ	3
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	4
	ภาวะความสบายเชิงความร้อน	5
	การป้องกันความร้อนให้กับเปลือกอาคาร	7
	สารเปลี่ยนสถานะ	9
	การประยุกต์ใช้งานสารเปลี่ยนสถานะ	11
	ทฤษฎีแรงอัด (Compressive Strength)	15
	ทฤษฎีแรงดัด (Flexural Strength)	16
	การดูดกลืนน้ำ	17
	ความหนาแน่นเชิงปริมาตร	18
	ความพรุน (Porosity)	18
	อิฐมวลเบา	19
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	27
	การพัฒนาสารเปลี่ยนสถานะร่วมกับผนังอิฐมวลเบา	28
	การทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM	32
	การทดสอบการหน่วงความร้อนของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM	33
	บ้านทดสอบ	34
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	35
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	38
4	**ผลการวิจัย**	43
	ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 1505-2541	60
	ผลทดสอบการหน่วงความร้อนของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM	46
	ผลการทดสอบในสภาวะการใช้งานจริง	50
	ความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์	58
5	**บทสรุป**	63
	สมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM	63
	สภาวะใช้งานจริงในฤดูร้อนและจำลองสภาวะภูมิอากาศในฤดูฝน	64
	ความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์	65
	ข้อเสนอแนะ	65
บรรณานุกรม		66
ภาคผนวก		69

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1 ชั้นคุณภาพของอิฐมวลเบาตาม มอก.1505-2541 21
2 ปริมาตรของผนัง PCM ใน 1 ก้อน ขนาด 60 x 20 x 10 เซนติเมตร 32
3 ตำแหน่งการตรวจวัดที่บ้านทดสอบ 37
4 ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร (แห้ง) 44
5 ค่าต้านทานแรงดัด 45
6 อัตราการดูดกลืนน้ำ 46
7 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน 61
8 สรุปภาระการทำความเย็น 61
9 ค่าวัสดุก่อสร้างในส่วนของผนังบ้าน 62

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	สัดส่วนการใช้พลังงานในภาคที่อยู่อาศัย	4
2	การป้องกันและลดความร้อนเข้าสู่อาคาร	5
3	ปัจจัยพื้นฐานในการพิจารณาเพื่อให้เกิดสภาวะความสบายแก่อาคาร	6
4	ระดับความเป็นฉนวนกับค่าความต้านทานความร้อน	8
5	หลักการทำงานของสารเปลี่ยนสถานะ	10
6	การประยุกต์ใช้ PCM ในอาคาร	11
7	การนำแผ่น PCM มาใช้ในโครงสร้างอาคาร	11
8	การประยุกต์ใช้งานในระบบ passive cooling	12
9	การนำ PCM มาใช้ในระบบขนส่งสินค้าเพื่อรักษาอุณหภูมิ	12
10	การนำ PCM มาใช้ในการเก็บรักษาอุณหภูมิของยารักษาโรค	13
11	การนำ PCM มาใช้รักษาอุณหภูมิของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบโทรคมนาคม	13
12	การนำมาใช้ลดอุณหภูมิของแบตเตอรี่	14
13	การนำมาใช้ในที่พักเพื่อควบอุณหภูมิในเขตอากาศร้อน	14
14	การนำมาใช้งานในระบบแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อลดอุณหภูมิ	14
15	การนำมาใช้งานในระบบผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้ในอาคาร	15
16	ลักษณะแรงต้านต่อการแตกด้านข้าง	16
17	การทดสอบแรงดัด	17
18	ความพรุนของอิฐมวลเบาในรูปแบบต่างๆ	18
19	คอนกรีตมวลเบาและลักษณะการใช้งาน	19
20	แม่พิมพ์อิฐมวลเบา	22
21	การบ่มเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาของฟองอากาศในอิฐมวลเบา	22
22	การตัดตามขนาดอิฐมวลเบา	23
23	การอบอิฐมวลเบาด้วยไอน้ำ	23
24	การประยุกต์ใช้ PCM	25
25	ระบบตำแหน่งการทำงานของ PCM	26
26	ตำแหน่งการติดตั้ง PCM ในการทดสอบ	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

27 รูปแบบผนังอิฐมวลเบา (3-7 PCM อยู่ผนังด้านนอก) 29
28 รูปแบบผนังอิฐมวลเบา (5-5 PCM อยู่ผนังด้านนอก)..... 30
29 รูปแบบผนังอิฐมวลเบา (7-3 PCM อยู่ผนังด้านนอก) 31
30 ขั้นตอนการทดสอบสมบัติทางกายภาพ..... 33
31 ตำแหน่งทดสอบการหน่วงความร้อน..... 34
32 แบบบ้านทดสอบ..... 35
33 ตำแหน่งการตรวจวัดที่บ้านทดสอบ..... 36
34 สายเทอร์โมคัปเปิ้ลแบบเค..... 38
35 เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ..... 38
36 เครื่องวัดความเร็วลม..... 39
37 เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน..... 39
38 เครื่องวัดอุณภูมิและความชื้นอากาศแวดล้อม..... 39
39 ไพรานอมิเตอร์..... 40
40 เครื่องที่ใช้ในการตัดขนาดของอิฐมวลเบาที่ใช้ในการทดสอบต่างๆ..... 40
41 การวัดโดยเวอร์เนียร์..... 41
42 ตู้อบความร้อนใช้ในการอบอิฐมวลเบาตัวอย่างที่ทดสอบ..... 41
43 การชั่งน้ำหนักของอิฐมวลเบา..... 41
44 เครื่องที่ใช้ในการทดสอบแรงอัด..... 42
45 เครื่องที่ใช้ในการทดสอบแรงดัด..... 42
46 ค่าต้านทานแรงอัดของ S32 แบบผ่านการอบ..... 45
47 ความแตกต่างของอุณหภูมิผนังด้านนอกและด้านในของ S32..... 47
48 ความแตกต่างของอุณหภูมิผนังด้านนอกและภายในห้องของ S32..... 47
49 การหน่วงความร้อนอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ชนิดS32 ปรับความร้อน อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ของ size 3-7..... 48
50 การหน่วงความร้อนอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ชนิดS32 ปรับความร้อน อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ของ size 3-7..... 49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

51 การหน่วงความร้อนอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ชนิดS32 ปรับความร้อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ของ size 3-7 49
52 สภาวะอากาศสิ่งแวดล้อมภายนอก วันที่ 21-23 พ.ค. 2554 50
53 สภาวะอากาศภายในบ้านทดสอบ วันที่ 22 พ.ค. 2554 51
54 อุณหภูมิของบ้านอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM วันที่ 22 พ.ค. 2554 52
55 อุณหภูมิของบ้านอิฐมวลเบา วันที่ 22 พ.ค. 2554 53
56 สภาวะอากาศสิ่งแวดล้อมภายนอก วันที่ 26-28 พ.ค. 2554 54
57 สภาวะอากาศภายในบ้านทดสอบ วันที่ 28 พ.ค. 2554 55
58 อุณหภูมิของบ้านอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM วันที่ 28 พ.ค. 2554 56
59 อุณหภูมิของบ้านอิฐมวลเบา วันที่ 28 พ.ค. 2554 57
60 ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศภายในบ้านและอากาศแวดล้อม 58
61 บ้านตัวอย่างที่ใช้ในการคำนวณ 59
62 แบบแปลนบ้านชั้นที่ 1 59
63 แบบแปลนบ้านชั้นที่ 2 60
64 อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมง 60