บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยสำหรับพัฒนาผนังอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM เพื่อป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ตัวบ้าน โดยแบ่งผลการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย

1. ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1505-2541 โดยทำการทดสอบสมบัติ คือ ความหนาแน่นแห้งเชิงปริมาตร ค่าต้านทานแรงอัด ค่าต้านทานแรงดัด และอัตราการดูดกลืนน้ำ
2. ผลการทดสอบการหน่วงความร้อนของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM
3. ผลการทดสอบบ้านจำลองใช้งานจริงในฤดูร้อนและจำลองสภาวะภูมิอากาศในฤดูฝน
4. ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 1505-2541

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ได้แก่ ความหนาแน่นแห้งเชิงปริมาตร ค่าต้านทานแรงอัด ค่าต้านทานแรงดัด และอัตราการดูดกลืนน้ำ เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของ PCM ที่ส่งผลให้อิฐมวลเบามีส่วนประกอบของ PCM มีสมบัติที่ดีตามมาตรฐานของอุตสาหกรรม มอก.1505-2541 ผลการทดสอบแสดงดังต่อไปนี้

1. ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร (Density)

ผลการทดสอบความหนาแน่นเชิงปริมาตร พบว่าอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM (LWC+PCM) มีค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรอยู่ระหว่าง 0.62-0.64 kg/dm^2 ดังตาราง 8 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.61-0.70 kg/dm^2 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541) ดังนั้น ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ทุกสัดส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ตาราง 4 ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร (แห้ง)

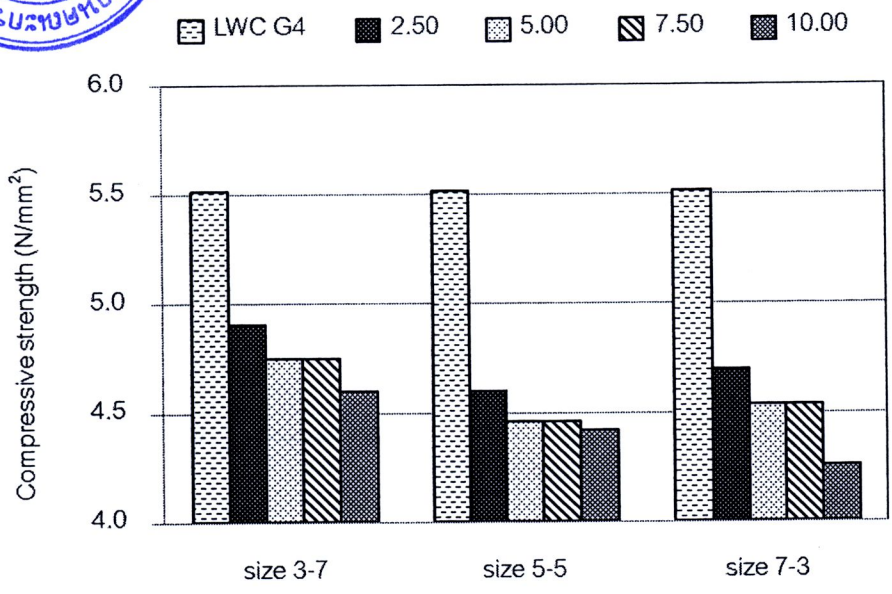
PCM	ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร(แห้ง)				มาตรฐาน
	ร้อยละโดยน้ำหนัก (%)	size 3-7	size 5-5	size 7-3	0.61-0.70 kg/dm^2
S32	2.5	0.62	0.62	0.62	√
	5.0	0.62	0.64	0.64	√
	7.5	0.63	0.63	0.62	√
	10.0	0.64	0.63	0.63	√

2. ค่าต้านทานแรงอัด (Compressive strength)

ผลการทดสอบค่าต้านทานแรงอัดของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM (LWC+PCM) พบว่า สัดส่วนที่เหมาะสมคือ 2.5 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 46) มีค่ารับแรงอัดสูงสุด 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 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมค่ารับแรงอัดตามมาตรฐานต่ำสุดอยู่ที่ 4 N/mm^2 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5 N/mm^2 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541) พบว่าอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ผ่านเกณฑ์มาตรฐานในขณะที่อิฐมวลเบาชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 (LWC G4) ที่ผลิตได้มีค่าต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5.52 N/mm^2 ซึ่งมีค่าสูงกว่าอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM เนื่องจากอิฐมวลเบาชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 มีผลึกคริสตัลของแคลเซียมซิลิเกตที่เรียกว่า tobermerite จากเดิมมีโมเลกุลขนาด 65-90 ไมโครเมตร หลังจากผ่านการอบไอน้ำที่อุณหภูมิสูง 180 องศาเซลเซียส แรงดัน 12 บาร์ ทำให้มีโมเลกุลเล็กลงอยู่ในช่วง 0.95-1.1 นาโนเมตร (โยธิน อึ่งกูล, 2554)

3. ค่าต้านทานแรงดัด (Flexural strength)

ผลการทดสอบค่าต้านทานแรงดัดของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM พบว่า สัดส่วนที่มีค่าต้านทานแรงดัดสูงสุดคือ 10.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่ารับแรงดัดสูงสุด คือ size 3-7 มีค่า 24.12 kg/cm^2 size 5-5 มีค่า 24.30 kg/cm^2 และ size 7-3 มีค่า 24.99 kg/cm^2 ดังตาราง 5 ในขณะที่อิฐมวลเบาชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 มีค่ารับแรงดัดที่ 21.23 kg/cm2 ซึ่งสอดคล้องกับค่าการรับแรงอัด เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมการผลิตอิฐมวลเบาค่ารับแรงดัดตามมาตรฐานมีค่าเป็น 0.3-0.4 เท่าของค่าการรับแรงอัด หรือมีค่า 30-40 % ของค่าการรับแรงอัด พบว่าอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ทุกสัดส่วนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากมีค่ารับแรงดัดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 20.14 – 25.90 kg/cm^2 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541)



ภาพ 46 ค่าต้านทานแรงอัดของ S32 แบบผ่านการอบ

ตาราง 5 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	√

4. อัตราการดูดกลืนน้ำ (Water absorption)

ผลการทดสอบอัตราการดูดกลืนน้ำจากการนำอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM แช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า อิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีอัตราการดูดกลืนน้ำ เฉลี่ยที่ 0.39 g/cm^3 ซึ่งมีค่าการดูดกลืนน้ำไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมซึ่งต้องมีค่าไม่เกิน 0.50 g/cm^3 พบว่าผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม ดังตาราง 6

ดังนั้นสามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่าอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ที่สัดส่วน 2.5 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) มีสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 1505-2541 เนื่องจากมีความหนาแน่นเชิงปริมาตรอยู่ระหว่าง 0.62-0.63 kg/dm^2 ค่ารับแรงดัดและอัตราการดูดกลืนน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าการรับแรงอัดมีค่าสูงกว่าสัดส่วน 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 6 อัตราการดูดกลืนน้ำ

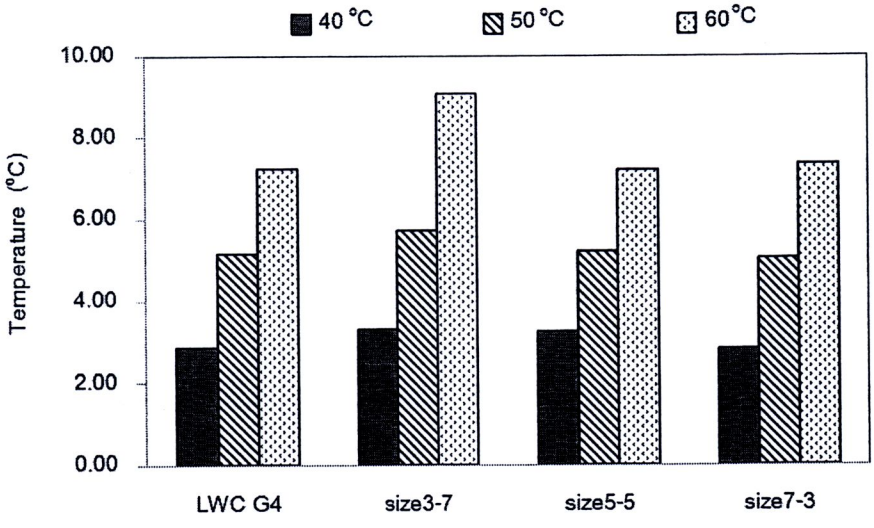
PCM	ร้อยละโดยน้ำหนัก (%)	อัตราการดูดกลืนน้ำ			มาตรฐาน
		size 3-7	size 5-5	size 7-3	ไม่เกิน 0.50
S32	2.5	0.39	0.40	0.39	√
	5.0	0.39	0.36	0.39	√
	7.5	0.37	0.40	0.41	√
	10.0	0.39	0.39	0.39	√

ผลทดสอบการหน่วงความร้อนของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM

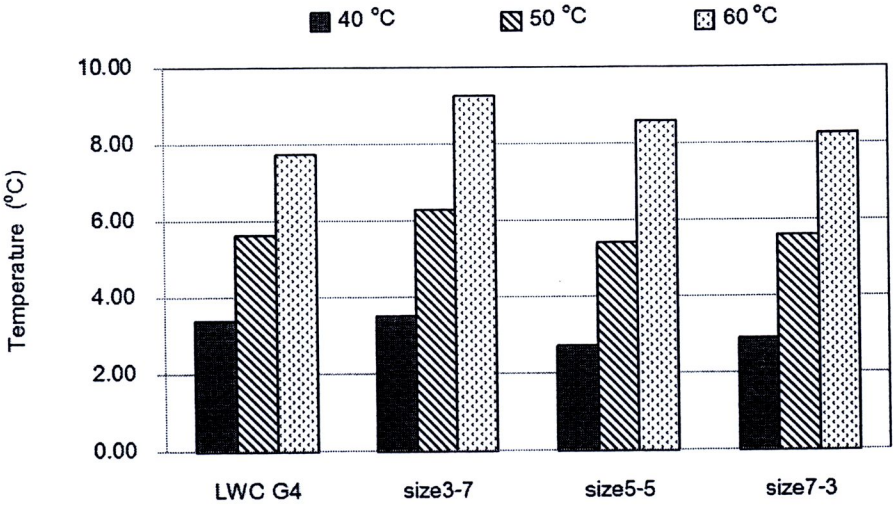
การทดสอบการหน่วงความร้อนของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM โดยใช้สารเปลี่ยนสถานะ ชนิด S32 ในสัดส่วน 2.5 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) จำนวน 3 รูปแบบ คือ size 3-7 size 5-5 และ size 7-3 โดยทำการปรับความร้อนของชุดให้ความร้อนที่ผนังด้านนอกของอิฐที่อุณหภูมิต่างๆ กัน คือ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาค่าการหน่วงความร้อนและหาตำแหน่งของ PCM ที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานจริง ผลการทดสอบแสดงดังต่อไปนี้

1. ค่าความร้อนของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ชนิด S32

ผลการทดสอบการหน่วงความร้อนของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะชนิด S32 พบว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิผนังด้านนอกและด้านในสูงสุดคือ size 3-7 ที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีค่า 3.30 5.71 และ 9.06 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพ 47)



ภาพ 47 ความแตกต่างของอุณหภูมิผนังด้านนอกและด้านในของ S32

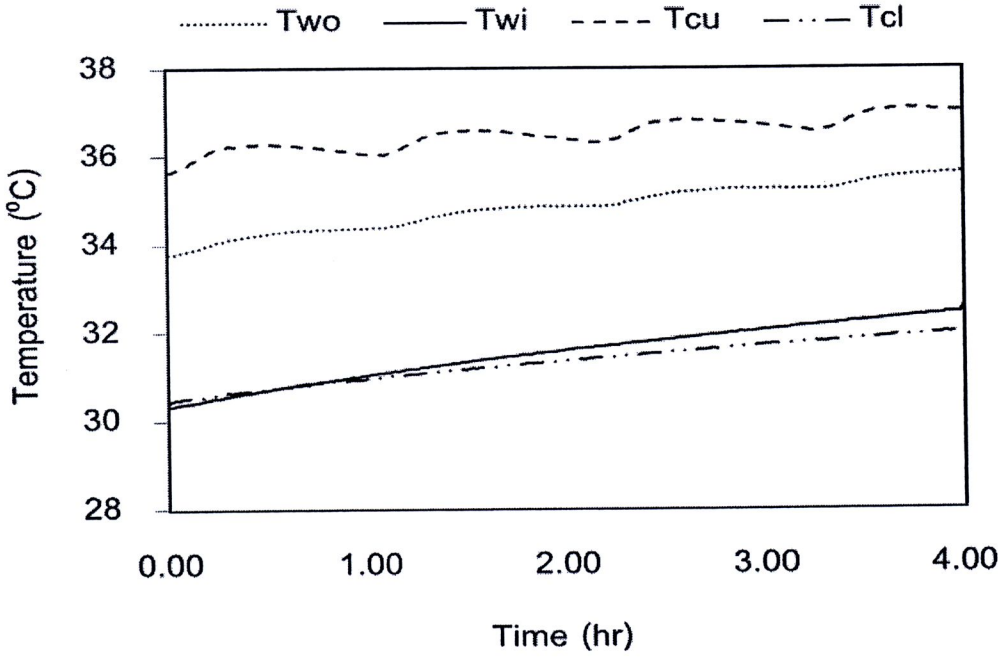


ภาพ 48 ความแตกต่างของอุณหภูมิผนังด้านนอกและภายในห้องของ S32

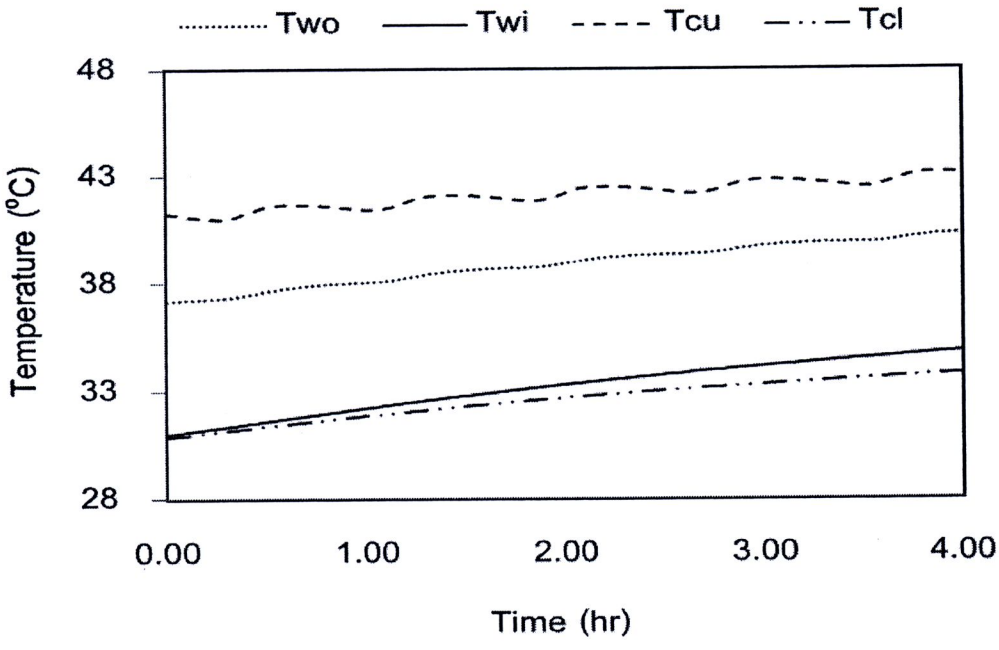
จากภาพ 48 พบว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิผนังด้านนอกและภายในห้องสูงสุดคือ size 3-7 ที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีค่า 3.51 6.31 และ 9.28 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

กล่าวโดยสรุปแล้ว การทดสอบการหน่วงความร้อนของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM พบว่า กรณี S32 size3-7 มีความแตกต่างของอุณหภูมิผนังด้านนอกและด้านใน และความ

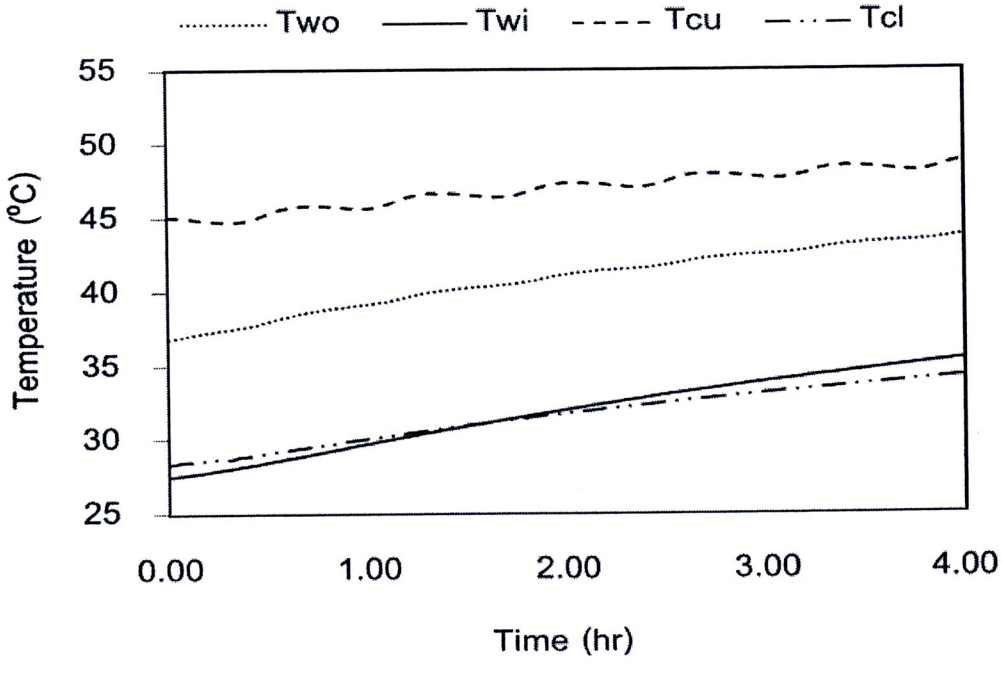
แตกต่างของอุณหภูมิผนังด้านนอกและภายในห้องมากกว่า size 5-5 size 7-3 และมีค่ามากกว่า S44 ที่ขนาด size 3-7 size 5-5 และ size 7-3 ตามลำดับ เนื่องจากชั้นของปูนก่อผสมกับ PCM มีความหนาแน่นสูงกว่าชั้นของอิฐมวลเบา และอยู่ใกล้แหล่งความร้อนมากกว่าจึงทำหน้าที่ดูดซับความร้อนไว้ส่วนหนึ่ง และความร้อนส่วนที่เหลือถูกถ่ายเทเข้ามาในชั้นของอิฐมวลเบาที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านในเท่ากับ 7.0 เซนติเมตร ซึ่งช่วยป้องกันความร้อนได้มากกว่าตำแหน่งห่างจากผนังด้านใน 5.0 และ 3.0 เซนติเมตร (ภาพ 49-51) นอกจากนี้แล้ว เอกชัย บุญสุวรรณ์ (2549) อธิบายไว้ว่า การศึกษาการกระจายและการหน่วงความร้อนอิฐมวลเบาที่มีความหนา 10 เซนติเมตร และสร้างเป็นผนัง 3 ชั้นที่มีความหนาแน่นต่างๆ กัน พบว่า ค่าความหนาแน่นของอิฐมวลเบาแปรผันกับการหน่วงความร้อนที่เกิดขึ้น และการวางตำแหน่งความหนาแน่นของอิฐมวลเบามีผลกับการหน่วงความร้อนที่เกิดขึ้น โดยอิฐมวลเบาความหนาแน่นสูงอยู่ตำแหน่งใกล้แหล่งความร้อน ทำให้อุณหภูมิภายในห้องทดลองต่ำกว่าห้องที่มีอิฐมวลเบาความหนาแน่นต่ำอยู่ตำแหน่งใกล้แหล่งความร้อน



ภาพ 49 การหน่วงความร้อนอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ปรับความร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ของ size 3-7



ภาพ 50 การหน่วงความร้อนอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ปรับความร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ของ size 3-7



ภาพ 51 การหน่วงความร้อนอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ปรับความร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ของ size 3-7

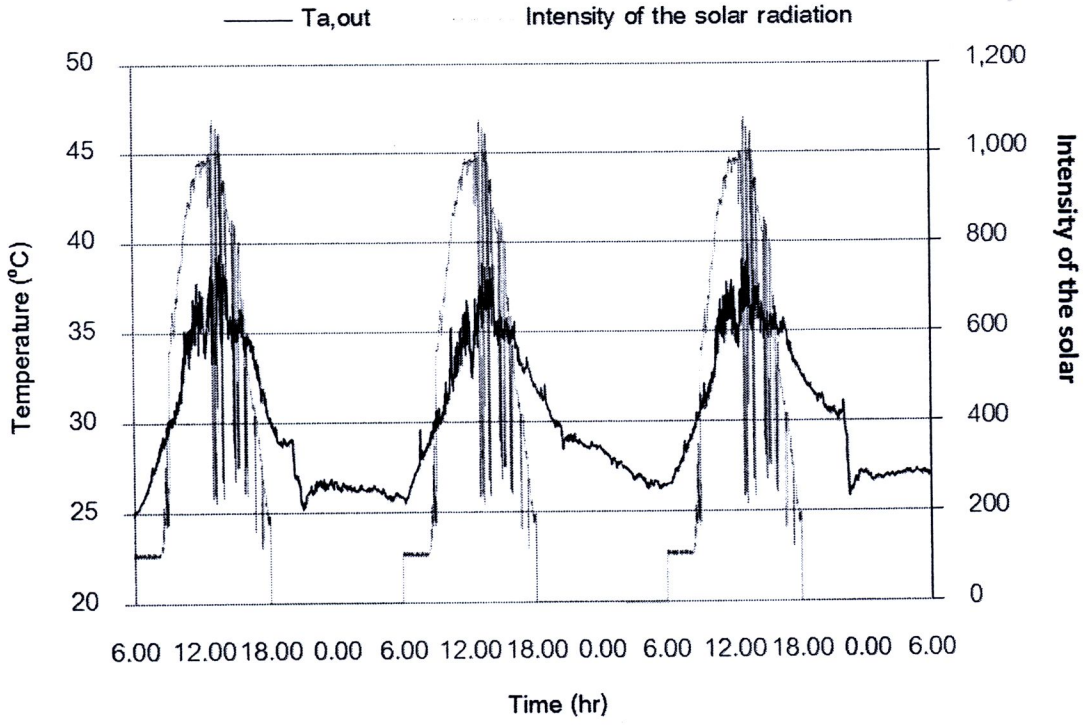
ผลการทดสอบในสภาวะการใช้งานจริง

การทดสอบสภาวะการใช้งานจริงในบ้านทดสอบทั้งหมด 2 หลัง โดยผนังบ้านทดสอบสร้างด้วยอิฐมวลเบาชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 (LWC G4) และอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM (LWC+PCM) การเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ฤดูร้อนและฤดูฝน (จำลองสเปย์น้ำตอนกลางวัน 12 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 6.00–18.00 น.) ทำการทดสอบและเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 6.00-6.00 น. ของวันถัดไป บันทึกข้อมูลทุกๆ 1 นาที ผลการทดสอบแสดงดังต่อไปนี้

1. ผลการทดสอบฤดูร้อน

1.1 สภาวะอากาศแวดล้อม

วันที่ทำการทดสอบคือ วันที่ 21-23 พ.ค. 2554 พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยตอนกลางวัน 1.08 เมตรต่อวินาที ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยตอนกลางวัน 537.89 วัตต์ต่อตารางเมตร และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมเฉลี่ย 30.26 องศาเซลเซียส



ภาพ 52 สภาวะอากาศแวดล้อม วันที่ 21-23 พ.ค. 2554

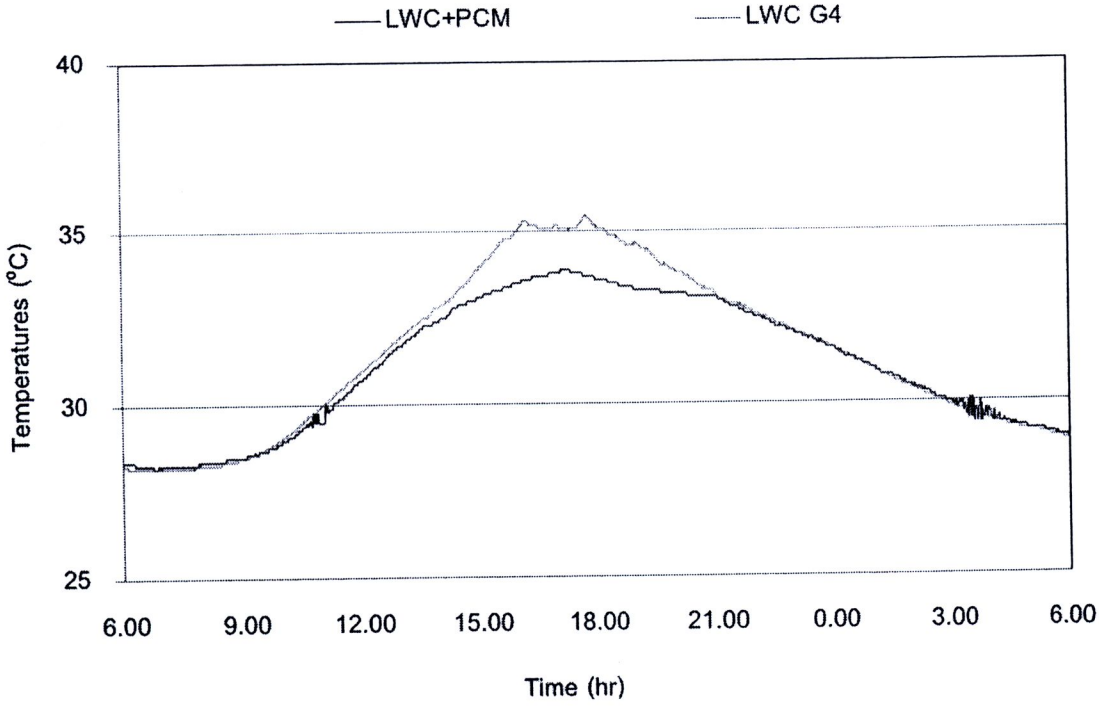
สภาวะอากาศแวดล้อมในช่วงเวลากลางวันตั้งแต่เวลา 6.00-18.00 น. พบว่า เวลา 6.00 น. อุณหภูมิเริ่มต้น 25-26 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป เวลา 10.30 น.อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นถึง 34 องศาเซลเซียส และช่วงเวลา 10.30-16.00 น. อุณหภูมิจะมีค่าผันแปรขึ้นลงระหว่าง 34-40

องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิสูงสุดในรอบวันอยู่ระหว่าง 38-40 องศาเซลเซียส และช่วงเวลา 16.00 น. อุณหภูมิมีค่าลดลง ส่วนสภาวะอากาศแวดล้อมในช่วงเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 18.00-06.00 น. พบว่าอุณหภูมิมีค่าลดลง โดยอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ระหว่าง 25-27 องศาเซลเซียส (ภาพ 52)

จากการทดลอง พบว่า อุณหภูมิอากาศแวดล้อมมีค่าผันแปรกับความเข้มแสงอาทิตย์ กล่าวคือช่วงเวลากลางวันตั้งแต่เวลา 6.00-18.00 น. ความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อความเข้มแสงอาทิตย์ลดลงแล้วอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมีค่าลดลงตามไปด้วย

1.2 สภาวะอากาศภายในบ้าน

สภาวะอากาศภายในบ้านทดสอบช่วงกลางวันตั้งแต่เวลา 6.00-18.00 น. พบว่า เวลา 6.00 น. อุณหภูมิเริ่มต้น 26-28 องศาเซลเซียส โดยบ้านทดสอบที่สร้างจากอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีอุณหภูมิสูงกว่าอิฐมวลเบา ช่วงเวลา 9.30-17.30 น. สภาวะอากาศภายนอกมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิภายในบ้านมีค่าเพิ่มขึ้น



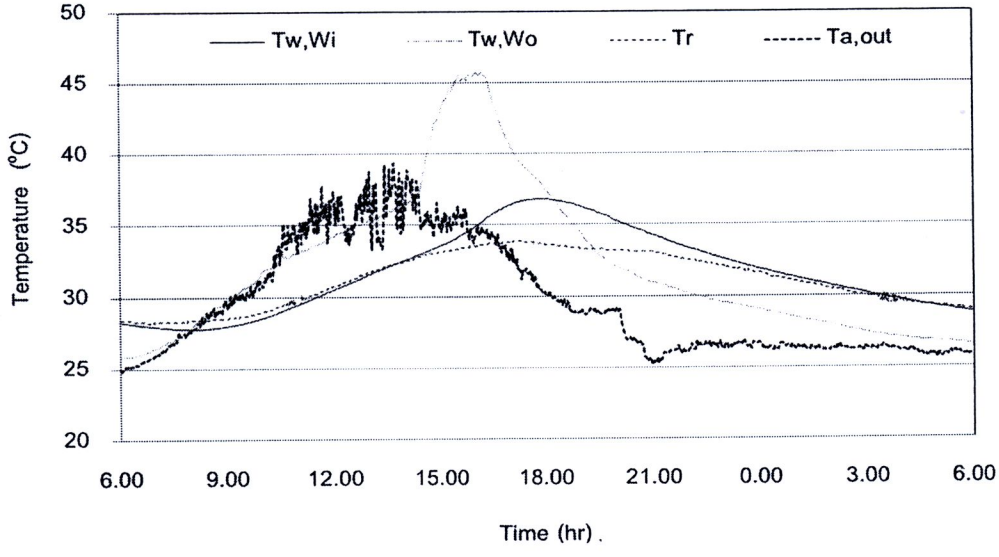
ภาพ 53 สภาวะอากาศภายในบ้านทดสอบ วันที่ 22 พ.ค. 2554

จากการทดลอง พบว่า อิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีการดูดซับความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ตัวบ้านทำให้มีอุณหภูมิสูงสุดในรอบวัน 33.5 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอิฐมวลเบา

คือ 35.5 องศาเซลเซียส และในช่วงเวลา 17.30-6.00 น. สภาวะอากาศภายนอกมีค่าลดลงทำให้อุณหภูมิภายในบ้านมีค่าลดลง ให้อิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีการคายความร้อนที่สะสมในตอนกลางวันออกในเวลากลางคืนสู่ทั้งสภาวะอากาศภายนอกและภายในเท่ากับปริมาณที่ดูดซับไว้ส่งผลให้อุณหภูมิของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีค่าสูงกว่าอิฐมวลเบา (ภาพ 53)

1.3 การสะสมและคายความร้อนของผนัง

การสะสมและคายความร้อนของผนังพิจารณาอุณหภูมิผนังด้านใน อุณหภูมิผนังด้านนอก และอุณหภูมิภายในบ้านทดสอบของบ้านอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM และอิฐมวลเบาดังนี้

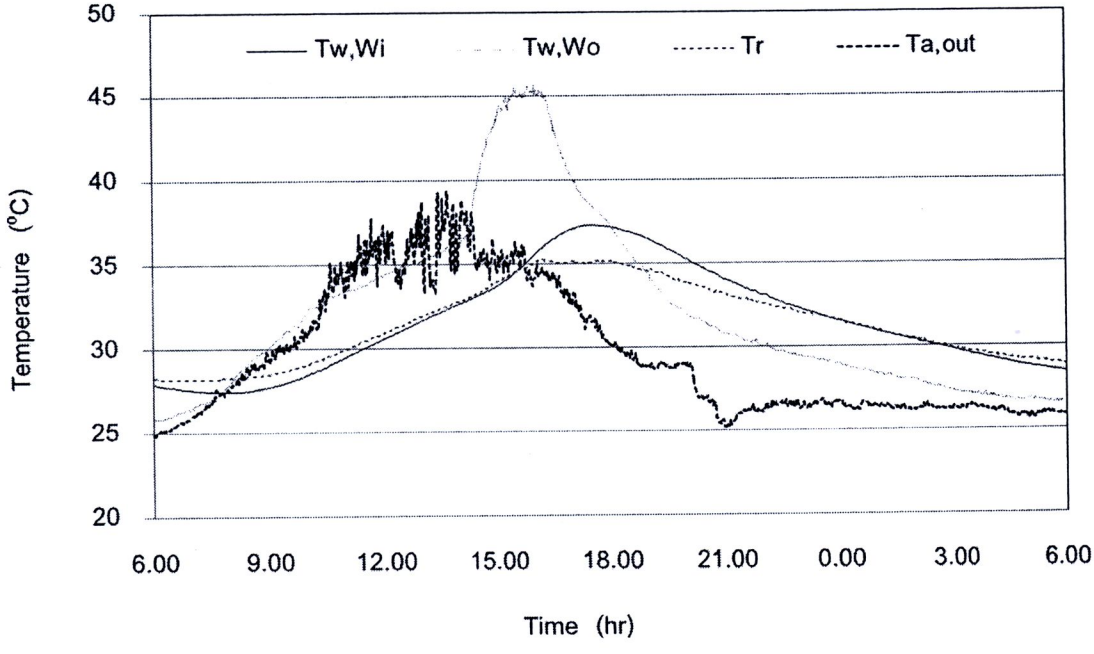


ภาพ 54 อุณหภูมิของบ้านอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM วันที่ 22 พ.ค. 2554

บ้านอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM พบว่าในช่วงเวลากลางวันตั้งแต่เวลา 06.00-18.00 น. อุณหภูมิภายในบ้านทดสอบเฉลี่ยที่ 30.86 องศาเซลเซียส สูงสุดคือ 33.90 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ผิวผนังด้านในทิศตะวันตกมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 31.14 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ผิวผนังด้านนอกทิศตะวันตกมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 34.68 องศาเซลเซียส ส่วนตอนกลางคืนตั้งแต่เวลา 18.00-06.00 น. พบว่าอุณหภูมิภายในบ้านทดสอบเฉลี่ยที่ 31.44 องศาเซลเซียส ต่ำสุดคือ 28.20 องศาเซลเซียส (ภาพ 54)

จากภาพ 54 จะเห็นว่าในช่วงเวลา 8.00-16.00 น. อุณหภูมิภายในบ้านทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิผนังด้านใน หลังจากนั้นแล้วเวลา 14.00-24.00 น. อุณหภูมิภายในบ้านมีค่าต่ำ

กว่าผนังด้านใน เนื่องจากในช่วงเช้าอากาศภายนอกเริ่มมีอุณหภูมิสูงขึ้น PCM เริ่มมีการดูดซับความร้อนไว้ทำให้อุณหภูมิภายในบ้านทดสอบมีค่าลดลง และในช่วงเย็นอากาศภายนอกมีค่าลดลงทำให้ PCM เริ่มมีการคายความร้อนออกมาทำให้อุณหภูมิภายในมีค่าใกล้เคียงกับผนังด้านในและผนังด้านนอก



ภาพ 55 อุณหภูมิของบ้านอิฐมวลเบา วันที่ 22 พ.ค. 2554

บ้านอิฐมวลเบา พบว่า ในช่วงเวลากลางวันตั้งแต่เวลา 06.00-18.00 น. อุณหภูมิภายในบ้านทดสอบเฉลี่ยที่ 31.31 องศาเซลเซียส สูงสุดคือ 35.50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ผิวผนังด้านในทิศตะวันตกมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 31.23 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ผิวผนังด้านนอกทิศตะวันตกมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 34.79 องศาเซลเซียส ส่วนตอนกลางคืนตั้งแต่เวลา 18.00-06.00 น. พบว่าอุณหภูมิภายในบ้านทดสอบเฉลี่ยที่ 31.66 องศาเซลเซียส ต่ำสุดคือ 28.20 องศาเซลเซียส (ภาพ 55)

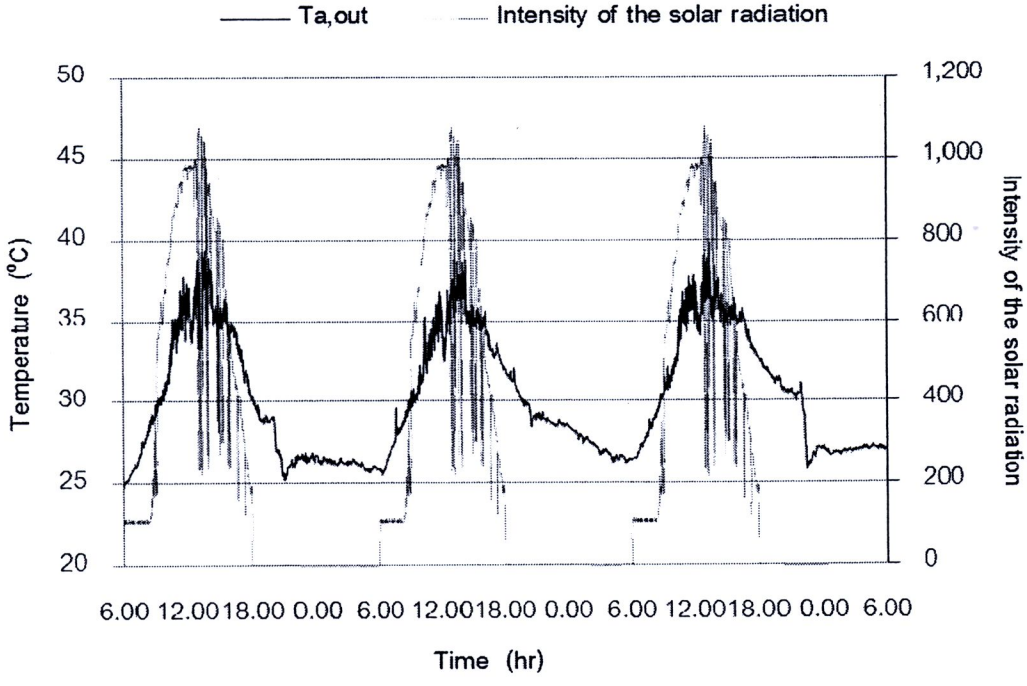
จากภาพ 55 จะเห็นว่าในช่วงเวลา 8.00-16.00 น. อุณหภูมิภายในบ้านทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิผนังด้านใน หลังจากนั้นแล้วเวลา 16.00-22.00 น. อุณหภูมิภายในบ้านมีค่าต่ำกว่าผนังด้านใน เนื่องจากมีฟองอากาศเป็นฉนวนกันความร้อนทำให้อุณหภูมิภายในบ้านทดสอบมีค่า

ลดลง และในช่วงเย็นอากาศภายนอกมีค่าลดลง และอุณหภูมิภายในและภายนอกมีค่าสูงกว่าภายนอก

2. ผลการทดสอบฤดูฝน

2.1 สภาวะอากาศแวดล้อม

วันที่ทำการทดสอบคือ วันที่ 26-27-28 พ.ค. 2554 พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยตอนกลางวัน 1.06 เมตรต่อวินาที ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยตอนกลางวัน 459.79 วัตต์ต่อตารางเมตร และอุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยตลอดทั้งวัน 27.07 องศาเซลเซียส



ภาพ 56 สภาวะอากาศแวดล้อมภายนอก วันที่ 26-28 พ.ค. 2554

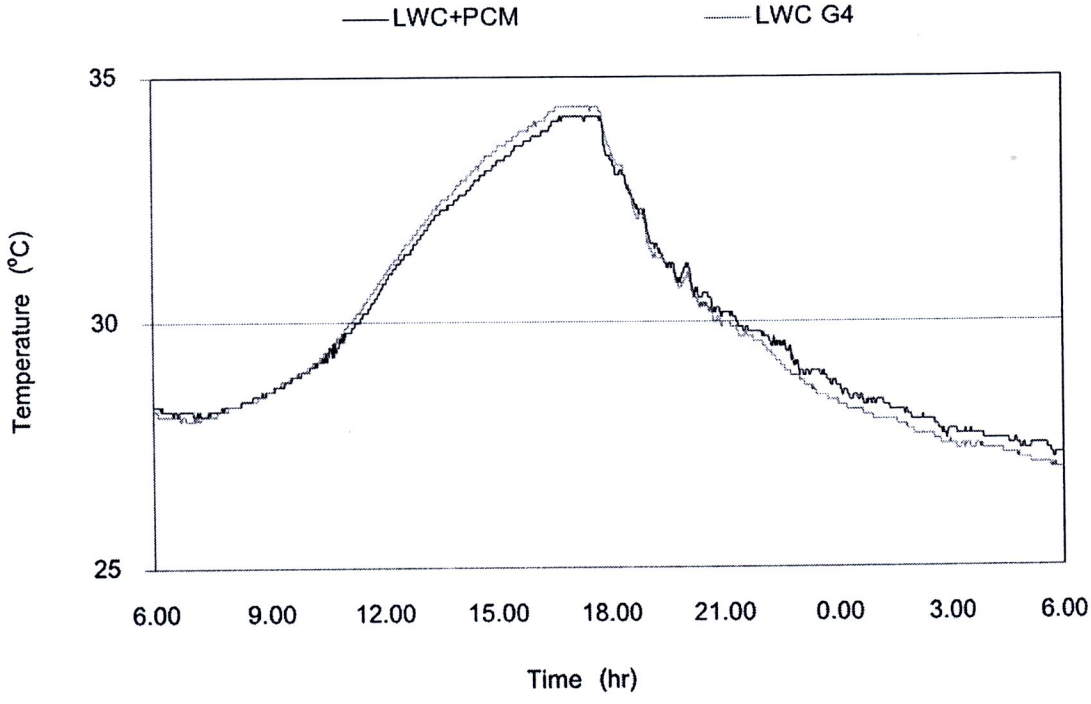
สภาวะอากาศสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลากลางวันตั้งแต่เวลา 6.00-18.00 น. พบว่าเวลา 6.00 น. อุณหภูมิเริ่มต้น 24-26 องศาเซลเซียส ช่วงเวลา 8.00-15.00 น. อุณหภูมิมีค่าผันแปรขึ้นลงระหว่าง 34-37 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิสูงสุดในรอบวันประมาณ 37 องศาเซลเซียส และช่วงเวลา 15.00 น. อุณหภูมิมีค่าลดลง ส่วนสภาวะอากาศสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 18.00-06.00 น. พบว่าอุณหภูมิมีค่าลดลง โดยอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ระหว่าง 25-27 องศาเซลเซียส (ภาพ 56)

จากการทดลอง พบว่า อุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อมมีความผันแปรกับความเข้มแสงอาทิตย์ กล่าวคือช่วงเวลากลางวันตั้งแต่เวลา 6.00-18.00 น. ความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้น

ทำให้อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อความเข้มแสงอาทิตย์ลดลงแล้วอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมีค่าลดลงตามไปด้วย

2.2 สภาวะอากาศภายในบ้าน

สภาวะอากาศภายในบ้านทดสอบช่วงกลางวันตั้งแต่เวลา 6.00-18.00 น. พบว่า เวลา 6.00 น. อุณหภูมิเริ่มต้น 26-28 องศาเซลเซียส โดยบ้านทดสอบที่สร้างจากอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีอุณหภูมิต่ำกว่าอิฐมวลเบา โดยสภาวะอากาศภายนอกมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิภายในบ้านมีค่าเพิ่มขึ้น และในช่วงเวลา 20.00 น. บ้านทดสอบที่สร้างจากอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีอุณหภูมิสูงกว่าอิฐมวลเบา

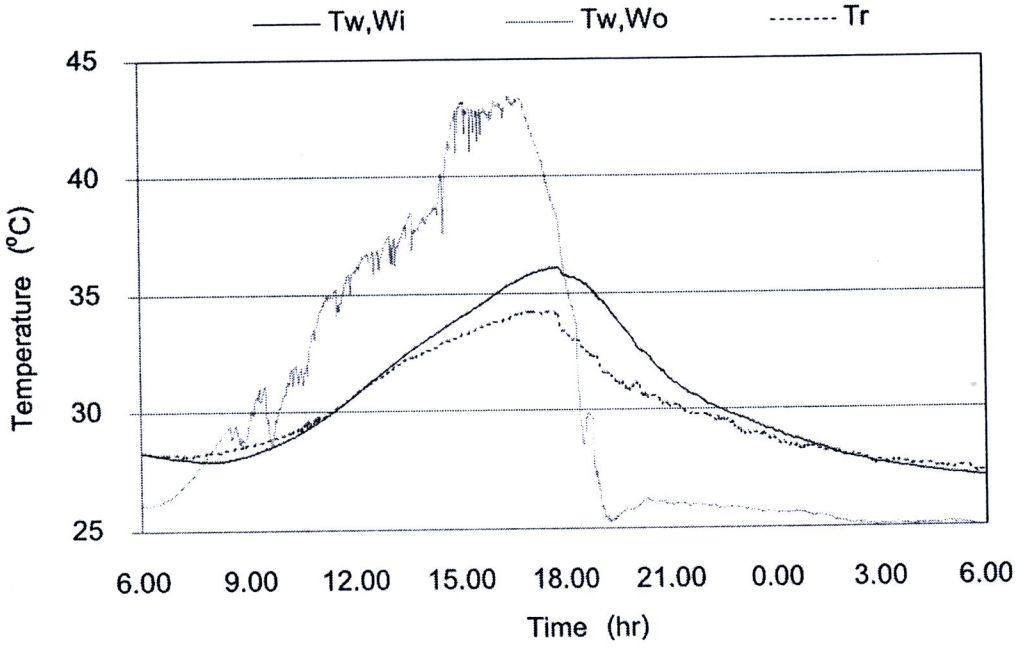


ภาพ 57 สภาวะอากาศภายในบ้านทดสอบ วันที่ 28 พ.ค. 2554

จากการทดลอง พบว่า อิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีอุณหภูมิต่ำกว่าอิฐมวลเบา และในช่วงเวลา 18.00-6.00 น. สภาวะอากาศภายนอกมีค่าลดลงทำให้อุณหภูมิภายในบ้านมีค่าลดลง ทำให้อุณหภูมิของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีค่าใกล้เคียงกับอิฐมวลเบา (ภาพ 57)

2.3 การสะสมและคายความร้อนของผนัง

การสะสมและคายความร้อนของผนังพิจารณาอุณหภูมิผนังด้านใน อุณหภูมิผนังด้านนอก และอุณหภูมิภายในบ้านทดสอบของบ้านอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM และอิฐมวลเบา ดังนี้

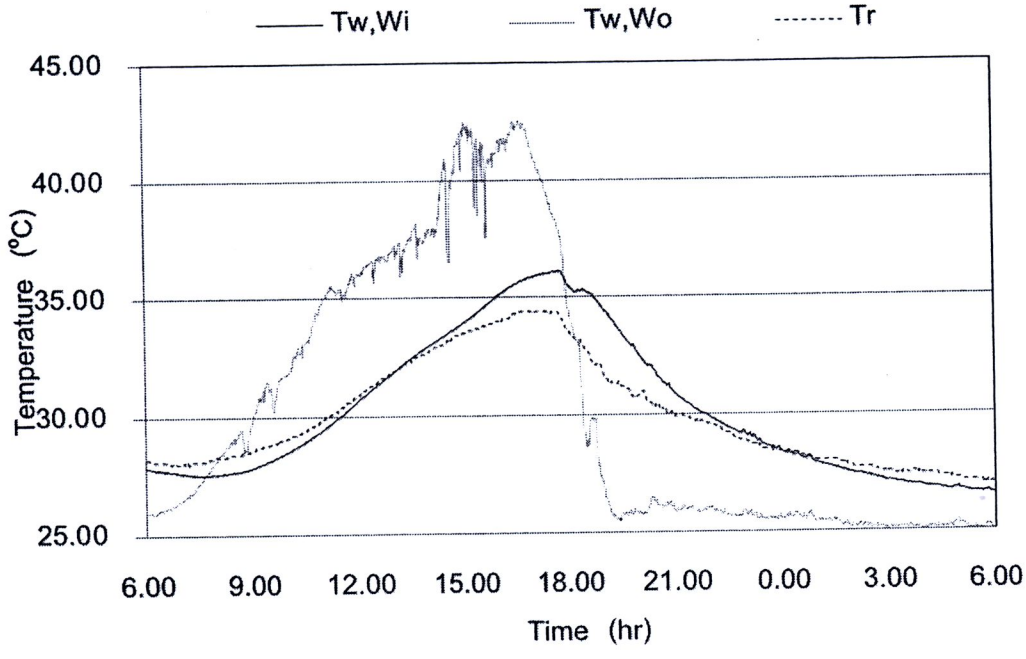


ภาพ 58 อุณหภูมิของบ้านอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM วันที่ 28 พ.ค. 2554

บ้านอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM พบว่าในช่วงเวลากลางวันตั้งแต่เวลา 06.00-18.00 น. อุณหภูมิภายในบ้านทดสอบเฉลี่ยที่ 30.92 องศาเซลเซียส สูงสุดคือ 34.20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ผิวผนังด้านในทิศตะวันตกมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 31.24 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ผิวผนังด้านนอกทิศตะวันตกมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 34.94 องศาเซลเซียส ส่วนตอนกลางคืนตั้งแต่เวลา 18.00-06.00 น. พบว่าอุณหภูมิภายในบ้านทดสอบเฉลี่ยที่ 29.18 องศาเซลเซียส ต่ำสุดคือ 27.20 องศาเซลเซียส (ภาพ 58)

จากภาพ 58 จะเห็นว่าในช่วงเวลา 6.00-14.00 น. อุณหภูมิภายในบ้านทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิผนังด้านในเกือบเป็นเส้นเดียวกันและต่ำกว่าอุณผนังด้านนอก หลังจากนั้นแล้วเวลา 14.00-24.00 น. อุณหภูมิภายในบ้านมีค่าต่ำกว่าผนังด้านใน และในช่วงเย็นอากาศภายนอกมีค่าลดลงทำให้อุณหภูมิภายในบ้านทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับผนังด้านในและสูงกว่าผนังด้านนอก

ความชื้นในบ้านทดสอบมีค่า 70.84 % และภายนอกมีค่า 73.58% แสดงให้เห็นว่าความชื้นอากาศแวดล้อมไม่มีผลต่อความชื้นภายในบ้านทดสอบ



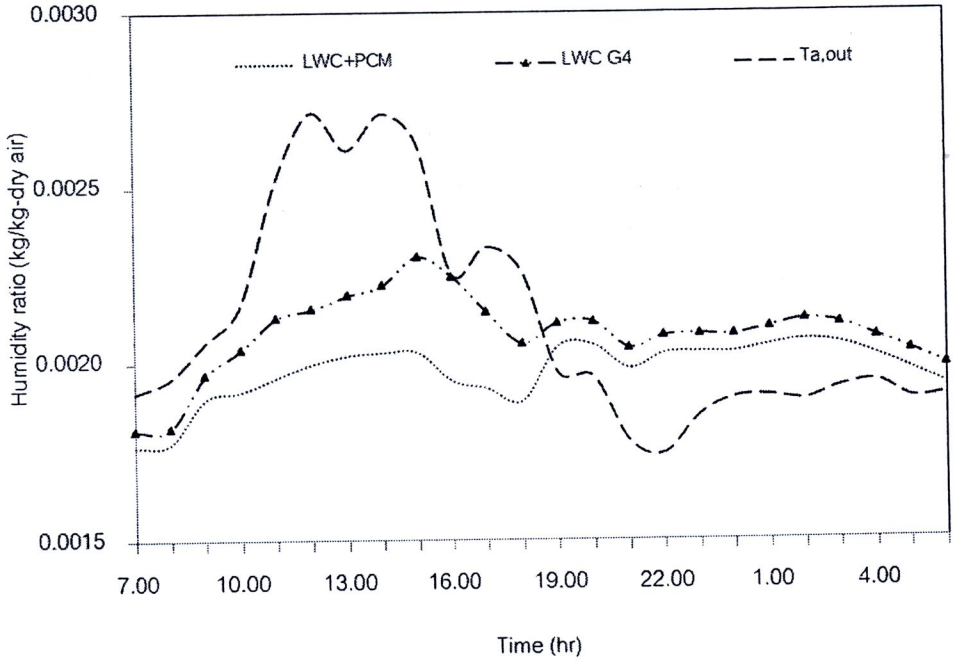
ภาพ 59 อุณหภูมิของบ้านอิฐมวลเบา วันที่ 28 พ.ค. 2554

บ้านอิฐมวลเบา พบว่า ในช่วงเวลากลางวันตั้งแต่เวลา 06.00-18.00 น. อุณหภูมิภายในบ้านทดสอบเฉลี่ยที่ 31.04 องศาเซลเซียส สูงสุดคือ 34.40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ผิวผนังด้านในทิศตะวันตกมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 31.10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ผิวผนังด้านนอกทิศตะวันตกมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 34.77 องศาเซลเซียส ส่วนตอนกลางคืนตั้งแต่เวลา 18.00-06.00 น. พบว่าอุณหภูมิภายในบ้านทดสอบเฉลี่ยที่ 31.04 องศาเซลเซียส ต่ำสุดคือ 27.00 องศาเซลเซียส (ภาพ 59)

จากภาพ 59 จะเห็นว่าในช่วงเวลา 6.00-14.00 น. อุณหภูมิภายในบ้านทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิผนังด้านในเกือบเป็นเส้นเดียวกันและต่ำกว่าอุณผนังด้านนอก หลังจากนั้นแล้วเวลา 14.00-24.00 น. อุณหภูมิภายในบ้านมีค่าต่ำกว่าผนังด้านใน และในช่วงเย็นอากาศภายนอกมีค่าลดลงทำให้อุณหภูมิภายในบ้านทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับผนังด้านในและสูงกว่าผนังด้านนอก ความชื้นในบ้านทดสอบมีค่า 72.57 % และภายนอกมีค่า 73.58% แสดงให้เห็นว่าความชื้นอากาศแวดล้อมไม่มีผลต่อความชื้นภายในบ้านทดสอบ

2.4 ความชื้นภายในบ้านทดสอบ

ในช่วงกลางวันพบว่าความชื้นสัมบูรณ์ภายในบ้านผนังอิฐมวเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีค่าต่ำกว่า อิฐมวลเบา และอากาศแวดล้อม ส่งผลให้บ้านผนังอิฐมวเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศน้อยลงไปด้วย เนื่องจากความชื้นสะสมเป็นภาระทางความเย็นตัวหนึ่งของเครื่องปรับอากาศ ถ้าสามารถลดความชื้นในห้องพักอาศัยลงได้จะสามารถช่วยประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศในการดึงความร้อนแฝงออกจากห้องพักอาศัยที่เกิดขึ้นเนื่องจากการสะสมความชื้นในอากาศ (พงศกร เกิดช้าง, 2549) ในช่วงเวลากลางคืนความชื้นสัมบูรณ์ของบ้านทดสอบทั้ง 4 หลัง และอากาศแวดล้อมมีค่าใกล้เคียงกัน (ภาพ 60)



ภาพ 60 ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศภายในบ้านและอากาศแวดล้อม

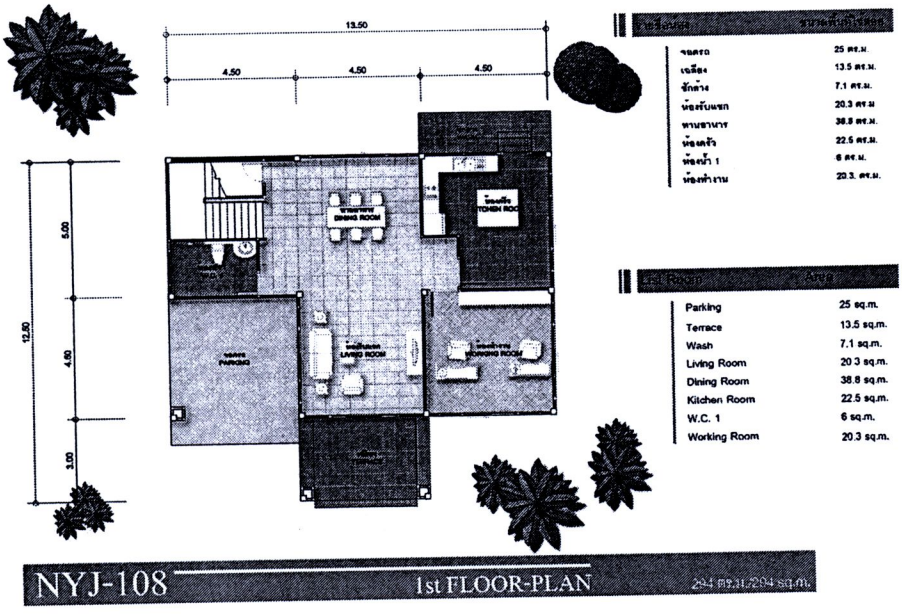
ความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์

การศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของอิฐมวลเบาที่พัฒนาขึ้นโดยใช้สารเปลี่ยนสถานะ มีความจำเป็นต้องศึกษาต้นทุนวัตถุดิบของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอิฐมวลเบา G4 ทั่วไปกับอิฐมวลเบาที่พัฒนาโดยใช้สารเปลี่ยนสถานะในสัดส่วน 2.5 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ซึ่งสามารถนำมาผลิตเชิงพาณิชย์ได้ โดยทำการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

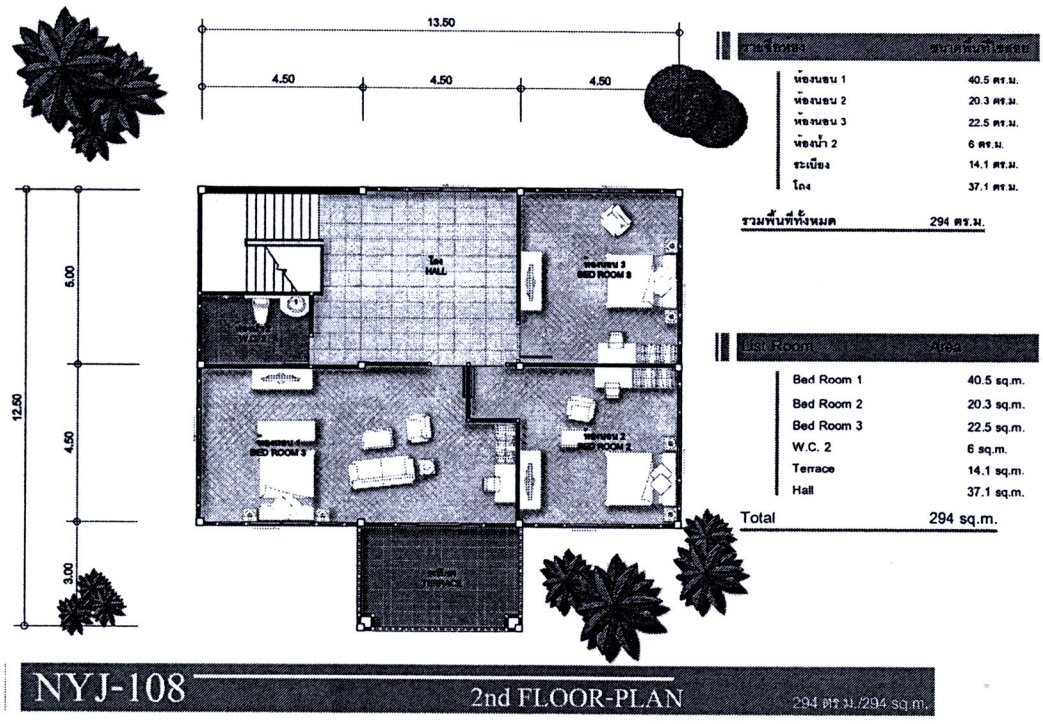
1. ต้นทุนการผลิตอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM
2. การใช้พลังงานไฟฟ้า

การคำนวณภาระทำความเย็นจากบ้านอยู่อาศัย 2 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 294 ตารางเมตร 3 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ 1 ห้องรับแขก 1 ห้องครัว และ 1 โรงจอดรถ (ภาพ 61-73) และวิเคราะห์ภาระการทำความเย็นจากอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงตั้งแต่ช่วงเวลา 9.00-19.00 น. รวมทั้งหมด 10 ชั่วโมง (ภาพ 64)

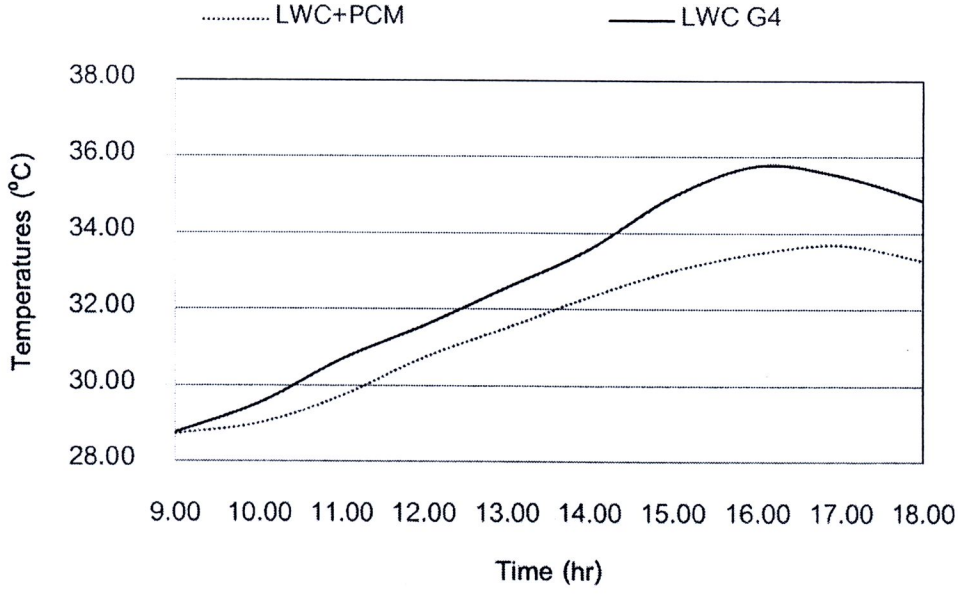
ภาพ 61 บ้านตัวอย่างที่ใช้ในการคำนวณ



ภาพ 62 แบบแปลนบ้านชั้นที่ 1



ภาพ 63 แบบแปลนบ้านชั้นที่ 2



ภาพ 64 อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมง

ตาราง 7 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน

การใช้ไฟฟ้า		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท)
หน่วยที่ 1 - 150	หน่วยละ	1.8047
หน่วยที่ 151 – 400	หน่วยละ	2.7781
ตั้งแต่ 400 หน่วยขึ้นไป	หน่วยละ	2.9780
	ค่าบริการ 40.90 บาท/เดือน	

ตาราง 8 สรุปภาระการทำความเย็น

อิฐ	ภาระการทำความเย็น (BTU/hr)	พลังงานไฟฟ้า (หน่วย) 30 วัน	รวมค่าบริการ (บาท) 1 เดือน	1 ปี
LWC+PCM	15,196.22	396.42	996.19	11,954.32
LWC G4	17,754.37	463.16	1,194.21	14,330.56

จากตาราง 8 พบว่า ผนังอิฐมวลเบา G4 (LWC G4) และอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM (LWC+PCM) มีภาระการทำความเย็นรวมของบ้าน 17,754.37 และ 15,196.22 BTU/hr ผนังอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีภาระทำความเย็นต่ำกว่าผนังอิฐมวลเบา 2,558.15 BTU/hr ลดลงประมาณ 16.83 %

การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า โดยการตั้งสมมุติฐานการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศมาตรฐานเบอร์ 5 (EER = 11.5) หลังจากนั้นนำค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่วิเคราะห์ได้มาวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า โดยใช้อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย (ตาราง 7) พบว่าค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในรอบ 1 ปี ของ ผนังอิฐมวลเบา 14,330.56 บาท และผนังอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM 11,954.32 บาท โดยบ้านที่สร้างจากผนังอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าผนังอิฐมวลเบา 800.88 หน่วย หรือค่าไฟฟ้าลดลง 2,376.24 บาท คิดเป็น 19.88 %

ตาราง 9 ค่าวัสดุก่อสร้างในส่วนของผนังบ้าน

บ้าน	ค่าวัสดุ (บาท/ตร.ม.)	จำนวน (ตร.ม.)	รวม (บาท)
LWC+PCM	291.27	400.00	116,508.00
LWC G4	279.89	400.00	111,956.00

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นสิ่งที่ช่วยในการตัดสินใจว่า ควรหรือไม่ควร ที่จะลงทุนก่อสร้างบ้านด้วยวัสดุประหยัดพลังงาน เนื่องจากวัสดุประหยัดพลังงานมีราคาแพงกว่าวัสดุทั่วไป

จากตาราง 9 พิจารณาค่าวัสดุก่อสร้างในส่วนของผนังบ้านขนาด 400 ตารางเมตร พบว่า อิฐมวลเบา และอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM มีค่าวัสดุก่อสร้างในส่วนของผนังบ้าน คือ 111,956 และ 116,508 บาท บ้านที่สร้างจากผนังอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCMมีค่าวัสดุก่อสร้างสูงกว่าผนังอิฐมวลเบา 4,552.00 บาท สูงกว่าประมาณ 4.07 %