

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของผนังอิฐมวลเบา
ที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ

สมชาย มณีวรรณ^{1,*} ยุพมานี ยางจ้าน¹ ฉันทนา พันธุ์เหล็ก¹ อนุสรณ์ วรสิงห์²
โยธิน อึ้งกุล³ และวันวิสาข์ เจตย์ภัทรนาท⁴

**Analysis of physical properties of Light Weight Concrete Wall
Composed of Phase Change Material**

Somchai Maneewan,^{1,*} Yupamaneeyangjarn,¹ Chantana Punlek,¹ Anusorn Vorasing,²
Yothin Ungkoon³ and Wanvisa Jetiphattaranat⁴

¹ศูนย์วิจัยและจัดการด้านพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิจิตร 65000

²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิจิตร 65000

³บริษัท ซุปเปอร์บล็อก จำกัด (มหาชน) แขวงบางนา เขตบางนา จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10260

⁴ศูนย์วิจัยพัฒนา บริษัทซุปเปอร์บล็อก จำกัด (มหาชน) อำเภอกำแพงบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี 16150

*Corresponding author. E-mail: somchaim@nu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติทางกายภาพในการพัฒนาอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM เพื่อป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ตัวอาคาร และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการออกแบบอาคารอย่างเป็นระบบก่อให้เกิดการก่อสร้างอาคารอย่างยั่งยืนที่มีการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม โดยนำ PCM คือ S32 และ S44 มาเป็นส่วนประกอบ ซึ่ง PCM ทำหน้าที่สะสมหรือหน่วงความร้อนในเวลากลางวันและคายความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมในเวลากลางคืน แบ่งอิฐมวลเบาขนาดความหนา 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 และผนังด้านในเท่ากับ 7.0 5.0 และ 3.0 เซนติเมตร ทำการผสม PCM กับปูนก่อในสัดส่วน 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละ โดยน้ำหนัก) เพื่อให้ได้วัสดุประกอบอาคารที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย จากการศึกษาพบว่า อิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ในสัดส่วน 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความหนาแน่นแห้งเชิงปริมาตร ค่าต้านทานแรงคด และอัตราการดูดกลืนน้ำใกล้เคียงกับอิฐมวล

เบาชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 และมีค่าต้านทานแรงอัดน้อยกว่าอิฐมวลเบาชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 กรณีใช้ S32 มีค่ารับแรงอัดสูงสุด คือ size 3-7 มีค่า 4.91 N/mm² size 5-5 มีค่า 4.60 N/mm² และ size 7-3 มีค่า 4.70 N/mm² กรณีใช้ S44 มีค่ารับแรงอัดสูงสุด คือ size 3-7 มีค่า 4.82 N/mm² ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ในสัดส่วน 2.5 เปอร์เซ็นต์ มาผลิตในเชิงอุตสาหกรรม เนื่องจากมีสมบัติทางกายภาพผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ มอก.1505-2541

คำสำคัญ: อิฐมวลเบา, สารเปลี่ยนสถานะ, เครื่องฉีฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์

Abstract

This paper aims to study the physical properties of Light Weight Concrete Wall Composed of Phase Change Material (LWC+PCM) to prevent heat transfer into the building, and another way to design the building that to have energy conservation and the environment. PCM is used S32 and S44. During daytime the PCM can absorb part of the heat through the melting process, and during night the heat is released by the solidification of the PCM. Light Weight Concrete (LWC G4) 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. PCM mixing plaster in the ratio 2.5 5.0 7.5 and 10.0 % (by weight). The results of the physical properties showed that the LWC+PCM is 2.5 % are compressive density, flexural strength and absorption water similar to LWC G4 type 0.7, and compressive strength less than LWC G4 type 0.7, for S32 case were size 3-7 value 4.91 N/mm², size 5-5 value 4.60 N/mm² and size 7-3 value 4.70 N/mm², and for S44 case were size 3-7 value 4.82 N/mm², size 5-5 value 4.79 N/mm² and size 7-3 value 4.75 N/mm². Therefore, it is application possibility LWC+PCM is 2.5 % to industrial production as the good physical properties of the industry standard TIS 1505-2541.

Keywords: Light Weight Concrete, Phase Change Material, DSC

บทนำ

การออกแบบอาคารอย่างเป็นระบบก่อให้เกิดการก่อสร้างอาคารอย่างยั่งยืนที่มีการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปัจจุบันได้มีการนำคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศอบไอน้ำ (Autoclaved Aerated Concrete หรือ AAC) มาใช้ในการก่อสร้างผนังภายนอกและภายในอาคาร โดยคอนกรีตมวลเบาผ่านการอบด้วยไอน้ำแรงดันสูงและมีฟองอากาศมากถึง 75 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตร ทำให้คอนกรีตมวลเบาที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีกว่าผนังที่ก่อด้วยอิฐมวลถึง 2.5 เท่า จึงไม่สะสมความร้อนในตอนกลางวัน (สภากวีศวรร, 2553) ส่งผลให้สภาพอากาศภายในอาคารอยู่ในภาวะความสบายเชิงความร้อน (thermal comfort) และประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ (สมชาย มณีวรรณ และชัยยุทธ ชินมหาวงศ์, 2546) จากปัญหาดังกล่าว Ungkoon และคณะ (2005) ศึกษาบ้านทดลองสร้างด้วยผนังคอนกรีตมวลเบาแบบอบไอน้ำและผนังก่ออิฐฉาบปูน โดยบ้านที่สร้างจากผนังอิฐมวลเบาแบบอบไอน้ำมีค่าความร้อนผ่านผนังต่ำกว่า อุณหภูมิแตกต่างของผนังมากกว่าความชื้นของอากาศภายในบ้านน้อยกว่าและปริมาณการใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าบ้านที่สร้างด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูน นอกจากนี้ ทิศทางและการวางตำแหน่งตัวบ้านที่มีความเหมาะสมมีผลต่อภาระการทำความเย็น โดยการวางตำแหน่งตัวบ้านที่มีความเหมาะสมมากที่สุดคือ หันหน้าไปทางทิศเหนือ โดยมีโรงจอดรถวางตัวอยู่ทางด้านทิศตะวันออกของบ้าน ซึ่งมีภาระการทำความเย็นต่ำสุดประมาณ 137 W/m^2 การวางตำแหน่งตัวบ้านในทิศทางอื่น ๆ มีผลให้ภาระการทำความเย็นเพิ่มขึ้น แต่สามารถใช้วัสดุประหยัดพลังงานในทิศทางดังกล่าวนี้ เพื่อช่วยลดผลกระทบทิศทางและการวางตำแหน่งตัวบ้านลงได้ (Maneeewan *et al.*, 2004) ชลธิศ เอี่ยมวรวิฑูล และวิทยา ยงเจริญ, (2550) เปรียบเทียบการใช้และไม่ใช้ PCM ในผนังคอนกรีต โดยให้ปริมาณส่วนผสมของ PCM อยู่ที่ 20% ของมวลรวม เลือกใช้ PCM ที่ 25 40 และ 55 องศาเซลเซียสเมื่อเลือกใช้ PCM ที่ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ประมาณกึ่งกลางระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของกำแพง อุณหภูมิของผนังที่มี PCM ผสมอยู่มีค่า การเปลี่ยนแปลงในรอบวันที่ต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะที่ผิวผนังด้านในอาคาร ซึ่งให้ค่าอุณหภูมิผนังที่เกิดขึ้นในช่วงบ่าย (10.00-19.00) ต่ำลงกว่าผิวผนังที่ไม่มี PCM โดยมีค่าสูงสุดประมาณ 42 องศาเซลเซียส ที่ 16.00-17.00 น. และในประเทศสเปนมีการนำ PCM มาพัฒนาร่วมกับอิฐเป็นผนังหลายชั้น ผลการทดลองยืนยันได้ว่า PCM ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของอุณหภูมิในรอบวันและช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศได้ดี (Castell *et al.*, 2010)

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ที่มีมาตรฐาน มอก. 1505-2541 เพื่อป้องกันการการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารและเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการก่อสร้างผนังอาคารบ้านเรือนของประเทศไทย

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

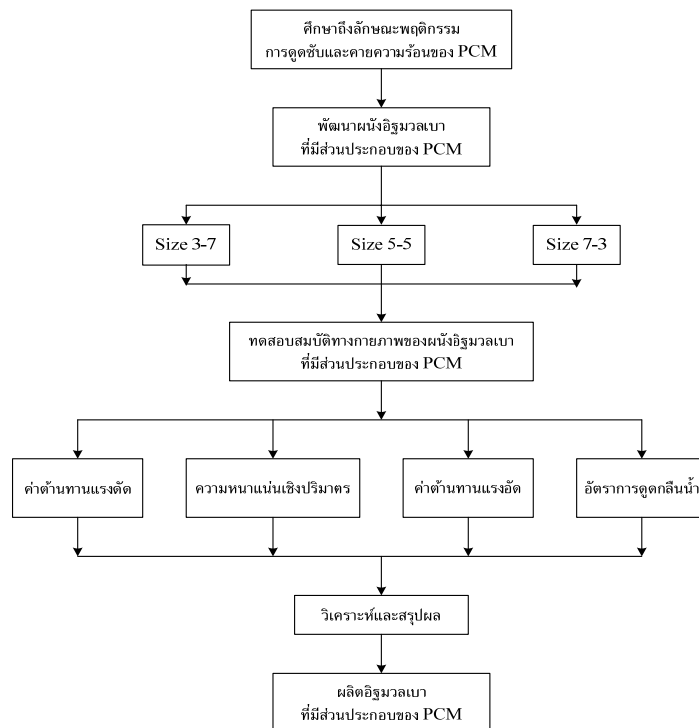
1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

- 1.1 อิฐมวลเบาแบบอบไอน้ำชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 ขนาด 20 x 60 x 10 เซนติเมตร
- 1.2 สารเปลี่ยนสถานะประเภท salt hydrated ชนิด S32 และ S44

2. มาตรฐานที่ใช้ทดสอบ คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ มอก. 1505-2541 ได้แก่ ความหนาแน่นเชิงปริมาตร (Compressive Density) มีค่าอยู่ระหว่าง $0.61-0.70 \text{ kg/dm}^3$ ค่าต้านทานแรงอัด (Compressive strength) ต่ำสุดอยู่ที่ 4 N/mm^2 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5 N/mm^2 ค่าต้านทานแรงดัด (Flexural strength) มีค่า $0.3-0.4$ เท่าของค่าการรับแรงอัด หรือมีค่า $30-40 \%$ ของค่าการรับแรงอัด และค่าการดูดกลืนน้ำ (Absorption water) มีค่าไม่เกิน 0.50 g/cm^3

3. สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยพัฒนา บริษัทซูเปอร์บล็อก จำกัด (มหาชน) 9/1 หมู่ 11 ถนนสิงห์บุรี-ปากดง ตำบลบางระจัน อำเภอกำแพงระจัน จังหวัดสิงห์บุรี 16150

โดยมีขั้นตอนการดำเนินการศึกษา ดังนี้ (รูป 1)



รูป 1 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

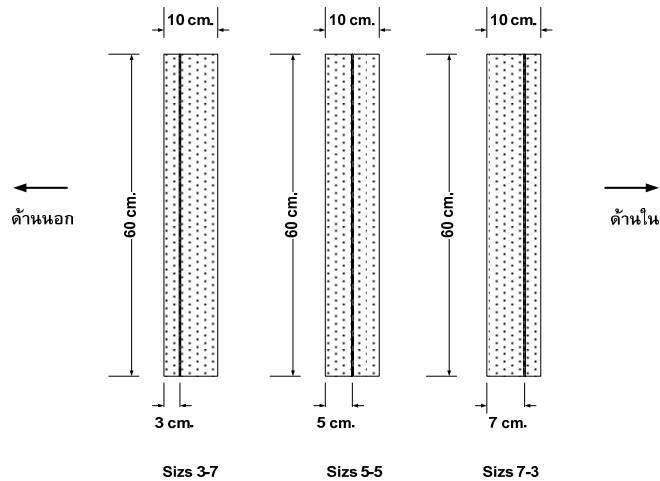
1. ศึกษาถึงลักษณะพฤติกรรมการดูดซับและคายความร้อนของ PCM โดยใช้เครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) รุ่น DSC1 ยี่ห้อ Mettler Toledo สภาวะควบคุมในการวิเคราะห์ คือ อัตราการเพิ่มความร้อน (Heating rate) มีค่า 5 °C/min และ Flow N₂(g) 50 ml/min

2. พัฒนาอิฐมวลเบาโดยใช้ PCM เป็นส่วนประกอบเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสม โดยทำการผสม PCM กับปูนก่อก่อนหน้า 3 มิลลิเมตร ในสัดส่วน 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละ โดยน้ำหนัก) โดยมีรูปแบบอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM (รูป 2)

2.1 size 3-7 ประกอบด้วย อิฐมวลเบา 2 ชั้น ตรงกลางใส่ PCM ผสมปูนก่อก่อนหน้า 3 มิลลิเมตร ที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านนอก 3.0 เซนติเมตรและผนังด้านใน 7.0 เซนติเมตร

2.2 size 5-5 ประกอบด้วย อิฐมวลเบา 2 ชั้น ตรงกลางใส่ PCM ผสมปูนก่อก่อนหน้า 3 มิลลิเมตร ที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านนอก 5.0 เซนติเมตรและผนังด้านใน 5.0 เซนติเมตร

2.3 size 7-3 ประกอบด้วย อิฐมวลเบา 2 ชั้น ตรงกลางใส่ PCM ผสมปูนก่อก่อนหน้า 3 มิลลิเมตร ที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านนอก 7.0 เซนติเมตรและผนังด้านใน 3.0 เซนติเมตร



รูป 2 รูปแบบผนังอิฐมวลเบา

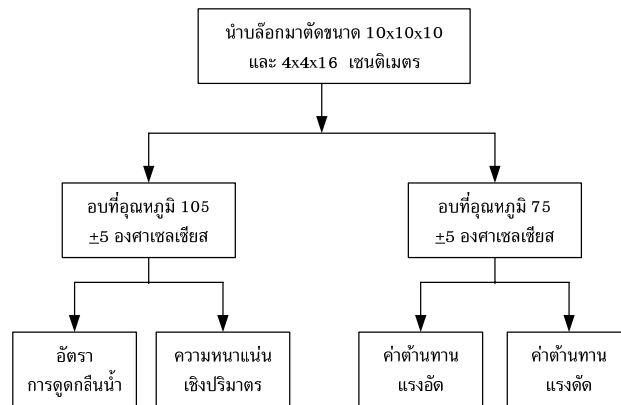
3. ทดสอบสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ มอก. 1505 – 2541 (รูป 3)

3.1 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร (Compressive density) นำบล็อกมาตัดขนาด 10x10x10 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 105 ±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาความหนาแน่นเชิงปริมาตร

3.2 ค่าต้านทานแรงอัด (Compressive strength) นำบล็อกมาตัดขนาด 10x10x10 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 75 ±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำเข้าเครื่องทดสอบแรงอัด

3.3 ค่าต้านทานแรงดัด (Flexural strength) นำบล็อกมาตัดขนาด 4x4x16 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 75 ±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำเข้าเครื่องทดสอบแรงดัด

3.4 ค่าการดูดกลืนน้ำ (Absorption water) นำบล็อกมาตัดขนาด 10x10x10 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 105 ±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำบล็อกแช่น้ำ 24 ชั่วโมงเพื่อหาอัตราการดูดกลืนน้ำ



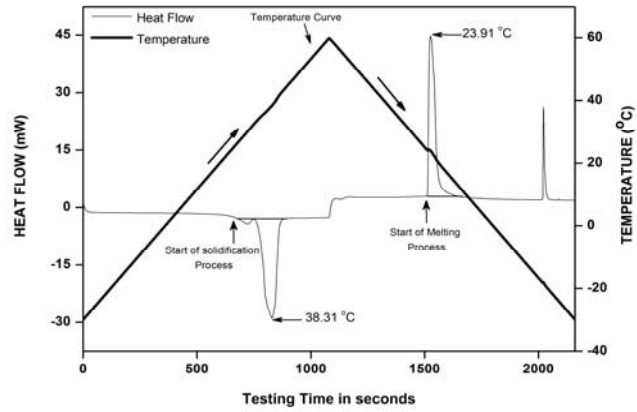
รูป 3 ขั้นตอนการทดสอบสมบัติทางกายภาพ

ผลการทดลองและวิจารณ์

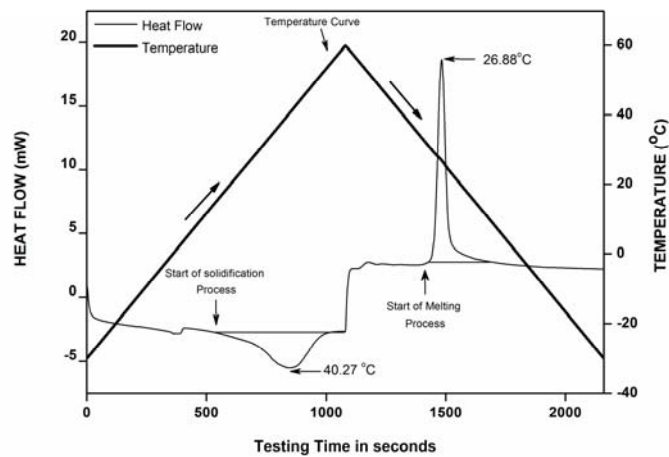
1. ลักษณะพฤติกรรมการดูดซับและคายความร้อนของ PCM

จากการศึกษาลักษณะพฤติกรรมการดูดซับและคายความร้อนของ PCM (รูป 4-5) พบว่าค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของ PCM ในช่วงการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว (heating) ของ S32 มีอุณหภูมิระหว่าง 34-42 องศาเซลเซียส และ S44 มีอุณหภูมิระหว่าง 26-51 องศาเซลเซียส และในช่วงการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง (cooling) ของ S32 มีอุณหภูมิระหว่าง 20-24 องศาเซลเซียส และ S44 มีอุณหภูมิระหว่าง 24-29 องศาเซลเซียส ส่วนในช่วงที่ไม่มีเปลี่ยนสถานะนั้นค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนแก่สารตัวอย่างมีค่าคงที่ ผลที่ได้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความจุความร้อนของ PCM มีค่าแปรผันตรงกับอัตราการถ่ายเทความร้อนที่วัดได้จากเครื่อง DSC

ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่า การเลือกใช้ S32 ที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวระหว่าง 34-42 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของผนังอาคาร (31-36 องศาเซลเซียส) ทำให้อุณหภูมิของผนังอาคารที่มี PCM เป็นส่วนประกอบมีอุณหภูมิภายในอาคารลดลงต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดเจน



รูป 4 ผลการทดสอบ DSC ของ PCM ชนิด S32



รูป 5 ผลการทดสอบ DSC ของ PCM ชนิด S44

2. ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร (Density)

จากการศึกษาค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร (ตาราง 1) พบว่า อิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ทุกสัดส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 โดยมีค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรอยู่ระหว่าง 0.61-0.64 kg/dm³ ดังนั้น PCM ผสมกับปูนก่อไม่มีผลต่อค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร

ตาราง 1 ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร (แห้ง)

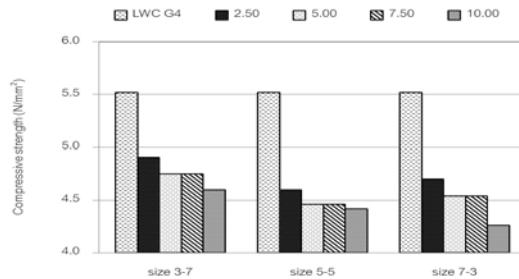
PCM	ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร(แห้ง)			มาตรฐาน 0.61-0.70 kg/dm ³	
	ร้อยละโดยน้ำหนัก (%)	size 3-7	size 5-5		size 7-3
S32	2.5	0.62	0.62	0.62	√
	5.0	0.62	0.64	0.64	√
	7.5	0.63	0.63	0.62	√
	10.0	0.64	0.63	0.63	√
S44	2.5	0.62	0.62	0.63	√
	5.0	0.65	0.61	0.62	√
	7.5	0.65	0.63	0.64	√
	10.0	0.63	0.62	0.64	√

3. ค่าต้านทานแรงอัด (Compressive strength)

จากการศึกษาค่าต้านทานแรงอัดของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ (รูป 6-7) พบว่า สัดส่วนที่เหมาะสมและผ่านมาตรฐาน คือ 2.5 เปอร์เซ็นต์ กรณีใช้ S32 มีค่ารับแรงอัดสูงสุด คือ size 3-7 มีค่า 4.91 N/mm² size 5-5 มีค่า 4.60 N/mm² และ size 7-3 มีค่า 4.70 N/mm² กรณีใช้ S44 มีค่ารับแรงอัดสูงสุด คือ size 3-7 มีค่า 4.82 N/mm² size 5-5 มีค่า 4.79 N/mm² และ size 7-3 มีค่า 4.75 N/mm² ในขณะที่อิฐมวลเบาชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 (LWC G4) ที่ผลิตได้มีค่าต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5.52 N/mm² ซึ่งมีค่าสูงกว่าอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM เนื่องจากอิฐมวลเบาชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 มีผลึกคริสตัลของแคลเซียมซิลิเกตที่เรียกว่า tobermerite จากเดิมมีโมเลกุล

ขนาด 65-90 ไมโครเมตร หลังจากผ่านการอบไอน้ำที่อุณหภูมิสูง 180 องศาเซลเซียส แรงดัน 12 บาร์ ทำให้มีโมเลกุลเล็กกลงในช่วง 0.95-1.1 นาโนเมตร

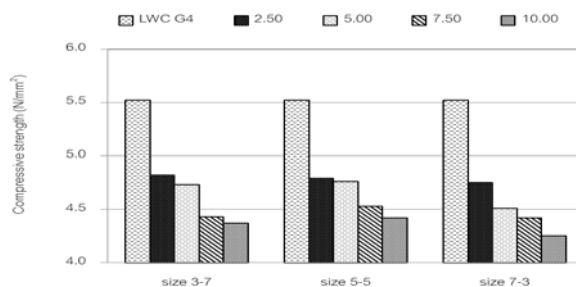
ดังนั้น อัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของ PCM มีแนวโน้มทำให้ค่าต้านทานแรงอัดมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับความสัมพันธ์ของกำลังการรับแรงอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำ



รูป 6 ค่าต้านทานแรงอัดของ S32 แบบผ่านการอบ

4. ค่าต้านทานแรงดัด (Flexural strength)

จากการศึกษาค่าต้านทานแรงดัดของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM (ตาราง 2) พบว่า ทุกสัดส่วนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากมีค่ารับแรงดัดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 20.14 – 25.90 kg/cm² และสัดส่วนที่มีค่าต้านทานแรงดัดสูงสุดคือ 10.0 เปอร์เซ็นต์ กรณีใช้ S32 คือ size 3-7 มีค่า 24.12 kg/cm² size 5-5 มีค่า 24.30 kg/cm² และ size 7-3 มีค่า 24.99 kg/cm² กรณีใช้ S44 คือ size 3-7 มีค่า 24.40 kg/cm² size 5-5 มีค่า 24.56 kg/cm² และ size 7-3 มีค่า 25.90 kg/cm² ซึ่งสอดคล้องกับค่าการรับแรงอัด โดยค่ารับแรงดัดตามมาตรฐานมีค่าเป็น 0.3-0.4 เท่าของค่าการรับแรงอัด หรือมีค่า 30-40 % ของค่าการรับแรงอัด ในขณะที่อิฐมวลเบาชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 มีค่ารับแรงดัดที่ 21.23 kg/cm² ดังนั้น PCM ผสมกับปูนก่อไม่มีผลต่อค่าต้านทานแรงดัด



รูป 7 ค่าต้านทานแรงอัดของ S44 แบบผ่านการอบ

ตาราง 2 ค่าต้านทานแรงดัด

PCM	ร้อยละโดยน้ำหนัก (%)	ค่าการรับแรงดัด			มาตรฐาน
		size 3-7	size 5-5	size 7-3	30-40 % ของค่า การรับแรงอัด
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	√
S44	2.5	24.05	21.43	22.77	√
	5.0	23.26	27.53	20.39	√
	7.5	22.78	24.71	22.54	√
	10.0	24.40	24.56	25.90	√

5. อัตราการดูดกลืนน้ำ (Water absorption)

จากการศึกษาอัตราการดูดกลืนน้ำของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM (ตาราง 3) พบว่า ทุกสัดส่วนมีอัตราการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยที่ 0.39 g/cm^3 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมซึ่งต้องมีค่าไม่เกิน 0.50 g/cm^3 พบว่าผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม ดังนั้น PCM ผสมกับปูนก่อไม่มีผลต่อค่าอัตราการดูดกลืนน้ำ (ตาราง 3)

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	√
S44	2.5	0.39	0.40	0.39	√
	5.0	0.39	0.39	0.39	√
	7.5	0.35	0.42	0.38	√
	10.0	0.38	0.40	0.37	√

ตาราง 4 การเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM สัดส่วน 2.5%

สมบัติทางกายภาพ	มาตรฐาน G4 ชนิด 0.7	บล็อกที่ ผลิตได้	PCM	size 3-7	size 5-5	size 7-3
ความหนาแน่นเชิงปริมาตร (g/cm ³)	0.61-0.70	0.62	S32	0.62	0.62	0.62
			S44	0.62	0.62	0.63
ค่าการรับแรงอัด (N/mm ²)	4.50	5.52	S32	4.91	4.60	4.70
			S44	4.82	4.79	4.75
ค่าต้านทานแรงค้ำ (kg/cm ²)	4 เท่าแรงอัด	21.23	S32	22.62	20.52	20.04
			S44	24.05	21.43	22.77
อัตราการดูดกลืนน้ำ (g/cm ³)	ไม่เกิน 0.50	0.41	S32	0.39	0.40	0.39
			S44	0.39	0.40	0.39
ตรวจสอบมาตรฐาน		√	-	√	√	√

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการพัฒนาอิฐมวลเบาเพื่อลดความร้อนเข้าสู่ตัวบ้าน โดยนำ PCM มาเป็นส่วนประกอบ ซึ่ง PCM ทำหน้าที่สะสมความร้อนหรือหน่วงความร้อนในเวลากลางวัน 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 และผนังด้านในเท่ากับ 7.0 5.0 และ 3.0 เซนติเมตร ทำการผสม PCM กับปูนก่อในสัดส่วน 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละ โดยน้ำหนัก) เพื่อให้ได้วัสดุประกอบอาคารที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย

จากการศึกษาพบว่า อิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ในสัดส่วน 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร ค่าต้านทานแรงค้ำ และอัตราการดูดกลืนน้ำใกล้เคียงกับอิฐมวลเบาชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 และมีค่าต้านทานแรงค้ำน้อยกว่าอิฐมวลเบาชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.7 กล่าวคือ กรณีใช้ S32 มีค่ารับแรงอัดสูงสุด คือ size 3-7 มีค่า 4.91 N/mm² size 5-5 มีค่า 4.60 N/mm² และ size 7-3 มีค่า 4.70 N/mm² กรณีใช้ S44 มีค่ารับแรงอัดสูงสุด คือ size 3-7 มีค่า 4.82 N/mm² ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ในสัดส่วน 2.5 เปอร์เซ็นต์ มาผลิตในเชิงอุตสาหกรรม เนื่องจากมีสมบัติทางกายภาพผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ มอก.1505-2541

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ โครงการวิจัยและพัฒนาภาครัฐร่วมเอกชนในเชิงพาณิชย์ รหัสโครงการ สสอ. <3> 3/2553 ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และ ศูนย์วิจัยพัฒนา บริษัทซูเปอร์บล็อก จำกัด(มหาชน) จังหวัดสิงห์บุรี ที่ให้ข้อมูลและสนับสนุน การทำวิจัยในครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ชลธิศ เอี่ยมวรฤทธิกุล และ วิทยา ขงเจริญ. (2550). อิทธิพลของสารเปลี่ยนสถานะในวัสดุโครงสร้าง ต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังเปลือกอาคาร. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 21 วันที่ 17-19 ตุลาคม 2550 จังหวัดชลบุรี*.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2553). *แผ่นคอนกรีตมวลเบาเสริมเหล็ก แบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ มอก.1510-2541*. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2553, จาก <http://itc.excise.go.th/tisi/fulltext/TIS1510-2541.pdf>
- สภาวิศวกร. (7 กันยายน 2553). *ความรู้เกี่ยวกับอิฐมวลเบา*. สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2553, จาก <http://www.coe.or.th>
- สมชาย มณีวรรณ และชัชยุทธ ชินมawangศ. (2546). การศึกษาเปรียบเทียบเศรษฐศาสตร์ระหว่างบ้านที่ใช้วัสดุทั่วไปกับวัสดุประหยัดพลังงาน. *วารสารการไฟฟ้าฝ่ายผลิต*. 12(2)
- Castell, A., Martorell, I., Medrano, M., Perez, G., Cabeza, L.F. (2010). Experimental study of using PCM in brick constructive solutions for passive cooling. *Energy and Buildings*. (42), 534-540.
- Maneewan, S., Khedari, J., Hirunlabh, J., and Chianmahavong, C. (2004). An Effect of Building Orientation and Layout on Cooling Load, Case study; a house in Thailand. *Proceeding of the 2nd Conférence annuelle de l'association des Etudiants Thaïs en France, 18-20 June 2004, Montpellier, France*. 60-65.
- Ungkoon, Y., Hirunlabh, J., Khedari, J., Shin, U-C. and Yodovard, P. (2005). A Field Study of Hygrothermal Performance of AutoClaved Aerated Concrete Blocks under Hot Humid Climate of Thailand. *In International Conference on Recent Advances in Mechanical and Materials Engineering*. (ICRAMME 2005), May 30-31, Kuala Lumpur, Malaysia.