

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- ชลธิศ เอี่ยมวรวิฑูรกิจ และ วิทยา ยงเจริญ. (2550). อิทธิพลของสารเปลี่ยนสถานะในวัสดุโครงสร้างต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังเปลือกอาคาร. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 21 วันที่ 17-19 ตุลาคม 2550 จังหวัดชลบุรี.
- ชลธิศ เอี่ยมวรวิฑูรกิจ และ เอกพล เตี้ยซัว. (2549). พฤติกรรมทางความร้อนของผนังเปลือกอาคารผสมสารเปลี่ยนสถานะในสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22 วันที่ 15-17 ตุลาคม 2551 ณ สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2541). แผ่นคอนกรีตมวลเบาเสริมเหล็ก แบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ, มอก.1510-2541
- สภาวิศวกร. (2553) ความรู้เกี่ยวกับอิฐมวลเบา. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2553, จาก http://www.coe.or.th/e_engineers/knc_detail.php?id=98
- สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2553ก) แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2553, จาก http://www2.dede.go.th/new-homesafe/webban/select_electrical.pdf
- สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2553ข) โครงการจัดทำแผนปฏิบัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในบ้านที่อยู่อาศัย. สืบค้นเมื่อ 16 สิงหาคม 2553, จาก <http://www2.dede.go.th/new-homesafe/webban/actionplan.htm>
- สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2553ค) การปรับปรุงประสิทธิภาพ "บ้านเอื้ออาทร" โครงการระยะที่ 2 การปรับปรุงโดยปรับเปลี่ยนรูปแบบทางสถาปัตยกรรม. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2553, จาก http://www2.dede.go.th/new-homesafe/webban/select_electrical.pdf
- Arkar, C. and S. Medved (2005). "Influence of accuracy of thermal property data of a phase change material on the result of a numerical model of a packed bed latent heat storage with spheres." *Thermochimica Acta* 438(1-2): 192-201.
- ASTM International. (2003). Standard practice for Autoclaved Aerated Concrete, Masonry C 1555-03a

- C. Chen, H. Guo, Y. Liu, H. Yue, C. Wang , (2008) A new kind of phase change material (PCM) for energy-storing wallboard, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China , *Energy and Buildings* 40 (2008) pp 882–890
- Castell, A., et al. (2010). Experimental study of using PCM in brick constructive solutions for passive cooling. *Energy and Buildings*. (42), 534-540.
- Chen, C., H. Guo, et al. (2008). "A new kind of phase change material (PCM) for energy-
- G. Hed , R. Bellander, Mathematical modelling of PCM air heat exchanger, *Energy and Buildings* 38 (2006) 82–89
- Hawes, D.W. and others (1993). "Latent Heat Storage in Building Materials," *Energy and Building*. 20:77-86.
- K. A. R. ISMAIL1, J. N. C. CASTRO (1997) PCM Thermal Insulation in buildings *International Journal of energy research*, vol. 21, pp 1281-1296 (1997)
- Kuznik, F. & J. Virgone. (2009). Experimental assessment of a phase change material for wall building use. *Applied Energy*. (88), 2038-2046.
- Reimann G. Z2007). "Low Energy Office Buildings Towards Zero", ISEAS Singapore June 22.
- Stovall, T.K. and Tomlinson, J.J (1995). "What are the Potential Benefits of Including Latent Storage in Common Wallboard?," *Journal of Solar Energy Engineering*. 117.
- Szymocha, K. (2005). Advanced thermal solar system with heat storage for residential house space heating, SESCOI 2005 Conference British Columbia Institute of Technology, Burnaby, British Columbia, Canada August 20 – 24, 2005.
- Tyagi, V. V. and D. Buddhi (2007). "PCM thermal storage in buildings: A state of art." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11(6): 1146-1166.
- Vineet Veer Tyagi. & D. Buddhi. (2007). PCM thermal storage in buildings: A state of art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. (11), 1146-1166.
- Zhang, Y., G. Zhou, et al. (2007). "Application of latent heat thermal energy storage in buildings: State-of-the-art and outlook." *Building and Environment* 42(6): 2197-2209.

E-NETT 2011

การประชุมวิชาการ เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 7th Conference on Energy Network of Thailand

- Renewable Energy
- Energy Conservations
- Applied Energy
- Energy Policy
- Energy and Caramic Materials
- Environment Management

Proceeding Volume I

3-5 พฤษภาคม 2554

ณ Phuket Orchid Resort and Spa หาดกะรน จังหวัดภูเก็ต

ดำเนินการโดย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



กำหนดการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 ประจำปี 2554



วันอังคารที่ 3 พฤษภาคม 2554				
ลงทะเบียน				
08:30 – 09:00	พิธีเปิดการประชุมวิชาการ ณ ห้อง Orchid Convention Hall โรงแรม Phuket Orchid Resort and Spa จังหวัดภูเก็ต			
09:00 – 09:30	กล่าวต้อนรับ โดย ผศ.ดร.สมหมาย ผิวสอาด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กล่าวเปิดงาน โดย รศ. ดร.นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์ อธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี			
09:30 – 10:30	การบรรยายพิเศษเรื่อง “นโยบายพลังงานทดแทนของประเทศไทย” โดย ดร.ทวารัฐ สูตะบุตร รองอธิบดี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน			
10:30 – 10:50	รับประทานอาหารว่าง			
10:50 – 12:00	การบรรยายพิเศษเรื่อง “บทบาทของทหารต่อทิศทางการพลังงานของประเทศไทย” โดย พลโท กฤษพงษ์ แก้วจินดา เจ้ากรมการพลังงานทหาร กระทรวงกลาโหม			
12:00 – 13:00	รับประทานอาหารกลางวัน			
Room	Orchid A	Orchid B	Orchid C	Orchid D
13:00-14:30	Renewable Energy 01	Applied Energy 01	Energy Conservations 01	Energy Policy 01
Chair	ดร.ดร.ภณิด วัฒนวิเชียร (CU)	ผศ.ดร.กุลเชษฐ์ เพ็ชรทอง (UBU)	ดร.กิตติ สภาพรประสารณ์ (SWU)	ดร.กอบศักดิ์ ศรีประภา (SOLARTEC)
Paper ID	AEN01-AEN06	BEN01-BEN06	CEN01-CEN06	DEN01-DEN06
14:30-14:45	รับประทานอาหารว่าง			
14:45-16:00	Renewable Energy 02	Applied Energy 02	Energy Materials 01	Energy Policy 02
Chair	ดร.ฟิลิซุ่ มณีโชติ (NU)	ผศ.ดร.ณัฐพล ภูมิสะอาด (MMU)	ผศ.ดร.สมชาย มณีวรรณ (NU)	ผศ.ดร.ฉัตรชัย นิยมล (KMUTNB)
Paper ID	AEN07-AEN12	BEN07-BEN12	CEN07-CEN12	DEN07-DEN12
17:00-22:00	Banquet (ภัตตาคารตนเอง 2)			

กำหนดการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 ประจำปี 2554

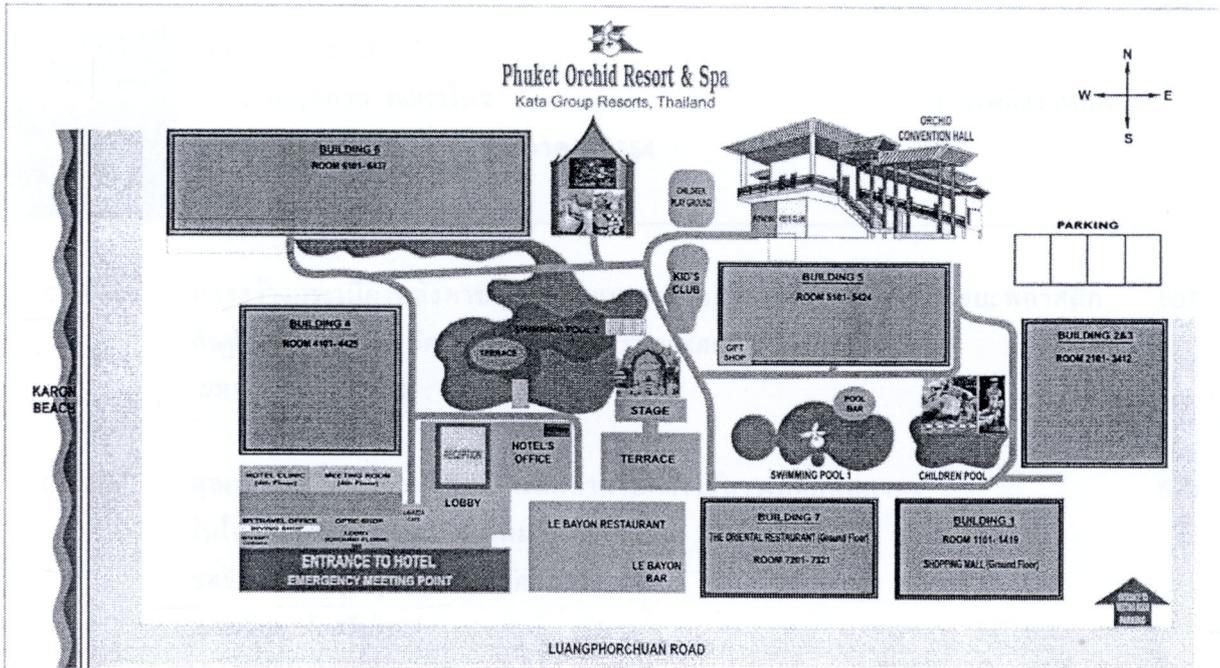


วันพุธ ที่ 4 พฤษภาคม 2554				
เวลา	Orchid A	Orchid B	Orchid C	Orchid D
08:45-10:15	Renewable Energy 03	Applied Energy 03	Energy Materials 02	Energy Conservations 02
Chair	ผศ.ผ่องศรี ศิวราศักดิ์ (RMUTT)	ดร.ชนกนันทน์ สุขกำเนิด (KKU)	พันเอกกฤตภาส คงคาไหว (กรมพลังงานทหาร)	ผศ.ดร.นภาพ แยมไตรพัฒน์ (MUT)
Paper ID	AEN13-AEN18	BEN13-BEN18	CEN13-CEN18	DEN13-DEN18
10:15 - 10:30	รับประทานอาหารว่าง			
10:30-12:00	Renewable Energy 04	Applied Energy 04	Energy Management 01	Energy Conservations 03
Chair	ผศ.ดร.นิพนธ์ เกตุจ้อย (NU)	รศ.ดร.ธนัชชัย กุลรวาณิชพงษ์ (SUT)	ดร.พานิช อินต๊ะ(RMUTL)	รศ.ดร.เวทิน ปิยะรัตน์ (SWU)
Paper ID	AEN19-AEN24	BEN19-BEN24	CEN19-CEN24	DEN19-DEN24
12:00 -13:00	รับประทานอาหารกลางวัน			
13:00-14:00	Poster Session			
Chair	ดร.อำนาจ เรืองวารี			
Paper ID	POS01-POS36			
14:00-15:45	Renewable Energy 05	Applied Energy 05	Energy Management 02	Energy Conservations 04
Chair	ดร.บุษยามา ข้ำสุวรรณ (CMU)	ผศ.ดร.สุรินทร์ คำฝอย (KMITL)	ดร.ไพรัช อุตุภักดิ์ (TU)	ผศ.ดร.สลิทิพย์ สีนุสนธิชาติ (MUT)
Paper ID	AEN25-AEN31	BEN25-BEN31	CEN25-CEN31	DEN25-DEN31
15:45-16:00	อาหารว่าง			
16:00-17:15	Renewable Energy 06	Renewable Energy 07	Energy Conservations 05	Energy Conservations 06
Chair	ผศ.ดร.เจริญพร เลิศสถิตธนกร(MMU)	ผศ.ดร.เชาว์ ชมพูอินทไว (KMITL)	รศ.ดร.วิทยา ยงเจริญ (CU)	ผศ.ดร.จุฬารัตน์ เบญปิยะพร (KKU)
Paper ID	AEN32-AEN38	BEN32-BEN38	CEN32-CEN38	DEN32-DEN38

กำหนดการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 ประจำปี 2554



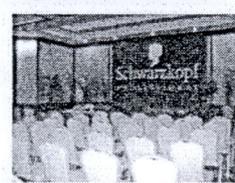
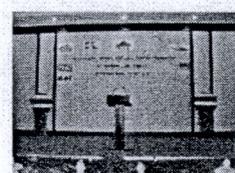
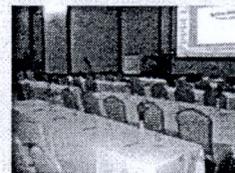
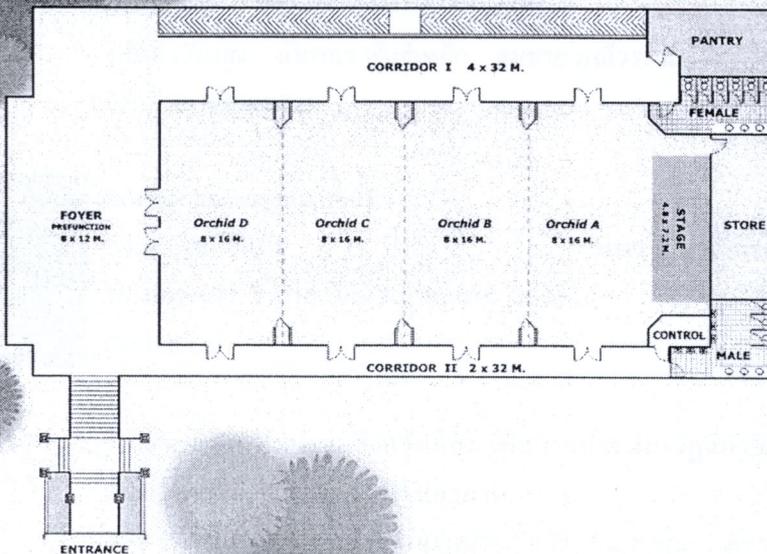
วันพฤหัสบดี ที่ 5 พฤษภาคม 2554					
เวลา	Room	Orchid A	Orchid B	Orchid C	Orchid D
08:45-10:15	Renewable Energy 08	Renewable Energy 09	Renewable Energy 09	Energy Conservations 07	Renewable Energy 10
Chair	ดร.จันทนา กฤษทวีรัตน์ (KMUTT)	รศ.ดร.อดิศักดิ์ นวกกรมกุล (KMUTT)	รศ.ดร.อดิศักดิ์ นวกกรมกุล (KMUTT)	ผศ.ดร.ธวัช เกิดชื่น (RMUTI)	รศ.ดร.พงษ์เจต พรหมวงศ์ (KMUTT)
Paper ID	AEN39-AEN44	BEN39-BEN44	BEN39-BEN44	CEN39 - CEN44	DEN39-DEN44
10:15 - 10:30	รับประทานอาหารว่าง				
10:30-12:00	Renewable Energy 11	Renewable Energy 12	Renewable Energy 12	Energy Conservations 08	Renewable Energy 13
Chair	ดร.กฤษณะชนันท์ ภูมิภิตติพิชญ์ (RMUTT)	ดร.เทอดเกียรติ ลิมปีทีปราการ (RMUTT)	ดร.เทอดเกียรติ ลิมปีทีปราการ (RMUTT)	ผศ.ดร.ชัยพล ธงชัยสุวัตรกุล (KMUTNB)	ผศ.ดร.สุมิตรา จรัสโรจน์กุล (MTEC)
Paper ID	AEN45-AEN51	BEN45 - BEN51	BEN45 - BEN51	CEN45-CEN51	DEN45-DEN51
12:00 - 13:00	รับประทานอาหารกลางวัน				
13:00 - 13:30	พิธีปิดการประชุม ห้อง A โดย ผศ.ดร.สมชัย หิรัญโรจน์ม ประธานจัดงาน				



PHUKET ORCHID RESORT



Orchid Convention Hall



สารบัญ

		หน้า
Session	Energy Materials 02	
ประธาน	พันเอกกฤตภาส คงคาไหว	กรมพลังงานทหาร
เวลา	08:45-10:15 วันพุธ ที่ 4 พฤษภาคม 2554	
ห้องบรรยาย	Orchid C	
CEN13	การสร้างกระเบื้องหลังคาซีเมนต์ต้นแบบผสมอลูมิเนียมฟอยล์จากถุงขยะพลาสติก ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา กิตติศักดิ์ วงษ์โก ทรายดล อ่อนน้อม พรหมเย็นนที มหาวิทยาลัยนเรศวร	567
CEN15	อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะที่เหมาะสมสำหรับการใช้สารเปลี่ยนสถานะ ในโครงสร้างผนังเพื่อการเพิ่มมวลความร้อน ชลธิศ เอี่ยมวรวิฑูกุล อมตะ ทศนภักดิ์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม	573
CEN16	การพัฒนาผนังอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ ยุภามาณี ยางจ้าน ¹ สมชาย มณีวรรณ ¹ ฉันทนา พันธุ์เหล็ก ¹ อนสุภรณ์ วรสิงห์ ² โยธิน อึ้งกุล ² วันวิสาข์ เจตย์ภัทรนาท ² มหาวิทยาลัยนเรศวร ¹ บริษัทชุปเปอร์บล็อก ²	579
CEN17	ศักยภาพความเป็นไปได้ในการใช้สารเปลี่ยนสถานะในการทดสอบความร้อน แบบแผ่น วสันต์ เสียงสูง ฉันทนา พันธุ์เหล็ก สมชาย มณีวรรณ มหาวิทยาลัยนเรศวร	584
Session	Energy Management 01	
ประธาน	ดร.พานิช อินต๊ะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
เวลา	10:30-12:00 วันพุธ ที่ 4 พฤษภาคม 2554	
ห้องบรรยาย	Orchid C	
CEN19	วิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อการประเมินวัฏจักรชีวิตของคอมเพรสเซอร์ แบบสโครล์สำหรับเครื่องปรับอากาศ สมชาย มณีวรรณ ฉันทนา พันธุ์เหล็ก ธนาพล ปธานิน พิษขามา ชื่นคง มหาวิทยาลัยนเรศวร	590

การพัฒนาผนังอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ

Development of Light Weight Concrete Wall Composed of Phase Change Material

ยุปามาณี ยางจำนั¹ สมชาย มณีวรรณ¹ ฉันทนา พันธุ์เหล็ก¹ อนุสรณ์ วรสิงห์² โยธิน อึ้งกุล³ และวันวิสาข์ เจติย์ภัทรนาท⁴

¹ศูนย์วิจัยและจัดการด้านพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000
โทรศัพท์ 0-5596-3553 โทรสาร 0-5596-3553 E-mail: yupamane@nu.in.th, somchaim@nu.ac.th, chantanap@nu.ac.th

²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

โทรศัพท์ 0-5596-3401 โทรสาร 0-5596-3553 E-mail: anusornv@yahoo.com

³บริษัทซูเปอร์บล็อก จำกัด (มหาชน) 223/61 คันทรีคอมเพล็กซ์ อาคารเอ ชั้น 14 ถนนสรรพาวุธ แขวงบางนา เขตบางนา
จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10260 โทรศัพท์ 0-2361-5599 โทรสาร 0-2361-5036 E-mail: yothinu@yahoo.com

⁴ศูนย์วิจัยพัฒนา บริษัทซูเปอร์บล็อก จำกัด (มหาชน) 9/1 หมู่ 11 ถนนสิงห์บุรี-ปากดง ตำบลบางระจัน อำเภอค่ายบางระจัน
จังหวัดสิงห์บุรี 16150 โทรศัพท์ 0-3653-5371 โทรสาร 0-3653-5372 E-mail: wanvisaj@hotmail.com

Yupamane Yangjam¹ Somchai Maneewan¹ Chantana Punlek¹ Anusorn Vorasing² Yothin Ungkoon³ and Wanvisa Jetiphattaranat⁴

¹Research and Energy Management Center Faculty of Science Naresuan University Phitsanulok 65000

Tel: 0-5596-3553 Fax: 0-5596-3553 E-mail: yupamane@nu.in.th, somchaim@nu.ac.th, chantanap@nu.ac.th

²Department of Chemistry Faculty of Science Naresuan University Phitsanulok 65000

Tel: 0-5596-3401 Fax: 0-5596-3553 E-mail: anusornv@yahoo.com

³Superblock Public Company Limited. 223/61 Country Complex Tower, Building A 14th Floor Sunpawut Road, Bangna,

Bangkok 10260 Tel: 0-2361-5599 Fax: 0-2361-5036 E-mail: yothinu@yahoo.com

⁴Development Research Center. Superblock Public Company Limited. 9/1 Moo 11 SingBuri-PakDong Road,

Sub-District Bangrachan, KhaiBangRachan, Singburi 16150 Tel: 0-3653-5371 Fax: 0-3653-5372 E-mail: wanvisaj@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสารเปลี่ยนสถานะมาใช้ร่วมกับอิฐมวลเบาเพื่อลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร โดยพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพเป็นหลัก แบ่งรูปแบบอิฐมวลเบาที่ขนาดความหนา 10 ซม. 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 ซม. และผนังด้านในเท่ากับ 7.0 5.0 และ 3.0 ซม. ตามลำดับ ในสัดส่วน 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

ผลทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ พบว่า สัดส่วนที่เหมาะสมคือ 2.5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีสมบัติมาตรฐานของอุตสาหกรรม มอก.1505-2541 มีค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรอยู่ระหว่าง 0.61 – 0.64 g/cm³ ค่าต้านทานแรงดึงอยู่ระหว่าง 20.04 – 25.90 kg/cm² อัตราการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยที่ 0.39 g/cm³ และค่าต้านทานแรงอัด กรณีใช้ S32 มีค่ารับแรงอัดสูงสุดคือ 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

คำสำคัญ: ผนังอิฐมวลเบา, สารเปลี่ยนสถานะ, เครื่องวัดพีเพอเรนเซียล สแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์

Abstract

This paper studies the possibility to used PCM with Light Weight Concrete to reduce the heat transfer to the building, based on the physical properties. Light Weight Concrete 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).

The results of the physical properties showed that the appropriate proportion is 2.5 percent. As the good properties of the industry standard TIS 1505-2541, thus volume density is between 0.61 – 0.64 g/cm³, flexural strength averaged between 20.04 – 25.90 kg/cm², water absorption is 0.39 g/cm³ and compressive strength, 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

Keywords: Light Weight Concrete Wall, Phase Change Material, Differential scanning calorimeter

1. คำนำ

เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น อุดหนุนมีค่อนข้างสูง เกือบตลอดทั้งปี โดยอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดวัดได้ 4.2 องศาเซลเซียส ที่สถานีอุตุนิยมวิทยานครพนม (กลุ่มงานเกษตร) จังหวัดนครพนม เมื่อวันที่ 11 มกราคม 2552 และอุณหภูมิสูงที่สุดวัดได้ 42.3 องศาเซลเซียส ที่อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง เมื่อวันที่ 25 เมษายน 2552 [1] ส่งผลให้ความร้อนผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร ซึ่งความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ตัวอาคารหลักๆ มาจาก 2 ส่วน คือ หลังคาและผนังของอาคาร [2] เมื่อวัสดุที่ใช้ทำผนังและหลังคาถูกความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำให้พื้นผิวบริเวณนั้นมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวของผนังและหลังคาทั้งภายในและภายนอกอาคารเพิ่มมากขึ้น และส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวและอากาศภายในอาคารสูงขึ้น ทำให้สภาพอากาศภายในอาคารอยู่ในสภาวะความไม่สบายเชิงความร้อนที่สามารถพบได้ในอาคารทั่วไป โดยภาวะความสบายเชิงความร้อน (thermal comfort) ของผู้อยู่อาศัยภายในอาคารนั้นเป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบเพื่อก่อสร้างอาคาร เนื่องจากมีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของผู้อยู่อาศัย อีกทั้งยังส่งผลต่อการใช้พลังงานเพื่อปรับสภาพอากาศให้อยู่ในภาวะความสบายเชิงความร้อน จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดแนวความคิดในการลดอุณหภูมิภายในอาคารและควบคุมความผันแปรของอุณหภูมิในรอบวันให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น ซึ่งแนวทางที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ คือ การเลือกใช้สารเปลี่ยนสถานะ (Phase change material, PCM) เพื่อดูดซับความร้อนและป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ในประเทศสเปนได้มีการนำสารเปลี่ยนสถานะมาพัฒนาร่วมกับอิฐเพื่อสร้างเป็นผนังอาคารหลายชั้น ผลที่ได้จากการทดลองเป็นการยืนยันได้ว่า สารเปลี่ยนสถานะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของอุณหภูมิในรอบวันและช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศได้ดี [3] และ Kuznik, F. & J. Virgone. [4] ได้ทำการศึกษาการทำงานของสารเปลี่ยนสถานะเพื่อปรับปรุงผนังหลายชั้นในแบบจำลอง MINIBAT ผลการทดลองพบว่า ในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิของผนังด้านทิศตะวันออกและตะวันตกมีค่าลดลง 3.5 องศาเซลเซียส และด้านทิศเหนือลดลง 2.8 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูหนาวและกลางฤดูอุณหภูมิของผนังทั้ง 3 ด้านมีค่าลดลงเช่นเดียวกัน

สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมดูดซับและคายความร้อนของสารเปลี่ยนสถานะ เพื่อพัฒนาอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ รวมถึงศึกษาสมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ ได้แก่ ความหนาแน่นเชิงปริมาตร ค่าต้านทานแรงอัด ค่าต้านทานแรงดึง และอัตราการดูดกลืนน้ำ เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมและส่งผลให้อิฐมวลเบา มีสมบัติที่ดีตามมาตรฐานของอุตสาหกรรม มอก.1505-2541

2. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

การวิจัยเพื่อพัฒนาผนังอิฐมวลเบาโดยใช้สารเปลี่ยนสถานะ มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 3 ส่วนคือ ศึกษาพฤติกรรมดูดซับและคายความร้อนของสารเปลี่ยนสถานะ พัฒนาอิฐมวลเบาที่มี

ส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ และสมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ

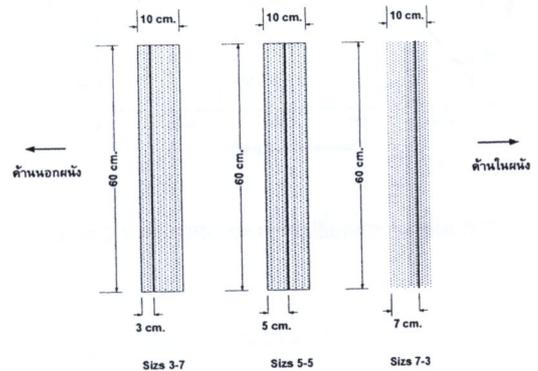
2.1 พฤติกรรมดูดซับและคายความร้อนของสารเปลี่ยนสถานะ

การศึกษาลักษณะพฤติกรรมดูดซับและคายความร้อนของสารเปลี่ยนสถานะ โดยใช้ข้อมูลจากผู้ผลิต และค่าความจุความร้อนจากการวัดโดยเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) รุ่น DSC1 ยี่ห้อ Mettler Toledo สภาวะที่ใช้วิเคราะห์ คือ อัตราการเพิ่มความร้อน (Heating rate) มีค่า 5 °C/min และ Flow N₂(g) 50 ml/min สารเปลี่ยนสถานะที่ใช้เป็นประเภท salt hydrate คือ S32 และ S44 มีจุดหลอมเหลว 32 และ 44 องศาเซลเซียสตามลำดับ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้

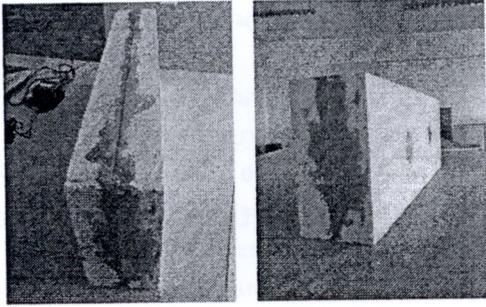
- 2.1.1 นำสารตัวอย่างบดให้ละเอียดใช้ 10-15 mg ต่อ 1 ตัวอย่าง
- 2.1.2 บรรจุใส่แพนอลูมิเนียม (Aluminium Pan)
- 2.1.3 ใส่เครื่องและทดสอบตามลำดับขั้นตอนของเครื่อง DSC
- 2.1.4 วิเคราะห์ลักษณะพฤติกรรมดูดซับและคายความร้อนของสารเปลี่ยนสถานะ

2.2 พัฒนาอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ

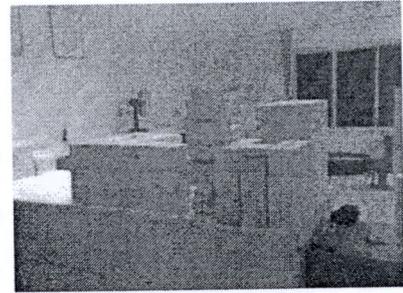
การพัฒนาอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ โดยแบ่งรูปแบบอิฐมวลเบาออกเป็น 3 แบบ คือ size 3-7 size 5-5 และ size 7-3 (ภาพ 1) ประกอบด้วย อิฐมวลเบา 2 ชั้น ตรงกลางใส่ PCM ที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านนอก 3.0 5.0 และ 7.0 ซม. และผนังด้านในเป็น 7.0 5.0 และ 3.0 ซม.ตามลำดับ ในสัดส่วน 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)



ภาพ 1 รูปแบบอิฐมวลเบา



ภาพ 2 อิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ



ภาพ 4 บล็อกที่นำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพ

2.3 สมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ ได้แก่ ความหนาแน่นแห้งเชิงปริมาตร ค่าต้านทานแรงอัด ค่าต้านทานแรงดึง และอัตราการดูดกลืนน้ำ เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ ที่ส่งผลให้อิฐมวลเบาที่มีสมบัติที่ดีตามมาตรฐานของอุตสาหกรรม มอก.1505-2541 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้

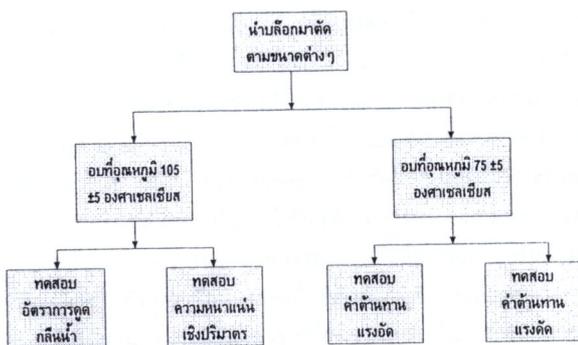
2.3.1 นำบล็อกมาตัดเพื่อนำไปทดสอบ โดยขนาด 10x10x10 ซม. และ 4x4x16 ซม.

2.3.2 ทำการวัดมิติบล็อกทุกก้อนด้วยเวอร์เนียและทำการบันทึกผลลงในแผ่นบันทึกผล

2.3.3 ทำการทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้งเชิงปริมาตรก่อนตัวอย่างขนาด 10x10x10 ซม. ทำการอบที่อุณหภูมิ 105 ±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาความหนาแน่นแห้ง และนำบล็อกแช่น้ำ 24 ชั่วโมงเพื่อหาอัตราการดูดกลืนน้ำ

2.3.4 ทำการทดสอบแรงอัดก่อนตัวอย่างขนาด 10x10x10 ซม. ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 75 ±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.3.5 ทำการทดสอบแรงดึงก่อนตัวอย่างขนาด 4x4x16 ซม. ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 75 ±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

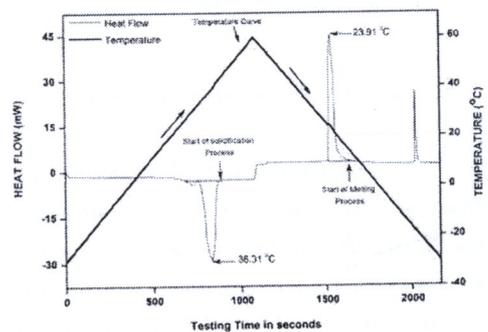


ภาพ 3 ขั้นตอนการทดสอบสมบัติทางกายภาพ

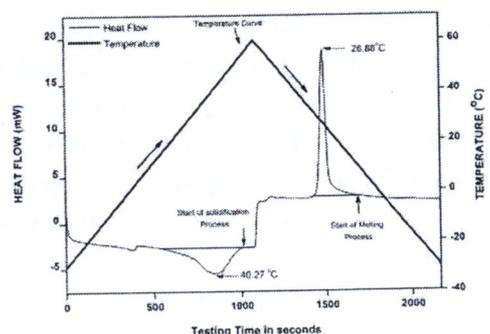
3. ผลการทดลอง

3.1 พฤติกรรมการดูดซับและคายความร้อนของสารเปลี่ยนสถานะ

การศึกษาลักษณะพฤติกรรมการดูดซับและคายความร้อนของสารเปลี่ยนชนิด S32 และ S44 จากการวัดโดยเครื่อง DSC พบว่าเส้นกราฟติดลบเป็นกระบวนการดูดความร้อนและเส้นกราฟเป็นบวกเป็นกระบวนการคายความร้อน ดังนั้น กรณีใช้ S32 แสดงว่าอุณหภูมิการหลอมเหลวคือ 23.91 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิการแข็งตัว 38.31 องศาเซลเซียส (ภาพ 5) และกรณีใช้ S44 แสดงว่าอุณหภูมิการหลอมเหลวคือ 26.88 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิการแข็งตัว 40.27 องศาเซลเซียส (ภาพ 6)



ภาพ 5 กราฟ DSC ของสารเปลี่ยนสถานะชนิด S32



ภาพ 6 กราฟ DSC ของสารเปลี่ยนสถานะชนิด S44

3.2 สมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ

3.2.1 ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร (Density)

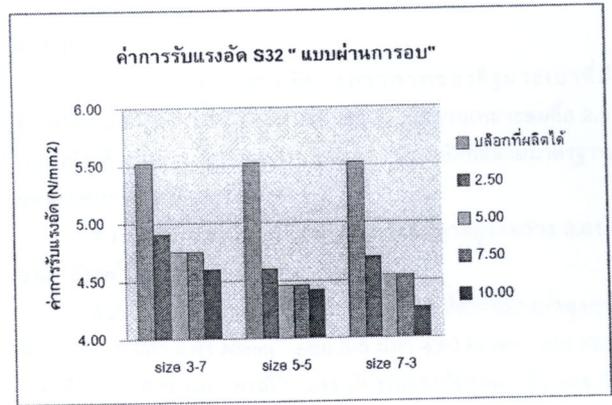
ผลการทดสอบอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.61 – 0.64 g/cm³ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมการผลิตอิฐมวลเบาซึ่งมีค่าระหว่าง 0.61-0.70 g/cm³ พบว่าอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม แสดงให้เห็นว่าสารเปลี่ยนสถานะไม่มีผลกระทบต่อความหนาแน่นเชิงปริมาตร ดังตาราง 1

ตาราง 1 ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร (แห้ง)

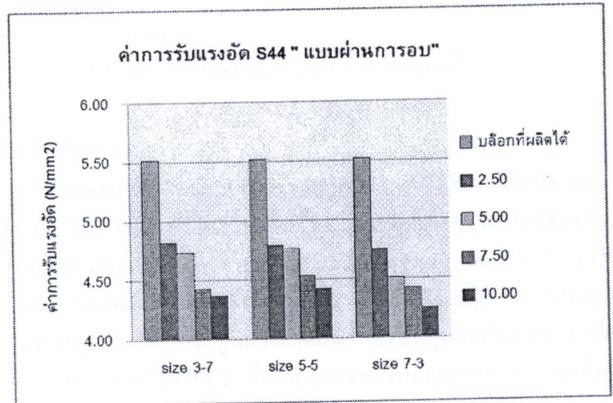
PCM	ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร(แห้ง) g/cm ³			
	ร้อยละโดยน้ำหนัก (%)	size 3-7	size 5-5	size 7-3
	มาตรฐาน	0.61-0.70		
S32	2.50	0.62	0.62	0.62
	5.00	0.62	0.64	0.64
	7.50	0.63	0.63	0.62
	10.00	0.64	0.63	0.63
S44	2.50	0.62	0.62	0.63
	5.00	0.65	0.61	0.62
	7.50	0.65	0.63	0.64
	10.00	0.63	0.62	0.64

3.2.2 ค่าต้านทานแรงอัด (Compressive strength)

ผลการทดสอบค่าต้านทานแรงอัดของอิฐมวลเบาแบบผ่านการอบมีค่า 5.52 N/mm² ซึ่งมีค่ารับแรงอัดสูงกว่าอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ ในการทดลองได้มีการใช้สารเปลี่ยนสถานะ 2 ชนิดคือ S32 และ S44 จากผลการทดลองพบว่า สัดส่วนที่เหมาะสมคือ 2.5 เปอร์เซ็นต์ กรณีใช้ S32 เป็นสารเปลี่ยนสถานะ (ภาพ 7) 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 เป็นสารเปลี่ยนสถานะ (ภาพ 8) 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 ซึ่งอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของสารเปลี่ยนสถานะมีแนวโน้มทำให้ค่าต้านทานแรงอัดลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมการผลิตอิฐมวลเบาที่รับแรงอัดตามมาตรฐานต่ำสุดอยู่ที่ 4 N/mm² ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5 N/mm² พบว่าอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมอิฐมวลเบา คือ สัดส่วนที่ 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 7 ค่าต้านทานแรงอัดของ S32



ภาพ 8 ค่าต้านทานแรงอัดของ S44

3.2.3 ค่าต้านทานแรงดัด (Flexural strength)

ผลการทดสอบค่าต้านทานแรงดัดของอิฐมวลเบาที่รับแรงดัดที่ 21.23 kg/cm² ในการทดลองได้มีการใช้สารเปลี่ยนสถานะ 2 ชนิดคือ S32 และ S44 จากผลการทดลอง พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมคือ 10.0 เปอร์เซ็นต์ กรณีใช้ S32 เป็นสารเปลี่ยนสถานะมีค่ารับแรงดัดสูงสุด 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 เป็นสารเปลี่ยนสถานะมีค่ารับแรงดัดสูงสุด 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 ซึ่งอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของสารเปลี่ยนสถานะมีแนวโน้มทำให้ค่าต้านทานแรงดัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมการผลิตอิฐมวลเบาที่รับแรงอัดตามมาตรฐานมีค่าเป็น 4 เท่าของแรงอัด พบว่าอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะทุกสัดส่วนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมอิฐมวลเบา เนื่องจากมีค่ารับแรงดัดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 20.04 – 25.90 kg/cm² ดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่าต้านทานแรงดัด

PCM	ร้อยละโดย น้ำหนัก (%)	ค่าการรับแรงดัด "ผ่านการอบ"		
		size 3-7	size 5-5	size 7-3
	มาตรฐาน	4 เท่าแรงอัด		
S32	2.50	22.62	20.52	20.04
	5.00	20.80	20.14	20.21
	7.50	21.71	21.34	22.41
	10.00	24.12	24.30	24.99
S44	2.50	24.05	21.43	22.77
	5.00	23.26	27.53	20.39
	7.50	22.78	24.71	22.54
	10.00	24.40	24.56	25.90

3.2.4 อัตราการดูดกลืนน้ำ (Water absorption)

ผลการทดสอบอัตราการดูดกลืนน้ำจากการนำอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าในกรณีของ S32 และ S44 มีอัตราการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยที่ 0.39 g/cm³ ซึ่งมีค่าการดูดกลืนน้ำไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมซึ่งต้องมีค่าไม่เกิน 0.50 g/cm³ พบว่าผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม ดังตาราง 3

ตาราง 3 อัตราการดูดกลืนน้ำ

PCM	ร้อยละโดย น้ำหนัก (%)	อัตราการดูดกลืนน้ำ		
		size 3-7	size 5-5	size 7-3
	มาตรฐาน	ไม่เกิน 0.50		
S32	2.50	0.39	0.40	0.39
	5.00	0.39	0.36	0.39
	7.50	0.37	0.40	0.41
	10.00	0.39	0.39	0.39
S44	2.50	0.39	0.40	0.39
	5.00	0.39	0.39	0.39
	7.50	0.35	0.42	0.38
	10.00	0.38	0.40	0.37

4. สรุป

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของสารเปลี่ยนสถานะ พบว่า สัดส่วนเหมาะสมคือ 2.5 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) เนื่องจากมีสมบัติที่ดีตามมาตรฐานของอุตสาหกรรม มอก.1505-2541

4.1 ความหนาแน่นแห้งเชิงปริมาตรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.61–0.64 g/cm³

4.2 ค่าต้านทานแรงอัด กรณีใช้ S32 มีค่ารับแรงอัดสูงสุดคือ 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

4.3 ค่าต้านทานแรงดัดของอิฐมวลเบา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 20.04 – 25.90 kg/cm²

4.4 อัตราการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยที่ 0.39 g/cm³

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองทุนสนับสนุนการวิจัย ศูนย์วิจัยมหาดบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กองทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เงินทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์วิจัยพัฒนา บริษัทซูเปอร์บล็อก จำกัด (มหาชน) จังหวัดสิงห์บุรี ที่ให้ข้อมูลและสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. สภาวะอากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2552. สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2553, จาก <http://www.tmd.go.th>
- [2] สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2553, จาก <http://www2.dede.go.th>
- [3] Castell, A., et al. Experimental study of using PCM in brick constructive solutions for passive cooling. Energy and Buildings. (42), 534-540.
- [4] Kuznik, F. & J. Virgone. (2009). Experimental assessment of a phase change material for wall building use. Applied Energy. (88), 2038-2046.



