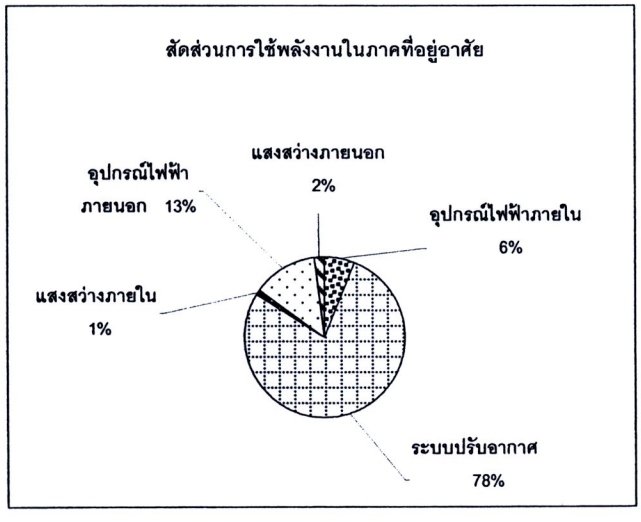
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

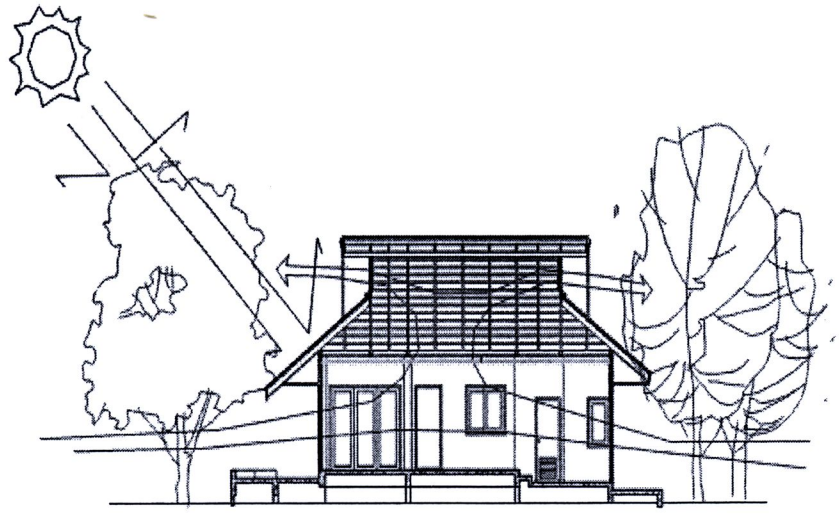
การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศเพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ของประชากรให้มีความสุขสบายมากขึ้นพบว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในสาขาที่อยู่อาศัยมีปริมาณการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน ได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ เป็นต้น และอีกส่วนหนึ่งที่ส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ คือวัสดุกรอบอาคารที่ห่อหุ้มเปลือกอาคารโดยรอบ ซึ่งได้แก่ ผนังและหลังคา (สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, 2553ก)

การใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด จึงเป็นเรื่องสำคัญที่ควรพิจารณาอย่างเร่งด่วน เนื่องจากการใช้พลังงานในสาขาบ้านอยู่อาศัย มีการใช้สำหรับระบบปรับอากาศในสัดส่วนร้อยละ 78 และในสัดส่วนอื่นๆ ร้อยละ 12 (สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, 2553ข) ดังนั้นหากมีการใช้งานในระบบปรับอากาศลดลงจะช่วยให้มีการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศเพิ่มมากขึ้น



ภาพ 1 สัดส่วนการใช้พลังงานในภาคที่อยู่อาศัย

แนวทางหนึ่งในการลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศคือ การป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร เช่น การสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อม การป้องกันความร้อนให้กับเปลือกอาคาร การเลือกใช้การระบายอากาศภายในอาคาร (สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, 2553ก)



ภาพ 2 การป้องกันและลดความร้อนเข้าสู่อาคาร

ภาวะความสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort)

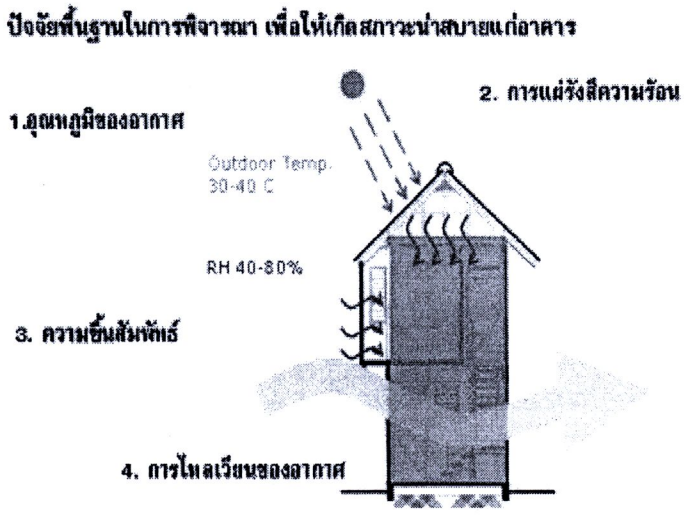
ภาวะความสบายเชิงความร้อนของผู้อยู่อาศัยภายในอาคารนั้นเป็นหัวใจในการออกแบบสร้างอาคารต่างๆ จึงได้มีการศึกษาภาวะความสบายอยู่เสมอ เนื่องจากมีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของผู้อยู่อาศัย อีกทั้งยังส่งผลต่อเรื่องของการใช้พลังงานเพื่อปรับสภาวะอากาศให้รู้สึกสบาย (สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, 2553ค) โดยปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะความสบาย (Comfort) แก่อาคาร ได้แก่

ก. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)

ข. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

ค. ความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity)

ง. การไหลเวียนของอากาศ (Air Movement)



ภาพ 3 ปัจจัยพื้นฐานในการพิจารณาเพื่อให้เกิดสภาวะความสบายแก่อาคาร

ปัจจัยดังกล่าวนี้เป็นปัจจัยหลักที่จะใช้ในการสร้างแนวทางในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยจากการศึกษาการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารจะพิจารณากรอบอาคาร 2 ส่วนด้วยกัน คือ หลังคา และผนังอาคาร โดยเมื่อพิจารณาถึงวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นกรอบอาคารนี้ พบว่าคุณสมบัติวัสดุผสมที่มีความน่าจะเป็นตัวแทนวัสดุสำหรับเปลือกอาคารที่ดี คือ วัสดุที่มีการใช้งานร่วมกันระหว่างฉนวนประเภทปิดและมวลสาร โดยผิวภายนอกของอาคารจะเป็นการป้องกันการแพร่ผ่านของความร้อนและความชื้นเข้าสู่ภายในอาคาร ส่วนภายในของอาคารจะเป็นการสร้างเสถียรภาพทางอุณหภูมิให้กับอาคาร

1. เขตความสบาย (Comfort zone)

เขตความสบาย คือ การหาช่วงของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมที่เหมาะสมที่ทำให้มนุษย์เรารู้สึกว่าอยู่ในสภาวะที่น่าสบาย เนื่องจากไม่สามารถกำหนดค่าภาวะความสบายออกมาเป็นตัวเลขได้จึงต้องพูดเป็นเขตหรือเป็นช่วง ทำให้ทราบว่าคนเราสามารถมีความสบายหรืออยู่ในสภาวะน่าสบายในจุดที่ต่างกันได้ แต่จุดของความแตกต่างนั้นไม่ควรมีความห่างกันมาก เมื่อความสบายของคนต่างชาติต่างผิวพรรณซึ่งอยู่ต่างสภาพภูมิอากาศมีความแตกต่างกัน เขตความสบายของคนที่อยู่ในสภาพภูมิอากาศต่างกันย่อมมีความแตกต่างกันด้วย

2. การควบคุมภาวะความสบายในอาคาร

การควบคุมสภาวะน่าสบายในอาคารและประหยัดพลังงานไปด้วย ซึ่งอาจแยกเป็นแนวทางของการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานได้ 2 แนวทาง คือ

2.1 แบบพึ่งพาธรรมชาติ

การออกแบบอาคารโดยวิธีการพึ่งพาธรรมชาติ หมายถึง การออกแบบอาคารที่พยายามดึงเอาประโยชน์จากพลังงานจากธรรมชาติที่ไม่หมดไปเข้ามาใช้ในอาคาร เพื่อให้อาคารเข้าสู่สภาวะน่าสบาย โดยการเจาะช่องเปิดรับลมประจำถิ่นให้เข้ามาช่วยถ่ายเทระบายความร้อนในอาคาร หรือการเจาะช่องแสงเพื่อใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในช่วงเวลาที่สามารถทำได้ทดแทนการใช้แสงประดิษฐ์

2.2 แบบพึ่งพาเครื่องกล

หากอาคารที่ออกแบบมีหลายปัจจัย ที่ทำให้ไม่สามารถจะนำประโยชน์จากการใช้พลังงานจากธรรมชาติที่ไม่หมดไปเข้ามาทำให้เกิดสภาวะน่าสบายได้อย่างในแนวทางแรก การออกแบบในแนวทางที่สองซึ่งต้องพึ่งพาเครื่องกลจึงเข้ามาเป็นทางเลือก เช่น ใช้เครื่องปรับอากาศในการช่วยถ่ายเทความร้อน ปรับอุณหภูมิภายในอาคารเพื่อสร้างภาวะความสบายขึ้นตลอดจนการเลือกใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้าหรือหลอดไฟที่ออกแบบพิเศษเพื่อช่วยประหยัดพลังงาน และนอกจากการออกแบบที่ดีจะสามารถช่วยประหยัดพลังงานแล้ว ยังต้องมาจากผใชงานอาคาร ที่ควรรู้จักใช้อุปกรณ์อาคาร และเครื่องอำนวยความสะดวกในอาคาร อย่างถูกต้อง ประหยัด และรู้คุณค่าประกอบกันไปอีกด้วย

การป้องกันความร้อนให้กับเปลือกอาคาร

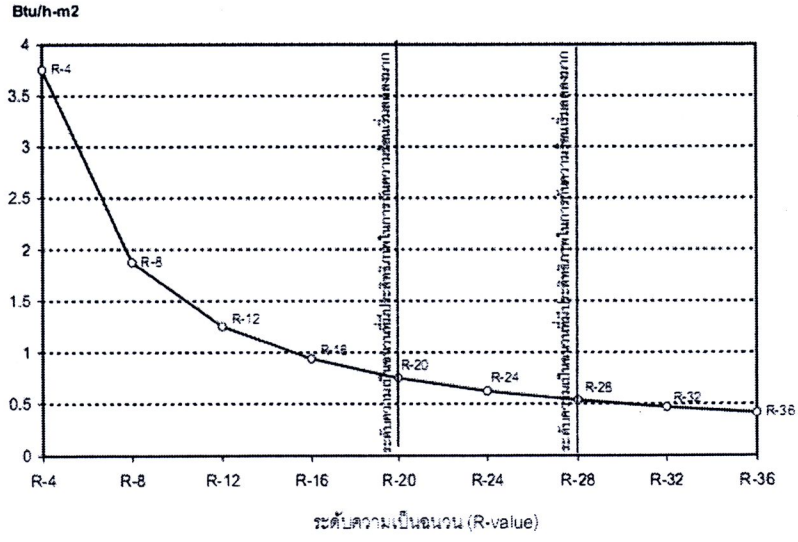
1. การป้องกันความร้อนทางหลังคา

หลังคาเป็นพื้นที่ที่มีระดับใกล้เคียงแนวนอนจึงมีผลให้มปริมาณการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์สูงกว่าพื้นที่ในแนวระนาบตั้ง เช่น ผนังอาคาร นอกจากนี้หลังคายังเป็นส่วนบนสุดของอาคารซึ่งทำหน้าที่ป้องกันแสงอาทิตย์ให้กับอาคารทั้งหลัง หลังคาจึงเป็นส่วนที่มีความร้อนสูงที่สุดในองค์ประกอบทั้งหมดของอาคาร หลังคาที่มีสีเข้ม เช่น สีน้ำตาลแดงหรือสีน้ำเงินเข้ม อาจมีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงถึง 60 องศาเซลเซียสในช่วงที่มีแดดจัด (สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, 2553ก)

การป้องกันความร้อนจากหลังคาจึงเป็นจุดวิกฤตในการป้องกันความร้อนที่จะแพร่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารเนื่องจากสภาพแวดล้อมภายนอก การป้องกันความร้อนจากหลังคาที่เหมาะสมอาจทำได้โดย

1.1 การตัดแบ่งพื้นที่ใต้หลังคาและส่วนภายในอาคารด้วยฉนวนกันความร้อน การตัดแบ่งพื้นที่ระหว่างพื้นที่ใต้หลังคาที่มีความร้อนสูง และส่วนภายในอาคารที่ต้องการให้มีความร้อนแพร่ผ่านเข้ามาให้น้อยที่สุด จำเป็นจะต้องใช้วัสดุฉนวนที่มีความสามารถในการกันความร้อนสูงมากสำหรับประเทศไทย และต้องมีการเลือกใช้ระบบฝ้าเพดานที่มีรอยรั่วน้อยที่สุด เพื่อป้องกันการรั่วซึมจากอากาศร้อนในส่วนพื้นที่ใต้หลังคาที่อาจรั่วซึมเข้ามาภายในอาคาร ฉนวนจะทำหน้าที่ลดความร้อนจาก

พื้นที่ใต้หลังคาให้แพร่เข้าสู่ภายในอาคารน้อยที่สุด ถ้าประมาณว่าขอบเขตสูงสุดของเขตสบายอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 27 องศาเซลเซียสตามแผนภูมิไบโอไคลเมติก ส่วนอุณหภูมิของพื้นที่ใต้ฝ้าเพดานอาจอยู่ที่ประมาณ 40-45 องศาเซลเซียสในช่วงที่มีความร้อนสูง (ค่าอุณหภูมิใต้ฝ้านี้เป็นค่าประมาณกับหลังคาประเภทมวลสาร เช่น หลงคากระเบื้องต่างๆ ค่านี้อาจสูงมากขึ้นถ้าเป็นหลังคาที่มีมวลสารน้อยและบาง เช่น หลังคาเหล็ก หลังคาสังกะสี ฯลฯ) จะพบว่าค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในที่ต้องการและค่าอุณหภูมิใต้ฝ้าเพดานมีความแตกต่างประมาณ 13-18 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับฉนวนที่มีค่า R-value แตกต่างกันจะมีการถ่ายเทความร้อน ดังนี้



ภาพ 4 ระดับความเป็นฉนวนกับค่าความต้านทานความร้อน

จากการศึกษาจะพบว่าความมีประสิทธิภาพจะตกลงอย่างมากตั้งแต่ช่วง R-20 ถึง R-28 และหลังจากนี้จะเป็นส่วนที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนไม่คุ้มค่ากับระดับการเพิ่มฉนวน ดังนั้นการใช้ฉนวนสำหรับหลังคาตามสมมุติฐานนี้อาจใช้ได้ตั้งแต่ระดับความเป็นฉนวนที่ R-20 ไปจนถึง R-28 สำหรับการตัดแบ่งพื้นที่ใต้หลังคาออกจากพื้นที่ภายในอาคาร

1.2 การระบายอากาศร้อนภายใต้หลังคา การระบายอากาศร้อนที่สะสมใต้หลังคาออกไป เป็นอีกทางเลือกที่จะช่วยลดความร้อนออกจากพื้นที่ใต้หลังคาได้อย่างไรก็ดี วิธีการดังกล่าวยังมีข้อติดขัดอยู่ที่ความสามารถในการระบายความร้อนออกจากพื้นที่ด้วยการไหลเวียนอากาศตามธรรมชาติ เนื่องจากค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ต้องการให้ภายในอาคารและค่าอุณหภูมิอากาศใต้หลังคาที่มีความร้อนสูงมีค่าความแตกต่างกันมาก ความเร็วลมที่จะระบายความร้อนออกไปจะมีค่าสูงมากกว่าที่จะมีอยู่ตามสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ การระบายอากาศร้อนเพียงอย่างเดียวจึง

ไม่เพียงพอในการป้องกันความร้อนจากหลังคา และจำเป็นจะต้องใช้ฉนวนเข้ามาป้องกันความร้อนจากพื้นที่ใต้หลังคาเพิ่มเติม

2. การป้องกันความร้อนให้กับผนังอาคาร

การใช้ความเย็นจากดินกับส่วนพื้นของอาคาร พื้นอาคารที่สร้างจากวัสดุที่นำความร้อนได้ดี เช่น พื้นคอนกรีตในบ้านพักอาศัยทั่วไป ถ้าสามารถทำให้ผิวด้านล่างสัมผัสกับพื้นดินโดยมีการกันความชื้นแทรกซึมอย่างถูกต้อง จะพบว่าห้องภายในจะสามารถใช้ประโยชน์จากระดับอุณหภูมิที่ต่ำและมีความคงที่สูงจากดินข้างใต้อาคารได้ เหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากดินเป็นวัสดุที่มีมวลสารมากจึงมีค่าความจุความร้อนสูง ดินที่ระดับความลึกมากพอสมควรจึงไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตลอดวันมากนัก นอกจากนี้ดินข้างใต้อาคารเป็นส่วนที่จะไม่ได้รับพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์และสภาพแวดล้อมภายนอกตลอดวัน ดินข้างใต้อาคารจึงมักมีอุณหภูมิต่ำกว่าสภาพแวดลอมภายนอกอาคารที่ได้รับการออกแบบให้มีส่วนพื้นสัมผัสกับพื้นดินข้างใต้จะสามารถใช้ประโยชน์ในการสร้างพื้นที่มีอุณหภูมิผิวต่ำตลอดวันได้

อย่างไรก็ตามการออกแบบให้ส่วนพื้นสัมผัสกับดินอาจไม่เหมาะกับอาคารปรับอากาศนักเพราะจะเป็นการเพิ่มมวลสารที่เครื่องปรับอากาศต้องขจัดความร้อนออกจากวัสดุเพิ่มขึ้น

สารเปลี่ยนสถานะ

สารเปลี่ยนสถานะ (Phase change material หรือ PCM) หมายถึง สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น พาราฟิน กรดไขมัน เกลือไฮเดรท โลหะผสม และสารอื่นๆ ที่ทำหน้าที่ดูดซับ (absorb) พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน ทำให้สามารถป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารที่พักอาศัยได้ (Vineet Veer Tyagi and Buddhi, 2007, pp 1146-1166)

1. คุณสมบัติของ PCM ดังต่อไปนี้

1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ (Thermophysical properties)

(ก) อุณหภูมิการหลอมเหลวมีความเหมาะสมกับการใช้งาน

(ข) ความร้อนแฝงของความจุต่อหน่วยปริมาตรมีค่าสูง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวต่อหน่วยปริมาตรสูง ดังนั้นความต้องการปริมาณภาชนะที่ใช้สะสมจำนวนพลังงานมีค่าน้อย

(ค) มีค่าความร้อนจำเพาะสูงที่ให้ค่าเพิ่มจากการจัดเก็บความร้อนแบบสัมผัส

(ง) มีค่าการนำความร้อนสูงในสถานะของแข็งและของเหลวซึ่งช่วยในการเก็บและการปล่อยพลังงานของระบบสะสมความร้อน

(จ) ในการเปลี่ยนสถานะนั้นปริมาตรมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากและที่อุณหภูมิการทำงานมีความดันไอน้อยช่วยลดปัญหา Containment

(ช) การหลอมเหลวสอดคล้องกันของ PCM สำหรับความจุของการจัดเก็บคงที่ของวัสดุในระหว่างวัฏจักรการแข็งตัวและการหลอมเหลว

1.2 คุณสมบัติทางจลน์ (Kinetic properties)

(ก) อัตราการเกิด nucleation สูง ช่วยหลีกเลี่ยงการเกิด super cooling ในการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว

(ข) อัตราการเกิดผลึกสูง ดังนั้นระบบจะตอบสนองความต้องการของการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่จากระบบการจัดเก็บ

1.3 คุณสมบัติทางเคมี (Chemical properties)

(ก) การเปลี่ยนรอบการแข็งตัวและการหลอมเหลวเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

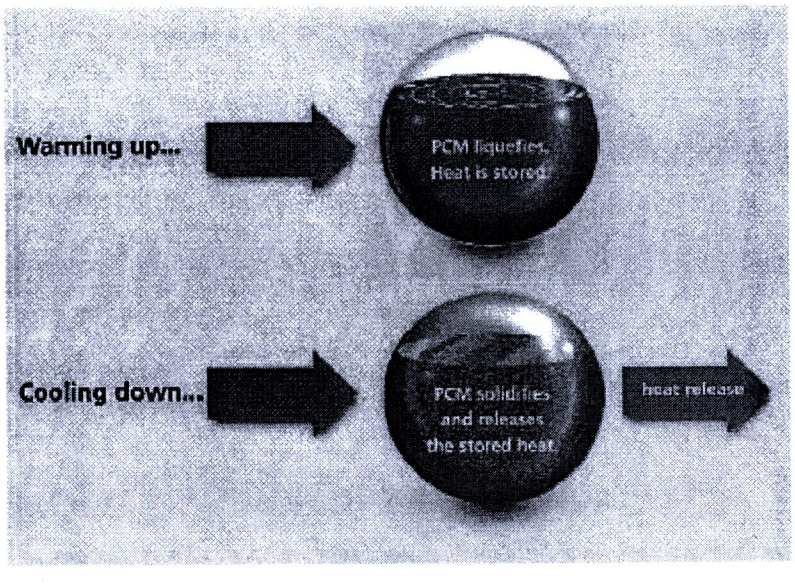
(ข) ไม่มีการเสื่อมสภาพหลังจากรอบของแข็งและของเหลว

(ค) ไม่มีฤทธิ์กัดกร่อน (Corrosiveness) ในวัสดุโครงสร้าง

(ง) ไม่เป็นพิษ ไม่ติดไฟ และไม่ระเบิด

2. หลักการทำงานของสารเปลี่ยนสถานะ

หลักการทำงานของสารเปลี่ยนสถานะ เกิดขึ้นจากความสามารถในการดูดซับความร้อน (absorb) ในช่วงกลางวันที่มีอุณหภูมิสูง และปลดปล่อยความร้อน (release) ออกมาในช่วงเวลากลางคืนซึ่งมีอุณหภูมิต่ำลง หลังจากนั้นจะสามารถดูดซับความร้อนในตอนกลางวันได้อีกครั้ง โดยความร้อนที่ดูดซับจะถูกเก็บไว้ในรูปความร้อนแฝง (Latent heat) และไม่มีผลกระทบต่อมวลโครงสร้างรวม



ภาพ 5 หลักการทำงานของสารเปลี่ยนสถานะ

การประยุกต์ใช้งานสารเปลี่ยนสถานะ

การประยุกต์ใช้งาน PCM สามารถนำมาใช้ได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้งานและอุณหภูมิที่ต้องการ ในแถบยุโรปได้มีการนำ PCM มาประยุกต์ใช้งานหลายด้าน เนื่องจาก PCM สามารถดูดซับความร้อนได้ดี ทำให้อุณหภูมิมีความสม่ำเสมอซึ่งมีความจำเป็นมากในอุปกรณ์ที่มีความร้อนสูงอย่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือ เพื่อรักษาอุณหภูมิในการเก็บรักษาตัวยาที่ต้องการอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ

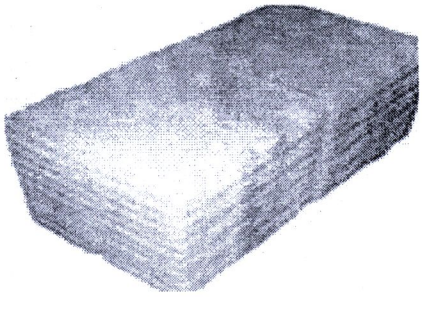
1. การประยุกต์ใช้งานในระบบอาคารบ้านเรือน

การประยุกต์ใช้งานในระบบปรับอากาศในประเทศมาเลเซีย โดยจะมีการเก็บความร้อนเอาไว้ในเวลากลางวันโดย PCM และคายความร้อนในเวลากลางคืน (Reimann G. Z, 2007)

Malaysian Energy Centre, Bangi, Malaysia (completion July 2007)

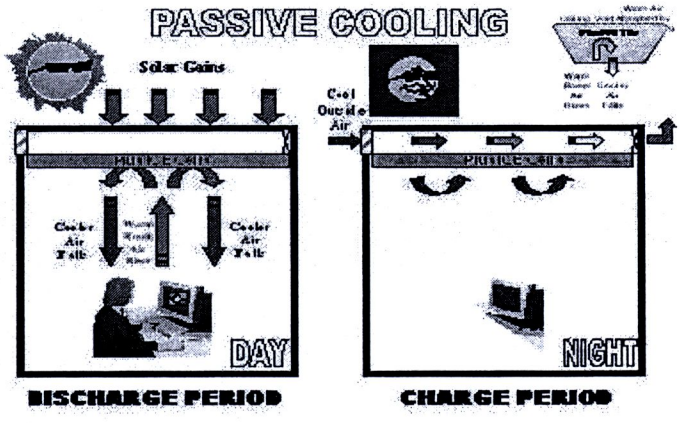
ภาพ 6 การประยุกต์ใช้ PCM ในอาคาร

1.1 Free Cooling การประยุกต์ PCM สามารถนำความเย็นที่ได้มาใช้ในระบบอาคารในเวลากลางคืนส่วนในเวลากลางวันก็สามารถนำมาผลิตน้ำร้อนได้



ภาพ 7 การนำแผ่น PCM มาใช้ในโครงสร้างอาคาร

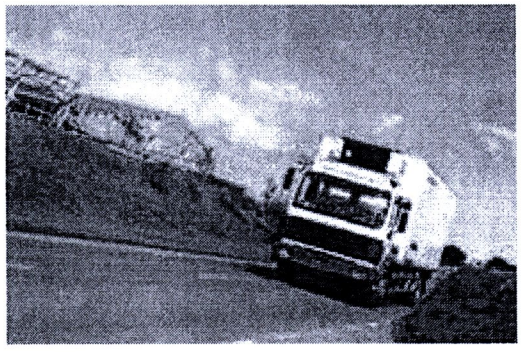
1.2 PCM ถูกนำมาใช้งานในระบบ Passive Cooling



ภาพ 8 การประยุกต์ใช้งานในระบบ passive cooling

2. Applications - Temperature Controlled Packaging & Transport

2.1 PCM ถูกนำมาใช้ในระบบการขนส่งอาหารที่ต้องการรักษาอุณหภูมิให้คงที่เสมอทำให้เก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น

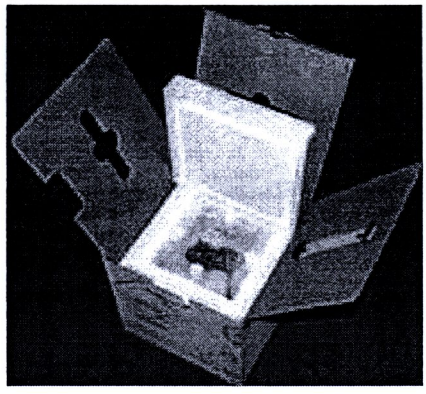


ภาพ 9 การนำ PCM มาใช้ในระบบขนส่งสินค้าเพื่อรักษาอุณหภูมิ

2.2 Shipping มีการนำ PCM มาใช้ในเครื่องบินและเรือลำเลียงสินค้าเพื่อการนำอุณหภูมิที่เย็นมาใช้งานในระบบ

2.3 Electric-free Refrigeration & Food Display Cooling เป็นการนำมาใช้ในระบบถนอมอาหารเพื่อรักษาอุณหภูมิให้มีความเย็นตลอดเวลา

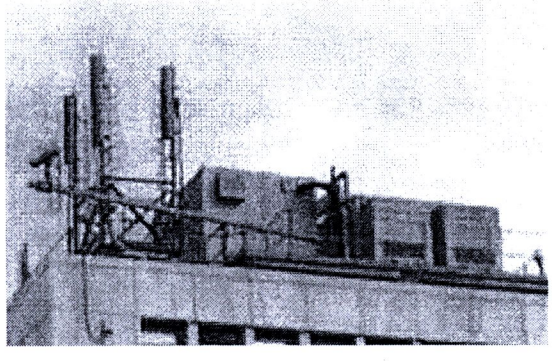
2.4 Packaging - Pharmaceutical and Medical มีการนำ PCM มาใช้ในการแพทย์และเภสัชในการเก็บรักษาอุณหภูมิยารักษาโรค ในการเดินทางไปในที่ห่างไกลเพื่อรักษาอุณหภูมิในการเก็บรักษาตัวยา



ภาพ 10 การนำ PCM มาใช้ในการเก็บรักษาอุณหภูมิของยารักษาโรค

3. Applications - Passive Cooling

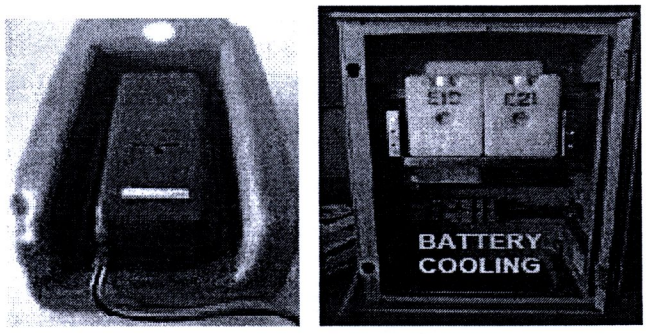
3.1 ในระบบสื่อสารจำเป็นต้องให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีความเย็นตลอดเวลาในระบบได้มีการประยุกต์ใช้ PCM ในการเก็บความเย็นในเวลากลางคืนในเขตทะเลทรายและคายความเย็นมาใช้ในเวลากลางวันเพื่อรักษาอุณหภูมิ



ภาพ 11 การนำ PCM มาใช้รักษาอุณหภูมิของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบโทรคมนาคม

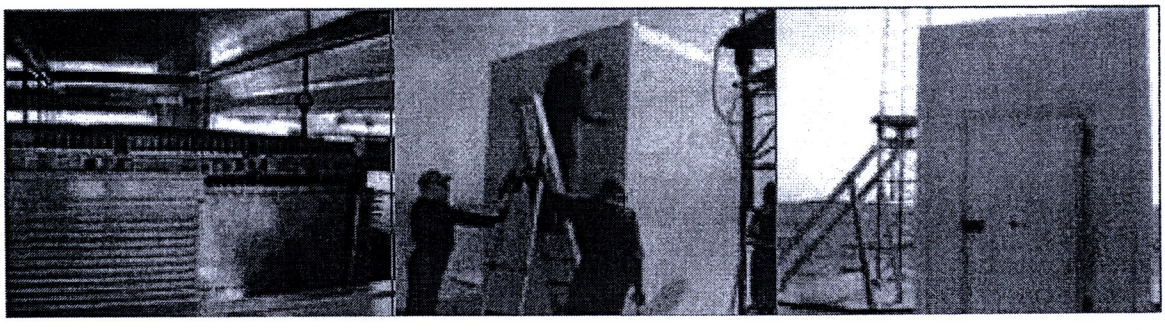
3.2 Electronic Cooling ในระบบโทรศัพท์ถูกนำมาใช้ในการลดอุณหภูมิของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และระบบแบตเตอร์รี่เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 7 ส.ค. 2555
เลขทะเบียน 190954
เลขเรียกหนังสือ



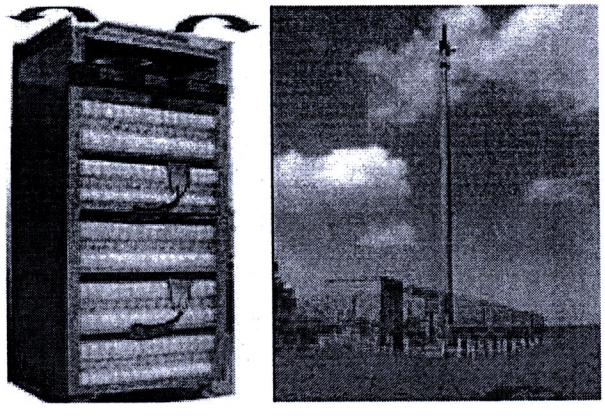
ภาพ 12 การนำมาใช้ลดอุณหภูมิของแบตเตอรี่

3.3 Shelter Passive Cooling การนำมาใช้งานในการดูดซับความร้อนของ PCM



ภาพ 13 การนำมาใช้ในที่พักเพื่อควบอุณหภูมิในเขตอากาศร้อน

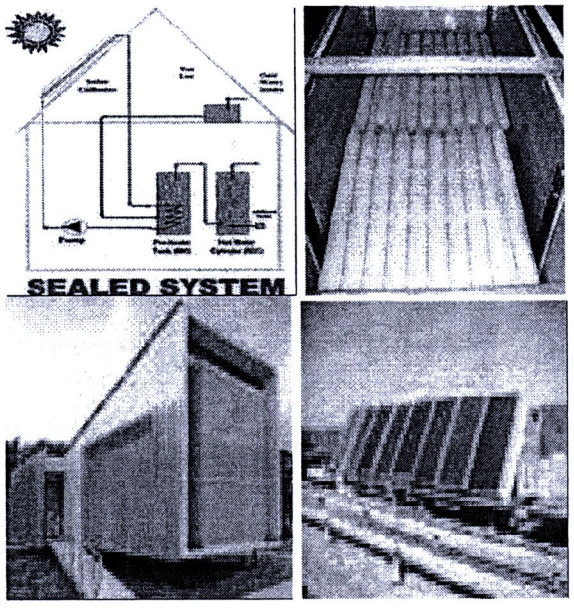
3.4 Electronic Back-up cooling การนำมาใช้งานในการระบบแหล่งจ่ายไฟในระบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อดูดซับความร้อนและระบายความร้อนออกจากระบบ



ภาพ 14 การนำมาใช้งานในระบบแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อลดอุณหภูมิ

4. Applications - Solar Heating & Heat Recovery

การนำมาใช้ในระบบผลิตน้ำร้อนรวมทั้งระบบของการดูดซับความร้อนในการติดตั้งในระบบ Solar house



ภาพ 15 การนำมาใช้งานในระบบผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้ในอาคาร

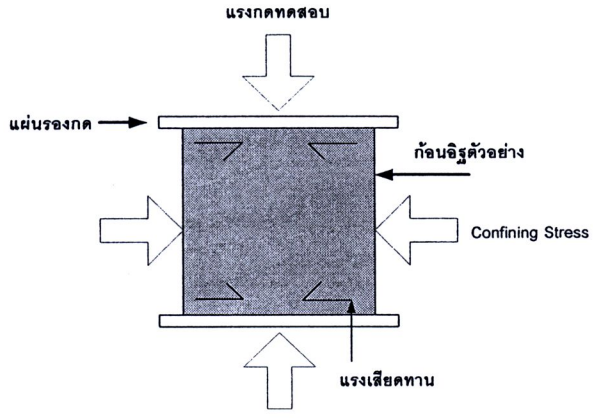
ทฤษฎีแรงอัด (Compressive Strength)

เพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบา ให้เป็นไปตามมาตรฐานคอนกรีต โดยทำการตัดก้อนตัวอย่างขนาด 100 x 100 x 100 มิลลิเมตร ทำการทดสอบเมื่อก้อนตัวอย่างผ่านการอบที่อุณหภูมิ 75 ±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีวิธีทดสอบ ดังนี้

1. เปิดเครื่องทดสอบค่าการรับแรงอัดก่อนทำการกดก้อนตัวอย่างทดสอบประมาณ 10 นาที เพื่อเพิ่มแรงในการทดสอบ
2. ให้ทำการกดก้อนตัวอย่างในแนวที่ตั้งฉากกับด้านยาวของก้อนตัวอย่าง
3. จดบันทึกค่าที่รับแรงอัดสูงสุดเมื่อก้อนตัวอย่างที่กดเกิดการแตกเสียหายโดยค่าที่ได้ให้จดเป็นหน่วยตัน เพื่อใช้ในการคำนวณค่ารับแรงอัดของอิฐมวลเบา

โดยขณะที่กดก้อนตัวอย่าง ก้อนตัวอย่างจะแตกออกด้านข้าง ทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างผิวของก้อนตัวอย่างกับแผ่นรองกด แรงเสียดทานดังกล่าว จะก่อให้เกิดแรงต้านทานต่อการแตกด้านข้างของก้อนตัวอย่างที่เรียกว่า Confining Stress ดังภาพที่ 3 โดยค่า Confining Stress นี้

จะมีค่ามากถ้าผิวสัมผัสของก้อนตัวอย่างกับเครื่องกดมีค่ามาก ดังนั้นผลการทดสอบกำลังอัดรูปทรงลูกบาศก์ จึงมีค่า Confining Stress (ASTM International, 2003)



ภาพ 16 ลักษณะแรงต้านต่อการแตกด้านข้าง

การคำนวณผลการทดสอบดังสมการ 13 เพื่อหาพื้นที่รับแรงอัดสูงสุดของตัวอย่างอิฐมวลเบาทดสอบตามมาตรฐาน

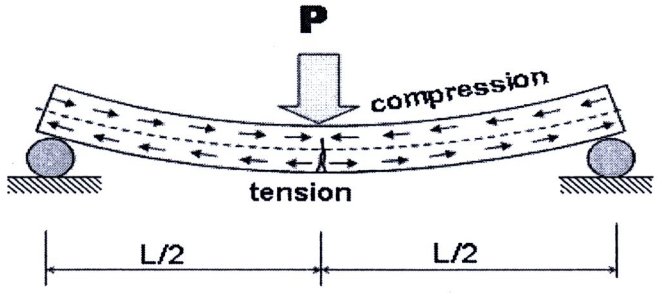
$$\frac{\text{ค่ารับแรงอัดสูงสุด (ton) x ค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องทดสอบ x 10 กิโลกรัม}}{\text{พื้นที่ผิว}(mm^2)} \quad (1)$$

ทฤษฎีแรงดัด (Flexural Strength)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ มีดังนี้

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบหากำลังรับแรงดัดของคอนกรีต โดยทดสอบกับคานคอนกรีตที่วางบน Simple Support (Simple Beam) Center-Point Loading ผลของค่ากำลังต้านทานแรงดัดจะอยู่ในรูปของโมดูลลัสการแตกร้าว (Modulus of Rupture) โดยเป็นค่าหน่วยแรงดึงสูงสุด ณ จุดที่แตกร้าวในคานที่ทำการทดสอบ (ASTM International, 2003) ซึ่งหาได้จากสมการ

$$f_b = \frac{Mc}{I} \quad (2)$$



ภาพ 17 การทดสอบแรงดัด

คำนวณค่ากำลังรับแรงดัด (Modulus of Rupture)

$$R = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (3)$$

เมื่อ R = โมดูลัสการแตกร้าว (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

P = น้ำหนักสูงสุด (Maximum Load) (กิโลกรัม)

L = ความยาวคาน (Span Length) (เมตร)

b = ความกว้างเฉลี่ยของคาน (เมตร)

d = ความลึกเฉลี่ยของคาน (เมตร)

การดูดกลืนน้ำ

เพื่อทดสอบการกลืนน้ำซึมน้ำของอิฐมวลเบา การหาการดูดซึมของน้ำคิดจากค่าเฉลี่ยน้ำหนักของอิฐแห้งและน้ำหนักของอิฐที่ดูดซึมน้ำเป็นกรัม (ASTM International, 2003) ดังสูตรการคำนวณอัตราการดูดกลืนน้ำโดยหาจากสมการดังนี้

น้ำหนักน้ำที่ดูดกลืน (กรัม) = น้ำหนักหลังแช่น้ำ 24 ชม.(กรัม) - น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม) (4)

$$\text{อัตราการดูดกลืนน้ำโดยปริมาตร} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \quad (5)$$

เมื่อ W_1 = ปริมาตรหลังอบ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

W_2 = น้ำหนักน้ำที่ดูดกลืน (กรัม)

ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

การทดสอบเพื่อหาความหนาแน่นของอิฐมวลเบาตามมาตรฐานการทดสอบ ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้ง} = \frac{\text{มวลของชิ้นทดสอบหลังอบ 105 องศาเซลเซียส}}{\text{ปริมาตรของชิ้นทดสอบ}} \quad (6)$$

ความพรุน

ความพรุน (Porosity) หมายถึง อัตราส่วนปริมาตรจำนวนช่องว่าต่อปริมาตรภายนอกของตัวอย่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยที่

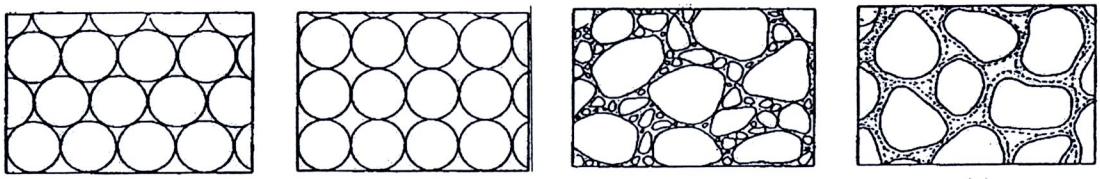
$$Po = \frac{V_v}{V_t} \quad (7)$$

โดยที่ Po = ค่าความพรุน (Porosity) (เปอร์เซ็นต์)

V_v = ปริมาตรช่องว่าง (ลูกบาศก์เมตร)

V_t = ปริมาตรของตัวอย่างทั้งหมด (ลูกบาศก์เมตร)

เม็ดตะกอนกลมที่มีการปรับเรียงตัวแบบ การจับตัวแน่น (Close packing) มีค่าความพรุน 27% (รูป ก.) ส่วนเม็ดตะกอนกลมที่มีการปรับเรียงตัวหลวมแบบ การจับตัวหลวม (open packing) มีค่าความพรุน 47% (รูป ข.) ความเชื่อมแน่นของวัตถุเชื่อมประสานทำให้ค่าความพรุนลดน้อยลง การละลายของแร่บางชนิดออกจากหินกับรอยแตกของหิน ก็มีผลทำให้ความพรุนของหินมีค่ามากขึ้น



(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพ 18 ความพรุนของอิฐมวลเบาในรูปแบบต่างๆ

(ก) ทรงกลมมีความพรุน 27 % (ข) ทรงกลมจัดเรียงตัวหลวมมีความพรุน 47 %

(ค) คัดขนาดไม่ดีความพรุนต่ำ (ง) คัดขนาดดีความพรุนสูง)

อิฐมวลเบา

1. อิฐมวลเบา

คอนกรีตมวลเบา (Autoclaved Aerated Concrete : AAC) ผลิตจากส่วนผสมของปูนปอร์ตแลนด์ Type 1 ทราย ปูนขาว ยิบซั่ม และผงอลูมิเนียมที่ใช้เพิ่มฟองอากาศโดยการผสมสูตรที่เหมาะสม และผ่านการอบด้วยไอน้ำแรงดันสูงทำให้มีฟองอากาศมากถึง 75 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตร จึงทำให้วัสดุคอนกรีตมวลเบา เบากว่าน้ำ(ลอยน้ำ) โดยมีน้ำหนักระหว่าง 600 – 700 กก./ลบ.ม. เทียบกับคอนกรีตทั่วไปที่ 2,400 กก./ลบ.ม. และอิฐมอญที่ 1350 กก./ลบ.ม. ความเบาของวัสดุทำให้อาคารเบาลงประหยัดค่าก่อสร้างโครงสร้างเสาคานและฐานราก (สภาวิศวกร, 2553) ความเบาที่มาจากการสอดแทรกของฟองอากาศถึง 75 % ทำให้คอนกรีตมวลเบามีคุณสมบัติดีเด่นเพิ่มเติม คือ

(ก) เป็นฉนวนกันความร้อน ผนังที่ก่อด้วย คอนกรีตมวลเบาสามารถกันความร้อนได้ดีกว่าผนังที่ก่อด้วยอิฐมอญถึง 2.5 เท่าจึงไม่สะสมความร้อนในตอนกลางวัน

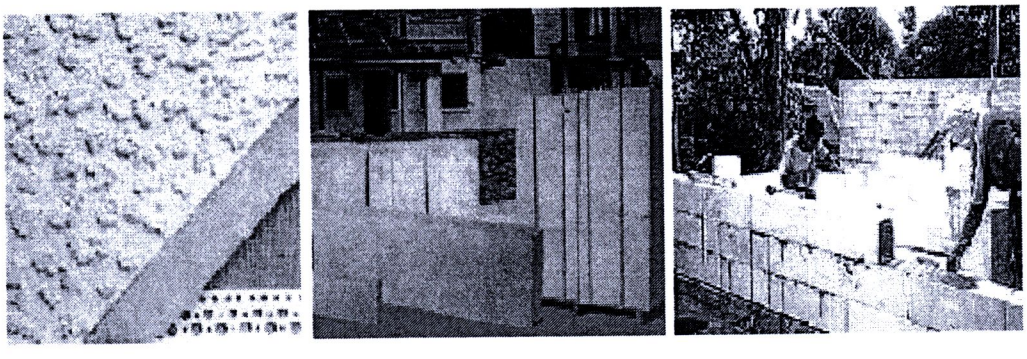
(ข) ไม่ติดไฟและสามารถทนไฟที่ 1,100 องศาเซลเซียส ได้นาน 4 ชั่วโมงสำหรับผนังหนา 7.5 ซม. (รวมฉาบปูน 2 ด้าน 10 เซนติเมตร) ในขณะที่ผนังอิฐมอญทนได้ 2 ชม. ที่ความหนา 18 ซ.ม. รวมฉาบปูน 2 ด้าน

(ค) สามารถดูดซับเสียงได้ดีและป้องกันการส่งผ่านเสียงได้ดีกว่าวัสดุมวลเบาทั่วไป

(ง) ผนังหนา 10 ซม. สามารถกั้นเสียงได้ถึง 40 เดซิเบล ในประเภทวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันทั่วไป ผนังเป็นส่วนสำคัญของอาคารที่มีน้ำหนักมากที่สุด แต่ใช้ประโยชน์ในการรับแรงน้อยที่สุดในอาคารที่พักอาศัยที่มีการกั้นห้องมากน้ำหนักผนังอาจสูงถึง 40 % ของน้ำหนักอาคาร ดังนั้นผู้ออกแบบอาคารจึงต้องการหาวัสดุที่มีน้ำหนักเบาเพื่อนำมาใช้งานให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการกั้นผนัง

(จ) แข็งแรงเพียงพอที่จะกั้นภายในกับภายนอก

(ฉ) ไม่เป็นพิษภัยต่อผู้อาศัย และคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ



ภาพ 19 คอนกรีตมวลเบาและลักษณะการใช้งาน

อิฐมวลเบามีกระบวนการผลิตได้เป็น 2 ระบบ ดังนี้

1.1 ระบบที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (Non - Autoclaved System) ซึ่งจะแบ่งย่อยออกได้อีกเป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 ใช้วัสดุเบากว่ามาทดแทน เช่น ขี้เลื่อย ชานอ้อย หรือเม็ดโฟมทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักที่เบาขึ้น แต่จะมีอายุการใช้งานที่สั้นเสื่อมสภาพได้เร็ว และหากเกิดไฟไหม้สารเหล่านี้อาจเป็นพิษต่อผู้อยู่อาศัย

ประเภทที่ 2 ใช้สารเคมี (Circular Lightweight Concrete) เพื่อให้เนื้อคอนกรีตฟู และทิ้งให้แข็งแต่คอนกรีตประเภทนี้จะมีการหดตัวมากกว่า ทำให้ปูนฉาบแตกร้าวได้ง่าย ไม่ค่อยแข็งแรงคอนกรีตที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูงนี้ส่วนใหญ่เนื้อผลิตภัณฑ์มักจะมีสีเป็นสีปูนซีเมนต์ ต่างจากคอนกรีตที่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูงซึ่งจะมีเนื้อผลิตภัณฑ์เป็นผลึกสีขาว

1.2 ระบบอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (Autoclaved System) ซึ่งแบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้เป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 Lime Base ใช้ปูนขาว มาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต

ประเภทที่ 2 Cement Base ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต

2. ชั้นคุณภาพของอิฐมวลเบา

คอนกรีตมวลเบาแบ่งตามความต้านทานแรงอัดออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ และแบ่งตามความหนาแน่นเชิงปริมาตรออกเป็น 7 ชนิด โดยชั้นคุณภาพและชนิดของคอนกรีตมีความสัมพันธ์ดังตารางที่ 3 ซึ่งปัจจุบันมีผู้ผลิตอิฐมวลเบามีสองรายคือ บริษัทซุปเปอร์บล็อกจำกัด (มหาชน)และ บริษัทคิวคอน จำกัด (มหาชน) ที่ผลิตได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ มอก.1505-2541 บริษัทซุปเปอร์บล็อก จำกัด (มหาชน) ใช้เทคโนโลยีนำเข้าจากประเทศเยอรมันมาผลิตในประเทศไทย ซึ่งผลิตอิฐมวลเบาตั้งแต่ชั้นคุณภาพ G4 และ G6 และบริษัทคิวคอน จำกัด (มหาชน) มีผลิตอิฐมวลเบาชั้นคุณภาพ G2 และ G4 ตามลำดับ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541)

ตาราง 1 ชั้นคุณภาพของอิฐมวลเบาตาม มอก.1505-2541

ชั้นคุณภาพ	ความต้านทานแรงอัด (N/mm^2)		ชนิด	ความหนาแน่นเชิงปริมาตรเฉลี่ย kg/dm^2
	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด		
G2	2.5	2	0.4	0.31-0.40
			0.5	0.41-0.50
G4	5	4	0.6	0.51-0.60
			0.7	0.61-0.70
			0.8	0.71-0.80
G6	7.5	6	0.7	0.61-0.70
			0.8	0.71-0.80
G8	10	8	0.8	0.71-0.80
			0.9	0.81-0.90
			1	0.91-1.00

3. กระบวนการผลิตอิฐมวลเบา

กระบวนการผลิตอิฐมวลเบา ในปัจจุบันใช้เทคโนโลยีในการผลิตสมัยใหม่ สามารถผลิตได้เป็นจำนวนมากและมีการทำให้เกิดฟองอากาศหรือรูพรุน ภายในเนื้ออิฐมวลเบา การผลิตอิฐมวลเบาของไทยโดยทั่วไป มีวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตดังนี้คือ

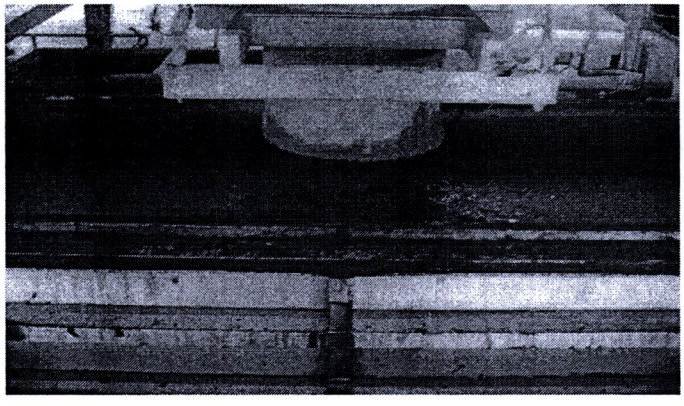
ซีเมนต์	สัดส่วน	30	%
ทราย	สัดส่วน	50	%
ยิปซั่ม	สัดส่วน	9	%
ปูนขาว	สัดส่วน	9	%
ผงอลูมิเนียม	สัดส่วน	2	%

ขั้นตอนการผลิตอิฐมวลเบามีดังนี้

3.1 นำวัตถุดิบหลักคือทรายมาบดด้วยเครื่องบด Crushing trinning machines (M102) บดผสมกับน้ำ

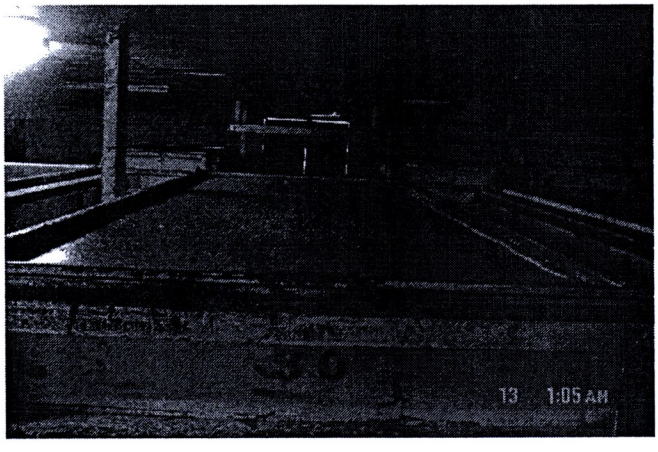
3.2 นำวัตถุดิบที่ใช้ในกรรมวิธีทำอิฐมวลรวมเบา (ปูนขาว ผงอลูมิเนียม ทราย ซีเมนต์ ยิปซั่ม) ผสมเข้ากันตามอัตราส่วน โดยส่วนผสมหลักคือ ทรายและซีเมนต์ ตามลำดับ ด้วยเครื่องผสม Mixing machines (M101) การผสมโดยนำทรายและซีเมนต์มาผสมกันก่อนในขณะเดียวกันใส่ยิปซั่มกับปูนขาวตามลำดับ จากนั้นจึงผสมกับอะลูมิเนียมในขั้นตอนสุดท้าย

3.3 เทเข้าแม่พิมพ์ที่ทำการเตรียมไว้



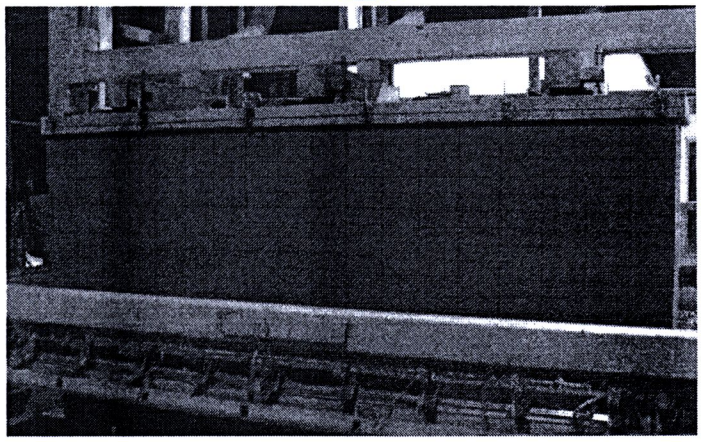
ภาพ 20 แม่พิมพ์อิฐมวลเบา

3.4 นำเข้าห้องบ่มเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาและการเกิดเป็นฟองอากาศภายในอิฐมวลเบา



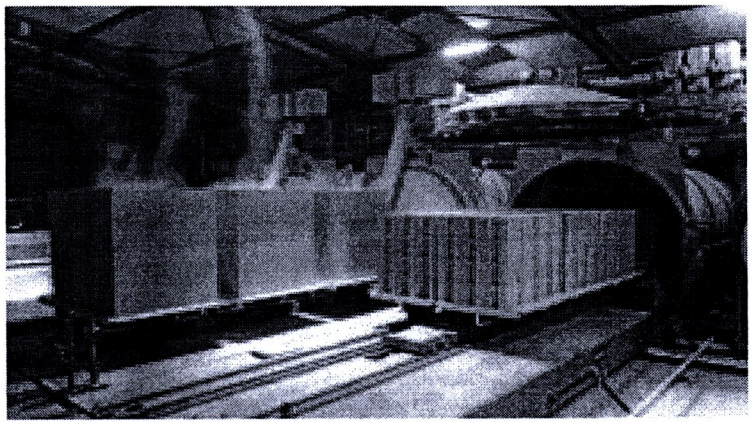
ภาพ 21 การบ่มเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาของฟองอากาศในอิฐมวลเบา

3.5 นำเข้าเครื่องตัด เพื่อตัดขนาดตามความต้องการของลูกค้า โดยใช้ลวดในการตัด Cutting machines



ภาพ 22 การตัดตามขนาดอิฐมวลเบา

3.6 นำผ่านเข้าเครื่องอบไอน้ำความดันสูง ภายใต้แรงดันประมาณ 8-12 บาร์



ภาพ 23 การอบอิฐมวลเบาด้วยไอน้ำ

3.7 ตรวจสอบคุณภาพ (QC)

3.8 บรรจุ packing รอส่งลูกค้า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชลธิศ เอี่ยมวรวุฒิกุล และเอกพล เตี้ยชั่ว (2549). ได้ทำการศึกษาอิทธิพลการใช้สารเปลี่ยนสถานะสำหรับจัดการพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังเปลือกอาคารแบบคอนกรีต ในสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครตลอดช่วงเดือนเมษายน ใช้วิธีการคำนวณเชิงตัวเลข (finite-difference numerical method) แบบ Crank-Nicolson implicit algorithm โดยมีช่วงขั้นเวลาการคำนวณ (time step) ที่ 2 นาที ผลการคำนวณพบว่าผนังที่มี PCM ผสมอยู่ (20% โดยน้ำหนัก มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของอุณหภูมิผิวภายในอาคารในแต่ละวันน้อยลงกว่ากำแพงที่ไม่มี PCM อย่างเห็นได้ชัด โดยที่อุณหภูมิสูงสุดในแต่ละวันเฉลี่ยลดลงประมาณเกือบ 10 องศาเซลเซียส และยังสามารถชะลอการเกิดขึ้นของอุณหภูมิสูงสุด ออกไปเฉลี่ยประมาณ 3-4 ชั่วโมง

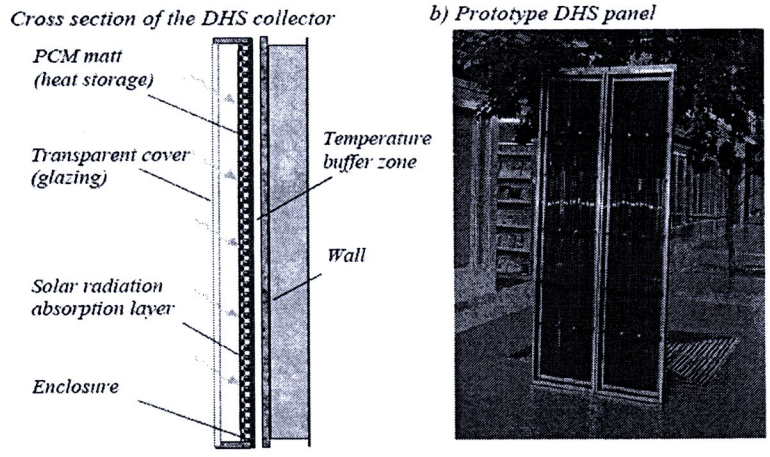
ชลธิศ เอี่ยมวรวุฒิกุล และวิทยา ยงเจริญ (2550). ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้และไม่ใช้ PCM ในผนังคอนกรีต โดยให้ปริมาณส่วนผสมของ PCM อยู่ที่ 20% ของมวลรวม และมีการผสมอย่างทั่วถึงสม่ำเสมอ PCM ที่เลือกใช้เป็น paraffin wax เมื่อเลือกใช้ PCM ที่ 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวกำแพงตลอดช่วง 24 ชั่วโมง แทบไม่มีความแตกต่างกัน ระหว่างกำแพงที่มีและไม่มี PCM ผสมอยู่ เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิของ PCM เป็นที่ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ประมาณกึ่งกลางระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของกำแพง อุณหภูมิของผนังที่มี PCM ผสมอยู่มีค่าการเปลี่ยนแปลงในรอบวันที่ต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะที่ผิวผนังด้านในอาคาร ซึ่งให้ค่าอุณหภูมิผนังที่เกิดขึ้นในช่วงบ่าย (10:00-19:00) ต่ำลงกว่าผิวผนังที่ไม่มี PCM โดยมีค่าสูงสุดประมาณ 42 องศาเซลเซียส ที่ 16:00-17:00น. เมื่อเลือก PCM ที่ 55 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าอุณหภูมิของผนังตลอดเวลาส่วนใหญ่ ของการทำงานในรอบ 24 ชั่วโมง ดังนั้น PCM ที่ผสมอยู่ในเนื้อวัสดุกำแพง จึงไม่ได้ถูกใช้ความร้อนแฝงอย่างเต็มที่ส่งผลให้อุณหภูมิของผนังมีค่าไม่แตกต่างจากผนังที่ไม่มี PCM ผสมมากนัก

Kuznik and Virgone (2009). ได้ทำการศึกษาการทำงานของสารเปลี่ยนสถานะเพื่อปรับปรุงผนังหลายชั้นในแบบจำลอง MINIBAT โดยสร้างผนังหลายชั้นที่เรียกว่า test cell สารเปลี่ยนสถานะที่ใช้คือ พาราฟิน มีจุดหลอมเหลว 13.6 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบใน 3 ช่วง คือ ช่วงฤดูร้อน ฤดูหนาว และกลางฤดู ผลการทดลองพบว่า ในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิของผนังด้านทิศตะวันออกและตะวันตกมีค่าลดลง 3.5 องศาเซลเซียส และด้านทิศเหนือลดลง 2.8 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูหนาวและกลางฤดูอุณหภูมิของผนังทั้ง 3 ด้านมีค่าลดลงเช่นเดียวกัน

Castell, et al., (2010). ได้ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงผนังอาคารหลายชั้นที่สร้างจากอิฐร่วมกับสารเปลี่ยนสถานะ 2 ชนิด คือ ใช้อิฐดั้งเดิม Hollow brick ร่วมกับสารเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟิน คือ RT-27 มีจุดหลอมเหลว 28 องศาเซลเซียส และ อิฐรูปแบบใหม่ Alveolar brick ร่วมกับสารเปลี่ยนสถานะประเภท salt hydrate คือ SP-25 A8 มีจุดหลอมเหลว 26 องศาเซลเซียส ทำการทดลองใน 2 สภาวะคือ สภาวะควบคุมและไม่ควบคุมอุณหภูมิ พบว่า ในสภาวะไม่ควบคุม

อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของอุณหภูมิมีค่าลดลงประมาณ 1 องศาเซลเซียส และในสภาวะควบคุมอุณหภูมิบ้านมีการใช้พลังงานลดลงดังนี้ บ้านทดสอบที่สร้างจากอิฐดังเดิมร่วมกับ RT-27 และโพลียูรีเทน มีการใช้พลังงานน้อยที่สุด รองลงมาจะเป็น อิฐรูปแบบใหม่ร่วมกับ SP-25 A8, อิฐดั้งเดิมร่วมกับโพลียูรีเทน, อิฐรูปแบบใหม่, และอิฐดั้งเดิม ตามลำดับ ส่วนความแตกต่างของการใช้และการประหยัดพลังงานในบ้านทดสอบพบว่า บ้านทดสอบที่สร้างจากอิฐดั้งเดิมและอิฐรูปแบบใหม่มีการปรับปรุง 15 และ 17 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

Szymocha, K. (2005) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้บ้านที่มี PCM ร่วมในระบบการผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้ภายในอาคารโดยทำติดตั้งสารทำงานไว้ในหลังกระจกภายนอกอาคาร ผลการทดสอบพบว่า PCM สามารถช่วยลดอุณหภูมิภายในอาคารได้โดยความร้อนที่ถูกสะสมจะถูกนำมาใช้ในการผลิตน้ำร้อน ซึ่งส่งผลให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในระบบเครื่องทำน้ำอุ่นรวมถึงระบบปรับอากาศ ภายในอาคารด้วย



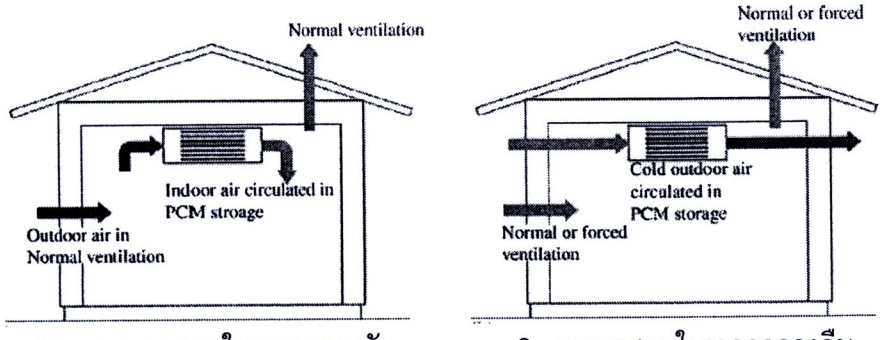
ภาพ 24 การประยุกต์ใช้ PCM

ในการศึกษาการพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกำแพงที่มี PCM ผสม เมื่อ PCM มีการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวในช่วงกลางวันเนื่องจากการดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์และคายความร้อนออกสู่ภายในอาคารในช่วงกลางคืนที่อากาศภายนอกเย็นลงโดยการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง ความร้อนที่คายออกจาก PCM นี้ช่วยในการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าในการทำความร้อนภายในอาคาร การศึกษาระบุถึงอัตราการประหยัดที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะของ PCM ที่เลือกใช้โดยได้ระบุว่าอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะที่เหมาะสมคืออุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในพื้นที่ใช้งานที่สัมผัสผนัง PCM (Stovall, T.K. and Tomlinson, J.J, 1995 pp. 117)

การนำ PCM มาเป็นส่วนประกอบของผนังอาคาร จะช่วยดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ดี ทำให้อุณหภูมิที่ผนังอาคารมีความสม่ำเสมอมากขึ้น ส่งผลให้การทำงานของระบบทำความเย็นภายในอาคารสม่ำเสมอ ประหยัดพลังงานไฟฟ้า และลดค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างดี (Chen, C., H. Guo, et al., 2008 pp. 882-890; Tyagi, V. V. and D. Buddhi, 2007, pp. 1146-1166; G. Hed , R. Bellander, 2006, pp. 82-89)

G. Hed , R. Bellander (2006) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการใช้งาน PCM เป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อการศึกษาความเย็นสบายภายในห้องพักในเวลากลางคืน โดย PCM จะทำการเก็บรักษาความร้อนไว้และระบายความร้อนออก ในเวลากลางคืน ขณะเดียวกันในเวลากลางวัน PCM จะเก็บสะสมความร้อนเอาไว้ทำให้อากาศภายในอาคารเย็น สมบัติของ PCM จะมีการเพิ่มความสามารถในการเก็บความร้อนมากขึ้น แต่ก็ถูกจำกัดด้วยพื้นที่ความกว้างของอุณหภูมิ

ผลของตัวเก็บสะสมความร้อนของ PCM ขึ้นอยู่กับความร้อนจำเพาะของวัสดุ ในการคิดแบบวัสดุถ่ายเทความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งในท้องตลาด PCM ถูกนำมาใช้ในการเก็บรักษาอุณหภูมิและใช้ในการผสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆซึ่งมีทั้งของเหลวของแข็งที่มีความจำเพาะของอุณหภูมิแตกต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถแสดงเส้นฟังก์ชั่นการทำงานแลกเปลี่ยนความร้อน และบทความนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของขนาดเส้นโค้งการวัดเป็นต้นแบบในการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อพัฒนาเป็นวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อนในอาคารบ้านเรือน



1. แบบทดสอบในเวลากลางวัน 2. แบบทดสอบในเวลากลางคืน

ภาพ 25 ระบบตำแหน่งการทำงานของ PCM