บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน

2.1 การใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ

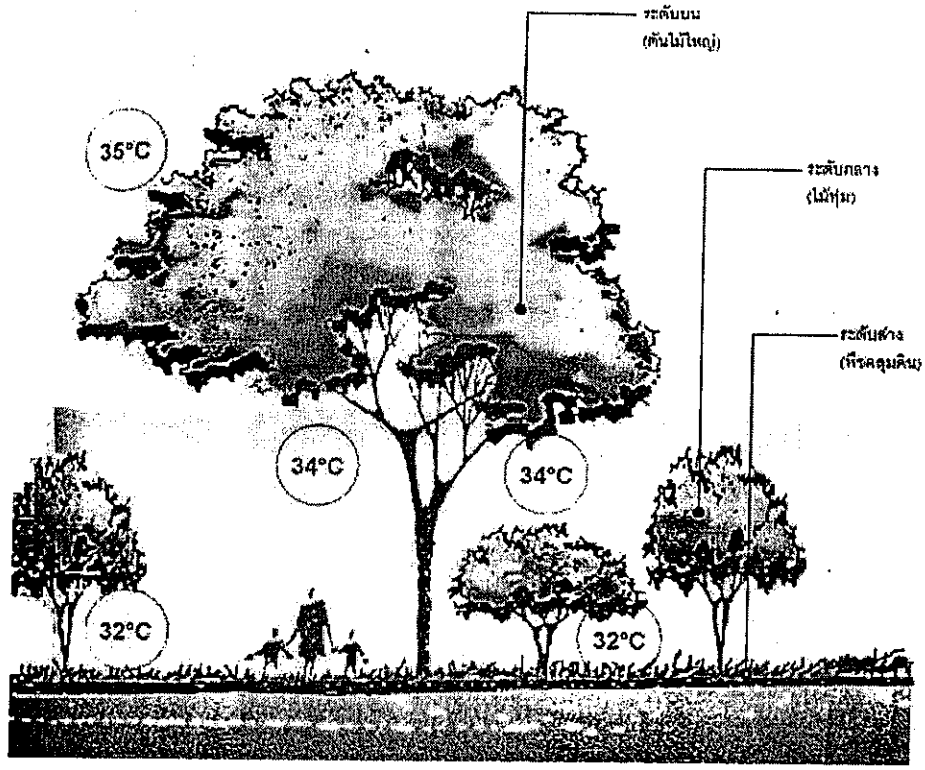
2.1.1 การใช้ประโยชน์จากต้นไม้ใหญ่

"ต้นไม้ทำให้สภาพแวดล้อมเย็น เมื่อสภาพแวดล้อมเย็นก็จะทำให้บ้านเย็น"

ในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นแบบบ้านเรานั้น การมีต้นไม้ขนาดใหญ่เป็นจำนวนมากเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยลดความรุนแรงของอุณหภูมิอากาศในเวลากลางวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะต้นไม้จะใช้พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์และสภาพแวดล้อมในการดำรงชีวิต โดยการดูดเอาน้ำจากใต้ดินขึ้นมาแปลงสภาพให้เป็นไอน้ำผ่านออกทางปากใบกระบวนการสังเคราะห์แสงดังกล่าวจะต้องใช้พลังงานความร้อนประมาณ 2.3 เมกะจูล (2,200 บีทียู) เพื่อทำให้น้ำ 1 ลิตร เปลี่ยนเป็นไอ ดังนั้นอาจประมาณการได้ว่าในช่วงเวลากลางวัน(12ชั่งโมง)ถ้าหากต้นไม้ขนาดใหญ่ต้นหนึ่งสามารถดูดน้ำจากดินขึ้นมาแล้ว แปลงสภาพให้เป็นไอ อัตราประมาณ 65 ลิตรต่อวัน ต้นไม้ต้นนั้นจะมีความสามารถในการลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อม เทียบเท่ากับเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตันหรือประมาณ 126 เมกะจูลต่อชั่วโมง (12,000 บีทียูต่อชั่วโมง)

จากการที่ต้นไม้ใหญ่แต่ละต้น สามารถลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมได้มาก ดังนั้นถ้าต้องการใช้ประโยชน์จากการมีต้นไม้ใหญ่อย่างเต็มที่ ควรสร้างสภาพแวดล้อมเบื้องบนอาคารให้ปกคลุมด้วยต้นไม้ใหญ่ เพราะนอกจากจะช่วยบังเงาให้แก่อาคารแล้ว ยังทำให้เกิดการระเหยของน้ำโดยการแปลงสภาพรังสีจากดวงอาทิตย์ให้กลายเป็นไอน้ำก่อนที่จะผ่านลงมายังบ้าน การเลือกใช้ต้นไม้ประเภทต่างๆ อย่างเข้าใจ เช่น ใช้ต้นไม้สูงเพื่อกรองแดด หรือสกัดกั้นแสงแดดจากด้านบน โดยมีพุ่มใบของต้นไม้เป็นตัวแปลงสภาพแวดล้อมให้เย็น จากการใช้รากดูดน้ำและคายน้ำที่ใบ ผลที่ได้ก็คือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่เหนือและใต้พุ่มใบโดยที่บริเวณด้านใต้พุ่มใบ จะมีอุณหภูมิที่เย็นกว่าอุณหภูมิด้านบนเหนือพุ่มใบมาก

การใช้ต้นไม้ขนาดใหญ่และขนาดกลางปลูกในบริเวณรอบๆ อาคาร นอกจากจะช่วยให้สภาพแวดล้อมใต้ต้นไม้นั้นๆ เย็นกว่าอากาศภายนอกทั่วไป เนื่องจากกระบวนการการสังเคราะห์แสงแล้ว ใบของต้นไม้ยังช่วยกรองแสงแดดที่จะส่องลงมายังผิวดินโดยตรง และช่วยในการบังแสงแดดที่จะส่องเข้าสู่ช่องเปิดของตัวอาคารในบางมุม หรือบางเวลา



รูป 2.1 แสดงตัวอย่างการใช้ต้นไม้ เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็น คือ การยอมให้ลมพัดผ่านใต้พุ่มใบทั้งระดับบนและระดับล่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่อยู่ติดผิวดิน เพื่อทำให้เกิดการระเหยของน้ำเป็นผลทำให้พื้นดินเย็นลงมากกว่าปกติ ส่วนต้นไม้ใหญ่จะเป็นการลดความร้อนที่เกิดจากรังสีอาทิตย์โดยตรง โดยใบระดับบนทำหน้าที่สกัดกั้นแสงแดด โดยพุ่มใบมีลักษณะโปร่งโล่ง เพื่อมิให้เกิดการกักเก็บความชื้น

แนวทางพิจารณาในการออกแบบ

อิทธิพลของต้นไม้อาจช่วยทำให้อุณหภูมิใต้ต้นไม้เย็นลงในช่วงกลางวันแต่ในเวลากลางคืน อุณหภูมิใต้ต้นไม้จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในบริเวณที่โล่งแจ้ง เพราะในที่โล่งแจ้งที่ร้อนกว่าใต้ต้นไม้ในเวลากลางวันนั้น เมื่อถึงเวลากลางคืนจะมีการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนกับท้องฟ้า

(Longwave Radiation Heat Exchange) ได้ดีกว่าอากาศใต้ต้นไม้ ทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นในการเลือกใช้ต้นไม้ใหญ่จึงต้องคำนึงถึงความหนาของพุ่มใบ เพราะถ้าต้นไม้รอบๆ บริเวณอาคารมีพุ่มใบที่หนาทึบเกินไปจะทำให้อุณหภูมิใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืนไม่เย็นลงเท่าที่ควร เพราะพุ่มใบที่หนาทึบสกัดกั้นการแลกเปลี่ยนความเย็นกับท้องฟ้า

2.1.2 การใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดิน

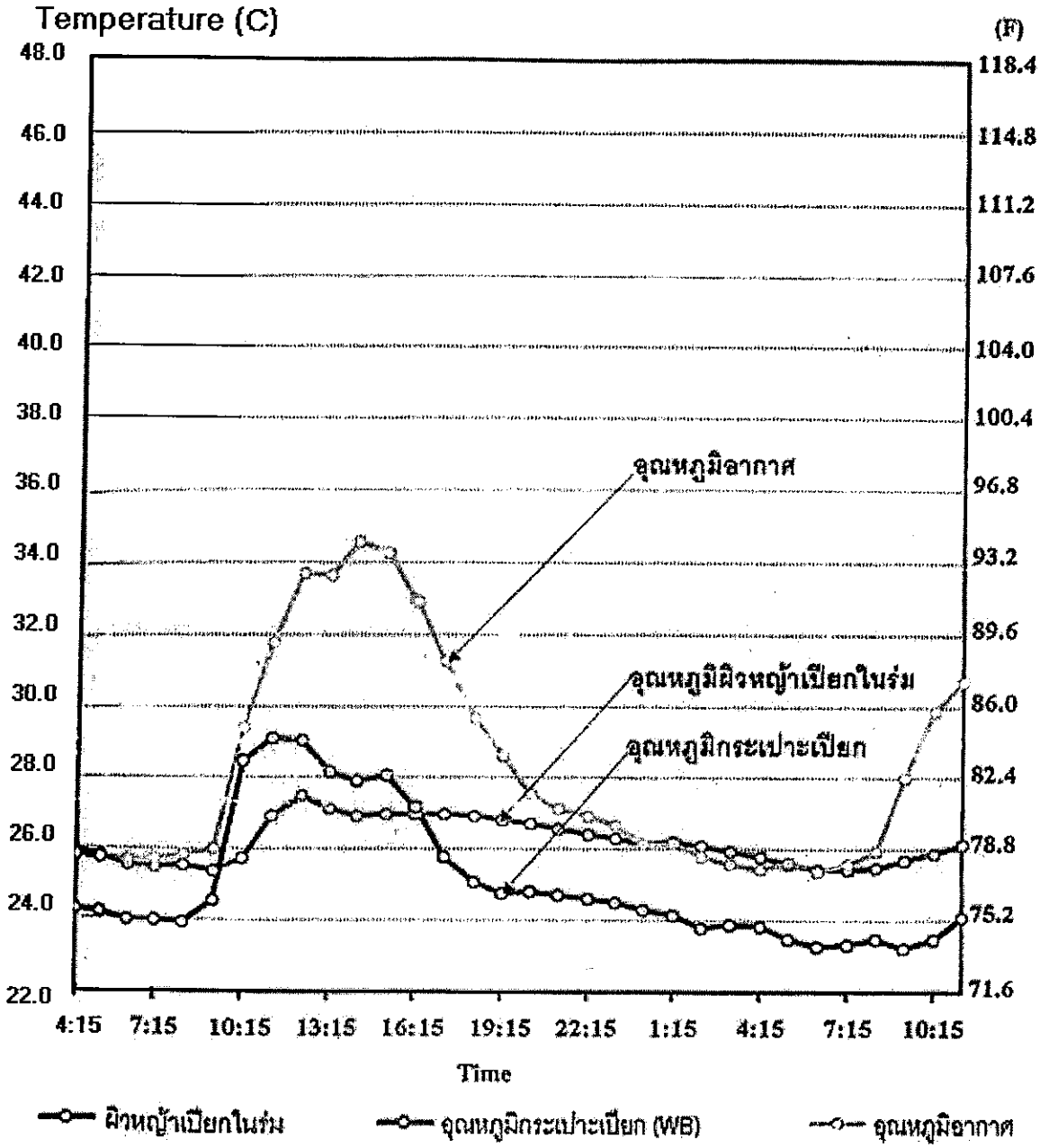
การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมในระดับที่ต่ำลงมาจากพุ่มของต้นไม้ใหญ่ก็คือ การใช้พืชคลุมดินโดยเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการดูดซับเอาน้ำจากใต้ดินมาระเหย ทำให้ระดับผิวดินที่อุณหภูมิต่ำกว่าอากาศมาก ในบางกรณีอุณหภูมิที่ผิวดินภายใต้พุ่มใบของพุ่มไม้ อาจมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก ซึ่งจะทำให้ดินบริเวณนั้นเย็น และความเย็นดังกล่าวก็จะถูกดูดซึมเข้าสู่ผิวดินจนสามารถทำให้ดินในบริเวณนั้นส่งผ่านความเย็นต่อเนื่องกันไปถึงพื้นที่ใต้อาคารได้

นอกจากนี้แล้วยังพบว่า ในบริเวณสนามหญ้าก็มีอุณหภูมิเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ ถึงแม้ว่าจะไม่เย็นมากเท่าอุณหภูมิภายใต้พืชคลุมดินก็ตาม (วิชัย อิทธิวิศวกุล, 2539) แต่เป็นการแสดงให้เห็นว่าการที่จะทำให้สภาพแวดล้อมเย็นได้นั้น จะต้องทำให้อุณหภูมิที่ผิวดินเย็นลงเสียก่อนเพราะนอกจากจะทำให้ลมที่พัดผ่านมาเย็นลงแล้ว ยังทำให้เกิดผิวของสภาพแวดล้อมที่เย็นเป็นผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเย็นสบาย เนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวกายกับสภาพแวดล้อมที่เย็นกว่าอีกด้วย เทคนิคนี้เป็นเอกลักษณ์ของสถาปัตยกรรมไทยในการสร้างสภาวะแวดล้อมบริเวณใต้ถุนบ้านให้เย็นสบาย

การปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดิน เป็นเสมือนฉนวนป้องกันความร้อนให้กับดิน ในขณะเดียวกันก็เป็นการเหนี่ยวนำความเย็นลงสู่ดิน ซึ่งจะมีผลทางด้านการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนสู่ผิวดินที่เย็นกว่า เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ นอกเหนือจากนั้นยังเป็นการเสริมสร้างบรรยากาศที่ร่มรื่นต่อสายตาและป้องกันการสะท้อนของแสง ที่อาจทำให้เกิดความจ้า (Glare) ของสายตาและป้องกันฝุ่นที่เกิดจากดินที่แห้งได้อีกด้วย

แนวทางพิจารณาในการออกแบบ

จากการศึกษาพบว่า (สุนทร บุญญาธิการ และบัณฑิต เอื้ออาภรณ์, 2539) อุณหภูมิกระเปาะเปียกจะต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry-bulb Temperature) โดยในช่วงที่มีอากาศร้อนจัดอุณหภูมิผิวหญ้าเปียกจะต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก เพราะพื้นดินที่เย็นมีการกักเก็บความเย็นไว้ได้มากกว่าอุณหภูมิจึงไม่แปรปรวนตามสภาพอากาศภายนอก



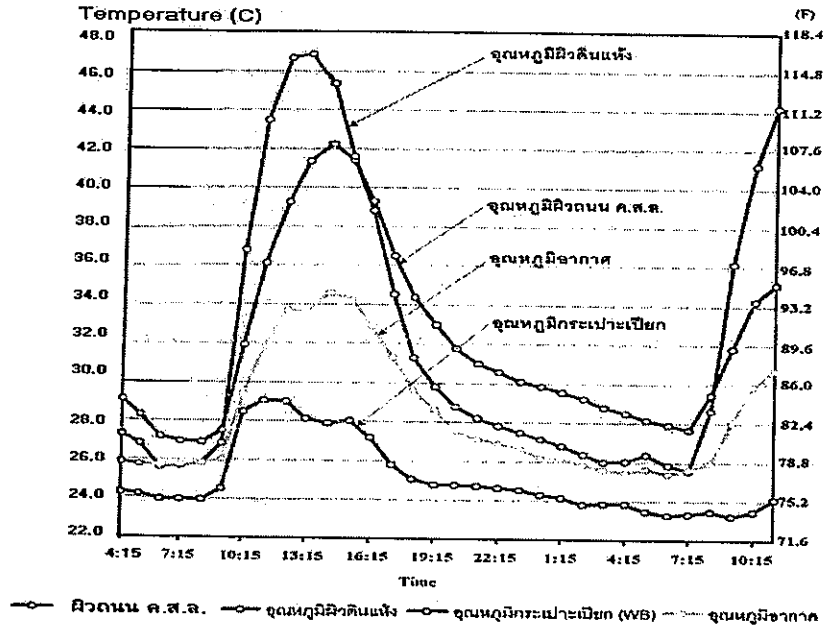
รูปที่ 2.2 แสดงอุณหภูมิหญ้าเปียกในร่ม (ใต้ต้นไม้) และอุณหภูมิกระเปราะเปียก เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ พบว่ามีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศเกือบตลอดทั้งวัน โดยมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 27 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 24 องศาเซลเซียส แสดงว่าการปรับสภาพโดยตนไม้และพืชคลุมดิน สามารถช่วยลดอุณหภูมิโดยรอบบริเวณบ้านได้

2.1.3 การใช้ประโยชน์จากวัสดุปูผิวดิน

นอกจากการใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดินแล้ว การเลือกใช้วัสดุปูผิวดินที่เหมาะสมก็จะช่วยให้สภาพแวดล้อมเย็นลงได้ โดยควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนต่ำและมีค่าการกระจายความร้อนสูง หรือเป็นวัสดุที่สามารถนำน้ำจากใต้ดินมาระเหยเป็นไอน้ำได้ดี และควรหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุที่มีสีเข้มและมีค่าการดูดความร้อนสูง เช่น ผิวยางมะตอย โดยเฉพาะในที่ที่มีลมพัดผ่านเพราะจะทำให้เกิดการดูดซับความร้อนไว้มาก

แนวทางพิจารณาในการออกแบบ

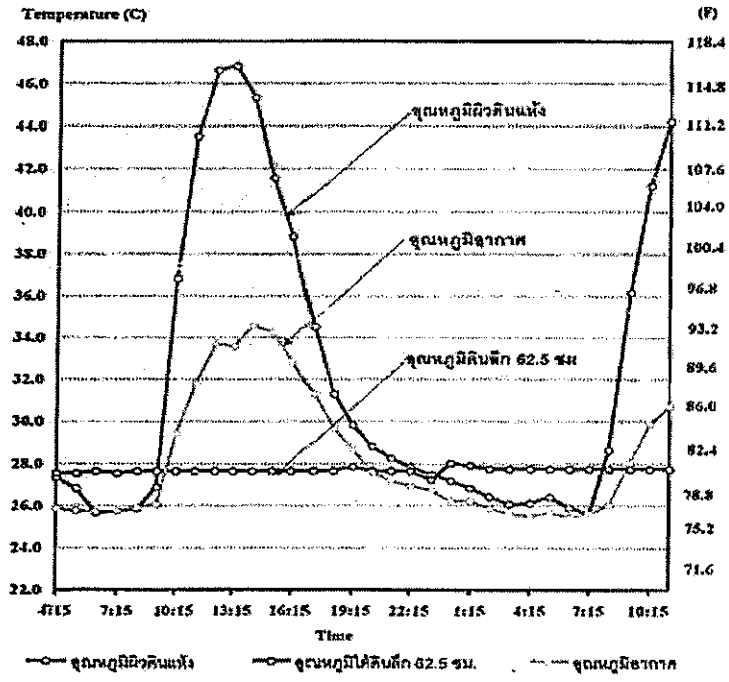
จากการศึกษาพบว่า (สุนทร บุญญาธิการ และบัณฑิต เอื้ออาภรณ์, 2539) วัสดุที่มวลสารมากจะกักเก็บความร้อนไว้ได้มาก เมื่อโดนแดดก็จะดูดซับความร้อนไว้ได้มากทำให้สภาพแวดล้อมในบริเวณนั้นร้อนขึ้นทั้งเวลากลางวันและเวลาคืน (ดูแผนภูมิ 5.2 สังเกตอุณหภูมิระหว่างผิวถนน ค.ส.ล. และผิวดินแห้ง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิกระเปาะเปียก) การเลือกใช้ผิวหญ้าใต้ต้นไม้ เพื่อให้ร่มเงาจึงจะเป็นการช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็นกว่า



รูปที่ 2.3 แสดงอุณหภูมิผิวถนน ค.ส.ล. และผิวดินแห้ง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิกระเปราะเปียก พบว่ามีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศเกือบตลอดวัน โดยผิวถนนมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 42 องศาเซลเซียส และมีผิวดินแห้งมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 47 องศาเซลเซียส แสดงว่าผิวถนนมีการสะสมความร้อนไว้มาก จึงมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดวัน

2.1.4 ดินและการใช้ประโยชน์จากดิน

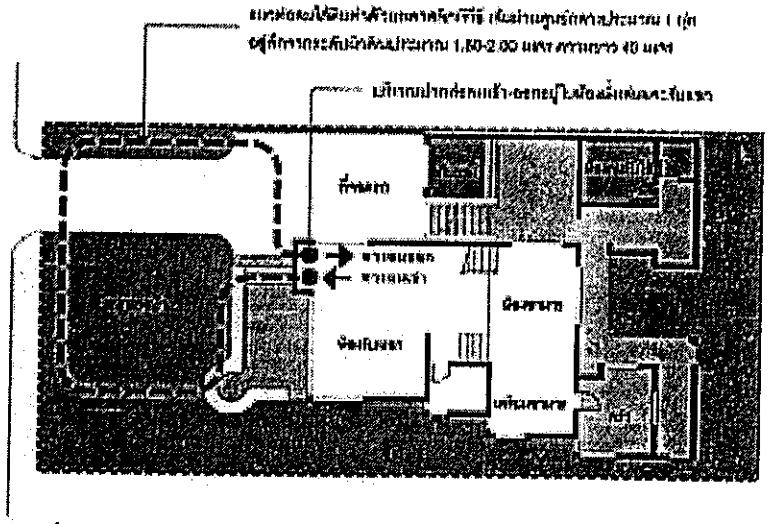
จากการศึกษา (อเนก ธีระวิวัฒน์ชัย, 2539) พบว่าประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยของดินประมาณ 26-27 องศาเซลเซียสที่ระดับความลึก 0.60 เมตรจากผิวดิน การที่เราจะใช้ประโยชน์จากดินให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องมีการปรับปรุงสภาพของดินทั้งในส่วนผิวดินและใต้ดินให้เย็นที่สุด การปรับสภาพดินดังกล่าวขึ้นอยู่กับปริมาณและขนาดของต้นไม้ที่ใช้ผสมผสานกับการทำให้ดินเปียกและมีกระแสลมพัดผ่านเพื่อทำให้เกิดการระเหยของน้ำรวมถึงความสามารถของการกระจายความร้อนของผิวดินให้กับท้องฟ้าและใช้ต้นไม้-พืชคลุมดินที่มีลมพัดผ่านใต้พุ่มใบเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็น ถ้าสามารถทำการปรับสภาพของดินได้อย่างเหมาะสมโดยใช้วิธีการต่างๆ ข้างต้นแล้ว จะเป็นผลทำให้อุณหภูมิของดินเย็นลงมาก จนอาจทำให้ดินมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกได้



รูปที่ 2.4 แสดงอุณหภูมิดิน และผิวดินแห้ง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ พบว่าอุณหภูมิดินที่ความลึก 0.62 เมตร มีอุณหภูมิเกือบคงที่ที่ประมาณ 27 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิผิวดินจะมีอุณหภูมิสูงมากในช่วงกลางวัน เนื่องจากไม่มีพืชคลุมดินช่วยลดความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์

2.1.4.1. การใช้ความเย็นจากท่อใต้ดิน (Earth Tube)

เทคนิคประการหนึ่งที่บ้านหลังนี้ใช้ประโยชน์จากความเย็นของดินคือ การออกแบบให้มีการเดินท่อที่ทำด้วยวัสดุบางๆ ที่มีคุณสมบัติในการเป็นตัวนำผ่านลงไปใต้ดิน โดยมีปลายด้านหนึ่งอยู่ภายในบ้านส่วนที่เป็นห้องนั่งเล่นและรับแขก ในการออกแบบระบบท่อใต้ดินมีสิ่งที่ต้องระวังคือการรั่วซึมของท่อ เพราะจะเป็นการเพิ่มความชื้นให้กับอากาศภายในท่อซึ่งเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยงอย่างยิ่ง ระบบในบ้านหลังนี้ได้ทำการวิจัยแล้วว่าทางเลือกที่ดีที่สุดคือ การนำเอาอากาศภายในบ้านที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปเหนี่ยวนำเอาความเย็นของดินที่สัมผัสกับผิวท่อ แล้วดึงเอาความเย็นกลับคืนมาภายในบ้านผ่านระบบจ่ายลมของบ้าน วิธีนี้จะเป็นการทำให้อากาศภายในบ้านเย็นลงอย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่เพิ่มความชื้น ท่อใต้ดินของบ้านได้ออกแบบให้มีจุดที่สามารถดึงเอาอากาศจากภายนอกเข้ามาได้ด้วย แต่ไม่เคยนำมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากพบว่าอากาศภายนอกมีระดับความชื้นสูงเกินความต้องการตลอดทั้งปี (ในกรุงเทพมหานคร) วัสดุที่ใช้ทำท่อใต้ดินเป็นพลาสติกพีวีซี (PVC) ซึ่งมีค่าการนำความร้อนไม่ดีนัก แต่ยังไม่สามารถหาวัสดุอื่นที่เหมาะสมกว่านี้ได้ในช่วงของการก่อสร้าง ท่อลมใต้ดินที่ใช้มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในประมาณ 1 ฟุต ออกแบบให้เดินท่อขดไปรอบๆ สนามหญ้าซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับผิวดินประมาณ 1.80-2.00 เมตร โดยมีความยาวท่อรวมทั้งสิ้นประมาณ 40 เมตร อีกด้านต่อเข้ากับระบบท่อของเครื่องปรับอากาศ และมีพัดลมเสริมพิเศษ (Booster Fan) เป็นตัวทำให้อากาศภายในหมุนเวียนผ่าน เพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากอากาศที่ร้อนผ่านรอบผิวที่มีความเย็นกว่า เป็นการลดความร้อนให้อากาศก่อนเข้าสู่เครื่องปรับอากาศทำให้ลดภาระเครื่องปรับอากาศในการทำความเย็น ส่วนสาเหตุที่นำเพียงอากาศภายในบ้านเท่านั้นมาหมุนเวียนผ่านดิน ก็เนื่องมาจากจุดประสงค์เพื่อควบคุมให้อากาศนั้นมีความชื้นที่ต่ำจากการวิเคราะห์พบว่า เทคนิคนี้ไม่ค่อยคุ้มค่าต่อการลงทุนมากนัก เพราะสามารถนำความเย็นจากดินมาใช้ได้เพียง 2-3 ชั่วโมงต่อวันเท่านั้น อีกทั้งประสิทธิภาพของท่อลมก็ลดลงเนื่องจากอากาศเข้า และอากาศออกจากท่อลมมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในช่วงเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์เมื่ออุณหภูมิของอากาศเข้าและออกมีความแตกต่างกันมาก



รูปที่ 2.5 แสดงแนวท่อลมใต้ดินซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการดึงความเย็นจากดิน โดยการนำเอาอากาศภายในบ้านที่มีอุณหภูมิสูงผ่านลงไปภายในท่อ และเหนี่ยวนำเอาความเย็นจากดิน กลับมาภายในระบบจ่ายลมของบ้าน

2.1.4.2 การให้พื้นสัมผัสโดยตรงกับดิน (Surface Contact To Ground)

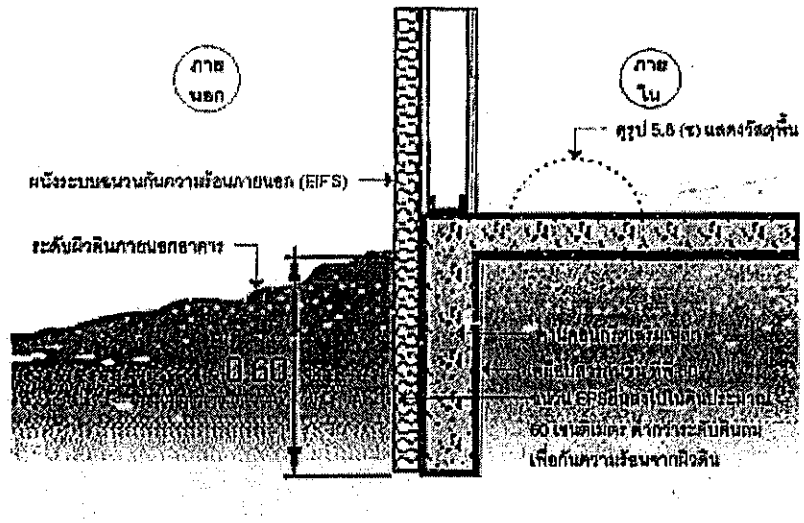
เทคนิคอีกประการหนึ่งก็คือ การออกแบบให้พื้นบ้านมีผิวสัมผัสกับดินโดยตรงวัสดุในส่วนที่เป็นพื้นบ้านนี้เลือกใช้กระเบื้องเซรามิค ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถดึงความเย็นจากดินมาได้ดี โดยหลีกเลี่ยงการใช้หินอ่อนที่ดูแลรักษายาก หรือหินแกรนิตที่สร้างความรู้สึกกระด้าง ข้อควรระวังในการใช้เทคนิคนี้คือ ต้องมีการป้องกันความชื้นที่พื้นชั้นล่างเป็นอย่างดี ระบบกันความชื้นที่บ้านหลังนี้ใช้คือ

- ยกระดับอาคารชั้นล่างให้สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินประมาณ 1.00 -2.00 เมตร
- ใช้แผ่นพลาสติกปูระหว่างลีคอนกรีต และคอนกรีตเททับหน้า โดยไม่ให้แผ่นพลาสติกเกิดการเสียหายในขณะทำการก่อสร้าง
- มีการออกแบบโดยการยื่นผนังรอบอาคารลงไปในดินลึกประมาณ 0.60 เมตร และมีการป้องกันความชื้นที่อาจแทรกขึ้นมาตามผนัง ด้วยการเลือกใช้ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้น นอกจากนั้นยังทาทับด้วยสารป้องกันความชื้นหนาประมาณ 1 มิลลิเมตรอีกชั้นหนึ่ง

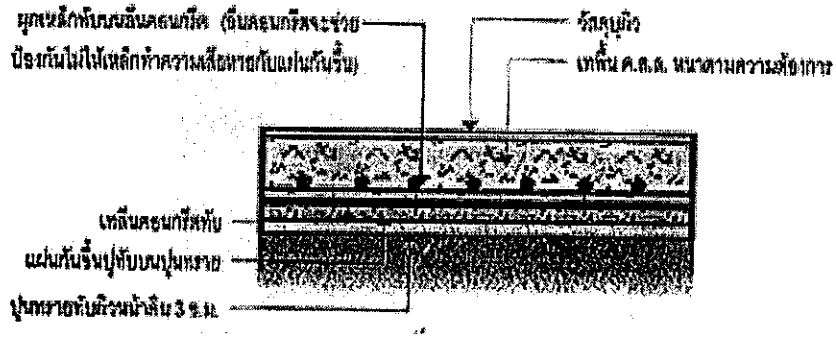
แนวทางพิจารณาในการออกแบบ

จากคุณสมบัติของดินที่ชุ่มชื้นและปกคลุมด้วยต้นไม้จะมีอุณหภูมิต่ำมาก ความเย็นจากดินจะค่อยๆ ถ่ายเทสู่ชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป ทำให้ความเย็นกระจายไปทั่วทั้งบริเวณ และสามารถเหนี่ยวนำความเย็นเข้าสู่ภายใต้อาคาร ทำให้พื้นอาคารชั้นล่างที่มีการเลือกใช้วัสดุอย่างถูกต้องมีความเย็นเท่าๆ กับอุณหภูมิดิน คือประมาณ 27-28 องศาเซลเซียส ถ้าหากได้รับการปรับสภาพแวดล้อมโดยรอบอย่างถูกต้อง โดยให้ดินมีความร่มเย็นและชุ่มชื้นอยู่ตลอดเวลา แต่มีข้อควรระวังในการป้องกันความชื้นเข้าสู่ภายในอาคารจากพื้นชั้นล่างที่สัมผัสกับดิน ในกรณีของบ้านหลังนี้ พบว่าประโยชน์ที่ได้จากผิวสัมผัสดินมีผลคุ้มค่ามากกว่าประโยชน์ที่รับจากท่อใต้ดินมาก เพราะทำได้ง่ายเช่นเดียวกับการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมของใต้ถุนบ้านไทยโบราณ หากแต่ว่าในบ้านหลังนี้มีระบบพื้นและระบบกันความชื้นที่สมบูรณ์แบบ

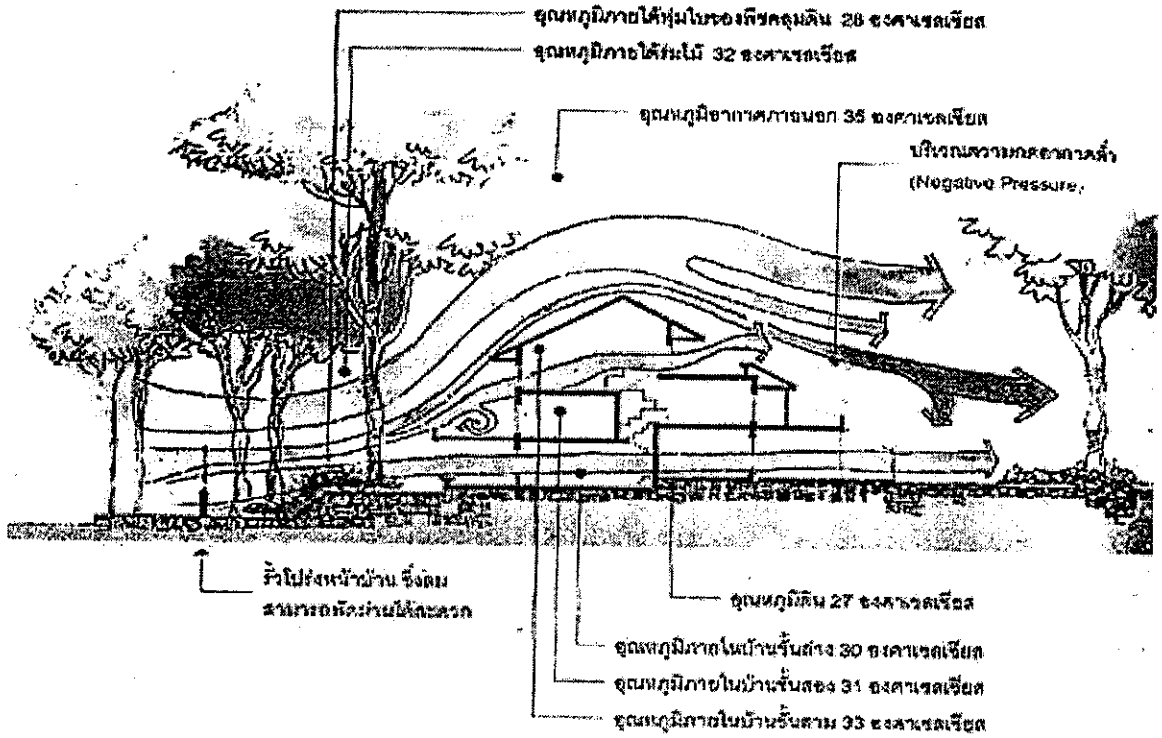
ข้อสังเกตประการหนึ่งเกี่ยวกับการกันความชื้นภายในอาคารจะพบว่า หากตำแหน่งที่ตั้งของบ้านอยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินมาก ปัญหาเรื่องความชื้นจากใต้ดินจะมีค่อนข้างน้อย ในขณะเดียวกันการใช้บ่อเกรอะ-บ่อซึม โดยเฉพาะอย่างยิ่งบ่อเกรอะ-บ่อซึมแบบโบราณจะมีผลดีมากต่อการทำงานของระบบ เนื่องจากการระบายน้ำจากบ่อซึมจะมีประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดปัญหาค่อนข้างน้อยมาก ความชื้นจากบ่อเกรอะ-บ่อซึมจะไม่ค่อยสร้างปัญหาเรื่องความชื้นให้กับตัวบ้านมากนัก ในทางตรงกันข้ามหากพื้นบ้านอยู่ใกล้ระดับน้ำใต้ดิน จะต้องระมัดระวังในปัญหาเรื่องความชื้นจากใต้ดินเป็นพิเศษ สำหรับการสร้างบ้านที่มีระดับพื้นอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดินเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยงเป็นอย่างยิ่ง ถึงแม้จะใช้เทคโนโลยีที่ดีที่สุดแล้วก็ตามเพราะความผิดพลาดย่อมเกิดขึ้นได้เสมอ ทั้งจากประสิทธิภาพของระบบ และการควบคุมงานระหว่างการก่อสร้างให้ได้ผล 100 เปอร์เซ็นต์นั้นเป็นไปได้ยากมาก



รูปที่ 2.6 ภาพผืนผนังที่มีฉนวนรอบอาคารลงไปใต้ดินเพื่อป้องกันความร้อนจากผิวดินและกักเก็บความเย็นไว้ใต้ดิน



รูปที่ 2.7 แสดงการเลือกใช้วัสดุพื้นชั้นล่างในแต่ชั้น เพื่อป้องกันความชื้นและดึงความเย็นจากดินมาใช้



รูป 2.8 แสดงเทคนิคในการใช้ประโยชน์จากกระแสลมให้พัดผ่านบริเวณสภาพแวดล้อมที่เย็นรอบๆ บ้าน เพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าสู่ภายในบ้านผนวกกับการมีพื้นผิวสัมผัสดิน จึงทำให้สภาวะภายในบ้านอยู่ใกล้เขตสบาย

หมายเหตุ ข้อมูลอุณหภูมิในภาพเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงในช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดของวัน (ประมาณ 12.00-14.00 น.) ในเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2540 (ภาพประกอบโดย สุรชัย แย้มศิริ)

2.1.5.การใช้ประโยชน์จากลม

การใช้ประโยชน์จากลมให้ได้มากที่สุดนั้น ต้องทำให้ลมร้อนจากสภาพแวดล้อม พัดผ่านบริเวณที่เย็นก่อนที่จะพัดเข้าสู่ตัวบ้าน เช่น ใต้ร่มไม้ หรือใกล้ระดับผิวดิน ซึ่งจะทำให้ภายในบ้านได้รับอากาศที่มีอุณหภูมิเย็นลงจากสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตามกระบวนการดังกล่าวถึงแม้จะทำให้ได้อากาศที่เย็นลง แต่ก็เป็นอากาศที่มีความชื้นสูงมาก ถ้ามีการนำเอาอากาศดังกล่าวเข้ามาในอาคารที่มีการปรับอากาศด้วยเครื่องปรับอากาศ ก็จะเกิดผลเสียมากกว่าผลดี เนื่องจากปริมาณความชื้นในอากาศนั้นสูงเกินไป จากการศึกษาพบว่า การนำเอาอากาศร้อนและแห้งเข้ามาในระบบปรับอากาศ จะสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่า

ในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคารที่มีระบบปรับอากาศนั้นบางครั้งพบว่าถ้าปิดประตูหน้าต่างทั้งหมด โดยปล่อยให้กระแสลมภายนอกที่เย็นและชื้น พัดผ่านเฉพาะรอบอาคารภายนอก กลับจะเป็นผลดีมากกว่าการปล่อยให้อากาศดังกล่าวผ่านเข้ามาภายในอาคาร แต่ต้องมีการป้องกันการรั่วซึมของอากาศเป็นอย่างดี การนำเอาอากาศเข้ามาภายในอาคารที่ปรับอากาศนั้น ถ้าเป็นช่วงเวลาที่สภาวะอากาศภายนอกมีความร้อนและความชื้นสูง พบว่าทำให้ต้องใช้พลังงานในการลดความร้อนและความชื้นมาก ถ้าต้องการระบายอากาศด้วยระบบธรรมชาติสำหรับอาคารที่ได้รับการออกแบบอย่างถูกต้องแล้วนั้น ช่วงเวลาที่สามารถนำระบบธรรมชาติมาใช้ได้เป็นช่วงเวลาหัวค่ำจนถึงเช้าตรู่เท่านั้น เพราะเป็นช่วงที่อากาศภายนอกมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้สร้างสภาวะน่าสบายมากที่สุด ดังนั้นถ้าสามารถออกแบบบ้านที่ดี และมีอุณหภูมิภายในต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกได้ จึงเป็นสิ่งที่ควรกระทำเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะช่วยลดความรุนแรงของสภาพอากาศและทำให้ไม่จำเป็นต้องเปิดประตูหน้าต่างให้อากาศภายนอกผ่านเข้ามาภายในอาคารอีกต่อไป

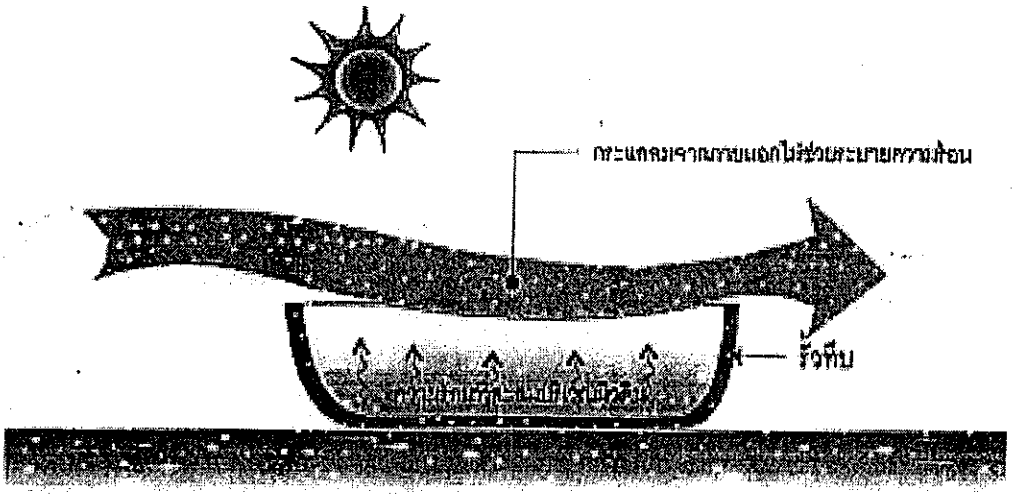
การใช้ลมเพื่อปัดเป่าการกักขังความร้อนที่ระดับดิน

การใช้ประโยชน์จากลมในการออกแบบบ้านหลังนี้ที่ส่งผลถึงการจัดวางทิศทางของบ้าน เนื่องจากทิศทางของกระแสลมที่กระทำต่อสถานที่ตั้งอาคารมาในเกือบทุกทิศทาง แต่ทิศทางในการจัดวางตัวบ้านจำเป็นต้องหันด้านหน้าออกสู่ถนน ประกอบกับความต้องการที่จะให้ทุกห้องนอนสามารถมองเห็นทิวทัศน์ภายนอก และสามารถรับลมได้อย่างเต็มที่ทุกห้อง ดังนั้นเพื่อให้บ้านสามารถรับลมได้อย่างเต็มที่ ลักษณะของรั้วบ้านหลังนี้จะมีความแตกต่างจากบ้านทั่วไปคือ มีรั้วที่มีลักษณะเป็นซี่โปร่ง มองทะลุได้ตลอด มีผลทำให้ลมสามารถพัดผ่าน และนำพาเอาความร้อนออกไปจากภายในบริเวณบ้าน นอกจากนี้ยังอาศัยการใช้ต้นไม้สูง และการใช้เนินดิน เพื่อบังคับทิศทางของลมให้สามารถพัดเอาความร้อนผ่านออกจากที่ตั้งอาคารได้

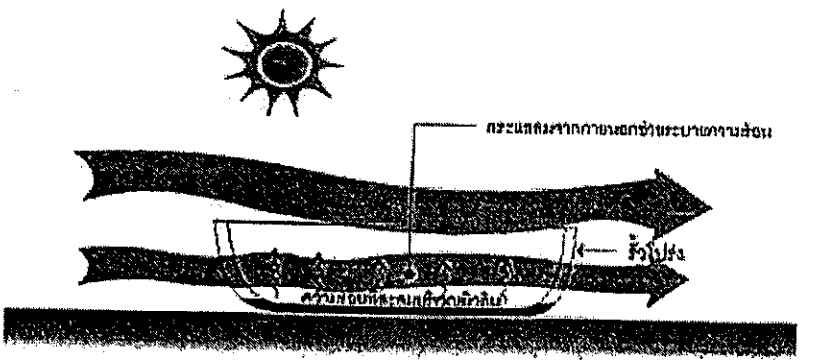
แนวทางพิจารณาในการออกแบบ

ในกรณีของบ้านที่ได้รับออกแบบด้วยกรรมวิธีดังกล่าวข้างต้น พบว่าช่วงเวลากลางวันตั้งแต่ 8.00 น. ถึง 21.00 น. นั้น หากปิดประตูหน้าต่างของบ้านทั้งหมดแล้ว จะมีอุณหภูมิในส่วนชั้นล่างของบ้านที่เป็นห้องรับแขกเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมาก บางวันอาจเย็นลงมากกว่า 7-8 องศาเซลเซียส ดังนั้นหากจะใช้ลมมาช่วยในการระบายอากาศ จึงไม่เกิดประโยชน์แต่อย่างใด ในทางตรงข้ามกลับเป็นการนำความร้อนเข้ามาในบ้าน ทั้งนี้เพราะอากาศภายนอกร้อนกว่าภายใน

บ้านมาก สำหรับบ้านที่ก่อสร้างด้วยระบบก่ออิฐฉาบปูนทั่วๆ ไป จะพบว่าอุณหภูมิภายในบ้านสูงกว่า (ร้อนกว่า) ภายนอกบ้านตลอดเวลา เนื่องจากการออกแบบและการเลือกใช้วัสดุไม่ถูกต้อง จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เชื่อว่าการออกแบบจะต้องมีการระบายอากาศด้วยระบบธรรมชาติ แต่จากความเป็นจริงที่พบในบ้านประหยัดพลังงาน จึงอาจเป็นการขัดแย้งกับสิ่งที่เคยเป็นมาในอดีต ซึ่งนับเป็นก้าวใหม่ของการออกแบบเนื่องจากอากาศภายในบ้านเย็นกว่านอกบ้านมากในช่วงเวลากลางวัน



รูป 2.9 แสดงการใช้ "รั้วทึบ" ซึ่งเปรียบเสมือนอ่างกักเก็บความร้อน เมื่อแสงอาทิตย์ส่องมากระทบวัสดุทึบแสงทำให้พื้นผิวนั้นๆ ร้อนขึ้น แต่กระแสลมจากภายนอกไม่สามารถระบายความร้อนออกไปได้ จึงเกิดการสะสมความร้อนบริเวณผิวดิน

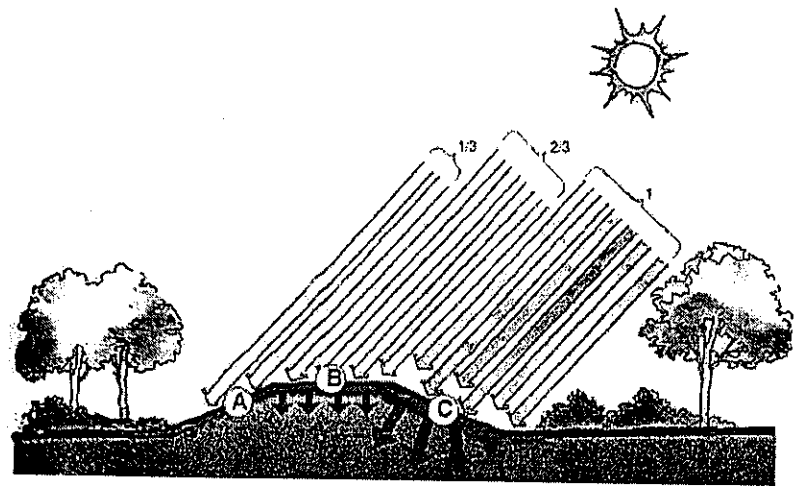


รูปที่ 2.10 แสดงการใช้ "รั้วโปร่ง" เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.9 จะพบว่ากระแสลมจากภายในสามารถพัดผ่านพื้นที่ภายในช่วยระบายความร้อนที่สะสมบริเวณผิวดิน

2.1.6.การใช้ประโยชน์จากความลาดเอียงของพื้นดิน

ในด้านที่ต้องการให้พื้นดินเย็นหากไม่มีต้นไม้หรือร่มเงาปกคลุม อาจใช้วิธีปรับความลาดเอียงของพื้นดินให้รับแสงแดดน้อยลงในเวลากลางวัน ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นนี้การทำให้พื้นดินเอียงไปทางด้านทิศเหนือ จะทำให้ได้รับแสงแดดเฉลี่ยตลอดปีน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นดินในระนาบปกติ และพื้นดินที่เอียงไปทางด้านทิศใต้ แนวความคิดนี้จะตรงกันข้ามกับเมืองหนาว ซึ่งต้องการให้สภาพแวดล้อมรอบอาคารร้อนกว่าปกติ โดยการใช้พื้นดินที่ลาดเอียงไปทางทิศใต้ (South Slope) ผนวกกับวัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนสูงเป็นสิ่งที่พึงปรารถนาสำหรับเมืองหนาว แต่ในประเทศไทยต้องการให้สภาพแวดล้อมเย็นที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นความลาดเอียงของพื้นดินหากสามารถทำได้ จึงควรลาดเอียงไปทางทิศเหนือ (North Slope) จะมีความเหมาะสมกว่ามาก และควรเลือกใช้วัสดุผิวที่มีค่าการดูดซับความร้อนน้อย การใช้พืชคลุมดิน หรือหญ้าเป็นวัสดุผิวดินจะมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้คอนกรีต คอนกรีตเสริมเหล็ก หรือถนนลาดยาง อย่างไรก็ตาม หากไม่สามารถปรับความลาดเอียงของพื้นดินตามความต้องการได้ ทางออกทางหนึ่งก็คือ การใช้ต้นไม้หรือพืชคลุมดินช่วยสร้างร่มเงา ให้กับพื้นผิวดินให้ได้รับแสงแดดน้อยที่สุด

นอกจากนี้แล้ว ความลาดเอียงของพื้นดินยังเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยปรับแต่งเส้นแนวการไหลเวียนของอากาศให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ ในกรณีนี้อาจใช้ความลาดเอียงของพื้นดินเป็นตัวควบคุมให้กระแสลมถูกปรับเปลี่ยนแนวให้เคลื่อนที่ไปในทิศทาง ซึ่งจะช่วยให้สภาพแวดล้อมเย็นลงหรือเพิ่มความเร็วลมได้



รูปที่ 2.11 แสดงอิทธิพลของความลาดเอียงของพื้นดิน จากรูปจะเห็นว่าลักษณะของเนินดิน A , B และ C ในกรณีนี้มีความยาวเท่ากัน แต่ปริมาณแสงตกกระทบแตกต่างกันมากโดย

- **เนินดิน A** เป็นเนินดินที่ลาดเอียงไปทางทิศเหนือ มีปริมาณแสงอาทิตย์ตกกระทบพื้นผิวดินเพียง 1/3 เท่าของปริมาณแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนเนินดิน C ดังนั้นเนินผิวดิน A จึงมีผิวดินเย็นที่สุด
- **เนินดิน B** มีปริมาณแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวดิน 2/3 เท่าของปริมาณแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบน เนินดิน C
- **เนินดิน C** เป็นเนินดินที่ลาดเอียงไปทางทิศใต้ จะได้รับแสงอาทิตย์ในแนวตั้งฉากที่ตกกระทบพื้นผิวดินมากที่สุด จึงมีผิวดินร้อนที่สุด

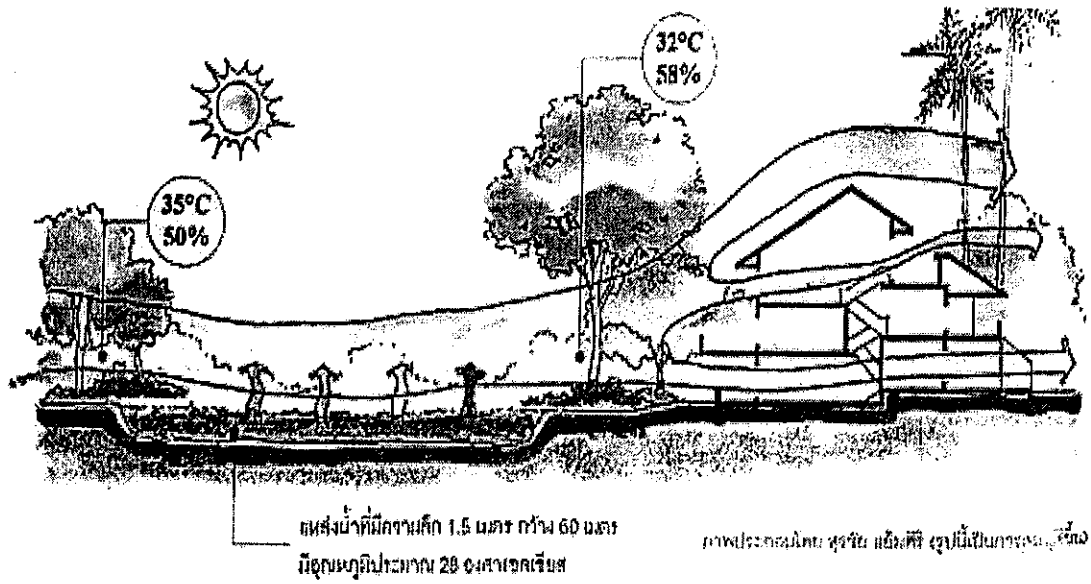
หากเป็นไปได้ในเมืองไทย ควรหลีกเลี่ยงปริมาณแสงอาทิตย์ตกกระทบโดยตรง แต่ถ้าหากหลีกเลี่ยงไม่ได้ ก็อาจใช้ต้นไม้สูงเพื่อบดบังแสงแดด

2.1.7. การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ

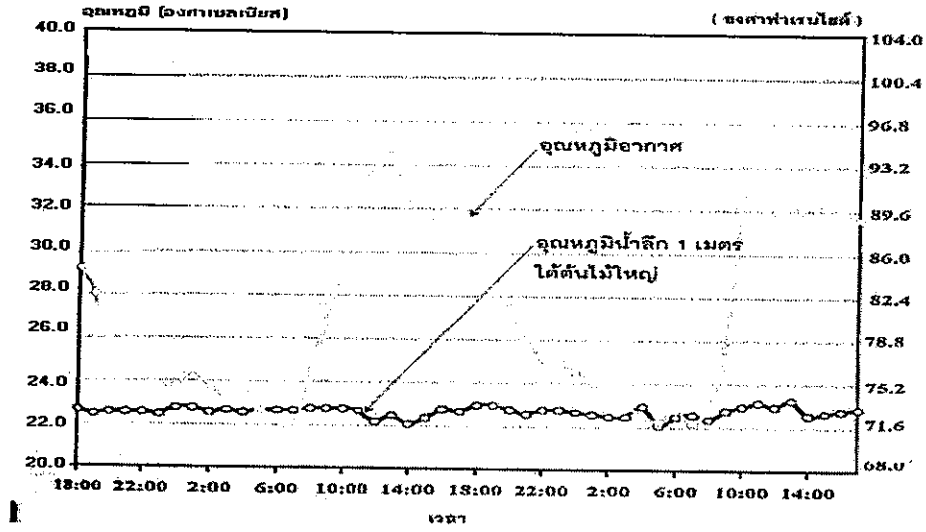
"การระเหยของน้ำทำให้อากาศเย็นลงแต่ชื้นกว่าเดิม ต้องหาทางลดการสะสมความชื้น มีการระบายอากาศที่ดี"

แหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีความลึกตั้งแต่ 1.50 เมตรขึ้นไป สามารถใช้เป็นแหล่งสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมได้ โดยการให้กระแสลมที่พัดผ่านบริเวณผิวหน้าของน้ำที่เย็น และแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศนั้นนำเข้ามาภายในอาคาร แต่มีข้อควรระวังในเรื่องของความชื้นที่มากับลมด้วย จะพบว่าเมื่อลมพัดผ่านผิวน้ำในระยะทางที่ยาวเพียงพออุณหภูมิอากาศจะค่อยๆ เย็นลงไปพร้อมๆ กับความชื้นที่เพิ่มขึ้น ผลที่ได้ก็คืออากาศที่มีอุณหภูมิเย็นลงกว่าเดิม แต่มีความชื้นที่เพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น อากาศที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพัดผ่านพื้นน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 28 องศาเซลเซียส ในบริเวณกว้างจะทำให้อุณหภูมิของอากาศที่พัดผ่านแหล่งน้ำนั้น มีอุณหภูมิลดต่ำลงได้ถึง 3 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ และบัณฑิต เอื้ออากรณ์, 2539) หรือมีอุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส ในขณะที่มีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นจาก 50 เปอร์เซ็นต์เป็น 58 เปอร์เซ็นต์

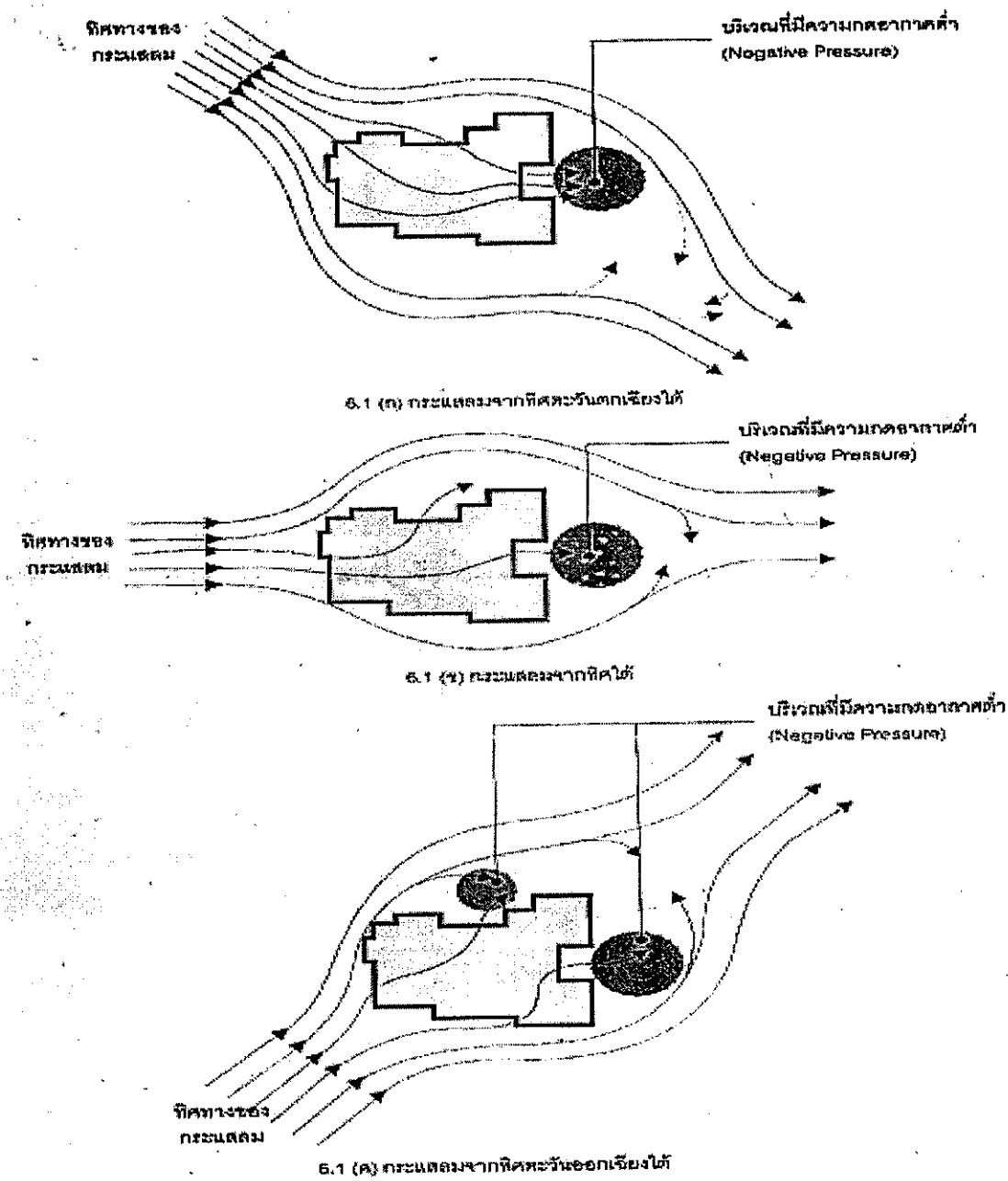
ในเชิงปฏิบัติแล้ว ถ้านำเอาอากาศดังกล่าวมาใช้ในอาคาร (Fresh Air) จะไม่เป็นการช่วยลดการใช้พลังงาน เนื่องจากอากาศนั้นมีความชื้นมากขึ้นกว่าเดิม แต่ในสภาพทั่วไป ที่มีลมพัดหรือมีอากาศถ่ายเทสะดวกความชื้นก็จะไม่สะสมมากนัก แต่จะเป็นการสร้างความร่มเย็นให้กับสภาพแวดล้อมภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งจะเป็นการลดภาระในการทำความเย็นให้กับอาคาร



รูปที่ 2.12 แสดงเทคนิคในการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ เพื่อช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายนอกก่อนที่จะพัดผ่านเข้าไปภายในบริเวณที่ตั้งอาคาร จากรูปจะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เกิดจากอิทธิพลของการระเหยของน้ำ ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิลดลงจาก 35 องศาเซลเซียสเป็น 32 องศาเซลเซียส แต่ความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้นจาก 50 เปอร์เซ็นต์เป็น 58 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีนี้เป็นการจำลองสภาพที่มีความเร็วลมที่ค่อนข้างต่ำ (2-3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)



รูปที่ 2.13 แสดงอุณหภูมิน้ำลึก 1 เมตร เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ บันทึกข้อมูลเมื่อเดือนมกราคม 2539 จากการทดลองเพื่อศึกษา อุณหภูมิน้ำลึกประมาณ 1 เมตรใต้ต้นไม้ใหญ่ พบว่ามีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเกือบตลอดวัน โดยน้ำมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 23 องศาเซลเซียส แสดงว่าน้ำลึก 1 เมตรมีค่าความจุความร้อนมาก จึงมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเกือบตลอดเวลา



รูปที่ 2.14 แสดงการออกแบบรูปทรงของอาคารที่คำนึงถึงการเกิดบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำด้านหลังบ้าน ซึ่งทำให้เกิดกระแสลมลมที่พัดผ่านจากทุกทิศทุกทางถูกบังคับให้พัดผ่านเข้าไปภายในบ้าน เนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศสูงด้านหน้าและหลังบ้าน

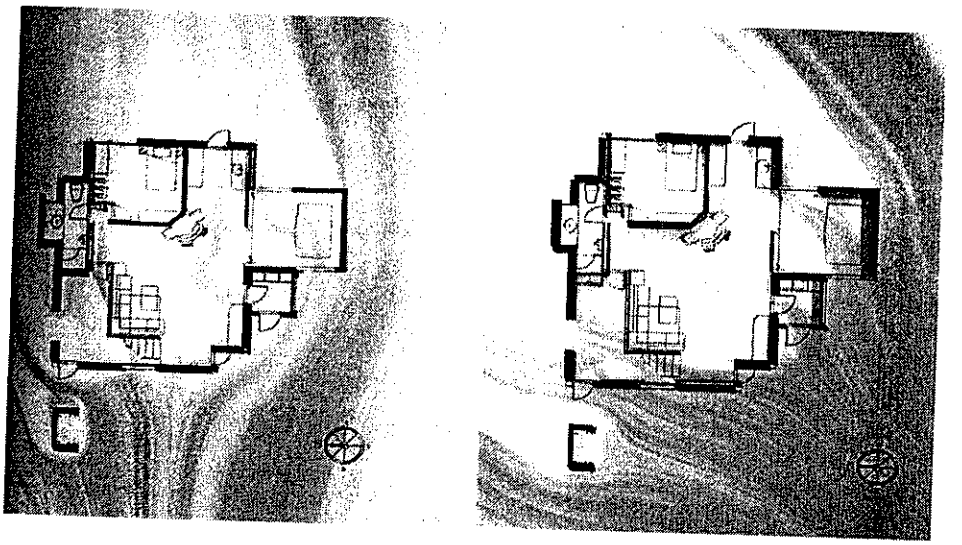
2.2การเลือกรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อประยุกต์เอาปัจจัยธรรมชาติมาใช้ให้ได้มากที่สุด

2.2.1. รูปทรงของอาคารและอิทธิพลของลม

รูปทรงของบ้านหลังนี้ได้รับการออกแบบเพื่อให้กระแสลมสามารถไหลผ่านได้ทั่วถึง โดยเฉพาะเมื่อมีตัวบ้านตั้งขวางทิศทางของลมที่พัด ทำให้กระแสลมปะทะตัวบ้านและพัดผ่านผิวอาคารได้ทั่วทั้งด้านหน้า ด้านข้างรวมทั้งด้านบนของบ้านด้วย ด้านหลังบ้านมีความกดอากาศสูง (Positive Pressure) ส่วนด้านที่ไม่มีการปะทะของลมโดยตรง จะเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ (Negative Pressure) เนื่องจากธรรมชาติของลมจะเคลื่อนที่จากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ ดังนั้นการเจาะช่องหน้าต่างของบ้านหลังนี้ จึงเจาะช่องบริเวณด้านหน้าให้เป็นที่สำหรับรับลมเข้าสู่ตัวบ้านและเจาะช่องเปิดด้านหลังบ้านสำหรับทางลมออก การออกแบบรูปทรงของบ้านกำหนดให้ด้านหลังเป็นด้านที่มีความกดอากาศต่ำกว่า ดังนั้นไม่ว่าลมจะกระทำในทิศทางใดกระแสช่องลมจะถูกบังคับให้ไหลผ่านตัวบ้านจากอิทธิพลของความกดอากาศที่แตกต่างกัน

การออกแบบพื้นที่ใช้สอยภายในบ้านมีลักษณะเป็นพื้นที่ต่อเนื่อง ซึ่งมีพื้นที่ส่วนกลางของบ้านที่เชื่อมต่อถึงกันได้หมด โดยทำเป็นโถงกลางบ้าน ทำให้มีพื้นที่เปิดโล่งตลอดตั้งแต่ชั้น 1 ถึงชั้น 3 การออกแบบลักษณะนี้เป็นข้อได้เปรียบในการระบายอากาศในกรณีที่ใช้การระบายอากาศโดยกระแสลมธรรมชาติเนื่องจากลมสามารถพัดผ่านส่วนต่างๆ ของบ้านได้สะดวกทั่วถึงทุกส่วนของบ้าน และทำให้สามารถกำหนดช่องเปิด หรือหน้าต่างของบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลมที่พัดผ่านจากการเจาะช่องหน้าต่างด้านความกดอากาศสูง จะสามารถพัดผ่านเข้าสู่ตัวบ้าน และระบายออกสู่ด้านความกดอากาศต่ำ โดยผ่านส่วนกลางของบ้านได้ในทุกๆ ชั้น ห้องนอนทุกห้องสามารถเลือกที่จะรับลมได้ เนื่องจากช่องเปิดของห้องนอนอยู่ในจุดที่มีความกดอากาศสูง การจัดวางห้องน้ำของบ้านจะอยู่ในจุดที่มีความกดอากาศต่ำทั้งหมด ทำให้ลมไม่สามารถพัดพาเอากลิ่นของห้องน้ำเข้าสู่ตัวบ้านได้ รวมถึงห้องครัวด้วยเช่นกัน เทคนิคในการรับลมเข้าสู่บ้านโดยใช้การเจาะช่องเปิดด้านความกดอากาศสูงและช่องเปิดในด้านความกดอากาศต่ำในบริเวณชั้นที่ 1 2 และ 3 ที่มีความกดอากาศต่างกัน ทำให้ลมพัดผ่านจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้โดยตลอด และเนื่องจากตัวบ้านมีลักษณะเป็นพื้นที่ต่อเนื่อง ทำให้สามารถดึงลมเข้าจากชั้นที่ 1 และพัดผ่านออกสู่หน้าต่างในชั้นเดียวกันได้ หรือถ้าปิดหน้าต่างในชั้นที่ 1 โดยเปิดหน้าต่างในชั้นที่ 2 หรือ 3 แทน ลมก็สามารถพัดผ่านเข้าและออกข้ามชั้นถึงกันได้ โดยผ่านส่วนที่เป็นพื้นที่เปิดโล่งกลางบ้านนั่นเอง สำหรับการระบายอากาศของส่วนหลังคาได้ออกแบบให้บริเวณใต้ชายคาด้านความกดอากาศสูง มีการเจาะช่องระบายอากาศเพื่อให้ลมเข้าไประบายให้แก่หลังคาอีกด้วย

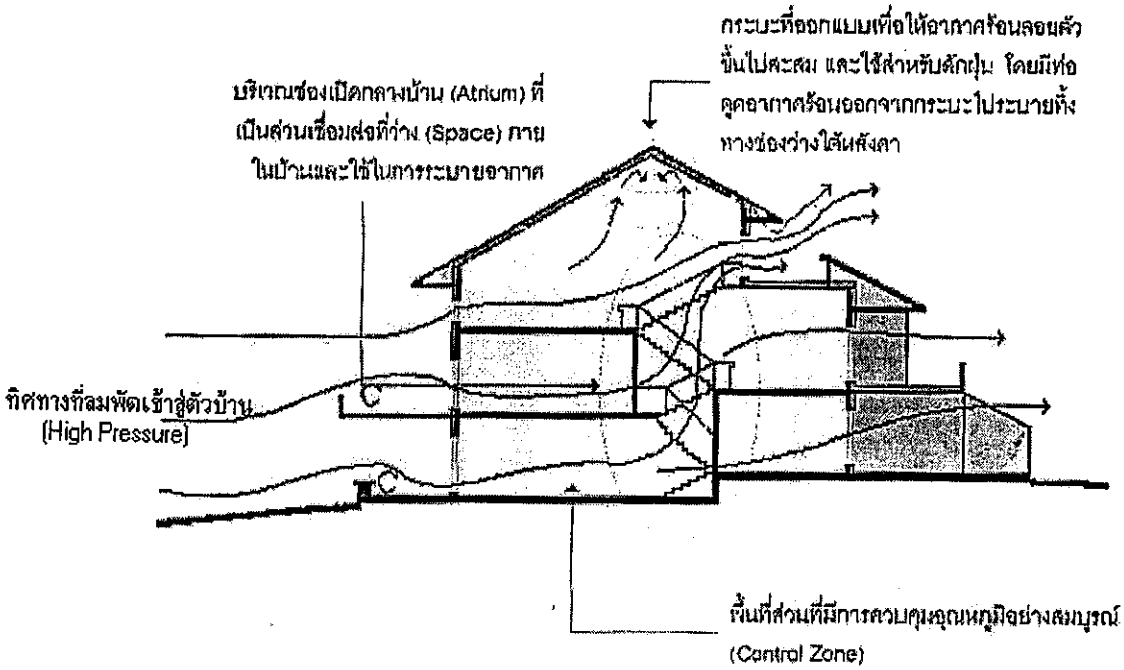


รูปที่2.15 เป็นตัวอย่างของการศึกษาแนวทิศทางการไหลของกระแสลม (Pattern) โดยใช้อุปกรณ์ช่วยจำลองภาพด้วยการใช้กระแสน้ำแทนกระแสลม (Fluid Mapping Table)

2.2.2.การทำให้เกิดกระแสลมโดยอาศัยผลของความแตกต่างของอุณหภูมิ

จากวิธีการนำลมเข้าสู่อาคาร โดยการเปิดช่องหน้าต่างทางด้านความกดอากาศสูง และเปิดช่องทางให้ลมออกทางด้านความกดอากาศต่ำแล้ว ยังมีเทคนิคในการทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสลม โดยอาศัยผลของความแตกต่างของอุณหภูมิ (Stack Effect) การทำให้หลังคาซึ่งเป็นส่วนที่สูงที่สุดของบ้านเกิดความร้อนมากๆ อากาศบริเวณใต้หลังคาเมื่อร้อนก็จะขยายตัวและลอยตัวสูงขึ้น และถูกดูดออกไปทำให้อากาศที่เย็นและมีมวลมากกว่าเข้ามาแทนที่ เกิดเป็นการเคลื่อนที่ของอากาศที่ต่อเนื่องขึ้นจากชั้นล่างถึงหลังคาในลักษณะการเคลื่อนในแนวดิ่ง

วิธีทำให้ผิวหลังคาของบ้านร้อน ทำให้การออกแบบหลังคาเป็นทรงปั้นหยาที่มีพื้นที่หลังคาขนาดใหญ่ สามารถรับแดดที่เป็นรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังเลือกใช้วัสดุมุงหลังคาเป็นแผ่นชิงเกิลสีค่อนข้างเข้มทึบมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ ซึ่งเป็นส่วนผสมของแอลฟัลล์ไฟเบอร์กลาสและเคลือบผิวหน้าด้วยกรวดหรือทราย มีน้ำหนักเบาและภายในโครงสร้างหลังคาไม่มีฉนวนกันความร้อนทำให้หลังคาดูดซับความร้อนไว้อย่างเต็มที่ตลอดทั้งวัน แต่จำเป็นต้องมีการป้องกันความร้อนจากหลังคาแผ่เข้าสู่ตัวอาคารมากเกินไป โดยการใช้วัสดุที่มีลักษณะคล้ายโฟมเป็นฝ้าเพดานยึดติดเป็นด้านเดียวกับระนาบของหลังคา ซึ่งจะเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีในการป้องกันการแผ่รังสีความร้อนจากหลังคาสู่ภายในบ้าน ส่งผลให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศไม่เพิ่มขึ้นจากความร้อนที่เข้าสู่ตัวบ้าน และการที่มีพัดลมดูดเอาอากาศร้อนออกไปนั้น ยังเป็นการช่วยดูดฝุ่นละอองที่ปนเปื้อนในอากาศออกไปด้วย ซึ่งเป็นผลดีต่อการลดมลภาวะที่จะสะสมภายในบ้าน



รูปที่ 2.16 ภาพตัดแสดงเทคนิคการระบายอากาศ โดยใช้การให้กระแสลมพักผ่านและการลอยตัวของอากาศร้อน บริเวณช่องเปิดกลางอาคาร ทำงานร่วมกัน

2.2.3.รูปทรงของหลังคา

การออกแบบรูปทรงของหลังคาบ้าน คำนึงถึงความสามารถที่จะเอื้ออำนวยต่อการระบายอากาศได้โดยสะดวก โดยใช้หลังคาที่มีความชันมากกว่า 30 องศา เพื่อให้เกิดความกดอากาศต่ำที่แรงมากเพียงพอ จะช่วยดึงให้กระแสลมพัดผ่านตลอดทั่วทั้งอาคาร ทำให้สามารถใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพในกรณีที่มีความต้องการ

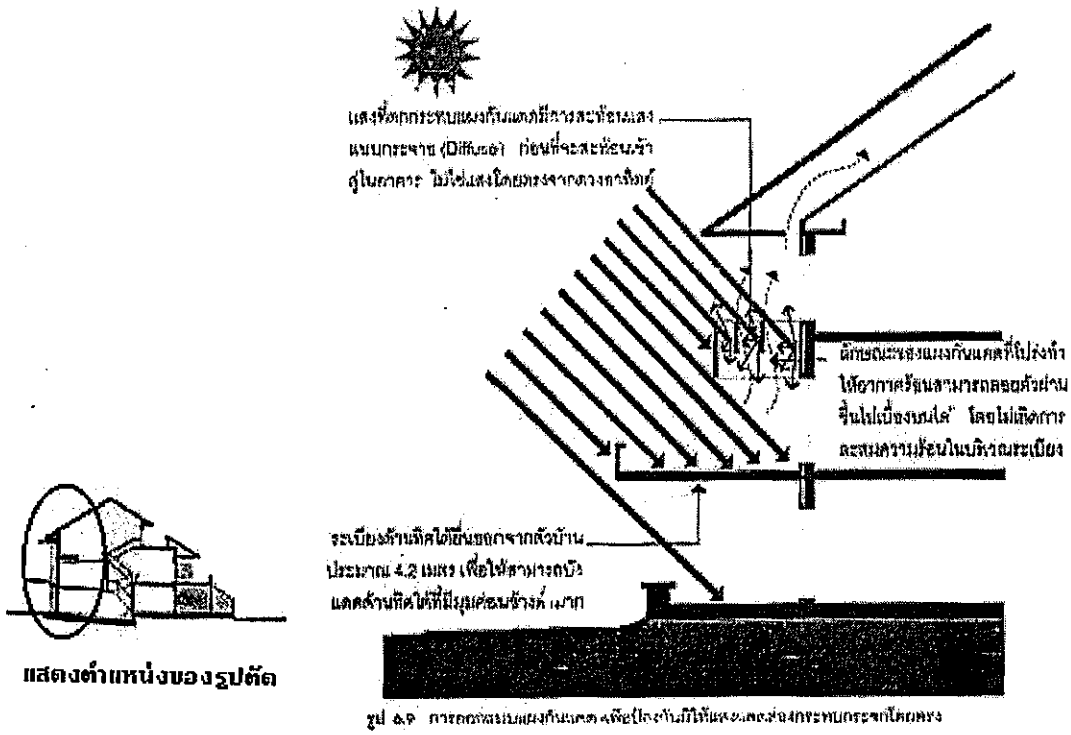
2.2.4.การกันแดด

แสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ไม่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในอาคาร จึงต้องหาทางสกัดกั้นแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์

ปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานอีกประการหนึ่งคือ การกันแดดให้กับตัวอาคาร เพราะผนังทั่วไป เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้วที่ไม่โดนแดดโดยตรง มีปริมาณความร้อนเข้าผ่านสู่ตัวอาคารถึงประมาณ 95-158 วัตต์ต่อตารางเมตร (30-50 บีทียูต่อตารางฟุตต่อ

ชั่วโมง) ถ้าเป็นผนังกระจกใสทางทิศใต้ที่โดนแดด (ในที่นี้ประมาณการจากข้อมูลของเดือนธันวาคม เวลา 10.00-11.00) จะมีความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารเพิ่มสูงขึ้นอีก 6-7 เท่าหรือมากกว่า 631 วัตต์ต่อตารางเมตรหรือประมาณ 200 บีทียูต่อตารางฟุตต่อชั่วโมง (ASHRAE Handbook of Fondamental, 1997) ดังนั้นการป้องกันไม่ให้ผนังหรือกระจกโดนแดดจึงเป็นสิ่งสำคัญ แต่ต้องคำนึงถึงปริมาณแสงธรรมชาติที่จะเข้าสู่ภายในอาคารได้อย่างพอเหมาะ

ประโยชน์ของการออกแบบให้อาคารสามารถกันแดดอีกประการหนึ่ง ใช้ในกรณีที่ต้องการออกแบบอาคารที่มีผนังเป็นสีเข้ม เพราะถ้าผนังนั้นไม่โดนแดดก็จะช่วยลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้ การเลือกผนังที่มีค่าความเป็นฉนวนมากๆ เพราะถ้าผนังมีค่าความเป็นฉนวนมากๆ แล้ว อิทธิพลของสีผิวผนังไม่ว่าจะอ่อนหรือเข้ม จะไม่มีผลต่อความร้อนเข้าสู่อาคารมากนัก



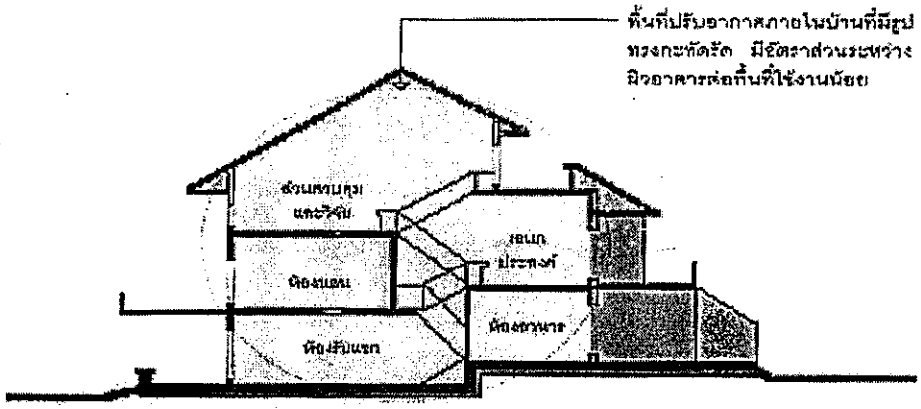
รูปที่ 2.17 การออกแบบแผงกันแดด เพื่อป้องกันมิให้แดดส่องกระทบกระจกโดยตรง

การกันแดดในการออกแบบอาคาร ต้องคำนึงถึงผลจากรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทำต่ออาคารในมุมต่างๆ เป็นสำคัญ เนื่องจากความร้อนที่จะเข้าสู่อาคารโดยการแผ่รังสีความร้อนมีผลกระทบโดยตรงต่อผู้ใช้อาคาร จะต้องคำนึงถึงทิศทางของรังสีจากดวงอาทิตย์ ที่จะเข้ามาภายในอาคารด้านทิศใต้และทิศตะวันตก ซึ่งมีทิศทางและมุมของแดดที่ลาดเอียงต่ำกว่าด้านอื่นๆ ทำให้แดดเข้ามาสู่

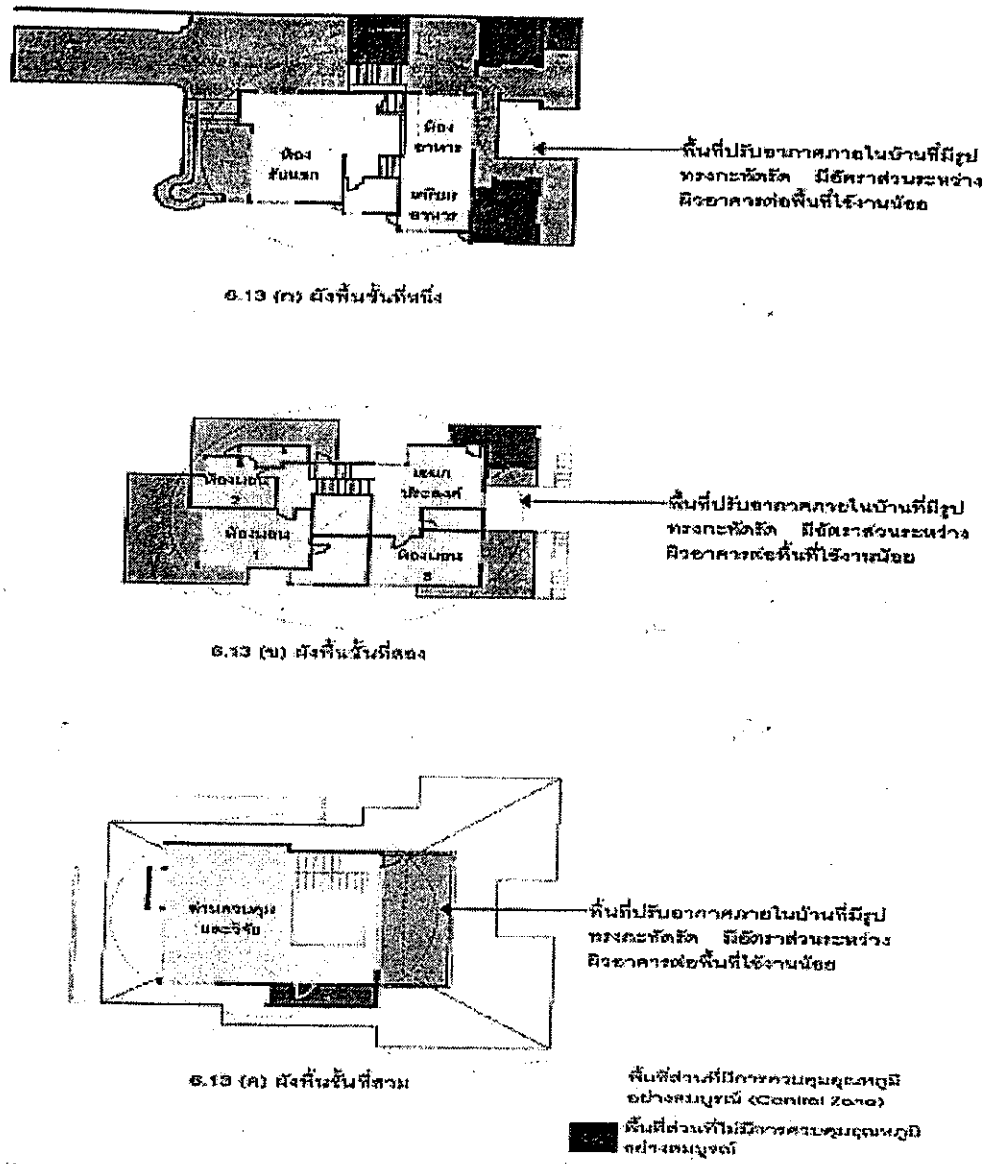
ภายในบ้านได้ลึก การกันแดดด้านทิศใต้ใช้ระเบียงที่ชั้น 2 ซึ่งยื่นโครงสร้างออกจากตัวบ้านยาวถึง 4.20 เมตร เป็นส่วนบังแดด หลีกเลี่ยงการเจาะช่องเปิดที่ผนังด้านทิศตะวันตกให้มีน้อยที่สุด เพื่อลดความรุนแรงจากการนำแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคารโดยตรง นอกจากนี้ยังมีการออกแบบแผงกันแดด (Fin) ที่นอกจากจะสามารถกันแดดได้แล้ว ยังยอมให้มีการระบายอากาศผ่านขึ้นไปเบื้องบนได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

2.2.5.สัดส่วนของพื้นที่อาคาร

ในการออกแบบคำนึงถึงสัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวภายนอกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยออกแบบให้มีน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (Minimize Surface Area) เพื่อลดปริมาณความร้อน (Heat Gain) เข้าสู่ภายในอาคารที่เกิดจากผนังและหลังคา และออกแบบให้อาคารมีพื้นที่ชั้นล่างสัมผัสดินให้มากที่สุด (Maximize Surface Contact to Ground) โดยการทำเนินดินให้สูงขึ้นเพื่อประโยชน์ในการนำความเย็นจากดินมาใช้



รูปที่ 2.18 แสดงรูปทรงของพื้นที่ปรับอากาศภายในบ้านที่มีลักษณะรูปทรงกะทัดรัด และมีสัดส่วนของพื้นที่ผิวหนังภายนอกต่อพื้นที่ปรับอากาศ ภายในบ้านน้อยที่สุด เพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร



รูปที่ 2.19 แสดงผังพื้นทุกชั้นของบ้านที่ออกแบบให้มีลักษณะรูปทรงกะทัดรัด เพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ตัวบ้านทางผนังและหลังคาให้น้อยที่สุด

2.2.6.การใช้ประโยชน์จากระเบียงขนาดใหญ่

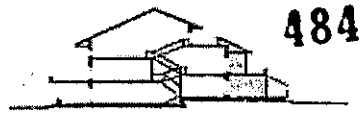
ระเบียงมีจุดประสงค์และหน้าที่หลายประการ ได้แก่

- เพื่อประโยชน์ในการสร้างความเย็นให้แก่อาคารในเวลากลางคืน
- ช่วยลดแรงดันอากาศที่จะเข้าสู่อาคารในด้านหน้าของตัวบ้าน
- เพื่อดักฝุ่นไม่ให้เข้าไปภายในบ้าน โดยการทำผนังกันตกแบบทึบ ทำให้เมื่อมีลมพัดมาปะทะตัวอาคาร แรงลมที่พัดข้ามตัวระเบียงจะไม่สามารถนำฝุ่นเข้าสู่ตัวบ้านได้อย่าง

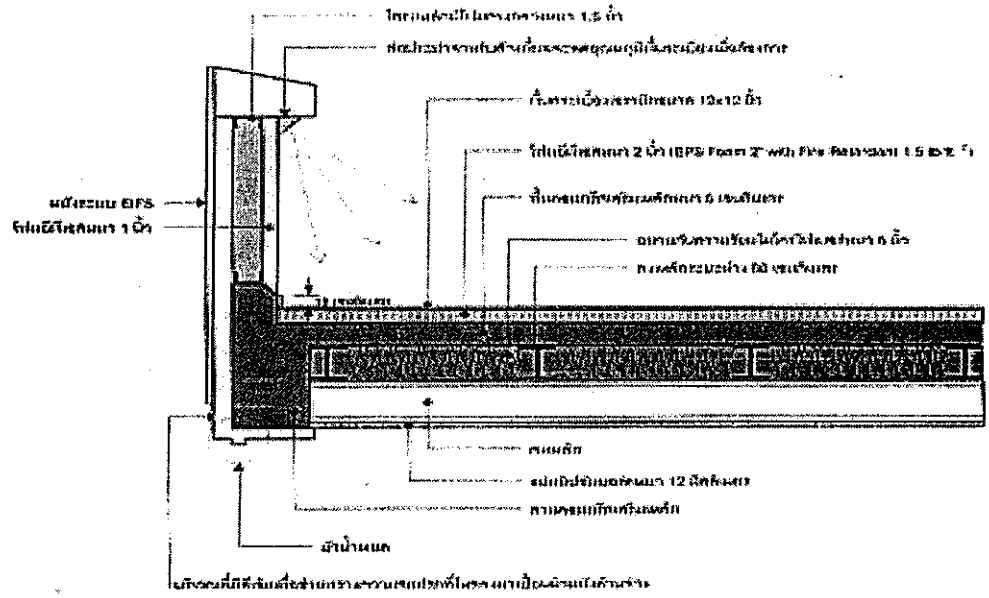
สำนักหอสมุด
4 ก.ค. 2549
4840537

เต็มที่ เนื่องจากเกิดแรงลมย้อนกลับ และมีระยะของระเบียงที่ยาวพอดีจะทำให้ฝุ่นตกกองอยู่อยู่บริเวณระเบียง

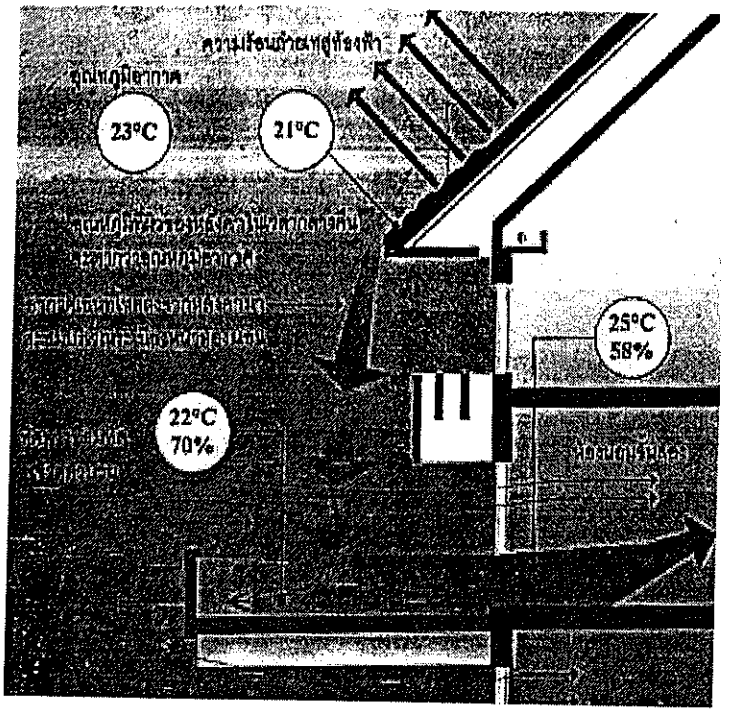
- ระเบียงยังทำหน้าที่บังแดดให้กับชั้นล่างอีกด้วย



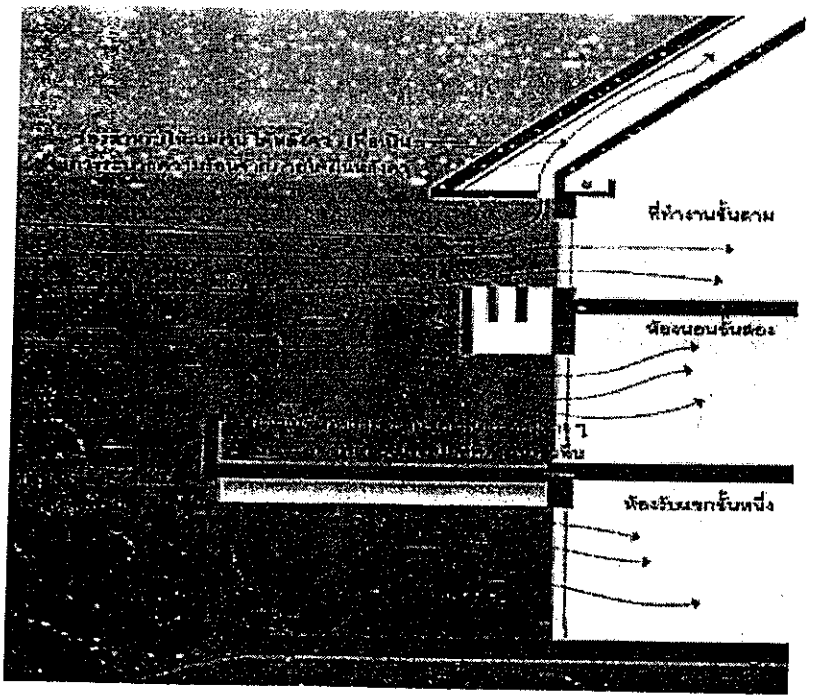
รูปตัดแสดงผังแหล่งของระเบียง



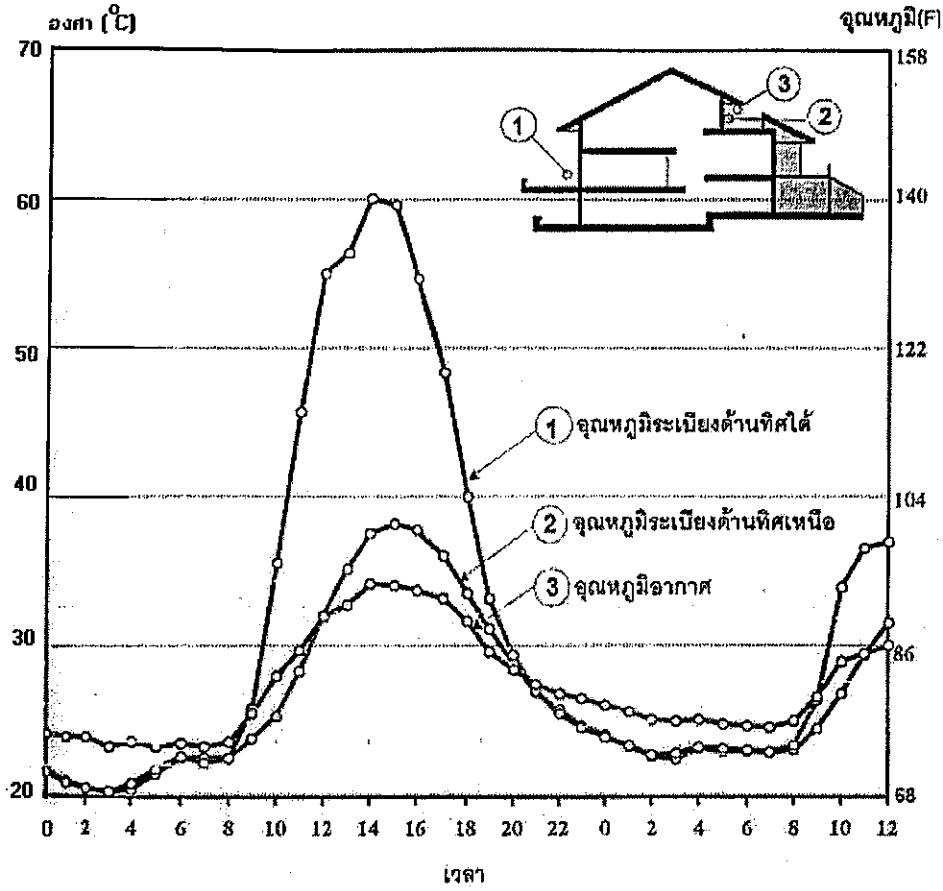
รูปที่ 2.20 แสดงวัสดุและระบบกันความร้อนของระเบียงทางด้านทิศใต้



รูปที่ 2.21 แสดงปรากฏการณ์ที่ทำให้ระเบียงเป็นที่กักเก็บความเย็นในเวลากลางคืน และส่งผ่านความเย็นเข้าสู่ภายในห้องนอน



รูปที่ 2.22 แสดงลักษณะของราวกันตกทึบของระเบียง ซึ่งทำให้ฝุ่นละอองจากภายนอกสะสมอยู่บริเวณระเบียงโดยไม่เข้าไปภายในห้อง



รูปที่ 2.23 แสดงอุณหภูมิระเบียงทางด้านทิศใต้และทิศเหนือเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ จากการเก็บข้อมูลของบ้าน พบว่าอุณหภูมิพื้นระเบียงทั้งทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ จะลดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงกลางวัน (ประมาณ 21.00 – 09.00 น.) ซึ่งเป็นผลมาจากการเลือกใช้วัสดุที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์การคายรังสีให้แก่ท้องฟ้าในตอนกลางคืน

2.3. การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

วิธีการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้อย่างถูกต้องคือ การผสมผสานระหว่างการใช้ระบบธรรมชาติและระบบเครื่องกลให้ทำงานร่วมกัน ต่อเมื่อระบบธรรมชาติไม่สามารถสร้างสภาวะน่าสบายให้แก่ผู้ใช้อาคารได้ ก็จะเครื่องกลมาช่วย ในส่วนนี้จะให้ความสำคัญกับการสร้างสภาวะน่าสบายด้วยระบบธรรมชาติ ส่วนเทคนิคและการควบคุมด้านคอมพิวเตอร์จะกล่าวโดยระเอียดในบทที่ 12 เทคโนโลยีที่อาศัยระบบธรรมชาติซึ่งนำมาใช้ในบ้านนี้ได้แก่

2.3.1. คุณภาพอากาศภายในบ้าน

คุณภาพอากาศภายในบ้านเน้นให้มีความชื้นต่ำ ประกอบกับวัสดุที่ไว้ภายในบ้านทุกชนิดถูกเลือกสรรเฉพาะที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และมีคุณสมบัติการดูดซับความชื้นน้อยมาก ทั้งนี้เพื่อให้สามารถควบคุมการปรับอากาศภายในที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ได้ตลอดเวลา ซึ่งทำให้ช่วยลดอากาศในการเกิดแบคทีเรียหรือเชื้อราต่างๆน้อยลงมากและไม่เกิดความรู้สึกอับชื้น บรรยากาศภายในบ้านจึงแห้งและสะอาดอยู่ตลอดเวลา โดยที่อัตราการรั่วซึมของอากาศโดยเฉลี่ยของบ้านเมื่อปิดช่องเปิดทั้งหมดมีค่าประมาณ 25 ลิตรต่อวินาทีต่อคน(53 ลูกบาศก์ฟุต ต่อนาทีต่อคน)ซึ่งนับว่ามากเกินพอสำหรับการถ่ายเทอากาศในการหายใจปกติ (ในการคำนวณใช้เงื่อนไขเมื่อมีผู้อยู่อาศัยจำนวน 8 คน) ส่วนที่มีกลิ่นจากการปรุงอาหารจะถูกจัดให้อยู่ในพื้นที่ส่วนที่กกลิ่นและความสกปรกต่างๆไม่สามารถย้อนกลับเข้ามาภายในบ้านได้ เนื่องจากวางไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสมคือทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ลมเกือบทุกฤดูกาลสามารถพัดเอากลิ่นต่างๆออกจากตัวบ้านได้

2.3.2. การควบคุมเสียงภายในบ้าน

โดยทั่วไปได้รับการออกแบบให้มีผู้อยู่อาศัยมีความรู้สึกที่ไม่ถึงกับอึกทึกครึกโครมหรือเงียบเหงาจนเกินไป เพราะมีค่าการดูดซับเสียงเฉลี่ย(Absorption Coefficient) ประมาณ 0.2-0.4 ถ้ามีค่าเกิน 0.4 (Flynn et al. 1988) จะทำให้บ้านค่อนข้างจะเงียบจนเกินไป แต่ถ้าน้อยกว่า 0.2 ก็อาจจะอึกทึกเกินไป บ้านหลังนี้ควบคุมระดับเสียง ที่ประมาณ 0.25 คือผู้อยู่อาศัยจะสามารถได้ยินเสียงทั่วถึงในทุกๆส่วนของบ้าน (ยกเว้นห้องนอน) เพื่อทำให้ผู้ที่อยู่ในบ้านไม่รู้สึกเงียบเหงาตรงกันข้ามกลับทำให้รู้สึกมีชีวิตชีวา (Lively) แม้จะอยู่กันด้วยจำนวนคนที่น้อย ผนังบ้านมีระดับของการกันเสียง (STC) ประมาณ 42 และกระจกมีระดับของการกันเสียงประมาณ 35 ซึ่งสามารถป้องกันเสียงจากภายนอกได้ค่อนข้างดี(Stein and Reynolds, 1992)

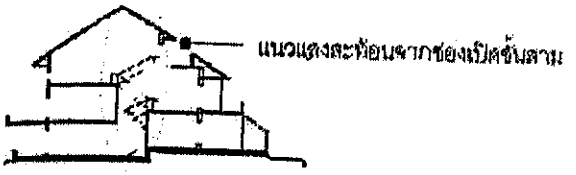
การออกแบบภายในบ้านเพื่อการควบคุมระบบเสียงมี 2 ลักษณะ คือ ถ้าเป็นคลื่นเสียงสูงจะใช้แผงไม้แกะสลักด้านหลังเป็นร็อกวูดหนา 2 นิ้ว หุ้มด้วยผ้าเป็นวัสดุช่วยดูดซับเสียง โดยไม่ใช้ผ้าม่านเหมือนบ้านทั่วไป เพราะคำนึงถึงการดูดซับความชื้นที่จะเกิดขึ้นภายในบ้าน ถ้าเป็นคลื่นเสียงต่ำที่เป็นคลื่นยาวใช้วิธีการสร้างเหลี่ยมมุมที่หยักไปมาเพื่อกระจายการสะท้อนเสียงจนหายไปในที่สุด แนวคิดและวิธีการดังกล่าวเป็นการปรุงแต่งสภาวะของระบบเสียงทั่วๆไปในส่วนที่เป็นพื้นที่เปิดโล่ง ซึ่งออกแบบให้มีลักษณะเป็นระบบเปิด เพราะถ้าไม่ทำเช่นนี้จะเกิดปัญหาด้านเสียงค่อนข้างรุนแรง แต่พื้นที่ในส่วนห้องนอนและห้องพักผ่อนเลือกใช้พรมที่มีค่าการดูดซับความชื้นน้อยเป็นวัสดุปูพื้นที่ในส่วนห้องนอนและห้องพักผ่อนเลือกใช้พรมที่มีค่าการดูดซับความชื้นเป็นวัสดุปูพื้นประกอบกับม่านในบางส่วนเท่าที่จำเป็น จึงทำให้สามารถแก้ปัญหาและควบคุม คุณภาพของเสียงให้เป็นไปตามความต้องการ

2.3.3. การใช้แสงภายในบ้าน

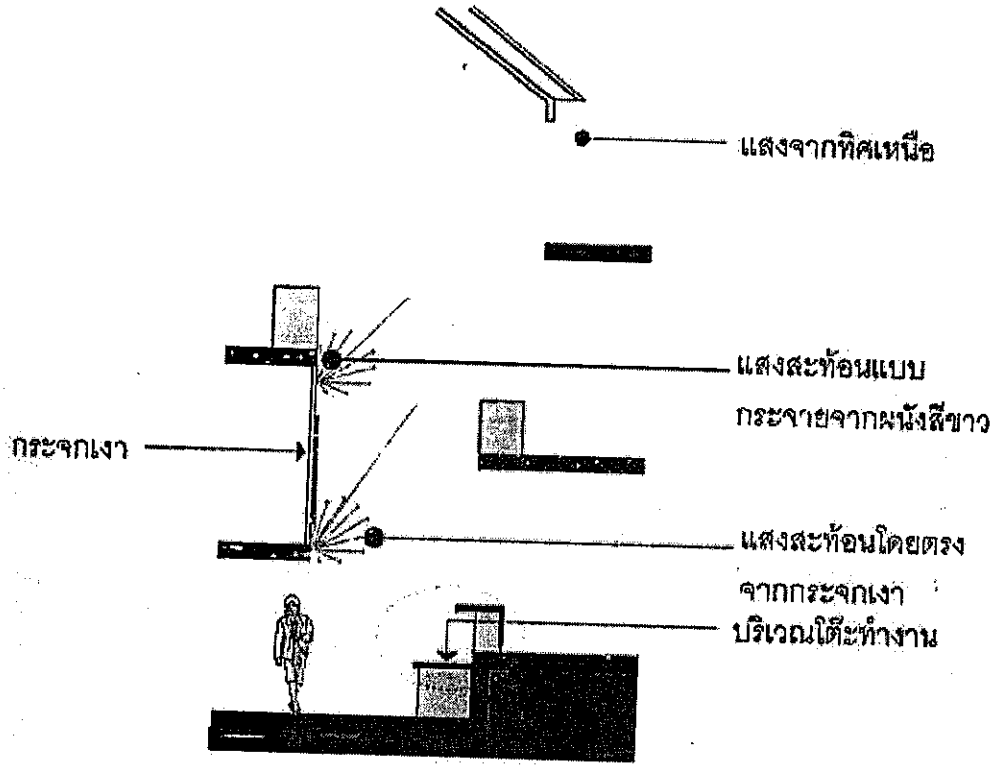
" แสงสะท้อนจากท้องฟ้าเป็นแสงที่มีคุณภาพสูงและสม่ำเสมอ การออกแบบแสงธรรมชาติควรเน้นการนำแสงธรรมชาติจากท้องฟ้ามาใช้"

แนวความคิดที่สำคัญเพื่อการประหยัดพลังงานในด้านแสงสว่างก็คือ การพยายามลดการใช้พลังงานสำหรับแสงประดิษฐ์หรือหลอดไฟต่างๆให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้และใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติที่มีคุณค่าดีกว่าในเวลากลางวัน เป็นแนวคิดในการอิงกับระบบธรรมชาติให้มากที่สุดในเวลากลางวันโดยไม่ต้องใช้แสงสะท้อนจากท้องฟ้าและสภาพแวดล้อมข้างเคียง(Indirect Light) ซึ่งในการออกแบบพยายามให้มีแสงเข้าสู่ตัวอาคารได้มากที่สุด โดยปราศจากแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Sun) ยกเว้นเฉพาะในช่วงเช้ามากๆและเย็นมากๆ(เช่น ก่อนเวลา 8.00 น. และหลัง 16.00 น.)

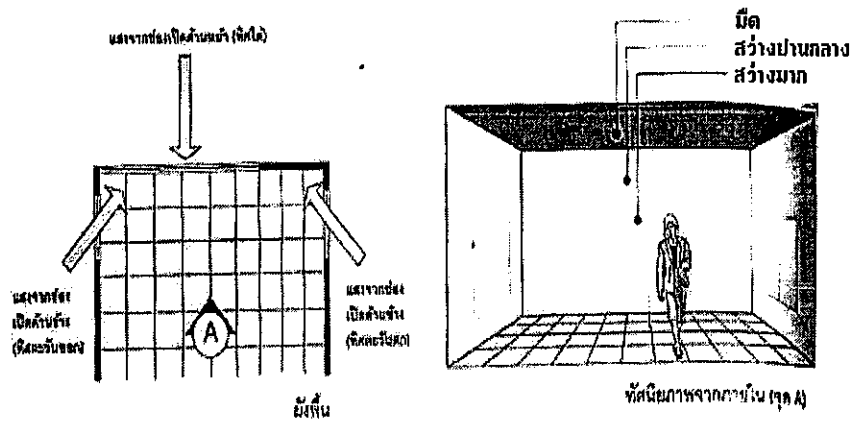
ในการออกแบบได้ใช้ทั้งส่วนยื่นของอาคารแผงบังแดด ต้นไม้รอบๆบริเวณบ้านและเทคนิคอื่นๆที่เหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ทั้งนี้เนื่องจากแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ เมื่อส่องทะลุหน้าต่างเข้ามาภายในบ้าน จะเกิดความจ้ามากซึ่งเป็นบรรยากาศที่ไม่พึงปรารถนาสำหรับเขตร้อนชื้น ยังสร้างบรรยากาศและแสงสีที่สดใสภายในบ้าน ในส่วนกลางของบ้านใช้เทคนิคที่จะช่วยเพิ่มปริมาณแสงสว่าง โดยการออกแบบช่องเปิดด้านทิศเหนือในส่วนบนของอาคาร แล้วสะท้อนแสงจากช่องเปิดดังกล่าวผ่านกระจกเงาลงมาในชั้นล่างสุดบริเวณห้องรับแขก แสงบางส่วนปล่อยให้สะท้อนจากผนังสีขาวเพื่อกระจายแสงไปได้ทั่วห้องเป็นการสร้างบรรยากาศให้สว่างไปทั่วทั้งบริเวณชั้นสองและชั้นล่าง ปริมาณแสงสว่างในบ้านหลังนี้ถูกปรุงแต่งให้ดีขึ้น โดยการเลือกใช้กระจก กระจกฉนวนที่ยอมให้แสงผ่านเข้ามาได้ยากมาก แต่ความร้อนเข้ามาได้น้อย



รูปตัดแสดงตำแหน่งของช่องเปิดกลางบ้าน



รูปที่ 2.24 แสดงการสะท้อนจากท้องฟ้าด้านทิศเหนือของบ้านลงสู่โต๊ะที่ทำงานภายใต้ช่องเปิดกลางบ้าน ในเชิงปฏิบัติแสงที่ดีที่สุดสำหรับการนำมาใช้ในอาคาร คือ แสงสะท้อนจากท้องฟ้าที่ปราศจากแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ เนื่องจากเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพและมีความสม่ำเสมอเกือบตลอดทั้งวัน



รูปที่ 2.25 แสดงการใช้แสงจากด้านข้าง เพื่อช่วยทำให้ผนังเหนือช่องเปิดกระจกสว่างขึ้น (เทคนิคในการฟอกผนังให้สว่าง) จะช่วยทำให้สบายตาเวลามองออกไปภายนอก

2.3.4.ทัศนวิสัยและมุมมอง

การออกแบบโดยคำนึงถึงมุมมองต่างๆจากภายในบ้าน ทำให้เกิดการออกแบบและเลือกใช้กระจกที่มีขนาดใหญ่ ทำให้บรรยากาศดูโปร่งโล่งสบายไม่มีสิ่งกีดขวางระเกะระกะสายตา บรรยากาศภายในบ้านเน้นความสามารถในการรับรู้ความเปลี่ยนแปลงของสภาพบรรยากาศภายนอกบ้านได้ โดยผู้อาศัยสามารถมองเห็นสภาพแวดล้อมภายนอกได้จากทุกทิศทุกทางภายในบ้าน สามารถมีพื้นที่ส่วนที่เป็นกระจกจำนวนมากได้ เพื่อเปิดมุมมองจากภายในได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้แล้วในการเจาะช่องเปิดยังคำนึงถึงการสะท้อนของแสงจากช่องเปิดด้านข้าง จะทำให้ผนังภายในมีความสว่างมากขึ้น เป็นการช่วยลดความแตกต่างของความจ้าระหว่างพื้นที่ผนังทึบและผนังโปร่งแสง

2.3.5. การออกแบบและควบคุมระบบปรับอากาศ

ในการปรับอากาศการยอมให้อากาศข้างนอกรั่วซึมข้ามาในอาคารจะด้วยวิธีใดก็ตาม เป็นสิ่งที่สูญเสียพลังงานในการปรับอากาศจำนวนมหาศาล

โดยทั่วไปในการออกแบบระบบปรับอากาศของบ้าน ในการออกแบบระบบปรับอากาศของบ้านต้องคำนึงถึงการใช้งานในพื้นที่ส่วนต่างโดยละเอียด บ้านพักอาศัยจะมีพื้นที่ที่มีกิจกรรมสูงไม่มากนัก เช่น ในส่วนรับแขก ส่วนทานอาหาร จึงควรมีการปรับให้มีอัตราความเร็วลมสูง แต่ถ้าเป็นส่วนอื่นๆที่มีกิจกรรมต่ำ เช่น ห้องนอน ส่วนพักผ่อน ซึ่งผู้อยู่อาศัยจะแต่งตัวด้วยเสื้อผ้าค่อนข้างเบาบาง ดังนั้นอุณหภูมิภายในอาคารจึงควรสูงกว่าปกติเล็กน้อย เพื่อความสบายและคุณภาพชีวิตที่ดี โดยเฉพาะห้องนอน ต้องให้มีการไหลเวียนของอากาศ

ค่อนข้างต่ำ โดยยังคงสภาพของสภาวะน่าสบายภายในบ้านได้ ซึ่งหมายถึงจะทำให้สามารถใช้ระบบปรับอากาศภายในบ้านโดยใช้พลังงานน้อยที่สุด แต่สภาวะภายในบ้านยังคงอยู่ในเขตสบาย

2.4. การเลือกใช้วัสดุในบ้านประหยัดพลังงาน

การใช้วัสดุก่อสร้างที่สามารถการป้องกันความร้อนให้กับเปลือกอาคาร สามารถทำได้ ดังนี้

1. วัสดุก่อสร้างและฉนวนกับการประหยัดพลังงาน

"การเลือกใช้วัสดุประกอบอาคาร" หรือที่เรียกทั่วไปว่า วัสดุก่อสร้าง ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละพื้นที่ และมีขั้นตอนการใช้งานอย่างถูกวิธี

สาเหตุเนื่องจากวัสดุประกอบอาคาร โดยเฉพาะวัสดุที่ใช้ภายนอก เปรียบเสมือนเป็นเปลือกหุ้มอาคารเหล่านั้นไว้ ถ้าเลือกใช้วัสดุที่สามารถป้องกันความร้อนได้ดี ผู้อยู่อาศัยภายในบ้านก็จะไม่รู้สึกร้อน และภายในอาคารก็จะอยู่ในสภาวะน่าสบายได้ตลอด พลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ภายในอาคารพักอาศัยถูกใช้ไปกับการลดความร้อนภายในอาคารเป็นสัดส่วนที่มากที่สุดนั้นก็คือการใช้ระบบปรับอากาศเข้ามาเสริมเมื่อต้องการให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย ที่ผ่านมาในขั้นตอนของการออกแบบก่อสร้างจะมีผู้ที่คำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนไม่มากนัก หากมีการเตรียมการป้องกันในขั้นต้นอย่างเหมาะสมแล้ว ก็จะไม่ทำให้ภาระในการลดความร้อนตกไปอยู่กับระบบทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานมากชนิดหนึ่งในการทำงานของระบบ

เมื่อทราบถึงความสำคัญของการเลือกใช้วัสดุประกอบอาคารให้มีความเหมาะสมแล้ว ก็ควรที่จะทำการศึกษาหรือมีความเข้าใจพื้นฐานของวัสดุบ้างในระดับหนึ่ง เพื่อใช้ประกอบในการพิจารณาเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม และก่อนที่จะกล่าวถึงคุณสมบัติและการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างแล้ว สิ่งหนึ่งที่จะเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการทำความเข้าใจ คือความรู้ทางด้านทฤษฎีที่มีความเกี่ยวข้อง ระหว่างวัสดุก่อสร้าง ความร้อน และพลังงานในระดับเบื้องต้น อันจะเป็นประโยชน์ในการทำความเข้าใจคุณสมบัติต่างๆของวัสดุต่อไป

1.1 การถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร

ความร้อนที่อยู่ภายในอาคารมาจากแหล่งกำเนิดความร้อน 2 ส่วน หลักๆ คือ ความร้อนจากภายนอก และความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารเอง โดยทั่วไปส่วนมากแล้ว ความร้อนรวมในอาคารจะมาจากภายนอกมากกว่าและเป็นความร้อนที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ โดยการส่งผ่านความร้อนจะมาจากตัวกลางหลายชนิดมาสู่อาคาร และความร้อนเหล่านั้นก็จะส่งผ่านทางเปลือกอาคารสู่ภายในอีกขั้นหนึ่ง ซึ่งในเรื่องของการถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร จะมีการกล่าวถึงประเด็นหัวข้อที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- ที่มาของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร
- อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์
- คุณสมบัติความเป็นฉนวน
- การถ่ายเทความร้อน
- การเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน
- ภาระความร้อนและระบบปรับอากาศ

2.1.1.1 ที่มาของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ประกอบด้วย

1.) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในอาคาร (Internal Heat Gain : Qi)เป็นความร้อนที่อาจเกิดได้ทั้งจากคน หรือมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ภายในอาคาร เช่น ความร้อนจากหลอดไฟฟ้า ตู้เย็น เป็นต้น

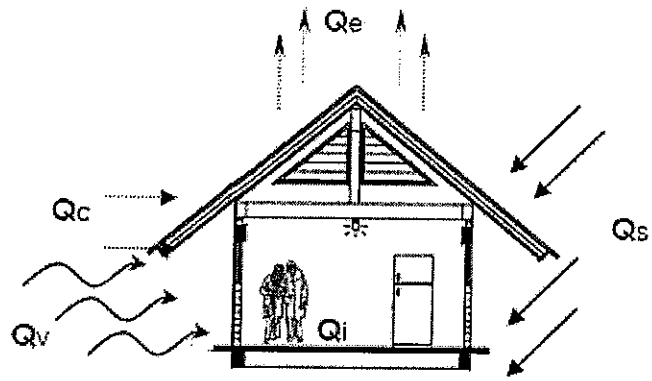
2) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายนอกอาคาร (External Heat Gain)เป็นความร้อนที่จะเกิดจากอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ ดังนี้

2.1) Conduction Heat Gain / Loss (Qc) การนำความร้อน ซึ่งอาจเกิดได้ทั้งการนำความร้อนเข้ามาภายในอาคารหรือการสูญเสียความร้อนสู่ภายนอกโดยตัวนำความร้อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร โดยความร้อนจะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเสมอ

2.2) Solar Radiation (Qs) การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ในกรณีของประเทศไทยที่ตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรจะได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์เป็นอย่างมาก

2.3) Ventilation Heat Gain / Loss (Qv) ความร้อนที่มาจากการระบายอากาศ จะมีลักษณะคล้ายกับการนำความร้อนแต่จะมีตัวกลางในการพาความร้อนมาโดยอากาศ ซึ่งจะมีความเกี่ยวข้องกับทิศทางและความเร็วของกระแสลมด้วย

2.4) Evaporative Heat Loss (Qe) การระเหยหรือความร้อนที่กลายเป็นไอ และในขณะที่เกิดการระเหยจำเป็นจะต้องใช้พลังงาน (ความร้อน) ในการเปลี่ยนสถานะ ทำให้สามารถช่วย
ลดความร้อนในบริเวณนั้นได้



รูปที่ 2.26 แสดงความร้อนที่เข้าสู่อาคาร

2.1.1.2 อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์

ปัจจัยในอากาศเป็นส่วนร่วมของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นการยากที่จะแสดงถึงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวเนื่องกันเพียงแค่อุณหภูมิของอากาศได้ การออกแบบให้สภาวะภายในอาคารมีความสมดุลทางบรรยากาศ จึงต้องวิเคราะห์ถึงความสำคัญที่เกี่ยวเนื่องกันของปัจจัยทั้งหมดในอากาศ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีส่วนร่วมในสภาวะน่าสบายดังกล่าว คือ อุณหภูมิอากาศ การแผ่รังสีความร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ และกระแสลม

การเปลี่ยนแปลงความแตกต่างของอุณหภูมิประจำปี รวมทั้งการเหนี่ยวนำให้เกิดการพัดของกระแสลม ขึ้นอยู่กับปริมาณการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเกิดเนื่องจากการโคจรผ่านโลกแตกต่างกันไปตามฤดูกาล ดังนั้นข้อมูลที่เกี่ยวกับอุณหภูมิ การแผ่รังสี การโคจรของดวงอาทิตย์ และกระแสลม จึงเป็นส่วนสำคัญในการวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบ

อุณหภูมิอากาศ

ความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรายวัน ขึ้นอยู่กับสภาพของท้องฟ้า ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส รังสีความร้อนสามารถผ่านชั้นบรรยากาศได้สะดวกกว่าวันที่ฟ้าครึ้ม ทำให้วันที่ฟ้าใสจะร้อนกว่า โดยเฉพาะในฤดูร้อนจะทำให้อุณหภูมิสูงกว่าปกติ แต่วันฟ้าโปร่งในฤดูหนาวจะหนาวไม่มากนัก เนื่องจากดวงอาทิตย์โคจรห่างออกไป

การแผ่รังสีความร้อน

ดวงอาทิตย์แผ่รังสีความร้อนและแสงสว่างให้กับโลก ซึ่งรังสีความร้อนเข้ามาถึงผิวโลก ประมาณ 420 Btu / ft2 / hr หรือเท่ากับ 1.94 Cal / cm2 / min ทั้งนี้โลกได้รับรังสีความร้อนน้อย กว่าที่ควรจะเป็นมาก เนื่องจากมีบรรยากาศโลกห่อหุ้มไว้ ส่วนหนึ่งของรังสีถูกดูดซึมไว้ใน บรรยากาศ บางส่วนกระจายออกเพราะกระทบกับโมเลกุลของบรรยากาศ ส่วนหนึ่งพื้นดินจะรับไว้ และเก็บในรูปของความร้อนและค่อยๆ คายออกมาสู่อากาศผิวดิน ยิ่งผิวโลกที่มีความสูงจาก ระดับน้ำทะเลมากเท่าไรรังสีความร้อนที่ได้รับก็จะเพิ่มขึ้นตามความสูง

การถ่ายเทรังสีความร้อน

การถ่ายเทรังสีความร้อนมีอยู่หลายลักษณะ ตามชนิดของต้นกำเนิดและลักษณะการ ถ่ายเท คือ

1. คลื่นรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์
2. คลื่นรังสีสั้นแผ่กระจาย
3. คลื่นรังสีสั้นสะท้อนจากพื้นดิน และสิ่งใกล้เคียง
4. คลื่นรังสียาวจากพื้นดิน หรือสิ่งใกล้เคียงที่ร้อน
5. คลื่นรังสียาวที่อาคารแผ่กลับให้บรรยากาศ

คลื่นรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์กับคลื่นรังสีแผ่กระจาย รวมกันเรียกว่าคลื่นรังสีรวม หรือ การแผ่รังสีรวม (Total Radiation) ซึ่งมีความสำคัญในการพิจารณาเรื่องการได้รับความร้อนทางด้าน ต่างๆของอาคาร วิเคราะห์ในเรื่องทิศทางการวางอาคาร รูปร่างสัดส่วนของอาคารในเขตร้อน การ ควบคุมอุณหภูมิของอาคาร เทคนิคการก่อสร้างอาคารในเขตร้อน เป็นต้น

การแผ่รังสีสะท้อนจากสิ่งที่อยู่ใกล้เคียง ปกติพื้นที่แนวนอนได้รับรังสีเป็น 2 เท่าของพื้นที่แนวตั้ง ในช่วงเวลาที่เกิดความร้อนวิกฤต (Overheated Period) เช่นช่วง 14.00 – 16.00 น. ฉะนั้น อาคารข้างเคียง ส่วนของอาคาร หรือระดับพื้นแนวนอนที่มีผิววัสดุบางอย่างที่จะสะท้อนความร้อนจำนวนมากที่เข้ามาในอาคารโดยง่าย การออกแบบอาคารโดยมีดาดฟ้าคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดใหญ่จะสะท้อนแสงและส่งผ่านความร้อนเข้าในห้องชั้นบน จึงควรหลีกเลี่ยงให้มาก และควรมีการวิเคราะห์ที่ตั้งโครงการให้สัมพันธ์กับทิศทางแดดลม ซึ่งจะสัมพันธ์ไปถึงการวางตำแหน่งห้องต่างๆ ของอาคารและรวมไปถึงการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ประกอบอาคารด้วย

2.1.1.2. การเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน

ในการออกแบบหรือเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน ในส่วนที่เป็นเปลือกอาคารต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งานภายในอาคาร ซึ่งมีผลกระทบต่อการพิจารณาเลือกใช้วัสดุในส่วนนั้นๆ ด้วย เพราะการควบคุมสภาวะภายในอาคารไม่ว่าจะโดยการใช้เครื่องปรับอากาศ หรือใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ เป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ผู้ออกแบบจำเป็นต้องนำมาพิจารณา ซึ่งระบบควบคุมสภาวะภายในอาคาร อาจจำแนกได้เป็น 2 รูปแบบหลัก คือ

1) ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ

2) มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ

อาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ หมายถึง อาคารที่ใช้ระบบระบายอากาศโดยธรรมชาติ ไม่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในอาคารจะมีความสัมพันธ์กับสภาวะภายนอกมาก จึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นกับอาคารในช่วงเวลาต่างๆ เมื่อเลือกใช้วัสดุต่างชนิดกัน เพราะวัสดุผนังที่มีมวลสารแตกต่างกัน จะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในอาคารในแต่ละช่วงเวลา

ลักษณะของผนังหรือเปลือกอาคารที่มีความเหมาะสม กับการใช้งานในอาคาร ที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศภายในอาคาร คือ

- มีความหนาหรือมีมวลสารมาก
- สามารถป้องกันความร้อนได้ดี (มีค่าการต้านทานความร้อน R-Valueสูง)
- มีช่วงการหน่วงเวลาในการส่งผ่านความร้อนกว้าง
- ไม่ดูดซับความร้อนและความชื้น
- มีความจุความร้อน (Thermal Capacity) ต่ำ

เนื่องจากภูมิอากาศมีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดทั้งปี ทำให้เกิดปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งในการออกแบบ คือ มีความร้อนปริมาณมากเข้ามาภายในอาคาร ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การที่จะนำเอาความเย็นในช่วงเวลากลางคืนมาใช้ในช่วงเวลากลางวันโดยอาศัยการหน่วงเวลาของวัสดุนั้นทำได้ยากมาก เพราะความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนมีไม่มากพอ ฉะนั้นการลดปริมาณความร้อนให้เข้ามาภายในอาคารให้น้อยที่สุด จะเป็นการช่วยในการปรับสภาวะภายในอาคารได้ดีที่สุด

2.1.1.3. ภาระความร้อน (Heat Load) และระบบปรับอากาศ

ภาระความร้อนมักจะแบ่งเป็นประเภทตามสถานที่ที่ได้รับความร้อน คือ ภาระความร้อนห้อง (Room Heat Load) และภาระความร้อนอุปกรณ์ (Apparatus Heat Load)

ภาระความร้อนห้อง เช่น ความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง เป็นปริมาณความร้อนที่อากาศจากเครื่องทำความเย็นได้รับเพื่อที่จะให้ได้อุณหภูมิภายในห้องตามที่ต้องการ ประกอบด้วย

- ความร้อนที่เข้ามาภายในห้องจากภายนอก
- ความร้อนที่ผลิตขึ้นภายในห้อง

ภาระความร้อนอุปกรณ์ คือ ปริมาณความร้อนที่เครื่องปรับอากาศได้รับเพื่อที่จะให้อากาศที่เป่าออกไปจากเครื่องมีอุณหภูมิและความชื้นตามที่กำหนด

- ภาระความร้อนห้อง
- ภาระความร้อนจากอากาศใหม่
- ภาระความร้อนจากกำลังที่ใช้ขับพัดลมและอื่นๆ
- ภาระความร้อนที่รั่วไหลเข้ามาทางท่อลมและอื่นๆ

ภาระความร้อนห้อง และภาระความร้อนอุปกรณ์ มักจะแบ่งแยกออกเป็นความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง ความร้อนแฝงเป็นความร้อนของการระเหยของน้ำ มีค่าเท่ากับปริมาณน้ำที่ระเหย (kg/h) x 597.3 (kcal/kg)

2.1.2 การป้องกันความร้อนให้กับเปลือกอาคาร

2.1.2.1 การป้องกันความร้อนทางหลังคา

หลังคาเป็นพื้นที่ที่มีระดับใกล้เคียงแนวนอนจึงมีผลให้มีปริมาณการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์สูงหลังคายังเป็นส่วนบนสุดของอาคารซึ่งทำหน้าที่ป้องกันแสงอาทิตย์ให้กับอาคารทั้งหลัง หลังคาจึงเป็นส่วนที่มีความร้อนสูงที่สุดในองค์ประกอบทั้งหมดของอาคาร หลังคาที่มีสีเข้ม เช่น สีน้ำตาลแดงหรือสีน้ำเงินเข้ม อาจมีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงถึง 60 องศาเซลเซียสในช่วงที่มีแดดจัด

การป้องกันความร้อนจากหลังคาจึงเป็นจุดสำคัญมากในการป้องกันความร้อนที่จะแพร่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารเนื่องจากสภาพแวดล้อมภายนอก การป้องกันความร้อนจากหลังคาที่เหมาะสมอาจทำได้โดย

- การตัดแบ่งพื้นที่ใต้หลังคาและส่วนภายในอาคารด้วยฉนวนกันความร้อน การตัดแบ่งพื้นที่ระหว่างพื้นที่ใต้หลังคาที่มีความร้อนสูง และส่วนภายในอาคารที่ต้องการให้มีความร้อนแพร่ผ่านเข้ามาให้น้อยที่สุด จำเป็นจะต้องใช้วัสดุฉนวนที่มีความสามารถในการกันความร้อนสูงมาก สำหรับประเทศไทย และต้องมีการเลือกใช้ระบบฝ้าเพดานที่มีรอยรั่วน้อยที่สุด เพื่อป้องกันการรั่วซึมจากอากาศร้อนในส่วนพื้นที่ใต้หลังคาที่อาจรั่วซึมเข้ามาภายในอาคาร ฉนวนจะทำหน้าที่ลดความร้อนจากพื้นที่ใต้หลังคาให้แพร่เข้าสู่ภายในอาคารน้อยที่สุด ถ้าประมาณว่าขอบเขตสูงสุดของเขตสบายอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 27องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิของพื้นที่ใต้ฝ้าเพดานอาจอยู่ที่ประมาณ 40-45 องศาเซลเซียสในช่วงที่มีความร้อนสูง (ค่าอุณหภูมิใต้ฝ้านี้เป็นค่าประมาณกับหลังคาประเภทมวลสาร เช่น หลังคากระเบื้องต่างๆ ค่านี้อาจสูงมากขึ้นถ้าเป็นหลังคาที่มีมวลสารน้อยและบาง เช่น หลังคาเหล็ก หลังคาสังกะสี ฯลฯ) จะพบว่าค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในที่ต้องการและค่าอุณหภูมิใต้ฝ้าเพดานมีความแตกต่างประมาณ 13-18 องศาเซลเซียส

2.1.3 ระบบของวัสดุกรอบอาคาร

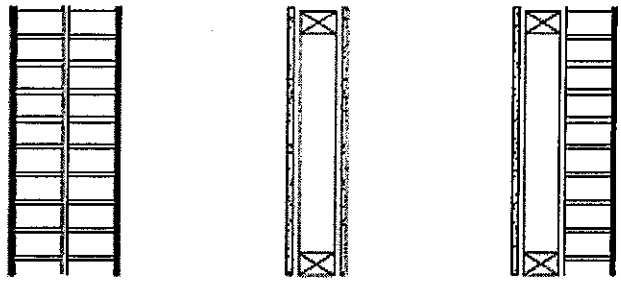
ระบบของวัสดุกรอบอาคารที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แบ่งตามวัสดุผนังและหลังคา ดังนี้

2.1.3.1 วัสดุผนัง แบ่งออกเป็น

- ผนังที่เป็นมวลสาร (Mass Wall) หมายถึง ผนังที่มีมวลสารยึดติดกันทั่วทั้งผนังโดยการก่อหรือการหล่อเข้าด้วยกัน เช่น ผนังก่ออิฐมอญ ผนังก่อคอนกรีตบล็อก ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา และผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นต้น

- ผนังที่เป็นโครงเคร่า (Framing Wall) หมายถึง ผนังที่มีโครงเคร่าเป็นโครงสร้างของผนังและบุแผ่นวัสดุปิดผิวด้านนอกและด้านใน วัสดุที่ใช้เป็นโครงเคร่า เช่น เหล็กเหล็กชุบสังกะสี อลูมิเนียมและไม้ เป็นต้น ส่วนวัสดุปิดผิวที่ใช้กันทั่วไปตามความเหมาะสมในการใช้งาน ได้แก่ แผ่นไม้สังเคราะห์ แผ่นยิปซั่มบอร์ด แผ่นกระเบื้องใยหิน และแผ่นไฟเบอร์บอร์ด

- ผนังประกอบ (Composite Wall) หมายถึง ผนังที่ประกอบด้วยผนังมวลสารและผนังโครงเคร่าเข้าด้วยกัน อาจจะรวมถึงการบุด้วยฉนวนกันความร้อนชนิดต่างๆระหว่างโครงเคร่าด้วย



รูปที่ 2.27. แสดงวัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ ตามลำดับ

2.1.3.2 วัสดุหลังคา

หลังคา เป็นส่วนหนึ่งของอาคารที่สำคัญที่ช่วยป้องกันอาคารจากสภาพแวดล้อมภายนอก เพราะหลังคาเป็นกรอบอาคารที่ต้องรองรับความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาจากดวงอาทิตย์โดยตรง วัสดุหลังคาที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน ได้แก่

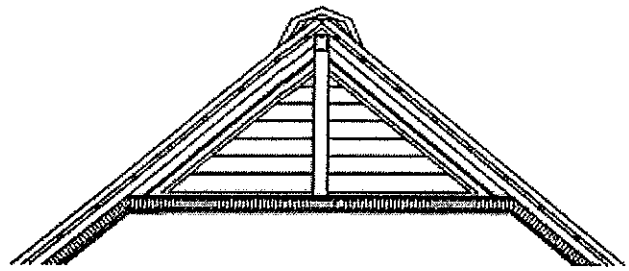
- วัสดุมุงหลังคา (Roofing) หมายถึง วัสดุที่ใช้มุงหลังคาของอาคาร เป็นส่วนที่รองรับการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง ประเภทวัสดุมุงหลังคาที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้แก่ กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องเซรามิค กระเบื้องดินเผาแผ่นหลังคาแอสฟัลท์และหลังคาแผ่นโลหะ

- ฉนวนกันความร้อน (Insulation) ฉนวนกันความร้อนที่ใช้กันอยู่ทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ฉนวนแบบมีมวลและฉนวนแบบสะท้อนความร้อน

1) ฉนวนกันความร้อนแบบมีมวล (Mass Insulation) หมายถึง วัสดุที่ใช้ป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุ โดยอาศัยความเป็นฉนวนของวัสดุที่มีคุณสมบัติการต้านทานความร้อนที่สูงของตัววัสดุเอง วัสดุส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นเส้นใย มีโพรง หรือช่องกลางอากาศ ฉนวนใยแก้ว (Fiber Glass) ฉนวนใยหิน(Rock Fiber) ฉนวนใยเซลลูโลส(Cellulose Fiber) โฟมโพลีสไตรีน

(Polystyrene Foam/PS) โฟมโพลียูรีเทน(Polyurethane Foam/PU) และโฟมโพลีเอทธีลีน (Polyethelene Foam/PE)

2) ฉนวนแบบสะท้อนความร้อน (Reflective Sheet) หมายถึง วัสดุที่ใช้ป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุ โดยอาศัยคุณสมบัติการสะท้อนรังสีความร้อนของวัสดุ เพื่อที่จะลดค่าพลังงานความร้อนไม่ให้ถูกดูดซับ และทะลุผ่านเข้าไปในวัสดุ ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแผ่นบาง หรือมีผิวที่มีการสะท้อนสูง เช่น แผ่นอลูมินั่มฟอยล์ (Aluminium Foil Sheet) เซรามิคโค้ทติ้ง (Ceramic Coating) เป็นต้น



รูปที่ 2.28 แสดงวัสดุมุงหลังคา และฉนวนกันความร้อนบริเวณหลังคา

2.2 ลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุประกอบอาคาร

สาเหตุของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารมาจากภายนอกมากกว่าที่เกิดขึ้นภายในอาคาร การที่จะลดความร้อนรวมลงได้ก็จะต้องมาจากการมีการป้องกันความร้อนที่ดีจากกรอบอาคาร ซึ่งส่วนหนึ่งสามารถทำได้โดยการเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานของแต่ละพื้นที่ ก็จะสามารถช่วยลดความร้อนได้ การพิจารณาเลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง และมีความเหมาะสมยิ่งขึ้น โดยจะแยกเป็น 2 กลุ่มหลักตามคุณสมบัติของวัสดุ ดังนี้

1) กลุ่มวัสดุประกอบโครงสร้าง ประกอบด้วย

- อิฐมอญ - คอนกรีตบล็อก - คอนกรีตมวลเบา
- กระจกตัดแสง - ยิปซั่มบอร์ด

2) กลุ่มวัสดุประกอบฉนวน ประกอบด้วย

- ไฟเบอร์บอร์ด - เซรามิคโค้ทติ้ง - ใยแก้ว
- ฉนวนโฟม – อลูมินั่มฟอยล์

2.2.1 อิฐมอญ (Brick)

รูปที่ 2.29 แสดงอิฐมอญ

ลักษณะทั่วไป

อิฐมอญ เป็นวัสดุที่ผลิตมาจากการนำดินเหนียวมาเผาเพื่อให้ได้วัสดุที่คงรูปและมีความแข็งแรงคงทน อิฐมอญเป็นวัสดุที่ยอมให้ความร้อนถ่ายเทเข้า-ออกได้ง่าย และยังดูดเก็บความร้อนไว้ในตัวเองเป็นเวลานานกว่าจะเย็นตัวลง เนื่องจากอิฐมอญมีความจุความร้อนสูงทำให้สามารถกักเก็บความร้อนไว้ในเนื้อวัสดุได้มาก ก่อนที่จะค่อยๆถ่ายเทสู่ภายนอก จึงเหมาะกับการใช้กับบริเวณที่ใช้งานเฉพาะช่วงกลางวัน

รูปที่ 2.30 แสดงการก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เป็นผนังอาคาร

ที่มา : HOME BUYERS' GUIDE ปีที่11 ฉบับที่127 กรกฎาคม 2546, หน้า58

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของอิฐมอญ

รูปแบบกายภาพ	หน่วย
ราคาต่อหน่วย (บาท)	0.60
ราคารวมต่อตร.ม (บาท).	100 - 190
ค่าวัสดุ+ค่าแรง / ตรม. (บาท)	425 - 440
ขนาด (Volume) ($cm.^3$)	7x16x3.5
ความหนาแน่น ($kg./m^3$)	1615 - 1650
จำนวนก้อนต่อตร.ม. (ก้อน,แผ่น)	145
น้ำหนักต่อตร.ม. ($kg./m^3$)	130
น้ำหนักรวมปูนฉาบต่อตร.ม. ($kg./m^2$)	200
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม "G" (Thermal Transfer) ($Watt/m^2$)	30-45
ค่าการนำความร้อน "K" (Conductivity – K value) (W/m.K)	0.473
ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity – R value) (m^2K/W)	0.15
ค่าความจุความร้อน "C" (Thermal Capacity) (J/kg.K)	800-1000
ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว (Thermal Expansion / °C)	4.6×10^{-6}
	-
การหดตัวเมื่อแห้ง	1.8
การต้านทานแรงอัด ($kg./cm^2$)	35 $kg./cm^2$

ความแข็งแรงทางกล ($kg./cm^2$)	-
การกันเสียง (dB)	36-40
การทนไฟ (ชั่วโมง)	0.5 - 2
การปลอดกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
ความต้านทานแมลง เชื้อรา และความปลอดภัยต่อธรรมชาติ	-
อัตราการซึมน้ำ (%)	30-40%
การยืดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	+ 0.18
จำนวนผู้ผลิต	มาก
ปริมาณการผลิตเทียบกับความต้องการ	เพียงพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย
การบำรุงรักษา	ง่าย
อายุใช้งาน	มากกว่า 50 ปี

ข้อดี	
- เป็นที่ยอมรับทั่วไป	- ช่างชำนาญ
- แข็งแรง,ทน	- ราคาถูก
- มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อน	
- หาซื้อง่าย	-ไม่เป็นพิษ

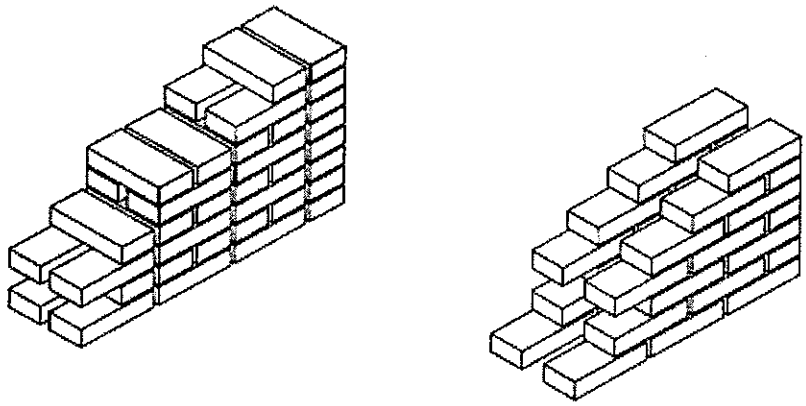
ข้อเสีย	
- คุณภาพและขนาดไม่แน่นอน	
- ใช้เวลานานในการก่อสร้าง	- เสียหายขณะขนส่ง
- น้ำหนักมาก	- ขาดแคลนช่วงฤดูฝน

การประยุกต์การใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุ

จากที่กล่าวมาเบื้องต้นจะพบว่าความสามารถในการต้านทานความร้อนของอิฐมอญมีไม่มากนัก แต่คุณสมบัติเด่นของวัสดุชนิดนี้คือ การที่เนื้อวัสดุมีมวลสารมากหรือสามารถเข้าใจให้ง่ายขึ้นก็คือวัสดุมีความหนาแน่นสูง ซึ่งคุณสมบัตินี้ทำให้สามารถเก็บความร้อนไว้ในตัวเองได้มาก

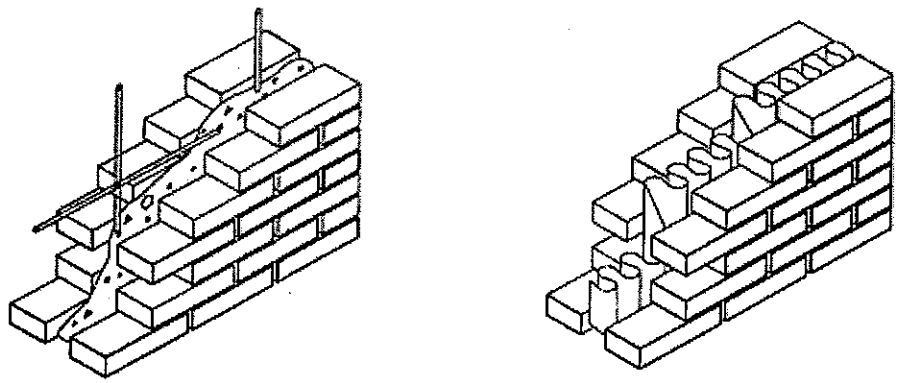
ฉะนั้นการที่จะช่วยให้อิฐมอญมีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนได้มากขึ้น อาจมีความจำเป็นจะต้องประยุกต์การใช้งานจากรูปแบบปกติเล็กน้อย ซึ่งสามารถทำได้โดย

- ก่อเป็นผนัง 2 ชั้น ให้มีความหนาเพิ่มขึ้นกว่าปกติ ความร้อนในตอนกลางวันก็จะถูกกักไว้ในตัวอิฐได้มากขึ้นและใช้เวลานาน การส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ภายในจะใช้เวลามากขึ้น(Time Lag) การที่ผนังมีความหนามากๆทำให้ป้องกันความร้อนจากภายนอกได้เต็มที่ ทำให้เมื่อเข้าไปภายในจะรู้สึกถึงความเย็นสบาย



รูปที่ 2.31 ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นฉาบปูนแบบติดชน และแบบเว้นช่องว่างอากาศตรงกลาง

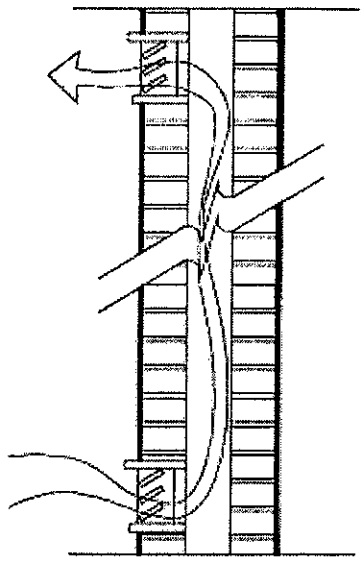
- การใช้วัสดุประกอบอื่นๆเข้าช่วย เช่น เมื่อก่อเป็นผนัง 2 ชั้น ให้ก่อแบบเว้นช่องตรงกลาง ซึ่งช่องว่างตรงกลางนี้ก็จะมีอากาศที่เสมือนเป็นฉนวนกันความร้อนเพิ่มอีกชั้นหนึ่ง หรืออาจใส่ฉนวนโฟมหรือฉนวนใยแก้วไว้ระหว่างกลางก็ได้ แต่ถ้าคำนึงถึงระยะยาวแล้ว ฉนวนที่ใส่เข้าไปแล้ว
ก็จะไม่สามารถเปลี่ยนหรือนำออกมาได้เมื่อเสื่อมคุณภาพ เนื่องจากมีการฉาบปิดทับไปหมดแล้ว การบำรุงรักษาจึงไม่สามารถทำได้ อีกทั้งการใส่ฉนวนอาจมีผลทางลบด้วยถ้าไม่มีการนำไปใช้ให้ถูกต้อง เพราะนอกจากจะป้องกันความร้อนเข้ามาภายในแล้ว ตัวฉนวนเองก็จะกันไม่ให้ความร้อนระบายออกสู่ภายนอกด้วยเช่นกัน



รูปที่ 2.32 ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องว่างตรงกลาง (ควรมากกว่า 10 ซม.) ฉาบปูนแบบเทปูนและแบบใส่ฉนวนระหว่างอิฐมอญ 2 ชั้น

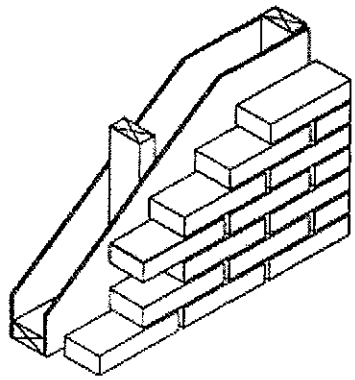
การใช้งานของวัสดุประเภทอิฐมอญที่ง่ายต่อการใช้งานและสามารถป้องกันความร้อนได้ดีสำหรับอาคารพักอาศัยทั่วไป คือการทำผนัง 2 ชั้นโดยเว้นช่องตรงกลาง และจะดียิ่งขึ้นถ้ามีการระบายอากาศที่ผนังให้สามารถถ่ายเทความร้อนกลับสู่ภายนอกก่อนที่จะผ่านผนังชั้นในเข้ามา แต่มีข้อควรระวังคือ ช่องที่ระบายอากาศจะต้องทำเป็นตะแกรงหรือออกแบบให้สามารถป้องกันพวก

สัตว์เล็กเข้าไปอาศัยอยู่ได้ และระวังเรื่องของน้ำฝนที่อาจสาดเข้าไปภายใน



รูปที่ 2.33 ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องว่างตรงกลาง และมีที่ระบายอากาศภายในผนังด้านนอก

- การใช้วัสดุประกอบชนิดอื่นทำเป็นผนังประกอบกับอิฐมอญหรือใช้แบบปิดทับไปเลยและมีการเว้นช่องว่างอากาศตรงกลางไว้ ก็จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้อีกทางหนึ่ง แต่วัสดุที่เสนอให้นำมาใช้ที่จะให้ผลดีควรเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อยไว้ด้านนอก เช่น ไม้ ยิปซั่มบอร์ด ไฟเบอร์บอร์ด หรือวัสดุอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน ซึ่งในปัจจุบันมีผู้นิยมทำกันบ้างแล้ว แต่เหตุผลในการนำมาใช้ส่วนมากเป็นการใช้เพื่อตกแต่งผนังอาคารที่เน้นด้านความงามมากกว่า จึงมีการติดตั้งเพียงบางส่วนของผนังเท่านั้น

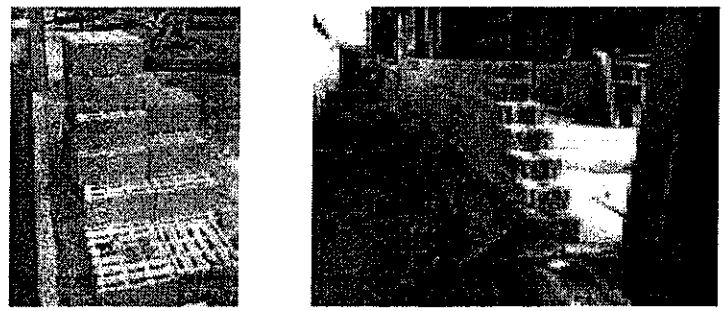


รูปที่ 2.34 ผนังก่ออิฐมอญด้านในและใช้วัสดุประกอบประเภทมวลสารน้อยไว้ด้านนอก

2.2.2 คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry Unit)

ลักษณะทั่วไป

คอนกรีตบล็อกมีทั้งชนิดรับน้ำหนักและไม่รับน้ำหนัก ส่วนใหญ่จะมีลักษณะกลวง (Hollow Concrete Block) และเป็นที่นิยมซ้มากเนื่องจากมีราคาถูก และสามารถหาซื้อได้ง่าย อีกทั้งยังสามารถทำงานได้เร็วเพราะมีขนาดก้อนใหญ่กว่าอิฐมอญ และจากลักษณะที่มีรูกลวงตรงกลางทำให้ช่องอากาศภายในนั้นเป็นฉนวนในการกันความร้อนที่ดี แต่ข้อเสียคือจะเปราะและแตกง่าย การตอกตะปูยึดพุกต้องทำที่ปูนก่อเสาเอ็นหรือคานเอ็น ซึ่งถ้าเป็นผนังฉาบปูนจะหาตำแหน่งยาก ส่วนผนังเซาะร่องหาจุดเจาะพุกไม่ยากเท่าไรหากเกิดน้ำรั่วเข้าผนัง น้ำจะซึมได้ดีกว่าอิฐมอญ



รูปที่ 2.35 แสดงลักษณะคอนกรีตบล็อกและการใช้งาน

ที่มา : libwww.syr.edu/.../collections/ c/Ceraldi/images

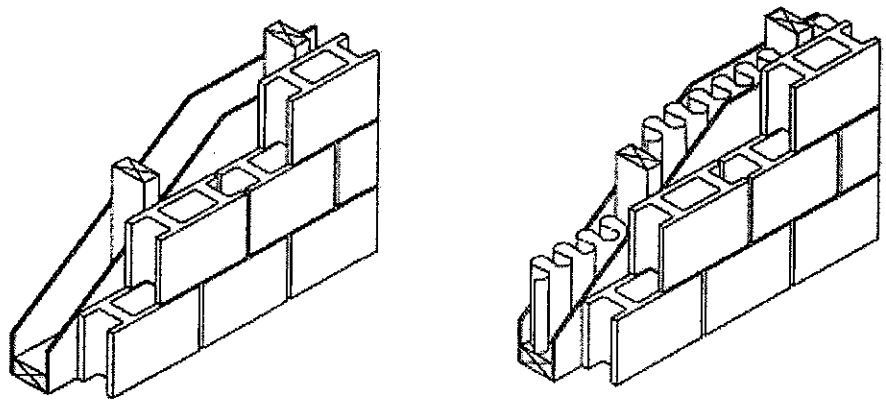
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก

รูปแบบกายภาพ	หน่วย
ราคาต่อหน่วย (บาท)	4.50
ราคารวมต่อตร.ม (บาท).	200
ค่าวัสดุ+ค่าแรง / ตรม. (บาท)	390
ขนาด (Volume) ($cm.^3$)	7x19x39
ความหนาแน่น ($kg./m^3$)	765
จำนวนก้อนต่อตร.ม. (ก้อน.แผ่น)	14
น้ำหนักต่อตร.ม. ($kg./m^2$)	90
น้ำหนักรวมปูนฉาบต่อตร.ม. ($kg./m^2$)	130
ค่าการนำความร้อน "K" (Conductivity – K value) (W/m.K)	0.5*9
ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity – R value) (m^2K/W)	0.149
ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว (Thermal Expansion /°C)	4.5×10^{-6}

การหดตัวเมื่อแห้ง	0.8
การปลอดสารพิษ	ไม่มีกลิ่น
อัตราการซึมน้ำ (%)	30%
การยืดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	-0.6
จำนวนผู้ผลิต	มาก
ปริมาณการผลิตเทียบกับความต้องการ	เพียงพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย
การบำรุงรักษา	ง่าย
อายุใช้งาน	มากกว่า 50 ปี
ข้อดี - แข็งแรง - ราคาถูก - มีช่องอากาศที่ช่วยกันความร้อนได้	
ข้อเสีย - อายุใช้งานยังไม่มีการยืนยัน - ต้องใช้ปูนฉาบเฉพาะ	

การประยุกต์การใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุ

คอนกรีตบล็อกมีคุณสมบัติคล้ายอิฐมอญ แต่มีลักษณะเป็นรูกลวงตรงกลางและมีขนาดใหญ่กว่ามาก การที่จะแก้ปัญหาในการป้องกันความร้อนโดยการทำเป็นผนัง 2 ชั้น อาจจะไม่เหมาะสมนักเนื่องจากขนาดที่มีความหนาของวัสดุ ทำให้ต้องเสียพื้นที่ไปเป็นผนังมากเกินไปฉะนั้นควรที่จะใช้วัสดุประกอบอื่นแทน เช่น การเพิ่มฉนวนภายในหรือใช้วัสดุมวลสารน้อยปิดทับภายนอก เป็นต้น แต่ทั้งนี้การที่จะติดตั้งหรือประกอบวัสดุใดๆเข้ากับคอนกรีตบล็อก จะต้องไม่ลืมถึงข้อเสียของวัสดุชนิดนี้ คือ เป็นวัสดุที่น้ำสามารถซึมผ่านและกระจายตัวได้ง่าย ฉะนั้นจะต้องมีการฉาบทับหรือปิดด้วยวัสดุที่สามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำ ก่อนที่จะติดตั้งฉนวนภายใน เพราะฉนวนเกือบทุกชนิดจะเสื่อมสภาพเมื่อมีน้ำหรือความชื้นเข้ามาสะสมภายในฉนวน



รูปที่ 2.36 ผนังคอนกรีตบล็อกทำเป็นผนังประกอบกับผนังมวลสารน้อย (ยิปซั่มบอร์ด,ไม้อัด,ไฟเบอร์บอร์ด) ทั้งแบบที่มีการใส่ฉนวนไว้ภายในและไม่มีฉนวน

อีกประการที่เป็นข้อด้อยของวัสดุชนิดนี้ คือ ความเปราะและแตกหักง่าย สาเหตุเนื่องจากรูกลวงที่อยู่ตรงกลางของบล็อก ซึ่งปัญหานี้อาจแก้ไขได้โดยการเทปูนลงในช่องว่างเหล่านั้น เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุ แต่ผลกระทบก็คือ น้ำหนักโดยรวมของอาคารก็จะมากขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งช่องอากาศที่เป็นฉนวนกันความร้อนก็จะหมดตามไปด้วย จึงควรเลือกพิจารณาตามความเหมาะสมและตอบสนอง
ต่อความต้องการอันแท้จริงของผู้อยู่อาศัย

2.2.3 คอนกรีตมวลเบา (Autoclaved Aerated Concrete – AAC)

ลักษณะทั่วไป

คอนกรีตมวลเบาเป็นวัสดุก่อที่มีการนำมาใช้ และเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนได้มากกว่าวัสดุก่อชนิดอื่นที่มีมา โดยตัววัสดุเองมีส่วนผสมมาจาก ทราย ซีเมนต์ ปูนขาว น้ำ ยิปซั่ม และผงอลูมิเนียมผสมรวมกัน แต่ส่วนที่สำคัญที่สุดก็คือฟองอากาศเล็กๆ เป็นรูพรุนไม่ต่อเนื่อง (Disconnecting Voids) ที่อยู่ในเนื้อวัสดุมากประมาณ 75% ทำให้น้ำหนักเบา ซึ่งผลของความเบาจะช่วยให้ประหยัดโครงสร้าง อีกทั้งฟองอากาศเหล่านั้นยังเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี

รูปที่ 2.37 แสดงลักษณะทั่วไปของคอนกรีตมวลเบาและการใช้งาน

ที่มา: www.spec2u.com/product/ qcon/pic

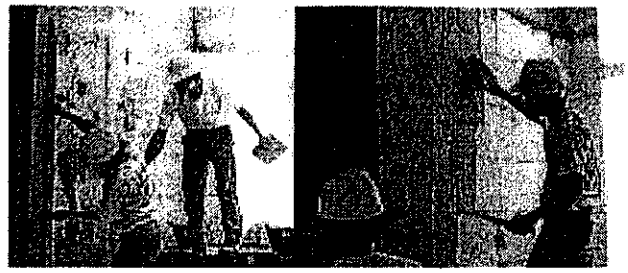
ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา

รูปแบบกายภาพ	หน่วย
ราคาต่อหน่วย (บาท)	25.21 – 37.80
ราคารวมต่อตร.ม (บาท).	315 - 412
ค่าวัสดุ+ค่าแรง / ตรม. (บาท)	450 - 646
ขนาด (Volume) ($cm.^3$)	7.5x20x60
ความหนาแน่น ($kg./m^3$)	550 - 640
จำนวนก้อนต่อตร.ม. (ก้อน,แผ่น)	8
น้ำหนักต่อตร.ม. ($kg./m^2$)	46.5
น้ำหนักรวมปูนฉาบต่อตร.ม. ($kg./m^2$)	90 - 100
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม "Q" (Thermal Transfer) ($Watt/m^2$)	32-42 15
ค่าการนำความร้อน "K" (Conductivity – K value) (W/m.K)	0.089 - 0.132
ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity – R value) (m^2K/W)	0.58
ค่าความจุความร้อน "C" (Thermal Capacity) (J/kg.K)	น้อยกว่าอิฐมอญ 2.5 เท่า
ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว (Thermal Expansion /°C)	$8\text{-}10 \times 10^{-6}$ 0.13

การหดตัวเมื่อแห้ง	0.2
การต้านทานแรงอัด ($kg./cm^2$)	40-50
ความแข็งแรงทางกล ($kg./cm^2$)	23
การกันเสียง (dB)	38-43
การทนไฟ (ชั่วโมง)	4
อัตราการซึมน้ำ (%)	30%
การยืดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	- 0.2
จำนวนผู้ผลิต	มาก
ปริมาณผลิตเทียบกับความต้องการ	กำลังผลิตไม่เพียงพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ต้องการช่างเฉพาะ
การบำรุงรักษา	ง่าย
อายุใช้งาน	ยังไม่คงที่
ข้อดี - คุณภาพคงที่ - น้ำหนักรวมน้อย - ป้องกันความร้อนดี	
ข้อเสีย - ไม่ค่อยแข็งแรง - ไม่ทนน้ำ - ราคาสูง - ขั้นตอนก่อสร้างยุ่งยาก - ผู้ผลิตน้อยราย เกิดการผูกขาดทางการตลาด	

การประยุกต์การใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุ

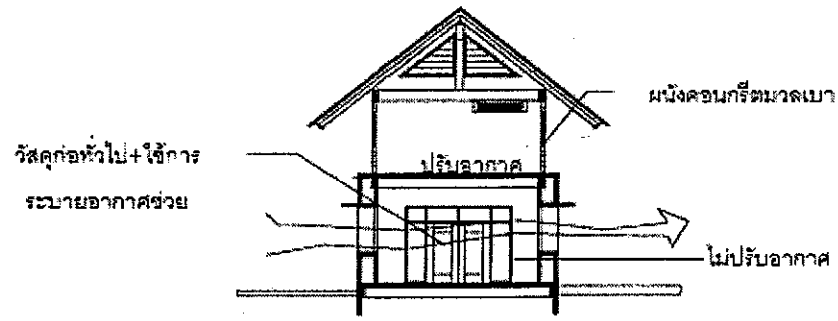
ด้วยเหตุที่คุณสมบัติด้านการป้องกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาต่อการใช้งานในปัจจุบัน อยู่ในระดับที่ดีและเพียงพอแล้ว จึงไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการหรือวัสดุประกอบอื่นๆเข้ามาช่วยเสริม เพราะจะยิ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายมากขึ้น เนื่องจากลำพังตัววัสดุเองก็มีราคาค่อนข้างสูงอยู่แล้ว แต่ข้อด้อยของวัสดุชนิดนี้ คือขั้นตอนในการก่อสร้าง ที่พบปัญหามากที่สุดคือการแตกร้าวของปูนฉาบเมื่อแห้งแล้ว ฉะนั้นแนวทางแก้ไขที่ดีที่สุด คือการที่จะต้องมีการฝึกอบรมให้ช่างก่อสร้างทั่วไปมีความสามารถ และมีความรู้ที่ถูกต้องในการใช้งานกับวัสดุชนิดนี้ให้มากยิ่งขึ้น โดยที่ทางผู้ผลิตควรเป็นผู้ให้การแนะนำ เนื่องจากเป็นผู้ที่มีความเข้าใจในคุณสมบัติของวัสดุและกรรมวิธีการติดตั้งมากที่สุด



รูปที่ 2.38 แสดงการฉาบปูนซึ่งมักเกิดปัญหาแตกร้าวบ่อยครั้งหลังปูนแห้ง หากช่างไม่มีความชำนาญ

ที่มา : www.superblock.co.th

อีกกรณีหนึ่ง คือ ในเรื่องของราคาและสินค้าขาดแคลนในบางช่วง การเลือกใช้คอนกรีตมวลเบา อาจจะใช้เฉพาะห้องที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศเท่านั้น เนื่องจากสามารถป้องกันความร้อนได้ดี ส่วนบริเวณที่ไม่มีการปรับอากาศให้ใช้วัสดุอื่นแทนเช่น อิฐมอญ หรือคอนกรีตบล็อก และ
ใช้การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ คือการทำเป็นช่องเปิดตามทิศทางที่เหมาะสมให้ลมผ่านเข้ามาแทน



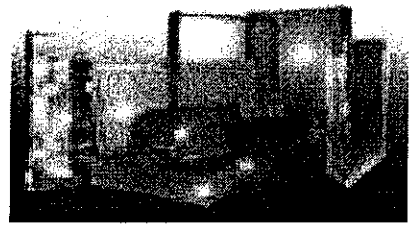
รูปที่ 2.39 แสดงการใช้คอนกรีตมวลเบาเฉพาะห้องที่ปรับอากาศ และใช้วัสดุผนังทั่วไปกับบริเวณที่ไม่ปรับอากาศ โดยใช้การระบายอากาศด้วยลมธรรมชาติ

2.2.4 กระจกตัดแสง (Heat Absorbing Glass)

ลักษณะทั่วไป

กระจกมีคุณสมบัติพิเศษมากมาย อีกทั้งยังมีความสวยงามและช่วยให้สามารถมองออกไปเห็นทัศนียภาพภายนอกได้มากยิ่งขึ้น และยังช่วยให้บ้านดูโล่งไม่ทึบอึดอัด โดยกระจกที่มีการ

นำมาใช้มีด้วยกันหลายชนิดแตกต่างกันออกไป แต่การเลือกใช้ควรคำนึงถึงความร้อนที่จะเข้ามาภายในด้วย เนื่องจากกระจกทั่วไปจะยอมให้ทั้งแสงและความร้อนผ่านเข้ามาเป็นจำนวนมาก จึงควรเลือกใช้กระจกที่มีคุณสมบัติที่ช่วยลดแสงจ้าและปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาให้มีความเหมาะสม และกระจกบางรุ่นยังสามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตได้อีกด้วย



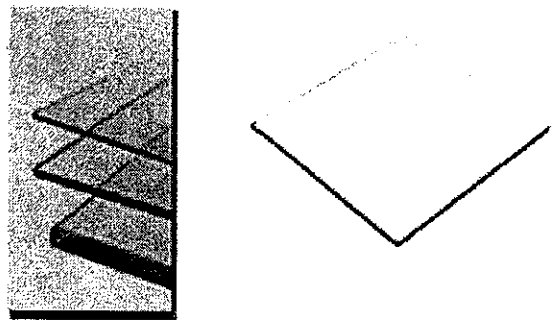
รูปที่ 2.40 แสดงลักษณะต่างๆ ของกระจก

ชนิดของกระจกที่ใช้เพื่อป้องกันแสงจ้าและความร้อนเข้ามาภายในบ้านหรืออาคารนั้น สามารถแบ่ง ออกได้เป็น 5 ประเภท ใหญ่ๆ คือ

1. กระจกใส (Clear Glass)
2. กระจกสี (Color Glass)
3. กระจกสีตัดแสง (Heat Absorbing Glass)
4. กระจกเคลือบผิวสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating Glass)
5. กระจกฉนวนกันความร้อน (Insulating Glass)

กระจกใส (Clear Glass)

เป็นกระจกโปร่งใสที่มีผิวทั้งสองด้านเรียบสนิท ให้ภาพในการมองเห็นชัดเจน และมีราคาถูกที่สุด โดยที่กระจกชนิดนี้ยอมให้แสงผ่านเข้ามาสูง (ร้อยละ88) จึงมีแสงสว่างกระจายเข้ามาภายในห้องเป็นจำนวนมาก แต่ในขณะเดียวกันก็จะมีปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามามากด้วยเช่นกัน (ร้อยละ83) ดังนั้นส่วนมากในการใช้งานจะใช้ประกอบกับวัสดุอื่นเช่น การติดฟิล์มกรองแสง การใช้อุปกรณ์บังแดดช่วย เป็นต้น แต่เป็นชนิดที่มีราคาถูกที่สุด

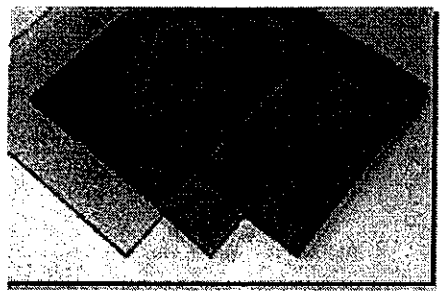


รูปที่ 2.41 แสดงตัวอย่างกระจกใส

ที่มา : **www.freestylephoto.biz/ images/prod/8042.jpg**

กระจกสี (Colour Glass)

เป็นกระจกโปร่งแสงที่ยอมให้แสงผ่านเข้ามาเพื่อช่วยกระจายแสงภายในห้องอย่างเหมาะสม โดยความเข้มของสีจะเพิ่มมากขึ้นตามความหนาของกระจก ซึ่งจะส่งผลทำให้การดูดกลืนความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่สะสมอยู่ในเนื้อกระจกมีมากขึ้นด้วย ฉะนั้นการนำไปใช้งาน จึงควรให้ความสนใจและระมัดระวังคุณสมบัติเหล่านี้ด้วย อีกทั้งกระจกชนิดนี้เมื่อมองภายนอกจะมีความคล้ายกับกระจกตัดแสงที่มีสี แต่คุณสมบัติในการป้องกันความร้อนจะต่างกัน จึงควรสอบถามให้แน่ชัดก่อนว่าเป็นชนิดใดก่อนการเลือกซื้อ



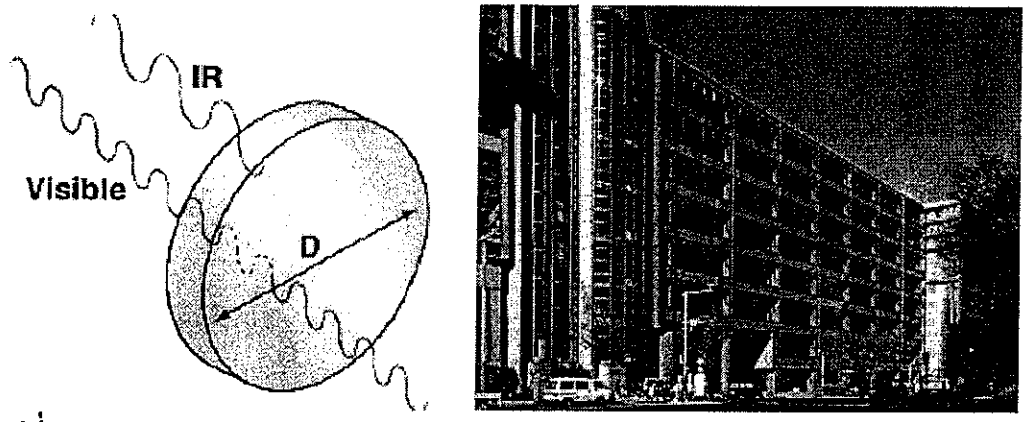
รูปที่ 2.42 แสดงตัวอย่างกระจกสี

กระจกสีตัดแสง (Heat Absorbing Glass)

จากที่มีผู้ทดสอบกันมาหลายครั้งพบว่าปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารนั้น มาจากผนังส่วนที่โปร่งแสงมากกว่าผนังทึบแสงดังนั้นการที่กระจกต้องรับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่มีลักษณะเป็นรังสีคลื่นสั้น(Short Wave Radiation) ซึ่งสามารถทะลุผ่านเข้าไปในอาคารได้ และเมื่อรังสีคลื่นสั้นกระทบกับวัสดุต่างๆภายในอาคาร เช่น พื้น ผนัง กระจก ฯลฯ ซึ่งดูดซับคลื่นรังสีเอาไว้แล้วเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาว (Long Wave Radiation) หรือพลังงานความร้อนซึ่งไม่

สามารถทะลุผ่านวัสดุโปร่งแสงอย่างกระจกกลับออกมาภายนอกอาคารได้ ดังนั้นความร้อนดังกล่าวจึงสะสมอยู่ภายในอาคาร
และกลายเป็นส่วนหนึ่งของภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ค่อนข้างมาก

กระจกสีตัดแสง เป็นกระจกโปร่งใสที่สามารถช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ โดยสีต่างๆ ที่เห็นนั้นเกิดจากการเติมออกไซด์ของโลหะ เช่น เหล็ก โคบอลต์ หรือซีลีเนียมลงในส่วนผสมของเนื้อกระจก จึงช่วยลดพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่จะผ่านเข้ามา ด้วยคุณสมบัติที่สามารถดูดกลืนพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์(รังสีคลื่นสั้น) ที่ส่องมากระทบชั้นผิวกระจกได้ประมาณร้อยละ 40-50 จึงมีส่วนช่วยในการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลงได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดความจ้าของแสงที่ส่องผ่านเข้ามา ทำให้ได้แสงที่นุ่มนวลสบายตาขึ้น โดยมีสีให้เลือกใช้หลายสี เช่น สีบรอนซ์ สีเขียว สีฟ้า ฯลฯ แต่สีที่เป็นที่นิยมใช้มากที่สุดในประเทศไทยจะเป็นสีเขียว



รูปที่ 2.43 แสดงคุณสมบัติของกระจกตัดแสง และการใช้งานกับอาคาร

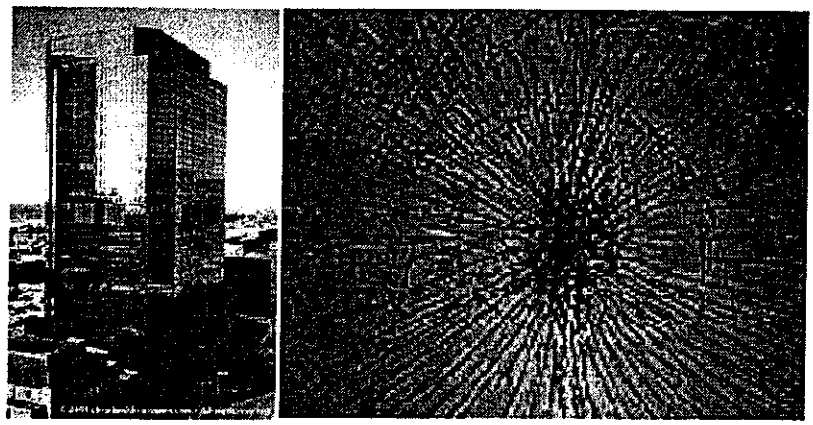
ที่มา : **www.edmundoptics.com/IOD/DisplayProduct.cfm?productid=1476**

www.takenaka.co.jp/.../topics/ 2003/sum/gifs/shinjuku1.jpg

กระจกเคลือบผิวสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating Glass)

มีคุณสมบัติคล้ายกระจกเงา ทำหน้าที่สะท้อนความร้อนของแสงอาทิตย์ได้ประมาณร้อยละ 60 โดยคุณสมบัติในการสะท้อนจะมีมากกว่าการดูดกลืน ซึ่งเมื่อแสงส่องมากระทบกระจกแล้ว ชั้นผิวกระจกที่เคลือบสารสะท้อนแสงไว้จะสะท้อนแสงจ้าและความร้อนออกไป แต่ปริมาณความร้อนที่ยังเหลือบางส่วนก็จะเข้าสู่ภายในอาคาร การเลือกใช้กระจกชนิดนี้ควรศึกษาด้วยว่า ปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องเข้ามาจะถูกลดทอนลงไปด้วย จึงอาจต้องมีการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้เพียงพอกับการใช้งานในแต่ละจุดด้วยกระจกชนิดนี้เหมาะกับอาคารที่ใช้งานตอนกลางวัน หรืออาคารสูงที่ต้องการลดความจ้าของแสงอาทิตย์เป็นหลัก โดยสามารถลดปริมาณแสงสว่างได้มากกว่า 80% และจากคุณสมบัติในการสะท้อนทำให้คนที่อยู่นอกอาคารที่สว่างกว่ามองเห็นภายใน

ไม่ชัดเจน ซึ่งกลับกันในตอนกลางคืนที่ภายในสว่างกว่าก็จะทำให้คนภายนอกมองเข้ามาภายในได้อย่างชัดเจน จะทำให้เสียความเป็นส่วนตัวไปสำหรับอาคารพักอาศัย และข้อที่ต้องระวังสำหรับกระจกชนิดนี้คือแสงที่สะท้อนกลับนั้นจะมีผลกระทบกับอาคารหรือยานพาหนะข้างเคียงได้ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการดูดกลืนความร้อนไว้สูงด้วย ดังนั้นอาจเกิดปัญหาการแตกร้าวของกระจกเนื่องจากความร้อนสะสม (Thermal Breakage) ขึ้นได้ จึงควรศึกษาความเหมาะสมก่อนการนำไปใช้



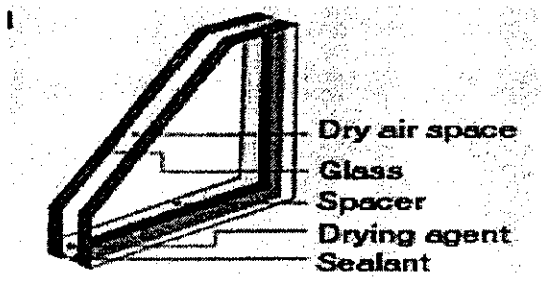
รูปที่ 2.44 แสดงลักษณะกระจกเคลือบผิวสะท้อนแสงและการแตกร้าวเมื่อมีการสะสมความร้อนในเนื้อกระจกมากเกินไป

ที่มา : www.tag.co.th, www.cgco.co.jp/english/produc

กระจกฉนวนกันความร้อน (Insulating Glass)

มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กระจก 2 ชั้น (Doubled Glazing) มีคุณสมบัติในการแผ่รังสีความร้อนต่ำ สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายในและภายนอกอาคารได้ดี สามารถแบ่งตามชนิดของฉนวนกันความร้อนได้ ดังนี้

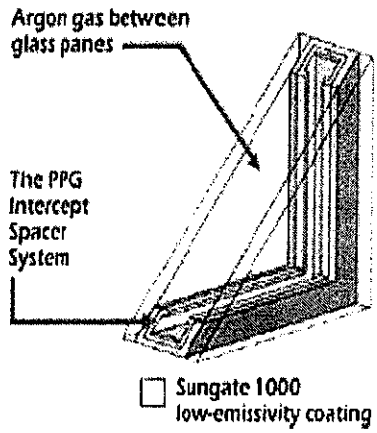
1.) กระจกกันความร้อนชนิดใช้อากาศแห้งเป็นฉนวนได้จากการนำกระจกแผ่นเรียบธรรมดา 2 แผ่น มาประกอบกันโดยมีเฟรมอลูมิเนียมที่บรรจุสารดูดความชื้นคั่นกลาง จากนั้นปิดขอบกระจกให้สนิท ผลที่ได้ก็คือ อากาศภายในช่องว่างระหว่างกระจกทั้ง 2 แผ่นจะเป็นอากาศแห้ง ซึ่งอากาศแห้งมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี นอกจากนี้ยังช่วยลดเสียงรบกวนจากภายนอกได้มากกว่ากระจกธรรมดาอีกด้วย



รูปที่ 2.45 แสดงกระจกกันความร้อนชนิดใช้อากาศแห้งเป็นฉนวนตรงกลา

ที่มา : www.cgco.co.jp/english/product

2) กระจกกันความร้อนชนิดใช้ก๊าซเป็นฉนวนคล้ายกับแบบใช้อากาศแห้งคือ การใช้กระจกแผ่นเรียบ 2 แผ่นประกอบกับเฟรมอลูมิเนียมแต่ชนิดนี้จะบรรจุก๊าซเฉื่อยลงไปแทน ซึ่งมีคุณสมบัติในการนำความร้อนต่ำ มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบใช้อากาศแห้ง และในกรณีที่นำกระจกนิรภัยมาประกอบเป็นกระจกฉนวนกันความร้อน (Airless Laminated Insulating Glass) ก็จะให้ความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น แต่จะมีราคาสูงขึ้นไปจากเดิมที่มีราคาสูงอยู่แล้ว การใช้กระจก 2 ชั้นโดยที่มีช่องว่างอากาศและก๊าซป้องกันความร้อนคั่นอยู่ตรงกลางนี้ สามารถช่วยลดความร้อนได้ประมาณ 70-80% ในขณะที่ยอม
ให้แสงธรรมชาติผ่านได้ในปริมาณสูง จึงให้ความสว่างที่ปลอดภัย และในกรณีที่ติดฟิล์มด้านในของกระจกทั้ง 2 แผ่น ก็จะช่วยป้องกันรังสีอุลตร้าไวโอเลต (UV) เข้ามาทำลายวัสดุต่างๆ ภายในอาคารได้อีกด้วย



รูปที่ 2.46 แสดงกระจกกันความร้อนชนิดใช้ก๊าซเป็นฉนวนตรงกลาง

ที่มา : www.tgsg.com

โดยทั่วไป ข้อควรระวังในการใช้กระจก คือ ไม่ควรให้ลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศเป่ากระทบผิวหน้าของกระจกโดยตรง รวมทั้งไม่ควรติดผ้าม่านหนาทึบ หรือวางตู้เหล็กและตู้อื่นๆชิดกับแผ่นกระจกที่ติดตั้ง เพราะจะทำให้เกิดปัญหากระจกแตกร้าว (Thermal Breakage)เนื่องจากอุณหภูมิภายในและภายนอกแตกต่างกันมาก และเกิดการสะสมความร้อนในตัวกระจกเพราะมีการนำสิ่งของมาปิดที่ผิวกระจกทำให้ไม่สามารถถ่ายเทความร้อนออกมาได้

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของกระจกเขียวตัดแสง

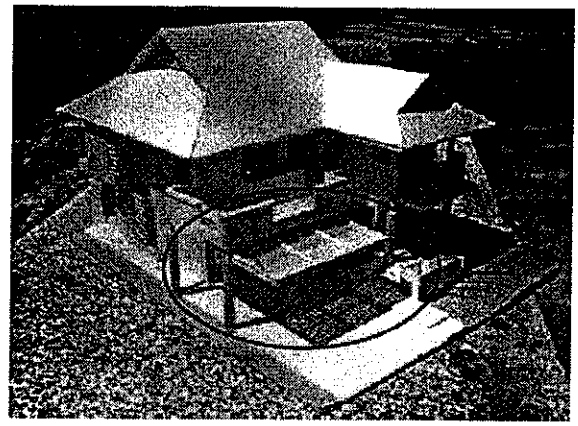
รูปแบบกายภาพ	หน่วย
ราคารวมต่อตารางฟุต (บาท)	50 – 70
ราคาค่าแรง / ตร.ฟ. (บาท)	8
ค่าวัสดุ+ค่าแรง / ตรม. (บาท)	83
ความหนา (mm.)	6
ค่าส.ป.ส.การบังเงา(SC)	0.67
ค่าส.ป.ส.การดูดกลืนความร้อนของกระจก	0.578
ค่าการสะท้อนความร้อน (%)	5
ค่าการดูดกลืนความร้อน	52%
ค่าการนำความร้อน (Conductivity – K value) (W/m.K)	5.7
ค่าการส่องผ่านแสง Tvis (%)	74
ค่าการส่งผ่านพลังงานแสงอาทิตย์Tsol (%)	43
ค่าการส่งผ่านรังสีอุลต้าไวโอเลต Tuv (%)	23
ค่าสะท้อนแสงภายนอก Rvis-out (%)	7
ค่าการถ่ายเทความร้อน(เขตร้อน) U-value (W/m^2K)	150 hr.ft^2°F/Btu

ค่าการส่องผ่านแสง Tvis / การส่งผ่านพลังงานแสงอาทิตย์ Tsol	1.72
จำนวนผู้ผลิต	มาก
ปริมาณการผลิตเทียบกับความต้องการใช้	มากพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย
การบำรุงรักษา	ง่าย
อายุใช้งาน	นาน
ข้อดี - ลดความร้อนเข้าสู่อาคารมากกว่ากระจกใส โดยสีต่างๆ เกิดจากการ เติมออกไซด์ของโลหะในเนื้อกระจก โดยไม่ส่งผลกระทบกับแสงที่เข้ามา - ยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาได้สูง - ลดเสียงรบกวน - เห็นทัศนียภาพภายนอกได้ชัดเจน	
ข้อเสีย - ราคาค่อนข้างสูง	

การประยุกต์การใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุ

แม้ว่ากระจกตัดแสงจะสามารถลดความร้อนให้ผ่านเข้ามาในอาคารได้น้อยลงกว่ากระจกใส แต่จากคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าความร้อนที่ลดลงนั้นส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับไป ซึ่งเป็นสัดส่วนเพียงร้อยละ 5 – 10 เท่านั้น ที่เหลือประมาณร้อยละ 50 จะถูกดูดกลืนและเก็บไว้ในเนื้อกระจก ทำให้เมื่ออยู่ใกล้กับผิวกระจกจะรู้สึกร้อน และในปัจจุบันผู้คนส่วนมากจะมีค่านิยมที่ต้องการให้บ้านมีพื้นที่ที่เป็นช่องกระจกค่อนข้างมาก เนื่องจากต้องการให้เกิดความรู้สึกโล่งสบาย ไม่มืดทึบ ฉะนั้นการที่จะช่วยลดความร้อนที่จะมากระทบกับผิวกระจกโดยตรง จึงเป็นวิธีที่ควรจะนำมาใช้เสมอ ไม่ว่าจะใช้กระจกชนิดใดก็ตาม ซึ่งวิธีง่ายๆ คือการทำอุปกรณ์บังแดดไว้

ภายนอกบริเวณที่เป็นกระจก โดยที่บังแดดนั้นสามารถทำได้ทั้งแบบถาวรและแบบชั่วคราว ส่วนเรื่องของรูปแบบและขนาดนั้นสามารถคำนวณได้จากทิศทางของอาคารว่ามีการวางผังในทิศทางใด

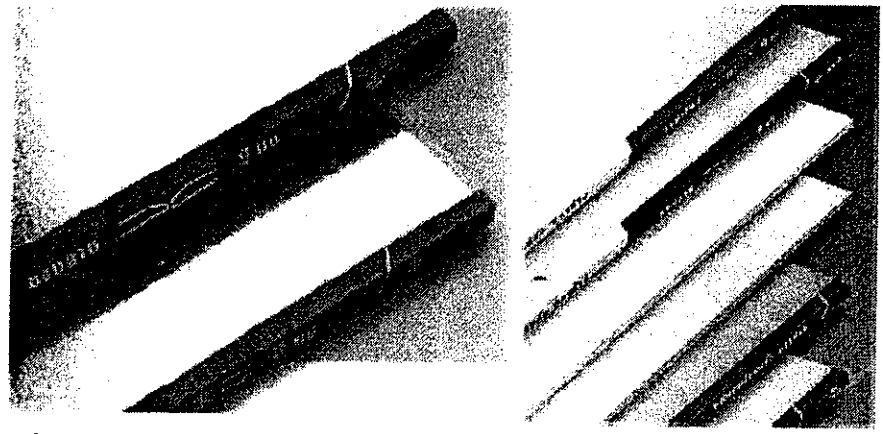


รูปที่ 2.47 แสดงการใช้อุปกรณ์บังแดดบริเวณที่เป็นกระจก

2.2.5 ยิปซั่มบอร์ด (ชนิดกันความร้อน) (Gypsum Board)

ลักษณะทั่วไป

เป็นวัสดุแผ่นเรียบที่ผลิตขึ้นจากแร่ยิปซั่มซึ่งเผาไฟไม่ติด มาประกอบเป็นแกนกลางของแผ่น ยึดประกบด้วยกระดาษเหนียวชนิดพิเศษทั้ง 2 ด้าน ทำให้มีผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอ มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนและเสียง นอกจากนี้แผ่นยิปซั่มยังไม่เป็นพิษและอันตรายต่อสุขภาพ อีกทั้งการติดตั้งก็ง่าย สะดวก รวดเร็ว กรณีใช้เป็นผนังอาคารจะช่วยประหยัดโครงสร้างอาคาร เนื่องจากมีน้ำหนักเบากว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนถึง 5 เท่า ทั้งนี้ขึ้นกับการออกแบบระบบผนังด้วย ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาแผ่นยิปซั่มให้มีคุณสมบัติและรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อความเหมาะสมในการใช้งาน โดยจะมีตั้งแต่ชนิดธรรมดา ชนิดกันความร้อน ชนิดทนไฟ ชนิดทนความชื้น เป็นต้น โดยชนิดที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนได้ดี เช่น ชนิดอลูมินั่มฟอยล์ ซึ่งเป็นการนำผ่นยิปซั่มมาบุด้วยอลูมินั่มฟอยล์ด้านหลังของแผ่น สามารถสะท้อนรังสีความร้อนได้ถึง 95% การนำความร้อนก็จะต่ำกว่าชนิดอื่น เหมาะสำหรับการทำฝ้าเพดานและผนังบริเวณที่ต้องการป้องกันความร้อนเป็นพิเศษ และชนิดกันความร้อนพิเศษ จะประกอบด้วยแผ่นยิปซั่มติดแผ่นโฟมโพลีสไตรีน (Polystyrene) ชนิดไม่ลามไฟ (F-Grade) ความหนาแน่น 1 ปอนด์/ลบ.ฟุต และแผ่นอลูมินั่มฟอยล์เพิ่มประสิทธิภาพการสะท้อนความร้อนได้ดีเป็นพิเศษ โดยตัวแผ่นโฟมโพลีสไตรีนทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนจากภายนอกอีกชั้นหนึ่ง และช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้คงที่เหมาะสำหรับห้องที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่สม่ำเสมอ หรือเพื่อลดขนาดการใช้เครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 2.48 แสดงลักษณะของแผ่นยิปซั่มบอร์ดประเภทต่างๆ

ที่มา : แผ่นผับแสดงสินค้า, บริษัทสยามอุตสาหกรรมยิปซัม จำกัด

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติของยิปซั่มบอร์ด

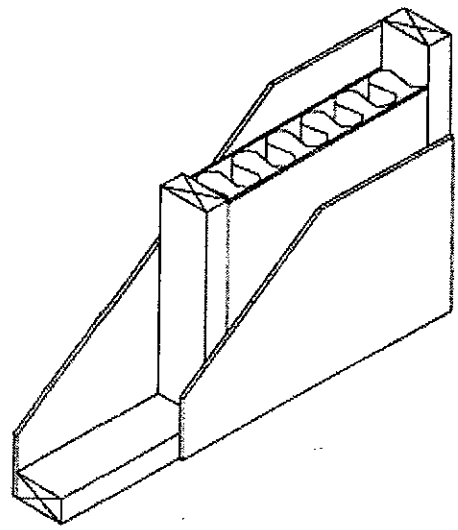
รูปแบบกายภาพ	หน่วย
ราคาต่อหน่วย (บาท)	230
ราคารวมต่อตร.ม (บาท).	23
ค่าวัสดุ+ค่าแรง / ตรม. (บาท)	320
ขนาด (Volume) ($cm.^3$)	0.12x120x240
ความหนาแน่น ($kg./m^3$)	80
จำนวนก้อนต่อตร.ม. (ก้อน.แผ่น)	0.35
น้ำหนักต่อตร.ม. ($kg./m^3$)	8.33
น้ำหนักรวมปูนฉาบต่อตร.ม. ($kg./m^2$)	30-35
ค่าการนำความร้อน "K" (Conductivity – K value) (W/m.K)	0.14-0.19
ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity – R value) (m^2K/W)	0.04
ค่าความจุความร้อน "C" (Thermal Capacity) (J/kg.K)	840
ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว (Thermal Expansion / °C)	0.14-0.19

การกันเสียง (dB)	35-65
การทนไฟ (ชั่วโมง)	½ -4
การปลอดกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
ความต้านทานแมลง เชื้อรา และความปลอดภัยต่อธรรมชาติ	ไม่ขึ้นรา เนื่องจากผสมสารกันเชื้อรา
จำนวนผู้ผลิต	มาก
ปริมาณผลิตเทียบกับความต้องการ	เพียงพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย สะดวก
การบำรุงรักษา	ง่าย
ข้อดี - ป้องกันความร้อน และ เสียงรบกวน - ประหยัด - ง่ายต่อการดูแลรักษา - ทนไฟ ไม่ลามไฟ - สะดวก ติดตั้งง่าย	
ข้อเสีย - หากชื้นมากจะบิดงอเปลี่ยนรูป - อาจมีรา หากขาดการป้องกัน	

การประยุกต์การใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุ

การใช้ยิปซั่มบอร์ดเพื่อใช้เป็นวัสดุประกอบอาคารนั้น ในปัจจุบันยังไม่นิยมที่จะนำมาใช้ในงานผนังภายนอก เนื่องจากตัววัสดุขาดความแข็งแรงทนทาน แต่จะเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้งาน

ภายในมากที่สุด เนื่องจากมีน้ำหนักเบาและสามารถก่อสร้างได้รวดเร็ว ซึ่งจะถูกนำมาใช้เป็นผนังภายในและส่วนของฝ้าเพดาน โดยการใช้เป็นผนังภายในจะไม่เน้นคุณสมบัติด้านการป้องกันความร้อนเท่าไรนัก แต่หากมีความต้องการที่จะป้องกันความร้อนหรือความเย็นไม่ให้ผ่านเข้าออกได้โดยง่าย ก็สามารถทำเป็นผนังประกอบ โดยใช้ระบบโครงเคร่าเป็นตัวยึดแกนกลางและอาจใช้ฉนวนชนิดอื่นใส่ไว้ระหว่างแผ่นยิปซั่มก็ได้ แต่ส่วนที่มีการให้ความสำคัญมาก คือการใช้ทำเป็นฝ้าเพดานว่าควรจะเลือกใช้แผ่นยิปซั่มบอร์ดชนิดที่ผลิตมาเพื่อคุณสมบัติในการกันความร้อนโดยเฉพาะ แต่ความสามารถในการต้านทานความร้อนก็ยังคงไม่มากนัก จึงมีการใช้อลูมินั่มฟอยล์หรือแผ่นสะท้อนความร้อนปิดทับอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความร้อนได้อีกระดับหนึ่ง



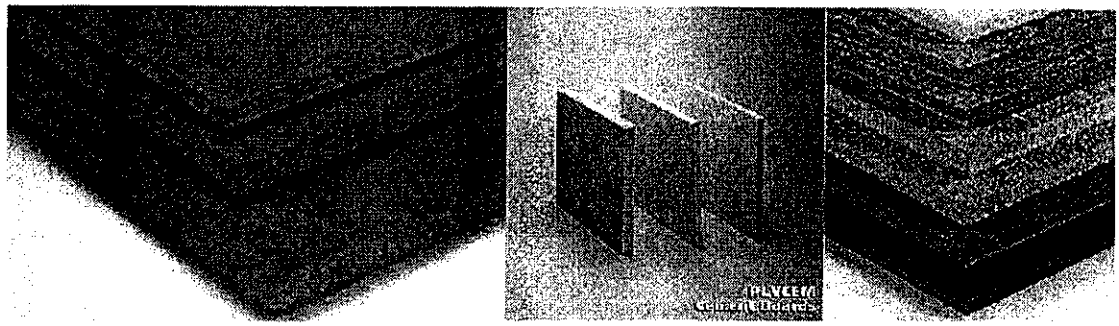
รูปที่ 2.49 แสดงการใช้ยิปซั่มบอร์ดทำเป็นผนังประกอบ โดยอาจเพิ่มฉนวนชนิดอื่นคั่นกลาง

2.2.6 ไฟเบอร์บอร์ด (Fiber Board)

ลักษณะทั่วไป

วัสดุหลักได้มาจากเส้นใยไม้ที่ผ่านการย่อยสลายเป็นเส้นใยเซลลูโลส นำมาอัดติดกันเป็นแผ่นด้วยกาวชนิดพิเศษ ด้วยคุณสมบัติของเส้นใยที่ประสานกันอยู่ทำให้สามารถใช้เป็นวัสดุป้องกันความร้อนได้ระดับหนึ่ง แต่ขาดความแข็งแรงทนทานจึงมักนิยมใช้เป็นฝ้าเพดานหรือผนังภายในเท่านั้น แต่ในปัจจุบันมีผู้นำเส้นใยเซลลูโลสเหล่านี้มาผสมกับปูนซีเมนต์ โดยใช้สารเคมีบางชนิด

เป็นตัวประสาน เมื่อนำมาอัดแรงขึ้นเป็นแผ่นแล้วนอกจากจะมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนแล้ว ยังเพิ่มความแข็งแรงทนทานให้กับวัสดุมากขึ้น สามารถนำไปใช้กับภายนอกโดยการทำเป็นผนังอาคารได้ ปัจจุบันมีการผลิตได้เองในประเทศแต่ก็ยังไม่มากนัก ทั้งคุณภาพก็ยังไม่เท่าของที่นำเข้า



รูปที่ 2.50 แสดงลักษณะของแผ่นไฟเบอร์บอร์ด

ที่มา : **http://www.viva.co.th/**

www.architecturalproducts.com/ images/3BOARDS.JPG

www.unitherm.com/.../Assets/ images/3RDPG1.jpg

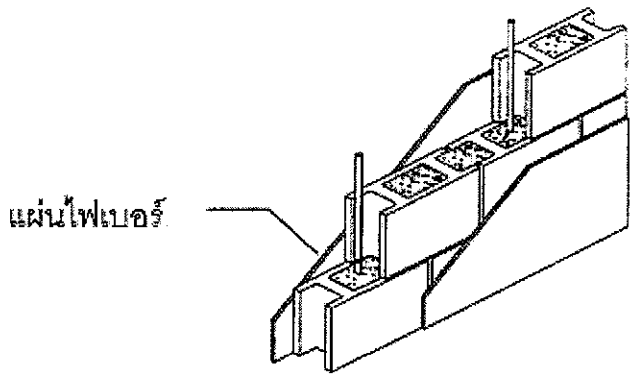
ตารางที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติของไฟเบอร์บอร์ด

รูปแบบกายภาพ	หน่วย
ราคาต่อหน่วย (บาท)	437
ราคารวมต่อตร.ม (บาท).	320
ค่าวัสดุ+ค่าแรง / ตรม. (บาท)	390
ขนาด (Volume) ($cm.^3$)	0.12x120x240
ความหนาแน่น ($kg./m^3$)	1250 – 1350
จำนวนแผ่นต่อตร.ม. (ก้อน,แผ่น)	0.35
น้ำหนักต่อตร.ม. ($kg./m^3$)	9.38
ค่าการนำความร้อน "K" (Conductivity – K value) (W/m.K)	0.210 #0.40W/m^2
ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity – R value) (m^2K/W)	0.154
การต้านทานแรงอัด ($kg./cm^2$)	9-12 นิวตัน/ตร.ม.

การกันเสียง (dB)	64
การปลอดกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
ความต้านทานแมลง เชื้อรา และความปลอดภัยต่อธรรมชาติ	ไม่ขึ้นรา เนื่องจากผสมสารกันเชื้อรา
อัตราการซึมน้ำ	13%
การยืดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	0.50(0.19%)
ข้อดี - ทำงานเร็ว - น้ำหนักเบา - ประหยัดพลังงาน - ไม่ลามไฟ - ป้องกันเสียงรบกวน - สะดวกต่อการติดตั้ง	
ข้อเสีย - เก็บความชื้น - แมลงเข้าไปได้ทำให้เสื่อมสภาพ - ชนิดไม่ผสมซีเมนต์จะขาดความแข็งแรง	

การประยุกต์การใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุ

ไฟเบอร์บอร์ดในที่นี้จะหมายถึงชนิดที่มีการผสมปูนซีเมนต์แล้ว เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเนื้อวัสดุให้สามารถนำมาใช้เป็นผนังภายนอกได้ แต่คุณสมบัติความสามารถในการป้องกันความร้อนยังคงน้อยอยู่ การเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวัสดุจึงทำได้เช่นเดียวกับวัสดุอื่นๆก็คือ การทำเป็นผนังประกอบ หรือการติดตั้งฉนวนกันความโดยตรงเพิ่มเข้าไปด้านในและใช้ผนังภายในปิดทับอีกชั้นหนึ่ง



รูปที่ 2.51 แสดงการนำแผ่นไฟเบอร์บอร์ดมาทำเป็นผนังประกอบ

2.2.7 เซรามิคโค้ตติ้ง (Ceramic Coating)

การศึกษาทั่วไป

ฉนวนชนิดนี้มีสารประกอบหลักมาจากอนุภาคเซรามิค ซึ่งมีคุณสมบัติในการสะท้อนความร้อนได้สูงแต่ดูดซับความร้อนต่ำ สามารถกระจายความร้อนได้เร็ว มีความยืดหยุ่นในตัวเองสูง ยึดเกาะกับพื้นผิวได้ดี จึงสามารถใช้ฉนวนเซรามิคโค้ตติ้งเคลือบภายนอกในส่วนที่ต้องการป้องกันความร้อนโดยตรงจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ โดยทำหน้าที่สะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์ออกไปก่อนที่จะกระทบผิวอาคาร เป็นการช่วยลดความร้อนให้กับอาคารและความร้อนที่จะสะสมในเนื้อวัสดุเปลือกอาคารและยังช่วยลดความเสียหายของโครงสร้างที่เกิดจากการยืดหดตัวเนื่องจากความร้อน จึงช่วยยืด

อายุการใช้งานของหลังคาอีกด้วย อีกทั้งยังมีความสะดวกและปลอดภัยเนื่องจากเป็นฉนวนที่ในภายนอกอาคาร การบำรุงรักษาจึงทำได้ง่าย

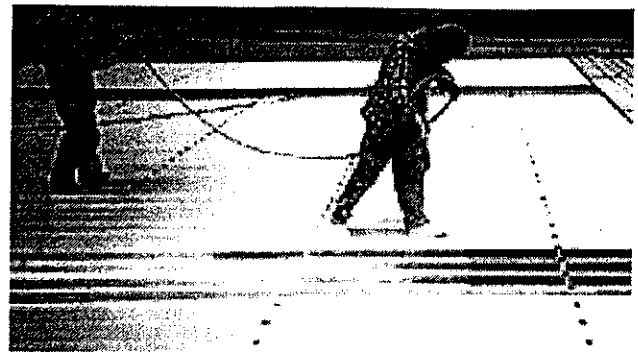
รูปที่ 2.52 แสดงบริเวณผิวหลังคาที่มีการใช้เซรามิคโค้ทติ้ง

ที่มา : http://www.thaibuild.com/miraclework/insulation.htm

ตารางที่ 2.7 แสดงคุณสมบัติของเซรามิคโค้ทติ้ง

รูปแบบกายภาพ	พ่นเหนือหลังคา
ราคาต่อหน่วย (บาท)	
ราคารวมต่อตร.ม. (บาท)	265 - 284
วัสดุ+ค่าแรง+ติดตั้ง / ตรม. (บาท)	280 - 355
ขนาด (Volume)(cm.^{3}) หนา xกว้าง x ยาว cm. x cm.x cm.	หนาx122x1,650 50 มม. 75 มม.
ค่าอุณหภูมิใช้งานที่เหมาะสม (C)	<80
ค่าการสะท้อนความร้อน (%)	90
ค่าการดูดกลืนความร้อน (%)	10
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Thermal Transfer) "Q"(Watt/m^2)	90%
การทนไฟ	ไม่ติดไฟ,ไม่ลามไฟ
การปลอดกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
การทานต่อการกัดกร่อน	ทนกรด ด่าง สารเคมี
ความต้านทานแมลง เชื้อรา และความปลอดภัยต่อธรรมชาติ	ไม่ขึ้นรา

การยืดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	มีความยืดหยุ่นดีไม่หดตัวหรือขาดง่าย
จำนวนผู้ผลิต	มาก
ปริมาณผลิตเทียบกับความต้องการ	เพียงพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย สะดวก แต่ควรห่างจากหลังคา 30 ซม.
อายุใช้งาน (ปี)	-
ข้อดี - ไม่เป็นอันตราย และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม - ทนรังสีอุลตร้าไวโอเลต - ไม่ขึ้นรา	
ข้อเสีย - เป็นที่อยู่อาศัยของ แมลงต่างๆหากไม่มี การป้องกันที่ดีพอ	



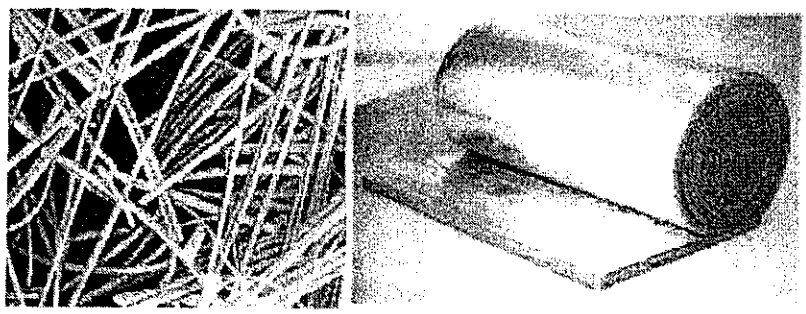
รูปที่ 2.53 แสดงบริเวณผิวหลังคาขณะที่กำลังทาและพ่นเซรามิคโค้ทติ้ง

ที่มา : http://www.thaibuild.com/miraclework/insulation.htm

2.2.8 ใยแก้ว (Fiber Glass)

ลักษณะทั่วไป

ใยแก้วเป็นฉนวนที่ผลิตจากการหลอมแก้วแล้วปั่นออกมาเป็นเส้นใยสีขาว จัดอยู่ในกลุ่มฉนวนเซลปิด ใยแก้วมีความหนาแน่นต่างกันตั้งแต่ 10 kg/m3 ไปถึงมากกว่า 64kg/m3 อาจผลิตในรูปแผ่นแข็ง แบบม้วน หรือขึ้นเป็นรูปทรงต่างๆกัน ตัวเส้นใยจะถูกเคลือบไว้ด้วยตัวประสาน (Binder) เช่น ฟีโนสิกเรซิน ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมระหว่างเส้นใย ที่พบมากจะเป็นฟีนอลฟอร์มอัลดีไฮน์ ซึ่งจะให้สีเหลืองหลังการผลิต



รูปที่ 2.54 แสดงลักษณะโครงสร้างของใยแก้วและฉนวนใยแก้วชนิดปิดผิวด้วยอลูมินั่มฟอยล์

ที่มา : www.miccell.co.th/cgisect/ cellstructure.htm

ตัวใยแก้วเป็นสารอนินทรีย์จึงไม่ติดไฟ แต่ตัวประสานจะติดไฟได้ จึงควรพิจารณาอุณหภูมิในการใช้งาน และการดูดซับความชื้น จะทำให้ความสามารถในการต้านทานความร้อนลดลง จึงต้องมีแผ่นมาประกบเพื่อช่วยต้านทานไอน้ำ เช่น แผ่นอลูมินั่มฟอยล์ หรือ ฟิล์มพลาสติกห่อหุ้มขณะใช้งานจริง ต้องพิจารณาคุณภาพและคุณสมบัติการติดไฟในการเลือกใช้งานด้วยและจากการที่ขนาดของเส้นใยแก้วที่เล็กและยาวทำให้มีคุณสมบัติในการคืนรูป หรือคืนความหนาได้ดี คุณสมบัตินี้จะช่วยในการคืนสภาพของฉนวนจากการบรรจุและการขนส่งที่มักมีการบีบอัดและสุดท้ายคือเรื่องของกลิ่นที่มาจากตัวประสานจึงควรจัดเก็บในพื้นที่เปิดโล่ง คุณสมบัติของใยแก้ว การใช้งานโดยทั่วไป จะวางฉนวนใยแก้วที่มีการหุ้มด้วยแผ่นอลูมินั่มฟอยล์เหนือฝ้าเพดาน ซึ่งเป็นพื้นที่การใช้งานโดยตรง

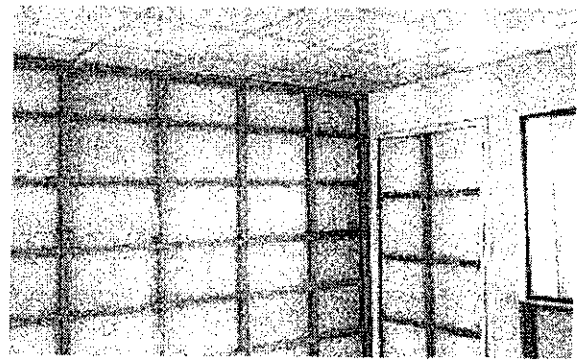
ตารางที่ 2.8 แสดงคุณสมบัติของใยแก้ว

รูปแบบกายภาพ	หุ้ม ปิด, บุใต้หลังคา, ปูเหนือฝ้า, แผ่นพื้น
ราคาต่อหน่วย (บาท)	180
ราคารวมต่อตร.ม. (บาท)	75
วัสดุ+ค่าแรง+ติดตั้ง / ตรม. (บาท)	95
ขนาด (Volume)(cm.^{3}) หนา xกว้าง x ยาว cm. x cm.x cm.	5x60x400 >50 มม. (หุ้ม) >50 มม. (บุ) >75 มม. (ปู) >50 มม. (แผ่น)
น้ำหนักต่อตร.ม. (kg./m^2)	0.5-0.8
ค่าอุณหภูมิใช้งานที่เหมาะสม (C)	-51 ถึง 204
ค่าความหนาแน่น(kg./m^3)	16 >64 มม. (หุ้ม) >24 มม. (บุ) >16 มม. (ปู) >32 มม. (แผ่น)
วัสดุปิดผิว	อลูมิเนียมฟอยล์
ค่าการสะท้อนความร้อน (%)	95
ค่าการดูดกลืนความร้อน (%)	5
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Thermal Transfer) "Q"(Watt/m^2)	1.451 (บุ) 0.696 (ปู) 1.539 (แผ่น)
ค่าการนำความร้อน (Conductivity – K value) (W/m.K)	0.0365 0.035 (บุ) 0.0365 (ปู) 0.033 (แผ่น)
ค่าการต้านทานความร้อน (Resistivity – R value) (m^{2}K/W)	1.392
ค่าความจุความร้อน (Thermal Capacity) (W/mK)	0.040

การทนไฟ	ใยแก้วไม่ติดไฟแต่ตัวประสานติดไฟได้
การปลอดกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
การทานต่อการกัดกร่อน	ไม่กัดกร่อนโลหะ
ความต้านทานแมลง เชื้อรา และความปลอดภัยตอธรรมชาติ	ไม่ขึ้นรา
อัตราการซึมน้ำ(%)	< 3%
การยืดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	คืนรูปดีไม่หดตัวแต่เมื่อชื้นหรือหมดอายุใช้งานจะยุบตัวกลายเป็นฝุ่นเล็กๆ
จำนวนผู้ผลิต	มาก
ปริมาณการผลิตเทียบกับความต้องการใช้	เพียงพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย
การบำรุงรักษา	-
อายุใช้งาน (ปี)	ประมาณ5-8 ปี
ข้อดี -มีคุณสมบัติฉนวนที่ดี -หาซื้อง่าย -ติดตั้งง่าย -มีรูปแบบให้เลือกใช้มาก	
ข้อเสีย - น้ำหนักมาก - เป็นสารก่ออันตรายต่อร่างกายและ สภาพแวดล้อม - ย่อยสลายไม่ได้ - มีกลิ่น - สัตว์เล็กทำรังภายใน - เมื่อชื้นคุณสมบัติ จะลดลง - ตัวประสาน (Binder) ลุกไหม้ได้	

การประยุกต์การใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุ

ควรเลือกใช้ชนิดที่มีวัสดุอื่นหุ้มผิวโดยรอบ เพราะต้องป้องกันความชื้นให้แก่ฉนวนใยแก้ว ที่นิยมใช้จะเป็นอลูมินั่มฟอยล์ ซึ่งฉนวนใยแก้วจะไม่มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะใช้เป็นวัสดุโครงสร้างได้ด้วยตนเอง จึงจำเป็นต้องใช้ร่วมกับวัสดุอื่นๆ ซึ่งก็เสมือนเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนให้เพิ่มขึ้นอีกระดับหนึ่งแต่การที่จะยืดอายุการใช้งานให้นานยิ่งขึ้น จะต้องระวังเรื่องของความชื้นที่จะทำให้ใยแก้วเสื่อมสภาพ และความชื้นที่เกิดขึ้นโดยมากจะเริ่มจากบริเวณรอยต่อที่ขาดการระมัดระวังขณะทำงาน หรือการวางฉนวนบนฝ้าเพดานที่มีการใช้ไฟแบบฝังในฝ้า ซึ่งความร้อนจากหลอดไฟก็จะทำความเสียหายได้เช่นกัน

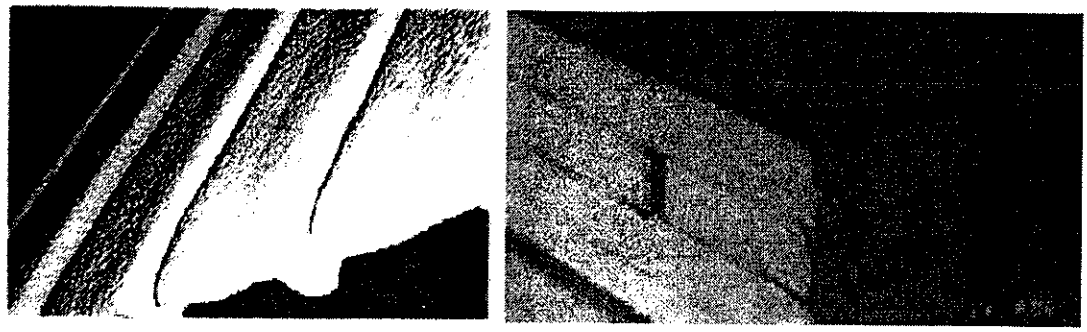


รูปที่ 2.55 แสดงการติดตั้งฉนวนใยแก้วภายในโครงเคร่า เป็นผนังประกอบร่วมกับวัสดุอื่น

2.2.9 ฉนวนโฟม (Foam)

ลักษณะทั่วไป

ฉนวนโฟมมีด้วยกันหลายชนิด ขึ้นอยู่กับสารประกอบทางเคมีที่นำมาใช้ รูปแบบที่นำมาใช้มีทั้งแบบพ่น และแบบสำเร็จรูปใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร น้ำหนักเบาไม่ก่อให้เกิดปัญหากับโครงสร้าง และไม่เป็นมลภาวะหรือเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม สามารถป้องกันความร้อนได้ดี มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง โดยเฉพาะแบบฉีดพ่นเพราะจะใช้กับส่วนใดของอาคารก็ได้ และประหยัดเวลาในการติดตั้ง โดยชนิดของฉนวนโฟมที่นิยมใช้กันมากมีดังนี้



รูปที่ 2.56 แสดงลักษณะของฉนวนโฟม

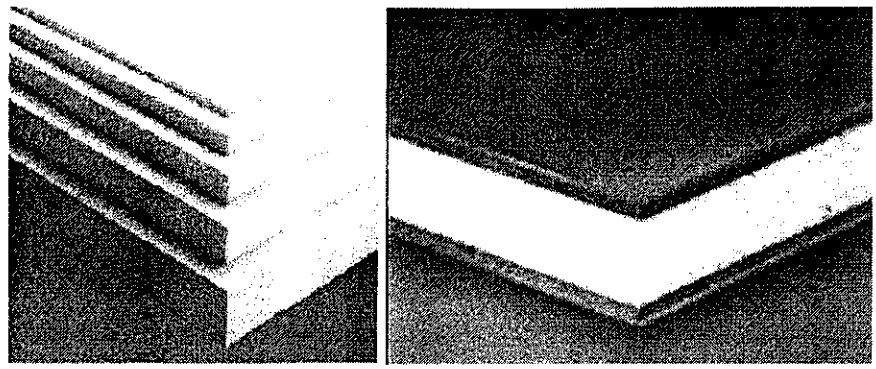
ที่มา : www.spec2u.com/product/foam

ฉนวนโพลีสไตรีนโฟม (Polystyrene, PS – Foam)

จัดอยู่ในกลุ่มฉนวนแบบกึ่งเซลล์ปิด มี 2 ลักษณะ คือ

1. ฉนวนโพลีสไตรีนแบบอัดรีด (Extruded Polystyrene)ผลิตโดยขบวนการอัดรีด ทำให้มีเซลล์ที่ละเอียดซึ่งมีอากาศผสมกับก๊าซฟลูออโรคาร์บอน (ปัจจุบันมีการใช้ก๊าซประเภทอื่นเพื่อหลีกเลี่ยงปรากฏการณ์เรือนกระจก) อยู่ภายใน ทำให้มีสภาพในการนำความร้อนที่ต่ำกว่าโพลีสไตรีนแบบหล่อ มีโครงสร้างและรูปร่างที่แข็งแรงคงที่มากกว่า ทำให้สามารถทนต่อแรงกดทับและต้านทานไอน้ำได้ดี แต่ข้อเสียคือ ติดไฟได้ และหากสัมผัสกับรังสีอุลตร้าไวโอเลต (UV) ในบรรยากาศจะมีการเสื่อมสภาพได้ จึงควรมีวัสดุปิดผิวในการใช้งาน ปัจจุบันยังคงต้องนำเข้าจากต่างประเทศจึงมีราคาค่อนข้างสูง

2. ฉนวนโพลีสไตรีนแบบหล่อหรือขยายตัว (Molded or Expanded Polystyrene)เป็นสไตรีนโพลีเมอร์เช่นกัน แต่ผลิตโดยขบวนการหล่อหรือขยายตัว ผลก็คือเซลล์จะหยาบกว่า และมีอากาศบรรจุอยู่ภายใน เมื่อเทียบกับแบบอัดรีดแล้วจะมีสภาพการนำความร้อนสูงกว่า ความหนาแน่นต่ำกว่า ต้านทานไอน้ำได้พอใช้ ติดไฟและก่อให้เกิดคาร์บอนมอนนอกไซด์(CO) แต่มีราคาถูกกว่า มีการเสื่อมสภาพจากการสัมผัสรังสียูวีในบรรยากาศได้เช่นกัน จึงควรเลือกใช้ในโครงเคร่าปิดหรือมีแผ่นปิดผิว โดยมีการขึ้นรูปประกอบเป็นผนังมีแผ่นปิด 2 ด้านเพื่อป้องกันรังสียูวีและใช้งานได้สะดวก ปัจจุบันมีการผลิตจำหน่ายในประเทศไทยแล้ว



รูปที่ 2.57 แสดงลักษณะของฉนวนโพลีสไตรีนโฟม (Polystyrene, PS – Foam)

ที่มา : www.falconfoam.com/images/ polystyrene_blue.jpg

www.omegaglazing.com/images/ omega_foam_ply.jpg

ฉนวนโพลียูเรเธนโฟม (Polyurethane, PU – Foam)

เป็นพลาสติกโพลิเมอร์ประเภทหนึ่ง พ่นให้เกิดเป็นโฟมมีลักษณะแข็ง อาทิ การพ่นเพื่อป้องกันความร้อนใต้หลังคา จัดอยู่ในกลุ่มฉนวนแบบกึ่งเซลล์ปิด เซลล์ภายในจะบรรจุด้วยก๊าซฟลูออโคาร์บอน ซึ่งเป็นก๊าซที่มีค่าการนำความร้อนต่ำกว่าอากาศ ทำให้ฉนวนประเภทนี้มีสภาพการนำความร้อนต่ำ อย่างไรก็ตามการนำความร้อนของฉนวนประเภทนี้จะเพิ่มขึ้นหรือค่าการต้านทานความร้อน จะลดลงตามอายุการใช้งาน เนื่องมาจากการแพร่กระจายของอากาศเข้าไปในเซลล์ โดยเฉพาะกรณีที่สัมผัสกับรังสียูวี จะทำให้สีของฉนวนเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเสื่อมสภาพลง โดยเฉพาะโฟมที่ไม่ได้ปิดผิว การดูดซับน้ำจะมีบ้าง เนื้อฉนวนมีการขยายและหดตัวจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หากใช้โครงเคร่าปิด เชและวัสดุปิดผิวที่แข็งแรงพอก็จะเป็นฉนวนที่ดีมาก

ฉนวนโพลีเอทเธลีนโฟม (Polyethelene, PE – Foam)

เป็นเอทเธลีนโพลิเมอร์รีดขึ้นรูปเป็นแผ่นมีฟองละเอียดของก๊าซอยู่ด้านใน จัดอยู่ในกลุ่มของฉนวนแบบเซลล์ปิด มีลักษณะอ่อนนุ่ม จึงไม่ควรใช้กับงานที่มีการกดทับ การต้านทานไอน้ำอยู่ในเกณฑ์สูง มีการเสื่อมสภาพได้จากรังสียูวี จึงควรมีแผ่นปิดผิวขณะใช้งาน การเลือกใช้งานป้องกันความร้อนในระบบหลังคา ต้องพิจารณาความหนาของฉนวน ให้มีค่าการต้านทานความร้อน ที่เพียงพอ คือมีความหนาไม่น้อยกว่า 40 มม. ในการใช้ติดใต้แผ่นหลังคา ซึ่งความหนาดังกล่าวจะต้านทานการไหลผ่านของพลังงานความร้อนได้น้อย และเนื่องจากเป็นโพลีเมอร์

พลาสติกประเภทหนึ่งจึงก่อให้เกิดควันปริมาณมากและก๊าซคาร์บอนมอนน็อกไซด์ที่เป็นอันตราย เมื่อเกิดเพลิงไหม้

ตารางที่ 2.9 แสดงคุณสมบัติของฉนวนโฟม

รายการวัสดุ	ฉนวนโฟม โพลีเอทิลีน Polyethylene Foam	ฉนวนโฟม โพลียูรีเทน Polyurethane Foam	ฉนวนโฟม โพลีสไตรีน Polystyrene Foam
รูปแบบกายภาพ	ฉีดพ่น	ฉีดพ่น	หุ้ม ปิด บุ
ราคาต่อหน่วย (บาท)	4,500	2,400	112 (100 มม.)
ราคารวมต่อตร.ม. (บาท)	314	270	700(40 มม.)
วัสดุ+ค่าแรง+ติดตั้ง / ตรม. (บาท)	400	533	720(40 มม.)
ขนาด (Volume)($cm.^3$)	>25	>25	10x60x120
น้ำหนักต่อตร.ม. ($kg./m^2$)	-	0.8	-
ค่าอุณหภูมิใช้งานที่เหมาะสม (C)	>-25 ถึง 85	>-25 ถึง 90	<80
ค่าความหนาแน่น($kg./m^3$)	>=30 – 50	35 – 40 16	1 ปอนด์ / ลบ.ฟ. 16
วัสดุปิดผิว	-	-	ยิปซั่มบอร์ด
ค่าการนำความร้อน (Conductivity – K value) (W/m.K)	<0.023	0.017 – 0.045 0.023 - 0.025	0.035 - 0.038
ค่าการต้านทานความร้อน (Resistivity – R value) (m^2K/W)	0.833	1.086	0.758 - 0.850
ค่าการต้านทานแรงอัด	-	2.2	0.25 – 11
การทนไฟ	ชะลอการลาม ของไฟ	ชะลอการลาม ของไฟ	150 – 180 °F ไม่ทนไฟ(ต้องใช้วัสดุปิดผิว)
การปลอดกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
การทานต่อการกัดกร่อน	ทนกรด ด่าง	ทนกรด ด่าง	ทนกรด ด่างได้พอสมควร
อัตราการซึมน้ำ(%)	< 5% - 10%	2 - 5%	ต่ำ
การยืดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	มีความยืดหยุ่นดี ไม่หดตัว	มีความยืดหยุ่นดี ไม่หดตัว	มีความยืดหยุ่นดี ไม่หดตัว
จำนวนผู้ผลิต	มาก	มาก	มาก
ปริมาณผลิตเทียบกับความต้องการ	เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ

ตารางที่ 2.9 (ต่อ) แสดงคุณสมบัติของฉนวนโฟม

รายการวัสดุ	ฉนวนโฟม โพลีเอทิลีน Polythylene Foam	ฉนวนโฟม โพลียูรีเทน Polyurethane Foam	ฉนวนโฟม โพลีสไตรีน Polystyrene Foam
อายุใช้งาน (ปี)	5 – 20	5-20	5-15
ข้อดี	- ไม่ติดไฟ - ปรับรูปได้ - เบา - ยืดติดง่าย - การนำความร้อนต่ำสุด	- ส่งผ่านความร้อนต่ำ - ไม่ลามไฟ - ประหยัดพลังงาน - ติดตั้งง่ายสะดวก - ไม่เป็นที่อยู่ของแมลง - เป็นเนื้อเดียวป้องกันความชื้น	- นำความร้อนต่ำ - ใช้เป็นตัวผลึกหรือกันซึม - การแทรกซึม ของไอน้ำ และการดูดกลืนความร้อนต่ำ - น้ำหนักเบา - ผสมสีต่างๆได้
ข้อเสีย	- เป็นที่อยู่อาศัยของแมลงหากไม่มีการป้องกัน - ถ้าชื้นมากๆ จะทำให้เสื่อมสภาพไป	- เป็นที่อยู่อาศัยของแมลง - ถ้าชื้นมาก ทำให้เสื่อมสภาพ - หากเกิดไฟไหม้จะมีควันมาก และเกิดก๊าซไฮโดรไซยาไนท์ (HCN) ซึ่งเป็นก๊าซมีอันตราย - ความต้านทานชุดฉนวนต่ำ	- ติดไฟได้ - ขณะลุกไหม้เกิด ควันที่เป็นพิษแก้ด้วยการเติมสารกันไฟ - ไม่ทนน้ำมัน เบนซิน ทินเนอร์ น้ำมันสน - ไม่ทนแสงแดด

2.2.10 อลูมินั่มฟอยล์ (Aluminium Foil)

ลักษณะทั่วไป

อลูมินั่มฟอยล์เป็นชนิดหนึ่งของฉนวนประเภทสะท้อนความร้อน และเป็นที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน โดยทั่วไปเป็นแผ่นอลูมินั่มฟอยล์ทากาวประกบกับแผ่นกระดาษคราฟมีเส้นใยเสริมแรง บางชนิดอาจมีชั้นของบิทูเมน (Bitumen) อยู่ด้วย อาศัยความหนาของช่องอากาศระหว่างแผ่นหลังคาและแผ่นอลูมินั่มฟอยล์เป็นตัวลดสภาพการนำความร้อน และความมันวาวของอลูมินั่มฟอยล์เป็นตัว
ลดการแผ่รังสี ทำให้ความร้อนผ่านเข้าสู่อาคารได้น้อยลง ปัญหาที่พบคือฝุ่นที่มาเกาะบนผิวทำให้คุณสมบัติการต้านทานการแผ่รังสีความร้อนลดลงด้วย

ตารางที่ 2.10 คุณสมบัติของอลูมินั่มฟอยล์

รูปแบบภาพภาพ	ม้วน ติดตั้ง
ราคาต่อหน่วย (บาท)	2700 - 4500
ราคารวมต่อตร.ม. (บาท)	40 - 60
วัสดุ+ค่าแรง+ติดตั้ง / ตรม. (บาท)	80
ขนาด (Volume)($cm.^3$) หนา xกว้าง x ยาว	หนา x125x6,000 หนา 150 ไมครอน
น้ำหนักต่อตร.ม. ($kg./m^2$)	0.25
ค่าการสะท้อนความร้อน (%)	95
ค่าการดูดกลืนความร้อน (%)	5
การทนไฟ	ขะลอการลามของไฟ
การปลอดกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
การทานต่อการกัดกร่อน	ทนกรด ด่าง สารเคมี
ความต้านทานแมลง เชื้อรา และความปลอดภัยต่อธรรมชาติ	ไม่ขึ้นรา

การยืดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	ไม่หดตัว แต่จะเสียรูปหรือหย่อนเนื่องจากการติดตั้งไม่ดี
จำนวนผู้ผลิต	ค่อนข้างน้อย
ปริมาณการผลิตเทียบกับความต้องการใช้	เพียงพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย
การบำรุงรักษา	ทำความสะอาดได้
อายุใช้งาน (ปี)	
ข้อดี - ทนUV,ไม่ติดไฟ - ป้องกันการกัดกร่อนของสนิม - น้ำหนักเบา	
ข้อเสีย - ถ้ามีฝุ่นเกาะคุณสมบัติจะลดลง เรื่อยๆ	

2.2.11 เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างและฉนวน 10 ชนิด

ตารางที่ 2.11 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุประกอบอาคาร

1. วัสดุประกอบโครงสร้าง						
รายการวัสดุ	ซิรูมอญ ½ แผ่น	ซิรูมอญ เต็มแผ่น	คอนกรีต บล็อก	คอนกรีต มวลเบา	อิบซัมบอร์ด	ไฟเบอร์บอร์ด
รูปแบบกายภาพ	(ก้อน)	(ก้อน)	(ก้อน)	(ก้อน)	(แผ่น)	(แผ่น)
ราคาต่อหน่วย (บาท)	0.60	0.60	4.60	25.21 – 37.80	230	437
ราคารวมต่อตร.ม (บาท).	100 - 190	380	200	315 - 412	230	320
ค่าวัสดุ+ค่าแรง / ตรม. (บาท)	425 - 440	635	390	460 - 646	320	390
ขนาด (Volume) ($cm.^3$)	7x16x3.5	(2)7x16x3.5	7x19x39	7.5x20x60	0.12x120x240	0.12x120x240
ความหนาแน่น ($kg./m^3$)	1615 - 1650	1650	765	550 - 640	800	1250 - 1350
จำนวนก้อนต่อตร.ม. (ก้อน,แผ่น)	145	290	14	8.33	0.35	0.35
น้ำหนักต่อตร.ม. ($kg./m^2$)	130	-	90	46.5	8.33	9.38
น้ำหนักรวมปูนฉาบต่อตร.ม. ($kg./m^2$)	180 - 200	330	130	90 – 100	30-35	-
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม "Q" (Thermal Transfer) ($Watt/m^2$)	30-45	58-70	-	32-42 15	-	-
ค่าการนำความร้อน "K" (Conductivity – K value) (W/m.K)	0.473	0.473	0.619	0.089 - 0.132	0.14-0.19	0.210
ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity – R value) (m^2K/W)	0.15	0.34	0.149	0.56	0.04	0.154
ค่าความจุความร้อน "C" (Thermal Capacity) (J/kg.K)	800-1000	-	-	น้อยกว่าซิรูมอญ 2.5 เท่า	840	-
ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว (Thermal Expansion /°C)	4.6×10^{-6}	-	4.5×10^{-6}	$8-10 \times 10^{-6}$	-	-
	-	-	-	0.13	0.14-0.19	-
การหดตัวเมื่อแห้ง	1.8	-	0.8	0.2	-	-
การต้านทานแรงอัด ($kg./cm^2$)	35 $kg./cm^2$	-	-	40-50	-	9-17 นิวตัน/ตร.ม.
ความแข็งแรงทางกด ($kg./cm^2$)	-	-	-	23	-	-
การกันเสียง (dB)	36-40	-	-	38-43	35-65	64
การหนไฟ (ชั่วโมง)	0.5 - 3	-	-	4	½ -4	
การปลอดสิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
การทนต่อการกัดกร่อน	-	-	-	-	-	-
ความต้านทานแมลง เชื้อรา และความปลอดภัยต่อธรรมชาติ	-	-	-	-	ไม่ขึ้นรา เนื่องจากผสมสารกันเชื้อรา	ไม่ขึ้นรา เนื่องจากผสมสารกันเชื้อรา
อัตราการซึมน้ำ (%)	40%	-	30%	35%	-	13%
การยืดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	+ 0.18	-	- 0.6	- 0.2	-	± 0.5

ตารางที่ 2.11 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุประกอบอาคาร

2. วัสดุประกอบฉนวน									
รายการวัสดุ	ฉนวนใยแก้ว 2" Fiber Glass	ฉนวนใยแก้ว 4" Fiber Glass	ฉนวนเยื่อกระดาษ Cellulose	แผ่นสะท้อนความร้อน Aluminium Foil	ยิบซัมบอร์ด + แผ่นสะท้อนความร้อน	ฉนวนโฟมโพลิเอทิลีน Polyethylene Foam	ฉนวนโฟมโพลียูรีเทน Polyurethane Foam	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน Polystyrene Foam	เซรามิคโดดดิ้ง
รูปแบบกายภาพ	หุ้มปิด,บุใต้หลังคา,ปูบนฝ้า,(แผ่น)	หุ้มปิด,บุใต้หลังคา,บูบนฝ้า (แผ่น)	หุ้มปิด,บุใต้หลังคา,บูบนฝ้า, (แผ่น)	ม้วน ติดตั้ง	แผ่น ติดตั้ง	ฉีดพ่น	ฉีดพ่น	หุ้ม ปิด บุ	ฟิมหนีอหลังคา
ราคาต่อหน่วย (บาท)	180	300	300	3000 - 4500	73	4,500	2,400	512 (100มม.)	
ราคารวมต่อตร.ม. (บาท)	75	125	125	40 - 60	10	314	270	700(40มม.)	265 - 284
วัสดุ+ค่าแรง+ติดตั้ง / ตรม(บาท)	95	145	145	80	21	400	533	720(40มม.)	280 - 355
ขนาด (Volume)(cm.^{3}) หนา xกว้าง x ยาว cm. x cm.x cm.	5x60x400 >50 มม(หุ้ม) >50 มม. (บุ) >75 มม. (ปู) >50มม(แผ่น)	10x60x400 >50 มม (หุ้ม) >50 มม. (บุ) >75 มม. (ปู) >50 มม. (แผ่น)	7.5x60x400	หนา150ไมครอน x125x6,000	1.2x60x120	>25	>25	10x60x120	หนา x122x1,650 50 มม. 75 มม.
น้ำหนักต่อตร.ม. (kg./m^3)	0.5-0.8	0.8-1.5	2.5	0.25	0.8	-	0.8	-	-
ค่าอุณหภูมิใช้งานที่เหมาะสม (C)	- 51 ถึง 204	- 51 ถึง 204	-	-	0.35	>-25 ถึง 85	>-25 ถึง 90	<80	<80
ค่าความหนาแน่น (kg./m^3)	16 >64 มม.(หุ้ม) >24 มม.(บุ) >16 มม.(ปู) >32 มม.(แผ่น)	69 >64 มม. (หุ้ม) >24 มม. (บุ) >16 มม. (ปู) >32 มม(แผ่น)	45-80	0.17	800 + Foil	>=30 – 50	35 – 40 16	1 ปอนด์/ลบ.ฟ. 16	-
วัสดุปิดผิว	อลูมิเนียมฟอยล์	อลูมิเนียมฟอยล์	-	-	-	-	-	ยิปซัมบอร์ด	-
ค่าการสะท้อนความร้อน (%)	95	95	-	95	95	-	-	-	90
ค่าการดูดกลืนความร้อน (%)	5	5	-	5	5	-	-	-	10
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Thermal Transfer-Q value) (Watt/m^2)	1.451 (บุ) 0.696 (ปู) 1.539 (แผ่น)	-	-	-	-	-	8.48hr.ft^{2}F/ Btu	-	90%
ค่าการนำความร้อน (Conductivity – K value) (W/m.K)	0.035 (บุ) 0.0365 (ปู) 0.033 (แผ่น)	0.0365	0.029 - 0.045	-	0.19 + Foil	<0.023	0.017 – 0.045 0.024	0.035	-
ค่าการต้านทานความร้อน (Resistivity – R value) (m^{2}K/W)	1.392	2.334	1.875	-	0.04 + Foil	-	9.09	0.70 - 0.85	-
ค่าการต้านทานแรงอัด	-	-	-	-	-	-	2.2	0.25 - 11	-
ค่าการกันเสียง (dB)	-	-	>42 - 95%	-	65 + Foil	-	>70	-	-
การหนไฟ	-	-	ขะลอการลามของไฟ	ขะลอการลามของไฟ	½ - 4 + Foil	ขะลอการลามของไฟ	ขะลอการลามของไฟ	150 – 180 °F ไม่หนไฟ เว้นแต่ใช้วัสดุกันไฟปิดผิวจะกันไฟได้	ไม่ติดไฟ ไม่ลามไฟ

2. วัสดุประกอบฉนวน (ต่อ)

รายการวัสดุ	ฉนวนใยแก้ว 2" Fiber Glass	ฉนวนใยแก้ว 4" Fiber Glass	ฉนวนเยื่อกระดาษ Cellulose	แผ่นสะท้อนความร้อน Aluminium Foil	ยิบซั่มบอร์ด + แผ่นสะท้อนความร้อน	ฉนวนโฟมโพลิเอทิลีน Polyethylene Foam	ฉนวนโฟมโพลียูรีเทน Polyurethane Foam	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน Polystyrene Foam	เซรามิคไดคลิ้ง
การปลดปล่อย	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
การทนต่อการกัดกร่อน	ไม่กัดกร่อนโลหะ	ไม่กัดกร่อนโลหะ	-	ทนกรด ด่าง สารเคมี	ทนกรด ด่าง สารเคมี	ทนกรด ด่าง เสื่อมเมื่อโดน uv	ทนกรด ด่าง เสื่อมเมื่อโดน uv	ทนกรด ด่าง เสื่อมเมื่อโดน uv	ทนกรด ด่าง สารเคมี
ความต้านทานแมลง เชื้อรา และความปลอดภัยต่อธรรมชาติ	ไม่ขึ้นรา	ไม่ขึ้นรา	ไม่ขึ้นราเนื่องจากผสมสารกันเชื้อรา	ไม่ขึ้นรา	ไม่ขึ้นราเนื่องจากผสมสารกันเชื้อรา	-	-	-	ไม่ขึ้นรา
อัตราการซึมผ่านน้ำ(%)	< 3%	< 3%	2%	-	-	2- 5%	5-10%	ต่ำ	-
การยึดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	คืนรูปได้ไม่หดตัว แต่เมื่อชื้นหรือหมดอายุใช้จะยุบตัวเป็นฝุ่น	คืนรูปได้ไม่หดตัว แต่เมื่อชื้นหรือหมดอายุใช้จะยุบตัวกลายฝุ่น	ไม่หดแต่ระยะยาวจะมีการยุบตัว	ไม่หดตัว แต่จะเสียรูปหรือหย่อนเนื่องจากการติดตั้งไม่ดี	ไม่หดตัวแต่จะเสียรูปหรือหย่อนเนื่องจากการติดตั้ง Foil ไม่ดี	มีความยืดหยุ่นดี ไม่หดตัวหรือฉีกขาดง่าย	มีความยืดหยุ่นดี ไม่หดตัวหรือฉีกขาดง่าย	มีความยืดหยุ่นดี ไม่หดตัวหรือฉีกขาดง่าย	มีความยืดหยุ่นดี ไม่หดตัวหรือฉีกขาดง่าย
จำนวนผู้ผลิต	มาก	มาก	ค่อนข้างน้อย	ค่อนข้างน้อย	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก
ปริมาณการผลิตเทียบกับความต้องการใช้	เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย	ง่าย	แบบพ่นเฉพาะใช้ช่างเฉพาะ	ง่าย	ง่าย	ง่าย สะดวก	ง่าย สะดวก	ง่าย สะดวก	สะดวก,ควรห่างจากหลังคา 30 ซม.
การบำรุงรักษา		เปลี่ยนใหม่เมื่อหมดอายุการใช้งาน	เปลี่ยนใหม่เมื่อหมดอายุการใช้งาน	ทำไม่ได้	ทำความสะอาดได้	-	-	-	-
อายุใช้งาน (ปี)	5-10	5-10	5-10	-	-	5 - 20	5-20	5-15	-
ข้อดี		- ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร - หาง่าย - ติดตั้งง่าย - ป้อ ความร้อนต่ำ	- ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร - หาง่าย - ติดตั้งง่าย - นำความร้อนต่ำ	- ไม่มีสารพิษ - Recycle - ลดเสียงสะท้อน - น้ำหนักเบา - ไม่มีกลิ่น - ไม่มีช่องว่างระหว่างฉนวนกับส่วนที่ติดฟัน	- หนึบ, ไม่ติดไฟ - ป้องกันการกัดกร่อนของสนิม - น้ำหนักเบา	- ไม่ติดไฟ - ปรับรูปได้ - เบา - ยึดติดง่าย - กันเสียง - การนำความร้อนต่ำสุด	- ส่งความร้อนต่ำ - ไม่ลามไฟ - ติดตั้งง่าย สะดวก อายุใช้งานนาน ไม่เป็นที่อยู่แมลง -ประหยัดพลังงาน - ป้องกันเสียง - เป็นเนื้อเดียว กันทำให้ป้องกันความชื้นดี	- นำความร้อนต่ำ - ใช้เป็นตัวผลึกหรือกันชื้น - กรองแทรกซึมไอน้ำและการดูดกลืนความร้อนต่ำ - น้ำหนักเบา - ผสมสีต่างๆได้	ไม่เป็นอันตราย ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ทนทั้งสิ่งมีชีวิตและสารไวไฟ ไม่ขึ้นรา
ข้อเสีย	- น้ำหนักมาก - เป็นสารก่ออันตรายต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อม ย่อยสลายไม่ได้ มีกลิ่น เมื่อชื้นคุณสมบัติจะลดลง - สัตว์เล็กทำรังภายใน - ตัวประสาน (binder) ดูดไฟได้	- น้ำหนักมาก - เป็นสารก่ออันตรายต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อม - ย่อยสลายไม่ได้ - มีกลิ่นจากตัวประสาน - สัตว์เล็กทำรังภายใน - เมื่อชื้นคุณสมบัติจะลดลง	- น้ำหนักมาก - เป็นสารก่ออันตรายต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อม - ย่อยสลายไม่ได้ - มีกลิ่น - สัตว์เล็กทำรังภายใน - เมื่อชื้นคุณสมบัติจะลดลง	ชื้นง่าย เป็นที่อยู่ของแมลง - ผสมสารกันชื้น+กันไฟลาม+กันแมลงภายในยึดตัวเองไม่ได้ ต้องใช้กาวผสมเนื่องจากโดนความร้อนที่ลับไว้ทำให้ -เสื่อมสภาพ และเมื่อระเหยจะหลุดล่วงเป็นผงฝุ่น	ถ้ามีฝุ่นภาคุณสมบัติจะลดลงเรื่อยๆ	- เป็นที่อยู่อาศัยของแมลงทา ไม่มีการป้องกัน - ถ้าชื้นมากๆ จะทำให้เสื่อมสภาพ	-เป็นที่อยู่ของแมลง ถ้าชื้นมากๆทำให้เสื่อมสภาพ - เกิดไฟไหม้จะมีควันมากและ เกิดก๊าซโอโดร ไซยาไนท์เป็นอันตรายถึงชีวิต - ความต้านทานการรูดริดต่ำ - ผิวหน้าเป็นจุดรองรับการตกแต่ง	- ติดไฟได้ - ระยะลุกไหม้เกิดควันที่เป็นพิษแก่ตัวการเติมสารกันไฟ - ไม่ทนน้ำมันเบนซิน ทินเนอร์ น้ำมันสน - ไม่ทนแสงแดด	- เป็นที่อยู่อาศัยของแมลงต่างๆ หากไม่มีการป้องกันที่ดีพอ

3. วัสดุกระจก

รายการวัสดุ	กระจกใส (Clear Glass)	กระจกสี (Tinted Glass)			กระจกดัดแสง (Heat Absorbing Glass)			กระจกสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating Glass)			กระจกกันความร้อน (Insulating Glass)			ฟิล์มลดความร้อน (Film)
		Cool grey	Skyblue	Ocean Green	Cool grey	Skyblue	Ocean Green	Yellow	Blue	Green	Clear G. - Dry Air - Clear G.	CG.+LowE - Dry Air - Clear G.	CG.+Solar - Dry Air - Clear G.	
ราคารวมต่อตารางฟุต (บาท)	25 - 27	38	36	38	46 -70	50 - 70	50 - 70	60 - 60	60 - 60	60 - 52	160 - 210	215 - 230	226- 260	
ราคาค่าแรง / ตร.ฟ. (บาท)	8	8	8	8	8	8	8	18	18	18	18	18	18	10บาท/ ม^2
ค่าวัสดุ+ค่าแรง / ตรม. (บาท)	33	46	46	46	76	76	78	68	68	68	228	233	244	
ความหนา (mm.)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6-12-6	6-12-6	6-12-6	
ค่าสัมประสิทธิการบังเงา(SC)	0.96	0.64	0.68	0.65	0.32	0.51	0.67	0.24	0.32	0.28	0.82	0.65	0.27	0.20-0.60
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Watt/m^2)	2.762												0.15	
ค่าการสะท้อนความร้อนรวม (%)	14	11	12	14			12	40	40	53	25	26	41	72
ค่าการนำความร้อน (Conductivity – K-value) (W/m.K)	0.779	0.904								0 909	0.761			
ค่าการต้านทานความร้อน (Receptivity – R-value) (m^{2}K/W)	0.004	0.007								0 007				
ค่าสะท้อนแสงVis-R (%)	7	5	6	7			7	19	21	29	14	14	38	<25
ค่าการส่องผ่านแสง Vis-T (%)	88	38	58	72			74	10	21	14	78	72	7	>30
ค่าสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์ Solar-Energy Reflectance (%)	7	6	6	7			5	21	19	24	11	12	33	
ค่าการส่งผ่านพลังงานแสงอาทิตย์ Solar-Energy Transmittance (%)	80	43	45	42			43	6	13	10	61	46	5	<40
ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ Solar-Energy Absorption (%)	13	51	49	51	45	48	52	73	69	66	28	42	62	
ค่าส่งผ่านรังสีอุลตร้าไวโอเลต (%)							23							<5

3. วัสดุกระจก (ต่อ)

รายการวัสดุ	กระจกใส (Clear Glass)	กระจกสี (Tinted Glass)			กระจกดัดแสง (Heat Absorbing Glass)			กระจกสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating Glass)			กระจกกันความร้อน (Insulating Glass)			ฟิล์มลดความร้อน (Film)
		Cool gray	Skyblue	Ocean Green	Cool gray	Skyblue	Ocean Green	Yellow	Blue	Green	Clear G. - Dry Air - Clear G.	CG.+Low E - Dry Air - Clear G.	CG.+Solar - Dry Air - Clear G.	
ค่าการถ่ายเทความร้อน(ฉนวนร้อน) U-value (W / m²h°C)	5.83	6.27	6.21	6.23	5.90	5.94	5.96	4.74	5.08	5.03	3.18	1.93	2.68	
ค่าพลังงานความร้อน RHG(W/m²)	650	451	476	460				191	244	217	540	423	114	
ค่าพลังงานความร้อน RHG / ค่าการส่องผ่านแสง Vis-T (W/m²)	813	1187	824	639				1910	1162	1550	692	267	826	
ค่าการส่องผ่านแสง Vis-T /การส่งผ่านพลังงานแสงอาทิตย์	1.10	0.88	1.28	1.71			1.72	1.67	1.62	1.40	1.28	1.67	1.38	
จำนวนผู้ผลิต	มาก	มาก	มาก	มาก	พอดี	พอดี	พอดี	มาก	มาก	มาก	น้อย	น้อย	น้อย	มาก
ปริมาณผลิตต่อความต้องการใช้	มากพอ	มากพอ	มากพอ	มากพอ	พอดี	พอดี	พอดี	มากพอ	มากพอ	มากพอ	มากพอ	มากพอ	มากพอ	มากพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ยาก	ยาก	ยาก	ง่าย
การรุงรักษา	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ยาก	ยาก	ยาก	ง่าย
ข้อดี	- แสงเข้าได้เต็มที่ - เห็นภาพนอกชัดเจน - ราคาไม่สูง	- ราคาไม่สูงนัก - ยอมให้แสงผ่านเข้ามาเพื่อช่วยกระจายแสงภายในห้องอย่างเหมาะสม			- ลดความร้อนเข้าอาคารมากกว่าโดยการดูดคลื่นความร้อนจากรังสีคลื่นสั้นที่ส่องกระทบกระจก 40-50% สีต่างๆเกิดจากการเติมออกไซด์ของโลหะ ในเนื้อกระจก ไม่ส่งผลกระทบกับแสงที่เข้ามา - ยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาได้สูง - เห็นทัศนียภาพภายนอกได้ชัดเจน - สีกระจกช่วยลดความจ้าของแสงที่มากเกินไปได้				- สะท้อนความร้อนไม่ให้เข้าอาคารได้ - รับแรงดันลมเพิ่มขึ้น - ลดเสียงรบกวน - สร้างความสมดุลระหว่างแสงภายใน และแสงภายนอกจึงลดความสว่างจ้า			- ป้องกันการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายนอกสู่ภายในได้ประมาณ 70-80% - ยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาได้สูง - บางชนิดที่ติดฟิล์มด้านในกระจกทั้งสองแผ่น จะช่วยป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเข้ามาทำลายวัสดุภายในอาคารได้		- ป้องกันความร้อน - ประหยัดพลังงาน - สะดวกต่อการติดตั้ง

3. วัสดุกระจก (ต่อ)						
รายการวัสดุ	กระจกใส (Clear Glass)	กระจกสี (Tinted Glass)	กระจกดูดแสง (Heat Absorbing Glass)	กระจกสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating Glass)	กระจกกันความร้อน (Insulating Glass)	ฟิล์มลดความร้อน (Film)
ข้อเสีย	- ความร้อนเข้าอาคารได้มาก - การต้านทานความร้อนเข้าภายในอาคารประมาณ 20%	- ดูดกลืนความร้อนจากดวงอาทิตย์มาสะสมอยู่ในเนื้อกระจกมากขึ้น - ถ้าสีมีความเข้มมากจะบดบังการมองเห็นได้	- ราคาค่อนข้างสูง - บดบังการมองเห็นเล็กน้อยด้วยสีของกระจกบางสี	- สะท้อนความร้อนให้กับอาคารข้างเคียง - ความสว่างของแสงที่เข้าในอาคารลดลงมากกว่า 60% - มีประสิทธิภาพในการดูดกลืนความร้อนสูงด้วย จึงอาจเกิดปัญหาการแตกร้าวของกระจกจากการสะสมความร้อน	- ราคาสูง - อาจเกิดการแตกร้าวของผิวกระจกได้เนื่องจากความต่างที่มากของอุณหภูมิภายนอกกับภายใน โดยเฉพาะที่มีการเปิดลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศมากระทบผิวกระจก และเนื่องจากการสะสมความร้อนในเนื้อกระจกเนื่องจากไม่หาลีหรือปิดแผ่นกระดาษที่ผิวกระจก	- อาจมีการหลุดลอนของฟิล์ม - ไม่สามารถให้มีไอน้ำเข้าไปในช่องว่างภายในกระจกจะทำให้เสียคุณสมบัติและอายุการใช้งานลดลง

หมายเหตุ : SC (Shading Coefficient) **Vis-R** (Visible-Rays Reflectance) **Vis-T** (Visible-Rays Transmittance) **UV-T** (Ultraviolet-Rays Transmittance) **RHG** (Relative Heat Gain)

กระจกฮีตมิเรอร์ (Heat mirror) และ กระจกฮีตสต๊อป (Heat Stop)

ลักษณะกระจกฮีตมิเรอร์ เป็นระบบของกระจกสองชั้น (Doubble Glazing) ที่เคลือบด้วยสารที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำ (Loe – E) ทั้งสองด้านของแผ่นฟิมล์ (Film) ที่อยู่ระหว่างช่องว่างอากาศ โดยที่ช่องอากาศทั้บสองข้างจะทำหน้าที่เป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี (Reflective Air Space) มีสารดูดความชื้นในช่องว่างอากาศ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกชนิดนี้ (U – V alue) อาจต่ำถึง 0.25 กระจกฮีตมิเรอร์มีคุณสมบัติในด้านต่างๆดังนี้

- สามารถสะท้อนความร้อนออกไปจากกระจกได้มาก โดยยอมให้ความร้อนส่งผ่านมาได้ค่อนข้างน้อย โดยมีค่าอัตราระหว่างค่าการส่องผ่านของแสงธรรมชาติ (Visible Transmission ,VT) ต่อค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Solar Heat Gain Coefficint) มากกว่า 1.56 – 1.7 ขึ้นอยู่กับหนืดของกระจก ทำให้ความร้อนที่เข้ามาในอาคารมีน้อยมาก และผิวกระจกก็จะไม่ร้อน ส่งผลให้ขณะที่เรายืนใกล้กระจกจะไม่รู้สึกร้อน
- กระจกฮีตมิเรอร์ ยอมให้แสงธรรมชาติเข้ามามาก ทำให้สามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการใช้ระบบแสงสว่างช่วงกลางวันในบริเวณนั้นได้
- ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต โดยยอมให้รังสีอัลตราไวโอเลตผ่านเข้ามาได้ไม่ถึง 2 เปอร์เซ็นต์

ข้อแตกต่างระหว่างกระจกฮีตมิเรอร์และกระจกฮีตสต็อปที่เห็นได้ชัด ก็คือ กระจกฮีตมิเรอร์ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตได้ดีกว่ากระจกฮีตสต็อปเล็กน้อย แต่กระจกฮีตสต็อปจะมีค่าการสะท้อนแสงจากภายในน้อยกว่า ทำให้การมองผ่านกระจกฮีตสต็อปสามารถมองเห็นทิวทัศน์ภายนอกได้ชัดเจนกว่ามองผ่านกระจกฮีตมิเรอร์

แนวทางการเลือกใช้วัสดุและการนำไปใช้

ในการเลือกใช้วัสดุแต่ละชนิดเพื่อใช้งานนั้น ย่อมต้องมีความแตกต่างกันออกไปตามความต้องการของผู้ใช้ว่าจะให้ความสำคัญในเรื่องใด เนื่องจากวัสดุที่มีอยู่ในปัจจุบันก็มากมายและมีคุณสมบัติที่ไม่เหมือนกัน ฉะนั้นในการเลือกใช้ควรที่จะต้องมีความเข้าใจในระดับหนึ่ง เพื่อให้สามารถเลือกนำวัสดุมาใช้งานได้ตามความต้องการที่ตั้งใจไว้ ซึ่งวัสดุทุกชนิดก็จะมีจุดเด่นด้านคุณสมบัติเฉพาะในตัวเอง แต่ก็จะมีข้อกำจัดบางประการ วิธีการเลือกและนำไปใช้ต่างกันออกไปตามความต้องการของผู้ใช้ และมีวัตถุประสงค์ในการใช้งานที่ต่างกัน สามารถแบ่งเป็นกลุ่มตามวัตถุประสงค์หรือการเน้นความสำคัญในการเลือกใช้ ได้ดังนี้

1. คุณสมบัติความเป็นฉนวน
2. ราคาวัสดุไม่สูง
3. ไม่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
4. ขั้นตอนการก่อสร้างง่าย
5. อายุการใช้งานนาน

2.5. เทคนิคการก่อสร้าง

ในการพิจารณาออกแบบโครงสร้าง สำหรับบ้านประหยัดพลังงานในเขตร้อนชื้น ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

2.6.1. การลดการสะสมความร้อนภายในโครงสร้าง

2.6.2. การกันความชื้นให้กับโครงสร้างและองค์ประกอบของเปลือกอาคาร

2.6.3. การเลือกระบบที่จะลดปัญหาการควบแน่นของไอน้ำภายในผนังและโครงสร้าง

2.6.4. การหลีกเลี่ยงสะพานความร้อน (Thermal Bridge)

2.6.5. การประยุกต์ใช้โครงสร้างอาคารร่วมกับระบบกันแดดให้กับหน้าต่างและช่องแสง

2.6.1. การลดการสะสมความร้อนภายในโครงสร้าง

ระบบโครงสร้างที่เลือกใช้ นอกจากส่วนคานที่ยื่น และคาน ค.ส.ล. ซึ่งเป็นวัสดุที่มีมวลสารมากแล้ว องค์ประกอบที่เหลือเป็นวัสดุเบาทั้งหมดโดยในส่วนที่เป็นองค์ประกอบโครงสร้างซิปซัม ระบบพื้นของอาคารทั้งหมดเป็น ค.ส.ล. หนา 2 นิ้ว วางบนโครงเหล็กเพื่อลดน้ำหนักและมวลสารให้กับอาคาร ทำให้มวลสารที่จะมีอิทธิพลในการสะสมความร้อนของโครงสร้างของส่วนพื้นมีค่าเฉลี่ยประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านที่มีโครงสร้าง ค.ส.ล. ทั่วไป ในส่วนที่เป็นผนังประยุกต์ใช้ระบบผนังเบาตลอดทุกส่วนของอาคารพื้นภายนอกและภายใน โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ที.จี.อาร์เมอร์วอลล์,2533) ผนังระบบนี้มีการสะสมความร้อนและความชื้นเฉลี่ยประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบบ้านที่มีผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้วทั่วไป

ด้วยเหตุที่ระบบโครงสร้างมีการสะสมความร้อนน้อย จึงช่วยลดพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศได้มาก สำหรับทุกครั้งที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศ เพราะช่วยลดพลังงานในการลดความร้อนที่สะสมอยู่ในมวลสารของบ้าน อย่างไรก็ตามข้อเสียของระบบนี้คือ หากมีแดดเข้ามาภายในบ้านจะทำให้อุณหภูมิภายในบ้านสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่หากออกแบบป้องกันแดดโดยตรงไม่ให้เข้ามาภายในบ้าน ในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 ถึง 16.00 น. ดังนั้นอิทธิพลที่จะเกิดจากแสงแดดในกรณีดังกล่าวจึงไม่ปรากฏ ข้อดีประการหนึ่ง ของระบบโครงสร้างพื้นที่มีความหนาของคอนกรีตเพียง 2 นิ้ว ก็คือการลดน้ำหนักของอาคารให้กับส่วนระเบียงที่ยื่นออกไปจากตัวอาคาร ทำให้สามารถออกแบบให้ด้านหลังที่มีส่วนยื่นออกไปได้มากเป็นพิเศษเพื่อการกันแดดกันฝนโดยไม่ต้องเพิ่มขนาดของโครงสร้าง

2.6.2.การกันความชื้นให้กับโครงสร้างและองค์ประกอบของเปลือกอาคาร

ในการออกแบบโครงสร้างทั้งหมด ได้ใช้ระบบกันความร้อนและความชื้นภายนอกทั้งในส่วนที่เป็นโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก และส่วนที่เป็นเสาคานของชั้นล่าง โดยเลือกระบบที่ห่อหุ้มภายนอกด้วยระบบโฟมอีพีเอส หนา 3 นิ้ว ชนิดที่มีสารกันไฟลาม (Expanded Polystyrene) และไม่มีสารคอร์โรฟลูโอโรคาร์บอนด์ (CFC) ในการผลิตจึงเป็นระบบที่ไม่ทำลายสภาพแวดล้อม และในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ก็จะหลอมตัว และหยดเหมือนเทียนไขที่ถูกห่อหุ้มด้วยตาข่ายไฟเบอร์กลาส ระบบผนังดังกล่าวได้ยื่นเลยไปถึงระดับใต้คานคอดินที่อยู่ต่ำจากพื้นดิน 60 เซนติเมตร ถึง 1 เมตร ทั้งนี้เพื่อช่วยสกัดกั้นความร้อนจากผิวดินชั้นบน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสูงให้กับระบบพื้นและผนังชั้นล่างที่มีการสัมผัสดิน

2.6.3.การเลือกระบบที่จะลดปัญหาการควบแน่นของไอน้ำภายในผนังและโครงสร้าง

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จะพบว่าเมื่อมีการปรับอากาศภายในอาคาร ระดับความชื้นภายในอาคารจะต่ำกว่าภายนอกมาก ด้วยเหตุนี้เมื่อภายในอาคารถูกปรับอากาศให้เย็นลง จะพบว่าจุดควบแน่นของหยดน้ำจะอยู่ในผนังส่วนที่เป็นฉนวนกันความร้อน แต่เนื่องจากผนังโฟมที่นำมาใช้ มีความสามารถในการต่อต้านความชื้นได้ดี การควบแน่นที่จะเกิดขึ้นในเนื้อโฟมจะไม่เป็นอันตรายกับโฟม หากมีความชื้นเล็ดลอดเข้ามาข้างในบางครั้ง ก็จะกลายเป็นไอระเหยออกสู่ภายนอกเมื่อโดนแดดด้วยเหตุที่ผนังดังกล่าวเป็นผนังที่ยอมให้ไอน้ำทะลุทะลวงผ่านไปได้บ้างระบบกันความร้อนและความชื้นภายนอกที่เลือกมาใช้นี้ จึงนับว่าเป็นระบบที่เหมาะสมกับเมืองที่ร้อนชื้นแบบประเทศไทย อนึ่งวัสดุที่ใช้ฉาบผิวภายนอกของระบบนี้ เป็นไฟเบอร์กลาสที่ฉาบทับชั้นนอกด้วยเนื้อสีผสมเม็ดทรายซึ่งหนา 1 มิลลิเมตร ทำให้ช่วยสกัดกั้นทั้งรังสีอัลตราไวโอเลตและกันน้ำได้อย่างสมบูรณ์ กับทั้งจะช่วยลดการยืด-หดตัวให้กับโครงสร้างได้อย่างดีเยี่ยม ด้วยเหตุที่ตัวโครงสร้างทั้งหมดถูกห่อหุ้มด้วยโฟม ทำให้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโครงสร้างมีความแตกต่างในแต่ละฤดูกาลไม่ถึง 2 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วยลดการแตกร้าวของรอยต่อต่างๆ ภายในอาคาร ด้วยเหตุที่โครงสร้างมีการขยายตัวและหดตัวเนื่องจากความร้อนน้อยมาก

ข้อดีอื่นของระบบโครงสร้างที่นำมาใช้ คือ ความสามารถในการทำงานได้รวดเร็ว เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาหล่อเสา-คานซึ่งเสียเวลามากประกอบกับการก่อสร้างเป็นแบบแห้งทั้งหมด ทำให้ลดเวลาในการก่อสร้างได้เกือบเท่าตัว และโครงสร้างดังกล่าวยังทนทานต่อการเกิดแผ่นดินไหวได้เป็นอย่างดีอีกด้วย และออกแบบให้สามารถรับอิทธิพลจากแรงลมได้มากกว่าบ้านทั่วไปกว่าเท่าตัว ส่วนปัญหาที่มีผู้เกรงว่าโครงสร้างจะเป็นสนิมนั้นโอกาสที่จะเกิดขึ้นมีน้อยมาก เนื่องจากเหล็กที่มีความหนาเพียงพอ (ในกรณีนี้ใช้ความหนาเหล็ก 2.3 มิลลิเมตร) เมื่อมีการป้องกันความชื้นอย่างสมบูรณ์ จะพบว่าจะคงทนทานอยู่ได้มากกว่า 100 ปี ระบบดังกล่าว จึงจัดว่าเป็นระบบที่มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นได้เป็นอย่างดีระบบหนึ่ง

2.6.4. การหลีกเลี่ยงสะพานความร้อน

ส่วนที่เป็นเสา-คาน และโครงสร้างหลักของอาคารทั้งหมด ตลอดจนผนังทั้งหมดได้ถูกห่อหุ้มด้วยโฟมอีพีเอสทั้งหมด จึงเป็นการสกัดกั้นความร้อนจากเสา-คาน และส่วนยื่นของอาคารได้อย่างสมบูรณ์ (Thomas, 1992) ระบบนี้แตกต่างกับการใช้ฉนวนที่ติดตั้งภายใน ซึ่งจะกันความร้อนได้เฉพาะในช่องว่างระหว่างเสา-คานเท่านั้น ความจำเป็นในเรื่องการลดสะพานความร้อนนี้เป็นเรื่องสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับอาคารที่สร้างในประเทศไทย ด้วยเหตุนี้ระบบเสา-คานที่สร้างในบ้านเรามีพื้นที่เสาและคานที่สัมผัสกับอากาศภายนอกอยู่มาก และด้วยเหตุที่โครงสร้าง ค.ส.ล.

เป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง จึงเป็นจุดอ่อนของสะพานความร้อนที่ถูกเหนี่ยวนำจากอุณหภูมิภายนอกที่ร้อนกว่าเข้าสู่ตัวบ้านโดยยากที่จะสกัดกั้น ด้วยเหตุนี้ระบบการกันความร้อนและความชื้นภายนอก จึงสามารถแก้ปัญหาในเรื่องนี้ได้อย่างสมบูรณ์

2.6.5.การประยุกต์ใช้โครงสร้างอาคารร่วมกับระบบกันแดดให้กับหน้าต่างและช่องแสง

เลือกใช้โครงสร้างที่เป็นระบบผสมผสานระหว่างระบบเสาคานและระบบผนังรับน้ำหนัก (Wall Bearing System) โดยในชั้นล่างของอาคาร เป็นระบบเสาคานได้ทำการก่อสร้างพิเศษโดยมีระบบการกันความชื้นให้กับพื้นและผนังอาคารและประยุกต์ระบบคานยื่นของส่วนระเบียงชั้นบนมาทำหน้าที่กันแดด และคลุมพื้นที่ชั้นล่างจากแดดและฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนหน้าของอาคาร มีการยื่นระเบียงออกมาถึง 4.2 เมตร เพื่อทำหน้าที่กันแดดและฝนให้กับเฉลียงชั้นล่าง และยังกันแดดให้กับหน้ากระจกด้านหน้าของอาคารอีกด้วย ส่วนด้านทิศตะวันตกออกแบบให้มีที่จอดรถเป็นส่วนปกป้องแดดให้กับตัวอาคาร ส่วนยื่นด้านอื่นๆ เป็นไปตามความเหมาะสม โดยเน้นการกันแดดในช่วงตั้งแต่ 8.00 น. ถึง 16.00 น. ให้กับหน้าต่างและผนังกระจกทุกๆ ด้านของอาคารตลอดทั้งปี ในส่วนชั้นบนเป็นโครงสร้างผนังโครงคร่าวเหล็กรับน้ำหนักตลอดทั้ง 2 ชั้นโครงคร่าวเหล็กดังกล่าวประกบทั้งด้านนอกและด้านในด้วยยิปซัมกันไฟ และมีระบบกันความร้อนและความชื้นภายนอกอีกชั้นหนึ่ง ส่วนอุปกรณ์กันแดด (Shading Devices) ได้ออกแบบโดยการผสมผสานโครงสร้างกับส่วนยื่นเข้าด้วยกันโดยยึดระบบกันแดดเข้ากับผนังโครงสร้างเหล็กทำให้การทำงานของระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง