การออกแบบบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน

นางสาวลักขณา เล็กแหลมหลัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ENERGY SAVING HOUSE USING HUMAN LABOR

Miss Lakkana Leklaemlak

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การออกแบบบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน |
| โดย | นางสาวลักขณา เล็กแหลมหลัก |
| สาขาวิชา | สถาปัตยกรรม |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ |

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วันชัย มงคลประดิษฐ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลักขณา เล็กแหลมหลัก : การออกแบบบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน (ENERGY SAVING HOUSE USING HUMAN LABOR) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 198 หน้า.

เป็นการออกแบบที่อยู่อาศัยยุคใหม่ที่เน้นให้ผู้อยู่อาศัยอยู่ในสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง มีคุณภาพชีวิตที่สูง ประโยชน์ใช้สอยครบครัน ก่อสร้างโดยใช้วัสดุที่เหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ ลดปริมาณขยะ ประหยัดราคาค่าก่อสร้าง การบำรุงรักษาต่ำ ควบคุมคุณภาพได้เป็นอย่างดี สร้างได้ทุกฤดูกาล

การออกแบบเน้นให้ผู้อยู่อาศัยอยู่ในสภาวะสบาย เป็นนวัตกรรมการออกแบบบ้านยุคใหม่ที่ประหยัดขณะอยู่อาศัยและขณะก่อสร้าง เป็นการรวบรวมข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับบ้านประหยัดพลังงาน วัสดุที่เหมาะสมกับบ้านประหยัดพลังงาน การไม่พึ่งพาเครื่องจักรกลหนัก สามารถสร้างได้โดยใช้คนเพียง 7 คน (ผู้ควบคุมงาน 1 คน) สร้างเสร็จภายในเวลา 38 วัน เทคนิคการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป ด้วยการประกอบระบบ Pre-fab หรือกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งมีน้ำหนักเบา ผสมผสานกับระบบ Infillwall จึงทำให้ไม่ต้องมีเข็ม หมดปัญหาเรื่องการทรุดตัวของอาคาร ฐานรากเป็นฐานแพรับน้ำหนักแผ่กระจาย จึงสามารถออกแบบรูปทรงได้อย่างอิสระ เพราะนำวัสดุที่มีน้ำหนักเบามาประกอบกัน สามารถติดตั้งได้ง่าย รวดเร็วและประหยัด ผิวผนังเป็นผิวสำเร็จระบบแห้ง หมดปัญหาการแตกร้าวของผิวผนังลดขั้นตอนการฉาบปูน ปราศจากฝุ่นละออง เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม งานระบบสามารถดำเนินการได้พร้อมกับงานผนังและงานพื้น โดยไม่จำเป็นต้องมีช่องท่ออยู่ภายในบ้านทำให้ไม่เสียพื้นที่ใช้สอย ด้วยวัสดุ Recycled ที่สามารถประหยัดพลังงานได้ มีน้ำหนักเบา จึงทำให้ก่อสร้างได้รวดเร็วประหยัดเวลาในการก่อสร้างประหยัดพลังงาน ลดปัญหาขยะและมลพิษ ช่วยลดสภาวะโลกร้อน สามารถก่อสร้างงานผนัง พื้น และงานระบบไปพร้อมๆกันทำให้ลดระยะเวลาการก่อสร้างให้เร็วขึ้นใช้เวลาก่อสร้างเพียง 39 วัน ใช้ช่างก่อสร้าง 7 คน ช่างชำนาญงานทุกด้าน 6 คน คุมงาน 1 คนเร็วกว่าบ้านทั่วไปในอัตราส่วนที่ใช้แรงงานเท่ากัน 11 เท่า ลดภาระการทำความเย็นเมื่อเทียบกับบ้านทั่วไปถึง 30 เท่า ราคาค่าก่อสร้างอยู่ที่ 4,293 บาทต่อตารางเมตร ถูกกว่าบ้านทั่วไปถึง 3 เท่า

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

# # 5473384825 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORDS:

LAKKANA LEKLAEMLAK: ENERGY SAVING HOUSE USING HUMAN LABOR. ADVISOR: PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D., 198 pp.

Energy Saving House Using Human Labor is a design that emphasizes and maintains occupant's Comfort Zone, increase the living standard, and complete facilities. Recycled materials are used in construction, helping to reduce wastes and costs. Maintenance and quality control is simple. The house can be built in any season.

This innovative house design reduces construction costs and living costs. It is the product of a research study on energy-saving houses, which includes the following: 1) appropriate materials 2) no reliance on heavy machinery 3) fast construction, using a few people. The construction technique uses prefabricated system, joining ready-made pieces together. It is light and, combined with the infillwall system, does not need to use piles. This reduces the problem of building sinking into the ground as the house has a shallow foundation that bears diffused weight. There is no restriction on the building's form because it combines light-weight materials. Installation is easy, fast, and inexpensive. The wall surface uses prefabricated fiber board that does not require grouting, which eliminates walls cracking, dust, and is friendly to the environment. Sanitary system and electrical system can be installed at the same time as the wall and floor systems. The shaft is within the walls so the house has more useful space.

The house's construction time is 42 days, and uses 7 laborer, 6 skilled technicians and 1 supervisor. It is 8 times faster than the typical house that uses the same number of people. The construction cost is 6,598 Baht per square meter, which is 2.3 times less expensive than the typical. The cooling load of the house is 30 times lower than the typical house.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Architecture Student's Signature .....
Field of Study: Architecture Advisor's Signature .....
Academic Year: 2014

# กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ คงไม่สามารถสำเร็จลงได้ถ้าไม่ได้รับความอนุเคราะห์และความเมตตาจากผู้ที่ได้ชื่อว่าเป็นแม่พิมพ์ของชาติ ผู้ซึ่งมีความอดทนอย่างยิ่งในการที่จะถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิชาการมากมาย รวมทั้งให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำในทุกๆเรื่องไม่ว่าจะเป็นเรื่องการศึกษาหรือเรื่องการทำงานจริง เพื่อให้ผู้วิจัยมีความเข้าใจและมีความพยายามที่จะทำวิทยานิพนธ์จนประสพความสำเร็จ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ ที่ได้กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาเป็นประธานการสอบวิทยานิพนธ์รวมทั้งแนะนำให้คำปรึกษาและถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิชาการเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณ ผศ.ดร.เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร อ.ดร. วันชัย มงคลประดิษฐ์ ดร.สุธีวัน โล่สุวรรณ ที่กรุณาสละเวลามาร่วมเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำมากมายเพื่อปรับปรุงและแก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความกรุณาใน

การทำงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านและบุคคลากรทุกท่านในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยอนุเคราะห์และให้ความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอขอบคุณ ดี เอ็น เอ รีสอร์ท แอนด์ สปา ในการให้สถานที่ในการศึกษาหาความรู้ และขอขอบคุณ เพื่อนๆร่วมชั้นเรียน ศูนย์เชี่ยวชาญทางเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือตลอดเวลาที่ได้อยู่ร่วมกัน

ขอขอบคุณสามี นายสุรศักดิ์ พูนพันธุ์และบุตรชายทั้ง 2 คน นายพัชกุล พูนพันธุ์ และนายนิรมิต พูนพันธุ์ ที่เป็นกำลังใจและอยู่เคียงข้าง ช่วยเหลือทุกอย่างทั้งกำลังกายและกำลังทรัพย์ ขอขอบคุณพี่ๆทุกคนที่เป็นกำลังใจจนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จได้ในครั้งนี้

ที่ลืมไม่ได้คือ ผู้มีพระคุณสูงสุด คือคุณพ่อคุณแม่ ที่ล่วงลับไปแล้ว ต่อมาคือ พระครูโชติวัตวิมล ผู้ซึ่งชี้ทางสว่าง ผู้ที่ให้ความเข้าใจในการดำรงชีวิตอย่างถูกต้อง ขอขอบพระคุณอย่างสูง

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... 12

สารบัญภาพ ..... 14

บทที่ 1 บทนำ ..... 23

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 23

1.1.1 ปัญหาด้านการก่อสร้าง ..... 23

1.1.2 ปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ..... 32

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 33

1.3 ขอบเขตของการวิจัย ..... 33

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย ..... 34

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย ..... 34

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย ..... 35

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 36

2.1 ความเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปจากอดีต ..... 36

2.2 ความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ในยุคปัจจุบัน ..... 37

2.3 การประยุคใช้ในบ้านประหยัดพลังงาน ..... 41

2.4 อิทธิพลของภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทยที่มีผลต่อการออกแบบ ..... 41

2.4.1 เขตสบายของมนุษย์ (comfort zone) ..... 41

2.4.2 อิทธิพลของความชื้น ..... 45



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.5 อิทธิพลของความร้อน ..... 46
2.5.1 การสะสมความร้อน ..... 46
2.5.2 ค่าการนำความร้อนของวัสดุ ..... 47
2.6 การใช้รูปทรงที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำ ..... 47
2.7 การใช้รูปทรงที่มีการรั่วซึมของอากาศต่ำ ..... 49
2.8 การใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมเพื่อการประหยัดพลังงาน ..... 51
2.8.1 การเลือกใช้ประโยชน์จากต้นไม้ใหญ่ ..... 51
2.9 การใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดิน ..... 52
2.10 การใช้ประโยชน์จากดิน ..... 53
2.11 อิทธิพลความเย็นจากสภาพแวดล้อม ..... 55
2.12 การเลือกวัสดุคลุมดิน ..... 57
2.12.1 การใช้ประโยชน์จากวัสดุปูผิวดิน ..... 57
2.13 การแก้ปัญหาการประหยัดพลังงาน ..... 58
2.13.1 ความเป็นไปได้ในการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านให้น้อยที่สุด ..... 58
2.13.2 ความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำใช้ ..... 61
2.13.3 ความเป็นไปได้ในการใช้ทรัพยากรหมุนเวียน ..... 61
2.13.4 การใช้พัดลมที่เพิ่มความเร็วลมที่ห้องกระจก ..... 62
2.13.5 การใช้ลมธรรมชาติ ..... 63
2.13.6 เทคโนโลยีท่อลมเย็น ..... 63
2.13.7 การเลือกใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูง ..... 67
2.14 อิทธิพลการใช้วัสดุผนัง ..... 68
2.14.1 อิฐมอญ (Brick) ..... 68
2.14.2 ฉนวนโฟม (Foam) ..... 69

หน้า

2.14.3 ฉนวนชนิดอื่นๆ ..... 69
2.14.4 การเลือกกระจก ..... 71
2.15 ระบบโครงสร้าง ..... 72
2.15.1 ระบบโครงสร้างอาคาร ..... 72
2.15.2 นวัตกรรมโครงสร้างบ้านประหยัดพลังงาน ..... 72
2.16 งานก่อสร้างอาคารทั่วไปที่สร้างด้วยแรงคน ..... 73
2.16.1 เครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้างด้วยแรงคน มีดังนี้ ..... 74
2.17 สถิติการทำงานของช่างก่อสร้างทั่วไป ..... 81
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ..... 92
3.1 วิเคราะห์เสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหาเรื่องบ้านประหยัดพลังงานที่มีราคาสูงให้มีราคาใกล้เคียงกับบ้านทั่วไป ..... 92
3.1.1 ประหยัดพลังงานในขณะที่ใช้งานอยู่ ..... 92
3.1.2 ประหยัดพลังงานโดยการประหยัดแรงงานในการก่อสร้าง ..... 93
3.1.3 ประหยัดพลังงานในด้านขั้นตอนการก่อสร้าง ..... 93
3.1.4 ควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างได้เป็นอย่างดี ..... 93
3.1.5 สามารถสร้างได้ทุกฤดูกาลโดยเกิดปัญหาและอุปสรรคให้น้อยที่สุด ..... 94
3.1.6 เทคนิคการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป ..... 94
3.2 การแก้ปัญหาการประหยัดพลังงาน ..... 94
3.3 วิเคราะห์เสนอแนะแนวทางการก่อสร้างด้วยแรงคน ทั้งทางด้านวัสดุ วิธีการก่อสร้าง และเทคนิคการก่อสร้างที่สามารถทำได้เร็ว ..... 94
3.3.1 วัสดุประกอบที่สำคัญ ..... 94
3.3.2 การพิจารณาเลือกเปลือกอาคารที่เหมาะสม ..... 95
3.3.3 คุณสมบัติของผนังบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างด้วยแรงคน ..... 96
3.3.4 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุผนัง ..... 97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.3.5 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุหลังคา ..... 101

บทที่ 4 ผลการวิจัย ..... 105

4.1 ผลของการศึกษาตัวแปรเพื่อเป็นแนวทางการแก้ปัญหาเรื่องบ้านประหยัดพลังงานที่มีราคาสูงให้มีราคาใกล้เคียงกับบ้านทั่วไปมีแนวทางดังนี้ ..... 105

4.1.1ตัวแปรอุณหภูมิอากาศ ( $\Delta T$ ) ..... 105

4.1.2 ตัวแปรสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุผิวอาคาร ..... 106

4.1.3. ตัวแปรพื้นที่ผิวภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอย ..... 107

4.1.4 ตัวแปรของวัสดุต้องมีน้ำหนักเบาและติดตั้งง่ายด้วยแรงคน ..... 109

4.2 เทคนิคการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน ..... 128

4.2.1 เทคนิคการก่อสร้าง ..... 128

4.2.3 เทคนิคการก่อสร้างพื้นชั้นบน ..... 129

4.2.4 เทคนิคการก่อสร้างผนังอาคาร ..... 133

4.2.5 เทคนิคการก่อสร้างหลังคา ..... 134

4.3 รูปแบบบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน ..... 135

4.3.1 การออกแบบพื้นที่ใช้สอยชั้นล่าง ..... 135

4.3.2 พื้นที่ใช้สอยชั้นบน ..... 136

4.4 วัสดุประกอบของบ้าน ..... 136

4.5 คุณสมบัติด้านประหยัดพลังงาน ..... 137

4.6 คุณสมบัติด้านก่อสร้าง ..... 137

4.7 คุณสมบัติด้านสิ่งแวดล้อม ..... 138

4.8 คุณสมบัติด้านการใช้แสง ..... 138

4.9 การบำรุงรักษาอาคาร ..... 141

4.10 ตารางประมาณราคาบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน ..... 146

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.11 คำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง ..... 151

4.12 คำนวณหาน้ำหนักที่แท้จริงของบ้านประหยัดพลังงาน ..... 165

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ..... 169

5.1 สรุปผลการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน ..... 169

5.1.1 ประหยัดพลังงานในขณะก่อสร้าง ..... 171

5.1.2 ประหยัดพลังงานในขณะที่ใช้งานอยู่ (ขณะอยู่อาศัย) ..... 172

5.2 ข้อเสนอแนะ ..... 182

รายการอ้างอิง ..... 183

ภาคผนวก ..... 185

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ ..... 198

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างสถาปัตยกรรมยุคเก่ากับสถาปัตยกรรมที่ยั่งยืน ..... 68

ตารางที่ 2-2 แสดงสถิติการทำงานต่อ 1 วัน [5] ..... 81

ตารางที่ 3-1 แสดงเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุผนังชนิดต่างๆ ..... 97

ตารางที่ 3-2 แสดงคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต ( Fiberbord infilwall) ของบ้านประหยัดพลังงา ..... 100

ตารางที่ 3-3 แสดงเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุหลังคา ..... 101

ตารางที่ 4-1 แสดงคุณสมบัติของผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต ..... 112

ตารางที่ 4-2 แสดงตารางเปรียบเทียบตัวแปรที่ประหยัดพลังงานในขณะที่ใช้งานของบ้านทั่วไปกับบ้านประหยัดพลังงาน ..... 114

ตารางที่ 4-3 แสดงเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างบ้านทั่วไปกับบ้านประหยัดพลังงาน .. 115

ตารางที่ 4-4 แสดงตารางการส่วนผสมโฟมคอนกรีต ..... 123

ตารางที่ 4-5 คุณสมบัติของของ ระบบพื้นแผ่นเหล็กประกอบ ( Steel Deck Composite Floor System ) ..... 125

ตารางที่ 4-6 ประมาณราคาอาคารประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน ใช้ช่างที่ชำนาญทุกด้าน 6 คน ค่าแรงวันละ 500 บาท ผู้ควบคุมงาน 1 คน ค่าแรงวันละ 1,000 บาท ..... 146

ตารางที่ 4-7 ตารางตารางเปรียบเทียบราคาระหว่างบ้านประหยัดพลังงานกับบ้านทั่วไป ..... 151

ตารางที่ 4-8 แสดงประสิทธิภาพการทำงานของช่างก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง ..... 152

ตารางที่ 4-9 แสดงประสิทธิภาพการทำงานของช่างก่อสร้างบ้านทั่วไปเพื่อคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง ..... 157

ตารางที่ 4-10 เปรียบเทียบการก่อสร้างยุคใหม่กับบ้านทั่วไป ..... 163

ตารางที่ 4-11 แสดงการคำนวณหาน้ำหนักที่แท้จริงของบ้านประหยัดพลังงาน ..... 166

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-12 แสดงการคำนวณหาน้ำหนักที่แท้จริงของบ้านทั่วไป ..... 167

# สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 แสดงการตีผัง เจาะเสาเข็มคอนกรีต อาคารทั่วไป..... 24

ภาพที่ 1.2 แสดงหลุมฐานรากที่พบปัญหาน้ำใต้ดิน อาคารทั่วไป..... 25

ภาพที่ 1.3 แสดงหลุมฐานรากที่ใช้อิฐหักหรือทรายบดอัดให้แน่นหนา 10 เซนติเมตร อาคารทั่วไป.. 25

ภาพที่ 1.4 แสดงการปรับท้องคานด้วยคอนกรีต อาคารทั่วไป..... 26

ภาพที่ 1.5 แสดงการผูกเหล็กคานคอดิน อาคารทั่วไป..... 27

ภาพที่ 1.6 แสดงการเทคอนกรีตคานคอดิน อาคารทั่วไป..... 27

ภาพที่ 1.7 แสดงการตั้งไม้แบบเตรียมงานเทคอนกรีตเสา อาคารทั่วไป..... 28

ภาพที่ 1.8 แสดงการก่ออิฐมอญและเอ็น ค.ส.ล. การตั้งวงกบโดยมีเอ็น ค.ส.ล.รอบวงกบ..... 29

ภาพที่ 1.9 แสดงการติดตั้งโครงหลังคาที่มีการรับน้ำหนักอย่างเป็นขั้นตอน..... 30

ภาพที่ 1.10 แสดงการเตรียมการมุงหลังคา ..... 30

ภาพที่ 1.11 แสดงประมาณการใช้พลังงานเชิงพานิชย์ขั้นต้น p ข้อมูลเบื้องต้น 32

ภาพที่ 2.1 เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า (สุนทร บุญญาธิการ 2542)..... 43

ภาพที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบผลจากการออกแบบที่เน้นการประหยัดพลังงาน ทำให้ภายใน..... 44

ภาพที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิ มนุษย์จะรู้สึกสบายเมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าวง 20-75 (สุนทร บุญญาธิการ 2545)... 45

ภาพที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการออกแบบเพื่อให้อาคารมีค่าอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร เพื่อให้สัดส่วนนี้มีค่าน้อยที่สุด (สุนทร บุญญาธิการ 2545)..... 48

ภาพที่ 2.5 แสดงรูปทรงอาคารประเภทต่าง ๆ รูปทรงที่เกิดจากส่วนโค้งหรือใกล้เคียงวงกลมจะทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันอากาศน้อยที่สุด (สุนทร บุญญาธิการ 2545)..... 50

ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่างการใช้ต้นไม้เพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้เย็นคือ การยอมให้ลมพัดผ่านพุ่มใบที่ระดับบนและระดับล่างทำให้เกิดการระเหยของน้ำเป็นผลให้พื้นดินเย็นลงมากกว่าปกติ ส่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ต้นไม้ใหญ่ทำหน้าที่สกัดกั้นแสงแดด โดยพุ่มใบมีลักษณะโปร่งเพื่อมิให้เกิดการกักเก็บความชื้นให้กับสภาพแวดล้อมด้านล่าง การปรับสภาพแวดล้อมที่ดีสามารถช่วยทำให้อุณหภูมิลดต่ำได้ประมาณ 3 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ 2542)..... 51

ภาพที่ 2.7 แสดงอุณหภูมิผิวหญ้าเปียกในร่ม (ใต้ต้นไม้) และอุณหภูมิกระเปาะเปียกเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ บันทึกข้อมูลวันที่ 2 มีนาคม 2540 เวลา 04.15 น.ถึงวันที่ 3 มีนาคม 2540 เวลา 10.30 น. จากการทดลองเพื่อศึกษาอุณหภูมิของดินใต้ต้นไม้ พบว่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศเกือบตลอดทั้งวัน โดยมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 27 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 24 องศาเซลเซียส แสดงว่าการปรับสภาพแวดล้อมโดยใช้ต้นไม้ใหญ่และพืชคลุมดิน สามารถช่วยลดอุณหภูมิโดยรอบของอาคารได้ (สุนทร บุญญาธิการ 2542) ..... 52

ภาพที่ 2.8 แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆของสภาพแวดล้อมของสถาปัตยกรรมไทยในการสร้างสภาวะแวดล้อมใต้ถุนอาคารให้เย็นสบาย (สุนทร บุญญาธิการ 2542)..... 53

ภาพที่ 2.9 แสดงอุณหภูมิดินและผิวดินแห้ง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก บันทึกข้อมูล วันที่ 2 มีนาคม 2540 เวลา 04.15 น.ถึงวันที่ 3 มีนาคม 2540 เวลา 10.30 น. จากการทดลองวัดอุณหภูมิของดินที่ระดับต่างๆ พบว่ามีอุณหภูมิดินที่ความลึก 0.60 เมตร มีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิผิวดินมีอุณหภูมิสูงมากในช่วงกลางวัน เนื่องจากไม่มีพืชคลุมดินช่วยลดความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์ (สุนทร บุญญาธิการ 2542) ..... 54

ภาพที่ 2.10 แสดงการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม โดยใช้ประโยชน์จากแหล่ง น้ำช่วยลดอุณหภูมิภายนอก ก่อนพัดผ่านเข้าสู่อาคาร พบว่าการระเหยของน้ำทำให้อุณหภูมิลดลงจาก 35 องศาเซลเซียสเป็น 32 องศาเซลเซียส แต่ความชื้นสัมพัทธ์จาก 50 เปอร์เซ็นต์เป็น 58 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลมค่อนข้างต่ำ 2-3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (สุนทร บุญญาธิการ 2542) ..... 55

ภาพที่ 2.11 แสดงการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เย็นลง สามารถลดภาระการทำความเย็นได้ครึ่งหนึ่งของสภาพแวดล้อมที่ร้อน (สุนทร บุญญาธิการ 2542)..... 56

ภาพที่ 2.12 แสดงการปรับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเพื่อให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวกาย (32°C)แผ่รังสีสู่สภาพแวดล้อม ผิวน้ำ(28 °C) ผิวหญ้า (30°C) ) (สุนทร บุญญาธิการ 2542)... 56

ภาพที่ 2.13 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิผิวถนนคอนกรีตที่ประมาณ 42 องศาเซลเซียสกับอุณหภูมิอากาศที่ประมาณ 35 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิของผิวถนนคอนกรีตที่โดนแดดมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศตลอดทั้งวัน หากมีกระแสลมพัดผ่านอุณหภูมิที่ผิวถนนขณะนั้น อาจทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 38 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ 2545) ..... 57

ภาพที่ 2.14 แสดงอุณหภูมิอากาศเปรียบเทียบกับอุณหภูมิผิวหญ้าเปียกในร่ม พบว่าเมื่อมีลมพัดผ่านผิวหญ้าเปียกในร่มทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน โดยผิวหญ้าเปียกใน

ร่ม มีอุณหภูมิสูงประมาณ 27 องศาเซลเซียส หากลมพัดผ่านอุณหภูมิอากาศ ที่ 35 องศาเซลเซียสจะมีอุณหภูมิต่ำประมาณ 24 องศาเซลเซียส เกิดจากการพัดผ่านอุณหภูมิที่ต่ำ ทำให้อุณหภูมิลดลง (สุนทร บุญญาธิการ 2545)..... 58

ภาพที่ 2.15 แสดงการทำงานของระบบไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ที่ประยุกต์ใช้กับบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน (สุนทร บุญญาธิการ 2545)..... 59

ภาพที่ 2.16 แสดงการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์กับบ้านพักอาศัย (สุนทร บุญญาธิการ 2545).... 60

ภาพที่ 2.17 แสดงการหมุนเวียนในการนำน้ำมาใช้อีกครั้งเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น น้ำล้างรถ น้ำซักผ้า น้ำอาบ น้ำล้างมือ ฯลฯ (สุนทร บุญญาธิการ 2545)..... 62

ภาพที่ 2.18 แสดงการใช้ลมเย็นจากการระเหยของน้ำโดยไม่เพิ่มความชื้น โดยการเดินท่อลมเย็นจากบ่อน้ำหน้าบ้านมายังห้องกระจก (สุนทร บุญญาธิการ 2545)..... 63

ภาพที่ 2.19 แสดงการใช้ลมเย็นจากการระเหยของน้ำโดยไม่เพิ่มความชื้น โดยการเดินท่อลมเย็นจากบ่อน้ำหน้าบ้านมายังห้องกระจกและแสดงรูปตัดการใช้อุปกรณ์การบังแดดใต้หลังคา (สุนทร บุญญาธิการ 2545)..... 64

ภาพที่ 2.20 แสดงกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอก อุณหภูมิภายในห้องกระจกที่ใช้ระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำโดยไม่เพิ่มความชื้นและอุณหภูมิกระเปาะเปียก พบว่าเมื่อนำระบบนี้มาใช้กับห้องกระจกอุณหภูมิภายในห้องมีอุณหภูมิต่ำกว่าภายนอกแทบตลอดทั้งวัน (ยกเว้นเวลา 2.00-6.30 น.) (นฎา แสนราษฎร์ 2547)..... 65

ภาพที่ 2.21 แสดงการรับลมธรรมชาติควบคู่ไปกับการใช้ลมเย็นจากการระเหยของน้ำโดยไม่เพิ่มความชื้น เพื่อสร้างความรู้สึกสบายกับผิวกาย (สุนทร บุญญาธิการ 2545)..... 66

ภาพที่ 2.22 แสดงการถ่ายเทความร้อนจากห้องกระจกเพื่อนำมาสร้างความอบอุ่นภายในบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนในฤดูหนาว (สุนทร บุญญาธิการ 2545)..... 67

ภาพที่ 2.23 แสดงรูปตัดขยายห้องกระจกที่ใช้เทคนิคการนำแสงอาทิตย์มาใช้สร้างความอบอุ่นในฤดูหนาว (สุนทร บุญญาธิการ 2545)..... 67

ภาพที่ 2.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุต่าง ๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว (สุนทร บุญญาธิการ 2542)..... 70

ภาพที่ 2.25 แสดงองค์ประกอบของรังสีดวงอาทิตย์ ได้แก่ รังสีที่มนุษย์สามารถมองเห็น (พื้นที่สีน้ำเงิน) เป็นคลื่นที่ต้องการสำหรับกระจกในเขตร้อนชื้น ส่วนรังสีอัตราไวโอเล็ต (พื้นที่สีฟ้า) และ

รังสีอินฟราเรด (พื้นที่สีแดง) เป็นคลื่นที่ไม่จำเป็นต่อการมองเห็น เป็นช่วงคลื่นที่สร้างความร้อนให้กับผิววัสดุและอากาศภายในอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ 2545) ..... 71

ภาพที่ 2.26 แสดง DIAGRAM ของแรงในคาน พื้น และผิวโครงสร้าง (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ 2552) ..... 73

ภาพที่ 2.27 แสดงการเคลือบผิวฉนวนด้วยโลหะเพื่อรับแรง โดยใช้วัสดุที่รับแรงอัด (COMPRESSIVE ) ด้านบน และวัสดุที่รับแรงดึง (TENSILE ) เป็นไปตามDIAGRAM การรับแรง (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ 2552) ..... 73

ภาพที่ 2.28 แสดงรูปสว่านไฟฟ้าสำหรับเจาะและขันสกรูไม้จริง ..... 74

ภาพที่ 2.29 แสดงรูปสว่านไฟฟ้าสำหรับเจาะคอนกรีต ..... 74

ภาพที่ 2.30 แสดงหินเจียไฟฟ้าสำหรับจีย,ตัดเหล็ก,ตัดกระเบื้อง,เจียปูน เป็นต้น ..... 75

ภาพที่ 2.31แสดงเครื่องเลื่อยวงเดือน ใช้สำหรับตัดไม้ ..... 75

ภาพที่ 2.32 แสดงเครื่องมือพื้นฐานของช่าง ..... 76

ภาพที่ 2.33 แสดงเครื่องมือช่างไม้ ..... 76

ภาพที่ 2.34 แสดงเครื่องขัด เช่น ขัดไม้ ขัดผนังยิบซั่ม เป็นต้น ..... 77

ภาพที่ 2.35 แสดงเครื่องไสไม้หรือกบไฟฟ้า ..... 77

ภาพที่ 2.36 แสดงเครื่องสกัดปูนไฟฟ้า ..... 78

ภาพที่ 2.37 แสดงเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ..... 78

ภาพที่ 2.38 แสดงคีมย้ำรีเวท ..... 79

ภาพที่ 2.39 แสดงโม่ผสมปูนและผสมโฟมคอนกรีต ..... 79

ภาพที่ 2.40 แสดงเครื่องพ่นโฟมคอนกรีต http://thai.alibaba.com ..... 80

ภาพที่ 2.41 แสดงกรรไกรตัดสังกะสี ..... 80

ภาพที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีตหนา 6 นิ้วของบ้านประหยัดพลังงาน ..... 95

ภาพที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้วของบ้านทั่วไป ..... 99

ภาพที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังมวลเบาหนา 4 นิ้วของบ้านทั่วไป ..... 100

ภาพที่ 3.4 แสดงคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของหลังคา Sandwich Insulation Panel (SIP)ของบ้านประหยัดพลังงาน ..... 102

ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะประกอบแผ่นหลังคาด้วยระบบล็อคในตัว (Clip lock)..... 103

ภาพที่ 3.6 การเปรียบเทียบความร้อนที่เข้าสู่หลังคาบ้านทั่วไปกับบ้านประหยัดพลังงาน(วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ 2552) ..... 103

ภาพที่ 3.7 แสดงแผ่นหลังคา Sandwich Insulation Panel (SIP) กว้าง 1.20 เมตร ยาว 12 เมตร น้ำหนัก 70 กิโลกรัมต่อการยกชิ้นงาน 2 คน ..... 104

ภาพที่ 3.8 แสดงอุณหภูมิอากาศผิวฝ้าเพดานภายในบ้านในเดือนเมษายนระหว่างบ้านทั่วไปกับบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ 2552)..... 104

ภาพที่ 4.1 แสดงลมธรรมชาติที่พัดผ่านเนินดินและน้ำระเหยก่อนเข้าบ้านประหยัดพลังงาน..... 105

ภาพที่ 4.2 แสดงลมธรรมชาติที่พัดผ่านบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน (สุนทร บุญญาธิการ 2545) ..... 106

ภาพที่ 4.3 แสดงการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังห้องที่ปรับอากาศ (สุนทร บุญญาธิการ 2545). 106

ภาพที่ 4.4 แสดงการถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคารทั้งหมด ปริมาณความร้อนน้อยกว่าการปรับอากาศเพียงห้องเดียว (สุนทร บุญญาธิการ 2545)..... 107

ภาพที่ 4.5 แสดงการลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (Surface-to-Area Ratio, S/A) (สุนทร บุญญาธิการ 2545) ..... 107

ภาพที่ 4.6 แสดงการเลือกใช้รูปทรงอาคารที่มีพื้นที่ผิวภายนอกต่อพื้นที่ใช้งานส่วนปรับอากาศน้อยที่สุด หมายถึงการใช้รูปทรงอาคารให้มีลักษณะใกล้เคียงกับวงกลมมากที่สุด เนื่องจากรูปทรงกลมมีพื้นที่ผิวน้อยที่สุดในปริมาตรเท่ากัน ..... 108

ภาพที่ 4.7 แสดงปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังชนิดต่างๆ (สุนทร บุญญาธิการ 2547)..... 110

ภาพที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนภาระการทำความเย็น Cooling load ของวัสดุผนังชนิดต่างๆ (ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม 2552)..... 113

ภาพที่ 4.9 แสดงการคำนวณเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับบ้านทั่วไปและบ้านประหยัดพลังงานหมายถึง ลดภาระการทำความเย็นเมื่อเปรียบเทียบกับบ้านทั่วไปถึง 30 เท่า..... 114

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 4.10 แสดงการติดตั้งแปลนผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต( Fiberbord infilwall) สามารถซ่อนงานระบบสุขาภิบาลไว้ภายใน และยังมีคุณสมบัติกันความร้อนและความชื้นได้อีกด้วย ..... 116

ภาพที่ 4.11 แสดงการติดตั้งแปลนผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต( Fiberbord infilwall) สามารถซ่อนงานระบบไฟฟ้าไว้ภายใน ..... 116

ภาพที่ 4.12 แสดงการติดตั้งแปลนผนังภายในที่สามารถซ่อนงานไฟฟ้าไว้ภายในผนัง ..... 117

ภาพที่ 4.13 แสดงการชั่งน้ำหนักสัดส่วนของเม็ดโฟมขนาด 2-4 ม.ม.(ก.ก.)..... 117

ภาพที่ 4.14 แสดงการชั่งน้ำหนักสัดส่วนของซีเมนต์ (ก.ก.) ..... 118

ภาพที่ 4.15 แสดงการผสมด้วยมือเพื่อทำการทดลอง ควรผสมโฟมกับซีเมนต์(ต้องเป็นปูนซีเมนต์. 118

ภาพที่ 4.16 แสดงการผสมโฟมกับซีเมนต์ เมื่อเข้ากันดีแล้วจึงใส่น้ำลงไปตามสัดส่วนที่กำหนด..... 119

ภาพที่ 4.17 แสดงการผสมโฟม,ซีเมนต์.น้ำ,คลุกเคล้าให้เข้ากันประมาณ 10 นาที จะเห็นว่าอัตราส่วนที่ใช้จะเป็นระบบแห้ง ไม่เปียกเหมือนการผสมปูนทั่วไป ..... 119

ภาพที่ 4.18 แสดงการวางโครงผนัง ให้วางสลับ เพื่อป้องกันการเกิดสะพานความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ..... 120

ภาพที่ 4.19 แสดงการเข้าแบบเพื่อทำการทดลอง..... 120

ภาพที่ 4.20 แสดงการเทโฟมคอนกรีตภายในผนังความหนาภายใน 15 เซนติเมตร ..... 121

ภาพที่ 4.21 แสดงการทดลองทำผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต ( Fiberbord infilwall) ..... 121

ภาพที่ 4.22 แสดงการทดลองทำผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต ( Fiberbord infilwall) ขนาด 50 x 50 x 15 เซนติเมตร ความหนาแน่นที่ 350 ก.ก. ต่อ 1 ล.บ.ม.น้ำหนัก 650 ก.ก.ต่อ 1 ล.บ.ม.น้ำหนักผนังโดยรวมที่ความหนา 15 เซนติเมตร เท่ากับ 96 ก.ก.ต่อ 1 ตารางเมตร..... 122

ภาพที่ 4.23 แสดงการทดลองทำผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต ( Fiberbord infilwall) ขนาด 50 x 50 x 15 เซนติเมตร ความหนาแน่นที่ 250 ก.ก. ต่อ 1 ล.บ.ม.น้ำหนักรวม 570 ก.ก.ต่อ 1 ล.บ.ม.น้ำหนักผนังโดยรวมที่ความหนา 15 เซนติเมตร เท่ากับ 88 ก.ก.ต่อ 1 ตารางเมตร..... 122

ภาพที่ 4.24 แสดงภาพ ระบบพื้นแผ่นเหล็กประกอบ ( Steel Deck Composite Floor System ) ..... 126

ภาพที่ 4.25 แสดงขนาดของระบบพื้นแผ่นเหล็กประกอบ ( Steel Deck Composite Floor System ) ..... 127

ภาพที่ 4.26 แสดงภาพแผ่นหลังคา Sandwich Insulation Panal (SIP) ..... 127

ภาพที่ 4.27 แสดรูปตัดขยายโครงสร้างพื้นชั้นล่าง ..... 129

ภาพที่ 4.28 แสดงรูปตัดขยายโครงสร้างพื้นชั้นบนที่ยึดโยงใยกับผนังรับน้ำหนักไดอะแฟรม ..... 130

ภาพที่ 4.29 แสดงรูปตัดขยายโครงสร้างพื้นชั้นบนที่สามารถเดินระบบไฟฟ้าภายในช่องพื้น ..... 130

ภาพที่ 4.30 แสดงรูปตัดขยายโครงสร้างพื้นชั้นบนที่สามารถเดินระบบสุขาภิบาลภายในช่องพื้น ... 131

ภาพที่ 4.31 แสดงแผ่นเหล็กรีดลอนเคลือบ Galvanized หนา 0.08 มิลลิเมตร ต้านทานแรงเฉือนโดยปุ่มนูน(Embossment) ..... 131

ภาพที่ 4.32 แสดงการทดลองนำแผ่นเหล็กรีดลอนเคลือบ Galvanized หนา 0.08 มิลลิเมตร มาผูกเหล็ก ทำไม้แบบเพื่อเทคอนกรีต ..... 132

ภาพที่ 4.33 แสดงการทดลองเทคอนกรีตบนแผ่นเหล็กรีดลอนเคลือบ Galvanized หนา 0.08 มิลลิเมตร ..... 132

ภาพที่ 4.34 แสดงแผ่นเหล็กรีดลอนเคลือบ Galvanized หนา 0.08 มิลลิเมตร เมื่อเทคอนกรีตแล้วเสร็จ ..... 133

ภาพที่ 4.35 แสดงรูปตัดขยายผนังประกอบ ไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต ..... 133

ภาพที่ 4.36 แสดงรูปตัดขยายผนังประกอบ ไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีตโครงเคร่าวางสลับเพื่อป้องกันสะพานไฟ (Thermal Bridge) ..... 134

ภาพที่ 4.37 แสดงการติดตั้งหลังคา Sandwich Insulation Panal (SIP) ..... 135

ภาพที่ 4.38 แสดงวัสดุประกอบของบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างเร็วด้วยแรงคน ..... 137

ภาพที่ 4.39 แสดงการเปรียบเทียบพลังงานผ่านกระจกชนิดต่างๆ (สุนทร บุญญาธิการ 2542) ..... 139

ภาพที่ 4.40 แสดงปริมาณระดับแสงสว่างธรรมชาติภายในบ้าน จากภาพแสดงให้เห็นว่าบ้านมีความสว่างมากพอจนไม่ต้องพึ่งแสงประดิษฐ์ในเวลากลางวัน ..... 140

ภาพที่ 4.41 แสดงแบบขยายกระจกฮีตสต๊อป (สุนทร บุญญาธิการ 2547) ..... 141

ภาพที่ 4.42 แสดงลักษณะส่วนประกอบของฐานรากบ้านทั่วไป ระบบเก่า ตีผังตอกเสาเข็ม ทำฐานราก เสาตอม่อ ปรับดินถมทรายประกอบเหล็กเทคานคอดิน เทคอนกรีตพื้นชั้นล่าง มีขั้นตอนมาก ..... 142

ภาพที่ 4.43 แสดงลักษณะส่วนประกอบของฐานรากบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างเร็วด้วยแรงคน ระบบใหม่ เป็นระบบไม่มีเสาเข็มเป็นฐานรากแพ หมดปัญหาเรื่องอาคารทรุดตัวเพราะวัสดุเบาเป็นทั้งฐานรากและพื้นในตัวเดียวกัน ไม่มีคาน มีขั้นตอนน้อย ..... 142

ภาพที่ 4.44 แสดงลักษณะส่วนประกอบของพื้นชั้นบนบ้านทั่วไป ระบบเก่า ต้องใช้ช่องว่างระหว่างพื้นและฝ้าเพดานถึง 0.65 เมตร ถึงจะสามารถเดินงานระบบสุขาภิบาลได้ เสา คานมีผลให้ความสูงเพิ่มขึ้นหรือเปลือกอาคารมากขึ้น ..... 143

ภาพที่ 4.45 แสดงลักษณะส่วนประกอบของพื้นชั้นบนบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างเร็วด้วยแรงคนระบบใหม่ ต้องใช้ช่องว่างระหว่างพื้นและฝ้าเพดานแค่ 0.35 เมตร ก็สามารถเดินงานระบบสุขาภิบาลได้แล้ว ทำให้ลดพื้นที่เปลือกอาคารประหยัดค่าใช้จ่าย การใช้แผ่นเหล็กรีดลอนที่มีความแข็ง จึงไม่จำเป็นต้องใช้การค้ำยันและยังสามารถรับแรงดึงได้ด้วย ทำให้ลดขั้นตอนและระยะเวลาการก่อสร้างให้น้อยลง ..... 143

ภาพที่ 4.46 แสดงลักษณะส่วนประกอบของหลังคาบ้านทั่วไป ระบบเก่า การก่อสร้างโครงหลังคาและวัสดุมุงหลังคาบุฉนวน รวมทั้งฝ้าเพดาน มีขั้นตอนมากมีผลให้ใช้ระยะเวลาการก่อสร้างมาก (สุนทร บุญญาธิการ 2547) ..... 144

ภาพที่ 4.47 แสดงลักษณะส่วนประกอบของหลังคาบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน ระบบใหม่ การก่อสร้างมีเพียงขั้นตอนเดียวแผ่นหลังคามีขนาดใหญ่มีเปลือกที่แข็ง ตรงกลางบุฉนวนกันความร้อนและความชื้นเข้าสู่อาคาร ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากห้องใต้หลังคามาเป็นพื้นที่ใช้สอย (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ 2552) ..... 144

ภาพที่ 4.48 แสดงลักษณะชิ้นส่วนประกอบของหลังคาบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน ระบบใหม่ (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ 2552) ..... 145

ภาพที่ 4.49 แสดงการประกอบชิ้นส่วนของหลังคาบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนด้วยระบบล็อคในตัว (Clip lock) ใช้ระยะเวลาการทำงานน้อย ลดขั้นตอนและรวดเร็ว ..... 145

ภาพที่ 4.50 แสดงเปรียบเทียบการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานใช้ระยะเวลาก่อสร้างเฉพาะงานยสนะ โครงสร้างและงานผนังทั้งหมด 21 วัน ใช้ช่างก่อสร้าง 6 คน คุมงาน 1 คน กับ

บ้านทั่วไปใช้ระยะเวลาก่อสร้าง 302 วัน ในกรณีใช้ช่างเท่ากัน บ้านประหยัดพลังงานสร้างเร็วกว่าบ้านทั่วไป 14.38 เท่า.....164

ภาพที่ 5.1แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างบ้านประหยัดพลังงานกับบ้านทั่วไป.....174

ภาพที่ 5.2แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาการก่อสร้างระหว่างบ้านประหยัดพลังงานกับบ้านทั่วไป.....175

ภาพที่ 5.3 แสดงเปรียบเทียบบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนมีน้ำหนักคงที่ (Dead load) เท่ากับ 470 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ใช้เวลาในส่วนโครงสร้างพ้นชั้นล่าง 5 วัน ช่าง 7 คน กับบ้านทั่วไปมีน้ำหนักคงที่ (Dead load) เท่ากับ 2,274 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ต่างกันถึง 4.84 เท่า ใช้เวลาในส่วนโครงสร้างพ้นชั้นล่าง 21 วัน ใช้ช่าง 15 คนในกรณีใช้ช่าง 7 คนเท่ากัน บ้านประหยัดพลังงานสร้างเร็วกว่าบ้านทั่วไป 14.38 เท่า .....176

ภาพที่ 5.4 แสดงเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน U-value = 0.07 Btu/h.ft2°F กับผนังบ้านทั่วไป U-value = 0.63 Btu/h.ft2°F .....177

ภาพที่ 5.5 แสดงเปรียบเทียบบ้านประหยัดพลังงานเป็นผนังระบบแห้งไม่ต้องฉาบมีฉนวนภายในไม่สะสมความร้อนไม่มีสะพานความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร กับบ้านทั่วไป เป็นระบบเปียก มีเศษวัสดุเหลือมาก มีฝุ่นมาก สะสมความร้อนในมวลสารมาก ความร้อน ความชื้นเข้าสู่ตัวอาคารมาก.....178

ภาพที่ 5.6 แสดงเปรียบเทียบผนังของบ้านประหยัดพลังงานสามารถเดินงานระบบไปพร้อมๆกับงานผนังโดยไม่เสียพื้นที่ใช้สอย ใช้เวลา 9 วัน ใช้ช่าง 6 คน กับบ้านทั่วไปที่ต้องทำช่องท่อเพื่อเดินงานระบบและทำภายหลังงานผนัง ทำให้เสียพื้นที่ใช้สอยและล่าช้า ใช้เวลา 74 วัน กรณีใช้ช่าง 6 คนเท่ากัน บ้านประหยัดพลังงานสร้างเร็วกว่าบ้านทั่วไป 8.22 เท่า .....179

# บทที่ 1
# บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

### 1.1.1 ปัญหาด้านการก่อสร้าง

ในการก่อสร้างอาคารมีปัญหามากมายทั้งที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติและเกิดขึ้นจากการบริหารงานก่อสร้าง ผู้ออกแบบต้องใช้ประสบการณ์ในการออกแบบให้เกิดปัญหาน้อยที่สุดหรือออกแบบให้ทำงานก่อสร้างได้ง่ายที่สุด จึงจะสามารถทำการก่อสร้างได้เร็วขึ้น ทั้งการตัดสินใจในการเลือกใช้วัสดุต่างๆให้สอดคล้องกันสามารถทำงานร่วมกันได้โดยสะดวก การก่อสร้างทั่วไปราคาค่อนข้างสูง วัสดุที่ใช้เป็นวัสดุที่ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไม่กันความร้อนและความชื้นเข้าสู่ตัวอาคาร ทำให้อุณหภูมิภายในค่อนข้างสูง อยู่อาศัยไม่รู้สึกสบาย ต้องใช้ภาระการทำความเย็นมากจึงสิ้นเปลืองพลังงานในการสร้างสภาวะน่าสบาย วัสดุที่ใช้ก่อสร้างต่างๆเป็นการทำลายสิ่งแวดล้อมและสร้างมลภาวะทางสายตา ขั้นตอนการก่อสร้างทั่วไปค่อนข้างซับซ้อนมาก เริ่มจากการปรับหน้าดินให้สามารถก่อสร้างได้ง่าย งานก่อสร้างส่วนใหญ่ก็จะปรับหน้าดินให้เรียบ ตัดต้นไม้ใหญ่ที่ขวางทางเข้าออกและกีดขวางการทำงาน ซึ่งใช้บริเวณในการทำงานค่อนข้างกว้าง ถ้าเราสังเกตงานก่อสร้างทั่วไปมักจะเป็นสถานที่โล่ง ไม่มีต้นไม้มากีดขว้างการทำงาน เนื่องจากต้องมีรถขนวัสดุเข้าออกซึ่งเป็นรถขนาดใหญ่และยังต้องหาสถานที่วางเหล็กคือต้องก่อสร้างโรงทำงานเหล็ก เช่น ดัดเหล็กและผูกเหล็ก ที่มีหลังคาคลุมเพื่อสะดวกในการเตรียมงานเหล็กก่อนก่อสร้าง ต่อมาต้องทำโรงเก็บปูนเพื่อป้องกันไม่ให้ปูนเปียกฝนหรือน้ำค้างและยังต้องมีที่กองวัสดุต่างๆ เช่นที่กองไม้แบบ ที่กองอิฐมอญหรืออิฐก่อชนิดอื่น สถานที่เหล่านี้ล้วนใช้พื้นที่เป็นจำนวนมาก ผู้รับเหมาจึงเคลียพื้นที่ในการทำงานโดยการตัดต้นไม้ในบริเวณก่อสร้างและปรับพื้นที่ในสถานที่ก่อสร้างให้โล่งเพื่อสะดวกในการทำงาน ทำให้สภาพแวดล้อมที่เคยสมบูรณ์ดีกลับกลายเป็นที่แห้งแล้ง เมื่อทำการก่อสร้างเสร็จ ผู้อยู่อาศัยต้องทำงานปรับสภาพแวดล้อมใหม่ เพื่อปรับอุณหภูมิโดยรอบที่อยู่อาศัย

*ภาพที่ 1.1 แสดงการตีผัง เจาะเสาเข็มคอนกรีต อาคารทั่วไป*

การตีผังเพื่อหาตำแหน่งเสาเข็ม ถ้าดินบริเวณก่อสร้างเป็นดินอ่อน เช่นดินบริเวณจังหวัดกรุงเทพฯหรือจังหวัดข้างเคียงต้องตอกเข็มเพื่อรับน้ำหนักตัวบ้าน เข็มที่ใช้ถ้าเป็นเข็มไม้ต้องตอกให้หัวเข็มอยู่ที่ระดับลึกลงไป 1.50 เมตร เพื่อให้หัวเข็มอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดินป้องกันเข็มไม้ผุ ถ้าเป็นเข็มคอนกรีตต้องอยู่ต่ำกว่าระดับดิน การตอกเข็มอาจเกิดการสะเทือนอาคารข้างเคียงจนมีผลให้เกิดรอยร้าวหรือกระจกแตกได้ ส่วนการขนส่งก็ค่อนข้างลำบากเนื่องจากเสาเข็มมีขนาดยาวมาก ต้องวิเคราะห์การเดินทางเข้าสู่สถานที่ก่อสร้างให้ดีว่าสามารถขนส่งมาได้หรือไม่ ถ้าใช้เข็มเจาะผู้ควบคุมการทำงานก็ต้องระวังเรื่องทิศทางของน้ำใต้ดินถ้าเจาะลงไปแล้วเจอน้ำใต้ดินก็จะไม่สามารถทำงานต่อได้ ต้องออกแบบการรับน้ำหนักใหม่ ถึงแม้ว่าจะมีการสำรวจดินแล้วก็ตาม ฉะนั้นเมื่อช่างเจาะเข็มเจาะลงไปเจอดินที่เปียกหรือดินปนทรายก็จะเริ่มกังวลว่าอาจจะเจอน้ำใต้ดิน จึงมักจะไม่ยอมเจาะลงไปอีกและทำการลงเหล็กเพื่อเตรียมเทคอนกรีต ระยะความลึกนี้อาจอยู่ที่ระดับ 16.00-18.00

เมตร ซึ่งยังไม่ถึงความลึกที่กำหนด ถ้าเป็นเข็มเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.35 เมตร รับน้ำหนักปลอดภัยที่ 38.5 ตัน/ต้น ความลึกจะอยู่ที่ 21.00 เมตร นั่นหมายถึงเข็มจะต้องสมบูรณ์ทั้งหน้าตัดและตลอดลำต้นของเสาเข็ม ถ้าวิเคราะห์กันถึงตรงนี้ก็เท่ากับว่าเสาเข็มเจาะที่เจาะไม่ถึงระยะความลึกที่กำหนดตามที่คำนวณก็รับน้ำหนักปลอดภัยได้ไม่ถึงที่วิศวกรคำนวณเพราะเสาเข็มอาจเจาะลงไปไม่ถึงชั้นดินแข็งอาจตั้งอยู่บนเลนหรือชั้นดินอ่อนซึ่งไม่สามารถรับน้ำหนักปลอดภัยได้ตามที่กำหนดในแบบ

*ภาพที่ 1.2 แสดงหลุมฐานรากที่พบปัญหาน้ำใต้ดิน อาคารทั่วไป*

*ภาพที่ 1.3 แสดงหลุมฐานรากที่ใช้อิฐหักหรือทรายบดอัดให้แน่นหนา 10 เซนติเมตร อาคารทั่วไป*

การทำฐานราก ตีผังหาตำแหน่งเสาอาคารและขุดหลุมให้ใหญ่กว่าขนาดของฐานรากที่วิศวกรคำนวณเล็กน้อยเพื่อสะดวกในการทำงานขุดให้ต่ำกว่าระดับหัวเข็มประมาณ 0.20 เมตรถ้ามีน้ำใต้ดินต้องสูบน้ำออกให้แห้งแล้วใช้อิฐหักหรือทรายบดอัดให้แน่นหนาประมาณ 0.10 เมตร แล้วจึงเทคอนกรีตหยาบในอัตราส่วน 1:3:5 เทหนา 0.10 เมตร แล้วจึงวางตะแกรงเหล็กฐานรากและเหล็กเสาก่อนเทต้องราดน้ำให้ชุ่มชื้นเสียก่อนเพื่อจะได้ไม่มาดูดน้ำจากคอนกรีตแล้วจึงเทคอนกรีตส่วนผสม

1:2.5:4 ให้ขนาดตามที่แบบกำหนด ขณะที่เทคอนกรีตต้องระวังถ้ามีน้ำใต้ดินซึมออกมาต้องคอยตักออกตลอดเวลาและต้องกระทุ้งคอนกรีตให้เต็มโดยการใช้เหล็กหรือเครื่องสั่นคอนกรีตก็ได้ เทคอนกรีตมาจนถึงใต้ท้องคานคอดิน ไม้แบบข้างเสาจะถอดได้ภายหลังจากที่เทคอนกรีตแล้ว 48 ชั่วโมง เมื่อถอดแบบแล้วจึงกลบหลุมฐานรากด้วยดินที่กองไว้ข้างเคียง ซึ่งขั้นตอนนี้เสียเวลาและต้องรอให้คอนกรีตได้อายุจึงจะถอดไม้แบบและทำงานต่อไปได้ถ้าช่วงนี้เกิดฝนตกก็ไม่สามารถทำงานได้ต้องรอให้ฝนหยุดตกและทำการสูบน้ำในหลุมฐานรากก่อนจึงทำงานได้และถ้าน้ำใต้ดินเยอะมากก็จะทำให้การทำงานลำบากมาก ผู้รับเหมาจึงเลี่ยงการทำงานฐานรากหรืองานดินในฤดูฝน เพราะทำให้เสียเวลามาก

*ภาพที่ 1.4 แสดงการปรับท้องคานด้วยคอนกรีต อาคารทั่วไป*

*ภาพที่ 1.5 แสดงการผูกเหล็กคานคอดิน อาคารทั่วไป*

*ภาพที่ 1.6 แสดงการเทคอนกรีตคานคอดิน อาคารทั่วไป*

*ภาพที่ 1.7 แสดงการตั้งไม้แบบเตรียมงานเทคอนกรีตเสา อาคารทั่วไป*

การผูกเหล็กคานคอดินและเหล็กพื้น ผู้ก่อสร้างต้องผูกเหล็กตามขนาดและระยะห่างตามกำหนดแล้วจึงปิดแบบ โดยใช้ดินเหนียวหรือถุงปูนอุดรูน้ำปูนรั่วให้หมดแล้วจึงเทคอนกรีตอัตราส่วน 1:2:4 ลงในแบบดังกล่าว การผสมคอนกรีตต้องพอเหมาะโดยไม่เปียกหรือแห้งเกินไป คอนกรีตที่เหลวเพราะใช้น้ำมากจะทำให้รับกำลังต้านทานได้น้อยส่วนคอนกรีตที่ใช้น้ำน้อยจะทำให้เทลงในแบบได้ยาก และถ้ากระทุ้งไม่ดีจะทำให้ตอนถอดไม้แบบคอนกรีตจะเป็นโพรง บางครั้งถึงขั้นเห็นเหล็กที่อยู่ภายใน ทำให้เสียความแข็งแรงและอาจทำให้เหล็กเป็นสนิมได้ ไม้แบบที่ใช้หนุนคานหรือพื้นคอนกรีตต้องทิ้งไว้จนกว่าโครงสร้างจะรับน้ำหนักได้อย่างน้อย 4 สัปดาห์ จึงทำการถอดได้ คอนกรีตที่แข็งตัวใหม่ๆไม่ควรให้ถูกแดดมากเพราะคอนกรีตจะขยายตัวและเกิดการแตกร้าวได้ควรรดน้ำวันละหลายๆครั้งหรือใช้กระสอบชุบน้ำให้ชุ่มคลุมไว้เพื่อเป็นการบ่มคอนกรีตทำอย่างนี้อย่างน้อย 7 วัน นับตั้งแต่คอนกรีตเริ่มแข็งตัว จะเห็นว่าการทำงานต้องมีผู้เชี่ยวชาญดูแลและควบคุมเพราะมีความละเอียดมากและยังต้องเสียเวลากับการบ่มคอนกรีตอีก

*ภาพที่ 1.8 แสดงการก่ออิฐมอญและเอ็น ค.ส.ล. การตั้งวงกบโดยมีเอ็น ค.ส.ล.รอบวงกบ*

การก่ออิฐฉาบปูน ต้องนำอิฐที่จะก่อไปจุ่มน้ำเสียก่อนเพื่อไม่ให้อิฐแย่งน้ำในส่วนผสมของปูนก่อเมื่อก่อได้ความสูงไม่เกิน 2.00 เมตรต้องหยุดเพื่อรอให้อิฐก่อแข็งตัวแล้วจึงผูกเหล็กเข้าไม้แบบเทคอนกรีต เพื่อทำเอ็น ค.ส.ล. รอให้คอนกรีตแข็งตัวจึงจะดำเนินการก่ออิฐต่อได้ เมื่อก่ออิฐเสร็จแล้วต้องรอให้อิฐแข็งตัวจึงจะทำการฉาบปูนโดยหาระดับจับเฟี้ยมทั้งหมด เมื่อเฟี้ยมคอนกรีตแข็งตัวแล้วจึงขึ้นปูนฉาบได้ ถ้าผนังมีตำแหน่งติดตั้งประตู-หน้าต่างที่เป็นไม้ต้องทำการตั้งวงกบก่อนโดยมีเอ็น ค.ส.ล.ล้อมรอบวงกบนั้นและเอ็นค.ส.ล.ยึดเข้ากับโครงสร้างของบ้าน ทุกขั้นตอนต้องรอคอยตามลำดับโดยไม่สามารถรัดขั้นตอนได้จึงทำให้เสียเวลามาก

*ภาพที่ 1.9 แสดงการติดตั้งโครงหลังคาที่มีการรับน้ำหนักอย่างเป็นขั้นตอน*

*ภาพที่ 1.10 แสดงการเตรียมการมุงหลังคา*

การทำงานในส่วนของหลังคา เมื่อตั้งเสาชั้น2 แล้ว เริ่มทำการติดตั้งอะเส ถ้าเป็นอะเสคอนกรีตการทำงานเหมือนการทำคานคอนกรีตทั่วไปแต่จะเกิดการล้าช้ากว่าปกติ เนื่องจากเป็นการทำงานในที่สูง แต่ถ้าเป็นอะเสเหล็กหรือโครงหลังคาเหล็กควรทาสีกันสนิมที่ด้านล่างให้เรียบร้อยเสียก่อนรอจนสีแห้ง แล้วจึงนำมาประกอบโดยการเชื่อมที่ตำแหน่งตามที่เราต้องการ โดยเริ่มจากการวางอะเสเหล็กรัดรอบหัวเสาทั้งหมดตามแบบ แล้วจึงตั้งดั้งเหล็ก ติดตั้งอกไก่เหล็กแล้วจึงติดตั้งจันทันเหล็กต่อมาติดตั้งแปเหล็ก เก็บรอยเชื่อมด้วยการทาสีกันสนิม แล้วจึงจะสามารถมุงหลังคาได้ ถ้าเป็นกระเบื้องซีแพคโมเนียก็จะเกิดรอยรั่วได้ง่ายเพราะมีขนาดเล็ก ต้องให้ความลาดเอียงมากประมาณ 30 องศาขึ้นไปจึงจะระบายน้ำฝนได้ดีและเมื่อเกิดการรั่วก็อาจทำให้เหล็กโครงหลังคาเป็นสนิมได้อีกทั้งยังมีน้ำหนักมากทำให้สิ้นเปลืองโครงสร้างในการรับน้ำหนัก ถ้าเป็นกระเบื้องซีเมนต์ขนาด 0.50x1.20 เมตร ก็จะใช้ความลาดเอียงน้อยลงประมาณ 15-20 องศา โครงสร้างในการรับน้ำหนักลดลงเพราะมีน้ำหนักไม่มากแต่การรั่วของหลังคาก็ยังมีอยู่บ้างเนื่องจากยังสามารถแตกได้ง่ายส่วนถ้าเป็นวัสดุเบา เช่น หลังคาโลหะรีดลอน (METAL SHEET) เคลือบสี จะมีรอยต่อน้อย สามารถรีดเป็นแผ่นยาวได้ตลอด จึงมีรอยต่อน้อย ใช้องศาในการมุงหลังคาประมาณ 10 องศา มีน้ำหนักเบาจึงช่วยลดโครงสร้างในการรับน้ำหนัก แต่หลังคาทั้งหมดที่กล่าวมาความร้อนสามารถเข้าสู่ตัวอาคารมาก ทำให้เกิดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเป็นอย่างมาก อีกทั้งขั้นตอนการติดตั้งโครงหลังคามีถึง 6 ขั้นตอน(รวมการมุงหลังคา) ขั้นตอนเหล่านี้ทำให้ใช้ระยะเวลามากและยังเกิดปัญหามากมายหลังจากอยู่อาศัยแล้ว

การทำงานระบบ ผู้ก่อสร้างต้องรู้ขั้นตอนการติดตั้งว่าควรอยู่ขั้นตอนไหนบ้างในขณะที่กำลังก่อสร้าง เช่น การฝังถังบำบัดต้องได้ระดับและสัมพันธ์กับท่อโสโครกที่จะเดินไปยังตำแหน่งที่ฝังในพื้นคอนกรีตก่อนเทคอนกรีตพื้น ไม่เช่นนั้นการใช้งานของโถส้วมจะเป็นปัญหากับผู้อยู่อาศัย รวมทั้งการฝังท่อระบายน้ำที่พื้นก็ต้องฝังก่อนเทพื้นเช่นกัน ถ้าทำหลังจากเทพื้นแล้ว การเจาะคอนกรีตฝังท่อภายหลังจะทำให้เกิดการรั่วที่พื้นคอนกรีตได้ง่ายกว่า เพราะเป็นห้องที่มีน้ำตลอดเวลา ทำให้การแก้ค่อนข้างแก้ยาก ต้องใช้เคมีและช่างผู้ชำนาญจึงแก้ไขได้

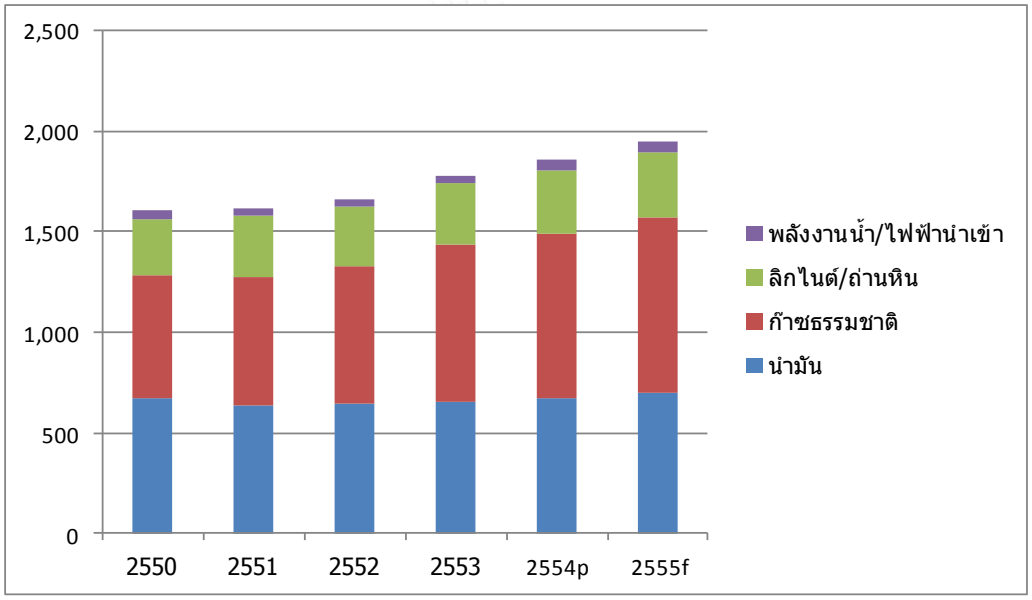
การวิวัฒนาการในการก่อสร้างยุคต่อมาของงานก่อสร้างคอนกรีตคือ การพัฒนาไปสู่การก่อสร้างประเภทโครงสร้างคอนกรีตที่หล่อสำเร็จมาจากโรงงาน (Precast Concrete) แล้วนำมาประกอบติดตั้งที่หน้างาน แต่ปัญหาและอุปสรรคที่ตามมาก็คือ น้ำหนักที่มาก เกิดความลำบากและยุ่งยากในการขนส่ง และยังต้องพึ่งพาเครื่องจักรกลหนักในการประกอบและขนส่ง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน และเป็นวัสดุที่ไม่คำนึงถึงเรื่องการประหยัดพลังงาน ไม่เหมาะกับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย

จะเห็นได้ว่าการทำงานก่อสร้างแบบระบบทั่วไป มีผลต่อระยะเวลามาก เพราะมีขั้นตอนต้องเรียงลำดับการทำงาน ไม่สามารถรัดขั้นตอนได้ ทำให้ระยะเวลาการก่อสร้างใช้เวลามาก

และมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง จึงควรหาเทคโนโลยีในการก่อสร้างยุคใหม่ ที่สามารถก่อสร้างได้อย่างรวดเร็วใช้ระยะเวลาสั้นและไม่ใช้เครื่องจักรกลหนัก การบำรุงรักษาต่ำ ไม่มีผลด้านลบกับสิ่งแวดล้อม สามารถอยู่สบายในเขตร้อนชื้น การออกแบบบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน จึงเป็นที่ทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยประเทศชาติประหยัดพลังงานและแนวทางการออกแบบทางสถาปัตยกรรมที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

### 1.1.2 ปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

หน่วย : พันบาร์เรวเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อวัน




*ภาพที่ 1.11 แสดงประมาณการใช้พลังงานเชิงพานิชย์ขั้นต้น*

p ข้อมูลเบื้องต้น

f ข้อมูลประมาณการ

มีการคาดความต้องการใช้พลังงานขั้นต้นปี 2555 เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาประมาณร้อยละ 4.8 จากปัจจัยการขยายตัวทางเศรษฐกิจของสภาพัฒน์ และการเร่งรัดการใช้จ่ายและลงทุนของภาครัฐเพื่อฟื้นฟูผลจากอุทกภัย โดยคาดว่าการใช้ก๊าซธรรมชาติจะมีอัตราเพิ่มสูงสุดคือประมาณร้อยละ 7.4 จากผลของการใช้ NGV และไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น ความต้องการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์

ขั้นต้นในปี 2555 อยู่ที่ระดับ 1.94 ล้านบาร์เรลเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อวัน หรือเพิ่มขึ้นจากปี 2554 ประมาณร้อยละ 4.8

ในด้านมูลค่าการใช้พลังงาน ปีที่ผ่านมามีมูลค่ารวมประมาณ 1.91 ล้านล้านบาท เพิ่มจากปีก่อนหน้าร้อยละ 6.2 โดยมูลค่าการใช้ก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้นร้อยละ 43 น้ำมันเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.7ถ่านหินเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.2 และพลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.8(สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน , 2555)

จากข้อมูลดังกล่าว การขยายตัวทางเศรษฐกิจและการฟื้นฟูผลจากอุทกภัย ความต้องการในเชิงพาณิชย์ต่างๆ เห็นได้อย่างชัดเจนว่า การใช้พลังงานในประเทศไทยมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะประชากรของประเทศที่เพิ่มขึ้น ที่อยู่อาศัยจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญ ถ้าเราสามารถสร้างที่อยู่อาศัยที่ใช้พลังงานอย่างประหยัดและสามารถสร้างได้ในระยะเวลาอันสั้นมีราคาถูก สามารถลดขั้นตอนต่างๆลง ใช้ระบบก่อสร้างที่เป็นองค์รวม โดยสามารถนำงานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรมและงานตกแต่งภายใน รวมอยู่ในงานเดียวกัน การก่อสร้างก็จะลดขั้นตอนลง ลดระยะเวลาและไม่สิ้นเปลืองพลังงานและแรงงานในการก่อสร้าง เป็นการช่วยประเทศชาติประหยัดพลังงานได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างเร็ว,ใช้แรงงานคน,ราคาและประหยัดพลังงาน

1,2,2 เพื่อนำตัวแปรมาวิเคราะห์ วิจัย และค้นหาวิธีให้บ้านประหยัดพลังงานมีราคาถูกหรือราคาใกล้เคียงบ้านทั่วไปมากที่สุด

1.2.3 วิเคราะห์ทั้งทางด้านวัสดุ, เทคนิคการก่อสร้าง, เทคนิดคการออกแบบพร้อมประเมินผล

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1,3,1 ศึกษาตัวแปรให้ผู้อยู่อาศัยอยู่ในสภาวะน่าสบายในเขตร้อนชื้นเท่านั้น

1,3,2 ศึกษาแนวทางแก้ปัญหาเรื่องประหยัดพลังงานที่สอดคล้องกับยุคสมัย ซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ในประเทศและน้ำหนักของวัสดุแต่ละชิ้นไม่เกิน 70 กิโลกรัม ต่อการยกชิ้นงาน 2 คน

1.3.3 ศึกษาวิธีการก่อสร้างด้วยแรงคนโดยไม่พึ่งพาเครื่องจักรกลหนักและขั้นตอนก่อสร้าง ที่เร็วและประหยัดพลังงาน

1.3.4 ศึกษาเฉพาะการก่อสร้างตัวอาคารเท่านั้นที่ไม่ใช้เครื่องจักรกลหนัก ใช้เฉพาะเครื่องมือพื้นฐานของช่างทั่วไป เช่น สว่านไฟฟ้า เครื่องเชื่อมไฟฟ้า เครื่องโม่ปูน เครื่องพ่นโฟมคอนกรีต เครื่องเจีย/ตัด เครื่องเลื่อยไฟฟ้า เป็นต้น

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 เขตสบาย (comfort zone) หมายถึง เขตของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกร้อน-หนาวของมนุษย์ โดยทั่วไปหมายถึง โซน (zone) ที่มนุษย์ตัดสินไม่ได้ว่ารู้สึกร้อนหรือหนาว ในสภาวะดังกล่าว โดยการที่มนุษย์ไม่รู้สึกร้อนหรือหนาวนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหรือตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษย์

1.4.2 สภาวะน่าสบาย หมายถึง สภาวะที่ร่างกายไม่รู้สึกร้อนหรือหนาวจนเกินไป หรือร่างกายรู้สึกสบาย

1.4.3 เปลือกอาคาร (building envelope) หมายถึง ทุกๆ ส่วนวัสดุต่างๆที่อยู่ภายนอกที่ประกอบเป็นอาคาร ที่สัมผัสกับอากาศภายนอกหรือสภาพแวดล้อม ภายนอกอาคาร เช่น พื้น ผนัง หลังคา ประตู-หน้าต่าง

1.4.4 ปัจจัยธรรมชาติ หมายถึง ปัจจัยที่เกิดจากธรรมชาติซึ่งส่งผลต่อการอยู่อาศัย เช่น ท้องฟ้า ดิน สภาพแวดล้อม เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ แต่สามารถคาดการณ์ความน่าจะเป็นได้ แล้วนำความน่าจะเป็นนั้นมาใช้ในการสร้างสรรค์งานสถาปัตยกรรมรวมถึงการ ปรับปรุงแก้ไข เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ใช้อาคารอย่างสูงสุด

1.4.5 ความรู้สึกเย็น (sensation) หมายถึง ความรู้สึกเย็นสบายด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิดได้จริง ณ เวลานั้น เช่น ณ ใต้ถุนเรือนไทย อุณหภูมิอากาศโดยรอบที่ 30°C หากมีลมพัดผ่านสภาพแวดล้อมเพียง 150-300 fpm ก็ทำให้มีความรู้สึกเย็นขึ้นได้ถึง 3°C ทำให้รู้สึกเสมือนอุณหภูมิในเวลานั้นอยู่ที่ 27°

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.5.1 ได้ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างเร็ว,ใช้แรงงานคน, ราคาถูกมาวิเคราะห์เพื่อหาวิธีประหยัดพลังงาน

1.5.2 พบวิธีออกแบบบ้านประหยัดพลังงานให้มีราคาถูกใกล้เคียงกับบ้านทั่วไป

1.5.3 ได้ค้นพบวิธีก่อสร้างได้เร็วด้วยแรงคนทั้งทางด้านวัสดุ,ด้านเทคนิคการก่อสร้าง,ด้านการออกแบบพร้อมวิเคราะห์และประเมินผล

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

1.6.1 รวบรวมข้อมูล ทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรการก่อสร้างเร็ว,ใช้แรงงานคน,ราคาถูกและประหยัดพลังงาน

1.6.2 วิเคราะห์เสนอแนะแนวทางการก่อสร้างด้วยแรงคน ทั้งทางด้านวัสดุ วิธีการก่อสร้าง ราคา และเทคนิคการก่อสร้างที่สามารถทำได้เร็ว ประหยัดทั้งขณะก่อสร้างและขณะอยู่อาศัย

1.6.3 สรุปและเสนอแนะแนวทางการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนเพื่อเป็นแนวทางการออกแบบและเทคนิคก่อสร้างต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันเทคโนโลยีและวิทยาการต่างๆได้ก้าวหน้าไปอย่างมาก จนสามารถตอบสนองความต้องการและความสะดวกสบายในชีวิตประจำวันได้อย่างสมบูรณ์แต่ในขณะเดียวกันเราก็ได้บริโภคทรัพยากรธรรมชาติกันอย่างฟุ่มเฟือย จนเกิดวิกฤติทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของโลกจนเกิดผลเสียมากมาย

การออกแบบที่อยู่อาศัยควรอนุรักษ์สภาพแวดล้อมของธรรมชาติและใช้พลังงานที่มีอย่างประหยัดแต่ยังคงคุณภาพชีวิตที่ดีและเข้ากับยุคสมัยได้ดี โดยประยุกต์การใช้สภาพแวดล้อมของภูมิอากาศแบบร้อนชื้นมาผสมผสานกับเทคโนโลยียุคใหม่นำมาสร้างสรรค์สถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับเขตร้อนชื้นของประเทศไทย เพื่อได้ที่อยู่อาศัยที่ประหยัดพลังงาน มีคุณภาพสูง และมีคุณภาพชีวิตที่ดี ราคาไม่แพง

## 2.1 ความเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปจากอดีต

สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัยมีอยู่หลายประการ คือ

**2.1.1 ความร้อน** การเพิ่มขึ้นของอาคารคอนกรีต ผิวจราจร เมื่อโดนความร้อนจากแสงแดดเกิดการสะสมความร้อนและคายความร้อนสู่อากาศทำให้เมืองร้อนทั้งกลางวันและกลางคืน

- ความร้อนจากดวงอาทิตย์ การสภาวะเรือนกระจก (Green House Effect)
- ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถยนต์
- ความร้อนจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าสู่ตัวเมือง
- ความร้อนจากคนและอื่นๆ ความหนาแน่นของประชากร สภาพแวดล้อมที่มีแต่คอนกรีต ต้นไม้มีจำนวนน้อยลง ปัญหาความร้อนจึงทวีความรุนแรงมากขึ้น

**2.1.2 เสียง** ปัญหาเรื่องเสียงในเมืองที่พบบ่อยคือ เสียงยานพาหนะต่างๆ เช่น รถยนต์ มอเตอร์ไซน์ เรือยนต์ ฯลฯ มีระดับเสียงสูงถึง 85 เดซิเบล ซึ่งดังเกินไปสำหรับชีวิตประจำวัน

**2.1.3 อากาศ** อากาศในเมืองเป็นอากาศที่มีมลพิษ เช่น บริเวณใจกลางเมืองปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศสูงกว่าระดับมาตรฐาน

**2.1.4 แสงธรรมชาติ** จากสภาพความหนาแน่นของเมือง ทำให้แสงธรรมชาติตกถึงพื้นดินน้อยลง อาคารสูงที่บดบังแสงแดด ทำให้การออกแบบแสงธรรมชาติต้องเปลี่ยนแปลงไป

**2.1.5 ทัศนวิสัย** ความแออัดของเมือง ระบบขนส่งขนาดใหญ่ที่กำลังก่อสร้าง พื้นที่สีเขียวที่ลดลง ทำให้ทัศนวิสัยและมุมมองไม่น่าดู ทั้งเรื่องการสะท้อนแสง (Brightness) ที่สูงมาก จนเกิดมลภาวะที่ไม่ดีต่อสายตา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**2.1.6 ความไม่ปลอดภัย** ได้แก่ ความไม่ปลอดภัย เช่น การเกิดอาชญากรรม ปล้น ลักทรัพย์ ซึ่งเกิดจากความแออัดในสังคมเมือง การเกิดมลภาวะหรืออากาศที่เป็นพิษ ทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

**2.1.7 น้ำและการระเหยของน้ำ** การระเหยของน้ำทำให้สภาพแวดล้อมโดยรอบเย็นลง แต่ประเทศไทยเป็นเขตร้อนชื้น มีความชื้นสัมพัทธ์สูงเกือบทั้งปี (โดยมีความชื้นมากกว่า 55 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย) ทำให้น้ำเกิดการระเหยได้ยาก เราจึงต้องใช้การสังเคราะห์แสงของต้นไม้ เนื่องจากต้นไม้สามารถดูดน้ำใต้ดินขึ้นมาแปลงสภาพกลายเป็นไอน้ำได้ทุกสภาพอากาศ ต้นไม้ใช้พลังงานความร้อนประมาณ 2.3 เมกะจูล(2200 บีทียู) ต่อน้ำ 1 ลิตร เพื่อทำให้เป็นไอ ในเวลากลางวัน( 12 ชั่วโมง) ต้นไม้ใหญ่สามารถดูดน้ำใต้ดินขึ้นมาแปลงเป็นไอ 65 ลิตรต่อวัน สามารถปรับสภาพแวดล้อมให้เย็นลงได้ 12.66 เมกะจูลต่อชั่วโมง (12,000 บีทียูต่อชั่วโมง) เทียบเท่ากับเครื่องปรับอากาศ 1 ตัน แต่ปัจจุบันต้นไม้มีน้อยลง คูคลองก็น้อยลง พื้นที่ถนนมากขึ้น ถ้าจะใช้ต้นไม้เพื่อให้สภาพแวดล้อมในเมืองดีขึ้น อาจต้องใช้ต้นไม้ถึง 4.5 ล้านต้น เพื่อให้กรุงเทพฯมีอุณหภูมิเหมือนเมื่อ 20 ปีก่อน (สุนทร บุญญาธิการ 2542)

**ข้อควรพิจารณาในการออกแบบอาคารพักอาศัย**

-เมื่ออากาศภายนอกบ้านพักอาศัยร้อน ภายในบ้านต้องเย็นสบาย

-เมื่ออากาศภายนอกบ้านพักอาศัยหนาว ภายในบ้านต้องอบอุ่น

-เมื่ออากาศภายนอกบ้านพักอาศัยมีความชื้น อากาศภายในบ้านต้องแห้งสบาย

-เมื่อภายนอกบ้านพักอาศัยมีเสียงรบกวนสูง ภายในบ้านต้องได้ยินเสียงเพียงเล็กน้อย

-เมื่อภายนอกบ้านพักอาศัยมีแสงที่สะท้อนมาก ภายในบ้านต้องมีแสงที่นุ่มนวล

-เมื่อภายนอกบ้านพักอาศัยเต็มไปด้วยมลพิษ ภายในต้องมีคุณภาพอากาศที่ดี แต่ถ้าเราปรับสภาพแวดล้อมให้ดีก็สามารถนำสภาพแวดล้อมมาใช้ภายในบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพถ้าเราสามารถออกแบบบ้านพักอาศัยให้สามารถอยู่สบาย รักษาสิ่งแวดล้อม ประหยัดพลังงานมากกว่าบ้านทั่วไปหลายเท่า คนรุ่นหลังก็มีโอกาสได้เห็นสิ่งแวดล้อมที่สมบูรณ์และยังคงมีพลังงานใช้ต่อไปได้อีกยาวนาน

2.2 ความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ในยุคปัจจุบัน

เมื่อสภาพแวดล้อมรอบตัวเราแย่ลงเรื่อยๆแต่คนในยุคปัจจุบันกลับต้องการความสุขสบายมากขึ้น สภาพสังคมและเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไป เทคโนโลยีที่ก้าวหน้า กระแสการอนุรักษ์พลังงานได้ส่งผลกระทบต่อการออกแบบบ้านพักอาศัย เกิดปรัชญาของการอยู่อาศัยของคนยุคใหม่ เพื่อเป็นคำตอบที่ครบถ้วนของคุณภาพชีวิตที่ดี 8 ประการ ดังนี้

**2.2.1 ความรู้สึกร้อน-หนาวที่พอเหมาะ (Thermal Comfort)** หมายถึง การควบคุมและปรับปรุงสภาพแวดล้อมที่อยู่นอกเขตสบายให้อยู่ในเขตสบาย(comfort zone) โดยใช้ระบบธรรมชาติมากที่สุดโดยใช้ระบบเครื่องกลให้น้อยที่สุด(ระบบปรับอากาศ)

**2.2.2 การใช้แสงสว่างที่เหมาะสมและพอเพียง (Lighting Comfort)** หมายถึง การใช้แสงที่ไม่ทำให้เกิดการระคายเคืองตา เน้นการใช้แสงธรรมชาติเป็นหลักในเวลากลางวันและใช้แสงประดิษฐ์ในเวลากลางคืนที่เป็นระบบประหยัดพลังงานให้น้อยที่สุดแต่พอเพียงกับการใช้งานที่เหมาะสม

**2.2.3 การมีคุณภาพเสียงที่เหมาะสม (Acoustical Comfort)** หมายถึง การควบคุมเสียงจากภายนอกไม่ให้ผ่านเข้ามามากเกินไปและควบคุมเสียงภายในไม่ให้ดูดซับเสียงมากเกินไป เพราะจะทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกเหงา ซึมเศร้า แต่ถ้าดูดซับเสียงน้อยเกินไปก็อาจทำให้เกิดเสียงสะท้อนเอะอะอึกทึกมากเกินไป ควรออกแบบให้ดูดซับเสียงเฉลี่ยระหว่าง 0.2-0.4

**2.2.4 ความต้องการทัศวิสัยที่สบายตา (visual comfort)** หมายถึง การควบคุมระดับความจ้าและการสะท้อนแสงของสภาพแวดล้อม ระหว่างจุดที่มืดสุดกับจุดที่สว่างที่สุดไม่เกิน 1:10 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่พอเหมาะกับสายตามนุษย์ ทำให้รู้สึกสบายตา

**2.2.5 ความงามและบรรยากาศ (aesthetics and atmosphere)** หมายถึง ความงามทางสถาปัตยกรรม การจัดวางที่ว่างในแต่ละกิจกรรมและบรรยากาศที่เหมาะสมในแต่ละการใช้งาน

**2.2.6 การมีคุณภาพอากาศภายในที่ดี (indoor air quality)** หมายถึง การสร้างคุณภาพอากาศภายในให้สะอาด ปราศจากมลพิษ โดยสร้างอากาศภายในให้ดีกว่าภายนอกที่มีมลภาวะสูง

**2.2.7 การมีความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน (security and safety)** หมายถึง การออกแบบที่สร้างสรรค์ให้เกิดความปลอดภัย ไม่มีมุมอับที่อาจก่อให้เกิดการโจรกรรม

**2.2.8 เทคโนโลยีสารสนเทศ (information technology)** หมายถึง ความสามารถในการสื่อสารและรับข้อมูลข่าวสารจากโลกภายนอกอย่างครบวงจรทั้งแบบมีสายและไร้สาย

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิดการออกแบบสถาปัตยกรรมในปัจจุบันมี 6 ประการ คือ

-เสถียรภาพทางด้านการเงินและเศรษฐกิจ (economic force)

-เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Modern technology)

-การประหยัดพลังงาน (Energy Conservation)

-การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Preservation)

-คุณภาพชีวิตที่ดี (Quality of life)

-ค่านิยมของสังคม (Social Value) และการสร้างสรรค์สภาวะแวดล้อมให้ได้ตามต้องการเพื่อเพิ่มความมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติ

การออกแบบบ้านประหยัดพลังงานควรนำเอาธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและนำเทคโนโลยีที่ใช้พลังงานน้อยที่สุดมาปรุงแต่งคุณภาพชีวิตให้ได้ตามที่มนุษย์ต้องการโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 2-1 แสดงปรัชญาในการอยู่อาศัยในยุคปัจจุบัน (สุนทร บุญญาธิการ 2542)

2.3 การประยุคใช้ในบ้านประหยัดพลังงาน

การออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน มีสิ่งที่ควรคำนึงถึง คือ ความพิถีพิถันในการเลือกใช้วัสดุที่พิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์แล้วว่า มีศักยภาพและเหมาะสมที่จะนำมาใช้เพื่อการประหยัดพลังงาน และมีแนวความคิดสำหรับการออกแบบยุคใหม่ เพื่อให้ประหยัดพลังงานสูงสุด ได้แก่ การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการประหยัดพลังงาน เช่น พืชคลุมดิน ต้นไม้ใหญ่ ลมและดิน
การเลือกรูปแบบที่เหมาะสม ที่สามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ต่อสภาพแวดล้อม การประหยัดพลังงาน มีคุณค่าทางศิลปะ ด้านค่านิยมและจิตนาการของมนุษย์
การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม
การเลือกใช้วัสดุต่างๆที่ประหยัดพลังงาน
การเลือกอุปกรณ์ที่ประหยัดพลังงานและนำปัจจัยทางธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
การคำนึงถึงการบำรุงรักษาและผู้ใช้งาน
เทคนิคการก่อสร้างที่ง่ายและรวดเร็ว

2.4 อิทธิพลของภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทยที่มีผลต่อการออกแบบ

**2.4.1 เขตสบายของมนุษย์ (comfort zone)**

เขตสบายของมนุษย์ คือ สภาวะที่มนุษย์รู้สึกสบาย โดยทำการสำรวจจากตัวอย่างประชากรโลกชนชาติต่างๆ จนได้ข้อสรุปว่ามีค่าใกล้เคียงกันทุกชนชาติแม้จะอาศัยอยู่ในเขตภูมิอากาศที่แตกต่างกัน โดยค่าที่เหมาะสมอยู่ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพันธ์ 50 % การสร้างสภาวะสบายของมนุษย์จะต้องประกอบไปด้วยตัวแปรต่าง ๆ ที่ต้องสัมพันธ์กันคือ

2.4.1.1 อุณหภูมิอากาศ (air temperature) จากการทดลองค่าที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส

2.4.1.2 ความชื้นสัมพันธ์ (relation humidity) ในการสร้างสภาวะสบาย ไม่รู้สึกแห้งเกินไปหรือเหนียวตัวเกินไป ความเหมาะสมอยู่ที่ค่าประมาณ 50 %

2.4.1.3 อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ (mean radiant temperature : MRT) คือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกได้จากสภาพแวดล้อมที่แผ่รังสีความร้อนให้มนุษย์หรือการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับร่างกาย ทำให้มนุษย์รู้สึกร้อนหรือหนาวมากกว่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริง จากสมการเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส มนุษย์จะรู้สึกร้อนหรือหนาวเพิ่มขึ้นประมาณ 1.4 องศาเซลเซียส

2.4.1.4 ความเร็วลม (wind velocity) มีอิทธิพลต่อความรู้สึกเย็นสบายของมนุษย์ เมื่อมีความเร็วลมเพิ่มขึ้น มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิจริงในขณะนั้น จากการศึกษา (สุนทร บุญญาธิการ,2545) พบว่าความเร็วลมสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

ความรู้สึกเย็นลง(องศาเซลเซียส) = 0.381V+0.016RH

เมื่อ V = ความเร็วลม (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

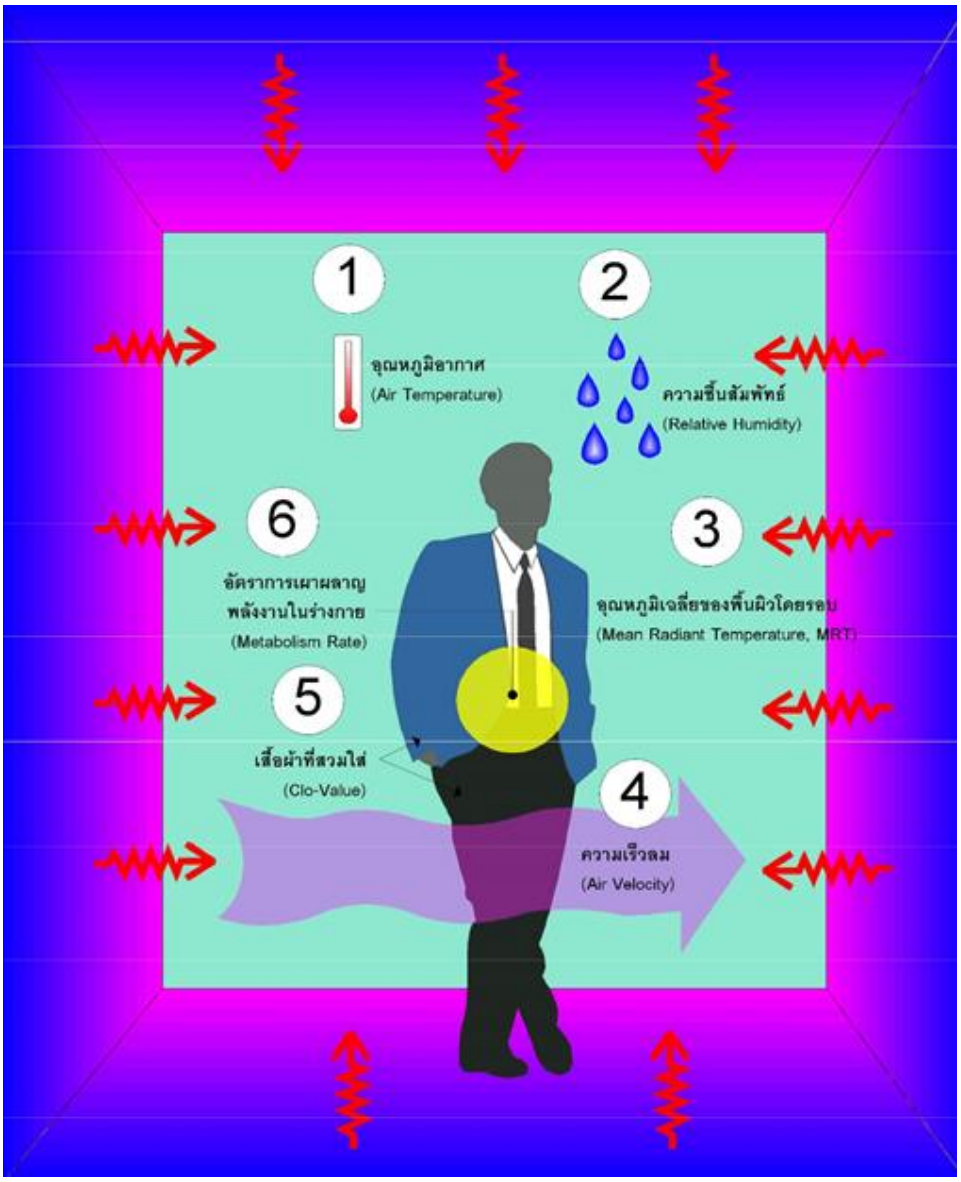
RH = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะทำให้มนุษย์รู้สึกเย็นลงประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส และลดลงมากที่สุดไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส

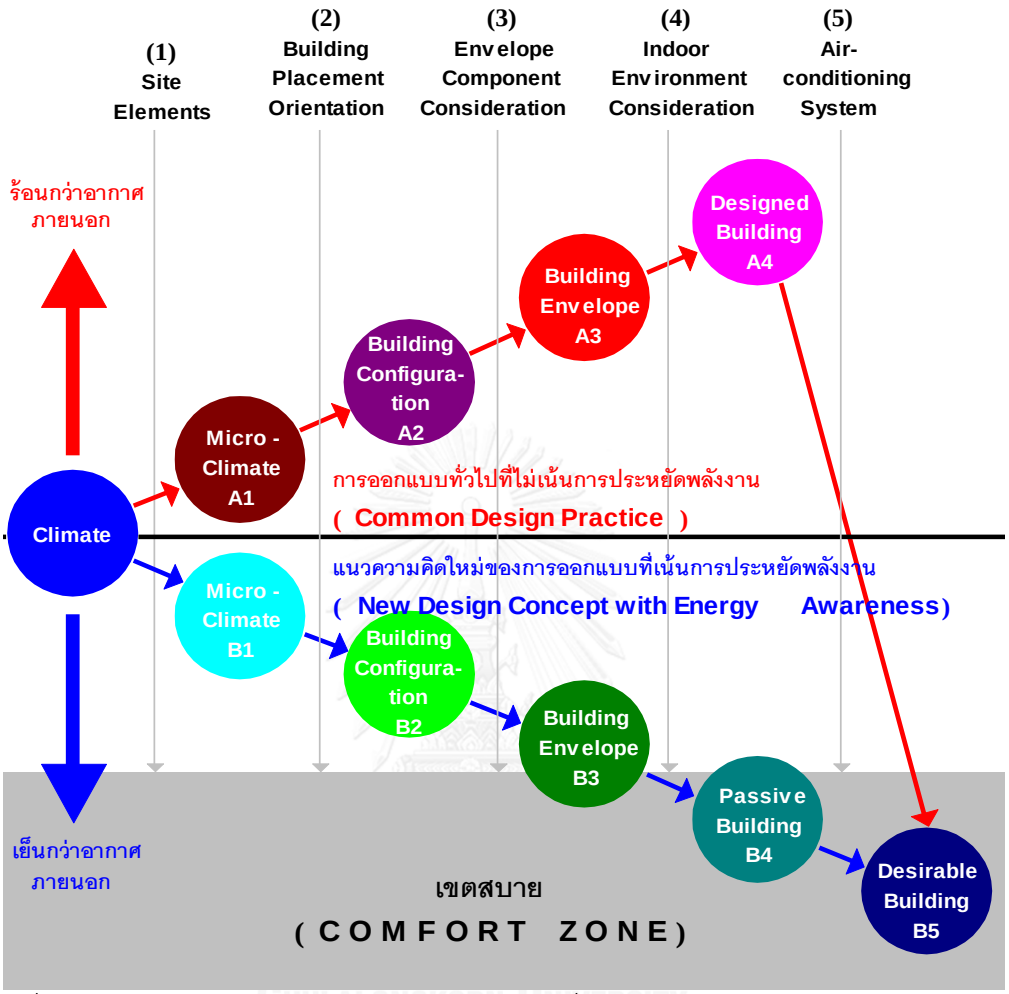
2.4.1.5 เสื้อผ้าที่สวมใส่ (clo-value) จากการศึกษาในต่างประเทศ ที่มีอากาศหนาว เครื่องแต่งกายของนักธุรกิจชาย คือ เสื้อสูททำงานครบชุด มีค่า Clo เท่ากับ 1 พบว่าเสื้อผ้าน้อยชิ้นลง จะส่งผลให้ค่า Clo ลดลง ในทางกลับกันเสื้อผ้ามากชิ้นขึ้น ร่างกายยิ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้น มนุษย์จึงรู้สึกร้อนและรู้สึกไม่สบาย

2.4.1.6 อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (metabolism rate) ร่างกายที่มีอัตราการเผาผลาญพลังงานค่อนข้างสูงมาก มีผลมาจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การวิ่งหรือการแบกของหนัก ส่งผลให้ร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้รู้สึกไม่สบาย สภาวะสบายของมนุษย์โดยรวมจึงรู้สึกไม่สบาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University




*ภาพที่ 2.1 เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า (สุนทร บุญญาธิการ 2542)*




*ภาพที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบผลจากการออกแบบที่เน้นการประหยัดพลังงาน ทำให้ภายใน*

อาคารเข้าใกล้เขตสบายมากที่สุด ทำให้ประหยัดพลังงานในการปรับอากาศภายในให้เข้าใกล้เขตสบายมากที่สุด (สุนทร บุญญาธิการ 2545)

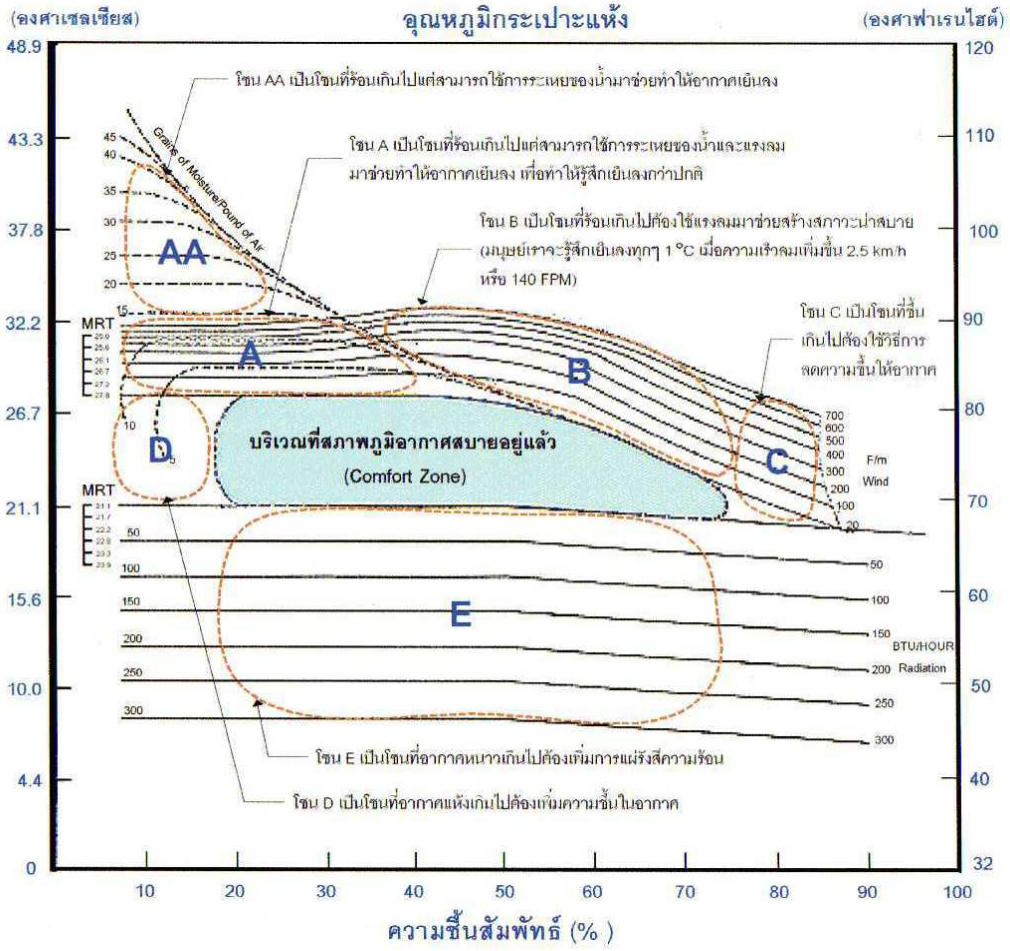
จากการศึกษาของ victor olgyay พบว่า คนเราจะรู้สึกสบายเมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 71.6 – 80.6 องศาฟาเรนไฮต์ (22–27 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20-75 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้นเขตสบาย จึงถูกกำหนดดังนี้

-ความเร็วลม ประมาณ 0-1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 0.50 ฟุตต่อนาที

-อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมีค่าเท่ากับอุณหภูมิอากาศ

-การแต่งกายควรสวมเสื้อผ้าสบาย ๆ หรือน้อยชิ้นลง

-มนุษย์ทำกิจกรรมที่ปกติสบาย ๆ เช่น นั่งเล่น เป็นต้น




*ภาพที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิ มนุษย์จะรู้สึกสบายเมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20-75 (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*

### 2.4.2 อิทธิพลของความชื้น

ในกรณีอาคารไม่ปรับอากาศ ความชื้นจากอากาศภายนอกอาคารที่ผ่านเข้ามาในอาคารซึ่งสามารถผ่านเข้ามาได้หลายทางขึ้นอยู่กับอิทธิพลจากความแตกต่างของแรงดันไอน้ำ ผลกระทบต่อพลังงานมีไม่มากแต่กลับส่งผลต่อผู้ใช้อาคารมาก เช่น รู้สึกไม่สบาย ปัญหาที่เกิดขึ้นกับวัสดุต่างๆ ได้แก่ เชื้อรา ทำให้เฟอร์นิเจอร์เสียหาย สีหลุดร่อน เป็นต้น

กรณีอาคารปรับอากาศ ทำให้ส่งผลต่อพลังงานสูงมาก เพราะต้องใช้พลังงานเป็นอย่าง มากในการรีดความชื้นในอาคาร ดังนี้

2.4.2.1 ความชื้นที่แทรกซึมผ่านเปลือกอาคาร

ความชื้นสามารถดูดซึมเข้าไปภายในผิววัสดุได้แทบทุกชนิด แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของผิววัสดุหรือความพรุนของวัสดุ ประเทศไทยในอากาศมีความชื้นค่อนข้างสูงทำให้มีโอกาสแทรกซึมเข้ามาในอาคารได้มาก

2.4.2.2 ความชื้นที่รั่วซึมผ่านขอบประตูและหน้าต่างหรือช่องเปิด

อาคารทั่วไปส่วนใหญ่จะมีรูรั่วหรือช่องว่าง รอยแยกของวงกบประตูกับเปลือกอาคาร เมื่อมีความแตกต่างของแรงดันอากาศระหว่างใต้ลมและเหนือลมเกิดขึ้น ทำให้อากาศรั่วซึมผ่านรอยแยกผนังต่าง ๆ เข้ามาภายในอาคารเป็นปริมาณมาก ทำให้สูญเสียพลังงานในการรีดความชื้นของเครื่องปรับอากาศ ช่องเปิดหรือประตูและหน้าต่างมักมีการรั่วซึมมากที่สุด ได้แก่ บานเกล็ด บานเปิดสวิง บานเลื่อน เป็นต้น

2.4.2.3 ความชื้นจากการเปิด- ปิดประตูหน้าต่าง

การออกแบบช่องเปิดของประตูหรือหน้าต่าง ควรคำนึงถึงความชื้นที่เข้าสู่ตัวอาคา การเจาะช่องเปิดด้านที่มีลมพัดแรงทำให้ความชื้นเข้ามาในอาคารมาก มีผลให้ต้องสูญเสียพลังงานในกำจัดความชื้นภายในอาคารในปริมาณมาก จึงควรเจาะช่องเปิดที่เป็นทางเข้า-ออก หลักในทิศทางที่มีอิทธิพลของแรงลมต่ำหรืออาจใช้ประตู 2 ชั้น เพื่อลดการยอมให้อากาศภายนอกเข้ามาภายในอาคาร ความชื้นจากการสะสมของมวลสารวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

การเปิดอาคารในช่วงที่มีความชื้นสูงหรือการเปิดอาคารทิ้งไว้ตลอดทั้งวัน มีผลทำให้ความร้อนความชื้นจากภายนอกอาคารสะสมอยู่ในเนื้อวัสดุต่าง ๆ ภายในอาคาร เช่น ผนัง พื้น หรือวัสดุภายในอื่น ๆ ทำให้ต้องใช้พลังงานปริมาณสูงมากเพื่อลดความร้อนและความชื้นที่สะสมอยู่ในวัสดุเหล่านี้ เพราะฉะนั้นจึงควรปิดอาคารในช่วงเวลาดังกล่าว

ความชื้นที่สะสมในวัสดุตกแต่งภายในความชื้นที่สะสมในวัสดุตกแต่งภายในหรือเฟอร์นิเจอร์ต่างๆเช่น พรมบางชนิด ผ้าม่าน หนังสือเก่า ๆ และอุปกรณ์ที่มีค่าการดูดซับความชื้นสูง จะพบว่า เมื่อเปิดอาคารทิ้งไว้ความชื้นจะสะสมอยู่ภายในวัสดุประเภทนี้เป็นจำนวนมาก จึงไม่ควรเปิดอาคารทิ้งไว้ในช่วงที่มีความชื้นสูงหรือเปิดทิ้งไว้ทั้งวัน

## 2.5 อิทธิพลของความร้อน

### 2.5.1 การสะสมความร้อน

อิทธิพลความร้อนของดวงอาทิตย์ทำให้มวลสารของวัสดุกักเก็บความร้อนไว้จนเต็มมวลสาร ปริมาณความร้อนของมวลสารจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ สามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าความจุความร้อน = ค่าความหนาแน่น * ค่าความจุความร้อนจำเพาะ
(Heat Capacity) (Density) (Specific Heat)

ในการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของการสะสมความร้อน ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน มักให้ความสำคัญกับปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปของวัสดุ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

เมื่อ Q = ปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปของวัสดุ (J หรือ cal)

c = ค่าความจุความร้อนของสารแต่ละตัว (J/kg.Kหรือ cal/gm$^{\circ}$C)

m = มวลของวัตถุ (/kg หรือ gm)

$\Delta t$ = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของวัตถุ (K หรือ $^{\circ}$C)

ในทางกลับกันหากประยุกต์ใช้มวลสารกับความเย็นก็สามารถใช้มวลสารในการกักเก็บความเย็นได้เช่นกันกับการกักเก็บความร้อน

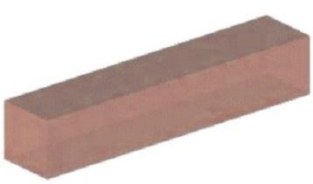
**2.5.2 ค่าการนำความร้อนของวัสดุ**

ค่าการนำความร้อนของวัสดุ (Thermal Conductivity (K)) หมายถึง วัสดุที่มีการจัดเรียงของโครงสร้างโมเลกุลชิดกันมากของวัสดุเนื้อเดียวหรือมีความหนาแน่นสูง มักจะมีค่าการนำความร้อนสูงด้วยและการที่มีอิเลคตรอนอิสระอยู่ในโมเลกุลของโลหะก็ยิ่งทำให้มีค่าการนำความร้อนดีขึ้นด้วย เพราะฉะนั้นโลหะที่มีค่าการนำความร้อนที่ดีก็มีค่าการนำไฟฟ้าที่ดีด้วยเช่นกัน

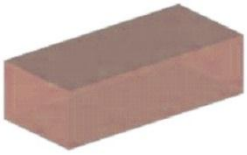
2.6 การใช้รูปทรงที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำ

สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบคือ สัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวภายนอกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยออกแบบให้มีพื้นที่ผิวภายนอกอาคารน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (Minimize surface area) เพื่อลดปริมาณความร้อน (Heat gain) เข้าสู่ภายในอาคารที่เกิดจากผนังและหลังคา และออกแบบให้อาคารมีพื้นที่ชั้นล่างสัมผัสดินให้มากที่สุด (Maximize surface contact to ground) โดยการทำเนินดินให้สูงขึ้น เพื่อประโยชน์ในการนำความเย็นจากดินมาใช้ในอาคาร

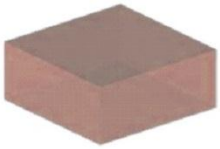
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



$$\frac{Exteroir\ Surface}{Useable\ Area} = 4.40$$



$$\frac{Exteroir\ Surface}{Useable\ Area} = 4.06$$



$$\frac{Exteroir\ Surface}{Useable\ Area} = 3.79$$

$$\frac{Exteroir\ Surface}{Useable\ Area} = 3.59$$

$$\frac{Exteroir\ Surface}{Useable\ Area} = 3.56$$

*ภาพที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการออกแบบเพื่อให้อาคารมีค่าอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร เพื่อให้สัดส่วนนี้มีค่าน้อยที่สุด (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*

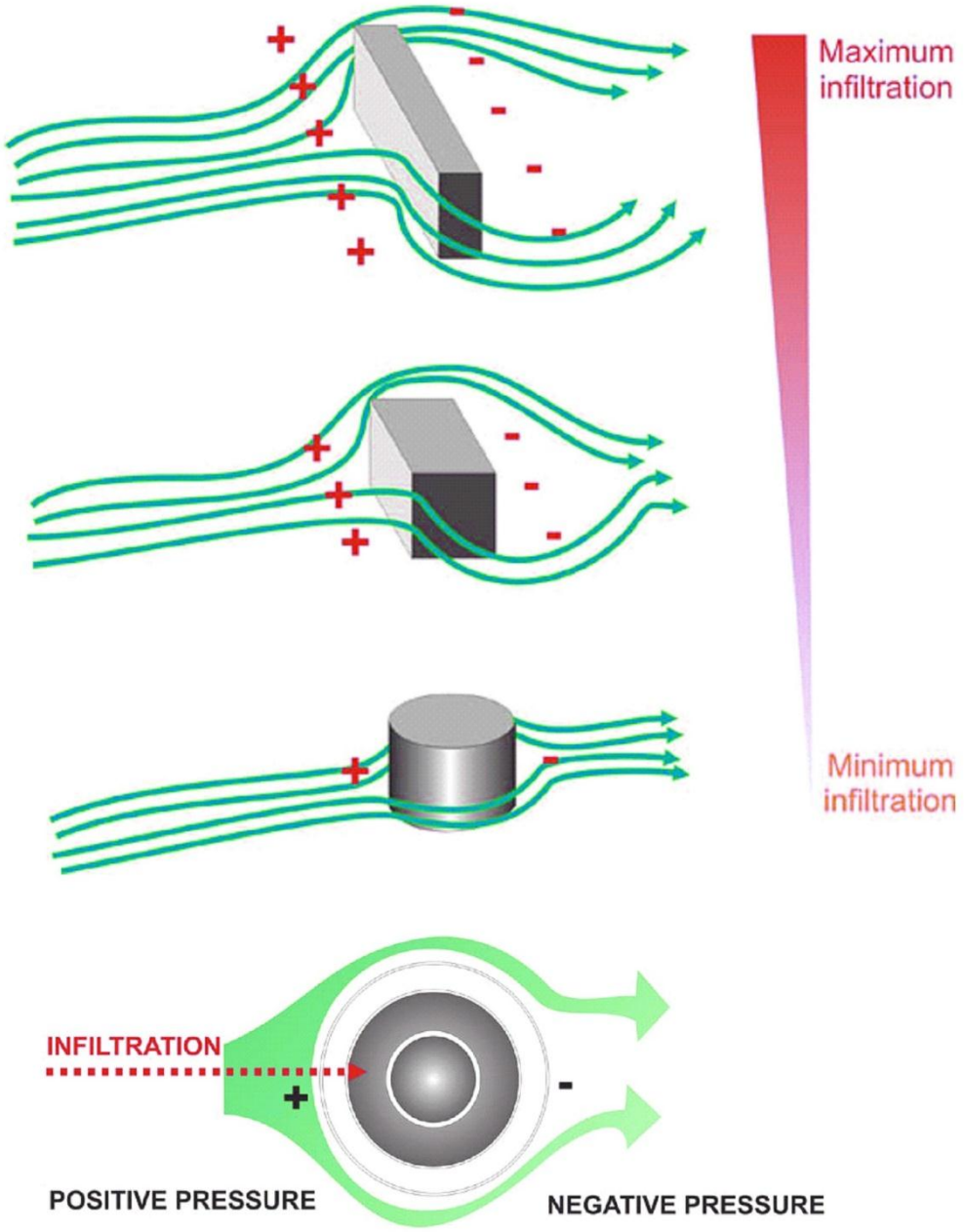
2.7 การใช้รูปทรงที่มีการรั่วซึมของอากาศต่ำ

อิทธิพลของความเร็วลมและรูปทรงของอาคารทำให้เกิดการรั่วซึมของอากาศที่แตกต่างกัน รูปทรงที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของแรงดันอากาศมากจะทำให้เกิดการรั่วซึมของอากาศสูงและรูปทรงที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของแรงดันอากาศน้อยจะส่งผลให้เกิดการรั่วซึมของอากาศต่ำ อากาศที่รั่วซึมเข้าสู่ตัวอาคารจะเป็นตัวนำความร้อนและความชื้นเข้าสู่ตัวอาคาร ในอาคารที่ปรับอากาศจะทำให้ภาระการทำความเย็นเพิ่มขึ้นต้องใช้พลังงานเป็นอย่างมาก

ในการออกแบบรูปทรงอาคารควรออกแบบให้กระแสลมสามารถไหลผ่านได้ทั่วถึงการตั้งอาคารขวางทิศทางของลมที่พัด ทำให้ลมปะทะตัวอาคารและพัดผ่านผิวอาคารได้ทั่วทั้งด้านหน้าด้านข้างรวมทั้งด้านบนของอาคาร ด้านที่ลมปะทะผิวอาคารจะมีความกดอากาศสูง (Positive pressure) ส่วนด้านที่ไม่มีการปะทะลมจะเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ (Negative pressure) เนื่องจากธรรมชาติของลมจะเคลื่อนที่จากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ ฉะนั้นการเจาะช่องหน้าต่างของอาคาร จึงควรเจาะช่องเปิดบริเวณด้านหน้าเพื่อให้ลมเข้าสู่ตัวอาคารและเจาะช่องเปิดด้านหลังอาคารเพื่อเป็นทางลมออก การออกแบบควรกำหนดให้ด้านหลังเป็นด้านที่มีความกดอากาศต่ำกว่า เพราะไม่ว่าลมจะพัดมาทิศทางใด กระแสลมจะถูกบังคับให้ไหลผ่านตัวอาคารด้วยอิทธิพลของความกดอากาศที่แตกต่างกันอยู่ดี

การเจาะช่องหน้าต่างที่มีความกดอากาศสูง (Positive pressure) จะทำให้ลมผ่านเข้าสู่ตัวอาคารและระบายออกทางด้านความกดอากาศต่ำ (Positive pressure) โดบออกแบบให้ผ่านส่วนกลางของอาคารได้ทุกชั้น การจัดวางห้องน้ำและห้องครัวอยู่ทางด้านกดอากาศต่ำทั้งหมดเพื่อป้องกันกลิ่นไม่พึงประสงค์เข้าสู่ตัวอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



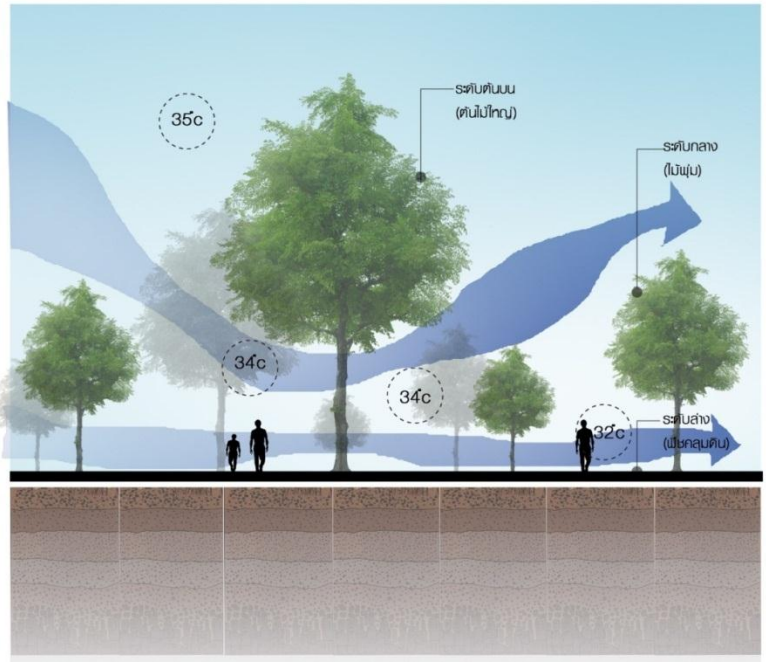

*ภาพที่ 2.5 แสดงรูปทรงอาคารประเภทต่าง ๆ รูปทรงที่เกิดจากส่วนโค้งหรือใกล้เคียงวงกลมจะทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันอากาศน้อยที่สุด (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*

2.8 การใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมเพื่อการประหยัดพลังงาน

### 2.8.1 การเลือกใช้ประโยชน์จากต้นไม้ใหญ่

ต้นไม้ขนาดใหญ่สามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศในเวลากลางวันได้เป็นอย่างดี เพราะต้นไม้ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการและการดูดน้ำจากใต้ดินขึ้นมาแปรสภาพให้เป็นไอน้ำผ่านออกทางปากใบเรียกว่า การสังเคราะห์แสง กระบวนการดังกล่าวต้องใช้พลังงานความร้อนประมาณ 2.3 เมกะจูล (2,200 บีทียู) เพื่อทำให้น้ำ 1 ลิตรเปลี่ยนเป็นไอ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าในช่วงเวลากลางวัน (12 ชั่วโมง) ถ้าต้นไม้ขนาดใหญ่ต้นหนึ่งสามารถสังเคราะห์แสงโดยดูดน้ำในอัตราประมาณ 65 ลิตรต่อวัน ต้นไม้นั้นสามารถลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมได้เทียบเท่ากับเครื่องปรับอากาศ 1 ตันหรือปริมาณ 12.66 เมกะจูลต่อชั่วโมง(12,200 บีทียูต่อชั่วโมง) (สุนทร บุญญาธิการ 2542)

ฉะนั้นควรปลูกต้นไม้ใหญ่เพื่อช่วยบังเงาให้แก่อาคารและยังทำให้เกิดการระเหยของน้ำ การเลือกใช้ต้นไม้ประเภทต่าง ๆอย่างถูกต้อง เช่น ปลูกต้นไม้สูงเพื่อกรองแสงแดดจากด้านบน โดยมีพุ่มใบของต้นไม้เป็นตัวแปรสภาพแวดล้อมให้เย็น จากการใช้รากดูดน้ำและคายน้ำที่ใบ ผลที่ได้ก็คือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิคือใต้พุ่มใบจะมีอุณหภูมิที่เย็นกว่าอุณหภูมิด้านบนเหนือพุ่มใบมาก

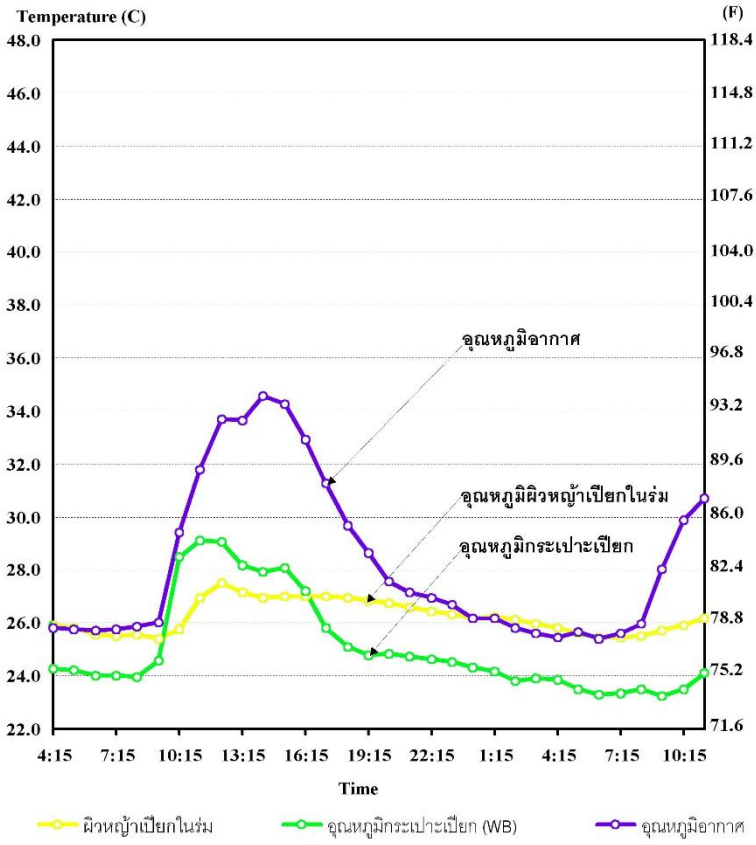



*ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่างการใช้ต้นไม้เพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้เย็นคือ การยอมให้ลมพัดผ่านพุ่มใบที่ระดับบนและระดับล่างทำให้เกิดการระเหยของน้ำเป็นผลให้พื้นดินเย็นลงมากกว่าปกติ ส่วนต้นไม้ใหญ่ทำหน้าที่สกัดกั้นแสงแดด โดยพุ่มใบมีลักษณะโปร่งเพื่อมิให้เกิดการกักเก็บความชื้นให้กับสภาพแวดล้อมด้านล่าง การปรับสภาพแวดล้อมที่ดีสามารถช่วยทำให้อุณหภูมิลดต่ำได้ประมาณ 3 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ 2542)*

การปรับสภาพแวดล้อมให้เย็นด้วยการใช้ต้นไม้ขนาดใหญ่และขนาดกลางปลูกในบริเวณรอบ ๆ อาคาร นอกจากจะช่วยให้สภาพแวดล้อมใต้ต้นไม้เย็นกว่าอากาศภายนอกทั่วไปด้วยกระบวนการการสังเคราะห์แสงแล้ว ใบของต้นไม้ยังชวยบังเงาแสงแดดไม่ให้ส่องมายังผิวดินโดยตรง เป็นการป้องกันการเกิดความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงและเป็นการบังแสงแดดเข้าสู่ช่องเปิดของตัวอาคารในบางเวลาอีกด้วย

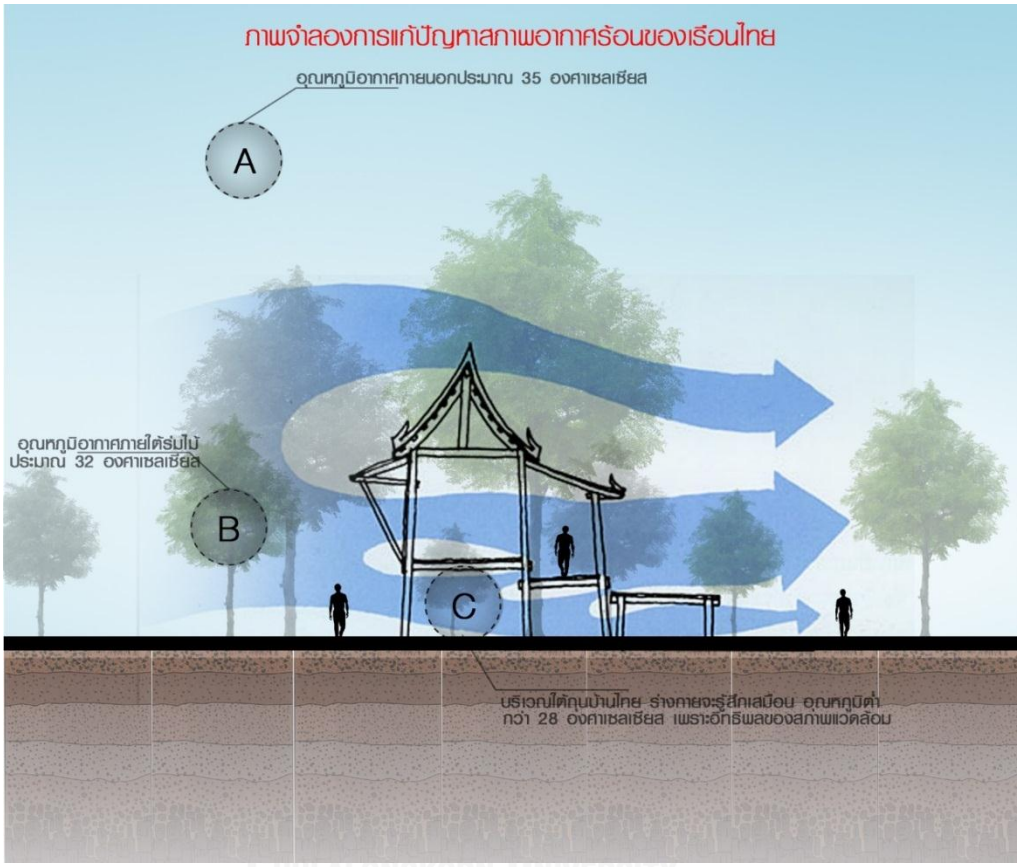
2.9 การใช้ประโยชน์จากพืชคลุมดิน

พืชคลุมดินส่วนใหญ่ทำหน้าที่ในการดูดซับเอาน้ำจากใต้ดินมาระเหย ทำให้ระดับผิวดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศมาก ในบางกรณีอุณหภูมิที่ผิวดินภายใต้พุ่มใบ อาจมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet bulb temperature) ซึ่งทำให้ดินบริเวณนั้นเย็นและยังสามารถส่งผ่านความเย็นต่อเนื่องกันไปถึงพื้นที่ใต้อาคารทำให้พื้นอาคารเย็น




*ภาพที่ 2.7 แสดงอุณหภูมิผิวหญ้าเปียกในร่ม (ใต้ต้นไม้) และอุณหภูมิกระเปาะเปียกเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ บันทึกข้อมูลวันที่ 2 มีนาคม 2540 เวลา 04.15 น.ถึงวันที่ 3 มีนาคม 2540 เวลา 10.30 น. จากการทดลองเพื่อศึกษาอุณหภูมิของดินใต้ต้นไม้ พบว่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศเกือบตลอดทั้งวัน โดยมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 27 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 24 องศาเซลเซียส แสดงว่าการปรับสภาพแวดล้อมโดยใช้ต้นไม้ใหญ่และพืชคลุมดินสามารถช่วยลดอุณหภูมิโดยรอบของอาคารได้ (สุนทร บุญญาธิการ 2542)*

จากการศึกษาพบว่า การจะทำสภาพแวดล้อมให้เย็นลงนั้นจำเป็นต้องทำให้ผิวดินเย็นลงก่อน เพราะจะทำให้ลมที่พัดผ่านมาเย็นลงและอุณหภูมิผิวโดยรอบเย็นลงด้วย ส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเย็นสบายเพราะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวกายกับสภาพแวดล้อมที่เย็นกว่า เทคนิคนี้เป็นเอกลักษณ์ของสถาปัตยกรรมไทยในการสร้างสภาวะแวดล้อมใต้ถุนอาคารให้เย็นสบาย




*ภาพที่ 2.8 แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆของสภาพแวดล้อมของสถาปัตยกรรมไทยในการสร้างสภาวะแวดล้อมใต้ถุนอาคารให้เย็นสบาย (สุนทร บุญญาธิการ 2542)*

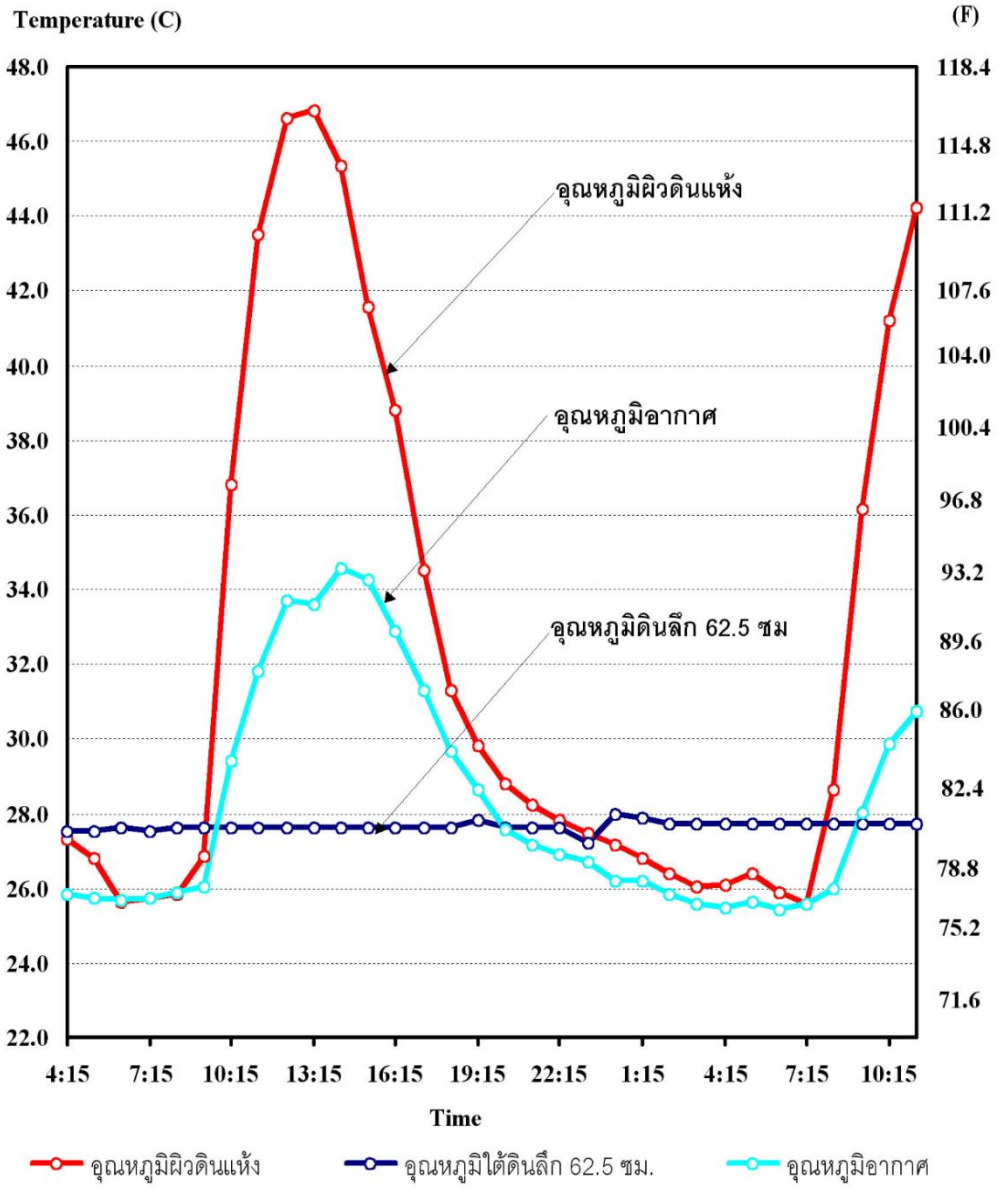
การปลูกพืชคลุมดินหรือการปลูกหญ้า เป็นเสมือนฉนวนป้องกันความร้อนให้กับดินและเป็นการเหนี่ยวนำความเย็นลงสู่ดิน ซึ่งเป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนสู่ผิวดินที่เย็นกว่า เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิและยังสร้างบรรยากาศที่ร่มรื่นต่อสายตา ป้องกันฝุ่นที่เกิดจากดินที่แห้งและยังป้องกันการสะท้อนของแสงที่อาจทำให้เกิดความจ้า (Glare) ต่อสายตาอีกด้วย

## 2.10 การใช้ประโยชน์จากดิน

จากการศึกษาพบว่า ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ความลึก 0.60 เมตร อยู่ที่ประมาณ 26-27 องศาเซลเซียส การใช้ประโยชน์จากดินอย่างมีประสิทธิภาพ ต้องปรับสภาพให้ดินเย็นลงจนมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกมากที่สุด โดยการปรับปรุงสภาพของดินด้วยการใช้ขนาด

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ของต้นไม้และปริมาณที่เหมาะสม ผสมผสานกับเทคนิคที่ทำให้ดินเปียก การพัดผ่านของกระแสลม เพื่อให้เกิดการระเหยของน้ำ การแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้า เทคนิคต่างๆเหล่านี้ จะส่งผลให้อุณหภูมิดินใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกได้




*ภาพที่ 2.9 แสดงอุณหภูมิดินและผิวดินแห้ง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก บันทึกข้อมูล วันที่ 2 มีนาคม 2540 เวลา 04.15 น.ถึงวันที่ 3 มีนาคม 2540 เวลา 10.30 น. จากการทดลองวัดอุณหภูมิของดินที่ระดับต่างๆ พบว่ามีอุณหภูมิดินที่ความลึก 0.60 เมตร มีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิผิวดินมีอุณหภูมิสูงมากในช่วงกลางวัน เนื่องจากไม่มีพืชคลุมดินช่วยลดความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์ (สุนทร บุญญาธิการ 2542)*

2.11 อิทธิพลความเย็นจากสภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปของท้องฟ้าจะมีอุณหภูมิที่ต่ำ ยิ่งสูงจากพื้นดินมากอุณหภูมิก็ยิ่งต่ำมาก ถึงลบ (-,°F) หลังจากพระอาทิตย์ตก วัสดุต่างๆจะสูญเสียความร้อนให้กับท้องฟ้าที่มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การถ่ายเทความร้อนคืนสู่ท้องฟ้า

**การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงานเพื่อใช้ประโยชน์จากธรรมชาติให้มากที่สุด**

-การระเหยของน้ำและการระเหยของอากาศผ่านแหล่งน้ำ

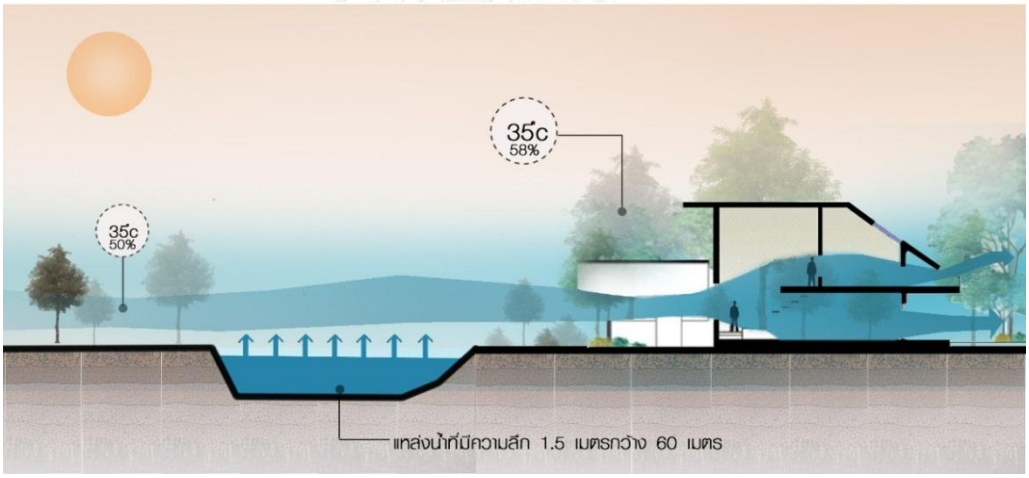
-Heat capacity การเก็บกักความร้อน

-ต้นไม้สามารถปรับทิศทางลม มีการคายน้ำที่ปากใบและเกิดร่มเงา

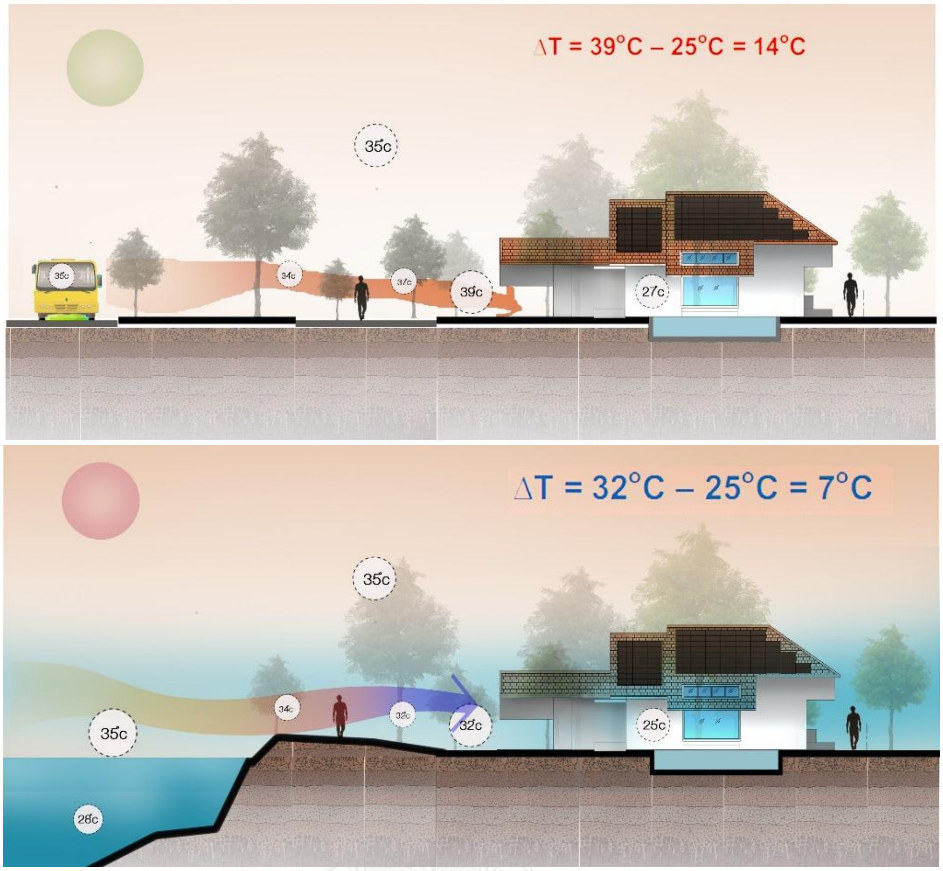
-การระเหยของน้ำช่วยลดอุณหภูมิ

-ลม ช่วยระบายความร้อนจากร่างกายทำให้รู้สึกสบาย

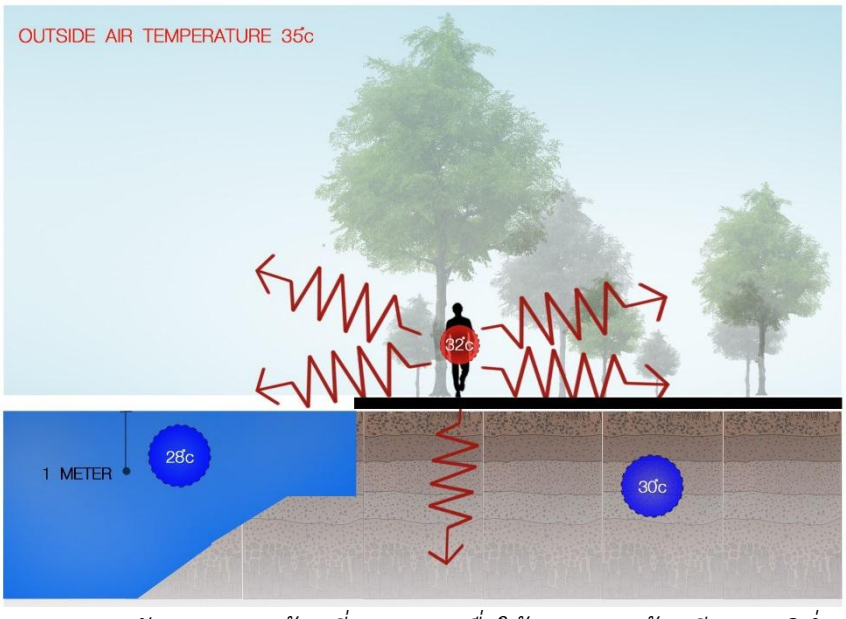
ดังนั้นการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมด้วยต้นไม้หลายระดับ แหล่งน้ำ จึงช่วยลดอุณหภูมิในตอนกลางวันได้ ลดอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโดยรอบอาคาร ทำให้ลมที่พัดมาเย็นลงประมาณ 7 องศาเซลเซียส




*ภาพที่ 2.10 แสดงการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม โดยใช้ประโยชน์จากแหล่ง น้ำช่วยลดอุณหภูมิภายนอก ก่อนพัดผ่านเข้าสู่อาคาร พบว่าการระเหยของน้ำทำให้อุณหภูมิลดลงจาก 35 องศาเซลเซียสเป็น 32 องศาเซลเซียส แต่ความชื้นสัมพัทธ์จาก 50 เปอร์เซ็นต์เป็น 58 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลมค่อนข้างต่ำ 2-3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (สุนทร บุญญาธิการ 2542)*




*ภาพที่ 2.11 แสดงการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เย็นลง สามารถลดภาระการทำความเย็นได้ครึ่งหนึ่งของสภาพแวดล้อมที่ร้อน (สุนทร บุญญาธิการ 2542)*

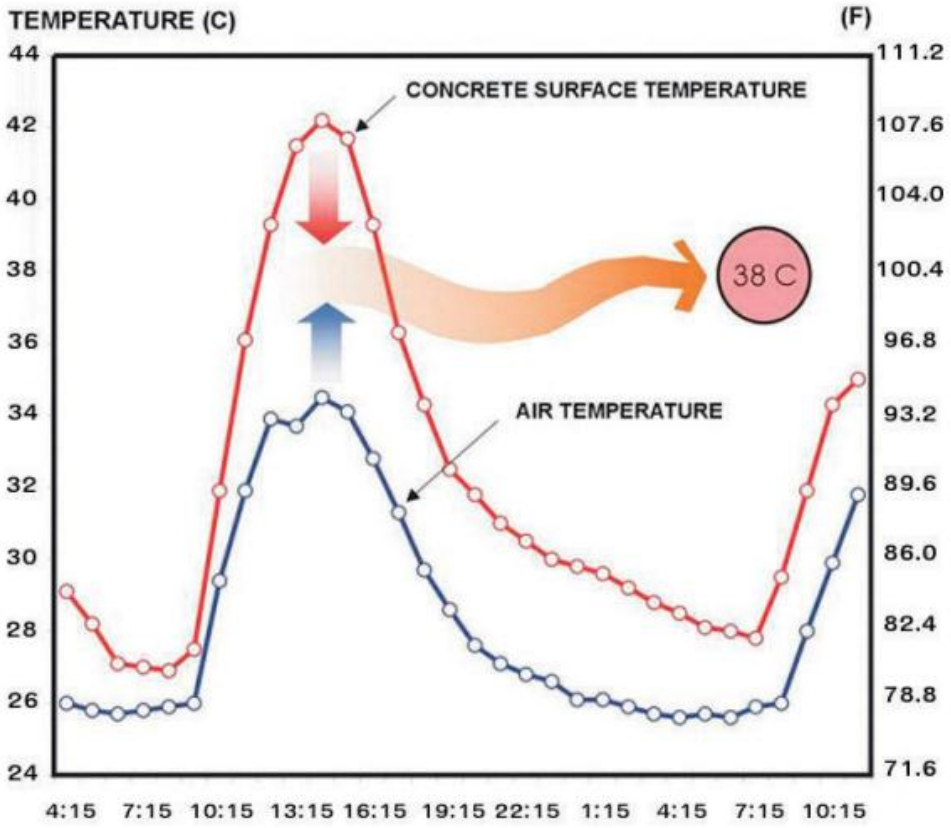



*ภาพที่ 2.12 แสดงการปรับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเพื่อให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวกาย (32°C)แผ่รังสีสู่สภาพแวดล้อม ผิวน้ำ(28 °C) ผิวหญ้า (30°C) ) (สุนทร บุญญาธิการ 2542)*

2.12 การเลือกวัสดุคลุมดิน

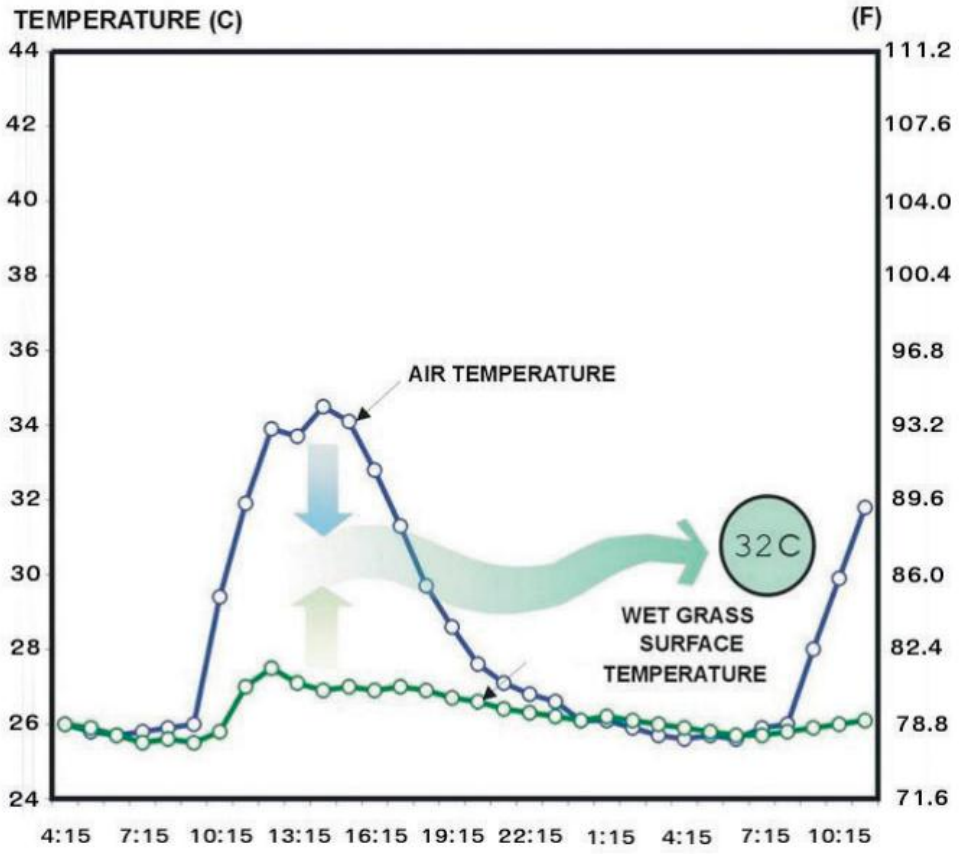
### 2.12.1 การใช้ประโยชน์จากวัสดุปูผิวดิน

การเลือกใช้วัสดุปูผิวดินที่เหมาะสม จะทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นเย็นลงได้ เช่น การเลือกวัสดุปูผิวพื้นที่มีค่าดูดซับความร้อนต่ำ มีคุณสมบัติในการกระจายความร้อนสูงหรือวัสดุที่สามารถนำน้ำใต้ดินมาเป็นไอได้ วัสดุที่มีการดูดซับความร้อนสูงจะเก็บกักความร้อนในปริมาณมาก จนทำให้สภาพแวดล้อมในบริเวณนั้นมีอุณหภูมิที่สูง




*ภาพที่ 2.13 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิผิวถนนคอนกรีตที่ประมาณ 42 องศาเซลเซียสกับอุณหภูมิอากาศที่ประมาณ 35 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิของผิวถนนคอนกรีตที่โดนแดดมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศตลอดทั้งวัน หากมีกระแสลมพัดผ่านอุณหภูมิที่ผิวถนนขณะนั้นอาจทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 38 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*

จากกราฟพบว่า ถนนที่มีอยู่รอบตัวเรามีอุณหภูมิผิวถนนที่มีความร้อนสูงเมื่อลมพัดผ่านอุณหภูมิผิวถนนทำให้อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมสูงตามไปด้วย ทำให้รู้สึกไม่สบาย ไม่เอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงาน แต่ถ้ามีการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมโดยใช้หญ้าเปียกในร่มมีอุณหภูมิต่ำเมื่อลมพัดผ่านจะช่วยให้สภาพแวดล้อมโดยรอบมีอุณหภูมิต่ำ ทำให้มนุษย์รู้สึกสบาย เอื้อต่อการประหยัดพลังงาน




*ภาพที่ 2.14 แสดงอุณหภูมิอากาศเปรียบเทียบกับอุณหภูมิผิวหญ้าเปียกในร่ม พบว่าเมื่อมีลมพัดผ่านผิวหญ้าเปียกในร่มทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน โดยผิวหญ้าเปียกในร่ม มีอุณหภูมิสูงประมาณ 27 องศาเซลเซียส หากลมพัดผ่านอุณหภูมิอากาศ ที่ 35 องศาเซลเซียสจะมีอุณหภูมิต่ำประมาณ 24 องศาเซลเซียส เกิดจากการพัดผ่านอุณหภูมิที่ต่ำ ทำให้อุณหภูมิลดลง (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*

ความเป็นไปได้ที่จะสร้างสรรค์ความเป็นอยู่ที่ยั่งยืน ในการหมุนเวียนพลังงานและทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อความเป็นอยู่ที่สะดวกสบายภายในบ้านและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมีดังนี้

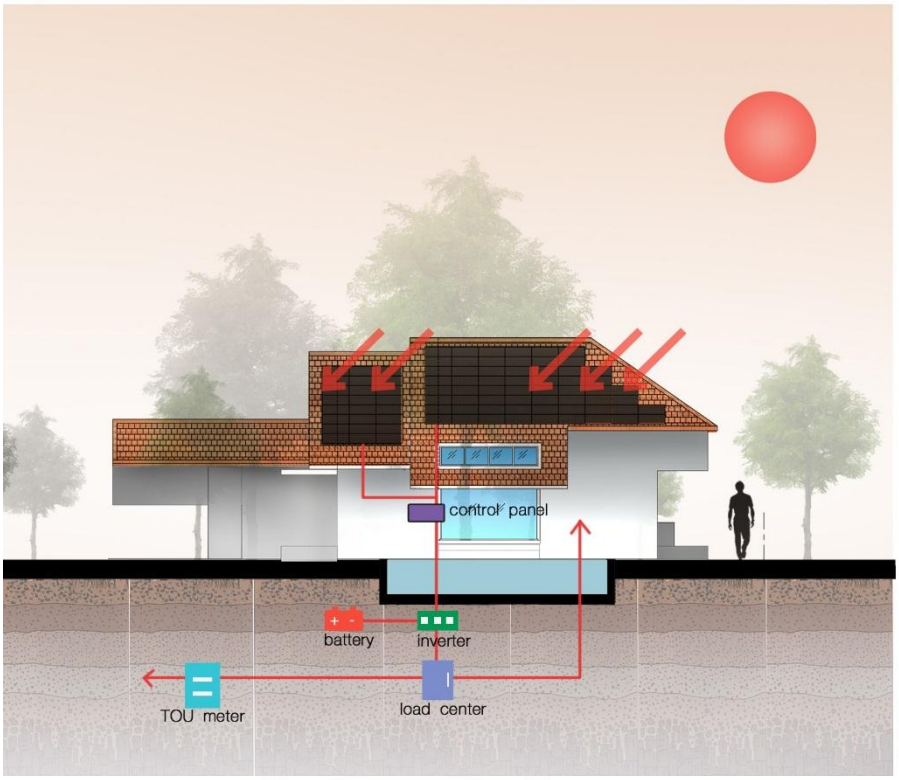
## 2.13 การแก้ปัญหาการประหยัดพลังงาน

### 2.13.1 ความเป็นไปได้ในการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านให้น้อยที่สุด

โดยการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ละเอียดอ่อน การใช้ภูมิปัญญาต่างๆเพื่อให้บ้านมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุดและเอื้อต่อการสร้างนิสัยให้ผู้อยู่ประหยัดพลังงาน

บ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน ใช้ภูมิปัญญารวบรวมงานวิจัยมากมายเพื่อให้บ้านมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุดทั้งวัสดุที่เป็นฉนวนและการออกแบบรูปทรงให้มีพื้นที่

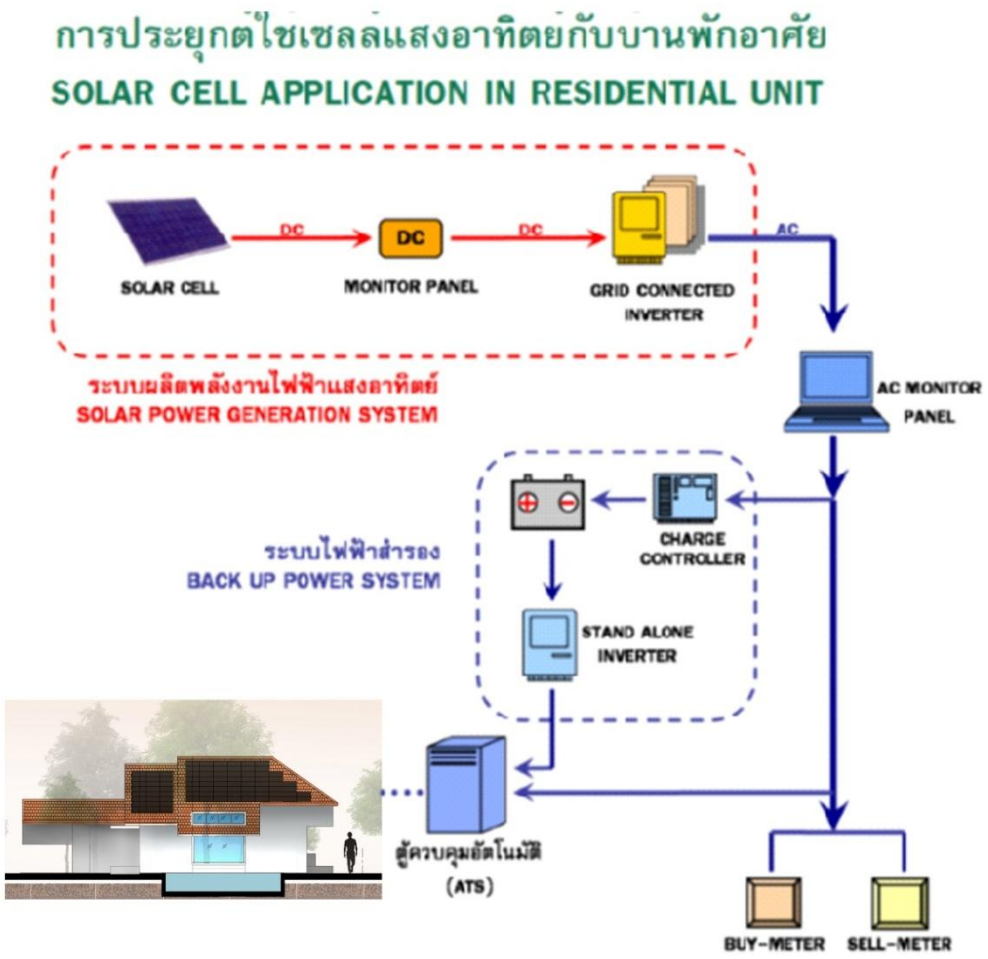
เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยน้อยที่สุด นำแสงธรรมชาติมาใช้ให้ได้มากที่สุด ปรับสภาพแวดล้อมในการลดอุณหภูมิ จนบ้านมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุด ทำให้บ้านใช้พลังงานน้อยกว่าบ้านทั่วไปหลายเท่า และสามารถติดเซลล์แสงอาทิตย์เพียงครึ่งหนึ่งของบ้านทั่วไปก็สามารถใช้ได้พอเพียงกับความต้องการได้




จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

*ภาพที่ 2.15 แสดงการทำงานของระบบไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ที่ประยุกต์ใช้กับบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*

ลักษณะการต่อวงจรของ Grid connected System เป็นการเชื่อมต่อวงจรเข้ากับระบบสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซล์แสงอาทิตย์ ที่จำหน่ายไปยังสายส่ง เพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เองและมีส่วนร่วมในการช่วยผลิตไฟฟ้า โดยขายส่วนเกินให้กับการไฟฟ้า ในลักษณะการแลกเปลี่ยนหน่วยไฟฟ้า ออกจากระบบ Grid connected System ยังมีระบบ Hybrid System ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในตัวเอง เพื่อสามารถอยู่ได้ด้วยไม่ต้องพึ่งพาไฟฟ้าจากการไฟฟ้า เช่น การไปอยู่ในที่ห่างไกลหรือในป่าลึก




CHULALONGKORN UNIVERSITY

*ภาพที่ 2.16 แสดงการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์กับบ้านพักอาศัย (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*

ส่วนประกอบของระบบไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ (Solar cell components)

1.เซลล์แสงอาทิตย์

2.แบตเตอรี่เก็บพลังงานไฟฟ้า โดยจะเก็บพลังงานในตอนกลางวันในรูปปะจุไฟฟ้าแบตเตอรี่มี 2 ประเภท คือแบบตะกั่วกรดและนิเกิล-แคดเมียม

3.อุปกรณ์ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าเป็นตัวปรับแต่งพลังงานให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกับการใช้งาน

เป้าหมายหลักของการควบคุม

-ไม่ควรใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น

-ควบคุมไม่ให้เกิดการชาร์จแบตเตอรี่มากเกินไป

-ควบคุมไม่ให้เกิดการดีสชาร์จมากเกินไป

-ต้องมี Block Diode เพื่อกันไม่ให้กระแสไฟไหลย้อนจากแบตเตอรี่ไปที่เซลล์แสงอาทิตย์ในเวลา กลางคืน

-ต้องมีวงจรป้องกันการลัดวงจร แรงดันเกินหรือต่อขั้วไฟฟ้าผิดขั้ว

4.อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์แปรงแรงดันและความถี่จากกระแสตรงที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอร์รี่ให้เป็นกระแสสลับที่เหมาะสมกับการใช้งานเครื่องไฟฟ้า ซึ่งมีความถี่ 50 เฮิรทซ์ แรงดัน 220 V คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์คือ

-สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ตามค่าที่ตั้งไว้

-สามารถป้องกันการกระชากไฟตอนเปิดใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า

-มีประสิทธิภาพสูง

การตัดการจ่ายไฟถ้าไม่มีการใช้อุปกรณ์

-อาจต้องมีการตัดการดีสชาร์จแบตเตอร์รี่ ในกรณีที่มีการใช้แบตเตอร์รี่มาก

-มีการป้องกันการลัดวงจร การใช้ไฟเกิน

-มีการป้องกันการรบกวนทางคลื่นวิทยุ

5.เลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประหยัดไฟทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ

**2.13.2 ความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำใช้**

ความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำใช้ เช่น น้ำฝนจากธรรมชาติ การใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาช่วยเปลี่ยนความชื้นปริมาณสูงที่มีอยู่ในอากาศเป็นน้ำค้างบนหลังคาบ้าน การรีดความชื้นในเครื่องปรับอากาศ วิธีที่จะไม่พึ่งพาน้ำประปาจากภายนอก ต้องหาทุกวิถีทางที่จะหาน้ำมาใช้ ได้แก่ การจับน้ำจากท้องฟ้าหรือการใช้ประโยชน์จากน้ำค้าง น้ำจากเครื่องปรับอากาศ การกักเก็บน้ำฝน ผนวกกับการมีจิตสำนึกในการใช้น้ำอย่างประหยัด การหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ จะทำให้มีน้ำใช้อย่างพอเพียง

น้ำค้าง (Adventage from dew)

เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น มีน้ำในอากาศมาก ความชื้นสัมพัสธ์อยู่ที่ประมาณ 30-100 เปอร์เซ็นต์ตลอดทั้งปี ถ้าดึงน้ำในอากาศมาใช้ได้ก็จะเป็นประโยชน์มาก ใช้เทคนิคการทำอุณหภูมิหลังคาให้ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยทาสีหลังคาชนิดพิเศษเพื่อให้ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนสูงสูงเกิน 0.96 อุณหภูมิของผิวหลังคาจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 2-3 องศาเซลเซียสจะเกิดน้ำค้างที่ผิวหลังคา (สุนทร บุญญาธิการ 2545) จากการทดลองพบว่าฤดูร้อน พื้นที่หลังคา 1 ตารางเมตร ผลิตน้ำได้สูงสุดประมาณ 0.3 ลิตรต่อวัน บ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนมีพื้นที่หลังคา 235 ตารางเมตร สามารถผลิตน้ำได้ถึง 70 ลิตรต่อวัน

น้ำฝน (Rainwater collection)

ฝนเป็นทรัพยากรที่มีอยู่มากมายแต่มีเฉพาะฤดูกาล เทคนิคก็คือ ต้องมีถังเก็บน้ำที่ใหญ่พอที่จะเก็บน้ำเอาไว้ใช้ในยามที่ไม่มีฝนอีก 6 เดือน

**2.13.3 ความเป็นไปได้ในการใช้ทรัพยากรหมุนเวียน** โดยการนำน้ำที่ใช้แล้วมาบำบัดใช้รดน้ำต้นไม้ นำเศษอินทรีวัตถุมาหมักเป็นก๊าซชีวภาพเพื่อใช้หุงต้ม

ทรัพยากรธรรมชาตินับวันมีแต่จะสูญสิ้นไป แนวคิดที่จะใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้คุ้มค่าที่สุด คือ การหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ การนำสิ่งที่คนอื่นคิดว่าหมดประโยชน์แล้วกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกครั้งด้วยความคิด ความเข้าใจทางเทคโนโลยีอันชาญฉลาด เทคนิคการหมุนเวียนทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่ ได้แก่ การนำน้ำที่ใช้แล้ว เช่น น้ำล้างมือ น้ำอาบ น้ำซักผ้า น้ำล้างรถ ไปรดน้ำต้นไม้ สนามหญ้า ด้วยระบบสปริงเกอร์อัตโนมัติ

การแปรรูปจากเศษอาหาร เศษหญ้าที่ตัด เศษผักหรือขยะจากครัวเรือนหรือของเสียจากการขับถ่ายของมนุษย์มาหมักเป็นก๊าซชีวภาพใช้ในการหุงต้ม

น้ำทิ้งจากการหมักก๊าซชีวภาพ นำไปรดน้ำต้นไม้หรือผักสวนครัวแทนปุ๋ย ซึ่งบำรุงรักษาต่ำ ปลอดสารพิษ ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย

นอกจากจะเป็นบ้านประหยัดพลังงานสูงสุดแล้วยังสามารถเป็นบ้านผลิตพลังงานอยู่ได้ด้วยตัวเองไม่ต้องพึ่งพาพลังงานจากภายนอก

*ภาพที่ 2.17 แสดงการหมุนเวียนในการนำน้ำมาใช้อีกครั้งเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น น้ำล้างรถ น้ำซักผ้า น้ำอาบ น้ำล้างมือ ฯลฯ (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*

### 2.13.4 การใช้พัดลมที่เพิ่มความเร็วลมที่ห้องกระจก

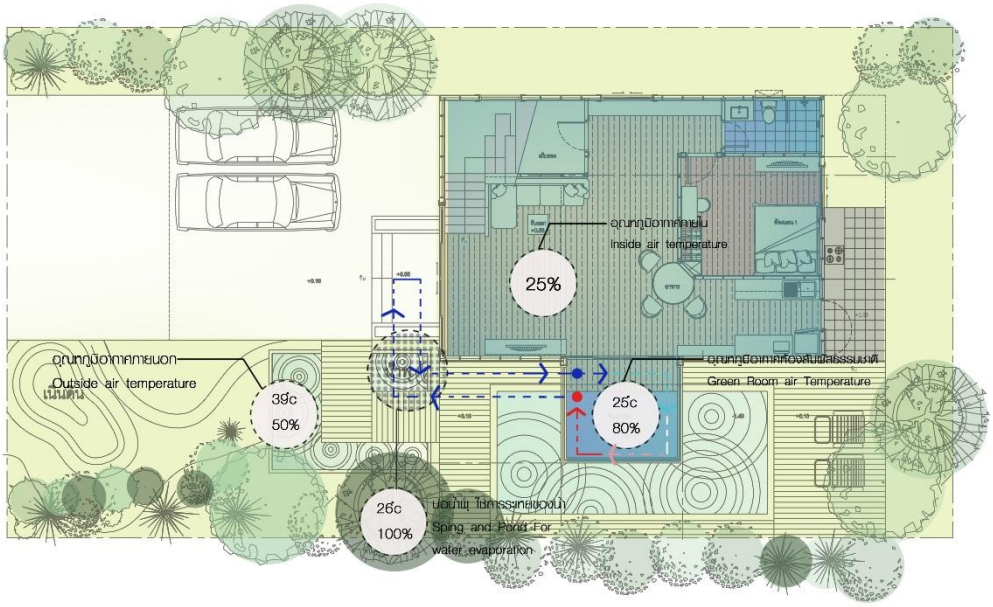
ห้องกระจกเป็นห้องที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ เป็นการพักผ่อนแบบสัมผัสกับธรรมชาติ ในกรณีที่ห้องกระจกมีอากาศที่เย็นกว่าภายนอกอาคารหรือภายนอกมีลมแรงและมีฝุ่นละอองมาก ไมเอื้อต่อการใช้งาน อากาศภายในห้องกระจกมีคุณภาพที่ดีกว่า จึงควรเพิ่มความเร็วลมภายในห้องกระจกเพื่อเพิ่มความรู้สึกสบายมากขึ้น

### 2.13.5 การใช้ลมธรรมชาติ

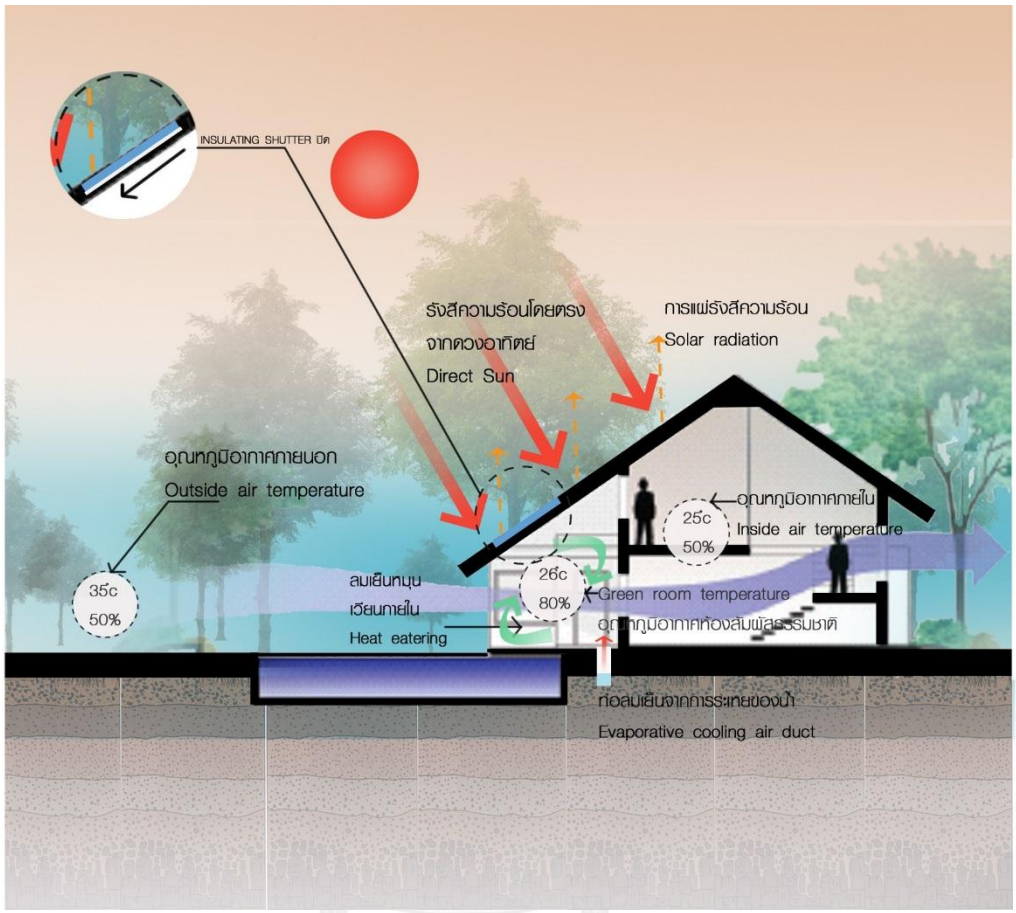
ในกรณีที่อากาศภายนอกเย็นสบายกว่าอากาศภายในห้องกระจกและมีความเร็วลมที่พอดีไม่มากหรือน้อยเกินไป การนำเอาอากาศภายนอกมาใช้กับห้องที่ไม่มีระบบปรับอากาศเป็นการได้ประโยชน์สูงสุดในเรื่องของพลังงาน

### 2.13.6 เทคโนโลยีท่อลมเย็น

ประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อากาศภายนอกมักมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายใน การยอมให้อากาศภายนอกพัดผ่านเข้ามาภายในก็เท่ากับยอมให้ลมร้อนพัดเข้ามาภายในแทนที่จะทำให้รู้สึกสบายกลับทำให้สร้างความรู้สึกไม่สบายมากขึ้น ดังนั้นถ้าเราปิดอาคารทั้งหมดแล้วใช้เทคโนโลยีท่อลมเย็นจากการระเหยของน้ำแทน จะทำให้อากาศภายในเย็นขึ้นโดยไม่เพิ่มความชื้นให้กับอากาศ ระบบดังกล่าวเหมาะสมกับเมืองร้อนชื้นเป็นอย่างยิ่งถ้าใช้อย่างถูกวิธี

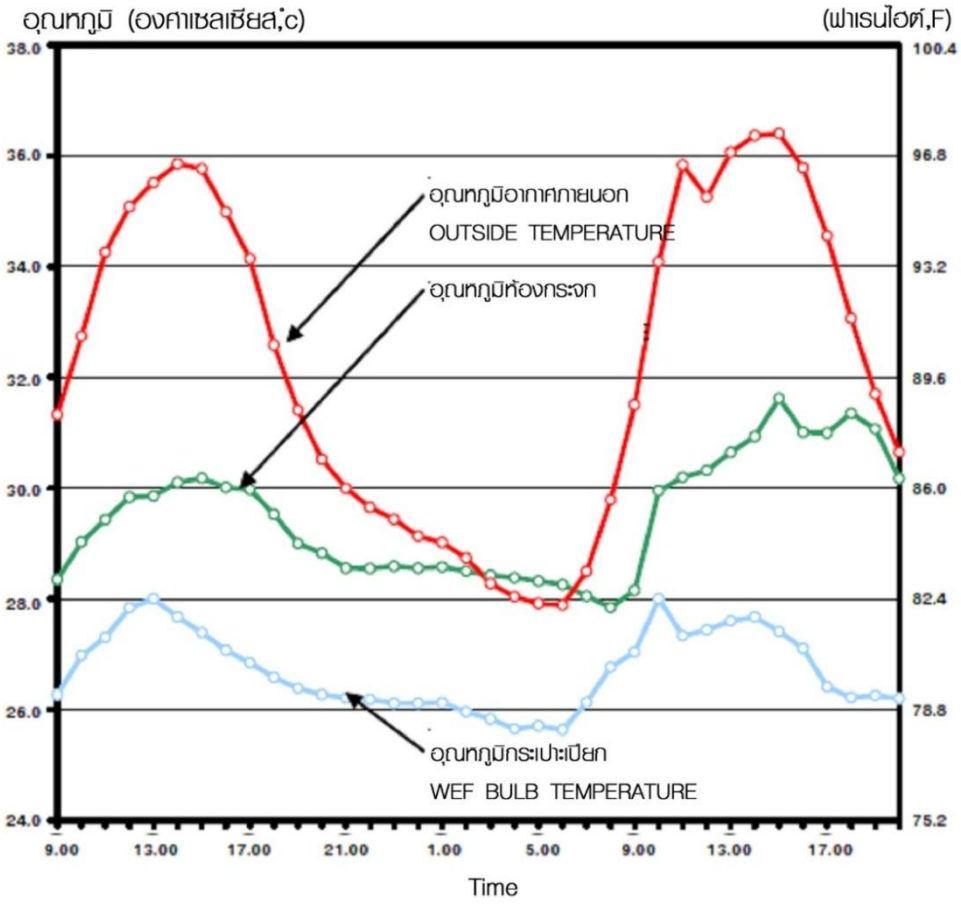



*ภาพที่ 2.18 แสดงการใช้ลมเย็นจากการระเหยของน้ำโดยไม่เพิ่มความชื้น โดยการเดินท่อลมเย็นจากบ่อน้ำหน้าบ้านมายังห้องกระจก (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*



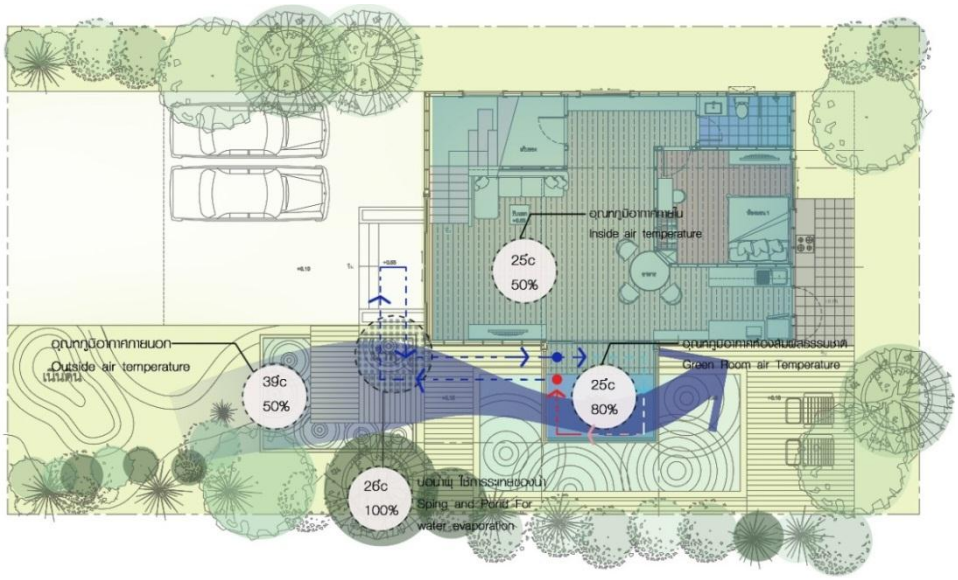

*ภาพที่ 2.19 แสดงการใช้ลมเย็นจากการระเหยของน้ำโดยไม่เพิ่มความชื้น โดยการเดินท่อลมเย็นจากบ่อน้ำหน้าบ้านมายังห้องกระจกและแสดงรูปตัดการใช้อุปกรณ์การบังแดดใต้หลังคา (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*

ภายในห้องกระจกมีการทำความเย็นด้วยระบบธรรมชาติอีกรูปแบบหนึ่งคือ การใช้ลมเย็นจากการระเหยของน้ำโดยไม่เพิ่มความชื้น ลมจากห้องกระจกจะถูกส่งผ่านเข้าสู่ท่อซึ่งทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศภายในท่อกับน้ำที่ผิวท่อ เมื่อพ่นน้ำไปที่ผิวท่อน้ำจะระเหยโดยการนำความร้อนจากลมร้อนภายในท่อผ่านตัวกลางคือท่อและความร้อนจากอากาศรอบบริเวณ ทำให้อุณหภูมิที่ผิวท่อเย็นลงเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียก ลมร้อนภายในท่อจะสูญเสียความร้อนให้กับการระเหยของน้ำทำให้มีอุณหภูมิต่ำลง จากการศึกษาพบว่า ในช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิวิกฤตของวัน การระเหยของน้ำทำให้อุณหภูมิลมภายในท่อลดลงได้ 2 องศาเซลเซียส (นฎา แสนราษฎร์ 2547)



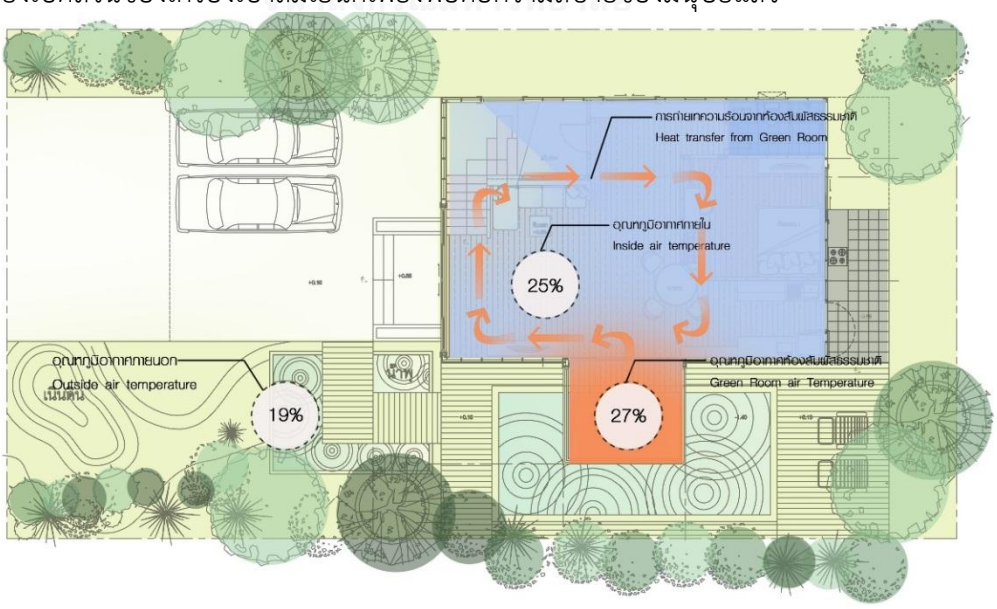

Chulalongkorn University

*ภาพที่ 2.20 แสดงกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอก อุณหภูมิภายในห้องกระจกที่ใช้ระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำโดยไม่เพิ่มความชื้นและอุณหภูมิกระเปาะเปียก พบว่าเมื่อนำระบบนี้มาใช้กับห้องกระจกอุณหภูมิภายในห้องมีอุณหภูมิต่ำกว่าภายนอกแทบตลอดทั้งวัน (ยกเว้นเวลา 2.00-6.30 น.) (นฎา แสนราษฎร์ 2547)*

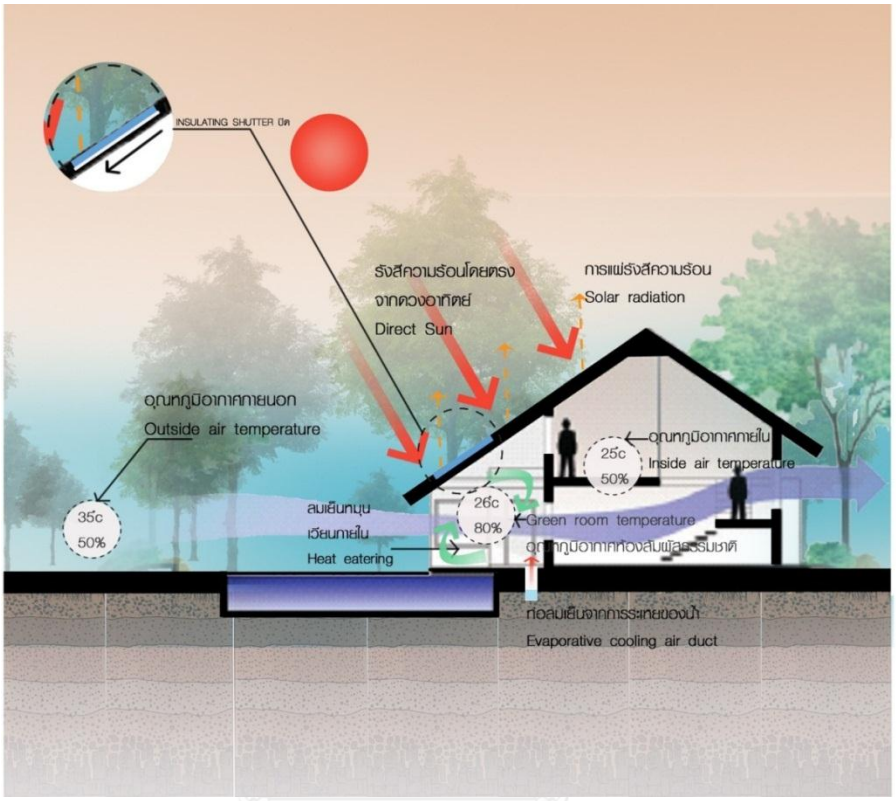



*ภาพที่ 2.21 แสดงการรับลมธรรมชาติควบคู่ไปกับการใช้ลมเย็นจากการระเหยของน้ำโดยไม่เพิ่มความชื้น เพื่อสร้างความรู้สึกสบายกับผิวกาย (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*

ในช่วงฤดูหนาวอากาศโดยเฉลี่ยอุณหภูมิกำลังสบายแต่ในบางช่วงเวลาอุณหภูมิภายนอกต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ซึ่งเย็นเกินไปทำให้รู้สึกไม่สบาย ห้องกระจกจึงมีระบบปิด-เปิดอุปกรณ์บังแดดพิเศษ ที่สามารถเลื่อนเปิดให้แสงอาทิตย์เข้ามาในห้องกระจกเพื่อกักเก็บความร้อนให้กับอากาศภายในบ้าน และสร้างความอบอุ่นให้กับมนุษย์ในขณะที่ภายในบ้านที่ใช้ระบบปรับอากาศแค่เพียงเปิดส่วนของเครื่องเป่าลมเย็นก็เพียงพอต่อความสบายของมนุษย์แล้ว



*ภาพที่ 2.22 แสดงการถ่ายเทความร้อนจากห้องกระจกเพื่อนำมาสร้างความอบอุ่นภายในบ้าน ประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนในฤดูหนาว (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*




*ภาพที่ 2.23 แสดงรูปตัดขยายห้องกระจกที่ใช้เทคนิคการนำแสงอาทิตย์มาใช้สร้างความอบอุ่นในฤดูหนาว (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*

**2.13.7 การเลือกใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูง**

การเลือกใช้โคมสะท้อนแสง บัลลาสต์อิเลคทรอนิกและเลือกสีขาวช่วยสะท้อนแสง สำหรับฝ้าเพดาน ส่งผลให้ใช้พลังงานแสงสว่างประมาณ 6 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยอาคารทั่วไปใช้ประมาณ 25-40 วัตต์ต่อตารางเมตร

-บัลลาสต์ธรรมดาขนาด 10 วัตต์

-บัลลาสต์การสูญเสียต่ำขนาด 7 วัตต์

-บัลลาสต์อิเล็คทรอนิก ต่ำกว่า 1-3 วัตต์

-หลอด T5 อิเล็คทรอนิก กินไฟ 0.002 วัตต์

*ตารางที่ 2-1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างสถาปัตยกรรมยุคเก่ากับสถาปัตยกรรมที่ยั่งยืน*

| | สถาปัตยกรรมยุคเก่า | สถาปัตยกรรมแบบยั่งยืน |
|---|---|---|
| น้ำ | ทิ้ง | นำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด |
| น้ำค้าง | ไม่ใช้ประโยชน์ | เก็บมาใช้ประโยชน์ |
| น้ำฝน | ไม่ใช้ประโยชน์ | เก็บมาใช้ประโยชน์ |
| ขยะ | ทิ้ง | ทำก๊าซชีวภาพ, ทำปุ๋ยรดต้นไม้ |
| แสงอาทิตย์ | ไม่ใช้ประโยชน์ | ติดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใช้เองและช่วยผลิตพลังงาน |
| บ้าน | สิ้นเปลืองพลังงาน | ใช้พลังงานน้อยมากสามารถผลิตพลังงานเลี้ยงตัวเองและช่วยการไฟฟ้าผลิตพลังงาน |
| โครงสร้าง | ตอกเสาเข็ม | ใช้ฐานรากแพไม่มีเข็ม |
| วัสดุ | ซีเมนต์+ทราย | ซีเมนต์+โฟม |
| พลังงาน | สิ้นเปลืองพลังงาน | ประหยัดพลังงาน+ผลิตพลังงาน |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.14 อิทธิพลการใช้วัสดุผนัง

### 2.14.1 อิฐมอญ (Brick)

เป็นผนังที่ใช้กันโดยทั่วไป เป็นวัสดุที่มีราคาถูก หาซื้อง่ายในท้องตลาด เป็นที่นิยมใช้งานอย่างแพร่หลายในประเทศไทย แต่ในแง่การประหยัดพลังงาน เป็นผนังที่มีการป้องกันความร้อนต่ำมาก มีการกักเก็บความร้อนไว้ในตัวเอง ข้อเสียของผนังก่ออิฐมอญ คือ มีน้ำหนักมากและเสียเวลามากในการทำงานก่อผนัง ขณะเดียวกันการเรียงก่ออิฐก้อนเล็ก ๆ ที่ละก้อนทำให้การก่อสร้างล่าช้า ใช้แรงงานมาก และต้นทุนในการก่อสร้างสูง ถ้านำมาใช้เป็นเปลือกอาคารทั้งถูกแดดและไม่ถูกแดด โดยรวมจะทำให้อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเกือบตลอดเวลา ในด้านการประหยัดพลังงาน จึงควรหลีกเลี่ยง นอกจากใช้ร่วมกับผนังที่เป็นฉนวน (สุนทร บุญญาธิการ 2545)

**2.14.2 ฉนวนโฟม (Foam)**

ฉนวนประเภทโฟมทั้งหมด มีความจำเป็นต้องป้องกันการถูกทำลายจากรังสี อัลตราไวโอเลต ของดวงอาทิตย์ ข้อดีของโฟมส่วนใหญ่คือ สามารถคงสภาพเดิมไว้ได้เป็นอย่างดีเมื่อโดนความชื้นหรือเปียกน้ำ แต่เนื่องมีจุดหลอมเหลวต่ำ (โดยทั่วไปประมาณ 100 องศาเซลเซียส) ทำให้เมื่อโดนความร้อนเป็นเวลานานๆโฟมจะเปลี่ยนรูป เช่น บิด งอ และไหม้ในที่สุด แต่ในอาคารพักอาศัยทั่วไป อุณหภูมิมักไม่สูงขนาดนั้น ยกเว้นการนำโฟมไปบุหลังกระจกทำให้อุณหภูมิมากกว่า 100 องศาเซลเซียส ทำให้โฟมไม่สามารถคงสภาพเดิมไว้ได้

- ฉนวนโพลีสไตรีนโฟม (Polystyrene,PS-Foam) จัดอยู่ในกลุ่มฉนวนแบบกึ่งเซลล์ปิด มี 2 ลักษณะ คือ

- ฉนวนโพลีสไตรีนแบบอัดรีด (Extruded Polystyrene) มีรูปร่างที่เข็งแรงรูปร่างคงที่ ทำให้สามารถทนต่อแรงกดทับและต้านทานไอน้ำได้ดี ข้อเสียคือ ติดไฟได้ และหากสัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเลตจะมีการเสื่อมสภาพและเปลี่ยนรูป จึงควรมีวัสดุปิดผิวในการใช้งาน

- ฉนวนโพลีสไตรีนแบบหล่อหรือขยายตัว (Molded or Expanded Polystyrene) เซลล์จะมีลักษณะหยาบกว่า และมีอากาศบรรจุอยู่ภายในเม็ดโฟม เมื่อเทียบกับแบบอัดรีดแล้วจะมีสภาพการนำความร้อนสูงกว่า มีความหนาแน่นต่ำกว่า แต่ต้านทานไอน้ำได้พอใช้ ติดไฟง่ายและก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ มีราคาถูกกว่า

- ฉนวนโพลียูเรเธนโฟม (Polyurethane,PU-Foam) มีค่าสัมประสิทธิการต้านทานความร้อน (R-Value) ลดลงตามอายุการใช้งาน เนื่องมาจากการแพร่กระจายของอากาศเข้าไปในเซลล์ ในกรณีที่สัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเลต จะทำให้สีของฉนวนเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และเสื่อมสภาพลง โดยเฉพาะโฟมที่ไม่ได้ปิดผิว และมีการดูดซับน้ำเล็กน้อยเนื่องจากไม่ใช้เซลล์ปิด

โฟมทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น หากเกิดเพลิงไหม้แม้ว่าจะมีการผสมสารป้องกันไฟลามแล้ว แต่ก็ยังก่อให้เกิดก๊าซที่มีองค์ประกอบของไซยาไนด์ซึ่งเป็นอันตรายต่อชีวิต

**2.14.3 ฉนวนชนิดอื่นๆ**

-ไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) เป็นฉนวนที่นิยมใช้กันทั่วไปเพราะนอกจาก
จะกันความร้อนได้แล้วยังมีคุณสมบัติในการกันเสียงอีกด้วย มีค่าในการกันไฟถึง 300 องศาเซลเซียส ข้อเสียคือไม่ทนต่อความเปียกชื้น เมื่อเปียกชื้นจะเสียคุณสมบัติในการกันความร้อน

-เซลลูโลส (Cellulose) เป็นฉนวนที่ทำด้วยกระดาษผสมสารกันไฟลาม เมื่อไฟไหม้จะมีควันคล้ายควันธูปและจะดับไปเอง เนื่องจากผสมสารกันไฟลามจึงสามารถใช้วัสดุกันไฟได้และสามารถกันเสียงได้ด้วย

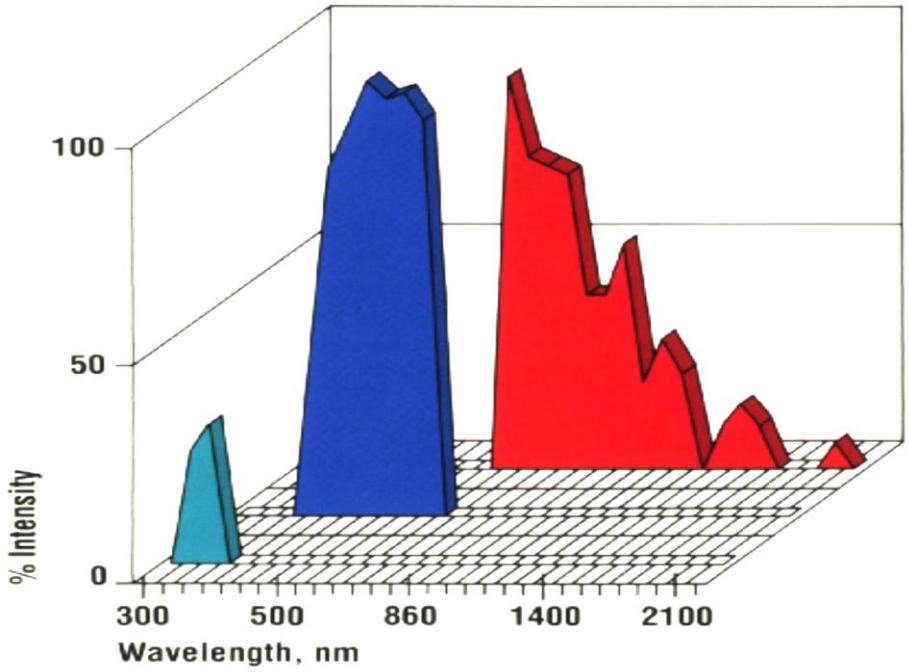
-ยิบซั่มบอร์ด ( Gypsum Board ) ค่าความเป็นฉนวนของแผ่นยิบซั่มบอร์ด มีเพียง 1 ใน 4 ของฉนวนชนิดอื่นๆ แต่ยิบซั่มบางชนิดผสมสารกันไฟลาม จึงสามารถนำมาใช้กันไฟได้หรือใช้ประกอบกับฉนวนชนิดอื่น

-ไฟเบอร์บอร์ด (Fiber Board) มีค่าความเป็นฉนวนใกล้เคียงกับยิบซั่มบอร์ดแต่สามารถใช้ภายนอกอาคารได้เป็นอย่างดี และสามารถนำไปประกอบกับฉนวนชนิดอื่นได้ ก็สามารถกันความร้อนและกันเสียงได้เช่นกัน

*ภาพที่ 2.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุต่าง ๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว (สุนทร บุญญาธิการ 2542)*

### 2.14.4 การเลือกกระจก

การออกแบบกระจกที่ใช้กับบ้านประหยัดพลังงานที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นโดยใช้กระจกต่างชนิดกันและช่องว่างอากาศภายใน เพื่อป้องกันการนำความร้อนของกระจกและรังสีดวงอาทิตย์ โดยไม่ลดคุณภาพแสงสว่างที่ตามองเห็น การเคลือบผิวกระจกเพื่อตัดคลื่นรังสีดวงอาทิตย์ที่ตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็น (Infrared & Violet) ซึ่งเป็นความร้อนส่วนเกินทิ้งและยอมให้คลื่นที่ตามนุษย์มองเห็น (Visible Light) เข้ามามากพอกับความต้องการที่เหมาะสม




CHULALONGKORN UNIVERSITY

*ภาพที่ 2.25 แสดงองค์ประกอบของรังสีดวงอาทิตย์ ได้แก่ รังสีที่มนุษย์สามารถมองเห็น (พื้นที่สีน้ำเงิน) เป็นคลื่นที่ต้องการสำหรับกระจกในเขตร้อนชื้น ส่วนรังสีอัตราไวโอเล็ต (พื้นที่สีฟ้า) และรังสีอินฟราเรด (พื้นที่สีแดง) เป็นคลื่นที่ไม่จำเป็นต่อการมองเห็น เป็นช่วงคลื่นที่สร้างความร้อนให้กับผิววัสดุและอากาศภายในอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*

2.14.4.1 กระจกฮีตสต๊อป

กระจกฮีตสต๊อป มีค่าความเป็นฉนวนสูงและมีสัมประสิทธิ์การบังเงาสูง เหมาะสำหรับอาคารปรับอากาศมาก เพราะสามารถลดทอนรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่นที่ตามนุษย์ไม่เห็นคือรังสีอัตราไวโอเล็ตและรังสีอินฟราเรดซึ่งเป็นต้นเหตุของความร้อนส่วนเกินจากแสงสว่าง การเพิ่มความเป็นฉนวนโดยเพิ่มเติมช่องว่างก๊าซเฉื่อยที่มีสัมประสิทธิ์รังสีต่ำจนกลายเป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี (Reflective Air Space) จากการศึกษาพบว่าการเพิ่มก๊าซอาร์กอนที่ติดฟิลม์โลว์อี

(Low-E)ในช่องว่างของกระจกฮีตสตอปทำให้ค่าความเป็นฉนวนดีมากขึ้น ทำให้ลดพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศ

2.14.4.2 กระจกลามิเนต มีค่าความเป็นฉนวนต่ำ เนื่องจากไม่มีช่องว่างก๊าซเฉื่อยเหมือนกระจก Heat-Stop ใช้สำหรับบางส่วนของอาคาร บางจุดที่ออกแบบให้ความร้อนสามารถระบายออกสู่ภายนอกด้วยวิธีการนำความร้อน (Conduction Heat Flow)

2.14.4.3 กระจกเทมเปอร์ (Temperred Glass) เป็นการนำกระจกโฟลทไปผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดอ่อนตัว (Softening point) ของกระจกประมาณ 650-700 องศาเซลเซียสและใช้ลมเป่าให้ผิวกระจกเย็นตัวอย่างรวดเร็ว (Air Quenching) ทำให้ชั้นกลางของกระจกยังคงร้อนอยู่ จึงเกิดชั้นคอมเพรสซีพเสตรท (Compressive Stress) ขึ้น ทำให้ช่วยต้านแรงกระทำภายนอกได้ดี กระจกจึงมีควาแข็งแรงเพิ่มขึ้นประมาณ 3-5 เท่า

2.15 ระบบโครงสร้าง

**2.15.1 ระบบโครงสร้างอาคาร**

**-**ระบบเสา-คาน (Skeletal, Frame Structure) เป็นโครงสร้างหลัก ทำหน้าที่รับน้ำหนักและถ่ายน้ำหนักของอาคารทั้งหมด

-ผนังรับน้ำหนัก (Bearing Wall) ทำหน้าที่เป็นทั้งผนังของอาคารและยังทำหน้าที่รับน้ำหนักอาคารคล้ายกับ เสาและคาน มีลักษณะบางเป็นแผ่น รับน้ำหนักบรรทุกในระนาบเดียวกับผนังและสามารถรับแรงด้านข้างได้ด้วย จึงไม่จำเป็นต้องมีเสาและคาน ผนังชนิดนี้เมื่อต้องการเจาะช่องเปิดควรเสริมเหล็กโดยรอบของช่องปิดกันการแตกร้าวด้วย แต่ถ้าเป็นผนังก่ออิฐจะรับน้ำหนักได้แค่ระนาบเดียวกับผนังเท่านั้น

-แผ่นพื้น (Slab) เป็นโครงสร้างแนวราบ เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกจะถ่ายแรงออกด้านข้างคล้ายกับระบบคานรับน้ำหนัก แบ่งได้ดังนี้

- แผ่นพื้นทางเดียว (One-Way Slab) ทำหน้าที่คล้ายกับระบบคาน มีขนาดกว้างและแบนพาดอยู่บนที่รองรับ

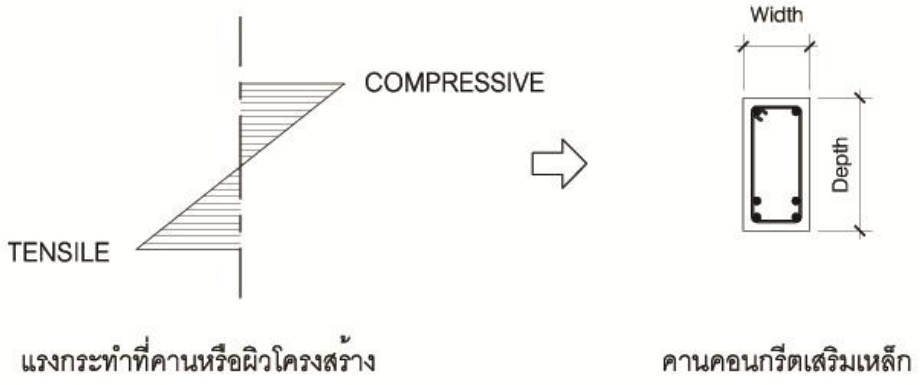
-แผ่นพื้นสองทาง (Two-Way Slab) ก็คือ แผ่นพื้นทางเดียววางซ้อนกัน ทำมุม 90 องศา ซึ่งกันและกัน แบ่งอกเป็น

- แผ่นพื้นสองทางแบบมีคานโดยรอบเป็นที่รองรับตลอดความกว้างของพื้นทั้ง 4 ด้าน
- แผ่นพื้นสองทางแบบไร้คาน
- แผ่นพื้นสองทางแบบแผ่นพื้นกระทง (Waffle Slab)
- แผ่นพื้นแบบพับ (Folded Plate) คือการออกแบบพื้นให้มีลักษณะพับแบบฟันปลา ทำให้แผ่นพื้นสามารถรับน้ำหนักได้เพิ่มขึ้นแม้ช่วงพาดจะยาว

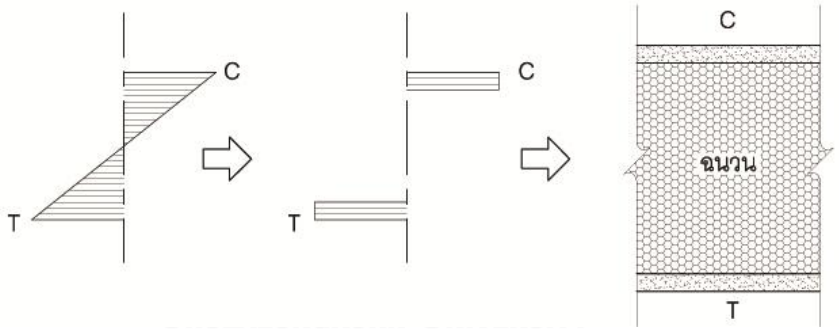
**2.15.2 นวัตกรรมโครงสร้างบ้านประหยัดพลังงาน**

โครงสร้างอาคารทั่วไปมักเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหรือเหล็กรูปพรรณ ซึ่งมีน้ำหนักมากทำให้ต้องใช้เข็มและฐานรากขนาดใหญ่เพื่อรับน้ำหนักทั้งหมด วัสดุที่จะนำมาใช้ในนวัตกรรมโครงสร้างบ้านประหยัดพลังงานจึงต้องเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบาและสามารถเป็นโครงสร้าง

รับน้ำหนักไปด้วยในเวลาเดียวกัน เช่น เปลือกหรือผิวภายนอกเป็นโลหะที่แข็ง ส่วนภายในเป็นฉนวนกันความร้อนและความชื้นและสามารถรับแรงอัดและแรงดึงได้ตามการใช้งานจริง สามรถลดการใช้พลังงานของประเทศในมูลค่ามหาศาลเมื่อเทียบกับอัตราส่วนรายได้มวลรวม (GDP) (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, 2554)




*ภาพที่ 2.26 แสดง DIAGRAM ของแรงในคาน พื้น และผิวโครงสร้าง (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ 2552)*




*ภาพที่ 2.27 แสดงการเคลือบผิวฉนวนด้วยโลหะเพื่อรับแรง โดยใช้วัสดุที่รับแรงอัด(COMPRESSIVE ) ด้านบน และวัสดุที่รับแรงดึง (TENSILE ) เป็นไปตามDIAGRAM การรับแรง (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ 2552)*

2.16 งานก่อสร้างอาคารทั่วไปที่สร้างด้วยแรงคน

อาคารก่อสร้างทั่วไปหมายถึง อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในระบบโครงสร้าง เสา,คาน เป็นตัวหลักในการรับแรงและถ่ายแรง ผนังมักจะไม่รับน้ำหนัก โครสร้างชนิดนี้คานจะต้องรับแรงเฉือน โมเมนต์และแรงบิดได้ เสาต้องรับน้ำหนักบรรทุกถ้าเสาเยื้องศูนย์ จะทำให้เสารับโมเมนต์มากขึ้น อาจทำให้เสาวิบัติและจะส่งผลให้โครงสร้างอื่นๆที่ต่อเนื่องกับเสาวิบัติไปด้วย ฉะนั้นเสาจึงเป็นจุดที่สำคัญมาก ข้อเสียของโครงสร้างชนิดนี้คือ วัสดุที่ใช้มีน้ำหนักมาก จึงต้องมีเสาเข็มรองรับ ขั้นตอนค่อนข้าง

ยุ่งยาก การก่อสร้างจึงมักก่อสร้างในที่ โดยนำองค์ประกอบต่างๆมาผสมกันให้เป็นรูปร่าง เป็นอาคารขึ้นมา การทำงานขึ้นอยู่กับดิน ฟ้า อากาศ ที่อาจเป็นอุปสรรค ทำให้งานล่าช้าได้

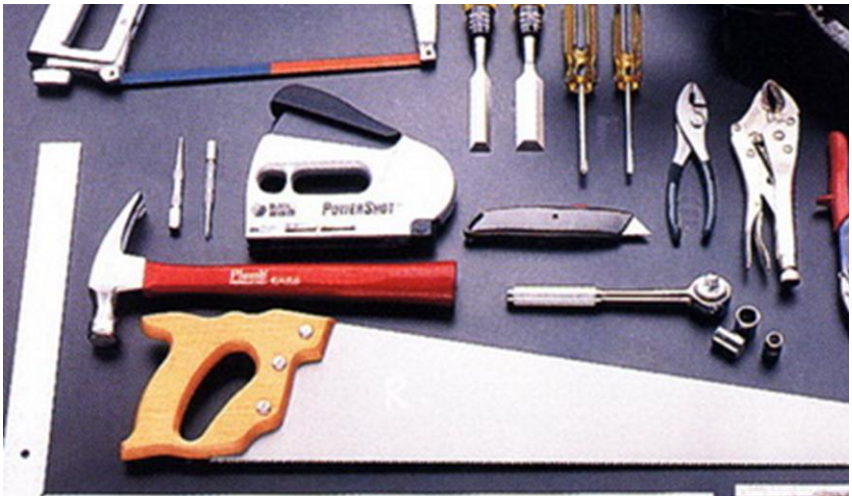
2.16.1 เครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้างด้วยแรงคน มีดังนี้

*ภาพที่ 2.28 แสดงรูปสว่านไฟฟ้าสำหรับเจาะและขันสกรูไม้จริง*

*ภาพที่ 2.29 แสดงรูปสว่านไฟฟ้าสำหรับเจาะคอนกรีต*

*ภาพที่ 2.30 แสดงหินเจียไฟฟ้าสำหรับจีย,ตัดเหล็ก,ตัดกระเบื้อง,เจียปูน เป็นต้น*

*ภาพที่ 2.31แสดงเครื่องเลื่อยวงเดือน ใช้สำหรับตัดไม้*



*ภาพที่ 2.32 แสดงเครื่องมือพื้นฐานของช่าง*

*ภาพที่ 2.33 แสดงเครื่องมือช่างไม้*

*ภาพที่ 2.34 แสดงเครื่องขัด เช่น ขัดไม้  ขัดผนังยิบซั่ม เป็นต้น*

*ภาพที่ 2.35 แสดงเครื่องไสไม้หรือกบไฟฟ้า*

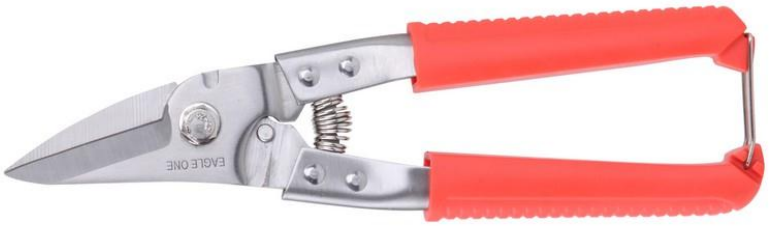
*ภาพที่ 2.36 แสดงเครื่องสกัดปูนไฟฟ้า*

*ภาพที่ 2.37 แสดงเครื่องเชื่อมไฟฟ้า*

*ภาพที่ 2.38 แสดงคีมย้ำรีเวท*

*ภาพที่ 2.39 แสดงโม่ผสมปูนและผสมโฟมคอนกรีต*

*ภาพที่ 2.40 แสดงเครื่องพ่นโฟมคอนกรีต http://thai.alibaba.com*




*ภาพที่ 2.41 แสดงกรรไกรตัดสังกะสี*

2.17 สถิติการทำงานของช่างก่อสร้างทั่วไป

*ตารางที่ 2-2 แสดงสถิติการทำงานต่อ 1 วัน (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2554)*

| ชนิดงาน | คน | ได้งาน | ชนิดงาน | คน | ได้งาน |
|---|---|---|---|---|---|
| ขุดดินธรรมดา | 1 | 2.2 ลบ.ม. | ตีฝาไม้ทับเกล็ด | 1 | 6-8 ตร.ม |
| ขุดหลุม 0.8*0.8*1.00 ม. | 1 | 2.5 หลุม | ตีฝาไม้เข้าลิ้น | 1 | 3-4 ตร.ม |
| ถมดิน | 1 | 3 ลบ.ม. | ไสไม้ฝา | 1 | 80 ตร.ม |
| โกยหินจากรถลงพื้น | 1 | 12-14 ลบ.ม. | ไสไม้พื้น | 1 | 30-40 ตร.ม |
| โกยทรายจากรถลงพื้น | 2 | 100 ลบ.ม | ปูพื้นไม้ตีชิด | 1 | 6-8 ตร.ม |
| ย่อยอิฐหัก | 1 | 2 ลบ.ม | ปูพื้นไม้เข้าลิ้น | 1 | 3-4 ตร.ม |
| ก่ออิฐมอญ ครึ่งแผ่น | 1 | 1100 แผ่น | ปูพื้นปาเก้ | 1 | 4-5 ตร.ม |
| ก่ออิฐ ครึ่งแผ่นระยะสูง | 1 | 500 แผ่น | วางตง-คาน | 3 | 20 ลบ.ม |
| ก่ออิฐบล๊อก | 1 | 55-80 แผ่น | ตีระแนง | 1 | 30-45 ตร.ม |
| ฉาบปูนผนัง | 1 | 8-10 ตร.ม | ทำลูกกรงไม้ | 1 | 1-1.5 ตร.ม |
| ฉาบปูนบัว | 1 | 5 ตร.ม. | ทำบันไดไม้มีพุก | 1 | 3.5 ม. |
| เทพื้นปูนทราย 5 ซม. | 1 | 10-12 ตร.ม. | ตั้งวงกบ | 2 | 8-10 ช่อง |

*ตาราง 2.2 (ต่อ) แสดงสถิติการทำงานต่อ 1 วัน (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2554)*

| ชนิดงาน | คน | ได้งาน | ชนิดงาน | คน | ได้งาน |
|---|---|---|---|---|---|
| เทคอนกรีตพื้นราบ | 1 | 1-1.5 ลบ.ม | ติดบานพับประตูหน้าต่าง | 1 | 9-11 บาน |
| เทคอนกรีตเสา | 2 | 1.1 ลบ.ม. | ตอกเข็มไม้ยาว 3-6 ม. | 3 | 15-18 ต้น |
| ดัดเหล็กและผูกเหล็ก | 2 | 45-60 กก. | ตอกเสาเข็มคอนกรีต (ปั้นจัน) | 1 ตัว | 6-10 ต้น (แล้วแต่ขนาด) |
| ทำหินขัดไม่รวมขัด | 2 | 15-20 ตร.ม | เสี้ยมเสาเข็ม | 1 | 30-50 ต้น |
| ปูพื้นโมเสก | 1 | 2-3 ตร.ม | ทาสีน้ำปูน | 1 | 20-35 ตร.ม |
| กรุกระเบื้องผนัง | 2 | 2-4 ตร.ม | ทาสีน้ำมัน | 1 | 15-20 ตร.ม. |
| ผสมคอนกรีตด้วยกระบะ | 3 | 4-5 ลบ.ม. | ทาสีเพดาน 2 ครั้ง | 1 | 8 ตร.ม |
| ผสมคอนกรีตด้วยเครื่อง | 4 | 20-25 ลบ.ม. | ขัดพื้นด้วยแรงคน | 1 | 3-4 ตร.ม |
| เทคอนกรีตขัดมัน 10 ซม. | 1 | 5 ตร.ม | ทาแชลแล็ก 1 ครั้ง | 1 | 20-30 ตร.ม |
| ยกเสาไม้ 6 นิ้วเข้าที่ | 4 | 11-12 ต้น | ผูกนั่งร้านไม้ไผ่ | 3 | 150-300 ตร.ม. |
| ทำโครงหลังคาสังกะสี | 1 | 15 ตร.ม | ติดตั้งอ่างล่างหน้า | 2 | 9-10 ที่ |
| ทำโครงหลังคากระเบื้อง | 4 | 12 ตร.ม | ติดตั้งที่ปัสสาวะ | 2 | 5 ที่ |
| มุงหลังคาสังกะสี | 1 | 40 แผ่น | ติดตั้งส้วมนั่งราบ | 1 | 1 ที่ |
| มุงหลังคากระเบื้อง | 1 | 6-8 ตร.ม | ติดตั้งส้วมนั่งยองๆ | 1 | 1-3 ที่ |
| | | | ติดตั้งก๊อกน้ำ (ทำเกลียว) | 1 | 10-15 จุด |

*2.17.2 สถิติประสิทธิภาพคนงานในการทำงานก่อสร้างใน 1 วัน โดยเฉลี่ย*

| | | | |
|---|---|---|---|
| WORK | ชนิด และ ลักษณะงานที่ทำ | SET OF CREW | จำนวนคนงานน้อยที่สุดที่ต้องทำงานชนิดนั้นๆ ได้จากสถิติ |
| MANDAY PER UNIT | จำนวนแรงงานที่ใช้ในการทำงานชนิดนั้นต่อหนึ่งหน่วยงาน = [ set of crew / (work per day) ] | WORK / DAY | ปริมาณงานที่ทำได้ต่อวันต่อ SET OF CREW ได้จากสถิติ |
| QUANTITY | ปริมาณงานที่ทำได้ | UNIT | หน่วยนับของงานที่ทำ |
| REMARK | รายละเอียดลักษณะการทำงานเพิ่มเติม | 1 แรง | หมายถึง คน 1 คน ทำงานปกติ 1 วันๆละ 8 ชั่วโมง ตามกฎหมาย |

ตัวอย่างการหาราคาต่อหน่วย หรือ UNIT COST

= (จำนวนแรงงานทั้งหมด x ค่าแรงต่อวัน ) / (ปริมาณงานที่ทำได้ต่อวัน )

= ( 20 แรง x 240 บาท ต่อ วัน ) / ( 60 ตารางเมตร ต่อ วัน) = 80 บาท / ตารางเมตร

*ตาราง 2.2 แสดงสถิติการทำงานต่อ 1 วันโดยเฉลี่ย (รังสรรค์ วงษ์บุญ 2548)*

| | SET OF | MANDAY | work / day | | REMARK |
|---|---|---|---|---|---|
| | CREW | PER UNIT | QUANTITY | UNIT | |
| งานช่างปูน,ช่าง ทั่วไป | | | | | |
| 16.CONCRETE PUMP | 1 | 0.029 | 35.0 | ลบ.ม | ต่อชั่วโมง |
| 17.เทคอนกรีต TOWER CRANE | 1 | 0.100 | 10.0 | ลบ.ม | ต่อชั่วโมง |
| 18.ก่ออิฐมอญ 1/2 แผ่นอิฐ | 1 | 0.125 | 8.0 | ตร.ม. | มีผู้ช่วยผสมปูน/ส่งอิฐระยะต่ำ |
| 19.ก่ออิฐมอญ 1/2 แผ่นอิฐ | 1 | 0.001 | 1100.0 | | |
| 20.ก่ออิฐมอญ 1/2 แผ่นอิฐ สูง 3 ม. | 1 | 0.222 | 4.5 | ตร.ม. | มีผู้ช่วยผสมปูน/ส่งอิฐระยะสูง |
| 21.ก่ออิฐมอญ 1/2 แผ่นอิฐ | 1 | 0.002 | 550.0 | | |
| 22.ก่ออิฐบล็อก หนา 7 ซม. ไม่เซาะร่อง | 1 | 0.154 | 6.5 | ตร.ม. | มีผู้ช่วยผสมปูน/ส่งอิฐ |
| | 1 | 0.008 | 120.0 | ก้อน | มีผู้ช่วยผสมปูน/ส่งอิฐ |
| 23.ก่ออิฐบล็อก หนา 7 ซม. เซาะร่อง | 1 | 0.020 | 50.0 | ก้อน | มีคนส่งปูน |
| 24.ก่ออิฐ บปก โชว์แนว แต่งหน้าเดียว | 1 | 0.286 | 3.5 | ตร.ม. | มีผู้ช่วยผสมปูน/ส่งอิฐ |
| | 1 | 0.012 | 85.0 | ก้อน | มีผู้ช่วยผสมปูน/ส่งอิฐ |
| 25.ก่ออิฐมอญโชว์แนว | 1 | 0.200 | 5.0 | ตร.ม. | มีผู้ช่วยผสมปูน/ส่งอิฐ |

ตาราง 2.2 (ต่อ) แสดงสถิติการทำงานต่อ 1 วันโดยเฉลี่ย (รังสรรค์ วงษ์บุญ 2548)

| | SET OF | MANDAY | work / day | | REMARK |
|---|---|---|---|---|---|
| | CREW | PER UNIT | QUANTITY | UNIT | |
| งานช่างปูน,ช่าง ทั่วไป | | | | | |
| 26.ก่อกำแพงหินหนา 30 ซม. | 2 | 1.333 | 1.5 | ตร.ม. | 1 คนก่อ 1 คนตัดหิน |
| 27.กรุกระเบื้องโมเสคผนัง | 2 | 0.444 | 4.5 | ตร.ม. | |
| 28.บุหินกาบผนัง | 1 | 0.455 | 2.2 | ตร.ม. | มีผู้ช่วยคัด-ตัดหิน |
| 29.ฉาบปูน ผนัง | 1 | 0.111 | 9.0 | ตร.ม. | ช่าง 1 ผู้ช่วย 1 |
| 30.ฉาบปูนบัว | 1 | 0.222 | 4.5 | ม. | ช่าง 1 ผู้ช่วย 1 |
| 31.ฉาบปูน คาน 3 ด้าน 30 x 50 x 50 ซม. | 1 | 1.111 | 0.9 | ม. | รวมจับเชี้ยมแต่งแนว |
| 32.ฉาบปูนเสา 4 ด้าน 30 x 30 ซม. | 1 | 1.000 | 1.0 | ม. | รวมจับเชี้ยมแต่งแนว |
| 33.ฉาบปูนเสากลม dia. 40 ซม. | 1 | 0.500 | 2.0 | ม. | |
| 34.ทำหินขัดเสากลม dia. 40 ซม | 2 | 1.000 | 2.0 | ม. | ไม่รวมขัด |
| 35.ทำผนังทรายล้าง | 2 | 0.182 | 11.0 | ตร.ม. | ไม่รวมรองพื้น |
| 36.ทำผนังกรวดล้าง | 1 | 0.208 | 4.8 | ตร.ม. | ไม่รวมรองพื้น |
| 37.ปูกระเบื้องโมเสค ขนาด 2" | 1 | 0.400 | 2.5 | ตร.ม. | รวมแต่งปูนทราย |
| 38.ปูกระเบื้องเคลือบผนัง ขนาด 4"x4" | 1 | 0.286 | 3.5 | ตร.ม. | ไม่รวบฉาบรองพื้น |
| 39.ปูกระเบื้องเคลือบ ขนาด 6"x6" | 1 | 0.333 | 3.0 | ตร.ม. | |

ตาราง 2.2 (ต่อ) แสดงสถิติการทำงานต่อ 1 วันโดยเฉลี่ย (รังสรรค์ วงษ์บุญ 2548)

| | SET OF | MANDAY | work / day | | REMARK |
|---|---|---|---|---|---|
| | CREW | PER UNIT | QUANTITY | UNIT | |
| งานช่างปูน,ช่าง ทั่วไป | | | | | |
| 40.ปูกระเบื้องหินขัด ขนาด 8" x 8" | 1 | 0.143 | 7.0 | ตร.ม. | ไม่รวมปรับระดับ |
| 41.ปูกระเบื้องหินขัด ขนาด 12"x12" | 1 | 0.007 | 150.0 | แผ่น | |
| | 1 | 0.222 | 4.5 | ตร.ม. | |
| 42.ปูพื้นหินอ่อน ขนาด 30 x 50 x 01 ซม | 2 | 1.111 | 1.8 | ตร.ม. | รวมงานปรับระดับ |
| 43.ปูกระเบื้องด่านเกวียน | 1 | 0.400 | 2.5 | ตร.ม. | |
| 44.ปูหินกาบ | 1 | 0.333 | 3.0 | ตร.ม. | |
| 45.เทคอนกรีตโครงสร้าง | 5 | 0.143 | 35.0 | ลบ.ม. | |
| 46.ทำไม้แบบ และติดตั้ง | 3 | 0.130 | 23.0 | ตร.ม. | |
| 47.ติดตั้งพื้นสำเร็จรูป รับน้ำหนัก 200 กก./ตร.ม. | 3 | 0.055 | 55.0 | ตร.ม. | |
| 48.ติดตั้งพื้นสำเร็จรูป รับน้ำหนัก 300 กก./ตร.ม. | 3 | 0.067 | 45.0 | ตร.ม. | |
| 49.เทคอนกรีตทับหน้าเสริมเหล็ก dia 6 มม. | 4 | 0.114 | 35.0 | ตร.ม. | |
| 50.ผสมน้ำยากันซึมคอนกรีต | 2 | 0.050 | 40.0 | กก. | |
| 51. งานทำพื้น คสล. หนา 8 ซม. เสริมเหล็กขนาด 6 มม. @ 0.20 # ม. | 4 | 0.062 | 65.0 | ตร.ม. | |

ตาราง 2.2 (ต่อ) แสดงสถิติการทำงานต่อ 1 วันโดยเฉลี่ย (รังสรรค์ วงษ์บุญ 2548)

| | SET OF | MANDAY | work / day | | REMARK |
|---|---|---|---|---|---|
| | CREW | PER UNIT | QUANTITY | UNIT | |
| งานช่างปูนและช่างทั่วไป | | | | | |
| 52.ติดตั้ง WATER STOP | 3 | 0.120 | 25.0 | ม. | |
| 53.ก่ออิฐมอญหนาเต็มแผ่น | 3 | 0.100 | 30.0 | ตร.ม. | |
| 54.เอ็น คสล. 0.10x0.10 ม. | 5 | 0.500 | 10.0 | ม. | |
| 0.10x0.20 ม. | 5 | 0.500 | 10.0 | ม. | |
| 0.10x0.30 ม. | 5 | 0.500 | 10.0 | ม. | |
| 0.10x0.40 ม. | 5 | 0.500 | 10.0 | ม. | |
| 55.งานติดตั้งฝาวัสดุแผ่นและคร่าวไม้ | 4 | 0.133 | 30.0 | ตร.ม. | |
| 56.งานเสาเอ็นและทับหลัง คสล. | 5 | 0.500 | 10.0 | ม. | |
| 57.ทำทับหลังผิวทรายล้าง | 5 | 0.556 | 9.0 | ม. | |
| 58.บุวัสดุกันเสียงสะท้อน | 3 | 0.075 | 40.0 | ตร.ม. | |
| 59.ติดตั้งพาทิเคิลบอร์ด หนา 3.5 มม. ผิวเมลามีน 2 ด้าน | 3 | 0.075 | 40.0 | ตร.ม. | |
| 60.เท คสล.หนา 15 ซม. เสริมเหล็ก RB9 @0.20 # 2 ชั้น | 4 | 0.133 | 30.0 | ตร.ม. | |
| 61.ก่อคอนกรีตบล็อค 4" | 3 | 0.100 | 30.0 | ตร.ม. | |
| 62.ก่อคอนกรีตบล็อค 4" แต่งแนว 1 ด้าน | 3 | 0.075 | 40.0 | ตร.ม. | |

ตาราง 2.2 (ต่อ) แสดงสถิติการทำงานต่อ 1 วันโดยเฉลี่ย (รังสรรค์ วงษ์บุญ 2548)

| | SET OF | MANDAY | work / day | | REMARK |
|---|---|---|---|---|---|
| | CREW | PER UNIT | QUANTITY | UNIT | |
| งานช่างปูนและช่างทั่วไป | | | | | |
| 63.ก่อคอนกรีตบล็อค 4" แต่งแนว 2 ด้าน | 3 | 0.086 | 35.0 | ตร.ม. | |
| 64.ก่อคอนกรีตบล็อค 4" กันฝน | 3 | 0.100 | 30.0 | ตร.ม. | |
| 65.ก่ออิฐดินเผาท้องถิ่น | 3 | 0.060 | 50.0 | ตร.ม. | |
| 66.ผนังไม้อัดสักปิดทับ 1 ด้าน | 3 | 0.075 | 40.0 | ตร.ม. | |
| 67.ก่ออิฐบล็อคระบายอากาศ | 3 | 0.086 | 35.0 | ตร.ม. | |
| 68.เกล็ดระบายอากาศเหล็กเคลือบสี | 3 | 0.150 | 20.0 | ตร.ม. | |
| 69.METEL SHEET โครงเคร่าเหล็ก | 3 | 0.100 | 30.0 | ตร.ม. | |
| 71.แผ่นสำเร็จรูป GRC ทำสี FLUOCARBON | | | | ตร.ม. | |
| 71.ทำผิวพื้นขัดมัน | 4 | 0.020 | 200.0 | ตร.ม. | |
| 72.ทำผิวกันซึมบนหลังคา | 4 | 0.040 | 100.0 | ตร.ม. | |
| 73.ทำพื้นผิวขัดมันผสมน้ำยากันซึม | 5 | 0.025 | 200.0 | ตร.ม. | |
| งานช่างปูน | | | | | |
| 74.ทำพื้นขัดมันพรม หนา 1.75 ปอนด์ สีเรียบ | | | | ตร.ม. | |

ตาราง 2.2 (ต่อ) แสดงสถิติการทำงานต่อ 1 วันโดยเฉลี่ย (รังสรรค์ วงษ์บุญ 2548)

| | SET OF | MANDAY | work / day | | REMARK |
|---|---|---|---|---|---|
| | CREW | PER UNIT | QUANTITY | UNIT | |
| งานช่างปูนและช่างทั่วไป | | | | | |
| 75.ติดตั้งบัวเชิงผนัง - ไม้แดง 3/4"x4" ย้อมสีโอ๊ค | 4 | 0.080 | 50.0 | ม. | |
| - กระเบื้อง | 4 | 0.100 | 40.0 | ม. | |
| - ขัดมัน | 4 | 0.133 | 30.0 | ม. | |
| - หินอ่อน สูง 0.10 ม. | 4 | 0.133 | 30.0 | ม. | |
| 76.พื้นปูกระเบื้องไพโรเกรส 4"x8" | 3 | 0.075 | 40.0 | ตร.ม. | |
| 77.ปูบล็อคซีแพค | 4 | 0.100 | 40.0 | ตร.ม. | |
| 78.ทำพื้นผิวซีเมนต์ปาดเรียบ | 4 | 0.013 | 300.0 | ตร.ม. | |
| 79.ขัดหยาบ | 4 | 0.020 | 200.0 | ตร.ม. | |
| 80.ปูกระเบื้องเซรามิค 8" x 8" ขอบทรายล้าง | 4 | 0.080 | 50.0 | ตร.ม. | |
| 81.ทำพื้นผิวหินขัด | 3 | 0.060 | 50.0 | ตร.ม. | |
| 82.ทำผิวปูนสลัด | 3 | 0.015 | 200.0 | ตร.ม. | |
| 83.บุหินแกรนิต | | | | ตร.ม. | |
| -84.ผนังไม้อัดสักปิดทับ 1 ด้าน | 3 | 0.060 | 50.0 | ตร.ม. | |
| 85.ทำผิวกรวดล้าง | 3 | 0.100 | 30.0 | ตร.ม. | |
| 86.งานฉาบปูนเรียบ เซาะร่อง กว้าง 1" ลึก 1/2" | 3 | 0.038 | 80.0 | ตร.ม. | |
| 87.ทำผิวเกลือดอลูมิเนียมสำเร็จรูปสีธรรมชาติ | 3 | 0.060 | 50.0 | ตร.ม. | |

ตาราง 2.2 (ต่อ) แสดงสถิติการทำงานต่อ 1 วันโดยเฉลี่ย (รังสรรค์ วงษ์บุญ 2548)

| | SET OF | MANDAY | work / day | | REMARK |
|---|---|---|---|---|---|
| | CREW | PER UNIT | QUANTITY | UNIT | |
| งานช่างปูนและช่างทั่วไป | | | | | |
| 88.สลัดเม็ดปูนทราย | 3 | 0.015 | 200.0 | ตร.ม. | |
| 89.แต่งปูนทราย (พ่นทรายทาสี) | 3 | 0.030 | 100.0 | ตร.ม. | |
| 90.สลัดปูนสี | | | | ตร.ม. | |
| 91.ขัดหยาบตีเส้นผิวแกร่ง | 3 | 0.030 | 100.0 | ตร.ม. | |
| 92.ขัดมันเรียบทำผิวแกร่ง | 3 | 0.030 | 100.0 | ตร.ม. | |
| 93.ปูบล็อคประดับของ C-PAC | 3 | 0.075 | 40.0 | ตร.ม. | |
| 94.ปูกระเบื้องโมเสด 2"x2" | 3 | 0.075 | 40.0 | ตร.ม. | |
| 95.พื้นผิวซีเมนต์ปาดเรียบ | 4 | 0.040 | 100.0 | ตร.ม. | |
| 96.จับเซี้ยมคาน-เสา | 4 | 0.200 | 20.0 | ม. | |
| 97.ขัดพื้นไม้ | | | | ตร.ม. | |
| 98.ทำผิวปูนทราย+กาวซีเมนต์ | 4 | 0.040 | 100.0 | ตร.ม. | |
| 99.ขั้นบันไดผิวทรายล้าง | | | | ตร.ม. | |
| 100.ปูกระเบื้องสลับทรายล้าง | 4 | 0.040 | 100.0 | ตร.ม. | |
| 101.บุตาข่าย CHAIN LINK | | | | ตร.ม. | |
| 102.ทำผิว HARDENER | 4 | 0.020 | 200.0 | ตร.ม. | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| WORK | ชนิด และ ลักษณะงานที่ทำ | SET OF CREW | จำนวนคนงานน้อยที่สุดที่ต้องทำงานชนิดนั้นๆ ได้จากสถิติ |
| MANDAY PER UNIT | จำนวนแรงงานที่ใช้ในการทำงานชนิดนั้นต่อหนึ่งหน่วยงาน = [ set of crew / (work per day) ] | WORK / DAY | ปริมาณงานที่ทำได้ต่อวันต่อ SET OF CREW ได้จากสถิติ |
| QUANTITY | ปริมาณงานที่ทำได้ | UNIT | หน่วยนับของงานที่ทำ |
| REMARK | รายละเอียดลักษณะการทำงานเพิ่มเติม | 1 แรง | หมายถึง คน 1 คน ทำงานปกติ 1 วันๆละ 8 ชั่วโมง ตามกฎหมาย |

ตัวอย่างการหาราคาต่อหน่วย หรือ UNIT COST

= (จำนวนแรงงานทั้งหมด x ค่าแรงต่อวัน ) / (ปริมาณงานที่ทำได้ต่อวัน )

= ( 20 แรง x 240 บาท ต่อ วัน ) / ( 60 ตารางเมตร ต่อ วัน) = 80 บาท / ตารางเมตร

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิเคราะห์เสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหาเรื่องบ้านประหยัดพลังงานที่มีราคาสูงให้มีราคาใกล้เคียงกับบ้านทั่วไป

แนวความคิดในการเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหาเรื่องบ้านประหยัดพลังงานที่มีราคาสูงให้มีราคาใกล้เคียงกับบ้านทั่วไปเพื่อให้สอดคล้องกับยุคสมัยโดยใช้แนวทางประยุกต์ใช้สภาพแวดล้อมของภูมิอากาศเขตร้อนชื้นผสมผสานกับเทคโนโลยียุคใหม่เพื่อแก้ปัญหาเรื่องการประหยัดพลังงาน เพื่อชีวิตที่ดีขึ้น

แนวทางดังกล่าวหมายถึง บ้านที่ใช้พลังงานน้อย แต่ยังคงรักษาสภาวะน่าสบายและคุณภาพชีวิตที่ดีเอาไว้ได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

-ประหยัดพลังงานในขณะที่ใช้งานอยู่
-ประหยัดพลังงานโดยการประหยัดแรงงานในการก่อสร้าง
-ประหยัดพลังงานในด้านขั้นตอนการก่อสร้าง
-ควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างได้เป็นอย่างดี
-สามารถสร้างได้ทุกฤดูกาลโดยเกิดปัญหาและอุปสรรคให้น้อยที่สุด
-เทคนิคการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป

### 3.1.1 ประหยัดพลังงานในขณะที่ใช้งานอยู่

อิทธิพลที่มีผลต่อการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานที่สามารถประหยัดพลังงานในขณะที่ใช้งานอยู่ คือ

-การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมเพื่อลดอุณหภูมิให้ใกล้สภาวะน่าสบายมากที่สุด
-การใช้รูปทรงอาคารที่มีเปลือกอาคารให้น้อยที่สุดเพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารและประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง
-การเลือกใช้วัสดุที่เป็นทั้งเปลือกอาคารและฉนวนในตัวเดียวกันเพื่อลดขั้นตอนการก่อสร้าง
-การลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเพื่อประหยัดพลังงาน
-การเลือกใช้อุปกรณ์ที่อายุยาวนานและมีประสิทธิภาพสูง
-การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม
-การบำรุงรักษาต่ำ

### 3.1.2 ประหยัดพลังงานโดยการประหยัดแรงงานในการก่อสร้าง

การประหยัดพลังงานในเรื่องแรงงานการก่อสร้างทำได้โดยการออกแบบเทคนิคการก่อสร้างให้ประกอบได้ง่ายด้วยแรงคน วัสดุมีน้ำหนักเบา เป็นการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป ด้วยระบบ Pre-fab ในบางส่วน สามารถก่อสร้างได้รวดเร็วในระบบแห้งปราศจากฝุ่นละออง ผสมผสานกับระบบ Infillwall ด้วยวัสดุที่ประหยัดพลังงานที่สามารถ Recycled ได้ ลดปริมาณขยะหรือเศษวัสดุเหลือใช้จากการก่อสร้าง ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานฝีมือเฉพาะทาง ทำให้ก่อสร้างได้รวดเร็วประหยัดแรงงานในการก่อสร้าง

### 3.1.3 ประหยัดพลังงานในด้านขั้นตอนการก่อสร้าง

ขั้นตอนการก่อสร้างสามารถออกแบบให้สร้างได้ทุกฤดูกาล ลดอุปสรรคและปัญหาในเรื่องน้ำหนักของวัสดุด้วยการออกแบบให้มีน้ำหนักเบา ฐานรากเป็นระบบ ฐานรากแผ่ (Mat foundation) ระบบโครงสร้างผนังออกแบบให้เป็นผนังรับน้ำหนัก(Wall Bearing) จึงไม่จำเป็นต้องมี เสา, คาน ทำให้ลดขั้นตอนการก่อสร้าง โครงสร้างหรือน้ำหนักบรรทุกโดยรวมของบ้านมีน้ำหนักเบาจึงไม่จำเป็นต้องมีเข็ม องค์ประกอบของบ้านเป็นการนำวัสดุที่มีน้ำหนักเบามาประกอบเข้าด้วยกัน หมดปัญหาการทรุดตัวของบ้าน ออกแบบให้สามารถติดตั้งได้ง่าย รวดเร็ว ประหยัด ผิวผนังเป็นผิวสำเร็จระบบแห้ง หมดปัญหาการแตกร้าวของผิวผนังลดขั้นตอนการฉาบปูน งานระบบสามารถดำเนินการได้พร้อมกับงานผนังและงานพื้น โดยไม่จำเป็นต้องมีช่องท่ออยู่ภายในบ้านสามารถซ่อนอยู่ภายในผนังได้เป็นอย่างดี วัสดุมุงหลังคาออกแบบให้ผิวภายนอกมีความแข็งเพื่อรับน้ำหนัก ตรงกลางเป็นฉนวนกันความร้อนและความชื้นจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร เป็นระบบล็อคในตัว สามารถติดตั้งได้ง่ายด้วยแรงคน สามารถรับน้ำหนักได้โดยไม่ต้องมีโครงหลังคา จึงลดขั้นตอนการทำโครงหลังคา วัสดุมุงหลังคาภายนอกมีผิวเรียบจึงไม่จำเป็นต้องมีฝ้าเพดานและสามารถใช้พื้นที่ใช้สอยใต้หลังคาได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากตรงกลางเป็นฉนวนกันความร้อนและความชื้น สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารได้ ทำให้ลดขั้นตอนการก่อสร้างและประหยัดพลังงาน

### 3.1.4 ควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างได้เป็นอย่างดี

เนื่องจากเป็นระบบแห้งเป็นส่วนใหญ่เป็นการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป ด้วยการประกอบระบบ Pre-fab หรือกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งมีน้ำหนักเบา ผสมผสานกับระบบ Infillwall วัสดุที่ใช้ผลิตมาจากโรงงานที่มีการควบคุมคุณภาพเป็นอย่างดี เมื่อนำมาประกอบจึงสามารถควบคุมคุณภาพได้ดีเช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

### 3.1.5 สามารถสร้างได้ทุกฤดูกาลโดยเกิดปัญหาและอุปสรรคให้น้อยที่สุด

เนื่องจากไม่มีการตอกเข็มและงานในส่วนฐานรากเป็นส่วนเดียวกับพื้นซึ่งใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างที่สั้นปัญหาและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นในฤดูฝนจึงมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาก ในฤดูฝนจึงไม่เป็นอุปสรรคในการก่อสร้างมากนัก ในส่วนของผนังและหลังคาเป็นการประกอบชิ้นส่วนที่ผลิตมาจากโรงงานจึงสามารถสร้างได้ทุกฤดูกาล

### 3.1.6 เทคนิคการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป

ด้วยการประกอบระบบ Pre-fab หรือกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งมีน้ำหนักเบา ผสมผสานกับระบบ Infillwall เทคนิคการก่อสร้างเป็นการก่อสร้างระบบแห้งส่วนใหญ่ รวดเร็ว เข้ากับยุคสมัย ประหยัดพลังงานในขณะก่อสร้างและขณะอยู่อาศัย

3.2 การแก้ปัญหาการประหยัดพลังงาน

แนวความคิดในการแก้ปัญหาเรื่องการประหยัดพลังงาน คือการสร้างบ้านพักอาศัยที่ใช้พลังงานน้อยมากหรือไม่ใช้พลังงานจากภายนอกเลยและผลิตพลังงานใช้เอง สามารถสร้างที่ใดก็ได้ในภูมิภาคนี้ ภายใต้งบประมาณที่พอเหมาะ การบำรุงรักษาที่ต่ำมากหรือไม่มีค่าบำรุงรักษาเลย เป็นบ้านแห่งยุคอนาคต เพื่อสถาปัตยกรรมที่ยั่งยืน

3.3 วิเคราะห์เสนอแนะแนวทางการก่อสร้างด้วยแรงคน ทั้งทางด้านวัสดุ วิธีการก่อสร้าง และเทคนิคการก่อสร้างที่สามารถทำได้เร็ว

แนวทางการก่อสร้างด้วยแรงคนประกอบไปด้วย

1.วัสดุต้องมีน้ำหนักเบา

2.น้ำหนักของชิ้นวัสดุที่สามารถยกได้ที่น้ำหนัก 70 กิโลกรัมต่อการยกชิ้นงาน 2 คน

3.การประกอบชิ้นงานต้องง่ายและรวดเร็วควบคุมคุณภาพได้

4.เทคนิคการก่อสร้างต้องสามารถทำงานหลายระบบได้ในเวลาเดียวกัน

5.วัสดุก่อสร้างต้องสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่างในเวลาเดียวกันเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ

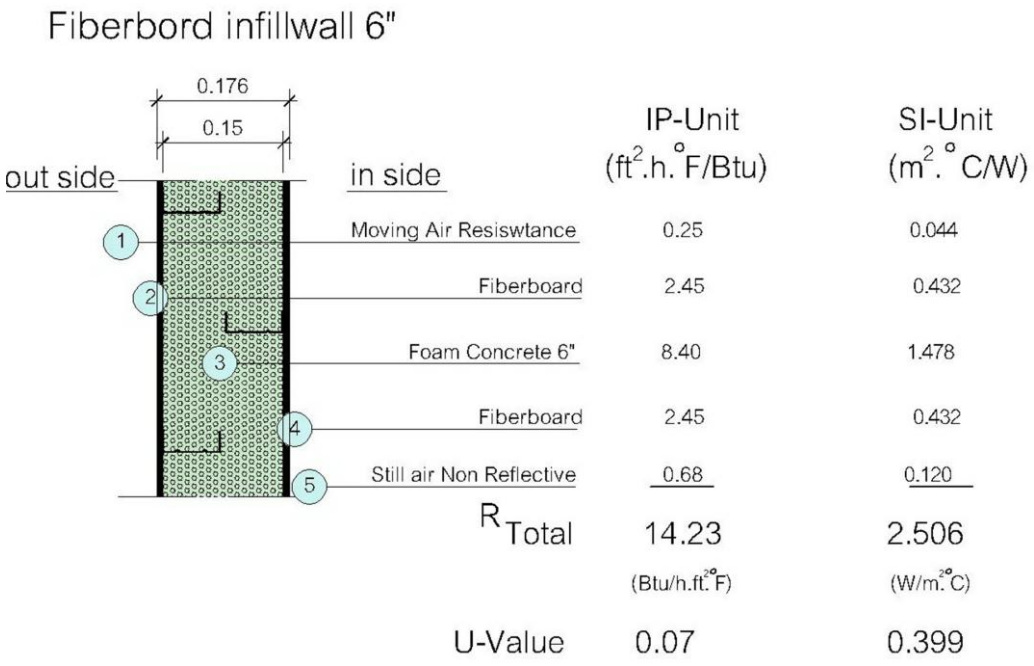
6.การบำรุงรักษาต่ำ

### 3.3.1 วัสดุประกอบที่สำคัญ

-โฟมคอนกรีต

เป็นวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ในกระบวนการก่อสร้าง โดยนำโฟมที่เหลือใช้มาบดให้เป็นเม็ดโฟมแล้วนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ให้เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถนำมาทำเป็นบล็อคใช้เป็นผนังเปลือกอาคาร หรือนำมาเป็นฉนวนภายในผนัง โฟมคอนกรีตมีคุณสมบัติกันความร้อนและความชื้นได้

ดีเหมือนฉนวนทั่วไปและยังเป็นการกำจัดขยะเหลือใช้ จึงมีส่วนช่วยในการลดโลกร้อนและเป็นการประหยัดพลังงานอีกทางหนึ่งด้วย




*ภาพที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีตหนา 6 นิ้วของบ้านประหยัดพลังงาน*

### 3.3.2 การพิจารณาเลือกเปลือกอาคารที่เหมาะสม

นอกจากการเลือกรูปแบบและทิศทางของอาคารแล้ว ปัจจัยที่สำคัญในการลดปริมาณความร้อนและความชื้นหรืองดการใช้พลังงานของอาคารก็คือ การเลือกเปลือกอาคารที่เหมาะสม ระบบเปลือกอาคาร (Building Envelope) หมายถึง ทุกส่วนของอาคารที่สัมผัสกับอากาศภายนอกมี 2 ประเภท คือ

1.ส่วนทึบแสง

2.ส่วนโปร่งแสง

1.1 ส่วนทึบแสงที่เรียกว่า ผนังอาคาร (Wall) คุณสมบัติของตัวแปรนี้ มีผลต่อภาระการทำความเย็นคือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง ด้านกระบวนการนำความร้อน (Conduction) และการพาความร้อน (Convection) และสะสมความร้อนไว้ในผนังชั่วระยะเวลาหนึ่ง ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติด้านความจุความร้อน (Heat Capacity) ของผนังนั้น ก่อนจะเคลื่อนเข้าสู่ภายในอาคาร

1.2 ส่วนทึบแสงที่เรียกว่า หลังคาของอาคาร (Roof) เป็นส่วนของอาคารที่สำคัญที่สุด เพราะได้รับแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง จึงเป็นตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อภาระการทำความเย็นของอาคาร เมื่อเปรียบเทียบกับตัวแปรตัวอื่น คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของระบบหลังคา ใช้เทคนิคการคำนวณหาอัตราความร้อนที่ถ่ายเทผ่านระบบหลังคา โดยการนำความร้อน (Conduction) เป็นตัวบ่งชี้ภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากตัวแปรนี้

2.ส่วนที่โปร่งแสงหรือส่วนที่เป็นกระจก (Glass) ความร้อนสามารถเคลื่อนผ่านกระจกเข้าสู่ภายในอาคารได้ทั้งกระบวนการนำความร้อน(Conduction) และการพาความร้อน (Convection) นอกจากนี้รังสีดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นคลื่นสั้น (Shot Wave Radiation) ที่เป็นความร้อนสะสมอยู่ภายในตัวอาคาร คุณสมบัติของตัวแปรนี้ มีผลต่อภาระการทำความเย็นคือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด

### 3.3.3 คุณสมบัติของผนังบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างด้วยแรงคน

-ต้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารเพื่อลดภาระการทำความเย็นของตัวอาคาร

-ต้องกันความชื้นเข้าสู่ตัวอาคารเพื่อลดภาระการทำความเย็นของตัวอาคาร

-มีน้ำหนักเบาจึงสามารถใช้แรงงานคนในการก่อสร้างได้อย่างสะดวกและขนย้ายได้ง่ายโดยน้ำหนักต่อชิ้นไม่เกิน 70 กิโลกรัมต่อแรงงาน 2 คนและยังสามารถลดน้ำหนักโดยรวมของโครงสร้างได้ด้วย (พระราชบัญญัติคุ้มตรองแรงงาน พ.ศ. 2541 มาตรา 37.)

-ดูแลรักษาง่าย ผิวไม่แตกร้าว

-เป็นวัสดุป้องกันปลวก 100 %

-มีคุณสมบัติทนไฟ

-มีอายุการใช้งานยาวนาน การบำรุงรักษาต่ำปลูกสร้างได้ทุกฤดูกาลและเหมาะสมกับเขตร้อนชื้น

-เป็นวัสดุ Recycled

-สามารถก่อสร้างได้เร็ว เกิดฝุ่นน้อย เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

-มีมวลสารน้อยทำให้เครื่องปรับอากาศรับภาระในการขจัดความร้อนและความชื้นที่สะสมอยู่ในผนังน้อยลง

-มีความสามารถป้องกันการรั่วซึมของอากาศ(Infiltration) จากภายนอกอาคารได้เป็นอย่างดี

### 3.3.4 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุผนัง

*ตารางที่ 3-1 แสดงเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุผนังชนิดต่างๆ*

| ก่ออิฐมอญฉาบปูนเรียบ | ก่ออิฐมวลเบาฉาบปูนเรียบ | ผนังประกอบ ไฟเบอร์บอร์ด ภายในกรุ โฟมคอนกรีต ( Fiberbord infilwall) |
|---|---|---|
| -หาซื้อได้ง่าย | -หาซื้อได้ง่าย | -ผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ด โครงเคร่าโลหะ หาซื้อได้ง่าย ตามท้องตลาด |
| -มีน้ำหนักมากประมาณ 240 กิโลกรัมต่อตารางเมตรทำให้น้ำหนักโดยรวมของโครงสร้างมาก( หนา 10. ซ.ม.) | -มีน้ำหนักเบารวมปูนฉาบ 130 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ( หนา 10. ซ.ม.) | -มีน้ำหนักเบาประมาณ 60 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ( หนา 10. ซ.ม.) |
| -มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมาก | -มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ | -มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ |
| -มีมวลสารมากทำให้สะสมความร้อนและความชื้นสูง | -มีมวลสารน้อยทำให้สะสมความร้อนน้อยแต่ดูดซึมความชื้นมาก | -เป็นวัสดุที่กันความร้อนและความชื้นเข้าสู่ตัวอาคาร |
| -มีรอยแตกร้าวที่ผิววัสดุมากทำให้ป้องกันการรั่วซึมของอากาศยาก | -มักมีรอยแตกร้าวที่ผิวทำให้ควบคุมความร้อนและความชื้นเข้าสู่ตัวอาคารได้ยาก | -ไม่แตกร้าวที่ผิว |
| -ไม่สามารถป้องกันการรั่วซึมของอากาศ(Infiltration) จากภายนอกได้เนื่องจากเป็นเซลล์เปิด | -ไม่สามารถป้องกันการรั่วซึมของอากาศ(Infiltration) จากภายนอกได้เนื่องจากเป็นเซลล์เปิด | -ป้องกันความชื้นได้ดีเพราะเป็นเซลล์ปิด |

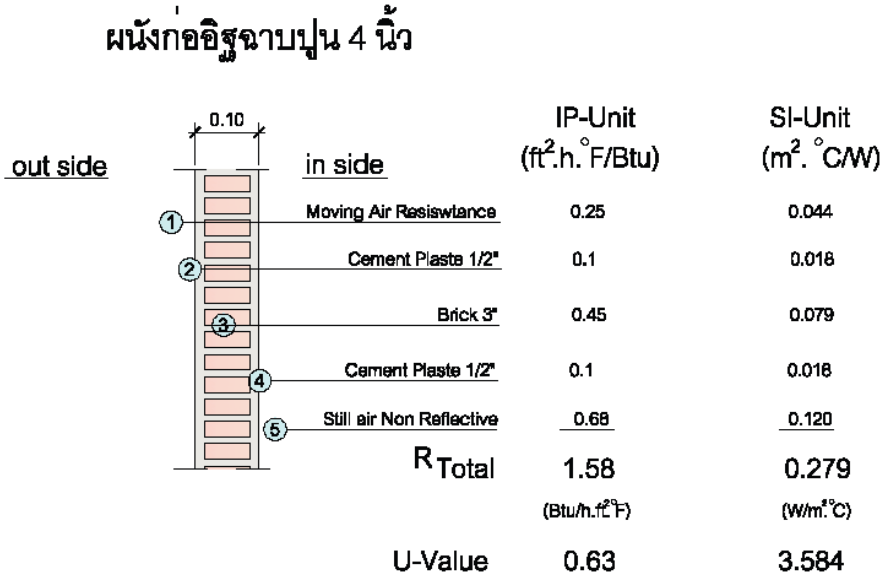
ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แสดงเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุผนังชนิดต่างๆ

| ก่ออิฐมอญฉาบปูนเรียบ | ก่ออิฐมวลเบาฉาบปูนเรียบ | ผนังประกอบ ไฟเบอร์บอร์ด ภายในกรุ โฟมคอนกรีต ( Fiberbord infilwall) |
|---|---|---|
| -ไม่มีคุณสมบัติค่าความเป็นฉนวน | -ไม่มีคุณสมบัติค่าความเป็นฉนวน | -มีคุณสมบัติค่าความเป็นฉนวน |
| -เป็นวัสดุที่ต้องฉาบผิวเป็นระบบเปียกเกิดฝุ่นไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม | -เป็นวัสดุที่ต้องฉาบผิวเป็นระบบเปียกเกิดฝุ่นไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม | -มีผิวที่เรียบเนียนลดขั้นตอนการฉาบทำให้ไม่เกิดฝุ่น เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม |
| -ใช้ระยะเวลาการก่อสร้างมากเนื่องจากขั้นตอนการก่อสร้างค่อนข้างยุ่งยาก | -ใช้ระยะเวลาการก่อสร้างมากเนื่องจากขั้นตอนการก่อสร้างค่อนข้างยุ่งยาก | -ใช้ระยะเวลาการก่อสร้างน้อยเพราะเป็นระบบแห้งลดขั้นตอนการฉาบ วัสดุเป็นแผ่นใหญ่ติดตั้งง่าย |
| -มีความแข็งแรงทนทาน | -ไม่ค่อยแข็งแรง | -มีความแข็งแรงทนทาน |
| -ไม่ใช่วัสดุ Recycled | -ไม่ใช่วัสดุ Recycled | -โฟมคอนกรีตเป็นวัสดุ Recycled |
| -สะดวกในการขนส่งแต่มีน้ำหนักโดยรวมของโครงสร้างมาก | -สะดวกในการขนส่งและลดน้ำหนักโดยรวมของโครงสร้าง | -สะดวกในการขนส่งและลดน้ำหนักโดยรวมของโครงสร้าง |
| -สามารถก่อสร้างได้ด้วยแรงคนแต่ใช้ระยะเวลามากเพราะเป็นการนำวัสดุชิ้นเล็กๆมาต่อกัน | -สามารถก่อสร้างได้ด้วยแรงคนเพราะมีน้ำหนักเบา | -สามารถก่อสร้างได้ด้วยแรงคนเพราะมีน้ำหนักเบา |
| -ไม่ป้องกันความชื้นที่ผิวดิน | -ไม่ป้องกันความชื้นที่ผิวดิน | -ป้องกันความชื้นที่ผิวดิน |

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แสดงเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุผนังชนิดต่างๆ

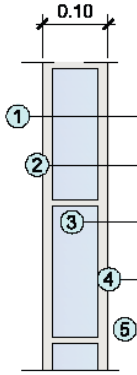
| ก่ออิฐมอญฉาบปูนเรียบ | ก่ออิฐมวลเบาฉาบปูนเรียบ | ผนังประกอบ ไฟเบอร์บอร์ด ภายในกรุ โฟมคอนกรีต ( Fiberbord infilwall) |
|---|---|---|
| -วัสดุลามไฟ | -ไม่ลามไฟ | -ไม่ลามไฟ |
| -เกิดการควบแน่นสะสมที่ผนัง | -เกิดการควบแน่นสะสมที่ผนัง | -ป้องกันการเกิดควบแน่นสะสมที่ผนัง |
| -ต้องมีช่องเดินท่อ | -ต้องมีช่องเดินท่อ | -สามารถซ่อนงานระบบไว้ในผนังโดยทำงานไปพร้อมกับผนัง ไม่ต้องมีช่องท่อ |

การพิจารณาในการเลือกระบบเปลือกอาคาร (Envelope Component Consiperation) หรือ ค่า U ที่น้อยที่สุด




*ภาพที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้วของบ้านทั่วไป*

**ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้ว**




| | | IP-Unit ($ft^2.h.^\circ F/Btu$) | SI-Unit ($m^2.^\circ C/W$) |
|---|---|---|---|
| 1 | Moving Air Resiswtance | 0.25 | 0.044 |
| 2 | Cement Plaste 1/2" | 0.1 | 0.018 |
| 3 | Light weight concrete 3" | 1.27 | 0.224 |
| 4 | Cement Plaste 1/2" | 0.1 | 0.018 |
| 5 | Still air Non Reflective | 0.68 | 0.120 |
| | $R_{Total}$ | 2.40 | 0.422 |
| | | (Btu/h.ft².°F) | (W/m².°C) |
| | U-Value | 0.417 | 2.366 |

*ภาพที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังมวลเบาหนา 4 นิ้วของบ้านทั่วไป*

**ผนังโฟมคอนกรีตหนา 4 นิ้ว**

| | | IP-Unit ($ft^2.h.^\circ F/Btu$) | SI-Unit ($m^2.^\circ C/W$) |
|---|---|---|---|
| 1 | Moving Air Resiswtance | 0.25 | 0.044 |
| 2 | Fiberboard | 2.45 | 0.432 |
| 3 | Foam Concrete 6" | 5.60 | 0.985 |
| 4 | Fiberboard | 2.45 | 0.432 |
| 5 | Still air Non Reflective | 0.68 | 0.120 |
| | $R_{Total}$ | 11.43 | 2.013 |
| | | (Btu/h.ft².°F) | (W/m².°C) |
| | U-Value | 0.087 | 0.496 |

*ตารางที่ 3-2 แสดงคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต ( Fiberbord infilwall) ของบ้านประหยัดพลังงา*

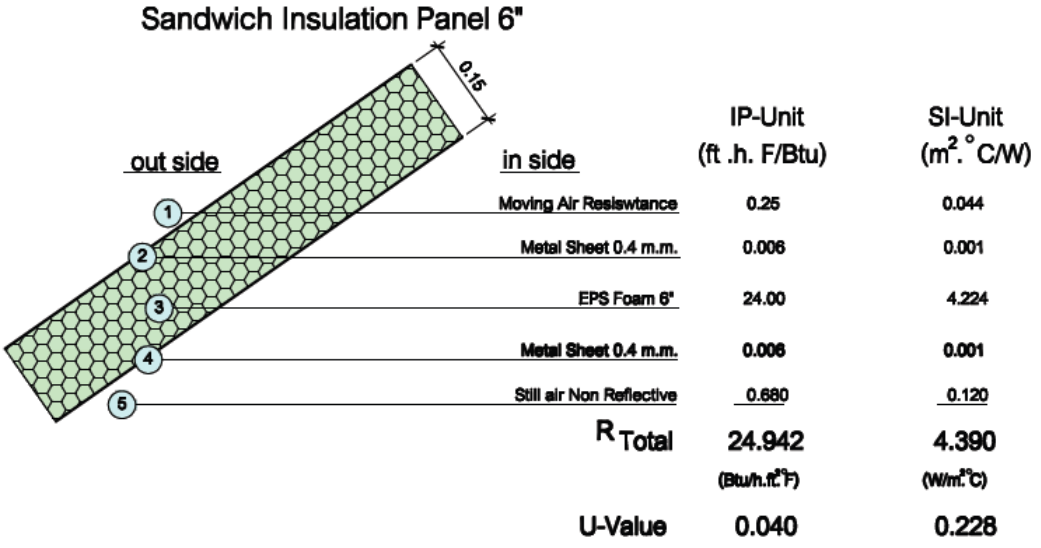
### 3.3.5 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุหลังคา

*ตารางที่ 3-3 แสดงเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุหลังคา*

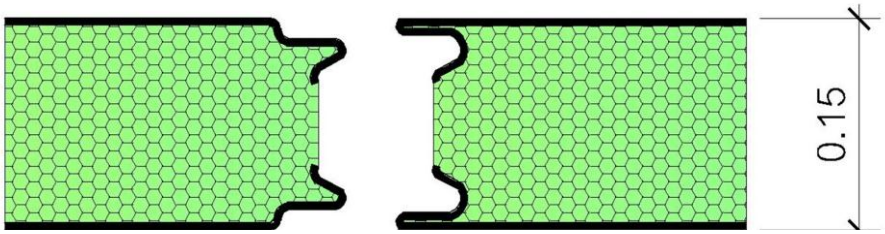
| หลังคากระเบื้องคอนกรีต | หลังคากระเบื้องใยหิน | หลังคา Sandwich Insulation Panel (SIP) |
|---|---|---|
| -มีน้ำหนักมากทำให้น้ำหนักโดยรวมของโครงสร้างมาก | -มีน้ำหนักมากทำให้น้ำหนักโดยรวมของโครงสร้างมาก | -น้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบต่อตารางเมตรเบากว่าวัสดุอื่นๆ ตามท้องตลาด |
| -มีขนาดกว้าง 0.33 ยาว 0.42 เมตร | -มีขนาดกว้าง 0.50 ยาว 1.00-1.20 เมตร | -มีขนาดกว้าง 1.20 เมตร ยาวตามการขนส่งสะดวก |
| -เป็นวัสดุที่สะสมความร้อนและความชื้น | -เป็นวัสดุที่สะสมความร้อนและความชื้น | -เป็นวัสดุฉนวนป้องกันความร้อนและความชื้น |
| -ขั้นตอนการติดตั้งโครงหลังคาค่อนข้างยุ่งยากใช้ระยะเวลามาก | -ขั้นตอนการติดตั้งโครงหลังคาค่อนข้างยุ่งยากใช้ระยะเวลามาก | -ติดตั้งโดยใช้ระบบ Clip lock ประกอบได้อย่างรวดเร็ว ลดขั้นตอนการก่อสร้าง ยึดติดกับผนังรับน้ำหนักด้วยเหล็กฉากและสกรู ลดขั้นตอนการติดตั้งโครงหลังคา เช่น อะเส อกไก่ จันทันและแป |
| -ต้องมีฝ้าเพดานเพื่อปิดโครงหลังคา | -ต้องมีฝ้าเพดานเพื่อปิดโครงหลังคา | -ไม่จำเป็นต้องมีฝ้าเพดาน |
| -สามารถก่อสร้างด้วยแรงคนแต่ขั้นตอนการก่อสร้างหลายขั้นตอนทำให้ล่าช้า | -สามารถก่อสร้างด้วยแรงคนแต่ขั้นตอนการก่อสร้างหลายขั้นตอนทำให้ล่าช้า | -สามารถก่อสร้างด้วยแรงคนมีเพียงขั้นตอนเดียว สามารถรับน้ำหนักได้ด้วยตนเองไม่ต้องมีโครงหลังคา จึงลดขั้นตอนการก่อสร้าง |

*ตาราง 3-1 แสดงเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุหลังคา*

| หลังคากระเบื้องคอนกรีต | หลังคากระเบื้องใยหิน | หลังคา Sandwich Insulation Panel (SIP) |
|---|---|---|
| - สิ้นเปลืองพลังงานในการปรับอากาศมาก<br><br>-แตกหักง่าย | - สิ้นเปลืองพลังงานในการปรับอากาศมาก<br><br>-แตกหักง่าย | -ลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ<br><br>-ไม่แตกหัก |



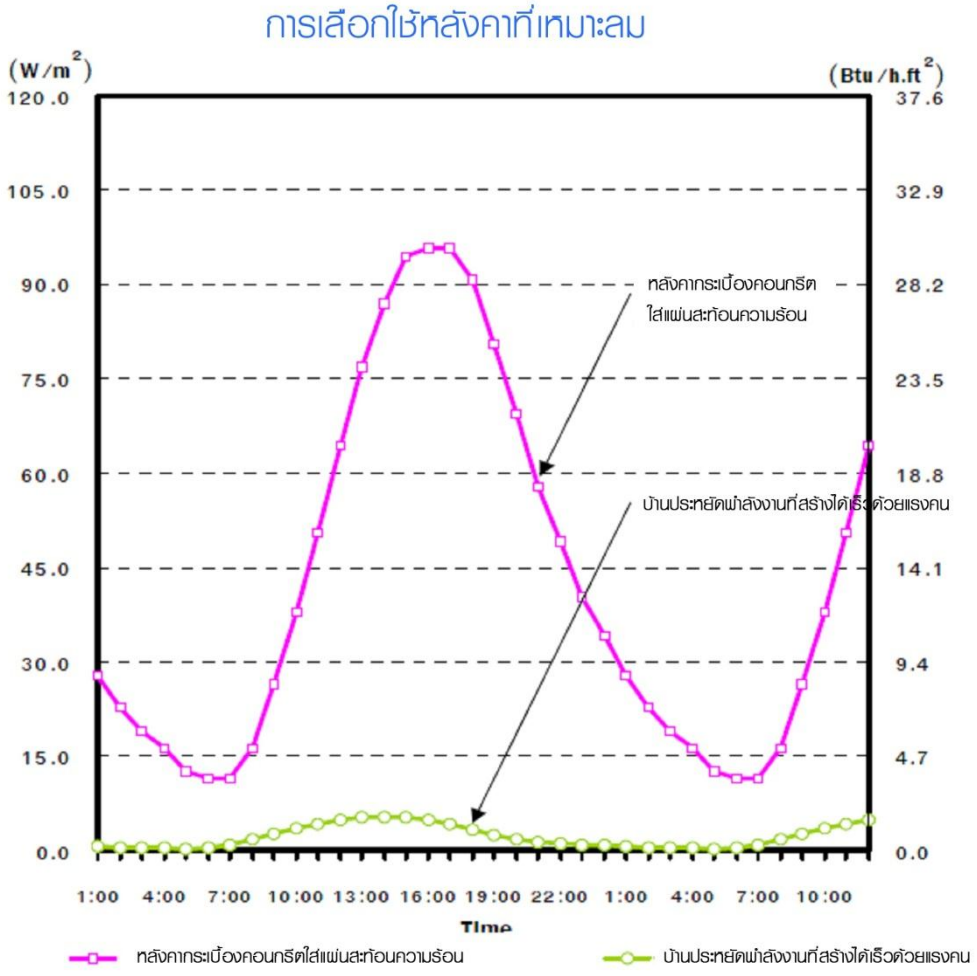

*ภาพที่ 3.4 แสดงคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของหลังคา Sandwich Insulation Panel (SIP)ของบ้านประหยัดพลังงาน*



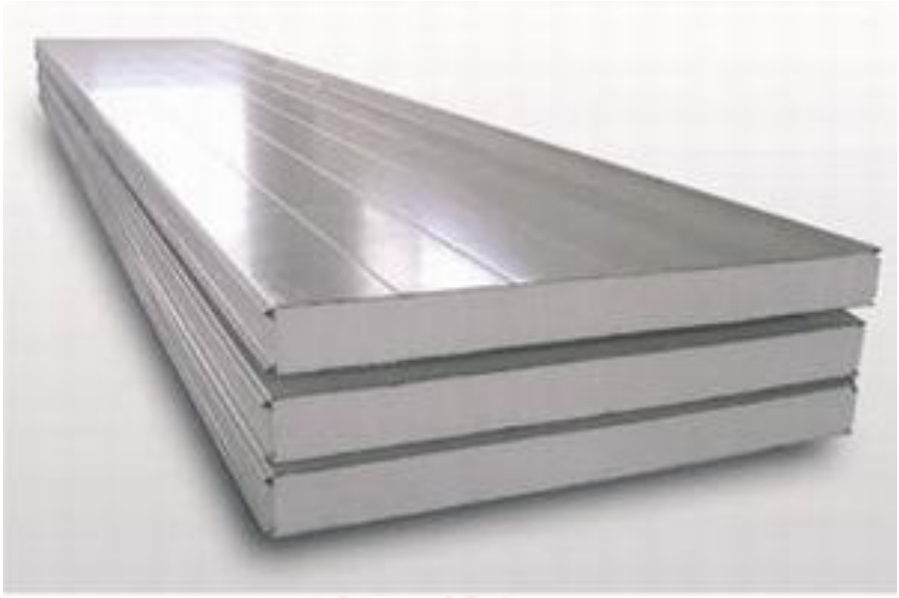

*ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะประกอบแผ่นหลังคาด้วยระบบล็อคในตัว (Clip lock)*

ด้านกันความร้อนของหลังคาสถาปัตยกรรมยุคใหม่

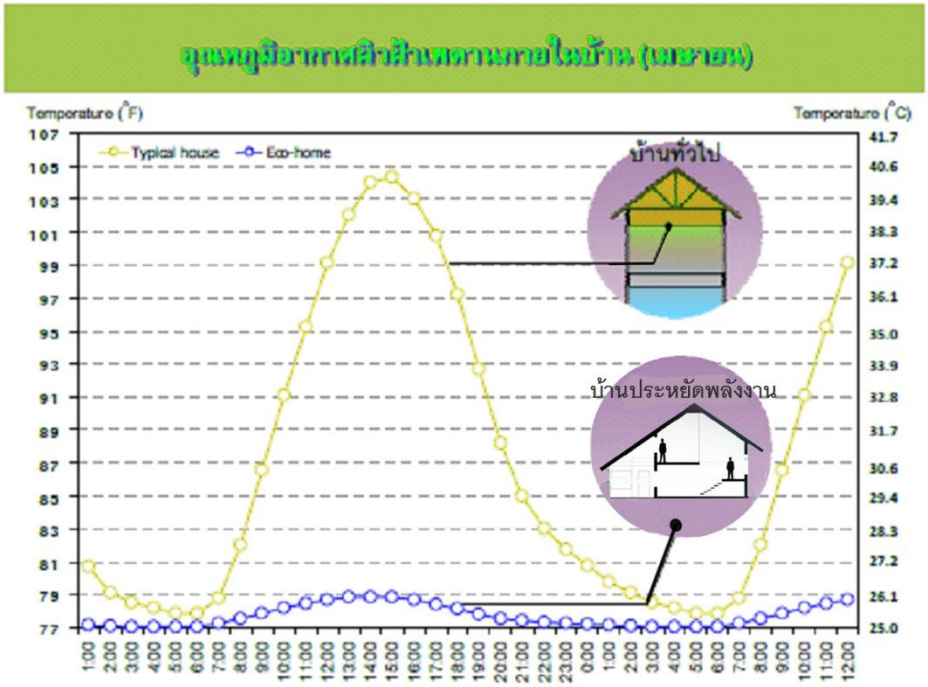
ออกแบบให้มีฉนวนกันความร้อนถึง 6 นิ้ว สามารถกันความร้อนได้มากกว่าบ้านทั่วไปถึง 10 เท่า เฉพาะในส่วนของหลังคา




*ภาพที่ 3.6 การเปรียบเทียบความร้อนที่เข้าสู่หลังคาบ้านทั่วไปกับบ้านประหยัดพลังงาน(วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ 2552)*



*ภาพที่ 3.7 แสดงแผ่นหลังคา Sandwich Insulation Panel (SIP) กว้าง 1.20 เมตร ยาว 12 เมตร น้ำหนัก 70 กิโลกรัมต่อการยกชิ้นงาน 2 คน*



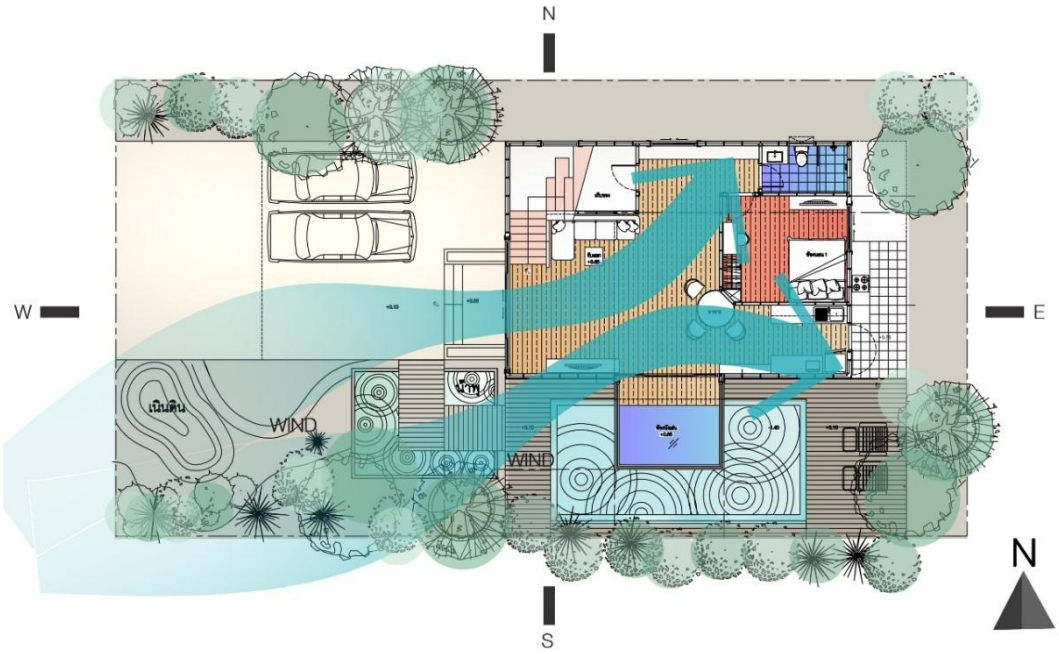

*ภาพที่ 3.8 แสดงอุณหภูมิอากาศผิวฝ้าเพดานภายในบ้านในเดือนเมษายนระหว่างบ้านทั่วไปกับบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ 2552)*

# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

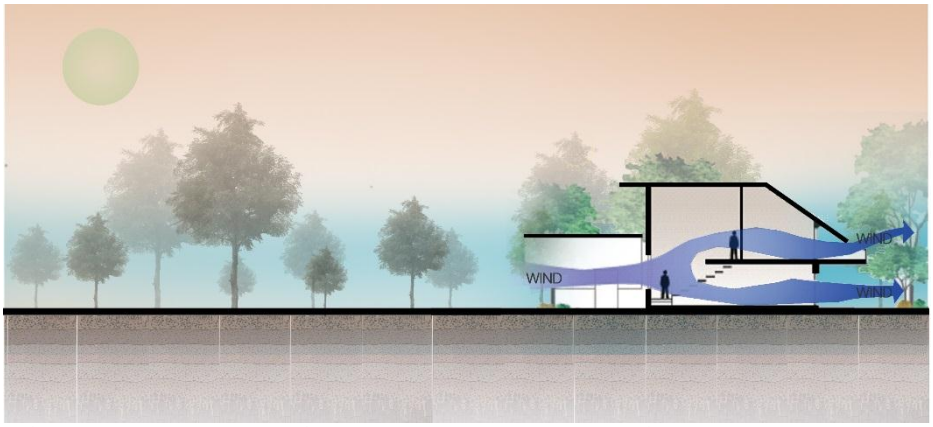
4.1 ผลของการศึกษาตัวแปรเพื่อเป็นแนวทางการแก้ปัญหาเรื่องบ้านประหยัดพลังงานที่มีราคาสูงให้มีราคาใกล้เคียงกับบ้านทั่วไปมีแนวทางดังนี้

4.1.1ตัวแปรอุณหภูมิอากาศ ( $\Delta T$ )

อิทธิพลที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศได้แก่ ลักษณะพื้นผิวโดยรอบ การแผ่รังสีความร้อนสู่ท้องฟ้า รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ การสะสมความร้อนของพื้นผิวต่างๆ กระแสลมและทิศทางลม การแผ่รังสีของพื้นผิวต่างๆโดยรอบสู่สภาพแวดล้อม จึงจำเป็นที่จะต้องปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม โดยศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำมาปรับใช้เพื่อให้อุณหภูมิสภาพแวดล้อมภายนอกแตกต่างกับอุณหภูมิภายในบ้านน้อยที่สุด



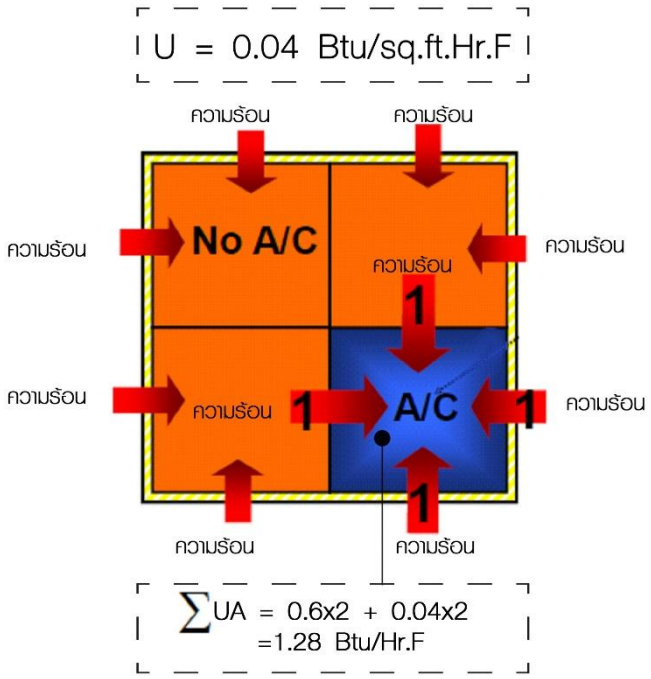

*ภาพที่ 4.1 แสดงลมธรรมชาติที่พัดผ่านเนินดินและน้ำระเหยก่อนเข้าบ้านประหยัดพลังงาน*



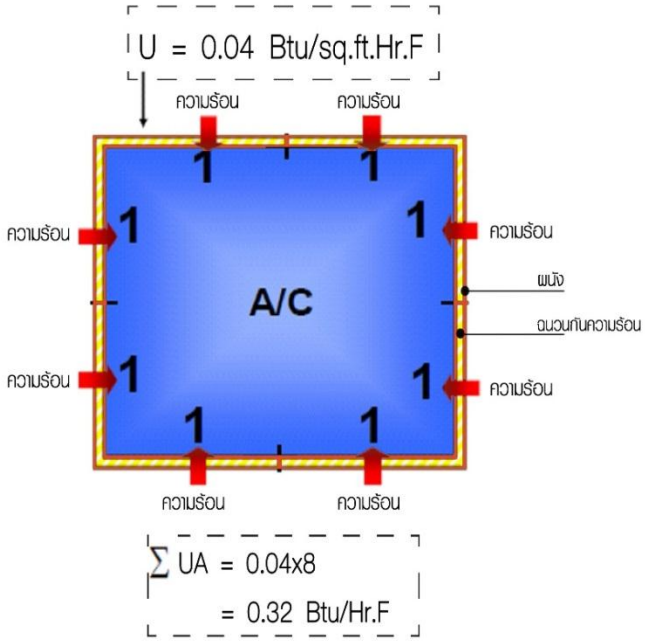

*ภาพที่ 4.2 แสดงลมธรรมชาติที่พัดผ่านบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*

### 4.1.2 ตัวแปรสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุผิวอาคาร

วัสดุผิวภายนอกต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในต่ำ การลดการถ่ายเทความร้อนต้องคำนึงถึงตัวแปรต่างๆ เช่น แสงอาทิตย์ อุณหภูมิผิว การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร (U-Value)



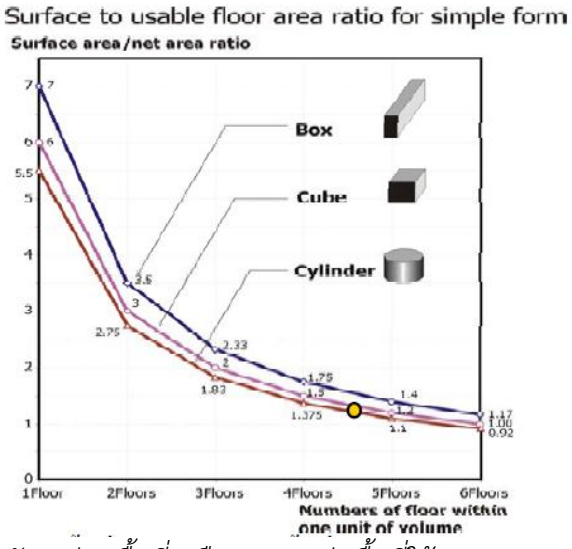

*ภาพที่ 4.3 แสดงการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังห้องที่ปรับอากาศ (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*



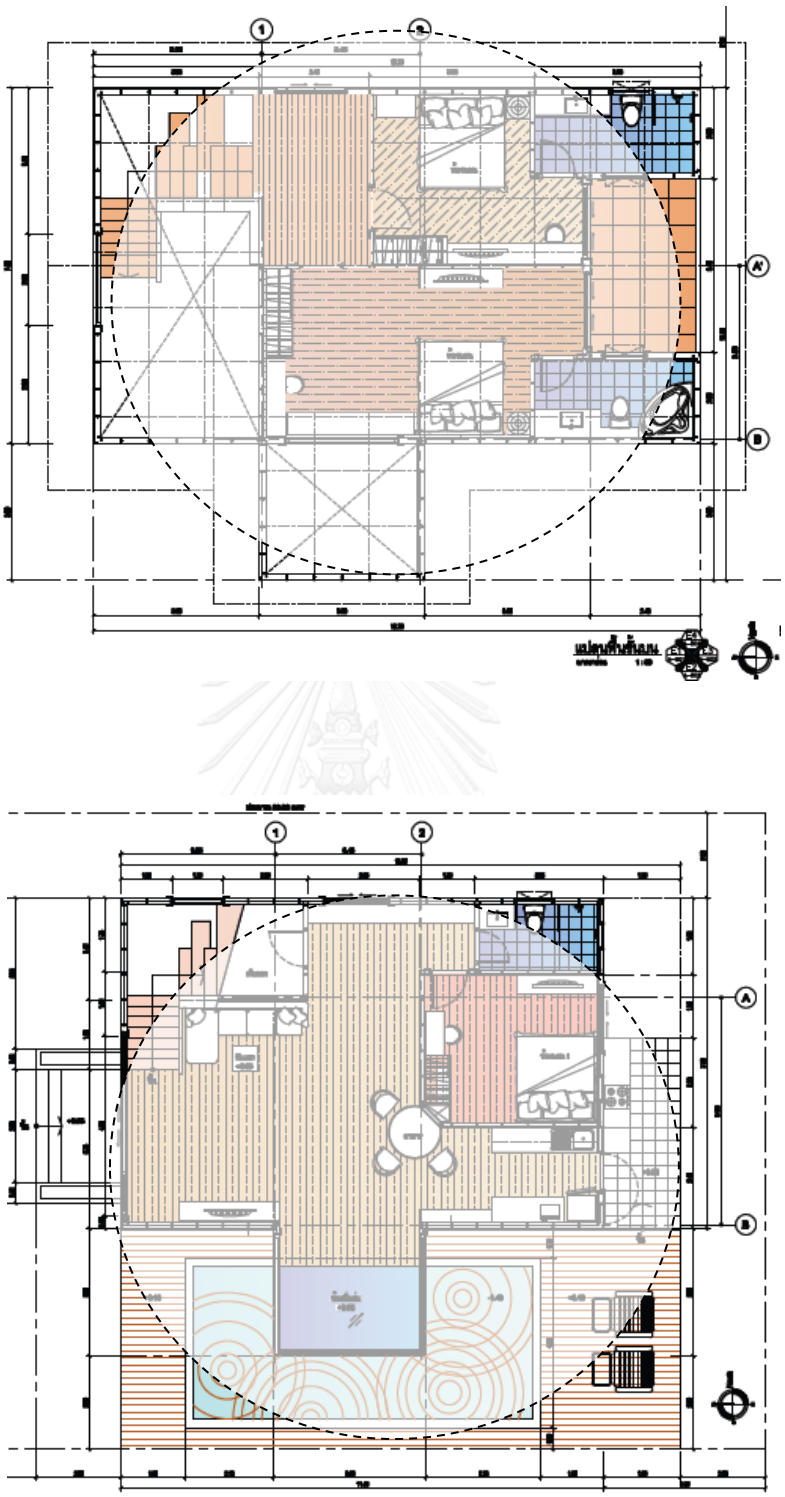

*ภาพที่ 4.4 แสดงการถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคารทั้งหมด ปริมาณความร้อนน้อยกว่าการปรับอากาศเพียงห้องเดียว (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*

### 4.1.3. ตัวแปรพื้นที่ผิวภายนอกต่อพื้นที่ใช้สอย

การออกแบบรูปทรงอาคารให้พื้นที่ที่สัมผัสอากาศภายนอกมีพื้นที่น้อยที่สุดเพื่อการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารน้อยที่สุด สรุปดังนี้ การลดอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (Surface-to-Area Ratio, S/A)




*ภาพที่ 4.5 แสดงการลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (Surface-to-Area Ratio, S/A) (สุนทร บุญญาธิการ 2545)*



*ภาพที่ 4.6 แสดงการเลือกใช้รูปทรงอาคารที่มีพื้นที่ผิวภายนอกต่อพื้นที่ใช้งานส่วนปรับอากาศน้อยที่สุด หมายถึงการใช้รูปทรงอาคารให้มีลักษณะใกล้เคียงกับวงกลมมากที่สุด เนื่องจากรูปทรงกลมมีพื้นที่ผิวน้อยที่สุดในปริมาตรเท่ากัน*

**4.1.4 ตัวแปรของวัสดุต้องมีน้ำหนักเบาและติดตั้งง่ายด้วยแรงคน**

วัสดุที่มีน้ำหนักเบาและสามารถเป็นฉนวนกันความร้อนกันความชื้นเข้าสู่ตัวอาคาร เพื่อการควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารให้ใกล้เคียงเขตสบายมากที่สุด จากการศึกษาพบว่าฉนวนโฟมสามารถทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารได้เป็นอย่างดี จึงทำการศึกษาต่อยอดความคิดโดยนำเม็ดโฟม EPS (Expandable Polystyrene) ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ลามไฟ, ไม่ดูดซึมน้ำ ไม่เป็นพิษ, ป้องกันเชื้อราและแบคทีเรีย,ควบคุมความหนาแน่นได้ มีความคงทน มาผสมกับซีเมนต์สามารถสร้างสรรค์งานสถาปัตยกรรมได้ทุกรูปแบบ

วัสดุผนัง

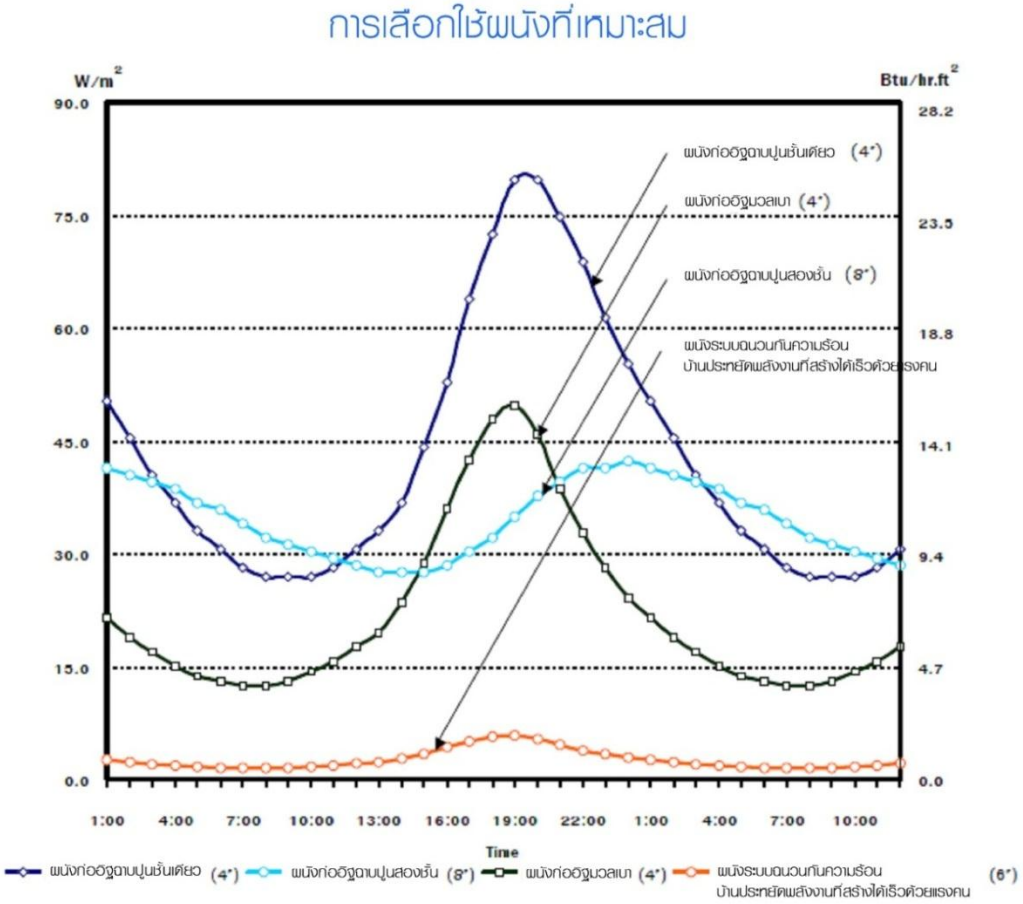
ผนังส่วนเปลือกอาคารเป็นแผ่นไฟเบอร์บอร์ดหนา 8 ม.ม.ทั้งสองด้าน โครงเคร่าโลหะชุบสังกะสีเบอร์ 24 หนา 0.55 ม.ม. โครงยู 76 ม.ม. มีความสูงปีกโครง 28 ม.ม.หน้ากว้าง 76 ม.ม.ความหนารวมของผนัง 17.6 เซนติเมตร แผ่นไฟเบอร์บอร์ดมีคุณสมบัติไม่ยืดหรือหดตัว เป็นผนังผิวสำเร็จจึงหมดปัญหาเรื่องการฉาบปูนภายหลัง และหมดปัญหาเรื่องรอยแตกร้าวที่ผิวผนังเป็นการทำงานแบบระบบแห้ง สามารถทำงานได้รวดเร็ว ภายในซ่อนงานระบบไฟฟ้า แอร์ สุขาภิบาล งานเหล่านี้สามารถทำไปพร้อมๆกับงานผนังโดยเมื่อเดินงานระบบเสร็จจึงทำการพ่นโฟมคอนกรีตที่ช่องว่างของผนังเพื่อกันความร้อนและความชื้นเข้าบ้าน ทำให้บ้านไม่ต้องมีช่องท่อ ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้นการเดินระบบท่อไม่จำเป็นต้องติดตั้งไว้ภายในอาคาร ส่วนที่อยู่ในเขตอากาศหนาวจำเป็นต้องเดินระบบท่อไว้ภายในอาคารเนื่องจากถ้านำไปไว้ภายนอกอาคารจะทำให้ท่อน้ำกลายเป็นน้ำแข็งได้แต่ผู้ออกแบบมักไม่เข้าใจในเหตุผลนี้จึงนำช่องเดินท่อไว้ภายในตัวบ้าน ทำให้เกิดผลเสียกับพื้นที่ใช้สอย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุผนังที่ใช้กับงานก่อสร้างบ้านสู้โลกร้อน เรื่องการนำเม็ดโฟมคอนกรีตมาประยุกต์ใช้กับเปลือกอาคารโดยเปรียบเทียบผนังเม็ดโฟมคอนกรีตหนา 10 ซ.ม. และผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 10 ซ.ม.เมื่อเปรียบเทียบกับผนังบ้านพักอาศัยทั่วไปพบว่า สามารถลดภาระการทำความเย็นได้ถึง 6 เท่า ลดขั้นตอนการก่อสร้างและลดน้ำหนักได้เท่าตัวและลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโลกร้อน (ณัฐภณ วัชรประทีป 2550)

การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นอย่างประเทศไทย ควรเลือกเปลือกอาคารที่มีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนและความชื้นได้เป็นอย่างดี จากเลือกใช้โฟมคอนกรีตเพื่อเป็นฉนวนต้านทานความร้อนและความชื้นและหลีกเลี่ยงการฉาบปูนซึ่งเป็นการทำงานในระบบเปียก เกิดฝุ่นละอองไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เกิดการล่าช้าในการก่อสร้าง จึงเลือกแผ่นไฟ

เบอร์บอร์ดมาเป็นวัสดุปิดผิว เป็นการทำงานแบบระบบแห้ง ลดขั้นตอนการก่อสร้าง สามารถทำงานได้รวดเร็ว ไม่เกิดฝุ่นละออง เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

คุณสมบัติของเปลือกอาคารของบ้านประหยัดพลังงาน ต้องเป็นฉนวนกันความร้อนและความชื้น ต้องมีน้ำหนักเบา กักเก็บความร้อนน้อย และควรหาวิธีให้สามารถรับแรงได้ นำวัสดุอื่นมาประกอบเพื่อช่วยรับแรงและเบามีมวลสารน้อย ประกอบในแต่ละส่วนแตกต่างกันตามชิ้นส่วนของอาคาร สามารถยกประกอบได้ด้วยแรงคน




*ภาพที่ 4.7 แสดงปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังชนิดต่างๆ (สุนทร บุญญาธิการ 2547)*

ประโยชน์ของการใช้ผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต

โฟมมีคุณสมบัติกันความร้อนและความชื้น เป็นวัสดุเบา อาจนำวัสดุที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่หรือนำมาจัดองค์ประกอบกับโลหะเพื่อออกแบบให้สามารถรับแรงได้ เป็นวัสดุที่เหมาะสมกับบ้านประหยัดพลังงานเพราะสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในได้ กักเก็บความร้อนน้อย เป็นฉนวนในตัว จึงเป็นนวัตกรรมใหม่ในการสร้างบ้านประหยัดพลังงาน

โฟมคอนกรีต กระบวนการผลิต คือการนำเม็ดโฟมมาผสมผสานกับปูนซีเมนต์อาจเติมเคมีเพื่อช่วยในการยึดเกาะ ผลที่ออกมาก็คือ

-เป็นฉนวนป้องกันความร้อนและความชื้น

-มีน้ำหนักเบา สามารถก่อสร้างได้ด้วยแรงคน

-ลดภาระการใช้พลังงานในการทำความเย็น

-วัสดุไม่สะสมความชื้น

-อายุการใช้งานยาวนาน

-ไม่เป็นพิษ

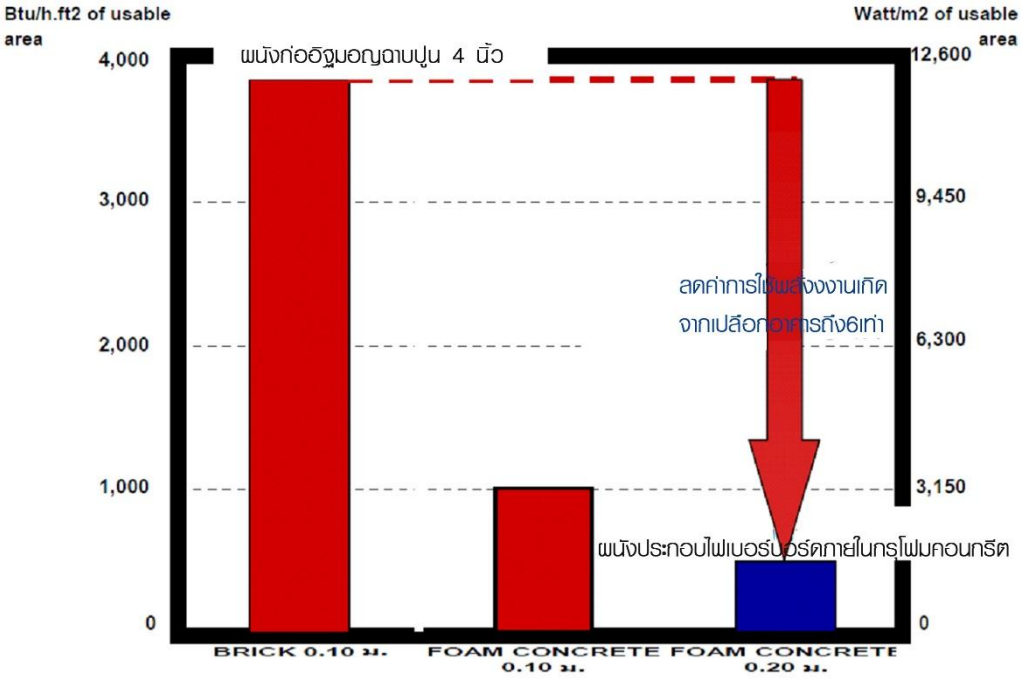
-เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

-ไม่เป็นอาหารของปลวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

*ตารางที่ 4-1 แสดงคุณสมบัติของผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต*

| | |
|---|---|
| 1.คุณสมบัติด้านการประหยัดพลังงาน | |
| 1.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (ค่า U-value) Btu/ h. ft 2 °F | 0.07 |
| 2.คุณสมบัติด้านเศรษฐกิจและก่อสร้าง | |
| 2.1 น้ำหนักวัสดุ/รวมผิวภายนอก (kg/m2)ที่ความหนา 15 ซ.ม. kg/m2 | 88 |
| 2.2 ราคาวัสดุ ที่ความหนา 15 ซ.ม. 950 baht/m2 | |
| 2.3 การบำรุงรักษาและซ่อมแซม | ดูแลรักษาง่าย |
| 2.4 ความแข็งแรงทนทานของวัสดุ (กำลังอัด) แรงอัดได้ | วัสดุสามารถรับ |
| 2.5 ความสะดวกในการทำงาน ปรับเปลี่ยนได้ง่าย | สามารถ |
| 2.6 ผิววัสดุ | ผิวไม่แตกร้าว |
| 3.คุณสมบัติด้านสภาพแวดล้อม | |
| 3.1 ความปลอดภัยต่อสุขภาพ สุขภาพ | ไม่เป็นอันตรายต่อ |
| 3.2 ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม สภาพแวดล้อม | ไม่ส่งผลต่อ |
| 3.3 ความสวยงาม ตกแต่งผิวได้ | ไม่แตกร้าว |
| 3.4 ความสามารถในการป้องกันไฟ | กันไฟได้ 2-3 ชั่วโมง |




*ภาพที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนภาระการทำความเย็น Cooling load ของวัสดุผนังชนิดต่างๆ (ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม 2552)*

ตัวแปรที่ประหยัดพลังงานในขณะที่ใช้งานอยู่ มีปัจจัยที่ควรคำนึงถึงคือด้านการป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารของบ้านประหยัดพลังงาน คือ

$$Q = U * S/A * \Delta T * 1/COP$$

เมื่อ

Q = ปริมาณภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร อาคาร (load/area) หน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (Btu/h.ft2) หรือวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m2)

U = ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร หน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมงต่อตารางฟุตต่อต่อความแตกต่างอุณหภูมิ 1 องศาฟาเรนไฮต์ (Btu/h.ft2°F) หรือวัตต์ต่อตารางเมตรต่อความแตกต่างอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส (W/m2 °C)

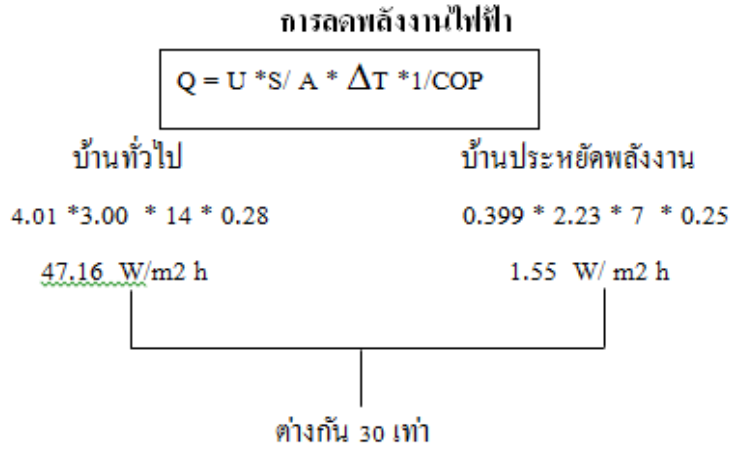
S/A= สัดส่วน (ratio) ระหว่างพื้นที่ผิวเปลือกอาคาร (surface) ต่อพื้นที่ใช้สอย (usable \area)

$\Delta$ T = ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารและอุณหภูมิ อากาศภายในอาคาร หน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮต์ (°F) หรือองศาเซลเซียส (°C

1/COP= ศักยภาพในการขจัดความร้อน ในที่นี้ คือ ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

*ตารางที่ 4-2 แสดงตารางเปรียบเทียบตัวแปรที่ประหยัดพลังงานในขณะที่ใช้งานของบ้านทั่วไปกับบ้านประหยัดพลังงาน*

| บ้านทั่วไป | ต.ร.ม. | Btu/h.ft2°F | บ้านประหยัดพลังงาน | ต.ร.ม. | Btu/h.ft2°F |
|---|---|---|---|---|---|
| พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด | 220 | | พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด | 209 | |
| พื้นที่เปลือกอาคาร | 570 | | พื้นที่เปลือกอาคาร | 416 | |
| พื้นที่ใช้สอยที่ต้องการปรับอากาศ | 190 | | พื้นที่ใช้สอยที่ต้องการปรับอากาศ | 186 | |
| S/ A | 3.00 เท่า | | S/ A | 2.23 เท่า | |
| ค่า U เฉลี่ยของเปลือกทั้งหมด | | 4.01 | ค่า U เฉลี่ยของเปลือกทั้งหมด | | 0.399 |




*ภาพที่ 4.9 แสดงการคำนวณเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับบ้านทั่วไปและบ้านประหยัดพลังงาน หมายถึง ลดภาระการทำความเย็นเมื่อเปรียบเทียบกับบ้านทั่วไปถึง 30 เท่า*

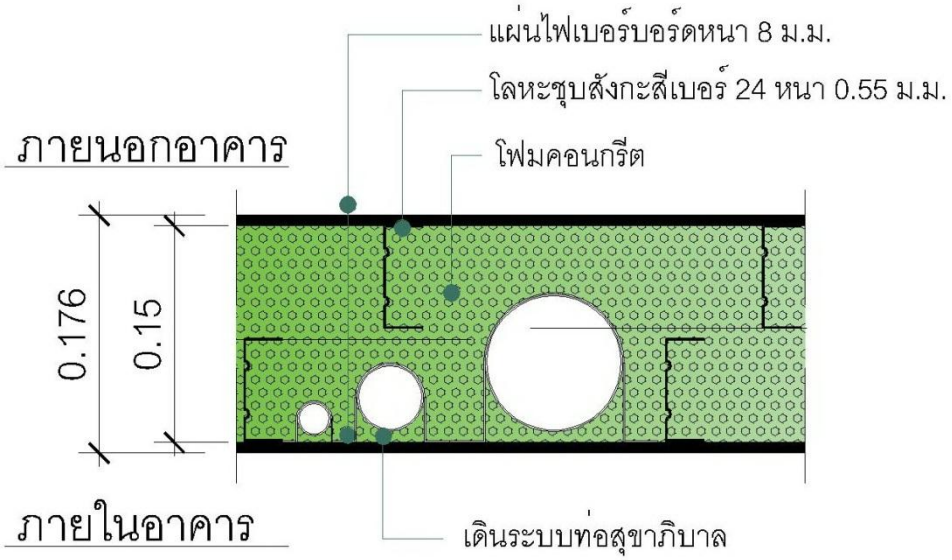
กรณีบ้านทั่วไปมีความร้อนเข้าอาคาร 47.16 W/m2 h พื้นที่ใช้สอย 220 ตารางเมตร ใช้งานเครื่องปรับอากาศ 3000 ชั่วโมงต่อปี เทียบเท่าไฟฟ้าประมาณ 1,556 หน่วยต่อเดือนหรือประมาณ 5,820 บาทต่อเดือน 69,846 บาทต่อปี

บ้านประหยัดพลังงานมีความร้อยเข้าอาคาร 1.55 W/m2 h พื้นที่ใช้สอย 209 ตารางเมตร ใช้
งานเครื่องปรับอากาศ 3000 ชั่วโมงต่อปี เทียบเท่าไฟฟ้าประมาณ 48.59 หน่วยต่อเดือนหรือประมาณ 181 บาทต่อเดือน 2,181 บาทต่อปี ประหยัดกว่าบ้านทั่วไปถึง 67,665 บาทต่อปี

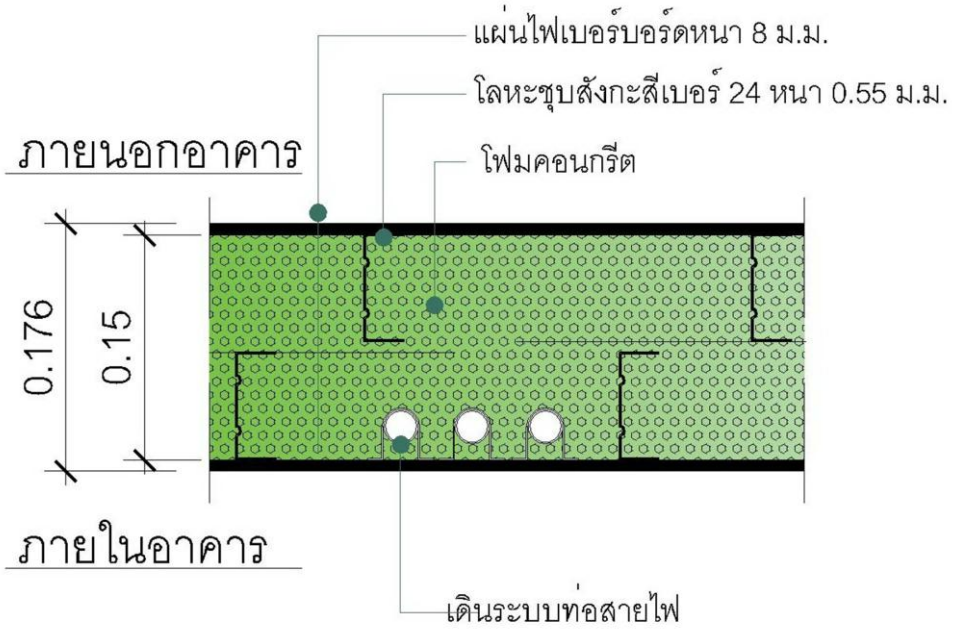
*ตารางที่ 4-3 แสดงเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างบ้านทั่วไปกับบ้านประหยัดพลังงาน*

| รายการ | บ้านทั่วไป | บ้านประหยัดพลังงาน |
|---|---|---|
| พื้นที่ใช้สอย | 220 ต.ร.ม. | 209 ต.ร.ม. |
| ความร้อนเข้าอาคาร | 47.16 W/m2 h | 1.55 W/m2 h |
| ใช้งานเครื่องปรับอากาศ | 3000 ชั่วโมงต่อปี | 3000 ชั่วโมงต่อปี |
| เทียบเท่าไฟฟ้าประมาณ | 2,358 หน่วยต่อเดือน | 77.5 หน่วยต่อเดือน |
| คิดเป็นเงินประมาณ | 8,819 บาทต่อเดือน | 290 บาทต่อเดือน |
| คิดเป็นเงินประมาณ | 105,827 บาทต่อปี | 3,480 บาทต่อปี |
| สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้ากว่าบ้านทั่วไปถึง 102,349 บาทต่อปี | | |

Chulalongkorn University

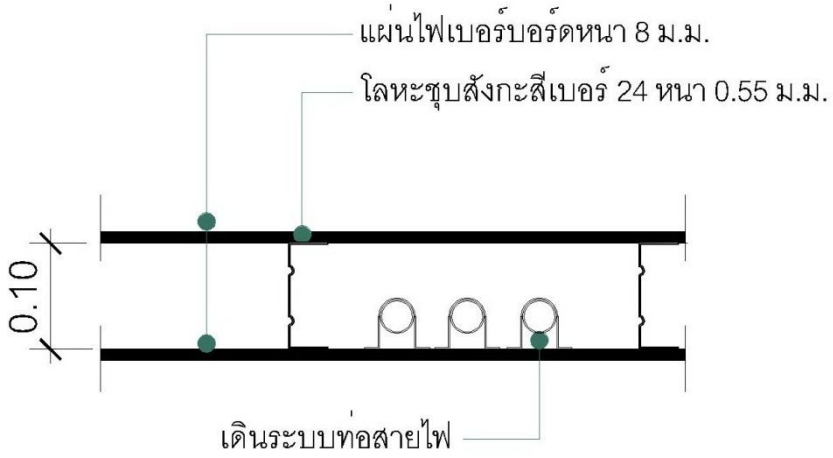



*ภาพที่ 4.10 แสดงการติดตั้งแปลนผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต( Fiberbord infilwall) สามารถซ่อนงานระบบสุขาภิบาลไว้ภายใน และยังมีคุณสมบัติกันความร้อนและความชื้นได้อีกด้วย*




*ภาพที่ 4.11 แสดงการติดตั้งแปลนผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต( Fiberbord infilwall) สามารถซ่อนงานระบบไฟฟ้าไว้ภายใน*

ผนังภายใน เป็นผนังไฟเบอร์บอร์ดชนิดเดียวกับผนังภายนอก สามารถก่อสร้างได้เร็ว ไม่ต้องฉาบผิว เป็นระบบแห้ง สามารถประกอบและติดตั้งได้ด้วยแรงคนด้วยความรวดเร็ว ความหนารวม 10 เซนติเมตร สามารถซ่อนงานระบบได้เช่นกัน เป็นระบบแห้ง แต่ไม่ต้องพ่นโฟมคอนกรีตเนื่องจากเป็นผนังภายในไม่จำเป็นต้องกันความร้อน ความชื้น จึงลดต้นทุนและเวลาในการก่อสร้าง หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด มีช่างชำนาญงานทั่วไป




*ภาพที่ 4.12 แสดงการติดตั้งแปลนผนังภายในที่สามารถซ่อนงานไฟฟ้าไว้ภายในผนัง*

*ภาพที่ 4.13 แสดงการชั่งน้ำหนักสัดส่วนของเม็ดโฟมขนาด 2-4 ม.ม.(ก.ก.)*

*ภาพที่ 4.14 แสดงการชั่งน้ำหนักสัดส่วนของซีเมนต์ (ก.ก.)*

*ภาพที่ 4.15 แสดงการผสมด้วยมือเพื่อทำการทดลอง ควรผสมโฟมกับซีเมนต์(ต้องเป็นปูนซีเมนต์*
ปอร์ตแลนด์เท่านั้น) ให้เข้ากันก่อนจึงใส่น้ำลงไปผสมภายหลัง

*ภาพที่ 4.16 แสดงการผสมโฟมกับซีเมนต์ เมื่อเข้ากันดีแล้วจึงใส่น้ำลงไปตามสัดส่วนที่กำหนด*

*ภาพที่ 4.17 แสดงการผสมโฟม,ซีเมนต์.น้ำ,คลุกเคล้าให้เข้ากันประมาณ 10 นาที จะเห็นว่าอัตราส่วนที่ใช้จะเป็นระบบแห้ง ไม่เปียกเหมือนการผสมปูนทั่วไป*

*ภาพที่ 4.18 แสดงการวางโครงผนัง ให้วางสลับ เพื่อป้องกันการเกิดสะพานความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร*

*ภาพที่ 4.19 แสดงการเข้าแบบเพื่อทำการทดลอง*

*ภาพที่ 4.20 แสดงการเทโฟมคอนกรีตภายในผนังความหนาภายใน 15 เซนติเมตร*

*ภาพที่ 4.21 แสดงการทดลองทำผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต ( Fiberbord infilwall)*

*ภาพที่ 4.22 แสดงการทดลองทำผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต ( Fiberbord infilwall) ขนาด 50 x 50 x 15 เซนติเมตร ความหนาแน่นที่ 350 ก.ก. ต่อ 1 ล.บ.ม.น้ำหนัก 650 ก.ก.ต่อ 1 ล.บ.ม.น้ำหนักผนังโดยรวมที่ความหนา 15 เซนติเมตร เท่ากับ 96 ก.ก.ต่อ 1 ตารางเมตร*

*ภาพที่ 4.23 แสดงการทดลองทำผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต ( Fiberbord infilwall) ขนาด 50 x 50 x 15 เซนติเมตร ความหนาแน่นที่ 250 ก.ก. ต่อ 1 ล.บ.ม.น้ำหนักรวม*

*570 ก.ก.ต่อ 1 ล.บ.ม.น้ำหนักผนังโดยรวมที่ความหนา 15 เซนติเมตร เท่ากับ 88 ก.ก.ต่อ 1 ตารางเมตร*

*ตารางที่ 4-4 แสดงตารางการส่วนผสมโฟมคอนกรีต*

| ความหนาแน่น (ก.ก./ล.บ.ม. | น้ำ (ลิตร) | ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ก.ก.) | โฟมขนาด 2-4 ม.ม. (ก.ก.) |
|---|---|---|---|
| 200 | 100 | 200 | 8 |
| 250 | 120 | 250 | 8 |
| 300 | 150 | 300 | 8 |
| 350 | 175 | 350 | 8 |
| | | | |

วัสดุพื้น

พื้นเป็นองค์อาคารที่มักจะอยู่ในแนวราบ มีลักษณะเป็นแผ่นบาง มีหน้าที่รับน้ำหนักตัวมันเองและรับน้ำหนักวัสดุตกแต่ง ตลอดจนรับน้ำหนักบรรทุกจร เช่น ผู้อยู่อาศัย ฯลฯ พื้นชั้นล่างในที่นี้ ทำหน้าที่รับน้ำหนักตัวอาคารทั้งหมดและน้ำหนักวัสดุตกแต่ง น้ำหนักบรรทุกจร คือ ผู้อยู่อาศัยเป็นตัวเดียวกันกับฐานราก คือ เป็นทั้งพื้นและฐานรากในตัวเดียวกัน ฐานรากในที่นี้คือ ฐานรากแพ (Raft of mat foundation) รับน้ำหนักแผ่กระจาย (Uniform Load) เพราะฉะนั้นพื้นในที่นี้ ทำหน้าที่เป็นทั้งพื้นอาคารและฐานรากแพในตัวเดียวกัน เนื่องจากวัสดุทุกอย่างเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา โครงสร้างโดยรวมของบ้านจึงเบาไม่จำเป็นต้องมีเข็ม หมดปัญหาการทรุดตัวของบ้าน ลดขั้นตอนการก่อสร้าง รับน้ำหนักโดยการกระจายน้ำหนักของอาคารลงสู่ดินหรือหินเบื้องล่าง ปัญหาเรื่องของการทรุดตัวต่างระดับแทบจะหมดไปเพราะฐานรากชนิดนี้มีความต่อเนื่องกันเป็นชิ้นเดียว โดนยึดโยงกันเป็นแพ ปิดทับด้วยฉนวนโฟมคอนกรีตเพื่อกันความชื้นจากดินเข้าสู่ตัวอาคารและปิดทับด้วยผิวตกแต่ง

พื้นชั้นบนออกแบบให้มีน้ำหนักเบาโดยการประกอบท้องพื้นเป็นเหล็กรีดลอน หนา 0.08 มิลลิเมตร มีลักษณะเป็นโครงสร้างเปลือกบาง เสริมเหล็กและเทคอนกรีต เพื่อรับแรงอัด (Compressive) ทางด้านบน ท้องพื้นที่เป็นโลหะรีดลอนทำหน้าที่เป็นทั้งแม่แบบที่แข็งด้วยลักษณะของการรีดลอน จึงไม่จำเป็นต้องมีไม้ค้ำยัน และยังสามารถรับแรงดึง (Tensile) ด้านล่างได้

อีกด้วย ทำให้ลดขั้นตอนการก่อสร้างได้มาก และส่วนของช่องลอนที่เป็นช่องโล่งระหว่างท้องพื้นกับฝ้าเพดานยังสามารถซ่อนงานระบบไฟฟ้าหรืองานระบบสุขาภิบาลได้อีกด้วย

ระบบพื้นแผ่นเหล็กประกอบ ( Steel Deck Composite Floor System ) จะมีข้อดีอยู่ 3 ด้าน เมื่อเทียบกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Slab)

แผ่นเหล็กจะเป็นแม่แบบของพื้นขณะเทคอนกรีตและช่วยรับน้ำหนักของคอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัว โดยไม้ต้องค้ำยันแผ่นหรือหรือมีน้อยมากๆ

แผ่นเหล็กสามารถรับแรงดึงที่เกิดขึ้นและเป็นการลดแรงดึงในคอนกรีตในคอนกรีตที่เป็นสาเหตุให้คอนกรีตแตกร้าวได้ง่าย

ออกแบบให้แผ่นเหล็กมีรูปร่างที่ทำให้ลดปริมาณคอนกรีตได้ 15-30 เปอร์เซนต์ ทำให้น้ำหนักน้อยลง มีผลให้ลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างคือ ลดปริมาณเหล็กเสริม ลดขนาดคาน เสา ฐานราก ลดไม้แบบ ค้ำยัน ลดคนงานในการก่อสร้าง

ออกแบบให้มีปุ่มนูนซึ่งทำหน้าที่ยึดแผ่นเหล็กกับคอนกรีตให้ติดกัน สามารถรับแรงเฉือนที่เกิดขึ้นตามแนวนอนระหว่างกันได้ เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแผ่นเหล็กยังทำหน้าที่รับแรงดึงเหมือนกับเหล็กเสริมทั่วไปประสิทธิภาพของพื้นแผ่นเหล็กประกอบจะขึ้นอยู่กับการประสานกันระหว่าง แผ่นเหล็กกับคอนกรีต และแผ่นเหล็กต้องมีตัวยึดต้านแรงเฉือน (Shear Connector) เพื่อรับแรงเฉือนตามแนวนอนที่เกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

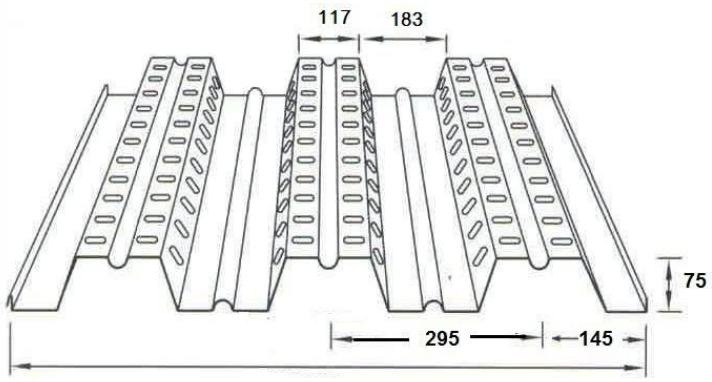
*ตารางที่ 4-5 คุณสมบัติของของ ระบบพื้นแผ่นเหล็กประกอบ ( Steel Deck Composite Floor System )*

| 1.คุณสมบัติด้านเศรษฐกิจและก่อสร้าง | |
|---|---|
| 1.1 ใช้เป็นแม่แบบและเป็นเหล็กเสริมในตัว<br>ขั้นตอนในการก่อสร้าง | ลด |
| 1.2 ลดการใช้ไม้แบบและลดการใช้ค้ำยัน<br>ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง | ลด |
| 1.3 ลดปริมาณคอนกรีต<br>ลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง | |
| 1.4 น้ำหนักของโครงสร้างลดลง<br>ลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง | |
| 1.5 ลดค่าแรงงานก่อสร้าง<br>การก่อสร้าง | ลดค่าใช้จ่ายใน |
| 1.6 สามารถสั่งความยาวได้ตามต้องการจึงไม่เหลือเศษวัสดุ<br>ก่อสร้าง | ลดขั้นตอนในการ |
| 2. คุณสมบัติด้านความรวดเร็วในการทำงาน | |
| 2.1 ขนส่งได้ครั้งละมากๆ<br>ก่อสร้าง | ลดขั้นตอนในการ |
| 2.2 ใช้คนงานแค่ 2 คนในการยกติดตั้ง<br>ก่อสร้าง | ลดค่าใช้จ่ายในการ |
| 2.3 สามารถติดตั้งได้รวดเร็ว<br>ก่อสร้าง | ลดขั้นตอนในการ |
| 2.4 สามารถติดตั้งฝ้าเพดานที่ท้องพื้นได้โดยไม่ต้องมีโครงฝ้า<br>ก่อสร้าง | ลดขั้นตอนในการ |
| 2.5 สถานที่ก่อสร้างมีความสะอาดเรียบร้อยไม่เหลือเศษวัสดุ | เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม |

ตารางที่ 4-5 แสดงคุณสมบัติระบบพื้นแผ่นเหล็กประกอบ ( Steel Deck Composite Floor System )

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของระบบพื้นแผ่นเหล็กประกอบ ( Steel Deck Composite Floor System ) เรื่อง พฤติกรรมการรับแรงดัดของพื้นแผ่นเหล็กประกอบที่เพิ่ม Perfobond Rib ต้านแรงเฉือน ความสามารถในการรับน้ำหนักของแผ่นเหล็กประกอบขึ้นอยู่กับความสามารถในการต้านแรงเฉือนระหว่างแผ่นเหล็กกับคอนกรีต เมื่อ เกิดการเคลื่อนตัวระหว่างแผ่นเหล็กกับคอนกรีตท้าให้พื้นแผ่นเหล็กประกอบสูญเสียกำลัง การ เพิ่มความสามารถในการต้านแรงเฉือนของพื้นแผ่นเหล็กประกอบ โดยใช้ตัว ต้านแรงเฉือนหรือ Perfobond Rib ยึดติดกับพื้นแผ่นเหล็กประกอบ ผลการศึกษาพบว่า ค่าสัมประ สิทธ์การประสานกันระหว่างแผ่นเหล็กกับคอนกรีตของพื้นแผ่นเหล็กประกอบปกติ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20-0.27 เมื่อมีการเพิ่มตัวต้านแรงเฉือนพบว่าค่าสัมประสิทธ์การประสานมีค่าอยู่ระหว่าง 0.40-0.55 และพื้นแผ่นเหล็กประกอบสามารถรับน้าหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นถึง 60 เปอร์เซ็นต์ การเคลื่อนตัวระหว่าง แผ่นเหล็กกับคอนกรีตที่จุดประลัยมีค่าลดลง 50-60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับพื้นแผ่นเหล็กประกอบ ปกติ และท้าให้พื้นแผ่นเหล็กประกอบมีคุณสมบัติดีขึ้น ( นพดล ชุมวิโรจน์, 2554)

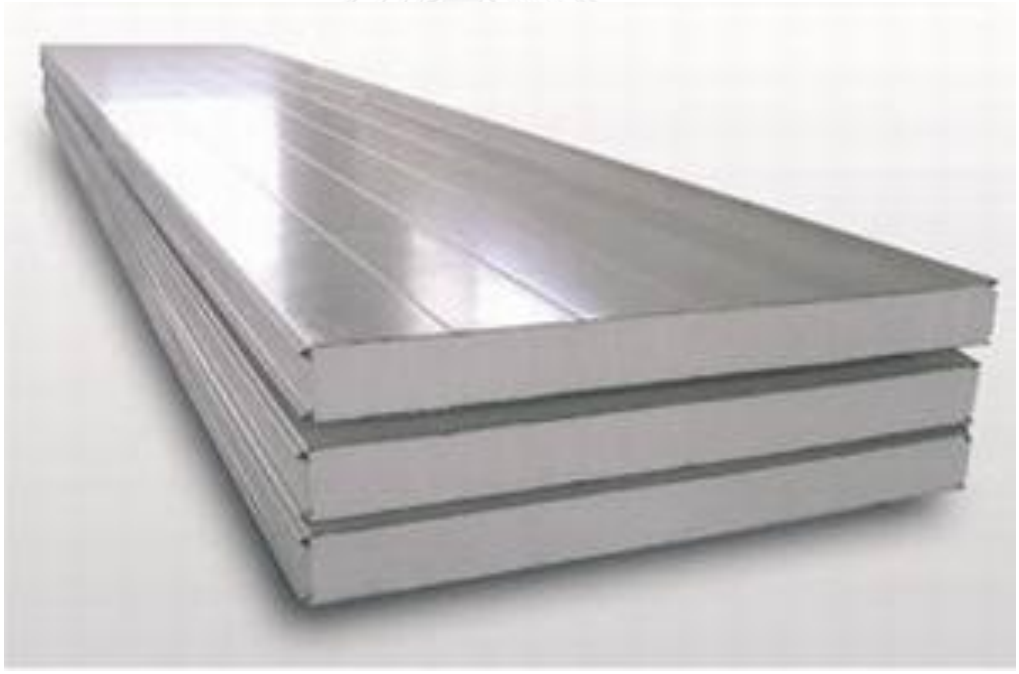
*ภาพที่ 4.24 แสดงภาพ ระบบพื้นแผ่นเหล็กประกอบ ( Steel Deck Composite Floor System )*



*ภาพที่ 4.25 แสดงขนาดของระบบพื้นแผ่นเหล็กประกอบ ( Steel Deck Composite Floor System )*

**วัสดุหลังคา**

ก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานที่เร็วด้วยแรงคน ชิ้นงานวัสดุต้องมีน้ำหนักไม่เกิน 70 กิโลกรัม ต่อการยกชิ้นงาน 2 คน วัสดุโฟม (External Insulation and Finished System; EIFS) เป็นวัสดุที่เบามีคุณสมบัติกันความร้อนและความชื้นจึงเป็นวัสดุที่น่าสนใจมาก เมื่อนำมาประกอบกับโลหะหนา 0.05 ม.ม.ทั้ง 2 ด้าน โลหะมีผิวที่เรียบ รองรับการไหลของน้ำฝนได้เป็นอย่างดี ตรงกลางมีฉนวนโฟม จึงทำให้สามารถกันความร้อนและความชื้นได้ เมื่อนำมาเป็นหลังคาของบ้านประหยัดพลังงานทำให้ควบคุมอุณหภูมิภายในให้ใกล้เคียงกับเขตสบายได้และสามารถรับน้ำหนักได้ด้วยตัวมันเองแล้วถ่ายลงสู่ผนังด้านข้างโดยการยึดด้วยเหล็กชุบสีกันสนิมทาสีน้ำมันฝังด้วยสกรูเกลียวปล่อย จึงไม่จำเป็นต้องมีโครงหลังคาที่สลับซับซ้อนอีกต่อไป ลดขั้นตอนการก่อสร้าง ประหยัดทั้งแรงงานและระยะเวลา



*ภาพที่ 4.26 แสดงภาพแผ่นหลังคา Sandwich Insulation Panal (SIP)*

4.2 เทคนิคการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน

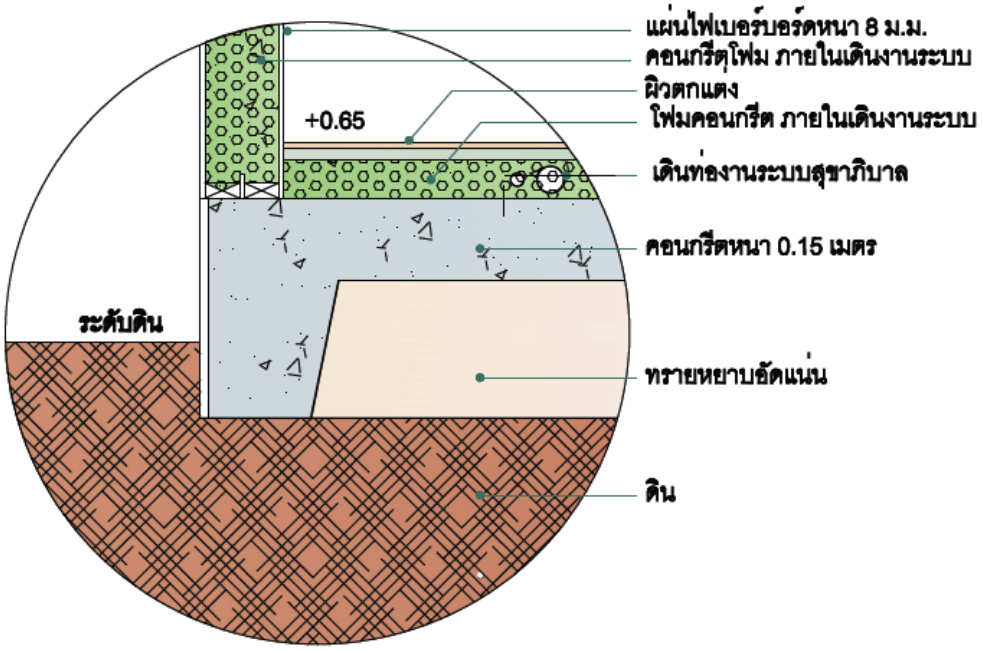
### 4.2.1 เทคนิคการก่อสร้าง

อาคารทั่วไปเริ่มจากการตีผังตอกเสาเข็มทำฐานรากและการจำกัดของช่วงเสาซึ่งผลกระทบกับการออกแบบ แต่ขั้นตอนการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนเริ่มออกแบบพื้นที่ใช้สอยไปพร้อมๆกับเทคนิคการก่อสร้างและวิธีการรับแรงไปพร้อมๆกัน ดังนั้นการออกแบบจึง Integrate ระบบอาคารไปพร้อมๆกับงานสถาปัตยกรรม โดยเริ่มจาก

### 4.2.2 เทคนิคการก่อสร้างพื้นชั้นล่าง

จากการศึกษาพบว่าวัสดุที่นำมาประกอบกันเป็นอาคารประหยัดพลังงานเป็นวัสดุเบา
ทั้งสิ้น จึงไม่จำเป็นต้องมีเข็มเพื่อรับน้ำหนัก ใช้เพียงฐานรากที่รับน้ำหนักแผ่กระจายลงสู่ดินและหินเบื้องล่าง เป็นการรับน้ำหนักแบบเฉลี่ยเรียกว่า ฐานรากแผ่ (Mat foundation) ไม่เหมือนระบบ เสาคาน ที่รับน้ำหนักเป็นจุดในตำแหน่งของเสา (Point Load) ถ้าเสามีการเยื้องศูนย์ การรับน้ำหนักทางด้านข้างเพิ่มขึ้น อาจจะทำให้เสาวิบัติได้และจุดอื่นๆก็จะวิบัติตามไปด้วย การรับน้ำหนักแบบแผ่เฉลี่ยแต่ละส่วนรับน้ำหนักเพียงเล็กน้อยแต่กินบริเวณกว้างลงสู่ดินเบื้องล่าง หมดปัญหาเรื่องการทรุดตัวของอาคาร วัสดุที่ออกแบบเป็นวัสดุเบาจึงไม่มีปัญหาดังกล่าว พื้นอาคารทำหน้าที่เป็นทั้งพื้นและฐานรากในตัวเดียวกัน ถ้าต้องการให้บ้านอยู่บนเนินดินให้ปรับดินถมก่อน เมื่อดินทรุดตัวดีแล้วจึงทำการขุดดินโดยรอบอาคารตามแบบและเทคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อเป็นทั้งฐานรากและพื้นชั้นล่าง จากนั้นเททับด้วยโฟมคอนกรีตหนา 10 เซนติเมตรแล้วทับด้วยวัสดุตกแต่ง ลดขั้นตอนการก่อสร้าง ลดระยะเวลา ลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

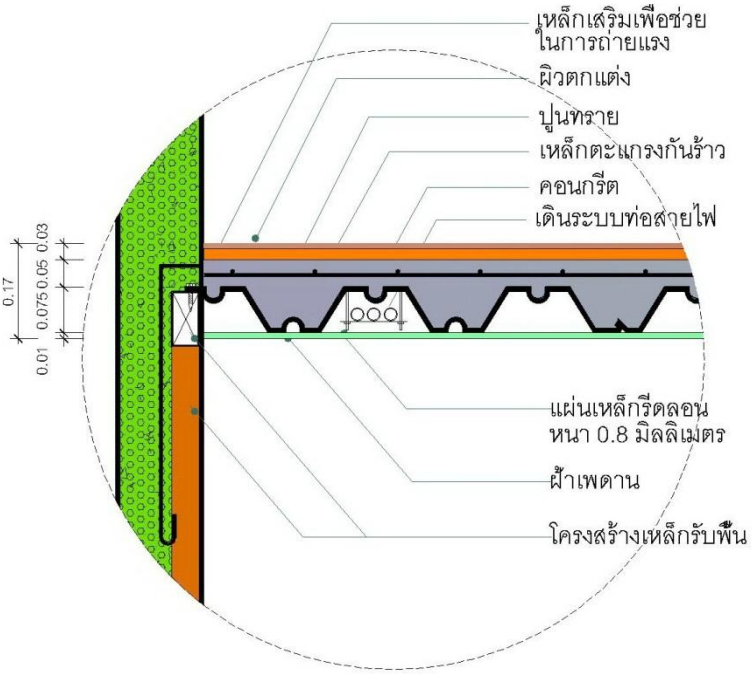



*ภาพที่ 4.27 แสดงรูปตัดขยายโครงสร้างพื้นชั้นล่าง*

### 4.2.3 เทคนิคการก่อสร้างพื้นชั้นบน

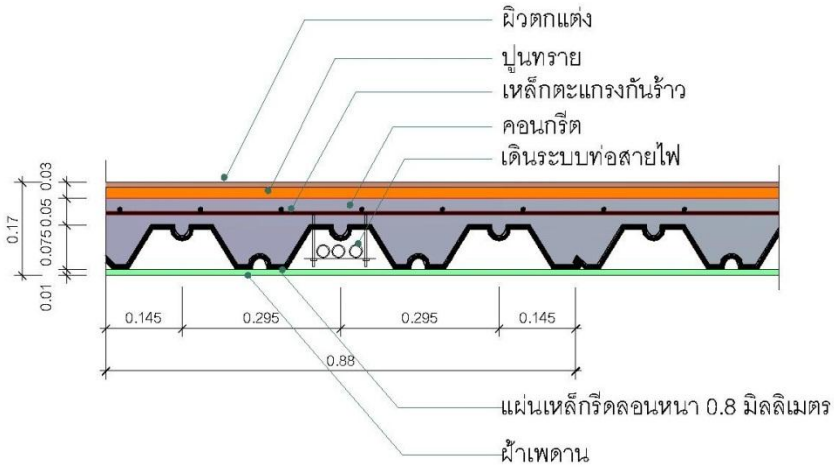
พื้นที่ใช้ในระบบผนังรับน้ำหนัก นอกจากจะมีหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกต่างๆและกระจายออกไปสู่ส่วนของโครงสร้างแล้ว หน้าที่อีกอย่างหนึ่งของระบบผนังรับน้ำหนัก คือ ต้องทำหน้าที่เป็นตัวยึดปลายผนังต่างๆเข้าไว้ด้วยกันและยังต้องสามารถรับแรงด้านข้างและยังส่งถ่ายไปยังผนังได้ด้วย ออกแบบให้พื้นชั้นบนต่อเชื่อมหรือยึดเกาะกับผนังโดยการเสริมเหล็กโครงสร้างให้ต่อเชื่อมกันทำให้การถ่ายแรงในการรับน้ำหนักทำได้เป็นอย่างดีและยังต้องสามารถรับแรงดันด้านข้าง ส่งถ่ายต่อไปยังผนังได้ด้วย ชิ้นส่วนนี้เรียกว่า ไดอะแฟรม (Diaphragm) จุดเชื่อมต่อระหว่างผนัง ไดอะแฟรมเป็นส่วนที่สำคัญอย่างมากในการส่งถ่ายแรงที่เกิดขึ้น จึงต้องมีการยึดรั้งที่เหนียวเพียงพอ ที่จะถ่ายแรงที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นจุดเหล่านี้จึงต้องมีการเสริมเหล็ก เพื่อช่วยยึดรั้งให้แข็งแรง ในส่วนของพื้น เพื่อลดขั้นตอนการก่อสร้าง จึงออกแบบให้ท้องพื้นเป็นแผ่นเหล็กเคลือบ Galvanized นำมารีดขึ้นลอนเพื่อเพิ่มความแข็งแรงในการรับน้ำหนักทำหน้าที่เป็นแม่แบบที่แข็งจึงไม่ต้องใช้ค้ำยันและยังสามารถรับแรงดึง (Tensile) เสริมเหล็กและเทคอนกรีต เพื่อรับแรงอัด (Compressive) ทางด้านบน ต้านทานแรงเฉือนโดยปุ่มนูน(Embossment) แผ่นเหล็กเคลือบ Galvanized หนา 0.08 มิลลิเมตร มีลักษณะเป็น

โครงสร้างเปลือกบาง ทำให้ลดขั้นตอนการก่อสร้างได้มาก และส่วนของช่องลอนที่เป็นช่องโล่งระหว่างท้องพื้นกับฝ้าเพดานยังสามารถซ่อนงานระบบไฟฟ้าหรืองานระบบสุขาภิบาลได้อีกด้วย

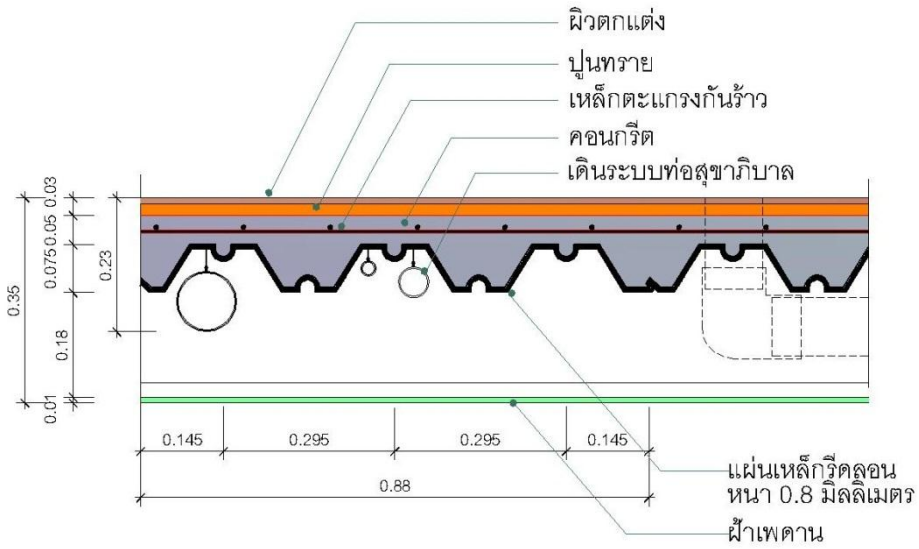



*ภาพที่ 4.28 แสดงรูปตัดขยายโครงสร้างพื้นชั้นบนที่ยึดโยงใยกับผนังรับน้ำหนักไดอะแฟรม* (Diaphragm) ด้วยการเสริมเหล็ก เพื่อช่วยยึดรั้งให้แข็งแรงและเป็นการถ่ายแรงสู่งผนังรับน้ำหนัก

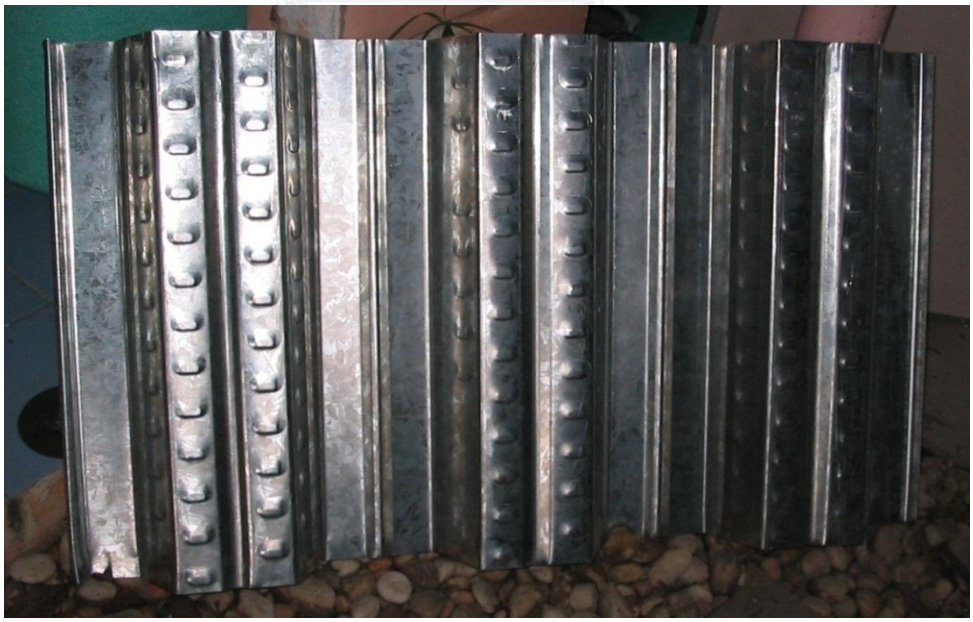
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




*ภาพที่ 4.29 แสดงรูปตัดขยายโครงสร้างพื้นชั้นบนที่สามารถเดินระบบไฟฟ้าภายในช่องพื้น*

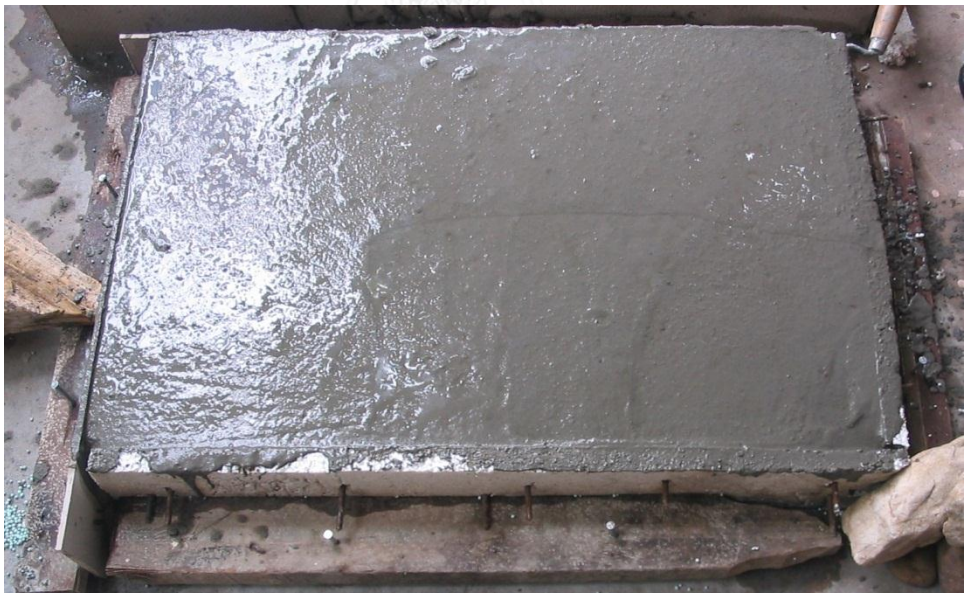



*ภาพที่ 4.30 แสดงรูปตัดขยายโครงสร้างพื้นชั้นบนที่สามารถเดินระบบสุขาภิบาลภายในช่องพื้น*



*ภาพที่ 4.31 แสดงแผ่นเหล็กรีดลอนเคลือบ Galvanized หนา 0.08 มิลลิเมตร ต้านทานแรงเฉือนโดยปุ่มนูน(Embossment)*

*ภาพที่ 4.32 แสดงการทดลองนำแผ่นเหล็กรีดลอนเคลือบ Galvanized หนา 0.08 มิลลิเมตร มาผูกเหล็ก ทำไม้แบบเพื่อเทคอนกรีต*

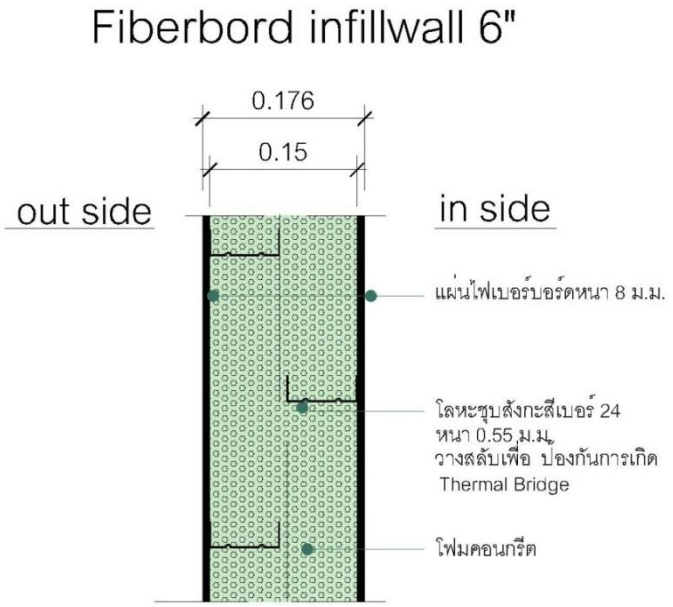


*ภาพที่ 4.33 แสดงการทดลองเทคอนกรีตบนแผ่นเหล็กรีดลอนเคลือบ Galvanized หนา 0.08 มิลลิเมตร*

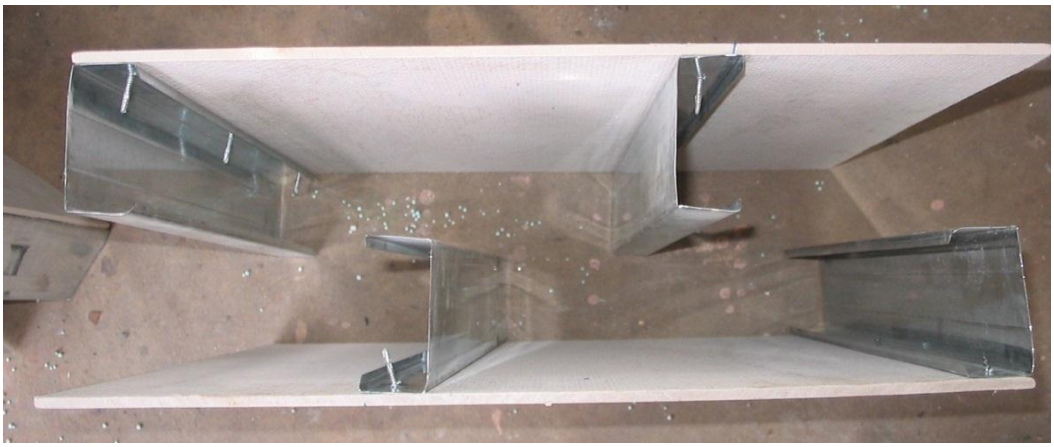
*ภาพที่ 4.34 แสดงแผ่นเหล็กรีดลอนเคลือบ Galvanized หนา 0.08 มิลลิเมตร เมื่อเทคอนกรีตแล้วเสร็จ*

### 4.2.4 เทคนิคการก่อสร้างผนังอาคาร

ผนังรับน้ำหนักชนิดโฟมคอนกรีตชนิดหล่อในที่ ผิวภายนอกใช้แผ่นไฟเบอร์บอร์ดหนา 8 ม.ม.ทั้งสองด้าน โครงเคร่าโลหะชุบสังกะสีเบอร์ 24 หนา 0.55 ม.ม. โครงยู 76 ม.ม. มีความสูงปีกโครง 28 ม.ม.หน้ากว้าง 76 ม.ม.ความหนารวมของผนัง 17.6 เซนติเมตร ภายในพ่นโฟมคอนกรีตจนเต็มเพื่อป้องกันความร้อน ความชื้น เข้าสู่ตัวอาคาร




*ภาพที่ 4.35 แสดงรูปตัดขยายผนังประกอบ ไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต*



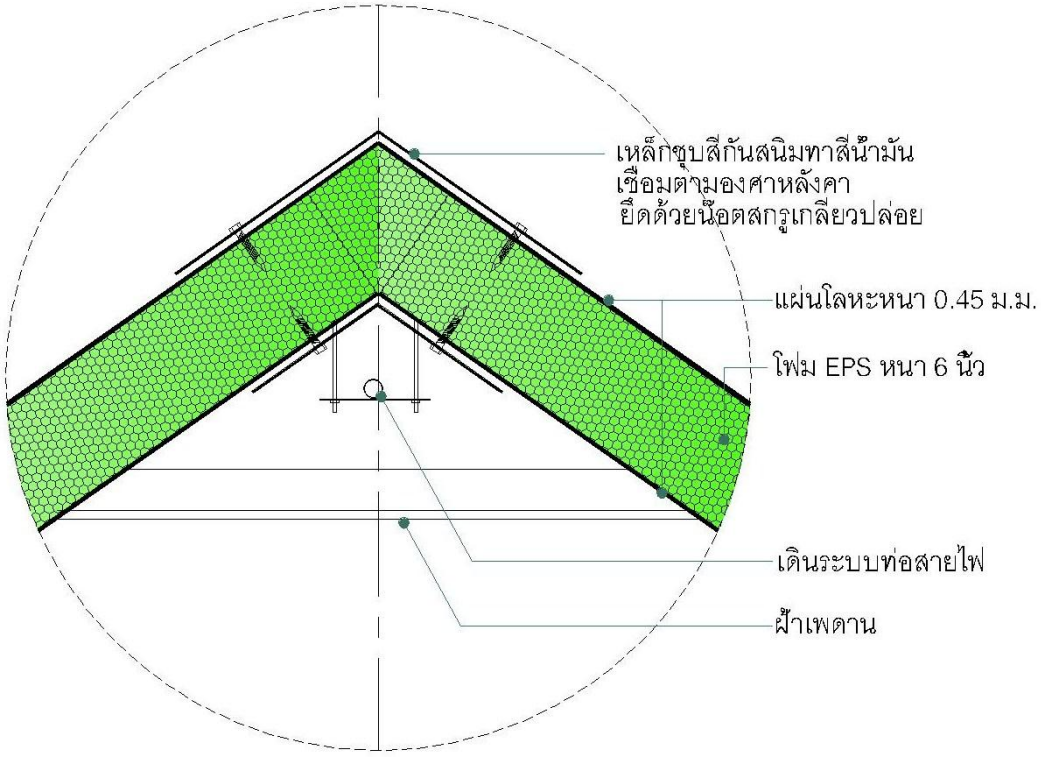
*ภาพที่ 4.36 แสดงรูปตัดขยายผนังประกอบ ไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีตโครงเคร่าวางสลับเพื่อป้องกันสะพานไฟ (Thermal Bridge)*

ข้อดีของเปลือกอาคารชนิดนี้ คือสามารถเดินระบบสุขาภิบาลและไฟฟ้า ระบบปรับอากาศอยู่ภายในผนัง สามารถทำงานผนังซึ่งเป็นเปลือกอาคารที่กันความร้อน ความชื้น ควบคุมอุณหภูมิภายในอาคาร กักเก็บความร้อนน้อย และยังเป็นผนังรับน้ำหนักแผ่กระจาย (Uniform Load) สามารถทำงานผนังซึ่งเป็นเปลือกอาคารไปพร้อมๆกับงานระบบของอาคารทำให้ประหยัดเวลา ลดขั้นตอนการก่อสร้าง มีราคาถูก มีน้ำหนักเบา ลดน้ำหนักวัสดุ (Dead Load) และนำส่วนต่างของวัสดุโครงสร้างมาเป็นน้ำหนักจร (Live Load) ทำให้ (Dead Load และ Live Load) มีปริมาณน้อยกว่า ศักยภาพของการรับน้ำหนัก ผนังความหนารวมประมาณ 17.6 เซนติเมตร ใช้ลักษณะโครงเคร่าแบบประสานและป้องกันสะพานไฟ (Thermal Bridge) ทำให้เป็นผนังรับน้ำหนัก (Bearing Wall) ที่ปลอดภัยและเป็นฉนวนกันความร้อน ความชื้นเข้าสู่ตัวอาคารและยังเป็นผนังที่ซ้อนงานระบบสุขาภิบาลและระบบอื่นๆ ทำให้เปลือกอาคารดูสวยงามและลดขั้นตอนการก่อสร้างเพราะเปลือกอาคารสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่างในคราวเดียว

### 4.2.5 เทคนิคการก่อสร้างหลังคา

หลังคา Sandwich Insulation Panal (SIP) โดยใช้โฟม EPS เป็นแกนกลางขนาด 6 นิ้ว ภายนอกประกบติดด้วยแผ่นโลหะเคลือบสีหนา 0.05 มิลลิเมตร ทั้งสองด้าน มีน้ำหนักเบา มีผิวที่เรียบและลื่นไม่เป็นสนิม มีขนาดกว้าง 1.20 เมตร ความยาวสามารถกำหนดได้ตามความต้องการ เป็นทั้งวัสดุมุงหลังคาที่สามารถระบายน้ำได้ดีเนื่องจากมีผิวที่เรียบและเป็นทั้งฉนวนกันความร้อน ความชื้นเข้าสู่ตัวอาคาร ทำให้ลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ผิวภายนอกเป็นโลหะจึงทำให้สามารถ

รับแรงอัด (Compressive) และรับแรงดึง (Tensile) ติดตั้งโดยใช้ระบบ Clip lock ประกอบได้อย่างรวดเร็ว เพราะสามารถยกติดตั้งได้ด้วยแรงคน ยึดติดกับผนังรับน้ำหนักด้วยเหล็กฉากยึดด้วยสกรู ลดขั้นตอนการติดตั้งอะเส ดั้ง อกไก่ จันทัน แป วัสดุมุง ทุกขั้นตอนรวมอยู่ในขั้นตอนเดียว เป็นทั้งวัสดุมุงและถ่ายน้ำหนักลงสู่ผนังรับน้ำหนักและเป็นฝ้าเพดานในตัวเดียวกัน ทำให้ลดขั้นตอนการก่อสร้างได้มากถึง 10 เท่า ลดระยะเวลาและค่าแรงงานในการก่อสร้าง ประหยัดพลังงาน เป็นหลังคาคุณภาพสูง สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว(วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, 2554)




*ภาพที่ 4.37 แสดงการติดตั้งหลังคา Sandwich Insulation Panal (SIP)*

4.3 รูปแบบบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน

**4.3.1 การออกแบบพื้นที่ใช้สอยชั้นล่าง**

ออกแบบให้มีพื้นที่ใช้สอยที่ชัดเจนเป็นสัดส่วน ลานจอดรถที่กว้างขวางสามารถจอดรถได้ถึง 2 คันมีสระว่ายน้ำที่ร่มรื่นให้ความรู้สึกเย็นสบาย เข้ามาภายในโถงรับแขกแบบเป็นกันเองที่มีเพดานที่สูงให้ความรู้สึกปลอดโปร่ง ส่วนรับประทานอาหารแบบครอบครัวขนาดกลางมีส่วนนั่งเล่นที่เป็นห้องกระจก พื้นกระจกสามารถมองลงไปยังสระว่ายน้ำได้ เป็นส่วนที่ยื่นออกไปยังสระว่ายน้ำเป็นมุมสบายๆ ห้องครัวเตรียมอาหารอยู่ภายในบ้าน ส่วนครัวไทยอยู่ภายนอกบ้านทางทิศ

ตะวันออก บันไดทางขึ้นออกแบบให้สามารถปรับเปลี่ยนจากขั้นบันไดธรรมดาให้กลายเป็นโต๊ะอ่านหนังสือ เป็นมุมส่วนตัวอีกมุมหนึ่ง นับว่าเป็นการออกแบบที่ใช้พื้นที่ใช้สอยอย่างคุ้มค่ามากที่สุด มีห้องนอนที่ชั้นล่าง 1 ห้องและห้องน้ำ 1 ห้อง

**4.3.2 พื้นที่ใช้สอยชั้นบน**

ออกแบบให้โถงบันไดที่เป็นมุมอ่านหนังสือส่วนตัว ห้องนอนใหญ่ที่สามารถมองลงมายังชั้นล่างและสระว่ายน้ำได้ มีห้องน้ำและระเบียงส่วนตัว ห้องนอนเล็กมีห้องน้ำและระเบียงส่วนตัวเป็นบ้านพักอาศัยสำหรับครอบครัวระดับกลางที่มีรสนิยม ประหยัดทั้งขณะอยู่อาศัยและขณะก่อสร้าง หลังคาเอียงทางด้านทิศใต้สามารถติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานเป็นบ้านแห่งอนาคตสามารถอยู่ได้ด้วยตนเอง

บ้านประหยัดพลังงานที่สามารถสร้างได้เร็วด้วยแรงคน แข็งแรง ทนทาน เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักอาคาร Wall Baring จึงไม่จำเป็นต้องมีเสาและคาน ดังนั้นการออกแบบจึงไม่ถูกบังคับด้วยระยะห่างของช่วงเสา สามารถออกแบบได้อย่างอิสระ ผนังของบ้านสามารถตั้งตรงบริเวณไหนของบ้านก็ได้ สถาปนิกจึงมีอิสระในการออกแบบให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอย ตามความต้องการได้อย่างสะดวก สามารถใช้พื้นที่ได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด

4.4 วัสดุประกอบของบ้าน

-พื้นโฟมคอนกรีตเททับบนฐานคอนกรีตเพื่อกันความชื้นจากดิน

-ผนังประกอบไฟเบอร์บอร์ดภายในกรุโฟมคอนกรีต ( Fiberbord infilwall) หนา 6 นิ้ว คุณสมบัติกันความร้อนและความชื้นเข้าสู่ตัวบ้าน ใช้โฟมแทนทรายในการลดน้ำหนักโครงสร้าง

-เครื่องเรือนเป็นวัสดุไม่ดูดซับความชื้น ไม่สะสมความร้อน

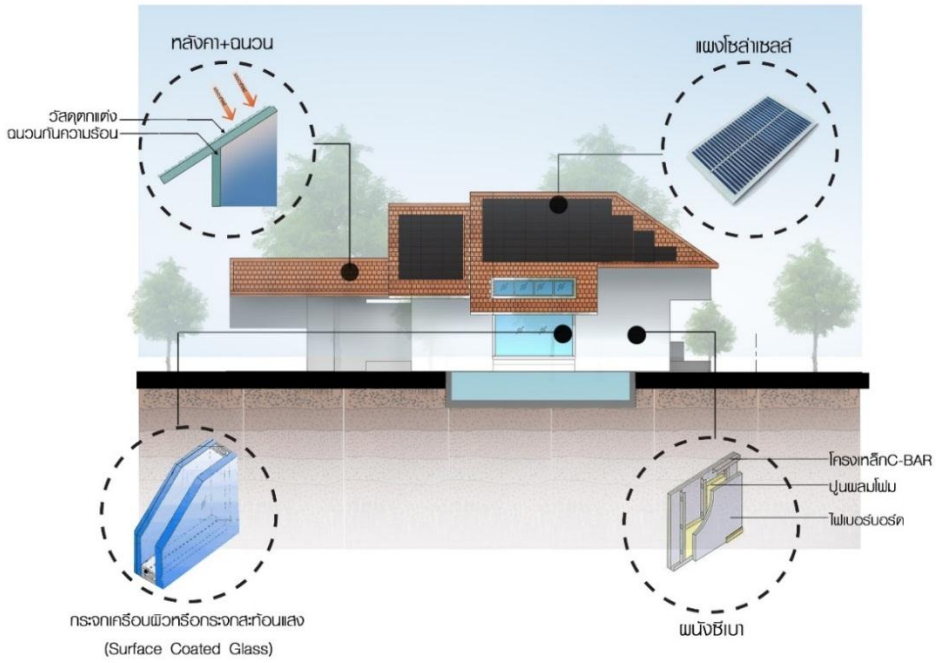
-หลังคาเป็น Insulation Panel (SIP) หนา 6 นิ้ว กว้าง 1.20 เมตร ความยาวตามการขนส่ง

-ภายนอกกระจกฮีตสต็อปและภายในกระจกลามิเนต

-วัสดุสามารถป้องกันปลวกได้ 100 %

- การบำรุงรักษาต่ำ

-สามารถยกได้ด้วยแรงคนและประกอบติดตั้งได้ด้วยแรงคน




*ภาพที่ 4.38 แสดงวัสดุประกอบของบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างเร็วด้วยแรงคน*

4.5 คุณสมบัติด้านประหยัดพลังงาน

-มีคุณสมบัติเป็นฉนวนสามารถกันความร้อนและความชื้นได้เป็นอย่างดี

-ไม่สะสมความร้อน

-ไม่ดูดซึมน้ำ

-สามารถป้องกันการรั่วซึมของอากาศได้เป็นอย่างดี

4.6 คุณสมบัติด้านก่อสร้าง

-สามารถก่อสร้างได้ง่ายเพราะมีน้ำหนักเบา

-สามารถติดตั้งด้วยแรงคนได้เพราะติดตั้งง่าย

-ผนังผิวสำเร็จจึงไม่แตกร้าวที่ผิวผนัง

-มีความคงทนเป็นเวลานาน

-ผนังสามารถซ่อนงานระบบไว้ภายในจึงได้บ้านที่มีผนังเรียบไม่เสียพื้นที่ใช้สอย

-พื้นชั้นบนเป็นทั้งไม้แบบและท้องพื้นช่วยในการรับน้ำหนักติดตั้งง่าย ค้ำยันน้อย

-หลังคามีผิวภายนอกที่แข็งสามารถรับน้ำหนักได้ จึงไม่ต้องมีโครงหลังคา มีฉนวนตรงกลางจึงกันความร้อนและความชื้นไม่ให้เข้ามาภายในบ้านได้

-ไม่ลามไฟ

4.7 คุณสมบัติด้านสิ่งแวดล้อม

-ไม่เป็นอันตายต่อผู้อยู่อาศัย

-ไม่เป็นพิษ

-ป้องกันเชื้อราและแบคทีเรีย

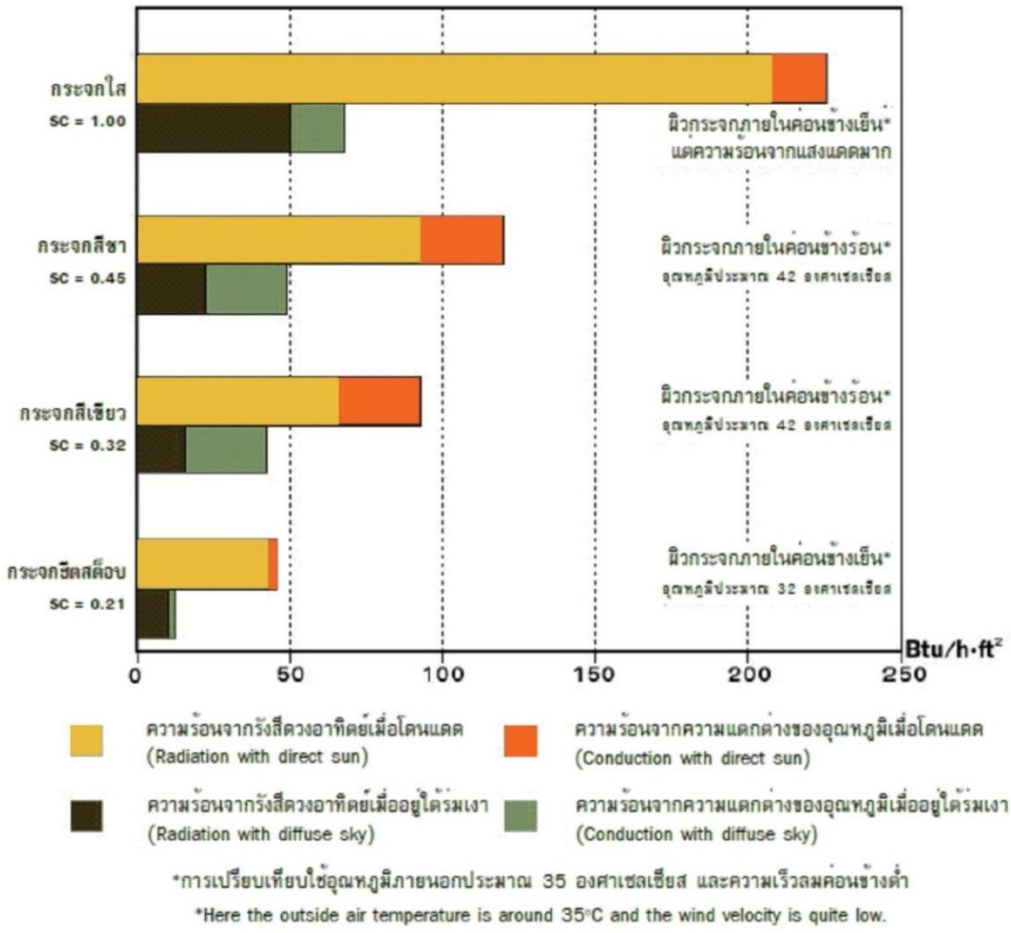
-เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

-การบำรุงรักษาต่ำ

4.8 คุณสมบัติด้านการใช้แสง

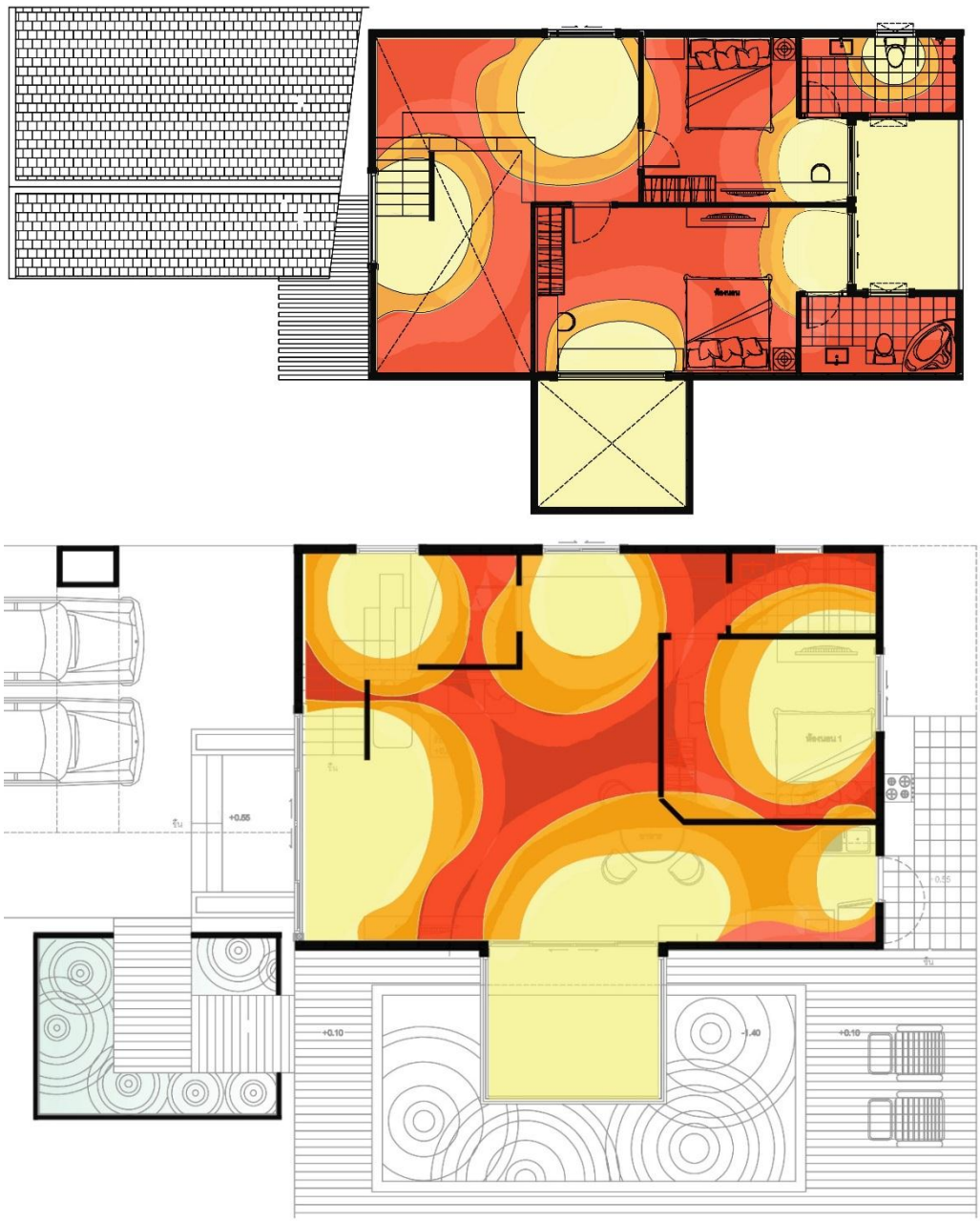
ออกแบบให้ใช้แสงธรรมชาติที่พอเหมาะ เพื่อลดจำนวนหลอดไฟประดิษฐ์ ลดการใช้พลังงานในเวลากลางวันโดยแสงธรรมชาติที่นำมาใช้นี้เป็นการสะท้อนพื้นผิวที่มีความเรียบและมัน (Specular Surface) ไปยังฝ้าเพดานและสะท้อนกลับลงมายังพื้นที่ใช้งาน (Difuse Surface) รูปแบบแสงสะท้อนที่มีคุณภาพสูง มีความสม่ำเสมอควบคุมได้ ไม่จ้าตา ทุกส่วนของบ้านมีแสงสว่างที่พอเหมาะกับกิจกรรมต่างๆ โดยจะหลีกเลี่ยงแสงอาทิตย์โดยตรง(Direct Sun) เพราะให้พลังงานมากเกินไป เกินความต้องการของสายตา และอาจนำความร้อนเข้าสู่ตัวบ้านด้วยกระจกที่เลือกใช้ในโครงการนี้ คือ กระจกฮีตสต็อป เป็นกระจกที่มีค่าความเป็นฉนวนสูงและยังมีค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาที่สูงด้วย จึงเหมาะกับการใช้งานในพื้นที่ปรับอากาศ เนื่องจากสามารถลดการนำความร้อนและการแผ่รังสีจากภายนอกได้เป็นอย่างดี และยังลดรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่นที่ตามนุษย์มองไม่เห็นซึ่งเป็นความร้อนส่วนเกินจากแสงสว่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

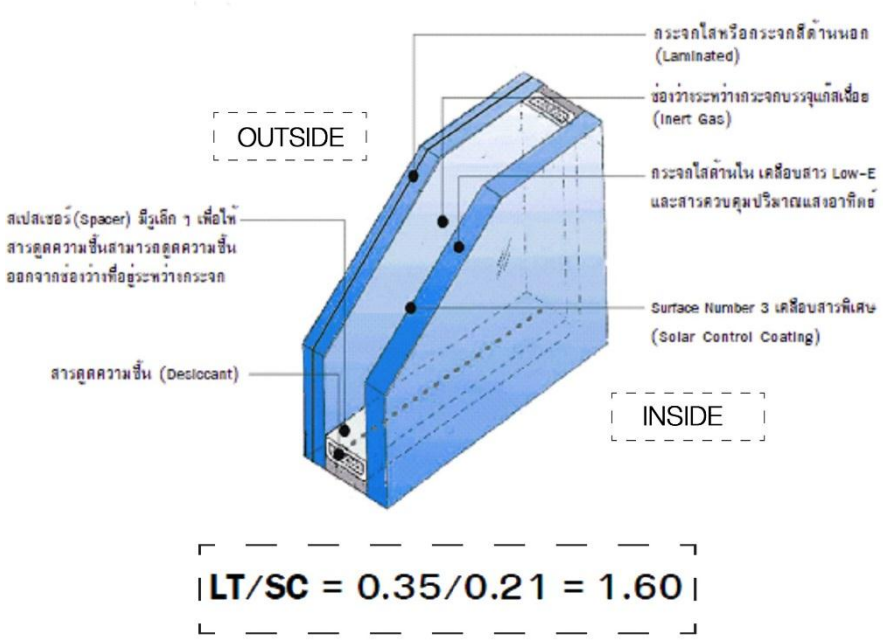



*ภาพที่ 4.39 แสดงการเปรียบเทียบพลังงานผ่านกระจกชนิดต่างๆ (สุนทร บุญญาธิการ 2542)*

Chulalongkorn University



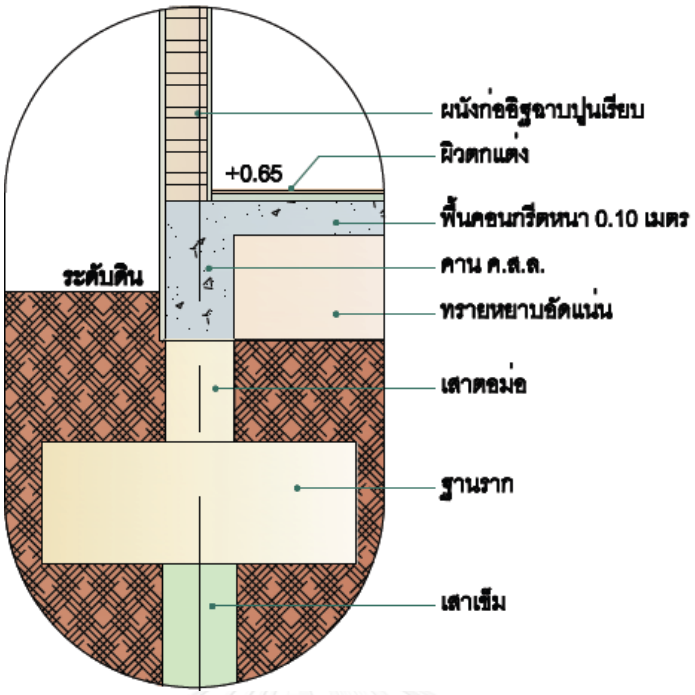
*ภาพที่ 4.40 แสดงปริมาณระดับแสงสว่างธรรมชาติภายในบ้าน จากภาพแสดงให้เห็นว่าบ้านมีความสว่างมากพอจนไม่ต้องพึ่งแสงประดิษฐ์ในเวลากลางวัน*



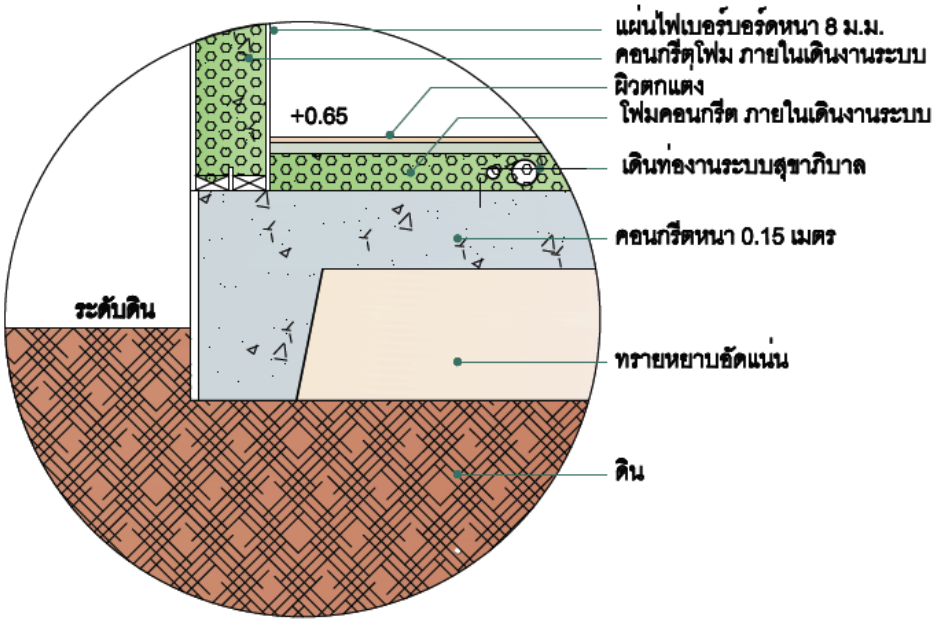

*ภาพที่ 4.41 แสดงแบบขยายกระจกฮีตสต๊อป (สุนทร บุญญาธิการ 2547)*

4.9 การบำรุงรักษาอาคาร

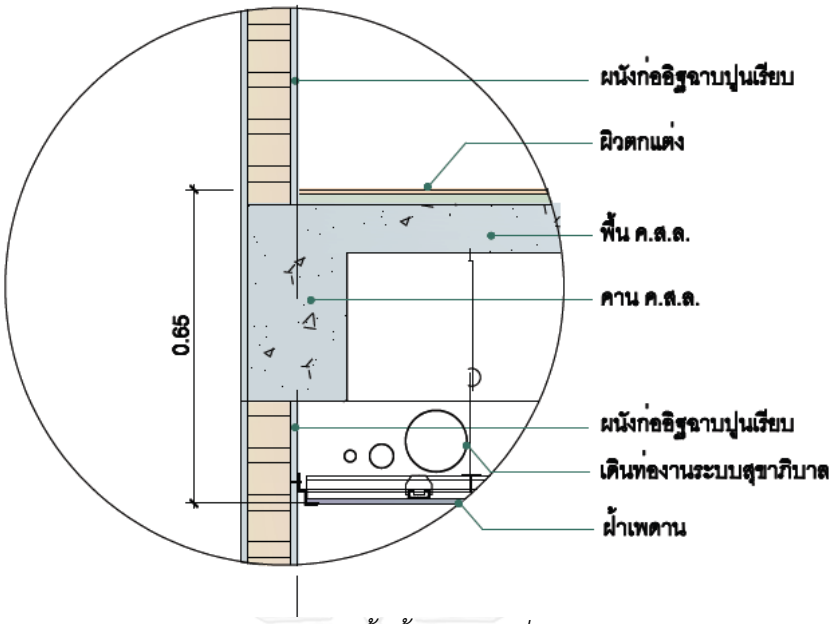
การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ เน้นการใช้อุปกรณ์ที่ประสิทธิภาพสูง การบำรุงรักษาต่ำ
ออกแบบให้อุปกรณ์ที่ให้ความร้อนอยู่ภายนอกบ้าน
ใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าไม่ฟุ่มเฟือย
เน้นการออกแบบที่บำรุงรักษาต่ำ โดยเลือกใช้วัสดุผนัง ฝ้าเพดาน วัสดุมุงที่ทำให้ไม่เกิดรูรั่วหรือเกิดการเสียหายในระยะยาว
การใช้วัสดุเชิงชายไฟเบอร์ ไม่ต้องบำรุงรักษา
ใช้ท่อระบายน้ำ PVC. แทนท่อเหล็กที่อาจจะขึ้นสนิมทำให้ต้องบำรุงรักษา
ออกแบบให้เกิดร่มเงาที่ผนัง อันเป็นเหตุให้ผนังไม่เสื่อมสภาพหรือชำรุด
ออกแบบให้ลมพัดผ่านบ้านเกิดการระบายอากาศทำให้ไม่สะสมความชื้นหรือจุดอับ
ออกแบบให้ผนังไม่เกิดรอยร้าว ไม่เกิดการรั่วซึมของอากาศไม่ชื้นไม่ต้องทาสีอีกหลายปี



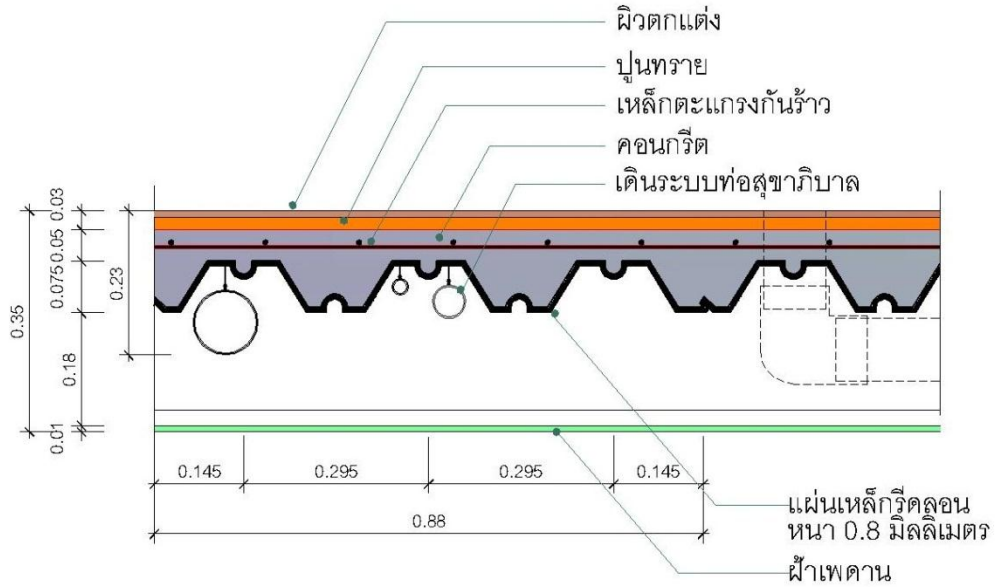

*ภาพที่ 4.42 แสดงลักษณะส่วนประกอบของฐานรากบ้านทั่วไป ระบบเก่า ตีผังตอกเสาเข็ม ทำฐานราก เสาตอม่อ ปรับดินถมทรายประกอบเหล็กเทคานคอดิน เทคอนกรีตพื้นชั้นล่าง มีขั้นตอนมาก*



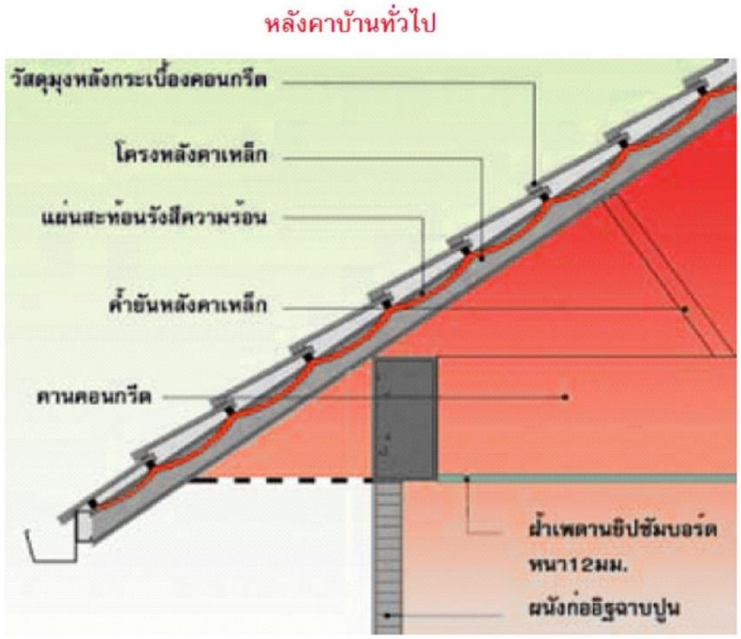

*ภาพที่ 4.43 แสดงลักษณะส่วนประกอบของฐานรากบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างเร็วด้วยแรงคน ระบบใหม่ เป็นระบบไม่มีเสาเข็มเป็นฐานรากแพ หมดปัญหาเรื่องอาคารทรุดตัวเพราะวัสดุเบาเป็นทั้งฐานรากและพื้นในตัวเดียวกัน ไม่มีคาน มีขั้นตอนน้อย*



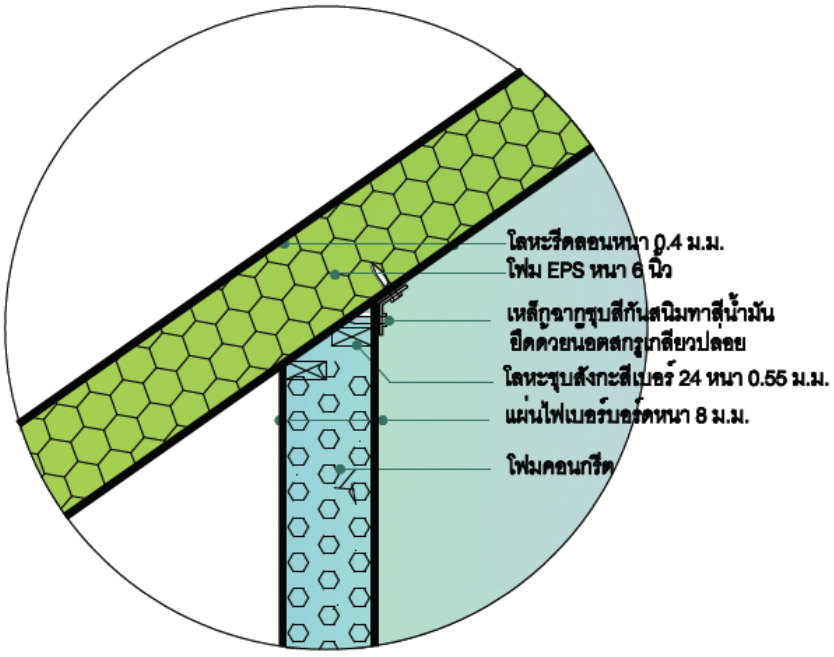

*ภาพที่ 4.44 แสดงลักษณะส่วนประกอบของพื้นชั้นบนบ้านทั่วไป ระบบเก่า ต้องใช้ช่องว่างระหว่างพื้นและฝ้าเพดานถึง 0.65 เมตร ถึงจะสามารถเดินงานระบบสุขาภิบาลได้ เสา คานมีผลให้ความสูงเพิ่มขึ้นหรือเปลือกอาคารมากขึ้น*



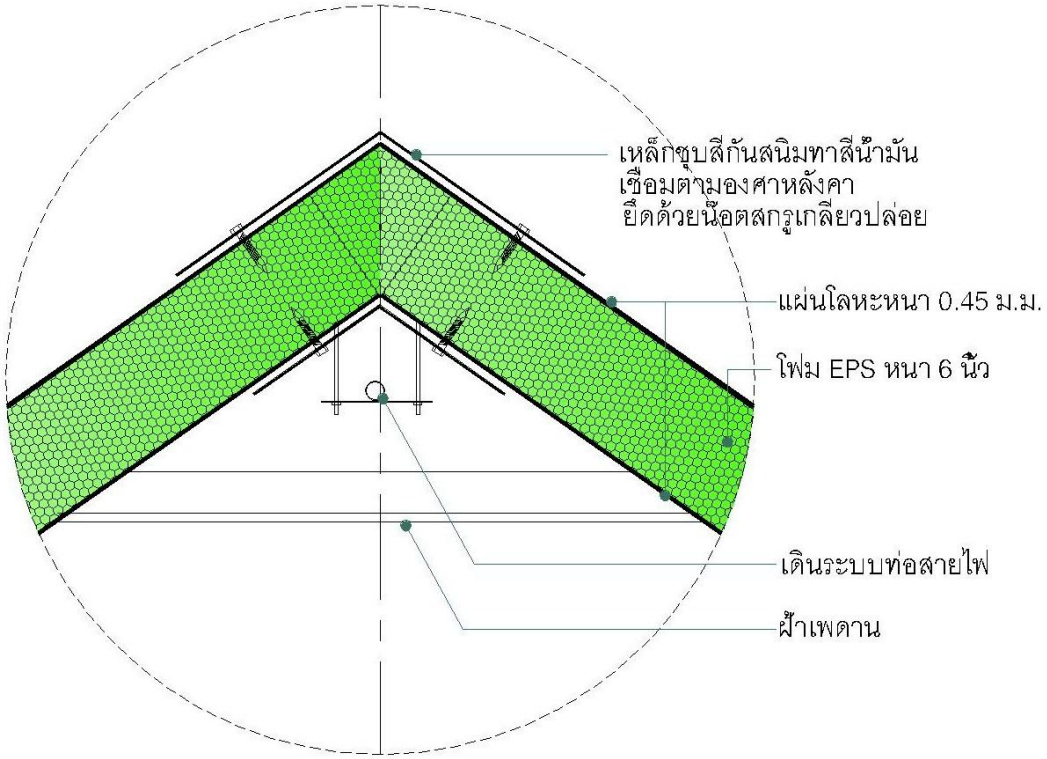

*ภาพที่ 4.45 แสดงลักษณะส่วนประกอบของพื้นชั้นบนบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างเร็วด้วยแรงคนระบบใหม่ ต้องใช้ช่องว่างระหว่างพื้นและฝ้าเพดานแค่ 0.35 เมตร ก็สามารถเดินงานระบบสุขาภิบาลได้แล้ว ทำให้ลดพื้นที่เปลือกอาคารประหยัดค่าใช้จ่าย การใช้แผ่นเหล็กรีดลอนที่มีความแข็ง จึงไม่จำเป็นต้องใช้การค้ำยันและยังสามารถรับแรงดึงได้ด้วย ทำให้ลดขั้นตอนและระยะเวลาการก่อสร้างให้น้อยลง*




*ภาพที่ 4.46 แสดงลักษณะส่วนประกอบของหลังคาบ้านทั่วไป ระบบเก่า การก่อสร้างโครงหลังคาและวัสดุมุงหลังคาบุฉนวน รวมทั้งฝ้าเพดาน มีขั้นตอนมากมีผลให้ใช้ระยะเวลาการก่อสร้างมาก (สุนทร บุญญาธิการ 2547)*

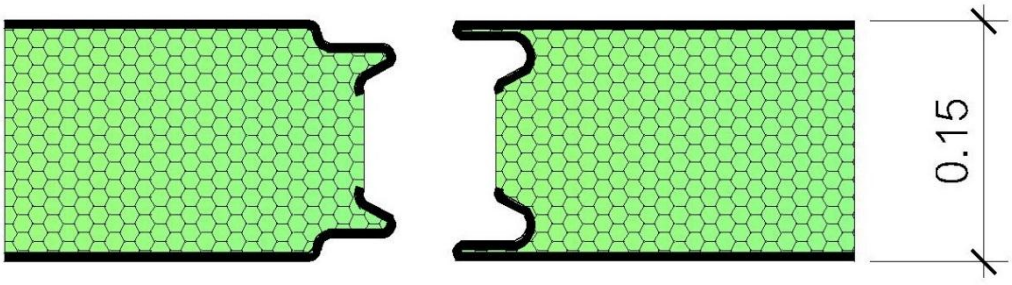



*ภาพที่ 4.47 แสดงลักษณะส่วนประกอบของหลังคาบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนระบบใหม่ การก่อสร้างมีเพียงขั้นตอนเดียวแผ่นหลังคามีขนาดใหญ่มีเปลือกที่แข็ง ตรงกลางบุฉนวนกันความร้อนและความชื้นเข้าสู่อาคาร ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากห้องใต้หลังคามาเป็นพื้นที่ใช้สอย (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ 2552)*




*ภาพที่ 4.48 แสดงลักษณะชิ้นส่วนประกอบของหลังคาบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนระบบใหม่ (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ 2552)*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




*ภาพที่ 4.49 แสดงการประกอบชิ้นส่วนของหลังคาบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนด้วยระบบล็อคในตัว (Clip lock) ใช้ระยะเวลาการทำงานน้อย ลดขั้นตอนและรวดเร็ว*

## 4.10 ตารางประมาณราคาบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน

*ตารางที่ 4-6 ประมาณราคาอาคารประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน ใช้ช่างที่ชำนาญทุกด้าน 6 คน ค่าแรงวันละ 500 บาท ผู้ควบคุมงาน 1 คน ค่าแรงวันละ 1,000 บาท*

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | ราคาวัสดุ/บาท | ราคาค่าแรง/บาท | ราคารวม/บาท |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.งานฐานรากหรือพื้นชั้นล่าง | | | | | |
| ปรับดินถมทรายหยาบอัดแน่น | 9.5 | ล.บ.ม | 3,705 | 3000 | 6,705 |
| ผสมคอนกรีตโครงสร้างด้วยเครื่อง | 9.5 | ล.บ.ม | - | 2000 | 2000 |
| คอนกรีตหยาบ | 9.5 | ล.บ,ม | 15,675 | 2,000 | 17,675 |
| ผูกเหล็กและกั้นไม้แบบ | 49 | ก.ก. | 14700 | 3000 | 17700 |
| ผสมคอนกรีตโครงสร้างด้วยเครื่อง | 20 | ล.บ.ม | - | 2000 | 2000 |
| เทคอนกรีตโครงสร้าง | 20 | ล.บ.ม | 51000 | 3000 | 54000 |
| รวมงานฐานราก | | | | 15000 | 100080 |
| 2.งานเสาและคานเหล็กเท่าที่จำเป็น (โดยวิศวกรรม) | | | | | |
| เสาเหล็กกล่อง3”x3”x3ม.ม.คานเหล็กกล่อง11/2.”x3”x2มม.งานทาสีกันสนิม | 303 | ก.ก. | 6969 | 3000 | 9969 |
| รวมงานเสาและคานเหล็ก | | | | 3000 | 9969 |
| 3.งานผนังภายนอกและภายใน | | | | | |
| ผนังไฟเบอร์บอร์ด หนา 8 มม.โครงเคร่าโลหะกรุโฟมคอนกรีตหนา 15 เซนติเมตร | 156.5 | ต.ร.ม. | 117375 | 10000 | 127375 |
| ผนังไฟเบอร์บอร์ด หนา 8 มม.โครงเคร่าโลหะหนา 10 ซ.ม. | 103 | ต.ร.ม. | 56650 | 2000 | 58650 |
| รวมงานผนังภายนอกและภายใน | | | | 12000 | 186025 |

*ตาราง 4.6 (ต่อ) ประมาณราคาอาคารประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน ใช้ช่างที่ชำนาญทุกด้าน 6 คน ค่าแรงวันละ 500 บาท ผู้ควบคุมงาน 1 คน ค่าแรงวันละ 1,000 บาท*

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | ราคาวัสดุ/บาท | ราคาค่าแรง/บาท | ราคารวม/บาท |
|---|---|---|---|---|---|
| 4.งานพื้นชั้นบน | | | | | |
| แผ่นเหล็กรีดลอน | 78 | ต.ร.ม. | 47580 | 3000 | 50580 |
| ผสมคอนกรีตโครงสร้างด้วยเครื่อง | 5 | ล.บ.ม | - | 4000 | 4000 |
| ผูกเหล็ก | 17 | ก.ก. | 500 | 1000 | 1500 |
| เทคอนกรีตโครงสร้าง | 5 | ล.บ.ม | 12750 | 1000 | 13750 |
| | | | | | |
| ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดหนา9 ม.ม. ไม่มีโครงฉาบรอยต่อเรียบชั้นล่าง | 58 | ต.ร.ม. | 5,800 | 1,000 | 6,800 |
| รวมงานพื้นชั้นบน | | | | 10000 | 76630 |
| 5.งานหลังคา | | | | | |
| แผ่นหลังคาโลหะบุฉนวน 6 นิ้ว | 45 | ต.ร.ม. | 42,525 | 6,000 | 48,525 |
| เหล็กยึดหลังคาเชื่อมตามองศาหลังคา | 280 | ก.ก. | 10,640 | 1,500 | 12,140 |
| เชิงชายไม้เทียมขนาด 8 นิ้ว ไม่ต้องมีฝ้าชายคา | 75 | เมตร | 6,750 | 1,500 | 8,250 |
| รวมงานหลังคา | | | | 9,000 | 68,915 |
| รวมรายการ 1-5 | | | | 49,000 | 441,619 |

*ตาราง 4.6 (ต่อ) ประมาณราคาอาคารประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน ใช้ช่างที่ชำนาญทุกด้าน 6 คน ค่าแรงวันละ 500 บาท ผู้ควบคุมงาน 1 คน ค่าแรงวันละ 1,000 บาท*

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | ราคาวัสดุ/บาท | ราคาค่าแรง/บาท | ราคารวม/บาท |
|---|---|---|---|---|---|
| 6.งานเบ็ดเตล็ด | | | | | |
| กระเบื้องแกรนิตโต้ ขนาด 0.60x0.60 ม | 175 | ต.ร.ม. | 70,000 | 6,500 | 76,500 |
| กระเบื้องเซรามิคขนาด 12"x12" | 28 | ต.ร.ม. | 11,200 | 1,000 | 12,200 |
| TOP เคาน์เตอร์ห้องน้ำหินแกรนิต ขนาด 0.60x1.60เจียบน 45 | 1 | ชุด | 2,000 | 500 | 2,500 |
| TOP เคาน์เตอร์ห้องน้ำหินแกรนิต ขนาด 0.60x2.10 เจียบน 45 | 1 | ชุด | 2,500 | 500 | 3,000 |
| TOP เคาน์เตอร์ห้องน้ำหินแกรนิต ขนาด 0.60x0.90 เจียบน 45 | 1 | ชุด | 1,000 | 500 | 1,500 |
| บุกระเบื้องเซรามิค 12"x12" | 23 | ต.ร.ม. | 9,200 | 5,500 | 14,700 |
| บัวเชิงผนังไฟเบอร์ขนาดสูง 4" | 89 | เมตร | 1,602 | 2,000 | 3,602 |
| ลูกนอนบันไดไม้มะค่า 11/2"x12" | 17 | ท่อน | 27,200 | 1,500 | 28,700 |
| ลูกตั้งบันไดไม้มะค่า 1"x6" | 17 | ท่อน | 15,300 | 1,500 | 16,800 |
| ชานพักบันไดไม้มะค่าง 1"x8" | 2.5 | ต.ร.ม. | 5,050 | 1,000 | 6,050 |
| D1 (บานเลื่อนU.P.V.C.)ด้านหน้า | 1 | ชุด | 14,000 | 1,000 | 15,000 |
| D2 (บาน U.P.V.C.)หลังบ้าน | 1 | ชุด | 3,500 | 1000 | 4,500 |
| D3 (บาน U.P.V.C.)ห้องเก็บของ | 1 | ชุด | 3,500 | 1000 | 4,500 |
| D4 (บาน U.P.V.C.)ห้องน้ำ | 3 | ชุด | 9,000 | 1,500 | 10,500 |
| D5 (บาน U.P.V.C.)ห้องนอน | 3 | ชุด | 10,500 | 1,500 | 12,000 |
| D6 (บานเลื่อนU.P.V.C. ) ระเบียง | 2 | ชุด | 12,000 | 1,000 | 13,000 |
| D7 (บานเลื่อนU.P.V.C. ห้องกระจก | 1 | ชุด | 12500 | 500 | 13000 |

*ตาราง 4.6 (ต่อ) ประมาณราคาอาคารประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน ใช้ช่างที่ชำนาญทุกด้าน 6 คน ค่าแรงวันละ 500 บาท ผู้ควบคุมงาน 1 คน ค่าแรงวันละ 1,000 บาท*

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | ราคาวัสดุ/บาท | ราคาค่าแรง/บาท | ราคารวม/บาท |
|---|---|---|---|---|---|
| W1 (บานสลับ)ขนาด 1.50x 1.10 ม. | 3 | ชุด | 12,500 | 1,000 | 13,500 |
| W2 (บานกระทุ้งเดี่ยว) ขนาด 0.90x0.60 ม. | 4 | ชุด | 7,300 | 1,500 | 8,800 |
| W3 (บานติดตาย) กระจกฮีตสต๊อป | 3 | ชุด | 34,000 | 2,000 | 36,000 |
| W4 (บานติดตาย) กระจกฮีตสต๊อป | 1 | ชุด | 109,000 | 2000 | 111,000 |
| W5 (บานติดตายที่หลังคา) กระจกฮีตสต๊อป | 1 | ชุด | 40,000 | 2,000 | 42,000 |
| โถชักโครกพร้อมอุปกรณ์ | 3 | ชุด | 8,000 | 1,000 | 9,000 |
| อ่างล้างหน้าชนิดฝังพร้อมอุปกรณ์ | 3 | ชุด | 6,500 | 1,000 | 7,500 |
| ฝักบัวอาบน้ำ,สายชำระ,ที่วางสบู่,ราวแขวนผ้า,ที่ใส่กระดาษชำระ, ก๊อกน้ำ(ก๊อกเดี่ยวติดผนัง),รูระบายน้ำพร้อมตะแกรงดักผง, กระจกเงาของไทยอาซาฮีขนาด 1.20x0.40 ม. เจียริมรอบ พร้อมปุ่มสแตนเลส 6 จุด | 3 | ชุด | 19400 | 1000 | 20,400 |
| งานทาสีภายใน TOA (สีน้ำพลาสติก) | 322 | ต.ร.ม. | 38,640 | 2,000 | 40,640 |
| งานทาสีภายนอก TOA | 170 | ต.ร.ม. | 20,400 | 1,500 | 21,900 |
| ทาสีพลาสติกฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด | 97 | ต.ร.ม. | 8,700 | 500 | 9,200 |
| งานสีทาบัวเชิงผนัง | 89 | เมตร | 1,500 | 500 | 2,000 |
| งานสีย้อมบันได | 1 | ชุด | 14,000 | 1,000 | 15,000 |
| ท่อระบายน้ำทิ้งสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ PVC. 4" ยาว 6.00 ม.(ต่อ2ท่อน) | 7 | ท่อน | 3,150 | 1,000 | 4,150 |
| บ่อพัก(ตามท้องตลาด) พร้อมฝาปิดและเทพื้นรองรับด้านล่าง | 6 | บ่อ | 1,500 | 1,000 | 2,500 |

*ตาราง 4.6 (ต่อ) ประมาณราคาอาคารประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน ใช้ช่างที่ชำนาญทุกด้าน 6 คน ค่าแรงวันละ 500 บาท ผู้ควบคุมงาน 1 คน ค่าแรงวันละ 1,000 บาท*

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | ราคาวัสดุ/บาท | ราคาค่าแรง/บาท | ราคารวม/บาท |
|---|---|---|---|---|---|
| บ่อดักไขมัน(ของ COTTO CDGT15) | 1 | บ่อ | 3,350 | 1,000 | 4,350 |
| ถังบำบัดน้ำเสียพร้อมการติดตั้ง 1600 ลิตร (ของ COTTO CD 1600)พร้อมบ่อดักกลิ่น | 1 | ชุด | 41,500 | 3,000 | 44,500 |
| เดินท่อน้ำดี น้ำทิ้ง | 3 | ห้อง | 30,000 | 2,000 | 32,000 |
| เดินท่อน้ำดี น้ำทิ้ง จากมิเตอร์น้ำรอบบ้านและห้องเตรียมอาหารและเดินระบบปั๊ม (ไม่รวมมิเตอร์ ปั๊มน้ำ ถังน้ำ) | 1 | ชุด | 10,000 | 1,000 | 11,000 |
| แผงเมนสวิทช์ (LOAD CENTER) ขนาด 12 ช่อง พร้อมเบรคเกอร์ | 1 | ชุด | 4,000 | 2,000 | 6,000 |
| ไฟแสงสว่าง | 19 | จุด | 15,100 | 3,000 | 18,100 |
| ปลั๊กชนิดมีสายดิน | 20 | จุด | 27,000 | 3,000 | 30,000 |
| ปลั๊กกันน้ำชนิดมีสายดิน ปลั๊กโทรศัพท์ | 2 | จุด | 2,800 | 500 | 2,300 |
| ปลั๊ก ที วี | 4 | จุด | 5,500 | 750 | 6,250 |
| เดินระบบแอร์ตามตำแหน่ง(ไม่รวมติดตั้งเครื่องแอร์) | 4 | จุด | 7,000 | 2,000 | 9,000 |
| รวมรายการเบ็ดเตล็ด | | | | 64,250 | 745,142 |
| รวมรายการ 1-6 | | | 1,022,791 | 153,250 | 1,186,761 |
| ค่าแรงผู้ควบคุมงาน | | | | 39,000 | - |
| รวมค่าแรง | | | | 192,250 | - |
| รวมค่าวัสดุและค่าแรง | | | | | 1,379,011 |

**บ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน**

ตั้งอยู่บนเนื้อที่ 105 ตารางวา

พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 209 ตารางเมตร (ไม่รวมสระว่ายน้ำ,บ่อน้ำพุ)

ราคาก่อสร้าง(ราคาต้นทุนไม่รวมปั๊มน้ำ,ถังเก็บน้ำไม่บวกค่าดำเนินการและกำไร,VAT 7%) 1,215,041 บาท เท่ากับ 6,598 บาทต่อตารางเมตร จึงมีราคาถูกกว่าบ้านทั่วไปถึง2. 3 เท่า (บ้านทั่วไปราคาประมาณ 15,000 บาท ต่อตารางเมตร)

4.11 คำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง

จากสถิติประสิทธิภาพคนงานในการทำงานก่อสร้าง ใน 1 วัน นำมาคำนวณหาระยะเวลาการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน โดยมีคนงานก่อสร้างที่เป็นช่างที่ มีความชำนาญทุกด้าน ค่าแรงในการทำงานวันละ 500 บาท ทั้งหมด 6 คน ควบคุมงาน 1 คน ค่าแรงงานวันละ 1,000 บาท

*ตารางที่ 4-7 ตารางตารางเปรียบเทียบราคาระหว่างบ้านประหยัดพลังงานกับบ้านทั่วไป*

| บ้านประหยัดพลังงาน | บาท | บ้านทั่วไป | บาท |
|---|---|---|---|
| -ราคาค่าก่อสร้างต่อตารางเมตร | 6,598 | -ราคาค่าก่อสร้างต่อตารางเมตร | 15,000 |
| บ้านประหยัดพลังงานถูกกว่าบ้านทั่วไปถึง 2.3 เท่า | | | |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

*ตารางที่ 4-8 แสดงประสิทธิภาพการทำงานของช่างก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง*

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | จำนวน/คน | ปริมาณการทำงาน/วัน | จำนวน/แรง |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.งานฐานรากหรือพื้นชั้นล่าง | | | | | |
| ปรับดินถมทรายหยาบอัดแน่น | 9.5 | ล.บ.ม | 6 | 1 | 6 |
| ผสมคอนกรีตโครงสร้างด้วยเครื่อง | 9.5 | ล.บ.ม | 4 | 1 | 4 |
| คอนกรีตหยาบ | 9.5 | ล.บ,ม | 4 | 1 | 4 |
| ผูกเหล็กและกั้นไม้แบบ | 49 | ก.ก. | 6 | 1 | 6 |
| ผสมคอนกรีตโครงสร้างด้วยเครื่อง | 20 | ล.บ.ม | 4 | 1 | 4 |
| เทคอนกรีตโครงสร้าง | 20 | ล.บ.ม | 6 | 1 | 6 |
| รวมงานฐานราก | | | | 6 | 30 |
| 2.งานเสาและคานเหล็กเท่าที่จำเป็น (โดยวิศวกรรม) | | | | | |
| เสาเหล็กกล่อง3"x3"x3ม.ม. คานเหล็กกล่อง11/2."x3"x2มม.งานทาสีกันสนิม | 303 | ก.ก. | 6 | 1 | 6 |
| รวมงานเสาและคานเหล็ก | | | | 1 | 6 |
| 3.งานผนังภายนอกและภายใน | | | | | |
| ผนังไฟเบอร์บอร์ด หนา 8 มม.โครงเคร่าโลหะกรุโฟมคอนกรีตหนา 15 เซนติเมตร | 156.5 | ต.ร.ม. | 6 | 5 | 30 |
| ผนังไฟเบอร์บอร์ด หนา 8 มม.โครงเคร่าโลหะหนา 10 ซ.ม. | 103 | ต.ร.ม. | 6 | 4 | 24 |
| รวมงานผนังภายนอกและภายใน | | | | 9 | 54 |

หมายเหตุ

รายการ –ลักษณะงานที่ทำ 1 แรง หมายถึง คน 1 คน ทำงานปกติ วันๆละ 8 ชั่วโมง ตามกฎหมาย

*ตาราง 4-81 (ต่อ) แสดงประสิทธิภาพการทำงานของช่างก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง*

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | จำนวน/คน | ปริมาณการทำงาน/วัน | จำนวน/แรง |
|---|---|---|---|---|---|
| 4.งานพื้นชั้นบน | | | | | |
| แผ่นโลหะรีดลอนและแบบค้ำยัน | 78 | ต.ร.ม. | 3 | 2 | 6 |
| ผสมคอนกรีตโครงสร้างด้วยเครื่อง | 5 | ล.บ.ม | 4 | 1 | 4 |
| ผูกเหล็ก | 17 | ก.ก. | 2 | 1 | 2 |
| เทคอนกรีตโครงสร้าง | 5 | ล.บ.ม | 6 | 1 | 6 |
| ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดหนา9 ม.ม. ไม่มีโครงฉาบรอยต่อเรียบชั้นล่าง | 58 | ต.ร.ม. | 2 | 1 | 2 |
| รวมงานพื้นชั้นบน | | | | 6 | 20 |
| 5.งานหลังคา | | | | | |
| แผ่นหลังคาโลหะบุฉนวน 6 นิ้ว | 45 | ต.ร.ม. | 6 | 2 | 12 |
| เหล็กยึดหลังคาเชื่อมตามองศาหลังคา | 280 | ก.ก. | 3 | 1 | 3 |
| เชิงชายไม้เทียมขนาด 8 นิ้วไม่ต้องมีฝ้าชายคา | 75 | เมตร | 3 | 1 | 3 |
| รวมงานหลังคา | | | | 4 | 18 |
| รวมรายการ 1-5 | | | | 26 | 128 |

CHULALONGKORN UNIVERSITY

หมายเหตุ

รายการ – ลักษณะงานที่ทำ 1 แรง หมายถึง คน 1 คน ทำงานปกติ วันๆละ 8 ชั่วโมง ตามกฎหมาย

*ตาราง 4-8 (ต่อ) แสดงประสิทธิภาพการทำงานของช่างก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง*

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | จำนวน/คน | ปริมาณการทำงาน/วัน | จำนวน/แรง |
|---|---|---|---|---|---|
| 6.งานเบ็ดเตล็ด | | | | | |
| กระเบื้องแกรนิตโต้ ขนาด 0.60x0.60 ม | 175 | ต.ร.ม. | 1 | 13 | 13 |
| กระเบื้องเซรามิคขนาด 12"x12" | 28 | ต.ร.ม. | 1 | 2 | 2 |
| TOP เคาน์เตอร์ห้องน้ำหินแกรนิต ขนาด 0.60x1.60เจียบน 45 | 1 | ชุด | 1 | 1 | 1 |
| TOP เคาน์เตอร์ห้องน้ำหินแกรนิต ขนาด 0.60x2.10 เจียบน 45 | 1 | ชุด | 1 | 1 | 1 |
| TOP เคาน์เตอร์ห้องน้ำหินแกรนิต ขนาด 0.60x0.90 เจียบน 45 | 1 | ชุด | 1 | 1 | 1 |
| ผนังบุกระเบื้องเซรามิค 12"x12" | 23 | ต.ร.ม. | 2 | 5.5 | 11 |
| บัวเชิงผนังไฟเบอร์ขนาดสูง 4" | 89 | เมตร | 2 | 2 | 4 |
| ลูกนอนบันไดไม้มะค่า 11/2"x12" | 17 | ท่อน | 2 | 1.5 | 3 |
| ลูกตั้งบันไดไม้มะค่า 1"'x6" | 17 | ท่อน | 2 | 1.5 | 3 |
| ชานพักบันไดไม้มะค่าง 1"'x8" | 2.5 | ต.ร.ม. | 2 | 1 | 2 |
| D1 (บานเลื่อนU.P.V.C.)ด้านหน้า | 1 | ชุด | 2 | 0.5 | 1 |
| D2 (บาน U.P.V.C.)หลังบ้าน | 1 | ชุด | 2 | 0.5 | 1 |
| D3 (บาน U.P.V.C.)ห้องเก็บของ | 1 | ชุด | 2 | 0.5 | 1 |
| D4 (บาน U.P.V.C.)ห้องน้ำ | 3 | ชุด | 2 | 1.5 | 3 |
| D5 (บาน U.P.V.C.)ห้องนอน | 3 | ชุด | 2 | 1.5 | 3 |
| D6 (บานเลื่อนU.P.V.C. ) ระเบียง | 2 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| D7 (บานเลื่อนU.P.V.C. ห้องกระจก | 1 | ชุด | 2 | 0.5 | 1 |

หมายเหตุ

รายการ – ลักษณะงานที่ทำ 1 แรง หมายถึง คน 1 คน ทำงานปกติ วันๆละ 8 ชั่วโมง ตามกฎหมาย

*ตาราง 4-8 (ต่อ) แสดงประสิทธิภาพการทำงานของช่างก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง*

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | จำนวน/คน | ปริมาณการทำงาน/วัน | จำนวน/แรง |
|---|---|---|---|---|---|
| W1 (บานสลับ)ขนาด 1.50x 1.10 ม. | 3 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| W2 (บานกระทุ้งเดี่ยว)ขนาด 0.90x0.60 ม. | 4 | ชุด | 2 | 1.5 | 3 |
| W3 (บานติดตาย)กระจกฮีตสต๊อป | 3 | ชุด | 2 | 2 | 4 |
| W4 (บานติดตายกระจกเทมเปอร์หนา 15 ม.ม.) | 1 | ชุด | 2 | 2 | 4 |
| W5 (บานติดตายที่หลังคากระจกฮีตสต๊อป | 1 | ชุด | 2 | 2 | 4 |
| โถชักโครกพร้อมอุปกรณ์ | 3 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| อ่างล้างหน้าชนิดฝังพร้อมอุปกรณ์ | 3 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| ฝักบัวอาบน้ำ,สายชำระ,ที่วางสบู่,ราวแขวนผ้า,ที่ใส่กระดาษชำระ, ก๊อกน้ำ(ก๊อกเดี่ยวติดผนัง),รูระบายน้ำพร้อมตะแกรงดักผง, กระจกเงาของไทยอาซาฮีขนาด 1.20x0.40 ม. เจียริมรอบ พร้อมปุ่มสแตนเลส 6 จุด | 3 | ชุด | 1 | 2 | 2 |
| งานทาสีภายใน TOA (สีน้ำพลาสติก) | 322 | ต.ร.ม. | 1 | 4 | 4 |
| งานทาสีภายนอก TOA | 170 | ต.ร.ม. | 1 | 3 | 3 |
| ทาสีพลาสติกฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด | 97 | ต.ร.ม. | 1 | 1 | 1 |
| งานสีทาบัวเชิงผนัง | 89 | เมตร | 1 | 1 | 1 |
| งานสีย้อมบันได | 1 | ชุด | 1 | 2 | 2 |
| ท่อระบายน้ำทิ้งสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ PVC. 4" ยาว 6.00 ม.(ต่อ2 ท่อน) | 7 | ท่อน | 2 | 1 | 2 |

หมายเหตุ

รายการ – ลักษณะงานที่ทำ 1 แรง หมายถึง คน 1 คน ทำงานปกติ วันๆละ 8 ชั่วโมง ตามกฎหมาย

*ตาราง 4-8 (ต่อ) แสดงประสิทธิภาพการทำงานของช่างก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง*

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | จำนวน/คน | ปริมาณการทำงาน/วัน | จำนวน/แรง |
|---|---|---|---|---|---|
| บ่อพัก(ตามท้องตลาด) พร้อมฝาปิดและเทพื้นรองรับด้านล่าง | 6 | บ่อ | 2 | 1 | 2 |
| บ่อดักไขมัน(ของ COTTO CDGT15) | 1 | บ่อ | 2 | 1 | 2 |
| ถังบำบัดน้ำเสียพร้อมการติดตั้ง 1600 ลิตร (ของ COTTO CD 1600)พร้อมบ่อดักกลิ่น | 1 | ชุด | 3 | 2 | 6 |
| เดินท่อน้ำดี น้ำทิ้ง | 3 | ห้อง | 2 | 2 | 4 |
| เดินท่อน้ำดี น้ำทิ้ง จากมิเตอร์น้ำรอบบ้านและห้องเตรียมอาหารและเดินระบบปั๊ม (ไม่รวมมิเตอร์ ปั๊มน้ำ ถังน้ำ) | 1 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| แผงเมนสวิทช์ (LOAD CENTER) ขนาด 12 ช่อง พร้อมเบรคเกอร์ | 1 | ชุด | 2 | 2 | 4 |
| ไฟแสงสว่าง | 19 | จุด | 2 | 3 | 6 |
| ปลั๊กชนิดมีสายดิน | 20 | จุด | 1 | 6 | 6 |
| ปลั๊กกันน้ำชนิดมีสายดิน, ปลั๊กโทรศัพท์ | 2 | จุด | 1 | 0.5 | 0.5 |
| ปลั๊ก ที วี | 4 | จุด | 1 | 1.5 | 1.5 |
| เดินระบบแอร์ตามตำแหน่ง(ไม่ติดตั้งเครื่องแอร์) | 4 | จุด | 2 | 2 | 4 |
| รวมรายการเบ็ดเตล็ด | | | | 82 | 127 |
| รวมรายการ 1-6 | | | | 108 | 255 |

หมายเหตุ

รายการ – ลักษณะงานที่ทำ 1 แรง หมายถึง คน 1 คน ทำงานปกติ วันๆละ 8 ชั่วโมง ตามกฎหมาย

จากการคำนวณสถิติการทำงานของช่างก่อสร้าง บ้านประหยัดพลังงานมีเนื้อที่ใช้สอยทั้งสิ้น 209 ตารางเมตร ใช้แรงงานช่างที่ชำนาญในทุกด้าน 6 คน ผู้ควบคุมงาน 1 คน รวมเป็น 7 คน จำนวน 255 แรงนำมาคำนวณกับแรงงานช่าง 6 คน ผลที่ออกมาเป็นการใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างทั้งสิ้น 42.5 วันหรือ 6 สัปดาห์

*ตารางที่ 4-9 แสดงประสิทธิภาพการทำงานของช่างก่อสร้างบ้านทั่วไปเพื่อคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง*

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | จำนวน/คน | ปริมาณการทำงาน/วัน | จำนวน/แรง |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.งานฐานราก คานและพื้นชั้นล่าง | | | | | |
| ตีผัง, เสาเข็มเจาะ | 12 | ต้น | 7 | 10 | 70 |
| สกัดหัวเข็ม | 12 | ต้น | 4 | 3 | 12 |
| ขุดดินฐานราก | 12 | ล.บ.ม | 4 | 3 | 12 |
| ปรับดินถมดิน | 25 | ล.บ.ม | 4 | 2 | 8 |
| ถมทรายหยาบอัดแน่น | 12 | ล.บ.ม | 4 | 2 | 8 |
| ผสมคอนกรีตหยาบเทก้นหลุมฐานรากด้วยเครื่อง | 2 | ล.บ.ม | 2 | 1 | 2 |
| เทคอนกรีตหยาบ | 2 | ล.บ.ม | 2 | 1 | 2 |
| ผูกเหล็ก | 2,095 | ก.ก. | 6 | 16 | 96 |
| งานไม้แบบฐานรากและเสาตอม่อ | 12 | ต้น | 8 | 2 | 16 |
| งานไม้แบบคานชั้นล่าง | 165 | ต.ร.ม. | 9 | 4 | 36 |
| ผสมคอนกรีตโครงสร้างเสาตอม่อและฐานรากด้วยเครื่อง | 12 | ล.บ.ม | 4 | 1 | 4 |
| เทคอนกรีตโครงสร้างฐานรากและตอม่อ | 7 | ล.บ.ม | 6 | 1 | 6 |
| เทคอนกรีตโครงสร้างคานและพื้น(ใช้รถปูน) | 24 | ล.บ.ม | 14 | 2 | 28 |
| รวมงานฐานรากและพื้นชั้นล่าง | | | | 48 | 300 |

หมายเหตุ

รายการ – ลักษณะงานที่ทำ 1 แรง หมายถึง คน 1 คน ทำงานปกติ วันๆละ 8 ชั่วโมง ตามกฎหมาย

ตาราง 4-9 (ต่อ) แสดงประสิทธิภาพการทำงานของช่างก่อสร้างบ้านทั่วไปเพื่อคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | จำนวน/คน | ปริมาณการทำงาน/วัน | จำนวน/แรง |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.งานเสาชั้นล่าง,เสา,คานชั้นบน | | | | | |
| งานไม้แบบเสาชั้นล่าง | 12 | ต้น | 8 | 3 | 24 |
| ผูกเหล็ก | 2,030 | ก.ก. | 8 | 13 | 104 |
| ผสมคอนกรีตโครงสร้างเสาด้วยเครื่อง | 2.5 | ล.บ.ม | 4 | 2 | 8 |
| เทคอนกรีตโครงสร้างเสาชั้นล่าง | 2.5 | ล.บ.ม | 8 | 1 | 8 |
| งานไม้แบบคานชั้นบน | 103 | ต.ร.ม. | 10 | 5 | 50 |
| ผสมคอนกรีตโครงสร้างคานด้วยเครื่อง | 10 | ล.บ.ม | 4 | 2 | 8 |
| เทคอนกรีตโครงสร้างคานชั้นบน | 10 | ล.บ.ม | 14 | 3 | 42 |
| งานไม้แบบเสาชั้นบน | 12 | ต้น | 8 | 6 | 48 |
| ผสมคอนกรีตโครงสร้างเสาด้วยเครื่อง | 2.5 | ล.บ.ม | 4 | 2 | 8 |
| เทคอนกรีตโครงสร้างเสาชั้นบน | 2.5 | ล.บ.ม | 14 | 3 | 42 |
| รวมงานเสาชั้นล่าง,เสา,คานชั้นบน | | | | 40 | 342 |
| 3.งานผนังภายนอกและภายใน | | | | | |
| ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น | 260 | ต.ร.ม. | 4 | 8 | 32 |
| เอ็น คสล.รวมผูกเหล็กทไม้แบบ เทคอนกรีต | 260 | เมตร | 4 | 13 | 52 |
| งานฉาบปูนผนังรวมจับเชี้ยม | 519 | ต.ร.ม. | 8 | 15 | 120 |
| งานฉาบปูนเสาและคานรวมจับเชี้ยม | 215 | เมตร | 8 | 30 | 240 |
| รวมงานผนังภายนอกและภายใน | | | | 66 | 444 |
| 4.งานพื้นชั้นบน | | | | | |
| งานไม้แบบพื้น | 68 | ต.ร.ม. | 8 | 8 | 64 |
| ผูกเหล็ก | 834 | ก.ก. | 6 | 8 | 48 |
| เทคอนกรีตโครงสร้างพื้น | 11 | ล.บ.ม | 14 | 1 | 14 |
| ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม. โครงเคร่าโลหะ ฉาบรอยต่อเรียบ | 106 | ต.ร.ม. | 6 | 10 | 60 |
| รวมงานพื้นชั้นบน | | | | 27 | 186 |

หมายเหตุ

รายการ – ลักษณะงานที่ทำ 1 แรง หมายถึง คน 1 คน ทำงานปกติ วันๆละ 8 ชั่วโมง ตามกฎหมาย

ตาราง 4-9 (ต่อ) แสดงประสิทธิภาพการทำงานของช่างก่อสร้างบ้านทั่วไปเพื่อคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | จำนวน/คน | ปริมาณการทำงาน/วัน | จำนวน/แรง |
|---|---|---|---|---|---|
| 5.งานหลังคา | | | | | |
| ทำโครงหลังคาเหล็ก | 236 | ต.ร.ม. | 6 | 23 | 138 |
| มุงกระเบื้องหลังคาพร้อมครอบ,รางน้ำ | 236 | ต.ร.ม. | 14 | 14 | 196 |
| งานทาสีกันสนิม | 236 | ต.ร.ม. | 4 | 7 | 28 |
| ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม.โครงเคร่าโลหะ ฉาบรอยต่อเรียบบุฉนวน | 103 | ต.ร.ม. | 7 | 16 | 112 |
| เชิงชายไม้คอนวูด 8"และ 6” | 125 | เมตร | 6 | 7 | 42 |
| ตีโครงและติดฝ้าชายคา | 77 | ต.ร.ม. | 8 | 4 | 24 |
| รวมงานหลังคา | | | | 71 | 540 |
| รวมรายการ 1-5 | | | | 252 | 1812 |
| 6.งานเบ็ดเตล็ด | | | | | |
| กระเบื้องแกรนิตโต้ขนาด 0.60x0.60 ม | 162 | ต.ร.ม. | 2 | 28 | 36 |
| กระเบื้องเซรามิคขนาด 12"x12" | 97 | ต.ร.ม. | 2 | 11 | 22 |
| TOP เคาน์เตอร์ห้องน้ำหินแกรนิตขนาด 0.25x2.60เจียบน 45 | 1 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| หินแกรนิตขนาด 0.25x1.80 เจีย 45 | 1 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| หินแกรนิตขนาด 00.30x1.20 เจีย45 | 1 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| หินแกรนิตขนาด 00.25x1.40 เจีย45 | 1 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| หินแกรนิตขนาด 00.40x1.15 เจีย45 | 1 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| ผนังบุกระเบื้องเซรามิค 12"x12" | 110 | ต.ร.ม. | 2 | 24 | 48 |
| บัวเชิงผนังไฟเบอร์ขนาดสูง 4" | 89 | เมตร | 4 | 2 | 8 |
| ลูกนอนบันไดไม้มะค่า 11/2"x12" | 17 | ท่อน | 2 | 1.5 | 3 |
| ลูกตั้งบันไดไม้มะค่า 1"'x6" | 17 | ท่อน | 2 | 1.5 | 3 |
| ชานพักบันไดไม้มะค่าง 1"'x8" | 2.5 | ต.ร.ม. | 2 | 1 | 2 |

หมายเหตุ

รายการ – ลักษณะงานที่ทำ 1 แรง หมายถึง คน 1 คน ทำงานปกติ วันๆละ 8 ชั่วโมง ตามกฎหมาย

ตาราง 4-9 (ต่อ) แสดงประสิทธิภาพการทำงานของช่างก่อสร้างบ้านทั่วไปเพื่อคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | จำนวน/คน | ปริมาณการทำงาน/วัน | จำนวน/แรง |
|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 2 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| D4 | 3 | ชุด | 2 | 2 | 4 |
| D5 | 4 | ชุด | 2 | 2 | 4 |
| D6 | 1 | ชุด | 2 | 0.5 | 1 |
| D7 | 3 | ชุด | 2 | 1.5 | 3 |
| D10 | 1 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| D12 | 2 | ชุด | 2 | 2 | 4 |
| D13 | 1 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| W1 | 1 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| W4 | 1 | ชุด | 2 | 0.5 | 1 |
| W8 | 8 | ชุด | 2 | 4 | 8 |
| W8 | 8 | ชุด | 2 | 4 | 8 |
| W8 | 8 | ชุด | 2 | 4 | 8 |
| W10 | 2 | ชุด | 2 | 2 | 4 |
| W11 | 2 | ชุด | 2 | 0.5 | 1 |
| W12 | 2 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| W13 | 1 | ชุด | 2 | 0.5 | 1 |
| W14 | 4 | ชุด | 2 | 2 | 4 |
| W15 | 1 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| W17 | 1 | ชุด | 2 | 2 | 4 |
| W18 | 6 | ชุด | 2 | 2 | 4 |
| W18.1 | 1 | ชุด | 2 | 0.5 | 1 |

หมายเหตุ

รายการ – ลักษณะงานที่ทำ 1 แรง หมายถึง คน 1 คน ทำงานปกติ วันๆละ 8 ชั่วโมง ตามกฎหมาย ประตูและหน้าต่างเป็นอลูมิเนียมอบขาว

ตาราง 4-9 (ต่อ) แสดงประสิทธิภาพการทำงานของช่างก่อสร้างบ้านทั่วไปเพื่อคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | จำนวน/คน | ปริมาณการทำงาน/วัน | จำนวน/แรง |
|---|---|---|---|---|---|
| โถชักโครกพร้อมอุปกรณ์ | 3 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| โถนั่งยองพร้อมอุปกรณ์ | 1 | ชุด | 2 | 0.5 | 1 |
| อ่างล้างหน้าชนิดฝังพร้อมอุปกรณ์ | 4 | ชุด | 2 | 2 | 4 |
| ฝักบัวอาบน้ำ,สายชำระ,ที่วางสบู่,ราวแขวนผ้า,ที่ใส่กระดาษชำระ, ก๊อกน้ำ(ก๊อกเดี่ยวติดผนัง),รูระบายน้ำพร้อมตะแกรงดักผง, กระจกเงาของไทยอาซาฮีขนาด 1.20x0.40 ม. เจียริมรอบ พร้อมปุ่มสแตนเลส 6 จุด | 4 | ชุด | 2 | 1 | 2 |
| งานทาสีภายใน TOA (สีน้ำพลาสติก) | 580 | ต.ร.ม. | 1 | 19 | 19 |
| งานทาสีภายนอก TOA | 431 | ต.ร.ม. | 1 | 14 | 14 |
| ทาสีพลาสติกฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด | 200 | ต.ร.ม. | 1 | 25 | 25 |
| งานสีทาบัวเชิงผนัง | 146 | เมตร | 1 | 4 | 4 |
| งานสีย้อมบันได | 1 | ชุด | 1 | 2 | 2 |
| ท่อระบายน้ำทิ้งสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ PVC. 4" ยาว 6.00 ม.(ต่อ2ท่อน) | 7 | ท่อน | 2 | 1 | 2 |
| บ่อพัก(ตามท้องตลาด) พร้อมฝาปิดและเทพื้นรองรับด้านล่าง | 6 | บ่อ | 2 | 1 | 2 |
| บ่อดักไขมัน(ของ COTTO CDGT15) | 1 | บ่อ | 2 | 1 | 2 |
| ถังบำบัดน้ำเสียพร้อมการติดตั้ง 1600 ลิตร(ของ COTTO CD 1600)พร้อมบ่อดักกลิ่น | 1 | ชุด | 3 | 2 | 6 |
| เดินท่อน้ำดี น้ำทิ้ง | 3 | ห้อง | 2 | 2 | 4 |
| เดินท่อน้ำดี น้ำทิ้ง จากมิเตอร์น้ำรอบบ้านและห้องเตรียมอาหารและเดินระบบปั๊ม (ไม่รวมมิเตอร์ ปั๊มน้ำ ถังน้ำ) | 1 | ชุด | 2 | 1 | 2 |

หมายเหตุ

รายการ – ลักษณะงานที่ทำ 1 แรง หมายถึง คน 1 คน ทำงานปกติ วันๆละ 8 ชั่วโมง ตามกฎหมาย

ตาราง 4-9 (ต่อ) แสดงประสิทธิภาพการทำงานของช่างก่อสร้างบ้านทั่วไปเพื่อคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง

| รายการ | จำนวน/หน่วย | หน่วย | จำนวน/คน | ปริมาณการทำงาน/วัน | จำนวน/แรง |
|---|---|---|---|---|---|
| แผงเมนสวิทช์ (LOAD CENTER) ขนาด 12 ช่อง พร้อมเบรกเกอร์ | 1 | ชุด | 2 | 2 | 4 |
| ไฟแสงสว่าง | 58 | จุด | 2 | 10 | 20 |
| ปลั๊กชนิดมีสายดิน | 23 | จุด | 1 | 7 | 7 |
| ปลั๊กกันน้ำชนิดมีสายดิน, ปลั๊กโทรศัพท์ | 2 | จุด | 1 | 0.5 | 0.5 |
| ปลั๊ก ที วี | 4 | จุด | 1 | 1.5 | 1.5 |
| เดินระบบแอร์ตามตำแหน่ง(ไม่ติดตั้งเครื่องแอร์) | 5 | จุด | 2 | 3 | 6 |
| รวมรายการเบ็ดเตล็ด | | | | 210.5 | 334 |
| รวมรายการ 1-6 | | | | 462.5 | 2146 |

หมายเหตุ

รายการ – ลักษณะงานที่ทำ 1 แรง หมายถึง คน 1 คน ทำงานปกติ วันๆละ 8 ชั่วโมง ตามกฎหมาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการคำนวณสถิติการทำงานของช่างก่อสร้างบ้านทั่วไปที่ทำการยกตัวอย่างมีพื้นที่ใช้สอย 220 ตารางเมตร ใช้แรงงานทั้งหมด 2,146 แรง ใช้แรงงานคนทั้งหมด 15 คน เป็นแรงงานช่างไม้ 2 คน ช่างปูน 4 คน ช่างไฟฟ้า 1 คน ช่างประปา 1 คน ช่างเชื่อม(ช่างเหล็ก) 2 คน กรรมกร 4 คน ผู้ควบคุมงาน 1 คน รวม 15 คน ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างทั้งสิ้น 143 วันหรือ 4.8 เดือน

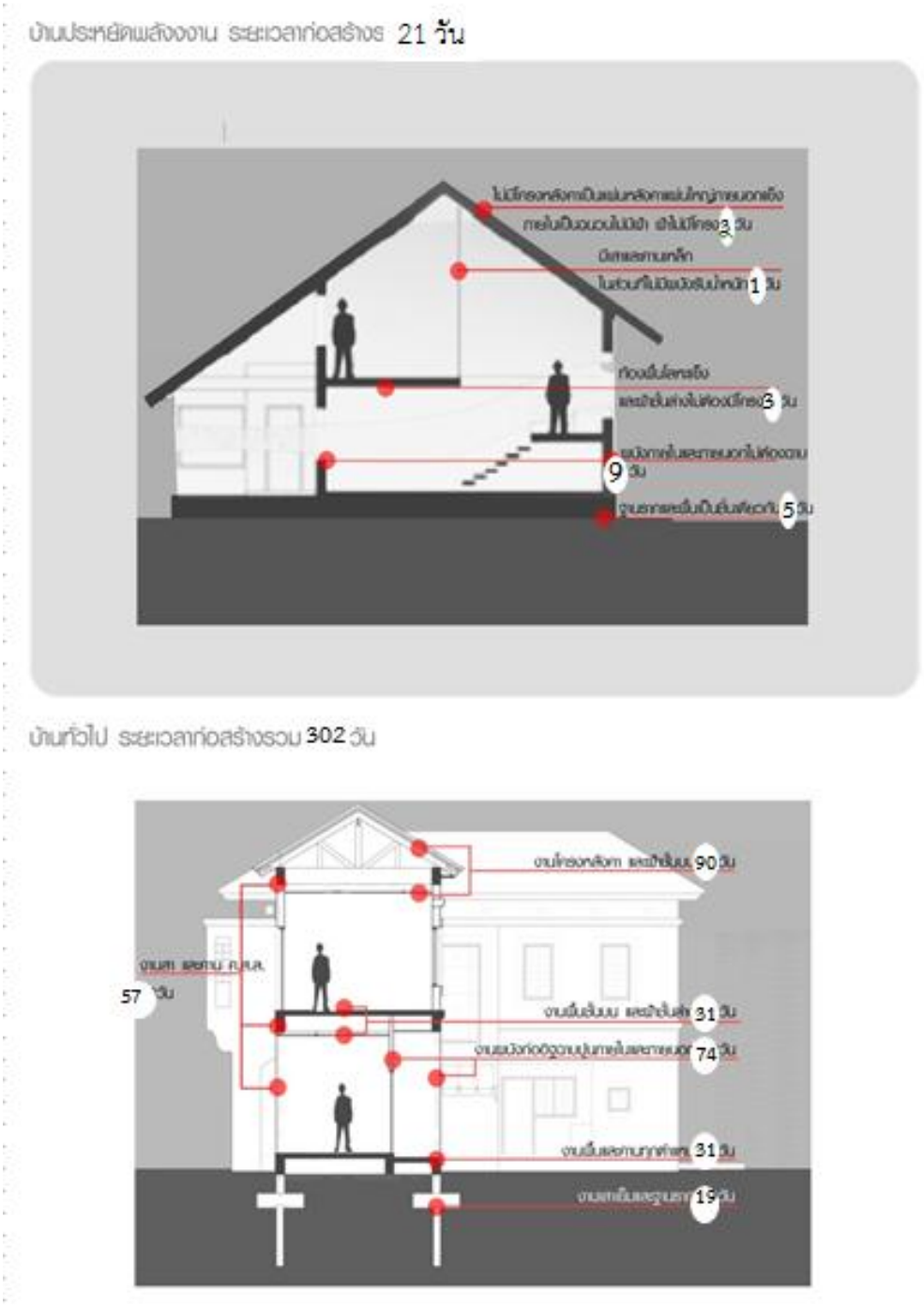
ฉะนั้นถ้าเทียบในอัตราส่วนที่ใช้แรงงานเท่ากันคือ แรงงานก่อสร้าง 6 คน คุมงาน 1 คนบ้านประหยัดพลังงานใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 42 วันหรือ 6 สัปดาห์ ส่วนบ้านทั่วไปใช้แรงงานทั้งสิ้น 2,146แรง คำนวณที่ ช่างก่อสร้าง 6 คน ต้องใช้เวลาในการก่อสร้างถึง 358 วันหรือ 12 เดือนหรือ 48 สัปดาห์ บ้านประหยัดพลังงานสามารถก่อสร้างได้เร็วกว่าบ้านทั่วไปถึง 8 เท่า (ในจำนวนช่างที่เท่ากัน)

*ตารางที่ 4-10 เปรียบเทียบการก่อสร้างยุคใหม่กับบ้านทั่วไป*

| การก่อสร้างยุคใหม่ใช้แรงงาน 6 คน<br>คุมงาน 1 คน | เวลา | บ้านทั่วไปใช้แรงงาน 6 คน<br>คุมงาน 1 คน | เวลา |
|---|---|---|---|
| -ไม่มีเสาเข็ม ฐานรากกับพื้นเป็นตัวเดียวกันมีเสาบางส่วน, ไม่มีคานคอดิน, มีคานชั้นบนบางส่วน | 5 วัน | -มีเสาเข็ม มีฐานราก เสาตอม่อ มีคานคอดิน และพื้นแยกต่างหาก | 50 วัน |
| -ผนังภายนอกและภายในไม่ต้องฉาบ เป็นระบบแห้ง ไม่มีฝุ่น | 9 วัน | -ผนังภายนอกและภายใน ก่ออิฐแล้วฉาบภายหลัง เป็นระบบเปียก มีฝุ่นและเศษวัสดุ | 74 วัน |
| -พื้นชั้นบนท้องแบบเป็นเหล็กรีดลอนแข็ง มีเสาและคานเหล็กเฉพาะส่วนที่ไม่มีผนังรับน้ำหนัก<br>-ฝ้าชั้นล่างไม่ต้องมีโครงโลหะใช้แผ่นฝ้ายึดกับท้องพื้น | 4 วัน | -พื้นชั้นบนท้องแบบ ต้องใช้ค้ำยันมาก เสา คาน รับน้ำหนักทุกตำแหน่ง<br>-ฝ้าชั้นล่างต้องมีโครงโลหะจึงตีแผ่นฝ้าได้ | 88 วัน |
| -ไม่มีโครงหลังคาเป็นแผ่นหลังคาแผ่นใหญ่ภายนอกแข็งภายในเป็นฉนวนไม่ต้องมีฝ้าเพดาน | 3วัน | -มีโครงหลังคาและวัสดุมุงชิ้นเล็กๆ ต้องบุฉนวนและฝ้าเพดาน | 90วัน |
| รวม | 21 วัน | รวม | 302 วัน |

Chulalongkorn University

จากตารางเป็นการเปรียบเทียบการก่อสร้างยุคใหม่กับบ้านทั่วไป โดยใช้คนงาน 6 คน ผู้คุมงาน 1 คน ในอัตราส่วนแรงงานที่เท่ากัน ก่อสร้างเฉพาะโครงสร้างหลัก สามารถสร้างได้เร็วกว่าบ้านทั่วไปถึง 14.38 เท่า




*ภาพที่ 4.50 แสดงเปรียบเทียบการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานใช้ระยะเวลาก่อสร้างเฉพาะงานยสนะ โครงสร้างและงานผนังทั้งหมด 21 วัน ใช้ช่างก่อสร้าง 6 คน คุมงาน 1 คน กับบ้านทั่วไปใช้ระยะเวลาก่อสร้าง 302 วัน ในกรณีใช้ช่างเท่ากัน บ้านประหยัดพลังงานสร้างเร็วกว่าบ้านทั่วไป 14.38 เท่า*

4.12 คำนวณหาน้ำหนักที่แท้จริงของบ้านประหยัดพลังงาน

บ้านประหยัดพลังงานที่สร้างเร็วด้วยแรงคน มีแนวคิดเรื่องวัสดุต้องกันความร้อนและความชื้นเข้าสู่อาคาร ต้องมีน้ำหนักเบา ประกอบง่าย ลดขั้นตอนการก่อสร้าง

เมื่อวัสดุทุกอย่างมีน้ำหนักเบา จึงไม่จำเป็นต้องมีเข็มรับน้ำหนักตัวอาคาร จึงจำเป็นที่จะต้องพิสูจน์หรือคำนวณหาน้ำหนักที่แท้จริงของ บ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน ว่ามีน้ำหนักทั้งหมดเท่าไร


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

*ตารางที่ 4-11 แสดงการคำนวณหาน้ำหนักที่แท้จริงของบ้านประหยัดพลังงาน*

| รายการ | จำนวน / หน่วย | หน่วย | จำนวน / หน่วย | หน่วย | น้ำหนัก/ หน่วย | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| คอนกรีตโครงสร้าง | 24.5 | ลบม. | 2,400 | ก.ก. | 58,800 | ก.ก. |
| เหล็กกล่องขนาด 3"x3"x3ม.ม. | 5 | ท่อน | 39.60 | ก.ก. | 198 | ก.ก. |
| เหล็กกล่องขนาด 11/2"x3"x2ม.ม. | 5 | ท่อน | 21 | ก.ก. | 105 | ก.ก. |
| แผ่นหลังคาโลหะหนา 6 นิ้ว โลหะหนา 0.045 ม.ม.รวมค่าขนส่ง | 164 | ต.ร.ม. | 5 | ก.ก. | 820 | ก.ก. |
| เหล็กยึดจั่วหลังคา | | | | | 280 | ก.ก. |
| เชิงชายไฟเบอร์ขนาด 8 นิ้ว | 75 | เมตร | 4.76 | เมตร | 357 | ก.ก. |
| พื้นปูกระเบื้องแกรนิตโต้ขนาด 0.60x0.60 ม.+ปูนทราย | 102 | ต.ร.ม. | 50 | ก.ก. | 5,600 | ก.ก. |
| พื้นปูกระเบื้องเซรามิคชนิดกันลื่นขนาด 12"x12"+ปูนทราย | 36 | ต.ร.ม. | 50 | ก.ก. | 1,800 | ก.ก. |
| ผนังไฟเบอร์บอร์ด หนา 8 มม.โครงเคร่าโลหะกรุโฟมคอนกรีต 15 ซ.ม. | 156.5 | ต.ร.ม. | 88 | ก.ก. | 13,772 | ก.ก. |
| ผนังไฟเบอร์บอร์ด หนา 8 มม.โครงเคร่าโลหะหนา 10 เซนติเมตร | 103 | ต.ร.ม. | 25 | ก.ก. | 2,575 | ก.ก. |
| ผนังกรุกระเบื้องเซรามิค 12"x12" | 23 | ต.ร.ม. | 50 | ก.ก. | 1,150 | ก.ก. |
| บัวเชิงผนังไฟเบอร์ขนาดสูง 4" | 89 | เมตร | 1.2 | ก.ก. | 107 | ก.ก. |
| ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม. ไม่มีโครงฉาบรอยต่อเรียบ | 58 | ต.ร.ม. | 10 | ก.ก. | 580 | ก.ก. |
| ลูกนอนบันไดไม้มะค่า ทั้งหมด | 1.3 | ลบม. | 1,090 | ก.ก. | 1,417 | ก.ก. |
| รวมน้ำหนัก Dead load | | | | | 87,561 | ก.ก. |

น้ำหนักของบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนทั้งหมด (Dead load) 87,561 กิโลกรัม พื้นที่ใช้สอยที่รับน้ำหนัก(ไม่รวมที่จอดรถ, ครัวไทยภายนอก, เฉลียง,สระว่ายน้ำ) 186 ตารางเมตรเพราะฉะนั้นน้ำหนักที่ดินต้องรับของบ้านประหยัดพลังงาน ท่ากับ 470 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

*ตารางที่ 4-12 แสดงการคำนวณหาน้ำหนักที่แท้จริงของบ้านทั่วไป*

| รายการ | จำนวน / หน่วย | หน่วย | จำนวน / หน่วย | หน่วย | น้ำหนัก/ หน่วย | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| คอนกรีตโครงสร้าง | 105 | ลบม. | 2,400 | ก.ก. | 252,000 | ก.ก. |
| เหล็กโครงสร้าง | 5055 | ก.ก. | | | 5,055 | ก.ก. |
| โครงหลังคาและวัสดุมุง | 169 | ต.ร.ม. | 66 | ก.ก. | 11,154 | ก.ก. |
| เชิงชายไฟเบอร์ขนาด 8 นิ้ว | 54 | เมตร | 4.76 | เมตร | 257 | ก.ก. |
| เชิงชายไฟเบอร์ขนาด 6 นิ้ว | 54 | เมตร | 3.32 | เมตร | 179 | ก.ก. |
| ฝ้าชายคาไฟเบอร์บอร์ด 8 ม.ม. โครงโลหะ | 45 | ต.ร.ม. | 12 | ก.ก. | 548 | ก.ก. |
| พื้นปูกระเบื้องแกรนิตโต้ขนาด 0.60x0.60 ม.+ปูนทราย | 200 | ต.ร.ม. | 50 | ก.ก. | 10,000 | ก.ก. |
| พื้นปูกระเบื้องเซรามิคชนิดกันลื่น ขนาด 12"x12"+ปูนทราย | 117 | ต.ร.ม. | 50 | ก.ก. | 5,850 | ก.ก. |
| ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูน 2 ด้าน | 108 | ต.ร.ม. | 200 | ก.ก. | 21,600 | ก.ก. |
| ผนังก่ออิฐมอญเต็มแผ่นฉาบปูน 2 ด้าน | 328 | ต.ร.ม. | 400 | ก.ก. | 131,200 | ก.ก. |
| ผนังกรุกระเบื้องเซรามิค 12"x12" | 101 | ต.ร.ม. | 50 | ก.ก. | 5,050 | ก.ก. |
| เอ็น ค.ส.ล. | 2 | ลบม. | 2,400 | ก.ก. | 4800 | ก.ก. |
| ผนังบุกระเบื้องเซรามิคขนาด 8"x8" | 24 | ต.ร.ม. | 50 | ก.ก. | 1,200 | ก.ก. |
| บัวเชิงผนังไฟเบอร์ขนาดสูง 4" | 189 | เมตร | 1.2 | ก.ก. | 227 | ก.ก. |
| ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม. ไม่มีโครงฉาบรอยต่อเรียบ | 199 | ต.ร.ม. | 10 | ก.ก. | 1990 | ก.ก. |
| ลูกนอนบันไดไม้มะค่า ทั้งหมด | 1.3 | ลบม. | 1,090 | ก.ก. | 1,417 | ก.ก. |
| | | | | | | |
| รวมน้ำหนัก Dead load | | | | | 452,527 | ก.ก. |

น้ำหนักของบ้านทั่วไปที่นำมาคำนวณมีน้ำหนักทั้งหมด (Dead load) 452,527 กิโลกรัม พื้นที่ใช้สอยที่รับน้ำหนักไม่รวมที่จอดรถ, เฉลียง 199 ตารางเมตร เพราะฉะนั้นน้ำหนักที่ดินต้องรับของอาคารหลังนี้เท่ากับ 2,274 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ฉะนั้นบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนมีน้ำหนักคงที่ (Dead load) เท่ากับ 468 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อเทียบกับบ้านทั่วไปมีน้ำหนักคงที่ (Dead load) เท่ากับ 2,274 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ต่างกันถึง 4.8 เท่า



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน

เป็นการออกแบบที่อยู่อาศัยยุคใหม่ที่เน้นให้ผู้อยู่อาศัยอยู่ในสภาวะความสบาย (Comfort Zone) ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง มีคุณภาพชีวิตที่สูง ประโยชน์ใช้สอยครบครัน ก่อสร้างได้เร็วด้วยแรงคนเพียง 7 คน (ผู้ควบคุมงาน 1 คน) ใช้วัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ ลดปริมาณขยะ ประหยัดราคาค่าก่อสร้าง การบำรุงรักษาต่ำ ควบคุมคุณภาพได้เป็นอย่างดี สร้างได้ทุกฤดูกาล

การก่อสร้างยุคใหม่ต้องเป็นการก่อสร้างที่ทันกับยุคสมัยคือต้องประหยัดพลังงานเป็นหลัก ต้องเร็ว สามารถก่อสร้างได้โดยง่ายไม่ยุ่งยาก แต่ด้วยราคาต่อตารางเมตรของบ้านประหยัดพลังงานที่ยังมีราคาที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับอาคารพักอาศัยทั่วไป ผู้วิจัยจึงต้องค้นหาหนทางให้บ้านประหยัดพลังงานมีราคาต่อหน่วยที่ไม่แพง แต่ยังคงคุณภาพชีวิตที่ดี คำถามนี้เป็นคำถามที่ท้าทายผู้วิจัยเป็นอย่างมาก ทำอย่างไรให้บ้านประหยัดพลังงานมีคุณภาพสูง ราคาไม่แพง ก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว ไม่มีสารพิษ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นอกจากประหยัดพลังงานแล้วยังสามารถผลิตพลังงานช่วยประเทศชาติได้ด้วย เพื่อช่วยลดความต้องการใช้พลังงานในประเทศในระยะยาวเป็นมูลค่ามหาศาลเมื่อเทียบกับอัตราส่วนรายได้มวลรวม (GDP)

ตัวแปรที่มีผลให้บ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนประหยัดพลังงานในขณะที่ก่อสร้างและในขณะที่ใช้อยู่มีดังนี้

การปรับสภาพแวดล้อมโดยรอบของอาคารเพื่อลดอุณหภูมิสามารถลดอุณหภูมิภายนอกได้ถึง 7 องศาเซลเซียส

การออกแบบเพื่อลดพื้นที่ของเปลือกอาคารให้เหลือน้อยที่สุด (เมื่อพื้นที่ของเปลือกอาคารน้อย ความร้อน ความชื้นที่จะเข้าสู่ตัวอาคารก็น้อยลงด้วยเช่นกัน) ประหยัดทั้งราคาค่าก่อสร้างและลดระยะเวลาการก่อสร้าง

การใช้วัสดุที่มีค่าความเป็นฉนวนมากที่สุด เพื่อกันความร้อนและความชื้นเข้าสู่ตัวอาคาร เพื่อลดภาระการทำความเย็นที่ใช้พลังงานเป็นอย่างมากในปัจจุบัน

การออกแบบให้ผนังอาคารโดนแสงอาทิตย์โดยตรงน้อยที่สุด

การใช้วัสดุที่มีการบำรุงรักษาต่ำ

การออกแบบที่ต้องระวังเรื่องความร้อนความชื้นเข้าสู่ตัวอาคารให้น้อยที่สุดเพื่อการประหยัดพลังงาน

การลดขั้นตอนการก่อสร้างเพื่อลดค่าใช้จ่าย

การใช้วัสดุชนิดใหม่เพื่อให้การก่อสร้างเป็นเรื่องง่าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การใช้วัสดุที่สามารถลดปริมาณขยะเพื่อช่วยในการลดโลกร้อน
การใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาที่สามารถสร้างได้ด้วยแรงคนโดยไม่พึ่งพาเครื่องจักรกลหนักเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงาน
การออกแบบพื้นที่ใช้สอยไปพร้อมๆกับเทคนิคการก่อสร้าง, วิธีการรับแรงและงานระบบ สามารถ Integrateทุกอย่างไปพร้อมกับงานสถาปัตยกรรม
ประหยัดพลังงานทั้งขณะก่อสร้างและขณะอยู่อาศัย

บ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน สามารถสร้างได้โดยใช้คนเพียง 7 คน คือ แรงงานช่างที่ชำนาญงานในทุกด้าน 6 คน ผู้ควบคุมงาน 1 คน รวมเป็น 7 คน เทคนิคการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป ด้วยการประกอบระบบ Pre-fab หรือกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งมีน้ำหนักเบา ผสมผสานกับระบบ Infillwall โดยใช้วัสดุที่เบา จึงทำให้ไม่ต้องมีเข็ม หมดปัญหาเรื่องทรุดตัวของอาคาร ฐานรากเป็นฐานแพ สถาปนิกมีอิสระในการออกแบบงานสถาปัตยกรรมโดยไม่มีข้อกำหนดของเสาเข้ามาเกี่ยวข้อง เป็นการนำวัสดุที่เบามาประกอบเข้าด้วยกัน ออกแบบให้สามารถติดตั้งได้ง่าย รวดเร็ว ประหยัด ผิวผนังเป็นผิวสำเร็จระบบแห้ง หมดปัญหาการแตกร้าวของผิวผนังลดขั้นตอนการฉาบปูน งานระบบสามารถดำเนินการได้พร้อมกับงานผนังและงานพื้น โดยไม่จำเป็นต้องมีช่องท่ออยู่ภายในบ้านทำให้ไม่เสียพื้นที่ใช้สอย ลดปริมาณงานผนังลง งานระบบสามารถซ่อนอยู่ภายในความหนาของผนัง ด้วยวัสดุที่ประหยัดพลังงานที่สามารถ Recycled ได้ ทำให้ลดปัญหาขยะและมลพิษ ลดภาวะโลกร้อน สามารถก่อสร้างได้รวดเร็วในระบบแห้งปราศจากฝุ่นละออง เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ออกแบบให้มีพื้นที่ใช้สอยที่พอเหมาะ หลังคามีความลาดเอียงที่เหมาะกับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงและมีฝุ่นเกาะน้อยเหมาะกับการแก้ปัญหาโลกร้อนในยุคอนาคตออกแบบให้การใช้ไฟฟ้าภายในบ้านน้อยที่สุด ถ้าติดเซลล์แสงอาทิตย์เต็มพื้นที่หลังคาทางทิศใต้ จะพบว่าบ้านประหยัดพลังงานหลังนี้สามารถผลิตพลังงานเพื่อเลี้ยงตัวเองได้โดยไม่ต้องพึ่งพาไฟฟ้าจากภายนอก

-ความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำใช้เอง ได้แก่ น้ำฝนจากธรรมชาติการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาช่วยเปลี่ยนความชื้นปริมาณสูงที่มีอยู่ในอากาศเป็นน้ำค้างบนหลังคาบ้าน การรีดความชื้นในเครื่องปรับอากาศ ไม่พึ่งพาน้ำประปาจากภายนอก
-ความเป็นไปได้ในการใช้ทรัพยากรหมุนเวียน โดยการนำน้ำที่ใช้แล้วมาบำบัดใช้รดน้ำต้นไม้ นำเศษอินทรีวัตถุมาหมักเป็นก๊าซชีวภาพเพื่อใช้หุงต้ม
-การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารและการเลือกใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูง
ออกแบบให้มีระเบียงยื่นออกมาบังผนังทางด้านทิศตะวันออก เมื่อผนังไม่โดนแสงอาทิตย์โดยตรงความร้อนก็เข้าสู่อาคารได้น้อยมาก หลังคาทางด้านทิศนี้ก็ยื่นออกมาบังผนังชั้นบนไม่ให้โดนแดดเช่นกัน ประตูออกระเบียงจึงไม่โดนแดดโดยตรง แต่ได้รับแสงสว่างซึ่งเป็นแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคาร

ห้องโถงรับแขกออกแบบให้เพดานสูงถึงหลังคา ทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกถึงความโปร่งโล่งสบายในยามที่นั่งพักผ่อน โถงชั้นบนสามารถมองลงมายังโถงรับแขกได้ ทำให้เกิดปฏิสัมพันธุ์ระหว่างโถงชั้นบนและโถงชั้นล่าง

ชั้นบนของบ้านไม่มีฝ้าเพดานเพราะเป็นวัสดุหลังคายุคใหม่ที่เป็นทั้งวัสดุมุง เป็นทั้งฉนวนหนา 6 นิ้ว สามารถกันความร้อน ความชื้นเข้าสู่อาคารและยังสามารถรับน้ำหนักได้ด้วยตัวมันเอง จึงทำให้ไม่ต้องมีโครงหลังคา นับเป็นนวัตกรรมที่สมบูรณ์แบบอย่างยิ่ง ห้องนอนชั้นบนเปรียบเหมือนห้องใต้หลังคาที่เย็นสบายน่าอยู่อาศัย ไม่จำเป็นต้องมีฝ้าเพดานเพราะผิวหลังคามีลักษณะเรียบเนียนสวยงามเหมาะกับเมืองร้อนชื้นอย่างประเทศไทยเป็นอย่างมาก เมื่อไม่จำเป็นต้องมีโครงหลังคาทำให้ขั้นตอนการก่อสร้างลดลงอย่างมาก ใช้เวลาเพียง 3 วัน ก็ติดตั้งหลังคาเสร็จเรียบร้อย

พื้นชั้นบนออกแบบให้เป็นพื้นรับน้ำหนักที่ถ่ายแรงลงมายังผนัง โดยใช้แผ่นโลหะรีดลอนเพื่อให้เกิดความแข็งเป็นโครงสร้างเปลือกบาง เสริมเหล็กและเทคอนกรีต เพื่อรับแรงอัด (Compressive) ทางด้านบน ท้องพื้นที่เป็นโลหะรีดลอนทำหน้าที่เป็นทั้งไม้แบบที่แข็งด้วยลักษณะของการรีดลอนการค้ำยันไม้แบบสามารถทำได้ง่าย จำนวนไม้แบบน้อย และยังสามารถช่วยรับแรงดึง (Tensile) ด้านล่างได้อีกด้วย ทำให้ลดขั้นตอนการก่อสร้างได้มาก

การออกแบบผนังยุคใหม่ที่นำวัสดุ Recycled มาผสมผสานกับซีเมนต์ จนกลายเป็นวัสดุที่กันความร้อนและกันความชื้นได้ มีความแข็งแรงกันแรงสั่นสะเทือนได้และเป็นการกำจัดขยะ ช่วยลดโลกร้อนลดการปล่อยคาร์บอนมอนออกไซด์ นับว่าเป็นวัสดุยุคใหม่ที่ตอบโจทย์ยุคอนาคตได้เป็นอย่างดี การบำรุงรักษาต่ำเพราะไม่เป็นอาหารของปลวก ด้วยวัสดุโฟมผสมซีเมนต์ที่กันความร้อนและกันความชื้นและยังกันไฟได้ดีอีกด้วย ผิวภายนอกทั้ง 2 ด้านเป็นแผ่นไฟเบอร์บอร์ดไม่มีรอยแตกร้าวของผิวผนังไม่ยืดหรือหดตัว ติดตั้งง่ายด้วยระบบแห้ง สามารถซ่อนงานระบบไว้ภายในผนังได้โดยสะดวก สามารถก่อสร้างงานผนัง พื้น และงานระบบไปพร้อมๆกันทำให้ลดระยะเวลาการก่อสร้างให้เร็วขึ้น

### 5.1.1 ประหยัดพลังงานในขณะก่อสร้าง

5.1.1.1 การลดระยะเวลาการก่อสร้าง

บ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 209 ตารางเมตรใช้แรงงานก่อสร้างทั้งหมด 255 แรง นำมาคำนวณกับแรงงานช่าง 6 คน ผลที่ออกมาเป็นการใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างทั้งสิ้น 42.5 วัน ส่วนบ้านทั่วไปที่นำมายกตัวอย่างมีพื้นที่ใช้สอย 218 ตารางเมตร ใช้แรงงานทั้งหมด 2,146 แรง ใช้แรงงานในการก่อสร้าง 15 คน(ช่างและกรรมกร 14 คน คุมงาน 1 คน) ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างทั้งสิ้น 143 วันหรือ 4.8 เดือน ลดระยะเวลาการก่อสร้างประมาณ 3.36 เท่า

ถ้าเทียบในอัตราส่วนที่ใช้แรงงานเท่ากันคือ แรงงานก่อสร้าง 6 คน คุมงาน 1 คน บ้านประหยัดพลังงานใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 42.5 วัน ส่วนบ้านทั่วไปใช้แรงงานทั้งสิ้น 2,146 แรง คำนวณที่ ช่างก่อสร้าง 6 คน คุมงาน 1 คน ต้องใช้เวลาในการก่อสร้างถึง 358 วันหรือ 12 เดือน บ้านประหยัดพลังงานสามารถก่อสร้างได้เร็วกว่าบ้านทั่วไปถึง 8.5 เท่า (ในจำนวนช่างที่เท่ากัน)

5.1.1.2 การใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา

บ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนมีน้ำหนักคงที่ (Dead load) เท่ากับ 470 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อเทียบกับบ้านทั่วไปมีน้ำหนักคงที่ (Dead load) เท่ากับ 2,274 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ต่างกันถึง 4.8 เท่า จึงไม่จำเป็นต้องมีเข็มในการรับน้ำหนัก โครงสร้างหลักของบ้านไม่เสียค่าใช้จ่ายมาก เนื่องจากมีน้ำหนักคงที่ (Dead load) ที่เบา

5.1.1.3 การออกแบบเปลือกอาคารให้น้อยที่สุด

การคำนวณหาพื้นที่เปลือกอาคารมีดังนี้

S/A= สัดส่วน (ratio) ระหว่างพื้นที่ผิวเปลือกอาคาร (surface) ต่อพื้นที่ใช้สอย (usable \area)

| | บ้านประหยัดพลังงาน | | บ้านทั่วไป | |
|---|---|---|---|---|
| S/A= | 416/186 | = 2.23 เท่า | 652/217 | = 3.00 เท่า |

สัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย ถ้ามีค่าน้อย หมายถึงพื้นที่ระหว่างอุณหภูมิที่แตกต่างกันมีน้อย (พื้นที่ที่ไม่ปรับอากาศกับพื้นที่ปรับอากาศ) ความร้อนและความชื้นที่จะเข้าสู่อาคารน้อยเช่นกัน

### 5.1.2 ประหยัดพลังงานในขณะที่ใช้งานอยู่ (ขณะอยู่อาศัย)

5.1.2.1 วัสดุที่ไม่สะสมความร้อน

วัสดุที่ไม่สะสมความร้อนคือวัสดุที่ต้องมีค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารน้อยที่สุด (ค่า U )

| | บ้านประหยัดพลังงาน | บ้านทั่วไป |
|---|---|---|
| U = | 0.399 Btu/h.ft2°F | 4.01 Btu/h.ft2°F |

ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารบ้านประหยัดพลังงานมีค่าน้อยกว่าบ้านทั่วไปถึง 10 เท่า

5.1.2.2 การปรับสภาพแวดล้อมเพื่อลดความแตกต่างของอุณหภูมิ

การปรับสภาพแวดล้อมด้วยการ ใช้ต้นไม้ใหญ่ พืชคลุมดิน การใช้หญ้าเปียก การระเหยของน้ำ การใช้ประโยชน์จากดิน เพื่อลดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศภายในอาคารในการลดการใช้พลังงาน

| | บ้านประหยัดพลังงาน | บ้านทั่วไป |
|---|---|---|
| $\Delta$ T = | 7 °C | 14 °F |

ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศภายในอาคารของบ้านประหยัดพลังงานน้อยกว่าบ้านทั่วไปถึง 2 เท่า

5.1.2.3 การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง

การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง การจัดวางเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการระบายความร้อนไว้นอกบ้าน (ครัวไทย) หรือนำไปไว้นอกห้องที่ปรับอากาศเพื่อไม่ให้ส่งผลกับภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

5.1.2.4 การเลือกใช้แสงธรรมชาติและหลอดไฟที่มีคุณภาพสูง

การเลือกใช้แสงธรรมชาติในเวลากลางวันและใช้แสงประดิษฐ์ในเวลากลางคืนตามความเหมาะสม โดยใช้หลอดไฟที่มีคุณภาพในการผลิตพลังงานแสงสว่างได้มากโดยใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย

สรุป

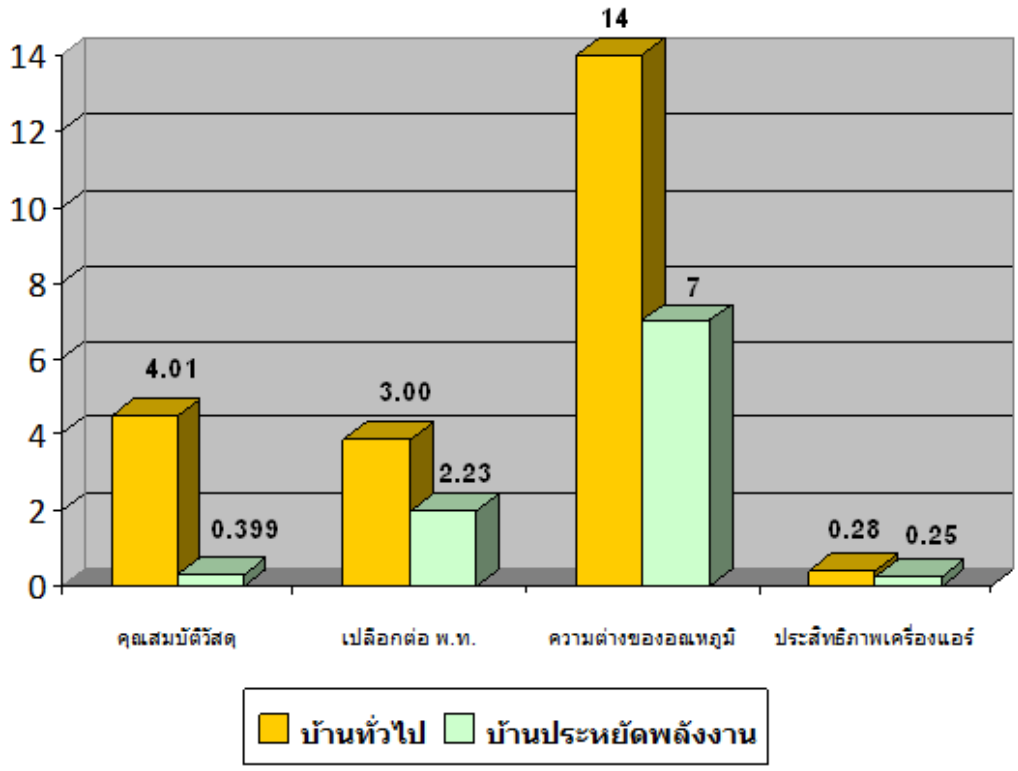
บ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนสามารถลดการใช้พลังงาน ดังนี้

สามารถสร้างได้เร็วกว่าบ้านทั่วไปเมื่อเทียบในอัตราส่วนที่ใช้แรงงานเท่ากันถึง 8.5 เท่า

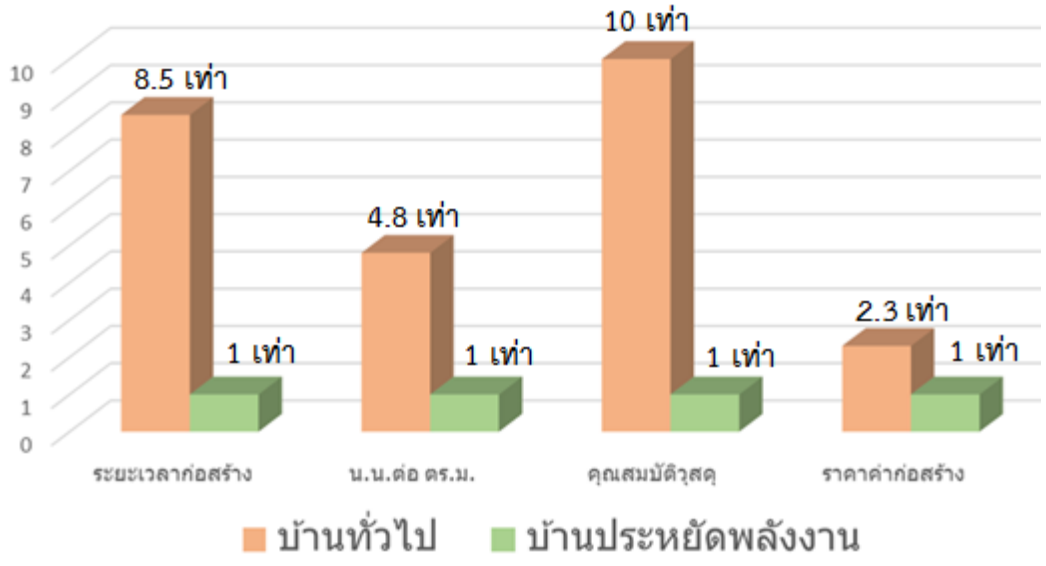
น้ำหนักคงที่ (Dead load) เท่ากับ 470 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อเทียบกับบ้านทั่วไปมีน้ำหนักคงที่ (Dead load) เท่ากับ 2,274 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ต่างกันถึง 4.8 เท่า

มีสัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยน้อยกว่าบ้านทั่วไปถึง 2 เท่า

มีค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารน้อยกว่าบ้านทั่วไปถึง 10 เท่า
มีค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศภายในอาคารน้อยกว่าบ้านทั่วไปถึง 2 เท่า
การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าบ้านทั่วไป
ลดภาระการทำความเย็นเมื่อเปรียบเทียบกับบ้านทั่วไปถึง 30 เท่า
ราคาค่าก่อสร้างอยู่ที่ 6,598 บาทต่อตารางเมตร ถูกกว่าบ้านทั่วไปถึง 2.27 เท่า(บ้านทั่วไปราคาประมาณ 15,000 บาท ต่อตารางเมตร)

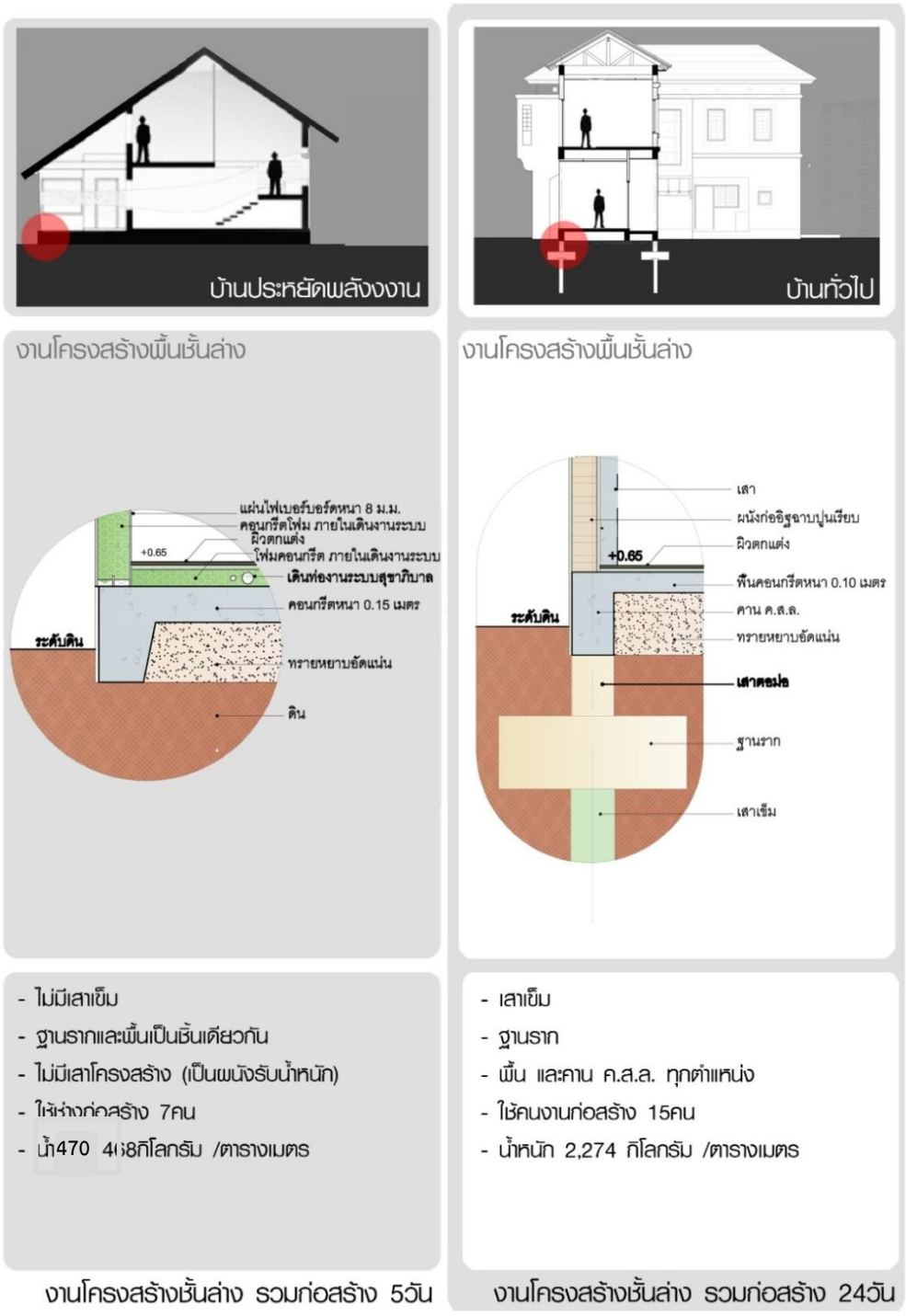



*ภาพที่ 5.1แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างบ้านประหยัดพลังงานกับบ้านทั่วไป*

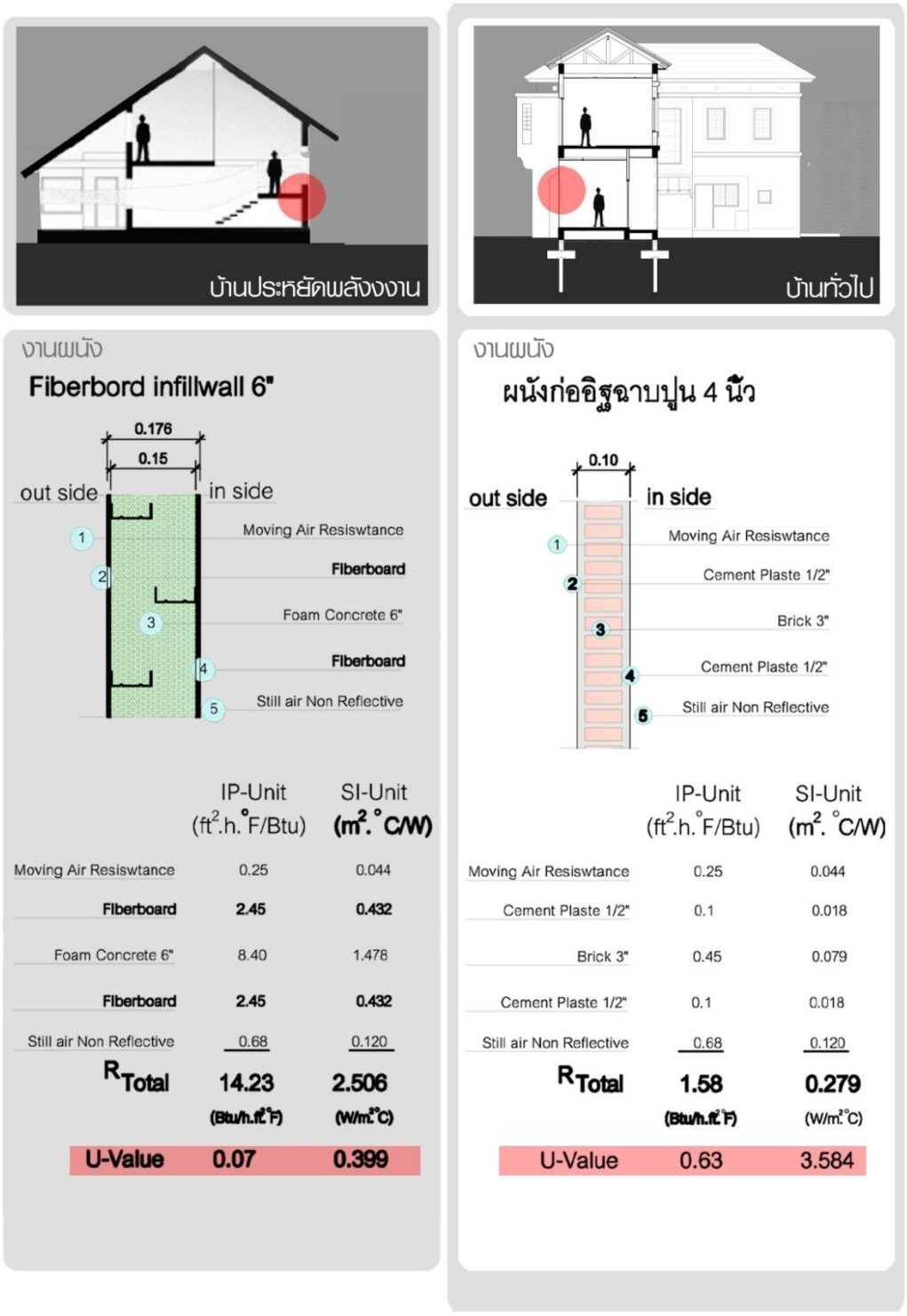



*ภาพที่ 5.2แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาการก่อสร้างระหว่างบ้านประหยัดพลังงานกับบ้านทั่วไป*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

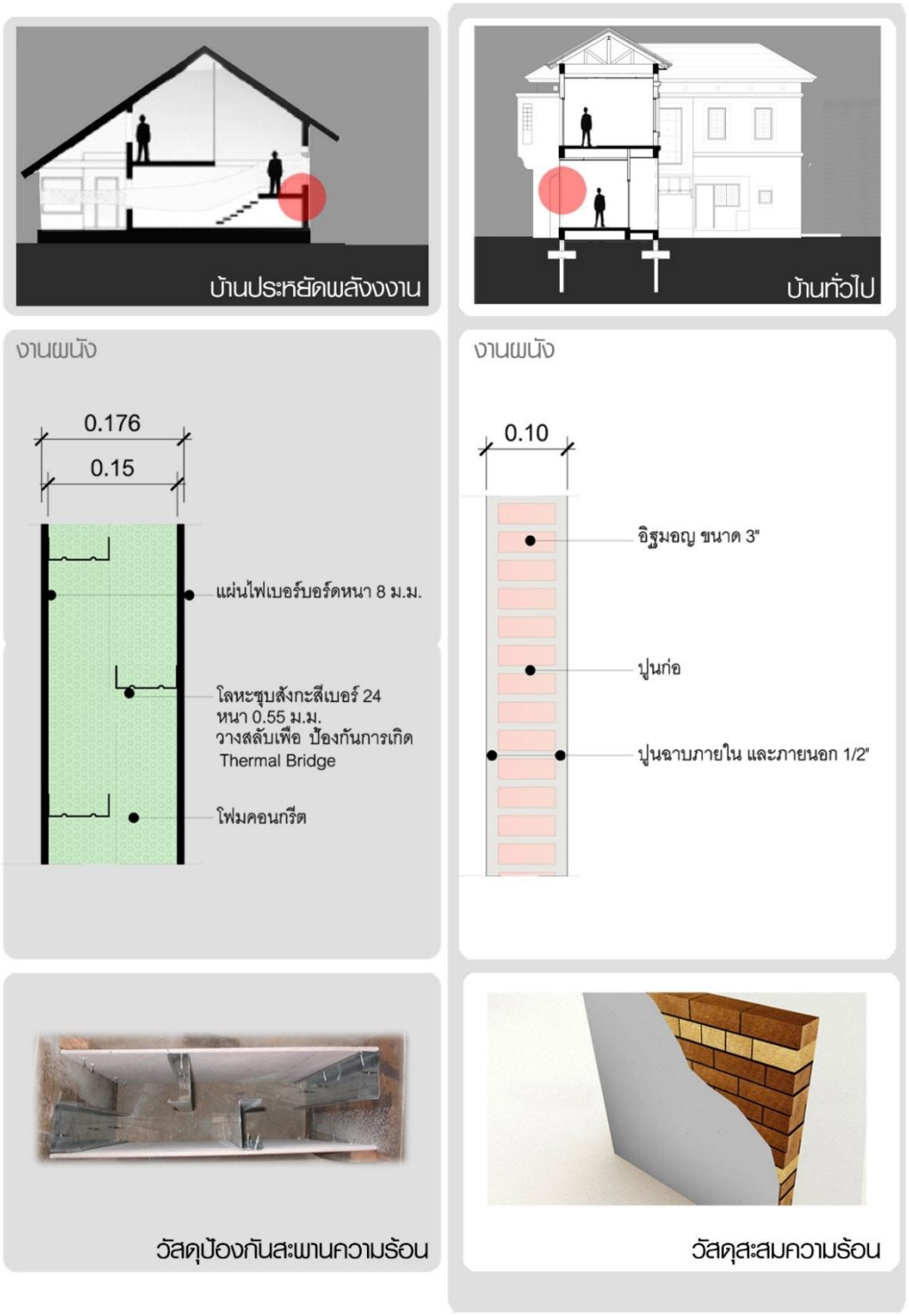



*ภาพที่ 5.3 แสดงเปรียบเทียบบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคนมีน้ำหนักคงที่ (Dead load) เท่ากับ 470 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ใช้เวลาในส่วนโครงสร้างพ้นชั้นล่าง 5 วัน ช่าง 7 คน กับบ้านทั่วไปมีน้ำหนักคงที่ (Dead load) เท่ากับ 2,274 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ต่างกันถึง 4.84 เท่า ใช้เวลาในส่วนโครงสร้างพ้นชั้นล่าง 21 วัน ใช้ช่าง 15 คนในกรณีใช้ช่าง 7 คนเท่ากัน บ้านประหยัดพลังงานสร้างเร็วกว่าบ้านทั่วไป 14.38 เท่า*

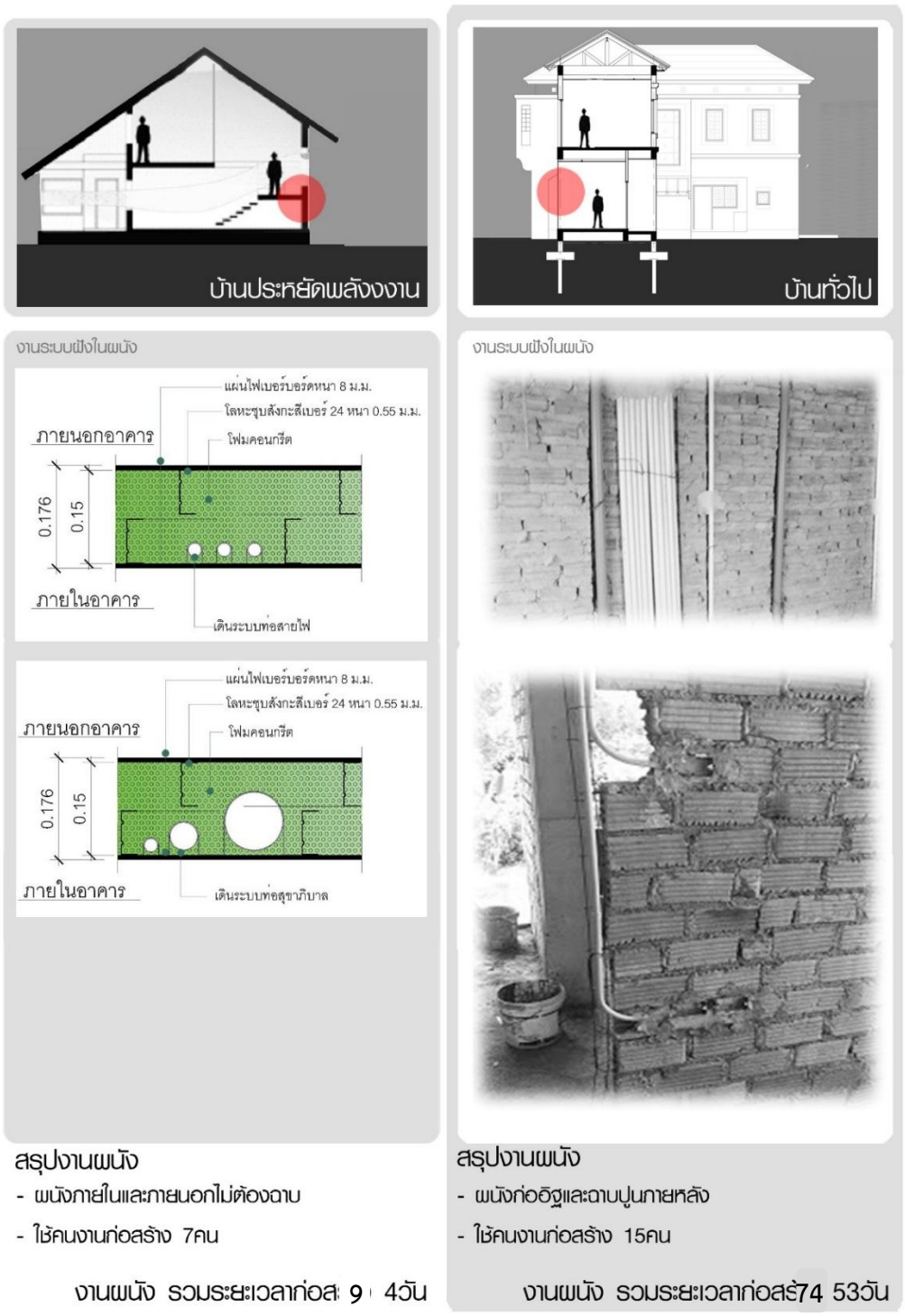



*ภาพที่ 5.4 แสดงเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน U-value = 0.07 Btu/h.ft2°F กับผนังบ้านทั่วไป U-value = 0.63 Btu/h.ft2°F*

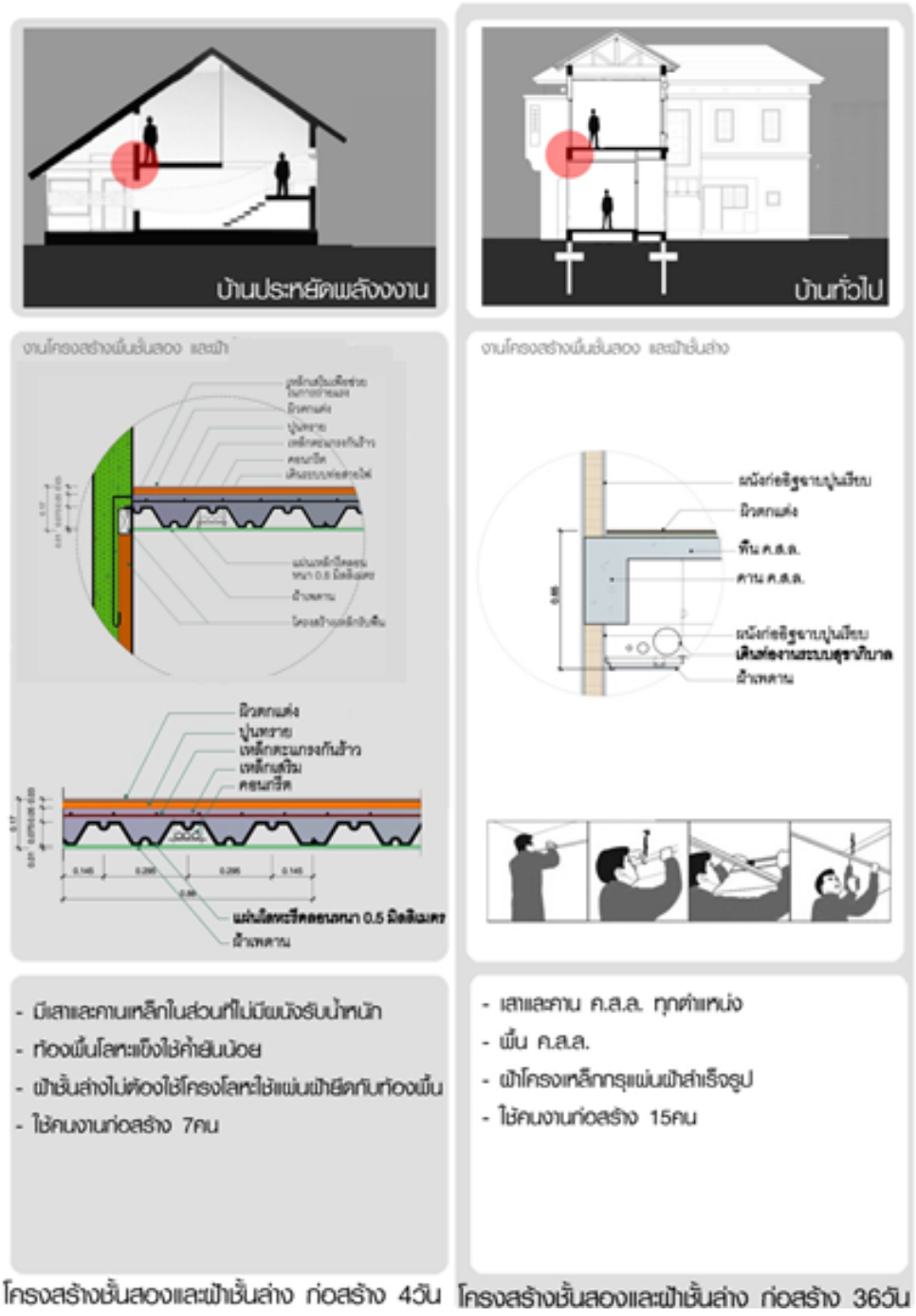
(ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังยิ่งต่ำยิ่งดี)



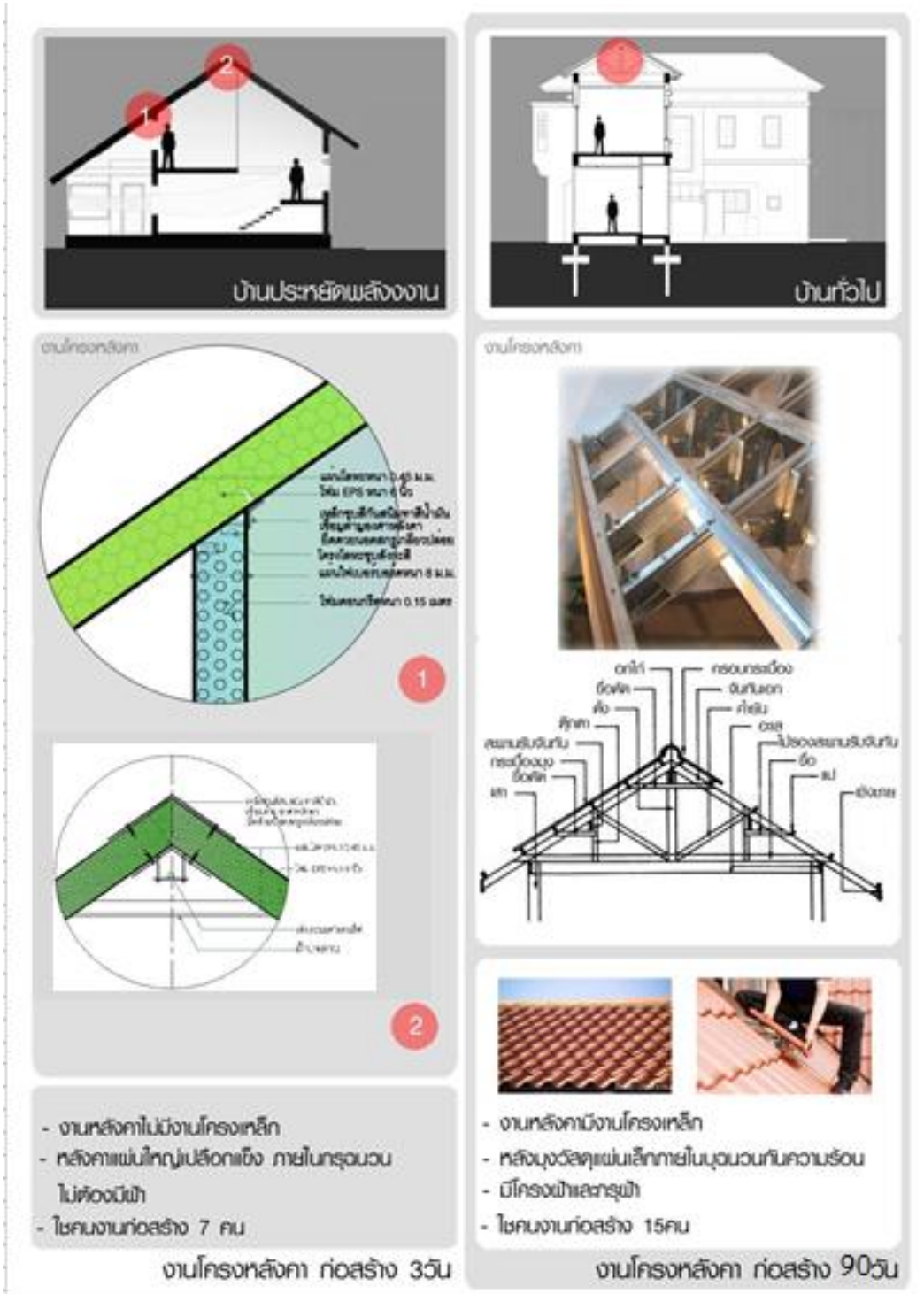

*ภาพที่ 5.5 แสดงเปรียบเทียบบ้านประหยัดพลังงานเป็นผนังระบบแห้งไม่ต้องฉาบมีฉนวนภายในไม่สะสมความร้อนไม่มีสะพานความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร กับบ้านทั่วไป เป็นระบบเปียก มีเศษวัสดุเหลือมาก มีฝุ่นมาก สะสมความร้อนในมวลสารมาก ความร้อน ความชื้นเข้าสู่ตัวอาคารมาก*




*ภาพที่ 5.6 แสดงเปรียบเทียบผนังของบ้านประหยัดพลังงานสามารถเดินงานระบบไปพร้อมๆกับงานผนังโดยไม่เสียพื้นที่ใช้สอย ใช้เวลา 9 วัน ใช้ช่าง 6 คน กับบ้านทั่วไปที่ต้องทำช่องท่อเพื่อเดินงานระบบและทำภายหลังงานผนัง ทำให้เสียพื้นที่ใช้สอยและล่าช้า ใช้เวลา 74 วัน กรณีใช้ช่าง 6คนเท่ากัน บ้านประหยัดพลังงานสร้างเร็วกว่าบ้านทั่วไป 8.22 เท่า*




*ภาพที่ 5.7แสดงเปรียบเทียบโครงสร้างพื้นชั้นบนของบ้านประหยัด ท้องแบบพื้นเป็นโลหะแข็ง ค้ำยันน้อย เสา คาน มีเฉพาะบริเวณที่ไม่มีผนังรับน้ำหนัก ฝ้าเพดานไม่ต้องมีโครง ใช้เวลาในการก่อสร้าง 73 วันใช้ช่าง 6 คน บ้านทั่วไปท้องแบบพื้นชั้นบน ค้ำยันมาก เสา คาน ทุกตำแหน่ง ฝ้าเพดานต้องมีโครง ใช้เวลาในการก่อสร้าง 90 วันในกรณีใช้ช่าง 6 คนเท่ากัน บ้านประหยัดพลังงานสร้างเร็วกว่าบ้านทั่วไป 30 เท่า*




ภาพที่ 5.8 แสดงเปรียบเทียบการก่อสร้างหลังคาของบ้านประหยัดพลังงาน เป็นแผ่นใหญ่เปลือกแข็ง ภายในกรุฉนวน กันความร้อน ความชื้น ผิวเรียบ ไม่ต้องมีโครงหลังคาไม่ต้องตีฝ้า เป็นโครงสร้างยุคใหม่ ใช้เวลาก่อสร้าง 3 วัน ใช้ช่าง 6 คน บ้านทั่วไป หลังคาเป็นวัสดุมุงขนาดเล็ก มีโครงหลังคาที่ซับซ้อน บุฉนวนภายหลัง ฝ้าเพดานต้องมีโครง ใช้เวลาก่อสร้าง 90 วัน ใช้กรณีใช้ช่าง 6 คนเท่ากัน บ้านประหยัดพลังงานสร้างเร็วกว่าบ้านทั่วไป 30 เท่า

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ผนังไฟเบอร์บอร์ดกรุโฟมคอนกรีต เป็นการผสมระหว่างโฟมกับซีเมนต์ตามอัตราส่วนที่กำหนด ซีเมนต์ที่ใช้ผสมจะต้องเป็นซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เท่านั้น เพื่อการยึดเกาะที่ดีของเม็ดโฟม

วัสดุก่อสร้างยุคใหม่ ควรคำนึงถึง การประหยัดพลังงานเป็นหลัก ลดโลกร้อน ไม่ทำลายธรรมชาติ การบำรุงรักษาต่ำ ไม่เป็นอาหารของปลวก ประกอบง่าย ไม่จำเป็นต้องใช้ช่างผู้ชำนาญก็สามารถสร้างได้ ทำอย่างไรให้การก่อสร้างบ้านหรือที่อยู่อาศัยเป็นเรื่องง่ายๆและประหยัดพลังงานหรือผลิตพลังงานเลี้ยงตนเองและช่วยประเทศชาติผลิตพลังงานเพื่อลูกหลานจะได้มีพลังงานใช้ในอนาคต



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**รายการอ้างอิง**


ณัฐภณ วัชรประทีป (2550). การศึกษาความเหมาะสมในการนำวัสดุผนังเม็ดโฟมคอนกรีต มาประยุกต์ใช้เป็นเปลือกอาคาร สำหรับบ้านพักอาศัยในภูมิอากาศร้อนชื้น. ภาควิชาสถาปัตย์ คณะสถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปริญญามหาบัญฑิต.

นฎา แสนราษฎร์ (2547). การประยุกต์ใช้การระเหยของน้ำโดยไม่เพิ่มความชื้นเพื่อลดอุณหภูมิอากาศภายในห้อง. ภาควิชาสถาปัตย์ คณะสถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปริญญามหาบัญฑิต.

รังสรรค์ วงษ์บุญ (2548). สถิติการทำงานต่อ 1 วันโดยเฉลี่ย

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ (2552). โครงการวิจัยแบบบูรณาการต่อยอดองค์ความรู้ประหยัดพลังงานสู่บ้านพอเพียง, ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานวิจัยแห่งชาติ (วช.).

ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม (2552). การเปรียบเทียบอัตราส่วนภาระการทำความเย็น Cooling load ของวัสดุผนังชนิดต่างๆ. กรุงเทพฯ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง (2554). สถิติการทำงานต่อ 1 วัน ภาควิชาวิศวกรรมโยธาคณะวิศวกรรมศาสตร์.

สุนทร บุญญาธิการ (2542). เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุนทร บุญญาธิการ (2545). การออกแบบประสานระบบ มหาวิทยาลัยชินวัตร. กรุงเทพฯ, โอเอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์.

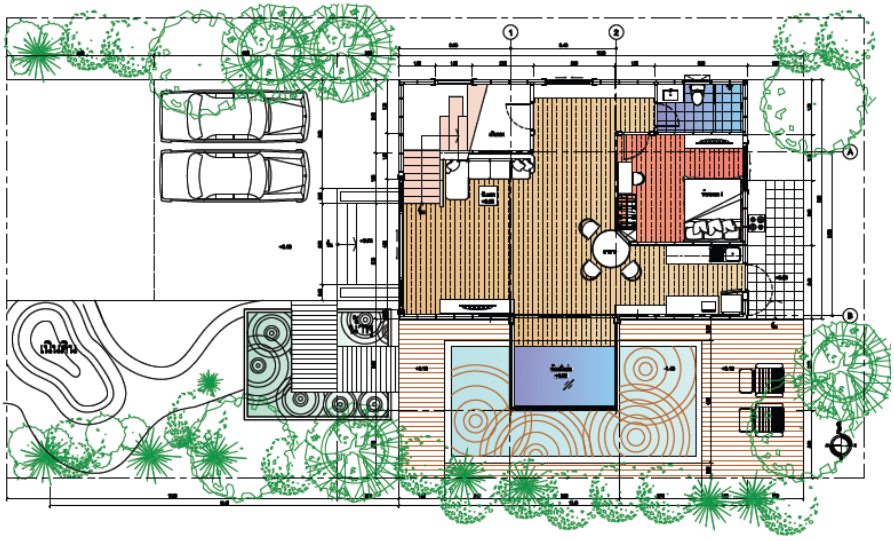
สุนทร บุญญาธิการ (2547). บ้านชีวาทิตย์ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อคุณภาพชีวิตผลิตพลังงาน. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

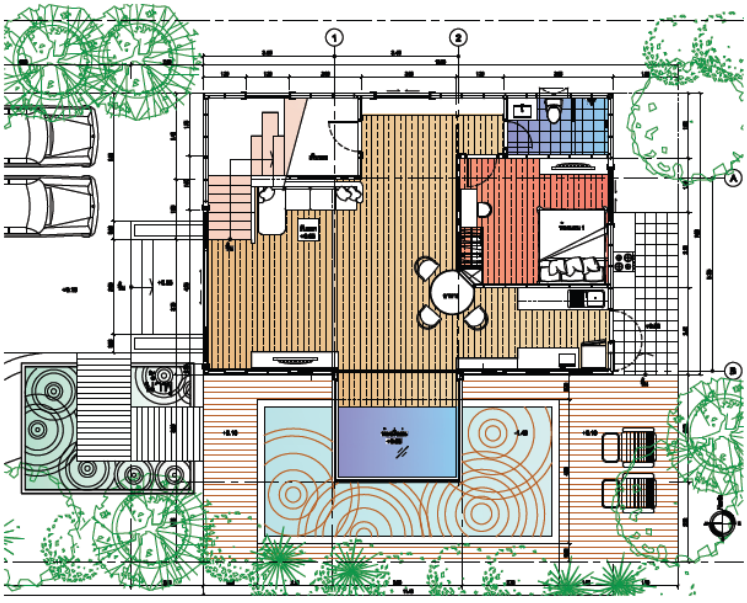
# ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

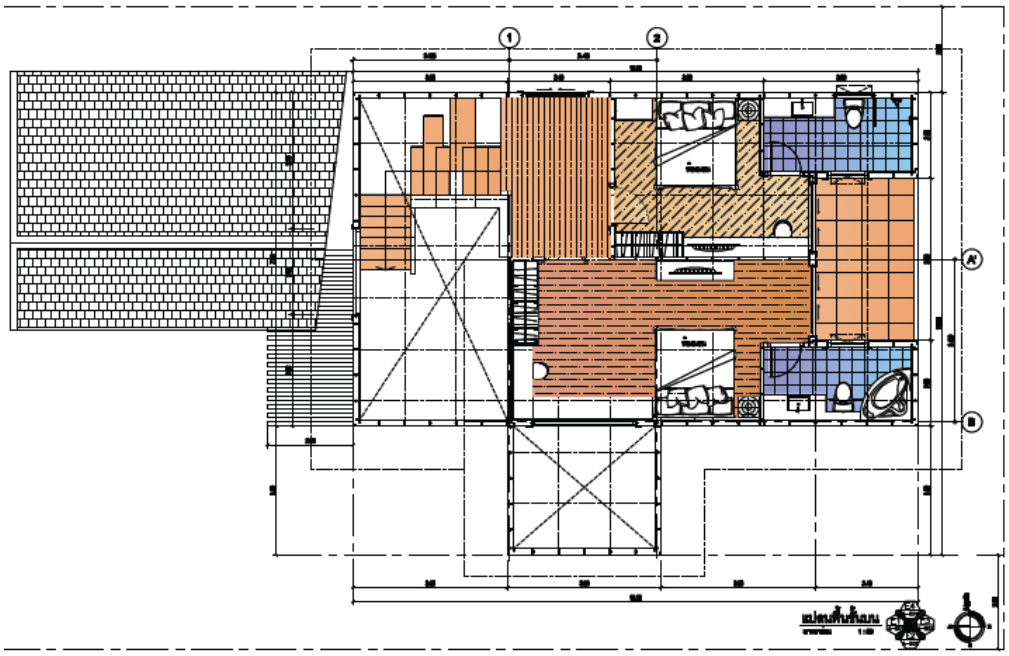
# แบบบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน



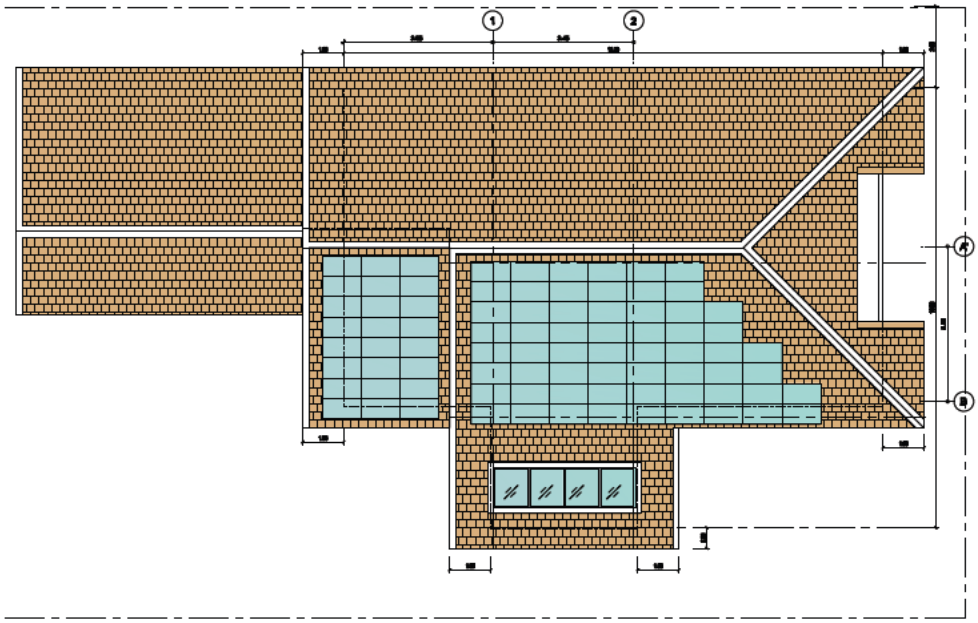
แสดงผังบริเวณของบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างด้วยแรงคน



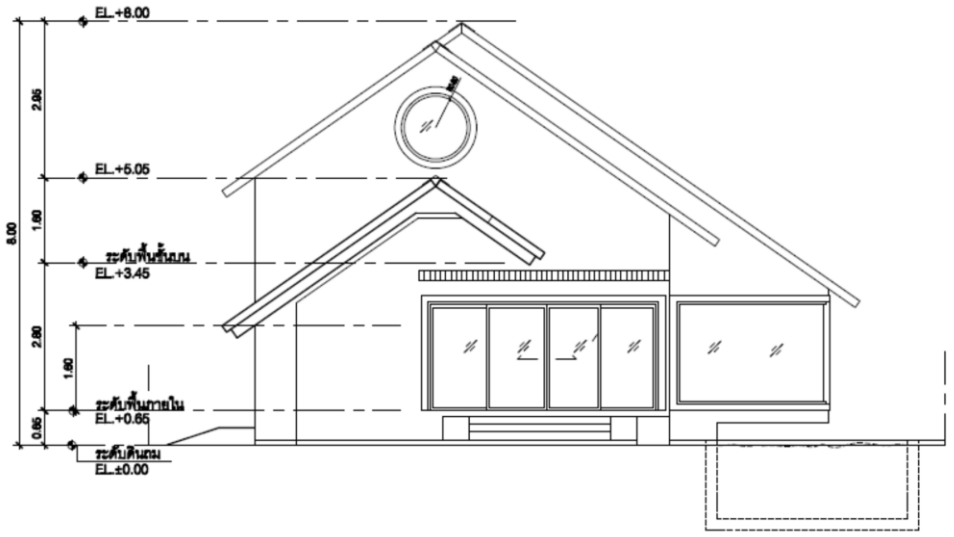
แสดงแปลนพื้นชั้นล่างของบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างด้วยแรงคนประกอบไปด้วยส่วนจอดรถที่จอดได้ 2 คัน สระว่ายน้ำ โถงรับแขกที่มีเพดานสูงให้ความรู้สึกปลอดโปร่ง ห้องกระจกสำหรับนั่งเล่นที่ยื่นออกไปยังสระว่ายน้ำ ส่วนรับประทานอาหาร ส่วนเตรียมอาหาร ครัวไทยภายนอก ห้องนอน 1ห้อง ห้องน้ำ 1 ห้อง



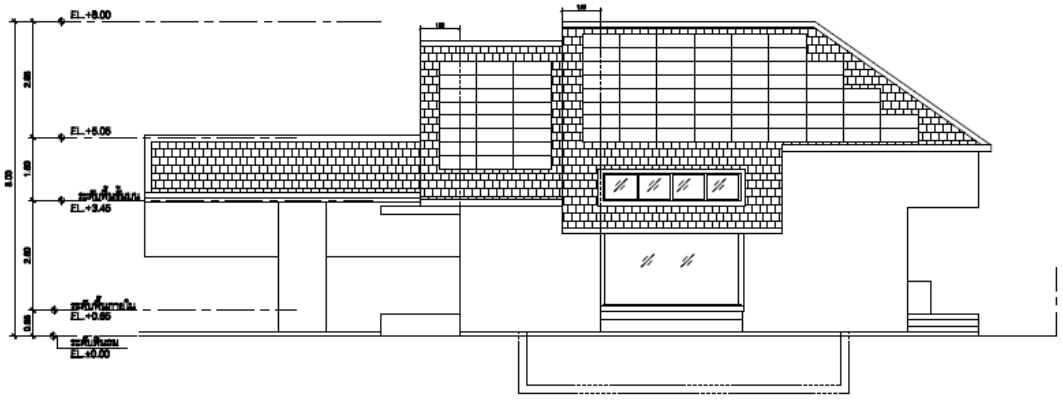
แสดงแปลนพื้นชั้นบนของบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างด้วยแรงคน ประกอบไปด้วยบันไดทางขึ้นที่ออกแบบให้มีส่วนใช้สอยเป็นมุมอ่านหนังสือ โถงเป็นมุมพักผ่อน ห้องนอนใหญ่สามารถมองลงมายังห้องนั่งเล่นชั้นล่างและสระว่ายน้ำได้ทำให้รู้สึกผ่อนคลายสบายตา มีห้องน้ำส่วนตัวและระเบียงส่วนตัว มีห้องนอนเล็กที่มีห้องน้ำส่วนตัวและระเบียงส่วนตัว



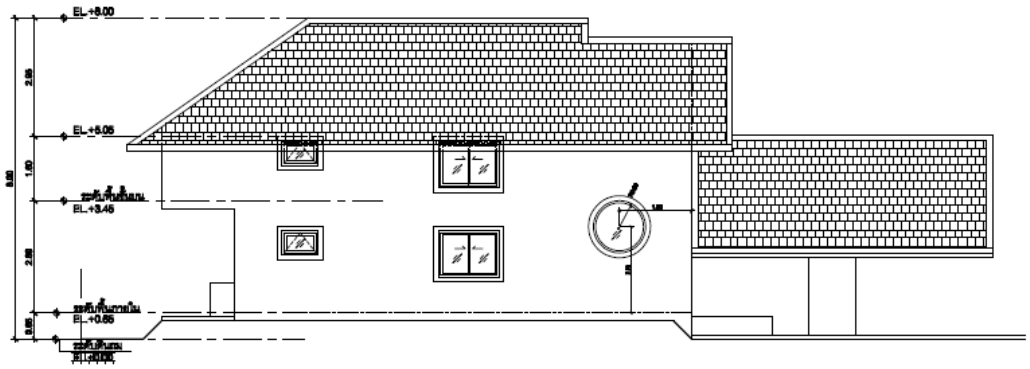
แสดงผังหลังคา หลังเอียงทางด้านทิศใต้ เอียงในองศาที่สามารถทำมุมในการรับแสงอาทิตย์ได้เป็นอย่างดีอีกทั้งยังเป็นมุมที่ความสกปรกไม่สามารถเกาะกับแผ่นโซล่าเซลล์ได้หลังคามีส่วนที่เป็นกระจกสามารถมองท้องฟ้า ดูพระจันทร์ได้อย่างมีความสุข



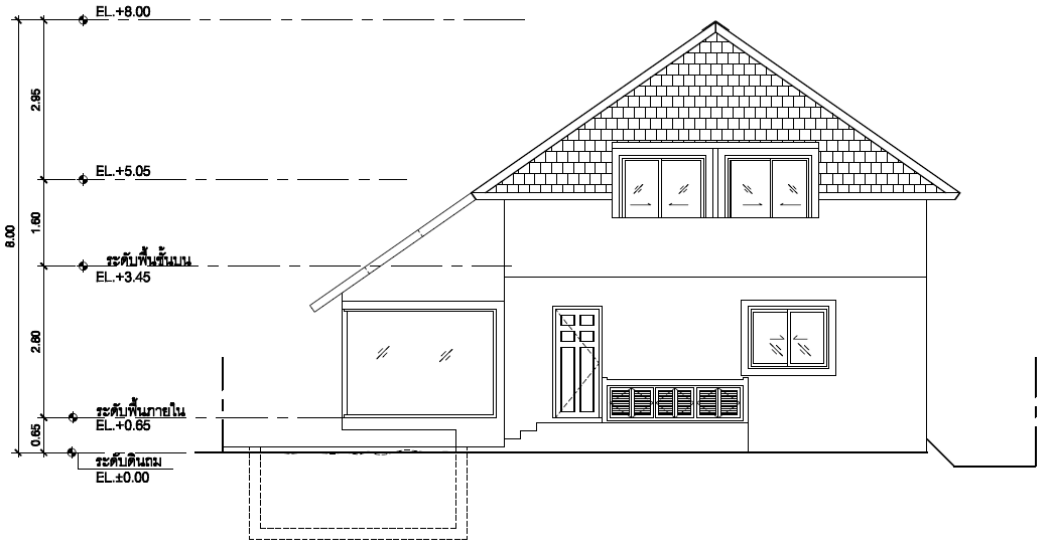

แสดงรูปด้านหน้าทางเข้าบ้านประหยัดพลังงานที่สร้างได้เร็วด้วยแรงคน เป็นบ้านที่ใช้พื้นที่เปลือกอาคารที่น้อย สามารถใช้ส่วนของห้องใต้หลังคามาเป็นส่วนหนึ่งของชั้นบน ทำให้เปลือกอาคารน้อยลงเมื่อเทียบกับพื้นที่ใช้สอย



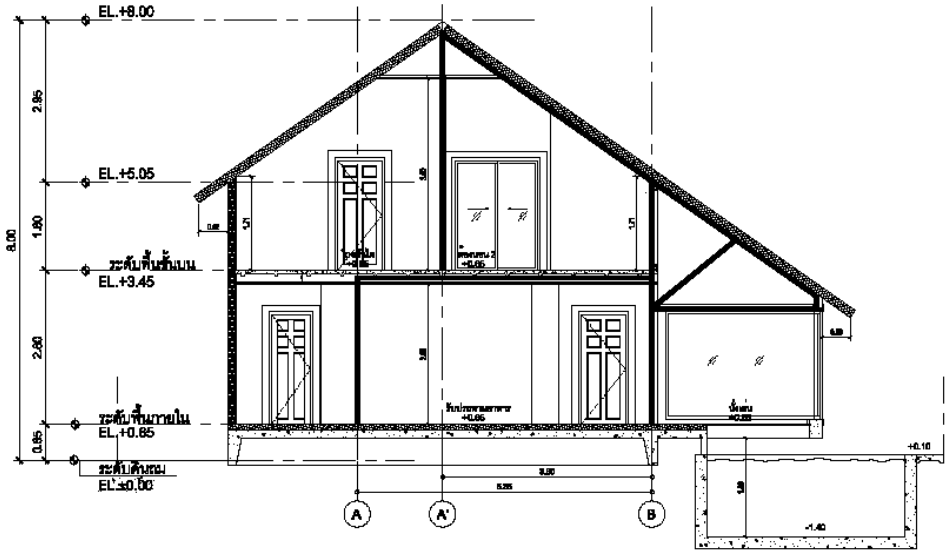

แสดงรูปด้านข้างทิศใต้ที่สามารถติดตั้งแผ่นโซล่าเซลล์รับแสงอาทิตย์ได้



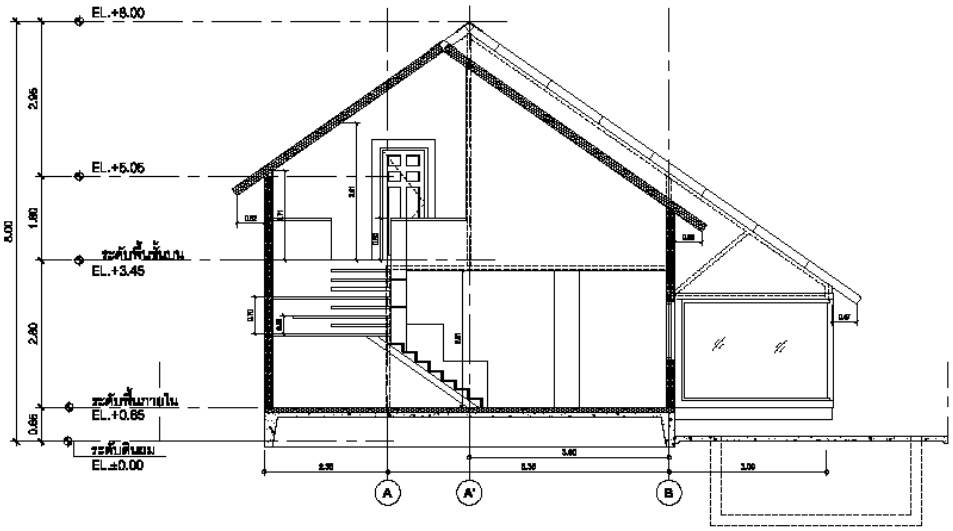
แสดงรูปด้านข้างทางทิศเหนือ ประตูและหน้าต่างเป็นวัสดุที่ไม่สะสมความร้อน กระจกเป็นกระจกกันความร้อน จึงเป็นบ้านแห่งอนาคตอีกหลังที่น่าสนใจ




แสดงรูปด้านหลังที่สามารถเห็นห้องนั่งเล่นที่ยื่นลงไปยังสระว่ายน้ำและครัวไทยที่อยู่ภายนอกบ้าน ชั้นบนมีระเบียงที่ยื่นออกมาเพื่อกันแสงแดดโดนผนังชั้นล่างและประตูระเบียง ทำให้ได้รับแสงแต่ไม่รับความร้อนเข้าสู่ตัวบ้าน

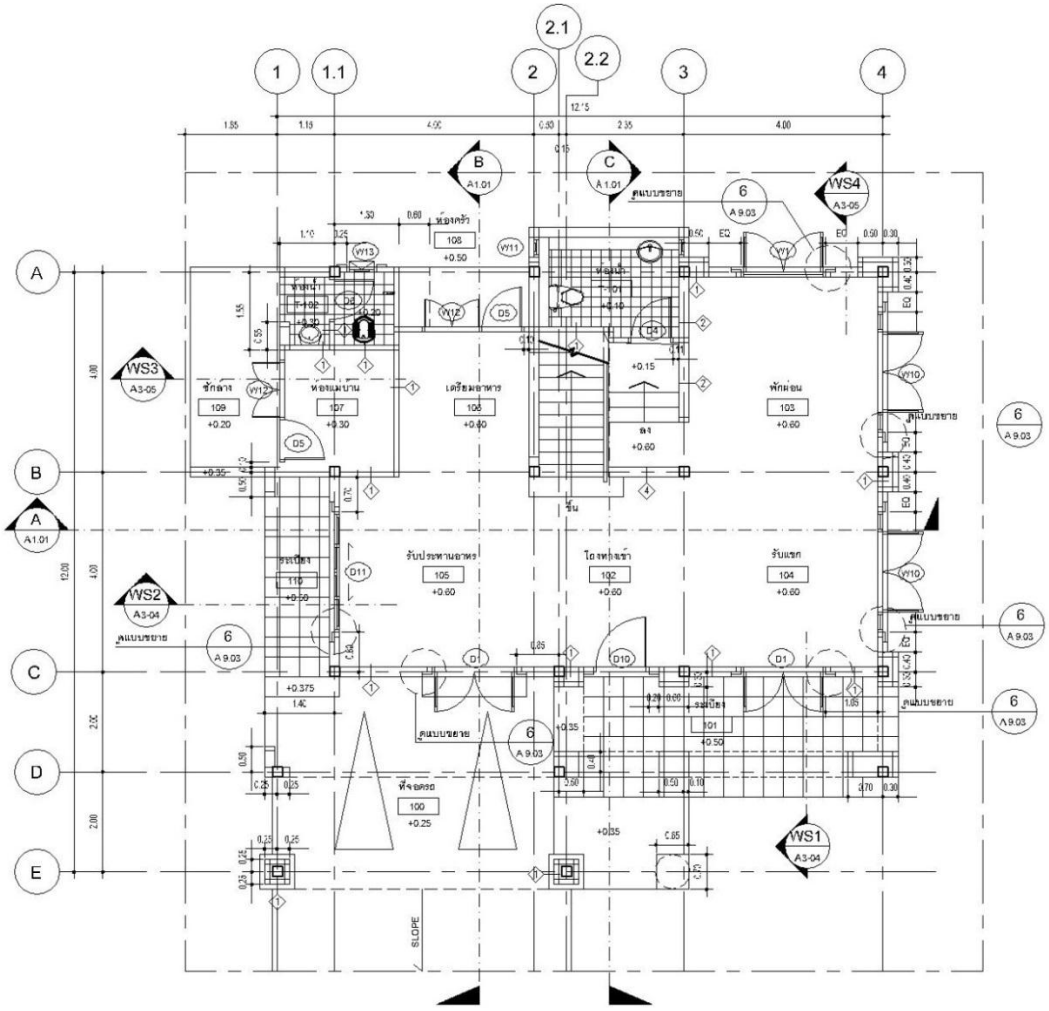



แสดงรูปตัดที่วิเคราะห์การติดตั้งโครงสร้างเหล็กบางส่วนเพื่อช่วยในการรับน้ำหนัก

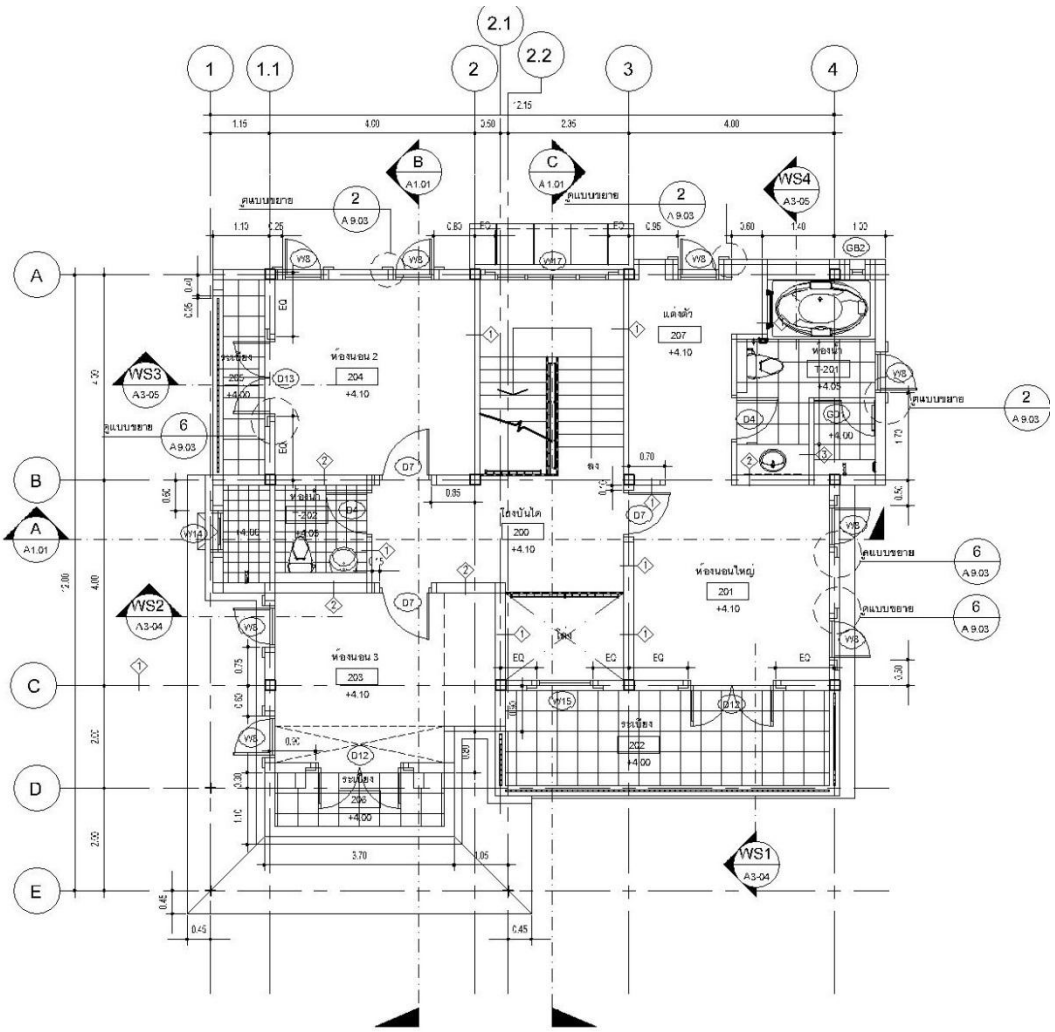



แสดงรูปตัดส่วนโถงรับแขกที่มีเพดานสูงถึงหลังคาและพื้นที่บันไดที่ออกแบบให้เป็นมุมอ่านหนังสือเป็นพื้นที่ใช้สอยอย่างอื่นร่วมด้วย นับว่าได้ใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าจริงๆ

แบบบ้านทั่วไป

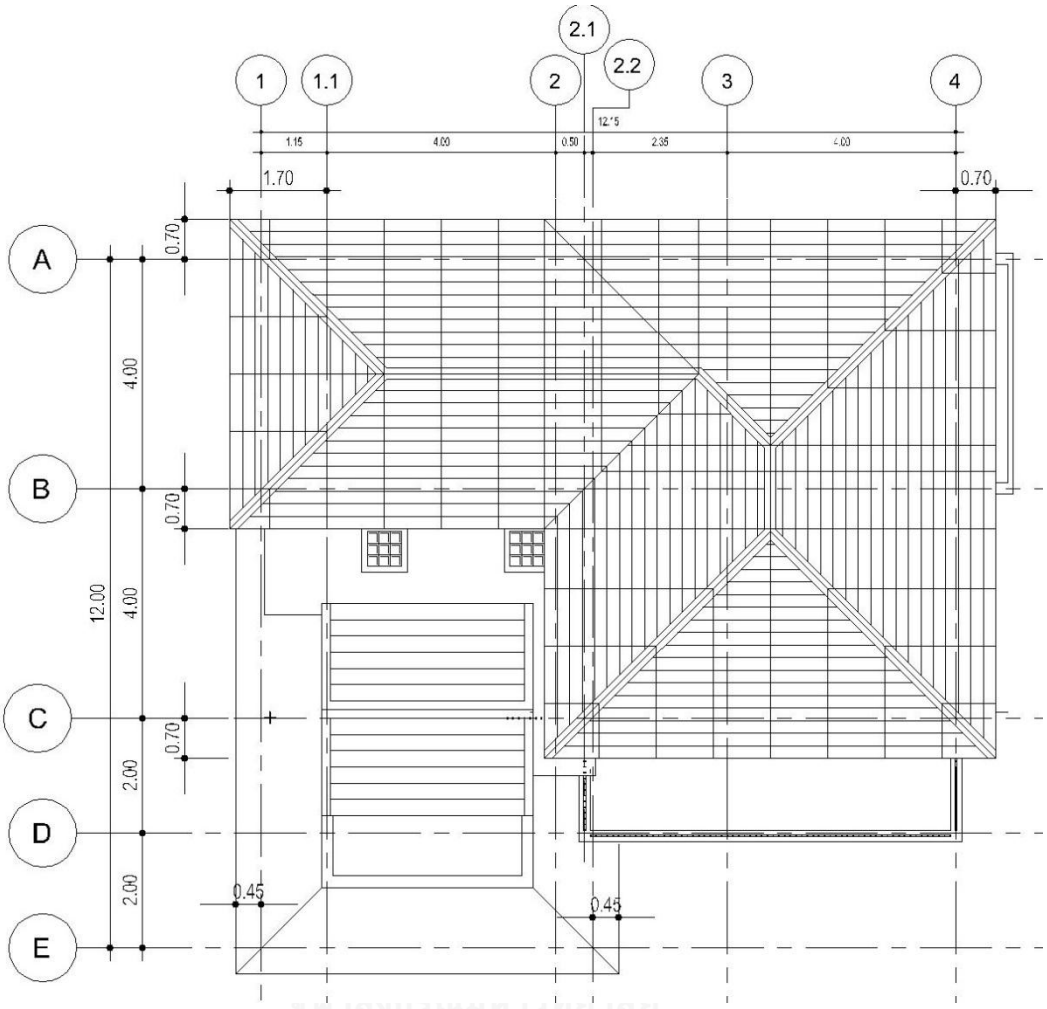



แสดงแปลนพื้นชั้นที่ 1 ของบ้าทั่วไป ประกอบไปด้วยส่วนจอดรถที่จอดได้ 2 คัน โถงทางเข้า รับแขก พักผ่อน เตรียมอาหาร ห้องแม่บ้าน ซักรีด เก็บของ ห้องน้ำ 2 ห้อง



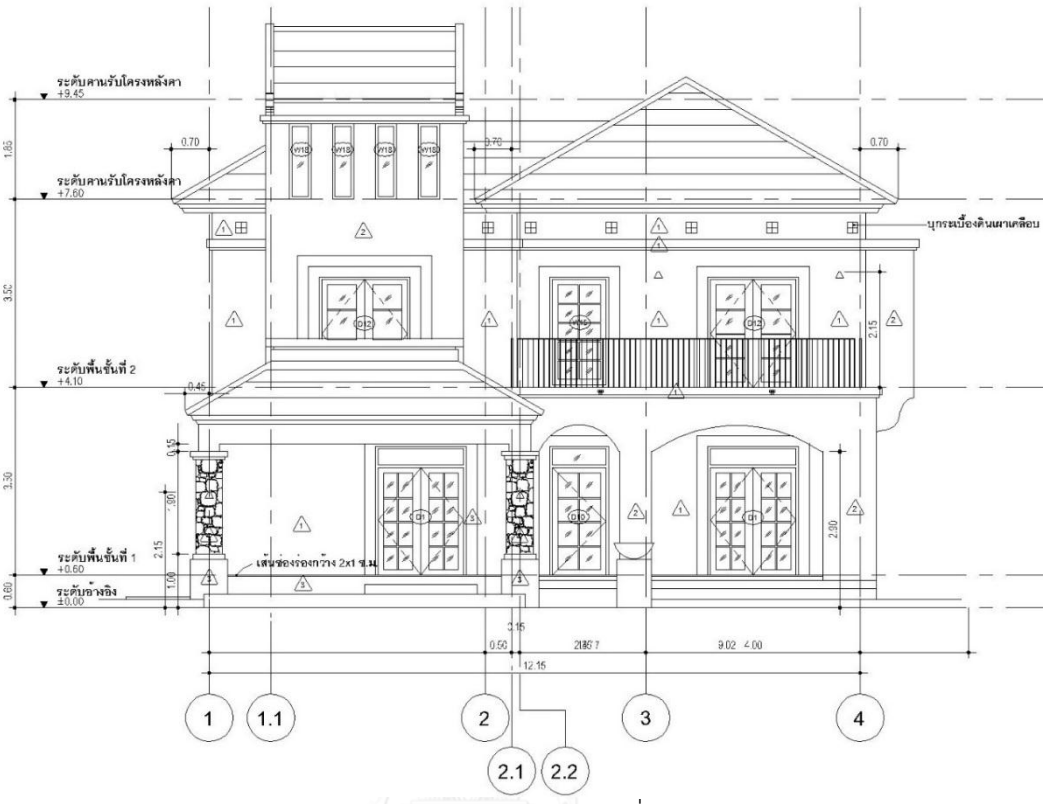

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงแปลนพื้นชั้นที่ 2 ของบ้าทั่วไป ประกอบไปด้วยส่วนห้องนอน 3 ห้อง ห้องน้ำ 3 ห้อง ระเบียง

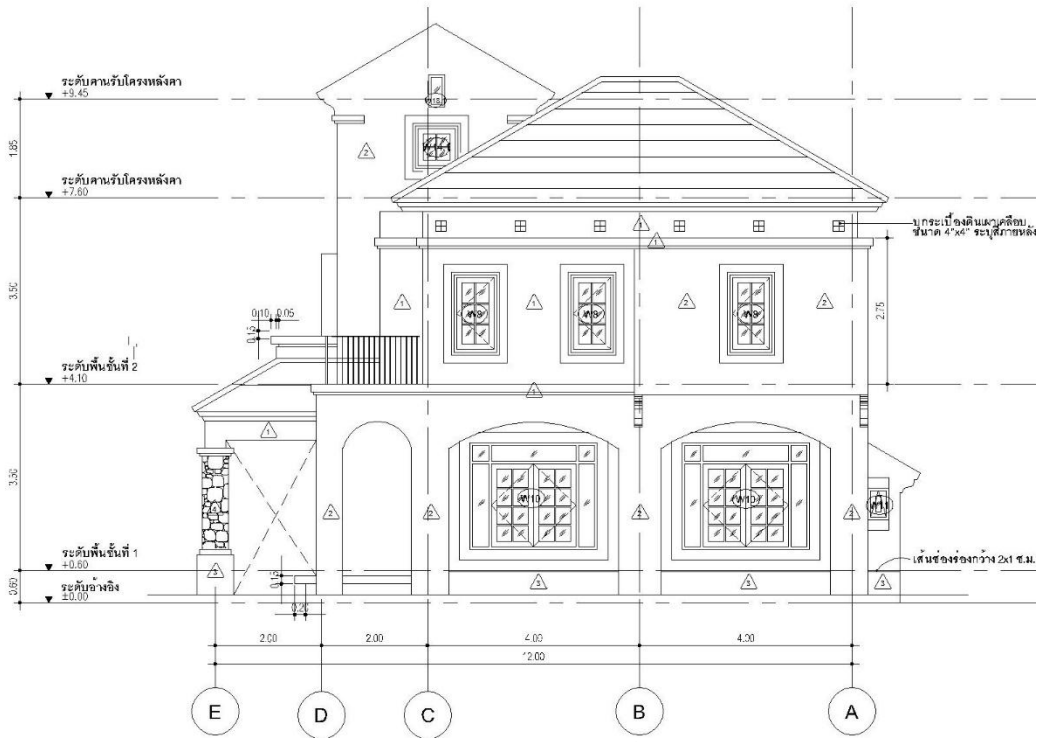



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

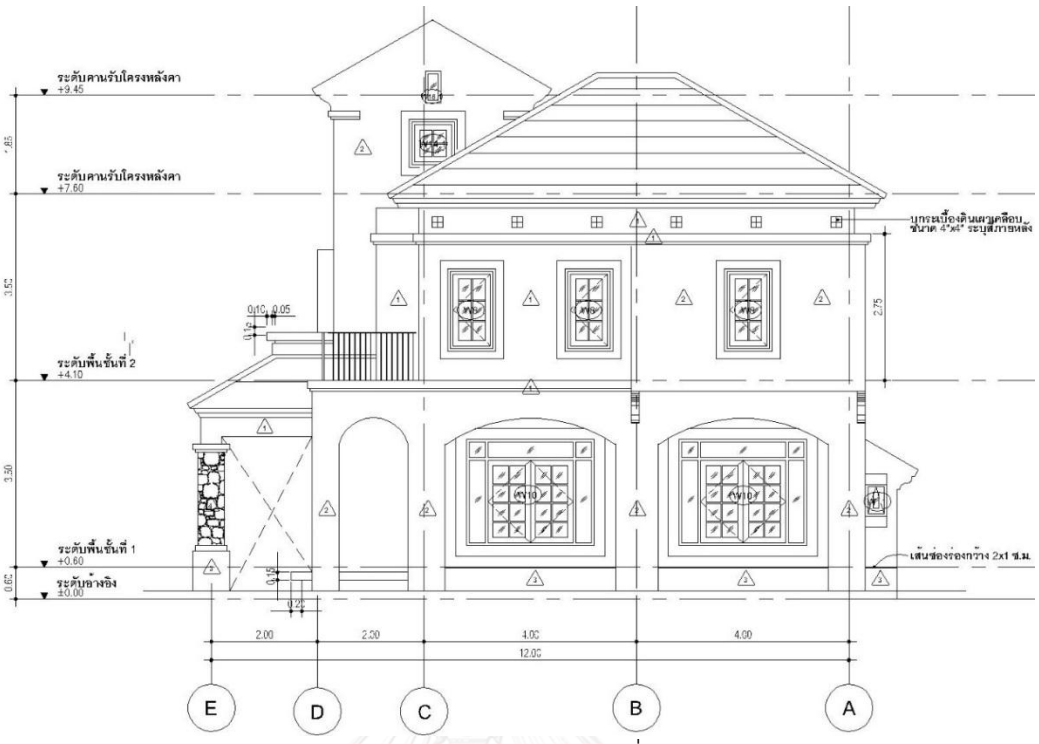
แสดงผังหลังคา ของบ้าทั่วไป



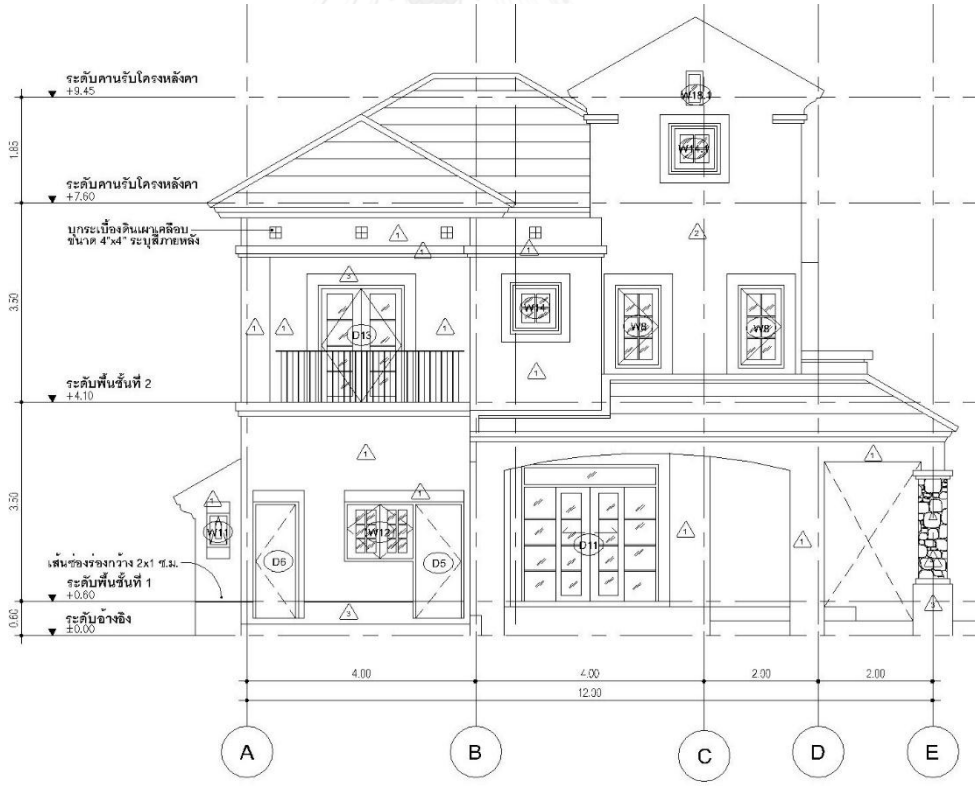

แสดงรูปด้านหน้า ของบ้าทั่วไป



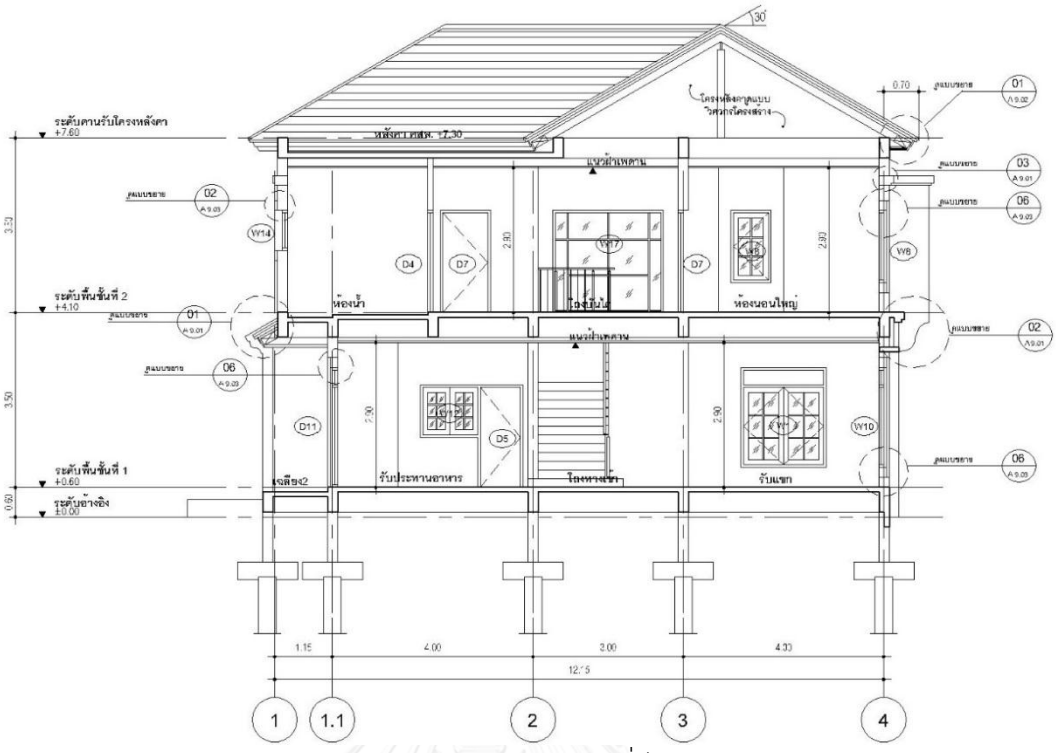

แสดงรูปด้านข้าง ของบ้าทั่วไป



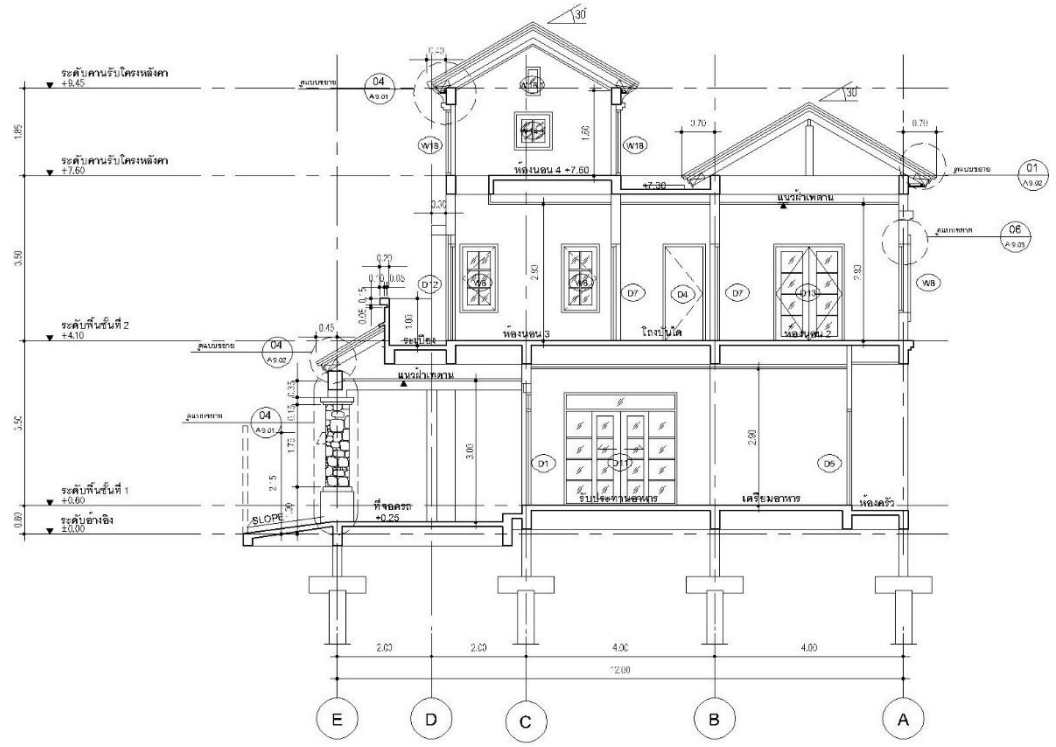

แสดงรูปด้านหลัง ของบ้าทั่วไป



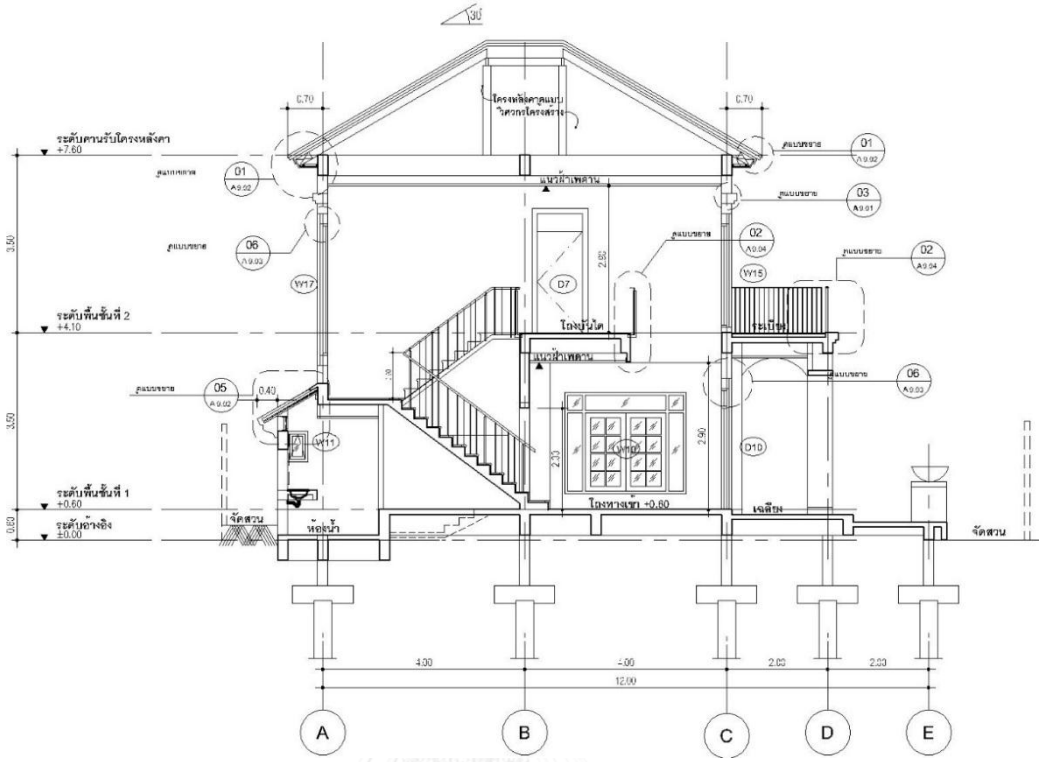

แสดงรูปด้านข้าง ของบ้าทั่วไป




แสดงรูปตัด A ของบ้านทั่วไป




แสดงรูปตัด B ของบ้านทั่วไป




แสดงรูปตัด C ของบ้านทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวลักขณา เล็กแหลมหลัก เกิดวันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ. 2510 สำเร็จการศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในปีการศึกษา 2551

ปัจจุบันทำงานในตำแหน่ง สถาปนิกอิสระ และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University