การพัฒนาเทคนิคการก่อสร้างและระบบโครงสร้างบ้านพอเพียง

นาย ปราการ ภูมิผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION TECHNIQUES AND STRUCTURAL SYSTEM SUFFICIENT HOUSE

Mr. Prakarn Phumiphol

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Architecture

Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเทคนิคการก่อสร้างและระบบโครงสร้างบ้านพอเพียง
โดย	นาย ปราการ ภูมิผล
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร ชวลิต นิตยะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ นพรัตน์ รุ่งอุทัยศิริ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปราการ ภูมิผล : การพัฒนาเทคนิคการก่อสร้างและระบบโครงสร้างบ้านพอเพียง. (DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION TECHNIQUES AND STRUCTURAL SYSTEM SUFFICIENT HOUSE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, 127 หน้า.

การก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานในปัจจุบันยังคงมีต้นทุนในการก่อสร้างสูง โครงการวิจัยแบบบูรณาการต่อยอดองค์ความรู้ประหยัดพลังงานสู่บ้านพอเพียง โดยศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อมคณะสถาปัตยกรรมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การสร้างบ้านพอเพียง ต้นแบบโดยใช้เทคนิคการออกแบบและระบบก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบาเป็นระบบผนังรับน้ำหนัก โดยใช้วัสดุโฟมคอนกรีต หนา 8 นิ้วทำให้มีน้ำหนักน้อยกว่าบ้านทั่วไปถึง 4 เท่า วัสดุก่อสร้างเป็น Single material วัสดุเป็นเม็ดโฟมคอนกรีต การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบ้านประหยัดพลังงานยุคใหม่ ที่มีระยะเวลาและงบประมาณในการก่อสร้างลดลง แต่ยังคงประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงาน ผลจากการวิจัยพบว่า

1.ระยะเวลาในการก่อสร้างบ้านพอเพียงประมาณ 3 เดือนจาก

-การใช้เทคนิคก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา

-การลดขั้นตอนการก่อสร้างด้วยการผสมผสานงานระบบไฟฟ้า งานระบบปรับอากาศ งานสุขาภิบาล งานระบบสื่อสารพร้อมกับงานวิศวกรรมโครงสร้าง

-รูปแบบอาคารและการออกแบบวางแผนขั้นตอนการก่อสร้างจาก Construction Details

2.ลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างลงร้อยละ 48 ของค่าก่อสร้างต่อตารางเมตรพื้นที่ใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านทั่วไป

-ระยะเวลาในการก่อสร้างลดลง

-ลดวัสดุสิ้นเปลืองด้วยการใช้วัสดุเดียว (Single material) สามารถรีไซเคิลวัสดุในพื้นที่ก่อสร้างได้

-การพัฒนาการออกแบบรูปทรงและโครงสร้างที่ใช้ขนาดวัสดุมาตรฐานจึงลดปริมาณวัสดุและงบประมาณ

-การลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย

3.ประหยัดพลังงานมากกว่าบ้านทั่วไป 3 เท่าจาก

-การเลือกใช้วัสดุที่กันความร้อนความชื้นได้ดีและมีค่าการจุความร้อนน้อย

-อัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยน้อยทำให้ลดภาระการทำความเย็นของบ้าน

เทคนิคการออกแบบสามารถพัฒนารูปแบบของบ้านต่อไปได้โดยพัฒนาการผสมผสานงานระบบไฟฟ้า งานระบบปรับอากาศ งานสุขาภิบาล งานระบบสื่อสารพร้อมกับระบบวิศวกรรมโครงสร้าง

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2552 .....

5174130625 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : CONSTRUCTION TECHNIQUES / STRUCTURAL INTEGRATION / SIGLE MATERAIL

PRAKARN PHUMIPHOL : DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION TECHNIQUES AND STRUCTURAL SYSTEM SUFFICIENT HOUSE. ADVISOR : ASSOC.PROF.VORASUN BURANAKARN, 127 pp.

Based on knowledge contained in our integrated research project on construction of an Sufficient house, a prototype was built using a weight-bearing wall system. The walls, which are made of 8-inch-thick foam cement block which is, four times less than traditional brick walls. The Sufficient house was constructed using a single material.

The purpose of this study was to Integrate and develop construction techniques with structural system to reduce the costs and duration of construction. Five houses were built to test and collect data of: construction steps, techniques, duration and costs. It was found that:

1. Sufficient house can be built within 3 months using techniques as:
   - Combine construction process of structure, sanitary, air-condition and electricity.
   - Use of light weight semi-fabricated materials (Foam cement Block).
2. Reduce construction budget 48 percents compared to convention house with techniques as :
   - Combine wall system of structure with Architecture element, wiring system, air-conditions duct, and sanitary pipes.
   - Onsite recycle and use foam cement material to plaster wall panels.
3. Sufficient house reduces energy consumption more than 3 times compared to convention house by :
   - Using insulation of building envelop with moisture protection and less thermal sink.
   - Reducing building envelop area to reduce thermal transfer area.

Department : Architecture Student's Signature .....

Field of Study : Architecture Advisor's Signature .....

Academic Year : 2009

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ ที่ให้โอกาสและให้อภัยเสมอมา ให้คำปรึกษาได้ทุกเรื่อง ทุกปัญหา ให้ความรู้ แนวความคิด และปรัชญาสู่ความสำเร็จทั้งการเรียนและการดำเนินชีวิต ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ที่ให้คำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฎ
สารบัญรูป..... ฐ
สารบัญแผนภูมิ..... ณ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย..... 5
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม..... 6
2.1 ข้อควรที่จะพิจารณาในการออกแบบอาคาร..... 6
2.1.1 ด้านประสิทธิภาพหรือระดับมาตรฐาน..... 6
2.1.2 ด้านความงดงาม..... 6
2.1.3 กฎหมายควบคุมอาคาร..... 6
2.1.4 การพิจารณางบประมาณการก่อสร้างอาคาร..... 7
2.1.5 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม..... 7
2.1.6 การปฏิบัติงานก่อสร้าง..... 7
2.2 รูปแบบและโครงสร้างอาคาร..... 8
2.2.1 ระบบโครงสร้างอาคาร..... 8
2.2.2 ระบบปิดของอาคาร..... 9
2.2.3 งานระบบในอาคาร..... 10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.4 น้ำหนักของโครงสร้างอาคาร..... 10
2.2.5 น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่ออาคาร 10
2.2.6 แรงกระทำต่อโครงสร้าง..... 13
2.2.7 ความสมดุลของโครงสร้าง..... 15
2.3 ส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในอาคาร..... 18
2.3.1 ฐานราก..... 18
2.3.2 พื้นคอนกรีตวางบนดิน..... 20
2.3.3 เสา..... 21
2.3.4 คาน..... 23
2.3.5 พื้น..... 23
2.3.6 โครงถัก..... 24
2.3.7 โครงกรอบอาคารและผนัง..... 25
2.3.8 ข้อต่อหรือรอยต่อของโครงสร้าง..... 26
2.4 การออกแบบประสานระบบในอาคาร..... 29
2.4.1 กลุ่มงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบประสานระบบ..... 29
2.4.2 บทสรุปของการการออกแบบประสานระบบ..... 30
2.5 การบริหารและการจัดการโครงการ..... 31
2.5.1 ความหมายของการจัดการโครงการ..... 31
2.5.2 องค์ประกอบของราคาค่าก่อสร้าง..... 31
2.5.3 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มักพบในงานก่อสร้าง 32
2.6 การควบคุมงานก่อสร้าง..... 35
2.6.1 การควบคุมคุณภาพ..... 35
2.6.2 ค่าใช้จ่ายในการควบคุมคุณภาพ..... 37
2.6.3 การควบคุมความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง..... 38
2.6.4 การทำกำหนดเวลาโดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยสุด..... 41
2.7 การปรับปรุงผลผลิตงานก่อสร้าง..... 43
2.7.1 ปัจจัยที่มีอิทธิผลต่ออัตราผลผลิตงานก่อสร้าง..... 43
2.7.2 การลดเวลาไร้ประสิทธิผลในกิจกรรมก่อสร้าง..... 45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7.3 การปรับปรุงผลผลิตงานก่อสร้างด้วยการพัฒนาวิธีการก่อสร้าง..... 47
2.7.4 การปรับปรุงผลผลิตงานก่อสร้างจากการจูงใจให้ทำงาน..... 49
2.8 ปริมาณและราคาวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง..... 51
2.9 ระยะเวลาในการก่อสร้าง..... 53
2.10 การคิดค่าใช้จ่ายโดยรวมเทียบเท่ามูลค่าปัจจุบัน..... 53
2.10.1 การเทียบเท่ามูลค่าปัจจุบัน..... 53
2.10.2 การวัดในรูปของอัตราเงินเฟ้อทั่วไป 54
2.10.3 การคิดค่าเสื่อมราคาของบ้านพักอาศัย 55
2.11 แนวทางการออกแบบบ้านพอเพียง..... 56
2.11.1 การลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย..... 57
2.11.2 การใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูป 58
2.11.3 แนวคิดในการพัฒนาการออกแบบรูปทรงและโครงสร้างบ้านพอเพียง... 59
2.11.4 การใช้วัสดุเดียว..... 60
2.11.5 การใช้วัสดุโฟมคอนกรีตเป็นองค์ประกอบโครงสร้างบ้านพอเพียง..... 61
2.11.6 การเลือกใช้กระจก 65
2.11.7 การใช้แสงในบ้าน 67
2.11.8 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร..... 68
2.12 สรุปตัวแปรที่เกี่ยวข้อง..... 70
2.12.1 ระยะเวลาการก่อสร้าง..... 70
2.12.2 สรุปค่าใช้จ่ายในการสร้างบ้านทั่วไปและบ้านพอเพียง..... 70
2.12.3 สรุปเทคนิคการก่อสร้างบ้านพอเพียง..... 71
2.12.4 สรุปแนวทางการลดพลังงานไฟฟ้า..... 72
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 73
3.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษา..... 73
3.1.1 ระยะเวลาการก่อสร้าง..... 73
3.1.2 ค่าใช้จ่าย..... 73
3.1.3 เทคนิคการก่อสร้างบ้านพอเพียง..... 73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 74
3.2.1 กำหนดอาคารตัวอย่าง..... 74
3.2.2 เก็บข้อมูล..... 74
3.2.3 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปร..... 74
3.2.4 กำหนดเทคนิคการก่อสร้างและออกแบบตามแนวคิด..... 75
3.2.5 ประเมินผลจาก Bill of Quality และการก่อสร้างจริง..... 75
บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 76
4.1 การศึกษาและการเก็บข้อมูล..... 76
4.1.1 World Alternative Energy Sciences Expo..... 76
4.1.2 บ้านคุณปิยะฉัตร เพียรชอบธรรม เลขที่ 129/4 หมู่บ้านกำแพงแสน กรีนแลนด์ ตำบลวังน้ำเขียว อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม..... 78
4.1.3 บ้านคุณพันธ์ศักดิ์ มุสิกเจริญ 44/2 ซอยศุภนิมิตร ถนนพุทธมณฑล สาย 2 แขวงบางพรม เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร..... 80
4.1.4 มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ศูนย์บางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา..... 82
4.1.5 บ้าน พล.ต.ยอดยุทธ บุญญาธิการ ซอยสินพัฒนา แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร..... 84
4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวม..... 86
4.2.1 World Alternative Energy Sciences Expo..... 86
4.2.2 บ้านคุณปิยะฉัตร เพียรชอบธรรม เลขที่ 129/4 หมู่บ้านกำแพงแสน กรีนแลนด์ ตำบลวังน้ำเขียว อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม..... 87
4.2.3 บ้านคุณพันธ์ศักดิ์ มุสิกเจริญ 44/2 ซอยศุภนิมิตร ถนนพุทธมณฑล สาย 2 แขวงบางพรม เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร..... 88
4.2.4 มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ศูนย์บางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา..... 89
4.2.5 บ้าน พล.ต.ยอดยุทธ บุญญาธิการ ซอยสินพัฒนา แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร..... 90
4.3 สรุประยะเวลา ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและระบบโครงสร้าง..... 91
4.4 วิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงานบ้านพอเพียง..... 91
4.4.1 หลังคา..... 92

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.2 เปลือกอาคาร..... 93
4.5 กำหนดเทคนิคการก่อสร้างและออกแบบตามแนวคิด……..…… 95
4.5.1 นำผลการวิจัยมาออกแบบบ้านพอเพียงต้นแบบ..... 95
4.5.2 กำหนดเทคนิคและขั้นตอนการก่อสร้าง..... 97
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 108
5.1 สรุปผลการประเมินหลังการพัฒนาเทคนิคและวิธีการก่อสร้าง……..... 108
5.1.1 บ้านพอเพียงต้นแบบ.....…… 108
5.1.2 สรุปรายการค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างของโครงการบ้านพอเพียงต้นแบบ... 110
5.1.3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโดยแยกเป็นหมวดงาน..... 111
5.2 สรุประยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างบ้านทั่วไปและบ้านพอเพียงต้นแบบ.... 112
5.3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมของบ้านพอเพียงต้นแบบและบ้านทั่วไป 113
5.4 สรุปผลการวิจัย..... 114
5.5 ข้อเสนอแนะ..... 114
รายการอ้างอิง..... 115
ภาคผนวก..... 122
สถิติการทำงานของแรงงานต่อวัน..... 123
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 127

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของสิ่งจูงใจให้ทำงานในประเทศไทยกับประเทศอื่นๆ..... 49

ตารางที่ 2-2 สิ่งจูงใจ และสิ่งบั่นทอนกำลังใจให้ทำงานของคนงานก่อสร้าง..... 50

ตารางที่ 2-3 ค่า Factor F งานก่อสร้างอาคาร วันที่ 23 มิถุนายน 2550 เงินล่วงหน้า 0%, เงินประกันผลงานหัก 0%, ดอกเบี้ยเงินกู้ 7% ต่อปี และค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7%..... 52

ตารางที่ 2-4 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ปี พ.ศ.2543-2551..... 54

ตารางที่ 2-5 อัตราค่าจ้างขั้นต่ำในกรุงเทพมหานคร, นครปฐม, ปทุมธานี, นนทบุรี,สมุทรสาคร และสมุทรปราการ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2533 - 2551 ตามประกาศของกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม..... 55

ตารางที่ 2-6 แสดงคุณสมบัติของผนังเม็ดโฟมคอนกรีต..... 62

ตารางที่ 2-7 แสดงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาการก่อสร้าง..... 70

ตารางที่ 2-8 แสดงสรุปค่าใช้จ่ายในการสร้างบ้านทั่วไปและบ้านพอเพียง..... 70

ตารางที่ 4-1 แสดงรายการค่าวัสดุและค่าแรงงานของโครงการบ้าน World Alternative Energy Sciences Expo 2009..... 77

ตารางที่ 4-2 แสดงรายการค่าวัสดุและค่าแรงงานของบ้าน คุณปิยะฉัตร เพียรชอบธรรม... 79

ตารางที่ 4-3 แสดงรายการค่าวัสดุและค่าแรงงานของบ้าน คุณพันธ์ศักดิ์ มุสิกเจริญ..... 81

ตารางที่ 4-4 แสดงรายการค่าวัสดุและค่าแรงงานของบ้าน มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ศูนย์บางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา..... 83

ตารางที่ 4-5 แสดงรายการค่าวัสดุและค่าแรงงานของบ้าน พล.ต.ยอดยุทธ บุญญาธิการ... 85

ตารางที่ 4-6 สรุประยะเวลา ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและระบบโครงสร้าง..... 91

ตารางที่ 5-1 แสดงรายการค่าวัสดุและค่าแรงงานของโครงการบ้านพอเพียงต้นแบบ..... 109

ตารางที่ 5-2 แสดงระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างบ้านทั่วไปและบ้านพอเพียงต้นแบบ 112

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1-1	แสดงความต้องการบ้านประหยัดพลังงานยุคใหม่ของผู้มีรายได้ปานกลาง.....	2
ภาพที่ 1-2	วิธีดำเนินการวิจัย.....	5
ภาพที่ 2-1	แสดงโครงสร้างส่วนต่างๆของอาคาร……	8
ภาพที่ 2-2	แสดงระบบเปลือกอาคาร.....	9
ภาพที่ 2-3	แสดงน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่ออาคาร…….....	11
ภาพที่ 2-4	แสดงแรงลมที่กระทำต่ออาคาร…….	12
ภาพที่ 2-5	แสดงแรงที่กระทำต่ออาคาร……..	13
ภาพที่ 2-6	แสดงแรงที่เกิดขึ้นในแนวดิ่ง.....	15
ภาพที่ 2-7	แสดงผลรวมของโมเมนต์รอบจุดใด ๆ.....	16
ภาพที่ 2-8	แสดงแรงกระทำและแรงปฏิกิริยา……..	16
ภาพที่ 2-9	แสดงรูป Free-Body Diagram……	17
ภาพที่ 2-10	แสดงการถ่ายเทน้ำหนักของอาคาร……..	18
ภาพที่ 2-11	แสดงพื้นที่เคิร์น……	21
ภาพที่ 2-12	แสดงการโก่งเดาะ.....	22
ภาพที่ 2-13	แสดงสัดส่วนหน้าตัดต่อความยาว ……..	22
ภาพที่ 2-14	แสดงแรงที่กระทำต่อคาน……..	23
ภาพที่ 2-15	แสดงแรงที่กระทำต่อโครงกรอบอาคารและผนัง……...	25
ภาพที่ 2-16	แสดงกำแพงรับแรง……	26
ภาพที่ 2-17	แสดงลักษณะของข้อต่อแบบหมุนและข้อต่อแบบแข็งหรอยึดแน่นตามลำดับ..	27
ภาพที่ 2-18	แสดงข้อต่อและรอยต่อแบบต่าง ๆ ของโครงสร้าง.....	28
ภาพที่ 2-19	คุณภาพเป็นส่วนหนึ่งของขอบเขตงาน งบประมาณและกำหนดเวลา……	31
ภาพที่ 2-20	การลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย	58
ภาพที่ 2-21	การก่อสร้างโดยวิธียกวางแผ่นหลังคาสำเร็จรูป.....	58
ภาพที่ 2-22	แนวคิดในการพัฒนาการออกแบบรูปทรงและโครงสร้างบ้านสู้โลกร้อน.....	59
ภาพที่ 2-23	แสดงส่วนประกอบของหลังคาทั่วไป.....	60
ภาพที่ 2-24	แสดงส่วนประกอบของหลังคาที่ใช้วัสดุเดียว.....	61
ภาพที่ 2-25	แสดงโฟมคอนกรีตบล็อค.....	61
ภาพที่ 2-26	การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร...	68

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 2-27	การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร...	69
ภาพที่ 2-28	การลดพลังงานไฟฟ้า.....	72
ภาพที่ 4-1	แสดงขั้นตอนการก่อสร้างบ้านพอเพียง World Alternative Energy Sciences Expo 2009……..…….	76
ภาพที่ 4-2	แสดงขั้นตอนการก่อสร้างบ้านคุณปิยะฉัตร เพียรชอบธรรม…….....	78
ภาพที่ 4-3	แสดงขั้นตอนการก่อสร้างบ้านคุณพันธ์ศักดิ์ มุสิกเจริญ……..	80
ภาพที่ 4-4	แสดงขั้นตอนการก่อสร้างบ้านพอเพียงมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์……	82
ภาพที่ 4-5	แสดงขั้นตอนการก่อสร้างบ้าน พล.ต.ยอดยุทธ บุญญาธิการ.....	84
ภาพที่ 4-6	การลดพลังงานไฟฟ้า.....	94
ภาพที่ 4-7	แสดงแปลนชั้นที่1-2 บ้านพอเพียงต้นแบบ.....	95
ภาพที่ 4-8	แสดงแปลนชั้นที่3และแปลนหลังคา บ้านพอเพียงต้นแบบ.....	96
ภาพที่ 4-9	แสดงรูปด้าน บ้านพอเพียงต้นแบบ.....	96
ภาพที่ 4-10	แสดงการตอกเสาเข็ม 6 เหลี่ยม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. ยาว 6 เมตร ระยะเฉลี่ยประมาณ 1.50 เมตร.....	97
ภาพที่ 4-11	แสดงแบบขยายโครงสร้างพื้นชั้นที่1 คานคอดิน เสาเข็ม 6 เหลี่ยม และการเชื่อมต่อเสาเหล็กโครงสร้างผนัง……..……	98
ภาพที่ 4-12	แสดงแบบขยายตำแน่งการติดตั้งเสาเหล็กบริเวณพื้นชั้นที่1.....	99
ภาพที่ 4-13	แสดงแบบขยายการติดตั้งเสาเหล็กและการก่อผนังโฟมบล็อกคอนกรีต……..	100
ภาพที่ 4-14	แสดงการติดตั้งโครงค้ำยันเพื่อเสริมความแข็งแรง……	100
ภาพที่ 4-15	แสดงการติดตั้งแบบก่อนเทพื้นชั้น 2.....	101
ภาพที่ 4-16	แสดงการถอดแบบหลังเทพื้นชั้น 2…….....	102
ภาพที่ 4-17	แสดงการเตรียมโครงสร้างหลังคา…….	102
ภาพที่ 4-18	แสดงการติดตั้งโครงสร้างหลังคา Sandwich Insulation Panel (SIP)……..	103
ภาพที่ 4-19	แสดงการตกแต่งหลังคาด้วยไม้เทียมพร้อมติดเชิงชาย……	103
ภาพที่ 4-20	แสดงการติดตั้งระบบปรับอากาศชั้นที่ 1.....	104
ภาพที่ 4-21	แสดงการติดตั้งระบบปรับอากาศชั้นที่ 2.....	105
ภาพที่ 4-22	แสดงการติดตั้งระบบปรับอากาศชั้นที่ 3……..	106

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4-23 แสดงการติดตั้งระบบสุขาภิบาล..... 107
ภาพที่ 5-1 แสดงบ้านพอเพียงต้นแบบ..... 108

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 2-1 แสดงสัดส่วนค่าใช้จ่ายในองค์ประกอบของราคาค่าก่อสร้าง........................ 32

แผนภูมิที่ 2-2 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของคุณภาพ.. 36

แผนภูมิที่ 2-3 ค่าใช้จ่ายและคุณค่าของคุณภาพของงานออกแบบ.. 37

แผนภูมิที่ 2-4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายและคุณภาพของงานก่อสร้าง....................... 38

แผนภูมิที่ 2-5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างแผนงานและงานที่ทำได้จริง................................. 39

แผนภูมิที่ 2-6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายตามแผนงานและค่าใช้จ่ายจริง............... 40

แผนภูมิที่ 2-7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าใช้จ่ายแบบต่าง ๆ.................................... 41

แผนภูมิที่ 2-8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าใช้จ่ายทางตรงของกิจกรรมแบบ เส้นตรง.. 42

แผนภูมิที่ 2-9 กราฟเวลาและค่าใช้จ่ายของโครงการ.. 42

แผนภูมิที่ 2-10 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่ออัตราผลผลิตของช่างก่ออิฐและ ช่างไฟฟ้า.. 44

แผนภูมิที่ 2-11 แสดงสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยของรูปทรงต่างๆ ที่มีจำนวนชั้น ต่างกัน 57

แผนภูมิที่ 2-12 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุต่างๆ ที่ ความหนา 1 นิ้ว... 64

แผนภูมิที่ 2-13 แสดงองค์ประกอบของรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด ได้แก่ ช่วงรังสีที่มนุษย์ สามารถมองเห็นได้จากรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด (พื้นที่สีน้ำเงิน) ซึ่งเป็นช่วง คลื่นที่ต้องการสำหรับกระจกในเขตร้อน ส่วนรังสีอัลตราไวโอเล็ต (พื้นที่สีฟ้า) และรังสีอินฟราเรด (พื้นที่สีแดง) เป็นช่วงคลื่นที่ไม่จำเป็นต่อการมองเห็น การ นำเอารังสีในช่วงคลื่นทั้งสองมาใช้จะเป็นการสร้างความร้อนให้กับอุณหภูมิ ผิวและอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร 65

แผนภูมิที่ 2-14 การเปรียบเทียบพลังงานผ่านกระจกชนิดต่างๆ 66

แผนภูมิที่ 2-15 สรุปแนวทางการออกแบบและเทคนิคการก่อสร้างบ้านพอเพียง..................... 41

แผนภูมิที่ 4-1 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างของโครงการบ้าน World Alternative Energy Sciences Expo 2009.. 86

แผนภูมิที่ 4-2 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างของโครงการบ้านคุณปิยะฉัตร เพียรชอบธรรม... 87

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่ 4-3 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างของโครงการบ้านคุณพันธ์ศักดิ์ มุสิกเจริญ 88

แผนภูมิที่ 4-4 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงการมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ศูนย์บางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา..... 89

แผนภูมิที่ 4-5 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างบ้านพล.ต.ยอดยุทธ บุญญาธิการ..... 90

แผนภูมิที่ 4-6 แสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของหลังคาชนิดต่างๆในทิศตะวันตก ของเดือนเมษายน 92

แผนภูมิที่ 4-7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน – ภายนอกของบ้านพอเพียงและ บ้านทั่วไป 93

แผนภูมิที่ 4-8 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนค่าภาระการทำความเย็น Cooling load ของ วัสดุผนังชนิดต่างๆ 94

แผนภูมิที่ 5-1 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างของโครงการบ้านพอเพียงต้นแบบ..... 110

แผนภูมิที่ 5-2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโดยแยกเป็นหมวดงาน..... 111

แผนภูมิที่ 5-3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมของบ้านพอเพียงต้นแบบและบ้านทั่วไป 113

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตอากาศแบบร้อนชื้น และจากสภาพอากาศที่อุณหภูมิเฉลี่ยสูงและมีความชื้นมากตลอดทั้งปีนี้ นำไปสู่ปัญหาที่มีความสำคัญต่อสังคมปัจจุบัน นั่นก็คือ ปัญหาการขาดแคลนพลังงาน และความต้องการในการใช้พลังงานทดแทน ซึ่งที่ผ่านมาอาคารและบ้านเรือนส่วนใหญ่จะเน้นการใช้ระบบธรรมชาติในการออกแบบ ผสมผสานกับการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศ (Climatic Modifier) ในแต่ละเขตภูมิภาค ในสภาวะปัจจุบันปัญหาเรื่องมลภาวะความร้อน ความชื้น อากาศเสีย ฝุ่น ฯลฯ ตลอดจนสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ผนวกกับความต้องการในการควบคุมอาคารให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย การควบคุมดังกล่าว เป็นผลให้เกิดความต้องการ การใช้ระบบปรับอากาศภายในอาคาร ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์สูง เนื่องจากลักษณะอาคารที่ออกแบบจากแนวคิดอิงระบบธรรมชาติแบบในอดีต มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมกับการใช้ระบบปรับอากาศ เพราะการผสมผสานความเข้าใจด้านการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานยังแก้ปัญหาที่ไม่ตรงจุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการกันความร้อน การกันความชื้น การเลือกใช้วัสดุต่าง ที่ใช้เทคโนโลยีจากภูมิอากาศในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาวโดยไม่ประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย อันนำมาซึ่งความสูญเสียทรัพยากรทางธรรมชาติและพลังงาน จึงเกิด โครงการวิจัยแบบบูรณาการต่อยอดองค์ความรู้ประหยัดพลังงานสู่บ้านพอเพียง (The Integrated Energy Conservation Research for Sustainable House) โดยศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งมีการสร้าง Model ต้นแบบให้เกิดเป็นแนวทางการวางผังบ้านพอเพียง สำหรับผู้มีรายได้ปานกลางมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่ำโดยมีแนวคิดหลักในการสร้างบ้านพอเพียง 6 ประการ คือ

1. การออกแบบที่มีการเลือกรูปแบบที่เหมาะสมกับ เมืองร้อนชื้น (กันแดด กันฝน กัน ความร้อน กันความชื้น)
2. การใช้วัสดุโฟม Recycleที่เหมาะสมสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้น มีความแข็งแรง สามารถกันความ ร้อนความชื้นได้ดี
3. การใช้เทคนิคการก่อสร้างที่ลดความยุ่งยาก วัสดุเป็นเม็ดโฟมคอนกรีตเป็นหลัก
4. การเลือกอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน
5. เน้นการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและบำรุงรักษาต่ำ
6. ส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย

การก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานส่วนใหญ่ในปัจจุบันยังนำบ้านพักอาศัยรูปแบบเดิมมาเพิ่มฉนวนและมีต้นทุนในการก่อสร้างสูงกว่าอาคารทั่วไป การปฏิวัติเทคนิคการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานเพื่อลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างจึงจำเป็นสำหรับการสร้างบ้านประหยัดพลังงานยุคใหม่นี้ให้แก่ผู้มีรายได้ปานกลางและมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่ำ

ภาพที่ 1-1 แสดงความต้องการบ้านประหยัดพลังงานยุคใหม่ของผู้มีรายได้ปานกลาง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเทคนิคและวิธีการก่อสร้างบ้านพักอาศัยทั่วไปและบ้านประหยัดพลังงาน(บ้านพอเพียง)
2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเทคนิคและวิธีการก่อสร้างบ้านพอเพียง
3. เพื่อเสนอเทคนิคและวิธีการก่อสร้างบ้านพอเพียง ที่ลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการศึกษาเก็บข้อมูลและทดลองการก่อสร้างในกรุงเทพฯและปริมณฑล
2. วัสดุก่อสร้างที่ใช้ในประเทศไทย
3. ทำการศึกษาเก็บข้อมูลบ้านพักอาศัย ใช้สอย ประมาณ 200-500 ตรม. ในรายละเอียดเกี่ยวกับกรรมวิธีและเทคนิคการก่อสร้าง ปัญหา อุปสรรค ต้นทุนและระยะเวลาในการก่อสร้าง โดยการศึกษาจากการสำรวจภาคสนาม การสังเกตการณ์ถ่ายภาพ การสัมภาษณ์ และการจดบันทึกระหว่างทำการก่อสร้าง
4. ข้อมูลด้านราคาค่าก่อสร้าง และระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง การบริหารงานก่อสร้างข้อมูลต้นทุนงานก่อสร้าง ข้อมูลจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่าย และประสบการณ์ในการทำงานของผู้วิจัย

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป (Semi-Prefabrication) หมายถึง ระบบการก่อสร้างที่มีโครงสร้างบางส่วนของการก่อสร้างหล่อกับที่เช่นฐานรากและมีการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปในบางส่วนอาคารเช่น แผ่นพื้น แผ่นผนัง เสา คาน บันไดทั้งนี้วัสดุที่ใช้อาจเป็นคอนกรีตหรือวัสดุอื่นก็ได้

ระบบผนังรับน้ำหนัก (Load Bearing Wall) คือ ผนังที่ใช้เป็นตัวโครงสร้างรับน้ำหนักของอาคารในการศึกษาครั้งนี้จะกล่าวถึงเฉพาะผนังรับน้ำหนักที่เป็นโฟมซีเมนต์บล็อกเท่านั้น

Single Material คือ วัสดุก่อสร้างที่สามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่างในเวลาเดียวกัน เมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ ในงานวิจัยนี้ได้แก่ Sanwich Insulation Panel (SIP) เป็นวัสดุที่มีโฟม EPS เป็นไส้แกนกลาง ภายนอกปะกบติดด้วยแผ่นเหล็กทั้งสองด้าน และโฟมซีเมนต์บล็อก เป็นวัสดุที่เกิดจากการผสมเม็ดโฟม EPS ชนิดพิเศษเพิ่มการยึดเกาะกับปูนซีเมนต์ ขึ้นรูปเป็นบล็อก เพื่อความรวดเร็วในการติดตั้ง มีน้ำหนักเบามาก และสามารถป้องกันความร้อนความชื้นได้ดี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เทคนิคและวิธีการก่อสร้างบ้านพักอาศัยทั่วไปและบ้านประหยัดพลังงาน(บ้านพอเพียง)
2. ทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเทคนิคและวิธีการก่อสร้างบ้านพอเพียง
3. เสนอเทคนิคและวิธีการก่อสร้างบ้านพอเพียง ที่ลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

ภาพที่ 1-2 วิธีดำเนินการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเด็นสำคัญในการออกแบบบ้านพักอาศัย

2.1.1 ด้านประสิทธิภาพหรือระดับมาตรฐาน (Performance Requirements)

-ลักษณะและรูปแบบของอาคารที่กลมกลืนและปลอดภัย

- การป้องกันไฟไหม้และระบบการป้องกันไฟ
- การควบคุมความร้อนและอากาศไหลเข้า-ออกอาคาร
- การรองรับการทรุดตัวอาคาร
- การรองรับการขยายตัวหรือหดตัวของวัสดุเนื่องจากอุณหภูมิ
- การลดเสียงจากภายนอกอาคาร ป้องกันเสียงออกจากห้องที่มีเสียงดังภายในอาคารและป้องกันเสียงเข้ามารบกวนในห้องที่ต้องการความเป็นส่วนตัวภายในอาคารเดียวกัน
- ระบบความปลอดภัยต่าง ๆ
- ความแข็งแรงและอายุการใช้งานยาวนาน
- พื้นที่ใช้สอยเหมาะสมกับกิจกรรม

2.1.2 ด้านความงดงาม (Aesthetic Qualities)

- ความสัมพันธ์ระหว่างอาคารกับสถานที่รอบ ๆ อาคาร สภาพที่ดินข้างเคียงและบริเวณโดยรอบ
- ความต้องการของส่วนบุคคลในเรื่องรูปทรง ขนาด สี ลวดลาย ลักษณะพื้นผิวและอื่น ๆ ในรายละเอียด

2.1.3 กฎหมายควบคุมอาคาร

- ปฏิบัติตามกฎระเบียบว่าด้วยการออกแบบอาคาร ปี พ.ศ.2552และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.4 การวิเคราะห์งบประมาณการก่อสร้างบ้านพักอาศัย

- งบประมาณที่ต้องใช้จ่ายสำหรับการก่อสร้างอาคาร เช่น ค่าวัสดุ ค่าขนส่ง เครื่องมือ และค่าแรงเป็นต้น
- ค่าใช้จ่ายประจำหลังจากอาคารสร้างเสร็จ เช่น ค่าบำรุงรักษา ค่าสาธารณูปโภค ต่าง ๆ เป็นต้น
- ค่าซ่อมแซม ตลอดจนค่าดอกเบี้ยสำหรับเงินกองทุนการก่อสร้างอาคารที่ลงไป

2.1.5 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact)

- อนุรักษ์พลังงานและทรัพยากร
- การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพของเครื่องมือเครื่องใช้และระบบงานต่างๆ ของอาคาร
- การใช้วัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดสารพิษ

2.1.6 การปฏิบัติงานก่อสร้าง (Construction Practices)

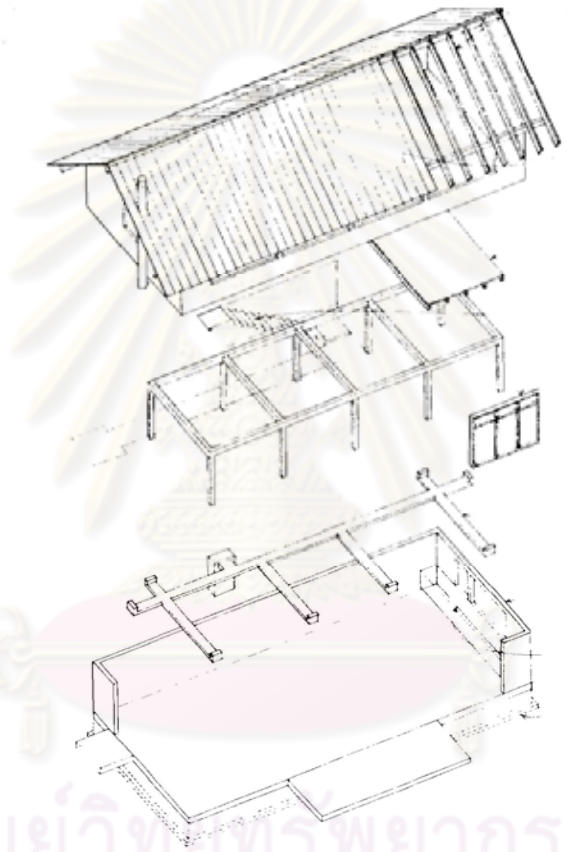
- การป้องกันอันตรายระหว่างการก่อสร้าง
- ความคลาดเคลื่อนของการก่อสร้างที่อนุโลมได้
- มาตรฐานของงานที่เป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม
- แยกแยะงานที่จะต้องทำขึ้นจากโรงงานกับงานที่สามารถทำขึ้นได้ที่หน้างานก่อสร้างเลย
- แยกแยะงานที่ใช้แรงงานกับงานที่ใช้ฝีมือชำนาญเฉพาะทาง
- งบประมาณการก่อสร้าง
- เครื่องมือที่ต้องใช้ในการก่อสร้าง
- ระยะเวลาก่อสร้าง
- จัดหาสิ่งที่จำเป็นต้องใช้ในยามที่สภาพอากาศไม่ดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 รูปแบบและระบบโครงสร้างบ้านพักอาศัย

2.2.1 ระบบโครงสร้างอาคาร (Structural System)

ระบบโครงสร้างอาคารได้รับการออกแบบและก่อสร้างเพื่อที่จะสามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกทั้งหมด ซึ่งเกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลกตามแนวดิ่งและแรงกระทำด้านข้างตามแนวนอน เช่น แรงจากแผ่นดินไหว แล้วส่งถ่ายน้ำหนักและแรงกระทำทั้งหมดลงสู่พื้นดิน โดยไม่ให้เกิดน้ำหนักในแต่ละจุดเกินค่าความสามารถของดินที่จะรองรับได้



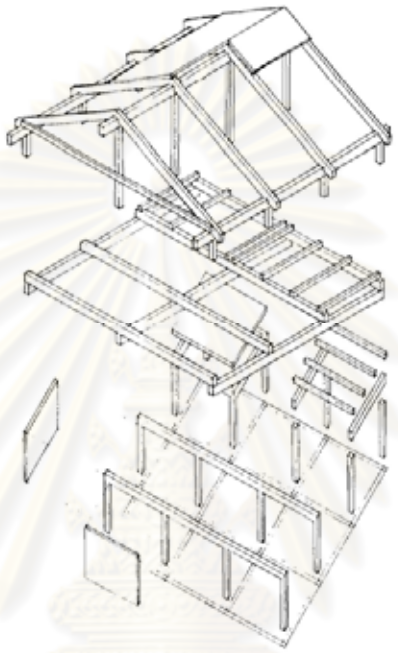
ภาพที่ 2–1 แสดงโครงสร้างส่วนต่าง ๆของอาคาร (ชิงและอาดัม, 2545)

- โครงสร้างส่วนเหนือดิน (Super Structure) คือโครงสร้างของอาคารทั้งหมดที่อยู่เหนือฐานรากอาคาร
- เสา คาน และกำแพงคอนกรีตชนิดรับน้ำหนัก (Load Bearing Wall) จะรองรับน้ำหนักพื้นและโครงสร้างของหลังคา
- โครงสร้างส่วนใต้ดิน (Sub Structure) คือโครงสร้างฐานรากของอาคารทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.2 **ระบบเปลือกอาคาร** (Enclosure System)

ระบบเปลือกอาคาร คือ ส่วนของอาคารที่ทำหน้าที่ปกปิดคลุมตัวอาคารจากภายนอก ได้แก่ หลังคา ผนังภายนอก ประตู หน้าต่าง เป็นต้น



ภาพที่ 2–2 **แสดงระบบเปลือกอาคาร** (ชิงและอาดัม, 2545)

- หลังคาและผนังภายนอก (Roof and Exterior wall) ทำหน้าที่ปกป้องพื้นที่ภายในอาคารจากสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวย ควบคุมความชื้น ความร้อน และลมที่พัดเข้าภายในอาคาร
- ผนังภายนอกและหลังคาของอาคารยังช่วยลดเสียง ให้ความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวแก่ผู้พักอาศัยภายในอาคาร
- ประตู ให้การเข้า-ออกกับผู้พักอาศัย
- หน้าต่าง แสงธรรมชาติ ลม และทิวทัศน์
- ผนังภายในอาคารและฉากกั้นต่าง ๆ ทำหน้าที่แบ่งพื้นที่ภายในให้เป็นหน่วยย่อยตามรูปร่างและขนาด สำหรับการใช้สอยที่ต่างกัน

2.2.3 งานระบบในอาคาร (Mechanical System)

งานระบบในอาคารคือ การจัดระบบสำหรับสาธารณูปโภคที่สำคัญและจำเป็นต่าง ๆ ให้กับอาคารได้แก่

- ระบบน้ำ (Water supple system) ทำให้อาคารมีน้ำสำหรับอุปโภคและบริโภค
- ระบบน้ำเสีย (Sewage disposal system) นำน้ำเสียและของเสียต่าง ๆ ออกนอกตัวอาคาร
- ระบบปรับและระบบระบายอากาศ (Heating ventilating and air-condition System) ทำให้สภาพอากาศภายในอาคารสบายน่าอยู่อาศัย
- ระบบไฟฟ้า (Electrical system) ทำหน้าที่ควบคุม วัดปริมาณการใช้ และป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจรให้แก่ตัวอาคาร และจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในอาคารอย่างปลอดภัย
- ระบบป้องกันอัคคีภัย (Fire-fighting system) จะทำหน้าที่ตรวจจับและดับเพลิง

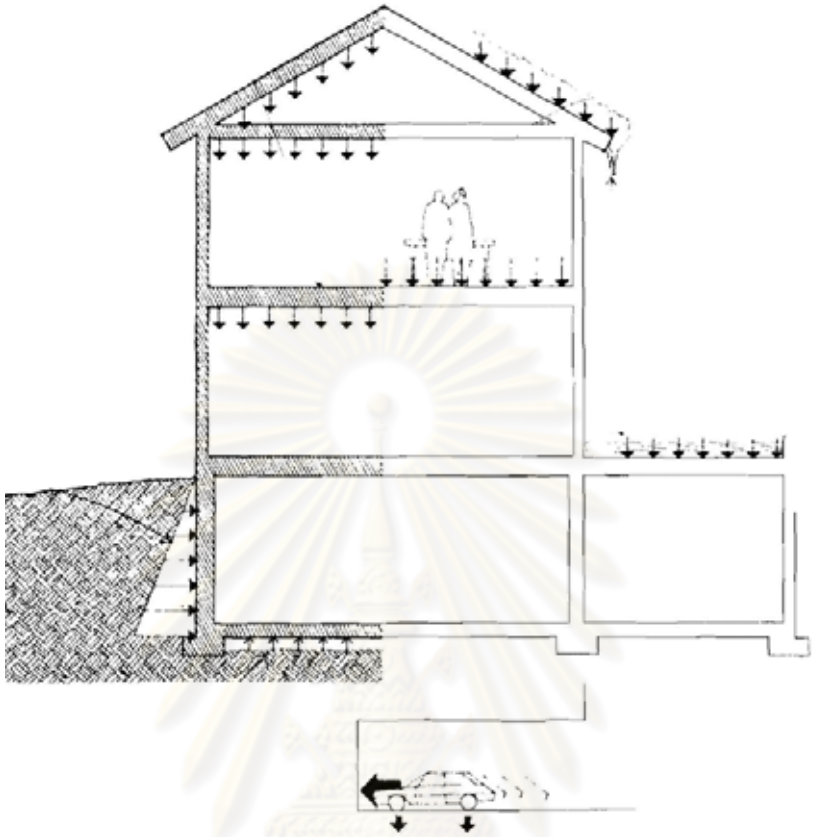
2.2.4 น้ำหนักของโครงสร้างอาคาร (Dead Load)

อาคารประกอบด้วยโครงสร้าง งานระบบและวัสดุตกแต่งซึ่งมีน้ำหนักของวัสดุและระบบต่างๆผสมกันน้ำหนัก Dead Load จึงเป็นตัวแปรหลักในการคำนวณการรับน้ำหนักของโครงสร้างอาคารปกติคือ 150 กิโลกรัม / ตารางเมตร

2.2.5 น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่ออาคาร (Live Load)

น้ำหนักบรรทุกหรือแรงที่กระทำต่อโครงสร้างอาคาร จะแบ่งเป็นน้ำหนักบรรทุกสถิต (Static load) และน้ำหนักบรรทุกจลน์ (Dynamic load)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2–3 แสดงน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่ออาคาร (ชิงและอาดัม, 2545)

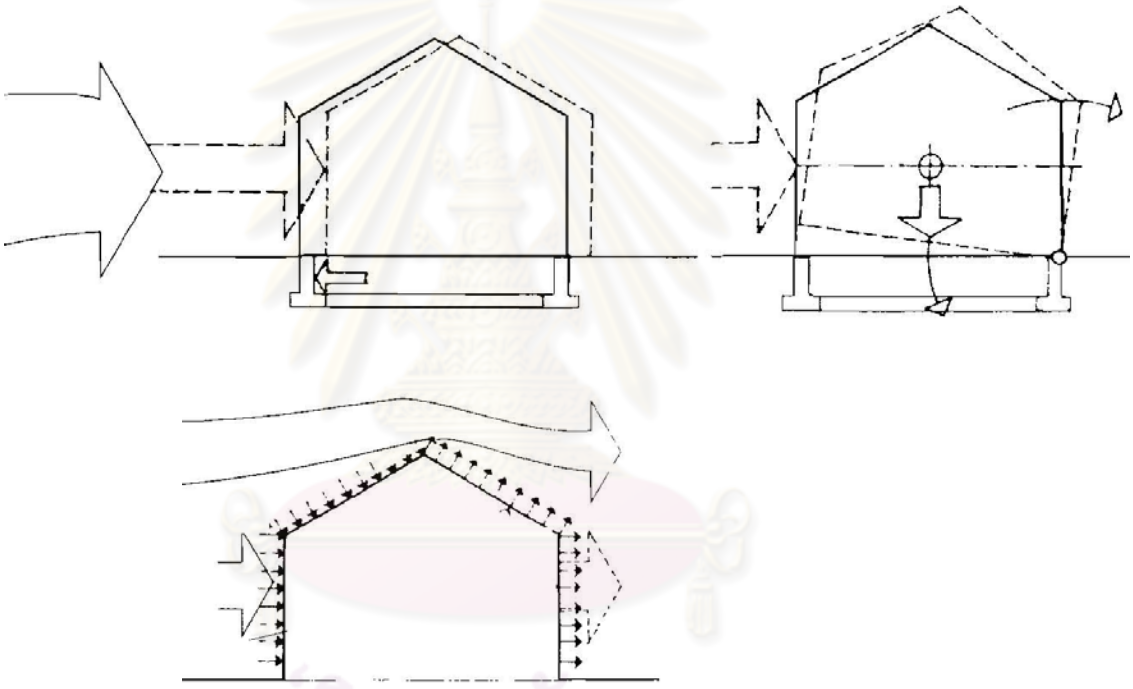
ก. **น้ำหนักบรรทุกสถิต** น้ำหนักบรรทุกสถิต หมายถึง น้ำหนักหรือแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง โดยค่อย ๆ กระทำจนกระทั่งคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงในด้านน้ำหนักหรือตำแหน่งที่กระทำ ภายใต้แรงกระทำนี้โครงสร้างจะค่อย ๆ โก่งตัวตามน้ำหนักที่มากระทำ จนกระทั่งโก่งมากที่สุดเมื่อน้ำหนักบรรทุกสถิตมีค่าสูงสุด

น้ำหนักบรรทุกจร (Live load) คือ น้ำหนักบรรทุกที่เคลื่อนที่ได้ และอาจจะไม่กระทำอยู่ตลอดเวลา โดยกระทำในแนวดิ่งหรือแนวราบลงบนโครงสร้าง

น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Static load) เป็นน้ำหนักบรรทุกสถิตที่กระทำในแนวดิ่งลงบนโครงสร้าง ประกอบด้วยน้ำหนักของตัวโครงสร้างเอง น้ำหนักของโครงสร้างย่อย หรือน้ำหนักของอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่อย่างถาวร

ข. น้ำหนักบรรทุกจลน์ คือ แรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง โดยมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดของแรงกระทำ และตำแหน่งของแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง ได้แก่ แรงลม แรงเนื่องจากแผ่นดินไหว เป็นต้น

ค. แรงลม (Wind load) เกิดจากสภาพของมวลอากาศที่ไปกระทบอาคาร โดยถือว่าแรงลมจะกระทำกับอาคารในแนวราบ โครงสร้างส่วนประกอบหรือวัสดุตกแต่งผิวนอกของอาคารจะต้องออกแบบให้สามารถต้านทานแรงลมที่จะทำให้ตัวอาคารเลื่อน ยกขึ้น หรือพลิกได้



ภาพที่ 2–4 แสดงแรงลมที่กระทำต่ออาคาร (ชิงและอาดัม, 2545)

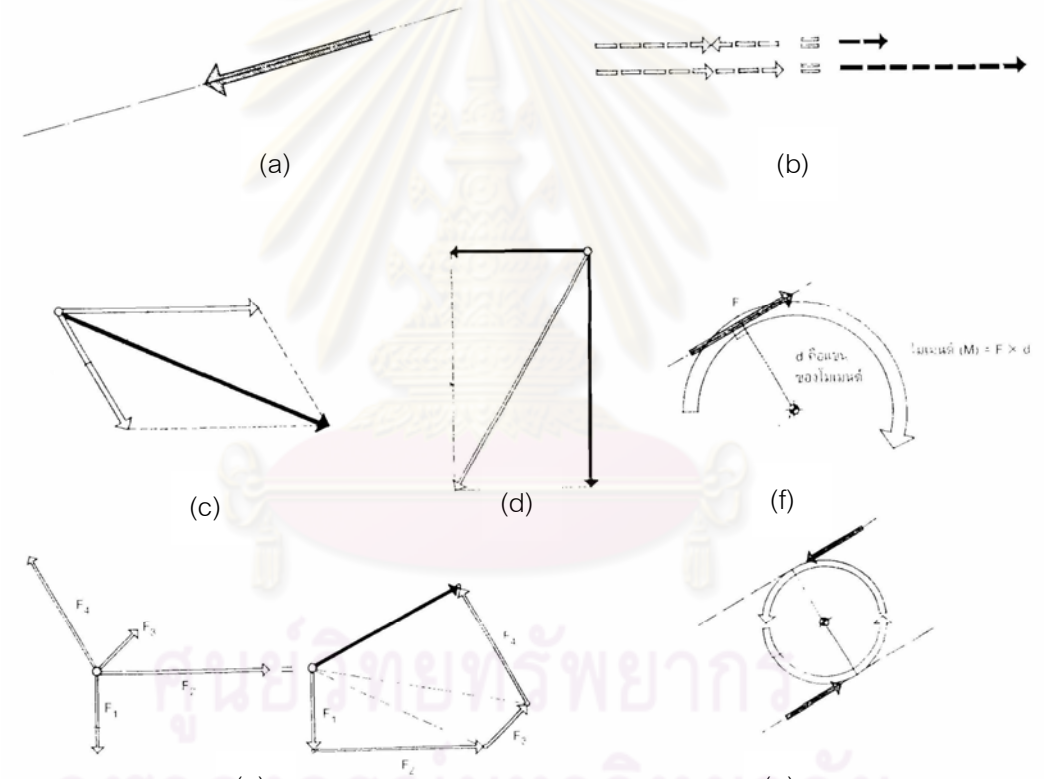
แรงลมจะกระทำกับผิวผนังด้านนอกและหลังคาที่มีมุมลาดชัน มีลักษณะเป็นแรงบวก (Positive force) คือ เป็นลักษณะแรงกดในด้านปะทะลม และจะเกิดเป็นแรงลบ (Negative force) ที่หลังคาทั้งสิ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าแรงลมที่ใช้ในการคำนวณออกแบบ จะนำมาจากค่าแรงลมที่กำหนดให้ใช้ตามเทศบัญญัติสำหรับอาคารที่มีความสูงต่าง ๆ กัน ซึ่งได้จากการวัดแรงดันลมที่มีความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่ความสูงจากพื้นที่ 30' (10 m) ซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นที่ความสูงมากขึ้น อย่างไรก็ดีการออกแบบโครงสร้างอาคารเนื่องจากแรงลมในบริเวณที่มีโอกาสเกิดพายุ ยังต้องคำนึงถึงแรงลมพายุเพิ่มด้วย

2.2.6 แรงกระทำต่อโครงสร้าง

แรงสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในรูปร่างหรือการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยแรงจะถูกพิจารณาเป็นปริมาณในรูปของเวกเตอร์ ซึ่งจะมีทั้งขนาดและทิศทาง โดยจะแสดงสัญลักษณ์เป็นลูกศร



ภาพที่ 2–5 แสดงแรงที่กระทำต่ออาคาร (ชิงและ อาดัม, 2545)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(a) เวกเตอร์จะมีทิศทางไปตามหัวลูกศร และจะมีขนาดปริมาณตามสัดส่วนความยาวของก้านลูกศร สำหรับการกระทำของแรงเดี่ยวหรือเวกเตอร์เดี่ยว จะสามารถพิจารณาว่าแรงนั้นกระทำ ณ จุดใด ๆ ก็ได้ตามแนวเส้นตรงของเวกเตอร์นั้น

(b) ผลรวมของเวกเตอร์ เกิดจากแรงหลายแรงที่อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดยอาจจะมีทิศทางไปทางเดียวกันหรือสวนทางกัน จะมีผลลัพธ์ตามการบวกและลบทางพีชคณิต และยังคงอยู่ในแนวเส้นตรงเดิม

(c) ผลลัพธ์ของเวกเตอร์ เกิดจากแรงที่มาบรรจบกันหรือตัดกันที่จุดร่วมเดียวกันของเวกเตอร์สองเวกเตอร์ โดยมีทิศทางต่างกัน จะให้ผลรวมเสมือนเป็นเวกเตอร์ใหม่เวกเตอร์หนึ่ง ซึ่งให้ทิศทางผ่านหรือออกจากจุดร่วมเดียวกันกระทำต่อวัตถุเหมือนเวกเตอร์สองเวกเตอร์กระทำต่อวัตถุเราสามารถหาผลรวมของเวกเตอร์ได้จากกฎการต่อเนื่องด้านขนาน ซึ่งสามารถทำได้จากการลากเส้นเวกเตอร์ย่อยให้เป็นเส้นต่อเนื่องกัน โดยมีทิศทางขนานกับของเดิมและขนาดเท่ากับของเดิม

(d) ในทำนองเดียวกัน หนึ่งเวกเตอร์สามารถกระจายออกเป็นเวกเตอร์ย่อย 2 เวกเตอร์ หรือมากกว่านั้นได้ เสมือนเวกเตอร์หนึ่งเวกเตอร์กระทำต่อวัตถุ ดังนั้นเมื่อแยกเวกเตอร์ออกเป็นเวกเตอร์ย่อยเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์โครงสร้าง นิยมแยกออกเป็นเวกเตอร์ย่อยทำมุมฉากต่อกันและกัน และแนวองค์ประกอบนี้จะมีลักษณะเหมือนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

(e) วิธี Polygon เป็นวิธีด้านกราฟิกในการหาเวกเตอร์รวม (ผลลัพธ์ของเวกเตอร์ย่อยหลายเวกเตอร์) โดยลากเส้นเวกเตอร์ย่อยที่ละเวกเตอร์ต่อเนื่องกัน ให้ปลายของเวกเตอร์ตัวถัดมาต่อกับหัวลูกสรของเวกเตอร์ตัวก่อน ทำเช่นนี้จนกระทั่งถึงเวกเตอร์ย่อยสุดท้าย ดังนั้นเวกเตอร์รวมจะมีทิศทางและขนาดเท่ากับเวกเตอร์ที่ลากจากจุดเริ่มต้นของเวกเตอร์แรกไปยังหัวลูกศรของเวกเตอร์ตัวสุดท้าย

(f) แรงขนานกันเป็นแรงสองแรงหรือมากกว่าที่มีทิศทางขนานซึ่งกันและกัน ดังนั้นจึงไม่เกิดการตัดกันหรือบรรจบกัน ณ จุดใด ผลรวมของเวกเตอร์จะทำให้วัตถุหมุนเป็นวงกลม หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าโมเมนต์ โมเมนต์คือ ผลของแรงที่กระทำห่างจากจุดหมุนเป็นระยะทางตั้งฉากกับแรงไปยังจุดหมุน ไม่ว่าแรงนั้นจะมีทิศทางเทียบกับจุดหมุนเป็นแบบหมุนตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ตาม

(g) แรงขนานกันที่มีขนาดเท่ากันและทิศทางสวนกัน โดยมีระยะห่างกันในแนวตั้งฉาก ซึ่งจะก่อให้เกิดเป็นโมเมนต์ โดยเป็นผลคูณระหว่างแรงทั้งสองรวมกันกับระยะตั้งฉากจากแรงไปยังจุดหมุนตรงกลาง

2.2.7 **ความสมดุลของโครงสร้าง**

ในการออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้าง ตัวแปรแรงที่จะต้องทราบค่าก็คือขนาด ทิศทาง และตำแหน่งของแรงที่มากระทำต่อโครงสร้าง และการที่จะทำให้โครงสร้างที่ต้องรับแรงที่มากระทำดังกล่าวให้อยู่ในสภาวะสมดุล (Equilibrium) ก็คือ จะต้องมีแรงในทิศทางตรงกันข้ามที่มีขนาดเท่ากัน เพื่อให้ชิ้นส่วนของโครงสร้างนั้นอยู่ในสภาพสมดุลหรือนิ่งได้ สำหรับโครงสร้างที่มีชิ้นส่วนแข็ง การที่จะทำให้ชิ้นส่วนอยู่ในสภาพสมดุลจำเป็นที่ต้องได้มาซึ่งสภาพทั้ง 2 ดังต่อไปนี้

ภาพที่ 2–6 แสดงแรงที่เกิดขึ้นในแนวดิ่ง (ชิงและ อาดัม, 2545)

ผลรวมของแรงที่เกิดขึ้นในแนวดิ่งจะต้องเท่ากับศูนย์

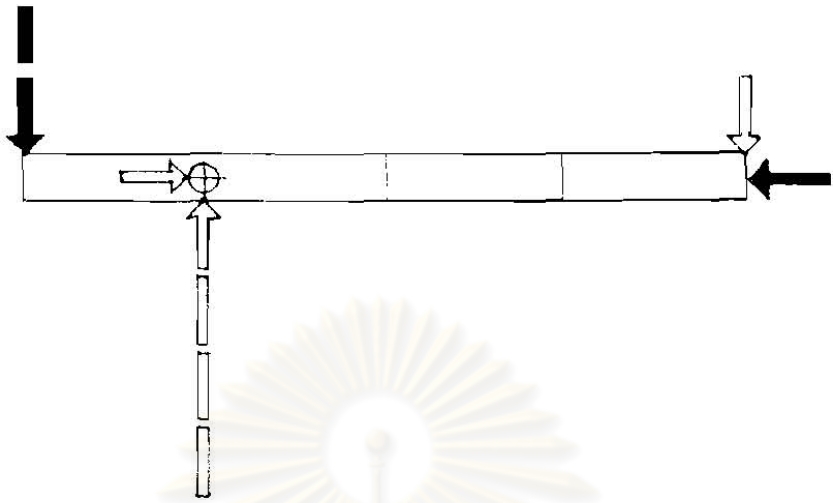
$\sum F_x = 0$ และผลรวมของแรงที่เกิดขึ้นในแนวราบมิติที่สอง (ขนานกับหน้ากระดาษ)

$\sum F_y = 0$ และผลรวมที่เกิดขึ้นในแนวราบมิติที่สาม (ตั้งฉากกับมุมหน้ากระดาษ) เท่ากับศูนย์

$\sum F_z = 0$

$\sum F_x = 0; \quad \sum F_y = 0; \quad \sum F_z = 0$

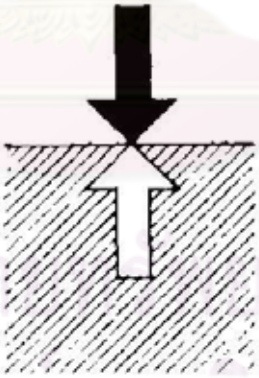
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2–7 แสดงผลรวมของโมเมนต์รอบจุดใด ๆ (ชิงและ อาดัม, 2545)

ผลรวมของโมเมนต์รอบจุดใด ๆ เท่ากับ

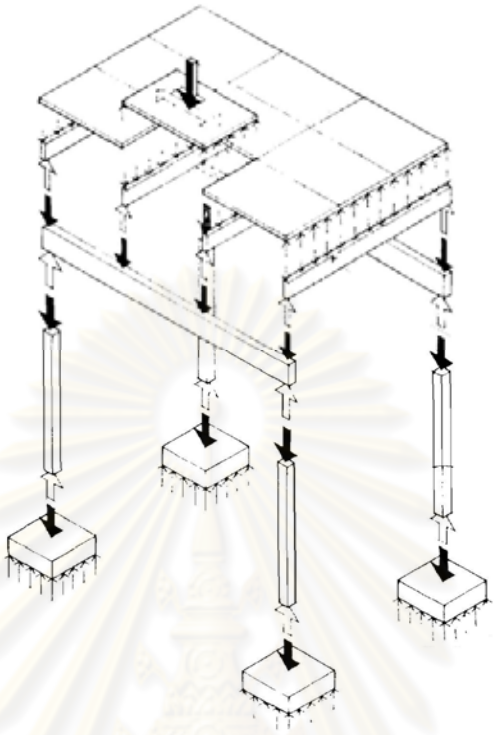
$$\sum M = 0$$



ภาพที่ 2–8 แสดงแรงกระทำและแรงปฏิกิริยา (ชิงและ อาดัม, 2545)

กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน ในเรื่องหลักการของแรงกระทำและแรงปฏิกิริยา กล่าวว่า เมื่อมีแรงกระทบกับวัตถุใด ๆ ในวัตถุนั้น จะมีปฏิกิริยาต้านแรงกระทำดังกล่าวที่ขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงกันข้ามในแนวเส้นตรงเดียวกัน เพื่อรักษาความสมดุลของวัตถุนั้นให้อยู่นิ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



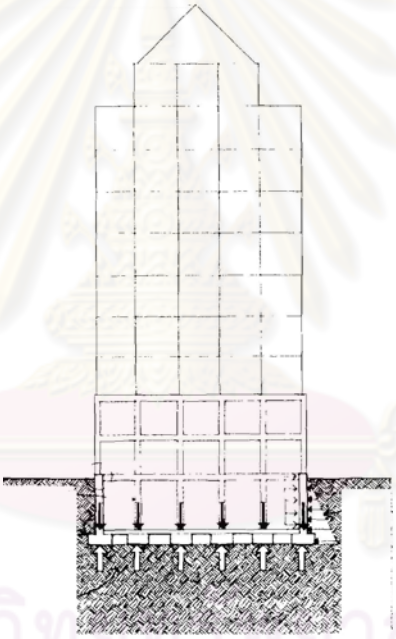
ภาพที่ 2–9 แสดงรูป Free-Body Diagram (ชิงและ อาดัม, 2545)

แรงกระทำเป็นแบบจุดกระทำบนบริเวณเล็ก ๆ หรือในจุดที่มีจุดรองรับด้านล่าง ดังเช่นกรณีตัวอย่าง เมื่อคานวางอยู่บนหัวเสาทั้งสองข้าง และเสาก็วางบนฐานรากอีกทีหนึ่ง เมื่อคานรับน้ำหนักหรือแรงกระทำทำแบบแผ่กระจายตลอดความยาวคาน โดยมีจุดรับรองที่หัวทั้งสองข้าง ซึ่งมีแรงปฏิกิริยาในทิศทางตรงกันข้ามต้านทาน เช่น ในกรณีมีน้ำหนักจากพื้นที่รับน้ำหนักบรรทุกจรหรือแรงลม รูป Free-Body Diagram จะแสดงให้เห็นถึงแรงกระทำจากภายนอกและแรงปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง เพื่อให้โครงสร้างมีความสมดุล รูปแสดงถึงส่วนประกอบของโครงสร้างที่จะต้องมีความสมดุลของตัวเอง จากชิ้นส่วนขนาดเล็กรับแรงกระทำจากพื้นที่มีน้ำหนักบรรทุกจร (เฟอร์นิเจอร์ ผู้อาศัย) ไปยังชิ้นส่วนรองรับต่าง ๆ ที่ใหญ่ขึ้น และต้องรักษาความสมดุลของตัวเองด้วยเช่นกัน เช่น คานต่อไปยังเสาและฐานรากในที่สุด เพื่อรักษาสมดุลของโครงสร้างทั้งหมด

2.3 ส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในอาคาร

2.3.1 ฐานราก

ระบบฐานราก (Foundation systems) คือส่วนล่างสุดของอาคาร และถูกสร้างขึ้นให้บางส่วนหรือทั้งหมดอยู่ใต้ผิวดิน สำหรับผู้เรียบเรียงถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดที่ควรได้รับการเอาใจใส่ขณะทำการก่อสร้างจริงหน้างาน โดยมีหน้าที่หลักคือรองรับและยึดเกี่ยวโครงสร้างอาคารที่อยู่ข้างบนทั้งหลัง และถ่ายน้ำหนักของอาคารลงสู่ดินชั้นใต้ฐานราก เนื่องจากฐานรากทำหน้าที่เชื่อมโยงการถ่ายเทน้ำหนักของอาคารที่สำคัญมาก มันจึงถูกออกแบบให้ทั้งรองรับไปตามรูปร่างของอาคาร และสามารถส่งถ่านเทแรงไปยังชั้นใต้ดิน ซึ่งมีคุณสมบัติที่อาจจะแตกต่างกันตามพื้นที่หรือชั้นใต้ดิน โดยไม่ให้เกิดการทรุดตัวมากเกินไป



ภาพที่ 2–10 แสดงการถ่ายเทน้ำหนักของอาคาร (ชิงและ อาดัม, 2545)

น้ำหนักที่กระทำลงบนฐานรากส่วนใหญ่ (Principal load) เป็นผลรวมของน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead load) และน้ำหนักบรรทุกจร (Live load) ของอาคาร นอกจากทำหน้าที่รองรับน้ำหนักบรรทุกดังกล่าวแล้ว ฐานรากยังต้องทำหน้าที่ยึดตัวอาคารที่อยู่ข้างบนทั้งหมดมิให้เลื่อนพลิก หรือยกตัว ตลอดทั้งยึดอาคารให้ต้านทานต่อแรงแผ่นดินไหวหรือการเคลื่อนตัวของดินโดยรอบอาคารและน้ำใต้ดิน บางกรณีฐานรากยังต้องออกแบบเพื่อรั้งแรงโก่งดัดหรือแรงดึงจากโครงสร้างบนพื้นดินอีกด้วย

การทรุดตัวของอาคารเป็นการจมตัวลงอย่างช้า ๆ ของโครงสร้าง ขณะที่ชั้นดินใต้ฐานรากจับตัวรวมกันแน่นขึ้นภายใต้น้ำหนักกระทำของอาคาร ขณะที่อาคารกำลังก่อสร้างขึ้น เมื่อน้ำหนังของทั้งอาคารค่อย ๆ เพิ่มขึ้นกดลงสู่ฐานรากและฐานรากก็กดลงสู่ดิน ทำให้มีช่องว่างภายในระหว่างอนุภาคของดินสำหรับอากาศและน้ำเล็กลง การจับตัวกันแน่นขึ้นภายใต้แรงกระทำดังกล่าวจะเกิดขึ้นค่อนข้างเร็ว ถ้าแรงกระทำบนดินประเภททรายหรือกรวดก็จะเป็นผลดีในแง่การบดอัดให้แน่นและจะไม่ทรุดตัวมากในเวลาต่อไป ส่วนในกรณีที่เป็นดินเหนียว การจับคัวกันแน่นโดยแรงกระทำเพื่อลดช่องว่างภายในมวลดินเป็นไปอย่างช้า ๆ ยิ่งถ้าดินเหนียวมีความชื้นสูงก็จะยิ่งช้ามากขึ้น เนื่องจากช่องว่างเต็มไปด้วยน้ำ แต่จะเกิดการทรุดตัวต่อเนื่องต่อไปเป็นเวลานาน การออกแบบฐานรากที่ดี ควรมีการกระจายการรับน้ำหนักของดินใต้ฐานรากอย่างสม่ำเสมอและใกล้เคียงกันทั่วทั้งตัวอาคาร เพื่อการทรุดตัวเกิดขึ้นน้อยสุดและเสมอเท่ากันทั้งอาคาร ในกรณีดังกล่าวทำได้โดยการหาอัตราส่วนของน้ำหนักของเสาแต่ละต้น กับความสามารถในการรับแรงต่อตารางเมตรของดิน ซึ่งจะเท่ากับปริมาณพื้นทีที่ต้องการแผ่กระจายเพื่อเป็นฐานราก

ก. ชนิดของฐานราก

เราสามารถแบ่งประเภทของฐานรากอย่างกว้าง ๆ เป็น 2 ชนิด คือ ฐานรากแบบตื้น (Shallow foundation) และฐานรากแบบลึก (Deep foundation)

- ฐานรากแบบตื้น (Shallow foundation)

ฐานรากแบบนี้จะถูกนำมาใช้เมื่อชั้นดินที่อยู่ใกล้ผิวพื้นดินมีคุณสมบัติทางกลหรือความสามารถในการรับแรงได้เพียงพอต่อน้ำหนักของอาคาร โดยฐานรากชนิดนี้จะรองรับด้วยเสาตอม่อของอาคารและถ่ายเทน้ำหนักจากฐานเสาตอม่อลงสู่ดินด้านล่างโดยตรง

- ฐานรากแบบลึก (Deep foundation)

ฐานรากแบบนี้จะถูกนำมาใช้เมื่อชั้นดินใต้ฐานรากแบบแรกไม่เหมาะสมหรือแข็งแรงพอที่จะรับแรง โดยจำเป็นที่จะต้องอยู่ลึกลงไปมาก ๆ เพื่อให้มีความแข็งแรงพอ ดังนั้นฐานรากแบบลึกจึงได้นำระบบเสาเข็มมาใช้ในการถ่ายเทน้ำหนักของอาคาร ผ่านชั้นดินที่ไม่เหมาะสมลงสู่ชั้นดินที่เหมาะสมด้านล่าง หรือลึกเพียงพอที่จะให้มีแรงเสียดทานระหว่างผิวเสาเข็มกับชั้นดินให้เพียงพอเพื่อต้านทานต่อน้ำหนักอาคารด้านบน

ข. ปัจจัยในการพิจารณาเลือกและออกแบบฐานรากสำหรับอาคาร ได้แก่

- รูปแบบและขนาดของน้ำหนักอาคาร
- สภาพชั้นดินและน้ำใต้ดิน
- ลักษณะภูมิประเทศของสถานที่ก่อสร้างอาคาร
- ผลกระทบต่อที่ดินข้างเคียง
- กฎหมายควบคุมอาคาร
- วิธีการก่อสร้างและปัจจัยเรื่องความปลอดภัย

2.3.2 พื้นคอนกรีตวางบนดิน

พื้นคอนกรีตชั้นล่างที่เราใช้งานมักจะวางอยู่บนหรือใกล้ระดับผิวดิน เพื่อทำหน้าที่เป็นทั้งพื้นและฐานรากรวมกัน อย่างไรก็ดี พื้นคอนกรีตชั้นล่างจะเป็นแบบพื้นคอนกรีตวางบนดินหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้งาน และลักษณะของผิวดินและคุณสมบัติทางกลของดิน เนื่องจากพื้นคอนกรีตวางบนดิน (Concrete slabs on grade) ต้องอาศัยการรองรับจากผิวดินโดยตรงจากแผ่นพื้นโดยไม่ผ่านคานหรือเสา ดังนั้นคุณสมบัติของดินใต้พื้นคอนกรีตชนิดวางบนดินควรมีความแข็งแรง แน่น หรือบดอัดโดยปราศจากสารอินทรีย์ แต่ถ้าคุณภาพของดินไม่แน่นหรือแข็งแรงพอ พื้นคอนกรีตดังกล่าวควรออกแบบให้ฐานรากมีลักษณะปูพรมหรือแบบแพ (Mat foundation) โดยวิศวกรโครงสร้างเป็นพิเศษ

รอยต่อที่ใช้ในพื้นคอนกรีตมีด้วยกัน 3 ประเภท สำหรับการเคลื่อนที่ ขยับ และขยายตัวของพื้นคอนกรีตคือ รอยต่อเผื่อขยาย (Isolation joints or Expansion joints) รอยต่อก่อสร้าง (Construction joints) และรอยต่อเผื่อแตก (Control joints)

- รอยต่อเผื่อขยาย (Isolation joints or Expansion joints)

มีไว้สำหรับให้พื้นคอนกรีตขยายตัวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะอยู่ระหว่างรอยต่อแผ่นพื้นด้วนกันเองหรือผนังกับเสาก็ได้

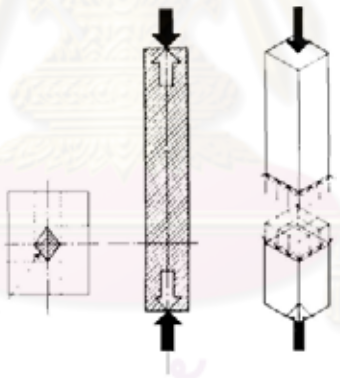
- รอยต่อก่อสร้าง (Construction joints) มีไว้สำหรับเป็นจุดกำหนดให้งานเทคอนกรีตมาเสร็จหรือหยุดไว้ชั่วคราว ก่อนจะเทคอนกรีตต่อไปในวันใหม่ และถ้าต้องการประยุกต์รอยต่อนี้เป็นรอยต่อเผื่อขยายหรือรอยต่อเผื่อแตก เราอาจจะทำรอยต่อเป็นแบรูปเข้าลิ้น (Key) หรือใช้เหล็กเดือยเสียบเพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง

- รอยต่อเผื่อแตก (Control joints)รอยต่อเผื่อแตกเป็นรอยต่อที่เตรียมไว้สำหรับรอย

แตกของพื้นที่ที่จะเกิดขึ้น เนื่องจากเกิดหน่วยแรงดึง (Tensile stress) ขึ้นในพื้น โดยระยะห่างของรอยต่อจะอยู่ในช่วง 15'-20' (4.57 -6.10 ม.) หรือเป็นแนวต่อระหว่างพื้นที่ที่มีรูปร่างไม่ได้ฉากกับพื้นที่สี่เหลี่ยมที่ได้ฉาก

2.3.3 เสา

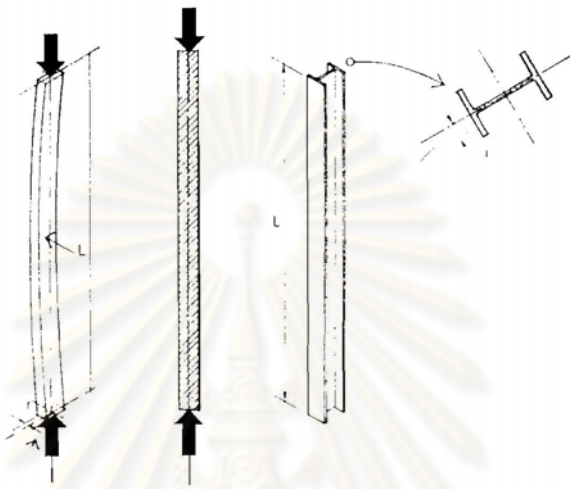
เสาเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างที่มีความแข็งแรงและมีรูปร่างผอม ถูกออกแบบไว้เพื่อรองรับแรงอัดตามแนวแกนของเสา และถ่ายเทแรงไปยังปลายเสาอีกด้านหนึ่ง อย่างไรก็ดี เสาที่มีลักษณะผอม เมื่อเปรียบเทียบพื้นหน้าตัดกับความยาวของเสา จะมีโอกาสพังทลาย (โก่งเดาะ) เนื่องจากความชะลูด ดังนั้นเมื่อวิศวกรโครงสร้างได้ออกแบบเสาที่มีอัตราส่วนความชะลูดไม่เกินกว่าที่มาตรฐานกำหนดแล้ว เสายังอาจเกิดการพังทลายได้เนื่องจากแรงกระทำตามแนวแกนเกินกว่ากำลังของวัสดุเนื้อหน้าตัดของเสาจะรับได้ นอกจากนี้แล้ว ยังมีแรงกระทำลักษณะอื่นอีก เช่น แรงกระทำเยื้องศูนย์ (ไม่ตรงจุดศูนย์กลางของหน้าตัดเสา) ซึ่งจะก่อให้เกิดโมเมนต์เพิ่มเข้ามา และแรงผ่านกระจายที่ไม่เท่ากันตลอดทั้งหน้าตัดของเสาอีกด้วย



ภาพที่ 2–11 แสดงพื้นที่เคิร์น (Kern area) (ชิงและ อาดัม, 2545)

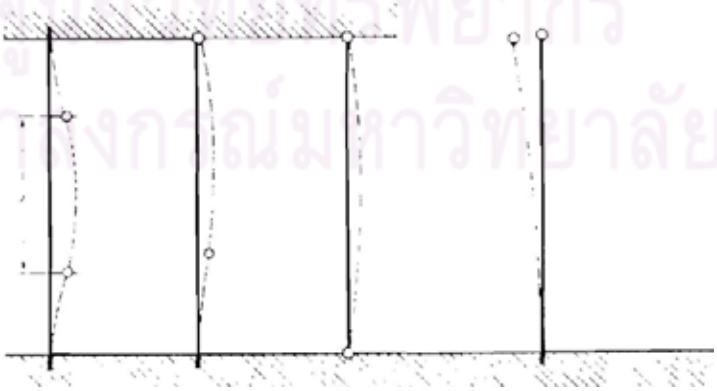
พื้นที่เคิร์น (Kern area) คือบริเวณโดยรอบจุดกึ่งกลางของหน้าตัดเสา ถ้ามีแรงอัดมากระทำตั้งฉากกับหน้าตัดเสาภายในบริเวณที่เคิร์นจะทำให้เกิดหน่วยแรงอัดตลอดทั้งหน้าตัดของเสาโดยจะไม่มีหน่วยแรงดึงเกิดขึ้นเลย นั่นคือ ถ้ามีแรงอัดมากระทำนอกพื้นที่เคิร์นซึ่งเยื้องศูนย์ไปมาก เช่น ทางขวาของพื้นที่เคิร์น ก็จะเกิดหน่วยแรงดึงขึ้นทางด้านขอบซ้ายของหน้าตัดเสาเมื่อเสามีความชะลูดมาก จะมีโอกาสพังทลายเนื่องจากการโก่งเดาะก่อนที่เสาจะพังทลายเนื่องจากหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจากกำลังของเนื้อวัสดุเสาเอง นั่นคือการโก่งเดาะเป็นสภาพความไร้สมดุลในแนวขวาง เนื่องจากเสาที่ชะลูดถูกเหนี่ยวนำโดยแรงอัดตามแนวแกนก่อนที่กำลังวัสดุหน้าตัดเสา

จะถึงจุดคราก (Yield stress) ซึ่งจะโก่งในแนวด้านข้าง ดังนั้นยิ่งเสามีอัตราส่วนความชะลูดมากเท่าไร ก็จะมีโอกาสเกิดการโก่งมากเท่านั้น การออกแบบจึงต้องพยายามให้เสามีอัตราส่วนความชะลูดน้อย หรือให้มีรัศมีไจเรชั่น (Gyration radius) ของหน้าเสามาก



ภาพที่ 2–12 แสดงการโก่งเดาะ (ชิงและ อาดัม, 2545)

อัตราส่วนความสูงเสาคือ อัตราส่วนระหว่างความยาวเสา (L) ต่อรัศมีไจเรชั่น (r) ดังนั้นเสาที่มีหน้าตัดไม่สมมาตร เช่น สี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งจะมีรัศมีไจเรชั่น (r) ในแนวแกน x กับแกน y ไม่เท่ากัน การโก่งเดาะจะเกิดในด้านที่แคบกว่า



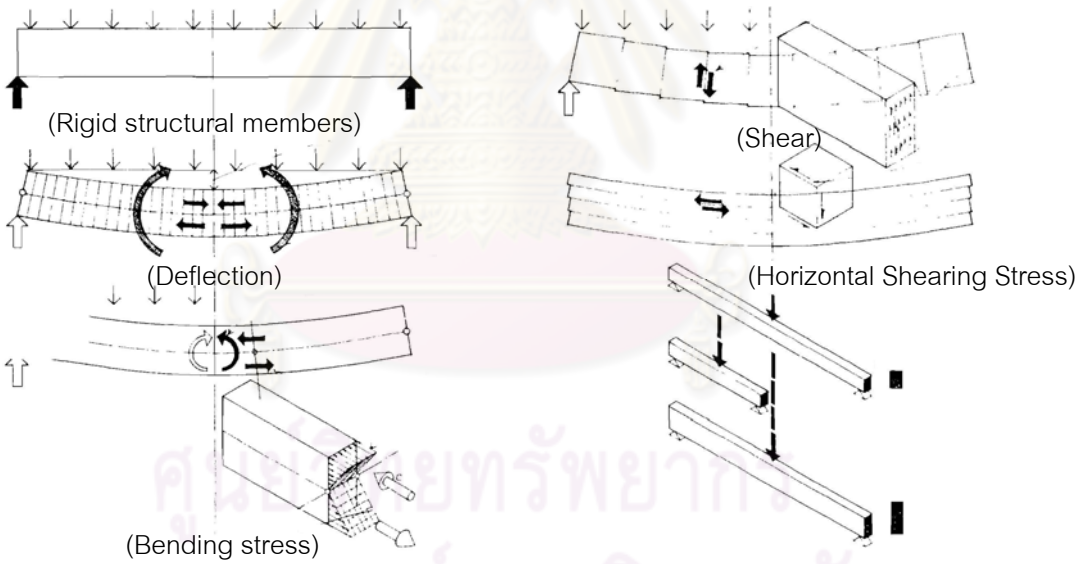
ภาพที่ 2–13 แสดงสัดส่วนหน้าตัดต่อความยาว (ชิงและ อาดัม, 2545)

- สัดส่วนหน้าตัดต่อความยาว (Effective length) คือ ระยะระหว่างจุดโค้งกลับสองจุดในเสาที่มีโอกาสโก่งเดาะ

- ตัวคูณลดความยาวประสิทธิผลเนื่องจากความชะลูด k (Effective length Factor) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้หาค่าความยาวประสิทธิผล ซึ่งมีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กบสภาพการยึดปลายเสา ตัวอย่างเช่น เสาแบบปลายยึดติด จะทำให้ความยาวประสิทธิผลลดลงเหลือแค่ครึ่งหนึ่ง แต่สามารถรับน้ำหนักได้มากกว่าเสาแบบปลายไม่ยึดติดถึงสี่เท่า

2.3.4 คาน

คาน (Beams) เป็นชิ้นส่วนโครงสร้างที่มีลักษณะแข็ง (Rigid structural members) ออกแบบไว้เพื่อรองรับน้ำหนัก แล้วถ่ายเทน้ำหนักไปยังจุดรองรับใต้คานทั้งสองข้างต่อไป ซึ่งน้ำหนักดังกล่าวจะทำให้คานเกิดการโค้งและโก่งลง ดังนั้นในการที่จะทำให้เกิดความสมดุล วัสดุเนื้อคานจึงต้องมีความแข็งแรงภายในเพื่อต้านทานความโค้งและโก่งลงดังกล่าว



ภาพที่ 2–14 แสดงแรงที่กระทำต่อคาน (ชิงและ อาดัม, 2545)

2.3.5 พื้น

พื้นเป็นโครงสร้างแผ่นระนาบในแนวราบของอาคาร ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักบรรทุก ทั้งที่เป็นน้ำหนักบรรทุกจร (Live load) ได้แก่ ผู้อยู่อาศัย เครื่องเรือน เครื่องจักรต่าง ๆ และที่เป็นน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead load) ได้แก่ น้ำหนักของตัวโครงสร้างพื้นเองที่สร้างขึ้นจากคอนกรีต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เหล็ก หรือไม้ โดยพื้นจะรองรับน้ำหนักดังกล่าว แล้วถ่ายเทกระจายในแนวราบไปสู่จุดรองรับที่เป็นคาน เสา หรือกำแพงรับแรง ในบางครั้งเราสามารถออกแบบพื้นให้มีลักษณะแข็งแรงพอที่จะถ่ายแรงออกไปยังกำแพงรับแรงทั้งสองข้าง

โครงสร้างพื้นที่มักจะพบเห็นกันทั่วไป ได้แก่ พื้นที่ทำจากไม้ โดยจะประกอบด้วยพื้นไม้วางอยู่บนตงไม้ (Joists) โดยมีคานไม้ (Main beam) ทำหน้าที่รับน้ำหนักจากตงไม้แล้วถ่ายน้ำหนักไปยังเสา พื้นอีกแบบหนึ่งที่เป็นที่นิยมอย่างมาก ได้แก่ พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced concrete slab) ความหนาของพื้นคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำหนักบรรทุก ความกว้างยาวของช่วงพาดของพื้นในช่วงหนึ่งจากคานถึงคาน

การออกแบบโครงสร้างอาคาร มีข้อควรพิจารณาสำหรับการออกแบบพื้นอยู่สองสามประการที่ผู้ออกแบบไม่ควรมองข้าม กล่าวคือ ในกรณีที่พื้นที่ต้องรับน้ำหนักประเภทน้ำหนักบรรทุกเคลื่อนที่ ควรออกแบบให้พื้นที่มีความแข็งแรงเชิงเหนียว (Stiffness) และต้องสัมพันธ์กับการแอ่นตัว (Deflection) ในพิกัดที่เหมาะสม เพราะถ้าพื้นมีค่าความแข็งแรงเพียงพอแค่รับน้ำหนักได้อย่างเดียวแต่เกิดการสั่นตัว (Vibration) หรือแอ่นตัวเมื่อมีน้ำหนักมากระทำก็จะทำให้ผิวพื้นหรือฝ้าเพดานเกิดการแตกร้าวหรือเกิดความเสียหาย ทำให้ผู้อยู่อาศัยอยู่ในอาคารมีความรู้สึกไม่ปลอดภัย

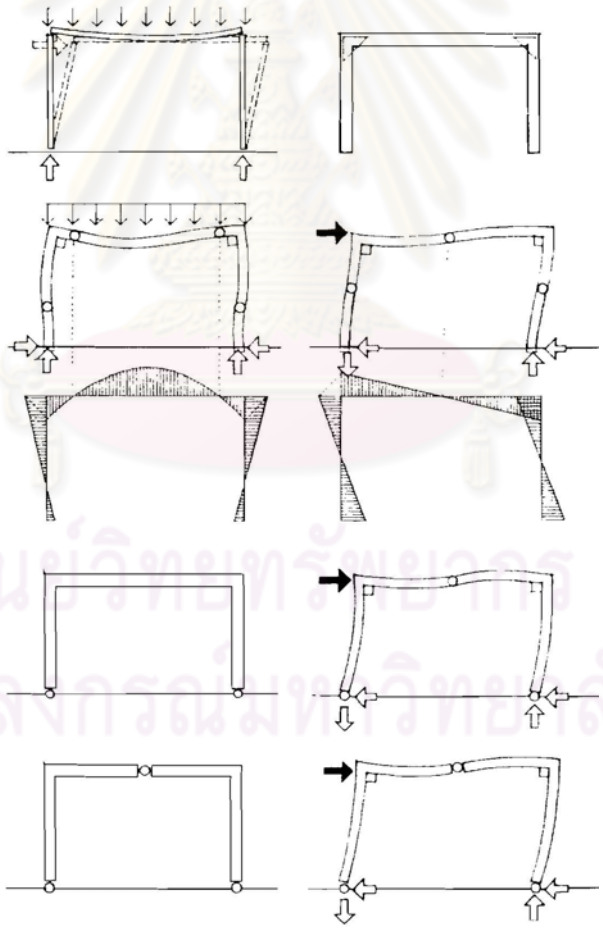
คานคอนกรีตเสริมเหล็กนั้น จะต้องสามารถรับแรงตามยาวและตามขวางกับหน้าตัดได้ โดยอาศัยเหล็กเส้นเสริมในแนวตามยาวและขวาง (Longitudinal and Web reinforcement) ไปพร้อมกันจึงจะทำได้ โดยทั่วไปแล้วคานคอนกรีตที่เทหล่อในที่ (Cast-in-place Concrete beam) จะถูกหล่อเป็นเนื้อเดียวกันกับพื้นคอนกรีตที่คานนั้นรองรับอยู่ โดยการวัดความสูงของคานจะวัดจนถึงหลังพื้นคอนกรีตรวมไปด้วยเลย

2.3.6 โครงถัก

โครงถัก (Trusses) เป็นโครงสร้างที่ประกอบขึ้นมาจากชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบขนาดสั้นและตรงจำนวนมาก ยึดต่อกันที่ข้อหมุน (Hinged point) ต่อเป็นรูปสามเหลี่ยมยึดโยงกันเป็นโครงสร้างโครงถักหนึ่งตัว และทำหน้าที่คล้ายคานตัวหนึ่ง โดยตัวโครงข้อหมุนจะทำหน้าที่รับโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นเมื่อมีน้ำหนักบรรทุก แต่ชิ้นส่วนองค์ประกอบจะนับเฉพาะแรงดึงหรือแรงอัดตามแนวแกนของชิ้นส่วนเท่านั้น

2.3.7 โครงกรอบอาคารและผนัง

คานแต่ละตัวที่วางพาดเพดานอยู่บนเสาสองต้นจะไม่สามารถต้านทานแรงกระทำด้านข้างได้ นอกจากคานดังกล่าวถูกยึดไว้ ดังนั้นถ้าข้อต่อระหว่างคานกับเสาสามารถต้านทานรับแรงกระทำด้านข้างและโมเมนต์ดัดได้เมื่อไร องค์ประกอบของคาน เสา และข้อต่อนั้นจะกลายเป็นโครงกรอบแข็ง (Rigid frame) ขึ้นในทันที แรงกระทำจากภายนอก เมื่อกระทำลงบนโครงกรอบ จะทำให้เกิดแรงตามแนวแกน แรงดัด และแรงเฉือนในชิ้นส่วนประกอบของโครงกรอบ เพราะข้อต่อแข็ง (Rigid joint) จะยึดชิ้นส่วนไม่ให้หมุนไปจนทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาต้านทานในแนวราบขึ้น ดังนั้นเมื่อมีแรงกระทำในแนวดิ่งบนโครงกรอบแข็งจะทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาในแนวราบของโครงกรอบได้ โครงกรอบแข็งเป็นโครงสร้างแบบ Indeterminate และแข็งเฉพาะในแนวระนาบของกรอบเท่านั้น

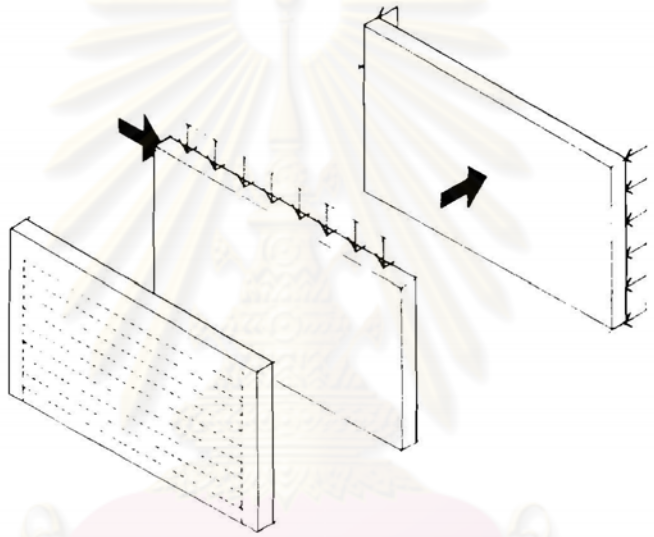


ภาพที่ 2–15 แสดงแรงที่กระทำต่อโครงกรอบอาคารและผนัง (ชิงและ อาดัม, 2545)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กำแพงรับแรง (Load bearing wall) มีลักษณะเหมือนมีเสาเล็กบางจำนวนหลาย ๆ ต้น ยืนเรียงต่อกันรับน้ำหนักจากด้านบนลงสู่พื้น ดังนั้นกำแพงรับแรงจะเหมาะสำหรับการรับน้ำหนักในแนวแกนหรือน้ำหนักกระจายในแนวแกนตลอดกำแพงแต่จะไม่เหมาะกับการรับแรงในแนวด้านข้าง เพื่อให้เกิดความมั่นคง จึงควรมีกำแพงในแนวขวางหรือพื้นยึดขวางไว้

ช่องเปิดใด ๆ ในแนวกำแพงจะลดความแข็งแรงของโครงสร้างลง ดังนั้นควรจัดให้มีทับหลัง (Lintel) หรือทับหลังโค้ง (Arch) เพื่อทำหน้าที่รองรับน้ำหนักเหนือประตูหรือหน้าต่าง และกระจายหน่วยแรงอัดให้ไหลลงด้านข้างของช่องเปิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 2–16 แสดงกำแพงรับแรง (Load bearing wall) (ชิงและ อาดัม, 2545)

2.3.8 ข้อต่อหรือรอยต่อของโครงสร้าง

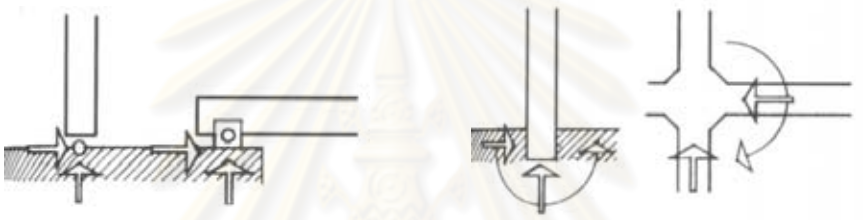
ก. รูปแบบการต่อเชื่อม โดยทั่วไปการเชื่อมต่อองค์อาคารเข้าด้วยกันจะสามารถกระทำได้เป็น 3 วิธีดังนี้

- การต่อแบบชน (Butt Joints) หมายถึงจุดต่อที่องค์อาคารมาต่อเชื่อมกันโดยมีตัวกลาง เช่น อุปกรณ์ยึดทำหน้าที่เชื่อมยึดองค์อาคารเข้าด้วยกัน
- การต่อแบบทาบหรือพาด (Overlapping Joints) หมายถึงจุดต่อที่องค์อาคารสามารถต่อทาบแบบต่อเนื่อง หรือพาดผ่านจุดต่อในอีกทิศทางหนึ่ง
- การต่อแบบเข้าเดือย (Molded and Shaped Joints) หมายถึงจุดต่อที่ได้ออกแบบองค์อาคารให้มีเดือย และร่องไว้ล่วงหน้าแล้ว

ข. อุปกรณ์ยึด (Connector) สำหรับข้อต่อหรือรอยต่อมีอยู่หลายชนิด เช่น หมุดย้ำ สลักเกลียว การเชื่อมหรือใช้กาวยึด ในทางทฤษฎีข้อต่อหรือรอยต่อจะแบ่งได้เป็น 3 แบบ ดังต่อไปนี้

- ข้อต่อแบบหมุน (Pinned Joints) หมายถึงข้อต่อหรือรอยต่อที่ยอมให้องค์อาคารที่มาเชื่อมต่อกันหมุน (Rotate) รอบจุดต่อได้ (Moment = 0) แต่จะไม่ยอมให้องค์อาคารเคลื่อนตัวไปในทิศทางใดๆ ได้

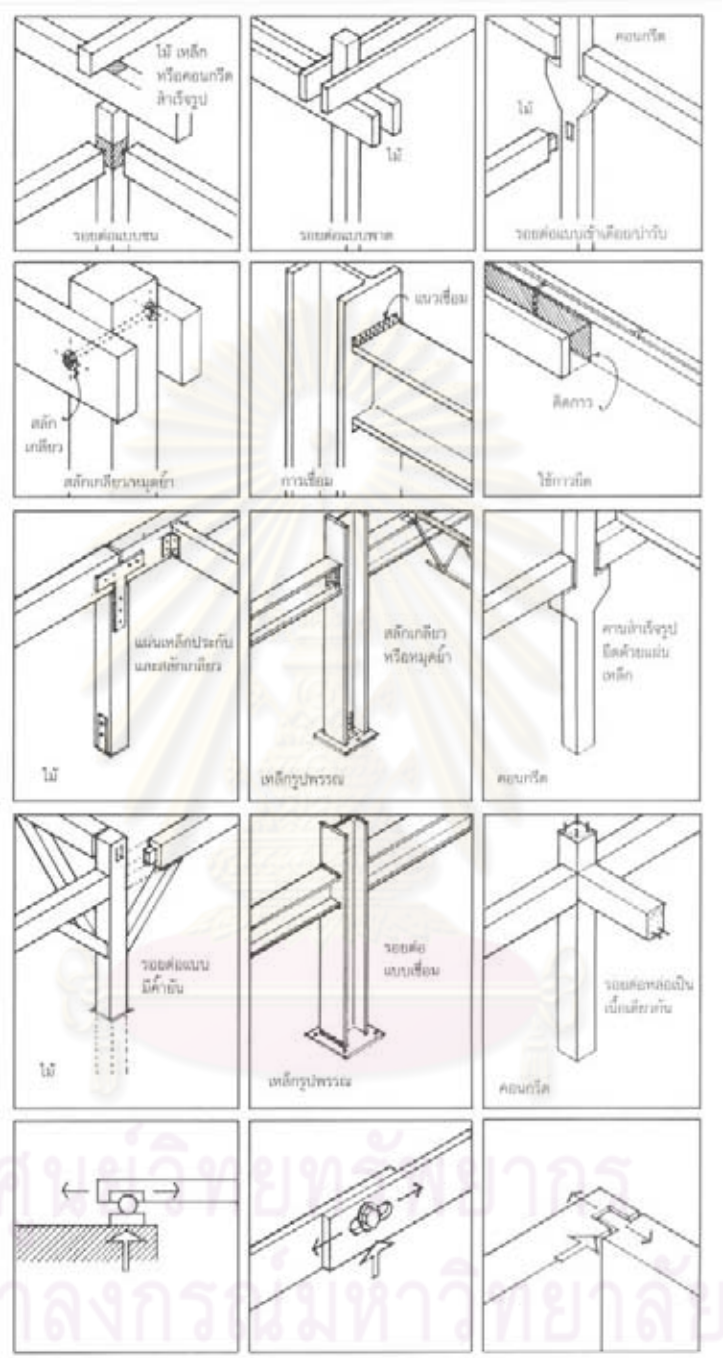
- ข้อต่อแบบแข็งหรือยึดแน่น (Rigid or Fixed Joints) หมายถึงข้อต่อหรือรอยต่อที่ไม่ยอมให้องค์อาคารเคลื่อนตัวหรือหมุนรอบจุดต่อได้ เป็นข้อต่อที่ต้านทานโมเมนต์และแรงกระทำในทุกทิศทาง



ภาพที่ 2-17 แสดงลักษณะของข้อต่อแบบหมุนและข้อต่อแบบแข็งหรอยึดแน่นตามลำดับ (ชิงและ อาดัม, 2545)

- ข้อต่อแบบล้อเลื่อน (Roller Joints) หมายถึงข้อต่อที่ยอมให้องค์อาคารหมุนรอบจุดต่อและสามารถเคลื่อนตัวได้หนึ่งทิศทาง ได้แก่ ข้อต่อที่เผื่อให้องค์อาคารสามารถขยับตัวหรือขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิได้ เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2-18 **แสดงข้อต่อและรอยต่อแบบต่าง ๆ ของโครงสร้าง** (ชิงและ อาดัม, 2545)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 การออกแบบประสานระบบในอาคาร

ในการศึกษาเรื่องการออกแบบประสานระบบ มีทฤษฎีหรือแนวคิดที่สำคัญอันหนึ่งซึ่งประกฎในหนังสือ The Building System Integration Handbook ของสถาบันสถาปนิกอเมริกา (AIA) ซึ่งรวบรวมโดย Richard D. Rush ในปี ค.ศ.1985 มีเนื้อหาโดยสรุปได้ดังนี้

2.4.1 กลุ่มงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบประสานระบบ

การออกแบบประสานระบบได้ถูกกำหนดโดยสถาบันสถาปนิกอเมริกา ได้แบ่งกลุ่มงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบประสานระบบออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

ก. ระบบโครงสร้างอาคาร

ส่วนประกอบที่ทำให้อาคารสามารถดำรงมั่นคงอยู่ได้ ไม่ว่าอาคารจะออกแบบโดยระบบก่อสร้างใดๆก็ตาม อาทิเช่น ระบบผนังรับน้ำหนัก ระบบเสาและคาน ระบบเปลือกบาง ระบบโครงข้อแข็ง ระบบโครงข้อหมุน เป็นต้น ซึ่งการเลือกระบบโครงสร้างนั้นขึ้นอยู่กับปะเภทอาคารและความต้องการของผู้ออกแบบ ซึ่งผู้ที่มีหน้าที่ดูแลระบบโครงสร้างอาคารคือวิศวกรโครงสร้าง

ข. ระบบกรอบรูปอาคาร

บางครั้งเรียกว่าระบบเปลือกอาคาร คือส่วนที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มอาคารและเป็นสิ่งที่กำหนดรูปร่างหน้าตาของอาคาร มีหน้าที่ป้องกันพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารออกจากสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งในระบบนี้ได้รวมถึง ผนังอาคาร พื้น หลังคา เป็นต้น ซึ่งผู้ที่มีหน้าที่ดูแลระบบกรอบรูปอาคารคือสถาปนิกนั่นเอง

ค. ระบบประกอบอาคาร

ระบบนี้เป็นระบบที่ใหญ่มาก เนื่องจากมีงานที่หลากหลายลักษณะรวมอยู่ในระบบนี้ อาทิเช่น ระบบการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารและระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้า ระบบแสงสว่าง ระบบน้ำใช้และน้ำทิ้ง ลิฟต์ บันไดเลื่อน รวมไปถึงระบบควบคุมอาคารเป็นต้น และระบบนี้มักจะเป็นระบบที่ประสานกับระบบอื่นๆได้เป็นอย่างดี ผู้ที่มีหน้าที่ดูแลระบบนี้คือ วิศวกรสาขาต่างๆ

ง. ระบบกรอบภายในอาคาร

ระบบเปลือกภายในอาคาร ในการศึกษาเรื่องการออกแบบประสานระบบ ระบบกรอบภายในจะหมายความถึงทุกสิ่งทุกอย่างที่สามารถมองเห็นได้ภายในอาคาร ซึ่งเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานของผู้ใช้อาคาร(อาจไม่รวมถึงส่วนที่เป็นส่วนระกอบของระบบประกอบอาคาร ยกเว้นที่ผู้ออกแบบตั้งใจให้ระบบนั้นเป็นส่วนหนึ่งของระบบกรอบภายในอาคาร ซึ่งผู้ที่รับผิดชอบในส่วนนี้จะมีหลากหลายมากอันได้แก่ ผู้ตกแต่งภายใน สถาปนิกและวิศวกร

ผลการศึกษาจาก The Building Systems Integration Handbook พบว่า ปัญหาสำคัญที่ทำให้การออกแบบประสานระบบไม่ประสบผลสำเร็จในอาคารทั่วไป เป็นเพราะว่าการไม่สามารถประสานงานกันได้ระหว่างผู้รับผิดชอบระบบต่างๆ อันได้แก่ วิศวกร สถาปนิกและผู้ตกแต่งภายใน ซึ่งผู้เขียนได้กล่าวอย่างชัดเจนว่า บ่อยครั้งแค่ไหนที่ผู้ที่รับผิดชอบในระบบต่างๆได้ร่วมปรึกษากันในการออกแบบ โดยมากผู้ออกแบบมักจะแยกกันคิดซึ่งเมื่อได้รับแผนผังอาคารจากสถาปนิกแล้วก็มักจะไม่ได้พบปะกันอีกจนกระทั่งออกแบบเสร็จสิ้นแล้ว จึงทำให้ระบบต่างๆไม่สามารถประสานกันได้อย่างลงตัว

2.4.2 บทสรุปของการการออกแบบประสานระบบ

จากการศึกษาเรื่องการออกแบบประสานระบบ เพื่อให้การออกแบบมีประสิทธิภาพสูงที่สุด สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ช่วยให้ประสิทธิภาพการใช้งานอาคารสูงขึ้นได้ เนื่องจากเมื่อระบบต่างๆได้รับการออกแบบให้ประสานกันแล้ว จะช่วยให้การทำงานของระบบต่างๆทำได้ง่ายขึ้น
2. ทำให้สะดวกในการดูและบำรุงรักษา เพราะเมื่อมีการรวมระบบและจัดระบบให้เรียบร้อยแล้ว ผู้ที่ทำหน้าที่บำรุงรักษาจะสามารถเข้าถึงระบบได้อย่างง่ายดาย และหากเป็นระบบที่ต้องดูแลรักษาร่วมกันและนำมาประสานกันแล้ว จะทำให้การดูแลรักษาเป็นไปได้อย่างง่ายดาย
3. ช่วยในการประหยัดงบประมาณในการก่อสร้าง เพราะเมื่อมีการระบบต่างๆเข้าด้วยกัน โดยเฉพาะระดับรวมสนิทแล้ว จะช่วยให้ประหยัดวัสดุในการก่อสร้าง และช่วยให้งานก่อสร้างนั้นสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

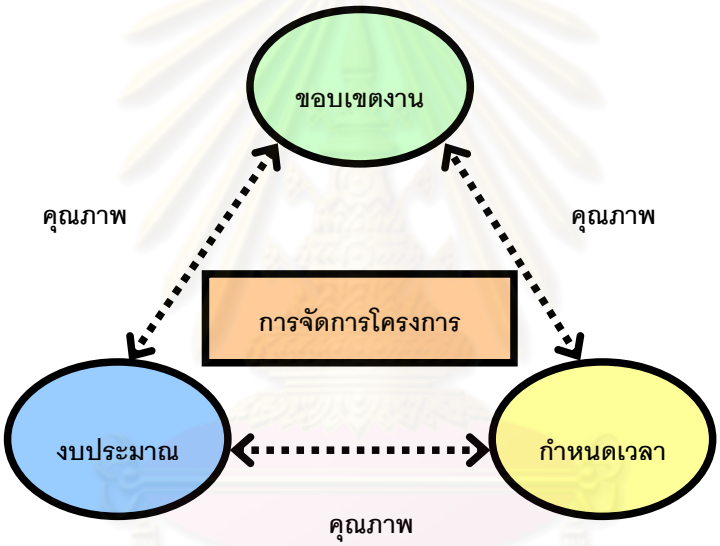
2.5 การบริหารและการจัดการโครงการ

2.5.1 ความหมายของการจัดการโครงการ

การจัดการ คือ กระบวนการดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมายโดยใช้ทรัพยากร ต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ คน เงิน วิธีการ วัสดุ และเครื่องจักร

โครงการ คือ กิจกรรมที่จัดตั้งขึ้นมาอย่างมีเป้าภายใต้ขอบเขตงาน งบประมาณ และระยะเวลาที่กำหนด

การจัดการโครงงาน คือ กระบวนการดำเนินงานภายใต้ ขอบเขตงาน งบประมาณ และกำหนดเวลาที่ระบุ โดยใช้ทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ให้บรรลุเป้าหมายและมีคุณภาพของงานที่ทำให้เจ้าของงานพอใจ



ภาพที่ 2-19 คุณภาพเป็นส่วนหนึ่งของขอบเขตงาน งบประมาณและกำหนดเวลา

(สันติ ชินานุวัติวงศ์, 2551)

2.5.2 องค์ประกอบของราคาค่าก่อสร้าง

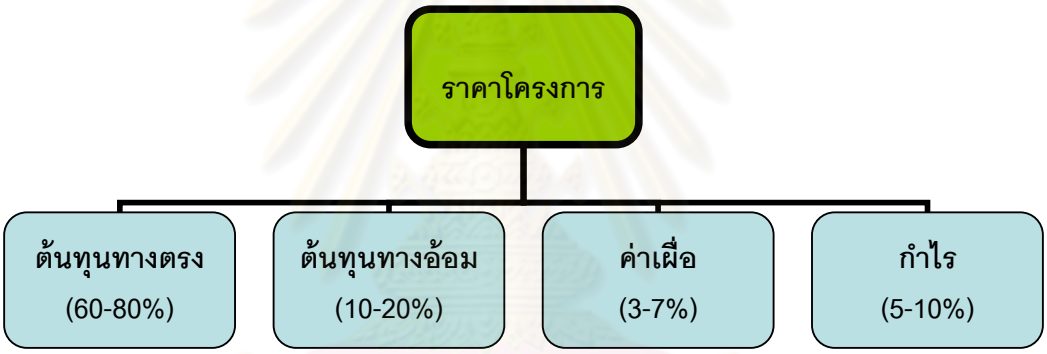
โดยทั่วไปแล้ว ค่าใช้จ่ายในการทำโครงการก่อสร้างของผู้รับเหมา ประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายทางตรง ค่าใช้จ่ายทางอ้อม ค่าเผื่อ (Contingencies) และกำไร

- ค่าใช้จ่ายทางตรง เป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในโครงการโดยตรง เช่น ราคาวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในโครงการ ค่าแรงงานต่าง ๆ เครื่องจักรที่ใช้ในการทำงานนั้น ๆ โดยเฉพาะ ผู้รับเหมาช่วงต่าง ๆ โดยทั่วไปแล้วค่าใช้จ่ายทางตรงมักมีอัตราส่วนสูงสุด
- ค่าใช้จ่ายทางอ้อม ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่ไม่สามารถคิดได้โดยตรงกับงานใดงานหนึ่งในโครงการโดยเฉพาะ ค่าใช้จ่ายทางอ้อม สามารถแบ่งย่อยได้ 2 ประเภท ได้แก่ ค่าใช้จ่าย

ในการดำเนินงานของสำนักงานใหญ่ และ ค่าดำเนินการโครงการซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในโครงการ ค่าใช้จ่ายทางอ้อมมักสูงรองจากค่าใช้จ่ายทางตรง

- ค่าเผื่อ มีไว้สำรองเผื่อความไม่แน่นอน เช่น อาจมีสิ่งที่ไม่ได้ประมาณการหรือคาดการณ์ไว้ เช่น การขึ้นราคาของวัสดุ การทำงานโดยวิธีปกติไม่ได้ต้องใช้วิธีพิเศษ ซึ่งมักมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น

- กำไร เป็นส่วนที่ผู้รับเหมาบวกเข้าไปกับค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เปอร์เซ็นต์ กำไรขึ้นอยู่กับความพอใจของผู้รับเหมา อย่างไรก็ตาม ถ้าตัวเลขสูงเกินไป ก็อาจทำให้ผู้รับเหมาไม่สามารถประมูลงานได้ เนื่องจากว่าต้องแข่งขันกับผู้รับเหมารายอื่น ๆ ถ้าตัวเลขต่ำไปก็อาจเสี่ยงที่จะขาดทุน หรือไม่อยากทำงานเพราะไม่คุ้มค่าเหนื่อย



แผนภูมิที่ 2-1 **แสดงสัดส่วนค่าใช้จ่ายในองค์ประกอบของราคาค่าก่อสร้าง**

(สันติ ชินานุวัติวงศ์, 2551)

2.5.3 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มักพบในงานก่อสร้าง

การทำงานก่อสร้าง มักมีข้อจำกัดที่ควรต้องพิจารณา เพื่อให้การทำงานเป็นไปโดยราบรื่นและเกิดปัญหาน้อยที่สุด เป็นหน้าที่และความรับผิดชอบของทางผู้รับเหมา ที่จะต้องวางแผนโดยรวมข้อจำกัดต่าง ๆ เข้าไปด้วย รายการต่อไปนี้เป็นข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มักพบในการทำงานก่อสร้าง

1. <u>ด้านการเงิน</u> ในการทำงานแต่ละอย่างต้องการเงินที่จะมาใช้จ่าย เพื่อทำให้เกิดงาน เช่น ใช้ซื้อวัสดุ จ่ายค่าแรงงาน อุปกรณ์ เครื่องจักร ดังนั้น ความสามารถในการทำงานของผู้รับเหมาก่อสร้าง มักจะขึ้นอยู่กับสภาพคล่องทางการเงินว่ามีมากน้อยเพียงไร การพิจารณาการทำงานก่อสร้าง ให้สัมพันธ์กับค่าใช้จ่ายที่เบิกจากเจ้าของงานเป็นสิ่งที่จำเป็น อย่างไรก็ตาม

ในทางปฏิบัติแล้วทางผู้รับเหมา มักจะทำงานไปก่อนแล้วจึงค่อยเบิกจ่ายตามงวดงานที่กำหนด ดังนั้น ผู้รับเหมาเองก็ต้องเตรียมงบประมาณค่าใช้จ่ายล่วงหน้า ถ้าผู้รับเหมามีเงินมากพอ มักจะไม่ค่อยเกิดปัญหาในการทำงาน แต่ในกรณีที่ผู้รับเหมา มีเงินใช้จ่ายน้อยอาจเป็นอุปสรรคในการทำงานได้ โดยเฉพาะค่าแรงงาน ซึ่งปกติแล้วจะจ่ายทุก ๆ 2 สัปดาห์ ถ้าผู้รับเหมาต้องกู้เงิน ก็ต้องพิจารณาถึงดอกเบี้ยด้วย

2. <u>ด้านการคมนาคม</u> ในการทำงานโครงการก่อสร้าง มีหลายๆ โครงการที่อาจจะอยู่ไกล หรือไม่สะดวกในเรื่องการขนส่ง ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งทางใดก็ตาม มักจะมีผลกับงานก่อสร้างได้ทั้งสิ้น ในการทำงานผู้รับเหมามักจะเลือกวิธีการขนส่งที่เหมาะที่สุด ซึ่งมักหมายถึงรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย บางครั้งอาจมีการทำถนน หรือทางเข้าชั่วคราวเพื่อให้การทำงานสะดวกและรวดเร็ว โดยเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการทำถนน หรือทางเข้าชั่วคราวกับผลที่ได้จากการใช้

3. <u>ด้านช่างฝีมือแรงงานและค่าจ้าง</u> การทำงานก่อสร้างส่วนมาก ต้องการช่างที่มีฝีมือในหลายๆ ด้านด้วยกัน ซึ่งบางครั้งในช่วงเวลาที่มีงานก่อสร้างมาก มักจะเกิดการขาดแคลนช่างฝีมือเหล่านี้ ทำให้เกิดปัญหาในการทำงานได้ ในการวางแผนควรต้องพิจารณา ถึงข้อจำกัดของช่างฝีมือที่จำเป็นต้องใช้ โดยเฉพาะในช่วงเทศกาล ฤดูเก็บเกี่ยว หรือช่วงการดำนา มักจะมีการขาดแคลนช่างฝีมือแรงงาน ดังนั้น ในการวางแผนควรพิจารณาปัญหาเหล่านี้และรวมเข้าไปในแผนงานด้วย

4. <u>ด้านสภาพภูมิอากาศ</u> การทำงานก่อสร้างโดยทั่วไป มักจะทำในที่โล่งแจ้ง ดังนั้น ในกรณีที่ฝนตกบ่อยมากอาจเป็นอุปสรรคในการทำงานได้ บางครั้งฝนตกหนักทำให้น้ำท่วมอาจทำความเสียหายให้แก่โครงการก่อสร้างได้ ในการวางแผนงานก่อสร้างแต่ละภูมิภาค อาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ในทางปฏิบัติแล้ว ควรดูสถิติฝนตกในพื้นที่ที่ทำการก่อสร้าง เพื่อเผื่อเวลาที่ไม่สามารถทำงานได้เข้าไปในแผนงาน

5. <u>ด้านสภาพภูมิประเทศ</u> มีผลต่อความยากง่ายในการทำงาน เช่น บริเวณที่ราบการทำงานมักจะง่ายกว่าสภาพพื้นที่ๆ เป็นเนินเขา สภาพดินฐานรากก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง เช่น ถ้าเป็นดินอ่อน การขุดดินมักจะง่าย แต่ถ้าเกิดฝนตกอาจทำให้เครื่องจักรทำงานได้ลำบาก ในทางตรงกันข้าม ดินที่แข็งอาจทำให้การขุดดินทำได้ยากถ้าทำด้วยมือ แต่ถ้าใช้เครื่องจักรก็จะสะดวกกว่า

6. <u>ด้านแบบและรายการข้อกำหนด</u> ปัญหาหลักปัญหาหนึ่ง ที่ทำให้เกิดการขัดแย้งระหว่างเจ้าของและผู้รับเหมา ได้แก่ การทำแบบหรือรายการข้อกำหนดที่ไม่ดี เช่น ไม่ชัดเจนทำให้เข้าใจไปคนละทาง หรือ แบบกับรายการข้อกำหนดไม่ตรงกัน ดังนั้น ก่อนที่จะมีการลง

นามในสัญญา ทั้งฝ่ายเจ้าของและฝ่ายผู้รับเหมา ควรทำการตรวจสอบแบบและรายการข้อกำหนด ถ้าพบที่ผิดหรือข้อขัดแย้ง ควรทำการแก้ไขก่อนก็จะสามารถลดข้อขัดแย้ง ในเรื่องแบบรูปและรายการก่อสร้างได้

7. ด้านอุปกรณ์และเครื่องมือ ในการทำงานก่อสร้าง ส่วนใหญ่มักมีความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ หรือเครื่องมือเครื่องจักรในการทำงาน ดังนั้น ในการทำการก่อสร้าง ฝ่ายผู้รับเหมาควรทำการศึกษาว่า ต้องการใช้เครื่องจักรชนิดใด ความสามารถเท่าใดและจำนวนเท่าใด จะหามาโดยวิธีการซื้อ เช่าซื้อ หรือเช่า อีกทั้งควรต้องพิจารณาการซ่อมบำรุง และพิจารณาว่าอะไหล่หาได้ยากง่ายเพียงไร ในบางครั้งถ้ามีความจำเป็นต้องนำเครื่องจักรมาจากที่อื่นก็ต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายในการขนส่งด้วย

8. ด้านเวลา โดยทั่วไปแล้ว โครงการก่อสร้างทุกโครงการจะมีการกำหนดระยะเวลาที่ตายตัว ดังนั้น ในการวางแผนงานของผู้รับเหมา ต้องพิจารณาถึงทรัพยากรที่ทางผู้รับเหมาจำเป็นต้องใช้ เพื่อให้การทำงานเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด โดยปกติการวางแผนงานเบื้องต้น จะใช้ทรัพยากรที่ผู้รับเหมามีอยู่ขณะนั้น แต่ถ้าไม่พอก็อาจต้องมีการหามาเพิ่มตามความจำเป็น

9. ด้านวิธีการก่อสร้าง โครงการก่อสร้างแต่ละชนิด แต่ละขนาด หรือแต่ละสถานที่ อาจมีวิธีการก่อสร้างที่แตกต่างกันออกไป ผู้รับเหมาควรเลือกวิธีการก่อสร้างที่มีความเหมาะสม เพื่อให้การก่อสร้างเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เรื่องที่พิจารณา มักได้แก่ เทคโนโลยีที่ใช้ เช่น การใช้แบบเลื่อน (Slip Form) แทนการใช้แบบหล่อธรรมดา ผลกระทบกับวิธีการที่ใช้กับสิ่งก่อสร้างข้างเคียง เช่น การตอกเสาเข็ม อาจทำให้สิ่งปลูกสร้างที่อยู่ใกล้เคียงเสียหายหรืออาจมีเสียง ฝุ่น รบกวนผู้อยู่อาศัยที่อยู่ใกล้เคียง ในการเลือกวิธีการก่อสร้าง ผู้รับเหมาควรต้องเลือกวิธีการที่ดีและเหมาะสมกับโครงการที่จะทำการก่อสร้างให้มากที่สุด

10. ด้านระเบียบข้อบังคับหรือกฎหมาย ในแต่ละประเทศหรือแต่ละท้องถิ่นอาจมีข้อจำกัดในเรื่องกฎหมายที่แตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตาม ผู้รับเหมาจะต้องศึกษากฎหมาย กฎระเบียบ มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับรถบรรทุก เช่น น้ำหนักที่ใช้บรรทุก เวลาที่รถบรรทุกสามารถวิ่งได้ เกี่ยวกับแรงงาน ได้แก่ มาตรการความปลอดภัยของคนงาน เช่น คนงานต้องมีหมวกแข็ง สวมรองเท้านิรภัย ในกรณีที่มีการปีนป่ายก็ต้องมีเข็มขัดนิรภัย เป็นต้น ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ อาจต้องมีการจ่ายค่าชดเชยให้แก่คนงาน หรือครอบครัวของคนงาน เป็นต้น การทำงานล่วงเวลาในวันหยุด ก็ต้องมีการจ่ายเงินชดเชยให้กับคนงาน

11. ด้านการอื่นๆ เช่น การที่มีสหภาพแรงงาน ก็อาจทำให้คนงานมีการเดินขบวนเรียกร้องค่าแรง การนัดหยุดงานเพื่อประท้อง หรือการทำงานที่ต้องพึ่งบุคลากรฝ่ายอื่นๆ อาจทำให้เกิดปัญหาได้

2.6 การควบคุมงานก่อสร้าง

2.6.1 การควบคุมคุณภาพ

การควบคุมคุณภาพ คือ กระบวนการทดสอบ ตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ได้ผลที่ได้จากการก่อสร้างมีคุณภาพตามที่กำหนดไว้ในแบบรูป รายการก่อสร้าง และเงื่อนไขของสัญญา ภายใต้งบประมาณและกำหนเวลาที่ทางเจ้าของกำหนด

ก. การควบคุมคุณภาพของงานก่อสร้าง ทำได้ 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้แก่

1. ระหว่างการออกแบบ เป็นการเลือกวัสดุและวิธีการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพ และออกแบบให้ถูกต้องได้มาตรฐาน ตามข้อกำหนดและกฎเกณฑ์ต่าง ๆ

2. ระหว่างการก่อสร้าง เป็นการควบคุมงานให้ตรงตามแบบรูปและรายการข้อกำหนด โดยควบคุมคุณภาพวัสดุที่นำมาใช้ ควบคุมฝีมือแรงงานในการทำงานก่อสร้าง และตรวจสอบผลงานก่อสร้างที่สร้างเสร็จแล้ว

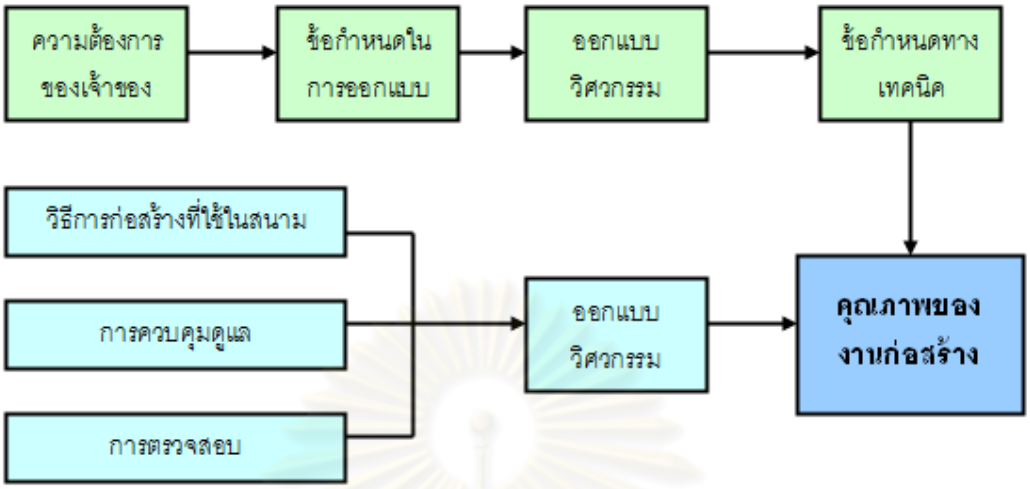
ข. องค์ประกอบของคุณภาพในงานก่อสร้าง

1. ลักษณะของคุณภาพ ได้แก่ สิ่งที่ใช้พิจารณาคุณภาพของวัสดุหรืองานก่อสร้างที่ต้องการควบคุมคุณภาพ เช่น ขนาด สี ความแข็งแรง ผิว อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water cement Ratio) การวัดค่ายุบตัวของคอนกรีต ฯ

2. คุณภาพของการออกแบบและการจัดทำรายการก่อสร้าง เป็นการกำหนดคุณภาพของงานให้เป็นไปตามมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ควรรกำหนดมาตรฐานให้เหมาะสมกับงาน เพราะว่า การใช้มาตรฐานที่สูงมักจะทำให้ค่าก่อสร้างสูง แต่ค่าดูแลรักษาต่ำ หรือการใช้มาตรฐานที่ต่ำแต่ค่าดูแลรักษาสูง

3. คุณภาพของการทำงานตามข้อกำหนด ได้แก่ การควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามแบบรูปและรายการก่อสร้าง โดยทั่วไปมีหลักการในการตัดสินใจ ดังนี้

- งานโครงสร้าง ใช้หลักความแข็งแรงและความปลอดภัย
- งานสถาปัตยกรรม ใช้หลักความสวยงามและเจ้าของงานพอใจ
- งานระบบ ใช้หลักว่าระบบต้องสามารถใช้งานได้ตามที่ออกแบบไว้



แผนภูมิที่ 2-2 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของคุณภาพ (สันติ ชินานุวัติวงศ์, 2551)

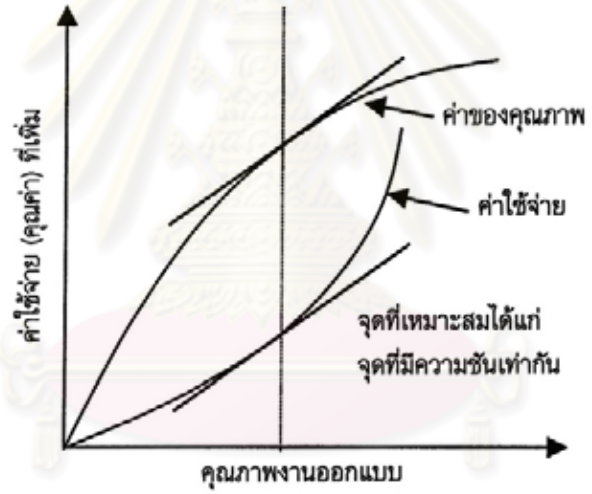
แผนภูมิที่ 2-2 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของคุณภาพ ซึ่งเริ่มตั้งแต่ความต้องการของเจ้าของงานซึ่งจะเป็นตัวกำหนดเกณฑ์การออกแบบ ซึ่งเป็นแนวทางในการออกแบบวิศวกรรม และการเตรียมรายการก่อสร้างสำหรับการก่อสร้างโครงการ คุณภาพของการควบคุมงานมักขึ้นอยู่กับ

- วิธีการก่อสร้างที่ทำจริงในสนามรวมถึงฝีมือของช่าง ประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์และคุณภาพของวัสดุที่ใช้
- การควบคุมดูแลช่างฝีมือแรงงานให้ทำตามแบบรูปและรายการก่อสร้าง
- การตรวจสอบและขั้นตอนในการควบคุมคุณภาพที่ใช้ซึ่งรวมถึง ความรู้ความสามารถของผู้ควบคุมงานและความน่าเชื่อถือของวิธีการทดสอบและเครื่องมือที่ใช้ทดสอบในการวัดคุณภาพตามที่ระบุโดยผู้ออกแบบ ควรต้องมีการทดสอบเครื่องมือหรืออุปกรณ์ก่อนการนำไปใช้

ปัจจัยทั้งสามอย่างทำให้ได้ระดับของคุณภาพการทำงานเป็นไปตามแบบรูปและรายการข้อกำหนด ผลที่ได้จากการควบคุมคุณภาพของการออกแบบและคุณภาพของงานก่อสร้างก็คือ ได้สิ่งปลูกสร้างที่มีคุณภาพ อย่างไรก็ตาม การควบคุมคุณภาพทั้งการออกแบบและการก่อสร้างต้องการค่าใช้จ่าย

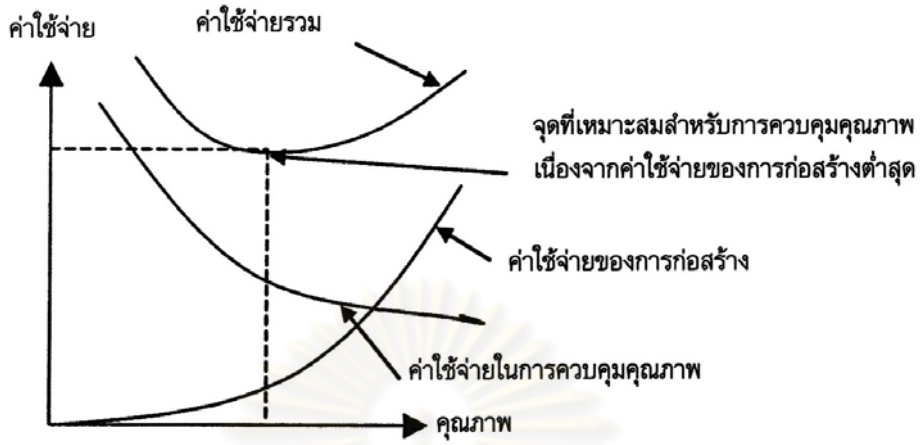
2.6.2 ค่าใช้จ่ายในการควบคุมคุณภาพ

ค่าใช้จ่ายในการควบคุมคุณภาพ พอจะแบ่งได้เป็นสองหัวข้อได้แก่ ค่าใช้จ่ายสำหรับคุณภาพในการออกแบบและค่าใช้จ่ายสำหรับคุณภาพของงานก่อสร้าง แผนภูมิที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายและคุณค่าของคุณภาพ โดยที่แกนนอนแสดงถึงปริมาณคุณภาพและแกนตั้งแสดงถึงค่าใช้จ่ายและคุณค่าของคุณภาพ ค่าใช้จ่ายและคุณค่าของคุณภาพจะเพิ่มตามระดับคุณภาพของงานออกแบบที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามกราฟคุณค่ามีลักษณะโค้งคว่ำ หมายถึงในขณะที่เพิ่มคุณภาพของการออกแบบ คุณค่าของคุณภาพจะเพิ่มตาม แต่เพิ่มในอัตราที่ต่ำลง ในทางตรงกันข้ามกราฟค่าใช้จ่ายมีลักษณะเป็นโค้งหงาย ซึ่งหมายถึงในขณะที่เพิ่มคุณภาพของการออกแบบค่าใช้จ่ายจะเพิ่มขึ้นและเพิ่มในอัตราที่สูงขึ้น และในที่สุดอาจได้คุณภาพที่ไม่คุ้มกับค่าใช้จ่าย



แผนภูมิที่ 2-3 **ค่าใช้จ่ายและคุณค่าของคุณภาพของงานออกแบบ** (สันติ ชินานุวัติวงศ์, 2551)

ระดับคุณภาพที่พอเหมาะ ได้แก่ ระดับคุณภาพตรงจุดที่ความชันของเส้นสัมผัสของกราฟคุณค่าและกราฟค่าใช้จ่ายของคุณภาพขนานกัน ถ้าต่ำกว่าจุดนี้คุณค่าของคุณภาพจะมากกว่าค่าใช้จ่ายของคุณภาพ และถ้าสูงกว่าจุดนี้ค่าใช้จ่ายของคุณภาพจะมากกว่าค่าของคุณภาพที่ได้



แผนภูมิที่ 2-4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายและคุณภาพของงานก่อสร้าง (สันติ ชินานุวัติวงศ์, 2551)

แผนภูมิที่ 2-4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างกับคุณภาพของงานก่อสร้าง แกนตั้งแสดงถึงค่าใช้จ่ายและแกนนอนแสดงถึงคุณภาพของงานก่อสร้าง ในรูปมีกราฟอยู่สามเส้น ได้แก่ เส้นแรกแสดงถึงค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโดยตรงซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ทำให้งานเสร็จ ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้าง ได้แก่ ค่าแรงงาน วัสดุ เครื่องจักร และการควบคุมงานให้ได้งานที่มีคุณภาพ จากรูปจะเห็นได้ว่า ในขณะที่ค่าใช้จ่ายสูงขึ้นคุณภาพจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เส้นที่สองแสดงถึงค่าใช้จ่ายสำหรับการควบคุมคุณภาพ (Quality Cost) ซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการติดตาม ประเมิน และแก้ไขงานที่ไม่ได้มาตรฐาน ค่าใช้จ่ายมีค่าลดลงเมื่อคุณภาพเพิ่มมากขึ้น เส้นที่สามแสดงถึงกราฟค่าใช้จ่ายรวมซึ่งเป็นผลรวมของกราฟทั้งสองเส้น จุดที่ต่ำสุดของกราฟค่าใช้จ่ายรวมจะเป็นจุดที่เหมาะสม

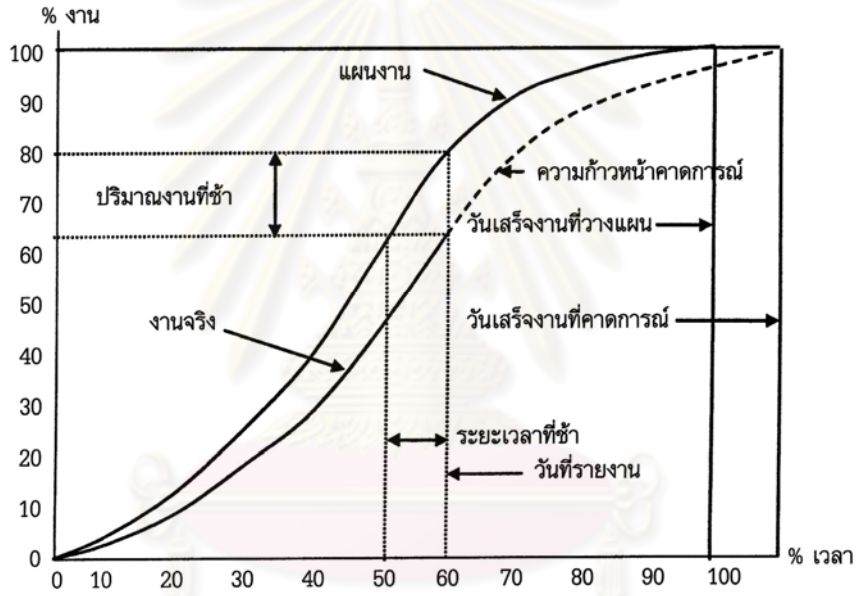
2.6.3 การควบคุมความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง

เป็นการวัดปริมาณงานที่ทำได้จริง เพื่อเปรียบเทียบกับแผนงานที่วางไว้ ผลของการเปรียบเทียบเกิดขึ้นได้ 3 กรณี

1. ผลงานล่าช้าไปจากแผนซึ่งจะเป็นปัญหามากที่สุด และจะต้องหาทางแก้ไข
2. ผลงานทำได้ตามแผนไม่มีปัญหา
3. ผลงานทำได้เร็วกว่าแผน อาจมีปัญหาเรื่องการเบิกค่าใช้จ่ายตามงวดงาน

ก. กราฟแผนงานกับกราฟความก้าวหน้า (Planning & Reporting Progress)

เป็นกราฟที่แสดงการเปรียบเทียบความก้าวหน้าของงานจริงกับงานที่วางแผนไว้ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2-5 ในแต่ละช่วงเวลาที่ต้องทำรายงานกราฟ จะแสดงสถานภาพของโครงการว่า เร็วหรือช้าไปจากแผนงาน และในบางครั้ง อาจสามารถพยากรณ์วันเสร็จงานได้ โดยต่อเส้นกราฟที่แสดงความก้าวหน้าของงานออกไปจากแผนภูมิที่ 2-5 จะเห็นว่า งานล่าช้าไปจากแผน



แผนภูมิที่ 2-5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างแผนงานและงานที่ทำได้จริง (สันติ ชินานุวัติวงศ์, 2551)

ข. การควบคุมค่าใช้จ่าย

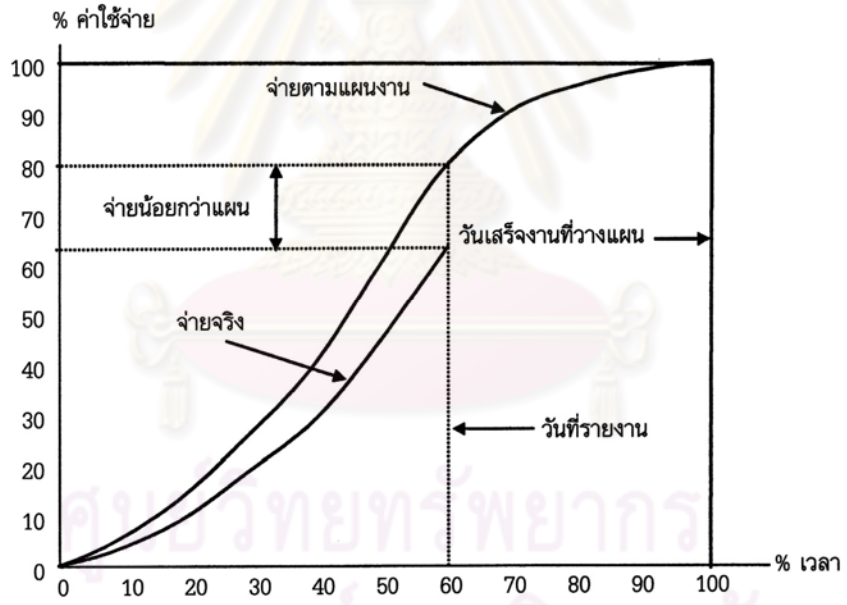
การควบคุมค่าใช้จ่ายหลัก ๆ ของโครงการได้แก่ ค่าใช้จ่ายทางตรงซึ่งประกอบด้วยค่าแรง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ผู้รับเหมาย่อย และค่าใช้จ่ายทางอ้อม ซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายสำนักงานสนามและสำนักงานใหญ่การควบคุมค่าใช้จ่ายแบ่งได้ 2 ช่วง

1. การควบคุมราคาระหว่างการออกแบบรายละเอียด เพื่อให้ได้ราคาค่าก่อสร้างภายใต้งบประมาณที่ทางเจ้าของงานกำหนด

2. การควบคุมราคาระหว่างการก่อสร้าง เพื่อควบคุมค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างให้ต่ำกว่าราคาที่ประมูลได้โดยผู้รับเหมา

ค. กราฟค่าใช้จ่ายตามแผนงานกับกราฟค่าใช้จ่ายจริง (Planning & Reporting Cost)

เป็นกราฟที่แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของงานจริง ๆ กับค่าใช้จ่ายตามแผนงานที่วางไว้ ดังแผนภูมิที่ 2-6 ในแต่ละช่วงเวลาที่ต้องทำรายงาน กราฟจะแสดงสถานภาพของโครงการว่า ค่าใช้จ่ายมากหรือน้อยไปจากแผน และในบางครั้งอาจสามารถพยากรณ์ค่าใช้จ่าย ณ วันเสร็จงานได้ จากแผนภูมิที่ 2-6 จะเห็นว่า ค่าใช้จ่ายต่ำกว่าแผน การหาระยะเวลาโครงการที่ค่าใช้จ่ายต่ำสุด

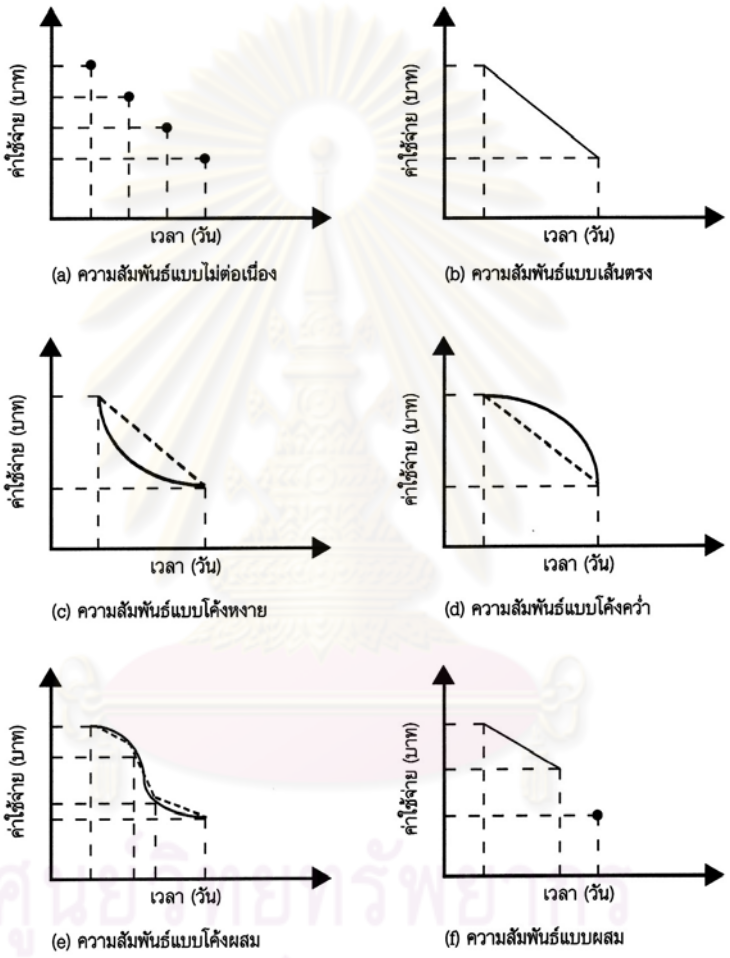


แผนภูมิที่ 2-6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายตามแผนงานและค่าใช้จ่ายจริง

(สันติ ชินานุวัติวงศ์, 2551)

2.6.4 การทำกำหนดเวลาโดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยสุด

การทำกำหนดเวลาโดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยสุด (Least Cost Scheduling บางครั้งเรียกว่า Time-Cost Trade-Off) เป็นการหาระยะเวลาของกิจกรรมและระยะเวลาของโครงข่ายที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ปกติความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าใช้จ่าย (Time-Cost Function)



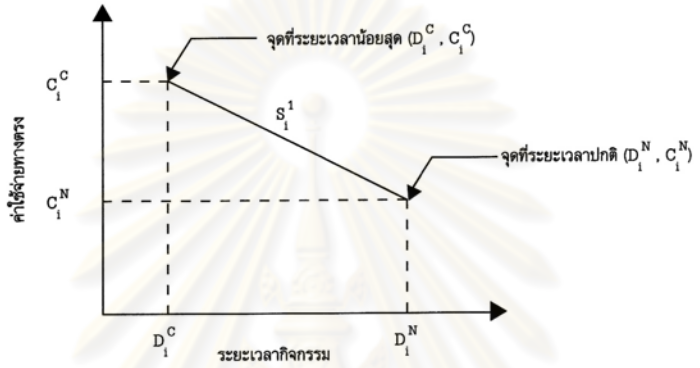
แผนภูมิที่ 2-7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าใช้จ่ายแบบต่างๆ (สันติ ชินานุวัติวงศ์, 2551)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับการทำกิจกรรมและสำหรับโครงการสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ

ก. ค่าใช้จ่ายทางตรงกับเวลา

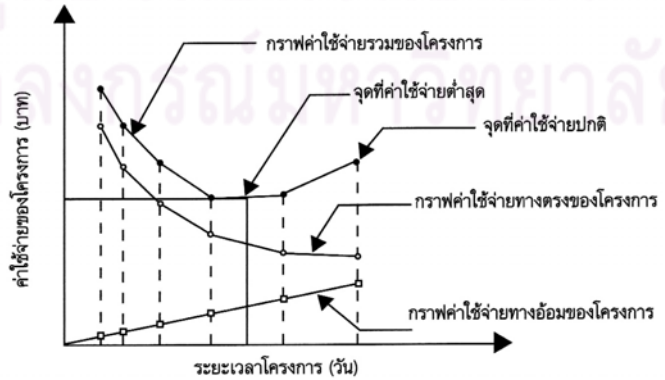
โดยทั่วไปแล้วในการลดระยะเวลาโครงการ สามารถทำได้โดยการลดระยะเวลาของกิจกรรมที่วิกฤต ซึ่งปกติค่าใช้จ่ายทางตรงจะเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ระยะเวลาโครงการลดลง แสดงความสัมพันธ์ของเวลาและค่าใช้จ่ายของกิจกรรม (ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง)



แผนภูมิที่ 2-8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าใช้จ่ายทางตรงของกิจกรรมแบบเส้นตรง (สันติ ชินานุวัติวงศ์, 2551)

ข. ค่าใช้จ่ายทางอ้อมกับเวลา

ค่าใช้จ่ายทางอ้อม โดยทั่วไปจะกระจายสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาทำโครงการ ดังนั้น ถ้าระยะเวลาโครงการลดลงจะทำให้ค่าใช้จ่ายทางอ้อมลดลงไปด้วย ในทางตรงกันข้ามการลดระยะเวลาโครงการมักจะเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายทางตรง ดังนั้น ในการหาระยะเวลาที่ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดจึงเป็นการหาจุดที่ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการน้อยที่สุดนั้นเอง ดังแผนภูมิที่ 2.12 แสดงกราฟเวลาและค่าใช้จ่ายของโครงการ



แผนภูมิที่ 2-9 กราฟเวลาและค่าใช้จ่ายของโครงการ (สันติ ชินานุวัติวงศ์, 2551)

2.7 การปรับปรุงผลผลิตงานก่อสร้าง

2.7.1 ปัจจัยที่มีอิทธิผลต่ออัตราผลผลิตงานก่อสร้าง (Factors Influencing Construction Productivity)

ก. ปัจจัยภายนอก (External Factors) หมายถึง ปัจจัยภายนอกองค์กรของผู้ก่อสร้าง โดยปัจจัยเหล่านี้จะอยู่นอกขอบเขตการควบคุมของผู้ก่อสร้าง ได้แก่

1. ในปกติทุกฝ่ายต้องทำงานภายใต้กำหนดระยะเวลาที่จำกัด การเร่งงานมากเกินไปจนอาจทำให้งานเสียหายได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะให้เวลาในการศึกษาโครงการและออกแบบสั้นเกินไป ทำให้การออกแบบรายละเอียดและข้อกำหนดของงานก่อสร้างไม่สมบูรณ์ หรือขาดการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการอย่างแท้จริง โดยฝ่ายเจ้าของงานมักมองข้ามความเสี่ยงของการดำเนินโครงการ และมองแต่ด้านประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ จนเกิดความผิดพลาดอันนำไปสู่ความล้มเหลวหรือล่าช้าของโครงการก่อสร้าง

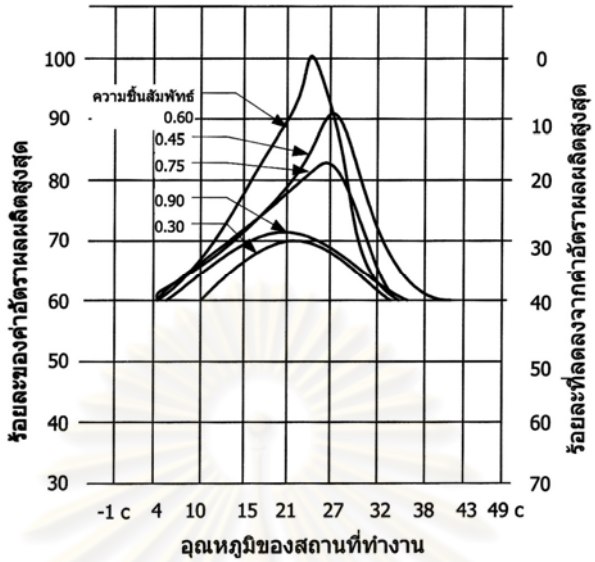
2. เจ้าของงานหรือลูกค้าของงานก่อสร้าง เนื่องจากเจ้าของงานมักขาดความรู้เกี่ยวกับงานก่อสร้าง และหากไม่มีการใช้ที่ปรึกษาที่มีความรู้ความสามารถแล้ว ก็อาจจะก่อให้เกิดปัญหาโดยตรงกับงานก่อสร้างได้ เช่น

- การเปลี่ยนแปลงแบบโดยเจ้าของ
- การตัดสินใจเลือกวัสดุอุปกรณ์
- การก้าวก่ายงานของส่วนอื่น ๆ

3. สภาพแวดล้อมของงานก่อสร้าง ได้แก่

- สภาพแวดล้อมทางกายภาพ สภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณฝนตก อุณหภูมิ ความชื้น ล้วนแต่มีผลต่ออัตราผลผลิตการทำงาน
- สภาพแวดล้อมการทำงานรวมถึงบรรยากาศในการทำงาน เช่น นโยบายการจ้างงาน ความสัมพันธ์ระหว่างคนงานก่อสร้างด้วยกันเอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 2-10 **อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่ออัตราผลผลิตของช่างก่ออิฐและช่างไฟฟ้า** (Olomolaiye et al, 1986)

จากแผนภูมิที่ 2-11 พบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสถานที่ก่อสร้าง มีผลโดยตรงต่ออัตราผลผลิตของช่าง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความล่าช้าของงานก่อสร้าง สำหรับประเทศไทยที่มีอากาศร้อน และมีความชื้นสัมพัทธ์สูง จะไม่ส่งผลดีต่ออัตราผลผลิตงานก่อสร้าง

ข. ปัจจัยภายใน (Internal Factors) มีผลต่ออัตราผลผลิตจากภายในโครงการ ได้แก่

1. การจัดการของฝ่ายบริหาร สามารถเพิ่มอัตราผลผลิตได้ โดยการวางแผนงาน จัดองค์การและทรัพยากรที่เหมาะสม รวมถึงมีการติดตามควบคุมและประสานงานกับส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. เทคโนโลยี ในงานก่อสร้างมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกันไป การกำหนดวิธีการก่อสร้าง (Construction method หรือ method statement) จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรมีการศึกษาหลายๆ แนวทาง และทำการเปรียบเทียบเพื่อเลือกแนวทางที่ดีที่สุด เครื่องมือที่ใช้ในงานก่อสร้าง ที่เหมาะสมกับประเภทของงานและข้อกำหนดทางเทคนิค ย่อมส่งผลให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้น และได้คุณภาพตามข้อกำหนด

3. คนงาน แรงกระตุ้นทางด้านบวก และลบ มีผลต่ออัตราผลผลิตของคนงานเอง Maslow (1954) ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับแรงกระตุ้นในการทำงานของมนุษย์ (Maslow's Hierarchy of needs) ซึ่งอธิบายว่า มนุษย์โดยทั่วไปเป็นสัตว์โลกที่มีความต้องการอยู่

เสมอ เมื่อความต้องการของมนุษย์ในระดับหนึ่งได้รับการตอบสนองแล้ว มนุษย์ก็จะมีความต้องการอื่นในระดับที่สูงขึ้นไป

4. สหภาพแรงงาน ในประเทศพัฒนาแล้ว สหภาพแรงงานจะมีบทบาท ในการเสนอข้อเรียกร้องต่อนายจ้าง ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดอัตราผลผลิตมาตรฐาน เพื่อใช้ในการประเมินผลการทำงาน การต่อรองเรื่องชั่วโมง ทำงานต่อสัปดาห์ให้น้อยลง ซึ่งประเด็นเหล่านี้อาจจะส่งผลให้อัตราผลผลิตต่ำลงได้ หากแต่ละฝ่ายมองเพียงประโยชน์ของตนฝ่ายเดียวโดยไม่มองถึงประโยชน์ขององค์กรเป็นหลัก

2.7.2 การลดเวลาไร้ประสิทธิผลในกิจกรรมก่อสร้าง

หากทำการวิเคราะห์เวลาทั้งหมดที่ใช้ไปในการทำกิจกรรมก่อสร้างหนึ่ง ๆ จะสามารถแบ่งเวลาออกเป็นส่วน ๆ จะประกอบด้วย

ก. เวลาได้ประสิทธิผล (Effective Time) เวลาส่วนนี้เป็นเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดเนื้องาน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

1. เวลาพื้นฐานของงาน เป็นเวลาที่ต้องการในการทำกิจกรรมนั้น
2. เวลาเพิ่มจากปัจจัยภายนอก เป็นเวลาที่อยู่นอกเหนือการควบคุมและเลี่ยงไม่ได้
3. เพิ่มจากความบกพร่องของแบบและข้อกำหนด
4. เวลาเพิ่มจากวิธีก่อสร้างที่ไม่เหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 2-22 การแบ่งเวลาในการทำกิจกรรมก่อสร้าง (Olomolaiye et al, 1986)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. เวลาไร้ประสิทธิผล (Ineffective Time) คือ เวลาส่วนเพิ่มในเวลารวมของกิจกรรมที่ไม่ได้ก่อให้เกิดเนื้องานใดๆ หรือจะเรียกว่าเวลาสูญเปล่า สามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. เวลาไร้ประสิทธิผลจากการจัดการ จากปัญหาการจัดการที่ขาดประสิทธิภาพ เช่น การขาดวัสดุที่หน้างาน เครื่องจักรชำรุดหรือไม่เพียงพอ ซึ่งหากมีการศึกษาวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่แท้จริงแล้ว จะสามารถลดเวลาไร้ประสิทธิผลในส่วนนี้ลงได้มาก

2. เวลาไร้ประสิทธิผลจากคนงาน คนงานที่ขาดจริยธรรมในการทำงาน อาจพยายามทำงานให้น้อยกว่าที่ควรเป็น เช่น พักบ่อย พูดคุยเล่นขณะทำงานหรืออาจทำงานโดยสะเพร่า เป็นเหตุให้ต้องรื้อทำใหม่ จะส่งผลโดยตรงต่ออัตราผลผลิต ซึ่งผู้บริหารจะต้องคอยติดตามประเมินผลการทำงาน พร้อมทั้งสร้างแรงจูงใจให้คนงานทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้มาตรการที่เหมาะสม

เวลาไร้ประสิทธิผลทั้งสองส่วนข้างต้น เป็นส่วนเพิ่มของเวลากิจกรรมก่อสร้างที่สามารถควบคุมได้เช่นเดียวกับ เวลาส่วนเพิ่มจากวิธีการทำงานที่ไม่เหมาะสม ซึ่งต้องวิเคราะห์หาสาเหตุและทำการแก้ไข เพื่อลดเวลาไร้ประสิทธิผลเหล่านี้ให้เหลือน้อยที่สุด จากการวิจัยด้านอัตราผลผลิตพบว่า เวลาไร้ประสิทธิผลในงานก่อสร้างมากกว่าร้อยละ 50 มีผลมาจากปัญหาการจัดการที่หน้างาน จากเรื่องต่อไปนี้

- การจัดส่งวัสดุไม่ทันกับความต้องการของหน้างาน
- การเลือกใช้เครื่องมือไม่เหมาะสมกับงาน หรือขาดแคลนเครื่องมือที่จำเป็น
- การรอคอยเครื่องจักรเสีย
- การรอคอยช่างชุดอื่น จากการจัดลำดับงานไม่เหมาะสม
- การตรวจสอบงาน
- การรอคอยข้อมูลที่จำเป็น
- การรื้อทำใหม่ เนื่องจากคุณภาพไม่ได้ตามข้อกำหนด

2.7.3 การปรับปรุงผลผลิตงานก่อสร้างด้วยการพัฒนาวิธีการก่อสร้าง

จากการศึกษาของ Weldon Mc.Glaun (วิสูตร จิระดำเกิง, 2546) ได้จำแนกเทคนิคที่ใช้ในการลดต้นทุน โดยกำหนดเป็นคะแนนถ่วงน้ำหนักรวม 100% ดังนี้

1. การวางแผนและการศึกษาวิธีทำงาน (Planning & Method study)

มีผลต่อการลดต้นทุน ร้อยละ 50

2. การควบคุมต้นทุน (Cost control) มีผลต่อการลดต้นทุน ร้อยละ 25

3. เทคนิคแผนกำหนดเวลา มีผลต่อการลดต้นทุน ร้อยละ 15

4. การคาดการณ์ (Forecasting) มีผลต่อการลดต้นทุน ร้อยละ 10

ทั้งนี้ หากมีการใช้เทคนิคข้างต้นอย่างเหมาะสม จะสามารถทำให้ลดต้นทุนการก่อสร้างได้ 4 - 8 เท่าของจำนวนเงินที่ลงทุน เพื่อเพิ่มประสิทธิผลของการวางแผนและควบคุมโครงการขึ้นอยู่กับการให้ความสำคัญและจัดสรรงบประมาณอย่างเหมาะสม โดยไม่ควรคิดว่าต้องจ่ายเท่าไร แต่ควรคิดว่าจากการจ่ายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของงานนี้จะได้คืนมาเท่าไร

งานก่อสร้างจะมีการปรับปรุงพัฒนา วิธีการการก่อสร้างอยู่เสมอ เพื่อให้ได้อัตราผลผลิตที่ดีที่สุด ในต้นทุนที่ต่ำที่สุด โดยการจัดการทรัพยากรต่างๆ ที่ต้องใช้ในงานก่อสร้างอย่างเหมาะสม การตรวจสอบสภาพการทำงานในปัจจุบัน เพื่อทำการปรับปรุงวิธีการทำงานให้ง่ายขึ้น มีประสิทธิผลมากกว่าเดิม โดยการวิเคราะห์สภาพการทำหน้าที่หน้างานในปัจจุบัน เพื่อหาวิธีการทำงานที่ดีกว่า

1. การจัดผังบริเวณงานก่อสร้างที่เหมาะสม ผังบริเวณที่ออกแบบไว้ไม่ดี จะก่อให้เกิดปัญหาด้านประสิทธิภาพการทำงาน ได้แก่

- การจราจรขนส่งติดขัด
- เกิดความสูญเสียของวัสดุและอุปกรณ์
- อาจก่อให้เกิดอันตรายระหว่างทำงาน

สำหรับแนวทางการปรับปรุงผังบริเวณ มาจากการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ เพื่อทำการแก้ไขปัญหา ซึ่งอาจทำโดยการย้ายสิ่งปลูกสร้างชั่วคราว การปรับเปลี่ยนแนวทางจราจร ในส่วนที่ติดขัดหรือแออัด หรือลดระยะทางขนส่ง หรือการจราจรที่ยาวเกินไป รวมไปถึงการเปลี่ยนวิธียกหรือขนส่ง

2. วิธีการทำงานที่ง่ายขึ้น ในงานก่อสร้างที่มีปริมาณมากๆ และมีลักษณะซ้ำๆ กัน วิธีการก่อสร้างที่ศึกษาและวางแผนมาอย่างดี จะช่วยลดต้นทุนงานก่อสร้างลงได้มาก เช่น การก่อสร้างบ้านแถวที่มีจำนวนมากพอ ผู้ก่อสร้างอาจพัฒนาวิธีการก่อสร้างแบบใหม่ ที่ใช้เวลาก่อสร้างน้อย และลดขั้นตอนก่อสร้างลง

3. การลดงานที่ไม่จำเป็นและเวลาไร้ประสิทธิผล จากการจัดลำดับงานไม่เหมาะสม ซึ่งก่อให้เกิดเวลารอคอยที่สูญเปล่าในกระบวนการก่อสร้าง การรอคอยของแรงงานต่างๆ ที่หน้างานก่อสร้าง เช่น คนงานเข้างานสาย รอคอนกรีตได้อายุ รอรถเทคอนกรีต เป็นต้น

4. การลดความล้าในการทำงานของคนงานให้น้อยลง จากสภาพหน้างานที่ได้รับการวางแผนอย่างดี ประกอบกับการเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสม ทำให้คนงานสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย และลดความล้าในการทำงานลงได้มาก

2.7.4 การปรับปรุงผลผลิตงานก่อสร้างจากการจูงใจให้ทำงาน

การกระตุ้นให้คนงานมีอัตราผลผลิตสูงขึ้น โดยจัดให้เกิดสิ่งจูงใจในการทำงานให้มากขึ้น และลดสิ่งบั่นทอนกำลังใจทำงานให้ลดลง

ตารางที่ 2-1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของสิ่งจูงใจให้ทำงานในประเทศไทย กับประเทศอื่น ๆ (รัฐวุฒิ รู้แทนคุณ และสตีเฟน โอ โอกุนลาน่า, 2544)

ลำดับความต้องการทางทฤษฎี Maslow"s	ไทย	ออสเตรเลีย	อินเดีย	ไนจีเรีย	สหรัฐอาณาจักร 1979	สหรัฐอาณาจักร 1988
1. ด้านกายภาพ						
รายได้และสวัสดิการ	1	3	1	1	3	3
2. ด้านความปลอดภัย						
ความปลอดภัยในการทำงาน	3	2	5	6	1	5
สวัสดิการ	-	-	-	-	2	6
ความมั่นคงในงาน	4	1	10	4	11	4
3. ด้านสังคม						
ความสัมพันธ์ที่ดีกับเพื่อนร่วมงาน	2	4	9	4	4	1
มีการปฐมนิเทศที่ดี	6	7	-	8	4	-
มีการควบคุมงานที่ดี	5	8	6	9	8	2
4. ด้านการยกย่อง						
เป็นที่ยอมรับ	8	9	12	5	7	9
5. ด้านการสนองความต้องการตนเอง						
งานท้าทาย	9	5	17	3	9	7
มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ	7	12	20	7	6	8

ในประเทศไทยคนงานก่อสร้างให้ความสำคัญกับรายได้มากที่สุด เช่นเดียวกับประเทศกำลังพัฒนาอื่นๆ รองลงมาคือการได้ทำงานกับเพื่อนร่วมงานที่ดี หรือเป็นคนพื้นถิ่นเดียวกัน ปัจจัยที่มีผลตามมาคือ ความปลอดภัยในการทำงานและความมั่นคงในการจ้างงาน

ตารางที่ 2-2 สิ่งจูงใจ และสิ่งบั่นทอนกำลังใจให้ทำงานของคนงานก่อสร้าง (วิสูตร จิระดำเกิง, 2546)

สิ่งจูงใจให้ทำงาน (Motivators)	**สิ่งบั่นทอนกำลังใจในการทำงาน** (Demotivators)
ความสัมพันธ์ที่ดีกับเพื่อนร่วมงาน	การกระทำที่เป็นการไม่ให้เกียรติหรือดูถูก
การปฐมนิเทศที่ดี	การทำงานไม่สำเร็จ
มาตรการความปลอดภัยที่ดี	วัสดุไม่พร้อม
ตัวงานที่จะทำ	เครื่องมือไม่พร้อม
เงินล่วงเวลา	การต้องรื้องานทำใหม่
การยอมรับ	การเปลี่ยนกลุ่มเพื่อนร่วมงาน
การกำหนดเป้าหมายอย่างชัดเจน	โครงการที่สับสนวุ่นวาย
การจัดการที่ดี	ผู้บริหารไม่เห็นความดี
การขอความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ	ไม่มีใครสนใจด้านอัตราผลผลิต
	การใช้คนอย่างไม่มีประสิทธิผล
	ความสามารถคนทำงานไม่ถึง
	ขาดความร่วมมือ
	พื้นที่ทำงานแออัด
	การตรวจสอบงานไม่ดีขาดการสื่อสารที่ดี
	สภาพงานอันตราย
	ไม่มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ

การจูงใจโดยพยายามเพิ่มปัจจัยที่ทำให้เกิดสิ่งจูงใจในการทำงาน และลดปัจจัยที่ทำให้เกิดสิ่งบั่นทอนกำลังใจในการทำงาน จะทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตในการก่อสร้างได้อย่างยั่งยืนกว่าการจูงในโดยใช้เงิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.8 ปริมาณและราคาวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

ปริมาณและราคาวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย โดยใช้วิธีการถอดแบบตามแนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคาร ในส่วนของงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2545) ประกอบกับประสบการณ์ในการถอดแบบประเมินราคาค่าก่อสร้างจากการทำงานของผู้วิจัย โดยจำแนกค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างแบ่งเป็น

1. ค่าออกแบบ ตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ. 2535และที่แก้ไขเพิ่มเติม กำหนดให้อาคารที่มีงบประมาณค่าก่อสร้าง ไม่เกิน 10,000,000 บาท ให้จ่าย ค่าออกแบบหรือค่าคุมงาน อย่างใดอย่างหนึ่ง ในอัตราร้อยละ 2 ของวงเงินงบประมาณค่าก่อสร้าง (สำนักนายกรัฐมนตรี, 2542)

2. ค่าวัสดุและอุปกรณ์ อ้างอิงจากราคาวัสดุก่อสร้างปี พ.ศ.2551 ในเขตกรุงเทพมหานคร (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) จากกระทรวงพาณิชย์ และกลุ่มออกแบบและก่อสร้างกระทรวงศึกษาธิการ ประกอบกับข้อมูลจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายที่สามารถซื้อวัสดุและอุปกรณ์ได้จริง จากประสบการณ์ในการทำงานของผู้วิจัย

ก. หมวดงานโครงสร้าง
- งานโครงสร้าง คอนกรีตเสริมเหล็ก
- งานโครงสร้างเหล็ก

ข. หมวดงานเปลือกอาคาร
- งานผนังภายนอกอาคาร
- งานหลังคา
- งานประตู-หน้าต่าง

ค. หมวดงานสถาปัตยกรรม
- งานผนังภายในอาคาร
- งานผิวพื้น
- งานฝ้าเพดาน
- งานสุขภัณฑ์
- งานอื่น

ง. หมวดงานระบบประกอบอาคาร
- งานระบบบำบัดน้ำเสีย
- งานระบบน้ำประปา
- งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- งานระบบปรับอากาศ

3. ค่าแรงงาน อ้างอิงจากบัญชีค่าแรงงาน/ดำเนินการ สำหรับการถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง ฉบับปรับปรุง เดือนสิงหาคม 2551 (บัญชีกลาง, 2551) และค่าแรงต่อหน่วยในการจ้างแรงงานทำงานจริง จากประสบการณ์ในการทำงานของผู้วิจัย

4. ค่าดำเนินการ เป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการก่อสร้างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากมูลค่างาน ซึ่งรวมค่าอำนวยการ, ค่าดอกเบี้ย, ค่ากำไร และภาษีมูลค่าเพิ่ม ในงานวิจัยนี้ใช้ค่าดำเนินการที่อ้างอิงจากการใช้ตาราง Factor F ในตารางที่ 2.3

ค่า Factor F ของค่างานต้นทุน A = D-{(D-E) x (A-B) / (C-B)}

เมื่อ ต้องการหาค่า Factor F ของค่างานต้นทุน	=	A	บาท
ค่างานต้นทุนในช่วงนั้นที่ต่ำกว่า A	=	B	บาท
ค่างานต้นทุนในช่วงนั้นที่สูงกว่า A	=	C	บาท
ค่า Factor F ของค่างานต้นทุน B	=	D	
ค่า Factor F ของค่างานต้นทุน C	=	E	

ตารางที่ 2-3 ค่า Factor F งานก่อสร้างอาคาร วันที่ 23 มิถุนายน 2550 เงินล่วงหน้า 0%, เงินประกันผลงานหัก 0%, ดอกเบี้ยเงินกู้ 7% ต่อปี และค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7% (กรมบัญชีกลาง, 2550)

ค่างาน ล้านบาท	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง %				รวมในรูป Factor	ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT)	Factor F
	ค่าอำนวยการ	ค่าดอกเบี้ย	ค่ากำไร	รวมค่าใช้จ่าย			
ไม่เกิน 0.5	12.2660	1.1667	5.5000	18.9327	1.1893	1.0700	1.2726
1	12.2660	1.1667	5.5000	18.9327	1.1893	1.0700	1.2726
2	12.0383	1.1667	5.5000	18.7050	1.1870	1.0700	1.2701
5	11.9400	1.1667	5.5000	18.6067	1.1861	1.0700	1.2691
10	11.7523	1.1667	5.5000	17.9190	1.1792	1.0700	1.2617

2.9 ระยะเวลาในการก่อสร้าง

ระยะเวลาในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย เปรียบเทียบกับบ้านพักอาศัยขนาดเล็กโดยทั่วไป ที่มีความเร็วในการก่อสร้าง 1.40 ตารางเมตรต่อวัน (นรมิตร ลิ่วธนมงคล: 2538 โดยใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลของกลุ่มออกแบบและก่อสร้าง กระทรวงศึกษาธิการ หนังสือการบริหารและจัดการงานก่อสร้าง (ศรยุทร กิจพจน์, 2545) หนังสือราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยสำเร็จรูป (อัลฟา ทีม, 2545) และคู่มือรวมข้อมูลก่อสร้าง (นรมิตร ลิ่วธนมงคล: 2538) ประกอบกับข้อมูลระยะเวลาในการก่อสร้างจากประสบการณ์ในการทำงาน

2.10 การคิดค่าใช้จ่ายโดยรวมเทียบเท่ามูลค่าปัจจุบัน

2.10.1 การเทียบเท่ามูลค่าปัจจุบัน

มูลค่าในปัจจุบัน (Present Value) หมายถึง การคำนวณหามูลค่าเงินในอนาคตกลับเป็นเงินในปัจจุบัน หรือหมายถึง ส่วนกลับของการคำนวณหามูลค่าเงินในอนาคต กล่าวคือ การคำนวณหามูลค่าเงินในอนาคต ถือเป็นการเพิ่มค่าของเงินจากการคิดดอกเบี้ยทนต้น (Compounding) ในขณะที่การคำนวณหาค่าเงินในปัจจุบันถือเป็นการลดค่าของเงิน (Discount) เนื่องจากเงินที่ได้รับในปัจจุบันย่อมมีค่ามากกว่าที่จะได้รับในอนาคต เป็นการมองว่า ถ้าในอนาคตมีเงินอยู่จำนวนหนึ่ง หรือหลายๆ จำนวนในงวดเวลาต่างๆ เงินจำนวนนั้น เมื่อคิดกลับมาเป็นมูลค่าปัจจุบันจะมีค่าเป็นเท่าใด โดยสูตรที่ใช้ในการคำนวณหามูลค่าเงินในปัจจุบัน แสดงดังนี้ (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2547)

$$PV = FV_n\left[\frac{1}{(1+i)^n}\right]$$

เมื่อ FV_n คือ มูลค่าของเงินในอนาคต
PV คือ มูลค่าของเงินในปัจจุบัน
i คือ อัตราดอกเบี้ย
n คือ ระยะเวลาในการลงทุน

โดยคิดอัตราดอกเบี้ยจากการกู้ยืมเงิน จากค่าเฉลี่ยอัตราดอกเบี้ยให้กู้ยืม ประเภท MLR ในปี พ.ศ.2551 จากธนาคารใหญ่ 3 ธนาคาร (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2539) ได้แก่

- ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) MLR เฉลี่ย 7.064
- ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) MLR เฉลี่ย 7.058

- ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) MLR เฉลี่ย 7.059

2.10.2 การวัดในรูปของอัตราเงินเฟ้อทั่วไป (General Inflation Rate)

การหาอัตราเงินเฟ้ออาจใช้ค่าดัชนีราคาผู้บริโภคมาคำนวณได้จากสมการ (ไพบูลย์ แย้มเพื่อน, 2548: 204)

$$f = \left[\frac{CPI_n}{CPI_0}\right]^{1/n} - 1$$

เมื่อ f คือ อัตราเงินเฟ้อทั่วไป

CPI_n คือ ดัชนีราคาผู้บริโภคช่วงเวลา n

CPI_0 คือ ดัชนีราคาผู้บริโภคช่วงเวลาที่ใช้เป็นฐาน

ตารางที่ 2-4 **ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ปี พ.ศ.**2543-2551 (สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2551)

ปี	ดัชนีรวม	ดัชนีหมวดไม้และผลิตภัณฑ์ไม้	ดัชนีหมวดซีเมนต์	ดัชนีหมวดผลิตภัณฑ์คอนกรีต	ดัชนีหมวดเหล็กและผลิตภัณฑ์เหล็ก	ดัชนีหมวดกระเบื้องและวัสดุประกอบ	ดัชนีหมวดวัสดุฉาบผิว	ดัชนีหมวดสุขภัณฑ์	ดัชนีหมวดอุปกรณ์ไฟฟ้าและประปา	ดัชนีหมวดวัสดุก่อสร้างอื่น
2543	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.1	100.0	100.0
2544	103.9	104.0	104.9	105.6	105.4	99.3	104.9	97.9	100.5	102.3
2545	104.8	105.8	94.3	106.3	112.7	99.5	108.7	97.7	98.9	105.2
2546	112.8	110.1	110.5	106.9	127.9	98.9	109.9	97.6	99.1	112.0
2547	124.3	117.0	106.0	108.2	168.9	98.8	112.3	99.9	103.9	114.1
2548	124.3	121.1	99.1	110.8	163.8	100.9	115.7	104.8	106.4	120.8
2549	128.9	127.6	103.7	115.0	161.5	103.9	119.2	118.1	116.8	131.4
2550	135.2	132.9	105.7	116.5	178.1	107.6	118.3	129.5	121.2	133.2
2551	158.4	143.9	113.2	121.7	246.5	110.1	122.4	138.1	122.1	142.9

ข้อมูลสำหรับคิดอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของค่าแรงและค่าวัสดุก่อสร้างต่อปี เพื่อเทียบมูลค่าค่าก่อสร้างบ้านในอนาคตที่เพิ่มขึ้นจากอัตราค่าแรงและค่าวัสดุที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี

ตารางที่ 2-5 **อัตราค่าจ้างขั้นต่ำในกรุงเทพมหานคร, นครปฐม, ปทุมธานี, นนทบุรี ,สมุทรสาคร และสมุทรปราการ ตั้งแต่ปี พ.ศ.**2533 - 2551 **ตามประกาศของกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม** (สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงแรงงาน, 2551)

ปี พ.ศ.	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542
ค่าจ้าง (บาท/วัน)	100	115	125	132	145	157	157	162	162
ปี พ.ศ.	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551
ค่าจ้าง (บาท/วัน)	162	165	165	169	170	175	184	191	194

2.10.3 การคิดค่าเสื่อมราคาของบ้านพักอาศัย

หักค่าเสื่อม 2 เปอร์เซ็นต์ต่อปี จนเหลือประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนั้นหยุดหักค่าเสื่อม ให้ถือว่าอาคารนั้นมีค่าเสื่อมคงที่ 40 เปอร์เซ็นต์ แม้จะมีอายุเพิ่มขึ้นก็ตาม โดยถือว่าอาคารอายุ 30 หรือ 40 ปีนั้น มีราคาหลังหักค่าเสื่อมเท่ากัน คือ 40 เปอร์เซ็นต์ ของราคาค่าก่อสร้างใหม่ ทั้งนี้เพราะโครงสร้างอาคารมาตรฐานย่อมไม่เสื่อมโทรมลง อาคารที่สร้างตามมาตรฐานวิศวกรรมอาจสามารถอยู่ได้นับร้อยปี แต่สิ่งที่เสื่อมโทรมลงคือระบบประกอบอาคาร ผนังหรืออื่นๆ โครงสร้างของอาคารมีมูลค่าประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมด ดังนั้นจึงประมาณการว่า ในกรณีที่อาคารมีอายุ 30 ปีขึ้นไป อย่างน้อยที่สุดโครงสร้างที่เหลือและส่วนอื่น (ถ้ามี) น่าจะมีมูลค่าไม่น้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ของราคาก่อสร้างใหม่ (สมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย, 2551)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.11 แนวทางการออกแบบบ้านพอเพียง

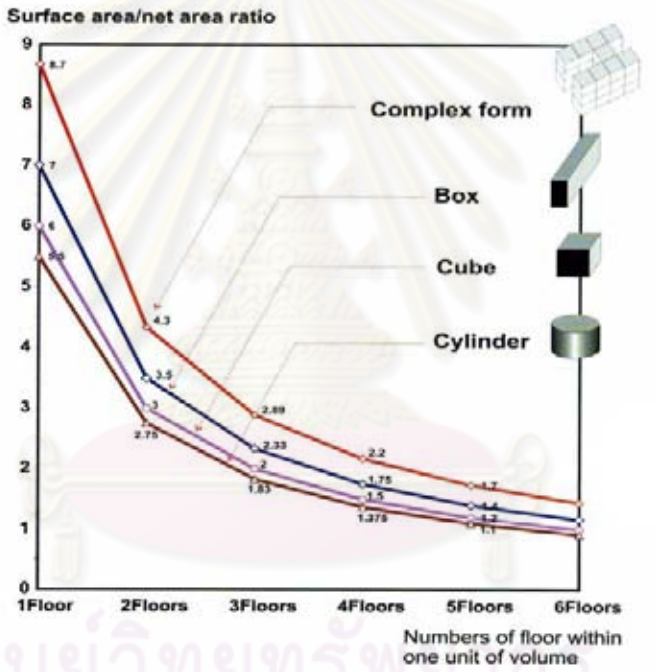
บ้านพอเพียงสามารถใช้ประโยชน์จากระบบธรรมชาติได้มาก การเลือกใช้วัสดุที่มีการเก็บกักความร้อนน้อย การจัดวางพื้นที่ใช้งานโดยแยกครัวไทยและครัวตะวันตก เอาโครงสร้างของบ้านมารับน้ำหนักจนกลายเป็นบ้านไม่มีเสา เป็นการประยุกต์วิธีการประหยัดพลังงานผ่านแนวความคิดในการออกแบบไปสู่กระบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรมโดยการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมเพื่อลดการนำความร้อน ออกแบบมาเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในบ้าน การออกแบบหลังคาให้มีความลาดชันที่เหมาะสมต่อการกักเก็บน้ำค้างที่เกิดขึ้นในประมาณที่เพียงพอ เมื่อบ้านพอเพียงสามารถกักเก็บน้ำค้างได้ทำให้ลดปริมาณการบริโภคน้ำลดลง และสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ ก็สามารถนำมาหมักเป็นก๊าซไว้ใช้ในครัวเรือน น้ำทิ้งสามารถนำไปใช้รดผักสวนครัว วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างสามารถรักษาอุณหภูมิของบ้านได้ ประหยัดเวลาในการก่อสร้างเพราะไม่มีเสาเข็ม ประหยัดค่าใช้จ่าย การออกแบบมีการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากปัจจัยธรรมชาติ โดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงานสูงสุดเป็นหลัก แนวคิดนี้ทำให้ได้บ้านที่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในบ้านให้อยู่ในอย่างสบายตลอดเวลา อุณหภูมิภายในบ้านคงที่เนื่องจากการออกแบบที่เน้นการป้องกันความร้อนจากภายนอกไม่ให้เข้าสู่ภายในบ้าน ดังนั้นสภาวะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจึงมีค่าต่ำ โดยประหยัดกว่าบ้านทั่วไป 6-7 เท่า ทำให้ผู้อยู่อาศัยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นแนวคิดการสร้างบ้านที่ประหยัดพลังงานและรักษาสิ่งแวดล้อม โดยผู้อยู่อาศัยต้องมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นนั้น เป็นนวัตกรรมการออกแบบสถาปัตยกรรมยุคใหม่คือการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อความยั่งยืน (Sustainable Design) โดยใช้องค์ความรู้ในแต่ละด้านดังต่อไปนี้คือ

- การปรุงแต่งสภาพแวดล้อม
- การพิจารณารูปทรงอาคาร
- การใช้ปัจจัยทางธรรมชาติ
- การเลือกใช้วัสดุประหยัดพลังงาน
- การลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ
- การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม
- การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ
- การบำรุงรักษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.11.1การลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย(Surface-to-Area Ratio, S/A)

อาคารในปัจจุบันส่วนใหญ่ ออกแบบโดยไม่คำนึงถึงคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนของระบบเปลือกอาคารมากนัก ทำให้อิทธิพลของพื้นผิวอาคารที่สัมผัสอากาศภายนอกที่มีต่อภาระการทำความเย็นค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีอาคารขนาดเล็ก เช่นบ้านพักอาศัย จัดเป็นอาคารที่มีพื้นที่เปลือกอาคารมากเมื่อเทียบกับอาคารที่มีขนาดใหญ่กว่า ดังนั้นภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง จึงขึ้นอยู่กับการออกแบบรูปทรงของอาคารว่ามีความฟุ่มเฟือยเกินความต้องการของพื้นที่ใช้สอย



แผนภูมิที่ 2-11 **แสดงสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยของรูปทรงต่าง ๆ ที่มีจำนวนชั้นต่างกัน พบว่ารูปทรงกระบอกมี** S/A **น้อยที่สุด และใกล้เคียงกันกับรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์** (สุนทร บุญญาธิการ, 2545)

รูปทรงของอาคาร เป็นปัจจัยหลักปัจจัยหนึ่งที่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงตั้งแต่ในขั้นต้นของการออกแบบ เพราะรูปทรงของอาคารเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณวัสดุ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อราคาค่าก่อสร้างและระยะเวลาในการดำเนินการ อีกทั้งยังมีอิทธิพลโดยตรงต่อการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ การออกแบบอาคารโดยใช้แนวความคิดการลดอัตราส่วน

พื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (S/A) จึงเป็นตัวแปรที่สำคัญตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อการพัฒนาเทคนิคและวิธีการก่อสร้างบ้านพอเพียง

$$\frac{\textbf{SURFACE AREA}}{\textbf{USABLE AREA}} = \frac{\textbf{6}}{\textbf{1}}$$

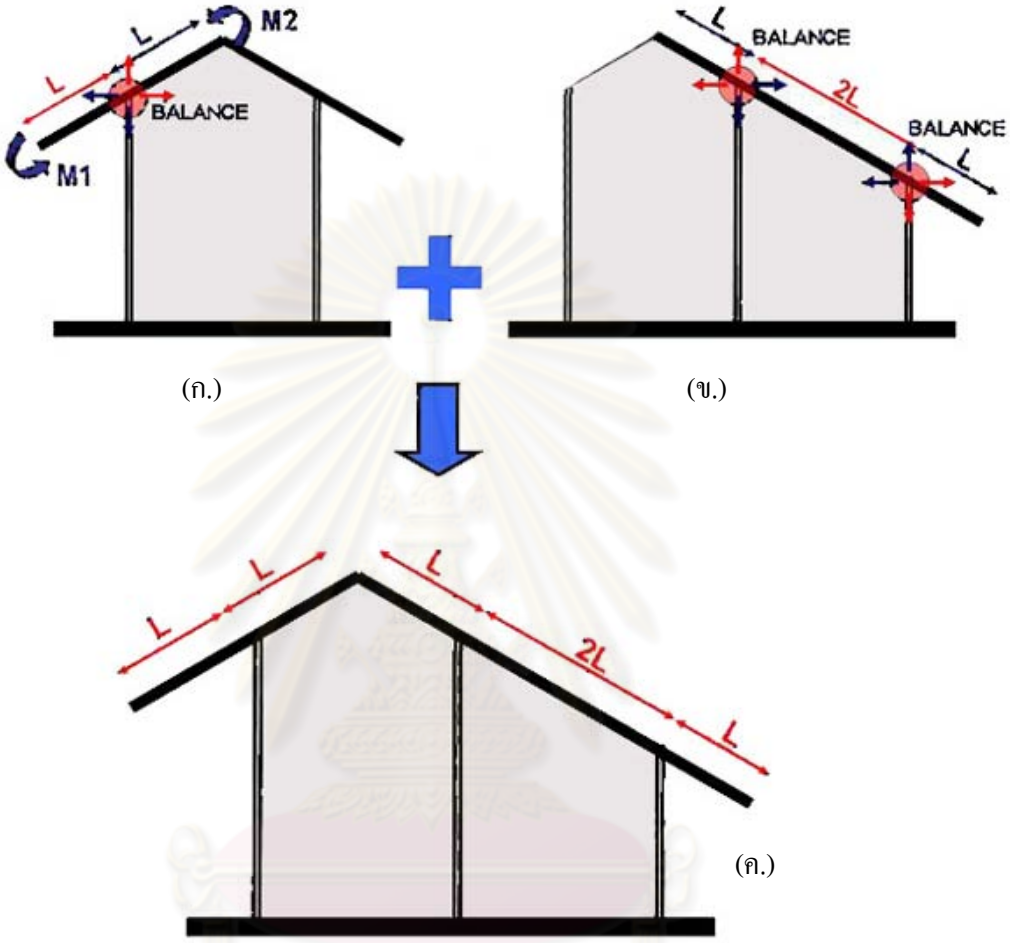
ภาพที่ 2-20 **การลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย** (Surface-to-Area Ratio, S/A) **(โครงการวิจัยแบบบูรณาการต่อยอดองค์ความรู้ประหยัดพลังงานสู่บ้านพอเพียง**, 2552)

2.11.2 **การใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูป** (Semi-prefabrication)

ระบบการก่อสร้างโดยใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป จะเน้นประสิทธิภาพของการก่อสร้าง โดยให้ความสำคัญของการประกอบชิ้นส่วน และการติดตั้ง (Assembly) ชิ้นส่วนต่างๆ ในสถานที่ก่อสร้างเป็นหลัก รวมทั้งการจัดการกับรอยต่อ (Joint) ของชิ้นส่วนสำเร็จรูป ในการก่อสร้างบ้านพอเพียงมีการใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูปในงานโครงสร้างหลังคา Roof Panel โดยการประกอบติดตั้งโครงสร้างหลังคาพร้อมวัสดุมุงใช้เวลาเพียง 5 วัน

ภาพที่ 2-21 **การก่อสร้างโดยวิธียกวางแผ่นหลังคาสำเร็จรูป**

2.11.3 แนวคิดในการพัฒนาการออกแบบรูปทรงและโครงสร้างบ้านพอเพียง



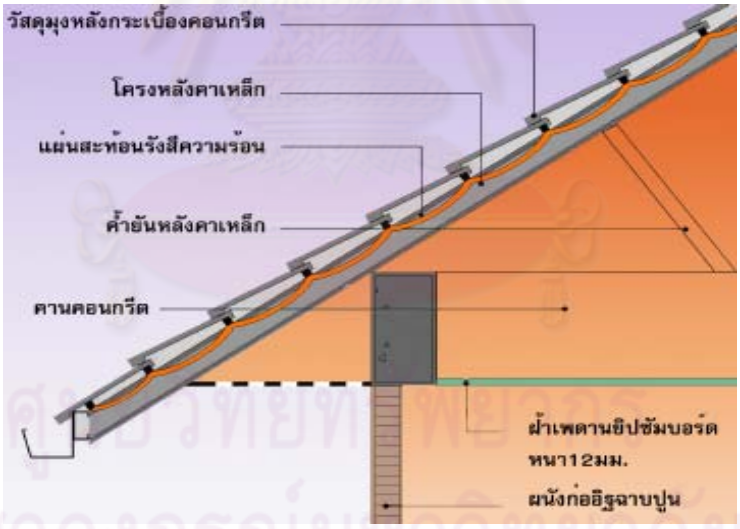
ภาพที่ 2-22 แนวคิดในการพัฒนาการออกแบบรูปทรงและโครงสร้างบ้านสู้โลกร้อน
(ณรงค์ฤทธิ์ จินต์จันทรวงศ์, 2551)

จากภาพที่ 2-22 รูปทรงบ้านทั่วไปจะมีแรงถีบจากหลังคามากที่บริเวณรอยต่อระหว่างโครงสร้าง จึงพัฒนามาเป็นรูปทรงหลังคาที่สมดุล (ก.) เพื่อลดแรงถีบจากโครงสร้างหลังคาด้วยการยื่นช่วงโครงหลัง (L) เท่ากัน ทำให้โมเมนต์ทั้ง 2 ด้านเท่ากัน (M1 = M2) เป็นแนวคิดในการพัฒนาสู่โครงสร้างบ้านพอเพียง ด้วยหลักการสมดุลของแรงถีบจากหลังคา (ข.) ติดตั้งหลังคายื่นยาวชิ้นเดียว (ความยาว=4L) โดยให้มีช่วงยื่น (L) เท่ากัน บนผนังรับแรง 2 ด้าน ทำให้หลังคาส่วนนี้สามารถอยู่ได้ด้วยตัวเอง แล้วจึงติดตั้งหลังคาอีกด้าน ให้หลังคาส่วนแรกช่วยรับแรงหลังคาอีกส่วน (ค.) เป็นการผสมผสานรูปทรงที่สมดุล 2 แบบ ทำให้ได้อาคารที่มีความแข็งแรงทางโครงสร้างด้วยตัวเอง ด้วยโครงสร้างที่น้อยที่สุด และลดขั้นตอนการก่อสร้างลง

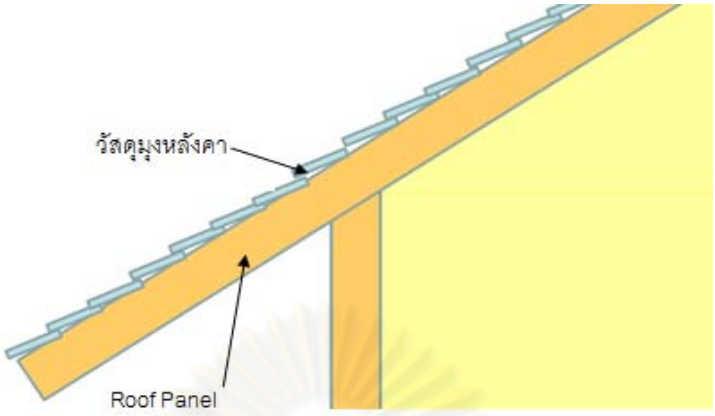
2.11.4 **การใช้วัสดุเดียว** (Single material)

ในการก่อสร้างอาคารโดยทั่วไประบบเปลือกอาคารจะประกอบจากวัสดุหลากหลายชนิดที่แตกต่างกัน วัสดุแต่ละชนิดจะทำหน้าที่เฉพาะ ซึ่งจำเป็นต้องช่างฝีมือเฉพาะแต่ละงาน และมีขั้นตอนในการก่อสร้างหลายขั้นตอน เช่น งานหลังคา ทำหน้าที่หลักในการปกคลุมพื้นที่ภายในอาคาร ให้ร่มเงา ป้องกันแดด ลม ฝน แก่ผู้อยู่อาศัยภายใน ส่วนมากจะประกอบด้วย

- โครงสร้างหลังคา เริ่มจากการตั้ง อะเส บนเสา เชื่อมต่อกันด้วยขื่อ และดั้ง เพื่อรับจันทัน แล้วจึงติดตั้งแปตามระยะขนาดของวัสดุมุงหลังคา
- วัสดุมุงหลังคาต่างๆ
- ฝ้าเพดานภายใน เพื่อเพิ่มความสวยงาม และเก็บความเรียบร้อยภายในอาคาร ส่วนใหญ่จะมีโครงเคร่าฝ้ายึดติดกับโครงสร้างหลังคา แล้วจึงยิงแผ่นฝ้าเพดาน พร้อมเก็บรอยต่อของแผ่นฝ้า และทาสี
- ในกรณีที่ต้องการให้หลังคาสามารถป้องกันความร้อนได้สูงขึ้น จะติดตั้งฉนวนกันความร้อนบนโครงเคร่าฝ้าเพดานอีกชั้นหนึ่ง



ภาพที่ 2-23 แสดงส่วนประกอบของหลังคาทั่วไป (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)



ภาพที่ 2-24 **แสดงส่วนประกอบของหลังคาที่ใช้วัสดุเดียว** (Single Material) (โครงการวิจัยแบบบูรณาการต่อยอดองค์ความรู้ประหยัดพลังงานสู่บ้านพอเพียง, 2552)

2.11.5 การใช้วัสดุโฟมคอนกรีตเป็นองค์ประกอบโครงสร้างบ้านพอเพียง

โฟมเป็นวัสดุเบา และอาจนำมาจากวัสดุใช้แล้วที่นำมาเข้ากระบวนการใหม่ เมื่อนำมาปรับปรุง ประกอบการจัดระบบโครงสร้าง และรูปร่าง ตลอดจนหน้าตัด และรายละเอียดอื่นๆ แล้วเป็นวัสดุที่เหมาะสม ง่ายต่อการก่อสร้าง และมีประสิทธิภาพดีในการรับแรง พร้อมด้วยคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อน และความชื้นอยู่ในตัว จึงเป็นนวัตกรรมใหม่ ในการเป็นโครงสร้างบ้านพักอาศัยประหยัดพลังงาน

ภาพที่ 2-25 **แสดงโฟมคอนกรีตบล็อค**

ตารางที่ 2-6 แสดงคุณสมบัติของผนังเม็ดโฟมคอนกรีต (ณัฐภณ วัชรประทีป, 2551)

1. คุณสมบัติทางด้านการประหยัดพลังงาน	
1.1 คุณสมบัติการต้านทานความร้อนของวัสดุ (ค่า R-value)	5.27 $ft^2.h^oF/Btu$
1.2 คุณสมบัติการสะสมความร้อนหรือความจุความร้อน (W/mK)	0.103
1.3 คุณสมบัติการขยายตัว-หดตัวของวัสดุ (N/mm^2)	0.59
2. คุณสมบัติทางด้านระบบเศรษฐกิจและการก่อสร้าง	
2.1 น้ำหนักวัสดุ/รวมปูนฉาบ (kg/m2)	60 kg/m^2
2.2 ความยืดหยุ่นในการทำงาน	ปรับเปลี่ยนงานได้ง่าย
2.3 ราคาวัสดุ	600-800 $baht/m^2$
2.4 การบำรุงรักษาและซ่อมแซม	ดูแลรักษาง่าย
2.5 ความแข็งแรงทนทานของวัสดุ (กำลังอัด)	วัสดุสามารถรับแรงอัดได้
3. คุณสมบัติทางด้านสภาพแวดล้อม	
3.1 ความปลอดภัยต่อสุขภาพ	ไม่เป็นอันตรายต่อสุภาพ
3.2 ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม	ไม่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อม
3.3 ความสวยงาม	สามารถตกแต่งผิวได้
3.4 ความสามารถในการป้องกันไฟ (ชั่วโมง)	2.0-3.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>โฟมคอนกรีตบล็อค</u>

1. มีค่าความเป็นฉนวนสูง และมีมวลสารน้อยทำให้สามารถลดภาระการปรับอากาศภายในลงมากเมื่อเทียบกับอาคารที่ใช้วัสดุก่อสร้างโดยทั่วไป ค่าความเป็นฉนวนสามารถปรับปรุงได้ด้วยการเพิ่มหรือลดความหนาของโฟม

2. เป็นผนังรับน้ำหนัก (Load Bearing Wall) เนื่องจากโครงสร้างเป็นโครงโลหะสามารถออกแบบให้รับน้ำหนักได้ ประหยัดต้นทุนการก่อสร้างหากออกแบบอย่างถูกต้อง

3. ใช้เป็นผนังสำเร็จรูป Prefabrication หรือ สามารถออกแบบเป็นระบบ Panel System ได้อย่างดี ผนังมีน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก และทนทานต่อการสั่นสะเทือนได้ดี

4. ป้องกันความชื้นผ่านผนังอาคาร และป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (Infiltration) จากภายนอกได้เป็นอย่างดีเนื่องจากใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นเซลล์ปิด (Close cell) สามารถป้องกันปัญหาเรื่อง Condensation ที่จะเกิดขึ้นภายในผนัง

5. ใช้ในการตกแต่งและเพิ่มลวดลายต่างๆ ให้กับอาคาร ส่วนประกอบสำคัญของผนัง ได้แก่ โฟมชนิดพิเศษที่มีส่วนผสมสารกันไฟลาม และสามารถเลือกความหนาต่างๆ เพื่อตกแต่งผนังให้เป็นลวดลาย และลอกบัวโดยใช้เครื่อง Hot Wire ตัดเข้ารูป จะได้ง่ายตามจินตนาการของผู้ออกแบบ ประกอบกับทั้งยังมี Texture และสีต่างๆ ให้เลือกมากมาย

6. ผนังระบบนี้มีน้ำหนักเบาประมาณ 35 - 40 กก.ต่อตร.ม. จึงสามารถช่วยลดการรับน้ำหนักของโครงสร้างลงได้มากเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป สามารถนำไปใช้กับงานต่อเติมส่วนของอาคาร โดยจะไม่กระทบกระเทือนโครงสร้างของอาคารเดิม

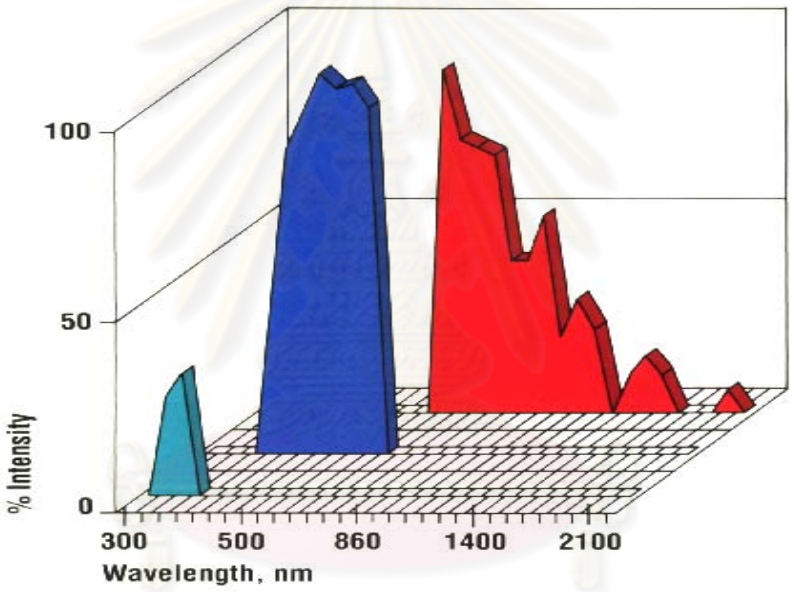
7. ผนังระบบนี้จะมีความทนทาน แข็งแรง ไม่แตกร้าว เนื่องจากมี Fiberglass Mesh ช่วยเสริมความแข็งแรงของระบบผนัง ติดยึดผนังทั้งระบบไว้ด้วยกัน ประกอบ Base Coat และ Finish Coat ที่มีคุณสมบัติพิเศษ จึงทำให้ไม่เกิดการแตกร้าว 100% ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาพื้นผิวของผนัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 2-12 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุต่าง ๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

2.11.6 การเลือกใช้กระจก

วัสดุกระจกได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น โดยการผสมกระจกต่างชนิดและช่องว่างอากาศภายใน เพื่อผลในการป้องกันรังสีดวงอาทิตย์และการนำความร้อนจากกระจกโดยไม่ลดทอนคุณภาพแสงสว่างที่ตามองเห็น การลดทอนในรูปแบบดังกล่าวจำเป็นต้องใช้เทคนิคในการเคลือบผิวกระจกเพื่อตัดช่วงคลื่นรังสีดวงอาทิตย์ที่ตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็น (Infrared & Ultra violet) ซึ่งเป็นต้นเหตุของความร้อนส่วนเกินที่เข้ามาในอาคารทิ้ง และยอมให้แสงสว่างในช่วงคลื่นที่ตามนุษย์มองเห็น (Visible light) เข้ามาได้มากเพียงพอกับความต้องการในการใช้งาน

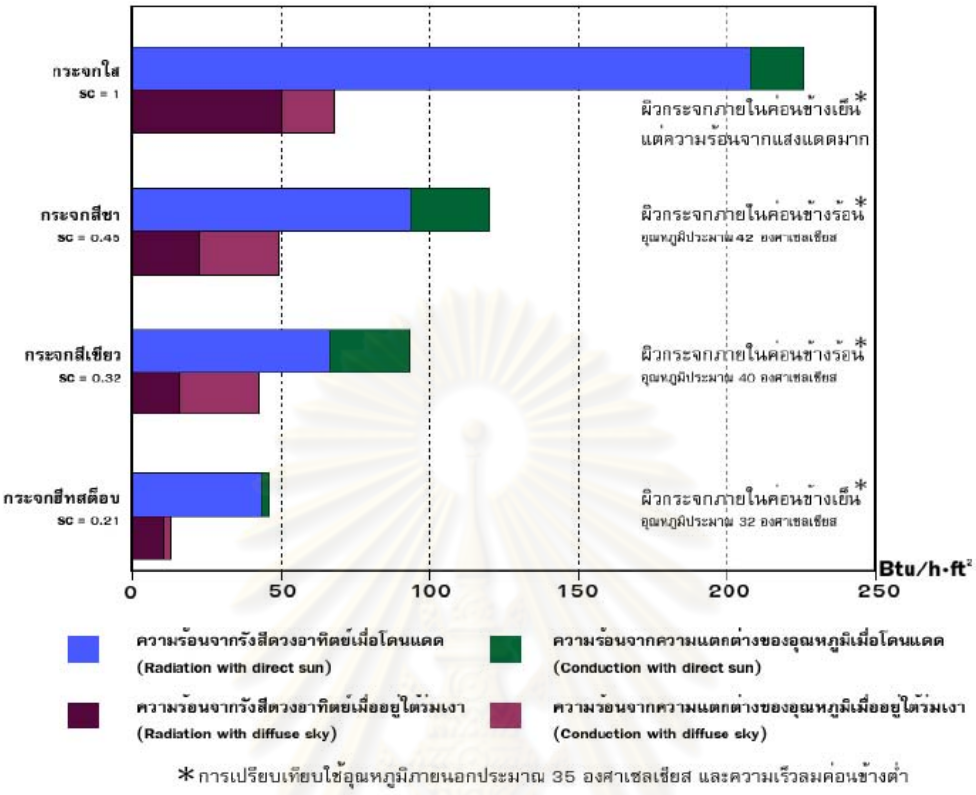


แผนภูมิที่ 2-13 แสดงองค์ประกอบของรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด ได้แก่ ช่วงรังสีที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้จากรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด (พื้นที่สีน้ำเงิน) ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่ต้องการสำหรับกระจกในเขตร้อน ส่วนรังสีอัลตราไวโอเล็ต (พื้นที่สีฟ้า) และรังสีอินฟราเรด (พื้นที่สีแดง) เป็นช่วงคลื่นที่ไม่จำเป็นต่อการมองเห็น การนำเอารังสีในช่วงคลื่นทั้งสองมาใช้จะเป็นการสร้างความร้อนให้กับอุณหภูมิผิวและอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ, 2545)

คุณสมบัติทางด้านการใช้แสงของบ้านออกแบบให้มีการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในบ้านอย่างพอเหมาะ เพื่อลด จำนวนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์ในช่วงเวลากลางวันโดยแสงธรรมชาติที่นำเข้ามาใช้นี้จะ นำเข้ามาด้วยรูปแบบแสงสะท้อน (Indirect Light) ซึ่งเป็นแสงที่มี

คุณภาพสูง มีความสม่ำเสมอควบคุมได้ ซึ่งการออกแบบจะพยายามให้ทุกตำแหน่งของภายในบ้านมีแสงสว่างที่พอเหมาะ เข้าถึงในทุกๆ ส่วน โดยหลีกเลี่ยงแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Sun) ผ่านช่องเปิด โดยแสงลักษณะนี้จะมา พร้อมกับความร้อน และแสงจ้า ที่บาดตาเกินไป โดยใช้กระจกลามิเนต เป็นกระจกที่ใช้กับส่วนของอาคารที่ไม่ต้องการปรับอากาศ และใช้ประโยชน์พิเศษในบางจุดของการออกแบบ เนื่องจากกระจกลามิเนตมีค่าความเป็นฉนวนต่ำ เนื่องจากไม่มีช่องว่างก๊าซเฉื่อยเหมือนกระจก Heat-stop นวัตกรรมที่อยู่อาศัยยุคอนาคตจึงใช้ประโยชน์จากความสามารถในการระบายความร้อนของอาคารออกสู่ภายนอก โดยอาศัยการนำความร้อนของกระจกลามิเนตในบางพื้นที่ ที่ต้องการให้ความร้อนสามารถระบายออกสู่ภายนอกด้วยวิธีการนำความร้อน (Conduction heat flow)บ้านพอเพียงออกแบบช่องเปิดประตูหน้าหน้าต่างป้องกันความร้อน โดยป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ในช่วงกลางวัน แต่จะมีวัสดุฉนวนที่กันความร้อนเข้าสู่ตัวบ้าน ทำให้บ้านมีอุณหภูมิเย็น ผลลัพธ์ที่ได้จะทำให้ลดการใช้เครื่องปรับอากาศ โดยเลือกสรรกระจกพิเศษ เป็นกระจกสีเขียวธรรมชาติ เคลือบภายในด้วยสารที่มีคุณสมบัติการแผ่รังสีต่ำ (Low-E coating) พิเศษด้วยวัสดุ Low -E มีความหนาถึง 10 มิลลิเมตร ทำให้สามารถสกัดกั้นการทะลุทะลวงของรังสีอัลตราไวโอเลตและอินฟราเรดได้ดี ทำให้ผู้อยู่อาศัยปลอดภัยจากรังสีอัลตราไวโอเลตซึ่งเป็นสาเหตุทำให้วัสดุมีสีซีดจางและเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งผิวหนัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 2-14 การเปรียบเทียบพลังงานผ่านกระจกชนิดต่าง ๆ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

2.11.7 การใช้แสงในบ้าน

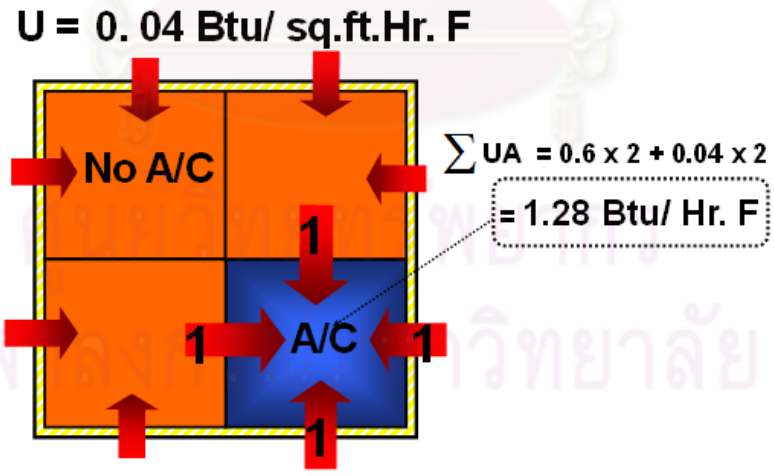
แสงสะท้อนจากท้องฟ้าเป็นแสงที่มีคุณภาพสูงและสม่ำเสมอดังนั้นการออกแบบแสงธรรมชาติควรเน้นการนำแสงธรรมชาติจากท้องฟ้ามาใช้รวมทั้งการใช้แสงธรรมชาตินี้ยังสามารถลดการใช้แสงประดิษฐ์หรือหลอดไปต่างๆให้น้อยลงเป็นแนวคิดในการอิงกับระบบธรรมชาติให้มากที่สุดในเวลากลางวัน โดยไม่ต้องใช้แสงจากหลอดไฟหรือแสงประดิษฐ์ แนวความคิดนี้ทำได้โดยควบคุมความสม่ำเสมอของแสงสะท้อนจากท้องฟ้า (Indirect Light) และสภาพแวดล้อมข้างเคียงซึ่งในการออกแบบพยายามให้มีแสงสะท้อนเข้าสู่อาคารได้มากที่สุด โดยปราศจากแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Sun) ยกเว้นเฉพาะในช่วงเช้าตรู่และช่วงเย็น (เช่น ก่อนเวลา 08.00 น. และหลัง 17.00 น.)

2.11.8 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร

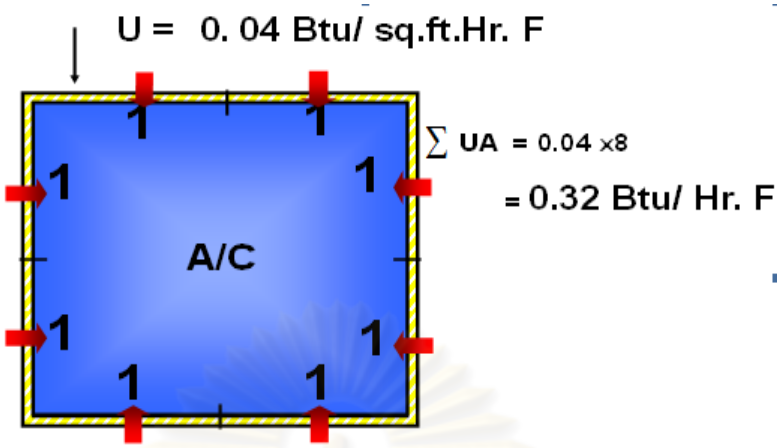
การใช้พลังงานส่วนใหญ่ในอาคารสูญเสียไปกับการทำงานของเครื่องปรับอากาศมากที่สุด จากดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานในอาคารสามารถสรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลในการประหยัดพลังงานได้ดังนี้

1. ตัวแปรอุณหภูมิอากาศ (ΔT) อุณหภูมิอากาศได้รับอิทธิพลจากฤดูกาลในประเทศเขตร้อนชื้น อิทธิพลทางกายภาพที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ได้แก่ ลักษณะพื้นผิวโดยรอบ รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ อัตราการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนจากการแผ่รังสีสู่ท้องฟ้า คุณสมบัติการสะสมความร้อนของพื้นผิวต่างๆ กระแสลมและทิศทางลม คุณสมบัติการแผ่รังสีของพื้นผิวสู่สภาพแวดล้อม ดังนั้นจำเป็นต้องสร้างสภาวะแวดล้อมภายนอกอาคารให้เหมาะสมเพื่อให้อุณหภูมิภายนอกอาคารและภายในอาคารมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิน้อยที่สุด

2. ตัวแปรสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุผิวอาคาร ($\Sigma U.S$) วัสดุผิวอาคารภายนอกที่เหมาะสมควรมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในต่ำ จึงเหมาะสมกับประเทศในเขตร้อนชื้น การลดการถ่ายเทความร้อนต้องคำนึงถึงตัวแปรต่างๆได้แก่ รังสีตรงจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิผิว และการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร(U-Value)



ภาพที่ 2-26 การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร (U-Value) (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)



ภาพที่ 2-27 การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร (U-Value) (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

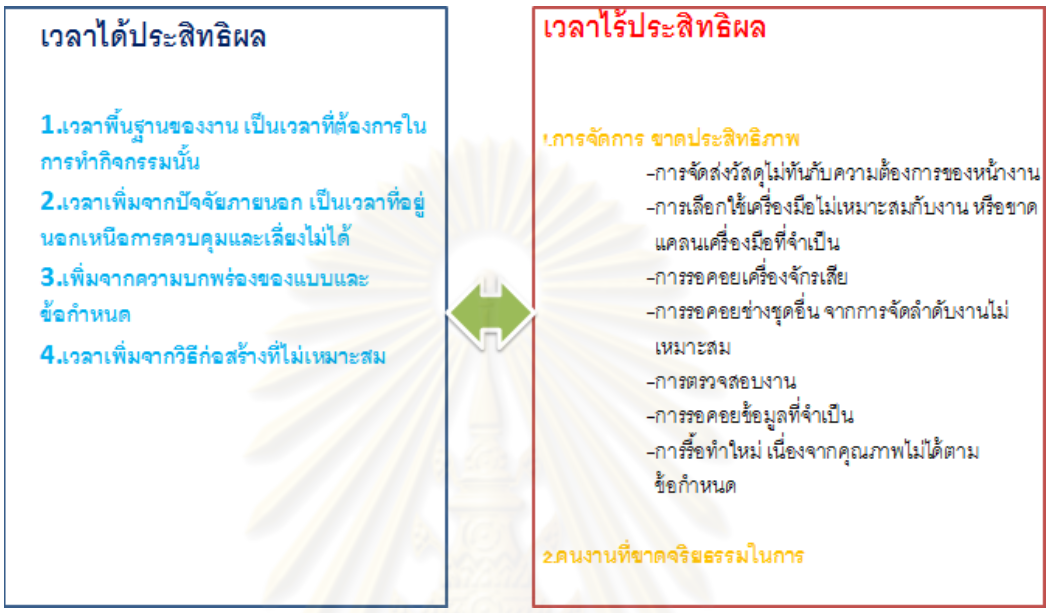
3. ตัวแปรประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ COP ระบบปรับอากาศเป็นปัจจัยสุดท้ายที่ส่งผลต่ออัตราการใช้พลังงานและมีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากเป็นปัจจัยที่ต้องการใช้พลังงานโดยตรง ควรเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีฉลากแสดงประสิทธิภาพเบอร์ 5 หรือมากกว่า เพื่อการประหยัดพลังงานสูงสุดปัจจัยทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงต่อการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงานในอาคารจากงานวิจัยพบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 60% ของพลังงานที่ใช้จากการใช้ดัชนีชี้วัดพลังงานในอาคาร (รวิช ควรประเสริฐ, 2550)

$$Q_{energy} = \frac{\Sigma U.S * S/A * \Delta T}{COP}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.12 สรุปตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

2.12.1 ระยะเวลาการก่อสร้าง



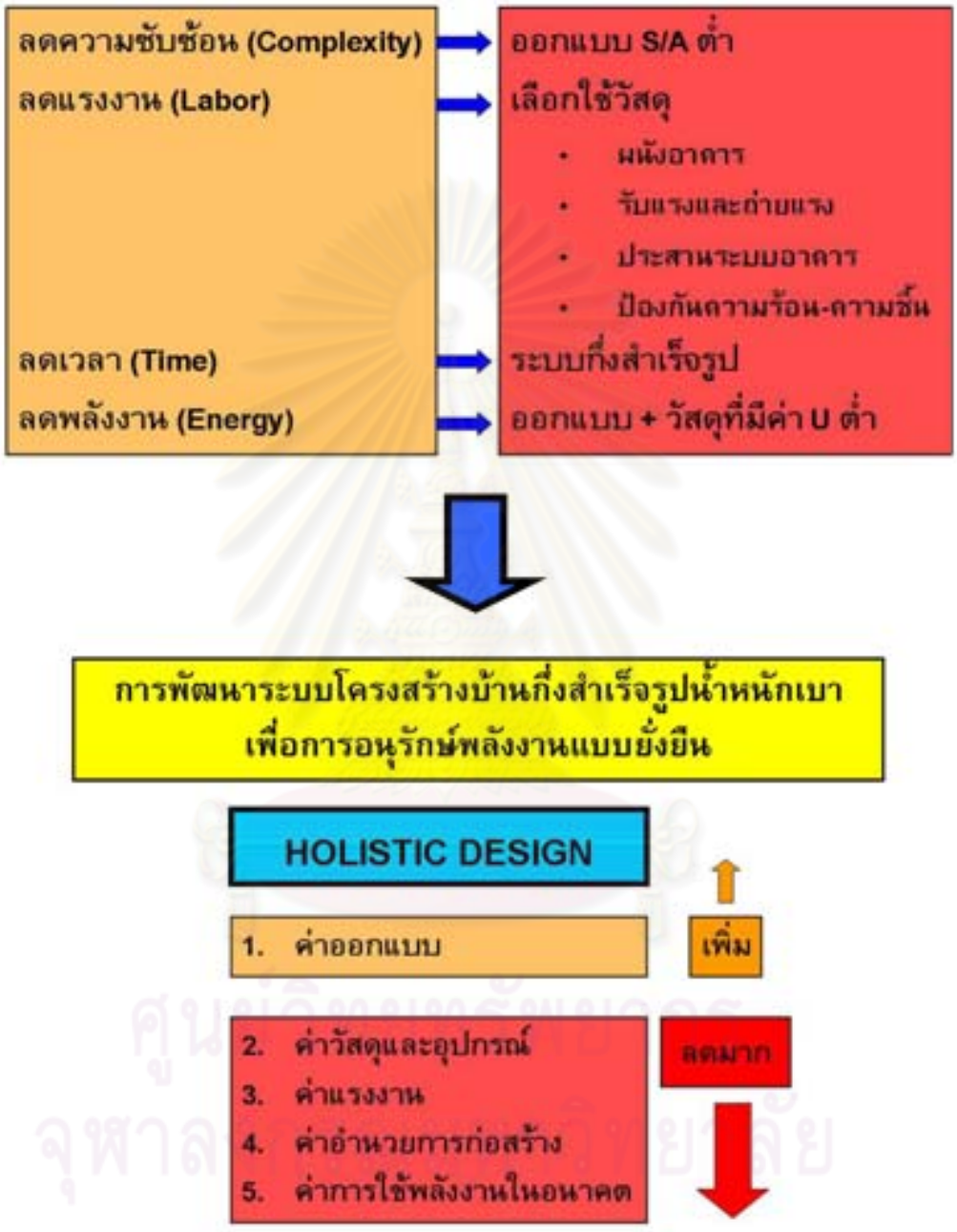
ตารางที่ 2-7 แสดงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาการก่อสร้าง

2.12.2 สรุปค่าใช้จ่ายในการสร้างบ้านทั่วไปและบ้านพอเพียง

รายการค่าใช้จ่าย	บ้านทั่วไป (บาท/ตรม.)	บ้านสู้โลกร้อน (บาท/ตรม.)
ค่าการออกแบบ	298.50	1,303.83
ค่าแรงงาน	2,355.49	1,453.79
ค่าอำนวยการ	2,691.35	2,351.17
ค่าวัสดุและอุปกรณ์	9,877.94	14,570.00
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	15,223.28	19,678.80

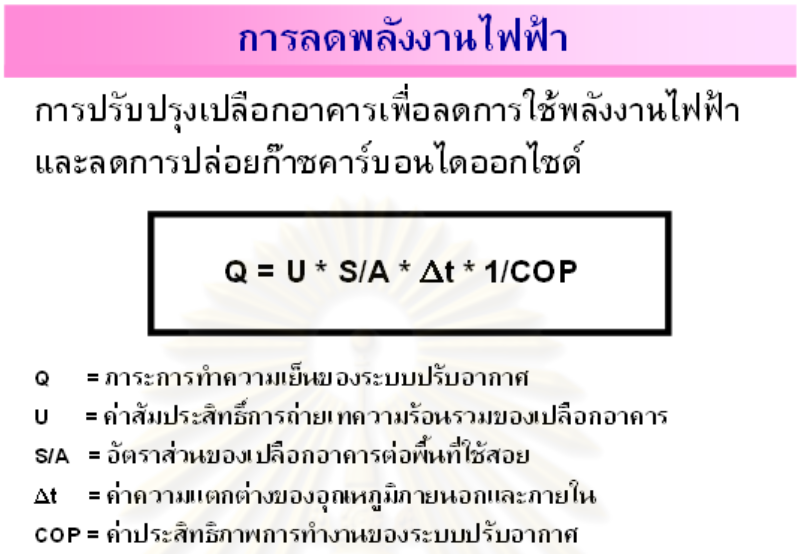
ตารางที่ 2-8 แสดงสรุปค่าใช้จ่ายในการสร้างบ้านทั่วไปและบ้านพอเพียง

2.12.3 **สรุปเทคนิคการก่อสร้างบ้านพอเพียง**



แผนภูมิที่ 2-15 สรุปแนวทางการออกแบบและเทคนิคการก่อสร้างบ้านพอเพียง
(ณรงค์ฤทธิ์ จินต์จันทรวงศ์, 2551)

2.12.4 **สรุปแนวทางการลดพลังงานไฟฟ้า**



ภาพที่ 2-28 **การลดพลังงานไฟฟ้า** (**รวิช ควรประเสริฐ**, 2550)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลในด้านต่างๆของการก่อสร้างบ้านพักอาศัยทั่วไป และบ้านพอเพียงทำการกำหนดตัวแปรที่จะศึกษาดังต่อไปนี้

3.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

3.1.1 ระยะเวลาการก่อสร้าง

ทำการศึกษาขั้นตอนการออกแบบตลอดจนกระบวนการก่อสร้างของบ้านตัวอย่างในทุกโครงการ

3.1.2 ค่าใช้จ่าย

1. ค่าออกแบบ
2. ค่าแรงงาน
3. ค่าอำนวยการหรือค่าดำเนินการ
4. ค่าวัสดุและอุปกรณ์
   - ก. หมวดงานโครงสร้าง
   - ข. หมวดงานเปลือกอาคาร
   - ค. หมวดงานสถาปัตยกรรม
   - ง. หมวดงานระบบประกอบอาคาร

3.1.3 เทคนิคการก่อสร้างบ้านพอเพียง

1. ลดความซับซ้อนในการทำงาน
2. ลดแรงงาน
3. ลดระยะเวลา
4. ลดการใช้พลังงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2.1 กำหนดอาคารตัวอย่าง

โดยการศึกษาจากการสำรวจภาคสนาม การสังเกตการณ์ ถ่ายภาพ การสัมภาษณ์ และการจดบันทึกระหว่างทำการก่อสร้างโดยทำการเปรียบเทียบ ระยะเวลา และ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการก่อสร้าง ทำการศึกษาเก็บข้อมูลและทดลองก่อสร้างใน 5 สถานที่ก่อสร้าง คือ

1. World Alternative Energy Sciences Expo 2009
2. บ้านคุณปิยะฉัตร เพียรชอบธรรม เลขที่ 129/4 หมู่บ้านกำแพงแสน กรีนแลนด์ ตำบลวังน้ำเขียว อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
3. บ้านคุณพันธ์ศักดิ์ มุสิกเจริญ 44/2 ซอยศุภนิมิตร ถนนพุทธมณฑลสาย 2 แขวงบางพรม เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร
4. มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ศูนย์บางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา
5. บ้าน พล.ต.ยอดยุทธ บุญญาธิการ ซอยสินพัฒนา แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร

3.2.2 เก็บข้อมูล

1. ระยะเวลาก่อสร้างโดยกำหนดแรงงานช่างเฉลี่ย 15 คน/วัน/ตรม.
2. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างก่อสร้างมีหน่วยเป็น บาท/ตรม.
3. ขั้นตอนและเทคนิคการก่อสร้าง
4. วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

3.2.3 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปร

1. ระยะเวลาการก่อสร้าง
2. ค่าใช้จ่าย
3. เทคนิคการก่อสร้างบ้านพอเพียง
4. ประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.4กำหนดเทคนิคการก่อสร้างและออกแบบตามแนวคิด

โดยนำปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ ระยะเวลา ค่าใช้จ่าย เทคนิคการก่อสร้าง และ ประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงานของบ้านพอเพียงมาพัฒนาบ้านพอเพียงต้นแบบ

3.2.5 ประเมินผลจาก Bill of Quality และการก่อสร้างจริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

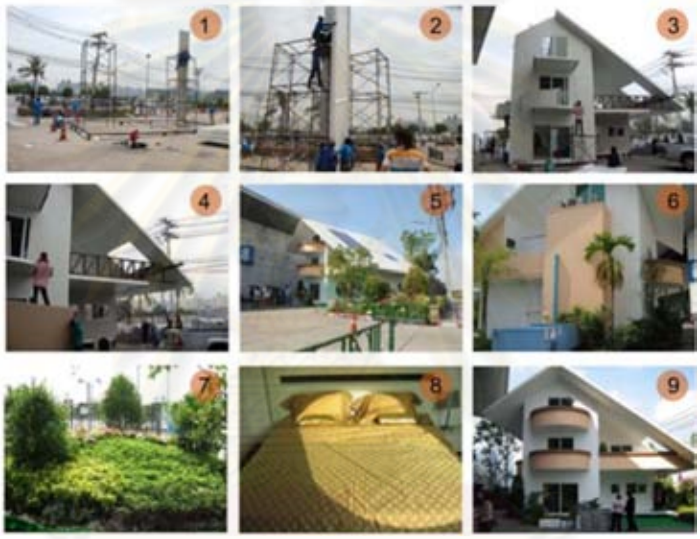
บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลจาการวิจัยทำการเปรียบเทียบ ระยะเวลา ค่าใช้จ่าย เทคนิคการก่อสร้าง และค่าการใช้พลังงาน

4.1 การศึกษาและการเก็บข้อมูล

4.1.1 World Alternative Energy Sciences Expo 2009 (WAESE 2009). **วันที่** 5 **มีนาคม** 2552 - 8 **มีนาคม** 2552, **อิมแพ็ค เมืองทองธานี**



ภาพที่ 4-1 **แสดงขั้นตอนการก่อสร้างบ้านพอเพียง** World Alternative Energy Sciences Expo 2009

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>รายละเอียดโครงการ</u>

- เริ่มการก่อสร้าง วันที่ 2 มีนาคม 2552 แล้วเสร็จ วันที่ 5 มีนาคม 2552
- ระยะเวลาการก่อสร้าง 3 วัน
- พื้นที่ใช้สอยรวม 190 ตารางเมตร

<u>โครงสร้างทั่วไป</u>

- โครงสร้างชั่วคราวระบบแผ่น
- ผนัง หลังคา และ พื้น Sandwich Insulation Panel (SIP) เป็นวัสดุที่มีโฟม EPS เป็นไส้แกนกลาง ภายนอกปะกบติดด้วยแผ่นเหล็กทั้งสองด้าน
- ฝ้าเพดานภายในบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดธรรมดา หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี

- ฝ้าเพดานภายนอกบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดชนความชื้น หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- หน้าต่าง UPVC. กระจกใส LOW-E หนา 9 ม.ม.

ตารางที่ 4–1 **แสดงรายการค่าวัสดุและค่าแรงงานของโครงการบ้าน** World Alternative Energy Sciences Expo 2009

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น (%)	คิดเป็น (บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	60,759.00	17,976.00	78,735.00	3.88	335.30
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
งานโครงสร้างเหล็ก	60,759.00	17,976.00	78,735.00	3.88	335.30
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	1,310,780.00	115,100.00	1,425,880.00	70.22	6072.20
งานผนังภายนอกอาคาร	805,640.00	42,400.00	848,040.00	41.76	3611.43
งานหลังคา	212,960.00	16,000.00	228,960.00	11.28	975.04
งานประตู-หน้าต่าง	292,180.00	56,700.00	348,880.00	17.18	1485.73
หมวดงานสถาปัตยกรรม	275,000.00	118,048.00	393,048.00	19.36	1673.82
งานผนังภายในอาคาร	80,000.00	29,270.00	109,270.00	5.38	465.33
งานผิวพื้น	95,000.00	37,836.00	132,836.00	6.54	565.69
งานฝ้าเพดาน	35,500.00	11,360.00	46,860.00	2.31	199.56
งานสุขภัณฑ์	6,400.00	4,392.00	10,792.00	0.53	45.96
งานอื่น	58,100.00	35,190.00	93,290.00	4.59	397.28
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	107,800.00	25,096.00	132,896.00	6.54	565.95
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	12,500.00	5,640.00	18,140.00	0.89	77.25
งานระบบน้ำประปา	17,500.00	4,324.00	21,824.00	1.07	92.94
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	35,800.00	10,132.00	45,932.00	2.26	195.60
งานระบบปรับอากาศ	42,000.00	5,000.00	47,000.00	2.31	200.15
รวม	1,754,339.00	276,220.00	2,030,559.00	100.00	8647.26
ค่าอำนวยการ	22 %		446,722.98		
รวมเป็นมูลค่า			2,477,281.98		
ค่าออกแบบ	10 %		247,728.20		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			2,725,010.18		
คิดเป็นราคา ต่อพื้นที่ใช้สอย	190 ตร.ม.		14,342.16	**บาท/ตร.ม.**	

4.1.2 บ้านคุณปิยะฉัตร เพียรชอบธรรม เลขที่ 129/4 หมู่บ้านกำแพงแสน กรีนแลนด์ ตำบลวังน้ำเขียว อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ภาพที่ 4-2 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างบ้านคุณปิยะฉัตร เพียรชอบธรรม

<u>รายละเอียดโครงการ</u>

- เริ่มการก่อสร้าง 1 กรกฎาคม พ.ศ.2552 แล้วเสร็จ 15 ธันวาคม พ.ศ.2552
- ระยะเวลาการก่อสร้าง 135 วัน
- พื้นที่ใช้สอยรวม 210 ตารางเมตร

<u>โครงสร้างทั่วไป</u>

- ผนังก่อโฟมบล็อกซีเมนต์ ฉาบปูนเรียบทางสี
- หลังคา Sandwich Insulation Panel (SIP) เป็นวัสดุที่มีโฟม EPS เป็นไส้แกนกลาง ภายนอกปะกบติดด้วยแผ่นเหล็กทั้งสองด้าน
- ฝ้าเพดานภายในบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดธรรมดา หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- ฝ้าเพดานภายนอกบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดชนความชื้น หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- หน้าต่าง วงกบ UPVC. กระจกใส LOW-E หนา 9 ม.ม.
- รายละเอียดอื่นๆ ดูจากรายการในภาคผนวก

ตารางที่ 4-2 แสดงรายการค่าวัสดุและค่าแรงงานของบ้าน คุณปิยะฉัตร เพียรชอบธรรม

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น	
				(%)	(บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	150,500.00	35,908.00	186,408.00	12.04	1,040.82
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	115,000.00	17,932.00	132,932.00	8.58	742.23
งานโครงสร้างเหล็ก	35,500.00	17,976.00	53,476.00	3.45	298.59
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	601,140.00	115,100.00	716,240.00	46.25	3999.15
งานผนังภายนอกอาคาร	136,000.00	42,400.00	178,400.00	11.52	996.10
งานหลังคา	212,960.00	16,000.00	228,960.00	14.78	1278.41
งานประตู-หน้าต่าง	252,180.00	56,700.00	308,880.00	19.94	1724.64
หมวดงานสถาปัตยกรรม	381,750.00	118,048.00	499,798.00	32.27	2790.64
งานผนังภายในอาคาร	98,750.00	29,270.00	128,020.00	8.27	714.80
งานผิวพื้น	116,600.00	37,836.00	154,436.00	9.97	862.30
งานฝ้าเพดาน	35,500.00	11,360.00	46,860.00	3.03	261.64
งานสุขภัณฑ์	72,800.00	4,392.00	77,192.00	4.98	431.00
งานอื่น	58,100.00	35,190.00	93,290.00	6.02	520.89
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	121,164.00	25,096.00	146,260.00	9.44	816.65
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	10,750.00	5,640.00	16,390.00	1.06	91.51
งานระบบน้ำประปา	19,625.00	4,324.00	23,949.00	1.55	133.72
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	42,789.00	10,132.00	52,921.00	3.42	295.49
งานระบบปรับอากาศ	48,000.00	5,000.00	53,000.00	3.42	295.93
รวม	1,254,554.00	294,152.00	1,548,706.00	100.00	8647.26
ค่าอำนวยการ	22 %		340,715.32		
รวมเป็นมูลค่า			1,889,421.32		
ค่าออกแบบ	10 %		188,942.13		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			2,078,363.45		
คิดเป็นราคา ต่อพื้นที่ใช้สอย	210 ตร.ม.		9,896.97	บาท/ตร.ม.	

4.1.3 บ้านคุณพันธ์ศักดิ์ มุสิกเจริญ 44/2 ซอยศุภนิมิตร ถนนพุทธมณฑลสาย 2 แขวงบางพรม เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร

ภาพที่ 4-3 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างบ้านคุณพันธ์ศักดิ์ มุสิกเจริญ

<u>รายละเอียดโครงการ</u>

- เริ่มการก่อสร้าง 1 ตุลาคม พ.ศ.2552 แล้วเสร็จ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2553
- ระยะเวลาการก่อสร้าง 130 วัน
- พื้นที่ใช้สอยรวม 190 ตารางเมตร

<u>โครงสร้างทั่วไป</u>

- ผนังก่อโฟมบล็อกซีเมนต์ ฉาบปูนเรียบทาสี
- หลังคา Sandwich Insulation Panel (SIP) เป็นวัสดุที่มีโฟม EPS เป็นไส้แกนกลาง ภายนอกปะกบติดด้วยแผ่นเหล็กทั้งสองด้าน
- ฝ้าเพดานภายในบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดธรรมดา หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- ฝ้าเพดานภายนอกบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดชนความชื้น หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- หน้าต่าง วงกบ UPVC. กระจกใส LOW-E หนา 9 ม.ม.
- รายละเอียดอื่นๆ ดูจากรายการในภาคผนวก

ตารางที่ 4-3 แสดงรายการค่าวัสดุและค่าแรงงานของบ้าน คุณพันธ์ศักดิ์ มุสิกเจริญ

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น (%)	คิดเป็น (บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	97,500.00	35,908.00	133,408.00	9.67	836.45
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	75,000.00	17,932.00	92,932.00	6.74	582.67
งานโครงสร้างเหล็ก	22,500.00	17,976.00	40,476.00	2.93	253.78
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	571,250.00	115,100.00	686,350.00	49.77	4303.33
งานผนังภายนอกอาคาร	167,500.00	42,400.00	209,900.00	15.22	1316.05
งานหลังคา	178,750.00	16,000.00	194,750.00	14.12	1221.06
งานประตู-หน้าต่าง	225,000.00	56,700.00	281,700.00	20.43	1766.22
หมวดงานสถาปัตยกรรม	305,400.00	118,048.00	423,448.00	30.70	2654.96
งานผนังภายในอาคาร	98,750.00	29,270.00	128,020.00	9.28	802.67
งานผิวพื้น	99,850.00	37,836.00	137,686.00	9.98	863.27
งานฝ้าเพดาน	30,500.00	11,360.00	41,860.00	3.04	262.46
งานสุขภัณฑ์	72,800.00	4,392.00	77,192.00	5.60	483.98
งานอื่น	3,500.00	35,190.00	38,690.00	2.81	242.58
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	110,875.00	25,096.00	135,971.00	9.86	852.52
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	10,750.00	5,640.00	16,390.00	1.19	102.76
งานระบบน้ำประปา	19,625.00	4,324.00	23,949.00	1.74	150.16
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	35,500.00	10,132.00	45,632.00	3.31	286.11
งานระบบปรับอากาศ	45,000.00	5,000.00	50,000.00	3.63	313.49
รวม	1,085,025.00	294,152.00	1,379,177.00	100.00	8647.26
ค่าอำนวยการ	22 %		303,418.94		
รวมเป็นมูลค่า			1,682,595.94		
ค่าออกแบบ	10 %		168,259.59		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			1,850,855.53		
คิดเป็นราคา ต่อพื้นที่ใช้สอย	190 ตร.ม.		9,741.34	บาท/ตร.ม.	

4.1.4 มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ศูนย์บางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา

ภาพที่ 4-4 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างบ้านพอเพียงมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

<u>รายละเอียดโครงการ</u>

- เริ่มการก่อสร้าง วันที่ 1 พฤศจิกายน 2552 แล้วเสร็จ วันที่ 30 พฤศจิกายน 2552
- ระยะเวลาการก่อสร้าง 30 วัน
- พื้นที่ใช้สอยรวม 150 ตารางเมตร

<u>โครงสร้างทั่วไป</u>

- โครงสร้างระบบแผ่น
- ผนัง หลังคา และ พื้น Sandwich Insulation Panel (SIP) เป็นวัสดุที่มีโฟม EPS เป็นไสแกนกลาง ภายนอกปะกบติดด้วยแผ่นเหล็กทั้งสองด้าน
- ฝ้าเพดานภายในบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดธรรมดา หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- ฝ้าเพดานภายนอกบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดชนความชื้น หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- หน้าต่าง UPVC. กระจกใส LOW-E หนา 9 ม.ม.
- รายละเอียดอื่นๆ ตามรายการในภาคผนวก

ตารางที่ 4-4 แสดงรายการค่าวัสดุและค่าแรงงานของบ้าน มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ศูนย์บางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น	
				(%)	(บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	90,759.00	25,976.00	116,735.00	8.15	704.48
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	30,000.00	8,000.00	38,000.00	2.65	229.33
งานโครงสร้างเหล็ก	60,759.00	17,976.00	78,735.00	5.49	475.16
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	789,500.00	115,100.00	904,600.00	63.13	5459.16
งานผนังภายนอกอาคาร	450,000.00	42,400.00	492,400.00	34.36	2971.58
งานหลังคา	150,500.00	16,000.00	166,500.00	11.62	1004.81
งานประตู-หน้าต่าง	189,000.00	56,700.00	245,700.00	17.15	1482.77
หมวดงานสถาปัตยกรรม	190,000.00	118,048.00	308,048.00	21.50	1859.03
งานผนังภายในอาคาร	35,000.00	29,270.00	64,270.00	4.49	387.86
งานผิวพื้น	55,000.00	37,836.00	92,836.00	6.48	560.25
งานฝ้าเพดาน	35,500.00	11,360.00	46,860.00	3.27	282.79
งานสุขภัณฑ์	6,400.00	4,392.00	10,792.00	0.75	65.13
งานอื่น	58,100.00	35,190.00	93,290.00	6.51	562.99
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	78,400.00	25,096.00	103,496.00	7.22	624.59
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	8,900.00	5,640.00	14,540.00	1.01	87.75
งานระบบน้ำประปา	12,500.00	4,324.00	16,824.00	1.17	101.53
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	28,500.00	10,132.00	38,632.00	2.70	233.14
งานระบบปรับอากาศ	28,500.00	5,000.00	33,500.00	2.34	202.17
รวม	1,148,659.00	284,220.00	1,432,879.00	100.00	8647.26
ค่าอำนวยการ	22 %		315,233.38		
รวมเป็นมูลค่า			1,748,112.38		
ค่าออกแบบ	10 %		174,811.24		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			1,922,923.62		
คิดเป็นราคา ต่อพื้นที่ใช้สอย	150 ตร.ม.		12,819.49	บาท/ตร.ม.	

4.1.5 บ้าน พล.ต.ยอดยุทธ บุญญาธิการ ซอยสินพัฒนา แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร

ภาพที่ 4-5 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างบ้านพล.ต.ยอดยุทธ บุญญาธิการ

<u>รายละเอียดโครงการ</u>

- เริ่มการก่อสร้าง วันที่ 28 พฤศจิกายน 2552 คาดว่าจะแล้วเสร็จ วันที่ 30 พฤษภาคม2553
- ระยะเวลาการก่อสร้าง 153 วัน
- พื้นที่ใช้สอยรวม 500 ตารางเมตร

<u>โครงสร้างทั่วไป</u>

- โครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา
- ผนังระบบ WALL FRAME SYSTEM
- หลังคา Sandwich Insulation Panel (SIP) เป็นวัสดุที่มีโฟม EPS เป็นไส้แกนกลาง ภายนอกปะกบติดด้วยแผ่นเหล็กทั้งสองด้าน
- ฝ้าเพดานภายในบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดธรรมดา หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- ฝ้าเพดานภายนอกบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดชนความชื้น หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- วงกบหน้าต่าง UPVC. กระจก Heat stop หนา 24 ม.ม.
- รายละเอียดอื่นๆ ตามรายการในภาคผนวก

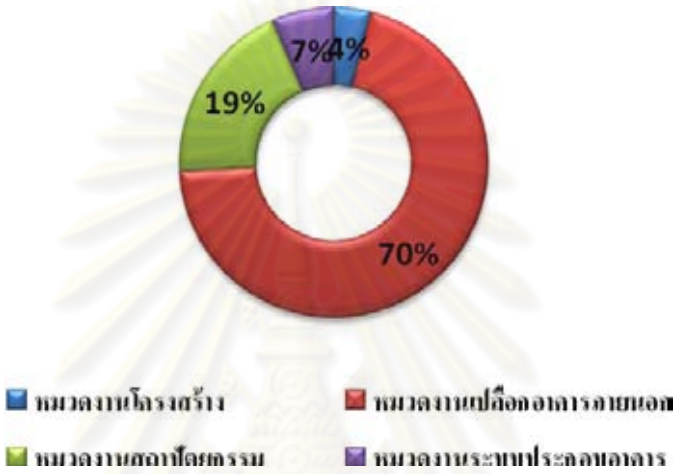
ตารางที่ 4-5 แสดงรายการค่าวัสดุและค่าแรงงานของบ้าน พล.ต.ยอดยุทธ บุญญาธิการ

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น (%)	คิดเป็น (บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	227,550.00	25,976.00	253,526.00	4.89	422.93
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	125,050.00	8,000.00	133,050.00	2.57	221.96
งานโครงสร้างเหล็ก	102,500.00	17,976.00	120,476.00	2.32	200.98
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	3,060,850.00	115,100.00	3,175,950.00	61.27	5298.15
งานผนังภายนอกอาคาร	1,500,250.00	42,400.00	1,542,650.00	29.76	2573.46
งานหลังคา	758,600.00	16,000.00	774,600.00	14.94	1292.19
งานประตู-หน้าต่าง	802,000.00	56,700.00	858,700.00	16.57	1432.49
หมวดงานสถาปัตยกรรม	995,120.00	118,048.00	1,113,168.00	21.47	1857.00
งานผนังภายในอาคาร	560,000.00	29,270.00	589,270.00	11.37	983.03
งานผิวพื้น	157,500.00	37,836.00	195,336.00	3.77	325.86
งานฝ้าเพดาน	125,000.00	11,360.00	136,360.00	2.63	227.48
งานสุขภัณฑ์	64,520.00	4,392.00	68,912.00	1.33	114.96
งานอื่น	88,100.00	35,190.00	123,290.00	2.38	205.67
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	615,820.00	25,096.00	640,916.00	12.36	1069.18
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	42,500.00	5,640.00	48,140.00	0.93	80.31
งานระบบน้ำประปา	52,500.00	4,324.00	56,824.00	1.10	94.79
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	95,820.00	10,132.00	105,952.00	2.04	176.75
งานระบบปรับอากาศ	425,000.00	5,000.00	430,000.00	8.30	717.33
รวม	4,899,340.00	284,220.00	5,183,560.00	100.00	8647.26
ค่าอำนวยการ	22 %		1,140,383.20		
รวมเป็นมูลค่า			6,323,943.20		
ค่าออกแบบ	10 %		632,394.32		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			6,956,337.52		
คิดเป็นราคา ต่อพื้นที่ใช้สอย	500 ตร.ม.		13,912.68	บาท/ตร.ม.	

4.2 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายการก่อสร้างบ้าน โดยรวม

4.2.1 World Alternative Energy Sciences Expo 2009 (WAESE 2009)

(ทำการศึกษาข้อมูลระหว่างวันที่ 2 มีนาคม 2552 ถึง วันที่ 5 มีนาคม 2552)

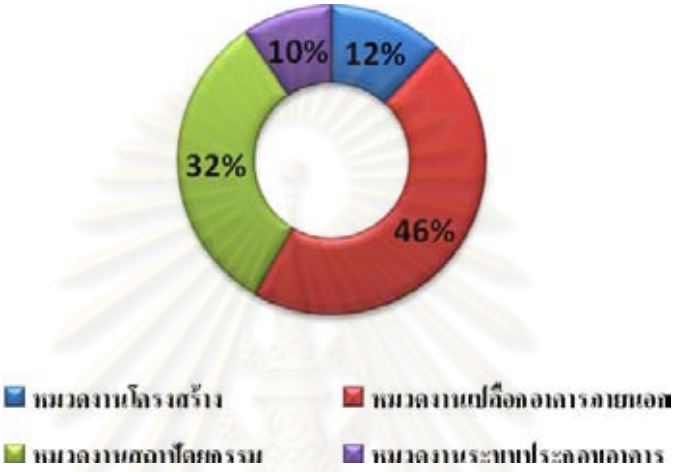


แผนภูมิที่ 4-1 **แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างของโครงการบ้าน** World Alternative Energy Sciences Expo 2009

- มีค่าใช้จ่ายในหมวดงานเปลือกอาคารภายนอกมากที่สุดคิดเป็น 70.00%รองลงมาคือหมวดงานสถาปัตยกรรมคิดเป็น 19.00% หมวดงานระบบประกอบอาคาร 7.00% และหมวดงานโครงสร้าง4.00%ตามลำดับ
- มีความเร็วในการก่อสร้าง 63.33 ตรม./วัน
- มีค่าใช้จ่ายคิดเป็น 14342.16บาท /ตรม.

4.2.2 บ้านคุณปิยะฉัตร เพียรชอบธรรม เลขที่ 129/4 หมู่บ้านกำแพงแสน กรีนแลนด์ ตำบลวังน้ำเขียว อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

(ทำการศึกษาข้อมูลระหว่างวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ.2552 ถึง วันที่15 ธันวาคม พ.ศ.2552)

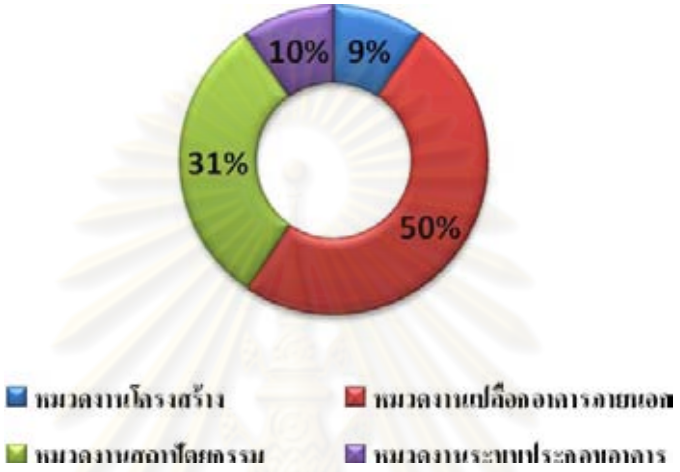


แผนภูมิที่ 4-2 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างของโครงการบ้านคุณ ปิยะฉัตร เพียรชอบธรรม

- มีค่าใช้จ่ายในหมวดงานเปลือกอาคารภายนอกมากที่สุดคิดเป็น 46.00% รองลงมาคือหมวดงานสถาปัตยกรรมคิดเป็น 32.00% หมวดงานโครงสร้าง12.00%และหมวดงานระบบประกอบอาคาร10.00% ตามลำดับ
- มีความเร็วในการก่อสร้าง 1.55 ตรม./วัน
- มีค่าใช้จ่ายคิดเป็น 9, 896.97 บาท /ตรม.

4.2.3 บ้านคุณพันธ์ศักดิ์ มุสิกเจริญ 44/2 ซอยศุภนิมิตร ถนนพุทธมณฑล สาย 2 แขวงบางพรม เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร

(ทำการศึกษาข้อมูลระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2552 ถึง วันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2553)

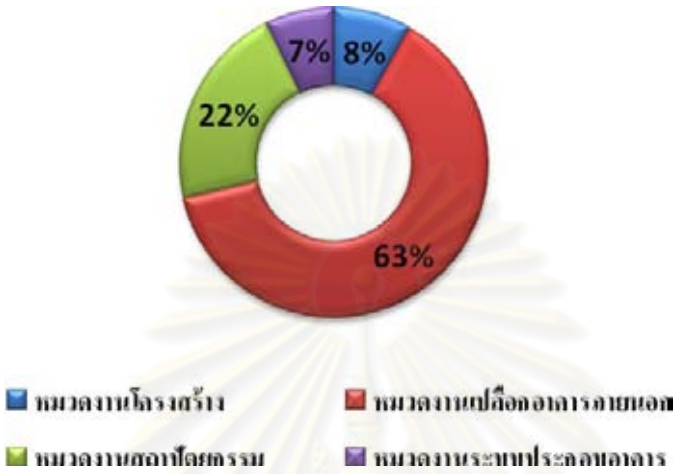


แผนภูมิที่ 4-3 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างของโครงการบ้านคุณพันธ์ศักดิ์ มุสิกเจริญ

- มีค่าใช้จ่ายในหมวดงานเปลือกอาคารภายนอกมากที่สุดคิดเป็น 50.00%รองลงมาคือหมวดงานสถาปัตยกรรมคิดเป็น 31.00% หมวดงานระบบประกอบอาคาร 10.00%และหมวดงานโครงสร้าง9.00% ตามลำดับ
- มีความเร็วในการก่อสร้าง 1.55 ตรม./วัน
- มีค่าใช้จ่ายคิดเป็น 9,896.97บาท /ตรม.

4.2.4 มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ศูนย์บางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา

(ทำการศึกษาข้อมูลระหว่างวันที่ 1 พฤศจิกายน 2552 ถึง วันที่ 30 พฤศจิกายน 2552)

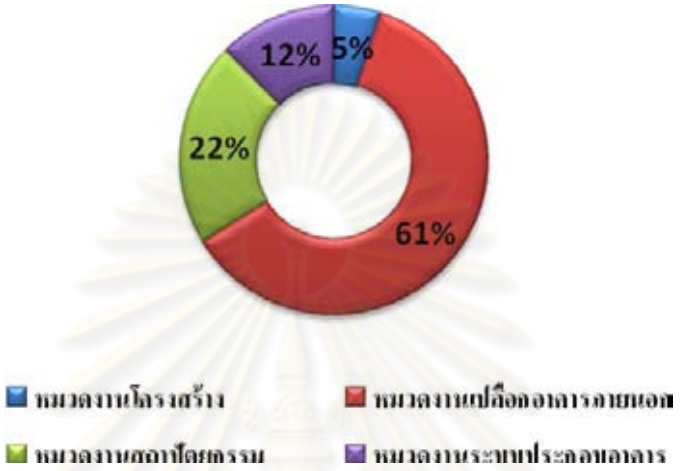


แผนภูมิที่ 4-4 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงการมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ศูนย์บางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา

- มีค่าใช้จ่ายในหมวดงานเปลือกอาคารภายนอกมากที่สุดคิดเป็น 50.00%รองลงมาคือหมวดงานสถาปัตยกรรมคิดเป็น 31.00% หมวดงานระบบประกอบอาคาร 10.00%และหมวดงานโครงสร้าง9.00% ตามลำดับ
- มีความเร็วในการก่อสร้าง 1.55 ตรม./วัน
- มีค่าใช้จ่ายคิดเป็น 9,896.97บาท /ตรม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.5 บ้าน พล.ต.ยอดยุทธ บุญญาธิการ ซอยสินพัฒนา แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร



แผนภูมิที่ 4-5 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างบ้านพล.ต.ยอดยุทธ บุญญาธิการ

- มีค่าใช้จ่ายในหมวดงานเปลือกอาคารภายนอกมากที่สุดคิดเป็น 61.00%รองลงมาคือหมวดงานสถาปัตยกรรมคิดเป็น 22.00% หมวดงานระบบประกอบอาคาร 12.00%และหมวดงานโครงสร้าง5.00% ตามลำดับ
- มีความเร็วในการก่อสร้าง 3.26 ตรม./วัน
- มีค่าใช้จ่ายคิดเป็น 13, 912.68 บาท /ตรม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 สรุประยะเวลา ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและระบบโครงสร้าง

ตัวแปรที่ศึกษา	บ้านทั่วไป	World Alternative Energy	บ้านคุณปิยะฉัตร เพียรชอบธรรม
1.ระยะเวลาการก่อสร้าง	1.47 ตรม./วัน	63.33 ตรม./วัน	1.55 ตรม./วัน
2.ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง	15223.28 บาท /ตรม.	14342.16 บาท /ตรม.	9896.97 บาท /ตรม.
3.ระบบโครงสร้าง	ระบบโครงสร้างเสา-คาน	ระบบPanel	ระบบโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา
ตัวแปรที่ศึกษา	บ้านคุณพันธ์ศักดิ์ มุสิกเจริญ	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์	บ้านพล.ต.ยอดยุทธ บุญญาธิการ
1.ระยะเวลาการก่อสร้าง	1.46 ตรม./วัน	5 ตรม./วัน	3.26 ตรม./วัน
2.ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง	9741.34 บาท /ตรม.	12819.49 บาท /ตรม.	13912.68 บาท /ตรม.
3.ระบบโครงสร้าง	ระบบโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา	ระบบPanel	ระบบ WALL FRAME SYSTEM

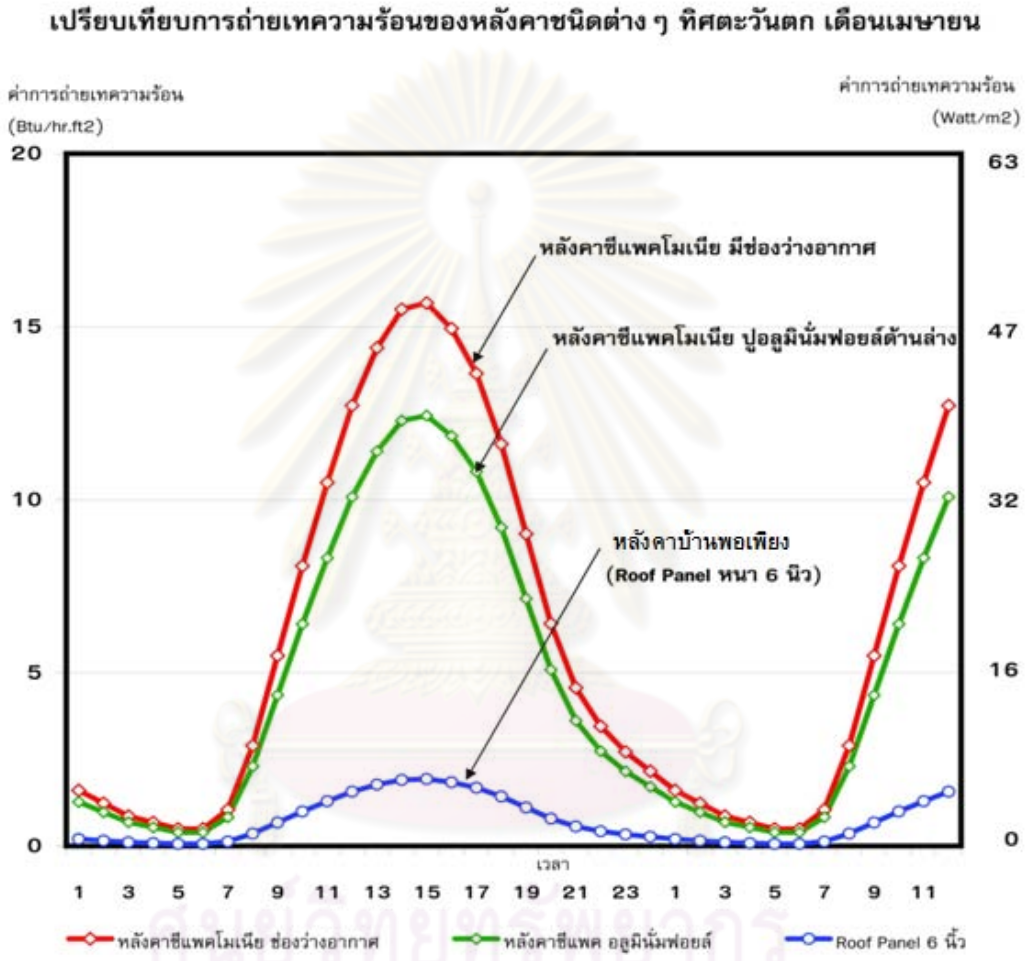
ตารางที่ 4-6 สรุประยะเวลา ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและระบบโครงสร้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

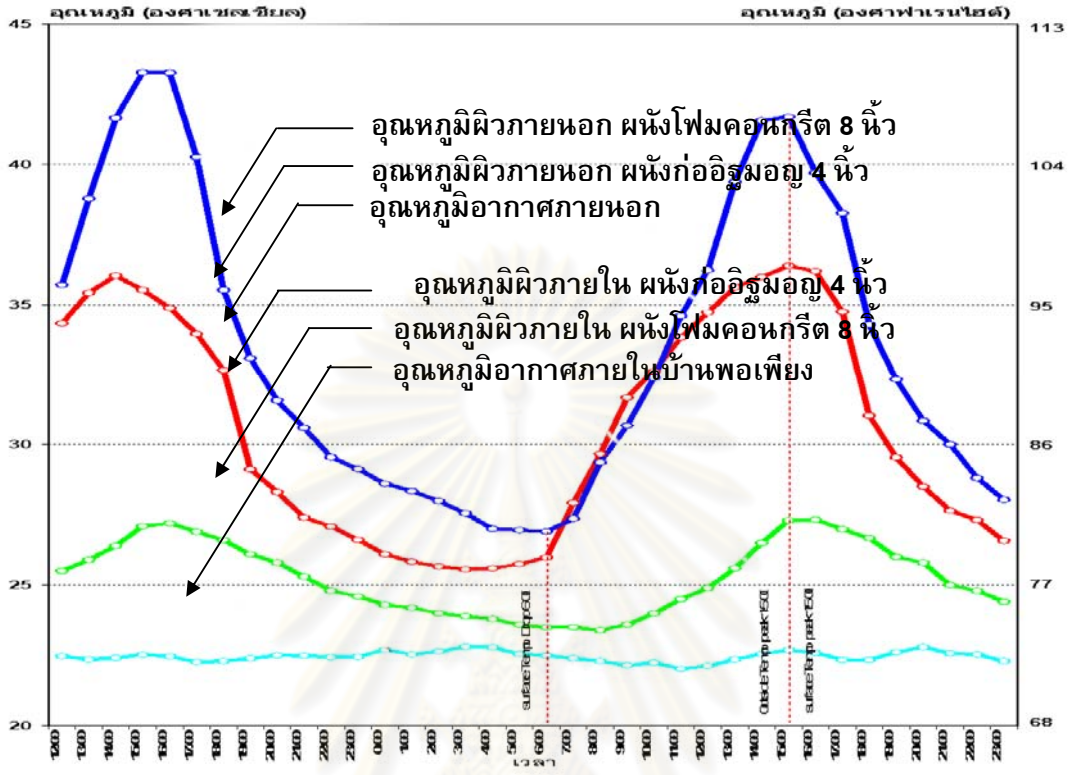
4.4 วิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงานบ้านพอเพียง

4.4.1 หลังคา

ใช้วัสดุ Roof Panel หนา 6 นิ้ว ในการก่อสร้างอาคารส่วนของหลังคา ทั้งยังใช้ในบางส่วนของพื้นบ้านและพื้นระเบียงของบ้านสู้โลกร้อนอีกด้วย



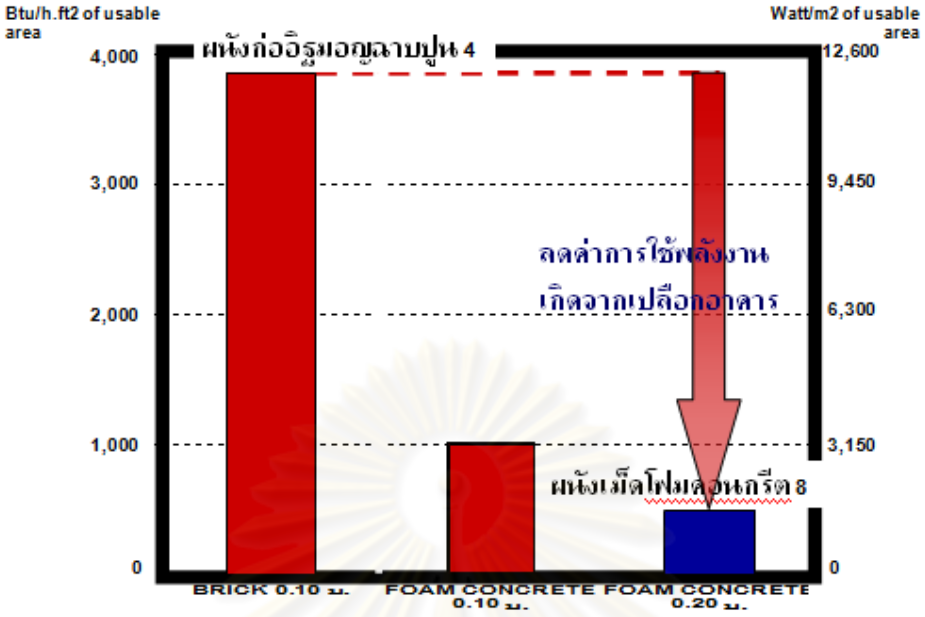
แผนภูมิที่ 4-6 แสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของหลังคาชนิดต่าง ๆในทิศตะวันตก ของเดือนเมษายน (โครงการวิจัยแบบบูรณาการต่อยอดองค์ความรู้ประหยัดพลังงานสู่บ้านพอเพียง, 2552)



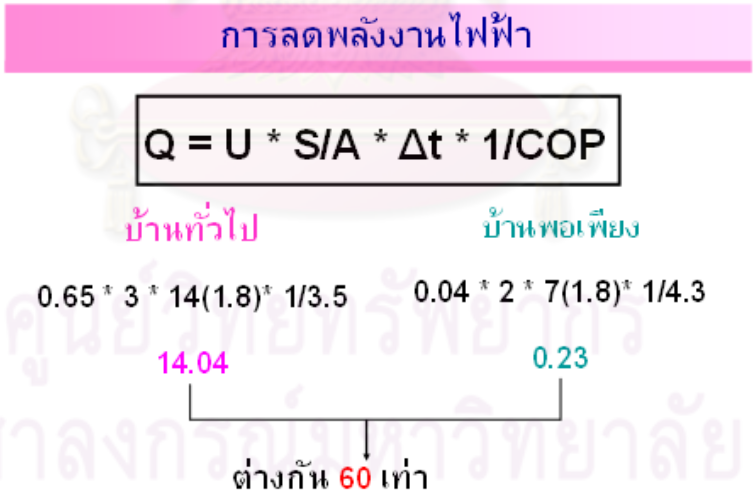
แผนภูมิที่ 4-7 **แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน – ภายนอกของบ้านพอเพียงและบ้านทั่วไป** (โครงการวิจัยแบบบูรณาการต่อยอดองค์ความรู้ประหยัดพลังงานสู่บ้านพอเพียง , 2552)

4.4.2 เปลือกอาคาร

เปลือกอาคารใช้วัสดุเม็ดโฟมคอนกรีต หนา 8 นิ้ว สามารถลดค่าการใช้พลังงานที่เกิดจากเปลือกอาคารถึง 6 เท่า โดยสามารถลดพลังงานในส่วนผนังอาคารถึง 3,333 บีทียูต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (10,500 วัตต์ต่อตารางเมตร) หรือประมาณ 6.5 เท่า, ส่วนพื้นอาคารถึง 751 บีทียูต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (2,365.6 วัตต์ต่อตารางเมตร) หรือประมาณ 7.5 เท่า และส่วนหลังคาอาคารถึง 3,998 บีทียูต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต (12,593.7 วัตต์ต่อตารางเมตร) หรือประมาณ 4 เท่า



แผนภูมิที่ 4-8 **แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนค่าภาระการทำความเย็น** Cooling load **ของวัสดุผนังชนิดต่าง ๆ** (โครงการวิจัยแบบบูรณาการต่อยอดองค์ความรู้ประหยัดพลังงานสู่บ้านพอเพียง, 2552)



ภาพที่ 4-6 **การลดพลังงานไฟฟ้า** (รวิช ควรประเสริฐ, 2550)

4.5 กำหนดเทคนิคการก่อสร้างและออกแบบตามแนวคิด

4.5.1 นำผลการวิจัยมาออกแบบบ้านพอเพียงตันแบบ (พื้นที่ใช้สอย 240 ตรม.)

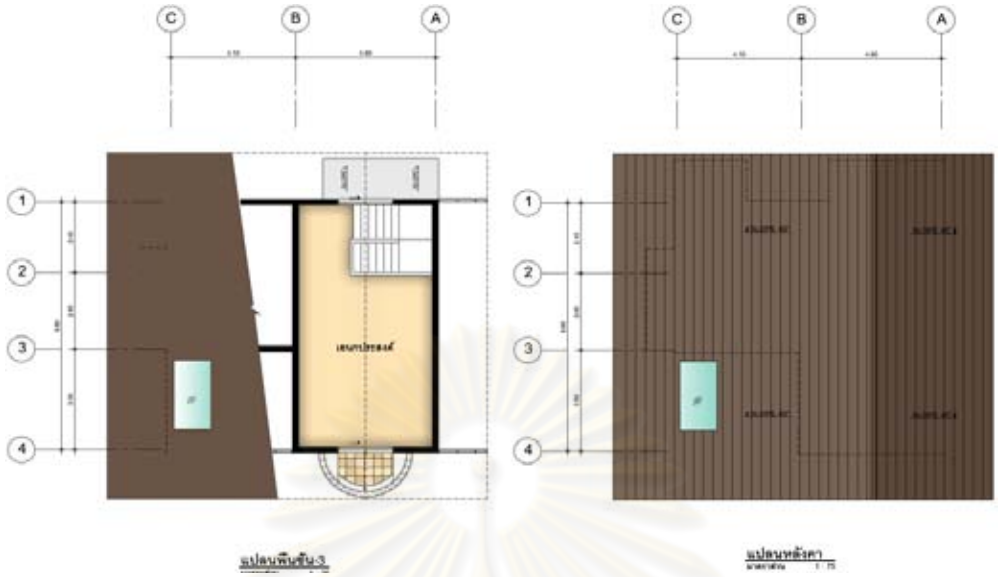
1. โครงสร้างระบบกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบาและ ผนังรับน้ำหนัก ทำให้ลดน้ำหนักโครงสร้างลงเหลือ 20 % ของบ้านทั่วไปช่วยลดภาระในการรับน้ำหนักของโครงสร้าง

2. ผนังก่อโฟมบล็อกซีเมนต์ ฉาบปูนเรียบทางสี ใช้แรงงานช่างทั่วไปได้และราคาถูกกว่าระบบ Panel 400 บาท/ตารางเมตร

3. การผสมผสานการออกแบบงานระบบประกอบอาคารในขั้นตอนการก่อสร้างงานโครงสร้าง

ภาพที่ 4-7 แสดงแปลนชั้นที่1-2 บ้านพอเพียงตันแบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4-8 แสดงแปลนชั้นที่3และแปลนหลังคา บ้านพอเพียงตันแบบ

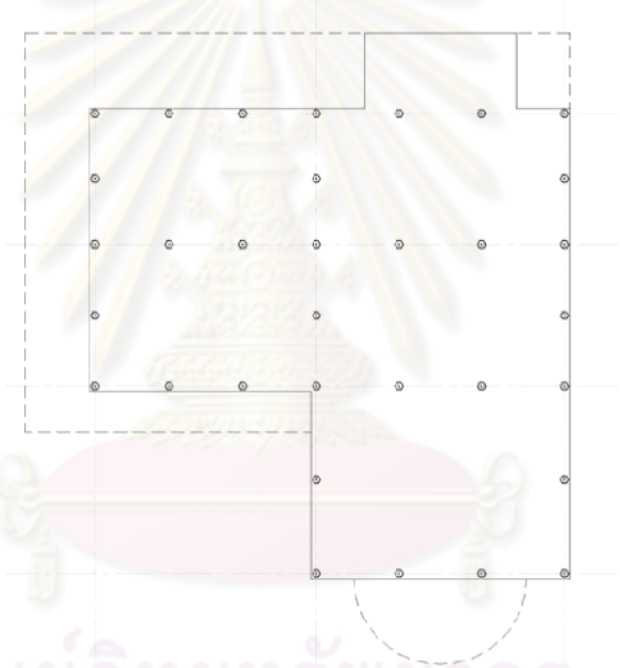
ภาพที่ 4-9 แสดงรูปด้าน บ้านพอเพียงตันแบบ

4.5.2 กำหนดเทคนิคและขั้นตอนการก่อสร้าง

1. ลดโครงสร้าง ขั้นตอนในการก่อสร้างงานฐานรากและคานคอดิน

เนื่องจากบ้านพอเพียงใช้โครงสร้างระบบกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบาทำให้ลดน้ำหนักโครงสร้างลงเหลือเพียง 20 % ของบ้านพักอาศัยทั่วไปในขนาดพื้นที่ใช้สอยที่เท่ากันทำให้สามารถลดโครงสร้าง ขั้นตอนในการก่อสร้างงานฐานรากและคานคอดินลงได้ดังนี้

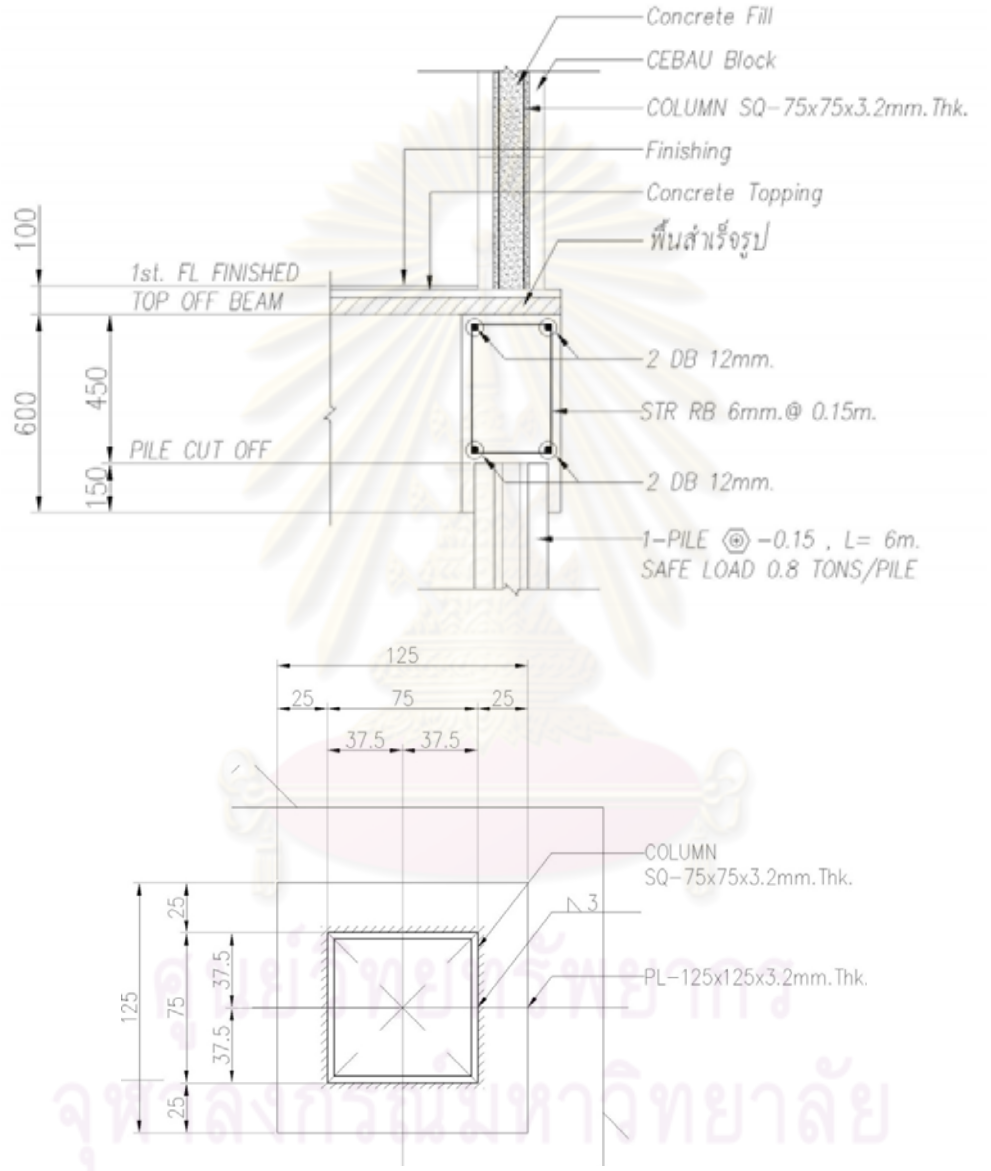
ขั้นตอนที่ 1 ปรับพื้นที่ แล้วตอกเสาเข็ม 6 เหลี่ยม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. ยาว 6 เมตร รับน้ำหนักได้ 800 กิโลกรัมต่อต้น ระยะเฉลี่ยประมาณ 1.50 เมตร ตามแนวคานหลักไม่มีคานซอยระหว่างโครงสร้างทำหน้าที่คล้ายฐานรากแผ่



ภาพที่ 4-10 **แสดงการตอกเสาเข็ม 6 เหลี่ยม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. ยาว 6 เมตร ระยะเฉลี่ยประมาณ 1.50 เมตร**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

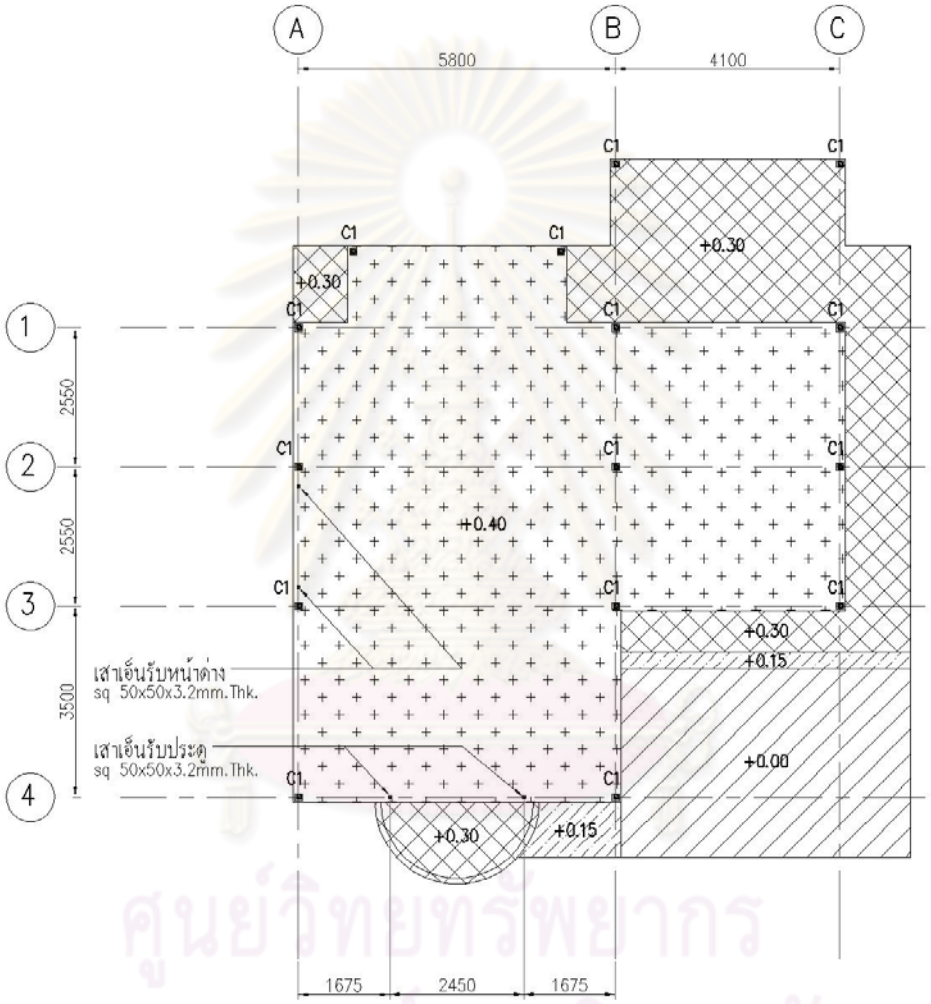
ขั้นตอนที่ 2 ปรับพื้นที่รอบคานคอดิน ตรวจสอบระดับหัวเสาเข็มตัดเสาเข็มให้ได้ระดับ แล้วผูกเหล็กคานคอดินโดยเชื่อมต่อกับเหล็กหนวดกุ้งซึ่งเชื่อมต่อกับเสาเข็มใช้ดินรอบคานเป็นแบบแล้วทำการเทคานโดยไม่ใช้ไม้แบบ ทำการเชื่อมแผ่นเหล็กติดกับเหล็กโครงสร้างคานที่เตรียมไว้เพื่อทำการติดตั้งเสาเหล็กโครงสร้างผนังต่อไป



ภาพที่ 4-11 **แสดงแบบขยายโครงสร้างพื้นชั้นที่1 คานคอดิน เสาเข็ม 6 เหลี่ยม และการเชื่อมต่อเสาเหล็กโครงสร้างผนัง**

2. ลดขั้นตอนในการก่อสร้างงานเสาและผนัง

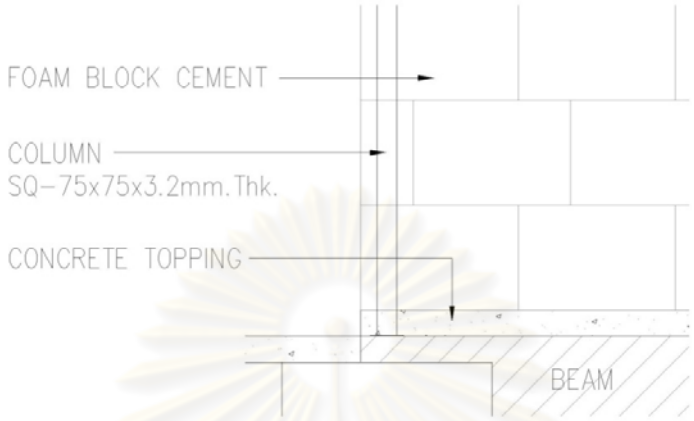
ขั้นตอนที่ 1 หลังจากวางแผ่นพื้นสำเร็จรูปหนา 5 ซม.กว้าง 30 ซม.แล้วเทคอนกรีตทับหน้า ทำการเชื่อมแผ่นเหล็กเพื่อติดตั้งเสาเหล็กโครงสร้างผนัง



ภาพที่ 4-12 แสดงแบบขยายตำแน่งการติดตั้งเสาเหล็กบริเวณพื้นชั้นที่1

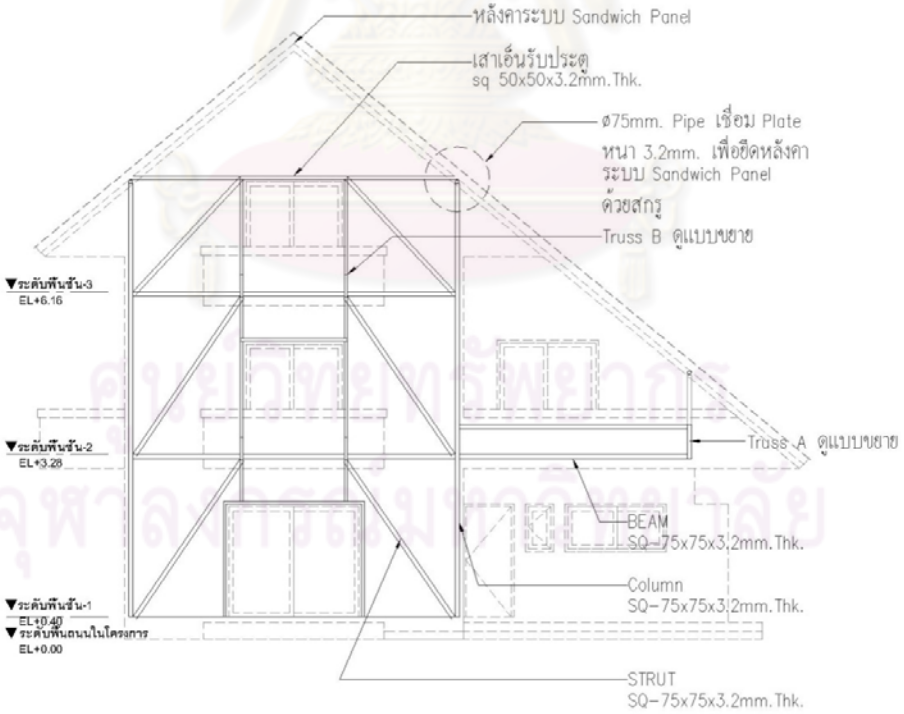
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 2 ติดตั้งเสาเหล็ก ก่อผนังโฟมบล็อกคอนกรีตโดยทำการร้อยรูของ โฟมบล็อกคอนกรีตเข้าไปในเสาเหล็กสลับกันในด้านตั้งฉากดังรูปเพื่อความแข็งแรงของผนัง



ภาพที่ 4-13 **แสดงแบบขยายการติดตั้งเสาเหล็กและการก่อผนังโฟมบล็อกคอนกรีต**

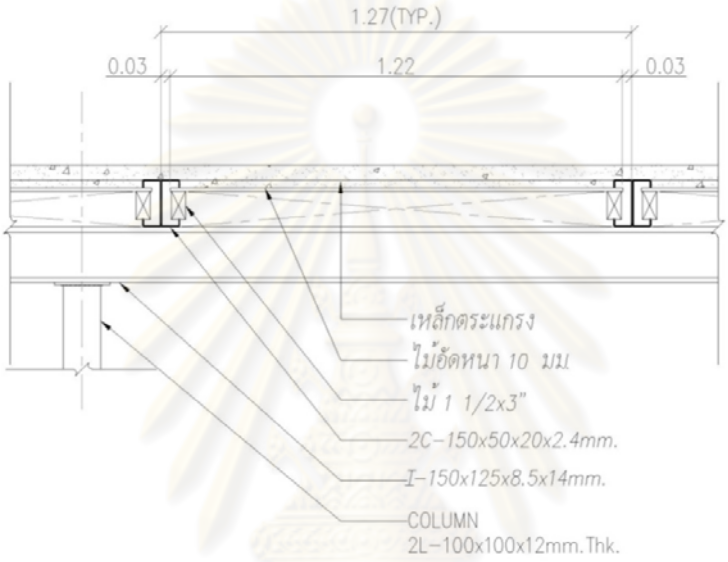
ขั้นตอนที่ 3 ติดตั้งโครงค้ำยันเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับบ้าน



ภาพที่ 4-14 **แสดงการติดตั้งโครงค้ำยันเพื่อเสริมความแข็งแรง**

3. **ลดขั้นตอนในการก่อสร้างพื้นชั้น 2 และชั้น 3**

ขั้นตอนที่ 1 หลังจากก่อผนังชั้น 1 แล้วเสร็จใช้โครงสร้างผนังทำหน้าที่รับน้ำหนักพื้นชั้น 2 และชั้น 3 ในกรณีเดียวกันโดยวางเหล็กกล่องขนาด 75X75 มม. หนา 3.2 มม. บนผนังทำหน้าที่คานแล้ววางเหล็กตัว C-150x50x20x2.4 มม.เชื่อมติดกันทำหน้าที่ตง ระยะห่าง 1.27 ม. เพื่อให้วางไม้อัดซึ่งทำหน้าที่แบบหล่อคอนกรีตได้พอดี



ภาพที่ 4-15 แสดงการติดตั้งแบบก่อนเทพื้นชั้น 2

ขั้นตอนที่ 2 ทำการวางเหล็กตระแกรง แล้วเทคอนกรีตพื้นหนา 5 ซม.พอคอนกรีตเซตตัวรับน้ำหนักได้ตามกำหนดถอดไม้แบบออกนำไปใช้ต่อไปได้

ภาพที่ 4-16 **แสดงการถอดแบบหลังเทพื้นชั้น** 2

4. **ลดขั้นตอนในการก่อสร้างโครงสร้างหลังคา**

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมโครงสร้างเหล็กรับโครงหลังคาซึ่งมีน้ำหนักน้อย

ภาพที่ 4-17 **แสดงการเตรียมโครงสร้างหลังคา**

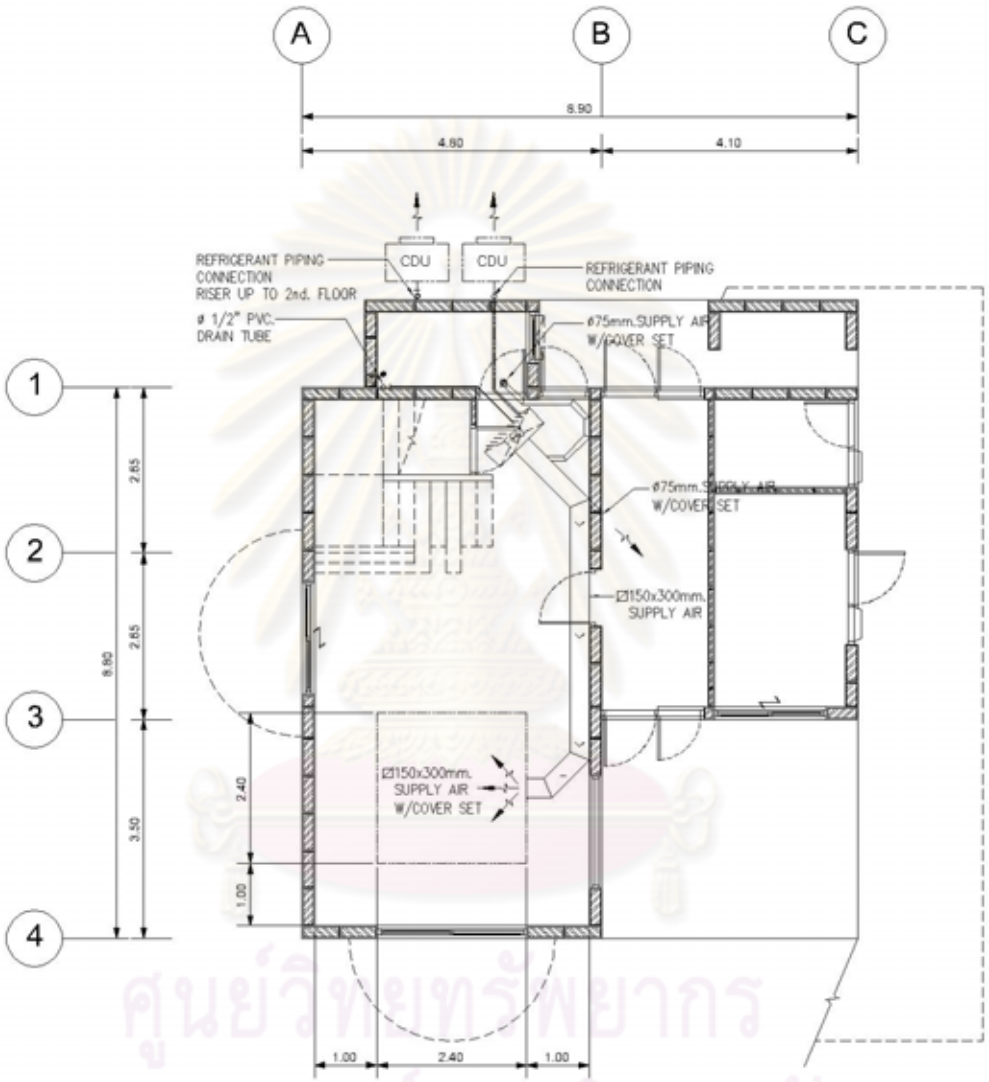
ขั้นตอนที่ 2 มุงหลังคาด้วยหลังคา Sandwich Insulation Panel (SIP)

ภาพที่ 4-18 **แสดงการติดตั้งโครงสร้างหลังคา** Sandwich Insulation Panel (SIP)

ขั้นตอนที่ 3 ตกแต่งหลังคาด้วยไม้เทียมพร้อมติดเชิงชาย

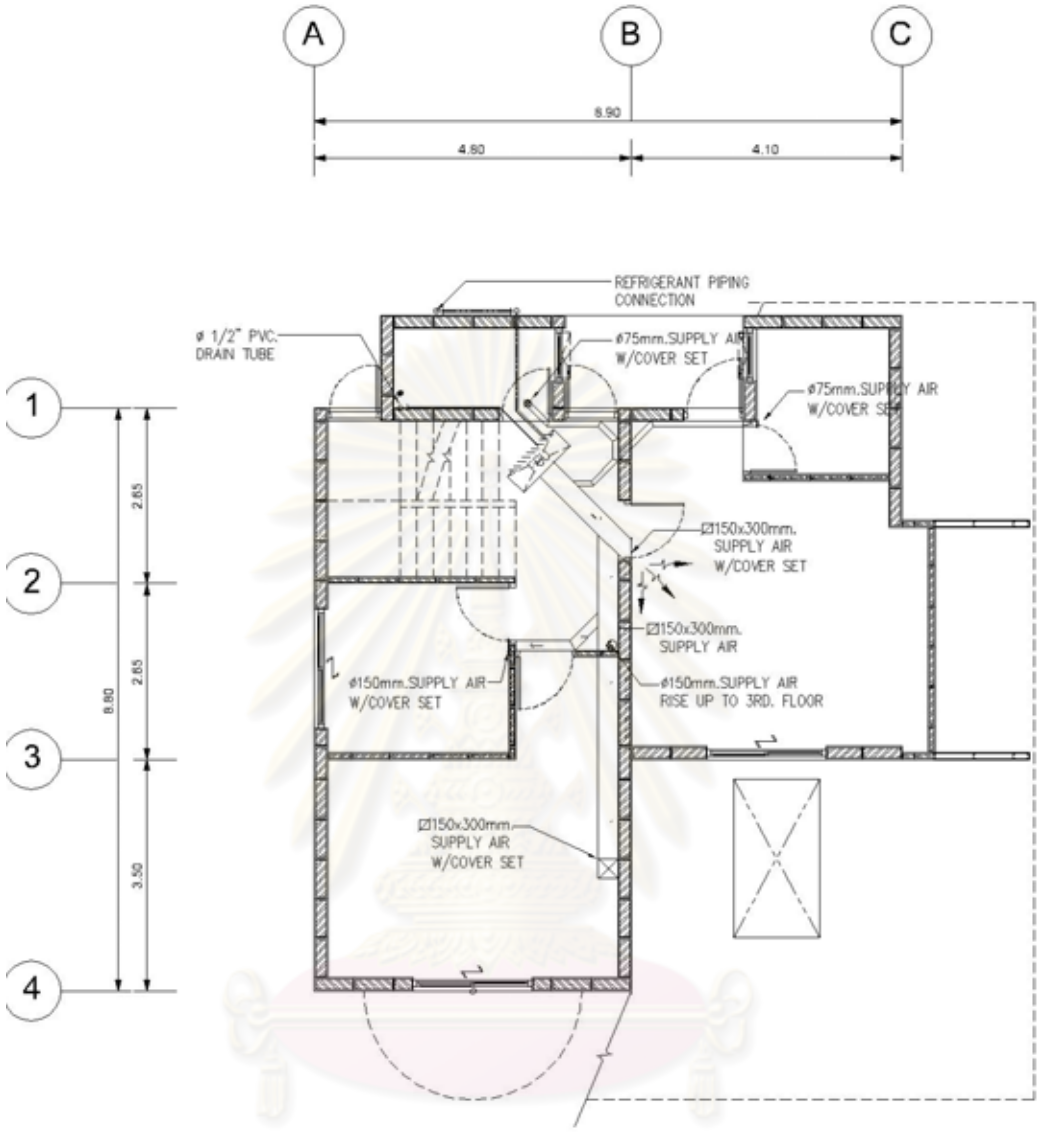
ภาพที่ 4-19 **แสดงการตกแต่งหลังคาด้วยไม้เทียมพร้อมติดเชิงชาย**

5. ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งงานระบบปรับอากาศและระบบสุขาภิบาลโดยการออกแบบที่ดีทำให้ประหยัดเนื้อที่ในการติดตั้งพร้อมทั้งสะดวกในการซ่อมบำรุง



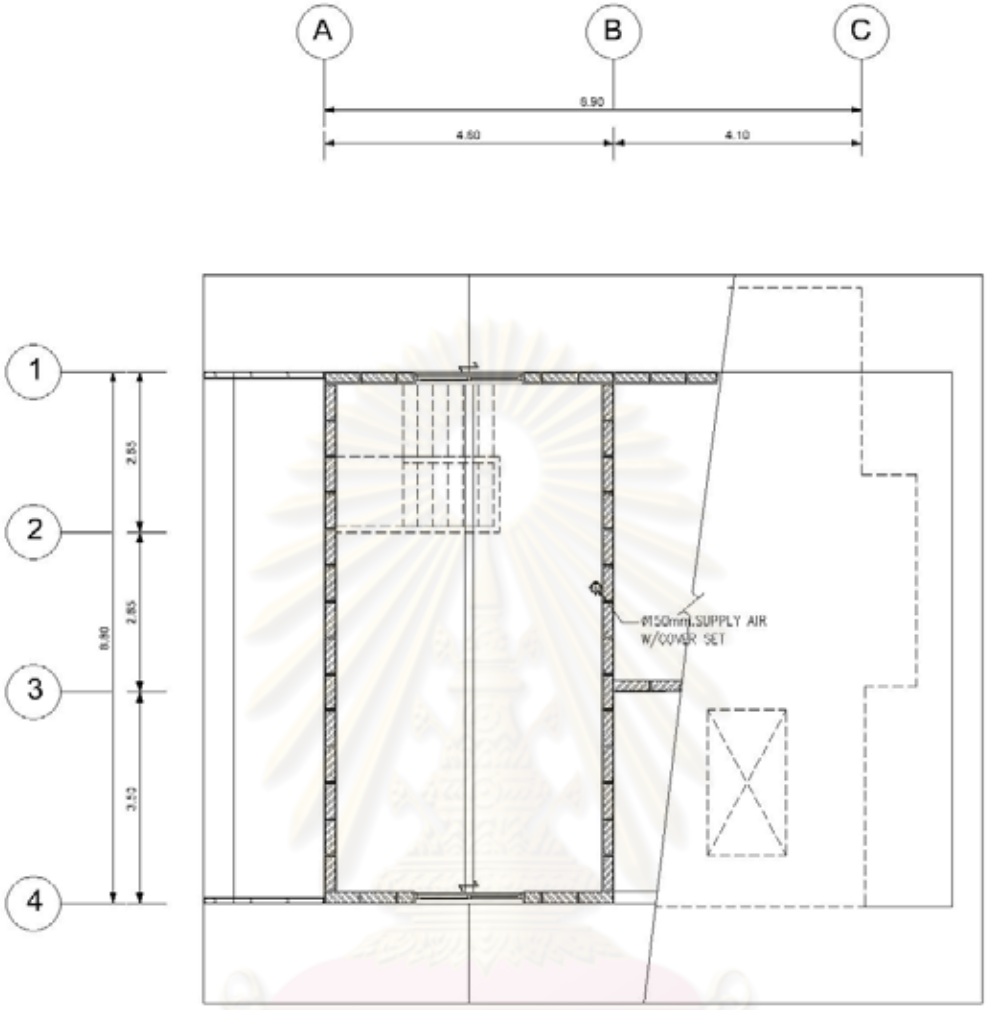
ภาพที่ 4-20 **แสดงการติดตั้งระบบปรับอากาศชั้นที่** 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



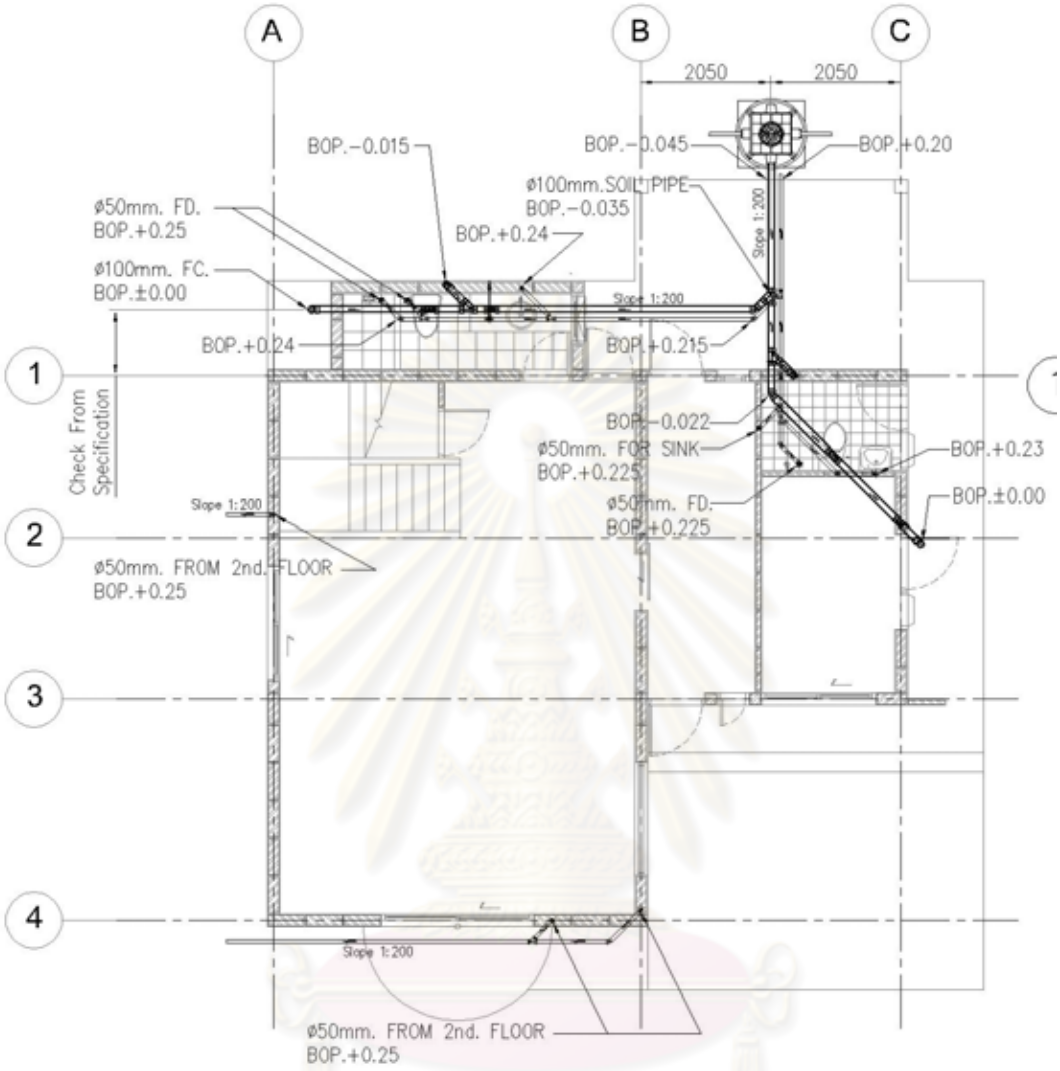
ภาพที่ 4-21 แสดงการติดตั้งระบบปรับอากาศชั้นที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4-22 แสดงการติดตั้งระบบปรับอากาศชั้นที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4-23 แสดงการติดตั้งระบบสุขาภิบาล

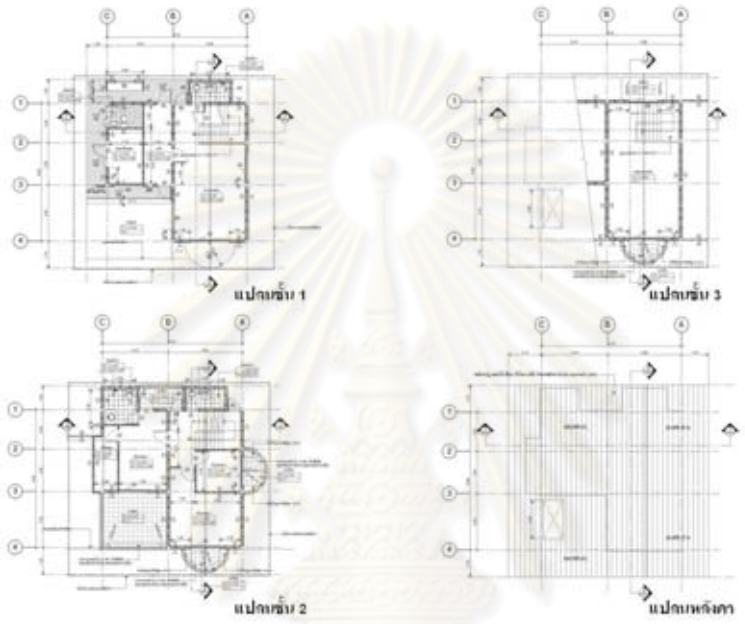
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการประเมินหลังการพัฒนาเทคนิคและวิธีการก่อสร้าง

5.1.1 บ้านพอเพียงต้นแบบ



ภาพที่ 5-1 แสดงบ้านพอเพียงต้นแบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>รายละเอียดโครงการ</u>

- ระยะเวลาการก่อสร้าง 90 วัน
- พื้นที่ใช้สอยรวม 240 ตารางเมตร

<u>โครงสร้างทั่วไป</u>

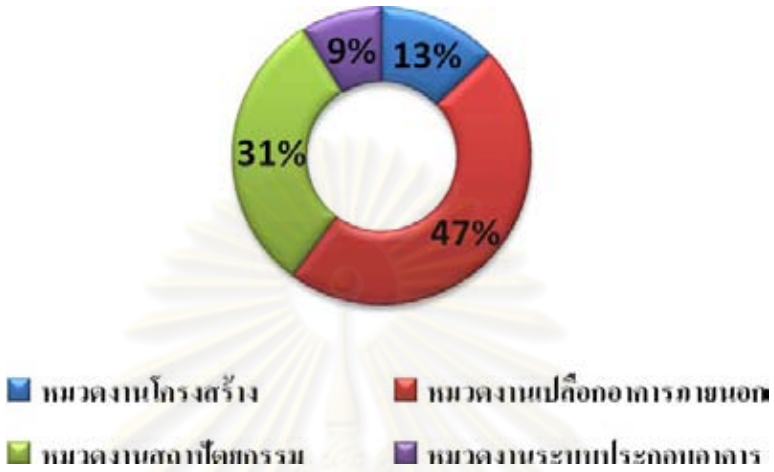
- ผนังก่อโฟมบล็อกซีเมนต์ ฉาบปูนเรียบทาสี
- หลังคา Sandwich Insulation Panel (SIP) เป็นวัสดุที่มีโฟม EPS เป็นไส้แกนกลาง ภายนอกปะกบติดด้วยแผ่นเหล็กทั้งสองด้าน
- ฝ้าเพดานภายในบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดธรรมดา หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- ฝ้าเพดานภายนอกบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดชนความชื้น หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี

- หน้าต่าง วงกบ UPVC. กระจกใส LOW-E หนา 9 ม.ม.
- รายละเอียดอื่นๆ ดูจากรายการในภาคผนวก

ตารางที่ 5-1แสดงรายการค่าวัสดุและค่าแรงงานของโครงการบ้านพอเพียงต้นแบบ

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น (%)	คิดเป็น (บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	183,678.00	35,908.00	219,586.00	13.02	1,125.84
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	137,070.00	17,932.00	155,002.00	9.19	794.71
งานโครงสร้างเหล็ก	46,608.00	17,976.00	64,584.00	3.83	331.13
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	680,040.00	115,100.00	795,140.00	47.14	4076.75
งานผนังภายนอกอาคาร	174,900.00	42,400.00	217,300.00	12.88	1114.12
งานหลังคา	212,960.00	16,000.00	228,960.00	13.58	1173.90
งานประตู-หน้าต่าง	292,180.00	56,700.00	348,880.00	20.69	1788.74
หมวดงานสถาปัตยกรรม	404,550.00	118,048.00	522,598.00	30.99	2679.40
งานผนังภายในอาคาร	101,550.00	29,270.00	130,820.00	7.76	670.73
งานผิวพื้น	136,600.00	37,836.00	174,436.00	10.34	894.35
งานฝ้าเพดาน	35,500.00	11,360.00	46,860.00	2.78	240.26
งานสุขภัณฑ์	72,800.00	4,392.00	77,192.00	4.58	395.77
งานอื่น	58,100.00	35,190.00	93,290.00	5.53	478.31
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	124,164.00	25,096.00	149,260.00	8.85	765.27
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	13,750.00	5,640.00	19,390.00	1.15	99.41
งานระบบน้ำประปา	19,625.00	4,324.00	23,949.00	1.42	122.79
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	42,789.00	10,132.00	52,921.00	3.14	271.33
งานระบบปรับอากาศ	48,000.00	5,000.00	53,000.00	3.14	271.74
รวม	1,392,432.00	294,152.00	1,686,584.00	100.00	8647.26
ค่าอำนวยการ	22 %		371,048.48		
รวมเป็นมูลค่า			2,057,632.48		
ค่าออกแบบ	10 %		205,763.25		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			2,263,395.73		
คิดเป็นราคา ต่อพื้นที่ใช้สอย	240 ตร.ม.		9,430.82	บาท/ตร.ม.	

5.1.2 สรุปรายการค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างของโครงการบ้านพอเพียงต้นแบบ

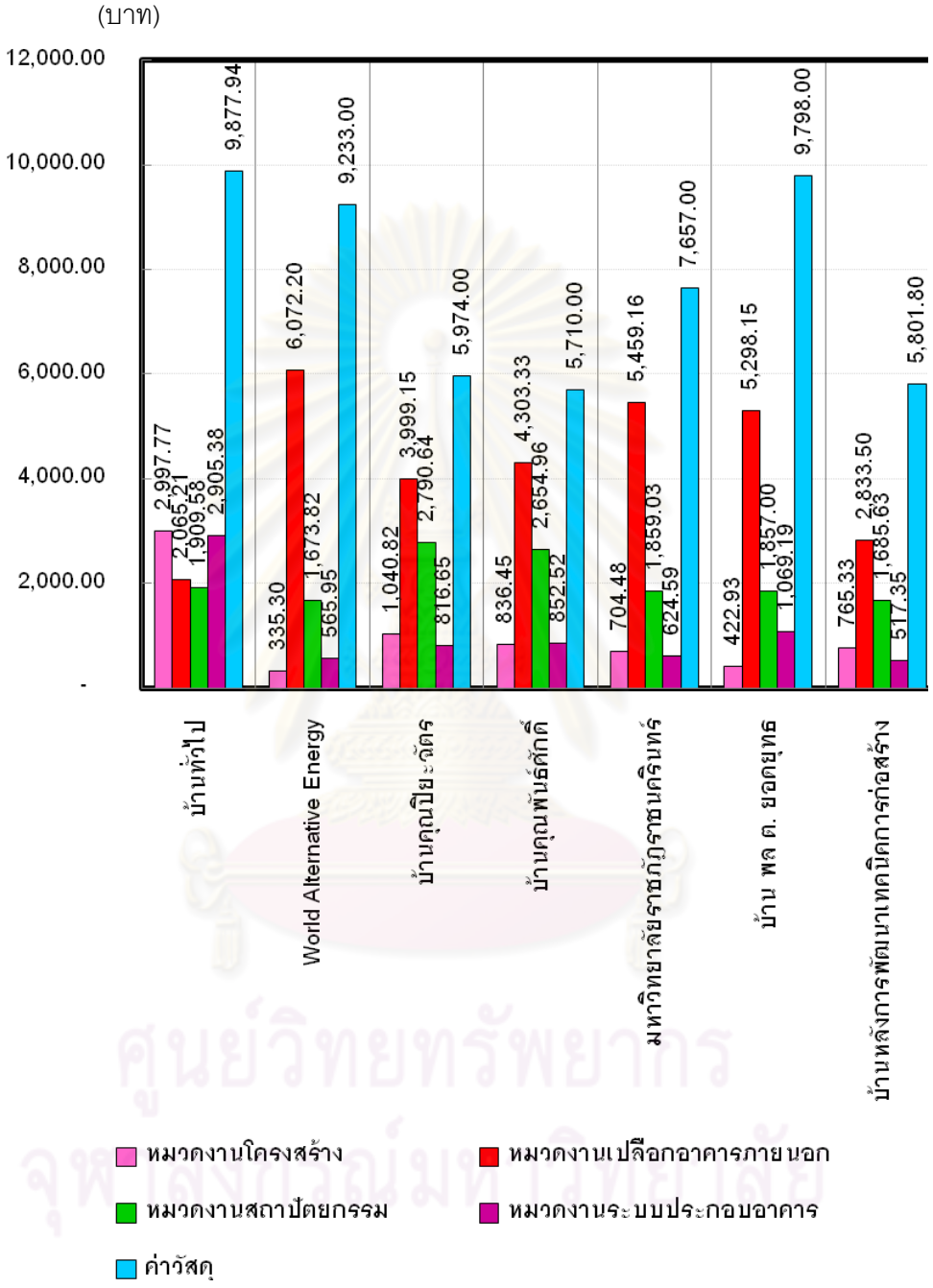


แผนภูมิที่ 5-1 แสดงรายการค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างของโครงการบ้านพอเพียงต้นแบบ

มีค่าใช้จ่ายในหมวดงานเปลือกอาคารภายนอกมากที่สุดคิดเป็น 47.14%รองลงมาคือหมวดงานสถาปัตยกรรมคิดเป็น 31.00% หมวดงานโครงสร้าง13.00% และหมวดงานระบบประกอบอาคาร 9.00%ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโดยแยกเป็นหมวดงาน



แผนภูมิที่ 5-2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโดยแยกเป็นหมวดงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

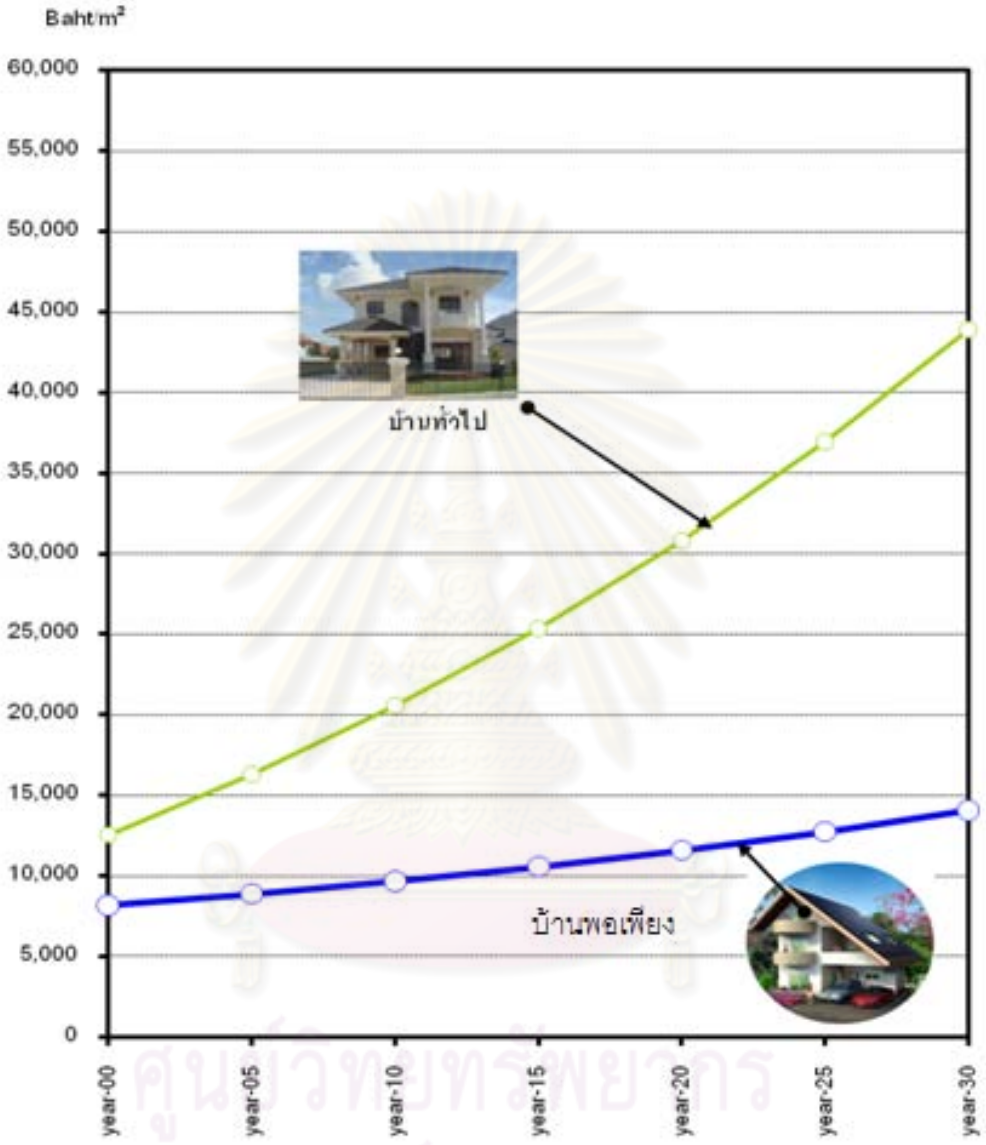
5.2 สรุประยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างบ้านทั่วไปและบ้านพอเพียงต้นแบบ

ตัวแปรที่ศึกษา	บ้านทั่วไป	บ้านพอเพียงต้นแบบ
1.ระยะเวลาการก่อสร้าง	1.47 ตรม./วัน	2.66 ตรม./วัน
2.ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง	15,223.28 บาท /ตรม.	9,430.82 บาท /ตรม.
3.ระบบโครงสร้าง	ระบบโครงสร้างเสา-คาน	ระบบโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา

ตารางที่ 5-2 แสดงระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างบ้านทั่วไปและบ้านพอเพียงต้นแบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมของบ้านพอเพียงต้นแบบและบ้านทั่วไป



แผนภูมิที่ 5-3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมของบ้านพอเพียงต้นแบบและบ้านทั่วไป ในระยะเวลา 30 ปี เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชม. ตั้งแต่เวลา 20:00 น.-06:00 น.ทุกวัน พบว่าบ้านทั่วไป ต้องจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าสูงมากถึง 3 เท่า ของบ้านพอเพียง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4 **สรุปผลการวิจัย**

จากการพัฒนาเทคนิคการก่อสร้างและระบบโครงสร้างบ้านพอเพียงพบว่า

1.สามารถลดระยะเวลาในการก่อสร้างได้ประมาณ 5 เดือนจาก

- การใช้เทคนิคก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา
- การลดขั้นตอนการก่อสร้างด้วยการผสมผสานงานระบบไฟฟ้า งานระบบปรับอากาศ งานสุขาภิบาล งานระบบสื่อสารในขั้นตอนงานวิศวกรรมโครงสร้าง
- การออกแบบและวางแผนขั้นตอนการทำงาน

2.ลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างลง 48 %จาก

- ระยะเวลาในการก่อสร้างลดลง
- การลดวัสดุสิ้นเปลืองด้วยการใช้วัสดุเดียว (Single material)
- การพัฒนาการออกแบบรูปทรงและโครงสร้างบ้านพอเพียง
- การลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย

3.ประหยัดค่าใช้จ่ายโดยรวมด้านพลังงานมากกว่าบ้านทั่วไป 3 เท่าจาก

- การเลือกใช้วัสดุที่กันความร้อนความชื้นได้ดีและมีค่าการจุความร้อนน้อย
- อัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยน้อยทำให้ลดภาระการทำความเย็นของบ้าน

5.5 **ข้อเสนอแนะ**

สามารถพัฒนารูปแบบของบ้านต่อไปได้แต่ต้องคำนึงถึงการผสมผสานงานระบบไฟฟ้า งานระบบปรับอากาศ งานสุขาภิบาล งานระบบสื่อสารในขั้นตอนงานวิศวกรรมโครงสร้างด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กวี หวังนิเวศน์กุล. **การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548.

กอร์, อัล. คุณากร วาณิชย์วิรุฬห์ แปล. **โลกร้อน ความจริงที่ไม่มีใครอยากฟัง**. กรุงเทพฯ: มติชน, 2550.

เกชา ธีระโกเมน, เกียรติ อัชรพงศ์, วันชัย บัณฑิตกฤษดา, วิโรจน์ ตั้งธนาพลกุล และ สุรสิทธิ์ ทองจินทรัพย์. **ความรู้เบื้องต้นวิศวกรรมงานระบบ**. กรุงเทพฯ: นำอักษรการพิมพ์, 2540.

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. **การศึกษาเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างบ้านด้วยโครงสร้างเหล็กเบา กับโครงสร้างไม้ขนาดเล็ก**. กรุงเทพฯ: อีทีพับลิชชิ่ง, 2551.

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, ปรีชญา มหัทธนทวี, ดรุณี มงคลสวัสดิ์, กิจชัย จิตรขจรวานิช และ กมล ภูวนนท์. **โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural sandwich panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย**. (ม.ป.ท.), 2549.

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. **อุตสาหกรรมเหล็กกับการก่อสร้างบ้านในอนาคต**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: แอคทีฟ พริ้นท์, 2547.

ชวลิต นิตยะ. **โครงสร้างในงานสถาปัตยกรรม**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ชิง, ฟรานซิส ดี. เค. และ อาดัม, คาสแซนดรา. **ก่อสร้างอาคาร บรรยายด้วยภาพ**. แปลโดย ทัต สัจจะวาที. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2545.

ณรงค์ฤทธิ์ จินต์จันทรวงศ์. **แนวความคิดในการออกแบบบ้านพักอาศัยสำหรับครอบครัวขนาดเล็ก ด้วยการลดพื้นที่เปลือกอาคาร และค่าใช้จ่ายโดยรวม**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. **การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: นำอักษรการพิมพ์, 2521.

ไตรรัตน์ จารุทัศน์. **ระบบก่อสร้างอุตสาหกรรมสำหรับที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้ปานกลางในเขตกรุงเทพและปริมณฑล**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์. **เทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารที่เหมาะสม สำหรับพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา กรณีศึกษา : หมู่บ้านสาขลา ต.นาเกลือ อ.พระสมุทรเจดีย์ จ. สมุทรปราการ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

ทวี สีบุญเรือง. **เอกสารประกอบการอบรม ระบบประสานทางพิกัดในการก่อสร้างอาคารสถานที่ราชการ การศึกษาระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปแบบ SEACON**. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520.

ทิพย์สุดา ปทุมานนท์. **STRUCTURE**. เอกสารคำสอนวิชา Design Fundamental. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (ม.ป.ป.).

เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กระทรวง. สำนักสถิติแห่งชาติ. **ประมวลสถิติสำคัญของประเทศไทยพ.ศ. 2551**[ออนไลน์]. 2551, แหล่งที่มา: http://portal.nso.go.th/otherWS-world-context-root/index.jsp[2009, January 10]

ธนาคารแห่งประเทศไทย. **อัตราดอกเบี้ย**[ออนไลน์]. 2539, แหล่งที่มา: http://www.bot.or.th/Thai/Statistics/FinancialMarkets/Interestrate/_layouts/application/interest_rate/IN_Rate.aspx[2009, March 2]

นรมิตร ลิ่วธนมงคล. **คู่มือรวมข้อมูลก่อสร้าง**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : รุ่งแสงการพิมพ์, 2538.

นระ คมนามูล. **เทคโนโลยีการพัฒนาเมืองและชนบท ความรู้หลักสำหรับงานวิศวกรรมโยธาทั่วไป**. กรุงเทพฯ: เซเว่น พริ้นติ้ง กรุ๊ป, 2546.

นระ คมนามูล. **เทคโนโลยีวัสดุในงานวิศวกรรม วัสดุและการทดสอบแบบไม่ทำลายในงานวิศวกรรมโยธา**. กรุงเทพฯ: เซเว่น พริ้นติ้ง กรุ๊ป, 2547.

นายกรัฐมนตรี, สำนัก. **ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ. ๒๕๓๕ และที่แก้ไขเพิ่มเติม**[ออนไลน์]. 2542, แหล่งที่มา: http://www.opm.go.th/opmdoccenter/home/asp/srhid.asp?srhid=03[2008, October 17]

นาวิน นาคะสิริ. **การศึกษาและเปรียบเทียบชิ้นส่วนสำเร็จรูประบบผนังรับน้ำหนัก กรณีศึกษาผู้ประกอบการซื้อสำเร็จจากโรงงานผลิตกับผลิตในที่ก่อสร้าง**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

บัญชีกลาง, กรม. **หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร (ฉบับปรับปรุงใหม่)**[ออนไลน์]. 2551, แหล่งที่มา: http://www.gprocurement.go.th/02_price/index.php [2008, October 17]

บัณฑิต จุลาสัย. **บ้านไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ วทัชภาฬ์ เดชพันธ์. **วิเคราะห์โครงสร้าง 1**. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า, 2545.

บุษบง เจริญพันธ์โยธิน. **กระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป : กรณีศึกษา โครงการชลลดา รัตนาธิเบศร์**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย, มูลนิธิ. **ราคาประเมินค่าก่อสร้างอาคาร พ.ศ.2551** [ออนไลน์]. 2551, แหล่งที่มา: http://www.thaiappraisal.org/Thai/Value/Value.php[2009, March 2]

ปริญญา ศุภศรี. **กลยุทธ์วิเคราะห์ราคางานก่อสร้าง**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ส.เอเซียเพรส (1989), 2548.

ปรีชญา สิทธิพันธุ์. Industrialized building. **วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**. ฉบับที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.

พงศ์พัน วรสุนทโรสถ และ วรพงศ์ วรสุนทโรสถ. **วัสดุก่อสร้าง**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544.

พรศักดิ์ สิมะพรชัย. **โครงการก่อสร้างหมู่บ้านนักกีฬา เอเชี่ยนเกมส์ ครั้งที่ 13**. อิตาเลียนไทย ดีเวล็อปเมนต์, (มปป.).

พลังงาน, กระทรวง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และ มหาวิทยาลัยศิลปากร, คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์. **คู่มือข้อมูลมาตรฐานภูมิอากาศและแสงอาทิตย์สำหรับใช้ในงานด้านพลังงานทดแทน**. กรุงเทพฯ: จิรังรัชต์, 2548.

พลังงาน, กระทรวง. พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. **รายงานไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2550**. กรุงเทพฯ: (ม.ป.ท.), 2550.

พลังงาน, กระทรวง. พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. **รายงานพลังงานของประเทศไทย ปี 2550**. กรุงเทพฯ: (ม.ป.ท.), 2550.

พลังงาน, กระทรวง. พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน. 2549. **การศึกษาสถานภาพการใช้พลังงานและแนวทางการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (บ้านอยู่สบายประหยัดพลังงาน)**[ออนไลน์]. (ม.ป.ป.), แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th/new-homesafe/[2008, July18]

พลังงาน, กระทรวง. พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน. **โครงการปรับปรุงข้อกำหนดการใช้พลังงานในอาคารควบคุม "คู่มือการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงาน"** [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.), แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=345[2008, July 18]

พาณิชย์, กระทรวง. สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า. **ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง**[ออนไลน์]. (ม.ป.ป.), แหล่งที่มา: http://www.price.moc.go.th/Default5.aspx[2009, March 2]

พาณิชย์, กระทรวง. สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า. **ราคาวัสดุก่อสร้าง**[ออนไลน์]. (ม.ป.ป.), แหล่งที่มา: http://www.price.moc.go.th/content1.aspx?cid=18[2009, March 2]

ไพบูลย์ แย้มเพื่อน. **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548.

โยธาธิการและผังเมือง, กรม. **แบบบ้านเพื่อประชาชน**[ออนไลน์]. 2548, แหล่งที่มา: http://www.dpt.go.th/download/PW/house_model/framehome.html[2007, December 4]

รวิช ควรประเสริฐ. **การศึกษาค่าดัชนีการใช้พลังงานของอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

แรงงาน, กระทรวง. **อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ**[ออนไลน์]. 2551, แหล่งที่มา: http://www.mol.go.th/statistic_01.html[2008, October 17]

เลอสม สถาปิตานนท์. **มิติสถาปัตยกรรม**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. **รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัย เรื่อง โครงการทำฐานข้อมูลผนังอาคารในประเทศไทยสำหรับการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน**. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. **คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2538.

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวง. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. **หลักการ Life Cycle Approach (LCA)**[ออนไลน์]. 2550, แหล่งที่มา: http://www.mtec.or.th/th/special/ecodesign2008/lca_funda.html [2008, December 18]

วิทวัส สิทธิกูล. **เทคนิคก่อสร้าง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. (มปพ.), 2544.

วินิต ช่อวิเชียร. **ทฤษฎีโครงสร้าง**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ป.สัมพันธ์พาณิชย์, 2544.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. **แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคาร ในส่วนของงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 3. (ม.ป.ท.), 2545.

วิสูตร จิระดำเกิง. **การปรับปรุงผลผลิตงานก่อสร้าง แนวทางเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุน**. ปทุมธานี: วรรณกวี, 2546.

วิสูตร จิระดำเกิง. **ข้อมูลต้นทุนงานก่อสร้าง**. ปทุมธานี: วรรณกวี, 2547.

ศศิน วิบูลบัณฑิตยกิจ. **อิทธิพลของการรั่วซึมของอากาศต่อการใช้พลังงานในอาคารปรับอากาศผ่านทางผ่านผนังและช่องเปิด**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. **คู่มือประมาณราคา** [ออนไลน์]. (ม.ป.ป.), แหล่งที่มา: http://design.obec.go.th/bkprice.html [2008, September 13]

ศุภสิทธิ์ พฤกษโชติ. **การนำวิธีก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปมาใช้กับโครงการบ้านเดี่ยวสำหรับผู้มีรายได้น้อย: กรณีศึกษาโครงการบ้านเอื้ออาทร รังสิตคลอง 3 จังหวัดปทุมธานี**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย. **การมาตรฐาน และการประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2517.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย. **ข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับเรขการของรอยต่อสำหรับอาคารสำเร็จรูป**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย. **ระบบโครงสร้างสำหรับชิ้นส่วนอาคารสำเร็จรูป**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย. **ระบบประสานทางพิกัด บ้านกึ่งสำเร็จรูป**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520.

สมภพ ภิรมย์. **บ้านไทยภาคกลาง**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: องค์การค้าของคุรุสภา, 2545.

สมสิทธิ์ นิตยะ. **การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

สันติ ฉันทวิลาสวงศ์, มิติที่หลากหลาย. ใน บัณฑิต จุลาสัย (บรรณาธิการ), **บ้านไทย**, หน้า 1-18. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

สันติ ฉันทวิลาสวงศ์. **เลือก: สถาปัตยกรรม**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

สันติ ชินานุวัติวงศ์. **วิศวกรรมก่อสร้าง และการจัดการ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551.

สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และ ทักษิณ เทพชาตรี. **การก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542.

สุเชษฐ ชาวเรือ. **การใช้ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับบ้านพักอาศัย : การออกแบบและการศึกษาความเป็นไปได้**. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.

สุนทร บุญญาธิการ และคนอื่น ๆ. **พลังงานใกล้ตัว**. กรุงเทพฯ: เฟิสท์ ออฟเซท (1993), 2545.

สุนทร บุญญาธิการ. **การเลือกใช้วัสดุเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน**, เอกสารประกอบการอบรม หลักสูตร ข้อกำหนดมาตราฐานการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารควบคุมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2539.

สุนทร บุญญาธิการ. **การออกแบบประสานระบบ มหาวิทยาลัยชินวัตร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอเอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์, 2545.

สุนทร บุญญาธิการ. **เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุนทร บุญญาธิการ. **บ้านชีวาทิตย์ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อชีวิตและผลิตพลังงาน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพแหงจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

โสภณ แสงไพโรจน์. **เอกสารประกอบการอบรม ระบบประสานทางพิกัดในการก่อสร้างอาคารสถานที่ราชการ การสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม**. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2520.

อัลฟา ทีม. **ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยสำเร็จรูป**. กรุงเทพฯ: นวสาส์นการพิมพ์, 2545.

เอส อี ซี. เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ อีควิปเมนท์, บริษัท. **สกรู โบล์ท น๊อต สลัก**[ออนไลน์]. (ม.ป.ป.), แหล่งที่มา: http://www.sec-engineer.com/product7.html[2008, October 17]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถิติการทำงานของแรงงานต่อวัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 การคิดค่าเฉลี่ยจากสถิติการทำงานของแรงงานก่อสร้าง

	รายการงาน	กรมทรัพยากรธรณี (1)			การบริหารและการจัดการงานก่อสร้าง (2)			คู่มือรวมข้อมูลก่อสร้าง (3)			ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยสำเร็จรูป (4)			ค่าเฉลี่ย		
		แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย		
		(.....)	หน่วย	(คน)	(.....)	หน่วย	(คน)	(.....)	หน่วย	(คน)	(.....)	หน่วย	(คน)	(.....)	หน่วย	(คน)
	งานตอกเข็ม															
1	เข็มไม้ ยาว 3 - 6 เมตร (คน)	2.25	ต้น	1	0.56	ต้น	4	1.67	ต้น	4	0.49	ต้น	3	1.24	ตร.ม.	3.0
2	เข็มไม้ ยาว 6 เมตร (เครื่องจักร)				4.52	ต้น	3							4.52	ต้น	3.0
3	ตัดหัวเสาเข็ม+เลี่ยมปลายเสาเข็มไม้				5.00	ต้น	1	6.67	ต้น	1	5.00	ต้น	1	5.56	ต้น	1.0
4	ตอกเข็ม ค.ส.ล. รูปตัวไอ 0.30 x 21.00 ม.							0.17	ต้น	4				0.17	ต้น	4.0
5	เข็มเจาะขนาด 0.50 x 21.00 ม.							0.03	ต้น	5				0.03	ต้น	5.0
	งานช่างไม้															
1	ทำวงกบ 0.80 x 2.40 ม.				0.75	วง	1				1.38	วง	1	1.06	วง	1.0
2	ติดวงกบ	0.63	วง	1	0.63	วง	2	0.83	วง	2	0.75	วง	2	0.71	ตร.ม.	1.8
3	ทำบาน				0.25	บาน	1	0.83	บาน	1	0.20	บาน	1	0.43	บาน	1.0
4	ติดบาน,ประตู,หน้าต่าง	0.69	บาน	2	1.25	บาน	1	1.33	บาน	1				1.09	ตร.ม.	1.3
5	ทำแบบหล่อพื้นคอนกรีต				0.75	ตร.ม.	1	0.67	ตร.ม.	2	0.38	ตร.ม.	2	0.60	ตร.ม.	1.7
6	ทำแบบคาน				0.83	ตร.ม.	3	0.83	ตร.ม.	2	0.38	ตร.ม.	2	0.68	ตร.ม.	2.3
7	ทำโครงหลังคามุงสังกะสี	1.88	ตร.ม.	1	1.88	ตร.ม.	1	0.67	ตร.ม.	3	0.83	ตร.ม.	1	1.31	ตร.ม.	1.5
8	ทำโครงหลังคามุงกระเบื้อง	0.38	ตร.ม.	4	1.50	ตร.ม.	1				0.38	ตร.ม.	2	0.75	ตร.ม.	2.3
9	ทำโครงหลังคา,ติดชิงชาย				0.38	ตร.ม.	4							0.38	ตร.ม.	4.0
10	มุงสังกะสี				3.75	ตร.ม.	1	2.00	ตร.ม.	1	1.25	ตร.ม.	1	2.33	ตร.ม.	1.0
11	มุงกระเบื้องลอน	1.00	ตร.ม.	1	1.00	ตร.ม.	1	1.67	ตร.ม.	1	1.13	ตร.ม.	2	1.20	ตร.ม.	1.3
12	ปูปาเก้	0.63	ตร.ม.	1	0.63	ตร.ม.	1				0.38	ตร.ม.	1.5	0.54	ตร.ม.	1.2
13	ตีฝาไม้กับเกล็ด	1.00	ตร.ม.	1										1.00	ตร.ม.	1
14	ตีฝาไม้เข้าลิ้น	0.50	ตร.ม.	1										0.50	ตร.ม.	1
15	ใส่ไม้ฝา	10.00	ตร.ม.	1										10.00	ตร.ม.	1
16	ใส่ไม้พื้น	5.00	ตร.ม.	1										5.00	ตร.ม.	1
17	ปูพื้นไม้ตีชิด	1.00	ตร.ม.	1										1.00	ตร.ม.	1
18	ปูพื้นไม้เข้าลิ้น	0.50	ตร.ม.	1										0.50	ตร.ม.	1
19	วางคร่า - ลาน	2.50	ตร.ม.	1										2.50	ตร.ม.	1
20	ตีฝ้าระแนงขายสา	5.63	ตร.ม.	1	1.25	ตร.ม.	2	6.67	ตร.ม.	1				4.51	ตร.ม.	1.3
21	ทำโครงตีฝ้าเพดาน				0.67	ตร.ม.	3	0.83	ตร.ม.	2				0.75	ตร.ม.	2.5
	งานช่างกระจกและอลูมิเนียม															
1	ติดตั้งกระจก 2.5 x 3.5 ฟุต หนา 5 มม.							2.00	บาน	1				2.00	บาน	1.0
2	ทำโครงอลูมิเนียม ประตู, หน้าต่าง							0.50	ตร.ม.	2				0.50	ตร.ม.	2.0
3	ติดตั้งแชวนอลูมิเนียมเพลาน T-Bar							5.00	ตร.ม.	2				5.00	ตร.ม.	2.0

ตารางที่ ก-1 การคิดค่าเฉลี่ยจากสถิติการทำงานของแรงงานก่อสร้าง (ต่อ)

รายการงาน	กระทรวงศึกษาธิการ (1)			การบริหารและการจัดการงานก่อสร้าง (2)			คู่มือรวมข้อมูลก่อสร้าง (3)			ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยสำเร็จรูป (4)			ค่าเฉลี่ย		
	แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย		
	(Man-Hour)	หน่วย	(คน)	(Man-Hour)	หน่วย	(คน)	(Man-Hour)	หน่วย	(คน)	(Man-Hour)	หน่วย	(คน)	(Man-Hour)	หน่วย	(คน)
งานคอนกรีต															
1 ผสมคอนกรีต (คน)	0.21	ลบ.ม.	3	0.25	ลบ.ม.	5	0.28	ลบ.ม.	3	0.46	ลบ.ม.	2	0.30	ตร.ม.	3.3
2 ผสมคอนกรีต (เครื่อง)	0.78	ลบ.ม.	4	0.75	ลบ.ม.	4	0.94	ลบ.ม.	4				0.82	ตร.ม.	4.0
3 เทถนน				0.06	ตร.ม.	2							0.06	ตร.ม.	2.0
4 เทพื้นคอนกรีตขัดมัน หนา 10 ซม.	0.63	ตร.ม.	1	1.25	ตร.ม.	1							0.94	ตร.ม.	1.0
5 เทพื้นคอนกรีต หนา 10 ซม.	1.88	ตร.ม.	1	1.88	ตร.ม.	1	1.67	ตร.ม.	1	0.60	ตร.ม.	1	1.50	ตร.ม.	1.0
6 เทเสาชั้นล่าง	0.07	ลบ.ม.	2	0.01	ลบ.ม.	3	0.10	ลบ.ม.	2	0.06	ลบ.ม.	4	0.06	ตร.ม.	2.8
7 เทคานคอนกรีตชั้นล่าง	0.16	ลบ.ม.	1	0.02	ลบ.ม.	3	0.08	ลบ.ม.	3	0.06	ลบ.ม.	4	0.08	ตร.ม.	2.8
8 เทปูนทรายขัดมัน หนา 5 ซม.				0.25	ตร.ม.	3				0.46	ตร.ม.	2	0.36	ตร.ม.	2.5
9 เทปูนทราย หนา 5 ซม.	1.38	ตร.ม.	1	1.50	ตร.ม.	1	2.00	ตร.ม.	1				1.63	ตร.ม.	1.0
งานเหล็ก															
1 ตัดเหล็กและผูกเหล็ก	3.75	กก.	2	3.75	กก.	2	12.00	กก.	1	10.00	กก.	1	7.38	ตร.ม.	1.5
2 ตัดลวดผูกเหล็กฐานรากขนาด 0.50 x 0.80 ม.				1.50	ฐาน	2							1.50	ฐาน	2.0
งานปูน															
1 ก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นระดับต่ำ	1.00	ตร.ม.	1	0.98	ตร.ม.	1	1.33	ตร.ม.	1	1.16	ตร.ม.	1	1.12	ตร.ม.	1.0
2 ก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นระดับสูง	0.45	ตร.ม.	1	0.59	ตร.ม.	1	0.75	ตร.ม.	1	0.62	ตร.ม.	1	0.60	ตร.ม.	1.0
3 ก่ออิฐบล็อก	0.77	ตร.ม.	1	1.15	ตร.ม.	1	1.08	ตร.ม.	1	1.24	ตร.ม.	1	1.06	ตร.ม.	1.0
4 ฉาบปูนผนัง	1.13	ตร.ม.	1	1.25	ตร.ม.	1	1.67	ตร.ม.	1	1.16	ตร.ม.	1	1.30	ตร.ม.	1.0
5 ปูกระเบื้องโมเสก	0.38	ตร.ม.	1	0.50	ตร.ม.	1	0.45	ตร.ม.	1				0.44	ตร.ม.	1.0
6 ปูกระเบื้องพื้น 4" x 4"				0.38	ตร.ม.	1							0.38	ตร.ม.	1.0
7 ปูกระเบื้องผนัง 4" x 4"	0.25	ตร.ม.	2	0.50	ตร.ม.	1	0.37	ตร.ม.	1	0.33	ตร.ม.	1	0.36	ตร.ม.	1.3
8 ปูกระเบื้อง 8" x 8"				0.88	ตร.ม.	1	0.46	ตร.ม.	2	0.39	ตร.ม.	1	0.57	ตร.ม.	1.3
9 ทำพื้นหินขัด	1.25	ตร.ม.	2	1.00	ตร.ม.	2	1.50	ตร.ม.	2				1.25	ตร.ม.	2.0
10 ทำหินล้างผนัง				0.75	ตร.ม.	2	0.80	ตร.ม.	1				0.78	ตร.ม.	1.5
งานไฟฟ้า															
1 เดินสายไฟแบบเดินลอย				0.63	จุด	2	0.75	จุด	1	0.65	จุด	1	0.67	จุด	1.3
2 เดินสายไฟร้อยท่อพร้อมสกัดปูนผนัง							0.33	จุด	2				0.33	จุด	2.0
3 ติดตั้งโคม				1.00	จุด	1	0.67	จุด	1	0.65	จุด	1	0.77	จุด	1.0
4 ทำแผงควบคุมไฟฟ้า+ติดตั้ง							0.17	แผง	1				0.17	แผง	1.0

ตารางที่ ก-1 การคิดค่าเฉลี่ยจากสถิติการทำงานของแรงงานก่อสร้าง (ต่อ)

รายการงาน	กรมทรงศึกษาธิการ (1)			การบริหารและการจัดการงานก่อสร้าง (2)			คู่มือรวมข้อมูลก่อสร้าง (3)			ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยสำเร็จรูป (4)			ค่าเฉลี่ย		
	แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย		
	(-------)	หน่วย	(คน)	(-------)	หน่วย	(คน)	(-------)	หน่วย	(คน)	(-------)	หน่วย	(คน)	(-------)	หน่วย	(คน)
งานสุขภัณฑ์															
1 ติดตั้งอ่างล้างหน้า	0.63	ชุด	2	0.63	ชุด	2	0.67	ชุด	1	0.33	ชุด	1	0.56	แรงงาน	1.5
2 ติดตั้งโถปัสสาวะ	0.31	ชุด	2	0.31	ชุด	2	0.42	ชุด	2	0.25	ชุด	2	0.32	แรงงาน	2.0
3 ติดตั้งส้วมนั่งยอง	0.38	ชุด	1	0.63	ชุด	1	0.42	ชุด	1	0.51	ชุด	1	0.48	แรงงาน	1.0
4 ติดตั้งส้วมชักโครก	0.13	ชุด	1	0.25	ชุด	1	0.33	ชุด	1	0.13	ชุด	2	0.21	แรงงาน	1.3
5 ติดตั้งก๊อกน้ำ	1.88	ชุด	1	1.88	ชุด	1	2.00	ชุด	1				1.92	แรงงาน	1.0
6 เดินท่อน้ำ PVC. รวมงานสกัด							2.00	ม.	1				2.00	ม.	1.0
7 เดินท่อน้ำทิ้ง PVC. รวมงานสกัด							1.67	ม.	1				1.67	ม.	1.0
8 เดินท่อส้วม PVC. รวมงานสกัด							1.33	ม.	1				1.33	ม.	1.0
9 ติดตั้งเครื่องสูบน้ำ							0.17	ชุด	1				0.17	ชุด	1.0
งานสี															
1 ทาสีรองพื้นน้ำมัน				4.25	ตร.ม.	1							4.25	แรงงาน	1.0
2 ทาสีน้ำมันทับหน้า	2.50	ตร.ม.	1	3.50	ตร.ม.	1	3.00	ตร.ม.	1	3.13	ตร.ม.	1	3.03	แรงงาน	1.0
3 ทาสีของพื้นปูน				6.00	ตร.ม.	1	5.83	ตร.ม.	1	4.38	ตร.ม.	1	5.40	แรงงาน	1.0
4 ทาสีพลาสติกทับหน้า	4.38	ตร.ม.	1	4.25	ตร.ม.	1	4.00	ตร.ม.	1	3.75	ตร.ม.	1	4.09	แรงงาน	1.0
5 รัดพื้นแรงคน	0.50	ตร.ม.	1	0.50	ตร.ม.	1							0.50	แรงงาน	1.0
6 รัดพื้นด้วยเครื่อง				7.50	ตร.ม.	1	6.67	ตร.ม.	1				7.08	แรงงาน	1.0
7 ทาแชลแล็ก 1 ครั้ง	3.75	ตร.ม.	1										3.75	แรงงาน	1
8 ทาสีพลาสติกเพดาน	1.00	ตร.ม.	1	1.00	ตร.ม.	1	1.33	ตร.ม.	1	3.75	ตร.ม.	1	1.77	แรงงาน	1.0
กรรมกร															
1 ขุดดิน	0.28	ลบ.ม.	1	0.31	ลบ.ม.	1	0.37	ลบ.ม.	1	0.32	ลบ.ม.	1	0.32	แรงงาน	1.0
2 ขุดหลุมฐานราก 0.80 x 0.80 x 1.20	0.31	หลุม	1	0.63	หลุม	3	0.42	หลุม	1				0.45	หลุม	1.7
3 ขุดร่องฝังท่อขนาด 0.60 x 0.60				1.00	ม.	1	1.33	ม.	1				1.17	ม.	1.0
4 ขุดดินขึ้นรถบรรทุก				0.20	ลบ.ม.	9							0.20	ลบ.ม.	8.0
5 ขนทรายด้วยปุ้งกี๋ขึ้นรถ				0.19	ลบ.ม.	4							0.19	ลบ.ม.	4.0
6 ขนหินขึ้นรถ				0.13	ลบ.ม.	3	1.58	ลบ.ม.	2				0.85	ลบ.ม.	2.5
7 ขนดินจากรถทิ้งห่าง 15 ม.				0.38	ลบ.ม.	4	0.23	ลบ.ม.	2				0.30	ลบ.ม.	3.0
8 โกยหินจากรถลงพื้น	1.75	ลบ.ม.	1										1.75	ลบ.ม.	1
9 โกยทรายจากรถลงพื้น	6.25	ลบ.ม.	2										6.25	ลบ.ม.	2
10 ถมดินใช้ปุ้งกี๋				0.18	ลบ.ม.	2							0.18	ลบ.ม.	2.0
11 ถมดินระยะใกล้	0.38	ลบ.ม.	1	0.38	ลบ.ม.	1	0.50	ลบ.ม.	1	0.39	ลบ.ม.	1	0.41	ลบ.ม.	1.0

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล นายปราการ ภูมิผล

วัน/เดือน/ปี เกิด 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2519

สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร

การศึกษา 2519-2524 สำเร็จการศึกษาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2539-2543 ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม สถาบันราชภัฏจันทรเกษม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย