การพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

นายณรงค์ฤทธิ์ จินต์จันทรวงศ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A DEVELOPMENT OF LIGHT WEIGHT HOME CONSTRUCTION COMPONENT FOR SUSTAINABLE ENERGY

Mr.Narongrit Jinjantarawong

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน
โดย	นายณรงค์ฤทธิ์ จินต์จันทรวงศ์
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต นิตยะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัชชาติ สิทธิพันธุ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ณรงค์ฤทธิ์ จินต์จันทรวงศ์ : การพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน. (A DEVELOPMENT OF LIGHT WEIGHT HOME CONSTRUCTION COMPONENT FOR SUSTAINABLE ENERGY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร.สุนทร บุญญาธิการ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, 248 หน้า.

การก่อสร้างบ้านพักอาศัยปัจจุบันมีวิธีการและขั้นตอนมากมาย การใช้วัสดุหลากหลาย เช่น อิฐ คอนกรีต เหล็ก กระจก ไม้ พลาสติก เป็นต้น และความต้องการแรงงานที่มีความชำนาญแตกต่างกัน ได้แก่ ช่างไม้ ช่างปูน ช่างเหล็ก เป็นต้น ระยะเวลาการก่อสร้างยาวนานและมีความผิดพลาดของรายละเอียดต่างๆ ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง การพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาความยุ่งยากซับซ้อนของการก่อสร้างระบบเดิม แนวความคิดการใช้วัสดุประเภทเดียวที่สามารถใช้เป็นโครงสร้างวัสดุตกแต่ง ฉนวน ช่องท่อ จึงเป็นความต้องการของผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้างเสมอมา การศึกษาวิจัยเริ่มจากการวิเคราะห์วิจัยกระบวนการและเทคนิคการก่อสร้างตลอดจนวัสดุต่างๆ ของบ้านพักอาศัยทั่วไป รวมถึงอาคารบ้านมั่นคง ผลการวิจัยพบว่าการประสานแนวความคิดในการออกแบบโดยสัดส่วนของเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยน้อยที่สุด สามารถก่อสร้างได้รวดเร็วขึ้น ถึงร้อยละ 14 และลดพลังงานได้ถึง 7 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการก่อสร้างแบบเดิม ในพื้นที่ใช้สอยที่เท่ากัน ตัวอย่างบ้านสู้โลกร้อน ที่ออกแบบโดยใช้วัสดุที่มีค่าความเป็นฉนวนสูง (โฟมซีเมนต์บล็อก) เป็นวัสดุประเภทเดียวและมีขั้นตอนการประกอบน้อย พบว่าสามารถลดค่าก่อสร้างได้ถึงร้อยละ 36 กรณีการปรับปรุงอาคารที่ใช้เทคนิคการก่อสร้างแบบเดิมให้มีการประหยัดพลังงานมากขึ้นจะเพิ่มค่าก่อสร้างประมาณร้อยละ 20 ทำให้งบประมาณการก่อสร้างสูงขึ้น ตัวอย่างบ้านสู้โลกร้อน ใช้งบประมาณการก่อสร้าง 9,837 บาทต่อตารางเมตร ใช้เวลาก่อสร้างประมาณ 30 วัน ส่วนบ้านทั่วไปใช้งบประมาณการก่อสร้าง 15,448 บาทต่อตารางเมตร ใช้เวลาการก่อสร้างประมาณ 90 วัน ดังนั้นการผสมผสานตัวแปรที่มีอิทธิพลสำหรับการออกแบบก่อสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบาประกอบด้วย 1) พื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำ ค่าความเป็นฉนวนของวัสดุเปลือกอาคารสูง วัสดุก่อสร้างประเภทเดียวกันทั้งอาคารโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เทคโนโลยีก่อฉาบ ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานของช่างทุกประเภทในปัจจุบันและการประกอบวัสดุล่วงหน้าก่อนถึงพื้นที่ก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายด้านการออกแบบของบ้านทั่วไปประมาณ 302 บาทต่อตารางเมตรเมื่อเปรียบเทียบกับบ้านสู้โลกร้อนตัวอย่างค่าออกแบบประมาณ 894 บาทต่อตารางเมตร ผลการวิจัยสรุปว่า การเพิ่มขึ้นของราคาวัสดุบางส่วนและลดค่าแรงงานโดยเพิ่มองค์ความรู้และเทคนิคในการออกแบบก่อสร้างสามารถลดการใช้พลังงานในอาคารและก่อสร้างได้รวดเร็ว ดังนั้น การออกแบบและก่อสร้างโดยคำนึงถึงองค์รวมพร้อมกับความเข้าใจทางเทคโนโลยีต่างๆสามารถสร้างอาคารที่มีราคาต่ำกว่าและใช้พลังงานน้อยกว่า อย่างน้อย 7 เท่า

ภาควิชา .....สถาปัตยกรรมศาสตร์..... ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา .....สถาปัตยกรรม..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา .....2551..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

#4774405525 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: LIGHT WEIGHT / CONSTRUCTION / SUSTAINABLE ENERGY

NARONGRIT JINJANTARAWONG: A DEVELOPMENT OF LIGHT WEIGHT HOME CONSTRUCTION COMPONENT FOR SUSTAINABLE ENERGY. THESIS ADVISOR: PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D. THESIS COADVISOR: ASSOC. PROF. VORASUN BURANAKARN, Ph.D. 248 pp.

Housing construction, today, has many steps and processes including skilled labors, such as carpenter, and materials such as concrete, timber, glass. Home construction is a huge investment and takes a long time to complete the work. The development of light weight home construction is objected to provide solution to solve those problems. Single material was introduced to designers and contractors to be used as structure, insulation, utility duct, etc. Construction processes and techniques were analyzed as well as building materials including government low income house. It is found that ratio of building surface to usable area (S/A) is one key factor. Less S/A means less material use, 7 times less energy consumption compared to conventional house, and 14 % faster in construction. Eco-house, for example, was designed to use single material of foam cement block for wall, structure, and duct pipe. It reduce construction budget 36 %. In the case of renovating the conventional house for energy conservation, it would increase 20 % of construction budget. Eco-house has 9,837 baht per sq.m. with 30 days construction while conventional house has 15,448 baht per sq.m. with 90 days construction. Therefore, the integrated of factors, as S/A, insulated and single material, and prefabricated component, needs to be masonry technique since skilled labor get used to it. Design fee of eco-house is 894 baht per sq.m. while the fee of conventional house is 302 baht per sq.m. By increasing material costs and reducing labor cost as more detail design and appropriate construction technique from designer can reduce energy consumption and construction time. It can be said that holistic design integration approach with understanding energy and construction technology can produce less construction budget and less energy consumption at least 7 times.

Department .....Architecture..... Student's signature Narongrit jinjantarawong.

Field of study .....Architecture..... Advisor's signature .....

Academic year .....2008..... Co-Advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เป็นผลมาจากความกรุณาอนุเคราะห์ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการต่างๆ จากผู้ที่เกี่ยวข้องมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้โอกาสในการศึกษาวิจัย ถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิชาการ และประสบการณ์ในการทำงานต่างๆ พร้อมทั้งให้คำปรึกษาแนะนำในทุกๆ เรื่อง

รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจากรองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต นิตยะ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัชชาติ สิทธิพันธุ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาร่วมเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมให้คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ เพื่อปรับปรุงแก้ไขในบางประเด็นที่สำคัญให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้โอกาสผู้วิจัยในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิและบุคลากรต่างๆ ที่กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างสูงในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ร่วมถึงรุ่นพี่รุ่นน้องสาขาเทคโนโลยีอาคารฯ ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้แก่กัน

ขอขอบคุณบริษัท ฮอต ฮิวมิด เอ็นเนอร์ แมททีเรียล จำกัด ที่ได้ให้โอกาสในการทำงานก่อสร้าง และปรับปรุงอาคารต่างๆ ซึ่งเป็นประสบการณ์และข้อมูลที่สำคัญในการทำวิจัยฉบับนี้ ร่วมถึงบุคลากรทุกๆ ท่านในศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคาร ที่ช่วยตรวจสอบเอกสาร ข้อมูลต่างๆ

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่ น้อง ผู้มีพระคุณอีกหลายท่าน ที่ให้การสนับสนุนทั้งกำลังกาย กำลังใจ แก่ผู้วิจัยจนกระทั่งสำเร็จบรรลุตามเป้าหมายในชีวิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูป ..... ฑ

สารบัญแผนภูมิ ..... ต

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 25

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 25

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 26

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 27

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย 27

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม 28

2.1 การก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม 28

2.1.1 ความหมายของการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม 28

2.1.2 ข้อคำนึงในการออกแบบอาคารระบบอุตสาหกรรม 29

2.1.3 ข้อดีของการก่อสร้างด้วยระบบอุตสาหกรรม 29

2.2 ตารางแผนผังพิกัดและระบบประสานทางพิกัด 30

2.2.1 พิกัดแผนผังและตารางพิกัดแผนผัง 30

2.2.2 หน่วยพิกัดต่างๆ 30

2.2.3 ระบบประสานทางพิกัด 32

2.2.4 ความเบี่ยงเบน (Deviation) 32

2.2.5 ความคลาดเคลื่อน (Tolerance) 32

2.2.6 มิติประสาน (Co-Ordinating Dimensions) 32

2.2.7 การออกแบบด้วยระบบประสานทางพิกัด (Modular Design Practice) 34

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.3 ระบบโครงสร้างอาคาร 36
2.3.1 ระบบโครงสร้าง 36
2.3.2 ข้อต่อหรือรอยต่อของโครงสร้าง 44
2.4 ระบบคอนกรีตสำเร็จรูป 47
2.4.1 ระบบคอนกรีตสำเร็จรูปตามสถานที่ผลิต 47
2.4.2 ระบบคอนกรีตสำเร็จรูปตามการใช้งาน 48
2.5 การออกแบบประสานระบบในอาคาร 48
2.5.1 กลุ่มงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบประสานระบบ 49
2.5.2 บทสรุปของการการออกแบบประสานระบบ 50
2.6 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) 50
2.7 การใช้วัสดุ 52
2.7.1 อิฐมอญ (Brick) 52
2.7.2 ยิปซั่มบอร์ด (Gypsum Board) 52
2.7.3 ใยแก้ว (Fiber Glass) 52
2.7.4 ฉนวนโฟม (Foam) 53
2.7.5 ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (External Insulation and Finished System; EIFS) 54
2.7.6 การเลือกใช้กระจก 56
2.8 การออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน 57
2.8.1 สภาวะสบายของมนุษย์ (Comfort Zone) 57
2.8.2 อิทธิพลของความชื้น 60
2.8.3 อิทธิพลของความร้อน 61
2.8.4 การเลือกรูปทรงที่เหมาะสม 62
2.9 การบริหารจัดการโครงการ และการควบคุมงาน 65
2.9.1 ความหมายของการจัดการโครงการ 65
2.9.2 องค์ประกอบของราคาค่าก่อสร้าง 66
2.9.3 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มักพบในงานก่อสร้าง 66
2.9.4 การควบคุมคุณภาพ 67
2.9.5 การควบคุมความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง 69

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.10 การประมาณราคา 71
2.10.1 องค์ประกอบของการประมาณราคา 71
2.10.2 หลักการทำการประมาณราคา 71
2.10.3 ประเภทของการประมาณราคา 72
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 74
3.1 ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคาร และค่าใช้จ่ายโดยรวม ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน 74
3.1.1 การลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (Surface-to-Area Ratio, S/A) 74
3.1.2 การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร (U-Value) 74
3.1.3 การใช้ระบบสำเร็จรูป (Prefabrication) 77
3.1.4 การใช้วัสดุเดียว (Single material) 78
3.2 ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการก่อสร้างอาคาร ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา 79
3.2.1 อาคารบ้านตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา 79
3.2.2 การศึกษาตัวแปร ที่มีผลต่อการก่อสร้างอาคาร และค่าใช้จ่ายโดยรวม 80
3.3 การประยุกต์ใช้ตัวแปรต่างๆ ในการออกแบบบ้านต้นแบบ ด้วยการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน 81
3.4 การประเมินค่าใช้จ่าย ระยะเวลาและแรงงานในการก่อสร้าง ตรวจสอบศักยภาพในการประหยัดพลังงาน ตลอดจนศักยภาพในการลงทุน ของบ้านต้นแบบ 82
3.4.1 ปริมาณและราคาวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง 82
3.4.2 ระยะเวลาในการก่อสร้าง 84
3.4.3 อัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย 85
3.4.4 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร 85

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

3.4.5 ภาระในการปรับอากาศ และการใช้พลังงานรวม 88
3.5 การก่อสร้างบ้านต้นแบบ 89
3.6 การคิดค่าใช้จ่ายโดยรวมเทียบเท่ามูลค่าปัจจุบัน 91
3.6.1 การเทียบเท่ามูลค่าปัจจุบัน 91
3.6.2 การวัดในรูปของอัตราเงินเฟ้อทั่วไป (General Inflation Rate) 91
3.6.3 การคิดค่าเสื่อมราคาของบ้านพักอาศัย 93
บทที่ 4 ผลการวิจัย 94
4.1 ผลการศึกษาตัวแปร ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคาร และค่าใช้จ่ายโดยรวมในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน 94
4.1.1 การลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (Surface-to-Area Ratio, S/A) 94
4.1.2 การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร (U-Value) 96
4.1.3 การใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูป (Semi-prefabrication) 97
4.1.4 การใช้วัสดุเดียว (Single material) 101
4.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการก่อสร้างอาคาร ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา 103
4.2.1 การก่อสร้างบ้านที่ออกแบบด้วยการการลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (S/A) 103
4.2.2 การปรับปรุงเปลือกอาคาร (U-value) 105
4.2.3 การก่อสร้างด้วยระบบคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป (Prefabrication) 105
4.2.4 การก่อสร้างระบบแผ่นฉนวนสำเร็จรูป (Single material) 105
4.3 ผลการประยุกต์ใช้ตัวแปรต่างๆ ในการออกแบบอาคารต้นแบบ ด้วยการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน 113
4.4 ผลการประเมินค่าใช้จ่าย ระยะเวลาและแรงงานในการก่อสร้าง ตรวจสอบศักยภาพในการประหยัดพลังงาน ตลอดจนศักยภาพในการลงทุน ของอาคารต้นแบบ 118

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

4.4.1 ปริมาณและราคาวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง 118
4.4.2 ระยะเวลาในการก่อสร้าง 122
4.4.3 อัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย 123
4.4.4 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร 124
4.4.5 ภาระในการปรับอากาศ และการใช้พลังงานรวม 125
4.5 การก่อสร้างบ้านต้นแบบ 132
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 144
5.1 สรุปผลการวิจัย 144
5.2 อภิปรายผล 170
5.3 ข้อเสนอแนะ 176
รายการอ้างอิง 181
ภาคผนวก 190
ภาคผนวก ก สถิติการทำงานของแรงงานต่อวัน 191
ภาคผนวก ข แบบสถาปัตยกรรม 195
ภาคผนวก ค สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านตัวอย่าง 214
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 248

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงการแก้ปัญหาของการออกแบบส่วนประกอบด้วยลักษณะรอยต่อแบบต่างๆ 35

ตารางที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างรูปแบบต่างๆ 38

ตารางที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างเปลือกบาง 41

ตารางที่ 3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร 6 ชนิด 76

ตารางที่ 3.2 ค่า Factor F งานก่อสร้างอาคาร วันที่ 23 มิถุนายน 2550 เงินล่วงหน้า 0%, เงินประกันผลงานหัก 0%, ดอกเบี้ยเงินกู้ 7% ต่อปี และค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7% 84

ตารางที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบของวัสดุเปลือกอาคาร ที่ใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม 87

ตารางที่ 3.4 ราคาจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย ประเภทบ้านอยู่อาศัย 89

ตารางที่ 3.5 แสดงรูปแบบบ้านต้นแบบที่ทำการออกแบบและก่อสร้าง 90

ตารางที่ 3.6 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ปี พ.ศ.2543-2551 92

ตารางที่ 3.7 อัตราค่าจ้างขั้นต่ำในกรุงเทพมหานคร นครปฐม ปทุมธานี นนทบุรี สมุทรสาคร และสมุทรปราการ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2533 - 2551 ตามประกาศของกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม 93

ตารางที่ 4.1 แสดงแนวคิดการใช้วัสดุหนัก และวัสดุเบา ในการก่อสร้างอาคาร 98

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารทั่วไป กับการก่อสร้างด้วยระบบคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป (Prefabrication) และการปรับปรุงเปลือกอาคาร (U-Value) 104

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารทั่วไป กับการก่อสร้างการลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (S/A) และการก่อสร้างระบบแผ่นฉนวนสำเร็จรูป (Single material) 104

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารทั่วไป กับบ้านทรงไดมอนด์ (Diamond) และ บ้านทรงโวล์ท (Vault) 119

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารทั่วไป กับบ้านทรงโดม (Dome) และ บ้านทรงสเฟียร์ (Sphere) 119

ตารางที่ ค-1 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จ.ชุมพร 215

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่ ค-2 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) 219
ตารางที่ ค-3 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านมั่นคง ปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก 223
ตารางที่ ค-4 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านกรมโยธาฯ ปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก 227
ตารางที่ ค-5 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านทรง Diamond 231
ตารางที่ ค-6 สรุปราคาค่าก่อสร้างทรง Vault 235
ตารางที่ ค-7 สรุปราคาค่าก่อสร้างทรง Dome 238
ตารางที่ ค-8 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านทรง Sphere 241
ตารางที่ ค-9 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านสู้โลกร้อน 244

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1	อาคารห้องสมุดเฉลิมพระเกียรติฯ จ.ปราจีนบุรี	2
รูปที่ 1.2	การตอกเสาเข็ม มีแนวสายไฟฟ้าแรงสูงโดยรอบ	3
รูปที่ 1.3	การก่อสร้างคานพื้นชั้น 1	3
รูปที่ 1.4	การใช้รถเครนขนาด 25 ตัน เพื่อยกแผ่นพื้นสำเร็จรูปแบบกลวง	4
รูปที่ 1.5	ใช้โครงสร้างพื้นหล่อในที่ และพื้นสำเร็จรูปแบบกลวง	4
รูปที่ 1.6	การติดตั้งนั่งร้าน เพื่อก่อสร้างยอดโดมบนหลังคา	5
รูปที่ 1.7	การก่อสร้างช่องแสงยอดหลังคา ต้องป้องกันฝนสาดเข้าภายในอาคาร	5
รูปที่ 1.8	งานระบบท่อต่าง ๆ	6
รูปที่ 1.9	โครงสร้างอาคาร งานสถาปัตยกรรม และงานระบบประกอบอาคารไม่สอดคล้องกัน	6
รูปที่ 1.10	การติดตั้งฝ้าเพดาน โครงทีบาร์ เอียงประมาณ 45 องศา จากระดับพื้น	7
รูปที่ 1.11	ความหลากหลายของวัสดุฝ้าเพดาน พื้น และผนัง	8
รูปที่ 1.12	การก่อสร้างทางระบายน้ำรอบอาคารภายหลังจากสร้างอาคารแล้วเสร็จ	8
รูปที่ 1.13	อาคารญาณเวศก์ธรรมสมุจย์ วัดญาณเวศกวัน	10
รูปที่ 1.14	การทำนั่งร้านด้วยไม้สน เพื่อตอกเสาเข็มในบ่อน้ำ	10
รูปที่ 1.15	การก่อสร้างฐานรากอาคาร ต้องป้องกันน้ำเข้าพื้นที่ก่อสร้าง	11
รูปที่ 1.16	ความยุ่งยากในการทำแบบ และผูกเหล็กคาน	11
รูปที่ 1.17	การหล่อเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีขั้นตอนหลายขั้นตอน	12
รูปที่ 1.18	โครงสร้างแผ่นพื้นไร้คาน (Flat slab) บนเสา 4 ต้น	12
รูปที่ 1.19	พื้นที่ก่อสร้างที่คับแคบ ต้องก่อวัสดุปนกัน เกิดการสูญเสียวัสดุ	13
รูปที่ 1.20	การแก้ไขปรับปรุงผนังก่ออิฐ ต้องทุบผนังแล้วขนทิ้ง	13
รูปที่ 1.21	การฉาบปูนผนัง ซึ่งเป็นงานเปียกและสกปรกมาก	14
รูปที่ 1.22	เศษไม้แบบ ในการทำแบบทางลาดโค้ง	14
รูปที่ 1.23	การมุงหลังคาชิงเกิล (Shingle roof)	15
รูปที่ 1.24	การติดตั้งแผ่นอะลูมินัมคอมโพสิท (Aluminium Composit panel) บนช่องแสงยอดหลังคา	15
รูปที่ 2.1	แสดงวิธีการหาค่าความคลาดเคลื่อน	33
รูปที่ 2.2	แสดงการเปรียบเทียบขนาดของชิ้นงานกับขนาดแห่งการประสาน	34

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รูปที่ 2.3 แสดงระบบโครงสร้างแบบ Skeleton Structure 36

รูปที่ 2.4 แสดงระบบโครงสร้างแบบ Solid Structure 36

รูปที่ 2.5 แสดงระบบโครงสร้างแบบ Surface Structure 37

รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของข้อต่อแบบหมุนและข้อต่อแบบแข็งหรอยึดแน่นตามลำดับ 44

รูปที่ 2.7 แสดงข้อต่อและรอยต่อแบบต่างๆ ของโครงสร้าง 45

รูปที่ 2.8 แสดงอุปกรณ์การเชื่อมต่อโครงสร้างประเภท สกรูและโบล์ท 46

รูปที่ 2.9 แสดงแนวความคิดของวัฏจักรชีวิต 51

รูปที่ 2.10 แสดงผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) 54

รูปที่ 2.11 แสดงองค์ประกอบของรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด ได้แก่ ช่วงรังสีที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้จากรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่ต้องการสำหรับกระจกในเขตร้อน ส่วนรังสีอัลตราไวโอเล็ต และรังสีอินฟราเรด 56

รูปที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อแสดงขอบเขตสภาวะสบายที่คนเรารู้สึกสบายจากตัวแปรสภาพอากาศ 59

รูปที่ 2.13 แสดงร้อยละของจำนวนชั่วโมงในแต่ละเดือนที่อยู่ในสภาวะสบายของสภาพภูมิอากาศปกติ 59

รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างอาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำ 63

รูปที่ 2.15 แสดงรูปทรงอาคารประเภทต่างๆ รูปทรงที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของแรงดันอากาศมากจะส่งผลให้เกิดการรั่วซึมของอากาศมาก 64

รูปที่ 2.16 คุณภาพเป็นส่วนหนึ่งของขอบเขตงาน งบประมาณและกำหนดเวลา 65

รูปที่ 3.1 การก่อสร้างโดยวิธียกตั้ง ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป 77

รูปที่ 3.2 รูปแบบบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จังหวัดชุมพร 79

รูปที่ 3.3 รูปแบบสถาปัตยกรรมบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จังหวัดชุมพร 80

รูปที่ 3.4 รูปแบบบ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 ของกรมโยธาธิการและผังเมือง 82

รูปที่ 4.1 ภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด เมื่อโครงสร้างรับน้ำหนักบรรทุกแผ่สม่ำเสมอของคานช่วงวงเดียว 98

รูปที่ 4.2 แสดงส่วนประกอบของหลังคาทั่วไป 101

รูปที่ 4.3 แสดงส่วนประกอบของหลังคาที่ใช้วัสดุเดียว (Single Material) 101

รูปที่ 4.4 แปลนพื้น บ้านทรงไดมอนด์ (Diamond) 113

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รูปที่ 4.5	รูปด้านหน้า บ้านทรงไดมอนด์ (Diamond)	113
รูปที่ 4.6	แปลนพื้น บ้านทรงโวล์ท (Vault)	114
รูปที่ 4.7	รูปด้านหน้า บ้านทรงโวล์ท (Vault)	114
รูปที่ 4.8	แปลนพื้น บ้านทรงโดม (Dome)	115
รูปที่ 4.9	รูปด้านหน้า บ้านทรงโดม (Dome)	115
รูปที่ 4.10	แปลนพื้น บ้านทรงสเฟียร์ (Sphere)	116
รูปที่ 4.11	รูปด้านหน้า บ้านทรงสเฟียร์ (Sphere)	116
รูปที่ 4.12	โครงสร้างเหล็กบ้านทรงไดมอนด	132
รูปที่ 4.13	ด้านหน้าบ้านทรงไดมอนด์ ติดตั้งผนัง EIFS	132
รูปที่ 4.14	การติดตั้งแผ่นหลังคาสำเร็จรูปด้วยแรงงานคน ของบ้านทรงไดมอนด์	133
รูปที่ 4.15	เมื่อติดตั้งหลังคาสำเร็จรูปบ้านทรงไดมอนด์ แล้วเสร็จ	133
รูปที่ 4.16	รูปด้านข้างบ้านทรงไดมอนด์ เมื่อติดตั้งหลังคาและผนังสำเร็จรูป	134
รูปที่ 4.17	บ้านทรงไดมอนด์ 3 หลัง	134
รูปที่ 4.18	โครงสร้างน้ำหนักเบา ในการก่อสร้างบ้านทรงโวล์ท	135
รูปที่ 4.19	การป้องกันการรั่วซึมของน้ำผ่านเปลือกอาคาร บ้านทรงโวล์ท	135
รูปที่ 4.20	ฉาบผิวโครงสร้างโฟม พร้อมเสริมตาข่าย บ้านทรงโวล์ท	136
รูปที่ 4.21	บ้านทรงโวล์ท 3 หลัง	136
รูปที่ 4.22	การติดตั้งเปลือกอาคารบ้านทรงโดม	137
รูปที่ 4.23	การป้องกันการรั่วซึมของน้ำผ่านเปลือกอาคาร บ้านทรงโดม	137
รูปที่ 4.24	ทางเข้าด้านหน้าของบ้านทรงโดม	138
รูปที่ 4.25	พัฒนารูปแบบโค้งทางเข้าด้านหน้าของบ้านทรงโดม	138
รูปที่ 4.26	Catenary curve ทางเข้าด้านหน้าบ้านทรงโดม	139
รูปที่ 4.27	การทดลองประกอบโครงสร้างโดมจีโอเดสิค (Geodesic Dome) บ้านทรงสเฟียร์	139
รูปที่ 4.28	โครงสร้างเหล็กรูปกลีบส้ม บ้านทรงสเฟียร์	140
รูปที่ 4.29	โครงสร้างบ้านทรงสเฟียร์ จากการลดเนื้อวัสดุที่ไม่จำเป็น	140
รูปที่ 4.30	ชิ้นส่วนประกอบเปลือกอาคารบ้านทรงสเฟียร์ ที่คำนึงถึงขนาดของวัสดุ	141
รูปที่ 4.31	การหุ้มเปลือกอาคารบ้านทรงสเฟียร์ แบบกลีบส้ม	141

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รูปที่ 4.32 การทดลองหุ้มเปลือกอาคารบ้านทรงสเฟียร์ แบบโดมจีโอเดสิค (Geodesic Dome) 142

รูปที่ 4.33 ลักษณะของบ้านบ้านทรงสเฟียร์ 142

รูปที่ 4.34 ทางสัญจรลอยฟ้าเชื่อมบ้านทรงสเฟียร์ 143

รูปที่ 4.35 ลักษณะบ้านทรงสเฟียร์ จากรูปแบบโครงสร้างต่างกัน 143

รูปที่ 5.1 แนวคิดในการพัฒนาการออกแบบรูปทรงและโครงสร้างบ้าน 147

รูปที่ 5.2 แนวคิดในการพัฒนาการออกแบบรูปทรงและโครงสร้างบ้านสู้โลกร้อน 148

รูปที่ 5.3 แปลนพื้นชั้นที่ 1 ของบ้านสู้โลกร้อน 149

รูปที่ 5.4 แปลนพื้นชั้นที่ 2 ของบ้านสู้โลกร้อน 149

รูปที่ 5.5 แปลนพื้นชั้นที่ 3 ของบ้านสู้โลกร้อน 150

รูปที่ 5.6 บ้านสู้โลกร้อน 150

รูปที่ 5.7 การก่อสร้างบ้านสู้โลกร้อน ในงาน World Alternative เมืองทองธานี 163

รูปที่ 5.8 การติดตั้งหลังคา Sandwich insulation panel โดยใช้แรงงานคน 163

รูปที่ 5.9 ด้านหน้าอาคารบ้านสู้โลกร้อน ในงาน World Alternative เมืองทองธานี 164

รูปที่ 5.10 ด้านข้างอาคารบ้านสู้โลกร้อน ในงาน World Alternative เมืองทองธานี 164

รูปที่ 5.11 ใช้ โฟมซีเมนต์บล็อก ก่อผนังอาคารบ้านสู้โลกร้อน 165

รูปที่ 5.12 โฟมซีเมนต์บล็อก ไส้กลางโฟม EPS 165

รูปที่ 5.13 การติดตั้งหลังคา Sandwich insulation panel ไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างหลังคา 166

รูปที่ 5.14 พื้น Sandwich insulation panel ยื่นเป็นระเบียงภายนอก 166

รูปที่ 5.15 ลักษณะการก่อโฟมซีเมนต์บล็อก อาคารบ้านสู้โลกร้อน 167

รูปที่ 5.16 ลักษณะ อาคารบ้านสู้โลกร้อน 167

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1.1 แสดงดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างอาคาร ตั้งแต่ปี พ.ศ.2543 ถึง ปี พ.ศ.2551 17

แผนภูมิที่ 1.2 อัตราค่าจ้างขั้นต่ำในกรุงเทพมหานคร, นครปฐม, ปทุมธานี, นนทบุรี, สมุทรสาคร และสมุทรปราการ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2533 - 2551 ตามประกาศของกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม 18

แผนภูมิที่ 1.3 การใช้พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบของประเทศไทย จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2550 20

แผนภูมิที่ 1.4 การใช้พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบในสาขาบ้านอยู่อาศัย จำแนกตามชนิดพลังงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2550 21

แผนภูมิที่ 1.5 การใช้พลังงานไฟฟ้า จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ พ.ศ. 2550 22

แผนภูมิที่ 1.6 ร้อยละของครัวเรือนที่มีหนี้สิน และจำนวนหนี้สินเฉลี่ยต่อครัวเรือน ในปี พ.ศ. 2541 – 2550 23

แผนภูมิที่ 1.7 รายได้และค่าใช้จ่ายที่จำเป็นในการยังชีพเฉลี่ยต่อเดือน และหนี้สินต่อรายได้ของครัวเรือน ในปี พ.ศ. 2541 – 2550 23

แผนภูมิที่ 1.8 สรุปปัญหาและแนวทางในการทำวิจัย 24

แผนภูมิที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุต่างๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว 55

แผนภูมิที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของคุณภาพ 68

แผนภูมิที่ 2.3 กราฟเปรียบเทียบระหว่างแผนงานและงานที่ทำได้จริง 69

แผนภูมิที่ 2.4 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายตามแผนงานและค่าใช้จ่ายจริง 70

แผนภูมิที่ 3.1 แสดงอัตราความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารเปรียบเทียบระหว่างผนังก่ออิฐทั่วไป กับผนังก่ออิฐที่ปรับปรุงด้วยการเพิ่มวัสดุฉนวนกันความร้อนตั้งแต่ 1-5 นิ้ว 75

แผนภูมิที่ 4.1 แสดงสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยของรูปทรงต่างๆ ที่มีจำนวนชั้นต่างกัน 94

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในของรูปทรงต่างๆ ที่มีพื้นที่ฐานเท่ากัน แต่มีความสูงแตกต่างกันตามจำนวนชั้น คือ 1 ชั้น สูง 1 หน่วย 2 ชั้น สูง 2 หน่วย และ 3 ชั้น สูง 3 หน่วย 95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

แผนภูมิที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (U-Value) ผ่านวัสดุเปลือกอาคาร ได้แก่ วัสดุผนัง วัสดุกระจก และวัสดุหลังคา 96
แผนภูมิที่ 4.4 เปรียบเทียบการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัย ของ EPS Sandwich Insulation Panel ที่ความหนาและช่วงพาด ต่างกัน 99
แผนภูมิที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าแรงเฉือนสูงสุด ของวัสดุผนังแต่ละชนิดที่กระทำบนคานช่วงเดี่ยว (Simple span) ที่มีช่วงพาดต่างกัน (ผนังสูง 2.40 เมตร) 100
แผนภูมิที่ 4.6 เปรียบเทียบการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัย ของ EPS Sandwich Insulation Panel ที่ความหนาและช่วงพาด ต่างกัน 102
แผนภูมิที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการสร้างบ้านตามแนวคิดต่างๆ 106
แผนภูมิที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในหมวดค่าวัสดุและอุปกรณ์ในการสร้างบ้านตามแนวคิดต่างๆ 107
แผนภูมิที่ 4.9 เปรียบเทียบค่า OTTV และ RTTV ในการสร้างบ้านตามแนวคิดต่างๆ 108
แผนภูมิที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านตามแนวคิดต่างๆ เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงเวลากลางคืน (20.00 น.-06.00 น.) และกลางวัน (08.00 น.-18.00 น.) เทียบกับการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง 109
แผนภูมิที่ 4.11 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมของบ้านแนวคิดต่างๆ ในระยะเวลา 30 ปี เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 24 ชม. ทุกวัน 110
แผนภูมิที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมของบ้านแนวคิดต่างๆ ในระยะเวลา 30 ปี เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชม. ตั้งแต่เวลา 08:00 น.-18:00 น.ทุกวัน 111
แผนภูมิที่ 4.13 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมของบ้านแนวคิดต่างๆ ในระยะเวลา 30 ปี เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชม. ตั้งแต่เวลา 20:00 น.-06:00 น.ทุกวัน 112
แผนภูมิที่ 4.14 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ พบว่า 120
แผนภูมิที่ 4.15 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในหมวดค่าวัสดุและอุปกรณ์ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ 121
แผนภูมิที่ 4.16 เปรียบเทียบค่าแรงรายวัน และค่าแรงต่อปริมาณวัสดุของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ 122

หน้า

แผนภูมิที่ 4.17 เปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (S/A) ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ ---- 123
แผนภูมิที่ 4.18 เปรียบเทียบ OTTV และ RTTV ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ ---- 124
แผนภูมิที่ 4.19 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงเวลากลางคืน (20.00 น.-06.00 น.) และกลางวัน (08.00 น.-18.00 น.) เทียบกับการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ---- 125
แผนภูมิที่ 4.20 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ---- 126
แผนภูมิที่ 4.21 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ10 ชั่วโมง เวลา 08:00 น.-18:00 น. ---- 127
แผนภูมิที่ 4.22 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ10 ชั่วโมง เวลา 20:00 น.-06:00 น. ---- 128
แผนภูมิที่ 4.23 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ---- 129
แผนภูมิที่ 4.24 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ10 ชั่วโมง เวลา 08.00 น.-18.00 น. ---- 130
แผนภูมิที่ 4.25 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมง เวลา 20:00 น.-06:00 น. ---- 131
แผนภูมิที่ 5.1 แสดงแนวคิดในการดำเนินการก่อสร้างอาคาร ---- 145
แผนภูมิที่ 5.2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู้โลกร้อน ---- 151

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

แผนภูมิที่ 5.3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในหมวดค่าวัสดุและอุปกรณ์ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู้โลกร้อน 152
แผนภูมิที่ 5.4 เปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (S/A) ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ และบ้านสู้โลกร้อน 153
แผนภูมิที่ 5.5 เปรียบเทียบ OTTV และ RTTV ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู้โลกร้อน 154
แผนภูมิที่ 5.6 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู้โลกร้อน เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงเวลากลางคืน (20.00 น.-06.00 น.) และกลางวัน (08.00 น.-18.00 น.) เทียบกับการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง 155
แผนภูมิที่ 5.7 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู้โลกร้อน เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง 156
แผนภูมิที่ 5.8 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู้โลกร้อน เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงเวลากลางวัน (08.00 น.-18.00 น.) 157
แผนภูมิที่ 5.9 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู้โลกร้อน เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงเวลากลางคืน (20.00 น.-06.00 น.) 158
แผนภูมิที่ 5.10 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู่โลกร้อน เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง 159
แผนภูมิที่ 5.11 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู่โลกร้อน เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมง เวลา 08.00 น.-18.00 น. 160

หน้า

แผนภูมิที่ 5.12 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู่โลกร้อน เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมง เวลา 20.00น.-06.00 น. 161
แผนภูมิที่ 5.13 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู่โลกร้อน เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงเวลากลางคืน (20.00 น.-06.00 น.) กับการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง 162
แผนภูมิที่ 5.14 แนวความคิดในการพัฒนาระบบโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน 169
แผนภูมิที่ 5.15 เปรียบเทียบลักษณะและข้อจำกัดของบ้านต้นแบบแต่ละรูปแบบ
แผนภูมิที่ 5.16 เปรียบเทียบค่าแรงรายวัน และค่าแรงต่อปริมาณวัสดุของบ้านทั่วไป การปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านแนวคิดใหม่ 170
แผนภูมิที่ 5.17 เปรียบเทียบมูลค่าพลังงานสะสมของบ้านมั่นคง บ้านมั่นคงมาปรับปรุงเปลือกอาคาร และบ้านแนวคิดใหม่ ตลอดระยะเวลา 30 ปี จากการเปิดเครื่องปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง 171
แผนภูมิที่ 5.18 เปรียบเทียบมูลค่าพลังงานสะสมของบ้านมั่นคง บ้านมั่นคงมาปรับปรุงเปลือกอาคาร และบ้านแนวคิดใหม่ ตลอดระยะเวลา 30 ปี จากการเปิดเครื่องปรับอากาศ เวลา 20.00-06.00 น. ทุกวัน 172
แผนภูมิที่ 5.19 เปรียบเทียบมูลค่าพลังงานสะสมของบ้านแนวคิดใหม่ ตลอดระยะเวลา 30 ปี จากการเปิดเครื่องปรับอากาศ เวลา 08.00-18.00 น. ทุกวัน 173
แผนภูมิที่ 5.20 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมดของบ้านทั่วไป กับบ้านสู้โลกร้อน เมื่อคิดค่าเงินเฟ้อของวัสดุก่อสร้าง ค่าแรงงาน ค่าพลังงาน และค่าเสื่อมราคา 174
แผนภูมิที่ 5.21 เปรียบเทียบมูลค่าพลังงานสะสมของอาคารทั่วไป กับอาคารที่ออกแบบเน้นการประหยัดพลังงาน ที่ระยะเวลา 10 ปี, 20 ปี และ 30 ปี 177
แผนภูมิที่ 5.22 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า เทียบเท่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารทั่วไป กับอาคารที่ออกแบบประหยัดพลังงาน และแนวคิดในการออกแบบอาคาร 4 ยุค 178
แผนภูมิที่ 5.23 เปรียบเทียบแนวโน้มค่าใช้จ่ายสะสมของบ้านทั่วไป บ้านตามแนวคิดใหม่ และรูปแบบบ้านในอนาคต 179

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

1.1.1 ปัญหาในการก่อสร้างอาคาร

ในการดำเนินการก่อสร้างอาคารมักจะมีปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ในการก่อสร้างมากมาย ซึ่งมีทั้งปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ก่อนการก่อสร้าง และปัญหาที่ต้องแก้ไขไปพร้อมกับการก่อสร้าง ปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากข้อจำกัดในการก่อสร้าง ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบอาคาร โดยผู้ออกแบบต้องอาศัยประสบการณ์และความรู้ต่างๆ ประกอบกัน ซึ่งส่วนใหญ่แล้วมักจะมีเวลาในการศึกษาและออกแบบอาคารสั้นเกินไป ทำให้การออกแบบรายละเอียดและข้อกำหนดของงานก่อสร้างไม่สมบูรณ์ ส่งผลเสียอย่างร้ายแรงต่อการก่อสร้างอาคาร

การก่อสร้างอาคารโดยทั่วไป ต้องทำงานโครงสร้างอาคารก่อน ต้องหล่อเสา คานพื้น ก่อนทำงานเปลือกอาคาร มีลำดับขั้นตอนในการทำงาน ไม่สามารถข้ามไปก่อผนังอาคารก่อนงานโครงสร้างได้ จึงมักเกิดปัญหาในการรองานคอนกรีตให้ได้กำลังเพียงพอต่อการใช้งาน ด้วยเหตุนี้ช่างก่อสร้างทั้งหลายมักจะอ้างว่าต้องรองานอื่นทำก่อน จึงจะสามารถทำงานของตน ถ้าข้ามขั้นตอนการทำงานจะทำให้งานเสียหาย และเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้นได้

การก่อสร้างเปลือกอาคารโดยทั่วไป แต่ละส่วนจะประกอบด้วยวัสดุหลากหลายชนิด หลากหลายขั้นตอน ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างมาก ต้องมีพื้นที่กองวัสดุที่กว้างและสามารถจัดระเบียบและป้องกันการสูญเสียวัสดุจากการใช้งานและการกองเก็บได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีการสูญเสียวัสดุในทุกๆ ขั้นตอนของงานก่อสร้าง ต้องใช้แรงงาน และอุปกรณ์ประกอบหลายชนิด จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพของงานอย่างใกล้ชิด ต้องมีการวางแผนการทำงานและปรับเปลี่ยนแผนการทำงานให้สอดคล้องกับปริมาณงาน ปริมาณวัสดุ และปริมาณแรงงานอยู่ตลอดเวลา เพื่อไม่ให้เสียเวลาในการรอคอยการทำงานในขั้นตอนต่างๆ ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงขึ้น และใช้ระยะเวลามากขึ้น

ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างปัญหาในการก่อสร้างอาคารบางประการ จากประสบการณ์ในการทำงานก่อสร้างอาคารสาธารณะขนาดกลางจำนวน 2 อาคาร ที่สร้างความเสียหายเป็นอย่างมากแก่ตัวผู้รับเหมา และเจ้าของอาคาร เสียทั้งค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น รวมถึงเสียผลประโยชน์ต่อส่วนรวม ได้แก่

<u>อาคารห้องสมุดเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ (อาคารประหยัดพลังงาน) ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมืองปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี</u>

เจ้าของโครงการ	องค์การบริหารส่วนจังหวัดปราจีนบุรี
ผู้ออกแบบและ	บริษัท วิริยะ เอ็นเนอร์ยี ดีไซน์ อาร์คิเท็คเจอร์ จำกัด
ผู้ควบคุมงานก่อสร้าง	บริษัท วิริยะ เอ็นเนอร์ยี ดีไซน์ อาร์คิเท็คเจอร์ จำกัด
ผู้รับเหมา	บริษัท ฮอต ฮิวมิด เอ็นเนอร์ยี แมททีเรียล จำกัด

งบประมาณก่อสร้าง 39,110,000 บาท ในปี พ.ศ.2548 ระยะเวลาก่อสร้าง 540 วัน มีพื้นที่ใช้สอย รวม 3,065 ตร.ม. พื้นที่ปรับอากาศ 1,249 ตร.ม. เฉลี่ยราคาค่าก่อสร้าง 12,760 บาทต่อตารางเมตร (ราคาตามสัญญา)

เมื่อเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการก่อสร้างอาคารจากปี พ.ศ.2548 เป็นปี พ.ศ.2551 คิดเป็นค่าก่อสร้าง 49,365,000 บาท หรือเท่ากับ 16,106.04 บาทต่อตารางเมตร แยกเป็น

- ค่าออกแบบ	865,000	บาท	เท่ากับ	282.22	บาทต่อตารางเมตร
- ค่าวัสดุและอุปกรณ์	32,925,000	บาท	เท่ากับ	10,742.25	บาทต่อตารางเมตร
- ค่าแรงงาน	7,151,000	บาท	เท่ากับ	2,333.12	บาทต่อตารางเมตร
- ค่าอำนวยการ	8,424,000	บาท	เท่ากับ	2,748.45	บาทต่อตารางเมตร

รูปที่ 1.1 อาคารห้องสมุดเฉลิมพระเกียรติฯ จ.ปราจีนบุรี

รูปที่ 1.2 การตอกเสาเข็ม มีแนวสายไฟฟ้าแรงสูงโดยรอบ

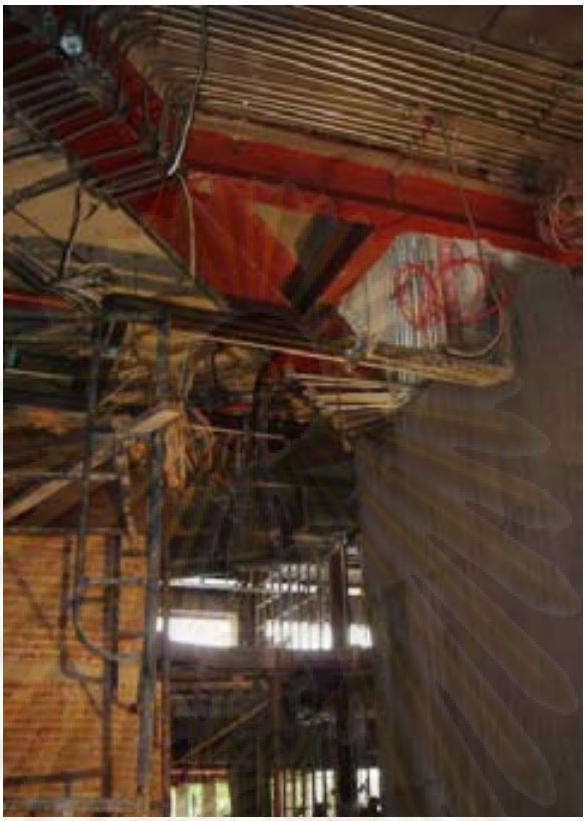
รูปที่ 1.3 การก่อสร้างคานพื้นชั้น 1

รูปที่ 1.4 การใช้รถเครนขนาด 25 ตัน เพื่อยกแผ่นพื้นสำเร็จรูปแบบกลวง

รูปที่ 1.5 ใช้โครงสร้างพื้นหล่อในที่ และพื้นสำเร็จรูปแบบกลวง

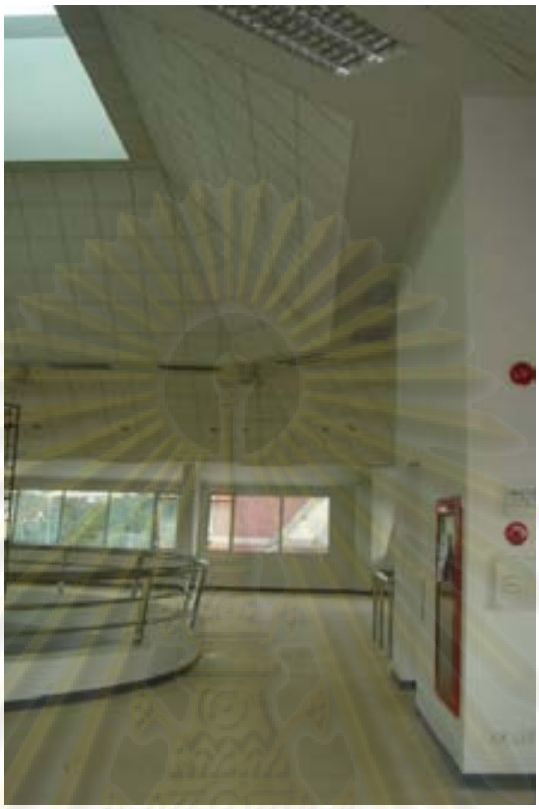
รูปที่ 1.6 การติดตั้งนั่งร้าน เพื่อก่อสร้างยอดโดมบนหลังคา

รูปที่ 1.7 การก่อสร้างช่องแสงยอดหลังคา ต้องป้องกันฝนสาดเข้าภายในอาคาร



รูปที่ 1.8 งานระบบท่อต่าง ๆ

รูปที่ 1.9 โครงสร้างอาคาร งานสถาปัตยกรรม และงานระบบประกอบอาคารไม่สอดคล้องกัน



รูปที่ 1.10 การติดตั้งฝ้าเพดาน โครงทีบาร์ เอียงประมาณ 45 องศา จากระดับพื้น

รูปที่ 1.11 ความหลากหลายของวัสดุฝ้าเพดาน พื้น และผนัง

รูปที่ 1.12 การก่อสร้างทางระบายน้ำรอบอาคารภายหลังจากสร้างอาคารแล้วเสร็จ

<u>ปัญหาที่พบในการก่อสร้าง</u>

- การเปลี่ยนแปลงแบบรูป ปรับปรุงเสาเข็ม และฐานราก เนื่องจากตำแหน่งเสาเข็มใหม่ซ้อนทับเสาเข็มของอาคารเดิม ส่งผลให้ต้องปรับปรุงโครงสร้างทั้งอาคารภายหลังลงนามในสัญญา ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายโดยเปล่าประโยชน์ เพราะเป็นปัญหาที่ควรจะได้รับการแก้ไขตั้งแต่ในขั้นตอนออกแบบอาคาร

- พื้นที่ในการก่อสร้างจำกัด มีถนนล้อมรอบ 3 ด้าน อีกด้านติดอาคารอื่น และอยู่ใต้แนวสายไฟฟ้าแรงสูง ไม่มีพื้นที่กองเก็บวัสดุ การตอกเสาเข็มต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างมาก

- การใช้วัสดุหลากหลายในเนื้องานเดียว เช่น งานฝ้าเพดาน ใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ดรอบอาคาร ต่อกับฝ้ายิปซั่มบอร์ด และฝ้าอลูมิเนียมรูปตัวซี ทำฝ้าหลุมหลายขนาดที่ระดับความสูงต่างกัน ประกอบกับฝ้าเอียงเพื่อซ่อนหลอดไฟ หรืองานพื้น ใช้ทั้งหินแกรนิต กระเบื้องเคลือบ พรมกระเบื้องยาง และพื้นหินล้าง ต่อเนื่องกัน ซึ่งวัสดุพื้นแต่ละชนิดมีความหนาแตกต่างกัน จึงต้องเตรียมพื้นผิวต่างกัน ทำให้ต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ วิธีติดตั้ง และแรงงานที่หลากหลาย เกิดความยุ่งยากในขั้นตอนการก่อสร้าง การบริหารจัดการวัสดุ

- ใช้ฝ้าเพดานระบบโครงเคร่าทีบาร์ วางเอียงประมาณ 45 องศา บริเวณภายในอาคารชั้น 3 ทั้งหมด ซึ่งผิดหลักมาตรฐานการติดตั้งฝ้าเพดานชนิดนี้ ทำให้การก่อสร้างยุ่งยาก และไม่แข็งแรง ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเพื่อเสริมลวดยึดโครงเคร่า

- รูปแบบที่ไม่จำเป็น เช่น เสาคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถฉาบผิวเรียบสวยงามอยู่แล้ว แต่แบบระบุให้ปิดผิวด้วยผนัง GRC ล้อมรอบ ต้องเสริมโครงเหล็กฉาก เพื่อยึดผนัง GRC ส่งผลให้ขั้นตอนการก่อสร้างยุ่งยาก เสียทั้งค่าใช้จ่าย และระยะเวลาก่อสร้างเพิ่มขึ้น

- ขนาดม้านั่งรอบอาคาร บุหินแกรนิตสีดำ ขนาดกว้าง 0.45 เมตร ซึ่งหินแกรนิตมีขนาดมาตรฐาน 0.40x0.80 เมตร หรือ 0.30x0.60 เมตร การระบุขนาดกว้างที่เพิ่มขึ้นเพียง 5 เซนติเมตร แต่กลับต้องสั่งตัดหินแกรนิตขนาดพิเศษ ทำให้ราคาค่าหินแกรนิตสูงขึ้นกว่าปกติถึง 30%

- ขาดการประสานงานระบบวิศวกรรม กับงานสถาปัตยกรรม ทำให้เพิ่มขั้นตอนในการก่อสร้างมากขึ้น คุณภาพงานไม่เรียบร้อย ต้องเจาะ อุด ซ่อน งานระบบต่างๆ ที่ไม่สวยงาม เช่น งานระบบท่อไฟฟ้าและสุขาภิบาล ซ้อนทับกับท่อลม หรือท่อระบายน้ำฝนจากหลังคาลงมาทะลุผนังภายนอกอาคารที่เป็นผนังเอียง ต้องแก้ไขแนวท่อน้ำฝนเพื่อซ่อนภายในอาคาร

- งวดงานไม่สัมพันธ์กับการทำงาน ทำให้ทำงานไม่แล้วเสร็จสมบูรณ์ตามงวดงาน เช่น ต้องเดินท่องานระบบทั้งหมดภายในฝ้าเพดานก่อน แล้วจึงปิดด้วยงานสถาปัตยกรรม แต่ในสัญญาระบุให้งวดงานสถาปัตยกรรมอยู่ก่อนงวดงานระบบ จึงต้องทำงานทั้งสองอย่างพร้อมกัน ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายมากตามไปด้วย หรืองานท่อระบายน้ำอยู่ในงวดท้าย

<u>อาคารญาณเวศก์ธรรมสมุจย์ วัดญาณเวศกวัน ตำบลบางระทึก อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม</u>

เจ้าของโครงการ	วัดญาณเวศกวัน
ผู้ออกแบบและ	บริษัท วิริยะ เอ็นเนอร์ยี ดีไซน์ อาร์คิเท็คเจอร์ จำกัด
ผู้ควบคุมงานก่อสร้าง	บริษัท วิริยะ เอ็นเนอร์ยี ดีไซน์ อาร์คิเท็คเจอร์ จำกัด
ผู้รับเหมา	บริษัท ฮอต ฮิวมิด เอ็นเนอร์ยี แมททีเรียล จำกัด

งบประมาณก่อสร้าง 15,000,000 บาท ในปี พ.ศ.2547 ระยะเวลาก่อสร้าง 365 วัน มีพื้นที่ใช้สอย รวม 890 ตร.ม. พื้นที่ปรับอากาศ 295 ตร.ม. เฉลี่ยราคาค่าก่อสร้าง 16,854 บาทต่อตารางเมตร (ราคาตามสัญญา)

เมื่อเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการก่อสร้างอาคารจากปี พ.ศ.2547 เป็นปี พ.ศ.2551 คิดเป็นค่าก่อสร้าง18,820,000 บาท หรือเท่ากับ 21,146,07 บาท/ตร.ม. แยกเป็น

- ค่าออกแบบ	940,000	บาท เท่ากับ	1,056.18	บาท/ตร.ม.
- ค่าวัสดุและอุปกรณ์	12,344,000	บาท เท่ากับ	13,869.66	บาท/ตร.ม.
- ค่าแรงงาน	1,895,000	บาท เท่ากับ	2,129.21	บาท/ตร.ม.
- ค่าอำนวยการ	3,641,000	บาท เท่ากับ	4,091.01	บาท/ตร.ม.

รูปที่ 1.13 อาคารญาณเวศก์ธรรมสมุจย์ วัดญาณเวศกวัน

รูปที่ 1.14 การทำนั่งร้านด้วยไม้สน เพื่อตอกเสาเข็มในบ่อน้ำ

รูปที่ 1.15 การก่อสร้างฐานรากอาคาร ต้องป้องกันน้ำเข้าพื้นที่ก่อสร้าง

รูปที่ 1.16 ความยุ่งยากในการทำแบบ และผูกเหล็กคาน

รูปที่ 1.17 การหล่อเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีขั้นตอนหลายขั้นตอน

รูปที่ 1.18 โครงสร้างแผ่นพื้นไร้คาน (Flat slab) บนเสา 4 ต้น

รูปที่ 1.19 พื้นที่ก่อสร้างที่คับแคบ ต้องก่อวัสดุปนกัน เกิดการสูญเสียวัสดุ

รูปที่ 1.20 การแก้ไขปรับปรุงผนังก่ออิฐ ต้องทุบผนังแล้วขนทิ้ง

รูปที่ 1.21 การฉาบปูนผนัง ซึ่งเป็นงานเปียกและสกปรกมาก

รูปที่ 1.22 เศษไม้แบบ ในการทำแบบทางลาดโค้ง

รูปที่ 1.23 การมุงหลังคาชิงเกิล (Shingle roof)

รูปที่ 1.24 การติดตั้งแผ่นอะลูมินัมคอมโพสิท (Aluminium Composit panel) บนช่องแสงยอดหลังคา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัญหาที่พบในการก่อสร้าง

- การก่อสร้างในพื้นที่จำกัด ไม่มีพื้นที่ก่อเก็บวัสดุ ต้องโยกย้ายวัสดุหลายครั้ง หรือการทำงานก่อสร้างบนบ่อน้ำ ที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงขึ้น วัสดุในการทำนั่งร้านในบ่อน้ำใช้ไม้เป็นหลัก เนื่องจากมีราคาถูกที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก เนื่องจากถูกน้ำกัดเซาะ และไม่สามารถรื้อถอนออกได้ทั้งหมด ต้องตัดในระดับดินใต้น้ำ แล้วขนทิ้ง

- การแก้ไขปรับปรุงแบบขณะดำเนินการก่อสร้าง เป็นการทำงานซ้ำซ้อนต้องรื้อถอนก่อนทำงานใหม่ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายและระยะเวลาเพิ่มขึ้น ถ้ามีการแก้ไขงานหลายครั้งยังจะทำให้คนงานขาดความเชื่อมั่น ไม่มีกำลังใจในการทำงาน และทิ้งงานในที่สุด

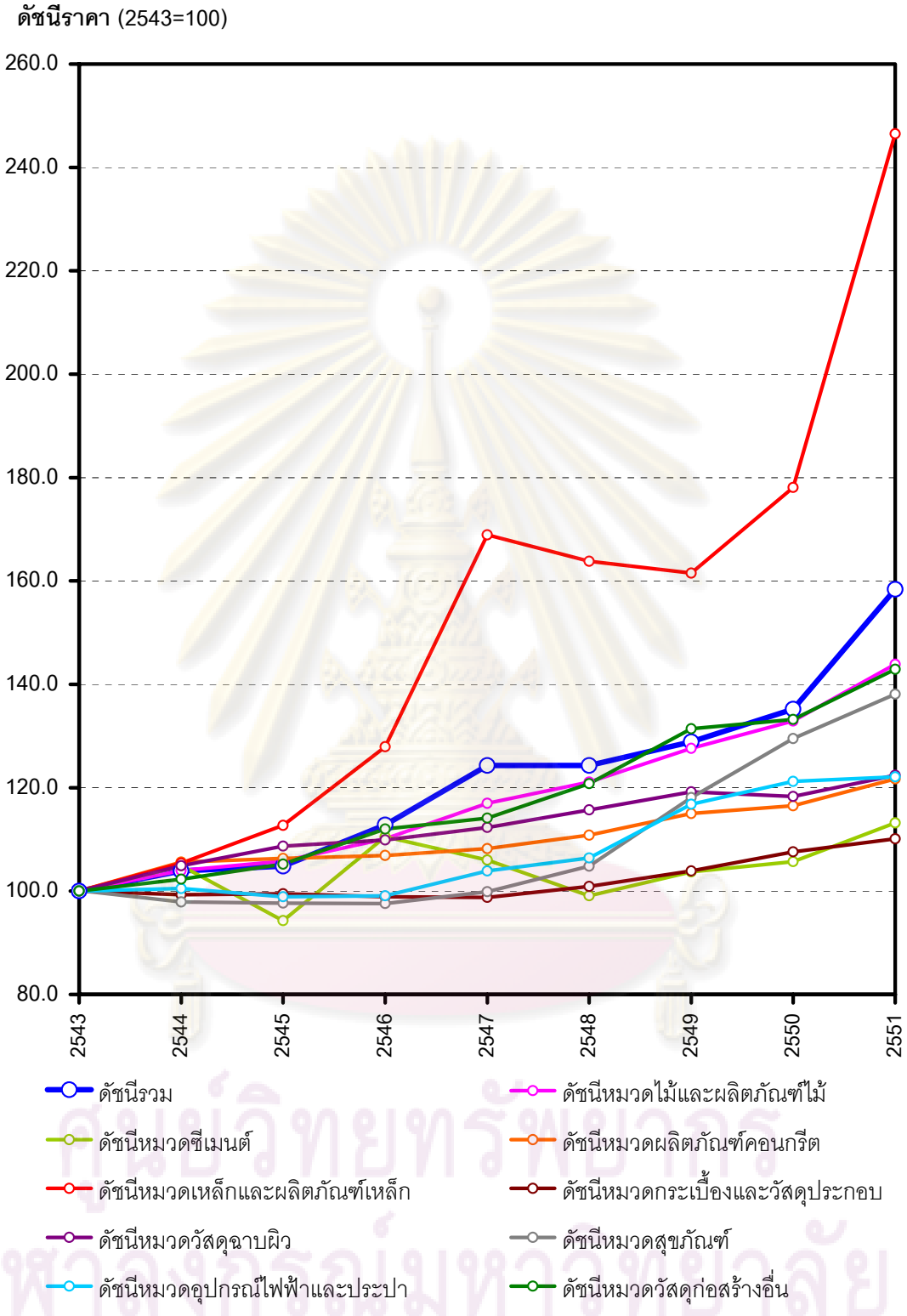
- ข้อผิดพลาดจากการออกแบบงานระบบปรับอากาศ ที่ต้องเดินท่อลมจากเครื่องส่งลมเย็นภายนอกอาคารที่ไม่มีการป้องกันความร้อนและความชื้นที่ดี ท่อลมตามมาตรฐานจะหุ้มฉนวนใยแก้วหนา 1 นิ้ว ซึ่งไม่เพียงพอต่อการป้องกันการกลั่นตัวของน้ำที่เกิดขึ้นภายในช่องฝ้าเพดาน จนเกิดคราบสกปรกบนฝ้าเพดานเป็นบริเวณกว้าง

- งานเพิ่มเติมที่เจ้าของสามารถขอให้ผู้รับเหมาดำเนินการ เช่น ผิวผนังจากฉาบปูนเรียบทาสี เปลี่ยนเป็นผิวหินล้าง ทำให้ต้องเพิ่มขั้นตอนในการทำงาน ต้องตั้งนั่งร้านในบ่อน้ำใหม่ แล้วสกัดผิวปูนฉาบออกก่อนทำผิวหินล้าง ในบางครั้งต้องทำงานเพิ่มก่อนแล้วจึงทำงานในสัญญาภายหลัง จนเลยกำหนดเวลาแล้วเสร็จตามสัญญา

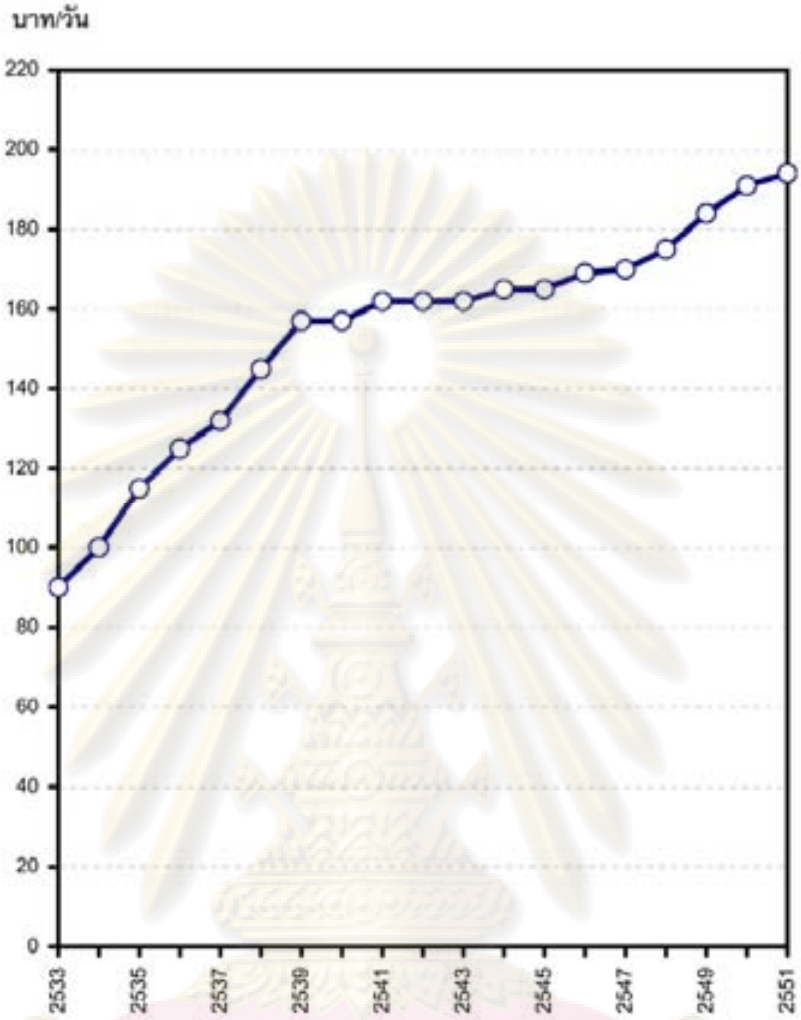
- เนื่องจากวัดญาณเวศกวัน เป็นวัดที่มีชื่อเสียง จึงมีลูกศิษย์มากมายมาคอยติชม ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะมาแนะนำเนื่องจากเคยทำมาก่อน ในบางครั้งจึงอาจไม่ถูกต้องและเหมาะสมกับอาคารหลังนี้ ประกอบกับการก่อสร้างมีผู้มีประสบการณ์จากทุกสาขามาตรวจสอบการทำงาน ทำให้ขาดแนวทางที่ถูกต้องในการก่อสร้างอาคาร ไม่สามารถตัดสินใจได้อย่างเด็ดขาด

- เมื่ออาคารหลักยังสร้างไม่แล้วเสร็จสมบูรณ์ แต่ต้องทำงานตกแต่งภายในและจัดงานนิทรรศการภายในอาคารไปพร้อม ๆ กัน มีผู้รับเหมา 3 ราย ทำงานในเวลาเดียวกัน จึงเกิดการขัดแย้งในส่วนของเนื้องาน ต้องปรับเปลี่ยนแก้ไขตามสภาพ เกิดการรองาน ต้องเก็บงานซ้ำซ้อน เนื่องจากผู้รับเหมาอื่นทำสกปรกเสียหาย ทำให้ระยะเวลาในการก่อสร้างเพิ่มมากยิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 1.1 แสดงดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างอาคาร ตั้งแต่ปี พ.ศ.2543 ถึง ปี พ.ศ.2551 (สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2551)



แผนภูมิที่ 1.2 อัตราค่าจ้างขั้นต่ำในกรุงเทพมหานคร, นครปฐม, ปทุมธานี, นนทบุรี,สมุทรสาคร และสมุทรปราการ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2533 - 2551 ตามประกาศของกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม (สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงแรงงาน, 2551)

จากประสบการณ์ในการก่อสร้างอาคารข้างต้นของผู้วิจัย ขอสรุปปัญหาและข้อจำกัดในการก่อสร้างอาคาร ดังนี้

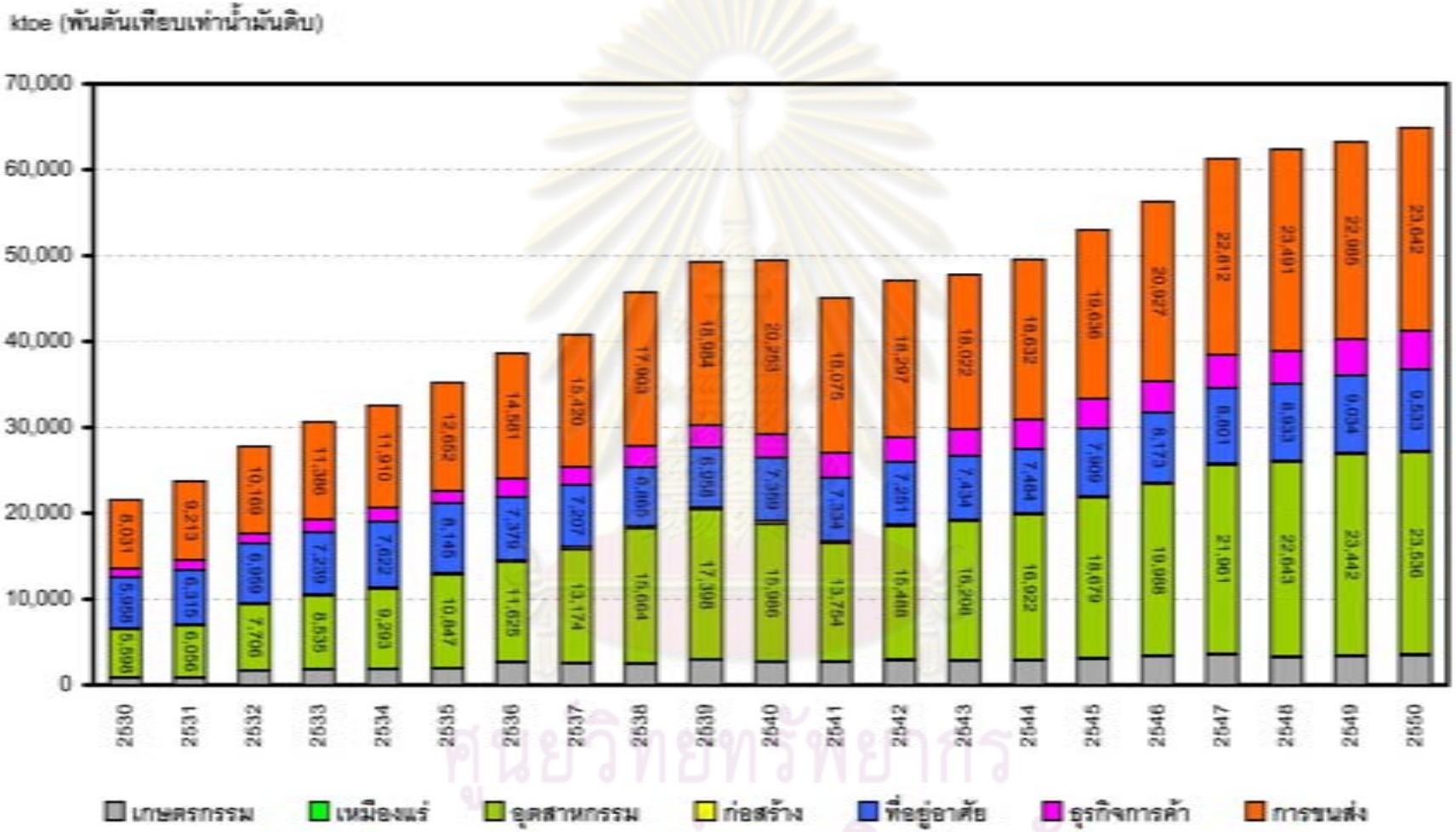
- ด้านการเงิน และสภาพคล่องทางการเงิน ในการทำงานก่อสร้างไม่สัมพันธ์กับการเบิกจ่ายเงิน การแบ่งงวดงานที่ไม่สอดคล้องกับขั้นตอนการทำงาน
- ด้านแรงงานช่างฝีมือ คุณภาพของช่าง หรือการขาดแคลนช่างฝีมือในช่วงเทศกาล และฤดูกาลต่าง ๆ

- ด้านวิธีการก่อสร้าง และเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการก่อสร้างอาคารแต่ละประเภท แต่ละพื้นที่ จะมีวิธีการก่อสร้างที่แตกต่างกันไป
- ด้านสภาพแวดล้อม สภาพภูมิอากาศ และสภาพที่ตั้งของอาคาร
- ด้านแบบและรายการข้อกำหนด ที่ไม่สมบูรณ์ หรือการแก้ไขเปลี่ยนแปลงแบบในระหว่างการก่อสร้างอาคาร จนอาจเกิดปัญหาความขัดแย้งกันระหว่างเจ้าของอาคารและผู้รับเหมา
- ด้านระยะเวลา ซึ่งเป็นผลรวมของปัญหา และข้อจำกัดต่างๆ ทำให้การก่อสร้างอาคารไม่แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด
- ค่าใช้จ่ายโดยรวม ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ก่อสร้าง และใช้งานอาคาร และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในอนาคต

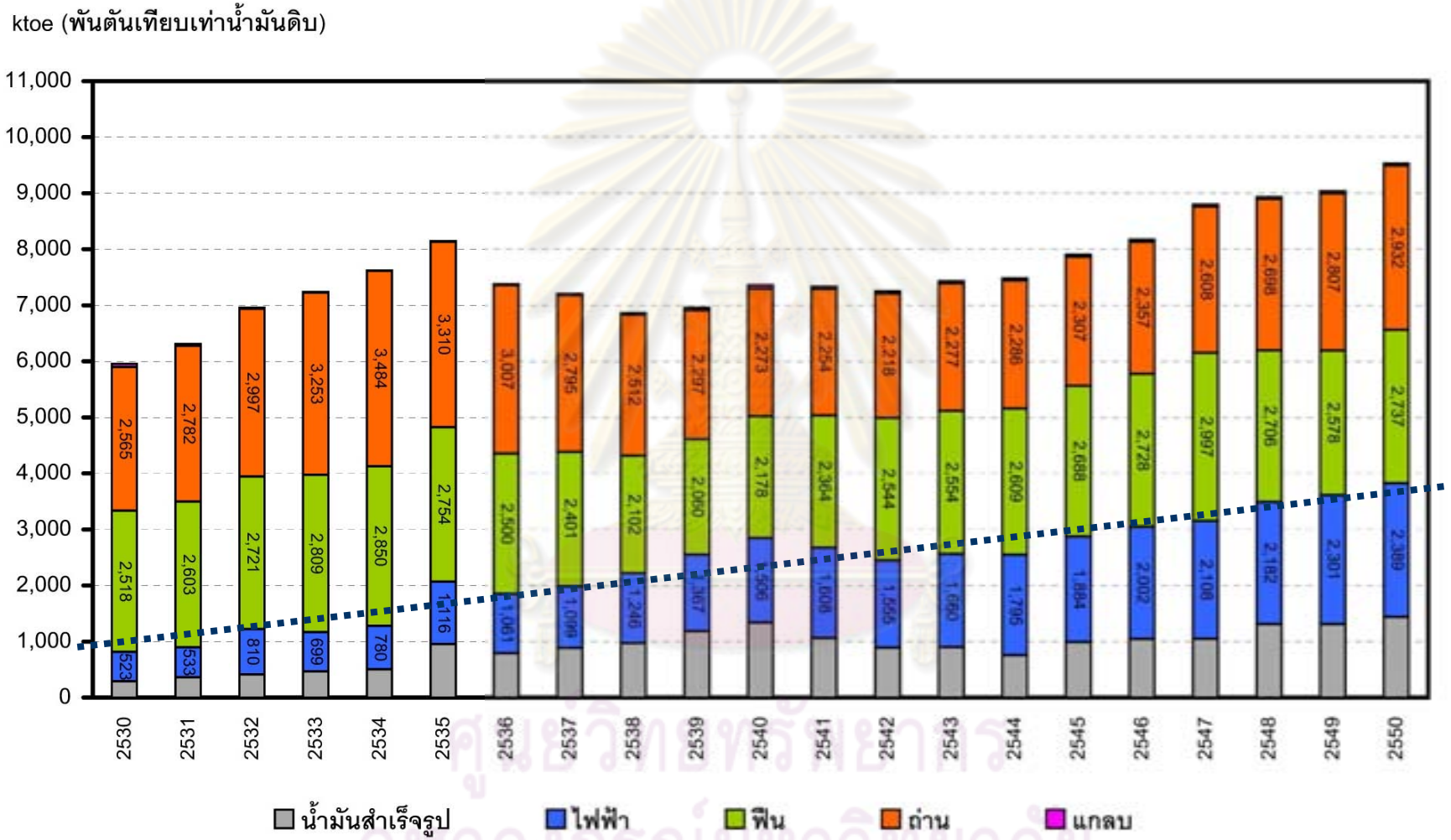
การออกแบบอาคารโดยทั่วไป ที่มักจะไม่คำนึงถึงขั้นตอน และวิธีการก่อสร้างอาคารที่เหมาะสม ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ในการก่อสร้างอาคารตามมา ประกอบกับราคาค่าวัสดุก่อสร้างทุกชนิดมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี จากแผนภูมิที่ 1.1 ซึ่งถือเป็นปัญหาหลักที่ทำให้ค่าก่อสร้างอาคารสูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากค่าวัสดุก่อสร้างเป็นค่าใช้จ่ายหลักในการก่อสร้างอาคาร ที่มีสัดส่วนโดยรวมสูง และจากแผนภูมิที่ 1.2 แสดงถึงค่าแรงงานขั้นต่ำที่มีแนวโน้มสูงขึ้น ทำให้ค่าก่อสร้างอาคารในอนาคตจะสูงขึ้นตามไปด้วย จึงได้เกิดแนวคิดในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน เพื่อลดปัญหาและข้อจำกัดในการก่อสร้างอาคารที่เกิดขึ้น

1.1.2 ปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

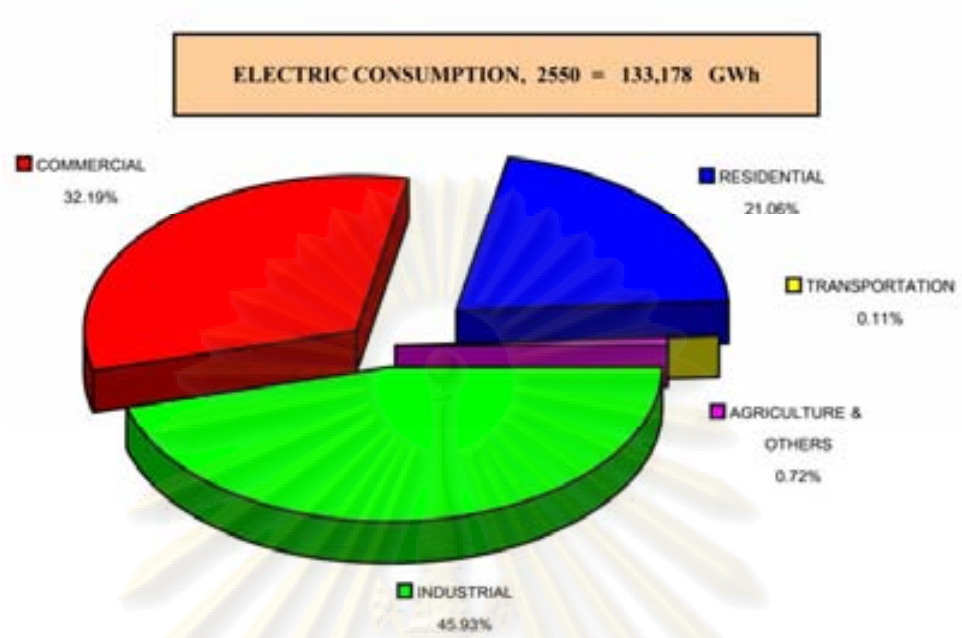
ในประเทศไทยมีการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2550 รวมทั้งสิ้น 64,886 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2549 ร้อยละ 2.6 สำหรับการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 82.1 ที่เหลืออีกร้อยละ 17.9 เป็นการใช้พลังงานหมุนเวียนสำหรับการใช้ไฟฟ้า รวมทั้งสิ้น 11,348 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2549 ร้อยละ 4.2 โดยเป็นสัดส่วนร้อยละ 21.3 ของการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้เป็นการใช้ในสาขาอุตสาหกรรมมากที่สุดคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 45.0 รองลงมาเป็นการใช้ในสาขาธุรกิจการค้า สาขาบ้านอยู่อาศัย และสาขาอื่น ๆ อีกเป็นสัดส่วนร้อยละ 32.7, 21.1 และ 1.2 ตามลำดับ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)



แผนภูมิที่ 1.3 การใช้พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบของประเทศไทย จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2550 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)



แผนภูมิที่ 1.4 การใช้พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบในสาขาบ้านอยู่อาศัย จำแนกตามชนิดพลังงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2550 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)



แผนภูมิที่ 1.5 การใช้พลังงานไฟฟ้า จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ พ.ศ. 2550

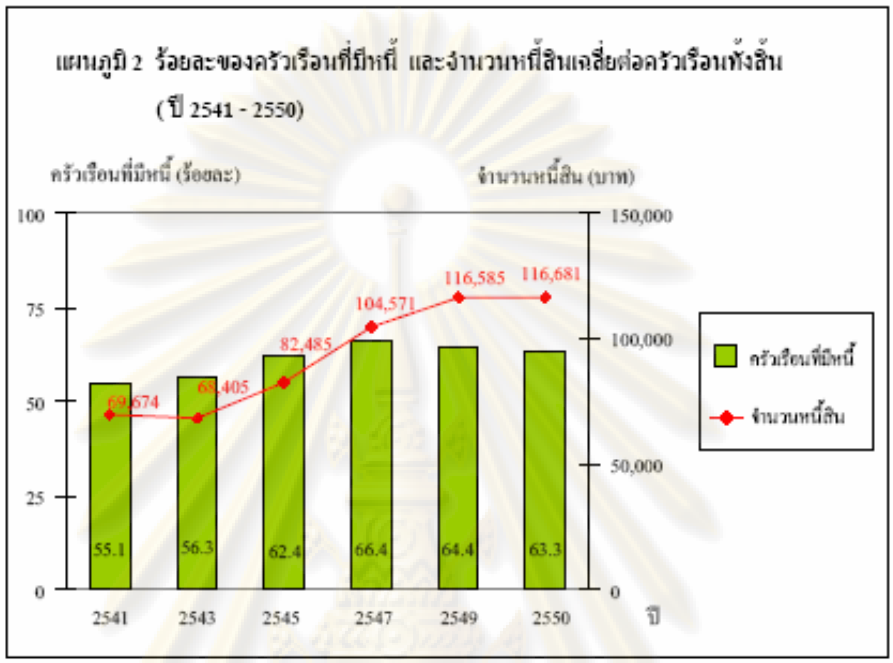
จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นชัดเจนว่าการใช้พลังงานในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปีในทุกสาขาเศรษฐกิจ โดยเฉพาะในสาขาที่อยู่อาศัยซึ่งมีข้อจำกัดในด้านเศษรฐกิจน้อยกว่าสาขาอื่น และสามารถพัฒนาปรับปรุงที่อยู่อาศัยให้ลดการใช้พลังงานลงได้อย่างมีประสิทธิภาพหากมีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานอย่างแท้จริง ซึ่งการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืนนั้น เป็นแนวทางที่เหมาะสมอย่างยิ่งต่อการแก้ไข และลดปัญหาทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

1.1.3 ปัญหาด้านรายรับ รายจ่ายและหนี้สินของประชากร

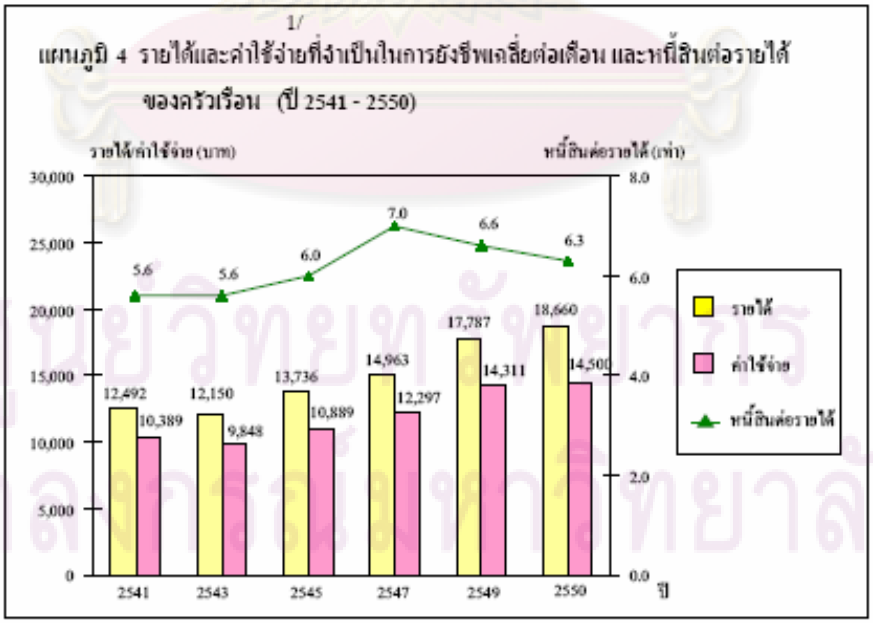
ในประเทศไทยประชากรส่วนใหญ่มีรายได้หลังหักค่าใช้จ่ายต่ำลง ในขณะที่มีหนี้สินเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีกำลังในการเลือกซื้อหรือผ่อนชำระค่าที่อยู่อาศัยไม่มากนัก จึงเป็นข้อจำกัดในด้านการเลือกที่อาศัยที่เหมาะสมแก่รายได้ของแต่ละครัวเรือน ที่อยู่อาศัยที่มีคุณภาพส่วนใหญ่จะมีราคาสูงมาก ไม่เหมาะสมกับประชากรส่วนใหญ่ของประเทศ อีกทั้งการเลือกอยู่อาศัยในที่อยู่อาศัยที่มีคุณภาพชีวิตที่ดี จะมีค่าใช้จ่ายจากการใช้งานอาคารสูงขึ้นตามไปด้วย

จากแผนภูมิที่ 1.6 และ 1.7 สรุปว่า ในปี พ.ศ.2550 ครัวเรือนในประเทศไทยไทยมีรายได้เฉลี่ย 18,660 บาทต่อเดือน และมีรายจ่ายเฉลี่ยอยู่ที่ 14,500 บาทต่อเดือน หมายความว่าครัวเรือนในประเทศไทยมีเงินเหลือ ประมาณ 4,160 บาทต่อเดือน โดยมีหนี้สินเฉลี่ย 116,681 บาท แสดงให้เห็นว่าครอบครัวในประเทศไทยมีรายได้หลังหักค่าใช้จ่ายต่อเดือนโดยเฉลี่ยแล้วต่ำมาก จนไม่สามารถซื้อบ้านที่มีคุณภาพชีวิตที่ดี แต่มีราคาสูงได้ การพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่ง

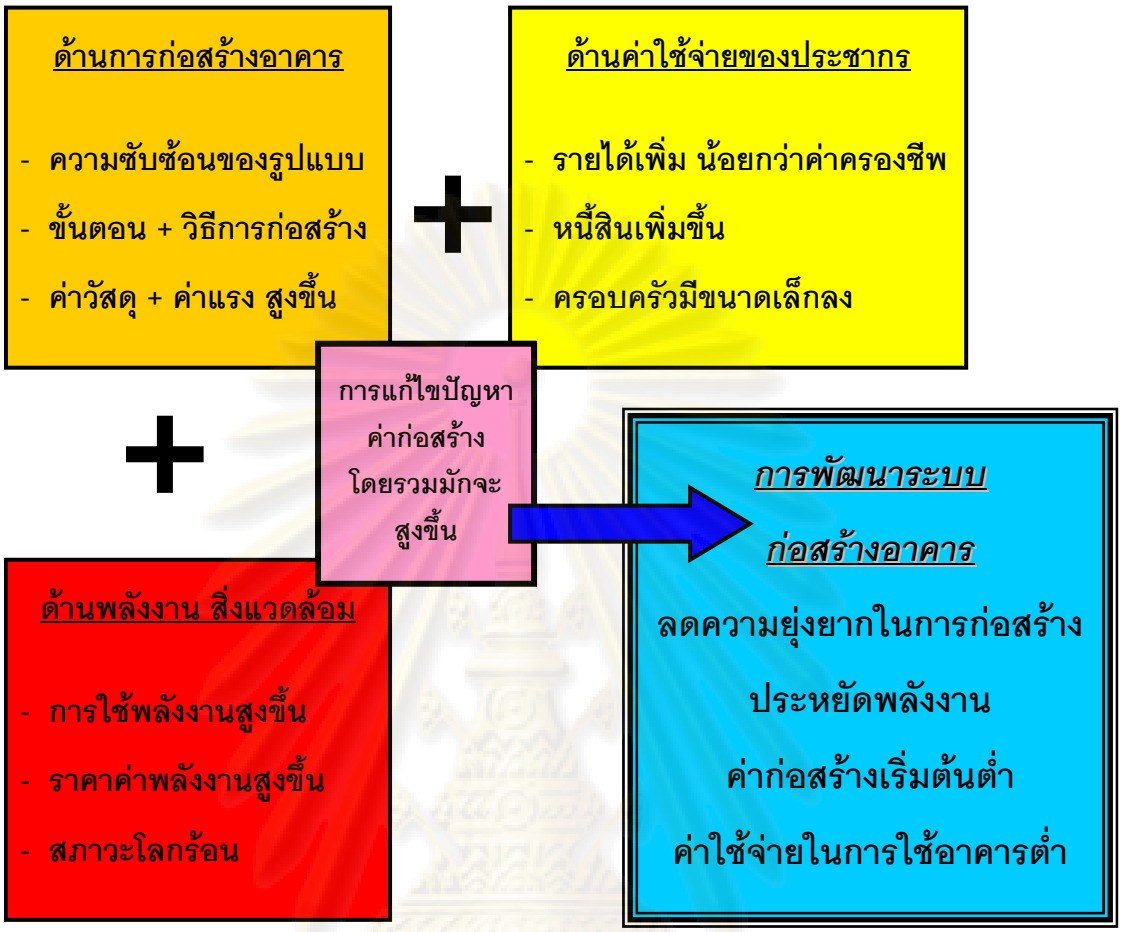
สำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน จึงเป็นแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายสำหรับการอยู่อาศัยให้แก่ประชาชนอย่างแท้จริง



แผนภูมิที่ 1.6 ร้อยละของครัวเรือนที่มีหนี้สิ้น และจำนวนหนี้สิ้นเฉลี่ยต่อครัวเรือน ในปี พ.ศ. 2541 – 2550 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2550)



แผนภูมิที่ 1.7 รายได้และค่าใช้จ่ายที่จำเป็นในการยังชีพเฉลี่ยต่อเดือน และหนี้สินต่อรายได้ของครัวเรือน ในปี พ.ศ. 2541 – 2550 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2550)



แผนภูมิที่ 1.8 สรุปปัญหาและแนวทางในการทำวิจัย

แนวทางการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน ต้องปรับเปลี่ยนกระบวนการคิดดั้งเดิมที่ฝังรากลึกอยู่ภายใน ที่เคยชินกับวัสดุประกอบอาคารที่มีมวลสารมาก มีน้ำหนักมาก สามารถทุบเจาะตอกตะปูได้ การเปลี่ยนแนวความคิดในการเลือกวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง ต้องอาศัยการเรียนรู้ ต้องปรับเปลี่ยนเทคนิควิธีการก่อสร้างอาคาร โดยการเลือกใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา สามารถก่อสร้างได้ง่าย สามารถป้องกันความร้อนและความชื้นได้ดี การเลือกใช้ระบบก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งเป็นการนำเอาวิธีการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมผสมผสานเข้ากับวิธีการออกแบบการผลิต และปฏิบัติงานในสถานที่ก่อสร้าง การตลาด การเงินและการบริหารของโครงการในตัวอาคาร เพื่อให้บรรลุเป้าหมายหลัก ในการลดต้นทุน เวลา และแรงงานในการก่อสร้าง โดยยังมีคุณภาพชีวิตในการอยู่อาศัยที่ดีมากขึ้น นำไปสู่การพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคาร และค่าใช้จ่ายโดยรวม ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

2. เพื่อหาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการก่อสร้างอาคาร ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

3. เพื่อประยุกต์ใช้ตัวแปรต่าง ๆ ในการออกแบบอาคารต้นแบบด้วยการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

4. เพื่อเสนออาคารต้นแบบ จากการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน พร้อมทั้งประเมินค่าใช้จ่าย ระยะเวลาในการก่อสร้าง ตรวจสอบศักยภาพในการประหยัดพลังงาน และการลงทุน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการออกแบบบ้านพักอาศัย กำหนดให้ผู้อยู่อาศัยอยู่ในสภาวะน่าสบาย
2. ขอบเขตด้านการจัดพื้นที่ใช้สอย

2.1 ขนาดและความสูงของที่ว่างที่น้อยที่สุด สำหรับรองรับการใช้สอยทำกิจกรรมต่างๆ ยึดถือเกณฑ์ตามหนังสือ Time-saver standards for housing and residential development

2.2 ขนาดของบ้านพักอาศัย เพื่อลดพื้นที่เปลือกอาคาร และค่าใช้จ่ายโดยรวม ที่ใช้ในการวิจัย จะเป็นบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก มีผู้อยู่อาศัยจำนวน 2 คน ประกอบด้วยส่วนรับแขก ส่วนนอน ห้องน้ำ 1 ห้อง และส่วนเตรียมอาหาร

3. สถานที่ก่อสร้างอาคารต้นแบบ อยู่บริเวณเขาใหญ่ ตำบลหมูสี อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

4. ข้อมูลด้านราคาค่าก่อสร้าง และระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง ในการวิจัยเป็นข้อมูลสามารถค้นหาได้จากฐานข้อมูลภายในประเทศไทยปี พ.ศ. 2551 อ้างอิงจากราคาวัสดุก่อสร้างกรุงเทพมหานคร (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) ปี 2551 จากกระทรวงพาณิชย์ หนังสือราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยสำเร็จรูป (อัลฟา ทีม, 2545) คู่มือรวมข้อมูลก่อสร้าง (นรมิตร ลิ่วธนมงคล, 2538) และกลุ่มออกแบบและก่อสร้าง กระทรวงศึกษาธิการ ประกอบกับข้อมูลจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่าย จากประสบการณ์ในการทำงานของผู้วิจัย

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

เขตสบาย หรือ โซนสบาย (Comfort Zone) เป็นขอบเขตของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกร้อน-หนาวของมนุษย์ โดยทั่วไปหมายถึง โซน (Zone) ที่มนุษย์ตัดสินไม่ได้ว่าร้อนหรือหนาว สภาวะดังกล่าวที่มนุษย์ไม่รู้สึกร้อนหรือหนาวนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหรือตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษย์ 6 ตัวแปร ได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศ (Air temperature)
2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)
3. อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (Mean radiant temperature)
4. ความเร็วลม (Air velocity)
5. อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolism rate)
6. เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo-value)

สภาวะน่าสบาย หมายถึง สภาวะที่ร่างกายไม่รู้สึกร้อนหรือหนาวจนเกินไป หรือร่างกายอยู่ในเขตสบาย

ค่าใช้จ่ายในการสร้างอาคาร ประกอบด้วย

1. ค่าบริการออกแบบ (Design cost)
2. ค่าวัสดุและอุปกรณ์ (Materials and equipment cost) ประกอบด้วย งานโครงสร้าง งานเปลือกอาคารภายนอก งานสถาปัตยกรรม และงานระบบประกอบอาคาร
3. ค่าแรงงาน (Labour cost)
4. ค่าอำนวยการ (Management cost) ประกอบด้วย ค่าบริหารจัดการ ค่าดอกเบี้ย กำไรในการก่อสร้าง และภาษี
5. ค่าการใช้งานอาคาร (Operation cost) ได้แก่ ค่าพลังงาน, ค่าบำรุงรักษาอาาร และค่าแรงงานในการบำรุงรักษาอาคาร
6. ค่าโอกาสที่ได้จากการการก่อสร้างอาคาร (Opportunity cost) ได้แก่ ค่าการได้ใช้อาคารเร็วขึ้น เงินลงทุน และดอกเบี้ยเงินกู้

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

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคารและค่าใช้จ่ายโดยรวม ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

2. ทราบถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการก่อสร้างอาคาร ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา

3. เป็นแนวทางในการออกแบบและก่อสร้างอาคาร ด้วยการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

4. ได้รูปแบบอาคารต้นแบบจากการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน ที่ช่วยลดค่าก่อสร้าง ระยะเวลา แรงงาน และค่าการใช้พลังงานของเจ้าของอาคาร และประเทศชาติ

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาการก่อสร้างอาคารและค่าใช้จ่ายโดยรวม ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน จากประสบการณ์ในการก่อสร้างอาคาร

2. วิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการก่อสร้างอาคาร ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

3. ประยุกต์ใช้ตัวแปรต่าง ๆ ในการออกแบบ และก่อสร้างอาคารต้นแบบในพื้นที่ทดลอง จากตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้ศึกษา ด้วยการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน พร้อมทั้งเก็บข้อมูลในการก่อสร้างอาคารต้นแบบ และประเมินประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ เปรียบเทียบกับอาคารทั่วไป

4. นำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการศึกษา มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ ก่อสร้างอาคารให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในประเทศไทย สรุปผลและเสนออาคารต้นแบบ จากการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 การก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม

2.1.1 ความหมายของการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม

อาคารระบบอุตสาหกรรม (Industrialized Building) คือ อาคารที่สร้างขึ้นโดยระบบทางอุตสาหกรรม โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ คือ เงินทุน ที่ดิน พลังงาน ช่างฝีมือ แรงงาน วัสดุ ผลิตภัณฑ์ เทคโนโลยี และการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด เพื่อสนองต่อความต้องการของผู้ใช้อาคาร ได้อย่างเหมาะสม

เกณฑ์ในการพิจารณาว่า ระบบการก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมหรือไม่นั้น สามารถพิจารณาจากเกณฑ์ 4 ประการดังนี้ คือ

1. เป็นกระบวนการผลิตคราวละมาก ๆ โดยมีมาตรฐานของผลผลิต
2. ใช้เครื่องจักรในกระบวนการผลิต
3. เข้มงวด เอาใจใส่ในทุกกระบวนการผลิต
4. ใช้แรงงานที่มีความชำนาญเฉพาะด้านสำหรับงานบางอย่าง

ชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Prefabrication) หมายถึง ผลผลิตของชิ้นส่วนต่างๆ ที่ผลิตขึ้นสำหรับการก่อสร้างอาคาร ซึ่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปเหล่านี้จะอาศัยมาตราส่วนที่ได้มาตรฐานเดียวกัน เพื่อใช้ในการออกแบบ การผลิตที่โรงงาน และการประกอบติดตั้งที่หน่วยงาน (Nissen, 1972)

การก่อสร้างอุตสาหกรรม เป็นการนำเอาวิธีการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมประสานเข้ากับวิธีการออกแบบการผลิต และปฏิบัติงานในสถานที่ก่อสร้าง การตลาด การเงิน และการบริหารของโครงการในตัวอาคาร ข้อได้เปรียบของการผลิตชิ้นส่วนอาคาร และประกอบในที่ที่ก่อสร้างมีดังนี้

1. สามารถผลิตได้จำนวนมาก
2. มีการควบคุมคุณภาพอย่างเต็มที่
3. ลดเวลาการก่อสร้าง
4. การประกอบชิ้นส่วนมักไม่ขึ้นกับสภาวะอากาศ
5. ต้องการช่างฝีมือในที่ที่ก่อสร้างเป็นจำนวนน้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 ข้อคำนึงในการออกแบบอาคารระบบอุตสาหกรรม

ในการออกแบบอาคารที่ประกอบจากชิ้นส่วนสำเร็จรูป จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. ความแข็งแรงของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น จะต้องให้แข็งแรงเพียงพอกับสภาพการใช้งานเมื่อประกอบเข้าที่แล้ว ตลอดจนจะต้องไม่เสียหายในขณะขนส่งและติดตั้งด้วย

2. การคำนวณถึงระบบโครงสร้าง ซึ่งประกอบกันเป็นอาคารทั้งระบบ เพื่อให้สามารถต้านทานแรงตามแนวราบ เช่น แรงลมได้

3. การคำนวณความแข็งแรงของรอยต่อต่าง ๆ ระหว่างชิ้นส่วน เพื่อสามารถให้ถ่ายทอดแรงที่เกิดขึ้นไปยังส่วนของอาคารที่จะรับน้ำหนักต่อไปได้ เช่น รอยต่อระหว่างพื้นกับกำแพงจะต้องแข็งแรงพอที่พื้นจะส่งน้ำหนักตัวมันเอง และน้ำหนักจรบนพื้นผ่านไปลงบนกำแพงได้

4. การยกและการติดตั้งชิ้นส่วน เป็นสิ่งสำคัญในการต่อชิ้นส่วนสำเร็จ

2.1.3 ข้อดีของการก่อสร้างดวยระบบอุตสาหกรรม

สำหรับประโยชน์และข้อดีของการสร้างอาคารด้วยระบบอุตสาหกรรมที่จะมีต่องานก่อสร้างอาคาร อาจจะสรุปได้ดังนี้ เช่น

1. จะทำให้ราคาค่าก่อสร้างลดลง ซึ่งพิจารณาได้ 2 ด้าน คือ ราคาลดลงได้โดยตรงจากค่าวัสดุค่าก่อสร้าง และลดลงได้โดยทางอ้อมจากการลดระยะเวลาการก่อสร้าง เพราะระบบนี้สร้างอาคารได้เสร็จเร็วกว่า จะเป็นผลต่อเนื่องทำให้ประหยัดค่าดอกเบี้ยของเงินที่นำมาลงทุนสร้างอาคาร

2. การสร้างเสร็จได้เร็ว ทำให้ได้ผลตอบแทนต่อค่าของเงินที่ใช้ลงทุนเร็ว

3. คุณภาพของงานดีขึ้น เพราะสามารถควบคุมงานได้ใกล้ชิด

4. แก้ปัญหาการหยุดชะงักของงาน อันเนื่องมาจากสภาพดินฟ้าอากาศไม่อำนวย

5. สามารถจัดควบคุมระบบการทำงานได้เป็นสัดส่วน ทำให้ควบคุมการสร้างให้เป็นไปตามกำหนดเวลาได้แน่นอนดีกว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ตารางแผนผังพิกัดและระบบประสานทางพิกัด

ตารางพิกัดแผนผัง เป็นประโยชน์ไม่แต่เพียงต่อการออกแบบอาคารในลักษณะของการผลิตทางอุตสาหกรรม แต่จะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบอาคารที่มีการก่อสร้างในระบบทั่วไปเช่นกัน นอกจากนี้ การออกแบบแผนผังของกลุ่มอาคาร การออกแบบทางภูมิสถาปัตยกรรม และการวางผังอาคารในขณะที่เริ่มทำการก่อสร้าง การใช้ตารางพิกัดแผนผังในแบบจะให้ความสะดวกรวดเร็วในการให้มาตราส่วน การกำหนดจุด ตำแหน่ง และระยะของมวลต่าง ๆ ที่ถูกบรรจุอยู่ในพื้นที่

2.2.1 พิกัดแผนผังและตารางพิกัดแผนผัง

พิกัดแผนผัง ได้จากการกำหนดขึ้นของผู้ออกแบบตามความเหมาะสม โดยพิจารณาจาก หน่วยพิกัดมูลฐาน (Basic Module) และขนาดมาตรฐานของวัสดุผลิตทางอุตสาหกรรม พิกัดแผนผังมีค่าเป็นผลคูณของหน่วยพิกัดมูลฐาน ในลักษณะของหน่วยคูณพิกัด

การจัดตารางพิกัดแผนผัง มี 2 วิธี คือ

ก. ตารางพิกัดต่อเนื่อง เป็นการกำหนดพิกัดมูลฐานให้ต่อเนื่องกันเรื่อยไป ทั้งทางแนวตั้งและแนวนอน ซึ่งเป็นที่นิยมกันโดยทั่วไป

ข. ตารางพิกัดไม่ต่อเนื่อง เป็นการกำหนดพิกัดมูลฐานเป็นชุด และมีการเว้นช่วงเพื่อกำหนดเป็นส่วนประกอบของอาคาร เช่น เสา รอยชิ้นส่วน เป็นต้น

2.2.2 หน่วยพิกัดต่างๆ

หน่วยพิกัด คือ หน่วยของขนาดซึ่งใช้ เป็นตัวเพิ่มในการประสานทางมิติ อาจเป็นหน่วยที่ใช้วัดขนาดโดยการทวีคูณ โดยการลบออก หรือโดยการแบ่งออกก็ได้ ในการก่อสร้างได้มีการใช้ระบบประสานทางพิกัด และมีการพิจารณาใช้หน่วยพิกัดประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. หน่วยพิกัดวัสดุก่อสร้าง (Material Module) ขนาดของหน่วยพิกัด ในข้อนี้จะขึ้นอยู่กับ ธรรมชาติของวัตถุดิบ ความจำเป็นทางด้านเทคโนโลยีในการผลิต คุณสมบัติได้จากด้านคุณภาพของวัตถุ และความต้องการของตลาดและสภาวะการเศรษฐกิจของการผลิต

2. หน่วยพิกัดในการใช้งาน (Performance Module) ถูกกำหนดขึ้นมาจากวิธีการนำวัสดุไปใช้อย่างไร ซึ่งเกี่ยวข้องกับด้านคุณสมบัติทางโครงสร้าง สภาวะทางเทคนิค และทางเศรษฐศาสตร์

3. หน่วยพิกัดทางเรขาคณิต (Geometry Module) หมายถึง ระบบสัมพันธ์ของสัดส่วนของทั้งโครงสร้าง และของแผนผังทั่วไป ซึ่งหน่วยพิกัดนี้เกี่ยวโยงไปถึงเรื่องของส่วนประกอบ ที่เกี่ยวข้องทุกชนิด

4. หน่วยพิกัดการปฏิบัติการ (Handling Module) บังคับโดยธรรมชาติทางกายภาพของหน่วยพิกัดนั้น เช่น คำนึงถึงการขนส่ง การเก็บและการติดตั้ง การยกเคลื่อนย้ายด้วยเครื่องจักร และด้วยแรงงานธรรมดา การบรรจุเคลื่อนย้ายด้วยพาหนะขนส่ง

5. หน่วยพิกัดทางโครงสร้าง (Structural Module) สัมพันธ์เกี่ยวข้องกับขนาดความใหญ่โต ของช่วงพาด ขนาดตัววัสดุบรรจุระหว่างโครง หรือส่วนอื่น ที่พาดอยู่ข้างบน ความลึก ความหนา ของคาน ของพื้น เป็นต้น

6. หน่วยพิกัดส่วนมูล (Element Module) เป็นหน่วยพิกัดทางขนาดกว้างยาวของรูปร่างลักษณะอาคาร

7. หน่วยพิกัดรอยต่อ (Joint Module) จุดที่ต้องยึดแข็งแรง ต่างจากแนวชนที่ชิดกัน เพื่อความเรียบร้อย หน่วยพิกัดรอยต่อดังกล่าวนี้ ซับซ้อน ยุ่งยาก และสัมพันธ์กัน ต้องพิจารณาทั้ง 3 มิติ

8. หน่วยพิกัดส่วนประกอบอาคาร (Component Module) หน่วยพิกัดหน่วยนี้ มีความพิเศษนอกเหนือไปจากที่จะจัดเข้าไว้ใน Structure Module หรือ Element Module ได้ ตัวอย่างเช่น ตัวบันได ตัวลิฟท์ เป็นต้น

9. หน่วยพิกัดความคลาดเคลื่อน (Tolerance Module) ควรกำหนดตำแหน่งควรไว้เป็นระยะตามความจำเป็น เมื่อผิดพลาดทีละเล็กทีละน้อยมากเข้า ก็จัดตำแหน่งที่จะเป็นหน่วยพิกัดความคลาดเคลื่อนเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

10. หน่วยพิกัดการติดอุปกรณ์ (Installation Module) หน่วยพิกัดการติดอุปกรณ์ครอบคลุมไปถึงทั้งความสัมพันธ์ระหว่างกัน ทั้งตำแหน่งที่ตั้งด้วยของพวกอุปกรณ์ต่างๆ เช่น สายเคเบิ้ล ช่องเดินท่อ ช่องออก ท่อที่มีอยู่ในระบบการก่อสร้างทั้งสิ้น เป็นต้น

11. หน่วยพิกัดเครื่องใช้อาคาร (Fixture Module) หน่วยพิกัดขนาดอุปกรณ์เครื่องใช้ เครื่องเรือน ติดกับที่ทั้งหลาย เช่น ตู้ โต๊ะ อ่าง เครื่องครัว ผลิตภัณฑ์ได้จากตลาด จากห้องทดลองและอุปกรณ์ต่างๆ

12. หน่วยพิกัดการออกแบบ (Planning Module) หน่วยพิกัดการออกแบบวางแผน เป็นผลรวมของหน่วยพิกัดทั้งหลายที่กล่าวแล้ว การปรับนำมาใช้ร่วมกันให้ได้ หน่วยพิกัดนี้จะควบคุมหัวข้อต่างๆ ของหน่วยพิกัดที่กล่าวถึงข้างต้นให้นำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.3 **ระบบประสานทางพิกัด**

ระบบประสานทางพิกัด คือ วิธีช่วยในการทำงานออกแบบก่อสร้าง ที่ช่วยให้สถาปนิก วิศวกรหรือผู้ก่อสร้าง สามารถทำงานได้สะดวกยิ่งขึ้น

จุดมุ่งหมายอันสำคัญของระบบการประสานทางพิกัด คือ ช่วยกำหนดให้ส่วนประกอบในอาคารเหล่านั้น มีความสัมพันธ์กันในมิติ หรือขนาดจนสามารถก่อสร้าง ติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็วโดยไม่ต้องตัดแต่ง ระบบนี้ได้กำหนดหน่วยความยาวหลักขึ้นหน่วยหนึ่ง วางเป็นมาตรฐานเรียกว่า หน่วยพิกัดมูลฐาน ค่าของหน่วยที่จะมาเกี่ยวข้องกับการประสานทางพิกัดนี้จะต้องเป็นค่าที่เพิ่มหรือลด จากผลคูณของหน่วยพิกัดมูลฐาน

2.2.4 **ความเบี่ยงเบน** (Deviation)

ความเบี่ยงเบน คือ ความแตกต่างในการวัดระยะขนาดจริง ของส่วนประกอบกับขนาดทางพิกัดของส่วนประกอบนั้น ในงานออกแบบและก่อสร้างอาคาร โดยทั่วไปจะทำงานด้วยขนาดที่กำหนดแน่นอน แต่เนื่องจากการไม่มีความแม่น (Accuracy) ในทางปฏิบัติ การทำงานจึงต้องคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนและความเบี่ยงเบนอยู่ด้วยเสมอ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นในระยะใดระยะหนึ่งของการทำงานก็ได้ ความเบี่ยงเบนแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ

1. <u>ความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นในโรงงาน</u> เกิดจากสาเหตุดังนี้
    1. ความไม่แม่นในการวัดและควบคุมขนาด อาจเกิดจากเครื่องมือวัด ฯลฯ
    2. คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ เช่น คอนกรีตอาจมีการยืดหด
    3. วิธีการผลิต เช่น เกิดจากเครื่องจักร เป็นต้น
2. <u>ความเบี่ยงเบนในการติดตั้ง</u> เกิดจากสาเหตุดังนี้
    1. ความไม่แม่นในการวัดและควบคุมขนาด
    2. ขนาดและประเภทของชิ้นส่วนที่ใช้ไม่ได้ฉาก และมีรูปร่างยุ่งยาก
    3. วิธีการทำงานในการติดตั้ง ความรู้และเทคนิคไม่เหมาะสม

2.2.5 **ความคลาดเคลื่อน** (Tolerance)

ความคลาดเคลื่อน คือ ค่าของความแตกต่างของขนาดตามกำหนดที่ยินยอมให้ใหญ่สุด กับขนาดที่ยินยอมให้เล็กสุด และความคลาดเคลื่อนมีได้ 2 ประการ คือ ความคลาดเคลื่อนเกิดจากการผลิต และความคลาดเคลื่อน ณ ที่ก่อสร้าง อย่างไรก็ตาม ความคลาดเคลื่อนที่จะตกลงกันนั้น ได้รวมความคลาดเคลื่อนทั้งสองประการนี้เข้าไว้แล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นว่า ขนาดมูลฐานเป็นขนาดที่ผู้ออกแบบได้กำหนดขึ้น มีขนาดเป็นไปตามระบบพิกัด 6 พ. 12 พ. หรือ 600 มิลลิเมตร หรือ 1200 มิลลิเมตร แต่เมื่อมาเป็นขนาดใช้งานที่แท้จริง จำเป็นต้องคำนึงถึงรอยต่อ ขนาดใช้งาน จึงมีขนาดเล็กกว่าขนาดมูลฐานหรือขนาดตามพิกัด เท่ากับความกว้างของรอยต่อ และเมื่อถึงขั้นการผลิตและการติดตั้ง ขนาดใช้งานนั้น จำเป็นจะต้องพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนว่า จะยินยอมให้คลาดเคลื่อนไปทาง เท่าใด ซึ่งส่วนมากจะกำหนดให้มีระยะเท่ากัน และถ้างานนั้นไม่ใช่งานละเอียดหรือยุ่งยากในเรื่องมิติอาศัยกัน ก็ไม่จำเป็นต้องกำหนดความคลาดเคลื่อนก็ได้

รูปที่ 2.1 แสดงวิธีการหาค่าความคลาดเคลื่อน

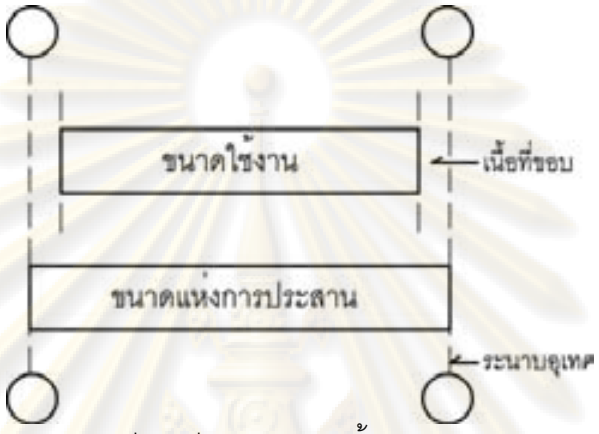
ในการติดตั้งส่วนประกอบหลายๆ ชิ้นเข้าด้วยกัน ระยะที่วัดได้ (Actual Measurement) หลังจากการติดตั้งนั้น จะมีขนาดอยู่ในระหว่างผลรวมของขนาดเล็กที่สุดที่ยินยอม กับขนาดใหญ่ที่สุดที่ยินยอม และการวัดความคลาดเคลื่อนรวม ให้ใช้การบวกความคลาดเคลื่อนของชิ้นส่วนที่ติดต่อกันเข้าด้วยกัน ซึ่งจะสามารถทราบความคลาดเคลื่อนรวมของชิ้นส่วนทั้งหมดได้อย่างชัดเจน

2.2.6 **มิติประสาน** (Co-Ordinating Dimensions)

มิติประสาน คือ มิติหรือระยะที่เตรียมไว้ เพื่อติดตั้งส่วนประกอบหรือกลุ่มของส่วนประกอบ หรือส่วนมูล (Element)

ขนาดประสาน = ขนาดใช้งาน + เนื้อที่ตรงขอบทั้ง 2 ด้าน

Co-Ordinating Size = Work Size + 2 Margins



รูปที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของชิ้นงานกับขนาดแห่งการประสาน

มิติประสานที่แน่นอน คือ มิติประสานของส่วนประกอบที่มีความเบี่ยงเบนเกิดขึ้นน้อยมาก จนสามารถถูกกลืนหายไป ในรอยต่อที่กำหนดให้ ขนาดประสานของส่วนประกอบก็จะไม่เปลี่ยน ซึ่งจะทำให้การทำงานในขั้นต่อมาดำเนินไปอย่างสะดวก ตัวอย่างเช่น การประกอบส่วนประกอบโครงสร้างใหญ่บางชนิด จำเป็นต้องมีขนาดประสานที่แน่นอนเมื่อติดตั้งแล้ว งานขั้นต่อไป เช่น การทำพื้น ติดตั้งผนัง หน้าต่าง ประตู จะถือมิติประสานของโครงสร้างเป็นหลักอ้างอิง

2.2.7 **การออกแบบด้วยระบบประสานทางพิกัด** (Modular Design Practice)

การออกแบบในระบบประสานทางพิกัด จะรวมขั้นการทำงานออกแบบและการวางแผนการทำงานก่อสร้างเข้าด้วยกัน ทั้งนี้ เพื่อจุดมุ่งหมายที่จะให้การทำงานมีการประสานกันโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสร้างซ้ำกันเป็นจำนวนมาก หรือการจัดแนวทางกำหนดขนาดมาตรฐานของส่วนประกอบ ดังนั้น การทำงานออกแบบจึงเป็นการทำงานแบบกลุ่ม คณะที่ร่วมกันทำงานอย่างจริงจัง คณะทำงานนี้ ประกอบด้วย สถาปนิก วิศวกร ผู้ผลิต ผู้ก่อสร้าง และเจ้าของ ทำงานขั้นการออกแบบ แก้ปัญหาและเตรียมการแก้ปัญหาล่วงหน้าที่อาจเกิดขึ้น ในขณะก่อสร้างให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

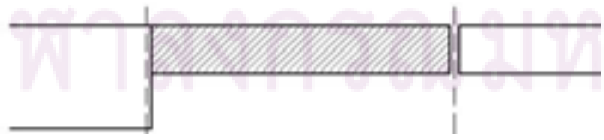
1. การรวบรวมข้อมูล ควรมีการรวบรวมข้อมูลหรือเอกสารที่จำเป็นมากที่สุด เช่น ความต้องการของเจ้าของอาคาร ประเภทของอาคาร วัสดุก่อสร้าง ความสามารถของผู้ก่อสร้าง เป็นต้น

2. การกำหนดตารางพิกัด ให้เหมาะสมกับประเภทอาคาร

3. การพิจารณาระบบก่อสร้าง โดยพิจารณาจากประสบการณ์และความสามารถของคณะทำงาน วัสดุก่อสร้าง ส่วนประกอบ และแรงงานที่มีในปัจจุบัน

4. การออกแบบส่วนประกอบ ขนาดของวัสดุโดยพิจารณาในด้านการผลิต การก่อสร้างหรือติดตั้ง และรอยต่อของส่วนประกอบเหล่านั้น การกำหนดรายละเอียดรอยต่อ มีวิธีแก้ปัญหาหลายแบบด้วยกัน ในที่นี้จะยกตัวอย่างให้เห็น 4 วิธี ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการแก้ปัญหาขอกงการออกแบบส่วนประกอบด้วยลักษรอยต่อแบบต่างๆ

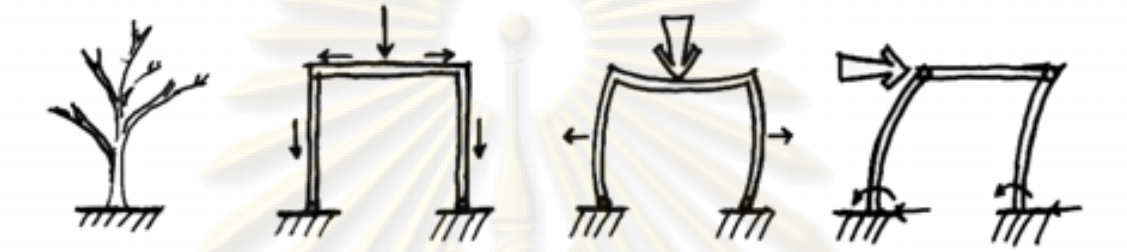
	ก.ส่วนประกอบที่ติดกัน โดยช่องว่างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่องรอยต่อ (แสดงถึงรอยต่อของชิ้นส่วนผนังกับชิ้นส่วนผนัง)
	ข.ส่วนประกอบที่ติดกัน โดยช่องว่างมากกว่าครึ่งหนึ่งของรอยต่อ (แสดงถึงรอยต่อของชิ้นส่วนผนังกับกำแพงอิฐ)
	ค.ส่วนประกอบที่ต่อ โดยช่องว่างน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของรอยต่อ (แสดงถึงรอยต่อของชิ้นส่วนผนังกับ Light-Weight Concrete Block เชื่อมรอยต่อด้วย Adhesive)
	ง.ส่วนประกอบที่ต่อกัน โดยไม่มีช่องว่าง ต้องพิจารณามิติพิกัดใหม่ (แสดงถึงขนาดชิ้นส่วนผนังกับคอนกรีต)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 ระบบโครงสร้างอาคาร

2.3.1 ระบบโครงสร้าง

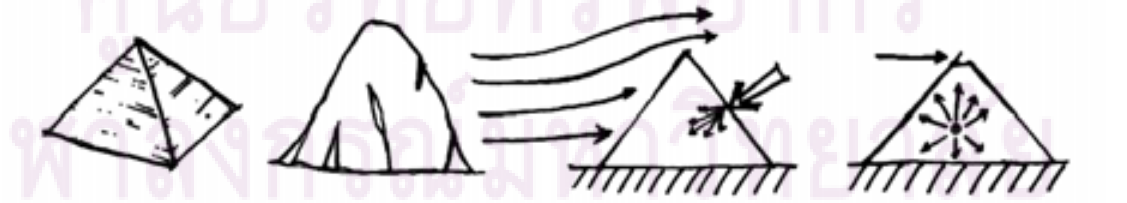
ก. Skeleton Structure เป็นโครงสร้างที่มีเสา คาน เป็นตัวหลักในการรับ ถ่ายแรง ผนังจะไม่รับน้ำหนัก จะพบในธรรมชาติ เช่น โครงต้นไม้ โดยทั่วไปจะพบเห็นโครงสร้างนี้กับอาคารส่วนใหญ่ เช่น บ้านพักอาศัย



รูปที่ 2.3 แสดงระบบโครงสร้างแบบ Skeleton Structure

โครงสร้างประเภทนี้คานจะต้องสามารถรับแรงเฉือน โมเมนต์ และแรงบิดได้ ในกรณีที่รับน้ำหนักบรรทุก หรือแรงด้านข้างมาก หรือแรงเยื้องศูนย์ จะทำให้เสารับโมเมนต์มากขึ้น อาจทำให้เสาวิบัติได้ แล้วจะส่งผลต่อทุกๆ โครงสร้างที่เชื่อมต่อกับเสา ให้วิบัติทั้งหมด จึงถือว่าเสาเป็นจุดที่ต้องแข็งแรงที่สุด และเป็นจุดที่ต้องระวังการวิบัติมากที่สุด

ข. Solid Structure เป็นโครงสร้างที่เกิดจากเนื้อวัสดุเป็นส่วนใหญ่ มีพื้นที่ใช้สอยน้อย ผนัง หลังคา มีความหนามาก สามารถรับน้ำหนักได้ จะพบในธรรมชาติ เช่น ภูเขา หรือก้อนหินขนาดใหญ่ โครงสร้างนี้ที่พบได้แก่ พีระมิดแห่งกิซ่า (Giza) ซึ่งกษัตริย์คุฟู (Khufu) ได้ทรงสร้างขึ้นเมื่อ 4,550 ปีก่อนนี้ ตัวพีระมิดทำด้วยหิน โดยมีฐานเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีด้านยาวด้านละ 230 เมตร สูง 146 เมตร และประกอบด้วยหินสองล้านสามแสนก้อน ทำให้หนักประมาณ 6 ล้าน 5 แสนตัน

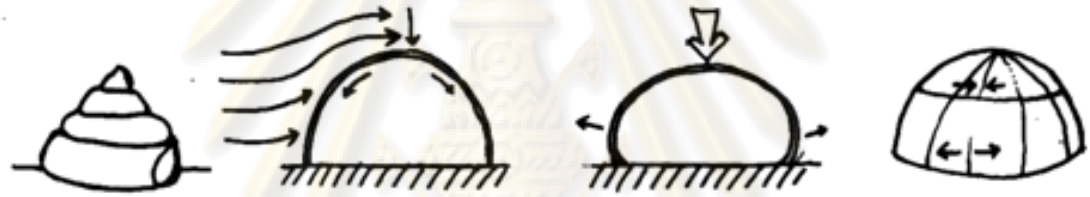


รูปที่ 2.4 แสดงระบบโครงสร้างแบบ Solid Structure

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การรับแรงของโครงสร้างประเภทนี้ จะขึ้นตรงกับเนื้อวัสดุ และรูปแบบของโครงสร้าง ในกรณีของพีระมิดมีลักษณะทึบตัน สามารถรับแรงกระทำเป็นจุด (Point Load) ได้มาก และสามารถกระจายแรง หรือในกรณีที่มีแรงกระทำมากเกิน เช่น แรงจากเครื่องบินพุ่งชน พีระมิดจะไม่วิบัติทั้งหมด ยังคงเหลือส่วนฐานที่มีความมั่นคงแข็งแรง แต่จุดวิกฤตของโครงสร้างอยู่ที่ แรงดันภายใน อย่างในกรณีการระเบิดภูเขา ที่ต้องฝังระเบิดอยู่ภายในโครงสร้างตามจุดต่างๆ แรงระเบิดนี้จะทำให้โครงสร้างชนิดนี้พังทลาย

ค. Surface Structure เป็นโครงสร้างที่ใช้พื้นผิวในการรับแรง โดยพื้นผิวจะมีความหนาน้อยมากเมื่อเทียบกับมิติอื่นๆ ของโครงสร้าง โครงสร้างจะรับน้ำหนักกระทำเป็นแรงดึง หรือแรงอัดที่มีแรงดัดเพียงเล็กน้อย รูปทรงมักจะได้รับการพัฒนามาจากรูปทรงตามธรรมชาติต่างๆ เช่น เปลือกหอย โครงสร้างเนื้อเยื่อของพืช และสัตว์

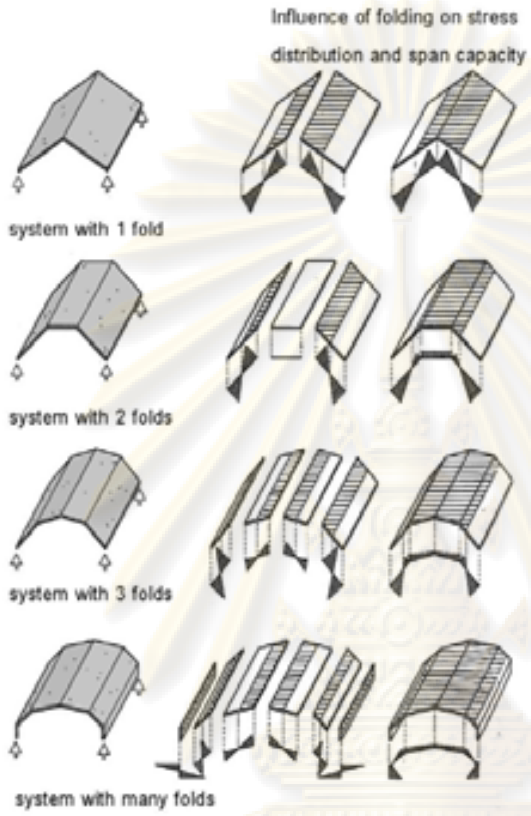
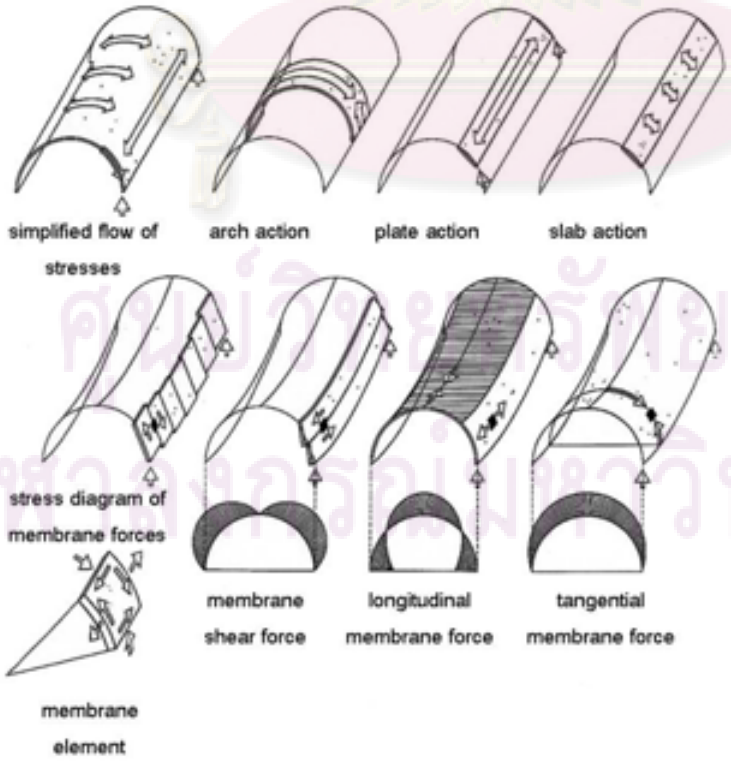


รูปที่ 2.5 แสดงระบบโครงสร้างแบบ Surface Structure

โครงสร้างประเภทนี้มีความบาง เบา สามารถรับน้ำหนักกระจายได้ดี คลุมพื้นที่ได้กว้างขวางโดยไม่ต้องมีจุดรองรับ (Support) โดยรอบต้องยึดแน่นกับที่เพื่อรับแรงถีบออกเนื่องจากการรับน้ำหนักในแนวดิ่ง แต่เนื่องจากความบาง ทำให้พื้นผิวของโครงสร้าง รับแรงกระทำเป็นจุดได้น้อย ถ้าแรงที่กระทำเป็นจุดมีพื้นที่น้อย ก็ไม่ทำให้โครงสร้างวิบัติทั้งหมด เหมือนกับหลังคากระเบื้องลอนคู่ที่โดยกระสุนปืนตกใส่ กระเบื้องจะไม่พังทั้งแผ่น แต่กระสุนปืนจะเจาะทะลุลงมาได้ จุดวิกฤตของโครงสร้างนี้จึงอยู่ที่จุดรองรับ

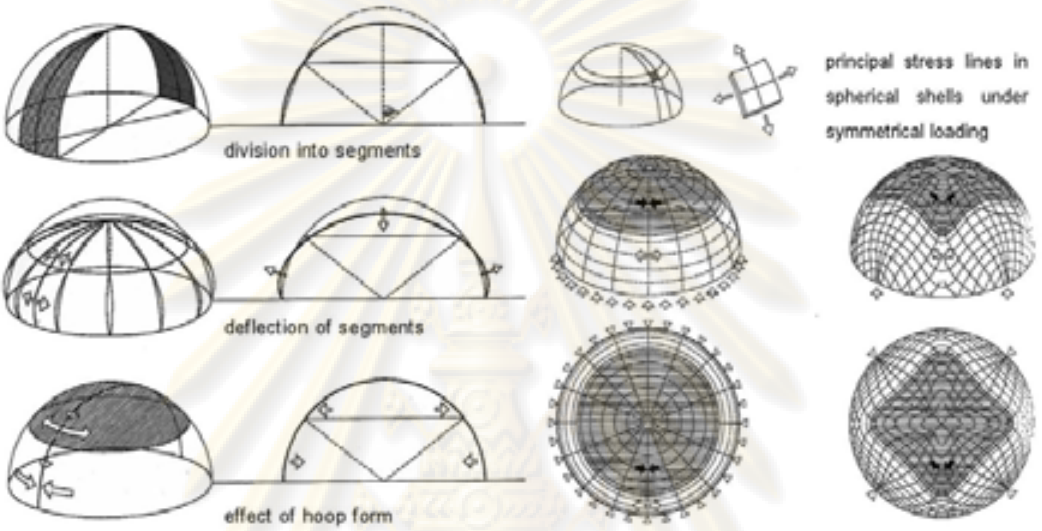
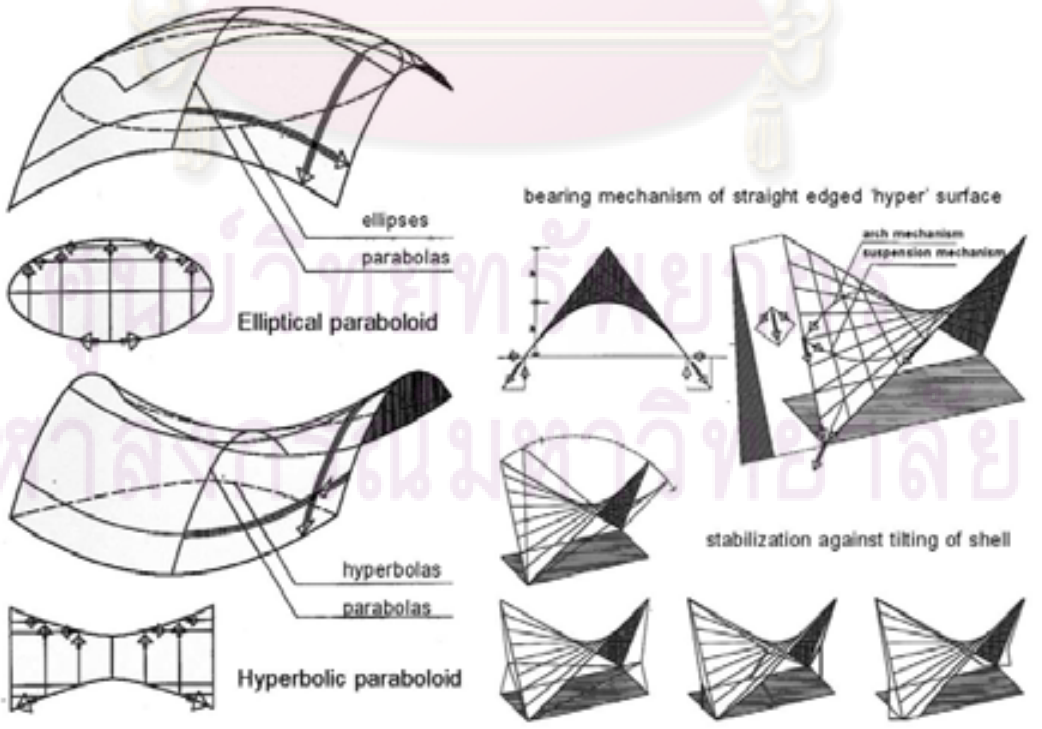
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างรูปแบบต่างๆ

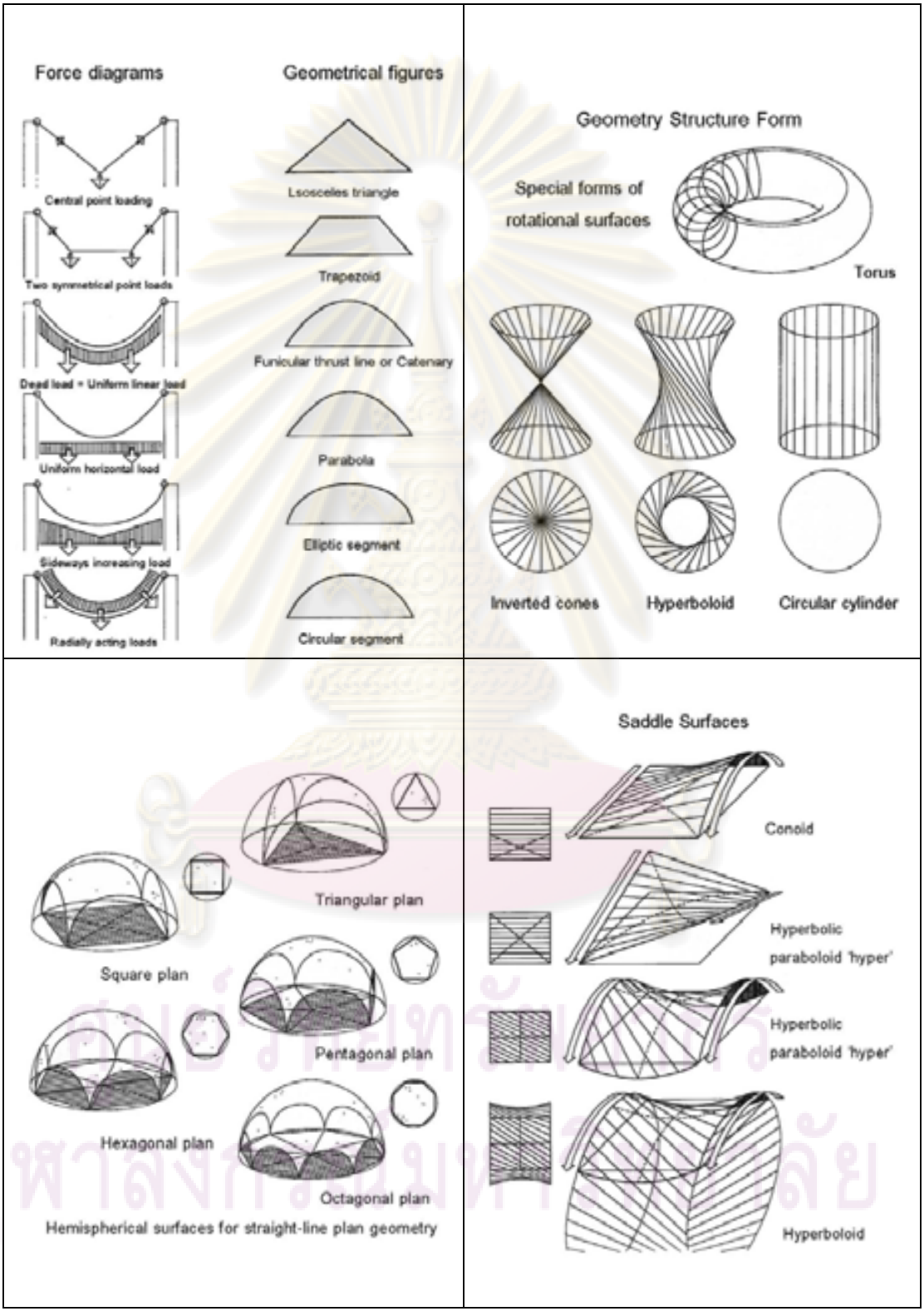
Surfaces Structure Systems	
	Folded Plate Structures
	Shell Structures: Cylindrical Shells

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

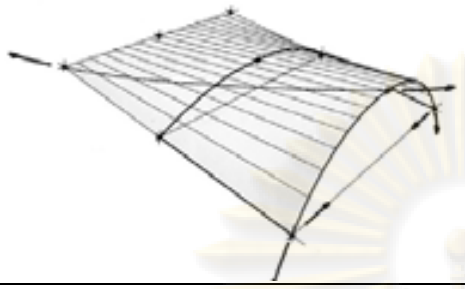
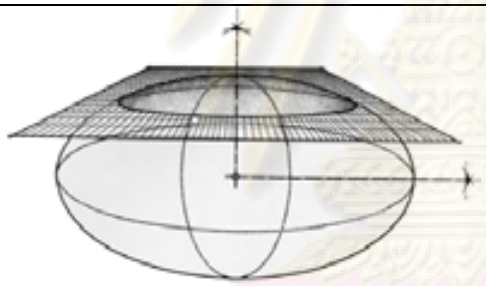
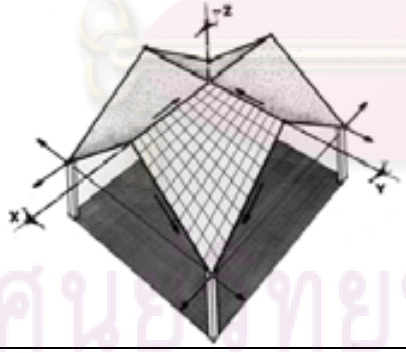
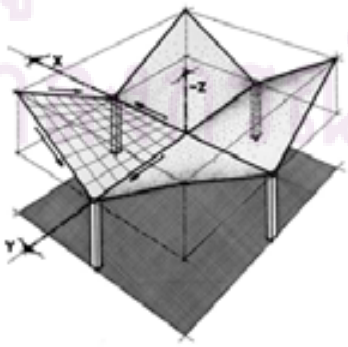
ตารางที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างรูปแบบต่างๆ (ต่อ)

Shell Structures: Dome Shells

Saddle Shells


ตารางที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างรูปแบบต่างๆ (ต่อ)

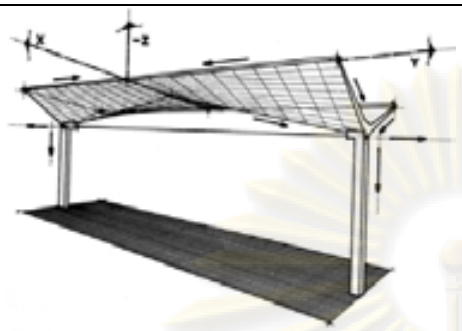
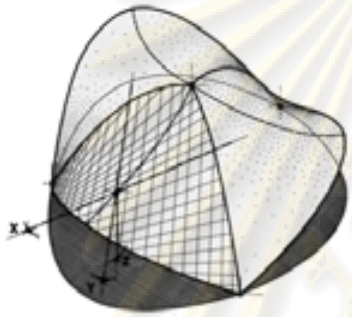
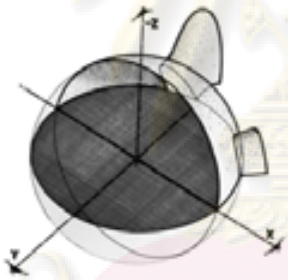
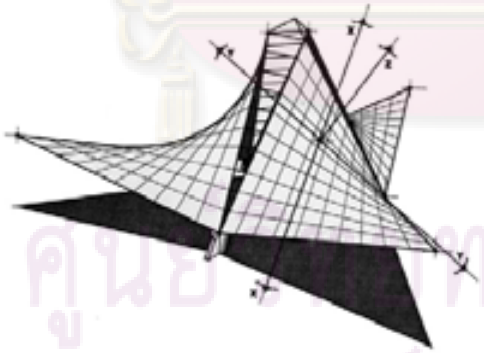
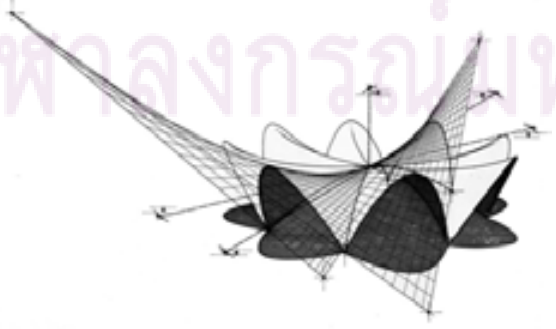


ตารางที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างเปลือกบาง

	**Conoids sawtooth vault** Fernandez Factory, San Bartolo, Mexico (1950) Design: Raul Fernandez
	Truncated cones Chemicd Sciences Auditorium Ciodad Universitaria (1952) Design: Guillermo Rosell & Enrique Yañez
	**Synclastic shapes Elliptical dome** Centro Gallego, Roma (1953) Design : Jose' Caridad mateo
	**Rectangular dome** Sedas Parisina factory, Xochimanca, Mexico (1953) Design : Jose' Gorbea
	**Turned upside-down rectangular dome** Lederle Laboratories, Calzada Tlalpam, Coapa (1955-56) Design : Alejandro Prieto

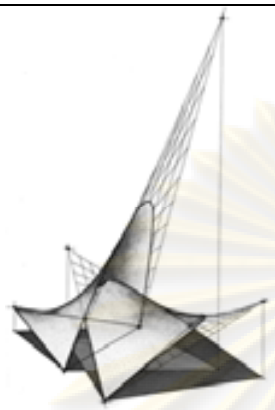
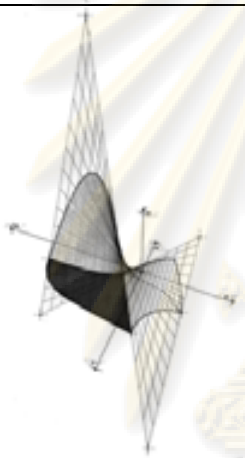
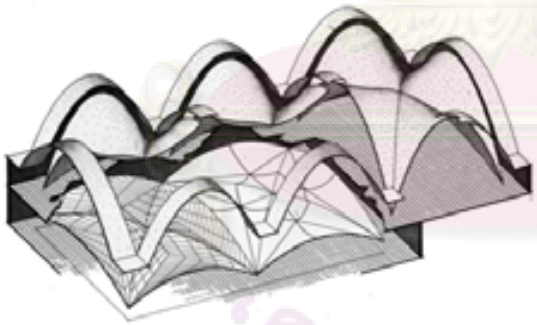
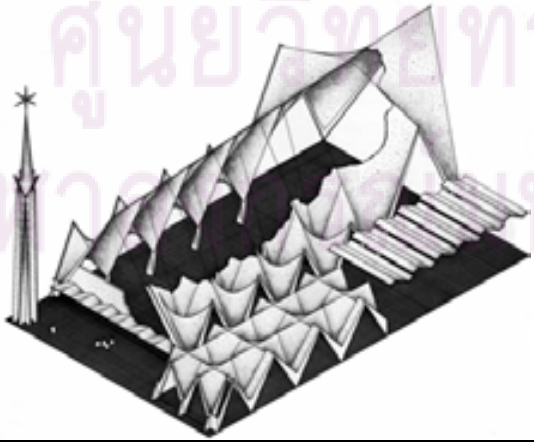
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างเปลือกบาง (ต่อ)

	**Dual-demi-umbrella** El Leon confectionery factory , Vallejo (1956-57) Design : Joaquin & Fernando Alrarez Ordoñez
	**Hypars curved free edges** La Jacaranda nightclub , Hotel EL Presidente , Acapulco , Guerrero (1957) Design : Jua Sordo Madaleno
	**Syndastic shapes Sections of spheres** La Jacaranda cabaret , Juarez (1954) Design : Max Borges , Jr
	**Three straight-edged shells** San Vicente de Paul Chapel , Coyoacan (1959-60) Design : Enrique de la Mora & Fernando Lopez Carmona
	**Octagonal groined vault** Restaurant , Xochimilco (1957-58) Design : Joaquin & Fernando Alrarez Ordoñez

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างเปลือกบาง (ต่อ)

	**A bell-shaped aperture** Nuestra Señora del Buen Consejo Church (1958) Design : Juan Sordo madaleno
	**Sweeping saddle shape** Chapel, Lomas de cuernaraca, morelos (1958-59) Design : Guillermo Rosell & Manuel Larrosa
	**Hypars setting the edge free** Saint Anthony of the Orchards Church, Calzada Mexico (1956) Design : Enrique de la mora & Fernando Lopez Carmona
	**A complex structure** Church of Our Miraculous Lady, Narvarte (1954-55)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.2 ข้อต่อหรือรอยต่อของโครงสร้าง

ก. <u>รูปแบบการต่อเชื่อม</u> โดยทั่วไปการเชื่อมต่อองค์อาคารเข้าด้วยกันจะสามารถกระทำได้เป็น 3 วิธีดังนี้

- การต่อแบบชน (Butt Joints) หมายถึงจุดต่อที่องค์อาคารมาต่อเชื่อมกันโดยมีตัวกลาง เช่น อุปกรณ์ยึดทำหน้าที่เชื่อมยึดองค์อาคารเข้าด้วยกัน

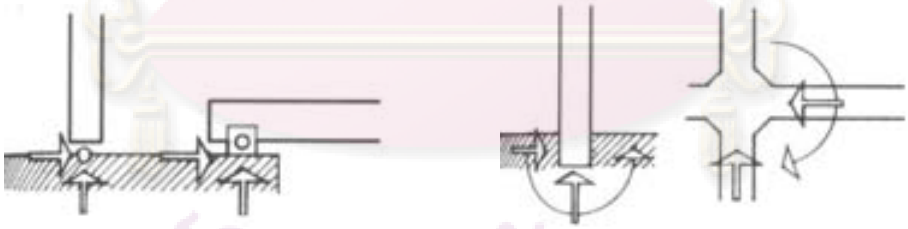
- การต่อแบบทาบหรือพาด (Overlapping Joints) หมายถึงจุดต่อที่องค์อาคารสามารถต่อทาบแบบต่อเนื่อง หรือพาดผ่านจุดต่อในอีกทิศทางหนึ่ง

- การต่อแบบเข้าเดือย (Molded and Shaped Joints) หมายถึงจุดต่อที่ได้ออกแบบองค์อาคารให้มีเดือย และร่องไว้ล่วงหน้าแล้ว

ข. <u>อุปกรณ์ยึด</u> (Connector) สำหรับข้อต่อหรือรอยต่อมีอยู่หลายชนิด เช่น หมุดย้ำ สลักเกลียว การเชื่อมหรือใช้กาวยึด ในทางทฤษฎีข้อต่อหรือรอยต่อจะแบ่งได้เป็น 3 แบบดังต่อไปนี้

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

- ข้อต่อแบบแข็งหรือยึดแน่น (Rigid or Fixed Joints) หมายถึงข้อต่อหรือรอยต่อที่ไม่ยอมให้องค์อาคารเคลื่อนตัวหรือหมุนรอบจุดต่อได้ เป็นข้อต่อที่ต้านทานโมเมนต์และแรงกระทำในทุกทิศทาง

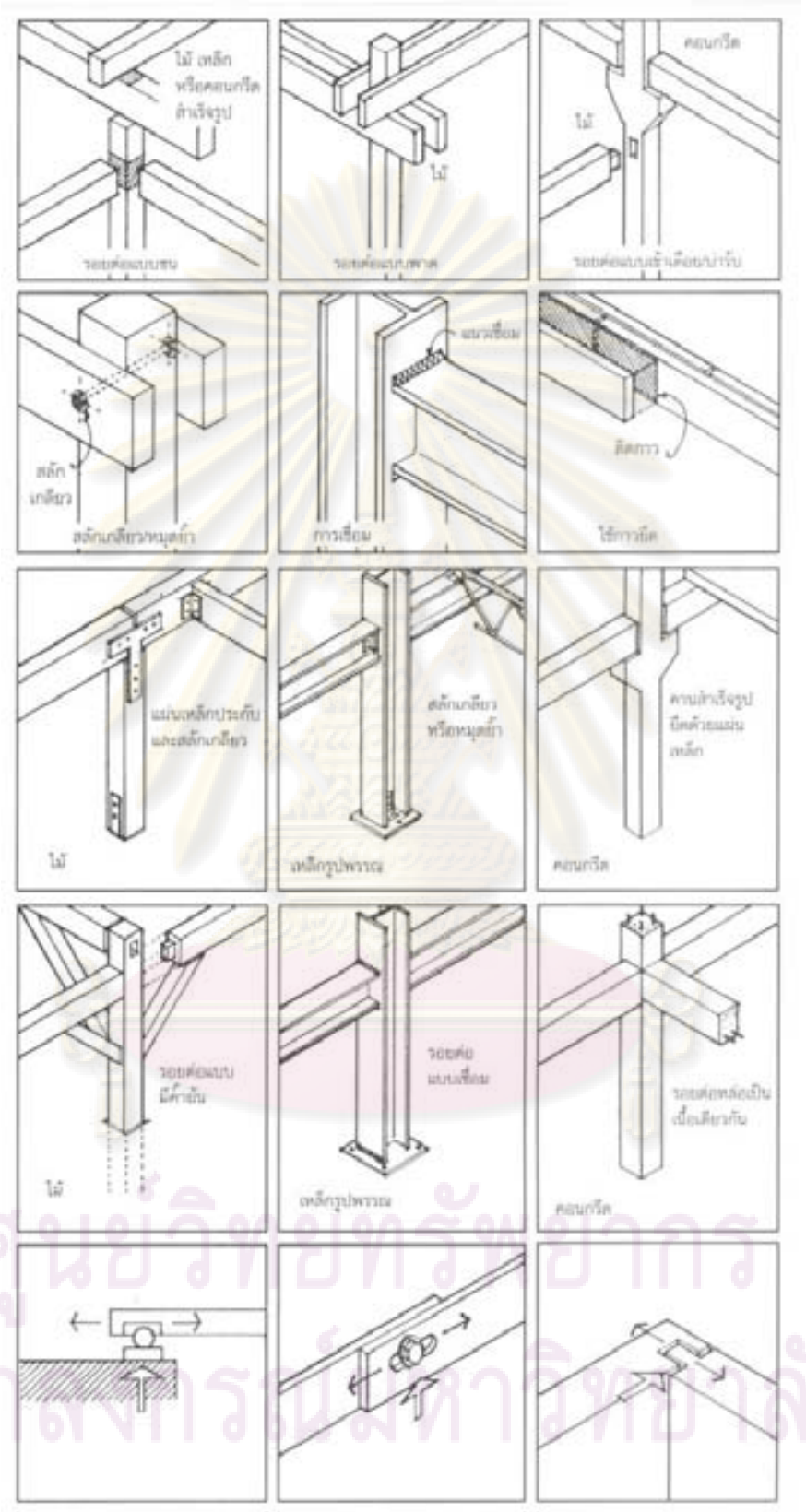


ข้อต่อแบบหมุน ข้อต่อแบบแข็ง

รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของข้อต่อแบบหมุนและข้อต่อแบบแข็งหรอยึดแน่นตามลำดับ (ชิง และ อาดัม, 2545: 55)

- ข้อต่อแบบล้อเลื่อน (Roller Joints) หมายถึงข้อต่อที่ยอมให้องค์อาคารหมุนรอบจุดต่อและสามารถเคลื่อนตัวได้หนึ่งทิศทาง ได้แก่ ข้อต่อที่เผื่อให้องค์อาคารสามารถขยับตัวหรือขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิได้ เป็นต้น

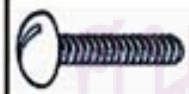
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.7 แสดงข้อต่อและรอยต่อแบบต่างๆ ของโครงสร้าง (ชิง และ อาดัม, 2545: 55)

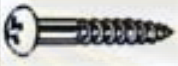
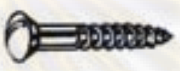
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สกรูปลายสว่าน Self Drill Screw			
	สกรูปลายสว่าน หัวหกเหลี่ยม Hexagon Self drill Screw		สกรูปลายสว่าน หัวหก เหลี่ยม Philips Self drill Screw
สกรูหัวจม Socket Bolt , สกรูตัวหนอน Set Screw			
	สกรูหัวจม socket Bolt		ตัวหนอน Set Screw
	สกรูหัวจมเทเปอร์ Hex Socket Countersunk Head Cap Screws		

โบล์ท Bolt , Machining Screw			
	สกรูหกเหลี่ยม (เกลียวเต็ม) Hex Bolt		สกรูหกเหลี่ยม (เกลียวครึ่ง) Hex Bolt
	สกรูหัวcombi		สกรูหัวcombi ใหญ่
	สกรูหัวผ่าหกเหลี่ยม		สกรูแฉกเรียบ
	สกรูแฉกนูน		สกรูแฉกแบน
	สกรูหัวแฉก		สกรูหัวcombi สกรูหัวcombi
	สกรูหัวผ่าเทเปอร์		สกรูหัวผ่า
	สกรูหัวผ่าใหญ่		สกรูหางปลา Wing Bolt
	สกรูหางแบน Thumb Bolt		เกลียวตลอด Thread Rod, Stud

รูปที่ 2.8 แสดงอุปกรณ์การเชื่อมต่อโครงสร้างประเภท สกรูและโบล์ท

(บริษัท เอส อี ซี. เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ อีควิปเมนท์ :http://www.sec-engineer.com/)

สกรูเกลียวปล่อย Tapping Screw			
	สกรูเกลียวปล่อยหัวผ่าหกเหลี่ยม		สกรูเกลียวปล่อยแฉกเรียบ
	สกรูเกลียวปล่อยแฉกนูน		สกรูเกลียวปล่อยแฉกแบน
	สกรูเกลียวปล่อยหัวแฉก		สกรูเกลียวปล่อยแฉกเรียบ (ขันไม้)
	สกรูเกลียวปล่อยหกเหลี่ยม (ขันไม้)		สกรูเกลียวปล่อยแฉก (ขันไม้)
	สกรูเกลียวปล่อยหัวผ่าเรียบ (ขันไม้)		สกรูเกลียวปล่อยหัวผ่านูนเทเปอร์ (ขันไม้)
	สกรูเกลียวปล่อยหัวผ่านูน (ขันไม้)		

รูปที่ 2.8**(ต่อ)** แสดงอุปกรณ์การเชื่อมต่อโครงสร้างประเภท สกรูและโบล์ท

2.4 ระบบคอนกรีตสำเร็จรูป

เนื่องประเทศไทยนิยมใช้คอนกรีตเสริมเหล็กเป็นวัสดุหลักในการก่อสร้าง รูปแบบสำเร็จรูปในการก่อสร้างจึงเน้นเป็นคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast Concrete) ซึ่งสามารถทำได้ทั้งแบบหล่อกับที่ (Site Cast) และ หล่อจากโรงงาน (Plant Cast)

2.4.1 ระบบคอนกรีตสำเร็จรูปตามสถานที่ผลิต

ก. หน่วยหล่อกับที่ก่อสร้าง (Site Cast Units)

โครงสร้างคอนกรีตสามารถที่จะหล่อสำเร็จบริเวณสถานที่ก่อสร้างก่อนที่จะยกไปติดตั้ง การหล่อสำเร็จที่ที่ก่อสร้างมีข้อได้เปรียบการหล่อจากโรงงานหลายประการ เช่น สามารถหล่อส่วนประกอบที่มีขนาดใหญ่กว่า เพราะไม่ต้องคำนึงถึงการขนส่ง ข้อเสียคือ ในภาวะที่อากาศเลวร้ายจะทำให้การก่อสร้างล่าช้า และต้องเผื่อเวลาในการเซตตัวของคอนกรีต คอนกรีตสำเร็จรูปที่นิยมหล่อกับที่ได้แก่ พื้นหรือผนัง เพราะจะช่วยลดขั้นตอนในการขนคอนกรีตขึ้นไปเทบนอาคาร

ข. หน่วยหล่อจากโรงงาน (Plant Cast Units)

การทำส่วนประกอบสำเร็จรูปจากโรงงานเป็นที่นิยมในประเทศแถบหนาว หรือประเทศที่มีอากาศแปรปรวน ส่วนประกอบเหล่านั้นอาจจะหล่อกับพื้นโรงงานที่สามารถปรับอากาศก่อนที่จะยก แล้วขนส่งไปยังที่ก่อสร้างอาคารต่อไป

การหล่อสำเร็จจากโรงงานจะช่วยลดต้นทุนในการผลิต และง่ายต่อการควบคุมคุณภาพของชิ้นส่วนต่างๆ ชิ้นส่วนเหล่านี้จะถูกส่งไปที่ก่อสร้างทางรถยนต์เป็นหลัก ซึ่งจะถูกจำกัดด้วยกฎหมายจราจรของแต่ละประเทศ เป็นตัวกำหนดขนาดมาตรฐานในการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง

2.4.2 **ระบบคอนกรีตสำเร็จรูปตามการใช้งาน** แยกตามระบบการประกอบเป็น

ก. ระบบโครง (Skeleton Systems)

เป็นระบบที่แยกส่วนประกอบของโครงสร้างเฟรมออกเป็นส่วนประกอบสำเร็จรูป เช่น เสา คาน แผ่นพื้น เป็นต้น ทำให้ง่ายต่อการขนส่ง แล้วจึงนำมาประกอบที่ที่ก่อสร้าง

ข. ระบบแผ่น (Panel Systems)

ระบบแผ่น เป็นแบบที่ได้รับความนิยมในอาคารสำเร็จรูปแบบเต็มรูปแบบมีทั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูปและแผ่นผนังสำเร็จรูป ทั้งนี้แผ่นสำเร็จรูปเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างในตัวด้วย ระบบแผ่นสำเร็จรูปนี้อาจจะออกแบบให้มีระบบร้อยสายไฟและระบบท่อในตัวด้วย

ค. ระบบกล่อง (Box Systems)

ระบบนี้ประกอบด้วยพื้นและผนังเป็นชิ้นสำเร็จ อาจจะตกแต่งสำเร็จมาจากโรงงานเลย รวมทั้งมีท่อร้อยสาย ระบบท่อเรียบร้อย หรือเฟอร์นิเจอร์ติดตายพร้อมในกล่องสำเร็จรูปนี้ ขนาดสามมิตินี้จะต้องไม่ใหญ่เกินกว่าที่สามารถขนส่งได้ และไม่หนักเกินกว่าที่เครนจะสามารถยกได้

ง. ระบบผสม (Mixed System)

โดยการนำข้อดีข้อเสียของแต่ละระบบ รวมทั้งการก่อสร้างแบบเดิมและระบบสำเร็จสามารถนำมาประกอบเป็นระบบผสมได้ อาจจะใช้ระบบโครงธรรมดาบางส่วนผสมกับระบบแผ่นกับอีกบางส่วน เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการทางสถาปัตยกรรมที่แตกต่าง โดยเฉพาะปัจจุบันเกิดการผสมผสานหลายๆ ประโยชน์ใช้สอยในแต่ละอาคารจะทำให้ระบบสำเร็จรูปแบบผสมนี้มีความเหมาะสมมากขึ้น

2.5 การออกแบบประสานระบบในอาคาร

การออกแบบประสานระบบ(Building System Integration) มีทฤษฎีหรือแนวคิดที่สำคัญอันหนึ่งซึ่งปรากฏในหนังสือ The Building System Integration Handbook ของสถาบันสถาปนิกแห่งอเมริกา (AIA) ซึ่งรวบรวมโดย Richard D. Rush ในปี ค.ศ.1985 มีเนื้อหาโดยสรุปได้ดังนี้

2.5.1 กลุ่มงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบประสานระบบ

การออกแบบประสานระบบได้ถูกกำหนดโดยสถาบันสถาปนิกแห่งอเมริกา ได้แบ่งกลุ่มงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบประสานระบบออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

ก. ระบบโครงสร้างอาคาร (Structure)

คือส่วนประกอบที่ทำให้อาคารสามารถดำรงมั่นคงอยู่ได้ ไม่ว่าอาคารจะออกแบบโดยระบบก่อสร้างใดๆก็ตาม อาทิเช่น ระบบผนังรับน้ำหนัก ระบบเสาและคาน ระบบเปลือกบาง ระบบโครงข้อแข็ง ระบบโครงข้อหมุน เป็นต้น ซึ่งการเลือกระบบโครงสร้างนั้นขึ้นอยู่กับประเภทอาคารและความต้องการของผู้ออกแบบ

ข. ระบบกรอบรูปอาคาร (Envelope)

หรือบางครั้งเรียกว่าระบบเปลือกอาคาร คือส่วนที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มอาคารและเป็นสิ่งที่กำหนดรูปร่างหน้าตาของอาคาร มีหน้าที่ป้องกันพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารออกจากสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งในระบบนี้ได้รวมถึง ผนังอาคาร พื้น หลังคา เป็นต้น

ค. ระบบประกอบอาคาร (Machanical)

ระบบนี้เป็นระบบที่ใหญ่มาก เนื่องจากมีงานที่หลากหลายลักษณะรวมอยู่ในระบบนี้ อาทิเช่น ระบบการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารและระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้า ระบบแสงสว่าง ระบบน้ำใช้และน้ำทิ้ง ลิฟต์ บันไดเลื่อน รวมไปถึงระบบควบคุมอาคารเป็นต้น และระบบนี้มักจะเป็นระบบที่ต้องประสานกับระบบอื่นๆ เป็นอย่างมาก

ง. ระบบกรอบภายในอาคาร (Interior)

หรือระบบเปลือกภายในอาคาร ในการศึกษาเรื่องการออกแบบประสานระบบ ระบบกรอบภายในจะหมายความถึงทุกสิ่งทุกอย่างที่สามารถมองเห็นได้ภายในอาคาร ซึ่งเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานของผู้ใช้อาคาร(อาจไม่รวมถึงส่วนที่เป็นส่วนระกอบของระบบประกอบอาคาร ยกเว้นที่ผู้ออกแบบตั้งใจให้ระบบนั้นเป็นส่วนหนึ่งของระบบกรอบภายในอาคาร)

ในแง่สถาปัตยกรรมเราใส่ใจว่าการออกแบบประสานระบบ จะมีผลกระทบต่อรูปทรงภายนอกหรือกรอบรูปอาคารหรือไม่ และกรอบรูปภายในหรือไม่ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าทั้งกระทบและบางครั้งกระทบแต่ไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะมากนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของอาคาร การออกแบบประสานระบบจึงเป็นการสร้างรูปลักษณ์ (Form Giver) เป็นองค์ประกอบพิเศษของรูปลักษณ์หรือไม่ก็ได้ (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2545)

จากการศึกษาจาก The Building Systems Integration Handbook พบว่า ปัญหาสำคัญที่ทำให้การออกแบบประสานระบบไม่ประสบผลสำเร็จในอาคารทั่วไป เป็นเพราะว่าการไม่สามารถประสานงานกันได้ระหว่างผู้รับผิดชอบระบบต่างๆ อันได้แก่ วิศวกร สถาปนิกและผู้ตกแต่ง

ภายใน ซึ่งบ่อยครั้งที่ผู้ที่รับผิดชอบในระบบต่างๆได้ร่วมปรึกษากันในการออกแบบ โดยมากผู้ออกแบบมักจะแยกกันคิดซึ่งเมื่อได้รับแผนผังอาคารจากสถาปนิกแล้ว ก็มักจะไม่ได้พบปะกันอีกจนกระทั่งออกแบบเสร็จสิ้นแล้ว จึงทำให้ระบบต่างๆไม่สามารถประสานกันได้อย่างลงตัว

2.5.2 บทสรุปของการการออกแบบประสานระบบ

จากการศึกษาเรื่องการออกแบบประสานระบบ เพื่อให้การออกแบบมีประสิทธิภาพสูงที่สุด สามารถสรุปข้อดีและข้อเสียของแนวคิดได้ดังต่อไปนี้

ก. ข้อดีของการออกแบบประสานระบบ

1. ช่วยให้ประสิทธิภาพการใช้งานอาคารสูงขึ้นได้ เนื่องจากเมื่อระบบต่างๆได้รับการออกแบบให้ประสานกันแล้ว จะช่วยให้การทำงานของระบบต่างๆทำได้ง่ายขึ้น

2. ทำให้สะดวกในการดูและบำรุงรักษา เพราะเมื่อมีการรวมระบบและจัดระบบให้เรียบร้อยแล้ว ผู้ที่ทำหน้าที่บำรุงรักษาจะสามารถเข้าถึงระบบได้อย่างง่ายดาย และหากเป็นระบบที่ต้องดูแลรักษาร่วมกันและนำมาประสานกันแล้ว จะทำให้การดูแลรักษาสะดวกขึ้นอย่างมาก

3. ช่วยในการประหยัดงบประมาณในการก่อสร้าง เพราะเมื่อมีการระบบต่างๆเข้าด้วยกัน (โดยเฉพาะระดับรวมสนิทแล้ว) จะช่วยให้ประหยัดวัสดุในการก่อสร้าง และช่วยให้งานก่อสร้างนั้นสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

ข. ข้อเสียของการออกแบบประสานระบบ

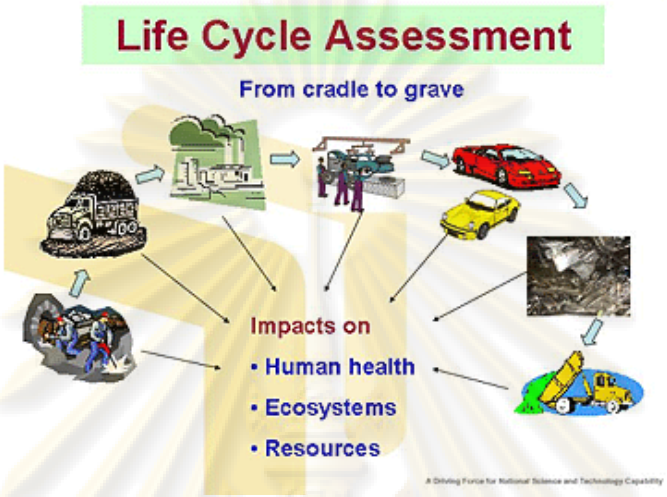
1. ต้องการผู้ออกแบบที่มีความรู้และความเข้าใจในระบบต่างๆเป็นอย่างดี หรืออาจจะต้องการผู้ที่สามารถประสานงานกับผู้ที่ทำการออกแบบระบบต่างๆได้

2. การออกแบบประสานระบบโดยผู้ที่ไม่มีความรู้อย่างแท้จริง หากทำการประสานระบบในระดับที่ลึกมากอาจจะทำให้ผลงานที่ได้ไม่มีประสิทธิภาพ และอาจก่อให้เกิดความเสียหายได้

2.6 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่ / แปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและ

วัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขอนามัยของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด



รูปที่ 2.9 แสดงแนวความคิดของวัฏจักรชีวิต
(สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2550)

เทคนิคของการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นจะแตกต่างจากเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่มีอยู่ คือ LCA เป็นกระบวนการประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Product) หรือหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (Function) ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น โดยเน้นผลเชิงปริมาณชัดเจน ทำให้การศึกษา LCA มีความซับซ้อนมากกว่าเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เพราะต้องทำการวิเคราะห์ตั้งแต่แหล่งกำเนิดของทรัพยากรที่นำมาใช้ไปจนถึงขั้นตอนการทำลายซากผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในทุกประเด็นที่เกิดขึ้น และให้ความสำคัญทั้งในเรื่องของทรัพยากรที่สิ้นเปลืองไปและสารอันตรายที่ถูกปล่อยออกมา แต่ LCA จะเป็นการมองผลกระทบในภาพรวมที่จะก่อให้เกิดปัญหาต่อโลก เช่น การทำให้โลกร้อนขึ้น มากกว่าที่จะมองเฉพาะสารพิษที่ปล่อยออกมา การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การบ่งชี้และระบุปริมาณของภาระทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Loads) ในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง/ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เช่น พลังงานและวัตถุดิบที่ถูกใช้ การปล่อยของเสียและการแพร่กระจายของมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม

2. การประเมินและการหาค่าของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts) ที่มีโอกาสเกิดขึ้น โดยพิจารณาจากปริมาณภาระทางสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่ถูกบ่งชี้มาในขั้นตอนแรก

3. การประเมินหาโอกาสในการปรับปรุงทางสิ่งแวดล้อม และใช้ข้อมูลที่มีการแสดงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมเหล่านี้เป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจ

2.7 การใช้วัสดุ

2.7.1 อิฐมอญ (Brick)

อิฐมอญเป็นวัสดุที่มีราคาถูก หาซื้อง่ายในท้องตลาด เป็นที่นิยมใช้งานอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนสูง และกักเก็บความร้อนไว้ในตัวเอง ต้องใช้ระยะเวลานานกว่าจะคายความร้อนออกได้หมด ข้อเสียของผนังก่ออิฐมอญ คือ น้ำหนักและเสียเวลามากในการทำงานก่อผนัง น้ำหนักของผนังก่ออิฐมอญรวมน้ำหนักอิฐ ปูนก่อ และปูนฉาบ มีน้ำหนักรวมกันค่อนข้างมาก ทำให้สิ้นเปลืองการเสริมเหล็กโครงสร้างอาคาร ขณะเดียวกันการเรียงก่ออิฐก้อนเล็กๆ ทีละก้อนทำให้การก่อสร้างล่าช้า ใช้แรงงานมาก และต้นทุนในการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น

2.7.2 ยิปซั่มบอร์ด (Gypsum Board)

ยิปซั่ม ไม่จัดว่าเป็นวัสดุประเภทฉนวนกันความร้อน การใช้ยิปซั่มในอาคารส่วนใหญ่เป็นไปเพื่อความสะดวกในการตกแต่ง และเมื่อใช้ประกอบกับฉนวนประเภทไฟเบอร์กลาสหรือ ร็อควูลแล้ว จะสามารถใช้กันเสียงได้ดีหากมีการติดตั้งที่ถูกต้อง

การติดตั้งสามารถทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว ไม่เลอะเทอะ กรณี ใช้เป็นผนังอาคารจะช่วยประหยัดโครงสร้างอาคาร เนื่องจากมีน้ำหนักเบากว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนถึง 5 เท่า ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาแผ่นยิปซั่มให้มีคุณสมบัติ และรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อความเหมาะสมในการใช้งาน มีหลายชนิด เช่น ชนิดธรรมดา ชนิดกันความร้อน ชนิดทนไฟ ชนิดทนความชื้น เป็นต้น

2.7.3 ใยแก้ว (Fiber Glass)

ไฟเบอร์กลาส เป็นฉนวนที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป ฉนวนประเภทนี้นอกจากจะสามารถกันความร้อนแล้ว ยังมีคุณสมบัติในการกันเสียงได้ด้วย สามารถทนความร้อนได้สูงประมาณ 300 องศาเซลเซียส แต่ไม่ทนทานต่อความเปียกชื้น การกลั่นตัวของหยดน้ำจะทำให้สูญเสียคุณสมบัติในการกันความร้อนไปเมื่อเปียกชื้น

จัดอยู่ในกลุ่มของฉนวนเซลปิด มีความหนาแน่นต่างกันตั้งแต่ 10 - 64 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อาจผลิตในรูปแผ่นแข็ง แบบม้วน หรือขึ้นเป็นรูปทรงต่างๆกัน ตัวเส้นใยแก้วสามารถถูกเคลือบด้วยตัวประสาน (Binder) ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมระหว่างเส้นใย ใยแก้วเป็นสารอนินทรีย์จึงไม่ติดไฟแต่ตัวประสานจะติดไฟได้ จึงควรพิจารณาอุณหภูมิในการใช้งาน และการดูดซับความชื้นจะทำให้ความสามารถในการต้านทานความร้อนลดลง จึงต้องมีแผ่นมาประกบเพื่อช่วยต้านทานไอน้ำ เช่น แผ่นอลูมินั่มฟอล์ย หรือฟิล์มพลาสติกหุ้มในการใช้งานขณะใช้งานจริง ซึ่งต้องพิจารณาคุณภาพและคุณสมบัติการติดไฟในการเลือกใช้งานด้วย

2.7.4 **ฉนวนโฟม** (Foam)

ฉนวนประเภทโฟมทั้งหลาย มีความจำเป็นต้องห่อหุ้มหรือปกป้องจากการทำลายของรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ โฟมส่วนใหญ่มีข้อดีคือ สามารถคงสภาพเดิมได้แม้จะโดนความเปียกชื้น (ทนน้ำ) แต่เนื่องจากโฟมมีจุดหลอมเหลวต่ำ (โดยทั่วไปจะต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส) ทำให้เมื่อโดนความร้อนสูงเป็นเวลานานๆ โฟมก็จะเปลี่ยนรูป เช่น บิด-งอ บุบสลาย หรือไหม้ไปในที่สุด

1. <u>ฉนวนโพลีสไตรีนโฟม</u> (Polystyrene, PS – Foam) จัดอยู่ในกลุ่มฉนวนแบบกึ่งเซลล์ปิด มี 2 ลักษณะ คือ

ก. ฉนวนโพลีสไตรีนแบบอัดรีด (Extruded Polystyrene) มีโครงสร้างและรูปร่างที่แข็งแรงคงที่ ทำให้สามารถทนต่อแรงกดทับและต้านทานไอน้ำได้ดี แต่ข้อเสียคือ ติดไฟได้ และหากสัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเลตในบรรยากาศจะมีการเสื่อมสภาพได้ จึงควรมีวัสดุปิดผิวในการใช้งาน

ข. ฉนวนโพลีสไตรีนแบบหล่อหรือขยายตัว (Molded or Expanded Polystyrene) เซลล์จะมีลักษณะหยาบกว่า และมีอากาศบรรจุอยู่ภายใน เมื่อเทียบกับแบบอัดรีดแล้วจะมีสภาพการนำความร้อนสูงกว่า ความหนาแน่นต่ำกว่า ต้านทานไอน้ำได้พอใช้ ติดไฟและก่อให้เกิดคาร์บอนมอนนอกไซด์ แต่มีราคาถูกกว่า มีการเสื่อมสภาพจากการสัมผัสรังสีอัลตราไวโอเลตในบรรยากาศได้

2. <u>ฉนวนโพลียูเรเธนโฟม</u> (Polyurethane, PU – Foam)

ลักษณะของฉนวนประเภทนี้คือค่าสัมประสิทธิการต้านทานความร้อน (R-Value) จะลดลงตามอายุการใช้งาน เนื่องมาจากการแพร่กระจายของอากาศเข้าไปในเซลล์ โดยเฉพาะกรณีที่สัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเลต จะทำให้สีของฉนวนเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และเสื่อมสภาพลง โดย

เฉพาะโฟมที่ไม่ได้ปิดผิว และมีการดูดซับน้ำเลกน้อยเนื่องจากไม่ใช้เซลล์ปิดทั้งหมด หากกรณีเกิดเพลิงไหม้แม้ว่าจะมีการผสมสารป้องกันการติดไฟแล้ว แต่ก็ยังก่อให้เกิดก๊าซที่มีองค์ประกอบของไซยาไนด์ซึ่งเป็นอันตรายชีวิต

2.7.5 **ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก** (External Insulation and Finished System; EIFS) มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีค่าความเป็นฉนวนสูง และมีมวลสารน้อยทำให้ลดการถ่ายเทและการสะสมความร้อน จึงทำให้สามารถลดภาระการปรับอากาศภายในลงมากเมื่อเทียบกับอาคารที่ใช้วัสดุก่อสร้างโดยทั่วไป

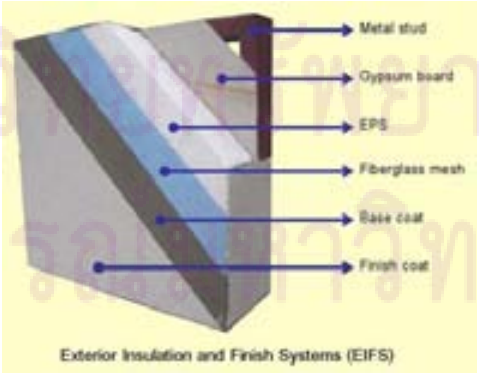
2. สามารถใช้เป็นผนังรับน้ำหนัก (Load Bearing Wall) เมื่อออกแบบโครงสร้างภายในเป็นเหล็ก

3. สามารถใช้เป็นผนังสำเร็จรูป (Prefabrication) หรือ สามารถออกแบบเป็นระบบแผ่น (Panel System) ได้ เนื่องจากผนังมีน้ำหนักเบาและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก และทนทานต่อการสั่นสะเทือนได้ดี

4. ป้องกันความชื้นผ่านผนังอาคาร และป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (Infiltration) จากภายนอกได้เป็นอย่างดีเนื่องจากองค์ประกอบของระบบผนังมีคุณสมบัติเป็นเซลล์ปิด (Close Cell) สามารถป้องกันปัญหาเรื่องการเกิดหยดน้ำ (Condensation) ในผนังได้เป็นอย่างดี

5. มีน้ำหนักเบาประมาณ 35 - 40 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จึงสามารถช่วยลดการรับน้ำหนักของโครงสร้างลงได้มากเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัสดุก่อสร้างทั่วไป

6. ผนังระบบนี้จะมีความทนทาน แข็งแรง ไม่แตกร้าว เนื่องจากมีการเสริมตาข่าย (Fiberglass Mesh) ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของระบบผนัง



รูปที่ 2.10 แสดงผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS)

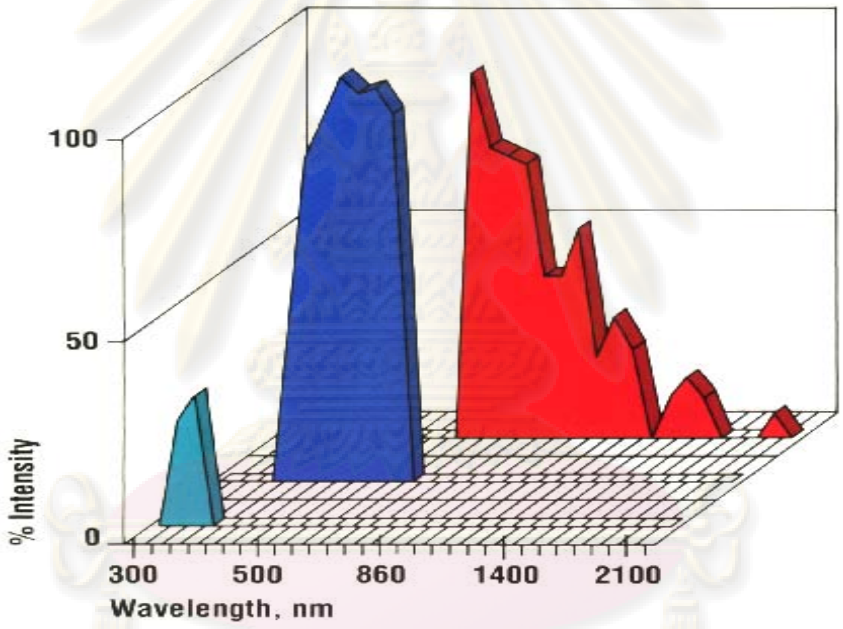
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุต่างๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว (สุนทร บุญญาธิการ, 2542ข: 170)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7.6 การเลือกใช้กระจก

วัสดุกระจกได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น โดยการผสมกระจกต่างชนิดและช่องว่างอากาศภายใน เพื่อผลในการป้องกันรังสีดวงอาทิตย์และการนำความร้อนจากกระจกโดยไม่ลดทอนคุณภาพแสงสว่างที่ตามองเห็น การลดทอนในรูปแบบดังกล่าวจำเป็นต้องใช้เทคนิคในการเคลือบผิวกระจกเพื่อตัดช่วงคลื่นรังสีดวงอาทิตย์ที่ตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็น (Infrared & Ultra Violet) ซึ่งเป็นต้นเหตุของความร้อนส่วนเกินที่เข้ามาในอาคารทิ้ง และยอมให้แสงสว่างในช่วงคลื่นที่ตามนุษย์มองเห็น (Visible Light) เข้ามาได้มากเพียงพอกับความต้องการในการใช้งาน



รูปที่ 2.11 แสดงองค์ประกอบของรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด ได้แก่ ช่วงรังสีที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้จากรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด (พื้นที่สีน้ำเงิน) ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่ต้องการสำหรับกระจกในเขตร้อน ส่วนรังสีอัลตราไวโอเล็ต (พื้นที่สีฟ้า) และรังสีอินฟราเรด (พื้นที่สีแดง) เป็นช่วงคลื่นที่ไม่จำเป็นต่อการมองเห็น การนำเอารังสีในช่วงคลื่นทั้งสองมาใช้จะเป็นการสร้างความร้อนให้กับอุณหภูมิผิวและอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ, 2545ก: 144)

1. <u>กระจกฮีตสตอป</u> เป็นกระจกที่มีค่าความเป็นฉนวนสูงและมีสัมประสิทธิ์การบังเงาสูง เหมาะสำหรับการใช้งานในพื้นที่ปรับอากาศ เนื่องจากสามารถลดการนำความร้อนและการแผ่รังสีจากภายนอกได้เป็นอย่างดี รวมทั้งสามารถลดทอนรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่นที่ตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็นซึ่งเป็นต้นเหตุของความร้อนส่วนเกินจากแสงสว่าง กระจกชนิดนี้จึงยอมให้แสง

สว่างในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น ผ่านได้มากในขณะที่ลดทอนช่วงคลื่นความร้อนที่ตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็นออกด้วยการเคลือบผิวพิเศษ

ในส่วนของการนำความร้อน กระจกฮีตสตอปได้ปรับปรุงค่าความเป็นฉนวนของกระจกด้วยการเพิ่มเติมช่องว่างก๊าซเฉื่อยที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำจนกลายเป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี(Reflective Air Space) เพื่อเพิ่มความเป็นฉนวนของกระจก สำหรับกระจกที่ได้นำมาศึกษานั้นได้เพิ่มเติมช่องว่างก๊าซอาร์กอนที่ติดฟิลม์โลว์อี (Low-E) ในกระจกฮีตสตอปทั้งสองชนิด

การใช้กระจกในรูปแบบดังกล่าว กับพื้นที่ปรับอากาศจะสามารถช่วยป้องกันสภาพภายในอาคารจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศภายนอกอาคาร เครื่องปรับอากาศจึงไม่จำเป็นต้องรับภาระในการปรับอากาศมาก

2 กระจกลามิเนต เป็นกระจกที่ใช้กับส่วนของอาคารที่ไม่ต้องการปรับอากาศ และใช้ประโยชน์พิเศษในบางจุดของการออกแบบ เนื่องจากกระจกลามิเนตมีค่าความเป็นฉนวนต่ำเนื่องจากไม่มีช่องว่างก๊าซเฉื่อยเหมือนกระจกHeat-Stop นวัตกรรมที่อยู่อาศัยยุคอนาคตจึงใช้ประโยชน์จากความสามารถในการระบายความร้อนของอาคารออกสู่ภายนอก โดยอาศัยการนำความร้อนของกระจกลามิเนตในบางพื้นที่ ที่ต้องการให้ความร้อนสามารถระบายออกสู่ภายนอกด้วยวิธีการนำความร้อน (Conduction Heat Flow)

2.8 การออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน

2.8.1 สภาวะสบายของมนุษย์ (Comfort Zone)

สภาวะสบายของมนุษย์ คือ สภาวะที่มนุษย์รู้สึกสบายโดยไม่สามารถระบุลงไปได้ว่ารู้สึกร้อนหรือหนาว โดยทำการสำรวจจากตัวอย่างประชากรโลกชนชาติต่างๆ จนได้ข้อสรุปซึ่งเป็นที่ยอมรับว่ามีค่าใกล้เคียงกันทุกชนชาติแม้จะอาศัยอยู่ในเขตภูมิอากาศที่แตกต่างกัน โดยมีค่าที่เหมาะสมอยู่ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50 % การสร้างสภาวะสบายของมนุษย์จะต้องประกอบไปด้วยตัวแปรต่างๆที่ต้องเกื้อกูลกัน คือ

1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) ค่าที่เหมาะสมจากการทดลองประมาณ 25 องศาเซลเซียส

2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relation Humidity) ความเหมาะสมในการสร้างสภาวะสบาย ไม่รู้สึกแห้งเกินไปหรือเหนอะหนะ อยู่ที่ค่าประมาณ 50 %

3. อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature: MRT) คือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกได้จากสภาพแวดล้อมที่แผ่รังสีความร้อนให้กับมนุษย์หรือแลกเปลี่ยน

อุณหภูมิกับร่างกาย ทำให้มนุษย์รู้สึกร้อนหรือหนาวมากกว่าอุณหภูมิอากาศจริง มีค่าที่คำนวณได้จากสมการเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส จะทำให้มนุษย์รู้สึกร้อนหรือหนาวเพิ่มขึ้นประมาณ 1.4 องศาเซลเซียส

4. ความเร็วลม (Wind Velocity) มีอิทธิพลต่อความรู้สึกเย็นสบายของมนุษย์ เนื่องจากเมื่อมีความเร็วลมเพิ่มมากขึ้น มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิจริงในขณะนั้น จากการศึกษา (สุนทร บุญญาธิการ, 2545ข) พบว่าอิทธิพลของความเร็วลมสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

ความรู้สึกเย็นลง(องศาเซลเซียส) = 0.381V+0.016RH

เมื่อ V = ความเร็วลม (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

RH = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

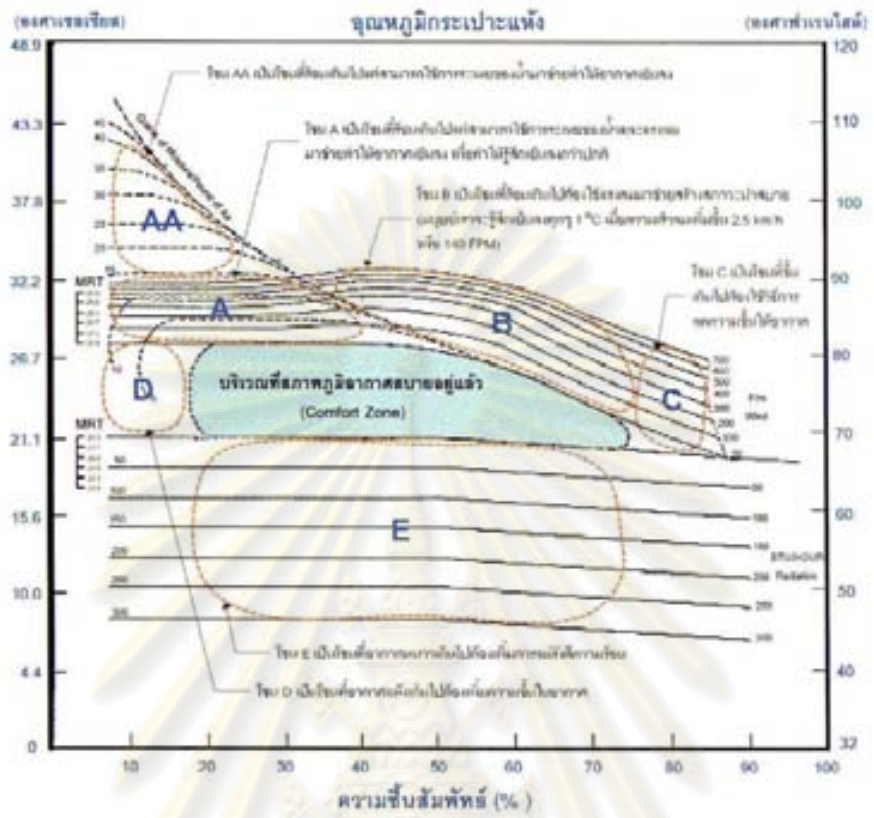
ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทำให้มนุษย์รู้สึกเย็นลงประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส โดยลดลงมากที่สุดที่ 4 องศาเซลเซียส

5. เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo-Value) จากการศึกษาในต่างประเทศ ซึ่งเป็นเขตหนาว กำหนดให้เครื่องแต่งกายของชายนักธุรกิจ คือ เสื้อสูททำงานครบชุด มีค่า Clo เท่ากับ 1 พบว่าจำนวนเสื้อผ้ายิ่งน้อยชิ้นลงจะส่งผลให้ค่า Clo ยิ่งลดลง ในทางกลับกันเสื้อผ้ายิ่งมาก ร่างกายยิ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้น จึงรู้สึกร้อนและไม่สบาย

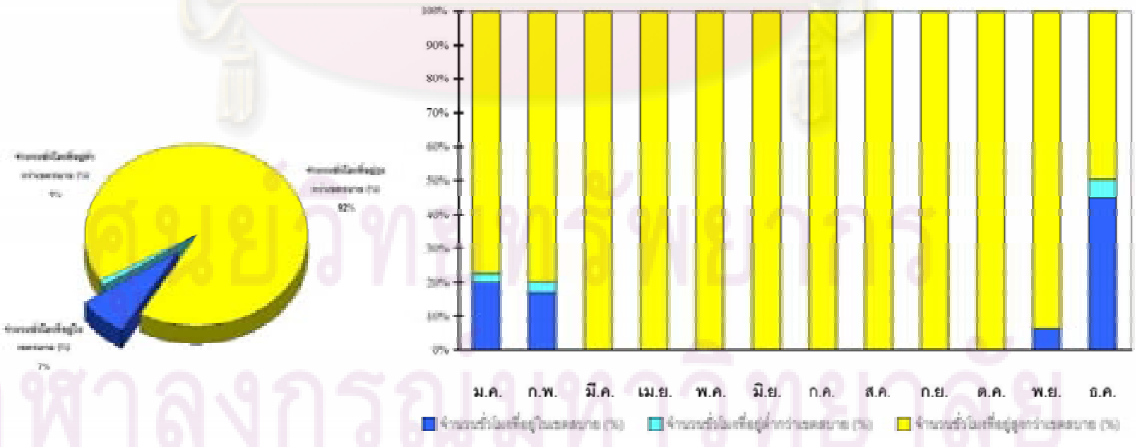
6. อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolism Rate) ร่างกายที่มีอัตราการเผาผลาญพลังงานสูงเนื่องจากการทำกิจกรรมต่างๆ เช่น การเดินขึ้นลงที่สูง หรือ การแบกของหนัก จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้รู้สึกไม่สบายเป็นผลต่อสภาวะสบายโดยรวมของมนุษย์

จากการศึกษาของVictor Olgyay พบว่า คนเราจะรู้สึกสบายเมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 71.6-80.6 องศาฟาเรนไฮต์ (22-27 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20-75 เปอร์เซ็นต์ เขตสบายดังกล่าวกำหนดขึ้นโดยมีเงื่อนไขดังนี้

- ความเร็วลมค่อนข้างสงบ (ประมาณ 0-1 กิโลมตรต่อชั่วโมง หรือ 0.50 ฟุตต่อนาที)
- อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังมีค่าเท่ากัน
- การแต่งกายเป็นแบบลำลองโดยสวมเสื้อผ้าสบายๆ
- บุคคลอยู่ในอิริยาบถปกติสบายๆ เช่น อ่านหนังสือ นั่งเล่น เป็นต้น



รูปที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อแสดงขอบเขตสภาวะสบายที่คนเรารู้สึกสบายจากตัวแปรสภาพอากาศ เป็นสภาวะที่คนเรารู้สึกสบายโดยที่ไม่รู้สึกร้อนหรือหนาว ไม่ชื้นหรือแห้งจนเกินไป จากภาพคนเราจะรู้สึกสบายเมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22-27 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20-75 เปอร์เซ็นต์ (สุนทร บุญญาธิการ, 2545ข: 166)



รูปที่ 2.13 แสดงร้อยละของจำนวนชั่วโมงในแต่ละเดือนที่อยู่ในสภาวะสบายของสภาพภูมิอากาศปกติ (ประยุกต์จากเทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน: สุนทร บุญญาธิการ, 2545ข)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.8.2 อิทธิพลของความชื้น

ความชื้นของอากาศจากภายนอกอาคารยังสามารถผ่านเข้ามาภายในอาคารได้หลายทาง ซึ่งมีอิทธิพลสำคัญจากความแตกต่างของค่าแรงดันไอ ซึ่งในกรณีของอาคารไม่ปรับอากาศอาจมีผลกระทบด้านพลังงานไม่มากแต่จะมีผลกระทบต่อวัสดุอื่นๆเช่น สิ่งของเสียหาย สีหลุดร่อน ผู้ใช้อาคารไม่มีความสบายตัว ปัญหาเชื้อรา เป็นต้น แต่ในกรณีปรับอากาศจะส่งผลกระทบด้านพลังงานอย่างสูงมากเนื่องจากต้องใช้พลังงานในการลดความชื้นสูงมาก ตัวอย่างเช่น

1. <u>ความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังอาคาร</u> โดยปกติวัสดุทุกชนิดสามารถถูกความชื้นแทรกซึมเข้ามาได้แทบทั้งสิ้น แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติความพรุนของวัสดุประกอบกับความดันที่ผิวภายนอกเป็นสำคัญ ซึ่งในประเทศไทยในอากาศจะมีความชื้นที่สูงมากทำให้มีโอกาสเกิดความชื้นแทรกซึมผ่านผนังได้สูง จากการศึกษาวัสดุที่นิยมใช้ในประเทศไทยพบว่าวัสดุที่ความชื้นสามารถแทรกซึมเข้ามาได้สูงสุดคือ ผนังก่ออิฐมวลเบา ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังก่ออิฐฉาบปูน2ชั้น และผนังระบบฉนวนภายนอก ตามลำดับ (สุวิชา เบญจพร, 2544)

2. <u>ความชื้นที่รั่วซึมผ่านขอบประตูหน้าต่างและช่องเปิด</u> ในระบบการก่อสร้างทั่วไปในประเทศไทยส่วนใหญ่มักจะมีช่องว่าง รูรั่ว และรอยแยกที่อยู่ระหว่างขอบประตูหน้าต่างกับส่วนประกอบของอาคารค่อนข้างมาก ถึงแม้จะปิดประตูหน้าต่างสนิทแล้วก็ตาม เมื่อมีความแตกต่างของแรงดันอากาศระหว่างบริเวณใต้ลมและเหนือลมเกิดขึ้น จะทำให้อากาศรั่วซึมผ่านผนังและรอยแยกต่างๆ เข้ามาภายในอาคารเป็นปริมาณมาก ในอาคารหลายๆ หลังพบว่าพลังงานที่ต้องสูญเสียในการรีดความร้อนและความชื้นเหล่านี้อาจมากกว่าครึ่งหนึ่งของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการปรับอากาศจากการศึกษาช่องเปิดที่มีการรั่วซึมของอากาศมากที่สุด คือ ช่องเปิดบานเกล็ด บานเปิด บานเลื่อนและบานติดตายตามลำดับ ซึ่งส่งผลต่อการสูญเสียพลังงานต่อปีเป็นจำนวนมาก (ศศิน วิบูลบัณฑิตยกิจ, 2544)

3. <u>ความชื้นจากการเปิด-ปิดประตูหน้าต่าง</u> เมื่อมีการเปิดประตูหน้าต่างรับลมหรือเปิดเข้า-ออกจากตัวอาคารในขณะที่ภายนอกมีลมแรงพบว่า จะต้องสูญเสียพลังงานไปในการยอมให้อากาศจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารเป็นปริมาณมาก ดังนั้นในการออกแบบจำเป็นต้องคำนึงถึงการป้องกันความชื้นในลักษณะนี้ เช่น การวางทิศทางของประตูทางเข้า-ออกหลักของอาคารควรอยู่ในทิศที่มีอิทธิพลของลมต่ำหรือใช้ประตู 2 ชั้น

4. <u>ความชื้นจากการสะสมของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง</u> จากการศึกษาพบว่าเมื่อเปิดอาคารทิ้งไว้เป็นเวลานานๆ ความร้อนและความชื้นจากภายนอกอาคารจะสะสมอยู่ภายในเนื้อวัสดุต่างๆ ภายในอาคาร เช่น ผนัง พื้น หรือวัสดุภายในอื่นๆ และต้องใช้พลังงานปริมาณมากเพื่อลดความร้อนและความชื้นที่สะสมอยู่ในวัสดุก่อสร้างเหล่านี้ จึงควรปิดอาคารในช่วงที่มีความชื้นสูงมากกว่าการเปิดอาคารทิ้งไว้ตลอดทั้งวัน

5. <u>ความชื้นที่สะสมในวัสดุตกแต่งภายในและเครื่องเรือน</u> การใช้วัสดุตกแต่งภายในอาคารตลอดจนเครื่องเรือนและเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ เช่น พรมบางชนิด ผ้าม่าน โซฟา หนังสือเก่าๆ และอุปกรณ์ที่มีค่าการดูดซับความชื้นสูงจะพบว่า เมื่อเปิดอาคารทิ้งไว้ความชื้นจะสะสมอยู่ภายในวัสดุประเภทนี้เป็นจำนวนมาก

2.8.3 **อิทธิพลของความร้อน**

ก. <u>การสะสมความร้อน</u>

เมื่อมวลสารได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เท่ากันในช่วงเวลากลางวัน วัสดุจะกักเก็บความร้อนไว้จนเต็มมวลสาร ทั้งนี้ปริมาณความร้อนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความจุความร้อนจำเพาะวัสดุ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

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

ในการศึกษาเรื่องอิทธิพลของการสะสมความร้อน ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานในอาคาร จะให้ความสำคัญกับปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปของวัสดุ สามารถคำนวณได้จาก

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

เมื่อ Q = ปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปของวัสดุ (J หรือ cal)
c = ค่าความจุความร้อนของสารแต่ละตัว (J/kg.K หรือ cal/gm^{o}C)
m = มวลของวัตถุ (kg หรือ gm)
ΔT = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของวัตถุ (K หรือ ^{O}C)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. <u>การหน่วงเหนี่ยวความร้อน</u> (Time Lag)

โดยทั่วไปวัสดุที่มีมวลสารมากจะสามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้ระยะเวลานานกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อย ความร้อนที่ผ่านวัสดุจะถูกสะสมอยู่ในมวลสารภายในก่อน เมื่อมวลสารภายในมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอกโดยรอบ หรือสะสมจนถึงขีดสุดของความสามารถในการกักเก็บความร้อนแล้ว ปริมาณความร้อนที่เหลือจึงจะถ่ายเทมายังด้านที่มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าของวัสดุต่อไป การกักเก็บความร้อนเป็นส่วนหนึ่งของคุณสมบัติของวัสดุ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าความร้อนจำเพาะกับความหนาแน่นของวัสดุนั้น (Bansal, N.K., 1994: 52)

เมื่อเริ่มให้ความร้อนแก่วัสดุ วัสดุจะสะสมความร้อนนั้นไว้จนเต็มความสามารถที่วัสดุจะสามารถเก็บไว้ได้ แล้วจึงเปล่งรังสีความร้อนส่วนที่เกินออกมา ช่วงเวลานี้เรียกว่า ระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อน นอกจากนี้ ระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อนขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อนของวัสดุอีกด้วย โดยระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อนต่อชั่วโมง สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{TimeLag} = 1.38\,\text{Thickness}\sqrt{\text{Heat Capacity} \Big/ \text{Conductivity}}$$

(hour) (Btu/cu.ft.^{o}F) (Btu.ft./hr.ft^{2}.^{o}F)

ค. <u>ค่าการนำความร้อนของวัสดุ</u>

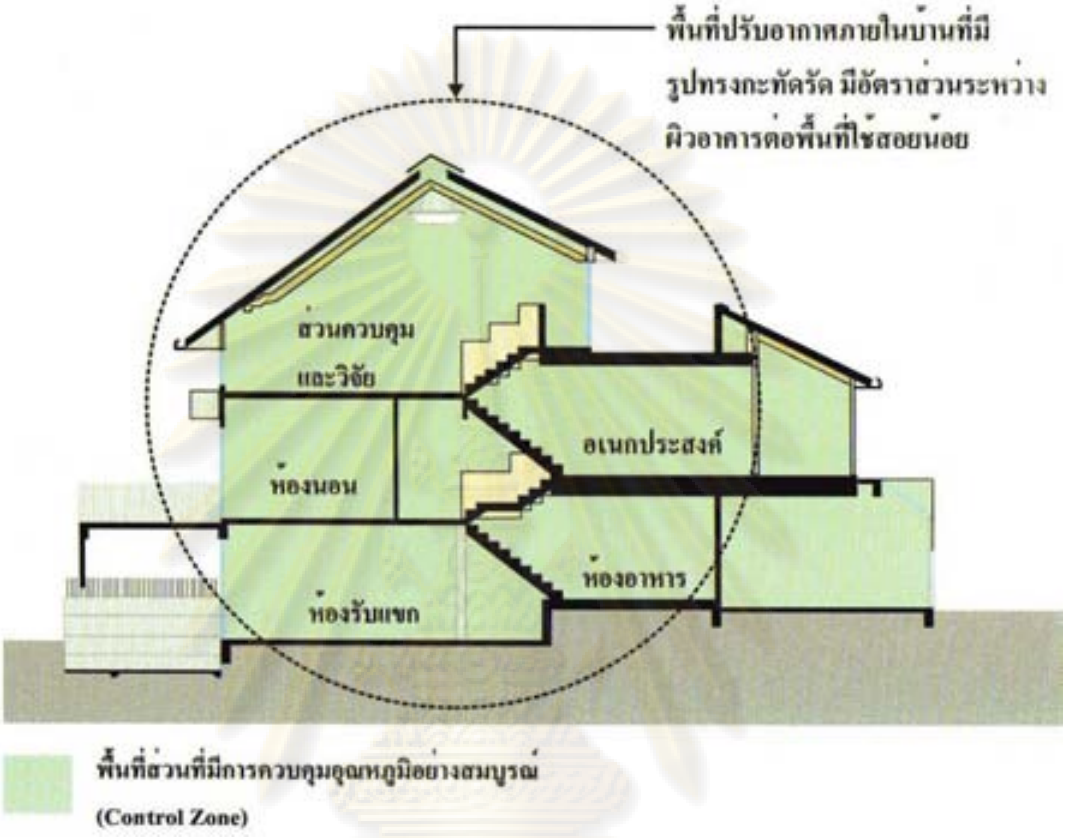
ค่าการนำความร้อนของวัสดุ (Thermal Conductivity (K)) หมายถึง อัตราการนำความร้อนที่ขึ้นกับโครงสร้างของโมเลกุล ยิ่งมีการจัดเรียงเป็นระเบียบและชิดกันมากของวัตถุเนื้อเดียวซึ่งหมายถึงมีความหนาแน่นสูงแล้ว มักจะมีค่าการนำความร้อนสูงด้วย วัตถุเนื้อเดียวจะมีค่าการนำความร้อนสูง และการที่มีอิเลคตรอนอิสระอยู่ในโมเลกุลของโลหะก็ยิ่งทำให้มีความนำความร้อนดีขึ้นไปด้วย ดังนั้นโลหะที่มีความนำไฟฟ้าดีจึงมีความนำความร้อนที่ดีด้วย

2.8.4 การเลือกรูปทรงที่เหมาะสม

ก. <u>การใช้รูปทรงที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำ</u>

ในการออกแบบมีการคำนึงถึง สัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวภายนอกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร โดยออกแบบให้มีน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (Minimize Surface Area) เพื่อลดปริมาณความร้อน (Heat Gain) เข้าสู่ภายในอาคารที่เกิดจากผนังและหลังคา และออกแบบให้

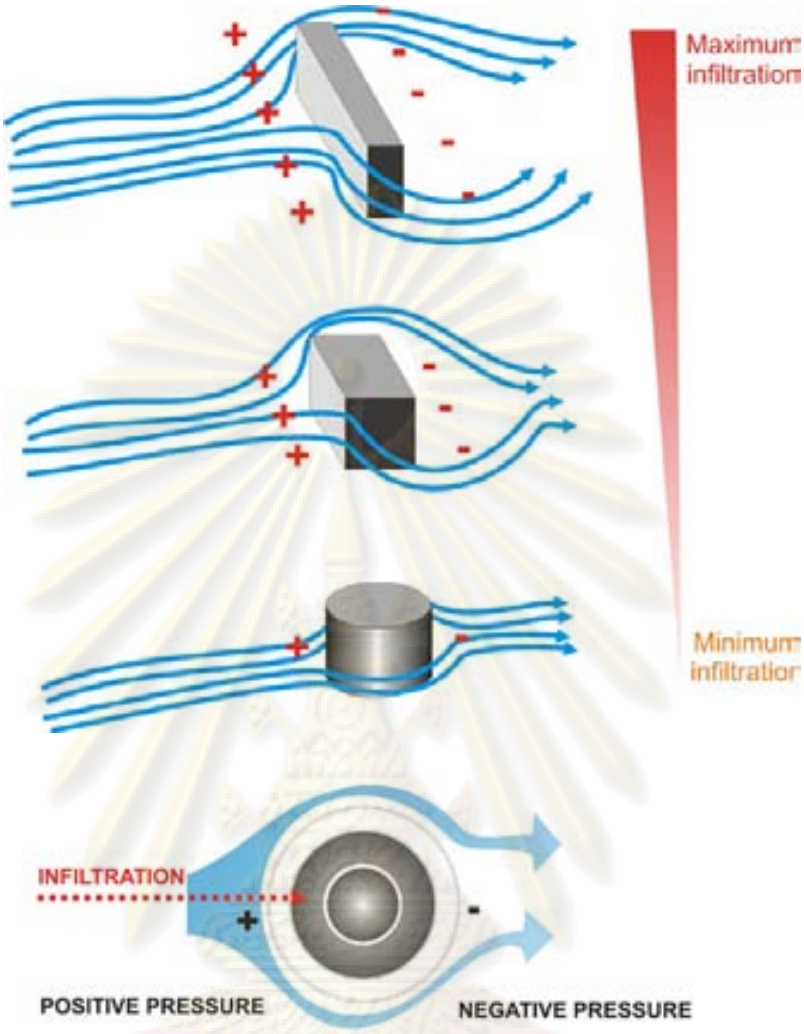
อาคารมีพื้นที่ชั้นล่างสัมผัสดินให้มากที่สุด (Maximize Surface Contact to Ground) โดยการทำเนินดินให้สูงขึ้น เพื่อประโยชน์ในการนำความเย็นจากดินมาใช้



รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างอาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำ
(สุนทร บุญญาธิการ, 2545ข: 128)

ข. <u>การใช้รูปทรงที่มีการรั่วซึมของอากาศต่ำ</u>

อาคารรูปทรงต่างๆ จะมีการรั่วซึมของอากาศเข้าสู่ภายในอาคารแตกต่างกันเมื่อได้รับอิทธิพลจากความเร็วลม รูปทรงที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของแรงดันอากาศมากจะทำให้เกิดการรั่วซึมของอากาศสูง ในขณะเดียวกันรูปทรงที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของแรงดันอากาศน้อยจะส่งผลให้เกิดการรั่วซึ่มของอากาศต่ำ อากาศที่รั่วซึ่มเข้าสู่ภายในอาคารจะเป็นตัวกลางนำความร้อนและความชื้นเข้าสู่ภายในอาคาร ในกรณีที่เป็นอาคารปรับอากาศจะทำให้ภาระในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น และส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคารโดยตรง



รูปที่ 2.15 แสดงรูปทรงอาคารประเภทต่างๆ รูปทรงที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของแรงดันอากาศมากจะส่งผลให้เกิดการรั่วซึมของอากาศมาก รูปทรงที่เกิดจากส่วนโค้งของทรงกลมจะทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันอากาศน้อยที่สุด (สุนทร บุญญาธิการ, 2545ก; 78-79)

รูปทรงของบ้านพักอาศัยควรได้รับการออกแบบเพื่อให้กระแสลมสามารถไหลผ่านได้ทั่วถึง โดยเฉพาะเมื่อตั้งขวางทิศทางของลมที่พัด ทำให้กระแสลมปะทะตัวอาคารและพัดผ่านผิวอาคารได้ทั่วทั้งด้านหน้า ด้านข้างรวมทั้งด้านบนของอาคารด้วย ด้านที่มีลมมาปะทะจะมีความกดอากาศสูง (Positive Pressure) ส่วนด้านที่ไม่มีการปะทะของลมโดยตรงจะเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ (Negative Pressure) เนื่องจากธรรมชาติของลมจะเคลื่อนที่จากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ ดังนั้นการเจาะช่องหน้าต่างของอาคารหลังนี้ จึงควรเจาะช่องบริเวณ

ด้านหน้าใช้เป็นที่สำหรับรับลมเข้าสู่ตัวอาคาร และเจาะช่องเปิดด้านหลังอาคารสำหรับทางลมออก การออกแบบรูปทรงของอาคารควรกำหนดให้ด้านหลังเป็นด้านที่มีความกดอากาศต่ำกว่า ดังนั้นไม่ว่าลมจะกระทำในทิศทางใด กระแสลมจะถูกบังคับให้ไหลผ่านตัวอาคารจากอิทธิพลของความกดอากาศที่แตกต่างกัน

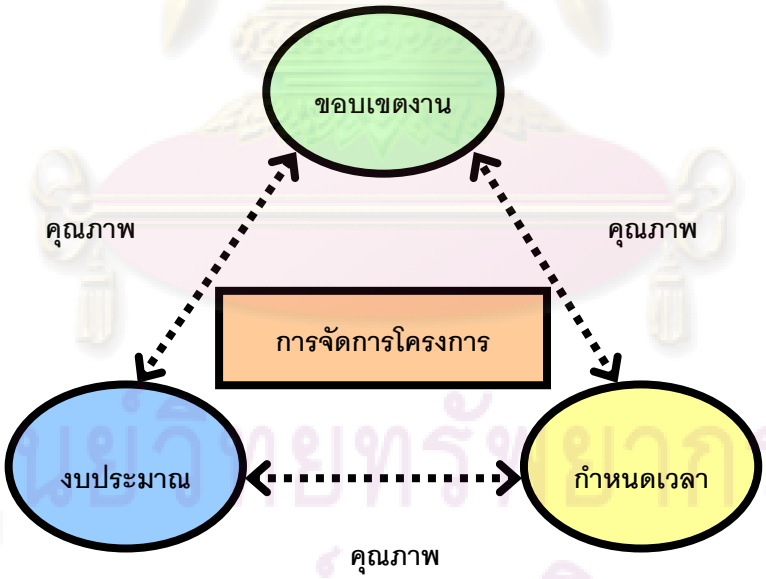
2.9 การบริหารจัดการโครงการ และการควบคุมงาน

2.9.1 ความหมายของการจัดการโครงการ

การจัดการ คือ กระบวนการดำเนินงาน ให้บรรลุเป้าหมายโดยใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ คน เงิน วิธีการ วัสดุ และเครื่องจักร

โครงการ คือ กิจกรรมที่จัดตั้งขึ้นมาอย่างมีเป้าภายใต้ขอบเขตงาน งบประมาณ และระยะเวลาที่กำหนด

การจัดการโครงงาน คือ กระบวนการดำเนินงานภายใต้ ขอบเขตงาน งบประมาณ และกำหนดเวลาที่ระบุ โดยใช้ทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ให้บรรลุเป้าหมายและมีคุณภาพของงานที่ทำให้เจ้าของงานพอใจ



รูปที่ 2.16 คุณภาพเป็นส่วนหนึ่งของขอบเขตงาน งบประมาณและกำหนดเวลา
(สันติ ชินานุวัติวงศ์, 2551; 1-2)

2.9.2 องค์ประกอบของราคาค่าก่อสร้าง

โดยทั่วไปแล้ว ค่าใช้จ่ายในการทำโครงการก่อสร้างของผู้รับเหมา ประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายทางตรง ค่าใช้จ่ายทางอ้อม ค่าเผื่อ (Contingencies) และกำไร

- ค่าใช้จ่ายทางตรง เป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในโครงการโดยตรง เช่น ราคาวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในโครงการ ค่าแรงงานต่าง ๆ เครื่องจักรที่ใช้ในการทำงานนั้น ๆ โดยเฉพาะ ผู้รับเหมาช่วงต่าง ๆ โดยทั่วไปแล้วค่าใช้จ่ายทางตรงมีมูลค่าประมาณ 60 – 70 % ของมูลค่าโครงการ

- ค่าใช้จ่ายทางอ้อม ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่ไม่สามารถคิดได้โดยตรงกับงานใดงานหนึ่งในโครงการโดยเฉพาะ ค่าใช้จ่ายทางอ้อม สามารถแบ่งย่อยได้ 2 ประเภท ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของสำนักงานใหญ่ และ ค่าดำเนินการโครงการซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในโครงการ ค่าใช้จ่ายทางอ้อมมีมูลค่าประมาณ 10 – 20 % ของมูลค่าโครงการ

- ค่าเผื่อ มีไว้สำรองเผื่อความไม่แน่นอน เช่น อาจมีสิ่งที่ไม่ได้ประมาณการ หรือคาดการณ์ไว้ เช่น การขึ้นราคาของวัสดุ มีมูลค่าประมาณ 3 – 7 % ของมูลค่าโครงการ

- กำไร เป็นส่วนที่ผู้รับเหมาบวกเข้าไปกับค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เปอร์เซ็นต์ กำไรขึ้นอยู่กับความพอใจของผู้รับเหมา มีมูลค่าประมาณ 5 – 10 % ของมูลค่าโครงการ

2.9.3 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มักพบในงานก่อสร้าง

ในการทำงานก่อสร้าง มักมีข้อจำกัดที่ควรต้องพิจารณา เพื่อให้การทำงานเป็นไปโดยราบรื่นและเกิดปัญหาน้อยที่สุด ซึ่งข้อจำกัดที่พบทั่วไปมีดังนี้

1. <u>ด้านการเงิน</u> ในการทำงานแต่ละอย่างต้องการเงินที่จะมาใช้จ่าย เพื่อทำให้เกิดงาน ซึ่งความสามารถในการทำงานของผู้รับเหมาก่อสร้าง มักจะขึ้นอยู่กับสภาพคล่องทางการเงินว่ามีมากน้อยเพียงไร การพิจารณาการทำงานก่อสร้าง ให้สัมพันธ์กับค่าใช้จ่ายที่เบิกจากเจ้าของงานเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง

2. <u>ด้านการคมนาคม</u> ในการทำงานผู้รับเหมามักจะเลือกวิธีการขนส่งที่เหมาะที่สุด ซึ่งมักหมายถึงรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย บางครั้งอาจมีการทำถนน หรือทางเข้าชั่วคราวเพื่อให้การทำงานสะดวกและรวดเร็ว

3. <u>ด้านช่างฝีมือแรงงานและค่าจ้าง</u> การทำงานก่อสร้างส่วนมาก ต้องการช่างที่มีฝีมือในหลายๆ ด้านด้วยกัน ซึ่งบางครั้งในช่วงเวลาที่มีงานก่อสร้างมาก ช่วงเทศการ หรือฤดูกาลเก็บเกี่ยว มักจะเกิดการขาดแคลนช่างฝีมือ ทำให้เกิดปัญหาในการทำงานได้

4. ด้านสภาพภูมิอากาศ งานก่อสร้างโดยทั่วไป มักจะทำในที่โล่งแจ้ง ดังนั้น ในกรณีที่ฝนตกบ่อยมากอาจเป็นอุปสรรคในการทำงานได้ บางครั้งฝนตกหนักทำให้น้ำท่วม อาจทำความเสียหายให้แก่โครงการก่อสร้างได้

5. ด้านสภาพภูมิประเทศ มีผลต่อความยากง่ายในการทำงาน เช่น บริเวณที่ราบการทำงานมักจะง่ายกว่าสภาพพื้นที่ๆ เป็นเนินเขา สภาพดินฐานรากก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง เช่น ถ้าเป็นดินอ่อน การขุดดินมักจะง่าย เป็นต้น

6. ด้านแบบและรายการข้อกำหนด การทำแบบหรือรายการข้อกำหนดที่ไม่ดีปัญหาหลักปัญหาหนึ่งที่ทำให้เกิดการขัดแย้งระหว่างเจ้าของและผู้รับเหมา เช่น ไม่ชัดเจนทำให้เข้าใจไปคนละทาง หรือ แบบกับรายการข้อกำหนดไม่ตรงกัน ดังนั้น ก่อนที่จะมีการลงนามในสัญญา ทั้งฝ่ายเจ้าของและฝ่ายผู้รับเหมา ควรทำการตรวจสอบแบบและรายการข้อกำหนด

7. ด้านอุปกรณ์และเครื่องมือ ในการทำการก่อสร้าง ควรทำการศึกษาว่าต้องการใช้เครื่องจักรชนิดใด ความสามารถเท่าใดและจำนวนเท่าใด จะหามาโดยใด เพื่อช่วยในการวางแผนจัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือให้สอดคล้องกับความต้องการนั้น

8. ด้านเวลา โครงการก่อสร้างทุกโครงการมักจะมีการกำหนดระยะเวลาที่ตายตัว ดังนั้น ในการวางแผนงานของผู้รับเหมา ต้องพิจารณาถึงทรัพยากรที่จำเป็นต้องใช้ เพื่อให้การทำงานเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด

9. ด้านวิธีการก่อสร้าง โครงการก่อสร้างแต่ละชนิด แต่ละขนาด หรือแต่ละสถานที่ อาจมีวิธีการก่อสร้างที่แตกต่างกันออกไป ผู้รับเหมาควรเลือกวิธีการก่อสร้างที่มีความเหมาะสม เพื่อให้การก่อสร้างเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

10. ด้านระเบียบข้อบังคับหรือกฎหมาย ในแต่ละประเทศหรือแต่ละท้องถิ่น อาจมีข้อจำกัดในเรื่องกฎหมายที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งจะต้องศึกษากฎหมาย เช่น น้ำหนักที่ใช้บรรทุกเวลาที่รถบรรทุกสามารถวิ่งได้ มาตรการความปลอดภัยของคนงาน เป็นต้น

11. ด้านการอื่นๆ เช่น การที่มีสหภาพแรงงาน ก็อาจทำให้คนงานมีการเดินขบวนเรียกร้องค่าแรง การนัดหยุดงานเพื่อประท้วง หรือการทำงานที่ต้องพึ่งบุคลากรฝ่ายอื่นๆ อาจทำให้เกิดปัญหาได้ ในกรณีที่ไม่ได้รับความร่วมมือ ฯ

2.9.4 **การควบคุมคุณภาพ**

คือ กระบวนการทดสอบ ตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ได้ผลที่ได้จากการก่อสร้างมีคุณภาพตามที่กำหนดไว้ในแบบรูป รายการก่อสร้าง และเงื่อนไขของสัญญา ภายใต้งบประมาณและกำหนดเวลาที่ทางเจ้าของกำหนด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. การควบคุมคุณภาพของงานก่อสร้าง ทำได้ 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้แก่

1. ระหว่างการออกแบบ เป็นการเลือกวัสดุและวิธีการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพและออกแบบให้ถูกต้องได้มาตรฐาน ตามข้อกำหนดและกฎเกณฑ์ต่าง ๆ

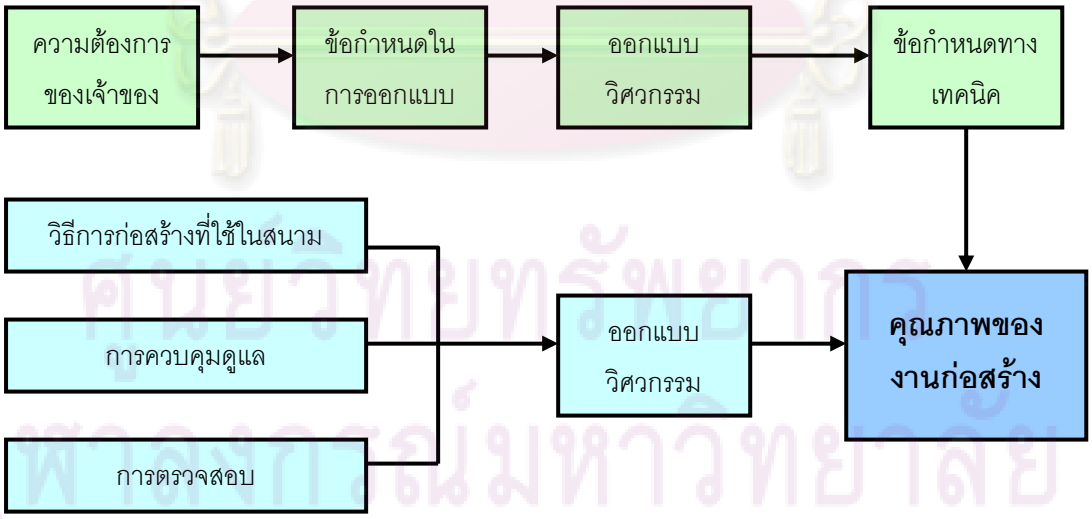
2. ระหว่างการก่อสร้าง เป็นการควบคุมงานให้ตรงตามแบบรูปและรายการข้อกำหนด โดยควบคุมคุณภาพวัสดุที่นำมาใช้ ควบคุมฝีมือแรงงานในการทำงานก่อสร้าง และตรวจสอบผลงานก่อสร้างที่สร้างเสร็จแล้ว

ข. องค์ประกอบของคุณภาพในงานก่อสร้าง

1. ลักษณะของคุณภาพ ได้แก่ สิ่งที่ใช้พิจารณาคุณภาพของวัสดุหรืองานก่อสร้างที่ต้องการควบคุมคุณภาพ เช่น ขนาด สี ความแข็งแรง ผิว อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C Ratio) การวัดค่ายุบตัวของคอนกรีต ฯ

2. คุณภาพของการออกแบบและการจัดทำรายการก่อสร้าง เป็นการกำหนดคุณภาพของงานให้เป็นไปตามมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ควรรกำหนดมาตรฐานให้เหมาะสมกับงาน เพราะว่า การใช้มาตรฐานที่สูงมักจะทำให้ค่าก่อสร้างสูง แต่ค่าดูแลรักษาต่ำ ในทางตรงกันข้ามการใช้มาตรฐานที่ต่ำแต่ค่าดูแลรักษาสูง

3. คุณภาพของการทำงานตามข้อกำหนด ได้แก่ การควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามแบบรูปและรายการก่อสร้าง โดยทั่วไปมีหลักการในการตัดสินใจ



แผนภูมิที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของคุณภาพ (สันติ ชินานุวัติวงศ์, 2551; 7-4)

แผนภูมิที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของคุณภาพ ซึ่งเริ่มตั้งแต่ความต้องการของเจ้าของงานซึ่งจะเป็นตัวกำหนดเกณฑ์การออกแบบ ซึ่งเป็นแนวทางในการออกแบบวิศวกรรม และการเตรียมรายการก่อสร้างสำหรับการก่อสร้างโครงการ

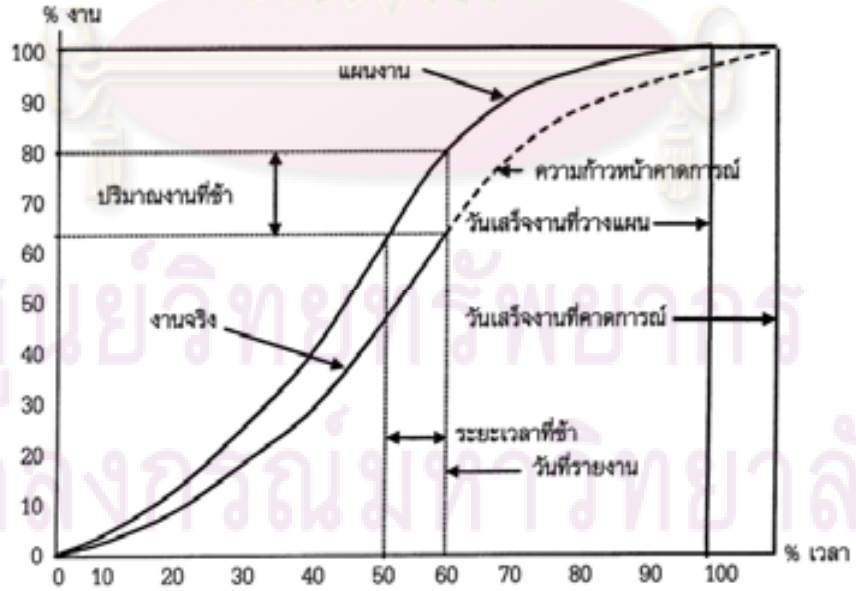
2.9.5 การควบคุมความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง

เป็นการวัดปริมาณงานที่ทำได้จริง เพื่อเปรียบเทียบกับแผนงานที่วางไว้ ผลของการเปรียบเทียบเกิดขึ้นได้ 3 กรณี

1. งานล่าช้าไปจากแผนซึ่งจะเป็นปัญหามากที่สุด และจะต้องหาทางแก้ไข
2. งานทำได้ตามแผนไม่มีปัญหา
3. งานทำได้เร็วกว่าแผน อาจมีปัญาเรื่องการเบิกค่าใช้จ่ายตามงวดงาน

ก. กราฟแผนงานกับกราฟความก้าวหน้า
(Planning & Reporting Progress)

เป็นกราฟที่แสดงการเปรียบเทียบความก้าวหน้าของงานจริงกับงานที่วางแผนไว้ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2.3 ในแต่ละช่วงเวลาที่ต้องทำรายงานกราฟ จะแสดงสถานภาพของโครงการว่า เร็วหรือช้าไปจากแผนงาน และในบางครั้ง อาจสามารถพยากรณ์วันเสร็จงานได้ โดยต่อเส้นกราฟที่แสดงความก้าวหน้าของงานออกไปจากแผนภูมิจะเห็นว่า งานล่าช้าไปจากแผน



แผนภูมิที่ 2.3 กราฟเปรียบเทียบระหว่างแผนงานและงานที่ทำได้จริง (สันติ ชินานุวัติวงศ์, 2551; 7-12)

ข. การควบคุมค่าใช้จ่าย

เป็นการควบคุมค่าใช้จ่ายหลัก ๆ ของโครงการ ซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายทางตรงซึ่งประกอบด้วยค่าแรง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ผู้รับเหมาย่อย และค่าใช้จ่ายทางอ้อม ซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายสำนักงานสนามและสำนักงานใหญ่

การควบคุมค่าใช้จ่ายแบ่งได้ 2 ช่วง

1. การควบคุมราคาระหว่างการออกแบบรายละเอียด เพื่อให้ได้ราคาค่าก่อสร้างภายใต้งบประมาณที่ทางเจ้าของงานกำหนด

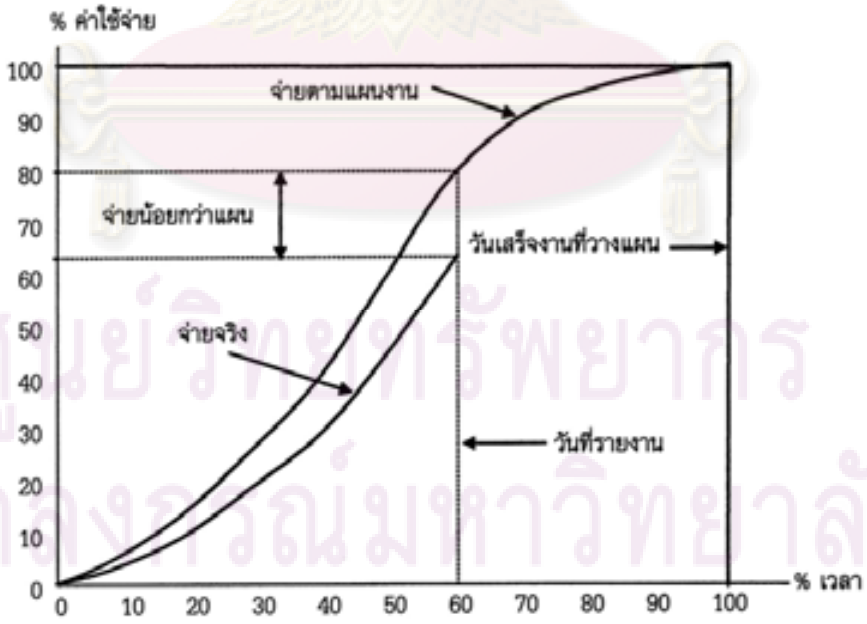
2. การควบคุมราคาระหว่างการก่อสร้าง เพื่อควบคุมค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างให้ต่ำกว่าราคาที่ประมูลได้โดยผู้รับเหมา

ค. กราฟค่าใช้จ่ายตามแผนงานกับกราฟค่าใช้จ่ายจริง

(Planning & Reporting Cost)

เป็นกราฟที่แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของงานจริง ๆ กับค่าใช้จ่ายตามแผนงานที่วางไว้ ดังแผนภูมิที่ 2.4 ในแต่ละช่วงเวลาที่ต้องทำรายงาน กราฟจะแสดงสถานภาพของโครงการว่า ค่าใช้จ่ายมากหรือน้อยไปจากแผน และในบางครั้งอาจสามารถพยากรณ์ค่าใช้จ่าย ณ วันเสร็จงานได้ จากแผนภูมิที่ 2.4 จะเห็นว่า ค่าใช้จ่ายต่ำกว่าแผน

การหาระยะเวลาโครงการที่ค่าใช้จ่ายต่ำสุด



แผนภูมิที่ 2.4 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายตามแผนงานและค่าใช้จ่ายจริง (สันติ ชินานุวัติวงศ์, 2551; 7-14)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.10 การประมาณราคา

การทำงานในการประมาณราคา เพื่อจุดประสงค์ต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การแข่งขันเพื่อให้ได้งานขององค์กรธุรกิจ จะประกอบด้วยกิจกรรมหลัก 3 ระดับ คือ

1. การหาปริมาณวัสดุจากแบบ (Quantity Takeoff) เป็นขั้นตอนปกติของผู้ทำงานทุกระดับในวงการก่อสร้างต้องเข้าใจ และมีพื้นฐานในการถอดแบบ

2. การหาราคาต่อหน่วย (Pricing of Unit Rate) เป็นขั้นตอนที่ต้องการผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และประสบการณ์มากขึ้น มีความเข้าใจในวิธีการก่อสร้าง และการวางแผนงานในโครงการที่ทำการประมาณราคา มีข้อมูลในการเสนอราคาหมวดต่าง ๆ ได้

3. การกำหนดราคาค่าใช้จ่ายโครงการ กำไร ราคาสุดท้าย (Final Pricing) ขั้นตอนสุดท้ายที่ดำเนินการโดยผู้บริหาร/เจ้าของกิจการ ในการนำเอาข้อมูลในระดับสูงขึ้นไป มาประกอบการตัดสินใจสรุปราคาเพื่อการแข่งขัน

2.10.1 องค์ประกอบของการประมาณราคา

จุดประสงค์หลักของการประมาณราคา คือ ให้ทราบราคาของงาน/โครงการ ในทุกขั้นตอนและระยะเวลาของการประกอบกิจกรรม ซึ่งมักจะแบ่งงานออกเป็นหมวดหลัก 2 หมวด คือ งานอาคารและงานโยธานั้น จะต้องนำองค์ประกอบต่าง ๆ มาพิจารณา ดังนี้

1. ราคาของงานหลัก เช่น วัสดุก่อสร้าง เครื่องจักร ค่าแรงงานที่เกี่ยวข้องและต้องการตามข้อกำหนดมาตรฐานต่าง ๆ

2. ค่าใช้จ่ายจากหน่วยงานในเรื่องต่าง ๆ เช่น ค่าประกันภัย ค่าธรรมเนียมธนาคาร ค่าค้ำประกัน ฯลฯ ตามความต้องการจากข้อความในสัญญาทั้งหมดนี้ เรียกว่า ค่าใช้จ่ายทั่วไป

3. ค่าใช้จ่ายประจำเดือนหรือช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ในการบริหารโครงการ เช่น ค่าใช้จ่ายในหน่วยงาน เงินเดือน ค่าสาธารณูปโภค ค่าบำรุงรักษา หรือค่าใช้จ่ายอื่นใด

4. ค่าใช้จ่ายเหมารวมสำหรับงานหรือกิจกรรมพิเศษ

2.10.2 หลักการทำการประมาณราคา

จากการที่ราคาในโครงการก่อสร้าง ตามบัญชีในปริมาณงาน ได้มาจากผลรวมของผลคูณของปริมาณงาน และราคาต่อหน่วยแต่ละรายการ ความละเอียดถูกต้องในงานประมาณราคา จะได้มาจาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. ความแม่นยำถูกหลักการในการถอดแบบก่อสร้าง (Quantity Takeoff)

2. ราคาต่อหน่วยในรายการ (Unit Rate)

การประมาณราคา เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ในเวลาเดียวกัน โดยเป็นการผสมผสานระหว่างทฤษฎี ข้อมูล การเปรียบเทียบ และประสบการณ์ ราคาต่อหน่วยของรายการใดรายการหนึ่ง จะสะท้อนถึงการวิเคราะห์ราคาของหน่วยงานนั้น ตามสภาพเฉพาะใด ๆ อย่างเดียวเท่านั้น

2.10.3 ประเภทของการประมาณราคา

ก. ประเภทของการประมาณราคาตามลักษณะกิจกรรม

1. Feasibility Study เพื่อการตัดสินใจสร้างโครงการ การหาราคาประมาณของงานลักษณะนี้ การประมาณราคาจะทำการประมาณราคาค่าก่อสร้างโครงการ โดยไม่รวมถึงค่าใช้จ่ายในโครงการอย่างอื่น ๆ เช่น ค่าที่ดิน ดอกเบี้ยเงินทุน การบำรุงรักษาหลังโครงการ ความผูกพันด้านภาระค่าใช้จ่ายอื่น ๆ

2. Functional Unit Price Estimate ต้องการข้อมูลจากอดีตมาก เช่น ข้อมูลจากการลงทุนของส่วนราชการหรือเอกชน ในลักษณะโครงการเดียวกัน ในรายละเอียดใกล้เคียงกันมาก การประมาณราคาแบบนี้ใช้เวลาน้อยมาก แต่ความแม่นยำน้อยมาก หน่วยวัดอ้างอิงจะไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง เช่น การหาราคาก่อสร้าง โรงเรียน 1 หลัง

3. Detailed Estimate เป็นแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุด สำหรับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการทำการก่อสร้าง

4. Budjet Estimate เป็นการทำการประมาณราคา เพื่อการก่อสร้างจริงในโครงการหลังจากการเริ่มโครงการ

การใช้การประมาณราคาอย่างละเอียด ที่ประกอบด้วยข้อมูลย่อยทั้งหมด จะเป็นประโยชน์ต่อองค์กรในการนำไปใช้เป็นฐานข้อมูล สำหรับการวิเคราะห์ จัดทำการบริหารการเงินของโครงการ หรือของบริษัทต่อไปได้ การทำการเบิกจ่ายค่างานของแต่ละงวดเวลา ก็จะใช้หลักการจากงานที่เสร็จในบัญชีปริมาณงานนั้น ๆ

ข. ประเภทการประมาณราคาตามความต้องการ

1.การประมาณราคาอย่างหยาบ

เป็นการประมาณราคา เพื่อหาราคารวม หรือราคาต่อหน่วยที่เป็นราคาเบื้องต้น เพื่อใช้ในวัตถุประสงค์ของงานเริ่มต้น เช่น งานทำการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ เพื่อตั้งงบประมาณเบื้องต้นของหน่วยงานราชการ ที่ยังไม่ได้มีราคาจริง หรือเปรียบเทียบมาก่อน

มาใช้เพื่อเป็นราคากลางสำหรับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก ราคาจะปรากฏในรูปของราคาต่อหน่วยอ้างอิงหลายแบบ ดังนี้

2. การประมาณราคาอย่างละเอียด

เป็นการประมาณราคาในความต้องการ ที่จะรู้รายละเอียดของงานให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ต้องมีการทำการวิเคราะห์ราคาต่อหน่วย และแสดงปริมาณงานในแต่ละหัวข้อ ซึ่งจะนำไปสู่การจัดหมวดหมู่ตามกลุ่มงานต่าง ๆ และสรุปรวมอีกครั้งหนึ่ง เป็นการจัดรูปแบบของการประมาณราคาในบัญชีงาน (Bill of Quantity)

การรวมราคางาน ในหมวดงานย่อย ๆ ในแต่ละหมวด ซึ่งราคาหมวดงานในแต่ละเรื่อง คือ ผลคูณระหว่างปริมาณงานและราคาต่อหน่วยนั่นเอง ปริมาณงานในแต่ละรายการ คือ ปริมาณงานที่ได้มาจากการถอดแบบอย่างละเอียด ซึ่งหัวข้อของงาน ก็ขึ้นอยู่กับการกำหนดในเงื่อนไขของการประมูลที่ระบุมาให้ หรือจัดทำเองโดยผู้รับเหมาก่อสร้าง

สำหรับราคาต่อหน่วย ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องจัดทำตามประสบการณ์ของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้อง จะเป็นราคาที่แสดงถึงราคาจริง สำหรับโครงการนั้น ๆ จะประกอบไปด้วย ราคาของวัสดุก่อสร้าง ค่าจ้างแรงงานในการทำงานหมวดงานนั้น ๆ ค่าเครื่องจักรโดยตรง หรือเครื่องจักรบริการใด ๆ ที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์ที่สำคัญต้องใช้ในการทำงาน การเผื่อความผิดพลาดหรือสูญเสีย และค่าใช้จ่ายตรงอื่น ๆ เท่าที่จำเป็น

งานประมาณราคาแบบนี้ ใช้สำหรับงานก่อสร้างขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ซึ่งมีเนื้องานหลายชนิดรวมกัน ขั้นตอนของงานมีมากและเกี่ยวเนื่องกัน ราคาที่ได้จะละเอียดถึงขั้นนำมาอ้างอิงได้ในภายหลัง มักจะใช้สำหรับการประมูลราคางานก่อสร้าง สำหรับผู้รับเหมาก่อสร้าง วิศวกรควบคุมงาน วิศวกรที่ปรึกษาโครงการ เจ้าของงาน หรือผู้ลงทุน เช่น ธนาคาร สถาบันการเงิน องค์กร รัฐบาล เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคาร และค่าใช้จ่ายโดยรวม ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

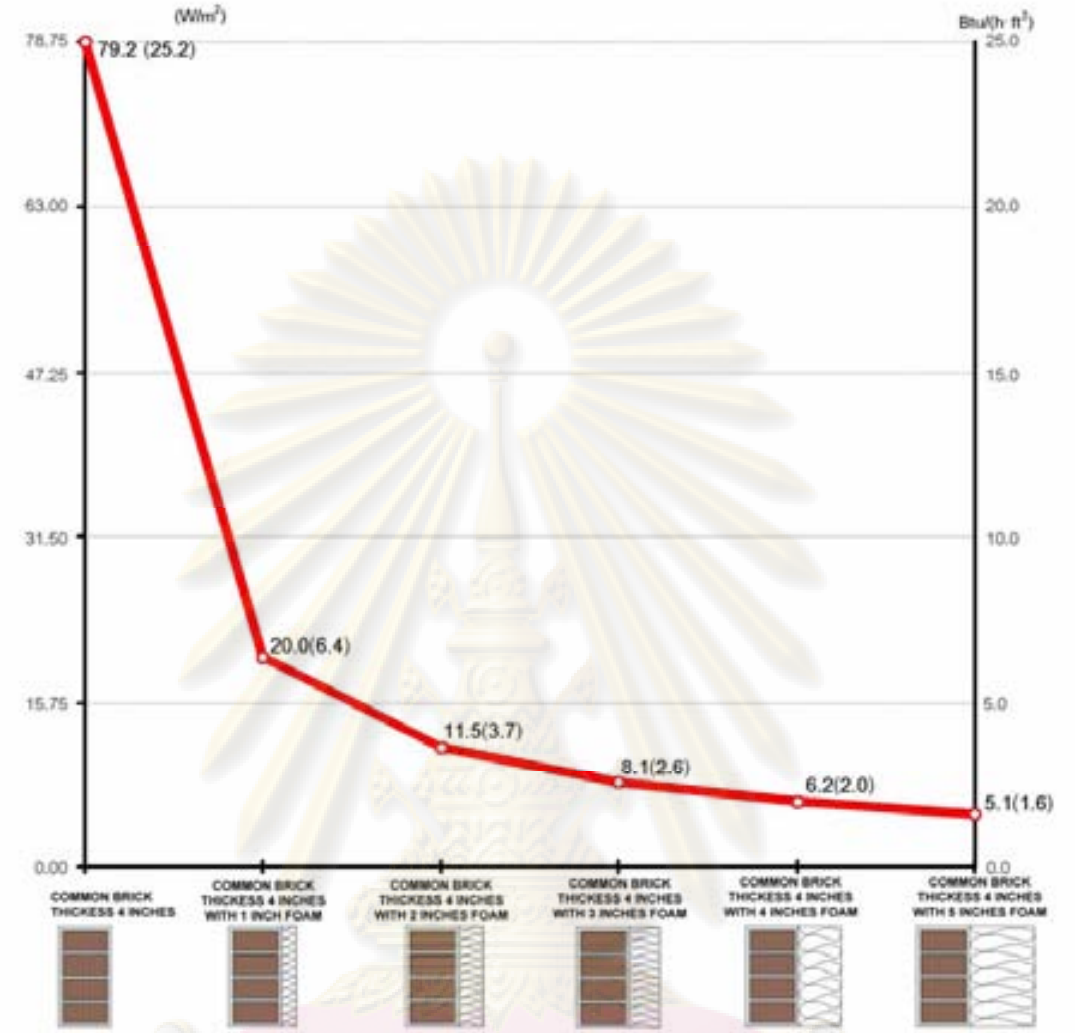
3.1.1 การลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (Surface-to-Area Ratio, S/A)

อาคารในปัจจุบันส่วนใหญ่ ออกแบบโดยไม่คำนึงถึงคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนของระบบเปลือกอาคารมากนัก ทำให้อิทธิพลของพื้นผิวอาคารที่สัมผัสอากาศภายนอกที่มีต่อภาระการทำความเย็นค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีอาคารขนาดเล็ก เช่นบ้านพักอาศัย จัดเป็นอาคารที่มีพื้นที่เปลือกอาคารมากเมื่อเทียบกับอาคารที่มีขนาดใหญ่กว่า ดังนั้นภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง จึงขึ้นอยู่กับการออกแบบรูปทรงของอาคารว่ามีความฟุ่มเฟือยเกินความต้องการของพื้นที่ใช้สอย (สันติ ฉันทวิลาสวงศ์, 2543)

รูปทรงของอาคาร เป็นปัจจัยหลักปัจจัยหนึ่งที่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงตั้งแต่ในขั้นต้นของการออกแบบ เพราะรูปทรงของอาคารเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณวัสดุ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อราคาค่าก่อสร้างและระยะเวลาในการดำเนินการ อีกทั้งยังมีอิทธิพลโดยตรงต่อการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ การออกแบบอาคารโดยใช้แนวความคิดการลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (S/A) จึงเป็นตัวแปรที่สำคัญตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

3.1.2 การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร (U-Value)

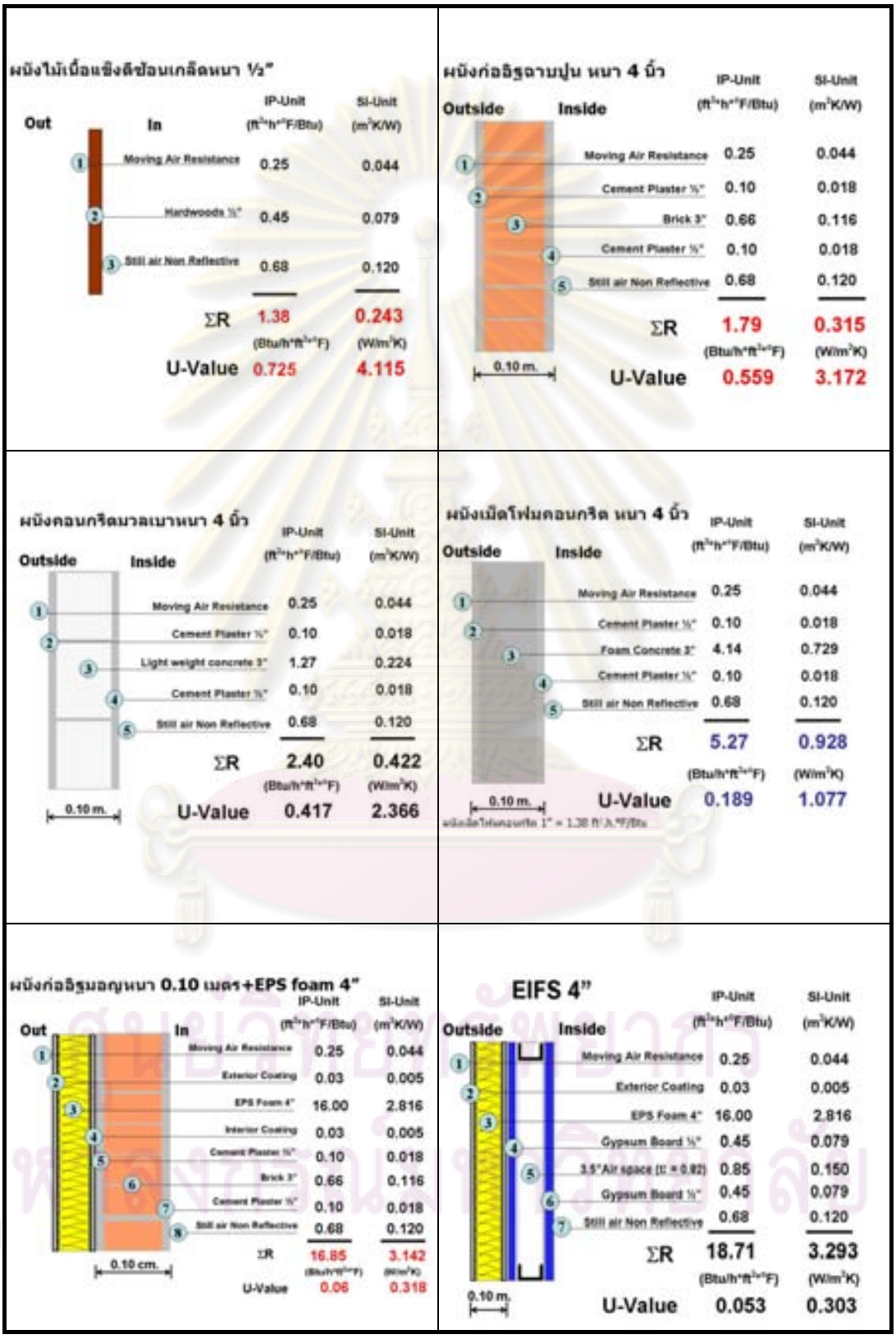
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มีค่าเท่ากับ $1/\sum R$ มีหน่วยเป็น $W/(m^2\ ^oC)$ โดยค่า $\sum R$ หมายถึงค่าความต้านทานความร้อนรวมของวัสดุผนัง มีหน่วยเป็น $(m^2\ ^oC)/W$ ดังนั้นหากวัสดุผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมากก็หมายถึงมีค่าความต้านทานความร้อนรวมของวัสดุผนังน้อย ความร้อนจึงสามารถถ่ายเทเข้ามาสู่ภายในอาคารได้มากกว่าวัสดุผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนน้อยกว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะใช้ในการคำนวณปริมาณความร้อนที่เข้าหรือออกจากอาคารอันเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายใน



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงอัตราความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารเปรียบเทียบระหว่างผนังก่ออิฐทั่วไป กับผนังก่ออิฐที่ปรับปรุงด้วยการเพิ่มวัสดุฉนวนกันความร้อนตั้งแต่ 1-5 นิ้ว พบว่าการเพิ่มวัสดุฉนวนผสมผสานกับผนังก่ออิฐทั่วไป จะมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความร้อนผ่านเข้าภายในอาคารได้ดีกว่าผนังก่ออิฐทั่วไปมาก โดยเฉพาะการเพิ่มฉนวนที่ 1 นิ้ว แรก สามารถลดปริมาณความร้อนลงได้ถึง 4 เท่า (สุนทร บุญญาธิการ, 2545ข: 171)

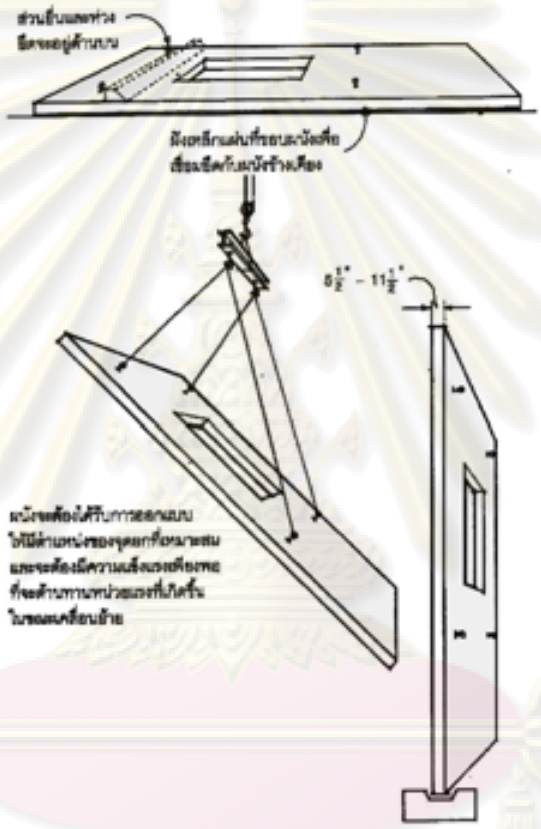
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร 6 ชนิด



3.1.3 **การใช้ระบบสำเร็จรูป** (Prefabrication)

จากการศึกษาของ รศ.ดร.ต่อตระกูล ยมนาค (2516) ได้สรุปว่าระบบการผลิตบ้านอุตสาหกรรม ยังไม่เหมาะกับประเทศไทย เพราะยังไม่มีความต้องการบ้านรูปแบบซ้ำ ๆ กันเป็นจำนวนมาก ๆ ในเวลาอันรวดเร็ว อีกทั้งราคาค่าแรงงานยังถูกอยู่มาก ซึ่งในยุโรปและอเมริกามีอัตราส่วนค่าแรงถึง 70 % ของราคาบ้าน ส่วนในประเทศไทยไทยมีอัตราส่วนค่าแรงเพียง 30 % หมายความว่าการลดราคาบ้านในประเทศไทยต้องลดที่ปริมาณวัสดุจึงจะลดลงได้มาก



รูปที่ 3.1 การก่อสร้างโดยวิธียกตั้ง ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป (ทัต สัจจะวาที, ผู้แปล, 2545: 162)

อย่างไรก็ตามการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป พบในประเทศไทยเป็นระยะเวลายาวนานแล้ว หลักฐานที่สำคัญที่สุดคือ บ้านทรงไทย ที่สามารถก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูปได้อย่างสมบูรณ์แบบ ซึ่งเป็นภูมิปัญญาอันทรงค่าของบรรพบุรุษ ตามคำจำกัดความดังนี้

เรือนไทยนิยมสร้าง “วิธีประกอบสำเร็จรูป” มีสาเหตุดังนี้ (สมภพ ภิรมย์, 2545)

1. ครู-อาจารย์ จะใช้บ้านเป็นโรงงานปรุงแต่งไม้ แบบโรงงานอุตสาหกรรม บ้านหลังไหนเร่งด่วนก็นำวัสดุของบ้านอีกหลังที่ไม่เร่งไปทดแทนได้
2. บ้านครูเป็นเสมือนโรงเรียนอาชีวะ สอนวิชาการด้วยวาจา ระบบศิษย์ฝึกงาน
3. ที่บ้านครูมีเครื่องไม้เครื่องมือพร้อม ใช้สอยได้สะดวก

4. ครูต้องทำเรือนหลาย ๆ หลังในคราวเดียว โดยครูเป็นผู้ลงมือทำและคุมลูกศิษย์
5. ดูแลไม้ประกอบเรือนได้ใกล้ชิด เมื่อประกอบเป็นแผ่นสามารถยกได้ง่ายไม่เกินแรง
6. สะดวกในการเลี้ยงอาหาร ศิษย์ก็เหมือนสมาชิกในครอบครัวกินอยู่หลับนอนในบ้านไม่ต้องเดินทางไปมา ไม่ต้องหาที่พักชั่วคราว
7. การขนย้ายเครื่องมือ คน ตัวไม้ต่างๆ ไปปลูกสร้างไม่สะดวก
8. ต้องการความสะดวกในการรื้อถอน ย้ายถิ่น สามรถย้ายบ้านไปอยู่ที่อื่นได้ตามใจ และสร้างเสร็จในวันเดียว หรือการรื้อถวายวัด
9. การสร้างอยู่ริมแม่น้ำลำคลอง อันตรายจากตลิ่งพัง เป็นเหตุให้จำต้องย้ายเรือน

สาเหตุทั้ง 9 ประการนี้ แสดงให้เห็นว่า เรือนไทยโบราณเป็นบ้านสำเร็จรูป สะดวกในการรื้อถอน และสร้างเสร็จในวันเดียว การก่อสร้างเรือนหอ “ยกเสาเอกตอนเช้าตอนบ่ายนิมนต์พระสวดมนต์เย็น เตรียมการมงคลสมรสได้” แสดงว่าการก่อสร้างสมัยก่อนมีสมรรถภาพสูงมากการก่อสร้างอยู่ในมือคนไทย

3.1.4 **การใช้วัสดุเดียว** (Single material)

คือ วัสดุก่อสร้างที่สามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่างในเวลาเดียวกัน เมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ ในงานวิจัยนี้ได้แก่

- Sandwich Insulation Panel (SIP) โดยใช้โฟม EPS เป็นแกนกลาง หนา 4 นิ้ว ถึง 6 นิ้ว ภายนอกประกบติดด้วยแผ่นเหล็กเคลือบสี หนา 0.05 มิลลิเมตร ทั้งสองด้าน จึงมีน้ำหนักเบา สามารถยกติดตั้งด้วยแรงงานคน ขนาดแผ่นโดยทั่วไปจะกว้าง 1.20 เมตร สามารถสั่งผลิตตามความยาวที่ต้องการได้
- โฟมซีเมนต์บล็อก เป็นวัสดุที่เกิดจากการผสมเม็ดโฟม EPS ชนิดพิเศษที่เคลือบสารเพิ่มการยึดเกาะกับปูนซีเมนต์ หล่อขึ้นรูปเป็นบล็อก ขนาดมาตรฐาน 0.60x0.40x0.20 เมตร จึงสามารถก่อฉาบผนังได้รวดเร็วด้วยแรงงานทั่วไป มีน้ำหนักเบามากเมื่อเทียบกับผนังก่ออิฐมอญ และสามารถป้องกันความร้อนความชื้นได้ดี

ในการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยโดยทั่วไป ระบบเปลือกอาคารจะประกอบด้วยวัสดุหลากหลายชนิดที่แตกต่างกัน วัสดุแต่ละชนิดจะทำหน้าที่เฉพาะ ซึ่งจำเป็นต้องช่างฝีมือเฉพาะแต่ละงาน และมีขั้นตอนในการก่อสร้างหลายขั้นตอน เช่น งานหลังคา ทำหน้าที่หลักใน

การปกคลุมพื้นที่ภายในอาคาร ให้ร่มเงา ป้องกันแดด ลม ฝน แก่ผู้อยู่อาศัยภายใน ส่วนมากจะประกอบด้วย

1. โครงสร้างหลังคา เริ่มจากการตั้งอะเสบนเสา เชื่อมต่อกันด้วยขื่อและดั้ง เพื่อรับจันทัน แล้วจึงติดตั้งแปตามระยะขนาดของวัสดุมุงหลังคา ทำหน้าที่รับน้ำหนักจากวัสดุมุงหลังคาและแรงกระทำต่าง ๆ ถ่ายลงสู่โครงสร้างอาคารด้านล่าง
2. วัสดุมุงหลังคาชนิดต่าง ๆ ทำหน้าที่หลักในการป้องกับแดด ลม ฝน ปกคลุมให้ร่มเงาอาคาร และเป็นวัสดุตกแต่งให้อาคารสวยงาม
3. ฝ้าเพดานภายใน เพื่อเพิ่มความสวยงามและเก็บความเรียบร้อยภายในอาคาร ส่วนใหญ่จะมีโครงเคร่าฝ้ายึดติดกับโครงสร้างหลังคา แล้วจึงยิงแผ่นฝ้าเพดาน พร้อมเก็บรอยต่อของแผ่นฝ้า และทาสี
4. ติดตั้งฉนวนกันความร้อนบนโครงเคร่าฝ้าเพดานอีกชั้นหนึ่ง เพื่อทำหน้าที่ป้องกันความร้อนให้เข้าสู่ภายในบ้านให้น้อยลง

3.2 ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการก่อสร้างอาคาร ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา

3.2.1 อาคารบ้านตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาพื้นที่ใช้สอยในการออกแบบบ้านพักอาศัย เพื่อหาพื้นที่ใช้สอยรวมทั้งหมดของบ้านพักอาศัย โดยการกำหนดพื้นที่ใช้สอยในส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ส่วนรับแขก ครัวและส่วนรับประทานอาหาร ห้องน้ำ และห้องนอน

รูปที่ 3.2 รูปแบบบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จังหวัดชุมพร

รูปที่ 3.3 รูปแบบสถาปัตยกรรมบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จังหวัดชุมพร

<u>รายระเอียดอาคารบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จังหวัดชุมพร</u>

- พื้นที่ใช้สอยรวม 48 ตารางเมตร
- พื้นที่ใช้สอยในส่วนปรับอากาศ 34 ตารางเมตร
- โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โครงหลังคาเหล็ก
- ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น ฉาบปูนเรียบทางสี
- หลังคามุงกระเบื้องคอนกรีต
- ฝ้าเพดานภายในบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดธรรมดา หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- ฝ้าเพดานภายนอกบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดชนความชื้น หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- หน้าต่างอลูมิเนียม ลูกฟักกระจกใส หนา 3 ม.ม.
- รายละเอียดอื่นๆ ตามรายการในภาคผนวก ค (ตารางที่ ค-1)

3.2.2 การศึกษาตัวแปร ที่มีผลต่อการก่อสร้างอาคาร และค่าใช้จ่ายโดยรวม

การศึกษาตัวแปรแต่ละตัวแปร ว่ามีอิทธิพลต่อการก่อสร้างอาคาร ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน ในส่วนของค่าก่อสร้างโดยรวมทั้งหมด ระยะเวลาในการก่อสร้าง และค่าการใช้พลังงานฟ้า ได้แก่

1. อัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (Surface-to-Area Ratio, S/A) ด้วยการออกแบบอาคารที่ลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยให้น้อยลง บ้านมั่นคงใช้วัสดุในการก่อสร้างทั่วไป แล้วคำนวณเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมด

2. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร(U-Value) ด้วยการเพิ่มวัสดุฉนวนให้แก่เปลือกอาคารของบ้านมั่นคง โดยยังคงรูปแบบเดิมไว้ แล้วคำนวณเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมด

- ผนังติดตั้งระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS หนา 4 นิ้ว
- เปลี่ยนกระจกจากกระจกใส 3 ม.ม. เป็นกระจกลามิเนต หนา 6 ม.ม.
- ติดตั้งฉนวนใยแก้วกันความร้อนใต้หลังคา หนา 3 นิ้ว ซ้อนกัน 3 ชั้น ความหนาแน่น 12 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยวางสลับรอยต่อ

3. การใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูป (Semi-prefabrication) ด้วยการเปลี่ยนระบบก่อสร้างอาคาร โดยการใช้ผนังคอนกรีตสำเร็จรูปแทนผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น แล้วคำนวณเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมด

4. การใช้วัสดุเดียว (Single material) ด้วยการเปลี่ยนระบบผนังและหลังคา โดยใช้ระบบแผ่นฉนวนสำเร็จรูป (Sandwich Insulation Panel) แทนผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น และหลังคามุงกระเบื้องคอนกรีต แล้วคำนวณเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมด

3.3 การประยุกต์ใช้ตัวแปรต่าง ๆ ในการออกแบบบ้านต้นแบบ ด้วยการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

การประยุกต์ใช้ตัวแปรที่ได้ศึกษาทั้ง 4 ตัวแปร ในการออกแบบบ้านต้นแบบตามแนวคิดในการผสมผสานทุกตัวแปรเข้าด้วยกัน เพื่อให้บ้านต้นแบบมีประสิทธิภาพสูงสุด แล้วคำนวณเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมด เปรียบเทียบกับบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จังหวัดชุมพร และบ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 ของกรมโยธาธิการและผังเมือง

ขนาดและความสูงของที่ว่างที่น้อยที่สุด สำหรับรองรับการใช้สอยทำกิจกรรมต่างๆ ยึดถือเกณฑ์ตามหนังสือ Time-saver standards for housing and residential development สำหรับบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก มีผู้อยู่อาศัยจำนวน 2-4 คน ประกอบด้วยส่วนรับแขก ส่วนนอน ห้องน้ำ 1 ห้อง และส่วนเตรียมอาหาร โดยคำนึงถึง

1. อัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (Surface-to-Area Ratio, S/A)
2. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร (U-Value)
3. การใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูป (Semi-prefabrication)
4. การใช้วัสดุเดียว (Single material)

รูปที่ 3.4 รูปแบบบ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 ของกรมโยธาธิการและผังเมือง

<u>รายระเอียดอาคารบ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 ของกรมโยธาธิการและผังเมือง</u>

- พื้นที่ใช้สอยรวม 77 ตารางเมตร
- พื้นที่ใช้สอยในส่วนปรับอากาศ 52 ตารางเมตร
- โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โครงหลังคาเหล็ก
- ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น ฉาบปูนเรียบทางสี
- หลังคามุงกระเบื้องคอนกรีต
- ฝ้าเพดานภายในบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดธรรมดา หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- ฝ้าเพดานภายนอกบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดชนความชื้น หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- หน้าต่างอลูมิเนียม ลูกฟักกระจกใส หนา 3 ม.ม.
- รายละเอียดอื่นๆ ตามรายการในภาคผนวก ค (ตารางที่ ค-2)

3.4 การประเมินค่าใช้จ่าย ระยะเวลาและแรงงานในการก่อสร้าง ตรวจสอบศักยภาพในการประหยัดพลังงาน ตลอดจนศักยภาพในการลงทุน ของบ้านต้นแบบ

3.4.1 ปริมาณและราคาวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

ปริมาณและราคาวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยต้นแบบ เปรียบเทียบกับบ้านพักอาศัยขนาดเล็กทั่วไป ในงานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบกับบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จังหวัดชุมพร และบ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 ของกรมโยธาธิการและผังเมือง เนื่องจากมีขนาดใกล้เคียงกัน โดยใช้วิธีการถอดแบบตามแนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคาร ในส่วนของงานโครง

สร้างและงานสถาปัตยกรรม (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2545) ประกอบกับประสบการณ์ในการถอดแบบประเมินราคาค่าก่อสร้างจากการทำงานของผู้วิจัย โดยจำแนกค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างแบ่งเป็น

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

2. **ค่าวัสดุและอุปกรณ์** อ้างอิงจากราคาวัสดุก่อสร้างปี พ.ศ.2551 ในเขตกรุงเทพมหานคร (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) จากกระทรวงพาณิชย์ และกลุ่มออกแบบและก่อสร้าง กระทรวงศึกษาธิการ 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
   - งานระบบปรับอากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

4. **ค่าดำเนินการ** เป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการก่อสร้างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากมูลค่างาน ซึ่งรวมค่าอำนวยการ, ค่าดอกเบี้ย, ค่ากำไร และภาษีมูลค่าเพิ่ม ในงานวิจัยนี้ใช้ค่าดำเนินการที่อ้างอิงจากการใช้ตาราง Factor F ในตารางที่ 3.2

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 3.2 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

3.4.2 ระยะเวลาในการก่อสร้าง

ระยะเวลาในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยต้นแบบ เปรียบเทียบกับบ้านพักอาศัยขนาดเล็กโดยทั่วไปที่มีความเร็วในการก่อสร้าง 1.40 ตารางเมตรต่อวัน (นรมิตร ลิ่วธนมงคล: 2538) ในงานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบกับบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จังหวัดชุมพร และบ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 ของกรมโยธาธิการและผังเมือง โดยใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลของกลุ่มออกแบบและก่อสร้าง

กระทรวงศึกษาธิการ หนังสือการบริหารและจัดการงานก่อสร้าง (ศรยุทร กิจพจน์, 2545) หนังสือราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยสำเร็จรูป (อัลฟา ทีม, 2545) และคู่มือรวมข้อมูลก่อสร้าง (นรมิตร ลิ่วธนมงคล: 2538) ประกอบกับข้อมูลระยะเวลาในการก่อสร้างจากประสบการณ์ในการทำงาน

3.4.3 อัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย

อัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยของบ้าน จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณพื้นที่เปลือกอาคาร กล่าวคือถ้าอาคารมีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยมาก อาคารนั้นจะมีพื้นที่เปลือกอาคารมากกว่า อาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบที่พื้นที่ใช้สอยเท่ากัน การประเมินอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย ของบ้านพักอาศัยต้นแบบ กับบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จังหวัดชุมพร และบ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 ของกรมโยธาธิการและผังเมือง เพื่อเปรียบเทียบปริมาณพื้นที่เปลือกอาคาร ได้กำหนดขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

1. คำนวณหาพื้นที่เปลือกอาคาร และพื้นที่ใช้สอย ของบ้านพักอาศัยที่ออกแบบกับบ้านมั่นคง และบ้าน กรมโยธาฯ โดย
   - พื้นที่เปลือกอาคาร คือพื้นที่ทั้งหมดโดยรอบอาคารที่สัมผัสกับภายนอก ในส่วนที่มีการปรับอากาศ ได้แก่ พื้น, ผนัง, ช่องเปิด และหลังคา
   - พื้นที่ใช้สอย คือพื้นที่ในระนาบนอนภายในทั้งหมดของอาคาร ในส่วนที่มีการปรับอากาศ
2. คำนวณหาอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย ของบ้านพักอาศัย
3. วิเคราะห์เปรียบเทียบ อัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยของบ้านพักอาศัยทุกรูปแบบ

3.4.4 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร

การถ่ายเทความร้อนรวมเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณความร้อน ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของบรรยากาศภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิและปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ถ่ายเทผ่านเข้าสู่ภายในอาคาร อาจจะกล่าวได้ว่าอาคารใดมีค่า OTTV หรือ RTTV สูงแสดงว่าอาคารนั้นต้องใช้พลังงานในระบบปรับอากาศสูง และอาคารที่มีค่า OTTV หรือ RTTV ต่ำแสดงว่าอาคารนั้นจะมีความต้องการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศต่ำ

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร ระหว่างบ้านพักอาศัยต้นแบบ บ้านเอื้ออาทร บ้านมั่นคง ชุมชนหลัง

สวน จ.ชุมพร บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 กรมโยธาธิการและผังเมือง กับอาคารเก่า และอาคารใหม่ ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 กำหนดไว้ ได้กำหนดขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

1. ป้อนข้อมูลต่างๆ ของบ้านพักอาศัยที่ออกแบบ และบ้านเอื้ออาทร บ้านมั่นคง และบ้าน กรมโยธาธิการและผังเมือง ในโปรแกรม OTTVEE Version 1.0a (สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) ให้โปรแกรมคำนวณค่า OTTV และ ค่า RTTV โดย

- กำหนดให้ด้านหน้าบ้านทุกรูปแบบหันไปทางทิศตะวันออก
- คำนวณพื้นที่เปลือกอาคารเฉพาะส่วนที่ปรับอากาศ และสัมผัสกับสภาพแวดล้อมภายนอก ได้แก่ ผนังทึบ, ผนังโปร่ง, หลังคาทึบ และหลังคาโปร่ง
- ผนังได้แก่เปลือกอาคารที่มีความเอียง 70-90 องศา จากระดับพื้นดิน
- หลังคาได้แก่เปลือกอาคารที่มีความเอียง 0-69 องศา จากระดับพื้นดิน
- คุณสมบัติของวัสดุกำหนดตามตารางที่ 3.3
- การใช้สีภายนอก กำหนดให้ใช้สีอ่อนสำหรับผนังอาคาร และใช้สีปานกลางสำหรับหลังคาบ้านทั่วไป ส่วนหลังคาบ้านต้นใช้สีอ่อน เนื่องจากสามารถฉาบสีได้ตามต้องการ

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่า OTTV และ ค่า RTTV ของบ้านพักอาศัยทั้ง 2 รูปแบบ เปรียบเทียบกับค่า OTTV และ ค่า RTTV ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

- ค่า OTTV ต้องไม่เกินกว่า 45 วัตต์ต่อตารางเมตร
- ค่า RTTV ต้องไม่เกินกว่า 25 วัตต์ต่อตารางเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบของวัสดุเปลือกอาคาร ที่ใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม

	ผนัง									กระจก			หลังคา				
รายการชั้นของวัสดุ	ผนังก่ออิฐมวลเบา 7 ซม. ฉาบปูนสีขาว	ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น	ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น ภายในปูกระเบื้องเซรามิค	ผนังไม้ หนา 1/2" โครงคร่าไม้	ผนังไม้ หนา 1/2" โครงคร่าไม้ ก่ออิฐ	ผนังก่อคอนกรีตผสมมวลเบาโฟม 20 ซม. ฉาบปูนสีขาว	EIFS 4" + GYB	EIFS 10" + GYB	sandwich wall 6"	กระจกใส หนา 4 มม.	กระจกLaminated 6 มม. (กระจกใส 3 + 3 มม.)	Heat Stop Low-e 24 มม.	หลังคากระเบื้องคอนกรีต หนา 14 มม. วางเฉียง 22.5 องศา ฝ้า GYB	หลังคากระเบื้องคอนกรีต หนา 14 มม. วางเฉียง 45.0 องศา ฝ้า GYB	หลังคากระเบื้องคอนกรีต หนา 6 มม. วางเฉียง 45.0 องศา	หลังคา EIFS 10" + GYB วางเฉียง 45.0 องศา	หลังคา sandwich wall 6" วางเฉียง 22.5 องศา
ฟิล์มอากาศภายนอก	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
ปูนฉาบ	0.15	0.15	0.15			0.15											
หลังคา คอนกรีต													0.084	0.084	0.036		
แผ่นโลหะ									0.000573								0.000573
ก่ออิฐมอญ	1.86	0.45	0.45		0.45	9.66											
ไม้ หนา 1/2"				0.39	0.39												
กระจก										0.03	0.661	2.296					
EPS 10"								38.5								38.5	
EPS 6"									23.1								23.1
EPS 4"							15.4										
ปูนฉาบ	0.15	0.15				0.15											
แผ่นโลหะ									0.000573								0.000573
ช่องว่างอากาศ 8.75 ซม.					1.37								1.37	1.37	1.37		
GYB 9 mm							0.32	0.32					0.32	0.32	0.32	0.32	
กระเบื้อง			0.2		0.2												
ฟิล์มอากาศภายใน (อากาศนิ่ง)	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.84	0.76	0.76	0.76	0.84
$\sum R$ h ft^2 F/Btu	3.090	1.680	1.730	1.320	3.340	10.890	16.650	39.750	24.031	0.960	1.591	3.226	2.864	2.784	2.736	39.830	24.191
U - Value Btu/(h ft^2 F)	0.324	0.595	0.578	0.758	0.299	0.092	0.060	0.025	0.042	1.042	0.629	0.310	0.349	0.359	0.365	0.025	0.041
U - Value W/(m^2 K)	**1.838**	**3.380**	**3.282**	**4.302**	**1.700**	**0.521**	**0.341**	**0.143**	**0.236**	**5.915**	**3.569**	**1.760**	**1.983**	**2.040**	**2.075**	**0.143**	**0.235**

3.4.5 ภาระในการปรับอากาศ และการใช้พลังงานรวม

อาคารที่มีค่าภาระในการปรับอากาศสูง แสดงว่าอาคารนั้นต้องใช้พลังงานในระบบปรับอากาศสูงกว่าอาคารที่มีค่าภาระในการปรับอากาศต่ำกว่า ภาระในการปรับอากาศเกิดจากความร้อนและความชื้น ผ่านเปลือกอาคาร ผู้ใช้อาคาร การระบายอากาศ และการรั่วซึมของอากาศ ยกเว้นความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินเปรียบเทียบค่าภาระในการปรับอากาศ และการใช้พลังงานรวมของบ้านพักอาศัยต้นแบบ กับบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จ.ชุมพร บ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 กรมโยธาธิการและผังเมือง ได้กำหนดขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

1. ป้อนข้อมูลต่างๆ ของบ้านพักอาศัยต้นแบบ บ้านมั่นคง และบ้าน กรมโยธาธิการและผังเมือง ในโปรแกรม OTTVEE Version 1.0a ให้โปรแกรมคำนวณค่าภาระในการปรับอากาศและการใช้พลังงานรวม เฉพาะพลังงานในระบบปรับอากาศ โดยตัดการใช้พลังงานจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อเปรียบเทียบเฉพาะคุณสมบัติของอาคารเท่านั้น เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างอยู่ที่พฤติกรรมของผู้ใช้อาคารเป็นหลัก กำหนดให้มีภาระในการปรับอากาศดังนี้

- อุณหภูมิภายในที่ต้องการออกแบบ 25 °C
- ความชื้นสัมพัทธ์ภายในที่ต้องการออกแบบ 50 %
- ใช้ข้อมูลภูมิอากาศของกรุงเทพเฉลี่ย 10 ปี
- วันเริ่มต้นของปี คือ วันอังคารที่ 1 มกราคม
- เครื่องปรับอากาศแบบ Split type เบอร์ 5 (EER 10.6)
- เปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง, 10 ชั่วโมง ตอนกลางวัน (08.00 – 18.00 น.) และ 10 ชั่วโมง ตอนกลางคืน (20.00 – 06.00 น.) โดยเปิดระบบทุกวัน
- การรั่วซึมของอากาศในบริเวณปรับอากาศเท่ากับ 0.10 ครั้งต่อชั่วโมง สำหรับบ้านแนวคิดใหม่ และ 0.50 ครั้งต่อชั่วโมง สำหรับบ้านทั่วไป
- กิจกรรมของผู้ใช้อาคารนั่งทำงานในสำนักงาน
- ปริมาณผู้ใช้อาคาร 20 ตารางเมตรต่อคน
- รูปแบบการเข้าออกของผู้ใช้อาคารบ้านพักอาศัย
- ปริมาณการระบายอากาศเท่ากับ 0.10 ครั้งต่อชั่วโมง สำหรับบ้านแนวคิดใหม่ และ 0.50 ครั้งต่อชั่วโมง สำหรับบ้านทั่วไป
- กำหนดราคาจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่า ภาระในการปรับอากาศและการใช้พลังงานรวม ของบ้านพักอาศัยต้นแบบ บ้านมั่นคง และบ้าน กรมโยธาธิการและผังเมือง

- วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ใช้สอยอาคาร จากการใช้งาน 24 ชั่วโมง, 10 ชั่วโมง ตอนกลางวัน (08.00 – 18.00 น.) และ 10 ชั่วโมง ตอนกลางคืน (20.00 – 06.00 น.) โดยเปิดระบบทุกวัน เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คิด 0.43 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลวัตต์

- วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศสะสมตั้งแต่ก่อสร้างอาคารแล้วเสร็จ (ปีที่ 0) ปีที่ 10, ปีที่ 20 จนถึงการใช้งานระยะเวลา 30 ปี โดยคิดอัตราจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 บาทต่อหน่วย ในปีแรก ส่วนปีต่อๆ ไป คิดอัตราการเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยจากอัตราจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยประเภทบ้านอยู่อาศัย ตั้งแต่ปี พ.ศ.2546 ถึง ปี พ.ศ.2550 จากตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ราคาจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย ประเภทบ้านอยู่อาศัย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550: 35)

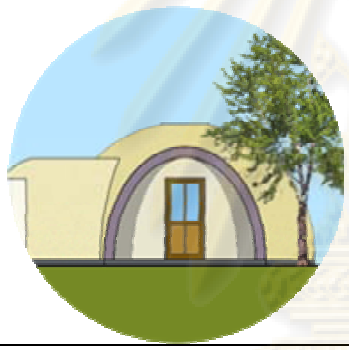
ปี	เขตนครหลวง		เขตภูมิภาค	
	ค่าไฟ/หน่วย	%การเปลี่ยนแปลง	ค่าไฟ/หน่วย	%การเปลี่ยนแปลง
2546	2.87	-	2.46	-
2547	2.99	4.18	2.63	6.91
2548	3.07	2.68	2.74	4.18
2549	3.38	1.01	3.03	10.58
2550	3.30	-2.37	2.97	-1.98
เฉลี่ย	**3.12**	**3.65**	**2.77**	**4.92**

3.5 การก่อสร้างบ้านต้นแบบ

1. รูปแบบบ้านพักอาศัยที่ออกแบบจากตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้ศึกษา ด้วยการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.5 แสดงรูปแบบบ้านต้นแบบที่ทำการออกแบบและก่อสร้าง

บ้านทรงไดมอนด์ (Diamond)	**บ้านทรงโวล์ท** (Vault)
	
บ้านทรงโดม (Dome)	**บ้านทรงสเฟียร์** (Sphere)

2. ก่อสร้างบ้านที่ออกแบบจากตัวแปรต่างๆ ที่ได้ศึกษา ด้วยการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน บนพื้นที่ทดลองตั้งอยู่บริเวณ เขาใหญ่ ตำบลหมูสี อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

3. เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียปัญหาและข้อจำกัดเฉพาะของบ้านแต่ละรูปแบบที่ทำการก่อสร้าง แล้วนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการศึกษา มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ และก่อสร้างบ้านที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย ด้วยการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน และตรวจสอบประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม และประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน

3.6 การคิดค่าใช้จ่ายโดยรวมเทียบเท่ามูลค่าปัจจุบัน

3.6.1 การเทียบเท่ามูลค่าปัจจุบัน

มูลค่าในปัจจุบัน (Present Value) หมายถึง การคำนวณหามูลค่าเงินในอนาคตกลับเป็นเงินในปัจจุบัน หรือหมายถึง ส่วนกลับของการคำนวณหามูลค่าเงินในอนาคต กล่าวคือ การคำนวณหามูลค่าเงินในอนาคต ถือเป็นการเพิ่มค่าของเงินจากการคิดดอกเบี้ยทบต้น (Compounding) ในขณะที่การคำนวณหาค่าเงินในปัจจุบันถือเป็นการลดค่าของเงิน (Discount) เนื่องจากเงินที่ได้รับในปัจจุบันย่อมมีค่ามากกว่าที่จะได้รับในอนาคต เป็นการมองว่า ถ้าในอนาคตมีเงินอยู่จำนวนหนึ่ง หรือหลายๆ จำนวนในงวดเวลาต่างๆ เงินจำนวนนั้น เมื่อคิดกลับมาเป็นมูลค่าปัจจุบันจะมีค่าเป็นเท่าใด โดยสูตรที่ใช้ในการคำนวณหามูลค่าเงินในปัจจุบัน แสดงดังนี้ (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, บรรณาธิการ, 2547: 187)

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

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

3.6.2 การวัดในรูปของอัตราเงินเฟ้อทั่วไป (General Inflation Rate)

การหาอัตราเงินเฟ้ออาจใช้ค่าดัชนีราคาผู้บริโภคมาคำนวณได้จากสมการ (ไพบูลย์ แย้มเพื่อน, 2548: 204)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

เมื่อ f คือ อัตราเงินเฟ้อทั่วไป

CPI_n คือ ดัชนีราคาผู้บริโภคช่วงเวลา n

CPI_0 คือ ดัชนีราคาผู้บริโภคช่วงเวลาที่ใช้เป็นฐาน

ตารางที่ 3.6 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

จากตารางที่ 3.6 และ 3.7 เป็นข้อมูลสำหรับคิดอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของค่าแรงและค่าวัสดุก่อสร้างต่อปี เพื่อเทียบมูลค่าค่าก่อสร้างบ้านในอนาคตที่เพิ่มขึ้นจากอัตราค่าแรงและค่าวัสดุที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี

ตารางที่ 3.7 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

3.6.3 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

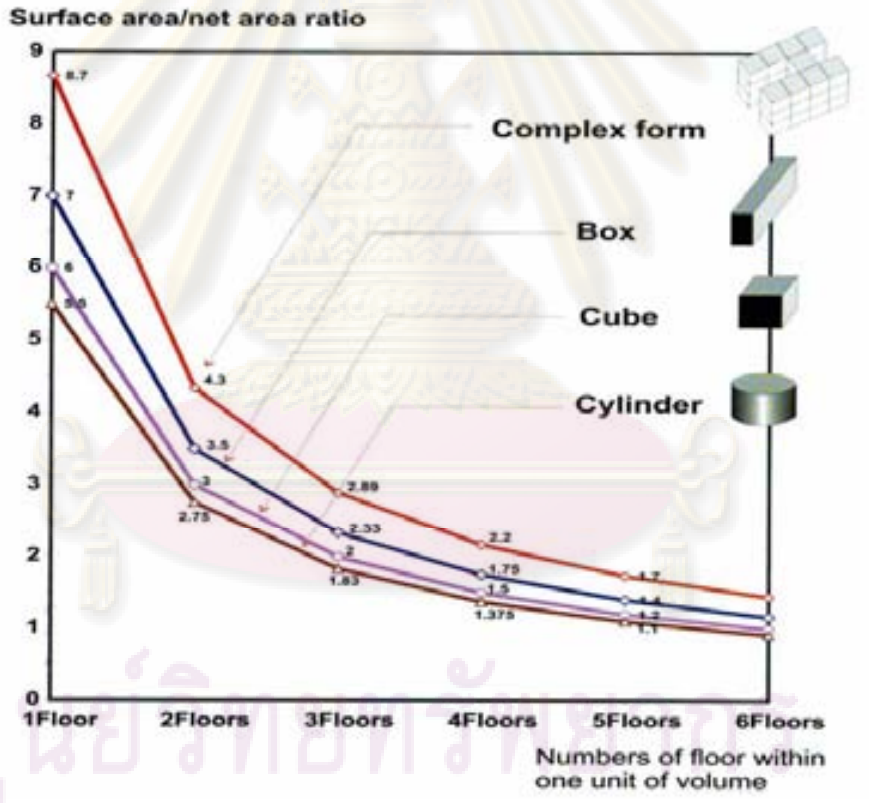
บทที่ 4

ผลการวิจัย

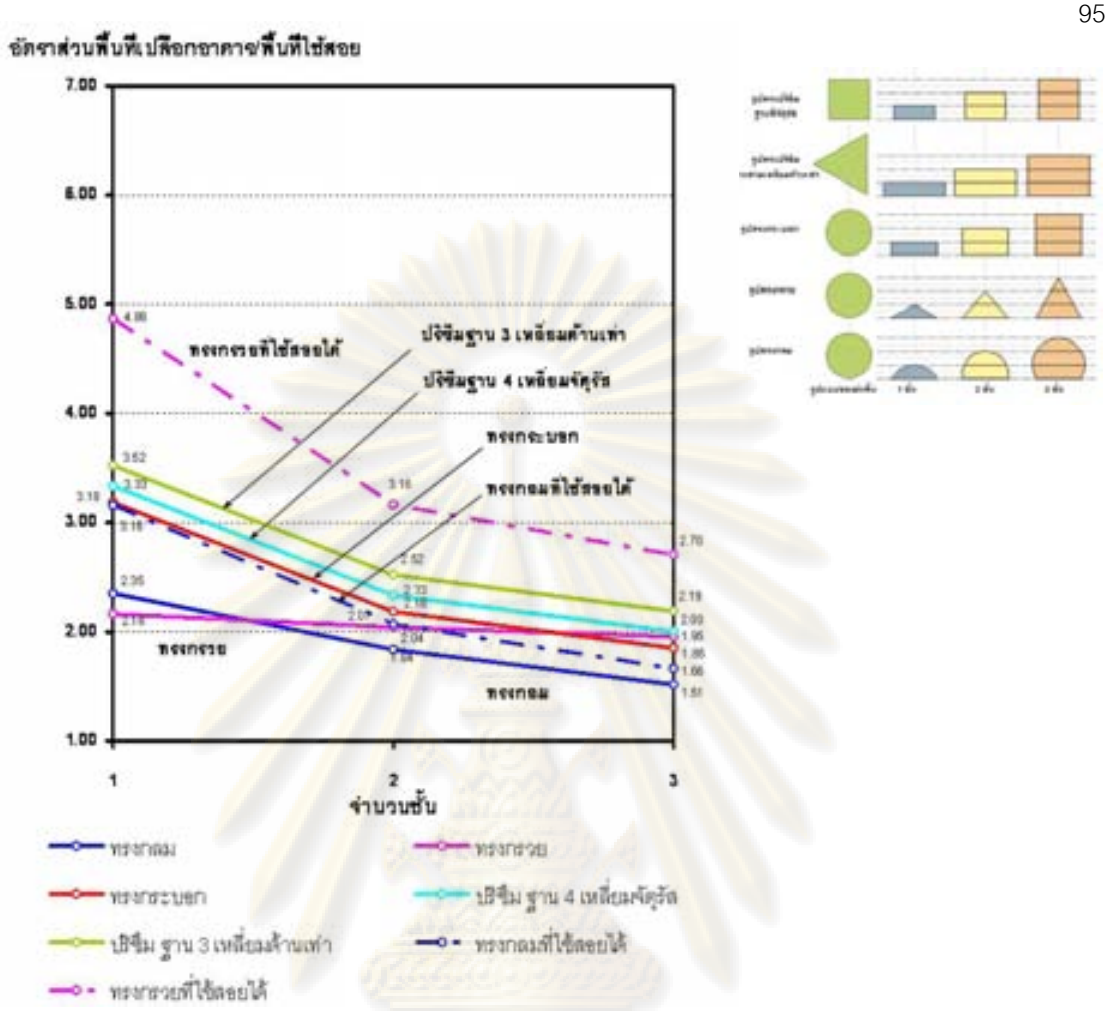
4.1 ผลการศึกษาตัวแปร ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคาร และค่าใช้จ่ายโดยรวม ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

จากการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน สามารถสรุปตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการออกแบบ ได้แก่

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



แผนภูมิที่ 4.1 แสดงสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยของรูปทรงต่างๆ ที่มีจำนวนชั้นต่างกัน พบว่ารูปทรงกระบอกมี S/A น้อยที่สุด และใกล้เคียงกันกับรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ (สุนทร บุญญาธิการ, 2545ก: 74)

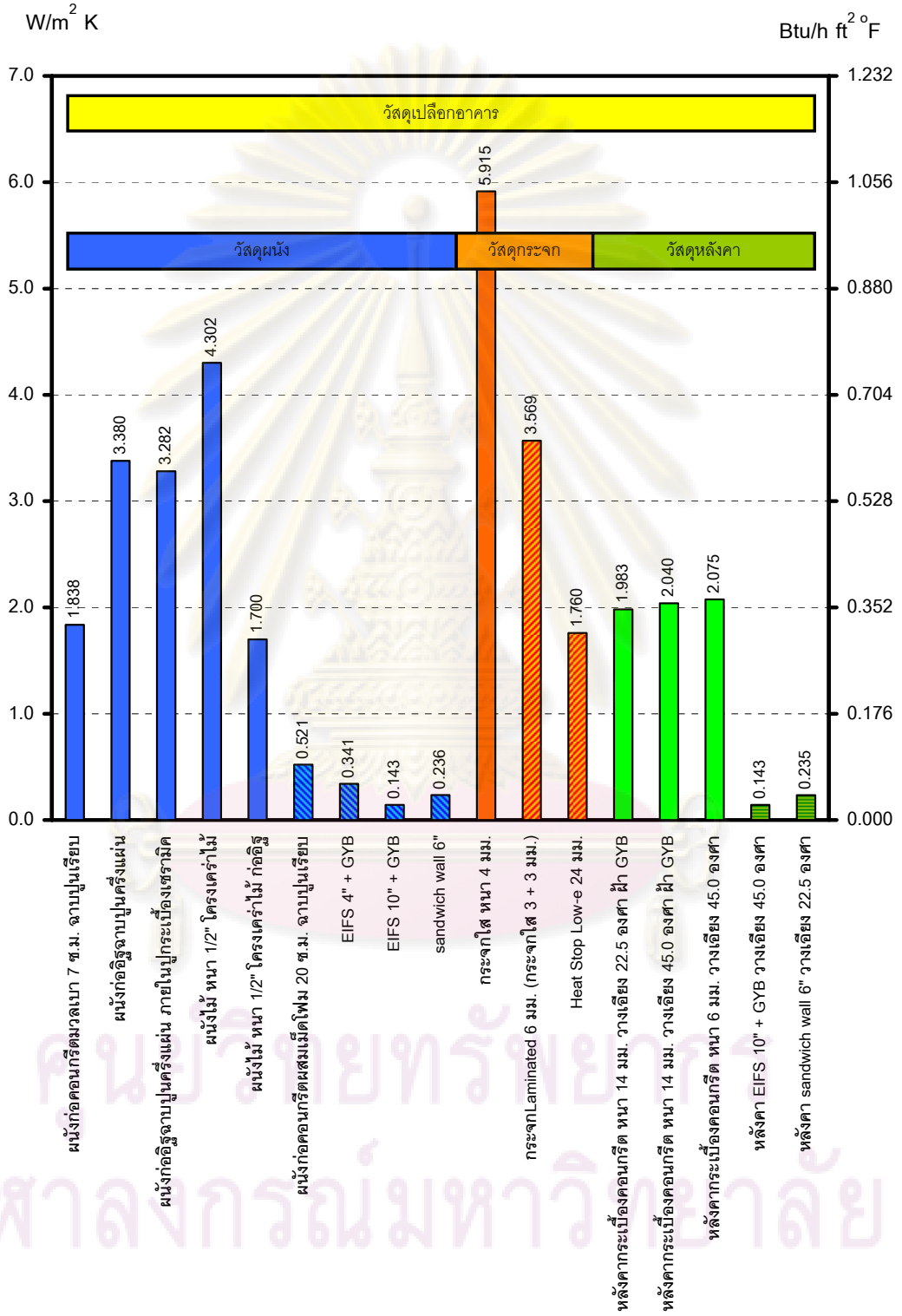


แผนภูมิที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในของรูปทรงต่างๆ ที่มีพื้นที่ฐานเท่ากัน แต่มีความสูงแตกต่างกันตามจำนวนชั้น คือ 1 ชั้น สูง 1 หน่วย 2 ชั้น สูง 2 หน่วย และ 3 ชั้น สูง 3 หน่วย (ณรงค์ฤทธิ์ จินต์จันทรวงศ์, 2549)

จากแผนภูมิที่ 4.2 พบว่า รูปทรงกลมจะมีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำที่สุด เมื่อมีจำนวนชั้น 2 และ 3 ชั้น แต่ถ้าคิดพื้นที่ใช้สอยภายในที่สามารถใช้งานได้จริงแล้วจะพบว่ารูปทรงกลมจะมีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำที่สุด และรูปทรงกรวยจะมีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยมากที่สุด ในทุกกรณี

รูปทรงอาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำที่สุด คือรูปทรงที่มาจากรูปทรงกลม และต้องออกแบบให้สามารถใช้พื้นที่ภายในอาคารให้ได้ประโยชน์สูงสุด เช่น พื้นที่ใต้หลังคา ในอาคารทั่วไปจะไม่สามารถใช้พื้นที่ส่วนนี้ได้เนื่องจากต้องมีโครงสร้างหลังคา รับวัสดุมุงหลังคาและแรงกระทำต่างๆ บนหลังคา ทำให้เสียพื้นที่โดยเปล่าประโยชน์ ประกอบกับอาคารทั่วไปไม่มีการป้องกันความร้อนที่สะสมอยู่ภายใต้หลังคา ทำให้ถ้าออกแบบให้สามารถใช้พื้นที่ส่วนนี้ได้ จะไม่สามารถใช้งานได้จริง จึงต้องมีระบบป้องกันความร้อนและความชื้นประกอบ

4.1.2 การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร (U-Value)



แผนภูมิที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (U-Value) ผ่านวัสดุเปลือกอาคาร ได้แก่ วัสดุผนัง วัสดุกระจก และวัสดุหลังคา

การเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างระบบเปลือกอาคารที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนสูง ช่วยลดการใช้พลังงานโดยรวมได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในการก่อสร้างอาคารโดยทั่วไป การเพิ่มระบบป้องกันความร้อนให้แก่เปลือกอาคารโดยไม่มีการคำนึงถึงภาพรวมในการออกแบบอาคาร ทำให้ค่าก่อสร้างอาคารสูงขึ้นตามไปด้วย เจ้าของอาคารส่วนใหญ่ไม่ต้องการลงทุนก่อสร้างอาคารเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อค่าก่อสร้างอาคารสูงขึ้นทำให้ค่าดำเนินการในส่วนอื่นๆ สูงขึ้นด้วย ถึงแม้ว่าจะมีความคุ้มทุนได้ในระยะยาว

4.1.3 **การใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูป** (Semi-prefabrication)

การใช้ระบบสำเร็จรูปอยู่ที่ความเข้าใจในระบบของผู้ออกแบบ ต้องเริ่มจากการออกแบบอาคารให้สอดคล้องกับชิ้นส่วนสำเร็จรูปตั้งแต่แรกเริ่ม ระบบการก่อสร้างโดยใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป จะเน้นประสิทธิภาพของการก่อสร้าง โดยให้ความสำคัญของการประกอบชิ้นส่วน และการติดตั้ง (Assembly) ชิ้นส่วนต่างๆ ในสถานที่ก่อสร้างเป็นหลัก รวมทั้งการจัดการกับรอยต่อ (Joint) ของชิ้นส่วนสำเร็จรูป เช่นแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงที่นิยมใช้ในบ้านพักอาศัย อาคารพาณิชย์

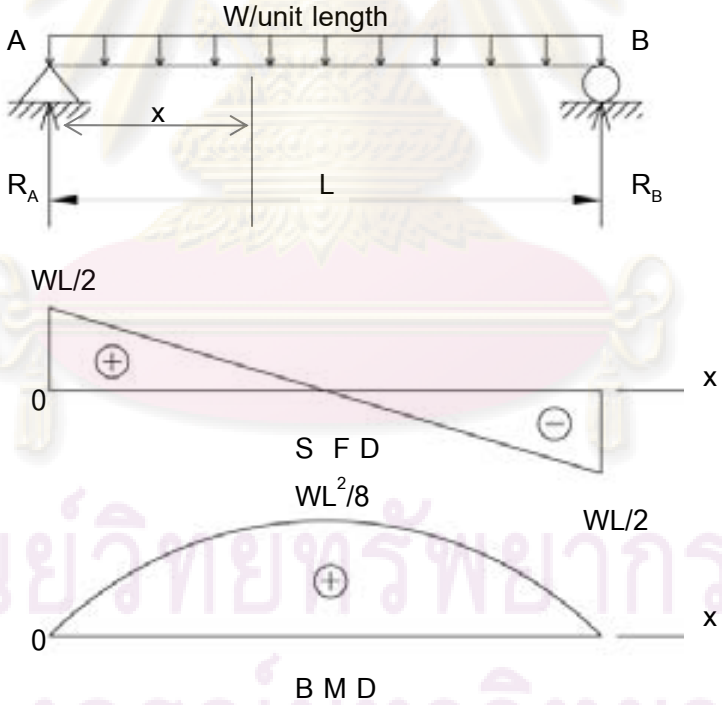
เนื่องจากระบบก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปในประเทศไทย ส่วนใหญ่ยังใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักมาก ทำให้การออกแบบชิ้นส่วนมีข้อจำกัดทางด้านน้ำหนักบรรทุกติดตั้ง โดยเฉพาะการก่อสร้างในพื้นที่จำกัด ประกอบกับการลงทุนด้านแบบหล่อชิ้นส่วน หรือการซื้อระบบสำเร็จรูป ถ้าไม่มีปริมาณมากพอจะไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ทำให้ระบบก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปจะใช้กันเฉพาะการก่อสร้างอาคารที่มีลักษณะซ้ำกัน ที่ต้องก่อสร้างคราวละมากๆ เช่น อาคารพักอาศัยขนาดใหญ่ หรือในโครงการบ้านจัดสรร เท่านั้น

การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างระบบกึ่งสำเร็จรูปจึงควรคำนึงถึงขนาดและน้ำหนักของชิ้นส่วนในการขนย้ายและติดตั้ง สำหรับในประเทศไทยการใช้แรงงานคนยังมีความคุ้มค่ามากกว่าการใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ เนื่องจากค่าแรงงานยังไม่สูงมาก การใช้วัสดุก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบานับเป็นแนวทางในการก่อสร้างอาคารยุคใหม่ ตามตารางที่ 4.1

จากแผนภูมิที่ 4.4 และ 4.5 คำนวณค่าโมเมนต์สูงสุด และค่าแรงเฉือนสูงสุด ของวัสดุผนังที่ความสูง 2.40 เมตร กระทำบนคานช่วงเดี่ยว พบว่าการเลือกใช้วัสดุผนังน้ำหนักเบาสามารถลดแรงกระทำบนคานได้มาก สามารถลดขนาดของโครงสร้างลงให้เหมาะสม เพื่อลดวัสดุโครงสร้าง ลดขั้นตอนและแรงงานในการก่อสร้าง เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคาร

ตารางที่ 4.1 แสดงแนวคิดการใช้วัสดุหนัก และวัสดุเบา ในการก่อสร้างอาคาร

วัสดุหนัก	วัสดุเบา
1. มีค่าการป้องกันความร้อนต่ำมาก	1. มีค่าการป้องกันความร้อนสูง
2. ค่าความจุความร้อนสูง เมื่อเปิดระบบปรับอากาศ ต้องใช้เวลาในการรีดความร้อนและความชื้นในวัสดุ	2. ค่าความจุความร้อนต่ำ เปิดระบบปรับอากาศแล้วเย็นเร็ว
3. องค์ประกอบอาคารมีขนาดเล็ก จำกัดแรงงานคน	3. องค์ประกอบอาคารขนาดใหญ่ ด้วยแรงงานคน
4. ประเทศไทยเคยชินกับวัสดุหนัก	4. เกิดความเข้าใจด้านโครงสร้าง และองค์อาคาร
5. ขาดความรู้ความเข้าใจในวัสดุเบา	5. นำมาประยุกต์ใช้กับอาคารได้

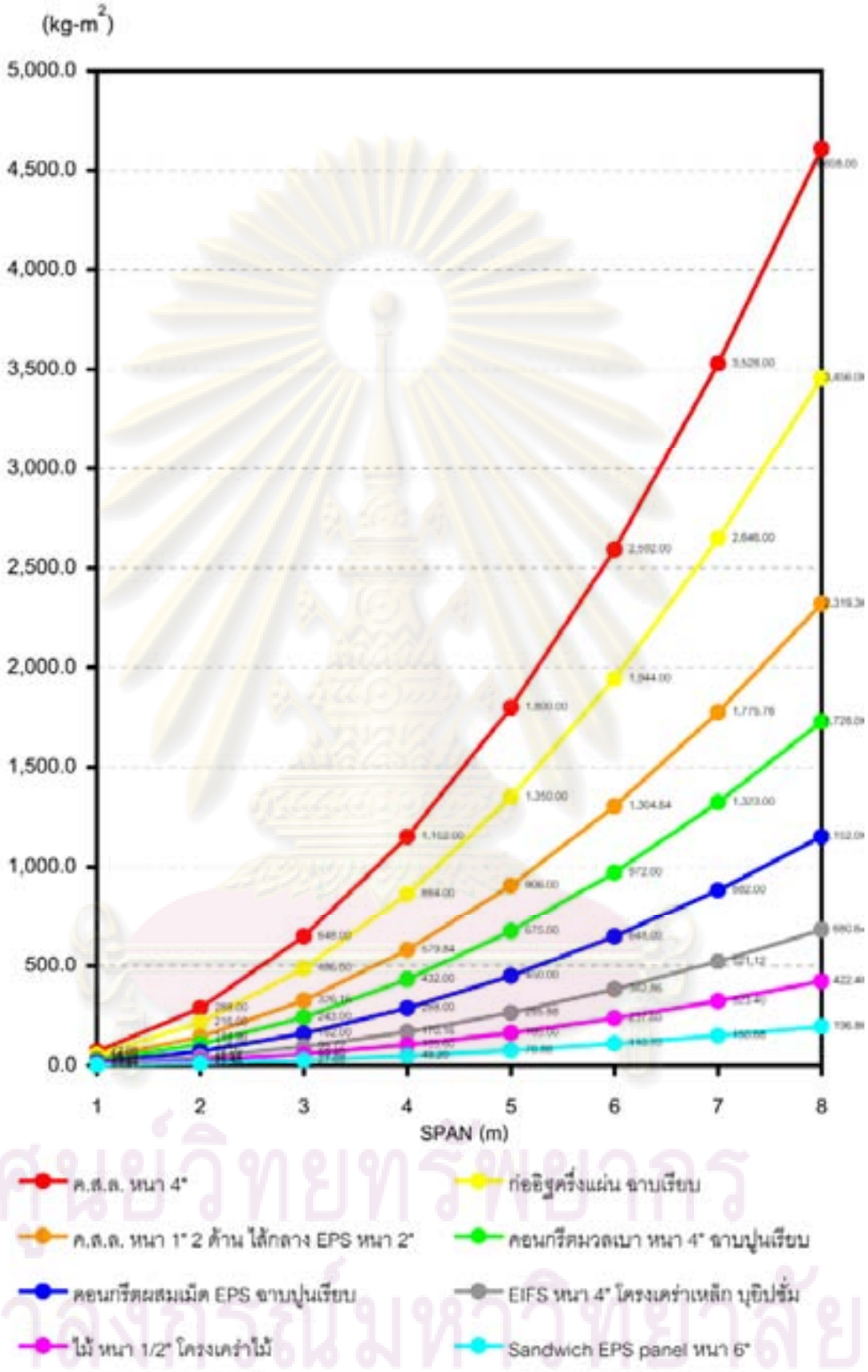


รูปที่ 4.1 ภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด เมื่อโครงสร้างรับน้ำหนักบรรทุกแผ่สม่ำเสมอของคานช่วงวงเดียว

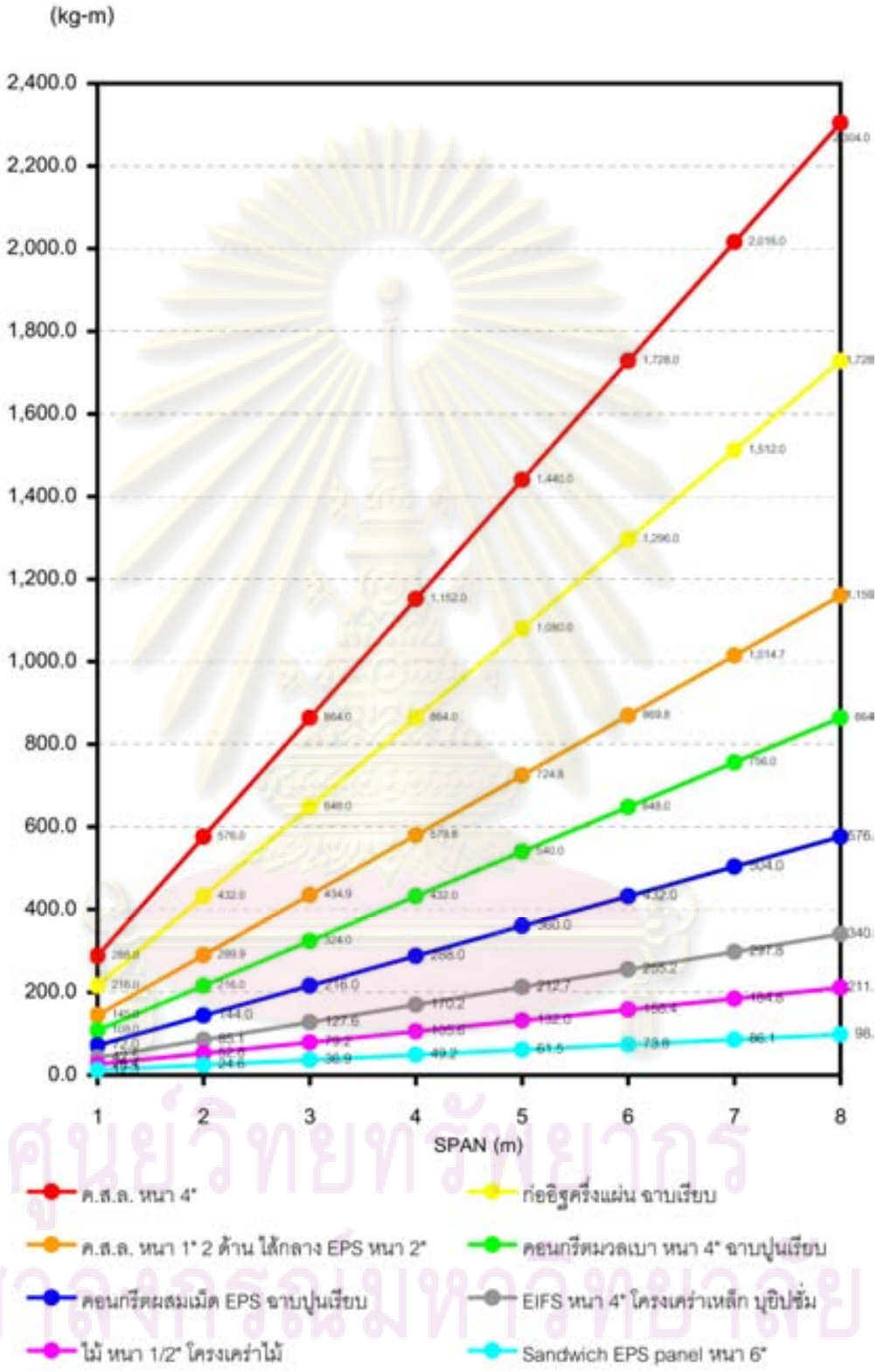
แรงเฉือนมากที่สุด (S_{max}) อยู่ที่จุดรองรับ A (x = 0) และ B (x = L) มีค่า WL/2

โมเมนต์ดัดมากที่สุด (M_{max}) อยู่ที่กึ่งกลางคาน (x = L/2) มีค่า $WL^2/8$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

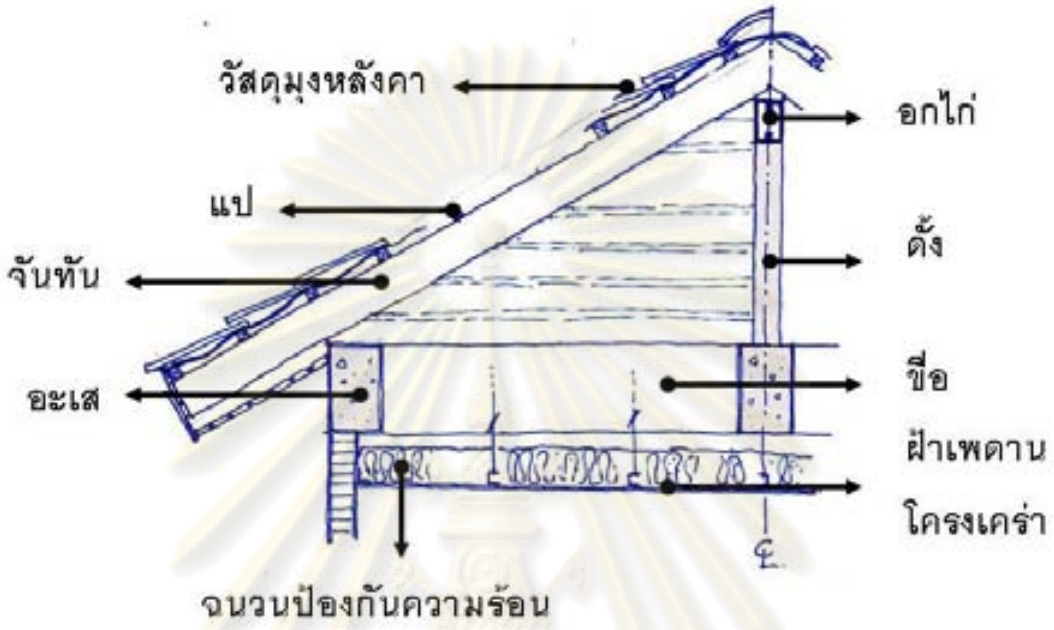


แผนภูมิที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าโมเมนต์สูงสุด ของวัสดุผนังแต่ละชนิดที่กระทำบนคานช่วงเดี่ยว (Simple span) ที่มีช่วงพาดต่างกัน (ผนังสูง 2.40 เมตร)

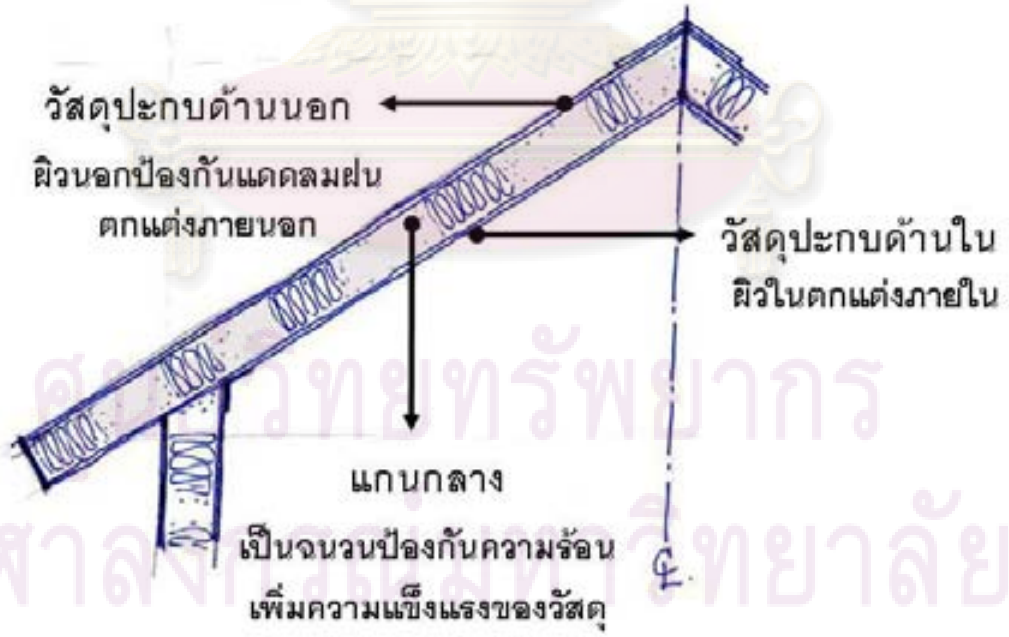


แผนภูมิที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าแรงเฉือนสูงสุด ของวัสดุผนังแต่ละชนิดที่กระทำบนคานช่วงเดี่ยว (Simple span) ที่มีช่วงพาดต่างกัน (ผนังสูง 2.40 เมตร)

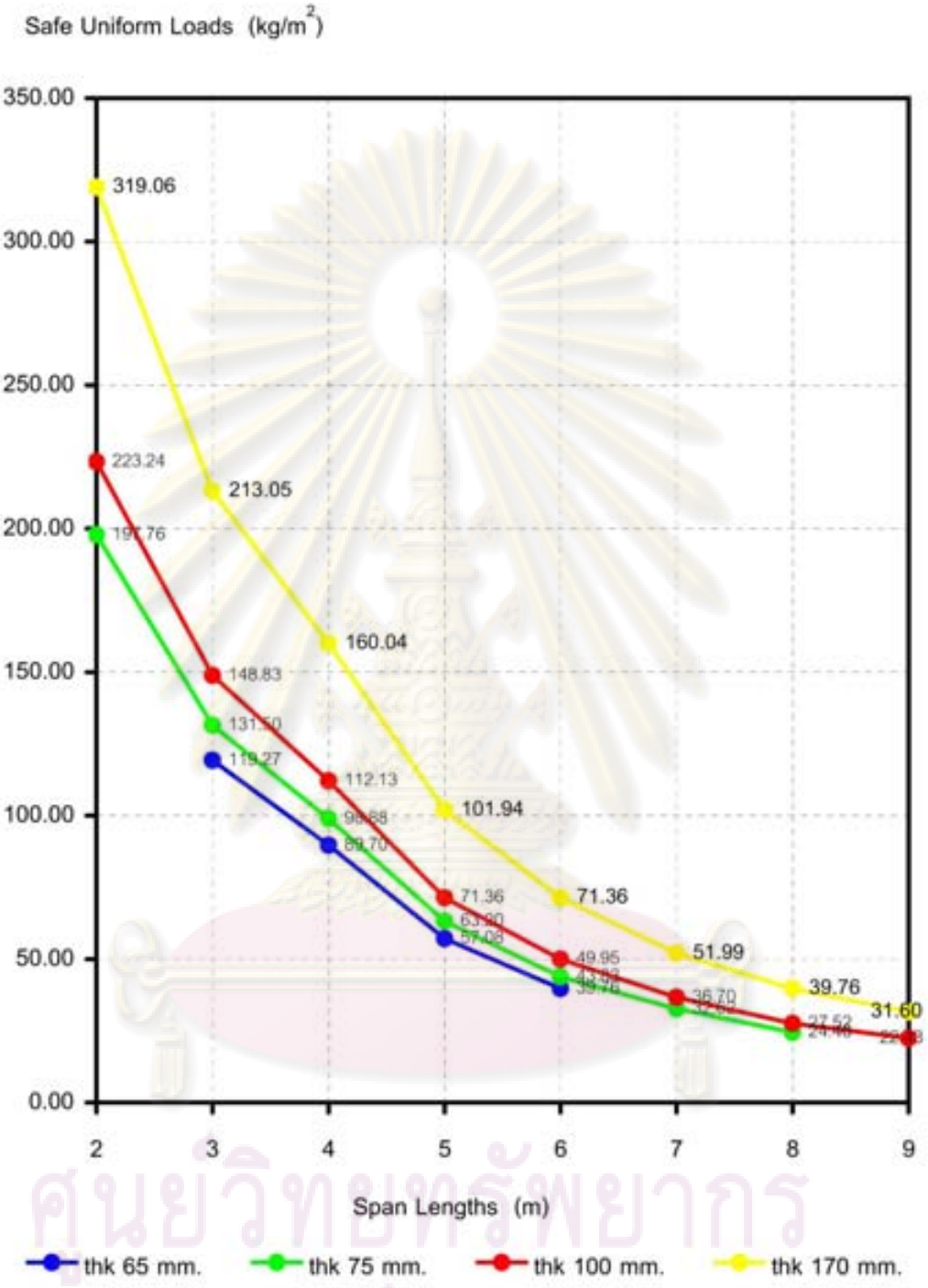
4.1.4 **การใช้วัสดุเดียว** (Single material)



รูปที่ 4.2 แสดงส่วนประกอบของหลังคาทั่วไป



รูปที่ 4.3 แสดงส่วนประกอบของหลังคาที่ใช้วัสดุเดียว (Single Material)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4.6 เปรียบเทียบการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัย ของ EPS Sandwich Insulation Panel ที่ความหนาและช่วงพาด ต่างกัน พบว่า SIP หนา 170 มิลลิเมตร สามารถรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ 160.04 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ที่ช่วงพาด 4 เมตร (เอกสารเผยแพร่ บริษัท เกรทวอลล (1988) จำกัด)

อาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบทั่วไป (Conventional) ประกอบด้วยโครงสร้างอาคารทำหน้าที่รับแรงกระทำ ต่างๆ เพื่อความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร ส่วนหนึ่งต้องรับน้ำหนักของวัสดุเปลือกอาคาร ในบ้านพักอาศัยโครงสร้างและเปลือกอาคารจะเชื่อมต่อกัน เสมือนหนึ่งเป็นเนื้อวัสดุเดียวกัน แต่ทำหน้าที่ต่างกัน จึงมักเกิดปัญหาการขยายตัวที่ไม่เท่ากันจากตัววัสดุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผนังก่ออิฐฉาบปูน เกิดการแตกร้าวบนผิวปูนฉาบ และรอยต่อระหว่างผนังกับโครงสร้าง ในขณะที่มีขั้นตอนในการก่อสร้างหลายขั้นตอน ดังแสดงในรูป 4.2 ดังนั้นวัสดุเดียว (Single material) ในรูปที่ 4.3 ช่วยลดความวุ่นวายในการก่อสร้างลง อีกทั้งยังได้ประโยชน์ที่หลากหลายจากวัสดุประเภทเดียว ด้วยแนวคิดดังนี้

- วัสดุเปลือกอาคาร ปกคลุมพื้นที่ภายในอาคาร ป้องกันแดด ลม ฝน ให้แก่ผู้อยู่ภายในอาคาร
- สามารถป้องกันความร้อน และความชื้นได้ดี
- ช่วยรับแรง ถ่ายแรง ประสานเป็นหนึ่งเดียวกับโครงสร้าง ลดน้ำหนักโครงสร้าง
- มีน้ำหนักเบา สามารถขนย้าย ติดตั้งได้สะดวก
- เป็นวัสดุตกแต่งสถาปัตยกรรม ทั้งภายนอกและภายในอาคาร
- ลดขั้นตอนในการก่อสร้าง ลดแรงงาน ลดค่าใช้จ่าย

4.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการก่อสร้างอาคาร ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา

จากการถอดแบบและประมาณราคาค่าก่อสร้างบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จังหวัดชุมพร ที่ใช้เป็นบ้านตัวอย่าง เปรียบเทียบกับตัวแปรต่างๆ ได้ตามตารางที่ 4.2 และ 4.3

4.2.1 การก่อสร้างบ้านที่ออกแบบด้วยการการลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (S/A)

มีผลให้ค่าก่อสร้างอาคารลดลง ร้อยละ 23.27 เมื่อเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบทั่วไป เนื่องจากการลด S/A เป็นการลดปริมาณวัสดุและแรงงานในการก่อสร้างลง ซึ่งค่าวัสดุและอุปกรณ์ในการก่อสร้างอาคารเป็นค่าใช้จ่ายหลักของอาคาร คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 70 – 80 ของค่าก่อสร้าง ประกอบกับสามารถลดค่างานระบบประกอบอาคาร เนื่องจากการลด S/A เป็นการลดพื้นที่เปลือกอาคารที่สัมผัสกับอากาศภายนอก ทำให้ความร้อนเข้ามาภายในอาคารน้อยลง ลดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศลงได้ร้อยละ 36.76 การลด S/A จึงเป็นการลดต้นทุนค่าก่อสร้างโดยตรง

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารทั่วไป กับการก่อสร้างด้วยการลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (S/A) และการปรับปรุงเปลือกอาคาร (U-Value)

	Conventional		S/A			U - Value		
รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ร้อยละของค่าก่อสร้าง	ค่าวัสดุ (บาท)	รวม (บาท)	% การเปลี่ยนแปลง	ค่าวัสดุ (บาท)	%	% การเปลี่ยนแปลง
หมวดงานโครงสร้าง	143,893.0	24.50	108,575.0	24.10	-24.54	143,893.0	19.74	0.00
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	99,130.0	16.88	83,460.0	18.52	-15.81	277,830.0	38.11	180.27
หมวดงานสถาปัตยกรรม	91,660.0	15.61	86,630.0	19.23	-5.49	95,200.0	13.06	3.86
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	139,458.0	23.75	90,755.0	20.14	-34.92	49,458.0	6.78	-64.54
รวมค่าวัสดุและอุปกรณ์	474,141.0	80.75	369,420.0	81.99	-22.09	566,381.0	77.68	19.45
ค่าแรง	113,063.5	19.25	81,144.5	18.01	-28.23	162,703.5	22.32	43.90
รวมค่าก่อสร้าง	587,204.5	100.00	450,564.5	100.00	-23.27	729,084.5	100.00	24.16
ค่าอำนวยการ	160,071.9	27.26	122,823.9	27.26	-23.27	198,748.4	27.26	24.16
ค่าออกแบบ	14,945.5	2.55	11,467.8	2.55	-23.27	18,556.7	2.55	24.16
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	762,222.0	129.81	584,856.2	129.81	-23.27	946,389.6	129.81	24.16

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารทั่วไป กับกับการก่อสร้างด้วยระบบคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป (Prefabrication) และการก่อสร้างระบบแผ่นฉนวนสำเร็จรูป (Single material)

	Conventional		Prefabrication			Single material		
รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ร้อยละของค่าก่อสร้าง	ค่าวัสดุ (บาท)	ร้อยละของค่าก่อสร้าง	% การเปลี่ยนแปลง	ค่าวัสดุ (บาท)	รวม (บาท)	% การเปลี่ยนแปลง
หมวดงานโครงสร้าง	143,893.0	24.50	180,612.0	23.33	25.52	114,426.0	20.94	-20.48
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	99,130.0	16.88	231,378.0	29.89	133.41	242,040.0	44.29	144.16
หมวดงานสถาปัตยกรรม	91,660.0	15.61	91,660.0	11.84	0.00	51,660.0	9.45	-43.64
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	139,458.0	23.75	139,458.0	18.02	0.00	67,458.0	12.34	-51.63
รวมค่าวัสดุและอุปกรณ์	474,141.0	80.75	643,108.0	83.08	35.64	475,584.0	87.02	0.30
ค่าแรง	113,063.5	19.25	131,007.5	16.92	15.87	70,947.5	12.98	-37.25
รวมค่าก่อสร้าง	587,204.5	100.00	774,115.5	100.00	31.83	546,531.5	100.00	-6.93
ค่าอำนวยการ	160,071.9	27.26	211,023.9	27.26	31.83	148,984.5	27.26	-6.93
ค่าออกแบบ	14,945.5	2.55	19,702.8	2.55	31.83	13,910.3	2.55	-6.93
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	762,222.0	129.81	1,004,842.2	129.81	31.83	709,426.3	129.81	-6.93

4.2.2 การปรับปรุงเปลือกอาคาร (U-value)

มีผลให้ค่าก่อสร้างอาคารสูงขึ้น ร้อยละ 24.16 เมื่อเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบทั่วไป เนื่องจากเป็นการปรับปรุงอาคาร ด้วยการเพิ่มค่าความเป็นฉนวนให้แก่ระบบเปลือกอาคาร ต้องขูดสีผนังเก่า, รื้อฝ้าเพดาน และรื้อประตูหน้าต่างเพื่อติดตั้งผนัง EIFS หนา 4 นิ้ว ใส่ฉนวนใยแก้วบนฝ้าเพดาน และเปลี่ยนลูกฟักประตูหน้าต่าง จากกระจกใส หนา 4 มิลลิเมตร และ กระจกลามิเนต หนา 6 มิลลิเมตร โดยค่างานโครงสร้างยังคงเท่าเดิม แต่สามารถลดค่างานระบบประกอบอาคารลงได้ และสามารถลดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศลงได้ถึงร้อยละ 81.55

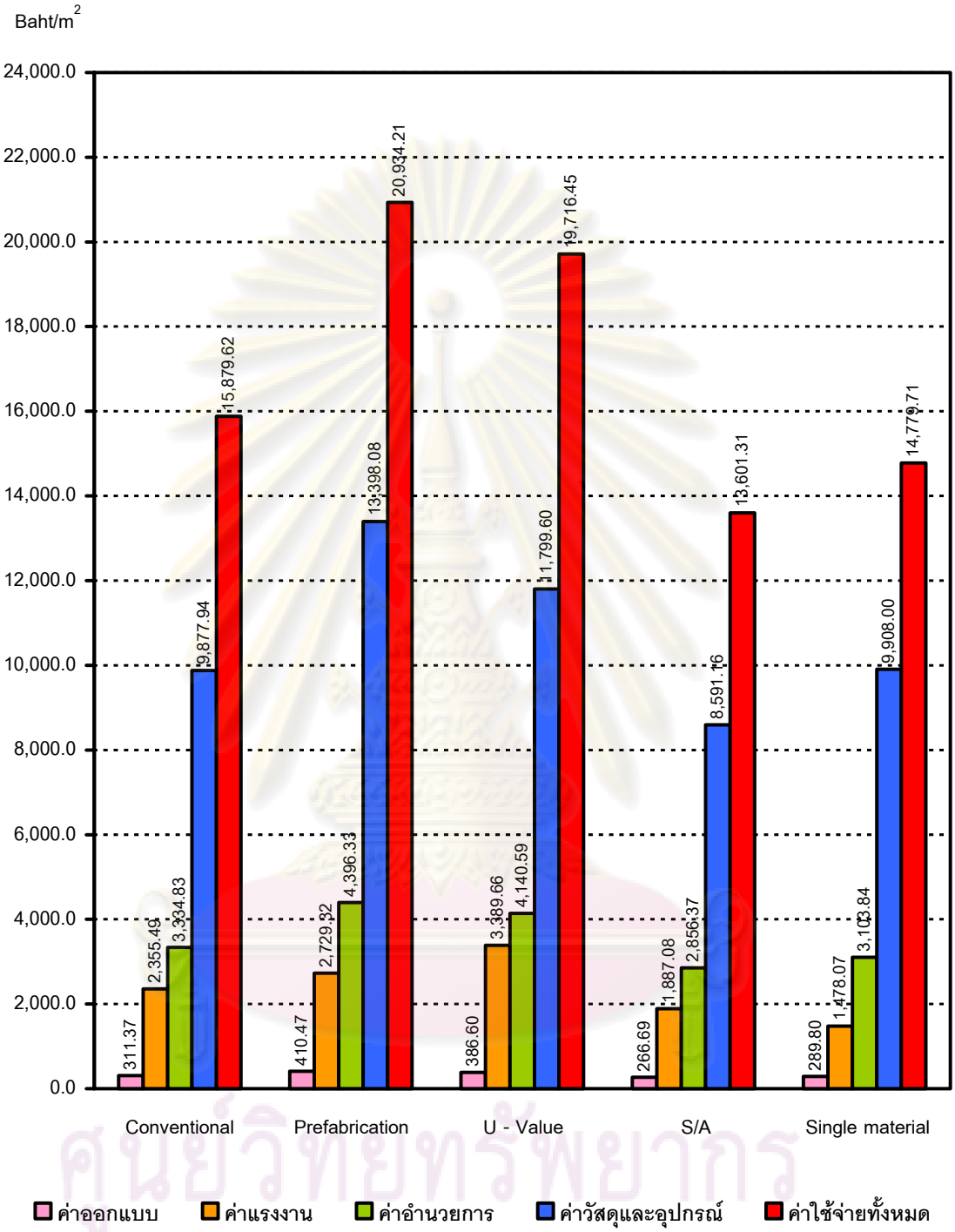
4.2.3 การก่อสร้างด้วยระบบคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป (Prefabrication)

มีผลให้ค่าก่อสร้างอาคารสูงขึ้น ร้อยละ 31.83 เมื่อเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบทั่วไป เนื่องจากการใช้ผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก ทำให้โครงสร้างรับน้ำหนักมากขึ้นน ค่างานโครงสร้างจึงสูงขึ้น ประกอบกับต้องเสียค่าวัสดุทำแบบหล่อผนัง ซึ่งเป็นต้นทุนที่สูงมาก เมื่อเทียบกับการก่อสร้างอาคารเพียงหลังเดี่ยว สำหรับค่าการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศผนังคอนกรีตสำเร็จรูปจะสูงกว่าการก่อสร้างด้วยระบบทั่วไปร้อยละ 1.95 เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุทั้ง 2 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน

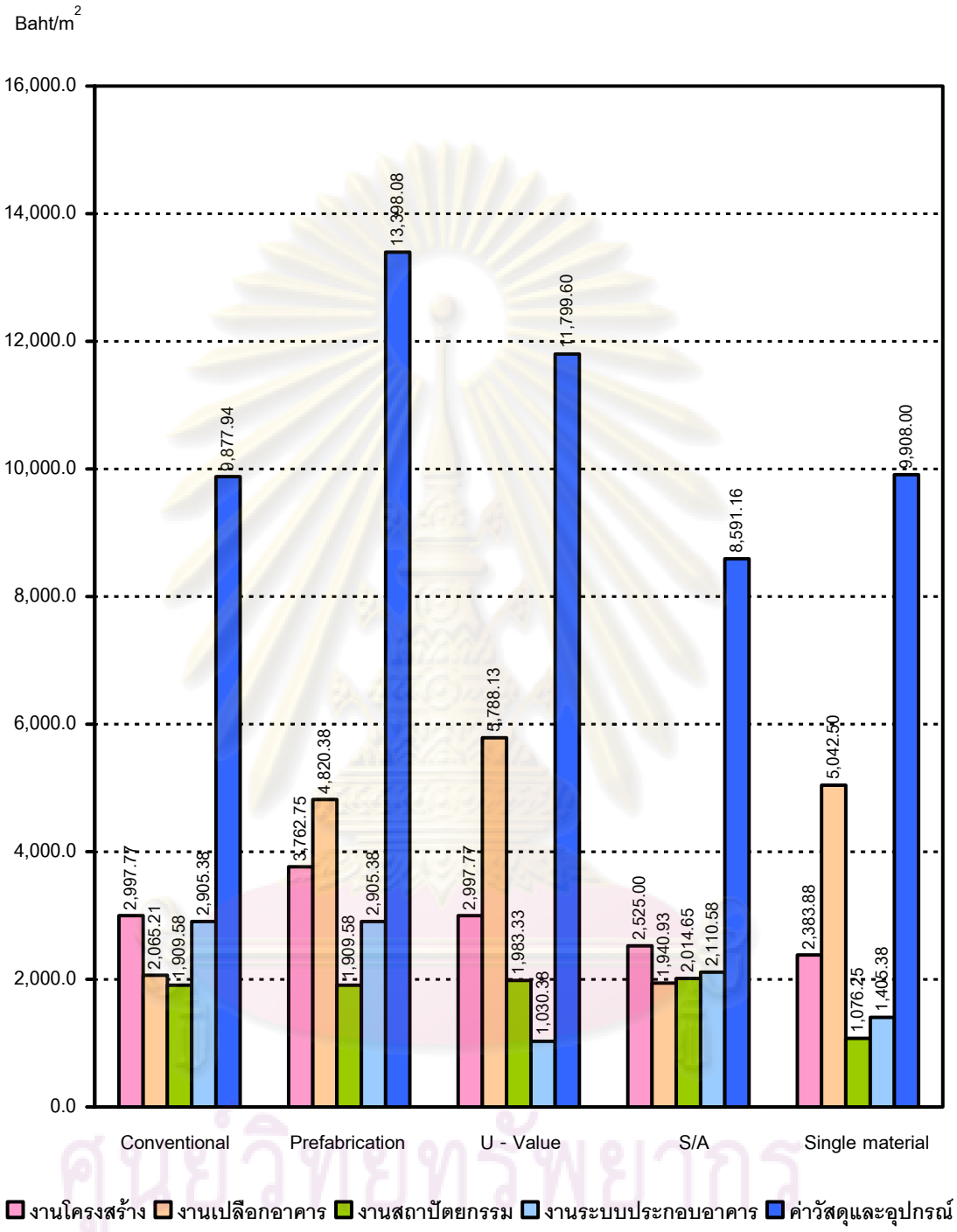
4.2.4 การก่อสร้างระบบแผ่นฉนวนสำเร็จรูป (Single material)

มีผลให้ค่าก่อสร้างอาคารลดลง ร้อยละ 6.93 เมื่อเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบทั่วไป การใช้ Single material สามารถลดค่างานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรม และงานระบบประกอบอาคาร ด้วยคุณสมบัติเฉพาะของ Single material สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายด้านจากน้ำหนักเบาช่วยลดงานโครงสร้าง ทำสีภายนอกภายในสำเร็จ จึงไม่ต้องทาสีผนังทั้งภายนอกและภายใน ช่วยลดงานตกแต่งทางสถาปัตยกรรม และสามารถลดงานระบบประกอบอาคาร จากค่าความเป็นฉนวนของวัสดุ ทั้งนี้เนื่องจากราคาค่าวัสดุ Single material ในการติดตั้งเปลือกอาคารมีราคาสูงกว่าวัสดุทั่วไป จึงทำให้ราคาค่าก่อสร้างอาคารลดลงไม่มาก เมื่อเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบทั่วไป เนื่องจากคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุแกนกลางของ Single material ทำให้ค่าการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศลดลงร้อยละ 72.05

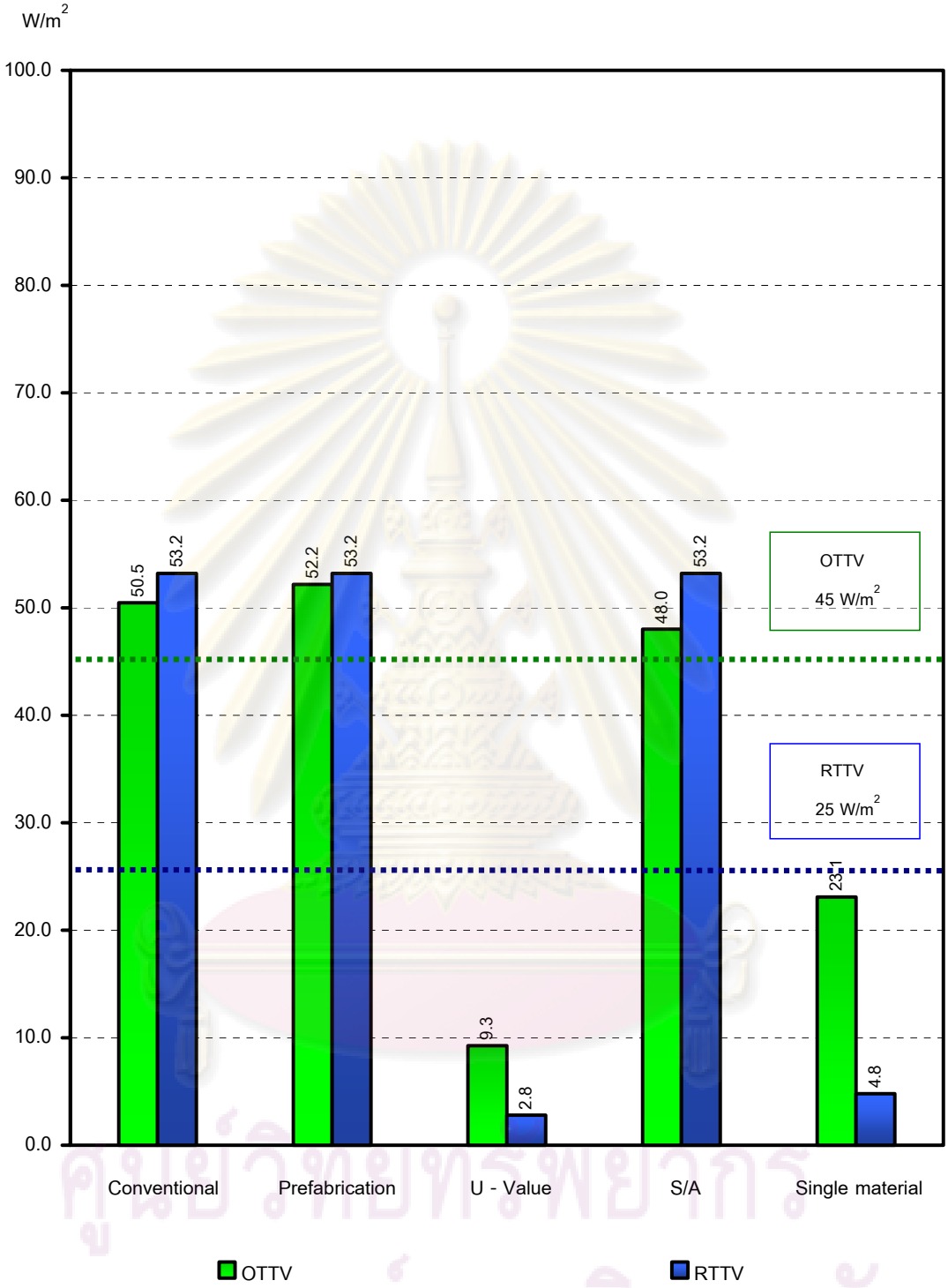
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



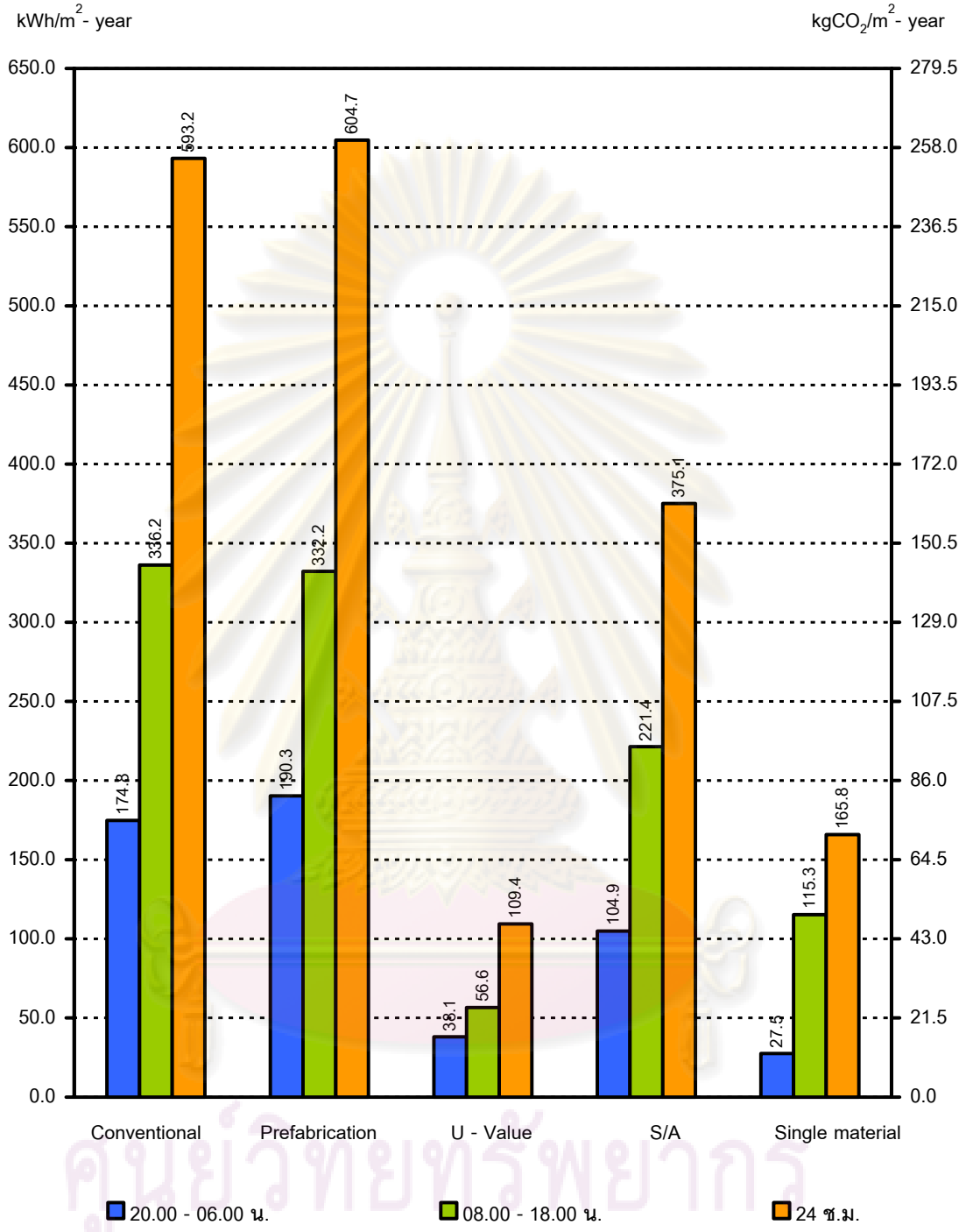
แผนภูมิที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการสร้างบ้านตามแนวคิดต่างๆ พบว่าการสร้างบ้านทั่วไปด้วยระบบคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป (Prefabrication) จะมีค่าใช้จ่ายสูงที่สุดถึง 20,934 บาทต่อตารางเมตร รองลงมาคือการปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก (U-Value) มีค่า 19,716 บาทต่อตารางเมตร โดยการปรับปรุงอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (S/A) มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดเพียง 13,601 บาทต่อตารางเมตร



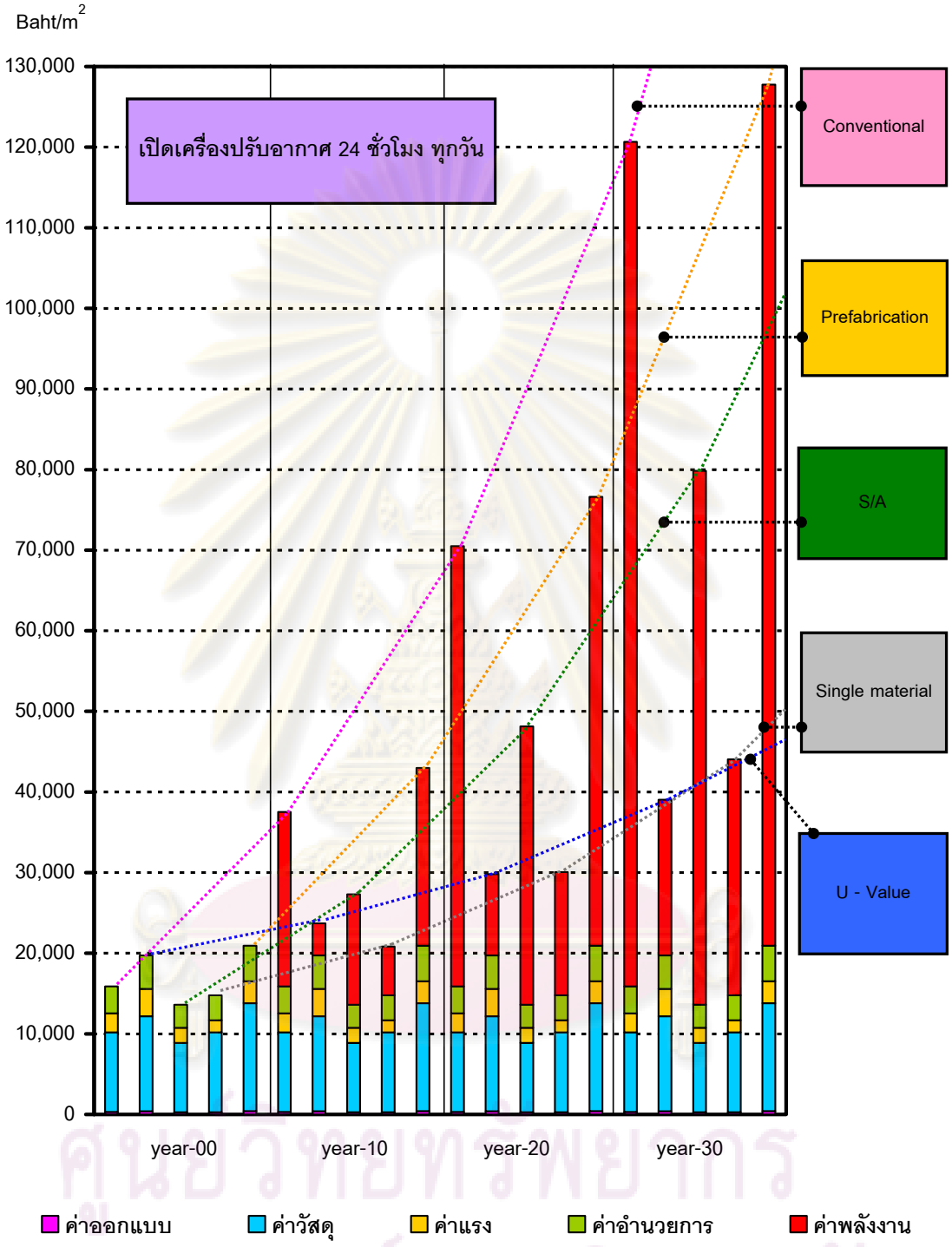
แผนภูมิที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในหมวดค่าวัสดุและอุปกรณ์ในการสร้างบ้านตามแนวคิดต่างๆ พบว่าการสร้างบ้านทั่วไปด้วยระบบคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป (Prefabrication) จะมีค่าใช้จ่ายในหมวดค่าวัสดุและอุปกรณ์สูงที่สุดถึง 13,398 บาทต่อตารางเมตร รองลงมาคือการปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก (U-Value) มีค่า 11,800 บาทต่อตารางเมตร โดยการปรับปรุงอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (S/A) มีค่าใช้จ่ายในหมวดค่าวัสดุและอุปกรณ์เพียง 8,591 บาทต่อตารางเมตร



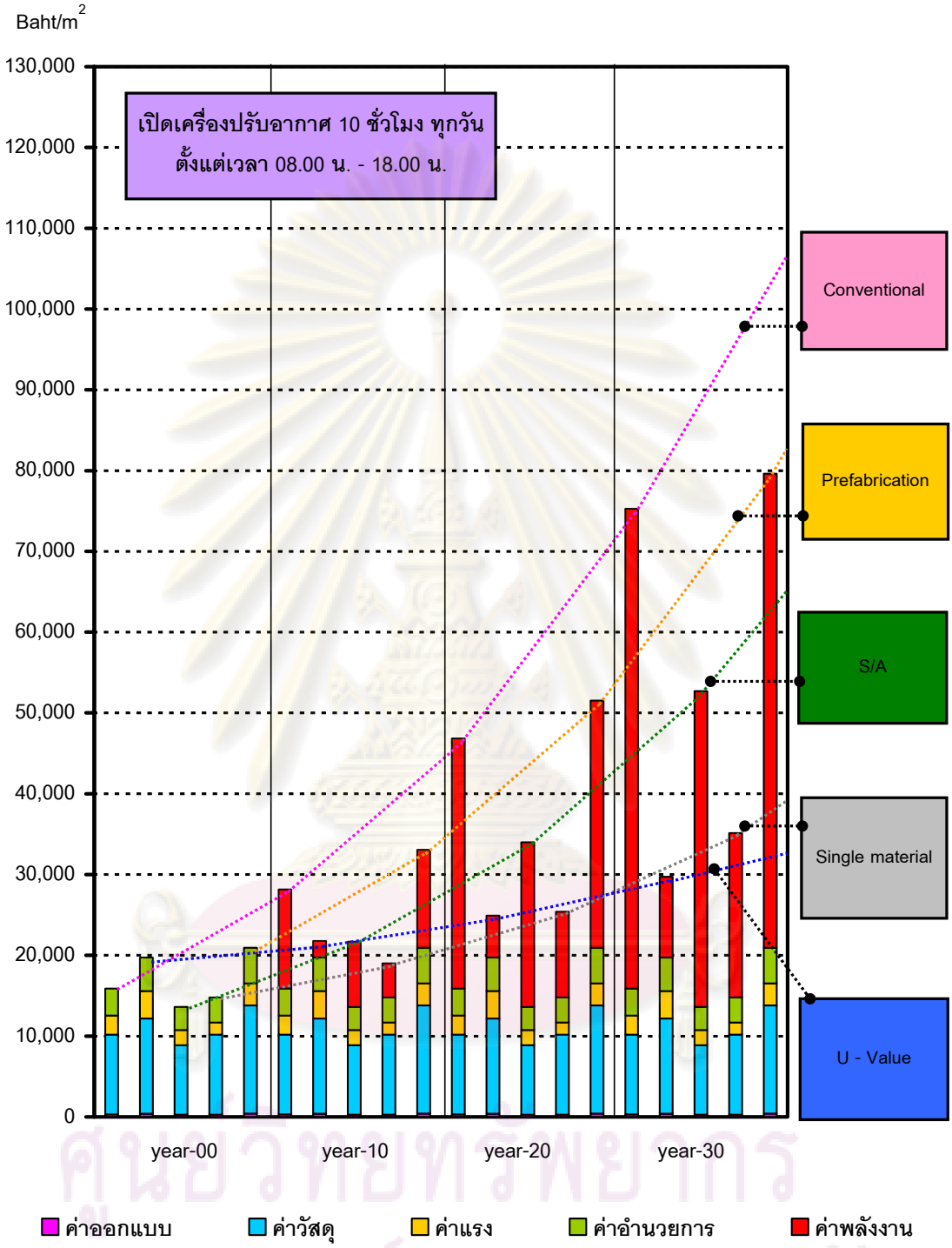
แผนภูมิที่ 4.9 เปรียบเทียบค่า OTTV และ RTTV ในการสร้างบ้านตามแนวคิดต่างๆ พบว่าการสร้างบ้านด้วยระบบทั่วไป, ระบบคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป และการปรับปรุงอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย มีค่า OTTV และ RTTV ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ส่วนการปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก และการก่อสร้างบ้านทั่วไปด้วย Single Material มีค่า OTTV และ RTTV ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด



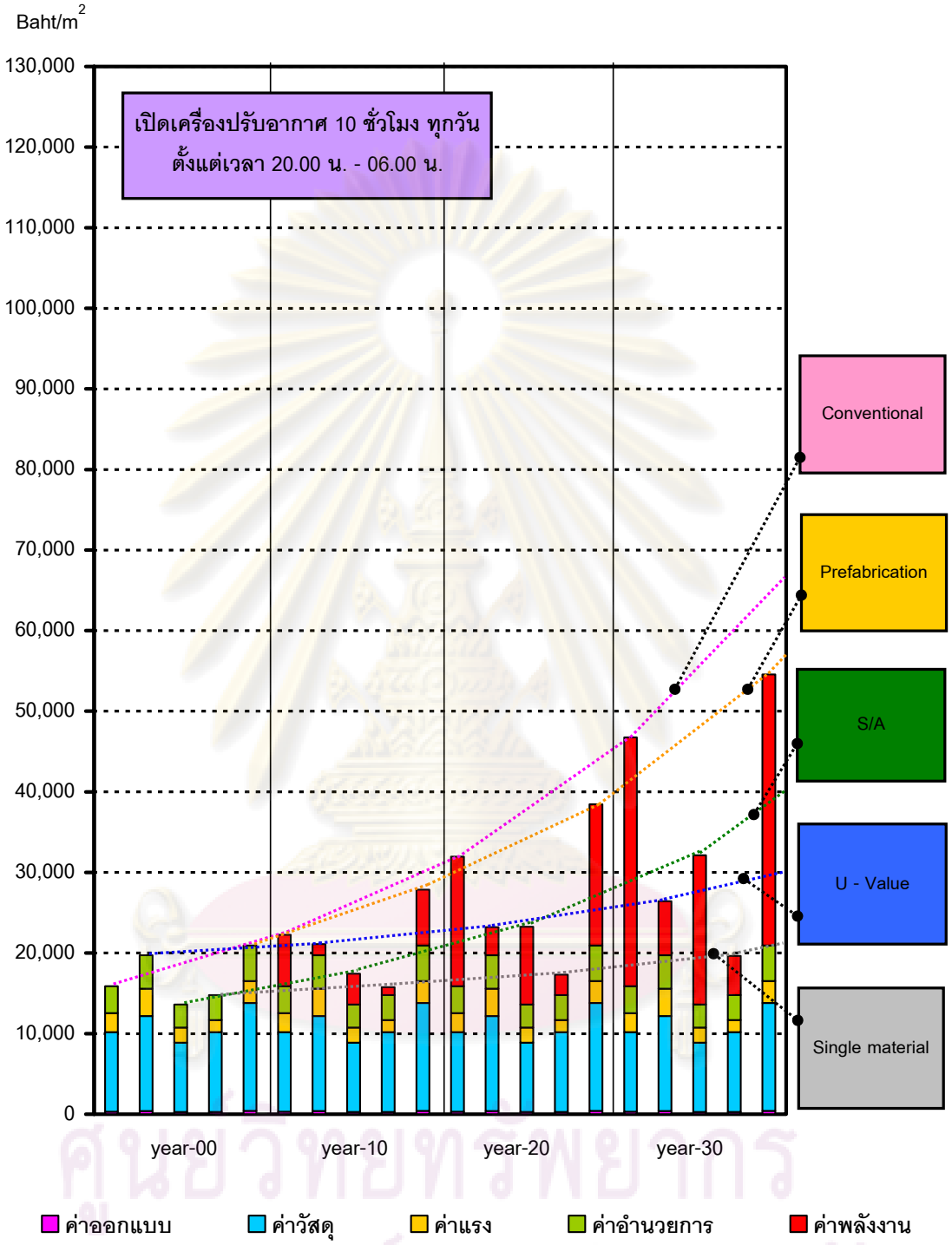
แผนภูมิที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านตามแนวคิดต่างๆ เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงเวลากลางคืน (20.00 น.-06.00 น.) และกลางวัน (08.00 น.-18.00 น.) เทียบกับการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าการปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก การปรับปรุงอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย และการก่อสร้างบ้านทั่วไปด้วย Single Material ทำให้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่ำกว่าการสร้างบ้านทั่วไป



แผนภูมิที่ 4.11 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมของบ้านแนวคิดต่างๆ ในระยะเวลา 30 ปี เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 24 ชม. ทุกวัน พบว่าบ้านทั่วไปและบ้านระบบคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปต้องจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าสูงถึง 5 เท่า ของมูลค่าการก่อสร้างบ้านภายในระยะเวลา 30 ปี ส่วนการปรับปรุงเปลือกอาคารเสียค่าพลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุด



แผนภูมิที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมของบ้านแนวคิดต่างๆ ในระยะเวลา 30 ปี เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชม. ตั้งแต่เวลา 08:00 น.-18:00 น.ทุกวัน พบว่าบ้านทั่วไปและบ้านระบบคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป ต้องจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าสูงมากถึง 3 เท่า ของมูลค่าการก่อสร้างบ้านภายในระยะเวลา 30 ปี ปรับปรุงเปลือกอาคารเสียค่าพลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุด



แผนภูมิที่ 4.13 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมของบ้านแนวคิดต่างๆ ในระยะเวลา 30 ปี เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชม. ตั้งแต่เวลา 20:00 น.-06:00 น.ทุกวัน พบว่าบ้านทั่วไปและบ้านระบบคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป ต้องจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าสูงมากถึง 1.5 เท่า ของมูลค่าการก่อสร้างบ้านภายในระยะเวลา 30 ปี ส่วนการใช้ Single material เสียค่าไฟฟ้าต่ำที่สุด

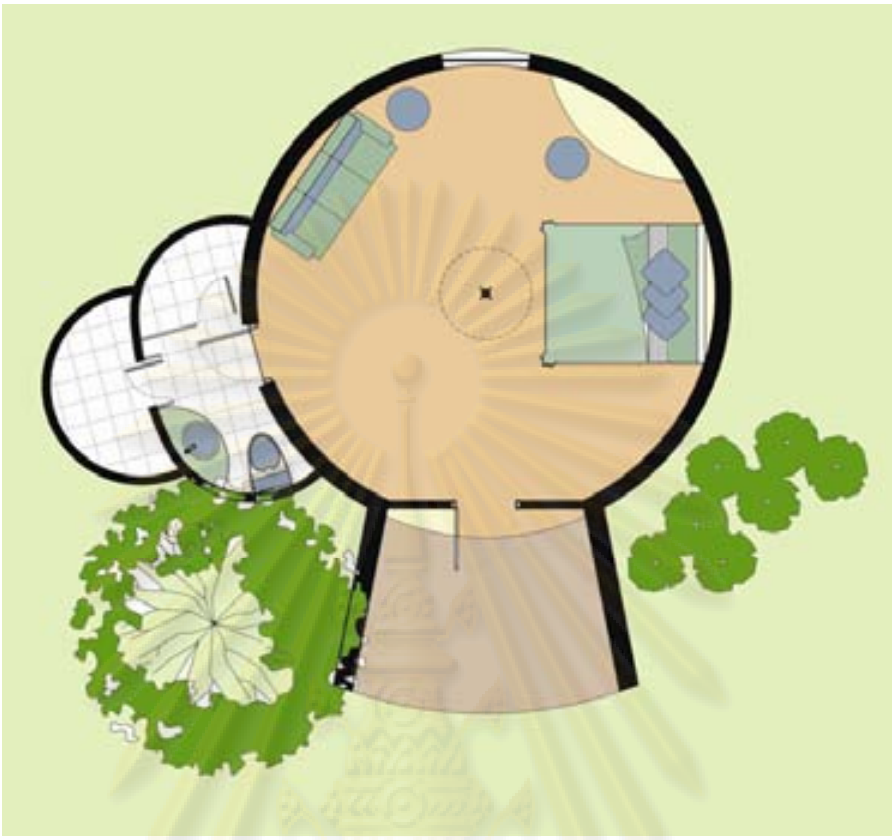
4.3 ผลการประยุกต์ใช้ตัวแปรต่างๆ ในการออกแบบอาคารต้นแบบ ด้วยการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน

รูปที่ 4.4 แปลนพื้น บ้านทรงไดมอนด์ (Diamond)

รูปที่ 4.5 รูปด้านหน้า บ้านทรงไดมอนด์ (Diamond)

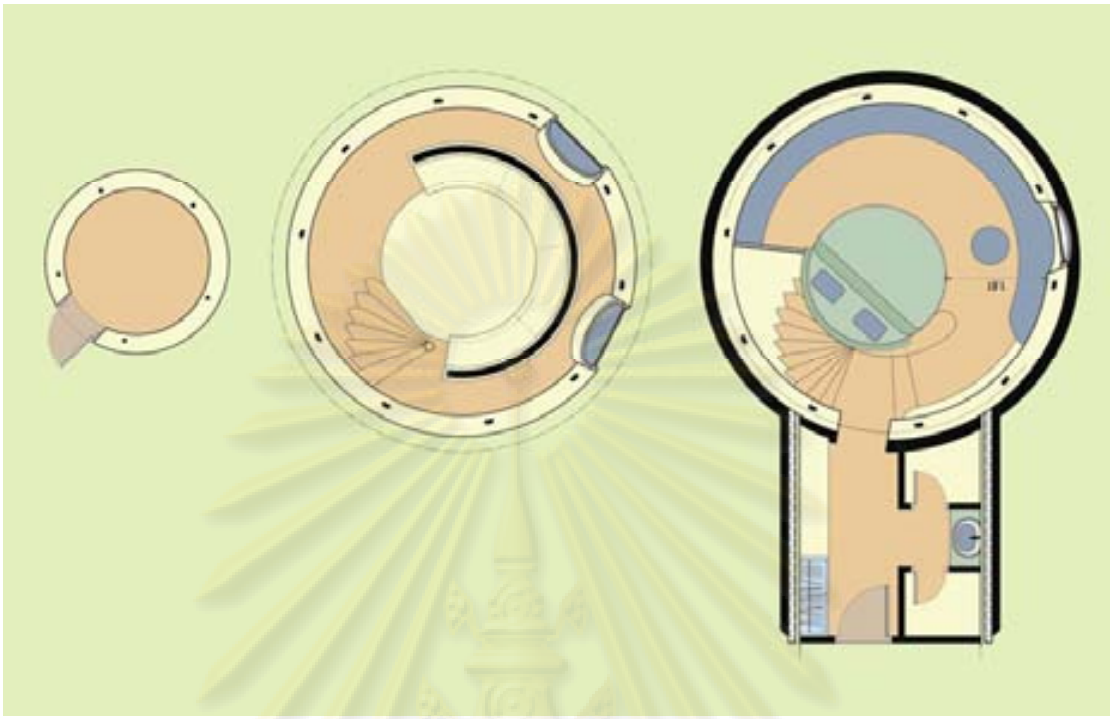
รูปที่ 4.6 แปลนพื้น บ้านทรงโวล์ท (Vault)

รูปที่ 4.7 รูปด้านหน้า บ้านทรงโวล์ท (Vault)

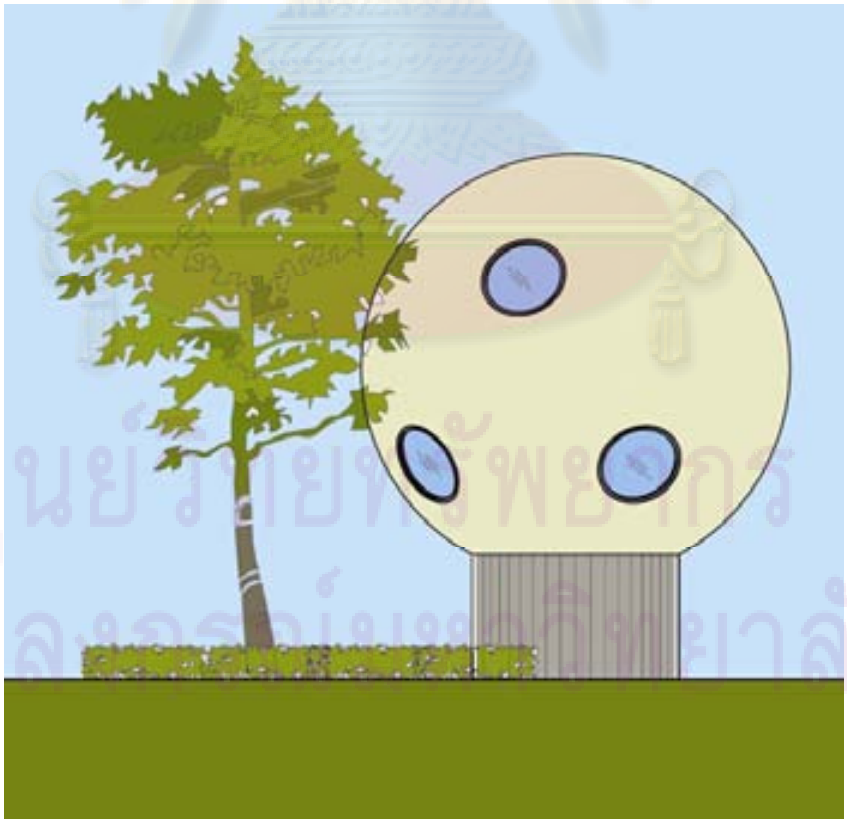


รูปที่ 4.8 แปลนพื้น บ้านทรงโดม (Dome)

รูปที่ 4.9 รูปด้านหน้า บ้านทรงโดม (Dome)



รูปที่ 4.10 แปลนพื้น บ้านทรงสเฟียร์ (Sphere)



รูปที่ 4.11 รูปด้านหน้า บ้านทรงสเฟียร์ (Sphere)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>รายระเอียดอาคารบ้านทรงไดมอนด์ (Diamond)</u>

- พื้นที่ใช้สอยรวม 43 ตารางเมตร
- พื้นที่ใช้สอยในส่วนปรับอากาศ 32.2 ตารางเมตร
- โครงสร้างเหล็ก
- ผนัง Sandwich insulation panel ใส่กลางเป็น โฟม EPS หนา 6 นิ้ว
- หลังคา Sandwich insulation panel ใส่กลางเป็น โฟม EPS หนา 6 นิ้ว
- หน้าต่างอลูมิเนียม กระจกลามิเนตหนา 6 ม.ม.
- รายละเอียดอื่นๆ ตามรายการในภาคผนวก ค (ตารางที่ ค-5)

<u>รายระเอียดอาคารบ้านทรงโวล์ท (Vault)</u>

- พื้นที่ใช้สอยรวม 48 ตารางเมตร
- พื้นที่ใช้สอยในส่วนปรับอากาศ 34 ตารางเมตร
- ไม่มีโครงสร้าง เสริมเหล็กเพื่อติดตั้งวงกบประตูเท่านั้น
- ผนัง EIFS โฟม EPS หนา 10 นิ้ว
- หลังคากับผนังต่อเนื่องใช้วัสดุเดียวกัน
- ฝ้าเพดานภายในบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดธรรมดา หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- หน้าต่างอลูมิเนียม กระจกลามิเนตหนา 6 ม.ม.
- รายละเอียดอื่นๆ ตามรายการในภาคผนวก ค (ตารางที่ ค-6)

<u>รายระเอียดอาคารบ้านทรงโดม (Dome)</u>

- พื้นที่ใช้สอยรวม 46 ตารางเมตร
- พื้นที่ใช้สอยในส่วนปรับอากาศ 33.6 ตารางเมตร
- ไม่มีโครงสร้าง เสริมเหล็กเพื่อติดตั้งวงกบประตูเท่านั้น
- ผนัง EIFS โฟม EPS หนา 10 นิ้ว
- หลังคากับผนังต่อเนื่องใช้วัสดุเดียวกัน
- ฝ้าเพดานภายในบุยิปซั่มบอร์ด ชนิดธรรมดา หนา 9 ม.ม. ฉาบเรียบ ทาสี
- หน้าต่างอลูมิเนียม กระจกลามิเนตหนา 6 ม.ม.
- รายละเอียดอื่นๆ ตามรายการในภาคผนวก ค (ตารางที่ ค-7)

<u>รายระเอียดอาคารบ้านทรงสเฟียร์ (Sphere)</u>

- พื้นที่ใช้สอยรวม 58 ตารางเมตร
- พื้นที่ใช้สอยในส่วนปรับอากาศ 52 ตารางเมตร
- โครงสร้างเหล็ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ผนัง EIFS โฟม EPS หนา 10 นิ้ว
- หลังคากับผนังต่อเนื่องใช้วัสดุเดียวกัน
- หน้าต่างกระจกลามิเนตหนา 6 ม.ม.
- รายละเอียดอื่นๆ ตามรายการในภาคผนวก ค (ตารางที่ ค-8)

4.4 ผลการประเมินค่าใช้จ่าย ระยะเวลาและแรงงานในการก่อสร้าง ตรวจสอบศักยภาพในการประหยัดพลังงาน ตลอดจนศักยภาพในการลงทุน ของอาคารต้นแบบ

4.4.1 ปริมาณและราคาวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

- **บ้านทรงไดมอนด์** (Diamond) มีค่าวัสดุหมวดงานเปลือกอาคารสูงขึ้น 83.51% แต่สามารถลดค่างานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรม และงานระบบประกอบอาคารลง ทำให้ค่าก่อสร้างอาคารต่ำกว่าบ้านทั่วไป ร้อยละ 26.72 โดยมีค่าออกแบบเพิ่มขึ้น 3.39 เท่า ของค่าออกแบบตามระเบียบราชการ โดยมีค่าก่อสร้าง 12,989.15 บาทต่อตารางเมตร

- **บ้านทรงโวล์ท** (Vault) มีค่าวัสดุหมวดงานเปลือกอาคารสูงขึ้น 84.56% แต่สามารถลดค่างานโครงสร้าง และงานระบบประกอบอาคารลง ทำให้ค่าก่อสร้างอาคารต่ำกว่าบ้านทั่วไป ร้อยละ 22.27 โดยมีค่าออกแบบเพิ่มขึ้น 3.60 เท่า ของค่าออกแบบตามระเบียบราชการ โดยมีค่าก่อสร้าง 12,342.84 บาทต่อตารางเมตร

- **บ้านทรงโดม** (Dome) มีค่าวัสดุหมวดงานเปลือกอาคารสูงขึ้น 66.75% แต่สามารถลดค่างานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรม และงานระบบประกอบอาคารลง ทำให้ค่าก่อสร้างอาคารต่ำกว่าบ้านทั่วไป ร้อยละ 31.74 โดยมีค่าออกแบบเพิ่มขึ้น 3.16 เท่า ของค่าออกแบบตามระเบียบราชการ โดยมีค่าก่อสร้าง 11,310.88 บาทต่อตารางเมตร

- **บ้านทรงสเฟียร์** (Sphere) มีค่าวัสดุหมวดงานเปลือกอาคารสูงขึ้น 110.23% แต่สามารถลดค่างานโครงสร้าง และงานระบบประกอบอาคารลง ทำให้ค่าก่อสร้างอาคารต่ำกว่าบ้านทั่วไป ร้อยละ 5.55 โดยมีค่าออกแบบเพิ่มขึ้น 4.38 เท่า ของค่าออกแบบตามระเบียบราชการ โดยมีค่าก่อสร้าง 12,412.40 บาทต่อตารางเมตร

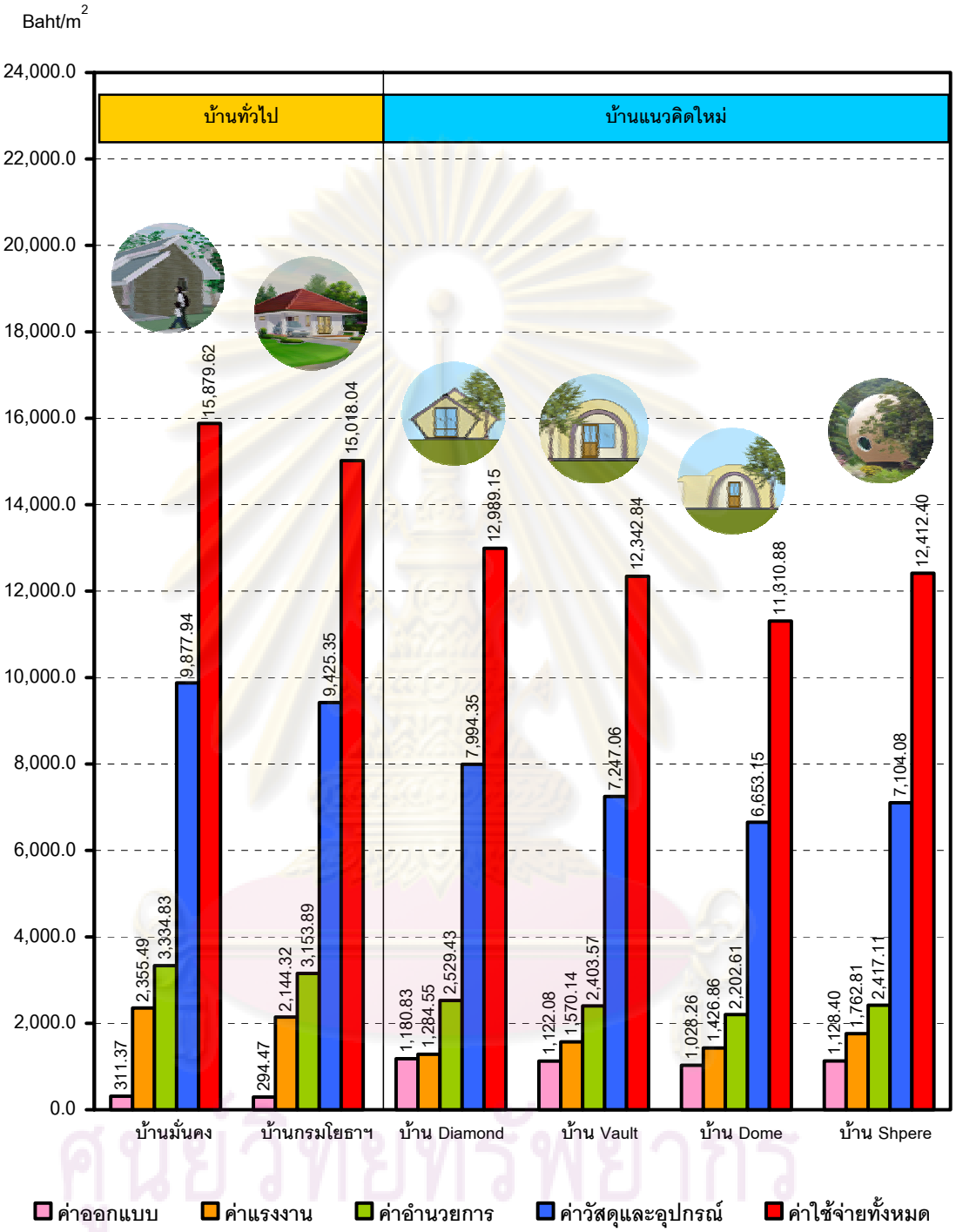
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารทั่วไป กับบ้านทรงไดมอนด์ (Diamond) และ บ้านทรงโวล์ท (Vault)

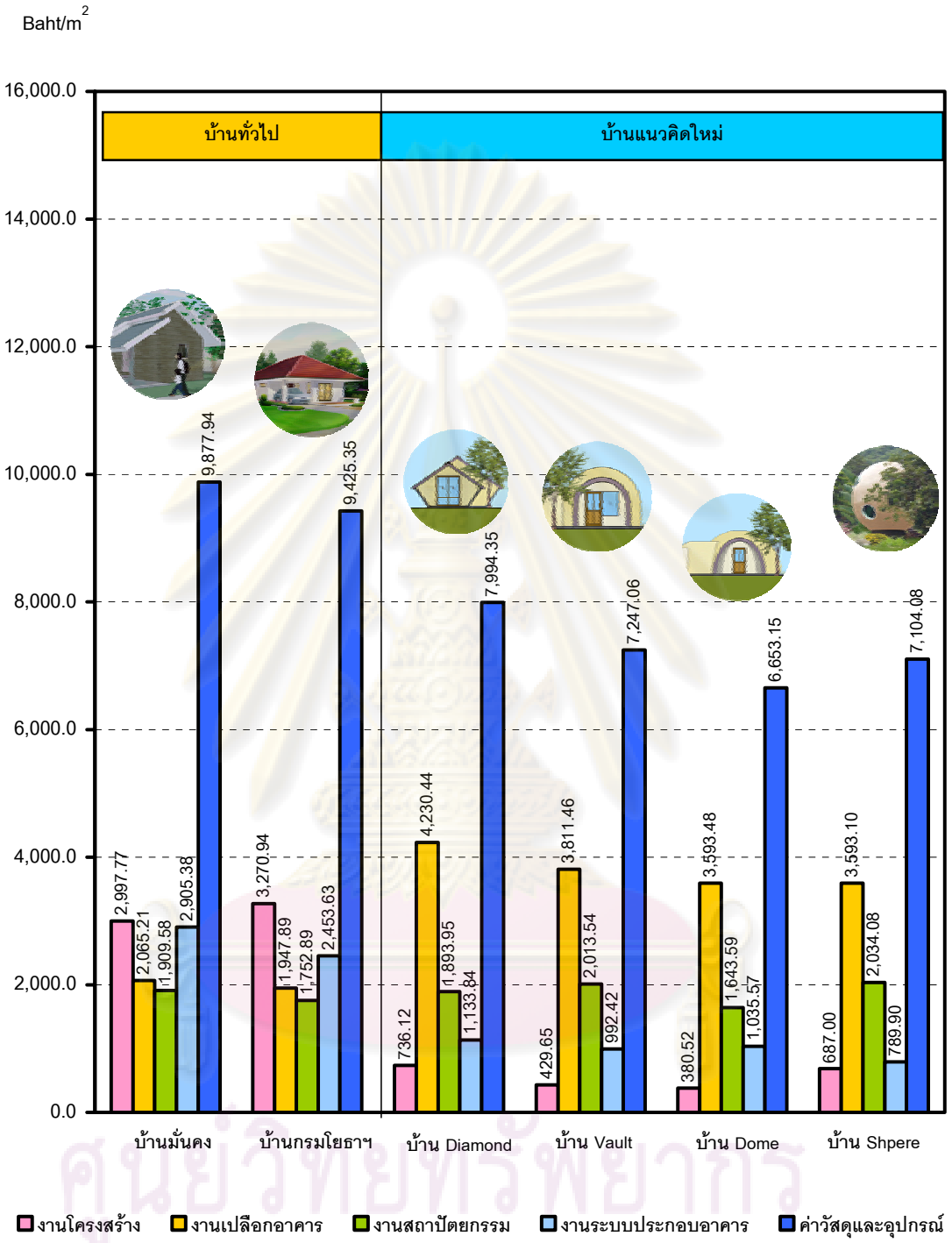
	Conventional		Diamond			Vault		
รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ร้อยละของค่าก่อสร้าง	ค่าวัสดุ (บาท)	ร้อยละของค่าก่อสร้าง	% การเปลี่ยนแปลง	ค่าวัสดุ (บาท)	%	% การเปลี่ยนแปลง
หมวดงานโครงสร้าง	143,893.0	24.50	31,653.0	7.93	-78.00	20,623.0	4.87	-85.67
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	99,130.0	16.88	181,909.0	45.59	83.51	182,950.0	43.23	84.56
หมวดงานสถาปัตยกรรม	91,660.0	15.61	81,440.0	20.41	-11.15	96,650.0	22.84	5.44
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	139,458.0	23.75	48,755.0	12.22	-65.04	47,636.0	11.26	-65.84
รวมค่าวัสดุและอุปกรณ์	474,141.0	80.75	343,757.0	86.16	-27.50	347,859.0	82.19	-26.63
ค่าแรง	113,063.5	19.25	55,235.5	13.84	-51.15	75,366.5	17.81	-33.34
รวมค่าก่อสร้าง	587,204.5	100.00	398,992.5	100.00	-32.05	423,225.5	100.00	-27.93
ค่าอำนวยการ	160,071.9	27.26	108,765.4	27.26	-32.05	115,371.3	27.26	-27.93
ค่าออกแบบ	14,945.5	2.55	50,775.8	12.73	239.74	53,859.7	12.73	260.37
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	762,222.0	129.81	558,533.6	139.99	-26.72	592,456.4	139.99	-22.27

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารทั่วไป กับบ้านทรงโดม (Dome) และ บ้านทรงสเฟียร์ (Sphere)

	Conventional		Dome			Sphere		
รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ร้อยละของค่าก่อสร้าง	ค่าวัสดุ (บาท)	รวม (บาท)	% การเปลี่ยนแปลง	ค่าวัสดุ (บาท)	รวม (บาท)	% การเปลี่ยนแปลง
หมวดงานโครงสร้าง	143,893.0	24.50	17,504.0	4.71	-87.84	39,846.0	7.75	-72.31
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	99,130.0	16.88	165,300.0	44.47	66.75	208,400.0	40.52	110.23
หมวดงานสถาปัตยกรรม	91,660.0	15.61	75,605.0	20.34	-17.52	117,976.5	22.94	28.71
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	139,458.0	23.75	47,636.0	12.82	-65.84	45,814.0	8.91	-67.15
รวมค่าวัสดุและอุปกรณ์	474,141.0	80.75	306,045.0	82.34	-35.45	412,036.5	80.12	-13.10
ค่าแรง	113,063.5	19.25	65,635.5	17.66	-41.95	102,243.0	19.88	-9.57
รวมค่าก่อสร้าง	587,204.5	100.00	371,680.5	100.00	-36.70	514,279.5	100.00	-12.42
ค่าอำนวยการ	160,071.9	27.26	101,320.1	27.26	-36.70	140,192.6	27.26	-12.42
ค่าออกแบบ	14,945.5	2.55	47,300.1	12.73	216.48	65,447.2	12.73	337.90
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	762,222.0	129.81	520,300.7	139.99	-31.74	719,919.3	139.99	-5.55

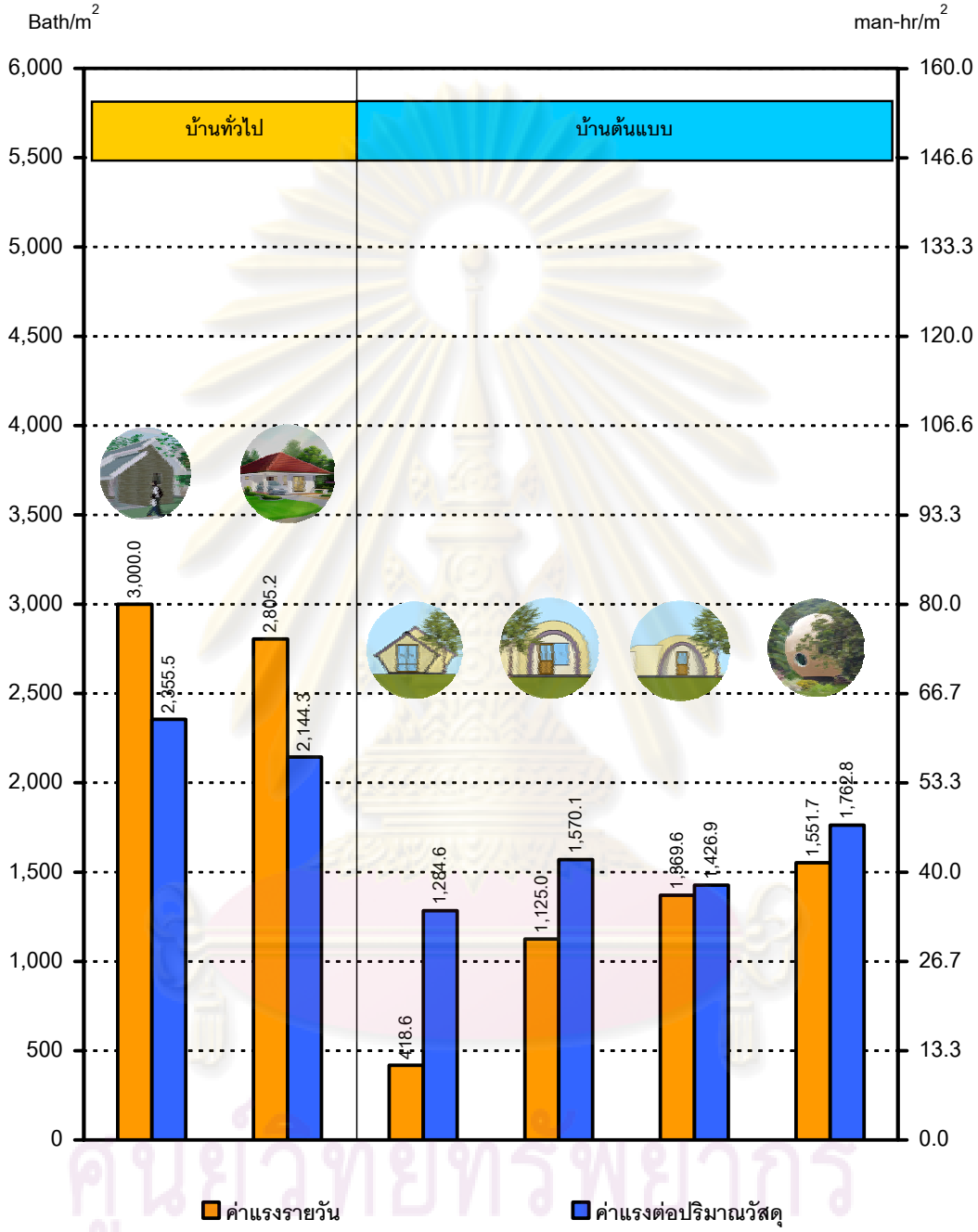


แผนภูมิที่ 4.14 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ พบว่าค่าใช้วัสดุและอุปกรณ์มีสัดส่วนสูงที่สุดคิดเป็นปริมาณร้อยละ 62 ของค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทั้งหมด โดยบ้านแนวคิดใหม่สามารถลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างได้เฉลี่ย 3,185 บาทต่อตารางเมตร



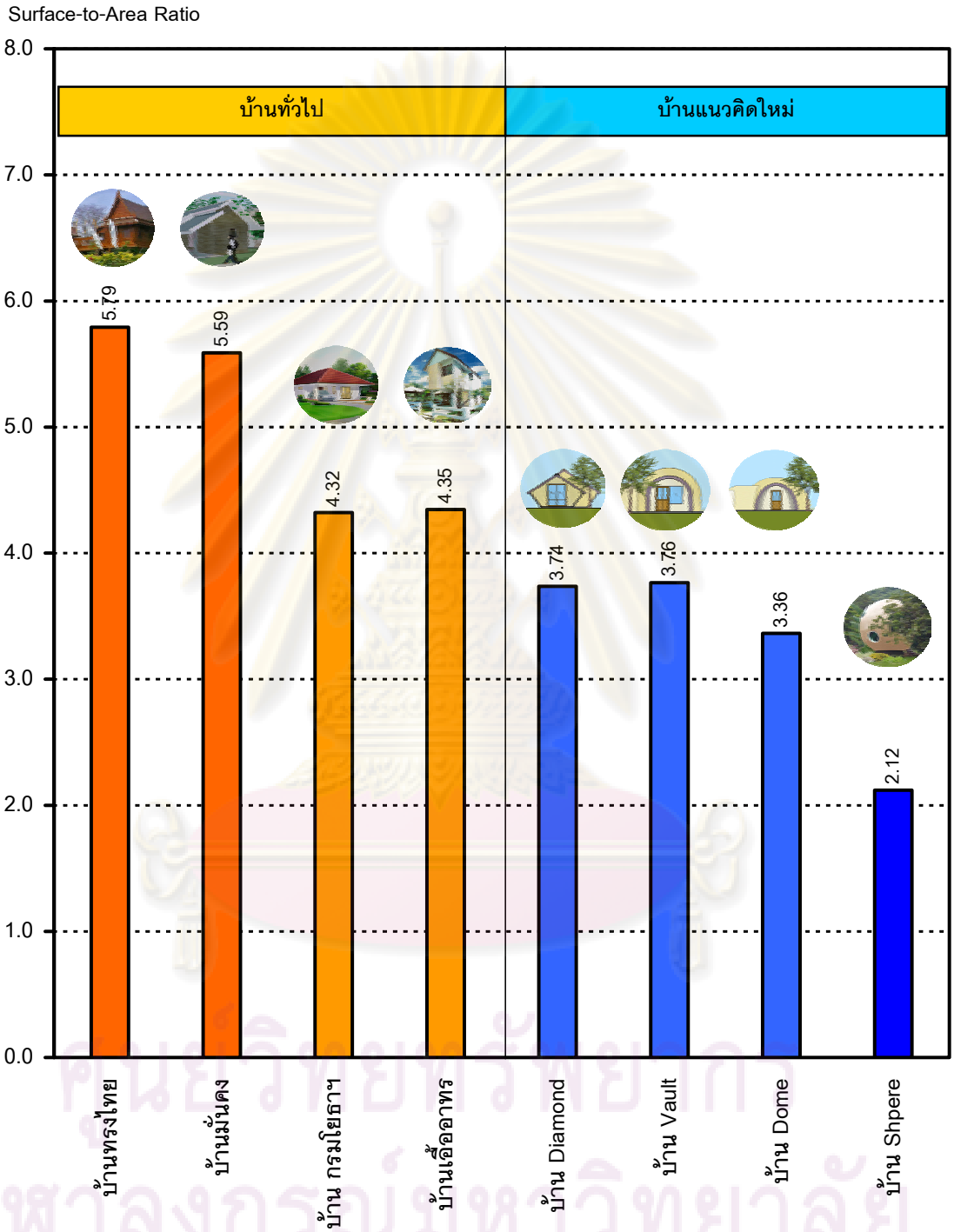
แผนภูมิที่ 4.15 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในหมวดค่าวัสดุและอุปกรณ์ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ พบว่าบ้านแนวคิดใหม่จะมีค่างานเปลือกอาคารสูงขึ้นเฉลี่ย 1,800.57 บาทต่อตารางเมตร แต่สามารถลดค่างานระบบประกอบอาคารได้ 1,691.57 บาทต่อตารางเมตร และลดค่าโครงสร้าง 2,576.03 บาทต่อตารางเมตร

4.4.2 ระยะเวลาในการก่อสร้าง



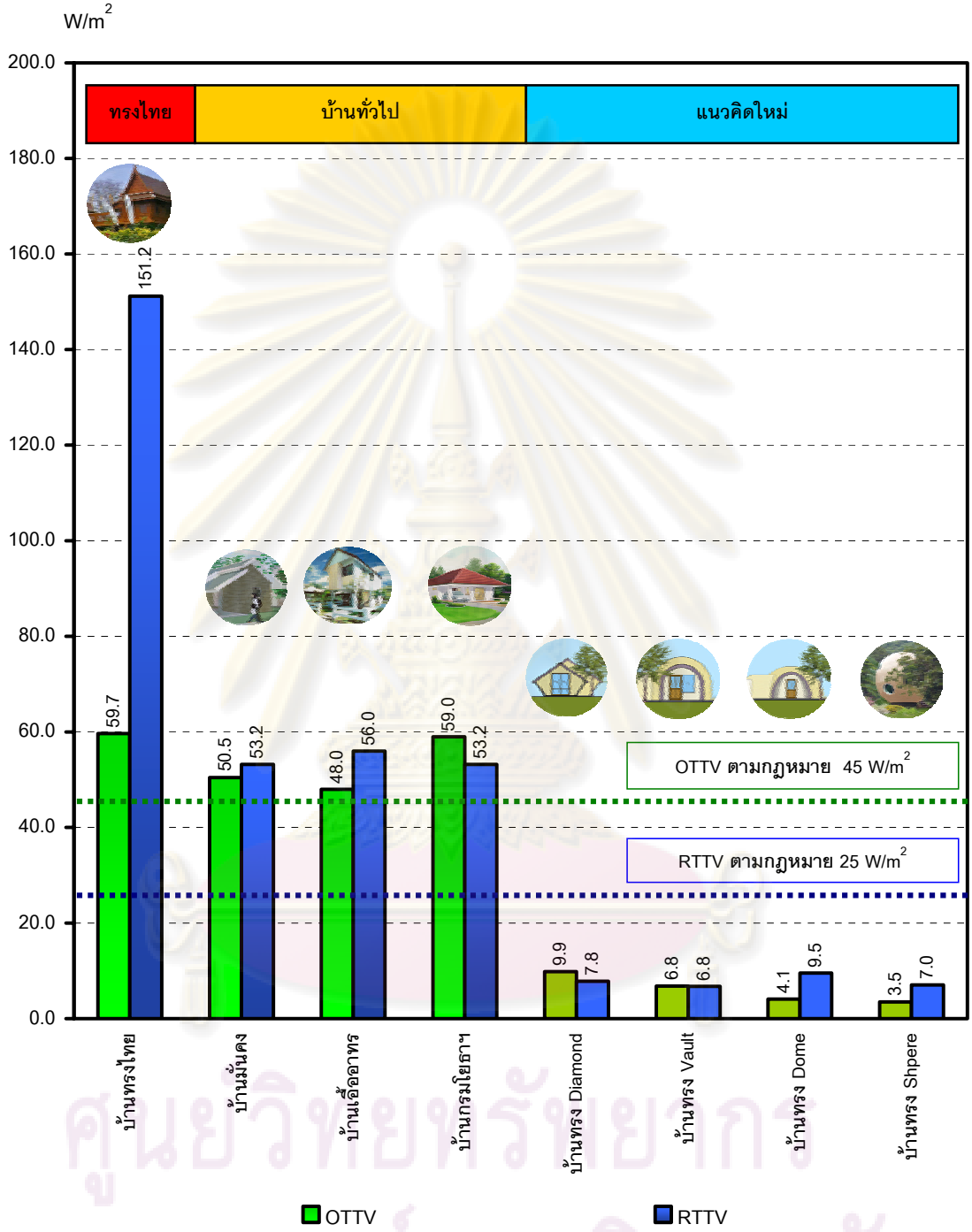
แผนภูมิที่ 4.16 เปรียบเทียบค่าแรงรายวัน และค่าแรงต่อปริมาณวัสดุของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ พบว่าค่าแรงรายวันของบ้านทั่วไปจะสูงกว่าค่าแรงต่อปริมาณวัสดุ เนื่องจากความยุ่งยากในการก่อสร้างอาคารทำให้ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างมาก ส่วนบ้านแนวคิดใหม่จะมีค่าแรงรายวันต่ำกว่าค่าแรงต่อปริมาณวัสดุ เนื่องจากการรูปทรงอาคารที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และมีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยน้อย

4.4.3 อัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย



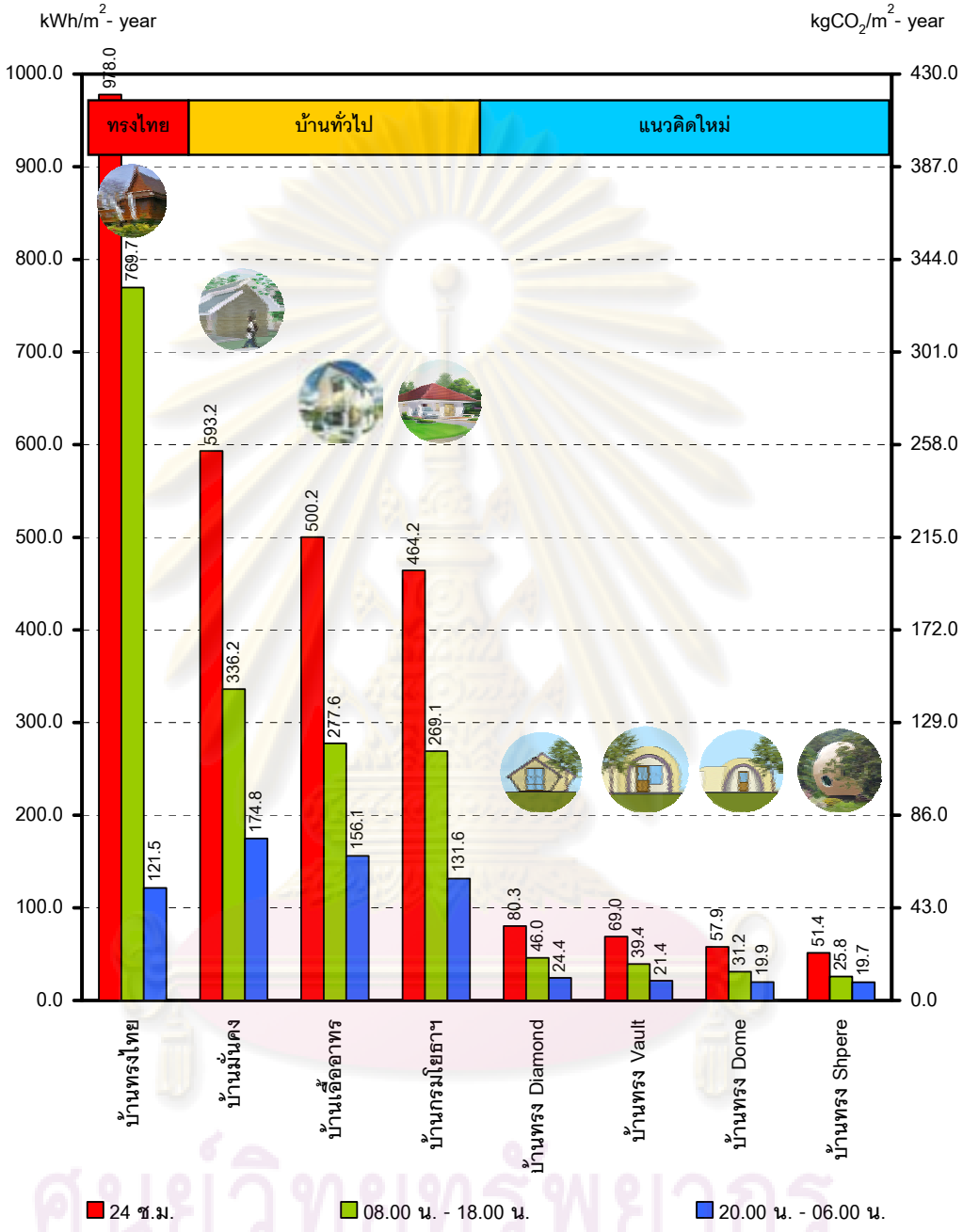
แผนภูมิที่ 4.17 เปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (S/A) ของบ้านทั่วไปกับบ้านแนวคิดใหม่ พบว่า บ้านแนวคิดใหม่มีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำการบ้านทั่วไป โดยบ้านทรงสเฟียร์ (Sphere) มีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำที่สุด ต่ำกว่าบ้านมั่นคงถึง 2.64 เท่า

4.4.4 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร



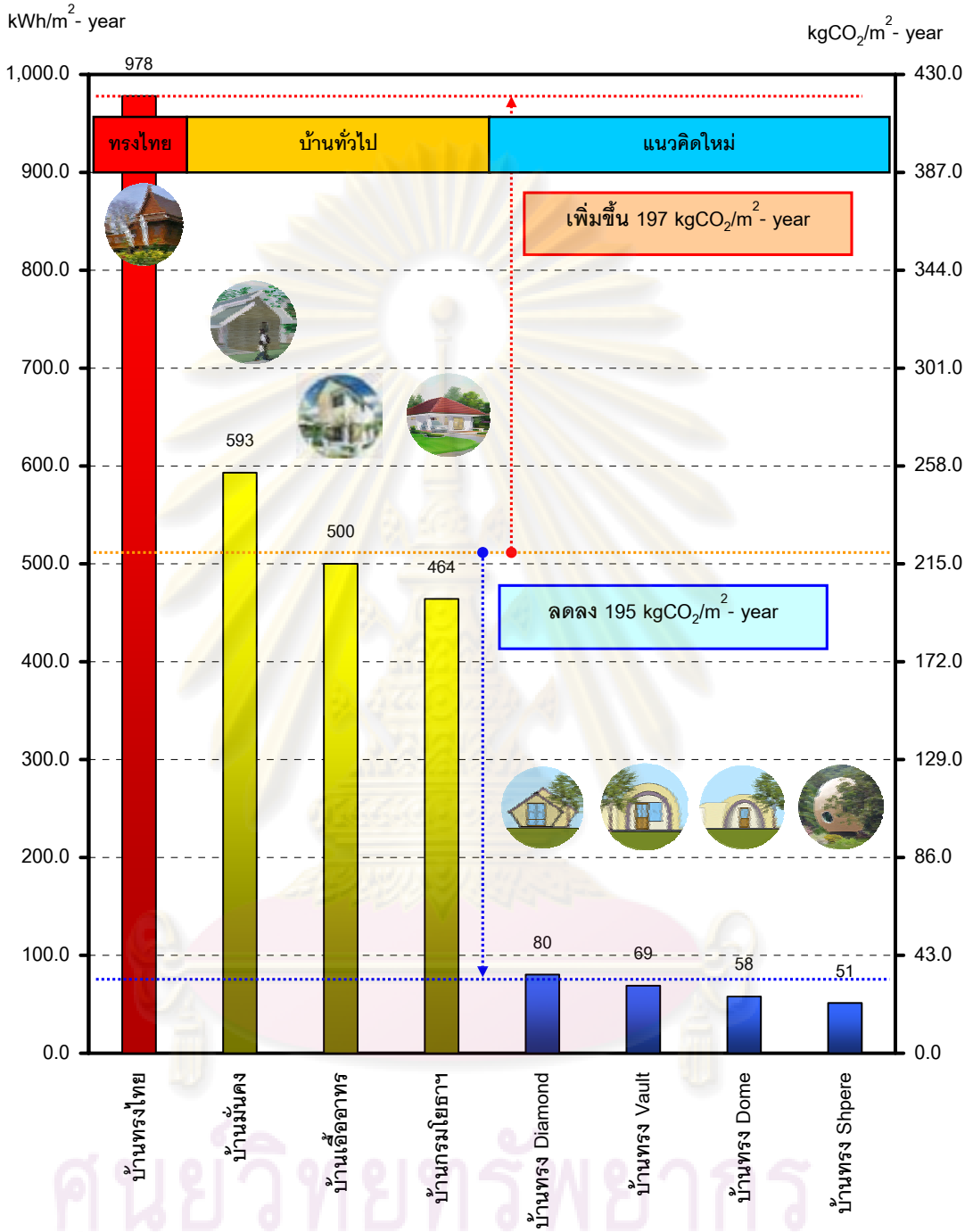
แผนภูมิที่ 4.18 เปรียบเทียบ OTTV และ RTTV ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่พบว่าบ้านแนวคิดใหม่มีค่า OTTV และ RTTV ต่ำกว่าที่กฎหมายกำหนดถึง 38.93 วัตต์ต่อตารางเมตรและ 7.78 วัตต์ต่อตารางเมตรตามลำดับ ส่วนบ้านทั่วไปมีค่า OTTV และ RTTV สูงกว่าที่กฎหมายกำหนดอยู่ 7.5 วัตต์ต่อตารางเมตรและ 29.13 วัตต์ต่อตารางเมตรตามลำดับ

4.4.5 ภาระในการปรับอากาศ และการใช้พลังงานรวม

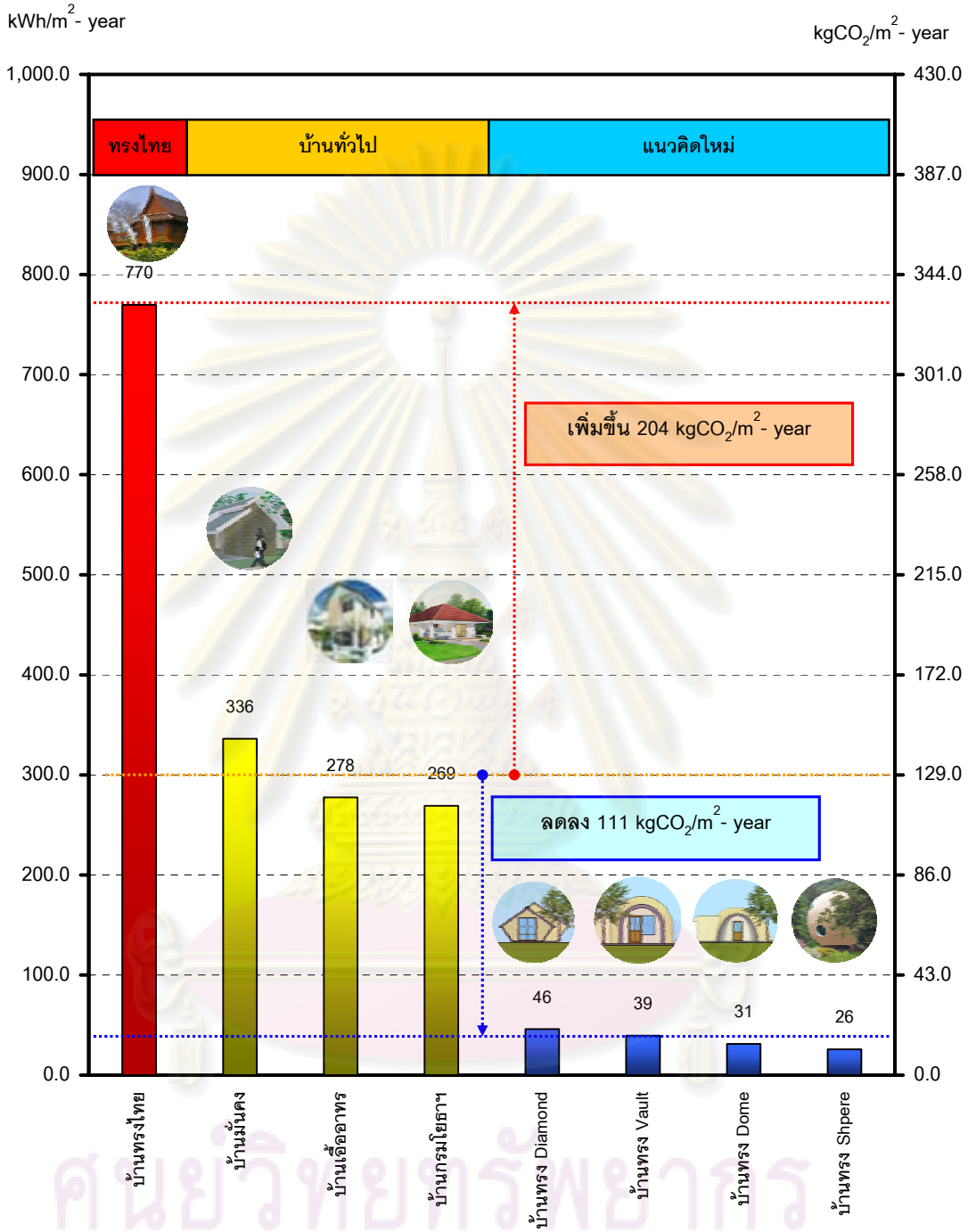


แผนภูมิที่ 4.19 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงเวลากลางคืน (20.00 น.-06.00 น.) และกลางวัน (08.00 น.-18.00 น.) เทียบกับการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง บ้านแนวคิดใหม่ยังมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่ำกว่าบ้านทั่วไปที่เปิดเครื่องปรับอากาศเพียง 10 ชั่วโมงในเวลากลางคืน

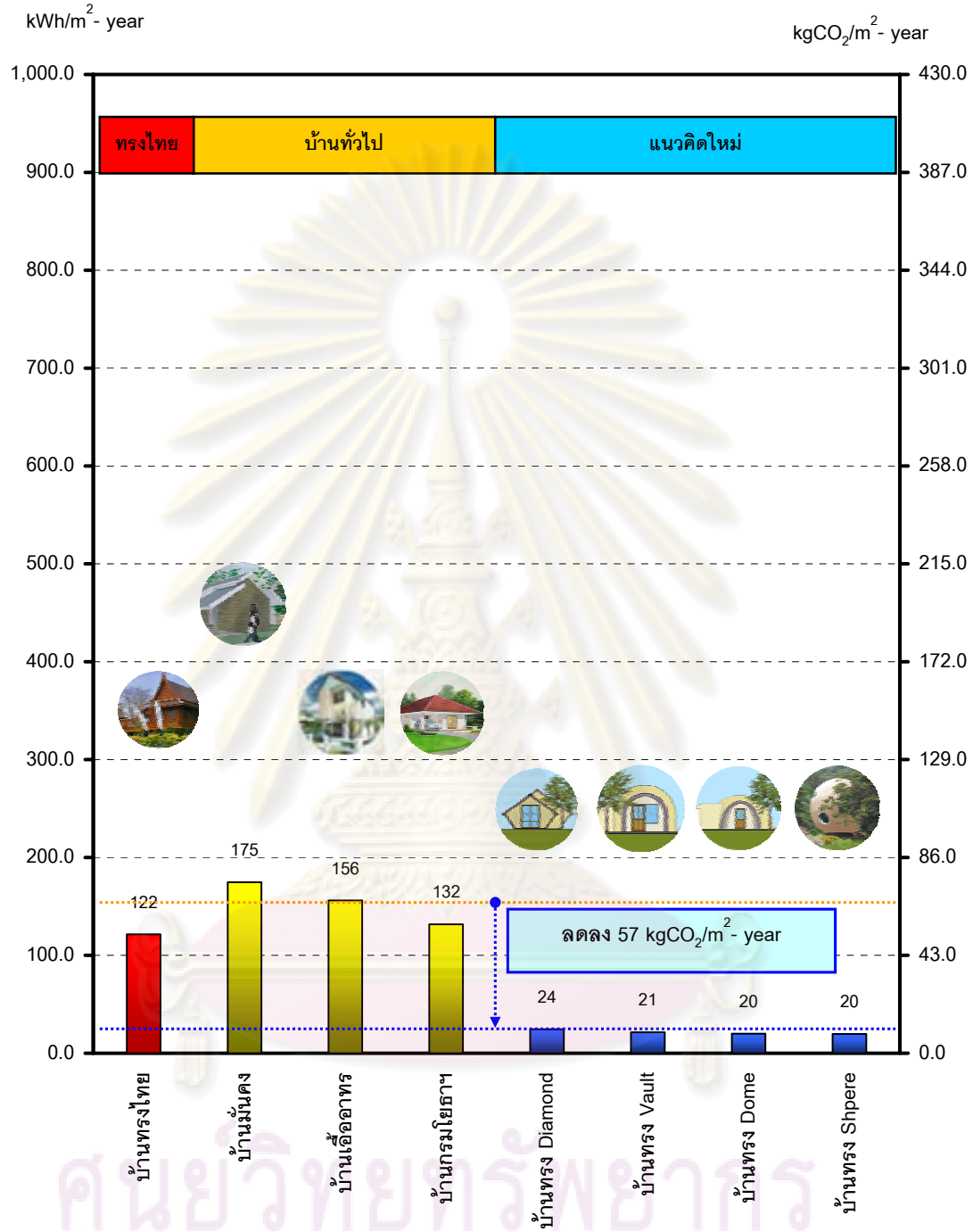
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.20 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าบ้านตามแนวคิดใหม่สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปได้ถึง 195 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อปี

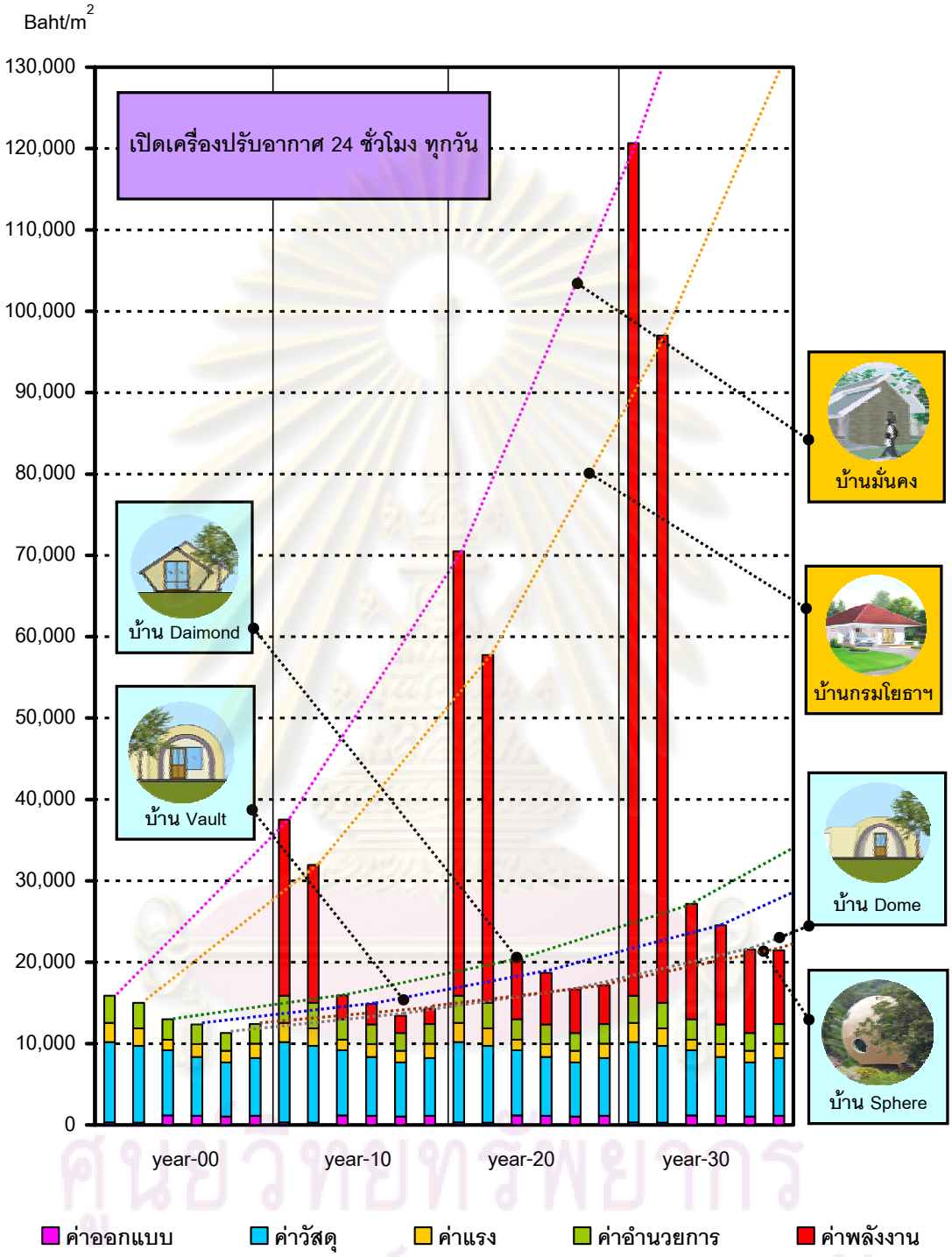


แผนภูมิที่ 4.21 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ10 ชั่วโมง เวลา 08.00 น.-18.00 น. พบว่าบ้านตามแนวคิดใหม่สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปได้ถึง 111 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อปี

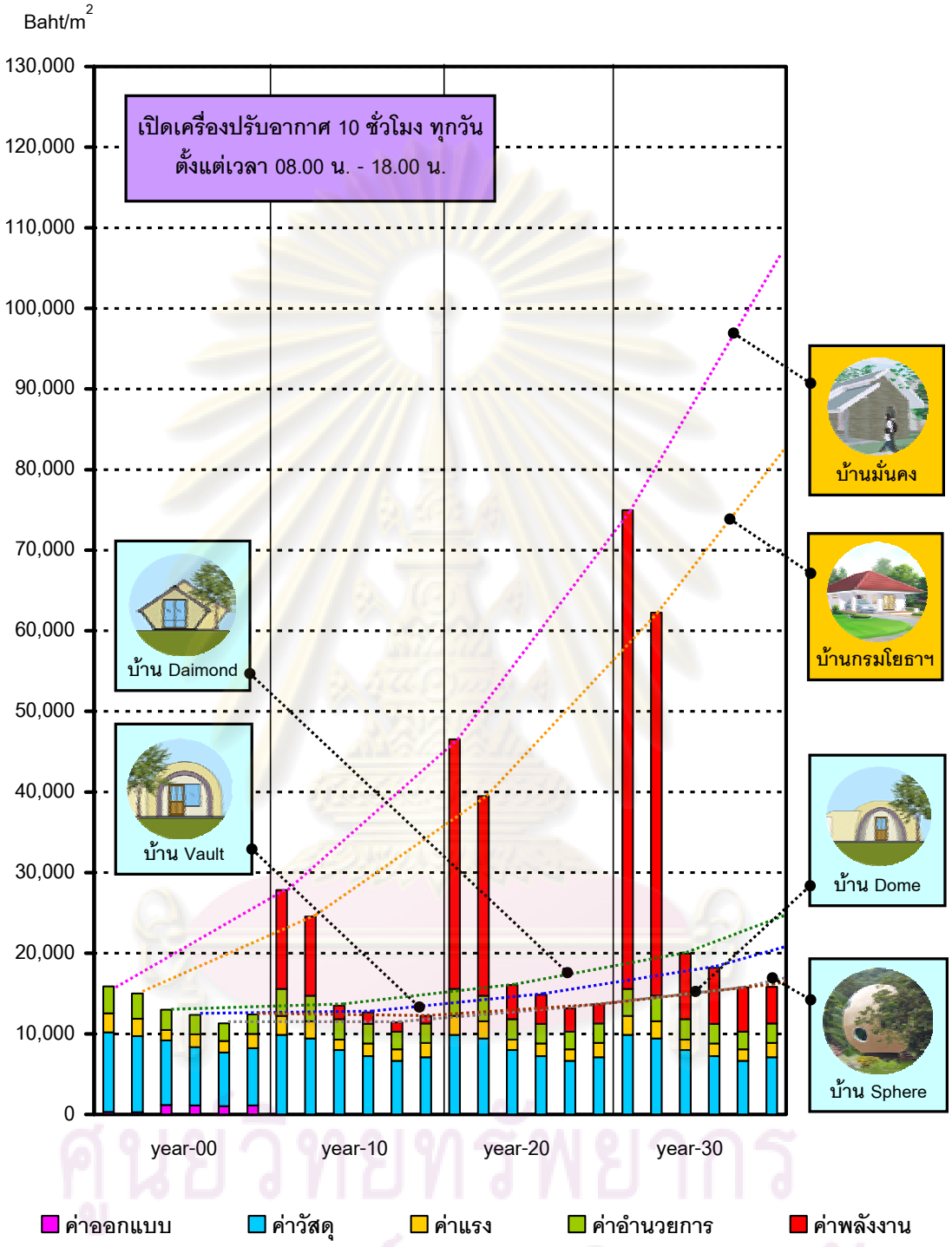


แผนภูมิที่ 4.22 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ10 ชั่วโมง เวลา 20.00 น.-06.00 น. พบว่าบ้านตามแนวคิดใหม่สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปได้ถึง 57 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อปี

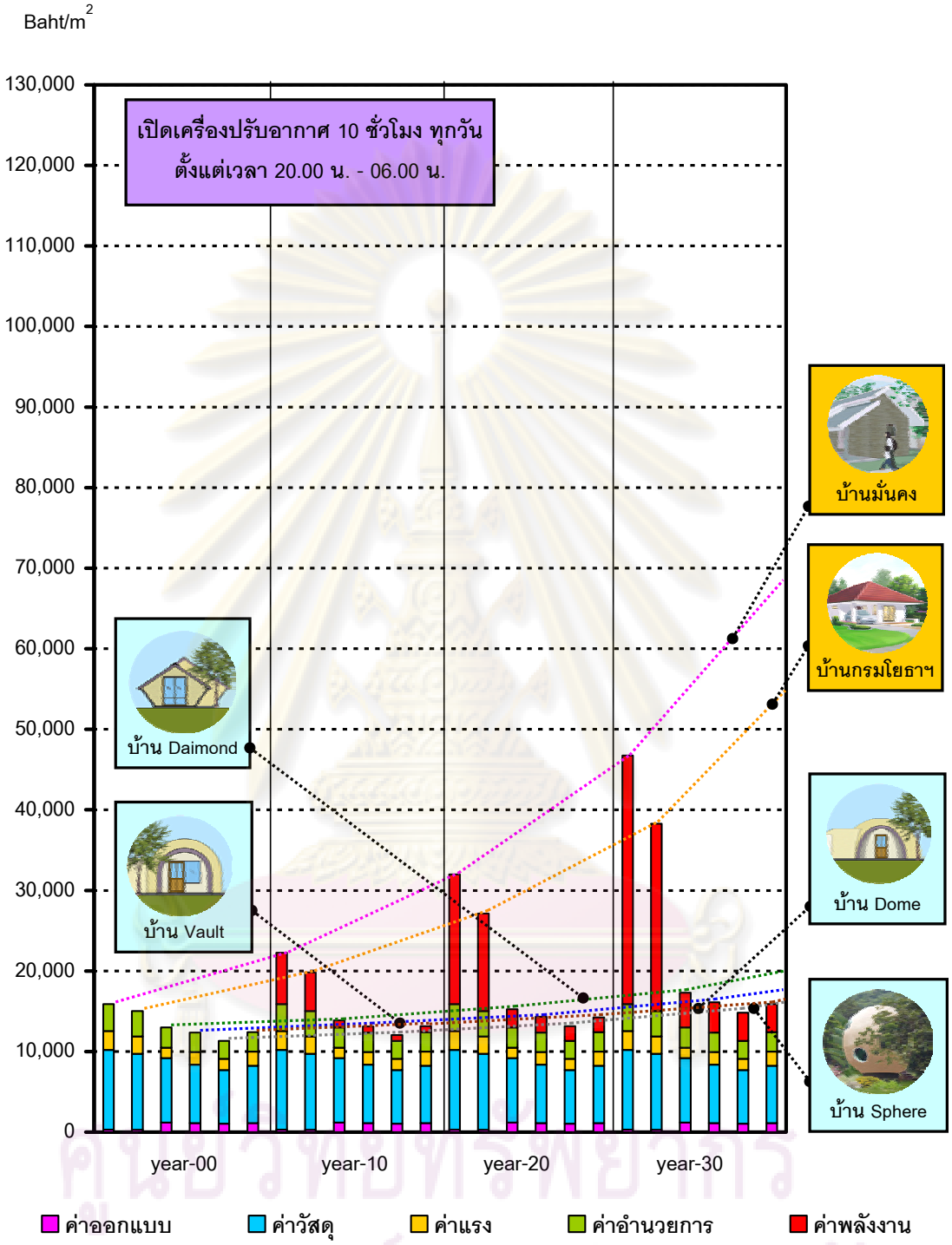
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.23 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าในระยะเวลา 30 ปี บ้านตามแนวคิดใหม่จะเสียค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 0.93 เท่า ของมูลค่าก่อสร้างอาคาร ซึ่งต่ำกว่าบ้านทั่วไปถึง 8.18 เท่า



แผนภูมิที่ 4.24 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ10 ชั่วโมง เวลา 08.00 น.-18.00 น. พบว่าในระยะเวลา 30 ปี บ้านตามแนวคิดใหม่จะเสียค่าพลังงานไฟฟ้าเพียง 0.31 เท่า ของมูลค่าก่อสร้างอาคาร ซึ่งต่ำกว่าบ้านทั่วไปถึง 7.17 เท่า



แผนภูมิที่ 4.25 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมง เวลา 20.00 น.-06.00 น. พบว่าในระยะเวลา 30 ปี บ้านตามแนวคิดใหม่จะเสียค่าพลังงานไฟฟ้าเพียง 0.31 เท่า ของมูลค่าก่อสร้างอาคาร ซึ่งต่ำกว่าบ้านทั่วไปถึง 7.17 เท่า

4.5 การก่อสร้างบ้านต้นแบบ

รูปที่ 4.12 โครงสร้างเหล็กบ้านทรงไดมอนด์

รูปที่ 4.13 ด้านหน้าบ้านทรงไดมอนด์ ติดตั้งผนัง EIFS

รูปที่ 4.14 การติดตั้งแผ่นหลังคาสำเร็จรูปด้วยแรงงานคน ของบ้านทรงไดมอนด์

รูปที่ 4.15 เมื่อติดตั้งหลังคาสำเร็จรูปบ้านทรงไดมอนด์ แล้วเสร็จ

รูปที่ 4.16 รูปด้านข้างบ้านทรงไดมอนด์ เมื่อติดตั้งหลังคาและผนังสำเร็จรูป

รูปที่ 4.17 บ้านทรงไดมอนด์ 3 หลัง

รูปที่ 4.18 โครงสร้าน้ำหนักเบา ในการก่อสร้างบ้านทรงโวล์ท

รูปที่ 4.19 การป้องกันการรั่วซึมของน้ำผ่านเปลือกอาคาร บ้านทรงโวล์ท

รูปที่ 4.20 ฉาบผิวโครงสร้างโฟม พร้อมเสริมตาข่าย บ้านทรงโวล์ท

รูปที่ 4.21 บ้านทรงโวล์ท 3 หลัง

รูปที่ 4.22 การติดตั้งเปลือกอาคารบ้านทรงโดม

รูปที่ 4.23 การป้องกันการรั่วซึมของน้ำผ่านเปลือกอาคาร บ้านทรงโดม

รูปที่ 4.24 ทางเข้าด้านหน้าของบ้านทรงโดม

รูปที่ 4.25 พัฒนารูปแบบโค้งทางเข้าด้านหน้าของบ้านทรงโดม

รูปที่ 4.26 Catenary curve ทางเข้าด้านหน้าบ้านทรงโดม

รูปที่ 4.27 การทดลองประกอบโครงสร้างโดมจีโอเดสิค (Geodesic Dome) บ้านทรงสเฟียร์

รูปที่ 4.28 โครงสร้างเหล็กรูปกลีบส้ม บ้านทรงสเฟียร์

รูปที่ 4.29 โครงสร้างบ้านทรงสเฟียร์ จากการลดเนื้อวัสดุที่ไม่จำเป็น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.30 ชิ้นส่วนประกอบเปลือกอาคารบ้านทรงสเฟียร์ ที่คำนึงถึงขนาดของวัสดุ

รูปที่ 4.31 การหุ้มเปลือกอาคารบ้านทรงสเฟียร์ แบบกลีบส้ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.32 การทดลองหุ้มเปลือกอาคารบ้านทรงสเฟียร์ แบบโดมจีโอเดสิค (Geodesic Dome)

รูปที่ 4.33 ลักษณะของบ้านบ้านทรงสเฟียร์

รูปที่ 4.34 ทางสัญจรลอยฟ้าเชื่อมบ้านทรงสเฟียร์

รูปที่ 4.35 ลักษณะบ้านทรงสเฟียร์ จากรูปแบบโครงสร้างต่างกัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการก่อสร้างอาคาร และค่าใช้จ่ายโดยรวม ในการวิจัยพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน ได้แก่

1. การลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (Surface-to-Area Ratio, S/A)
2. การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร(U-Value)
3. การใช้ระบบสำเร็จรูป (Prefabrication)
4. การใช้วัสดุเดียว (Single material)

จากการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรแต่ละตัว ที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายโดยรวม เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จังหวัดชุมพร พบว่า

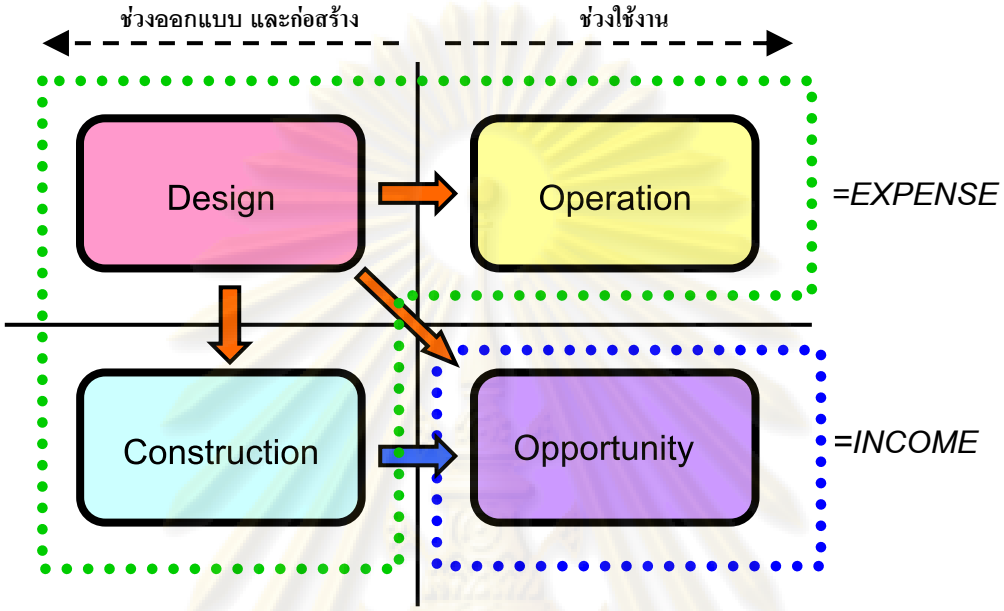
1. **การลดอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย** (Surface-to-Area Ratio, S/A) ด้วยการออกแบบรูปทรงอาคารให้มีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยลดลงร้อยละ 33.14 ทำให้ค่าก่อสร้างบ้านต่อตารางเมตรใช้สอยลดลงร้อยละ 14.35 และสามารถลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศลงร้อยละ 36.76

2. **การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร** (U-Value) ด้วยการเพิ่มวัสดุฉนวนให้แก่เปลือกอาคาร ให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคารสูงขึ้นร้อยละ 63.78 ทำให้ค่าก่อสร้างบ้านต่อตารางเมตรใช้สอยเพิ่มขึ้นร้อยละ 24.16 และสามารถลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศลงร้อยละ 81.55

3. **การใช้ระบบสำเร็จรูป** (Prefabrication) ด้วยการใช้ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปแทนผนังก่ออิฐฉาบปูน ซึ่งสามารถลดระยะเวลาในการก่อสร้างลง แต่ต้องเพิ่มค่าวัสดุก่อสร้างอาคาร ทำให้ค่าก่อสร้างบ้านต่อตารางเมตรใช้สอยเพิ่มขึ้นร้อยละ 31.83 และมีค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.95 เมื่อคิดจากการใช้ระบบสำเร็จรูปมาก่อสร้างอาคารเพียงหลังเดียว

4. **การก่อสร้างระบบแผ่นฉนวนสำเร็จรูป** (Single material) ด้วยการใช้ Sandwich insulation panel ทั้งผนังและหลังคาบ้าน ทำให้ค่าก่อสร้างบ้านต่อตารางเมตรใช้สอยลดลงร้อยละ 6.93 และมีค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศลดลงร้อยละ 72.05 เนื่องจากการใช้ Sandwich insulation panel มาก่อสร้างระบบเปลือกอาคาร ช่วยลดความยุ่งยากในการก่อสร้าง

ลงได้มาก และลดค่าวัสดุงานระบบประกอบอาคารจากคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุ แต่ต้องเพิ่มค่าวัสดุที่มีราคาสูงกว่าวัสดุทั่วไป



แผนภูมิที่ 5.1 แสดงแนวคิดในการดำเนินการก่อสร้างอาคาร

ตัวแปรทั้ง 4 ตัวแปรที่ได้ศึกษามีอิทธิพลต่อการก่อสร้างอาคาร และค่าใช้จ่ายโดยรวม ในการวิจัยพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน ทุกตัวแปร แต่ก็มีข้อจำกัดเฉพาะตัวแปรในกรณีที่ใช้ตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเท่านั้น จะยังไม่สามารถลดปัญหาในการก่อสร้าง ลดขั้นตอนการก่อสร้าง ลดค่าใช้จ่ายโดยรวม และลดค่าการใช้พลังงาน จึงเกิดแนวความคิดในการรวมทุกตัวแปร เพื่อออกแบบอาคารต้นแบบตามแนวคิดการมององค์รวมของทุกขั้นตอนตั้งแต่ออกแบบ การก่อสร้าง และใช้งานของอาคาร (Holistic design) ตามแผนภูมิ 5.1 จึงเกิดรูปแบบบ้านต้นแบบที่ตัดความยุ่งยากซับซ้อน 4 รูปแบบ ได้แก่

1. **บ้านทรงไดมอนด์** (Diamond) มีลักษณะรูปแบบคล้ายบ้านทั่วไป ผนังและหลังคาทรงจั่ว ใช้ Sandwich insulation panel สั่งผลิตมาจากโรงงาน ต้องออกแบบผังอาคารตามระบบประสานทางพิกัดของวัสดุ ด้านหน้าและด้านหลังอาคารใช้ผนัง EIFS หนา 4 นิ้ว เพื่อลดการตัดวัสดุ Sandwich insulation panel ใช้โครงสร้างเหล็กรับผนังและหลังคาเท่าที่จำเป็น จึงใช้โครงสร้างน้อยมา มีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย 3.74 ทำให้สามารถลดค่าก่อสร้างโดยรวมได้ร้อยละ 18.20 และลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าลง 7.39 เท่า เมื่อเทียบกับบ้านทั่วไป

2. **บ้านทรงโวล์ท** (Vault) มีลักษณะจากรูปทรงกระบอกผ่าครึ่ง (Cylindrical shells) ใช้วัสดุผนัง EIFS โฟม EPS หนา 8 นิ้ว ความหนาแน่น 16 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ยาว 6 เมตร ประกอบเข้าด้วยกันเป็นโค้งโวล์ท (Vault) สามารถรับแรงได้ด้วยรูปทรงของตัวเอง โดยไม่มีโครงสร้าง เนื่องจากเปลือกอาคารมีน้ำหนักเบามาก และประสานเป็นชิ้นเดียวกัน ด้านหน้าและด้านหลังบ้านทรงโวล์ท ใช้โฟม EPS ช่วยยึดโค้งโวล์ท เข้าด้วยกัน มีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย 3.76 ทำให้สามารถลดค่าก่อสร้างโดยรวมได้ร้อยละ 22.27 และลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าลง 8.60 เท่า เมื่อเทียบกับบ้านทั่วไป

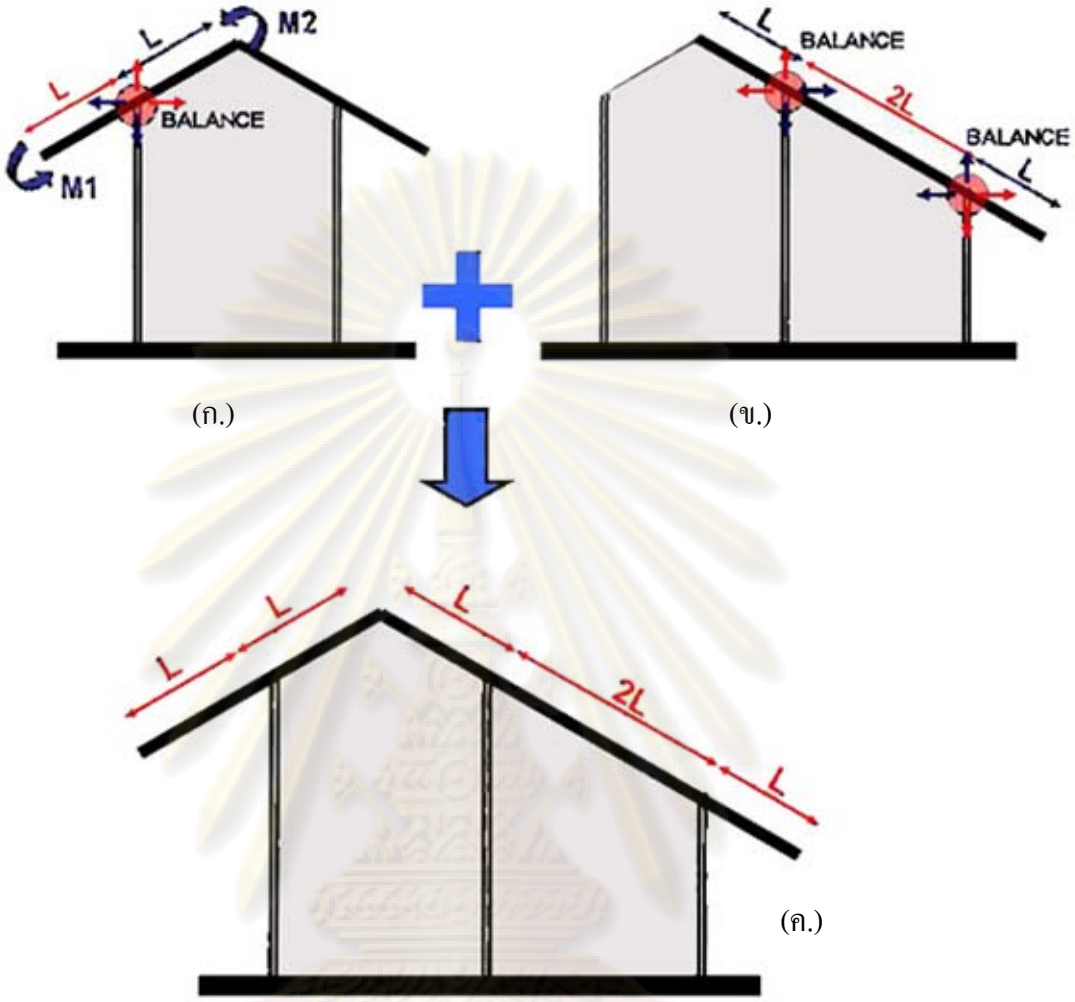
3. **บ้านทรงโดม** (Dome) มีลักษณะจากรูปทรงกลมผ่าครึ่ง (Sections of sphere) โดยใช้วัสดุผนัง EIFS โฟม EPS หนา 8 นิ้ว ความหนาแน่น 16 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สั่งตัดขนาดเป็นชิ้นส่วนที่แบ่งตามสัดส่วนพื้นผิวของทรงกลม ให้เหลือเศษวัสดุน้อยที่สุด เนื่องจากเศษวัสดุที่เหลือภายในโรงงานสามารถนำกลับมาแปรใช้ใหม่ได้ (Recycle) นำมาประกอบกันโดยไม่มีโครงสร้างรองรับ เนื่องจากเป็นรูปทรงที่สามารถรับน้ำหนักได้ด้วยตัวเอง มีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย 3.36 ทำให้สามารถลดค่าก่อสร้างโดยรวมได้ร้อยละ 28.77 และลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าลง 10.24 เท่า เมื่อเทียบกับบ้านทั่วไป

4. **บ้านทรงสเฟียร์** (Sphere) ลักษณะจากทรงกลมที่สมบูรณ์ ยกลอยจากพื้นดิน เพื่อใช้ประโยชน์จากที่ดินให้คุ้มค่าที่สุด การพัฒนารูปแบบทางโครงสร้างจากโดมจีโอเดสิค (Geodesic Dome) ประกอบด้วยชิ้นส่วนรูปห้าเหลี่ยม จำนวน 12 ชิ้น และชิ้นส่วนรูปหกเหลี่ยม จำนวน 20 ชิ้น นำมาประกอบกันเป็นรูปทรงกลม เปลือกอาคารสั่งตัดโฟม EPS เป็นรูปห้าเหลี่ยมและหกเหลี่ยม แล้วมาประกอบกับโครงสร้าง พบว่าโครงสร้างนี้ต้องใช้เนื้อวัสดุจำนวนมาก การสั่งตัดวัสดุเปลือกอาคารจะเหลือเศษมาก ทำให้มีค่าวัสดุสูงขึ้น ประกอบกับความยากลำบากในการติดตั้งชิ้นส่วนแต่ละชิ้นให้สมบูรณ์ แต่ด้วยอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยเพียง 2.12 ทำให้สามารถลดค่าก่อสร้างโดยรวมได้ร้อยละ 21.83 และลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าลง 11.55 เท่า เมื่อเทียบกับบ้านทั่วไป

จากข้อดี ข้อเสีย ปัญหาและอุปสรรคในการก่อสร้างบ้านต้นแบบทั้ง 4 รูปแบบ จึงนำข้อมูลต่างที่ได้จากการก่อสร้างมาพัฒนารูปแบบบ้านต้นแบบที่เหมาะสมที่สุด ที่นำข้อดีของแต่ละรูปแบบมาผสมผสานและพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน เป็น บ้านสู้โลกร้อน

รูปที่ 5.1 แนวคิดในการพัฒนาการออกแบบรูปทรงและโครงสร้างบ้าน

จากรูปที่ 5.1 อาคารทั่วไป (ก.) จะเกิดแรงถีบบริเวณที่โครงสร้างเสารับโครงสร้างหลังคามาก ต้องอาศัย Tile Beam มาช่วยรับแรงถีบ เพื่อลดแรงถีบจึงอาศัยรูปแบบหลังคาโค้ง (Vault) (ข.) และวัสดุหลังคาที่มีน้ำหนักเบา เพื่อให้หลังคาอยู่ได้ด้วยตัวเอง แต่ยังต้องอาศัยระนาบด้านหน้าและหลังช่วยรับแรงจากหลังคา จึงพัฒนาเพื่อให้อาคารอยู่ได้ด้วยตัวเองอย่างสมบูรณ์จากใช้รูปทรงกลมตามธรรมชาติ (ค.) ที่สามารถรับแรงได้อย่างสมบูรณ์ และสามารถลดฐานอาคารลงได้

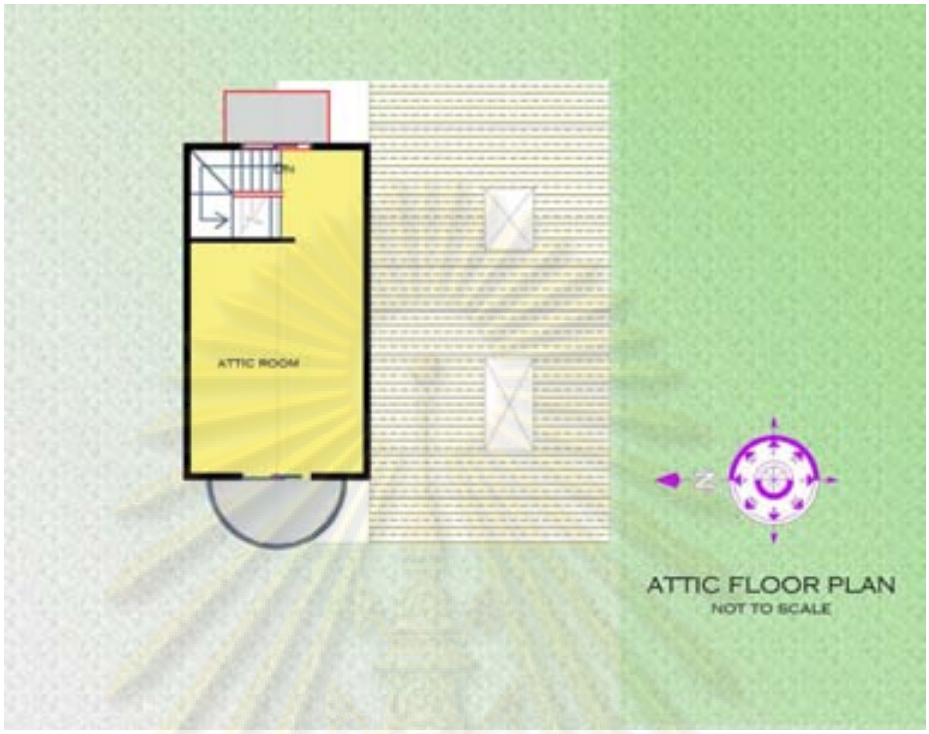


รูปที่ 5.2 แนวคิดในการพัฒนาการออกแบบรูปทรงและโครงสร้างบ้านสู้โลกร้อน

จากรูปที่ 5.2 รูปทรงบ้านทั่วไปจะมีแรงถีบจากหลังคามากที่บริเวณรอยต่อระหว่างโครงสร้าง จึงพัฒนามาเป็นรูปทรงหลังคาที่สมดุล (ก.) เพื่อลดแรงถีบจากโครงสร้างหลังคาด้วยการยื่นช่วงโครงหลัง (L) เท่ากัน ทำให้โมเมนต์ทั้ง 2 ด้านเท่ากัน (M1 = M2) เป็นแนวคิดในการพัฒนาสู่โครงสร้างบ้านสู้โลกร้อน ด้วยหลักการสมดุลของแรงถีบจากหลังคา (ข.) ติดตั้งหลังคายื่นยาวชิ้นเดียว (ความยาว=4L) โดยให้มีช่วงยื่น (L) เท่ากัน บนผนังรับแรง 2 ด้าน ทำให้หลังคาส่วนนี้สามารถอยู่ได้ด้วยตัวเอง แล้วจึงติดตั้งหลังคาอีกด้าน ให้หลังคาส่วนแรกช่วยรับแรงหลังคาอีกส่วน (ค.) เป็นการผสมผสานรูปทรงที่สมดุล 2 แบบ ทำให้ได้อาคารที่มีความแข็งแรงทางโครงสร้างด้วยตัวเอง ด้วยโครงสร้างที่น้อยที่สุด และลดขั้นตอนการก่อสร้างลง

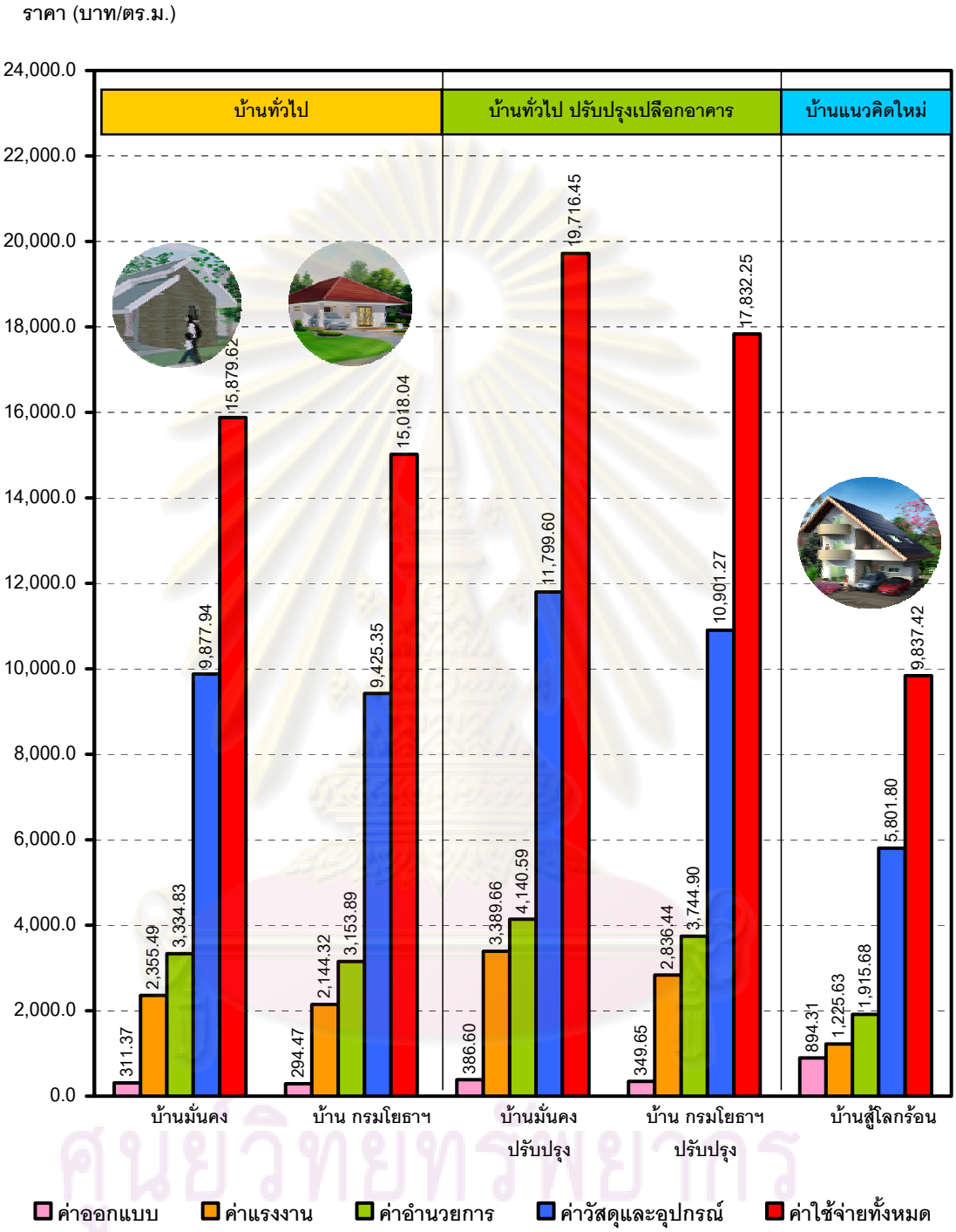
รูปที่ 5.3 แปลนพื้นชั้นที่ 1 ของบ้านสู้โลกร้อน

รูปที่ 5.4 แปลนพื้นชั้นที่ 2 ของบ้านสู้โลกร้อน

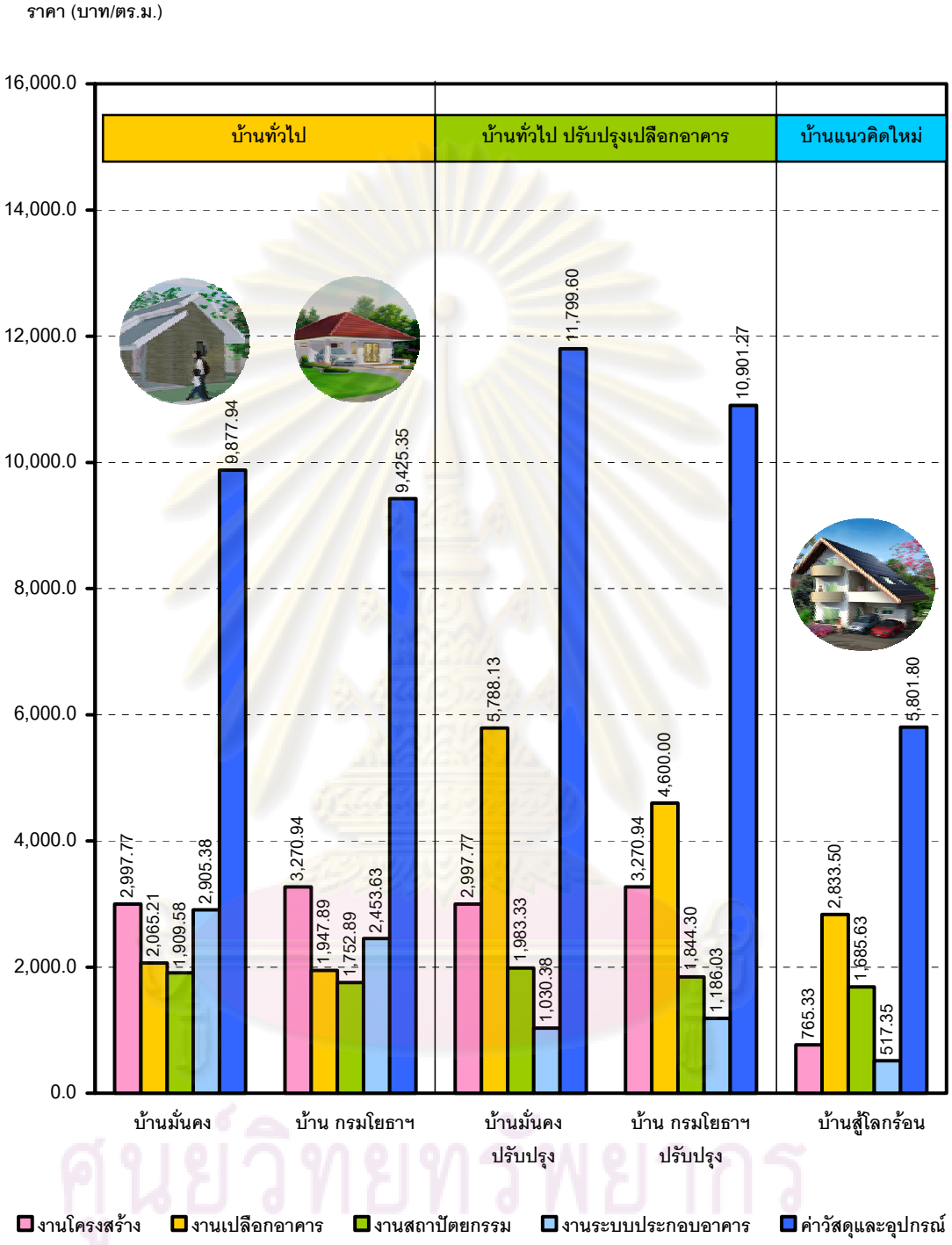


รูปที่ 5.5 แปลนพื้นชั้นที่ 3 ของบ้านสู้โลกร้อน

รูปที่ 5.6 บ้านสู้โลกร้อน

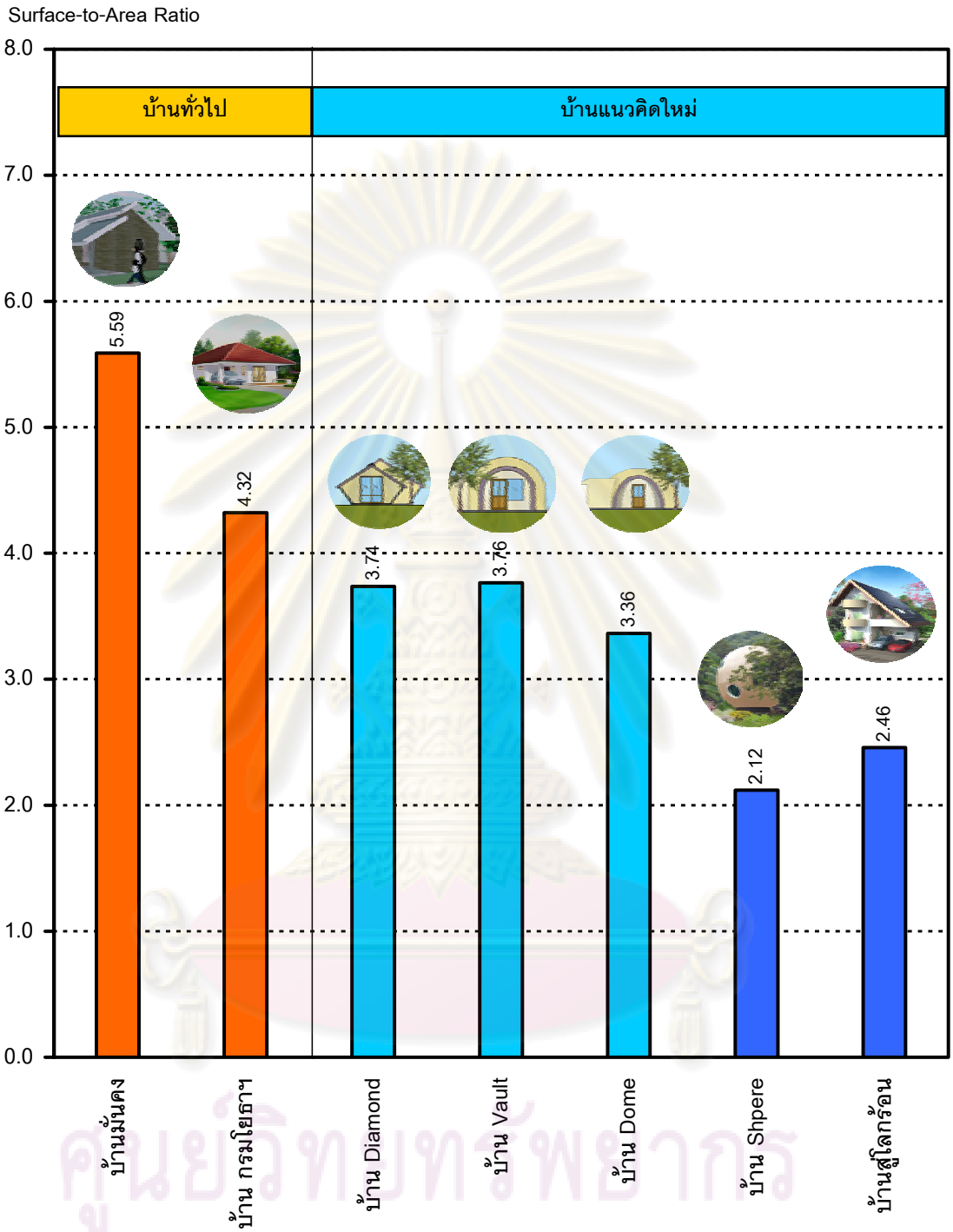


แผนภูมิที่ 5.2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู้โลกร้อน พบว่าการปรับปรุงเปลือกอาคารทำให้มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเพิ่มขึ้นเฉลี่ย3,326 บาทต่อตารางเมตร โดยค่าวัสดุอุปกรณ์เพิ่มขึ้นมากที่สุดถึง 1,699บาทต่อตารางเมตร ซึ่งสูงกว่าบ้านสู้โลกร้อนถึง 8,987 บาทต่อตารางเมตร และ 5,549 บาทต่อตารางเมตร ตามลำดับ

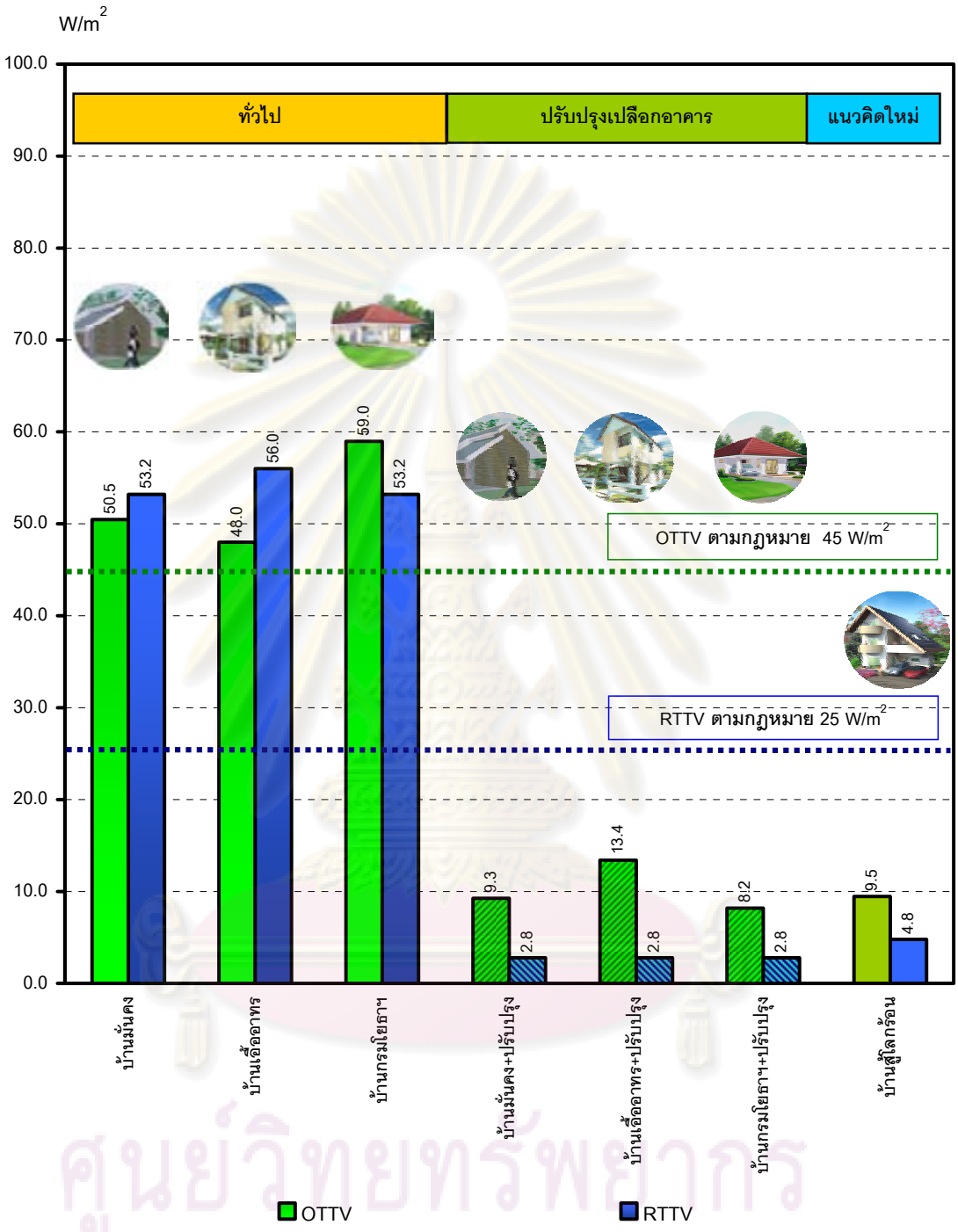


แผนภูมิที่ 5.3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในหมวดค่าวัสดุและอุปกรณ์ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู้โลกร้อน พบว่าการปรับปรุงเปลือกอาคารทำให้มีค่าใช้จ่ายในในหมวดค่าวัสดุและอุปกรณ์เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1,699 บาทต่อตารางเมตร โดยค่างานเปลือกอาคารเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึง 3,189 บาทต่อตารางเมตร แต่ช่วยลดค่างานระบบประกอบอาคารลง 1,571 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งสูงกว่าบ้านสู้โลกร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

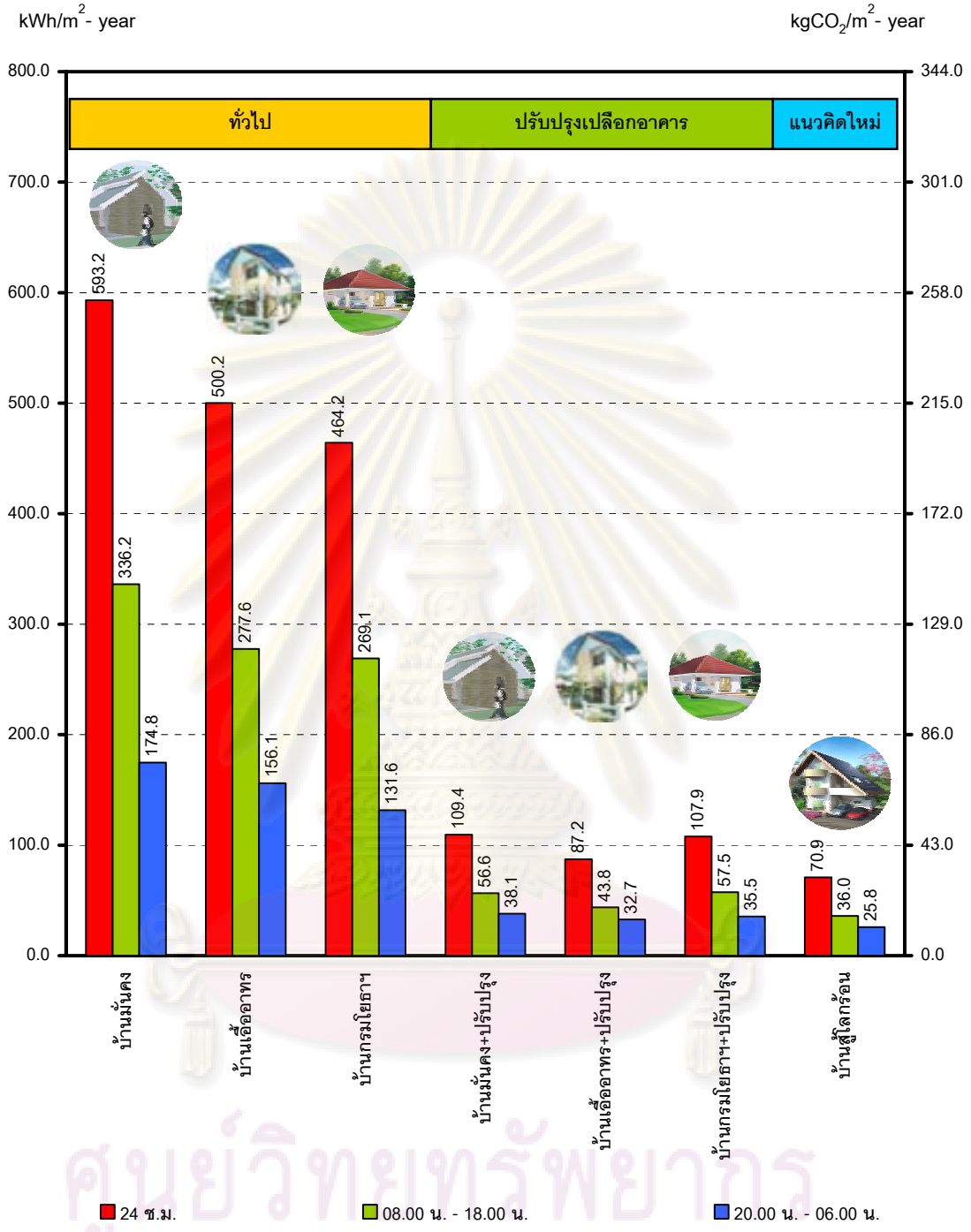


แผนภูมิที่ 5.4 เปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (S/A) ของบ้านทั่วไป กับบ้านแนวคิดใหม่ และบ้านสู้โลกร้อน พบว่า บ้านสู้โลกมีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำกว่าบ้านมั่นคงถึง 2.27 เท่า ใกล้เคียงกับบ้านทรงสเฟียร์ (Sphere) เนื่องจากมีพื้นที่ใต้หลังคาที่สามารถใช้งานได้จริง

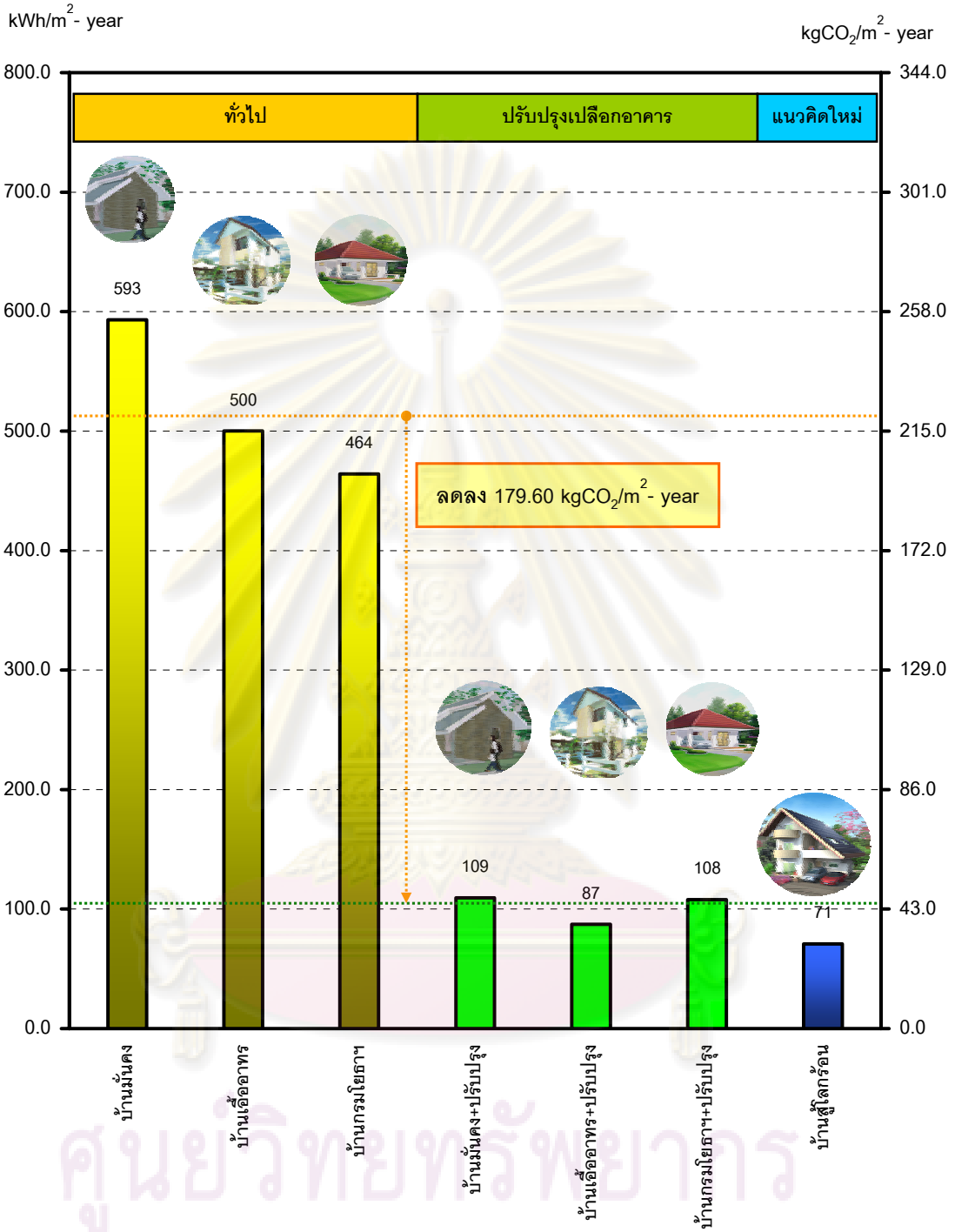


แผนภูมิที่ 5.5 เปรียบเทียบ OTTV และ RTTV ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู้โลกร้อน พบว่าการปรับปรุงเปลือกอาคารช่วยลดค่า OTTV ลง 45 วัตต์ต่อตารางเมตร และช่วยลดค่า RTTV ลง 51 วัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้ค่า OTTV และ RTTV ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด การปรับปรุงเปลือกอาคารจึงช่วยในการประหยัดพลังงานได้มากเกือบเทียบเท่ากับบ้านสู้โลกร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

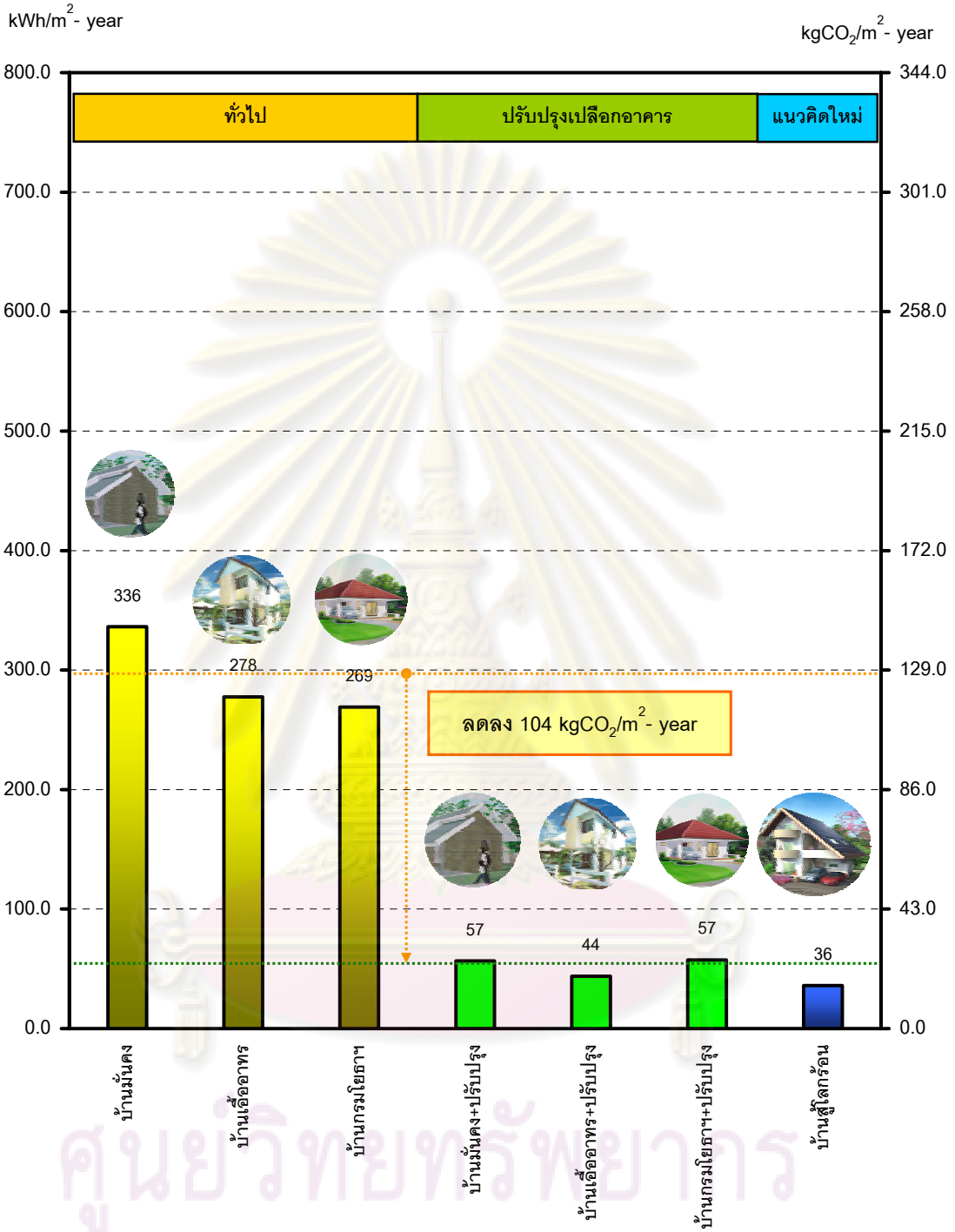


แผนภูมิที่ 5.6 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู้โลกร้อน เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงเวลากลางคืน (20.00 น.-06.00 น.) และกลางวัน (08.00 น.-18.00 น.) เทียบกับการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าการปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก ทำให้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่ำกว่าการสร้างบ้านทั่วไปมาก แต่ยังมีค่าสูงกว่าบ้านสู้โลกร้อนเล็กน้อย

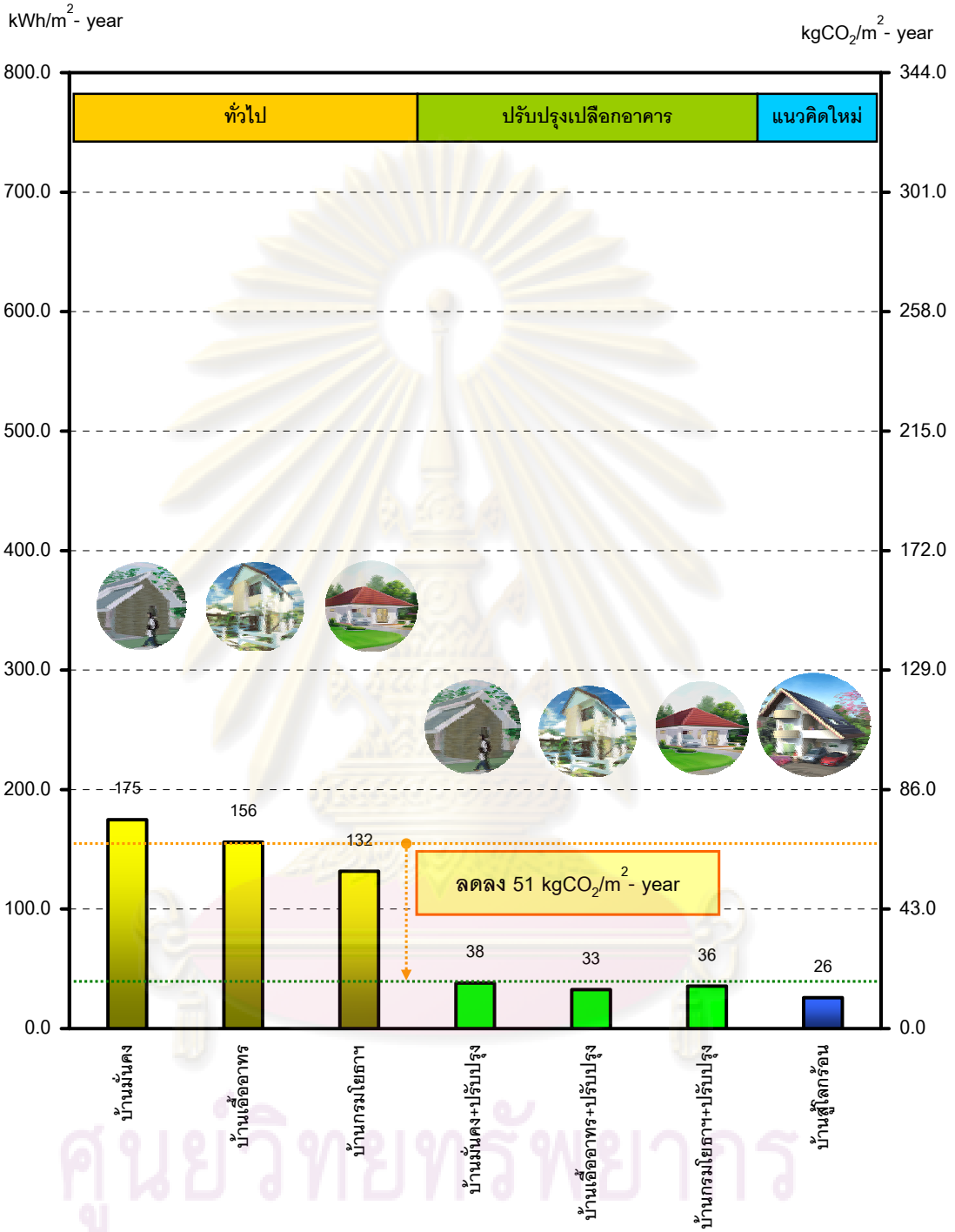


แผนภูมิที่ 5.7 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู้โลกร้อน เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง พบการปรับปรุงเปลือกอาคารสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงได้ถึง 179.6 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อปี แต่ยังสูงกว่าบ้านสู้โลกร้อนประมาณ 13 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อปี

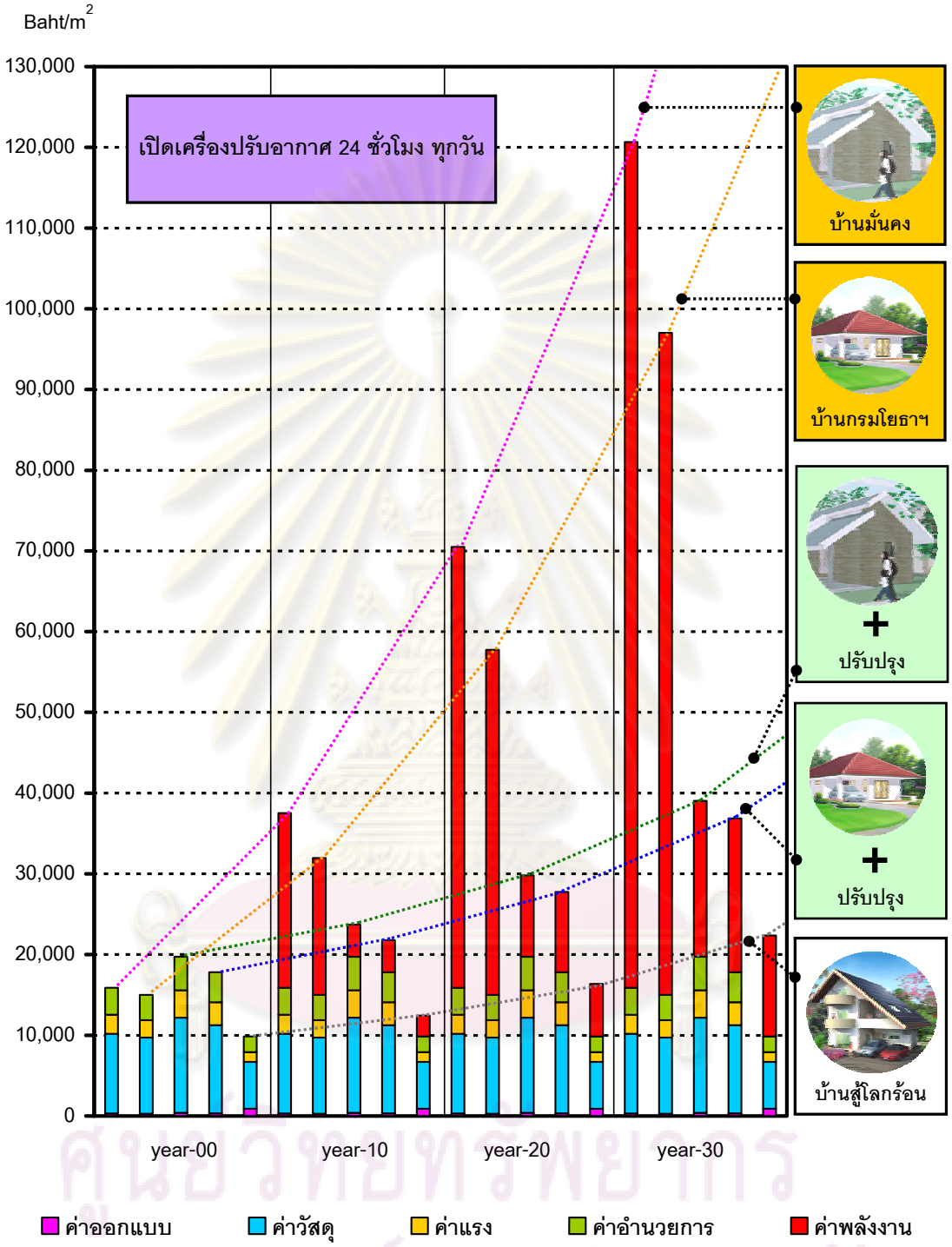
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



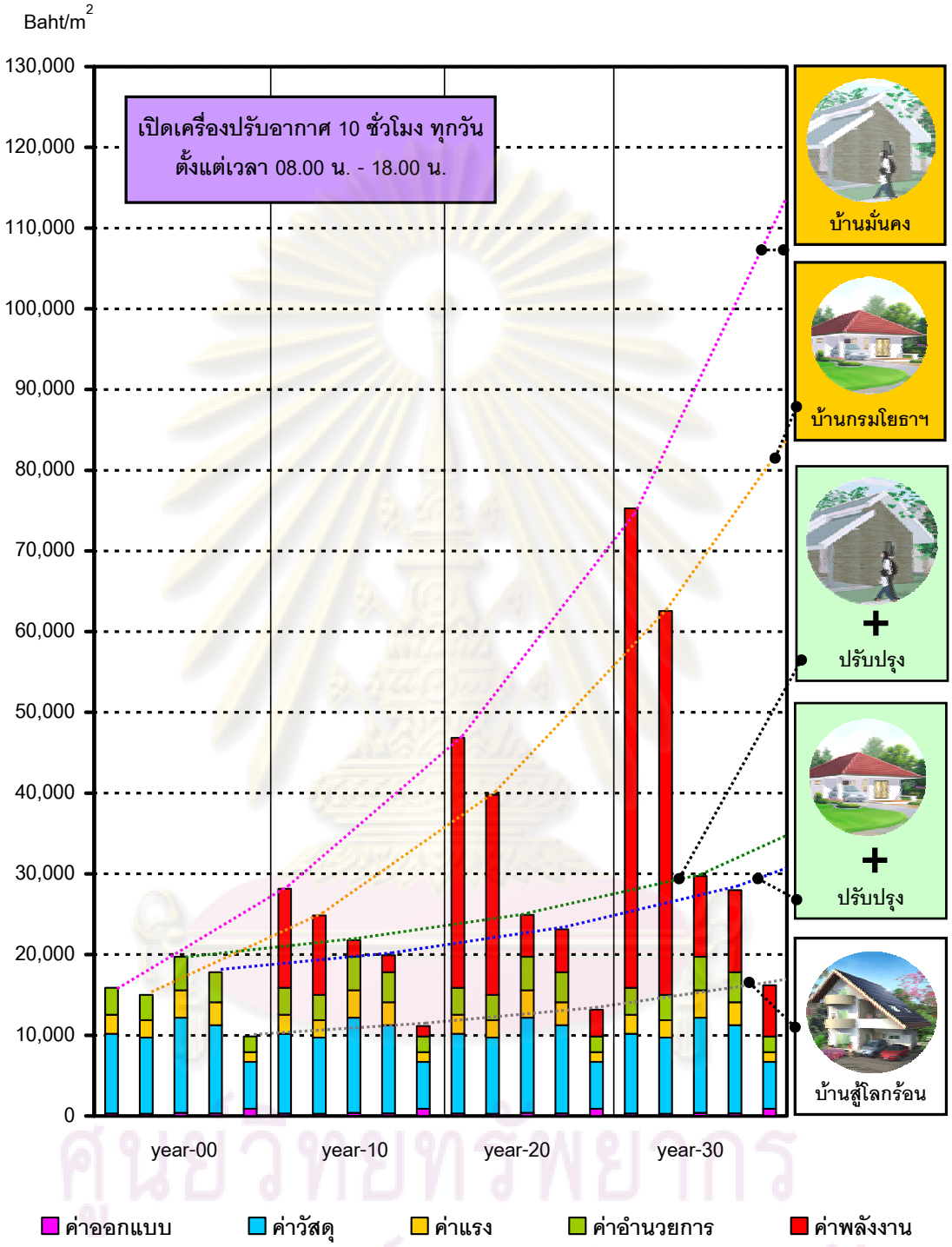
แผนภูมิที่ 5.8 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู้โลกร้อน เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงเวลากลางวัน (08.00 น.-18.00 น.) พบว่าการปรับปรุงเปลือกอาคารสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงได้ถึง 104 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อปี แต่ยังสูงกว่าบ้านสู้โลกร้อนประมาณ 7 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อปี



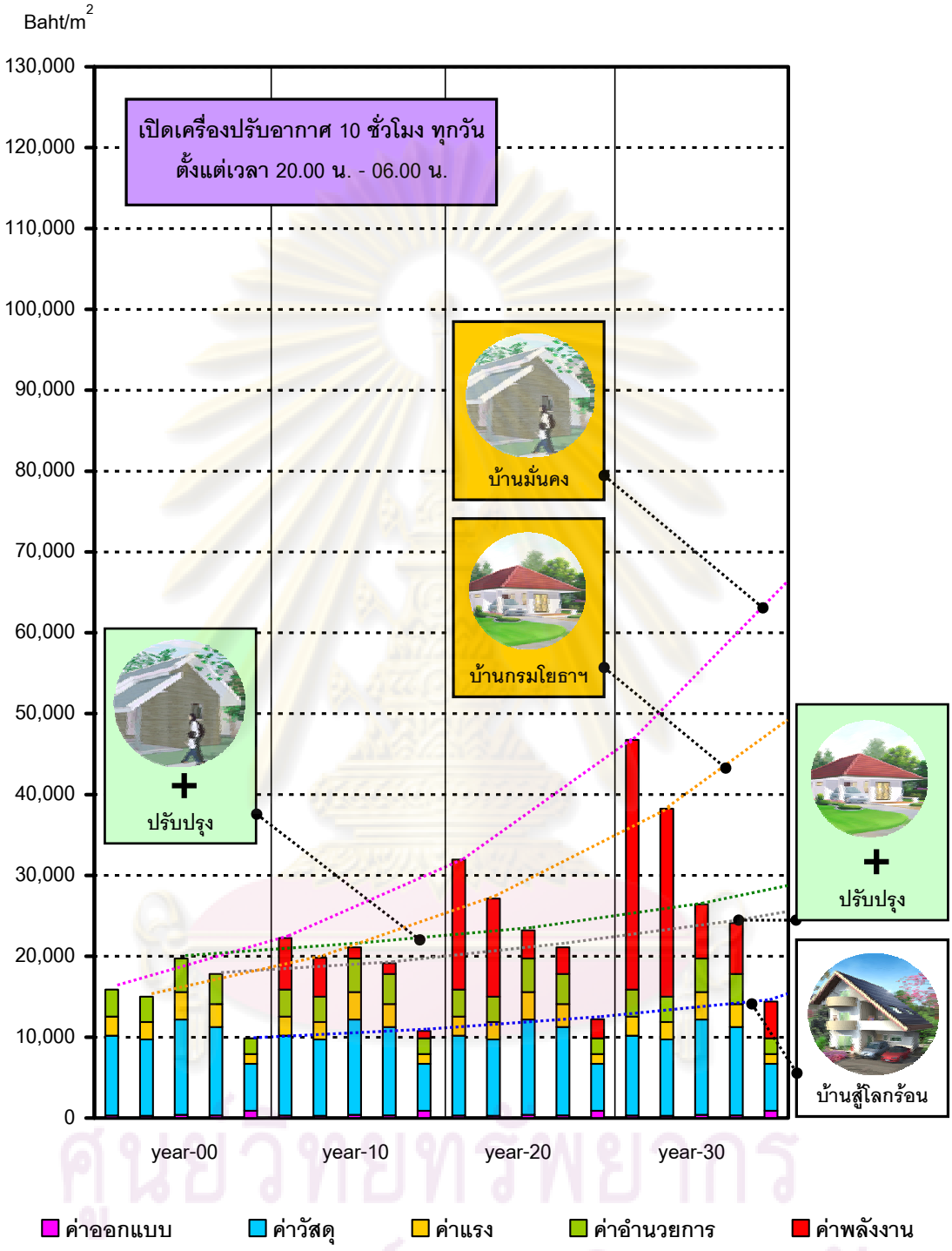
แผนภูมิที่ 5.9 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู้โลกร้อน เทียบเท่าเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงเวลากลางคืน (20.00 น.-06.00 น.) พบว่าการปรับปรุงเปลือกอาคารสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงได้ประมาณ 51 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อปี แต่ยังสูงกว่าบ้านสู้โลกร้อนประมาณ 4 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อปี



แผนภูมิที่ 5.10 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู่โลกร้อน เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าในระยะเวลา 30 ปี บ้านสู้โลกร้อนจะเสียค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 1.27 เท่า ของมูลค่าก่อสร้างอาคาร ซึ่งต่ำกว่าบ้านทั่วไปถึง 9.49 เท่า

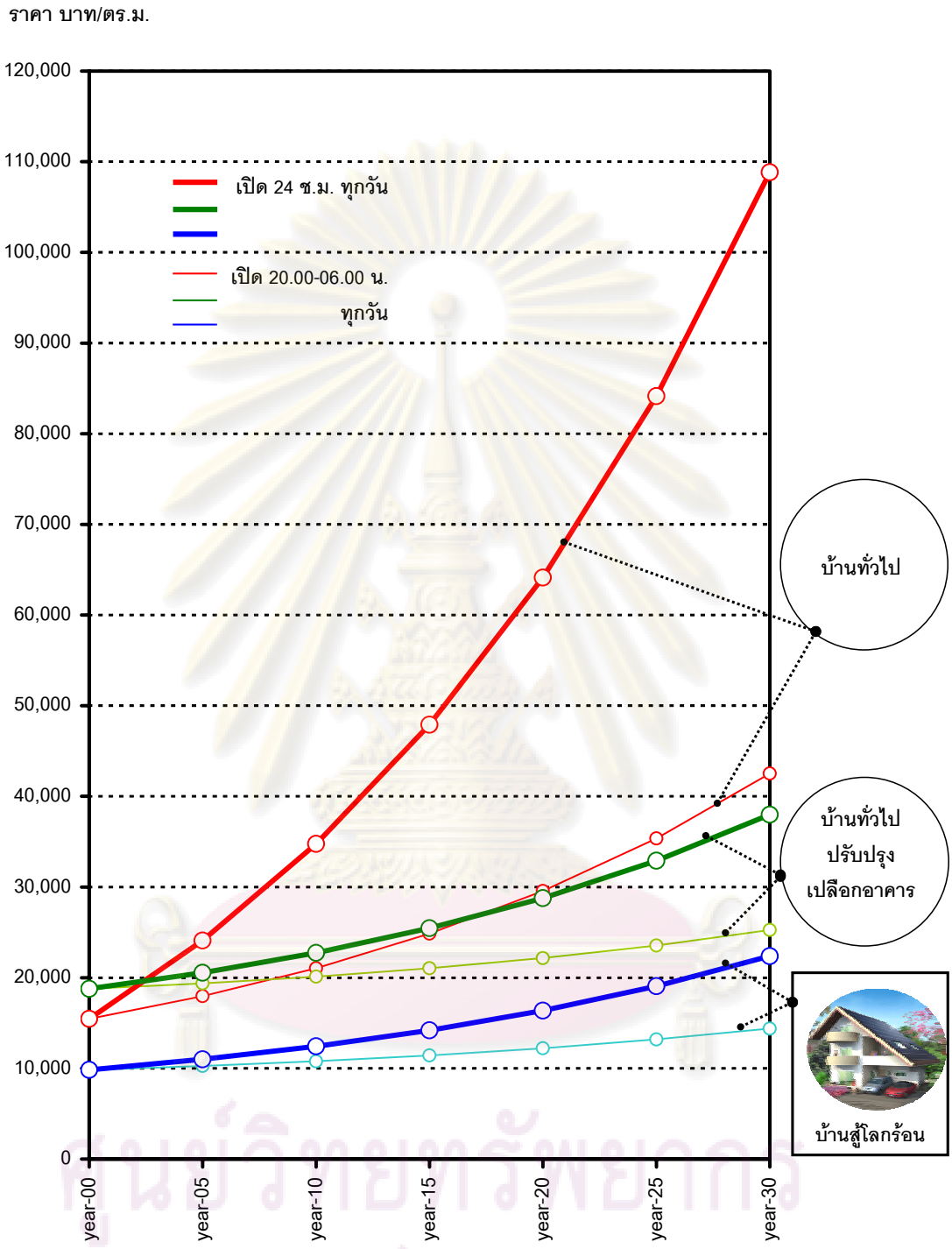


แผนภูมิที่ 5.11 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู่โลกร้อน เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ10 ชั่วโมง เวลา 08.00 น.-18.00 น. พบว่าในระยะเวลา 30 ปี บ้านสู้โลกร้อนจะเสียค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 0.65 เท่า ของมูลค่าก่อสร้างอาคาร ซึ่งต่ำกว่าบ้านทั่วไปถึง 8.41 เท่า



แผนภูมิที่ 5.12 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู่โลกร้อน เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ10 ชั่วโมง เวลา 20.00น.-06.00 น. พบว่าในระยะเวลา 30 ปี บ้านสู้โลกร้อนจะเสียค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 0.46 เท่า ของมูลค่าก่อสร้างอาคาร ซึ่งต่ำกว่าบ้านทั่วไปถึง 5.94 เท่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 5.13 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านสู่โลกร้อน เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ 10 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงเวลากลางคืน (20.00 น.-06.00 น.) กับการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง สำหรับบ้านสู้โลกร้อนยังมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่ำกว่าบ้านทั่วไปที่เปิดเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืน

รูปที่ 5.7 การก่อสร้างบ้านสู้โลกร้อน ในงาน World Alternative เมืองทองธานี

รูปที่ 5.8 การติดตั้งหลังคา Sandwich insulation panel โดยใช้แรงงานคน

รูปที่ 5.9 ด้านหน้าอาคารบ้านสู้โลกร้อน ในงาน World Alternative เมืองทองธานี

รูปที่ 5.10 ด้านข้างอาคารบ้านสู้โลกร้อน ในงาน World Alternative เมืองทองธานี

รูปที่ 5.11 ใช้ โฟมซีเมนต์บล็อก ก่อผนังอาคารบ้านสู้โลกร้อน

รูปที่ 5.12 โฟมซีเมนต์บล็อก ไส้กลางโฟม EPS

รูปที่ 5.13 การติดตั้งหลังคา Sandwich insulation panel ไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างหลังคา

รูปที่ 5.14 พื้น Sandwich insulation panel ยื่นเป็นระเบียงภายนอก

รูปที่ 5.15 ลักษณะการก่อโฟมซีเมนต์บล็อก อาคารบ้านสู้โลกร้อน

รูปที่ 5.16 ลักษณะ อาคารบ้านสู้โลกร้อน

<u>รายระเอียดอาคารบ้านสู้โลกร้อน</u>

- พื้นที่ใช้สอยรวม 257 ตารางเมตร
- พื้นที่ใช้สอยในส่วนปรับอากาศ 162 ตารางเมตร
- โครงสร้างผนังรับน้ำหนัก ผสมผสานโครงสร้างเหล็ก
- ผนังก่อ โฟมซีเมนต์บล็อก
- หลังคา Sandwich Insulation Panel ใส่กลางเป็น โฟม EPS หนา 6 นิ้ว
- หน้าต่าง uPVC กระจกลามิเนตหนา 6 ม.ม.
- รายละเอียดอื่นๆ ตามรายการในภาคผนวก ค (ตารางที่ ค-9)

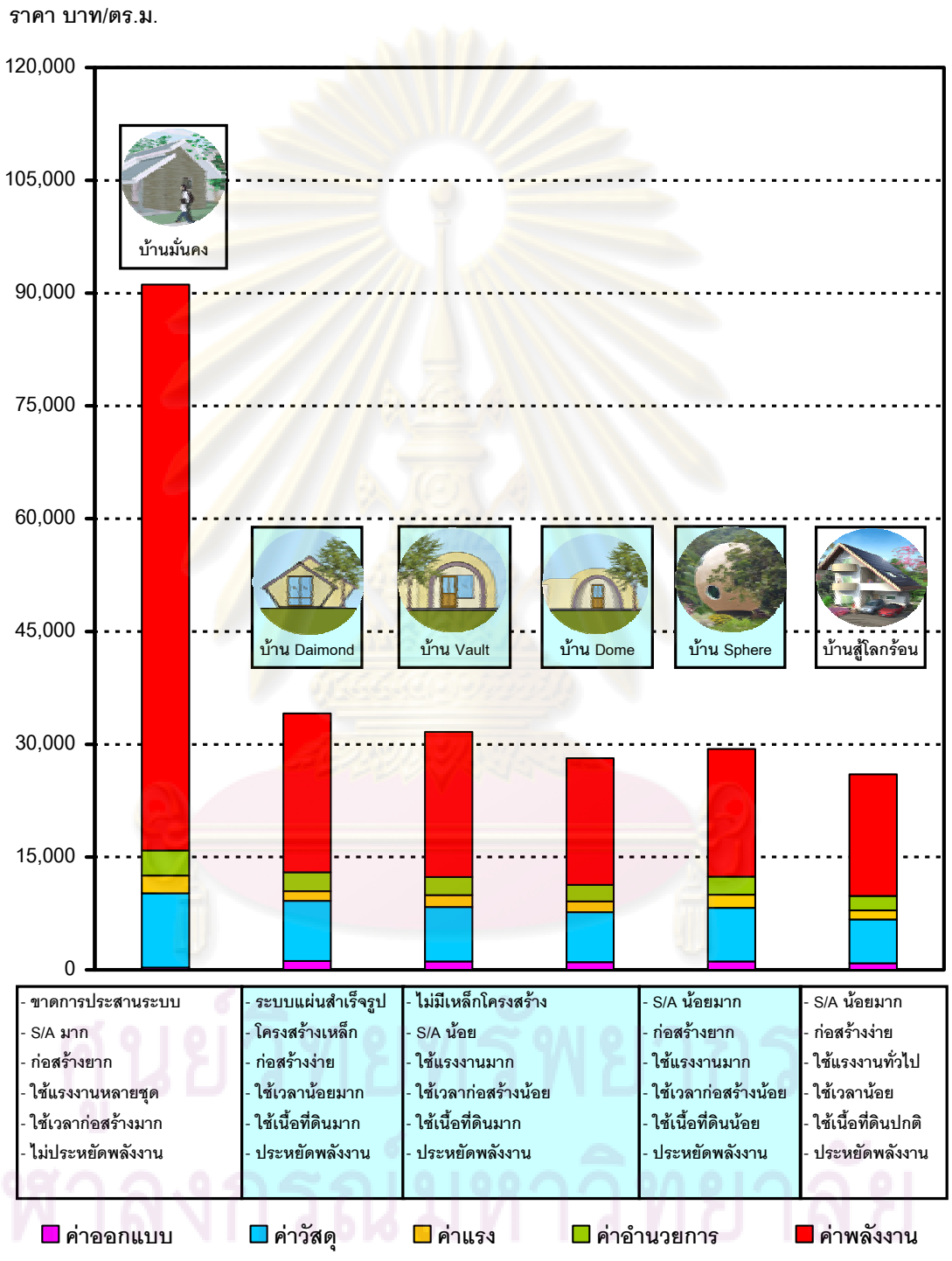
บ้านสู้โลกร้อน เป็นการประยุกต์องค์ความรู้ในการออกแบบและก่อสร้างอาคารจากอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ผสมผสานกัน ในการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืน ให้เป็นรูปแบบบ้านที่เหมาะสมกับประเทศไทย และมีศักยภาพสูงสุด โดยใช้วัสดุที่มีค่าความเป็นฉนวนสูง (โฟมซีเมนต์บล็อก) เป็นวัสดุประเภทเดียว ที่มีขั้นตอนการประกอบติดตั้งน้อย สามารถใช้เป็นผนังรับน้ำหนักได้ ประกอบกับมีช่องวางภายในบล็อกสำหรับเสริมเหล็กหรือเทคอนกรีตเพิ่มความแข็งแรง หรือฝังงานระบบท่อต่างๆภายในผนัง ทำให้สามารถลดค่าก่อสร้างได้ถึงร้อยละ 36.32 ใช้เวลาก่อสร้างแล้วเสร็จประมาณ 30 วัน ใช้งบประมาณการก่อสร้าง 9,837 บาทต่อตารางเมตร สามารถลดการใช้พลังงานลง 7.45 เท่าจากบ้านทั่วไป ส่วนการปรับปรุงเปลือกอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบทั่วไป สามารถลดการใช้พลังงานลง 4.86 เท่าจากบ้านทั่วไปก่อนปรับปรุง แต่ต้องเพิ่มค่าก่อสร้างร้อยละ 21.52 ทำให้งบประมาณการก่อสร้างสูงถึง 18,774.35 บาทต่อตารางเมตร

การผสมผสานตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบและก่อสร้างบ้างกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา ประกอบด้วย อัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุเปลือกอาคารต่ำ วัสดุก่อสร้างประเภทเดียวกันทั้งอาคารโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เทคโนโลยีก่อฉาบ ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานของช่างทุกประเภทในปัจจุบัน และการประกอบวัสดุล่วงหน้าก่อนถึงพื้นที่ก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายด้านการออกแบบของบ้านทั่วไปประมาณ 302 บาทต่อตารางเมตรเมื่อเปรียบเทียบกับบ้านสู้โลกร้อนที่มีประสิทธิภาพสูง ลดค่าก่อสร้างโดยรวมทั้งหมดและลดค่าการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศได้มาก ทำให้เจ้าของอาคารมีคุณภาพชีวิตที่ดีในราคาต่ำ ค่าออกแบบจึงสูงขึ้นประมาณ 894 บาทต่อตารางเมตร

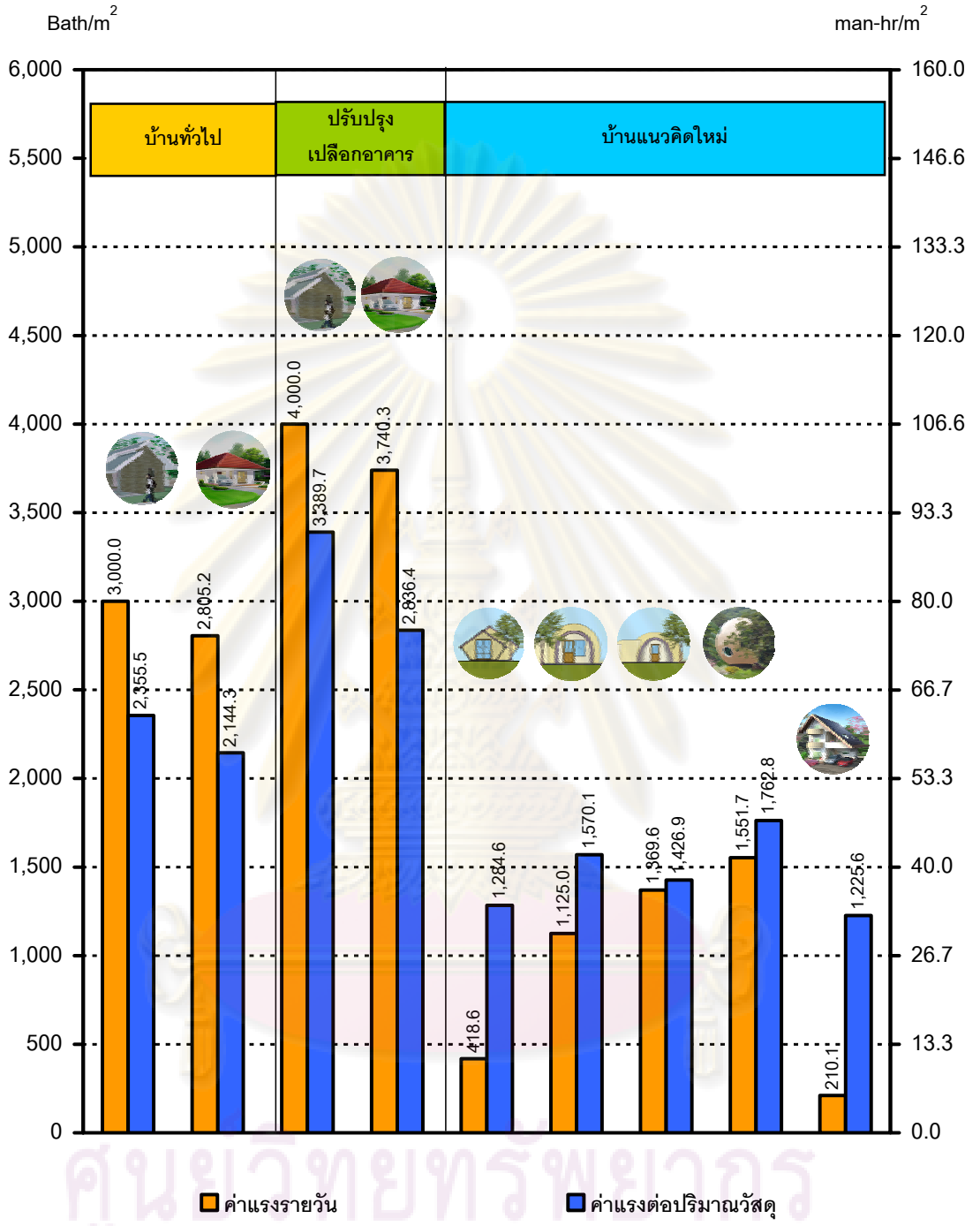
แผนภูมิที่ 5.14 แนวความคิดในการพัฒนาระบบโครงสร้างกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบา เพื่อการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน

โดยทั่วไปการออกแบบและก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงาน จะมีค่าก่อสร้างอาคารสูงขึ้น เนื่องจากต้องลงทุนในระบบเปลือกอาคารสูงขึ้น แต่การเพิ่มค่าใช้จ่ายด้านวัสดุบางส่วน เพื่อลดค่าแรงงานโดยเพิ่มองค์ความรู้และเทคนิคในการออกแบบและก่อสร้าง สามารถลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ลดการใช้พลังงานภายในอาคาร และสามารถก่อสร้างอาคารได้รวดเร็วขึ้น ดังนั้นการออกแบบและก่อสร้างอาคารโดยคำนึงถึงองค์รวม (Holistic Design) มีความเข้าใจในสภาพแวดล้อม และเทคโนโลยีต่างๆ สามารถทำให้อาคารมีค่าก่อสร้างต่ำกว่าการก่อสร้างทั่วไป และมีค่าการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศน้อยกว่าอาคารทั่วไป ประมาณ 7 เท่า

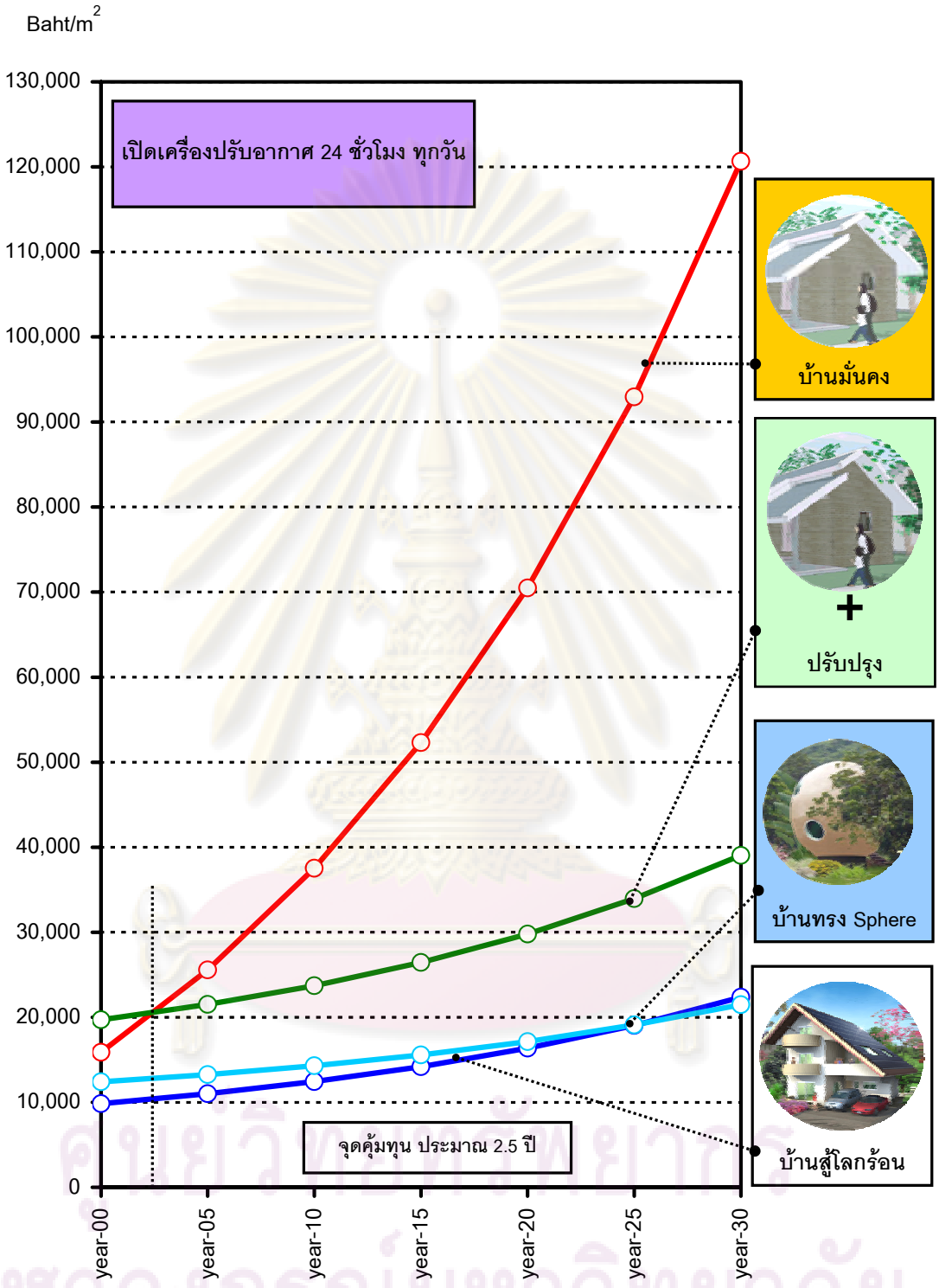
5.2 อภิปรายผลการวิจัย



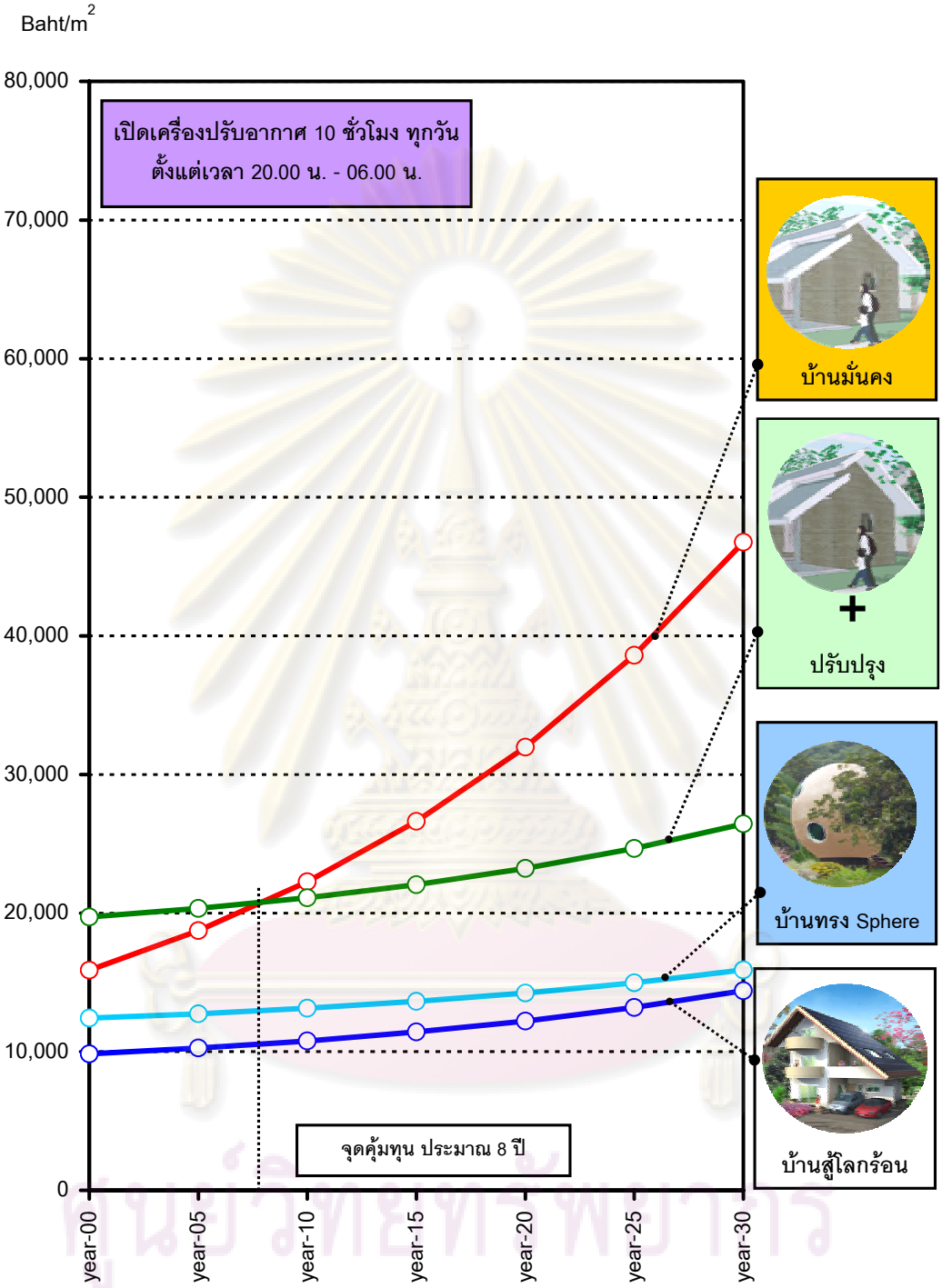
แผนภูมิที่ 5.15 เปรียบเทียบลักษณะและข้อจำกัดของบ้านต้นแบบแต่ละรูปแบบ



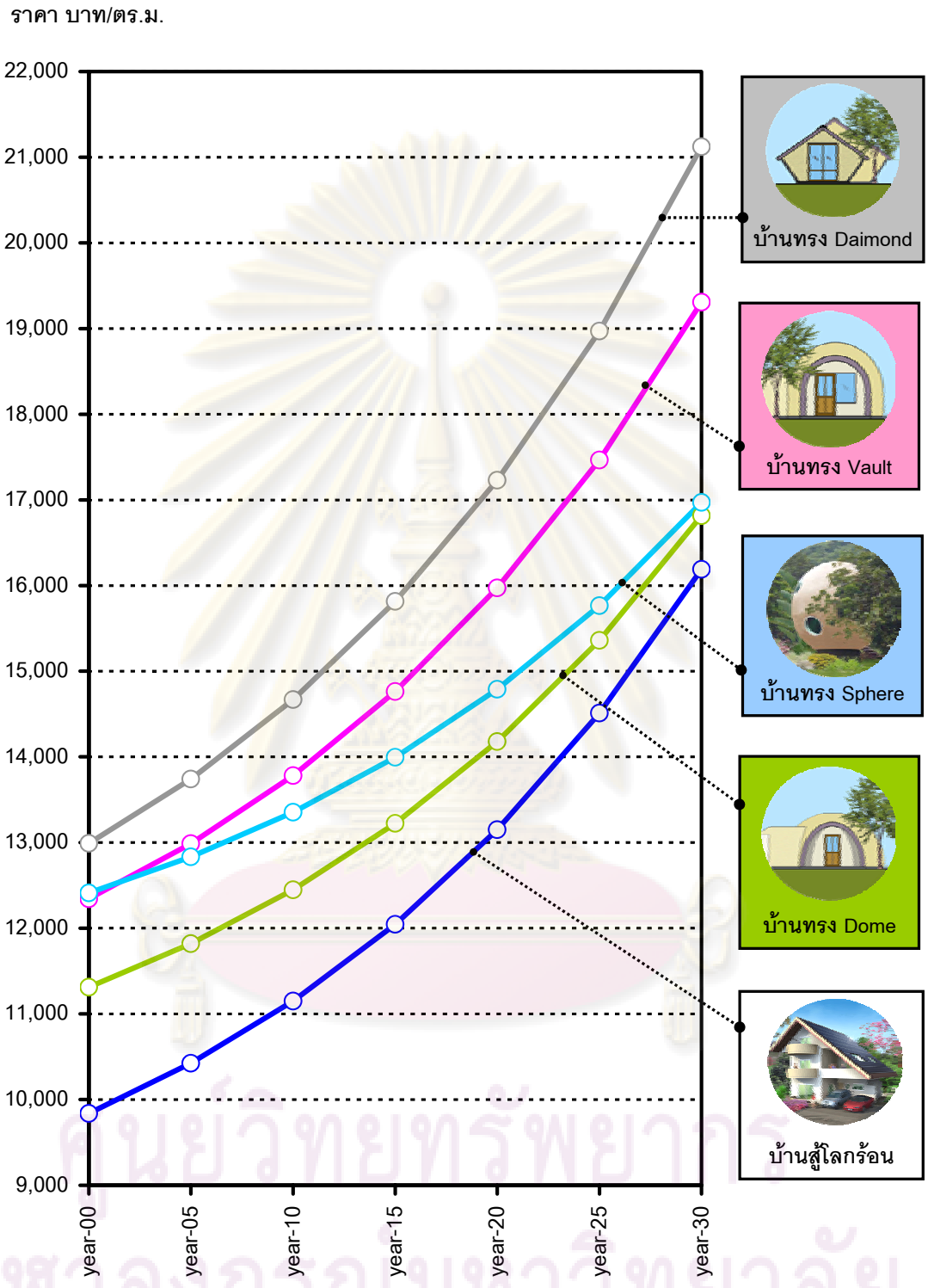
แผนภูมิที่ 5.16 เปรียบเทียบค่าแรงรายวัน และค่าแรงต่อปริมาณวัสดุของบ้านทั่วไป การปรับปรุงเปลือกอาคาร กับบ้านแนวคิดใหม่ พบว่าค่าแรงรายวันของบ้านทั่วไป และการปรับปรุงเปลือกอาคาร จะสูงกว่าค่าแรงต่อปริมาณวัสดุ เนื่องจากความยุ่งยากในการก่อสร้างอาคารทำให้ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างมาก ส่วนบ้านแนวคิดใหม่จะมีค่าแรงรายวันต่ำกว่าค่าแรงต่อปริมาณวัสดุ เนื่องจากการรูปทรงอาคารที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และมีอัตราส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยน้อย



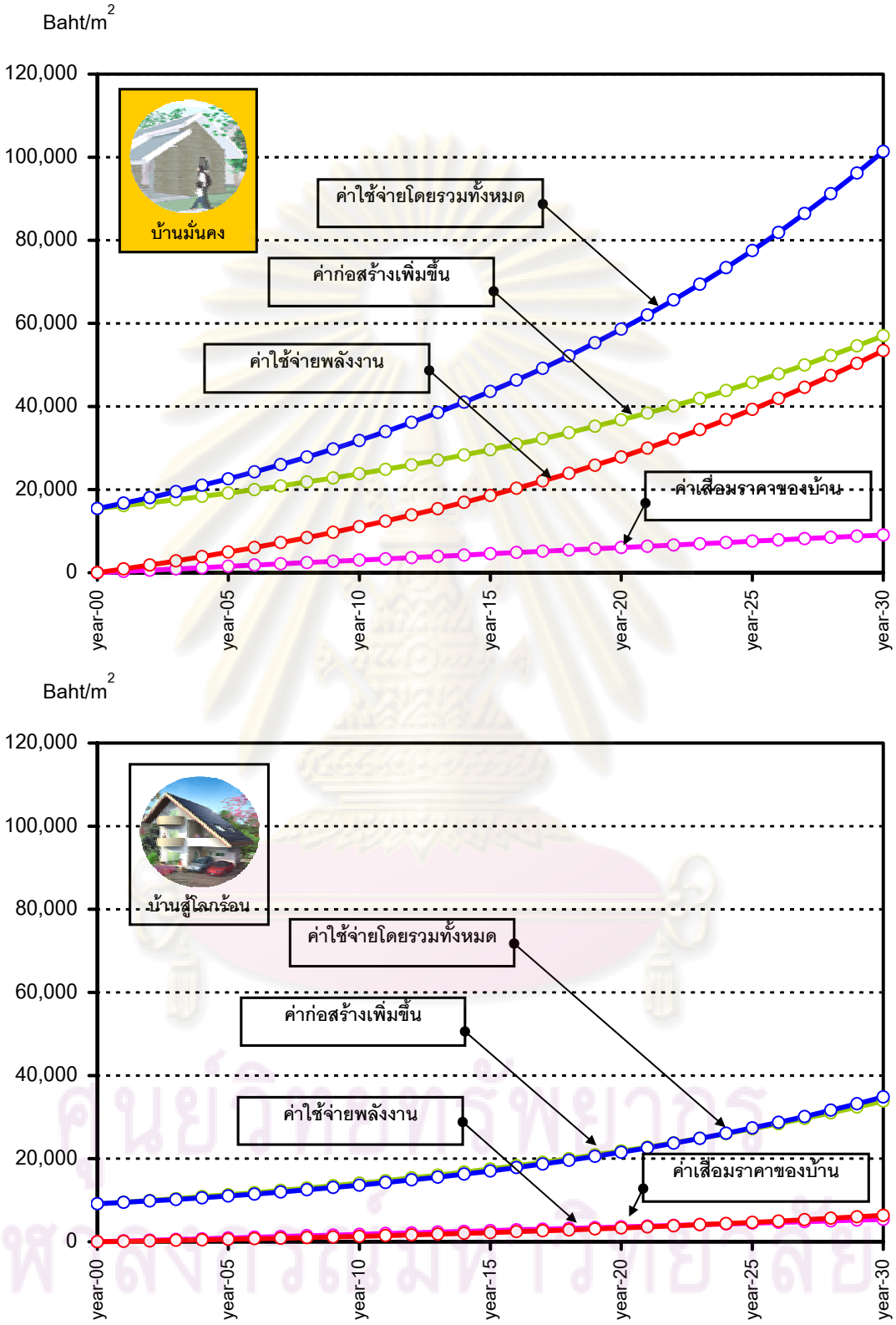
แผนภูมิที่ 5.17 เปรียบเทียบมูลค่าพลังงานสะสมของบ้านมั่นคง บ้านมั่นคงมาปรับปรุงเปลือกอาคาร และบ้านแนวคิดใหม่ ตลอดระยะเวลา 30 ปี จากการเปิดเครื่องปรับอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าการปรับปรุงเปลือกอาคารสำหรับบ้านทั่วไป จะคุ้มทุนที่ประมาณ 4 ปี แต่ยังมีค่าการใช้พลังงานสูงกว่าบ้านแนวคิดใหม่ (บ้านทรง Sphere และบ้านสู้โลกร้อน) ตลอดอายุการใช้งาน



แผนภูมิที่ 5.18 เปรียบเทียบมูลค่าพลังงานสะสมของบ้านมั่นคง บ้านมั่นคงมาปรับปรุงเปลือกอาคาร และบ้านแนวคิดใหม่ ตลอดระยะเวลา 30 ปี จากการเปิดเครื่องปรับอากาศ เวลา 20.00-06.00 น. ทุกวัน พบว่าการปรับปรุงเปลือกอาคารสำหรับบ้านทั่วไป จะคุ้มทุนที่ประมาณ 4 ปี แต่ยังมีค่าการใช้พลังงานสูงกว่าบ้านแนวคิดใหม่ (บ้านทรง Sphere และบ้านสู้โลกร้อน) ตลอดอายุการใช้งาน



แผนภูมิที่ 5.19 เปรียบเทียบมูลค่าพลังงานสะสมของบ้านแนวคิดใหม่ ตลอดระยะเวลา 30 ปี จากการเปิดเครื่องปรับอากาศ เวลา 08.00-18.00 น. ทุกวัน พบว่าบ้านแนวคิดใหม่แต่ละแบบมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานใกล้เคียงกัน โดยบ้านทรง Sphere มีความชั้นน้อยที่สุด ขณะที่บ้านสู้โลกร้อนมีความชันมากกว่าบ้านหลังอื่น แต่มีต้นทุนค่าก่อสร้างต่ำที่สุด



แผนภูมิที่ 5.20 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมดของบ้านทั่วไป กับบ้านสู้โลกร้อน เมื่อคิดค่าเงินเฟ้อของวัสดุก่อสร้าง ค่าแรงงาน ค่าพลังงาน และค่าเสื่อมราคา

5.3 ข้อเสนอแนะ

แนวทางในการนำผลการวิจัยเพื่อการพัฒนาระบบโครงสร้างบ้านกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนักเบาเพื่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืนในครั้งนี้ไปศึกษาต่อเพื่อนำไปสู่รูปแบบบ้านในอนาคตอย่างแท้จริง สามารถพิจารณาได้จากแนวโน้มของค่าใช้จ่ายสะสมด้านพลังงานของอาคาร โดยจะพบว่าอาคารที่ได้รับการออกแบบและก่อสร้างอย่างถูกต้องเหมาะสม จะมีค่าใช้จ่ายสะสมด้านพลังงานน้อยลง (ดูแผนภูมิที่ 5.21) ทั้งนี้จะพบว่าอาคารในปัจจุบันอาจแบ่งออกได้เป็น 4 ยุค ซึ่งส่งผลให้มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกัน (ดูแผนภูมิที่ 5.22) โดยแต่ละยุคมีรายละเอียดดังนี้

ยุคที่ 1 การออกแบบอาคารของสถาปนิกที่มีคุณภาพสูง (Architectural Best Practice) สถาปนิกบางกลุ่มเริ่มคำนึงถึงการออกแบบเพื่อลดการใช้พลังงาน โดยใช้เทคนิคต่างๆ ดังนี้

- คำนึงถึงทิศทางการวางอาคาร (Orientation)
- ใช้แผงและอุปกรณ์บังแดด (Shading Device)
- ใช้กระจกที่มีค่า SC ต่ำ
- การใช้พลังงานยังคงสูงมาก
- ยังไม่คำนึงถึงสภาวะน่าสบายของผู้ใช้

ยุคที่ 2 เมื่อภาครัฐตระหนักถึงความสำคัญของการใช้พลังงานและคุณภาพชีวิต (Energy Awards) โดยมีการออกกฎหมายอนุรักษ์พลังงานที่มีข้อกำหนดดังนี้

- OTTV 45 วัตต์ต่อตารางเมตร
- RTTV 25 วัตต์ต่อตารางเมตร
- Lighting 16 วัตต์ต่อตารางเมตร
- Equipment 1/COP = 10.6 เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5

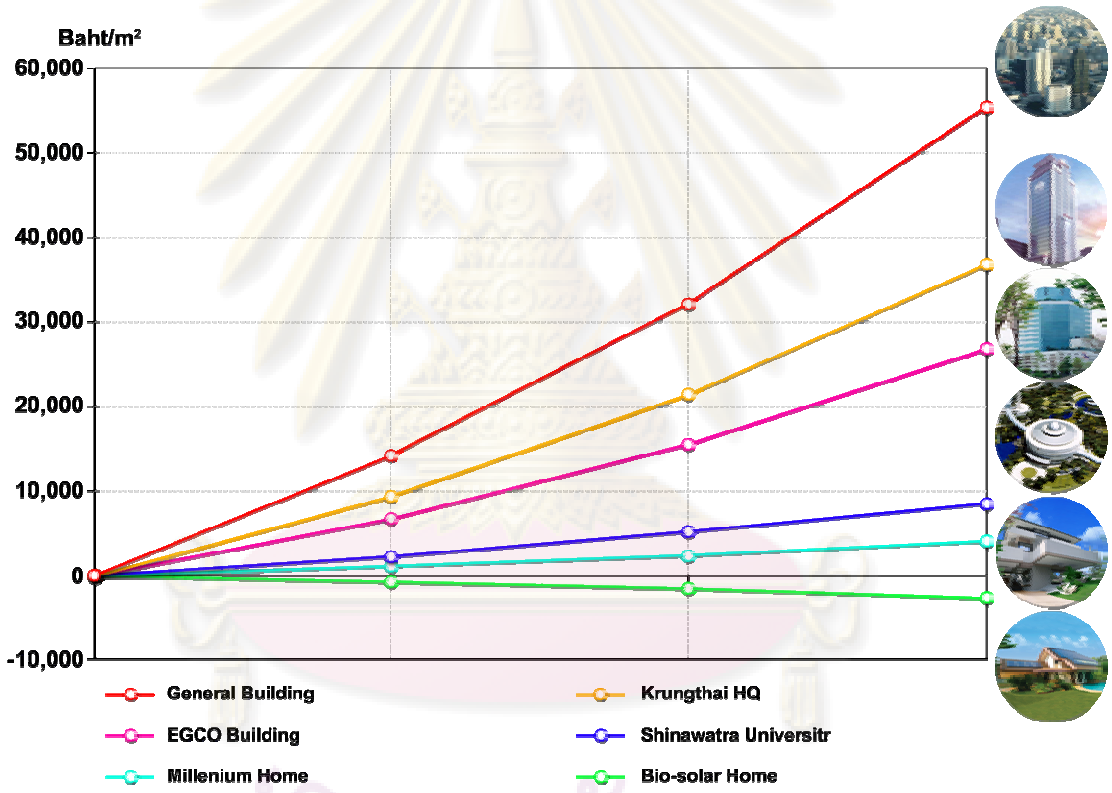
ยุคที่ 3 การวิจัยและพัฒนาเชิงบูรณาการด้านการออกแบบประหยัดพลังงาน (Research and Development in Energy Integration) เป็นการนำงานวิจัยผสมผสานกับการออกแบบประหยัดพลังงาน โดยคำนึงถึงข้อต่างๆ ดังนี้

- พัฒนาศักยภาพของผู้ออกแบบ
- เข้าใจตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง
- ใช้ศักยภาพจากสภาพแวดล้อม
- พัฒนาวัสดุก่อสร้างคุณภาพสูง
- คำนึงถึงคุณภาพชีวิตที่ดีของผู้ใช้อาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

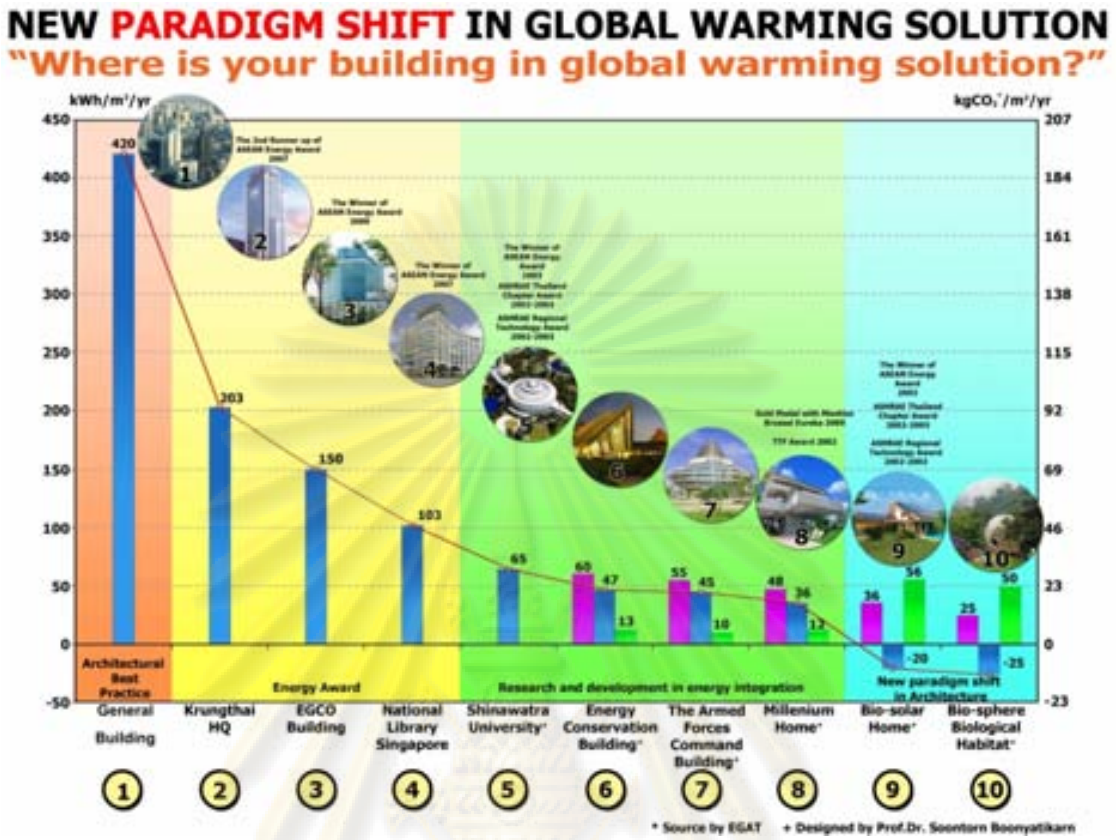
ยุคที่ 4 การเปลี่ยนแนวความคิดการออกแบบสถาปัตยกรรมด้านพลังงาน(Paradigm Shift in Architectural Design for Sustainable Solution) ผสมผสานการลดการใช้พลังงานร่วมกับการสร้างพลังงานจากพลังงานทดแทน

- ออกแบบในลักษณะองค์รวม
- ออกแบบจากฐานความรู้ด้านอนุรักษ์พลังงาน
- พัฒนาการใช้พลังงานทดแทนในอาคาร
- อาคารที่สามารถอยู่ได้ด้วยตนเอง และยั่งยืนอย่างแท้จริง



แผนภูมิที่ 5.21 เปรียบเทียบมูลค่าพลังงานสะสมของอาคารทั่วไป กับอาคารที่ออกแบบเน้นการประหยัดพลังงาน ที่ระยะเวลา 10 ปี, 20 ปี และ 30 ปี (ศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551)

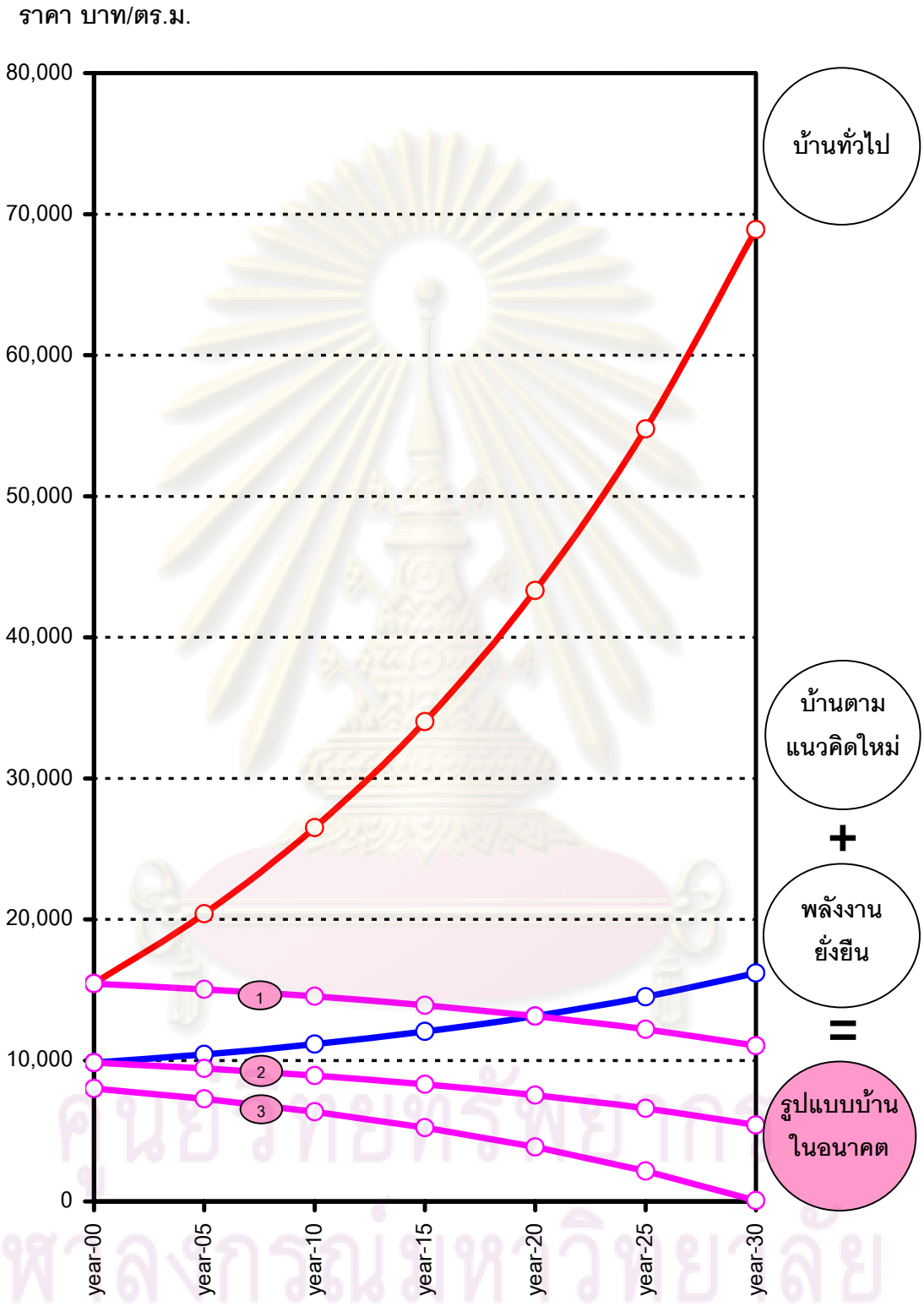
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 5.22 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า เทียบเท่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารทั่วไป กับอาคารที่ออกแบบประหยัดพลังงาน และแนวคิดในการออกแบบอาคาร 4 ยุค (ศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอเสนอแนะแนวทางในการนำบ้านตามแนวคิดใหม่เพื่อการพัฒนาไปสู่บ้านยุคอนาคต ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณี ได้แก่

- กรณีที่ 1 การใช้พลังงานยั่งยืนทันที ทำให้ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารสูงขึ้น แต่สามารถลดค่าใช้จ่ายรายปีลงได้ในระยะยาว
- กรณีที่ 2 การผสมผสานการใช้พลังงานยั่งยืนเข้ากับตัวอาคาร ด้วยแนวความคิดในการประสานระบบผลิตพลังงานยั่งยืน เพื่อให้ค่าก่อสร้างอาคารโดยรวมไม่สูงขึ้น และได้กำไรตั้งแต่การใช้งานอาคารเมื่ออาคารสร้างแล้วเสร็จ
- กรณีที่ 3 เป็นการพัฒนาการออกแบบองค์รวม ผสานทุกระบบเข้าด้วยกัน เพื่อให้ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารและระบบผลิตพลังงานยั่งยืนต่ำลงกว่ามูลค่าก่อสร้างในปัจจุบัน เปรียบเสมือนได้กำไรทันทีตั้งแต่เริ่มก่อสร้างอาคาร



แผนภูมิที่ 5.23 เปรียบเทียบแนวโน้มค่าใช้จ่ายสะสมของบ้านทั่วไป บ้านตามแนวคิดใหม่ และรูปแบบบ้านในอนาคต 3 แบบที่เกิดจากการผสมผสานแนวคิดของการใช้พลังงานแบบยั่งยืน

จากแผนภูมิที่ 5.23 จะพบว่าเมื่อนำแนวคิดของการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืนมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและก่อสร้าง “บ้านตามแนวคิดใหม่” ที่เป็นผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จะมีความเป็นไปได้ที่จะได้ผลเป็น “รูปแบบบ้านในอนาคต” โดยแบ่งออกเป็น 3 แนวทางที่แตกต่างกัน โดยแนวทางที่ 1 (ดูเส้นที่ 1 ในแผนภูมิที่ 5.23) เป็นการนำแนวคิดของการใช้พลังงานแบบยั่งยืนมาประยุกต์ใช้ทันที ทำให้ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารสูงขึ้น แต่ยังสามารถลดค่าใช้จ่ายรายปีลงได้ในระยะยาว แนวทางที่ 2 (ดูเส้นที่ 2 ในแผนภูมิที่ 5.23) เป็นการผสมผสานแนวคิดการใช้พลังงานแบบยั่งยืนเข้ากับตัวอาคาร โดยการประสานระบบผลิตพลังงานยั่งยืนเพื่อให้ค่าก่อสร้างอาคารโดยรวมไม่สูงขึ้น และได้กำไรตั้งแต่การใช้งานอาคารเมื่ออาคารสร้างแล้วเสร็จ แนวทางที่ 3 (ดูเส้นที่ 3 ในแผนภูมิที่ 5.23) เป็นการพัฒนาการออกแบบองค์รวม โดยการผสานทุกระบบเข้าด้วยกันเพื่อให้ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารและระบบผลิตพลังงานยั่งยืนต่ำลงกว่ามูลค่าก่อสร้างในปัจจุบัน เปรียบเสมือนได้กำไรทันทีตั้งแต่เริ่มก่อสร้างอาคาร

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]. 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]. 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]. แหล่งที่มา: http://www.gprocurement.go.th/02_price/index.php [2008, October 17]

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

บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ วทัชภพ 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]. 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.).

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

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

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

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

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

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

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

โยธาธิการและผังเมือง, กรม. **แบบบ้านเพื่อประชาชน**[ออนไลน์]. 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]. 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.

วิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, สถาบัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ. **การมาตรฐาน และการประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2517.

วิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, สถาบัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ. **ข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับเรขการของรอยต่อสำหรับอาคารสำเร็จรูป**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520.

วิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, สถาบัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ. **ระบบโครงสร้างสำหรับชิ้นส่วนอาคารสำเร็จรูป**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520.

วิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, สถาบัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการก่อสร้างแห่งชาติ. **ระบบประสานทางพิกัด บ้านกึ่งสำเร็จรูป**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2520.

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

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

วิทวัส สิทธิกูล. **เทคนิคก่อสร้าง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. (ม.ป.ท.), 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]. แหล่งที่มา: http://design.obec.go.th/bkprice.html[2008, October 17]

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

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, 2545ก.

สุนทร บุญญาธิการ. **เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545ข.

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]. แหล่งที่มา: http://www.sec-engineer.com/product7.html[2008, October 17]

ภาษาอังกฤษ

Albert G. H. Dietz and Laurence S. C. **Industrialized building systems for housing.** Cambridge: The MIT Press, 1971.

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering. **2001 ASHRAE fundamentals handbook.** IP Edition. Atlanta Geogia: (n.p.), 2001.

Beckman, W. A., and Duffie, J. A. **Solar engineering of thermal processes.** 2nd Edition. New York: John Wiley & Sons, 1991.

Benjamin, B. S. **Structures for architects.** 2nd edition. New York: Van Nostrand Reinhold, 1983.

Bradshaw, V. **Building control systems.** 2nd edition. New York: John Wiley & Sons. 1993.

Cutler, L. S. **Handbook of housing systems for designers and developers.** New York: Van Nostrand Reinhold , 1974.

Doran, D.K., ed. **Construction materials reference book.** Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd, 1992.

Duffie, J. A., and Beckman, W. A. **Solar energy thermal process.** Washington: John Wiley & Sons, 1974.

Engel, H. **Structure systems.** Germany: Gerd Hatje, 1997.

Faber, C. **Candela/The shell builder.** New York: Reinhold, 1963.

Fanger, O. P. **Thermal comfort.** New York: McGraw-Hill, 1970.

Foster, R. S. **Landscaping that saves energy and dollars.** Connecticut: The Globe Pequot Press, 1994.

Fuller, B. R. **Inventions: The patented works of R. Buckminster Fuller.** New York: St. Martin's Press, 1983.

Herbert, G. **The dream of the factory-made house : Walter Gropius and Konrad Wachsmann.** Cambridge: The MIT Press, 1984.

Incropera, F. P., and Dewitt, D. P. **Introduction to heat transfer.** 2nd ed. New York : John Willey & Sons, 1990.

Intergovernmental Panel on Climate Change[Online]. Available from: http://www.ipcc.ch[2008, April 23]

Kelly, B. **The prefabrication of houses: The study by the Albert Farwell Bemis foundation of the prefabrication.** 2nd edition. Massachusetts: MIT press, 1964.

Kind-Barkauskas, F., Kauhsen, B., Polónyi, S., and Brandt, J. **Concrete construction manual**. Basel: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2002.

Lin, T. Y., and Stotesbury, S. D. **Structural concepts and systems for architects and engineers.** 2nd ed. New York : Van Nostrand Reinhold, 1988

Nissen, H. **Industrialized building and modular design.** London: Cement and Concrete Association, 1972.

Olgyay, V. **Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

Pearce, P. **Structure in nature is a strategy for design.** Massachusetts: MIT Press, 1978.

Pearce, P., and Pearce, S. **Polyhedra primer**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1978.

Pugh, A. **Polyhedra a visual approach.** Berkeley: University of California Press, 1976.

Reid, E. **Understanding buildings: A multidisciplinary approach.** 2nd edition. Massachusetts: MIT press, 1964.

Salvadori, M., and Heller, R. **Structure in architecture**. New Jersey: Prentice-Hall, 1963.

Schulitz, C. H., Sobek, W., and Habermann, J. K. **Steel construction manual**. Basel: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2000.

Schunck, E., Oster, J. H., Barthel, R., and Kiessl, K. **Roof construction manual**. 4th edition. Basel: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2002.

Siegel, C. **Structure and foam in modern architecture**. New York: Noble offset printers, 1975.

Stein, B., and Reynolds, J. **Mechanical and electrical equipment for buildings.** 8th Edition. New York: John Wiley & Sons, 1992.

Stevens, G. **The reasoning architect: Mathematics and science in design.** USA: McGraw-Hill, 1990.

Sullivan, B. J. **Industrialization in the building industry.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1980.

Testa, C. **The industrialization of building.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1977.

Tortrakul, Y. **Industrialization of housing construction for Thailand.** Master of Science in Civil Engineering Thesis, University of Washington, 1973.

Wachsmann, K. **The turning point of building: Structure and design.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1961.

Yomnak, T. **Industrialization of housing construction for Thailand.** Master of Science in Civil Engineering Thesis, University of Washington, 1973.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

สถิติการทำงานของแรงงานต่อวัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 การคิดค่าเฉลี่ยจากสถิติการทำงานของแรงงานก่อสร้าง

รายการงาน	กระทรวงศึกษาธิการ (1)			การเบิกจ่ายและการจัดการงานก่อสร้าง (2)			คู่มือรวมข้อมูลก่อสร้าง (3)			ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยสำเร็จรูป (4)			ค่าเฉลี่ย		
	แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย		
	[illegible]	หน่วย	(คน)	[illegible]	หน่วย	(คน)	[illegible]	หน่วย	(คน)	[illegible]	หน่วย	(คน)	[illegible]	หน่วย	(คน)
งานคอนกรีต															
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+เตรียมปลายเสาเข็มไม้				5.00	ต้น	1	6.67	ต้น	1	5.00	ต้น	1	5.56	ต้น	1.0
4 คอกเข็ม 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 ติดบานประตูหน้าต่าง	0.69	บาน	2	1.25	บาน	1	1.33	บาน	1				1.09	ตร.ม.	1.3
5 ทำแบบพื้นคอนกรีต				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 ทำโครงหลังคาตัดชิงชาย				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 ตีฝ้าไม้ทับเกล็ด	1.00	ตร.ม.	1										1.00	ตร.ม.	1
14 ตีฝ้าไม้เข้าลิ้น	0.50	ตร.ม.	1										0.50	ตร.ม.	1
15 ไสไม้ฝ้า	10.00	ตร.ม.	1										10.00	ตร.ม.	1
16 ไสไม้พื้น	5.00	ตร.ม.	1										5.00	ตร.ม.	1
17 ปูพื้นไม้สักอิด	1.00	ตร.ม.	1										1.00	ตร.ม.	1
18 ปูพื้นไม้เข้าลิ้น	0.50	ตร.ม.	1										0.50	ตร.ม.	1
19 วางตง - ลาน	2.50	ตร.ม.	1										2.50	ตร.ม.	1
20 ตีฝ้าระแนงชายคา	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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 การคิดค่าเฉลี่ยจากสถิติการทำงานของแรงงานก่อสร้าง (ต่อ)

รายการงาน	กระทรวงศึกษาธิการ (1)			การเคหะแห่งชาติและการรถไฟแห่งประเทศไทย (2)			คู่มือรวมข้อมูลก่อสร้าง (3)			ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยสำเร็จรูป (4)			ค่าเฉลี่ย		
	แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย			แรงงานต่อหน่วย		
	[illegible]	หน่วย	(คน)	[illegible]	หน่วย	(คน)	[illegible]	หน่วย	(คน)	[illegible]	หน่วย	(คน)	[illegible]	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	ลช.ล.	3.3
2	ผสมคอนกรีต (เครื่อง)	0.78	ลบ.ม.	4	0.75	ลบ.ม.	4	0.94	ลบ.ม.	4				0.82	ลช.ล.	4.0
3	เทถนน				0.06	ลบ.ม.	2							0.06	ลช.ล.	2.0
4	เทพื้นคอนกรีตอัดมือ หนา 10 ซม.	0.63	ลบ.ม.	1	1.25	ลบ.ม.	1							0.94	ลช.ล.	1.0
5	เทพื้นคอนกรีต หนา 10 ซม.	1.88	ลบ.ม.	1	1.88	ลบ.ม.	1	1.67	ลบ.ม.	1	0.60	ลบ.ม.	1	1.50	ลช.ล.	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	ลช.ล.	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	ลช.ล.	2.8
8	เทปูนทรายอัดมือ หนา 5 ซม.				0.25	ลบ.ม.	3				0.46	ลบ.ม.	2	0.36	ลช.ล.	2.5
9	เทปูนทราย หนา 5 ซม.	1.38	ลบ.ม.	1	1.50	ลบ.ม.	1	2.00	ลบ.ม.	1				1.63	ลช.ล.	1.0
งานเหล็ก															
1	ดัดเหล็กและผูกเหล็ก	3.75	กก.	2	3.75	กก.	2	12.00	กก.	1	10.00	กก.	1	7.38	ลช.ล.	1.5
2	ติดตั้งเสาตูเหล็กฐานขนาด 0.50 x 0.80 ม.				1.50	ฐาน	2							1.50	ฐาน	2.0
งานปูน															
1	ก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นระดับต่ำ	1.00	ลบ.ม.	1	0.98	ลบ.ม.	1	1.33	ลบ.ม.	1	1.16	ลบ.ม.	1	1.12	ลช.ล.	1.0
2	ก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นระดับสูง	0.45	ลบ.ม.	1	0.59	ลบ.ม.	1	0.75	ลบ.ม.	1	0.62	ลบ.ม.	1	0.60	ลช.ล.	1.0
3	ก่ออิฐบล็อก	0.77	ลบ.ม.	1	1.15	ลบ.ม.	1	1.08	ลบ.ม.	1	1.24	ลบ.ม.	1	1.06	ลช.ล.	1.0
4	ฉาบปูนผนัง	1.13	ลบ.ม.	1	1.25	ลบ.ม.	1	1.67	ลบ.ม.	1	1.16	ลบ.ม.	1	1.30	ลช.ล.	1.0
5	ปูกระเบื้องโมเสก	0.38	ลบ.ม.	1	0.50	ลบ.ม.	1	0.45	ลบ.ม.	1				0.44	ลช.ล.	1.0
6	ปูกระเบื้องพื้น 4" x 4"				0.38	ลบ.ม.	1							0.38	ลช.ล.	1.0
7	ปูกระเบื้องผนัง 4" x 4"	0.25	ลบ.ม.	2	0.50	ลบ.ม.	1	0.37	ลบ.ม.	1	0.33	ลบ.ม.	1	0.36	ลช.ล.	1.3
8	ปูกระเบื้อง 8" x 8"				0.88	ลบ.ม.	1	0.46	ลบ.ม.	2	0.39	ลบ.ม.	1	0.57	ลช.ล.	1.3
9	ทำพื้นหินขัด	1.25	ลบ.ม.	2	1.00	ลบ.ม.	2	1.50	ลบ.ม.	2				1.25	ลช.ล.	2.0
10	ทำหินล้างผนัง				0.75	ลบ.ม.	2	0.80	ลบ.ม.	1				0.78	ลช.ล.	1.5
งานไฟฟ้า															
1	เดินสายไฟแบบเดินลอย				0.63	จุด	2	0.75	จุด	1	0.65	จุด	1	0.67	จุด	1.3
2	เดินสายไฟรีบแล่ยหน้ายผสโลปูนผนัง							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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 การคิดค่าเฉลี่ยจากสถิติการทำงานของแรงงานก่อสร้าง (ต่อ)

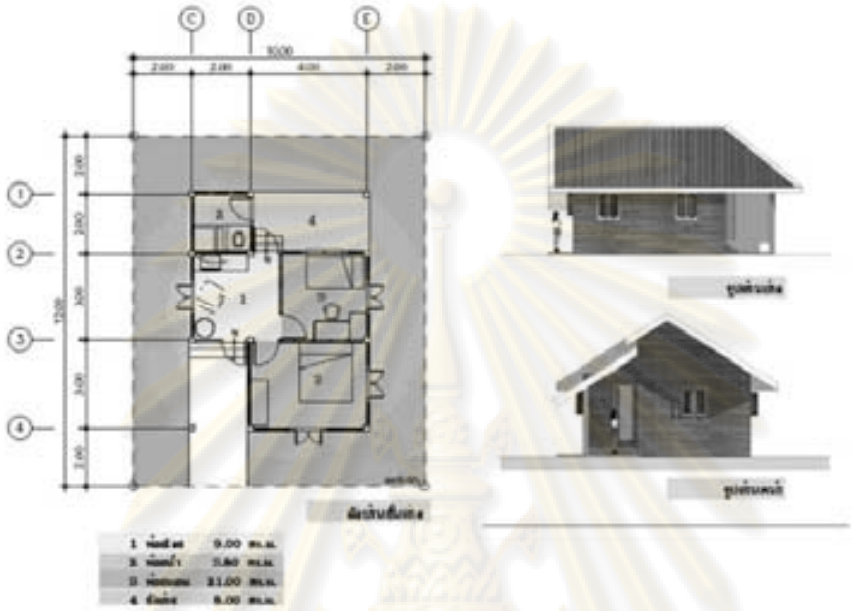
	รายการงาน	กระทรวงศึกษาธิการ (1)			การเบิกจ่ายและการจัดการงานก่อสร้าง (2)			คู่มือรวมข้อมูลก่อสร้าง (3)			ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยสำเร็จรูป (4)			ค่าเฉลี่ย		
		แรงงาน/ต่อหน่วย			แรงงาน/ต่อหน่วย			แรงงาน/ต่อหน่วย			แรงงาน/ต่อหน่วย			แรงงาน/ต่อหน่วย		
		[illegible]	หน่วย	(คน)	[illegible]	หน่วย	(คน)	[illegible]	หน่วย	(คน)	[illegible]	หน่วย	(คน)	[illegible]	หน่วย	(คน)
	งานสุขภัณฑ์															
1	ติดตั้งอ่างล้างหน้า	0.63	ชุด	2	0.63	ชุด	2	0.67	ชุด	1	0.33	ชุด	1	0.56	คน.ส.	1.5
2	ติดตั้งโถปัสสาวะ	0.31	ชุด	2	0.31	ชุด	2	0.42	ชุด	2	0.25	ชุด	2	0.32	คน.ส.	2.0
3	ติดตั้งส้วมนั่งยอง	0.38	ชุด	1	0.63	ชุด	1	0.42	ชุด	1	0.51	ชุด	1	0.48	คน.ส.	1.0
4	ติดตั้งส้วมชักโครก	0.13	ชุด	1	0.25	ชุด	1	0.33	ชุด	1	0.13	ชุด	2	0.21	คน.ส.	1.3
5	ติดตั้งก๊อกน้ำ	1.88	ชุด	1	1.88	ชุด	1	2.00	ชุด	1				1.92	คน.ส.	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	เดินท่อล้วน 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	คน.ส.	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	คน.ส.	1.0
3	ทาสีรองพื้นปูน				6.00	ตร.ม.	1	5.83	ตร.ม.	1	4.38	ตร.ม.	1	5.40	คน.ส.	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	คน.ส.	1.0
5	ขัดพื้นแรงคน	0.50	ตร.ม.	1	0.50	ตร.ม.	1							0.50	คน.ส.	1.0
6	ขัดพื้นด้วยเครื่อง				7.50	ตร.ม.	1	6.67	ตร.ม.	1				7.08	คน.ส.	1.0
7	ทาแชลแล็ก 1 ครั้ง	3.75	ตร.ม.	1										3.75	คน.ส.	1
8	ทาสีพลาสติกเพลาน	1.00	ตร.ม.	1	1.00	ตร.ม.	1	1.33	ตร.ม.	1	3.75	ตร.ม.	1	1.77	คน.ส.	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	ลบ.ม.	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.	8							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	ขนดินจากรถขึ้นห่าง 15 ม.				0.38	ลบ.ม.	4	0.23	ลบ.ม.	2				0.30	ลบ.ม.	3.0
8	โยนหินจากรถลงพื้น	1.75	ลบ.ม.	1										1.75	ลบ.ม.	1
9	โยนทรายจากรถลงพื้น	6.25	ลบ.ม.	2										6.25	ลบ.ม.	2
10	ถมดินใช้ปุ้งกี๋				0.19	ลบ.ม.	2							0.19	ลบ.ม.	2.0
11	ถมดินอัดแน่นด้วยกบไฟฟ้า	0.38	ลบ.ม.	1	0.38	ลบ.ม.	1	0.50	ลบ.ม.	1	0.29	ลบ.ม.	1	0.41	ลบ.ม.	1.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
แบบสถาปัตยกรรม

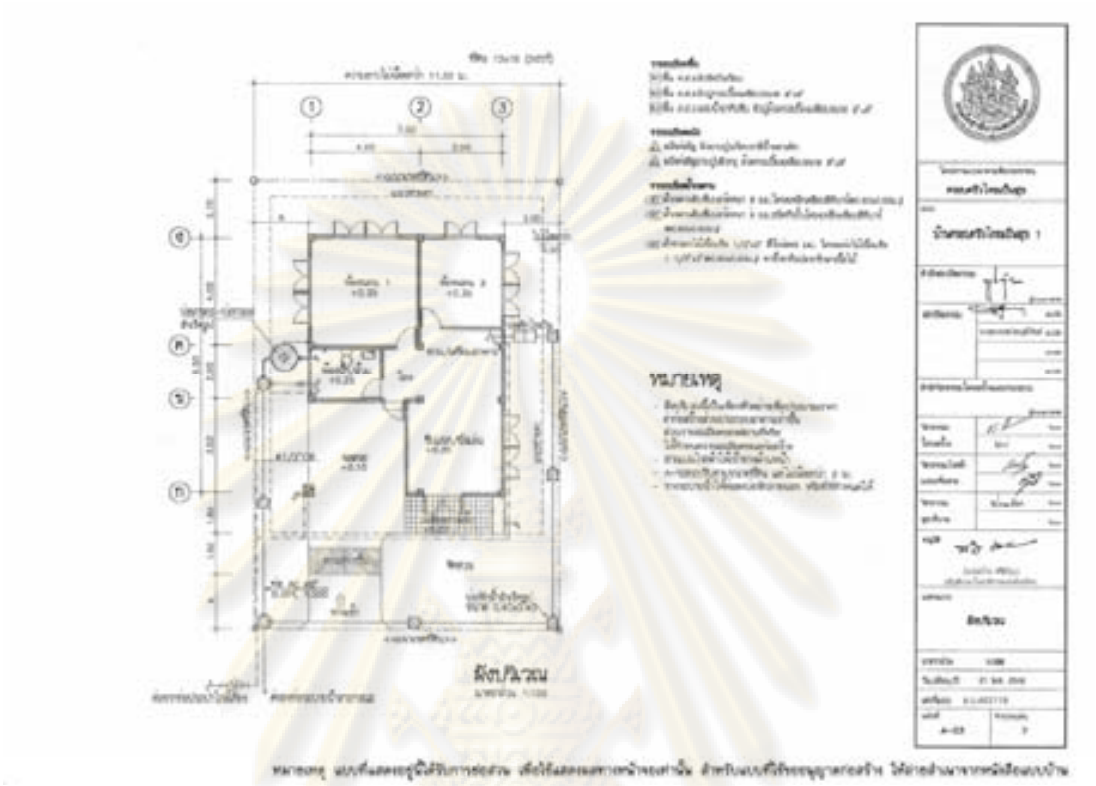
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

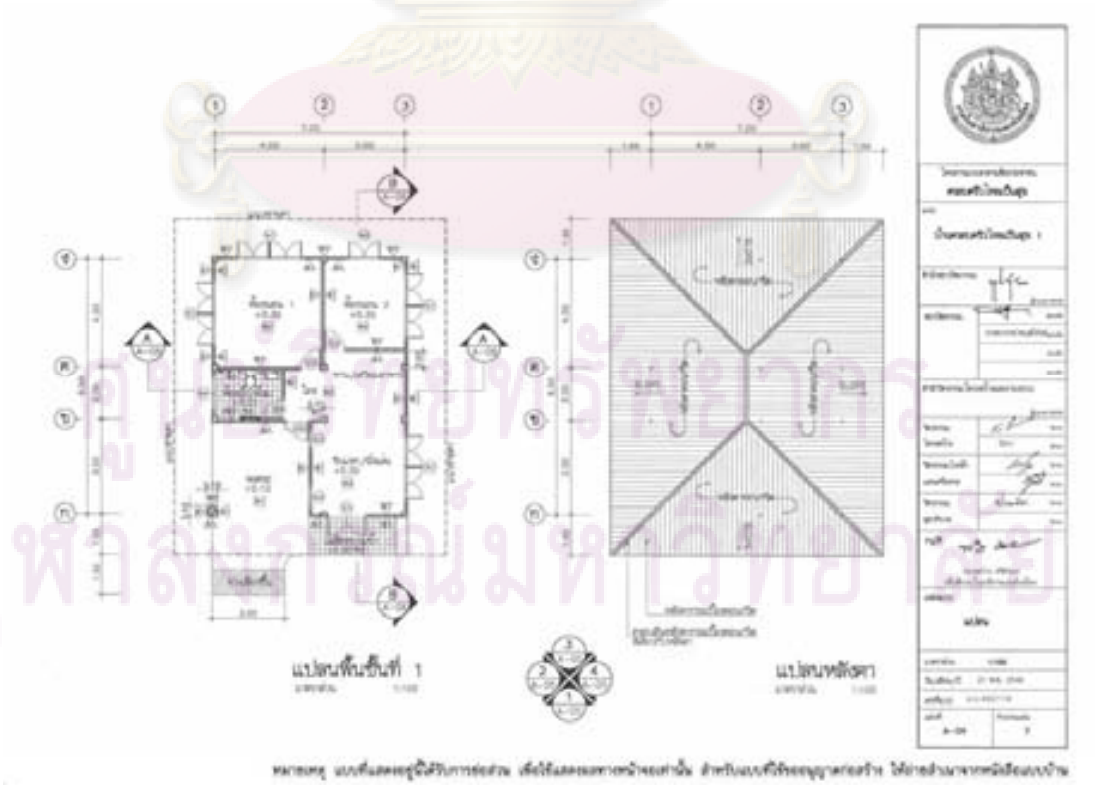
แบบสถาปัตยกรรมบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จ.ชุมพร

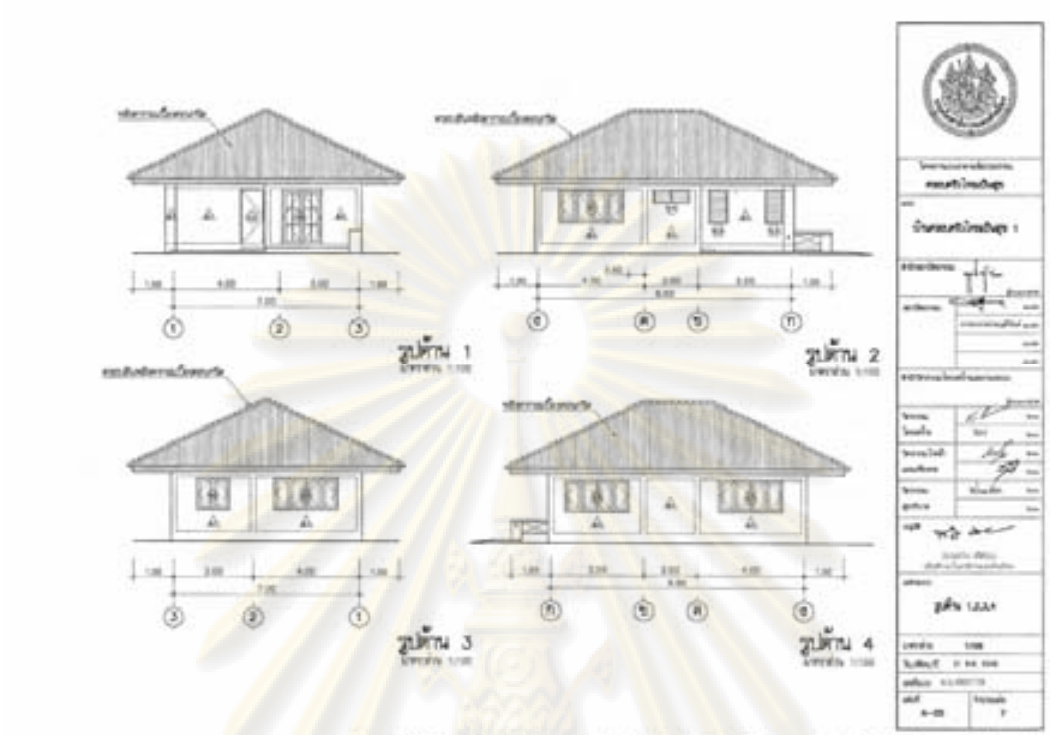


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

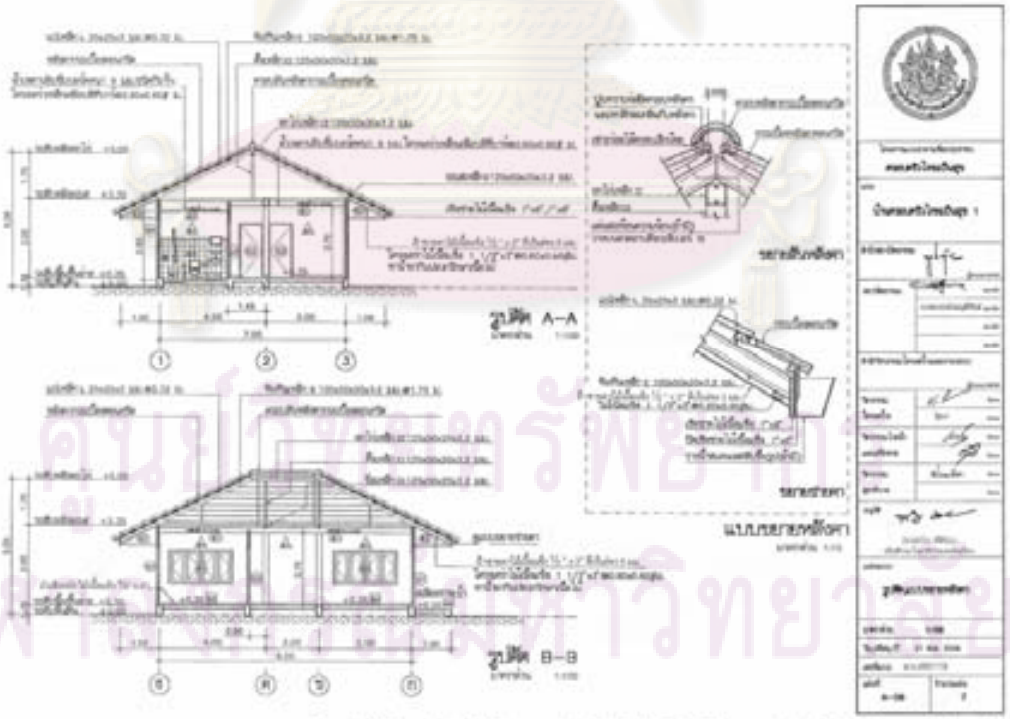
แบบสถาปัตยกรรมบ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)







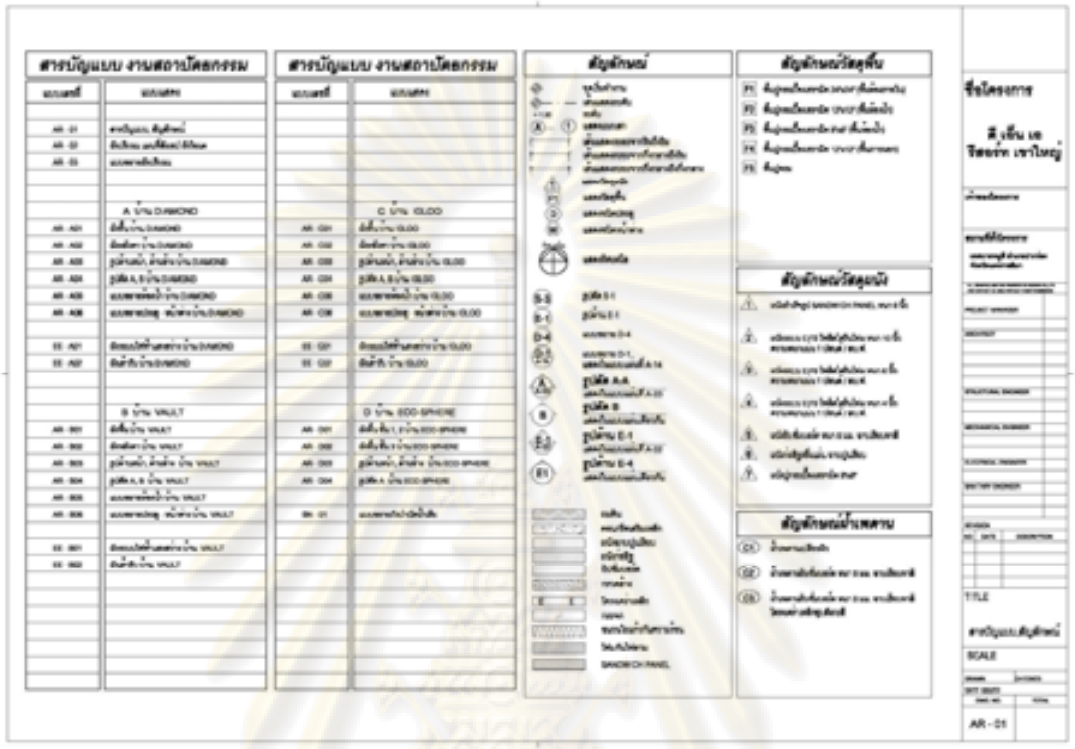
หมายเหตุ แบบนี้แสดงอยู่นี้เป็นการย่อส่วน เพื่อให้แสดงออกทางหน้าจอเท่านั้น สำหรับแบบที่ใช้ขออนุญาตก่อสร้าง ให้ขยายจากขนาดมิลลิเมตรบนบ้าน

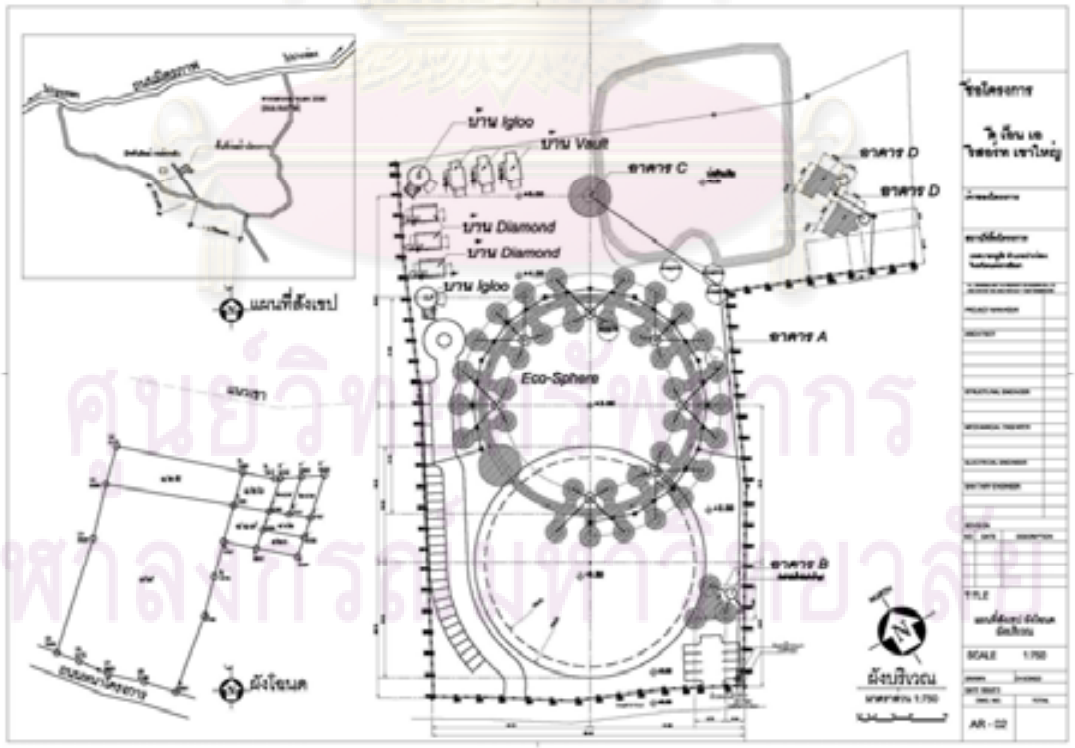


หมายเหตุ แบบนี้แสดงอยู่นี้เป็นการย่อส่วน เพื่อให้แสดงออกทางหน้าจอเท่านั้น สำหรับแบบที่ใช้ขออนุญาตก่อสร้าง ให้ขยายจากขนาดมิลลิเมตรบนบ้าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

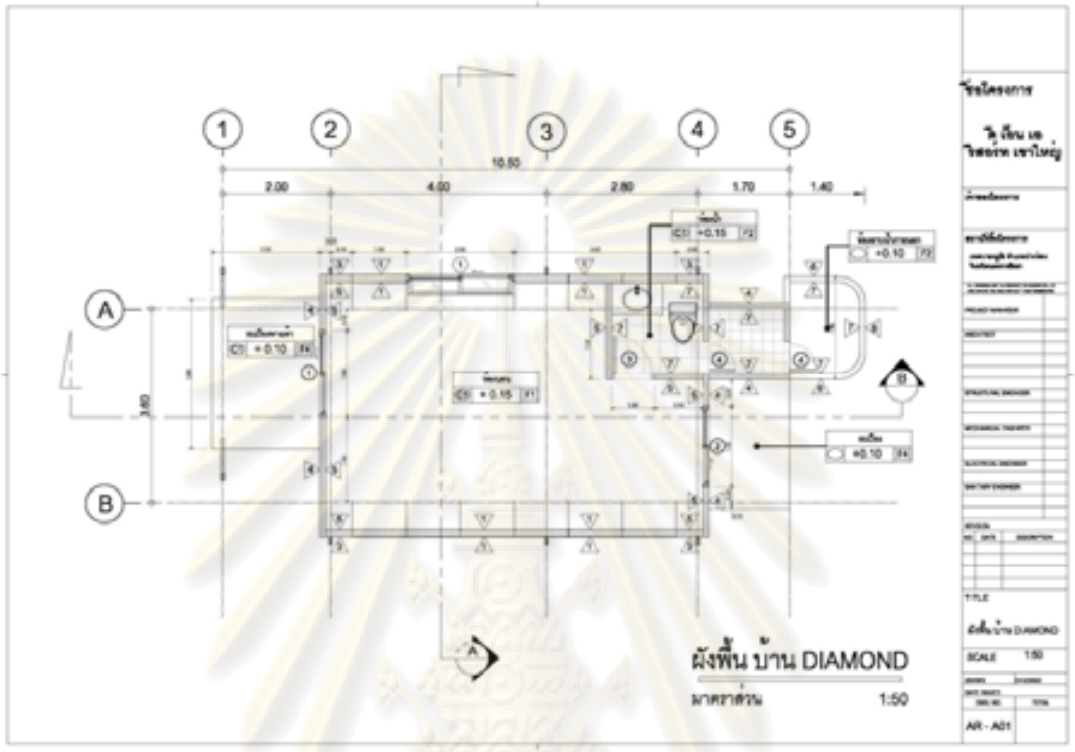
แบบสถาปัตยกรรมบ้านแนวคิดใหม่

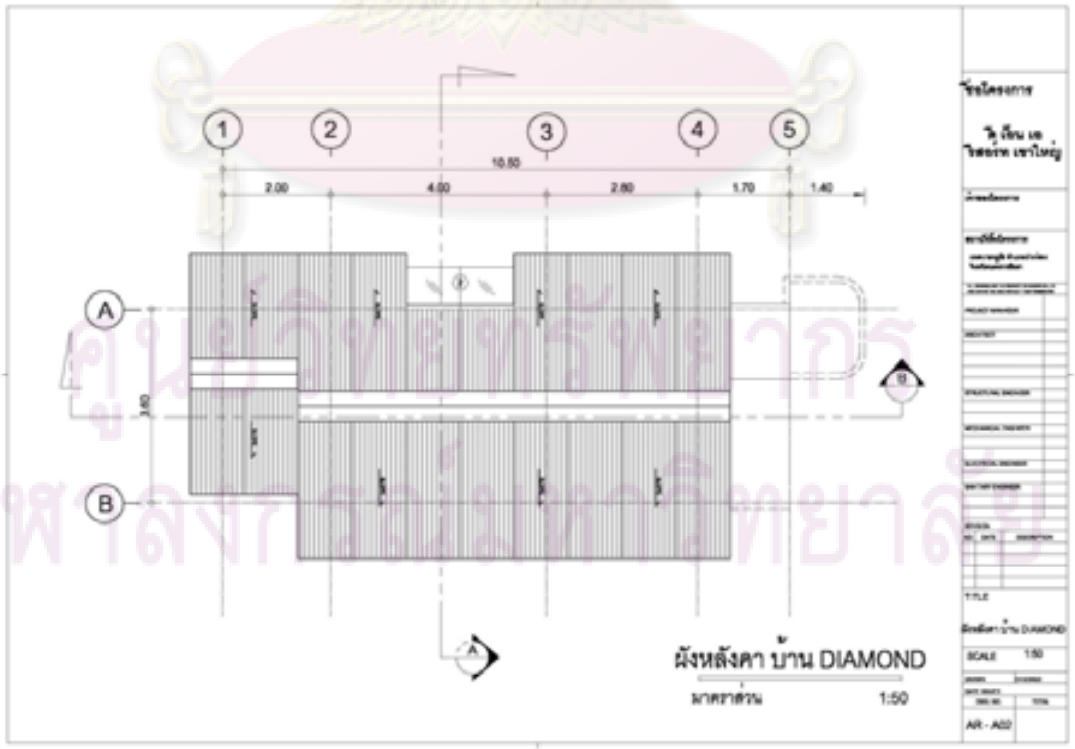




ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

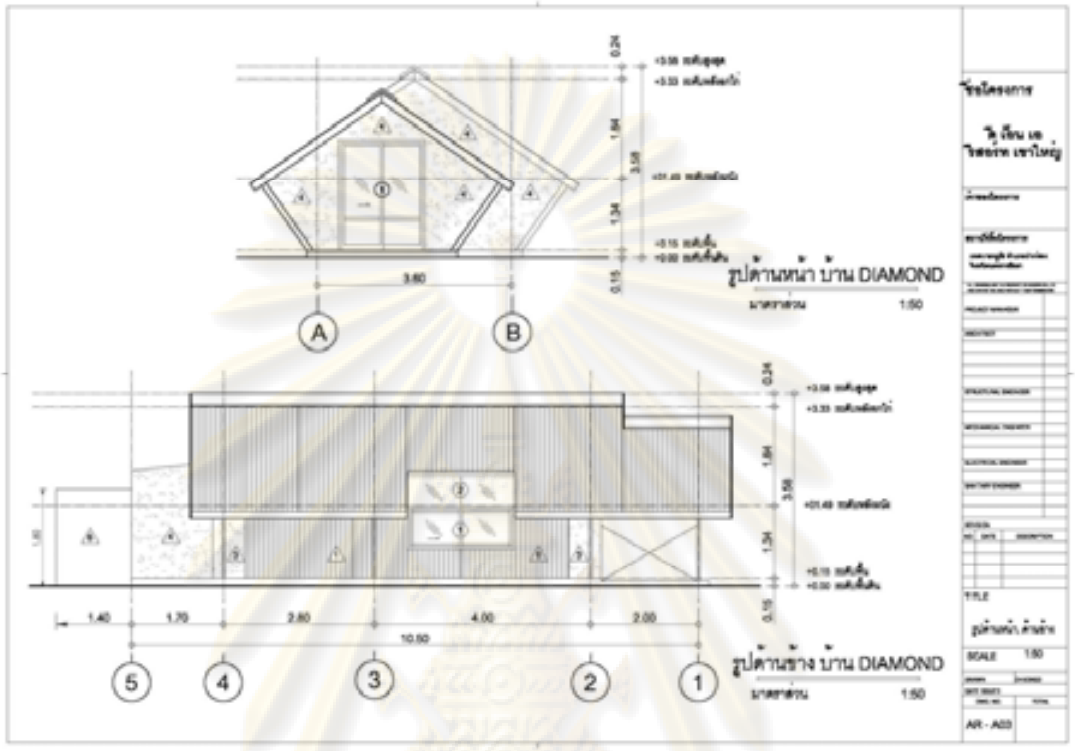
แบบสถาปัตยกรรมบ้านทรงไดมอนด์ (Diamond)

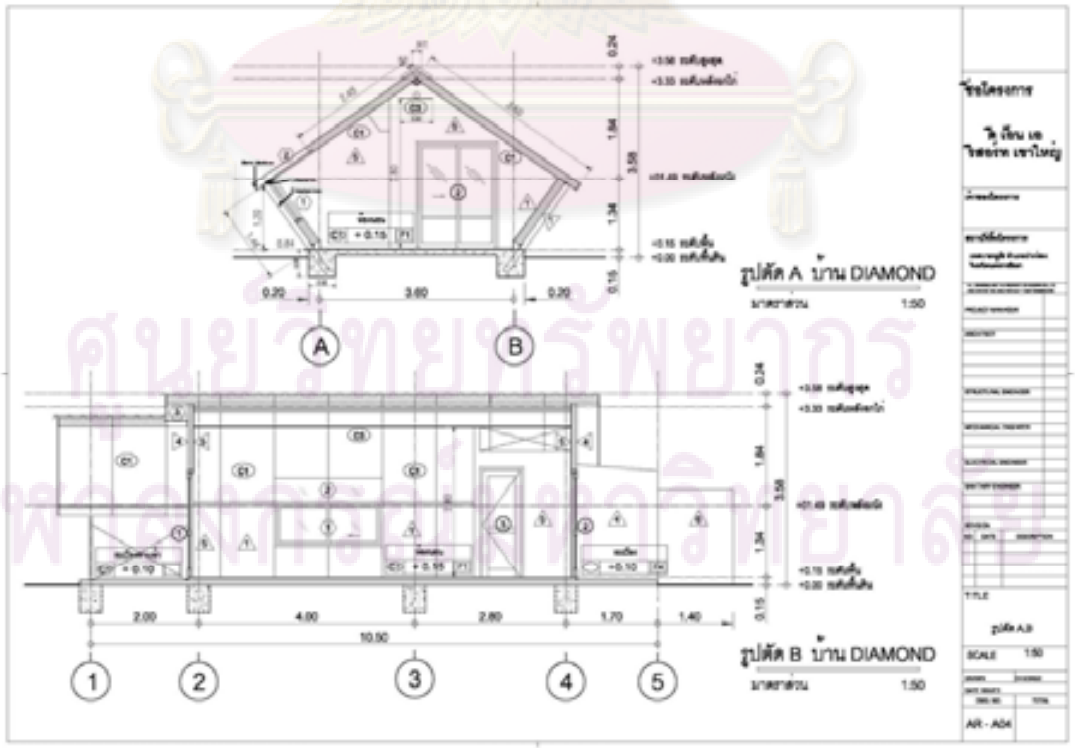




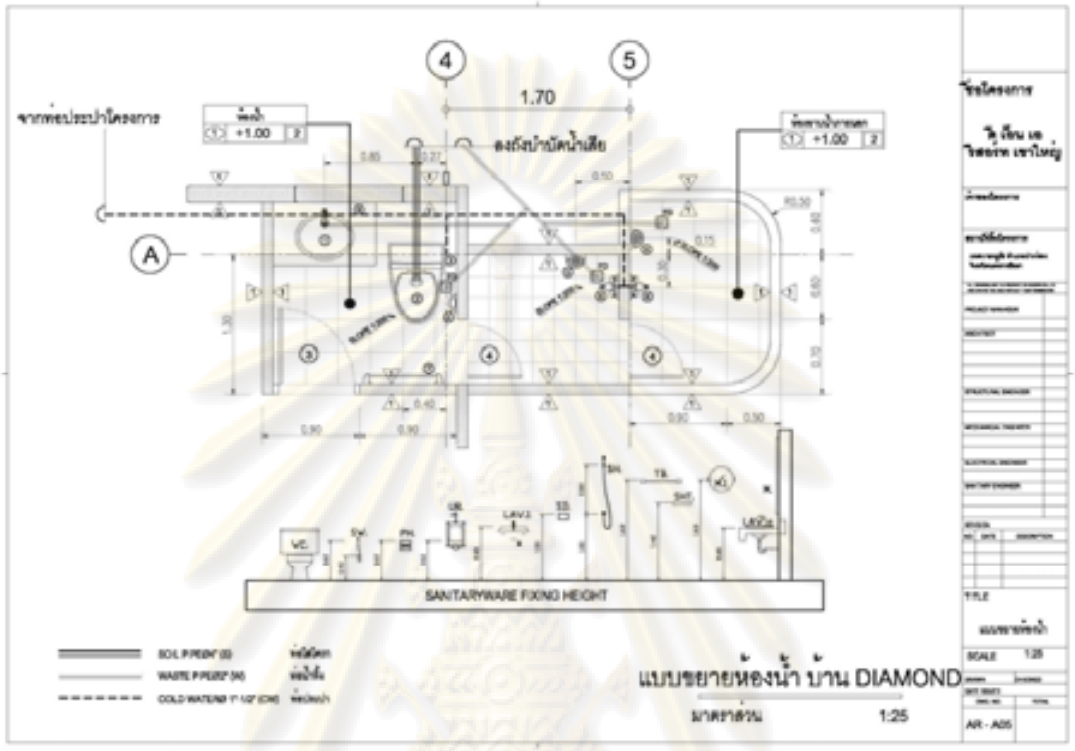
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

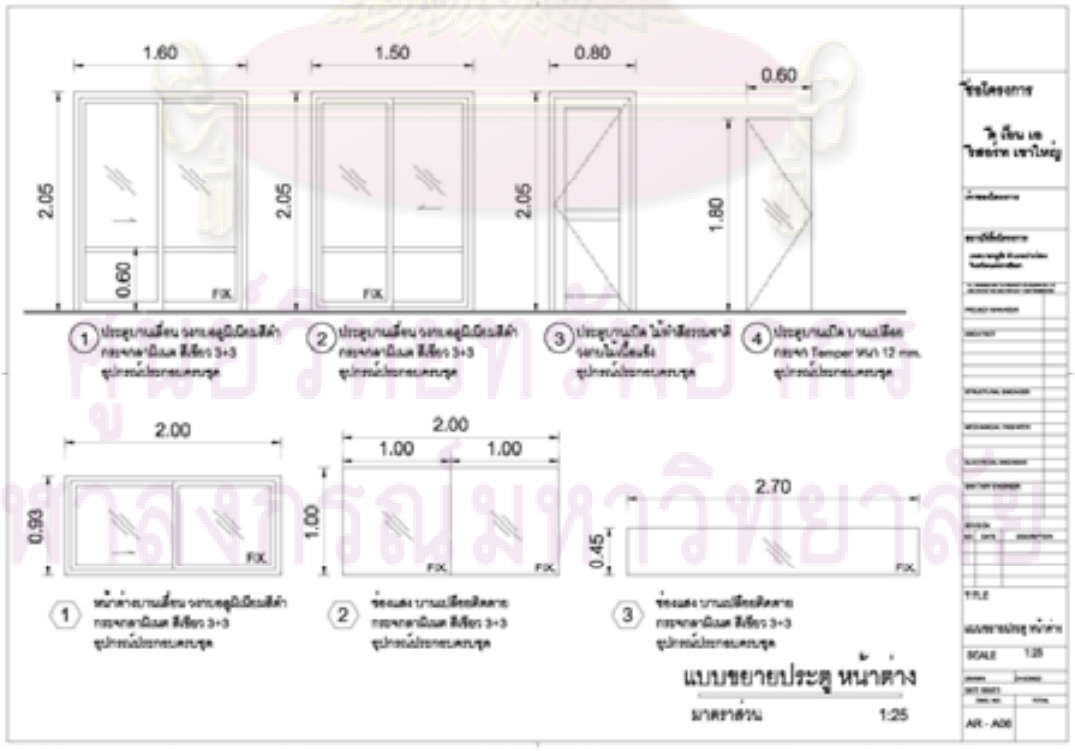
แบบสถาปัตยกรรมบ้านทรงไดมอนด์ (Diamond)



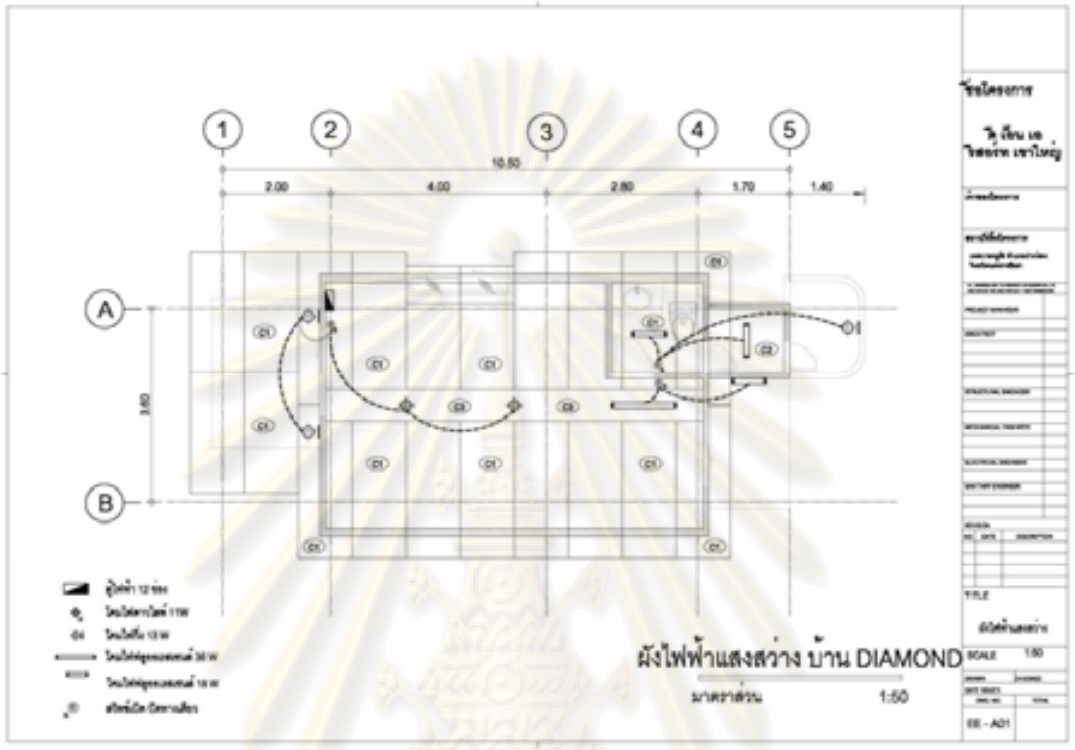


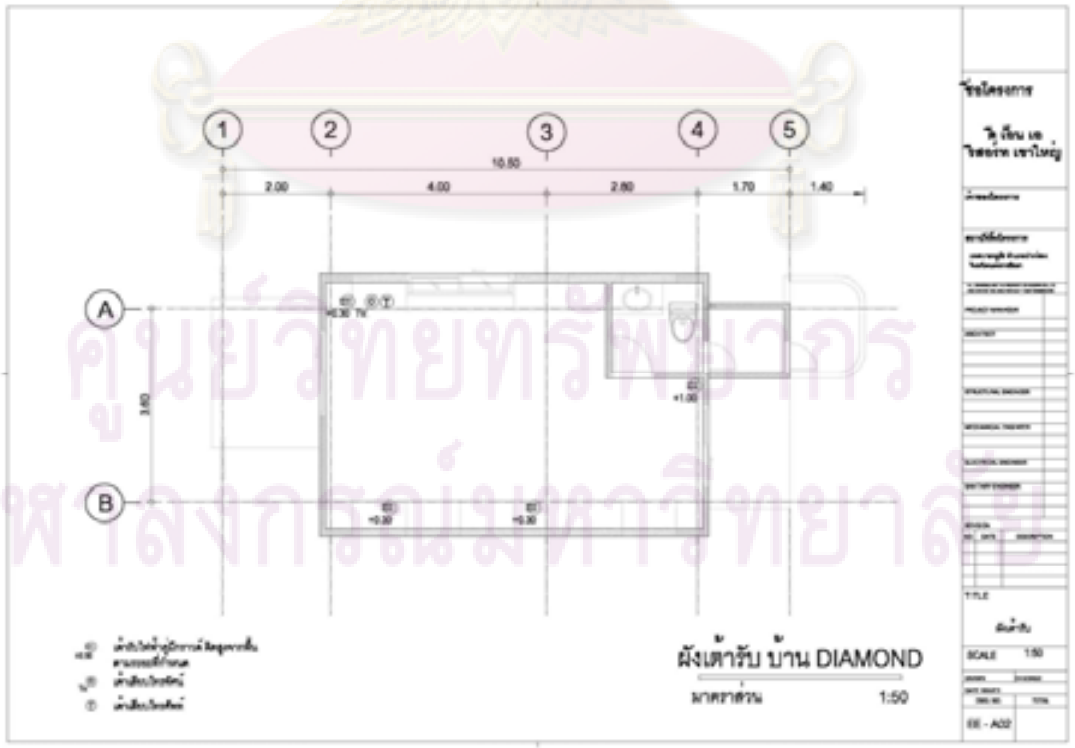
แบบสถาปัตยกรรมบ้านทรงไดมอนด์ (Diamond)





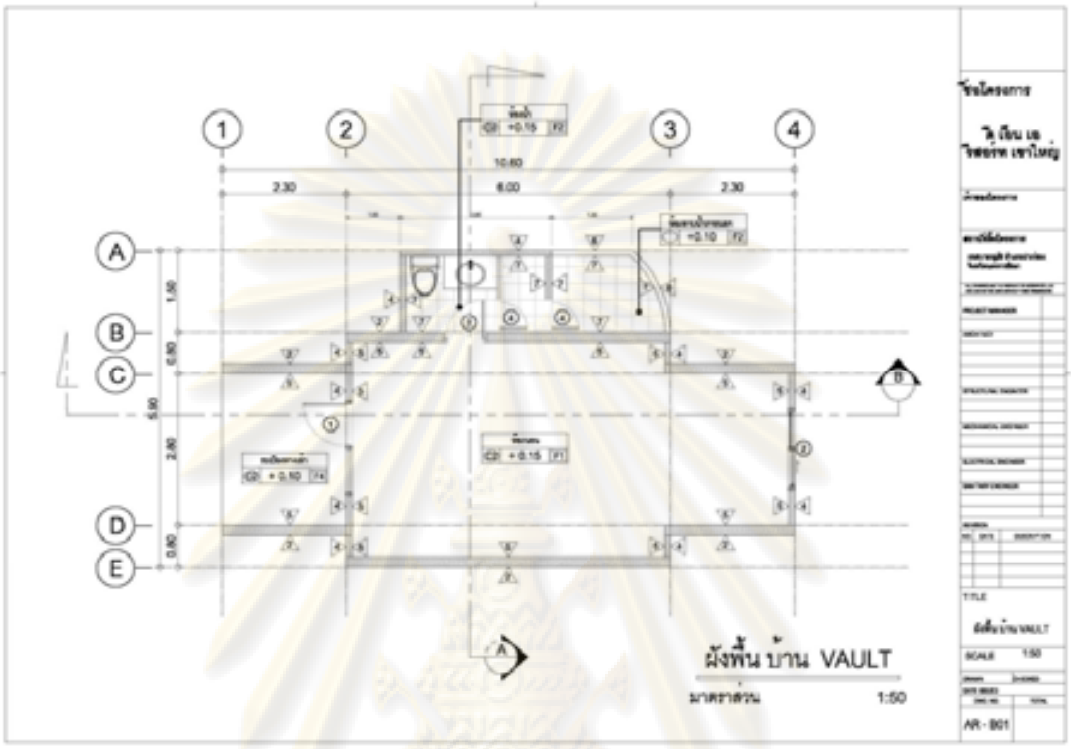
แบบสถาปัตยกรรมบ้านทรงไดมอนด์ (Diamond)

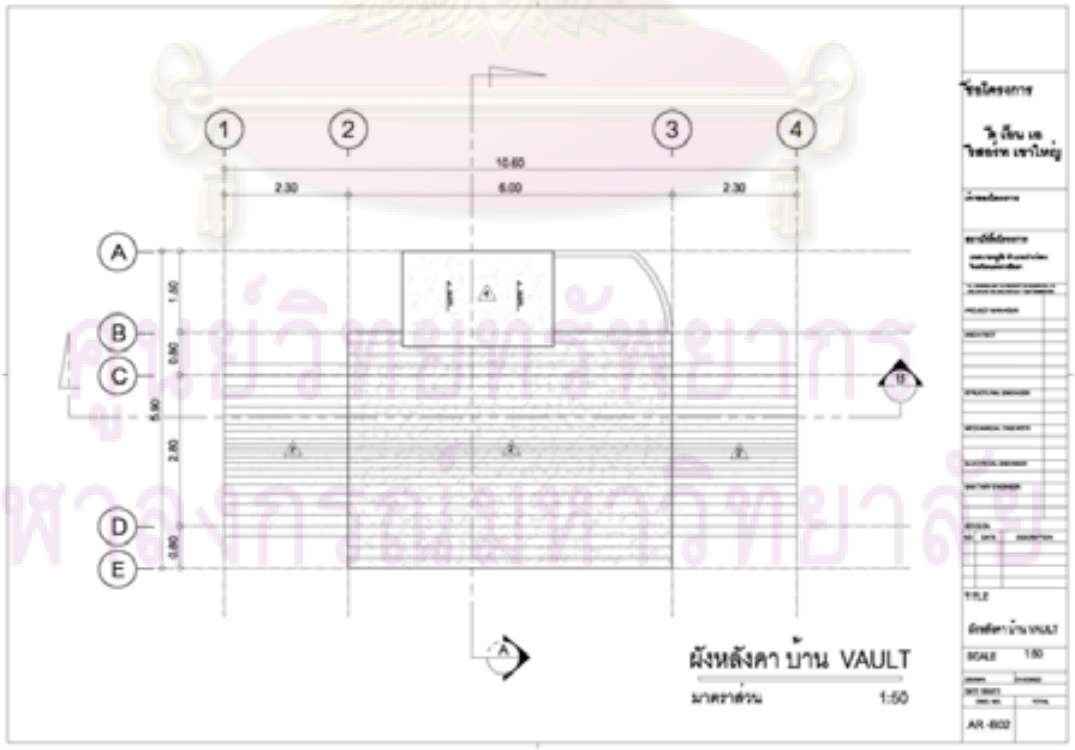




ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

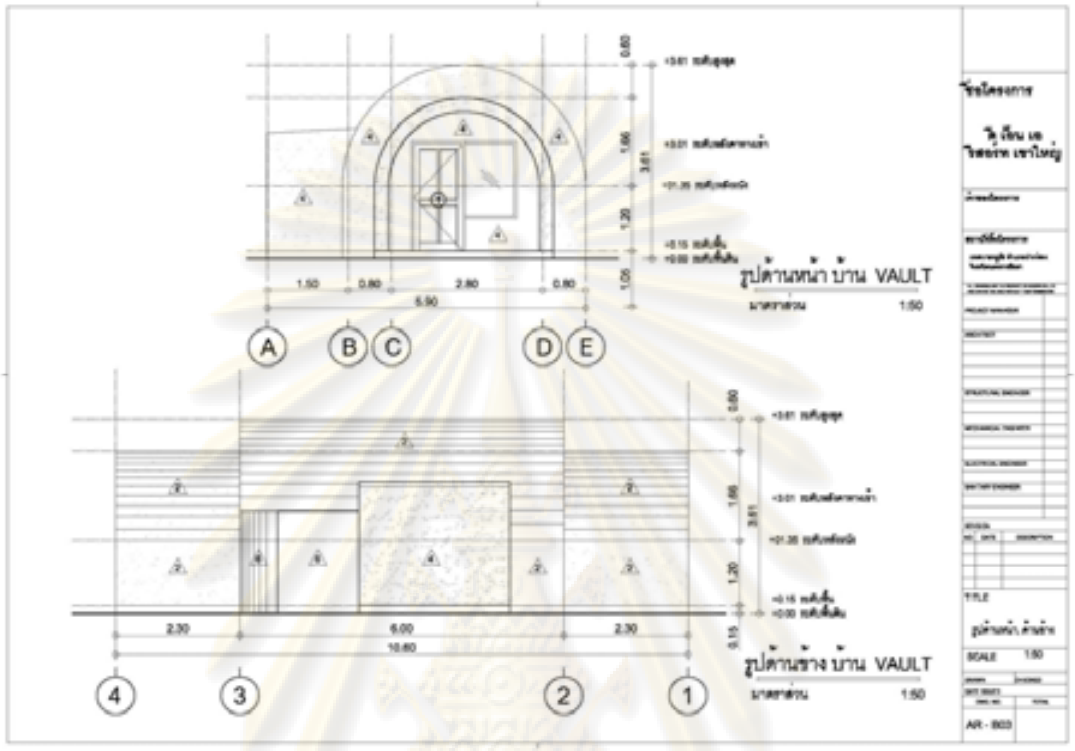
แบบสถาปัตยกรรมบ้านทรงโวล์ท (Vault)

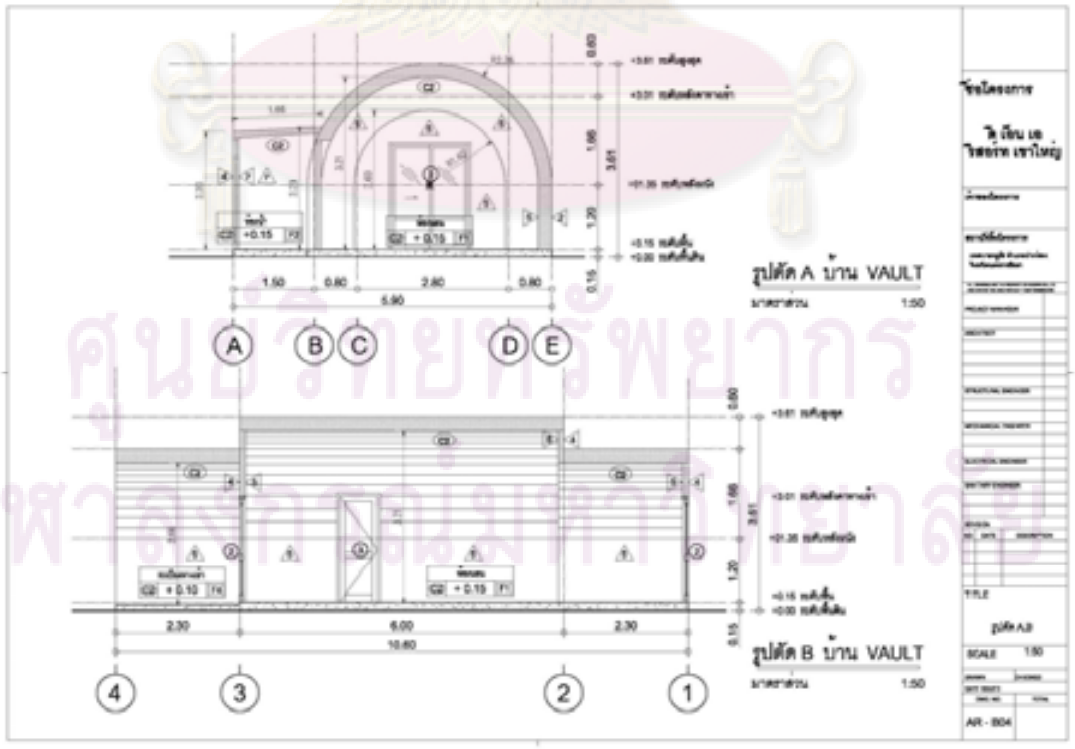




ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

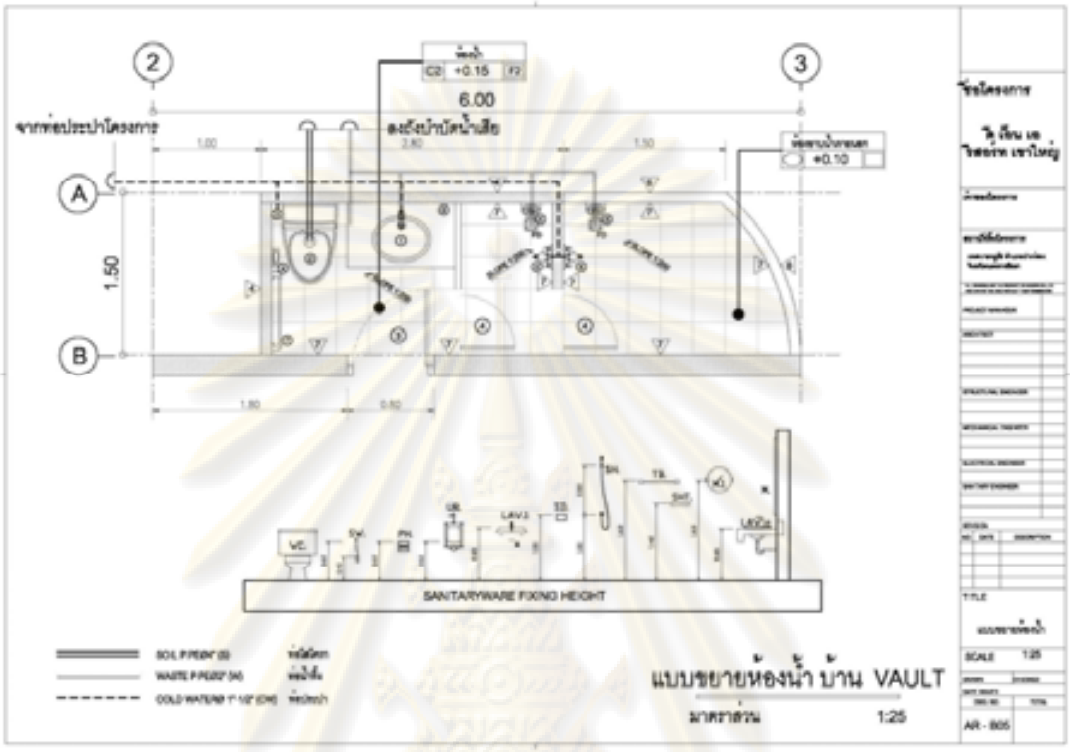
แบบสถาปัตยกรรมบ้านทรงโวล์ท (Vault)

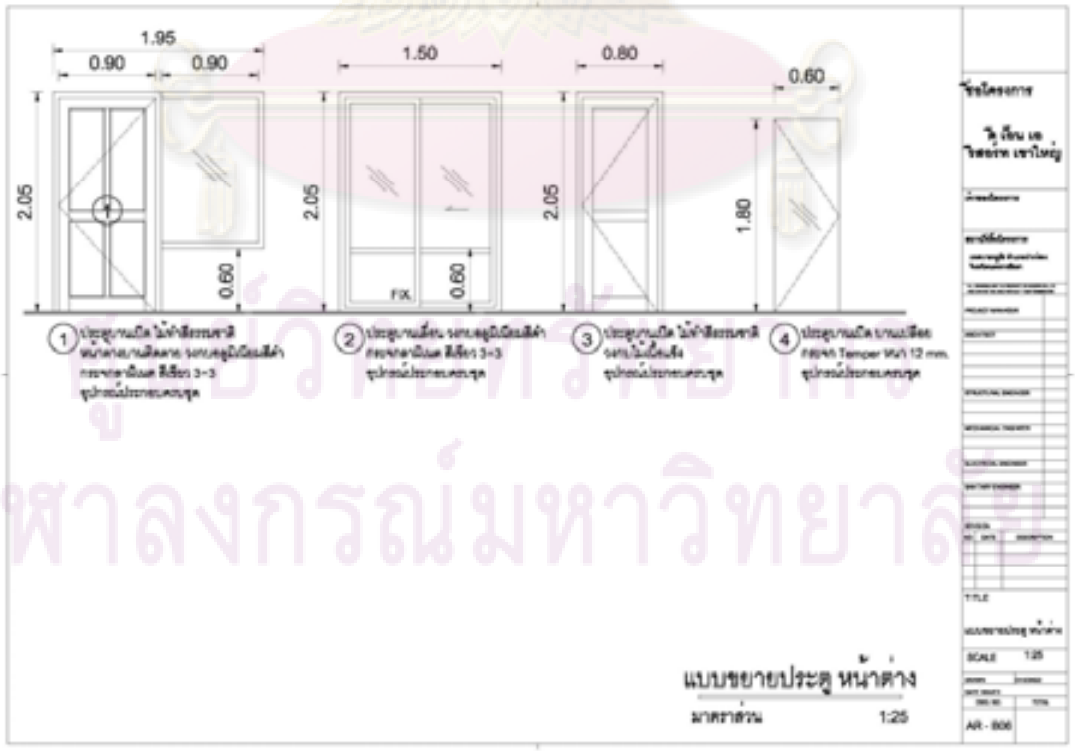




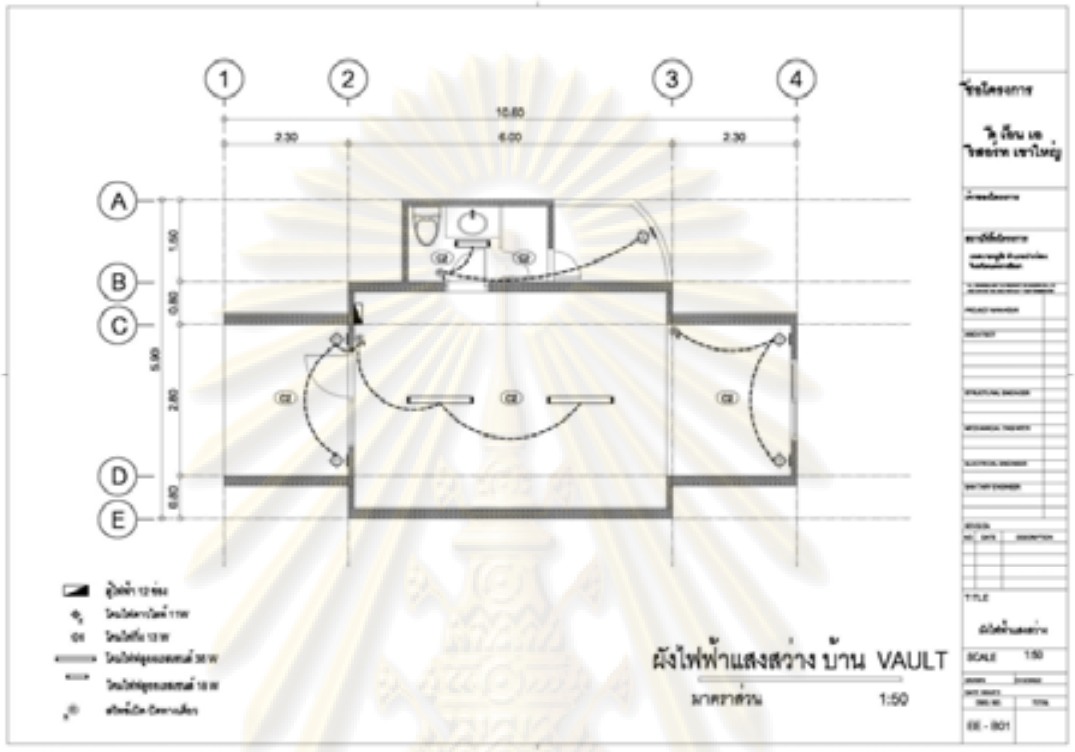
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

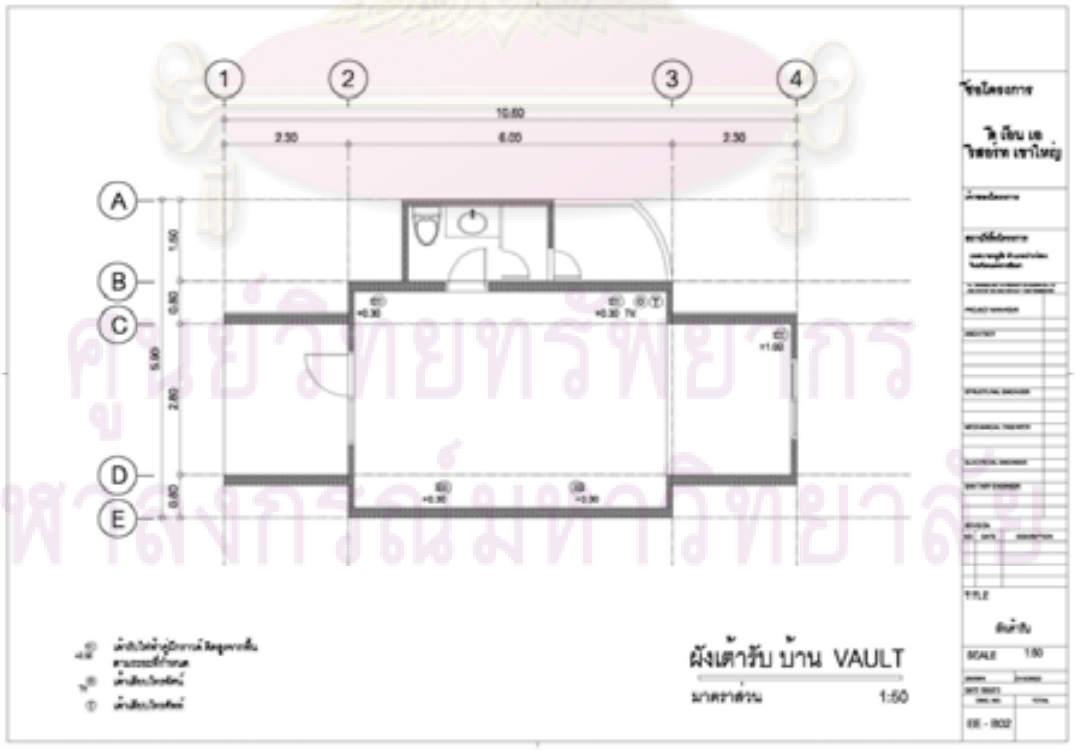
แบบสถาปัตยกรรมบ้านทรงโวล์ท (Vault)





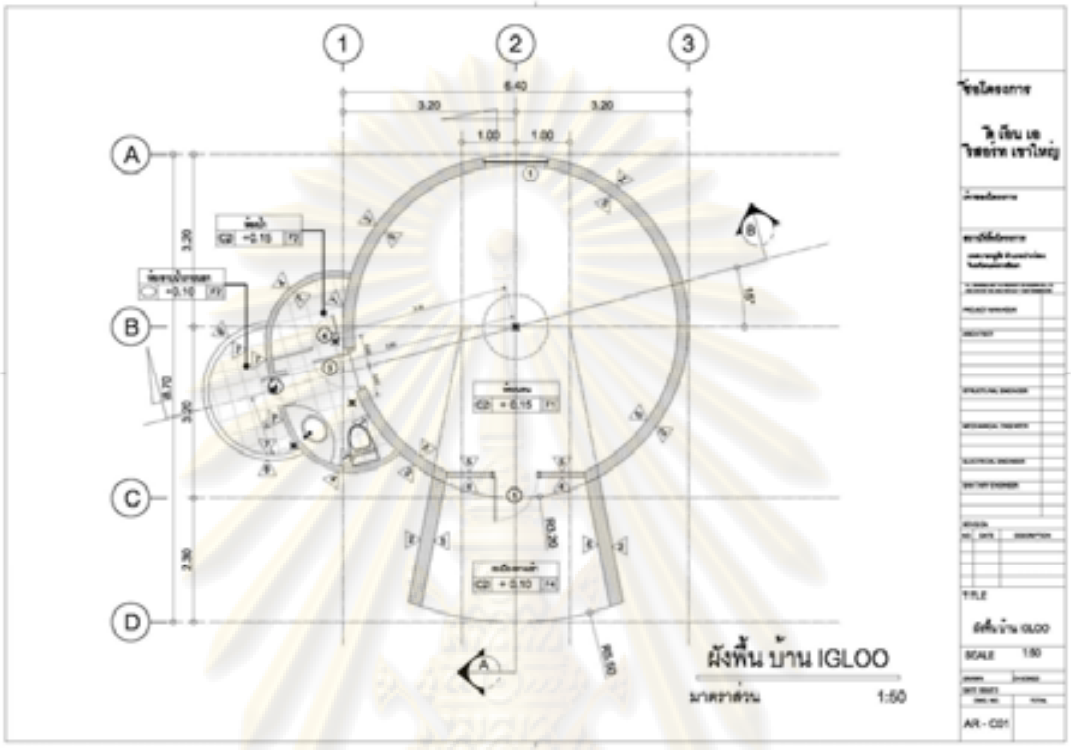
แบบสถาปัตยกรรมบ้านทรงโวล์ท (Vault)

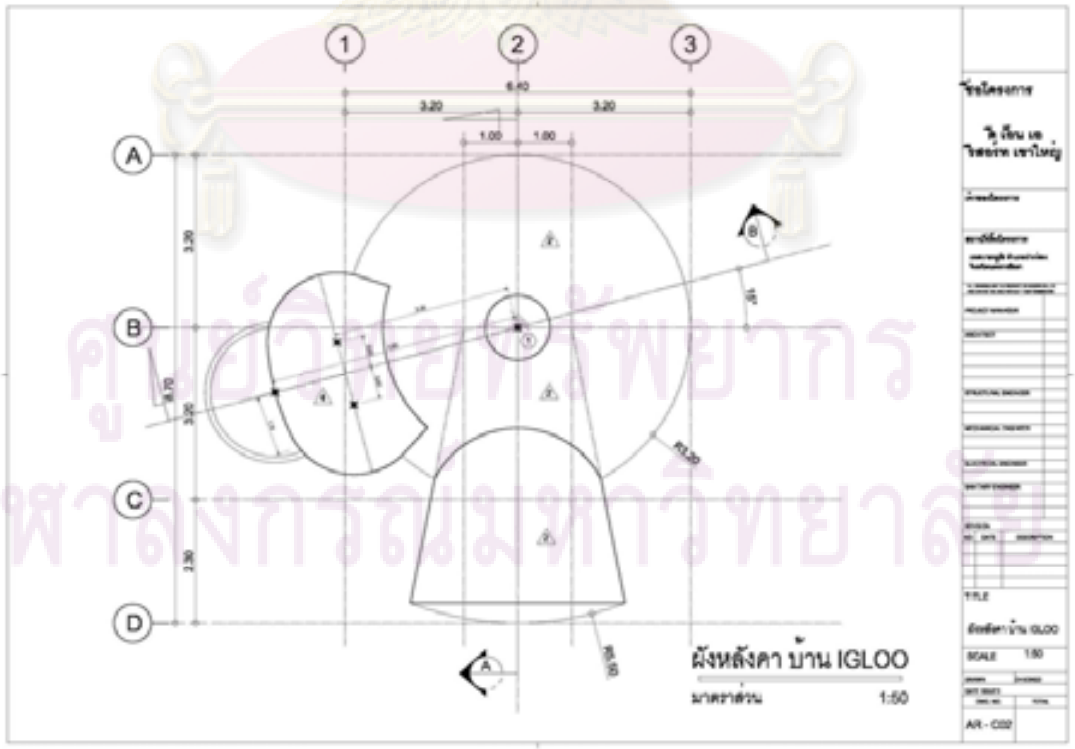




ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

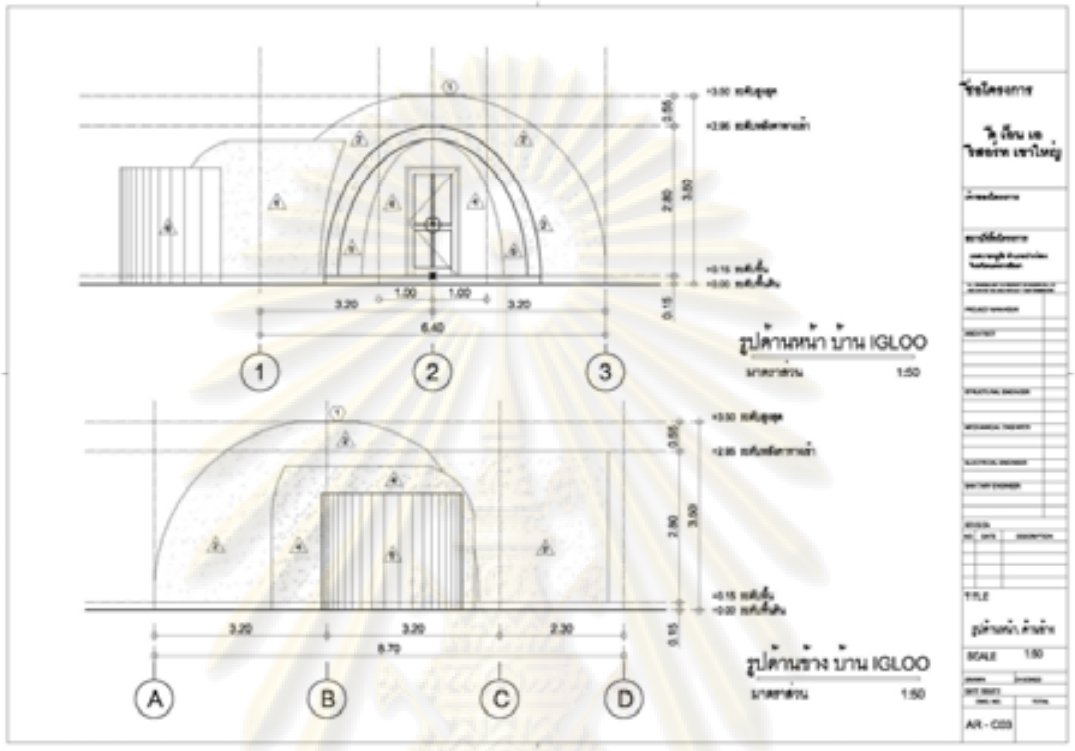
แบบสถาปัตยกรรมบ้านทรงโดม (Dome)

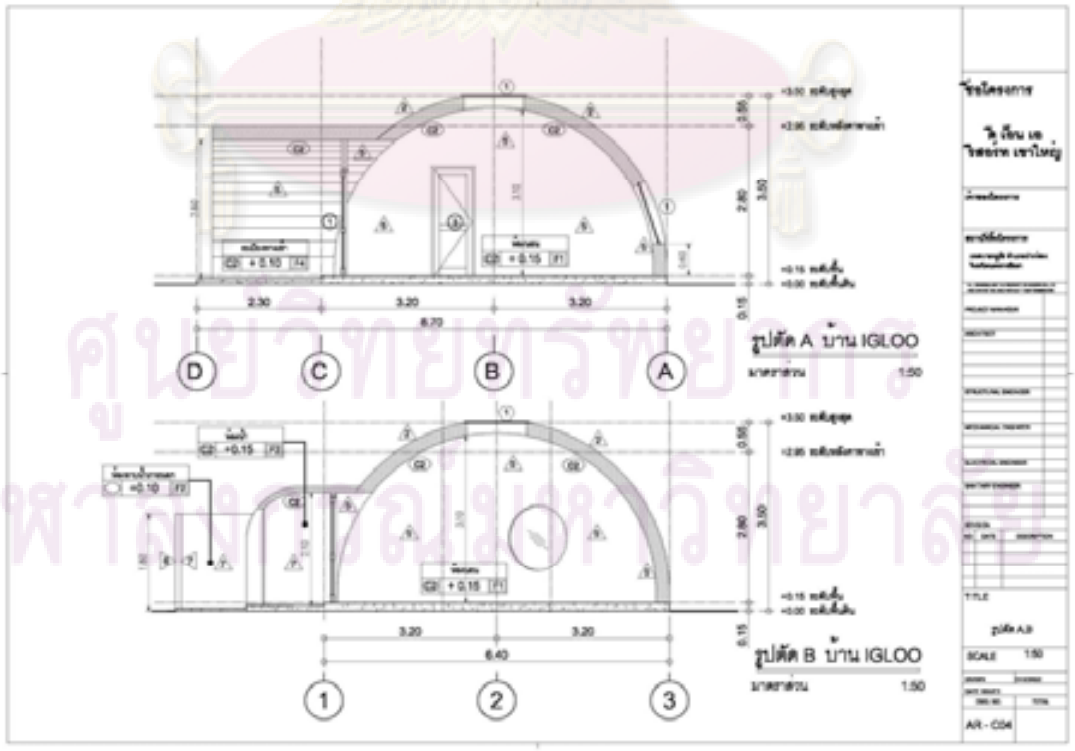




ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

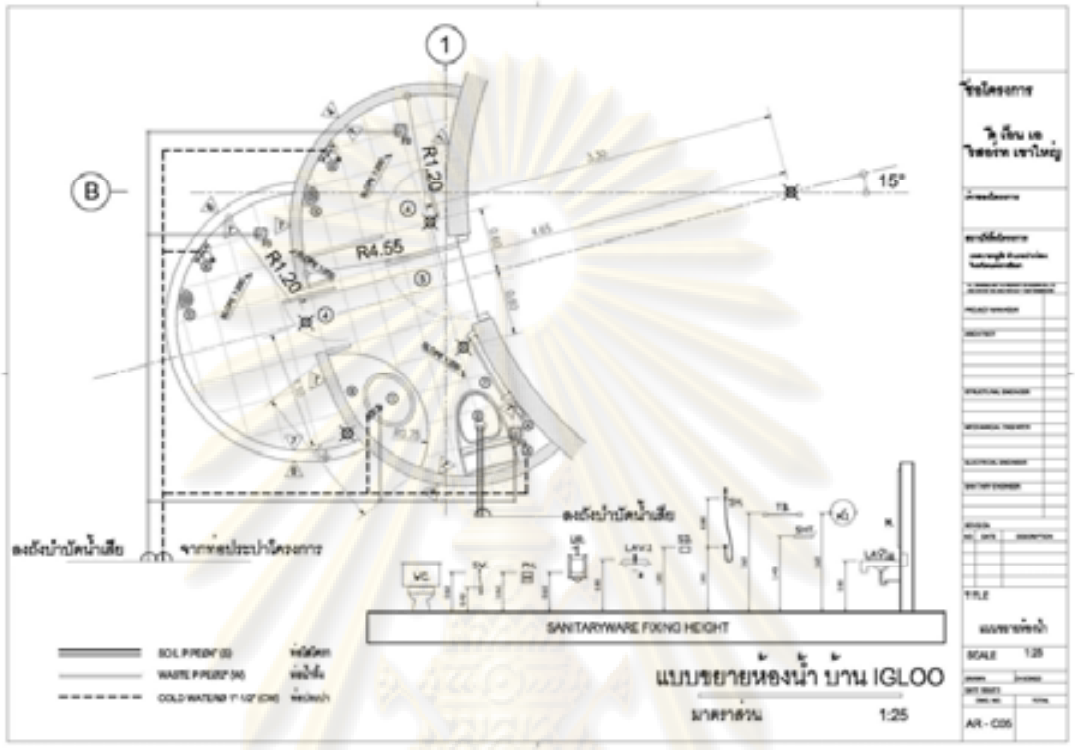
แบบสถาปัตยกรรมบ้านทรงโดม (Dome)

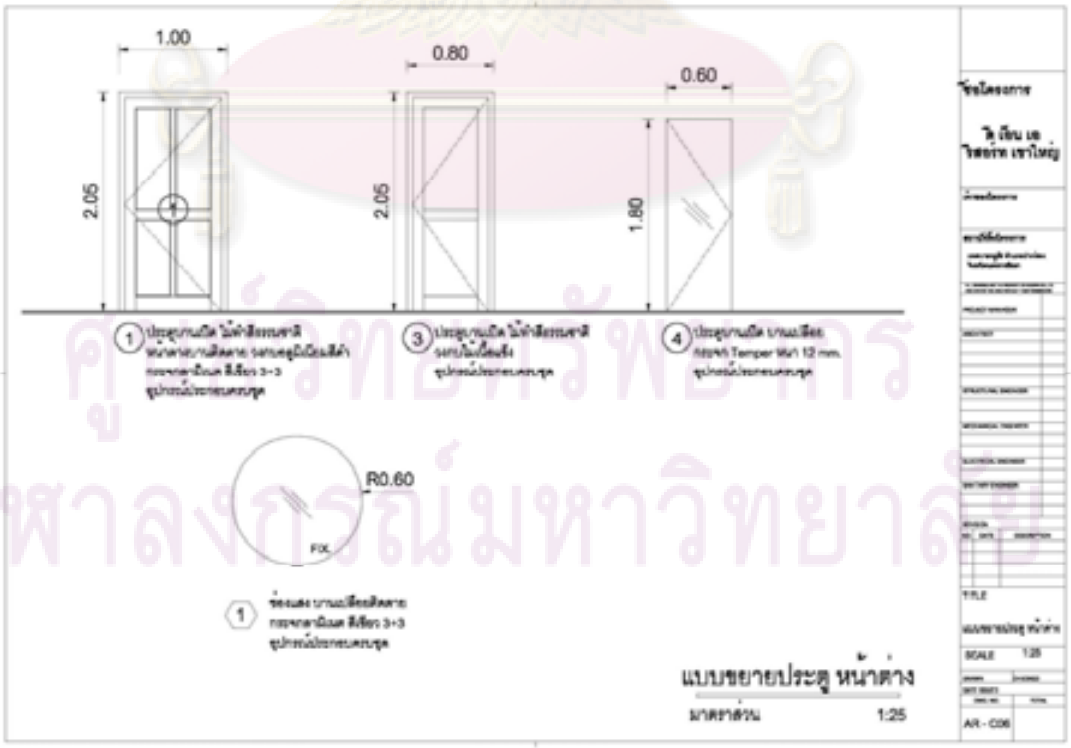




ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

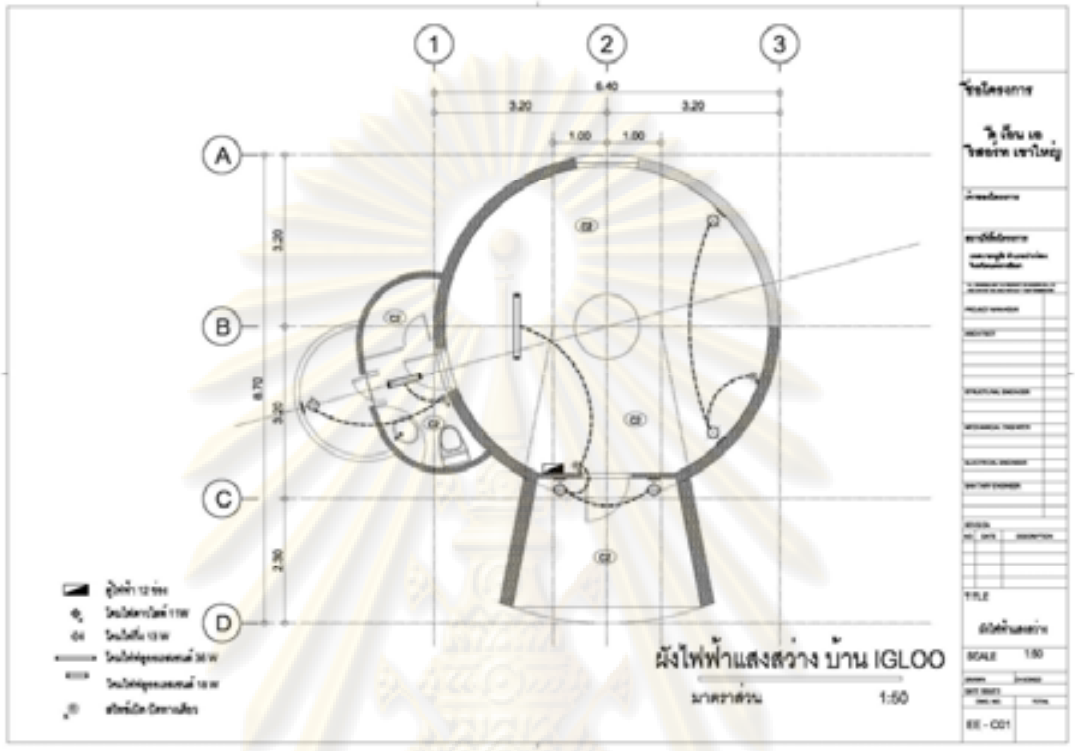
แบบสถาปัตยกรรมบ้านทรงโดม (Dome)

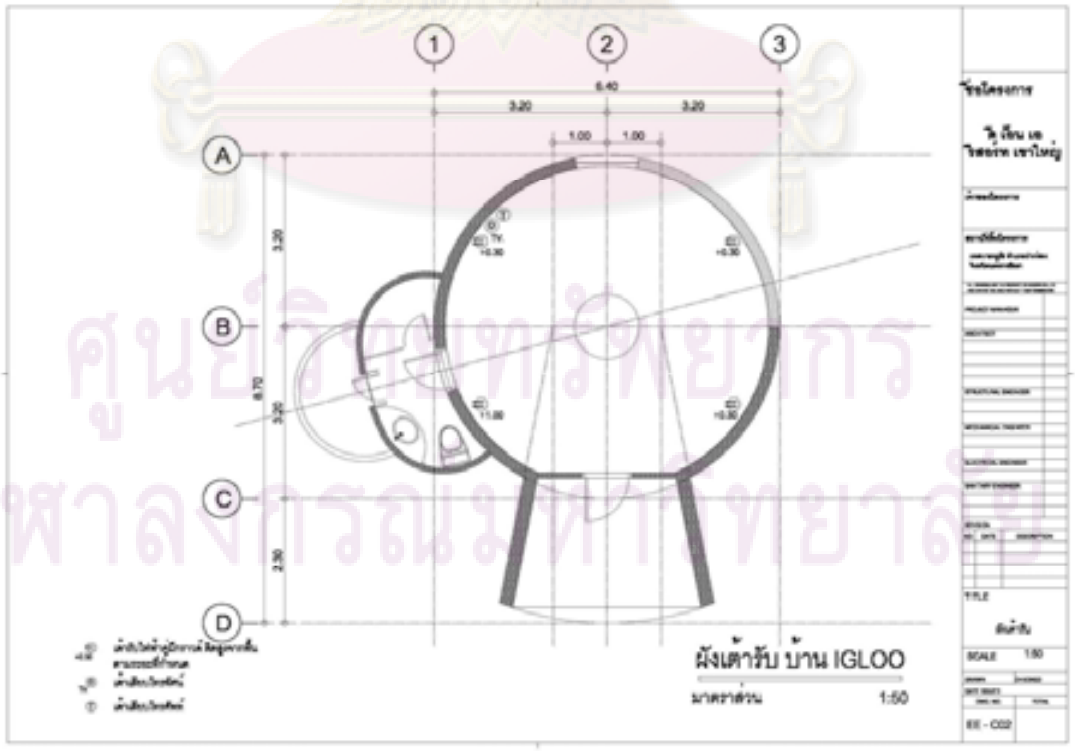




ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

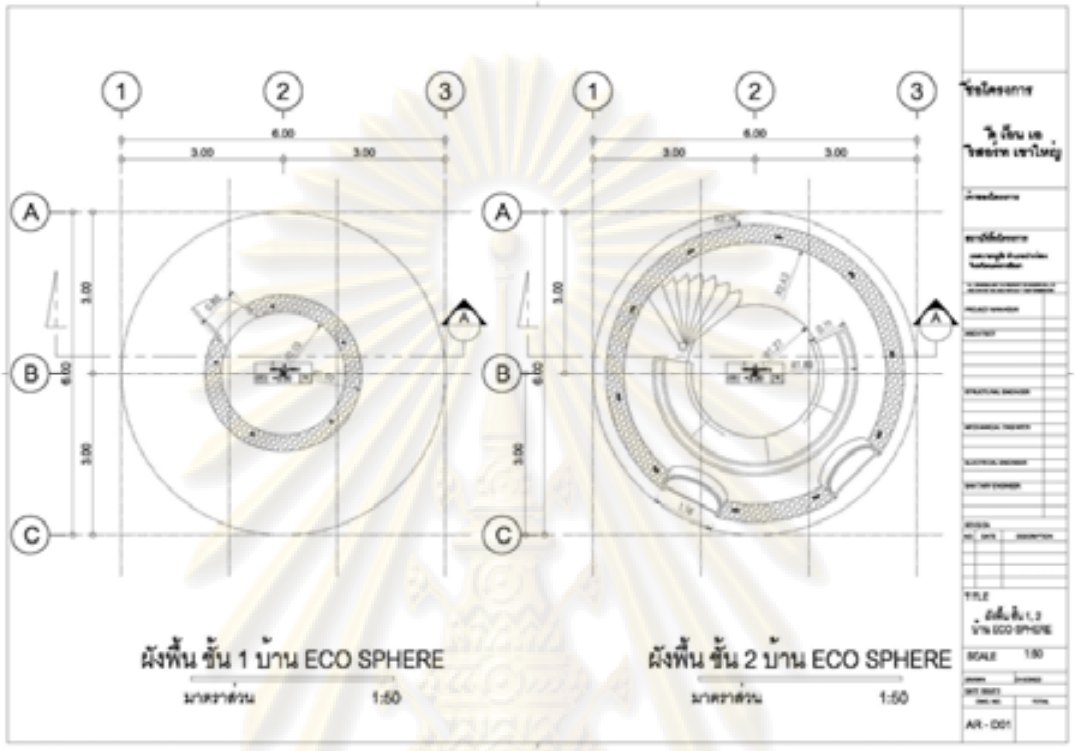
แบบสถาปัตยกรรมบ้านทรงโดม (Dome)

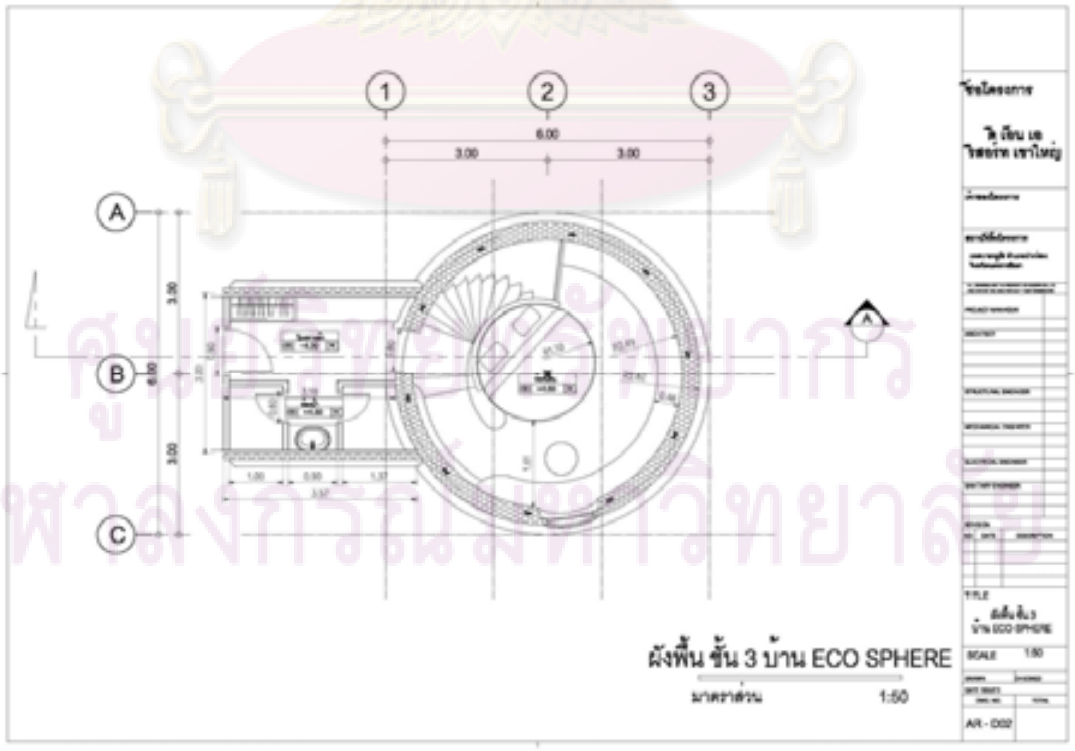




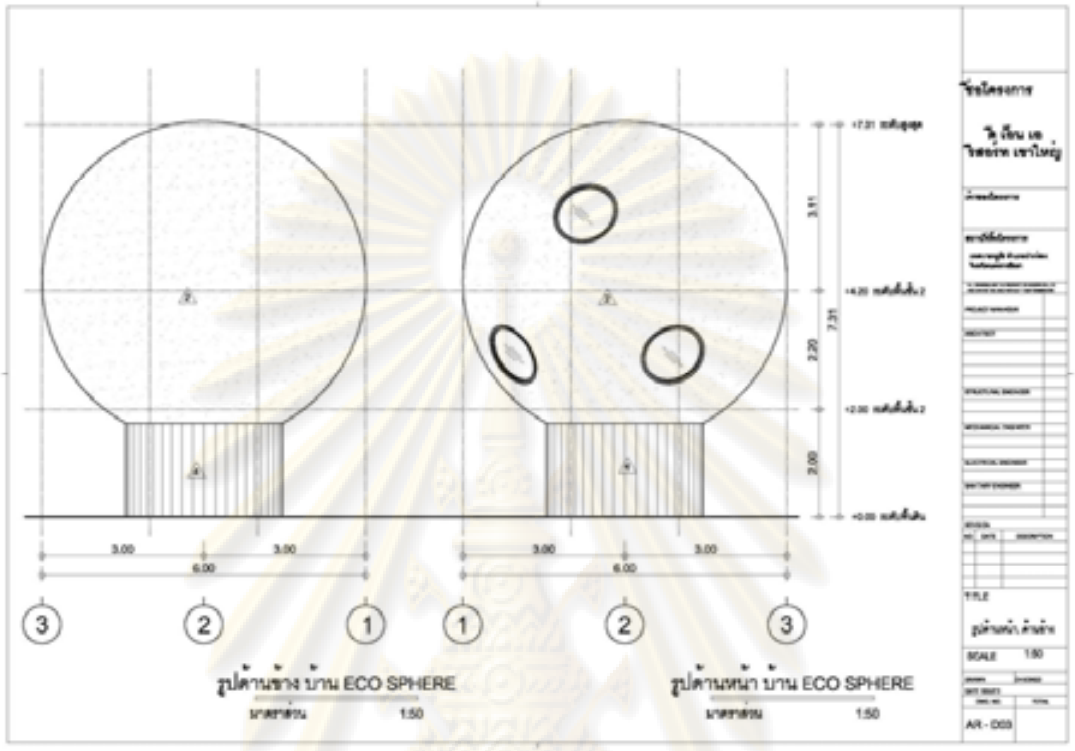
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

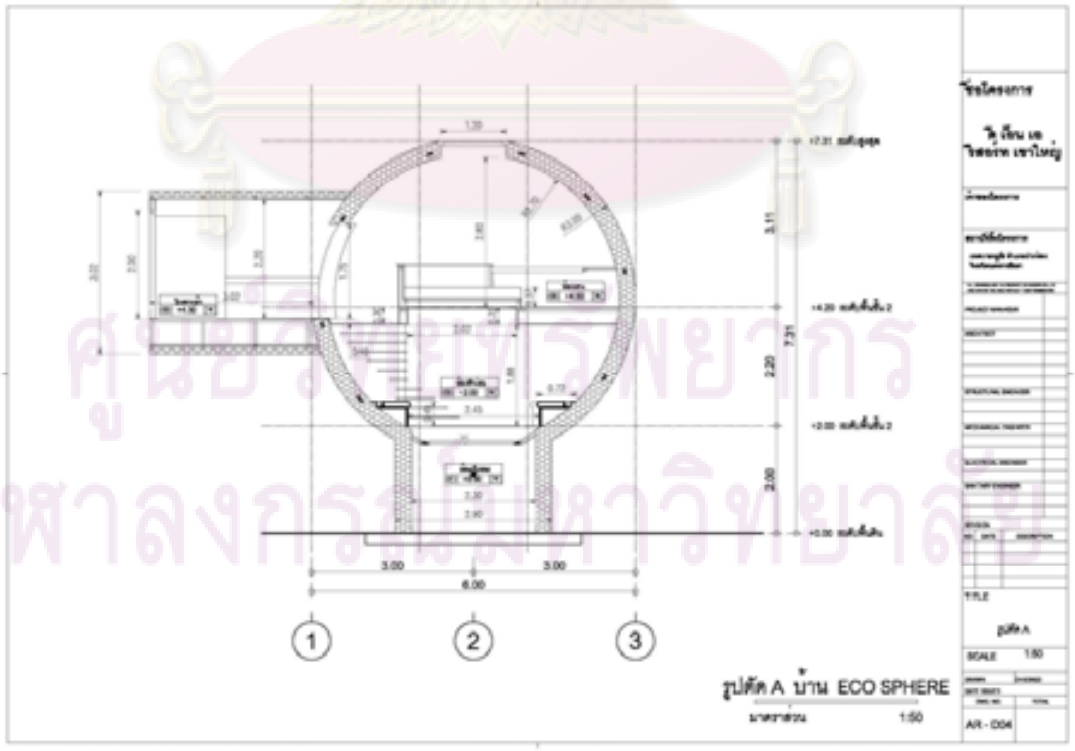
แบบสถาปัตยกรรมบ้านทรงสเฟียร์ (Sphere)





แบบสถาปัตยกรรมบ้านทรงสเฟียร์ (Sphere)





ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

สรุปราคาค่าก่อสร้างอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จ.ชุมพร

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น (%)	คิดเป็น (บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	143,893.00	29,889.50	173,782.50	29.59	4,454.99
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	92,248.00	16,124.50	108,372.50	18.46	2,778.17
งานโครงสร้างเหล็ก	51,645.00	13,765.00	65,410.00	11.14	1,676.81
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	99,130.00	36,350.00	135,480.00	23.07	3,473.09
งานผนังภายนอกอาคาร	32,560.00	21,120.00	53,680.00	9.14	1,376.11
งานหลังคา	30,070.00	6,730.00	36,800.00	6.27	943.38
งานประตู-หน้าต่าง	36,500.00	8,500.00	45,000.00	7.66	1,153.59
หมวดงานสถาปัตยกรรม	91,660.00	29,922.00	121,582.00	20.71	3,116.81
งานผนังภายในอาคาร	17,220.00	6,000.00	23,220.00	3.95	595.25
งานผิวพื้น	20,280.00	7,131.00	27,411.00	4.67	702.69
งานฝ้าเพดาน	29,820.00	7,152.00	36,972.00	6.30	947.79
งานสุขภัณฑ์	12,450.00	1,169.00	13,619.00	2.32	349.13
งานอื่น	11,890.00	8,470.00	20,360.00	3.47	521.94
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	139,458.00	16,902.00	156,360.00	26.63	4,008.35
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	3,300.00	1,220.00	4,520.00	0.77	115.87
งานระบบน้ำประปา	10,475.00	1,374.00	11,849.00	2.02	303.75
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	17,683.00	4,308.00	21,991.00	3.75	563.75
งานระบบปรับอากาศ	108,000.00	10,000.00	118,000.00	20.10	3,024.98
รวม	474,141.00	113,063.50	587,204.50	100.00	15,053.23
ค่าอำนวยการ	22 %		129,185.0		
รวมเป็นมูลค่า			716,389.5		
ค่าออกแบบ	2 %		14,327.8		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			730,717.3		
คิดเป็นราคา ต่อพื้นที่ใช้สอย	48 ตร.ม.		15,223.28	บาท/ตร.ม.	

หมายเหตุ

- ราคาค่าวัสดุ อ้างอิงจากราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ และราคาจากผู้ผลิตวัสดุ ปี พ.ศ. 2551
- ราค่าแรง อ้างอิงจาก หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง และราคาจากผู้ผลิตและติดตั้ง ปี พ.ศ. 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จ.ชุมพร (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
1	**หมวดงานโครงสร้าง**				143,893		29,890	173,783
a	**งานโครงสร้าง ค.ส.ล.**				92,248		16,125	108,373
	ขุดดิน	1.0	ลบ.ม.	-	-	94	94	94
	ทรายหยาบรองพื้น(บดอัดแน่น)	2.5	ลบ.ม.	360	900	63	158	1,058
	พลาสติกใส กันชื้น(10 ม.)	4.0	ม้วน	190	760	-	-	760
	เหล็กเสริม wire mesh 4 mm. #0.20	30.0	ตร.ม.	46	1,380	5	150	1,530
	คอนกรีตผสมเสร็จ	12.5	ลบ.ม.	2,510	31,375	274	3,425	34,800
	แผ่นพื้นสำเร็จรูป	30.0	ตร.ม.	225	6,750	30	900	7,650
	ไม้แบบ	88.0	ตร.ม.	162	14,256	100	8,800	23,056
	ตะปู	21.0	กก.	45	945	-	-	945
	เหล็กเสริม SR - 24 Dia 6 มม.	145.0	กก.	40	5,800	3	435	6,235
	เหล็กเสริม SR - 24 Dia 9 มม.	194.0	กก.	40	7,760	3	582	8,342
	เหล็กเสริม SD - 30 Dia 12 มม.	261.0	กก.	40	10,440	3	783	11,223
	เหล็กเสริม SD - 30 Dia 16 มม.	266.0	กก.	40	10,640	3	798	11,438
	ลวดผูกเหล็ก	27.0	กก.	46	1,242	-	-	1,242
b	**งานโครงสร้างเหล็ก**				51,645		13,765	65,410
	L - 25x25x3.0 mm. (1.12 kg/m)	198.0	กก.	37	7,326	9.0	1,782	9,108
	C - 100x50x20x3.2 mm. (5.50 kg/m)	549.0	กก.	37	20,313	9.0	4,941	25,254
	C - 125x50x20x 3.2 mm. (6.13 kg/m)	588.0	กก.	37	21,756	9.0	5,292	27,048
	ทาสีกันสนิม	50.0	ตร.ม.	45	2,250	35	1,750	4,000
2	**หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก**				99,130		36,350	135,480
a	**งานผนังภายนอกอาคาร**				32,560		21,120	53,680
	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	94.0	ตร.ม.	160	15,040	80	7,520	22,560
	เสาเอ็นและทับหลัง คสล.	61.0	ม.	120	7,320	-	-	7,320
	ผนังฉาบปูนเรียบ	170.0	ตร.ม.	60	10,200	80	13,600	23,800
b	**งานหลังคา**				30,070		6,730	36,800
	กระเบื้องซีแพคโมเนียมสีน้ำตาล	100.0	ตร.ม.	250	25,000	40	4,000	29,000
	เชิงชายไม้สังเคราะห์ ขนาด 1" x 8"	39.0	ม.	70	2,730	35	1,365	4,095
	ปิดลอนไม้สังเคราะห์ ขนาด 1" x 6"	39.0	ม.	60	2,340	35	1,365	3,705
c	**งานประตู-หน้าต่าง**				36,500		8,500	45,000
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.90x2.00)	2.0	ชุด	3,500	7,000	1,200	2,400	9,400
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (080x2.00)	2.0	ชุด	3,000	6,000	1,200	2,400	8,400
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.70x2.00)	1.0	ชุด	2,500	2,500	1,200	1,200	3,700
	หน้าต่างบานเปิดคู่อลูมิเนียม กระจกใส หนา 3 มม. พร้อมอุปกรณ์(1.20x1.00)	4.0	ชุด	4,500	18,000	500	2,000	20,000
	หน้าต่างบานเกล็ดอลูมิเนียม กระจกใส พร้อมอุปกรณ์(1.20x0.90)	1.0	ชุด	1,500	1,500	250	250	1,750
	หน้าต่างบานเกล็ดอลูมิเนียม กระจกใส พร้อมอุปกรณ์(0.60x1.20)	1.0	ชุด	1,500	1,500	250	250	1,750
3	**หมวดงานสถาปัตยกรรม**				91,660		29,922	121,582
a	**งานผนังภายในอาคาร**				17,220		6,000	23,220
	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	6.0	ตร.ม.	160	960	80	480	1,440
	ผนังฉาบปูนเรียบ	6.0	ตร.ม.	60	360	80	480	840

ตารางที่ ค-1 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จ.ชุมพร (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
	ผนังยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดธรรมดา 2 ด้าน ฉาบเรียบ โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	18.0	ตร.ม.	350	6,300	120	2,160	8,460
	บุกระเบื้องเซรามิค	24.0	ตร.ม.	400	9,600	120	2,880	12,480
b	**งานผิวพื้น**				20,280		7,131	27,411
	กระเบื้องเซรามิค 0.50x0.50 ม.	30.0	ตร.ม.	450	13,500	150	4,500	18,000
	กระเบื้องเซรามิค 0.30x0.30 ม. กันลื่น	8.0	ตร.ม.	400	3,200	150	1,200	4,400
	กระเบื้องเซรามิค 12"X12" ผสมน้ำยากันซึม	4.0	ตร.ม.	400	1,600	150	600	2,200
	พื้นผิวขัดมันเรียบ	6.0	ตร.ม.	55	330	45	270	600
	บัวพื้น กระเบื้องยาง	33.0	ม.	50	1,650	17	561	2,211
c	**งานฝ้าเพดาน**				29,820		7,152	36,972
	ฝ้ายิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. โครงเคร่าเหล็กเคลือบสี ทีบาร์ # 0.60 ม.	30.0	ตร.ม.	180	5,400	50	1,500	6,900
	ฝ้ายิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.ชนิดทนชื้น ฉาบเรียบ โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	12.0	ตร.ม.	250	3,000	80	960	3,960
	ฝ้าไม้เนื้อแข็ง 1/2" x 2" ตีเว้นร่อง 5 มม. โครงเคร่าไม้เนื้อแข็ง 1 1/2" x 3" # 0.60 ม.	51.0	ตร.ม.	420	21,420	92	4,692	26,112
d	**งานสุขภัณฑ์**				12,450		1,169	13,619
	โถสุขภัณฑ์+สายชำระ+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	5,000	5,000	295	295	5,295
	อ่างล้างมือ+สะดือ+ท่อน้ำทิ้ง	1.0	ชุด	3,500	3,500	212	212	3,712
	ก๊อกอ่างล้างมือ+สายอ่อน+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	500	500	71	71	571
	ก๊อกน้ำ	3.0	ชุด	250	750	71	213	963
	ฝักบัว+ก๊อกฝังผนัง	1.0	ชุด	1,200	1,200	71	71	1,271
	ที่ใส่กระดาษชำระ	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	ที่ใส่สบู่	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	ราวแขวนผ้า	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	กระจกเงา	1.0	ชุด	750	750	94	94	844
e	**งานอื่น**				11,890		8,470	20,360
	งานทาสีภายใน	142.0	ตร.ม.	45	6,390	35	4,970	11,360
	งานทาสีภายนอก	100.0	ตร.ม.	55	5,500	35	3,500	9,000
4	**หมวดงานระบบประกอบอาคาร**				139,458		16,902	156,360
a	**งานระบบบำบัดน้ำเสีย**				3,300		1,220	4,520
	บ่อเกรอะบ่อซึม ศก.1.00 ม. 3 ชั้น	1	จุด	1,600	1,600	500	500	2,100
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 1" และอุปกรณ์	1	เหมา	100	100	100	100	200
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 2" และอุปกรณ์	1	เหมา	950	950	400	400	1,350
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 4" และอุปกรณ์	1	เหมา	400	400	100	100	500
	FD. ระบายน้ำทิ้งที่พื้น	1	จุด	250	250	120	120	370
b	**งานระบบน้ำประปา**				10,475		1,374	11,849
	ถังเก็บน้ำไฟเบอร์กลาส ความจุ 500 ลิตร	1.0	ชุด	4,600	4,600	300	300	4,900
	โครงสร้างถังเก็บน้ำ	1.0	เหมา	500	500	150	150	650
	ปั๊มน้ำ	1.0	เครื่อง	3,000	3,000	224	224	3,224
	มิเตอร์น้ำ 1/2"	1.0	ชุด	765	765	50	50	815
	วาล์วเปิด/ปิดน้ำ 1/2" (Gate Valve)	5.0	ตัว	232	1,160	50	250	1,410
	ท่อ P.V.C. ชั้น 13.5 ขนาด 1/2" และอุปกรณ์	1.0	เหมา	450	450	400	400	850

ตารางที่ ค-1 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านมั่นคง ชุมชนหลังสวน จ.ชุมพร (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
c	**งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**				17,683		4,308	21,991
	มิเตอร์ไฟ 15(45)A	1.0	ชุด	1,500	1,500	-	-	1,500
	แผงควบคุมไฟฟ้าย่อย 1 เฟส 12 ช่อง	1.0	ชุด	3,500	3,500	500	500	4,000
	ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ 1x36 W	2.0	จุด	675	1,350	-	-	1,350
	ดวงโคม Downlight 1x18 W	5.0	จุด	450	2,250	-	-	2,250
	สวิตช์เดี่ยว 16A , 250 V	9.0	จุด	447	4,023	224	2,016	6,039
	เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A , 250 V	6.0	จุด	689	4,134	224	1,344	5,478
	เต้ารับโทรศัพท์	1.0	จุด	450	450	224	224	674
	เต้ารับโทรทัศน์	1.0	จุด	476	476	224	224	700
d	**งานระบบปรับอากาศ**				108,000		10,000	118,000
	เครื่องปรับอากาศ แบบแขวนผนัง ขนาด 12,000 Btu/h	3.0	ชุด	24,000	72,000	2,500	7,500	79,500
	เครื่องปรับอากาศ แบบแขวนผนัง ขนาด 18,000 Btu/h	1.0	ชุด	36,000	36,000	2,500	2,500	38,500

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-2 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 (กรมโยธาธิการและผังเมือง)

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น (%)	คิดเป็น (บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	232,237.00	43,397.00	275,634.00	33.55	4,777.01
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	167,784.00	26,276.00	194,060.00	23.62	3,363.25
งานโครงสร้างเหล็ก	64,453.00	17,121.00	81,574.00	9.93	1,413.76
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	138,300.00	40,720.00	179,020.00	21.79	3,102.59
งานผนังภายนอกอาคาร	31,200.00	18,960.00	50,160.00	6.11	869.32
งานหลังคา	40,600.00	8,710.00	49,310.00	6.00	854.59
งานประตู-หน้าต่าง	66,500.00	13,050.00	79,550.00	9.68	1,378.68
หมวดงานสถาปัตยกรรม	124,455.00	47,656.00	172,111.00	20.95	2,982.85
งานผนังภายในอาคาร	22,920.00	12,680.00	35,600.00	4.33	616.98
งานผิวพื้น	29,760.00	10,424.00	40,184.00	4.89	696.43
งานฝ้าเพดาน	41,380.00	10,148.00	51,528.00	6.27	893.03
งานสุขภัณฑ์	12,450.00	1,169.00	13,619.00	1.66	236.03
งานอื่น	17,945.00	13,235.00	31,180.00	3.80	540.38
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	174,208.00	20,474.00	194,682.00	23.70	3,374.03
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	3,850.00	1,420.00	5,270.00	0.64	91.33
งานระบบน้ำประปา	10,825.00	1,574.00	12,399.00	1.51	214.89
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	21,533.00	4,980.00	26,513.00	3.23	459.50
งานระบบปรับอากาศ	138,000.00	12,500.00	150,500.00	18.32	2,608.31
รวม	669,200.00	152,247.00	821,447.00	100.00	14,236.49
ค่าอำนวยการ	22 %		180,718.3		
รวมเป็นมูลค่า			1,002,165.3		
ค่าออกแบบ	2 %		20,043.3		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			1,022,208.6		
คิดเป็นราคา ต่อพื้นที่ใช้สอย	71 ตร.ม.		14,397.30	บาท/ตร.ม.	

หมายเหตุ

- ราคาค่าวัสดุ อ้างอิงจากราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ และราคาจากผู้ผลิตวัสดุ ปี พ.ศ. 2551
- ราค่าแรง อ้างอิงจาก หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง และราคาจากผู้ผลิตและติดตั้ง ปี พ.ศ. 2551

ตารางที่ ค-2 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
1	**หมวดงานโครงสร้าง**				232,237		43,397	275,634
a	**งานโครงสร้าง ค.ส.ล.**				167,784		26,276	194,060
	ขุดดิน	23.0	ลบ.ม.	-	-	94	2,162	2,162
	ทรายหยาบรองพื้น(บดอัดแน่น)	26.0	ลบ.ม.	360	9,360	63	1,638	10,998
	พลาสติกใส กันชื้น(10 ม.)	4.0	ม้วน	190	760	-	-	760
	เหล็กเสริม wire mesh 4 mm. #0.20	45.0	ตร.ม.	46	2,070	5	225	2,295
	คอนกรีตผสมเสร็จ	26.0	ลบ.ม.	2,510	65,260	274	7,124	72,384
	แผ่นพื้นสำเร็จรูป	45.0	ตร.ม.	225	10,125	30	1,350	11,475
	ไม้แบบ	91.0	ตร.ม.	162	14,742	100	9,100	23,842
	ตะปู	21.0	กก.	45	945	-	-	945
	เหล็กเสริม SR - 24 Dia 6 มม.	329.0	กก.	40	13,160	3	987	14,147
	เหล็กเสริม SR - 24 Dia 9 มม.	424.0	กก.	40	16,960	3	1,272	18,232
	เหล็กเสริม SD - 30 Dia 12 มม.	273.0	กก.	40	10,920	3	819	11,739
	เหล็กเสริม SD - 30 Dia 16 มม.	533.0	กก.	40	21,320	3	1,599	22,919
	ลวดผูกเหล็ก	47.0	กก.	46	2,162	-	-	2,162
b	**งานโครงสร้างเหล็ก**				64,453		17,121	81,574
	L - 25x25x3.0 mm. (1.12 kg/m)	332.0	กก.	37	12,284	9.0	2,988	15,272
	C - 100x50x20x3.2 mm. (5.50kg/m)	515.0	กก.	37	19,055	9.0	4,635	23,690
	C - 125x50x20x3.2 mm. (6.13kg/m)	822.0	กก.	37	30,414	9.0	7,398	37,812
	ทาสีกันสนิม	60.0	ตร.ม.	45	2,700	35	2,100	4,800
2	**หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก**				138,300		40,720	179,020
a	**งานผนังภายนอกอาคาร**				31,200		18,960	50,160
	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	87.0	ตร.ม.	160	13,920	80	6,960	20,880
	เสาเอ็นและทับหลัง คสล.	69.0	ม.	120	8,280	-	-	8,280
	ผนังฉาบปูนเรียบ	150.0	ตร.ม.	60	9,000	80	12,000	21,000
b	**งานหลังคา**				40,600		8,710	49,310
	กระเบื้องซีแพคโมเนียมสีน้ำตาล	139.0	ตร.ม.	250	34,750	40	5,560	40,310
	เชิงชายไม้สังเคราะห์ ขนาด 1" x 8"	45.0	ม.	70	3,150	35	1,575	4,725
	ปิดลอนไม้สังเคราะห์ ขนาด 1" x 6"	45.0	ม.	60	2,700	35	1,575	4,275
c	**งานประตู-หน้าต่าง**				66,500		13,050	79,550
	ประตูไม้บานเปิดคู่ พร้อมอุปกรณ์ (1.60x2.00)	1.0	ชุด	9,500	9,500	3,000	3,000	12,500
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (080x2.00)	1.0	ชุด	3,500	3,500	1,200	1,200	4,700
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.80x2.00)	2.0	ชุด	3,000	6,000	1,200	2,400	8,400
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.70x2.00)	1.0	ชุด	2,500	2,500	1,200	1,200	3,700
	หน้าต่างบานเปิดคู่อลูมิเนียม กระจกใส หนา 3 มม. พร้อมอุปกรณ์(1.20x2.00)	4.0	ชุด	9,000	36,000	1,000	4,000	40,000
	หน้าต่างบานเปิดคู่อลูมิเนียม กระจกใส หนา 3 มม. พร้อมอุปกรณ์(1.20x1.00)	1.0	ชุด	4,500	4,500	500	500	5,000
	หน้าต่างบานเกล็ดอลูมิเนียม กระจกใส พร้อมอุปกรณ์(1.20x0.90)	2.0	ชุด	1,500	3,000	250	500	3,500

ตารางที่ ค-2 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
	หน้าต่างบานเกล็ดอลูมิเนียม กระจกใส พร้อมอุปกรณ์(0.60x1.20)	1.0	ชุด	1,500	1,500	250	250	1,750
3	**หมวดงานสถาปัตยกรรม**				124,455		47,656	172,111
a	**งานผนังภายในอาคาร**				22,920		12,680	35,600
	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	35.0	ตร.ม.	160	5,600	80	2,800	8,400
	เสาเอ็นและทับหลัง คสล.	18.0	ม.	120	2,160	-	-	2,160
	ผนังฉาบปูนเรียบ	86.0	ตร.ม.	60	5,160	80	6,880	12,040
	บุกระเบื้องเซรามิค	25.0	ตร.ม.	400	10,000	120	3,000	13,000
b	**งานผิวพื้น**				29,760		10,424	40,184
	กระเบื้องเซรามิค 0.50x0.50 ม.	50.0	ตร.ม.	450	22,500	150	7,500	30,000
	กระเบื้องเซรามิค 0.30x0.30 ม. กันลื่น	5.0	ตร.ม.	400	2,000	150	750	2,750
	กระเบื้องเซรามิค 12"X12" ผสมน้ำยากันซึม	5.0	ตร.ม.	400	2,000	150	750	2,750
	พื้นผิวขัดมันเรียบ	12.0	ตร.ม.	55	660	45	540	1,200
	บัวพื้น กระเบื้องยาง	52.0	ม.	50	2,600	17	884	3,484
c	**งานฝ้าเพดาน**				41,380		10,148	51,528
	ฝ้ายิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. โครงเคร่าเหล็กเคลือบสีทีบาร์ # 0.60 ม.	50.0	ตร.ม.	180	9,000	50	2,500	11,500
	ฝ้ายิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.ชนิดทนชื้น ฉาบเรียบ โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	22.0	ตร.ม.	250	5,500	80	1,760	7,260
	ฝ้าไม้เนื้อแข็ง 1/2" x 2" ตีเว้นร่อง 5 มม. โครงเคร่าไม้เนื้อแข็ง 1 1/2" x 3" # 0.60 ม.	64.0	ตร.ม.	420	26,880	92	5,888	32,768
d	**งานสุขภัณฑ์**				12,450		1,169	13,619
	โถสุขภัณฑ์+สายชำระ+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	5,000	5,000	295	295	5,295
	อ่างล้างมือ+สะดือ+ท่อน้ำทิ้ง	1.0	ชุด	3,500	3,500	212	212	3,712
	ก๊อกอ่างล้างมือ+สายอ่อน+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	500	500	71	71	571
	ก๊อกน้ำ	3.0	ชุด	250	750	71	213	963
	ฝักบัว+ก๊อกฝังผนัง	1.0	ชุด	1,200	1,200	71	71	1,271
	ที่ใส่กระดาษชำระ	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	ที่ใส่สบู่	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	ราวแขวนผ้า	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	กระจกเงา	1.0	ชุด	750	750	94	94	844
e	**งานอื่น**				17,945		13,235	31,180
	ม้านั่ง คสล. ผิวฉาบปูนเรียบขัดมัน	1.5	ม.	600	900	400	600	1,500
	งานทาสีภายใน	281.0	ตร.ม.	45	12,645	35	9,835	22,480
	งานทาสีภายนอก	80.0	ตร.ม.	55	4,400	35	2,800	7,200
4	**หมวดงานระบบประกอบอาคาร**				174,208		20,474	194,682
a	**งานระบบบำบัดน้ำเสีย**				3,850		1,420	5,270
	บ่อเกรอะบ่อซึม ศก.1.00 ม. 3 ชั้น	1	จุด	1,600	1,600	500	500	2,100
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 1" และอุปกรณ์	1	เหมา	100	100	100	100	200
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 2" และอุปกรณ์	1	เหมา	1,500	1,500	500	600	2,100
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 4" และอุปกรณ์	1	เหมา	400	400	100	100	500
	FD. ระบายน้ำทิ้งที่พื้น	1	จุด	250	250	120	120	370

ตารางที่ ค-2 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านครอบครัวไทยเป็นสุข 1 (กรมโยธาธิการและผังเมือง) (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
b	**งานระบบน้ำประปา**				10,825		1,574	12,399
	ถังเก็บน้ำไฟเบอร์กลาส ความจุ 500 ลิตร	1.0	ชุด	4,600	4,600	300	300	4,900
	โครงสร้างถังเก็บน้ำ	1.0	เหมา	500	500	150	150	650
	ปั๊มน้ำ	1.0	เครื่อง	3,000	3,000	224	224	3,224
	มิเตอร์น้ำ 1/2"	1.0	ชุด	765	765	50	50	815
	วาล์วเปิด/ปิดน้ำ 1/2" (Gate Valve)	5.0	ตัว	232	1,160	50	250	1,410
	ท่อ P.V.C. ชั้น 13.5 ขนาด 1/2" และอุปกรณ์	1.0	เหมา	800	800	600	600	1,400
c	**งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**				21,533		4,980	26,513
	มิเตอร์ไฟ 15(45)A	1.0	ชุด	1,500	1,500	-	-	1,500
	แผงควบคุมไฟฟ้าย่อย 1 เฟส 12 ช่อง	1.0	ชุด	3,500	3,500	500	500	4,000
	ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ 1x36 W	7.0	จุด	675	4,725	-	-	4,725
	ดวงโคม Downlight 1x18 W	2.0	จุด	450	900	-	-	900
	สวิตช์เดี่ยว 16A , 250 V	10.0	จุด	447	4,470	224	2,240	6,710
	เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A , 250 V	8.0	จุด	689	5,512	224	1,792	7,304
	เต้ารับโทรศัพท์	1.0	จุด	450	450	224	224	674
	เต้ารับโทรทัศน์	1.0	จุด	476	476	224	224	700
d	**งานระบบปรับอากาศ**				138,000		12,500	150,500
	เครื่องปรับอากาศ แบบแขวนผนัง ขนาด 9,000 Btu/h	1.0	ชุด	18,000	18,000	2,500	2,500	20,500
	เครื่องปรับอากาศ แบบแขวนผนัง ขนาด 12,000 Btu/h	2.0	ชุด	24,000	48,000	2,500	5,000	53,000
	เครื่องปรับอากาศ แบบแขวนผนัง ขนาด 18,000 Btu/h	2.0	ชุด	36,000	72,000	2,500	5,000	77,000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-3 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านมั่นคง ปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น (%)	คิดเป็น (บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	143,893.00	29,889.50	173,782.50	23.84	4,454.99
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	92,248.00	16,124.50	108,372.50	14.86	2,778.17
งานโครงสร้างเหล็ก	51,645.00	13,765.00	65,410.00	8.97	1,676.81
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	277,830.00	90,010.00	367,840.00	50.45	9,429.73
งานผนังภายนอกอาคาร	166,960.00	61,920.00	228,880.00	31.39	5,867.43
งานหลังคา	46,870.00	10,090.00	56,960.00	7.81	1,460.19
งานประตู-หน้าต่าง	64,000.00	18,000.00	82,000.00	11.25	2,102.10
หมวดงานสถาปัตยกรรม	95,200.00	33,402.00	128,602.00	17.64	3,296.77
งานผนังภายในอาคาร	17,220.00	6,000.00	23,220.00	3.18	595.25
งานผิวพื้น	20,280.00	7,131.00	27,411.00	3.76	702.69
งานฝ้าเพดาน	32,820.00	10,212.00	43,032.00	5.90	1,103.14
งานสุขภัณฑ์	12,450.00	1,169.00	13,619.00	1.87	349.13
งานอื่น	12,430.00	8,890.00	21,320.00	2.92	546.55
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	49,458.00	9,402.00	58,860.00	8.07	1,508.90
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	3,300.00	1,220.00	4,520.00	0.62	115.87
งานระบบน้ำประปา	10,475.00	1,374.00	11,849.00	1.63	303.75
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	17,683.00	4,308.00	21,991.00	3.02	563.75
งานระบบปรับอากาศ	18,000.00	2,500.00	20,500.00	2.81	525.53
รวม	566,381.00	162,703.50	729,084.50	100.00	18,690.38
ค่าอำนวยการ	22 %		160,398.6		
รวมเป็นมูลค่า			889,483.1		
ค่าออกแบบ	2 %		17,789.7		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			907,272.8		
คิดเป็นราคา ต่อพื้นที่ใช้สอย	**48 ตร.ม.**		**18,901.52**	**บาท/ตร.ม.**	

หมายเหตุ

- ราคาค่าวัสดุ อ้างอิงจากราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ และราคาจากผู้ผลิตวัสดุ ปี พ.ศ. 2551
- ราค่าแรง อ้างอิงจาก หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง และราคาจากผู้ผลิตและติดตั้ง ปี พ.ศ. 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-3 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านมั่นคง ปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
1	**หมวดงานโครงสร้าง**				143,893		29,890	173,783
a	**งานโครงสร้าง ค.ส.ล.**				92,248		16,125	108,373
	ขุดดิน	1.0	ลบ.ม.	-	-	94	94	94
	ทรายหยาบรองพื้น(บดอัดแน่น)	2.5	ลบ.ม.	360	900	63	158	1,058
	พลาสติกใส กันชื้น(10 ม.)	4.0	ม้วน	190	760	-	-	760
	เหล็กเสริม wire mesh 4 mm. #0.20	30.0	ตร.ม.	46	1,380	5	150	1,530
	คอนกรีตผสมเสร็จ	12.5	ลบ.ม.	2,510	31,375	274	3,425	34,800
	แผ่นพื้นสำเร็จรูป	30.0	ตร.ม.	225	6,750	30	900	7,650
	ไม้แบบ	88.0	ตร.ม.	162	14,256	100	8,800	23,056
	ตะปู	21.0	กก.	45	945	-	-	945
	เหล็กเสริม SR - 24 Dia 6 มม.	145.0	กก.	40	5,800	3	435	6,235
	เหล็กเสริม SR - 24 Dia 9 มม.	194.0	กก.	40	7,760	3	582	8,342
	เหล็กเสริม SD - 30 Dia 12 มม.	261.0	กก.	40	10,440	3	783	11,223
	เหล็กเสริม SD - 30 Dia 16 มม.	266.0	กก.	40	10,640	3	798	11,438
	ลวดผูกเหล็ก	27.0	กก.	46	1,242	-	-	1,242
b	**งานโครงสร้างเหล็ก**				51,645		13,765	65,410
	L - 25x25x3.0 mm. (1.12 kg/m)	198.0	กก.	37	7,326	9.0	1,782	9,108
	C - 100x50x20x3.2 mm. (5.50 kg/m)	549.0	กก.	37	20,313	9.0	4,941	25,254
	C - 125x50x20x 3.2 mm. (6.13 kg/m)	588.0	กก.	37	21,756	9.0	5,292	27,048
	ทาสีกันสนิม	50.0	ตร.ม.	45	2,250	35	1,750	4,000
2	**หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก**				277,830		90,010	367,840
a	**งานผนังภายนอกอาคาร**				166,960		61,920	228,880
	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	94.0	ตร.ม.	160	15,040	80	7,520	22,560
	เสาเอ็นและทับหลัง คสล.	61.0	ม.	120	7,320	-	-	7,320
	ผนังฉาบปูนเรียบ	170.0	ตร.ม.	60	10,200	80	13,600	23,800
	ขูดลอกสีเก่าออก	120.0	ตร.ม.	20	2,400	40	4,800	7,200
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 4" ลอกสีเก่าออกก่อนติดผนัง	120.0	ตร.ม.	1,100	132,000	300	36,000	168,000
b	**งานหลังคา**				46,870		10,090	56,960
	กระเบื้องซีแพคโมเนียมสีน้ำตาล	100.0	ตร.ม.	250	25,000	40	4,000	29,000
	เชิงชายไม้สังเคราะห์ ขนาด 1" x 8"	39.0	ม.	70	2,730	35	1,365	4,095
	ปิดลอนไม้สังเคราะห์ ขนาด 1" x 6"	39.0	ม.	60	2,340	35	1,365	3,705
	ฉนวนใยแก้วหนา 3" ซ้อน 3 ชั้น หุ้มอลูมินั่มฟอร์ยรอบ ความหนาแน่น 12k	42.0	ตร.ม.	400	16,800	80	3,360	20,160
c	**งานประตู-หน้าต่าง**				64,000		18,000	82,000
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.90x2.00)	2.0	ชุด	3,500	7,000	1,200	2,400	9,400
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (080x2.00)	2.0	ชุด	3,000	6,000	1,200	2,400	8,400
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.70x2.00)	1.0	ชุด	2,500	2,500	1,200	1,200	3,700
	รื้อหน้าต่างเดิม	6.0	ชุด	-	-	500	3,000	3,000
	หน้าต่างบานเปิดคู่อลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์(1.20x1.00)	4.0	ชุด	8,500	34,000	1,500	6,000	40,000

ตารางที่ ค-3 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านมั่นคง ปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
	หน้าต่างบานกระทุ้งอลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์(1.20x0.90)	1.0	ชุด	8,000	8,000	1,500	1,500	9,500
	หน้าต่างบานกระทุ้งอลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์(0.60x1.20)	1.0	ชุด	6,500	6,500	1,500	1,500	8,000
3	**หมวดงานสถาปัตยกรรม**				95,200		33,402	128,602
a	**งานผนังภายในอาคาร**				17,220		6,000	23,220
	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	6.0	ตร.ม.	160	960	80	480	1,440
	ผนังฉาบปูนเรียบ	6.0	ตร.ม.	60	360	80	480	840
	ผนังยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดธรรมดา 2 ด้าน ฉาบเรียบ โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	18.0	ตร.ม.	350	6,300	120	2,160	8,460
	บุกระเบื้องเซรามิค	24.0	ตร.ม.	400	9,600	120	2,880	12,480
b	**งานผิวพื้น**				20,280		7,131	27,411
	กระเบื้องเซรามิค 0.50x0.50 ม.	30.0	ตร.ม.	450	13,500	150	4,500	18,000
	กระเบื้องเซรามิค 0.30x0.30 ม. กันลื่น	8.0	ตร.ม.	400	3,200	150	1,200	4,400
	กระเบื้องเซรามิค 12"X12" ผสมน้ำยากันซึม	4.0	ตร.ม.	400	1,600	150	600	2,200
	พื้นผิวขัดมันเรียบ	6.0	ตร.ม.	55	330	45	270	600
	บัวพื้น กระเบื้องยาง	33.0	ม.	50	1,650	17	561	2,211
c	**งานฝ้าเพดาน**				32,820		10,212	43,032
	ฝ้ายิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. โครงเคร่าเหล็กเคลือบสีทีบาร์ # 0.60 ม.	30.0	ตร.ม.	180	5,400	50	1,500	6,900
	ฝ้ายิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.ชนิดทนชื้น ฉาบเรียบ โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	12.0	ตร.ม.	250	3,000	80	960	3,960
	รื้อฝ้าเพดานเดิม เพื่อติดฉนวน	42.0	ตร.ม.	-	-	50	2,100	2,100
	ฝ้ายิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.ชนิดทนชื้น ฉาบเรียบ โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	12.0	ตร.ม.	250	3,000	80	960	3,960
	ฝ้าไม้เนื้อแข็ง 1/2" x 2" ตีเว้นร่อง 5 มม. โครงเคร่าไม้เนื้อแข็ง 1 1/2" x 3"#0.60 ม.	51.0	ตร.ม.	420	21,420	92	4,692	26,112
d	**งานสุขภัณฑ์**				12,450		1,169	13,619
	โถสุขภัณฑ์+สายชำระ+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	5,000	5,000	295	295	5,295
	อ่างล้างมือ+สะดือ+ท่อน้ำทิ้ง	1.0	ชุด	3,500	3,500	212	212	3,712
	ก๊อกอ่างล้างมือ+สายอ่อน+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	500	500	71	71	571
	ก๊อกน้ำ	3.0	ชุด	250	750	71	213	963
	ฝักบัว+ก๊อกฝังผนัง	1.0	ชุด	1,200	1,200	71	71	1,271
	ที่ใส่กระดาษชำระ	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	ที่ใส่สบู่	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	ราวแขวนผ้า	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	กระจกเงา	1.0	ชุด	750	750	94	94	844
e	**งานอื่น**				12,430		8,890	21,320
	งานทาสีภายใน	154.0	ตร.ม.	45	6,930	35	5,390	12,320
	งานทาสีภายนอก	100.0	ตร.ม.	55	5,500	35	3,500	9,000
4	**หมวดงานระบบประกอบอาคาร**				49,458		9,402	58,860
a	**งานระบบบำบัดน้ำเสีย**				3,300		1,220	4,520
	บ่อเกรอะบ่อซึม ศก.1.00 ม. 3 ชั้น	1	จุด	1,600	1,600	500	500	2,100

ตารางที่ ค-3 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านมั่นคง ปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 1" และอุปกรณ์	1	เหมา	100	100	100	100	200
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 2" และอุปกรณ์	1	เหมา	950	950	400	400	1,350
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 4" และอุปกรณ์	1	เหมา	400	400	100	100	500
	FD. ระบายน้ำทิ้งที่พื้น	1	จุด	250	250	120	120	370
b	**งานระบบน้ำประปา**				10,475		1,374	11,849
	ถังเก็บน้ำไฟเบอร์กลาส ความจุ 500 ลิตร	1.0	ชุด	4,600	4,600	300	300	4,900
	โครงสร้างถังเก็บน้ำ	1.0	เหมา	500	500	150	150	650
	ปั๊มน้ำ	1.0	เครื่อง	3,000	3,000	224	224	3,224
	มิเตอร์น้ำ 1/2"	1.0	ชุด	765	765	50	50	815
	วาล์วเปิด/ปิดน้ำ 1/2" (Gate Valve)	5.0	ตัว	232	1,160	50	250	1,410
	ท่อ P.V.C. ชั้น 13.5 ขนาด 1/2" และอุปกรณ์	1.0	เหมา	450	450	400	400	850
c	**งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**				17,683		4,308	21,991
	มิเตอร์ไฟ 15(45)A	1.0	ชุด	1,500	1,500	-	-	1,500
	แผงควบคุมไฟฟ้าย่อย 1 เฟส 12 ช่อง	1.0	ชุด	3,500	3,500	500	500	4,000
	ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ 1x36 W	2.0	จุด	675	1,350	-	-	1,350
	ดวงโคม Downlight 1x18 W	5.0	จุด	450	2,250	-	-	2,250
	สวิตช์เดี่ยว 16A , 250 V	9.0	จุด	447	4,023	224	2,016	6,039
	เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A , 250 V	6.0	จุด	689	4,134	224	1,344	5,478
	เต้ารับโทรศัพท์	1.0	จุด	450	450	224	224	674
	เต้ารับโทรทัศน์	1.0	จุด	476	476	224	224	700
d	**งานระบบปรับอากาศ**				18,000		2,500	20,500
	เครื่องปรับอากาศ แบบแขวนผนัง ขนาด 9,000 Btu/h	1.0	ชุด	18,000	18,000	2,500	2,500	20,500

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-4 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านกรมโยธาฯ ปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น (%)	คิดเป็น (บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	232,237.00	43,397.00	275,634.00	28.26	4,777.01
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	167,784.00	26,276.00	194,060.00	19.90	3,363.25
งานโครงสร้างเหล็ก	64,453.00	17,121.00	81,574.00	8.36	1,413.76
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	326,600.00	91,230.00	417,830.00	42.84	7,241.41
งานผนังภายนอกอาคาร	143,200.00	52,960.00	196,160.00	20.11	3,399.65
งานหลังคา	69,400.00	14,470.00	83,870.00	8.60	1,453.55
งานประตู-หน้าต่าง	114,000.00	23,800.00	137,800.00	14.13	2,388.21
หมวดงานสถาปัตยกรรม	130,945.00	53,786.00	184,731.00	18.94	3,201.57
งานผนังภายในอาคาร	22,920.00	12,680.00	35,600.00	3.65	616.98
งานผิวพื้น	29,760.00	10,424.00	40,184.00	4.12	696.43
งานฝ้าเพดาน	46,880.00	15,508.00	62,388.00	6.40	1,081.25
งานสุขภัณฑ์	12,450.00	1,169.00	13,619.00	1.40	236.03
งานอื่น	18,935.00	14,005.00	32,940.00	3.38	570.88
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	84,208.00	12,974.00	97,182.00	9.96	1,684.26
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	3,850.00	1,420.00	5,270.00	0.54	91.33
งานระบบน้ำประปา	10,825.00	1,574.00	12,399.00	1.27	214.89
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	21,533.00	4,980.00	26,513.00	2.72	459.50
งานระบบปรับอากาศ	48,000.00	5,000.00	53,000.00	5.43	918.54
รวม	773,990.00	201,387.00	975,377.00	100.00	16,904.25
ค่าอำนวยการ	22 %		214,582.9		
รวมเป็นมูลค่า			1,189,959.9		
ค่าออกแบบ	2 %		23,799.2		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			1,213,759.1		
คิดเป็นราคา ต่อพื้นที่ใช้สอย	71 ตร.ม.		17,095.20	บาท/ตร.ม.	

หมายเหตุ

- ราคาค่าวัสดุ อ้างอิงจากราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ และราคาจากผู้ผลิตวัสดุ ปี พ.ศ. 2551
- ราค่าแรง อ้างอิงจาก หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง และราคาจากผู้ผลิตและติดตั้ง ปี พ.ศ. 2551

ตารางที่ ค-4 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านกรมโยธาฯ ปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
1	**หมวดงานโครงสร้าง**				232,237		43,397	275,634
a	**งานโครงสร้าง ค.ส.ล.**				167,784		26,276	194,060
	ขุดดิน	23.0	ลบ.ม.	-	-	94	2,162	2,162
	ทรายหยาบรองพื้น(บดอัดแน่น)	26.0	ลบ.ม.	360	9,360	63	1,638	10,998
	พลาสติกใส กันชื้น(10 ม.)	4.0	ม้วน	190	760	-	-	760
	เหล็กเสริม wire mesh 4 mm. #0.20	45.0	ตร.ม.	46	2,070	5	225	2,295
	คอนกรีตผสมเสร็จ	26.0	ลบ.ม.	2,510	65,260	274	7,124	72,384
	แผ่นพื้นสำเร็จรูป	45.0	ตร.ม.	225	10,125	30	1,350	11,475
	ไม้แบบ	91.0	ตร.ม.	162	14,742	100	9,100	23,842
	ตะปู	21.0	กก.	45	945	-	-	945
	เหล็กเสริม SR - 24 Dia 6 มม.	329.0	กก.	40	13,160	3	987	14,147
	เหล็กเสริม SR - 24 Dia 9 มม.	424.0	กก.	40	16,960	3	1,272	18,232
	เหล็กเสริม SD - 30 Dia 12 มม.	273.0	กก.	40	10,920	3	819	11,739
	เหล็กเสริม SD - 30 Dia 16 มม.	533.0	กก.	40	21,320	3	1,599	22,919
	ลวดผูกเหล็ก	47.0	กก.	46	2,162	-	-	2,162
b	**งานโครงสร้างเหล็ก**				64,453		17,121	81,574
	L - 25x25x3.0 mm. (1.12 kg/m)	332.0	กก.	37	12,284	9.0	2,988	15,272
	C - 100x50x20x3.2 mm. (5.50 kg/m)	515.0	กก.	37	19,055	9.0	4,635	23,690
	C - 125x50x20x 3.2 mm. (6.13 kg/m)	822.0	กก.	37	30,414	9.0	7,398	37,812
	ทาสีกันสนิม	60.0	ตร.ม.	45	2,700	35	2,100	4,800
2	**หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก**				326,600		91,230	417,830
a	**งานผนังภายนอกอาคาร**				143,200		52,960	196,160
	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	87.0	ตร.ม.	160	13,920	80	6,960	20,880
	เสาเอ็นและทับหลัง คสล.	69.0	ม.	120	8,280	-	-	8,280
	ผนังฉาบปูนเรียบ	150.0	ตร.ม.	60	9,000	80	12,000	21,000
	ขูดลอกสีเก่าออก	100.0	ตร.ม.	20	2,000	40	4,000	6,000
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 4" ลอกสีเก่าออกก่อนติดผนัง	100.0	ตร.ม.	1,100	110,000	300	30,000	140,000
b	**งานหลังคา**				69,400		14,470	83,870
	กระเบื้องซีแพคโมเนียมสีน้ำตาล	139.0	ตร.ม.	250	34,750	40	5,560	40,310
	เชิงชายไม้สังเคราะห์ ขนาด 1" x 8"	45.0	ม.	70	3,150	35	1,575	4,725
	ปิดลอนไม้สังเคราะห์ ขนาด 1" x 6"	45.0	ม.	60	2,700	35	1,575	4,275
	ฉนวนใยแก้วหนา 3" ซ้อน 3 ชั้น หุ้มอลูมินั่มฟอร์ยรอบ ความหนาแน่น 12k	72.0	ตร.ม.	400	28,800	80	5,760	34,560
c	**งานประตู-หน้าต่าง**				114,000		23,800	137,800
	ประตูไม้บานเปิดคู่ พร้อมอุปกรณ์(1.60x2.00)	1.0	ชุด	9,500	9,500	3,000	3,000	12,500
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (080x2.00)	1.0	ชุด	3,500	3,500	1,200	1,200	4,700
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.80x2.00)	2.0	ชุด	3,000	6,000	1,200	2,400	8,400
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.70x2.00)	1.0	ชุด	2,500	2,500	1,200	1,200	3,700
	รื้อหน้าต่างเดิม	8.0	ชุด	-	-	500	4,000	4,000
	หน้าต่างบานเปิดคู่อลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์(1.20x2.00)	4.0	ชุด	15,000	60,000	1,500	6,000	66,000

ตารางที่ ค-4 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านกรมโยธาฯ ปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
	หน้าต่างบานเปิดคู่อลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์(1.20x1.00)	1.0	ชุด	8,500	8,500	1,500	1,500	10,000
	หน้าต่างบานกระทุ้งอลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์(1.20x0.90)	2.0	ชุด	8,500	17,000	1,500	3,000	20,000
	หน้าต่างบานกระทุ้งอลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์(0.60x1.20)	1.0	ชุด	7,000	7,000	1,500	1,500	8,500
3	**หมวดงานสถาปัตยกรรม**				130,945		53,786	184,731
a	**งานผนังภายในอาคาร**				22,920		12,680	35,600
	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	35.0	ตร.ม.	160	5,600	80	2,800	8,400
	เสาเอ็นและทับหลัง คสล.	18.0	ม.	120	2,160	-	-	2,160
	ผนังฉาบปูนเรียบ	86.0	ตร.ม.	60	5,160	80	6,880	12,040
	บุกระเบื้องเซรามิค	25.0	ตร.ม.	400	10,000	120	3,000	13,000
b	**งานผิวพื้น**				29,760		10,424	40,184
	กระเบื้องเซรามิค 0.50x0.50 ม.	50.0	ตร.ม.	450	22,500	150	7,500	30,000
	กระเบื้องเซรามิค 0.30x0.30 ม. กันลื่น	5.0	ตร.ม.	400	2,000	150	750	2,750
	กระเบื้องเซรามิค 0.30x0.30 ม. กันลื่น	5.0	ตร.ม.	400	2,000	150	750	2,750
	กระเบื้องเซรามิค 12"X12" ผสมน้ำยากันซึม	5.0	ตร.ม.	400	2,000	150	750	2,750
	พื้นผิวขัดมันเรียบ	12.0	ตร.ม.	55	660	45	540	1,200
	บัวพื้น กระเบื้องยาง	52.0	ม.	50	2,600	17	884	3,484
c	**งานฝ้าเพดาน**				46,880		15,508	62,388
	ฝ้ายิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. โครงเคร่าเหล็กเคลือบสีทีบาร์ # 0.60 ม.	50.0	ตร.ม.	180	9,000	50	2,500	11,500
	ฝ้ายิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.ชนิดทนชื้น ฉาบเรียบ โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	22.0	ตร.ม.	250	5,500	80	1,760	7,260
	รื้อฝ้าเพดานเดิม เพื่อติดฉนวน	72.0	ตร.ม.	-	-	50	3,600	3,600
	ฝ้ายิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม.ชนิดทนชื้น ฉาบเรียบ โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	22.0	ตร.ม.	250	5,500	80	1,760	7,260
	ฝ้าไม้เนื้อแข็ง 1/2" x 2" ตีเว้นร่อง 5 มม. โครงเคร่าไม้เนื้อแข็ง 1 1/2" x 3" # 0.60 ม.	64.0	ตร.ม.	420	26,880	92	5,888	32,768
d	**งานสุขภัณฑ์**				12,450		1,169	13,619
	โถสุขภัณฑ์+สายชำระ+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	5,000	5,000	295	295	5,295
	อ่างล้างมือ+สะดือ+ท่อน้ำทิ้ง	1.0	ชุด	3,500	3,500	212	212	3,712
	ก๊อกอ่างล้างมือ+สายอ่อน+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	500	500	71	71	571
	ก๊อกน้ำ	3.0	ชุด	250	750	71	213	963
	ฝักบัว+ก๊อกฝังผนัง	1.0	ชุด	1,200	1,200	71	71	1,271
	ที่ใส่กระดาษชำระ	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	ที่ใส่สบู่	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	ราวแขวนผ้า	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	กระจกเงา	1.0	ชุด	750	750	94	94	844

ตารางที่ ค-4 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านกรมโยธาฯ ปรับปรุงเปลือกอาคารภายนอก (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
e	**งานอื่น**				18,935		14,005	32,940
	ม้านั่ง คสล. ผิวฉาบปูนเรียบขัดมัน	1.5	ม.	600	900	400	600	1,500
	งานทาสีภายใน	303.0	ตร.ม.	45	13,635	35	10,605	24,240
	งานทาสีภายนอก	80.0	ตร.ม.	55	4,400	35	2,800	7,200
4	**หมวดงานระบบประกอบอาคาร**				84,208		12,974	97,182
a	**งานระบบบำบัดน้ำเสีย**				3,850		1,420	5,270
	บ่อเกรอะบ่อซึม ศก.1.00 ม. 3 ชั้น	1	จุด	1,600	1,600	500	500	2,100
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 1" และอุปกรณ์	1	เหมา	100	100	100	100	200
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 2" และอุปกรณ์	1	เหมา	1,500	1,500	500	600	2,100
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 4" และอุปกรณ์	1	เหมา	400	400	100	100	500
	FD. ระบายน้ำทิ้งที่พื้น	1	จุด	250	250	120	120	370
b	**งานระบบน้ำประปา**				10,825		1,574	12,399
	ถังเก็บน้ำไฟเบอร์กลาส ความจุ 500 ลิตร	1.0	ชุด	4,600	4,600	300	300	4,900
	โครงสร้างถังเก็บน้ำ	1.0	เหมา	500	500	150	150	650
	ปั๊มน้ำ	1.0	เครื่อง	3,000	3,000	224	224	3,224
	มิเตอร์น้ำ 1/2"	1.0	ชุด	765	765	50	50	815
	วาล์วเปิด/ปิดน้ำ 1/2" (Gate Valve)	5.0	ตัว	232	1,160	50	250	1,410
	ท่อ P.V.C. ชั้น 13.5 ขนาด 1/2" และอุปกรณ์	1.0	เหมา	800	800	600	600	1,400
c	**งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**				21,533		4,980	26,513
	มิเตอร์ไฟ 15(45)A	1.0	ชุด	1,500	1,500	-	-	1,500
	แผงควบคุมไฟฟ้าย่อย 1 เฟส 12 ช่อง	1.0	ชุด	3,500	3,500	500	500	4,000
	ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ 1x36 W	7.0	จุด	675	4,725	-	-	4,725
	ดวงโคม Downlight 1x18 W	2.0	จุด	450	900	-	-	900
	สวิตช์เดี่ยว 16A , 250 V	10.0	จุด	447	4,470	224	2,240	6,710
	เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A , 250 V	8.0	จุด	689	5,512	224	1,792	7,304
	เต้ารับโทรศัพท์	1.0	จุด	450	450	224	224	674
	เต้ารับโทรทัศน์	1.0	จุด	476	476	224	224	700
d	**งานระบบปรับอากาศ**				48,000		5,000	53,000
	เครื่องปรับอากาศ แบบแขวนผนัง ขนาด 9,000 Btu/h	2.0	ชุด	24,000	48,000	2,500	5,000	53,000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-5 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านทรง Diamond

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น (%)	คิดเป็น (บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	31,653.0	6,307.5	37,960.5	9.51	1,086.3
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	16,280.0	1,846.5	18,126.5	4.54	518.7
งานโครงสร้างเหล็ก	15,373.0	4,461.0	19,834.0	4.97	567.6
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	181,909.0	20,390.0	202,299.0	50.70	5,789.0
งานผนังภายนอกอาคาร	34,314.5	6,321.0	40,635.5	10.18	1,162.8
งานหลังคา	81,294.5	6,619.0	87,913.5	22.03	2,515.8
งานประตู-หน้าต่าง	66,300.0	7,450.0	73,750.0	18.48	2,110.5
หมวดงานสถาปัตยกรรม	81,440.0	19,244.0	100,684.0	25.23	2,881.2
งานผนังภายในอาคาร	27,940.0	9,460.0	37,400.0	9.37	1,070.2
งานผิวพื้น	18,150.0	6,340.0	24,490.0	6.14	700.8
งานฝ้าเพดาน	450.0	225.0	675.0	0.17	19.3
งานสุขภัณฑ์	28,450.0	1,169.0	29,619.0	7.42	847.6
งานอื่น	6,450.0	2,050.0	8,500.0	2.13	243.2
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	48,755.0	9,294.0	58,049.0	14.55	1,661.1
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	4,050.0	1,560.0	5,610.0	1.41	160.5
งานระบบน้ำประปา	10,525.0	1,374.0	11,899.0	2.98	340.5
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	16,180.0	3,860.0	20,040.0	5.02	573.5
งานระบบปรับอากาศ	18,000.0	2,500.0	20,500.0	5.14	586.6
รวม	343,757.0	55,235.5	398,992.5	100.00	11,417.7
ค่าอำนวยการ	22 %		87,778.4		
รวมเป็นมูลค่า			486,770.9		
ค่าออกแบบ	10 %		48,677.1		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			535,447.9		
คิดเป็นราคา ต่อพื้นที่ใช้สอย	43 ตร.ม.		12,452.3	บาท/ตร.ม.	

หมายเหตุ

- ราคาค่าวัสดุ อ้างอิงจากราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ และราคาจากผู้ผลิตวัสดุ ปี พ.ศ. 2551
- ราค่าแรง อ้างอิงจาก หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง และราคาจากผู้ผลิตและติดตั้ง ปี พ.ศ. 2551

ตารางที่ ค-5 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านทรง Diamond (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
1	**หมวดงานโครงสร้าง**				31,653		6,308	37,961
a	**งานโครงสร้าง ค.ส.ล.**				16,280		1,847	18,127
	ขุดดิน	1.0	ลบ.ม.	-	-	94	94	94
	ทรายหยาบรองพื้น(บดอัดแน่น)	2.5	ลบ.ม.	360	900	63	158	1,058
	พลาสติกใส กันชื้น(10 ม.)	4.0	ม้วน	190	760	-	-	760
	เหล็กเสริม wire mesh 4 mm. #0.20	45.0	ตร.ม.	46	2,070	5	225	2,295
	คอนกรีตผสมเสร็จ	5.0	ลบ.ม.	2,510	12,550	274	1,370	13,920
b	**งานโครงสร้างเหล็ก**				15,373		4,461	19,834
	[] 100x50x3.2 mm. (7.01 kg/m)	113.0	กก.	37	4,181	9.0	1,017	5,198
	L 50x50x4 mm. (3.06 kg/m)	111.0	กก.	37	4,107	9.0	999	5,106
	[] 38x38x1.6 mm. (1.78 kg/m)	59.0	กก.	37	2,183	9.0	531	2,714
	Ø 101.6x3.2 mm. (7.76 kg/m)	55.0	กก.	37	2,035	9.0	495	2,530
	L 40x40x3 mm. (1.84 kg/m)	34.0	กก.	37	1,258	9.0	306	1,564
	Ø 60.5x2.3 mm. (3.30 kg/m)	7.0	กก.	37	259	9.0	63	322
	ทาสีกันสนิม	30.0	ตร.ม.	45	1,350	35	1,050	2,400
2	**หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก**				181,909		20,390	202,299
a	**งานผนังภายนอกอาคาร**				34,315		6,321	40,636
	Sandwich EPS Wall Panel 150 mm. THK	15.3	ตร.ม.	965	14,765	70	1,071	15,836
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 4"	14.5	ตร.ม.	1,100	15,950	300	4,350	20,300
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 6"	3.0	ตร.ม.	1,200	3,600	300	900	4,500
b	**งานหลังคา**				81,295		6,619	87,914
	Sandwich EPS Roof Panel 150 mm. THK	66.7	ตร.ม.	1,035	69,035	70	4,669	73,704
	Shingle Upper Ridge	11.0	ม.	860	9,460	50	550	10,010
	เชิงชาย ไม้สังเคราะห์ ขนาด 1" x 8"	40.0	ม.	70	2,800	35	1,400	4,200
c	**งานประตู-หน้าต่าง**				66,300		7,450	73,750
	ประตูบานเลื่อนอลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์ (1.70x2.00)	1.0	ชุด	17,000	17,000	1,500	1,500	18,500
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.70x2.00)	1.0	ชุด	2,500	2,500	1,200	1,200	3,700
	ประตูบานเลื่อนอลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์(1.50x2.00)	1.0	ชุด	15,000	15,000	1,500	1,500	16,500
	หน้าต่างบานกระทุ้งอลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์(0.95x2.00)	1.0	ชุด	10,000	10,000	1,500	1,500	11,500
	ช่องแสงกระจกลามิเนต 3+3 บานติดตาย พร้อมอุปกรณ์ (1.00x2.00)	1.0	ชุด	12,000	12,000	250	1,000	13,000
	ช่องแสงกระจกลามิเนต 3+3 บานติดตาย พร้อมอุปกรณ์ (0.60x2.70)	1.0	ชุด	9,800	9,800	250	750	10,550
3	**หมวดงานสถาปัตยกรรม**				81,440		19,244	100,684
a	**งานผนังภายในอาคาร**				27,940		9,460	37,400
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 4"	10.0	ตร.ม.	1,100	11,000	300	3,000	14,000
	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	12.0	ตร.ม.	160	1,920	80	960	2,880
	ผนังฉาบปูนเรียบ	12.0	ตร.ม.	60	720	80	960	1,680
	ยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดธรรมดา ฉาบเรียบ	20.0	ตร.ม.	75	1,500	35	700	2,200
	บุกระเบื้องเซรามิค	32.0	ตร.ม.	400	12,800	120	3,840	16,640

ตารางที่ ค-5 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านทรง Diamond (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.70x2.00)	1.0	ชุด	2,500	2,500	1,200	1,200	3,700
	ประตูบานเลื่อนอลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์(1.50x2.00)	1.0	ชุด	15,000	15,000	1,500	1,500	16,500
	หน้าต่างบานกระทุ้งอลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์(0.95x2.00)	1.0	ชุด	10,000	10,000	1,500	1,500	11,500
	ช่องแสงกระจกลามิเนต 3+3 บานติดตาย พร้อมอุปกรณ์ (1.00x2.00)	1.0	ชุด	12,000	12,000	250	1,000	13,000
	ช่องแสงกระจกลามิเนต 3+3 บานติดตาย พร้อมอุปกรณ์ (0.60x2.70)	1.0	ชุด	9,800	9,800	250	750	10,550
3	**หมวดงานสถาปัตยกรรม**				81,440		19,244	100,684
a	**งานผนังภายในอาคาร**				27,940		9,460	37,400
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 4"	10.0	ตร.ม.	1,100	11,000	300	3,000	14,000
	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	12.0	ตร.ม.	160	1,920	80	960	2,880
	ผนังฉาบปูนเรียบ	12.0	ตร.ม.	60	720	80	960	1,680
	ยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดธรรมดา ฉาบเรียบ	20.0	ตร.ม.	75	1,500	35	700	2,200
	บุกระเบื้องเซรามิค	32.0	ตร.ม.	400	12,800	120	3,840	16,640
b	**งานผิวพื้น**				18,150		6,340	24,490
	กระเบื้องเซรามิค 0.50x0.50 ม.	23.0	ตร.ม.	450	10,350	150	3,450	13,800
	กระเบื้องเซรามิค 0.30x0.30 ม. กันลื่น	10.0	ตร.ม.	400	4,000	150	1,500	5,500
	กระเบื้องเซรามิค 12"X12" ผสมน้ำยากันซึม	7.0	ตร.ม.	400	2,800	150	1,050	3,850
	บัวพื้น กระเบื้องยาง	20.0	ม.	50	1,000	17	340	1,340
c	**งานฝ้าเพดาน**				450		225	675
	ฝ้ายิปซั่มบอร์ด 9 mm. ฉาบเรียบ โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	4.5	ตร.ม.	100	450	50	225	675
d	**งานสุขภัณฑ์**				28,450		1,169	29,619
	โถสุขภัณฑ์+สายชำระ+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	5,000	5,000	295	295	5,295
	อ่างล้างมือ+สะดือ+ท่อน้ำทิ้ง	1.0	ชุด	3,500	3,500	212	212	3,712
	ก๊อกอ่างล้างมือ+สายอ่อน+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	500	500	71	71	571
	ก๊อกน้ำ	3.0	ชุด	250	750	71	213	963
	ฝักบัว+ก๊อกฝังผนัง	1.0	ชุด	1,200	1,200	71	71	1,271
	ที่ใส่กระดาษชำระ	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	ที่ใส่สบู่	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	ราวแขวนผ้า	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	กระจกเงา	1.0	ชุด	750	750	94	94	844
	ประตูกระจก Temper12 mm.	2.0	ชุด	8,000	16,000	-	-	16,000
e	**งานอื่น**				6,450		2,050	8,500
	งานทาสีภายใน	20.0	ตร.ม.	45	900	35	700	1,600
	งานทาสีภายนอก	10.0	ตร.ม.	55	550	35	350	900
	งานม้านั่งทางเข้าอาคาร	2.0	ชุด	2,500	5,000	500	1,000	6,000
4	**หมวดงานระบบประกอบอาคาร**				48,755		9,294	58,049
a	**งานระบบบำบัดน้ำเสีย**				4,050		1,560	5,610
	บ่อเกรอะบ่อซึม ศก.1.00 ม. 3 ชั้น	1	จุด	1,600	1,600	500	500	2,100
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 1" และอุปกรณ์	1	เหมา	100	100	100	100	200
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 2" และอุปกรณ์	1	เหมา	1,200	1,200	500	500	1,700

ตารางที่ ค-5 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านทรง Diamond (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 4" และอุปกรณ์	1	เหมา	400	400	100	100	500
	FD. ระบายน้ำทิ้งที่พื้น	3	จุด	250	750	120	360	1,110
b	**งานระบบน้ำประปา**				10,525		1,374	11,899
	ถังเก็บน้ำไฟเบอร์กลาส ความจุ 500 ลิตร	1.0	ชุด	4,600	4,600	300	300	4,900
	โครงสร้างถังเก็บน้ำ	1.0	เหมา	500	500	150	150	650
	ปั๊มน้ำ	1.0	เครื่อง	3,000	3,000	224	224	3,224
	มิเตอร์น้ำ 1/2"	1.0	ชุด	765	765	50	50	815
	วาล์วเปิด/ปิดน้ำ 1/2" (Gate Valve)	5.0	ตัว	232	1,160	50	250	1,410
	ท่อ P.V.C. ชั้น 13.5 ขนาด 1/2" และอุปกรณ์	1.0	เหมา	500	500	400	400	900
c	**งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**				16,180		3,860	20,040
	มิเตอร์ไฟ 5(15)A	1.0	ชุด	700	700	-	-	700
	แผงควบคุมไฟฟ้าย่อย 1 เฟส 12 ช่อง	1.0	ชุด	3,500	3,500	500	500	4,000
	ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ 1x36 W	5.0	จุด	675	3,375	-	-	3,375
	ดวงโคม Downlight 1x18 W	2.0	จุด	450	900	-	-	900
	สวิตช์เดี่ยว 16A , 250 V	9.0	จุด	447	4,023	224	2,016	6,039
	เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A , 250 V	4.0	จุด	689	2,756	224	896	3,652
	เต้ารับโทรศัพท์	1.0	จุด	450	450	224	224	674
	เต้ารับโทรทัศน์	1.0	จุด	476	476	224	224	700
d	**งานระบบปรับอากาศ**				18,000		2,500	20,500
	เครื่องปรับอากาศ แบบแขวนผนัง ขนาด 9,000 Btu/h	1.0	ชุด	18,000	18,000	2,500	2,500	20,500

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-6 สรุปราคาค่าก่อสร้างทรง Vault

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น (%)	คิดเป็น (บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	20,623.0	3,018.5	23,641.5	5.6	606.1
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	16,510.0	1,777.5	18,287.5	4.3	468.8
งานโครงสร้างเหล็ก	4,113.0	1,241.0	5,354.0	1.3	137.3
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	182,950.0	37,650.0	220,600.0	52.1	5,655.2
งานผนังภายนอกอาคาร	97,300.0	22,200.0	119,500.0	28.2	3,063.4
งานหลังคา	51,150.0	11,250.0	62,400.0	14.7	1,599.7
งานประตู-หน้าต่าง	34,500.0	4,200.0	38,700.0	9.1	992.1
หมวดงานสถาปัตยกรรม	96,650.0	25,852.0	122,502.0	28.9	3,140.4
งานผนังภายในอาคาร	34,690.0	11,550.0	46,240.0	10.9	1,185.4
งานผิวพื้น	20,950.0	7,233.0	28,183.0	6.7	722.5
งานฝ้าเพดาน	2,565.0	1,155.0	3,720.0	0.9	95.4
งานสุขภัณฑ์	28,450.0	1,169.0	29,619.0	7.0	759.3
งานอื่น	9,995.0	4,745.0	14,740.0	3.5	377.9
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	47,636.0	8,846.0	56,482.0	13.3	1,447.9
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	4,050.0	1,560.0	5,610.0	1.3	143.8
งานระบบน้ำประปา	10,525.0	1,374.0	11,899.0	2.8	305.0
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	15,061.0	3,412.0	18,473.0	4.4	473.6
งานระบบปรับอากาศ	18,000.0	2,500.0	20,500.0	4.8	525.5
รวม	347,859.0	75,366.5	423,225.5	100.0	10,849.6
ค่าอำนวยการ	22 %		93,109.6		
รวมเป็นมูลค่า			516,335.1		
ค่าออกแบบ	10 %		51,633.5		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			567,968.6		
คิดเป็นราคาต่อพื้นที่ใช้สอย	48 ตร.ม.		11,832.7	บาท/ตร.ม.	

หมายเหตุ

- ราคาค่าวัสดุ อ้างอิงจากราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ และราคาจากผู้ผลิตวัสดุ ปี พ.ศ. 2551
- ราค่าแรง อ้างอิงจาก หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง และราคาจากผู้ผลิตและติดตั้ง ปี พ.ศ. 2551

ตารางที่ ค-6 สรุปราคาค่าก่อสร้างทรง Vault (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
1	**หมวดงานโครงสร้าง**				20,623		3,019	23,642
a	**งานโครงสร้าง ค.ส.ล.**				16,510		1,778	18,288
	ทรายหยาบรองพื้น(บดอัดแน่น)	2.5	ลบ.ม.	360	900	63	158	1,058
	พลาสติกใส กันชื้น(10 ม.)	4.0	ม้วน	190	760	-	-	760
	เหล็กเสริม wire mesh 4 mm. #0.20	50.0	ตร.ม.	46	2,300	5	250	2,550
	คอนกรีตผสมเสร็จ	5.0	ลบ.ม.	2,510	12,550	274	1,370	13,920
b	**งานโครงสร้างเหล็ก**				4,113		1,241	5,354
	Ø 21.7x2.0 mm. (0.97 kg/m)	67.0	กก.	37	2,479	9.0	603	3,082
	[] 38x38x1.6 mm. (1.78 kg/m)	32.0	กก.	37	1,184	9.0	288	1,472
	ทาสีกันสนิม	10.0	ตร.ม.	45	450	35	350	800
2	**หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก**				182,950		37,650	220,600
a	**งานผนังภายนอกอาคาร**				97,300		22,200	119,500
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 10"	53.0	ตร.ม.	1,400	74,200	300	15,900	90,100
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 4"	21.0	ตร.ม.	1,100	23,100	300	6,300	29,400
b	**งานหลังคา**				51,150		11,250	62,400
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 10"	33.0	ตร.ม.	1,400	46,200	300	9,900	56,100
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 4"	4.5	ตร.ม.	1,100	4,950	300	1,350	6,300
c	**งานประตู-หน้าต่าง**				34,500		4,200	38,700
	ประตูบานเลื่อนอลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์ (1.70x2.00)	1.0	ชุด	17,000	17,000	1,500	1,500	18,500
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.70x2.00)	1.0	ชุด	2,500	2,500	1,200	1,200	3,700
	ประตูบานเลื่อนอลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์(1.50x2.00)	1.0	ชุด	15,000	15,000	1,500	1,500	16,500
3	**หมวดงานสถาปัตยกรรม**				96,650		25,852	122,502
a	**งานผนังภายในอาคาร**				34,690		11,550	46,240
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 4"	16.0	ตร.ม.	1,100	17,600	300	4,800	22,400
	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	8.0	ตร.ม.	160	1,280	80	640	1,920
	ผนังฉาบปูนเรียบ	8.0	ตร.ม.	60	480	80	640	1,120
	ยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดธรรมดา ฉาบเรียบ	62.0	ตร.ม.	75	4,650	35	2,170	6,820
	ยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดทนชื้น ฉาบเรียบ	12.0	ตร.ม.	90	1,080	35	420	1,500
	บุกระเบื้องเซรามิค	24.0	ตร.ม.	400	9,600	120	2,880	12,480
b	**งานผิวพื้น**				20,950		7,233	28,183
	กระเบื้องเซรามิค 0.50x0.50 ม.	31.0	ตร.ม.	450	13,950	150	4,650	18,600
	กระเบื้องเซรามิค 0.30x0.30 ม. กันลื่น	6.5	ตร.ม.	400	2,600	150	975	3,575
	กระเบื้องเซรามิค 12"X12" ผสมน้ำยากันซึม	8.0	ตร.ม.	400	3,200	150	1,200	4,400
	บัวพื้น กระเบื้องยาง	24.0	ม.	50	1,200	17	408	1,608
c	**งานฝ้าเพดาน**				2,565		1,155	3,720
	ยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดธรรมดา ฉาบเรียบ	27.0	ตร.ม.	75	2,025	35	945	2,970
	ยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดทนชื้น ฉาบเรียบ	6.0	ตร.ม.	90	540	35	210	750
d	**งานสุขภัณฑ์**				28,450		1,169	29,619
	โถสุขภัณฑ์+สายชำระ+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	5,000	5,000	295	295	5,295
	อ่างล้างมือ+สะดือ+ท่อน้ำทิ้ง	1.0	ชุด	3,500	3,500	212	212	3,712
	ก๊อกอ่างล้างมือ+สายอ่อน+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	500	500	71	71	571

ตารางที่ ค-6 สรุปราคาค่าก่อสร้างทรง Vault (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
	ก๊อกน้ำ	3.0	ชุด	250	750	71	213	963
	ฝักบัว+ก๊อกฝังผนัง	1.0	ชุด	1,200	1,200	71	71	1,271
	ที่ใส่กระดาษชำระ	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	ที่ใส่สบู่	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	ราวแขวนผ้า	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	กระจกเงา	1.0	ชุด	750	750	94	94	844
	ประตูกระจก Temper12 mm.	2.0	ชุด	8,000	16,000	-	-	16,000
e	**งานอื่น**				9,995		4,745	14,740
	งานทาสีภายใน	89.0	ตร.ม.	45	4,005	35	3,115	7,120
	งานทาสีภายนอก	18.0	ตร.ม.	55	990	35	630	1,620
	งานม้านั่งทางเข้าอาคาร	2.0	ชุด	2,500	5,000	500	1,000	6,000
4	**หมวดงานระบบประกอบอาคาร**				47,636		8,846	56,482
a	**งานระบบบำบัดน้ำเสีย**				4,050		1,560	5,610
	บ่อเกรอะบ่อซึม ศก.1.00 ม. 3 ชั้น	1	จุด	1,600	1,600	500	500	2,100
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 1" และอุปกรณ์	1	เหมา	100	100	100	100	200
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 2" และอุปกรณ์	1	เหมา	1,200	1,200	500	500	1,700
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 4" และอุปกรณ์	1	เหมา	400	400	100	100	500
	FD. ระบายน้ำทิ้งที่พื้น	3	จุด	250	750	120	360	1,110
b	**งานระบบน้ำประปา**				10,525		1,374	11,899
	ถังเก็บน้ำไฟเบอร์กลาส ความจุ 500 ลิตร	1.0	ชุด	4,600	4,600	300	300	4,900
	โครงสร้างถังเก็บน้ำ	1.0	เหมา	500	500	150	150	650
	ปั๊มน้ำ	1.0	เครื่อง	3,000	3,000	224	224	3,224
	มิเตอร์น้ำ 1/2"	1.0	ชุด	765	765	50	50	815
	วาล์วเปิด/ปิดน้ำ 1/2" (Gate Valve)	5.0	ตัว	232	1,160	50	250	1,410
	ท่อ P.V.C. ชั้น 13.5 ขนาด 1/2" และอุปกรณ์	1.0	เหมา	500	500	400	400	900
c	**งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**				15,061		3,412	18,473
	มิเตอร์ไฟ 5(15)A	1.0	ชุด	700	700	-	-	700
	แผงควบคุมไฟฟ้าย่อย 1 เฟส 12 ช่อง	1.0	ชุด	3,500	3,500	500	500	4,000
	ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ 1x36 W	6.0	จุด	675	4,050	-	-	4,050
	สวิตช์เดี่ยว 16A , 250 V	7.0	จุด	447	3,129	224	1,568	4,697
	เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A , 250 V	4.0	จุด	689	2,756	224	896	3,652
	เต้ารับโทรศัพท์	1.0	จุด	450	450	224	224	674
	เต้ารับโทรทัศน์	1.0	จุด	476	476	224	224	700
d	**งานระบบปรับอากาศ**				18,000		2,500	20,500
	เครื่องปรับอากาศ แบบแขวนผนัง ขนาด 9,000 Btu/h	1.0	ชุด	18,000	18,000	2,500	2,500	20,500

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-7 สรุปราคาค่าก่อสร้างทรง Dome

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น (%)	คิดเป็น (บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	17,504.0	2,115.5	19,619.5	5.3	524.8
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	16,510.0	1,777.5	18,287.5	4.9	489.2
งานโครงสร้างเหล็ก	994.0	338.0	1,332.0	0.4	35.6
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	165,300.0	34,300.0	199,600.0	53.7	5,339.3
งานผนังภายนอกอาคาร	111,500.0	25,500.0	137,000.0	36.9	3,664.8
งานหลังคา	22,300.0	5,100.0	27,400.0	7.4	733.0
งานประตู-หน้าต่าง	31,500.0	3,700.0	35,200.0	9.5	941.6
หมวดงานสถาปัตยกรรม	75,605.0	20,374.0	95,979.0	25.8	2,567.4
งานผนังภายในอาคาร	21,150.0	8,205.0	29,355.0	7.9	785.2
งานผิวพื้น	20,000.0	6,940.0	26,940.0	7.2	720.6
งานฝ้าเพดาน	1,350.0	595.0	1,945.0	0.5	52.0
งานสุขภัณฑ์	28,450.0	1,169.0	29,619.0	8.0	792.3
งานอื่น	4,655.0	3,465.0	8,120.0	2.2	217.2
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	47,636.0	8,846.0	56,482.0	15.2	1,510.9
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	4,050.0	1,560.0	5,610.0	1.5	150.1
งานระบบน้ำประปา	10,525.0	1,374.0	11,899.0	3.2	318.3
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	15,061.0	3,412.0	18,473.0	5.0	494.2
งานระบบปรับอากาศ	18,000.0	2,500.0	20,500.0	5.5	548.4
รวม	306,045.0	65,635.5	371,680.5	100.0	9,942.5
ค่าอำนวยการ	22 %		81,769.7		
รวมเป็นมูลค่า			453,450.2		
ค่าออกแบบ	10 %		45,345.0		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			498,795.2		
คิดเป็นราคาต่อพื้นที่ใช้สอย	46 ตร.ม.		10,843.4	บาท/ตร.ม.	

หมายเหตุ

- ราคาค่าวัสดุ อ้างอิงจากราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ และราคาจากผู้ผลิตวัสดุ ปี พ.ศ. 2551
- ราค่าแรง อ้างอิงจาก หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง และราคาจากผู้ผลิตและติดตั้ง ปี พ.ศ. 2551

ตารางที่ ค-7 สรุปราคาค่าก่อสร้างทรง Dome (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
1	**หมวดงานโครงสร้าง**				17,504		2,116	19,620
a	**งานโครงสร้าง ค.ส.ล.**				16,510		1,778	18,288
	ทรายหยาบรองพื้น(บดอัดแน่น)	2.5	ลบ.ม.	360	900	63	158	1,058
	พลาสติกใส กันชื้น(10 ม.)	4.0	ม้วน	190	760	-	-	760
	เหล็กเสริม wire mesh 4 mm. #0.20	50.0	ตร.ม.	46	2,300	5	250	2,550
	คอนกรีตผสมเสร็จ	5.0	ลบ.ม.	2,510	12,550	274	1,370	13,920
b	**งานโครงสร้างเหล็ก**				994		338	1,332
	[] 38x38x1.6 mm. (1.78 kg/m)	22.0	กก.	37	814	9.0	198	1,012
	ทาสีกันสนิม	4.0	ตร.ม.	45	180	35	140	320
2	**หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก**				165,300		34,300	199,600
a	**งานผนังภายนอกอาคาร**				111,500		25,500	137,000
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 10"	60.0	ตร.ม.	1,400	84,000	300	18,000	102,000
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 4"	25.0	ตร.ม.	1,100	27,500	300	7,500	35,000
b	**งานหลังคา**				22,300		5,100	27,400
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 10"	12.0	ตร.ม.	1,400	16,800	300	3,600	20,400
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 4"	5.0	ตร.ม.	1,100	5,500	300	1,500	7,000
c	**งานประตู-หน้าต่าง**				31,500		3,700	35,200
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.70x2.00)	1.0	ชุด	2,500	2,500	1,200	1,200	3,700
	ประตูบานเลื่อนอลูมิเนียม กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์ (1.50x2.00)	1.0	ชุด	15,000	15,000	1,500	1,500	16,500
	กระจกบานติดตายลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์ (D=1.20)	2.0	ชุด	7,000	14,000	500	1,000	15,000
3	**หมวดงานสถาปัตยกรรม**				75,605		20,374	95,979
a	**งานผนังภายในอาคาร**				21,150		8,205	29,355
	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	10.0	ตร.ม.	160	1,600	80	800	2,400
	ผนังฉาบปูนเรียบ	10.0	ตร.ม.	60	600	80	800	1,400
	ยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดธรรมดา ฉาบเรียบ	64.0	ตร.ม.	75	4,800	35	2,240	7,040
	ยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดทนชื้น ฉาบเรียบ	15.0	ตร.ม.	90	1,350	35	525	1,875
	บุกระเบื้องเซรามิค	32.0	ตร.ม.	400	12,800	120	3,840	16,640
b	**งานผิวพื้น**				20,000		6,940	26,940
	กระเบื้องเซรามิค 0.50x0.50 ม.	28.0	ตร.ม.	450	12,600	150	4,200	16,800
	กระเบื้องเซรามิค 0.30x0.30 ม. กันลื่น	8.0	ตร.ม.	400	3,200	150	1,200	4,400
	กระเบื้องเซรามิค 12"X12" ผสมน้ำยากันซึม	8.0	ตร.ม.	400	3,200	150	1,200	4,400
	บัวพื้น กระเบื้องยาง	20.0	ม.	50	1,000	17	340	1,340
c	**งานฝ้าเพดาน**				1,350		595	1,945
	ยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดธรรมดา ฉาบเรียบ	12.0	ตร.ม.	75	900	35	420	1,320
	ยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดทนชื้น ฉาบเรียบ	5.0	ตร.ม.	90	450	35	175	625
d	**งานสุขภัณฑ์**				28,450		1,169	29,619
	โถสุขภัณฑ์+สายชำระ+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	5,000	5,000	295	295	5,295
	อ่างล้างมือ+สะดือ+ท่อน้ำทิ้ง	1.0	ชุด	3,500	3,500	212	212	3,712
	ก๊อกอ่างล้างมือ+สายอ่อน+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	500	500	71	71	571
	ก๊อกน้ำ	3.0	ชุด	250	750	71	213	963
	ฝักบัว+ก๊อกฝังผนัง	1.0	ชุด	1,200	1,200	71	71	1,271
	ที่ใส่กระดาษชำระ	1.0	ชุด	250	250	71	71	321

ตารางที่ ค-7 สรุปราคาค่าก่อสร้างทรง Dome (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
	ที่ใส่สบู่	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	ราวแขวนผ้า	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	กระจกเงา	1.0	ชุด	750	750	94	94	844
	ประตูกระจก Temper12 mm.	2.0	ชุด	8,000	16,000	-	-	16,000
e	**งานอื่น**				4,655		3,465	8,120
	งานทาสีภายใน	79.0	ตร.ม.	45	3,555	35	2,765	6,320
	งานทาสีภายนอก	20.0	ตร.ม.	55	1,100	35	700	1,800
4	**หมวดงานระบบประกอบอาคาร**				47,636		8,846	56,482
a	**งานระบบบำบัดน้ำเสีย**				4,050		1,560	5,610
	บ่อเกรอะบ่อซึม ศก.1.00 ม. 3 ชั้น	1	จุด	1,600	1,600	500	500	2,100
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 1" และอุปกรณ์	1	เหมา	100	100	100	100	200
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 2" และอุปกรณ์	1	เหมา	1,200	1,200	500	500	1,700
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 4" และอุปกรณ์	1	เหมา	400	400	100	100	500
	FD. ระบายน้ำทิ้งที่พื้น	3	จุด	250	750	120	360	1,110
b	**งานระบบน้ำประปา**				10,525		1,374	11,899
	ถังเก็บน้ำไฟเบอร์กลาส ความจุ 500 ลิตร	1.0	ชุด	4,600	4,600	300	300	4,900
	โครงสร้างถังเก็บน้ำ	1.0	เหมา	500	500	150	150	650
	ปั๊มน้ำ	1.0	เครื่อง	3,000	3,000	224	224	3,224
	มิเตอร์น้ำ 1/2"	1.0	ชุด	765	765	50	50	815
	วาล์วเปิด/ปิดน้ำ 1/2" (Gate Valve)	5.0	ตัว	232	1,160	50	250	1,410
	ท่อ P.V.C. ชั้น 13.5 ขนาด 1/2" และอุปกรณ์	1.0	เหมา	500	500	400	400	900
c	**งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**				15,061		3,412	18,473
	มิเตอร์ไฟ 5(15)A	1.0	ชุด	700	700	-	-	700
	แผงควบคุมไฟฟ้าย่อย 1 เฟส 12 ช่อง	1.0	ชุด	3,500	3,500	500	500	4,000
	ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ 1x36 W	6.0	จุด	675	4,050	-	-	4,050
	สวิตช์เดี่ยว 16A , 250 V	7.0	จุด	447	3,129	224	1,568	4,697
	เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A , 250 V	4.0	จุด	689	2,756	224	896	3,652
	เต้ารับโทรศัพท์	1.0	จุด	450	450	224	224	674
	เต้ารับโทรทัศน์	1.0	จุด	476	476	224	224	700
d	**งานระบบปรับอากาศ**				18,000		2,500	20,500
	เครื่องปรับอากาศ แบบแขวนผนัง ขนาด 9,000 Btu/h	1.0	ชุด	18,000	18,000	2,500	2,500	20,500

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-8 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านทรง Sphere

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น (%)	คิดเป็น (บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	39,846.0	10,261.0	50,107.0	9.74	1,433.88
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	6,168.0	770.0	6,938.0	1.35	198.54
งานโครงสร้างเหล็ก	33,678.0	9,491.0	43,169.0	8.39	1,235.34
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	208,400.0	41,900.0	250,300.0	48.67	7,162.65
งานผนังภายนอกอาคาร	123,100.0	27,600.0	150,700.0	29.30	4,312.47
งานหลังคา	44,800.0	9,600.0	54,400.0	10.58	1,556.73
งานประตู-หน้าต่าง	40,500.0	4,700.0	45,200.0	8.79	1,293.46
หมวดงานสถาปัตยกรรม	117,976.5	41,580.0	159,556.5	31.03	4,565.91
งานผนังภายในอาคาร	10,575.0	4,455.0	15,030.0	2.92	430.10
งานผิวพื้น	19,450.0	6,400.0	25,850.0	5.03	739.73
งานฝ้าเพดาน	2,550.0	1,190.0	3,740.0	0.73	107.02
งานสุขภัณฑ์	4,107.0	20,200.0	1,098.0	0.21	31.42
งานอื่น	81,294.5	9,335.0	4,385.0	0.85	125.48
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	45,814.0	8,502.0	54,316.0	10.56	1,554.32
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	3,800.0	1,440.0	5,240.0	1.02	149.95
งานระบบน้ำประปา	10,525.0	1,374.0	11,899.0	2.31	340.51
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	13,489.0	3,188.0	16,677.0	3.24	477.23
งานระบบปรับอากาศ	18,000.0	2,500.0	20,500.0	3.99	586.63
รวม	412,036.5	102,243.0	514,279.5	100.00	14,716.77
ค่าอำนวยการ	22 %		113,141.5		
รวมเป็นมูลค่า			627,421.0		
ค่าออกแบบ	10 %		62,742.1		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			690,163.1		
คิดเป็นราคาต่อพื้นที่ใช้สอย	58 ตร.ม.		11,899.4	บาท/ตร.ม.	

หมายเหตุ

- ราคาค่าวัสดุ อ้างอิงจากราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ และราคาจากผู้ผลิตวัสดุ ปี พ.ศ. 2551
- ราค่าแรง อ้างอิงจาก หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง และราคาจากผู้ผลิตและติดตั้ง ปี พ.ศ. 2551

ตารางที่ ค-8 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านทรง Sphere (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
1	**หมวดงานโครงสร้าง**				39,846		10,261	50,107
a	**งานโครงสร้าง ค.ส.ล.**				6,168		770	6,938
	ขุดดิน	1.0	ลบ.ม.	-	-	94	94	94
	ทรายหยาบรองพื้น(บดอัดแน่น)	1.0	ลบ.ม.	360	360	63	63	423
	พลาสติกใส กันชื้น(10 ม.)	1.0	ม้วน	190	190	-	-	190
	เหล็กเสริม wire mesh 4 mm. #0.20	13.0	ตร.ม.	46	598	5	65	663
	คอนกรีตผสมเสร็จ	2.0	ลบ.ม.	2,510	5,020	274	548	5,568
b	**งานโครงสร้างเหล็ก**				33,678		9,491	43,169
	[] 100x50x3.2 mm. (7.01 kg/m)	320.0	กก.	37	11,840	9.0	2,880	14,720
	[] 38x38x1.6 mm. (1.78 kg/m)	135.0	กก.	37	4,995	9.0	1,215	6,210
	Ø 101.6x3.2 mm. (7.76 kg/m)	354.0	กก.	37	13,098	9.0	3,186	16,284
	เหล็กเสริม SR - 24 Dia 9 มม.	25.0	กก.	40	1,000	3	75	1,075
	ทาสีกันสนิม	61.0	ตร.ม.	45	2,745	35	2,135	4,880
2	**หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก**				208,400		41,900	250,300
a	**งานผนังภายนอกอาคาร**				123,100		27,600	150,700
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 10"	73.0	ตร.ม.	1,400	102,200	300	21,900	124,100
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 4"	19.0	ตร.ม.	1,100	20,900	300	5,700	26,600
b	**งานหลังคา**				44,800		9,600	54,400
	ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก EIFS 10"	32.0	ตร.ม.	1,400	44,800	300	9,600	54,400
c	**งานประตู-หน้าต่าง**				40,500		4,700	45,200
	ประตูบานเลื่อนไม้ พร้อมอุปกรณ์ (1.00x2.00)	1.0	ชุด	10,000	10,000	1,500	1,500	11,500
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.70x2.00)	1.0	ชุด	2,500	2,500	1,200	1,200	3,700
	กระจกบานติดตายลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์ (D=1.20)	4.0	ชุด	7,000	28,000	500	2,000	30,000
3	**หมวดงานสถาปัตยกรรม**				62,110		17,528	79,638
a	**งานผนังภายในอาคาร**				10,575		4,455	15,030
	ผนัง VIVA Board	10.0	ตร.ม.	160	1,600	80	800	2,400
	ยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดธรรมดา ฉาบเรียบ	77.0	ตร.ม.	75	5,775	35	2,695	8,470
	บุกระเบื้องเซรามิค	8.0	ตร.ม.	400	3,200	120	960	4,160
b	**งานผิวพื้น**				19,450		6,400	25,850
	พื้น VIVA Board	55.0	ตร.ม.	160	8,800	80	4,400	13,200
	พรม	55.0	ตร.ม.	150	8,250	20	1,100	9,350
	กระเบื้องเซรามิค 12"X12" ผสมน้ำยากันซึม	6.0	ตร.ม.	400	2,400	150	900	3,300
c	**งานฝ้าเพดาน**				2,550		1,190	3,740
	ยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดธรรมดา ฉาบเรียบ	34.0	ตร.ม.	75	2,550	35	1,190	3,740
d	**งานสุขภัณฑ์**				20,200		1,098	21,298
	โถสุขภัณฑ์+สายชำระ+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	5,000	5,000	295	295	5,295
	อ่างล้างมือ+สะดือ+ท่อน้ำทิ้ง	1.0	ชุด	3,500	3,500	212	212	3,712
	ก๊อกอ่างล้างมือ+สายอ่อน+สต๊อปวาล์ว	1.0	ชุด	500	500	71	71	571
	ก๊อกน้ำ	2.0	ชุด	250	500	71	142	642
	ฝักบัว+ก๊อกฝังผนัง	1.0	ชุด	1,200	1,200	71	71	1,271
	ที่ใส่กระดาษชำระ	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	ที่ใส่สบู่	1.0	ชุด	250	250	71	71	321

ตารางที่ ค-8 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านทรง Sphere (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
	ราวแขวนผ้า	1.0	ชุด	250	250	71	71	321
	กระจกเงา	1.0	ชุด	750	750	94	94	844
	ประตูกระจก Temper12 mm.	1.0	ชุด	8,000	8,000	-	-	8,000
e	**งานอื่น**				9,335		4,385	13,720
	งานบันได	1	ชุด	4,000	4,000	500	500	4,500
	งานทาสีภายใน	77.0	ตร.ม.	45	3,465	35	2,695	6,160
	งานทาสีภายนอก	34.0	ตร.ม.	55	1,870	35	1,190	3,060
4	**หมวดงานระบบประกอบอาคาร**				45,814		8,502	54,316
a	**งานระบบบำบัดน้ำเสีย**				3,800		1,440	5,240
	บ่อเกรอะบ่อซึม ศก.1.00 ม. 3 ชั้น	1	จุด	1,600	1,600	500	500	2,100
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 1" และอุปกรณ์	1	เหมา	100	100	100	100	200
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 2" และอุปกรณ์	1	เหมา	1,200	1,200	500	500	1,700
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 4" และอุปกรณ์	1	เหมา	400	400	100	100	500
	FD. ระบายน้ำทิ้งที่พื้น	2	จุด	250	500	120	240	740
b	**งานระบบน้ำประปา**				10,525		1,374	11,899
	ถังเก็บน้ำไฟเบอร์กลาส ความจุ 500 ลิตร	1.0	ชุด	4,600	4,600	300	300	4,900
	โครงสร้างถังเก็บน้ำ	1.0	เหมา	500	500	150	150	650
	ปั๊มน้ำ	1.0	เครื่อง	3,000	3,000	224	224	3,224
	มิเตอร์น้ำ 1/2"	1.0	ชุด	765	765	50	50	815
	วาล์วเปิด/ปิดน้ำ 1/2" (Gate Valve)	5.0	ตัว	232	1,160	50	250	1,410
	ท่อ P.V.C. ชั้น 13.5 ขนาด 1/2" และอุปกรณ์	1.0	เหมา	500	500	400	400	900
c	**งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**				13,489		3,188	16,677
	มิเตอร์ไฟ 5(15)A	1.0	ชุด	700	700	-	-	700
	แผงควบคุมไฟฟ้าย่อย 1 เฟส 12 ช่อง	1.0	ชุด	3,500	3,500	500	500	4,000
	ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ 1x36 W	3.0	จุด	675	2,025	-	-	2,025
	ดวงโคม Downlight 1x18 W	2.0	จุด	450	900	-	-	900
	สวิตช์เดี่ยว 16A , 250 V	6.0	จุด	447	2,682	224	1,344	4,026
	เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A , 250 V	4.0	จุด	689	2,756	224	896	3,652
	เต้ารับโทรศัพท์	1.0	จุด	450	450	224	224	674
	เต้ารับโทรทัศน์	1.0	จุด	476	476	224	224	700
d	**งานระบบปรับอากาศ**				18,000		2,500	20,500
	เครื่องปรับอากาศ แบบแขวนผนัง ขนาด 9,000 Btu/h	1.0	ชุด	18,000	18,000	2,500	2,500	20,500

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-9 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านสู้โลกร้อน

รายการ	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	รวม (บาท)	คิดเป็น (%)	คิดเป็น (บาท/ตร.ม.)
หมวดงานโครงสร้าง	183,678.0	35,908.0	219,586.0	13.02	1,125.84
งานโครงสร้าง ค.ส.ล.	137,070.0	17,932.0	155,002.0	9.19	794.71
งานโครงสร้างเหล็ก	46,608.0	17,976.0	64,584.0	3.83	331.13
หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก	680,040.0	115,100.0	795,140.0	47.14	4,076.75
งานผนังภายนอกอาคาร	174,900.0	42,400.0	217,300.0	12.88	1,114.12
งานหลังคา	212,960.0	16,000.0	228,960.0	13.58	1,173.90
งานประตู-หน้าต่าง	292,180.0	56,700.0	348,880.0	20.69	1,788.74
หมวดงานสถาปัตยกรรม	404,550.0	118,048.0	522,598.0	30.99	2,679.40
งานผนังภายในอาคาร	101,550.0	29,270.0	130,820.0	7.76	670.73
งานผิวพื้น	136,600.0	37,836.0	174,436.0	10.34	894.35
งานฝ้าเพดาน	35,500.0	11,360.0	46,860.0	2.78	240.26
งานสุขภัณฑ์	72,800.0	4,392.0	9,491.0	0.56	48.66
งานอื่น	58,100.0	35,190.0	9,600.0	0.57	49.22
หมวดงานระบบประกอบอาคาร	124,164.0	25,096.0	149,260.0	8.85	765.27
งานระบบบำบัดน้ำเสีย	13,750.0	5,640.0	19,390.0	1.15	99.41
งานระบบน้ำประปา	19,625.0	4,324.0	23,949.0	1.42	122.79
งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	42,789.0	10,132.0	52,921.0	3.14	271.33
งานระบบปรับอากาศ	48,000.0	5,000.0	53,000.0	3.14	271.74
รวม	1,392,432.0	294,152.0	1,686,584.0	100.00	8,647.26
ค่าอำนวยการ	22 %		371,048.5		
รวมเป็นมูลค่า			2,057,632.5		
ค่าออกแบบ	10 %		205,763.2		
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			2,263,395.7		
คิดเป็นราคา ต่อพื้นที่ใช้สอย	240 ตร.ม.		9,430.8	บาท/ตร.ม.	

หมายเหตุ

- ราคาค่าวัสดุ อ้างอิงจากราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ และราคาจากผู้ผลิตวัสดุ ปี พ.ศ. 2551
- ราค่าแรง อ้างอิงจาก หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง และราคาจากผู้ผลิตและติดตั้ง ปี พ.ศ. 2551

ตารางที่ ค-9 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านสู้โลกร้อน (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
1	**หมวดงานโครงสร้าง**				232,237		43,397	275,634
a	**งานโครงสร้าง ค.ส.ล.**				167,784		26,276	194,060
	ขุดดิน	23.0	ลบ.ม.	-	-	94	2,162	2,162
	ทรายหยาบรองพื้น(บดอัดแน่น)	26.0	ลบ.ม.	360	9,360	63	1,638	10,998
	พลาสติกใส กันชื้น(10 ม.)	4.0	ม้วน	190	760	-	-	760
	เหล็กเสริม wire mesh 4 mm. #0.20	45.0	ตร.ม.	46	2,070	5	225	2,295
	คอนกรีตผสมเสร็จ	26.0	ลบ.ม.	2,510	65,260	274	7,124	72,384
	แผ่นพื้นสำเร็จรูป	45.0	ตร.ม.	225	10,125	30	1,350	11,475
	ไม้แบบ	91.0	ตร.ม.	162	14,742	100	9,100	23,842
	ตะปู	21.0	กก.	45	945	-	-	945
	เหล็กเสริม SR - 24 Dia 6 มม.	329.0	กก.	40	13,160	3	987	14,147
	เหล็กเสริม SR - 24 Dia 9 มม.	424.0	กก.	40	16,960	3	1,272	18,232
	เหล็กเสริม SD - 30 Dia 12 มม.	273.0	กก.	40	10,920	3	819	11,739
	เหล็กเสริม SD - 30 Dia 16 มม.	533.0	กก.	40	21,320	3	1,599	22,919
	ลวดผูกเหล็ก	47.0	กก.	46	2,162	-	-	2,162
b	**งานโครงสร้างเหล็ก**				64,453		17,121	81,574
	L - 25x25x3.0 mm. (1.12 kg/m)	332.0	กก.	37	12,284	9.0	2,988	15,272
	C - 100x50x20x3.2 mm. (5.50 kg/m)	515.0	กก.	37	19,055	9.0	4,635	23,690
	C -125x50x20x 3.2 mm. (6.13 kg/m)	822.0	กก.	37	30,414	9.0	7,398	37,812
	ทาสีกันสนิม	60.0	ตร.ม.	45	2,700	35	2,100	4,800
2	**หมวดงานเปลือกอาคารภายนอก**				138,300		40,720	179,020
a	**งานผนังภายนอกอาคาร**				31,200		18,960	50,160
	ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	87.0	ตร.ม.	160	13,920	80	6,960	20,880
	เสาเอ็นและทับหลัง คสล.	69.0	ม.	120	8,280	-	-	8,280
	ผนังฉาบปูนเรียบ	150.0	ตร.ม.	60	9,000	80	12,000	21,000
b	**งานหลังคา**				40,600		8,710	49,310
	กระเบื้องซีแพคโมเนียมสีน้ำตาล	139.0	ตร.ม.	250	34,750	40	5,560	40,310
	เชิงชายไม้สังเคราะห์ ขนาด 1" x 8"	45.0	ม.	70	3,150	35	1,575	4,725
	ปิดลอนไม้สังเคราะห์ ขนาด 1" x 6"	45.0	ม.	60	2,700	35	1,575	4,275
c	**งานประตู-หน้าต่าง**				292,180		56,700	348,880
	ประตูบานเลื่อน uPVC กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์ (2.40x2.00)	1.0	ชุด	33,600	33,600	4,800	4,800	38,400
	ประตูบานเลื่อน uPVC กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์ (1.80x2.00)	4.0	ชุด	25,200	100,800	3,600	14,400	115,200
	หน้าต่างบานเลื่อน uPVC กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์ (1.80x1.20)	3.0	ชุด	13,000	39,000	4,320	12,960	51,960
	หน้าต่างบานเปิด uPVC กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์ (0.90x1.20)	5.0	ชุด	8,640	43,200	2,160	2,160	45,360
	หน้าต่างบานกระทุ้ง uPVC กระจกลามิเนต 3+3 พร้อมอุปกรณ์(0.60x0.40)	3.0	ชุด	1,920	5,760	480	1,200	6,960
	หน้าต่างบานเกร็ด uPVC กระจกใส พร้อมอุปกรณ์ (0.60x0.90)	2.0	ชุด	2,160	4,320	540	1,080	5,400

ตารางที่ ค-9 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านสู้โลกร้อน (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
	กระจกบานติดตาย uPVC กระจกลามิเนต 3+3 . พร้อมอุปกรณ์ (D=2.40)	1.0	ชุด	27,000	27,000	4,500	4,500	31,500
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.90x2.00)	3.0	ชุด	3,500	10,500	1,200	3,600	14,100
	ประตูไม้บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.80x2.00)	8.0	ชุด	3,000	24,000	1,200	9,600	33,600
	ประตู PVC บานเปิดเดี่ยว พร้อมอุปกรณ์ (0.70x2.00)	2.0	ชุด	2,000	4,000	1,200	2,400	6,400
3	**หมวดงานสถาปัตยกรรม**				404,550		118,048	522,598
a	**งานผนังภายในอาคาร**				101,550		29,270	130,820
	ผนังคอนกรีตผสมเม็ดโฟมหนา 10 ซม.	54.0	ตร.ม.	300	16,200	60	3,240	19,440
	ผนังคอนกรีตผสมเม็ดโฟมหนา 20 ซม.	44.0	ตร.ม.	600	26,400	80	3,520	29,920
	ยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดธรรมดา ฉาบเรียบ	386.0	ตร.ม.	75	28,950	35	13,510	42,460
	บุกระเบื้องเซรามิค	75.0	ตร.ม.	400	30,000	120	9,000	39,000
b	**งานผิวพื้น**				136,600		37,836	174,436
	กระเบื้องเซรามิค 0.50x0.50 ม.	62.0	ตร.ม.	450	27,900	150	9,300	37,200
	พื้นไม้ลามิเนต	107.0	ตร.ม.	700	74,900	150	16,050	90,950
	บัวพื้น	108.0	ม.	50	5,400	17	1,836	7,236
	กระเบื้องเซรามิค 12"X12" ผสมน้ำยากันซึม	19.0	ตร.ม.	400	7,600	150	2,850	10,450
	กระเบื้องเซรามิค 0.30x0.30 ม. กันลื่น	52.0	ตร.ม.	400	20,800	150	7,800	28,600
c	**งานฝ้าเพดาน**				35,500		11,360	46,860
	ยิปซั่มบอร์ด 9 mm. ชนิดธรรมดา ฉาบเรียบ โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	142.0	ตร.ม.	250	35,500	80	11,360	46,860
d	**งานสุขภัณฑ์**				72,800		4,392	77,192
	โถสุขภัณฑ์+สายชำระ+สต๊อปวาล์ว	4.0	ชุด	5,000	20,000	295	1,180	21,180
	อ่างล้างมือ+สะดือ+ท่อน้ำทิ้ง	4.0	ชุด	3,500	14,000	212	848	14,848
	ก๊อกอ่างล้างมือ+สายอ่อน+สต๊อปวาล์ว	4.0	ชุด	500	2,000	71	284	2,284
	ก๊อกน้ำ	8.0	ชุด	250	2,000	71	568	2,568
	ฝักบัว+ก๊อกฝังผนัง	4.0	ชุด	1,200	4,800	71	284	5,084
	ที่ใส่กระดาษชำระ	4.0	ชุด	250	1,000	71	284	1,284
	ที่ใส่สบู่	4.0	ชุด	250	1,000	71	284	1,284
	ราวแขวนผ้า	4.0	ชุด	250	1,000	71	284	1,284
	กระจกเงา	4.0	ชุด	750	3,000	94	376	3,376
	ประตูกระจก Temper12 mm.	3.0	ชุด	8,000	24,000	-	-	24,000
e	**งานอื่น**				58,100		35,190	93,290
	งานบันได	1	ชุด	12,000	12,000	2,500	2,500	14,500
	งานทาสีภายใน	527.0	ตร.ม.	45	23,715	35	18,445	42,160
	งานทาสีภายนอก	407.0	ตร.ม.	55	22,385	35	14,245	36,630
4	**หมวดงานระบบประกอบอาคาร**				124,164		25,096	149,260
a	**งานระบบบำบัดน้ำเสีย**				13,750		5,640	19,390
	บ่อเกรอะบ่อซึม ศก.1.00 ม. 3 ชั้น	2	จุด	1,600	3,200	500	1,000	4,200
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 1" และอุปกรณ์	1	เหมา	800	800	300	300	1,100
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 2" และอุปกรณ์	1	เหมา	6,000	6,000	2,500	2,500	8,500

ตารางที่ ค-9 สรุปราคาค่าก่อสร้างบ้านสู้โลกร้อน (ต่อ)

	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมทั้งหมด
				ราคา	รวม	ราคา	รวม	
	ท่อ P.V.C. ชั้น 8.5 ขนาด 4" และอุปกรณ์	1	เหมา	2,000	2,000	1,000	1,000	3,000
	FD. ระบายน้ำทิ้งที่พื้น	7	จุด	250	1,750	120	840	2,590
b	**งานระบบน้ำประปา**				19,625		4,324	23,949
	ถังเก็บน้ำไฟเบอร์กลาส ความจุ 1000 ลิตร	1.0	ชุด	8,200	8,200	500	500	8,700
	โครงสร้างถังเก็บน้ำ	1.0	เหมา	1,000	1,000	300	300	1,300
	ปั๊มน้ำ	1.0	เครื่อง	3,000	3,000	224	224	3,224
	มิเตอร์น้ำ 1/2"	1.0	ชุด	765	765	50	50	815
	วาล์วเปิด/ปิดน้ำ 1/2" (Gate Valve)	5.0	ตัว	232	1,160	50	250	1,410
	ท่อ P.V.C. ชั้น 13.5 ขนาด 1/2" และอุปกรณ์	1.0	เหมา	5,500	5,500	3,000	3,000	8,500
c	**งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**				42,789		10,132	52,921
	มิเตอร์ไฟ 15(45)A	1.0	ชุด	700	700	-	-	700
	แผงควบคุมไฟฟ้าย่อย 1 เฟส 12 ช่อง	1.0	ชุด	3,500	3,500	500	500	4,000
	ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ 1x36 W	8.0	จุด	675	5,400	-	-	5,400
	ดวงโคม Downlight 1x18 W	20.0	จุด	450	9,000	-	-	9,000
	สวิตช์เดี่ยว 16A , 250 V	15.0	จุด	447	6,705	224	3,360	10,065
	เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A , 250 V	20.0	จุด	689	13,780	224	4,480	18,260
	เต้ารับโทรศัพท์	4.0	จุด	450	1,800	224	896	2,696
	เต้ารับโทรทัศน์	4.0	จุด	476	1,904	224	896	2,800
d	**งานระบบปรับอากาศ**				48,000		5,000	53,000
	เครื่องปรับอากาศ แบบแขวนผนัง ขนาด 12,000 Btu/h	2.0	ชุด	24,000	48,000	2,500	5,000	53,000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายณรงค์ฤทธิ์ จินต์จันทรวงศ์ เกิดวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2522 สำเร็จการศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2543 ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2547

ประสบการณ์ทำงาน พ.ศ. 2544 ทำงานเป็นลูกจ้างชั่วคราว ในตำแหน่งสถาปนิก ฝ่ายวางแผนและพัฒนาคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี พ.ศ. 2546 ทำงานในตำแหน่งสถาปนิก บริษัทจีฟ โปรดัก จำกัด ปี พ.ศ. 2548 ทำงานในตำแหน่งสถาปนิก และผู้จัดการโครงการ บริษัทฮอต ฮิวมิด เอ็นเนอร์ยี แมททีเรียล จำกัด จนถึงปัจจุบัน โดยมีโครงการที่รับผิดชอบดังนี้

- โครงการก่อสร้างหอสมุดญาณเวศก์ธรรมสมุจย์ วัดญาณเวศกวัน ตำบลบางระทึก อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม
- โครงการก่อสร้างอาคารห้องสมุดเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมืองปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี
- โครงการก่อสร้างบ้านพักอาศัย สูง 2 ชั้น ของคุณเฉลิมชัย วงษ์อารี หมู่บ้านเมืองเอก ตำบลหลักหก อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี
- โครงการก่อสร้างบ้านพักอาศัย สูง 3 ชั้น ของคุณประสบ โต๊ะตระกูล หมู่บ้านจิรัฐติกร แขวงจระเข้บัว เขตลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร
- โครงการก่อสร้างบ้านพักอาศัย สูง 2 ชั้น ของคุณสินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล หมู่บ้านเมืองเอก ตำบลหลักหก อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี
- โครงการก่อสร้างอาคารสำนักงาน บริษัท ฮอต ฮิวมิด เอ็นเนอร์ยี แมททีเรียล จำกัด หมู่บ้านเมืองเอก ตำบลหลักหก อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี
- โครงการติดตั้งผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) กองบัญชาการหน่วยบัญชาการทหารพัฒนา กองบัญชาการทหารสูงสุดฯ เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร
- โครงการติดตั้งผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) อาคารศูนย์ราชการกรุงเทพมหานคร ถนนแจ้งวัฒนะ