การศึกษาความเหมาะสมในการก่อสร้างอาคาร
ด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

โดย

นางสาวชลิตา พนาราม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การศึกษาความเหมาะสมในการก่อสร้างอาคาร
ด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

โดย

นางสาวชลิตา พนาราม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศา
ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

A SUITABILITY STUDY FOR BUILDING CONSTRUCTION USING STRUCTURAL INSULATED WALL PANELS SYSTEM

BY

MISS CHALITA PANARAM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE
ARCHITECTURE
FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2015
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวชลิตา พนาราม

เรื่อง

การศึกษาความเหมาะสมในการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2559

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ______________________

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กองกูณฑ์ โตชัยวัฒน์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ______________________

(รองศาสตราจารย์ ดร. ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ______________________

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนภณ พันธเสน)

คณบดี ______________________

(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาความเหมาะสมในการก่อสร้างอาคาร ด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง
ชื่อผู้เขียน	นางสาวชลิตา พนาราม
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร. ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

จากปัญหาขาดแคลนแรงงาน และการปรับตัวของค่าแรงในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ทำให้ผู้ประกอบการธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ หันมาใช้การก่อสร้างระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อช่วยในการลดระยะเวลา ลดต้นทุน และควบคุมคุณภาพในการก่อสร้าง แต่การก่อสร้างระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นระบบที่ใช้ทรัพยากรในปริมาณมาก ทั้งในแง่ของการผลิตและการขนส่ง และวัสดุคอนกรีตยังมีค่าการนำความร้อนสูง ซึ่งส่งผลต่อสภาวะน่าสบายของผู้ใช้งานอาคาร แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา สามารถป้องกันความร้อนได้ดี และใช้เป็นผนังรับแรงได้เช่นเดียวกับผนังคอนกรีตสำเร็จรูป งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาความเหมาะสมในการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และวิเคราะห์ปัจจัยด้านการออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วนและการติดตั้งชิ้นส่วนที่ส่งผลต่อระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพของการก่อสร้าง

วิธีการวิจัยประกอบด้วย การศึกษาอาคารกรณีศึกษาจำนวน 6 อาคาร ที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย ในด้านระยะเวลาการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง โดยทำการรวบรวมข้อมูลในเชิงปริมาณและคุณภาพจากการสัมภาษณ์ผู้ออกแบบ ผู้ติดตั้ง และเจ้าของอาคาร เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยในด้านการออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วน และการติดตั้งชิ้นส่วนที่ส่งผลต่อที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง การศึกษาเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้งานในประเทศไทย ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์และสอบถามข้อมูลจากบริษัทอสังหาริมทรัพย์ จำนวน 3 แห่ง

ผลการศึกษาพบว่า การก่อสร้างระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างสามารถติดตั้งได้โดยมีผลผลิตประมาณ 18.68 ตร.ม./วัน/คน และใช้แรงงานจำนวน 3-5 คนต่อหนึ่งชุดการติดตั้ง ซึ่งระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีอัตราผลผลิตในการติดตั้งสูงกว่าประมาณ 2.2 เท่า และอัตราผลผลิตในการเก็บงานรอยต่อสูงกว่าประมาณ 2.5 เท่า ต้นทุนในการก่อสร้างระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีค่าประมาณ 1,198.82 บาท/ตร.ม. ซึ่งสูงกว่าระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปเพียง 1.13 เท่า เนื่องจากวัสดุแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีน้ำหนักเบา ซึ่งสามารถลดต้นทุนค่าขนส่งและค่าอุปกรณ์ในการติดตั้งลงได้ ในด้านคุณภาพการติดตั้งและการเก็บงาน ระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างสามารถทำได้ง่ายกว่าระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และในปัจจุบันยังไม่พบปัญหาน้ำรั่วซึม ในส่วนของคุณภาพในการใช้งาน แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าแผ่นผนังคอนกรีตประมาณ 4 เท่า ซึ่งส่งผลดีต่อสภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคาร และช่วยลดค่าการใช้ไฟฟ้าในการปรับอากาศของอาคาร และปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพของการก่อสร้าง ได้แก่ การออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วน และการติดตั้งชิ้นส่วน ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและเลือกใช้ระบบการก่อสร้างด้วยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างสำหรับสถาปนิก ผู้ประกอบการ และผู้ที่สนใจทั่วไป

คำสำคัญ: แผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง, ระยะเวลาในการก่อสร้าง, ต้นทุนค่าก่อสร้าง, คุณภาพของการก่อสร้าง

Thesis Title	A SUITABILITY STUDY FOR BUILDING CONSTRUCTION USING STRUCTURAL INSULATED WALL PANELS SYSTEM
Author	Miss Chalita Panaram
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Associate Professor Pusit Lertwattanaruk, Ph.D.
Academic Years	2015

ABSTRACT

Due to the problems of labor shortage and general minimum wage increase in the construction industry, real estate developer have the precast concrete system in order to reduce the time, the cost, and to better control the quality of constructions. However, precast concrete system is the system which consumes a large amount of resources, in terms of the production and transportation. Moreover, the concrete materials have high thermal conductivity which affects thermal comforts for occupants of buildings. Structural Insulated Panels (SIP) are light-weight with high thermal resistance. It can be used as bearing wall, like precast concrete. This research paper focuses on the study of suitability of using Structural Insulated Panels (SIP) system for construction of buildings and also analysis of the factors regarding the design of buildings, design of SIP panels and installation of parts that affect the time, cost, and quality of construction by using SIP system.

The research methods include the studying of 6 buildings which were built by using SIPs system in Thailand in order to study the time, cost, and quality of construction. Quantitative and qualitative data collection involved interviews with

the designers, contractors, and owners of buildings in order to analyze the factors in the design of buildings, designing of SIP panels, and installation of parts that have an effect on the time, cost and quality of the construction by using SIPs system. A comparative study of the precast concrete system in Thailand was performed by interviewing and collecting data from three real estate companies.

The study found that the SIP panel system can be installed by a group of 3-5 workers for approximately 18.68 m^2/man/day. In comparison, the precast concrete system yielded the installation productivity rate of 2.2 times higher and the finishing productivity rate of 2.5 times higher. The cost of materials for SIP system is approximately 1,198.82 baht/m^2, which is only 1.13 times higher than those of the precast concrete system because the materials used are light-weight, resulting in reduced cost of transportation and machines used for installation. In term of the quality of installation and finishing, the SIP system is more convenient than the precast concrete system. As of now, there is no water leakage problems found. In term of applications, the thermal resistance of the SIP system is about 4 times higher than that of the precast concrete, which benefits the thermal comfort for building occupants, and also reduces the energy use for air conditioning in the buildings. The results of this study can be used as design and selection guidelines for architects entrepreneurs and those who are interested in using SIP construction system.

Keywords: Structural Insulated Panel, Construction Time, Construction Cost, Construction Quality

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยเอาใจใส่ในการทำวิทยานิพนธ์อย่างละเอียดรอบคอบ และให้คำปรึกษาในทุก ๆ ด้านเป็นอย่างดี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนภณ พันธเสน ที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษาด้านระเบียบวิธีการวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจทานวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กองกูณฑ์ โตชัยวัฒน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในด้านการบริหารงานก่อสร้างและความรู้ในด้านการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ บริษัท วอรัสโฮม จำกัด และบริษัท สแควร์ พาแนล ซิสเต็ม จำกัด ที่ให้ความกรุณาเอื้อเฟื้อข้อมูล และการศึกษาดูงานอาคารกรณีศึกษาที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ตลอดจนขอขอบคุณเจ้าของอาคารกรณีศึกษาทุกท่าน ที่สละเวลาในการให้ข้อมูล และขอขอบคุณ บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) บริษัท แลนด์ แอนด์ เฮ้าส์ จำกัด (มหาชน) และฝ่ายสนับสนุนสินเชื่อ สายสินเชื่อธุรกิจ ธนาคารเกียรตินาคิน ที่สนับข้อมูลทางด้านระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2559 ภายใต้ “ทุนวิจัยทั่วไป” ตามสัญญาเลขที่ ทน 14/2559 และขอขอบพระคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัย รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกตลอดระยะการศึกษาเป็นอย่างดีเสมอมา สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา ญาติพี่น้อง เพื่อน ๆ และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน จนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

นางสาวชลิตา พนาราม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย (1)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (3)

กิตติกรรมประกาศ (5)

สารบัญ (6)

สารบัญภาพ (8)

สารบัญตาราง (14)

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ทฤษฎี แนวคิด งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและกรณีศึกษา 7

2.1 การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป 8

2.2 ปริมาณที่อยู่อาศัยที่ก่อสร้างด้วยระบบคอนกรีตสำเร็จรูปในเขตกรุงเทพและปริมณฑล 15

2.3 การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นฉนวนโครงสร้าง (Structural Insulated Panels) 16

2.4 ระยะเวลาในการก่อสร้าง 40

2.5 การคำนวณต้นทุนของงานก่อสร้าง 43

2.6 คุณภาพของงานก่อสร้าง 45

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 48

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล 59

4.1 รายละเอียดแผ่นฉนวนโครงสร้าง 59

4.2 รายละเอียดอาคารกรณีศึกษาในการวิจัย 70

4.3 วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพ ของงานก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง 114

4.4 ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และ คุณภาพในการก่อสร้างของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป 133

4.5 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพในการก่อสร้างของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป 138

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 149

5.1 ข้อสรุปจากการวิจัย 149

5.2 แนวทางในการออกแบบอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างสำหรับผู้ออกแบบ 156

5.3 แนวทางในการพัฒนาแผ่นฉนวนโครงสร้าง สำหรับผู้ผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้าง 157

5.4 แนวทางในการก่อสร้างบ้านตัวอย่างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างสำหรับผู้ที่สนใจ 159

5.5 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 174

รายการอ้างอิง 175

หนังสือ 175

วิทยานิพนธ์ 175

สื่ออิเล็กทรอนิกส์ 176

Books 177

Articles 177

Electronic Media 178

ภาคผนวก ก แบบสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตและติดตั้ง และผู้ใช้งานในอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง 180

ภาคผนวก ข แบบสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิต และก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป 189

ประวัติผู้เขียน 198

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ขั้นตอนการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ระบบผนังรับแรง	9
2.2	ขั้นตอนการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ระบบผนังรับแรง	13
2.3	การเปรียบเทียบแผ่นฉนวนโครงสร้างเสมือนเป็นโครงสร้างหน้าตัดรูปตัวไอ	17
2.4	องค์ประกอบของแผ่นฉนวนโครงสร้าง	18
2.5	แผ่นโฟมที่เจาะช่องสำหรับร้อยสายไฟ	23
2.6	นำแผ่นโฟมที่ทากาวแล้ววางบนวัสดุแผ่นประกบ	23
2.7	แผ่นฉนวนโครงสร้างที่เตรียมช่องสำหรับงานระบบและรอยต่อแล้ว	24
2.8	ขนาดตารางพิกัดที่เกิดจากแผ่นวัสดุมาตรฐาน	26
2.9	แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างแบบมาตรฐานสำหรับการจัดเก็บชิ้นส่วน	27
2.10	การแสดงแบบรายละเอียดของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง	27
2.11	ตัวอย่างแบบก่อสร้างของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง	28
2.12	การเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อน้ำหนักของแผ่นฉนวนโครงสร้าง	29
2.13	การป้องกันแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในการขนส่ง	29
2..14	การใช้วัสดุแผ่นประกบเป็นรอยต่อทางตั้ง	30
2..15	การใช้โครงคร่าวเป็นรอยต่อทางตั้ง	31
2.16	รอยต่อทางตั้งระหว่างแผ่นต่อกับแผ่น	32
2..17	รอยต่อทางตั้งระหว่างแผ่นที่เข้ามุม	33
2.18	รอยต่อทางตั้งระหว่างแผ่นที่เข้ามุม	33
2.19	รอยต่อระหว่างพื้นคอนกรีตกับแผ่นผนัง	34
2.20	การติดตั้งเพลทด้านล่างที่พื้น	35
2.21	การติดตั้งผนังแผ่นแรก	35
2.22	การติดตั้งสลักในการเชื่อมต่อ	36

2.23 การติดตั้งแผ่นที่ 2 36
2.24 การติดตั้งสลักในการเชื่อมต่อ 37
2.25 การติดตั้งเพลทรัดด้านบน และเพลทปิดด้านบน 37
2.26 การเก็บรอยต่อ 38
2.27 การติดตั้งแฟลชชิ่งทั้ง 4 ด้าน 38
2.28 การติดตั้งหน้าต่างและแฟลชชิ่ง 39
2.29 การติดตั้งบัวหน้าต่าง 39
2.31 การตรวจสอบคุณภาพของการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง 46
3.1 วิธีดำเนินการวิจัย 58
4.1 ตัวกำหนดความหนา (Spacer) 62
4.2 การวางท่อไฟตามแบบที่กำหนด 62
4.3 การยกแผ่นฉนวนโครงสร้างของบริษัท B 63
4.4 การยกแผ่นฉนวนโครงสร้างของบริษัท A 64
4.5 รอยต่อทางตั้งระหว่างแผ่นต่อกับแผ่น 64
4.6 รูปตัดและแปลน ของรอยต่อเหล็กกล่อง หน้าตัด 2” x 2” (แบบเดิม) 65
4.7 รูปตัดและแปลน ของรอยต่อเหล็กรีดเย็น (แบบใหม่) 65
4.8 แนวผังของกรอบอาคาร และการฝังพุกเหล็กที่พื้นคอนกรีต 66
4.9 รางอะลูมิเนียมรูปตัวยู (รอยต่อระหว่างพื้นกับผนัง) และรอยต่ออะลูมิเนียมรูปตัวเอช (รอยต่อระหว่างผนังกับผนัง) 67
4.10 รายละเอียดวิธีติดตั้งแผ่นผนังของบริษัท B 68
4.11 ผนังภายนอกของอาคารกรณีศึกษาที่ 1 71
4.12 ตารางเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาที่ 1 74
4.13 การติดตั้งแผ่นฉนวนโครงสร้างของอาคารกรณีศึกษาที่ 1 74
4.14 การขนส่งแผ่นฉนวนโครงสร้างในแนวดิ่ง ด้วยรอกไฟฟ้า 76
4.15 การแขวนอ่างล่างหน้า และตู้ซักผ้า 77

4.16 การปูกระเบื้องและแผ่นหินบนผนัง 77

4.17 การเก็บรอยและทาสีบนแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง 78

4.18 รอยยุบจากการถูกเฟอร์นิเจอร์กระแทก 78

4.19 รอยร้าวระหว่างรอยของผนังกับวงกบ และของแผ่นที่มีช่องเปิด 79

4.20 ด้านหน้าของอาคารกรณีศึกษาที่ 2 80

4.21 การขนส่งแผ่นฉนวนโครงสร้างโดยรถบรรทุก 6 ล้อ ของอาคารกรณีศึกษาที่ 2 83

4.22 การตัดชิ้นส่วนและอุปกรณ์ในการติดตั้งที่หน้างานก่อสร้าง 83

4.23 การเก็บงานผนังด้วยวอลเปเปอร์ชนิดมัน 85

4.24 การร้อยท่อไฟฟ้า โดยไม่ต้องกรีดผนัง 85

4.25 การเจาะช่องเพื่อใส่กล่องไฟฟ้า 85

4.26 ผนังบริเวณที่ติดตั้งงานระบบต่างๆ หลังจากเก็บงานเรียบร้อยแล้ว 86

4.27 การติดเฟอร์นิเจอร์กับผนัง SIPs 86

4.28 การเก็บรอยต่อระหว่างผนังกับวงกบประตู 87

4.29 การเก็บรอยต่อต่าง ๆ บริเวณผนังของทางเดินทั้ง 2 ด้าน 87

4.30 ผังอาคารชั้น 3 ส่วนที่มีการปรับปรุง 88

4.31 ด้านหน้าของอาคารกรณีศึกษาที่ 3 89

4.32 การติดตั้งระบบไฟฟ้าแบบเดินลอยการติดตั้งงานระบบไฟฟ้าแบบเจาะท่อด้านใน 92

4.33 แปลนส่วนต่อเติมของอาคารกรณีศึกษาที่ 4 93

4.34 ด้านหน้าของอาคารกรณีศึกษาที่ 4 93

4.35 แผนงานด้านระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาที่ 4 95

4.36 การใช้งานภายในอาคาร, จาก บริษัท A, 2557 97

4.37 รอยร้าวบริเวณรอยต่อแผ่นด้านนอกอาคาร และรอยบิ่นบริเวณมุมด้านนอกอาคาร 97

4.38 ด้านหน้าของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 98

4.39 ผังของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 98

4.40 แผ่นฉนวนโครงสร้างที่ถูกส่งมายังสถานที่ก่อสร้าง 101

4.41 การเตรียมชิ้นส่วนโดยการติดตั้งเหล็กรีดเย็นด้านข้างแผ่นผนัง 101

4.42 การเจาะพื้น และฝังพุก เพื่อใช้ในการติดตั้งรางเหล็ก 101

4.43 การติดตั้งรางตัวยูที่พื้น เพื่อใช้ในการติดตั้งแผ่นผนัง 101

4.44 การติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างแผ่นแรก และทำการค้ำยัน 102

4.45 การติดตั้งแผ่นผนังโดยเริ่มจากการติดตั้งที่มุมอาคาร และทำการค้ำยัน 102

4.46 ด้านหน้าของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 เมื่อติดตั้งผนังทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว 103

4.47 การเสริมเหล็กรูปพรรณ บริเวณช่องเปิดขนาดใหญ่ 103

4.48 ด้านหน้าของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 เมื่อติดตั้งผนังทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว 103

4.49 แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างที่ติดตั้งแล้ว 105

4.50 การเก็บงานรอยต่อด้วยปูนฉาบผิวบาง 105

4.51 การปูกระเบื้องบนแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง 105

4.52 พื้นที่ภายในห้องวิทยาศาสตร์หลังจากเก็บงานและทาสี 106

4.53 พื้นที่ภายในห้องประชุมหลังจากเก็บงานและทาสี 106

4.54 พื้นที่ภายนอกอาคารหลังจากเก็บงานและทาสี 106

4.55 แปลนอาคารกรณีศึกษาที่ 6 107

4.56 ผนังภายนอกของอาคารกรณีศึกษาที่ 6 107

4.57 การแบ่งชิ้นส่วนของแบบบ้านชั้นเดียว 109

4.58 แผนงานในการก่อสร้างของอาคารกรณีศึกษาที่ 6 110

4.59 การปิดผิวด้านนอกอาคาร 112

4.60 รอยร้าวบริเวณวงกบหน้าต่าง และรอยร้าวภายในอาคาร 112

4.61 รอยต่อระหว่างผนังของอาคารกับแผ่นหลังคา และการปูกระเบื้องห้องน้ำ 113

4.62 ชิ้นส่วนมาตรฐานที่ถูกขนส่งมายังสถานที่ก่อสร้าง ของอาคารกรณีศึกษาที่ 2 116

4.63 การติดตั้งเหล็กรีดเย็นที่ด้านข้างของชิ้นส่วน ของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 116

4.64 ความสูงของผนังอาคาร ส่งผลต่อระยะเวลาในการติดตั้งและการเก็บรอยต่อ 118

4.65 รถบรรทุก 6 ล้อที่ใช้ในการขนส่งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง 121

4.66 รอกไฟฟ้าที่ใช้ในการขนส่งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง 122
4.67 การติดตั้งผนังของอาคารกรณีศึกษาที่ 1 126
4.68 การออกแบบและแบบของชิ้นส่วนของอาคารกรณีศึกษาที่ 6 127
4.69 การติดตั้งผนังของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 128
4.70 การติดตั้งผนังที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่ของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 128
4.71 รูปตัดและแปลน ของรอยต่อเหล็กกล่อง หน้าตัด 2” x 2” (รอยต่อแบบเดิม) 130
4.72 รูปตัดและของรอยต่อเหล็กรีดเย็นของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 130
4.73 การวางแผนแบ่งชิ้นส่วนของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 132
5.1 ขั้นตอนในการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง 153
5.2 แปลนพื้นของบ้านตัวอย่าง 160
5.3 แปลนหลังคาของบ้านตัวอย่าง 160
5.4 รูปด้านทั้ง 4 ด้าน ของบ้านตัวอย่าง 161
5.5 รูปตัดของบ้านตัวอย่าง 161
5.6 แบบแปลนการแบ่งชิ้นส่วนของบ้านตัวอย่าง 163
5.7 แบบการแบ่งชิ้นส่วนของผนัง A 163
5.8 แบบการแบ่งชิ้นส่วนของผนัง B และ D 163
5.9 แบบการแบ่งชิ้นส่วนของผนัง C 164
5.10 แบบการแบ่งชิ้นส่วนของผนัง E และ F 164
5.11 แบบการแบ่งชิ้นส่วนของผนัง G และ H 164
5.12 การเตรียมฐานรากและพื้นคอนกรีตตามแปลนอาคารที่ออกแบบไว้ 165
5.13 การติดตั้งรางเหล็กรูปตัวยูตามแนวผนังอาคาร 165
5.14 การติดตั้งผนังแผ่นแรก A-09 166
5.15 การติดตั้งแผ่นที่สอง B-01 ให้ทำมุมฉากกับผนัง A-09 166
5.17 การติดตั้งผนัง A-08 167
5.18 การติดตั้งเหล็กรางตัวยูครอบด้านบนผนัง 167

5.19 การติดตั้งผนัง A ทั้งหมด ด้วยวิธีเดียวกัน 167

5.20 การติดตั้งผนัง B 168

5.21 การติดตั้งผนัง C 168

5.22 การติดตั้งผนัง D 168

5.23 การติดตั้งผนังภายในที่เหลือ 169

THAMMASAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	โรงงานผลิตชิ้นส่วนบ้านสำเร็จรูปโดยผู้ประกอบการขนาดใหญ่	2
2.1	ข้อดี ข้อเสียของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป	10
2.2	การเพิ่มจำนวนของบริษัทพัฒนาที่ดินที่ใช้ระบบคอนกรีตสำเร็จรูป (ปี 2556-2557)	15
2.3	สัดส่วนประเภทบ้านที่ใช้ระบบการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในเขตกรุงเทพและปริมณฑล ปี 2558	16
2.4	การเปรียบเทียบคุณสมบัติแผ่นประกบด้านนอก	19
2.5	การเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกายภาพของของโฟมแต่ละประเภท	20
2.6	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุแกน	21
2.7	ค่า R-Value ของโฟมอีพีเอสที่มีความหนา และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน	22
2.8	ผลสรุปของการใช้แรงงานและระยะเวลาในการก่อสร้างด้วยโครงสร้างไม้และแผ่นฉนวนโครงสร้าง	42
2.9	แผนงานและระยะเวลาในการก่อสร้างบ้านด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง	43
3.1	รายละเอียดอาคารกรณีศึกษา	50
3.2	รายละเอียดผู้ประกอบการที่ก่อสร้างอาคารด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป	51
3.3	ประเภทเอกสารที่ต้องการ และเหตุผลในการใช้	56
4.1	รายละเอียดของแผ่นฉนวนโครงสร้างที่ผลิตในประเทศไทย	60
4.2	การเปรียบเทียบรายละเอียดรอยต่อ ของทั้ง 2 บริษัท	69
4.3	การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ในการก่อสร้างของทั้ง 2 บริษัท	70
4.4	รายละเอียดโครงการ	72
4.5	ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 1	75
4.6	ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 1	76
4.7	จุดบกพร่องในอาคารกรณีศึกษา 1	79
4.8	รายละเอียดโครงการ	81

4.9 ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 2 82
4.10 ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 2 84
4.11 จุดบกพร่องในอาคารกรณีศึกษา 2 87
4.12 รายละเอียดโครงการ 89
4.13 ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 3 90
4.14 ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 3 91
4.15 จุดบกพร่องในอาคารกรณีศึกษา 3 92
4.16 รายละเอียดอาคาร 94
4.17 ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 4 95
4.18 ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 4 96
4.19 จุดบกพร่องในอาคารกรณีศึกษา 4 97
4.20 รายละเอียดโครงการ 99
4.21 ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาที่ 5 100
4.22 ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 5 104
4.23 จุดบกพร่องในอาคารกรณีศึกษา 5 106
4.24 รายละเอียดอาคารกรณีศึกษาที่ 6 108
4.25 ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 6 110
4.26 ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 6 111
4.27 จุดบกพร่องในอาคารกรณีศึกษา 6 113
4.28 อัตราผลผลิตงานก่อสร้างของอาคารกรณีศึกษา 115
4.29 ต้นทุนค่าก่อสร้างของกรณีศึกษา 119
4.30 จำนวนจุดบกพร่องของงานก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 123
4.31 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง 133
4.32 อัตราผลผลิตงานก่อสร้างของระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป 134

4.33 ต้นทุนของงานก่อสร้างของระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป 134

4.34 จำนวนจุดบกพร่องของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป 135

4.35 ระยะเวลาก่อสร้างก่อสร้างของระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป 139

4.36 ต้นทุนของค่าก่อสร้างของระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป 140

4.37 จุดบกพร่องของงานก่อสร้างด้วยแผ่นฉนวนโครงสร้างเปรียบเทียบกับผนังคอนกรีต 142

4.38 ค่าความต้านทานความร้อนของแผ่นฉนวนโครงสร้างเปรียบเทียบกับผนังคอนกรีต 143

4.39 การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ในการก่อสร้างของทั้ง 2 บริษัท 146

4.40 การเปรียบเทียบการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างกับระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป 147

5.1 การจำแนกรูปแบบ และจำนวนชิ้นส่วน 162

5.2 ระยะเวลาในการก่อสร้างบ้านตัวอย่าง 170

5.3 ต้นทุนค่าก่อสร้างบ้านตัวอย่าง 171

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบกับปัญหาการขาดแคลนแรงงานต่อเนื่อง และมีแนวโน้มการขาดแคลนสูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรที่ลดลงอย่างรวดเร็ว และความไม่สอดคล้องกันระหว่างคุณลักษณะของแรงงานที่เข้าสู่ตลาดกับความต้องการของตลาดแรงงาน ส่งผลกระทบมายังภาคธุรกิจก่อสร้าง ซึ่งมีปัญหาการขาดแคลนแรงงานเป็นอันดับที่ 2 รองจากภาคการผลิต (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2555) ทำให้เกิดปัญหางานก่อสร้างล่าช้า แรงงานขาดคุณภาพ และการโก่งค่าแรงของคนงาน เป็นต้น ซึ่งปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อต้นทุนค่าก่อสร้างที่สูงขึ้น ทำให้บริษัทผู้พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ได้มีการปรับเปลี่ยนกระบวนการก่อสร้างจากระบบดั้งเดิม (การใช้เสา-คาน และการก่ออิฐ) ซึ่งต้องอาศัยแรงงานในปริมาณมาก การก่อสร้างทั้งหมดเกิดขึ้นที่หน้างาน ทำให้ใช้เวลาในการก่อสร้างค่อนข้างมาก และยากต่อการควบคุมคุณภาพมาเป็นการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูป (Prefabrication) กันมากขึ้น (กรุงเทพธุรกิจ, 2556)

ในปัจจุบันผู้ประกอบการพัฒนาที่ดินรายกลางถึงใหญ่ ได้มีการปรับเปลี่ยนกระบวนการก่อสร้างมาใช้ระบบคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast Concrete) แบบผนังรับน้ำหนักในการก่อสร้างกันเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในส่วนผนัง เพื่อทดแทนการก่อสร้างแบบดั้งเดิม (การก่ออิฐฉาบปูน) เนื่องจากเป็นการก่อสร้างที่สามารถควบคุมคุณภาพของการก่อสร้างได้ดีกว่า ต้นทุนต่ำกว่า ใช้แรงงานน้อยกว่า และลดระยะเวลาให้การก่อสร้างลงได้มาก ซึ่งถ้าหากเป็นระบบผนังรับน้ำหนักจะสามารถลดระยะเวลาในการก่อสร้างในส่วนของโครงสร้างลดได้อีกด้วย จึงทำให้ระบบผนังสำเร็จรูปถูกนำมาใช้ทั้งในโครงการบ้านเดี่ยว บ้านแฝด ทาวน์เฮ้าส์ และคอนโดมิเนียม โดยที่กลุ่มพัฒนาที่ดินรายใหญ่ส่วนมากจะเปิดโรงงานเพื่อผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปเอง (จากตารางที่ 1.1) เพื่อช่วยลดระยะเวลาการก่อสร้าง ลดต้นทุน และรองรับการขาดแคลนแรงงาน (กรุงเทพธุรกิจ, 2558)

ตารางที่ 1.1

โรงงานผลิตชิ้นส่วนบ้านสำเร็จรูปโดยผู้ประกอบการขนาดใหญ่

บริษัท	งบลงทุน (ล้านบาท)	ระบบที่ใช้	โครงการที่ใช้	กำลังผลิต (หน่วย/เดือน)
พฤกษา	4,500	ผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก	ทุกโครงการ	1,120
แสนสิริ	760	ผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก	บ้านเดี่ยว, คอนโด	150
คิวเฮ้าส์	100	ผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก	บ้านเดี่ยว, ทาวน์เฮาส์, คอนโด	130
ไอริส กรุ๊ป	200	ผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก	ทุกโครงการ	60
เพอร์เฟค	100	ผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก	บ้านเดี่ยว, ทาวน์เฮาส์	40
กานดา	250	ผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก	ทุกโครงการ	30
โฮมเพลสฯ	120	ผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก	ทุกโครงการ	30
แลนด์&เฮาส์	จ้างผลิต	ผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก	บ้านเดี่ยวบางโครงการ	-
ปริญสิริ	จ้างผลิต	ผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก	ทาวน์เฮาส์	-
ศุภาลัย	จ้างผลิต	แผ่นพื้น, บันไดสำเร็จรูป	ทาวน์เฮาส์	-
เอพี (ไทยแลนด์)	จ้างผลิต	ผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก	ทาวน์เฮาส์	-
เสนา ดีเวล ลอปเม้นท์	จ้างผลิต	ผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก	บ้านเดี่ยว, ทาวน์เฮาส์, คอนโด	-

หมายเหตุ : จาก ประชาชาติธุรกิจ, 2558

นอกจากการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จะมีข้อดีในด้านความเร็วในการก่อสร้าง ลดการใช้แรงงาน และทำให้งานก่อสร้างมีคุณภาพที่ดีขึ้น แต่การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปก็มีข้อจำกัดเช่นเดียวกับระบบก่อสร้างอื่น ๆ เนื่องจากชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ผลิตจากคอนกรีตเสริมเหล็ก ทำให้มีน้ำหนักมากกว่าระบบผนังก่ออิฐหลายเท่า ส่งผลถึงขนาดของฐานรากที่จะต้องรับน้ำหนักมากขึ้น จึงจำเป็นต้องออกแบบฐานรากให้แข็งแรงมากกว่า หรืออาจต้องใช้เสาเข็มที่ยากกว่าระบบผนังก่ออิฐ เพื่อป้องกันปัญหาบ้านทรุดในภายหลัง (ณรงค์ฤทธิ์ ช่างเหล็ก, 2555) และจากข้อดีในเรื่องความทึบน้ำของผนังคอนกรีตที่มากกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูน ทำให้ไม่ก่อให้เกิดเชื้อรา ซึ่งเป็นสาเหตุของสีหลุดร่อนและเชื้อโรคในอากาศภายในบ้าน แต่ความหนาแน่นที่มากกว่าจึงทำให้ผนังคอนกรีตนำความร้อนได้มากกว่าส่งผลให้อากาศภายในมีอุณหภูมิสูงเมื่อได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ และจำเป็นต้องปรึกษาผู้เชี่ยวชาญก่อนที่จะทำการเจาะ ทุบ หรือ

ต่อเติม และปัญหาเรื่องรอยต่อของชิ้นส่วนคอนกรีต ที่ต่อด้วยซิลิโคน ที่มีการเสื่อมอายุเร็วกว่าคอนกรีต ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วซึมตามรอยต่อต่าง ๆ ได้ (สืบตระกูล สมบัติทิพย์, 2554)

จากการศึกษาแนวโน้มของการพัฒนาของอุตสาหกรรมการก่อสร้างอาคารในระบบผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูปที่มีน้ำหนักเบา มีแนวโน้มที่จะพัฒนาเพื่อให้เกิดอัตราความแข็งแรงต่อน้ำหนักที่สูงขึ้น ทำให้น้ำหนักลดลง และทำให้เกิดคุณสมบัติการเป็นฉนวนที่ดีขึ้น (Smitha Gopinath, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นฉนวนโครงสร้าง โดยเป็นการประกอบขึ้นจากวัสดุสำเร็จรูปต่างชนิดกัน และสามารถเลือกวัสดุหลายชนิดมาใช้ในการผลิตเป็นแผ่นฉนวนโครงสร้างได้ โดยองค์ประกอบของแผ่นฉนวนโครงสร้างแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ วัสดุแผ่นประกบด้านนอก (Facing material) และวัสดุแกนที่เป็นฉนวน (Insulation core) โดยระบบแผ่นฉนวนโครงสร้างเป็นระบบการก่อสร้างที่คล้ายระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป คือใช้ผนังเป็นส่วนรับน้ำหนักของชั้นบนและน้ำหนักของหลังคา จึงไร้เสาคานเช่นเดียวกับระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ส่วนประกอบหลักที่ใช้ผลิตเป็นผนังเป็นฉนวนป้องกันอุณหภูมิชนิดต่าง ๆ ที่ไม่ใช่คอนกรีตเสริมเหล็ก จึงทำให้เป็นวัสดุที่มีอัตราความแข็งแรงต่อน้ำหนักที่สูง มีน้ำหนักเบา และมีคุณสมบัติการเป็นฉนวนที่ดี

การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นฉนวนโครงสร้าง เป็นระบบที่ถูกพัฒนาและทดลองใช้ในประเทศอุตสาหกรรม ซึ่งมีอากาศหนาวเป็นเวลามากกว่า 50 ปี และได้รับความนิยมในอเมริกา ยุโรป และญี่ปุ่น เนื่องจากเป็นประเทศที่มีค่าแรงสูง เพื่อช่วยให้สามารถก่อสร้างได้สะดวกและรวดเร็ว และยังช่วยในการประหยัดพลังงานอีกด้วย ส่วนประเทศไทย ระบบแผ่นฉนวนโครงสร้าง ถูกนำมาใช้เพื่อตอบสนองอุตสาหกรรมการก่อสร้างห้องเย็น และการผลิตตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อบรรจุสินค้าส่งออกเป็นส่วนใหญ่ แต่ต่อมามีการดัดแปลงเพื่อผลิตเป็นอาคารสำเร็จรูปขนาดเล็กที่สามารถเคลื่อนที่ได้ง่าย เช่น สำนักงานชั่วคราวในสถานที่ก่อสร้าง บ้านขนาดเล็ก และร้านค้า เป็นต้น (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550) การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นฉนวนโครงสร้างใช้วัสดุและวิธีการก่อสร้างที่มีคุณภาพสูงกว่าระบบที่ใช้ในปัจจุบัน ทั้งในเรื่องความเป็นฉนวนทำให้ประหยัดพลังงานมากกว่า น้ำหนักที่เบากว่า และเกิดเศษวัสดุจากการก่อสร้างน้อยกว่า

การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาความเหมาะสมในการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย ในด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง และวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจสำหรับผู้ที่สนใจที่จะก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย ในด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง

1.2.3 เพื่อสรุปผลการศึกษาและการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และเปรียบเทียบกับการก่อสร้างอาคารด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้งานในประเทศไทย

1.2.4 เพื่อนำเสนอแนวทางในการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ซึ่งก่อสร้างจากแผ่นฉนวนโครงสร้างที่ผลิตในประเทศไทย โดยใช้แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุประกบและโฟมแข็งเป็นวัสดุแกนเท่านั้น โดยจะศึกษาเฉพาะในส่วนของงานโครงสร้างผนังเท่านั้น ไม่รวมงานตกแต่ง

1.3.2 ศึกษาปัจจัยด้านการออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วน และการติดตั้ง ที่ส่งผลต่อระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

1.3.3 ด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ศึกษาโดยถือว่ามีการเตรียมชิ้นส่วนจากโรงงานและขนส่งมายังสถานที่ก่อสร้างเรียบร้อยแล้ว โดยศึกษาเฉพาะช่วงการติดตั้งแผ่นผนัง และการเก็บรอยต่อ

1.3.4 ด้านต้นทุนในการก่อสร้าง ศึกษาโดยถือว่ามีการซื้อชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงานโดยศึกษาเฉพาะต้นทุนค่าวัสดุ ค่าติดตั้ง และค่าขนส่ง

1.3.5 ด้านคุณภาพของการก่อสร้าง โดยศึกษาเฉพาะจุดบกพร่องจากการเก็บรอยต่อ การรั่วซึม และจุดบกพร่องที่เกิดจากการใช้งาน ไม่รวมถึงจุดบกพร่องที่เป็นผลจากส่วนอื่นๆ ของอาคาร และเป็นการศึกษาอาคารที่มีอายุใช้งานไม่เกิน 2 ปี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อนำเสนอแนวทางให้ผู้ประกอบการพัฒนาโครงการด้วยการก่อสร้างระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ซึ่งสามารถลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค

1.4.2 เพื่อนำเสนอแนวทางให้ผู้ออกแบบ สามารถออกแบบชิ้นส่วนสำหรับการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างได้อย่างเหมาะสม เพื่อช่วยลดการเกิดวัสดุเหลือใช้จากการก่อสร้าง

1.4.3 เพื่อให้ผู้บริโภคมีแนวทางในการเลือกที่อยู่อาศัยที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ซึ่งที่มีสภาวะน่าสบายที่เหมาะสมกับการอยู่อาศัย

1.4.4 เพื่อเป็นแนวทางเปรียบเทียบระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง คุณภาพของการก่อสร้าง สำหรับผู้ประกอบการพัฒนาโครงการ หรือผู้ที่สนใจเลือกใช้การก่อสร้างระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

1.5 ระเบียบวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาความเหมาะสมในการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยศึกษาจากอาคารกรณีศึกษาที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย ในด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง โดยมีระเบียบวิธีการวิจัย ดังต่อไปนี้

1.5.1 การศึกษาหลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิธีการผลิต ออกแบบ และการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง จากงานวิจัย และวรรณกรรมทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

1.5.2 การศึกษาเชิงปฏิบัติการ โดยการเก็บข้อมูลจากอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ผู้ผลิต ผู้ออกแบบ และผู้ใช้งานด้วยการสัมภาษณ์ และสอบถาม

(1) ศึกษากระบวนการในการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนจากผู้ผลิต

(2) ศึกษาการติดตั้งและรายละเอียดของรอยต่อชิ้นส่วนแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

(3) ศึกษาการเก็บความเรียบร้อยของรอยต่อของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

(4) ศึกษาระยะเวลาและจำนวนแรงงานที่ใช้ในการก่อสร้างระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

(5) ศึกษาต้นทุนค่าก่อสร้างของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

(6) ศึกษาคุณภาพของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และคุณภาพของอาคารหลังจากมีการใช้งานแล้ว

1.5.3 วิเคราะห์และสรุปผล

(1) วิเคราะห์ปัจจัยด้านการออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วน และวิธีการติดตั้ง ที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

(2) วิเคราะห์ปัจจัยด้านการออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วน และวิธีการติดตั้ง ที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

บทที่ 2
ทฤษฎี แนวคิด งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและกรณีศึกษา

จากปัญหาขาดแคลนแรงงาน และการปรับตัวของค่าแรงในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ทำให้ผู้ประกอบการธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ หันมาใช้การก่อสร้างระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อช่วยในการลดระยะเวลา ลดต้นทุน และควบคุมคุณภาพในการก่อสร้าง แต่การก่อสร้างระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นระบบที่ใช้ทรัพยากรในปริมาณมาก ทั้งในแง่ของการผลิต การขนส่ง การติดตั้ง และวัสดุคอนกรีตยังมีค่าการนำความร้อนสูง ซึ่งส่งผลต่อสภาวะน่าสบายของผู้ใช้งานอาคาร แผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา สามารถป้องกันความร้อนได้ดี และใช้เป็นผนังรับแรงได้เช่นเดียวกับผนังคอนกรีตสำเร็จรูป งานวิจัยนี้ จึงได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เกี่ยวกับความเหมาะสมในการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย ในด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง โดยศึกษาที่มา ทฤษฎี แนวคิด และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป
2.2 ปริมาณของที่อยู่อาศัยที่ก่อสร้างด้วยระบบคอนกรีตสำเร็จรูปในเขตกรุงเทพและปริมณฑล
2.3 การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง
 2.3.1 ความหมายของแผ่นฉนวนโครงสร้าง
 2.3.2 องค์ประกอบของแผ่นฉนวนโครงสร้าง
 2.3.3 วิธีการผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง
 2.3.4 รายละเอียดของรอยต่อในการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง
 2.3.5 วิธีการก่อสร้างด้วยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง
 2.3.6 การออกแบบชิ้นส่วนแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง
2.4 ระยะเวลาในการก่อสร้างและวิธีการควบคุมระยะเวลา
2.5 การคำนวณต้นทุนของงานก่อสร้าง
2.6 วิธีการควบคุมคุณภาพของงานก่อสร้าง

2.1 การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

2.1.1 ประวัติและความเป็นมาของระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

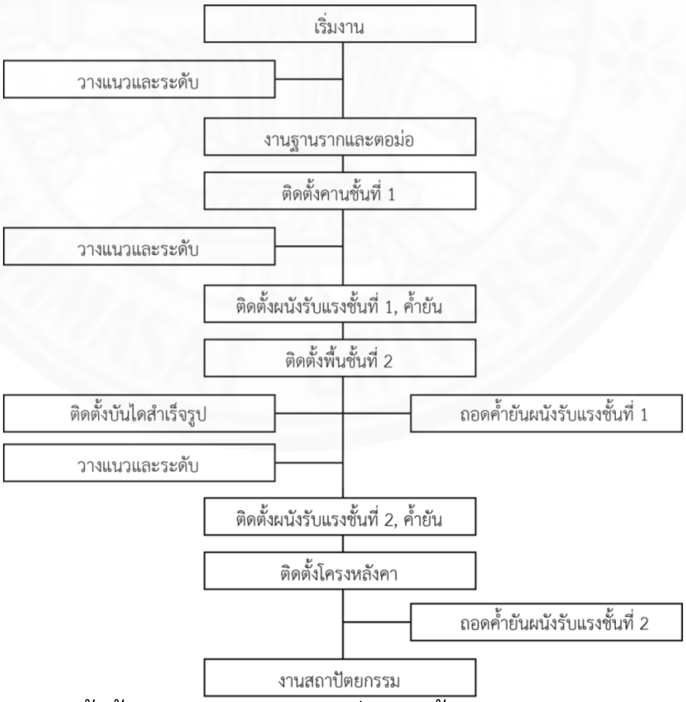
การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Prefabrication System) มีการเริ่มใช้งานมาตั้งแต่สมัยกรีก โรมัน อียิปต์ โดยใช้ในการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งใช้หินเป็นวัสดุในการก่อสร้าง ต่อมาได้พัฒนาเพื่อใช้สำหรับก่อสร้างอาคารพักอาศัย โดยใช้ไม้ อิฐ หิน ดิน หรือวัสดุที่มีในท้องถิ่นมาก่อสร้าง ในยุคอุตสาหกรรมได้มีการพัฒนาระบบเครื่องจักรเข้ามาช่วยในการก่อสร้าง โดยใช้เหล็ก และคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นจุดเริ่มต้นในการคิดค้นส่วนประกอบที่สำเร็จรูปขึ้น ในยุคแห่งข้อมูลข่าวสาร ช่วงปลายศตวรรษที่ 20 ได้มีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการออกแบบและก่อสร้าง และมีการส่งข้อมูลอย่างทั่วถึงทุกมุมโลก เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลเทคนิคการก่อสร้าง ทำให้มีการพัฒนามาตรฐานการก่อสร้างให้สูงขึ้น และเมื่อมีการก่อสร้างในรูปแบบเดียวกันมากขึ้น ระบบสำเร็จรูปจึงถูกใช้ และปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยผลิตชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่จากโรงงานและนำมาประกอบยังสถานที่ก่อสร้างในภายหลัง ดังนั้นสภาวะในปัจจุบัน ที่มีปัญหาการขาดแคลนแรงงานในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ระบบสำเร็จรูปจึงถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างอาคาร ด้วยเหตุผลหลัก คือ ลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง เนื่องจากการผลิตในโรงงานในปริมาณมาก รวมทั้งความรวดเร็วในการก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างที่มีมาตรฐาน เนื่องจากผลิตชิ้นส่วนจากโรงงาน ไม่ได้ขึ้นอยู่กับฝีมือของช่างเหมือนกันระบบอื่น ๆ จึงทำให้ปัจจุบันผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ มีการนำระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมาใช้กับงานก่อสร้าง อาคารชุดพักอาศัยหรือคอนโดมิเนียม ทาวน์เฮ้าส์ หรือบ้านเดี่ยวกันอย่างแพร่หลาย (สืบตระกูล สมบัติทิพย์, 2554)

2.1.2 เป้าหมายของการใช้ระบบก่อสร้างสำเร็จรูป

การนำระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาใช้ในการก่อสร้างมีเป้าหมายหลัก คือ ต้องการควบคุมองค์ประกอบในงานก่อสร้าง 3 ประการ ได้แก่ คุณภาพ ระยะเวลา และต้นทุนในการก่อสร้าง โดยงานก่อสร้างระบบสำเร็จรูปใช้เวลาในการวางแผน เตรียมการ มากกว่าการก่อสร้างแบบดั้งเดิม แต่ใช้เวลาในการก่อสร้างที่สถานที่ก่อสร้างน้อยกว่าการก่อสร้างแบบดั้งเดิม จึงทำให้ต้องการออกแบบรายละเอียดให้ชิ้นส่วนมีรูปแบบเดียวกัน และมีจำนวนหน่วยที่จะก่อสร้างมากพอ จึงจะทำให้คุ้มค่ากับเวลาที่ใช้ในการวางแผน และเตรียมการ จึงจะสามารถลดต้นทุนในการก่อสร้างลงได้ และการออกแบบรายละเอียดให้มีชิ้นส่วนชนิดเดียวกันให้มากที่สุด ทำให้ง่ายต่อทั้งการผลิต และติดตั้งชิ้นส่วน (ณรงค์ฤทธิ์ ช่างเหล็ก, 2555)

2.1.3 วิธีการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ระบบการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast Concrete Construction) หมายถึง ระบบการก่อสร้างของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีการหล่อชิ้นส่วนต่างๆขึ้นมาก่อน แล้วค่อยนำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นโครงสร้างในภายหลัง เป็นโครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก ผลิตโดยการหล่อคอนกรีตในโรงงานแล้วยกมาติดตั้ง ณ สถานที่ก่อสร้าง ชิ้นส่วนผนังของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบนี้ จะต้องทำการออกแบบรายละเอียดทุกส่วนให้เสร็จก่อน ไม่ว่าจะเป็น ช่องประตู หน้าต่าง และงานระบบต่าง ๆ จะทำการติดตั้งและเว้นช่องไว้เรียบร้อยก่อนที่จะเทคอนกรีตลงในแบบหล่อ วิธีการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จะต้องเตรียมงานฐานราก ณ สถานที่ก่อสร้างให้เสร็จเรียบร้อย จากนั้นรถเครนจะยกชิ้นส่วนคาน และแผ่นพื้นสำเร็จรูปมาติดตั้งตามตำแหน่งที่กำหนด แล้วจึงทำการติดตั้งผนังสำเร็จรูปชั้นล่าง โดยมีการใช้เสาค้ำยัน เพื่อให้ได้ระดับดิ่ง และทำการเชื่อมต่อกัน เมื่อผนังชั้น 1 เสร็จเรียบร้อยแล้วจะทำการวางพื้นชั้น 2 และบันไดสำเร็จรูป โดยหลังจากติดตั้งผนังชั้นที่ 2 เรียบร้อยแล้วก็จะเป็นส่วนงานหลังคา งานตกแต่งเก็บ งานระบบ และงานทางสถาปัตยกรรมต่อไป (ณัฐดนัย วลัยลักษณาภรณ์, 2557)



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ระบบผนังรับแรง. *โครงการจัดทำแบบมาตรฐานอาคาร 2 ชั้น ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Design of R.C.Prefabricated-Concrete System for 2 Storey Building Program)* (น. 6-40), วรวรรณ โรจนไพบูลย์ (และคณะ), 2548.

2.1.4 ข้อดี และข้อเสียของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ระบบชิ้นส่วนผนังคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นการก่อสร้างระบบแห้ง แต่อาจมีการเชื่อมชิ้นส่วนต่าง ๆ ด้วยระบบเปียก ขึ้นอยู่กับเทคนิคของผู้ผลิตแต่ละราย ซึ่งในปัจจุบันผู้ประกอบการพัฒนาที่ดินนิยมและหันมาใช้การก่อสร้างระบบนี้ในการก่อสร้าง บ้านเดี่ยว บ้านแฝด ทาว์นเฮ้าส์ และคอนโด เนื่องจากเป็นระบบที่ช่วยลดจำนวนแรงงาน ระยะเวลาการก่อสร้าง และสามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นส่วนต่างๆ จากในโรงงาน แต่การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนผนังคอนกรีตสำเร็จรูปผลิตจากคอนกรีตเสริมเหล็กเช่นเดียวกับระบบผนังหล่อในที่ ทำให้มีน้ำหนักมาก ส่งผลถึงขนาดของฐานรากที่จะต้องรับน้ำหนักมากขึ้น และคอนกรีตมีความหนาแน่นมากจึงทำให้มีค่าการนำความร้อนสูง ซึ่งได้สรุปข้อดี และข้อเสียของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปไว้ดังตารางที่ 2.1 (ณรงค์ฤทธิ์ ช่างเหล็ก, 2555)

ตารางที่ 2.1

ข้อดี ข้อเสียของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ประเด็น	ข้อดี	ข้อเสีย
ระยะเวลา	ลดระยะเวลาในการก่อสร้าง ซึ่งสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการดำเนินการต่างๆ ได้รวมถึงต้นทุนของดอกเบี้ย	
	ช่วยลดการก่อฉาบ เนื่องจากผลิตจากโรงงานผิวงานพร้อมใช้ เช่น ระบบผนังรับน้ำหนัก	อาจมีการรั่วซึมที่รอยต่อ ถ้าขาดการออกแบบรอยต่อและการควบคุมการทำงานที่ดี
คุณภาพ	คุณภาพได้มาตรฐาน เนื่องจากชิ้นส่วนมีการควบคุมที่ดีตามมาตรฐานอุตสาหกรรมจากโรงงาน	การขาดความรู้ทักษะ ประสบการณ์ มีผลทำให้การทำงานอาจไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร
มลภาวะ	ลดฝุ่นละอองจากเศษหิน ทราย และปูนซีเมนต์	
แรงงาน	ลดปริมาณแรงงานในการทำงาน	ต้องอาศัยเครื่องจักรเข้ามาแทนที่

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ข้อดี ข้อเสียของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ประเด็น	ข้อดี	ข้อเสีย
ต้นทุน	ลดค่าก่อสร้าง โดยเฉพาะการใช้ชิ้นส่วนที่เหมือนกันในปริมาณมาก กับโครงการใหญ่	การลงทุนเริ่มต้นสูง ต้องมีทุนในการตั้งโรงงาน
	ลดการสูญเสียวัสดุได้ เช่น แบบหล่อ ไม้แบบ ไม้ค้ำยัน ลง เนื่องจากชิ้นส่วนผลิตจากโรงงาน	ชิ้นส่วนมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก ต้องอาศัยเครื่องจักรใหญ่ในการขนส่งและติดตั้ง และจำเป็นต้อนออกแบบฐานรากให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น เพื่อป้องกันปัญหาการทรุดในภายหลัง
คุณสมบัติของวัสดุ	ชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็นชิ้นส่วนที่ทำจากคอนกรีตเสริมเหล็กและคอนกรีตอัดแรง จึงทำให้มีความทึบน้ำมากกว่าการก่อสร้างแบบดั้งเดิม คือเก็บความชื้นได้น้อยกว่า	มีการนำความร้อนมากกว่าระบบก่ออิฐฉาบปูน ทำให้อากาศภายในมีอุณหภูมิสูงกว่าเมื่อผนังได้รับความร้อนจากแสงแดด
		เนื่องจากมีความทึบน้ำสูง ทำให้เป็นสาเหตุของสีหลุดร่อน

หมายเหตุ : จาก *การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปกับวิธีการหล่อในที่ชนิดใช้แบบหล่อผนังสำเร็จรูปในการก่อสร้างอาคารพักอาศัยระบบผนังรับน้ำหนัก* (น.20), โดย ณรงค์ฤทธิ์ ช่างเหล็ก, 2555

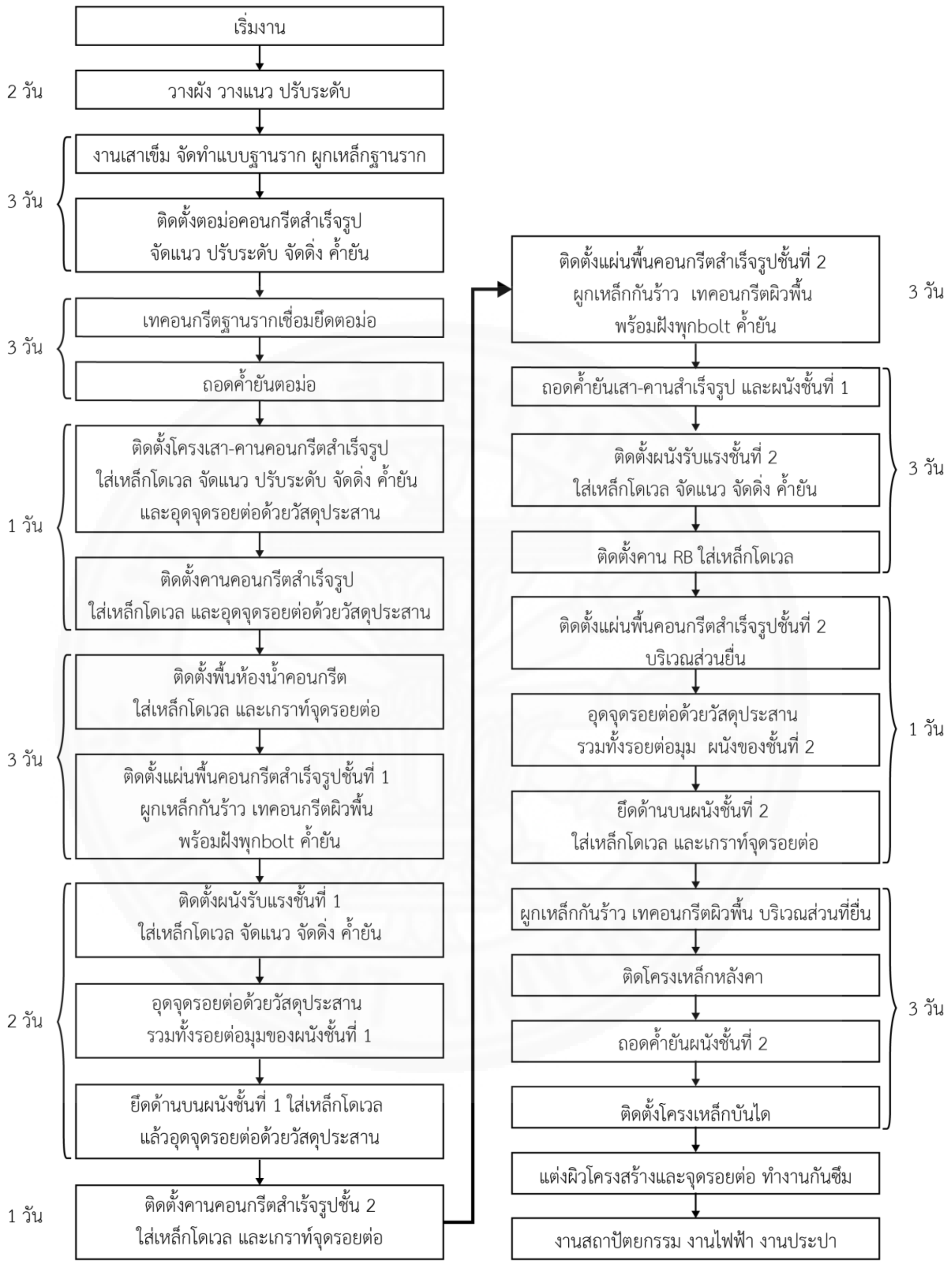
การก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป ไม่นิยมนำมาใช้ก่อสร้างกับงานก่อสร้างที่มีชิ้นส่วนที่มีความซับซ้อนและมีรูปแบบของชิ้นส่วนที่หลากหลาย เนื่องจากไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนในการออกแบบชิ้นส่วน และค่าไม้แบบ เพราะโรงงานจะต้องทำแบบหล่อที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนหลายขนาด ทำให้ต้นทุนคงที่ในช่วงแรกสูง ทำให้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีราคาแพง ดังนั้นรูปแบบโครงการที่เหมาะกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป จึงควรมีลักษณะชิ้นส่วนที่เหมือนกันในปริมาณมาก และไม่มีรายละเอียดที่มากจนเกินความจำเป็น จะทำให้การผลิต การขนส่ง และการจัดเก็บชิ้นส่วน สามารถทำได้สะดวกและมีมาตรฐานเดียวกัน จึงเหมาะกับการสร้างคอนโดมิเนียม บ้านจัดสรร ทาวน์โฮมจำนวนหลายยูนิต แต่อาคารเหล่านี้ผู้บริโภคจะไม่สามารถเลือกรูปแบบของอาคารตามที่ต้องการได้ เนื่องจากการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปนั้นมีรูปแบบอาคารที่ค่อนข้างจำกัด (อัครพล เนื่องฤทธิ์ และ อาทิกวี อัศวรักษ์, 2548)

2.1.5 ระยะเวลาและแรงงานในการติดตั้งชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ระยะเวลาในการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เริ่มนับตั้งแต่การเริ่มเตรียมสถานที่ก่อสร้างจนถึงก่อสร้างแล้วเสร็จ โดยก่อนเริ่มงานก่อสร้าง จะต้องมีการประชุมเพื่อวางแผนงานที่ชัดเจน ระหว่างผู้รับเหมาและผู้ควบคุมงาน เพื่อให้เข้าใจขั้นตอนและระยะเวลาที่เหมาะสมการก่อสร้าง และจัดทำเป็นตารางเปรียบเทียบแผนงานจริงกับแผนงานที่ตั้งไว้ ในเงื่อนไขของวันเวลา ก็จะทำให้รู้ถึงแผนงานปัจจุบัน หากเกิดความผิดพลาดที่ไม่ทำให้การก่อสร้างไม่ตรงกับแผนงานที่วางไว้ จะต้องหาทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยอาจต้องเพิ่มจำนวนแรงงานและเครื่องจักร หรือเพิ่มระยะเวลาโดยเปิดให้ทำงานล่วงเวลา (Overtime) เพื่อทำให้งานก่อสร้างเป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ ซึ่งอาจก่อให้เกิดต้นทุนที่สูงขึ้นได้

โครงการส่วนใหญ่มักเกิดความล่าช้าในงานก่อสร้าง เนื่องจากปัจจัยด้านแรงงานที่ไม่เพียงพอกับปริมาณงาน ปัจจัยด้านจัดส่งวัสดุและการปรับเปลี่ยนแบบจากเจ้าของโครงการ การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็นระบบการก่อสร้างที่สามารถก่อสร้างได้รวดเร็วกว่าระบบดั้งเดิม สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดจากความล่าช้าได้ โดยการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงานสามารถดำเนินการผลิตได้ก่อน ระหว่างที่โครงการรอการขออนุญาตก่อสร้าง หรือระหว่างการทำฐานรากอาคาร โดยสำหรับอาคารสูง หลังจากก่อสร้างโครงสร้างของอาคาร และผนังเรียบร้อย สามารถทำงานอื่น ๆ ต่อได้โดยที่ไม่ต้องรอให้โครงสร้างเสร็จครบทุกชั้น

จากการศึกษาขั้นตอนการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ระบบผนังรับแรง ซึ่งมีขนาด 50.71 ตารางเมตร ของการเคหะแห่งชาติ (ดังภาพที่ 2.2) พบว่า ในการก่อสร้างโครงสร้างบ้านตั้งแต่ฐานรากจนถึงงานติดตั้งบันไดสำเร็จรูป ใช้เวลาประมาณ 25 วัน และใช้แรงงานประมาณ 9 คน ในการก่อสร้าง ในขณะที่วิธีการก่อสร้างแบบทั่วไป (Conventional Construction System) ใช้ระยะการก่อสร้าง 60 วัน ต่อหลัง ซึ่งสามารถลดระยะเวลาลงได้ถึงครึ่งหนึ่ง (วรวรรณ โรจนไพบูลย์, 2548)



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการติดตั้งและประกอบจุดรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ระบบผนังรับแรง. *โครงการจัดทำแบบมาตรฐานอาคาร 2 ชั้น ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Design of R.C.Prefabricated-Concrete System for 2 Storey Building Program)* (น. 6-40), วรวรรณ โรจนไพบูลย์ (และคณะ), 2548.

จำนวนคนงานที่ใช้ในการติดตั้ง

จำนวนคนงานที่ใช้ในการติดตั้ง จะต้องจัดให้เหมาะสมเพื่อให้การทำงาน เพราะการทำงานในระบบงานก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปเป็นการทำงานซ้ำ ๆ จำนวนคนงานที่เหมาะสม ในทีมงานติดตั้งควรใช้จำนวน 9 คน ต่อทีมงาน ประกอบด้วย (วรวรรณ โรจนไพบูลย์, 2548)

1) คนขับรถเครน	1	คน
2) คนจัดอุปกรณ์ยกชิ้นส่วนสำเร็จรูป	1	คน
3) คนส่งสัญญาณ	1	คน
4) คนงานติดตั้ง	6	คน

2.1.6 หลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกเทคโนโลยีการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่เหมาะสมกับรูปแบบอาคาร

หลักเกณฑ์ต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในการพิจารณาเลือกเทคโนโลยีการก่อสร้างที่เหมาะสมกับโครงการได้ (วรวรรณ โรจนไพบูลย์, 2548) ดังนี้

เกณฑ์ความเหมาะสมในด้านการแยกชิ้นส่วน การออกแบบชิ้นส่วนของอาคารควรทำการออกแบบรายละเอียดให้มีความซับซ้อนในแต่ละชิ้นส่วนน้อยที่สุด เพื่อประโยชน์ในด้านการก่อสร้าง การลดจำนวนของรอยต่อต่าง ๆ ต้องพิจารณาควบคู่กับขนาดชิ้นส่วนที่สะดวกในการขนส่งและติดตั้ง ตลอดจนคำนึงถึงความสามารถของช่างก่อสร้างในระดับจังหวัดต่าง ๆ ที่จะมีศักยภาพในการผลิตชิ้นส่วนนี้ได้ โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีชั้นสูงในการทำงานเพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจก่อให้เกิดการผูกขาดทางการตลาด โดยการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จะต้องคำนึงถึงความเค้น (Stress)   ที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต การขนส่ง การติดตั้ง และการประกอบจุดรอยต่อ เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้น (วรวรรณ โรจนไพบูลย์, 2548)

เกณฑ์ความเหมาะสมในด้านเทคนิคในการก่อสร้าง โดยในการออกแบบชิ้นส่วนจะต้องคำนึงถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นในการก่อสร้าง โดยเฉพาะในการนำชิ้นส่วนของอาคารมาต่อเข้าด้วยกันบริเวณรอยต่อไม่ควรที่จะมีความซับซ้อนมาก แต่จะต้องมีความแข็งแรง และสามารถทำการก่อสร้างได้โดยไม่ยุ่งยาก ได้แก่ การพิจารณาประเภทของจุดรอยต่อ การพิจารณาแรงกระทำที่จุดรอยต่อ เกณฑ์การพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อน เกณฑ์ความเหมาะสมในด้านขนาดของชิ้นส่วน เกณฑ์ความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้าง เกณฑ์ความเหมาะสมในด้านการผลิตและการขนส่ง เกณฑ์ความเหมาะสมในด้านการลดระยะเวลาในการก่อสร้างและต้นทุนการผลิต และเกณฑ์ความเหมาะสมในด้านความปลอดภัย (วรวรรณ โรจนไพบูลย์, 2548)

2.2 ปริมาณที่อยู่อาศัยที่ก่อสร้างด้วยระบบคอนกรีตสำเร็จรูปในเขตกรุงเทพและปริมณฑล

จากปัญหาการขาดแคลนแรงงานและปรับตัวของค่าแรง ทำให้สถานการณ์การใช้เทคโนโลยีการก่อสร้างในระบบสำเร็จรูปของประเทศไทย ในปัจจุบันผู้ประกอบการพัฒนาที่ดินรายกลางถึงใหญ่ ได้มีการปรับเปลี่ยนกระบวนการก่อสร้างมาใช้ระบบคอนกรีตสำเร็จรูป (Prefabrication) แบบผนังรับน้ำหนัก ในการก่อสร้างกันเป็นจำนวนมาก ทั้งในโครงการบ้านเดี่ยว บ้านแฝด ทาวน์เฮ้าส์ และคอนโดมิเนียม โดยที่กลุ่มพัฒนาที่ดินรายใหญ่ ส่วนมากจะเปิดโรงงานเพื่อผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปเอง เพื่อช่วยลดระยะเวลาการก่อสร้าง ลดต้นทุน และรองรับการขาดแคลนแรงงาน (กรุงเทพธุรกิจ, 2556) จากตารางที่ 2.2 แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวนการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป โดยพบว่าปี 2552-2554 การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป มีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละประมาณ 50% (ในกลุ่มบ้านเดี่ยวและทาวน์เฮาส์) โดยมีผู้ประกอบการรายใหญ่ที่นำระบบนี้มาใช้งาน (ธนาคารเกียรตินาคิน, 2556)

ตารางที่ 2.2

การเพิ่มจำนวนของบริษัทพัฒนาที่ดินที่ใช้ระบบคอนกรีตสำเร็จรูป (ปี 2556-2557)

บริษัท	ปี 2556 (ยูนิต/ปี)	ปี 2557 (ยูนิต/ปี)
พฤกษา	8,000	13,000
ควอลิตี้เฮ้าส์	1,100	1,300
วังทอง	120	1,200
ศุภาลัย	ยังไม่ใช้	1,000
เอพี ไทยแลนด์	ยังไม่ใช้	1,000
เพอร์เฟค	600	700
เสนาฯ	ยังไม่ใช้	200
ฟายน์โฮม	ยังไม่ใช้	70

หมายเหตุ. ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, 2557

จากตารางที่ 2.3 เห็นได้ว่าประเภทของที่อยู่อาศัยแนวราบที่ใช้ระบบคอนกรีตสำเร็จรูปในการก่อสร้าง ที่มีสัดส่วนมากที่สุดคือ บ้านเดี่ยว รองลงมาเป็นทาวน์เฮ้าส์ และบ้านแฝด ตามลำดับ โดยบ้านเดี่ยวราคา 1-5 ล้านบาท เป็นบ้านที่ใช้ระบบคอนกรีตสำเร็จรูปในการก่อสร้าง

(ธนาคารเกียรตินาคิน, 2556) เนื่องจากบ้านที่มีราคาสูงกว่านี้ กลุ่มลูกค้ายังไม่ยอมรับการก่อสร้างด้วยระบบคอนกรีตสำเร็จรูป ซึ่งบ้านเดี่ยวที่ราคา 1-5 ล้านบาท มีจำนวนยูนิตมากที่สุดในตลาดปัจจุบัน และหากต้องเปลี่ยนระบบการก่อสร้างควรเริ่มจากบ้านในช่วงราคา 1-2 ล้านบาทก่อน เนื่องจากกลุ่มลูกค้าสามารถที่จะยอมรับได้ (กฎเกณฑ์ พิริยะพิทยา, 2558)

ตารางที่ 2.3

สัดส่วนประเภทบ้านที่ใช้ระบบการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในเขตกรุงเทพและปริมณฑล ปี 2558

รูปแบบบ้าน	มูลค่าค่าก่อสร้าง (ล้านบาท)	% บ้านที่ก่อสร้างด้วยระบบคอนกรีตสำเร็จรูป
บ้านเดี่ยว	1,617	60%
ทาวน์เฮ้าส์	985	37%
บ้านแฝด	86	3%
รวม	2,689	100%

หมายเหตุ. ธนาคารเกียรตินาคิน ฝ่ายสนับสนุนสินเชื่อ สายสินเชื่อธุรกิจ, 2558

2.3 การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นฉนวนโครงสร้าง (Structural Insulated Panels)

2.3.1 ความหมายของแผ่นฉนวนโครงสร้าง

แผ่นฉนวนโครงสร้าง Structural Insulated Panel (SIP) หรือ Structural Sandwich Panel (SSP) เป็นวัสดุองค์ประกอบที่ใช้โฟมเป็นแกนกลาง และใช้แผ่นวัสดุแข็งประกบอยู่ภายนอกทั้งสองด้าน เมื่อยึดติดกันแน่นแล้วจะทำหน้าที่รับแรงเสมือนเป็นแผ่นวัสดุชิ้นเดียวกัน (ผนังวัสดุแผ่นประกบโฟม หรือ แผ่นวัสดุประกบโฟม) ใช้ประโยชน์เป็นแผ่นผนัง แผ่นพื้น หรือแผ่นหลังคาได้ (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550)

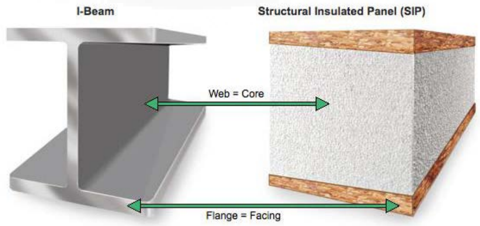
โครงสร้างแซนวิช (Sandwich structure) เป็นโครงสร้างประเภทหนึ่งของวัสดุเชิงประกอบ (Composite Material) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นประกบด้านบนและด้านล่าง(Faces) มีความบางแต่มีความแข็งแรงสูง ส่วนแกนกลาง (Core) เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา แผ่นประกบและแกนยึดเข้าด้วยกัน วัสดุแซนวิชถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแกร่ง และความแข็งแรงของ

โครงสร้าง โดยมีคุณสมบัติเด่นคือ เป็นโครงสร้างเบา (Lightweight Construction) แผ่นประกบรับความเค้นดึง และความเค้นอัด ส่วนแกนกลางรับความเค้นเฉือนเท่านั้น (อำนวย เรืองวารี, 2555)

แผ่นฉนวนโครงสร้าง Structural Insulated Panel (SIP) คือวัสดุที่ประกอบไปด้วยแผ่น 2 แผ่น ประกบด้านบนและด้านล่างที่มีแกนกลางเป็นโฟมโพลิเมอร์แข็ง เรียงเป็นชั้นยึดด้วยกาว ซึ่งแผ่นประกบนั้นอาจจะเป็นโลหะ แผ่นไม้อัด แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ ส่วนโฟมนั้นอาจเป็นโฟมขยาย Expanded Polystyrene Foam (EPS) โฟมอัด Extruded Polystyrene Foam (XPS) หรือโฟมยูรีเทน (ธีระพล เปี่ยมสุภัคพงศ์, 2556)

โครงสร้างแซนวิช (Sandwich structure) คือโครงสร้างที่ประกอบด้วยการรวมกันของวัสดุที่ไม่เหมือนกันหรือวัสดุคอมโพสิต (Composite Materials) ต่าง ๆ ที่นำมารวมกันและสลับกันโดยยึดวัสดุหนึ่งไว้กับอีกวัสดุหนึ่ง โครงสร้างแบบแซนด์วิชเป็นรูปแบบพิเศษที่เป็นชั้น ๆ (Laminated composite) นำมารวมเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้โครงสร้างที่สามารถใช้ประโยชน์หรือคุณสมบัติเด่นแต่ละส่วนประกอบนั้น ๆ (The American Society For Testing And Materials : ASTM)

แผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เกิดจากการนำวัสดุที่ไม่เหมือนกันมารวมกันหรือวัสดุคอมโพสิต (Composite Material) ที่นำมายึดรวมกันเป็นชั้น ๆ ซึ่งประกอบด้วยแผ่นประกบด้านบนและด้านล่าง(Faces) มีความบางแต่มีความแข็งแรงสูง ส่วนแกนกลาง (Core) เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบาเพื่อให้เกิดคุณสมบัติของโครงสร้างเหมือนกับ โครงสร้างหน้าตัดตัวไอ (ดังภาพที่ 2.3) ส่วนแกนกลางของแผ่นฉนวนโครงสร้างทำหน้าที่เป็นเอว (Web) ซึ่งรับความเค้นเฉือน และแผ่นประกบทำหน้าที่เป็นปีก (Flanges) ซึ่งรับความเค้นดึง และความเค้นอัด ระบบแผ่นผนังโครงสร้างพร้อมฉนวน เป็นระบบการก่อสร้างระบบแผ่นระนาบ 2 มิติ (Panel System) เป็นโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก (Load Bearing Wall) เช่นเดียวกับระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่นิยมใช้ในปัจจุบัน แต่มีน้ำหนักเบากว่า และสามารถป้องกันความร้อนได้ดี



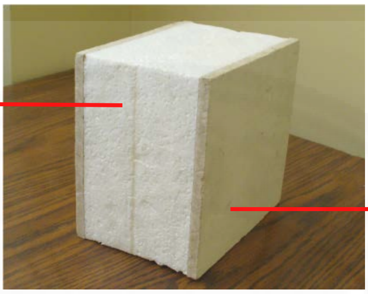
ภาพที่ 2.3 การเปรียบเทียบแผ่นฉนวนโครงสร้างเสมือนเป็นโครงสร้างหน้าตัดรูปตัวไอ. จาก *ประสิทธิภาพการรับแรงดัดของแผ่นพื้นฉนวนโครงสร้างที่เสริมด้วยวัสดุเสริมแรงคอมโพสิตเสริมเส้นใย* (น. 22), โดย ธีระพล เปี่ยมสุภัคพงศ์, 2556.

2.3.2 องค์ประกอบของแผ่นฉนวนโครงสร้าง

องค์ประกอบของแผ่นฉนวนโครงสร้าง เกิดจากการประกอบกันของวัสดุ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ วัสดุแผ่นประกบด้านนอก (Facing material or Face sheets) และวัสดุแกนที่เป็นฉนวน (Insulation Core)

วัสดุแกน

(Insulation Core)



วัสดุแผ่นประกบด้านนอก

(Facing material)

ภาพที่ 2.4 องค์ประกอบของแผ่นฉนวนโครงสร้าง. จาก *https://fas.org/programs/energy/btech/advancedtechnologies/AboutSIPsandCSIPs.pdf* (p.10), โดย Federation of American Scientists.

2.3.2.1 วัสดุแผ่นประกบด้านนอก (Facing material or Facesheets)

วัสดุที่สามารถนำมาเป็นวัสดุประกบด้านนอก จะต้องมีคุณสมบัติในการต้านทานแรงดึงและแรงอัด มีความแข็งแกร่งแต่มีความเหนียว ทำให้มีความต้านทานการโก่งงอ ต้านทานแรงกระแทกและทนต่อการสึกกร่อน ซึ่งสามารถใช้ได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับความเหมาะสมทางด้านคุณสมบัติ ราคา และการรองรับของอุตสาหกรรมการผลิต ของวัสดุนั้นๆ ปัจจุบันมีวัสดุที่นิยมนำมาทำเป็นแผ่นประกบ เช่น แผ่นเหล็กบาง แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม แผ่นอะลูมิเนียม ไฟเบอร์กลาส แผ่นไม้อัด และแผ่นซีเมนต์เสริมแรง เป็นต้น (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550)

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์โลหะแผ่นบาง เช่น เหล็กแผ่นเคลือบสี อะลูมิเนียมแผ่น และ สเตนเลสแผ่น ถูกนำมาใช้เป็นวัสดุแผ่นประกบด้านนอกในผนังโครงสร้างพร้อมฉนวนมากที่สุด เนื่องจากเป็นวัสดุที่ทนทาน ทำความสะอาดง่าย มีการผลิตและจำหน่ายสูงที่สุดของผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย ปัจจุบันมักถูกใช้ในการทำห้องเย็นและห้องปลอดเชื้อ เป็นต้น แต่ยังมีจุดอ่อนในเรื่องราคาที่สูง และการใช้โลหะที่มีการนำความร้อนสูง และมีพื้นผิวที่ให้ความรู้สึกต่างจากการก่อสร้างด้วยปูนซีเมนต์ เช่นเดียวกับไฟเบอร์กลาส ทำให้แผ่นผนังโครงสร้างพร้อมฉนวนที่ผลิตจาก

โลหะแผ่นบางและไฟเบอร์กลาสไม่เหมาะที่จะนำมาเป็นวัสดุในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย ส่วนผลิตภัณฑ์วัสดุแผ่นที่ได้จากไม้ เช่น ไม้อัด ก็ไม่เหมาะที่จะนำมาเป็นวัสดุในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยเช่นกัน เนื่องจากสภาพอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย ผลิตภัณฑ์วัสดุแผ่นที่ได้จากไม้ ทำให้เกิดปัญหาเรื่องความชื้นและปลวก ผลิตภัณฑ์วัสดุแผ่นที่ได้จากไม้มักนำมาใช้เป็นผนังภายในเท่านั้น

ตารางที่ 2.4

การเปรียบเทียบคุณสมบัติแผ่นประกบด้านนอก

วัสดุ	การใช้งาน	ข้อดี	ข้อเสีย
ผลิตภัณฑ์โลหะแผ่นบาง	ห้องเย็น และห้องปลอดเชื้อ	ทนทาน ทำความสะอาดง่าย	ราคาสูง การนำความร้อนสูง
ผลิตภัณฑ์จากไม้	นิยมใช้ในต่างประเทศ	น้ำหนักเบา ราคาไม่สูง	ความชื้น และปลวก
ผลิตภัณฑ์จากไฟเบอร์กลาส	ทำเฟอร์นิเจอร์ และห้องทดลอง	ทนทาน ทำความสะอาดง่าย ความแข็งแรงสูง	ราคาสูง
ผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์เสริมแรง	สำนักงานเคลื่อนที่หรือบ้านสำเร็จรูปขนาดเล็ก	ทนต่อน้ำ ความชื้น ไฟ และปลวกได้ดี	เปราะกว่าไม้ สามารถแตกหักจากการกระแทก

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกวัสดุแผ่นประกบที่เป็นวัสดุแผ่นซีเมนต์ผสมเส้นใย หรือแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ (Fiber Cement Board) มาทำการศึกษา เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีกำลังการผลิตสูง โดยปัจจุบันในประเทศไทยมีผู้ผลิตแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ จำนวน 7 ราย ทำให้วัสดุแผ่นซีเมนต์ผสมเส้นใย มีราคาเฉลี่ยถูกกว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์ไม้อัด และเหล็กแผ่นเคลือบ ซึ่งแผ่นซีเมนต์ผสมเส้นใยมีความแข็งแรงแต่ยืดหยุ่น น้ำหนักเบา ติดตั้งได้สะดวกและรวดเร็ว ไม่ลามไฟ ป้องกันเสียงรบกวนและมีค่าความต้านทานความร้อน ทนน้ำและความชื้นได้ดี ซึ่งเหมาะสมกับสภาพอากาศของประเทศไทย และให้พื้นผิวเหมือนกับผนังฉาบปูน สามารถทาสี หรือติดวอลเปเปอร์ได้เหมือนกับผนังอาคาร

ทั่วไป จากปัจจัยด้านราคาแผ่นวัสดุในท้องตลาด หรือต้นทุนวัตถุดิบเป็นปัจจัยสำคัญทำให้แผ่นซีเมนต์ผสมเส้นใยมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัสดุแผ่นประกบด้านนอกของแผ่นฉนวนโครงสร้าง

2.3.2.2 วัสดุแกนที่เป็นฉนวน (Insulation Core)

วัสดุที่สามารถนำมาเป็นวัสดุแกน ทำหน้าที่รับแรงเฉือน จะต้องมีคุณสมบัติเป็นฉนวนในการกันความร้อนและเสียงที่ดี มีน้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำ มีความสามารถในการต้านทานแรงเฉือน (Shear Strength) ได้ดี และจะต้องมีอุตสาหกรรมในประเทศรองรับ และราคาเป็นที่ยอมรับได้ ปัจจุบันมีวัสดุที่นิยมนำมาทำเป็นวัสดุแกน เช่น โฟมสไตรีนขยาย (Expanded polystyrene foam - EPS Foam) โฟมสไตรีนอัด (Extruded Polystyrene Foam - XPS Foam) และโฟมยูรีเทน (Polyurethane Foam – PU Foam) เป็นต้น (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550)

ตารางที่ 2.5

การเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกายภาพของของโฟมแต่ละประเภท

รายละเอียด	หน่วย	โฟม EPS	โฟม PU	โฟม XPS
ความหนาแน่น	กก./ลบ.ม.	24-29	32	26-29
ปริมาณการดูดซึมน้ำ	% ของน้ำหนัก	<3.0	2.0	<0.3
ปริมาณการแทรกซึมของความชื้น	กรัม/(พาสคาล.วินาที.ตร.ม.)	0.6×10^{-7} – 2.0×10^{-7}	1.1×10^{-7}	6.3×10^{-8}
อุณหภูมิใช้งาน	เซลเซียส	80 (อุณหภูมิใช้งานปกติ)	150-200 (เริ่มเสียรูป)	NA
ค่าการนำความร้อน	วัตต์/ม. เคลวิน	0.033-0.039	0.024-0.028	0.026-0.036
ระดับการกระจายของเปลวไฟ	ไม่เกิน 75	10	20	5
ระดับการเกิดควัน	ไม่เกิน 450	125 (ความหนา 2”)	250 (ความหนา 2”)	165 (ความหนา 2”)

หมายเหตุ. จาก *การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย* (น. 45), โดย จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (และคณะ), 2550.

ตารางที่ 2.6

การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุแกน

ประเภท	ข้อดี	ข้อเสีย
โฟมพียู (PU Foam)	ค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด	เป็นเซลล์เปิด ทำให้น้ำและความชื้นสามารถซึมผ่านได้ และทำให้ก๊าซที่บรรจุอยู่รั่วซึมออกได้ ส่งผลให้ค่าความต้านทานความร้อนลดลงตามอายุการใช้งาน
โฟมเอ็กซ์พีเอส (XPS Foam)	เป็นเซลล์ปิด สามารถป้องกันความชื้นได้ดี	ผลิตได้ในความหนาที่จำกัด ราคาสูง ไม่มีผู้ผลิตในประเทศ
โฟมอีพีเอส (EPS Foam)	เป็นเซลล์ปิด สามารถป้องกันความชื้นได้ดี ราคาต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 ชนิด เนื่องจากสามารถผลิตในประเทศ	ค่าการนำความร้อนสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโฟม 2 ประเภท

หมายเหตุ: กุลธิดา เจริญสวัสดิ์, 2555

ค่า R-Value ของโฟมอีพีเอส แปรผันตามความหนาแน่น และความหนาของโฟมอีพีเอส และขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ (ตารางที่ 2.7) พบว่า โฟมอีพีเอสที่มีความหนาแน่น และความหนาเท่ากัน ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจะมีค่า R-Value ที่สูงกว่าในอุณหภูมิสูง

ตารางที่ 2.7

ค่า R-Value ของโฟมอีพีเอสที่มีความหนา และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

อุณหภูมิ	ความหนาแน่น (kg/ m^3)	R-Value (m^2 K/W)		
		ที่ความหนา 8.89 เซนติเมตร	ที่ความหนา 10.16 เซนติเมตร	ที่ความหนา 20.32 เซนติเมตร
40˚F (4.44˚C)	16.02	2.59	2.94	5.87
	24.03	2.84	3.21	6.41
	32.04	2.97	3.35	6.71
75˚F (23.89˚C)	16.02	2.40	2.71	5.42
	24.03	2.59	2.94	5.87
	32.04	2.71	3.06	6.13

หมายเหตุ : จาก *http://www.universalconstructionfoam.com/tools/insulation-r-value-calculator.php*, โดย Universal Foam Products.

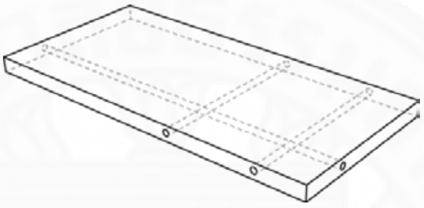
2.3.3 วิธีการผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้าง

การผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้าง (Structural Insulated Panels) เป็นการผลิตในระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Prefabrication System) ซึ่งการผลิตถูกความคุมให้เกิดขึ้นในโรงงาน เพื่อที่จะนำไปใช้ในสถานที่ก่อสร้าง โดยก่อนที่จะผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างได้ จะต้องมีการทำแบบแสดงรายละเอียดเพื่อการก่อสร้าง (Shop drawings) สำหรับชิ้นส่วนแต่ละชิ้น ที่มีรายละเอียดของหมายเลขระบุชิ้นส่วน ระยะต่างๆ ช่องเปิด ประตู หน้าต่าง รวมถึงการติดตั้งระบบไฟฟ้า โดยการผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้าง สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การประกบ (Lamination) คือการใช้แผ่นโฟมอีพีเอส (Expanded Polystyrene Foam) ทาวัสดุประสานและประกบกับแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ และการฉีดโฟม (Injection) คือการนำแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์มาเตรียมเป็นแบบ แล้วจึงฉีดโฟมยูรีเทน หรือโฟมพียู (Polyurethane Foam) เข้าไปในแบบที่เตรียมไว้

2.3.3.1 วิธีการประกบ (Lamination)

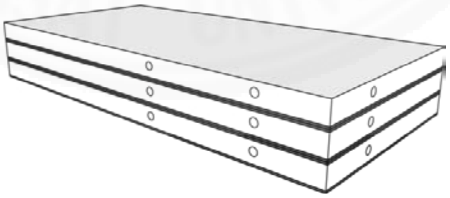
การผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างด้วยวิธีการประกบ คือการนำแผ่นโฟมอีพีเอส (Expanded Polystyrene Foam) มาการประกบกับวัสดุประกบที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เช่น แผ่นไม้อัด หรือแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ โดยอาศัยวัสดุเชื่อมประสาน (Adhesive) สำหรับงานโครงสร้างโดยเฉพาะ เช่น กาวอีพ๊อกซี (Epoxy) และกาวโพลียูรีเทน เป็นต้น มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำแผ่นโฟมอีพีเอส ที่มีความหนาตามที่กำหนดไว้ในแบบ มาทำการเจาะช่องสำหรับการเดินระบบไฟฟ้า โดยมีการกำหนดระยะมาตรฐานที่มีการกำหนดไว้ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ดังภาพที่ 2.5



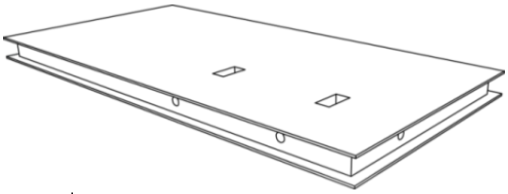
ภาพที่ 2.5 แผ่นโฟมที่เจาะช่องสำหรับร้อยสายไฟ. *ดัดแปลงจาก How to Install Insulation Panels – Habitat for Humanity*, โดย Bob Vila, 2555.

2. นำแผ่นโฟมอีพีเอส จากข้อ 1 ทากาวทั้ง 2 ด้าน แล้วจึงนำไปวางบนแผ่นวัสดุประกบ (แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์) ที่เตรียมไว้ ดังภาพที่ 2.6 แล้วจึงนำไปยังที่เก็บที่มีการแรงอัด ทำให้แผ่นยึดติดกันทั่วทั้งแผ่น เป็นเวลาประมาณ 1 วัน เมื่อกาวแห้งจะได้แผ่นฉนวนโครงสร้างที่สามารถใช้เป็นผนังรับแรงได้



ภาพที่ 2.6 นำแผ่นโฟมที่ทากาวแล้ววางบนวัสดุแผ่นประกบ. *ดัดแปลงจาก How to Install Insulation Panels – Habitat for Humanity,* โดย Bob Vila, 2555.

3. นำแผ่นฉนวนโครงสร้าง มาตัดให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ ทำการเจาะช่องเปิดสำหรับประตูและหน้าต่าง เตรียมช่องสำหรับสวิตซ์ และเต้าเสียบ รวมถึงการตัดโฟมบริเวณขอบทั้ง 4 ด้านออก สำหรับเป็นรอยต่อในการติดตั้งแผ่นฉนวนโครงสร้าง ให้เรียบร้อยจากในโรงงาน



ภาพที่ 2.7 แผ่นฉนวนโครงสร้างที่เตรียมช่องสำหรับงานระบบและรอยต่อแล้ว. *ดัดแปลงจาก How to Install Insulation Panels – Habitat for Humanity*, โดย Bob Vila, 2555.

2.3.4.2 วิธีการฉีดโฟม (Injection)

การผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างด้วยวิธีการฉีดโฟม คือ การนำแผ่นวัสดุประกบมาตัดให้ได้ขนาดชิ้นส่วนที่ออกแบบไว้ เจาะช่องเปิด ประตู หน้าต่าง รวมถึงการติดตั้งระบบไฟฟ้า ให้เรียบร้อย แล้วจึงวางแบบรอบๆ ช่องเปิดและขอบทุกด้าน โดยการเว้นพื้นที่สำหรับรอยต่อ แล้วจึงพ่นโฟมยูรีเทน หรือโฟมพียู (Polyurethane Foam) ที่มีสถานะเป็นของเหลวเข้าไป จากนั้นนำแผ่นไปเก็บไว้เพื่อให้ได้ตามเวลาที่กำหนดของวัสดุที่ฉีดเข้าไป โดยการผลิตด้วยวิธีนี้ไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุเชื่อมประสาน (Adhesive) เนื่องจากวัสดุที่ฉีดเข้าไปจะเป็นตัวเชื่อมแผ่นทั้งสองให้ติดกัน

1. นำแผ่นประกบด้านนอก ที่ทำการเจาะช่องเปิด ช่องสำหรับสวิตซ์ และเต้าเสียบเรียบร้อยแล้วมาวางเพื่อนำแบบมากั้นรอบแผ่นประกบและรอบช่องเปิด โดยเว้นพื้นที่สำหรับการต่อแผ่นไว้ ทำการเดินระบบไฟฟ้าภายในแผ่นผนังให้เรียบร้อย รวมถึงช่องสำหรับฉีดโฟมพียูเข้าไปด้านในและช่องสำหรับตรวจสอบปริมาณโฟมที่ฉีดเข้าไปและสำหรับให้อากาศออก

2. นำแผ่นประกบด้านในที่ทำการเจาะช่องเปิด ช่องสำหรับสวิตซ์ และเต้าเสียบเรียบร้อยแล้ว มาวางซ้อนให้มีช่องเปิดตรงกัน แล้วจึงล็อคแผ่นทั้งสองเข้าไว้ด้วยกัน

3. นำแผ่นที่เตรียมไว้ใช้เครื่องฉีดโฟมพียูเข้าไปด้านใน โดยสังเกตุจากช่องที่เตรียมไว้สำหรับตรวจสอบปริมาณโฟมที่ฉีดเข้าไปและสำหรับให้อากาศออก เมื่อโฟมที่ถูกฉีดไหลออกมาจากช่องที่เตรียมไว้ก็จะทำการใช้จุกที่เตรียมไว้ปิด และนำแผ่นฉนวนโครงสร้างที่ได้ไปเก็บไว้ในที่ ที่ควบคุณอุณหภูมิ ความชื้นและความดันที่เหมาะสม ให้ได้เวลาตามที่กำหนดไว้

2.3.4 การออกแบบอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

แนวทางการออกแบบอาคารที่ประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนสำเร็จรูป ทำได้ 2 วิธี

2.3.4.1 การออกแบบโดยใช้ขนาดชิ้นส่วนมาตรฐาน

การออกแบบโดยใช้ขนาดชิ้นส่วนมาตรฐาน คือ การนำชิ้นส่วนที่มีขนาดมาตรฐานที่ได้ผลิตจากโรงงาน มาเป็นเป็นตัวกำหนด ขนาด มิติ และรูปแบบอาคารที่ออกแบบโดยตรง ทำให้ประหยัดเวลา และค่าก่อสร้างได้ดีที่สุด แต่รูปแบบอาคารและความสวยงามของสถาปัตยกรรมมักลดลงด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้ออกแบบ หรือสถาปนิกเป็นหลัก (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550)

2.3.4.1 การออกแบบโดยการนำแบบบ้านทั่วไปมาปรับปรุงให้เหมาะสม

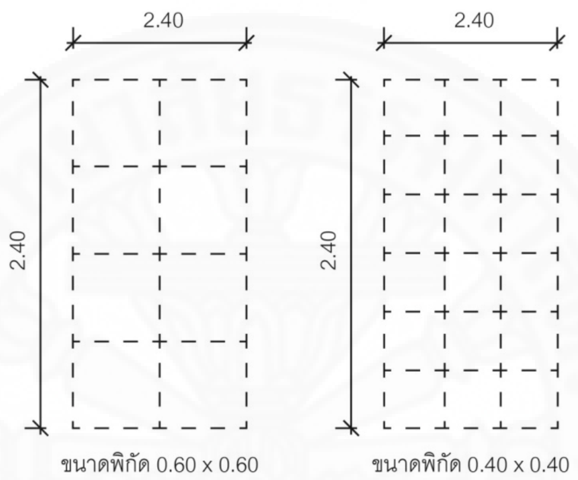
การออกแบบโดยการนำแบบบ้านที่ต้องการสร้าง หรือแบบบ้านจัดสรรเดิมมาปรับปรุงเพื่อสร้างใหม่ด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยปรับขนาด หรือมิติต่างๆ จากแบบเดิม ให้ลงตัวกับขนาดพิกัด หรือขนาดของชิ้นส่วนผนังมาตรฐาน ซึ่งอาจมีการตัดชิ้นส่วนผนัง หรือผลิตชิ้นส่วนพิเศษ ให้สอดคล้องกับขนาด หรือมีมิติของตัวอาคารที่ต้องการ (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550)

2.3.5 การออกแบบชิ้นส่วนแผ่นฉนวนโครงสร้าง

2.3.5.1 การประสานทางพิกัดของชิ้นส่วนผนังฉนวนโครงสร้าง

การประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างอาคาร (Modular Coordination in Building) คือการนำระบบการประสานทางพิกัดมาใช้ในงานก่อสร้าง โดยใช้ในทุกขั้นตอนของการทำงานตั้งแต่การออกแบบ การผลิตวัสดุก่อสร้าง หรือชิ้นส่วนอาคาร การใช้วัสดุก่อสร้าง ตลอดจนถึงการติดตั้ง ซึ่งช่วยให้งานก่อสร้างมีความสะดวกรวดเร็ว และประหยัด เพื่อทำให้การทำงานร่วมกันระหว่างผู้ออกแบบอาคาร ผู้ผลิตวัสดุก่อสร้าง ผู้จำหน่ายวัสดุก่อสร้าง ผู้ก่อสร้างอาคาร และผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ มีความสะดวกมากขึ้น ผู้ออกแบบสามารถนำแบบของชิ้นส่วนมาตรฐาน ไปใช้ในการออกแบบส่วนต่างๆ ของอาคารได้อย่างอิสระมากขึ้น ทำให้เหลือขยะจากการก่อสร้างลดลง สามารถนำชิ้นส่วนมาตรฐานที่มีระบบพิกัดเดียวมาใช้แทนกันได้ และช่วยให้การประกอบชิ้นส่วนอาคาร ณ สถานที่ก่อสร้างทำได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น (บริษัท เอทีที คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2551)

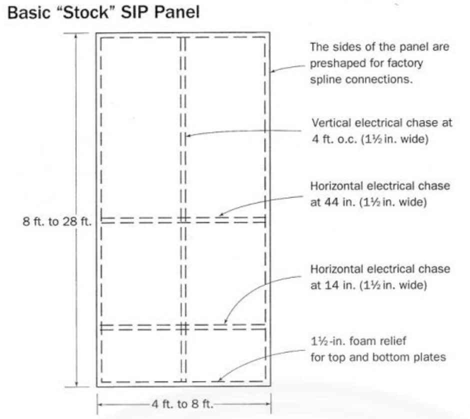
ขนาดมาตรฐานของชิ้นส่วนที่ออกแบบและสั่งผลิต ควรขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุที่นำมาผลิตเป็นแผ่นฉนวนโครงสร้าง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุประกบ ซึ่งแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์มีขนาดมาตรฐาน คือ ความกว้าง 1.20 เมตร และยาว 2.40 เมตร โดยสามารถตัดแผ่นฉนวนโครงสร้างให้เล็กลงได้ ซึ่งควรตัดแผ่นฉนวนโครงสร้างให้มีขนาดลงตัวกับขนาดพิกัด 0.60 เมตร หรือ 0.40 เมตร แต่เพื่อความประหยัดและสะดวกในการก่อสร้าง ควรออกแบบอาคารให้ผนังน้อยแบบที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรือไม่ต้องตัดแผ่นเลย (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550)



ภาพที่ 2.8 ขนาดตารางพิกัดที่เกิดจากแผ่นวัสดุมาตรฐาน. จาก *การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย* (น. 84), โดย จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ ,2550.

2.3.5.2 การออกแบบชิ้นส่วนมาตรฐานสำหรับการจัดเก็บ

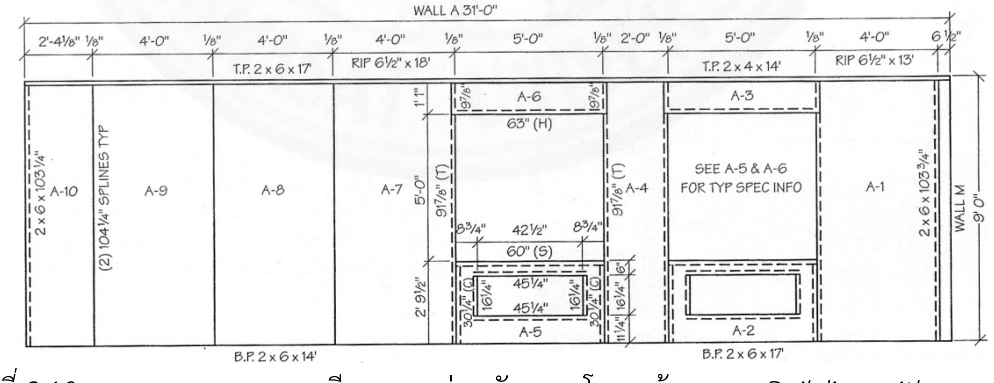
การออกแบบชิ้นส่วนมาตรฐานของแผ่นฉนวนโครงสร้างสำหรับการจัดเก็บ จะทำชิ้นส่วนมาตรฐานเพียง 1 แบบ คือ แบบที่มีการเจาะช่องร้อยสายไฟทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ในตำแหน่งดังภาพที่ 2.24 เพื่อทำให้สะดวกต่อการจัดเก็บ และถ้าต้องการเจาะช่องเปิด หรือตัดชิ้นส่วนเป็นขนาดต่างๆ สามารถนำแผ่นมาตรฐานนี้ไปใช้งานได้ ส่งผลให้การกองเก็บวัสดุลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม (Morley M, 2543)



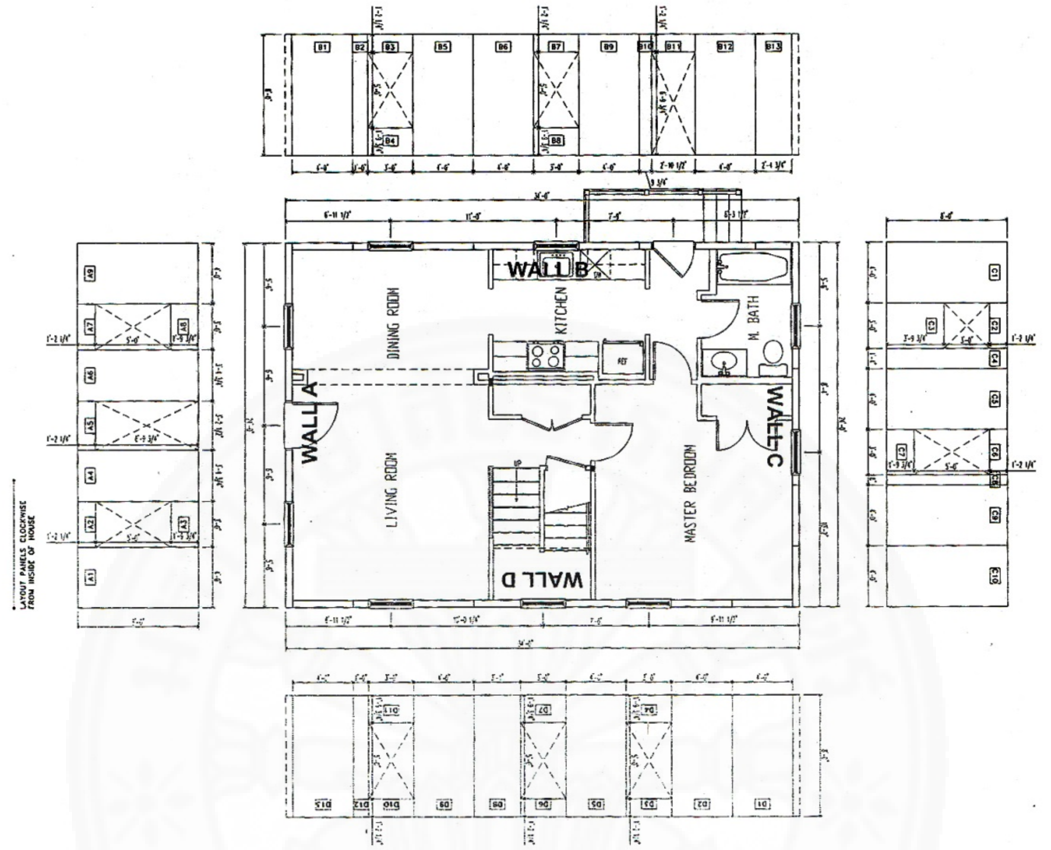
ภาพที่ 2.9 แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างแบบมาตรฐานสำหรับการจัดเก็บชิ้นส่วน. จาก *Building with Structural Insulated Panels (SIPs) Strength and Energy Efficiency Through Structural Panel Construction* (น. 75), โดย Morley M, 2543.

2.3.5.3 การวางแผนในการแบ่งชิ้นส่วน

จากแปลนและรูปด้านของแบบก่อสร้างอาคารปกติ จะต้องถูกนำมาเปลี่ยนเป็นแบบสำหรับก่อสร้างด้วยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ที่ต้องนำแบบที่มีช่องเปิดของผนังแต่ละชิ้น มาแบ่งชิ้นส่วนให้เหมาะสมกับตำแหน่งช่องเปิด รอยต่อ มุมต่างๆ ดังภาพที่ 2.25 โดยขั้นตอนนี้จะทำให้ผู้ก่อสร้างเห็นภาพรวมของงานก่อน โดยจะมีการระบุหมายเลขของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นไว้ ทำให้ลดการเกิดปัญหาที่หน้างาน ลดระยะเวลาในการก่อสร้าง สามารถคาดการณ์งานที่จะเกิดขึ้นให้ และลดการเหลือขยะจากก่อสร้าง ส่งผลให้ช่วยลดค่าก่อสร้างลง



ภาพที่ 2.10 การแสดงแบบรายละเอียดของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง. จาก *Building with Structural Insulated Panels (SIPs) Strength and Energy Efficiency Through Structural Panel Construction* (น. 79), โดย Morley M, 2543.

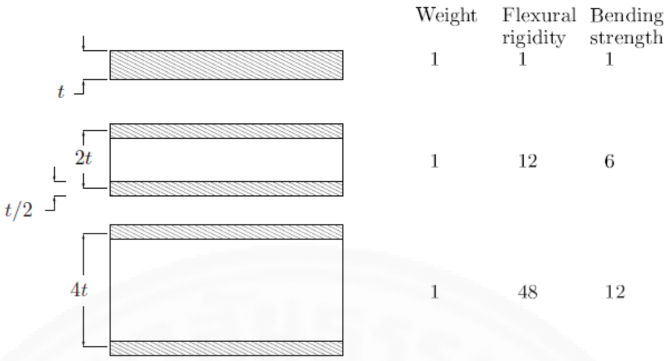


ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างแบบก่อสร้างของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง. จาก *Builder's Guide: To Structural Insulated Panels (SIPs) for All Climates. The United States of America* (น. 184), โดย Lstiburek, J. W., 2551.

2.3.5.3 ความแข็งแรงของชิ้นส่วน

แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีอัตราส่วนของความแข็งแรงสูง เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนัก ดังภาพที่ 2.12 พบว่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้นสูงมาก เมื่อเพิ่มความหนาของโฟมที่อยู่ตรงกลางในขณะที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยหรือแทบจะไม่เปลี่ยนแปลงเลย โดยถ้าหากวัสดุปิดผิวมีความหนา 1 เท่า จะมีค่าความแข็งแรงเชิงดัด และความแข็งแรงในการรับแรงดัด 1 เท่า เพิ่มความหนาของโฟมตรงกลางจากที่ไม่มีเลย ทำให้มีความแข็งแรงเชิงดัด (Flexural   rigidity) เพิ่มขึ้น 12 เท่า และความแข็งแรงในการรับแรงดัดเพิ่มขึ้น 6 เท่า และถ้าหากเพิ่มความหนาของแผ่นโฟมตรงกลางจะสามารถเพิ่มความแข็งแรงเชิงดัด (Flexural rigidity) เพิ่มขึ้น 48 เท่า และความแข็งแรงในการรับแรง

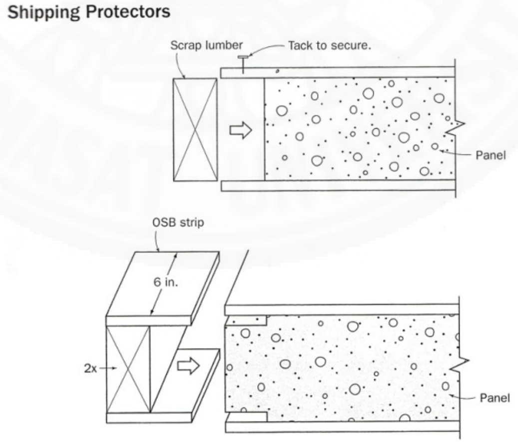
ดัดเพิ่มขึ้น 12 เท่า ซึ่งแผ่นฉนวนโครงสร้างมีพฤติกรรมการรับแรงเหมือนกันโครงสร้างหน้าตัดตัวไอ เมื่อทำให้ระยะระหว่างแผ่นประกบทั้ง 2 มากขึ้นก็จะส่งผลให้มีความแข็งแรงสูงขึ้นไปด้วย



ภาพที่ 2.12 การเปรียบเทียบความแข็งแรงต่อน้ำหนักของแผ่นฉนวนโครงสร้าง. จาก *Experimental and numerical studies of impact behavior of GRP reinforcedcomposite sandwich materias.* (น. 11), โดย Sigve Takle, 2003.

2.3.5.4 การป้องกันความเสียหายจากการขนส่ง

ในการบรรจุ เพื่อป้องกันความเสียหายจากการขนส่ง เนื่องจากการเซาะร่องสำหรับรอยต่อในรูปแบบต่างๆ ทำให้บริเวณขอบของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเกิดความเสียหายได้ง่าย จึงต้องมีการใช้ชิ้นส่วนมาเพื่อป้องกันการเสียหาย ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 การป้องกันแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในการขนส่ง. จาก *Building with Structural Insulated Panels (SIPs) Strength and Energy Efficiency Through Structural Panel Construction* (น. 101), โดย Morley M, 2543.

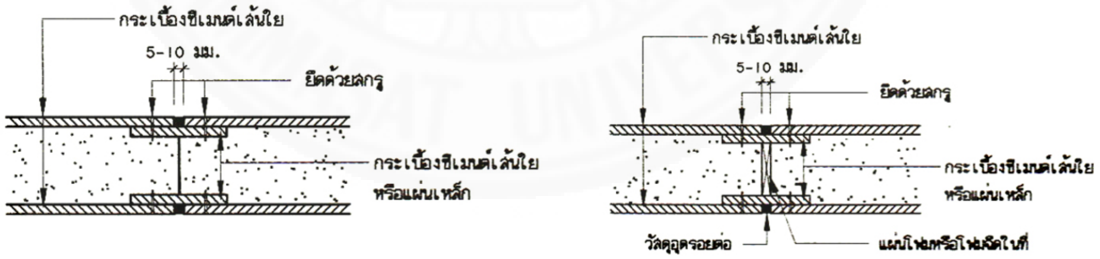
2.3.5 รายละเอียดของรอยต่อในการติดตั้งระบบแผ่นฉนวนโครงสร้าง

รายละเอียดในการติดตั้งแผ่นฉนวนโครงสร้าง สามารถหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ โดยรายละเอียดของรอยต่อแต่ละจุด ก็จะมีความแตกต่างกันด้วย เช่น รอยต่อระหว่างพื้นกับผนัง รอยต่อระหว่างผนัง รอยต่อผนังที่เข้ามุม รอยต่อของผนังกับพื้นชั้น 2 เป็นต้น โดยจะมีการทากาว หรือยึดด้วยสกรูเพื่อรอยต่อต่างๆ สามารถรับแรงได้ตามที่ผู้ออกแบบกำหนด

2.3.5.1 รอยต่อผนังทางตั้งระหว่างแผ่นฉนวนโครงสร้าง

การทำรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนแผ่นฉนวนโครงสร้างต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ หรือถ่ายน้ำหนักได้อย่างต่อเนื่อง ในกรณีที่มีการต่อผนังทั้งทางตั้งและทางนอน โดยในงานวิจัยการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย ได้ออกแบบรอยต่อไว้ 2 แบบ (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550) ได้แก่

1) ใช้แผ่นวัสดุประกบรอยต่อ (Spline Joint) (ดังภาพที่ 2.14) เป็นรอยต่อทางตั้งของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยทั่วไปใช้สกรูเป็นตัวยึดแผ่นวัสดุเข้าหากัน หรืออาจใช้การช่วยเสริมความแข็งแรงได้ (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550)

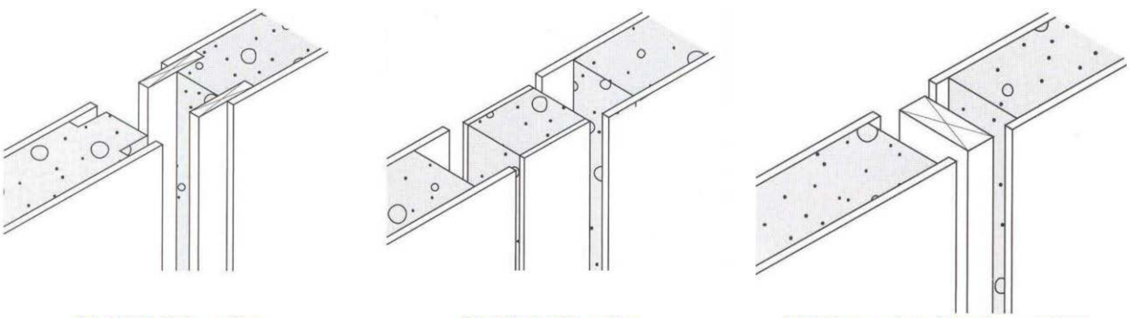


ภาพที่ 2..14 การใช้วัสดุแผ่นประกบเป็นรอยต่อทางตั้ง. จาก *การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย* (น. 86), โดย จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ ,2550.

2) ใช้โครงคร่าว (เหล็ก หรือไม้) เป็นตัวเสริมแรงให้กับรอยต่อ เป็นรอยต่อที่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษ เช่น รอยต่อที่มุมอาคารหรือที่ผนังชนกัน และรอยต่อระหว่างผนังกับวงกบประตู หน้าต่าง โครงเหล็ก หรือ โครงไม้ที่อยู่รอบช่องเปิดผนัง จะทำหน้าที่กระจายแรง หรือถ่ายแรงลงสู่แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งผืน (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550)

ภาพที่ 2..15 การใช้โครงคร่าวเป็นรอยต่อทางตั้ง. จาก *การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย* (น. 86), โดย จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ ,2550.

รอยต่อระหว่างแผ่นทางตั้ง (Morley, 2000) ที่มีการใช้งานโดยทั่วไป มี 3 แบบ คือ แบบ (a) การบากวัสดุแกนให้มีความหนาพอดีกับวัสดุประกบ แล้วใช้วัสดุประกบใส่ในช่องที่เตรียมไว้เพื่อเป็นรอยต่อระหว่างแผ่น ดังภาพที่ 2.13 (a) ซึ่งลักษณะการรอยต่อแบบ (a) มีความคล้ายกับรอยต่อแบบ (b) คือการเว้นพื้นที่ของขอบแผ่น SIP ที่จะทำการต่อไว้ทั้งสองแผ่น แล้วจึงนำแผ่น SIP ที่มีการทำเป็นเส้น ในการต่อแผ่นทั้งสองเข้าด้วยกัน ดังภาพที่ 2.13 (b) และแบบ (c) เป็นการต่อแผ่นด้วยการใช้ท่อนไม้ขนาดเล็กหรือท่อนเหล็กบาง ในการเชื่อมแผ่นทั้งสองเข้าด้วยกัน ดังภาพที่ 2.16 (c) (Morley, 2000)

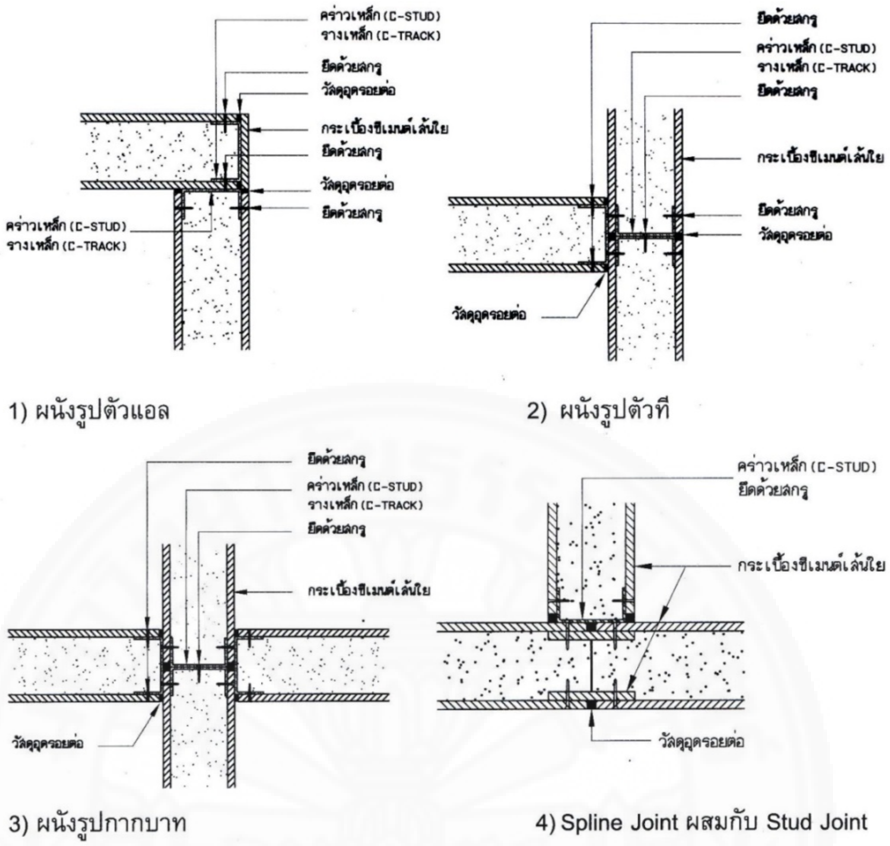


ภาพที่ 2.16 รอยต่อทางตั้งระหว่างแผ่นต่อกับแผ่น, *จาก Morley, 2000*

จากการศึกษาพฤติกรรมในการรับแรงของแผ่นฉนวนโครงสร้าง ทั้งระยะสั้นและระยะยาว พบว่า ในระยะสั้นรอยต่อแบบ (c) ดังภาพที่ 2.13 มีความแข็งแรงสูงที่สุด คือสามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุดและมีความโก่งน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับรอยต่อแบบอื่น ส่วนในระยะยาวการเปรียบเทียบความคืบจากการแบบรับน้ำหนักเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า รอยต่อแบบ (c) เกิดความคืบต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับรอยต่อแบบอื่น (Prathan Rungthonkit, 2552)

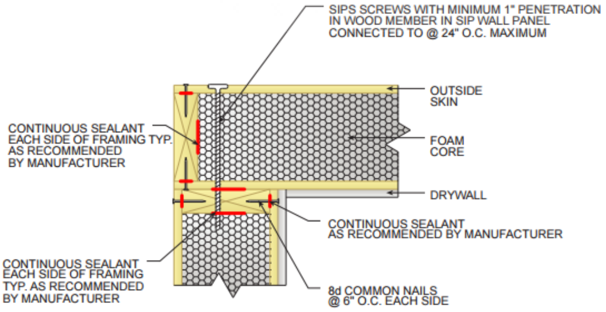
2.3.5.2 รอยต่อทางตั้งระหว่างแผ่นที่เข้ามุม

รอยต่อทางตั้งบริเวณมุมอาคาร ต้องคำนึงถึงการปิดรอยต่อเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำและอากาศ และมีการใช้วัสดุยาแนวปิดรอยต่อ (Sealed Joint) โดยวิธีการปิดรอยต่อนี้ มีความสะดวกในการก่อสร้าง ความประหยัด และให้ความอิสระในการออกแบบรูปด้าน โดยความกว้างของรอยต่อขึ้นอยู่กับวัสดุแผ่นที่ใช้ โดยทั่วไปกว้าง 5-10 มิลลิเมตร และวัสดุยาแนว (Sealant compound) ควรเลือกให้เหมาะสม สำหรับรอยต่อภายในและภายนอก (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550)



ภาพที่ 2..17 รอยต่อทางตั้งระหว่างแผ่นที่เข้ามุม. จาก *การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย* (น. 87), โดย จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ ,2550.

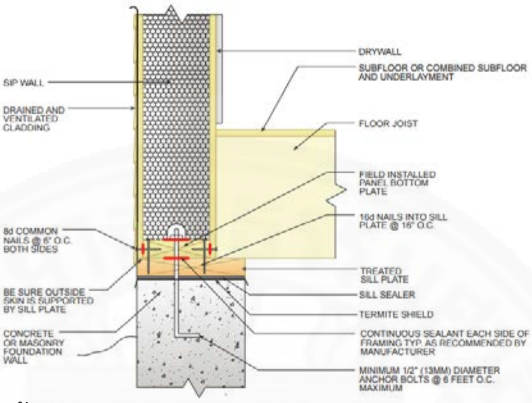
รอยต่อทางตั้งระหว่างแผ่นที่เข้ามุมจะต้องมีท่อนไม้ในการปิดปลายทั้ง 2 แผ่นที่จะชนกัน เพื่อเป็นการปิดขอบ และสามารถยึดสกรูได้ โดยการเจาะเพื่อยึดสกรู จะต้องมีการคำนึงถึงการกันน้ำซึมเข้ามาทางรอยต่อ โดยจะต้องมีการติดตั้งแผ่นกันซึมในบริเวณที่มีการยึดสกรู



ภาพที่ 2.18 รอยต่อทางตั้งระหว่างแผ่นที่เข้ามุม. โดย *Structural Insulated Panel Association*

2.3.5.3 รอยต่อระหว่างพื้นคอนกรีตกับแผ่นผนัง

ในการติดตั้งแผ่นผนัง จะต้องมีการเชื่อมต่อกับพื้น โดยรอยต่อระหว่างพื้นกับแผ่นผนัง จะต้องทำการฝังสกรูที่จะยึดผนังไว้กับพื้นคอนกรีตก่อน เพื่อทำให้ผนังสามารถติดตั้งกับพื้นได้อย่างแข็งแรง และบริเวณที่มีการเจาะสกรูจะต้องใส่แผ่นสำหรับกันน้ำซึม ดังภาพที่ 2.11 บริเวณเส้นสีแดง



ภาพที่ 2.19 รอยต่อระหว่างพื้นคอนกรีตกับแผ่นผนัง. โดย *Structural Insulated Panel Association*

2.3.6 วิธีการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นฉนวนโครงสร้าง

วิธีการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นฉนวนโครงสร้าง จากโครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้างแผ่นฉนวนโครงสร้าง (Structural Sandwich Panels) เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย ได้มีการออกแบบระบบผนังให้มีการติดตั้งแบบชิ้นต่อชิ้น (Stick – Built) โดยจะต้องเตรียมชิ้นส่วนผนังพร้อมประกอบให้เรียบร้อยจากโรงงาน ซึ่งจะต้องเตรียมงานฐานราก งานโครงสร้าง พื้นชั้น 1 และเตรียมงานระบบต่างๆ แล้วติดตั้งรางเหล็กกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยสกรู ตามแนวผนังที่ออกแบบ แล้วจึงนำแผ่นผนังที่เตรียมไว้มาติดตั้งเรียงตามลำดับ โดยยึดแผ่นผนังกับรางเหล็กที่พื้นด้วยสกรู และติดตั้งโครงเหล็กหรือแผ่นประกบรอยต่อทางตั้งระหว่างแผ่นผนังด้วยสกรู แล้วจึงติดตั้งแผ่นผนังชิ้นต่อไปพร้อมๆ กับกรติดตั้งวงกบประตู หน้าต่าง และใช้รางเหล็กครอบส่วนบนสุดของแผ่นผนังด้วยสกรู เมื่อติดตั้งผนังชั้นล่างเสร็จ ทำการติดตั้งโครงสร้างพื้นชั้นบน และทำการติดตั้งผนังชั้นบนด้วยขั้นตอนเหมือนกับการติดตั้งผนังชั้นล่าง เมื่อติดตั้งผนังชั้นบนเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงติดตั้งโครงหลังคา งานระบบไฟฟ้าและสุขาภิบาล แล้วทำการยาแนวรอยต่อผนัง และงานบุผิวสำเร็จของพื้นและผนัง แล้วจึงทาสี และเก็บงาน (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550)

วิธีการติดตั้งแผ่นฉนวนโครงสร้าง (Federation of American Scientists, 2015) มีขั้นตอนดังนี้

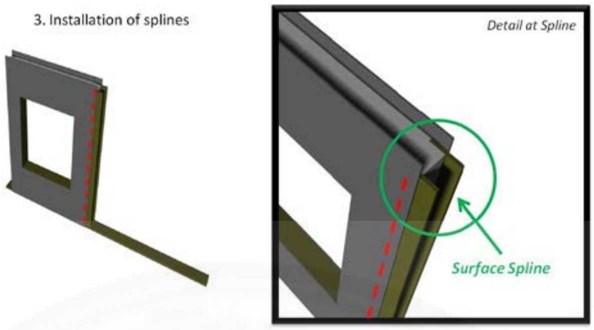
1) ติดตั้งรอยต่อที่พื้น โดยก่อนที่จะทำการยึดติดกับพื้นต้องใส่แฟลชิ่ง (Flashing) เพื่อทำหน้าที่กันอากาศและน้ำซึมเข้ามาระหว่างรอยต่อแผ่นเพลทกับพื้นคอนกรีต อาจใช้เป็นแผ่นแฟลชชิ่งโลหะรูปตัว Z เพื่อจัดการกับน้ำที่จะซึมเข้ามาได้ ดังภาพที่ 2.20

ภาพที่ 2.20 การติดตั้งเพลทด้านล่างที่พื้น. จาก*https://fas.org/programs/energy/btech/advanced%20technologies/About%20SIPs%20and%20CSIPs.pdf (น.32)*, โดย Federation of American Scientists.

2) การติดตั้งผนังแผ่นแรก โดยจะนำแผ่นผนังโครงสร้างเลื่อนใส่เพลทด้านล่างที่ได้ติดตั้งไว้ที่พื้นในขั้นตอนที่ 1 โดยจะทำการติดตั้งแผ่นที่มีการเจาะช่องหน้าต่างก่อน เพราะหากติดตั้งภายหลัง อาจต้องออกแรงจนช่องเปิดเสียรูป ไม่สามารถติดตั้งหน้าต่างได้

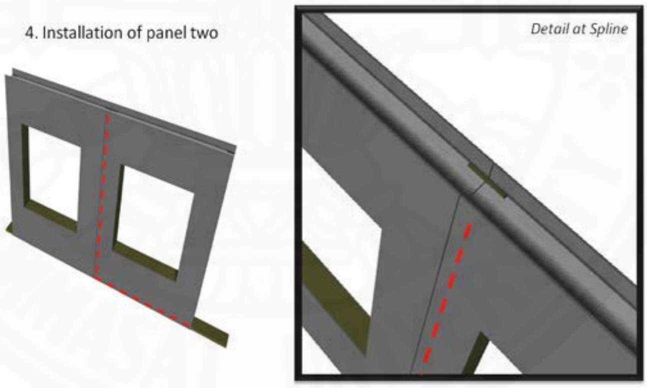
ภาพที่ 2.21 การติดตั้งผนังแผ่นแรก. จาก *https://fas.org/programs/energy/btech/advanced%20 technologies /About%20SIPs%20and%20CSIPs.pdf* (น.33), โดย Federation of American Scientists

3) การติดตั้งสลักในการเชื่อมต่อ ที่ทำจากไม้อัด แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ หรือวัสดุที่เหนือกว่า ที่ตัดเป็นเส้น ดังภาพ ติดตั้งบริเวณช่องว่างด้านข้างของแผ่นที่ติดตั้งแล้ว



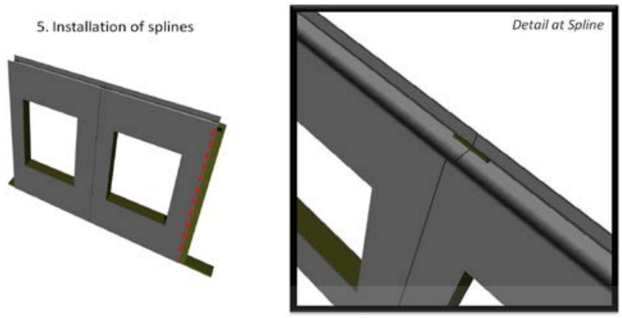
*ภาพที่ 2.22*การติดตั้งสลักในการเชื่อมต่อ. จาก *https://fas.org/programs/energy/btech /advanced%20 technologies/About%20SIPs%20and%20CSIPs.pdf* (น.33), โดย Federation of American Scientists,

4) การติดตั้งแผ่นที่ 2 โดยจะนำแผ่นผนังโครงสร้างเลื่อนใส่เพลทด้านล่างที่ได้ติดตั้งไว้ที่พื้น เหมือนกับขั้นตอนที่ 2 แล้วจึงดันให้ด้านข้างติดกับสลักที่ได้เตรียมไว้ในขั้นตอนที่ 3



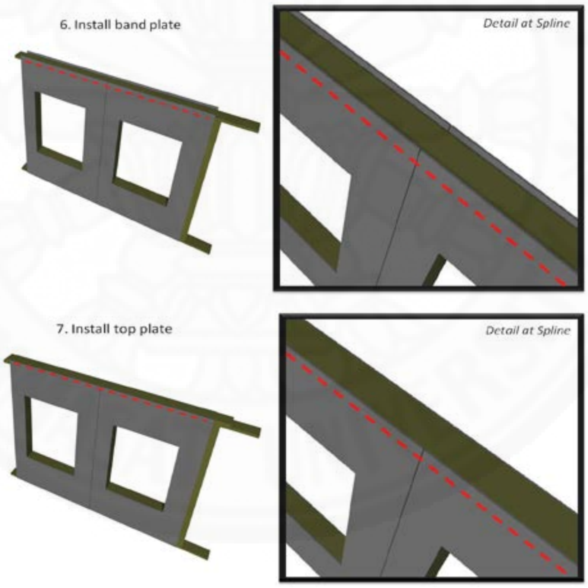
ภาพที่ 2.23 การติดตั้งแผ่นที่ 2. จาก https://fas.org/programs/energy/ btech/advanced%20 technologies/About%20SIPs%20and%20CSIPs.pdf (น.34), โดย Federation of American Scientists,

5) การติดตั้งสลักในการเชื่อมต่อ ทำเหมือนกับขั้นตอนที่ 3



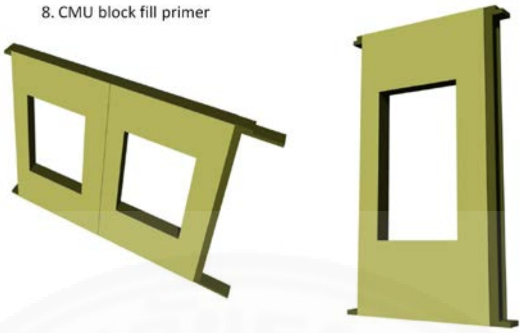
ภาพที่ 2.24 การติดตั้งสลักในการเชื่อมต่อ. จาก *https://fas.org/programs/energy/ btech/advanced %20 technologies/About%20SIPs%20and%20CSIPs.pdf* (น.34), โดย Federation of American Scientists,

6 และ 7) ติดตั้งเพลทรัดด้านบน และเพลทปิดด้านบน โดยใช้ไม้ขนาด 2” x 6” หรือวัสดุที่ดีกว่า และเพลทที่นำมาติดตั้งจะต้องพอดีกับทั้งแนวตั้ง และแนวนอน



ภาพที่ 2.25 การติดตั้งเพลทรัดด้านบน และเพลทปิดด้านบน. จาก *https://fas.org/programs/ energy/ btech/advanced%20technologies/About%20SIPs%20and%20CSIPs.pdf* (น.35), โดย Federation of American Scientists.

8) การเก็บรอยต่อ ด้วยการโป๊วอุดรอยต่อและช่องว่างต่างๆ ซึ่งควรใช้วัสดุตระกูลลาแท็กซ์ (Latex) เนื่องจากมีความยืดหยุ่นได้ดี



ภาพที่ 2.26 การเก็บรอยต่อ. จาก *https://fas.org/programs/ energy/btech/advanced% 20 technologies/About%20SIPs%20and%20CSIPs.pdf* (น.36), โดย Federation of American Scientists.

9) การติดตั้งแฟลชชิ่ง ทั้งด้านล่าง ด้านข้าง และด้านบน ซึ่งจะใช้แผ่นยางที่มีกาวในตัว (คล้ายแผ่นปิดรอยต่อหลังคา) ติดที่ขอบวงกบหน้าทั้ง 4 ด้าน โดยทำการติดที่ด้านล่างก่อน ต่อมาเป็นด้านข้างทั้ง 2 ข้างและด้านบน ทำการปิดให้ลงมาไม่น้อยกว่า 1” ทุกด้าน (ถ้ามีการต่อแผ่นแฟลชชิ่ง จะต้องมีส่วนซ้อนทับกันไม่ต่ำกว่า 3”)

ภาพที่ 2.27 การติดตั้งแฟลชชิ่งทั้ง 4 ด้าน. จาก *https://fas.org/programs/ energy/btech/ advanced% 20 technologies/About%20SIPs%20and%20CSIPs.pdf* (น.37), โดย Federation of American Scientists.

10) การติดตั้งหน้าต่างและแฟลชชิ่ง โดยหลังจากการติดตั้งหน้าต่างเรียบร้อยแล้ว ทำการติดตั้งแฟลชชิ่งอีกครั้งทับรอบวงกบทั้ง 4 ด้าน

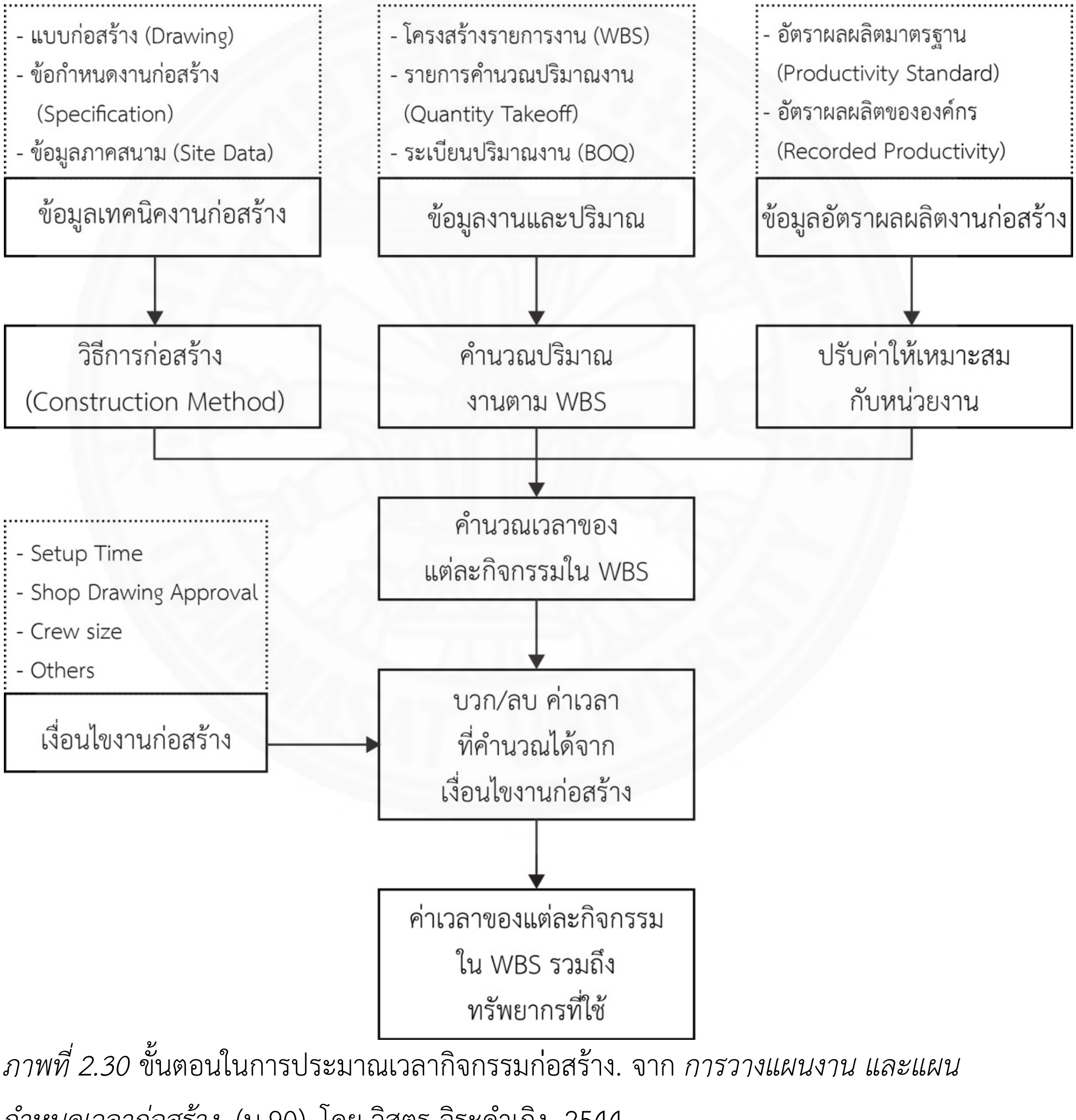
ภาพที่ 2.28 การติดตั้งหน้าต่างและแฟลชชิ่ง. จาก *https://fas.org/programs/ energy/btech /advanced 20technologies/About%20SIPs%20and%20CSIPs.pdf* (น.38), โดย Federation of American Scientists.

11) การติดตั้งบัวหน้าต่าง ติดดั้งบัวหน้าต่างโดยจะติดตั้งที่ด้านบนก่อน แล้วจึงติดตั้งด้านข้างทั้ง 2 และตามด้วยด้านล่าง เพื่อปิดทับแฟลชชิ่ง ทำให้ดูสวยงาม

ภาพที่ 2.29 การติดตั้งบัวหน้าต่าง. จาก *https://fas.org/programs/ energy/btech/advanced% 20technologies/About%20SIPs%20and%20CSIPs.pdf* (น.39-40), โดย Federation of American Scientists.

2.4 ระยะเวลาในการก่อสร้าง

ระยะเวลาเป็นสิ่งสำคัญและมีผลกับต้นทุนของการก่อสร้าง หากต้องการเร่งงานก่อสร้างให้ทันเวลาจะส่งผลต่อต้นทุนที่เพิ่มขึ้น หรือหากงานก่อสร้างเกิดการล่าช้า จะส่งผลให้เกิดต้นทุนดอกเบี้ยที่ขึ้น โดยการประมาณระยะเวลาในการก่อสร้างจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐาน 3 ส่วนในการคำนวณระยะเวลาในการก่อสร้าง ดังภาพที่ 2.4 ได้แก่ ข้อมูลเทคนิคงานก่อสร้าง ข้อมูลงานและปริมาณ และข้อมูลอัตราผลผลิตงานก่อสร้าง (วิสูตร จิระดำเกิง, 2544)



ภาพที่ 2.30 ขั้นตอนในการประมาณเวลากิจกรรมก่อสร้าง. จาก *การวางแผนงาน และแผนกำหนดเวลาก่อสร้าง.* (น.90). โดย วิสูตร จิระดำเกิง, 2544

ในการประมาณระยะเวลาในการก่อสร้างจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐาน 3 ส่วนในการคำนวณระยะเวลาในการก่อสร้าง ได้แก่

1. ข้อมูลเทคนิคงานก่อสร้าง ได้แก่ แบบก่อสร้าง (Drawing) ข้อกำหนดงานก่อสร้าง (Specification) และข้อมูลภาคสนาม (Site Data)

2. ข้อมูลงานและปริมาณ ได้แก่ โครงสร้างรายการงาน (WBS) รายการคำนวณปริมาณงาน (Quantity Takeoff) และระเบียนปริมาณงาน (BOQ)

3. ข้อมูลอัตราผลผลิตงานก่อสร้าง ได้แก่ อัตราผลผลิตมาตรฐาน (Productivity Standard) และอัตราผลผลิตขององค์กร (Recorded Productivity)

อัตราผลผลิตงานก่อสร้าง หมายถึง ผลงานที่ทำได้ต่อหนึ่งหน่วยของเวลา โดยผู้ที่วางแผนงานก่อสร้างควรมีการเก็บบันทึกข้อมูลปฏิบัติจริง เพื่อใช้ในการปรับปรุงค่าอัตราผลผลิตให้ถูกต้อง และเชื่อถือได้ก่อนนำไปประยุกต์ในการคำนวณเวลาการก่อสร้าง สามารถคำนวณอัตราผลผลิตงานก่อสร้างได้ จาก สมการคำนวณอัตราผลผลิตงานก่อสร้าง

$$\text{อัตราผลผลิต (หน่วย/คน-วัน)} = \frac{\text{ปริมาณงานกิจกรรมก่อสร้าง (หน่วย)}}{\text{เวลาของงานก่อสร้าง (วัน)} \times \text{จำนวนช่าง(คน)}}$$

จากการศึกษาการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นฉนวนโครงสร้างที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัย ซึ่งได้การเปรียบเทียบระหว่างการก่อสร้างบ้านด้วยโครงสร้างไม้ (Wood-Framed Home) ขนาด 99 ตารางเมตร และแผ่นฉนวนโครงสร้าง (SIP Home) ขนาด 120 ตารางเมตร โดยใช้การสังเกตจากหน้างานก่อสร้างได้ผลสรุป (Mullens, M. and Arif, M., 2549) ดังตารางที่ 2.10 พบว่า บ้านที่ก่อสร้างด้วยแผ่นฉนวนโครงสร้างสามารถลดเวลาในการก่อสร้างผนังได้ 10 นาทีต่อตารางเมตร และลดการใช้แรงงานได้ 57% และในส่วนของหลังคาสามารถลดเวลาได้ 5 นาทีต่อตารางเมตร และการใช้แรงงานได้ 70% รวมแล้วสามารถลดเวลาได้ 14 นาทีต่อตารางเมตร และลดการใช้แรงงานได้ 65% เมื่อเปรียบเทียบการก่อสร้างด้วยโครงสร้างไม้

ตารางที่ 2.8

ผลสรุปของการใช้แรงงานและระยะเวลาในการก่อสร้างด้วยโครงสร้างไม้และแผ่นฉนวนโครงสร้าง

ระบบ	โครงสร้างไม้		แผ่นฉนวนโครงสร้าง		ส่วนต่างที่ลดได้	
	ระยะเวลา (นาที/ตร.ม.)	แรงงาน (คน-นาที/ตร.ม.)	ระยะเวลา (นาที/ตร.ม.)	แรงงาน (คน-นาที/ตร.ม.)	ระยะเวลา (นาที/ตร.ม.)	แรงงาน (คน-นาที/ตร.ม.)
ผนัง	12	33	2	14	10	19 (57%)
หลังคา	10	53	5	16	5	37 (70%)
รวม	20	86	6	30	14	56 (65%)

หมายเหตุ : จาก *Structural Insulated Panels: Impact on the Residential Construction Process* (p.790), โดย Mullens, M. and Arif, M., 2549, J. Constr. Eng. Manage ., 2549

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย ได้ออกแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้น โดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 235 ตารางเมตร ในเวลาในการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 6 วัน จากระยะเวลาก่อสร้างรวมทั้งหมด 50 วัน เท่ากับสามารถติดตั้งงานผนังได้ 39.16 ตร.ม./วัน แต่ไม่ได้ระบุจำนวนแรงงานที่ใช้ จึงไม่สามารถหาค่าอัตราผลผลิตได้ ดังภาพที่ 2.26 (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ ,2550)

ตารางที่ 2.9

แผนงานและระยะเวลาในการก่อสร้างบ้านด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

ที่	แผนงาน	เวลา (วัน)	เวลาดำเนินการ (เดือน) 1			2			หมายเหตุ
1	วางผังและตอกเสาเข็ม	5							รวมระยะเวลาดำเนินการก่อสร้างประมาณ 50 วัน
2	งานฐานรากและตอม่อ	5							
3	คานคอดิน	3							
1	พื้นชั้นล่าง	5							
5	ผนังชั้นล่าง	3							
6	พื้นชั้นบน	5							
7	ผนังชั้นบน	3							
8	หลังคาและฝ้าเพดาน	8							
9	งานไฟฟ้า ประปา และสุขาภิบาล	5							
10	งานตบแต่ง ทาสี และปรับเกลี่ยดินในสนาม	10							

หมายเหตุ: จาก *การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย* (น. 102), โดย จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ ,2550.

2.5 การคำนวณต้นทุนของงานก่อสร้าง

การประมาณต้นทุน หมายถึง การวิเคราะห์ การคาดการณ์ หรือให้ความเห็นเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการทำงานหรือกระบวนการผลิตล่วงหน้า อาจเป็นการทำผลิตภัณฑ์ การจัดทำโครงการ หรือการผลิตงานบริการ โดยประมาณคุณค่าหรือค่าใช้จ่ายที่น่าจะเป็นไปได้ ซึ่งอาศัยข้อมูลที่เก็บสะสมไว้ หรือข้อมูลที่สามารถหาได้มากที่สุดในขณะนั้น เพื่อทำให้เกิดการประมาณที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ขอบเขตงานประมาณยังรวมถึงการสะสมข้อมูล การจัดทำรายงานเกี่ยวกับค่าใช้จ่าย และยังครอบคลุมถึงการกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับชั่วโมงแรงงานและค่าวัสดุ (ศุภณัฐ วัฒนสินศักดิ์, 2556) สำหรับต้นทุนในการก่อสร้างนั้นสามารถจำแนกประเภทของต้นทุนเพื่อใช้ในการประมาณราคางานก่อสร้างได้ 2 ลักษณะดังนี้

2.5.1 ต้นทุนทางตรง (Direct Cost)

ต้นทุนในการก่อสร้างที่สามารถแสดงได้เป็นราคาต่อหน่วย และระบุได้ว่าอยู่ส่วนใดของงานก่อสร้าง ประกอบไปด้วย ค่าวัสดุ คือ ค่าวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร เช่น เหล็ก ปูนซีเมนต์ ทราย วงกบไม้ กระเบื้องหลังคา เป็นต้น ค่าแรงงาน คือ ค่าแรงในการก่อสร้างอาคาร เช่น ค่าขุดดิน ค่าปูกระเบื้อง เป็นต้น ค่าอุปกรณ์และเครื่องจักร คือ อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในงานก่อสร้าง เช่น แปรงทาสี นั่งร้าน ค่าเช่ารถเครน เป็นต้น และค่าจ้าผู้รับเหมาช่วงในบางงานก่อสร้าง อาจมีการจ้างผู้รับเหมาช่วงด้วย ก็จะมีต้นทุนในเรื่องนี้ด้วย เช่น ค่าจ้าผู้รับเหมาลิฟต์ ค่าจ้างผู้รับเหมาะทำสระว่ายน้ำ เป็นต้น

2.5.2 ต้นทุนทางอ้อม (Indirect Cost)

ต้นทุนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานนอกเหนือจากต้นทุนทางตรงที่ได้อธิบายไปข้างต้น ประกอบด้วยไปด้วย ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในสถานที่ก่อสร้าง เช่น ค่าไฟฟ้าในสถานที่ก่อสร้าง ค่าทำรั้วชั่วคราว ค่าเงินเดือนผู้ควบคุมงาน เป็นต้น ค่าใช้จ่ายอื่นๆ จากหน่วยงานส่วนกลางเช่น ค่าใช้จ่ายในการบริหาร ค่าทำการตลาด ค่าเงินเดือนผู้บริหาร เงินเดือนเจ้าหน้าที่ธุรการ เป็นต้นค่าดอกเบี้ยและภาษี คือ ค่าดอกเบี้ยเงินกู้ ในกรณีที่กู้เงินทุนมาดำเนินการ และค่าภาษี ค่าธรรมเนียมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

โดยส่วนประกอบของต้นทุนในงานก่อสร้างจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ (วิสูตร จิระดำเกิง, 2548) ได้แก่

1. วัสดุ และอุปกรณ์ประกอบ
2. ค่าแรงงานช่างฝีมือ และคนงานในการก่อสร้าง
3. เครื่องจักรกล และพลังงาน รวมถึงผู้ควบคุมเครื่องจักรที่ต้องใช้

1) ต้นทุนค่าวัสดุ และอุปกรณ์ต่อหน่วย

การคำนวณค่าวัสดุต่อหน่วย จะต้องทำการแยกรายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง โดยที่ผู้ที่คำนวณจะต้องมีความเข้าใจในขั้นตอนการทำงาน และมีความรู้พื้นฐานในด้านวัสดุวิศวกรรมในการก่อสร้าง (วิสูตร จิระดำเกิง, 2548) โดยหาคำนวณได้จาก

ค่าวัสดุต่อหน่วย = ปริมาณวัสดุประกอบต่างๆ x ราคาต่อหน่วยของวัสดุเหล่านั้น

2) การวิเคราะห์ค่าแรง และเครื่องจักรต่อหน่วย

การวิเคราะห์ต้นทุนค่าแรง และค่าเครื่องจักรต่อหน่วย เมื่อมีข้อมูลปริมาณหน่วยที่ต้องการก่อสร้าง จำเป็นต้องมีข้อมูลอัตราผลผลิตการทำงาน (หน่วย/คน/วัน) เพื่อหาจำนวนทีมงานที่ต้องใช้ (คน) แล้วจึงนำไปคูณกับค่าแรง (บาท/วัน) จะได้ต้นทุนค่าแรงของงานก่อสร้าง แล้วจะสามารถคำนวณค่าแรงต่อหน่วยได้ (วิสูตร จิระดำเกิง, 2548) โดยหาคำนวณได้จาก

ค่าแรงต่อหน่วย (บาท/หน่วย) = ค่าแรงของงานก่อสร้าง (บาท) / ปริมาณหน่วยงานก่อสร้าง (หน่วย)

ผลการประมาณราคาค่าก่อสร้าง จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย พบว่าบ้านที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง มีราคาค่าก่อสร้างสูงกว่าบ้านทั่วไปประมาณ 20% มีสัดส่วนราคาของงานโครงสร้างประมาณ 37.5% ของราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด คิดเป็นส่วนของผนังฉนวนโครงสร้าง 45% ของราคางานโครงสร้าง (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ ,2550)

2.6 คุณภาพของงานก่อสร้าง

2.6.1 การตรวจสอบคุณภาพของการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

การประเมินคุณภาพของงานก่อสร้างโดยทั่วไป นิยมใช้เอกสารตรวจคุณภาพงาน (Control Check list) โดยรายละเอียดที่จะทำการประเมินคุณภาพงานก่อสร้างของแต่ละโครงการขึ้นอยู่กับประเภทอาคาร และระบบการก่อสร้างที่ใช้ ซึ่งสมาคม SIPA (Structural Insulated Panel Association) จัดทำแบบฟอร์มในการตรวจสอบคุณภาพในการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยจะตรวจสอบรายละเอียดในเรื่องรอยต่อของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง การผนึกรอยต่อต่างๆ การรั่วซึม การเชื่อมต่อของระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง (ดังภาพที่ 2.28) เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือในการวิจัย

Structural Insulated Panel Association

PO Box 39848 / Fort Lauderdale, FL 33339 / *ph 253.858.7472* / www.sips.org / *info@sips.org*

SIPA Registered Master Builder Checklist for SIP Construction

Company:		
Applicant name:		
Address:		
City:	State:	Zip:
Email:		Phone:

Quality Installation of Structural Insulated Panels (SIPs)

Homes constructed with structural insulated panels (SIPs) for exterior walls and/or roof construction should be inspected for quality installation to ensure proper air sealing. This inspection form needs to be signed and submitted along with the results of a blower door test conducted by a RESNET certified energy rater.

✓SIP JOINTS

Expanding foam or manufacturer-approved sealing mastic shall be applied to each SIP joint. The sealant shall be installed continuously on each of the interlocking surfaces such that the sealant creates an uninterrupted barrier between the two surfaces. This has been inspected on the following SIP joints:

☐ Yes	☐ No	☐ NA	Joints between two SIPs
☐ Yes	☐ No	☐ NA	Joints between a SIP and a bottom plate
☐ Yes	☐ No	☐ NA	Joints between a SIP and a top plate
☐ Yes	☐ No	☐ NA	Joints between a SIP and an end-plate
☐ Yes	☐ No	☐ NA	Any other joints as specified by the manufacturer's instructions

When removing foam to fit dimensional lumber for the top plate, bottom plate, end-plate or other locations, the SIP core shall be flush against the lumber. Expanding foam or manufacturer approved sealing mastic shall be applied to any inconsistencies created while removing foam, such that the wood is flush with the SIP core. This expanding foam or sealing mastic shall be in addition to the continuous bead of expanding foam or sealing mastic used to seal the plates to SIPs. This has been inspected on the following SIP joints:

☐ Yes	☐ No	☐ NA	Joints between a SIP and a bottom plate
☐ Yes	☐ No	☐ NA	Joints between a SIP and a top plate
☐ Yes	☐ No	☐ NA	Joints between a SIP and an end-plate
☐ Yes	☐ No	☐ NA	Any other joints as specified by the manufacturer's instructions

ภาพที่ 2.31 การตรวจสอบคุณภาพของการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง. จาก *Structural Insulated Panel Association*, 2558

2.6.2 ความเป็นฉนวนกันความร้อน

ตัวชี้วัดคุณภาพของฉนวนกันความร้อน คือ การนำค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K) ค่าความต้านทานความร้อน (R) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ของตัวอาคารมาวัดค่ากัน โดยวัตถุใดๆ ที่ใช้ในการก่อสร้างจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเสมอ ซึ่งแสดงถึงอัตราการถ่ายเทความร้อนที่จุดใดๆ คงที่ผ่านมวลวัตดุและอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างพื้นของวัตถุสองด้าน มีหน่วยเป็น W/mK หากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัตถุ (K Value) มีค่าน้อยแสดงถึงการเป็นฉนวนความร้อนที่ดี ส่วนค่าความต้านทานความร้อนหรือค่า R Value (Thermal Resistivity, R) ของวัตถุแปรผันตามความหนาและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัตถุ มีหน่วยเป็น m^2K/W หากต้องการค่าความต้านทานความร้อนที่สูงขึ้น สามารถทำได้โดยการเพิ่มความหนาของวัตถุ (วัตถุประเภทเดียวกันจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากัน) และค่าสัมประสิทธิ์การ

ถ่ายเทความร้อนหรือค่า U Value (Thermal Conductivity, U) แสดงถึงปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านเข้ามาในส่วนหนึ่งของอาคารคงที่ โดยอุณหภูมิทั้งสองแตกต่างกัน มีหน่วยเป็น W/m^2K (ศุภณัฐ วัฒนสินศักดิ์, 2556)

โดยที่ค่า R แสดงถึงความต้านทานการไหลของความร้อนผ่านวัสดุเข้ามาในอาคาร ซึ่งแปรผกผันกับ ค่า U และค่า K วัตถุที่มีค่าความเป็นฉนวนที่ดี คือสามารถป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดี จะมีค่า R สูง และค่า U และค่า K ต่ำ หมายถึง วัตถุนั้นๆ มีความสามารถในการต้านทานและป้องกันความร้อนก็สูง

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยการศึกษาความเหมาะสมของการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง (Structural Insulated Wall Panels) ในประเทศไทย โดยศึกษาจากอาคารกรณีศึกษาที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย สำหรับงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. การศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ โดยผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลจากการสังเกตการณ์อาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และการสัมภาษณ์ผู้ผลิต ผู้ออกแบบ และผู้ใช้งานในอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ในด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง และ 2. การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยส่วนที่ 1 ประกอบกับการศึกษาข้อมูลด้านทุติยภูมิเกี่ยวกับรายละเอียดในการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ที่ใช้ในประเทศและต่างประเทศ เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างในการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้งานในประเทศไทย โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง และเก็บข้อมูลด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง แล้วจึงสรุปผลการศึกษาและการวิเคราะห์ปัจจัยของการลงทุนในการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เพื่อเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้งานในประเทศไทย และนำเสนอแนวทางการพัฒนาโครงการด้วยการก่อสร้างระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างให้แก่สถาปนิก ผู้ประกอบการ และผู้ที่สนใจทั่วไป

3.1 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

3.1.1 กลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญ และผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

กลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญ และผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีในการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากในปัจจุบันมีบริษัทผู้ออกแบบ

ผลิต และติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย ซึ่งผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างโดยมีแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุประกบ และโฟมแข็งเป็นวัสดุแกน จำนวน 2 บริษัท ได้แก่

1. บริษัท A ผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างโดยใช้แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุประกบและใช้โฟมอีพีเอสเป็นวัสดุแกนกลาง

2. บริษัท B ผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างโดยใช้แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุประกบและใช้ใโฟมพียูเป็นวัสดุแกนกลาง

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

กลุ่มตัวอย่างอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีในการสุ่มตัวอย่างแบบตามสะดวก (Convenience Sampling) โดยมีอาคารที่สามารถเก็บข้อมูลได้จำนวน 6 อาคาร จากการสอบถามบริษัทผู้ออกแบบ ผลิต และติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย จำนวน 2 บริษัท ได้แก่

อาคารกรณีศึกษาที่ 1 เป็นอาคารสำนักงาน 4 ชั้น และส่วนพักอาศัย 1 ชั้น ซึ่งใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นผนังภายนอก ติดตั้งโดยยึดกับโครงคร่าวเหล็ก (ใช้เป็นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง)

อาคารกรณีศึกษาที่ 2 เป็นอาคารเก่า 3 ชั้น มาปรับปรุงเป็นโรงแรม 4 ชั้น โดยชั้นที่ 4 ใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในการกั้นห้อง (ใช้เป็นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง)

อาคารกรณีศึกษาที่ 3 เป็นอาคารพักอาศัย 3 ชั้น ต้องการปรับปรุงพื้นที่ชั้น 3 โดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างติดตั้งกับโครงสร้างไม้เดิม (ใช้เป็นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง)

อาคารกรณีศึกษาที่ 4 อาคารชั้นเดียวขนาดเล็กซึ่งต่อเติมจากอาคารเดิม โดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นผนังรับน้ำหนัก (ใช้เป็นผนังโครงสร้างรับน้ำหนัก)

อาคารกรณีศึกษาที่ 5 อาคารชั้นเดียว ซึ่งก่อสร้างผนังและหลังคาด้วยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างโดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นผนังรับน้ำหนัก (ใช้เป็นผนังโครงสร้างรับน้ำหนัก)

อาคารกรณีศึกษาที่ 6 อาคารพักอาศัยชั้นเดียว ซึ่งก่อสร้างผนังและหลังคาด้วยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างโดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นผนังรับน้ำหนัก (ใช้เป็นผนังโครงสร้างรับน้ำหนัก)

ตารางที่ 3.1

รายละเอียดอาคารกรณีศึกษา

อาคาร กรณีศึกษา	บริษัทผู้ผลิต	สถานะ	พื้นที่ผนัง SIP (ตร.ม.)	ลักษณะการใช้งาน
อาคารที่ 1	บริษัท A	ใช้งาน 12 เดือน	1,002.00	ผนังกรอบอาคารชั้นในความหนา 5 ซม. และ ผนังภายในความหนา 10 ซม.
อาคารที่ 2	บริษัท A	ใช้งาน 4เดือน	200.00	ผนังภายในความหนา 10 ซม.
อาคารที่ 3	บริษัท A	ใช้งาน 5 เดือน	68.40	ผนังภายในความหนา 5 ซม.
อาคารที่ 4	บริษัท A	ใช้งาน 17 เดือน	49.05	ผนังภายนอกรับน้ำหนักความหนา 10 ซม.
อาคารที่ 5	บริษัท A	กำลังก่อสร้าง	210.00	ผนังภายนอกรับน้ำหนักความหนา 10 ซม
อาคารที่ 6	บริษัท B	ใช้งาน 12 เดือน	133.50	ผนังภายนอกและภายในรับน้ำหนักความหนา 10 ซม

3.1.3 กลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบการที่ก่อสร้างอาคารด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

กลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบการที่ก่อสร้างอาคารด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีในการสุ่มตัวอย่างแบบตามความสะดวก (Convenience Sampling) โดยการกำหนดหลักสำคัญในการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษา จากบริษัทผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ซึ่งใช้ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในการก่อสร้างโครงการ โดยแต่ละบริษัทมีการบริหารงานก่อสร้างที่แตกต่างกันอยู่ 3 แนวทาง คือ 1) การที่บริษัทฯ ผลิตโดยโรงงานถาวรของตนเอง 2) การที่บริษัทฯ ซื้อชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงานของผู้ประกอบการผลิตโดยเฉพาะมาติดตั้ง และ 3) การผลิตชิ้นส่วนที่ในสถานที่ก่อสร้าง ทั้งนี้มีบริษัทผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ที่ก่อสร้างอาคารด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และหน่วยงานที่สามารถให้ข้อมูล จำนวน 3 แห่ง ได้แก่

1. บริษัท C เป็นบริษัทผู้ผลิต และผู้ใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในการก่อสร้างรายใหญ่ที่สุดในประเทศไทย โดยวิธีการผลิตชิ้นส่วนด้วยโรงงานถาวรของตนเอง

2. บริษัท D เป็นบริษัทที่ใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในการก่อสร้าง โดยวิธีการซื้อชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจากโรงงานของผู้ประกอบการผลิตโดยเฉพาะมาติดตั้ง

3. หน่วยงาน E เป็นศูนย์รวบรวมข้อมูลสถิติเกี่ยวกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปของผู้ประกอบการรายย่อย ซึ่งมีทั้งการซื้อชิ้นส่วนสำเร็จรูป และการผลิตชิ้นส่วนที่ในสถานที่ก่อสร้าง

ตารางที่ 3.2

รายละเอียดผู้ประกอบการที่ก่อสร้างอาคารด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

บริษัท/หน่วยงาน	ประสบการณ์	วิธีบริหารงานก่อสร้าง	ลักษณะการใช้งาน
บริษัท C	8 ปี	มีโรงงานถาวรของตนเอง กำลังผลิต 1,120 หน่วย/เดือน	บ้านเดี่ยว ทาวน์เฮาส์ และคอนโด
บริษัท D	11 ปี	จ้างโรงงานผลิตและติดตั้งโดยเฉพาะ	บ้านเดี่ยวบางโครงการ
หน่วยงาน E	10 ปี	ซื้อชิ้นส่วนสำเร็จรูป และผลิตชิ้นส่วนที่ในสถานที่ก่อสร้าง	บ้านเดี่ยว

3.2 การกำหนดตัวแปร

ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาความเหมาะสมในการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยศึกษาจากอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย ในด้านระยะเวลาการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้าง และนำไปเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3.2.1 การศึกษาอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

1. ตัวแปรต้น ประกอบด้วย การออกแบบชิ้นส่วน การออกแบบรอยต่อ และการติดตั้ง

2. ตัวแปรตาม ประกอบด้วย

1) ระยะเวลาในการก่อสร้าง ได้แก่ อัตราผลผลิตในการผลิตแผ่นผนัง (ตร.ม./วัน) อัตราผลผลิตในการติดตั้งแผ่นผนัง (ตร.ม./วัน/คน) และ อัตราผลผลิตในการเก็บรอยต่อ (ตร.ม./วัน/คน)

2) ต้นทุนค่าก่อสร้าง ได้แก่ ค่าวัสดุผนัง (บาท/ตร.ม.) ค่าขนส่ง (บาท/ตร.ม.) ค่าแรงงานช่างฝีมือและคนงานในการก่อสร้าง (บาท/ตร.ม.) ค่าเครื่องจักรกล (บาท/ตร.ม.)

3) คุณภาพของงานก่อสร้าง ได้แก่ จุดบกพร่องของงานก่อสร้าง (จำนวนจุดที่มีการรั่วซึม และจำนวนจุดบกพร่องที่เกิดจากการเก็บรอยต่อ) และจำนวนจุดบกพร่องจากการใช้งาน

3. ตัวแปรควบคุม ประกอบด้วย บริษัทที่ทำการผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างและก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างที่มีแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุประกบ และโฟมแข็งเป็นวัสดุแกน และคุณสมบัติในการป้องกันความร้อน

3.2.2 การเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

1. ตัวแปรต้น ประกอบด้วย การออกแบบชิ้นส่วน การออกแบบรอยต่อ และการติดตั้ง

2. ตัวแปรตาม ประกอบด้วย

1) ระยะเวลาในการก่อสร้าง ได้แก่ อัตราผลผลิตในการติดตั้ง (ตร.ม./วัน/คน) และ อัตราผลผลิตในการเก็บรอยต่อ (ตร.ม./วัน/คน)

2) ต้นทุนค่าก่อสร้าง ได้แก่ ค่าวัสดุผนัง (บาท/ตร.ม.) ค่าขนส่ง (บาท/ตร.ม.) ค่าแรงงานช่างฝีมือและคนงานในการก่อสร้าง (บาท/ตร.ม.) ค่าเครื่องจักรกล (บาท/ตร.ม.)

3) คุณภาพของงานก่อสร้าง ได้แก่ จุดบกพร่องของงานก่อสร้าง (จำนวนจุดที่มีการรั่วซึม และจำนวนจุดบกพร่องที่เกิดจากการเก็บรอยต่อ)

3. ตัวแปรควบคุม ประกอบด้วย บริษัทที่ทำการผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างและก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างที่มีแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุประกบ และโฟมแข็งเป็นวัสดุแกน และอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และคุณสมบัติในการป้องกันความร้อน

3.3 เครื่องมือในการวิจัย

การเก็บข้อมูลด้านระยะเวลาการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลา

การก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้าง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

3.3.1 แบบสังเกต

การสังเกต บันทึก และถ่ายภาพอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยมุ่งเน้นข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ โดยมีประเด็นสำคัญในการสังเกต ดังนี้

ประเด็นที่ 1 การเตรียมชิ้นส่วนก่อนทำการติดตั้ง เพื่อสังเกตวิธีในการบริหารจัดการ และจัดเก็บชิ้นส่วนต่างๆ ก่อนที่จะส่งไปประกอบหน้างาน ด้วยเก็บแบบขยายรายละเอียดชิ้นส่วนที่จะนำไปจัดเตรียมชิ้นส่วนก่อน การถ่ายภาพวิธีกองเก็บและจัดการชิ้นส่วนที่ทำการเตรียมเรียบร้อยแล้ว รวมถึงการจัดเรียงเพื่อขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง

ประเด็นที่ 2 การติดตั้ง รายละเอียดในการต่อชิ้นส่วน เพื่อสังเกตวิธีการติดตั้งแผ่นฉนวนโครงสร้าง จำนวนแรงงานและระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นหน้างาน ด้วยการถ่ายภาพขั้นตอนการติดตั้งที่เกิดขึ้นหน้างาน บันทึกระยะเวลาในการก่อสร้าง และจำนวนแรงงานที่ใช้ในการติดตั้ง

ประเด็นที่ 3 การเก็บความเรียบร้อยรอยต่อ เพื่อสังเกตวิธีการเก็บรอยต่อต่างๆ ของแผ่นฉนวนโครงสร้าง และความเรียบร้อยหลังจากการเก็บงาน ที่จะส่งผลต่อจุดบกพร่อง (Defect) ที่เกิดจากการก่อสร้าง ด้วยการถ่ายภาพก่อนการเก็บความเรียบร้อย เปรียบเทียบกับภาพหลังจากเก็บความเรียบร้อย และวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บความเรียบร้อย

ประเด็นที่ 4 จุดบกพร่องของอาคาร สำหรับอาคารที่มีการใช้งานแล้ว เพื่อสังเกตจุดบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นได้จากการใช้งานจริง หรือจุดบกพร่องบริเวณรอยต่อต่างๆ เมื่ออาคารมีการก่อสร้างแล้วเสร็จเป็นระยะเวลาหนึ่ง

3.3.2 แบบสัมภาษณ์

1. ผู้ออกแบบ ผลิต และติดตั้งด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

การสัมภาษณ์เชิงลึกจากบุคคลากรของบริษัทผู้ออกแบบ ผลิต และติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย ผู้ออกแบบอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยวัตถุประสงค์การสัมภาษณ์ เพื่อศึกษาขั้นตอนในการออกแบบ วิธีการผลิต รายละเอียดในการติดตั้ง ระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง และข้อจำกัดในการออกแบบ

อาคารที่จะก่อสร้างด้วยระบบนี้ รวมถึงการสัมภาษณ์เจ้าของอาคาร โดยวัตถุประสงค์การสัมภาษณ์ เพื่อศึกษาถึงปัจจัยในการเลือกใช้การก่อสร้างด้วยระบบนี้ ระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างของอาคารที่จะก่อสร้างด้วยระบบนี้ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อทราบปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

2. ผู้ออกแบบ ผลิต และติดตั้งด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

การสัมภาษณ์เชิงลึกจากบริษัทผู้ออกแบบ ผลิต และติดตั้งด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์ในการสัมภาษณ์ เพื่อศึกษาระยะเวลาในการก่อสร้าง ได้แก่ ระยะเวลาในการผลิต ระยะเวลาในการติดตั้ง และระยะเวลาในการเก็บรอยต่อ ต้นทุนค่าก่อสร้าง ได้แก่ ค่าวัสดุ และอุปกรณ์ประกอบ ค่าขนส่ง ค่าแรงงานช่างฝีมือ และคนงานในการก่อสร้าง ค่าเครื่องจักรกล รวมถึงผู้ควบคุมเครื่องจักรที่ต้องใช้ และคุณภาพของงานก่อสร้าง ได้แก่ คุณภาพในการติดตั้ง (การรั่วซึม และการเก็บรอยต่อ) และคุณภาพในการป้องกันความร้อน และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ศึกษาก่อสร้างอาคารด้วยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ทั้งในไทยและต่างประเทศ ในด้านองค์ประกอบของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง คุณสมบัติต่างๆ วิธีการผลิตชิ้นส่วน และวิธีการติดตั้ง รวมถึงรายละเอียดของรอยต่อแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

2. ศึกษาวิธีการประมาณระยะเวลาในการก่อสร้าง ประมาณต้นทุนค่าก่อสร้าง และตรวจสอบคุณภาพของงานก่อสร้าง

3. ศึกษาข้อมูลด้านระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพในการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

3.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์

เป็นการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ออกแบบ ผู้ผลิตและรับติดตั้งในการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยจำแนกการเก็บข้อมูล

1. ด้านการออกแบบชิ้นส่วน เป็นการเก็บข้อมูลขั้นตอนในการทำแบบสถาปัตยกรรมให้เป็นแบบในการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ถึงข้อจำกัด และสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบอาคารที่จะก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

2. ด้านการออกแบบรอยต่อ การผลิตชิ้นส่วน และวิธีการติดตั้ง ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง

3. ด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ได้แก่ ระยะเวลาในการผลิต ระยะเวลาในการติดตั้ง และระยะเวลาในการเก็บรอยต่อ

4. ด้านต้นทุนค่าก่อสร้าง ของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ได้แก่ ค่าวัสดุผนังและอุปกรณ์ในการติดตั้ง ค่าขนส่ง ค่าแรง และค่าเครื่องจักรกล

5. ด้านคุณภาพของงานก่อสร้างที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ได้แก่ จุดพกพร่องที่เกิดจากระบบการก่อสร้าง คุณภาพในการเก็บรอยต่อ การรั่วซึม สภาวะการอยู่สบาย และจุดพกพร่องที่อาจเกิดจากการใช้งาน

6. ด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้างและคุณภาพในการก่อสร้างของระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

3.3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต บันทึก และถ่ายภาพโดยมุ่งเน้นข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยจำแนกการเก็บข้อมูลออกเป็น

1. การเตรียมชิ้นส่วน เป็นการเก็บข้อมูลขั้นตอนนำแบบก่อสร้างของระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง มาทำการเตรียมชิ้นส่วน เพื่อทำให้สามารถนำไปประกอบหน้างาน

2. การติดตั้งชิ้นส่วน เป็นการเก็บข้อมูลขั้นตอนการติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อประกอบขึ้นเป็นงานสถาปัตยกรรม

3. การเก็บรอยต่อ เป็นการเก็บข้อมูลขั้นตอนการเก็บงาน เพื่อลดจุดบกพร่อง (Defect) จากการก่อสร้าง

4. ระยะเวลาและจำนวนแรงงานที่ใช้ในการก่อสร้าง เพื่อเป็นการศึกษาหาปัจจัยในการลงทุนการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

3.3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลเอกสาร

เป็นการเก็บข้อมูลจากการบันทึกข้อมูลเอกสารด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง จากบริษัทผู้ผลิตและรับติดตั้งและเจ้าของอาคารของการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และจากบริษัทผู้ประกอบการที่ก่อสร้างอาคารด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ตารางที่ 3.3

ประเภทเอกสารที่ต้องการ และเหตุผลในการใช้

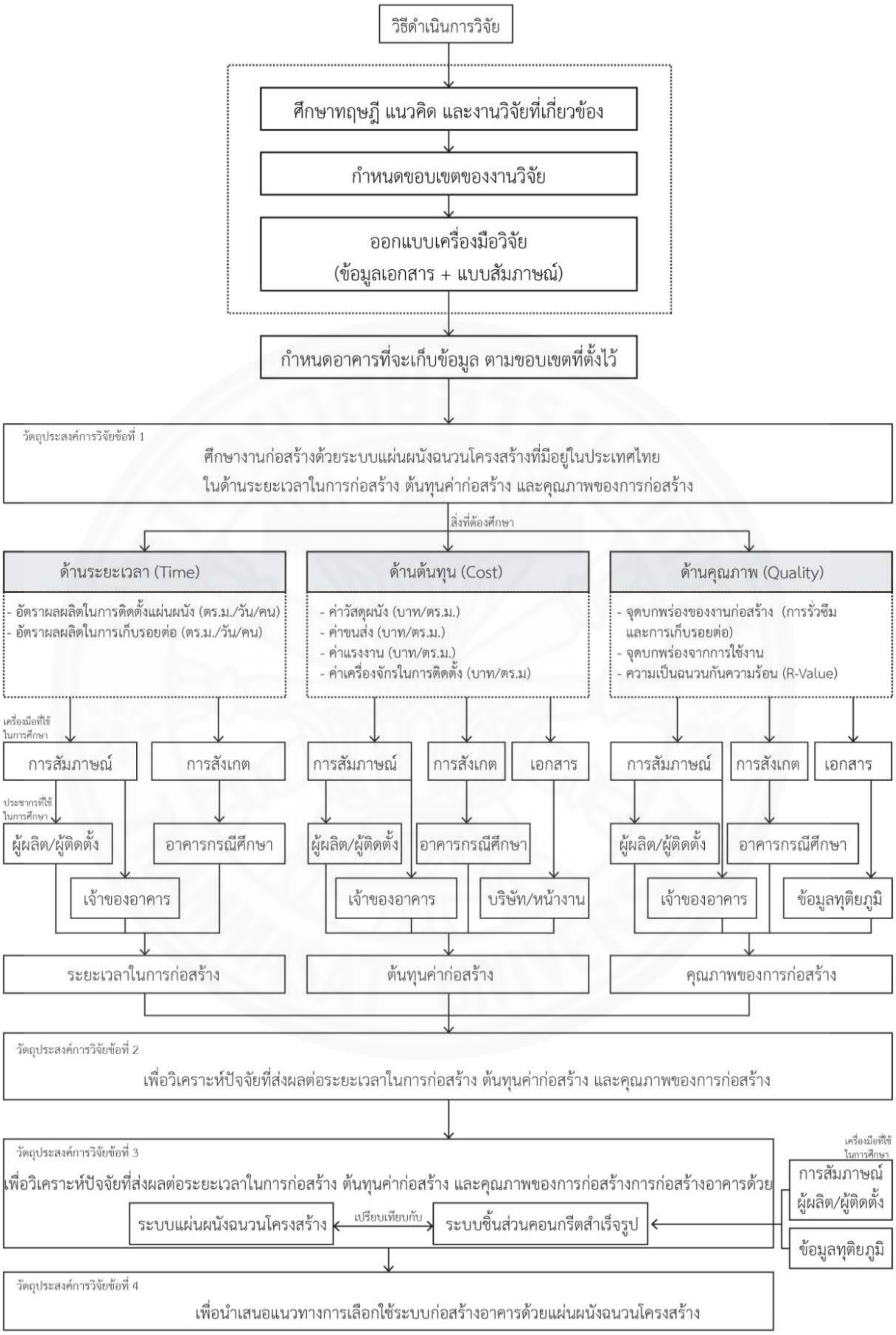
ประเภทเอกสาร	เหตุผลที่ใช้
รายละเอียดอาคาร (หรือใช้การสัมภาษณ์)	เพื่อทราบถึงลักษณะของโครงการ
แบบก่อสร้าง	
แผนงานก่อสร้าง (หรือใช้การสัมภาษณ์)	เพื่อทราบถึงระยะเวลาและขั้นตอนที่ใช้ในการก่อสร้าง
ปริมาณงานวัสดุ (BOQ) (หรือใช้การสัมภาษณ์)	เพื่อทราบถึงต้นทุนค่าก่อสร้าง
เอกสารตรวจคุณภาพงาน (ใช้การสัมภาษณ์หรือ สังเกต)	เพื่อทราบถึงคุณภาพของงานก่อสร้าง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างระหว่างอาคารกรณีศึกษา 6 อาคาร เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

3.4.2 วิเคราะห์ปัจจัยด้านการออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วน และวิธีการติดตั้ง ที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก และสังเกตจากสถานที่ก่อสร้าง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อจำแนกข้อมูลที่รวบรวมได้ แล้วจึงสร้างข้อความสรุปแบบอุปนัย (Induction) ประกอบกับงานวิจัยที่ได้ศึกษา เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ในประเด็นต่างๆ ตามวัตถุประสงค์

3.4.3 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างทั้ง 2 ระบบ



ภาพที่ 3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยเรื่อง “การศึกษาความเหมาะสมในการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง” ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ผลิต ผู้ออกแบบ และผู้ใช้งานในอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และจากการสังเกตโดยผู้วิจัยในด้านคุณภาพของการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทยจำนวน 6 อาคาร จากบริษัทผู้ผลิต 2 บริษัท มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อจำแนกข้อมูลระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้าง แล้วจึงสร้างข้อความสรุปแบบอุปนัย (Induction) ประกอบกับงานวิจัยที่ได้ศึกษา เพื่อการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป โดยจะเสนอผลการวิเคราะห์เป็น 5 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 รายละเอียดของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างที่มีการผลิตในประเทศไทย

ส่วนที่ 2 รายละเอียดของอาคารกรณีศึกษาที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย จำนวน 6 อาคาร ในด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้าง

ส่วนที่ 3 วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

ส่วนที่ 4 วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ส่วนที่ 5 วิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

4.1 รายละเอียดแผ่นฉนวนโครงสร้าง

ปัจจุบันมีบริษัทผู้ผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย ซึ่งใช้แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุประกบ และโฟมแข็งเป็นวัสดุแกนกลาง ทั้งหมด 2 ราย ได้แก่ บริษัท A ซึ่งผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างที่ใช้โฟมอีพีเอส เป็นวัสดุแกนกลาง และ บริษัท B ซึ่งผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างที่ใช้โฟมพียูเป็นวัสดุแกนกลาง โดยมีรายละเอียดของแผ่นฉนวนโครงสร้าง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

รายละเอียดของแผ่นฉนวนโครงสร้างที่ผลิตในประเทศไทย

รายละเอียด	หน่วย	แผ่น SIP บริษัท A	แผ่น SIP บริษัท B
วิธีการผลิต		วิธีการประกบ (Lamination)	วิธีการฉีดโฟม (Injection)
วัสดุแผ่นประกบ 2 ด้าน	มม.	แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ หนา 6 มม.	แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ หนา 8 มม.
วัสดุแกน	มม.	โฟมอีพีเอส หนา 90 มม.	โฟมพียู หนา 59 มม.
ขนาดมาตรฐานของแผ่นฉนวนโครงสร้าง	ตร.ม.	1.20 x 2.40, 1.20 x 3.00	0.60 x 2.40, 0.60 x 3.00
ความหนาของแผ่นฉนวนโครงสร้าง	มม.	56, 102	50, 75
น้ำหนักต่อตารางเมตร	(กก./ม.^{2})	18.89	26.39
กำลังรับแรงอัดสูงสุด (Maximum Compressive Strength)	(กก./ซม.^{2})	13.2 (L=0.49m.)	15.6 (L=3m.) 16.7 (L=2.4m.)
ค่าการกันเสียง (STC)	เดซิเบล	55-57	50
ค่าการต้านทานความร้อน (Resistivity – R value)	(ม.^{2}เคลวิน /วัตต์)	3.34	3.125
ค่าการนำความร้อน (Conductivity – K value)	(วัตต์/ม. เคลวิน)	0.03	0.024
อัตราการซึมน้ำ	%	ไม่ซึม	ไม่ซึม
การไม่ลามไฟ	BS476 Part7	ผ่าน (Class 1)	ผ่าน
ความเป็นพิษของการเผาไหม้		CO	CO_2, CO
ความต้านทานต่อแมลง		ทนต่อปลวกและแมลง	ทนต่อปลวกและแมลง

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างของทั้ง 2 บริษัท ใช้แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุประกบเหมือนกัน แต่ใช้วัสดุแกนกลางเป็นโฟมแข็งต่างชนิดกัน ทำให้วิธีการผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างที่แตกต่างกัน โดยผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างที่มีขนาดมาตรฐาน และวิธีการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้าง

4.1.1 วิธีการผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้าง

บริษัท A ผลิตโดยใช้วิธีการประกบ (Lamination) โดยใช้แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุประกบ และแผ่นโฟมอีพีเอสเป็นวัสดุแกนกลาง ซึ่งมีความหนามาตรฐาน 2 ขนาด คือ ความหนา 5 ซม. และความหนา 10 ซม. ขั้นตอนในการผลิตเริ่มจากการทาวัสดุประสานที่แผ่นโฟมอีพีเอส แล้วจึงนำแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ที่เตรียมไว้มาประกบ และนำไปพักไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อทำให้วัสดุทั้ง 2 ชนิดติดกันและสามารถรับแรงตามที่กำหนดไว้ แล้วจึงนำแผ่นที่ทำการประกบแล้วไปทำการตัดตามขนาดที่ต้องการ เจาะช่องเปิดต่างๆ หรือเจาะช่องสำหรับระบบไฟฟ้า และติดตั้งรอยต่อในการติดตั้งแผ่นตามแบบของชิ้นส่วนที่ถูกออกแบบไว้ ซึ่งแตกต่างจากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างในต่างประเทศ ที่ต้องใช้ลวดความร้อนตัดแผ่นโฟมอีพีเอสเพื่อเป็นท่อสำหรับร้อยสายไฟก่อนที่จะติดวัสดุประกบ ทำให้แผ่นฉนวนโครงสร้างทุกแผ่นจะต้องมีการเตรียมท่อสำหรับร้อยสายไฟทั้งแนวตั้งและแนวนอน แต่บริษัท A ได้เปลี่ยนวิธีการเจาะท่อร้อยสายไฟฟ้าด้วยเครื่องมือเฉพาะ จึงทำให้สามารถเจาะท่อไฟฟ้าหลังจากการประกบแผ่นได้ เพื่อไม่ให้แผ่นฉนวนโครงสร้างสูญเสียความแข็งแรงจากการตัดท่อสำหรับร้อยสายไฟแนวนอน

ส่วนบริษัท B ผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างโดยวิธีการฉีดโฟม (Injection) ทำให้ก่อนที่จะผลิตชิ้นส่วนได้จะต้องออกแบบชิ้นส่วนทั้งหมดเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยจะต้องระบุขนาดและความหนาของแผ่นฉนวนโครงสร้าง ตำแหน่งและขนาดของช่องเปิด และตำแหน่งของงานระบบไฟฟ้าเรียบร้อยก่อน แล้วจึงนำแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ไปตัดให้ได้ขนาดตามที่กำหนด และเจาะช่องเปิดตามตำแหน่งที่กำหนด แล้วจึงแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์แผ่นที่ 1 ตัดเรียบร้อยแล้วไปวางบนแท่น เพื่อเตรียมการฉีดโฟมพียู โดยนำตัวกำหนดความหนา (Spacer) ดังภาพที่ 4.1 วางไว้โดยรอบของแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ และทำการวางท่อไฟตามแบบ ดังภาพที่ 4.2 แล้วจึงนำแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ที่ 2 มาวางด้านบน หลังจากนั้นจะทำการฉีดสารเคมีในการผลิตโฟมพียู เข้าไปด้านในแบบที่เตรียมไว้ โดยจะต้องคำนวณปริมาณของสารเคมีที่จะฉีดเข้าไป เพื่อให้ได้ความหนาแน่นของโฟมที่กำหนด เมื่อฉีดโฟมเข้าไปเรียบร้อยแล้วพักไว้ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ความแข็งแรงตามที่กำหนด และสามารถนำไปติดตั้งได้

ภาพที่ 4.1 ตัวกำหนดความหนา (Spacer)

ภาพที่ 4.2 การวางท่อไฟตามแบบที่กำหนด

การผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างตามวิธีของบริษัท A สามารถผลิตชิ้นส่วนมาตรฐานเก็บไว้ได้ และสามารถนำชิ้นส่วนมาตรฐานไปตัดตามชิ้นส่วนที่ถูกออกแบบไว้ยังสถานที่ก่อสร้างได้ ทำให้วิธีการผลิตของบริษัท A มีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากกว่า แต่มีความเที่ยงตรงในการเจาะช่องเปิดและตำแหน่งท่อไฟน้อยกว่า ในขณะที่การผลิตของบริษัท B จะต้องผลิตในโรงงาน ทำให้มีความเที่ยงตรงของตำแหน่งช่องเปิดและตำแหน่งท่อไฟมากกว่า แต่วิธีการผลิตของบริษัท B ใช้เวลาเซ็ตตัวของวัสดุ 1 ชั่วโมง ซึ่งน้อยกว่าวิธีการผลิตของบริษัท A ใช้เวลาเซ็ตตัวของวัสดุ 24 ชั่วโมง และความหนาแน่นโฟม ของบริษัท B มีความหนาแน่นสูงกว่าบริษัท A และลักษณะของเนื้อโฟมพียูของบริษัท B มีสีเหลืองอ่อน และมีความละเอียดสูงกว่า แต่เนื้อโฟมอีพีเอสของบริษัท A มีสีขาว และมีลักษณะเป็นเม็ดกลมที่ถูกอัดกัน เป็นโฟมชนิดเดียวกับที่ใช้กันกระแทกในการขนส่ง ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้ใช้อาคารเจ้าของอาคารและบริษัทผู้ผลิต พบว่า อาจส่งผลกระทบในแง่จิตวิทยาของผู้บริโภคที่ไม่ทราบมาก่อนว่าก่อสร้างจากระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง หากมีการเจาะแผ่นผนังแล้วพบว่ามีวัสดุภายในเป็นโฟมโดยวิธีการผลิตที่แตกต่างกันนี้จะส่งผลต่อด้านระยะเวลา และคุณภาพของการก่อสร้าง ที่ผู้ออกแบบจะต้องเลือกใช้งานให้เหมาะสมกับ กับลักษณะของงานที่ต้องการก่อสร้าง

4.1.2 ขนาดมาตรฐานของแผ่นฉนวนโครงสร้าง

บริษัท A ผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างที่มีขนาดมาตรฐาน 1.20 x 2.40 ตร.ม. และ 1.20 x 3.00 ตร.ม. ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานของแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ที่จำหน่ายในประเทศไทย สำหรับผนังที่ใช้เป็นโครงสร้างผนังรับน้ำหนักออกแบบให้มีความหนา 10 ซม. เท่ากับความหนาของผนังโดยทั่วไปที่ก่อสร้างด้วยระบบอื่น และใช้เหล็กรีดเย็นเสริมบริเวณทั้ง 4 ด้านของแผ่นฉนวนโครงสร้างเพื่อทำให้แต่ละแผ่นมีความแข็งแรง และเป็นรายละเอียดในการติดตั้งชิ้นส่วน

ส่วนบริษัท B ผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างที่มีขนาดมาตรฐาน 0.60 x 2.40 ตร.ม. และ 0.60 x 3.00 ตร.ม. และมีความหนา 7.5 ซม. โดยคำนึงถึงความสะดวกในการใช้แรงงานคนติดตั้ง ซึ่งระยะ 0.60 ม. เป็นระยะที่คนสามารถยกได้สะดวก และเป็นการแบ่งครึ่งของขนาดมาตรฐานของแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์พอดี นอกจากนี้ทางบริษัทผู้ผลิตยังคำนึงถึงการช่วยเสริมความแข็งแรงของผนัง โดยใช้การเสริมแผ่นสังกะสีที่พับขึ้นรูป ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการต่อแผ่น ในระยะทุกๆ 0.60 ม.

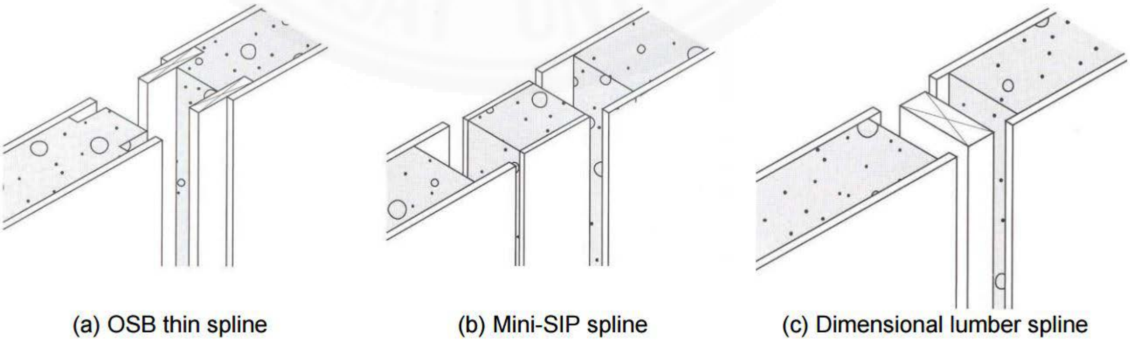
แผ่นฉนวนโครงสร้างของบริษัท B (ดังภาพที่ 4.3) มีความระยะและน้ำหนัก ที่เหมาะสมและสะดวกต่อการยกติดตั้งของแรงงานมากกว่าแผ่นฉนวนโครงสร้างของบริษัท A (ดังภาพที่ 4.4) เนื่องจากมีระยะความกว้างที่ 0.60 ม. ทำให้แรงงานคนสามารถยกและติดตั้งได้สะดวกกว่า แต่ระยะน้อยกว่าทำให้เกิดรอยต่อที่มากกว่า ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพ และต้นทุนในการเก็บงาน ส่วนความหนาของแผ่นฉนวนโครงสร้างบริษัท A มีความเหมาะสมมากกว่า เนื่องจากสามารถเข้ากับองค์ประกอบอื่นๆ ที่ใช้กับผนัง เช่น วงกบประตู หน้าต่าง เป็นต้น เนื่องจากมีความหนาเท่ากับความหนาของผนังทั่วไปทำให้สามารถเข้ากับองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดได้ ส่วนแผ่นฉนวนโครงสร้างของบริษัท B เนื่องจากมีความหนาน้อยกว่าผนังโดยทั่วไปทำให้จัดหาองค์ประกอบมาติดตั้งได้ยากกว่า โดยอาจต้องสั่งผลิต หรือนำสินค้าที่มีจำหน่ายมาทำการดัดแปลง เพื่อให้สามารถใช้งานได้ ซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุน และคุณภาพในงานก่อสร้าง

ภาพที่ 4.3 การยกแผ่นฉนวนโครงสร้างของบริษัท B, จาก *บริษัท B*, 2558

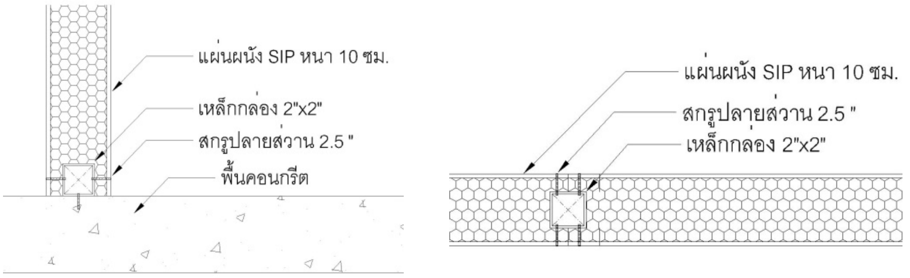
ภาพที่ 4.4 การยกแผ่นฉนวนโครงสร้างของบริษัท A, จาก *บริษัท A*, 2558

4.1.3 การติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

วิธีการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างของทั้ง 2 บริษัท นอกจากจะมีขนาดแผ่นที่แตกต่างกันแล้ว การออกแบบรอยต่อที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง โดยบริษัท A ได้มีการศึกษาการออกแบบรอยต่อแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในต่างประเทศ และพัฒนาให้เกิดความเหมาะสมกับลักษณะของการใช้งานในประเทศไทย โดยจากการทบทวนวรรณกรรมของต่างประเทศของผู้วิจัยพบว่า การออกแบบรอยต่อ 3 รูปแบบ (ดังภาพที่ 4.5) ซึ่งในต่างประเทศนิยมออกแบบรอยต่อไม้ โดยบริษัท A ได้พัฒนาจากการใช้ไม้เป็นการใช้เหล็กกล่อง หน้าตัด 2” x 2” เป็นรอยต่อที่พื้นและรอยต่อระหว่างแผ่น (ดังภาพที่ 4.6) การออกแบบโดยใช้เหล็กกล่อง หน้าตัด 2” x 2” ทำให้เหลือเนื้อโฟมมาหุ้มเป็นฉนวนของเหล็กรอยต่อ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จะไม่ส่งผลให้เหล็กรอยต่อ เกิดการขยายหรือหดตัว ทำให้ลดโอกาสที่จะเกิดรอยร้าวบริเวณรอยต่อ

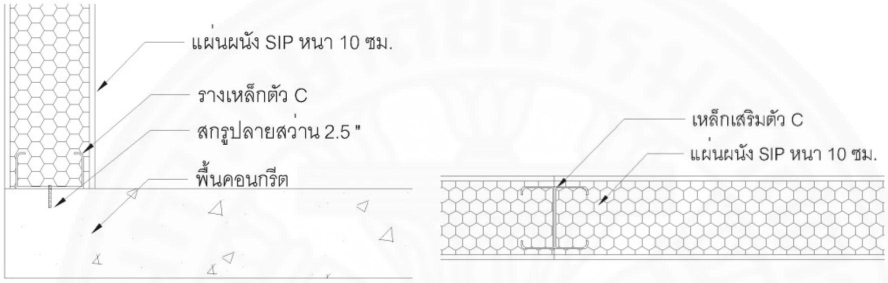


ภาพที่ 4.5 รอยต่อทางตั้งระหว่างแผ่นต่อกับแผ่น, *จาก Morley, 2000*



รูปตัด แปลน

ภาพที่ 4.6 รูปตัดและแปลน ของรอยต่อเหล็กกล่อง หน้าตัด 2” x 2” (แบบเดิม)



ภาพที่ 4.7 รูปตัดและแปลน ของรอยต่อเหล็กรีดเย็น (แบบใหม่)

ปัจจุบันบริษัท A ได้พัฒนาวิธีการติดตั้ง โดยออกแบบรอยต่อโดยนำเหล็กรีดเย็นติดด้านข้างทั้งสองด้านของแผ่น (ดังภาพที่ 4.7) ก่อนที่จะทำการขนส่งและติดตั้ง เพื่อช่วยลดการเสียหายจากการขนส่ง เสริมความแข็งแรงของแผ่นผนังที่จะทำการติดตั้ง และช่วยลดปัญหาการโก่งของแผ่นผนัง เนื่องจากเหล็กรูปตัดซีจะเป็นตัวป้องกันไม่ให้เนื้อโฟมเสียหายจากการขนส่ง ช่วยลดระยะเวลาในการติดตั้งของผนัง โดยใช้รางเหล็กด้านล่างและด้านบนเป็นส่วนที่ยึดให้แต่ละแผ่นผนังต่อกัน จึงไม่ต้องยิงสกรู ทำให้ลดระยะเวลาในการยิงสกรูและการเก็บรอยตัวสกรูลงได้ และลดการนำความร้อนผ่านสกรู ซึ่งเป็นโลหะ เข้ามายังเหล็กรอยต่อและเข้าสู่พื้นที่ภายใน แต่ยังคงแนวคิดเรื่องการใช้โฟมเป็นฉนวนให้กับเหล็กรอยต่อ เพื่อลดโอกาสที่จะเกิดรอยร้าวบริเวณรอยต่อ

โดยการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างของบริษัท A มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.ปรับระดับของพื้นที่จะทำการติดตั้งให้มีระดับที่เรียบเสมอกัน

2. ตีผังของกรอบอาคารทุกแนวผนังที่จะมีการติดตั้งแผ่นผนัง โดยจะต้องเว้นระยะความหนาของแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ เพื่อให้ได้ผังในการติดตั้งรางเหล็กตัวซี สำหรับรอยต่อที่พื้น และใช้สว่านเจาะพื้น และฝังพุกเหล็กสำหรับการยึดสกรูที่จะติดตั้งรางเหล็กตัวยูกับพื้น (ดังภาพที่ 4.7)

3. ติดตั้งรางเหล็กตัวยูตามแนวกรอบอาคารบนพื้นที่เตรียมไว้ โดยใช้สกรูยึดตามตำแหน่งของพุกที่ถูกฝังไว้ที่พื้น

4. เลื่อนแผ่นผนังที่เสริมเหล็กตัวซีด้านข้างของแผ่นผนังทั้งสองด้านที่เตรียมไว้ เข้าตามแนวของรางเหล็กตัวยู ซึ่งติดตั้งไว้กับพื้น

5. เลื่อนแผ่นผนังที่เหลือมาต่อกัน โดยยึดสกรูระหว่างแผ่นผนังกับรอยต่อด้านล่าง และครอบเหล็กตัวยูด้านบนเพื่อยึดแผ่นผนังทั้งสองแผ่นให้ติดกัน

6. เมื่อติดตั้งแผ่นผนังครบทั้งหมดแล้ว ครอบเหล็กรูปตัวยูครอบด้านนอกของแผ่นผนังด้านบน เพื่อใช้กระจายน้ำหนักของหลังคาถ่ายมายังผนัง

7. เก็บรอยต่อระหว่างแผ่นผนัง

ภาพที่ 4.8 แนวผังของกรอบอาคาร และการฝังพุกเหล็กที่พื้นคอนกรีต

ส่วนวิธีการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างของบริษัท B เนื่องจากทางบริษัท B มีการผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างที่ใช้แผ่นอะลูมิเนียมเป็นวัสดุประกบมาก่อน ซึ่งส่วนมากใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ห้องเย็น และห้องปลอดเชื้อ เป็นต้น ทำให้ออกแบบรอยต่อโดยการใช้แผ่นอะลูมิเนียมมาพับเป็นรอยต่อ ซึ่งรอยต่อระหว่างผนังกับพื้น ใช้แผ่นอะลูมิเนียมพับเป็นรางรูปตัวยู และรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับแผ่นผนัง ใช้แผ่นอะลูมิเนียมพับเป็นรอยต่อรูปตัวเอช (ดังภาพที่ 4.9) ซึ่งเมื่อต่อแต่ละแผ่นเรียบร้อยแล้วจะต้องทำการยิงสกรู ในทุกๆ ระยะไม่เกิน 50 ซม.

ภาพที่ 4.9 รางอะลูมิเนียมรูปตัวยู (รอยต่อระหว่างพื้นกับผนัง) และรอยต่ออะลูมิเนียมรูปตัวเอช (รอยต่อระหว่างผนังกับผนัง)

โดยการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างของบริษัท B มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ปรับระดับของพื้นที่ ที่จะติดตั้งให้มีระดับที่เรียบเสมอกัน มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 2.00 ซม. มิฉะนั้นจะทำให้ไม่สามารถติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างได้

2. ตีผังของกรอบอาคาร ทุกเส้นที่จะมีการติดตั้งแผ่นผนัง เพื่อให้ได้ผังในการติดตั้งรางอะลูมิเนียมรูปตัวยู (U) สำหรับรอยต่อที่พื้น

3. ติดตั้งรางอะลูมิเนียมรูปตัวยูบนพื้นที่เตรียมไว้ โดยใช้สกรู

4. เลื่อนแผ่นผนังที่เตรียมไว้ ทำการติดตั้งตามแนวของรางอะลูมิเนียมรูปตัวยูที่ติดตั้งไว้

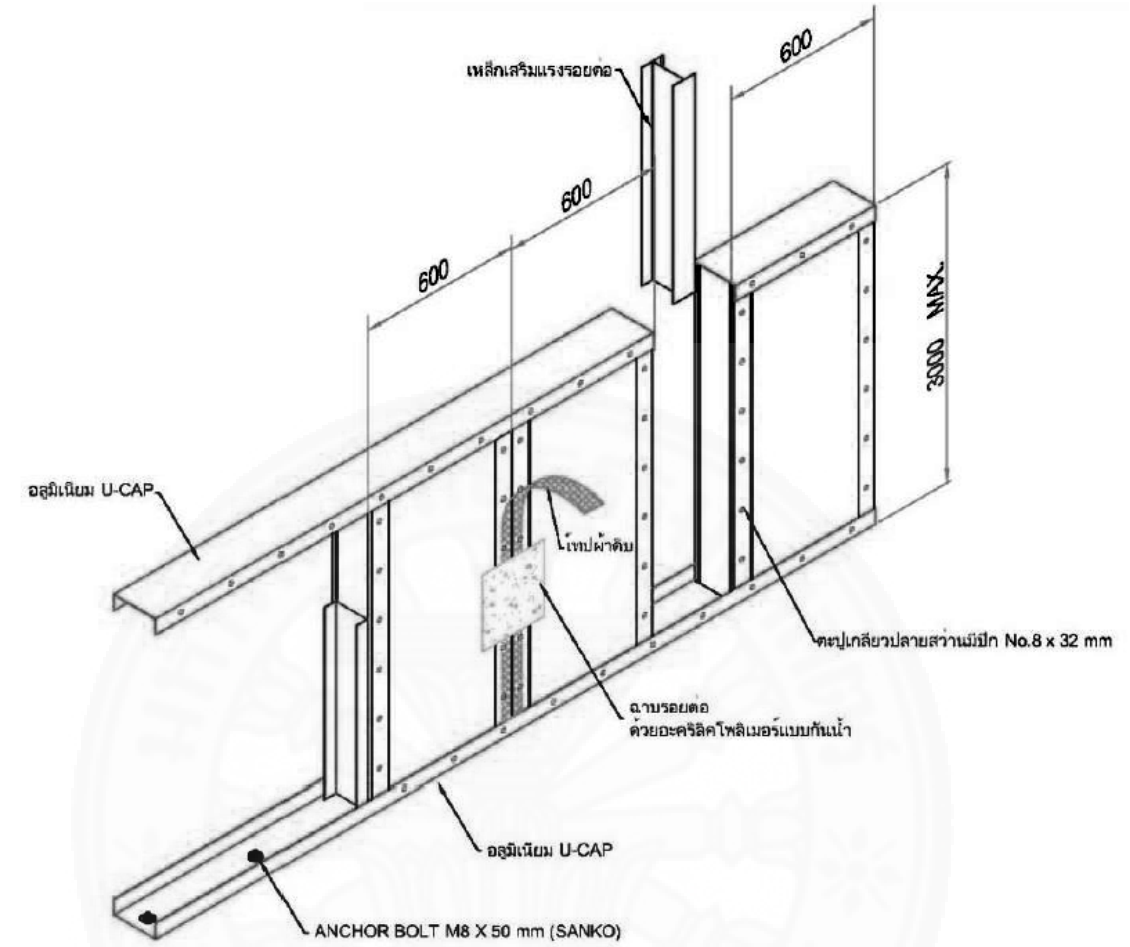
5. ติดตั้งเหล็กเสริมแรงรอยต่อรูปตัวเอช (H) ที่ใช้ต่อระหว่างแผ่น

6. เลื่อนแผ่นผนัง แผ่นถัดมาเข้ามาติดกับแผ่นแรก โดยใช้เหล็กเสริมแรงรอยต่อรูปตัวเอช ชิ้นเดียวกัน

7. ยิงสกรูยึดแผ่นผนังให้ติดกับ เหล็กเสริมแรงรอยต่อรูปตัวเอช

8. เมื่อติดตั้งผนังครบแล้ว ใช้รางอะลูมิเนียมรูปตัวยู ครอบด้านบนของผนัง เพื่อช่วยยึดแผ่นผนังให้ติดกัน และช่วยกระจายน้ำหนักของหลังคา ให้ลงมาบนแผ่นผนัง

9.เก็บรอยต่อของผนังด้วยเทปผ้าดิบ และฉาบด้วยอะครีลิกโพลีเมอร์ชนิดกันน้ำ



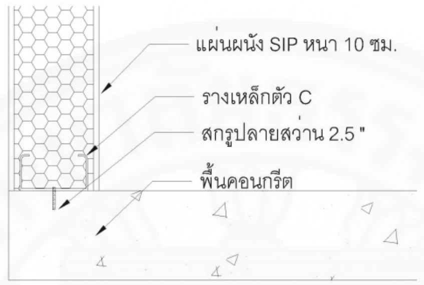
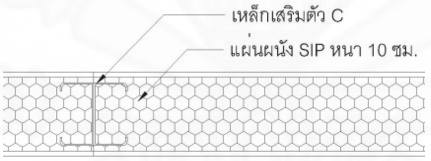
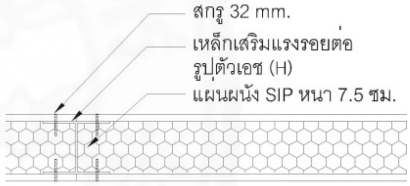
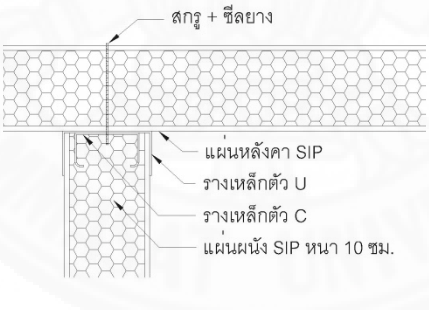
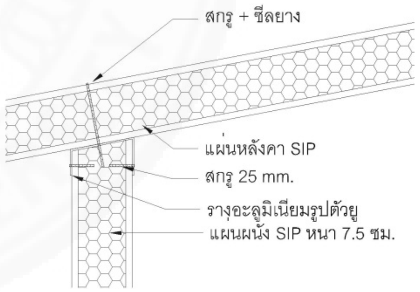
ภาพที่ 4.10 รายละเอียดวิธีติดตั้งแผ่นผนังของบริษัท B, จาก *บริษัท B*, 2558

บริษัททั้งสองมีวิธีการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างที่แตกต่างกัน โดยบริษัท A ใช้เหล็กรีดเย็นมาเป็นเหล็กเสริมรอยต่อ ทำให้มีต้นทุนค่าอุปกรณ์สูงกว่า บริษัท B ซึ่งใช้แผ่นอะลูมิเนียมมาพับเป็นเหล็กเสริมรอยต่อ แต่รอยต่อแบบบริษัท A ที่ไม่ต้องยิงสกรู จะทำให้ลดต้นทุนทั้งค่าวัสดุ ค่าแรง และลดระยะเวลา ในการยิงสกรูและเก็บรอยได้ หากก่อสร้างด้วยวัสดุจากบริษัท A มีต้นทุนค่าวัสดุและอุปกรณ์สูงกว่า แต่มีวิธีการติดตั้งที่รวดเร็วกว่า สามารถลดค่าแรง และระยะเวลาในการก่อสร้างลงได้ และรอยต่อของบริษัท A ออกแบบเป็นรอยต่อตรง ซึ่งอาจทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำได้ ส่วนรอยต่อของบริษัท B น่าจะเกิดการรั่วซึมน้อยกว่า เนื่องจากมีเส้นทางในการเดินทางของน้ำที่จะเข้าสู่ภายในอาคารยาวกว่ารอยต่อของบริษัท A ส่วนรางตัวยูที่ติดตั้งที่พื้นบริษัท A ออกแบบให้รางตัวยูถูกซ่อนไว้ในแผ่นผนัง ส่งผลต่อคุณภาพในการเก็บรอยต่อ สามารถทำได้ง่ายกว่า รอยต่อของบริษัท B ซึ่งติดตั้งรางตัวยูครอบด้านนอกผนัง ทำให้ต้องอาศัยบัวพื้นในการเก็บรอยเนื่องจากรางอะลูมิเนียม

ไม่สามารถทาสีเก็บรอยต่อได้เหมือนส่วนที่เป็นแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ การเปรียบเทียบรายละเอียดรอยต่อของทั้ง 2 บริษัท ดังปรากฏในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

การเปรียบเทียบรายละเอียดรอยต่อ ของทั้ง 2 บริษัท

<table>
<tr><th>รายละเอียด</th><th>บริษัท A</th><th>บริษัท B</th></tr>
<tr><td>รอยต่อ
ผนัง – พื้น</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>รอยต่อ
ผนัง - ผนัง</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>รอยต่อ
ผนัง –หลังคา</td><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

จากการศึกษารายละเอียดรอยต่อของทั้ง 2 บริษัท ดังตารางที่ 4.2 สามารถรายละเอียดรอยต่อของบริษัท A ทำให้สามารถติดตั้งได้เร็วกว่า ทำให้มีต้นทุนค่าแรงต่ำกว่า แต่มีต้นทุนค่าอุปกรณ์ในการติดตั้งสูงกว่า และมีรายละเอียดในการป้องกันการรั่วซึมที่ต่ำกว่ารายละเอียดในการต่อของบริษัท B ซึ่งในการใช้งานควรเลือกรายละเอียดในการติดตั้งรอยต่อให้เหมาะกับเงื่อนไขของงานก่อสร้าง

ตารางที่ 4.3

การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ในการก่อสร้างของทั้ง 2 บริษัท

ตัวแปร	บริษัท A	บริษัท B
ต้นทุนค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง		✓
ต้นทุนการเก็บรอยต่อ	✓	
ค่าแรง และระยะเวลาในการก่อสร้าง	✓	
การรั่วซึม		✓
คุณภาพในการเก็บรอยต่อ	✓	

หมายเหตุ: ✓ = มีข้อดีมากกว่า

4.2 รายละเอียดอาคารกรณีศึกษาในการวิจัย

การเลือกอาคารกรณีศึกษาผู้วิจัยได้ทำติดต่อทางบริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย จำนวน 2 บริษัท และได้สอบถามข้อมูลของอาคารที่มีการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ซึ่งการใช้งาน โดยมีอาคารที่สามารถเก็บข้อมูลได้จำนวน 6 อาคาร ได้แก่

อาคารกรณีศึกษาที่ 1 เป็นอาคารสำนักงาน 4 ชั้น และส่วนพักอาศัย 1 ชั้น ซึ่งใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นผนังภายนอก ติดตั้งโดยยึดกับโครงคร่าวเหล็ก (ใช้เป็นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง)

อาคารกรณีศึกษาที่ 2 เป็นอาคารเก่า 3 ชั้น มาปรับปรุงเป็นโรงแรม 4 ชั้น โดยชั้นที่ 4 ใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในการกั้นห้อง (ใช้เป็นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง)

อาคารกรณีศึกษาที่ 3 เป็นอาคารพักอาศัย 3 ชั้น ต้องการปรับปรุงพื้นที่ชั้น 3 โดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างติดตั้งกับโครงสร้างไม้เดิม (ใช้เป็นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง)

อาคารกรณีศึกษาที่ 4 อาคารชั้นเดียวขนาดเล็กซึ่งต่อเติมจากอาคารเดิม โดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นผนังรับน้ำหนัก (ใช้เป็นผนังโครงสร้างรับน้ำหนัก)

อาคารกรณีศึกษาที่ 5 อาคารชั้นเดียว ซึ่งก่อสร้างผนังและหลังคาด้วยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างโดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นผนังรับน้ำหนัก (ใช้เป็นผนังโครงสร้างรับน้ำหนัก)

อาคารกรณีศึกษาที่ 6 อาคารพักอาศัยชั้นเดียว ซึ่งก่อสร้างผนังและหลังคาด้วยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างโดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นผนังรับน้ำหนัก (ใช้เป็นผนังโครงสร้างรับน้ำหนัก)

4.2.1 อาคารกรณีศึกษาที่ 1

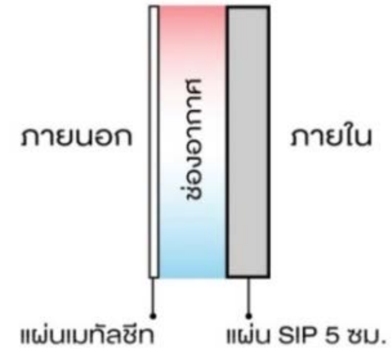
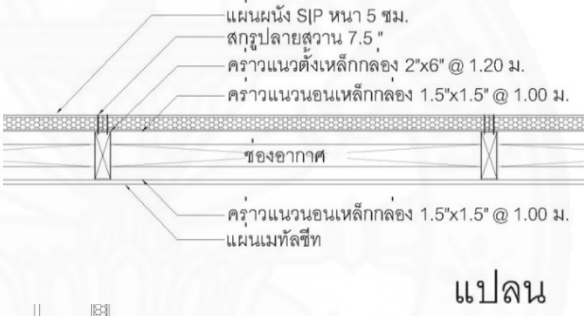
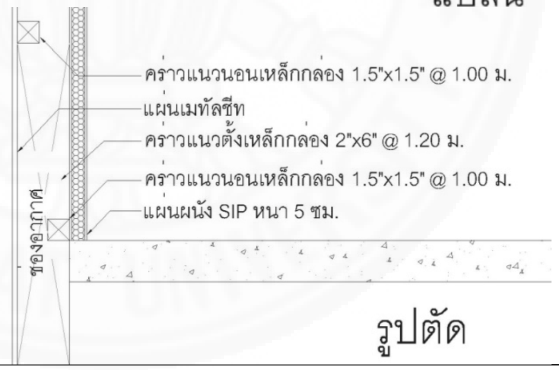
อาคารกรณีศึกษาที่ 1เป็นบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยก่อสร้างอาคารนี้เพื่อใช้เป็นสำนักงาน โกดังเก็บสินค้า และบ้านพักอาศัย วัตถุประสงค์ในการสร้างอาคาร คือ เจ้าของอาคารต้องการสร้างอาคารประหยัดพลังงาน และต้องการความรวดเร็วในการก่อสร้าง เนื่องจากสิ้นสุดสัญญาเช่าอาคารสำนักงานเดิมที่ใช้งานอยู่ โดยอาคารถูกออกแบบโดยใช้ระบบผนัง 2 ชั้น เพื่อใช้ช่องอากาศระหว่างผนังเป็นฉนวนกันความร้อน ซึ่งแบบก่อสร้างเดิมที่ถูกออกแบบไว้โดยใช้แผ่นเมทัลชีทเป็นผนังชั้นนอก ส่วนผนังด้านในเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน ซึ่งแบบก่อสร้างเดิมมีความหนารวมของผนังเป็น 80 เซนติเมตร จึงได้คุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนตามที่วิศวกรคำนวณไว้ แต่เมื่อเปลี่ยนวัสดุผนังด้านในเป็นแผ่นฉนวนโครงสร้าง ทำให้ความหนารวมของผนังเป็น 20 เซนติเมตร เนื่องจากแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างสามารถช่วยป้องกันความร้อนได้มากกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูน ทำให้มีพื้นที่ใช้งานเพิ่มขึ้น และที่ตั้งอาคารอยู่ในบริเวณถนนซอยแคบ ซึ่งเป็นข้อจำกัดด้านการขนส่งและติดตั้ง ไม่สามารถนำรถขนส่งหรือเครื่องจักรขนาดใหญ่เข้ามาทำงานได้ ทำให้การเลือกใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมาใช้ในการก่อสร้าง โดยมีรายละเอียดของอาคารตามตารางที่ 4.1

ภาพที่ 4.11 ผนังภายนอกของอาคารกรณีศึกษาที่ 1

ตารางที่ 4.4

รายละเอียดโครงการ

ที่ตั้งอาคาร	ซอยตลาดศรีสุริยะ สาธุประดิษฐ์ 34
สถาปนิก	คุณวินัย วงเทพาพิทักษ์ (ออกแบบส่วนสำนักงาน) คุณวัชรพงษ์ ยิ้มพันธ์ (ออกแบบภายในส่วนบ้านพัก) คุณจักรกฤษณ์ วัดงาม (การจัดวางแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง)
ประเภทอาคาร	อาคารสำนักงาน 4 ชั้น และบ้านพักอาศัย 1 ชั้น
พื้นที่ใช้สอย	1,045 ตารางเมตร (สำนักงาน 836 ตารางเมตรและบ้านพักอาศัย 209 ตารางเมตร)
พื้นที่ผนัง SIPs	1,002 ตารางเมตร
ลักษณะการใช้งาน SIPs	ผนังกรอบอาคารชั้นใน หนา 5 ซม.
บริษัทผู้ผลิต SIPs	บริษัท A
คุณสมบัติของ SIPs ที่ต้องการ	1. ความเป็นฉนวนความร้อน 2. ความรวดเร็วในการก่อสร้าง
อายุการใช้งาน	12 เดือน (ณ วันที่ 1 ก.พ.59)
รายละเอียดการใช้งานอาคาร	
ระบบการก่อสร้าง	เสา – คอนกรีตเสริมเหล็ก พื้น – โพสเทนชั่น (Post Tension) ผนังภายนอก – ผนังสองชั้น (Double Skin Façade)

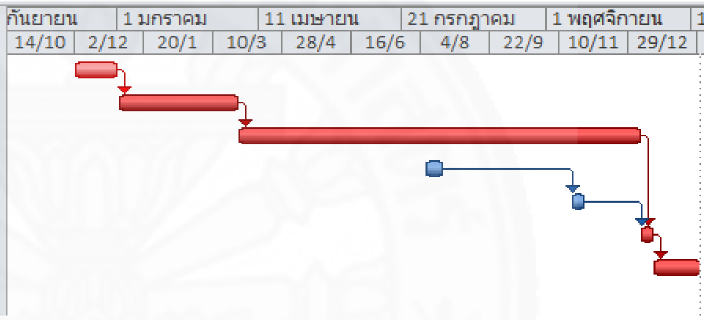
	 ผนังภายใน – ผนังโครงคร่าว แผ่นยิปซั่ม หลังคา – แผ่น SIP ที่มีเมทัลชีทเป็นแผ่นประกบ
รายละเอียดของการติดตั้ง	โครงคร่าวแนวตั้งเหล็ก 2” x 6” @ 1.20 ม. โครงคร่าวแนวตั้งนอน 1.5” x 1.5” @ 1.00 ม.  

1. ด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง สถาปนิกผู้ออกแบบและควบคุมการติดตั้ง และเจ้าของอาคารหลังนี้ พบว่า ใช้เวลาก่อสร้างรวมทั้งสิ้น 13 เดือน โดยใช้เวลาในส่วนของการติดตั้งและเก็บรอยผนังทั้งหมด 30 วันหรือ 1 เดือน คิดเป็น 7.69 % ของเวลาก่อสร้างทั้งหมด และใช้ผนังฉนวนโครงสร้างพื้นที่รวมทั้งหมด 1,002 ตารางเมตร โดยใช้ระยะเวลาในการติดตั้งมากขึ้น โดยใช้เวลาในการผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างที่โรงงานจำนวน 7 วัน (อัตราผลผลิตที่ใช้ในการผลิตเท่ากับ 143.14 ตร.ม./วัน) และขนส่งมายังสถานที่ก่อสร้างโดยใช้รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวน 4 เที่ยว ใน

การติดตั้งชั้น G ถึงชั้น 2 เป็นการติดตั้งแผ่นฉนวนโครงสร้างในพื้นที่ร่ม แต่พื้นที่บางส่วนมีความสูงพื้นถึงพื้น 7.50 เมตร แต่ในการติดตั้งแผ่นผนังในชั้นที่ 3 เป็นการติดตั้งกลางแจ้ง ทำให้ใช้เวลาในการติดตั้งโครงเคร่าและแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างจำนวน 7 วัน ซึ่งใช้แรงงานทั้งหมด 5 คน (อัตราผลผลิตที่ใช้ในการติดตั้งเท่ากับ 28.36 ตร.ม./วัน/คน) โดยใช้แรงงานที่ใช้เป็นช่างไฟฟ้าที่ทำงานอยู่ในบริษัทของเจ้าของซึ่งเป็นแรงงานที่ไม่มีประสบการณ์ในการติดตั้งแผ่นผนังด้วยระบบนี้มาก่อน และเก็บรอยต่อ 23 วัน ใช้แรงงานจำนวน 5 คน (อัตราผลผลิตที่ใช้ในการเก็บรอยต่อเท่ากับ 8.71 ตร.ม./วัน/คน) ซึ่งใช้เวลาในส่วนพักอาศัยชั้น 3 ค่อนข้างมาก เนื่องจากต้องการความละเอียดในการเก็บรอยสูงกว่า พื้นที่อื่นในอาคาร และผนังของส่วนพักอาศัยมีความสูง 4.50 เมตร ทำให้ต้องใช้นั่งร้านในการเก็บรอยต่อ

Task Name	Duration
เตรียมพื้นที่	22 days
ฐานราก	60 days
เสา พื้น และส่วนอื่นๆ	204 days
ออกแบบชิ้นส่วน	8 days
ผลิตชิ้นส่วน	7 days
ติดตั้งชิ้นส่วนผนัง	7 days
เก็บความเรียบร้อย	23 days



ภาพที่ 4.12 ตารางเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาที่ 1

ภาพที่ 4.13 การติดตั้งแผ่นฉนวนโครงสร้างของอาคารกรณีศึกษาที่ 1, จาก *บริษัท A*, 2558

ตารางที่ 4.5

ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 1

ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างทั้งหมด	13 เดือน (2 ธ.ค.57 ถึง 17ก.พ. 58)	อัตราผลผลิตงานก่อสร้าง
ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วน	7 วัน	143.14 ตร.ม./วัน
ระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งชิ้นส่วน	7 วัน	28.36 ตร.ม./วัน/คน
ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรอยต่อ	23 วัน	8.71 ตร.ม./วัน/คน

2. ด้านต้นทุนค่าก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างและเจ้าของอาคารหลังนี้ พบว่า อาคารหลังนี้ มีค่าก่อสร้างรวมทั้งสิ้นประมาณ 20,000,000 บาท เป็นส่วนของงานแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างประมาณ 1,168,000 บาท โดยมีต้นทุนค่าวัสดุผนังทั้งหมด 850,000 บาท (ค่าวัสดุผนังเฉลี่ย 848.30 บาทต่อตารางเมตร) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างหนา 5 ซม. และบางส่วนใช้แผ่นผนังหนา 10 ซม. ต้นทุนค่าโครงคร่าว สกรู และวัสดุเก็บรอยต่อ 180,000 บาท (ค่าอุปกรณ์การติดตั้งและเก็บรอยต่อเฉลี่ย 179.64 บาทต่อตารางเมตร ขนส่งด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ (ดังภาพที่ 4.8) จำนวน 4 เที่ยว ราคาเที่ยวละ 5,000 บาท รวมค่าขนส่ง 20,000 บาท (ค่าขนส่งเฉลี่ย 19.96 บาทต่อตารางเมตร) ค่าแรงประมาณ 118,000 บาท โดยใช้แรงงานจำนวน 5 คน (ค่าแรงเฉลี่ย 117.76 บาทต่อตารางเมตร) โดยสำหรับอาคารหลังนี้ ใช้รอกไฟฟ้าขนาด 160 กิโลกรัม ในการขนส่งแนวดิ่ง ราคาประมาณ 25,000 บาท (ดังภาพที่ 4.9)

ภาพที่ 4.14 การขนส่งแผ่นฉนวนโครงสร้างในแนวดิ่ง ด้วยรอกไฟฟ้า , จาก *บริษัท A, 2558*

ตารางที่ 4.6

ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 1

รายการ	ราคา	หน่วย
ค่าวัสดุผนัง	848.30	บาท/ตร.ม.
ค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง	179.64	บาท/ตร.ม.
ค่าขนส่ง	19.96	บาท/ตร.ม.
ค่าแรงงาน	117.76	บาท/ตร.ม.
ค่าเครื่องจักรในการติดตั้ง	24.95	บาท/ตร.ม.

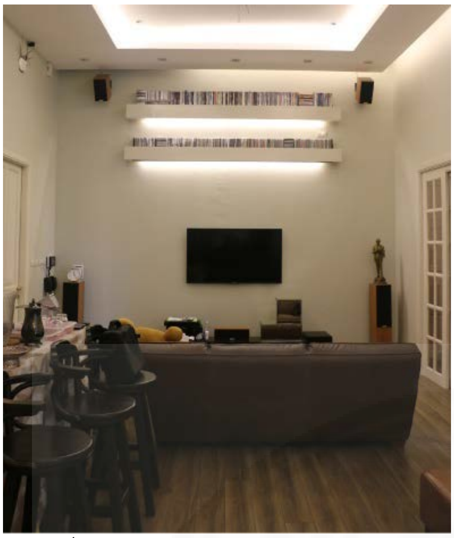
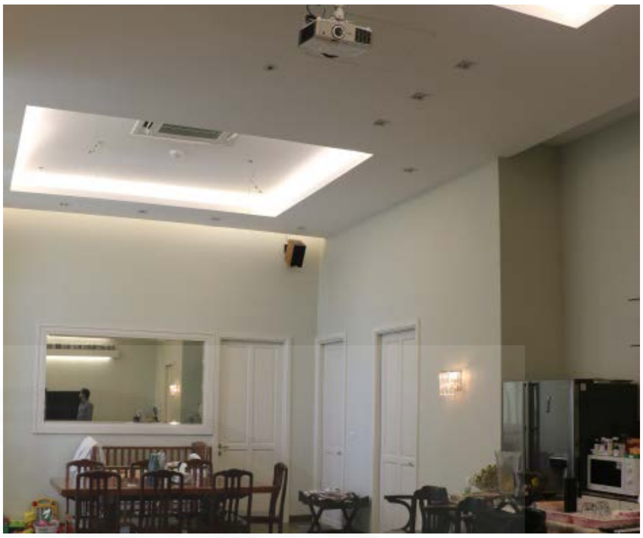
3. ด้านคุณภาพของงานก่อสร้างหลังการใช้งาน

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง สถาปนิกผู้ออกแบบและควบคุมการติดตั้ง และเจ้าของอาคาร และการสังเกตการณ์โดยผู้วิจัย พบว่า อาคารหลังนี้มีอายุการใช้งานเป็นเวลา 1 ปี เนื่องจากวิธีการติดตั้งมีลักษณะเป็นแผ่นผนังขนาด 1.20 x 3.00 ตารางเมตร เรียงต่อกันทำให้เกิดรอยต่อระหว่างแผ่น และรอยสกรูเพื่อยึดแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างกับโครงคร่าว แต่

สำหรับอาคารนี้ ในบางพื้นที่ที่ไม่ต้องการความเรียบร้อย จึงไม่ไม่มีการเก็บรอยสกรู เพื่อสะดวกต่อการรื้อถอนในอนาคต โดยไม่ต้องทุบผนังเหมือนอาคารอื่น และสามารถนำแผ่นผนังกลับไปใช้ใหม่ได้ ในด้านการใช้งานแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างสามารถแขวนสิ่งของต่างๆ เช่นเดียวกับการก่อสร้างชนิดอื่นๆ เช่น เคาน์เตอร์อ่างล้างหน้า โทรทัศน์ เครื่องปรับอากาศ หรือเครื่องซักผ้า เป็นต้น (ดังภาพที่ 4.16) และสามารถปูกระเบื้องผนัง หรือปูแผ่นหิน ได้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของปูนกาวที่ใช้ปูกระเบื้อง (ดังภาพที่ 4.17) โดยสามารถเก็บรอยต่อและทาสีผนังได้เหมือนงานก่อสร้างทั่วไป (ดังภาพที่ 4.18)

ภาพที่ 4.15 การแขวนอ่างล่างหน้า และตู้ซักผ้า

ภาพที่ 4.16 การปูกระเบื้องและแผ่นหินบนผนัง

ภาพที่ 4.17 การเก็บรอยและทาสีบนแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

จุดบกพร่องจากการใช้งานที่เกิดขึ้นได้ในอาคารแห่งนี้ มีรอยยุบของผนัง (ดังภาพที่ 4.19) เกิดจากการขนเฟอร์นิเจอร์กระแทกอย่างแรง ทำให้เกิดรอยยุบที่ผนังได้เนื่องจากวัสดุด้านในเป็นโฟม ซึ่งมีความยืดหยุ่น แต่สามารถใช้การฉาบบางเก็บรอยได้ และรอยร้าวบริเวณวงกบประตูหน้าต่าง และรอยร้าวบริเวณรอยต่อของแผ่นที่มีช่องเปิด (ดังภาพที่ 4.20) เกิดจากผนังเป็นโครงคร่าวที่สามารถขยับตัวได้ หากมีการเปิดปิดประตูแรงๆ สามารถแก้ได้โดยการใส่วงกบย่อย หรือใช้วัสดุที่มีความยืดหยุ่นในการเก็บรอยต่อระหว่างผนังกับวงกบ

ภาพที่ 4.18 รอยยุบจากการถูกเฟอร์นิเจอร์กระแทก

ภาพที่ 4.19 รอยร้าวระหว่างรอยของผนังกับวงกบ และของแผ่นที่มีช่องเปิด

ตารางที่ 4.7

จุดบกพร่องในอาคารกรณีศึกษา 1

ประเภทปัญหา	วิธีการแก้ไข	จำนวนจุดบกพร่อง
ผนังยุบจากการถูกกระแทก	การแต่งแผ่น (Skim)	1 จุด
รอยร้าวบริเวณรอยต่อ	การแต่งแผ่น (Skim) ลบรอยแตก	4 จุด
พื้นที่ผนัง 100 ตารางเมตร มีจุดบกพร่องโดยเฉลี่ย		0.5 จุด

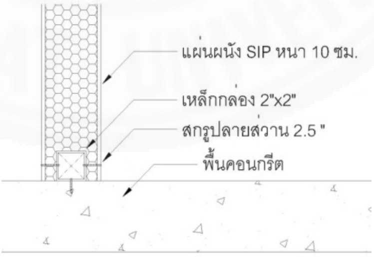
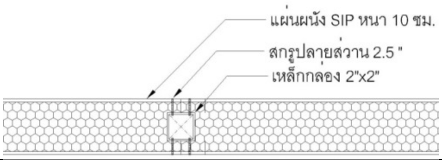
4.2.2 อาคารกรณีศึกษาที่ 2

อาคารกรณีศึกษาที่ 2 ตั้งอยู่ในซอยสุขุมวิท 4 โดยแบ่งออกเป็น 2 อาคาร เนื่องจากอาคารแรกมีอัตราการพักสูงมาก ทำให้เจ้าของอาคารต้องการขยายพื้นที่เพิ่มด้วยการนำอาคารเก่า 3 ชั้น ที่อยู่ใกล้กับอาคารแรก มาปรับปรุงใหม่ให้เป็นโรงแรม 4 ชั้น เมื่อทำการสำรวจโครงสร้างของอาคารเดิม พบว่า โครงสร้างและฐานรากมีคุณภาพต่ำกว่าแบบที่ระบบ เช่น ฐานรากที่ตามแบบก่อสร้างมีเข็ม 3 ต้น เมื่อสำรวจพบเพียง 2 ต้น เป็นต้น ทำให้ต้องการวัสดุก่อสร้างที่มีน้ำหนักเบา สามารถติดตั้งได้รวดเร็ว และต้องป้องกันเสียงได้ดี เนื่องจากทางโรงแรมต้องการสร้างความเป็นส่วนตัวให้กับลูกค้าของโรงแรม โดยมีบริษัทผู้รับเหมาหลัก ทำการปรับปรุงอาคารชั้น 1-3 โดยใช้อิฐมวลเบาในการก่อสร้างผนัง เนื่องจากมีแนวคานเดิมของอาคารเก่า และในส่วนต่อเติมชั้น 4 ใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นผนังภายในอาคาร และผนังกรอบอาคารเป็นผนังก่ออิฐมวลเบา

ภาพที่ 4.20 ด้านหน้าของอาคารกรณีศึกษาที่ 2

ตารางที่ 4.8

รายละเอียดโครงการ

ที่ตั้งอาคาร	ซอยนานา สุขุมวิท ซอย 4
สถาปนิก	คุณพรชนก บรรจง (บริษัท 52 ไอซแลนด์ กรุ๊ป จำกัด)
ประเภทอาคาร	โรงแรม 4 ชั้น (63 ห้อง)
พื้นที่ใช้สอย	800 ตารางเมตร
พื้นที่ผนัง SIPs	200 ตารางเมตร (ใช้เฉพาะ ผนังชั้น 4)
ลักษณะการใช้งาน SIPs	ผนังภายใน SIPs หนา 10 ซม. ส่วนต่อเติม ชั้น 4
บริษัทผู้ผลิต SIPs	บริษัท A
คุณสมบัติของ SIPs ที่ต้องการ	1. น้ำหนักเบา 2. ความรวดเร็วในการก่อสร้าง 3. การกันเสียง
อายุการใช้งาน	4 เดือน (ณ วันที่ 23 มี.ค. 59)
ระบบการก่อสร้าง	เสา – คอนกรีตเสริมเหล็ก คาน – คอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังภายนอก – อิฐมวลเบา ผนังภายใน – อิฐมวลเบา (ชั้น 1-3), ผนัง SIPs (ชั้น 4)
รายละเอียดของการติดตั้ง	รอยต่อระหว่าง แผ่นผนัง SIPs กับ พื้นคอนกรีต  รอยต่อระหว่าง แผ่นผนัง SIPs 

1. ด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง สถาปนิกผู้ออกแบบและควบคุมงานก่อสร้างของอาคารหลังนี้ พบว่าอาคารหลังนี้ใช้เวลาก่อสร้างรวมทั้งหมด 6 เดือน โดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 200 ตร.ม. ในบริเวณผนังภายในของชั้น 4 โดยใช้เวลาในการผลิตแผ่น 2 วัน (อัตราผลผลิตที่ใช้ในการผลิตเท่ากับ 100 ตร.ม./วัน) ใช้เวลาในการติดตั้งและเก็บรอยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 3 วัน คิดเป็น 1.67 % ของเวลาก่อสร้างทั้งหมด แต่เนื่องจากเป็นการนำอาคารเก่ามาปรับปรุงใหม่ ซึ่งแบบก่อสร้างเดิมกับหน้างานไม่ตรงกัน และเพื่อต้องการลดความเสียหายจากการขนส่ง เนื่องจากหากมีการทำรอยต่อมาจากโรงงาน จะทำให้บริเวณขอบของชิ้นส่วนมีความเปราะบาง อาจเกิดการเสียหายได้ง่าย จึงขนส่งชิ้นส่วนขนาดมาตรฐาน 1.20 x 3.00 ตร.ม. จากโรงงานเพื่อทำการตัดชิ้นส่วน ทำรอยต่อ และเจาะท่อไฟที่หน้างานก่อสร้าง ซึ่งการก่อสร้างทั้งหมดอยู่ในพื้นที่ร่มและมีพื้นที่ก่อสร้างกว้างพอสำหรับเตรียมชิ้นส่วนก่อนทำการติดตั้งได้ ใช้เวลาในการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างจำนวน 2 วัน ซึ่งใช้แรงงานทั้งหมด 3 คน (อัตราผลผลิตที่ใช้ในการติดตั้งเท่ากับ 33.33 ตร.ม./วัน/คน) ใช้เวลาในการเก็บรอยต่อและงานระบบไฟฟ้า 2 วัน ใช้แรงงานจำนวน 4 คน (อัตราผลผลิตที่ใช้ในการเก็บรอยต่อเท่ากับ 50 ตร.ม./วัน/คน) ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.9

ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 2

ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างทั้งหมด	6 เดือน (พ.ค. 58 ถึง ต.ค. 58)	อัตราผลผลิตงานก่อสร้าง
ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วน	2 วัน	100.00 ตร.ม./วัน
ระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งผนัง	2 วัน	33.33 ตร.ม./วัน/คน
ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรอยต่อ	2 วัน	50.00 ตร.ม./วัน/คน

2. ด้านต้นทุนค่าก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง สถาปนิกผู้ออกแบบและควบคุมงานก่อสร้างของอาคารหลังนี้ พบว่าอาคารหลังนี้ใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 200 ตารางเมตร ต้นทุนของงานแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง มีต้นทุนค่าวัสดุผนัง 1,000 บาทต่อตารางเมตร

ซึ่งใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างหนา 10 ซม. ค่าวัสดุในการต่อแผ่น สกรู และวัสดุเก็บรอยต่อ 175 บาทต่อตารางเมตร โดยขนส่งแผ่นฉนวนโครงสร้างเป็นขนาดมาตรฐาน ด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ (ดังภาพที่ 4.22) เพื่อมาทำการติดชิ้นส่วนและเจาะท่อสำหรับงานระบบ ณ สถานที่ก่อสร้าง จำนวน 1 เที่ยว ราคาเที่ยวละ 5,000 บาท (ค่าขนส่งเฉลี่ย 25 บาทต่อตารางเมตร) ค่าแรงประมาณ 24,000 บาท โดยใช้แรงงานจำนวน 3 คน (ค่าแรงเฉลี่ย 120 บาทต่อตารางเมตร) โดยสำหรับอาคารหลังนี้ ใช้แรงงานคน ในการขนส่งแนวดิ่ง จึงไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าเครื่องจักรกล

ภาพที่ 4.21 การขนส่งแผ่นฉนวนโครงสร้างโดยรถบรรทุก 6 ล้อ ของอาคารกรณีศึกษาที่ 2 , จาก*บริษัท A*, 2558

ภาพที่ 4.22 การตัดชิ้นส่วนและอุปกรณ์ในการติดตั้งที่หน้างานก่อสร้าง, จาก *บริษัท A*, 2558

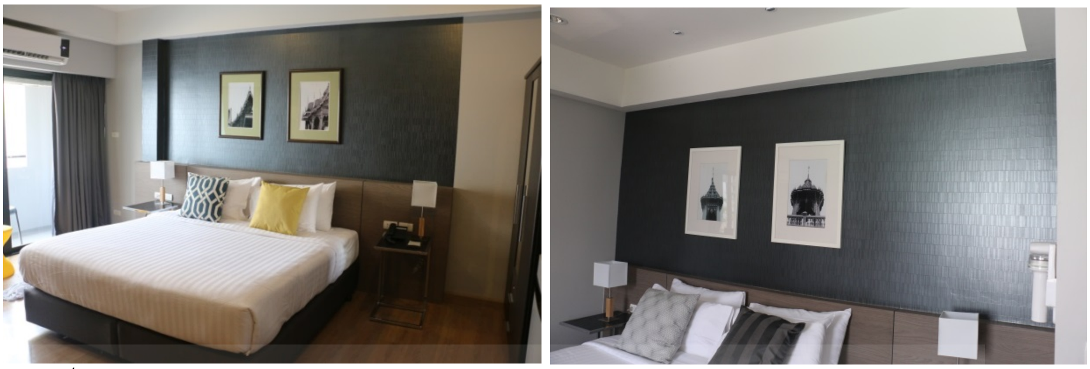
ตารางที่ 4.10

ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 2

ต้นทุน	ราคา	หน่วย
ค่าวัสดุผนัง	1,000.00	บาท/ตร.ม.
ค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง	175.00	บาท/ตร.ม.
ค่าขนส่ง	25.00	บาท/ตร.ม.
ค่าแรงงาน	120.00	บาท/ตร.ม.
ค่าเครื่องจักรในการติดตั้ง	-	บาท/ตร.ม.

3. ด้านคุณภาพของงานก่อสร้างหลังการใช้งาน

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง สถาปนิกผู้ออกแบบและควบคุมงานก่อสร้าง และการสังเกตการณ์โดยผู้วิจัย พบว่าอาคารกรณีศึกษาที่ 2 ใช้แผ่นฉนวนโครงสร้างกั้นห้องเป็นผนังภายใน ซึ่งเป็นงานที่ต้องมีความละเอียดสูงในการเก็บงาน โดยโรงแรมแห่งนี้ปิดผิวผนังด้วย วอลล์เปเปอร์ชนิดผิวมัน (ดังภาพที่4.24) ซึ่งหากพื้นผิวที่ไม่เรียบ หรือมีจุดบกพร่องจะทำให้มองเห็นได้ชัดเจนกว่าการทาสีหรือการติดวอลล์เปเปอร์ชนิดผิวด้าน โดยที่การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นฉนวนโครงสร้างจะต้องเตรียมท่อสำหรับงานระบบต่างๆ โดยก่อนที่จะติดตั้งผนัง โดยเจาะแนวท่อในแนวดิ่ง บริเวณกึ่งกลางผนัง และใส่ท่อสำหรับงานระบบไว้ (ดังภาพที่ 4.25) ทำให้ไม่ต้องกรีดแนวท่อที่ผนังเหมือนระบบดังเดิม เมื่อติดตั้งผนังเรียบร้อย สามารถใช้เครื่องมือตัดแผ่นฉนวนโครงสร้าง เพื่อเป็นช่องสำหรับติดตั้งกล่องสวิตซ์ หรือปลั๊ก (ดังภาพที่ 4.26) ส่วนการติดตั้งเฟอร์นิเจอร์ของโรงแรมเป็นเฟอร์นิเจอร์ติดผนัง โดยที่ผู้ติดตั้งสามารถติดตั้งเฟอร์นิเจอร์สำหรับวางโทรทัศน์ น้ำหนักประมาณ 80 กิโลกรัม โดยการยึดสกรูไว้กับแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างได้ตามปกติ (ดังภาพที่ 4.5) เนื่องจากอาคารเปิดใช้งานมาได้ 4 เดือน ทำให้ยังไม่มีจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน



ภาพที่ 4.23 การเก็บงานผนังด้วยวอลเปเปอร์ชนิดมัน

ภาพที่ 4.24 การร้อยท่อไฟฟ้า โดยไม่ต้องกรีดผนัง, จาก *บริษัท A*, 2558

ภาพที่ 4.25 การเจาะช่องเพื่อใส่กล่องไฟฟ้า, จาก *บริษัท A*, 2558

ภาพที่ 4.26 ผนังบริเวณที่ติดตั้งงานระบบต่างๆ หลังจากเก็บงานเรียบร้อยแล้ว

ภาพที่ 4.27 การติดเฟอร์นิเจอร์กับผนัง SIPs

ภาพที่ 4.28 การเก็บรอยต่อระหว่างผนังกับวงกบประตู

ภาพที่ 4.29 การเก็บรอยต่อต่าง ๆ บริเวณผนังของทางเดินทั้ง 2 ด้าน

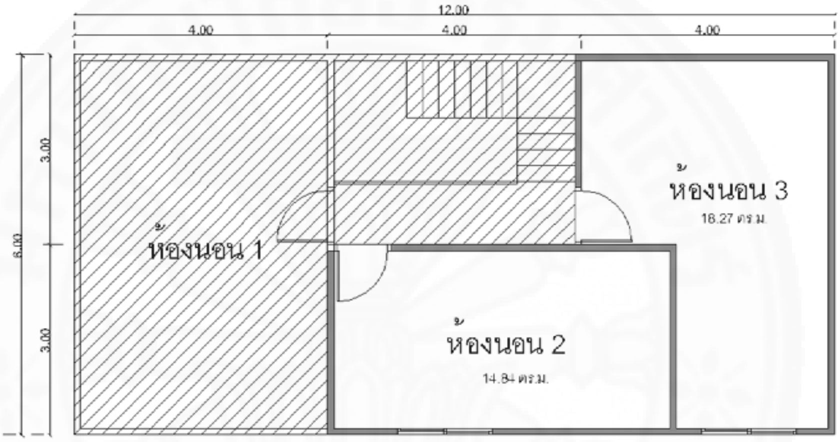
ตารางที่ 4.11

จุดบกพร่องในอาคารกรณีศึกษา 2

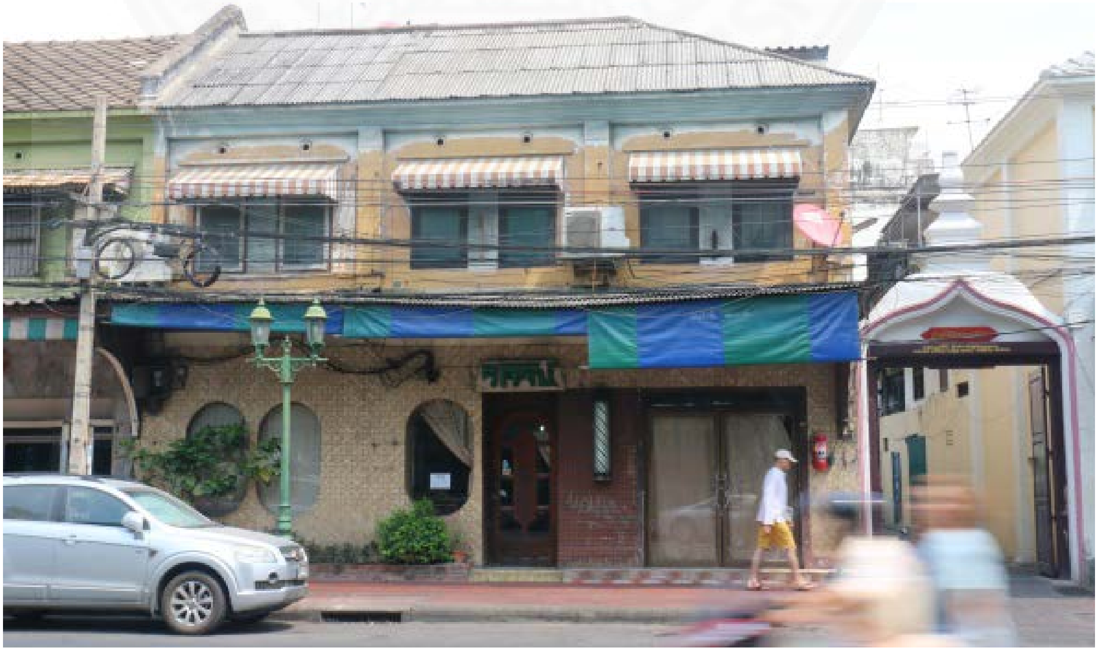
ประเภทปัญหา	วิธีการแก้ไข	จำนวนจุดบกพร่อง
-	-	0 จุด
พื้นที่ผนัง 100 ตารางเมตร มีจุดบกพร่องโดยเฉลี่ย		0 จุด

4.2.3 อาคารกรณีศึกษาที่ 3

อาคารกรณีศึกษาที่ 3 เป็นอาคารเก่าที่มีอายุมากกว่า 100 ปี วัตถุประสงค์ของเจ้าของอาคาร ต้องการนำอาคารเก่า มาปรับปรุงเพื่อแบ่งพื้นที่ในชั้น 3 ใหม่ โดยปรับปรุงพื้นที่ห้องนอน 2 และห้องนอน 3 (ดังภาพที่ 4.31) เนื่องจากโครงสร้างของอาคารเดิมเป็นโครงสร้างไม้เก่า จึงต้องการวัสดุที่มีน้ำหนักเบาเพื่อไม่ให้กระทบต่อโครงสร้างเดิมของอาคาร สามารถสร้างได้รวดเร็ว และแก้ปัญหาเรื่องความร้อนของพื้นที่ชั้น 3 อาคารเดิมในเวลากลางวันที่มีอุณหภูมิสูงมาก จึงไม่สามารถใช้งานได้ในเวลากลางวันได้ เนื่องจากเดิมใช้วัสดุเป็นโครงคร่าวไม้ และกรุด้วยแผ่นไม้ ทำให้ความร้อนสามารถถ่ายเทเข้าภายในอาคารได้ในปริมาณมากและใช้ระยะเวลาที่รวดเร็ว



ภาพที่ 4.30 ผังอาคารชั้น 3 ส่วนที่มีการปรับปรุง



ภาพที่ 4.31 ด้านหน้าของอาคารกรณีศึกษาที่ 3

ตารางที่ 4.12

รายละเอียดโครงการ

ที่ตั้งอาคาร	แขวงวัดราชบพิตร เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร
ประเภทอาคาร	อาคารแถว 3 ชั้น
พื้นที่ใช้สอย	36.30 ตารางเมตร
พื้นที่ผนัง SIPs	68.40 ตารางเมตร
ลักษณะการใช้งาน SIPs	ผนังภายใน หนา 5 ซม.
บริษัทผู้ผลิต SIPs	บริษัท A
คุณสมบัติของ SIPs ที่ต้องการ	1. ความเป็นฉนวนความร้อน 2. น้ำหนักเบา 3. ความรวดเร็วในการก่อสร้าง 4. การกันเสียง
อายุการใช้งาน	5 เดือน (ณ วันที่ 29 ก.พ.59)
ระบบการก่อสร้าง	เสา – คอนกรีตเสริมเหล็ก คาน - คอนกรีตเสริมเหล็ก พื้น – โครงสร้างไม้ ผนังภายนอก – โครงคร่าวไม้เดิม ผนังภายใน – ผนัง SIP ฝ้าเพดานชั้นบน – แผ่น SIP
รายละเอียดของการติดตั้ง	ติดตั้งโดยการยึดกับโครงคร่าวไม้เดิม

1. ด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตและติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และเจ้าของอาคาร พบว่า อาคารหลังนี้ใช้เวลาก่อสร้างรวมทั้งหมด 10 วัน โดยใช้เวลาในส่วนของการรื้อถอนโครงสร้างเดิม 4 วัน เวลาในการติดตั้งฝ้าเพดาน 2 วัน การติดตั้งและเก็บรอยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 4 วัน คิดเป็น 40 % ของเวลาก่อสร้างทั้งหมด และ ใช้ผนังฉนวนโครงสร้างขนาด 1.20 ม. x 2.40 ม. หนา 5 ซม. พื้นที่รวมทั้งหมด 68.40 ตารางเมตร โดยตัดชิ้นส่วนที่หน้างาน ในการ

ผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างที่โรงงานจำนวน 1 วัน (อัตราผลผลิตที่ใช้ในการผลิตแผ่นเฉลี่ยเท่ากับ 140.4 ตร.ม/วัน) เนื่องจากผลิตส่วนที่มาทำฝ้าเพดาน 72 ตร.ม. และผนัง 68.40 ตร.ม.) และขนส่งมายังสถานที่ก่อสร้างโดยใช้รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวน 1 เที่ยว และใช้แรงงานคนในการขนส่งแนวดิ่ง ใช้เวลาในการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างจำนวน 2 วัน ซึ่งติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเข้ากับโครงเคร่าของอาคารเดิม โดยใช้แรงงานในการติดตั้งทั้งหมด 3 คน (อัตราผลผลิตที่ใช้ในการติดตั้งเฉลี่ย 11.40 ตร.ม./วัน/คน) และเก็บรอยต่อ 2 วัน ใช้แรงงานจำนวน 2 คน (อัตราผลผลิตที่ใช้ในการเก็บรอยต่อเฉลี่ย 23.94 ตร.ม./วัน/คน)

ตารางที่ 4.13

ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 3

ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างทั้งหมด	10 วัน (29 ส.ค. 58 ถึง 7 ก.ย. 58)	อัตราผลผลิตงานก่อสร้าง
ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วน	2 วัน	140.40 ตร.ม/วัน
ระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งผนัง	2 วัน	11.40 ตร.ม./วัน/คน
ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรอยต่อ	2 วัน	23.94 ตร.ม./วัน/คน

2. ด้านต้นทุนค่าก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และเจ้าของอาคารหลังนี้ พบว่าอาคารหลังนี้ ใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 68.40 ตารางเมตร โดยมีต้นทุนค่าวัสดุผนัง 750 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างหนา 5 ซม. ค่าวัสดุในการต่อแผ่น สกรู และวัสดุเก็บรอยต่อ 10,000 บาท (ค่าอุปกรณ์การติดตั้งและเก็บรอยต่อเฉลี่ย 160.82 บาทต่อตารางเมตร โดยขนส่งแผ่นฉนวนโครงสร้างเป็นขนาดมาตรฐาน ด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ เพื่อมาทำการติดชิ้นส่วนหน้างาน จำนวน 1 เที่ยว ราคาเที่ยวละ 5,000 บาท แต่ส่วนที่เป็นฝ้าเพดานอื่นๆ ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งแผ่นผนังทั้งหมด 2,500 บาท (ค่าขนส่งเฉลี่ย 37.04 บาทต่อตารางเมตร) ซึ่งค่าขนส่งของงานนี้มีราคาสูงเนื่องจากใช้แผ่นในปริมาณน้อย ค่าแรงประมาณ 4,500 บาท โดยใช้แรงงานจำนวน 3 คน (ค่าแรงเฉลี่ย65.79 บาทต่อตารางเมตร) โดยสำหรับอาคารหลังนี้ ใช้แรงงานคน ในการขนส่งแนวดิ่ง จึงไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าเครื่องจักรกล

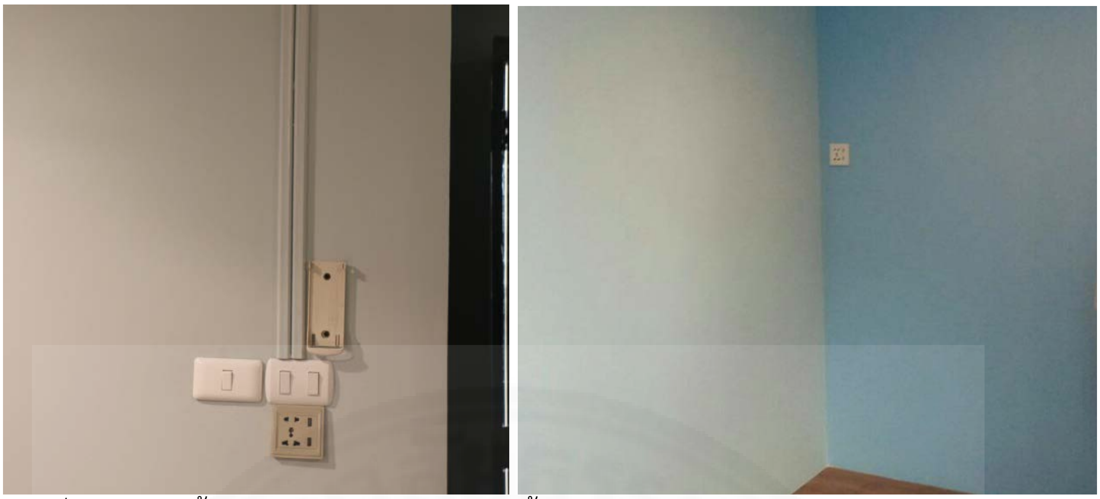
ตารางที่ 4.14

ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 3

รายการ	ราคา	หน่วย
ค่าวัสดุผนัง	750.00	บาท/ตร.ม.
ค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง	160.82	บาท/ตร.ม.
ค่าขนส่ง	37.04	บาท/ตร.ม.
ค่าแรงงาน	65.79	บาท/ตร.ม.
ค่าเครื่องจักรในการติดตั้ง	-	บาท/ตร.ม.

3. ด้านคุณภาพของงานก่อสร้างหลังการใช้งาน

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เจ้าของอาคาร และการสังเกตการณ์โดยผู้วิจัย พบว่าในการปรับปรุงอาคารนี้ ใช้เวลาตั้งแต่การรื้อถอนจนถึงการตกแต่งเก็บรอยเป็นเวลา 10 วัน ทำให้มีจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นจากระดับที่ไม่เที่ยงตรงของโครงสร้างเดิมโดยที่ยึดแผ่นฉนวนโครงสร้างไว้กับโคร่งคร่าวไม้เดิม ซึ่งมีการบิดตัวทำให้แผ่นผนังที่ติดใหม่ บิดตัวตามโครงสร้างเดิม (ดังภาพที่ 4.33) แต่เป็นจุดบกพร่องที่เจ้าของอาคารเข้าใจและยอมรับกับจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ เนื่องจากก่อสร้างในระยะเวลาสั้น ปัจจุบันยังไม่พบจุดบกพร่องจากการใช้งาน เนื่องจากอาคารมีการใช้งานเป็นเวลา 5 เดือน แต่จากการสัมภาษณ์เจ้าของอาคารพบว่ามีความพึงพอใจมาในเรื่องความเป็นฉนวนกันความร้อน ทำให้สามารถใช้งานในเวลากลางวันได้ โดยที่เปิดเครื่องปรับอากาศระยะเวลาไม่นานก็ทำให้มีอุณหภูมิเย็นทั่วทั้งห้อง และฉนวนกันเสียง เนื่องจากเจ้าของห้องนอน 3 ของการดูภาพยนตร์ จึงออกแบบให้ห้องนี้มีติดตั้งระบบเสียง โปรเจคเตอร์ และฉากรับภาพขนาดใหญ่ โดยที่เสียงภายในห้องไม่รบกวนผู้อยู่อาศัยคนอื่น



ภาพที่ 4.32 การติดตั้งระบบไฟฟ้าแบบเดินลอยการติดตั้งงานระบบไฟฟ้าแบบเจาะท่อด้านใน, จาก *บริษัท A*, 2558

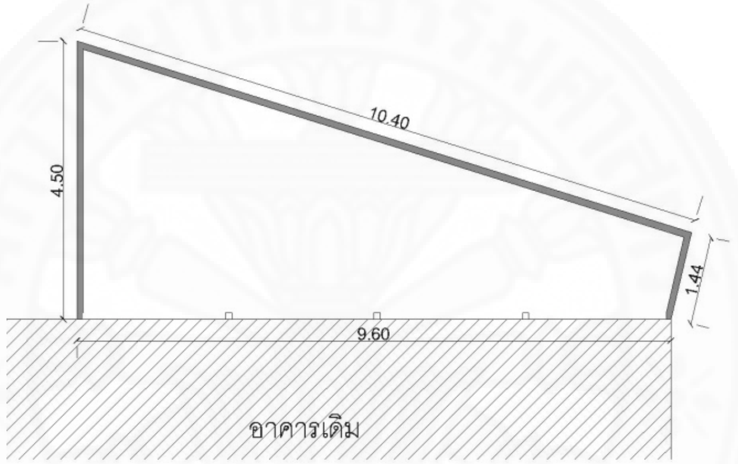
ตารางที่ 4.15

จุดบกพร่องในอาคารกรณีศึกษา 3

ประเภทปัญหา	วิธีการแก้ไข	จำนวนจุดบกพร่อง
ผนังเบี้ยว เนื่องจากโครงเคร่าไม้เดิม	-	1 จุด
พื้นที่ผนัง 100 ตารางเมตร มีจุดบกพร่องโดยเฉลี่ย		1.4 จุด

4.2.4 อาคารกรณีศึกษาที่ 4

อาคารกรณีศึกษาที่ 4 ตั้งอยู่ในซอยสุขุมวิท 101 โดยเจ้าของอาคาร ต้องการต่อเติมพื้นที่ของอาคารเดิม ซึ่งมีระยะที่กว้างที่สุดประมาณ 4.50 ม. และส่วนที่แคบที่สุดประมาณ 1.50 ม. (ดังภาพที่ 4.11) เพื่อเป็นพื้นที่สำหรับเก็บยา โดยที่ไม่ต้องการตอกเสาเข็ม เนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของอาคารเดิม จึงต้องการวัสดุที่มีน้ำหนักเบา สามารถรักษาอุณหภูมิ และความชื้นได้ดี เนื่องจากพื้นที่ที่ต่อเติมจะถูกใช้เป็นห้องสำหรับเก็บยา และสามารถก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว โดยรูปแบบของผนังอาคารไม่มีการเจาะช่องเปิดเลย ทำให้สามารถก่อสร้างได้ง่าย โดยการนำชิ้นส่วนมาตรฐานมาติดตั้งได้เลย

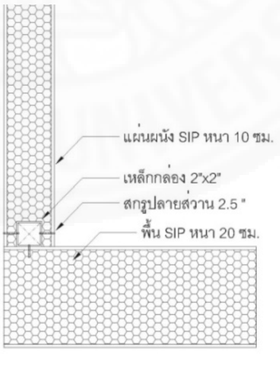
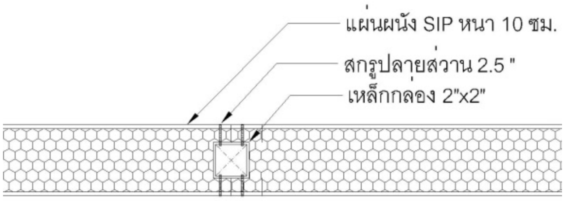


ภาพที่ 4.33 แปลนส่วนต่อเติมของอาคารกรณีศึกษาที่ 4

ภาพที่ 4.34 ด้านหน้าของอาคารกรณีศึกษาที่ 4

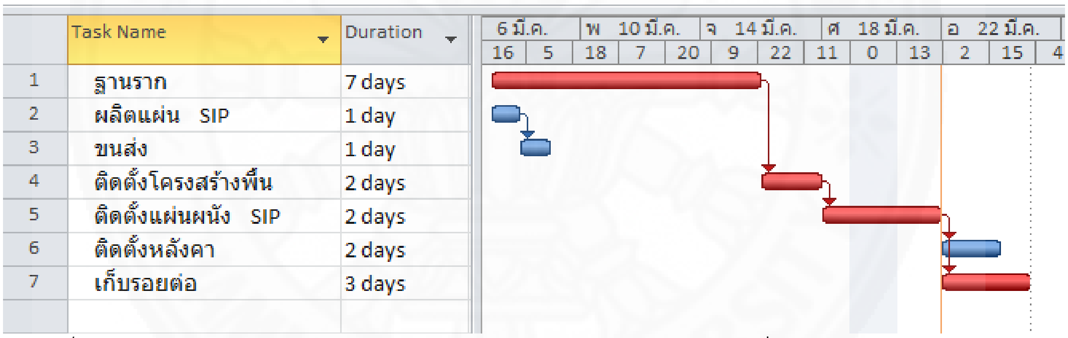
ตารางที่ 4.16

รายละเอียดอาคาร

ที่ตั้งอาคาร	สุขุมวิท 101
สถาปนิก	-
ประเภทอาคาร	โกดังเก็บยา 1 ชั้น
พื้นที่ใช้สอย	29.05 ตารางเมตร
พื้นที่ผนัง SIPs	49.05 ตารางเมตร
ลักษณะการใช้งาน SIPs	ผนังรับน้ำหนักรอบอาคาร หนา 10 ซม.
บริษัทผู้ผลิต SIPs	บริษัท A
คุณสมบัติของ SIPs ที่ต้องการ	1. ความรวดเร็วในการก่อสร้าง 2. ความเป็นฉนวนความร้อน 3. น้ำหนักเบา
อายุการใช้งาน	17 เดือน (ณ วันที่ 22 มี.ค. 59)
ระบบการก่อสร้าง	พื้น – แผ่น SIP หนา 20 ซม. ผนัง – ผนังรับน้ำหนัก SIP หนา 10 ซม. หลังคา – แผ่น SIP หนา 10 ซม.
รายละเอียดของการติดตั้ง	รอยต่อระหว่าง แผ่นผนัง SIPs กับ พื้น SIPs  รอยต่อระหว่าง แผ่นผนัง SIPs 

1. ด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และเจ้าของอาคาร พบว่า อาคารหลังนี้ใช้เวลาก่อสร้างรวมทั้งหมด 14 วัน โดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 49.05 ตร.ม. เป็นผนังรับน้ำหนัก 3 ด้าน ใช้เวลาในส่วนของการติดตั้งและเก็บรอยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 4 วัน คิดเป็น 28.57 % ของเวลาก่อสร้างทั้งหมด เนื่องจากเป็นพื้นที่ก่อสร้างเป็นพื้นที่รูปสามเหลี่ยมเหลือด้านข้างอาคาร ทำให้ต้องตัดชิ้นส่วนหน้างานไม่สามารถเตรียมแผ่นไปจากโรงงานได้ และผนังทั้ง 3 ด้าน เป็นส่วนของโกดัง ทำให้ไม่มีการเจาะช่องเปิด และท่อไฟต่างๆ ทำให้ชิ้นส่วนที่ใช้เป็นแผ่นเต็ม ใช้เวลาในการผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างที่โรงงานจำนวน 1 วัน และขนส่งมายังสถานที่ก่อสร้างโดยใช้รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวน 1 เที่ยว ใช้เวลาในการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างจำนวน 2 วัน ซึ่งใช้แรงงานทั้งหมด 3 คน (อัตราผลผลิตที่ใช้ในการติดตั้งเฉลี่ย 8.18 ตร.ม./วัน/คน) ใช้เวลาในการเก็บรอยต่อ 2 วัน ใช้แรงงานจำนวน 3 คน (อัตราผลผลิตที่ใช้ในการเก็บรอยต่อเฉลี่ย 16.35 ตร.ม./วัน/คน)



ภาพที่ 4.35 แผนงานด้านระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาที่ 4

ตารางที่ 4.17

ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 4

ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างทั้งหมด	14 วัน (1 ต.ค. 57 ถึง 14 ต.ค. 57)	อัตราผลผลิตงานก่อสร้าง
ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วน	1 วัน	105.15 ตร.ม./วัน
ระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งผนัง	2 วัน	8.18 ตร.ม./วัน/คน
ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรอยต่อ	2 วัน	16.35 ตร.ม./วัน/คน

2. ด้านต้นทุนค่าก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และเจ้าของอาคารหลังนี้ พบว่า อาคารหลังนี้ ใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 49.05 ตารางเมตร ต้นทุนของงานแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างประมาณ 68,670 บาท โดยมีต้นทุนค่าวัสดุผนัง1,000 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างหนา 10 ซม. ค่าวัสดุในการต่อแผ่น สกรู และวัสดุเก็บรอยต่อ 7,000 บาท (ค่าอุปกรณ์การติดตั้งและเก็บรอยต่อเฉลี่ย 142.71 บาทต่อตารางเมตร โดยขนส่งแผ่นฉนวนโครงสร้างเป็นขนาดมาตรฐาน ด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ (ดังภาพที่ 4.10) เพื่อมาทำการติดชิ้นส่วนและเจาะท่อสำหรับงานระบบ ณ สถานที่ก่อสร้าง จำนวน 1 เที่ยว ราคาเที่ยวละ 5,000 บาท (ค่าขนส่งเฉลี่ย 46.67 บาทต่อตารางเมตร) ค่าแรงประมาณ 7,670 บาท โดยใช้แรงงานจำนวน 3 คน (ค่าแรงเฉลี่ย 57.12 บาทต่อตารางเมตร)

ตารางที่ 4.18

ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 4

รายการ	ราคา	หน่วย
ค่าวัสดุผนัง	1,000.00	บาท/ตร.ม.
ค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง	142.71	บาท/ตร.ม.
ค่าขนส่ง	46.67	บาท/ตร.ม.
ค่าแรงงาน	57.12	บาท/ตร.ม.
ค่าเครื่องจักรในการติดตั้ง	-	บาท/ตร.ม.

3. ด้านคุณภาพของงานก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เจ้าของอาคาร และการสังเกตการณ์โดยผู้วิจัยพบว่า อาคารนี้มีการใช้งานเป็นเวลา 17 เดือน เนื่องจากเป็นโกดังเก็บยา พื้นที่ภายในเป็นส่วนที่ติดผนังจะมีชั้นวางของวางชิดผนังทุกด้าน (ดังภาพที่ 4.2) ทำให้ยังไม่มีจุดบกพร่องจากการใช้งานด้านในอาคาร ส่วนด้านนอกอาคารมีรอยร้าวเป็นเส้นบางๆ (Hair Crack) ระหว่างรอยต่อแผ่น (ดังภาพที่ 4.3) ซึ่งจะต้องเข้าไปดูในระยะต่ำกว่า 0.50 เมตร จึงจะมองเห็นเส้นรอยร้าว และบริเวณมุมด้านอาคารมีรอยบิ่น ที่อาจเป็นการเก็บงานในตอนก่อสร้างไม่เรียบร้อย หรืออาจเป็นรอยยุบตัวของวัสดุ ซึ่งไม่ได้เกิดจากการใช้งาน

ภาพที่ 4.36 การใช้งานภายในอาคาร, จาก *บริษัท A*, 2557

ภาพที่ 4.37 รอยร้าวบริเวณรอยต่อแผ่นด้านนอกอาคาร และรอยบิ่นบริเวณมุมด้านนอกอาคาร

ตารางที่ 4.19

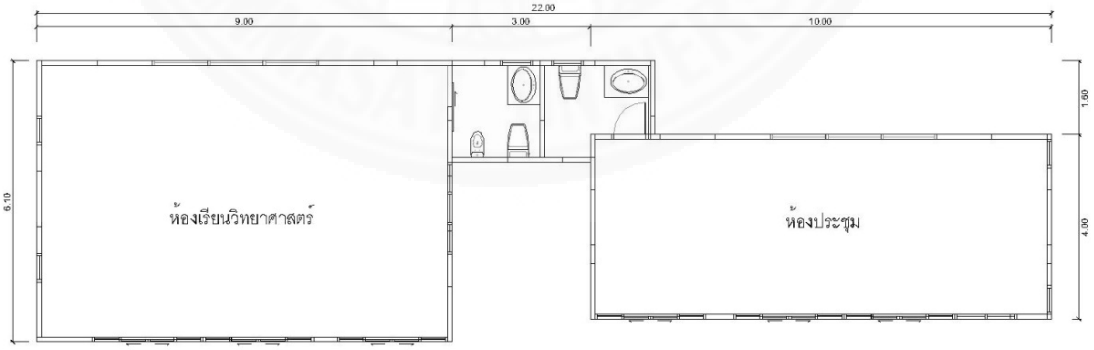
จุดบกพร่องในอาคารกรณีศึกษา 4

ประเภทปัญหา	วิธีการแก้ไข	จำนวนจุดบกพร่อง
รอยร้าวบริเวณรอยต่อแผ่น	การแต่งแผ่น (Skim) ลบรอยแตก	3 จุด
รอยบิ่นบริเวณมุมอาคาร	การแต่งมุม	1 จุด
พื้นที่ผนัง 100 ตารางเมตร มีจุดบกพร่องโดยเฉลี่ย		4.08 จุด

4.2.5 อาคารกรณีศึกษาที่ 5

อาคารกรณีศึกษาที่ 5 เป็นโรงเรียนสำหรับเด็กอายุ 2-6 ปี โดยทางเจ้าของโรงเรียนต้องการสร้างห้องเรียนวิทยาศาสตร์ขนาด 6.00 x 9.00 ตร.ม. และห้องประชุม 4.00 x 10.00 ตร.ม. เพิ่มในบริเวณพื้นที่ว่างด้านหลัง ซึ่งก่อสร้างเป็นอาคาร 2 อาคารที่อยู่ติดกัน โดยมีการวางแผนจะรื้อถอนอาคารนี้ ในอนาคต และนำวัสดุก่อสร้างกลับมาใช้ใหม่ โดยจะก่อสร้างเป็นอาคาร 3 ชั้นแทน ทำให้เจ้าของอาคารเลือกใช้แผ่นผนังโครงสร้างในการก่อสร้างเพื่อที่จะสามารถนำแผ่นผนังกลับมาใช้ก่อสร้างอาคารใหม่ได้ และเนื่องจากเป็นการก่อสร้างในพื้นที่ของโรงเรียนสำหรับเด็กเล็ก จึงต้องระวังเรื่องความปลอดภัย ซึ่งการก่อสร้างอาจเป็นอันตรายสำหรับเด็กเล็กได้ จึงต้องการงานก่อสร้างที่สามารถสร้างได้รวดเร็ว เพราะจะใช้เวลาก่อสร้างในช่วงที่ปิดภาคเรียน และจะต้องสร้างเสร็จในช่วงก่อนเปิดภาคการศึกษา

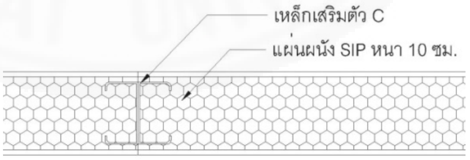
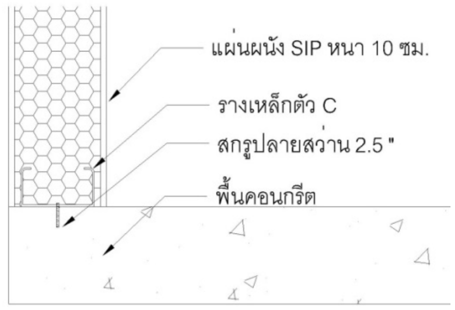
ภาพที่ 4.38 ด้านหน้าของอาคารกรณีศึกษาที่ 5



ภาพที่ 4.39 ผังของอาคารกรณีศึกษาที่ 5

ตารางที่ 4.20

รายละเอียดโครงการ

ที่ตั้งอาคาร	ตำบลคลองสาม อำเภอคลองหลวง ปทุมธานี
สถาปนิก	คุณกฤติน อยู่พงษ์พิทักษ์
ประเภทอาคาร	อาคารพักอาศัย 1 ชั้น
พื้นที่ใช้สอย	153.36 ตารางเมตร
พื้นที่ผนัง SIPs	210 ตารางเมตร
ลักษณะการใช้งาน SIPs	ผนังรับน้ำหนักรอบอาคาร หนา 10 ซม.
บริษัทผู้ผลิต SIPs	บริษัท A
คุณสมบัติของ SIPs ที่ต้องการ	1. ความรวดเร็วในการก่อสร้าง 2. ความเรียบร้อยของสถานที่ก่อสร้าง 3. การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ 4. ความเป็นฉนวนความร้อน
อายุการใช้งาน	กำลังก่อสร้าง
ระบบการก่อสร้าง	พื้น – คอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังภายนอก – แผ่นผนัง SIP รับน้ำหนัก หนา 10 ซม. หลังคา – โครงหลังคาเหล็กรีดเย็น แผ่น SIP หนา 5 ซม. และปิดผิวด้วยแผ่นแอสฟัลท์ชิงเกิ้ล
รายละเอียดของการติดตั้ง	รอยต่อระหว่าง แผ่นผนัง SIPs กับ พื้นคอนกรีต  รอยต่อระหว่าง แผ่นผนัง SIPs 

1. ด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เจ้าของอาคาร หัวหน้าทีมในการติดตั้ง และการสังเกตการณ์โดยผู้วิจัย พบว่าอาคารหลังนี้ ใช้เวลาก่อสร้างรวมทั้งหมด 94 วันโดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 210 ตร.ม. เป็นผนังรับน้ำหนัก 4 ด้าน ในการก่อสร้างอาคารนี้ทางบริษัทผู้ผลิตได้ออกแบบรอยต่อรูปแบบใหม่ ที่จะทำให้ลดระยะเวลาในการติดตั้งลง และลดการโก่งตัวของชิ้นส่วนที่มีความยาว 3.00 เมตร แต่จะทำให้ใช้ระยะเวลาในการผลิตชิ้นส่วนที่มากขึ้น โดยอาคารหลังนี้ใช้เวลาในส่วนของการติดตั้งและเก็บรอยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ทั้งหมด 7 วัน คิดเป็น 7.40 % ของเวลาก่อสร้างทั้งหมด ใช้เวลาในการผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้างจำนวน 6 วัน (อัตราผลผลิตที่ใช้ในการผลิตเท่ากับ 35.00 ตร.ม./วัน) โดยมีการผลิตโดยการประกบแผ่นที่โรงงาน จำนวน 2 วัน และขนส่งมายังสถานที่ก่อสร้าง (ดังภาพที่ 4.48) โดยใช้รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวน 1 เที่ยวและทำการตัดชิ้นส่วนติดตั้งเหล็กรีดเย็นด้านข้าง และเจาะก่อสำหรับร้อยสายไฟที่สถานที่ก่อสร้าง ซึ่งมีพื้นที่กลางแจ้ง พื้นที่แคบ และอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสมในการทำงาน ทำให้ใช้เวลาในการผลิตแผ่นมากขึ้น เป็น 4 วัน ใช้เวลาในการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างจำนวน 4 วัน ซึ่งใช้แรงงานทั้งหมด 4 คน (อัตราผลผลิตที่ใช้ในการติดตั้งเท่ากับ 17.50 ตร.ม./วัน/คน) โดยใช้เวลาในการตีผังและติดตั้งรางตัวยูที่พื้น เป็นเวลา 1 วัน และในการติดตั้งเริ่มติดตั้งที่แผ่นตรงบริเวณมุมก่อน ดังภาพที่ 4.1 เมื่อติดตั้งแผ่นแล้วต้องทำการค้ำยันเพื่อป้องการล้มจากการถูกลมพัด ใช้เวลาในการเก็บรอยต่อ 3 วัน ใช้แรงงานจำนวน 3 คน (อัตราผลผลิตที่ใช้ในการเก็บรอยต่อเท่ากับ 23.33 ตร.ม./วัน/คน)

ตารางที่ 4.21

ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาที่ 5

ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างทั้งหมด	94 วัน (21 มี.ค. 59 ถึง 15 มิ.ย. .59)	อัตราผลผลิตงานก่อสร้าง
ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วน	6 วัน	35.00 ตร.ม./วัน
ระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งผนัง	4 วัน	17.50 ตร.ม./วัน/คน
ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรอยต่อ	3 วัน	23.33 ตร.ม./วัน/คน

ภาพที่ 4.40 แผ่นฉนวนโครงสร้างที่ถูกส่งมายังสถานที่ก่อสร้าง

ภาพที่ 4.41 การเตรียมชิ้นส่วนโดยการติดตั้งเหล็กรีดเย็นด้านข้างแผ่นผนัง

ภาพที่ 4.42 การเจาะพื้น และฝังพุก เพื่อใช้ในการติดตั้งรางเหล็ก

ภาพที่ 4.43 การติดตั้งรางตัวยูที่พื้น เพื่อใช้ในการติดตั้งแผ่นผนัง

ภาพที่ 4.44 การติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างแผ่นแรก และทำการค้ำยัน

ภาพที่ 4.45 การติดตั้งแผ่นผนังโดยเริ่มจากการติดตั้งที่มุมอาคาร และทำการค้ำยัน

ภาพที่ 4.46 ด้านหน้าของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 เมื่อติดตั้งผนังทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว

2. ด้านต้นทุนค่าก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เจ้าของอาคาร และเอกสารปริมาณงานวัสดุ (BOQ) พบว่าอาคารหลังนี้ใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 210.00 ตารางเมตร โดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 62 แผ่น ราคาแผ่นละ 3,600.00 บาท ทำให้มีต้นทุนค่าวัสดุผนัง 1,062.86 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างหนา 10 ซม. ค่าวัสดุในการต่อแผ่น สกรู และวัสดุเก็บรอยต่อ 245.15 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งผนังด้านหน้าของอาคารนี้มีการออกแบบช่องเปิดขนาดใหญ่ ทำให้ต้องมีการเสริมเหล็กรูปพรรณเพื่อช่วยในการรับน้ำหนักของหลังคา (ดังภาพที่ 4.54) โดยขนส่งแผ่นฉนวนโครงสร้างเป็นขนาดมาตรฐาน ด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ (ดังภาพที่ 4.55) เพื่อมาทำการติดชิ้นส่วนและเจาะท่อสำหรับงานระบบ ณ สถานที่ก่อสร้าง จำนวน 1 เที่ยว ราคาเที่ยวละ 5,000.00 บาท (ค่าขนส่งเฉลี่ย 23.81 บาทต่อตารางเมตร) ค่าแรง 120 บาทต่อตารางเมตร

ภาพที่ 4.47 การเสริมเหล็กรูปพรรณ บริเวณช่องเปิดขนาดใหญ่

ภาพที่ 4.48 ด้านหน้าของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 เมื่อติดตั้งผนังทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว

ตารางที่ 4.22

ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 5

รายการ	ราคา	หน่วย
ค่าวัสดุผนัง	1,062.86	บาท/ตร.ม.
ค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง	245.15	บาท/ตร.ม.
ค่าขนส่ง	23.81	บาท/ตร.ม.
ค่าแรงงาน	120.00	บาท/ตร.ม.
ค่าเครื่องจักรในการติดตั้ง	-	บาท/ตร.ม.

3. ด้านคุณภาพของงานก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างพบว่า การก่อสร้างด้วยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง อาคารนี้ได้มีการออกแบบชิ้นส่วนในรูปแบบใหม่ โดยมีการเสริมเหล็กรีดเย็นบริเวณด้านข้างของชิ้นส่วนทุกชิ้นก่อนทำการติดตั้ง ช่วยทำให้ลดระยะเวลาในการติดตั้งลง และช่วยลดปัญหาการโก่งของชิ้นส่วนที่มีความสูง 3.00 เมตร ทำให้ชิ้นส่วนมีความแข็งแรงมากขึ้น จากการสัมภาษณ์หัวหน้าทีมในการติดตั้งและการสังเกตการณ์โดยผู้วิจัยพบว่า การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างสามารถทำงานได้ง่ายและรวดเร็วกว่าการก่อสร้างระบบดั้งเดิม แต่จะต้องเตรียมการในการปรับระดับพื้นและตีแนวที่พื้นเพื่อติดตั้งรางเหล็กตัวยู เป็นงานที่ต้องมีความละเอียดและต้องใช้เวลานานในช่วงแรก แต่เมื่อติดตั้งรางเหล็กได้เรียบร้อยจะทำการติดตั้งชิ้นส่วนได้รวดเร็วโดยการเลื่อนชิ้นส่วนที่เตรียมไว้เข้าไปในรางเหล็กที่ติดตั้งไว้ที่พื้นตามลำดับชิ้นส่วนที่เตรียมไว้ และต้องทำการค้ำยันเมื่อติดตั้งชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วนเรียบร้อยแล้ว เพื่อป้องกันชิ้นส่วนล้มเนื่องจากแรงลม รอยต่อระหว่างชิ้นส่วนจะมีความกว้างประมาณ 1.0 ซม. โดยใช้ซิลิโคนชนิดกันน้ำ และปูนฉาบผิวบางในการเก็บรอยต่อ และสามารถทาสี หรือปูกระเบื้อง เพื่อเป็นการเก็บงานสถาปัตยกรรม ซึ่งก่อนที่ทำการเก็บรอยต่อหรือติดตั้งประตูหน้าต่าง จะต้องติดตั้งโครงหลังคาและมุงหลังคาให้เรียบร้อยก่อน เพื่อให้ผนังรับน้ำหนักที่จะถ่ายมาที่ผนังทั้งหมดก่อน หากเก็บรอยต่อหรือติดตั้งประตูหน้าต่างก่อนติดตั้งหลังคา เมื่อมีน้ำหนักถ่ายลงมาอาจทำให้ผนังมีการขยับตัวทำให้เกิดรอยร้าวหรือความเสียหายต่อประตูหน้าต่างได้

ภาพที่ 4.49 แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างที่ติดตั้งแล้ว

ภาพที่ 4.50 การเก็บงานรอยต่อด้วยปูนฉาบผิวบาง

ภาพที่ 4.51 การปูกระเบื้องบนแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

ภาพที่ 4.52 พื้นที่ภายในห้องวิทยาศาสตร์หลังจากเก็บงานและทาสี

ภาพที่ 4.53 พื้นที่ภายในห้องประชุมหลังจากเก็บงานและทาสี

ภาพที่ 4.54 พื้นที่ภายนอกอาคารหลังจากเก็บงานและทาสี

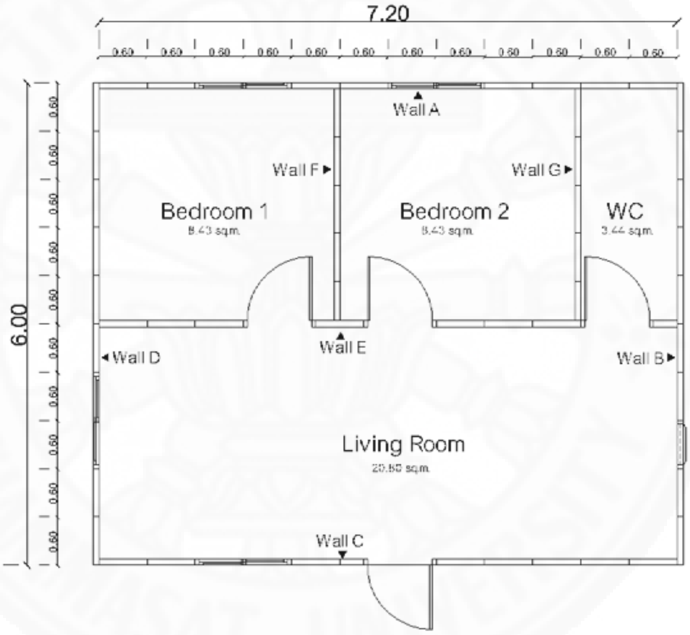
ตารางที่ 4.23

จุดบกพร่องในอาคารกรณีศึกษา 5

ประเภทปัญหา	วิธีการแก้ไข	จำนวนจุดบกพร่อง
-	-	0.0 จุด
พื้นที่ผนัง 100 ตารางเมตร มีจุดบกพร่องโดยเฉลี่ย		0.0 จุด

4.2.6 อาคารกรณีศึกษาที่ 6

อาคารนี้ถูกสร้างขึ้น เพื่อใช้ศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ และเป็นอาคารตัวอย่างที่สำหรับลูกค้าที่สนใจการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นฉนวนโครงสร้าง ตั้งอยู่ที่จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งบริษัท B จำหน่ายบ้านสำเร็จรูปชั้นเดียว โดยมีแบบสำเร็จรูปจากบริษัท หรือลูกค้าสามารถนำแบบเพื่อให้ทางบริษัทออกแบบชิ้นส่วน ที่สามารถนำไปประกอบได้ที่สถานที่ก่อสร้าง โดยบริษัท B เดิมเป็นบริษัทที่ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างที่มีแผ่นโลหะบางเป็นวัสดุประกบ ที่นิยมใช้ในอุสาหกรรมห้องเย็น และห้องปลอดเชื้อ เป็นต้น และได้เริ่มจำหน่ายบ้านสำเร็จรูปที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นฉนวนโครงสร้างเป็นเวลาประมาณ 3 ปี ซึ่งมีจำนวนบ้านที่ก่อสร้างด้วยแผ่นฉนวนโครงสร้างประมาณ 20 อาคาร โดยกลุ่มลูกค้าส่วนใหญ่ คือผู้ที่มีที่ดินเปล่า ที่ต้องการความรวดเร็วสร้างบ้าน

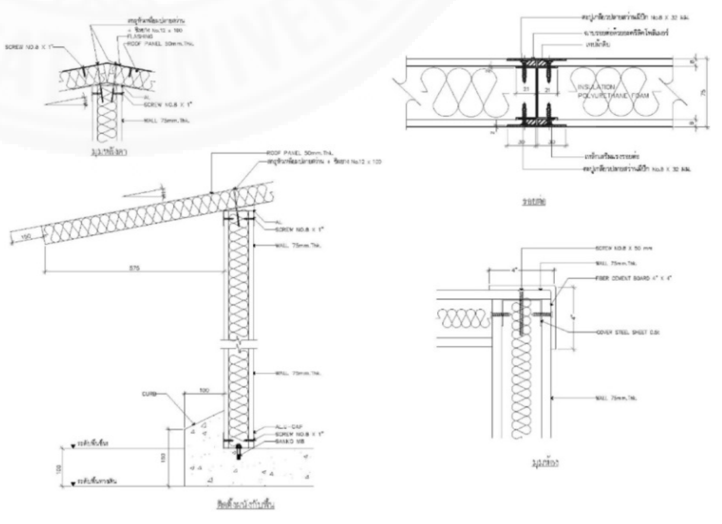


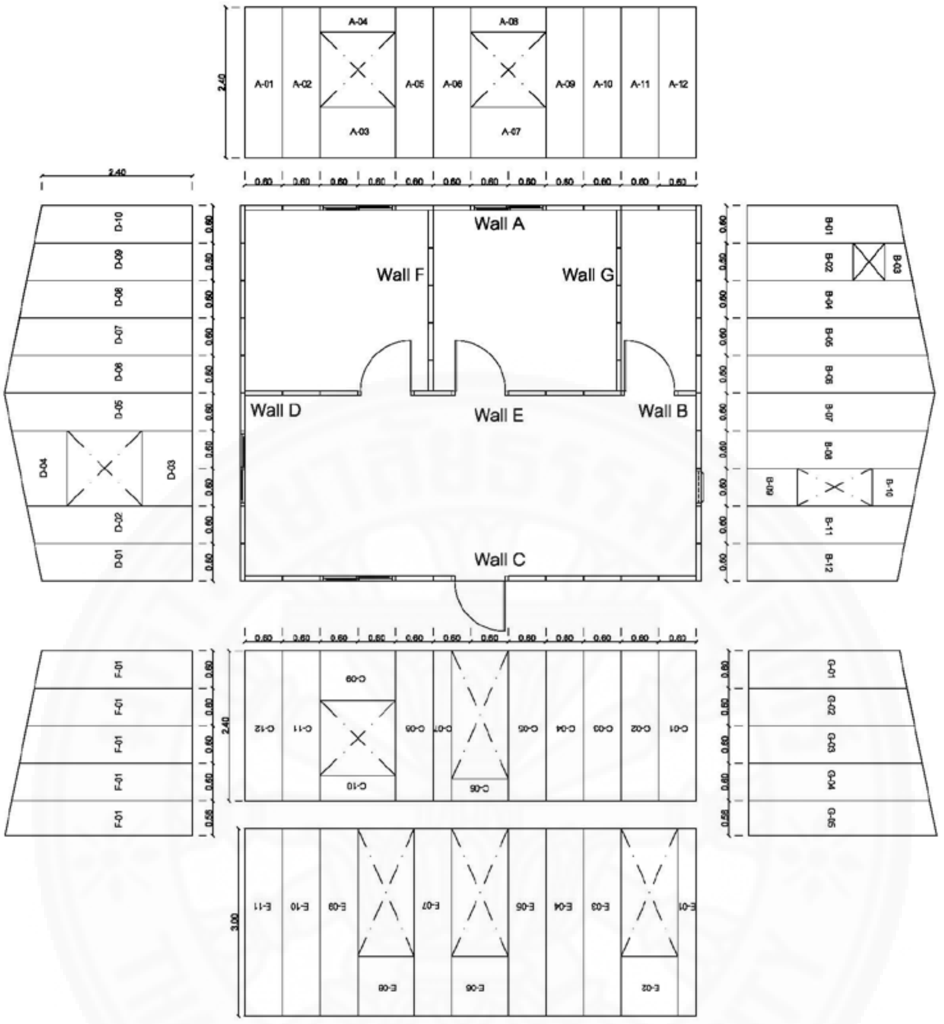
ภาพที่ 4.55 แปลนอาคารกรณีศึกษาที่ 6

ภาพที่ 4.56 ผนังภายนอกของอาคารกรณีศึกษาที่ 6

ตารางที่ 4.24

รายละเอียดอาคารกรณีศึกษาที่ 6

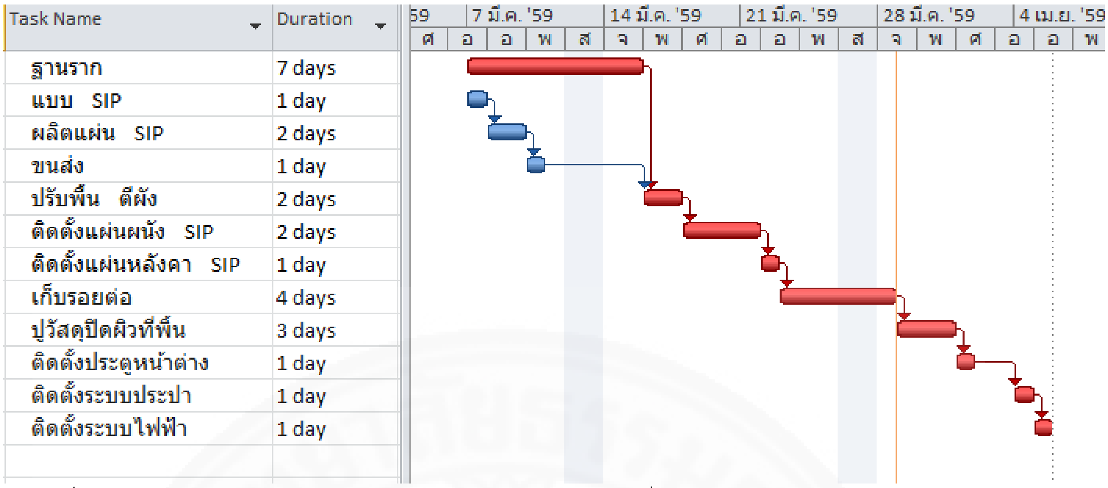
ที่ตั้งอาคาร	บริษัท สแควร์พาแนล ซิสเต็ม จำกัด อ.ศรีมโหสถ จ.ปราจีนบุรี
สถาปนิก	-
ประเภทอาคาร	บ้านพักอาศัย
พื้นที่ใช้สอย	45.00 ตารางเมตร
พื้นที่ผนัง SIPs	133.50 ตารางเมตร
ลักษณะการใช้งาน SIPs	ผนังรับน้ำหนัก หนา 7.5 ซม.
บริษัทผู้ผลิต SIPs	บริษัท B
คุณสมบัติของ SIPs ที่ต้องการ	1. โครงสร้างรับน้ำหนัก 2. ความรวดเร็วในการก่อสร้าง 3. น้ำหนักเบา สามารถใช้คนในการก่อสร้าง 4. ความเป็นฉนวนความร้อน
อายุการใช้งาน	12 เดือน (ณ วันที่ 1 ก.พ.59)
ระบบการก่อสร้าง	พื้น – คอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังภายนอก – ผนัง SIP หนา 10 ซม. ผนังภายใน – ผนัง SIP หนา 10 ซม. หลังคา – แผ่น SIP ที่มีเมทัลชีทเป็นแผ่นประกบ 2.5 ซม.
รายละเอียดของการติดตั้ง	



ภาพที่ 4.57 การแบ่งชิ้นส่วนของแบบบ้านชั้นเดียว

1. ด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างพบว่า อาคารหลังนี้ใช้เวลาก่อสร้างรวมทั้งหมด 22 วัน โดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 133.50 ตร.ม. เป็นผนังรับน้ำหนัก ใช้เวลาในส่วนของการติดตั้งและเก็บรอยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ทั้งหมด 6 วัน คิดเป็น 27.27 % ของเวลาก่อสร้างทั้งหมด โดยผลิตในโรงงานใช้เวลา 2 วัน (ระยะเวลาในการผลิตเฉลี่ย 89.25 ตร.ม./วัน) ใช้เวลาติดตั้งผนังทั้งหมด 2 วัน ใช้แรงงานทั้งหมด 5 คน (ระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งเฉลี่ย 13.35 ตร.ม./วัน/คน) และเก็บรอยต่อ 4 วัน คิดเป็น (ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรอยต่อเฉลี่ย 13.35 ตร.ม./วัน/คน) เนื่องจากมีการปูกระเบื้องในส่วนของห้องน้ำและติดไม้เทียมบริเวณผนังด้านนอกของอาคาร



ภาพที่ 4.58 แผนงานในการก่อสร้างของอาคารกรณีศึกษาที่ 6

ตารางที่ 4.25

ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 6

ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างทั้งหมด	15 วัน	อัตราผลผลิตงานก่อสร้าง
ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วน	2 วัน	89.25 ตร.ม./วัน
ระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งผนัง	2 วัน	13.35 ตร.ม./วัน/คน
ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรอยต่อ	4 วัน	13.35 ตร.ม./วัน/คน

2. ด้านต้นทุนค่าก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์ บริษัท B ผู้ออกแบบ ผลิต และติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ซึ่งก่อสร้างอาคารหลังนี้ ซึ่งมีพื้นที่ใช้สอย 45.00 ตารางเมตร โดยตั้งราคาขาย 300,000.00 บาทต่ออาคาร ใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 133.50 ตารางเมตร โดยมีต้นทุนค่าวัสดุผนัง 750.00 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างหนา 7.50 ซม. และค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง 150.00 บาทต่อตารางเมตร โดยขนส่งแผ่นฉนวนโครงสร้างเป็นที่ผลิตเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ตามแบบด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ โดยคิดค่าขนส่ง 30.00 บาทต่อกิโลเมตร แต่เนื่องจากอาคารนี้ก่อสร้างที่โรงงานจึงไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนของการขนส่ง ค่าแรงประมาณ 40,000 บาท โดยใช้แรงงานจำนวน 5 คน (ราคาค่าแรงเฉลี่ย 59.96 บาทต่อตารางเมตร)

ตารางที่ 4.26

ต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา 6

รายการ	ราคา	หน่วย
ค่าวัสดุผนัง	750.00	บาท/ตร.ม.
ค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง	150.00	บาท/ตร.ม.
ค่าขนส่ง	ผลิต ณ ที่ก่อสร้าง	บาท/ตร.ม.
ค่าแรงงาน	60.00	บาท/ตร.ม.
ค่าเครื่องจักรในการติดตั้ง	-	บาท/ตร.ม.

3. ด้านคุณภาพของงานก่อสร้าง

จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และสังเกตโดยผู้วิจัยพบว่าอาคารนี้มีการก่อสร้างเสร็จแล้วเป็นเวลา 12 เดือน ซึ่งการใช้งานเป็นอาคารตัวอย่างไม่ได้มีการอยู่อาศัยจริง แต่มีจุดบกพร่องบริเวณรอยต่อด้านในอาคาร (ดังภาพที่ 4.1) เป็นเส้นบางๆ ส่วนผนังด้านนอกอาคารใช้ไม้เทียมปิดผิวทั้งหมด (ดังภาพที่ 4.2) ทำให้ไม่พบจุดบกพร่องของผนังด้านนอกอาคาร และมีรอยร้าวบริเวณมุมของวงกบหน้าต่าง (ดังภาพที่ 4.3) ส่วนด้านนอกมีการทำติดบัวรอบกรอบหน้าต่าง จึงไม่พบจุดพกพร่องบริเวณกรอบหน้าต่างด้านนอกอาคาร (ดังภาพที่ 4.4) ซึ่งอาคารนี้ไม่ติดฝ้าเพดานทำให้เห็นเหล็กที่ครอบด้านบนของผนัง (ดังภาพที่ 4.5) เพื่อกระจายน้ำหนักของหลังคา

ภาพที่ 4.59 การปิดผิวด้านนอกอาคาร

ภาพที่ 4.60 รอยร้าวบริเวณวงกบหน้าต่าง และรอยร้าวภายในอาคาร

ภาพที่ 4.61 รอยต่อระหว่างผนังของอาคารกับแผ่นหลังคา และการปูกระเบื้องห้องน้ำ

ตารางที่ 4.27

จุดบกพร่องในอาคารกรณีศึกษา 6

ประเภทปัญหา	วิธีการแก้ไข	จำนวนจุดบกพร่อง
รอยร้าวบริเวณรอยต่อแผ่น	การแต่งแผ่น (Skim) ลบรอยร้าว	3 จุด
รอยร้าวบริเวณวงกบหน้าต่าง	การแต่งแผ่น (Skim) ลบรอยร้าว	1 จุด
พื้นที่ผนัง 100 ตารางเมตร มีจุดบกพร่องโดยเฉลี่ย		1.49 จุด

4.3 วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากอาคารกรณีศึกษาในประเทศไทยที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง การสอบถามและการสัมภาษณ์จากบริษัทผู้ผลิตและติดตั้ง ผู้ออกแบบและเจ้าของอาคาร พบว่า การก่อสร้างด้วยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือก่อสร้างโดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างโดยการนำไปติดตั้งกับโครงสร้างหลักของอาคาร (ผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง) และก่อสร้างโดยใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นโครงสร้างรับน้ำหนัก (ผนังโครงสร้าง) ซึ่งในปัจจุบันอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างที่เป็นระบบผนังรับน้ำหนัก ส่วนใหญ่เป็นอาคารชั้นเดียวขนาดเล็ก หรือเป็นส่วนต่อเติมจากอาคารเดิม โดยศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้าง จากอาคารกรณีศึกษาจำนวน 6 อาคาร แบ่งเป็นอาคารที่ใช้ในรูปแบบผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง จำนวน 3 อาคาร และ อาคารที่ในใช้รูปแบบผนังโครงสร้าง จำนวน 3 อาคาร

4.3.1 การวิเคราะห์ระยะเวลาในการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

การวิเคราะห์ด้านระยะเวลาในการก่อสร้างที่ได้ทำการศึกษา ได้แก่ อัตราการผลิต อัตราการติดตั้ง และอัตราการเก็บรอยต่อ โดยระยะเวลาในงานก่อสร้างของแต่ละอาคารกรณีศึกษาได้ดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.28

อัตราผลผลิตงานก่อสร้างของอาคารกรณีศึกษา

อัตราผลผลิตงานก่อสร้าง	ผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง				ผนังโครงสร้าง				อัตราผลผลิตเฉลี่ย
	อาคารที่ 1	อาคารที่ 2	อาคารที่ 3	เฉลี่ย	อาคารที่ 4	อาคารที่ 5	อาคารที่ 6	เฉลี่ย	
อัตราการผลิตชิ้นส่วน (ตร.ม./วัน)	143.14	100.00	140.40	127.85	105.15	35.00*	89.25	76.47	102.16
อัตราการติดตั้งชิ้นส่วน (ตร.ม./วัน/คน)	28.36	33.33	11.40*	24.36	8.18*	17.50*	13.35	13.01	18.68
อัตราการเก็บรอยต่อ (ตร.ม./วัน/คน)	8.71*	50.00*	23.94	27.55	16.35	23.33	13.35	17.68	22.47
พื้นที่ผนัง (ตร.ม.)	1,002.00	200.00	68.40		49.50	210.00	133.50		

หมายเหตุ : * ข้อมูลที่มีความแตกต่าง ต้องการการชี้แจง

1) ระยะเวลาในการผลิตชิ้นส่วน จากตารางที่ 4.28 จะเห็นว่าระยะเวลาในการผลิตชิ้นส่วนขึ้นอยู่กับวิธีการผลิตของแต่ละบริษัท ทั้งในการผลิตผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างและผนังโครงสร้างมีกระบวนการในการผลิตเหมือนกัน ทำให้มีระยะเวลาในแตกต่างกัน โดยอาคารกรณีศึกษาที่ 1-4 ผลิตโดยวิธีการประกบของบริษัท A มีกำลังผลิตประมาณ 100 - 150 ตร.ม./วัน โดยในอาคารกรณีศึกษาที่ 1-4 ของบริษัท A จะขนส่งชิ้นส่วนมาตรฐานที่การประกบแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์กับโฟม (ดังภาพที่ 4.66) ซึ่งไม่มีการป้องการเสียหายจากการขนส่ง แต่ในการผลิตชิ้นส่วนของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 ได้เปลี่ยนการออกแบบชิ้นส่วน โดยนำเหล็กรีดเย็นติดตั้งด้านข้างของชิ้นส่วนก่อนที่จะขนส่งและติดตั้ง เพื่อให้สามารถติดตั้งชิ้นส่วนได้รวดเร็วขึ้นและลดการเสียหายจากการขนส่ง (ดังภาพที่ 4.67) ส่งผลให้ใช้เวลาในการผลิตชิ้นส่วนสูงกว่าการผลิตชิ้นส่วนของอาคารอื่นๆ เนื่องจากการผลิตชิ้นส่วนมีรายละเอียดที่ซับซ้อนมากขึ้น แต่ในสำหรับการเตรียมชิ้นส่วนของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 นี้ นำมาตัดชิ้นส่วน ติดตั้งเหล็กรีดเย็น และท่อไฟฟ้า ที่หน้างานทำให้พื้นที่ในการผลิตไม่มีความเหมาะสม จึงทำให้ผลิตชิ้นส่วนได้เพียง 35 ตร.ม./วัน ซึ่งผลิตได้น้อยกว่าระบบเดิมถึง 4 เท่า ส่วนบริษัท B ผลิตโดยวิธีการฉีดโฟม ซึ่งชิ้นส่วนทั้งหมดจะต้องเตรียมแบบให้เรียบร้อยก่อนทำการผลิตไม่สามารถเจาะท่อไฟเพิ่มเติมภายหลังได้ มีกำลังผลิตประมาณ 100 – 300 ตร.ม./ วัน

ภาพที่ 4.62 ชิ้นส่วนมาตรฐานที่ถูกขนส่งมายังสถานที่ก่อสร้าง ของอาคารกรณีศึกษาที่ 2, จาก *บริษัท A*, 2558

ภาพที่ 4.63 การติดตั้งเหล็กรีดเย็นที่ด้านข้างของชิ้นส่วน ของอาคารกรณีศึกษาที่ 5

2) ระยะเวลาในการติดตั้ง จากตารางที่ 4.28 จะเห็นว่าการติดตั้งแผ่นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างสามารถติดตั้งได้ประมาณ 24.36 ตร.ม./วัน/คน ซึ่งเร็วกว่าการติดตั้งแผ่นผนังโครงสร้างที่สามารถติดตั้งได้ประมาณ 13.01 ตร.ม./วัน/คน โดยในการติดตั้งใช้แรงงานประมาณ 3-5 คนต่อหนึ่งชุดการติดตั้ง เนื่องจากการออกแบบอาคารที่ไม่ใช่โครงสร้างมีการออกแบบอาคารที่มีผนังที่มีช่องเปิดน้อย และการติดตั้งที่ง่ายกว่า เนื่องจากไม่ต้องคำนึงถึงน้ำหนักที่จะถ่ายลงมายังผนัง แต่อาคารกรณีศึกษาที่ 3 เป็นการติดตั้งแผ่นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างมีอัตราในการติดตั้งต่ำที่สุด เนื่องจากติดตั้งแผ่นผนังกับโครงสร้างพื้นและผนังไม้เดิม ซึ่งเป็นอาคารเก่าที่มีแนวระนาบของโครงสร้างที่ไม่เรียบ และสภาพพื้นที่ก่อสร้างที่แคบ ทำให้การก่อสร้างได้ไม่สะดวก จึงทำให้ติดตั้งได้ 11.40 ตร.ม./วัน/คน ส่วนอาคารกรณีศึกษาที่ 4 เป็นการติดตั้งแผ่นผนังโครงสร้างมีอัตราในการติดตั้งต่ำที่สุด โดยติดตั้งแผ่นผนังได้ 8.18 ตร.ม./วัน/คน เนื่องจากก่อสร้างเต็มพื้นที่ไม่มีที่กองเก็บวัสดุ ทำให้ต้องกองวัสดุไว้บนทางเท้านอกเขตที่ดิน แล้วจึงส่งวัสดุข้ามรั้วเพื่อติดตั้ง และต้องก่อสร้างในเวลากลางคืน เนื่องจากในเวลากลางวันจะมีคนใช้งานทางเท้านี้ ซึ่งเป็นอุปสรรคในการติดตั้ง และอาคารกรณีศึกษาที่ 5 เป็นการติดตั้งแผ่นผนังโครงสร้างมีอัตราในการติดตั้งสูงที่สุด โดยติดตั้งแผ่นผนังได้ 17.50 ตร.ม./วัน/คน แม้ว่าอาคารนี้ถูกออกแบบอาคารให้มีช่องเปิดขนาดใหญ่ ทำให้เป็นอุปสรรคในการติดตั้งแผ่นผนัง ทำให้ติดตั้งได้ไม่ต่อเนื่อง เพราะต้องติดตั้งเหล็กรูปพรรณที่เสริมความแข็งแรงให้กับช่องเปิดที่กว้าง แต่เนื่องจากการก่อสร้างอาคารนี้ทางผู้ผลิตได้ออกแบบชิ้นส่วนใหม่ เพื่อทำให้สามารถติดตั้งได้รวดเร็วขึ้น

3) ระยะเวลาในการเก็บรอยต่อ จากตารางที่ 4.28 จะเห็นว่าการเก็บรอยต่อของแผ่นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างสามารถติดตั้งได้ประมาณ 27.55 ตร.ม./วัน/คน ซึ่งเร็วกว่าการเก็บรอยต่อแผ่นผนังโครงสร้างที่สามารถเก็บรอยต่อได้ 17.68 ตร.ม./วัน/คน เนื่องจากการออกแบบอาคารที่ไม่ใช่โครงสร้างมีการออกแบบอาคารที่มีผนังที่มีช่องเปิดน้อย ทำให้เกิดจำนวนของรอยต่อน้อยกว่า โดยอาคารกรณีศึกษาที่ 1 เป็นการติดตั้งแผ่นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างมีอัตราในการเก็บรอยต่ำที่สุด โดยเก็บรอยต่อแผ่นผนังได้ 8.71 ตร.ม./วัน/คน เนื่องจากมีการออกแบบอาคารที่มีผนังสูง 7.50 และ 4.50 เมตร ส่งผลให้ทำงานได้ยาก เพราะต้องใช้นั่งร้านในการทำงาน ส่วนอาคารกรณีศึกษาที่ 2 เป็นการติดตั้งแผ่นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างมีอัตราในการเก็บรอยสูงที่สุด สามารถเก็บรอยต่อได้ 50 ตร.ม./วัน/คน เนื่องจากมีการออกแบบอาคารที่มีผนังสูง 3.00 เมตร ซึ่งส่วนมากเป็นแผ่นผนังขนาดมาตรฐานที่ไม่มีช่องเปิด จึงทำให้มีจำนวนรอยต่อน้อย

ภาพที่ 4.64 ความสูงของผนังอาคาร ส่งผลต่อระยะเวลาในการติดตั้งและการเก็บรอยต่อ, จาก *บริษัท A*, 2558

การก่อสร้างแผ่นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างสามารถก่อสร้างได้รวดเร็วกว่าการก่อสร้างผนังโครงสร้าง เนื่องจากผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง มีการออกแบบอาคารที่มีช่องเปิดน้อย ส่วนมากเป็นการติดตั้งชิ้นส่วนขนาดมาตรฐานทำให้มีจำนวนรอยต่อน้อยกว่า จึงสามารถติดตั้งและเก็บรอยต่อได้เร็วกว่า ส่วนการออกแบบอาคารที่ผนังสูง ทำให้ก่อสร้างได้ช้ากว่า ส่วนการออกแบบชิ้นส่วนให้ติดตั้งได้ง่าย ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการก่อสร้างได้ จะเห็นว่าการออกแบบอาคาร ส่งผลไปยังการออกแบบชิ้นส่วน และส่งผลไปยังการติดตั้งชิ้นส่วน ซึ่งส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง

4.3.2 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

การวิเคราะห์ด้านต้นทุนค่าก่อสร้างที่ได้ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าวัสดุผนัง ค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง ค่าขนส่ง และค่าแรง โดยสรุปประยะเวลาของแต่ละอาคารกรณีศึกษาได้ดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.29

ต้นทุนค่าก่อสร้างของกรณีศึกษา

ต้นทุนค่าก่อสร้าง (บาท/ตร.ม.)	ผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง				ผนังโครงสร้าง				ต้นทุนเฉลี่ย
	อาคารที่ 1	อาคารที่ 2	อาคารที่ 3	ต้นทุนเฉลี่ย	อาคารที่ 4	อาคารที่ 5	อาคารที่ 6	ต้นทุนเฉลี่ย	
ค่าวัสดุผนัง	848.30	1,000.00*	750.00	866.10	1,000.00	1,062.86	750 .00*	937.62	901.86
ค่าขนส่ง	19.96	25.00	37.04*	27.33	46.67*	23.81	ผลิตที่ Site	35.24	31.29
ค่าแรงงาน	117.76*	120.00*	65.79	101.18	57.12	120.00*	60.00	79.04	90.11
ค่าเครื่องจักร	24.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต้นทุนค่าก่อสร้างผนัง	1,190.62	1,320.00	1,013.65	1,166.43	1,246.50	1,451.82	960.00*	1,231.19	1,198.82
พื้นที่ผนัง (ตร.ม.)	1,002.00	200.00	68.40		49.50	210.00	133.50		

หมายเหตุ : * ข้อมูลที่มีความแตกต่าง ต้องการการชี้แจง

1) ต้นทุนค่าวัสดุผนัง จากตารางที่ 4.29 จะเห็นว่าแผ่นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างมีต้นทุนค่าวัสดุประมาณ 866.10 บาท/ตร.ม. ซึ่งต่ำกว่าต้นทุนวัสดุแผ่นผนังโครงสร้างที่มีต้นทุนค่าวัสดุประมาณ 937.62 บาท/ตร.ม. เนื่องจากผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างใช้ผนังที่มีความหนาน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง อาคารกรณีศึกษาที่ 2 มีต้นทุนค่าวัสดุสูงที่สุด คือ 1,000.00 บาท/ตร.ม. เนื่องจากอาคารกรณีศึกษาที่ 2 ออกแบบชิ้นส่วนที่มีความหนา 10.0 ซม. ในขณะที่อาคารกรณีศึกษาที่ 1 และ 3 ออกแบบชิ้นส่วนที่มีความหนา 5.0 ซม. ส่วนเมื่อเปรียบเทียบกับผนังโครงสร้าง อาคารกรณีศึกษาที่ 6 มีต้นทุนค่าวัสดุต่ำที่สุด คือ 750.00 บาท/ตร.ม. เนื่องจากอาคารกรณีศึกษาที่ 6 ใช้แผ่นผนังของบริษัท B ออกแบบชิ้นส่วนที่มีความหนา 7.5 ซม. และมีการออกแบบอาคารที่ลงตัวกับระบบพิกัดของแผ่นผนังมาตรฐานที่บริษัทผลิต ทำให้มีเศษวัสดุผนังน้อย ในขณะที่อาคารกรณีศึกษาที่ 4 และ 5 ออกแบบชิ้นส่วนที่มีความหนา 10.0 ซม. และการออกแบบอาคารที่ไม่ลงตัวกับระบบพิกัด ทำให้เศษวัสดุจากก่อสร้างมากส่งผลให้ต้นทุนค่าวัสดุผนัง

2) ต้นทุนค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง ได้แก่ รางเหล็กรอยต่อที่พื้น เหล็กรอยต่อเสริมแรงระหว่างแผ่น เหล็กรอยต่อที่หลังคาครอบด้านบนของแผ่นผนัง สกรู และอุปกรณ์ในการเก็บรอยต่อ จากตารางที่ 4.29 จะเห็นว่าแผ่นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างและแผ่นผนังโครงสร้างมีต้นทุนค่าอุปกรณ์ในการติดตั้งใกล้เคียงกัน ซึ่งอาคารที่ 1 และ 3 ใช้โครงคร่าวเหล็กที่มีระยะระหว่างโครงเคร่า 1.20 ม. ส่วนอาคารที่ 2 และ 4 ติดตั้งโดยใช้เหล็กกล่องขนาด 2.0x 2.0 นิ้ว ส่วนอาคารกรณีศึกษาที่ 5 มีต้นทุนค่าอุปกรณ์ในการติดตั้งสูงที่สุด เนื่องจากมีการออกแบบชิ้นส่วนใหม่โดยใช้เหล็กรีดเย็นในการติดตั้งรอยต่อ ซึ่งช่วยในการเสริมความแข็งแรงและช่วยลดระยะเวลาในการติดตั้ง แลมีการออกแบบอาคารที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่ ซึ่งต้องใช้เหล็กรูปพรรณเสริมความแข็งแรงบริเวณช่องเปิด ทำให้มีต้นทุนค่าอุปกรณ์ในการติดตั้งสูงกว่าอาคารกรณีศึกษาอื่นประมาณ 1.5 เท่าของต้นทุนค่าอุปกรณ์ในการติดตั้งของอาคารกรณีศึกษาอื่น

3) ต้นทุนค่าขนส่ง ขึ้นอยู่กับระยะทางและจำนวนที่บรรทุกต่อเที่ยว ซึ่งอาคารที่ 3 และอาคารที่ 4 ใช้แผ่นผนังจำนวนน้อยทำให้มีต้นทุนค่าขนส่งสูงกว่าอาคารอื่นๆ โดยค่าขนส่งของบริษัท A ในบริเวณกรุงเทพฯ และปริมณฑล จากโรงงานที่จังหวัดราชบุรี ขนส่งโดยรถบรรทุก 6 ล้อ (ดังภาพที่ 4.70) ราคาค่าขนส่งเที่ยวละ 5,000 บาท โดยปริมาณสูงสุด 200 ตร.ม./เที่ยว ส่วนบริษัท B ขนส่งโดยรถบรรทุก 6 ล้อ คิดค่าขนส่ง 30 บาท/กม. โดยโรงงานตั้งอยู่ที่จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งถ้าพื้นที่ผนังที่ต้องการใช้งานใกล้เคียงกับ 200 ตร.ม. เนื่องจากเป็นพื้นที่ผนังสูงสุดที่รถบรรทุก 6 ล้อสามารถบรรทุกได้ต่อหนึ่งเที่ยว จะทำให้เสียค่าขนส่งต่อตารางเมตรต่ำที่สุด

ภาพที่ 4.65 รถบรรทุก 6 ล้อที่ใช้ในการขนส่งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ของอาคารกรณีศึกษาที่ 5

4) ต้นทุนค่าแรงงาน เนื่องจากการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นการก่อสร้างที่ค่อนข้างใหม่สำหรับช่างก่อสร้างในประเทศไทย ทำให้ผู้รับเหมาจะประมาณราคาค่าแรงที่สูงกว่างานก่อสร้างทั่วไป เพราะไม่ทราบวิธีการติดตั้งว่าสามารถติดตั้งยากหรือง่ายกว่าการก่อสร้างด้วยระบบดั้งเดิม จึงมีการเผื่อราคาค่าแรงงานไว้ก่อน และอาจต้องมีต้นทุนค่าเสียเวลาและค่าคอร์สอบรมในการติดตั้งด้วยระบบนี้ จากตารางที่ 4.29 จะเห็นว่าอาคารกรณีศึกษาที่ 1 อาคารกรณีศึกษาที่ 2 และอาคารกรณีศึกษาที่ 5 มีต้นทุนค่าแรงงานสูงกว่าอาคารกรณีศึกษาอื่นๆ เนื่องจากติดตั้งแผ่นผนังโดยใช้ผู้รับเหมาช่วง ส่วนอาคารที่เหลือทางบริษัทผู้ผลิตไปติดตั้งแผ่นผนังเอง ทำให้มีต้นทุนค่าแรงงานต่ำกว่า

5) ต้นทุนค่าเครื่องจักร โดยปกติการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างจะใช้แรงงานคนในการติดตั้งเป็นหลัก ซึ่งอาคารที่ก่อสร้างมีความสูงมากกว่า 1 ชั้น อาจต้องใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วยในการขนส่งแนวดิ่ง ทำให้อาคารที่ 1 ก่อสร้างอาคารที่มีความสูง 4 ชั้น จึงต้องนำรอกไฟฟ้าขนาด 160 กก. 1 เครื่อง ในการขนส่ง (ดังภาพที่ 4.71) ทำให้มีต้นทุนค่าเครื่องจักรประมาณ 25 บาท/ตร.ม. ส่วนอาคารที่ 2 เป็นอาคาร 4 ชั้น เช่นเดียวกับอาคารที่ 1 แต่เนื่องจากเกิดความผิดพลาดในการประสานงาน จึงทำให้ในวันที่จะขนส่งแผ่นผนังขึ้นไปบนอาคารไม่มีรอกไฟฟ้า แต่ใช้แรงงานคนในการขนส่งในแนวดิ่งแทน เนื่องจากวัสดุมีน้ำหนักเบา จึงทำให้สามารถใช้แรงงานคนแทนเครื่องจักรได้ ส่วนอาคารที่ 3 เป็นอาคาร 3 ชั้น แต่เนื่องจากมีใช้ผนังพื้นที่น้อย จึงทำให้ผู้ติดตั้งใช้แรงงานคนในการขนส่งในแนวดิ่ง ส่วนอาคารที่ 4-6 เป็นอาคารชั้นเดียว จึงไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรในการติดตั้ง ทำให้อาคารที่ 2-6 ไม่มีต้นทุนค่าเครื่องจักร

การก่อสร้างแผ่นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างมีต้นทุนค่าก่อสร้างรวมต่ำกว่าการก่อสร้างแผ่นผนังโครงสร้าง เนื่องจากผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างมักจะถูกออกแบบให้มีชิ้นส่วนที่มีความหนาน้อยกว่า ทำให้มีต้นทุนค่าวัสดุที่ต่ำกว่า ส่วนการออกแบบอาคารที่ลงตัวกับระบบพิกัดทำให้มีต้นทุนค่าวัสดุต่ำลง และการออกแบบชิ้นส่วนเพื่อให้สามารถติดตั้งได้เร็วขึ้น ลดการโกงของชิ้นส่วน และลดการเสียหายจากการขนส่ง ทำให้มีต้นทุนค่าอุปกรณ์สูงขึ้น และการติดตั้งชิ้นส่วนที่ถูกออกแบบให้สามารถใช้แรงงานคนในการติดตั้งได้ ทำให้สามารถลดต้นทุนค่าแรงงาน และเครื่องจักรลงได้ จะเห็นว่าการออกแบบอาคาร ส่งผลไปยังการออกแบบชิ้นส่วน และส่งผลไปยังการติดตั้งชิ้นส่วน ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนค่าก่อสร้าง

ภาพที่ 4.66 รอกไฟฟ้าที่ใช้ในการขนส่งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ของอาคารกรณีศึกษาที่ 1

4.3.3 การวิเคราะห์คุณภาพของงานก่อสร้าง ด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

อาคารที่ก่อสร้างด้วยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีลักษณะภายนอกคล้ายคลึงกับอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบอื่น แต่ความหนาแน่นของวัสดุน้อยกว่า หากเคาะที่ผนังจะให้เสียงที่แตกต่างกัน เนื่องจากวัสดุความหนาแน่นต่ำกว่า จึงทำให้วัสดุแผ่นฉนวนโครงสร้างมีน้ำหนักน้อยกว่าวัสดุอื่นที่ใช้ในการก่อสร้างในปัจจุบัน เนื่องจากการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นการก่อสร้างโดยการนำแผ่นผนังที่ผลิตเตรียมไว้มาติดตั้งที่พื้นที่ก่อสร้าง ทำให้อาจเกิดปัญหาในการเก็บรอยต่อ และการรั่วซึม ในการศึกษาครั้งนี้จึงวิเคราะห์คุณภาพของงานก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ได้ศึกษาคุณภาพในการเก็บรอยต่อ การรั่วซึม จากการสำรวจจำนวนจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นในการก่อสร้าง พร้อมทั้งจุดบกพร่องอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการก่อสร้าง หรือการใช้งาน

ตารางที่ 4.30

จำนวนจุดบกพร่องของงานก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา

จุดบกพร่อง	ผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง				ผนังโครงสร้าง				เฉลี่ย
	อาคารที่ 1	อาคารที่ 2	อาคารที่ 3	เฉลี่ย	อาคารที่ 4	อาคารที่ 5	อาคารที่ 6	เฉลี่ย	
การเก็บรอยต่อ	4.0	0.0	0.0	1.3	3.0	0.0	4.0	3.50	2.42
การรั่วซึม	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
อื่นๆ									
- รอยยุบจากการกระแทก	1.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
- รอยบิ่นบริเวณมุมอาคาร	0.0	0.0	0.0	0.00	1.0	0.0	0.0	0.3	0.2
จุดบกพร่องต่อพื้นที่ผนัง 100 ตารางเมตร	0.5	0.0	0.0	0.17	8.0	0.0	1.5	3.17	1.67
พื้นที่ผนัง (ตร.ม.)	1,002.00	200.00	68.40		49.50	210.00	133.50		

ตารางที่ 4.30 แสดงจำนวนจุดบกพร่องของอาคารกรณีศึกษา ทั้ง 6 อาคาร ซึ่งเก็บข้อมูลโดยการสังเกตของผู้วิจัย โดยการสำรวจจากอาคารกรณีศึกษา และสัมภาษณ์เจ้าของอาคาร ทำให้อาจเป็นตัวอย่างของจุดบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นได้ เนื่องจากการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ก่อสร้างโดยการนำแผ่นผนังที่ผลิตเตรียมไว้ซึ่งมีความกว้าง 0.60 – 1.20 เมตร มาติดตั้งต่อกัน ทำให้เกิดรอยต่อจำนวนมาก และก่อให้เกิดโอกาสที่ทำให้น้ำรั่วซึมได้ ในการเก็บรอยต่อสามารถเก็บงานบริเวณรอยต่อด้วยการใช้ซิลิโคน แต่ซิลิโคนที่ใช้มักมีอายุการใช้งานต่ำกว่าอายุการใช้งานของแผ่นผนัง เมื่อซิลิโคนที่ใช้เก็บรอยต่อเสื่อมอายุ ทำให้เกิดรอยร้าวบริเวณรอยต่อ ในบริเวณรอยต่อของแผ่น และรอยต่อรอบๆ วงกบหน้าต่างและประตูได้ และอาจส่งผลให้เกิดการรั่วซึมได้ แต่ในปัจจุบันยังไม่พบปัญหาการรั่วซึมของน้ำ เพราะรายละเอียดในการต่อได้ถูกออกแบบให้ป้องกันน้ำซึมเข้ามาในอาคาร ส่วนจุดบกพร่องอื่นๆ ที่เกิดจากการใช้งาน เช่น รอยยุบ หรือรอยบิ่น จากการถูกกระแทก เนื่องจากวัสดุแกนกลางเป็นโฟมแข็ง ซึ่งเป็นสามารถยืดหยุ่นได้ ทำให้หากถูกแรงกระแทกแรงๆ จะทำให้แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ด้านนอกแตกหักได้ ส่งให้ให้เกิดรอยยุบ หรือรอยบิ่นที่มุมผนัง ดังเช่นอาคารกรณีศึกษาที่ 1 และ อาคารกรณีศึกษาที่ 4 ได้ ส่วนอาคารที่ 2 ทีไม่เห็นจุดบกพร่อง เนื่องจากมีการติดวอลเปเปอร์ ทำให้บริเวณไม่พบรอยร้าวเช่นเดียวกับอาคารอื่นๆ

การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง มีข้อด้อยคือจุดบกพร่องบริเวณรอยต่อ เนื่องจากการนำวัสดุที่กว้าง 0.60 -1.20 เมตร การก่อสร้างแผ่นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างทำให้มีจำนวนจุดบกพร่องของอาคารน้อยกว่าการก่อสร้างแผ่นผนังโครงสร้าง เนื่องจากวัสดุมีความยืดหยุ่น เมื่อรับน้ำหนักจากหลังคาทำให้เกิดการโก่งตัวเพิ่มได้ ส่งผลให้เกิดรอยร้าวบริเวณรอยต่อแผ่น การออกแบบอาคารที่ไม่ลงตัวกับระยะพิกัด หรือการเลือกใช้ระบบพิกัดที่มีความกว้างน้อย ส่งผลให้มีจำนวนรอยต่อมาก ทำให้เกิดโอกาสในการเกิดจุดบกพร่องสูงขึ้น และการออกแบบอาคารให้มีการนำวัสดุมาปิดผิวแผ่นผนัง ช่วยในการเก็บงานทำให้พบจุดบกพร่องลดลง ส่วนการออกแบบชิ้นส่วนดังเช่นการออกแบบให้มีเนื้อโฟมหุ้มเหล็กเสริมแรง เพื่อลดการขยายตัวของเหล็กจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จะเห็นว่าการออกแบบอาคาร ส่งผลไปยังการออกแบบชิ้นส่วน ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของงานก่อสร้าง

4.3.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

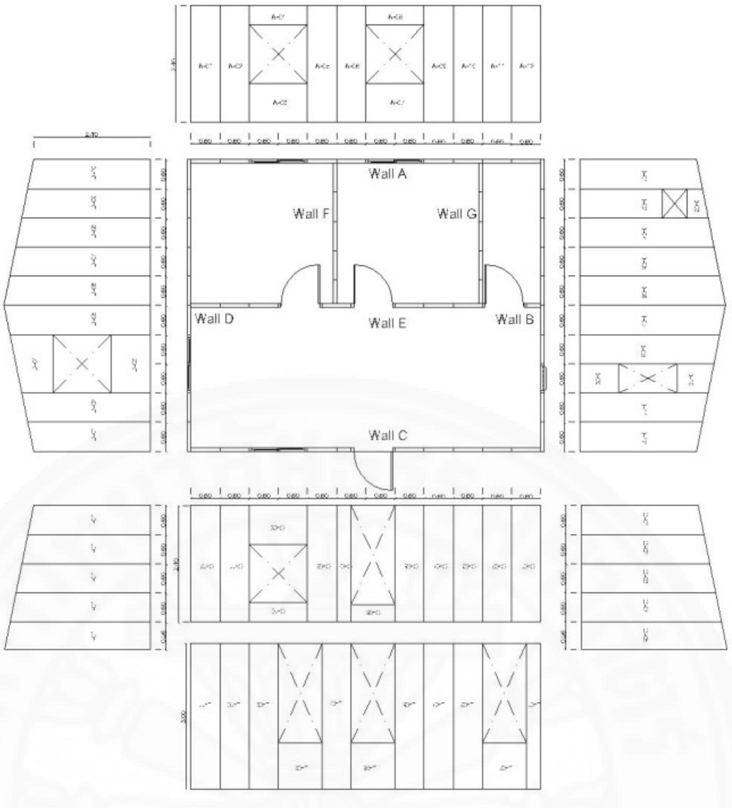
จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างของอาคารกรณีศึกษาที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างจำนวน 6 อาคาร และวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อจำแนกข้อมูลที่รวบรวมได้ สอดคล้องกับตัวแปรของวัตถุประสงค์ของการวิจัย แล้วจึงสร้างข้อความสรุปแบบอุปนัย (Induction) ประกอบกับงานวิจัยที่ได้ศึกษา พบว่า ปัจจัยในด้านการออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วน และวิธีการติดตั้ง ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

1. การออกแบบอาคาร

การออกแบบอาคารที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ได้แก่ การออกแบบอาคารที่มีระยะพื้นถึงพื้นที่มีความสูงเกิน 3.00 เมตร ซึ่งเป็นระยะความสูงของแผ่นผนังมาตรฐานของทั้งบริษัทผู้ผลิต 2 บริษัท ทำให้การทำงานในส่วนของการติดตั้งและการเก็บรอยต่อ ต้องอาศัยนั่งร้านในการทำงาน ส่งผลต่อระยะเวลาในการติดตั้ง และการเก็บรอยต่อ ทำให้สามารถติดตั้งได้ช้าลง ดังตัวอย่างของอาคารกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งออกแบบให้ผนังมีความสูง 7.50 เมตร (ดังภาพที่ 4.68) ส่วนในอาคารกรณีศึกษาที่ 1-4 เป็นการติดตั้งแผ่นผนังที่มีความสูง 2.40 เมตร และ 3.00 เมตร ทำให้อาคารกรณีศึกษาที่ 1 มีอัตราผลผลิตในการเก็บรอยต่อต่ำกว่าค่าเฉลี่ยประมาณ 3 เท่าของอาคารกรณีศึกษาอื่นๆ เนื่องจากการทำงานยากกว่าและต้องใช้จำนวนแรงงานมากขึ้น และการออกแบบอาคารให้มีขนาดและมิติอาคารที่ลงตัวกับระบบพิกัด ทำให้ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นมีขนาดเท่าๆ กัน และมีจำนวนแบบน้อยที่สุด ดังอาคารกรณีศึกษาที่6 ซึ่งชิ้นส่วนส่วนใหญ่มีความกว้าง 0.60 เมตร และมีรูปแบบ 7 รูปแบบ และอาคารที่ 2 ซึ่งใช้ชิ้นส่วนขนาด 1.20 เมตร เป็นส่วนใหญ่ และมีเพียง 2 รูปแบบทำให้มีอัตราการติดตั้งสูงกว่าค่าเฉลี่ยประมาณ 1.4 เท่า และการออกแบบอาคารที่มีช่องเปิดกว้าง ดังตัวอย่างอาคารกรณีศึกษาที่ 5 ทำให้ต้องติดตั้งเหล็กรูปพรรณเสริมความแข็งแรงบริเวณช่องเปิด ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการเชื่อม แต่การติดตั้งในอาคารกรณีศึกษาที่ 5 ได้มีการออกแบบชิ้นส่วนให้มีการติดตั้งได้รวดเร็วขึ้น จึงทำให้อัตราผลผลิตในการติดตั้งของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 ยังคงติดตั้งได้รวดเร็วกว่าค่าเฉลี่ยประมาณ 1.4 เท่า

ภาพที่ 4.67 การติดตั้งผนังของอาคารกรณีศึกษาที่ 1

การออกแบบอาคารที่ส่งผลต่อต้นทุนค่าก่อสร้าง ได้แก่ การออกแบบอาคารที่มีระยะพื้นถึงพื้นที่มีความสูงเกิน 3.00 เมตร ต้องใช้แรงงานจำนวนมากขึ้น เนื่องจากต้องมีคนเข้ามาช่วยในการส่งวัสดุเพิ่มขึ้นและทำงานได้ช้าลง ส่งผลต่อต้นทุนในการก่อสร้าง และการออกแบบอาคารให้มีขนาดและมิติอาคารที่ลงตัวกับระบบพิกัด จากการศึกษาอาคารกรณีศึกษาทั้ง 6 อาคาร พบว่าอาคารกรณีศึกที่ 1-5 เป็นการออกแบบโดยการนำแบบของอาคารที่ต้องการมาปรับปรุงเพื่อให้ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง จึงทำให้ในการก่อสร้างมีการตัดชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อให้ลงตัวกับแบบของอาคารที่ต้องการ โดยอาคารกรณีศึกษาที่ 1 อาคารกรณีศึกษาที่ 2 และอาคารกรณีศึกษาที่ 5 มีการออกแบบรูปแบบของอาคารมาก่อนแล้ว และอาคารกรณีศึกษาที่ 3 และ 4 การออกแบบถูกจำกัดด้วยพื้นที่ จึงทำให้อาคารกรณีศึกษาที่ 1-5 ไม่สามารถปรับแบบเดิมให้ลงตังกับขนาดพิกัดหรือขนาดชิ้นส่วนมาตรฐานได้ ส่วนอาคารกรณีศึกษาที่ 6 เป็นการออกแบบอาคารโดยใช้ขนาดชิ้นส่วน มาตรฐานเป็นตัวกำหนด (ดังภาพที่ 4.67) จึงเกิดเศษวัสดุจากการก่อสร้างในจำนวนน้อย ซึ่งออกแบบและก่อสร้างโดยบริษัท B โดยผลิตขนาดชิ้นส่วนมาตรฐานคือ 0.60 x 3.00 ตร.ม. และ 0.60 x 2.40 ตร.ม. โดยการออกแบบอาคารกรณีศึกษาที่ 6 มีการออกแบบโดยใช้ระยะพิกัดที่ 0.60 x 0.60 ตร.ม. เพื่อให้สามารถนำมาแผ่นมาตรฐานมาจัดเรียงเป็นรูปแบบอาคาร ทำให้เกิดเศษวัสดุจากการก่อสร้างให้น้อย รูปแบบของชิ้นส่วนมีรายละเอียดที่ไม่ซับซ้อน สามารถผลิตและขนส่งได้ง่าย ส่งผลต่อต้นทุนค่าก่อสร้างที่ต่ำ ลงและการออกแบบอาคารที่มีช่องเปิดกว้าง ดังตัวอย่างอาคารกรณีศึกษาที่ 5 ทำให้ต้องมีงานเชื่อมเหล็กเพื่อเสริมความแข็งแรง ส่งผลให้เกิดต้นทุนค่าอุปกรณ์ในการติดตั้งที่สูงขึ้น



ภาพที่ 4.68 การออกแบบและแบบของชิ้นส่วนของอาคารกรณีศึกษาที่ 6

การออกแบบอาคารที่ส่งผลต่อคุณภาพของงานก่อสร้าง ได้แก่ การออกแบบอาคารที่มีระยะพื้นถึงพื้นที่มีความสูงเกิน 3.00 เมตร จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตและติดตั้ง และสถาปนิกผู้ปรับแบบอาคารให้สอดคล้องกับการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง การต่อแผ่นผนังในแนวนอน ทำให้ผนังนั้นๆ มีความแข็งแรงต่ำ และไม่แนะนำให้ใช้เป็นระบบผนังรับน้ำหนัก ดังตัวอย่างของอาคารกรณีศึกษาที่ 1 ที่ติดตั้งผนังสูง 7.50 เมตร ทำให้มีต้นทุนค่าติดตั้งที่สูงขึ้น เนื่องจากใช้แรงงาน และใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างสูง ส่วนในด้านความแข็งแรง เนื่องจากผนังมีความสูงมาก ทางบริษัทผู้ผลิต และสถาปนิกผู้ออกแบบของอาคาร ได้ปรับเปลี่ยนวิธีการต่อโดยการนำแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ติดบนโครงคร่าวซึ่งมีระยะของเหล็กโครงเคร่าเท่ากับ 1.20 เมตร และในกรณีศึกษาที่ 5 (ภาพที่ 4.68) มีบริเวณด้านข้างของอาคาร ซึ่งเป็นหลังคาทรงจั่ว ทำให้ผนังบริเวณนั้นมีความสูงเกิน 3.00 เมตร ทำให้ต้องต่อแผ่นผนังในแนวนอน ทางผู้ติดตั้งจึงออกแบบติดตั้งกับโครงเหล็กของหลังคา ส่วนในอาคารกรณีศึกษาที่ 2-4 และอาคารที่ 6 เป็นการติดตั้งแผ่นผนังที่มีความสูง 2.40 เมตร และ 3.00 เมตร จึงไม่เกิดปัญหาการต่อผนังในแนวนอน และการออกแบบอาคารให้มีขนาดและมิติอาคารที่ลงตัวกับระบบพิกัด ทำให้ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นมีขนาดเท่าๆ กัน ส่งผลให้มีการกระจายน้ำหนัก

ในแต่ละชิ้นส่วนเท่าๆ กัน ทำให้อาคารสามารถรับน้ำหนักได้ดีขึ้น และการออกแบบอาคารที่มีช่องเปิดกว้างต่อเนื่องกัน ส่งผลต่อความแข็งแรงของอาคาร ดังตัวอย่างอาคารกรณีศึกษาที่ 5 เนื่องจากการก่อสร้างใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก ทำให้การก่อสร้างอาคารไม่ต้องใช้เสา แต่ถ้าหากมีการเจาะช่องเปิดขนาดใหญ่ ทำให้ต้องเพิ่มโครงสร้างเสาเหล็กไว้ด้านในผนัง (ดังภาพที่ 4.69) เพื่อช่วยในการรับน้ำหนักของหลังคา และเป็นเหล็กกล่องเป็นคานทับหลัง เพื่อป้องกันน้ำหนักกดทับมาที่ช่องเปิด ซึ่งอาคารกรณีศึกษาที่ 5 เป็นเพียงอาคารเดียวที่มีการเจาะช่องเปิดขนาดใหญ่ ส่วนอาคารกรณีศึกที่ 1-4 และ อาคากรณีศึกษาที่ 6 ไม่มีการเจาะช่องเปิดมีความกว้างเกินแผ่นมาตรฐาน จึงไม่ทำให้ผนังสูญเสียความแข็งแรง

ภาพที่ 4.69 การติดตั้งผนังของอาคารกรณีศึกษาที่ 5

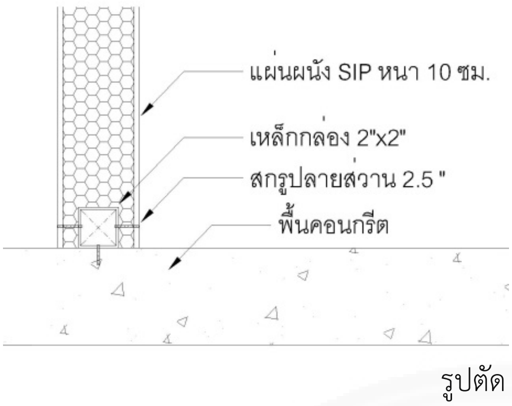
ภาพที่ 4.70 การติดตั้งผนังที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่ของอาคารกรณีศึกษาที่ 5

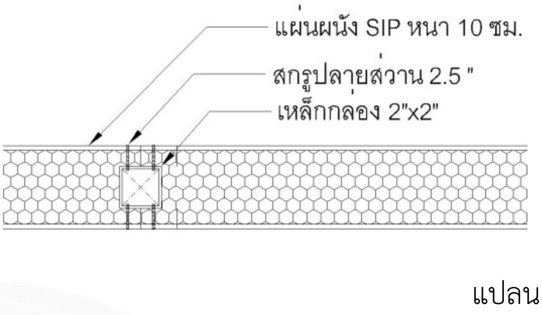
จากการวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษาทั้ง 6 อาคาร พบว่า การออกแบบอาคารที่มีขนาดที่เหมาะสมกับขนาดชิ้นส่วนมาตรฐานของแต่ละบริษัท โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสูงระหว่างชั้นที่ต้องพอดีกับความสูงของแผ่นผนัง และรูปแบบที่ไม่ซับซ้อน เพื่อทำให้ลดการเกิดเศษวัสดุจากการก่อสร้างลง และการออกแบบที่มีการวางรูปแบบที่เหมาะสมจะทำให้อาคารมีความแข็งแรงมากขึ้น ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้าง และยังส่งผลต่อการออกแบบชิ้นส่วนซึ่งขั้นตอนต่อไป จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ว่า การออกแบบอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ควรขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุแผ่นที่ใช้

โดยสามารถออกแบบชิ้นส่วนให้มีขนาดเล็กลงได้ แต่ควรตัดชิ้นส่วนให้ลงตัวกับขนาดพิกัด 0.60 เมตร หรือ 0.40 เมตร แต่เพื่อความประหยัดและสะดวกในการก่อสร้าง ควรออกแบบอาคารให้ใช้รูปแบบของแผ่นผนังมีจำนวนน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรือไม่ต้องตัดแผ่นเลย ซึ่งต้องคำนึงถึงขนาด หรือมิติของห้อง และตัวอาคารที่ต้องการ รวมทั้งความสวยงามทางสถาปัตยกรรมด้วย (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิต และติดตั้งระบบแผ่นฉนวนโครงสร้างทั้ง 2 บริษัท พบว่า การออกแบบอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ควรมีรูปแบบของอาคารที่ไม่ซับซ้อน มีรูปแบบของแผ่นผนังมีจำนวนน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ และมีขนาดของอาคารให้ลงตัวกับขนาดชิ้นส่วนมาตรฐานของแต่ละบริษัท จะส่งให้เกิดประสิทธิภาพในด้านระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพในการก่อสร้างสูงที่สุด

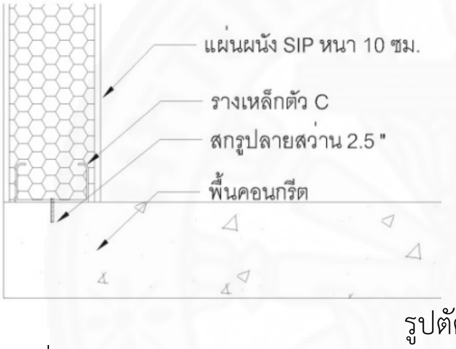
2. การออกแบบชิ้นส่วน

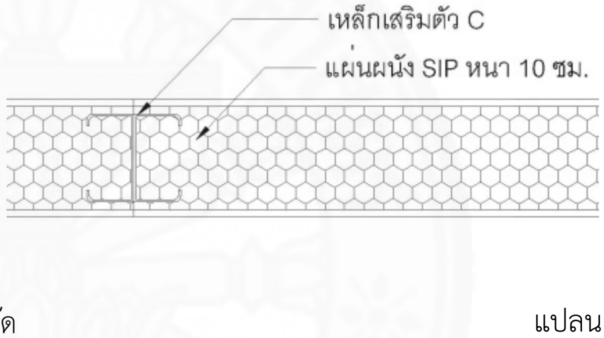
การออกแบบชิ้นส่วนที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ได้แก่ การออกแบบรอยต่อชิ้นส่วน และการออกแบบขนาดของชิ้นส่วน โดยวิธีการติดตั้งแผ่นผนังเป็นผลจากการออกแบบรอยต่อของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง หากมีการออกแบบรอยต่อให้สามารถติดตั้งได้ง่ายก็จะสามารถช่วยลดระยะเวลาในการก่อสร้างลงได้ ดังตัวอย่างอาคารกรณีศึกษาที่ 5 ได้มีการออกแบบรอยต่อแผ่นผนังรูปแบบใหม่ ทำให้สามารถติดตั้งแผ่นผนังได้รวดเร็วขึ้น โดยพัฒนาจากรอยต่อแบบเดิม ในอาคารกรณีศึกษาที่ 1-4 ซึ่งผลิตและติดตั้งโดยบริษัท A ได้ออกแบบรอยต่อโดยใช้เหล็กกล่องขนาด 2” x 2” (ดังภาพที่ 4.71) ได้พัฒนารูปแบบของรอยต่อนำเหล็กรีดเย็นเข้ามาติดตั้งด้านข้างทั้งสองด้านของแผ่นผนัง ซึ่งออกแบบให้ชิ้นส่วนให้สมบูรณ์มากที่สุดในโรงงาน เพื่อทำให้สามารถติดตั้งยังสถานที่ก่อสร้างได้รวดเร็วขึ้น (ดังภาพที่ 4.72) และช่วยลดระยะเวลาในการติดตั้งของผนังลงได้ โดยใช้รางเหล็กด้านล่างและด้านบนเป็นส่วนที่ยึดให้แต่ละแผ่นติดกัน จึงไม่ต้องยิงสกรู ทำให้ลดเวลาในการยิงสกรูและการเก็บรอยตัวสกรูลงได้ โดยจะเห็นได้จากอัตราการติดตั้งของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 มีอัตราการติดตั้งการติดตั้งสูงกว่าค่าเฉลี่ยประมาณ 1.4 เท่า และการออกแบบขนาดของชิ้นส่วนส่งผลต่อการระยะเวลาในการติดตั้ง ดังอาคารกรณีศึกษาที่ 6 ได้ออกแบบให้ชิ้นส่วนมีขนาด 0.60 เมตร ทำให้แรงงานสามารถทำงานได้ง่ายกว่า ส่งผลให้ระยะเวลาในการติดตั้งน้อยกว่า แต่ชิ้นส่วนขนาดเล็กส่งผลให้มีรอยต่อจำนวนมาก ทำให้ใช้ระยะเวลาในเก็บรอยที่สูงกว่า ส่วนอาคารที่ 1-5 ได้ออกแบบให้ชิ้นส่วนมีขนาด 1.20 เมตร ซึ่งในขั้นตอนการติดตั้งทำงานได้ยากกว่า แต่ชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่าทำให้มีจำนวนรอยต่อน้อยกว่า ส่งผลให้ระยะเวลาในการเก็บรอยต่ำกว่า





ภาพที่ 4.71 รูปตัดและแปลน ของรอยต่อเหล็กกล่อง หน้าตัด 2” x 2” (รอยต่อแบบเดิม)





ภาพที่ 4.72 รูปตัดและของรอยต่อเหล็กรีดเย็นของอาคารกรณีศึกษาที่ 5

การออกแบบชิ้นส่วนที่ส่งผลต่อต้นทุนค่าก่อสร้าง ได้แก่ การออกแบบรอยต่อของชิ้นส่วน ดังตัวอย่างอาคารกรณีศึกษาที่ 5 ที่มีการเปลี่ยนการออกแบบรอยต่อของชิ้นส่วน โดยใช้เหล็กรีดเย็นติดตั้งด้านข้างทั้ง 2 ด้านของชิ้นส่วน ทำให้มีต้นทุนค่าอุปกรณ์ในการติดตั้งสูงขึ้นประมาณ 1.4 เท่าของต้นทุนค่าอุปกรณ์เฉลี่ย และการติดตั้งเหล็กรีดเย็นที่ด้านข้างของชิ้นส่วนยังช่วยในการป้องการเสียหายจากการขนส่ง จึงทำให้ลดต้นทุนของวัสดุที่จะเสียหายจากการขนส่งลงได้ และการออกแบบขนาดของชิ้นส่วน และออกแบบให้มีรูปแบบของชิ้นส่วนน้อย ทำให้สามารถลดต้นทุนวัสดุลงได้ ดังตัวอย่างอาคารกรณีศึกษาที่ 1-4 ซึ่งให้ชิ้นส่วนที่เป็นแผ่นมาตรฐานเป็นส่วนใหญ่ ส่วนอาคารกรณีศึกษาที่ 6 เป็นการออกแบบให้มีชิ้นส่วนเพียง 7 รูปแบบในการก่อสร้างอาคาร ทำให้มีต้นทุนค่าวัสดุต่ำกว่าต้นทุนค่าวัสดุเฉลี่ยประมาณ 1.2 เท่า ส่วนการออกแบบชิ้นส่วนผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง ในอาคารกรณีศึกษาที่ 1 และ 3 ซึ่งให้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างที่มีความหนา 5.0 ซม. ทำให้มีต้นทุนค่าวัสดุต่ำกว่าต้นทุนวัสดุเฉลี่ยประมาณ 1.2 เท่า

การออกแบบชิ้นส่วนที่ส่งผลต่อคุณภาพของการก่อสร้าง ได้แก่ การออกแบบรอยต่อของชิ้นส่วน และการออกแบบขนาดของชิ้นส่วน โดยการออกแบบรอยต่อของชิ้นส่วนส่งผลต่อการคุณภาพในการป้องกันการรั่วซึม ซึ่งการออกแบบรอยต่อของชิ้นส่วนในอาคารที่ 1-4 ออกแบบโดยใช้เหล็กกล่องหน้าตัด 2” x 2” อาคารกรณีศึกษาที่ 5 ออกแบบโดยใช้เหล็กรีดเย็นรูปตัวซี และอาคารกรณีศึกษาที่ 6 ออกแบบโดยใช้เหล็กเสริมรูปตัวเอช ซึ่งเป็นรายละเอียดในการป้องกันการรั่วซึม ทำให้การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างยังไม่พบการรั่วซึม และการออกแบบขนาดของชิ้นส่วน การออกแบบชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กดังอาคารกรณีศึกษาที่ 6 ส่งผลให้มีโอกาสเกิดรอยร้าวที่มากกว่า ทำให้อาคารกรณีศึกษาที่ 6 จึงใช้ไม้ฝาตีปิดรอยด้านนอกทำให้ไม่พบรอยร้าวด้านนอกอาคาร ส่วนอาคารที่ 1 -5 ออกแบบให้ชิ้นส่วนมีขนาด 1.20 เมตร ทำให้มีโอกาสเกิดจำนวนรอยร้าวที่ต่ำกว่า และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องการออกแบบชิ้นส่วนที่มีระยะระหว่างแผ่นประกบทั้ง 2 แผ่นแปรผันตรงกับคุณสมบัติในการรับน้ำหนัก *(Sigve Takle, 2003)* ซึ่งการออกแบบชิ้นส่วนของอาคารกรณีศึกษาที่ 6 มีการออกแบบชิ้นส่วนให้ระยะระหว่างแผ่นประกบทั้ง 2 แผ่นน้อยกว่าชิ้นส่วนของอาคารกรณีศึกษาที่ 4 และ 5 ซึ่งใช้เป็นผนังรับน้ำหนัก ทำให้อาคารกรณีศึกษาที่ 4 และ 5 สามารถรับน้ำหนักได้ดีกว่าอาคารกรณีศึกษาที่ 6

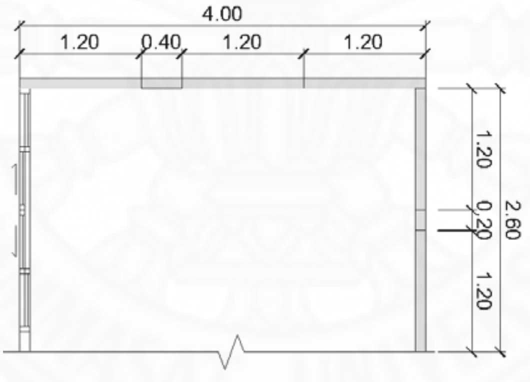
จากการศึกษาอาคารกรณีศึกษาทั้ง 6 อาคาร พบว่า การออกแบบชิ้นส่วนที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต่อต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง การออกแบบชิ้นส่วนจะแบ่งออกเป็นการออกแบบชิ้นส่วนบริเวณรอยต่อต่างๆ และการออกแบบขนาดของชิ้นส่วน โดยการออกแบบชิ้นส่วนบริเวณรอยต่อต่างๆ และออกแบบขนาดมาตรฐาน เป็นการออกแบบชิ้นส่วนของแต่ละบริษัทผู้ผลิต ซึ่งแต่ละบริษัทมีเทคนิคในการออกแบบรอยต่อที่แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลระยะเวลาต้นทุน และคุณภาพแตกต่างกัน

3. การติดตั้งชิ้นส่วน

การติดตั้งชิ้นส่วนที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ได้แก่ วิธีการติดตั้ง และขั้นตอนในการติดตั้ง โดยวิธีการติดตั้งและขั้นตอนในการติดตั้งเป็นผลจากการออกแบบชิ้นส่วนให้ลดขั้นตอนในการติดตั้งโดยออกแบบชิ้นส่วนให้มีการติดตั้งรอยต่อไว้ทางด้างข้างที่ส่งผลให้สามารถติดตั้งได้รวดเร็วขึ้น ดังจะเห็นได้จากอัตราการติดตั้งของอาคารกรณีศึกษาที่ 5 มีอัตราการติดตั้งการติดตั้งสูงกว่าค่าเฉลี่ยประมาณ 1.4 เท่า และวิธีในการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างออกแบบโดยใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาทำให้สามารถใช้แรงงาน 3-5 คนต่อชุดการติดตั้ง หากพื้นที่ก่อสร้างมีความกว้างเพียงพอสามารถเพิ่มทีมงานในการติดตั้ง โดยแต่ละชุดการติดตั้งจะต้องมีจำนวนแรงงานขั้นต่ำตามที่กำหนด

การติดตั้งชิ้นส่วนที่ส่งผลต่อต้นทุนค่าก่อสร้าง ได้แก่ วิธีการติดตั้ง และขั้นตอนในการติดตั้ง โดยวิธีการติดตั้งเป็นผลจากการออกแบบชิ้นส่วนให้สามารถใช้แรงงานคนในการติดตั้ง ทำให้สามารถลดต้นทุนค่าเครื่องจักรในได้ติดตั้ง ส่วนขั้นตอนในการติดตั้งเป็นผลจากการออกแบบชิ้นส่วน ดังอาคารกรณีศึกษาที่ 5 ได้พัฒนารูปแบบของรอยต่อนำเหล็กรีดเย็นเข้ามาติดตั้งด้านข้างทั้งสองด้านของแผ่นผนัง ทำให้ลดขั้นตอนในการยิงสกรู ทำให้ลดต้นทุนค่าอุปกรณ์ลง

การติดตั้งชิ้นส่วนที่ส่งผลต่อคุณภาพของการก่อสร้าง ได้แก่ วิธีการติดตั้ง และขั้นตอนในการติดตั้ง โดยวิธีการติดตั้งเป็นผลจากการออกแบบชิ้นส่วน ดังอาคารกรณีศึกษาที่ 5 ได้พัฒนารูปแบบของรอยต่อนำเหล็กรีดเย็นเข้ามาติดตั้งด้านข้างทั้งสองด้านของแผ่นผนัง เพื่อช่วยเสริมความแข็งแรง และลดการโก่งของแผ่น ส่งผลให้งานก่อสร้างมีความแข็งแรงมากขึ้น ส่วนขั้นตอนในการติดตั้งจะต้องวางแผ่นขนาดมาตรฐานเต็มแผ่น ไว้ที่มุมของอาคารก่อนเพื่อทำให้อาคารที่ใช้โครงสร้างผนังรับน้ำหนักมีความแข็งแรงมากขึ้น และหากความกว้างของผนังไม่ลงตัวกับแผ่นมาตรฐาน จะต้องนำเศษที่มีขนาดไม่เต็มแผ่นเข้ามาไว้ตรงกลาง ไม่ควรนำแผ่นที่มีขนาดเล็กกว่าไปไว้บริเวณมุมอาคาร เพราะจะทำให้ความแข็งแรงของอาคารลดลง



ภาพที่ 4.73 การวางแผนแบ่งชิ้นส่วนของอาคารกรณีศึกษาที่ 5

ตารางที่ 4.31

ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

ปัจจัย	รายละเอียด
1. การออกแบบอาคาร	- ระบบพิกัด - ความสูงผนัง - ขนาดช่องเปิด
2. การออกแบบชิ้นส่วน	- ขนาดชิ้นส่วน - รายละเอียดรอยต่อ
3. การติดตั้ง	- วิธีการติดตั้ง - ขั้นตอนการติดตั้ง

4.4 ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพในการก่อสร้างของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

4.4.1 การศึกษาระยะเวลาในการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากบริษัทผู้ออกแบบ ผลิต และติดตั้งด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในประเทศไทย จำนวน 2 บริษัท และข้อมูลการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ในด้านระยะเวลาของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ซึ่งมีการทำงานโดยการแบ่งทีม โดยที่แต่ละทีมจะทำหน้าที่เดียว เช่น ทีมติดตั้ง ทีมเก็บรอย เป็นต้น เพื่อทำให้เกิดการทำงานในรูปแบบเดียว ทำให้แต่ละทีมงานมีความชำนาญในงานนั้นๆ จึงทำให้สามารถก่อสร้างได้รวดเร็วขึ้น และปัจจัยหลักของการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป คือ การใช้เครนในการติดตั้งชิ้นส่วน เนื่องจากชิ้นส่วนมีน้ำหนักมาก และใช้แรงงานคนในการติดตั้งอุปกรณ์ในการยกชิ้นส่วน ส่งสัญญาณเพื่อบอกทิศทาง และเก็บรอยต่อ ไม่สามารถติดตั้งด้วยแรงงานคนเพียงอย่างเดียวได้ โดยการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีอัตราผลผลิตงานก่อสร้าง ดังตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32

อัตราผลผลิตงานก่อสร้างของระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

อัตราผลผลิตงานก่อสร้าง	หน่วย	KK	บริษัท D	บริษัท E	เฉลี่ย
อัตราผลผลิตในการติดตั้ง	ตร.ม./วัน/คน	42.86	33.33	48.02	41.40
อัตราผลผลิตในการเก็บรอยต่อ	ตร.ม./วัน/คน	16.67	55.56	97.92	56.72

4.4.2 การศึกษาต้นทุนในการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากบริษัทผู้ออกแบบ ผลิต และติดตั้งด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในประเทศไทย จำนวน 2 บริษัท และข้อมูลการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ต้นทุนของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ซึ่งมีวิธีการบริหารการก่อสร้างหลายรูปแบบ ได้แก่ การผลิตชิ้นจากโรงงานถาวร การผลิตชิ้นส่วนจากโรงงานชั่วคราวที่สถานที่ก่อสร้าง และการซื้อชิ้นส่วนสำเร็จรูป ทำให้แต่ละบริษัทมีต้นทุนที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33

ต้นทุนของงานก่อสร้างของระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ต้นทุน	หน่วย	KK	บริษัท D	บริษัท E	เฉลี่ย
ต้นทุนค่าวัสดุ	บาท/ตร.ม.	750.00	695.00	800.00	748.33
ต้นทุนค่าขนส่ง	บาท/ตร.ม.	110.00	66.00	85.00	87.00
ต้นทุนค่าแรงงาน	บาท/ตร.ม.	150.00	230.00*	195.00*	221.67*
ต้นทุนค่าเครื่องจักร	บาท/ตร.ม.	90.00			
ต้นทุนค่าก่อสร้างผนังรวม	บาท/ตร.ม.	1,100.00	991.00	1,080.00	1,057.00

หมายเหตุ. * ต้นทุนค่าแรงงานรวมกับต้นทุนค่าเครื่องจักร

4.4.3 การศึกษาคุณภาพในการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

1. จุดบกพร่องของงานก่อสร้าง

จากงานวิจัยเรื่องปัจจัยในการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างผนังคอนกรีตสำหรับอาคารชุดพักอาศัยเพื่อการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ (อรรถพันธ์ หล่อวิเชียรรุ่ง, 2557) ซึ่งได้มีการเก็บข้อมูลด้านคุณภาพการก่อสร้างของอาคารชุดพักอาศัยด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (ผนังภายนอก) จำนวน 5 โครงการ มีจำนวนจุดบกพร่องผนังภายนอกเท่ากับ 5.27 จุดต่อพื้นที่ 100 ตร.ม. และข้อมูลการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจากฝ่ายสนับสนุนสินเชื่อ สายสินเชื่อธุรกิจ ธนาคารเกียรตินาคิน ซึ่งได้มีการเก็บข้อมูลด้านคุณภาพการก่อสร้างของอาคารด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป มีจำนวนจุดบกพร่องประมาณ 3.00-5.00 จุดต่อพื้นที่ 100 ตร.ม. (ดังตารางที่ 4.34)จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ออกแบบ ผลิต และติดตั้งด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในประเทศไทย พบว่าประเภทของจุดบกพร่องของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่พบมากที่สุดได้แก่ ปัญหารอยร้าวผนัง ปัญหาน้ำรั่วซึม และปัญหาการหลุดร่อนของสีที่ทาผนัง ตามลำดับ

ตารางที่ 4.34

จำนวนจุดบกพร่องของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

แหล่งข้อมูล	จำนวนจุดบกพร่อง (จุดต่อพื้นที่ 100 ตร.ม.)
งานวิจัยอื่น	5.27*
KK	3.00-5.00**
เฉลี่ย	4.64

หมายเหตุ. * จาก *ปัจจัยในการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างผนังคอนกรีตสำหรับอาคารชุดพักอาศัยเพื่อการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ* (น.81), โดย อรรถพันธ์ หล่อวิเชียรรุ่ง, 2557, (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม. **จาก ฝ่ายสนับสนุนสินเชื่อ สายสินเชื่อธุรกิจ ธนาคารเกียรตินาคิน, 2559

4.4.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

1. การออกแบบอาคาร

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากบริษัทผู้ออกแบบ ผลิต และติดตั้งด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในประเทศไทย และข้อมูลการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป การออกแบบอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จะต้องคำนึงถึงการติดตั้งชิ้นส่วน หากรูปแบบอาคารมีความซับซ้อนมาก จะทำให้ไม่สามารถติดตั้งชิ้นส่วนได้ หรืออาจต้องใช้ระยะเวลามากในการติดตั้ง และการออกแบบอาคารต้องมีความเรียบง่ายมาก มีการซ้ำกันของแผ่นผนังจำนวนมาก ลักษณะแนวผนังต้องตั้งตรงกันทุกๆ ชั้น เนื่องจากใช้เป็นผนังรับน้ำหนัก (อรรถพันธ์ หล่อวิเชียรรุ่ง, 2557) ทำให้ส่งผลต่อการผลิตชิ้นส่วน และการขนส่ง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหาย ส่งผลให้มีต้นทุน และระยะเวลาที่สูงขึ้น และการออกแบบอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เนื่องจากเป็นโครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก จะต้องมีการปรึกษาระหว่างวิศวกรและสถาปนิก ซึ่งอาจต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบอาคารเพื่อให้สอดคล้องกับคุณสมบัติในการรับน้ำหนัก ที่จะส่งผลต่อคุณภาพของงานก่อสร้าง

2. การออกแบบชิ้นส่วน

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากบริษัทผู้ออกแบบ ผลิต และติดตั้งด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในประเทศไทย และข้อมูลการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป การออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นผลมาจากการออกแบบอาคาร โดยผู้ที่ออกแบบชิ้นส่วนจะต้องคำนึงถึงการรับน้ำหนักของชิ้นส่วนนั้นๆ เพื่อจะเสริมเหล็กเส้นให้ได้ความแข็งแรงตามที่ต้องการ หากชิ้นส่วนนั้นๆ ต้องรับน้ำหนักมาก อาจต้องออกแบบให้ชิ้นส่วนนั้นๆ มีความหนามากกว่าชิ้นส่วนอื่นๆ เนื่องการการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะมีการออกแบบให้ชิ้นส่วนบางชิ้นที่อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมเป็นชิ้นส่วนโครงสร้าง และขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นส่วน จะต้องออกแบบโดยคำนึงถึงการติดตั้งด้วยรถเครน ความกว้างของถนนในการขนส่ง และจำนวนรอยต่อที่จะเกิดขึ้น โดยจะหากออกแบบให้ชิ้นส่วนมีขนาดใหญ่ จะทำให้ติดตั้งได้ยาก ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการติดตั้งนาน และอาจเกิดความคลาดเคลื่อนสูง ส่งผลต่อคุณภาพของการก่อสร้าง และจะต้องใช้รถเครนที่มีกำลังในการยกสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดต้นทุนในการติดตั้งที่สูงขึ้น และอาจเกิดปัญหาในการขนส่งหากพื้นที่ก่อสร้างมีความกว้างถนนที่ไม่เพียงพอ ดังนั้นการออกแบบชิ้นส่วน

คอนกรีตสำเร็จรูปจะต้องมีการสำรวจเส้นทางที่จะใช้ขนส่งก่อน แต่ชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่จะทำให้เกิดรอยต่อน้อย ส่งผลต่อคุณภาพในการเก็บรอย และลดโอกาสของการรั่วซึมลง โดยทางทีมผู้ออกแบบชิ้นส่วนจะต้องเปรียบเทียบถึงข้อจำกัดต่างๆ และออกแบบชิ้นส่วน เพื่อให้เกิดการใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

3. การติดตั้งชิ้นส่วน

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากบริษัทผู้ออกแบบ ผลิต และติดตั้งด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในประเทศไทย และข้อมูลการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป การติดตั้งชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เนื่องจากชิ้นส่วนมีน้ำหนักมาก จำเป็นต้องใช้เครนในการติดตั้งเป็นหลัก ทำให้มีต้นทุนเครื่องจักรในการติดตั้งเสมอ โดยขึ้นอยู่กับขนาดเครื่องจักร และใช้แรงงานคน เพื่อช่วยในการส่งสัญญาณ และช่วยในการติดตั้ง ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญพบว่า เนื่องจากชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปแต่ละชิ้นมีน้ำหนักมาก ทำให้หากเกิดการผิดพลาดในการติดตั้งอาจเกิดอันตรายต่อแรงงานที่ติดตั้งถึงชีวิต การติดตั้งชิ้นส่วนเป็นผลมาจากการออกแบบชิ้นส่วน โดยจะต้องมีการจัดลำดับในการติดตั้งก่อนหลัง เพื่อลดระยะเวลาในการติดตั้งลง โดยจะต้องติดตั้งชิ้นส่วนที่เป็นโครงสร้างหลักก่อน เนื่องการการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะมีการออกแบบให้ชิ้นส่วนบางชิ้นที่อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมเป็นชิ้นส่วนโครงสร้าง เพื่อให้เกิดการใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

จากการศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ในการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จะต้องมีการประสานในทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ การออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วน และการติดตั้ง หากเกิดการปัญหาในปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง จะทำให้ส่งผลกระทบต่อปัจจัยอื่นด้วย จึงต้องมีการประสานงานในทั้ง 3 ขั้นตอน ทั้งการออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วน และการติดตั้งชิ้นส่วน โดยผู้บริหารโครงการ ผู้ออกแบบ และวิศวกร จะต้องปรึกษาหากันเพื่อหาแนวทางที่ทำให้เกิดการใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

4.5 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพในการก่อสร้างของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

จากการเก็บข้อมูลระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพในการก่อสร้างของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง (ในหัวข้อที่ 4.3) โดยนำมาเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ซึ่งเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากบริษัทผู้ออกแบบ ผลิต และติดตั้งด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในประเทศไทย และจากการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ จากวรรณกรรมต่างๆ (ในหัวข้อที่ 4.4) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพในการก่อสร้างของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

4.5.1 การวิเคราะห์ระยะเวลาในการก่อสร้างของการก่อสร้างของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

จากการศึกษาระยะเวลาในการก่อสร้างของการก่อสร้างทั้ง 2 ระบบ พบว่า การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป สามารถก่อสร้างได้รวดเร็วกว่าการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง (ดังตารางที่ 4.31) โดยการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีอัตราผลผลิตในการติดตั้งชิ้นส่วน 41.40 ตร.ม./วัน/คน ส่วนการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีอัตราผลผลิตในการติดตั้งชิ้นส่วน 18.86 ตร.ม./วัน/คน ซึ่งการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีอัตราผลผลิตในการติดตั้งสูงกว่าระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างอยู่ 2.20 เท่าของเวลาในการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เนื่องจากการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปใช้เครื่องจักรเป็นปัจจัยหลักในการติดตั้งชิ้นส่วน ส่วนการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างใช้แรงงานคนในการติดตั้งเพียงอย่างเดียว และระบบการทำงานของก่อสร้างระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีการพัฒนามาเป็นระยะเวลามากกว่า 20 ปี ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการติดตั้งชิ้นส่วนลดได้ ส่วนการเก็บรอยต่อการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีอัตราผลผลิตในการเก็บรอยต่อ 56.72 ตร.ม./วัน/คน ส่วนระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีอัตราผลผลิตในการเก็บรอยต่อ 22.47 ตร.ม./วัน/คน ซึ่งการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีอัตราผลผลิตในการเก็บรอยต่อสูงกว่าระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างอยู่ 2.52 เท่าของเวลาในการเก็บรอยต่อระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เนื่องจากชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีขนาดใหญ่กว่าชิ้นส่วนแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทำให้เกิดรอยต่อน้อยกว่า และการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป มีการวางแผนในการแบ่งชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป โดยวางแผนการแบ่งชิ้นส่วนให้เกิดรอยต่อที่มุมอาคาร

หรือรอยต่อแผ่นโดยใช้ผนังภายในที่ตั้งฉากกับรอยต่อช่วยในการปิดรอยต่อ ส่งผลให้เกิดรอยต่อในจำนวนน้อย กว่าการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างซึ่งแบ่งชิ้นส่วนโดยมีขนาดมาตรฐาน คือ ทุกๆ ความกว้าง 0.60 ม. หรือ 1.20 ม. จึงเกิดรอยต่อมากกว่าทำให้ใช้เวลาในการเก็บรอยต่อที่สูงกว่าการเก็บรอยต่อของระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ตารางที่ 4.35

ระยะเวลาก่อสร้างก่อสร้างของระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ระยะเวลาก่อสร้าง	หน่วย	ระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง*	ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป**
อัตราการติดตั้ง	ตร.ม./วัน/คน	18.68	41.40
อัตราการเก็บรอยต่อ	ตร.ม./วัน/คน	22.47	56.72

หมายเหตุ: * ระยะเวลาในการก่อสร้างของระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง จากตารางที่ 4.28
** ระยะเวลาในการก่อสร้างของระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จากตารางที่ 4.32

การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ใช้เวลาในการก่อสร้างน้อยกว่า เนื่องจากมีการออกแบบชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่า และชิ้นส่วนมีน้ำหนักมากกว่าจึงต้องใช้เครื่องจักรในการติดตั้ง ทำให้ติดตั้งได้เร็วกว่าและมีจำนวนรอยต่อน้อยกว่าการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง นอกจากนี้การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นการก่อสร้างในรูปแบบอุสาหกรรมซึ่งเป็นทำงานเดิมซ้ำๆ ทำให้ผู้ติดตั้งเกิดการพัฒนาทักษะในการติดตั้ง และการก่อสร้างในรูปแบบอุตสาหกรรมยังก่อให้เกิดการนำจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นมาพัฒนาการการออกแบบชิ้นส่วนอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการก่อสร้างลงได้

4.5.2 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าก่อสร้างของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

จากการศึกษาต้นทุนในการก่อสร้างของการก่อสร้างทั้ง 2 ระบบ พบว่า การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีต้นทุนในการก่อสร้างที่สูงกว่าการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปเท่ากับ 329.09 บาท/ตร.ม. (ดังตารางที่ 4.36) โดยการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีต้นทุนค่าวัสดุสูงกว่าก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปประมาณ

329.09 บาท/ตร.ม. คิดเป็น 1.44 เท่าของต้นทุนค่าวัสดุระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เนื่องจากชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปผลิตจากคอนกรีตและเหล็ก ซึ่งเป็นวัสดุใช้ในการก่อสร้างกันมากและราคาไม่ต่ำกว่าแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์และโฟมที่ใช้ในการผลิตแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง แต่ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีน้ำหนักมากกว่าแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง จึงทำให้มีต้นทุนค่าขนส่ง ค่าแรงงานและเครื่องจักรในการติดตั้ง ที่สูงกว่าการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยที่ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีต้นทุนค่าขนส่งสูงกว่าระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างประมาณ 56.50 บาท/ตร.ม. คิดเป็น 2.85 เท่าของต้นทุนค่าขนส่งของระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปต้นทุนค่าแรงงานและเครื่องจักรในการติดตั้งสูงกว่าระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างประมาณ 131.56 บาท/ตร.ม. คิดเป็น 2.46 เท่าของต้นทุนค่าขนส่งของระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ดังตารางที่ 4.36

ตารางที่ 4.36

ต้นทุนของค่าก่อสร้างของระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ต้นทุน	ระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง*	ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป**
ต้นทุนค่าวัสดุ (บาท/ตร.ม.)	1,077.42	748.33
ต้นทุนค่าขนส่ง (บาท/ตร.ม.)	31.29	87.00
ต้นทุนค่าติดตั้ง (บาท/ตร.ม.)	90.11	221.67
รวมต้นทุนค่าก่อสร้างผนัง (บาท/ตร.ม.)	1,198.82	1,057.00

หมายเหตุ: ต้นทุนค่าวัสดุ = ต้นทุนค่าวัสดุผนัง + ต้นทุนค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง
ต้นค่าติดตั้ง = ต้นทุนค่าแรงงาน + ต้นทุนค่าเครื่องจักร
* ต้นทุนของค่าก่อสร้างของระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง จากตารางที่ 4.29
** ต้นทุนค่าก่อสร้างของระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จากตารางที่ 4.33

การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง มีต้นทุนค่าก่อสร้างผนังสูงกว่าการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปประมาณ 1.13 เท่า เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนมีต้นทุนต่ำกว่า และเป็นการก่อสร้างในรูปแบบอุสาหกรรมซึ่งเป็นการผลิตชิ้นส่วนซ้ำๆ เป็นจำนวนมาก จึงทำให้สามารถลดต้นทุนได้ แต่การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีน้ำหนักน้อยกว่า และชิ้นส่วนมีขนาดเล็กกว่า จึงสามารถลดต้นทุนค่าการติดตั้ง และขนส่งได้ จึงทำให้ต้นทุน

รวมแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย หากการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีการก่อสร้างในรูปแบบอุสาหกรรม จะสามารถลดต้นทุนค่าวัสดุลงได้

4.5.3 การวิเคราะห์คุณภาพในการก่อสร้างของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

1. จุดบกพร่องของงานก่อสร้าง

จากการศึกษาจุดบกพร่องของงานก่อสร้างทั้ง 2 ระบบ พบว่า การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีจุดบกพร่องของงานก่อสร้างสูงกว่าการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง (ดังตารางที่ 4.37) โดยการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีจำนวนจุดบกพร่องเฉลี่ยสูงกว่าการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างประมาณ 3.14 จุดต่อพื้นที่ผนัง 100 ตารางเมตร คิดเป็น 3.09 เท่าของจำนวนจุดบกพร่องของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ประเภทของจุดบกพร่องของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่พบมากที่สุดได้แก่ ปัญหารอยร้าวผนัง ปัญหาน้ำรั่วซึม และปัญหาการหลุดร่อนของสีที่ทาผนัง ตามลำดับ ถึงแม้ว่าจะมีการวางแผนในการแบ่งชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป โดยวางแผนการแบ่งชิ้นส่วนให้เกิดรอยต่อที่มุมอาคาร หรือรอยต่อแผ่นโดยใช้ผนังภายในที่ตั้งฉากกับรอยต่อช่วยในการปิดรอยต่อ แต่จากการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ใช้ชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ทำให้อาจเกิดจุดบกพร่องผนังแตกร้าวระหว่างการขนส่งและการติดตั้ง รอยบิ่นที่มุมแผ่นจากการกระแทก ทำให้เกิดปัญหารอยร้าวผนัง การออกแบบรอยต่อและการเลือกใช้วัสดุในการปิดรอยต่อที่มีอายุการใช้งานน้อยกว่าผนังคอนกรีต ทำให้เกิดปัญหาการรั่วซึม และด้วยคุณภาพความเรียบของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจากการขัดมันคอนกรีตในขั้นตอนการผลิต ทำให้เกิดปัญหาการหลุดร่อนของสีที่ทาผนัง ส่วนการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง มักพบปัญหารอยร้าวบริเวณรอยต่อ เนื่องจากการต่อชิ้นส่วนที่มีความกว้าง 0.60 ม. หรือ 1.20 ม. ทำให้เกิดจำนวนรอยต่อจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดโอกาสที่เกิดรอยร้าวบริเวณรอยต่อได้มาก ซึ่งในปัจจุบันยังไม่พบปัญหาการรั่วซึมของน้ำ และยังไม่พบปัญหาการหลุดร่อนของสีที่ทาผนัง แต่เนื่องจากวัสดุแกนกลางมีความยืดหยุ่นจึงอาจเกิดรอยยุบและรอยบิ่นจากการถูกกระแทกที่แผ่นผนังได้

ตารางที่ 4.37

จุดบกพร่องของงานก่อสร้างด้วยแผ่นฉนวนโครงสร้างเปรียบเทียบกับผนังคอนกรีต

ระบบการก่อสร้าง	จำนวนจุดบกพร่อง (จุดต่อพื้นที่ 100 ตร.ม.)
ระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง	1.67*
ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป	4.64**

หมายเหตุ: * ต้นทุนของค่าก่อสร้างของระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง จากตารางที่ 4.30

** ต้นทุนค่าก่อสร้างของระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จากตารางที่ 4.34

การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง พบจำนวนจุดบกพร่องจากของงานก่อสร้างต่ำกว่าการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป แม้ว่าการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างจะมีจำนวนรอยต่อของวัสดุที่มากกว่า แต่ยังไม่พบปัญหาการรั่วซึม จุดบกพร่องที่พบส่วนใหญ่คือรอยร้าวที่ผิวผนังบริเวณรอยต่อ ซึ่งกระทบด้านความสวยงายของอาคาร แต่ไม่มีผลเสียหาย แต่ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมักพบปัญหารอยร้าวผนัง ปัญหาน้ำรั่วซึม และปัญหาการหลุดร่อนของสีที่ทาผนัง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินภายในอาคารได้

2. คุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อน

จากการศึกษาคุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อนของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างทั้ง 2 ระบบ พบว่า วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง มีค่าความเป็นฉนวนกันความร้อนสูงกว่าวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (ดังตารางที่ 4.22) โดยแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง มีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าผนังคอนกรีตประมาณ 4 เท่าของความต้านทานความร้อนผนังคอนกรีต โดยที่ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุก่อสร้างส่งผลต่อสภาวะน่าสบายของผู้ใช้งานในอาคาร และค่าการใช้ไฟฟ้าในการปรับอากาศของอาคาร ซึ่งวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง ส่งผลให้มีสภาวะน่าสบายมากกว่าวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ และส่งผลต่อค่าการใช้ไฟฟ้าในการปรับอากาศของอาคารต่ำกว่าวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ

ตารางที่ 4.38

ค่าความต้านทานความร้อนของแผ่นฉนวนโครงสร้างเปรียบเทียบกับผนังคอนกรีต

ความหนาผนัง (ซม.)	ค่าความต้านทานความร้อน (m^2K/W)		การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ (เท่า)
	แผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง	ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป	
5.0	1.67*	0.31**	4.39
7.5	2.51*	0.47**	4.34
10.0	3.34*	0.63**	4.30
15.0	5.01*	0.94**	4.33
20.0	6.68*	1.25**	4.34

หมายเหตุ. ดัดแปลง *จาก *SIP R-Values* , โดย The Structural Insulated Panel Association (SIPA), http://www.sips.org/technical-information/sip-r-values-calculated-r-values. และ **จาก *การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการก่อสร้างแบบดั้งเดิมและการก่อสร้างแบบผนังหล่อประกอบเพื่อพัฒนานวัตกรรมการก่อสร้างของหมู่บ้านจัดสรร* (น.59) , โดย ศุภณัฐ วัฒนสินศักดิ์, 2556.

4.5.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพในการก่อสร้างของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

1. การออกแบบอาคาร

การออกแบบอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ควรออกแบบอาคารที่มีขนาดที่เหมาะสมกับระบบพิกัดของขนาดชิ้นส่วนมาตรฐาน ได้แก่ ขนาด 0.60 x 2.40 ตร.ม. หรือ ขนาด 1.20 x 2.40 ตร.ม. หรือ ขนาด 0.60 x 3.00 ตร.ม. ขนาด 1.20 x 3.00 ตร.ม. และรูปแบบที่ไม่ซับซ้อน เพื่อทำให้ลดการเกิดเศษวัสดุจากการก่อสร้างลง (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550) และการออกแบบให้มีความสูงไม่เกิน 2.40 หรือ 3.00 เมตร และควรออกแบบอาคารให้มีขนาดช่องเปิดที่เหมาะสม ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้าง และยังส่งผลต่อการออกแบบชิ้นส่วนซึ่งขั้นตอนต่อไป

ส่วนการออกแบบอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จะต้องคำนึงถึงการติดตั้งชิ้นส่วน หากรูปแบบอาคารมีความซับซ้อนมาก จะทำให้ไม่สามารถติดตั้งชิ้นส่วนได้ หรืออาจต้องใช้ระยะเวลามากในการติดตั้ง และการออกแบบอาคารต้องมีความเรียบง่ายมาก มีการซ้ำกันของแผ่นผนังจำนวนมาก ลักษณะแนวผนังต้องตั้งตรงกันทุกๆ ชั้น เนื่องจากใช้เป็นผนังรับน้ำหนัก (อรรถพันธ์ หล่อวิเชียรรุ่ง, 2557) ทำให้ส่งผลต่อการผลิตชิ้นส่วน และการขนส่ง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหาย ส่งผลให้มีต้นทุน และระยะเวลาที่สูงขึ้น

2. การออกแบบชิ้นส่วน

การออกแบบชิ้นสวน แบ่งเป็นการออกแบบขนาดของชิ้นส่วน และการออกแบบรายละเอียดในการต่อ โดยการออกแบบขนาดของชิ้นส่วน เป็นผลจากการออกแบบอาคาร หากการออกแบบอาคารได้มีการคำนึงถึงขนาดมาตรฐานของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ได้แก่ ขนาด 0.60 x 2.40 ตร.ม. หรือ ขนาด 1.20 x 2.40 ตร.ม. หรือ ขนาด 0.60 x 3.00 ตร.ม. ขนาด 1.20 x 3.00 ตร.ม. จะทำให้เกิดเศษวัสดุจากการก่อสร้างในปริมาณน้อย หากเกิดเศษวัสดุจากการก่อสร้างส่งผลให้ต้นทุนค่าวัสดุสูงขึ้น และรายละเอียดของรอยต่อ ทำให้สามารถติดตั้งชิ้นส่วนได้รวดเร็วขึ้น และมีคุณภาพในการป้องกันการรั่วซึมได้ดีขึ้น

ส่วนการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นผลมาจากการออกแบบอาคาร โดยผู้ที่ออกแบบชิ้นส่วนจะต้องคำนึงถึงการรับน้ำหนักของชิ้นส่วนนั้นๆ เพื่อจะเสริมเหล็กเส้นให้ได้ความแข็งแรงตามที่ต้องการ หากชิ้นส่วนนั้นๆ ต้องรับน้ำหนักมาก อาจต้องออกแบบให้ชิ้นส่วนนั้นๆ มีความหนามากกว่าชิ้นส่วนอื่นๆ เนื่องการการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะมีการออกแบบ

ให้ชิ้นส่วนบางชิ้นที่อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมเป็นชิ้นส่วนโครงสร้าง และขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นส่วน จะต้องออกแบบโดยคำนึงถึงการติดตั้งด้วยรถเครน ความกว้างของถนนในการขนส่ง และจำนวนรอยต่อที่จะเกิดขึ้น โดยจะหากออกแบบให้ชิ้นส่วนมีขนาดใหญ่ จะทำให้ติดตั้งได้ยาก ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการติดตั้งนาน และอาจเกิดความคลาดเคลื่อนสูง ส่งผลต่อคุณภาพของการก่อสร้าง และจะต้องใช้รถเครนที่มีกำลังในการยกสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดต้นทุนในการติดตั้งที่สูงขึ้น และอาจเกิดปัญหาในการขนส่งหากพื้นที่ก่อสร้างมีความกว้างถนนที่ไม่เพียงพอ ดังนั้นการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะต้องมีการสำรวจเส้นทางที่จะใช้ขนส่งก่อน แต่ชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่จะทำให้เกิดรอยต่อน้อย ส่งผลต่อคุณภาพในการเก็บรอย และลดโอกาสของการรั่วซึมลง โดยทางทีมผู้ออกแบบชิ้นส่วนจะต้องเปรียบเทียบถึงข้อจำกัดต่างๆ และออกแบบชิ้นส่วน เพื่อให้เกิดการใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และการออกแบบขนาดชิ้นส่วนของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีการวางแผนโดยการแบ่งชิ้นส่วนให้เกิดรอยต่อที่มุมอาคาร หรือรอยต่อแผ่นโดยใช้ผนังภายในที่ตั้งฉากกับรอยต่อช่วยในการปิดรอยต่อ ส่งผลให้เกิดรอยต่อในจำนวนน้อยกว่าการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ซึ่งแบ่งชิ้นส่วนโดยมีขนาดมาตรฐานคือ ทุกๆ ความกว้าง 0.60 ม. หรือ 1.20 ม. จึงเกิดรอยต่อมากกว่าทำให้ใช้เวลาในการเก็บรอยต่อที่สูงกว่าการเก็บรอยต่อของระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และทำให้เกิดโอกาสที่เกิดจุดบกพร่องมากกว่าระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของงานก่อสร้าง

3. การติดตั้งชิ้นส่วน

การก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง อาศัยแรงงานคนในการติดตั้งเป็นหลัก โดยแต่ละทีมงานจะต้องมีจำนวนแรงงาน 3-5 คน หากพื้นที่ในการติดตั้งมีความกว้างเพียงพอ สามารถเพิ่มทีมงานในการติดตั้ง โดยแต่ละทีมงานที่จะติดตั้งจะต้องมีจำนวนแรงงานขั้นต่ำตามที่กำหนด เมื่อเพิ่มจำนวนทีมงานสามารถทำให้ระยะเวลาในการก่อสร้างลดลงได้ แต่ต้นทุนค่าแรงงานที่สูงขึ้นด้วย ส่วนการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เนื่องจากชิ้นส่วนมีน้ำหนักมากจำเป็นต้องอาศัยเครื่องจักรในการติดตั้งเป็นหลัก และจำเป็นต้องใช้ทักษะในการขับรถเครน จัดอุปกรณ์ยกชิ้นส่วน ส่งสัญญาณ และติดตั้ง โดยแต่ละทีมงานจะต้องมีแรงงาน 9-10 คน หากพื้นที่ก่อสร้างมีความกว้างเพียงพอ สามารถเพิ่มทีมงานในการติดตั้ง แต่จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนเครื่องจักรด้วย เนื่องจากการเพิ่มจำนวนแรงงานเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถติดตั้งชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปได้ โดยขั้นตอนในการติดตั้งก่อนหลัง เพื่อลดระยะเวลาในการติดตั้งลง โดยจะต้องติดตั้งชิ้นส่วนที่เป็นโครงสร้างหลักก่อน เนื่องการการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะมีการออกแบบให้ชิ้นส่วนบางชิ้นที่อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมเป็นชิ้นส่วนโครงสร้าง เพื่อให้เกิดการใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง

ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพสูงสุด แลการก่อสร้างจะต้องยกติดตั้งในแนวดิ่งเท่านั้น ทำให้การก่อสร้างอาคารมากกว่า 1 ชั้นจะต้องมีการวางแผนงานที่ดี ไม่สามารถก่อสร้างพื้นชั้นถัดไป จนกว่าจะติดตั้งผนังเสร็จ เพราะชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีน้ำหนักมากจึงไม่สาสามารถยกติดตั้งภายหลังได้ ทำให้ไม่นิยมนำมาติดตั้งเป็นผนังภายใน จึงเป็นข้อได้เปรียบของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ซึ่งมีน้ำหนักเบา และขนาดกว้างไม่เกิน 1.20 ม. และสูงไม่เกิน 3.00 ม. สามารถใช้แรงงานคนในการขนส่งและติดตั้ง สามารถตัดปรับชิ้นส่วนที่หน้างานได้ และต่อเติมหรือปรับเปลี่ยนผนังโดยไม่กระทบกับโครงสร้างอาคาร ทำให้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูงกว่าระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปพบว่า เนื่องจากชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีน้ำหนักมาก หากเกิดข้อผิดพลาดในการติดตั้ง อาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ชีวิตต่อผู้ติดตั้งได้ เช่น หากมีการเกี่ยวตะขอไม่แน่นหนา เมื่อยกชิ้นส่วนขึ้นอาจทำให้ชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักกว่า 1,000 กิโลกรัม ทับคนงานอาจทำให้บาดเจ็บหรือเสียชีวิตได้

ตารางที่ 4.39

การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ในการก่อสร้างของทั้ง 2 บริษัท

ตัวแปร	ระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง	ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป
ระยะเวลาในการก่อสร้าง		✓
- ระยะเวลาในการติดตั้ง		✓
- ระยะเวลาในการเก็บรอย		✓
ต้นทุนในการก่อสร้าง		✓
- ต้นทุนค่าวัสดุ		✓
- ต้นทุนค่าขนส่ง	✓	
- ต้นทุนในการติดตั้ง	✓	
คุณภาพในการก่อสร้าง	✓	
การรั่วซึม	✓	
คุณภาพในการเก็บรอยต่อ	✓	
- ความเป็นฉนวนกันความร้อน	✓	

หมายเหตุ: ✓ = มีข้อดีมากกว่า

4.5.4 การเปรียบเทียบการก่อสร้างของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

จากการศึกษาการก่อสร้างทั้ง 2 ระบบ ได้สรุปถึงข้อได้เปรียบ หรือข้อจำกัดของทั้งการก่อสร้างของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างและการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปเปรียบเทียบกัน ดังตารางที่ 4.40

ตารางที่ 4.40

การเปรียบเทียบการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างกับระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ประเด็น	ระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง	ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป
การออกแบบอาคาร	ควรออกแบบให้มีขนาดและมิติ ที่เหมาะสมกับระยะพิกัดของขนาดชิ้นส่วนมาตรฐาน	มีความยืดหยุ่นในการออกแบบมากกว่า สามารถออกแบบให้มีขนาดและมิติของได้ตามความต้องการของผู้ออกแบบ
การออกแบบชิ้นส่วน	ขนาดของชิ้นส่วน ขึ้นอยู่กับขนาดมาตรฐานของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง	ขนาดของชิ้นส่วน ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องจักรที่ใช้และความกว้างของถนนในพื้นที่ก่อสร้าง
การติดตั้ง	ใช้แรงงานคนในการติดตั้งเป็นหลัก	ใช้เครื่องจักรในการติดตั้งเป็นหลัก
จำนวนแรงงานในการติดตั้ง	ใช้แรงงาน 3-5 คนต่อหนึ่งทีมการติดตั้ง	ใช้แรงงาน 7-9 คนต่อหนึ่งทีการติดตั้ง
น้ำหนักวัสดุ	วัสดุมีน้ำหนักน้อยกว่า	วัสดุมีน้ำหนักมากกว่าประมาณ 10 เท่า
ค่าความต้านทานความร้อน	มีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าประมาณ 4 เท่า	มีค่าการต้านทานความร้อนต่ำ
ระยะเวลาในการก่อสร้าง	ติดตั้งได้ช้ากว่า เนื่องจากใช้แรงงานคนเป็นหลัก	ติดตั้งได้เร็วกว่า โดยมีอัตราผลผลิตการติดตั้งสูงกว่าประมาณ 2.2 เท่า
	เก็บรอยได้ช้ากว่า เนื่องจากชิ้นส่วนมีขนาดเล็กกว่า ทำให้มีรอยต่อ	เก็บรอยต่อได้เร็วกว่า โดยมีอัตราผลผลิตการเก็บรอยสูงกว่า

ประเด็น	ระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง	ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป
	จำนวนมากกว่า	ประมาณ 2.5 เท่า
ต้นทุนค่าก่อสร้าง	ต้นทุนค่าก่อสร้างสูงกว่าประมาณ 1.13 เท่า	ต้นทุนค่าก่อสร้างต่ำกว่า เนื่องจากต้นทุนค่าวัสดุต่ำกว่ามาก
	ต้นทุนค่าวัสดุสูงกว่าประมาณ 1.5 เท่า เนื่องจากวัสดุที่นำมาผลิตชิ้นส่วนมีราคาสูงกว่า และมีผู้จำหน่ายจำนวนน้อย	ต้นทุนค่าวัสดุต่ำกว่า เนื่องจากวัสดุที่นำมาผลิตชิ้นส่วนมีราคาต่ำกว่า และสามารถหาได้ง่ายในประเทศไทย
	ต้นทุนค่าขนส่งต่ำกว่า เนื่องจากชิ้นส่วนมีขนาดเท่าๆ กัน และมีน้ำหนักเบา	ต้นทุนค่าขนส่งสูงกว่า 2.8 เท่า เนื่องจากชิ้นส่วนมีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักมาก
	ต้นทุนค่าติดตั้งชิ้นส่วนต่ำกว่า เนื่องจากชิ้นส่วนมีน้ำหนักเบาและขนาดเล็ก ทำให้ติดตั้งได้ง่ายกว่า	ต้นทุนค่าติดตั้งชิ้นส่วนสูงกว่า 2.5 เท่า เนื่องจากใช้จำนวนแรงงานในการติดตั้งมากกว่า
คุณภาพในการก่อสร้าง	มีปัญหารอยร้าวที่ผนัง แต่ยังไม่พบปัญหาการรั่วซึม และสีหลุดร่อน	มีปัญหารอยร้าว น้ำรั่วซึม และสีหลุดร่อน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษา และวิเคราะห์ด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างของจากอาคารกรณีศึกษาที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ซึ่งใช้แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุประกบ และใช้โฟมแข็งเป็นวัสดุแกน จำนวน 6 อาคาร จากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตและติดตั้ง ผู้ออกแบบ และเจ้าของอาคาร แล้วนำมาเปรียบเทียบกับระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ที่ก่อสร้างอาคารด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง สามารถสรุปผลการวิจัยเป็นแนวทางในการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ดังนี้

5.1 ข้อสรุปจากการวิจัย

จากการศึกษาอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย และจากการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิต และติดตั้งแผ่นฉนวนโครงสร้าง พบว่า การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย มีการใช้งาน 2 รูปแบบได้แก่ การใช้เป็นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง และการใช้เป็นผนังโครงสร้าง โดยการก่อสร้างผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง นิยมใช้ในการปรับปรุงพื้นที่ภายในโดยมีโครงสร้างเดิมอยู่ ใช้ระยะเวลาในการติดตั้งประมาณ 24.36 ตร.ม./วัน/คน ระยะเวลาในการเก็บรอยต่อประมาณ 27.55 ตร.ม./วัน/คน และมีต้นทุนค่าก่อสร้างประมาณ 1,166.43 บาท/ตร.ม. ส่วนการก่อสร้างผนังโครงสร้าง นิยมใช้ในการก่อสร้างอาคารชั้นเดียวขนาดเล็ก ทั้งในรูปแบบการก่อสร้างอาคารใหม่ หรือเป็นการต่อเติมจากอาคารเดิม ใช้ระยะเวลาในการติดตั้งประมาณ 13.01 ตร.ม./วัน/คน ระยะเวลาในการเก็บรอยต่อประมาณ 17.68 ตร.ม./วัน/คน และมีต้นทุนค่าก่อสร้างประมาณ 1,231.19 บาท/ตร.ม.

ผลการศึกษาพบว่า การก่อสร้างระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างใช้ระยะเวลาในการติดตั้งประมาณ 18.68 ตร.ม./วัน/คน และใช้แรงงานจำนวน 3-5 คนต่อหนึ่งชุดการติดตั้ง และการเก็บรอยต่อประมาณ 22.47 ตร.ม./วัน/คน และต้นทุนในการก่อสร้างระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีค่าประมาณ 1,198.82 บาท/ตร.ม. ในส่วนคุณภาพของงานก่อสร้าง มักพบจุดบกพร่องบริเวณรอยต่อแต่ยังไม่พบการรั่วซึม

5.1.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

จากการเก็บข้อมูลจากอาคารกรณีศึกษา พบว่า ในปัจจุบันการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีการใช้งาน 2 รูปแบบได้แก่ การใช้เป็นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง และการใช้เป็นผนังโครงสร้าง โดยการใช้งานในรูปแบบที่ต่างกัน ส่งผลต่อระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพของงานก่อสร้างด้วย

การก่อสร้างแผ่นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างสามารถก่อสร้างได้รวดเร็วกว่าการก่อสร้างผนังโครงสร้าง เนื่องจากผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง มีการออกแบบอาคารที่มีช่องเปิดน้อย ส่วนมากเป็นการติดตั้งชิ้นส่วนขนาดมาตรฐานทำให้มีจำนวนรอยต่อน้อยกว่า จึงสามารถติดตั้งและเก็บรอยต่อได้เร็วกว่า ส่วนการออกแบบอาคารที่ผนังสูง ทำให้ก่อสร้างได้ช้ากว่า ส่วนการออกแบบชิ้นส่วนให้ติดตั้งได้ง่าย ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการก่อสร้างได้ ดังนั้นการออกแบบอาคาร ส่งผลไปยังการออกแบบชิ้นส่วน และส่งผลไปยังการติดตั้งชิ้นส่วน ซึ่งส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง

การก่อสร้างแผ่นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างมีต้นทุนค่าก่อสร้างรวมต่ำกว่าการก่อสร้างแผ่นผนังโครงสร้าง เนื่องจากผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างมักจะถูกออกแบบให้มีชิ้นส่วนที่มีความหนาน้อยกว่า ทำให้มีต้นทุนค่าวัสดุที่ต่ำกว่า ส่วนการออกแบบอาคารที่ลงตัวกับระบบพิกัดทำให้มีต้นทุนค่าวัสดุต่ำลง และการออกแบบชิ้นส่วนเพื่อให้สามารถติดตั้งได้เร็วขึ้น ลดการโกงของชิ้นส่วน และลดการเสียหายจากการขนส่ง ทำให้มีต้นทุนค่าอุปกรณ์สูงขึ้น และการติดตั้งชิ้นส่วนที่ถูกออกแบบให้สามารถใช้แรงงานคนในการติดตั้งได้ ทำให้สามารถลดต้นทุนค่าแรงงาน และเครื่องจักรลงได้ จะเห็นว่าการออกแบบอาคาร ส่งผลไปยังการออกแบบชิ้นส่วน และส่งผลไปยังการติดตั้งชิ้นส่วน ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนค่าก่อสร้าง

การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง มีข้อด้อยคือจุดบกพร่องบริเวณรอยต่อ เนื่องจากการนำวัสดุที่กว้าง 0.60 -1.20 เมตร การก่อสร้างแผ่นผนังที่ไม่ใช่โครงสร้างทำให้มีจำนวนจุดบกพร่องของอาคารน้อยกว่าการก่อสร้างแผ่นผนังโครงสร้าง เนื่องจากวัสดุมีความยืดหยุ่นเมื่อรับน้ำหนักจากหลังคาทำให้เกิดการโก่งตัวเพิ่มได้ ส่งผลให้เกิดรอยร้าวบริเวณรอยต่อแผ่น การออกแบบอาคารที่ไม่ลงตัวกับระยะพิกัด หรือการเลือกใช้ระบบพิกัดที่มีความกว้างน้อย ส่งผลให้มีจำนวนรอยต่อมาก ทำให้เกิดโอกาสในการเกิดจุดบกพร่องสูงขึ้น และการออกแบบอาคารให้มีการนำวัสดุมาปิดผิวแผ่นผนัง ช่วยในการเก็บงานทำให้พบจุดบกพร่องลดลง ส่วนการออกแบบชิ้นส่วนดังเช่นการออกแบบให้มีเนื้อโฟมหุ้มเหล็กเสริมแรง เพื่อลดการขยายตัวของเหล็กจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จะเห็นว่าการออกแบบอาคาร ส่งผลไปยังการออกแบบชิ้นส่วน ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของงานก่อสร้าง

ข้อสรุปในด้านการออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วน และการติดตั้งชิ้นส่วนของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยที่การออกแบบอาคารจะส่งผลต่อการออกแบบชิ้นส่วน และการออกแบบชิ้นส่วนส่งผลไปยังการติดตั้ง ซึ่งส่งผลระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง

1) การออกแบบอาคาร

การออกแบบอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผังฉนวนโครงสร้าง ควรออกแบบให้สอดคล้องกับระยะพิกัดของแผ่นฉนวนโครงสร้างขนาดมาตรฐานที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง และออกแบบความสูงของผนังอาคารให้มีระยะ 2.40 เมตร หรือ 3.00 เมตร ซึ่งเป็นความสูงของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมาตรฐาน สอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้ศึกษา และการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างสามารถออกแบบให้มีช่องเปิดกว้างได้ แต่ควรออกแบบช่องเปิดมีความกว้างไม่เกินขนาดแผ่นมาตรฐาน และไม่ควรออกแบบช่องเปิดที่มุมอาคาร เพราะจะทำให้อาคารสูญเสียความแข็งแรงในการรับน้ำหนัก และเนื่องจากการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เป็นการก่อสร้างที่นำแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมาเรียงต่อกัน ทำให้เกิดปัญหาในด้านการแตกร้าวบริเวณรอยต่อ จึงควรออกแบบอาคารให้มีวัสดุปิดผิว เช่น วอลล์เปเปอร์ ไม้เทียม เป็นต้น หรือควรมีการออกแบบให้รูปแบบในการเว้นของรอยต่อ ประมาณ 1.0 ซม. เป็นการสร้างรูปแบบเฉพาะให้กับอาคาร และใช้วัสดุที่มีความยืดหยุ่นได้ในการเก็บรอยต่อ เพื่อลดปัญหาการแตกร้าวบริเวณรอยต่อ และเนื่องจากการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างจะต้องติดตั้งเหล็กรางรูปตัวยูครอบด้านบนผนัง ซึ่งเป็นวัสดุต่างชนิดกับแผ่นผนัง อาจทำให้เกิดปัญหาในการเก็บงานสถาปัตยกรรม จึงควรมีการออกแบบปิดรอยต่อ หรือเก็บงานสถาปัตยกรรม เพื่อให้เกิดความเรียบร้อยในงานก่อสร้าง ซึ่งเป็นข้อด้อยของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

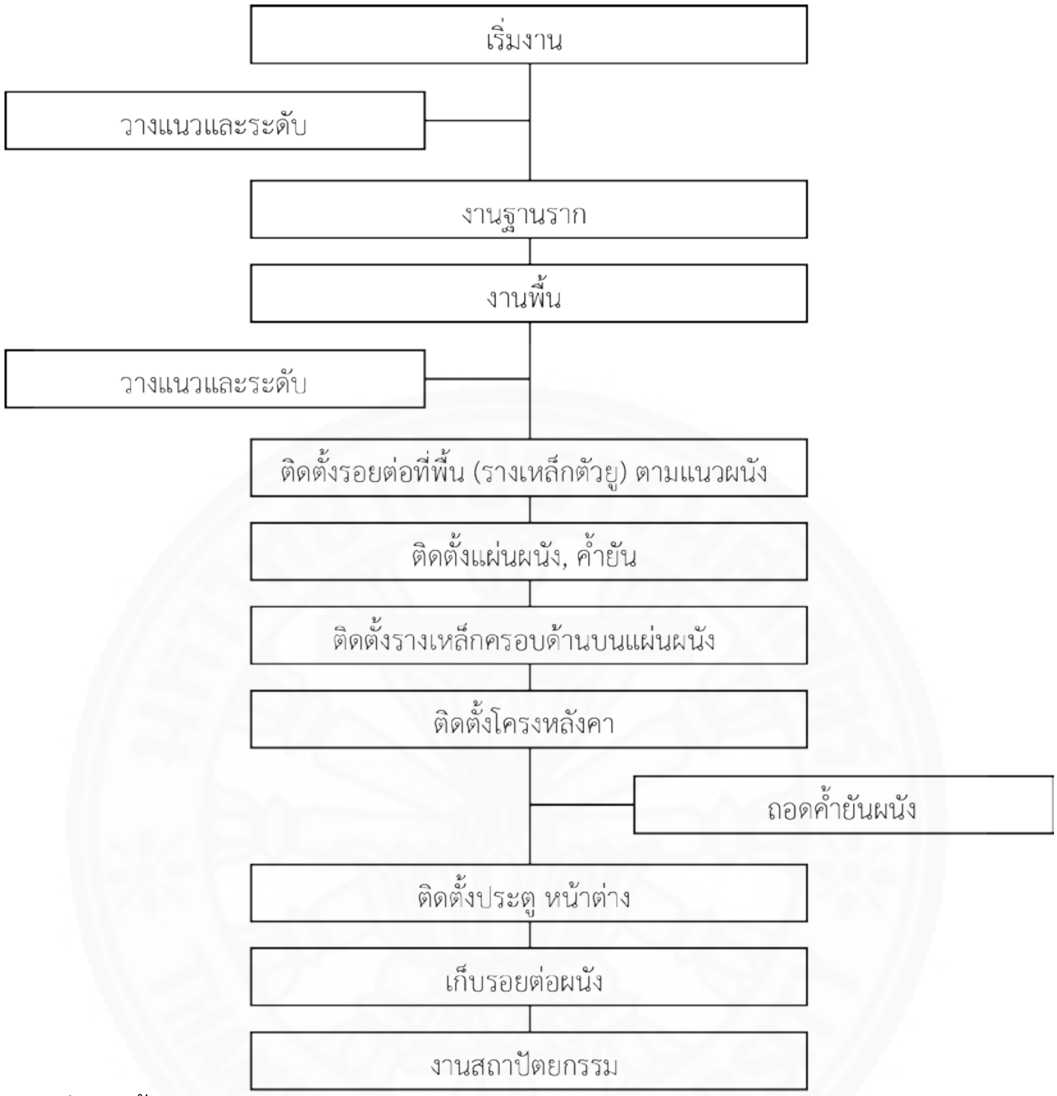
2) การออกแบบชิ้นส่วน

การออกแบบชิ้นส่วน จะแบ่งออกเป็นการออกแบบชิ้นส่วนบริเวณรอยต่อต่างๆ และการออกแบบขนาดของชิ้นส่วน โดยการออกแบบชิ้นส่วนบริเวณรอยต่อต่างๆ เป็นการออกแบบรอยต่อในการติดตั้งของแต่ละบริษัทผู้ผลิต ซึ่งแต่ละบริษัทมีเทคนิคในการออกแบบรอยต่อที่แตกต่างกัน ซึ่งในการเลือกใช้ควรพิจารณาถึงรอยต่อที่มีความแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักได้ดี มีรายละเอียดในการป้องกันการรั่วซึม และสามารถเก็บงานโดยไม่กระทบกับงานสถาปัตยกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้ศึกษา ในส่วนของการออกแบบขนาดของชิ้นส่วน เป็นผลจากการออกแบบขนาด และมิติ

ของอาคาร โดยหากมีการออกแบบอาคารที่มีระยะพิกัดที่ลงตัวกับขนาดชิ้นส่วนมาตรฐาน ก็จะทำให้การออกแบบชิ้นส่วนเพียงแค่การเจาะช่องเปิด และท่อสำหรับงานระบบต่างๆ ในชิ้นส่วนแต่ละชิ้น แต่หากมีการออกแบบอาคารที่ขนาดและมิติที่ไม่ลงตัวกับระยะพิกัดของขนาดชิ้นส่วนมาตรฐาน ต้องมีการจัดการกระจายชิ้นส่วนให้มีความเหมาะสมต่อการรับแรง เกิดเศษวัสดุน้อย และเกิดรอยต่อน้อย เพื่อทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในด้านระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพ

3) การติดตั้งชิ้นส่วน

การติดตั้งชิ้นส่วนด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง มีวิธีการติดตั้งที่สอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษา โดยที่จะมีการปรับวัสดุที่ใช้ให้เหมาะสมกับภูมิอากาศ โดยในต่างประเทศนิยมใช้ไม้ในการผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้าง และเป็นรอยต่อ ส่วนในประเทศไทยนิยมใช้แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ ซึ่งเป็นวัสดุที่มีราคาไม่สูง มีผู้ผลิตหลายราย และมีความคงทนสูงเป็นวัสดุประกบเพื่อผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้าง และใช้เหล็กรูปพรรณ หรือเหล็กรีดเย็น หรือ แผ่นอะลูมิเนียมพับขึ้นรูปเป็นรอยต่อ เนื่องจากสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยเป็นแบบร้อนชื้น ทำให้มีปลวก และแมลง หากใช้ไม้อาจทำให้มีอายุการใช้งานที่ต่ำว่ามาตรฐาน และการติดตั้งแผ่นฉนวนโครงสร้างใช้แรงงานคนในการติดตั้งเป็นหลัก และเป็นระบบการก่อสร้างที่ไม่ยังคุ้นเคยกับช่างในประเทศไทย ทำให้อาจต้องมีการจัดการสอนวิธีการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างก่อน จึงจะทำให้ช่างสามารถทำงานได้ แต่เนื่องจากการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีวิธีการก่อสร้างที่เข้าใจได้ง่าย และไม่ต้องการทักษะฝีมือ จึงใช้เวลาไม่มากในการเรียนรู้วิธีการติดตั้ง โดยการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีขั้นตอนในการติดตั้ง ดังภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.1 ขั้นตอนในการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

5.1.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพในการก่อสร้างของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ใช้เวลาในการก่อสร้างน้อยกว่า เนื่องจากมีการออกแบบชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่า และชิ้นส่วนมีน้ำหนักมากกว่าจึงต้องใช้เครื่องจักรในการติดตั้ง ทำให้ติดตั้งได้เร็วกว่าและมีจำนวนรอยต่อน้อยกว่าการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง นอกจากนี้การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นการก่อสร้างในรูปแบบอุสาหกรรมซึ่งเป็นทำงานเดิมซ้ำๆ ทำให้ผู้ติดตั้งเกิดการพัฒนาทักษะในการติดตั้ง และการก่อสร้างใน

รูปแบบอุตสาหกรรมยังก่อให้เกิดการนำจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นมาพัฒนาการการออกแบบชิ้นส่วนอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการก่อสร้างลงได้

การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง มีต้นทุนค่าก่อสร้างผนังสูงกว่าการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปประมาณ 1.13 เท่า เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนมีต้นทุนต่ำกว่า และเป็นการก่อสร้างในรูปแบบอุสาหกรรมซึ่งเป็นการผลิตชิ้นส่วนซ้ำๆ เป็นจำนวนมาก จึงทำให้สามารถลดต้นทุนได้ แต่การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีน้ำหนักน้อยกว่า และชิ้นส่วนมีขนาดเล็กกว่า จึงสามารถลดต้นทุนค่าการติดตั้ง และขนส่งได้ จึงทำให้ต้นทุนรวมแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย หากการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีการก่อสร้างในรูปแบบอุสาหกรรม จะสามารถลดต้นทุนค่าวัสดุลงได้

การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง พบจำนวนจุดบกพร่องจากของงานก่อสร้างต่ำกว่าการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป แม้ว่าการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างจะมีจำนวนรอยต่อของวัสดุที่มากกว่า แต่ยังไม่พบปัญหาการรั่วซึม จุดบกพร่องที่พบส่วนใหญ่คือรอยร้าวที่ผิวผนังบริเวณรอยต่อ ซึ่งกระทบด้านความสวยงายของอาคาร แต่ไม่มีผลเสียหาย แต่ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมักพบปัญหารอยร้าวผนัง ปัญหาน้ำรั่วซึม และปัญหาการหลุดร่อนของสีที่ทาผนัง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินภายในอาคารได้

ข้อสรุปในด้านการออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วน และการติดตั้งชิ้นส่วนของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป โดยที่การออกแบบอาคารจะส่งผลต่อการออกแบบชิ้นส่วน และการออกแบบชิ้นส่วนส่งผลไปยังการติดตั้งซึ่งส่งผลระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง

1) การออกแบบอาคาร

การออกแบบอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ควรออกแบบอาคารที่มีขนาดที่เหมาะสมกับระบบพิกัดของขนาดชิ้นส่วนมาตรฐาน ได้แก่ ขนาด 0.60 x 2.40 ตร.ม. หรือ ขนาด 1.20 x 2.40 ตร.ม. หรือ ขนาด 0.60 x 3.00 ตร.ม. ขนาด 1.20 x 3.00 ตร.ม. และรูปแบบที่ไม่ซับซ้อน เพื่อทำให้ลดการเกิดเศษวัสดุจากการก่อสร้างลง (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2550) และการออกแบบให้มีความสูงไม่เกิน 2.40 หรือ 3.00 เมตร และควรออกแบบอาคารให้มีขนาดช่องเปิดที่เหมาะสม ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้าง และยังส่งผลต่อการออกแบบชิ้นส่วนซึ่งขั้นตอนต่อไป

ส่วนการออกแบบอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จะต้องคำนึงถึงการติดตั้งชิ้นส่วน หากรูปแบบอาคารมีความซับซ้อนมาก จะทำให้ไม่สามารถติดตั้งชิ้นส่วนได้ หรืออาจต้องใช้ระยะเวลามากในการติดตั้ง และการออกแบบอาคารต้องมีความเรียบง่ายมาก มีการซ้ำกันของแผ่นผนังจำนวนมาก ลักษณะแนวผนังต้องตั้งตรงกันทุกๆ ชั้น เนื่องจากใช้เป็นผนังรับน้ำหนัก (อรรถพันธ์ หล่อวิเชียรรุ่ง, 2557) ทำให้ส่งผลต่อการผลิตชิ้นส่วน และการขนส่ง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหาย ส่งผลให้มีต้นทุน และระยะเวลาที่สูงขึ้น

2) การออกแบบชิ้นส่วน

การออกแบบชิ้นสวน แบ่งเป็นการออกแบบขนาดของชิ้นส่วน และการออกแบบรายละเอียดในการต่อ โดยการออกแบบขนาดของชิ้นส่วน เป็นผลจากการออกแบบอาคาร หากการออกแบบอาคารได้มีการคำนึงถึงขนาดมาตรฐานของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ได้แก่ ขนาด 0.60 x 2.40 ตร.ม. หรือ ขนาด 1.20 x 2.40 ตร.ม. หรือ ขนาด 0.60 x 3.00 ตร.ม. ขนาด 1.20 x 3.00 ตร.ม. จะทำให้เกิดเศษวัสดุจากการก่อสร้างในปริมาณน้อย หากเกิดเศษวัสดุจากการก่อสร้างส่งผลให้ต้นทุนค่าวัสดุสูงขึ้น และรายละเอียดของรอยต่อ ทำให้สามารถติดตั้งชิ้นส่วนได้รวดเร็วขึ้น และมีคุณภาพในการป้องกันการรั่วซึมได้ดีขึ้น

ส่วนการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นผลมาจากการออกแบบอาคาร โดยผู้ที่ออกแบบชิ้นส่วนจะต้องคำนึงถึงการรับน้ำหนักของชิ้นส่วนนั้นๆ เพื่อจะเสริมเหล็กเส้นให้ได้ความแข็งแรงตามที่ต้องการ หากชิ้นส่วนนั้นๆ ต้องรับน้ำหนักมาก อาจต้องออกแบบให้ชิ้นส่วนนั้นๆ มีความหนามากกว่าชิ้นส่วนอื่นๆ เนื่องการการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะมีการออกแบบให้ชิ้นส่วนบางชิ้นที่อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมเป็นชิ้นส่วนโครงสร้าง และขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นส่วน จะต้องออกแบบโดยคำนึงถึงการติดตั้งด้วยรถเครน ความกว้างของถนนในการขนส่ง และจำนวนรอยต่อที่จะเกิดขึ้น ส่งผลต่อคุณภาพในการเก็บรอย และลดโอกาสของการรั่วซึมลง โดยทางทีมผู้ออกแบบชิ้นส่วนจะต้องเปรียบเทียบถึงข้อจำกัดต่างๆ และออกแบบชิ้นส่วน เพื่อให้เกิดการใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

3) การติดตั้งชิ้นส่วน

การก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ซึ่งมีน้ำหนักเบา และขนาดกว้างไม่เกิน 1.20 ม. และสูงไม่เกิน 3.00 ม. สามารถใช้แรงงานคนในการขนส่งและติดตั้ง อาศัยแรงงานคนในการติดตั้งเป็นหลัก โดยแต่ละทีมงานจะต้องมีจำนวนแรงงาน 3-5 คน หากพื้นที่ในการติดตั้งมีความกว้างเพียงพอ สามารถเพิ่มทีมงานในการติดตั้ง โดยแต่ละทีมงานที่จะติดตั้งจะต้องมีจำนวนแรงงานขั้นต่ำตามที่กำหนด เมื่อเพิ่มจำนวนทีมงานสามารถทำให้ระยะเวลาในการก่อสร้างลดลงได้ แต่ต้นทุนค่าแรงงานที่สูงขึ้นด้วย ส่วนการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เนื่องจากชิ้นส่วนมีน้ำหนักมากจำเป็นต้องอาศัยเครื่องจักรในการติดตั้งเป็นหลัก และจำเป็นต้องใช้ทักษะในการขับรถเครน จัดอุปกรณ์ยกชิ้นส่วน ส่งสัญญาณ และติดตั้ง โดยแต่ละทีมงานจะต้องมีแรงงาน 9-10 คน หากพื้นที่ก่อสร้างมีความกว้างเพียงพอ สามารถเพิ่มทีมงานในการติดตั้ง แต่จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนเครื่องจักรด้วย เนื่องจากการเพิ่มจำนวนแรงงานเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถติดตั้งชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปได้ โดยขั้นตอนในการติดตั้งก่อนหลัง เพื่อลดระยะเวลาในการติดตั้งลง โดยจะต้องติดตั้งชิ้นส่วนที่เป็นโครงสร้างหลักก่อน เนื่องการการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะมีการออกแบบให้ชิ้นส่วนบางชิ้นที่อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมเป็นชิ้นส่วนโครงสร้าง และการก่อสร้างจะต้องยกติดตั้งในแนวดิ่งเท่านั้น ทำให้การก่อสร้างอาคารมากกว่า 1 ชั้นจะต้องมีการวางแผนงานที่ดี ไม่สามารถก่อสร้างพื้นชั้นถัดไป จนกว่าจะติดตั้งผนังเสร็จ เพราะชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีน้ำหนักมากจึงไม่สาสามารถยกติดตั้งภายหลังได้ ทำให้ไม่นิยมนำมาติดตั้งเป็นผนังภายใน จึงเป็นข้อได้เปรียบของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง สามารถตัดปรับชิ้นส่วนที่หน้างานได้ และต่อเติมหรือปรับเปลี่ยนผนังโดยไม่กระทบกับโครงสร้างอาคาร ทำให้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูงกว่าระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปพบว่า เนื่องจากชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีน้ำหนักมาก หากเกิดข้อผิดพลาดในการติดตั้ง อาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ชีวิตต่อผู้ติดตั้งได้

5.2 แนวทางในการออกแบบอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง สำหรับผู้ออกแบบ

การออกแบบอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผังฉนวนโครงสร้าง ควรออกแบบให้สอดคล้องกับระยะพิกัดของแผ่นฉนวนโครงสร้างขนาดมาตรฐานที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง 0.30 และออกแบบความสูงของผนังอาคารให้มีระยะ 2.40 เมตร หรือ 3.00 เมตร ซึ่งเป็นความสูงของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมาตรฐาน และมีรูปแบบของชิ้นส่วนน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้ศึกษา และการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างสามารถออกแบบให้มีช่องเปิดกว้างได้ แต่ควรออกแบบ

ช่องเปิดมีความกว้างไม่เกินขนาดแผ่นมาตรฐาน และไม่ควรออกแบบช่องเปิดที่มุมอาคาร เพราะจะทำให้อาคารสูญเสียความแข็งแรงในการรับน้ำหนัก และเนื่องจากการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เป็นการก่อสร้างที่นำแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมาเรียงต่อกัน ทำให้เกิดปัญหาในด้านการแตกร้าวบริเวณรอยต่อ จึงควรออกแบบอาคารให้มีวัสดุปิดผิว เช่น วอลล์เปเปอร์ ไม้เทียม เป็นต้น หรือควรมีการออกแบบให้รูปแบบในการเว้นของรอยต่อ ประมาณ 1.0 ซม. เป็นการสร้างรูปแบบเฉพาะให้กับอาคาร และใช้วัสดุที่มีความยืดหยุ่นได้ในการเก็บรอยต่อ เพื่อลดปัญหาการแตกร้าวบริเวณรอยต่อ และเนื่องจากการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างจะต้องติดตั้งเหล็กรางรูปตัวยูครอบด้านบนผนัง ซึ่งเป็นวัสดุต่างชนิดกับแผ่นผนัง อาจทำให้เกิดปัญหาในการเก็บงานสถาปัตยกรรม จึงควรมีการออกแบบปิดรอยต่อ หรือเก็บงานสถาปัตยกรรม เพื่อให้เกิดความเรียบร้อยในงานก่อสร้าง ซึ่งเป็นข้อด้อยของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

5.3 แนวทางในการพัฒนาแผ่นฉนวนโครงสร้าง สำหรับผู้ผลิตแผ่นฉนวนโครงสร้าง

การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในปัจจุบัน ถูกใช้งานในการก่อสร้างอาคารชั้นเดียวขนาดเล็ก และการปรับปรุงอาคารเดิม ซึ่งไม่มีรูปแบบที่จำกัด ทำให้สูญเสียระยะเวลาในการออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วนใหม่ในทุกงานก่อสร้าง ส่งผลให้ขาดการพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง ทำให้การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างยังไม่เกิดการใช้ระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพที่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ซึ่งการใช้งานในปัจจุบันขัดแย้งกับงานวิจัยที่ได้ศึกษามา การก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป เหมาะสมกับอาคารที่มีรูปแบบไม่ซับซ้อน ชิ้นส่วนมีรายละเอียดน้อยและมีรูปแบบซ้ำกันเป็นจำนวนมาก ดังนั้นทางบริษัทผู้ผลิต

1. จากการศึกษาพบว่า ปัจจุบันจะผลิตชิ้นส่วนตามแบบทำให้มีความหลายหลายของรูปแบบชิ้นส่วน ทำให้ขาดการนำข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมาพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อระยะเวลา และต้นทุนในการผลิตที่มากขึ้น และควรออกแบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างให้มีความหนา 10.0 ซม. ซึ่งเป็นความหนาที่เท่ากับระบบการก่อสร้างอื่นๆ เพื่อที่จะสามารถเข้ากับองค์ประกอบอื่น ๆ ของอาคาร (เช่น วงกบประตู หน้าต่าง เป็นต้น) ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เนื่องจากในปัจจุบันมีการผลิตความหนา 5.0 และ 7.5 ซม. อาจทำให้เกิดปัญหาด้านความแข็งแรงและการติดตั้งประตู หน้าต่าง ส่งผลต่อระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพในการก่อสร้าง ดังนั้น ควรมีการออกแบบชิ้นส่วนมาตรฐานที่มีการเจาะท่อสำหรับงานระบบไฟฟ้า ช่องเปิดประตู หน้าต่าง เป็นชิ้นส่วนมาตรฐาน เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถนำชิ้นส่วนมาตรฐานไปออกแบบเป็นอาคารได้ โดยที่ไม่ต้องสั่งผลิตชิ้นส่วนเฉพาะในทุก ๆ งานก่อสร้าง

2. จากการศึกษาพบว่า การก่อสร้างในปัจจุบันไม่มีรูปแบบที่แน่นอน และมีรูปแบบที่หลากหลายมาก ทำให้ใช้ระยะเวลา และต้นทุนในการออกแบบอาคารมาก และยังขาดการนำ

จุดบกพร่องที่เกิดขึ้นในการก่อสร้างอาคารที่ผ่านมาไปพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อคุณภาพของงานก่อสร้าง ดังนั้น ควรมีการออกแบบรูปแบบทางสถาปัตยกรรม และพื้นที่ใช้สอยแตกต่างกัน และมีข้อมูลระยะเวลาในการก่อสร้าง และราคาค่าก่อสร้างอาคารนั้นประกอบการตัดสินใจ เพื่อกลุ่มลูกค้าเลือกรูปแบบ และพื้นที่ใช้สอยของอาคารที่ตรงกับความต้องการ สามารถเลือกรูปแบบก่อสร้างอาคารที่ต้องการ โดยไม่ต้องออกแบบ และประมาณราคาใหม่ทุกครั้ง

3. จากการศึกษาพบว่า การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงมีวิธีการติดตั้งที่ไม่ต้องการทักษะฝีมือ โดยที่คนทั่วไปสามารถติดตั้งด้วยระบบนี้ได้ แต่เนื่องจากเป็นระบบการก่อสร้างที่ใหม่สำหรับช่างก่อสร้างในไทย ทำให้มีการโก่งค่าแรงในการก่อสร้าง ส่งผลต้นทุนค่าก่อสร้างสูง เพื่อให้เจ้าของบ้าน ผู้รับเหมาก่อสร้าง หรือผู้ที่สนใจสามารถติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ที่จะทำให้การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และทำให้การก่อสร้างด้วยระบบนี้เป็นที่แพร่หลายมากขึ้น ดังนั้น ควรออกแบบรอยต่อที่ติดตั้งมากับชิ้นส่วน เพื่อเสริมความแข็งแรงให้ชิ้นส่วน ลดระยะเวลาในการติดตั้ง และลดความเสียหายจากการขนส่ง และควรมีคู่มืออธิบายวิธีในการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ประกอบสำหรับผู้ที่ซื้อแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

4. จากการศึกษาพบว่า การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในปัจจุบัน มีปัญหาในการเก็บรอยต่อเป็นจำนวนมาก และยังขาดการออกแบบรอยต่อ ทำให้เมื่อทำการเก็บรอยเกิดรอยปูดที่ผนัง เนื่องจากการฉาบบางปูนเข้าไป ดังนั้น ควรมีการออกแบบรอยต่อของชิ้นส่วนเพื่อให้สามารถการเก็บรอยต่อมีคุณภาพมากขึ้น โดยอาจมีการบาก หรือลดระดับขอบของชิ้นส่วนบริเวณที่จะมีการเก็บรอย

5.4 แนวทางในการก่อสร้างบ้านตัวอย่างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง สำหรับผู้ที่สนใจ

1.แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในรูปแบบที่ไม่ใช่โครงสร้าง เหมาะสำหรับการติดตั้งผนังภายในอาคาร ซึ่งจะติดตั้งร่วมกับโครงสร้างหลักของอาคาร หรือการปรับปรุงอาคารเดิม เนื่องจากมีน้ำหนักน้อยกว่าวัสดุผนังอื่นๆ ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างเดิมน้อย ทำให้มีความยืดหยุ่นในการก่อสร้างสูง และชิ้นส่วนสามารถติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็ว สามารถทำงานโดยใช้แรงงานคน และชิ้นส่วนยังมีขนาดที่สามารถขนส่งภายในอาคารได้

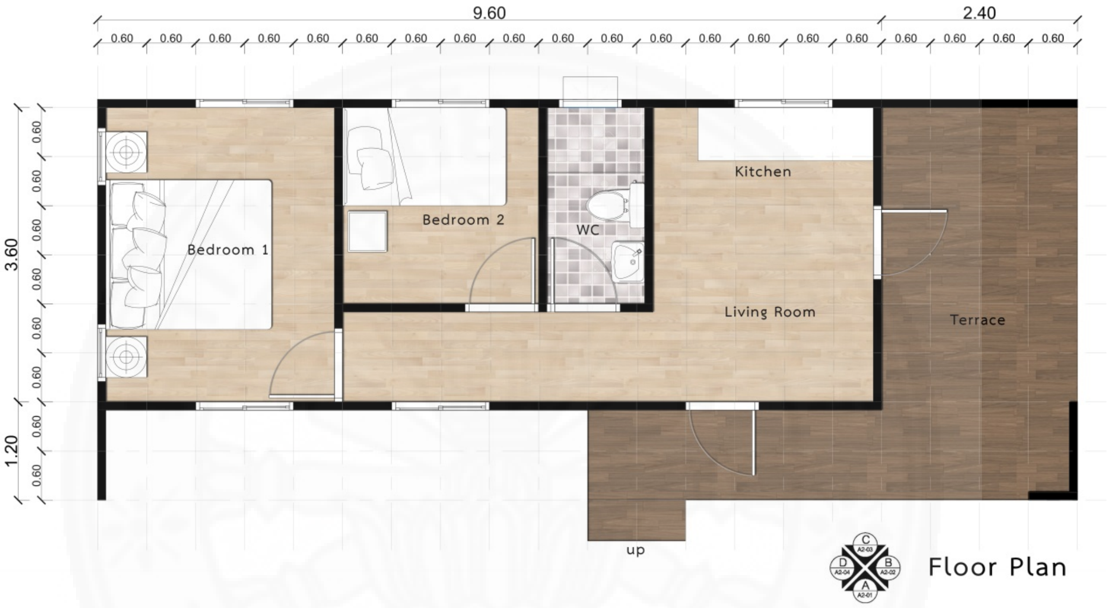
2. แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในรูปแบบผนังรับน้ำหนัก จากคำแนะนำของบริษัทผู้ลิตในประเทศไทย เหมาะสำหรับการก่อสร้างอาคาร 1-2 ชั้น หรือเป็นการต่อเติมอาคารที่ติดกับอาคารเดิม เนื่องจากมีน้ำหนักเบา จึงทำให้ไม่จำเป็นต้องตอกเสาเข็ม ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่ออาคารเดิม ความหนาผนังที่เลือกใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างมีความแข็งแรงแปรผันตามระยะห่างระหว่างแผ่นประกบทั้ง 2 ด้าน แผ่นที่มีความหนามากกว่าจะมีความแข็งแรงและมีค่าความเป็นฉนวนสูงกว่า

3. ในการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ปัจจุบันอาจมีต้นทุนที่สูงกว่าการก่อสร้างด้วยระบบอื่นๆ เนื่องจากคุณสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนจะทำให้ผู้อยู่อาศัยสามารถลดค่าไฟฟ้าในการปรับอากาศลงได้ และหากมีการใช้งานในพื้นที่ผนังใกล้เคียงหรือเป็นจำนวนเท่าของพื้นที่ 200 ตร.ม. จะทำให้มีต้นทุนค่าขนส่งต่ำที่สุด

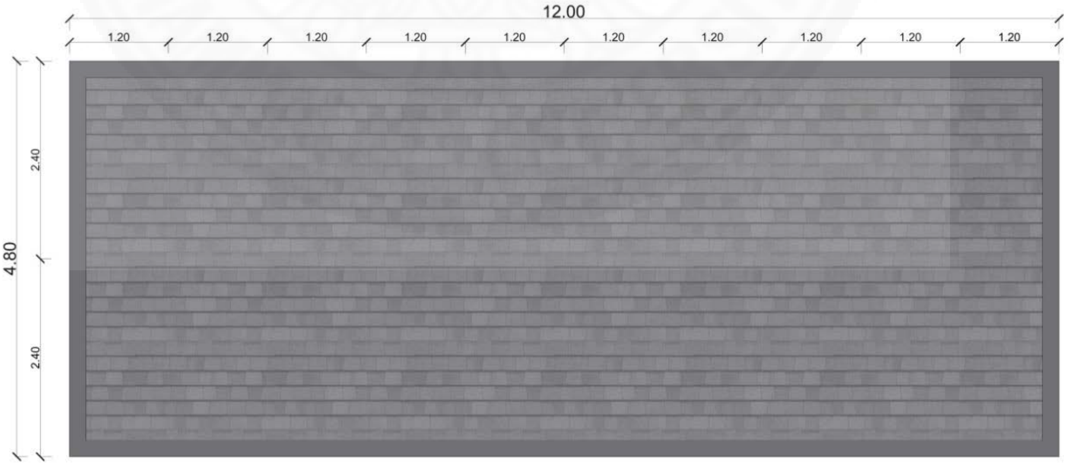
4. การพิจารณาเลือกระบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมควรศึกษาถึงคุณสมบัติ ข้อดีข้อเสียต่างๆ ของระบบการก่อสร้างนั้นๆ เพื่อนำไปสู่การเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมและก่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง เป็นระบบการก่อสร้างที่ค่อนข้างใหม่ในประเทศไทย จึงอาจทำให้ขาดความเชื่อมั่นในกลุ่มผู้บริโภค ในการนำการก่อสร้างระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างไปใช้ในการพัฒนาโครงการ ควรมีการศึกษาตลาดถึงความต้องการของกลุ่มลูกค้าก่อน

5. การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ซึ่งต้องผลิตชิ้นส่วนจากโรงงานจำเป็นต้องมีการประสานงานในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตั้งแต่กระบวนการออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วน และการวางแผนงานก่อสร้าง ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องเช่น เจ้าของอาคาร สถาปนิก วิศวกร ผู้รับเหมา และผู้เกี่ยวข้องอื่นๆ ควรมีการปรึกษาถึงข้อดี ข้อเสียตลอดจนข้อจำกัดต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้น

จากการวิเคราะห์ปัจจัยด้านการออกแบบอาคาร การออกแบบชิ้นส่วน และวิธีการติดตั้งที่ส่งผลต่อระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และจากงานวิจัยอื่นๆ ทางผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการก่อสร้างอาคารบ้านชั้นเดียวด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยเสนอการออกแบบบ้านเดี่ยวชั้นเดียว พื้นที่ใช้สอย 52.80 ตร.ม. ให้มีระบบพิกัด 0.60 เมตร ประกอบไปด้วย ห้องนอน 2 ห้อง ห้องน้ำ 1 ห้อง พื้นที่ครัว และพื้นที่รับแขก ดังแสดงใน *ภาพที่ 5.2*



ภาพที่ 5.2 แปลนพื้นของบ้านตัวอย่าง



ภาพที่ 5.3 แปลนหลังคาของบ้านตัวอย่าง

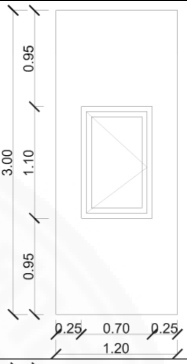
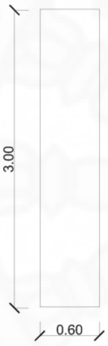
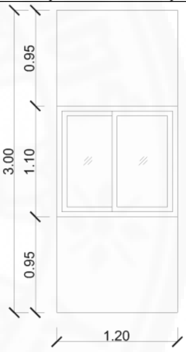
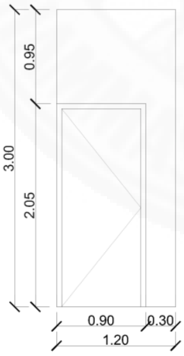
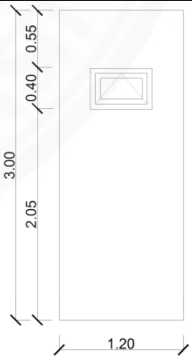
ภาพที่ 5.4 รูปด้านทั้ง 4 ด้าน ของบ้านตัวอย่าง

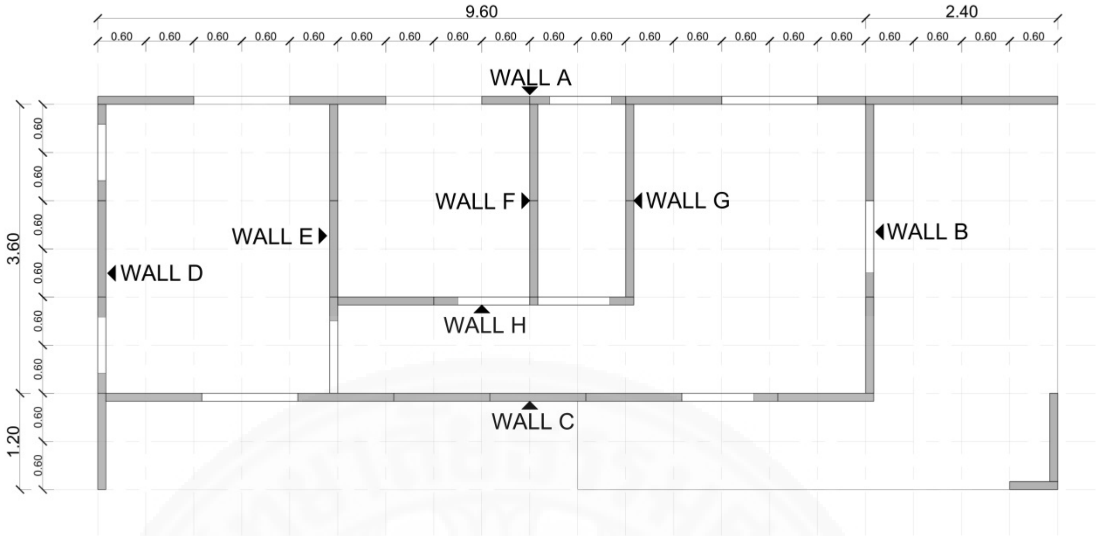
ภาพที่ 5.5 รูปตัดของบ้านตัวอย่าง

จากรูปแบบของอาคารบ้านตัวอย่าง (ดังภาพที่ 5.2 – 5.5) อาคารบ้านตัวอย่างมีการออกแบบโดยอาศัยระยะพิกัด 0.60 เมตร ความสูง 3.00 เมตร ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง จึงทำให้สามารถออกแบบชิ้นส่วนได้ลงตัว โดยอาคารหลังนี้ใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างทั้งหมด 136.80 ตร.ม. หรือใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ขนาด 1.20 x 3.00 ตร.ม. จำนวน 36 แผ่น โดยแบ่งผนังของอาคารออกเป็น 8 แผ่น ใช้รูปแบบของชิ้นส่วนทั้งหมด 6 รูปแบบ

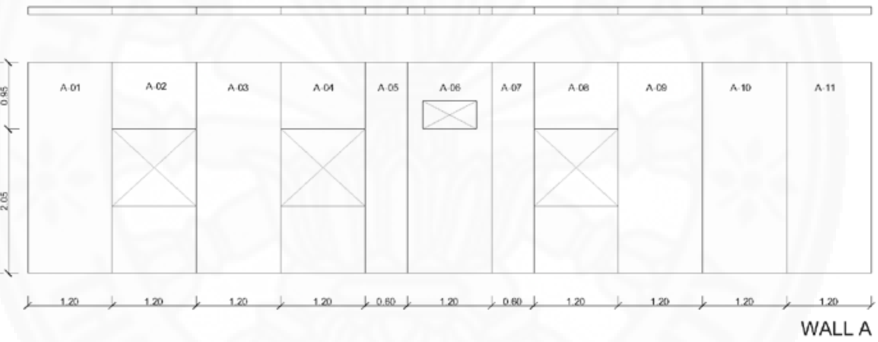
ตารางที่ 5.1

การจำแนกรูปแบบ และจำนวนชิ้นส่วน

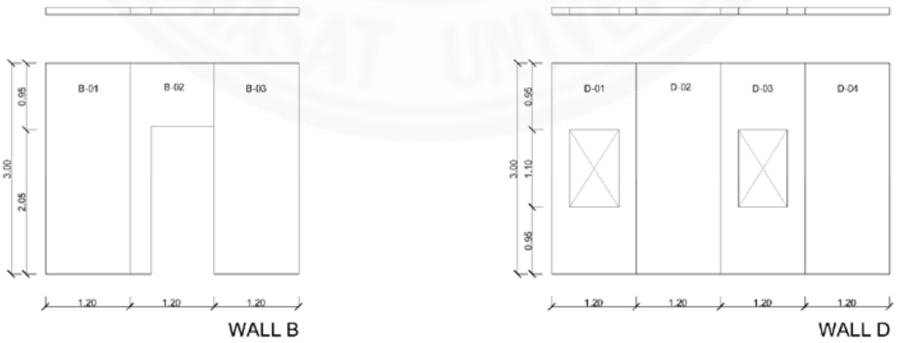
รูปแบบที่	ภาพประกอบ	จำนวน (แผ่น)	รูปแบบที่	ภาพประกอบ	จำนวน (แผ่น)
1		21	4		2
2		3	5		5
3		5	6		1



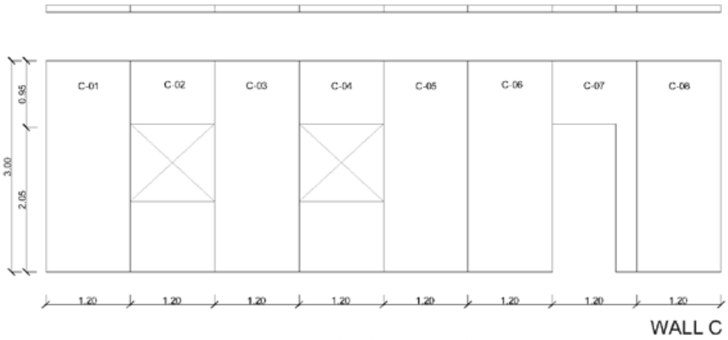
ภาพที่ 5.6 แบบแปลนการแบ่งชิ้นส่วนของบ้านตัวอย่าง



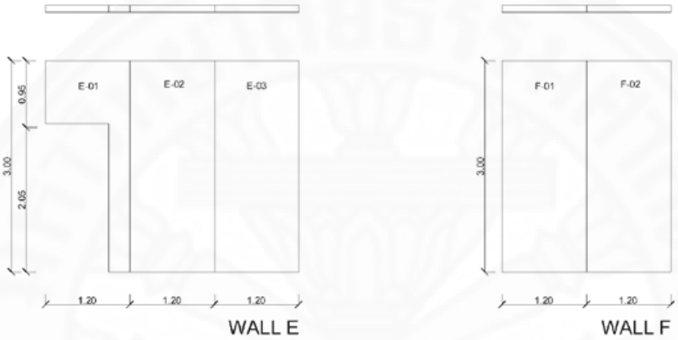
ภาพที่ 5.7 แบบการแบ่งชิ้นส่วนของผนัง A



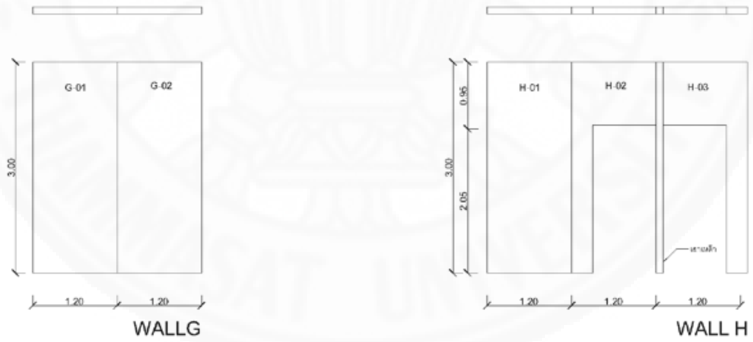
ภาพที่ 5.8 แบบการแบ่งชิ้นส่วนของผนัง B และ D



ภาพที่ 5.9 แบบการแบ่งชิ้นส่วนของผนัง C



ภาพที่ 5.10 แบบการแบ่งชิ้นส่วนของผนัง E และ F



ภาพที่ 5.11 แบบการแบ่งชิ้นส่วนของผนัง G และ H

5.3.1 วิธีการก่อสร้างบ้านตัวอย่าง ด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

ขั้นตอนการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ตั้งแต่งานฐานรากจนถึงติดตั้งผนังทั้งหมด โดยสมมุติว่าชิ้นส่วนทั้งหมดผลิตและติดตั้งหน้าต่างจากที่โรงงาน แล้วจึงขนส่งมายังสถานที่ก่อสร้าง ก่อนเริ่มทำการติดตั้งแผ่นผนัง

1. เตรียมฐานรากและพื้นคอนกรีตให้ได้ระดับตามแบบที่กำหนด โดยที่ระดับจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 2.0 ซม.

2. ตีผังแนวผนังทั้งหมดที่จะทำการติดตั้งชิ้นส่วน (ดังภาพที่ 5.10)

3. เจาะพื้นคอนกรีตและฝังพุกทองเหลือง เพื่อสำหรับยึดรางเหล็กรูปตัวยูกับพื้นคอนกรีต (ดังภาพที่ 5.11)

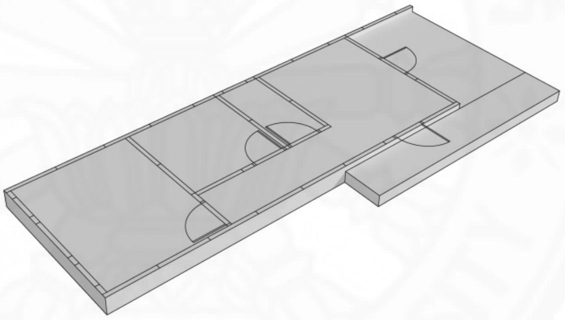
4. ติดตั้งชิ้นส่วนแผ่นแรก A-09 บริเวณมุมอาคารยิงสกรูยึดแผ่นผนังกับรางเหล็กที่พื้นและติดตั้งค้ำยัน (ดังภาพที่ 5.12)

5. ติดตั้งชิ้นส่วนแผ่นที่สอง B-01 ซึ่งทำมุมตั้งฉากกับผนังแผ่นแรก ยิงสกรูยึดแผ่นผนังกับรางเหล็กที่พื้นและติดตั้งค้ำยัน (ดังภาพที่ 5.13)

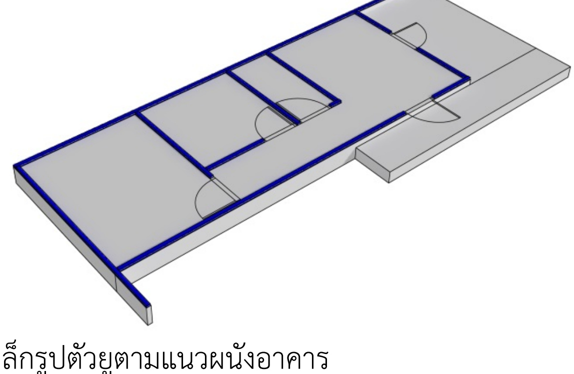
6. ติดตั้งเหล็กเสริมด้านข้างผนัง A-09 และติดตั้งผนัง A-08 (ดังภาพที่ 5.14-5.15)

7. ติดตั้งเหล็กรางตัวยูครอบด้านบนผนัง เพื่อช่วยยึดผนังให้ติดกัน และช่วยในการกระจายน้ำหนักของหลังคาที่ถ่ายลงสู่ผนัง (ดังภาพที่ 5.16)

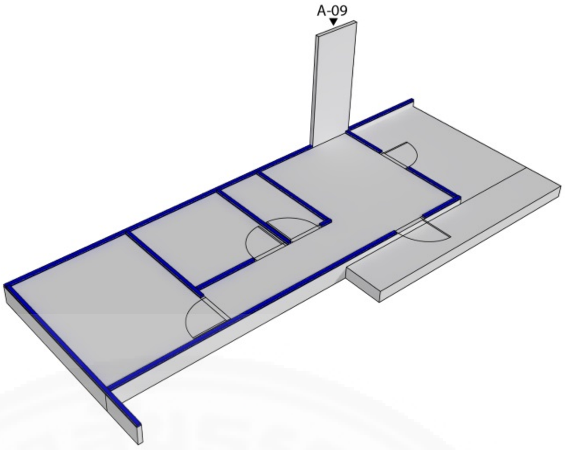
8. ติดตั้งผนังแผ่นที่เหลือ โดยใช้วิธีเดียวกัน (ดังภาพที่ 5.17 – 5.21)



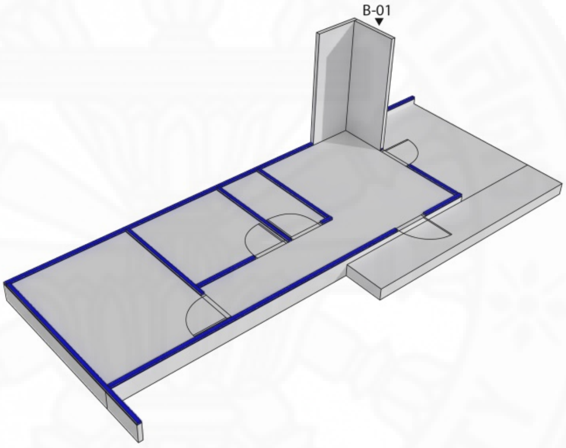
ภาพที่ 5.12 การเตรียมฐานรากและพื้นคอนกรีตตามแปลนอาคารที่ออกแบบไว้



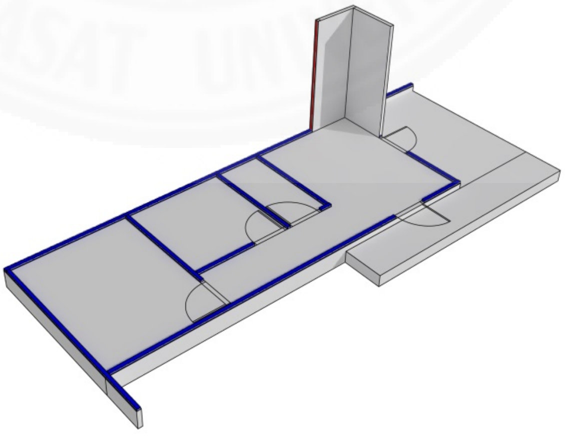
ภาพที่ 5.13 การติดตั้งรางเหล็กรูปตัวยูตามแนวผนังอาคาร



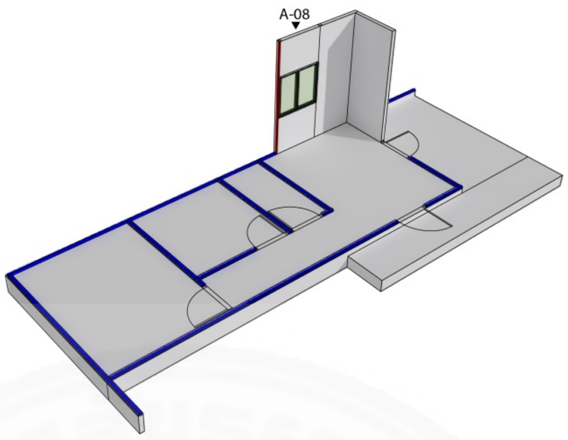
ภาพที่ 5.14 การติดตั้งผนังแผ่นแรก A-09



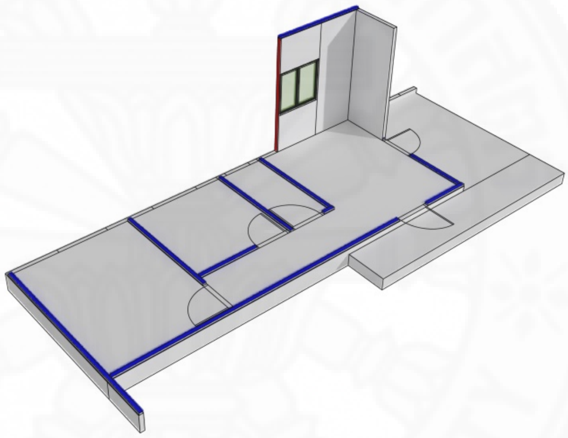
ภาพที่ 5.15 การติดตั้งแผ่นที่สอง B-01 ให้ทำมุมฉากกับผนัง A-09



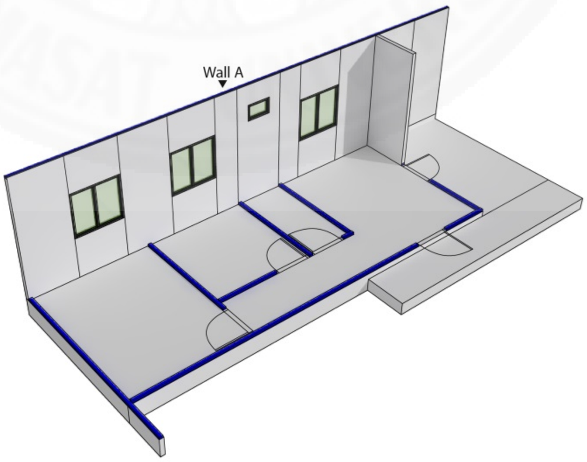
ภาพที่ 5.16 การติดตั้งเหล็กเสริม ซึ่งเป็นรายละเอียดในการต่อกับผนัง A-09



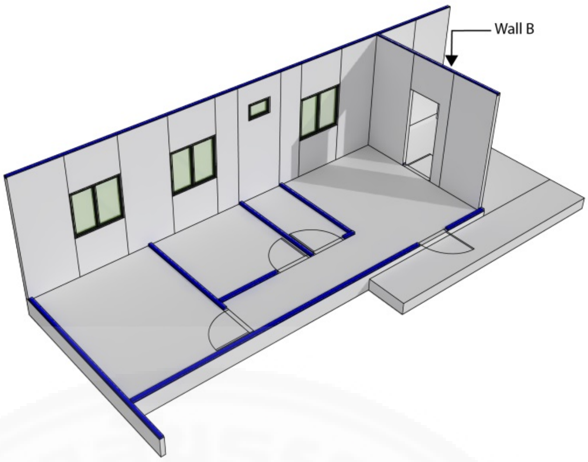
ภาพที่ 5.17 การติดตั้งผนัง A-08



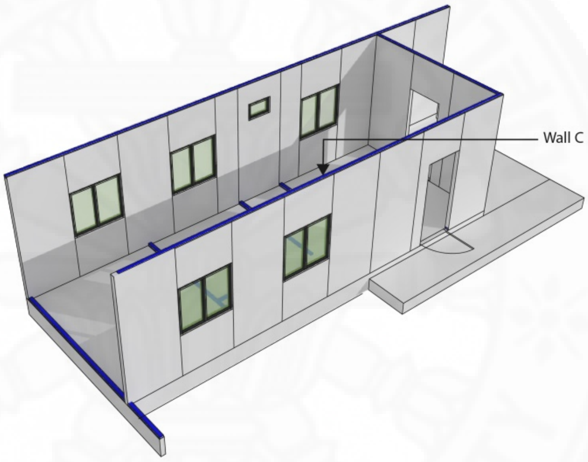
ภาพที่ 5.18 การติดตั้งเหล็กรางตัวยูครอบด้านบนผนัง



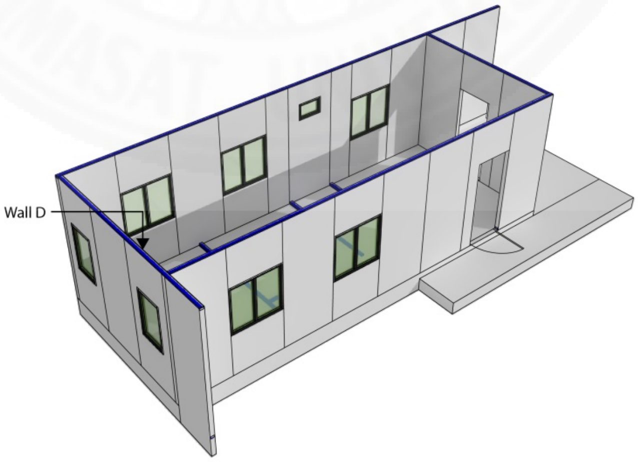
ภาพที่ 5.19 การติดตั้งผนัง A ทั้งหมด ด้วยวิธีเดียวกัน



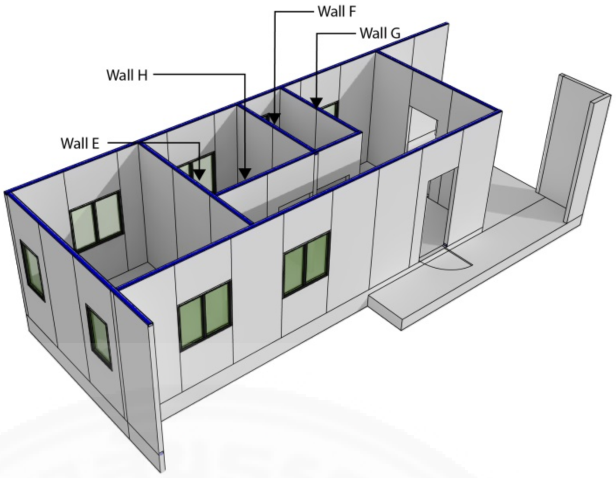
*ภาพที่ 5.*20 การติดตั้งผนัง B



ภาพที่ 5.21 การติดตั้งผนัง C



ภาพที่ 5.22 การติดตั้งผนัง D



ภาพที่ 5.23 การติดตั้งผนังภายในที่เหลือ

5.3.1 ระยะเวลาในการก่อสร้างบ้านตัวอย่าง ด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

แนวทางในการก่อสร้างบ้านชั้นเดียวด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง โดยที่บ้านตัวอย่างเป็นบ้านชั้นเดียวขนาด 52.80 ตร.ม. มีระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างเริ่มตั้งแต่งานฐานราก ติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ติดตั้งโครงสร้างหลังคา และเก็บรอยต่อ จนแล้วเสร็จเป็นตัวอาคาร ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้นประมาณ 30 วัน หรือ ประมาณ 1 เดือน โดยประกอบด้วยขั้นตอนงานฐานรากและพื้นคอนกรีตใช้ระยะเวลา 7 วัน ขั้นตอนการตีผังและปรับระดับพื้นใช้ระยะเวลา 1 วัน ขั้นตอนการติดตั้งรอยต่อที่พื้น (รางเหล็กตัวยู) ใช้ระยะเวลา 1 วัน ขั้นตอนการติดตั้งแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างความหนา 10.0 ซม. พื้นที่ 136.80 ตร.ม. (ระยะเวลาในการติดตั้งผนังโครงสร้างเฉลี่ย 13.01 ตร.ม./วัน/คน) ใช้ระยะเวลา 3 วัน โดยใช้แรงงาน 4 คน ขั้นตอนการติดตั้งโครงสร้างหลังคาใช้ระยะเวลา 2 วัน ขั้นตอนงานมุงวัสดุหลังคาใช้ระยะเวลา 4 วัน โดยใช้แผ่นฉนวนโครงสร้างความหนา 5.0 ซม. เป็นวัสดุหลังคา และใช้วัสดุแอสฟัลท์ชิงเกิ้ล เพื่อป้องกันการรั่วซึม ขั้นตอนการติดตั้งประตูหน้าต่างใช้ระยะเวลา 2 วัน ขั้นตอนการติดตั้งงานระบบไฟฟ้า และสุขภิบาลใช้ระยะเวลา 4 วัน ซึ่งสามารถในช่วงเวลาเดียวกับการมุงวัสดุหลังคา และการติดตั้งประตู หน้าต่างได้ ขั้นตอนการติดตั้งฝ้าเพดานใช้ระยะเวลา 3 วัน ขั้นตอนการเก็บรอยต่อใช้ระยะเวลา 3 วัน และขั้นตอนการตกแต่ง ทาสีและเก็บงานสถาปัตยกรรมอื่นๆ ใช้ระยะเวลา 7 วัน ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2

ระยะเวลาในการก่อสร้างบ้านตัวอย่าง

ลำดับ	รายละเอียดของงาน	ระยะเวลา	เดือน	1			
		(วัน)	สัปดาห์	1	2	3	4
1	งานฐานรากและพื้นคอนกรีต	7					
2	ปรับระดับ และตีผังแนวผนัง	1					
3	ติดตั้งรอยต่อที่พื้น (รางเหล็กตัวยู)	1					
4	ติดตั้งแผ่นผนัง	3					
5	ติดตั้งโครงสร้างหลังคา	2					
6	งานมุงหลังคา	4					
7	ติดตั้งประตู หน้าต่าง	2					
8	ติดตั้งงานระบบไฟฟ้า และสุขภิบาล	4					
9	ติดตั้งฝ้าเพดาน	3					
10	งานเก็บรอยต่อ	3					
11	งานตกแต่ง ทาสี เก็บงานสถาปัตย์	7					

5.3.1 ประมาณราคาในการก่อสร้างบ้านตัวอย่าง ด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

ราคาประมาณในการก่อสร้างอาคารบ้านตัวอย่างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ซึ่งมีพื้นที่ใช้สอย 52.80 ตร.ม. มีต้นทุนค่าก่อสร้างประมาณ 493,793.00 บาท คิดเป็นต้นทุนค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ใช้สอย 9,352.00 บาท/ตร.ม. โดยอาคารหลังนี้ได้ใช้แผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเป็นวัสดุผนังและหลังคา ซึ่งจะมีต้นทุนในการก่อสร้างบ้านที่สูงกว่าการก่อสร้างบ้านทั่วไป เนื่องจากมีต้นค่าวัสดุที่สูงกว่า แต่เนื่องจากวัสดุมีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าวัสดุทั่วไป จึงทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้าในการปรับอากาศลงได้

ตารางที่ 5.3

ต้นทุนค่าก่อสร้างบ้านตัวอย่าง

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวมราคาวัสดุ (บาท)
1	**งานฐานรากและพื้นคอนกรีต**				
1.1	ไม้แบบ	50	ตร.ม.	260.00	13,000.00
1.2	ลวดผูกเหล็ก	5	กก.	30.00	150.00
1.3	ตะปูตีค้ำยัน	3	กก.	40.00	120.00
1.4	ไวร์เมช 4.0 มม.	110	ตร.ม.	40.00	4,400.00
1.5	ทรายหยาบ	1.1	ลบ.ม.	600.00	660.00
1.6	คอนกรีต 240 ksc. (หนา 12 ซม.)	7	ลบ.ม.	2,300.00	16,100.00
	ค่าแรง	1	วัน	2,500.00	2,500.00
	รวมเงินทั้งหมด				36,930.00
2	**งานผนัง SIP**				
2.1	แผ่น SIP หนา 10.0 ซม.	36	แผ่น	3,600.00	129,600.00
2.2	อุปกรณ์เสริมในการติดตั้งระบบ	50	ม.	350.00	17,500.00
2.3	ค่าเก็บรอยต่อ	300	ตร.ม.	40.00	12,000.00
	ค่าแรง	110	ตร.ม.	250.00	27,500.00
	รวมเงินทั้งหมด				186,600.00
3	**งานเหล็กโครงหลังคา**				
3.1	เหล็กตัวซี 150x50x20x2.3 mm.	23	เส้น	741.00	17,043.00
3.2	ลวดเชื่อมขนาด 2.6 mm.	3	กล่อง	130.00	390.00
3.3	สีกันสนิม	2	แกลลอน	500.00	1,000.00
3.4	น้ำมันสน	1	แกลลอน	250.00	250.00
	ค่าแรง				11,330.00
	รวมเงินทั้งหมด				30,013.00

ตารางที่ 5.3 (ต่อ)

ต้นทุนค่าก่อสร้างบ้านตัวอย่าง

4	**งานมุงหลังคา**				
4.1	แผ่น SIP หนา 5.0 ซม.	20	แผ่น	2,700.00	54,000.00
4.2	หลังคาชิงเกิ้ลแอสฟัลท์	60	ตร.ม.	280.00	16,800.00
	ค่าแรง	60	ตร.ม.	250.00	15,000.00
	รวมเงินทั้งหมด				85,800.00
5	**งานประตู-หน้าต่าง**				
5.1	หน้าต่างบานเลื่อนอะลูมิเนียม สำเร็จรูป 1.20x1.10 ม. พร้อมมุ้งลวด	5	ชุด	2,700.00	13,500.00
5.2	หน้าต่างบานเปิดอะลูมิเนียมสำเร็จรูป 0.60x1.10 ม. พร้อมมุ้งลวด	2	ชุด	2,600.00	5,200.00
5.3	หน้าต่างบานกระทุ้งอะลูมิเนียม สำเร็จรูป 0.60x0.40 ม. พร้อมมุ้งลวด	1	ชุด	2,200.00	2,200.00
5.4	บานประตูไม้	4	บาน	2,500.00	10,000.00
5.5	บานประตู PVC	1	บาน	1,000.00	1,000.00
	รวมเงินทั้งหมด				31,900.00
6	**งานติดตั้งสุขภัณฑ์**				
6.1	อ่างล้างหน้า	1	ชุด	2,300.00	2,300.00
6.2	ชักโครก	1	ชุด	3,500.00	3,500.00
6.3	ก๊อกอ่างล่างหน้า	1	ชุด	750.00	750.00
6.4	สายชำระ	1	ชุด	300.00	300.00
6.5	ฝักบัว	1	ชุด	1,000.00	1,000.00
6.6	อุปกรณ์เสริม	เหมา	ชุด		3,700.00
	รวมเงินทั้งหมด				11,550.00

ตารางที่ 5.3 (ต่อ)

ต้นทุนค่าก่อสร้างบ้านตัวอย่าง

7	**งานกระเบื้องพื้น + ทาสี**				
7.1	งานกระเบื้องพื้น	52.8	ตร.ม.	550.00	27,500.00
7.2	งานทาสี (ค่าของ+ค่าแรง)	300	ตร.ม.	120.00	36,000.00
	รวมเงินทั้งหมด				63,500.00
8	**งานฝ้าเพดาน**				
8.1	ฝ้าภายใน	40	ตร.ม.	500.00	27,500.00
8.2	ฝ้าภายนอก	25	ตร.ม.	320.00	8,000.00
	รวมเงินทั้งหมด				35,500.00
9	**งานระบบไฟฟ้า**				
9.1	งานระบบไฟฟ้า	เหมา			12,000.00
	รวมเงินทั้งหมด				12,000.00
	รวมเงินทั้งหมด				493,793.00

หมายเหตุ. ข้อมูลราคาวัสดุจาก สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า. (2559). สืบค้นเมื่อ 13 มิ.ย. 59 จาก http://www.indexpr.moc.go.th/. และข้อมูล จากบริษัท A

5.5 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1. เนื่องจากการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างยังเป็นระบบที่ใหม่สำหรับการก่อสร้างในประเทศไทย ทำให้กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อย และยังขาดความชำนาญในการก่อสร้าง จึงทำให้ข้อมูลด้านระยะเวลาของงานวิจัยครั้งนี้ อาจเกิดความคลาดเคลื่อน และข้อมูลในด้านจุดบกพร่องของอาคารหลังจากมีการใช้งานไประยะหนึ่งยังขาดความครอบคลุม ในการทำวิจัยด้านระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างครั้งต่อไป ควรเว้นระยะประมาณ 3 -5 ปี เพื่อจะได้มีจำนวนอาคารกรณีศึกษาเพิ่มมากขึ้น และความชำนาญของการผลิต ติดตั้ง และเก็บรอยต่อเพิ่มมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการเลือกเปรียบเทียบระบบก่อสร้าง มีอีกหลายเทคนิคและวิธีการ ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และทำการศึกษาเฉพาะกิจกรรมที่เกิดขึ้น ณ พื้นที่ก่อสร้าง การทำวิจัยครั้งต่อไปอาจมีการเปรียบเทียบกับระบบก่ออิฐฉาบปูน หรือระบบโครงคร่าวผนังเบา สำหรับการใช้งานในรูปแบบที่ไม่ใช่โครงสร้าง และเปรียบเทียบกับระบบผนังหล่อในที่ สำหรับการใช้งานในรูปแบบผนังรับน้ำหนัก และควรมีการกำหนดขอบเขตที่ชัดเจนว่าจะศึกษารูปแบบผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง หรือผนังที่เป็นโครงสร้าง เนื่องจากมีลักษณะในการใช้งานและติดตั้งที่แตกต่างกัน

3. การทำวิจัยครั้งต่อไป อาจศึกษาการก่อสร้างแผ่นฉนวนโครงสร้างในรูปแบบของพื้นหรือหลังคา เนื่องจากแผ่นฉนวนโครงสร้างสามารถนำไปใช้เป็นพื้น และหลังคาได้ หรือศึกษาความสามารถในการรับน้ำหนักของแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในกรณีที่เป็นอาคาร 2 ชั้น

รายการอ้างอิง

หนังสือ

กวี หวังนิเวศน์กุล. (2547). *การบริหารงานวิศวกรรมก่อสร้าง*. กรุงเทพ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. (2550). *การศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบการก่อสร้าง Structural Sandwich Panels เพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงานในประเทศไทย*. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์.

วรวรรณ โรจนไพบูลย์. (2547). *โครงการศึกษาวิจัยวัสดุผนังเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับใช้ในการก่อสร้างอาคารพักอาศัย กรณีศึกษา โครงการบ้านเอื้ออาทร(การเคหะแห่งชาติ)*. กรุงเทพ: การเคหะแห่งชาติ กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์.

วรวรรณ โรจนไพบูลย์. (2548). *โครงการจัดทำแบบมาตรฐานอาคาร 2 ชั้น ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป*. กรุงเทพ: การเคหะแห่งชาติ กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์.

วิสูตร จิระดำเกิง. (2544). *การวางแผนงาน และ แผนกำหนดเวลางานก่อสร้าง*. กรุงเทพ: วรรณกวี.

วิสูตร จิระดำเกิง. (2548). *ข้อมูลต้นทุนงานก่อสร้าง*. กรุงเทพ: วรรณกวี.

วิทยานิพนธ์

ณัฐดนัย วลัยลักษณาภรณ์. (2557). *การก่อสร้างโครงการบ้านเดี่ยว 2 ชั้นด้วยระบบชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปผลิตในโรงงานชั่วคราวบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ธีระพล เปี่ยมสุภัคพงศ์. (2556). *ประสิทธิภาพการรับแรงดัดของแผ่นพื้นฉนวนโครงสร้างที่เสริมด้วยวัสดุเสริมแรงคอมโพสิตเสริมเส้นใย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา.

ศุภณัฐ วัฒนสินศักดิ์. (2556). *การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการก่อสร้างแบบดั้งเดิมและการก่อสร้างแบบผนังหล่อประกอบเพื่อพัฒนานวัตกรรมการก่อสร้างของหมู่บ้านจัดสรร*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา.

อรรถพันธ์ หล่อวิเชียรรุ่ง. (2557). *ปัจจัยในการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างผนังคอนกรีตสำหรับอาคารชุดพักอาศัยเพื่อการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ณรงค์ฤทธิ์ ช่างเหล็ก. (2555). *การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปกับวิธีหล่อในที่ชนิดใช้แบบหล่อผนังสำเร็จในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยระบบผนังรับน้ำหนัก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมและการบริหารการก่อสร้าง.

ธีระพล เปี่ยมสุภัคพงศ์. (2556). *ประสิทธิภาพการรับแรงดัดของแผ่นพื้นฉนวนโครงสร้างที่เสริมด้วยวัสดุเสริมแรงคอมโพสิตเสริมเส้นใย.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา.

สืบตระกูล สมบัติทิพย์. (2554). *การบริหารจัดการของอาคารที่ก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา.

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

กรุงเทพธุรกิจ. (2556). อสังหาฯลุย‘พรีแฟบ’แก้ปมวิกฤติแรงงาน. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน 2558. จาก http://www.home.co.th/hometips/detail/76499

กองวิจัยตลาดแรงงาน กรมการจัดหางาน. (28 มกราคม 2554). ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของอาชีพ. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กันยายน 2558. จาก https://www.google.co.th/?gws_rd=cr,ssl&ei=YUVWV8PDMcHfvASp1Jf4Dg#

กุลธิดา เจริญสวัสดิ์. (2555). คุณสมบัติของฉนวนโฟมพอลิยูรีเทนชนิดแข็งในงานก่อสร้างและการใช้โฟมพอลิยูรีเทนชนิดแข็งอย่างปลอดภัยจากอัคคีภัย. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 พฤศจิกายน 2558. จาก http://polyurethanethai.com/uploads/userfiles/_1.pdf.

ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. (2558). เช็คความพร้อมอสังหาฯร่วมทุน"บ้านคนจน" สำรวจพรีแฟบ 6 ราย 5 ล้านตร.ม.-บิ๊กแบรนด์ยังไม่โอเครอดูท่าทีรัฐ. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พฤจิกายน 2558. จาก http://m.prachachat.net/news_detail.php?newsid=1446698226

Books

Lstiburek, J. W. (2008). *Builder's Guide: To Structural Insulated Panels (SIPs) for All Climates.* The United States of America: Building Science Corporation.

Morley, M. (2000). *Building with Structural Insulated Panels (SIPs) Strength and Energy Efficiency Through Structural Panel Construction.* The United States of America: Taunton Press.

Ryan E. Smith. (2010). *Prefab Architecture : A Guide To Modular Design And Construction*. New Jersey: John Wiley & Sons. Inc.

Articles

Courier Dover Publications, (1999). Concrete. Masonry and Brickwork: *A Practical Handbook for the Homeowner and Small Builder.* (Vol. 22). No.1. March/April.

Gopinath, S., Ramesh Kumar, V., Sheth, H., Ramachandra Murthy, A., & Iyer, N. R. (2014). Pre-fabricated sandwich panels using cold-formed steel and textile reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 64, 54-59. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.068

Mohammed A Mousa and Nasim Uddin. (August 31, 2010). Debonding of composites structural insulated sandwich panels. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, doi: 10.1177/0731684410380990.

Mousa, M. A., & Uddin, N. (2011). Global buckling of composite structural insulated wall panels. *Materials & Design,* 32(2), 766-772. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2010.07.026

Mullens, M. and Arif, M. (2006). "Structural Insulated Panels: Impact on the Residential Construction Process." *J. Constr. Eng. Manage*, 10.1061/(ASCE)0733-9364(2006)132:7(786), 786-794

Rungthonkit, Prathan and Yang, Jian. (6-9 September 2009). Behaviour of Structural Insulated Panels (SIPS) under both short-term and long-term loadings. *In: 11th International Conference on Non-conventional Materials and Technologies (NOCMAT 2009)*, Bath, UK.

Takle, S. (2003). Experimental and numerical studies of impact behaviour of GRP reinforced composite sandwich materials. Preprint series. *Research Report in Mechanics.* http://urn. nb. no/URN: NBN: no-23419.

Vaidya, A., Uddin, N., and Vaidya, U. (2010). "Structural Characterization of Composite Structural Insulated Panels for Exterior Wall Applications." *J. Compos. Constr.*, 10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000037, 464-469.

Electronic Media

The Federation of American Scientists. (2015, October 25). Advanced Technologies : SIPs & CSIPs. Retrieved from https://fas.org/programs/energy/btech/advanced%20technologies/About %20SIPs%20and%20CSIPs.

The Structural Insulated Panel Association. (2016, February 20). SIP R-Values. Retrieved from http://www.sips.org/technical-information/sip-r-values-calculated-r-values.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตและติดตั้ง และผู้ใช้งานในอาคาร ที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University
อาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมืองมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121
โทรศัพท์: +66 (0) 2986 9434, +66 (0) 2986 9605-6 โทรสาร: +66 (0) 2986 8067 เว็บไซต์: http://www.tds.tu.ac.th

คำชี้แจง แบบสัมภาษณ์นี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทราบข้อมูลของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ราคาค่าก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้าง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่อง **การศึกษาความเหมาสมในการก่อสร้างอาคาร ด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง** (Structural Insulated Panel: SIP) จัดทำโดย นางสาวชลิตา พนาราม นักศึกษาปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

แบบสอบถามมีจำนวนทั้งหมด 9 หน้า ประกอบด้วยชุดแบบสอบถาม 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทางด้านกายภาพของอาคาร (Fact Sheet)

ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านระยะเวลาการก่อสร้างอาคาร (เฉพาะงานติดตั้งผนัง+เก็บรอยต่อ ไม่รวมงานผนังตกแต่ง)

ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านราคาค่าก่อสร้างอาคาร (เฉพาะงานติดตั้งผนัง+เก็บรอยต่อ ไม่รวมงานผนังตกแต่ง)

ส่วนที่ 4 ข้อมูลด้านคุณภาพของการก่อสร้างอาคาร (เฉพาะงานติดตั้งผนัง+เก็บรอยต่อ ไม่รวมงานผนังตกแต่ง)

ส่วนที่ 5 ข้อมูลด้านคุณภาพของอาคารหลังการใช้งาน (เฉพาะงานผนัง SIP)

ข้อมูลที่รับจากท่านทั้งหมด จะเก็บไว้เป็นความลับและใช้เพื่อการศึกษาวิจัยเท่านั้น

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ให้ความร่วมมือ

นางสาวชลิตา พนาราม

(นักศึกษาปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์)

วิทยานิพนธ์เรื่อง :

“การศึกษาความเหมาสมในการก่อสร้างอาคาร ด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง”

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษางานก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างที่มีอยู่ในประเทศไทย ในด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง
2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง
3. เพื่อสรุปผลการศึกษาและการวิเคราะห์ปัจจัยของการลงทุนในการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้งานในประเทศไทย
4. เพื่อนำเสนอแนวทางการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย ซึ่งก่อสร้างจากแผ่นฉนวนโครงสร้างที่ผลิตโดยใช้แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุประกบ และโฟมแข็งเป็นวัสดุแกนเท่านั้น
2. ศึกษาวิธีการออกแบบชิ้นส่วน วิธีการเตรียมชิ้นส่วน และวิธีการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง
3. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง
4. ศึกษาระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ทั้งในรูปแบบผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง และรูปแบบผนังโครงสร้าง

<u>ส่วนที่ 1 ข้อมูลทางด้านกายภาพของอาคาร (Fact Sheet)</u>

ชื่ออาคาร..

เจ้าของอาคาร...

ที่ตั้งอาคาร...

ผู้รับเหมา...

สถาปนิก..

ลักษณะอาคาร:

ประเภทอาคาร..ชั้น

พื้นที่ใช้สอย...ตารางเมตร

พื้นที่ผนังที่ใช้ทั้งหมด...ตารางเมตร

โครงสร้าง: พื้น..

ผนังภายใน..

ผนังภายนอก...

หลังคา...

ผนังภายนอก.......................................พื้นที่..................ตารางเมตร ความหนา.............เซนติเมตร
ผนังภายใน..พื้นที่...................ตารางเมตร ความหนา.............เซนติเมตร
จำนวนผนัง SIP ....แบบ จำนวน...................................ชิ้นต่ออาคาร
ระยะห่างจากโรงงานผลิตชิ้นส่วน...............................กิโลเมตร ค่าขนส่ง.........................บาท/เที่ยว
จำนวนเที่ยวขนส่ง....................เที่ยว ประเภทรถขนส่ง...

<u>ขั้นตอนการก่อสร้างผนังฉนวนโครงสร้าง</u>

ผนังภายนอก : แผ่น SIP / อื่นๆ

จำนวนแรงงาน....................คน เวลาการก่อสร้าง......................วัน พื้นที่.........................ตารางเมตร

ขั้นตอนการก่อสร้าง

1...

2...

3...

4...

5...

6...

7...

คุณสมบัติของแรงงานที่ทำการก่อสร้างระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และมีโครงสร้างการทำงานอย่างไร?

....

....

....

....

....

....

....

Productivity **ของแรงงาน :**

งานติดตั้งแผ่น SIP 1 คน/วัน ....ตารางเมตร

งานเก็บรอยต่อ 1 คน/วัน ....ตารางเมตร

ผนังภายใน : แผ่น SIP / อื่นๆ

จำนวนแรงงาน....................คน เวลาการก่อสร้าง......................วัน พื้นที่.........................ตารางเมตร

ขั้นตอนการก่อสร้าง

1...

2...

3...

4...

5...

6...

7...

คุณสมบัติของแรงงานที่ทำการก่อสร้างระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง และมีโครงสร้างการทำงานอย่างไร?

....

....

....

....

....

....

....

Productivity ของแรงงาน :

งานติดตั้งแผ่น SIP 1 คน/วัน ....ตารางเมตร

งานเก็บรอยต่อ 1 คน/วัน ....ตารางเมตร

<u>ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านระยะเวลาการก่อสร้างอาคาร</u>

(เฉพาะงานติดตั้งผนัง+เก็บรอยต่อ ไม่รวมงานผนังตกแต่ง)

ระยะเวลาในการก่อสร้างตั้งแต่ ....ถึง.. เวลาที่ใช้ในการออกแบบแผ่น.............................. เวลาที่ใช้ในการผลิตแผ่น...................................... เวลาตามแผนงาน.......................................เวลาก่อสร้างจริง...(ต่ออาคาร)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อ ระยะเวลาในการก่อสร้างผนังอาคาร

1) ....

2) ....

3) ....

4) ....

5) ....

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระยะเวลาของอาคารเฉพาะงานผนัง

1) ....

การแก้ไขปัญหา...

2) ....

การแก้ไขปัญหา...

3) ....

การแก้ไขปัญหา...

<u>ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านต้นทุนค่าก่อสร้างของอาคาร</u>

(เฉพาะงานติดตั้งผนัง+เก็บรอยต่อ ไม่รวมงานผนังตกแต่ง)

ราคาผนังโดยประมาณ..........................บาทต่อตารางเมตร ค่าแรง.................บาทต่อตารางเมตร ราคาค่าขนส่งโดยประมาณ.......................................บาทต่อตารางเมตรต่อกิโลเมตร

ปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนค่าก่อสร้างผนังอาคาร

1) ....

2) ....

3) ....

4) ....

5) ....

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับต้นทุนค่าก่อสร้างของอาคารเฉพาะงานผนัง

1) ....

การแก้ไขปัญหา...

2) ....

การแก้ไขปัญหา...

3) ....

การแก้ไขปัญหา...

ส่วนที่ 4 การตรวจสอบคุณภาพของอาคาร

(เฉพาะงานผนังไม่รวมงานตกแต่งภายใน)

ผนังภายนอก * นับเฉพาะจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นจากผลของการก่อสร้างเท่านั้น

ประเภทของจุดบกพร่อง...จำนวนจุดโดยเฉลี่ย......................จุด

ประเภทของจุดบกพร่อง...จำนวนจุดโดยเฉลี่ย......................จุด

ประเภทของจุดบกพร่อง...จำนวนจุดโดยเฉลี่ย......................จุด

ผนังภายใน * นับเฉพาะจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นจากผลของการก่อสร้างเท่านั้น

ประเภทของจุดบกพร่อง...จำนวนจุดโดยเฉลี่ย......................จุด

ประเภทของจุดบกพร่อง...จำนวนจุดโดยเฉลี่ย......................จุด

ประเภทของจุดบกพร่อง...จำนวนจุดโดยเฉลี่ย......................จุด

ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของการก่อสร้างผนังอาคาร

1) ....

2) ....

3) ....

4) ....

5) ....

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับการควบคุมคุณภาพของผนังอาคาร

1) ....

การแก้ไขปัญหา...

2) ....

การแก้ไขปัญหา...

3) ....

การแก้ไขปัญหา...

<u>ส่วนที่ 5 ข้อมูลด้านคุณภาพของอาคารหลังการใช้งาน</u>

(เฉพาะงานผนัง SIP) ** กรณีที่อาคารมีการใช้งานแล้ว

ผนังภายนอก * นับเฉพาะจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นหลังการใช้งานเท่านั้น
ประเภทของจุดบกพร่อง..จำนวนจุดโดยเฉลี่ย......................จุด
ประเภทของจุดบกพร่อง..จำนวนจุดโดยเฉลี่ย......................จุด
ประเภทของจุดบกพร่อง..จำนวนจุดโดยเฉลี่ย......................จุด
ผนังภายใน * นับเฉพาะจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นหลังการใช้งานเท่านั้น
ประเภทของจุดบกพร่อง..จำนวนจุดโดยเฉลี่ย......................จุด
ประเภทของจุดบกพร่อง..จำนวนจุดโดยเฉลี่ย......................จุด
ประเภทของจุดบกพร่อง..จำนวนจุดโดยเฉลี่ย......................จุด

ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของการก่อสร้างผนังอาคาร

1) ....

2) ....

3) ....

4) ....

5) ....

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับการควบคุมคุณภาพของผนังอาคาร

1) ....

การแก้ไขปัญหา...

2) ....

การแก้ไขปัญหา...

3) ....

การแก้ไขปัญหา...

ภาคผนวก ข

แบบสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิต และก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

THAMMASAT DESIGN SCHOOL
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University
อาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมืองมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121
โทรศัพท์: +66 (0) 2986 9434, +66 (0) 2986 9605-6 โทรสาร: +66 (0) 2986 8067 เว็บไซต์: http://www.tds.tu.ac.th

คำชี้แจง แบบสัมภาษณ์นี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาข้อมูลด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพในการก่อสร้างของการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง ซึ่งแบบสัมภาษณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่อง **การศึกษาความเหมาสมในการก่อสร้างอาคาร ด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง** (Structural Insulated Panel: SIP) จัดทำโดย นางสาวชลิตา พนาราม นักศึกษาปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

แบบสอบถามมีจำนวนทั้งหมด 9 หน้า ประกอบด้วยชุดแบบสอบถาม 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านระยะเวลาการก่อสร้างอาคาร (เฉพาะงานติดตั้งผนัง+เก็บรอยต่อ ไม่รวมงานผนังตกแต่ง)

ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านต้นทุนค่าก่อสร้างอาคาร (เฉพาะงานติดตั้งผนัง+เก็บรอยต่อ ไม่รวมงานผนังตกแต่ง)

ส่วนที่ 4 ข้อมูลด้านคุณภาพของการก่อสร้างอาคาร (เฉพาะงานติดตั้งผนัง+เก็บรอยต่อ ไม่รวมงานผนังตกแต่ง)

ส่วนที่ 5 ข้อมูลต้านคุณภาพของอาคารหลังการใช้งาน (เฉพาะงานผนังไม่รวมงานตกแต่งภายใน)

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ให้ความร่วมมือ

นางสาวชลิตา พนาราม
(นักศึกษาปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์)
ติดต่อโทร 083-041-3035, E-mail: ppanaram91@gmail.com

วิทยานิพนธ์เรื่อง :

“การศึกษาความเหมาสมในการก่อสร้างอาคาร ด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง”

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย ในด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง

2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้าง

3. เพื่อสรุปผลการศึกษาและการวิเคราะห์ปัจจัย ในด้านระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างเปรียบเทียบกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้งานในประเทศไทย

4. เพื่อนำเสนอแนวทางการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้างในประเทศไทย ซึ่งก่อสร้างจากแผ่นฉนวนโครงสร้างที่ผลิตโดยใช้แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุประกบและโฟมแข็งเป็นวัสดุแกนเท่านั้น

2. ศึกษาวิธีการออกแบบชิ้นส่วน วิธีการเตรียมชิ้นส่วน และวิธีการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

3. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง

4. ศึกษาระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ทั้งในรูปแบบผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง และรูปแบบผนังโครงสร้าง

แบบสัมภาษณ์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนค่าก่อสร้าง และคุณภาพของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อ-สกุล...อายุ...................ปี

ประสบการณ์ในการทำงาน...................ปี ตำแหน่ง...

บริษัท...

การก่อสร้างระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ขั้นตอนหลังจากได้แบบก่อสร้างจนถึงขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้างเพื่อทำการติดตั้ง และระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

1...

2...

3...

4...

5...

รายการ	หน่วย	Structural Insulated Panel	Precast Concrete
น้ำหนักต่อตารางเมตร	Kg/m^2	19 - 27	330
ค่าความต้านทานความร้อน	$m^2.K/W$	0.63	3.35

<u>ขั้นตอนการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป</u>

ขั้นตอนการก่อสร้างผนังที่เป็นโครงสร้าง (Structural System) ใช้จำนวนแรงงานและเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

1...

2...

3...

4...

5...

คุณสมบัติของแรงงานที่ทำการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และมีโครงสร้างการทำงานอย่างไร?

....

....

....

....

....

....

....

....

Productivity **ของแรงงาน :**

งานติดตั้งแผ่นชิ้นส่วน	............................ตารางเมตร/คน/วัน
งานเก็บรอยต่อ	............................ตารางเมตร/คน/วัน
....	............................ตารางเมตร/คน/วัน
....	..............................ตารางเมตร/คน/วัน
....	..............................ตารางเมตร/คน/วัน

ขั้นตอนการก่อสร้างผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง (Non-structural System) ใช้จำนวนแรงงานและเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

1..

2..

3..

4..

5..

คุณสมบัติของแรงงานที่ทำการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และมีโครงสร้างการทำงานอย่างไร?

....

....

....

....

....

....

....

....

Productivity **ของแรงงาน :**

งานติดตั้งแผ่นชิ้นส่วน	............................ตารางเมตร/คน/วัน
งานเก็บรอยต่อ	............................ตารางเมตร/คน/วัน
....	............................ตารางเมตร/คน/วัน
....	..............................ตารางเมตร/คน/วัน
....	..............................ตารางเมตร/คน/วัน

<u>ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านระยะเวลาการก่อสร้างอาคาร</u> (เฉพาะงานติดตั้งผนัง+เก็บรอยต่อ ไม่รวมงานผนังตกแต่ง)

ตัวแปร	หน่วย	Structural Panel	Non-structural Panel
ระยะเวลาในการติดตั้ง	ตร.ม./วัน/คน		
ระยะเวลาในการเก็บรอยต่อ	ตร.ม./วัน/คน		

ปัจจัยที่ส่งผลต่อ ระยะเวลาในการก่อสร้างผนังอาคาร

1) ....

2) ....

3) ....

4) ....

5) ....

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระยะเวลาของอาคารเฉพาะงานผนัง

1) ....

การแก้ไขปัญหา..

2) ....

การแก้ไขปัญหา..

3) ....

การแก้ไขปัญหา..

<u>ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านต้นทุนค่าก่อสร้างของอาคาร</u> (เฉพาะงานติดตั้งผนัง+เก็บรอยต่อ ไม่รวมงานผนังตกแต่ง)

ตัวแปร	หน่วย	Structural Panel	Non-structural Panel
ค่าวัสดุ	บาท/ตร.ม.		
ค่าขนส่ง	บาท/ตร.ม.		
ค่าแรงงาน	บาท/ตร.ม.		
ค่าเครื่องจักรในการติดตั้ง	บาท/ตร.ม.		

ปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนค่าก่อสร้างของอาคาร เฉพาะงานผนัง
1) ....
2) ....
3) ....
4) ....
5) ....

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับต้นทุนค่าก่อสร้างของอาคาร เฉพาะงานผนัง
1) ....
การแก้ไขปัญหา...
2) ....
การแก้ไขปัญหา...
3) ....
การแก้ไขปัญหา...

<u>ส่วนที่ 4 การตรวจสอบคุณภาพของอาคาร</u> (เฉพาะงานผนังไม่รวมงานตกแต่งภายใน)

ผนังโครงสร้าง * นับเฉพาะจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นจากผลของการก่อสร้างเท่านั้น
ประเภทของจุดบกพร่อง........................ ....จำนวนจุดโดยเฉลี่ย..................จุด
ประเภทของจุดบกพร่อง........................ ....จำนวนจุดโดยเฉลี่ย......................จุด
ประเภทของจุดบกพร่อง........................ ....จำนวนจุดโดยเฉลี่ย....................จุด

ผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง * นับเฉพาะจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นจากผลของการก่อสร้างเท่านั้น
ประเภทของจุดบกพร่อง........................ ....จำนวนจุดโดยเฉลี่ย.................จุด
ประเภทของจุดบกพร่อง........................ ....จำนวนจุดโดยเฉลี่ย.......................จุด
ประเภทของจุดบกพร่อง........................ ....จำนวนจุดโดยเฉลี่ย....................จุด

ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของการก่อสร้างผนังอาคาร
1) ....
2) ....
3) ....
4) ....
5) ....

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับการควบคุมคุณภาพของผนังอาคาร
1) ....
การแก้ไขปัญหา...
2) ....
การแก้ไขปัญหา...
3) ....
การแก้ไขปัญหา...

<u>ส่วนที่ 5 คุณภาพของอาคารหลังการใช้งาน</u> (เฉพาะงานผนังไม่รวมงานตกแต่งภายใน)

ผนังโครงสร้าง

ประเภทของจุดบกพร่อง........................ ....จำนวนจุดโดยเฉลี่ย.................จุด

ประเภทของจุดบกพร่อง........................ ....จำนวนจุดโดยเฉลี่ย.................จุด

ประเภทของจุดบกพร่อง........................ ....จำนวนจุดโดยเฉลี่ย.................จุด

ผนังที่ไม่ใช่โครงสร้าง

ประเภทของจุดบกพร่อง........................ ....จำนวนจุดโดยเฉลี่ย.................จุด

ประเภทของจุดบกพร่อง........................ ....จำนวนจุดโดยเฉลี่ย.................จุด

ประเภทของจุดบกพร่อง........................ ....จำนวนจุดโดยเฉลี่ย.................จุด

ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของการก่อสร้างผนังอาคารหลังการใช้งาน

1) ....

2) ....

3) ....

4) ....

5) ....

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับการควบคุมคุณภาพของผนังอาคารหลังการใช้งาน

1) ....

การแก้ไขปัญหา..

2) ....

การแก้ไขปัญหา..

3) ....

การแก้ไขปัญหา..

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวชลิตา พนาราม
วันเดือนปีเกิด	1 มิถุนายน 2534
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2556: วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถาปัตยกรรม) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ทุนการศึกษา	ปีงบประมาณ 2559: ทุนสนับสนุนงานวิจัย ประเภททุนวิจัยทั่วไป สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา กองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลงานทางวิชาการ

ชลิตา พนาราม, และ ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์. (กรกฎาคม 2559). *การศึกษาความเหมาะสมในการก่อสร้างอาคารด้วยระบบแผ่นผนังฉนวนโครงสร้าง*. งานการประชุมวิชาการ Built Environment Research Associates Conferenceครั้งที่ 7 ประจำปี 2559 (BEREC 7, 2016), คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.