การศึกษาปัจจัยการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่:
กรณีศึกษาอาคารศาลาไม้ไผ่ 4 หลัง

โดย

นายไชยภพ เกตุเพ็ชร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์แล้วการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การศึกษาปัจจัยการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่: กรณีศึกษาอาคารศาลาไม้ไผ่ 4 หลัง

โดย

นายไชยภพ เกตุเพ็ชร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศา
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

THE STUDY OF SELECTION CRITERIA OF CONSTRUCTION SYSTEMS FOR BAMBOO BUILDINGS: THE CASE STUDY OF FOUR BAMBOO PAVILLION PROJECTS

BY

MR. CHAIYAPHOP KATEPETCH

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 2014

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นายไชยภพ เกตุเพ็ชร

เรื่อง

การศึกษาปัจจัยการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่:
กรณีศึกษาอาคารศาลาไม้ไผ่ 4 หลัง

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อวันที่ 11 สิงหาคม พ.ศ. 2558

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(รองศาสตราจารย์ ดร. ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุปรีดี ฤทธิรงค์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูมิชาย พันธุ์ไพโรจน์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(อาจารย์ ดร. กฤษฎา ไชยสาร)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาปัจจัยการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่: กรณีศึกษาอาคารศาลาไม้ไผ่ 4 หลัง
ชื่อผู้เขียน	นายไชยภพ เกตุเพ็ชร
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุปรีดี ฤทธิรงค์
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

ไม้ไผ่เป็นไม้ชนิดหนึ่งที่อยู่คู่กับงานก่อสร้างของคนไทยและชาติพันธุ์แถบตะวันออกมาช้านาน นับตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน ตั้งแต่เรือนอยู่อาศัยขนาดเล็กจนถึงตึกสูงระฟ้า ถึงแม้ว่ารูปแบบที่นำไปใช้อาจมีความสำคัญ ลักษณะและวิธีการที่แตกต่างกันออกไปแต่ไม้ไผ่ยังคงมีบทบาทสำคัญเสมอมาปัจจุบันไม้ไผ่เป็นวัสดุที่ได้รับความสนใจจากนักออกแบบทั่วโลก ด้วยคุณสมบัติวงจรชีวิตของไม้ไผ่ที่เติบโตอย่างรวดเร็ว สามารถปลูกทดแทนหมุนเวียนได้ เป็นวัสดุที่ยั่งยืนและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย รวมกับความตระหนักถึงภาวะโลกร้อนของสังคมโลกในปัจจุบัน ทำให้ไม้ไผ่ถูกนำมาใช้ในงานออกแบบและงานสถาปัตยกรรมมากขึ้น เกิดการเปลี่ยนสถานะของไม้ไผ่จากเดิมที่เป็นแค่วัสดุพื้นถิ่นไปสู่วัสดุตกแต่งและก่อสร้างทางสถาปัตยกรรมที่สังคมยอมรับมากขึ้น

ระบบการก่อสร้างอาคารสถาปัตยกรรมไม้ไผ่ของประเทศไทยในปัจจุบันมักจะพบเห็นเป็น 2 ระบบใหญ่ ๆ คือ ระบบการก่อสร้างแบบในที่ และระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างทั้งสองระบบว่า ระบบการก่อสร้างแบบใดที่จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าในการจัดการกับปัญหาและปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในงานก่อสร้าง รวมถึงส่งเสริมระบบการทำงานในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ได้ดีที่สุด โดยทำการสำรวจอาคารไม้ไผ่ในประเทศไทยที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ และระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป แล้วทำการเลือกอาคารตัวอย่าง 4 อาคาร (2 อาคารต่อ 1 ระบบการก่อสร้าง) เพื่อใช้เก็บข้อมูลในการก่อสร้าง ได้แก่ ราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลาในการก่อสร้าง และคุณภาพงานก่อสร้าง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกันเพื่อทำการประเมินและวิเคราะห์อาคารไม้ไผ่ทั้ง 4 หลัง

ผลการศึกษา พบว่า ระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมกับการสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยคือระบบการก่อสร้างแบบในที่ เพราะใช้ราคาค่าก่อสร้างน้อยกว่า ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างน้อยกว่าและยังมีคุณภาพงานก่อสร้างที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารไม้ไผ่ที่มีรูปแบบโครงสร้างแบบเดียวกันจากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป แต่ถ้าเป็นอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปจะเหมาะสมที่จะใช้ในการก่อสร้างมากกว่า เพราะใช้ราคาค่าก่อสร้างที่น้อยกว่าแบบก่อสร้างในที่ ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างน้อยกว่า แต่จะมีข้อเสียในเรื่องของคุณภาพของงานก่อสร้างที่จะพบจุดบกพร่องภายในอาคารมากกว่าอาคารจากระบบการก่อสร้างแบบในที่ แต่ในภาพรวมข้อดีในเรื่องราคาและระยะเวลายังทำให้การก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปมีความเหมาะสมกว่าสำหรับงานก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ซึ่งผลการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการพิจารณาแนวทางในการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ที่เหมาะสมกับการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ในประเทศไทย

คำสำคัญ: ไม้ไผ่, สถาปัตยกรรมไม้ไผ่, ระบบก่อสร้างแบบในที่, ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป, โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย, โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก

Thesis Title	THE STUDY OF SELECTION CRITERIA OF CONSTRUCTION SYSTEMS FOR BAMBOO BUILDINGS: THE CASE STUDY OF FOUR BAMBOO PAVILLION PROJECTS
Author	MR. CHAIYAPHOP KATEPETCH
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Department of Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Assistant Professor Supreedee Rittironk, Ph.D.
Academic Years	2014

ABSTRACT

Bamboo has been used as one of the common constructing and decorating materials in Thailand and many tropical countries for a long time. The use of bamboo for construction and decoration is different among various countries. Nowadays, bamboo receive more and more attention from designers around the world due to its renewable cycle and fast growing rate compared with other construction timber such as Teak. Recently, bamboo has not only been used as an architectural material but also a structural material for building structure.

The construction systems of bamboo in Thailand are commonly seen in two systems, on-site and pre-fabricated systems. In this study, these two construction systems; on-site and pre-fabricated systems are carefully investigated. Four bamboo projects are selected as case studies; two buildings for on-site construction system and two buildings for pre-fabricated system. By investigating the various impact parameters, including construction costs, construction time and building quality, the most suitable construction systems for each conditions of bamboo building can be determined by equation. Finally, the selection criteria of bamboo construction systems can be utilized from the finding of this study.

The results showed that the most suitable construction systems for low density bamboo structure should be the on-site construction system because it offers lower construction cost, lower construction time, and better construction quality compared with the same type of bamboo building from pre-fabricated system. The most suitable construction systems for high density bamboo structure should be the pre-fabricated construction system because it has lower construction cost, lower construction time. Although, it has inferior construction quality, the lower cost and construction time can benefit in overall determination to have pre-fabricated system more suitable for a high density bamboo structure. The result of this study can be provided as guidelines for the selection of construction systems for bamboo buildings in Thailand.

Keywords: Bamboo, Bamboo Architecture, On-site Construction System, Pre-fabricated Construction System, Low Density Bamboo Structure, High Density Bamboo Structure

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุปรีดี ฤทธิรงค์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ จนงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลงได้ รวมทั้งคณะกรรมการวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูมิชาย พันธุ์ไพโรจน์ และ อาจารย์ ดร. กฤษฎา ไชยสาร ที่ช่วยให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในงานวิจัยนี้เป็นอย่างดีเช่นกัน ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูง

ในการวิจัยครั้งนี้ได้มีการเก็บข้อมูลบัญชีแสดงปริมาณวัสดุและปริมาณแรงงาน ประกอบกับราคาที่ใช้ในการก่อสร้างในหลาย ๆ โครงการ จากหลาย ๆ บริษัทและองค์กร ที่ได้ทำการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ ซึ่งได้รับความช่วยเหลือและช่วยอำนวยความสะดวกจาก คุณธนา ทิพย์เจริญ เจ้าของบริษัท Thailand Bamboo คุณธนพัฒน์ บุญสนาน เจ้าของบริษัท ธ. ไก่ชน จำกัด อาจารย์ธนา อุทัยภัตรากูร และ อาจารย์รัชดาพร คณิตพันธ์ จากสถาบันอาศรมศิลป์ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้และขอขอบคุณกำลังใจจากบิดา มารดา ครอบครัวและน้องมีน ขอขอบคุณความรู้ด้านการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ที่ได้รับถ่ายทอดมาจากประสบการณ์จากนายพันไท หัวหน้าช่างงานก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ บริษัท Thailand Bamboo เพื่อน รุ่นพี่ รุ่นน้อง ในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สำหรับข้อคิดเห็นและการแลกเปลี่ยนความรู้ และสุดท้ายขอขอบคุณทุกอุปสรรค ทุกความผิดพลาด ทุกความล้มเหลวในชีวิต ที่เป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยเดินมาถึงจุดนี้และสำเร็จการศึกษาไปได้ด้วยดี

นายไชยภพ เกตุเพ็ชร

30/6/2558

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ข้อมูลเบื้องต้นไผ่	5
2.1.1 การเจริญเติบโตของไม้ไผ่	5
2.1.1.1 พวกที่ขึ้นเป็นกอ	5
2.1.1.2 พวกที่ขึ้นเป็นลำเดี่ยว	5
2.1.1.3 พวกผสม	6
2.1.2 อายุและช่วงเวลาของไม้ไผ่ที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง	6
2.1.3 ลักษณะทั่วไปของไผ่ตง	7
2.1.4 ลักษณะทั่วไปของไผ่เลี้ยง	7

2.2 ระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ 9
2.2.1 ระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่แบบในที่ (On-site Construction) 9
2.2.2 ระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่แบบกึ่งสำเร็จรูป
(Pre-Fabricated Construction) 11
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไม้ไผ่ 14
2.3.1 สภาพอากาศ 14
2.3.2 สภาพพื้นที่ 15
2.3.3 สภาพดิน 15
2.3.4 ระดับความสูงน้ำทะเล 16
2.3.5 อายุของลำไม้ไผ่ 16
2.3.6 ส่วนของไม้ไผ่ที่แข็งแรงน้อย-มากที่สุด 17
2.3.6.1 ในลำไผ่ 17
2.3.6.2 ในส่วนข้อ 17
2.3.6.3 ในส่วนของผนังปล้อง 17
2.4 ปัญหาในการออกแบบและก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ 17
2.5 ไม้ไผ่องค์ความรู้กับการก่อสร้างอาคารสมัยใหม่ 18
2.6 กรณีศึกษาการออกแบบและก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ร่วมสมัย 20

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 26
3.1 ระเบียบวิธีวิจัย 26
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย 26
3.2.1 รายละเอียดโครงการ 26
3.2.2 รูปแบบของอาคารไม้ไผ่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 27
3.2.3 เกณฑ์ในการจำแนกลักษณะโครงสร้างอาคารไม้ไผ่ 27
3.3 การกำหนดตัวแปร 28
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 28
3.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลอาคารไม้ไผ่ 28
3.4.2 การเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ 29
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 28
3.5.1 วิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้าง 29

3.5.2 วิเคราะห์ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคาร 29
3.5.3 วิเคราะห์คุณภาพในการก่อสร้าง 30
3.6 แผนภูมิระเบียบวิธี 31

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 32
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 32
4.2 รายละเอียดตัวอย่างในการวิจัย 32
4.2.1 อาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ 32
4.2.2 อาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป 36
4.3 ขั้นตอนในการก่อสร้าง 41
4.3.1 อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่าย ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ 41
4.3.2 อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบซับซ้อน ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ 45
4.3.3 อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่าย ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้าง
แบบกึ่งสำเร็จรูป 48
4.3.4 อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบซับซ้อน ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้าง
แบบกึ่งสำเร็จรูป 52
4.4 ผลการเก็บข้อมูล 56
4.4.1 ผลการสำรวจด้านเวลา 56
4.4.1.1 สรุปผลการสำรวจด้านเวลา 72
4.4.2 ผลการสำรวจด้านราคาค่าก่อสร้าง 76
4.4.2.1 สรุปผลการสำรวจด้านราคาค่าก่อสร้าง 78
4.4.3 ผลการสำรวจด้านคุณภาพในการก่อสร้าง 80
4.4.3.1 ลักษณะจุดบกพร่องของอาคารไม้ไผ่ในระบบการก่อสร้างแบบในที่
และระบบกึ่งสำเร็จรูป 80
4.4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระบบการก่อสร้างกับคุณภาพงานก่อสร้าง 83
4.4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับคุณภาพงานก่อสร้าง 85
4.4.3.4 สรุปผลการสำรวจด้านคุณภาพในการก่อสร้าง 87
4.5 แนวทางการนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลไปใช้ในการเลือกใช้ระบบการ
เพื่อการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ 89

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 93
5.1 สรุปผลการวิจัย 93
5.1.1 การสำรวจงบประมาณ ระยะเวลา และคุณภาพ ของงานก่อสร้าง ในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่ายและแบบซับซ้อน 94
5.1.2 การวิเคราะห์ด้านงบประมาณ ระยะเวลา และคุณภาพของงานก่อสร้าง ในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่ายและแบบซับซ้อน ระหว่างระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 99
5.1.3 การนำเสนอแนวทางในการเลือกระบบการก่อสร้างที่เหมาะสม กับอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่ายและแบบซับซ้อน 109
5.2 ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย 110
5.5.1 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ประกอบการ 110
5.5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ทำการวิจัยต่อไป 110

รายการอ้างอิง 112

ภาคผนวก

ประวัติผู้เขียน 115

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 แสดงรายละเอียดด้านรูปแบบของอาคารไม้ไผ่ 4 อาคารที่ใช้ในการทำวิจัย 39

4.2 แสดงรายละเอียดการคำนวณจำนวนไผ่ต่อพื้นที่เพื่อจำแนกรูปแบบโครงสร้างอาคารไม้ไผ่ 40

4.3 แสดงปริมาณงานเปรียบเทียบอาคารไม้ไผ่ที่ใช้ในงานวิจัย 57

4.4 ปริมาณแรงงานสรุปประเภทงานในระบบการก่อสร้างแบบในที่ 58

4.5 แสดงปริมาณแรงงานเฉลี่ยต่อประเภทงานในระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป 59

4.6 แสดงประสิทธิภาพเฉลี่ยของแรงงานในการก่อสร้างระบบการก่อสร้างแบบในที่ 59

4.7 แสดงประสิทธิภาพเฉลี่ยของแรงงานในการก่อสร้างระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป 60

4.8 ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยด้วยระบบการก่อสร้างในที่ 62

4.9 ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากด้วยระบบการก่อสร้างในที่ 64

4.10 ระยะเวลาและความเร็วเฉลี่ยในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ด้วยระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป 65

4.11 ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยด้วยระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป 66

4.12 ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากด้วยระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป 68

4.13 จุดบกพร่องและเสียหายที่เกิดขึ้นกับอาคารไม้ไผ่ของระบบการก่อสร้างในที่ 81

4.14 จุดบกพร่องและเสียหายที่เกิดขึ้นกับอาคารไม้ไผ่ของระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป 81

4.15 อัตราเฉลี่ยระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่องของอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างในที่ 85

4.16 อัตราเฉลี่ยระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่องของอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป 86

4.17 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 88

4.18 ตัวอย่างผลการคำนวณกรณีที่ให้น้ำหนักกับเรื่องราคาค่าก่อสร้างมากที่สุดในโครงการอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย 90
4.19 ตัวอย่างผลการคำนวณกรณีที่ให้น้ำหนักกับเรื่องระยะเวลามากที่สุดในโครงการอาคารไม้ไผ่ โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย 90
4.20 ตัวอย่างผลการคำนวณกรณีที่ให้น้ำหนักกับเรื่องคุณภาพมากที่สุดในโครงการอาคารไม้ไผ่ โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย 91
4.21 ตัวอย่างผลการคำนวณกรณีที่ให้น้ำหนักกับเรื่องระยะเวลามากที่สุดในโครงการอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก 91
4.22 ตัวอย่างผลการคำนวณกรณีที่ให้น้ำหนักกับเรื่องคุณภาพมากที่สุดในโครงการอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก 92

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 การก่อสร้างบ้านไม้ไผ่ของระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction)	2
1.2 การก่อสร้างบ้านไม้ไผ่ของระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabrication Construction)	2
2.1 ลักษณะการเจริญเติบโตของเหง้าไม้ไผ่แบบกอ (Clumping bamboo) และแบบลำเดี่ยว (Running bamboo)	6
2.2 ไม้ไผ่ตง	8
2.3 ไม้ไผ่เลี้ยง	8
2.4 ลำดับในการก่อสร้างอาคารศาลาไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบในที่	9
2.5 การประกอบโครงสร้างอาคารของระบบการก่อสร้างแบบในที่	10
2.6 การมุงหลังคาอาคาร	10
2.7 ลำดับในการก่อสร้างบ้านไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป	12
2.8 ลำดับในการก่อสร้างอาคารศาลาไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป	12
2.9 การดัดไม้ไผ่เพื่อเตรียมประกอบเป็นชุดโครงสร้าง	13
2.10 โครงสร้างไม้ไผ่ที่รอการขนส่งไปติดตั้ง	13
2.11 ศาลาไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปที่ประกอบเสร็จเรียบร้อย	14
2.12 อาคาร Heart of School จากโครงการ Green School	21
2.13 โรงเรียนปัญญาเด่น	22
2.14 Diamond Island Community Hall	23
2.15 Dhammar Hall	24
2.16 โครงสร้างไม้ไผ่ดัดโค้งที่ถูกใช้ในโครงการ Dhammar Hall	25
2.17 รายละเอียดโครงสร้างไม้ไผ่ดัดโค้งที่ถูกใช้ในโครงการ Dhammar Hall	25
2.17 รายละเอียดโครงสร้างไม้ไผ่ดัดโค้งที่ถูกใช้ในโครงการ Dhammar Hall	25
3.1 ตัวอย่างอาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย (ซ้าย) และอาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก (ขวา)	27
4.1 อาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยตั้งอยู่ที่โรงเรียนไตรพัฒน์ วอลดอร์ฟ (ซ้าย) และอาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากตั้งอยู่ที่สถาบันอาศรมศิลป์ (ขวา) จากระบบการก่อสร้างแบบในที่	33

4.2 แบบแปลนและรูปด้านอาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างในที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 34
4.3 แบบแปลนและรูปด้านอาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างในที่ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 35
4.4 อาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างหนาแน่นน้อยตั้งอยู่ที่โรงแรมหัวช้าง เฮอริเทจ (ซ้าย) และอาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากตั้งอยู่ที่ รีวา วารี รีสอร์ท (ขวา) จากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 36
4.5 แบบแปลนและรูปด้านอาคารศาลาไม้ไผ่ โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย จากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 37
4.6 แบบแปลนและรูปด้านอาคารศาลาไม้ไผ่ โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 38
4.7 การประกอบโครงไม้ไผ่และนั่งร้าน 41
4.8 การต่อไม้ไผ่ 42
4.9 การดัดไม้ไผ่โครงสร้างและส่วนประกอบอาคาร 43
4.10 การตั้งเสาไม้ไผ่เพื่อดูความสูงและเค้าโครงอาคาร 43
4.11 การประกอบโครงสร้างหลังคา 44
4.12 การมุงหลังคาและติดผ้ายางกันน้ำ 44
4.13 อาคารที่เสร็จสมบูรณ์ 45
4.14 การประกอบโครงไม้ไผ่และตั้งนั่งร้าน (อาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบซับซ้อน) 45
4.15 การตั้งอกไก่อาคารไม้ไผ่ 46
4.16 การเจาะฐานเสาเสียบเหล็กเพื่อเตรียมวางเสา 47
4.17 การวางเสาอาคาร 47
4.18 การตั้งเส้นชายคาอาคาร 48
4.19 การเตรียมชุดโครงสร้าง 49
4.20 การประกอบชุดโครงสร้างที่หน้างาน 49
4.21 การประกอบโครงสร้างหลังคา 50
4.22 การเตรียมวัสดุหลังคา 51
4.23 การมุงหลังคา 51
4.24 อาคารที่เสร็จสมบูรณ์ 52
4.25 ชุดโครงสร้างที่รอการขนย้ายไปประกอบหน้างาน 53

4.26 การประกอบชุดโครงสร้าง 53
4.27 การประกอบโครงสร้างหลังคา 54
4.28 หลังคาไม้ไผ่ทุบที่เตรียมจากโรงงาน 55
4.29 อาคารที่เสร็จสมบูรณ์ 55
4.30 ความเร็วเฉลี่ยในการก่อสร้างของระบบการก่อสร้างในที่และกึ่งสำเร็จรูป 69
4.31 ปริมาณแรงงานที่ใช้และประสิทธิภาพของแรงงานต่อประเภทงานในการก่อสร้าง อาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยของระบบการก่อสร้างในที่และกึ่งสำเร็จรูป 70
4.32 ปริมาณแรงงานที่ใช้และประสิทธิภาพของแรงงานต่อประเภทงานในการก่อสร้าง อาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นมากของระบบการก่อสร้างในที่และกึ่งสำเร็จรูป 70
4.33 ประสิทธิภาพแรงงานในการก่อสร้างอาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยของ ระบบการก่อสร้างในที่และกึ่งสำเร็จรูป 71
4.34 ประสิทธิภาพแรงงานในการก่อสร้างอาคารไม้ไผโครงสร้างแบบซับซ้อน ของระบบการก่อสร้างในที่และกึ่งสำเร็จรูป 71
4.35 ลักษณะโครงสร้างหลักของอาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย จากระบบการก่อสร้างในที่ (ซ้าย) และจากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป (ขวา) 72
4.36 การใช้ไผ่ลำเดี่ยวในโครงสร้างหลักของอาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจาก ระบบการก่อสร้างในที่ 73
4.37 การใช้ไผ่ดัดโค้ง ในโครงสร้างหลักของอาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจาก ระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป 73
4.38 ลักษณะโครงสร้างหลักของอาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการ ก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป 74
4.39 ลักษณะโครงสร้างหลักของอาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการ ก่อสร้างในที่ 75
4.40 เปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างหลักของอาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นมาก จากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป (ซ้าย) และจากระบบในที่ (ขวา) 75
4.41 ราคาค่าก่อสร้างในการสร้างอาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการ ก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 76
4.42 ราคาค่าก่อสร้างในการสร้างอาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการ ก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 77

4.43 ราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ของอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 78
4.44 เปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างหลักและขนาดไผ่ที่ใช้ของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างในที่ (ซ้าย) และจากระบบกึ่งสำเร็จรูป (ขวา) 79
4.45 การแตกร้าวของโครงสร้างอาคารที่เกิดจากตัววัสดุ 82
4.46 จุดบกพร่องที่เกิดจากความผิดพลาดในการออกแบบ 82
4.47 จุดบกพร่องที่เกิดจากความไม่เรียบร้อยในการเก็บงานของช่างและแรงงาน 83
4.48 ปริมาณจุดบกพร่องและตำแหน่งการเกิดจุดบกพร่องของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่ายจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 84
4.49 ปริมาณจุดบกพร่องและตำแหน่งการเกิดจุดบกพร่องของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบซับซ้อนจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 84
4.50 ระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดจุดบกพร่องของอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 86
4.51 สูตรคำนวณเพื่อการพิจารณาเลือกใช้ระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ให้เหมาะสมกับรูปแบบของอาคารและโครงการ 89
5.1 ผลการเก็บข้อมูลด้านระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 95
5.2 ผลการเก็บข้อมูลด้านระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 95
5.3 ผลการเก็บข้อมูลด้านงบประมาณในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 96
5.4 ผลการเก็บข้อมูลด้านงบประมาณในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 97
5.5 ผลการเก็บข้อมูลด้านคุณภาพในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 98
5.6 ผลการเก็บข้อมูลด้านคุณภาพในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 98
5.7 ผลการวิเคราะห์ด้านระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 100

5.8 ผลการวิเคราะห์ด้านระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 100
5.9 ผลการวิเคราะห์ด้านงบประมาณในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 102
5.10 ผลการวิเคราะห์ด้านงบประมาณในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 103
5.11 ผลการวิเคราะห์ด้านคุภาพในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจาก ระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 105
5.12 ผลการวิเคราะห์ด้านคุภาพในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจาก ระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 106
5.13 สรุปรวมผลการวิเคราะห์ด้านราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลาการก่อสร้าง และคุณภาพงาน ก่อสร้างในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย จากระบบการก่อสร้าง แบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 108
5.14 สรุปรวมผลการวิเคราะห์ด้านราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลาการก่อสร้าง และคุณภาพงาน ก่อสร้างในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก จากระบบการก่อสร้าง แบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป 109

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันไม้ไผ่เป็นวัสดุที่ได้รับความสนใจจากนักออกแบบทั่วโลก ด้วยคุณสมบัติวงจรชีวิตของไม้ไผ่ที่เติบโตอย่างรวดเร็ว สามารถปลูกทดแทนหมุนเวียนได้ เป็นวัสดุที่ยั่งยืนและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย รวมกับความตระหนักถึงภาวะโลกร้อนของสังคมโลกในปัจจุบัน ทำให้ไม้ไผ่ถูกนำมาใช้ในงานออกแบบและงานสถาปัตยกรรมมากขึ้น เกิดการเปลี่ยนสถานะของไม้ไผ่จากเดิมที่เป็นแค่วัสดุพื้นถิ่นไปสู่วัสดุตกแต่งและก่อสร้างทางสถาปัตยกรรมที่สังคมยอมรับมากขึ้น

ในปัจจุบันระบบการก่อสร้างอาคารสถาปัตยกรรมไม้ไผ่ในประเทศไทย ได้ถูกแบ่งออกเป็นหลาย ๆ ระบบ ตามความเหมาะสมและความพร้อมของเครื่องมือในแต่ละพื้นที่ แต่วิธีหลัก ๆ ที่นิยมใช้ในปัจจุบันจำแนกได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบการก่อสร้างของการก่อสร้างในที่ (On-site Construction) กล่าวคือ การก่อสร้างในพื้นที่ก่อสร้าง จะต้องมีการเตรียมพื้นที่เก็บไม้ไผ่ การทำความสะอาดผิวไม้ไผ่ การดัดโค้ง อาจรวมถึงกระบวนการถนอมไม้ไผ่ด้วย เพื่อใช้ในส่วนประกอบของอาคาร และระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabrication Construction) กล่าวคือ การก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป คือการตระเตรียม หรือประกอบสำเร็จของอาคารไม้ไผ่ เป็นการเตรียมไม้ไผ่จากโรงงานหรือผลิตจากโรงงาน ครอบคลุมถึงกระบวนการถนอมไม้ไผ่ การทำความสะอาดผิวไม้ไผ่ การดัดโค้ง การเตรียมชุดโครงสร้าง และชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบขององค์อาคารแล้วมาทำการติดตั้งที่พื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งผู้ประกอบการส่วนใหญ่เลือกใช้ระบบก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction) เนื่องด้วยความสะดวกและง่ายต่อการจัดการ ไม่ต้องลงทุนมาก แต่ก็ต้องแลกมาด้วยปัญหาหน้างานที่เพิ่มขึ้น การชำรุดเสียหายของวัสดุหน้างานที่ไม่สามารถคาดเดาได้ ส่งผลต่อมาเป็นเรื่องของระยะเวลาการทำงานที่เพิ่มขึ้นและงบประมาณการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นด้วย ในส่วนของการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปมีการจัดการที่ค่อนข้างยุ่งยากกว่า และต้องมีการลงทุนในขั้นต้นกับเครื่องจักรเข้ามาเพิ่ม แต่ก็ให้ผลดีในระยะยาว การก่อสร้างที่สามารถคาดเดาจำนวนวัสดุที่ใช้ได้ค่อนข้างแน่นอน ความเสี่ยงที่จะเกิดความผิดพลาดหน้างานก็จะน้อยลง จะเห็นได้ว่าทั้งสองระบบการก่อสร้างมีทั้งข้อได้เปรียบและเสียเปรียบในตัวเอง

งานวิจัยนี้จะเข้ามาช่วยในการพิสูจน์ข้อเท็จจริงในส่วนของระบบการก่อสร้างทั้งสองระบบว่า ระบบการก่อสร้างแบบใดที่จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการจัดการกับปัญหาและปัจจัยเสี่ยง

ต่าง ๆ อาทิเช่น จำนวนไม้ที่ต้องใช้หน้างาน ระยะเวลาในการทำงาน จำนวนแรงงาน เป็นต้น รวมถึงส่งเสริมระบบการทำงานในการก่อสร้างอาคารโครงสร้างไม้ไผ่ได้ดีที่สุด

ภาพที่ 1.1 การก่อสร้างบ้านไม้ไผ่ของระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction)

ภาพที่ 1.2 การก่อสร้างบ้านไม้ไผ่ของระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabrication Construction)
หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 4 สิงหาคม 2556.

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษารูปแบบระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ และวิธีการปฏิบัติของงานสถาปัตย-กรรมโครงสร้างไม้ไผ่ในปัจจุบัน

1.2.2 ศึกษาและเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ในปัจจุบันและปัจจัยการคัดเลือก

1.2.3 เสนอรูปแบบระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมกับการจัดการและบริหารโครงการสถาปัตยกรรมอาคารโครงสร้างไม้ไผ่

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 อาคารโครงสร้างไม้ไผ่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบ ต้องเป็นโครงการจริงและดำเนินการการก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว

1.3.2 อาคารโครงสร้างไม้ไผ่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบ จะต้องมีขนาดพื้นที่และรูปแบบของอาคารใกล้เคียงกัน

1.3.3 ไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้างทั้งหมด ต้องเป็นไม้ไผ่ที่ผ่านกระบวนการถนอมรักษาที่ได้มาตรฐานและเป็นที่ยอมรับในการก่อสร้างอาคารโครงสร้างไม้ไผ่

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้การศึกษาโดยการทดสอบประสิทธิภาพการจัดการของการก่อสร้างอาคารโครงสร้างไม้ไผ่ด้วยการเก็บข้อมูลจากโครงการก่อสร้างจริงและวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ เพื่อการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละระบบการก่อสร้าง

1.4.1 สำรวจรูปแบบการก่อสร้างอาคารโครงสร้างไม้ไผ่ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เพื่อนำมาเป็นกรณีศึกษาในงานวิจัย

1.4.2 เก็บข้อมูลเบื้องต้นโครงการก่อสร้างอาคารโครงสร้างไม้ไผ่ในประเทศไทย เพื่อสำรวจขนาด รูปแบบ ของอาคารโครงสร้างไม้ไผ่ในประเทศไทย

1.4.3 คัดเลือกอาคารโครงสร้างไม้ไผ่ทั้งหมดสี่หลัง จากสี่โครงการโดยเป็นโครงสร้างไม้ไผ่แบบหนาแน่นน้อยสองหลัง โครงสร้างไม้ไผ่แบบหนาแน่นมากสองหลัง ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-Site Construction) และแบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabricated Construction)

1.4.4 เปรียบเทียบแบบประเมินราคาค่าก่อสร้าง (Bill of Quantities) ของอาคารโครงสร้างไม้ไผ่ทั้ง 4 หลัง เพื่อพิจารณาข้อมูลในเรื่องของราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลาในการก่อสร้าง และรายละเอียดปลีกย่อยต่าง ๆ ในการก่อสร้าง

1.4.5 เปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างจริงของอาคารโครงสร้างไม้ไผ่ทั้ง 4 หลัง ตั้งแต่เริ่มต้นโครงการจนกระทั่งแล้วเสร็จ เพื่อที่จะพิจารณาข้อมูลในเรื่องของราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลา และคุณภาพของงานก่อสร้างที่เกิดขึ้นจริง

1.4.6 ประเมินและวิเคราะห์อาคารโครงสร้างไม้ไผ่ทั้ง 4 หลัง ในเรื่องของราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลาในการก่อสร้างและคุณภาพของงานก่อสร้าง

1.4.7 สรุปและเสนอแนวทางระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมกับสถาปัตยกรรมอาคารโครงสร้างไม้ไผ่

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบการก่อสร้างสำหรับงานสถาปัตยกรรมโครงสร้างไม้ไผ่

1.5.2 ใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาระบบการก่อสร้าง งานสถาปัตยกรรมโครงสร้างไม้ไผ่และงานอาคารที่มีไม้ไผ่เป็นองค์ประกอบ

1.5.3 ใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการบริหารจัดการโครงการก่อสร้างสถาปัตยกรรมโครงสร้างไม้ไผ่

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของไผ่

2.1.1 การเจริญเติบโตของไม้ไผ่

นักพฤกษศาสตร์ส่วนใหญ่ได้จัดรวมให้อยู่ในวงศ์เดียวกันกับหญ้าชนิดต่าง ๆ คือ วงศ์ GRAMINEAE แต่ไม้ไผ่เป็นพวกหญ้าที่มีลำต้นเป็นไม้ (ลำ) เจริญเติบโตมาจากเหง้า ไม้ไผ่เป็น พืชกอ ส่วนมากมีลำต้นกลวง เป็นปล้อง ผิวแข็ง การแตกกอจะหนาแน่นมากน้อยเพียงใดนั้นย่อมขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์เป็นหลัก บางพวกอาจจะขึ้นเป็นลำเดี่ยว ๆ ไม่เป็นกอ มีระยะห่างแน่นอนสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท โดยอาศัยระบบการเจริญเติบโตของเหง้าเป็นหลัก คือ

2.1.1.1 พวกที่ขึ้นเป็นกอ

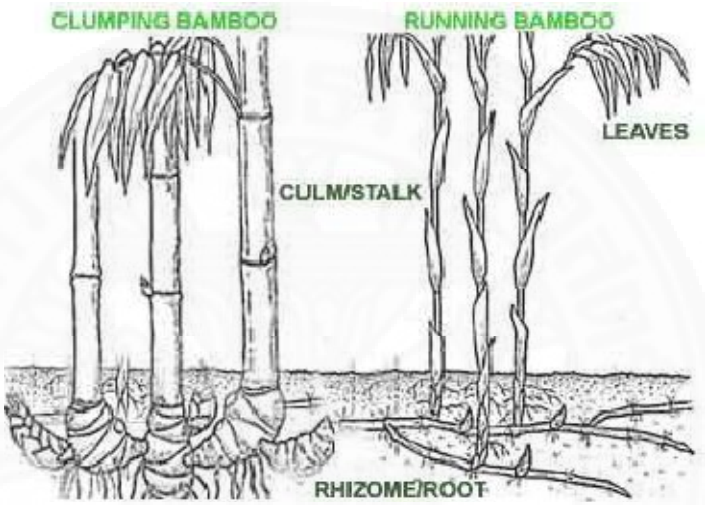
พวกที่ขึ้นเป็นกอ การเจริญของพวกนี้จะสังเกตได้จากตาของเหง้าซึ่งมีอยู่หลายข้อจะพุ่งตัวแทงหน่อโผล่เหนือพื้นดิน เจริญเติบโตกลายเป็นลำก่อน และในปีต่อ ๆ มาตอนส่วนล่างของเหง้าลำดังกล่าวซึ่งมีขนาดสั้นจะพุ่งตัว แทงหน่อโผล่เหนือพื้นดินกลายเป็นลำที่สอง ลำที่สาม เป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ ไปจนกระทั่งหนาแน่นเป็นกอในที่สุด ตัวอย่างได้แก่ ไผ่ป่า ไผ่สีสุก ไผ่ตง ไผ่ซาง หรืออาจจะกล่าวได้ว่า ไผ่ทุกชนิดในประเทศไทยจัดอยู่ในประเภทนี้ และไผ่ส่วนใหญ่ในเขตร้อนก็จัดอยู่ในพวกที่ขึ้นเป็นกอแทบทั้งสิ้น

2.1.1.2 พวกที่ขึ้นเป็นลำเดี่ยว

พวกที่ขึ้นเป็นลำเดี่ยว การเจริญของไผ่พวกนี้ อาศัยเหง้าในการขยายพันธุ์เป็นหลัก โดยที่ตาตรงข้อของเหง้าจะเจริญเติบโตแทงหน่อโผล่เหนือพื้นดินกลายเป็นลำใหม่ และขณะเดียว กันตาที่เป็นส่วนปลายของข้อเหง้าก็จะเจริญกลายเป็นเหง้าใหม่ และมีระยะเกือบเท่ากับความยาวของเหง้าเดิม ส่วนในปีต่อ ๆ มา ตาที่ข้อของเหง้าเติบโตกลายเป็นลำใหม่และเหง้าใหม่เช่นนี้เรื่อย ๆ ไป ส่วนระยะห่างระหว่างลำก็จะมีระยะค่อนข้างคงที่แน่นอน เจริญเติบโตในรูปของลำเดี่ยว ๆ ตลอดไปทุกปี ตัวอย่าง ได้แก่ พันธุ์ไม้ไผ่ที่ขึ้นอยู่ในเขตอบอุ่น เช่น พวกมาดาเกะ หรือ โมโซชิกุ ในประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น สำหรับในประเทศไทย จะมีไผ่ประเภทนี้หรือไม่ก็ไม่อาจจะทราบได้ เพราะยังไม่มีการสำรวจอย่างละเอียดมาก่อนและถ้าจะเป็นไปได้ก็เข้าใจว่า ไผ่เลี้ยงหรือไผ่คลานอาจจะอยู่ในประเภทนี้ก็ได้

2.1.1.3 พวกผสม

พวกผสม (เป็นทั้งแบบลำเดี่ยวและกอ) การเจริญเติบโตของไผ่พวกนี้มีทั้งสองแบบ คือ บางปีก็เจริญเติบโต แบบลำเดี่ยวบางปีก็เจริญเติบโตแบบกอหรือบางปีก็อาจเจริญเติบโตทั้งแบบลำเดี่ยวและแบบกอสลับกันไป ส่วนใหญ่เป็นพวกไม้ไผ่ในเขตอบอุ่น สำหรับในประเทศไทยยังไม่ปรากฏหลักฐานที่แน่ชัดแต่อย่างใด (เฉลียว วัชรพุกก์, 2522)



ภาพที่ 2.1 ลักษณะการเจริญเติบโตของเหง้าไม้ไผ่แบบกอ (Clumping bamboo) และแบบลำเดี่ยว (Running bamboo)
หมายเหตุ. Rottke, Evelin, 2007.

2.1.2 อายุและช่วงเวลาของไม้ไผ่ที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง

โดยทั่วไปไผ่อายุ 2 - 5 ปี เป็นอายุที่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้าง ฤดูที่เหมาะกับการนำไม้ไผ่มาใช้ในการก่อสร้าง คือ ฤดูใบไม้ผลิ ฤดูหนาวในเขตอบอุ่น และฤดูร้อนในเขตฝน เพราะสามารถลดแมลง สัตว์ และเชื้อรา ที่มาทำลายไม้ไผ่ เพราะถ้านำมาใช้จากต้นในฤดูฝนจะทำให้ไม้ไผ่มีปริมาณความชื้นสูง และเป็นที่ดึงดูดของสัตว์ วัชพืช หนอน และแมลง หลังจากที่มีการตัดไผ่ควรระมัดระวังในการเคลื่อนย้ายไม่ให้ผิวภายนอกเกิดรอย (สุทัศน์ เดชวิสิทธิ์, 2537) การตัดไผ่ในฤดูที่แตกต่างกันมีผลต่อการทนทานของไผ่ โดยการตัดไผ่ในต้นฤดูหนาว มีความทนทานต่อการทำลายของแมลงน้อยกว่าต้นฤดูฝน เนื่องจากไม้ไผ่ในต้นฤดูหนาวได้ผ่านช่วงอุดมสมบูรณ์ในช่วงฤดูฝน ซึ่งมีปริมาณแป้งและน้ำตาลในเนื้อมากกว่าไม้ไผ่ที่ตัดในช่วงต้นฤดูฝน ซึ่งต้นไม้ไผ่ได้ใช้อาหารสะสมในลำต้นไปหมดในช่วงฤดูแล้ง (จารุณี วงศ์ข้าหลวง, 2532)

2.1.3 ลักษณะทั่วไปของไผ่ตง

ไผ่ตงเป็นไม้ไผ่ในสกุล Dendrocalamus ชื่อสามัญภาษาไทยเรียกว่า “ไผ่ตง” ชื่อสามัญภาษาอังกฤษเรียกว่า Sweet bamboo ส่วนชื่อทางพฤกษาศาสตร์ คือ DendroCalamusasper Backer เป็นไผ่ที่มีลำต้นใหญ่มากมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 - 18 เซนติเมตร มีลักษณะสูงตรง โดยสูงประมาณ 20 เมตร เนื้อลำหนาไม่มีหนาม ลักษณะของลำจะโตมากตรงโคนและเรียวเล็กไปหาปลาย เมื่อลำยังอ่อนจะมีขนสีน้ำตาลละเอียด เมื่อลำแก่สีของลำจะเป็นสีเขียว ส่วนตรงโคนจะมีสีเทาปนขาวสลับกันเป็นลาย ใบมีขนาดใหญ่และยาวกล่าวคือ กว้างประมาณ 1.5 – 3.5 เซนติเมตร และยาวประมาณ 20 – 30 เซนติเมตร ปลายใบเรียวแหลม ขอบใบสากและคม หลังใบไม่มีขน แต่อาจจะมีขนอ่อนอยู่ทั่วไปตามท้องใบ (สอาด, 2528)

2.1.4 ลักษณะทั่วไปของไผ่เลี้ยง

ไผ่เลี้ยง เป็นไผ่ที่มีชื่อเรียกหลายชื่อตามภาษาถิ่น เช่น อีสานใต้ เรียกว่าไผ่น้อย อีสานเหนือ เรียกไผ่สร้างไพร ชื่อวิทยาศาสตร์: Bambusa multiplex เป็นไผ่ที่นำมาจากประเทศจีนและญี่ปุ่น ไม่พบในป่าธรรมชาติของประเทศไทยนิยมปลูกตามแนวรั้วบ้าน แนวเขตที่ดินหรือตามหัวไร่ปลายนา ปัจจุบันเกษตรกรเริ่มปลูกเป็นแปลงใหญ่เพื่อผลิตหน่อ โดยเฉพาะเป็นไผ่ที่เจริญได้ดีในดินที่มีความร่วนซุย ระบายน้ำได้ดี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 1,200 ม.ม.ต่อปี เป็นไผ่ซึ่งมีลำต้นขนาดกลาง ลำต้นตรง สีเขียว โดยเฉพาะบริเวณข้อจะปรากฏสีเขียวเด่นชัด ไม่มีหนาม จะแตกกิ่งบริเวณยอดของลำ ลำมีความยาวประมาณ 8-10 เมตร ความโตของลำ 3-8 ซม. เป็นไผ่ที่มีลักษณะเป็นกอ (Sympodial) ลำมีความสวยงามและแข็งแรง ใช้เป็นแนวป้องกันลมได้ดี ส่วนหน่ออ่อนจะมีเปลือกหุ้มเป็นสีเหลืองหรือเขียวอมเหลืองห่อหุ้ม เป็นไผ่ที่มีเนื้อหนาเกือบตลอดทั่วลำ จึงมีความแข็งแรงสามารถรองรับน้ำหนักได้มาก (นิภัทร ศิวติณฑุโก, 2549)

ภาพที่ 2.2 ไม้ไผ่ตง

หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 6 กรกฎาคม 2556.

ภาพที่ 2.3 ไม้ไผ่เลี้ยง

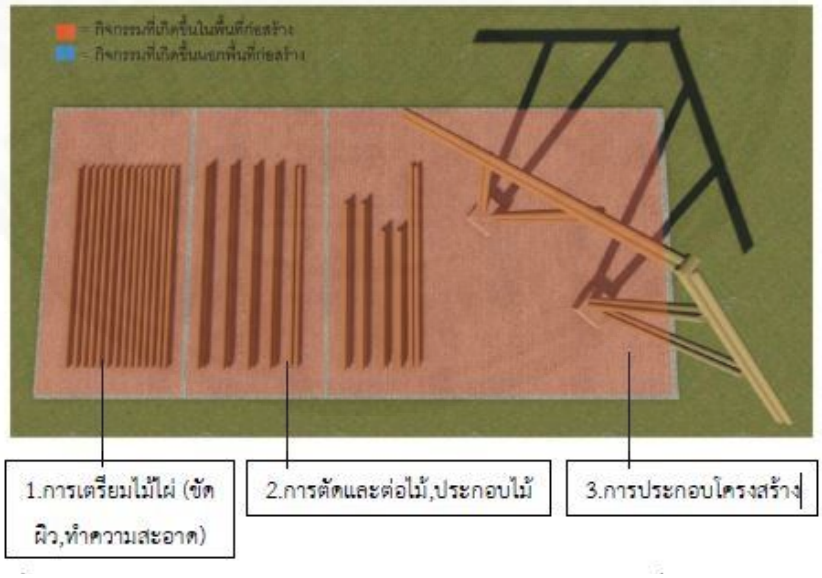
หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 6 กรกฎาคม 2556.

2.2 ระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่

2.2.1 ระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่แบบในที่ (On-site Construction)

เป็นการก่อสร้างในพื้นที่ก่อสร้างจะต้องมีการเตรียมพื้นที่เก็บไม้ไผ่ การทำความสะอาดผิวไม้ไผ่ การดัดโค้ง การตัดและต่อไม้ไผ่ให้ได้ความยาวที่ต้องการอาจรวมถึงกระบวนการถนอมไม้ไผ่ด้วย เพื่อใช้ในส่วนประกอบขององค์อาคารโดยเกือบทุกกระบวนการจะเกิดขึ้นที่พื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งเป็นวิธีการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ซึ่งเป็นที่นิยมในประเทศไทย

มีการศึกษาเรื่องเทคนิคการก่อสร้างอาคารด้วยไม้ไผ่ ที่ใช้ระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction) โดยมีกระบวนการตั้งแต่การคัดเลือกพันธุ์ไผ่ กระบวนการถนอมรักษาและการทำแบบจำลองมาตรฐานเพื่อเป็นตัวอย่างในการประยุกต์ใช้งาน โดยพบปัญหาที่สำคัญซึ่งส่งผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างอาคารโดยตรง คือ มาตรฐานในการถนอมไม้ไผ่ ด้วยเป็นการก่อสร้างหน้างานถ้าขั้นตอนการถนอมรักษาที่ใช้ไม่ได้มาตรฐานพอก็จะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้อาคารไม่คงทน (ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์, 2552)



ภาพที่ 2.4 ลำดับในการก่อสร้างอาคารศาลาไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบในที่
หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 4 กรกฎาคม 2557.

ภาพที่ 2.5 การประกอบโครงสร้างอาคารของระบบการก่อสร้างแบบในที่

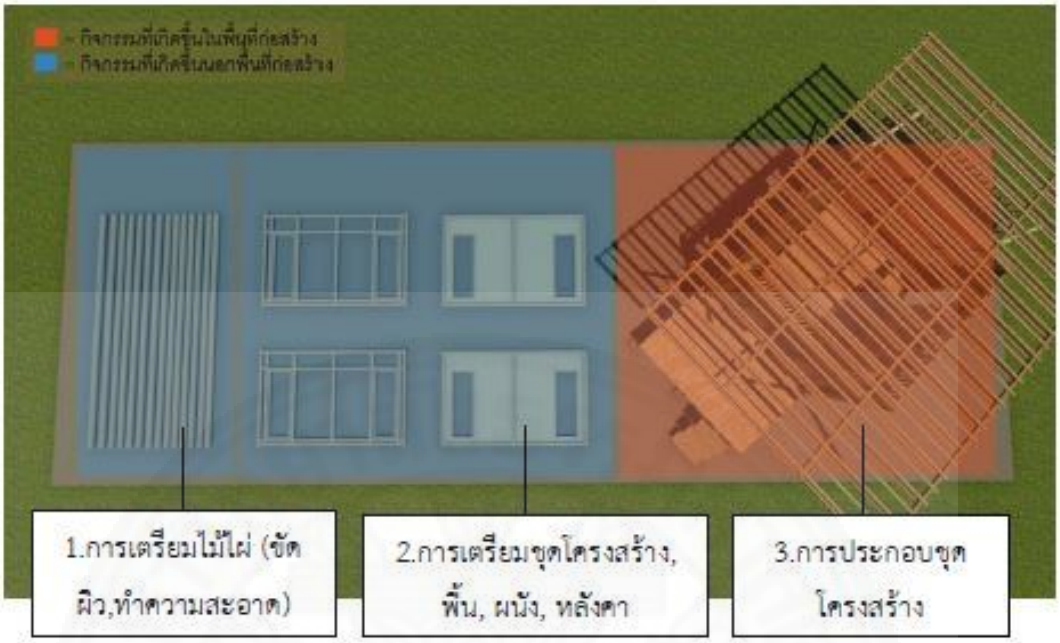
หมายเหตุ. Chiangmai Life Construction (CLC), 2555.

ภาพที่ 2.6 การมุงหลังคาอาคาร

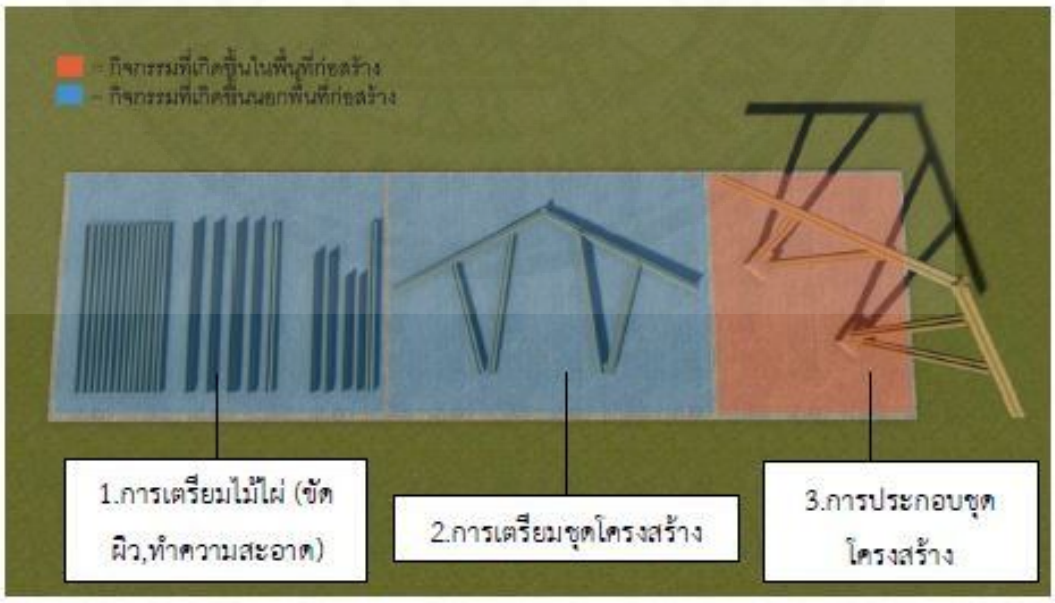
หมายเหตุ. Chiangmai Life Construction (CLC), 2555.

2.2.2 ระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่แบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabrication Construction)

การก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปคือการตระเตรียม หรือประกอบสำเร็จ ของอาคารไม้ไผ่ เป็นการเตรียมไม้ไผ่จากโรงงานหรือผลิตจากโรงงาน ครอบคลุมถึงกระบวนการถนอมไม้ไผ่ การทำความสะอาดผิวไม้ไผ่ การดัดโค้ง การเตรียมชุดโครงสร้าง และชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบขององค์อาคาร เช่น เสาคานพื้นสำเร็จรูปผนังหลังคาฝ้าเพดานจากไม้ไผ่ เป็นต้น แล้วมาทำการติดตั้งที่พื้นที่ก่อสร้าง โดยถ้าเป็นการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ที่มีลักษณะเป็นอาคารปิดทึบจาพวกบ้านหรืออาคารพักอาศัย การเตรียมไม้ไผ่จากแหล่งผลิตจะครอบคลุมตั้งแต่ โครงสร้าง แผ่นผนัง วัสดุปูพื้น วัสดุมุงหลังคา จนถึงขั้นประกอบสำเร็จจากแหล่งผลิตแล้วยกไปประกอบที่พื้นที่ก่อสร้าง แต่ถ้าหากเป็นการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ลักษณะเปิดโล่งทุกด้านไม่มีผนังปิดทึบหรือกั้นห้อง จำพวกศาลา การเตรียมไม้ไผ่จากแหล่งผลิตจะเริ่มตั้งแต่การตัดและต่อไม้ไผ่ให้ได้ความยาวตามที่ต้องการ การเตรียมฝ้า วัสดุมุงหลังคา จนถึงขั้นตอนการเตรียมประกอบชุดโครงสร้างอาคารบางส่วนจากแหล่งผลิตแล้วขนส่งไปประกอบในพื้นที่ก่อสร้าง นอกจากนี้ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการนำไม้ไผ่ไปใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างบ้านของประเทศสหรัฐอเมริกาบนพื้นฐานการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabricated Construction) ซึ่งปกติจะใช้ไม้เป็นวัสดุหลักในการทำโครงสร้าง รวมถึงส่วนประกอบต่าง ๆ ของบ้านได้เปลี่ยนวัสดุในการก่อสร้างหลักมาเป็นไม้ไผ่ และพบว่าด้วยคุณสมบัติของไม้ไผ่ในเรื่องของความแข็งแรงต่อน้ำหนักที่เทียบเท่าได้กับเหล็ก มีช่วงการเจริญเติบโตที่สั้นสามารถปลูกและนำมาใช้ได้ในเวลาอันรวดเร็วซึ่งเป็นผลดีกับการอยู่อาศัยในอนาคต (Lucy Wong, 2001)



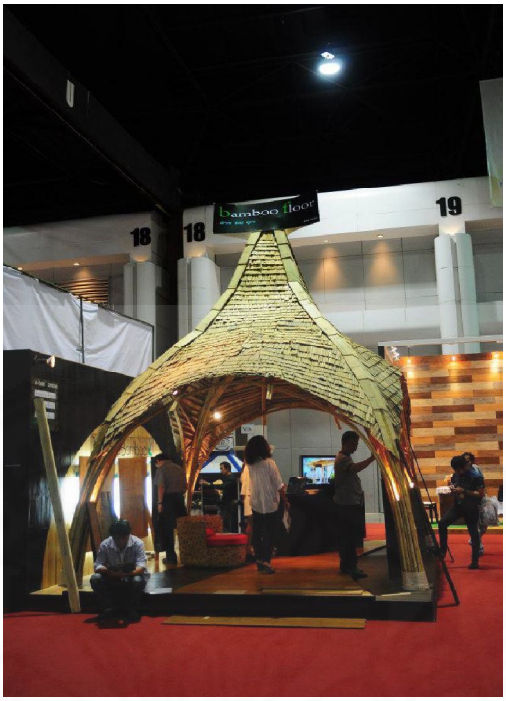
ภาพที่ 2.7 ลำดับในการก่อสร้างบ้านไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป
หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 4 กรกฎาคม 2557.



ภาพที่ 2.8 ลำดับในการก่อสร้างอาคารศาลาไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป
หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 4 กรกฎาคม 2557.

ภาพที่ 2.9 การดัดไม้ไผ่เพื่อเตรียมประกอบเป็นชุดโครงสร้าง
หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 4 สิงหาคม 2556.

ภาพที่ 2.10 โครงสร้างไม้ไผ่ที่รอการขนส่งไปติดตั้ง
หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 4 สิงหาคม 2556.



ภาพที่ 2.11 ศาลาไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปที่ประกอบเสร็จเรียบร้อย
หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 9 พฤษภาคม 2556.

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไม้ไผ่

ไม้ไผ่ทุกพันธุ์ต่างก็มี ลักษณะทางกายวิภาค คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกล ที่แตกต่างไปในแต่ละสายพันธุ์ ในแต่ละกอ ไม้ไผ่แต่ละลำเองก็มีความแตกต่างกัน ความหลากหลายดังกล่าวนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สภาพแวดล้อมที่ไม้ไผ่เติบโตซึ่งรวมถึงสภาพอากาศ ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล สภาพของดิน องค์ประกอบทางเคมีของดิน รวมไปถึงลักษณะทางภูมิศาสตร์ จากเหตุผลขั้นต้น ทำให้เราไม่สามารถนำค่าความแข็งแรงของไม้ไผ่ชนิดหนึ่งไปใช้กับไม้ไผ่ชนิดอื่น ๆ ได้ แม้ว่าจะเป็นไผ่ที่อยู่ในสกุลเดียวกันและปลูกในพื้นที่เดียวกัน
(Oscar Hidelgo – Lopez, 2003)

2.3.1 สภาพอากาศ

การวิจัยซึ่งศึกษาโดย Gnanaharan (1991) เกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่พันธุ์ Dendrocalamus strictus ซึ่งเติบโตในพื้นที่ต่างกัน 3 พื้นที่ในเมือง Kerala ประเทศอินเดีย ที่อยู่ในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลที่ต่างกัน (1000, 200

และ 800 เมตร) และมีปริมาณน้ำฝนที่แตกต่างกัน (2500 – 3000, 1000 – 1500 มิลลิเมตร) แล้วพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพและความแข็งแรงของไม้ไผ่จากแต่ละแหล่งนั้นแตกต่างกัน ไม้ไผ่ที่เติบโตในพื้นที่ที่มีความชื้นสูงจะมีช่วงระหว่างข้อที่ยาวกว่า มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า แต่มีความแข็งแรงในแง่ของ Modulus of rapture และ Modulus of elasticity ที่ต่ำกว่า ในขณะที่ไม้ไผ่ซึ่งปลูกในพื้นที่แห้งจะมีความแข็งแรงกว่า แม้ว่าจะมีระยะข้อ และเส้นผ่าศูนย์กลางสั้นกว่า ซึ่งหมายความว่าไม้ไผ่ที่ปลูกในพื้นที่แห้งจะดีกว่า

2.3.2 สภาพพื้นที่

ในประเทศอินโดนีเซีย ชนเผ่า Sundanese ซึ่งอาศัยอยู่บนเกาะจาวาตะวันตก ได้ใช้ไม้ไผ่พันธุ์ Gigantochloa pseudo-arundinacea สำหรับการสร้างบ้าน โดยมีความเชื่อว่าไม้ไผ่ที่แข็งแรงที่สุดจะต้องมาจากพื้นที่ลาด ซึ่งดีกว่าไม้ไผ่ที่ขึ้นในเขตหุบเขา Soeprayitno et al (1988) จึงได้ทำการศึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของภูมิปัญญาท้องถิ่นในทางวิทยาศาสตร์ โดยการนำไม้ไผ่พันธุ์เดียวกันที่ตัดจากพื้นที่ลาด และพื้นที่หุบเขา ของหมู่บ้าน Cititung ใกล้กับเมือง Bogor ในเกาะจาวาตะวันตก เพื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล ผลที่ได้เป็นการรองรับภูมิปัญญาดังเดิมของคนพื้นถิ่น ทั้งในแง่ของน้ำหนัก ความสามารถในการรับแรงดัดและแรงดึงของไม้ไผ่ที่ขึ้นในเขตที่ลาดนั้นสูงกว่าไม้ไผ่ที่ขึ้นในพื้นที่หุบเขา

Modulus of Rupture ของไม้ไผ่จากทั้งสองแหล่งนั้นไม่แตกต่างกันมาก แต่ Modulus of Elasticity และความสามารถในการรับแรงดึงนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ โดยไม้ไผ่ที่ขึ้นในพื้นที่ลาดนั้นมีค่าสูงกว่า ซึ่งอาจเป็นผลมาจากน้ำหนักของเนื้อไม้ที่มากกว่า ซึ่งข้อมูลนี้สำคัญมากสำหรับชาวบ้านซึ่งอยู่ในพื้นที่ลาด ซึ่งยากที่จะใช้รถแทรกเตอร์ในการเตรียมพื้นที่เพื่อเพาะปลูก ในกรณีนั้นควรแนะนำให้ปลูกไม้ไผ่ขนาดใหญ่สำหรับการก่อสร้าง ซึ่งไม้ไผ่เองนั้นเป็นพืชที่เหมาะสมในการปลูกเพื่อป้องกันการพังทลายและการชะหน้าดิน

2.3.3 สภาพของดิน

ไม้ไผ่ส่วนใหญ่เติบโตในพื้นที่ซึ่งมีดินที่อุดมสมบูรณ์ และในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ได้ไม้ไผ่ที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดสำหรับใช้ในการก่อสร้าง จากงานวิจัยของ Deogun (1936) ไม้ไผ่พันธุ์ Dendrocalamus strictus เป็นไม้ไผ่พันธุ์เดียวที่สามารถปลูกได้ทั้งพื้นที่ที่อุดมสมบูรณ์มากไปจนถึงพื้นที่ซึ่งเป็นกรวดซึ่งมีแร่ธาตุน้อย ในบางพื้นที่ของอินเดียพบว่าสามารถปลูกได้แม้บนเนินทราย

2.3.4 ระดับความสูงน้ำทะเล

Guadua angustifolia สามารถปลูกได้เฉพาะในพื้นที่ซึ่งมีดินอุดมสมบูรณ์และมีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1800 เมตร ซึ่งไม้ไผ่พันธุ์นี้จะสามารถพัฒนาคุณสมบัติที่ดีที่จะใช้ในการก่อสร้างได้เมื่อปลูกที่ระดับความสูงมากกว่า 1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล (ในประเทศโคลัมเบีย) โดยเฉพาะในพื้นที่ที่เป็นดินภูเขาไฟซึ่งอยู่ในบริเวณพื้นที่โดยรอบของเมือง Armania ในประเทศโคลัมเบีย ซึ่งในพื้นที่นี้ ไม้ไผ่พันธุ์นี้จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 14-16 เซนติเมตร ในขณะที่ไม้ไผ่พันธุ์เดียวกันนี้ที่ขึ้นในพื้นที่ใกล้เคียงระดับน้ำทะเลที่ชายหาดในประเทศเอกวาดอจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 9 – 10 เซนติเมตรที่โคนต้น

จากข้อมูลดังกล่าว เราสามารถสรุปได้ว่า เราไม่สามารถที่จะใช้คุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่พันธุ์ที่ปลูกบนพื้นที่สูง ไปใช้ในการคำนวณโครงสร้างซึ่งใช้ไม้ไผ่พันธุ์เดียวกันซึ่งปลูกในพื้นที่ต่ำได้เลย ในกรณีนี้จำเป็นที่จะต้องศึกษาคุณสมบัติของไม้ไผ่ที่ปลูกในระดับน้ำทะเลด้วย ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาไผ่แต่ละพันธุ์ที่เติบโตในระดับพื้นที่ต่างกันด้วย

2.3.5 อายุของลำไม้ไผ่

ไม้ไผ่จะเติบโตเต็มที่เมื่อมีอายุ 3 ปี ซึ่งเป็นช่วงที่มีความแข็งแรงสูงสุด จากการวิจัยของ Liese (1985) ไม้ไผ่พันธุ์ Dendrocalamus strictus ได้แสดงให้เห็นว่า ไม้ไผ่แก่ที่ยังเขียวอยู่จะมีความแข็งแรงมากกว่าไม้ไผ่ที่มีอายุน้อย (และไม้ไผ่อายุน้อยนั้นจะมีความชื้นในเนื้อไม้สูงกว่า) แต่เมื่อไม้ไผ่แห้ง ไม้ไผ่ที่มีอายุ 1 – 2 ปีจะกลับมีความแข็งแรงกว่า ไผ่ที่มีอายุมากกว่า จากการทดสอบชิ้นส่วนในส่วนกลางของลำไม้ไผ่ซึ่งพบว่าไม่ไผ่ที่มีอายุ 1 ปีจะแข็งแรงกว่าไม้ไผ่ที่มีอายุ 2 ปี ในขณะที่มีการทดสอบไผ่ที่มีอายุมากกว่านั้นโดย Zhou (1981) พบว่าความแข็งแรงของไม้ไผ่จะเพิ่มขึ้นตามอายุของไม้ไผ่ รวมถึงความสามารถในการรับแรงดัดตามแนว radial และ tangential จนถึงอายุ 8 ปี จากนั้นจนถึง 10 ปีความแข็งแรงต่าง ๆ จะลดลง

งานวิจัยส่วนใหญ่ได้ดำเนินการในมหาวิทยาลัยต่างสถานที่กันทั้งในยุโรปและอเมริกา ซึ่งไม่สามารถปลูกไม้ไผ่ขนาดใหญ่ได้ วัสดุที่นำมาทดสอบต้องนำเข้าจากประเทศจีน ญี่ปุ่น อินโดนีเซีย และอินเดีย ในระหว่างการขนส่งทางเรือที่ยาวนาน ทำให้ไม้ไผ่สูญเสียสีตามธรรมชาติ ซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถระบุอายุของไม้ไผ่ได้ นอกจากนั้น จากการขาดประสบการณ์ (หรือความไม่สนใจ) นักวิจัยหลายคนไม่รู้วิธีการประเมินอายุของลำไม้ไผ่ หรือเชื่อว่าไม่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและไม่มีความจำเป็น ซึ่งทำให้ผลวิจัยที่แต่ละที่ทำออกมาแตกต่างกัน ซึ่งทำให้ผลการวิจัยที่ทำในอเมริกา และในอีกหลายประเทศในยุโรปที่ต้องนำเข้าไม้ไผ่จากต่างประเทศนั้นไม่น่าเชื่อถือ วิธีการที่ดีที่สุดในการคัดเลือกไม้ไผ่ที่จะศึกษา คือ นักวิจัยควรจะเดินทางไปยังสถานที่ปลูก และเลือก

ไม้ไผ่ด้วยตัวเองโดยความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญ ก่อนที่จะส่งกลับไปยังประเทศเพื่อทำการวิจัย และควรจะต้องค้นหาชื่อทางวิทยาศาสตร์ของพันธุ์ที่จะทำการวิจัยด้วย

2.3.6 ส่วนของไม้ไผ่ที่แข็งแรงน้อย – มากที่สุด

2.3.6.1 ในลำไม้ไผ่

จากการศึกษาโดย Sioti Uno (1930) และนักวิจัยคนอื่น ๆ คุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่นั้นมีความแตกต่างกันไปตามส่วนต่าง ๆ ของลำไม้ไผ่ ซึ่งถ้าเราแบ่งส่วนที่ใช้งานได้ของไม้ไผ่ออกเป็น 3 ส่วน ในความยาวเท่า ๆ กัน ส่วนยอดของไม้ไผ่จะสามารถรับแรงอัด และแรงดัดได้ดีกว่าส่วนอื่น ๆ ในขณะที่ส่วนกลางจะมีระยะระหว่างข้อยาวที่สุด และสามารถรับแรงดึงได้ดีกว่าส่วนอื่น ๆ ในขณะที่ส่วนฐานนั้นมีคุณสมบัติในการรับแรงน้อยที่สุด

2.3.6.2 ในส่วนข้อ

จากการวิจัยโดย Liese ในส่วนของข้อนั้นจะมีเส้นใยที่สั้น ส่วนที่มีเส้นใยยาว คือ ส่วนกลางของปล้อง (ที่อยู่ระหว่างข้อ) ซึ่งทำให้ในส่วนกลางของปล้องนั้นมีความแข็งแรงมากที่สุด และอ่อนแอที่สุดในส่วนของปล้อง จากการวิจัยของ Zen, Li, Zhou (1992) ได้ทดสอบการรับแรงดึงของไม้ไผ่จากตัวอย่างทั้งที่มีส่วนของข้อ และไม่มี พบว่า ชิ้นส่วนทดสอบที่มีส่วนของข้ออยู่จะมีความสามารถในการรับแรงดึงได้น้อยกว่าชิ้นส่วนทดสอบที่ไม่มี 19.2 % ในการทดสอบแรงอัดชิ้นส่วนทดสอบที่มีข้อจะรับน้ำหนักได้น้อยกว่าชิ้นส่วนทดสอบที่ไม่มีข้อ 6.4 %

2.3.6.3 ในส่วนของผนังปล้อง

ในส่วนของผนังปล้อง น้ำหนักของเนื้อไม้ ความสามารถในการรับแรงดึงและแรงอัดของเนื้อไม้นั้นจะเพิ่มขึ้นจากด้านในไปด้านนอก โดยส่วนที่รับน้ำหนักได้น้อยที่สุดคือส่วน 1 ใน 3 ของเนื้อไม้ที่อยู่ด้านใน

2.4 ปัญหาในการออกแบบและก่อสร้างอาคารไม้ไผ่

นอกเหนือจากคุณสมบัติทางด้านโครงสร้างของลำไม้ไผ่ ตัววัสดุเองยังไม่ได้รับการใช้เป็นวัสดุก่อสร้างในยุโรปมากนั้นเนื่องมาจากปัจจัยหลัก 3 ประการ

2.4.1 การขาดความรู้

เนื่องจากการขาดความรู้เกี่ยวกับไม้ไผ่ ทำให้สถาปนิกชาวตะวันตกใช้ไม้ไผ่อย่างไม่เหมาะสม เช่น ใช้ไม้ไผ่ที่ไม่มีกระบวนการรักษาเนื้อไม้ หรือตากให้แห้งใช้ไม้ไผ่ในที่โล่งซึ่งทำให้ปะทะกับแดดฝนโดยตรง ทำให้ไม้ไผ่แตกและย่อยสลายเร็ว ซึ่งเป็นผลทำให้ไม้ไผ่ถูกมองว่า

เป็นวัสดุที่ไม่คงทนและมีอายุการใช้งานสั้น ซึ่งถ้าไม้ไผ่ได้รับการปกป้องจากสภาพแวดล้อมที่ปะทะโดยตรง เช่นแดด และฝน โดยการมีฐานรากและหลังคาที่ดีช่วยป้องกันความชื้น ซึ่งเป็นคำแนะนำของ Simon Velez จะช่วยทำให้ไม้ไผ่มีอายุยาวเป็น 10 ปี แม้ในยุโรป (Pablo van der Lugt, 2008)

2.4.2 การขาดมาตรฐานทางโครงสร้าง

เนื่องจากไม้ไผ่ยังคงเป็นวัสดุก่อสร้างที่ไม่ค่อยมีผู้คนรับรู้ มาตรฐานทางโครงสร้างจึงไม่ถูกพัฒนา ซึ่งเป็นผลทำให้ข้อมูลคุณสมบัติทางโครงสร้างของไม้ไผ่เชื่อถือได้นั้นมีอยู่น้อยมาก ซึ่งแตกต่างกับไม้ที่มีข้อมูลเป็นจำนวนมาก ในระหว่างกระบวนการก่อสร้าง การขาดข้อมูลทางโครงสร้างของไม้ไผ่มักนำไปสู่ปัญหา และค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มระบบการป้องกันไฟไหม้และการทดสอบทางวิศวกรรมในห้องทดลอง อย่างไรก็ตาม ตั้งแต่ปี 2003 ได้มีการออกกฎหมายนานาชาติสำหรับไม้ไผ่ขึ้น International ISO standard (ISO 22156 และ 22157) ซึ่งให้ข้อเสนอแนะ (Guideline) สำหรับการออกแบบโครงสร้าง และ framework ของกระบวนการทดสอบขั้นต้นสำหรับไม้ไผ่ทั่วโลก ซึ่งจะทำให้เกิดการเปรียบเทียบทางโครงสร้างระหว่างไม้ไผ่หลากหลายพันธุ์ในหลากหลายพื้นที่ในอนาคต (Pablo van der Lugt, 2008)

2.4.3 ขนาดของวัสดุไม่คงที่

จากลักษณะทางกายภาพของไม้ไผ่ (กลม, กลวง, โคนใหญ่ปลายเล็ก และมีข้อซึ่งนูนออกมา) ซึ่งเป็นปัญหาสำหรับวัฒนธรรมการก่อสร้างอาคารที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยมในยุโรป ซึ่งมีขนาดที่แน่นอนเป็นหลักพื้นฐาน ซึ่งในไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนานวัตกรรมที่มีมาตรฐานสำหรับการต่อเชื่อมลำไม้ไผ่ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาขนาดของไม้ไผ่ที่ไม่เท่ากัน แต่วิธีการแก้ปัญหาเหล่านี้ยังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนาซึ่งยังไม่เป็นธุรกิจเต็มรูปแบบ และยังไม่มีการผลิตแบบอุตสาหกรรม การแก้ปัญหาด้วยไม้มีราคาถูกและดูสวยงามกับการนำมาใช้ในประเทศซีกโลกทางใต้ ในขณะที่การใช้ตัวเชื่อมต่อด้วยเหล็กมีราคาแพง แต่ดูสวยงามและสอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมายเฉพาะในประเทศซีกโลกทางเหนือ (Pablo van der Lugt, 2008)

2.5 ไม้ไผ่องค์ความรู้กับการก่อสร้างอาคารสมัยใหม่

วัสดุก่อสร้างส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นผลผลิตทางอุตสาหกรรม ซึ่งในกระบวนการผลิตนั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานสูง ก่อให้เกิดมลพิษทั้งทางน้ำและอากาศ รวมทั้งต้องอาศัยการขนส่งเป็นระยะทางไกลจากแหล่งผลิต พื้นที่จัดเก็บไปจนถึงสถานที่ก่อสร้าง ซึ่งมีผลทำให้วัสดุก่อสร้างในปัจจุบันนั้นเป็นส่วนสำคัญในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

ในขณะที่วัสดุธรรมชาติซึ่งเป็นวัสดุหมุนเวียน (Renewable Material) ที่ใช้พลังงานในการผลิตต่ำ และสามารถเติบโตทดแทนได้ เช่น ไม้ แต่เนื่องจากไม้นั้นใช้ระยะเวลาในการเติบโตและปริมาณการใช้ที่ไม่สมดุล ทำให้ป่าไม้ของประเทศซึ่งเคยมีอยู่มากกว่า 70% ลดลงเหลือเพียง 20% เป็นผลให้นำไปสู่การยกเลิกการสัมปทานป่าตั้งแต่ปี 2532 เมื่อทำให้กลับถูกนำมาใช้จนไม่สามารถเติบโตขึ้นมาทดแทนได้ทัน ทำให้กลายเป็นวัสดุราคาแพงซึ่งต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้วัฒนธรรมการใช้ไม้ในการสร้างบ้านต้องเปลี่ยนไป

ไม้ไผ่ เป็นหนึ่งในวัสดุธรรมชาติที่สามารถพบได้ในทุกภูมิภาคทั่วประเทศ เป็นพืชโตเร็วที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้แทบจะทุกส่วนและมีคุณประโยชน์ที่หลากหลาย สามารถตัดมาใช้ได้เมื่อมีอายุ 3 – 5 ปี และหลังจากนั้นสามารถตัดได้ต่อเนื่องทุกปี โดยไม่จำเป็นต้องปลูกใหม่ เนื่องจากไม้ไผ่เป็นไม้ที่งอกจากเหง้าขึ้นมาเป็นลำต้น โดยเหง้านั้นมีอายุเฉลี่ยประมาณ 60 – 80 ปี รวมทั้งไม้ไผ่ ยังถือเป็นพืชที่ให้ผลผลิตสูงเมื่อเทียบกับต้นไม้ชนิดอื่น และสามารถที่จะดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศได้มาก (Körner, Morgan et al. 2007) อีกทั้งยังผลิตก๊าซออกซิเจนได้มากกว่าพืชทั่วไปถึง 35 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบพื้นที่เพาะปลูกที่เท่ากัน (Marsh and Smith 2007)

นอกเหนือจากประโยชน์ทางด้านเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแล้ว ไม้ไผ่ยังถือเป็นวัสดุท้องถิ่นที่มีการใช้ประโยชน์ในวิถีชีวิตของสังคมมาเป็นเวลายาวนาน ทำให้เรามีทั้งองค์ความรู้ และทักษะในการใช้งานไม้ไผ่อย่างมากมาย โดยเฉพาะการนำไม้ไผ่และหวายมาใช้ในการสร้างบ้านพักอาศัย ที่เรียกกันว่า “เรือนเครื่องผูก” แต่เนื่องจากขาดการพัฒนาต่อยอด ทำให้ไม้ไผ่กลายเป็นเพียงวัสดุที่ใช้สำหรับการก่อสร้างอาคารชั่วคราวเท่านั้น

ในต่างประเทศมีการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิชาการเพื่อนำไม้ไผ่มาใช้ก่อสร้างมาอย่างยาวนาน เช่น การศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้างโดย Janssen (1981) การใช้ไม้ไผ่ในโครงสร้างอาคารพื้นถิ่นในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้รับการศึกษาโดย Dunkelberg (1978) รวมทั้งมีสถาปนิกและวิศวกรซึ่งพยายามที่จะทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้วัสดุธรรมชาติในการออกแบบและก่อสร้างอาคาร การศึกษาโดย Frei Otto และคณะที่สถาบันศึกษาโครงสร้างน้ำหนักเบา Institute for Lightweight Structure (Institut für Leichte Flächentragwerke, IL) ซึ่งทำการศึกษาไม้ไผ่ทั้งในแง่ของความเป็นวัสดุธรรมชาติในการก่อสร้างและในแง่ความเป็นโครงสร้างน้ำหนักเบา

การศึกษาของพวกเขาได้ทำให้เกิดความสนใจในการใช้ไม้ไผ่เป็นวัสดุก่อสร้างอย่างกว้างขวางในชุมชนนักวิชาการในประเทศเยอรมัน (GaB et al 1985) การก่อสร้างในเชิงทดลองด้วย

ไม้ไผ่ใน IL และโดยนักวิจัยอื่น ๆ เช่น Baier (1985 & 1996) และ Minke (1985) ซึ่งแสดงให้เห็นการใช้ไม้ไผ่ในโครงสร้างผิวตารางในอาคารสมัยใหม่ (modern curved grid shell construction

ในขณะที่ประเทศกำลังพัฒนาได้ศึกษาการใช้ไม้ไผ่ในการก่อสร้างเพื่อแก้ปัญหาเรื่องที่อยู่อาศัย เช่น งานวิจัยของ Lopez (1985), Lozada (1985), Valez (Kries 2000) และ Stamm (2005) ซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่มในประเทศแถบลาตินอเมริกา ซึ่งใช้ไม้ไผ่ในการแก้ปัญหาทางสังคมเรื่องการขาดแคลนที่อยู่อาศัย ในปัจจุบันเริ่มมีการพัฒนาไม้ไผ่เพื่อใช้นำมาผลิตเป็นวัสดุทางอุตสาหกรรม เช่น plybamboo และ laminated bamboo

2.6 กรณีศึกษาการออกแบบและก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ร่วมสมัย

ในด้านกระบวนการออกแบบและก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ยังขาดการศึกษาและวิจัยในทางวิชาการ ที่จะนำไปสู่การสร้างมาตรฐานและกระบวนการในการก่อสร้างที่เหมาะสม แต่ในปัจจุบันมีสถาปนิก และช่างก่อสร้างบางกลุ่ม ซึ่งมีประสบการณ์ในการริเริ่มออกแบบ และก่อสร้าง ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นกรณีศึกษา เพื่อค้นหากระบวนการที่เหมาะสม ในการออกแบบ และก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ จากกรณีศึกษาต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.6.1 อาคาร Heart of School: Green School

เป็นโรงเรียนนานาชาติระดับตั้งแต่เตรียมอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 (Grade 12) ตั้งอยู่ในเขต Sibang Kaja บนเกาะบาหลีในประเทศอินโดนีเซีย ก่อตั้งโดย John และ Cynthia Hardy โดยได้รับแรงบันดาลใจจากการได้ชมสารคดี An Inconvenient Truth ซึ่งได้ทำให้ทั้งสองคนรู้สึกว่าต้องเริ่มดำเนินการอะไรบางอย่าง โดยโรงเรียนมีเป้าหมายเพื่อที่จะเป็นต้นแบบของโรงเรียนทั่วโลก ในการที่จะให้การศึกษากับเด็กเพื่อให้มีจิตสำนึกความรับผิดชอบและมีวิถีชีวิตที่สอดคล้องกับธรรมชาติ และเป็นผู้นำในอนาคตที่จะแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวเนื่องกับสิ่งแวดล้อม

ในทางกายภาพ Green School เลือกใช้ไม้ไผ่และดินเป็นวัสดุหลักในการก่อสร้างอาคารทั้งหมดของโรงเรียน เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีอยู่มาก โดยลักษณะรูปแบบโครงสร้างของอาคารเป็นลักษณะเสาแผ่รับน้ำหนัก กล่าวคือ กลุ่มเสาไม้ไผ่ลำขนาดใหญ่หลาย ๆ ลำ จากฐานเดียวกันขึ้นไปรับน้ำหนักหลังคา ซึ่งเป็นลักษณะโครงสร้างไม้ไผ่ที่นิยมใช้กันมากในแถบภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ภาพที่ 2.12 อาคาร Heart of School จากโครงการ Green School
หมายเหตุ. วิชชุดา คุ้มสอน, 31 มีนาคม 2557.

2.6.2 โรงเรียนปัญญาเด่น

โรงเรียนปัญญาเด่น เป็นโรงเรียนนานาชาติวิถีพุทธ โดยอาศัยพื้นฐานจากหลักศาสนาพุทธร่วมกับหลักสูตรสมัยใหม่ เพื่อให้เกิดการศึกษาแบบบูรณาการ รวมทั้งเน้นให้นักเรียนมีความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อม โดยสร้างวิถีปฏิบัติในชีวิตประจำวันที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมรวมทั้งอยู่ในบรรยากาศที่เป็นธรรมชาติ

ทางด้านกายภาพ โรงเรียนปัญญาเด่นคำนึงถึงการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สงบ และใกล้ชิดธรรมชาติ จากแนวคิดที่ต้องการเน้นถึงการมีวิถีชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จึงเลือกใช้ดิน หิน และไม้ไผ่เป็นวัสดุหลัก โดยมีลักษณะโครงสร้างอาคารเป็นเสาแผ่รับน้ำหนัก

ในกระบวนการก่อสร้างของโรงเรียนปัญญาเด่น ใช้ช่างก่อสร้างกว่า 100 คน เพื่อสร้างอาคารทุกหลังขึ้นพร้อมกัน โดยการแบ่งช่างก่อสร้างออกเป็นทีมต่าง ๆ ตามความถนัด เช่น ทีมทำฐานราก ทีมขึ้นโครงสร้างหลัก ทีมสานไม้ไผ่ ฯลฯ เพื่อให้ช่างแต่ละคนมีความเชี่ยวชาญเฉพาะ เมื่อทำงานเสร็จหลังแรก ก็จะเวียนไปทำงานหลังต่อไป โดยจะมีอีกทีมหนึ่งเข้ามารับงานต่อเนื่อง

ภาพที่ 2.13 โรงเรียนปัญญาเด่น
หมายเหตุ. วิชชุดา คุ้มสอน, 31 มีนาคม 2557.

2.6.3 Diamond Island Community Hall

ตัวอาคารออกแบบโดยสถาปนิกชาวเวียดนาม ชื่อ Vo Trong Nhia ตั้งอยู่ที่เกาะ Diamond เกาะเทียมขนาดเล็กในเขตเมือง Ho Chi Minh ประเทศเวียดนาม ซึ่งบริบทรอบโครงการเป็นอาคารคอนโดมิเนียมพักอาศัย อาคารโดมไม้ไผ่จะกระจายตัวอยู่ตามพื้นที่ของโครงการ โดยทำหน้าที่เป็นห้องประชุม ลานกิจกรรม จัดงานสังสรรค์ ร้านอาหาร และรองรับการใช้งานอื่น ๆ สำหรับผู้อยู่อาศัยในโครงการ

ทางด้านกายภาพ แนวความคิดในการออกแบบอาคารมาจากลักษณะของเครื่องจักสานในท้องถิ่น โครงสร้างของอาคารจึงถูกออกมาในรูปแบบของไม้ไผ่ที่ถูกสานกันขึ้นไปเป็นโครงถักเพื่อรับน้ำหนักอาคาร ซึ่งพบได้ไม่บ่อยนักในอาคารไม้ไผ่แถบภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ภาพที่ 2.14 Diamond Island Community Hall

หมายเหตุ. Hiroyuki Oki, 17 กรกฎาคม 2557.

2.6.4 Dhammar Hall

ตัวอาคารถูกออกแบบโดย บริษัท Chiangmai Life Construction (CLC) โดยอาคารตั้งอยู่มูลนิธิธัมมคีรี (Dhammargiri Foundation) จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้เป็นสถานที่สำหรับปฏิบัติธรรมฝึกจิตภาวนาของมูลนิธิ

ทางด้านกายภาพ ผู้ออกแบบยังคงเลือกใช้ลักษณะโครงสร้างอาคารแบบเสาแผ่รับน้ำหนักเป็นโครงสร้างหลักของอาคาร แต่สิ่งที่น่าสนใจ คือ โครงสร้างไม้ไผ่ดัดโค้งที่เพิ่มขึ้นมาเพื่อช่วยรับน้ำหนักอาคาร นอกจากจะช่วยทำให้ผู้ที่เข้าไปใช้งานรู้สึกได้ถึงพื้นที่ว่างได้มากขึ้น ในด้านการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างไม้ไผ่ดัดโค้งยังสามารถช่วยลดจำนวนเสาโครงสร้างลงได้อีกด้วย ซึ่งการใช้โครงสร้างไม้ไผ่ดัดโค้งมาเป็นส่วนประกอบของอาคารในลักษณะนี้เราจะสามารถพบเห็นได้มากในสถาปัตยกรรมไม้ไผ่ร่วมสมัยของประเทศอินโดนีเซีย

ภาพที่ 2.15 Dhammar Hall

หมายเหตุ. Chiangmai Life Construction (CLC), 2558.

ภาพที่ 2.16 โครงสร้างไม้ไผ่ดัดโค้งที่ถูกใช้ในโครงการ Dhammar Hall
หมายเหตุ. Chiangmai Life Construction (CLC), 2558.

ภาพที่ 2.17 รายละเอียดโครงสร้างไม้ไผ่ดัดโค้งที่ถูกใช้ในโครงการ Dhammar Hall
หมายเหตุ. Chiangmai Life Construction (CLC), 2558.

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยเรื่องการศึกษาการเลือกใช้ระบบเพื่อการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ โดยการเปรียบเทียบโครงการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ที่มีรูปแบบโครงสร้างอย่างง่าย และโครงสร้างซับซ้อน ซึ่งก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction) และระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabricated Construction) มีลักษณะการดำเนินการวิจัยโดยการเก็บข้อมูล (Data Collection) จากโครงการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ที่เกิดขึ้นจริงและดำเนินการก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ร่วมกับการสัมภาษณ์ (Interview) ในบางประเด็นเพื่อความสมบูรณ์และถูกต้องของงานวิจัย

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย

การสำรวจข้อมูลเบื้องต้น สำหรับงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลปฐมภูมิ ผู้วิจัยศึกษาและเก็บข้อมูลจากการศึกษาดูงาน การสัมภาษณ์ผู้รู้ในระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ และข้อมูลทุติยภูมิ ผู้วิจัยศึกษาข้อมูลระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ ขั้นตอนการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ เทคนิคการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่จากหนังสือ ตำรา บทความ และวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นผลการศึกษาเพื่อให้ได้ผลการเปรียบเทียบด้านราคาค่าก่อสร้าง เวลา และคุณภาพของการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ที่มีโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย และโครงสร้างแบบหนาแน่นมาก โดยมีการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ การเลือกตัวอย่างโครงการอาคารไม้ไผ่ และระบบในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ เป็นการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) มีหลักเกณฑ์ ดังนี้

3.2.1 อาคารไม้ไผ่ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบ ต้องเป็นโครงการจริง มีขนาดพื้นที่และรูปแบบอาคารที่ใกล้เคียงกัน และดำเนินการก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.2.2 อาคารไม้ไผ่ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบ ต้องเป็นอาคารไม้ไผ่ประเภทศาลาไม้ไผ่ที่มีลักษณะเปิดโล่งทุกด้าน เนื่องจากถ้าเป็นการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ที่มีลักษณะปิดทึบหรือมีผนังกั้นห้อง ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปจะได้เปรียบกว่าอย่างชัดเจนซึ่งอาจส่งผลให้ผลการเปรียบเทียบไม่ยุติธรรมกับระบบการก่อสร้างแบบในที่

3.2.3 อาคารไม้ไผ่ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบ ต้องเป็นอาคารไม้ไผ่ที่มีลักษณะโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและแบบหนาแน่นมาก ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction) และระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabricated Construction) โดยหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อแบ่งประเภทของรูปแบบโครงสร้างอาคารไม้ไผ่ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการเปรียบเทียบจำนวนไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างทั้งหมดต่อพื้นที่อาคาร แล้วนำผลการคำนวณที่ได้มาประเมิน โดยถ้าไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารมีปริมาณ 5 ลำต่อตารางเมตรขึ้นไปจะถือว่าอาคารไม้ไผ่หลังนั้นเป็นอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก แต่ถ้าพบว่าไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้างมีปริมาณน้อยกว่า 5 ลำต่อตารางเมตรก็จะถือว่าอาคารไม้ไผ่หลังนั้นเป็นอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย ซึ่งเนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีหลักเกณฑ์ใด ๆ ในการใช้จำแนกประเภทโครงสร้างของอาคารไม้ไผ่เกณฑ์ในการพิจารณาจำนวนไม้ไผ่ต่อพื้นที่เพื่อแยกประเภทรูปแบบโครงสร้างอาคารไม้ไผ่นั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการคำนวณหาปริมาณของจำนวนไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่อาคารจากอาคารไม้ไผ่หลาย ๆ หลังแล้วนำมาเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการวิจัยครั้งนี้ จึงได้เป็นจำนวนไผ่ 5 ลำ ซึ่งเป็นจำนวนที่สามารถแยกแยะประเภทของอาคารไม้ไผ่ออกจากกันได้

ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างอาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย (ซ้าย) และอาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก (ขวา)

3.3 การกำหนดตัวแปร

3.3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

3.2.1.1 ระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction)

3.2.1.2 ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabricated Construction)

3.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

3.3.2.1 ราคาค่าก่อสร้าง (cost)

3.3.2.2 ระยะเวลาในการก่อสร้าง (time)

3.3.2.3 คุณภาพในการก่อสร้าง (quality)

3.3.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่

3.3.3.1 โครงการอาคารไม้ไผ่ 4 อาคาร ต้องเป็นโครงการจริง มีขนาดพื้นที่ รูปแบบอาคารที่ใกล้เคียงกัน และดำเนินการก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.3.3.2 อาคารไม้ไผ่ที่ใช้เก็บข้อมูลต้องเป็นอาคารประเภทศาลา มีลักษณะเปิดโล่งทุกด้าน

3.3.3.3 อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย 2 อาคาร

3.3.3.4 อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก 2 อาคาร

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อได้โครงการอาคารไม้ไผ่ ที่มีคุณสมบัติตามที่ตั้งไว้ในหัวข้อการเลือกตัวอย่างในการทำวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูล ดังขั้นตอนต่อไปนี้

3.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลอาคารไม้ไผ่

ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลของแต่ละโครงการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่จากบัญชีแสดงปริมาณวัสดุและราคาของอาคาร (Bill of Quantities) แต่ละหลังจากผู้ประกอบการโดยตรงเพื่อความแม่นยำและน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยจะเก็บข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ คือ ขั้นตอนการทำงานก่อสร้าง ระยะเวลาทำงาน ราคาค่าก่อสร้าง และคุณภาพงานก่อสร้าง ซึ่งอาคารไม้ไผ่ที่เลือกศึกษามีรายละเอียด ดังนี้

3.4.1.1 อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction) จำนวน 1 อาคาร

3.4.1.2 อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabricated Construction) จำนวน 1 อาคาร

3.4.1.3 อาคารไม้ไผ่ โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction) จำนวน 1 อาคาร

3.4.1.4 อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabricated Construction) จำนวน 1 อาคาร

3.4.2 การเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์

การเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้าง เพื่อเติมเต็มข้อมูลที่ได้จากการสังเกต เช่น ประเด็นเรื่องสมมติฐานราคาค่าก่อสร้าง ประเด็นการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยผู้ที่ให้ข้อมูลจะเป็นผู้ดูแลโครงการก่อสร้างนั้น ๆ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากข้อมูลที่รวบรวมได้ นำมาวิเคราะห์โดยอาศัยตำรา งานวิจัย แนวความคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาสรุปการวิเคราะห์ เกี่ยวกับผลการศึกษาการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ทั้ง 4 แบบที่ศึกษานำมาเปรียบเทียบกัน โดยมีหัวข้อดังต่อไปนี้

3.5.1 การวิเคราะห์ราคาก่อสร้างอาคาร

นำผลข้อมูลด้านราคาก่อสร้างมาสรุป โดยเปรียบเทียบกันแล้วทำการวิเคราะห์ ว่าราคาก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ในระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction) และระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabricated Construction) วิเคราะห์ความเหมือนหรือแตกต่าง เมื่อสร้างเป็นอาคารไม้ไผ่ โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย และอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก และวิเคราะห์แนวโน้มราคาค่าก่อสร้าง

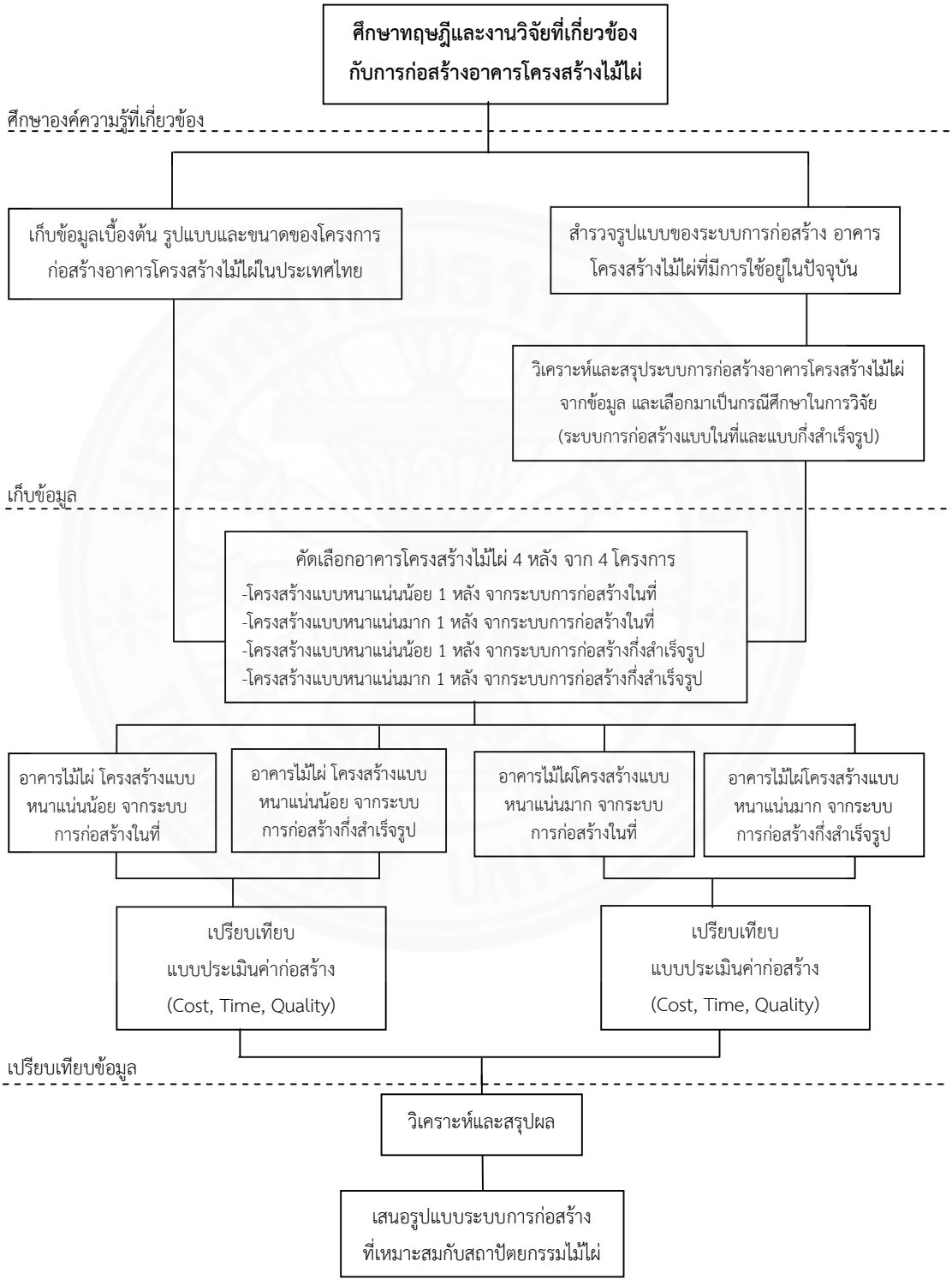
3.5.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคาร

นำข้อมูลด้านระยะเวลาการทำงานที่ได้จากการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบ วิเคราะห์ผลของอาคารไม้ไผ่ที่มีโครงสร้างแบบง่าย โครงสร้างแบบซับซ้อนต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ทั้งในระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction) ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabricated Construction) และวิเคราะห์แนวโน้มด้านระยะเวลาการก่อสร้าง

3.5.3 การวิเคราะห์คุณภาพในการก่อสร้าง

ทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ และผู้บริหารงานก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ในแต่ละโครงการ ถึงการตรวจคุณภาพงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์ในด้านคุณภาพงานก่อสร้างของอาคารไม้ไผ่แต่ละอาคาร เปรียบเทียบแนวโน้มในประเด็นจุดบกพร่องในคุณภาพอาคารไม้ไผ่ที่มีโครงสร้างแบบง่าย และโครงสร้างแบบซับซ้อนที่เกิดขึ้นต่อระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction) และ ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabricated Construction) และวิเคราะห์แนวโน้มด้านคุณภาพของงานก่อสร้าง

3.6 แผนภูมิระเบียบวิธีวิจัย



บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลอาคารไม้ไผ่ที่มีรูปแบบโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย และโครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction) และกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabricated Construction) โดยการเปรียบเทียบข้อมูลบัญชีแสดงปริมาณวัสดุและราคา (Bill of Quantity) ของอาคารแต่ละโครงการที่ได้เลือกมาเป็นตัวอย่างในการวิจัย โดยข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ คือ ขั้นตอนในการทำงานและระยะเวลาในการก่อสร้าง ราคาค่าก่อสร้าง คุณภาพงานก่อสร้าง และสำหรับการสัมภาษณ์ได้ทำการสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการก่อสร้างในโครงการดังกล่าว แล้วจึงนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่ตอบรับกับวัตถุประสงค์การวิจัยซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 1

4.2 รายละเอียดตัวอย่างในการวิจัย

ในการเลือกโครงการที่จะทำการเข้าเก็บข้อมูลการก่อสร้างนั้น ผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกโครงการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction) และระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-Fabricated Construction) ซึ่งต้องมีทั้งลักษณะโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและโครงสร้างแบบหนาแน่นมาก มีขนาดพื้นที่ใช้งานและรูปแบบของอาคารที่ใกล้เคียงกัน นำมาเป็นกรณีศึกษา ซึ่งอาคารไม้ไผ่ที่เลือกมาทั้ง 4 อาคาร จาก 4 โครงการ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 อาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ (On-site Construction)

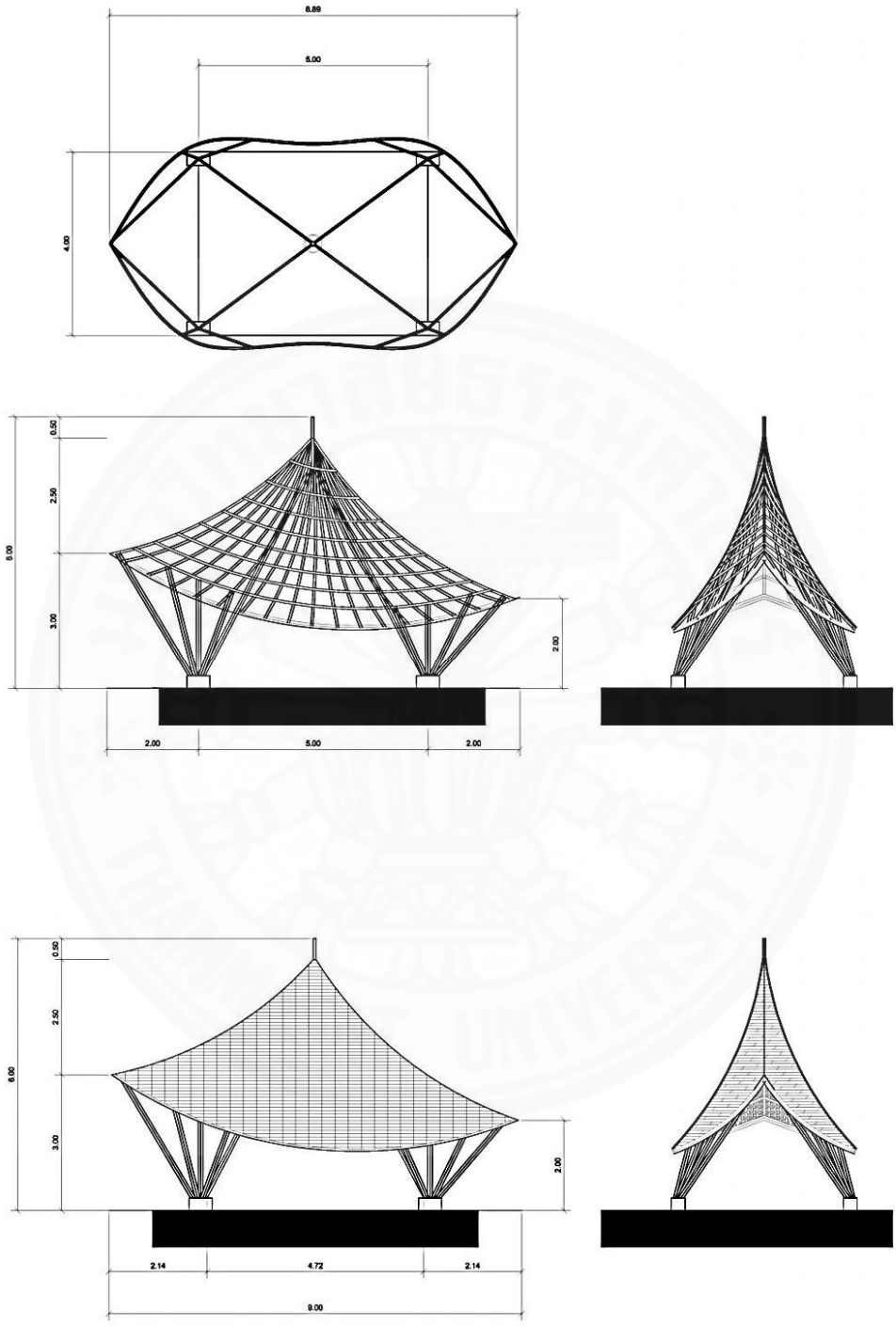
สำหรับอาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ แบ่งเป็น 2โครงการ โดยโครงการที่ 1 เป็นอาคารไม้ไผ่ที่มีลักษณะโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย 1 อาคาร ลักษณะการใช้งานเป็นศาลาไม้ไผ่ พื้นที่ใช้สอย 35 ตร.ม. (ใช้ไผ่ในการก่อสร้าง 1.29 ลำ/ตร.ม.)

โดยตัวอาคารตั้งอยู่ที่โรงเรียน ไตรพัฒน์ วอลดอร์ฟ ถ.ลำลูกกา ต.คลอง 6 จังหวัดปทุมธานี โดยที่โครงการนี้มีจำนวนอาคารในโครงการทั้งหมด 1 หลัง

โครงการที่ 2 เป็นอาคารไม้ไผ่ที่มีลักษณะโครงสร้างแบบหนาแน่นมาก 1 หลัง ลักษณะการใช้งานเป็นที่จัดแสดงงานและกิจกรรมต่าง ๆ ตามแต่วัตถุประสงค์พื้นที่ใช้สอย 144 ตร.ม. (ใช้ไผ่ในการก่อสร้าง 9.2 ลำ/ตร.ม.) ตัวอาคารตั้งอยู่ที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมเพื่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม สถาบันอาศรมศิลป์ เลขที่ 399 ซอยอนามัยงามเจริญ 25 (พระราม 2 33) ถนนพระราม 2 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยที่โครงการนี้มีจำนวนอาคารในโครงการทั้งหมด 1 หลัง

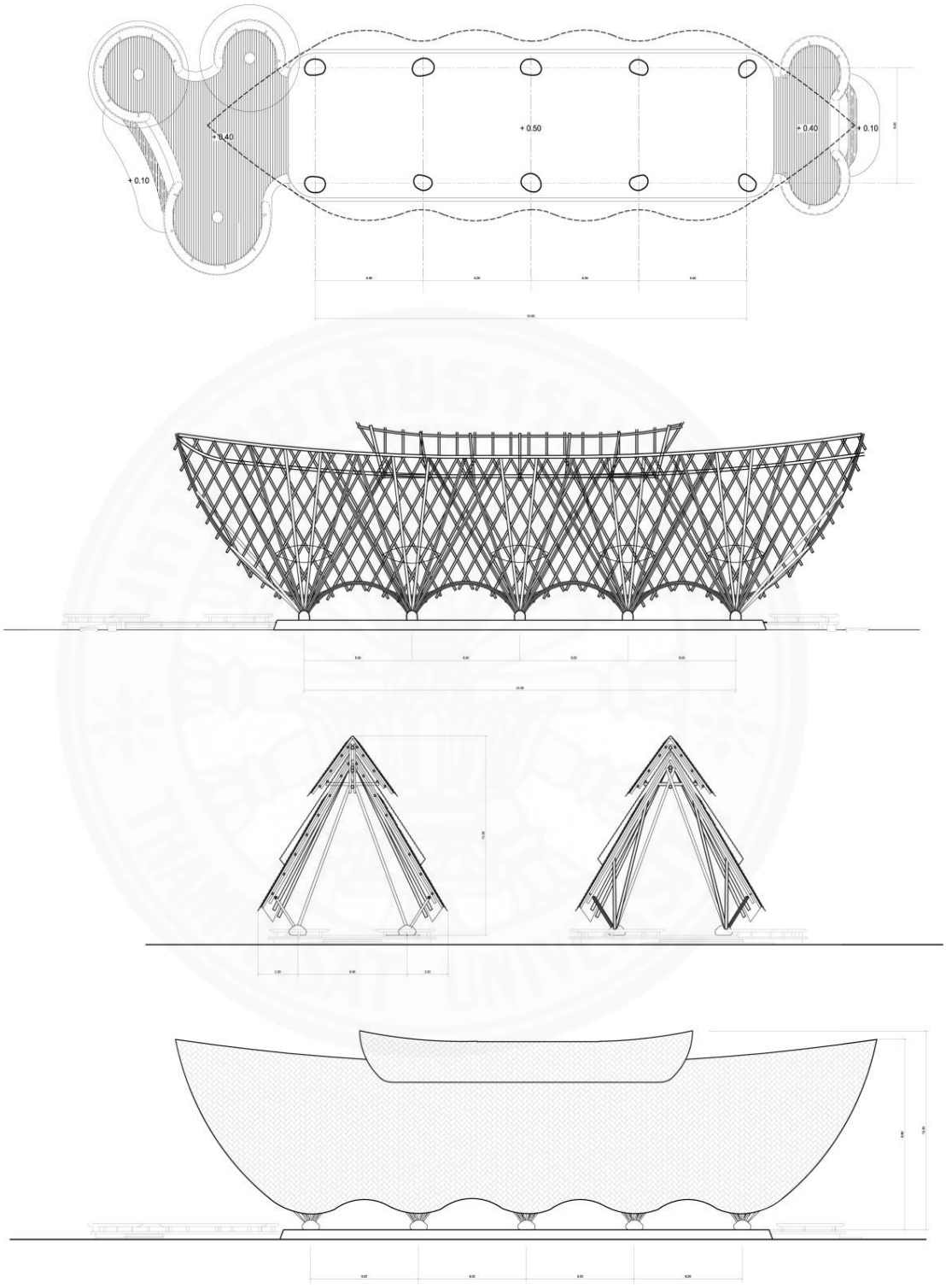
ภาพที่ 4.1 อาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยตั้งอยู่ที่โรงเรียนไตรพัฒน์ วอลดอร์ฟ (ซ้าย) และอาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากตั้งอยู่ที่สถาบันอาศรมศิลป์ (ขวา) จากระบบการก่อสร้างแบบในที่

หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 4 สิงหาคม 2557.



ภาพที่ 4.2 แบบแปลนและรูปด้านอาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างในที่ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 4 กรกฎาคม 2557.



ภาพที่ 4.3 แบบแปลนและรูปด้านอาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างในที่ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

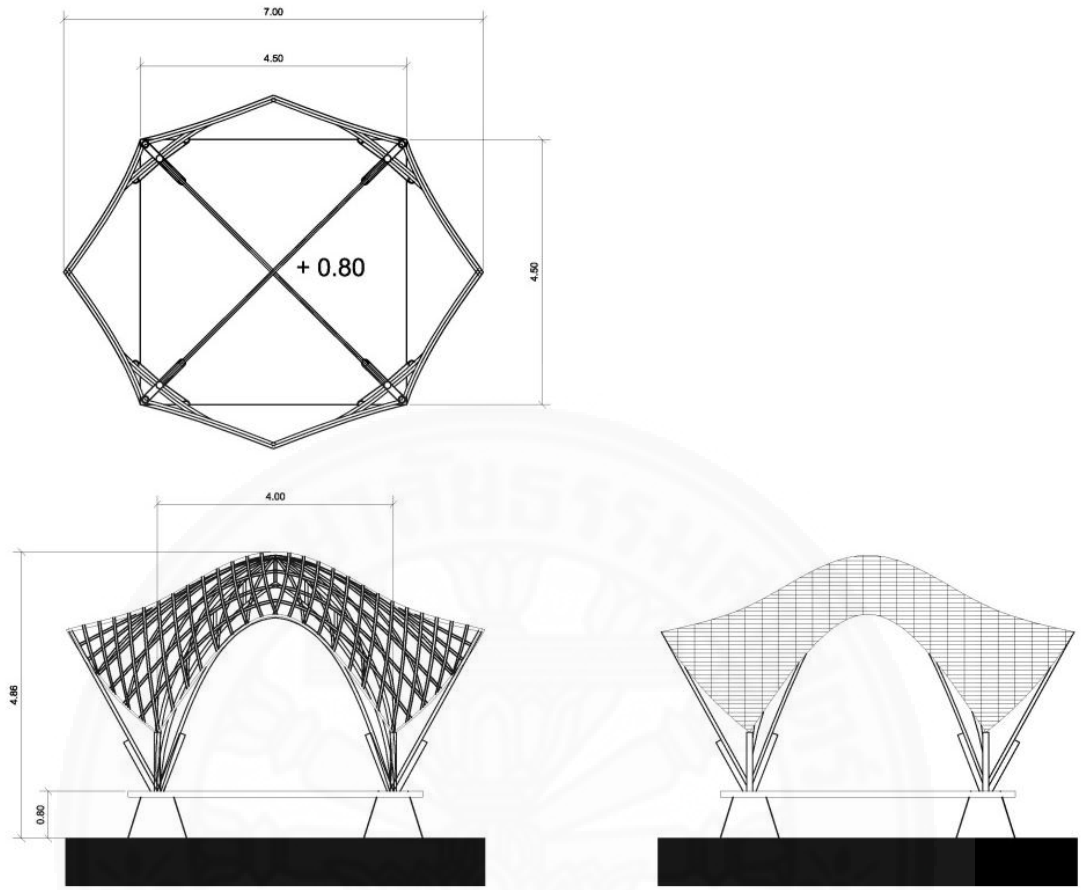
หมายเหตุ. สถาบันอาศรมศิลป์, 2556.

4.2.2 อาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป (Prefabricated Construction)

อาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป แบ่งเป็น 2 โครงการ โดยโครงการที่ 1 เป็นอาคารไม้ไผ่ที่มีรูปแบบโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย 1 อาคาร ลักษณะการใช้งานเป็นศาลาไม้ไผ่ พื้นที่ใช้สอย 32 ตร.ม. (ใช้ไผ่ในการก่อสร้าง 2.1 ลำ/ตร.ม.) โดยตัวอาคารตั้งอยู่ที่โรงแรมหัวช้าง เฮอริเทจ เลขที่ 400 พญาไท แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยที่โครงการนี้มีจานวนอาคารในโครงการทั้งหมด 1 อาคาร

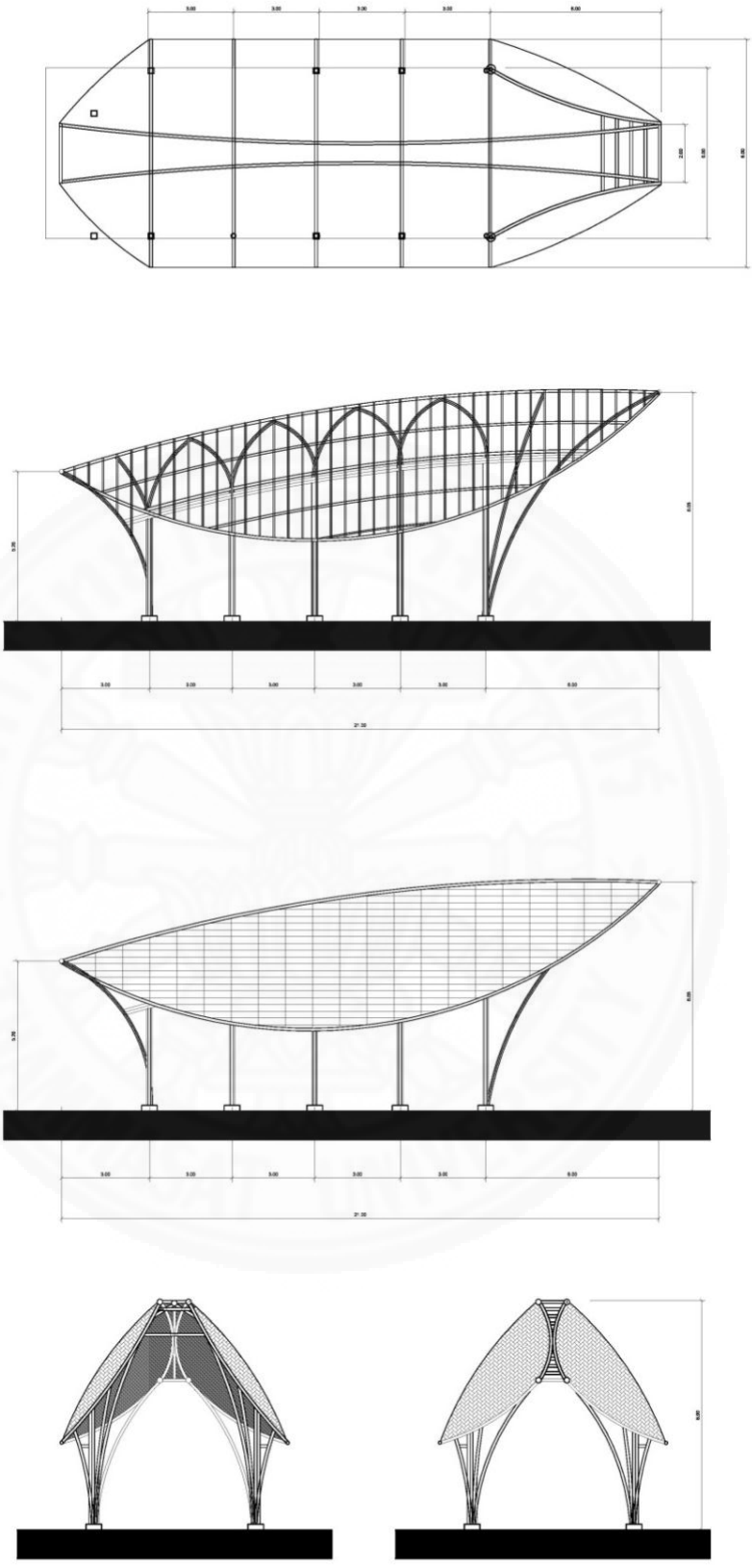
โครงการที่ 2 เป็นอาคารไม้ไผ่ที่มีรูปแบบโครงสร้างแบบหนาแน่นมาก 1 อาคารลักษณะการใช้งานเป็นพื้นที่ต้อนรับแขกของรีสอร์ท พื้นที่ใช้สอย 126 ตร.ม. (ใช้ไผ่ในการก่อสร้าง 6.34 ลำ/ตร.ม.) ตัวอาคารตั้งอยู่ที่ รีวา วารี รีสอร์ท เลขที่ 88 หมู่ 16 หมู่บ้านหนองนกกระเต็นท์ ตำบลวังกระทะ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา โดยที่โครงการนี้มีจำนวนอาคารในโครงการทั้งหมด 3 อาคาร (เลือกมาเป็นอาคารตัวอย่างที่ทำการวิจัย 1 อาคาร)

ภาพที่ 4.4 อาคารศาลาไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยตั้งอยู่ที่โรงแรมหัวช้าง เฮอริเทจ (ซ้าย) และอาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากตั้งอยู่ที่ รีวา วารี รีสอร์ท (ขวา) จากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
หมายเหตุ. Za-baai Bamboo, 2557.



ภาพที่ 4.5 แบบแปลนและรูปด้านอาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 4 กรกฎาคม 2557.



ภาพที่ 4.6 แบบแปลนและรูปด้านอาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 4 กรกฎาคม 2557.

อาคารไม้ไผ่ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้มีทั้งสิ้นจำนวน 4 อาคาร ประกอบไปด้วย อาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ จำนวน 2 อาคาร (โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย และโครงสร้างแบบหนาแน่นมาก) และอาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป จำนวน 2 อาคาร (โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย และโครงสร้างแบบหนาแน่นมาก) ซึ่งจะนำผลการเก็บข้อมูลของอาคารไม้ไผ่ทั้ง 4 อาคาร จาก 2 ระบบการก่อสร้าง แยกเปรียบในชนิดของโครงสร้างแบบเดียวกัน เพื่อหาผลการเปรียบเทียบทั้งด้านราคาค่าก่อสร้าง เวลาการก่อสร้าง และคุณภาพงานก่อสร้าง ซึ่งรายละเอียดการจำแนกรูปแบบโครงสร้างของอาคารไม้ไผ่ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

รายละเอียดด้านรูปแบบและการคำนวณจำนวนไผ่ต่อพื้นที่เพื่อจำแนกรูปแบบโครงสร้างอาคารไม้ไผ่ของอาคารไม้ไผ่ 4 อาคารที่ใช้ในการทำวิจัย

ลำดับ	**ระบบการก่อสร้าง**	**รูปแบบโครงสร้าง**	**ประเภทอาคาร**	**พื้นที่อาคาร**	**จำนวนไผ่ต่อพื้นที่**
1	ระบบการก่อสร้างแบบในที่	โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย	ศาลา	35 ตร.ม.	1.29 ลำ/ตร.ม.
2	ระบบการก่อสร้างแบบในที่	โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก	อาคารอเนกประสงค์	144 ตร.ม.	9.2 ลำ/ตร.ม.
3	ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป	โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย	ศาลา	32 ตร.ม.	2.1 ลำ/ตร.ม.
4	ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป	โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก	อาคารต้อนรับ	126 ตร.ม.	6.34 ลำ/ตร.ม.

หมายเหตุ. ขนาดและความยาวเฉลี่ยของไผ่ที่ใช้ในการทำโครงสร้างอาคาร คือ ไผ่เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-10 เซนติเมตร ลำยาว 6 เมตร

เพื่อเป็นการแสดงภาพรวมของปริมาณงานในเชิงเปรียบเทียบกันของอาคารไม้ไผ่ทุกแบบผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมปริมาณงานในด้านโครงสร้างซึ่งเป็นประเด็นที่สนใจในการศึกษาเปรียบเทียบในครั้งนี้ ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

ปริมาณงานเปรียบเทียบอาคารไม้ไผ่ที่ใช้ในงานวิจัย

	โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย (สร้างในที่)	โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก (สร้างในที่)	โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย (กึ่งสำเร็จรูป)	โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก (กึ่งสำเร็จรูป)
พื้นที่ใช้สอย (ตารางเมตร)	35	144	32	126
พื้นที่รวมพื้นที่หลังคา (ตารางเมตร)	81	622	77	390
ความกว้าง x ความยาวอาคาร (เมตร)	4x5	6x24	4.5x4.5	6x21
จำนวนชุดโครงสร้าง (ชุด)	-	-	2	10
จำนวนวันในการทำงาน (วัน)	20	65	24	24

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและโครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ในระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป มีจุดที่น่าสนใจ คือ การก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปนอกจากการใช้โครงสร้างเสาคานไผ่แบบปกติแล้วจะมีการเพิ่มชุดโครงสร้างในรูปแบบต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับการรับน้ำหนักของโครงสร้างอาคาร ซึ่งชุดโครงสร้างเหล่านี้สามารถเตรียมการประกอบไว้ล่วงหน้าได้ และรอการขนย้ายไปติดตั้งในสถานที่ก่อสร้างเท่านั้น ซึ่งจะแตกต่างกับระบบการก่อสร้างแบบในที่ จะมีลักษณะของโครงสร้างเป็นเสาแผ่รับน้ำหนัก ไม่มีโครงสร้างแบบอื่นมาช่วยรับน้ำหนักอาคาร การเตรียมโครงสร้างหลักของอาคารจึงทำได้แค่การเตรียมไม้ไผ่ที่ผ่านกระบวนการถนอมรักษาเนื้อไม้และพร้อมจะใช้ทำการก่อสร้างในช่วงความยาวที่ต้องการเพื่อรอการขนส่งไปพื้นที่ก่อสร้างเท่านั้น ส่วนกระบวนการอื่น ๆ นอกจากนี้ เช่น การดัดโค้งไผ่ การต่อเสาไผ่ เป็นต้น จะต้อง

กระทำที่สถานที่ก่อสร้าง ซึ่งส่งผลต่อเรื่องของระยะเวลาในการทำงานโดยตรงต่อในโครงการของอาคารไม้ไผ่ที่มีโครงสร้างแบบหนาแน่นมาก อาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปจะใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างน้อยกว่าอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบในที่เกือบครึ่งหนึ่ง ส่วนในอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยไม่แตกต่างกันมากนักในเรื่องของระยะเวลาในการก่อสร้างของทั้งสองระบบ

4.3 ขั้นตอนในการก่อสร้าง

จากการรวบรวมข้อมูลและการสำรวจงานก่อสร้าง ณ สถานที่ก่อสร้าง ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนการก่อสร้างของอาคารไม้ไผ่เฉพาะช่วงการก่อสร้างของโครงการที่เลือกมาทำวิจัย โดยขั้นตอนต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

4.3.1. อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย ระบบการก่อสร้างในที่

4.3.1.1 ขั้นตอนการขึ้นโครงอาคารและการตั้งนั่งร้าน

เพื่อที่จะเริ่มทำการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ จะต้องมีการประกอบโครงไม้ไผ่และนั่งร้านขึ้นมาเพื่อช่วยรับโครงสร้างหลักของอาคารที่จะถูกสร้างขึ้นดังภาพที่ 4.7

ภาพที่ 4.7 การประกอบโครงไม้ไผ่และนั่งร้าน

หมายเหตุ. Thorkaichon, 2556.

4.3.1.2 ขั้นตอนการต่อไม้ไผ่สำหรับงานโครงสร้างและส่วนประกอบอาคารอื่น ๆ

ขั้นตอนนี้จะมีการทำงานควบคู่กันไปกับการประกอบโครงไม้ไผ่และการตั้งนั่งร้านที่หน้างาน ดังภาพที่ 4.8

ภาพที่ 4.8 การต่อไม้ไผ่

หมายเหตุ. Thorkaichon, 2556.

4.3.1.3 ขั้นตอนการขึ้นส่วนประกอบอาคารและการดัดโค้งไม้ไผ่

โดยในภาพเป็นการตั้งเส้นชายคาของอาคาร ด้วยวิธีการกำหนดระยะความสูงของชายคา แล้วยึดติดไว้กับนั่งร้านซึ่งการดัดไม้ไผ่ก็จะเกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ด้วย ดังภาพที่ 4.9

ภาพที่ 4.9 การต่อไม้ไผ่

หมายเหตุ. Thorkaichon, 2556.

4.3.1.4 ขั้นตอนการตั้งเสาไม้ไผ่

เมื่อได้เค้าโครงคร่าว ๆ ของอาคารแล้วก็จะทำการตั้งเสา ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของอาคารเพื่อดูความสูงและเห็นภาพคร่าว ๆ ของอาคาร ซึ่งตัวเสาไม้ไผ่จะเชื่อมต่อกับฐานเสาคอนกรีต โดยมีเหล็กเส้นจากฐานเสียบเข้าไปในลำไม้ไผ่แล้วกรอกปูนเพื่อช่วยยึด ดังภาพที่ 4.10

ภาพที่ 4.10 การตั้งเสาไม้ไผ่เพื่อดูความสูงและเค้าโครงอาคาร

หมายเหตุ. Thorkaichon, 2556.

4.3.1.5 ขั้นตอนการมุงหลังคา

เมื่อทำการตั้งเสาทั้งหมดแล้ว ช่างก็จะเริ่มประกอบโครงสร้างหลังคา วางจันทัน ติดแปร และมุงหลังคาสลับกับการปูผ้ายางกันน้ำ ตามลำดับ ซึ่งหลังจากที่ทำการมุงหลังคาจนเต็มพื้นที่หลังคาแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการตัดบางส่วนของหลังคาที่ยาวเกินออกมาจากแนวเส้นชายคาออก เป็นอันเสร็จขั้นตอน ดังภาพที่ 4.11 – 4.12

ภาพที่ 4.11 การประกอบโครงสร้างหลังคา

หมายเหตุ. Thorkaichon, 2556.

ภาพที่ 4.12 การมุงหลังคาและติดผ้ายางกันน้ำ

หมายเหตุ. Thorkaichon, 2556.

ภาพที่ 4.13 อาคารที่เสร็จสมบูรณ์
หมายเหตุ. Thorkaichon, 2556.

4.3.2. อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ระบบการก่อสร้างในที่

4.3.2.1 ขั้นตอนการตั้งโครงไม้ไผ่และนั่งร้าน

เมื่องานฐานรากเสร็จเรียบร้อยแล้ว ช่างจะเข้าไปประกอบโครงไม้ไผ่และตั้งนั่งร้านเพื่อใช้ในการขึ้นโครงสร้างอาคาร ดังภาพที่ 4.14

ภาพที่ 4.14 การประกอบโครงไม้ไผ่และตั้งนั่งร้าน (อาคารศาลาไม้ไผ่โครงสร้างแบบซับซ้อน)
หมายเหตุ. สถาบันอาศรมศิลป์, 2556.

4.3.2.2 ขั้นตอนการตั้งอกไก่

เพื่อให้ได้ตำแหน่งความสูงอาคารที่ต้องการ เพื่อที่จะทำการวางเสาเป็นขั้นตอนต่อไป ดังภาพที่ 4.15

ภาพที่ 4.15 การตั้งอกไก่อาคารไม้ไผ่
หมายเหตุ. สถาบันอาศรมศิลป์, 2556.

4.3.2.3 ขั้นตอนการเจาะฐานเสาเสียบเหล็กเพื่อเตรียมวางเสา

โดยจะทำการเจาะข้อของไผ่ของไม้ไผ่ที่จะนำมาใช้เป็นเสาอาคารให้ทะลุถึงกัน แล้วเสียบเหล็กเส้นเข้าไปในลำไม้ไผ่ พร้อมทั้งกรอกปูนซีเมนต์เข้าไปในลำไม้ไผ่ เพื่อยึดไม้ไผ่ให้ติดกับเหล็ก ดังภาพที่ 4.16 -4.17

ภาพที่ 4.16 การเจาะฐานเสาเสียบเหล็กเพื่อเตรียมวางเสา
หมายเหตุ. สถาบันอาศรมศิลป์, 2556.

ภาพที่ 4.17 การวางเสาอาคาร
หมายเหตุ. สถาบันอาศรมศิลป์, 2556.

4.3.2.4 ขั้นตอนการตั้งเส้นชายคาอาคาร

เพื่อที่จะได้ตำแหน่งความสูงของชายคาและทำการวางโครงสร้างหลังคาต่อไป ดังภาพที่ 4.18

ภาพที่ 4.18 การตั้งเส้นชายคาอาคาร
หมายเหตุ. สถาบันอาศรมศิลป์, 2556.

4.3.3.อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย ระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป

4.3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมชุดโครงสร้าง

จะเริ่มทำหลังจากไม้ไผ่ได้ผ่านกระบวนการถนอมรักษา โดยจะนำไม้ไผ่มาประกอบและดัด ให้เป็นไปตามรูปแบบที่ต้องการ โดยผูกไม้ไผ่ไว้กับหมุดที่ตอกยึดกับพื้น หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้ไม้ไผ่ได้รูปแล้วขนส่งไปประกอบหน้างานต่อไป ดังภาพที่ 4.19

ภาพที่ 4.19 การเตรียมชุดโครงสร้าง
หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 4 สิงหาคม 2556.

4.3.3.2 ขั้นตอนการติดตั้งชุดโครงสร้าง

หลังจากที่ได้ทำการประกอบชุดโครงสร้างแล้ว ขั้นต่อมาคือการขนย้ายมาเพื่อประกอบเป็นโครงสร้างอาคารที่หน้างาน ดังภาพที่ 4.20

ภาพที่ 4.20 การประกอบชุดโครงสร้างที่หน้างาน

หมายเหตุ. Za-baai Bamboo, 2554.

4.3.3.3 ขั้นตอนประกอบโครงสร้างหลังคา

หลังจากที่ได้ทำการติดตั้งชุดโครงสร้างของอาคารเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการติดตั้งชุดโครงสร้างหลังคา โดยเริ่มจากวางจันทัน ติดแปรและมุงหลังคาตามลำดับ ดังภาพที่ 4.21

ภาพที่ 4.21 การประกอบโครงสร้างหลังคา
หมายเหตุ. Za-baai Bamboo, 2554.

4.3.3.4 ขั้นตอนการมุงหลังคา

วัสดุที่ใช้ในการมุงหลังคาจะเป็นหลังคาไม้ไผ่ทุบเช่นเดียวกับอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างในที่ แตกต่างกันตรงที่ระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปจะมีการเตรียมวัสดุมุงหลังคาไว้ตั้งแต่ที่โรงงาน โดยจะใช้วิธีตัดหลังคาไม้ไผ่ออกเป็นแผ่น (ขนาด 0.30 ม. X 1.00 ม.) พร้อมทั้งติดผ้ายางกันน้ำไว้ทุกแผ่น เพื่อให้ง่ายต่อการขนส่งและรวดเร็วในการติดตั้ง ดังภาพที่ 4.22 – 4.24

ภาพที่ 4.22 การเตรียมวัสดุมุงหลังคา

หมายเหตุ. Za-baai Bamboo, 2554.

ภาพที่ 4.23 การมุงหลังคา

หมายเหตุ. Za-baai Bamboo, 2554.

ภาพที่ 4.24 อาคารที่เสร็จสมบูรณ์

หมายเหตุ. Za-baai Bamboo, 2554.

4.3.4.อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป

4.3.4.1 ขั้นตอนการเตรียมชุดโครงสร้าง

หลังจากไม้ไผ่ที่จะใช้ในการก่อสร้างได้ผ่านกระบวนการถนอมรักษาเรียบร้อยแล้ว ก็จะนำไม้ไผ่มาประกอบและดัดเป็นชุดโครงสร้างให้ได้ตามแบบ เพื่อรอการขนย้ายไปประกอบหน้างานต่อไป ดังภาพที่ 4.25

ภาพที่ 4.25 ชุดโครงสร้างที่รอการขนย้ายไปประกอบหน้างาน
หมายเหตุ. Za-baai Bamboo, 2556.

4.3.4.2 ขั้นตอนการติดตั้งชุดโครงสร้าง

หลังจากการตั้งโครงไม้ไผ่และตั้งนั่งร้านเรียบร้อยแล้ว ชุดโครงสร้างและเสาจะถูกขนย้ายมาเพื่อที่จะประกอบเป็นโครงสร้างอาคาร ดังภาพที่ 4.26

ภาพที่ 4.26 การประกอบชุดโครงสร้าง
หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 14 กันยายน 2556.

4.3.4.3 ขั้นตอนการประกอบชุดโครงสร้างหลังคา

เมื่อติดตั้งชุดโครงสร้างอาคารเสร็จแล้ว ก็จะทำการตั้งเส้นชายคาของอาคาร วางจันทัน ติดแปหลังคา ติดฝ้ารองหลังคา และมุงหลังคา ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.26

ภาพที่ 4.27 การประกอบโครงสร้างหลังคา
หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 18 กันยายน 2556.

4.3.4.4 ขั้นตอนการมุงหลังคา

วัสดุที่ใช้ในการมุง คือ หลังคาไผ่ทุบซึ่งจะทำการเตรียมมาจากโรงงาน โดยจะทำการมุงหลังคาจนเต็มพื้นที่หลังคาอาคาร หลังจากนั้นตัดบางส่วนของหลังคาที่ยื่นเลยแนวชายคาอาคารออกมาเป็นอันเสร็จขั้นตอน ดังภาพที่ 4.28 – 4.29

ภาพที่ 4.28 หลังคาไม้ไผ่ทุบที่เตรียมมาจากโรงงาน
หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 18 กันยายน 2556.

ภาพที่ 4.29 อาคารที่เสร็จสมบูรณ์
หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 22 กันยายน 2556.

4.4 ผลการเก็บข้อมูล

4.4.1 ผลการสำรวจด้านเวลา

สำหรับด้านระยะเวลาในการก่อสร้างนั้น อาจมีตัวแปรอื่นที่มีผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง คือ เรื่องของสภาพอากาศ ความเข้มงวดในการควบคุมการทำงาน ย่อมทำให้งานเร็วหรือล่าช้ากว่าที่ควรเป็นได้ โดยเฉพาะกำลังแรงงาน ก็เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่สำคัญ เพื่อให้มองเห็นภาพชัดเจนผู้วิจัยได้สรุปจำนวนแรงงานและระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างโดยประมาณในแต่ละประเภทงานโดยเฉลี่ยจากการเข้าไปสังเกตของผู้วิจัย พิจารณาจากข้อมูลบัญชีแสดงปริมาณวัสดุและราคาในส่วนค่าแรงงานในการก่อสร้าง และสัมภาษณ์ผู้ที่ดูแลการก่อสร้างโครงการนั้น ๆ ประกอบกัน แสดงตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3

ปริมาณแรงงานสรุปประเภทงานในระบบการก่อสร้างแบบในที่

ประเภทงาน	ระบบการก่อสร้างแบบในที่			
	อาคารไม้ไผ่ โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย		อาคารไม้ไผ่ โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก	
	จำนวนแรงงาน (คน)	ระยะเวลา (วัน)	จำนวนแรงงาน (คน)	ระยะเวลา (วัน)
งานตั้งโครงไม้ไผ่ตั้งนั่งร้าน (หน้างาน)	2	1	3	2
งานต่อไม้ไผ่เตรียมโครงสร้าง (หน้างาน)	2	4	3	4
งานประกอบโครงสร้างอาคาร (หน้างาน)	3	4	6	10
งานประกอบโครงสร้างหลังคา (หน้างาน)	3	5	7	12
งานมุงหลังคา (หน้างาน)	2	5	4	12
งานเก็บรายละเอียด (หน้างาน)	2	1	3	5
รวมปริมาณแรงงานที่ใช้	49 คน.วัน		225 คน.วัน	

ตารางที่ 4.4

ปริมาณแรงงานเฉลี่ยต่อประเภทงานในระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป

ประเภทงาน	ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป			
	อาคารไม้ไผ่ โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย		อาคารไม้ไผ่ โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก	
	จำนวนแรงงาน (คน)	ระยะเวลา (วัน)	จำนวนแรงงาน (คน)	ระยะเวลา (วัน)
งานในขั้นตอนการผลิตชุดโครงสร้างอาคาร (ในโรงงาน)	2	2	3	2
งานในขั้นตอนการผลิตวัสดุมุงหลังคา (ในโรงงาน)	2	3	4	3
งานตั้งโครงไม้ไผ่ ตั้งนั่งร้าน (หน้างาน)	2	1	4	2
งานต่อไม้ไผ่ เตรียมโครงสร้าง (หน้างาน)	3	1	3	2
งานประกอบโครงสร้างอาคาร (หน้างาน)	4	6	5	7
งานประกอบโครงสร้างหลังคา (หน้างาน)	3	5	4	3
งานมุงหลังคา (หน้างาน)	2	4	3	4
งานเก็บรายละเอียด (หน้างาน)	2	3	4	3
รวมปริมาณแรงงานที่ใช้	68 คน.วัน		103 คน.วัน	

ตารางที่ 4.5

ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแรงงานในการก่อสร้างระบบการก่อสร้างแบบในที่

รูปแบบโครงสร้างอาคาร	**พื้นที่อาคารรวม (ตร.ม.)**	**ปริมาณแรงงานเฉลี่ย (คน.วัน)**	**ประสิทธิภาพแรงงาน (ตร.ม./คน.วัน)**
อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย	35	49	0.71
อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก	144	225	0.64

ตารางที่ 4.6

ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแรงงานในการก่อสร้างระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป

รูปแบบโครงสร้างอาคาร	**พื้นที่อาคารรวม (ตร.ม.)**	**ปริมาณแรงงานเฉลี่ย (คน.วัน)**	**ประสิทธิภาพแรงงาน (ตร.ม./คน.วัน)**
อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย	32	68	0.47
อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก	126	103	1.22

ระยะเวลาในการทำงาน อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและโครงสร้างแบบหนาแน่นมากในระบบการก่อสร้างแบบในที่ ใช้เวลาในการก่อสร้าง 20 วัน และ 47 วัน ตามลำดับ นั่นคือโครงสร้างแบบหนาแน่นมากใช้เวลาในการก่อสร้างมากกว่าโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยถึงประมาณ 2 เท่าตัวที่มีแนวโน้มช้าลงสืบเนื่องมาจากหลาย ๆ ปัจจัย กล่าวคือ อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจะมีจำนวนชุดโครงสร้างอาคารที่มากกว่าและในบางครั้งจะมีรูปแบบโครงสร้างที่ซับซ้อนมากกว่ารวมถึงงานโครงสร้างหลังคาและงานมุงหลังคาซึ่งเป็นส่วนที่ต้องใช้เวลาในการก่อสร้างมากที่สุดในงานก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ ซึ่งพอเป็นรูปแบบของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากงานส่วนนี้ก็เพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างเพิ่มขึ้น จำนวนวันในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ทั้ง 2 หลัง แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7

ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ด้วยระบบการก่อสร้างในที่

แบบอาคาร	**ระยะเวลารวม (วัน)**	**พื้นที่อาคาร (ตร.ม.)**	**ความเร็วเฉลี่ยในการก่อสร้าง (ตร.ม./วัน)**
อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย	20	35	1.75
อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก	47	144	3.12

การสังเกตการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างในที่ ในส่วนของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากบันทึกลำดับขั้นตอนในการก่อสร้างของโครงการรวมทั้งสัมภาษณ์สถาปนิกผู้ออกแบบและดูแลก่อสร้างโครงการ ได้ผลการบันทึกเวลา คือ อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่าย 1 หลัง ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 20 วัน ซึ่งมีรายละเอียดในการทำงานดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8

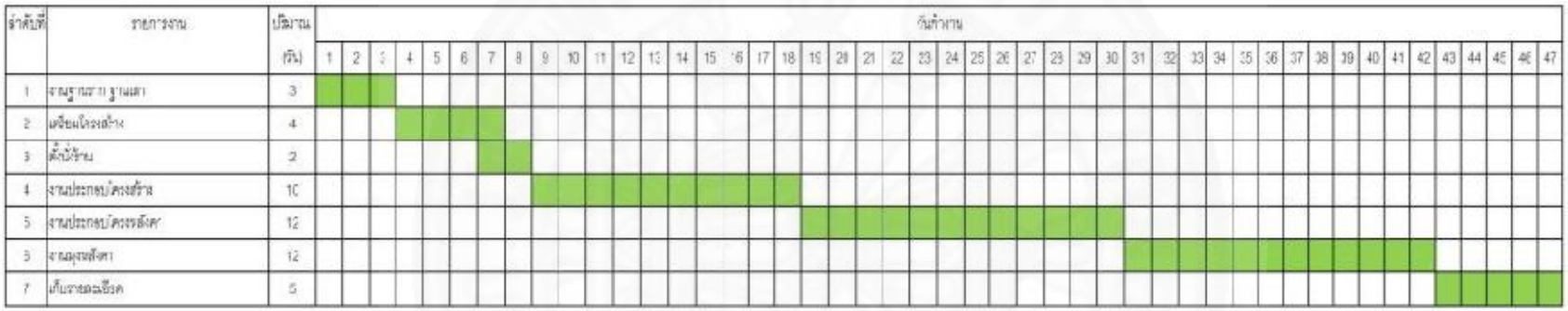
ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยด้วยระบบการก่อสร้างในที่

ลำดับที่	รายการงาน	ปริมาณ	วันทำงาน																																
		(วัน)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1	งานฐานราก ฐานสก	1																																			
2	ตั้งนั่งร้าน	1																																			
3	เตรียมโครงสร้าง	4																																			
4	งานประกอบโครงสร้าง	1																																			
5	งานบรรทุกโครงหลังคา	5																																			
6	งานมุงหลังคา	5																																			
7	เก็บรายละเอียด	1																																			

ส่วนอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ผู้วิจัยได้เข้าไปเก็บข้อมูลจากสถานที่ก่อสร้างจริงในช่วงเดือนมิถุนายน 2556 และติดตามเก็บข้อมูลกระบวนการก่อสร้างจนแล้วเสร็จ ประกอบกับการเก็บข้อมูลจากบันทึกลำดับขั้นตอนในการก่อสร้างของโครงการรวมทั้งสัมภาษณ์สถาปนิกผู้ออกแบบและช่างผู้ดูแลงานก่อสร้างโครงการควบคู่กัน ได้ผลการบันทึกเวลา คือ อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก 1 หลัง ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 47 วัน ซึ่งมีรายละเอียดในการทำงาน ดังในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9

ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ใผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากด้วยระบบการก่อสร้างในที



การเก็บข้อมูลด้านระยะเวลาในการก่อสร้างของอาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและแบบหนาแน่นมาก ในระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปนั้น ใช้เวลาในการก่อสร้าง 24 วัน เท่ากันทั้งสองอาคาร โดยเริ่มทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่กระบวนการเตรียมชุดโครงสร้างและส่วนประกอบอื่น ๆ ของอาคารตั้งแต่โรงงาน จนกระทั่งทำการขนย้ายชิ้นส่วนอาคารไปประกอบที่หน้างานจนแล้วเสร็จ เพื่อที่จะให้ได้ระยะเวลาทั้งหมดในการก่อสร้างนำไปเปรียบเทียบกับการก่อสร้างอาคารไม้ไผในระบบในที่ได้ ซึ่งจำนวนวันในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ทั้ง 2 หลัง แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10

ระยะเวลาและความเร็วเฉลี่ยในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ด้วยระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป

แบบอาคาร	**ระยะเวลารวม (วัน)**	**พื้นที่อาคาร (ตร.ม.)**	**ความเร็วเฉลี่ยในการก่อสร้าง (ตร.ม./วัน)**
อาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย	24	32	1.33
อาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นมาก	24	126	5.25

การสังเกตการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป ในส่วนของอาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากบันทึกลำดับขั้นตอนในการก่อสร้างของโครงการ รวมทั้งสัมภาษณ์สถาปนิกผู้ออกแบบและดูแลก่อสร้างโครงการ ได้ผลการบันทึกเวลาคือ อาคารไม้ไผโครงสร้างแบบง่าย 1 หลัง ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 24 วัน ซึ่งมีรายละเอียดในการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11

ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยด้วยระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป

ลำดับที่	รายการงาน	ปริมาณ	วันทำงาน																																		
		(วัน)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1	การผลิตและเตรียมชุดโครงสร้าง	2																																			
2	การผลิตวัสดุมุงหลังคา	3																																			
3	งานฐานราก ฐานเสา	3																																			
4	งานประกอบโครงสร้าง	6																																			
5	งานประกอบโครงหลังคา	5																																			
6	งานมุงหลังคา	4																																			
7	เก็บรายละเอียด	3																																			

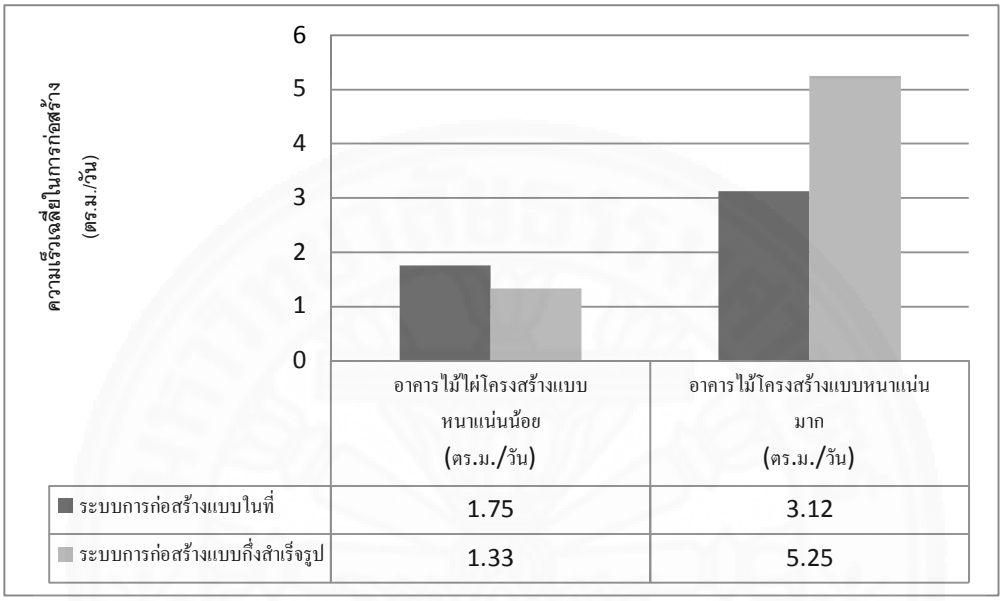
ส่วนอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ผู้วิจัยได้เข้าไปเก็บข้อมูลจากสถานที่ก่อสร้างจริงในช่วงเดือนสิงหาคม 2556 และติดตามเก็บข้อมูลกระบวนการก่อสร้างจนแล้วเสร็จ ประกอบกับการเก็บข้อมูลจากบันทึกลำดับขั้นตอนในการก่อสร้างของโครงการรวมทั้งสัมภาษณ์สถาปนิกผู้ออกแบบและช่างผู้ดูแลงานก่อสร้างโครงการควบคู่กัน ได้ผลการบันทึกเวลา คือ อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก 1 หลัง ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 24 วัน ซึ่งมีรายละเอียดในการทำงานดังในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12

ระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากด้วยระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป

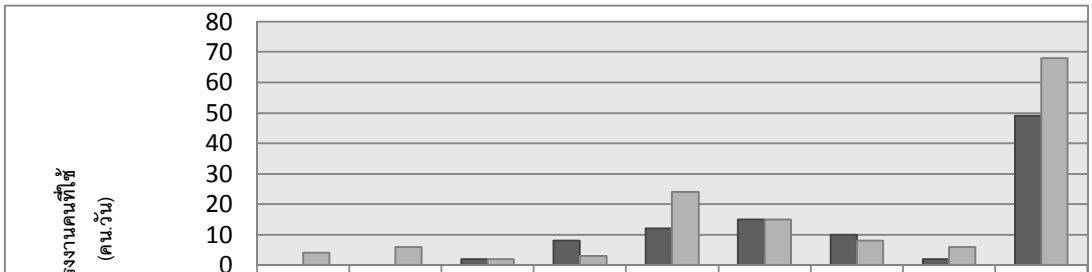
ลำดับที่	รายการงาน	ปริมาณ	วันทำงาน																																
		(วัน)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1	การผลิตและเตรียมชุดโครงสร้าง	2																																			
2	การผลิตวัสดุมุงหลังคา	3																																			
3	งานฐานราก ฐานเสา	4																																			
4	ตั้งโครงไม้ไผ่ ตั้งนั่งร้าน	2																																			
5	เตรียมโครงสร้าง	2																																			
6	งานประกอบโครงสร้าง	7																																			
7	งานประกอบโครงหลังคา	3																																			
8	งานมุงหลังคา	4																																			
9	เก็บรายละเอียด	3																																			

ดังนั้นผลสรุปทางด้านระยะเวลาการก่อสร้างของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่ายและแบบซับซ้อนที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาได้แนวโน้มในภาพที่ 4.30 –4.34 ดังต่อไปนี้



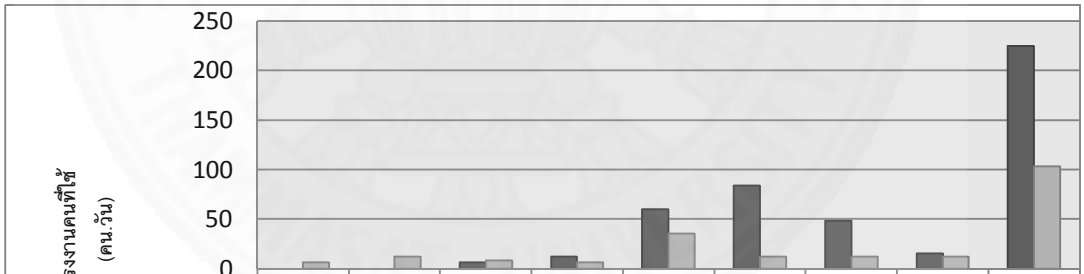
ภาพที่ 4.30 ความเร็วเฉลี่ยในการก่อสร้างของระบบการก่อสร้างในที่และกึ่งสำเร็จรูป

จากภาพที่ 4.34 สรุปได้ว่า เมื่อเทียบระบบต่อระบบแล้วในปริมาณแรงงานที่เท่ากัน อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย ระบบการก่อสร้างแบบในที่จะสามารถสร้างได้เร็วกว่าระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป 0.42 ตร.ม./วัน ส่วนในกรณีของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากระบบการแบบกึ่งสำเร็จรูปจะสามารถสร้างได้เร็วกว่าระบบการก่อสร้างแบบในที่ 2.13 ตร.ม./วัน สำหรับปริมาณของแรงงานที่ใช้ในการก่อสร้างและประสิทธิภาพของแรงงานในแต่ละประเภทงาน รายละเอียดได้สรุปดังภาพที่ 4.31 – 4.34



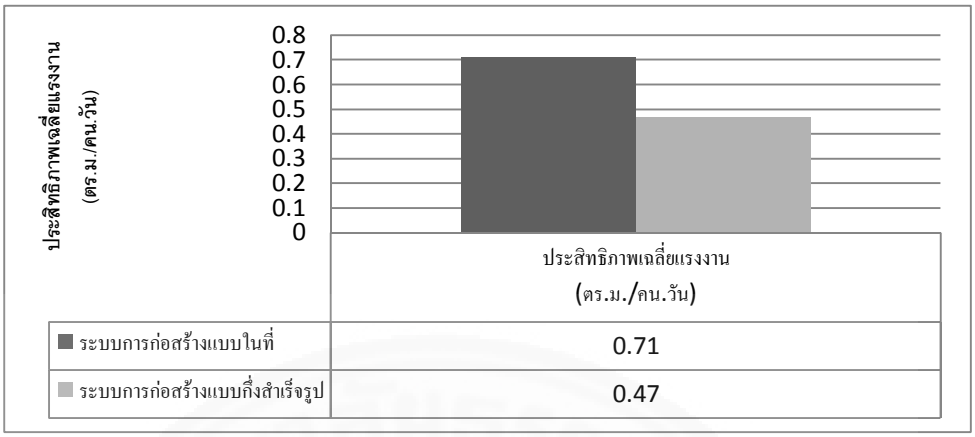
	ผลิตชุดโครงสร้างอาคาร	ผลิตวัสดุมุงหลังคา	ตั้งโครงไม้ไผ่ตั้งนั่งร้าน	เตรียมโครงสร้าง	ประกอบโครงสร้างอาคาร	ประกอบโครงสร้างหลังคา	มุงหลังคา	เก็บรายละเอียด	รวม (คน.วัน)
ระบบก่อสร้างในที่	0	0	2	8	12	15	10	2	49
ระบบก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป	4	6	2	3	24	15	8	6	68

ภาพที่ 4.31 ปริมาณแรงงานที่ใช้และประสิทธิภาพของแรงงานต่อประเภทงานในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยของระบบการก่อสร้างในที่และกึ่งสำเร็จรูป

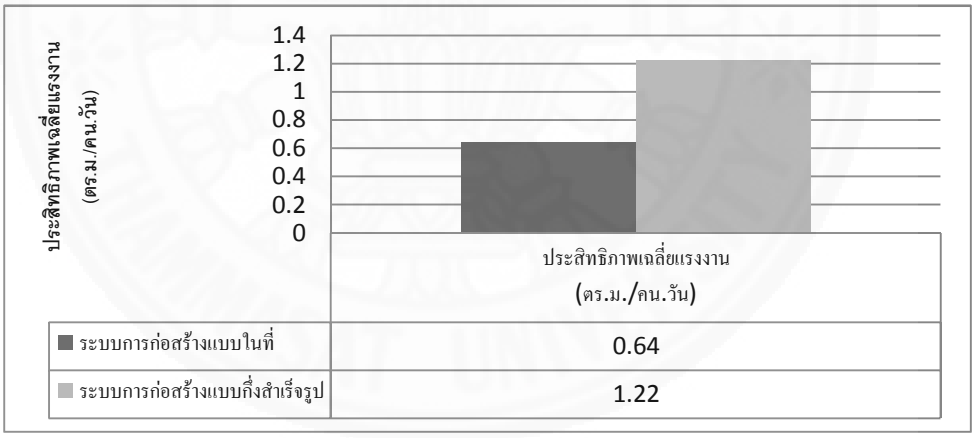


	ผลิตชุดโครงสร้างอาคาร	ผลิตวัสดุมุงหลังคา	ตั้งโครงไม้ไผ่ตั้งนั่งร้าน	เตรียมโครงสร้าง	ประกอบโครงสร้างอาคาร	ประกอบโครงสร้างหลังคา	มุงหลังคา	เก็บรายละเอียด	รวม (คน.วัน)
ระบบก่อสร้างในที่	0	0	6	12	60	84	48	15	225
ระบบก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป	6	12	8	6	35	12	12	12	103

ภาพที่ 4.32 ปริมาณแรงงานที่ใช้และประสิทธิภาพของแรงงานต่อประเภทงานในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากของระบบการก่อสร้างในที่และกึ่งสำเร็จรูป



ภาพที่ 4.33 ประสิทธิภาพแรงงานในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยของระบบการก่อสร้างในที่และกึ่งสำเร็จรูป



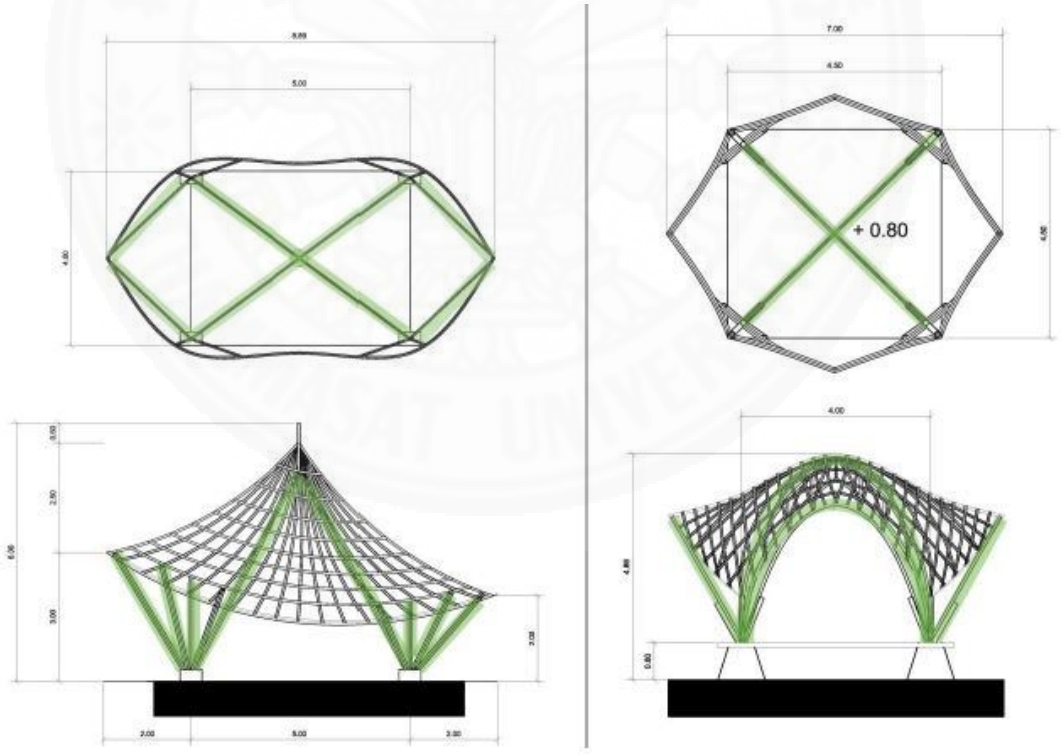
ภาพที่ 4.34 ประสิทธิภาพแรงงานในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากของระบบการก่อสร้างในที่และกึ่งสำเร็จรูป

4.4.1.1 สรุปผลการสำรวจด้านเวลา

จากผลการสำรวจและวิเคราะห์ด้านระยะเวลาในการก่อสร้างของทั้งสองระบบการก่อสร้างสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) ระยะเวลาในการก่อสร้างกับอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย

แม้จะจัดอยู่ในอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยเหมือนกัน แต่อาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบในที่กลับมีค่าประสิทธิภาพของแรงงานที่ดีกว่า ซึ่งปัจจัยที่น่าจะส่งผลมากที่สุด คือ ลักษณะอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างในที่เลือกใช้เสาไม้ไผ่ลำเดี่ยวเป็นโครงสร้างหลักของอาคารแตกต่างกับอาคารไม้ไผ่จากระบบกึ่งสำเร็จรูปที่เลือกใช้โครงสร้างรับน้ำหนักแบบโค้งประกอบขึ้นมาจากไผ่ขนาดเล็กหลาย ๆ ลำ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการดัดโค้งแล้วทิ้งไม้ไผ่ได้รูปแล้วจึงนำมาประกอบ จึงทำให้ประสิทธิภาพของแรงงานในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่าย ในระบบการก่อสร้างแบบในที่ให้ผลที่ดีกว่า ส่งผลให้ความเร็วในการก่อสร้างเพิ่มขึ้นและใช้เวลาในการก่อสร้างน้อยกว่าระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป



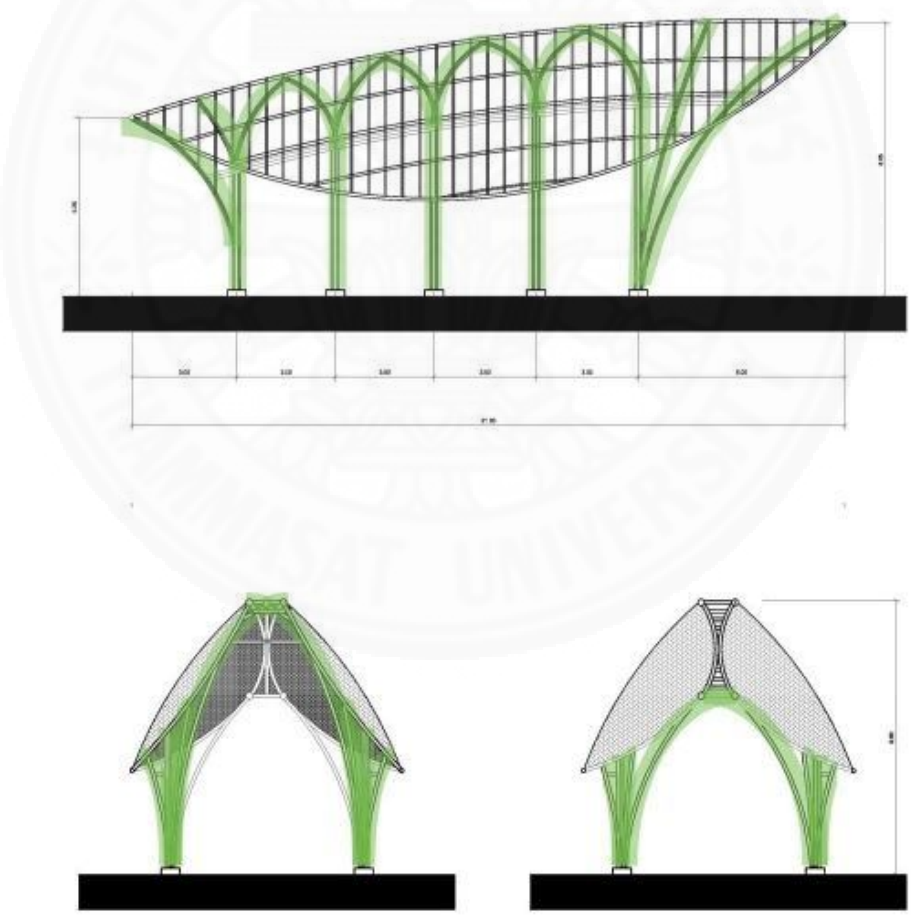
ภาพที่ 4.35 ลักษณะโครงสร้างหลักของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างในที่ (ซ้าย) และจากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป (ขวา)

ภาพที่ 4.36 การใช้ไผ่ลำเดี่ยวในโครงสร้างหลักของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างในที่

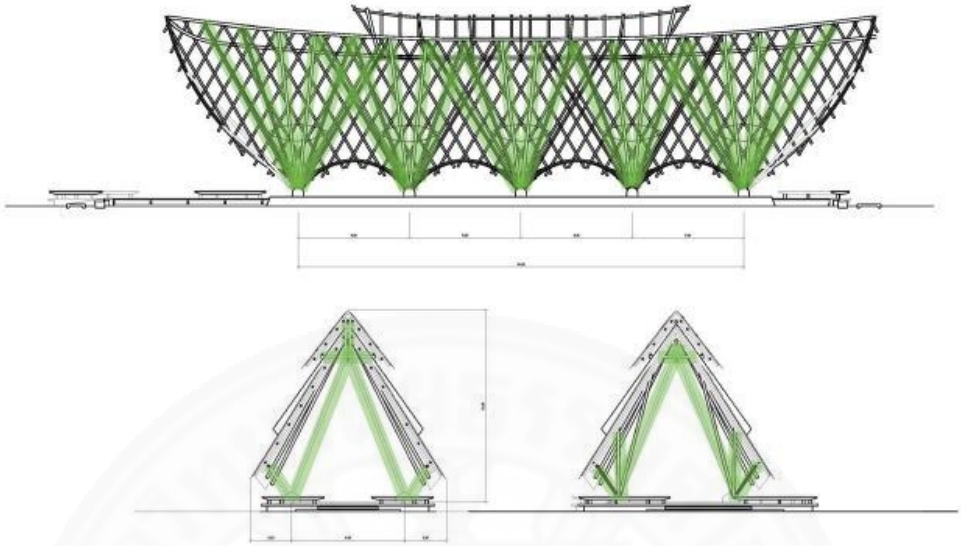
ภาพที่ 4.37 การใช้ไผ่ดัดโค้ง ในโครงสร้างหลักของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป

(2) ระยะเวลาในการก่อสร้างกับอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก

ส่วนในอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก จะเห็นได้ว่าระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปมีประสิทธิภาพแรงงานที่ดีกว่าอย่างชัดเจน แม้ว่าตัวโครงสร้างอาคารจะเป็นแบบไผ่ดัดโค้งเพื่อรับน้ำหนักตัวอาคาร ซึ่งจะต้องใช้ระยะเวลาในการเตรียมการดัดไม้เพื่อนำไปประกอบเป็นชิ้นส่วนโครงสร้าง แต่เนื่องจากโครงสร้างอาคารหลังนี้มีลักษณะเป็นชุดซ้ำ ๆ กัน แตกต่างจากอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างในที่ ที่ลักษณะโครงสร้างเป็นเสาไม้ไผ่ลำเดี่ยวขนาดใหญ่ตั้งขึ้นไปเพื่อเป็นโครงสร้างหลักอาคารในองศาที่ไม่เท่ากัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพแรงงานในระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปได้ผลดีกว่า เป็นผลให้ความเร็วในการก่อสร้างเพิ่มขึ้นและใช้เวลาในการก่อสร้างน้อยกว่าการก่อสร้างด้วยระบบแบบในที่



ภาพที่ 4.38 ลักษณะโครงสร้างหลักของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป

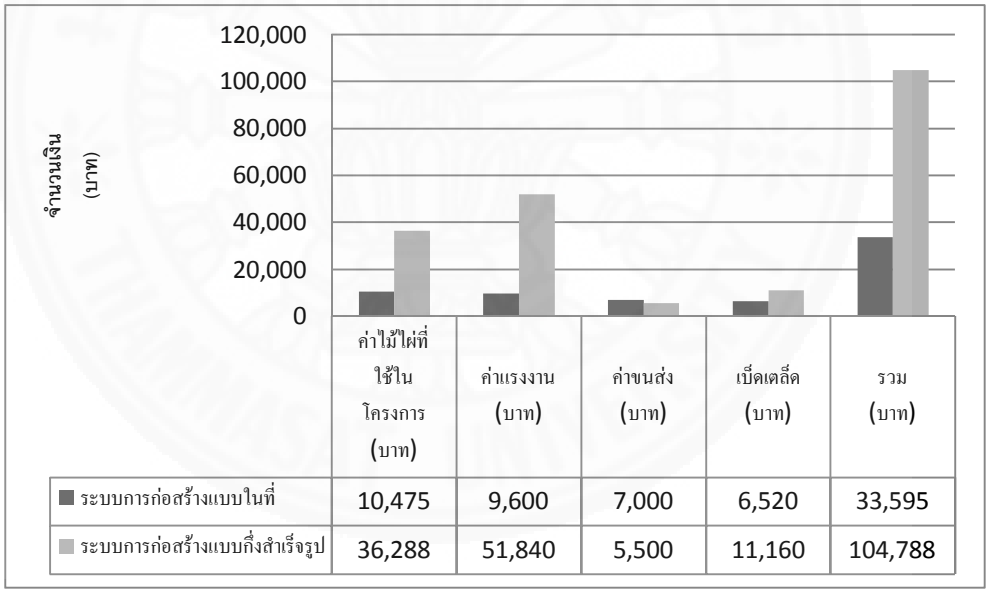


ภาพที่ 4.39 ลักษณะโครงสร้างหลักของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างในที่

ภาพที่ 4.40 เปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างหลักของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป (ซ้าย) และจากระบบในที่ (ขวา)

4.4.2 ผลการสำรวจด้านราคาค่าก่อสร้างในการก่อสร้าง

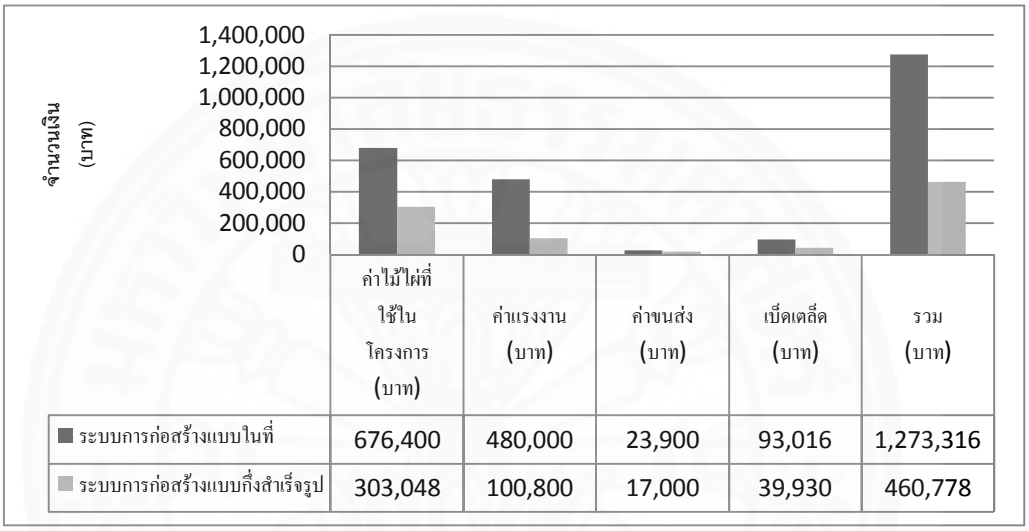
ในการพิจารณาราคาค่าก่อสร้างในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่จากโครงการต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้ จะคิดเฉพาะต้นทุนทางตรง คือ ต้นทุนค่าวัสดุก่อสร้าง ค่าแรง ค่าขนส่ง และค่าเครื่องมืออุปกรณ์ เนื่องจากต้นทุนทางอ้อม เช่น ค่าการบริหารจัดการต่าง ๆ ไม่ได้เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของงานก่อสร้างโดยตรง จึงไม่ได้นำมาพิจารณา ซึ่งข้อมูลในด้านต้นทุนการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ในแต่ละโครงการ ได้มาจากบัญชีแสดงปริมาณวัสดุและราคา (Bill of Qualities) ซึ่งได้มาจากโครงการ โดยผู้วิจัยตัดส่วนเฉพาะที่อยู่ในขอบเขตการวิจัยมาทำการเปรียบเทียบ ด้านราคาค่าก่อสร้าง อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่ายจากระบบการก่อสร้างแบบในที่ มีค่าใช้จ่ายที่คิดเป็นต้นทุนในการก่อสร้าง 33,595 บาท อาคารมีขนาด 35 ตร.ม ส่วนอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่ายจากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป มีค่าใช้จ่ายที่คิดเป็นต้นทุนในการก่อสร้าง 104,788 บาท อาคารมีขนาด 32 ตร.ม. ซึ่งรายละเอียดของต้นทุนในการก่อสร้าง แสดงในภาพที่ 4.41



	ค่าไม้ไผ่ที่ใช้ในโครงการ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	ค่าขนส่ง (บาท)	เบ็ดเตล็ด (บาท)	รวม (บาท)
ระบบการก่อสร้างแบบในที่	10,475	9,600	7,000	6,520	33,595
ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป	36,288	51,840	5,500	11,160	104,788

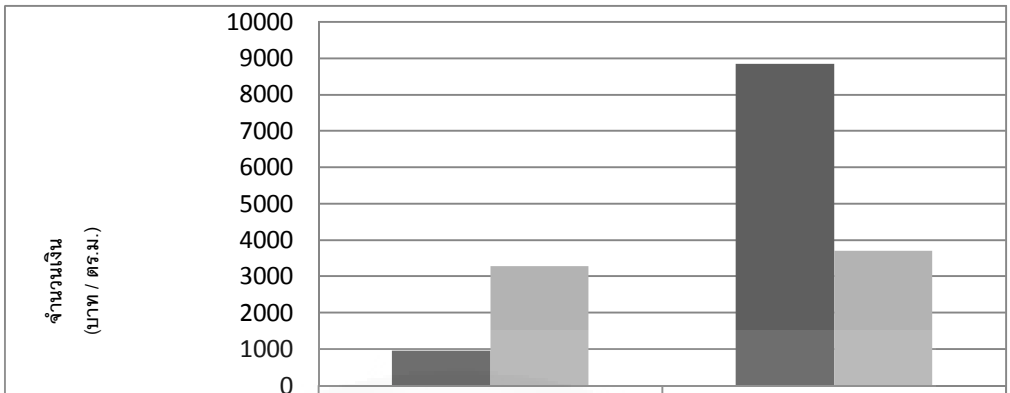
ภาพที่ 4.41 ราคาค่าก่อสร้างในการสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้าง แบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

ด้านราคาค่าก่อสร้าง อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างแบบในที่ มีค่าใช้จ่ายที่คิดเป็นต้นทุนในการก่อสร้าง 1,273,316 บาท อาคารมีขนาด 144 ตร.ม. ส่วนอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป มีค่าใช้จ่ายที่คิดเป็นราคาค่าก่อสร้าง 460,778 บาท อาคารมีขนาด 126 ตร.ม. ซึ่งรายละเอียดของราคาค่าก่อสร้าง แสดงในภาพที่ 4.42



ภาพที่ 4.42 ราคาค่าก่อสร้างในการสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้าง แบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

ด้านราคาค่าก่อสร้างเมื่อคิดออกมาเป็นราคาต่อพื้นที่ อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย จากระบบการก่อสร้างแบบในที่ ได้ราคาต่อตารางเมตร คือ 956.86 บาท และจากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป ได้ราคาต่อตารางเมตร คือ 3,274.63 บาท ในส่วนของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบซับซ้อน จากระบบการก่อสร้างแบบในที่ ได้ราคาต่อตารางเมตร คือ 8,842.47 บาท และอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก จากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป ได้ราคาต่อตารางเมตร คือ 3,696.57 บาท จะเห็นได้ว่าราคาค่าก่อสร้างต่อตารางเมตรของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยด้วยระบบแบบในที่จะสามารถสร้างได้ในราคาที่ต่ำกว่า ส่วนอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก การก่อสร้างด้วยระบบแบบกึ่งสำเร็จรูปจะสามารถสร้างได้ในราคาที่ต่ำกว่า โดยแสดงในตารางที่ 4.43



	อาคารโครงสร้างไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย (บาท / ตร.ม.)	อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก (บาท / ตร.ม.)
ระบบการก่อสร้างแบบในที่	959.86	8842.47
ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป	3274.63	3696.57

ภาพที่ 4.43 ราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ของอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

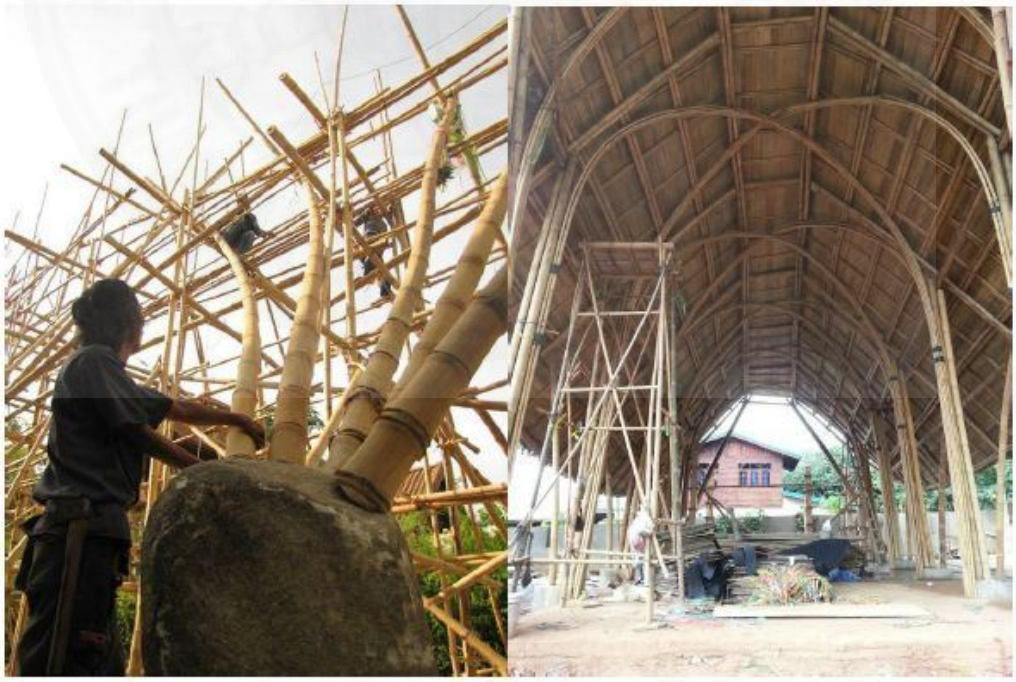
4.4.2.1 สรุปผลการสำรวจด้านราคาค่าก่อสร้าง

(1) ราคาค่าก่อสร้างกับอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย

จากการคำนวณราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ พบว่าในกรณีการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย ระบบการก่อสร้างแบบในที่สามารถสร้างได้ในราคาถูกกว่าระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปถึงเกือบ 4 เท่า ซึ่งปัจจัยหลักที่เป็นสาเหตุเป็นผลมาจากอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้ในการเก็บข้อมูลนั้น มีรูปแบบโครงสร้างหลักของอาคารเป็นแบบไผ่ดัดโค้ง แตกต่างกับอาคารจากระบบการก่อสร้างแบบในที่ ที่ใช้โครงสร้างหลักเป็นเสาไม้ไผ่ลำตั้งตรง ซึ่งถึงแม้อาคารทั้งสองหลังจะอยู่ในอาคารไม้ไผ่ประเภทโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยเหมือนกัน แต่อาคารจากระบบกึ่งสำเร็จรูปจะใช้จานวนไม้ไผ่มากกว่าในการประกอบเป็นโครงสร้างโค้ง ซึ่งจะต้องเสียเวลาเพิ่มในการดัดไผ่ ขั้นตอนในกระบวนการก่อสร้างเพิ่มขึ้นจึงทำให้ใช้แรงงานเยอะกว่า ส่งผลให้ราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่สูงขึ้น ดังรายละเอียดราคาค่าก่อสร้างในอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่ายในตารางที่ 4.41

(2) ราคาค่าก่อสร้างกับอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก

เมื่อเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่แล้ว ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปสามารถสร้างได้ในราคาที่ถูกกว่าเกือบ 3 เท่า และสามารถควบคุมราคาค่าใช้จ่ายในส่วนอื่น ๆ ได้ดีกว่าในทุก ๆ ด้าน ซึ่งปัจจัยที่ทำให้อาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบในที่มีราคาค่าก่อสร้างที่สูงกว่าจะคล้ายกันกับในการเปรียบเทียบกรณีของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย กล่าวคือ ลักษณะของโครงสร้างหลักอาคารและการเลือกขนาดไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งอาคารจากระบบในที่ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้ใช้เสาไผ่ขนาดใหญ่เป็นโครงหลักของอาคาร แต่อาคารไม้ไผ่จากระบบกึ่งสำเร็จรูปจะใช้ทั้งเสาไม้ไผ่และชุดโครงสร้างโค้งเป็นโครงสร้างหลักของอาคาร ซึ่งใช้ไผ่ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าในการก่อสร้าง ทำให้ราคาค่าวัสดุหลักในการก่อสร้างถูกกว่า ไผ่ที่มีขนาดเล็กกว่าในการก่อสร้างส่งผลให้ช่างและแรงงานทำงานได้ง่ายรวดเร็วกว่าและยังใช้จำนวนแรงงานที่น้อยกว่า ทำให้ราคาในส่วนค่าจ้างแรงงานถูกกว่า รวมถึงค่าใช้จ่ายในส่วนการขนส่งและอื่น ๆ ก็ลดลงตามไปด้วยซึ่งรายละเอียดราคาค่าก่อสร้างของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากแสดงในตาราง 4.42



ภาพที่ 4.44 เปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างหลักและขนาดไผ่ที่ใช้ของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างในที่ (ซ้าย) และจากระบบกึ่งสำเร็จรูป (ขวา)

4.4.3 ผลการสำรวจด้านคุณภาพในการก่อสร้าง

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพงานก่อสร้างระบบต่อระบบแล้ว พบว่า อาคารไม้ไผ่ จากระบบการก่อสร้างแบบในที่มีคุณภาพในการก่อสร้างของอาคารดีกว่าระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปโดยวัดจากจำนวนจุดบกพร่อง จุดเสียหาย และรอยแตกร้าว ที่เกิดขึ้นบนตัวอาคารไม้ไผ่ ซึ่งทั้งในอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่ายและแบบซับซ้อน จุดเสียหายที่พบส่วนใหญ่เป็นการแตกร้าวของไม้ไผ่ตามโครงสร้างอาคาร จุดเชื่อมต่อโครงสร้าง เป็นต้น รายละเอียดเปรียบเทียบด้านคุณภาพมีดังนี้

4.4.3.1 ลักษณะจุดบกพร่องของอาคารไม้ไผ่ในระบบการก่อสร้างแบบในที่และระบบกึ่งสำเร็จรูป

อาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบในที่และระบบกึ่งสำเร็จรูปมีลักษณะจุดบกพร่องที่เหมือนกัน คือ แตกร้าวที่บริเวณโครงสร้างของอาคาร ซึ่งเกิดได้ในทั้ง 2 ระบบ โดยตำแหน่งที่พบรอยแตกร้าวของไม้ไผ่นั้น ในระบบการก่อสร้างแบบในที่พบได้ทั่วไปตามโครงสร้างของอาคารมีลักษณะเป็นรอยแตกขนานตามแนวยาวบนลำไม้ไผ่ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากความชื้นในเนื้อไม้ไผ่ที่ลดลงเมื่อนำใช้ก่อสร้างหรือมาจากการเก็บรักษาไม้ไผ่ในช่วงรอนำไปใช้ในงานก่อสร้างที่ทำได้ไม่ดีพอ ทำให้ไม้ไผ่ได้รับความชื้นสะสมและโดนแสงแดดโดยตรง ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อสภาพเนื้อไม้ไผ่เมื่อนำไปใช้ก่อสร้างทั้งสิ้น นอกจากนี้ยังพบจุดบกพร่องเรื่องความเรียบร้อยในการเก็บงานของช่างและแรงงาน เช่น การปล่อยลิ่มไม้ไผ่ที่ใช้ในการยึดชิ้นส่วนโครงสร้างให้ยึดยาวออกมา ไม่ได้ทำการตัดออกให้เสมอเท่ากับชิ้นส่วนโครงสร้างนั้น ๆ เป็นต้น สำหรับอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปนั้น โดยรวมแล้วพบจุดบกพร่องได้มากกว่าระบบก่อสร้างแบบในที่ โดยมากที่สุด คือ การแตกร้าวของเนื้อไม้ไผ่ตามโครงสร้างอาคาร ในลักษณะเดียวกันกับที่พบในระบบการก่อสร้างแบบในที่ แต่ไม่พบจุดบกพร่องที่เกิดจากช่างและแรงงานในการก่อสร้าง ข้อบกพร่องและจุดเสียหายของอาคารไม้ไผ่ที่ทำการวิจัยศึกษาได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.13 - 4.14 และภาพที่ 4.46 - 4.50

ตารางที่ 4.13

จุดบกพร่องและเสียหายที่เกิดขึ้นกับอาคารไม้ไผ่ของระบบการก่อสร้างในที่

รูปแบบอาคาร	**จุดเสียหายที่เกิดจากการออกแบบ (ตำแหน่ง)**	**จุดเสียหายที่เกิดจากตัววัสดุ (ตำแหน่ง)**	**จุดเสียหายที่เกิดจากแรงงานก่อสร้าง (ตำแหน่ง)**	**รวม (ตำแหน่ง)**
อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย	0	10	0	10
อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก	6	12	11	29

ตารางที่ 4.14

จุดบกพร่องและเสียหายที่เกิดขึ้นกับอาคารไม้ไผ่ของระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป

รูปแบบอาคาร	**จุดเสียหายที่เกิดจากการออกแบบ (ตำแหน่ง)**	**จุดเสียหายที่เกิดจากตัววัสดุ (ตำแหน่ง)**	**จุดเสียหายที่เกิดจากแรงงานก่อสร้าง (ตำแหน่ง)**	**รวม (ตำแหน่ง)**
อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย	8	19	0	27
อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก	18	30	0	48

ภาพที่ 4.45 การแตกร้าวของโครงสร้างอาคารที่เกิดจากตัววัสดุ

หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 5 ธันวาคม 2557.

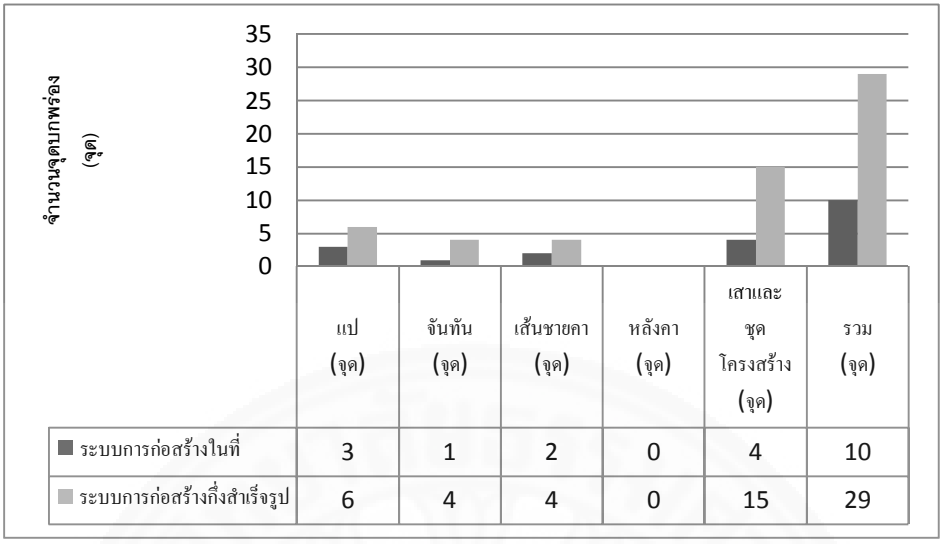
ภาพที่ 4.46 จุดบกพร่องที่เกิดจากความผิดพลาดในการออกแบบ

หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 6 ธันวาคม 2557.

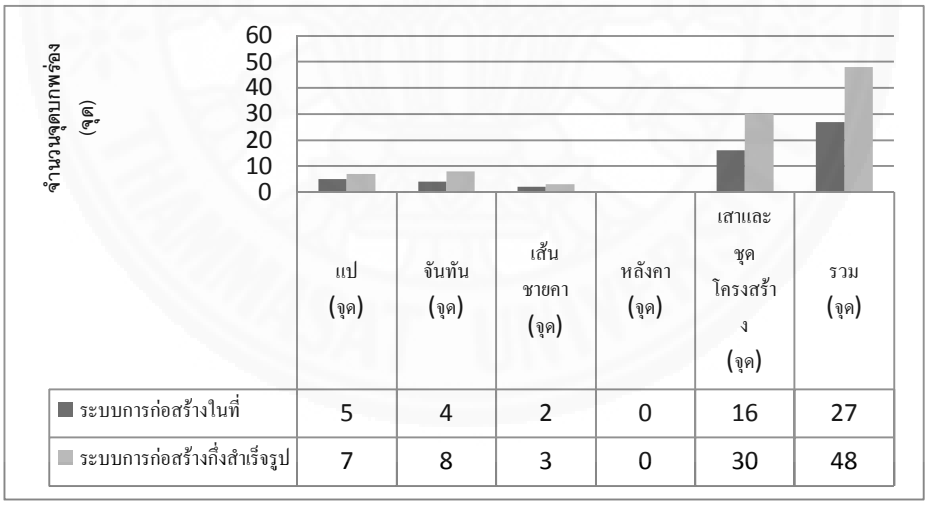
ภาพที่ 4.47 จุดบกพร่องที่เกิดจากความไม่เรียบร้อยในการเก็บงานของช่างและแรงงาน
หมายเหตุ. ถ่ายโดยผู้วิจัย, 5 ธันวาคม 2557.

4.4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระบบการก่อสร้างกับคุณภาพงานก่อสร้าง

เมื่อเปรียบเทียบต่อระบบแล้ว อาคารไม้ไผ่ทั้งโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและโครงสร้างแบบหนาแน่นมากที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่จะมีจำนวนจุดบกพร่องเสียหายน้อยกว่าอาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างในระบบกึ่งสำเร็จรูป ทั้งนี้ปริมาณจุดบกพร่องเสียหายจะขึ้นอยู่กับหลักการออกแบบอาคารไม้ไผ่ที่ถูกต้องและทักษะความชำนาญของช่างเป็นสำคัญ จำนวนจุดบกพร่องเสียหายของอาคารไม้ไผ่ในระบบการก่อสร้างแบบในที่และระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปได้แสดงเปรียบเทียบไว้ในภาพที่ 4.48 – 4.49



ภาพที่ 4.48 ปริมาณจุดบกพร่องและตำแหน่งการเกิดจุดบกพร่องของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป



ภาพที่ 4.49 ปริมาณจุดบกพร่องและตำแหน่งการเกิดจุดบกพร่องของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

จากภาพที่ 4.48-4.49 อาคารไม้ไผ่จากทั้งระบบการก่อสร้างแบบในที่และระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ ยิ่งรูปแบบของโครงสร้างยิ่งซับซ้อน ปริมาณงานที่ต้องทำมากขึ้น จุดบกพร่องที่เกิดขึ้นในอาคารก็จะมากขึ้นตามไปด้วย และจากการสัมภาษณ์ช่างและผู้ควบคุมงานก่อสร้างร่วมกับการสังเกตได้ข้อวิเคราะห์จากผลการสังเกตว่าจุดบกพร่องของอาคารไม้ไผ่ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในบริเวณโครงสร้างหลักที่ทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักของอาคารและส่วนที่มีการเจาะหรือต่อประกอบไม้ไผ่เข้าด้วยกัน ซึ่งจุดบกพร่องอาจเกิดขึ้นตั้งแต่ในขั้นตอนการก่อสร้างหรือหลังจากระยะเวลาผ่านไปแล้ว

4.4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับคุณภาพงานก่อสร้าง

อาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างในระบบการก่อสร้างแบบในที่นั้นมีอัตราในการเกิดจุดบกพร่องภายในอาคารน้อยกว่าอาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างด้วยระบบกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลปริมาณจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นในอาคาร ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.45 – 4.46 โดยที่อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่ายมีแนวโน้มจะเกิดจุดบกพร่องภายในอาคารน้อยกว่าอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบซับซ้อน สำหรับระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดจุดบกพร่องในอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป แสดงดังตารางที่ 4.15 – 4.16

ตารางที่ 4.15

อัตราเฉลี่ยระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่องของอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างในที่

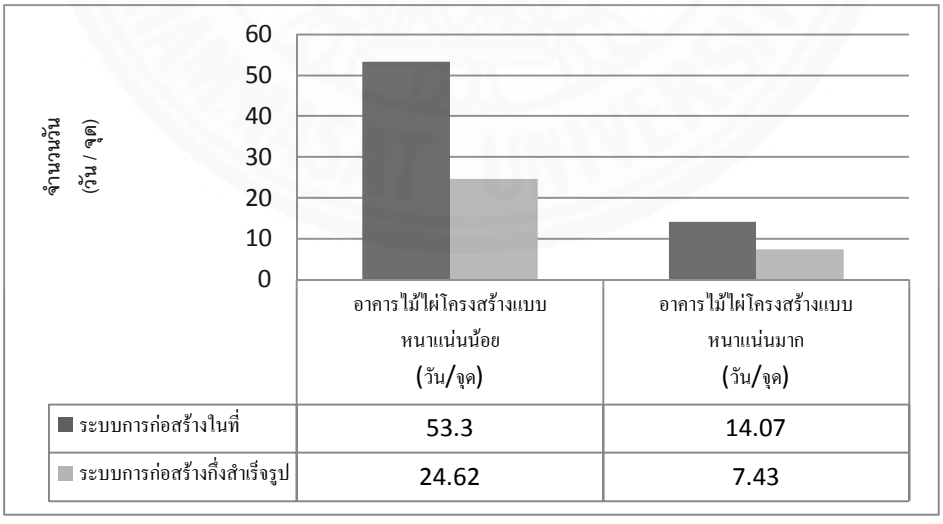
รูปแบบอาคาร	**อายุอาคาร (วัน)**	**จำนวนความเสียหาย (ตำแหน่ง)**	**อัตราเฉลี่ยระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่อง (วัน/ตำแหน่ง)**
อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย	533	10	53.3
อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก	380	27	14.07

ตารางที่ 4.16

อัตราเฉลี่ยระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่องของอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป

รูปแบบอาคาร	**อายุอาคาร (วัน)**	**จำนวนความเสียหาย (ตำแหน่ง)**	**อัตราเฉลี่ยระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่อง (วัน/ตำแหน่ง)**
อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย	714	29	24.62
อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก	357	48	7.43

จากตารางที่ 4.15 – 4.16 เมื่อเปรียบเทียบต่อระบบแล้ว อาคารไม้ไผ่ทั้งโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและโครงสร้างแบบหนาแน่นมากที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดจุดบกพร่องในอาคารมากกว่าอาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป ผู้วิจัยได้แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดจุดบกพร่องในอาคารไม้ไผ่ที่ทำการศึกษาไว้ในภาพที่ 4.51 ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.50 ระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดจุดบกพร่องของอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

4.4.3.4 สรุปผลการสำรวจด้านคุณภาพงานก่อสร้าง

จากตารางที่ 4.15 – 4.16 อาคารไม้ไผ่ทั้งโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและแบบหนาแน่นมากจากทั้งสองระบบการก่อสร้างมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ อาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่จะพบจุดบกพร่องน้อยกว่าอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งจุดบกพร่องที่พบในอาคารไม้ไผ่จากทั้งสองระบบเกือบจะทั้งหมด เป็นจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นบริเวณเสาและชุดโครงสร้างของอาคาร ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงคือรูปแบบการทำงานของตัวระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป เนื่องจากงานก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ในประเทศไทยยังนิยมใช้ลิ่มในการยึดโครงสร้างเข้าด้วยกัน ซึ่งด้วยรูปแบบการทำงานของระบบกึ่งสำเร็จรูป คือ เตรียมชิ้นส่วนโครงสร้างหรือประกอบสำเร็จจากโรงงานบางส่วนแล้วถอดประกอบขนส่งไปติดตั้งที่พื้นที่ก่อสร้างอีกที จุดนี้ทำให้ไม้ไผ่หรือโครงสร้างมีโอกาสที่จะชำรุดเสียหายเพิ่มขึ้นได้ ตรงกันข้ามกับระบบการก่อสร้างแบบในที่ ซึ่งการทำงานแทบทั้งหมดจะอยู่ที่พื้นที่โครงการ ตัด ต่อ ประกอบและยกติดตั้งทันที จุดที่เชื่อมต่อโครงสร้างเจาะแล้วตอกลิ่มยึดครั้งเดียว ไม่มีการถอดออกหรือเคลื่อนย้ายอีกจึงทำให้โอกาสที่ไม้ไผ่และชุดโครงสร้างอาคารจะเกิดการชำรุดเสียหายน้อยลงไปด้วย

ตารางที่ 4.17

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

ระบบการก่อสร้าง	รูปแบบโครงสร้างอาคาร	พื้นที่อาคาร (ตร.ม.)	งบประมาณ		ระยะเวลา			คุณภาพ	
			ราคารวม (บาท)	ราคาต่อพื้นที่ (บาท/ตร.ม.)	ความเร็วเฉลี่ยในการก่อสร้าง (ตร.ม./วัน)	ปริมาณแรงงานที่ใช้ (คน.วัน)	ประสิทธิภาพเฉลี่ยของแรงงาน (ตร.ม./คน.วัน)	จำนวนจุดบกพร่อง (จุด)	ระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่องในอาคาร (วัน/จุด)
ระบบการก่อสร้างในที่	อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย	35	33,595	959.86	1.75	49	0.71	10	53.3
	อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก	144	1,273,316	8,842.47	3.12	225	0.64	27	14.07
ระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป	อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย	32	104,788	3,274.63	1.33	68	0.47	29	24.62
	อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก	126	460,788	3,696.57	5.25	103	1.22	48	7.44

4.5 แนวทางการนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลไปใช้ในการเลือกใช้ระบบเพื่อการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่

จากการเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ทั้งสองระบบ พบว่าแต่ละระบบมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน หากต้องการสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ต้องการความรวดเร็วในการก่อสร้างและมีงบประมาณของโครงการที่จำกัด การก่อสร้างด้วยระบบกึ่งสำเร็จรูปก็จะมีประสิทธิภาพมากกว่าในการก่อสร้าง แต่ก็มีข้อเสียที่เรื่องของจุดบกพร่องภายในอาคารที่จะพบได้มากกว่าระบบการก่อสร้างแบบในที่ เป็นต้น ซึ่งแนวทางในการนำผลวิเคราะห์ไปใช้ในการเลือกระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ที่เหมาะสมในแต่ละโครงการนั้น จะอาศัยการคำนวณทางวิศวกรรมในการคิดตามปัจจัยที่แต่ละโครงการให้น้ำหนักความสำคัญ ตัวแปร α β และ γ ในสูตรจะแปรผันตามลำดับความสำคัญที่โครงการนั้น ๆ ให้ความสำคัญ โดยสูตรการคำนวณที่ใช้แสดงดังภาพที่ 4.51 และตัวอย่างในการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.18 – 4.23

$$W = \sum_{i=1}^{1}(W_i) = \alpha + \beta + \gamma = 1$$

$$Determination\ Factor = \alpha(\text{ราคาค่าก่อสร้าง}) + \beta(\text{ความเร็วเฉลี่ยในการก่อสร้าง}) + \gamma(\text{ระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดจุดบกพร่องในอาคาร})$$

ภาพที่ 4.51 สูตรคำนวณเพื่อการพิจารณาเลือกใช้ระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ให้เหมาะสมกับรูปแบบของอาคารและโครงการ

ตารางที่ 4.18

ตัวอย่างผลการคำนวณกรณีที่ให้น้ำหนักกับเรื่องราคาค่าก่อสร้างมากที่สุดในโครงการอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย

ระบบการก่อสร้าง	ความสำคัญของราคาค่าก่อสร้าง (α)	ความสำคัญของระยะเวลา (β)	ความสำคัญของคุณภาพ (γ)	ผลรวม (Determination Factor)
ระบบการก่อสร้างในที่	0.7(1)	0.2(1.75)	0.1(53.3)	40.33
ระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป	0.7(1)	0.2(1.33)	0.1(24.62)	2.72

กรณีโครงการที่ต้องการสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่าย ที่ให้ความสำคัญกับเรื่องราคาค่าก่อสร้าง (α) ระยะเวลาการก่อสร้าง (β) และคุณภาพของงานก่อสร้าง (γ) จากมากไปน้อยเรียงตามลำดับ ซึ่งในกรณีนี้ได้กำหนดให้ α = 0.7 β = 0.2 และ γ = 0.1 ซึ่งผลจากการใช้สูตรคำนวณปรากฏว่าระบบการก่อสร้างในที่ได้ผลรวม 40.33 และระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปได้ผลรวม 2.72 ทำให้สรุปได้ว่าระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมกับโครงการที่ต้องการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย โดยให้ความสำคัญกับราคาค่าก่อสร้างมากที่สุด คือ ระบบการก่อสร้างแบบในที่

ตารางที่ 4.19

ตัวอย่างผลการคำนวณกรณีที่ให้น้ำหนักกับเรื่องระยะเวลามากที่สุดในโครงการอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย

ระบบการก่อสร้าง	ความสำคัญของราคาค่าก่อสร้าง (α)	ความสำคัญของระยะเวลา (β)	ความสำคัญของคุณภาพ (γ)	ผลรวม (Determination Factor)
ระบบการก่อสร้างในที่	0.2(1)	0.7(1.75)	0.1(53.3)	6.55
ระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป	0.2(1)	0.7(1.33)	0.1(24.62)	3.39

กรณีโครงการที่ต้องการสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่าย ที่ให้ความสำคัญกับเรื่องระยะเวลาการก่อสร้าง (β) ราคาค่าก่อสร้าง (α) และคุณภาพของงานก่อสร้าง (γ) จากมากไปน้อยเรียงตามลำดับ ซึ่งในกรณีนี้ได้กำหนดให้ α = 0.2 β = 0.7 และ γ = 0.1 ซึ่งผลจากการใช้สูตรคำนวณปรากฏว่าระบบการก่อสร้างในที่ได้ผลรวม 6.55 และระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปได้ผลรวม 3.39 ทำให้สรุปได้ว่าระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมกับโครงการที่ต้องการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่

โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย โดยให้ความสำคัญกับระยะเวลาในการก่อสร้างมากที่สุด คือ ระบบการก่อสร้างแบบในที่

ตารางที่ 4.20

ตัวอย่างผลการคำนวณกรณีที่ให้น้ำหนักกับเรื่องคุณภาพมากที่สุดในโครงการอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย

ระบบการก่อสร้าง	ความสำคัญของราค่าก่อสร้าง (α)	ความสำคัญของระยะเวลา (β)	ความสำคัญของคุณภาพ (γ)	ผลรวม (Determination Factor)
ระบบการก่อสร้างในที่	0.1(40,000)	0.2(1.75)	0.7(53.3)	37.66
ระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป	0.1(40,000)	0.2(1.33)	0.7(24.62)	17.49

กรณีโครงการที่ต้องการสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย ที่ให้ความสำคัญกับเรื่องคุณภาพของงานก่อสร้าง (γ) ระยะเวลาการก่อสร้าง (β) และราคาค่าก่อสร้าง (α) จากมากไปน้อยเรียงตามลำดับ ซึ่งในกรณีนี้ได้กำหนดให้ α = 0.1 β = 0.2 และ γ = 0.7 ซึ่งผลจากการใช้สูตรคำนวณปรากฏว่าระบบการก่อสร้างในที่ได้ผลรวม 37.66 และระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปได้ผลรวม 17.49 ทำให้สรุปได้ว่าระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมกับโครงการที่ต้องการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย โดยให้ความสำคัญกับคุณภาพของงานก่อสร้างมากที่สุด คือ ระบบการก่อสร้างแบบในที่

ตารางที่ 4.21

ตัวอย่างผลการคำนวณกรณีที่ให้น้ำหนักกับเรื่องระยะเวลามากที่สุดในโครงการอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก

ระบบการก่อสร้าง	ความสำคัญของราค่าก่อสร้าง (α)	ความสำคัญของระยะเวลา (β)	ความสำคัญของคุณภาพ (γ)	ผลรวม (Determination Factor)
ระบบการก่อสร้างในที่	0.2(1)	0.7(3.12)	0.1(14.07)	3.58
ระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป	0.2(1)	0.7(5.25)	0.1(7.44)	4.41

กรณีโครงการที่ต้องการสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบซับซ้อน ที่ให้ความสำคัญกับเรื่องระยะเวลาการก่อสร้าง (β) คุณภาพของงานก่อสร้าง (γ) และราคาค่าก่อสร้าง (α) จากมากไปน้อยเรียงตามลำดับ ซึ่งในกรณีนี้ได้กำหนดให้ α = 0.2 β = 0.7 และ γ = 0.1 ซึ่งผลจากการใช้สูตร

คำนวณปรากฏว่าระบบการก่อสร้างในที่ได้ผลรวม 3.58 และระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปได้ผลรวม 4.41 ทำให้สรุปได้ว่าระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมกับโครงการที่ต้องการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก โดยให้ความสำคัญกับระยะเวลาในงานก่อสร้างมากที่สุด คือ ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป

ตารางที่ 4.22

ตัวอย่างผลการคำนวณกรณีที่ให้น้ำหนักกับเรื่องคุณภาพมากที่สุดในโครงการอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก

ระบบการก่อสร้าง	ความสำคัญของราค่าก่อสร้าง (α)	ความสำคัญของระยะเวลา (β)	ความสำคัญของคุณภาพ (γ)	ผลรวม (Determination Factor)
ระบบการก่อสร้างในที่	0.1(1)	0.2(3.12)	0.7(14.07)	10.46
ระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูป	0.1(1)	0.2(5.25)	0.7(7.44)	6.25

กรณีโครงการที่ต้องการสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบซับซ้อน ที่ให้ความสำคัญกับเรื่องคุณภาพของงานก่อสร้าง (γ) ระยะเวลาการก่อสร้าง (β) และราคาค่าก่อสร้าง (α) จากมากไปน้อยเรียงตามลำดับ ซึ่งในกรณีนี้ได้กำหนดให้ α = 0.1 β = 0.2 และ γ = 0.7 ซึ่งผลจากการใช้สูตรคำนวณปรากฏว่าระบบการก่อสร้างในที่ได้ผลรวม 10.46 และระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปได้ผลรวม 6.25 ทำให้สรุปได้ว่าระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมกับโครงการที่ต้องการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก โดยให้ความสำคัญกับคุณภาพในงานก่อสร้างมากที่สุด คือ ระบบการก่อสร้างแบบในที่

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาเปรียบเทียบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและโครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่และระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป ในประเด็นเรื่องราคาค่าก่อสร้าง เวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้าง เพื่อให้ได้ระบบการก่อสร้างที่มีความเหมาะสมกับการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่

สำหรับตัวอย่างโครงการที่ใช้ในการทำการวิจัยในครั้งนี้ ทางผู้วิจัยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกโครงการดังที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 ส่วนจำนวนอาคารไม้ไผ่ที่ใช้ในการทำวิจัยนั้น เนื่องด้วยข้อจำกัดในการทำวิจัยหลายประการ เช่น ระยะเวลาในการทำวิจัย จำนวนโครงการอาคารไม้ไผ่ที่ได้ทำการก่อสร้างแล้วเสร็จในช่วงเวลาดังกล่าว หรือข้อจำกัดของผู้วิจัยในการเข้าไปเก็บข้อมูล เป็นต้น ทำให้ผู้วิจัยต้องเลือกอาคารไม้ไผ่ที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้มาระบบการก่อสร้างละ 2 หลัง ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงมีอาคารที่ใช้ในการเก็บข้อมูลทั้งหมด 4 หลัง ประกอบไปด้วย อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างแบบในที่ อย่างละ 1 หลัง อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป อย่างละ 1 หลัง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วยแบบสังเกตและแบบสัมภาษณ์สอบถาม โดยแบบสังเกตจะใช้สังเกตในด้านคุณภาพในการก่อสร้าง สำหรับแบบสัมภาษณ์สอบถามจะเป็นการสัมภาษณ์เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้มาเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือทั้งในเรื่องต้นทุนในการก่อสร้าง ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างและคุณภาพของงานก่อสร้าง และเอกสารจากทางโครงการคือ บัญชีแสดงปริมาณวัสดุและราคา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในเรื่องต้นทุนการก่อสร้าง ร่วมกับเอกสารบันทึกลำดับและกระบวนการก่อสร้าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในเรื่องการวัดระยะเวลาการก่อสร้าง

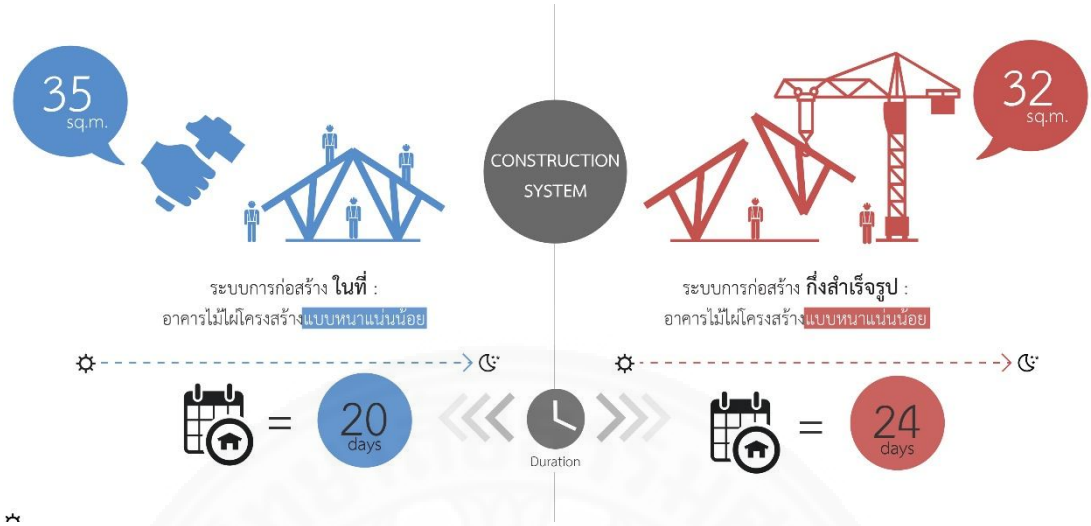
5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ผู้ทำการวิจัยขอเสนอแนะผลจากการศึกษาเปรียบเทียบจากการวิจัยครั้งนี้ ดังนี้

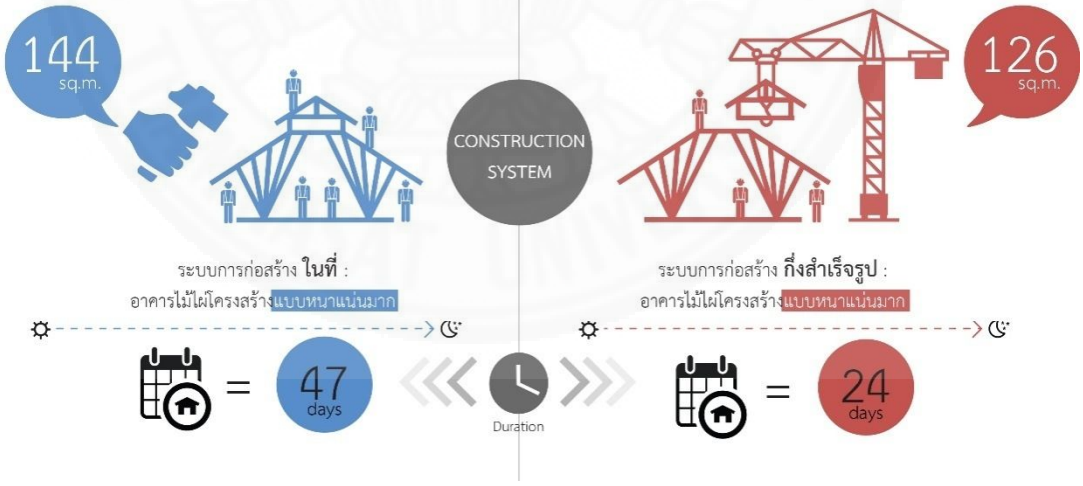
5.1.1 การสำรวจงบประมาณ ระยะเวลา และคุณภาพของงานก่อสร้างในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและแบบหนาแน่นมากระหว่างระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

5.1.1.1 ด้านระยะเวลา

การสำรวจด้านระยะเวลานั้น อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและโครงสร้างแบบหนาแน่นมากในระบบการก่อสร้างแบบในที่ พบว่า อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยใช้เวลาในการก่อสร้าง 20 วัน และอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากใช้เวลาในการก่อสร้าง 47 วัน ซึ่งเป็นผลมาจากรูปแบบของโครงสร้างอาคารที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ขนาดที่ใหญ่ขึ้น มีขั้นตอนและภาระงานที่ต้องทำมากขึ้น ทำให้การสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากใช้เวลาการก่อสร้างมากกว่าอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยถึง 1 เท่าตัวในระบบการก่อสร้างแบบในที่ ในขณะที่อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการแบบกึ่งสำเร็จรูปใช้เวลาในการก่อสร้าง 24 วัน และอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากใช้เวลาในการก่อสร้าง 24 วัน ถึงแม้ภาระงานจะเพิ่มมากขึ้นตามรูปแบบของโครงสร้างอาคารเช่นเดียวกับในกรณีของระบบการก่อสร้างแบบในที่ แต่อาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปจะสามารถเฉลี่ยภาระงานที่ต้องไปทำในพื้นที่ก่อสร้าง ด้วยการเตรียมชุดโครงสร้างหลักของอาคารรวมถึงส่วนประกอบของอาคารบางส่วนจากโรงงานก่อนที่งานก่อสร้างในพื้นที่จะเริ่มขึ้น ซึ่งทำให้ระยะเวลารวมการก่อสร้างอาคารลดลงถึง 1 เท่าตัวในอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการก่อสร้างแบบในที่ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยการก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบในที่กลับใช้เวลาในการก่อสร้างน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากรูปแบบโครงสร้างของอาคารที่ไม่ซับซ้อน ภาระงานในพื้นที่ก่อสร้างที่น้อยกว่าทำให้การก่อสร้างแบบในที่ทำได้สะดวกและรวดเร็วกว่า



ภาพที่ 5.1 ผลการเก็บข้อมูลด้านระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

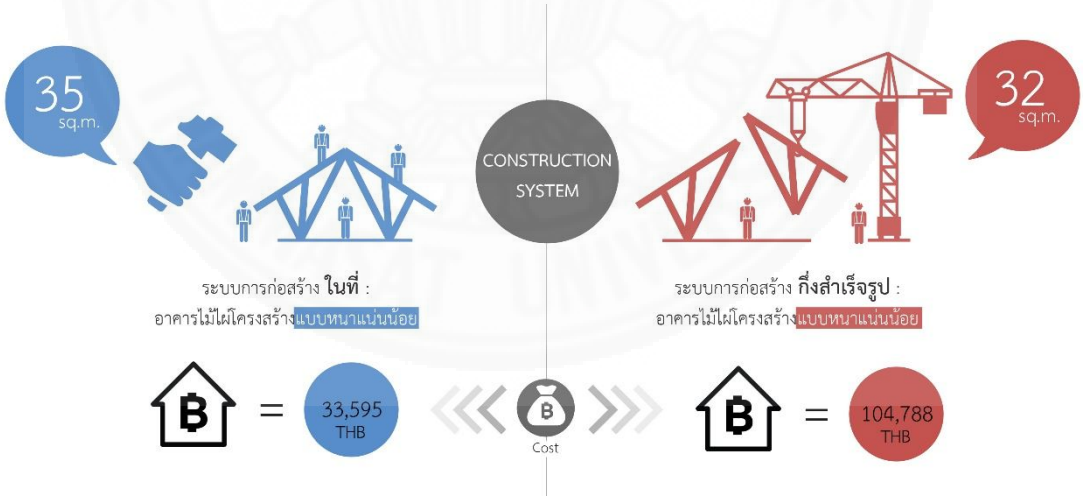


ภาพที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์ด้านคุณภาพในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

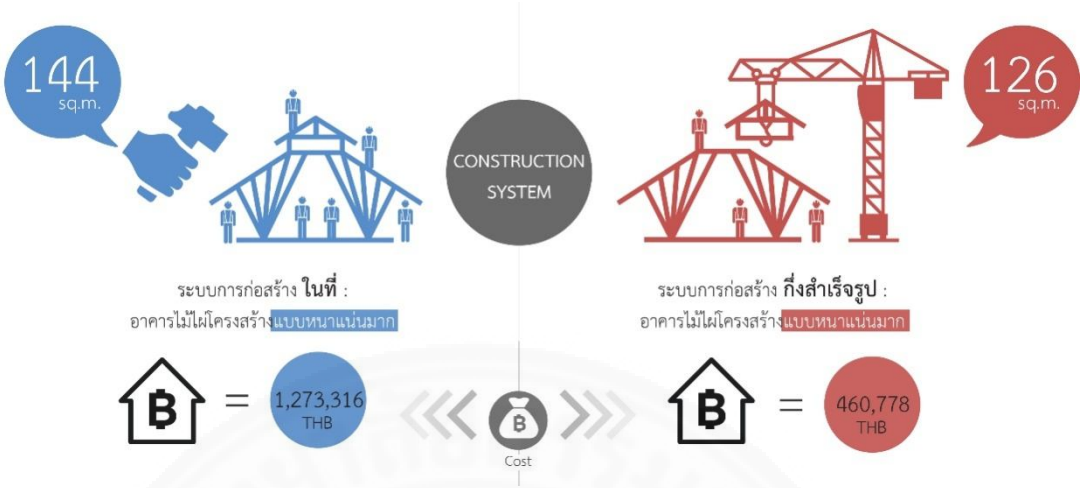
5.1.1.2 ด้านราคาค่าก่อสร้าง

การสำรวจด้านราคาค่าก่อสร้าง ได้อ้างอิงจากบัญชีแสดงปริมาณวัสดุและราคาของผู้ประกอบการ โดยนำมาเรียบเรียงและคำนวณราคาเฉลี่ยต่อพื้นที่ก่อสร้างใช้สอยที่อยู่บนโครงสร้าง ในการวิจัยในครั้งนี้ได้ผลราคาค่าก่อสร้างต่อตารางเมตร เรียงตามลำดับจากมากไปน้อย โดยแยกตามประเภทของระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ได้ดังนี้

อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยระบบก่อสร้างแบบในที่มีค่าก่อสร้างประมาณ 960 บาทต่อตารางเมตร อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากระบบก่อสร้างในที่มีค่าก่อสร้างประมาณ 8,842 บาทต่อตารางเมตรและอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยระบบการก่อสร้างแบบสำเร็จรูปมีค่าก่อสร้างประมาณ 3,274 บาทต่อตารางเมตร อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบซับซ้อนระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปมีค่าก่อสร้างประมาณ 3,696 บาทต่อตารางเมตร นั่นคือ การสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยระบบการก่อสร้างแบบในที่มีราคาค่าก่อสร้างต่อตารางเมตรถูกที่สุด แต่ถ้าเป็นการสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปจะมีราคาค่าก่อสร้างต่อตารางเมตรถูกที่สุด



ภาพที่ 5.3 ผลการเก็บข้อมูลด้านราคาค่าก่อสร้างในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

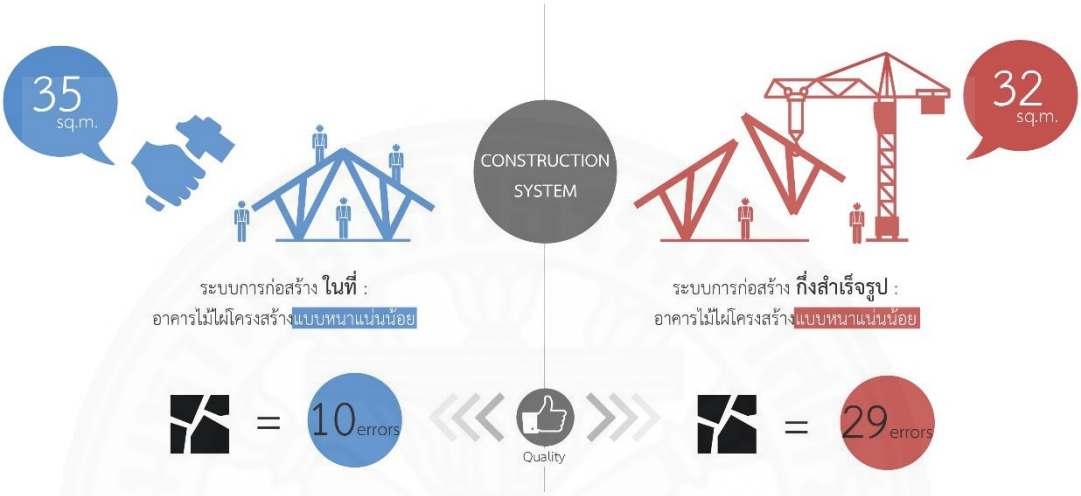


ภาพที่ 5.4 ผลการเก็บข้อมูลด้านราคาค่าก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

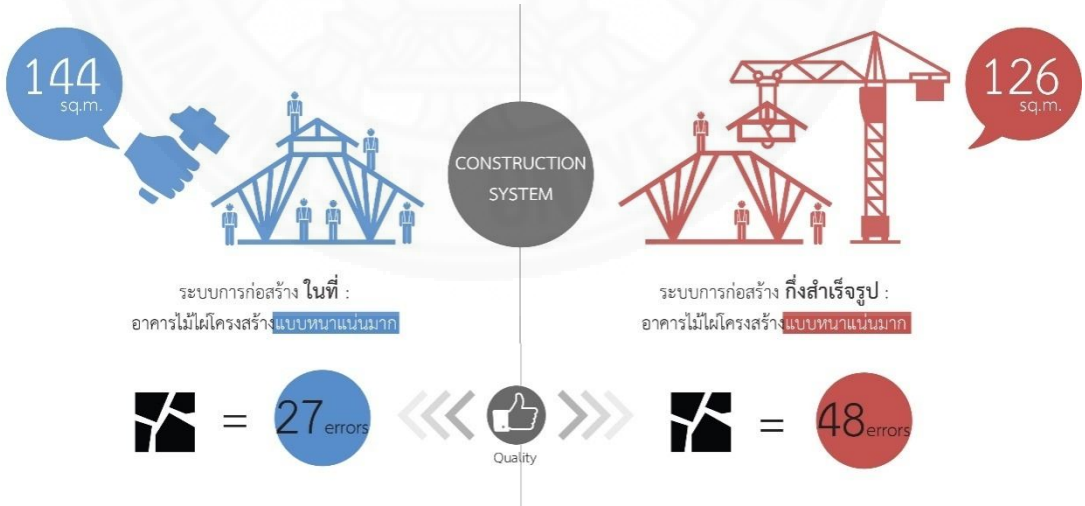
5.1.1.3 ด้านคุณภาพ

จากผลการวิจัย ได้ผลเรื่องข้อบกพร่องของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย และอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป ดังต่อไปนี้คือ จำนวนจุดบกพร่องทั้งหมดที่พบภายในอาคาร 10, 27, 29 และ 48 จุด ตามลำดับ ซึ่งลักษณะการตรวจวัดข้อบกพร่องของงานก่อสร้าง เป็นผลจากการสำรวจอาคารไม้ไผ่ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้มาจากการลงพื้นที่สำรวจอาคารและบันทึกจำนวนจุดบกพร่องที่พบภายในอาคารทั้งหมดและจำแนกประเภทที่เกิดขึ้นของจุดบกพร่องเพื่อเปรียบเทียบนั่นคือ จุดบกพร่องที่เกิดจากการออกแบบ จุดบกพร่องที่เกิดจากตัววัสดุ และจุดบกพร่องที่เกิดจากแรงงานก่อสร้าง ซึ่งข้อบกพร่องและจุดเสียหายที่พบในอาคารไม้ไผ่ระบบการก่อสร้างแบบในที่เรียงตามลำดับจากมากสุดไปน้อยสุด คือ จุดบกพร่องที่เกิดจากตัววัสดุ จุดบกพร่องที่เกิดจากแรงงานก่อสร้าง และจุดเสียหายที่เกิดจากการออกแบบ ซึ่งข้อบกพร่องและจุดเสียหายต่าง ๆ นี้พบในทั้งอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและแบบหนาแน่นมาก สำหรับอาคารไม้ไผ่ที่สร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปนั้น จะพบจำนวนจุดบกพร่องเสียหายที่มากกว่าแต่พบจุดบกพร่องเพียง 2 ประเภท คือ จุดบกพร่องที่เกิดจากตัววัสดุและจุดเสียหายที่เกิดจากการออกแบบ เรียงตามลำดับ โดยสรุปคือ ข้อบกพร่องในอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป คือ การแตกร้าวเกิดจากตัววัสดุซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากการขนส่ง การยกชิ้นส่วนประกอบ การเคลื่อนย้าย รวมถึงกระบวนการถนอมรักษาและเก็บไม้ไผ่ก่อนที่จะนำมาใช้งาน สำหรับระบบการก่อสร้างแบบในที่ส่วนหนึ่งเป็นการแตกร้าวที่เกิดจากตัววัสดุอันมีสาเหตุ

เหมือนกับที่กล่าวไว้ข้างต้น อีกส่วนเป็นจุดบกพร่องเสียหายที่เกิดจากฝีมือ ประสบการณ์และทักษะของช่างก่อสร้าง



ภาพที่ 5.5 ผลการเก็บข้อมูลด้านคุณภาพในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป



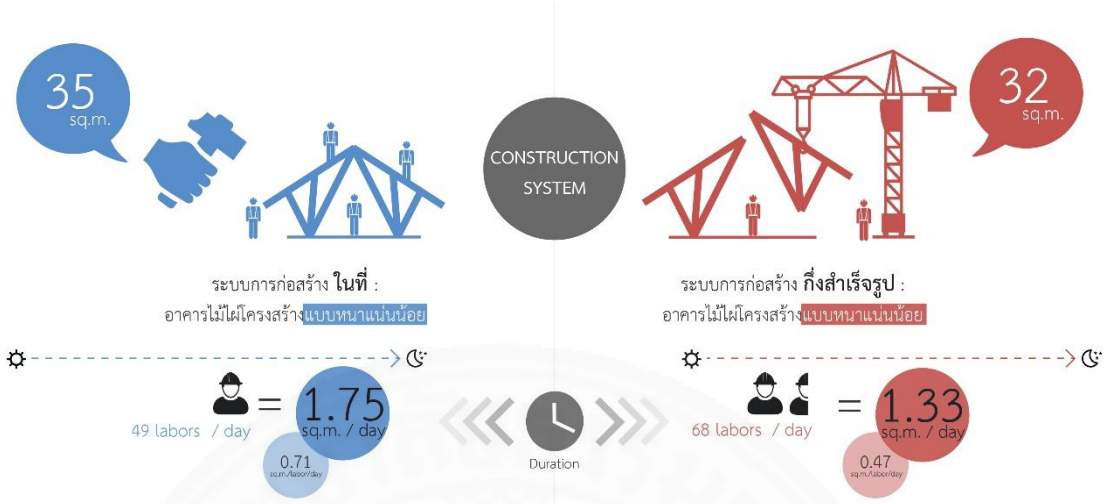
ภาพที่ 5.6 ผลการเก็บข้อมูลด้านคุณภาพในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

5.1.2 การวิเคราะห์ด้านราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลา และคุณภาพของงานก่อสร้าง ในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและแบบหนาแน่นมาก ระหว่างระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

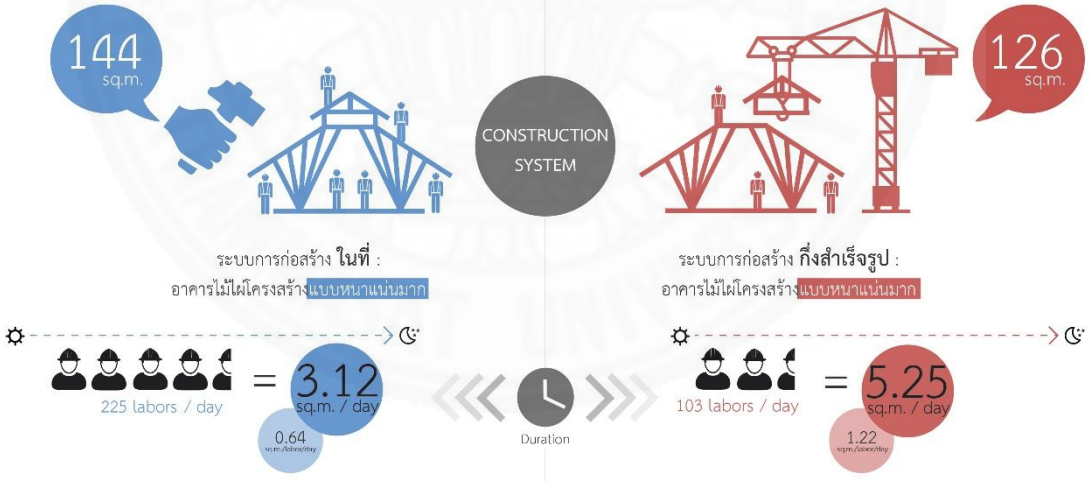
5.1.2.1 ด้านระยะเวลา

(1) การวิเคราะห์ด้านระยะเวลาระหว่างการก่อสร้างด้วยระบบแบบในที่และระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป

ในการเปรียบเทียบในครั้งนี้ ทำการเปรียบเทียบทั้ง 2 ระบบ โดยระบบการก่อสร้างแบบในที่เริ่มจากการเตรียมงานฐานรากไปจนกระทั่งมุงหลังคาอาคาร และระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปนับเวลาตั้งแต่เริ่มผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างในสถานที่ผลิตจนกระทั่งประกอบเสร็จที่สถานที่ก่อสร้าง ซึ่งผลการเปรียบเทียบเห็นได้ว่า อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากระบบการก่อสร้างแบบในที่ ใช้เวลาก่อสร้างประมาณ 20 วันและ 47 วัน ในขณะที่อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่ายในระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป และอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป ใช้เวลาการก่อสร้างประมาณ 24 วันเท่ากันทั้งสองอาคาร จะเห็นได้ว่า ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปมีความรวดเร็วในการก่อสร้างมากกว่าระบบการก่อสร้างในที่ค่อนข้างมากในอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ส่วนอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยระบบการก่อสร้างแบบในที่จะสามารถสร้างได้เร็วกว่าระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปเล็กน้อย ผลการวิเคราะห์จากการสังเกต และสัมภาษณ์สรุปได้ว่า สาเหตุเกิดจากขั้นตอนการก่อสร้างของระบบการก่อสร้างแบบในที่มีปริมาณภาระงานที่ต้องทำในพื้นที่ก่อสร้างที่มากกว่า และการทำงานในพื้นที่ก่อสร้างมีหลาย ๆ ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น สภาพอากาศ การชำรุดเสียหายของไม้ไผ่ เป็นต้น ทำให้ใช้เวลามากกว่า ในขณะที่อาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปนั้น มีการตระเตรียมชุดโครงสร้างอาคารและส่วนประกอบอื่น ๆ ของอาคารมาจากแหล่งผลิตทำให้ลดภาระงานของแรงงานที่ต้องทำในพื้นที่ก่อสร้างลง เมื่อต้องเจอกับปัญหาในการก่อสร้างก็สามารถแก้ไขได้รวดเร็วกว่าเพราะลำดับกระบวนการในการก่อสร้างถูกวางแผนไว้ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมชุดโครงสร้างแล้ว ทำให้เกิดความรวดเร็วในการก่อสร้างได้มากกว่า รายละเอียดดังภาพที่ 5.7 – 5.8



ภาพที่ 5.7 ผลการวิเคราะห์ด้านระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ใผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป



ภาพที่ 5.8 ผลการวิเคราะห์ด้านระยะเวลาในการก่อสร้างอาคารไม้ใผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

(2) แนวโน้มระยะเวลาเมื่อรูปแบบโครงสร้างของอาคารไม้ไผ่มีความหนาแน่นมากขึ้นในการก่อสร้างระบบในที่

อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากในการวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนในการก่อสร้างที่ต้องใช้เวลาในการก่อสร้างประมาณ 47 วัน มากกว่าอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย ซึ่งใช้เวลาในการก่อสร้าง 20 วัน ซึ่งมีการใช้เวลาที่มากกว่า เนื่องจากอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก มีภาระงานที่แรงงานจะต้องทำในพื้นที่ก่อสร้างมากกว่าต้องใช้เวลาในการเตรียมและประกอบโครงสร้างอาคารมากกว่าแปรผันตามรูปแบบโครงสร้างของอาคารที่หนาแน่นมากขึ้น วิเคราะห์ได้ว่า ขั้นตอนการก่อสร้างในระบบการก่อสร้างแบบในที่มีผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง หากพัฒนานวัตกรรมในขั้นตอนการทำงานในระบบนี้ให้สะดวกขึ้น จะส่งผลช่วยลดระยะเวลาในการก่อสร้างได้

(3) แนวโน้มระยะเวลาเมื่อรูปแบบโครงสร้างของอาคารไม้ไผ่มีความหนาแน่นมากขึ้นในการก่อสร้างระบบกึ่งสำเร็จรูป

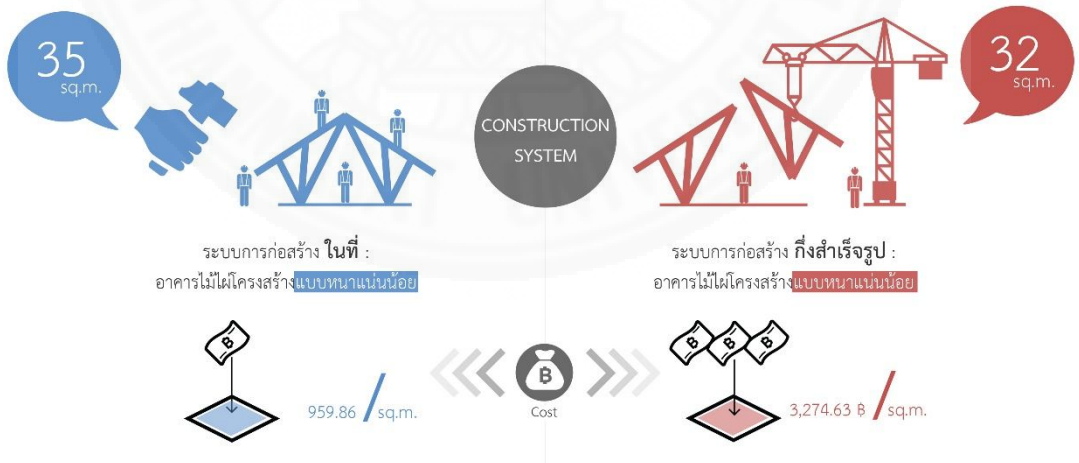
แนวโน้มทางด้านเวลาของการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ในระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปเมื่อรูปแบบโครงสร้างอาคารมีความหนาแน่นมากขึ้นนั้น อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจะมีการใช้เวลาในการก่อสร้างเท่ากับอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยโดยใช้เวลาในการก่อสร้าง 24 วันเท่ากัน จากการสังเกตและสัมภาษณ์ ทำให้วิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นได้ว่า เนื่องจากหลักการในการผลิตหรือติดตั้งงานทีละมาก ๆ ทำให้ระยะเวลาในการทำงานลดลงได้ ผลมาจากสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ภาระงานของแรงงานในพื้นที่ก่อสร้างที่ลดลงถึงแม้ว่ารูปแบบของโครงสร้างอาคารจะมีความซับซ้อนมากขึ้นก็ตาม ทำให้การก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบซับซ้อนสร้างได้รวดเร็วพอ ๆ กับอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย

5.1.2.2. ด้านราคาค่าก่อสร้าง

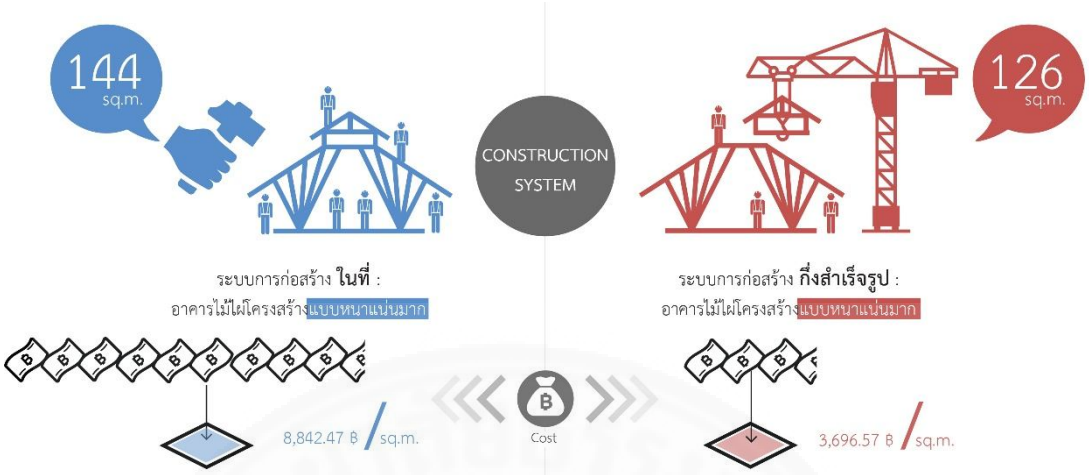
(1) การวิเคราะห์ด้านราคาค่าก่อสร้างระหว่างการก่อสร้างด้วยระบบแบบในที่และระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป

จากผลการวิจัยอาคารไม้ไผ่แบ่งเป็น 2 กรณี คือ ถ้าเป็นอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยการก่อสร้างด้วยระบบแบบในที่จะสร้างได้ถูกกว่าสร้างระบบกึ่งสำเร็จรูป แต่ถ้าเป็นอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากการก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปจะสร้างได้ถูกกว่า กล่าวคือ อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและแบบหนาแน่นมากในระบบการก่อสร้างแบบในที่ใช้งบประมาณในการก่อสร้างต่อตารางเมตร 959.86 บาท และ 8,842.47 บาท ตามลำดับ ส่วนระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปใช้งบประมาณในการก่อสร้างต่อตารางเมตร 3,274.63 บาท และ 3,696.57 บาท ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์สัดส่วนค่าแรงงานในระบบการก่อสร้างอาคารโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างแบบในที่มีสัดส่วนพอ ๆ กันกับค่าไม้ไผ่ทั้งหมดที่ใช้ในการก่อสร้าง คือ ค่าไม้ไผ่ที่ใช้ในโครงการ 10,475 บาท และค่าแรงงานในการก่อสร้าง 9,600 บาท ส่วนอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปสัดส่วนของค่าแรงงาน จะมากกว่าค่าไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้างอย่างชัดเจน คือ ค่าไม้ไผ่ที่ใช้ในโครงการ 36,288 บาท และค่าแรงในการก่อสร้าง 51,840 บาท ส่วนในอาคารโครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างแบบในที่สัดส่วนค่าแรงน้อยกว่าค่าไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้าง คือ ค่าไม้ไผ่ที่ใช้ในโครงการ 676,400 บาท และค่าแรงงานในการก่อสร้าง 480,000 บาท ตามลำดับ ส่วนอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปสัดส่วนของค่าแรงงานจะน้อยกว่าค่าไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้างอย่างชัดเจน คือ ค่าไม้ไผ่ที่ใช้ในโครงการ 303,048 บาท และค่าแรงงานในการก่อสร้าง 100,800 บาท ซึ่งค่าแรงในระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปในที่นี้ประกอบไปด้วยค่าแรงในโรงงาน การเตรียมชิ้นส่วนโครงสร้างอาคาร การประกอบชิ้นส่วนอาคาร เป็นต้น และเมื่อรูปแบบโครงสร้างของอาคารไม้ไผ่มีความหนาแน่นมากขึ้น จำนวนชิ้นส่วนโครงสร้างอาคารก็เพิ่มขึ้นทำให้ต้องใช้จำนวนแรงงานในการเตรียมชิ้นส่วนอาคารประกอบชิ้นส่วนอาคารเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องใช้แรงงานเพิ่มขึ้นงบประมาณในส่วนของค่าแรงงานในการก่อสร้างจึงเพิ่มขึ้นตามภาระงานที่เพิ่มขึ้นด้วย



ภาพที่ 5.9 ผลการวิเคราะห์ด้านราคาค่าก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป



ภาพที่ 5.10 ผลการวิเคราะห์ด้านราคาค่าก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

(2) แนวโน้มราคาค่าก่อสร้างเมื่อโครงสร้างของอาคารไม้ไผ่มีความหนาแน่นมากขึ้นในการก่อสร้างระบบในที่

แนวโน้มด้านราคาค่าก่อสร้างต่อตารางเมตร เมื่อโครงสร้างของอาคารไม้ไผ่มีความหนาแน่นมากขึ้นในระบบการก่อสร้างระบบในที่นั้น ในการวิจัยครั้งนี้ อาคารไม้ไผ่โครงสร้าง แบบหนาแน่นมากมีราคาค่าก่อสร้างต่อตารางเมตรอยู่ที่ 8,842.47 บาท ซึ่งมากกว่าระบบการก่อสร้างในที่ซึ่งมีราคาค่าก่อสร้างอยู่ที่เพียง 959.86 บาทต่อตารางเมตร สาเหตุที่ราคาค่าก่อสร้างในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่า เนื่องจากภาระงานในพื้นที่ก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น รูปแบบของโครงสร้างอาคารมีความซับซ้อนมากขึ้น ทำให้การก่อสร้างมีความยากมากขึ้นเพราะต้องอาศัยเทคนิคความสามารถและประสบการณ์ของช่างและจำนวนแรงงานที่มากขึ้น และยังใช้ค่าแรงมากขึ้น ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างมากขึ้น โอกาสที่ไม้ไผ่ ที่นำมาก่อสร้างจะเกิดการชำรุดเสียหายระหว่างการก่อสร้างอาคารก็มีมากขึ้น ทั้งหมดที่กล่าวมาล้วนส่งผลทำให้มีราคาค่าก่อสร้างเพิ่มสูงขึ้น

(3) แนวโน้มราคาค่าก่อสร้างเมื่อโครงสร้างของอาคารไม้ไผ่มีความหนาแน่นมากขึ้นในการก่อสร้างระบบกึ่งสำเร็จรูป

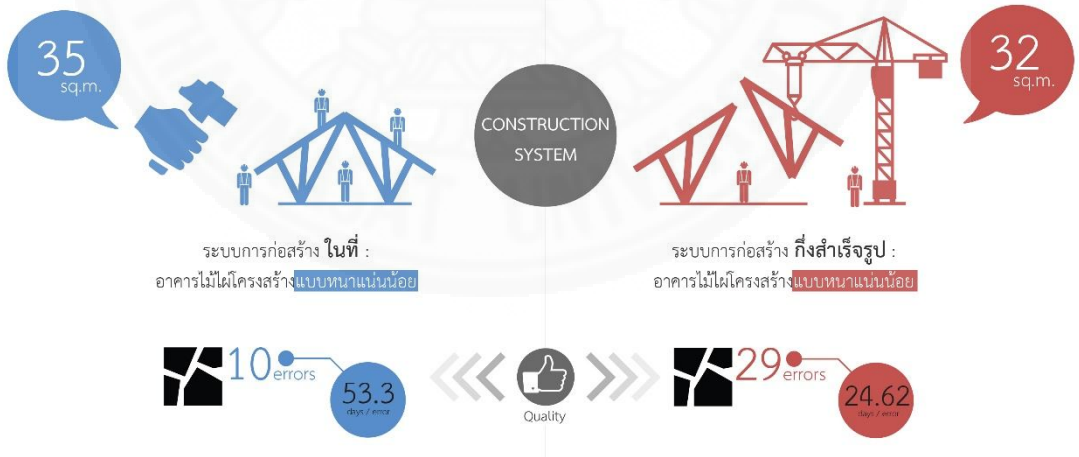
สำหรับแนวโน้มต้นทุนในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย เปรียบเทียบกับอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากในระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปนั้นได้ผลการวิจัยในครั้งนี้ คือ อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากในระบบกึ่งสำเร็จรูป มีต้นทุนในการก่อสร้างประมาณ 3,696.57 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งมากกว่าอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบง่ายในระบบกึ่งสำเร็จรูปเพียงเล็กน้อยซึ่งมีต้นทุนในการก่อสร้างประมาณ 3,274.63 บาทต่อตารางเมตร สังเกตได้ว่าแนวโน้มต้นทุนในการก่อสร้างต่อตารางเมตรที่ใกล้เคียงกันของอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและแบบหนาแน่นมากในระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปเนื่องมาจากระบบการทำงานของการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป กล่าวคือถึงแม้รูปแบบโครงสร้างของอาคารไม้ไผ่จะมีความหนาแน่นมากขึ้น แต่ชิ้นส่วนโครงสร้างและส่วนประกอบต่าง ๆ ของอาคารจะถูกเตรียมจากพื้นที่การผลิตเป็นส่วนใหญ่ ภาระงานที่เหลือในพื้นที่ก่อสร้างมีเพียงการนำชิ้นส่วนอาคารไปประกอบและติดตั้งเท่านั้น จำนวนแรงงานที่ต้องใช้ในการก่อสร้างอาคารจึงน้อยกว่า โอกาสการชำรุดเสียหายของไม้ไผ่ในขณะที่ทำการก่อสร้างมีน้อยกว่าส่งผลให้การก่อสร้างมีอัตราการใช้วัสดุและเวลาที่ลดลงส่งผลให้ต้นทุนรวมในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากลดลงมาใกล้เคียงกับอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยในระบบ การก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป

5.1.2.3 ด้านคุณภาพ

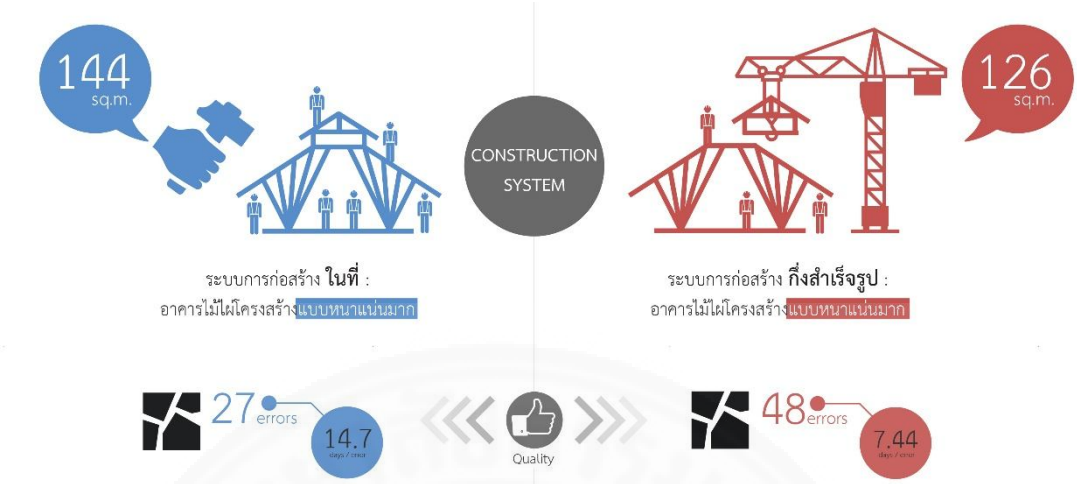
(1) การวิเคราะห์ด้านคุณภาพระหว่างการก่อสร้างระบบในที่และระบบกึ่งสำเร็จรูป

ด้านคุณภาพของอาคารไม้ไผ่นั้น ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการนับอายุของอาคาร ไม้ไผ่แต่ละหลังนับตั้งแต่เริ่มใช้งานจนมาถึงระยะเวลาที่ผู้วิจัยเข้าไปเก็บข้อมูลในอาคารหลังนั้น ๆ พร้อมตรวจสอบจำนวนจุดบกพร่องเสียหายที่พบภายในอาคารทั้งหมด นำจำนวนจุดบกพร่องทั้งหมดมาหารเฉลี่ยต่ออายุของอาคารตั้งแต่เริ่มใช้งานเป็นระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่องในอาคาร โดยได้ข้อมูลว่าอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปมีข้อตำหนิ หรือจุดบกพร่องที่ต้องแก้ไขมากกว่าอาคารไม้ไผ่ในระบบการก่อสร้างแบบในที่ค่อนข้างมาก ตัวอย่างเช่น อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปมีระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่องในอาคาร 24.62 วันต่อจุด ในขณะที่อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยระบบการก่อสร้างในที่มีระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่องในอาคารถึง 53.3 วันต่อจุด ซึ่งจำนวนวันยิ่งมากแสดงถึงจำนวนจุดบกพร่องที่น้อยกว่า เป็นต้น ซึ่งผลที่ได้ก็เป็นไปในลักษณะเดียวกันในอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก คือ อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปใช้

ระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่องในอาคาร 7.44 วันต่อจุด ในขณะที่อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบซับซ้อนจากระบบการก่อสร้างในที่ใช้ระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่องในอาคาร 14.07 วันต่อจุด โดยจุดบกพร่องของอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปส่วนใหญ่จะเป็นในลักษณะจุดบกพร่องที่เกิดจากตัววัสดุ ส่วนของอาคารไม้ไผ่ในระบบการก่อสร้างแบบในที่จะเป็นในลักษณะจุดบกพร่องที่เกิดจากตัววัสดุกับจุดเสียหายที่เกิดจากแรงงานก่อสร้างในปริมาณที่พอ ๆ กัน จึงสรุปผลของคุณภาพของการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ในระบบการก่อสร้างในที่ในการวิจัยครั้งนี้ได้ว่า จุดบกพร่องที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งเกิดจากการทำงานของช่าง เนื่องจากการก่อสร้างในระบบนี้มีปริมาณภาระงานที่ต้องทำในพื้นที่ก่อสร้างค่อนข้างมาก ทำให้อาจจะเก็บรายละเอียดจุดบกพร่องของอาคารได้ไม่ครบถ้วน อีกส่วนจุดบกพร่องที่เกิดจากตัววัสดุซึ่งพบได้ทั่วไปในอาคารไม้ไผ่ทั่วไปที่จะมีการเกิดรอยแตกเป็นเส้นตามยาวของลำไผ่อาจเกิดได้จากสภาพแวดล้อมหรือความชื้นของเนื้อไม้ไผ่ที่นำมาใช้ในการก่อสร้างยังสูง ส่วนในระบบกึ่งสำเร็จรูปนั้นจุดบกพร่องส่วนใหญ่เป็นจุดบกพร่องที่เกิดจากตัววัสดุแต่พบในปริมาณที่ค่อนข้างมาก เป็นไปได้ว่าส่วนหนึ่งก็เป็นรอยแตกร้าวของไม้ไผ่ซึ่งมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมและปริมาณความชื้นในเนื้อไผ่เช่นเดียวกับในกรณีของระบบการก่อสร้างแบบในที่ และอีกส่วนหนึ่งที่ทำให้จุดบกพร่องเพิ่มมากขึ้นเกิดจากการขนส่งชิ้นส่วนจากแหล่งผลิตและการยกชิ้นส่วนประกอบในพื้นที่ก่อสร้าง



ภาพที่ 5.11 ผลการวิเคราะห์ด้านคุณภาพในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป



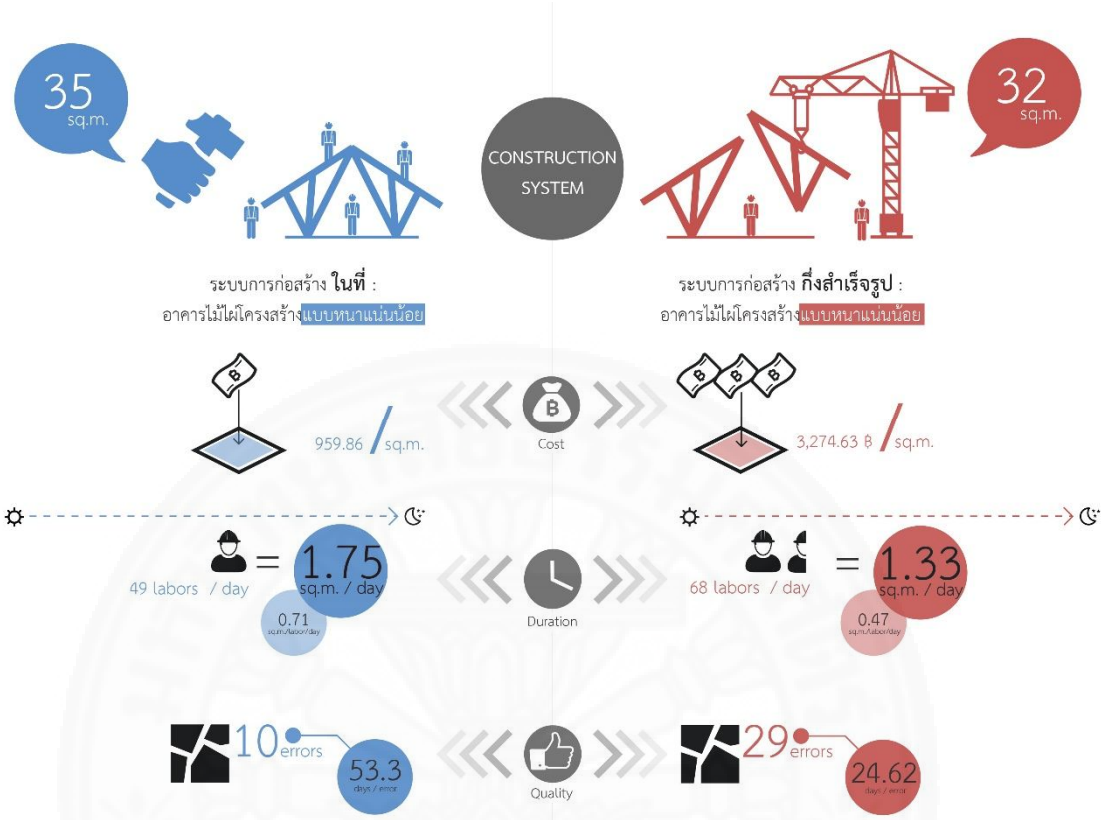
ภาพที่ 5.12 ผลการวิเคราะห์ด้านคุณภาพในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

(2) แนวโน้มคุณภาพเมื่อโครงสร้างของอาคารไม้ไผ่มีความหนาแน่นมากขึ้นในการก่อสร้างระบบในที่

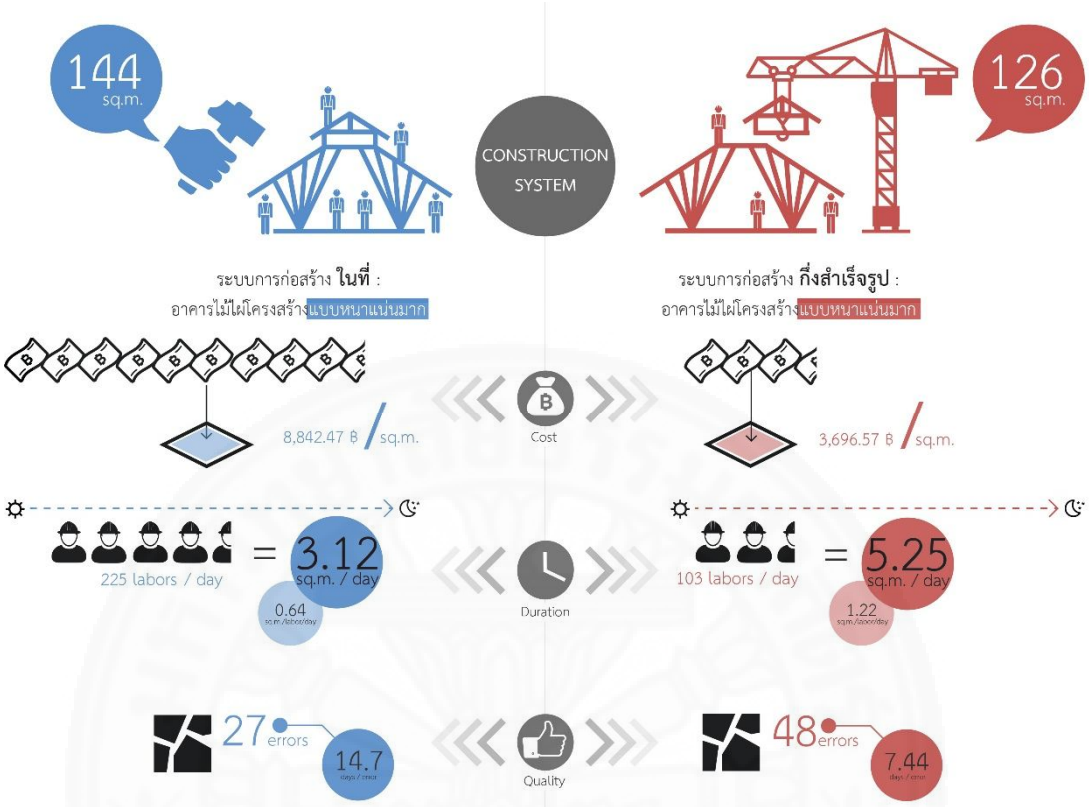
แนวโน้มคุณภาพเมื่ออาคารไม้ไผ่มีรูปแบบโครงสร้างที่หนาแน่นมากขึ้นในระบบการก่อสร้างในที่นั้น โครงสร้างของอาคารที่หนาแน่นมากขึ้นมีส่วนทำให้เกิดข้อบกพร่องภายในอาคารเพิ่มขึ้น การวิเคราะห์สาเหตุหลังจากการเข้าไปทำการศึกษา พบว่า อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปจะมีระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่องในอาคาร 14.07 วันต่อจุด ซึ่งน้อยกว่าอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยจากระบบการก่อสร้างในที่ซึ่งค่าระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่องในอาคาร 53.3 วันต่อจุด แต่จากการสังเกตและสัมภาษณ์พบว่า จุดตำหนิที่เกิดขึ้นนั้นส่วนหนึ่งจะเกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างอาคาร ได้แก่ การแตกหักบริเวณที่มีการเจาะลำไม้ไผ่ ไม้ไผ่ส่วนที่มัดต่อกันหลุดออกจากสลักที่ใช้ยึดไว้ เป็นต้น และอีกส่วนเกิดขึ้นหลังจากที่อาคารสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้แก่ รอยแตกลักษณะเป็นเส้นแนวยาวตามลำไม้ไผ่ การแตกหักของชิ้นส่วนโครงสร้างบางจุดที่เกิดจากการรับน้ำหนักอาคาร เป็นต้น ดังนั้นเมื่อโครงสร้างอาคารไม้ไผ่มีรูปแบบที่หนาแน่นมากขึ้น มีจำนวนชิ้นส่วนองค์ประกอบของอาคารมากขึ้นก็ทำให้ควบคุมมาตรฐานในการก่อสร้างได้ยากมากขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้จุดบกพร่องที่พบภายในอาคารมากขึ้น

(3) แนวโน้มคุณภาพเมื่อโครงสร้างของอาคารไม้ไผ่มีความหนาแน่นมากขึ้นในการก่อสร้างระบบกึ่งสำเร็จรูป

สำหรับอาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างในระบบกึ่งสำเร็จรูปนั้นก็มีลักษณะเช่นเดียวกันกับอาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างด้วยระบบในที่ ผลจากการสังเกตและสัมภาษณ์ ทำให้สรุปได้เช่นกันว่ารูปแบบของอาคารไม้ไผ่ที่ซับซ้อนมากขึ้นของการก่อสร้างในระบบกึ่งสำเร็จรูปนั้นทำให้เกิดแนวโน้มของจำนวนจุดบกพร่องที่มากขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบกึ่งสำเร็จรูปมีค่าระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่องในอาคาร 7.44 วันต่อจุด ซึ่งน้อยกว่าอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยระบบกึ่งสำเร็จรูปซึ่งมีค่าระยะเวลาในการเกิดจุดบกพร่องในอาคาร 24.62 วันต่อจุด แต่จากการสังเกตและสัมภาษณ์ พบข้อมูลว่าจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นจุดเสียหายที่เกิดจากตัววัสดุ ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดในช่วงเวลาการประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างของอาคารในพื้นที่ก่อสร้างและหลังจากอาคารสร้างเสร็จแล้วในลักษณะเช่นเดียวกับอาคารไม้ไผ่ในระบบการก่อสร้างในที่ได้กล่าวไว้หัวข้อที่แล้ว และอีกส่วนสำคัญที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุให้อาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างกึ่งสำเร็จรูปมีจำนวนจุดบกพร่องที่มากกว่าอาคารไม้ไผ่จากระบบการก่อสร้างในที่อย่างเห็นได้ชัด คือ ช่วงเวลาในระหว่างการขนส่งจากพื้นที่ผลิตมายังพื้นที่ก่อสร้าง กล่าวคือ ชุดโครงสร้างอาคารไม้ไผ่รวมถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ของอาคาร หากไม่ได้รับการป้องกันที่ดีพอในระหว่างการขนส่งก็จะทำให้เกิดจุดบกพร่องขึ้นได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่านอกจากปัจจัยที่เป็นสาเหตุในการเกิดจุดบกพร่องขึ้นในอาคารไม้ไผ่เช่นเดียวกับการก่อสร้างระบบในที่แล้ว ในระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่กึ่งสำเร็จรูปยังมีช่วงระยะเวลาระหว่างการขนส่งที่ทำให้เกิดจุดบกพร่องเพิ่มขึ้นได้อีก



ภาพที่ 5.13 สรุปรวมผลการวิเคราะห์ด้านราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลาการก่อสร้าง และคุณภาพงานก่อสร้างในการก่อสร้างอาคารไม้ใผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป



ภาพที่ 5.14 สรุปรวมผลการวิเคราะห์ด้านราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลาการก่อสร้าง และคุณภาพงานก่อสร้างในการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก จากระบบการก่อสร้างแบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูป

5.1.3 การนำเสนอแนวทางในการเลือกระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมกับอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและแบบหนาแน่นมาก

สำหรับผลการวิจัยในครั้งนี้ อาคารไม้ไผ่ในระบบการก่อสร้างแบบในที่และระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป รูปแบบโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและโครงสร้างแบบหนาแน่นมาก พบว่าแต่ละระบบแต่ละรูปแบบโครงสร้าง มีข้อดีข้อเสียต่างกันไป เช่น ระบบการก่อสร้างในที่เมื่อทำการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย ใช้เวลาก่อสร้างเพียง 20 วัน เนื่องจากขั้นตอนกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนดังที่ได้แสดงขั้นตอนการก่อสร้างไว้ในบทที่ 4 แล้ว แต่เมื่อก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากด้วยระบบการก่อสร้างในที่ ต้องใช้เวลามากขึ้นเป็นประมาณ 47 วัน เนื่องจากมีรายละเอียดในขั้นตอนการก่อสร้างที่ใช้เวลามากกว่า คือ การตั้งนั่งร้านขนาดใหญ่เพื่อใช้ในการก่อสร้างและดูขนาดภาพรวมอาคาร การประกอบโครงสร้างอาคาร หรือขั้นตอนการมุงหลังคา เป็นต้น หรืออาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากที่สร้างด้วยระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปนั้น มีจำนวนจุดบกพร่องที่ตรวจพบภายในอาคารมากที่สุด แต่ใช้งบประมาณในการก่อสร้างถูกที่สุดในอาคาร รูปแบบโครงสร้างแบบหนาแน่นมากและใช้เวลาก่อสร้างเพียงประมาณ 24 วัน ก็เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับโครงการที่ต้องการสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากแต่มีงบประมาณและเวลาจำกัด หรือในอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ระบบการก่อสร้างแบบในที่แม้ว่าจะใช้เวลามากที่สุดในการก่อสร้างคือประมาณ 47 วัน แต่มีจำนวนจุดบกพร่องที่ตรวจพบน้อยที่สุดในอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ก็เป็นทางเลือกสำหรับโครงการมีงบประมาณมากและต้องการความเรียบร้อยในการเก็บงานเป็นพิเศษ แต่สำหรับประเด็นเรื่องคุณภาพงานก่อสร้างของทั้ง 2 ระบบ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า รูปแบบของอาคารไม้ไผ่เมื่อมีรูปแบบโครงสร้างที่หนาแน่นมากขึ้นจะพบจุดบกพร่องได้มากขึ้นภายในอาคารเมื่อใช้งานไปเรื่อย ๆ ผู้ประกอบการควรพิจาณาควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพในการก่อสร้างดังที่ได้อธิบายไว้ในข้างต้น สำหรับแนวทางในการเลือกระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมกับอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยและโครงสร้างแบบหนาแน่นมากสำหรับโครงการต่าง ๆ ทั้งนี้ผู้ประกอบการควรพิจารณาเลือกรูปแบบโครงสร้างของอาคารไม้ไผ่ร่วมกับความเหมาะสมด้านงบประมาณในการก่อสร้าง คุณภาพงานก่อสร้าง และระยะเวลาที่โครงการต่าง ๆ ต้องการประกอบด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

ผู้ทำการวิจัยขอเสนอข้อเสนอแนะสาหรับผู้ที่สนใจ ซึ่งผลที่ได้จากการทำวิจัยใน ครั้งนี้ ดังต่อไปนี้

5.2.1 ข้อเสนอแนะสาหรับผู้ประกอบการ

สำหรับผู้ประกอบการที่มีความสนใจเลือกระบบการก่อสร้างที่เหมาะสมกับรูปแบบของอาคารไม้ไผ่นั้น ควรพิจารณาความเหมาะสมในด้านงบประมาณ ระยะเวลาในการก่อสร้าง และคุณภาพของอาคารไม้ไผ่ที่ต้องการก่อสร้าง เนื่องจากอาคารไม้ไผ่ที่ก่อสร้างในแต่ระบบการก่อสร้างมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป เช่น อาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมากจากระบบก่อสร้างในที่ใช้ระยะเวลาและราคาค่าก่อสร้างมากกว่าแบบอื่นทำให้ไม่เหมาะกับผู้ประกอบการที่มีงบประมาณและระยะเวลาที่ค่อนข้างจำกัด ซึ่งอาจเลือกพิจารณาระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่แบบกึ่งสำเร็จรูปในการก่อสร้างแทน หรือในกรณีอาคารไม้ไผโครงสร้างแบบหนาแน่นน้อยระบบการก่อสร้างแบบในที่ใช้งบประมาณในการก่อสร้างน้อยกว่าระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูป แต่มีความเร็วในการก่อสร้างใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะให้ผู้ประกอบการที่ต้องการสร้างอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นน้อย เลือกระบบการก่อสร้างแบบในที่จะเหมาะสมกว่า ส่วนอาคารไม้ไผ่โครงสร้างแบบหนาแน่นมาก ระบบการก่อสร้างแบบกึ่งสำเร็จรูปก็จะเหมาะสมกว่าสำหรับตารางเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้าง ระยะเวลาและคุณภาพของงานก่อสร้างสามารถดูได้ที่ในภาพที่ 4.17

5.2.2 ข้อเสนอแนะสาหรับผู้ทำการวิจัยต่อไป

ข้อแนะนำสำหรับการทำวิจัยเรื่องการศึกษาการเลือกใช้ระบบเพื่อการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ โดยวิธีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่แบบในที่และแบบกึ่งสำเร็จรูปในครั้งต่อไปนั้น ขอแนะนำว่าในเรื่องของระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ยังมีอีกหลายแง่มุมที่น่าสนใจ ยังมีอีกหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องอยู่กับกระบวนการและขั้นตอนในการก่อสร้างซึ่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ วิธีการถนอมรักษาไม้ไผ่ที่แตกต่างกันส่งผลกับอาคารไม้ไผ่อย่างไรบ้างในเรื่องของจุดบกพร่องที่ตรวจพบภายในอาคาร อีกทั้งขนาดขององค์กรหรือผู้ประกอบการที่เหมาะสมกับแต่ละระบบ ปัจจัยเหล่านี้ก็อาจเป็นตัวแปรที่ทำให้การวิจัยได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างไปได้ การทำวิจัยครั้งต่อไปอาจเปรียบเทียบกับส่วนอื่น วิธีการหรือปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องดังที่ได้กล่าวมาแล้ว รวมกับงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อสรุปถึงภาพรวมของวิธีการเลือกใช้ระบบเพื่อการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่ทั้งหมดได้อย่างครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

วิทยานิพนธ์

ชุติมณฑน์ เสียงสุทธิวงศ์. (2556). "*การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุไผ่ประกับที่ทำจากพันธุ์ไผ่ไทยเพื่อใช้ออกแบบคานไม้สำหรับอาคารสาธารณะขนาดเล็ก*." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ฐิตยา สารฤทธิ์. (2553). "*การออกแบบบ้านเดี่ยวขนาดเล็กด้วยระบบโมดูลาร์ที่เหมาะสมสำหรับกรุงเทพมหานคร".*" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ณัฐวุฒิ พจนานุวัฒน์. (2555). "*แนวทางการออกแบบที่พักอาศัยชั่วคราว ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับการฟื้นฟูภัยพิบัติในประเทศไทย*." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์. (2545). "*เทคนิคการก่อสร้างอาคารด้วยไม้ไผ่ การออกแบบและสร้างอาคารตัวอย่าง ณ พื้นที่โครงการพัฒนาดอยตุง อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย.*" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สถาปัตยกรรมศาสตร์, ภาควิชาสถาปัตยกรรม.

รุ่งคุณ ราศีนวล. (2550). *การพัฒนาวัสดุหลังคาและผนังจากไม้ไผ่เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการก่อสร้าง*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

หนังสือ

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, และคณะ. (2542). "*ศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการนำระบบก่อสร้าง 2x4 ของแคนาดามาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย*." กรุงเทพมหานคร: อีทีพับลิชชิ่ง.

ณรงค์ โทณานนท์ม. (2522). *“ไม้ต่างประเทศบางชนิดที่ใช้ในการก่อสร้างในประเทศไทย.”* กรมป่าไม้.

ตระกูล อร่ามรักษ์. (2526). *“การออกแบบโครงสร้างไม้ (Timber Structure Design).”* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์.

Books and Book Articles

Asensio. (2002). *Prefab: Adaptable, Modular, Dismountable, Light, Mobile Architecture.* Loft Publication S.L. and HBI, an inport of HarperCollins Publishers.

Isao Yoshikawa. (1997). *Building with Bamboo, A Handbook.* Graphic-sha Publishing Co, Japan.

Jules J.A. Janssen. (2000). *Designing and Building with Bamboo*. Technical University of Eindhoven.

Lucy Wong. (2006). *U.S Bamboo house of the future: Standardizing Ecological Living*. Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Lynne Elizabeth and Cassandra Adams. (2000). *Alternative Construction: Contemporary Natural Building Methods.*

Oscar Hidelgo – Lopez. (2003). *Bamboo : The Gift of the God.*

Pablo van der Lugt. (2008*). Design Interventions for Stimulating Bamboo Commercialization – Dutch Design meets Bamboo as a Replicable Model*. Delft University of Technology.

Shila K. de Vries. (2002). *Bamboo Construction Technology for Housing in Bangladesh*. Eindhoven University of Technology.

Simon Velez. (2000). *Grow Your Own House.* Vitra Design Museum/ZERI, Geneve.

Simon Velez. (2004). *New Bamboo Guadua, the Vegetable steel.* Vitra Design Museum/ZERI, Geneve.

V M Chariar. (2009). *Fabrication and Testing of Jute Reinforced Engineered Bamboo Structural Elements*. Centre for Rural Development and Technology Indian Institute of Technology Delhi.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาย ไชยภพ เกตุเพ็ชร
วันเดือนปีเกิด	21 มกราคม 2533
ตำแหน่ง	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถาปัตยกรรม) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ประสบการณ์ทำงาน	2558 สถาปนิก สถาบันอาศรมศิลป์ 2556-2557 สถาปนิก บริษัท พิมธา จากัด (Thailand Bamboo)

ภาคผนวก