การออกแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

THE DESIGN OF LIGHTWEIGHT STEEL FRAME HOUSE IN PANELIZED SYSTEM

อมร ปิยะวาณิ

AMORN PIYAVALEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2553

KMITL-2010-AR-M-005-013

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

THE DESIGN OF LIGHTWEIGHT STEEL FRAME HOUSE IN PANELIZED SYSTEM

T110437

อมร ปิยะวาจี

AMORN PIYAVAJEE

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 110437
วัน,เดือน,ปี - 2 มิ.ย. 2553

ธ 122b1192
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2553

KMITL-2010-AR-M-006-013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE DESIGN OF LIGHTWEIGHT STEEL FRAME HOUSE

IN PANELIZED SYSTEM

AMORN PIYAVAJEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN ARCHITECTURAL TECHNOLOGY

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2010-AR-M-006-013

COPYRIGHT 2010

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป
The Design of Lightweight Steel Frame House in Panelized System

นักศึกษา นายอมร ปิยะวาจี

รหัสประจำตัว 51062803

ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.กุลธร	เลื่อนฉวี	
รศ.ดร.สมชาย	ศรีสมพงษ์	
รศ.ศุทธา	ศรีเผด็จ	
ดร.คณิน	หุตานุวัตร	
ดร.ทรงเกียรติ	เที้ยธิทรัพย์	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 22 เมษายน 2553 เวลา 10.00 น.

สถานที่สอบ อาคารเรียนรวม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์บุญสนอง รัตนสุนทรากุล)
คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
วันที่ 14 **เดือน** พฤษภาคม **พ.ศ.** 2553

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.
วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
วันที่ 14 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2553
ลงชื่อ

เอกสารนี้ใช้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป
นักศึกษา	นายอมร ปิยะวาจี
รหัสประจำตัว	51062803
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	อ.ดร.ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางกายภาพและพัฒนาการของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบารวมถึงวิเคราะห์ปัญหาของการก่อสร้างและข้อพิจารณาในการออกแบบเพื่อการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำเร็จรูป โดยมีประโยชน์ที่สำคัญต่อผู้ออกแบบก็คือข้อคำนึงของขั้นตอนการก่อสร้างและการวางแผนกับผู้เกี่ยวข้องฝ่ายต่างๆ

ระเบียบวิธีการศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการประเภทต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศที่คัดเลือกมาได้กว่า 15 รายการ พร้อมทั้งการสัมภาษณ์บุคคลที่มีความเชี่ยวชาญ 13 คน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้มีประสบการณ์ในระบบโครงสร้างเหล็กเบาโดยตรง กลุ่มช่างที่คุ้นเคยกับการก่อสร้างในระบบนี้ และกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยนำผลการสัมภาษณ์มาแจกแจงและจัดหมวดหมู่ข้อมูลเพื่อเรียบเรียงเป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์

ในส่วนของการรวบรวมข้อมูลเอกสาร ได้นำมาประมวลผลการศึกษาในเรื่องพัฒนาการที่ต่างกันระหว่างประเทศไทยและต่างประเทศ รวมถึงเรื่องที่เกี่ยวข้องกับระบบการก่อสร้าง โดยนำผลการศึกษาที่ได้มาเป็นแนวทางในการสร้างแบบสัมภาษณ์เพื่อรวบรวมข้อมูลในประเด็นที่ต้องการ ซึ่งผลการสัมภาษณ์ที่ได้เรียบเรียงเป็นฐานข้อมูลไว้แล้ว จะนำมาวิเคราะห์ด้านปัญหาของการก่อสร้างในประเทศไทยและสรุปข้อพิจารณาในการออกแบบ

ผลการศึกษาที่สำคัญ พบว่า การก่อสร้างในประเทศไทยมีปัญหาในช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้างมีมากกว่าช่วงการผลิตจากโรงงาน โดยมีปัจจัยที่ส่งผลจากแบบอาคารและกระบวนการกับผู้เกี่ยวข้อง ดังนั้น จึงควรนำระบบประสานทางพิกัดมาเป็นฐานในการออกแบบและควรมีการประชุมร่วมกันอย่างสม่ำเสมอระหว่างผู้เกี่ยวข้องแต่ละฝ่ายเพื่อการประสานข้อมูลและข้อจำกัดตั้งแต่เริ่มแรกเพื่อลดปัญหาตามมาให้มากที่สุด จึงได้เสนอแนะผังกระบวนการเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้เกี่ยวข้องแต่ละฝ่ายมีการทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบในช่วงการเตรียมงานก่อนการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	The Design of Lightweight Steel Frame House in Panelized System
Student	Mr.Amorn Piyavajee
Student ID	51062803
Degree	Master of Architecture
Program	Architectural Technology
Year	2010
Thesis Advisor	Lecturer. Dr. Songkiat Teartisup

ABSTRACT

This thesis aimed to investigate physical basic data and development of Lightweight Steel Frame House. It also aimed to analyze problem of construction and design proposal for Panelized System. This is greatly benefited for designer to consider and conscious the construction step and management.

The method of study is to collect data from Thailand and international document which 15 items were selected, including 13 specialists interview information. The interviewees can be categorized into 3 groups which are people who had direct experience in Lightweight Steel Frame House construction, technicians who familiar with this system and the last is people who is specialist in the prefabrication system. All interview data will be categorized and arranged for analysis.

The gathering data was used to study the different development way on Lightweight Steel Frame House between Thailand and other countries including data of material and general technical for construction system. The result of data study was the database for design interview format sheet. Interview data was summarized and analyzed to find out the root problem of construction in Thailand and design proposal summary.

The finding demonstrated that problem of this construction in Thailand occurred during installation on site more than panel production in factory. It can be assumed that the problem came from drawing and coordination among concern staffs of this procedure. Thus, using modular coordination for design foundation is one of the solutions. Then, regularly meeting of all involved staffs in the beginning process should be also the possible solution. Therefore, the suggestion of this thesis is the diagram of procedure for involved staffs or trades have systematically working in preconstruction preparation stage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยคำปรึกษาจาก อ.ดร.ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์ ผู้ซึ่งชี้แนะแนวทางในการทำงานอย่างมีกระบวนการและเกิดความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องมาเป็นลำดับ อีกทั้งอาจารย์หลายท่านที่ได้ช่วยขัดเกลาและให้องค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ ผศ.สุรพล สุวรรณ และ ผศ.สุพัฒน์ บุณยฤทธิกิจ รวมทั้งกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน

นอกเหนือไปจากนี้ การได้ปรึกษาและสัมภาษณ์ คุณบัญชา กัมปนาทแสนยากร ผู้ซึ่งจุดประกายให้ข้าพเจ้าได้รู้จักกับอาคารพักอาศัยที่ก่อสร้างด้วยระบบนี้และเป็นแรงบันดาลใจสำคัญที่ทำให้ข้าพเจ้ามีความมุ่งมั่นในการทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อนี้ ถือเป็นคุณค่าที่มิอาจประเมินได้ ขอขอบคุณบุคคลและผู้เชี่ยวชาญต่างๆ ที่ยินดีให้สัมภาษณ์เพื่อทำการรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี ทำให้ได้องค์ความรู้ที่สามารถนำมาทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ออกมาเป็นผลสรุปที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ออกแบบและผู้ที่สนใจทั่วไป สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกเรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถดำเนินการและเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

อมร ปิยะวาจี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญรูป.....X

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....4

1.3 สมมุติฐานของโครงการ.....4

1.4 ขอบเขตของโครงการ.....4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....5

1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....5

1.7 ข้อจำกัดของการศึกษา.....6

1.8 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา.....7

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม.....8

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยีการก่อสร้าง.....8

2.2 การก่อสร้างอาคารในระบบอุตสาหกรรม.....8

2.3 พื้นฐานของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา.....11

2.3.1 ระบบแพลตฟอร์มเฟรม.....12

2.3.2 สถาบันหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องกับระบบโครงสร้างเหล็กเบา.....14

2.3.3 ระบบการก่อสร้าง.....14

2.4 ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบเพื่อก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป.....16

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....17

2.6 กรอบแนวคิด.....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....22

3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น.....22

3.2 การกำหนดตัวอย่างในการรวบรวมข้อมูล.....22

3.3 การรวบรวมข้อมูล.....23

3.3.1 การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ.....23

3.3.2 การรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ.....23

3.4 เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล.....24

3.4.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษา.....24

3.4.2 การสร้างแบบสัมภาษณ์.....25

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....27

3.6 การสรุปผล.....28

3.7 ขั้นตอนการวิจัย.....28

บทที่ 4 พัฒนาการและการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา.....30

4.1 พัฒนาการของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา.....35

4.1.1 พัฒนาการการใช้โครงสร้างเหล็กเบาในอาคารพักอาศัยต่างประเทศ.....35

4.1.2 พัฒนาการการใช้โครงสร้างเหล็กเบาในอาคารพักอาศัยประเทศไทย.....40

4.1.3 สภาพการณ์ปัจจุบันของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทย....42

4.1.3.1 สภาพการณ์ปัจจุบันด้านการพัฒนา.....42

4.1.3.2 สภาพการณ์ปัจจุบันด้านบุคลากรและกระบวนการทำงาน.....43

4.1.4 การเปรียบเทียบการพัฒนาอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาระหว่างประเทศไทยและต่างประเทศ.....44

4.2 การก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา.....45

4.2.1 วัสดุและชิ้นส่วนโครงเหล็กเบา.....45

4.2.2 องค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา.....49

4.2.2.1 ระบบฐานราก.....49

4.2.2.2 ระบบพื้น.....52

4.2.2.3 ระบบผนัง.....53

4.2.2.4 ระบบหลังคา.....55

4.2.3 การยึดต่อชิ้นส่วนและเครื่องมือพื้นฐาน.....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.3.1 วิธีการยึดต่อ.....58

4.2.3.2 เครื่องมือพื้นฐาน.....61

4.2.4 แผ่นวัสดุหุ้มโครง.....63

4.2.5 ระบบการก่อสร้างด้วยวิธีการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป.....66

4.2.6 การรองรับด้านงานระบบวิศวกรรม.....69

4.3 ตัวอย่างแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา.....70

4.4 ผลการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทย.....79

4.4.1 ผลการตอบของผู้เกี่ยวข้องแต่ละกลุ่ม.....79

4.4.2 ผลการตอบแยกตามประเด็นหัวข้อหลัก.....81

4.4.3 ลักษณะความรู้ของผู้เกี่ยวข้องแต่ละกลุ่ม.....99

บทที่ 5 ข้อคำนึงในการออกแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทย.....101

5.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง.....101

5.2 ข้อคำนึงในขั้นตอนการผลิตจากโรงงาน.....102

5.3 ข้อคำนึงในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง.....107

5.4 วิเคราะห์ปัญหาของการก่อสร้าง.....112

5.4.1 ปัญหาในขั้นตอนการผลิตจากโรงงาน.....113

5.4.2 ปัญหาในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง.....114

บทที่ 6 ผลสรุปและข้อเสนอแนะ.....117

6.1 ปัญหาของการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในระบบการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทย.....118

6.2 ข้อพิจารณาในการออกแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทย.....119

6.2.1 ข้อพิจารณาด้านการออกแบบ.....120

6.2.2 ข้อพิจารณาด้านกระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง.....120

6.3 ข้อเสนอแนะ.....122

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม.....124
ภาคผนวก.....127
ภาคผนวก ก. ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์ในการรวบรวมข้อมูล.....128
ภาคผนวก ข. รายชื่อบุคคลที่ทำการสัมภาษณ์.....136
ประวัติผู้เขียน.....139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แสดงระยะเวลาในการศึกษาทั้งหมด.....6

2.1 แสดงสถาบันหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องกับระบบโครงสร้างเหล็กเบาที่สำคัญ.....14

3.1 แสดงโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบสัมภาษณ์.....26

4.1 แสดงข้อมูลทุติยภูมิที่รวบรวมเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล.....31

4.2 แสดงข้อมูลปฐมภูมิที่ทำการสัมภาษณ์บุคคล.....34

4.3 แสดงพัฒนาการที่สำคัญของอาคารโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศ.....35

4.4 แสดงตัวอย่างรูปแบบการระบุหน้าตัดชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาของประเทศต่างๆ ที่นิยมทำการก่อสร้างในระบบนี้.....38

4.5 แสดงพัฒนาการที่สำคัญของอาคารโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทย.....41

4.6 แสดงการเปรียบเทียบการพัฒนาอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา.....44

4.7 แสดงรูปแบบการเคลือบผิวในประเทศไทย.....47

4.8 แสดงการอธิบายลักษณะการใช้งานของหน้าตัดชิ้นส่วนโครงเหล็กเบา.....48

4.9 แสดงรูปแบบหัวสกรูและลักษณะการใช้งาน.....59

4.10 แสดงเครื่องมือพื้นฐานและลักษณะการใช้งาน.....62

4.11 แสดงตัวอย่างแบบก่อสร้างอาคารอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา – แบบที่ 1.....71

4.12 แสดงตัวอย่างแบบก่อสร้างอาคารอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา – แบบที่ 2.....74

4.13 แสดงตัวอย่างแบบก่อสร้างอาคารอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา – แบบที่ 3.....76

4.14 แสดงการตอบของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา.....79

4.15 แสดงการตอบของกลุ่มช่างที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา.....80

4.16 แสดงการตอบของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป.....80

4.17 แสดงผลการตอบในหัวข้อหลักด้านชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา.....81

4.18 แสดงผลการตอบในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาโดยภาพรวม.....83

4.19 แสดงผลการตอบในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบพื้น.....87

4.20 แสดงผลการตอบในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบผนัง.....89

4.21 แสดงผลการตอบในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบหลังคา.....91

4.22 แสดงผลการตอบในหัวข้อหลักด้านระบบการก่อสร้างแบบประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป.....93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.23 แสดงผลการตอบในหัวข้อหลักด้านระบบการก่อสร้างแบบประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยทำการวิเคราะห์แยกเฉพาะข้อ 2 , 3 , 4 , 8 และ 95

4.24 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลการตอบได้ระหว่างกลุ่มบุคคลที่ถูกสัมภาษณ์ และการตอบได้ในแต่ละหัวข้อหลักของบุคคลที่ถูกสัมภาษณ์ทั้งหมด.....99

5.1 แสดงประเด็นสำคัญของข้อคำนึงในขั้นตอนการผลิตจากโรงงาน.....106

5.2 แสดงประเด็นสำคัญของข้อคำนึงในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง.....111

5.3 แสดงการวิเคราะห์ปัญหาในขั้นตอนการผลิตจากโรงงาน.....113

5.4 แสดงการสรุปปัญหาในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง.....115

6.1 แสดงการสรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนปัญหาที่เกิดขึ้นในการก่อสร้าง.....118

6.2 แสดงข้อพิจารณาเบื้องต้นด้านกระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง.....121

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 แสดงจำนวนหลังของชนิดอาคารเพื่ออยู่อาศัยที่ได้รับอนุญาตให้ก่อสร้างใหม่ในเขตการปกครอง กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2551 2

1.2 แสดงความสนใจในการนำระบบของส่วนประกอบอาคารไปใช้ทดแทนระบบเดิม....2

2.1 แสดงแนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยีการก่อสร้าง....8

2.2 แสดงขั้นตอนพื้นฐานของการก่อสร้างอาคารในระบบอุตสาหกรรม....9

2.3 แสดงการออกแบบที่คำนึงถึงการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรม....11

2.4 แสดงตัวอย่างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา....11

2.5 แสดงรูปแบบระบบแพลตฟอร์มเฟรมที่ใช้วัสดุโครงไม้ Wood Stud แบบเดิม....12

2.6 แสดงรูปแบบระบบแพลตฟอร์มเฟรมที่ใช้วัสดุโครงเหล็กเบา....13

2.7 แสดงการเชื่อมโยงเทคโนโลยีการก่อสร้างเข้าสู่ช่วงการออกแบบ....20

2.8 แสดงความสำคัญของข้อคำนึงด้านระบบการก่อสร้างในช่วงการออกแบบ....20

2.9 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย....21

3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา เพื่อนำไปสู่การสร้างเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลเชิงลึก....24

3.2 แสดงผลสรุปที่นำไปสู่การสร้างแบบสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูลเชิงลึก....25

3.3 แสดงขั้นตอนการวิจัยทั้งหมด....29

4.1 แสดงกระบวนการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิโดยสังเขป....30

4.2 แสดงความหลากหลายของชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาในส่วนของคร่าว....37

4.3 แสดงภาพรวมของวัสดุและกระบวนการผลิตชิ้นส่วนโครงเหล็กเบา....46

4.4 แสดงหน้าตัดพื้นฐานที่ใช้....49

4.5 แสดงรูปแบบฐานรากผนังห้องใต้ดิน....50

4.6 แสดงรูปแบบฐานรากตามแนวผนังอาคาร....50

4.7 แสดงรูปแบบฐานรากแผ่นพื้นระดับดิน....51

4.8 แสดงรูปแบบฐานรากเสาและคานรองรับ....51

4.9 แสดงรูปแบบพื้นฐานของระบบพื้น....52

4.10 แสดงรายละเอียดพื้นฐานของระบบพื้น....53

4.11 แสดงรูปแบบพื้นฐานของระบบผนัง....54

4.12 แสดงรายละเอียดพื้นฐานของระบบผนัง....54

4.13 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานของระบบหลังคา....55

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.14 แสดงรูปตัดพื้นฐานของระบบหลังคาโครงถัก.....56
4.15 แสดงรูปแบบการประกอบโครงถัก.....56
4.16 แสดงรูปแบบพื้นฐานของการประกอบติดตั้งโครงแต่ละชุดในระบบหลังคาโครงถัก.....57
4.17 แสดงรูปแบบพื้นฐานของปลายสกรู.....58
4.18 แสดงวิธีการยึดต่อแบบที่ 4-6 ซึ่งยังมีใช้ไม่ค่อยมากและเป็นวิธีค่อนข้างใหม่.....60
4.19 แสดงการติดตั้งแผ่นวัสดุหุ้มโครง.....63
4.20 แสดงการปูแผ่นวัสดุหุ้มโครงพื้น.....64
4.21 แสดงการปูแผ่นวัสดุหุ้มโครงผนัง.....65
4.22 แสดงการปูแผ่นวัสดุหุ้มโครงหลังคา.....65
4.23 แสดงตัวอย่างการจัดผังสำหรับขั้นตอนการผลิตจากโรงงาน.....66
4.24 แสดงขั้นตอนการผลิตเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงาน.....67
4.25 แสดงการขนแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จจากโรงงานไปที่จุดก่อสร้าง.....67
4.26 แสดงการติดตั้งแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จที่จุดก่อสร้างในส่วนองค์ประกอบพื้นและผนัง.....68
4.27 แสดงการติดตั้งแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จที่จุดก่อสร้างในส่วนองค์ประกอบผนังและหลังคา 68
4.28 แสดงภาพรวมที่จุดก่อสร้าง.....68
4.29 แสดงลักษณะการเดินงานระบบผ่าน Web opening.....69
4.30 แสดงลักษณะการเจาะช่องที่ web.....69
6.1 แสดงปัญหาเบื้องต้นที่เกิดขึ้นในส่วนของกระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง 119
6.2 แสดงผังการจัดการของกระบวนและผู้เกี่ยวข้องสำหรับการเตรียมการก่อนการก่อสร้าง.....123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

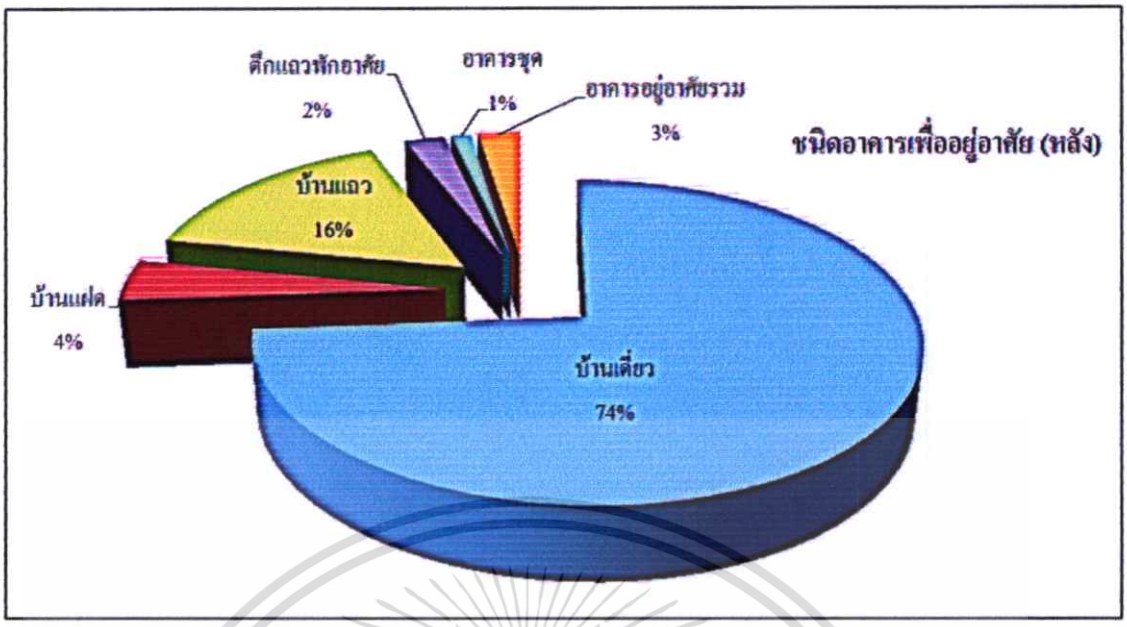
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

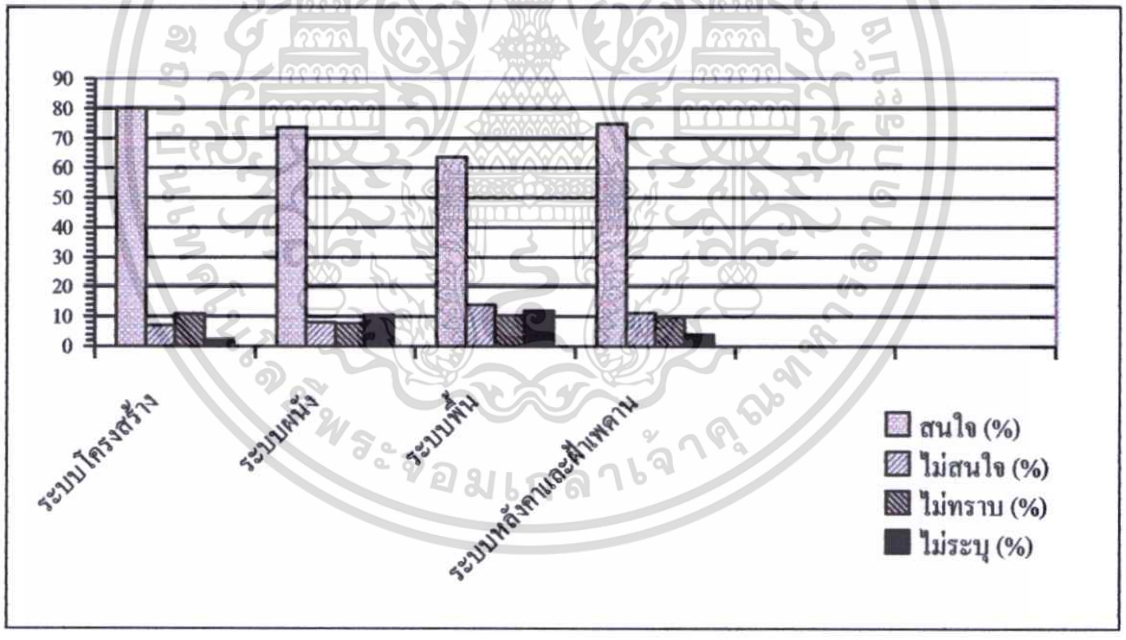
ที่อยู่อาศัยเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญสำหรับมนุษย์ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันอาคารพักอาศัยได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการก่อสร้างที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเหมาะสม ปัจจุบันมีโครงการก่อสร้างอาคารพักอาศัยเกิดขึ้นมากมาย โดยเฉพาะบ้านเดี่ยวที่เกิดขึ้นในโครงการบ้านจัดสรรต่างๆในเขตกรุงเทพมหานคร (ดังรูปที่ 1.1) ที่ต้องทำการก่อสร้างคราวละหลายๆหน่วย แต่ระบบการก่อสร้างทั่วไปก็ยังคงเป็นแบบคอนกรีตเสริมเหล็กผนังก่ออิฐฉาบปูนที่ค่อนข้างล่าช้า เนื่องจากเป็นระบบเปียกที่ต้องใช้เวลาในการปรับสภาพวัสดุจนมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะสามารถรับกำลังและทำการก่อสร้างในขั้นตอนต่อไปได้ เป็นผลให้บางโครงการที่มีปริมาณงานมากต้องทำการก่อสร้างอย่างรีบเร่ง จึงทำให้คุณภาพงานต่ำเพราะระบบการก่อสร้างที่ไม่เอื้ออำนวย ดังนั้น การก่อสร้างอาคารพักอาศัยในระบบอุตสาหกรรมจึงเป็นสิ่งที่ควรพิจารณาในการนำมาใช้เพื่อให้สามารถก่อสร้างได้รวดเร็วตามธรรมชาติของระบบการก่อสร้าง ที่มิใช่เกิดจากความเร่งรีบหรือลดคุณภาพวัสดุของงานจนไม่มีคุณภาพ

ถึงแม้ว่าการก่อสร้างอาคารพักอาศัยระบบอุตสาหกรรมในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการใช้เทคโนโลยีการก่อสร้างที่มีพื้นฐานของวัสดุเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กก็ตาม แต่จากรายงานการประเมินผลอาคารพักอาศัยตัวอย่างที่ก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็กเบาในงานสถาปนิก พ.ศ. 2547 ที่เมืองทองธานี (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และ คณะ. 2547) มีข้อมูลที่แสดงให้เห็นว่า มีความสนใจที่จะนำระบบการก่อสร้างนี้ไปใช้ทดแทนระบบเดิมที่ใช้กัน โดยมีความสนใจที่จะนำในส่วนของตัวระบบโครงสร้างไปใช้มากที่สุดเมื่อเทียบกับการนำไปใช้ในส่วนอื่นๆ (ดังรูปที่ 1.2) ยิ่งไปกว่านั้น ยังเห็นด้วยว่าอาคารพักอาศัยที่ออกแบบให้แยกส่วนและขนส่งนำไปประกอบใหม่ได้สามารถใช้เป็นจุดขายและช่วยให้มีผู้ซื้อเพิ่มขึ้นได้จริง โดยให้เหตุผลว่าสามารถก่อสร้างได้สะดวกรวดเร็ว ในขณะที่ความรู้เกี่ยวกับการก่อสร้างในระบบนี้มีอยู่ประมาณครึ่งหนึ่งที่ไม่เคยทราบมาก่อนว่ามีระบบการก่อสร้างนี้ แสดงให้เห็นว่า อาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาเป็นระบบที่ได้รับความสนใจในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะการนำไปใช้เพื่อเป็นโครงสร้างหลักแทนคอนกรีตเสริมเหล็กผนังก่ออิฐฉาบปูนที่ต้องทำการก่อสร้างในที่ตั้งเป็นหลัก แต่ทั้งนี้ อาคารพักอาศัยในระบบโครงสร้างเหล็กเบาก็ยังไม่เป็นที่รู้จักมากนักเมื่อเทียบกับระบบการก่อสร้างทั่วไป เพราะเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จทุกขั้นตอน ก็จะมีลักษณะผิวสำเร็จภายนอกที่มีรูปแบบทางสถาปัตยกรรมคล้ายคลึงกับการก่อสร้างในระบบทั่วไป ในขณะที่ความแตกต่างที่แท้จริง คือ โครงสร้างหลักที่ถูกหุ้มด้วยวัสดุผิวสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แสดงจำนวนหลังของชนิดอาคารเพื่ออยู่อาศัยที่ได้รับอนุญาตให้ก่อสร้างใหม่ในเขตการปกครอง กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2551 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ)



รูปที่ 1.2 แสดงความสนใจในการนำระบบของส่วนประกอบอาคารไปใช้ทดแทนระบบเดิม (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และ คณะ. 2547)

จึงเป็นที่มาของการศึกษาเรื่องระบบโครงสร้างเหล็กเบาซึ่งเป็นระบบที่มีจุดเด่นในเรื่องของความรวดเร็วในการก่อสร้าง รวมถึงการใช้วัสดุที่มีมาตรฐานและมีน้ำหนักเบา สะดวกในการยกไปประกอบติดตั้ง อีกทั้งยังทดแทนการใช้ไม้จริงซึ่งเป็นผลพลอยได้อย่างหนึ่ง ที่สำคัญเหล็กสามารถในการนำกลับมาหลอมและผลิตใช้ใหม่หรือเป็นส่วนหนึ่งของโครงเหล็กในรูปแบบเดิม ซึ่งเป็นข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างจากวัสดุอื่นๆ เช่น คอนกรีตหรือไม้ที่เมื่อสร้างไปแล้วจะไม่สามารถนำวัสดุกลับไปสู่กระบวนผลิตใหม่ได้อีก นอกจากนี้ ยังเป็นการขยายฐานความรู้ด้านระบบการก่อสร้างอาคารพักอาศัยที่ใช้วัสดุโครงเหล็กเบา เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งให้แก่ผู้ออกแบบในประเทศไทยได้ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบอาคารพักอาศัยเพื่อก่อสร้างด้วยระบบนี้ ซึ่งคำว่าการออกแบบในที่นี้มิได้มุ่งเน้นที่การศึกษาถึงเรื่องจัดวางพื้นที่ใช้สอยหรือรูป ลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมเป็นประเด็นหลัก เนื่องจากสิ่งเหล่านี้เป็นหลักพื้นฐานเบื้องต้นสำหรับการก่อสร้างทุกๆระบบอยู่แล้ว สิ่งที่มีผลโดยตรงก็คือ ความเข้าใจพื้นฐานของวัสดุก่อสร้างและลักษณะขององค์ประกอบอาคารในส่วนต่างๆ รวมถึงระบบการก่อสร้างสำหรับระบบนี้ ซึ่งเป็นสิ่งที่แตกต่างจากระบบอื่นๆอย่างชัดเจน อันจะมีผลโดยตรงต่อการวางแผนในช่วงเริ่มต้นของการออกแบบอย่างมีความเข้าใจในธรรมชาติของระบบมากขึ้นและสามารถมองเห็นภาพรวมทั้งหมดที่เกี่ยวเนื่องกัน ทั้งในช่วงการผลิตชิ้นส่วนเป็นแผ่นสำเร็จรูปในโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาและส่งเสริมด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบาในระยะยาว อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานที่จะนำไปสู่การออกแบบเพื่อการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมและเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการดำเนินการก่อสร้างได้อย่างเหมาะสมในประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคารพักอาศัยด้วยระบบโครงสร้างเหล็กเบา

2. เพื่อศึกษาข้อมูลด้านพัฒนาการของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาทั้งในต่างประเทศและประเทศไทย

3. เพื่อวิเคราะห์ปัญหาของการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทย

4. เพื่อวิเคราะห์ข้อพิจารณาในการออกแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทย

1.3 สมมุติฐานของโครงการ

อาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized System) ในประเทศไทยประกอบด้วย ขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง ที่ต้องคำนึงถึงมาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุ รูปแบบแผ่น แบบอาคาร กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง

1.4 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาหลักการของระบบโครงสร้างเหล็กเบาที่เกี่ยวข้องเฉพาะในส่วนของงานโครงคร่าวสำหรับองค์ประกอบ พื้น ผนัง และหลังคา สำหรับออกแบบอาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวไม่เกิน 2 ชั้น โดยไม่นำลักษณะของงานระบบประกอบอาคารและรูปแบบการตกแต่งวัสดุผิวสำเร็จ (Finishing) รวมทั้งการจัดวางพื้นที่ใช้สอยและลักษณะเฉพาะทางสถาปัตยกรรม (Style) มาเป็นส่วนสำคัญในการศึกษา

2. ศึกษาถึงหลักการพื้นฐาน โดยไม่นำเรื่องราคาหรือรายละเอียดที่เป็นลักษณะเฉพาะเจาะจงของชิ้นส่วนวัสดุ รวมถึงกรรมวิธีของผู้ประกอบการมาเป็นส่วนสำคัญในการศึกษา

4. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและข้อมูลทางวิชาการจากแหล่งข้อมูลทั้งในประเทศและต่างประเทศ

5. การสังเกตและรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์บุคคลที่เกี่ยวข้อง จะดำเนินการภายในประเทศเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของวัสดุ องค์ประกอบอาคาร และการก่อสร้างในระบบโครงสร้างเหล็กเบา

2. เพื่อให้ผู้ออกแบบได้เข้าใจถึงข้อคำนึงโดยรวมของขั้นตอนในการก่อสร้างด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3. เพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนกับผู้เกี่ยวข้องในการเตรียมการก่อนการก่อสร้างอาคารโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป

4. เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการแสวงหาความรู้ที่เกี่ยวกับการออกแบบและก่อสร้างในระบบโครงสร้างเหล็กเบาที่จะประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับวัสดุก่อสร้างในประเทศไทย

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีกระบวนบวนการทบทวนวรรณกรรม โดยการทบทวนวรรณกรรมในเบื้องต้นเพื่อให้สามารถกำหนดวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อให้เกิดเป้าหมายในการศึกษาที่มีขอบเขตชัดเจน และวางกรอบแนวคิดเบื้องต้นพร้อมสมมุติฐานไว้ ซึ่งมีวิธีดำเนินการวิจัยโดยสรุปดังนี้

1. จากกรอบแนวคิดและสมมุติฐาน สามารถกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ต้องการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสร้างเครื่องมือสำหรับการรวบรวมข้อมูล

2. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลขั้นต้น จากข้อมูลทุติยภูมิ (หนังสือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เอกสารทางวิชาการ) ทั้งในและต่างประเทศเป็นหลัก พร้อมทั้งเก็บข้อมูลปฐมภูมิ โดยทำการสัมภาษณ์จากบุคคลที่มีประสบการณ์ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบาภายในประเทศ หลังจากนั้น ทำการแจกแจงข้อมูลและเรียบเรียงผลการศึกษาขั้นต้นในประเด็นตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

3. จากการสัมภาษณ์บุคคลในการรวบรวมข้อมูลขั้นต้น ทำให้ได้รับการแนะนำผู้เกี่ยวข้องเพิ่มมากขึ้น โดยสามารถกำหนดข้อพิจารณาในการเลือกและจัดประเภทกลุ่มตัวอย่างผู้เกี่ยวข้องสำหรับการสัมภาษณ์

4. ทำการรวบรวมข้อมูลเชิงลึก โดยการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องประเภทต่างๆ โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล หลังจากนั้น ทำการแจกแจงข้อมูลที่ได้และประมวลผลการศึกษาตามหัวข้อหลักของการสัมภาษณ์

5. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการศึกษาเชิงลึก ในลักษณะของการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการสังเคราะห์บทสรุป

6. ทำการสรุปผลที่ได้จากวิเคราะห์ในประเด็นตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ และตามสมมุติฐานพร้อมทั้งข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.1 ระยะเวลาในการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้กำหนดระยะเวลาในการศึกษา 1 ปี โดยมีกำหนดการในแต่ละขั้นตอนตามตารางดังนี้

ตารางที่ 1.1 แสดงระยะเวลาในการศึกษาทั้งหมด

ขั้นตอน	พ.ค. 52	มิ.ย. 52	ก.ค. 52	ส.ค. 52	ก.ย. 52	ต.ค. 52	พ.ย. 52	ธ.ค. 52	ม.ค. 53	ก.พ. 53	มี.ค. 53	เม.ย. 53
1. เตรียมการเสนอหัวข้อ	←	→										
2. สอบหัวข้อ			←	→								
3. ออกแบบการวิจัย				←	→							
4. รวบรวมข้อมูล							←	→				
5. วิเคราะห์ข้อมูล									←	→		
6. สรุปผลและตรวจสอบเนื้อหาวิทยานิพนธ์ทั้งหมด										←	→	
7. สอบวิทยานิพนธ์												↔

หมายเหตุ การเขียนเล่มวิทยานิพนธ์ทำคู่ขนานพร้อมกันในแต่ละขั้นตอน

1.7 ข้อจำกัดของการศึกษา

1. เนื่องจากการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทยมีปริมาณงานไม่มากนัก ในการวิจัยครั้งนี้จึงไม่สามารถที่จะกำหนดแผนการทำงานเพื่อรวบรวมข้อมูลขั้นตอนการก่อสร้างจากอาคารที่มีโครงการก่อสร้างจริงในช่วงเวลาที่ทำการวิจัยได้ตั้งแต่แรก

2. ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้งบประมาณส่วนตัวจากผู้วิจัยเป็นหลัก ดังนั้นวิธีการรวบรวมข้อมูลจากการสร้างอาคารต้นแบบหรือการทดลองใดๆจากวัสดุก่อสร้างจริงเพื่อใช้แสดงผลการศึกษาที่ได้ เป็นเงื่อนไขอันหนึ่งที่ไม่สามารถกำหนดแผนการทำงานในรูปแบบเช่นนี้ได้ เนื่องจากงบประมาณมีอยู่อย่างจำกัด

3. ในประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดหรือหลักปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรมสำหรับการก่อสร้างในระบบนี้โดยตรง ดังนั้นจึงไม่สามารถศึกษาข้อมูลเชิงลึกในรายละเอียดอาคารหรือหลักปฏิบัติที่แสดงถึงลักษณะเฉพาะของประเทศไทยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา

อาคารพักอาศัย หมายถึง อาคารที่มีความหมายอย่างเดียวกับคำว่า "อาคารอยู่อาศัย" ที่อยู่ในหมวดคำศัพท์ ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544 ซึ่งมีความหมายว่า อาคารซึ่งโดยปรกติบุคคลใช้อยู่อาศัยได้ทั้งกลางวันและกลางคืน ไม่ว่าจะเป็นการอยู่อาศัยอย่างถาวรหรือชั่วคราว (ในงานวิจัยชิ้นนี้หมายถึงบ้านเดี่ยว)

โครงสร้างเหล็กเบา (Lightweight Steel Frame) หมายถึง เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี หรือเหล็กแผ่นเคลือบโลหะผสมระหว่างสังกะสีกับอลูมิเนียม ที่นำมาขึ้นรูปเย็น (Cold Forming) เป็นหน้าตัดแบบต่างๆ แล้วนำมาใช้ประกอบเป็นโครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก มีความหมายเช่นเดียวกับคำว่า Cold-formed Steel Framing และ Light Gauge Steel Framing

แพลตฟอร์มเฟรม (Platform Frame) หมายถึง ระบบการก่อสร้างที่ผนังโครงคร่าวรับน้ำหนักแนวดิ่งจากองค์ประกอบหลังคาหรือพื้นแต่ละชั้นถ่ายน้ำหนักต่อกันไปสู่ฐานราก โดยโครงคร่าวผนังแต่ละชั้นไม่ต่อเนื่องกัน ถูกแยกอิสระจากกันด้วยโครงสร้างพื้นแต่ละชั้น

ระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป หมายถึง ระบบการก่อสร้างอาคารโครงสร้างเหล็กเบาที่ทำการประกอบโครงในโรงงานให้มีลักษณะเป็นแผ่น และขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จแต่ละแผ่นไปทำการประกอบติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

การก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรม หมายถึง การนำโครงสร้างส่วนต่างๆของอาคารที่ทำสำเร็จรูปไว้แล้ว มาประกอบรวมกันเข้าเป็นตัวอาคาร หรือเทคนิคการสร้างใดๆก็ตามที่ยึดหลักกรรมวิธีการผลิตตามแนวระบบอุตสาหกรรมตาม (โสภณ แสงไพโรจน์. 2520)

องค์ประกอบอาคาร หมายถึง การแบ่งส่วนต่างๆของอาคารออกเป็นหมวดหมู่ โดยแบ่งเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่ ฐานราก พื้น ผนัง หลังคา

แผ่นวัสดุหุ้มโครง (Sheathing) หมายถึง วัสดุแผ่นที่หุ้มยึดกับหน้าโครงเหล็กเบาเพื่อให้เกิดการประสานร่วมกันเป็นแผ่นและเป็นการรองพื้นสำหรับการทำผิวสำเร็จในขั้นตอนสุดท้าย โดยในการวิจัยครั้งนี้จะใช้กล่าวถึงโดยรวมทุกองค์ประกอบทั้ง พื้น ผนัง และหลังคา เพื่อเป็นการสื่อสารให้เกิดความเข้าใจเป็นหลัก

ผู้เกี่ยวข้อง หมายถึง บุคคลหรือผู้เชี่ยวชาญแต่ละฝ่ายที่มีประสบการณ์ด้านอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา เช่น สถาปนิกและวิศวกรผู้ออกแบบ ผู้ประกอบโครง ผู้ก่อสร้าง รวมถึงช่างที่ทำงานทั้งในขั้นตอนการผลิตและการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยีการก่อสร้าง

ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์ (2549) กล่าวว่า เทคโนโลยีการก่อสร้างสามารถจำแนกได้ออกเป็น 2 ลักษณะ คือ เทคโนโลยีในการผลิตวัสดุก่อสร้างและเทคนิคการก่อสร้าง โดยทั้ง 2 อย่างนี้ประกอบรวมกันเป็นแบบอาคาร ที่มีเกณฑ์จากสภาพแวดล้อมที่ตั้งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เทคโนโลยีการก่อสร้างแปรผันไปตามความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่

รูปที่ 2.1 แสดงแนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยีการก่อสร้าง (ทรงเกียรติ. 2549)

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับระดับเทคโนโลยีการก่อสร้างจะทำให้เข้าใจได้ว่า อาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบานั้น เป็นเทคโนโลยีการก่อสร้างที่มีประเด็นสำคัญจากการพัฒนาของวัสดุก่อสร้างตั้งแต่กระบวนการผลิตว่ามีเทคโนโลยีในการผลิตอย่างไร ที่ทำให้วัสดุมีน้ำหนักเบา และมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม รวมถึงคุณสมบัติด้านอื่นๆ ที่เป็นข้อได้เปรียบกว่าไม้ ซึ่งมีผลต่อเทคนิคในการก่อสร้างที่ทำให้ต้องมีขั้นตอนการก่อสร้าง วิธีการปฏิบัติ และการใช้เครื่องมือ ที่มีลักษณะเฉพาะอย่างไร ซึ่งพื้นฐานความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดนี้จะช่วยให้มองภาพรวมของอาคารที่สามารถเชื่อมโยงย้อนกลับมายังขั้นตอนการออกแบบที่มีความสัมพันธ์กับเทคโนโลยีการผลิตวัสดุและเทคนิคการก่อสร้างในระบบนี้ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ออกมาเป็นข้อพิจารณาสำหรับการสร้างแบบอาคารที่สอดคล้องกับเทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทยได้อย่างมีหลักการ

2.2 การก่อสร้างอาคารในระบบอุตสาหกรรม

ในการวิจัยครั้งนี้ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจพื้นฐานของหลักการก่อสร้างอาคารในระบบอุตสาหกรรม เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์เรื่องที่ทำการศึกษาว่า มีลักษณะของความเป็นอาคารในระบบอุตสาหกรรมแค่ไหน โดยมีผู้ที่ให้คำจำกัดความหรือเนื้อหาในเรื่องดังกล่าวไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

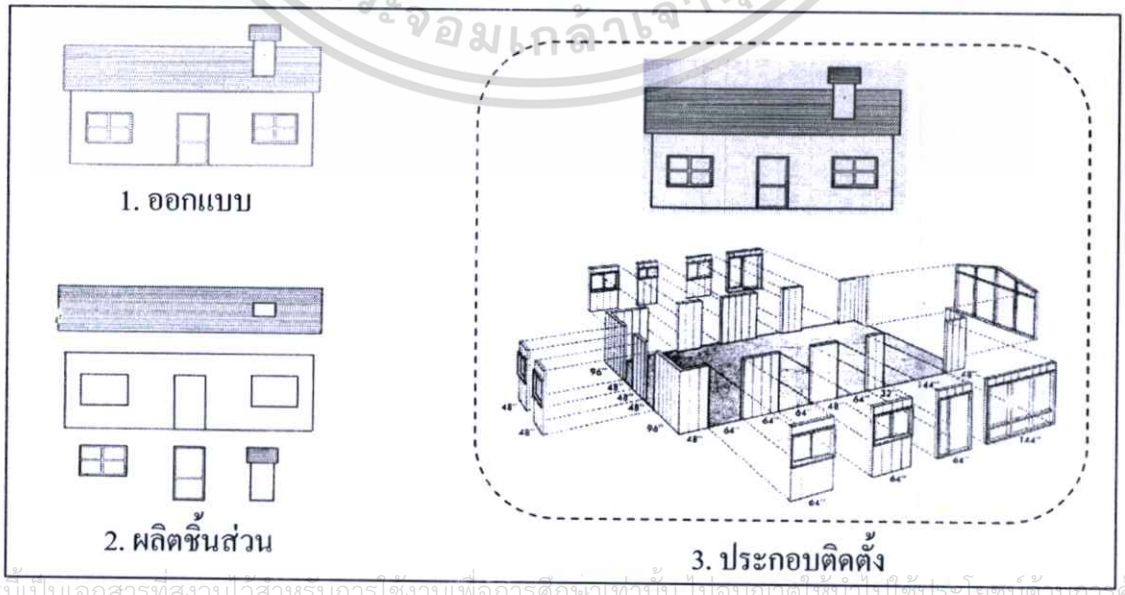
Testa (1972) ได้กล่าวถึงรูปแบบของระบบอุตสาหกรรม 4 อย่าง ในโลกปัจจุบันไว้ในหนังสือ The Industrialization of Building ดังต่อไปนี้

- Prefabrication ประกอบด้วยส่วนของการผลิตหรือประกอบชิ้นส่วนสำเร็จ ที่อาจทำในโรงงานหรือกลางแจ้งก็ได้ โดยมีสาระสำคัญว่า ต้องทำการออกแบบชิ้นงาน (อาคารหรือผลิตภัณฑ์ใดๆก็ตาม) ที่มีลักษณะเสร็จสมบูรณ์ขึ้นมาก่อน จากนั้นจึงทำการแยกออกเป็นชิ้นส่วนต่างๆที่มีลักษณะเฉพาะ แล้วทำการผลิตชิ้นส่วนนั้นๆ สุดท้ายนำแต่ละชิ้นส่วนที่ถูกผลิตไว้มาประกอบกันอย่างมีลำดับที่ถูกต้อง

- Modular system building จะให้ความสำคัญกับการออกแบบส่วนประกอบหรือองค์ประกอบอาคารที่ต้องคิดถึงกฎเกณฑ์ของมิติและประโยชน์ใช้สอยที่มีความสัมพันธ์ร่วมกัน รวมถึงการเชื่อมต่อส่วนประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถนำมาประกอบเป็นรูปแบบอาคารหรือผลิตภัณฑ์ได้อย่างหลากหลาย ซึ่งส่วนประกอบเหล่านั้นอาจถูกแสดงอย่างเหมาะสมในรูปแบบของแคดตาล็อค แต่อย่างไรก็ตาม จะต้องมีพื้นฐานในการผลิตหรือประกอบชิ้นส่วนเป็นสำคัญ

- Rationalized building มีพื้นฐานเช่นเดียวกันกับ prefabrication และ modular system แต่เน้นให้ความสำคัญกับการเพิ่มผลผลิตและการบรรลุผลสำเร็จด้วยการใช้มาตรวัดสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตเป็นหลัก เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากวัสดุ อุปกรณ์ แรงงาน ในกระบวนการผลิตและก่อสร้าง ได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด ซึ่งการบรรลุเป้าหมายที่ดีที่สุดจะต้องเริ่มที่สถาปนิกหรือผู้ออกแบบที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

- Equipment-oriented site-production เป็นรูปแบบที่มีพื้นฐานจากการผลิตหรือประกอบชิ้นส่วนจากโรงงาน แต่เน้นจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มผลผลิตจากการใช้ประโยชน์บนสภาพแวดล้อมของที่ก่อสร้างเป็นสำคัญ เน้นการใช้อุปกรณ์เครื่องมือให้เหมาะสมกับสภาพที่ตั้งได้อย่างมีประสิทธิภาพและเชี่ยวชาญ โดยใช้แรงงานคนเข้ามามีส่วนร่วมให้น้อยที่สุดในการสร้างอาคาร



รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนพื้นฐานของการก่อสร้างอาคารในระบบอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ ไตรรัตน์ จารุทัศน์ ได้กล่าวถึงแง่มุมของความเป็นองค์รวมว่า มีขอบเขตที่ค่อนข้างกว้าง โดยจะครอบคลุมกระบวนการก่อสร้างอาคารทั้งกระบวนการ ตั้งแต่การออกแบบ การวางแผน การผลิต การจัดการพื้นที่ก่อสร้าง การวางแผนงาน และการจัดการทางการเงิน

โสภณ แสงไพโรจน์(2520) ได้กล่าวถึงคำจำกัดความของการสร้างอาคารในระบบอุตสาหกรรมว่า เป็นการนำโครงสร้างส่วนต่างๆของอาคารที่ทำสำเร็จรูปไว้แล้ว มาประกอบรวมกันเข้าเป็นตัวอาคาร หรือเทคนิคการสร้างใดๆก็ตามที่ยึดหลักกรรมวิธีการผลิตตามแนวระบบอุตสาหกรรมตามหลักการของระบบนี้ โครงอาคารส่วนใหญ่ จะผลิตหรือทำสำเร็จรูปมาจากโรงงานแล้วนำมาต่อเชื่อมให้ติดกันเป็นตัวอาคาร ณ ที่ก่อสร้าง ซึ่งตรงข้ามกับวิธีที่เคยปฏิบัติกัน ที่มีลำดับขั้นของงานสร้างตั้งต้นจากฐานรากต่อเนื่องกันไปจนถึงหลังคา ที่ก่อสร้างในที่ทั้งสิ้น เมื่อพิจารณาเฉพาะการจัดชิ้นส่วนโครงสร้าง อาจแยกได้ 3 ระบบ ดังนี้

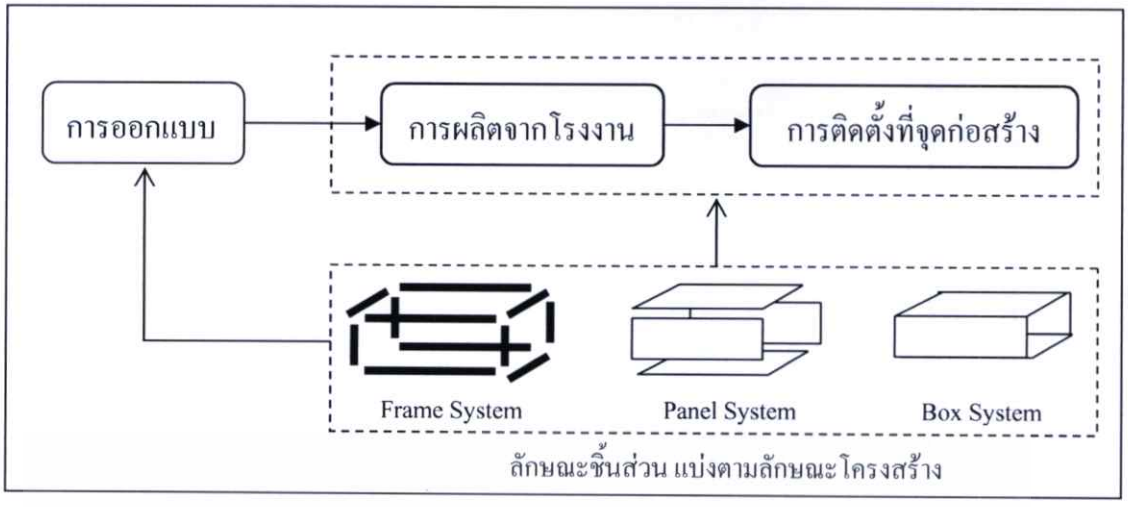
- Box System เป็นระบบที่ใช้วิธีประกอบส่วนโครงสร้างทั้งหมดให้มีลักษณะเป็นรูปกล่อง ซึ่งประกอบด้วย พื้น ผนัง หลังคา หรือเพดาน รวมกันเป็น 1 หน่วย ทำสำเร็จรูปจากโรงงานแล้วจึงยกมายังที่ก่อสร้าง ทำการติดตั้งยึดให้เข้าที่ที่เตรียมไว้ ถือได้ว่าเป็นระบบที่เข้าถึงระดับงานอุตสาหกรรมชั้นสูง เพราะงานส่วนใหญ่ทำสำเร็จจากโรงงานทั้งสิ้น แต่ระบบนี้จะมีหน่วยขนาดใหญ่ ทำให้การขนส่งลำบาก ต้องใช้อุปกรณ์ขนยกขนาดใหญ่

- Panel System เป็นระบบที่ใช้วิธีจัดแยกโครงสร้างอาคารทั้งหมดออกเป็นแผ่นหรือผืน (Panel) แต่ละแผ่นก็มีขนาดเท่ากับส่วนกว้างยาว หรือสูงตามขนาดห้อง ถ้าดูจาก Box System ระบบนี้คือการแยกกล่องออกเป็น 4 ชิ้นนั่นเอง โดยแยกเป็นแผ่นพื้นและผนังวางต่อกันในลักษณะที่แผ่นพื้นจะถ่ายน้ำหนักบรรทุกให้กับแผ่นที่รองรับ ผนังแต่ละแผ่นก็วางซ้อนต่อกันและถ่ายน้ำหนักรับต่อเนื่องกันลงสู่ฐานราก ระบบนี้ยังแบ่งเป็นประเภทย่อย ตามลักษณะทิศทางของการจัดวางผนังและแนวการถ่ายน้ำหนักของพื้นออกไปอีกหลายประเภท เพื่อให้ได้โครงสร้างที่เหมาะสมกับลักษณะของอาคาร

- Frame System เป็นระบบที่แบ่งโครงอาคารแยกย่อยออกเป็นคานและเสา แทนที่จะเป็นแผ่นผืนเดียว ส่วนพวกผนังกั้นห้องก็อาจเลือกใช้ผนังโครงเบาที่ทำด้วยวัสดุใดๆ ก็ได้เพราะไม่ได้ใช้เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักเหมือนแบบ Panel ตัวแผ่นพื้นก็อาจแยกออกเป็นผืนเล็กๆ เช่น พื้นสำเร็จรูปแบบต่างๆ ในระบบนี้ ขนาดของชิ้นส่วนต่างๆจะเล็กลง มีน้ำหนักเบาและขนยกได้ง่าย

จากการพิจารณาเนื้อหาของหลักการก่อสร้างอาคารในระบบอุตสาหกรรมที่ได้ทบทวนมาทั้งหมดนั้น พบว่า สิ่งสำคัญที่เป็นหัวใจหลักก็คือ ต้องมีการออกแบบที่สอดคล้องกับขั้นตอนของการผลิตชิ้นส่วนจากโรงงานและการนำชิ้นส่วนนั้นๆไปทำการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง โดยในแต่ละรูปแบบของระบบอุตสาหกรรมก็จะให้ความสำคัญกับขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้างแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของการก่อสร้างเป็นสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงการออกแบบที่คำนึงถึงการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรม

2.3 พื้นฐานของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา

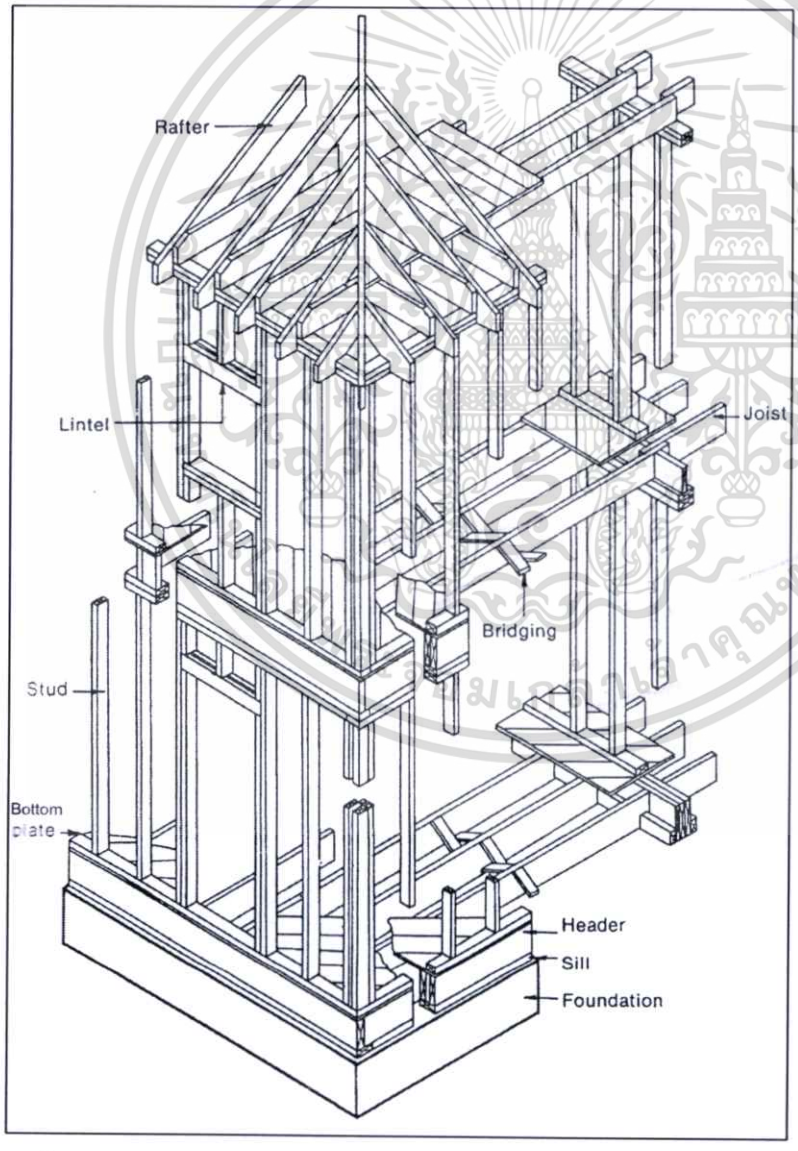
จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และอำนาจ รัตนบัญญัติ (2541) ได้กล่าวถึงความเป็นมาของการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาว่า เริ่มต้นการพัฒนามาจากแถบทวีปอเมริกาเหนือเป็นหลัก เช่น ในประเทศแคนาดา ผู้ผลิตเหล็กได้พยายามส่งเสริมให้มีการใช้โครงสร้างเหล็กในการก่อสร้างบ้านไม้มากยิ่งขึ้น โดยมีระบบรูปแบบเช่นเดียวกับโครงสร้างไม้ในระบบแพลตฟอร์มเฟรม (Platform Framing) เพียงแต่ใช้โครงเหล็ก (Steel stud) แทนโครงไม้ (Wood stud) และมีกรรมวิธีทำรอยต่อที่แตกต่างกัน โดยขนาดหน้าตัดรวมจะใกล้เคียงหรือเท่ากับหน้าตัดของไม้ที่ใช้ก่อสร้างกันทั่วไป เพื่อความสะดวกในการทำงานร่วมกับวัสดุอื่น

รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา (Steel Framing Alliance, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

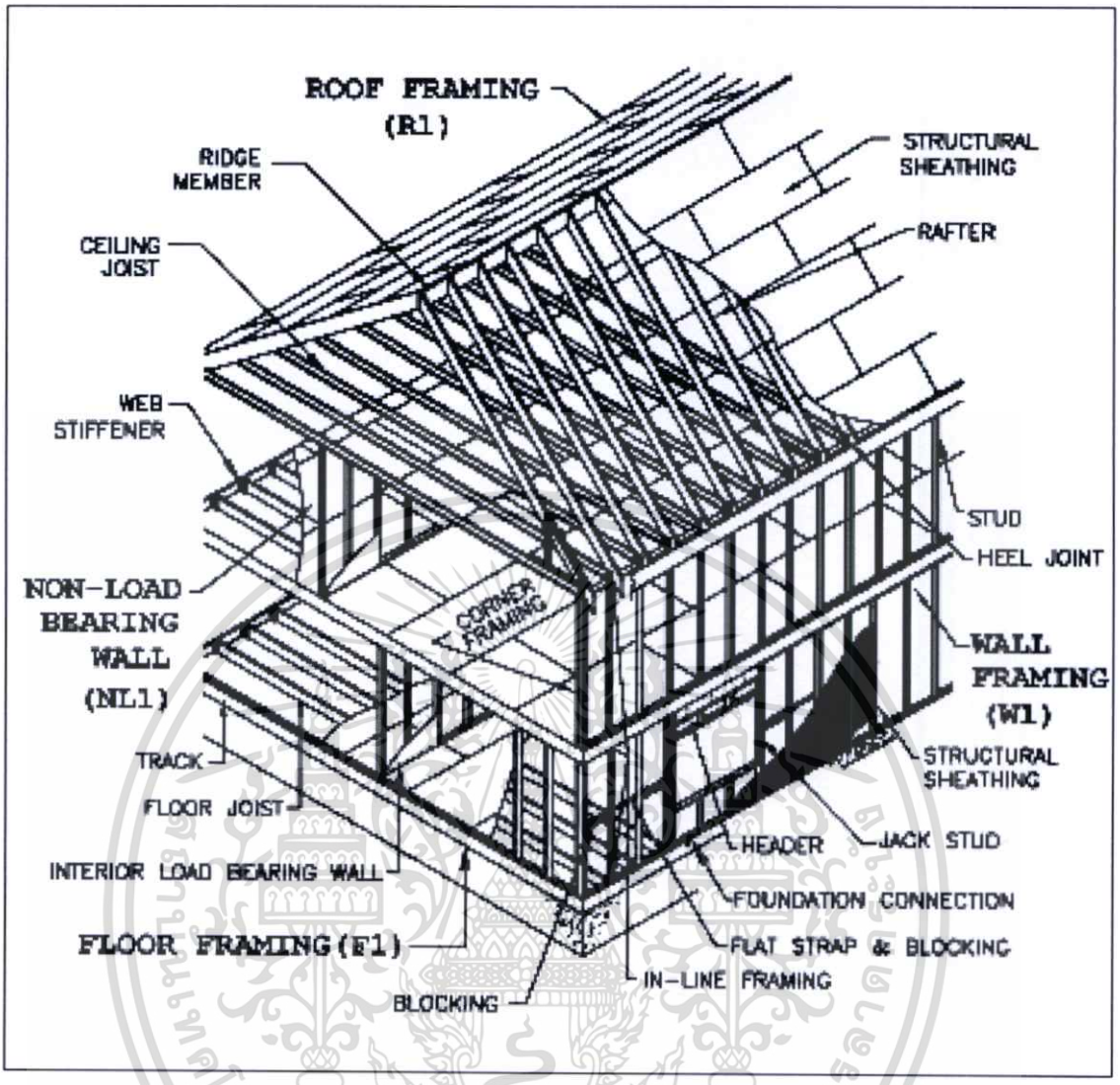
2.3.1 ระบบแพลตฟอร์มเฟรม

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และอำนาจ รัตนบัญญัติ (2541) ได้กล่าวถึงระบบแพลตฟอร์มเฟรมว่าเป็นระบบที่พัฒนามาจากบอลลูนเฟรม (Balloon Framing) ซึ่งเป็นระบบการก่อสร้างที่นิยมใช้ในช่วงแรก แต่เนื่องจากในเวลาต่อมาหาโครงไม้ (Stud) ที่ยาวต่อเนื่อง 2 ชั้นอาคารได้ยากขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้มีความนิยมใช้น้อยลง ระบบการก่อสร้างแพลตฟอร์มเฟรมเป็นการสร้างทีละชั้นๆ โดยแยกระหว่างชุดโครงผนังและชุดโครงแผ่นพื้นทำให้ไม่ต้องใช้ชิ้นส่วนวัสดุโครงผนังที่ยาวมาก โดยโครงผนังซึ่งทำหน้าที่รับน้ำหนักในแนวดิ่งและทำหน้าที่เป็นโครงคร่าวผนังภาย นอกถูกแบ่งเป็นช่วงๆในแต่ละชั้นด้วยชุดโครงแผ่นพื้นซึ่งประกอบขึ้นด้วยตง (Joint) และแผ่นวัสดุรองพื้น (Sub Floor) โดยระบบแพลตฟอร์มเฟรมนี้ได้รับความนิยมแพร่หลายในอเมริกาเหนือจนถือได้ว่าเป็นระบบการก่อสร้างที่ใช้กันแพร่หลายทั่วไป



รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบระบบแพลตฟอร์มเฟรมที่ใช้วัสดุโครงไม้ Wood Stud แบบเดิม (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และ อำนาจ รัตนบัญญัติ. 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงรูปแบบระบบแพลตฟอร์มเฟรมที่ใช้วัสดุโครงเหล็กเบา
(North American Steel Framing Alliance. 2000.)

จะเห็นได้ว่าอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาเป็นระบบที่มีพื้นฐานมาจากการใช้โครงไม้แปรรูปในระบบผนังรับน้ำหนักแบบแพลตฟอร์มเฟรม ซึ่งเหมาะสมกับประเทศที่มีการพัฒนาและทำอุตสาหกรรมด้านทำป่าไม้อย่างเป็นระบบ แต่การใช้ไม้ก็อาจไม่เหมาะกับบางพื้นที่ที่สภาพป่าไม้ไม่เหมาะกับการตัดไม้มาแปรรูปเพื่อการก่อสร้างในปริมาณมาก ปัจจุบันวัสดุโครงที่เป็นเหล็กได้มีการพัฒนามาตรฐานและเทคโนโลยีในการผลิตที่สามารถรองรับกับระบบการก่อสร้างพื้นฐานและการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรม รวมทั้งลดข้อจำกัดในการใช้ไม้ที่บางแห่งอาจมีทรัพยากรจำกัด ดังนั้นระบบโครงสร้างเหล็กเบาจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในด้านการใช้วัสดุเพื่อใช้ในการก่อสร้างบนพื้นฐานของระบบแพลตฟอร์มเฟรม ซึ่งทำให้มีข้อแตกต่างจากวัสดุไม้ในรายละเอียดของรอยต่อและการประกอบที่ไม่เหมือนกัน แต่ภาพรวมขององค์ประกอบอาคารนั้นถือว่ามีพื้นฐานและหลักการเดียวกัน

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 สถาบันหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องกับระบบโครงสร้างเหล็กเบา

ในการศึกษาครั้งนี้ การทบทวนวรรณกรรมและการเก็บข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการนั้น จำเป็นต้องค้นคว้าและอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือนอกเหนือจากเอกสารทางวิชาการภายในประเทศที่ยังมีข้อมูลในรายละเอียดไม่เพียงพอเนื่องจากระบบโครงสร้างเหล็กเบาเป็นเทคโนโลยีการก่อสร้างจากต่างประเทศและมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง โดยมีการก่อตั้งสถาบันหรือองค์กรเพื่อเผยแพร่ข้อมูลในด้านวัสดุ การออกแบบ และวิธีการก่อสร้าง ที่เป็นประโยชน์ทั้งแก่ผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้างได้ปฏิบัติอย่างถูกต้องตามหลักการ โดยสถาบันหรือองค์กรที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงสถาบันหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องกับระบบโครงสร้างเหล็กเบาที่สำคัญ

สถาบันหรือองค์กร	ประเทศ	หน่วยที่ใช้	ชื่อเรียกโครงสร้างเหล็กเบา
CSSBI	คานาดา	ระบบ Imperial และ Metric	Lightweight Steel Framing
SFA	อเมริกา	ระบบ Imperial	Cold-formed Steel Framing
NASH	ออสเตรเลีย	ระบบ Metric เป็นส่วนใหญ่	
หมายเหตุ CSSBI = CANADIAN SHEET STEEL BUILDING INSTITUTE SFA = STEEL FRAMING ALLIANCE NASH = NATIONAL ASSOCIATION OF STEEL-FRAMED HOUSING INC.			

สำหรับที่มาของคำว่า โครงสร้างเหล็กเบา ในงานวิจัยชิ้นนี้ ได้ใช้ตามชื่อที่เคยมีในงานวิจัยที่ผ่านมาของ จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และ คณะ (2547) เนื่องจากยังไม่มีชื่อเรียกที่กำหนดแน่นอนในประเทศไทยและเพื่อให้เกิดความเข้าใจไปในแนวทางเดียวกัน ส่วนคำภาษาอังกฤษได้ใช้คำว่า Lightweight Steel Framing ของสถาบัน CSSBI ซึ่งให้ความหมายที่ค่อนข้างชัดเจนถึงคุณสมบัติด้านความเบาของวัสดุและระบบการก่อสร้าง

2.3.3 ระบบการก่อสร้าง

เป็นการศึกษาถึงระบบการก่อสร้างที่ใช้กับอาคารโครงสร้างเหล็กเบาที่ได้เคยกล่าวถึงไว้ในหนังสือและงานวิจัยต่างๆ เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะสำคัญ ดังต่อไปนี้

Scharff (1996) ได้กล่าวถึงระบบการก่อสร้างในระบบดังกล่าวในหนังสือ Residential Steel Framing Handbook ไว้ดังนี้

- Stick-built System เป็นระบบการก่อสร้างที่จุดก่อสร้าง หลักการคือ วัสดุโครงสร้างเหล็กเบาแต่ละท่อนหรือชิ้นจะถูกส่งไปทำการประกอบโครงในส่วนต่างๆขององค์ประกอบอาคารที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดก่อสร้างในตำแหน่งการติดตั้งเลย ระบบนี้จะทำการประกอบโครงจนมีลักษณะเป็นแผ่นที่มีความอยู่ตัวจนสามารถยกติดตั้งได้ ส่วนใหญ่แล้วมักใช้ระบบนี้ในกรณีที่ไม่ค่อยมีความแปรปรวนจากสภาพอากาศ และมีความความสะดวกในการเข้าถึงที่ก่อสร้าง เป็นงานที่มีความซ้ำของขนาดและรูปร่างชิ้นส่วนน้อย แต่มีข้อด้อยในเรื่องของความรวดเร็วและการควบคุมคุณภาพ

- Panelized System เป็นระบบการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป ที่ทำการประกอบโครงขององค์ประกอบอาคารหลัก ได้แก่ พื้น ผนัง หลังคา จากโรงงานแบบถาวรหรือชั่วคราวแล้วทำการขนส่งแต่ละชิ้นส่วนในลักษณะแผ่นผืนแต่ละชุดมาทำการประกอบติดตั้งที่จุดก่อสร้างและทำการติดวัสดุผิวสำเร็จ ระบบนี้จะมีประสิทธิภาพมากกับงานที่มีความซ้ำของขนาดและรูปร่างชิ้นส่วนมาก เพราะมีข้อได้เปรียบด้านความเร็ว กำหนดการที่แน่นอนในการทำงานและควบคุมคุณภาพโดยรวมได้ดี

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และ คณะ (2547) ได้กล่าวถึงกรรมวิธีการก่อสร้างในงานวิจัยไว้ดังนี้

- การก่อสร้างในสถานที่ก่อสร้าง (Stick-built) เป็นการนำวัสดุมาตัดประกอบเป็นชิ้นส่วนผนัง พื้น และหลังคา ตามแบบที่ต้องการ เมื่อติดตั้งโครงสร้างเสร็จแล้วจึงทำการก่อสร้างในส่วนของงานสถาปัตยกรรมควบคู่ไปกับการติดตั้งระบบท่อและอุปกรณ์อาคาร

- การผลิตเป็นชิ้นส่วนประกอบสำเร็จรูปจากโรงงาน (Prefabricated systems) โดยอาจออกแบบให้ใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานของโรงงาน หรือผลิตเฉพาะโครงการก็ได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตเป็นสำคัญ กิจกรรมที่เกิดขึ้นในที่ก่อสร้างมักเป็นเพียงงานฐานราก การติดตั้งชิ้นส่วนประกอบ (ผนัง พื้น หลังคา) งานระบบอุปกรณ์อาคารและผิวสำเร็จ เป็นต้น ระดับของความเป็นระบบอุตสาหกรรมจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชิ้นส่วนประกอบที่ออกแบบหรือใช้งาน การก่อสร้างระบบนี้ผู้ก่อสร้างมักออกแบบ ผลิตและติดตั้ง หรือก่อสร้างเองทั้งหมด หรือขายระบบอาคารของตนควบคู่ไปกับขายชิ้นส่วนประกอบด้วย

จะเห็นได้ว่า การกล่าวถึงระบบการก่อสร้างมีอยู่ 2 แบบหลักที่ชัดเจน คือ การก่อสร้างที่กระทำในจุดก่อสร้างเป็นหลักและการก่อสร้างที่ทำการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จจากโรงงาน แล้วนำไปประกอบติดตั้งในตำแหน่งที่จุดก่อสร้าง โดยข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างระบบการก่อสร้าง 2 แบบนี้ก็คือ สถานที่ในการประกอบโครงนั่นเอง เนื่องจากงานวิจัยชิ้นนี้จะเน้นการศึกษาที่ระบบชิ่นส่วนสำเร็จรูปเป็นหลัก ดังนั้นที่มาของชื่อภาษาอังกฤษที่สื่อได้อย่างชัดเจนจะอ้างอิงตาม Scharff (1996) ที่ใช้คำว่า Panelized System ซึ่งสอดคล้องกับการจำแนกลักษณะชิ้นส่วนโครงสร้างแบบ Panel System ดังที่ โสภณ แสงไพโรจน์ (2520) ได้กล่าวถึงไว้ เพราะเป็นการประกอบโครงที่มีลักษณะเป็นแผ่นหรือผืน (Panel) สอดคล้องกับชื่อเรียกระบบการก่อสร้างว่า Panelized System อย่างตรง ไปตรงมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบเพื่อก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ในการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบว่ามีปัจจัยใดบ้างที่จะส่งผล เพื่อที่จะได้นำมาเป็นข้อคำนึงสำคัญในช่วงการออกแบบ โดยมีผู้ที่กล่าวถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องไว้ดังต่อไปนี้

เฉลิม สุจริต (2520) ได้กล่าวว่า หน่วยของวัสดุก่อสร้าง เป็นผลผลิตที่เป็นหน่วยเล็กที่สุดเป็นชิ้นเดียวมีความสมบูรณ์ในตัว รูปร่างและขนาด ต้องมีความเหมาะสมกับการใช้งานและหน้าที่ นอกจากนี้ยังได้ได้กล่าวอีกว่า ส่วนประกอบอาคาร (Component) คือ การนำส่วนย่อยหลายๆส่วนมารวมกันจนกลายเป็นส่วนประกอบที่มีขนาดโตขึ้น รูปร่างที่เกิดขึ้นแล้วแต่ความจำเป็นทาง ด้านเศรษฐศาสตร์ การผลิต หรือแล้วแต่รูปร่างโครงสร้างของอาคารหลังนั้นๆ ขนาดชิ้นส่วนในกรณีนี้อาจเรียบง่ายก็ได้ หรืออาจยุ่งยากซับซ้อน มีรูปร่างแตกต่างกันได้

Nissen (1972) ได้ให้ข้อคิดที่สำคัญเกี่ยวกับแบบอาคารในระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปไว้ดังนี้ เมื่อมีการใช้ระบบนี้อย่างกว้างขวาง วิธีการปฏิบัติจะส่งผลอย่างไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ต่อเงื่อนไขทั้งจากความใส่ใจในงานออกแบบและการผลิต ต้องมีความชัดเจนและไม่คลุมเครือ แสดงให้เห็นว่าการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้น มีความแตกต่างจากการก่อสร้างแบบปรกติที่นิยมกันเพราะมีพื้นฐานสำคัญมาจากระบบอุตสาหกรรมที่ต้องมีทั้งขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (2545) กล่าวว่าอาคารโครงสร้างเหล็กเบา ซึ่งใช้ผนังโครงคร่าวรับน้ำหนักจะมีข้อจำกัดในการออกแบบรูปด้านอาคาร การวางตำแหน่งผนังและการเจาะช่องเปิดมากกว่าระบบเสาและคาน ดังนั้นแบบอาคารที่สรุปในขั้นสุดท้าย ต้องมีความพิถีพิถันในการออกแบบที่สอดคล้องกับหลักการของระบบนี้

สมภพ สุวรรณหงส์กุล (2545) ได้กล่าวถึงการพัฒนาบุคลากรทางด้านการก่อสร้างระบบ House Framing ไว้ดังนี้ ควรทำการฝึกอบรม นักเรียน นักศึกษา ระดับอาชีวะ และปริญญาตรี ให้รู้จักระบบงานก่อสร้าง ฝึกให้เป็นมืออาชีพที่มีความคิด มีการวางแผน และนำไปปฏิบัติด้วยตนเอง เชื่อแน่ว่าจะเป็นบุคลาการที่มีคุณภาพอย่างมาก

ชวลิต นิตยะ ได้กล่าวถึงบทบาทของสถาปนิกที่มีความสัมพันธ์ต่อกระบวนการก่อสร้างด้วยอุตสาหกรรมว่า ควรจะทำให้เกิดขั้นตอนของการควบคุม 2 จุด คือการควบคุมการผลิตจากโรงงานและการควบคุมที่จุดก่อสร้าง

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมานั้น อาจกล่าวได้ว่า การออกแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป จัดเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างประเภท Panel System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โดยเป็นการนำชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบามาทำการประกอบโครงที่มีลักษณะเป็นแผ่นหรือผืน (Panel) แล้วนำแต่ละชิ้นส่วนไปประกอบติดตั้ง แสดงให้เห็นว่า มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบจาก "มาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุ" และ "รูปแบบแผ่น" นอกเหนือไปจากนั้น แนวคิดด้านเทคโนโลยีการก่อสร้างที่ใช้เทคนิคการผลิตวัสดุโครงเหล็กเบาและใช้เทคนิคการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็นสิ่งสะท้อนถึง "แบบอาคาร" อันเป็นความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงระหว่างกันโดยมีกลไกสำคัญที่ต้องคำนึงไปพร้อมกับ "กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง" ดังนั้นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบเพื่อก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป สามารถสรุปได้ 4 ปัจจัยหลัก ดังนี้

1. มาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุ
2. รูปแบบแผ่น
3. แบบอาคาร
4. กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง

จากปัจจัยทั้งหมดที่กล่าวมานั้น เป็นผลสะท้อนจากเทคโนโลยีในการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงเหล็กเบาด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ที่ต้องนำปัจจัยเหล่านี้มาเป็นข้อคำนึงถึงในการออกแบบ เนื่องจากส่งผลต่อเนื่องถึงขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้างแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมของพื้นที่ที่มีความพร้อมและความต้องการไม่เหมือนกัน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างเหล็กเบาว่ามีการศึกษาในเรื่องใดไปแล้วบ้าง ใช้วิธีการวิจัยอย่างไรบ้างและมีผลสรุปรวมทั้งข้อเสนอแนะอย่างไรบ้าง เพื่อที่จะได้เป็นแนวทางในการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลที่มีในงานชิ้นนี้ โดยส่วนหนึ่งส่วนใดของงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ต่อโครงการมีดังนี้

1 ศิริชัย ศิลปรัศมี. 2549. "โครงสร้างเหล็ก สำหรับบ้านพักอาศัย."

ศึกษารูปแบบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยความสูง 2 ชั้นที่ใช้โครสร้างเหล็ก โดยทำการศึกษาจากทั้งผู้ผลิตวัสดุโครงสร้างเหล็กรวมไปถึงวิศวกรและผู้รับเหมาที่มีประสบการณ์จากการก่อสร้างด้วยวิธีการสัมภาษณ์และสังเกต ณ สถานที่ก่อสร้างจริง ผลการศึกษา พบว่า โครงสร้างเหล็กในประเทศไทยแบ่งได้เป็น 2 ระบบ คือ โครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนัก และโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก โดยผลการวิเคราะห์จากอาคารตัวอย่างนั้น ระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนักมีข้อได้เปรียบด้านระยะเวลาการก่อสร้างที่เร็วกว่าและความเป็นมาตรฐานของวัสดุ ส่วนข้อเสียเปรียบ ได้แก่ ราคาวัสดุที่ยังแพงอยู่และขาดช่างที่มีความชำนาญใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
110437

ระบบนี้ แต่หากมีการพัฒนาให้เป็นระบบโครงสร้างเหล็กที่สมบูรณ์เต็มรูปแบบ (Dry Construction) ก็จะทำให้เป็นระบบทางเลือกที่แข่งขันกับระบบอื่นได้ในที่สุด

2 สนธพล กริชนวรักษ์. 2547. "เทคนิคการออกแบบก่อสร้างอาคารพักอาศัยชั่วคราว ระบบก่อสร้างเร็วด้วยโครงสร้างเหล็กรูปพรรณสำเร็จรูป."

เนื่องจากผู้ที่ประสบภัยมีความต้องการที่อยู่อาศัยให้เข้าสู่ภาวะปรกติได้เร็วที่สุด จึงทำให้มีการพัฒนาเป็นอาคารสำเร็จรูปในระบบอุตสาหกรรมที่สามารถผลิตได้ในปริมาณมาก จึงเป็นที่มาในการศึกษากระบวนการออกแบบ การผลิตชิ้นส่วน และการติดตั้ง โดยใช้ระบบประสานทางพิกัดในการออกแบบโครงสร้างเหล็กและติดตั้งด้วยระบบ Knock down จากการศึกษาข้อมูลและการทดสอบออกแบบก่อสร้างอาคารตัวอย่างขนาดย่อส่วน ผู้วิจัยได้มีข้อเสนอแนะว่า จะต้องเลือกระบบให้เป็นพื้นฐานในการออกแบบและกำหนดลำดับขั้นในการก่อสร้างให้คนทั่วไปที่ไม่ใช่ช่างสามารถสร้างเองได้รวมทั้งการออกแบบจุดเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วนต้องกำหนดระยะความคลาดเคลื่อนและมีการตรวจสอบอย่างชัดเจน

3 จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และ คณะ. 2547. "การศึกษาเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างบ้านด้วยโครงสร้างเหล็กเบากับโครงสร้างไม้ขนาดเล็ก."

มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของอุตสาหกรรมและผลิตภัณฑ์เหล็กในประเทศไทยที่จำเป็นสำหรับการก่อสร้างบ้านพักอาศัยซึ่งได้ออกแบบบ้านต้นแบบที่ใช้โครงสร้างเหล็กเบา และโครงสร้างไม้ขนาดเล็ก โดยการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเอกสาร การสำรวจ และการสัมภาษณ์บุคคลที่ขึ้นอยู่กับแหล่งข้อมูลและชนิดข้อมูลที่ต้องการ โดยนำผลที่ได้จากการศึกษามาใช้ออกแบบบ้านต้นแบบที่เน้นความสอดคล้องกับระบบการก่อสร้างที่จุดก่อสร้าง (Stick-built System) เพื่อให้สามารถใช้วัสดุก่อสร้างในระบบเปิด แล้วทำการเขียนแบบก่อสร้างและประมาณราคาค่าก่อสร้างเปรียบเทียบกัน สรุปผลได้ว่า

- อุตสาหกรรมเหล็กในประเทศไทยมีศักยภาพดีและมีความพร้อม
- เหล็กชุบสังกะสีที่ใช้ในโครงสร้างเหล็กเบานั้นยังมีผู้ผลิตอยู่น้อยราย และยังมีความต้องการอยู่น้อย
- ราคาบ้านโครงสร้างเหล็กเบาโดยรวมมีราคาถูกกว่าบ้านโครงสร้างไม้ขนาดเล็ก
- ระยะเวลาในการก่อสร้างทั้ง 2 ระบบไม่ต่างกันมากนัก โดยการก่อสร้างทั้ง 2 ระบบนั้นสามารถลดระยะเวลาลงได้ไม่น้อยกว่า 1/3 ของระบบคอนกรีตที่ใช้กันทั่วไป
- การพัฒนาระบบโครงสร้างเหล็กเบาในอนาคตควรเน้นในเรื่องการลดราคาและผู้ผลิตเหล็กและวัสดุก่อสร้างประกอบอื่นๆปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้สามารถติดตั้งร่วมกันได้สะดวก

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทยนั้น พบว่า ส่วนใหญ่ยังมีไม่มากเมื่อเทียบกับการก่อสร้างระบบอื่นๆ ข้อสังเกตที่สำคัญก็คือ ยังเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

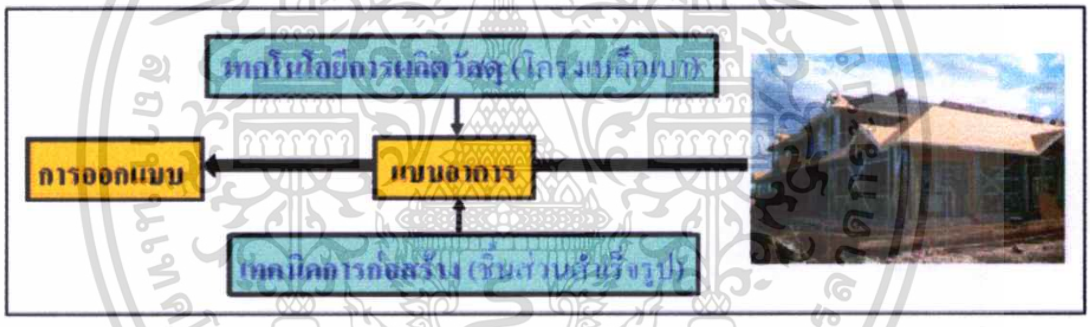
การศึกษาที่เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างเหล็กหรือเป็นตัวเปรียบเทียบกับระบบโครงสร้างอื่นๆ ยังไม่มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาในเรื่องที่เกี่ยวกับโครงสร้างเหล็กเบาโดยตรง นอกจากรายงานการประเมิน สำหรับประเด็นที่ศึกษาในส่วนของโครงสร้างเหล็กเบาในงานวิจัยที่ผ่านมา มักจะเน้นไปที่การเก็บข้อมูลในขั้นตอนการก่อสร้างจริงเป็นส่วนใหญ่ การศึกษาโครงสร้างเหล็กเบาที่เน้นการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและการสัมภาษณ์ข้อมูลเชิงลึกเพื่อให้สถาปนิกหรือคนทั่วไปที่ยังไม่เคยรู้จักกับการออกแบบด้วยโครงสร้างเหล็กเบาได้เห็นข้อแตกต่างจากโครงสร้างทั่วไปที่นิยมก่อสร้างและเข้าใจหลักการพื้นฐานของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาที่ถูกต้อง ยังไม่มีการศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม โดยเฉพาะการศึกษาระบบการก่อสร้างที่มีพื้นฐานจากระบบอุตสาหกรรมเพื่อการผลิตเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป ถึงแม้ว่า งานวิจัยที่ผ่านมาจะพยายามส่งเสริมให้เกิดระบบการก่อสร้างที่จุดก่อสร้างเพื่อให้ช่างทั่วไปสามารถใช้วัสดุที่หาซื้อได้ตามท้องตลาด แต่ในความเป็นจริงแล้วยังหาได้ค่อนข้างยากในปัจจุบัน

ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป เพื่อให้ผู้ออกแบบได้เข้าใจถึงขั้นตอนในการก่อสร้างที่เป็นผลเชื่อมโยงมาจากช่วงการออกแบบว่าส่งผลถึงกันอย่างไรและสามารถนำหลักการใช้ในการวางแผนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 กรอบแนวคิด

จากการทบทวนวรรณกรรมนั้น แสดงให้เห็นว่าอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบานี้ มีการพัฒนาเทคโนโลยีการก่อสร้างมาอย่างต่อเนื่อง โดยมีพื้นฐานจากการพัฒนาเทคนิคการผลิตวัสดุที่มีมาตรฐานสูงและมีข้อได้เปรียบจากวัสดุเดิมที่เป็นไม้ ซึ่งเป็นจุดเด่นที่สำคัญของระบบนี้ ในขณะที่เทคนิคการก่อสร้างยังคงมีหลักการที่เป็นพื้นฐานเดิม แต่จะแตกต่างกันตรงที่การใช้เครื่องมือการก่อสร้างและวิธีการบางอย่างในรายละเอียดที่มีลักษณะเฉพาะสอดคล้องกับวัสดุที่เป็นเหล็กเบา เป็นผลให้ช่าง (ในต่างประเทศ) ที่ทำการก่อสร้างในระบบนี้เป็นพื้นฐานอยู่แล้วจะต้องเรียนรู้การใช้เครื่องมือ วิธีการ และกระบวนการบางอย่างที่ต่างไปจากวัสดุเดิมที่เป็นไม้ แต่สำหรับผู้ออกแบบในประเทศไทยที่ยังไม่คุ้นเคยหรือไม่รู้จักอาคารพักอาศัยในระบบนี้ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความเข้าใจในรายละเอียดพื้นฐานของเทคโนโลยีการก่อสร้างด้วยระบบนี้ ซึ่งมีพื้นฐานมากจากระบบผนังรับน้ำหนัก เป็นฐานข้อมูลเพื่อเชื่อมโยงไปยังการออกแบบ จึงจะสามารถวางแผนการทำงานที่ดีตั้งแต่ต้นเพื่อสร้างแบบอาคารสำหรับทำการก่อสร้างได้อย่างถูกต้อง



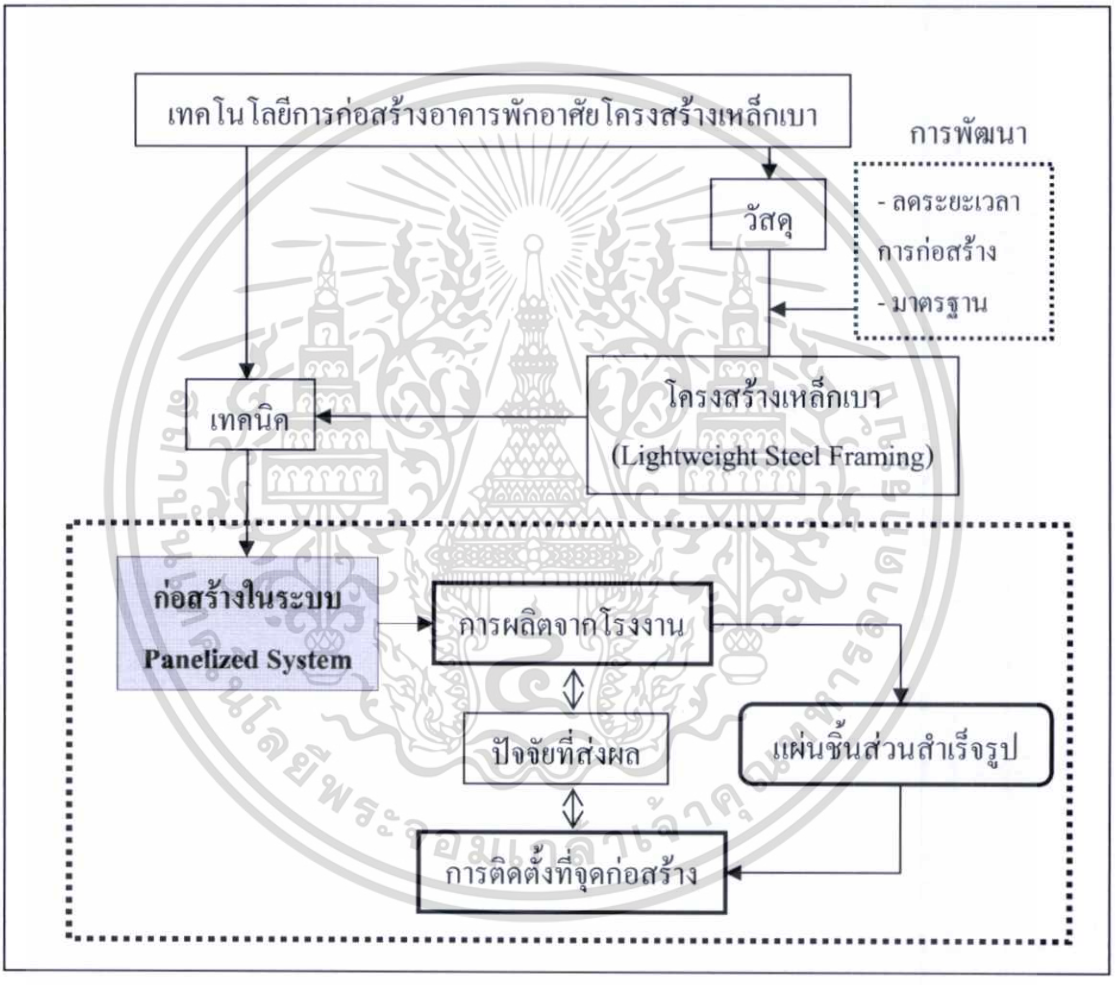
รูปที่ 2.7 แสดงการเชื่อมโยงเทคโนโลยีการก่อสร้างเข้าสู่ช่วงการออกแบบ

ดังนั้นความเข้าใจในตัวระบบการก่อสร้างจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงตั้งแต่ในช่วงการออกแบบไปพร้อมๆกับการจัดพื้นที่ใช้สอยและรูปลักษณ์ทางสถาปัตยกรรม โดยเฉพาะการออกแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในเชิงอุตสาหกรรม จำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงระบบการก่อสร้างแบบการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized System) เป็นสำคัญ

รูปที่ 2.8 แสดงความสำคัญของข้อคำนึงด้านระบบการก่อสร้างในช่วงการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในขั้นตอนการผลิตจะต้องทำการประกอบโครงขององค์ประกอบต่างๆให้มีสภาพเป็นแผ่นในโรงงาน แล้วจึงนำชิ้นส่วนแต่ละแผ่นขนส่งไปทำการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง แต่เนื่องจากการก่อสร้างในประเทศไทยมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างไปจากต่างประเทศที่เป็นผู้วางรากฐานของระบบการก่อสร้าง จึงอาจมีปัจจัยบางอย่างที่ส่งผลต่อขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาที่สะท้อนถึงลักษณะเฉพาะบางอย่างของประเทศไทย รวมถึงข้อพิจารณาในการออกแบบที่ต้องมีแนวทางอย่างสอดคล้องกับสภาพการณ์ที่เป็นอยู่ โดยกรอบแนวคิดจากการทบทวนวรรณกรรมสามารถประมวลได้ดังนี้



รูปที่ 2.9 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพที่เน้นการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการและการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อการพรรณนาให้เห็นภาพรวมและสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นหลัก เนื่องจากเรื่องที่ทำการศึกษายังไม่ค่อยมีผู้ให้ความสนใจทั้งทางปฏิบัติและทางกายภาพมากนัก ทำให้มีแหล่งข้อมูลภายในประเทศค่อนข้างน้อย จึงยังไม่เหมาะสมที่จะใช้การวิจัยเชิงปริมาณเป็นหลัก แต่ในทางปฏิบัติแล้วจะมีการใช้วิธีเชิงปริมาณเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์บางส่วนเพื่อให้เกิดความชัดเจนขึ้นในการอธิบายเท่านั้น ไม่ได้มีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการอ้างอิงตามหลักสถิติโดยตรง ในบทนี้จะเป็นการอธิบายกระบวนการดำเนินการวิจัยในหัวข้อต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดและวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ศึกษาแนวคิดและทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เอกสาร บทความ ที่เกี่ยวข้องกับระบบโครงสร้างเหล็กเบา แนวคิดในการออกแบบอาคารพักอาศัยด้วยระบบโครงสร้างเหล็กเบา จัดเป็นการศึกษาข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นแนว ทางในการทำความเข้าใจภาพรวมทั้งหมดให้สามารถประมวลวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อให้เกิดเป้าหมายในการศึกษาที่มีขอบเขตชัดเจน และสามารถสร้างสมมุติฐานในเบื้องต้น

3.2 การกำหนดตัวอย่างในการรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้นอกจากการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการแล้ว การเลือกตัวอย่างกลุ่มบุคคลที่เกี่ยวข้องเพื่อการรวบรวมข้อมูลจะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์เชิงลึกในส่วนที่อาจจะมีความแตกต่างจากข้อมูลทางเอกสาร และช่วยบรรยายสภาพการณ์ในปัจจุบันได้ชัดเจนขึ้น ทำให้สามารถนำมาประมวลผลและวิเคราะห์ได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ สำหรับวิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างนั้น จะใช้การเลือกโดยไม่ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น เนื่องจากเรื่องที่ทำการศึกษาเป็นเรื่องเฉพาะทาง อีกทั้งในช่วงการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นนั้นสามารถสำรวจสภาวะได้ว่า มีประชากรที่เชี่ยวชาญหรือมีประสบการณ์ด้านอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทยไม่มากนัก ดังนั้นจึงใช้การเลือกตัวอย่างแบบมีจุดหมาย (Purposive Sampling) เพื่อการเก็บข้อมูลได้อย่างตรงจุด โดยมีหลักข้อพิจารณาในการเลือกตัวอย่างในการเก็บข้อมูล 3 กลุ่มหลักดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ผู้เกี่ยวข้องที่มีประสบการณ์โดยตรงด้านอาคารพักอาศัยระบบโครงสร้างเหล็กเบา และเคยมีส่วนร่วมในการออกแบบหรือเข้าใจในกระบวนการทั้งระบบเป็นอย่างดี

2. ช่างหรือผู้ควบคุมงานที่มีประสบการณ์โดยตรงในการก่อสร้างอาคารพักอาศัยระบบโครงสร้างเหล็กเบามาอย่างต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 5 ปีขึ้นไป

3. ผู้เกี่ยวข้องที่มีประสบการณ์ด้านการก่อสร้างอาคารพักอาศัยในระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3.3 การรวบรวมข้อมูล

ในการรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ มีลักษณะข้อมูล 2 แบบหลัก คือ ข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิ โดยแบ่งช่วงการเก็บข้อมูลเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ซึ่งจะกล่าวถึงโดยละเอียดต่อไป สำหรับข้อมูลปฐมภูมินั้น จะเน้นที่การสัมภาษณ์บุคคลเป็นหลัก เนื่องจากเป็นแหล่งข้อมูลมีความเหมาะสมต่อการรวบรวมข้อมูลเชิงลึกสำหรับในช่วงเวลาการทำวิจัยในครั้งนี้ เพราะอาคารตัวอย่างที่กำลังทำการก่อสร้างจริงในขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนและการติดตั้งชิ้นส่วนที่จุดก่อสร้างนั้น ไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลได้โดยตรง ส่วนข้อมูลทุติยภูมินั้น สามารถรวบรวมได้จากแหล่งข้อมูลทั่วไป โดยรายละเอียดการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ มีดังนี้

3.3.1 การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

1. ช่วงการเก็บรวบรวมข้อมูลขั้นต้น เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหนังสือและเอกสารทางวิชาการทั้งในและต่างประเทศ โดยจำแนกหมวดหมู่ที่ค้นพบ ได้แก่ เอกสารเผยแพร่ หนังสือที่เกี่ยวข้องโดยตรง การวิจัยและรายงาน จากนั้นก็นำมาคัดกรองเนื้อหาที่ต้องการตามที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์

3.3.2 การรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ

1. ช่วงการรวบรวมข้อมูลขั้นต้น ทำการสัมภาษณ์จากบุคคลที่เกี่ยวข้องด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบาภายในประเทศเท่าที่ค้นพบได้ในเบื้องต้น 4 คน หลังจากนั้น ทำการแจกแจงข้อมูลที่ได้เพื่อประมวลผลการศึกษาด้านพัฒนาการในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง

2. ช่วงการรวบรวมข้อมูลเชิงลึก จากการสัมภาษณ์บุคคลที่ได้จากรวบรวมได้จากการรวบรวมข้อมูลขั้นต้น ซึ่งจะทำให้ได้รับการแนะนำผู้ที่เกี่ยวข้องเพิ่มมากขึ้นตามหลักการ Snowball ที่ทำให้ได้รับการแนะนำบุคคลเพิ่มขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้จะติดต่อขอสัมภาษณ์อย่างเป็นทางการ โดยใช้หลักการเลือกตัวอย่างและจัดประเภทกลุ่มตัวอย่างผู้เกี่ยวข้องดังที่กล่าวในหัวข้อ 3.2 ซึ่งมีทั้งหมด 13 คน จากนั้นจึงนำมาแจกแจงข้อมูลเพื่อประมวลผลการศึกษาและวิเคราะห์ในประเด็นที่กำหนด

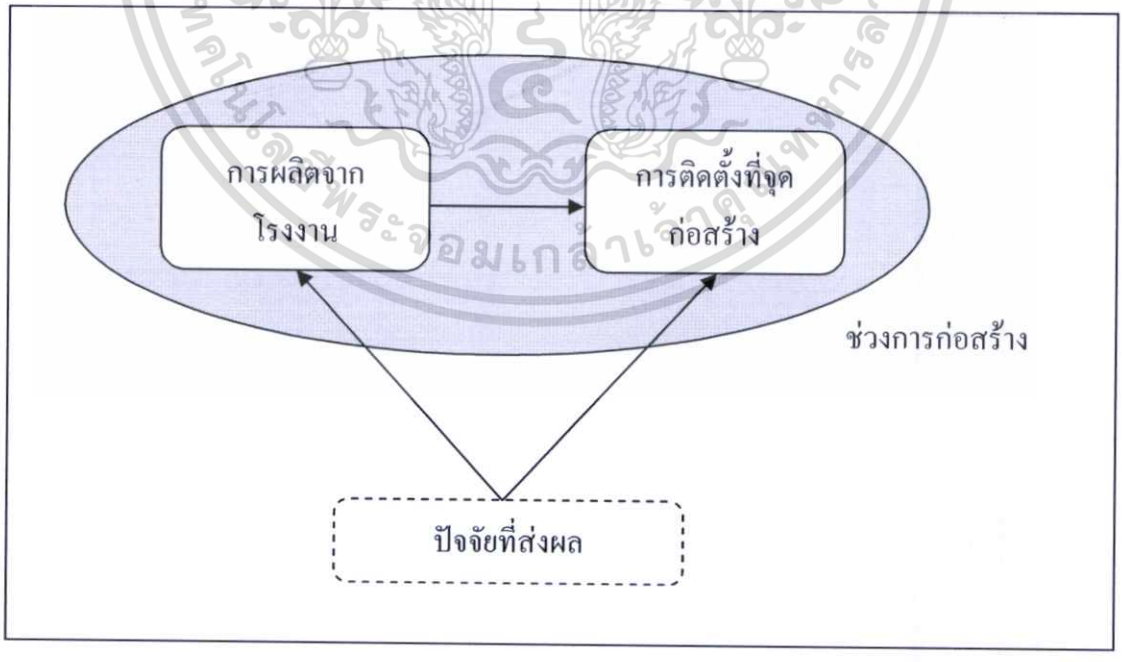
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ เป็นลักษณะการวิจัยเชิงคุณภาพ ดังนั้นลักษณะข้อมูลที่รวบรวมได้จึงไม่ใช่ค่าตัวเลขที่สามารถถูกวัดออกมาได้ชัดเจนเหมือนการทดลอง ข้อมูลที่รวบรวมได้นั้นจะอาศัยการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่ได้มีกฎหรือสูตรที่แน่นนอนตายตัวเหมือนการวิจัยเชิงปริมาณ สำหรับการสร้างเครื่องมือในการเก็บข้อมูลนั้น จะต้องอาศัยกรอบแนวคิดและสมมุติฐานมาประมวลเป็นแนวทางในการสร้าง เพื่อให้สอดคล้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษา ซึ่งจะทำให้ออกแบบและสร้างเครื่องมือได้ตรงกับประเด็นที่ต้องการจะวิเคราะห์ภายหลังจากทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงลึก ซึ่งในที่นี้ใช้วิธีการสัมภาษณ์เป็นหลักในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีปริมาณไม่มากทำให้สามารถสัมภาษณ์โดยกำหนดประเด็นไว้ล่วงหน้าเพื่อหาข้อเท็จจริงได้อย่างมีรายละเอียดมากพอ

3.4.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

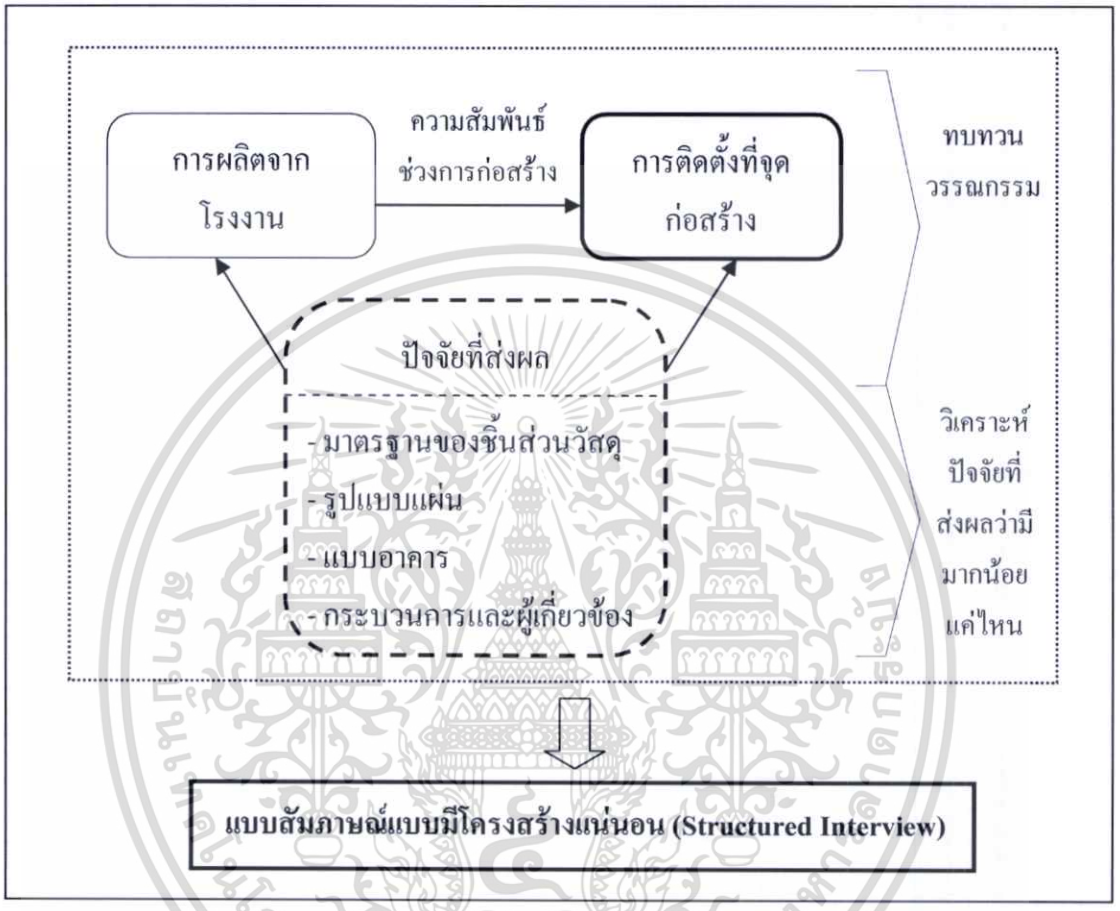
การได้มาซึ่งการตั้งคำถามและประเด็นในการสัมภาษณ์นั้น จะต้องอยู่บนพื้นฐานของสมมุติฐานที่นำไปสู่ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ต้องการศึกษา ซึ่งจะเป็นแนวทางในการสร้างแบบสัมภาษณ์สำหรับการรวบรวมข้อมูลเชิงลึก โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ทำการศึกษาโดยภาพรวมดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา เพื่อนำไปสู่การสร้างเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลเชิงลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ที่ต่อเนื่องระหว่างการผลิตจากโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้างจะมีปัจจัยที่ส่งผลเป็นตัวแปรทดสอบที่เข้ามามีอิทธิพลต่อทั้งขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง โดยสามารถสรุปความ สัมพันธ์ทั้งหมดที่นำไปสู่การสร้างเครื่องมือในการเก็บข้อมูลเชิงลึก ได้ดังนี้



รูปที่ 3.2 แสดงผลสรุปที่นำไปสู่การสร้างแบบสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูลเชิงลึก

3.4.2 การสร้างแบบสัมภาษณ์

จากความสัมพันธ์ทั้งหมดนี้ จะนำมาใช้ในการสร้างแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างแน่นอน (Structured Interview) เพื่อใช้ในการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องด้วยคำถามเดียวกันทุกคน โดยคำถามแต่ละข้อจะพยายามกำหนดตัวเลือกเพื่อจัดหมวดหมู่ของคำตอบภายหลังจากการสัมภาษณ์ โดยเผื่อตัวเลือกการตอบแบบปลายเปิด (อื่นๆ) ไว้ในแต่ละข้อ ทั้งนี้เพื่อเป็นตัวช่วยในการแยกแยะของข้อมูลที่ตอบได้อย่างชัดเจนระหว่างการตอบที่ตรงประเด็นตามตัวเลือกและการตอบที่อาจมีรายละเอียดเพิ่มเติมที่แตกต่างไปจากตัวเลือก ทั้งนี้ มิใช่เป็นการให้ผู้ถูกสัมภาษณ์เลือกตอบตามตัวเลือกที่กำหนด ทำให้สามารถจัดหมวดหมู่ของคำตอบได้ง่ายในช่วงการแจกแจงข้อมูล โดยสามารถแสดงโครงสร้างข้อมูลที่ใช้การในการสร้างแบบสัมภาษณ์ได้ดังนี้ (ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์ ดูรายละเอียดในภาคผนวก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบสัมภาษณ์

หัวข้อหลัก	ประเด็นคำถามสำคัญ		สิ่งที่ต้องการวิเคราะห์	
	การผลิตจากโรงงาน	การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง	ปัจจัยที่ส่งผล	ขั้นตอนการในก่อสร้าง
1. ชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา	- คุณภาพของวัสดุ - การตัดเป็นท่อน - การยึดชิ้นส่วน	- การตัดเสริมบางจุด - การยึดชิ้นส่วน	- มาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุ	การผลิต + การติดตั้ง
2. ประเมินองค์ประกอบพื้น ผนัง และหลังคาโดยภาพรวม	- การปรับแก้ขององค์ประกอบ (พื้น, ผนัง ,หลังคา) ที่เกิดขึ้นบ่อย - รูปแบบแผ่นขององค์ประกอบ (พื้น, ผนัง ,หลังคา)		- รูปแบบแผ่น	การผลิต + การติดตั้ง
3. องค์ประกอบพื้น 4. องค์ประกอบผนัง 5. องค์ประกอบหลังคา	- ผลจากแบบอาคาร - ปัญหาในการประกอบโครง	- ผลจากแบบอาคาร - ปัญหาในการติดตั้ง	-แบบอาคาร -กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง	การผลิต + การติดตั้ง
6. ระบบการก่อสร้าง	- บทบาทของผู้เกี่ยวข้อง - ลักษณะทางสถาปัตยกรรม - แผนการทำงาน - ปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้อง		-แบบอาคาร -กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง	การผลิต + การติดตั้ง

จากตาราง แสดงให้เห็นว่าในการสร้างแบบสอบถามนั้น จะมีหัวข้อหลักทั้งหมด 6 หัวข้อหลัก เพื่อให้ครอบคลุมตั้งแต่ ชิ้นส่วนโครงเหล็กเบา องค์ประกอบพื้น ผนัง และหลังคา และระบบการก่อสร้าง ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่ได้มาจากผลการศึกษาจากการรวบรวมข้อมูลขั้นต้น ทำให้มีแนวทางในการตั้งคำถามได้ตรงจุดอย่างมีหลักการ โดยในแต่ละหัวข้อหลักจะมีประเด็นคำถามสำคัญที่เน้นการตั้งคำถามสำหรับ 2 ขั้นตอนการก่อสร้าง คือ ช่วงที่ทำการผลิตประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงาน และช่วงที่นำชิ้นส่วนไปทำการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่แน่นอนในการสัมภาษณ์ที่ต้องการวิเคราะห์ในประเด็นดังกล่าวเป็นหลัก ส่วนประเด็นในการตั้งคำถามนั้นจะมีใจความสำคัญหลัก (Theme) ที่มาจากปัจจัยที่ส่งผลจากมาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุ รูปแบบแผ่น แบบอาคาร และสุดท้ายคือ กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง เป็นประเด็นคำถามสำคัญ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถทำการวิเคราะห์ได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลนั้น มีผลอย่างไรต่อขั้นตอนในการก่อสร้างทั้ง 2 ช่วง ทำให้สามารถวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อสรุปในตอนท้ายได้ว่าจะเป็นไปตามสมมุติฐานหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้จะได้ลักษณะข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งมาจากการรวบรวมเอกสารและการสัมภาษณ์ที่อยู่ในรูปของการบรรยาย ดังนั้นนำข้อมูลเหล่านั้นมาค้นหารายละเอียด แยกแยะและจัดระบบการแจกแจง จากนั้นจึงใช้กระบวนการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลขั้นต้นและการรวบรวมข้อมูลเชิงลึกในประเด็นที่ตั้งไว้ตามหัวข้อที่กำหนด โดยมีการวิเคราะห์ผลการศึกษาตามช่วงการเก็บข้อมูลในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์จากผลการศึกษาข้อมูลขั้นต้น

เป็นการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) หรือการอุปนัย (Inductive Approach) จากการสัมภาษณ์บุคคลและการรวบรวมข้อมูลหรือข้อเท็จจริงย่อยๆ จากแหล่งทุติยภูมิที่เป็นเอกสารเผยแพร่ หนังสือที่เกี่ยวข้อง งานวิจัย และรายงาน โดยทำการวิเคราะห์จากผลการศึกษาข้อมูลขั้นต้นที่มีหัวข้อหลักดังนี้

- การพัฒนาอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในต่างประเทศ
- การพัฒนาอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทย
- สภาพการณ์ปัจจุบันของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทย
- การก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา

2. การวิเคราะห์จากผลการศึกษาข้อมูลเชิงลึก

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลกาศึกษาที่ได้จากการตอบแบบสัมภาษณ์ ซึ่งเน้นการได้มาของข้อมูลเพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์เชิงพรรณนาจากตัวแปรที่ต้องการศึกษา ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้จะนำไปสู่การตีความและอธิบายข้อค้นพบ รวมถึงสาเหตุเพื่อสร้างข้อสรุปและข้อเสนอแนะในการวิจัยนี้ โดยผลการศึกษาข้อมูลเชิงลึกที่ทำการสรุปนั้นอาจมีการใช้วิธีการนับ (Counting) หรือการใช้สถิติ ร้อยละ มาช่วยเป็นตัวสร้างน้ำหนักประกอบการแสดงผลการศึกษาให้มีความชัดเจนขึ้นเพื่อเสริมการบรรยายเท่านั้น ไม่ได้ใช้ในเชิงของการอ้างอิงประชากรจากกลุ่มตัวอย่างตามหลักการทางสถิติแบบการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การสรุปผล

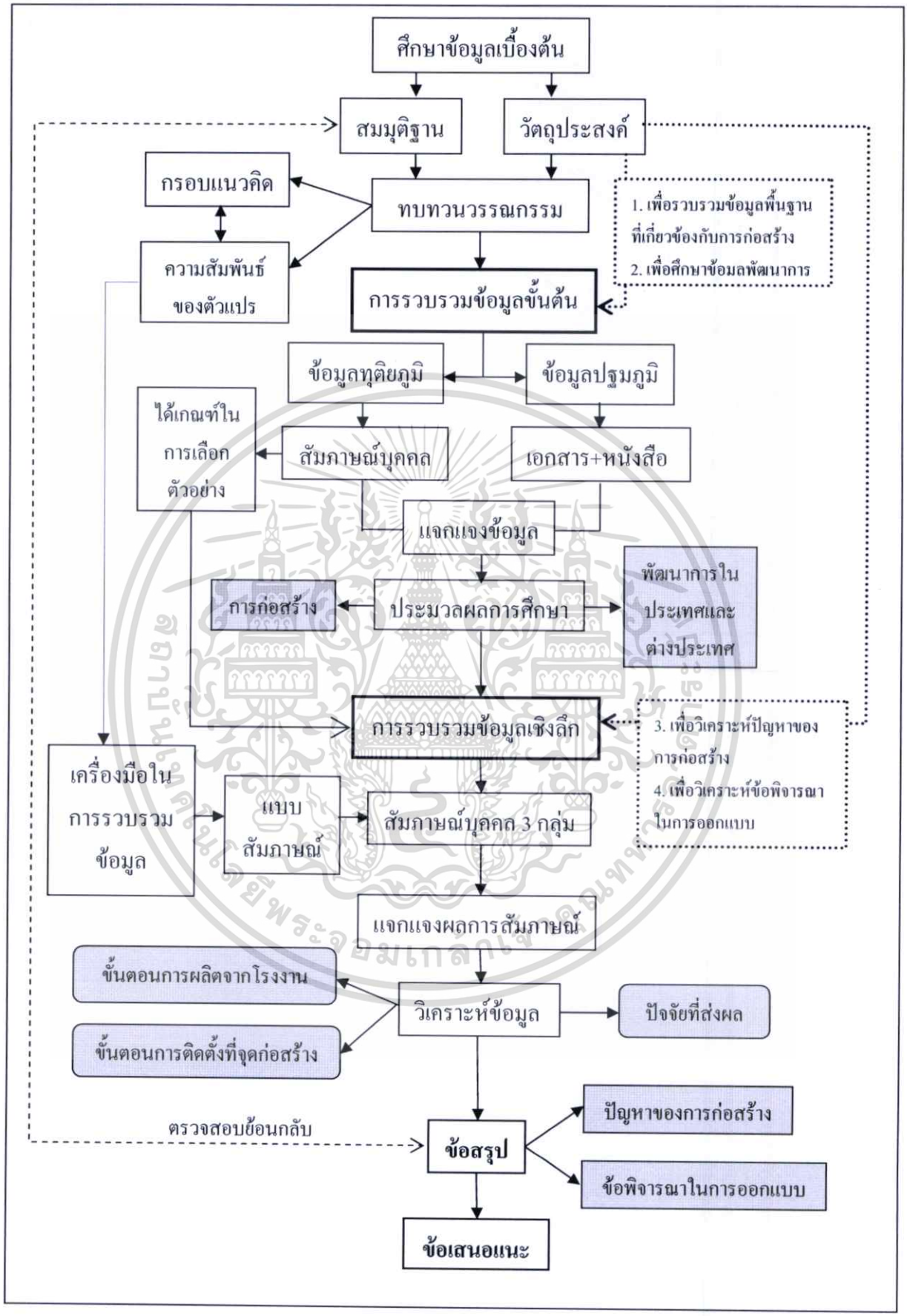
เป็นการนำผลการที่ได้จากการวิเคราะห์ไปสังเคราะห์สู่ข้อสรุปและข้อค้นพบ ตามวัตถุประสงค์และสมมุติฐานที่กำหนดไว้ รวมทั้งข้อเสนอแนะที่สำคัญ โดยมีการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบข้อความ ตารางสรุป และแผนภาพเชิงสรุปพร้อมการบรรยายโดยสังเขป

3.7 ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา ซึ่งมีแหล่งข้อมูลไม่มากนัก และเป็นระบบการก่อสร้างที่ไม่ได้ใช้เป็นหลักภายในประเทศ อีกทั้งไม่ค่อยมีการเรียนการสอนในประเทศไทย ภาพรวมของทั้งหมดของงานวิจัยนี้จึงมีแนวทางที่เน้นระเบียบวิธีการในลักษณะของการวิจัยเชิงคุณภาพเป็นหลัก และไม่ได้มุ่งที่จะศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งในรายละเอียดแบบเจาะลึกหรือการจัดกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่งลงไปเพื่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลง หรือเกิดสภาพใหม่ขึ้นแล้วศึกษาผลที่เกิดขึ้นเหมือนดั่งการวิจัยเชิงทดลอง แต่การวิจัยชิ้นนี้ มุ่งเน้นเพื่อหาคำตอบเกี่ยวกับข้อเท็จจริงของสภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของสิ่งที่กำลังศึกษาอยู่เป็นหลัก ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive Research) ที่เป็นการศึกษาภาพรวมและความเข้าใจความหมาย ดังนั้นขั้นตอนการวิจัยเชิงคุณภาพจะค่อนข้างแตกต่างกับลักษณะการวิจัยเชิงปริมาณในแง่ของความยืดหยุ่นด้านกระบวนการและวิวัฒนาการของข้อมูลที่ได้รวบรวมมา รวมถึงการมุ่งเน้นในการตีความด้วยสถิติแต่เพียงอย่างเดียว

สำหรับขั้นตอนการวิจัยในการวิจัยชิ้นนี้ มีขั้นตอนหลัก 2 ส่วน คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลขั้นต้นและข้อมูลเชิงลึกโดยทั้ง 2 ขั้นตอนได้ผ่านการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากการทบทวนวรรณกรรมมา เพื่อให้มีพื้นฐานในการเก็บข้อมูลและกำหนดขอบเขตประเด็นที่ต้องการศึกษาตามกรอบแนวคิดเริ่มแรกและสมมุติฐาน จากนั้น เมื่อทำการการเก็บรวบรวมข้อมูลขั้นต้นและเชิงลึกแล้ว จะทำการแจกแจงข้อมูลผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เพื่อสรุปผลและข้อเสนอแนะในขั้นสุดท้าย โดยสามารถสรุปขั้นตอนการวิจัยทั้งหมดโดยละเอียดได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการวิจัยทั้งหมด

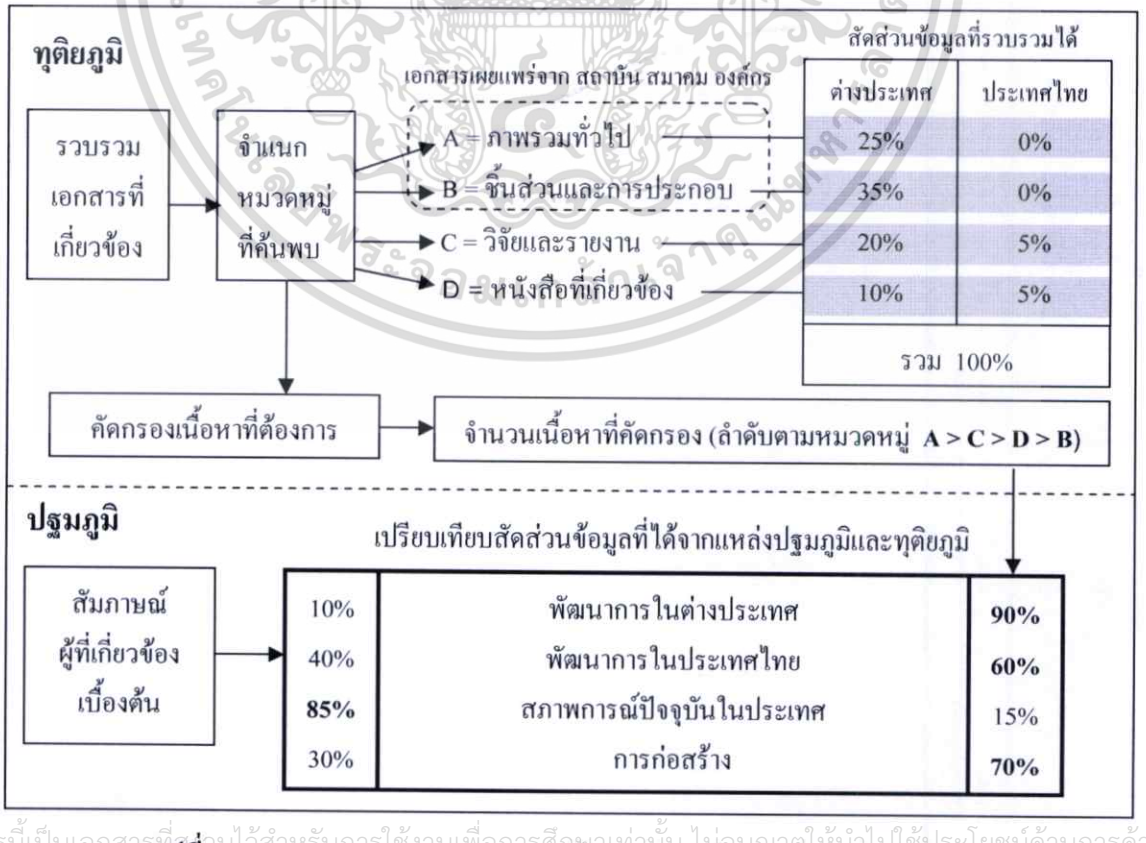
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

พัฒนาการและการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา

ในบทนี้เป็นการเรียบเรียงและประมวลผลการรวบรวมข้อมูล 2 ส่วนหลัก คือ การรวบรวมข้อมูลขั้นต้นและการรวบรวมข้อมูลเชิงลึกออกมาเป็นหัวข้อต่างๆอย่างเป็นรูปธรรม โดยการศึกษาข้อมูลขั้นต้นมีแหล่งข้อมูลหลักจากเอกสารและการสัมภาษณ์เบื้องต้น โดยจะทำการประมวลข้อมูลที่รวบรวมได้เรียบเรียงออกมาเป็นหัวข้อในประเด็นของพัฒนาการและการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาเป็นหลัก ในขณะที่การศึกษาข้อมูลเชิงลึกจะเรียบเรียงออกมาเป็นหัวข้อผลการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทย โดยก่อนที่จะเข้าสู่หัวข้อหลักต่างๆในบทนี้ ผู้วิจัยขอนำเสนอกระบวนการรวบรวมข้อมูลขั้นต้น เพื่อให้ทราบความเป็นมาของข้อมูลที่ได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการศึกษาข้อมูลขั้นต้นนั้น ได้มาจากการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิ (หนังสือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เอกสารทางวิชาการ) ทั้งในและต่างประเทศเป็นหลัก พร้อมทั้งเก็บข้อมูลปฐมภูมิโดยทำการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องเบื้องต้นด้านอาคาร โครงสร้างเหล็กเบาภายในประเทศ ซึ่งมีไม่มากนัก โดยสามารถสรุปกระบวนการได้ดังนี้



รูปที่ 4.1 แสดงกระบวนการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิโดยสังเขป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการรวมรวมข้อมูลทุติยภูมินั้น พบว่า เอกสารของต่างประเทศมีข้อมูลด้านชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบาค่อนข้างมากและมีรูปแบบที่หลากหลาย เนื่องจากมีบริษัทผู้ผลิตและผู้ก่อสร้างอาคารพักอาศัยระบบนี้ค่อนข้างมาก จึงต้องเลือกรวบรวมข้อมูลเฉพาะเอกสารที่มาจากสถาบัน สมาคม และองค์กร ที่ออกแนวทางปฏิบัติสำหรับการก่อสร้างอาคารในระบบนี้เป็นหลัก ซึ่งจะได้ข้อมูลในลักษณะภาพรวมของชิ้นส่วนวัสดุและพัฒนาการ ส่วนเอกสารภายในประเทศไทยแทบจะไม่มีเรื่องที่เกี่ยวกับอาคารโครงสร้างเหล็กเบาโดยตรงเลย ที่พบมากจะเป็นงานวิจัยและวิทยานิพนธ์ ข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับความเป็นมาของโครงสร้างเหล็กเบาที่ค่อนข้างละเอียด และพัฒนาการทั้งในและต่างประเทศ โดยข้อมูลทุติยภูมิที่คัดกรองเนื้อหาเพื่อนำมาวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลทุติยภูมิที่รวบรวมเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้เขียน/สถาบัน/องค์กร/อื่นๆ (ปี)	ชื่อบท/หัวเรื่อง ชื่อหนังสือ/เอกสาร	ลักษณะงาน	รวบรวมข้อมูลด้านเนื้อหา เรื่องที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา
Steel Framing Alliance (2007)	A builder 's guide to Steel frame construction.	เอกสารเผยแพร่	หลักการปฏิบัติทั่วไปที่จำเป็นต้องคำนึงถึงในการก่อสร้าง
Steel Framing Alliance (2008)	A Building Inspector's Guide to Steel Frame Construction.	เอกสารเผยแพร่	การตรวจสอบมาตรฐานของอาคารโครงสร้างเหล็กเบา เช่น ชิ้นส่วนวัสดุ รอยต่อ เป็นต้น
The National Association of Steel-framed Housing INC.	General Guide to Steel-framed Building.	เอกสารเผยแพร่	แนวทางการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กเบา มีประวัติความเป็นมาและหลักปฏิบัติในการก่อสร้างทั่วไป
American Iron and Steel Institute. (1993)	Fastener for Residential Steel Framing.	เอกสารเผยแพร่	กรรมวิธีการยึดติดชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาแต่ละท่อนเพื่อการประกอบโครง
Watson, K.B. Kelly, M.H. Pham, L. Gad, E.F. (2008)	The development of generic span tables for cold formed steel studs in residential and low-rise construction.	บทความจากรายงานการประชุม	พัฒนาการของหน้าตัดโครงคร่าวผนัง และความหลากของรูปแบบหน้าตัด ที่เกิดจากการพัฒนาของผู้ผลิตแต่ละราย
Scharff, Robert. (1996)	Residential Steel Framing Handbook	หนังสือ	ระบบการก่อสร้าง รายละเอียดการประกอบโครงในส่วนขององค์ประกอบ พื้น ผนัง หลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ผู้เขียน/สถาบัน/องค์กร/อื่นๆ (ปี)	ชื่อบท/หัวเรื่อง ชื่อหนังสือ/เอกสาร	ลักษณะงาน	รวบรวมข้อมูลด้านเนื้อหา เรื่องที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา
จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. (2547)	การศึกษาเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างบ้านด้วยโครงสร้างเหล็กเบากับโครงสร้างไม้ขนาดเล็ก	การวิจัย	พัฒนาการของระบบทั้งในและต่างประเทศ ขั้นตอนการผลิตวัสดุโครงเหล็กเบา เครื่องมือในการก่อสร้างและวัสดุหุ้มโครง
จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. (2547)	รายงานการประเมินผลบ้านโครงสร้างเหล็ก #5 (งานสถาปนิก 47 เมืองทองธานี)	รายงาน	ผลสำรวจความเห็นต่อบ้านตัวอย่างที่ก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็กเบา
ผู้เขียน/สถาบัน/องค์กร/อื่นๆ (ปี)	**ชื่อบท/หัวเรื่อง ชื่อหนังสือ/เอกสาร**	**ลักษณะงาน**	**รวบรวมข้อมูลด้านรูปประกอบ เรื่องที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา**
Ching, Francis D.K. (2008)	Building Construction Illustrated	หนังสือ	องค์ประกอบพื้นฐานในส่วนพื้น ผนัง
Canadian Sheet Steel Building Institute. (2005)	Lightweight steel framing , metric section properties.	เอกสารเผยแพร่	รูปแบบการระบุหน้าตัดชิ้นส่วนโครงเหล็กเบา
Canadian Sheet Steel Building Institute. (1994)	An Introduction to Residential Steel Framing	เอกสารเผยแพร่	ลักษณะของวัสดุหุ้มโครง
Lewis, Gaspar. (1995)	Carpentry	หนังสือ	ลักษณะการใช้งานของหน้าตัดชิ้นส่วนโครงเหล็กเบา
Mann, Peter A. (1989)	Illustrated Residential and Commercial Construction	หนังสือ	องค์ประกอบพื้นฐานในส่วนฐานราก
North American Steel Framing Alliance. (2000)	Low-Rise Residential Construction Details	เอกสารเผยแพร่	ภาพรวมทั้งหมดของระบบและลักษณะของวัสดุหุ้มโครง
The Hadley Group. (2005)	Structural Sections Framing	เอกสารเผยแพร่	รูปแบบการระบุหน้าตัดชิ้นส่วนโครงเหล็กเบา
Watson, K.B. Mysore, K. Gad, E.F. (2008)	Design Of Trusses With Light Gauge Cold Formed Steel Sections.	บทความจากรายงานการประชุม	องค์ประกอบพื้นฐานในส่วนหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง พบว่า ข้อมูลทุติยภูมิที่ได้หลังจากจำแนกหมวดหมู่คัดเลือกมาเพื่อทำการศึกษา แบ่งได้ 2 ส่วน ดังนี้

- ข้อมูลด้านเนื้อหา 8 รายการ ประกอบด้วย เอกสารเผยแพร่ หนังสือ รายงาน บทความจาก รายงานการประชุม และการวิจัย

- ข้อมูลด้านรูปประกอบ 8 รายการ ประกอบด้วย เอกสารเผยแพร่ หนังสือ บทความจาก รายงานการประชุม

ส่วนใหญ่เป็นเอกสารจากต่างประเทศ ที่ใช้ระบบนี้ในการก่อสร้างค่อนข้างมาก ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา (Steel Framing Alliance) ประเทศแคนาดา (Canadian Sheet Steel Building Institute) และประเทศออสเตรเลีย (The National Association of Steel-framed Housing INC.) โดยเอกสารของประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดาจะมีรายละเอียดข้อมูลค่อนข้างชัดเจนและใกล้เคียงกัน ส่วนเอกสารของประเทศออสเตรเลียจะมีการใช้คำเรียกชิ้นส่วนที่ต่างออกไป แต่มีรายละเอียดและลักษณะบางจุด รวมถึงการใช้หน่วยในระบบเมตริกที่ประเทศไทยค่อนข้างจะได้อิทธิพลมาโดยตรงมากกว่าเพราะประเทศออสเตรเลียมีการลงทุนและสร้างโรงงานอุตสาหกรรมในการผลิตและแปรรูปเหล็กรีดเย็นออกมาเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างแบบต่างๆที่ใช้กันในประเทศไทย เช่น หลังคา metal sheet แป หรือจันทันเหล็กชุบสังกะสี เป็นต้น โดยบริษัทชั้นนำของออสเตรเลียซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในประเทศไทยก็คือ บริษัท บลูสโคป สตีล (ประเทศไทย) จำกัด และ บริษัท บลูสโคป ไลสาจท์ (ประเทศไทย) จำกัด ส่วนหนังสือของต่างประเทศที่เกี่ยวกับระบบโครงสร้างเหล็กเบาโดยตรงนั้น เท่าที่พบในประเทศไทยยังมีอยู่น้อยมากเช่นกัน เนื้อหาหนังสือส่วนใหญ่มักจะเป็นหลักและวิธีการบนพื้นฐานของการใช้วัสดุไม้แปรรูปมากกว่า โดยมีการกล่าวถึงการใช้โครงสร้างเหล็กเบาเป็นส่วนเสริม เพราะหลักการพื้นฐานโดนรวมจะเหมือนกัน แตกต่างกันที่รายละเอียดการยึดต่อและการใช้เครื่องมือ ในส่วนของบทความที่เป็นรายงานผลการศึกษาและวิจัยของต่างประเทศนั้นโดยมากจะเป็นเรื่องเกี่ยวกับการทดลองหรือการทดสอบวัสดุในเชิงวิศวกรรมที่เน้นด้านการคำนวณเป็นหลัก เน้นการเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการเป็นสำคัญ ซึ่งมิได้เป็นเป้าหมายและแนวทางของการวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพที่เน้นการศึกษานำร่องและนำผลการวิจัยที่ได้ไปใช้เป็นฐานข้อมูลและองค์ความรู้เบื้องต้นสำหรับการออกแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทย ยังไม่เน้นถึงขั้นการคิดค้นออกมาเป็นรูปแบบและผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ แต่ก็สามารถนำข้อมูลรูปประกอบและเนื้อหาบางส่วนมาใช้ในด้านความเข้าใจในเรื่องพัฒนาการและองค์ประกอบพื้นฐานของอาคาร สำหรับงานวิจัยและรายงานที่เกี่ยวข้องในประเทศไทยนั้น ก็พอมีอยู่บ้างซึ่งสามารถนำมาใช้ศึกษาด้านความเห็นต่อระบบโครงสร้างนี้และพัฒนาการที่ผ่านมา รวมถึงกระบวนกระบวนการผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างเหล็กเบาได้ในระดับหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมินั้น พบว่า ในประเทศไทยมีบริษัทที่ก่อสร้างอาคารพักอาศัยระบบโครงสร้างเหล็กเบาแบบเต็มระบบน้อยมาก ประกอบกับเวลาที่จำกัด จึงทำให้การรวบรวมข้อมูลในส่วนนี้ สามารถสัมภาษณ์บุคคลได้ 4 คน โดยสรุปบุคคลที่สัมภาษณ์ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลปฐมภูมิที่ทำการสัมภาษณ์บุคคล

ชื่อ – สกุล / ตำแหน่ง	ความเชี่ยวชาญ	ข้อมูลที่ได้โดยสังเขป
คุณสมชาย สกุลอิสริยาภรณ์ -วิศวกรอาวุโส -ที่ปรึกษา บริษัท นิวโฮม คอนเซ็พท์ จำกัด	การคำนวณโครงสร้างอาคารและการจัดการระบบก่อสร้างชนิดนี้	ประสบการณ์ที่ผ่านมาในด้านปัญหา รวมถึงสภาพการณ์และข้อคำนึงที่สำคัญในการคำนวณ
คุณมังกร จินตกสิกรรม -นายช่างควบคุมงาน บริษัท นิวโฮม คอนเซ็พท์ จำกัด	ขั้นตอนการผลิตในโรงงานและการติดตั้งแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จที่จุดก่อสร้าง	ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับวัสดุและกระบวนการก่อสร้าง ทั้งการผลิตและการติดตั้ง
รศ. จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ -รองอธิการบดี (วางแผนและพัฒนา) มหาวิทยาลัยศิลปากร	ศึกษาและวิจัยระบบอาคารโครงสร้างชนิดนี้ในด้านต่างๆ	พัฒนาการทั่วไปของโครงสร้างชนิดนี้และข้อเท็จจริงด้านความก้าวหน้า
คุณอภิชาติ บุนนาค -Engineering Manager BlueScope Lysaght (Thailand)	การจัดการในระบบก่อสร้างชนิดนี้ โดย เฉพาะชิ้นส่วนองค์ ประกอบหลังคา	กระบวนการผลิตวัสดุโครงเหล็กเบาและประสบการณ์ที่ผ่านมาของลักษณะการนำไปใช้งาน

จากตาราง พบว่า บุคคลที่เป็นวิศวกรที่มีประสบการณ์ ในระบบนี้ จะสามารถให้ข้อมูลด้านรายละเอียดของกระบวนการผลิตวัสดุโครงเหล็กเบาได้อย่างละเอียดและหลักการพื้นฐานที่เป็นข้อคำนึงด้านการคำนวณว่าตัวแปรใดมีความสำคัญต่อการรับแรงของวัสดุชนิดนี้ ส่วนบุคคลที่เคยศึกษาและวิจัยในระบบนี้ สามารถให้ข้อมูลที่เป็นภาพรวมของการพัฒนาและความเป็นมาของระบบ รวมถึงปัญหาที่ส่งผลต่อความก้าวหน้าในการพัฒนาสำหรับประเทศไทย ในส่วนของช่างที่มีประสบการณ์นั้น จะให้รายละเอียดและข้อเท็จจริงด้านการประกอบโครงและการติดตั้งชิ้นส่วนที่จุดก่อสร้างได้เป็นอย่างดี นอกเหนือจากนั้น สิ่งที่ได้จากการสัมภาษณ์บุคคลเหล่านี้ก็คือ ข้อมูลด้านสภาพการณ์และบุคคลากรที่มีความรู้เกี่ยวกับระบบนี้ในประเทศไทยว่าเป็นเช่นไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 พัฒนาการของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา

จากการรวบรวมข้อมูลทั้งปฐมภูมิและทุติยภูมิร่วมกัน สามารถแสดงผลการศึกษาในประเด็นด้านพัฒนาการโดยสังเขปในต่างประเทศและในประเทศ รวมถึงสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ได้ดังต่อไปนี้

4.1.1 พัฒนาการการใช้โครงสร้างเหล็กเบาในอาคารพักอาศัยต่างประเทศ

จากการศึกษาข้อมูลด้านเอกสาร พบว่า เริ่มจากทวีปอเมริกาเหนือเป็นหลักโดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ช่วงเริ่มต้นนั้นเกิดจากระบบวิธีการก่อสร้างที่นำเข้ามาโดยผู้อพยพจากยุโรปโดยเฉพาะ อังกฤษและฝรั่งเศส และชาติต่างๆในยุโรป จนมีการผสมผสานและปรับปรุงแก้ไขเทคนิคและรูปแบบจนก้าวพ้นออกไปจากอิทธิพลของวิธีการดั้งเดิมแบบยุโรป โดยพัฒนามาเป็นรูปแบบการก่อสร้างที่ใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา (Lightweight Construction) ในระบบผนังรับน้ำหนักที่ใช้ไม้เป็นท่อนเล็กๆมาเป็นวัสดุก่อสร้างหลัก พัฒนาการของระบบที่นิยมก่อสร้างในช่วงแรก คือ บอลลูนเฟรม (Balloon Frame) ซึ่งเป็นระบบที่ต้องใช้ไม้โครงแนวตั้ง (Stud) ที่ยาวต่อเนื่องระหว่างชั้น ในเวลาต่อมาหาโครงไม้ที่ยาวต่อเนื่องได้ยาก ทำให้นิยมน้อยลง จึงมีการพัฒนามาเป็นระบบการก่อสร้างแพลตฟอร์มเฟรม (Platform frame) ที่เป็นการสร้างทีละชั้นๆโดยแยกระหว่างชุดโครงผนังและชุดโครงแผ่นพื้นทำให้ไม่ต้องใช้ชิ้นส่วนวัสดุโครงผนังที่ยาวมาก ระบบดังกล่าวจึงเป็นที่นิยมแพร่หลายในอเมริกาเหนือจนถือได้ว่าเป็นระบบการก่อสร้างที่ใช้กันแพร่หลายทั่วไป (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และ อำนาจ รัตนบัญญัติ. 2541) ต่อมาได้มีการพัฒนาการก่อสร้างอาคารด้วยเหล็กขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเฉพาะเหล็กรูปพรรณขึ้นรูปเย็น (Cold-formed Steel) เป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญที่จะมีผลต่อการพัฒนามาสู่การใช้ชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาในการก่อสร้าง สำหรับผลการศึกษาด้านพัฒนาการที่สำคัญในต่างประเทศสามารถเรียบเรียงดังนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงพัฒนาการที่สำคัญของอาคารโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศ

ประเทศสหรัฐอเมริกา	
ช่วงปี (ค.ศ)	**รายละเอียดโดยสังเขป**
1930 - 1940	รูปแบบหน้าตัดของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็นเริ่มต้นพัฒนาอย่างจริงจัง
1946	American Iron and Steel Institute สนับสนุนมหาวิทยาลัย Cornell ทำการวิจัยโดยมี Dr. George Winter เป็นแกนนำในการจัดทำข้อแนะนำในการออกแบบจนมีการออกข้อกำหนดในการออกแบบสำหรับเหล็กโครง สร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น (Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ-1)

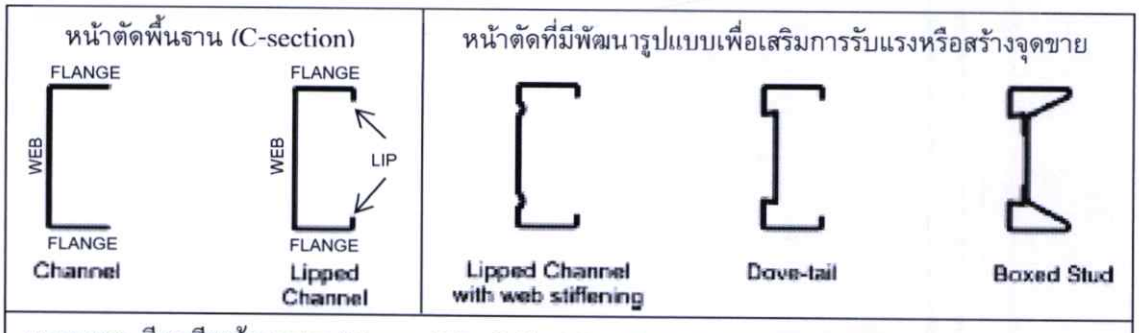
ประเทศสหรัฐอเมริกา	
ช่วงปี (ค.ศ)	**รายละเอียดโดยสังเขป**
หลังสงครามโลกครั้งที่ 2	มีการก่อสร้างอาคารทางอุตสาหกรรมและกสิกรรมที่เน้นการใช้สอยเป็นหลัก โดยใช้หลังคาและเหล็กแผ่นชุบสังกะสีที่มีช่วงพาดขนาดกลาง
1950	สามารถผลิตเหล็กแผ่นชนิดม้วน โดยเคลือบสีเหล็กแผ่นก่อนแล้วจึงนำมารีดขึ้นรูปได้เลย
1956	ตัวแทนบริษัทผลิตอาคารเหล็ก 5 แห่ง ร่วมกันก่อตั้งสมาคมผู้ผลิตอาคารเหล็ก (Metal Building Manufactures Association)
1968	ก่อตั้งกลุ่มผู้ค้าอาคารเหล็ก (Metal Building Dealers) เนื่องจากที่ผ่านมาธุรกิจอาคารเหล็กเติบโตเร็วมาก โดยให้บริการในลักษณะออกแบบและก่อสร้างรวมเบ็ดเสร็จ (design build contractor)
1983	ก่อตั้งสมาคมการก่อสร้างด้วยเหล็ก (Metal Construction Association) มีวัตถุประสงค์เพื่อขยายการใช้เหล็กในการก่อสร้างให้มากขึ้น ทั้งด้านการตลาด นวัตกรรม และการศึกษา
1990	ก่อตั้ง (Wei-Wen Yu Center for Cold-Formed Steel Structures) โดยมหาวิทยาลัย Missouri-Rolla ภายใต้การนำของ Wei-Wen Yu และการสนับสนุนจาก American Iron and Steel Institute โดยเน้นการพัฒนาและวิจัยเหล็กขึ้นรูปเย็นโดยตรง การจัดประชุมวิชาการ
1998	ก่อตั้ง (Steel Framing Alliance) เพื่อกระตุ้นการใช้ชิ้นส่วนเหล็กขึ้นรูปเย็นในการก่อสร้างอาคารพักอาศัยระบบ framing ส่งเสริมการใช้โครงคร่าวเหล็กเบาและเชื่อมโยงข้อมูลผลิตภัณฑ์ของบริษัทผู้ก่อสร้าง (Builder) รวมทั้งเป็นผู้รับรองงานวิจัยและตีพิมพ์เผยแพร่ข้อมูลด้านแนวทางปฏิบัติต่างๆ
1999	ก่อตั้ง (Steel Stud Manufacturers Association) ซึ่งเป็นการรวมตัวกันของบริษัทที่ผลิตชิ้นส่วนโครงคร่าวที่มีหน้าตัดแบบต่างๆ ที่ใช้กับอาคารโครงสร้างเหล็กเบา ตีพิมพ์เอกสารเผยแพร่ทางเทคนิคต่างๆ
ประเทศออสเตรเลีย	
ช่วงปี (ค.ศ)	**รายละเอียดโดยสังเขป**
1940	ความขาดแคลนของวัสดุที่ใช้ก่อสร้างอาคาร นำไปสู่การการพัฒนาระบบโครงเหล็กโดยการใช้หน้าตัดเหล็กที่เคลือบด้วย Bitumen
1960	เริ่มมีการใช้โครงเหล็กชุบสังกะสีที่มีความหนาพื้นฐาน 1.6 มม. (Base material)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ-2)

ประเทศออสเตรเลีย	
ช่วงปี (ค.ศ)	**รายละเอียดโดยสังเขป**
1968	เป็นครั้งแรกที่มีการใช้โครงเหล็กชุบสังกะสีหน้าตัดแบบ channel ที่มีความหนา 1.2 มม. และผู้ประกอบชิ้นส่วนแต่ละรายได้พัฒนาระบบโครงเหล็กเบาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่นั้นมา จนถึงทุกวันนี้
1982	ก่อตั้ง (The National Association of Steel-framed Housing INC.) เพื่อส่งเสริมข้อมูลด้านอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา โดยมีสมาชิกเป็นบริษัทผู้ก่อสร้างที่เชี่ยวชาญและ suppliers ผลิตภัณฑ์ต่างๆ
หมายเหตุ เรียบเรียงข้อมูลจาก (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. 2547) (The National Association of Steel-framed Housing INC) และ (American Iron and Steel Institute)	

จากการสัมภาษณ์ รศ. จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ ถึงลักษณะการทำงานในทางปฏิบัติของอาคารโครงสร้างเหล็กเบาในต่างประเทศนั้น พบว่า โดยทั่วไปสถาปนิกต้องมีพื้นฐานด้านการเขียนแบบก่อสร้างในระบบนี้ เมื่อทำการออกแบบอาคารแล้วก็ให้บริษัทผู้ก่อสร้าง (Builder) ไปดำเนินการในเรื่องของการก่อสร้าง ใน ขณะที่องค์กลางหรือหน่วยงานต่างๆที่ศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับระบบโครงสร้างเหล็กเบาเป็นผู้ออกมาตรฐานและคู่มือในการทำงาน ข้อสังเกตประการหนึ่งของการพัฒนาในต่างประเทศก็คือ บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาหรือบริษัทผู้ก่อสร้างสร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็กเบาที่ดำเนินการในระบบอุตสาหกรรมอย่างครบวงจรที่รับผิดชอบตั้งแต่การออกแบบ การผลิตชิ้นส่วนและประกอบโครงในโรงงานของตัวเอง จนถึงการก่อสร้างอาคาร ต่างก็มีการพัฒนารูปแบบหน้าตัด เทคนิคการผลิตวัสดุและเทคนิคการก่อสร้างเพื่อสร้างจุดขายทางการตลาดที่เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละราย ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลในเอกสารที่มีการกล่าวถึงความหลากหลายของรูปแบบและปัญหาในการระบุใช้ชิ้นส่วนโครงสร้างเหล็กเบา เช่น โครงคร่าวหลัก (Stud) สำหรับผู้ออกแบบทั่วไป (Watson, K.B. Kelly, M.H. Pham, L. Gad, E.F. 2008)



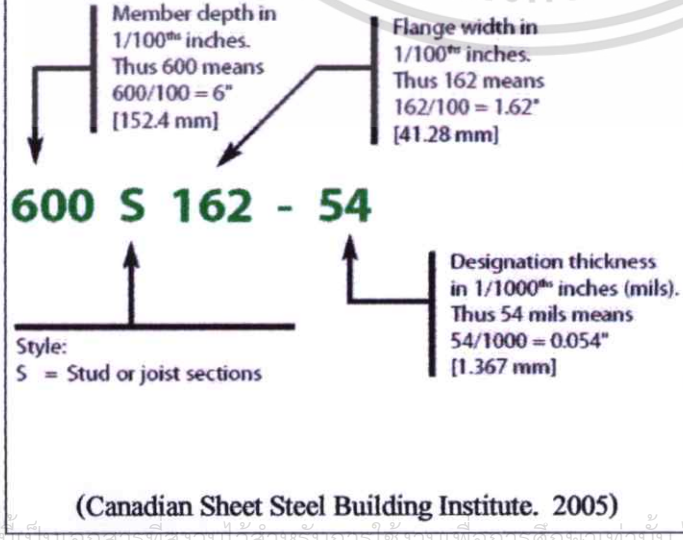
หมายเหตุ เรียบเรียงข้อมูลจาก (Watson, K.B. Kelly, M.H. Pham, L. Gad, E.F. 2008)

รูปที่ 4.2 แสดงความหลากหลายของชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาในส่วนของคร่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาจากเอกสารเผยแพร่จาก สถาบัน สมาคม และองค์กร ที่เกี่ยวข้องกับระบบอาคารโครงสร้างเหล็กเบาในต่างประเทศ ยังค้นพบอีกว่า จะมีการบอกขนาดหรือให้ระยะและการเรียกชื่อที่เป็นมาตรฐานคล้ายคลึงกัน แต่ต่างกันในรายละเอียดที่หน่วยงานในแต่ละประเทศกำหนด เช่น หน่วยที่ใช้ในการวัด การเรียงลำดับอักษรหรือตัวเลขที่ถูกปรับรูปแบบให้ง่ายขึ้น โดยลักษณะเด่นของการระบุหน้าตัดในประเทศ มีตัวอย่างดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงตัวอย่างรูปแบบการระบุหน้าตัดชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาของประเทศต่างๆ ที่นิยมทำการก่อสร้างในระบบนี้

รูปตัวอย่าง / อ้างอิง	ประเทศ / ระบบหน่วย	ข้อสังเกตและลักษณะเด่น
(Steel Framing Alliance. 2008)	สหรัฐอเมริกา ระบบ Imperial	ใช้ตัวย่อ STUFL ในการระบุสัญฐานของหน้าตัด และแปลงตัว เลขในระบบนิ้วที่การให้มิติด้านลึกและแคบเป็นเลขลงตัว 3 หลัก ส่วนความหนาแปลงเป็นเลขลงตัว 2 หลักโดยมี ”– “ คั่นก่อน มีหน่วยที่เรียกว่า mils
 (Canadian Sheet Steel Building Institute. 2005)	แคนาดา ระบบ Metric + Imperial	ขึ้นอยู่กับบางพื้นที่ของประเทศว่ามีอิทธิพลดั้งเดิมของการใช้หน่วยแบบใด ดังนั้นในเอกสารที่กล่าวถึงจะพยายามใช้ทั้ง 2 ระบบควบคู่ โดยการระบุในระบบ Imperial จะใช้รูปแบบเดียวกับสหรัฐอเมริกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

รูปตัวอย่าง	ประเทศ / ระบบหน่วย	ข้อสังเกตและลักษณะเด่น
L07035100550 Designation X-DDD-BB-TTT-GGG where X is the shape code (L = lipped channel. C = unlipped channel) DDD is the depth of the section in mm (d) BB is the width of the flange in mm (b) TTT is the base metal thickness x 100 (t) eg 0.55 is represented by 055 GGG is the yield stress in MPa (Watson, K.B. Kelly, M.H. Pham, L. Gad, E.F. 2008)	ออสเตรเลีย ระบบ Metric	มีการใช้ตัวย่อในการระบุสัณฐานของหน้าตัด แต่มีความหมายเฉพาะตัวและอยู่หน้าสุด ด้านลึกเป็นเลข 3 หลัก ด้านแคบเป็นเลข 2 หลัก ส่วนความหนาถูกปรับให้เป็นเลข 3 หลัก และมีการระบุค่า yield strength เป็นเลข 3 หลักเพิ่มมา
 (The Hadley Group. 2005)	อังกฤษ ระบบ Metric	การเรียงลำดับเหมือนกับสหรัฐอเมริกาและแคนาดา แต่การใช้ตัวย่อระบุสัณฐานของหน้าตัดจะต่างกันบ้างมิติด้านลึกและแคบจะระบุค่าที่วัดได้จริงตามตัวเลข ยกเว้นความหนาจะแปลงให้เป็นเลข 2 หลัก
หมายเหตุ mil หมายถึง 1/1000 inch (ค่าความหนาของแผ่นโลหะ = 1/1000 นิ้ว)		

จากการศึกษารูปแบบการระบุหน้าตัดชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาของประเทศที่สำคัญดังตาราง พบว่า มีรูปแบบการเรียงข้อมูลของ มิติ สัณฐานของหน้าตัด และความหนา คล้าย คลึงกัน แต่มีความแตกต่างของระบบการแปลงตัวเลขไม่เหมือนกัน โดยสามารถสรุปข้อสังเกตที่สำคัญได้ดังนี้

1. มีการใช้ตัวย่อในการระบุสัณฐานของหน้าตัดเพื่อสร้างความเข้าใจ โดยมักจะวางตำแหน่งไว้เป็นลำดับที่ 2 หรืออยู่หน้าสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การระบุมิติโดยทั่วไปจะพยายามแปลงรูปแบบตัวเลขที่เป็นเศษส่วนหรือมีจุดทศนิยมให้เป็นตัวเลข 2- 3 หลักที่ดูเรียบง่ายด้วยการสมมุติเงื่อนไขเฉพาะตัวหรือสร้างหน่วยใหม่ขึ้นมา ซึ่งต้องเข้าในรายละเอียดของแต่ละประเทศ

3. มิติความหนา จะถูกแปลงรูปแบบตัวเลขมากที่สุด เนื่องจากเป็นค่าที่มักจะต้องมีจุดทศนิยมเสมอ

4. ค่าการระบุมิติโดยส่วนใหญ่ จะไม่สามารถวัดค่าแท้ได้ตามความเป็นจริงของตัวเลข (โดยเฉพาะในระบบ Imperial) เป็นเพียงค่าเชิงสัญลักษณ์เพื่อรูปแบบการระบุที่เรียบง่ายเท่านั้น จึงเป็นเรื่องสำคัญมากในการก่อสร้างระบบนี้ ที่จะต้องทราบหลักการพื้นฐานการระบุหน้าตัดชิ้นส่วนของประเทศต่างๆที่เป็นต้นทาง

เมื่อมองภาพรวมของการพัฒนาอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในต่างประเทศ จะเห็นได้ว่า เริ่มต้นมาจากความต้องการด้านวัสดุที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าไม้ โดยนำมาใช้กับพื้นฐานของระบบการก่อสร้างทั่วไปที่ใช้กันอยู่ และสามารถตอบสนองกับการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมที่มีความต้องการด้านปริมาณของอาคารจำนวนมาก จึงทำให้มีองค์กรต่างๆเกิดขึ้นมารองรับ ทั้งในด้านการค้นคว้าเพื่อสร้างมาตรฐานหลักอย่างเป็นรูปธรรม การเผยแพร่ข้อมูล ส่งเสริมการผลิตวัสดุและการก่อสร้างให้แก่ผู้ประกอบการอย่างเป็นระบบ จึงทำให้การพัฒนาโดยรวมมีความต่อเนื่องทั้งในด้านบุคคลากรและกระบวนการทำงาน

4.1.2 พัฒนาการการใช้โครงสร้างเหล็กเบาในอาคารพักอาศัยประเทศไทย

จากการรวบรวมข้อมูลด้านเอกสารและการสัมภาษณ์บุคคลพบว่า มีสถาบันหรือองค์กรที่เผยแพร่ข้อมูลหรือกำหนดมาตรฐานและหลักปฏิบัติเพื่อก่อสร้างในระบบนี้น้อยมาก ที่ใกล้เคียงพอจะกล่าวถึงได้ มีดังนี้

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2131-2545 (เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีโดยกรรมวิธีจุ่มร้อนและเคลือบสี : แผ่นม้วนและแผ่นตัด) ที่มีทั่วไปตามท้องตลาด เช่น หลังคา metal sheet

- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) มีการกำหนดมาตรฐานสำหรับอาคารเหล็กรีดเย็น พิมพ์ครั้งที่ 3 พ.ศ. 2541 ซึ่งเป็นรายละเอียดข้อกำหนดในการคำนวณสำหรับวิศวกรโดยตรง

- สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย(สลท.) มีรายงานการประเมินผลอาคารพักอาศัยตัวอย่างโครงสร้างเหล็กเบาในงานสถาปนิกที่เมืองทอง ฉบับปี พ.ศ. 2546 และ ฉบับปี พ.ศ. 2547 ธานี ซึ่งจัดทำโดย รศ. จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. เป็นผลสำรวจความคิดเห็นด้านต่างๆจากกลุ่มผู้เข้าชมงาน

สำหรับผลการศึกษาด้านพัฒนาการที่สำคัญในประเทศไทยสามารถสามารถเรียบเรียงดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงพัฒนาการที่สำคัญของอาคารโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทย

ประเทศไทย	
ช่วงปี (ค.ศ)	**รายละเอียดโดยสังเขป**
1982	บริษัท ไทยผลิตภัณฑ์ยิปซัม จำกัด ได้นำเข้าโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี จากสหรัฐอเมริกามาจำหน่ายควบคู่กันกับแผ่นยิปซั่ม ที่ใช้กับระบบฝ้าเพดานและระบบผนังเบา TG-RONDO และได้พยายามนำเอาเทคโนโลยีการก่อสร้างบ้านด้วยโครงสร้างเหล็กเบาของต่างประเทศมาบริการให้กับลูกค้าด้วย
1984	มีการสร้างบ้านเพื่อใช้เป็นสำนักงานขายของบริษัท การ์เด้นท์ โฮม วิลเลจ จำกัด โดยใช้เหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น (เสาและคาน) ผสมกับโครงคร่าวผนังเหล็กชุบสังกะสี ระบบการก่อสร้างดังกล่าวได้นำไปใช้สร้างบ้านตัวอย่างในโครงการการ์เด้นท์ โฮม วิลเลจ และหลังจากนั้นถูกนำไปใช้ในโครงการบ้านพักอาศัยและบ้านพักตากอากาศบางโครงการ
1988 - 1997	มีหลายบริษัท ทั้งที่เป็นของคนไทยและต่างประเทศ มีความพยายามเปิดตลาดการสร้างบ้านด้วยระบบโครงสร้างเหล็กเบาโดยการสร้างบ้านตัวอย่าง บ้านทดลองสร้าง และบ้านบางหลังในหลายโครงการหมู่บ้าน เพื่อให้ลูกค้าที่มาดูบ้านในแต่ละโครงการได้รู้จักและเกิดความต้องการเชิงปริมาณในอนาคต ซึ่งบ้านที่สร้างเหล่านั้นมีหลักการคล้ายคลึงกัน โดยใช้โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีเป็นโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก ผิวสำเร็จภายนอกเป็นผนังปูนฉาบบนตะแกรงเหล็ก (Stucco) และภายในกรุด้วยแผ่นยิปซั่ม เป็นส่วนใหญ่ บางบริษัทก็มีการนำระบบผนังแบบ EIFS (Exterior insulation and finish system) มาใช้ (เป็นลักษณะการบุด้วยแผ่นฉนวนกันความร้อนบนหน้าโครงคร่าวภายนอกแล้วทำผิวสำเร็จทับหน้า) ส่วนวัสดุที่บรรจุระหว่างโครงคร่าว ไม่ว่าจะเป็นฉนวนกันความร้อนหรือวัสดุพิเศษแบบอื่นๆ ก็จะมีรายละเอียดที่แตกต่างกันไปตามแต่ละบริษัท
	ผลปรากฏว่า เกือบทั้งหมดไม่ประสบความสำเร็จด้านการตลาดเท่าที่ควร บางโครงการขายไม่ได้จึงต้องยกเลิกไป ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วยังไม่เป็นที่ยอมรับสำหรับคนไทย เพราะยังเคยชินอยู่กับระบบการก่อสร้างแบบ ค.ส.ล. ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่เมื่อสัมผัสหรือเคาะที่ผนังจะให้ความรู้สึกแน่น แตกต่างจากระบบโครงสร้างเหล็กเบาที่ให้ความรู้สึกกลวง คนทั่วไปจึงมักคิดว่าไม่แข็งแรง ที่สำคัญในช่วงเวลานั้นเกิดวิกฤตเศรษฐกิจร่วมด้วยจึงได้เปลี่ยนไปใช้ระบบการก่อสร้างทั่วไปแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ประเทศไทย	
ช่วงปี (ค.ศ)	**รายละเอียดโดยสังเขป**
หลังปี 1998	ระบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาก็ได้เริ่มเปิดตลาดใหม่อีกครั้ง
2001 - 2004	เมื่อเศรษฐกิจเริ่มดีขึ้น จึงมีโครงการในช่วงนี้มากขึ้นและมีความพยายามจากหลายฝ่ายที่จะส่งเสริมและผลักดันทั้งในด้านวิชาการและความร่วมมือกับกลุ่มผู้ผลิตวัสดุก่อสร้างจนเริ่มเป็นที่ยอมรับในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะเรื่องความรวดเร็วในการก่อสร้าง แต่ก็ยังไม่สามารถที่จะทำให้เป็นที่ยอมรับได้มากเท่าไร เนื่องจากยังไม่มีการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมอย่างจริงจัง
หมายเหตุ เรียบเรียงข้อมูลจาก (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. 2547) และ รายงานการประเมินผลบ้านโครงสร้างเหล็ก #5 งานสถาปนิก '47 เมืองทองธานี	

เมื่อมองภาพรวมของการพัฒนาอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทย จะเห็นได้ว่า มีความพยายามที่จะผลักดันให้เกิดระบบนี้ขึ้นในประเทศ แต่เนื่องจากไม่มีการเรียนการสอนในสถาบันการศึกษาอย่างจริงจัง บุคคลกรแต่ละฝ่ายจึงไม่เห็นความสำคัญเทียบเท่ากับระบบการก่อสร้างตามแบบที่เคยปฏิบัติกันมา อีกทั้งทัศนคติของประชาชนทั่วไปยังมีความเข้าใจว่าไม่แข็งแรง เนื่องจากลักษณะโครงสร้างดูไม่หนักแน่นและทึบตันแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กผนังก่ออิฐฉาบปูนแบบทั่วไป จึงทำให้ไม่ค่อยมีองค์กรใดๆ เห็นความสำคัญต่อการส่งเสริมให้เกิดการผลิตและการก่อสร้างในเชิงพาณิชย์อย่างจริงจัง จึงทำให้ไม่มีมาตรฐานหรือหลักปฏิบัติใดๆเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม

4.1.3 สภาพการณ์ปัจจุบันของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทย

จากการสัมภาษณ์ รศ. จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และ คุณสมชาย สกุลอิสริยาภรณ์ พบว่า ให้ข้อมูลด้านสภาพการณ์ในประเทศไทยได้ดีกว่าการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่ยังมีการกล่าวถึงน้อยมาก โดยการสัมภาษณ์ในขั้นนี้ได้ข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงของปัญหาด้านต่างๆ ในปัจจุบันที่ทำให้ระบบนี้ยังไม่แพร่หลายในวงกว้างสำหรับการก่อสร้างในประเทศไทย โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1.3.1 สภาพการณ์ปัจจุบันด้านการพัฒนา

1. ทัศนคติความคิดที่มักประเมินคุณค่าระบบการก่อสร้างแบบใหม่เร็วเกินไป พอมีปัญหาเกิดขึ้นมาในบางจุดก็มักจะสรุปทันทีว่าเป็นระบบไม่ดี โดยไม่สนใจร่วมมืออย่างจริงจังให้เกิดการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไม่เกิดความต่อเนื่องในการสานต่อด้านความรู้ เนื่องจากที่ผ่านมาเป็นความสนใจตามกระแสและสภาพเศรษฐกิจในช่วงเวลานั้น จึงไม่เกิดการพัฒนาอย่างจริงจังให้เหมาะสมกับการสร้างในประเทศไทย

4.1.3.2 สภาพการณ์ปัจจุบันด้านบุคลากรและกระบวนการทำงาน

1. การขาดผู้รู้และเข้าใจในเรื่องการจัดการด้านการเตรียมงานก่อนการก่อสร้างหรือ Preconstruction Preparation เนื่องจากในประเทศไทยยังมีการก่อสร้างด้วยระบบนี้ค่อนข้างน้อยและยังไม่มีปริมาณมากพอที่จะทำให้เกิดการพัฒนาด้านระบบการจัดการที่เป็นรูปธรรม

2. วิศวกรและสถาปนิกส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจภาพรวมในการก่อสร้างด้วยระบบนี้ ทำให้ไม้สามารถเห็นภาพและปัญหาที่ต้องเกิดหลังจากมีแบบออกมาจนเป็นชิ้นส่วนที่ประกอบโครงเรียบร้อยพร้อมทำการติดตั้งในขั้นตอนการก่อสร้างจริง

3. ผู้ทำการก่อสร้างหรือผู้รับเหมา (Builder or Contractor) ส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยกับระบบนี้ ทำให้การติดตั้งชิ้นส่วนไม่ถูกต้องหรือขาดความมั่นใจในการก่อสร้างด้วยระบบนี้

4. เมื่อมีการสรุปแบบในขั้นสุดท้าย ผู้ทำการก่อสร้างหรือผู้รับเหมา และผู้ประกอบโครง (Framer) จะได้รับแบบไปดำเนินการเพื่อเตรียมการก่อสร้าง โดยที่ต่างฝ่ายต่างก็เน้นการทำงานในส่วนที่ตนเองมีความถนัด ไม่ค่อยมีการประสานงานระหว่างกัน จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในระหว่างการก่อสร้างค่อนข้างมาก

จากผลการศึกษาข้อมูลขั้นต้นนั้น พบว่า มีปริมาณความต้องการอาคารในระบบนี้น้อยมาก แต่ที่ผ่านมายังคงใช้ระบบการก่อสร้างแบบ Panelized System ซึ่งน่าจะมีความเหมาะสมกับปริมาณงานในเชิงอุตสาหกรรมมากกว่า แต่ในสภาพปัจจุบันเป็นการออกแบบหรือปรับปรับแบบจากระบบอื่นมาทำการก่อสร้างอาคารแบบหลังต่อหลังตามความต้องการของลูกค้ารายเดี่ยว ที่ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงแบบบางจุดภายหลังจากการสรุปแบบในขั้นสุดท้ายไปแล้ว อีกทั้งช่างที่มีประสบการณ์ในระบบนี้ก็มีไม่มาก จากสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ แสดงให้เห็นว่าสภาพการณ์ด้านปริมาณงานเป็นสิ่งที่มีผลต่อระบบการก่อสร้างแบบการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized System) ในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การเปรียบเทียบการพัฒนาอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาระหว่างประเทศไทยและต่างประเทศ

จากการรวบรวมข้อมูลขั้นต้น สามารถวิเคราะห์ถึงการพัฒนาอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทยว่ามีความแตกต่างกับต่างประเทศอย่างไรบ้าง โดยสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบการพัฒนาอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา

ต่างประเทศ	ประเทศไทย
1. มีการค้นคว้า ออกข้อกำหนดและมาตรฐานในการรองรับการก่อสร้าง รวมทั้งการส่งเสริมการผลิตชิ้น ส่วนวัสดุและกระบวนการในระบบอุสาหกรรม	1. ไม่มีการก่อสร้างอาคารระบบนี้ในปริมาณที่มากพอจะให้เกิดการทำในระบบอุตสาหกรรมที่จริงจัง และยังไม่มีการออกข้อกำหนดและมาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างในประเทศไทย
2. ค่าแรงงานในการก่อสร้างแพง ทำให้ต้องพัฒนาระบบการ ก่อสร้างที่ใช้วัสดุได้อย่างคุ้มค่าและใช้เวลาในการก่อสร้างน้อย	2. เป็นการก่อสร้างแบบหลังต่อหลัง ที่มีการปรับแก้แบบในช่วงการผลิตชิ้นส่วนและการติดตั้งที่จุดก่อสร้างอยู่
3. มีโปรแกรมในการออกแบบและคำนวณโครงสร้างพร้อม เทคนิคการผลิตวัสดุในระดับสูง	3. สามารถผลิตและขึ้นรูปหน้าตัดในประเทศได้ แต่ยังต้องสั่งวัตถุดิบจากต่างประเทศเข้ามา
4. มีองค์กรต่างๆส่งเสริมให้เกิดการทำงานวิจัยและมีการรวม กลุ่มของผู้ผลิตและผู้ก่อสร้างอาคารเหล็ก ทำให้มีการพัฒนาอย่างเป็นระบบ	4. มีความคุ้นเคยกับการก่อสร้างในระบบเสาและคาน จึงมักใช้โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีในส่วนผนังไม่รับน้ำหนัก การก่อสร้างในระบบอย่างเต็มรูปแบบยังมีอยู่น้อย
5. มีความสามารถในการผลิตวัสดุเหล็กที่มีกำลังสูง ทำให้มีความหนาน้อยลงและเบาขึ้น	5. เนื่องจากไม่มีการก่อสร้างปริมาณมาก จึงไม่คุ้มในการผลิตชิ้นส่วนที่มีหน้าตัดที่หลากหลาย เพราะใช้ได้ไม่หมด

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในต่างประเทศนั้น ค่อนข้างมีความเอื้ออำนวยให้เกิดการพัฒนาได้อย่างเป็นรูปธรรมมากกว่าประเทศไทยเป็นอย่างมาก ทั้งการส่งเสริมด้านงานวิจัย การรวมตัวกันระหว่างผู้ผลิตและผู้ก่อสร้าง รวมถึงมีการค้นคว้าเพื่อออกข้อกำหนดและมาตรฐานในการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบ ในขณะที่ประเทศไทยยังมีข้อจำกัดด้านปริมาณงาน ที่ยังเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาสิ่งต่างๆได้อย่างจริงจัง จึงทำให้ปัจจัยเสริมด้านอื่นที่สำคัญ ไม่ว่าจะเป็นข้อกำหนดและมาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศไทยหรือความสามารถในการผลิตหน้าตัดที่มีความหลากหลาย และการฝึกหัดช่างเพื่อรองรับการก่อสร้างในระบบนี้ รวมถึงขาดการส่งเสริมด้านการศึกษาสำหรับก่อสร้างในระบบนี้แก่ผู้ออกแบบ เช่น สถาปนิกหรือวิศวกร ให้สามารถเข้าใจหลักการพื้นฐานเบื้องต้นเพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งของการเลือกใช้ระบบก่อสร้างที่นอกเหนือจากระบบที่คุ้นเคย (โครงสร้าง ค.ส.ล. ผนังก่ออิฐฉาบปูน) หรือนำมาใช้ร่วมกันให้มากขึ้นในโครงการออกแบบอาคารพักอาศัยไม่เกิน 2 ชั้น ที่ในปัจจุบันมีโครงการบ้านจัดสรรค่อนข้างมากที่สามารถจะนำระบบการก่อสร้างชนิดนี้ไปเป็นทางเลือกหนึ่งได้เป็นอย่างดี

4.2 การก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา

เนื้อหาหลักของหัวข้อนี้เป็นการประมวลผลจากรวบรวมข้อมูลขั้นต้นทางกายภาพพื้นฐานของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา เพื่อให้ผู้ออกแบบและผู้ที่เกี่ยวข้องทั่วไปในประเทศไทยที่ยังไม่คุ้นเคยกับระบบโครงสร้างนี้ ได้เข้าใจความแตกต่างจากระบบการก่อสร้างทั่วไปที่นิยมในปัจจุบันว่ามีรายละเอียดปลีกย่อยที่เป็นลักษณะเฉพาะอย่างไร เช่น วัสดุและชิ้นส่วนโครงเหล็กเบา องค์ประกอบของอาคารในส่วนต่างๆ และเรื่องต่างที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 วัสดุและชิ้นส่วนโครงเหล็กเบา

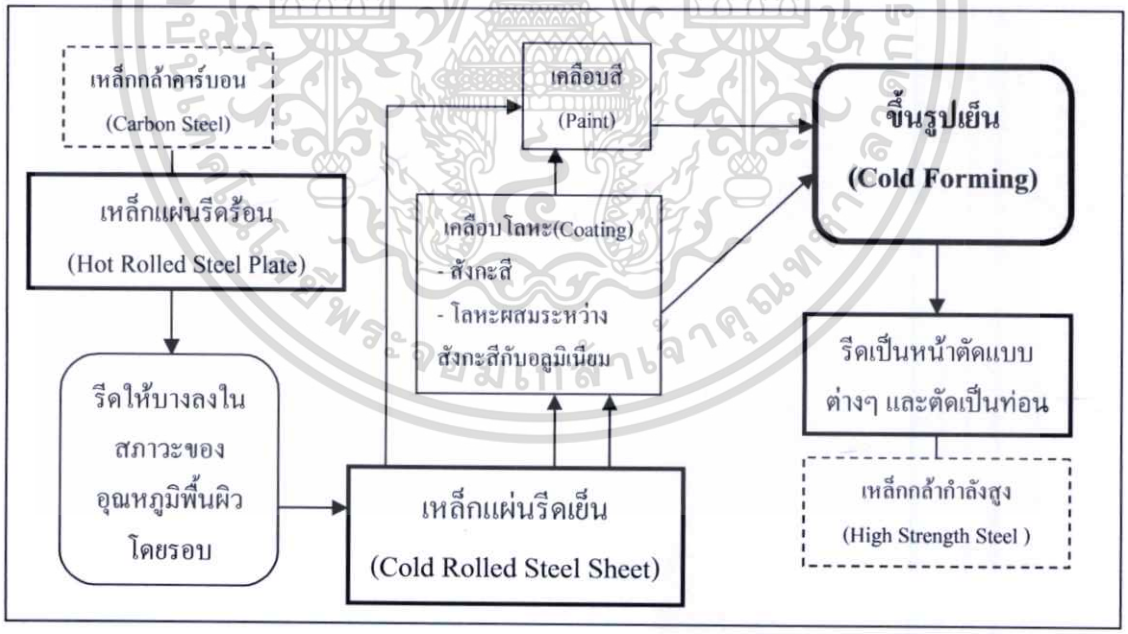
พื้นฐานของวัสดุที่ใช้สำหรับการก่อสร้างอาคารในระบบนี้ มีลักษณะเฉพาะของเหล็กที่ใช้และกระบวนการผลิต การเคลือบผิว รวมถึงลักษณะรูปแบบหน้าตัดแบบต่างๆที่ใช้ในการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยมีรายละเอียดดังนี้

1 เหล็กที่ใช้และกระบวนการผลิต

เหล็กที่ใช้สำหรับโครงสร้างเหล็กเบา คือ เหล็กแผ่นรีดเย็น (cold rolled steel sheet) ที่นำมาขึ้นรูปเย็น (cold forming) เป็นหน้าตัดแบบต่างๆ คำว่าเหล็กแผ่นรีดเย็น คือ ลักษณะกระบวนการที่นำเหล็กแผ่นรีดร้อน (hot rolled steel plate) มาทำการรีดให้บางลงในขณะเย็นหรืออยู่ในสภาวะของอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบจนมีสภาพเป็นแผ่นบาง (sheet) เพื่อปรับสภาพผิว เพิ่มกำลัง โดยอาจอยู่ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ แผ่นม้วน แผ่นแถบ แผ่นตัด จากนั้นจึงนำไปทำการแปรรูปโดย ทำการเคลือบโลหะ (coating) และอาจเคลือบสีทับ (paint) เป็นชั้นสุดท้าย แล้วจึงนำไปขึ้นรูปเย็น (cold formed steel) แต่ไม่ค่อยมีวางขายตามร้านค้าทั่วไปเพราะการก่อสร้างในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังเป็นระบบเสาและคาน เหล็กชนิดนี้ไม่สามารถนำไปทำการก่อสร้างแบบระบบเสาและคานได้ เหมือนกับเหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น (Cold Formed Structural Steel) ที่ใช้ตามมาตรฐาน มอก. 1228-2549 ซึ่งเป็นการนำเหล็กแผ่นรีดร้อนมาทำการขึ้นรูปเย็นเป็นหน้าตัดแบบต่างๆ เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะนี้จึงมีความหนามากกว่า เนื่องจากไม่ได้ผ่านกระบวนการรีดเย็น โดยทั่วไปมักมีคำเรียกที่แสดงถึงคุณสมบัติของวัสดุว่า “เหล็กกล้าคาร์บอน” (carbon steel) เหล็กชนิดนี้เหมาะแก่การรับแรงในระบบเสาและคาน สามารถดัดโค้งได้ มีวางขายตามร้านวัสดุก่อสร้างทั่วไป ส่วนเหล็กรูปพรรณขึ้นรูปเย็นที่แปรรูปจากเหล็กแผ่นรีดเย็นนั้น จะมีความบางกว่าเหล็กโครง สร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็นที่แปรรูปจากเหล็กแผ่นรีดร้อน โดยทั่วไปมักมีคำเรียกที่แสดงถึงคุณสมบัติของวัสดุว่า “เหล็กกล้ากำลังสูง” (high strength steel) ลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไปมีผิวตามกระบวนการเคลือบ ที่เรียกว่าเหล็กกล้ากำลังสูงนั้นก็เป็นเหตุผลมาจากการถูกรีดให้บางซึ่งมีกระบวน การเพิ่มกำลังเหล็กให้มากขึ้น ยิ่งบางลงเท่าไรกำลัง (yield strength) ก็ยิ่งสูงขึ้น เหล็กชนิดนี้ไม่เหมาะกับการใช้เป็นชิ้นส่วนเสาและคาน โดยมากจะใช้ในส่วนของแปหรือจันทันบนโครงสร้างเสาและคาน ในต่างประเทศมักใช้ในการก่อสร้างบ้านหรืออาคารที่ไม่สูงมาก (low-rise building) ในระบบก่อสร้างแบบ platform frame แทนการใช้ไม้คร่าวแบบเดิม เหมาะกับการใช้ในระบบผนังรับน้ำหนักอันเกิดจากการวางระยะคร่าวตั้งถี่ๆแล้วมีวัสดุแผ่นมาหุ้มปิดโครง ทำให้เกิดความแข็งแรงขึ้นมาก เหล็กชนิดนี้ไม่สามารถดัดโค้งได้และต้องระวังเรื่องการเสียรูปจากการกระแทก ในประเทศไทยยังไม่ค่อยมีวางขายตามร้านวัสดุก่อสร้างทั่วไป โดยส่วนใหญ่แล้วมักนิยมใช้สำหรับผนังกั้นห้องหรือผนังที่อยู่ในช่วงโครง สร้างเสาและคาน (เป็นลักษณะผนังไม่รับน้ำหนัก) และโครงคร่าวฝ้าเพดานมากที่สุด



รูปที่ 4.3 แสดงภาพรวมของวัสดุและกระบวนการผลิตชิ้นส่วนโครงเหล็กเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 การเคลือบผิว

ชิ้นส่วนโครงสร้างเหล็กเบาจะต้องมีการทำกัลวาไนซ์ (Galvanizing) เคลือบผิวเหล็กเพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยากับอากาศโดยระดับการเคลือบจะถูกวัดเป็นน้ำหนักรวบยอด (Gross weight) ของโลหะที่เคลือบบนผิวเหล็กทั้งหมด ถ้ามีค่าสูงกว่าก็แสดงว่ามีความหนาที่เคลือบมากกว่า สังกะสี (Zinc) เป็นโลหะที่นิยมใช้ในการเคลือบ เนื่องจากเป็นตัวกั้นความชื้นในบรรยากาศและการกัดกร่อนจากคลอไรด์และซัลเฟต โดยสังกะสีจะเป็นชั้นที่ถูกกัดกร่อนก่อนมาถึงชั้นเหล็ก ในต่างประเทศจะมีการกำหนดระดับการเคลือบผิวที่แตกต่างกันระหว่างชิ้นส่วนที่ใช้เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักกับชิ้นส่วนที่ไม่ได้เป็นโครงสร้างรับน้ำหนัก เช่น ผนังภายใน โดยชิ้นส่วนที่เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักต้องมีผิวเคลือบที่หนากว่า (Steel Framing Alliance. 2008) โดยทั่วไปแล้วมีคำจำกัดความบางส่วนเกี่ยวกับความหนาของเหล็กที่ใช้ดังนี้ (Canadian Sheet Steel Building Institute. 2009)

Base Steel Thickness : เป็นความหนาพื้นฐานของวัสดุเหล็กแผ่นที่ปราศจากการเคลือบผิว

Coated Thickness : เป็นความหนาของเหล็กแผ่นที่รวมชั้นของการเคลือบผิวและการทาสี

Design Thickness : เป็นความหนาของ Base Steel เท่านั้น และถูกใช้โดยวิศวกรเพื่อที่จะตัดสินคุณสมบัติทางโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เหล็กขึ้นรูปเย็น เป็นความหนาที่ผู้ผลิตจะระบุไว้ในแคตตาล็อกผลิตภัณฑ์

สำหรับวัสดุเหล็กแผ่นรีดเย็นที่ทำการเคลือบผิวและผลิตได้ในประเทศไทยนั้นมีอยู่ 3 ชนิด โดยสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงรูปแบบการเคลือบผิวในประเทศไทย (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. 2547)

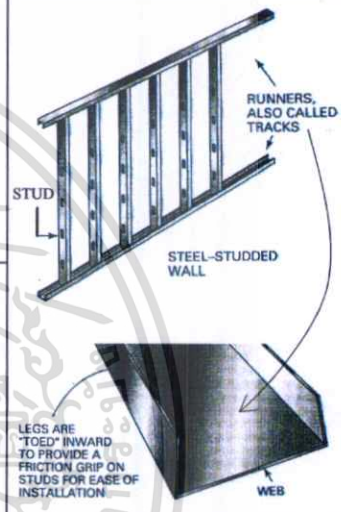
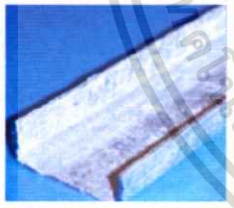
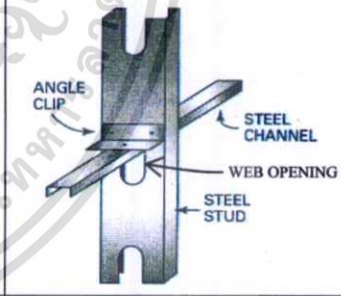
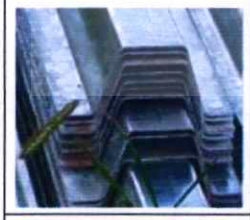
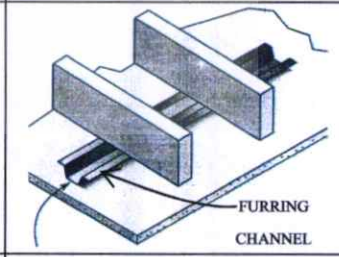
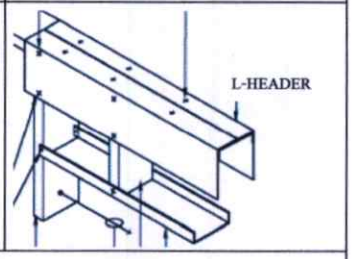
วัสดุ	รายละเอียด
1. เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี (Hot dip and electro galvanized sheet)	ชนิดจุ่มร้อน (Hot dip) ส่วนใหญ่นำไปใช้ทำเป็นแผ่นผนังและหลังคาราคาถูก และนำไปขึ้นรูปเป็นโครงคร่าวฝ้าเพดาน ผนัง แปหลังคาขนาดเล็ก และกรอบประตูหน้าต่าง ฯลฯ
2. เหล็กแผ่นเคลือบโลหะผสมระหว่างสังกะสีกับอลูมิเนียม (Zincalume)	ใช้กับงานที่ต้องการให้เหล็กมีความทนทานต่อการสึกกร่อนหรือมีอายุการใช้งานสูงขึ้น แต่ราคาก็จแพง ขึ้นด้วย นิยมใช้เป็นแผ่นผนัง หลังคา ฝ้าเพดาน รางน้ำ และท่อน้ำทิ้ง
3. เหล็กแผ่นเคลือบสี (Painted or Coated)	อาจนำเอาแผ่นเหล็ก 2 ประเภทแรกหรือแผ่นเหล็กชนิดอื่นมาเคลือบสี เพื่อให้ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ และมีความสวยงามมากขึ้น มักใช้ผลิตเป็นแผ่นหลังคา ผนัง ฝ้าเพดาน และวัสดุสำหรับตกแต่งภายใน ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 รูปแบบหน้าตัดและการระบุชิ้นส่วน

รูปแบบหน้าตัดมาตรฐานในต่างประเทศ โดยเฉพาะในอเมริกาและแคนาดาจะมีชื่อเรียกตามหน้าที่หลักที่ค่อนข้างชัดเจน ซึ่งในการกล่าวถึงรูปแบบหน้าตัดของชิ้นส่วนเหล่านี้ จะเป็นการนำอักษรตัวแรกมาเรียงติดกันคล้ายกับตัวย่อ คือ STUFL โดยสามารถสรุปอักษรย่อจากคำเต็ม และคำอธิบายที่แสดงถึงลักษณะการใช้งานของแต่ละหน้าตัดได้ดังตารางต่อไปนี้

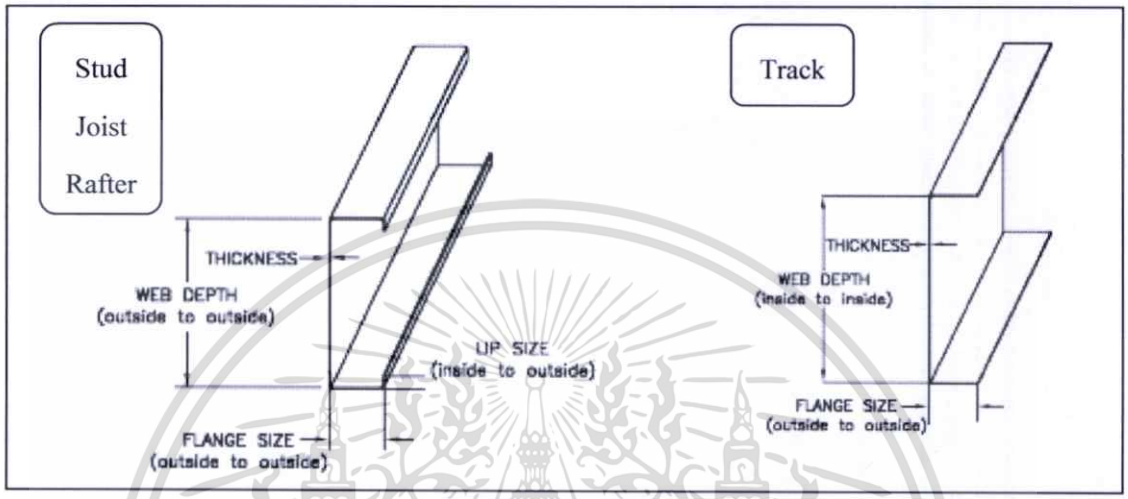
ตารางที่ 4.8 แสดงการอธิบายลักษณะการใช้งานของหน้าตัดชิ้นส่วนโครงเหล็กเบา

รูปหน้าตัด	คำเต็ม	คำอธิบายลักษณะการใช้งาน	รูปตัวอย่างการใช้
	(S) Stud	หน้าตัดเป็นรูปตัวซีแบบมี lip เป็นชิ้นส่วนคร่าวพื้นฐานสำหรับใช้ประกอบโครงเป็นคร่าวตั้งผนัง (Stud) มากที่สุด และใช้ในส่วนของตง (Joist) และจันทัน (Rafter)	
	(T) Track or runner	หน้าตัดเป็นรูปตัวซีแบบไม่มี lip เป็นชิ้นส่วนพื้นฐานที่ยึดปลายคร่าวตั้งบนและล่างในการประกอบโครงผนัง หรือเป็นตัวปิดขอบปลายตงหรือปลายจันทัน	
	(U) U-channel	หน้าตัดเป็นรูปตัวยู ใช้เป็นชิ้นส่วนแนวนอนเสริมความแข็งแรงระหว่างคร่าวตั้งผนัง โดยสอดผ่านช่องเปิดด้าน web (Web opening) ของคร่าวตั้งแต่ละชิ้น	
	(F) Furring channel	หน้าตัดคล้ายรูปหมวก เป็นชิ้นส่วนรอง เช่น แป คร่าวฝ้าเพดาน หรือเป็นตัวเสริมในแนวนอนยึดกับหน้าคร่าวตั้งสำหรับการติดเครื่องเรือน Built-in หรือกรุผนังภายใน	
	(L) L-header	หน้าตัดเป็นรูปตัวแอล เป็นชิ้น ส่วนเสริมความแข็งแรงบริเวณโครงที่อยู่เหนือช่องเปิด เช่น ประตู หรือหน้าต่าง ทำหน้าที่เสมือนทับหลัง	

หมายเหตุ เรียบเรียงข้อมูลจาก (Steel Framing Alliance. 2007) และ (Lewis, Gaspar. 1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้หน้าตัดพื้นฐานหลักสำหรับโครงสร้างเหล็กเบาที่ถูกพิจารณาเลือกใช้เพื่อการประกอบโครงมากที่สุด คือ หน้าตัดรูปตัวซี (C-section) ทั้งแบบที่มี lip และแบบที่ไม่มี lip สำหรับการประกอบเป็นพื้นและผนัง ซึ่งการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาจะใช้หน้าตัด 2 รูปแบบนี้เป็นหลักในการก่อสร้างเกือบทุกองค์ประกอบอาคาร ซึ่งอาจจะมีหน้าตัดแบบอื่นเป็นตัวเสริมความแข็งแรง



รูปที่ 4.4 แสดงหน้าตัดพื้นฐานที่ใช้ (North American Steel Framing Alliance. 2000)

4.2.2 องค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา

เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของอาคารที่จะต้องเข้าใจระบบและการประกอบโครงโดยการนำท่อนเหล็กที่มีหน้าตัดแบบต่างๆมาประกอบกันให้เป็นองค์ประกอบอาคารในส่วนต่างๆ ได้แก่ พื้น ผนัง และหลังคา ส่วนระบบฐานรากนั้นจะไม่ค่อยมีความแตกต่างจากระบบเดิมที่ใช้โครงผนังไม้มากนัก ซึ่งน่าจะใช้เป็นพื้นฐานสำหรับระบบโครงสร้างเหล็กเบาได้

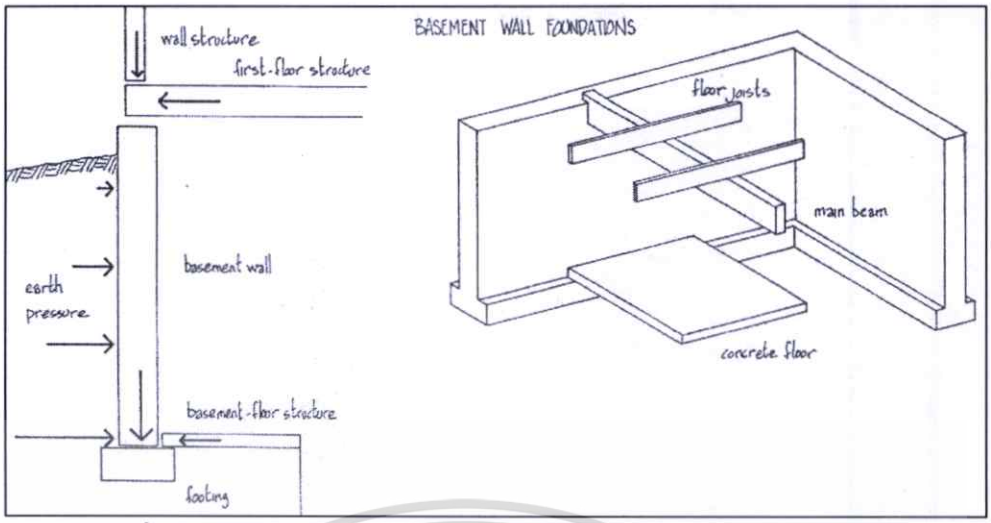
4.2.2.1 ระบบฐานราก

ระบบฐานรากของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบานั้นจะมีรูปแบบเหมือนกับฐานรากโครงผนังไม้ทั่วไปที่เป็นระบบผนังรับน้ำหนัก ข้อแตกต่างจะเป็นที่รอยต่อระหว่างชุดโครงพื้นกับตัวฐานรากเอง รูปแบบฐานรากขึ้นอยู่กับสภาพดินในแต่ละพื้นที่ ควรมีที่ระบายน้ำรอบๆฐานรากออกสู่ภายนอกอาคารเพื่อป้องกันระดับน้ำใต้ดิน โดยสามารถแบ่งฐานรากออกเป็น 4 แบบดังนี้

1. ฐานรากผนังห้องใต้ดิน (Basement Wall Foundation)

มีลักษณะเป็นผนังหรือกำแพง รับน้ำหนักของอาคารที่อยู่เหนือพื้นดิน ผนังดังกล่าวอาจทำจากอิฐหรือวัสดุก่อ แต่โดยมากนิยมใช้เป็นผนังคอนกรีตล้วน ผนังหรือกำแพงจะทำหน้าที่เป็นห้องใต้ดิน

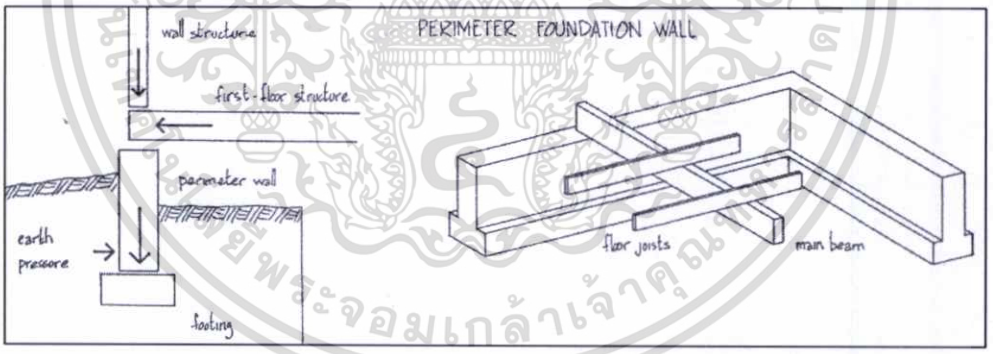
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงรูปแบบฐานรากผนังห้องใต้ดิน (Mann, Peter A. 1989)

2. ฐานรากตามแนวผนังอาคาร (Perimeter Foundation Wall)

มีลักษณะเป็นกำแพงคล้ายกับฐานรากผนังห้องใต้ดิน แต่มีความลึกจากระดับดินน้อยกว่า ไม่สามารถใช้เป็นพื้นที่ใต้ดิน ฐานรากแบบนี้ทำให้เกิดที่ว่างพอคลานได้ (Crawl space) ใต้พื้นชั้นที่ 1 โดยเป็นที่รวมของงานระบบต่างๆ

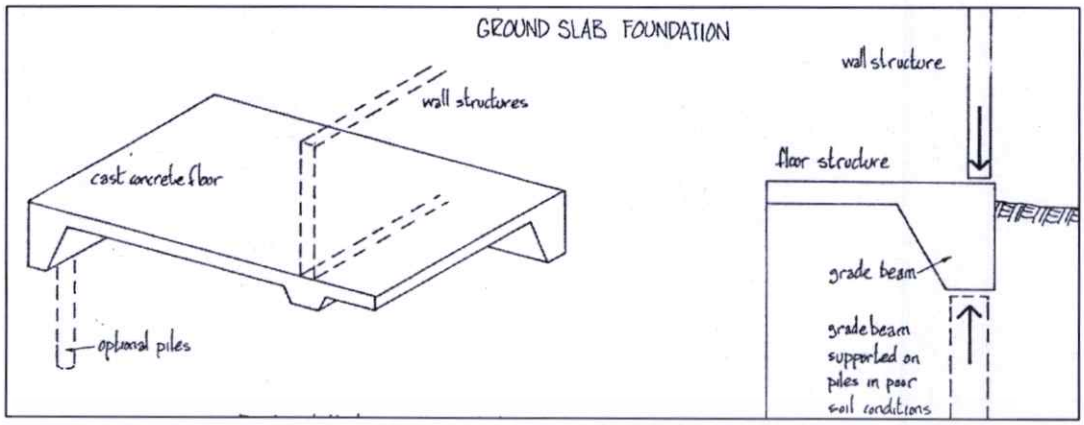


รูปที่ 4.6 แสดงรูปแบบฐานรากตามแนวผนังอาคาร (Mann, Peter A. 1989)

3. ฐานรากแผ่นพื้นระดับดิน (Ground Slab Foundation)

มีลักษณะเป็นแผ่นคอนกรีตแผ่ขยายไปบนพื้นดิน ซึ่งอาจไม่ต้องมีฐานรากที่เป็นผนังหรือกำแพงรองรับ ขึ้นอยู่กับสภาพของดินบริเวณนั้นๆ ถ้าหากไม่มีปัญหาของระดับน้ำใต้ดินก็สามารถทำเป็นแผ่นคอนกรีตเรียบ (Slab) วางบนพื้นดินแล้วติดตั้งอาคารได้ แต่หากระดับน้ำใต้ดินอยู่ตื้นมากๆ ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของดินและอาจส่งผลต่อฐานรากทำให้เกิดการเคลื่อนตัวหรือทรุดตัวก็จำเป็นต้องทำฐานรากที่เป็นกำแพงเพื่อช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ ฐานรากแบบแผ่นพื้นนี้จะรองด้วยกรวดเพื่อป้องกันการสะสมความชื้นบริเวณใต้ฐานราก

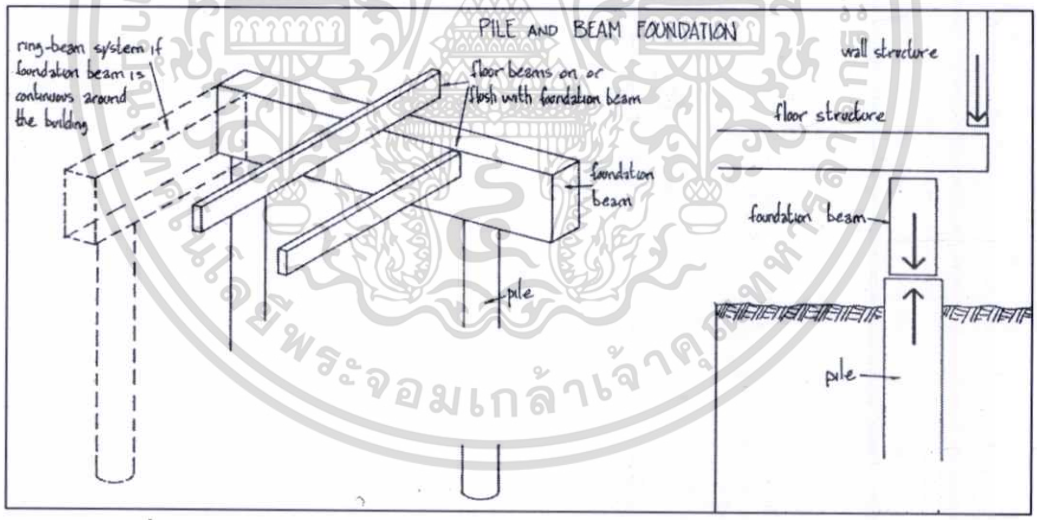
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงรูปแบบฐานรากแผ่นพื้นระดับดิน (Mann, Peter A. 1989)

4. ฐานรากเสาและคานรองรับ (Pier and Beam Foundation)

มีลักษณะเป็นเสารองรับอาคารที่อยู่เหนือพื้นดิน โดยใช้ร่วมกับคานคอนกรีตหล่อในที่หรือแบบสำเร็จรูป หรืออาจเป็นคานไม้ คานเหล็ก ก็ได้เช่นกัน ฐานรากดังกล่าวจะหล่อเป็นเสาคอนกรีต โดยมีรูปแบบ Footing ตามความเหมาะสมของสภาพดิน



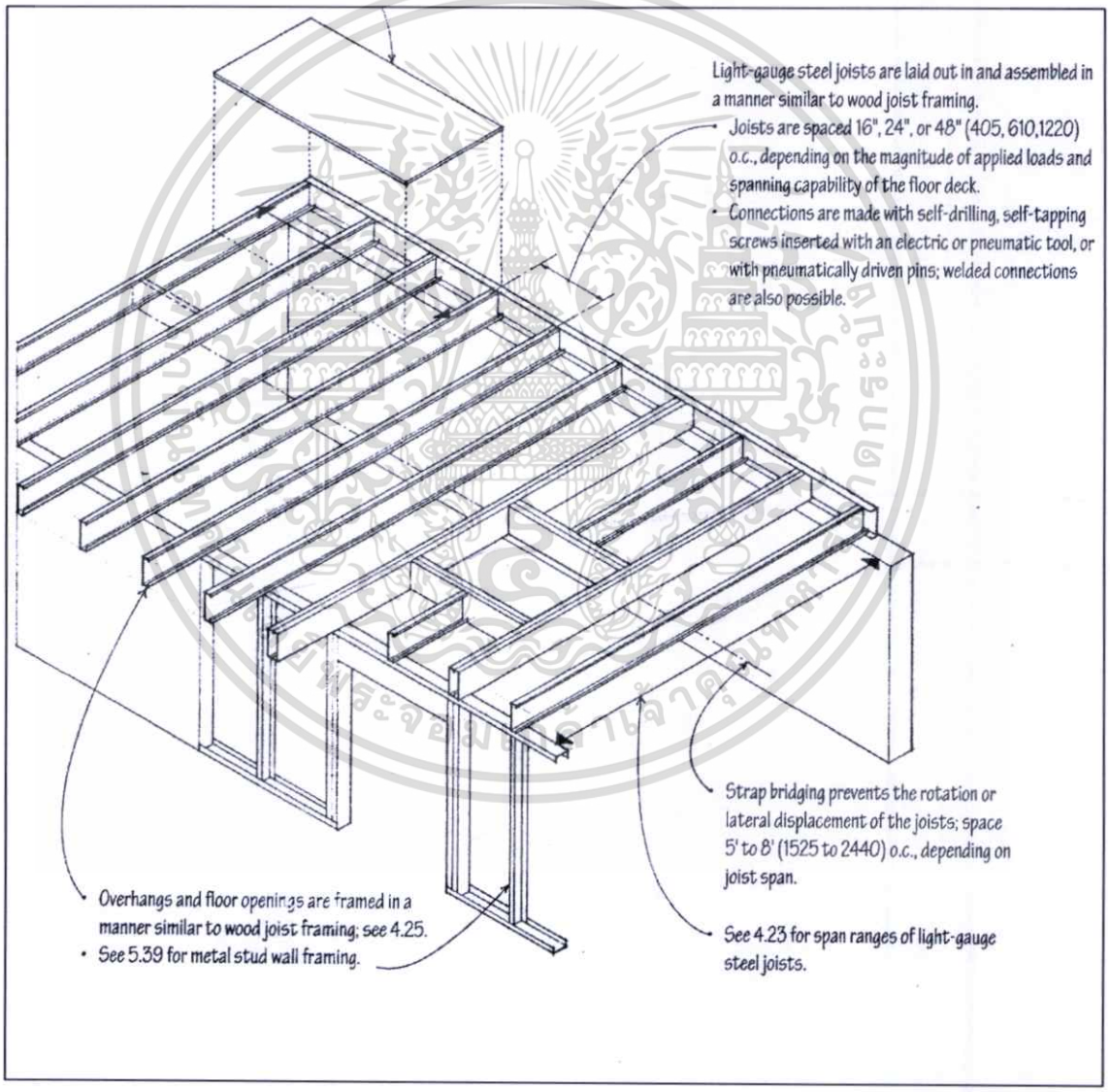
รูปที่ 4.8 แสดงรูปแบบฐานรากเสาและคานรองรับ (Mann, Peter A. 1989)

จากรูปแบบฐานรากทั้งหมดนั้น ส่วนใหญ่เป็นฐานรากที่ใช้กันในต่างประเทศ ซึ่งมีสภาพดินที่แตกต่างจากประเทศไทยที่มีสภาพเป็นดินอ่อน จำเป็นต้องมีการตอกเสาเข็ม โดยฐานรากแบบเสาและคานรองรับ (Pier and Beam Foundation) จะมีลักษณะที่เหมาะสมกับสภาพพื้นดินส่วนใหญ่ในประเทศไทย ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้ จึงไม่นำองค์ประกอบของฐานรากมาร่วมทำการเก็บข้อมูลหรือวิเคราะห์ เนื่องจากมีลักษณะพื้นฐานเหมือนกับระบบการก่อสร้างที่ใช้กันทั่วไปและเป็นส่วนที่ทำการสังเกตได้ค่อนข้างยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

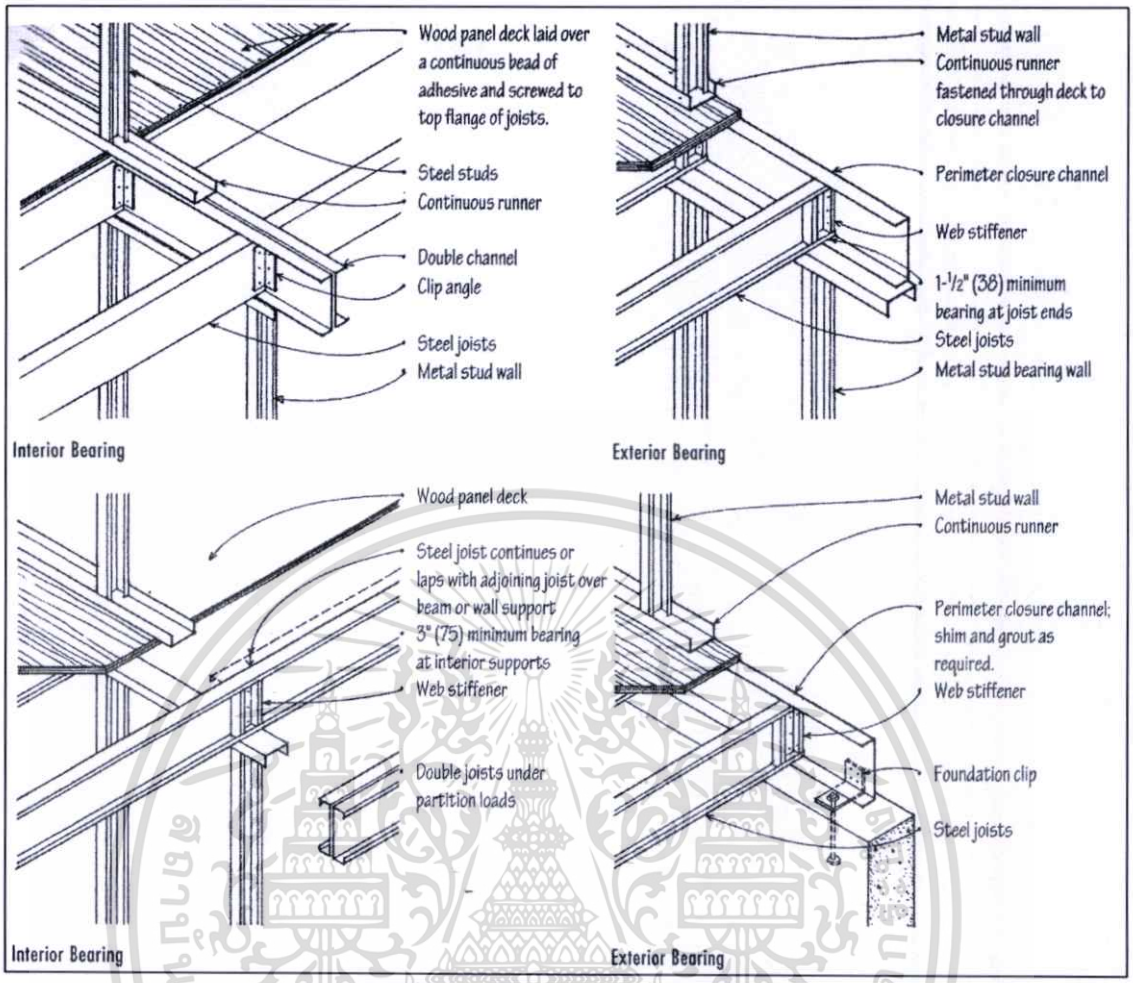
4.2.2.2 ระบบพื้น

ระบบพื้นโครงสร้างเหล็กเบาจะใช้ตง (Joist) หน้าตัดตัวซีแบบมี lip เป็นพื้นฐานสำหรับพื้นชั้นที่ 1 ตงจะวางพาดระหว่างแนวฐานรากตามขอบเขตอาคารกับคานหลักที่รองรับด้วยเสาซึ่งจะอยู่ภายในขอบเขตของแนวฐานราก ส่วนพื้นชั้นที่ 2 ขึ้นไป ตงจะวางพาดระหว่างแนวผนังของชั้นที่ 1 โดยวางบน track ตัวบนสุด สำหรับระยะห่างจากกึ่งกลางระหว่างกันของตงจะมีระยะที่ 16" 24" หรือ 48" ขึ้นอยู่กับน้ำหนักบรรทุกและชนิดของแผ่นพื้นที่จะมาวางบนตง โดยจะมีตัวปิดหัวตงโดยรอบตามขอบเขตอาคารเป็นหน้าตัดตัวซีไม่มี lip เมื่อวางตงแล้วจะมีวัสดุแผ่นรองพื้นก่อนจึงจะวางทับด้วยวัสดุผิวสำเร็จในขั้นสุดท้าย



รูปที่ 4.9 แสดงรูปแบบพื้นฐานของระบบพื้น (Ching, Francis D.K. 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

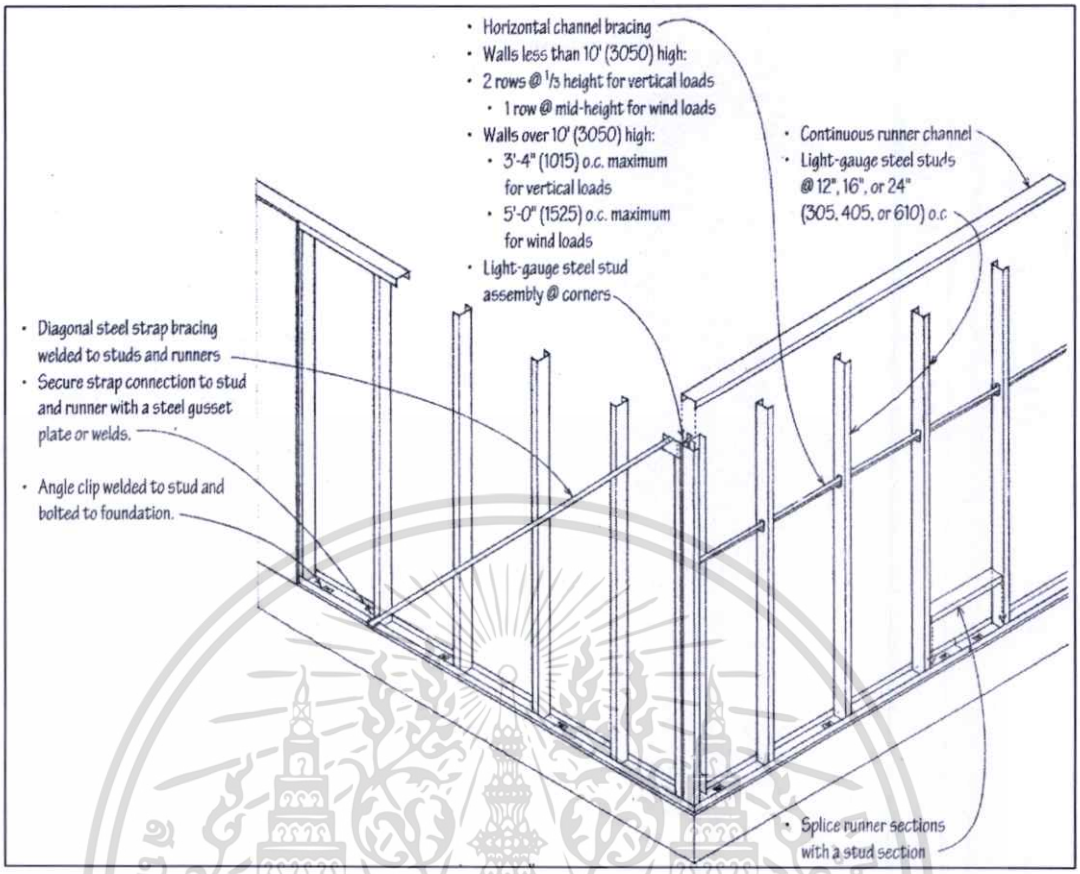


รูปที่ 4.10 แสดงรายละเอียดพื้นฐานของระบบพื้น (Ching, Francis D.K. 2008)

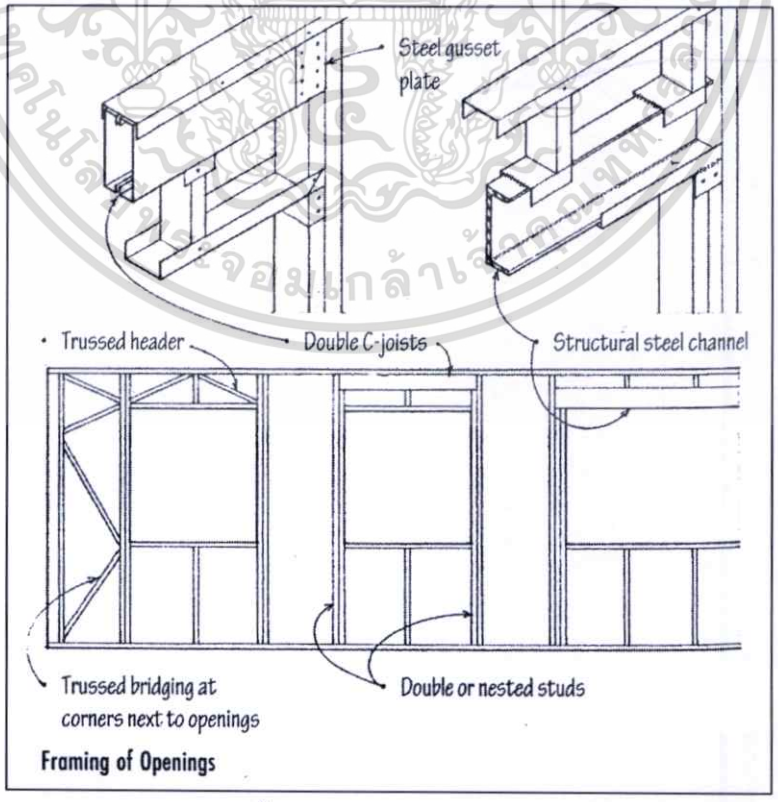
4.2.2.3 ระบบผนัง

ระบบผนังโครงสร้างเหล็กเบาจะใช้คร่าวตั้ง (Stud) หน้าตัดตัวซีแบบมี lip เป็นพื้นฐานและคร่าวนอน (Track) วางคว่ำบนสุดและวางหงายล่างสุดของโครงผนัง โดยจะต้องประกอบชิ้นส่วนย่อยให้เป็นกรอบรอบในแนวระนาบก่อนที่จะยกตั้งขึ้นในแนวดิ่ง โดยจะมีผนังในส่วนที่วางบนฐานรากตามแนวขอบเขตอาคารซึ่งเป็นผนังรับน้ำหนักโดยตรง ส่วนผนังที่วางกันห้องภายในจะไม่ถ่ายน้ำหนักไปยังฐานรากโดยตรง แต่จะถ่ายน้ำหนักไปยังตงที่วางพาดระหว่างฐานรากและคานหลักที่มีเสารองรับ ดังนั้นผนังกั้นห้องภายในจัดเป็นผนังไม่รับน้ำหนัก สำหรับคร่าวตั้งจะมีระยะห่างจากกึ่งกลางระหว่างกันตั้งแต่ 12" 16" หรือ 24" ขึ้นอยู่กับขนาดหน้าตัด ในช่วงความสูงของผนังอาจมีโครงเหล็กเบาหน้าตัดแบบอื่น เช่น หน้าตัดรูปตัวยู (U-channel) ใช้เป็นชิ้นส่วนคร่าวนอนเสริมความแข็งแรงเพิ่มเติมขึ้นอยู่กับความสูงของผนังในแต่ละช่วงและแรงลมที่มากระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงรูปแบบพื้นฐานของระบบผนัง (Ching, Francis D.K. 2008)

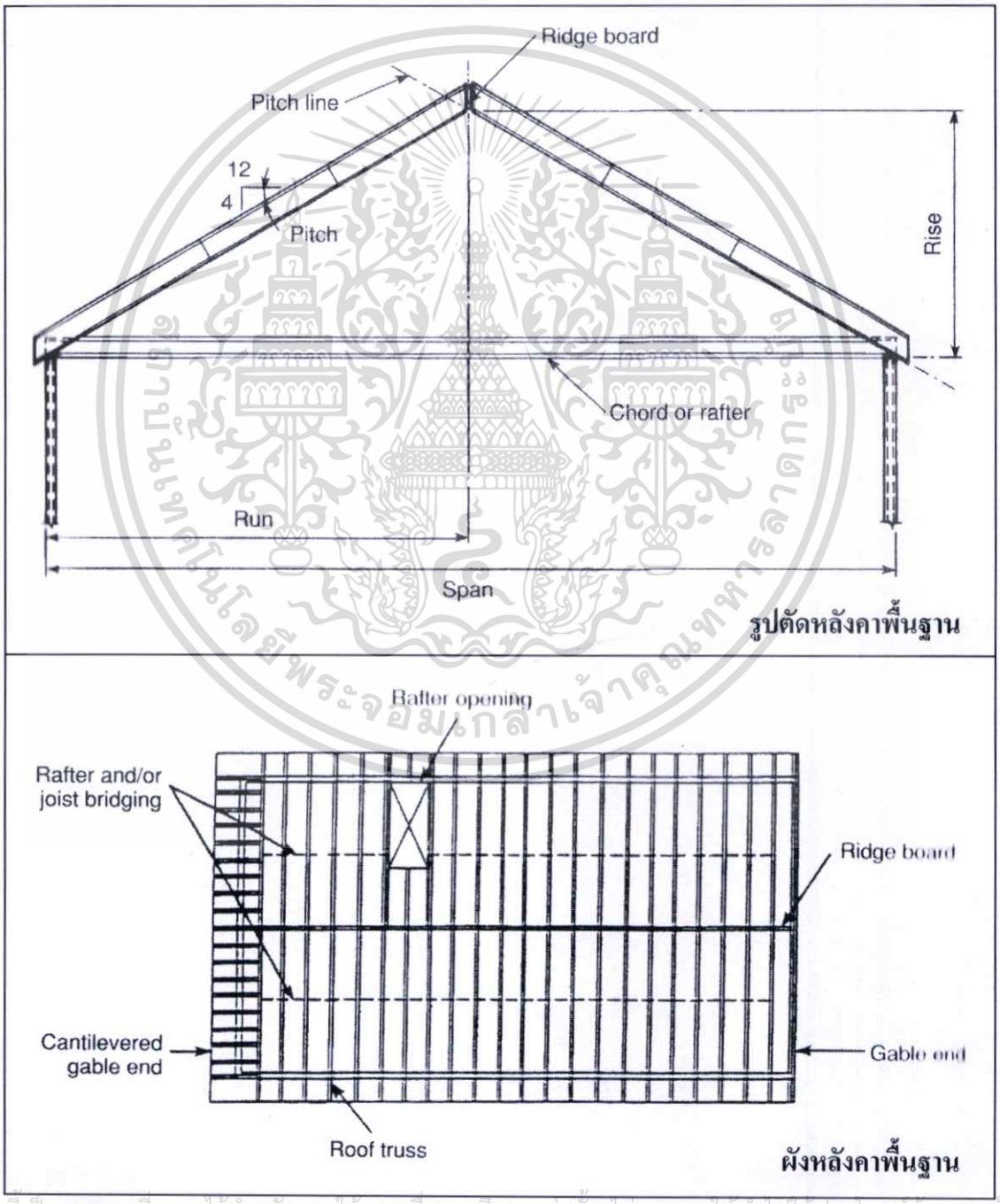


รูปที่ 4.12 แสดงรายละเอียดพื้นฐานของระบบผนัง (Ching, Francis D.K. 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

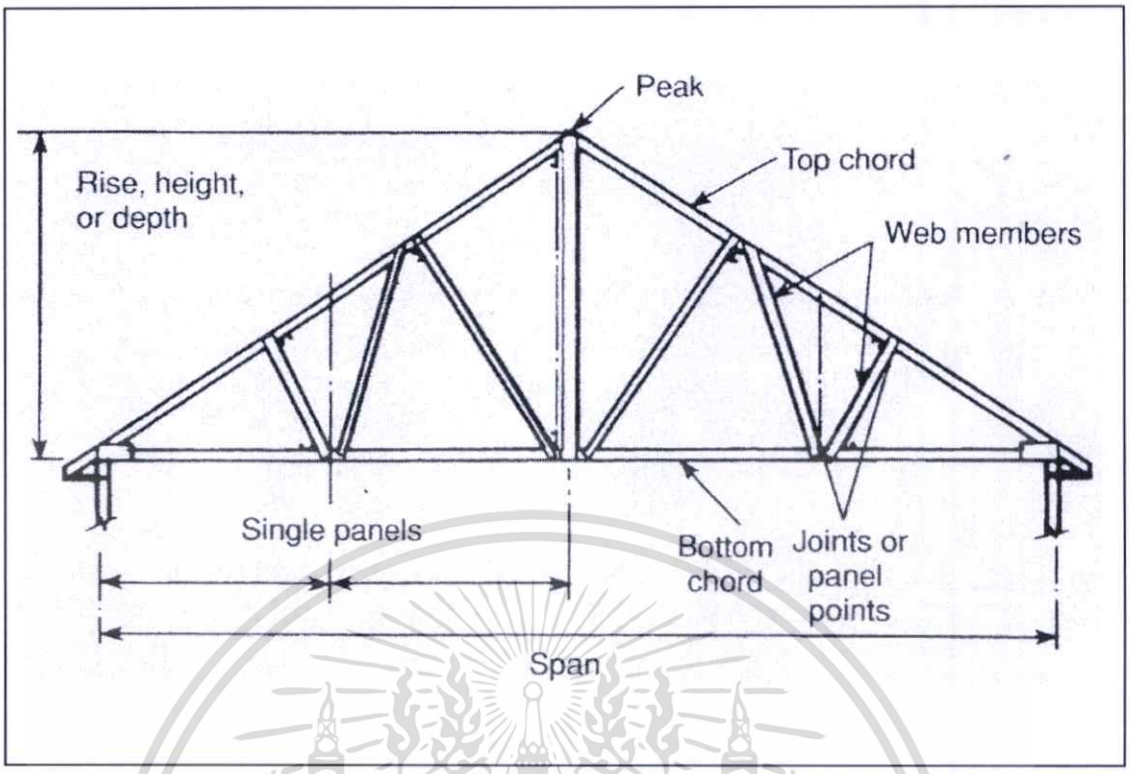
4.2.2.4 ระบบหลังคา

ระบบหลังโครงสร้างเหล็กเบาจะใช้จันทันหน้าตัดตัวซีแบบมี lip และแบบไม่มี lip เป็นพื้นฐาน และอาจใช้หน้าตัดแบบอื่นเข้ามาเป็นส่วนร่วมในการประกอบโครงหลังคา โดยทั่วไปแล้วระบบหลังคาอาจใช้การประกอบโครงแบบธรรมดาซึ่งจะมีโครงเหล็กเบาที่เป็นจันทัน (Rafter) อกไก่ (Ridge) และชิ้นส่วนแนวนอน (Chord or Rafter) พาดบนคร่าวนอน (track) ยอดผนัง โดยทำหน้าที่เหมือนขื่อมายึดปลายจันทัน และอาจมีตัวยึดยันเพิ่มบางจุด แนวจันทันแต่ละชุดควรจะวางตามระยะของคร่าวตั้งผนัง ส่วนระบบหลังคาอีกแบบหนึ่งคือ โครงถัก (Roof Trusses) ซึ่งมักจะมีรูปแบบการถักและการใช้ชิ้นส่วนประกอบย่อยค่อนข้างหลากหลายตามบริษัทที่ทำการก่อสร้าง

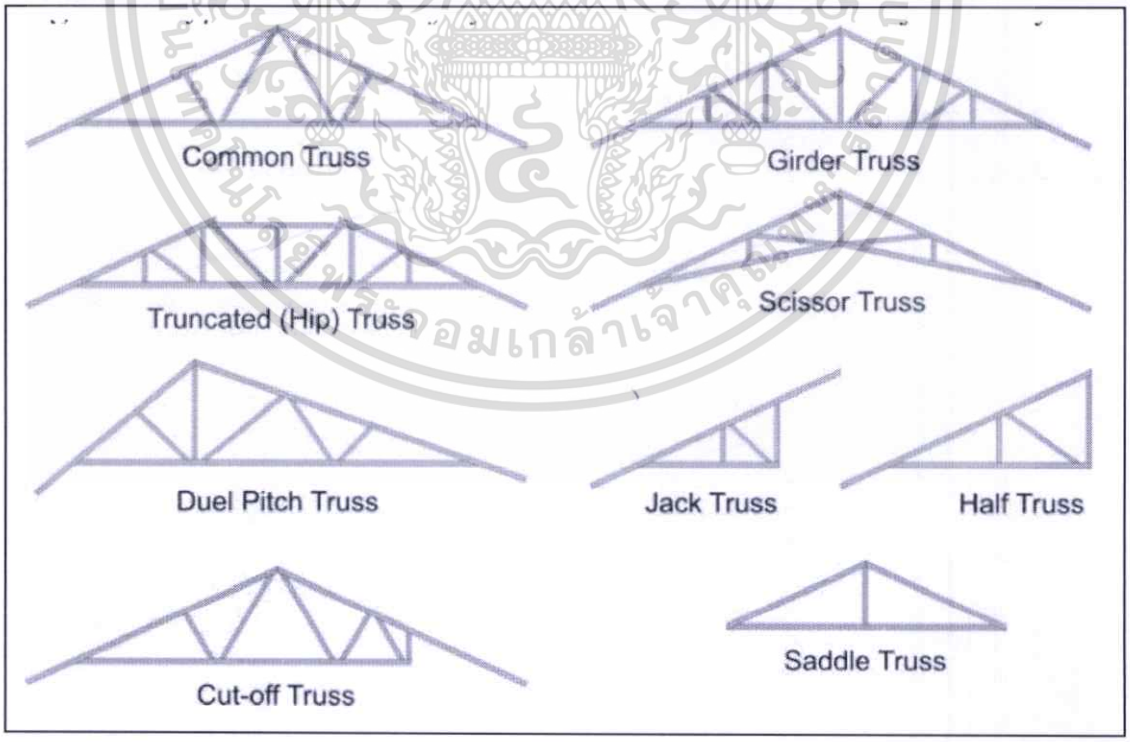


รูปที่ 4.13 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานของระบบหลังคา (Scharff, Robert. 1996.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

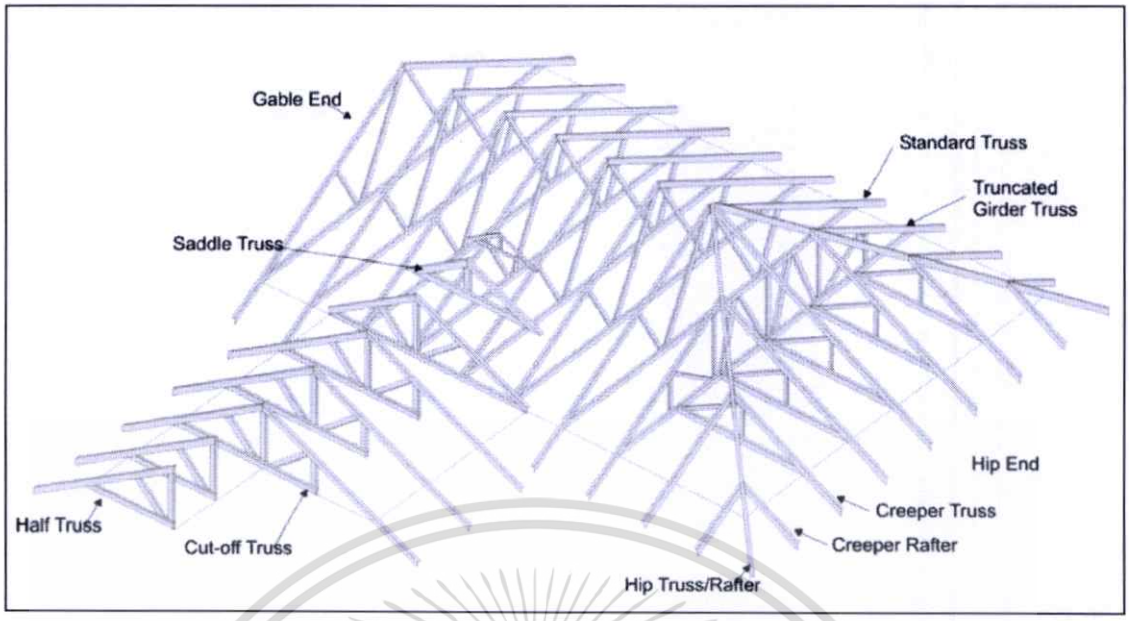


รูปที่ 4.14 แสดงรูปตัดพื้นฐานของระบบหลังคาโครงถัก (Scharff, Robert. 1996.)



รูปที่ 4.15 แสดงรูปแบบการประกอบโครงถัก (Watson, K.B. Mysore, K. Gad, E.F. 2008.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงรูปแบบพื้นฐานของการประกอบติดตั้งโครงแต่ละชุดในระบบหลังคาโครงถัก (Watson, K.B. Mysore, K. Gad, E.F. 2008.)

จากการประมวลข้อมูลในส่วนของระบบหลังคา พบว่า พื้นฐานสำคัญของหลังคาในระบบนี้คือ ต้องมีชิ้นส่วน Chord ในแนวนอนเพื่อยึดปลายโครงจันทันที่วางอยู่บนคร่าวนอน (track) ยอดผนัง เนื่องจากเป็นการป้องกันแรงถีบที่จะกระทำต่อองค์ประกอบผนังไม่ให้แบะออกไป เพราะผนังในระบบนี้ต้องรับน้ำหนักกระทำในแนวดิ่งเป็นหลัก ต่างจากระบบเสาและคานทั่วไปที่อะเสมีความแข็งแรงพอที่จะรับแรงถีบได้ในกรณีที่เป็นอะเส ค.ส.ล. ดังนั้นรูปแบบพื้นฐานที่สุดของหลังคาในระบบนี้ต้องมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมและรับแรงเกี่ยวเนื่องถึงกันหมด เพื่อให้ถ่ายน้ำหนักลงในแนวดิ่งไปยังผนังรองรับทั้ง 2 ข้าง จึงอาจกล่าวได้ว่าองค์ประกอบหลังคาในระบบนี้เป็นรูปแบบพื้นฐานของโครงถักที่มี Chord แนวนอนตัวล่างและ Chord แนวเอียงตัวบน โดยจะมีชิ้นส่วน web ที่ยึดพาดระหว่าง Chord บน-ล่าง เป็นจำนวนเท่าไรหรือจะเป็นรูปแบบโครงถักใดนั้น ขึ้นอยู่กับช่วงพาดและเทคโนโลยีในการประกอบโครงที่แตกต่างกันตามบริษัทที่ทำการก่อสร้าง

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ การรวบรวมข้อมูลในส่วนขององค์ประกอบพื้น ผนัง และหลังคา จะไม่ได้มุ่งเน้นไปที่การพิจารณาไปรายละเอียดของรูปแบบและวิธีการยึดรอยต่อหรือหลักการคำนวณทางโครงสร้างที่เน้นผลด้านตัวเลขเป็นประเด็นหลัก เนื่องจากมีงานทางด้านวิชาการที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าวในประเทศไทยน้อยมาก อีกทั้งตัวอย่างอาคารจริงที่กำลังสร้างก็ยังไม่มีโครงการในช่วงเวลาเดียวกับการวิจัย แม้ว่าจะมีอาคารตัวอย่างที่สร้างไว้อยู่บ้าง แต่ก็ไม่สะดวกในการเก็บข้อมูลได้ทั้งหมด ดังนั้นการรวบรวมข้อมูลในส่วนขององค์ประกอบอาคารจึงเน้นไปที่การทำความเข้าใจในภาพรวมพื้นฐานเพื่อที่จะช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีความกระจ่างมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การยึดต่อชิ้นส่วนและเครื่องมือพื้นฐาน

วิธีพื้นฐานทั่วไปในการยึดต่อชิ้นส่วน คือ สกรู ซึ่งสามารถหาเครื่องมือทักษะของช่างทั่วไปได้ สำหรับวิธีเฉพาะแบบอื่นๆนั้น ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของ น้ำหนัก ความหนา กำลัง และรูปพรรณสัณฐานของวัสดุ รวมถึงประสบการณ์ของช่างและวัสดุที่หาได้ รูปแบบการยึดวัสดุสำหรับโครงสร้างเหล็กเบามีดังนี้

4.2.3.1 วิธีการยึดต่อ

จากเอกสาร Fastener for Residential Steel Framing ของ American Iron and Steel Institute ที่กล่าวถึงวิธีการยึดแบบต่างๆสำหรับอาคารโครงสร้างเหล็กเบา เช่น การใช้สกรู การเชื่อม การใช้ตะปูหรือหมุดด้วยเครื่องส่งแรงดัน การใช้สลักเกลียว และการใช้กาว เป็นต้น นอกจากนี้ ยังรวบรวมวิธีการยึดแบบอื่นๆจากเอกสารที่มีการกล่าวถึงเท่าที่จะสามารถพบได้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1 การใช้สกรู

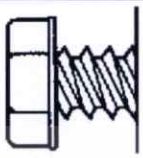
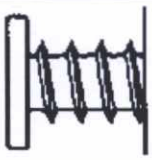
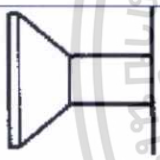
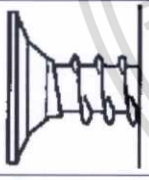
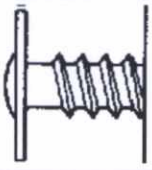
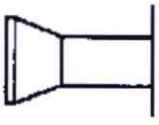
เป็นวิธีที่ใช้มากที่สุด โดยสกรูที่ใช้ภายนอกนั้นต้องมีการเคลือบกันสนิม สำหรับปลายสกรูนั้นมี 2 แบบหลัก คือ แบบปลายแหลม (Needle point หรืออาจเรียกว่า Self-Piercing Screw Point) ใช้กับเหล็กที่มีความหนา 0.035" ส่วนอีกแบบ คือ แบบปลายเซาะร่องแบบดอกสว่าน (Fluted point หรืออาจเรียกว่า Self-Drilling Screw Point) สำหรับเหล็กที่มีความหนาไม่เกิน 0.112"

รูปที่ 4.17 แสดงรูปแบบพื้นฐานของปลายสกรู (Steel Framing Alliance. 2007)

จะเห็นได้ว่าความหนาเป็นปัจจัยสำคัญ ส่วนเกลียวนั้นจะต้องอยู่ห่างจากปลายสกรูเพื่อให้เกิดการเจาะนำอย่างสมบูรณ์ และจะต้องไม่ต่อเนื่องไปถึงโคนของหัวสกรู การใช้สกรูจะต้องขึ้นอยู่กับวิธี การที่จะยึด ปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อการใช้สกรูคือ ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาวัสดุรวมถึงความยาวสกรูกับชนิดวัสดุ 2 อย่างที่ประกบกันและควรจะให้ทะลุผ่านวัสดุที่บางกว่าก่อน สิ่งที่สำคัญอีกอย่าง คือ ระยะระหว่างสกรูกับความสามารถในการรับน้ำหนักสำหรับรูปแบบหัวสกรูเท่าที่รวบรวมได้มีดังนี้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงรูปแบบหัวสกรูและลักษณะการใช้งาน

รูปภาพ	ชื่อ	ลักษณะการใช้งาน
	Pan Head	ลักษณะคล้ายกระทะคว่ำ เป็นแบบทั่วไปที่ใช้ยึดตำแหน่งตามจุดต่างๆในการประกอบโครงรวมถึงวงกบประตูกับโครงโดยรอบ
	Hex Washer Head	ลักษณะเป็นหัว 6 เหลี่ยมสำหรับที่ขันมาสวมหัว ใช้ในการยึดโครงที่เหล็กหนามากขึ้น หัวชนิดนี้ควรใช้ในส่วนที่ไม่มีแผ่นวัสดุหุ้มโครงปิดทับ
	Low-Profile Head	ลักษณะหัวแบบนูนต่ำแต่ไม่จมลงไปในเนื้อจนเรียบเสมอ เหมาะสำหรับบริเวณที่ต้องการแผ่นวัสดุหุ้มโครงหรือทำผิวสำเร็จปิดทับหัวสกรู
	Bugle Head	ลักษณะหัวคล้ายแตร เมื่อไขแล้วจะค่อยๆจมลงไปในเนื้อวัสดุ เช่น แผ่นวัสดุหุ้มโครง หรือแผ่นยิปซั่ม จนแบนเรียบเท่าผิวหน้าวัสดุ โดยไม่ทำให้เกิดการกดวัสดุจนเสียรูปและไม่ฉีกผิว ทำให้ง่ายต่อการทำผิวสำเร็จขั้นสุดท้าย
	Flat Head	ลักษณะและรูปแบบการใช้งานคล้ายกับแบบ Bugle Head นิยมใช้กับพื้นไม้
	Wafer Head	ลักษณะหัวบานและแบนใหญ่กว่าแบบ Bugle Head และ Flat Head ใช้สำหรับยึดวัสดุที่บางกับ stud หัวที่บานและแบนช่วยให้มีผิวสัมผัสในการรับน้ำหนักที่ดีและเรียบ
	Lath Head	ลักษณะเป็นแผ่นแบนเรียบมากๆ แต่มีเนื้อนูนโป่งขึ้นมา ใช้ในการยึดเหล็กโปร่งเจาะรูหรือเหล็กตะแกรงกับตัวโครงเหล็กเบา
	Trim Head	ลักษณะคล้ายแบบ Flat Head แต่เล็กและบานน้อยกว่า ใช้สำหรับยึดไม้ที่ตกแต่งปิดขอบต่างๆ หรือยึดวัสดุผิวสำเร็จที่มีความหนาแน่นกับโครงเหล็ก โดยหัวสกรูจมไปในเนื้อวัสดุเพื่อง่ายต่อการทำผิวสำเร็จ
	Oval Head	ลักษณะหัวนูนรี ใช้ยึดอุปกรณ์ที่มีรูเจาะใหญ่กว่าเข้ากับตัวโครงเหล็กเบาหรือต้องการลักษณะปรากฏแบบนูนต่ำ สกรูแบบนี้ใช้กับการยึดตู้และที่แขวนเข้ากับโครงเหล็ก

หมายเหตุ เรียบเรียงข้อมูลจาก (American Iron and Steel Institute. 1993.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 การเชื่อม

ใช้ในการประกอบโครงเป็นลักษณะแผ่นผืนและโครงถัก โดยอาจประกอบในโรงงานหรือที่หน้างานรวมถึงการเชื่อมระหว่างองค์ประกอบอาคารที่จุดก่อสร้าง การเชื่อมเหล็กที่ผ่านการชุบสังกะสีหรือทาสีมานั้นจะก่อให้เกิดการเผาไหม้ผิวเคลือบ ดังนั้นจึงควรที่จะแต้มปิดรอยเชื่อมด้วยวัสดุทาหรือกัลวาไนซ์เย็นเพื่อป้องกันการกัดกร่อน สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ ขนาดรอยเชื่อมบนเหล็กที่หนาต่างกันมีผลต่อการรับน้ำหนักบรรทุกต่างกัน

3 การใช้หมุดย้ำ

นิยมใช้ในการประกอบชิ้นส่วนย่อยในโรงงาน แต่การยึดจะต้องมีการเจาะรูนำก่อนการย้ำหมุดและควรใช้เครื่องปั๊มลมช่วย จึงเสียเวลาในการก่อสร้างมากกว่าสกรู (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. 2547)

4 การใช้ Lock and Clip

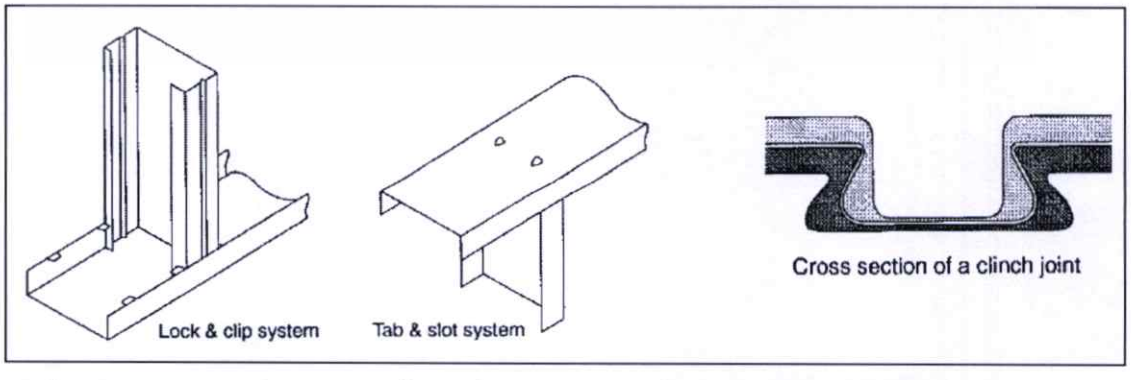
นิยมใช้ในการประกอบชิ้นส่วนย่อยในโรงงานหรือที่จุดก่อสร้างโดยการใช้อุปกรณ์พิเศษ (Locking Devices) ในการสร้างรอยต่อแบบนี้โดยเฉพาะ (The National Association of Steel-framed Housing INC.)

5 การใช้ Tab and Slot

นิยมใช้ในการประกอบชิ้นส่วนย่อยในโรงงานด้วยการทำเดือยยื่นและช่องในการสวมชิ้นส่วนเข้าด้วยกันก่อน และใช้ Connector plates กับ Self-tapping screws ในการยึดติดอย่างถาวร ณ ที่ก่อสร้าง (The National Association of Steel-framed Housing INC.)

6 การ Clinching

เป็นการประกอบชิ้นส่วนย่อย 2 ชิ้นแนบกันโดยการย้ำด้วยอุปกรณ์เฉพาะผ่านความหนาของทั้ง 2 ชิ้นส่วนแต่ไม่ทะลุ เกิดเป็นลักษณะ swaged joint เหมาะกับวัสดุ 2 ชิ้นที่ไม่สามารถแยกกันได้และไม่สามารถตัวยึดแบบอื่นได้ (The National Association of Steel-framed Housing INC.) ข้อเสีย คือ เครื่องมือที่ใช้ยังหายากและมีราคาแพง มักใช้กับการผลิตในโรงงานบางประเทศ



รูปที่ 4.18 แสดงวิธีการยึดต่อแบบที่ 4-6 ซึ่งยังมีใช้ไม่ค่อยมากและเป็นวิธีค่อนข้างใหม่

(The National Association of Steel-framed Housing INC.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7 การใช้ตะปูหรือหมุดด้วยเครื่องส่งแรงดัน

เป็นการใช้ตะปูหรือหมุดที่มีเครื่องแรงดันลมส่ง มักใช้ในการยึดเหล็กที่มีความหนามากกว่าหรือยึดกับคอนกรีตกับคอนกรีตบล็อกสามารถรับแรงกระทำได้มาก โดยรูปแบบก้านหมุดมี 3 แบบหลัก คือ แบบเรียบ แบบลดหน้าตัดที่ปลายเล็กลง และแบบ ทำผิวสร้างแรงเสียดทาน

8 การใช้สลักเกลียว

ใช้ในการยึดโครงเหล็กติดกับฐานรากหรือพื้นคอนกรีต แต่สำหรับการทำรอยต่อของโครง สร้างเหล็กเบาไม่นิยมยึดด้วยสลักเกลียว (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. 2547) เนื่องจากโครง สร้างมีขนาดเล็กและทำงานได้ช้า จะต้องมีการเจาะรูเตรียมไว้ก่อนและต้องเตรียมแหวนรองเพื่อถ่ายแรงในกรณีที่รูใหญ่กว่าหรือเป็นรูแบบ slot หากมีการรับแรงดึงจะต้องใช้แหวนรองเพื่อกันการหลุดตามเกลียวออกมา

9 การใช้กาว

ใช้เพื่อเป็นตัวเสริมกับสกรูในการยึดแผ่นรองพื้นกับตง เพื่อสร้างความมั่นคงในการยึดและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น นอกจากนั้น ยังใช้กับวัสดุหุ้มโครงผนังหรือการทำผนังแบบลามีเนตโดยไม่ต้องใช้สกรูยึด

จากวิธีการยึดที่กล่าวมานั้น แสดงให้เห็นว่า แต่ละวิธีต่างก็มีข้อได้เปรียบและข้อจำกัดในตัวเอง เช่น การยึดด้วย Tab and Slot Clinching และ Lock and Clip ต่างก็เป็นวิธีที่ดี แต่เครื่องมือยังอาจจะหาได้ยากและทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงเมื่อเทียบกับวิธีการยึดพื้นฐานอย่าง สกรู ที่นิยมใช้กันค่อนข้างมากและมีความยืดหยุ่นมากกว่า ในขณะที่บางวิธีก็อาจเหมาะกับการใช้งานอีกลักษณะหนึ่ง เช่น การใช้ตะปูหรือหมุดด้วยเครื่องส่งแรงดัน หรือการใช้สลักเกลียว จะไม่เหมาะกับการใช้ยึดระหว่างชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาด้วยกันเอง แต่จะเหมาะกับการใช้บางจุดมากกว่า โดยข้อมูลวิธีการยึดนี้ จะทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่าการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทยมีความพร้อมในรูปแบบใด

4.2.3.2 เครื่องมือพื้นฐาน

ในการก่อสร้างอาคารในระบบนี้ มีลักษณะเครื่องมือที่ใช้เป็นพื้นฐานที่สำคัญตามขั้นตอนในการทำงานก็คือ เครื่องมือที่ต้องใช้ในการตัดชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาออกเป็นท่อนๆตามความยาวที่ได้ออกแบบ พอถึงขั้นตอนการประกอบโครงก็จะต้องมือเครื่องมือที่ใช้ในการยึดระหว่างท่อนโครงเหล็กเบาเข้าด้วยกันจนเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จและนำแต่ละชิ้นมาประกอบติดตั้งที่จุดก่อสร้าง ต่อมาก็จะเป็นการยึดระหว่างวัสดุหุ้มโครงรองพื้นหรือเรียกรวมๆว่า Sheathing กับโครงเหล็กเบาโดยตรงก่อนที่จะทำผิวสำเร็จภายหลัง โดยเครื่องมือพื้นฐานที่นิยมใช้ทั่วไปสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงเครื่องมือพื้นฐานและลักษณะการใช้งาน

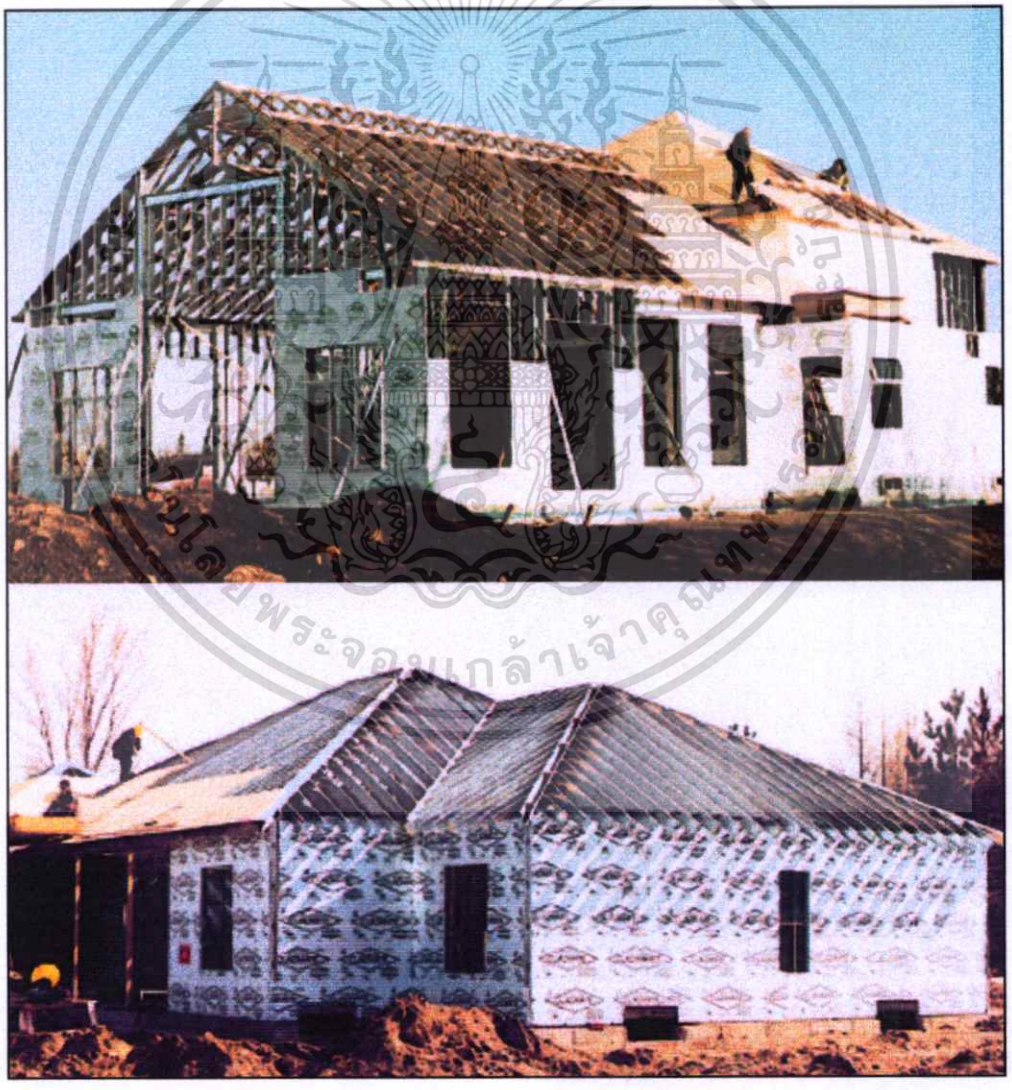
รูปภาพ	ชื่อ	ลักษณะการใช้งาน
	เลื่อยตัดเหล็ก (Chop saw)	ใช้ตัดโครงคร่าวเหล็กในหน้างานทั่วไป มีใบมีด (Abrasive blade) ที่ตัดเหล็กได้เร็ว แต่มีเสียงดัง มีประกายไฟและรอยตัดหยาบ ใช้ตัดเหล็กบางได้ทั่วไป
	เลื่อยวงเดือน (Circular saw)	ใช้ตัดโครงคร่าวเหล็กในหน้างานทั่วไป ใบเลื่อยตัดเหล็กตัดได้เร็วและเงียบ (Carbide tipped blades) แต่ใบเลื่อยมีราคาแพง
	สว่านไฟฟ้าสำหรับยึดสกรู (Electric screwdriver)	ใช้ในการยึดต่อโครงคร่าวเหล็กและใช้ยึดวัสดุแผ่นที่ติดกับโครงคร่าว สามารถปรับความเร็วรอบได้เพื่อป้องกันไม่ให้หัวสกรูเสีย ความเร็วรอบที่เหมาะสม คือ 0-2500 rpm ขนาด 5-6 amps เป็นอย่างน้อย มีคลัทช์
	ปืนยิงตะปูด้วยแรงดันลม (Pneumatic Nailer)	โดยปรกติจะใช้สำหรับติดไม้อัด แผ่นOSB หรือวัสดุแผ่นมุงผนังและหลังคา ปัจจุบันมีการผลิตชนิดที่ใช้สำหรับยึดเหล็กแผ่นเข้าด้วยกันได้ด้วย สามารถปรับความดันลมให้เหมาะสมได้ หมุดบางชนิดอาจใช้ยึดแผ่นพื้นติดกับตงเหล็กได้ด้วย
หมายเหตุ เรียบเรียงข้อมูลจาก (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. 2547) และ (Steel Framing Alliance. 2007)		

จากตารางที่นำเสนอเครื่องมือพื้นฐานนั้น ในส่วนของเครื่องมือที่ต้องใช้ในการตัดชิ้นส่วนยังมีชนิดอื่นๆอีก เช่น เครื่องตัดด้วยไฟฟ้า (Electric shear) และ เครื่องตัดแบบพลาสมา (Plasma cutter) ซึ่งมีใช้ไม่ค่อยมากนัก ส่วนเครื่องมือที่ช่วยในการกำหนดตำแหน่งและจับยึดชิ้นงานที่สำคัญ ได้แก่ Jig C-Clamp เป็นต้น นอกจากนี้ การตัดชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาอาจจะทำการตัดพร้อมๆกับการขึ้นรูปไปในตัวด้วยเครื่องจักรซึ่งมักใช้กับการประกอบโครงในโรงงาน จากข้อมูลพื้นฐานของเครื่องมือที่กล่าวมาจะทำให้สามารถเข้าใจแนวทางปฏิบัติในขั้นตอนของการก่อสร้างได้มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 แผ่นวัสดุหุ้มโครง

แผ่นวัสดุหุ้มโครง (sheathing) คือ วัสดุแผ่นเรียบที่ทำหน้าที่ยึดหุ้มกับโครงเหล็กเบาที่ประกอบโครงเป็นแผ่นแล้ว ไม่ว่าจะเป็นองค์ประกอบพื้น ผนัง และหลังคา ณ จุดที่ทำการติดตั้งองค์ประกอบนั้นๆ มีหน้าที่หลักในแง่ของโครงสร้างก็คือ เป็นตัวเชื่อมผสานชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาทั้งหมดที่ประกอบติดตั้งแล้วให้เป็นเสมือนเนื้อเดียวกัน เพราะโดยปรกติแล้วโครงเหล็กเบาที่ประกอบเป็นแผ่นสำเร็จจะไม่มีความแข็งแรงพอและรับแรงกระทำได้อย่างสมบูรณ์ ถ้าไม่มีการหุ้มประกบด้วยแผ่นวัสดุหุ้มโครงทั้ง 2 ด้าน ส่วนหน้าที่หลักในแง่ของการทำผิวสำเร็จก็คือ เป็นตัวรองพื้นขั้นต้นสำหรับการทำผิวสำเร็จในรูปแบบต่างๆตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งมีวิธีการทำที่หลากหลาย โดยในที่นี้จะไม่ขอกล่าวถึงรูปแบบวัสดุและวิธีการติดตั้งในรายละเอียดซึ่งมีค่อนมากและอยู่นอกเหนือจากขอบเขตที่ทำการศึกษา



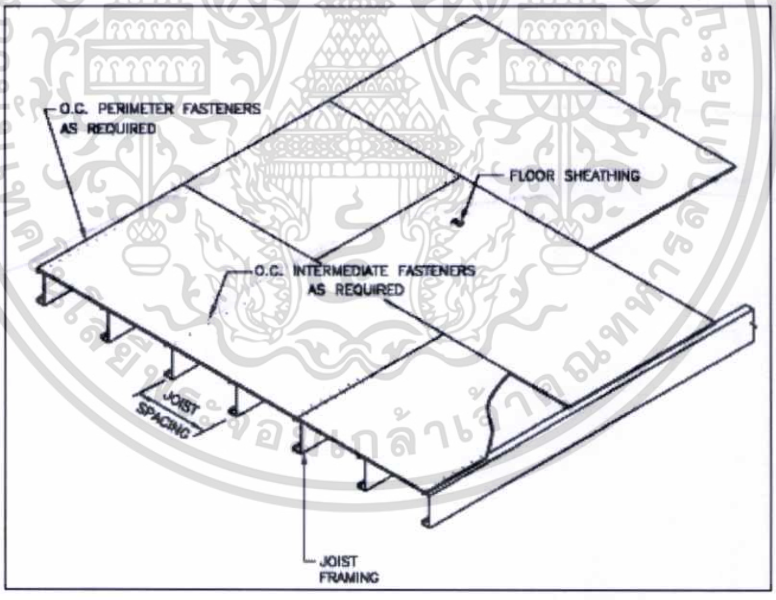
รูปที่ 4.19 แสดงการติดตั้งแผ่นวัสดุหุ้มโครง (Canadian Sheet Steel Building Institute. 1994.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับชนิดวัสดุของแผ่นวัสดุหุ้มโครงรองพื้นนั้น ก็จะมีความแตกต่างกันไปตามการใช้แต่ละจุดขององค์ประกอบอาคารและสภาพแวดล้อมในแต่ละแห่ง ขึ้นอยู่กับวัสดุที่สามารถหาได้ง่ายในแต่ละท้องถิ่น ซึ่งรายละเอียดของการใช้แผ่นวัสดุหุ้มโครงสำหรับองค์ประกอบพื้น ผนัง และหลังคา สามารถเรียบเรียงได้ดังนี้

1. แผ่นวัสดุหุ้มโครงสำหรับองค์ประกอบพื้น

ในต่างประเทศจะใช้แผ่น OSB (Oriented Strand Board) หรือในภาษาไทยเรียกว่า แผ่นเกล็ดไม้อัดเรียงชิ้น หรือแผ่นไม้อัดกันน้ำ (Marine plywood) ปูบนตง ซึ่งแผ่นวัสดุหุ้มโครงในส่วนนี้มักเรียกว่า Subfloor จะช่วยยึดโครงสร้างพื้นให้มั่นคง โดยอาจจะปูด้วยแผ่นพลาสติกกันน้ำ แล้วจึงปูด้วยแผ่นพื้นผิวสำเร็จ เช่น ไม้เนื้อแข็ง ปาเก้ไม้ พื้นไม้วีเนียร์ พรม และกระเบื้องยาง เป็นต้น ในส่วนของระเบียงและห้องน้ำ ให้ปูด้วยแผ่นพลาสติกกันน้ำหรือระบบกันซึมแบบอื่น จากนั้นปูแผ่นเหล็กตระแกรงแล้วเททับด้วยปูนทรายที่ผสมน้ำยากันซึม ขั้นสุดท้ายจึงปูด้วยด้วยกระเบื้องเคลือบหรือผิวสำเร็จที่ต้องการ สำหรับในประเทศไทยสามารถใช้แผ่นซิเมนต์บอร์ดหนา 18-24 มม. ปูยึดตงแทนแผ่น OSB หรือแผ่นไม้อัดกันน้ำได้ (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. 2547)

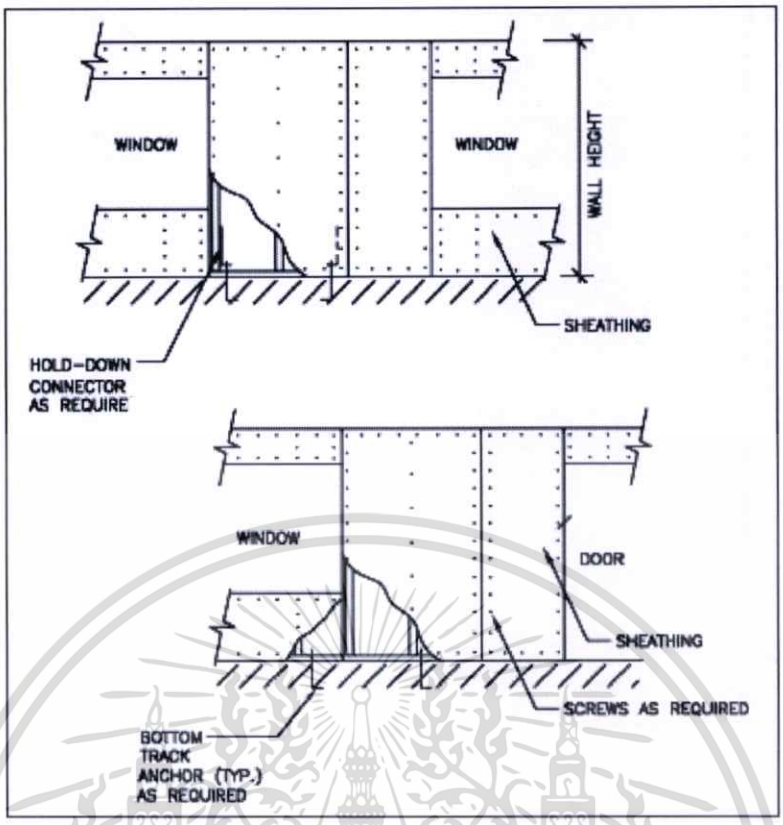


รูปที่ 4.20 แสดงการปูแผ่นวัสดุหุ้มโครงพื้น (North American Steel Framing Alliance. 2000.)

2. แผ่นวัสดุหุ้มโครงสำหรับองค์ประกอบผนัง

สามารถยึดโครงคร่าวด้วยแผ่นยิบซั่มบอร์ดหรือวัสดุชนิดอื่นทั้ง 2 ด้าน ส่วนผนังภายในห้องน้ำใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ดยึดกับโครงคร่าว แล้วกรุด้วยแผ่นพลาสติกกันน้ำ จากนั้น ปิดทับด้วยแผ่นเหล็กตระแกรงแล้วฉาบปูนทับ ขั้นสุดท้ายจึงปูด้วยด้วยกระเบื้องเคลือบหรือผิวสำเร็จที่ต้องการ (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. 2547)

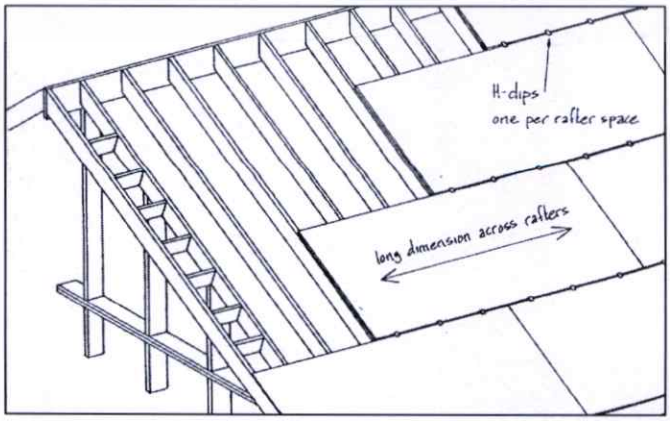
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 แสดงการปูแผ่นวัสดุหุ้มโครงผนัง (North American Steel Framing Alliance. 2000.)

3. แผ่นวัสดุหุ้มโครงสำหรับองค์ประกอบหลังคา

ในต่างประเทศจะใช้แผ่น OSB บุยึดโครงหลังคา แล้วจึงปูทับด้วยแผ่นพลาสติกกันน้ำ จากนั้น จึงปิดทับด้วยวัสดุมุงซึ่งส่วนใหญ่จะใช้แผ่นแอสฟัลท์ (Asphalt shingles) แผ่นไม้ (Wood shingles) แผ่นโลหะเคลือบ (Metal sheet) กระเบื้องคอนกรีต และกระเบื้องดินเผา เป็นต้น โดยทำการติดตั้งแปที่วางระยะสอดคล้องกับชนิดของวัสดุมุงและกรรมวิธีในการติดตั้งของผู้ผลิตก่อนมุงกระเบื้อง (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และคณะ. 2547) สำหรับประเทศไทยสามารถใช้แผ่นซิเมนต์บอร์ดปูยึดโครงหลังคาแทนแผ่น OSB และติดตั้งแปพร้อมวัสดุมุงหลังคาที่สามารถหาได้ตามท้องตลาด



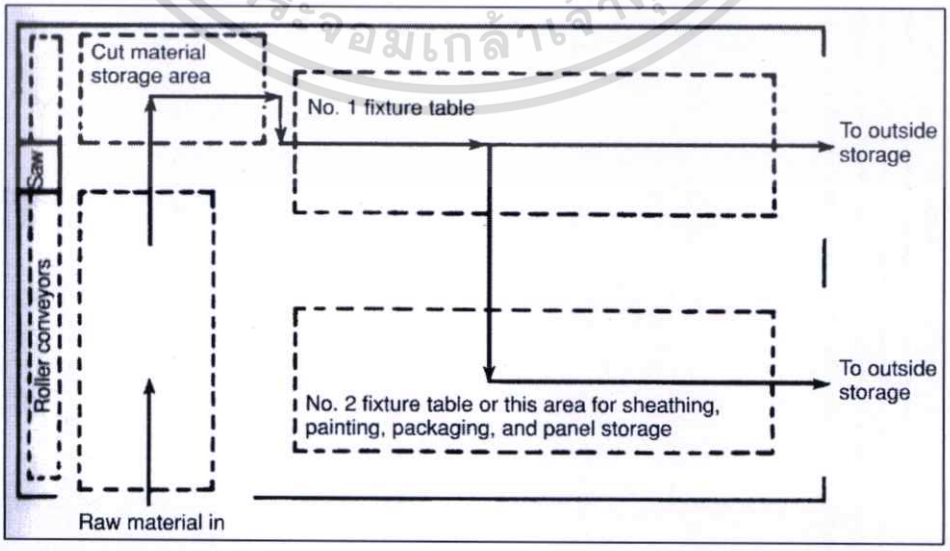
รูปที่ 4.22 แสดงการปูแผ่นวัสดุหุ้มโครงหลังคา (Mann, Peter A. 1989.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้เน้นทำการศึกษาในส่วนของวัสดุโครงเหล็กเบาและเทคนิคการก่อสร้างเป็นหลัก แต่เพื่อความเข้าใจที่ต่อเนื่องกับการศึกษาในส่วนของการประกอบโครงคร่าวเหล็กเบา ก็จำเป็นที่จะต้องเข้าใจข้อมูลไว้เป็นพื้นฐานสำหรับในแต่ละองค์ประกอบของอาคารไว้ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่ต่อเนื่องกันระหว่างชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาที่ทำการติดตั้งแผ่นวัสดุหุ้มโครงกับวัสดุผิวสำเร็จแบบต่างๆ

4.2.5 ระบบการก่อสร้างด้วยวิธีการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป

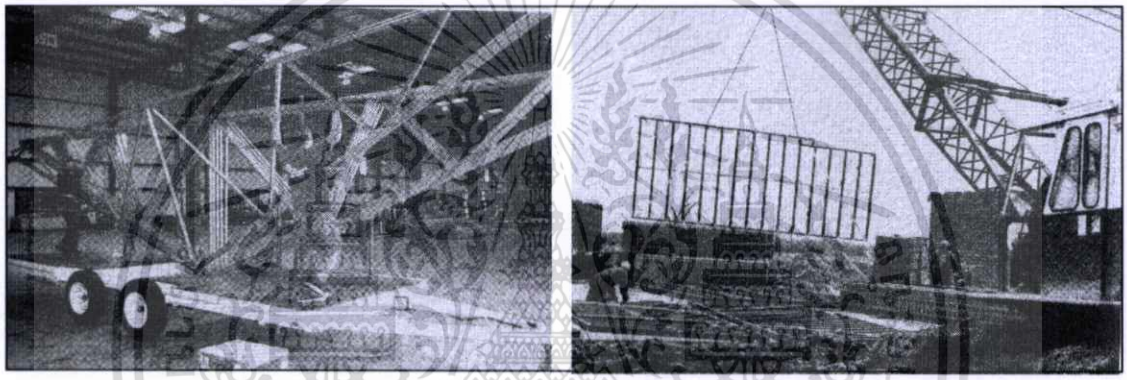
ระบบการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized System) นั้น จะต้องมีโรงงานหรือสถานที่ในการผลิตหรือประกอบโครงก่อนที่จะนำมาประกอบติดตั้งเป็นตัวอาคารที่จุดก่อสร้าง โดยธรรมชาติแล้ว ไม่ว่าจะเป็นการประกอบโครงที่ใดก็ตามจะต้องกระทำการในแนวนอนเป็นหลัก จนชิ้นส่วนประกอบย่อยมีความประสานกันจนเป็นแผ่นผืนที่สามารถยกตั้งได้ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การก่อสร้างในระบบนี้จะหลักการพื้นฐานในเชิงโครงสร้างเหมือนกัน คือ ลักษณะของความเป็นแผ่น (Panel) ที่มีรูปแบบแผ่นแตกต่างกันไปตามแต่ละองค์ประกอบของอาคาร สำหรับการวิจัยนี้จะมุ่งเน้นที่ระบบการก่อสร้างด้วยวิธีการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป ที่มีขั้นตอนการก่อสร้าง 2 ส่วนหลัก คือ ขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง โดยการประกอบที่โรงงานนั้นสามารถที่จะสั่งตัดชิ้นส่วนประกอบย่อยโครงเหล็กเบาตามความยาวที่ต้องการได้ โดยมีเครื่องจักรในการผลิตและขึ้นรูปท่อน โครงเหล็กเบา ซึ่งช่างจะทำงานอย่างเป็นขั้นตอนที่โต๊ะประกอบ ซึ่งมีเครื่องมือช่วยในการกำหนดตำแหน่งและจับยึดชิ้นงานที่สำคัญ เช่น Jig ทำให้มีศักยภาพที่จะวางสายการผลิตในโครงการที่มีปริมาณงานมากๆ ได้จุดเด่นที่สำคัญของการผลิตจากโรงงานก็คือ ปราศจากเงื่อนไขความแปรปรวนด้านสภาพอากาศ ที่อาจทำให้ไม่สามารถเข้าไปทำงานอยู่ในพื้นที่ก่อสร้างได้ตลอด ทำให้ต้องประกอบโครงก่อนแล้วจึงขนส่งไปยังที่ก่อสร้าง



รูปที่ 4.23 แสดงตัวอย่างการจัดผังสำหรับขั้นตอนการผลิตจากโรงงาน (Scharff, Robert. 1996.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.24 แสดงขั้นตอนการผลิตเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากโรงงาน (Scharff, Robert. 1996.)



รูปที่ 4.25 แสดงการขนแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จจากโรงงานไปที่จุดก่อสร้าง (Scharff, Robert. 1996.)

สำหรับช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้างนั้น สามารถประมวลจากการรวบรวมข้อมูลเอกสารและการสัมภาษณ์ในเบื้องต้นได้ดังนี้

- เริ่มตั้งแต่การขนยกแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จลงมากองพักไว้ที่จุดก่อสร้าง โดยมีลำดับการจัดเรียงแต่ละแผ่นที่สอดคล้องกับการนำไปประกอบติดตั้ง (เริ่มทำการประกอบติดตั้งภายหลังจากงานฐานรากและโครงสร้างรองรับการพาดช่วงขององค์ประกอบพื้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว)

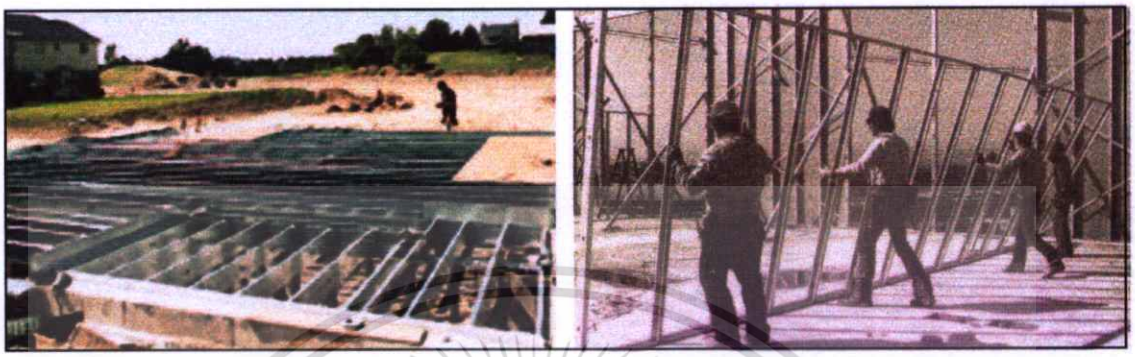
- ทำการติดตั้งพื้นชั้นล่างก่อน ซึ่งอาจทำการประกอบที่หน้างานทีละท่อนหรือประกอบเป็นแผ่นสำเร็จมาก็ได้ หลังจากติดตั้งองค์ประกอบพื้นเสร็จ ก็จะต้องกรุวัสดุหุ้มโครงรองพื้นก่อน

- ทำการประกอบติดตั้งองค์ประกอบผนัง โดยขนแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จในส่วนผนังไปวางนอนในตำแหน่งแต่ละด้านของอาคารเพื่อเตรียม พร้อมในการยกแผ่นตั้งขึ้น (Erection) ตามลำดับทีละแผ่นแล้วยึดเข้าด้วยกันไปเรื่อยๆจนครบทุกแผ่น (แต่ละแผ่นจะต้องมีตัวค้ำยันมาเสริมไว้) รวมถึงผนังกั้นห้องภายใน โดยผนังมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ แผ่นผนังรับน้ำหนักและไม่รับน้ำหนัก

- นำองค์ประกอบพื้นชั้นที่ 2 (ถ้ามี) มาติดตั้งและพาดช่วงบนแผ่นผนังของชั้นที่ 1ทั้งหมด เมื่อเสร็จสิ้นแล้วก็จะเป็นการนำองค์ประกอบผนังของชั้นที่ 2 (ถ้ามี) มาประกอบติดตั้งจนครบ

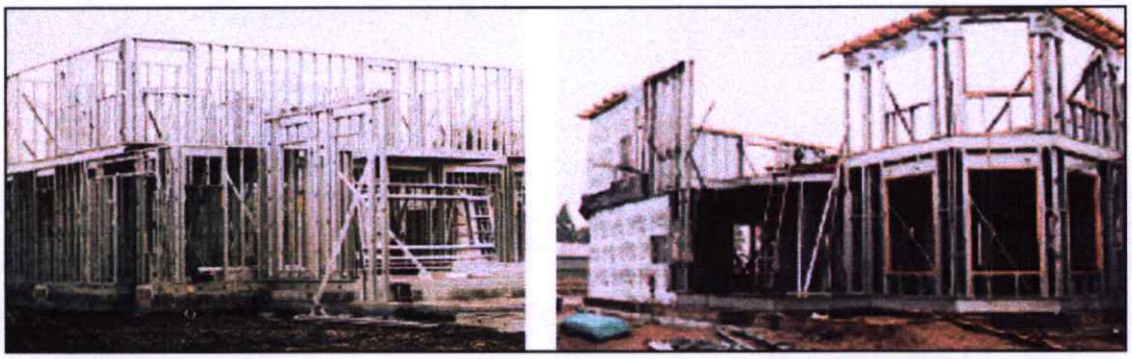
เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการติดตั้งองค์ประกอบหลังคา โดยนำแผ่นชิ้นส่วนหลังคาที่มีลักษณะเป็นโครงถัก (อย่างน้อยต้องมีลักษณะเป็นกรอบสามเหลี่ยมโดยรอบ) ยกขึ้นมาประกอบติดตั้งและพาดช่วงบนผนัง (ชั้นที่ 1 หรือ 2) โดยองค์ประกอบหลังคาเป็นส่วนที่อยู่สูงที่สุดในช่วงการติดตั้งนี้



รูปที่ 4.26 แสดงการติดตั้งแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จที่จุดก่อสร้างในส่วนองค์ประกอบพื้นและผนัง (Scharff, Robert. 1996 และ Canadian Sheet Steel Building Institute. 1994)

รูปที่ 4.27 แสดงการติดตั้งแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จที่จุดก่อสร้างในส่วนองค์ประกอบผนังและหลังคา (Steel Framing Alliance. 2007 และ Canadian Sheet Steel Building Institute. 1994)

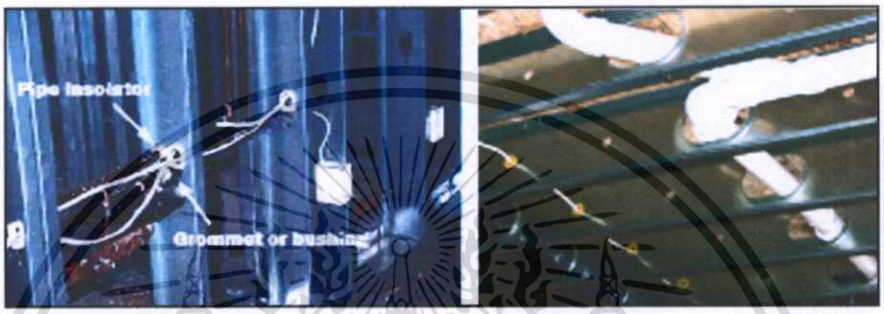


รูปที่ 4.28 แสดงภาพรวมที่จุดก่อสร้าง (Canadian Sheet Steel Building Institute. 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

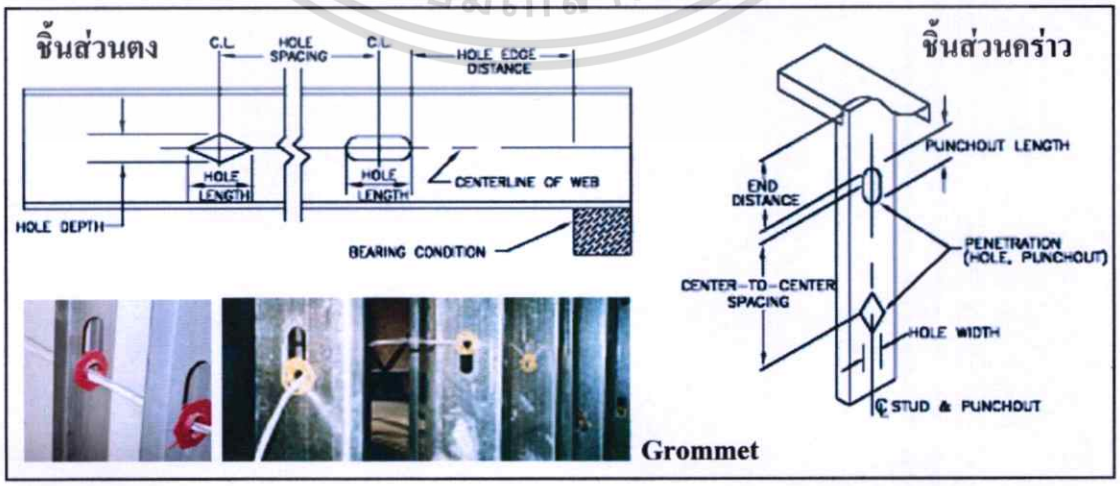
4.2.6 การรองรับด้านงานระบบวิศวกรรม

อาคารพักอาศัยในระบบโครงสร้างเหล็กเบาก็มีความต้องการด้านงานระบบไม่แตกต่างจากระบบที่นิยมก่อสร้างทั่วๆไป แต่ความแตกต่างที่สำคัญอย่างมากก็คือ ความสามารถในการรองรับการเดินงานระบบซ่อนอยู่ภายในผนังหรือพื้น โดยมีช่องเปิดที่ด้านลึกหรือ web (Web opening หรืออาจเรียก Web holes) ของชิ้นส่วนโครงคร่าวผนังหรือตงตั้งแต่ที่ทำการขึ้นรูปผลิตวัสดุออกมา ซึ่งทำให้สามารถเดินงานท่อลอดผ่านระหว่างคร่าวได้โดยไม่ต้องสกัดฝังท่อร้อยสายไฟเหมือนกับผนังก่อทั่วๆไป หรือไม่ต้องเผื่อพื้นที่ว่างเหนือฝ้าในกรณีที่มีความสูงระหว่างชั้นจำกัด



รูปที่ 4.29 แสดงลักษณะการเดินงานระบบผ่าน Web opening (Steel Framing Alliance. 2008)

สำหรับช่องที่ถูกเจาะนั้น จะต้องมีการติดตั้งวงแหวนพลาสติกรอบช่อง (Grommet) เพื่อกันความคมของเหล็กและการทำปฏิกิริยาระหว่างโลหะ เช่น การเดินท่อทอง แดง สำหรับการเจาะช่องนั้นสามารถใช้เครื่องมือๆได้หลายแบบ ที่สำคัญตำแหน่งช่องต้องอยู่ในแนวเส้นกึ่งกลางตามยาวของชิ้นส่วนและต้องไม่ยาวกว่า 4 ½ นิ้ว ส่วนความกว้างนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดโดยรวมของหน้าตัด การเจาะช่องต้องมีระยะห่างระหว่างกึ่งกลางอย่างน้อย 24 นิ้ว และมีระยะห่างจากปลายทั่วไปหรือปลายที่มีการรับน้ำหนักอย่างน้อย 10 นิ้ว ส่วนการปะซ่อมช่องเจาะนั้นต้องใช้เหล็กที่มีความหนาเท่ากันและยึดด้วยสกรู โดยมีระยะห่าง 1 นิ้ว ที่ด้าน web เท่านั้น (Steel Framing Alliance. 2008)



รูปที่ 4.30 แสดงลักษณะการเจาะช่องที่ web (North American Steel Framing Alliance. 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการประมวลข้อมูลด้านการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา เมื่อมองในภาพรวมกว้างๆ สามารถวิเคราะห์ในเบื้องต้นได้ว่า มีองค์ความรู้อยู่ 2 ส่วนหลัก ดังนี้

1. องค์ความรู้ในส่วนของชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาที่ประกอบโครงขึ้นเป็นส่วนต่างๆ ของอาคาร ได้แก่ พื้น ผนัง และหลังคา โดยใช้เครื่องมือและวิธีการยึดต่อในรูปแบบต่างๆตามความเหมาะสมที่ขึ้นอยู่กับระบบการก่อสร้างที่ใช้

2. องค์ความรู้ในส่วนของแผ่นวัสดุหุ้มโครงและวัสดุผิวสำเร็จ

เมื่อพิจารณาองค์ความรู้ทั้ง 2 ส่วนนี้แล้ว จะเห็นได้ว่าองค์ความรู้ในส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นเรื่องของแผ่นวัสดุหุ้มโครงและวัสดุผิวสำเร็จ เป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบหรือผู้เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในประเทศไทยมีความชำนาญในส่วนนี้ดีอยู่แล้วเพราะเป็นส่วนหนึ่งที่ต้องประกอบร่วมกับระบบการก่อสร้างทั่วไปอยู่แล้ว จากรายละเอียดของการใช้แผ่นวัสดุหุ้มโครงที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น แสดงให้เห็นว่าวัสดุผิวสำเร็จที่ปิดทับบนแผ่นวัสดุหุ้มโครงสามารถเลือกใช้ได้หลากหลายตามความต้องการของผู้ออกแบบ โดยเฉพาะการใช้วัสดุภายในประเทศ เพียงแต่อาจต้องมีข้อคำนึงบ้างในเรื่องของการใช้วัสดุเพื่อกันน้ำหรือความชื้น และน้ำหนักวัสดุทั้งหมดที่กระทำต่อโครงเหล็กเบา ซึ่งไม่ได้เป็นเรื่องใหม่ในแง่ของกระบวนการก่อสร้าง ในขณะที่องค์ความรู้ในส่วนที่ 1 ซึ่งเป็นเรื่องของโครงสร้างเหล็กเบาโดยตรง ทั้งในเรื่องความรู้ของของชิ้นส่วนวัสดุ การประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป และระบบการก่อสร้างที่มีกระบวนการและขั้นตอนอันเป็นลักษณะเฉพาะของเทคโนโลยีในการก่อสร้างชนิดนี้ จัดว่ามีอยู่น้อยมาก เพราะสภาพแวดล้อมที่จะส่งเสริมองค์ความรู้ด้านนี้ในประเทศไทยยังไม่มีความเอื้ออำนวย ดังนั้นหัวใจสำคัญของการวิจัยนี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญต่อการวิเคราะห์ถึงเนื้อหาขององค์ความรู้ในส่วนที่ 1 เป็นหลัก

4.3 ตัวอย่างแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา

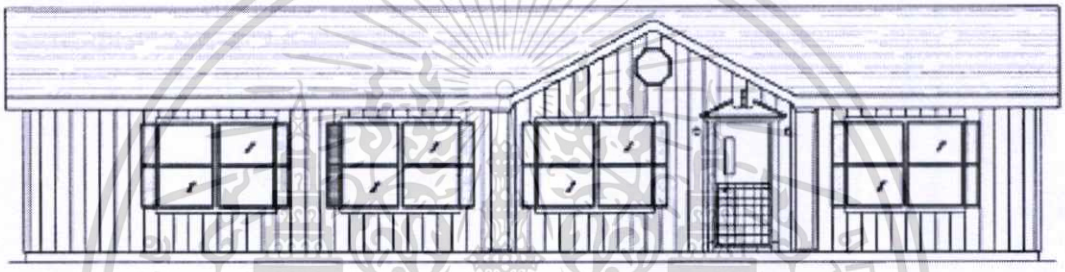
แบบก่อสร้างอาคารพักอาศัยตัวอย่างที่นำมาเสนอนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้ออกแบบทั่วไปได้ทำความเข้าใจถึงลักษณะสำคัญของแบบที่ทำการก่อสร้างในระบบนี้ที่มีพื้นฐานมาจากระบบผนังรับน้ำหนักแบบแพลตฟอร์มเฟรมซึ่งมีความแตกต่างจากแบบก่อสร้างที่ใช้พื้นฐานของระบบโครงสร้างแบบเสาและคาน โดยมีข้อสังเกตที่สำคัญก็คือ ความสัมพันธ์ระหว่างผังอาคารที่มีการวางแนวผนังกับรูปตัดที่แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งผนังที่รองรับการพาดช่วงของชิ้นส่วนหลังคาหรือพื้น ซึ่งจะทำให้ทราบได้ว่า แนวผนังชุดใดในผังเป็นผนังรับน้ำหนักโดยตรงและไม่ได้รับน้ำหนัก อันเป็นสิ่งสำคัญเบื้องต้นที่ผู้ออกแบบควรมีความเข้าใจเพื่อการตรวจสอบรูปแบบแผ่นและตำแหน่งการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง นอกจากนี้ลักษณะดังกล่าวเป็นสิ่งที่มีผลต่อชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาย่อยๆที่นำมาประกอบโครง เช่น ขนาดหน้าตัด ระยะระหว่างโครง เป็นต้น โดยแบบตัวอย่างที่นำเสนอมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

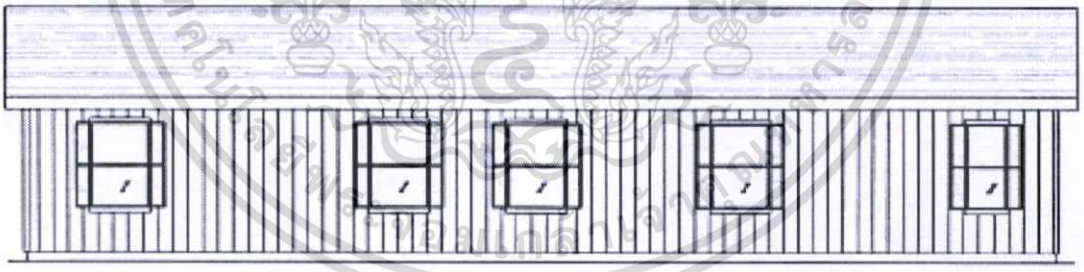
ตารางที่ 4.11 แสดงตัวอย่างแบบก่อสร้างอาคารอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา – แบบที่ 1

ข้อมูลพื้นฐานและรายละเอียดโดยสังเขป	แบบที่ 1
โครงการ : The prototype steel frame manufactured Housing design ลักษณะอาคาร : อาคาร 1 ชั้น หลังคาทรงจั่ว พื้นที่ : 140.5 ตร.ม. ออกแบบโดย : RADCO 3220 E. 59th STREET LONG BEACH, CA 90805	เป็นบ้านตัวอย่างที่มีระบบพื้นเป็นโครงคร่าวเหล็กเบาวางบนคานเหล็กรูปพรรณ ส่วนผนังภายนอกด้านยาวและผนังภาย ในที่ขนานกับผนังภายนอกเป็นผนังรับน้ำหนักเพื่อรองรับโครงหลังคา truss แยก 2 ชุด ที่พาดช่วงระหว่างผนังภายนอกกับผนังภายในที่อยู่แนวกลางขนานด้านยาว ส่วนผนังภายนอกด้านแคบและผนังภายในที่ขนานกับด้านแคบเป็นผนังไม่รับน้ำหนัก

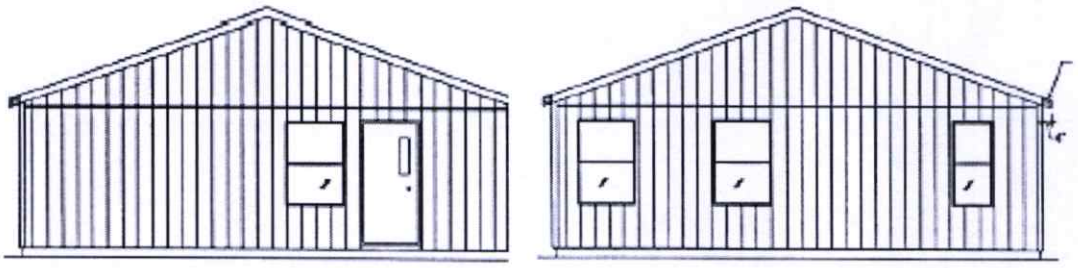
ทัศนียภาพหรือรูปด้าน	แบบที่ 1



รูปด้านหน้า



รูปด้านหลัง

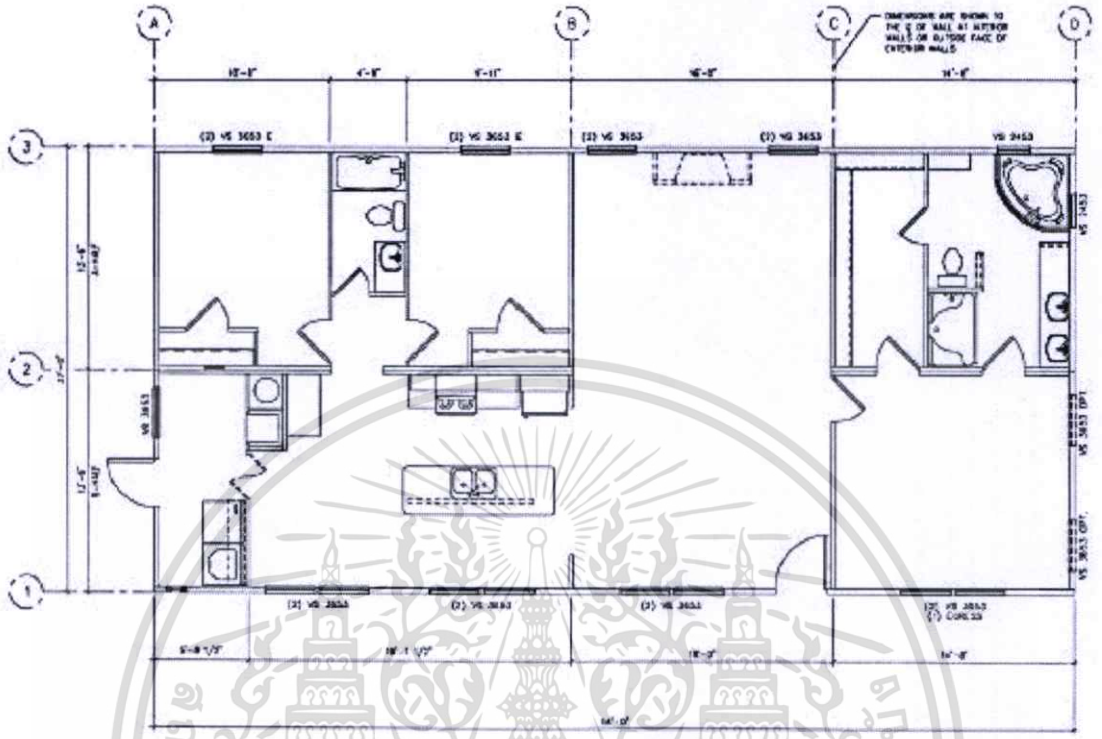


รูปด้านข้าง

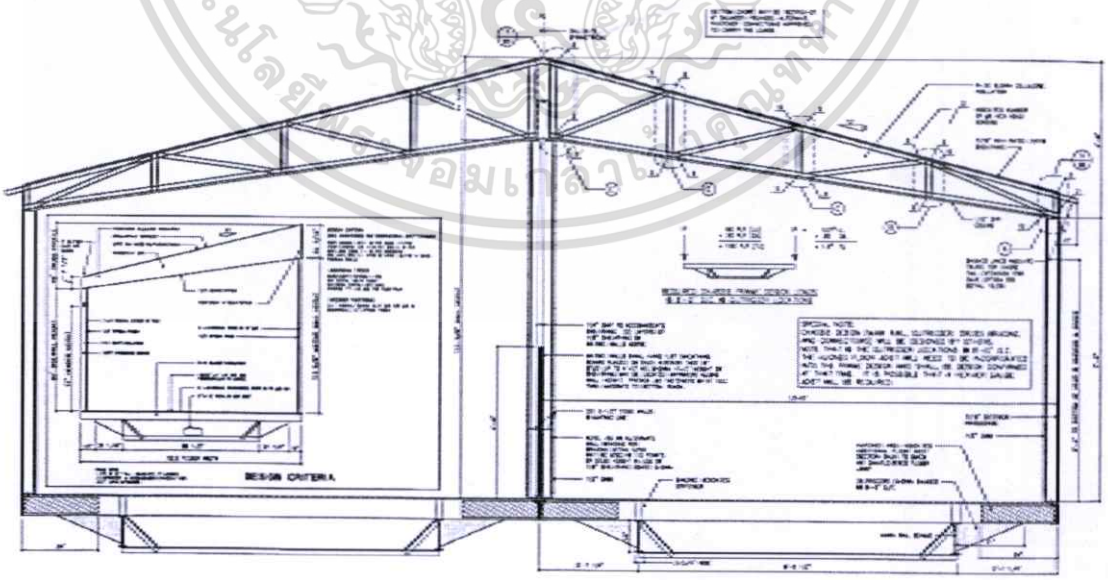
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 (ต่อ-1)

ผังพื้นชั้นที่ 1	แบบที่ 1



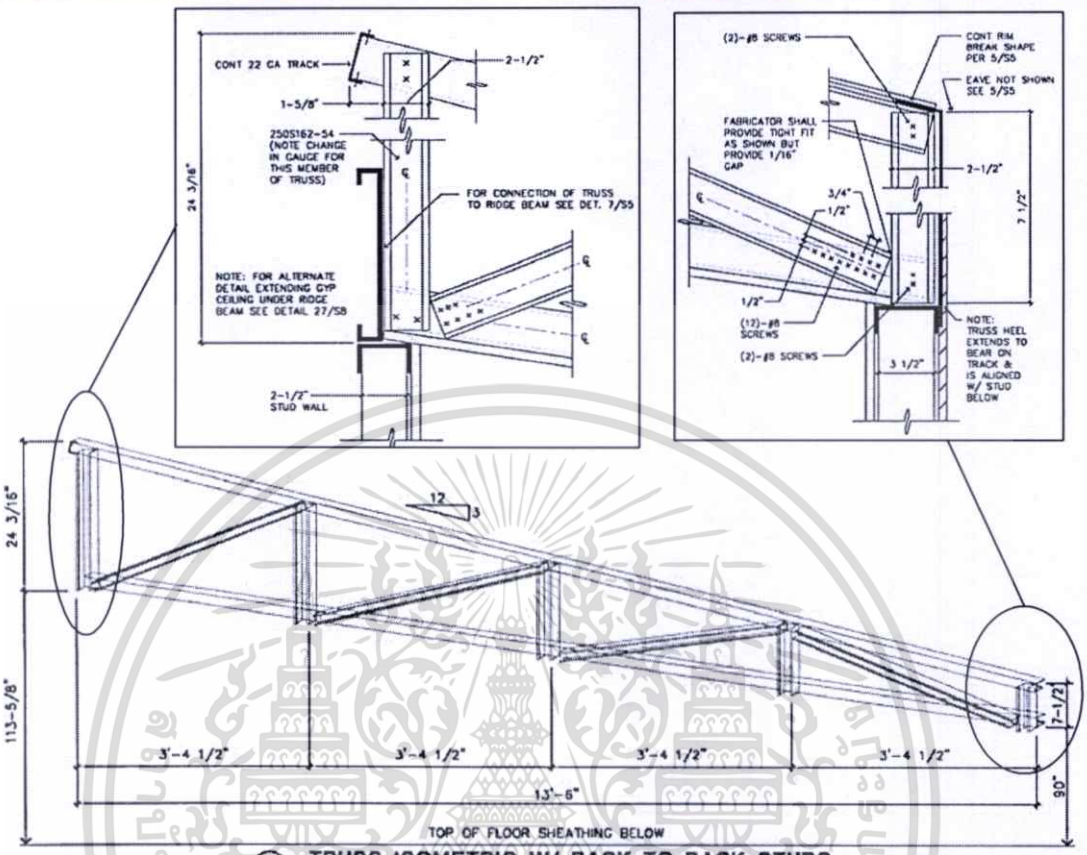
รูปตัด	แบบที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 (ต่อ-2)

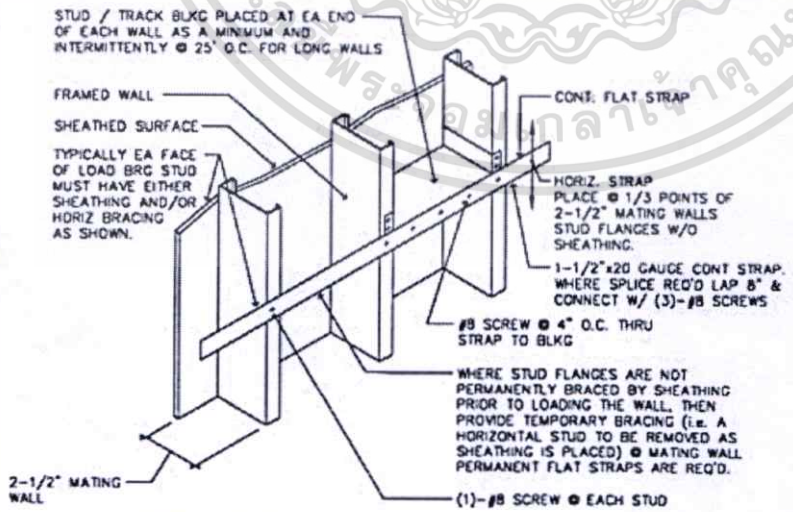
รายละเอียดเพิ่มเติมอื่นๆ	แบบที่ 1



NOTE: TRUSS CONFIGURATION MAY BE ADJUSTED FOR HEAT DUCT AT THE APPROVAL OF THE ENGINEER

(F) **TRUSS ISOMETRIC W/ BACK TO BACK STUDS** N.T.S.

รายละเอียดจุดรองรับที่ปลายโครง truss



(A) **PERMANENT AND TEMPORARY WALL BRACING**

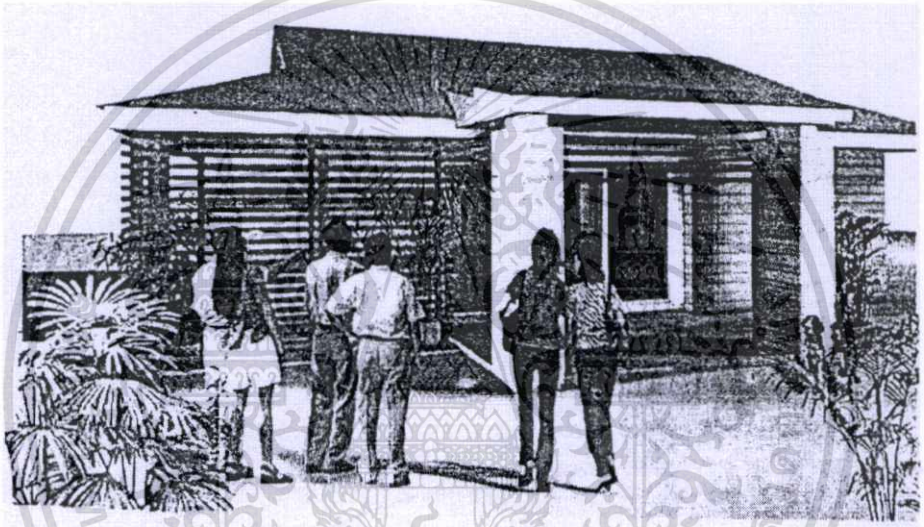
รายละเอียดการยึดรั้ง (bracing) สำหรับโครงคร่าวผนัง

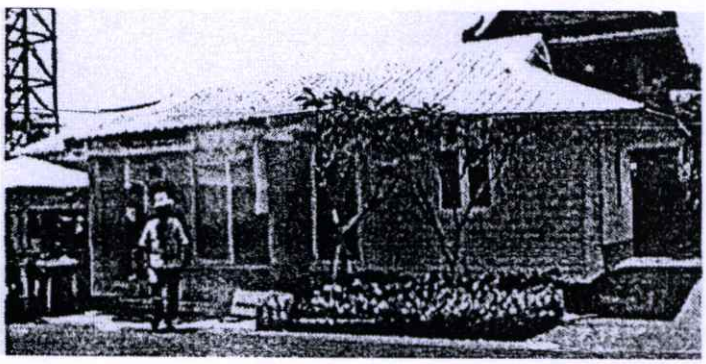
หมายเหตุ เรียบเรียงข้อมูลจาก Design for a Cold-formed Steel Framing Manufactured Home : Technical Support Document (ใช้เพื่อประกอบการศึกษาเท่านั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงตัวอย่างแบบก่อสร้างอาคารอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา – แบบที่ 2

ข้อมูลพื้นฐานและรายละเอียดโดยสังเขป	แบบที่ 2
โครงการ : อาคารพักอาศัยตัวอย่างในงานสถาปนิก พ.ศ. 2547 ลักษณะอาคาร : อาคาร 1 ชั้น หลังคาทรงจั่ว+ปั้นหยา พื้นที่ : 54.7 ตร.ม.	เป็นบ้านตัวอย่างที่ก่อสร้างในระบบสำเร็จรูปเกือบทั้งหมดจากโรงงานแล้วทำการขนทั้งหลังวางที่งาน เนื่องจากเป็นบ้านขนาดเล็ก แต่โดยหลักการแล้วก็คือประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนในโรงงานแล้วยกมาติดตั้งข้างนอกโรงงาน โดยผนังด้านยาวจะเป็นผนังรับน้ำหนัก โดยหลังคาเป็นโครง truss ทั้งหมด
ทัศนียภาพหรือรูปด้าน	**แบบที่ 2**

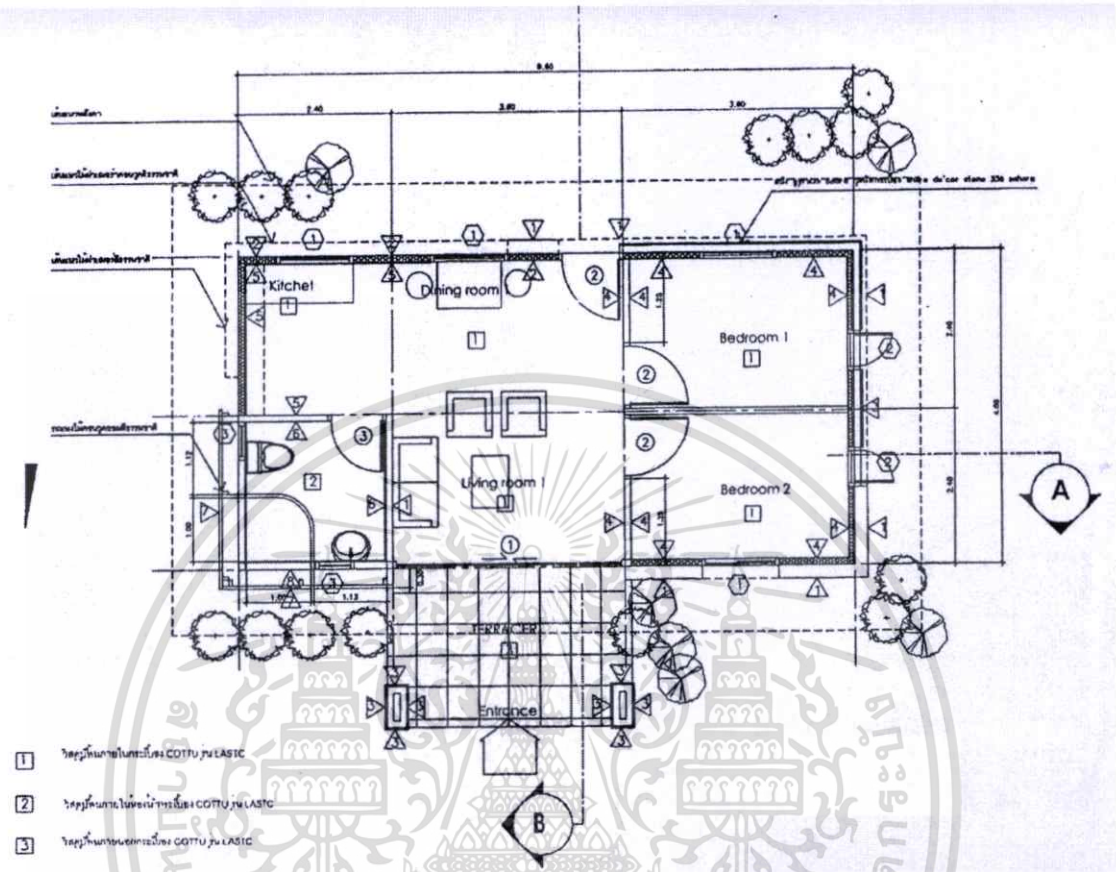




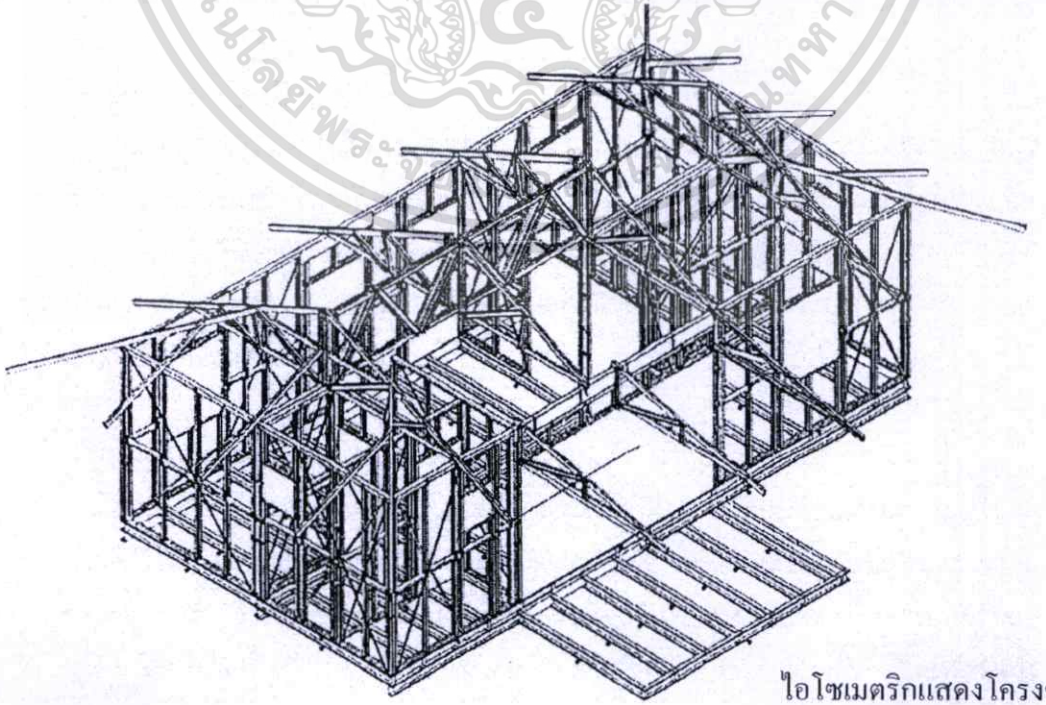
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 (ต่อ-1)

ผังพื้นชั้นที่ 1	แบบที่ 2



รายละเอียดเพิ่มเติมอื่นๆ	แบบที่ 2



ไอโซเมตริกแสดงโครงคร่าว

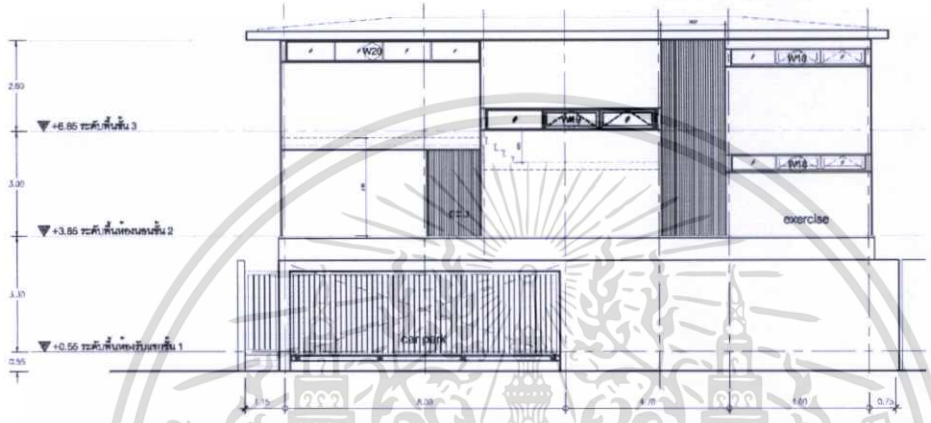
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ เรียบเรียงข้อมูลจาก รายงานการประเมินผลบ้านโครงสร้างเหล็ก #5 (ใช้เพื่อประกอบการศึกษาเท่านั้น)

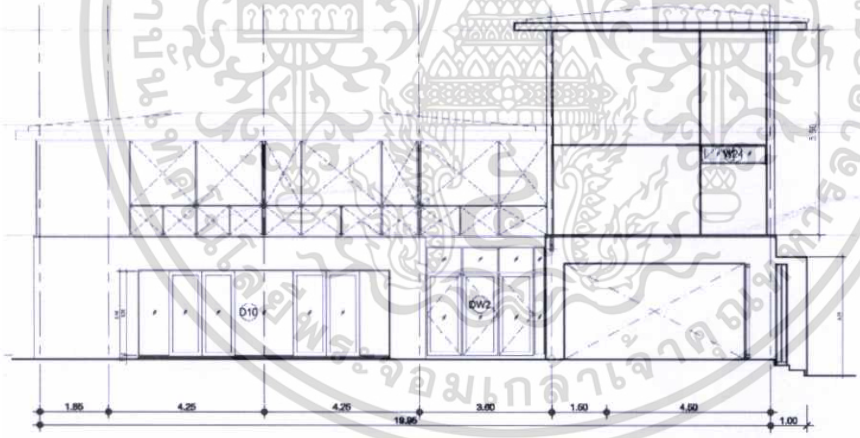
ตารางที่ 4.13 แสดงตัวอย่างแบบก่อสร้างอาคารอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา – แบบที่ 3

ข้อมูลพื้นฐานและรายละเอียดโดยสังเขป	แบบที่ 3
โครงการ : อาคารพักอาศัย ลักษณะอาคาร : อาคาร 3 ชั้น หลังคาทรงจั่ว พื้นที่ : 140.5 ตร.ม. ผู้ประกอบโครง : บริษัท นิวโฮม คอนเซ็พท์ จำกัด	เป็นบ้านที่อยู่ระหว่างการเตรียมการก่อสร้าง โดยชั้นที่ 1 เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ส่วนชั้นที่ 2-3 เป็นโครงสร้างเหล็กเบาทั้งหมด ข้อสังเกต คือ การวางองค์ประกอบหลังคาที่ไม่อิงระยะชายคาตามแนวผนัง

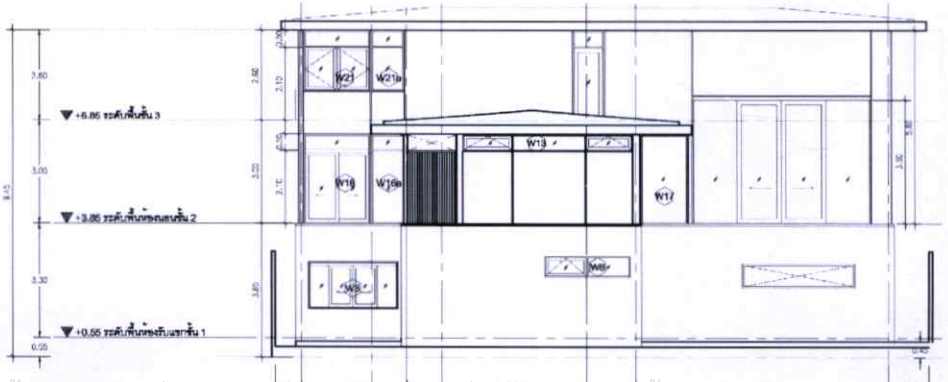
ทัศนียภาพหรือรูปด้าน	แบบที่ 3



รูปด้านหน้า



รูปด้านข้าง

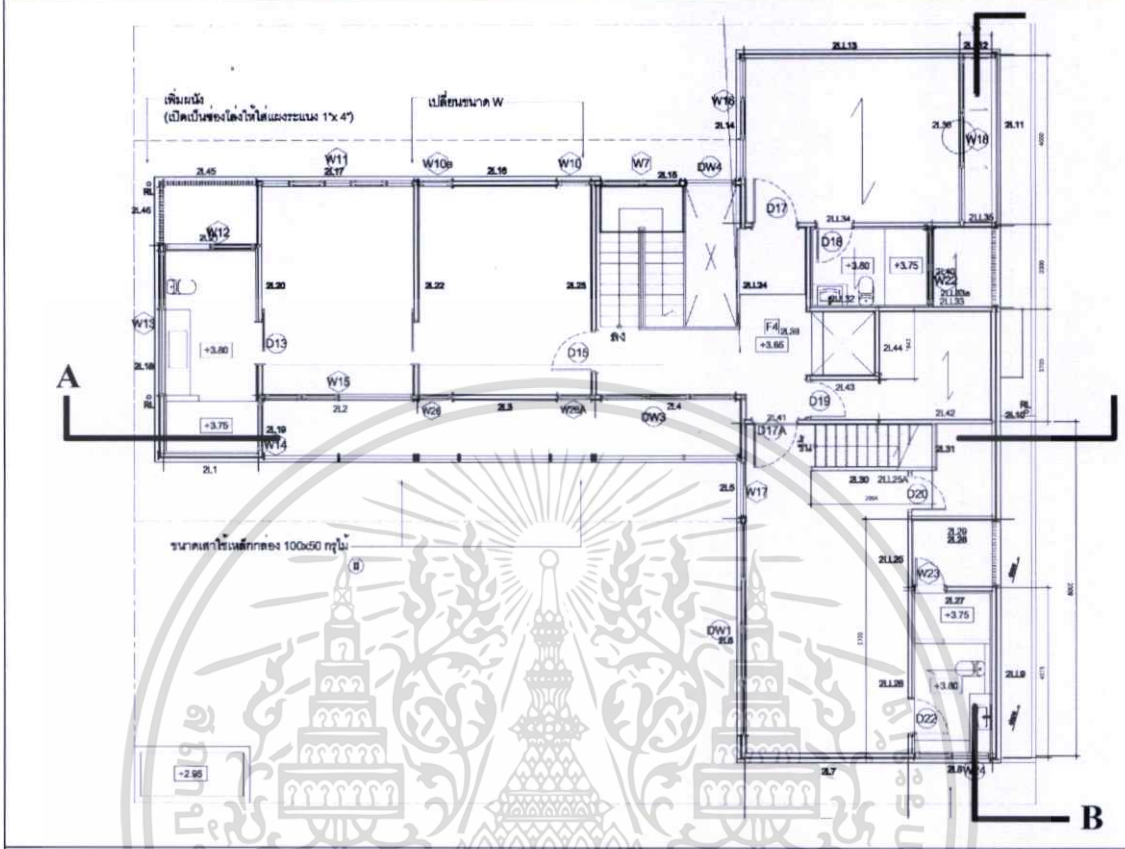


รูปด้านหลัง

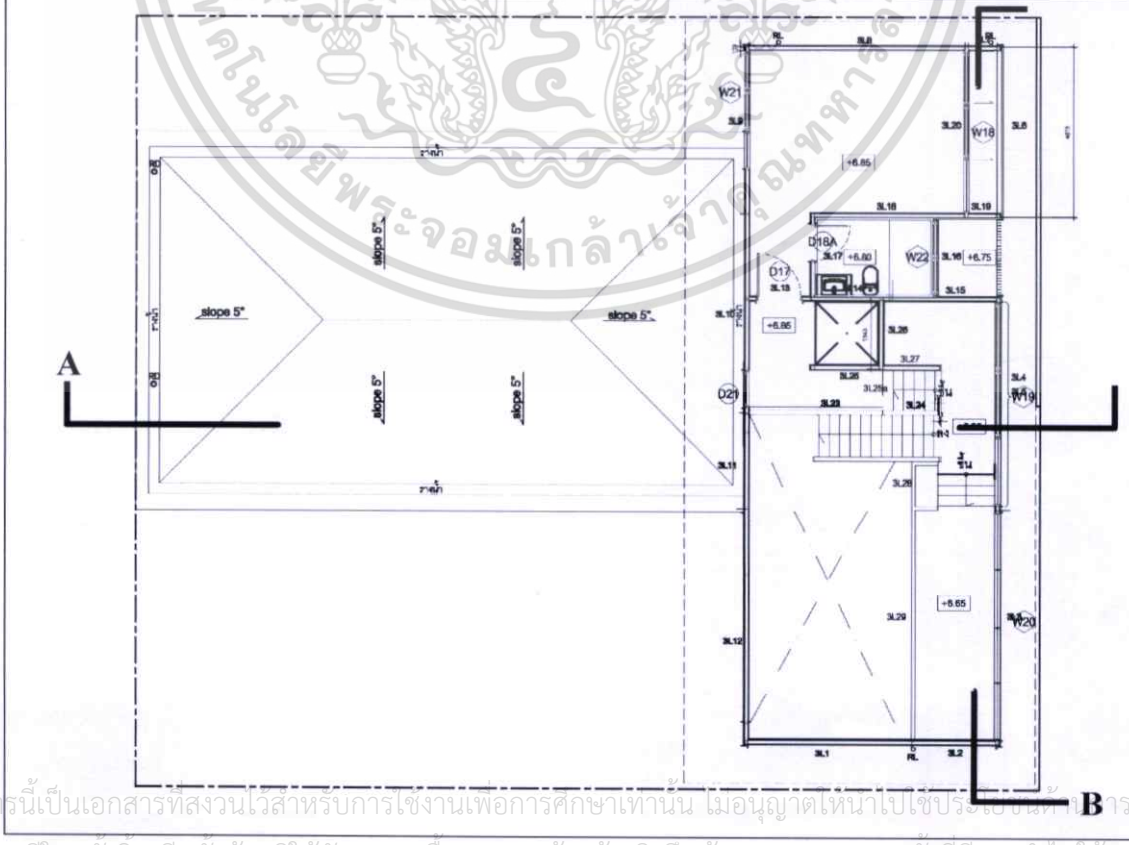
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 (ต่อ-1)

ผังพื้นชั้นที่ 2	แบบที่ 3



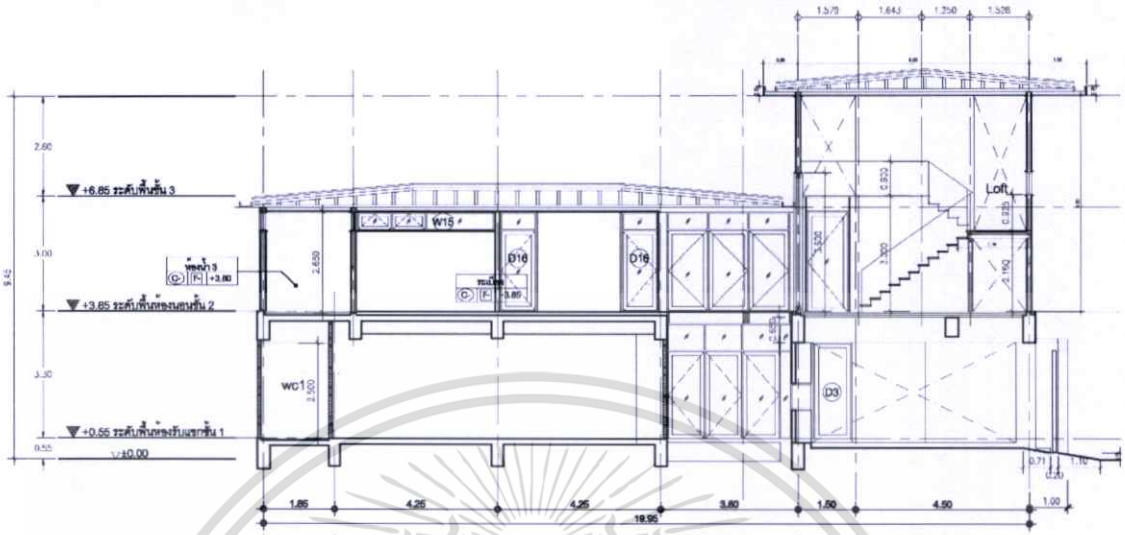
ผังพื้นชั้นที่ 3	แบบที่ 3



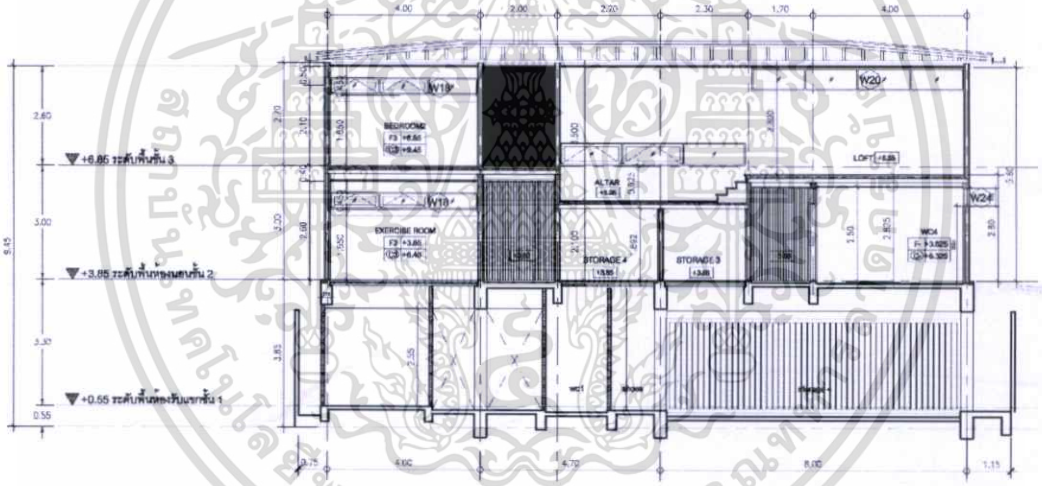
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 (ต่อ-2)

รูปตัด	แบบที่ 3

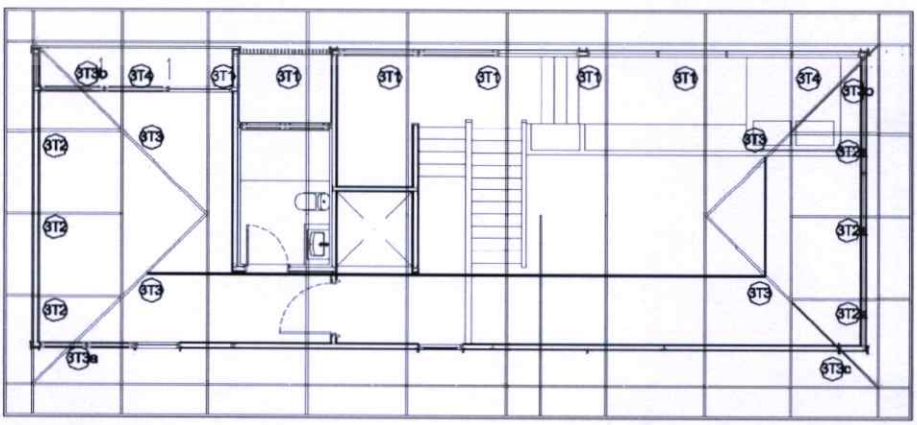


รูปตัด A-A



รูปตัด B-B

รายละเอียดเพิ่มเติมอื่นๆ	แบบที่ 3



ผังหลังคาชั้นที่ 3 และแนวการวางโครง truss

หมายเหตุ ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจาก คุณสมชาย สกุลอิสริยาภรณ์ (ใช้เพื่อประกอบการศึกษาเท่านั้น)

เอกสารนี้เป็นสิ่งที่ได้รับการคุ้มครองลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทย

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำเสนอผลการรวบรวมข้อมูลเชิงลึกจากแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างดังที่ได้กล่าวถึงรายละเอียดการสร้างเครื่องมือไว้ในบทที่ 3 ซึ่งสามารถแสดงตารางจำแนกผลการสัมภาษณ์ในลักษณะเชิงสรุปพร้อมบรรยายผลการศึกษา โดยมีหัวข้อดังต่อไปนี้

4.4.1 ผลการตอบของผู้เกี่ยวข้องแต่ละกลุ่ม

เป็นการแสดงจำนวนข้อที่สามารถให้คำตอบได้ในแบบสัมภาษณ์ โดยแต่ละตารางจะแยกการแจกแจงตามกลุ่มบุคคลที่ไปทำการสัมภาษณ์ทั้งหมด 3 กลุ่ม (จำนวนทั้งหมด 13 คน) ว่าในแต่ละกลุ่มมีปริมาณการตอบมากน้อยแค่ไหน โดยการทำตารางเพื่อเปรียบเทียบระหว่างจำนวนข้อทั้งหมดที่มีและจำนวนข้อที่สามารถตอบได้ของกลุ่มบุคคลที่ทำการตอบแบบสัมภาษณ์ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.14 แสดงการตอบของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ด้านอาคาร โครงสร้างเหล็กเบา

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : ผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา จำนวน 5 คน	**จำนวนข้อทั้งหมด**	**จำนวนข้อที่ตอบได้** (จากกลุ่มผู้ถูกสัมภาษณ์)	
หัวข้อหลัก	(5 คน x ข้อย่อย)	**ข้อ**	**%**
1. ชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา (5 ข้อย่อย)	25	20	**80**
2. องค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา โดยภาพรวม (6 ข้อย่อย)	30	30	**100**
3. องค์ประกอบพื้น (4ข้อย่อย)	20	12	**60**
4. องค์ประกอบผนัง (4ข้อย่อย)	20	12	**60**
5. องค์ประกอบหลังคา (4ข้อย่อย)	20	12	**60**
6. ระบบการก่อสร้าง Panelized system (9ข้อย่อย)	45	40	**89**
รวมข้อที่ตอบได้จากแบบสัมภาษณ์ 5 ชุด	**160**	**126**	**78**

จากตารางที่ 4.14 จะเห็นได้ว่า การตอบของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบาจำนวน 5 คนนั้น สามารถตอบในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบของอาคารโดยภาพรวมได้มากที่สุดถึง 100% รองลงมาที่ใกล้เคียงกัน คือ ระบบการก่อสร้าง Panelized system และชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา ตามลำดับ ส่วนในเรื่องขององค์ประกอบ พื้น ผนัง และหลังคานั้น มีจำนวนข้อที่ตอบได้น้อยที่สุดในจำนวนที่เท่าๆกัน คือ 60% แสดงให้เห็นว่ากลุ่มนี้ให้ข้อมูลเชิงองค์รวมได้ค่อนข้างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 แสดงการตอบของกลุ่มช่างที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : ช่างที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา จำนวน 4 คน	**จำนวนข้อทั้งหมด**	**จำนวนข้อที่ตอบได้** (จากกลุ่มผู้ถูกสัมภาษณ์)	
หัวข้อหลัก	(4 คน x ข้อย่อย)	**ข้อ**	**%**
1. ชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา (5 ข้อย่อย)	20	20	**100**
2. องค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา โดยภาพรวม (6 ข้อย่อย)	24	24	**100**
3. องค์ประกอบพื้น (4ข้อย่อย)	16	16	**100**
4. องค์ประกอบผนัง (4ข้อย่อย)	16	16	**100**
5. องค์ประกอบหลังคา (4ข้อย่อย)	16	16	**100**
6. ระบบการก่อสร้าง Panelized system (9ข้อย่อย)	36	36	**100**
รวมข้อที่ตอบได้จากแบบสัมภาษณ์ 4 ชุด	**128**	**128**	**100**

จากตารางที่ 4.15 จะเห็นได้ว่า การตอบของกลุ่มช่างที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบาจำนวน 4 คนนั้น สามารถตอบได้ทุกหัวข้อหลักและทุกข้อย่อย แสดงให้เห็นว่ากลุ่มช่างค่อนข้างจะมีความรู้ในรายละเอียดทั้งการปฏิบัติในช่วงการผลิตและการติดตั้งที่จุดก่อสร้างค่อนข้างดี เพราะคลุกคลีอยู่กับการก่อสร้างในระบบนี้มาเป็นเวลานาน

ตารางที่ 4.16 แสดงการตอบของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ผู้ถูกสัมภาษณ์ : ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป จำนวน 4 คน	**จำนวนข้อทั้งหมด**	**จำนวนข้อที่ตอบได้** (จากกลุ่มผู้ถูกสัมภาษณ์)	
หัวข้อหลัก	(4 คน x ข้อย่อย)	**ข้อ**	**%**
1. ชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา (5 ข้อย่อย)	20	0	**0**
2. องค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา โดยภาพรวม (6 ข้อย่อย)	24	0	**0**
3. องค์ประกอบพื้น (4ข้อย่อย)	16	0	**0**
4. องค์ประกอบผนัง (4ข้อย่อย)	16	0	**0**
5. องค์ประกอบหลังคา (4ข้อย่อย)	16	0	**0**
6. ระบบการก่อสร้าง Panelized system (9ข้อย่อย)	36	36	**100**
รวมข้อที่ตอบได้จากแบบสัมภาษณ์ 4 ชุด	**128**	**36**	**28**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.16 จะเห็นได้ว่า การตอบของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป จำนวน 4 คนนั้น สามารถตอบได้เพียงหัวข้อหลักด้านระบบการก่อสร้าง Panelized system ได้มากที่สุดถึง 100% ใน ขณะที่หัวข้อหลักอื่นๆไม่สามารถให้คำตอบได้อย่างชัดเจนตรงจุด จึงไม่สามารถที่จะนับรวมเป็นข้อที่ตอบได้เหมือนกับการตอบด้านระบบการก่อสร้างที่ให้ข้อมูลได้ตรงประเด็นมากกว่า

4.4.2 ผลการตอบแยกตามประเด็นหัวข้อหลัก

เป็นการแสดงผลการตอบแต่ละคำถามที่สามารถตอบได้ โดยจัดเป็นตารางนำเสนอแยกตามหัวข้อหลัก เพื่อแยกแยะให้เห็นการตอบตามตัวเลือกกับการตอบแบบปลายเปิด (อื่นๆ) ที่นอกเหนือจากตัวเลือกที่มี และข้อที่ต้องการวิเคราะห์แยกเฉพาะโดยตรง รวมทั้งลักษณะข้อมูลที่ตอบของคำถามแต่ละข้อ (เป็นการบันทึกข้อสังเกตจากผู้ตอบแต่ละราย) ทั้งนี้เพื่อให้คำตอบที่มีตัวเลือกเริ่มมีความชัดเจนในเบื้องต้น ส่วนการตอบแบบปลายเปิดที่อาจมีเพิ่มเติมในแต่ละข้อจะเป็นตัวช่วยเสริมในการวิเคราะห์ภาพรวมทั้งหมดของแต่ละหัวข้อหลักภายหลังจากการแสดงผลการศึกษาที่มีการบรรยายสรุปแต่ละตารางในขั้นตอนนี้ โดยตารางผลสรุปทั้งหมดมีดังนี้

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการตอบในหัวข้อหลักด้านชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา

หัวข้อหลัก : ชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา								
NO	**คำถาม**	**คำตอบ**			**ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)**			
		ลักษณะการตอบ	**ความถี่**		ข้อเท็จจริง	ปัญหา	การแก้ไข	ความเห็น
			หน่วย	%				
1	วัสดุแต่ละชิ้น มีการระบุรายละเอียดใดไว้บ้าง (1)	ตัวเลือก ก.	2	13	**78**	0	0	22
		ตัวเลือก ข.	6	**40**				
		ตัวเลือก ค.	6	**40**				
		ตัวเลือก ง.	0	0				
		อื่นๆ	1	7				
		รวม	15	100	100			
2	วัสดุแต่ละชิ้นมีความสม่ำเสมอในเรื่องใดมากที่สุด (1,2)	ตัวเลือก ก.	2	20	**80**	0	0	20
		ตัวเลือก ข.	4	**40**				
		ตัวเลือก ค.	2	20				
		อื่นๆ	2	20				
		รวม	10	100	100			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

หัวข้อหลัก : ชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา								
NO	**คำถาม**	**คำตอบ**			**ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)**			
		ลักษณะการตอบ	**ความถี่**		ข้อเท็จจริง	ปัญหา	การแก้ไข	ความเห็น
			หน่วย	%				
3	การตัดท่อนโครงเหล็กเบาเพื่อนำไปประกอบโครงใช้วิธีการ	ตัวเลือก ก.	1	7	**100**	0	0	**0**
		ตัวเลือก ข.	4	29				
		ตัวเลือก ค.	0	0				
		ตัวเลือก ง.	8	**57**				
		อื่นๆ	1	7				
		รวม	14	100	100			
4	การยึดประกอบท่อนโครงเหล็กเบาแต่ละท่อนใช้วิธีการใดเป็นหลัก (1,2)	รวม	14	100	**90**	0	0	10
		ตัวเลือก ข.	2	15				
		ตัวเลือก ค.	2	15				
		ตัวเลือก ง.	0	0				
		อื่นๆ	0	0				
		รวม	13	100	100			
5	วัสดุโครงเหล็กเบาที่ไม่ได้มาตรฐาน มักเกิดจากสาเหตุใด (1,2)	ตัวเลือก ก.	0	0	**50**	44	0	6
		ตัวเลือก ข.	7	**78**				
		ตัวเลือก ค.	0	0				
		ตัวเลือก ง.	1	11				
		อื่นๆ	1	11				
		รวม	9	100	100			
ตัวย่อของประเด็นปัญหาที่ถาม **1**=จากการผลิตในโรงงาน **2**=ในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง								
หมายเหตุ - *ลักษณะของข้อมูลที่ตอบ* ประเมินจากการตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์ที่ทำการสัมภาษณ์โดยผู้วิจัย โดยในแต่ละข้อที่ตอบนั้น อาจมีลักษณะข้อมูลที่ตอบได้มากกว่า 1 ลักษณะ การแสดงผลในส่วนนี้ได้จากการนับจำนวนหน่วยทั้งหมดในแต่ละข้อแล้วคิดข้อมูลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อให้เห็นความแตกต่างกันได้โดยง่าย - เป็นการแจกแจงผลสรุปข้อมูลการตอบเฉพาะที่สามารถตอบได้เท่านั้น								

จากตารางที่ 4.17 พบว่า ผลสรุปข้อมูลการตอบในหัวข้อหลักด้านชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา สามารถแสดงผลการศึกษาในแต่ละข้อได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากข้อที่ 1 จะเห็นได้ว่า วัสดุโครงเหล็กเบาแต่ละท่อนที่ถูกผลิตออกมาส่วนใหญ่จะมีการระบุมิติของหน้าตัดและความหนา (ตัวเลือก ข. และ ค. อย่างละ 40% ตามลำดับ) รองลงมาคือผู้ผลิต (ตัวเลือก ก. 13%) โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริง

- จากข้อที่ 2 จะเห็นได้ว่า วัสดุโครงเหล็กเบาแต่ละท่อนที่ถูกผลิตออกมาค่อนข้างจะมีความสม่ำเสมอในเรื่องของการเคลือบผิว (ตัวเลือก ข. 40%) อย่างเห็นได้ชัด เมื่อเทียบกับความคงที่ของหน้าตัดและความตรง (ตัวเลือก ก. และ ค. อย่างละ 20% ตามลำดับ) โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริง

- จากข้อที่ 3 จะเห็นได้ว่า การตัดท่อนโครงเหล็กเบาเพื่อนำไปประกอบโครงส่วนใหญ่จะถูกตัดเป็นท่อนๆ โดยเครื่องจักรที่ทำการขึ้นรูป (ตัวเลือก ง. 57%) ตามความยาวที่ถูกออกแบบไว้ รองลงมา คือ การตัดด้วยเลื่อยวงเดือนหรือ Circular Saw (ตัวเลือก ข. 29%) ที่มักใช้ในการตัดที่จุดก่อสร้างเป็นหลักในบางจุดที่ต้องการเสริมและแก้ไข โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริง

- จากข้อที่ 4 จะเห็นได้ว่า การยึดประกอบท่อนโครงเหล็กเบาส่วนใหญ่จะใช้สกรูเป็นหลัก (ตัวเลือก ก. 70%) อย่างชัดเจนในปัจจุบัน รองลงมา คือ การใช้ริเวทและการเชื่อม (ตัวเลือก ข. และ ค. อย่างละ 15% ตามลำดับ) โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริง

- จากข้อที่ 5 จะเห็นได้ว่า วัสดุโครงเหล็กเบาที่ไม่ได้มาตรฐานมักเกิดจากการบุบจากการกระแทก (ตัวเลือก ข. 78%) อย่างชัดเจน ซึ่งอาจเกิดจากการกระทบกันระหว่างการขนส่งภายหลังการประกอบเป็นแผ่นแล้ว โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริง

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการตอบในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาโดยภาพรวม

หัวข้อหลัก : องค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาโดยภาพรวม								
NO	คำถาม	คำตอบ			ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)			
		ลักษณะการตอบ	ความถี่		ข้อเท็จจริง	ปัญหา	การแก้ไข	ความเห็น
			หน่วย	%				
1	กรุณาเรียงลำดับองค์ประกอบของอาคาร (พื้น, ผนัง, หลังคา) ที่มี **การปรับแก้ในขั้นตอนการผลิต** จากมากไปหาน้อย (1)	พื้น > ผนัง > หลังคา	2	22	**54**	13	0	33
		พื้น > หลังคา > ผนัง	0	0				
		ผนัง > พื้น > หลังคา	0	0				
		ผนัง > หลังคา > พื้น	4	**45**				
		หลังคา > พื้น > ผนัง	0	0				
		หลังคา > ผนัง > พื้น	2	22				
		อื่นๆ	1	11				
		รวม	9	100	100			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 (ต่อ-1)

หัวข้อหลัก : องค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาโดยภาพรวม								
NO	**คำถาม**	**คำตอบ**			**ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)**			
		ลักษณะการตอบ	**ความถี่**		ข้อเท็จจริง	ปัญหา	การแก้ไข	ความเห็น
			หน่วย	%				
2	กรุณาเรียงลำดับองค์ประกอบของอาคาร (พื้น, ผนัง, หลังคา) ที่มี **การปรับแก้บริเวณรอยต่อในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง** จากมากไปหาน้อย (2)	พื้น > ผนัง > หลังคา	0	0	**45**	25	0	30
		พื้น > หลังคา > ผนัง	0	0				
		ผนัง > พื้น > หลังคา	0	0				
		ผนัง > หลังคา > พื้น	6	**67**				
		หลังคา > พื้น > ผนัง	1	11				
		หลังคา > ผนัง > พื้น	2	22				
		อื่นๆ	0	0				
		รวม	9	100	100			
3	กรุณาเรียงลำดับองค์ประกอบของอาคาร (พื้น , ผนัง , หลังคา) ที่มัก **มีรูปแบบชิ้นส่วนซ้ำกัน** จากมากไปหาน้อย	พื้น > ผนัง > หลังคา	2	23	**43**	21	0	36
		พื้น > หลังคา > ผนัง	3	**33**				
		ผนัง > พื้น > หลังคา	0	0				
		ผนัง > หลังคา > พื้น	0	0				
		หลังคา > พื้น > ผนัง	3	**33**				
		หลังคา > ผนัง > พื้น	1	11				
		อื่นๆ	0	0				
		รวม	9	100	100			
4	องค์ประกอบที่มักมี**รูปแบบชิ้นส่วนซ้ำกัน** มีปัญหาในช่วงใดมากกว่าระหว่าง (1,2) - การผลิตในโรงงาน - การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง	ตัวเลือก ก.	2	22	**47**	27	6	20
		ตัวเลือก ข.	6	**67**				
		ตัวเลือก ค.	0	0				
		อื่นๆ	1	11				
		รวม	9	100	100			
5	กรุณาเรียงลำดับองค์ประกอบของอาคาร (พื้น, ผนัง, หลังคา) ที่มัก **มีรูปแบบชิ้นส่วนแตกต่างกัน** จากมากไปหาน้อย	พื้น > ผนัง > หลังคา	0	0	33	13	0	**54**
		พื้น > หลังคา > ผนัง	0	0				
		ผนัง > พื้น > หลังคา	0	0				
		ผนัง > หลังคา > พื้น	4	**45**				
		หลังคา > พื้น > ผนัง	0	0				
		หลังคา > ผนัง > พื้น	3	33				
		อื่นๆ	2	22				
		รวม	9	100	100			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 (ต่อ-2)

หัวข้อหลัก : องค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาโดยภาพรวม								
NO	**คำถาม**	**คำตอบ**			**ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)**			
		ลักษณะการตอบ	**ความถี่**		ข้อเท็จจริง	ปัญหา	การแก้ไข	ความเห็น
			หน่วย	%				
6	องค์ประกอบที่มักมี**รูปแบบชิ้นส่วนแตกต่างกัน** มีปัญหาในช่วงใดมากกว่ากัน ระหว่าง (1,2) - การผลิตในโรงงาน - การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง	ตัวเลือก ก.	3	33	**42**	29	0	29
		ตัวเลือก ข.	5	**56**				
		ตัวเลือก ค.	1	11				
		อื่นๆ	0	0				
		รวม	9	100	100			
ตัวย่อของประเด็นปัญหาที่ถาม **1**=จากการผลิตในโรงงาน **2**=ในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง								
หมายเหตุ - *ลักษณะของข้อมูลที่ตอบ* ประเมินจากการตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์ที่ทำการสัมภาษณ์โดยผู้วิจัย โดยในแต่ละข้อที่ตอบนั้น อาจมีลักษณะข้อมูลที่ตอบได้มากว่า 1 ลักษณะ การแสดงผลในส่วนนี้ได้จากการนับจำนวนหน่วยทั้งหมดในแต่ละข้อแล้วคิดข้อมูลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อให้เห็นความแตกต่างกันได้โดยง่าย - บางกรณีอาจไม่สามารถลำดับได้ชัดเจน เช่น *ผนัง >= หลังคา* ในที่นี้จะหมายถึง ผนังมีมากกว่าหรืออาจเท่ากับหลังคาก็ได้ แต่เพื่อให้การสรุปข้อมูลกระชับขึ้นจะขอใช้ลักษณะการตอบเป็น *ผนัง > หลังคา* แทน - เป็นการแจกแจงผลสรุปข้อมูลการตอบเฉพาะที่สามารถตอบได้เท่านั้น								

จากตารางที่ 4.18 พบว่า ผลสรุปข้อมูลการตอบในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาโดยภาพรวม สามารถแสดงผลการศึกษาในแต่ละข้อได้ดังนี้

- จากข้อที่ 1 จะเห็นได้ว่า องค์ประกอบของอาคารที่มีการปรับแก้ในขั้นตอนการผลิตจากมากไปหาน้อย ได้แก่ องค์ประกอบผนัง หลังคา และพื้น ตามลำดับ (ถูกเลือกมากที่สุด 40%) โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริงและความเห็น

- จากข้อที่ 2 จะเห็นได้ว่า องค์ประกอบของอาคารที่มีการปรับแก้บริเวณรอยต่อในการติดตั้งที่จุดก่อสร้างจากมากไปหาน้อย ได้แก่ องค์ประกอบผนัง หลังคา และพื้น ตามลำดับ (ถูกเลือกมากที่สุด 67%) อย่างเห็นได้ชัด แม้ว่าจะมีตัวเลือกที่ถูกเลือกรองลงมา คือ องค์ประกอบหลังคา ผนัง และพื้น ตามลำดับ (ถูกเลือก 22%) ก็ตาม แต่ก็แสดงให้เห็นว่าพื้นเป็นองค์ประกอบที่ถูกปรับแก้น้อยที่สุด โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริงและความเห็น

- จากข้อที่ 3 จะเห็นได้ว่า องค์ประกอบของอาคารที่มักมีรูปแบบชิ้นส่วนซ้ำกันจากมากไปหาน้อย ได้แก่ องค์ประกอบพื้น หลังคา และผนัง ตามลำดับ (ถูกเลือก 33%) ในขณะที่ลำดับขององค์ประกอบหลังคา พื้น และผนัง ตามลำดับ (ถูกเลือก 33%) ก็มีจำนวนที่เท่ากัน แสดงให้เห็นว่า

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบในส่วนหลังคาหรือพื้นมีโอกาสที่จะมีรูปแบบของแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จซ้ำพอๆกันอย่างชัดเจน ในขณะที่ผนังเป็นองค์ประกอบที่มีรูปแบบชิ้นส่วนสำเร็จซ้ำกันน้อยที่สุด โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริงและความเห็น

- จากข้อที่ 4 จะเห็นได้ว่า องค์ประกอบที่มักมีรูปแบบชิ้นส่วนซ้ำกัน จะมีความคลาดเคลื่อนในช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้างมากกว่าการผลิตในโรงงาน (ตัวเลือก ข. 67%) อย่างเห็นได้ชัด โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริง

- จากข้อที่ 5 จะเห็นได้ว่า องค์ประกอบของอาคารที่มักมีรูปแบบชิ้นส่วนแตกต่างกันจากมากไปหาน้อย ได้แก่ องค์ประกอบผนัง หลังคา และพื้น ตามลำดับ (ถูกเลือกมากที่สุด 45%) อย่างเห็นได้ชัด แม้ว่าจะมีตัวเลือกที่ถูกเลือกรองลงมา คือ องค์ประกอบหลังคา ผนัง และพื้น ตามลำดับ (ถูกเลือก 33%) ก็ตาม แต่ก็แสดงให้เห็นว่าพื้นเป็นองค์ประกอบที่มีรูปแบบชิ้นส่วนแตกต่างน้อยที่สุด โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นความเห็น

- จากข้อที่ 6 จะเห็นได้ว่า องค์ประกอบที่มักมีรูปแบบชิ้นส่วนแตกต่างกัน จะมีความคลาดเคลื่อนในช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้างมากกว่าการผลิตในโรงงาน (ตัวเลือก ข. 56%) อย่างเห็นได้ชัด โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 แสดงผลการตอบในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบพื้น

หัวข้อหลัก : องค์ประกอบพื้น								
NO	**คำถาม**	**คำตอบ**			**ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)**			
		ลักษณะการตอบ	**ความถี่**		ข้อเท็จจริง	ปัญหา	การแก้ไข	ความเห็น
			หน่วย	%				
1	ปัญหาในการประกอบโครงพื้นที่ผลิตในโรงงานเกิดจากสาเหตุใดบ้าง (1)	ตัวเลือก ก.	0	0	**38**	31	8	23
		ตัวเลือก ข.	1	14				
		ตัวเลือก ค.	0	0				
		ตัวเลือก ง.	3	**43**				
		อื่นๆ	3	**43**				
		รวม	7	100	100			
2	ปัญหารอยต่อในการติดตั้งโครงพื้นที่จุดก่อสร้าง เกิดจากสาเหตุใดบ้าง (2)	ตัวเลือก ก.	0	0	**50**	34	8	8
		ตัวเลือก ข.	2	28.5				
		ตัวเลือก ค.	2	28.5				
		ตัวเลือก ง.	3	**43**				
		อื่นๆ	0	0				
		รวม	7	100	100			
3	สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อปัญหาในการประกอบโครงพื้น เกิดจากเรื่องใดมากที่สุด (1)	ตัวเลือก ก.	0	0	34	8	0	**58**
		ตัวเลือก ข.	2	22				
		ตัวเลือก ค.	7	**78**				
		อื่นๆ	0	0				
		รวม	9	100	100			
4	สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อปัญหารอยต่อในการติดตั้งโครงพื้นที่จุดก่อสร้าง เกิดจากเรื่องใดมากที่สุด (2)	ตัวเลือก ก.	0	0	25	17	0	**58**
		ตัวเลือก ข.	3	33				
		ตัวเลือก ค.	6	**67**				
		อื่นๆ	0	0				
		รวม	9	100	100			
ตัวย่อของประเด็นปัญหาที่ถาม **1**=จากการผลิตในโรงงาน **2**=ในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง								

หมายเหตุ

- *ลักษณะของข้อมูลที่ตอบ* ประเมินจากการตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์ที่ทำการสัมภาษณ์โดยผู้วิจัย โดยในแต่ละข้อที่ตอบนั้น อาจมีลักษณะข้อมูลที่ตอบได้มากกว่า 1 ลักษณะ การแสดงผลในส่วนนี้ได้จากการนับจำนวนหน่วยทั้งหมดในแต่ละข้อแล้วคิดข้อมูลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อให้เห็นความแตกต่างกันได้โดยง่าย
- เป็นการแจกแจงผลสรุปข้อมูลการตอบเฉพาะที่สามารถตอบได้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.19 พบว่า ผลสรุปข้อมูลการตอบในหัวข้อหลักด้านด้านองค์ประกอบพื้น สามารถแสดงผลการศึกษาในแต่ละข้อได้ดังนี้

- จากข้อที่ 1 จะเห็นได้ว่า ปัญหาในการประกอบโครงพื้นที่ผลิตในโรงงานเกิดจากการไม่ทราบขนาดสุทธิของโครงที่ถูกต้อง (ตัวเลือก ง. 43%) เนื่องจากเป็นเหตุผลที่สัมพันธ์กับลักษณะการตอบแบบอื่นๆ (43%) ที่มีข้อมูลสรุปได้ว่าองค์ประกอบพื้นนั้น อาจทำการติดตั้งเป็นท่อนๆ ในลักษณะระบบตง (joist) จึงไม่มีการประกอบโครงพื้นเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จในโรงงาน ซึ่งมีบางโครงการแล้วแต่กรณีไป โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริงและปัญหา

- จากข้อที่ 2 จะเห็นได้ว่า ปัญหารอยต่อในการติดตั้งโครงพื้นที่จุดก่อสร้าง เกิดจากความไม่ลงตัวระหว่างโครงกับวัสดุผิวสำเร็จ (ตัวเลือก ง. 43%) อันเป็นผลพวงที่เกี่ยวเนื่องกันกับเกิดช่องว่าง (gap) ระหว่างโครงกับวัสดุผิวสำเร็จที่ไม่แนบสนิทกันดีและช่างที่ทำการติดตั้งผิวสำเร็จในส่วนพื้นอาจไม่ชำนาญงานในระบบนี้ (ตัวเลือก ข. และ ค. อย่างละ 28.5%) โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริงและปัญหา

- จากข้อที่ 3 จะเห็นได้ว่า สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนในการประกอบโครงพื้นเกิดจากขอบเขตของผังพื้นมีรูปร่างที่หลากหลายมากที่สุด (ตัวเลือก ค. 78%) ทำให้ต้องมีการตัดแปลงชิ้นส่วนค่อนข้างมาก รองลงมา คือ ความซับซ้อนที่เกิดจากการเล่นระดับพื้นหลายระดับ (ตัวเลือก ข. 22%) ซึ่งไม่ค่อยมีผลมากนัก โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นความเห็นและข้อเท็จจริง

- จากข้อที่ 4 จะเห็นได้ว่า สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อปัญหารอยต่อในการติดตั้งโครงพื้นที่จุดก่อสร้างเกิดจากขอบเขตของผังพื้นมีรูปร่างที่หลากหลายมากที่สุดเช่นเดียวกับข้อที่ 3 (ตัวเลือก ค. 67%) ทำให้ต้องใช้เครื่องมือตัดเฉพาะจุดและอาจต้องปรับแก้หรือเสริมจุดรองรับโครงพื้นให้สัมพันธ์กับการติดตั้งจริง รองลงมา คือ ความซับซ้อนที่เกิดจากการเล่นระดับพื้นหลายระดับ (ตัวเลือก ข. 33%) ซึ่งไม่ค่อยมีปัญหามากนักหากความแตกต่างของระดับเป็นไปตามระยะความลึกของหน้าตัดชิ้นส่วนโครงเหล็กเบา โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นความเห็นและข้อเท็จจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการตอบในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบผนัง

หัวข้อหลัก : องค์ประกอบผนัง

NO	คำถาม	คำตอบ			ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)			
		ลักษณะการตอบ	ความถี่		ข้อเท็จจริง	ปัญหา	การแก้ไข	ความเห็น
			หน่วย	%				
1	ปัญหาในการประกอบโครงผนัง ที่ผลิตในโรงงาน เกิดจากสาเหตุใดบ้าง (1)	ตัวเลือก ก.	1	14	40	30	0	30
		ตัวเลือก ข.	0	0				
		ตัวเลือก ค.	1	14				
		ตัวเลือก ง.	3	**43**				
		อื่นๆ	2	29				
		รวม	7	100	100			
2	ปัญหารอยต่อในการติดตั้งโครงผนังที่จุดก่อสร้าง เกิดจากสาเหตุใดบ้าง (2)	ตัวเลือก ก.	1	14	42	25	0	33
		ตัวเลือก ข.	2	29				
		ตัวเลือก ค.	3	**43**				
		ตัวเลือก ง.	1	14				
		อื่นๆ	0	0				
		รวม	7	100	100			
3	สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อปัญหาในการประกอบโครงผนัง เกิดจากเรื่องใดมากที่สุด (1)	ตัวเลือก ก.	4	**50**	38	8	0	**54**
		ตัวเลือก ข.	1	13				
		ตัวเลือก ค.	3	37				
		อื่นๆ	0	0				
		รวม	8	100	100			
4	สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อปัญหารอยต่อในการติดตั้งโครงผนังที่จุดก่อสร้าง เกิดจากเรื่องใดมากที่สุด (2)	ตัวเลือก ก.	1	13	22	0	0	**78**
		ตัวเลือก ข.	5	**63**				
		ตัวเลือก ค.	2	25				
		อื่นๆ	0	0				
		รวม	8	100	100			

ตัวย่อของประเด็นปัญหาที่ถาม **1**=จากการผลิตในโรงงาน **2**=ในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

หมายเหตุ

- *ลักษณะของข้อมูลที่ตอบ* ประเมินจากการตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์ที่ทำการสัมภาษณ์โดยผู้วิจัย โดยในแต่ละข้อที่ตอบนั้น อาจมีลักษณะข้อมูลที่ตอบได้มากว่า 1 ลักษณะ การแสดงผลในส่วนนี้ได้จากการนับจำนวนหน่วยทั้งหมดในแต่ละข้อแล้วคิดข้อมูลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อให้เห็นความแตกต่างกันได้โดยง่าย
- เป็นการแจกแจงผลสรุปข้อมูลการตอบเฉพาะที่สามารถตอบได้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.20 พบว่า ผลสรุปข้อมูลการตอบในหัวข้อหลักด้านด้านองค์ประกอบผนัง สามารถแสดงผลการศึกษาในแต่ละข้อได้ดังนี้

- จากข้อที่ 1 จะเห็นได้ว่า ปัญหาในการประกอบโครงผนังที่ผลิตในโรงงานเกิดจากการไม่ทราบขนาดสุทธิของโครงที่ถูกต้อง (ตัวเลือก ง. 43%) รองลงมาเป็นผลที่เกิดจากลักษณะการตอบแบบอื่นๆ (29%) ที่มีข้อมูลสรุปได้ว่าเป็นเรื่องการไม่เข้าใจแบบที่ถูกต้องและมีกระบวนการและขั้นตอนที่ใช้เวลาค่อนข้างมาก ในขณะที่ความชำนาญของช่างก็มีผลเช่นกันในเรื่องของการวัดความยาวและการตัดชิ้นส่วนไม่มีความสม่ำเสมอ (ตัวเลือก ก. และ ค. อย่างละ 14%) ในกรณีที่ไม่ได้ใช้เครื่องจักรในการตัดท่อนชิ้นส่วนทั้งหมด โดยลักษณะคำตอบมีความหลากหลายมาก คือ เป็นทั้งข้อเท็จจริง ปัญหา และความเห็น

- จากข้อที่ 2 จะเห็นได้ว่า ปัญหารอยต่อในการติดตั้งโครงผนังที่จุดก่อสร้าง เกิดจากช่างที่ทำการติดตั้งชิ้นส่วนไม่ชำนาญงาน (ตัวเลือก ค. 43%) รองลงมาคือการเกิดช่องว่าง (gap) ระหว่างชิ้น ส่วนไม่แนบสนิทกันดี (ตัวเลือก ข. 29%) ในขณะที่การเหลื่อมกันของชิ้นส่วนและความไม่ลงตัวระหว่างโครงกับวัสดุผิวสำเร็จ (ตัวเลือก ก. และ ง. อย่างละ 14%) มีพบบ้างไม่มาก โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริงและความเห็น

- จากข้อที่ 3 จะเห็นได้ว่า สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนในการประกอบโครงผนังเกิดจากช่องเปิดที่ประตูและหน้าต่างมากที่สุด (ตัวเลือก ก. 50%) รองลงมาคือรูปร่างของผนังแต่ละผืนมีความหลากหลาย (ตัวเลือก ค. 37%) ส่วนความตื้น-ลึก (depth) ที่ซับซ้อนของผนังอาคารแต่ละด้าน (ตัวเลือก ข. 13%) มีผลไม่มากนัก โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นความ เห็นและข้อเท็จจริง

- จากข้อที่ 4 จะเห็นได้ว่า สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อปัญหารอยต่อในการติดตั้งโครงพื้นที่จุดก่อสร้างเกิดจากความตื้น-ลึก (depth) ที่ซับซ้อนของผนังอาคารแต่ละด้านมากที่สุด (ตัวเลือก ค. 63%) อย่างเห็นได้ชัด รองลงมาคือรูปร่างของผนังแต่ละผืนมีความหลากหลาย (ตัวเลือก ค. 25%) ซึ่งจะมีผลเกี่ยวพันธ์กับองค์ประกอบหลังคามากกว่า ในขณะที่ช่องเปิดประตูและหน้าต่างทั่วไป (ตัวเลือก ก. 13%) มักจะอยู่ในขอบเขตของแผ่นผนังอยู่แล้ว จึงมีผลไม่มากเท่าไร โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นความเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการตอบในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบหลังคา

หัวข้อหลัก : องค์ประกอบหลังคา								
NO	**คำถาม**	**คำตอบ**			**ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)**			
		ลักษณะการตอบ	**ความถี่**		ข้อเท็จจริง	ปัญหา	การแก้ไข	ความเห็น
			หน่วย	%				
1	ปัญหาในการประกอบโครงหลังคาที่ผลิตในโรงงาน เกิดจากสาเหตุใดบ้าง (1)	ตัวเลือก ก.	1	12.5	**44**	28	0	28
		ตัวเลือก ข.	4	**50**				
		ตัวเลือก ค.	1	12.5				
		ตัวเลือก ง.	0	0				
		อื่นๆ	2	25				
		รวม	8	100	100			
2	ปัญหารอยต่อในการติดตั้งโครงหลังคาที่จุดก่อสร้าง เกิดจากสาเหตุใดบ้าง (2)	ตัวเลือก ก.	0	0	**55**	36	0	9
		ตัวเลือก ข.	4	**67**				
		ตัวเลือก ค.	1	16.5				
		ตัวเลือก ง.	0	0				
		อื่นๆ	1	16.5				
		รวม	6	100	100			
3	สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อปัญหาในการประกอบโครงหลังคา เกิดจากเรื่องใดมากที่สุด (1)	ตัวเลือก ก.	0	0	33	8	0	**59**
		ตัวเลือก ข.	8	**89**				
		ตัวเลือก ค.	0	0				
		อื่นๆ	1	11				
		รวม	9	100	100			
4	สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อปัญหารอยต่อในการติดตั้งโครงหลังคาที่จุดก่อสร้าง เกิดจากเรื่องใดมากที่สุด (2)	ตัวเลือก ก.	0	0	38	0	8	**54**
		ตัวเลือก ข.	9	100				
		ตัวเลือก ค.	0	0				
		อื่นๆ	0	0				
		รวม	9	100	100			
ตัวย่อของประเด็นปัญหาที่ถาม **1**=จากการผลิตในโรงงาน **2**=ในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง								

หมายเหตุ

- *ลักษณะของข้อมูลที่ตอบ* ประเมินจากการตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์ที่ทำการสัมภาษณ์โดยผู้วิจัย โดยในแต่ละข้อที่ตอบนั้น อาจมีลักษณะข้อมูลที่ตอบได้มากว่า 1 ลักษณะ การแสดงผลในส่วนนี้ได้จากการนับจำนวนหน่วยทั้งหมดในแต่ละข้อแล้วคิดข้อมูลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อให้เห็นความแตกต่างกันได้โดยง่าย
- เป็นการแจกแจงผลสรุปข้อมูลการตอบเฉพาะที่สามารถตอบได้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.21 พบว่า ผลสรุปข้อมูลการตอบในหัวข้อหลักด้านด้านองค์ประกอบหลังคา สามารถแสดงผลการศึกษาในแต่ละข้อได้ดังนี้

- จากข้อที่ 1 จะเห็นได้ว่า ปัญหาในการประกอบโครงหลังคาที่ผลิตในโรงงานเกิดจากการประกอบโครงเป็นแผ่นแล้วไม่ได้ฉากหรือผิดองศามากที่สุด (ตัวเลือก ข. 50%) รองลงมาเป็นผลที่เกิดจากลักษณะการตอบแบบอื่นๆ (25%) ที่มีข้อมูลสรุปได้ว่า มีกระบวนการและขั้นตอนที่ใช้เวลาค่อนข้างมากเพราะมีชิ้นส่วนหลายขนาดหลายองศา ซึ่งก็มีผลต่อการวัดความยาวและการตัดชิ้นส่วนไม่มีความสม่ำเสมอทำให้ช่างต้องมีความชำนาญมากขึ้น (ตัวเลือก ก. และ ค. อย่างละ 12.5%) โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริง

- จากข้อที่ 2 จะเห็นได้ว่า ปัญหารอยต่อในการติดตั้งโครงหลังคาที่จุดก่อสร้าง เกิดจากช่องว่าง (gap) ระหว่างชิ้นส่วนหรือไม่แนบสนิทกันดี (ตัวเลือก ข. 67%) อย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่ความชำนาญของช่างก็มีส่วนเช่นกัน เนื่องจากเป็นตำแหน่งติดตั้งที่อยู่สูง (ตัวเลือก ค. และอื่นๆ 16.5%) โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริงและปัญหา

- จากข้อที่ 3 จะเห็นได้ว่า สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนในการประกอบโครงหลังคาเกิดจากความซับซ้อนของรูปทรงและระนาบหลังคามากที่สุด (ตัวเลือก ข. 89%) อย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่การตอบแบบอื่นๆ (11%) มีข้อมูลสรุปได้ว่า เป็นผลที่เกิดจากความซับซ้อนซึ่งจะทำให้ต้องเสียเวลาในการประกอบโครงมาก โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นความเห็นและข้อเท็จจริง

- จากข้อที่ 4 จะเห็นได้ว่า สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อปัญหารอยต่อในการติดตั้งโครงหลังคาที่จุดก่อสร้างเกิดจากความซับซ้อนของรูปทรงและระนาบหลังคา (ตัวเลือก ข. 100%) มากที่สุดอย่างเห็นได้ชัด โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นความเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 แสดงผลการตอบในหัวข้อหลักด้านระบบการก่อสร้างแบบประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป

หัวข้อหลัก : ระบบการก่อสร้างแบบประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized System)								
NO	**คำถาม**	**คำตอบ**			**ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)**			
		ลักษณะการตอบ	**ความถี่**		ข้อเท็จจริง	ปัญหา	การแก้ไข	ความเห็น
			หน่วย	%				
1	การประกอบโครงในโรงงานนั้นมีการพัฒนา**กระบวนการผลิต**อย่างเป็นขั้นตอนหรือไม่และส่งผลต่อปัญหาอย่างไรบ้าง (1)	ตัวเลือก ก.	4	33	**47**	6	6	41
		ตัวเลือก ข.	0	0				
		ตัวเลือก ค.	6	**50**				
		อื่นๆ	2	17				
		รวม	12	100	100			
2	ต้องทำการวิเคราะห์แยกเฉพาะข้อโดยตรง *							
3	ต้องทำการวิเคราะห์แยกเฉพาะข้อโดยตรง *							
4	ต้องทำการวิเคราะห์แยกเฉพาะข้อโดยตรง *							
5	การออกแบบอาคารพักอาศัยที่มีลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่ซับซ้อน มีผลต่อปัญหาในช่วงใดมากกว่ากัน ระหว่าง (1,2) - การผลิตในโรงงาน - การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง	ตัวเลือก ก.	3	25	29	0	14	**57**
		ตัวเลือก ข.	7	**58**				
		ตัวเลือก ค.	2	17				
		อื่นๆ	0	0				
		รวม	12	100	100			
6	การออกแบบอาคารพักอาศัยที่มีลักษณะทางสถาปัตยกรรมเรียบง่าย มีผลต่อปัญหาในช่วงใดมากกว่ากัน ระหว่าง (1,2) - การผลิตในโรงงาน (A) - การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง (B)	ตัวเลือก ก.	2	17	41	0	9	**50**
		ตัวเลือก ข.	10	**83**				
		ตัวเลือก ค.	0	0				
		อื่นๆ	0	0				
		รวม	12	100	100			
7	วิธีการใดที่ช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตและการติดตั้งที่จุดก่อสร้างได้มากที่สุด (1,2)	ตัวเลือก ก.	3	23	8	4	35	**53**
		ตัวเลือก ข.	10	**77**				
		อื่นๆ	0					
		รวม	13	100	100			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

หัวข้อหลัก : ระบบการก่อสร้างแบบประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized System)								
NO	คำถาม	คำตอบ			ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)			
		ลักษณะการตอบ	ความถี่		ข้อเท็จจริง	ปัญหา	การแก้ไข	ความเห็น
			หน่วย	%				
8	ต้องทำการวิเคราะห์แยกเฉพาะข้อโดยตรง *							
9	ต้องทำการวิเคราะห์แยกเฉพาะข้อโดยตรง *							
ตัวย่อของประเด็นปัญหาที่ถาม 1=จากการผลิตในโรงงาน 2=ในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง								

หมายเหตุ

- *ลักษณะของข้อมูลที่ตอบ* ประเมินจากการตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์ที่ทำการสัมภาษณ์โดยผู้วิจัย โดยในแต่ละข้อที่ตอบนั้น อาจมีลักษณะข้อมูลที่ตอบได้มากว่า 1 ลักษณะ การแสดงผลในส่วนนี้ได้จากการนับจำนวนหน่วยทั้งหมดในแต่ละข้อแล้วคิดข้อมูลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อให้เห็นความแตกต่างกันได้โดยง่าย
- * ข้อ 2 , 3 , 4 , 8 และ 9 จะต้องทำการวิเคราะห์แยกเฉพาะข้อโดยตรง เนื่องจากเป็นคำถามแบบปลายเปิด ซึ่งไม่มีการกำหนดตัวเลือกคำตอบ เพราะเป็นคำถามที่ผู้ถูกสัมภาษณ์สามารถตอบได้หลายลักษณะ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาเป็นรายข้อเพื่อจัดกลุ่มหรือประเภทข้อมูลคำตอบที่มีความหลากหลาย โดยการทำตารางแจกแจง
- เป็นการแจกแจงผลสรุปข้อมูลการตอบเฉพาะที่สามารถตอบได้เท่านั้น

จากตารางที่ 4.22 พบว่า ผลสรุปข้อมูลการตอบในหัวข้อหลักด้านระบบการก่อสร้างแบบประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized System) สามารถแสดงผลการศึกษาในแต่ละข้อได้ดังนี้

- จากข้อที่ 1 จะเห็นได้ว่า การประกอบโครงในโรงงานนั้นมีการพัฒนากระบวนการผลิตอย่างเป็นขั้นตอนที่มีการยืดหยุ่นตามสถานการณ์ (ตัวเลือก ค. 50%) เนื่องจากอาจจะต้องมีการเสริมและแก้ไขบางจุดในที่ก่อสร้าง โดยมีผลต่อความคลาดเคลื่อนในการประกอบโครงตามความยากของงานและเทคโนโลยีของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริงและความเห็น

- จากข้อที่ 5 จะเห็นได้ว่า การออกแบบอาคารพักอาศัยที่มีลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่ซับซ้อนจะมีผลต่อความคลาดเคลื่อนในช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้างมากกว่าการผลิตในโรงงาน (ตัวเลือก ข. 58%) อย่างเห็นได้ชัด แม้ตัวเลือกรองลงมาจะเป็นไปในทางตรงกันข้ามก็ตาม (ตัวเลือก ก. 25%) โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นความเห็น

- จากข้อที่ 6 จะเห็นได้ว่า การออกแบบอาคารพักอาศัยที่มีลักษณะทางสถาปัตยกรรมเรียบง่าย มีผลต่อความคลาด เคลื่อนในช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้างมากกว่าการผลิตในโรงงาน(ตัวเลือก ข. 83%) อย่างชัดเจน โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นข้อเท็จจริงและความเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากข้อที่ 7 จะเห็นได้ว่า วิธีการใดที่ช่วยลดความคลาดเคลื่อนและปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตและการติดตั้งที่จุดก่อสร้างได้มากที่สุด คือ ต้องเน้นการประชุมร่วมกันของผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ได้แก่ ผู้ออกแบบ ผู้ก่อสร้าง และผู้ประกอบโครง เพื่อสร้างความเข้าใจให้ตรงกันในจุดต่างๆ โดยลักษณะคำตอบส่วนใหญ่เป็นความเห็นและการแก้ปัญหา

สำหรับคำตอบข้อ 2 , 3 , 4 , 8 และ 9 ในหัวข้อหลักนี้ จะต้องทำการวิเคราะห์แยกเฉพาะข้อโดยตรง เนื่องจากเป็นคำถามแบบปลายเปิดทั้งหมดซึ่งไม่ได้จัดหมวดหมู่ของตัวเลือกไว้ จะต้องมีการจัดทำตารางแจกแจงข้อมูลแยกเป็นรายคำถามเพื่อจัดหมวดหมู่และประเภทข้อมูลคำตอบที่มีความหลากหลายให้มีความเป็นกลุ่มก้อนมากขึ้นเพื่อให้ง่ายแก่การวิเคราะห์คำตอบที่ได้ในแต่ละข้อ ทั้งนี้การจัดหมวดหมู่และประเภทข้อมูลคำตอบจะพิจารณาโดยการอ่านและศึกษาคำตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์ที่ได้บันทึกไว้ในภาคผนวก (บันทึกข้อมูลการสัมภาษณ์บุคคล) ว่าการตอบลักษณะใดควรจัดอยู่ในหมวดหมู่ใด โดยตารางทั้งหมดที่จะทำการแจกแจงมีดังนี้

ตารางที่ 4.23 แสดงผลการตอบในหัวข้อหลักด้านระบบการก่อสร้างแบบประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยทำการวิเคราะห์แยกเฉพาะข้อ 2 , 3 , 4 , 8 และ 9

<table>
<tr><td colspan="7">หัวข้อหลัก : ระบบการก่อสร้างแบบประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized System)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">NO</td><td rowspan="2" colspan="2">คำถาม</td><td colspan="4">คำตอบ</td></tr>
<tr><td colspan="4">การจัดหมวดหมู่คำตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์</td></tr>
<tr><td rowspan="4">2</td><td rowspan="4" colspan="2">ผู้ออกแบบ มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตอย่างไรและมีส่วนร่วมในระหว่างการติดตั้งที่จุดก่อสร้างอย่างไรบ้าง (1,2)</td><td rowspan="2">สิ่งที่เป็นอยู่</td><td>กระบวนการผลิต</td><td>ติดตั้งที่จุดก่อสร้าง</td></tr>
<tr><td>- ส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจหลักการพื้นฐานด้านการเขียนแบบในรายละเอียด
- การตรวจสอบความถูกต้องของแบบโครง</td><td>- สถาปนิกมีบทบาทน้อยเมื่อเทียบกับวิศวกร
- เข้ามาแก้ปัญหาหน้างานเป็นหลักและตรวจสอบความถูกต้องด้านลักษณะสถาปัตยกรรม</td></tr>
<tr><td colspan="4">ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)</td><td rowspan="2">สิ่งที่ควรปฏิบัติ</td><td rowspan="2">- คำนึงถึงความเป็นไปได้ในการออกแบบให้สอดคล้องกับระบบนี้
- ศึกษากรรมวิธีการผลิตและศักยภาพในการผลิตที่ผู้ผลิตสามารถทำได้
- คำนึงถึงการออกแบบด้วยระบบประสานทางพิกัด</td><td rowspan="2">- ต้องประเมินผลดีผลเสียจากวิธีการออกแบบและเข้ามาตรวจสอบในจุดที่คาดว่าจะเป็นปัญหา
- ต้องทำการประสานงานกับผู้ควบคุมงานที่หน้างาน</td></tr>
<tr><td>ข้อเท็จจริง</td><td>ปัญหา</td><td>การแก้ไข</td><td>ความเห็น</td></tr>
<tr><td>47</td><td>13</td><td>17</td><td>33</td></tr>
<tr><td colspan="4">100</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 (ต่อ-1)

หัวข้อหลัก : ระบบการก่อสร้างแบบประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized System)

<table>
<tr><th rowspan="2">NO</th><th rowspan="2">คำถาม</th><th colspan="3">คำตอบ</th></tr>
<tr><th colspan="3">การจัดหมวดหมู่คำตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์</th></tr>
<tr><td rowspan="4">3</td><td rowspan="4">ผู้ก่อสร้าง (builder) มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตอย่างไร และมีข้อคำนึงในระหว่างการติดตั้งที่จุดก่อสร้างอย่างไรบ้าง (1,2)</td><td></td><td>กระบวนการผลิต</td><td>ติดตั้งที่จุดก่อสร้าง</td></tr>
<tr><td>สิ่งที่เป็นอยู่</td><td>- มีส่วนร่วมไม่มากเพราะต้องเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง
- ตรวจสอบความคืบหน้าในการผลิตและชนิดแผ่นชิ้นส่วนที่ส่งมาแต่ละครั้ง</td><td>- แก้ปัญหาการติดตั้งทั่วไปจากการปรับเปลี่ยนแบบ
- ผู้ก่อสร้างทั่วไปยังไม่เข้าใจวิธีการติดตั้งในส่วนของโครง</td></tr>
<tr><td>สิ่งที่ควรปฏิบัติ</td><td>- ควรศึกษาระบบการผลิตของผู้ประกอบโครงเพื่อทำ shop drawing อย่างถูกต้อง
- ควรประชุมกับผู้ประกอบโครงและผู้ออกแบบเป็นระยะเพื่อให้เข้าใจร่วมกัน</td><td>- ผู้ควบคุมงานต้องเข้าใจระบบนี้โดยตรง
- ต้องมีการสอนวิธีการติดตั้งให้ผู้ก่อสร้างทั่วไปให้สามารถทำได้เอง</td></tr>
<tr><td>ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)
ข้อเท็จจริง: 61 | ปัญหา: 3 | การแก้ไข: 12 | ความเห็น: 24
100</td></tr>
<tr><td rowspan="4">4</td><td rowspan="4">ผู้ประกอบโครง (framer) มีข้อคำนึงในกระบวนการผลิตอย่างไรและมีส่วนร่วมในระหว่างการติดตั้งที่จุดก่อสร้างอย่างไรบ้าง (1,2)</td><td></td><td>กระบวนการผลิต</td><td>ติดตั้งที่จุดก่อสร้าง</td></tr>
<tr><td>สิ่งที่เป็นอยู่</td><td>- วางระบบสายการผลิต
- ทำการถอดแบบโครงอย่างละเอียด
- ควบคุมคุณภาพของงาน</td><td>- หากเป็นผู้ผลิตวัสดุและประกอบโครงอย่างเดียวจะไม่เข้าไปทำการก่อสร้างโดยตรง เน้นให้คำปรึกษา</td></tr>
<tr><td>สิ่งที่ควรปฏิบัติ</td><td>- ต้องมีการฝึกหัดช่างให้มีทักษะและค่าตอบแทนที่ดีในงานก่อสร้างระบบนี้
- ควรประชุมกับผู้ก่อสร้างและผู้ออกแบบเป็นระยะเพื่อให้เข้าใจร่วมกัน</td><td>- พยายามเผยแพร่วิธีการติดตั้งและฝึกอบรมผู้ก่อสร้างทั่วไปอย่างมีระบบ
- ประสานงานกับฝ่ายที่อยู่ในจุดก่อสร้างในด้านการจัดกำลังคนไปช่วยเสริม</td></tr>
<tr><td>ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)
ข้อเท็จจริง: 59 | ปัญหา: 0 | การแก้ไข: 10 | ความเห็น: 31
100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">8</td><td rowspan="2">ปัจจัยใดมีผลต่อความถูกต้องในการผลิตหรือประกอบชิ้นส่วนมากที่สุด (1)</td><td colspan="3">สิ่งที่ควรปฏิบัติ</td></tr>
<tr><td>ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)
ข้อเท็จจริง: 17 | ปัญหา: 0 | การแก้ไข: 17 | ความเห็น: 66
100</td><td colspan="3">- ต้องมีการสรุปแบบโครงที่แน่นอนเพื่อการถอดแบบโครงที่ถูกต้องเพื่อลดปัญหาที่ตามมาให้มากที่สุด และหากมีการเปลี่ยนแปลงแบบต้องประสานงานที่ทำให้ทุกฝ่ายทราบข้อมูลเดียวกันทั้งหมด
- ช่างที่อยู่ในสายการผลิตต้องมีความเข้าในระบบนี้อย่างถ่องแท้
- ต้องมีการบำรุงรักษาและตรวจสอบเครื่องจักรให้มีความพร้อม
- ควรมีการตรวจสอบความถูกต้องจากผู้เกี่ยวข้องภายหลังจากการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนแล้ว</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 (ต่อ-2)

<table>
<tr><td colspan="6">หัวข้อหลัก : ระบบการก่อสร้างแบบประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized System)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">NO</td><td colspan="3" rowspan="2">คำถาม</td><td colspan="2">คำตอบ</td></tr>
<tr><td colspan="2">การจัดหมวดหมู่คำตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์</td></tr>
<tr><td rowspan="4">9</td><td colspan="3" rowspan="4">ปัจจัยใดส่งผลต่อปัญหาในการติดตั้งที่จุดก่อสร้างมากที่สุด (2)</td><td colspan="2">สิ่งที่ควรปฏิบัติ</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">- การขาดคนคุมงานที่มีความชำนาญหรือมีความเข้าใจในการบริหารจัดการและวางลำดับที่ถูกต้องสำหรับระบบการก่อสร้างนี้โดยตรง
- แรงงานยังไม่มีความคุ้นเคยในระบบการก่อสร้างนี้ จึงทำให้ขาดความสอดคล้องกับแผนการทำงานในลักษณะเชิงอุตสาหกรรม
- ผู้ก่อสร้างทั่วไปยังขาดการศึกษากรรมวิธีการติดตั้งหรือปรึกษาจากผู้ประกอบโครงหรือเจ้าของผลิตภัณฑ์ให้เข้าใจ
- การแก้ไขและเปลี่ยนแปลงแบบ</td></tr>
<tr><td colspan="3">ลักษณะข้อมูลที่ตอบ (%)</td></tr>
<tr><td>ข้อเท็จจริง</td><td>ปัญหา</td><td>การแก้ไข</td><td>ความเห็น</td></tr>
<tr><td>19</td><td>0</td><td>19</td><td>62</td><td colspan="2">100</td></tr>
<tr><td colspan="6">ตัวย่อของประเด็นปัญหาที่ถาม 1=จากการผลิตในโรงงาน 2=ในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง</td></tr>
<tr><td colspan="6">หมายเหตุ
- ลักษณะของข้อมูลที่ตอบ ประเมินจากการตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์ที่ทำการสัมภาษณ์โดยผู้วิจัย โดยในแต่ละข้อที่ตอบนั้น อาจมีลักษณะข้อมูลที่ตอบได้มากกว่า 1 ลักษณะ การแสดงผลในส่วนนี้ได้จากการนับจำนวนหน่วยทั้งหมดในแต่ละข้อแล้วคิดข้อมูลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อให้เห็นความแตกต่างกันได้โดยง่าย</td></tr>
</table>

จากตารางที่ 4.23 พบว่า ผลสรุปการจัดหมวดหมู่คำตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์ในหัวข้อหลักด้านระบบการก่อสร้างแบบประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized System) ที่ทำการวิเคราะห์แยกเฉพาะข้อ 2 , 3 , 4 , 8 และ 9 สามารถแสดงผลการศึกษาในแต่ละข้อได้ดังนี้

- จากข้อที่ 2 จะเห็นได้ว่า ผู้ออกแบบ (สถาปนิกทั่วไป) มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตในแง่ของการตรวจสอบความถูกต้องของการถอดแบบโครงออกมาว่าตรงตามลักษณะทางสถาปัตยกรรมมากน้อยแค่ไหน ส่วนในช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้างนั้น สถาปนิกจะเข้ามาเป็นระยะเพื่อแก้ปัญหาหน้างานเป็นหลักและตรวจสอบความถูกต้องทางสถาปัตยกรรม โดยภาพรวมแล้วสถาปนิกจะมีบทบาทน้อยกว่าวิศวกรและไม่ได้เข้ามามีส่วนร่วมในลักษณะเชิงผู้นำในการจัดการกระบวนการโดยรวม โดยเฉพาะความสามารถในการคาดการณ์ถึงปัญหาบางจุดที่อาจจะเกิดในช่วงก่อสร้างได้อย่างลึกซึ้ง

- จากข้อที่ 3 จะเห็นได้ว่า ผู้ก่อสร้าง (ในบริษัทรับสร้างบ้าน) โดยมากจะมีบุคคลากรแยกชุดกับผู้ประกอบโครง ดังนั้นจึงมีส่วนเกี่ยวข้องในระหว่างการผลิตไม่มากนักเพราะต้องเตรียมพื้นที่ก่อสร้างในส่วนของฐานรากเพื่อเตรียมการติดตั้งโครงพื้นชั้นที่ 1 หรืออาจทำโครงสร้างพื้นชั้นที่ 1 เป็น ค.ส.ล. ไปเลย ส่วนใหญ่จะตรวจสอบความคืบหน้าในการผลิตและรอรับแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จที่จะส่งมายังจุดก่อสร้างและขนยกลงมากองที่จุดก่อสร้าง โดยคำนึงถึงการวางให้สอดคล้องกับลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำแต่ละแผ่นไปประกอบติดตั้ง บางครั้งบุคคลากรในชุดก่อสร้างบางส่วนอาจจะต้องมาช่วยประกอบโครงในช่วงเริ่มต้นของการผลิตสักระยะหนึ่งก่อนจะไปประจำอยู่ที่จุดก่อสร้าง ส่วนในช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้างนั้น ผู้ก่อสร้างของบริษัทรับสร้างบ้านจะมีความเข้าใจกระบวนการทำงานที่ดีและสามารถแก้ปัญหาการติดตั้งทั่วไปจากการปรับเปลี่ยนแบบ แต่หากในกรณีที่เป็นผู้ก่อสร้างทั่วไป (ที่ไม่ได้มีประสบการณ์ในระบบก่อสร้างนี้เป็นหลัก) จะทำงานได้ยากกว่า เนื่องจากในช่วงการผลิตไม่ค่อยการประชุมกับผู้ประกอบโครงและผู้ออกแบบอย่างต่อเนื่องและยังขาดการศึกษาระบบการผลิตของผู้ประกอบโครงเพื่อทำ Shop drawing ที่ถูกต้อง ที่สำคัญในช่วงการก่อสร้างยังขาดความกล้าในการก่อสร้างและความเข้าใจในกรรมวิธีการติดตั้งที่ถูกต้องอีกด้วย

- จากข้อที่ 4 จะเห็นได้ว่า ผู้ประกอบโครง (ในบริษัทรับสร้างบ้าน) มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตโดยตรงอยู่แล้วในแง่ของการถอดแบบโครงจากแบบสถาปัตยกรรมอย่างละเอียดและวางระบบสายการผลิตพร้อมตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนที่ประกอบเป็นแผ่นแล้ว ส่วนในช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้างนั้น ผู้ประกอบโครงของบริษัทรับสร้างบ้านอาจจัดบุคคลากรไปช่วยทำการติดตั้งกับบุคคลากรที่ทำการก่อสร้างอยู่หน้างานถ้าหากเสร็จสิ้นในส่วนของกระบวนการผลิตแล้ว ในขณะที่ผู้ประกอบโครง (ในบริษัทที่เน้นขายผลิตภัณฑ์) จะไม่เข้าไปมีส่วนร่วมในการก่อสร้างแต่จะเน้นที่การให้คำปรึกษาวิธีการติดตั้งที่ถูกต้องแก่ผู้ก่อสร้างทั่วไป อย่างไรก็ตาม ส่วนหนึ่งของการทำงานที่ยังขาดอยู่ก็คือ การประชุมกับผู้ก่อสร้างและผู้ออกแบบเพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของการประกอบโครง

- จากข้อที่ 8 จะเห็นได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้องในการผลิตหรือประกอบชิ้นส่วนก็คือ การสรุปแบบที่ความแน่นอนและถูกต้องในขั้นสุดท้ายมากที่สุด ในขณะที่ปัจจัยจากฝีมือช่างหรือแรงงานและการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในขั้นตอนปฏิบัติที่จะทำให้ได้ชิ้นงานออกมาโดยมีการตรวจสอบความถูกต้องหรือการควบคุมคุณภาพ (Quality Control) ที่เป็นตัวช่วยให้เกิดแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีความเที่ยงตรงที่สุด

- จากข้อที่ 9 จะเห็นได้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนในการติดตั้งที่จุดก่อสร้างจะค่อนข้างมีความเชื่อมโยงกันตั้งแต่แรงงานทั่วไปในระดับล่างและคนควบคุมงาน ซึ่งแรงงานที่ไม่คุ้นเคยกับระบบการก่อสร้างนี้จะมีผลให้การทำงานไม่สอดคล้องกับแผนการทำงานที่เป็นลักษณะเชิงอุตสาหกรรม และสิ่งที่สำคัญเป็นอย่างมาก คือ การขาดคนคุมงานที่มีความชำนาญหรือมีความเข้าใจในการบริหารจัดการและวางลำดับที่ถูกต้องสำหรับระบบการก่อสร้างนี้โดยตรง ในขณะการเปลี่ยนแปลงแบบซึ่งมีผลต่อการแก้ไขเฉพาะจุดก็เป็นส่วนสำคัญเช่นกัน แต่ก็จัดเป็นเหตุภายนอกที่ควบคุมได้ยากมากเพราะเป็นความต้องการของลูกค้า ดังนั้นการบริหารจัดการที่ดีระหว่างผู้เกี่ยวข้องแต่ละฝ่ายตั้งแต่การสรุปแบบสถาปัตยกรรมขั้นสุดท้ายจนถึงช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้างจะทำให้ลดปัญหาลงได้ง่ายกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ลักษณะความรู้ของผู้เกี่ยวข้องแต่ละกลุ่ม

จากการรวบรวมข้อมูลการสัมภาษณ์บุคคล โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังที่ได้แสดงผลการสามารถแสดงการวิเคราะห์ลักษณะความรู้เกี่ยวกับอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทยเพื่อให้ทราบว่าผู้เกี่ยวข้องแต่ละกลุ่มนั้นมีฐานความรู้ในลักษณะใดและแตกต่างกันอย่างไรจากผลการตอบแบบสัมภาษณ์ครั้งนี้ จะทำให้เข้าใจในภาพรวมได้ว่าผู้เชี่ยวชาญกลุ่มใดมีความถนัดในองค์ความรู้ด้านใดและหัวข้อหลักในเรื่องใดที่ผู้ถูกสัมภาษณ์ให้ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ได้มากน้อยแค่ไหน โดยมีการเปรียบเทียบ 2 ส่วนหลัก คือ เปรียบเทียบการตอบได้ระหว่างกลุ่มบุคคลทั้ง 3 กลุ่ม และการตอบได้ในแต่ละหัวข้อหลักดังตารางวิเคราะห์ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลการตอบได้ระหว่างกลุ่มบุคคลที่ถูกสัมภาษณ์ และการตอบได้ในแต่ละหัวข้อหลักของบุคคลที่ถูกสัมภาษณ์ทั้งหมด

หัวข้อหลัก (ที่ใช้ในการสัมภาษณ์บุคคลทั้งหมด 13 คน)	**เปรียบเทียบการตอบได้ระหว่างกลุ่ม**			**เปรียบเทียบการตอบได้ในแต่ละหัวข้อหลัก**		
	A (%)	**B (%)**	**C (%)**	จำนวนข้อทั้งหมด	จำนวนข้อที่ตอบได้	**%**
1. ชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา (5 ข้อย่อย)	80	100	0	65	40	**62**
2. องค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา โดยภาพรวม (6 ข้อย่อย)	100	100	0	78	54	**70**
3. องค์ประกอบพื้น (4ข้อย่อย)	60	100	0	52	28	**54**
4. องค์ประกอบผนัง (4ข้อย่อย)	60	100	0	52	28	**54**
5. องค์ประกอบหลังคา (4ข้อย่อย)	60	100	0	52	28	**54**
6. ระบบการก่อสร้างแบบ Panelized system (9ข้อย่อย)	89	100	100	117	112	**96**
เปอร์เซ็นต์การตอบได้จากแบบสัมภาษณ์	**78**	**100**	**28**	416	**290**	**70**

หมายเหตุ

A = ผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา จำนวน 5 คน

B = ช่างที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา จำนวน 4 คน

C = ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป จำนวน 4 คน

- จำนวนข้อทั้งหมดเป็นการนำข้อย่อยที่มีในแต่ละประเด็นหลักมาคูณกับจำนวนผู้ถูกสัมภาษณ์ทั้งหมด 13 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.24 พบว่า เปอร์เซ็นต์การตอบได้จากแบบสัมภาษณ์ทั้งหมดมี 70% โดยช่างที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบาสามารถให้ข้อมูลการตอบได้มากที่สุดถึง 100% รองลงมาคือ ผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา 78% ในขณะที่ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีเพียง 28% เนื่องจากบุคคลกลุ่มนี้ไม่ได้ทำงานหรือคลุกคลีอยู่กับอาคารโครงสร้างเหล็กเบาโดยตรง การให้ข้อมูลในรายละเอียดที่เจาะลึกจึงไม่สามารถทราบได้ ส่วนหัวข้อหลักที่ตอบได้มากที่สุด คือ ระบบการก่อสร้างแบบ Panelized system 96% ในขณะที่หัวข้อหลักด้านองค์ประกอบพื้น ผนัง และหลังคา สามารถตอบได้น้อยที่สุดในจำนวนที่เท่าๆกัน คือ 54%

แสดงให้เห็นว่าข้อมูลการสัมภาษณ์ส่วนใหญ่ที่ได้จะเป็นลักษณะภาพรวมของระบบในเชิงเปรียบเทียบระหว่างองค์ประกอบพื้น ผนัง และหลังคามากกว่ารายละเอียดเฉพาะส่วนในแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งมีผู้ให้ข้อมูลได้เฉพาะกลุ่ม คือ ช่างที่ต้องสัมผัสกับการทำงานจริงมาโดยตลอดจะสามารถให้ข้อมูลได้ ซึ่งต่างจากข้อมูลระบบการก่อสร้างแบบ Panelized system ซึ่งเป็นคำถามที่ต้องการข้อมูลในเชิงกระบวนการและผู้เกี่ยวข้องทั่วไป ไม่ได้ลงรายละเอียดลึกเหมือนกับหัวข้อหลักขององค์ประกอบพื้น ผนัง และหลังคา ดังนั้น ในการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อการสรุปผลการวิจัยชิ้นนี้จึงมิได้มุ่งเน้นไปที่การสรุปรายละเอียดเฉพาะจุด เนื่องจากมีน้ำหนักของผู้ตอบได้ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับข้อมูลด้านองค์ประกอบอาคารในภาพรวมและลักษณะของกระบวนการที่มีความเชื่อมโยงกับผู้เกี่ยวข้องฝ่ายต่างๆ ซึ่งจะทำให้สามารถสรุปผลออกมาในเชิงการจัดการพื้นฐานที่ควรจะเป็นในระบบการก่อสร้างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ข้อคำนึงในการออกแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทย

ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการศึกษาข้อมูลขั้นต้นและข้อมูลเชิงลึกที่มีลักษณะข้อมูลเชิงพรรณนาในรายละเอียดและการบรรยายสรุปในแต่ละตารางซึ่งเป็นลักษณะในการรายงานผล ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลในบทนี้จะเป็นการเชื่อมโยงผลการศึกษาที่ผ่านมาอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้นเพื่อให้ได้ข้อคำนึงในการออกแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทย ซึ่งจะเป็นฐานข้อมูลสำคัญในการสังเคราะห์ผลสรุปที่จะเกิดขึ้นในบทต่อไป โดยการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

5.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

เป็นสิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์ผลการศึกษาข้อมูลขั้นต้นและข้อมูลเชิงลึกจากบทที่ผ่านมาว่าปัจจัยแต่ละตัวนั้น ส่งผลต่อขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้างอย่างไรบ้าง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. มาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุ จากการวิเคราะห์ พบว่า ในต่างประเทศจะมีมาตรฐานที่กำหนดอย่างชัดเจนเพื่อการผลิต และในขณะเดียวกันก็มีความหลากหลายในรายละเอียดที่ขึ้นอยู่กับเทคนิคการผลิตวัสดุและเทคนิคการก่อสร้างเพื่อสร้างจุดขายทางการตลาดที่เป็นลักษณะเฉพาะของผู้ประกอบการแต่ละราย รวมถึงการยึดต่อชิ้นส่วนและเครื่องมือพื้นฐานในการประกอบโครง ดังนั้นสิ่งเหล่านี้จึงอาจส่งผลได้ไม่มากก็น้อย

2. รูปแบบแผ่น จากการวิเคราะห์ พบว่า แบบทางสถาปัตยกรรมจะต้องนำมาทำการถอดแบบการประกอบโครงในส่วนต่างๆออกมา ได้แก่ ชิ้นส่วนแผ่นผนัง พื้น และหลังคาซึ่งรูปแบบแผ่นที่ถอดแบบออกมานั้นย่อมมีลักษณะที่เป็นผลต่อเนื่องมาจากแบบสถาปัตยกรรม ในอันที่จะทำให้เกิดความซ้ำหรือความแตกต่างของรูปแบบแผ่นกัน จึงเป็นส่วนหนึ่งที่อาจจะส่งผลได้เช่นกัน

3. การออกแบบ จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ผู้ออกแบบในต่างประเทศค่อนข้างจะมีพื้นฐานในระบบก่อสร้างนี้อยู่แล้วและมีปริมาณงานที่สามารถดำเนินการในระบบอุตสาหกรรมได้อย่างครบวงจร ดังนั้นการออกแบบลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่เกิดจากผู้ออกแบบในประเทศไทยอาจจะส่งผลบางอย่างในขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้างไม่มากก็น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ในประเทศไทยมีข้อปัญหาที่มาจากความไม่เข้าใจภาพรวมของกระบวนการและการขาดการประสานงานระหว่างผู้เกี่ยวข้องเป็นอย่างมาก ย่อมส่งผลต่อช่วงการก่อสร้างอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้เช่นกัน

จะเห็นได้ว่า จากผลการศึกษาข้อมูลขั้นต้นและเชิงลึกนั้น ทำให้ค้นพบข้อมูลที่กว้างมากขึ้นกว่าการทบทวนวรรณกรรมในช่วงแรก โดยเฉพาะจากการสัมภาษณ์บุคคล ซึ่งทำให้เห็นภาพของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทยที่ชัดเจนขึ้นมากในเรื่องของกระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งยังเป็นจุดด้อยอันหนึ่ง เพราะจัดเป็นทรัพยากรที่ต้องมีองค์ความรู้และทักษะในการทำงานที่มีความสำคัญในการพัฒนาต่อยอดในเรื่องมาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุหรือรูปแบบแผ่นที่เป็นผลมาจากการออกแบบทางสถาปัตยกรรม

5.2 ข้อคำนึงในขั้นตอนการผลิตจากโรงงาน

จากผลการศึกษาข้อมูลเชิงลึกที่ได้จากผลการตอบแบบสัมภาษณ์แยกตามประเด็นหัวข้อหลัก ดังแสดงไว้ในบทที่ผ่านมา สามารถแสดงการวิเคราะห์ถึงข้อคำนึงในการผลิต โดยนำเสนอการวิเคราะห์ตามหัวข้อได้ดังนี้

1 ข้อคำนึงในขั้นตอนการผลิตที่เกิดจากชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา

ผลการศึกษาที่ได้จากการตอบแบบสัมภาษณ์ในหัวข้อหลักด้านชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบานั้น สามารถวิเคราะห์ได้ว่า วัสดุโครงเหล็กเบาในแต่ละท่อนที่ถูกผลิตมานั้น ใช้เทคนิคการผลิตวัสดุขั้นสูงและมีมาตรฐานในตัวมันเองค่อนข้างดี เพราะมีคุณภาพมาตรฐานในการเคลือบผิวที่สม่ำเสมอและทำการขึ้นรูปหน้าตัดด้วยเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ผ่านซอฟแวร์ที่มีลักษณะเฉพาะขององค์ความรู้แตกต่างกันไปในแต่ละบริษัทที่ดำเนินธุรกิจในระบบนี้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัญหาที่เกิดจากคุณภาพของวัสดุโครงเหล็กเบาที่ใช้ในการประกอบโครงมีผลน้อยมาก ถึงแม้ว่าตรวจสอบเจอชิ้นที่บกพร่องจริงๆก็จะไม่นำมาใช้เลย สิ่งที่อาจเป็นผลโดยตรงต่อการผลิตก็คือ การกระแทกกันของแผ่นชิ้นส่วนที่ประกอบเสร็จแล้วจากการขนยกที่ไม่ระมัดระวังหรือในระหว่างการขนส่งที่มีความกระเทือน สำหรับในส่วนของการยึดประกอบระหว่างโครงเหล็กแต่ละท่อนขึ้นเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (ไม่รวมลักษณะการยึดระหว่างวัสดุปิดผิวกับโครง) ในปัจจุบันนิยมใช้สกรู (Self-drilling screw) เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากช่างที่ประกอบทำงานได้ง่ายและมีความคล่องตัวสูง ไม่ยุ่งยากเหมือนกับระบบการเชื่อมที่มีใช้ในสมัยก่อน (Spot Welding) อีกทั้งสกรูในปัจจุบันหาซื้อได้ง่ายและมีรูปแบบให้เลือกหลากหลาย และยังเป็นหลักปฏิบัติงานที่มักถูกแนะนำในเอกสารเผยแพร่ของสมาคม องค์กร ในต่างประเทศ แต่การใช้สกรูก็อาจมีข้อเสียบ้าง เพราะอาจทำให้เกิดการโยก

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมุนระหว่างชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาในจุดที่ยึดเข้าด้วยกัน ส่วนวิธีการยึดแบบอื่นๆก็มีการใช้ เช่น การใช้ริเวท การเชื่อม แต่ก็มีน้อยมาก

2 ข้อคำนึงในขั้นตอนการผลิตเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างองค์ประกอบพื้น ผนัง และหลังคา

ผลการศึกษาที่ได้จากการตอบแบบสัมภาษณ์ในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาโดยภาพรวม ซึ่งเน้นการเปรียบเทียบกันระหว่างองค์ประกอบพื้น ผนัง หลังคา สามารถวิเคราะห์ได้ว่า การปรับแก้ชิ้นส่วนแผ่นสำเร็จรูปจะเกิดขึ้นมากที่สุดกับองค์ประกอบผนัง หลังคา และพื้น ตามลำดับ เนื่องจากองค์ประกอบมักมีรูปแบบแผ่นแตกต่างกัน โดยในส่วนของผนังมีช่องเปิดเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มความหลากหลายของรูปแบบแผ่น และยังต้องคำนึงถึงว่าโครงแผ่นใดต้องรับน้ำหนักพื้นหรือไม่ได้รับน้ำหนักซึ่งจะมีผลต่อขนาดหน้าตัดและความหนาของโครงเหล็กเบาบางท่อน ส่วนองค์ประกอบพื้นจะซ้ำกันมากที่สุดเพราะไม่ค่อยมีรายละเอียดมากนักและสามารถถอดแบบโครงซ้ำกันได้ง่ายกว่า ในขณะที่องค์ประกอบหลังคาจะมีความแตกต่างหรือความซ้ำของรูปแบบแผ่นที่คาบเกี่ยวระหว่างผนังและพื้น ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับรูปแบบทางสถาปัตยกรรมมากกว่า ซึ่งหากหลังคามีความซับซ้อนมาก การถอดแบบโครงก็จะมีรูปแบบแผ่นที่ต่างกันมากกว่าหลังคาที่มีความเรียบง่าย จุดสำคัญของหลังคาที่มีผลต่อปัญหาในการประกอบโครงก็คือ รูปแบบแผ่นชิ้นส่วนของหลังคาโดยมากจะเป็นโครงฉัก ซึ่งมีชิ้นส่วนย่อยหลายขนาดและมีมุมเอียงหลายมุม ทำให้ต้องคอยปรับเครื่องมือที่ช่วยในการกำหนดตำแหน่ง (Jig) ตาม

3 ข้อคำนึงในขั้นตอนการผลิตองค์ประกอบพื้น

ผลการศึกษาที่ได้จากการตอบแบบสัมภาษณ์ในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบพื้น สามารถวิเคราะห์ได้ว่า หากเป็นบ้านที่ไม่ต้องการช่วงพาดของตงมาก การประกอบเป็นแผ่นสำเร็จรูปจะทำได้ง่ายกว่า เพราะชิ้นส่วนจะไม่ใหญ่เกินไปโดยต้องคำนึงถึงขนาดที่สามารถขนส่งได้จากรถที่ทำการขนเป็นหลัก ส่วนปัญหาที่ส่งผลต่อการผลิตอย่างมากก็คือ การสรุปแบบที่ยังไม่แน่นอนหรือเปลี่ยนแปลงแบบแล้วไม่มีการสื่อสารที่ดีจะทำให้ผู้ประกอบโครงไม่ได้รับข้อมูลของขนาดสุทธิของโครงที่ถูกต้องมากกว่าปัญหาจากความบกพร่องในการควบคุมคุณภาพการผลิตหรือความไม่ชำนาญงานของช่างในโรงงาน เพราะชิ้นส่วนถูกตัดจากเครื่องจักรที่อยู่ในโรงงานเป็นหลัก อีกอย่างองค์ประกอบพื้นค่อนข้างมีความมีความเรียบง่ายในตัวเองกว่าองค์ประกอบอื่นๆ สำหรับลักษณะแบบอาคารที่จะส่งผลต่อการประกอบโครงพื้นอย่างมาก คือ ขอบเขตในการวางผังพื้นอาคารที่มีรูปร่างไม่ปรกติ (Irregular shape) เช่น มีลักษณะโค้งเว้า หรือเป็นแฉกหลายด้านโดยไม่มีพื้นฐานทางเรขาคณิตใดๆ จะทำให้เกิดความยากในการแบ่งแผ่นชิ้นส่วนพื้นให้มีความซ้ำกันได้ยาก และในการประกอบโครงจะต้องมีการดัดแปลงชิ้นส่วนด้วยฝีมือช่าง ที่สำคัญชิ้นส่วนที่ผลิตได้ในประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังไม่มีความหลากหลายมากพอสำหรับรองรับในกรณีนี้ เช่น ยังไม่มีโครงที่ผลิตมาจากระบบอุตสาหกรรมเพื่อให้ดัดโค้งได้โดยตรง ที่สำคัญคือ ต้องใช้เวลาในการประกอบมากกว่าเดิมและอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ถ้าควบคุมไม่ดี ส่วนการลดระดับนั้น หากมีระยะต่างระดับกันเท่ากับความลึก (web) ของหน้าตัดชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาจะไม่ค่อยมีปัญหาในการประกอบโครงมากนัก

4 ข้อคำนึงในขั้นตอนการผลิตองค์ประกอบผนัง

ผลการศึกษาที่ได้จากการตอบแบบสัมภาษณ์ในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบผนัง สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ปัญหาที่สำคัญคือการถอดแบบโครงที่มีมิติไม่สอดคล้องกับวัสดุผิวสำเร็จที่เกิดขึ้น เช่น ความสูงของแผ่นโครงผนังไม่ลงตัวกับวัสดุปูพื้น อาจเป็นผลให้ขนาดโครงมีระยะขาดๆเกินๆ ทั้งนี้เป็นเพราะการไม่มีการประชุมร่วมกันระหว่างผู้ก่อสร้างทั่วไปที่ซึ่งยังขาดความเข้าใจในรายละเอียดของตัวแผ่นโครงเหล็กเบาในระบบนี้ รวมถึงฝ่ายผู้ออกแบบที่จะเป็นผู้พิจารณาได้ว่าขนาดของการถอดแบบโครงจากผู้ประกอบโครงนั้น มีความสัมพันธ์กับวัสดุผิวสำเร็จตามระยะที่กำหนดหรือต้องการในแบบสถาปัตยกรรมที่ออกแบบไว้หรือไม่ ส่วนความชำนาญของช่างก็จะมีผลต่อเรื่องการประกอบโดยตรง ซึ่งโดยมากจะมีผลค่อนข้างน้อยเพราะชิ้นส่วนถูกตัดจากเครื่องจักรที่อยู่ในโรงงานเป็นหลักและมีการควบคุมคุณภาพในระดับหนึ่ง ส่วนลักษณะแบบอาคารที่จะส่งผลต่อการประกอบโครงผนังอย่างมาก คือ ช่องเปิดของประตู-หน้าต่างที่จะมีผลต่อการจัดวางเรียงตำแหน่งของคร่าวตั้งที่จะต้องวางระยะตามพิกัดของขนาดแผ่นวัสดุหุ้มโครงรองพื้น (Sheathing) โดยเฉพาะการวัดเพื่อแบ่งระยะในแต่ละแผ่นว่าจะให้เหลือเศษด้านใด ซึ่งมักเป็นผลมาจากการออกแบบที่ไม่ได้คำนึงถึงระบบประสานพิกัดตั้งแต่แรกจึงทำให้เกิดความไม่ลงตัวระหว่างตัวโครงกับแผ่นวัสดุหุ้มโครงรองพื้น เนื่องจากความยาวของโครงผนังแต่ละแผ่นจะต้องสอดคล้องกับระยะที่สามารถขนส่งได้ ดังนั้น การที่เจาะช่องเป็นโดยไม่คำนึงถึงความยาวของโครงมากที่สุดหรือระยะพิกัดของแผ่นวัสดุหุ้มโครง จะทำให้อาจเกิดความลงตัวได้ยาก เช่น ระยะระหว่างโครงแนวตั้งที่ไม่เท่ากันอย่างสม่ำเสมอจะทำให้ช่างที่ประกอบเกิดความสับสนได้

5 ข้อคำนึงในขั้นตอนการผลิตองค์ประกอบหลังคา

ผลการศึกษาที่ได้จากการตอบแบบสัมภาษณ์ในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบหลังคา สามารถวิเคราะห์ได้ว่า เมื่อประกอบโครงเป็นแผ่นแล้วอาจจะไม่ได้ฉากหรือผิดองศา เพราะเวลาประกอบนั้นต้องมีการปรับเครื่องมือที่ช่วยในการกำหนดตำแหน่ง (Jig) หลายตัวให้ได้ตามมุมเอียงที่มีหลายแบบ ทั้งในส่วนของคอร์ดบน-ล่าง และในส่วนของเว็บที่มีหลายชิ้นส่วนย่อยเอียงไปมาในแต่ละแผ่นโครงหลังคา จากเหตุดังกล่าว ทำให้องค์ประกอบหลังคามีชิ้นส่วนย่อยขนาดต่างกันหลายชิ้นมาก ดังนั้น เครื่องมือที่ช่วยในการกำหนดตำแหน่งที่ดีจึงเป็นส่วนสำคัญมาก หากสามารถปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาได้ก็จะช่วยให้เกิดความแม่นยำขึ้น แต่ก็ต้องลงทุนมากขึ้นเช่นกัน อีกประเด็นหนึ่งที่มีผลก็คือ ขนาดของโครงหลังคามีขนาดใหญ่มากจนประกอบบนโต๊ะไม่ได้ ทำให้ต้องมาประกอบที่พื้น ซึ่งไม่สามารถติดตั้งเครื่องมือที่ช่วยในการกำหนดตำแหน่งเพื่อปรับมุมและแนวยึดกั้นที่ควบคุมมุมฉากของแผ่นชิ้นส่วนได้เหมือนกับบนโต๊ะ (ในการประกอบบนพื้นจะตัดความยาวของชิ้นส่วนย่อยให้ถูกต้อง พอประกอบโครงแล้วจะปรับโครงทั้งแผ่นให้ได้มุมที่ต้องการ) ซึ่งหากช่างที่ประกอบไม่มีความชำนาญพอก็อาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ ส่วนลักษณะแบบอาคารที่จะส่งผลต่อการประกอบโครงหลังคาอย่างมาก คือ ความซับซ้อนของรูปทรงและระนาบหลังคาจะมีผลทำให้ทำให้เกิดความแตกต่างของชิ้นส่วนมากเป็นเงาตามตัวโดยเฉพาะขนาดและระยะของชิ้นส่วนย่อยที่เป็นเว็บจะใช้เวลาในการประกอบมากและควบคุมได้ยากขึ้น

6 ข้อคำนึงในขั้นตอนการผลิตอันเป็นผลจากกระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง

ผลการศึกษาที่ได้จากการตอบแบบสัมภาษณ์ในหัวข้อหลักด้านระบบการก่อสร้างแบบ Panelized system ซึ่งเน้นข้อมูลด้านกระบวนการและผู้เกี่ยวข้องที่สำคัญ สามารถวิเคราะห์ได้ว่าการประกอบโครงในโรงงานนั้นมีการพัฒนากระบวนการผลิตอย่างเป็นขั้นตอนที่มีการยืดหยุ่นตามสถานการณ์ เนื่องจากการก่อสร้างในประเทศไทยยังไม่มีปริมาณงานที่มากพอให้สามารถพัฒนาขั้นตอนการผลิตอย่างเป็นระบบที่แน่นอนได้ทั้งหมด เพราะงานส่วนใหญ่ที่ได้เป็นการสร้างแบบหลังต่อหลังตามความต้องการของลูกค้าที่มักจะมีการแก้ไขแบบภายหลังจากการสรุปแบบอยู่ตลอด ดังนั้น หากมีกระบวนการที่เป็นขั้นตอนอย่างเหนียวแน่นมากเกินไป จะทำให้ขาดความยืดหยุ่นมาก และอาจต้องเสียทรัพยากรโดยใช่เหตุจากการย้อนกลับไปเริ่มต้นกระบวนการใหม่ จากสภาพของลักษณะงานที่เป็นอยู่ในประเทศไทยขณะนี้ ทำให้ผู้ประกอบการในปัจจุบันต้องปรับตัวรองรับกับสถานการณ์บางอย่างที่อาจเกิดขึ้นเมื่อไรก็ได้ โดยเน้นการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าเป็นหลักเพื่อที่จะได้ไม่ต้องย้อนกับไปเริ่มต้นกระบวนการทำงานใหม่ทั้งหมด จึงทำให้กระบวนการทำงานโดยรวมนั้นอาจจะดูแล้วไม่มีความต่อเนื่องอย่างชัดเจนสมกับเป็นระบบการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ควรจะมีการแก้ไขน้อย ส่วนลักษณะทางสถาปัตยกรรมจะมีผลต่อการผลิตในแง่ของระยะเวลาที่แปรผันตามความยากของงานมากกว่า สำหรับผู้เกี่ยวข้องนั้น หากเป็นผู้ประกอบโครงจะค่อนข้างเข้าใจกระบวนการทำงานดีอยู่แล้ว ในขณะที่ผู้ออกแบบส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจหลักการพื้นฐานด้านการเขียนแบบในรายละเอียดสำหรับระบบการก่อสร้างนี้โดยเฉพาะ แม้ว่าจะออกแบบแนวคิดได้ดี แต่ก็ขาดการพิจารณาในรายละเอียดที่สอดคล้องกับโครงสร้างชนิดนี้ในแง่ของการใช้ระบบประสานทางพิกัด ส่วนผู้ก่อสร้างทั่วไปที่ไม่คุ้นเคยกับการก่อสร้างในระบบนี้ จะไม่ค่อยศึกษาหรือเรียนรู้กรรมวิธีในการผลิตอย่างจริงจังนัก ทำให้ขาดการประสานงานกับผู้ประกอบโครง ซึ่งจะมีผลเสียตามมาในเรื่องของความไม่ลงตัวกันระหว่างโครงที่ประกอบแล้วกับวัสดุผิวสำเร็จจึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนกระเทือนกันไปหมด แต่สิ่งหนึ่งที่เป็นปัจจัยนอกเหนือจากผู้เกี่ยวข้องที่กล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาทั้งหมด คือ การปรับแก้แบบของลูกค้าที่ไม่เข้าใจธรรมชาติของระบบที่มีกระบวนการทำงานในลักษณะอุตสาหกรรมนั้น ทำให้ต้องเริ่มกระบวนการผลิตใหม่เพียงไม่กี่ชิ้น ทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรมาก เช่น ต้องตั้งเครื่องจักรและวางสาย การผลิตใหม่ ทำให้ไม่คุ้มทุนในกรณีเช่นนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงประเด็นสำคัญของข้อคำนึงในขั้นตอนการผลิตจากโรงงาน

หัวข้อหลัก	สัญลักษณ์สีจากปัจจัยที่ส่งผล
	มาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุ / รูปแบบแผ่น / แบบอาคาร / กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง
1. ชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา	เครื่องจักรระบบคอมพิวเตอร์ → คุณภาพสูง, ต้นทุนสูง, การบำรุงรักษา; ปัจจุบันนิยมใช้สกรู → คล่องตัว, การโยกหมุน; การกระแทกระหว่างแผ่น
2. องค์ประกอบ (พื้น ผนัง หลังคา) โดยภาพรวม	ผนัง > หลังคา > พื้น → ความหลากหลาย, การปรับแก้; ผนัง → -ช่องเปิด, - การรับน้ำหนัก; หลังคา → - ขนาดและมุมเอียงของชิ้นส่วนย่อย; พื้น → -ช่วงพาด, -เรียบง่าย
3. พื้น	ช่วงพาดน้อย → ขนาดแผ่นที่ขนส่งได้, ชิ้นส่วนย่อยไม่ใหญ่มาก; ผังพื้นลักษณะ Irregular shape → รูปแบบชิ้นส่วนหลากหลาย, -แบ่งแผ่นได้ยาก, -การตัดแปลงสูง; การประสานงาน → ความสัมพันธ์ของโครงกับจุดรองรับ
4. ผนัง	มิติของแผ่น → ขนาดที่ขนส่งได้; ช่องเปิดของประตู - หน้าต่าง → เหลือเศษจากระยะ Stud, ความกว้างไม่เกินขอบเขตของแผ่น; การประสานงาน → ทุกฝ่ายควรตรวจสอบมิติสุทธิของโครงร่วมกัน
5. หลังคา	การประกอบบนโต๊ะที่มีเครื่องมือกำหนดตำแหน่ง → ลดปัญหาการผิดองศา, ขนาดที่ขนส่งได้; รูปทรงหลังคา → ความหลากหลายของชิ้นส่วนและแผ่น; ผู้ออกแบบ → ระยะการวาง Truss กับแนว Stud ของผนัง
6. ระบบการก่อสร้าง	ความซับซ้อน → -ความหลากหลาย, -ระยะเวลา; ยืดหยุ่นตามสถานการณ์ → สร้างหลังต่อหลัง, ลดการเริ่มต้นสายการผลิตใหม่; การประสานงาน → แบบโครงที่ถูกต้องมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อคำนึงในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

จากผลการศึกษาข้อมูลเชิงลึกที่ได้จากผลการตอบแบบสัมภาษณ์แยกตามประเด็นหัวข้อหลัก ดังแสดงไว้ในบทที่ผ่านมา สามารถแสดงการวิเคราะห์ถึงข้อคำนึงในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง โดยนำเสนอการวิเคราะห์ตามหัวข้อได้ดังนี้

1 ข้อคำนึงในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้างที่เกิดจากชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา

ผลการศึกษาที่ได้จากการตอบแบบสัมภาษณ์ในหัวข้อหลักด้านชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบานั้น สามารถวิเคราะห์ได้ว่า มีส่วนน้อยมากที่จะเกิดจากคุณภาพของวัสดุโครงเหล็กเบาไม่ได้มาตรฐาน ปัจจัยที่สำคัญจึงมาจากฝีมือของช่างที่ทำการตัดประกอบเพื่อประกอบโครงเพิ่มเติมบางจุด การเสริมหรือแก้ไขหน้างานด้วยเลื่อยวงเดือนหรือ Circular Saw ที่มีความเที่ยงตรงน้อยกว่าการตัดด้วยเครื่องจักรในโรงงานอันเป็นผลมาจากกระบวนการที่ต้องมีความยืดหยุ่นตามสถานการณ์ นอกเหนือไปจากนี้อาจเกิดจากคุณภาพของแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จโดยตรง ซึ่งเกิดขึ้นจากภายหลังการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปแล้ว โดยเกิดจากบิดของแผ่นที่มีขนาดใหญ่หรือจากช่วงการขนส่งที่มีการวางชิ้นส่วนโครงแต่ละผืนซ้อนกันไม่ดี หรือการกระแทกกันระหว่างแผ่นภายหลังจากการขนส่งและการจัดลำดับในการขนแผ่นชิ้นส่วนลงอย่างไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดการกระแทกกันเองจนบุบเกิดความเสียหายจนต้องไปแก้ไขหน้างาน ในขณะที่การโยกหมุนระหว่างการยึดชิ้นส่วนย่อยอันเกิดการยึดด้วยสกรูก็มีส่วนบ้างเหมือนกัน ดังนั้น สิ่งที่ต้องทำก่อนนำชิ้นส่วนแต่ละแผ่นไปประกอบติดตั้งระหว่างกัน ต้องมีการตรวจสอบการได้ฉากของแต่ละแผ่น รวมทั้งตรวจสอบสภาพของแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปก่อนนำไปประกอบติดตั้ง

2 ข้อคำนึงในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้างเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างองค์ประกอบพื้น ผนัง และหลังคา

ผลการศึกษาที่ได้จากการตอบแบบสัมภาษณ์ในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาโดยภาพรวม ซึ่งเน้นการเปรียบเทียบกันระหว่างองค์ประกอบพื้น ผนัง หลังคา สามารถวิเคราะห์ได้ว่า การปรับแก้ชิ้นส่วนแผ่นสำเร็จรูปจะเกิดขึ้นมากที่สุดกับองค์ประกอบผนัง หลังคา และพื้น ตามลำดับ เช่นเดียวกับการผลิต โดยเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับความแตกต่างของรูปแบบแผ่นจากมากไปหาน้อยขององค์ประกอบผนัง หลังคา และพื้น ตามลำดับ โดยองค์ประกอบผนังจะมีสาเหตุจากการปรับระดับในการติดตั้งที่พื้นและความดิ่งของผนังที่ติดตั้ง รวมถึงเสถียรภาพและความมั่นคง เพราะเป็นหัวใจสำคัญของการรับน้ำหนัก ที่สำคัญต้องทำการตรวจสอบการได้ฉากของแผ่นผนังด้วยการวัดแนวทแยงของแผ่นเพื่อไม่ให้เกิดการเหลื่อมหรือช่องว่างหลังติดตั้ง ส่วนองค์ประกอบหลังคาจะมีสาเหตุต่อเนื่องมาจากการวางผนังบนพื้นที่ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับและตำแหน่งติดตั้งที่อยู่ในจุดที่สูงที่สุดของอาคาร ทำให้การขนยกทำได้ยากหรืออาจเกิดการกระแทกได้ อย่างไรก็ตามไม่ว่ารูปแบบแผ่นชิ้นส่วนจะแตกต่างกันหรือซ้ำกันต่างก็มีปัญหาเกิดขึ้นในช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้างมากกว่าการผลิตในโรงงานเสมอ เพราะว่าการผลิตในโรงงานสามารถควบคุมคุณภาพได้ดีกว่าการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง ถึงแม้รูปแบบแผ่นที่มีลักษณะโดยรวมซ้ำกันแต่มีความต่างกันในรายละเอียดก็อาจทำให้ช่างที่หน้างานเกิดความสับสนในความคล้ายกันของแผ่น ทำให้ติดตั้งผิดลำดับชิ้นหรือการกลับด้านกันในทิศทางตรงกันข้าม เช่น จากด้านนอกเป็นด้านใน จากซ้ายเป็นขวา ซึ่งจะมีผลต่อความคลาดเคลื่อนอย่างมากจนถึงกับต้องรื้อแผ่นที่ติดตั้งไปแล้วออก ดังนั้นหาการระบุรายละเอียดของรูปแบบแผ่นและลำดับการติดตั้งที่ชัดเจนพร้อมจุดสังเกตเตือนไว้ในแบบเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง

3 ข้อคำนึงในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้างขององค์ประกอบพื้น

ผลการศึกษาที่ได้จากการตอบแบบสัมภาษณ์ในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบพื้น สามารถวิเคราะห์ได้ว่า หากเป็นบ้านที่ต้องการช่วงพาด (span) ของตงมาก การขนส่งเป็นท่อนๆ ไปประกอบที่จุดก่อสร้างจะทำงานได้ง่ายกว่าการประกอบเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จในโรงงาน เนื่องจากการมีช่วงพาดจะทำให้ชิ้นส่วนโครงเหล็กเบามีหน้าตัดที่ใหญ่กว่าชิ้นส่วนที่ใช้ในองค์ประกอบอื่นๆ ซึ่งจะทำให้มีขนาดแผ่นค่อนข้างใหญ่และมีข้อจำกัดด้านการขนส่ง อีกทั้งยังมีโอกาสเสียรูปจากการบิดได้ง่ายกว่าแผ่นพื้นที่มีขนาดเล็กกว่า ปัญหาที่จุดก่อสร้างจึงมีผลมาจากความชำนาญของช่างที่ทำการติดตั้งโดยตรง ที่สำคัญหากบุคคลากรไม่มีการประสานงานที่ดีกันกับผู้ที่ก่อสร้างรายอื่นให้มีความเข้าใจในระบบโครงสร้างเหล็กเบา ก็จะทำให้เกิดความไม่ลงตัวระหว่างโครงกับวัสดุผิวสำเร็จของพื้น ซึ่งอาจจะมีผลต่อระดับในการติดตั้งผนังได้ถ้ามีการปรับชนิดวัสดุผิวสำเร็จในช่วงก่อสร้าง โดยเฉพาะระยะการวางโครงพื้นต้องคำนึงให้สัมพันธ์กับมิติของแผ่นวัสดุหุ้มโครงรองพื้นให้พอดีกัน ซึ่งหากไม่รับกันพอดีจะทำให้เกิดการยุบตัวลงไปในกรณีที่ทิ้งน้ำหนัก (point load) ไปยังจุดนั้นพอดี สำหรับลักษณะแบบอาคารที่จะส่งผลในการติดตั้งโครงพื้นที่จุดก่อสร้างอย่างมาก คือ ขอบเขตในการวางผังพื้นอาคารที่มีรูปร่างไม่ปรกติเช่นเดียวกันกับการประกอบโครง โดยจะต้องทำการเสริมโครงหรือการดัดแปลงโครงเพิ่มเฉพาะจุด ซึ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องมีช่างผู้ควบคุมที่ชำนาญงานมาก ในขณะที่ความซับซ้อนจากการเล่นระดับพื้นหลายระดับก็อาจจะมีผลเช่นกัน เพราะโดยพื้นฐานของระบบโครงสร้างนี้แล้วจะไม่ค่อยเอื้ออำนวยให้เล่นระดับนัก หากมีมากเกินไปจะต้องเสริมคานและเสาในบางจุด ทำให้ต้องปรับแต่งและติดตั้งยากมากขึ้น

4 ข้อคำนึงในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้างขององค์ประกอบผนัง

ผลการศึกษาที่ได้จากการตอบแบบสัมภาษณ์ในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบผนัง สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ช่างหรือแรงงานทั่วไปที่ไม่คุ้นเคยกับระบบนี้ เช่น แรงงานของผู้ก่อสร้างทั่วไปอาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังมีความรู้ไม่หลากหลายมากพอ โดยเฉพาะความสามารถในการคิดเชิงบูรณาการ เนื่องจากการติดตั้งโครงผนังจะต้องมีความเกี่ยวพันธ์กับระบบป้องกันความชื้น การหุ้มโครงภายในและภายนอก รวมทั้งการเดินงานระบบท่อร้อยสายไฟในผนัง ดังนั้น จึงเป็นองค์ประกอบที่มีรายละเอียดค่อน ข้างมากและต้องเกี่ยวข้องกับวัสดุผิวสำเร็จที่หลากหลาย ช่างที่ติดตั้งจะต้องมีทักษะรอบด้านควบคู่กันไปในคนๆเดียวเพื่อให้เกิดความประณีต และจะต้องคอยประสานงานกับช่างในระบบอื่น เช่น ไฟฟ้า ประปา ให้มีลำดับการทำงานอย่างต่อเนื่อง ก่อนจะปิดผิวสำเร็จ ประเด็นที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง คือ ต้องคำนึงถึง คือ การตรวจสอบการได้ฉากของโครงผนังแต่ละแผ่นก่อนำไปประกอบติดตั้ง ด้วยการวัดแนวทแยงของแผ่นแล้วปรับระยะให้เท่ากันก่อน จะลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดการชนกันระหว่างแผ่นที่ไม่พอดีกัน แล้วมีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนกับผนังลำดับต่อไปที่จะติดตั้งทั้งหมด รวมทั้งลดการเหลื่อมกันในแต่ละแผ่นและช่องว่าระหว่างชิ้นส่วนที่ไม่แนบสนิทกันดี สำหรับลักษณะแบบอาคารที่จะส่งผลต่อความคลาด เคลื่อนในการติดตั้งโครงผนังที่จุดก่อสร้างอย่างมาก คือ ความตื้น-ลึก (depth) ที่ซับซ้อนของผนังอาคารแต่ละด้านจะสร้างเงื่อนไขในการติดตั้งที่ซับซ้อน เพราะต้องคำนึงถึงลำดับในการติดตั้ง โดยเฉพาะการติดตั้งให้ได้ฉาก จึงต้องมีผู้ควบคุมอยู่ตลอดเวลา แต่เมื่อติดตั้งแผ่นผนังครบต่อเนื่องและยึดเชื่อมต่อกันเรียบร้อยแล้วจะมีผลดีในแง่ของความเสถียรที่มากกว่าผนังแต่ละด้านเรียบเสมอเท่ากันหมด ในขณะที่ความหลากหลายของรูปร่างแผ่นโครงผนังจะมีผลต่อการตรวจสอบความได้ฉากที่ทำได้ยากและอาจทำให้เกิดการเหลื่อมกันระหว่างแผ่นได้ง่าย ส่วนช่องเปิดประตู-หน้าต่างก็มีผลไม่มากนัก ถ้าเจาะช่องเปิดอยู่ภายในช่วงความยาวและความสูงของแผ่นโครงซึ่งมีการเชื่อมต่อเป็นกรอบทั้ง 4 ด้าน แต่ถ้าหากช่องเปิดที่ออกแบบไม่คำนึงถึงช่วงความยาวและความสูงของแผ่นโครง เช่น หากช่องเปิดยาวมากในแนวนอนและคาบเกี่ยวกันระหว่างโครงผนังทั้ง 2 แผ่น จะทำให้สูญเสียสภาพของความเป็นแผ่นไป (ไม่เป็นกรอบโดยรอบทั้ง 4 ด้านในตัวมันเอง) และเสียความแข็งแรงตามหลักการของความเป็นผนังรับน้ำหนักที่มีแรงแนวดิ่งกระทำ ซึ่งจะมีผลให้เกิดความ คลาดเคลื่อนที่จุดก่อสร้างได้ง่าย นอกจากนี้ความแตกต่างกันระหว่างผนังรับน้ำหนักและไม่ได้รับน้ำหนักก็เป็นสิ่งที่สร้างความสับสนให้แก่ช่างที่ไม่คุ้นเคยได้เพราะมีลักษณะที่คล้ายกัน ซึ่งอาจทำให้ติดตั้งผิดตำแหน่งได้ ทำให้เกิดความเสียหายต่ออาคารทั้งหลังได้เพราะการรับน้ำหนักจะผิดไป

5 ข้อคำนึงในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้างขององค์ประกอบหลังคา

ผลการศึกษาที่ได้จากการตอบแบบสัมภาษณ์ในหัวข้อหลักด้านองค์ประกอบหลังคา สามารถวิเคราะห์ได้ว่า มีโอกาสจากปัญหาในการประกอบโครงบางส่วน แต่สิ่งที่ส่งผลอย่างมาก คือ การที่ตำแหน่งโครงหลังคาอยู่สูงกว่าองค์ประกอบอื่น ความชำนาญของช่างจึงมีส่วนอย่างมากพอๆกันกับปัญหาด้านการขนยกที่อาจเกิดการกระทบกระแทก ก่อนนำไปติดตั้งยังจุดที่ต้องการและต้องวางให้ตรงกับแนวคร่าวตั้งของผนัง จึงทำให้เกิดความไม่แนบกันสนิทเมื่อวางในตำแหน่งที่ต้องการ (เกิดขึ้น กับช่วงพาดที่สั้นมาก กว่าช่วงพาดยาว) หากชิ้นส่วนมีขนาดใหญ่ก็อาจเกิดการบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของชิ้นส่วนได้ นอกจากนั้นอาจเป็นผลมาจากการตั้งระดับผนังที่มีบางชิ้นไม่ได้ระดับไปบ้างจึงเกิดช่องว่างเล็กน้อย แต่ยังพอควบคุมได้ สำหรับลักษณะแบบอาคารที่จะส่งผลการติดตั้งโครงผนังที่จุดก่อสร้างอย่างมาก คือ ความซับซ้อนของรูปทรงและระนาบหลังคาจะสร้างเงื่อนไขในการติดตั้งที่ซับซ้อนซึ่งมีผลต่อการเสียเวลาในการหาระดับเพื่อติดตั้งบนผนังและการวางแป อาจต้องมีการตัดชิ้นส่วนย่อยเสริมที่หน้างานในส่วนที่ไม่ลงตัว อีกทั้งยังต้องมีชิ้นส่วนตัวยึดเสริมมากขึ้น เช่น ฉากพับ ทำให้ต้องควบคุมบริเวณรอยต่ออย่างใกล้ชิด ที่สำคัญ เกิดปริมาณและรูปแบบของชิ้นส่วนที่มากขึ้น มีลักษณะรอยต่อที่หลากหลาย ดังนั้น อาจสร้างความสับสนแก่ช่างที่ทำการติดตั้งได้ โดยการแก้ไขที่ดีคือ การทำแบบจำลองให้เห็นชิ้นส่วนโครงหลังคาแต่ละแผ่นมาประกอบกันจะช่วยให้ทั้งวิศวกรและช่างเข้าใจในการติดตั้งได้ดีขึ้น

6 ข้อคำนึงในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้างอันเป็นผลจากกระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง

ผลการศึกษาที่ได้จากการตอบแบบสัมภาษณ์ในหัวข้อหลักด้านระบบการก่อสร้างแบบ Panelized system ซึ่งเน้นข้อมูลด้านกระบวนการและผู้เกี่ยวข้องที่สำคัญ สามารถวิเคราะห์ได้ว่าจะต้องมีการรองรับความยืดหยุ่นบางส่วนที่อาจมีความคลาดเคลื่อนและไม่ลงตัวที่จุดก่อสร้างเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติของงานที่เป็นการก่อสร้างแบบหลังต่อหลัง ส่วนลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่มีความซับซ้อนหรือเรียบง่ายต่างก็มีเกิดปัญหาขึ้นที่จุดก่อสร้างมากกว่าในช่วงการผลิต เพราะช่วงการผลิตสามารถควบคุมคุณภาพได้ดีกว่า สำหรับผู้เกี่ยวข้องนั้น ถ้าประเมินตามสภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบันแล้ว ผู้ประกอบโครงจะมีความรู้ในเรื่องการติดตั้งมากที่สุดเนื่องจากสามารถเข้าใจพื้นฐานธรรมชาติของวัสดุที่ตนเองผลิตและประกอบมาโดยตรง รวมทั้งเข้าใจลำดับในการก่อสร้างและหลักการรับแรงของอาคารในระบบผนังรับน้ำหนักได้ดีอยู่แล้ว โดยในปัจจุบันบริษัทรับสร้างบ้านในระบบนี้บางแห่ง เช่น บริษัท นิวโฮม คอนเซ็พท์ จำกัด สามารถทำงานได้ครบวงจรตั้งแต่ในช่วงการผลิตและการติดตั้งโครงพร้อมผิวสำเร็จที่จุดก่อสร้าง แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับนโยบายของบริษัทด้วย เพราะบางแห่งต้องการมีบทบาทเป็นผู้ขายผลิตภัณฑ์และเน้นงานประกอบโครงเป็นหลัก ไม่ต้องการอยู่ในฐานะผู้ก่อสร้างอาคาร ทำให้ต้องมีพนักงานหรือผู้ฝึกอบรมที่เชี่ยวชาญในการติดตั้งผลิตภัณฑ์ที่จุดก่อสร้างมาคอยบริการและให้คำปรึกษาแก่ผู้ก่อสร้างทั่วไปโดยเฉพาะ เช่น บริษัท บลูสโคป ไลสาจท์ (ประเทศไทย) จำกัด จะมี Site Product Consultant (SPC) ที่ต้องคอยตรวจสอบว่าติดตั้งได้มาตรฐานหรือไม่ อีกเหตุผลหนึ่งที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าหากมีจำนวนพนักงานประจำไม่มากนักก็สามารถที่จะทำงานได้ทั้งช่วงการผลิตและการก่อสร้างได้สมดุลกับงานอาคารพักอาศัยที่มีมาเป็นโครงการๆไป แต่ถ้าหากเป็นงานที่มีจำนวนโครงการหลายโครงการพร้อมกัน การรับช่วงเป็นผู้ก่อสร้างด้วยนั้นอาจจะไม่มีกำลังคนมากพอ จึงต้องเน้นหน้าที่หลักเป็นผู้ประกอบโครงเท่านั้นไม่เข้าไปรับผิดชอบงานก่อสร้างโดยตรง แต่จะต้องคอยสอนและให้คำปรึกษาในการติดตั้งในส่วนโครงเหล็กเบาแก่ผู้ก่อสร้างหลักให้สามารถประกอบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จแต่ละแผ่นเกาะเกี่ยวขึ้นเป็นโครงอาคารได้ หลังจากนั้นก็จะทำในส่วนผิวสำเร็จตามมา ซึ่งหากได้ทำหลายโครงการก็จะทำให้ผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

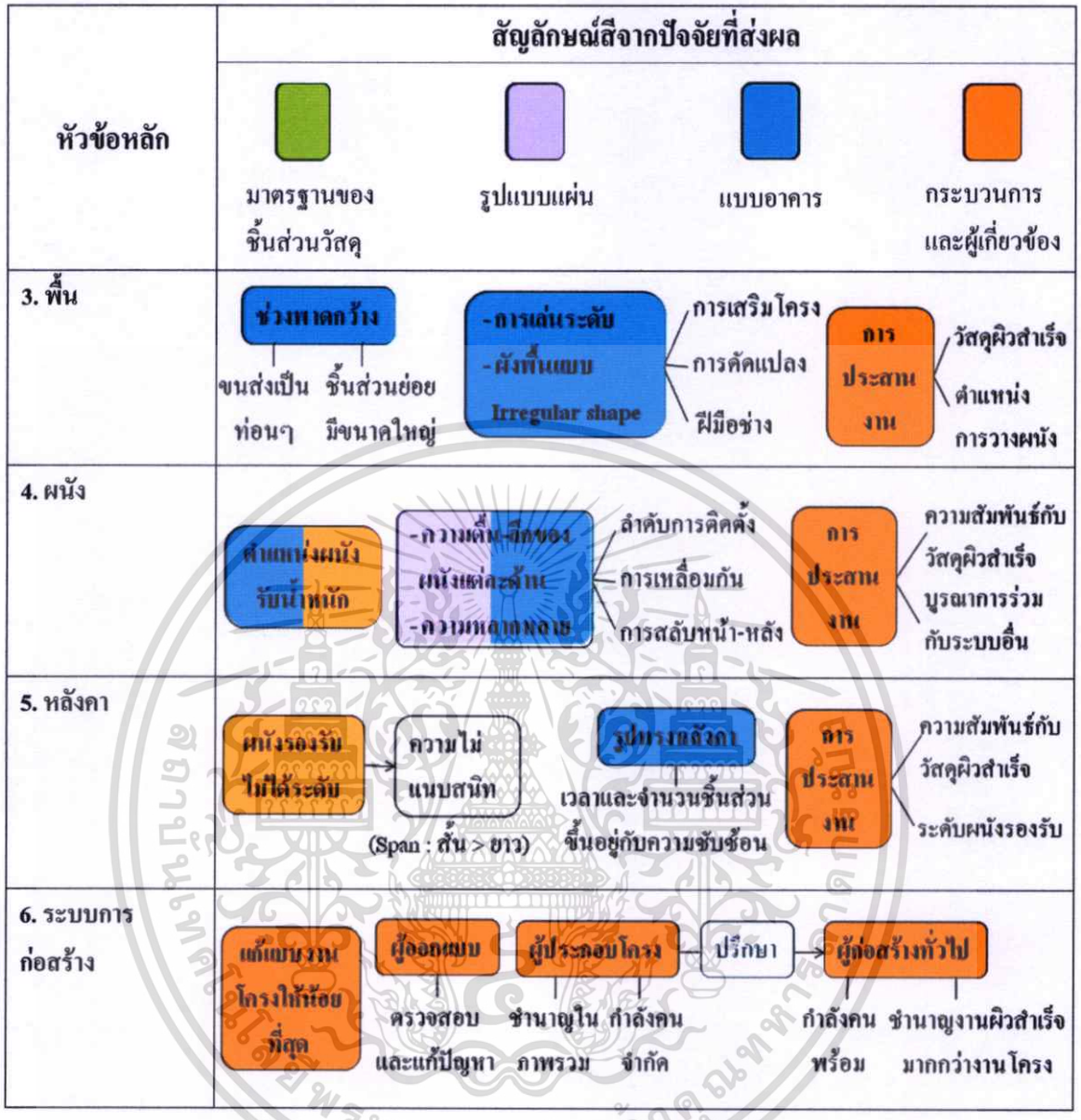
ก่อสร้างทั่วไปมีความชำนาญมากขึ้น จากประเด็นที่กล่าวมานั้น แสดงให้เห็นว่าผู้ก่อสร้างทั่วไปยังไม่เข้าใจวิธีการติดตั้งในส่วนของโครง แต่สามารถติดตั้งวัสดุผิวสำเร็จได้ ส่วนผู้ประกอบโครงนั้นจะมีความชำนาญในการติดตั้งที่จุดก่อสร้างและสามารถแก้ปัญหาเฉพาะจุดและความคลาดเคลื่อนที่หน้างานได้เป็นอย่างดี ถ้าได้ทำงานทุกอย่างครบวงจร แต่ในความเป็นจริงนั้นลักษณะการทำงานดังที่กล่าวมานั้น มีแนวโน้มที่จะลดลงมากขึ้น ทำให้ผลที่เป็นปัญหาตามมาก็คือการขาดการประสานงานระหว่างผู้ประกอบโครงและผู้ก่อสร้างทั่วไปค่อนข้างมาก เพราะต่างฝ่ายต่างองค์กรกัน และที่สำคัญผู้ก่อสร้างทั่วไปยังไม่ค่อยได้ศึกษาระบบการผลิตของผู้ประกอบโครงเพื่อเตรียมพร้อมในการก่อสร้างเท่าที่ควร จึงทำให้ขาดความเชื่อมโยงด้านข้อมูลในส่วนของขนาดแผ่นสุทธิของโครงกับระยะผิวสำเร็จตามการออกแบบในงานสถาปัตยกรรม จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้างมาก กว่าช่วงการผลิต ในขณะที่ผู้ออกแบบอย่างสถาปนิกนั้น ยังมีบทบาทน้อยเมื่อเทียบกับวิศวกรที่สามารถเข้าใจภาพรวมของงานก่อสร้างได้ดีกว่า โดยสถาปนิกจะเข้ามาเพื่อตรวจสอบและแก้ปัญหาหน้างานที่มีผลกระทบกับแบบทางสถาปัตยกรรมเป็นหลัก สำหรับความคลาดเคลื่อนในการติดตั้งที่จุดก่อสร้างนั้น เป็นผลมาจากปัจจัยหลายด้าน ทั้งการออกแบบที่ซับซ้อนและการแก้แบบกลางคันของลูกค้าภายหลังจากที่ทำการสรุปแบบแล้ว ซึ่งเป็นปัญหาที่แก้ได้ยากมากเพราะต้องทำความเข้าใจกับลูกค้าแต่เนิ่นๆ เมื่อเทียบกันกับการประชุมร่วมกันทุกฝ่ายเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการเตรียมการก่อนการก่อสร้าง (Preconstruction Preparation) ภายหลังจากการสรุปแบบทางสถาปัตยกรรม จะเป็นสิ่งที่ทำได้ง่ายกว่า

ตารางที่ 5.2 แสดงประเด็นสำคัญของข้อคำนึงในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

หัวข้อหลัก	สัญลักษณ์สีจากปัจจัยที่ส่งผล			
	มาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุ	รูปแบบแผ่น	แบบอาคาร	กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง
1. ชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา	การเสริมหรือแก้ไขหน้างาน: ฝีมือช่าง; ความเที่ยงของเครื่องมือ	การบิดหรือไม่ได้ฉาก: ขนาดแผ่นใหญ่มาก; การโยกหมุนจากสกรู; การกระแทก	ตรวจสอบการได้ฉากก่อนติดตั้ง	
2. องค์ประกอบ (พื้น ผนัง หลังคา) โดยภาพรวม	ผนัง > หลังคา > พื้น: การปรับแก้	ผนัง: เป็นช่วงต่อระหว่างพื้นและหลังคา	หลังคา: -การขนยกขึ้นที่สูง -ผนังรองรับ	พื้น: -การลดระดับ -จุดรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 (ต่อ)



5.4 วิเคราะห์ปัญหาของการก่อสร้าง

จากข้อคำนึงทั้งในขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง สามารถเห็นความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลในแต่ละขั้นตอนตามหัวข้อหลักว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งทำให้เริ่มแยกแยะและวิเคราะห์ได้ถึงปัญหาที่คาดการณ์ได้ว่าอะไรเป็นสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร โดยมีการวิเคราะห์ปัญหาทั้ง 2 ขั้นตอนได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.1 ปัญหาในขั้นตอนการผลิตจากโรงงาน

เป็นการวิเคราะห์ลักษณะปัญหาในช่วงการผลิตในโรงงาน ซึ่งเริ่มตั้งแต่การผลิตชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาและตัดออกเป็นท่อนๆ เพื่อนำมาประกอบโครงขึ้นเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในแต่ละองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ พื้น ผนัง และหลังคา ตามแบบที่ได้จากการถอดแบบโครงออกมาจากแบบสถาปัตยกรรมที่สรุปในขั้นสุดท้าย เมื่อทำการประกอบโครงเสร็จแล้วจะ ต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพในแต่ละผืน ก่อนจะขนส่งไปยังสถานที่ทำการก่อสร้างเป้าหมาย การวิเคราะห์ในหัวข้อนี้จะนำเสนอในลักษณะตารางที่แสดงลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นแยกตามหมวดหมู่ของปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาในการผลิตจากโรงงาน โดยสามารถแสดงตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 5.3 แสดงการวิเคราะห์ปัญหาในขั้นตอนการผลิตจากโรงงาน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาในการผลิตจากโรงงาน		ลักษณะปัญหาที่เกิด	
		สาเหตุ	ผลที่เกิด
มาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุ		ขาดความหลากหลายของชิ้นส่วนที่สามารถผลิตได้ในประเทศ	ต้องมีการดัดแปลงชิ้นส่วนในบางจุดให้รองรับกับการออกแบบที่มีลักษณะพิเศษ
		การกระแทกกันระหว่างแผ่นชิ้นส่วนในช่วงการขนส่งหรือการขนยก	แผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีการบุบที่ชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาบางท่อน
		การยึดระหว่างชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาด้วยสกรู	การโยกหมุนที่ทำให้แผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปไม่ได้ฉากหรือผิดองศา
รูปแบบแผ่น		รูปแบบแผ่นที่มีความแตกต่างกันมาก (มักเกิดขึ้นกับผนัง > หลังคา > พื้น)	การปรับแก้จะเกิดขึ้นมากในองค์ประกอบ ผนัง หลังคา และพื้นตามลำดับ
		ขนาดแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จที่ใหญ่มาก	แผ่นชิ้นส่วนสำเร็จที่เสียรูปจากการบิด
แบบอาคาร	ทั่วไป	ไม่คำนึงถึงการใช้ระบบประสานทางพิกัด	เกิดรูปแบบแผ่นที่หลากหลายและมีความแตกต่างในรายละเอียดมาก
		การสรุปแบบการถอดโครงที่ไม่แน่นอน	ต้องมีการปรับแก้ระหว่างการประกอบโครงมากขึ้น
	พื้น	ขอบเขตของผังพื้นอาคารมีรูปร่างไม่ปรกติ	ทำการแบ่งแผ่นให้มีรูปแบบซ้ำกันได้ยากและต้องมีการดัดแปลงมาก
	ผนัง	ช่องเปิดของประตู-หน้าต่าง	เกิดระยะระหว่างโครง (stud) หลายแบบ หากช่างไม่ชำนาญอาจสับสนในการประกอบได้
		ช่องเปิดหน้าต่างในแนวนอนมีความยาวคาบเกี่ยวระหว่างแผ่นชิ้นส่วน	แผ่นชิ้นส่วนผนังที่ไม่เป็นกรอบโดยรอบ ซึ่งเกิดการบิดและแอ่นตัวได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 (ต่อ)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาในการผลิตจากโรงงาน		ลักษณะปัญหาที่เกิด	
		สาเหตุ	ผลที่เกิด
แบบอาคาร	หลังคา	ความซับซ้อนของรูปทรงหลังคา	รูปแบบแผ่นที่มีความหลากหลาย ทำให้ต้องมีตัวกำหนดตำแหน่งมากขึ้นตามมุมเอียงของชิ้นส่วน
		แผ่นหลังคามีขนาดใหญ่จนไม่สามารถประกอบบนโต๊ะที่มีเครื่องมือกำหนดตำแหน่งได้	แผ่นชิ้นส่วนหลังคาโดยรวมทั้งในส่วนคอร์ดและเว็บอาจผิดองศา
กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง	ทั่วไป	การเปลี่ยนแปลงแบบ แล้วไม่มีการสื่อสารข้อมูลให้รู้ เท่าทันกันทุกฝ่าย	ทำให้แผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ถูกผลิตมามีข้อผิดพลาดและต้องแก้ไขมาก
	ผู้ออกแบบ	ส่วนมากยังไม่เข้าใจหลัก การเขียนแบบของระบบนี้ในรายละเอียด	ไม่สามารถถอดแบบโครงได้อย่างมีความสัมพันธ์ถูกต้องกับวัสดุผิวสำเร็จ
		ขาดการประชุมร่วมกัน จึงไม่สามารถพิจารณาความถูกต้องในการถอดแบบโครงจากผู้ประกอบโครง	ไม่สามารถได้ข้อสรุปขนาดสุทธิของแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จที่ถูกต้องได้
	ผู้ประกอบโครง	ขาดการประชุมร่วมกับผู้ก่อสร้างทั่วไป (ในกรณีที่อยู่กันคนละองค์กร)	ไม่สามารถเข้าใจกระบวนก่อสร้างในส่วนของวัสดุผิวสำเร็จ จึงไม่สามารถถอดแบบโครงได้อย่างถูกต้อง
	ผู้ก่อสร้างทั่วไป	ขาดความเข้าใจหลักการและกรรมวิธีการผลิตของผู้ประกอบโครง	ไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุผิวสำเร็จกับขนาดสุทธิของแผ่นชิ้น ส่วนสำเร็จที่ถูกต้องได้

จากตารางที่ 5.3 พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาในการผลิตจากโรงงาน เกิดจากแบบอาคารกับกระบวนการและผู้เกี่ยวข้องมากกว่าเกิดจากมาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุและรูปแบบแผ่นที่ทำให้เกิดปัญหาโดยตรงไม่มากนัก โดยผลที่เกิดจากแบบอาคาร ส่วนใหญ่จะส่งผลทางตรงที่นำไปสู่ปัญหาทางการปฏิบัติ ส่วนผลที่เกิดจากกระบวนการและผู้เกี่ยวข้องจะส่งผลทางอ้อมมากกว่า แต่ก็เป็นต้นทางสำคัญที่ควรจะต้องหาแนวทางในการจัดการเพื่อให้เกิดการประสานงานอย่างเป็นระบบ

5.4.2 ปัญหาในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

เป็นการวิเคราะห์ลักษณะปัญหาในช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง โดยนำเสนอในรูปแบบตารางที่แสดงลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นแยกตามหมวดหมู่ของปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง และมีการประเมินระดับผลเสียจากลักษณะปัญหาที่เกิด โดยสามารถแสดงตารางได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 แสดงการสรุปปัญหาในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง		ลักษณะปัญหาที่เกิด	
		สาเหตุ	ผลที่เกิด
มาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุ		การใช้เครื่องมือตัดชิ้นส่วนเช่น เลื่อยวงเดือนหรือ Circular Saw เพื่อประกอบโครงเพิ่มเติมบางจุด	หากช่างไม่ชำนาญ จะทำให้รอยตัดไม่ประณีตพอ เนื่อง จากเครื่องมือไม่เที่ยงตรงเหมือนเครื่องจักรโรงงาน
รูปแบบแผ่น		รูปแบบแผ่นที่มีลักษณะโดยรวมซ้ำกันแต่มีความต่างกันในรายละเอียด	นำแผ่นชิ้นส่วนมาติดตั้งผิดลำดับหรือหันกลับด้านกันในทิศทางตรงกันข้าม
แบบอาคาร	ทั่วไป	ไม่คำนึงถึงการใช้ระบบประสานทางพิกัดที่สัมพันธ์กับวัสดุหุ้มโครงรองพื้น	แนวรอยต่อแผ่นวัสดุหุ้มโครงรองพื้นไม่อยู่บนแนวโครง (ทำให้เกิดการทะลุได้ถ้ามีแรงกระทำเป็นจุดไปกระแทกตำแหน่งนั้นพอดี)
	พื้น	ขอบเขตของผังพื้นอาคารมีรูปร่างไม่ปรกติ	ต้องทำการเสริมโครงหรือดัดแปลงการประกอบโครงเฉพาะจุด
		การเล่นระดับพื้นที่ซับซ้อนโดยมีความแตกต่างระดับที่ไม่สอดคล้องกับความลึกมาตรฐานของหน้าตัดโครง	ต้องมีการเสริมจุดรองรับการพาดช่วงเฉพาะตำแหน่งหลายจุด จึงต้องมีผู้ควบคุมงานที่มีประสบการณ์สูง
	ผนัง	ความตื้น-ลึก ที่ซับซ้อนของผนังแต่ละด้าน	เกิดรอยต่อผนังมากทำให้ตำแหน่งเคลื่อนไปเรื่อยๆ
		ความแตกต่างระหว่างแผ่นที่เป็นผนังรับน้ำหนักและไม่รับน้ำหนัก	ความสับสนของช่างที่ไม่คุ้นเคยจะทำให้ติดตั้งผิดตำแหน่งไป
	หลังคา	ตำแหน่งติดตั้งที่อยู่สูง	ชิ้นส่วนถูกกระแทกในขณะยกขึ้นไปทำให้ผิดองศา จึงวางได้ไม่แนบสนิทดี
		การตั้งระดับผนังบางแผ่นไม่ได้ระดับ	เกิดความไม่แนบสนิทเมื่อวางบนผนัง (กรณีช่วงพาดสั้นจะมีผลมาก)
		ความซับซ้อนของรูปทรงหลังคา	เกิดรอยต่อมาก ซึ่งจะทำให้เกิดความไม่ลงตัวสูง
กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง	ทั่วไป	ขาดผู้คุมงานที่มีความเข้าใจในการก่อสร้างระบบนี้	ไม่มีผู้นำที่สามารถสั่งการให้ช่างระดับล่างสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
		การเปลี่ยนแปลงแบบจากลูกค้าระหว่างการก่อสร้าง	การแก้ไขหน้างานจะทำให้พัวพันกับชิ้นส่วนอื่นๆมาก (การผลิตชิ้นส่วนใหม่จะมีผลกระทบน้อยกว่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 (ต่อ)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง		ลักษณะปัญหาที่เกิด	
		สาเหตุ	ผลที่เกิด
กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง	ผู้ออกแบบ	ไม่เข้าใจพื้นฐานของระบบเป็นอย่างดี จึงไม่สามารถคาดการณ์ปัญหาได้	มองไม่เห็นภาพรวมของระบบที่จะส่งผลต่อเนื่องกันระหว่างช่วงการผลิตและการติดตั้งที่จุดก่อสร้างได้อย่างรู้เท่าทัน
	ผู้ประกอบโครง	ความต้องการที่จะมีบทบาทเป็นผู้ขายวัสดุและเน้นงานประกอบโครงในช่วงการผลิตเป็นหลัก	ต้องใช้แรงงานจากฝ่ายของผู้ก่อสร้างทั่วไป ซึ่งยังไม่มีความชำนาญในการติดตั้ง (ผู้ประกอบโครงจะส่งคนมาสอนวิธีการติดตั้งก่อน)
	ผู้ก่อสร้างทั่วไป	ไม่มีการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างวัสดุผิวสำเร็จกับขนาดสุทธิของแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จ	เกิดความไม่ลงตัวระหว่างแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จกับวัสดุผิวสำเร็จเกิดขึ้นในจุดต่างๆของงาน
		ขาดช่างที่มีทักษะรอบด้านในการทำงานก่อสร้างที่ใช้ระบบนี้โดยตรง	ไม่เห็นภาพรวมในการประกอบติดตั้งว่าจะต้องมีขั้นตอนที่ต่อเนื่องอย่างไร
แผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีความคลาดเคลื่อนใน ช่วงการผลิต		*แผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีการบุบที่ชิ้นส่วน โครงเหล็กเบาบางท่อน*	ไม่สามารถรับแรงได้เต็มที่เพราะการเสียรูป ต้องปรับ แก้หรือเปลี่ยนชิ้นส่วน
		การโยกหมุนหรือการไม่ประกอบบนโต๊ะที่มีตัว กำหนดตำแหน่งชิ้นงาน ซึ่งทำให้แผ่นชิ้นส่วนไม่ได้ฉากหรือผิดองศา	เมื่อนำไปประกอบติดตั้ง ณ จุดต่างๆ จะทำให้เกิดช่อง ว่าง หรือชิ้นส่วนไม่แนบสนิทกันดี
		แผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่เสียรูปจากการบิด	การเหลื่อมกันระหว่างชิ้นส่วนเวลาติดตั้งด้วยกัน
		แผ่นชิ้นส่วนผนังที่ไม่เป็นกรอบโดยรอบ ซึ่งเกิดการบิดและแอ่นตัวได้ง่าย	เป็นลักษณะที่ไม่ควรนำมา ใช้เพราะจะสูญเสียการรับแรง (ต้องเสริมโครงเพิ่ม)

จากตารางที่ 5.4 พบว่า ปัจจัยจากแบบอาคาร ค่อนข้างที่จะมีผลการติดตั้งที่จุดก่อสร้างโดยตรง ในขณะที่ปัจจัยจากมาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุและรูปแบบแผ่นมีผลไม่มาก ส่วนปัจจัยจากกระบวนการและผู้เกี่ยวข้องจะมีผลในแง่ของการบริหารจัดการในช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง ซึ่งเป็นผลทางอ้อมมากกว่า สำหรับแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีความคลาดเคลื่อนในช่วงการผลิตจะส่งผลโดยตรงเช่นกัน จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่า ปัญหาในการผลิตจากโรงงานที่ทำให้แผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีความคลาดเคลื่อนจะส่งผลต่อเนื่องมายังการติดตั้งที่จุดก่อสร้างอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เป็นผลให้ปัญหาในการก่อสร้างเกิดขึ้นในช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้างมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยนี้ พบว่า อาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized System) ในประเทศไทยประกอบด้วย ขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง โดยมีปัจจัยจากมาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุ รูปแบบแผ่น แบบอาคาร กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง ส่งผลต่อขั้นตอนการก่อสร้างมากน้อยต่างกันไป แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่กล่าวมานั้นเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง จึงสรุปได้ว่า เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีรายละเอียดที่สรุปโดยสังเขปได้ดังนี้

1. อาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป จัดเป็นการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมที่มีขั้นตอนในการผลิตเป็นชิ้นส่วนสำเร็จจากโรงงาน (Prefabrication) และนำชิ้นส่วนสำเร็จดังกล่าวไปประกอบติดตั้งที่จุดก่อสร้าง ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ได้จากผลการรวบรวมข้อมูลขั้นต้นและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก
2. เกิดปัญหาในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้างมากกว่าขั้นตอนการผลิตจากโรงงาน เพราะในประเทศไทยเป็นการสร้างแบบหลังต่อหลัง ทำให้ต้องยืดหยุ่นตามสถานการณ์ ต่างกับบริบทในต่างประเทศ ที่มีความแน่นอนในการทำงานและการควบคุณภาพได้ดี ดังที่กล่าวถึงในวรรณกรรม
3. ปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง เป็นผลที่เกิดจากปัจจัยด้านมาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุ รูปแบบแผ่น แบบอาคาร กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ได้จากผลการรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก
4. ปัจจัยด้านกระบวนการและผู้เกี่ยวข้องกับแบบอาคารส่งผลต่อขั้นตอนในการผลิตและการติดตั้งที่จุดก่อสร้างมากกว่าปัจจัยด้านอื่นๆ

จากข้อสรุปข้างต้น จะเห็นได้ว่า ประเทศไทยมีศักยภาพในการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาที่ก่อสร้างด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป แต่เนื่องจากปัจจัยด้านกระบวนการและผู้เกี่ยวข้องเป็นจุดอ่อนสำคัญ ทำให้ไม่สามารถดำเนินการก่อสร้างได้อย่างราบรื่น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีแบบแผนของกระบวนการทำงานอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายสามารถประสานงานได้เป็นระบบ โดยเฉพาะในช่วงการเตรียมงานก่อนการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับบทสรุปที่ได้นี้เป็นการเชื่อมโยงการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้พรรณนารายละเอียด ในบทที่ผ่านมาซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญในการกลั่นกรองและสังเคราะห์ออกมาเป็นผลสรุปที่กระจ่างชัดมากยิ่งขึ้นในเรื่องของปัญหาของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในระบบการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทยและข้อพิจารณาในการออกแบบเชิงภาพรวม เนื่องจากที่ผ่านมายังไม่มีวิทยานิพนธ์ที่ทำการศึกษาถึงอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในระบบการก่อสร้างชนิดนี้โดยตรง ซึ่งในส่วนของข้อเสนอแนะจะได้กล่าวถึงประเด็นที่ควรจะทำการศึกษาต่อไปหรืออาจนำผลสรุปจากงานชิ้นนี้ไปทำการวิจัยซ้ำหรือต่อยอดเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ขององค์ความรู้ในแต่ละเรื่องโดยละเอียดต่อไป โดยผลสรุปทั้งหมดมีรายละเอียดดังนี้

6.1 ปัญหาของการก่อสร้างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในระบบการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในหัวข้อ 5.4 สามารถแสดงผลสรุปในด้านจำนวนปัญหาของการก่อสร้างในระบบการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized system) ที่มีทั้งในขั้นตอนการผลิตจากโรงงานและช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้างบนพื้นฐานของปัจจัยที่ส่งผลทั้ง 4 ปัจจัย โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

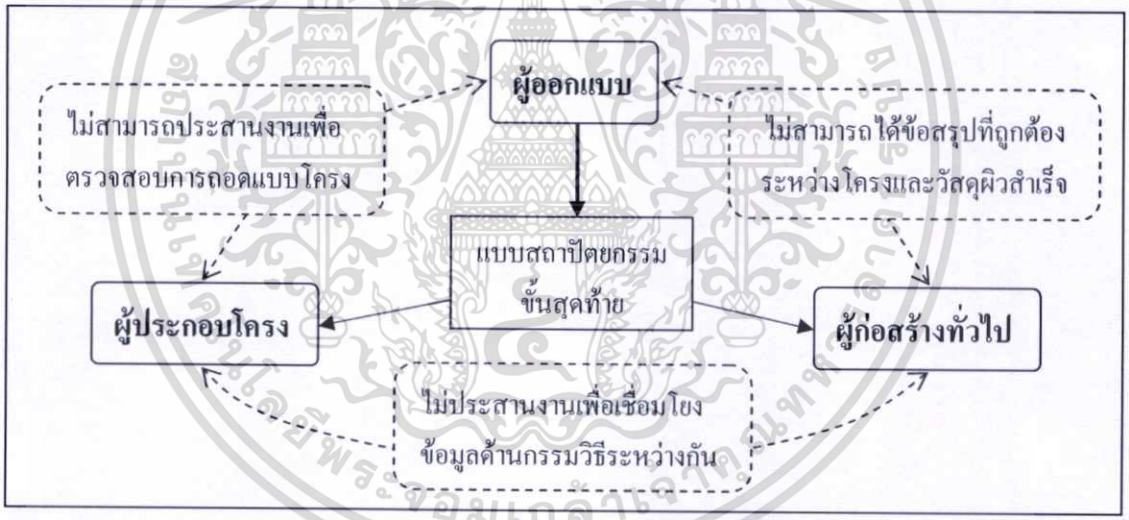
ตารางที่ 6.1 แสดงการสรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนปัญหาที่เกิดขึ้นในการก่อสร้าง

ปัจจัยที่ส่งผล	จำนวนปัญหา (ข้อ)		
	ขั้นตอนการผลิตจากโรงงาน	ขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง	รวม
1. มาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุ	3	1	4
2. รูปแบบแผ่น	2	1	3
3. แบบอาคาร	7	8	15
4. กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง	5	6	11
5. แผ่นชิ้นส่วนสำเร็จที่คลาดเคลื่อนจากการผลิต	-	4	4
รวม	17	20	

จากตารางที่ 6.1 สามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้างนั้นมีมากกว่าขั้นตอนการผลิตจากโรงงาน โดยเกิดขึ้นจากปัจจัยหลายประการร่วมกัน ทั้งจากมาตรฐานของชิ้นส่วนวัสดุ รูปแบบแผ่น แบบอาคาร กระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง รวมถึงแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีความคลาดเคลื่อนจากช่วงการผลิตซึ่งเป็นผลที่ต่อเนื่องมายังขั้นตอนการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง จึงทำให้มีปัญหาโดยรวมมีมากกว่า เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผล จะเห็นได้ว่า เกิดจากแบบอาคารกับกระบวนการและผู้เกี่ยวข้องมากที่สุด ถึงแม้ว่าปัจจัยจากแบบอาคารจะมีผลอย่างมากต่อขั้นตอนการก่อสร้างทั้ง 2 ช่วง พอๆกับปัจจัยจากกระบวนการและผู้เกี่ยวข้องก็ตาม แต่หัวใจสำคัญที่สุดในการลดปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปในโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้างได้ดีที่สุดคือการแก้ปัญหาที่ต้นทาง เพราะจากสภาพการณ์ปัจจุบันที่เป็นอยู่นั้น ผู้ออกแบบ ผู้ประกอบโครง และผู้ก่อสร้างทั่วไป ยังทำหน้าที่กันตามความถนัดในส่วนของงานที่รับผิดชอบโดยตรง ยังไม่มีการประชุมและประสานงานร่วมกันอย่างจริงจังเพื่อการเตรียมงานก่อนการก่อสร้าง (Preconstruction Preparation) อย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะผู้ออกแบบที่เป็นสถาปนิกยังไม่มีบทบาทของความเป็นผู้นำในการทำงานอย่างแท้จริง ที่ผ่านมาวิศวกรโครงสร้างมักจะมีบทบาทมากกว่าเพราะมีความเข้าใจในตัววัสดุโครงเหล็กเบาและการรับแรงดีกว่าสถาปนิกทั่วไป ที่เน้นด้านการออกแบบสถาปัตยกรรมเป็นหลัก โดยปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างผู้เกี่ยวข้องนั้นเป็นสิ่งที่ส่งผลถึงแบบอาคารในเวลาต่อมาอย่างมาก ซึ่งมีที่มาดังแผนภาพต่อไปนี้



รูปที่ 6.1 แสดงปัญหาเบื้องต้นที่เกิดขึ้นในส่วนของกระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง

6.2 ข้อพิจารณาในการออกแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาด้วยระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในประเทศไทย

จากลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นในหัวข้อ 6.1 นั้น จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลจากแบบอาคารกับกระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง เป็นต้นทางที่สำคัญสำหรับการออกแบบอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในประเทศไทย โดยใช้พื้นฐานของระบบการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized System) เป็นเทคโนโลยีในการก่อสร้างหลัก ซึ่งมีข้อพิจารณาเบื้องต้นที่สำคัญดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.1 ข้อพิจารณาด้านการออกแบบ

1. ควรคำนึงถึงการใช้ระบบประสานทางพิกัดของโครงที่สัมพันธ์กับวัสดุหุ้มโครงรองพื้น เพื่อให้แนวรอยต่อแผ่นวัสดุหุ้มโครงรองพื้นอยู่บนแนวโครงและต้องมีการประสานทางพิกัดที่สอดคล้องกับมิติของแผ่นที่สามารถขนส่งได้

2. ควรศึกษาขนาดมิติของหน้าตัดและความยาวของชิ้นส่วนโครงเหล็กเบาที่สามารถผลิตได้ในประเทศ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดระยะพื้นฐานต่างๆในแบบ เช่น การเพิ่มหรือลดระดับพื้น ความหนาของผนังทั่วไป (โครง+ผิวสำเร็จ) ความสูงหลักของช่วงผนัง ความหนาของพื้น (โครง + ผิวสำเร็จ) และช่วงพาดขององค์ประกอบพื้นบนโครงสร้างรองรับของชั้นที่ 1 หรือแผ่นชิ้นส่วนผนังรับน้ำหนักในชั้นที่ 2

3. ควรคำนึงถึงขนาดแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จที่ถูกแบ่งว่ามีขนาดใหญ่เกินไปหรือไม่ เนื่องจากจะทำให้เกิดการบิดของแผ่นได้ง่าย

4. ควรออกแบบผังพื้นให้ให้มีลักษณะที่เรียบง่ายไว้ก่อน เพื่อการวางโครงสร้างของจุดรองรับที่ประหยัดและตรวจสอบได้ง่าย

5. ควรกำหนดมิติของช่องเปิดของประตู-หน้าต่างให้สัมพันธ์พันธ์กับระยะระหว่างโครงแนวตั้ง เพื่อประหยัดการเสริมชิ้นส่วนโครงเพิ่ม และไม่ควรกำหนดระยะแนวนอนของหน้าต่างให้เกินขอบเขตของแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จ

6. ควรตรวจสอบความสามารถของผู้ประกอบโครงว่าแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปในแต่ละองค์ประกอบต่างๆ เช่น พื้น ผนัง และหลังคา ว่ามิติในแต่ละด้านทำได้ยาวมากที่สุดเท่าไร โดยที่ยังสามารถประกอบบนโต๊ะที่มีเครื่องมือกำหนดตำแหน่งชิ้นงาน (Jig) ได้ เพราะถ้าหากแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จมีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้ต้องนำมาประกอบบนพื้น ซึ่งไม่มีตัวกำหนดตำแหน่งชิ้นงาน อาจทำให้แผ่นชิ้นส่วนไม่ได้ฉากหรือผิดองศาได้ เช่น องค์ประกอบหลังคา

7. ไม่ควรออกแบบหลังคาที่มีความซับซ้อนมากเกินไปจนทำให้มีรูปแบบแผ่นที่แตกต่างกันมาก หากเน้นความซับซ้อนควรออกแบบบนพื้นฐานของรูปแบบแผ่นที่ใช้ซ้ำกันให้ได้มากที่สุด

6.2.2 ข้อพิจารณาด้านกระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง

อาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาในระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้น เป็นการก่อสร้างที่มีพื้นฐานจากระบบอุตสาหกรรมที่เหมาะสำหรับการก่อสร้างที่ต้องการปริมาณหน่วยมาก ดังที่นิยมกันในต่างประเทศ ซึ่งต่างจากสภาพการณ์จริงที่เกิดขึ้นในประเทศไทยในแง่ของความนิยมและปริมาณงานที่ยังมีอยู่ในระดับน้อย จึงเป็นเหตุผลสำคัญไม่สามารถดำเนินการก่อสร้างอาคารพักอาศัยในระบบนี้ด้วยวิถีทางอุตสาหกรรมได้อย่างเต็มรูปแบบในประเทศไทย ดังผลการศึกษาที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลเชิงลึกที่แสดงให้เห็นว่าเป็นกระบวนการที่มีความยืดหยุ่นตามสถานการณ์ ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าเป็นลักษณะเชิงอุตสาหกรรมมากกว่า หรืออยู่ในช่วงที่กำลังพัฒนาไปสู่การเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบอุตสาหกรรมอย่างเต็มรูปแบบ แต่เนื่องจากองค์ประกอบด้านปริมาณงานและความรู้พื้นฐานของผู้เกี่ยวข้องในระบบการก่อสร้างนี้เป็นจุดด้อย ดังข้อสรุปด้านปัญหาของการก่อสร้างในหัวข้อที่ 6.1 จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องแก้ไขจากข้อมูลคำตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์ทั้ง 3 กลุ่ม โดยสามารถประมวลและสังเคราะห์ข้อพิจารณาเบื้องต้นด้านกระบวนการและผู้เกี่ยวข้องได้ดังนี้

ตารางที่ 6.2 แสดงข้อพิจารณาเบื้องต้นด้านกระบวนการและผู้เกี่ยวข้อง

ข้อพิจารณา	ช่วงการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จ	ช่วงการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง
กระบวนการ	- ต้องมีการสรุปแบบที่แน่นอนเพื่อการถอดแบบโครงที่ถูกต้องและหากมีการเปลี่ยนแปลงแบบต้องประสาน งานให้ทุกฝ่ายทราบข้อมูลเดียวกัน - ต้องมีการบำรุงรักษาและตรวจสอบเครื่องจักรให้มีความพร้อม	- ต้องมีผู้คุมงานที่มีความชำนาญและเข้าใจในการจัดการ รวมทั้งวางลำดับการทำงานที่ถูกต้องสำหรับระบบการก่อสร้างนี้โดยตรง
ผู้ออกแบบ	- ศึกษากรรมวิธีการผลิตและศักยภาพในการผลิตที่ผู้ประกอบโครงสามารถทำได้ - ตรวจสอบความถูกต้องของการถอดแบบโครงตามแบบสถาปัตยกรรม - ประชุมร่วมกับฝ่ายผู้ก่อสร้างทั่วไปและผู้ประกอบโครงเพื่อหาข้อสรุปด้านความสัมพันธ์ระหว่างโครงและวัสดุผิวสำเร็จ	- ต้องคาดการณ์ถึงผลดีผลเสียจากการออกแบบเพื่อที่จะเข้ามาตรวจสอบในจุดที่คาดว่าจะเป็นปัญหาได้อย่างทันท่วงที - ต้องทำการประสานงานกับผู้ควบคุมงานที่จุดก่อสร้างให้เข้าใจแบบสถาปัตยกรรมและการเปลี่ยนแปลงแบบที่เกิดขึ้น
ผู้ประกอบโครง	- ประชุมร่วมกับฝ่ายผู้ก่อสร้างและผู้ออกแบบเป็นระยะๆ เพื่อให้ได้ข้อสรุปในการถอดโครงที่ถูกต้อง - ประชุมร่วมกับฝ่ายผู้ก่อสร้างเพื่อศึกษาข้อมูลวัสดุและวิธีการก่อสร้างผิวสำเร็จ	- พยายามเผยแพร่วิธีการติดตั้งและฝึกอบรมผู้ก่อสร้างทั่วไปให้มีความชำนาญ - ประสานงานกับผู้ควบคุมงานที่จุดก่อสร้างในด้านการจัดกำลังคนไปช่วยเสริมที่บริเวณจุดก่อสร้าง
ผู้ก่อสร้างทั่วไป	- ควรศึกษาระบบการผลิตของผู้ประกอบโครงเพื่อช่วยในการตรวจ สอบความถูกต้องก่อนนำไปติดตั้งที่จุดก่อสร้าง - ประชุมร่วมกับฝ่ายผู้ประกอบโครงและผู้ออกแบบเพื่อหาข้อสรุปความ สัมพันธ์ระหว่างโครงและวัสดุผิวสำเร็จในขั้นตอนสุดท้ายจนเกิด shop drawing ที่ถูกต้อง	- ต้องฝึกฝนแรงงานให้ทำงานอย่างสอดคล้องกับแผนการทำงานเชิงอุตสาหกรรม - ต้องมีผู้เชี่ยวชาญในการประกอบติดตั้งชิ้นส่วนเข้ามาตรวจสอบความถูกต้องว่าเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ (อาจมาจากฝ่ายผู้ประกอบโครง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากเรื่องที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาในเนื้อหาที่เกี่ยวกับอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาโดยตรง ที่เน้นความสนใจในการก่อสร้างที่ทำการประกอบโครงในระบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป ซึ่งมีการก่อสร้างในประเทศไทยไม่มากและมีผู้เชี่ยวชาญในด้านนี้ค่อนข้างน้อยมาก รวมทั้งแหล่งข้อมูลส่วนใหญ่ที่รวบรวมได้มาจากต่างประเทศเป็นหลัก จึงเป็นข้อจำกัดอันหนึ่งที่ทำให้ยังไม่สามารถที่จะทำการศึกษาลงลึกในรายละเอียดเฉพาะจุดเฉพาะเรื่องได้ การวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาในลักษณะนำร่อง โดยเน้นไปที่ความเข้าใจในภาพรวมและสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยเป็นหลัก ซึ่งผลสรุปในการวิจัยที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลเชิงพรรณนา ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับผู้ทำการวิจัยครั้งต่อไปที่สนใจด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบาและกระบวนการในการจัดการสำหรับผู้เกี่ยวข้องแต่ละฝ่ายเพื่อเป็นแนวทางในการนำข้อเสนอนี้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดผลอย่างเป็นรูปธรรม โดยข้อเสนอแนะทั้งหมดมีดังต่อไปนี้

1. ในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการรวบรวมข้อมูลจากอาคารจริงในขั้นการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปในโรงงานและการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง โดยทำการรวบรวมข้อมูลด้วยการถ่ายภาพ การสำรวจ หรือการสังเกต

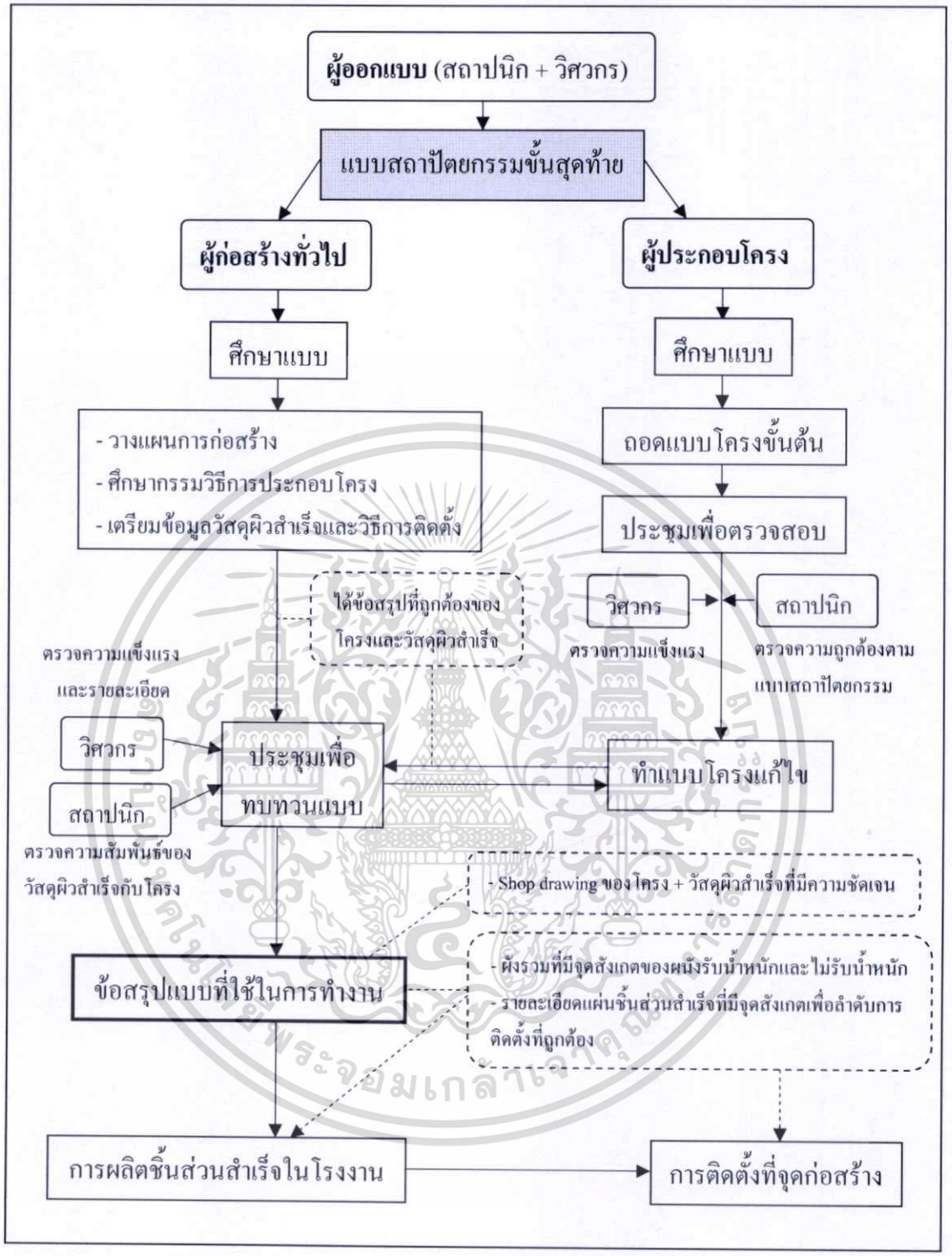
2. ควรมีการศึกษาด้านทัศนคติของคนทั่วไปโดยตรง หรือความเห็นของเจ้าของบ้านทั่วๆไปที่มีต่อระบบนี้ และควรศึกษาเชิงลึกด้านกลยุทธ์การตลาดที่เหมาะสม รวมถึงกระบวนการส่งเสริมให้เกิดการก่อสร้างอาคารพักอาศัยในระบบนี้ให้มากขึ้น

3. ควรมีการศึกษารูปแบบการประกอบโครงในแต่ละองค์ประกอบ เช่น พื้น ผนัง และหลังคา ว่ามีประเภทและรูปแบบอย่างไรบ้างในรายละเอียด รวมถึงรอยต่อที่ใช้กับระบบโครงสร้างนี้ เพื่อขยายองค์ความรู้ให้กว้างมากยิ่งขึ้นในทางปฏิบัติ

5. ควรศึกษาร่วมกับระบบประสานทางพิกัดเพื่อการวิจัยในประเด็นของอาคารพักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้ต่ำหรือที่อยู่อาศัยราคาถูก จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาให้เกิดการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมอย่างเต็มรูปแบบด้วยอาคารโครงสร้างเหล็กเบา

6. ข้อเสนอแนะด้านการจัดการของกระบวนและผู้เกี่ยวข้องสำหรับการเตรียมการก่อนการก่อสร้าง (Preconstruction Preparation) สำหรับอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบาที่ทำการก่อสร้างด้วยระบบการประกอบโครงเป็นแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Panelized System) เพื่อการนำไปประยุกต์และปรับใช้อย่างเป็นรูปธรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 แสดงผังการจัดการของกระบวนและผู้เกี่ยวข้องสำหรับการเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และ คณะ. 2547. “การศึกษาเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างบ้านด้วยโครงสร้างเหล็กเบากับโครงสร้างไม้ขนาดเล็ก.” คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปกร.

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และ คณะ. 2547. “รายงานการประเมินผลบ้านโครงสร้างเหล็ก #5 (งานสถาปนิก ’47 เมืองทองธานี).” สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย.

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และ คณะ. 2546. “รายงานการประเมินผลบ้านโครงสร้างเหล็กที่สร้างในงานสถาปนิก ’46 เมืองทองธานี.” สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย.

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. 2545. “ระบบผนังที่ใช้ร่วมกับโครงสร้างเหล็กสำหรับอาคารพักอาศัย” หน้า 1-8. ใน **สัมมนาทางวิชาการ เทคโนโลยีเหล็กก่อสร้างและบ้านเหล็กของไทย**. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.

เฉลิม สุจริต 2520. “การแนะนำเรื่องการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรม” หน้า 1-5. ใน **เอกสารประกอบการอบรม ระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ.** เล่มที่ ร.ป.พ. 003. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.

ชวลิต นิตยะ. ม.ป.ป. **“Industrialized building.”** กรุงเทพฯ. เอกสารอัดสำเนา.

ต่อตระกูล ยมนาค. 2520. “ระบบโครงสร้างสำหรับชิ้นส่วนอาคารสำเร็จรูป” หน้า 1-15. ใน **เอกสารประกอบการอบรม ระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ.** เล่มที่ ร.ป.พ. 011. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.

ไตรรัตน์ จารุทัศน์. ม.ป.ป. **“ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมกับการพัฒนาที่อยู่อาศัย.”** กรุงเทพฯ. เอกสารอัดสำเนา.

ทวี สีบุญเรือง. 2545. “ลู่ทางการพัฒนาการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม” หน้า 1-4. ใน **โครงการสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมกับการแก้วิกฤตของประเทศ.** กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.

ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์. 2549. “เทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารพักอาศัยที่เหมาะสม สำหรับพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา : กรณีศึกษา หมู่บ้านสาขลา ต.นาเกลือ อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย ศิลปรัศมี. 2549. “โครงสร้างเหล็ก สำหรับบ้านพักอาศัย.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โสภณ แสงไพโรจน์. 2520. "การก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม" หน้า 1-12. ใน **เอกสารประกอบการอบรม ระบบประสานทางพิกัดในงานก่อสร้างสถานที่ราชการ.** เล่มที่ ร.ป.พ. 003/1. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.

สนธพล กริชนวรักษ์. 2547. "เทคนิคการออกแบบก่อสร้างอาคารพักอาศัยชั่วคราวระบบก่อสร้างเร็วด้วยโครงสร้างเหล็กรูปพรรณสำเร็จรูป." วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมการก่อสร้าง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมภพ สุวรรณหงส์กุล. 2545. "การพัฒนาช่างฝีมือแรงงานและช่างก่อสร้างงานเหล็ก" หน้า 1-7. ใน **สัมมนาทางวิชาการ เทคโนโลยีเหล็กก่อสร้างและบ้านเหล็กของไทย.** กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.

American Iron and Steel Institute. **profile of cold-formed steel in building construction.** Washington, DC : n.p.

American Iron and Steel Institute. 1993. **Fastener for Residential Steel Framing.** Washington, DC : n.p.

Ching, Francis D.K. 2008. **Building Construction Illustrated.** 4th ed. New Jersey : John Wiley and Sons, INC.

Canadian Sheet Steel Building Institute. 2009. "Sheet Steel Gauges and Thicknesses." **Sheet Steel Facts 10.**

Canadian Sheet Steel Building Institute. 2005. **Lightweight steel framing , metric section properties.** Ontario : n.p.

Canadian Sheet Steel Building Institute. 1994. **An Introduction to Residential Steel Framing.** Ontario : n.p.

Lewis, Gaspar. 1995. **Carpentry.** New York : Delmar Publisher.

Mann, Peter A. 1989. **Illustrated Residential and Commercial Construction.** New Jersey : Prentice Hall.

Nissen, Henrik. 1972. **Industrialized Building and Modular Design.** London : Shenval Press.

North American Steel Framing Alliance. 2000. **Low-Rise Residential Construction Details.** Washington, DC : n.p.

Scharff, Robert. 1996. **Residential Steel Framing Handbook.** Indiana : The McGraw-Hill Companies.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Steel Framing Alliance. 2008. **A Building Inspector's Guide to Steel Frame Construction.** Washington, DC : n.p.

Steel Framing Alliance. 2007. **A Builder's Guide to Steel Frame Construction.** Washington, DC : n.p.

The Hadley Group. 2005. "Section Properties." **Structural Sections Framing**. Page 5.

The National Association of Steel-framed Housing INC. n.d. **Guide to Steel-framed Construction.** Victoria : n.p.

Testa, Carlo. 1972. **The Industrialization of Building.** New York : Van Nostrand Reinhold Company.

Watson, K.B. Kelly, M.H. Pham, L. Gad, E.F. 2008. "The development of generic span tables for cold formed steel studs in residential and low-rise construction." in **Australasian Structural Engineering Conference (ASEC).** Melbourne : n.p.

Watson, K.B. Mysore, K. Gad, E.F. 2008. "Design Of Trusses With Light Gauge Cold Formed Steel Sections." in **Australasian Structural Engineering Conference (ASEC).** Melbourne : n.p.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2551. ตารางจำนวนผู้ที่ได้รับอนุญาตให้ก่อสร้าง จำนวนสิ่งก่อสร้างและพื้นที่ก่อสร้างอาคาร โรงเรือน จำแนกตามชนิดของอาคาร เขตการปกครองกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2551. [Online]. Available : http://service.nso.go.th/nso/nso_center/project/search_center/23project-th.htm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์ในการรวบรวมข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์บุคคลที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา (แผ่น-A)

ผู้ให้สัมภาษณ์..... อาชีพ / ตำแหน่ง	วัน..... เวลา.....
ที่ทำงาน.....	Tel .....
.....	
ติดต่อผู้สัมภาษณ์ : Tel ..... Email.....	

NO	ประเด็นหลัก : ชิ้นส่วนวัสดุโครงเหล็กเบา		ลักษณะข้อมูลที่ตอบ
	คำถาม	คำตอบ	
1	วัสดุแต่ละชิ้น มีการระบุราย ละเอียดใดไว้บ้าง (1)	ก. ผู้ผลิต ข. มิติของหน้าตัด ค. ความหนา ง. ค่า Yield Strength อื่นๆ	
2	วัสดุแต่ละชิ้น มีความสม่ำเสมอในเรื่องใดมากที่สุด (1,2)	ก. หน้าตัดคงที่ ข. การเคลือบผิว ค. ความตรง อื่นๆ	
3	การตัดท่อนโครงเหล็กเบาเพื่อนำไปประกอบโครงใช้วิธีการใดเป็นหลัก (1,2)	ก. Chop Saw ข. Circular Saw ค. Electric Shears ง. เครื่องจักรที่ทำการขึ้นรูป อื่นๆ	
4	การยึดประกอบท่อนโครงเหล็กเบาแต่ละท่อนใช้วิธีการใดเป็นหลัก (1,2)	ก. สกรู ข. ริเวท ค. การเชื่อม ง. คลินชิ่ง อื่นๆ	
5	วัสดุโครงเหล็กเบาที่ไม่ได้มาตรฐาน มักเกิดจากสาเหตุใด (1,2)	ก. การโก่ง ข. การบุบจากการกระแทก ค. การบิด ง. การเคลือบผิวไม่สม่ำเสมอ อื่นๆ	

ตัวย่อของประเด็นปัญหาที่ถาม 1=จากการผลิตในโรงงาน 2=ในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

ตัวย่อของลักษณะข้อมูลที่ตอบ ข=ข้อเท็จจริง , ป=ปัญหา , ก=การแก้ไข , ค=ความเห็น

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์บุคคลที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา (แผ่น-B)

NO	**หัวข้อหลัก :** องค์ประกอบของอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กเบา โดยภาพรวม		ลักษณะข้อมูลที่ตอบ
	คำถาม	**คำตอบ**	
1	กรุณาเรียงลำดับองค์ประกอบของอาคาร (พื้น , ผนัง , หลังคา) **ที่มีการปรับแก้ในขั้นตอนการผลิต** จากมากไปหาน้อย (1)	เรียงลำดับ ..... มากที่สุดเพราะ	
2	กรุณาเรียงลำดับองค์ประกอบของอาคาร (พื้น , ผนัง , หลังคา) **ที่มีการปรับแก้บริเวณรอยต่อในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง** จากมากไปหาน้อย (2)	เรียงลำดับ ..... มากที่สุดเพราะ	
3	กรุณาเรียงลำดับองค์ประกอบของอาคาร (พื้น , ผนัง , หลังคา) **ที่มักมีรูปแบบชิ้นส่วนซ้ำกัน** จากมากไปหาน้อย	เรียงลำดับ ..... มากที่สุดเพราะ	
4	องค์ประกอบที่มักมี**รูปแบบชิ้นส่วนซ้ำกัน** มีปัญหาในช่วงใดมากกว่ากัน ระหว่าง (1,2) - การผลิตในโรงงาน (A) - การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง (B)	ก. (A)>(B) ข. (A)<(B) ค. (A)=(B) อื่นๆ สาเหตุ	
5	กรุณาเรียงลำดับองค์ประกอบของอาคาร (พื้น , ผนัง , หลังคา) **ที่มักมีรูปแบบชิ้นส่วนแตกต่างกัน** จากมากไปหาน้อย	เรียงลำดับ ..... มากที่สุดเพราะ	
6	องค์ประกอบที่มักมี**รูปแบบชิ้นส่วนแตกต่างกัน** มีปัญหาในช่วงใดมากกว่ากัน ระหว่าง (1,2) - การผลิตในโรงงาน (A) - การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง (B)	ก. (A)>(B) ข. (A)<(B) ค. (A)=(B) อื่นๆ สาเหตุ	

ตัวย่อของประเด็นปัญหาที่ถาม **1**=จากการผลิตในโรงงาน **2**=ในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

ตัวย่อของลักษณะข้อมูลที่ตอบ **ข**=ข้อเท็จจริง , **ป**=ปัญหา , **ก**=การแก้ไข , **ค**=ความเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์บุคคลที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา (แผ่น-C)

NO	หัวข้อหลัก : องค์ประกอบพื้น		ลักษณะข้อมูลที่ตอบ
	คำถาม	**คำตอบ**	
1	**ปัญหาในการประกอบ**โครงพื้นที่ผลิตในโรงงาน เกิดจากสาเหตุใดบ้าง (1)	ก. การวัดความยาวและการตัดชิ้นส่วนไม่มีความสม่ำเสมอ ข. เมื่อประกอบโครงเป็นแผ่นแล้ว ไม่ได้ฉากหรือผิดองศา ค. ช่างที่ประกอบโครงไม่ชำนาญงาน ง. ไม่ทราบขนาดสุทธิของโครงที่ถูกต้อง	
		อื่นๆ	
2	**ปัญหารอยต่อในการติดตั้ง**โครงพื้นที่จุดก่อสร้าง เกิดจากสาเหตุใดบ้าง (2)	ก. การเหลื่อมกันของชิ้นส่วน ข. เกิดช่องว่าง (gap) ระหว่างชิ้นส่วนหรือไม่แนบสนิทกันดี ค. ช่างที่ทำการติดตั้งชิ้นส่วนไม่ชำนาญงาน ง. ความไม่ลงตัวระหว่างโครงกับวัสดุผิวสำเร็จ	
		อื่นๆ	
3	สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อ**ปัญหาในการประกอบ**โครงพื้น เกิดจากเรื่องใดมากที่สุด (1)	ก. ช่องเปิดที่พื้นทั่วไป เช่น บันได หรือ Duct ข. ความซับซ้อนที่เกิดจากการเล่นระดับพื้นหลายระดับ ค. ขอบเขตของผังพื้นมีรูปร่างที่หลากหลาย	
		อื่นๆ	
4	สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อ**ปัญหาในการติดตั้ง**โครงพื้นที่จุดก่อสร้าง เกิดจากเรื่องใดมากที่สุด (2)	*ตัวเลือกข้อ 3	
		อื่นๆ	

ตัวย่อของประเด็นปัญหาที่ถาม **1**=จากการผลิตในโรงงาน **2**=ในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

ตัวย่อของลักษณะข้อมูลที่ตอบ **ข**=ข้อเท็จจริง , **ป**=ปัญหา , **ก**=การแก้ไข , **ค**=ความเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์บุคคลที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา (แผ่น-D)

NO	หัวข้อหลัก : องค์ประกอบผนัง		ลักษณะข้อมูลที่ตอบ
	คำถาม	**คำตอบ**	
1	**ปัญหาในการประกอบ**โครงผนังที่ผลิตในโรงงาน เกิดจากสาเหตุใดบ้าง (1)	ก. การวัดความยาวและการตัดชิ้นส่วนไม่มีความสม่ำเสมอ ข. เมื่อประกอบโครงเป็นแผ่นแล้ว ไม่ได้ฉากหรือผิดองศา ค. ช่างที่ประกอบโครงไม่ชำนาญงาน ง. ไม่ทราบขนาดสุทธิของโครงที่ถูกต้อง	
		อื่นๆ	
2	**ปัญหารอยต่อในการติดตั้ง**โครงผนังที่จุดก่อสร้าง เกิดจากสาเหตุใดบ้าง (2)	ก. การเหลื่อมกันของชิ้นส่วน ข. เกิดช่องว่าง (gap) ระหว่างชิ้นส่วนหรือไม่แนบสนิทกันดี ค. ช่างที่ทำการติดตั้งชิ้นส่วนไม่ชำนาญงาน ง. ความไม่ลงตัวระหว่างโครงกับวัสดุผิวสำเร็จ	
		อื่นๆ	
3	สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อ**ปัญหาในการประกอบ**โครงผนัง เกิดจากเรื่องใดมากที่สุด (1)	ก. ช่องเปิดประตู-หน้าต่างทั่วไป ข. ความตื้น-ลึก(depth)ที่ซับซ้อนของผนังอาคารแต่ละด้าน ค. รูปร่างของผนังแต่ละผืนมีความหลากหลาย	
		อื่นๆ	
4	สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อ**ปัญหาในการติด ตั้ง**โครงผนังที่จุดก่อสร้าง เกิดจากเรื่องใดมากที่สุด (2)	*ตัวเลือกข้อ 3	
		อื่นๆ	

ตัวย่อของประเด็นปัญหาที่ถาม **1**=จากการผลิตในโรงงาน **2**=ในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

ตัวย่อของลักษณะข้อมูลที่ตอบ **ข**=ข้อเท็จจริง , **ป**=ปัญหา , **ก**=การแก้ไข , **ค**=ความเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์บุคคลที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา (แผ่น-E)

NO	หัวข้อหลัก : องค์ประกอบหลังคา		ลักษณะข้อมูลที่ตอบ
	คำถาม	**คำตอบ**	
1	**ปัญหาในการประกอบ**โครงหลังคาที่ผลิตในโรงงาน เกิดจากสาเหตุใดบ้าง (1)	ก. การวัดความยาวและการตัดชิ้นส่วนไม่มีความสม่ำเสมอ ข. เมื่อประกอบโครงเป็นแผ่นแล้ว ไม่ได้ฉากหรือผิดองศา ค. ช่างที่ประกอบโครงไม่ชำนาญงาน ง. ไม่ทราบขนาดสุทธิของโครงที่ถูกต้อง	
		อื่นๆ	
2	**ปัญหารอยต่อในการติดตั้ง**โครงหลังคาที่จุดก่อสร้าง เกิดจากสาเหตุใดบ้าง (2)	ก. การเหลื่อมกันของชิ้นส่วน ข. เกิดช่องว่าง (gap) ระหว่างชิ้นส่วนหรือไม่แนบสนิทกันดี ค. ช่างที่ทำการติดตั้งชิ้นส่วนไม่ชำนาญงาน ง. ความไม่ลงตัวระหว่างโครงกับวัสดุผิวสำเร็จ	
		อื่นๆ	
3	สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อ**ปัญหาในการประกอบ**โครงหลังคา เกิดจากเรื่องใดมากที่สุด (1)	ก. ช่องเปิดที่อาจทำ skylight ข. ความซับซ้อนของรูปทรงและระนาบหลังคา ค. รูปร่างของ truss หลังคาแต่ละผืนมีความหลากหลาย	
		อื่นๆ	
4	สาเหตุจากขั้นตอนการออกแบบที่มีผลต่อ**ปัญหาในการติดตั้ง**โครงหลังคาที่จุดก่อสร้าง เกิดจากเรื่องใดมากที่สุด (2)	*ตัวเลือกข้อ 3	
		อื่นๆ	

ตัวย่อของประเด็นปัญหาที่ถาม **1**=จากการผลิตในโรงงาน **2**=ในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

ตัวย่อของลักษณะข้อมูลที่ตอบ **ข**=ข้อเท็จจริง , **ป**=ปัญหา , **ก**=การแก้ไข , **ค**=ความเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์บุคคลที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา (แผ่น-F)

NO	**หัวข้อหลัก :** ระบบการก่อสร้าง (Panelized system)		ลักษณะข้อมูลที่ตอบ
	คำถาม	**คำตอบ**	
1	การประกอบโครงในโรงงานนั้นมีการพัฒนา**กระบวนการผลิต**อย่างเป็นขั้นตอนหรือไม่ และส่งผลต่อ**ปัญหา**อย่างไรบ้าง (1)	ก. เป็นขั้นตอนอย่างชัดเจน ข. เป็นขั้นตอนบางส่วน ค. เป็นขั้นตอนที่มีการยืดหยุ่นตามสถานการณ์	
		อื่นๆ	
		ผลต่อปัญหา	
2	ผู้ออกแบบ มีส่วนเกี่ยวข้องกับ**กระบวนการผลิต**อย่างไรและมีส่วนร่วมในระหว่าง**การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง**อย่างไรบ้าง (1,2)	กระบวนการผลิต	
		การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง	
3	ผู้ก่อสร้าง (builder) มีส่วนเกี่ยวข้องกับ**กระบวนการผลิต**อย่างไรและมีข้อคำนึงในระหว่าง**การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง**อย่างไรบ้าง (1,2)	กระบวนการผลิต	
		การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง	
4	ผู้ประกอบโครง (framer) มีข้อคำนึงใน**กระบวนการผลิต**อย่างไรและมีส่วนร่วมในระหว่าง**การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง**อย่างไรบ้าง (1,2)	กระบวนการผลิต	
		การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง	
ตัวย่อของประเด็นปัญหาที่ถาม **1**=จากการผลิตในโรงงาน **2**=ในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง			
ตัวย่อของลักษณะข้อมูลที่ตอบ **ข**=ข้อเท็จจริง , **ป**=ปัญหา , **ก**=การแก้ไข , **ค**=ความเห็น			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์บุคคลที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา (แผ่น-G)

NO	หัวข้อหลัก : ระบบการก่อสร้าง (Panelized system)		ลักษณะข้อมูลที่ตอบ
	คำถาม	**คำตอบ**	
5	การออกแบบอาคารพักอาศัยที่มี **ลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่ซับซ้อน** มีผลต่อปัญหาในช่วงใดมากกว่ากัน (1,2) - การผลิตในโรงงาน (A) - การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง (B)	ก. (A)>(B) ข. (A)<(B) ค. (A)=(B) อื่นๆ	
6	การออกแบบอาคารพักอาศัยที่มี **ลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่เรียบง่าย** มีผลต่อปัญหาในช่วงใดมากกว่ากัน (1,2) - การผลิตในโรงงาน (A) - การติดตั้งที่จุดก่อสร้าง (B)	ก. (A)>(B) ข. (A)<(B) ค. (A)=(B) อื่นๆ	
7	วิธีการใดที่ช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตและการติดตั้งที่จุดก่อสร้างได้มากที่สุด (1,2)	ก. **เน้นวางแผนในขั้นตอนการออกแบบ** อย่างสมบูรณ์แบบ มีขั้นตอนที่แน่นอน เพื่อลดการประชุมร่วมกันให้น้อยลง ข. **เน้นการประชุมร่วมกัน** ของผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ผู้ออกแบบ ผู้ก่อสร้าง ผู้ประกอบโครง เพื่อความเข้าใจตรงกันในจุดต่างๆ อื่นๆ	
8	ปัจจัยใดมีผลต่อความถูกต้องในการผลิตหรือประกอบชิ้นส่วนมากที่สุด (1)		
9	ปัจจัยใดส่งผลต่อปัญหาในการติดตั้งที่จุดก่อสร้างมากที่สุด (2)		

ตัวย่อของประเด็นปัญหาที่ถาม **1**=จากการผลิตในโรงงาน **2**=ในการติดตั้งที่จุดก่อสร้าง

ตัวย่อของลักษณะข้อมูลที่ตอบ **ข**=ข้อเท็จจริง , **ป**=ปัญหา , **ก**=การแก้ไข , **ค**=ความเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

รายชื่อบุคคลที่ทำการสัมภาษณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง แสดงรายชื่อบุคคลที่ทำการสัมภาษณ์-1

ประเภทกลุ่มตัวอย่าง : ผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา	
ชื่อ / ตำแหน่ง	**สถานที่ติดต่อ**
1. คุณสมชาย สกุลอิสริยาภรณ์	SUMMIT GRADE LTD., PART ห้างหุ้นส่วนจำกัด สามประสิทธิ์ 10 สุโขทัย ซ.1 แขวงสวนจิตรดา เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300
วิศวกรอาวุโส	
2. คุณชิณ กัมปนาทแสนยากร	บริษัท นิวโฮม คอนเซ็พท์ จำกัด147/21 ถนนพหลโยธิน แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220
ผู้จัดการฝ่ายการตลาด บริษัท นิวโฮม คอนเซ็ปต์ จำกัด	
3. รศ.จรัญพัฒน์ ภูวนันท์	สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยศิลปากร ตลิ่งชัน (ชั้น 4) ถนนบรมราชชนนี เขตตลิ่งชัน กรุงเทพฯ
รองอธิการบดี (วางแผนและพัฒนา)	
4. รศ.กุลธร เลื่อนฉวี	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
อ. พิเศษ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.	
5. คุณอภิชาติ บุนนาค	BlueScope Lysaght (Thailand) Limited ส่วนสำนักงาน 16 ซ.พหลโยธิน 96 แขวงประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี ปทุมธานี 12130
Engineering Manager M. Eng (Structural) Building Solution	
ประเภทกลุ่มตัวอย่าง : ช่างที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา	
ชื่อ / ตำแหน่ง	**สถานที่ติดต่อ**
6. คุณมังกร จินตกสิกรรม	บริษัท นิวโฮม คอนเซ็พท์ จำกัด147/21 ถนนพหลโยธิน แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220
นายช่างผู้เชี่ยวชาญที่การผลิตในโรงงานและการติดตั้ง ณ จุดก่อสร้าง	
7. คุณกำพล จินตกสิกรรม	บริษัท นิวโฮม คอนเซ็พท์ จำกัด147/21 ถนนพหลโยธิน แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220
นายช่างผู้เชี่ยวชาญที่การผลิตในโรงงานและการติดตั้ง ณ จุดก่อสร้าง	
8. คุณสมพงษ์ จินตกสิกรรม	ไม่ทราบ
นายช่างผู้เชี่ยวชาญที่การผลิตในโรงงานและการติดตั้ง ณ จุดก่อสร้าง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง แสดงรายชื่อบุคคลที่ทำการสัมภาษณ์-2

ประเภทกลุ่มตัวอย่าง : ช่างที่มีความรู้ด้านอาคารโครงสร้างเหล็กเบา	
ชื่อ / ตำแหน่ง	**สถานที่ติดต่อ**
9. คุณสมกิจ จินตกสิกรรม นายช่างผู้เชี่ยวชาญงานถอดแบบแผ่นชิ้นส่วนโครง และการเขียนแบบรายละเอียด	บริษัท นิวโฮม คอนเซ็พท์ จำกัด147/21 ถนนพหลโยธิน แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220
ประเภทกลุ่มตัวอย่าง : ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป	
ชื่อ / ตำแหน่ง	**สถานที่ติดต่อ**
10. รศ.ดร.ชวลิต นิตยะ อาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิและเป็น อ.พิเศษ สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม สจล.	ภาควิชาเคหะการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
11. คุณทวี ศรีบุญเรือง ผู้บรรยายพิเศษ สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม สจล.	364/3 ซ.อมร ถนนนางลิ้นจี่ แขวงช่องนนทรี เขตยานนาวา กรุงเทพฯ 10120
12. คุณกวี ชาญเชี่ยว สถาปนิกอาวุโส	Design 103 International Ltd. อาคารอโศกทาวเวอร์ ชั้น 9 219/24 , 28-31 ถนนอโศก ซ.สุขุมวิท 21 แขวงคลองเตยเหนือ เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110
13. ผศ.ไกรทอง โชติวุฒิพัฒนา อ. ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายอมร ปิยะวาจี
วัน เดือน ปีเกิด	6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	4/236 ซอย 16 หมู่บ้านทุ่งเศรษฐี ถ.บางนา-ตราด ต.ดอกไม้ อ.ประเวศ กรุงเทพฯ 10250 โทร. 02-3374624
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2547 ปริญญาตรี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ภาควิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
	พ.ศ. 2540 มัธยมศึกษา โรงเรียนพระโขนงพิทยาลัย

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2547 - 2550	**DESIGN 103 INTERNATIONAL LTD.** กรุงเทพฯ ตำแหน่ง : สถาปนิก มีหน้าที่ศึกษาและออกแบบงานสถาปัตยกรรมจากขั้นต้นจนถึงขั้นพัฒนา โดยทำงานร่วมกับสถาปนิกอาวุโสและผู้ร่วมออกแบบฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องในโครงการนั้นๆ
พ.ศ. 2547	**บริษัท GIM design studio.** กรุงเทพฯ ตำแหน่ง : สถาปนิก มีหน้าที่ ศึกษาและออกแบบงานตกแต่งภายใน
พ.ศ. 2547	**ศูนย์อุทยานอุตสาหกรรม สจล.** กรุงเทพฯ ตำแหน่ง : กลุ่มสถาปนิกโครงการวางผังแม่บทโรงงาน กลุ่มบริษัท GREEN GROUPS มีหน้าที่ร่วมจัดทำเอกสารโครงการ สำรวจ เก็บข้อมูลจากโรงงานเดิมเพื่อนำมาวิเคราะห์การวางผัง ณ ที่ตั้งแห่งใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้