โครงสร้างเหล็ก สำหรับบ้านพักอาศัย

นายศิริชัย ศิลปรัศมี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

STEEL HOUSES

MR. Sirichai Sinlaparatsamee

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โครงสร้างเหล็ก สำหรับบ้านพักอาศัย
โดย	นายศิริชัย ศิลปรัศมี
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ชลธี อิ่มอุดม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต นิตยะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ชลธี อิ่มอุดม)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรชัย เลาหชัย)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ไตรรัตน์ จารุทัศน์)

..... กรรมการ

(นาวาอากาศโท ดร.ธนากร พีระพันธุ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศิริชัย ศิลปรัศมี : โครงสร้างเหล็ก สำหรับบ้านพักอาศัย. (STEEL HOUSES) อ. ที่ปรึกษา: รศ.ชลธี อิ่มอุดม, 183 หน้า.

วัตถุประสงค์ในการศึกษารูปแบบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้น ที่ใช้ระบบโครงสร้างเหล็กในการก่อสร้าง เพื่อให้ทราบถึงรูปแบบและวิธีการก่อสร้าง ตลอดจนข้อดีข้อเสียในการนำระบบโครงสร้างเหล็กมาใช้ในการก่อสร้าง รวมไปถึงแนวโน้มการพัฒนาระบบบ้านโครงสร้างเหล็กในประเทศไทย โดยทำการศึกษาจากทั้งผู้ผลิตวัสดุโครงสร้างเหล็ก รวมไปถึงวิศวกรและผู้รับเหมาที่มีประสบการณ์จากการก่อสร้าง ด้วยวิธีการสัมภาษณ์และจากการเฝ้าสังเกตการณ์ ณ สถานที่ก่อสร้างจริง ผลการศึกษาทำให้ทราบว่า การก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กในประเทศไทย ที่มีการก่อสร้างอยู่ในปัจจุบันสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบดังนี้

1. โครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนัก (SKELETON STEEL STRUCTURE)
2. โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก (LIGHTWEIGHT STEEL FRAMING)

ซึ่งทั้ง 2 ระบบมีรูปแบบการก่อสร้าง วัสดุและอุปกรณ์การก่อสร้างที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน จากการวิเคราะห์ทำให้ทราบลำดับขั้นตอนงานก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กทั้ง 2 ระบบ ที่มีลำดับการก่อสร้างใกล้เคียงกัน แต่โครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานจะมีขั้นตอนการก่อสร้างที่มีรูปแบบเช่นเดียวกับบ้าน คสล. มากกว่าซึ่งเป็นระบบที่ช่างไทยมีความถนัดกล่าวคือจะใช้วัสดุโครงสร้างเหล็กในการก่อสร้างเฉพาะในส่วนโครงสร้างเสา คาน และโครงสร้างหลังคาเท่านั้น ในส่วนของระยะเวลาในการก่อสร้างของทั้งสองระบบ จากการศึกษาอาคารตัวอย่างระบบเสาและคานจะใช้เวลาในการก่อสร้าง 265 วัน ในขณะที่ระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีจะใช้เวลาก่อสร้าง 239 วัน ซึ่งเป็นการก่อสร้างที่เร็วกว่าทั้งที่พื้นที่การก่อสร้างอาคารมีมากกว่าคือพื้นที่ก่อสร้างทั้งหมด 405 ตรม.ส่วนพื้นที่ก่อสร้างของบ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานมี 268 ตรม. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน 2,659,007 บาท (10,000 บาท/ตรม.) ส่วนระบบโครงคร่าวเหล็กมีค่าก่อสร้าง 3,285,000 บาท (แยกเป็น 2 ส่วน คือค่าก่อสร้างบ้าน 9,000 บาท/ตรม. และโรงรถ 5,000 บาท/ตรม.) ซึ่งได้ข้อได้เปรียบที่สุดของการก่อสร้างด้วยระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี คือเรื่องของความรวดเร็วในการก่อสร้าง ความเป็นมาตรฐานของวัสดุ และเป็นระบบการก่อสร้างแบบแห้ง (Dry construction) ข้อเสียเปรียบที่สำคัญที่สุด ได้แก่ ปัญหาด้านราคาวัสดุที่แพง การขาดช่างที่มีทักษะหรือความชำนาญทั้งในงานติดตั้งโครงสร้างและงานทำรอยต่อวัสดุแผ่นผนัง อีกทั้งปัญหาการยอมรับจากผู้บริโภค

ระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนักมีความเหมาะสมสำหรับการก่อสร้างในประเทศไทย และมีศักยภาพที่จะพัฒนาผลักดัน ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ง่ายกว่าการก่อสร้างด้วยระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีเนื่องจากเป็นระบบที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่รับได้ ข้อได้เปรียบที่สำคัญที่สุดสำหรับการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเสาและคานรับน้ำหนักคือเรื่องของระยะเวลาในการก่อสร้างที่รวดเร็วโดยเฉพาะในส่วนของงานโครงสร้าง ข้อเสียเปรียบคือค่าวัสดุโครงสร้างและค่าแรงงานช่างที่มีฝีมือค่อนข้างสูง และการก่อสร้างยังอิงอยู่กับระบบดั้งเดิมอยู่มากทำให้ไม่สามารถใช้ศักยภาพของโครงสร้างเหล็กได้เต็มที่ แต่ทั้งนี้มองว่าหากมีการพัฒนาการก่อสร้างให้เป็นระบบโครงสร้างเหล็กที่สมบูรณ์เต็มรูปแบบ (Dry Construction) ก็จะทำให้การนำโครงสร้างเหล็กมาใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยเป็นระบบโครงสร้างทางเลือกที่สามารถแข่งขันกับระบบอื่นๆได้ในที่สุด

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

สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2549..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4874178125 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORD : STEEL HOUSES/ STEEL STRUCTURE/ CONSTRUCTION
SIRICHAI SILLAPARARATSAMEE: STEEL HOUSES. THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF.CHONLATHI IM-UDOM, 183 pp.

The purpose of this study was to investigate the construction structure of a two-storey steel house to shed light on the construction patterns and methods, advantages and disadvantages of construction with steel structures, and the trend of steel houses in Thailand. Data were collected from steel material manufacturers and experienced engineers and contractors using interviews and on-site observations. The findings of the study revealed that at present the construction of steel houses in Thailand can be divided into two systems as follows:

1. Skeleton steel structure
2. Lightweight steel framing

Both systems are clearly distinguishable when it comes to construction patterns, materials, and construction equipment. An analysis showed that the steps in constructing steel houses using the two systems are rather similar, but for the skeleton steel structure, the construction method is similar to that of reinforced concrete houses, with which Thai construction workers are more familiar. That is, the steel materials are used only in the structures of columns, beams, and roof structures. As for the duration required for these two systems, the construction of a skeleton steel structure took 265 days, while that of the lightweight steel framing lasted 239 days, which was faster despite larger construction space of 405 square meters, compared to 268 square meters of the skeleton steel structure. As regards costs of construction, the cost of the skeleton steel structure was 2,659,007 baht (10,000 baht per square meter), while that of the lightweight steel framing was 3,285,000 baht (9,000 baht per square meter for the house and 5,000 baht per square meter for the garage). Concerning the advantages of the lightweight steel framing system, it was less time-consuming, the materials met the standards, and it was a dry construction system. However, its disadvantages included more expensive construction materials, lack of experienced construction workers skillful in installation of the structure and surfacing work, and lack of acceptance from consumers.

Based on the findings of the study, it can be concluded that the skeleton steel structure is appropriate for construction work in Thailand and it has the potential to be widely accepted by the general consumers when compared to the lightweight steel framing. The most important advantage of the skeleton steel structure is its shorter construction time, especially structure-related works. However, the construction materials are more costly and the wages for skilled construction workers are rather high. More importantly, the construction techniques still rely on the traditional system, thus preventing maximum utilization of the steel structures. However, if the dry construction is fully used, the skeleton steel structure should be an interesting alternative that can compete with other construction systems already available.

Department.....Architecture..... Student's signature.....
Field of study.....Architecture..... Advisor's signature.....
Academic year.....2006.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดขึ้นจากความสนใจ ใคร่รู้ในเรื่องเกี่ยวกับการนำวัสดุเหล็กโครงสร้างมาใช้ในการก่อสร้าง โดยวิทยานิพนธ์ฉบับจะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้ หากปราศจากคำปรึกษา และแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ที่ดีจาก **รองศาสตราจารย์ ชลธี** อิ่มอุดม (อาจารย์ที่ปรึกษา) รวมไปถึงคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ทุกท่านที่ให้โอกาส และชี้แนะข้อผิดพลาดต่างๆ นำไปสู่กระบวนการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆจนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ผู้วิจัยคงไม่อาจสำเร็จการศึกษาได้ในเวลาที่กำหนด หากขาดความช่วยเหลือในส่วนของคำปรึกษาและข้อมูลด้านต่างๆที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณ**นาวาอากาศโท ดร. ธนากร พีระพันธุ์** ที่เปรียบเสมือนที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ข้อมูลและคำปรึกษาด้านการก่อสร้างเป็นอย่างดี อีกทั้ง บริษัท บรรจงสร้างดีเวลอปเมนท์ จำกัด บริษัท นำตระกูลเจริญการโยธา จำกัด รวมไปถึง บริษัท พี นิรมล จำกัด ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและเอกสารต่างๆทั้งยังสละเวลา อธิบาย แนะนำ ไขข้อข้องใจต่างๆตลอดการทำวิจัยด้วยดีเสมอมา และสุดท้ายคือเพื่อนๆในภาคที่คอยช่วยเหลือข่าวสารด้านการศึกษาต่างๆ และคอยเป็นแรงกระตุ้นให้มีเรี่ยวแรงในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนให้สำเร็จได้ในที่สุด

ท้ายที่สุด ข้าพเจ้าอยากขอบพระคุณทุกๆท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการวิจัยครั้งนี้ ขอมอบความสำเร็จนี้แด่ คุณปู่และบิดาผู้ล่วงลับ และขอบคุณตัวเองที่เอาชนะอุปสรรคต่างๆ มุ่งมั่นเรียนจนจบหลักสูตร

ศิริชัย ศิลปรัศมี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญแผนภูมิ..... ฎ
สารบัญรูปภาพ..... ฎ

บทที่1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์..... 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 3
1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา..... 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4
1.6 คำจำกัดความ..... 4
บทที่2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6
2.1 ความเป็นมาและความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงสร้างเหล็ก (Introduction)..... 6
2.1.1 การผลิต..... 6
2.1.2 เหล็กกล้าชนิดแผ่นเคลือบโลหะผสมสังกะสี..... 12
2.2 มาตรฐานสำหรับการออกแบบโครงสร้าง..... 18
2.3 ความเสียหาย อันเกิดจากปรากฏการณ์ของธรรมชาติ..... 21
2.3.1 การกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ Condensation..... 21
2.3.2 การป้องกันน้ำและไอน้ำสำหรับอาคาร..... 22
บทที่3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบโครงสร้างเหล็ก..... 25
3.1 การนำเหล็กมาใช้ในงานสถาปัตยกรรม..... 25
3.1.1 ระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ..... 25
3.1.2 การยึดต่อโครงสร้างเหล็ก (Connections Bolting and Welding)..... 28

หน้า

3.2 การประกอบชิ้นงาน การติดตั้ง และการควบคุมคุณภาพ..... 36
3.2.1 แบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้าง..... 36
3.2.2 การประกอบชิ้นงาน..... 36
3.2.3 การทาสีจากโรงงาน..... 38
3.2.4 การติดตั้ง..... 39
3.2.5 การควบคุมคุณภาพ..... 40
บทที่4 อาคารตัวอย่างและการเสนอทฤษฎีประกอบ
4.1 องค์ประกอบของอาคาร..... 42
4.1.1 วิเคราะห์ศัพท์..... 42
4.1.2 การจำแนกส่วนประกอบของอาคาร..... 43
4.1.3 จำแนกตามระบบหรือวิธีวิเคราะห์..... 44
4.1.4 จำแนกตามวิธีก่อสร้างหรือทำงาน..... 44
4.1.5 การจำแนกรูปแบบของบ้านโครงสร้างเหล็ก..... 45
4.2 โครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนัก..... 46
4.2.1 เครื่องมือและวัสดุสำคัญสำหรับก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็ก..... 55
4.2.2 ขั้นตอนและวิธีการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กมาตรฐาน..... 57
4.2.3 การศึกษาอาคารตัวอย่าง บริษัท บรรจงสร้าง ดีเวลอปเมนท์ จำกัด..... 72
4.2.4 การศึกษาอาคารตัวอย่าง บริษัท นำตระกูลเจริญการโยธา จำกัด..... 89
4.3 โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก..... 98
4.3.1 พื้นฐานการออกแบบบ้านโครงสร้างเหล็กระบบโครงคร่าวผนังรับน้ำหนัก..... 98
4.3.2 การศึกษาอาคารตัวอย่าง บริษัท พี นิรมล จำกัด..... 127
บทที่5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
5.1 การวิเคราะห์ศักยภาพโครงสร้างเหล็ก สำหรับการก่อสร้างบ้านพักอาศัย ประเทศไทย..... 135
5.1.1 Money – เงิน..... 135
5.1.2 Method – วิธีการ..... 140
5.1.3 Material/Machine - วัสดุอุปกรณ์/เครื่องมือ..... 146
5.2 การวิเคราะห์แนวโน้มการพัฒนาการก่อสร้างให้เป็นระบบอุตสาหกรรม..... 149
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ
6.1 รูปแบบของการนำระบบโครงสร้างเหล็กมาประยุกต์ใช้ในการก่อสร้าง..... 156

หน้า

6.1.1โครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนัก..... 157
6.1.2 โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก..... 159
6.1.3 สรุปรูปแบบของการนำระบบโครงสร้างเหล็กมาใช้ในการก่อสร้าง..... 159
6.2 ข้อดีและข้อเสียของการนำระบบโครงสร้างเหล็กมาใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 162
6.2.1 สรุปข้อดีของบ้านที่ใช้ระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน..... 163
6.2.2 สรุปข้อดีของบ้านที่ใช้ระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี..... 164
6.2.3 สรุปข้อเสียของบ้านที่ใช้ระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน..... 164
6.2.4 สรุปข้อเสียของบ้านที่ใช้ระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี..... 166
6.2.5 สรุปข้อดีและข้อเสียโดยรวมของทั้ง 2 ระบบ..... 168
6.3 โครงสร้างเหล็กกับการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม..... 168
6.4 โครงสร้างเหล็กกับการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม..... 170
6.4.1 แนวทางการพัฒนาของบ้านที่ใช้ระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน.. 171
6.4.2 แนวทางการพัฒนาของบ้านที่ใช้ระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี..... 172
6.4.3 สรุปการศึกษาโครงการก่อสร้างบ้านพักอาศัยด้วยระบบโครงสร้างเหล็ก..... 173
รายการอ้างอิง..... 176
ภาคผนวก..... 178
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 183

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2-1 แสดงจำนวนผู้ผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน รีดเย็น แผ่นเหล็กไร้สนิมของไทยในปี พ.ศ.2544..... 9
4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของ โครงคร่าวตั้ง และโครงคร่าวนอน..... 49
4-2 ขนาดความสูงของผนังและขนาดโครงคร่าว..... 50
4-3 รายละเอียดประกอบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้น..... 77
4-4 รายละเอียดประกอบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้น..... 94
4-5 ขนาดมาตรฐานของสกรูและการใช้สกรูยึดผนังเข้ากับโครงเหล็ก..... 122
4-6 การใช้สกรูยึดส่วนต่างๆของโครงสร้าง..... 123
4-7 การใช้สกรูยึดพื้นเข้ากับฐานราก หรือผนังรับน้ำหนัก..... 124
5-1 เครื่องมือและอุปกรณ์งานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาคาน..... 146
5-2 เครื่องมือและอุปกรณ์งานโครงสร้างเหล็กเบา โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี..... 147

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ **หน้า**

2.1 แสดงโครงสร้างอุตสาหกรรมเหล็ก..... 10
5-1 ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน..... 137
5-2 ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานแยกตามหมวดงาน..... 137
5-3 ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี..... 139
5-4 ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนักแยกตามหมวดงาน..... 139
5-5 ลำดับขั้นตอนงานก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาคาน..... 140
5-6 ลำดับขั้นตอนงานก่อสร้างบ้านโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก..... 141
5-7 ระยะเวลางานก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาคาน..... 143
5-8 ระยะเวลางานก่อสร้างบ้านโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก..... 144

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 การผลิตเหล็กจากแร่เหล็ก..... 7
2-2 การผลิตเหล็กจากเศษเหล็ก..... 7
2-3 กระบวนการรีดเหล็กแผ่น..... 8
2-4 กระบวนการผลิตเหล็กในอุตสาหกรรมเหล็กโครงสร้าง..... 11
2-5 แผนผังการผลิตเหล็กเคลือบสังกะสีแบบ HDG..... 13
2-6 BlueScope Steel manufactures a range of zinc/aluminium alloy-coate..... 14
2-7 ขั้นตอนวิธีการชุบเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อน..... 16
2-8 ลักษณะในการป้องกันการเกิดสนิม..... 16
2-9 Vapor Barrier Manufacturers..... 33
3-1 ประเภทของข้อต่อในการออกแบบ..... 29
3-2 ตัวอย่างข้อต่อ 3ประเภทระหว่างคานกับเสา..... 29
3-3 ลักษณะรอยต่อแบบทาบ (a) และแบบประกับ (b)..... 30
3-4 ประเภทการวิบัติของรอยต่อ..... 31
3-5 รูปแบบของการทำรอยต่อด้วยวิธีการเชื่อมไฟฟ้ารูปแบบต่างๆ..... 31
3-6 รูปแบบของการเชื่อม (ต่อ)..... 32
3-7การเชื่อมแบบทาบ..... 33
3-8 การเชื่อมแบบบากร่อง..... 34
3-9 ตำแหน่งของการเชื่อม..... 35
4-1 **แสดงการต่อทาบ โครงคร่าวผนัง**..... 50
4-2 **การติดตั้งโครงคร่าวบริเวณช่องเปิดของผนัง**..... 51
4-3 **ผนังติดแผ่น 1 ชั้น**..... 51
4-4 **ผนังติดแผ่น 2 ชั้น**..... 51
4-5 **มุมผนังเมื่อติดแผ่น 1 ชั้น**..... 51
4-6 มุมผนังเมื่อติดแผ่น 2 ชั้น..... 51
4-9 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์หรับงานโครงสร้างเหล็ก..... 55
4-10 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์หรับงานโครงสร้างเหล็ก..... 57
4-11 การกองวัสดุเหล็กโครงสร้าง 57
4-12 แสดงการทำความสะอาดผิวเหล็กและการทาสีป้องกันสนิม..... 57

รูปที่ **หน้า**

4-13 ทาสี Coal Tar Epoxy เพื่อป้องกันความชื้นจากพื้นดิน..... 58
4-14 ฐานรากและตอม่อ ค.ส.ล..... 58
4-15 ติดตั้งแบบเสียบเหล็กในตอม่อ (Inserted Plate)..... 59
4-16 ติดตั้งแบบใช้โบลท์ตัวเจ (J Bolt)..... 59
4-17 ตรวจสอบทิศทางแล้ตำแหน่งการวางเสา..... 59
4-18 ขั้นตอนการเจาะรูและเตรียมการสำหรับยึดโครงสร้างเสา..... 60
4-19 แบบแสดงวิธีการยึดแผ่นประกับเหล็ก..... 60
4-20 การหาระดับและตำแหน่งเสาที่จะวางบนประกับเหล็ก..... 60
4-21 การตั้งเสาโครงสร้างเหล็ก..... 61
4-22 การยึดเสากับแผ่นเหล็กประกับ..... 61
4-23 การยกคานเพื่อติดตั้ง..... 62
4-24 การติดตั้งคานระบบเสา และคานสำเร็จรูป..... 62
4-25 แสดงการเชื่อมต่อคานซอยลักษณะต่างๆ..... 63
4-26 คานเหล็กก่อนและหลังการเก็บสีกันสนิม..... 65
4-27 แบบขยายพื้นหล่อในที่..... 67
4-28 การติดตั้งโครงหลังคาเหล็ก..... 68
4-29 หลังคาเหล็กระบบเชื่อม..... 68
4-30 การก่อเสาโชว์..... 71
4-31 แสดงทัศนียภาพรวมของบ้านพักอาศัย 2 ชั้นโครงสร้างเสาและคานเหล็ก..... 72
4-32 แสดงผังพื้นชั้นล่าง การเขียนแบบรูปหน้าตัดเสา..... 73
4-33 แสดงผังพื้นชั้นที่ 2 โดยทั่วไปจะไม่ต่างจากการเขียนแบบบ้าน คสล. 74
4-34 แสดงแบบรูปด้าน 1-4 ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้นก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็ก..... 75
4-35 แสดงรูปตัด 1และ 2..... 76
4-36 แสดงการกองชิ้นส่วนโครงสร้าง (กองวัสดุบนถนนภายในโครงการ)..... 77
4-37 แสดงใช้ปั่นจั่นตอกเข็มตามตำแหน่ง..... 78
4-38 แสดงการต่อเสาเข็มด้วยวิธีการเชื่อมไฟฟ้า..... 78
4-39 เหล็กเสริมฐานรากที่เตรียมไว้ใช้งาน..... 79
4-40 แผ่นเหล็กประกับสำหรับฝังในตอม่อ..... 79
4-41 แบบหล่อตอม่อคอนกรีตเสริมเหล็ก..... 79
4-42 เทคอนกรีตผสมเสร็จในแบบ..... 79

รูปที่ **หน้า**

4-43 ปรับหน้าคอนกรีตให้เรียบได้ระดับ..... 79
4-44 การหาตำแหน่งวางแผ่นประกับเหล็ก..... 79
4-45 การวางแผ่นประกับเหล็ก..... 80
4-46 การหาระยะและระดับให้ถูกต้อง..... 80
4-47 ฐานรากที่เสร็จเรียบร้อย..... 80
4-48 การถอดแบบหล่อฐาน..... 80
4-49 แสดงฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก..... 80
4-50 บ่มคอนกรีตด้วยแผ่นพลาสติก..... 80
4-51 แสดงคานคอดินเหล็กรูปพรรณและคานพื้นชั้นที่ 1..... 80
4-52 แสดงชิ้นส่วนโครงสร้างและการติดตั้งเสา ระบบ Balloon Framing..... 81
4-53 แสดงการวางตำแหน่งของเสาบนแผ่นประกับเหล็ก..... 82
4-54 การใช้ Mobile Crane ยกเสาเหล็กรูปพรรณ..... 83
4-55 การใช้เหล็กค้ำยันโครงสร้าง..... 83
4-56 เช็คระดับและตำแหน่งของเสารวมถึงเช็คระยะและแนวดิ่งของโครงสร้างโดยละเอียด..... 83
4-57 การเชื่อมไฟฟ้ายึดฐานเสาเหล็กกับแผ่นประกับเหล็กฐานรากและเสาที่ติดตั้งเรียบร้อย..... 83
4-58 การใช้ Mobile Crane ยกชิ้นส่วนคานเหล็ก..... 84
4-59 คานเหล็กที่ติดตั้งแล้วเสร็จบางส่วน..... 84
4-60 แสดงโครงสร้างเชื่อมประกอบ ระหว่างชิ้นส่วนโครงสร้างคานและโครงสร้างเสา..... 84
4-61 การออกแบบรายละเอียดจุดเชื่อมต่อระหว่างเสากับคาน..... 84
4-62 การวางเหล็กตะแกรงก่อนเทคอนกรีต..... 85
4-63 การเทคอนกรีตทับหน้าความหนา 5 ซม. 85
4-64 คนงานกำลังปรับหน้าคอนกรีต..... 85
4-65 คนงานกำลังขัดมันผิวคอนกรีต..... 85
4-66 การวางท่องานระบบสุขาภิบาลในพื้นหล่อในที่..... 86
4-67 ผนังก่ออิฐมวลเบาที่ใช้ในการก่อผนังทั้งผนังภายนอกและผนังภายใน..... 86
4-68 แบบแสดงโครงสร้างหลังคา..... 87
4-69 โครงสร้างหลังคาเหล็ก และ วัสดุมุงแผ่นเหล็กรีดลอนมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน..... 87
4-70 แสดงโครงสร้างสา คานและหลังคาโดยรวมของบ้าน..... 88
4-71 แสดงรอยต่อส่วนต่างๆของโครงสร้าง..... 88
4-72 บ้านพักอาศัย 2 ชั้น โครงสร้างเหล็กรูปพรรณ..... 89

รูปที่ **หน้า**

4-73 แสดงผังพื้นชั้นล่าง การเขียนแบบบ้านทั้งหมดเป็นลักษณะของโครงสร้างคอนกรีต..... 90
4-74 แสดงผังพื้นชั้นที่ 2 การเขียนแบบบ้านทั้งหมดเป็นลักษณะของโครงสร้างคอนกรีต..... 91
4-75 ลักษณะรูปด้านเป็นแบบที่เขียนโดยใช้ระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก..... 92
4-76 ลักษณะรูปด้านเป็นแบบที่เขียนโดยใช้ระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก..... 93
4-77 ใช้ระบบเสาเข็มเจาะ..... 94
4-78 การเตรียมแบบหล่อตอม่อโดยการก่ออิฐบล็อก..... 94
4-79 การหล่อคอนกรีตฐานรากและฝังแผ่นประกับเหล็กในขณะที่คอนกรีตยังไม่แห้ง..... 94
4-80 วิธีการยกเสาขึ้นติดตั้งโดยการตั้งเสาขนาดเล็กและติดรอกโซ่..... 95
4-81 การเชื่อมเสากับแผ่นประกับเหล็กตามตำแหน่งที่วัดระยะเอาไว้ล่วงหน้า..... 95
4-82 เสาที่ติดตั้งบนฐานรากแล้วเสร็จ..... 95
4-83 หาแนวดิ่งของโครงสร้างเสา..... 95
4-84 การประกอบโครงสร้างเสาคาน..... 95
4-85 ทำรอยต่อด้วยการเชื่อมไปไฟฟ้า..... 95
4-86 รอยต่อโครงสร้างเสาคาน..... 96
4-87 ทำรอยต่อส่วนคานยื่น..... 96
4-88 ผนังก่อด้วยอิฐมวลเบาหนา 7” ทั้งภายนอกและภายใน..... 96
4-89 การก่อสร้างส่วนตกแต่งต่างๆทำได้ไม่แตกต่างจากโครงสร้างบ้านคอนกรีต..... 97
4-90 การก่อสร้างที่ปิดหุ้มโครงสร้างแล้วเสร็จ..... 97
4-91 แบบบ้านระบบผนังรับน้ำหนัก..... 99
4-92 แสดงผังคานและพื้นชั้นล่างที่ใช้ระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งหมด..... 100
4-93 แสดงผังพื้นชั้นล่างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ระบบผนังโครงคร่าวเหล็กรับน้ำหนัก..... 101
4-94 แสดงผังพื้นชั้นที่ 2 บ้านพักอาศัย 2 ชั้น ระบบผนังโครงคร่าวเหล็กรับน้ำหนัก..... 102
4-95 แสดงรูปแบบบ้านโครงคร่าวเหล็กระบบ PLATFORM FRAMING..... 103
4-96 Brick slip faced steel frame panel..... 104
4-97 วัสดุปิดผนังชนิดแผ่นสำเร็จรูป..... 106
4-98 ระบบผนังของบ้านโครงสร้างเหล็กเบาที่ใช้วัสดุแผ่นในการติดตั้ง..... 106
4-99 การออกแบบรูปด้านและช่องเปิดของอาคารบ้านโครงสร้างเหล็กระบบผนังรับน้ำหนัก... 107
4-100 การออกแบบรูปด้านและช่องเปิดของอาคารโครงสร้างเหล็กระบบผนังรับน้ำหนัก..... 108
4-101 แสดงการกำหนดหมายเลขของผนังด้านต่างๆ..... 109
4-102 แสดงผนังด้านต่างๆ ที่ผ่านการออกแบบและคำนวณทางวิศวกรรม..... 110

รูปที่ **หน้า**

4-103 แบบโครงคร่าวผนังแสดงระยะโครงคร่าวและขนาดช่องเปิด..... 111
4-104 แสดงระบบผนังกลวง สามารถติดตั้งฉนวนเพิ่มค่า R ให้กับผนังได้..... 112
4-105 แสดงการออกแบบติดตั้งฉนวนเพิ่มค่า R ให้กับผนังรูปแบบต่างๆ..... 113
4-106 ระบบตงรับน้ำหนักโดยสามารถเจาะช่องเพื่อลดน้ำหนักโครงสร้าง..... 115
4-107 Floor Board to Joist Detail..... 116
4-108 การเขียนแบบรายละเอียดโครงสร้างพื้นชั้นที่ 2 แนวพาดของตงเหล็กมวลเบา..... 116
4-109 การออกแบบระบบพื้นโดยใช้วัสดุและรูปแบบการก่อสร้างที่หลากหลาย..... 117
4-110 โครงคร่าวหลังคากึ่งสำเร็จรูปสำหรับหลังคาทรงปั้นหย่า..... 118
4-111 โครงคร่าวหลังคากึ่งสำเร็จรูปสำหรับหลังคาทรงจั่ว..... 118
4-112 ใช้วัสดุมุงหลังคาได้หลากหลายเหมือนบ้านที่โครงสร้างเหล็กทั่วไป..... 118
4-113 การประกอบและติดตั้งชิ้นส่วนโครงสร้างหลังคาเหล็กมวลเบา..... 118
4-114 แบบรายเอียดประกอบการก่อสร้างงานโครงสร้างหลังคา..... 119
4-115 ชิ้นส่วนโครงสร้างหลังคาระบบกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการออกแบบและตัดแต่ง
ชิ้นส่วนจากโรงงาน..... 120
4-116 วัสดุแผ่นผนังที่ใช้การการก่อสร้างบ้านด้วยระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี..... 126
4-117 สกรูชนิดหัวมน (Pan Type) และชนิดหัวแบน (Flaxy Type)..... 127
4-118 ภาพบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้น หมู่บ้าน สราญรมย์..... 127
4-119 ผังพื้นชั้นที่ 1 และ 2 ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้นก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้าง
ผนังรับน้ำหนัก..... 128
4-120 แบบแสดงรูปด้านและการเขียนแบบก่อสร้าง บ้านระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก..... 129
4-121 แบบแสดงรูปด้านและการเขียนแบบก่อสร้าง บ้านระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก..... 130
4-122 ส่วนประกอบโครงสร้างบ้านระบบผนังรับน้ำหนัก และลักษณะการกองวัสดุ..... 131
4-123 การประกอบโครงสร้างบ้านระบบผนังรับน้ำหนัก..... 131
4-124 ติดตั้งส่วนประกอบโครงสร้างโดยให้แล้วเสร็จทีละชั้น และรวมถึงงานโครงสร้างบันได... 132
4-125 งานโครงสร้างพื้น จะเป็นโครงสร้างโดยการวางตงและปูทับด้วยวัสดุแผ่นพื้น..... 132
4-126 การขนส่งแผงโครงสร้างและการติดตั้งโครงสร้างผนังรับน้ำหนักชั้นที่ 2..... 133
4-127 หลังคาระบบโครงถัก (Truss) กึ่งสำเร็จรูปคำนวณและตัดแต่งชิ้นส่วนจากโรงงาน..... 133
4-128 บ้านก่อนและหลังการติดตั้งวัสดุแผ่นผนัง..... 134
5-1 คอมผิวเตอร์มีส่วนช่วยอย่างมากในการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม..... 151
5-2 โปรแกรมออกแบบสำเร็จรูปที่ใช้ช่วยในการคำนวณโครงสร้าง..... 152

5-3 แสดงแบบโครงสร้างผนังที่ใช้คอมผิวเตอร์ช่วยในการถอดแบบและคำนวณ..... 153
5-4 การตัดแต่ง และประกอบชิ้นส่วนในโรงงานตามรายการ การถอดแบบจากคอมผิวเตอร์... 153
5-5 กระบวนการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมในส่วนที่ต้องดำเนินงานในโรงงาน..... 154
5-6 กระบวนการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมในส่วนที่ต้องดำเนินงาน ณ สถานที่ก่อสร้าง..... 155
6-1 ตัวอย่างเสาเหล็กมาตรฐานความสูง 3.55 เมตร สำหรับบ้านชั้นเดียว..... 158
6-2 ตัวอย่างเสาเหล็กมาตรฐานความสูง 6.75 เมตร สำหรับบ้าน 2 ชั้น..... 158
6-3 การป้องกันการแตกร้าวโดยการเสริมลวดกรงไก่..... 166
6-4 การใช้โครงคร่าวเหล็กเบาในการทำผนังภายนอกร่วมกับงานโครงสร้าง
คอนกรีตเสริมเหล็ก..... 169
6-5 งานต่อเติมบ้านพักอาศัยโดยใช้โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี โดยข้อดีของโครงสร้าง
คือน้ำหนักเบา..... 169
6-6 การนำระบบผนังโครงคร่าวมาประยุกต์ใช้กับระบบโครงสร้างเสาและคาน..... 175

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันวงการก่อสร้างในประเทศไทยมีความก้าวหน้าทางกระบวนการและวิทยาการ การก่อสร้างอย่างรวดเร็ว มีการก่อสร้างอาคารประเภทต่างๆที่นำเอาเทคโนโลยีและกรรมวิธีการก่อสร้างที่ทันสมัย เข้ามาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับการก่อสร้างภายในประเทศ แต่ก็ยังพบว่าการพัฒนา การก่อสร้างในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะเป็นการพัฒนาเพื่อรองรับระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นส่วนใหญ่ ทั้งวัสดุการก่อสร้าง รูปแบบการก่อสร้าง เทคนิคและวิธีการงานก่อสร้าง ซึ่งเป็นระบบที่เป็นที่คุ้นเคยและนิยมนำมาใช้ในการออกแบบก่อสร้างอาคารต่างๆในประเทศ จึงทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีทางการก่อสร้างระบบนี้ให้มีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องก่อให้เกิดเทคนิคและวิธีการใหม่ๆที่เหมาะสมกับสภาพการก่อสร้างภายในประเทศไทย

ปัจจุบันมีความตื่นตัวในด้านการนำเทคโนโลยีโครงสร้างเหล็กเข้ามาใช้ในการก่อสร้างอาคารประเภทบ้านพักอาศัยมากขึ้น ทำให้เหล็กโครงสร้างได้รับความสนใจในเรื่องของการนำมาประยุกต์ใช้ในงานออกแบบและก่อสร้างมากขึ้น เหล็กจึงค่อยๆมีบทบาทที่โดดเด่น และกำลังเป็นที่แพร่หลาย โดยเริ่มจากการนำมาประยุกต์ใช้แทนวัสดุโครงสร้างเดิมเช่นไม้เนื่องจากไม้เริ่มเป็นวัสดุที่หายากและมีราคาแพงขึ้นและปัญหาในเรื่องของอายุการใช้งานและความคงทนของไม้และข้อจำกัดในเรื่องของการรับแรงต่างๆที่เกิดขึ้น ซึ่งไม้ไม่สามารถรับแรงได้มากในขณะที่ปัจจุบันมีความต้องการอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยเพิ่มมากขึ้นอาคารยกสูงขึ้น และมีแรงที่มากระทำต่อตัวอาคารมากขึ้น แต่ถึงกระนั้นโครงสร้างหลักๆในประเทศก็ยังคงเป็นระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่มีช่างที่ชำนาญและเป็นระบบที่คุ้นเคยกันเป็นอย่างดีสำหรับอุตสาหกรรมการก่อสร้างในประเทศ มีความพยายามที่จะนำระบบโครงสร้างเหล็กเข้ามาประยุกต์ใช้ออกแบบก่อสร้างอาคารประเภทต่างๆ รวมไปถึงเป็นระบบโครงสร้างส่วนต่างๆของอาคารนับตั้งแต่ฐานรากไปจนถึงหลังคา สาเหตุที่ทำให้ระบบโครงสร้างเหล็กก้าวขึ้นมามีบทบาทมากขึ้นในวงการก่อสร้างไทย ก็น่าจะมาจากคุณสมบัติของตัววัสดุนั้นเอง จากเดิมที่ประเทศไทยต้องสั่งซื้อเหล็กรูปพรรณโครงสร้างมาจากต่างประเทศ ปัจจุบันได้มีความพยายามพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็กในประเทศ ให้สามารถผลิตเหล็กรูปพรรณโครงสร้างเพื่อรองรับความต้องการในอุตสาหกรรมการก่อสร้างและเป็นทางเลือกของวัสดุโครงสร้างอีกหนึ่งประเภท ซึ่งแต่เดิมการนำเหล็กขนาดใหญ่มาใช้งานต้องสั่งซื้อ หรือเตรียมการล่วงหน้าเป็นเวลานานและมักมีราคาแพง จึงไม่ค่อยจะสะดวกในการออกแบบและก่อสร้างมากนัก ซึ่งเป็นปัญหาหนึ่งที่ทำให้งานเหล็กไม่

เป็นที่นิยมหรือคุ้นเคยสำหรับการก่อสร้างโดยทั่วไป รวมไปถึงปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่มีความชำนาญในงานโครงสร้างเหล็กขนาดใหญ่ หรือส่วนหนึ่งเป็นปัญหามาจากตัวผู้ออกแบบขาดประสบการณ์และความรู้ความเข้าใจต่างๆเกี่ยวงานโครงสร้างเหล็กรวมไปถึงรายละเอียด (DETAIL) ของงานเหล็ก ทำให้ยากที่จะแข่งขันกับงานก่อสร้างด้วยระบบการก่อสร้างคอนกรีต ซึ่งมีปูนซีเมนต์และวัตถุดิบราคาถูกและสามารถผลิตได้ในประเทศ และเป็นระบบที่คุ้นเคยกันมาเป็นระยะเวลานาน เหล็กเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง และสามารถนำมาใช้ในการก่อสร้างได้ดีทั้งอาคารขนาดเล็กและอาคารขนาดใหญ่ หรืออาคารสูง การนำเหล็กมาใช้งานในประเทศจึงมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะอาคารโครงสร้างช่วงพาดกว้าง เช่นอาคารแสดงสิ้นค้า โรงงานอุตสาหกรรม โกดังและคลังสิ้นค้าเป็นต้น ส่วนอาคารขนาดเล็กหรือบ้านพักอาศัยเริ่มนิยมนำระบบโครงสร้างเหล็กมาใช้เช่นกัน บทบาทของเหล็กโครงสร้างในงานก่อสร้างหรือในงานออกแบบสถาปัตยกรรมของประเทศในอนาคตจึงมีเพิ่มสูงขึ้น

การศึกษา การก่อสร้างอาคารประเภทบ้านพักอาศัยด้วยโครงสร้างเหล็กจึงเป็นการวิจัยที่เน้นการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อให้สามารถแยกแยะระบบการก่อสร้างที่มีการก่อสร้างในประเทศไทย โดยจะศึกษารูปแบบโครงสร้างเหล็กที่ใช้ในการก่อสร้าง ศึกษากระบวนการวิธีการ ลักษณะการใช้งานโครงสร้าง ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบเมื่อเทียบกับกับงานโครงสร้างระบบอื่นๆ รวมไปถึงปัจจัยและข้อจำกัดต่างๆที่เอื้อและไม่เอื้อให้ใช้ระบบโครงสร้างเหล็ก ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็ก ตลอดจนนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงจากการใช้งานโครงสร้างเหล็ก

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษารูปแบบการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยด้วยระบบโครงสร้างเหล็ก
2. เพื่อศึกษาข้อดีและข้อเสียของการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยด้วยระบบโครงสร้างเหล็ก
3. เพื่อศึกษาปัญหาที่พบในกระบวนการต่างๆของการออกแบบและการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กที่ที่เกิดขึ้นในกระบวนการก่อสร้างบ้านพักอาศัย
4. เพื่อวิเคราะห์ และเสนอแนะการออกแบบอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้งานระบบโครงสร้างเหล็กในการก่อสร้าง
5. เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการเลือกใช้ระบบโครงสร้างเหล็กกับการใช้งานจริง
6. ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาการก่อสร้างบ้านด้วยระบบโครงสร้างเหล็กให้เป็นระบบอุตสาหกรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ในการวิจัยนี้ จะศึกษาจากเอกสาร และจากการสัมภาษณ์ผู้ดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการนำระบบโครงสร้างเหล็กมาใช้ในการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยไม่น้อยกว่า 2 โครงการ
2. ในการวิจัยนี้จะเป็นการศึกษางานระบบโครงสร้างและการก่อสร้าง กระบวนการประเภทการใช้งาน เน้นการวิเคราะห์และออกแบบบ้านโครงสร้างเหล็กตามหลักการทางวิศวกรรมแต่ไม่เน้นรายการคำนวนต่างๆ
3. วิจัยนี้จะแยกแยะตัวแปรต่างๆของระบบโครงสร้างและการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กแต่จะไม่นำมาเปรียบเทียบเนื่องจากระบบการก่อสร้างและลักษณะบ้านตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บข้อมูลต่างกัน ปีในการก่อสร้างต่างกัน
4. นำข้อมูลที่ได้มารวบรวม สรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษาการก่อสร้างบ้านพักอาศัยด้วยโครงสร้างเหล็ก (เพื่อสามารถนำมาเป็นเอกสารข้อมูลประกอบการอ้างอิงทางวิชาการ และ สามารถใช้เป็นคู่มือประกอบการศึกษาระบบโครงสร้างเหล็กที่เหมาะสมกับงานก่อสร้างอาคารประเภทบ้านพักอาศัย)

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา

1. ศึกษาหลักการ แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับบ้านโครงสร้างเหล็ก ทั้งหลักการในการประกอบวิชาชีพสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมโดยศึกษาจากหนังสือ วารสารทางวิชาการ บทความ วิทยานิพนธ์และงานวิจัยเพื่อเป็นพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับงานก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็ก
2. ศึกษากระบวนการก่อสร้างที่เกี่ยวเนื่องกับงานโครงสร้างเหล็กรูปแบบต่างๆทั้งจากเอกสารวิชาการ งานวิจัยรวมไปถึงงานก่อสร้างจริง และลักษณะโครงสร้างอาคารประเภทบ้านพักอาศัยเพื่อนำมาเป็นข้อมูลการศึกษาวิเคราะห์ ข้อดีข้อเสียต่างๆ
3. สัมภาษณ์ข้อมูลเบื้องต้นจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยด้วยระบบโครงสร้างเหล็กเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆในกระบวนการก่อสร้าง
4. สรุปประเด็นสำคัญที่ได้จากการศึกษามารวบรวม เพื่อวิเคราะห์และอภิปลายผล เสนอแนวทางการออกแบบและการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยด้วยระบบโครงสร้างเหล็กที่เหมาะสม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการออกแบบและก่อสร้างระบบโครงสร้างเหล็กที่เหมาะสมกับงานก่อสร้างอาคารประเภทบ้านพักอาศัยในประเทศไทย
2. สามารถศึกษาพัฒนาระบบโครงสร้างที่สามารถลดต้นทุนในการก่อสร้างบ้านและมีความเหมาะสมกับสภาพปัญหาต่างๆในกระบวนการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กในประเทศไทย
3. สามารถวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการออกแบบการก่อสร้างและการเลือกระบบโครงสร้าง เพื่อนำไปสู่กระบวนการตัดสินใจเลือกระบบโครงสร้างและวัสดุโครงสร้างที่เหมาะสมและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับการก่อสร้าง
4. สามารถสามารถมองภาพรวมของลักษณะและคุณสมบัติของระบบโครงสร้างแต่ละประเภทอย่างเป็นระบบเพื่อให้เป็นประโยชน์ในการเลือกระบบโครงสร้างที่ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของอาคาร
5. สามารถแยกแยะปัจจัยต่างๆที่เอื้อต่อการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็กในประเทศไทยได้

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา

เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ หมายถึง เหล็กที่ผลิตออกมามีหน้าตัดเป็นรูปลักษณะต่างๆใช้ในงานโครงสร้าง

โครงสร้างเหล็กระบบเสา และคาน (Skeleton Steel Frame) หมายถึง โครงสร้างที่ประกอบกันขึ้นเป็นโครงกรอบสำหรับทำเป็นอาคารตั้งแต่ขนาดหนึ่งชั้นไปจนถึงอาคารสูงระฟ้า โดยใช้เหล็กรูปพรรณรูปตัดมาตรฐาน เช่น เหล็กปีกกว้าง (Wide Flange) คานรูปตัว I และเหล็กรูปรางน้ำ ในกรณีที่รับน้ำหนักบรรทุกมากหรือพาดช่วงกว้างมากๆ ก็จะใช้โครงสร้างเหล็กประกอบ (Built-up section) หรือโครงสร้างเหล็กองค์ประกอบ (Composite section) ในการประกอบเป็นวัสดุโครงสร้าง

การใช้งานได้ดี (Serviceability) หมายถึง สภาวะขององค์อาคารที่มีประโยชน์ใช้สอย รูปร่าง ความง่ายในการบำรุงรักษา ความทนทาน ความสะดวกสะบายในการใช้งาน เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของอาคารในสภาวะใช้งานปกติ

แพลตฟอร์มเฟรม (Platform frame construction) หมายถึง การก่อสร้างด้วยผนังโครงคร่าวรับน้ำหนัก ที่ออกแบบให้ผนังโครงสร้างถ่ายน้ำหนักลงสู่พื้นแต่ละชั้นแยกอิสระจากกัน โครงคร่าวแต่ละชั้นจึงไม่ต่อเนื่องกัน ถูกแยกออกจากกันด้วยโครงสร้างพื้นแต่ละชั้น

เหล็กไลท์เกจ (Lightguage steel) หมายถึง เหล็กโครงสร้างรูปพรรณซึ่งพับหรือรีดขึ้นรูปมาจากเหล็กแผ่นที่มีความหนาน้อย

ผนังเบา หรือผนังโครงคร่าว หมายถึง ผนังที่ประกอบด้วยไม้ หรือเหล็กชุบสังกะสี และแผ่นวัสดุปิดหุ้ม อาจใช้รับน้ำหนักทางโครงสร้างหรือไม่ก็ได้

โครงสร้าง หมายถึง ชิ้นส่วนทางกายภาพ (Physical Entity) ซึ่งมีเอกลักษณ์ที่เป็นองค์ประกอบของชิ้นส่วนย่อยประกอบอยู่ในตำแหน่งต่างๆในสามมิติที่มีคุณลักษณะของระบบส่วนรวมเด่นชัดกว่าความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วน

การออกแบบโครงสร้าง หมายถึง การกำหนดตำแหน่งและการจัดการความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนเพื่อคุณลักษณะที่ปรากฏอยู่ในโครงสร้าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเป็นมาและความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโครงสร้างเหล็ก

โครงสร้างอุตสาหกรรมเหล็กในประเทศไทย

2.1.1 การผลิต

อุตสาหกรรมเหล็กสามารถแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนการผลิต คือ เหล็กขั้นต้น (เหล็กถลุงและเหล็กพรุน ซึ่งถือเป็นวัตถุดิบขั้นพื้นฐานในการผลิตเหล็กทุกชนิด) , เหล็กขั้นกลาง (เหล็กแท่งเล็ก,เหล็กแท่งแบน และเหล็กแท่งใหญ่) และเหล็กขั้นปลาย สำหรับประเทศไทย ยังไม่มีผู้ผลิตครบวงจร กล่าวคือ ยังไม่มีผู้ผลิตรายใดผลิตตั้งแต่ขั้นตอนการถลุงแร่เหล็ก เนื่องจากใช้เงินลงทุนสูงและจำเป็นต้องมีระบบสาธารณูปโภคและระบบโครงสร้างพื้นฐานที่เอื้ออำนวยต่อการผลิต ดังนั้นจึงมีการใช้เศษเหล็กเป็นวัตถุดิบประกอบกับมีการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ โดยผลิตภัณฑ์เหล็กที่นำเข้าส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์เหล็กกึ่งสำเร็จรูป เนื่องจากอุตสาหกรรมเหล็กของไทยเป็นอุตสาหกรรมที่ผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้าโดยเริ่มจากการพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการภายในประเทศของผลิตภัณฑ์เหล็กขั้นปลายเป็นหลัก ซึ่ง ได้แก่ กลุ่มเหล็กเส้น เหล็กลวด เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ เหล็กแผ่นรีดร้อนและรีดเย็น ซึ่งเป็นวัตถุดิบขั้นพื้นฐานของอุตสาหกรรมต่อเนื่องหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมเครื่องจักรกลการเกษตร การก่อสร้าง อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า อุตสาหกรรมรถยนต์ เป็นต้น

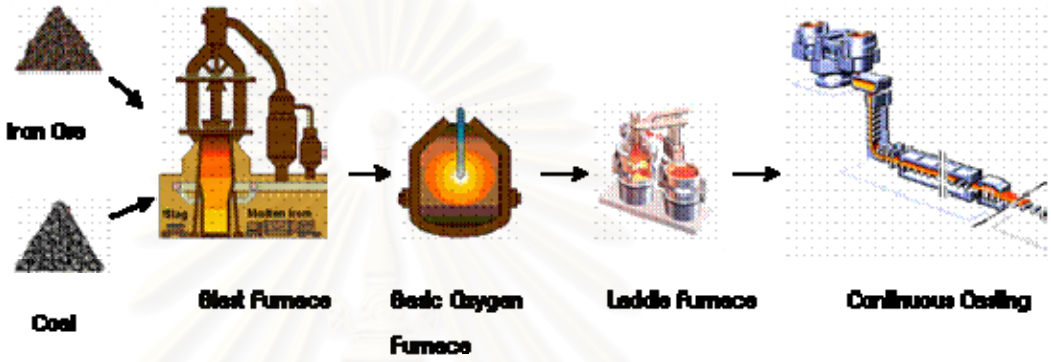
สำหรับอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้านี้ จะพบว่ามีผลิตภัณฑ์สำคัญ 2 กลุ่มที่มีความโดดเด่นได้แก่ กลุ่มผลิตภัณฑ์เหล็กทรงยาว ได้แก่ เหล็กเส้นกลม เหล็กข้ออ้อย เหล็กลวด กลุ่มผลิตภัณฑ์เหล็กทรงแบนได้แก่ เหล็กแผ่นรีดร้อน เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กแผ่นเคลือบ และท่อเหล็ก ในปัจจุบันไทยยังไม่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กขั้นต้นและผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปได้เองจึงยังประสบกับปัญหาขาดดุลการค้า เนื่องจากมูลค่าการนำเข้าของผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเหล็กแต่ละปีมีมูลค่าสูง โดยในปี 2544 คิดเป็นอันดับที่เจ็ดของสินค้านำเข้าที่สำคัญของประเทศ

อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ มากมาย สามารถ แบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้คือ

(1)ตามขั้นตอนหรือกระบวนการผลิต ประกอบด้วย

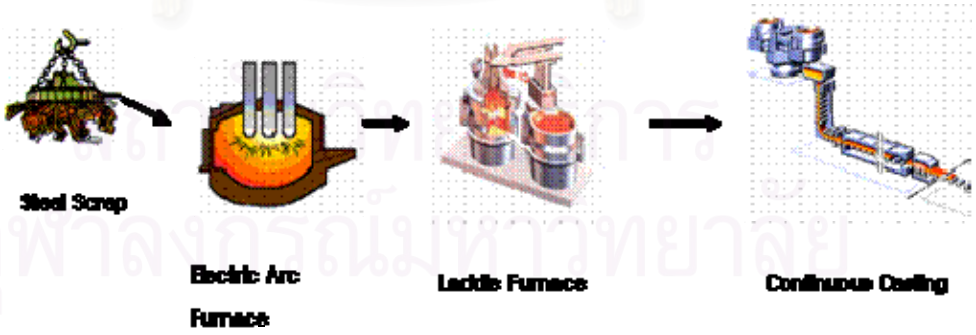
- เหล็กขั้นต้น (Raw Steel Product) ได้จากการนำสินแร่เหล็กมาถลุง เหล็กทำได้จากการถลุงเรียก เหล็กถลุง (Pig Iron) และเหล็กพรุน (Sponge Iron) ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบพื้นฐานในการผลิตเหล็ก (Steel Making)

ปัจจุบันยังไม่มีการผลิตเหล็กขั้นต้นในประเทศไทย ในช่วง 5 ปี ที่ผ่านมา ต้องพึ่งพาการนำเข้าเหล็กขั้นต้น เฉลี่ยปีละประมาณ 1.3 พันล้านบาท แต่ในปัจจุบันเริ่มมีการส่งเสริมโดยมีผู้ได้รับการส่งเสริมการลงทุนแล้ว 6 ราย คิดเป็น กำลังการผลิต 6.97 ล้านตัน/ปี



รูปที่ 2-1 การผลิตเหล็กจากแร่เหล็ก[1]

- เหล็กขั้นกลาง (Semi-Finished Steel Products) เป็นการนำเหล็กพรุน เหล็กถลุงและเศษเหล็ก (Scrap) มาหลอม และหล่อออกมาเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์เหล็กขั้นกลางที่ได้จะมี เหล็กแท่งกลม (Billet) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทรงยาว เช่น เหล็กเส้น, ลวดเหล็ก เป็นต้น เหล็กแท่งแบน (Slab) เป็นผลิตภัณฑ์ทรงแบน เช่น เหล็ก แผ่นรีดร้อนและรีดเย็น นอกจากนี้ยังได้ผลิตภัณฑ์เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom Beam) ซึ่งเป็นเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ

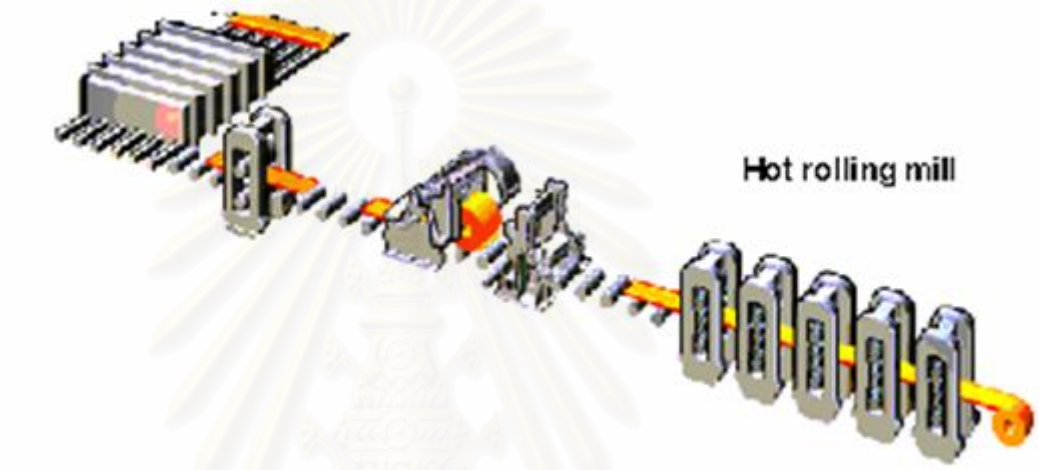


รูปที่ 2-2 การผลิตเหล็กจากเศษเหล็ก

[1] กิตติพงศ์ อัศดรวิเศษ, สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. **การใช้พลังงานกับอุตสาหกรรมเหล็ก**. [สืบค้น เมื่อ 25 กันยายน 2549]. http://www.isit.or.th/techinfoview.asp

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นกลางอยู่ 4 ประเภท ได้แก่ อินกอต, เหล็กแท่งกลม (Billet) เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom) และส่วนเหล็กแท่งแบน (Slab) การผลิตเหล็กขั้นกลางของไทย ยังไม่เพียงพอกับความต้องการภายในประเทศ ต้องนำเข้าเหล็กแท่งประเภทต่างๆอย่างต่อเนื่อง

- เหล็กขั้นปลาย (Finish Steel Products) เป็นการนำผลิตภัณฑ์ขั้นกลางมาผ่านกระบวนการแปรรูปเหล็กที่ได้จากการหล่อเพื่อให้ได้รูปร่างและขนาดที่ต้องการ ทำได้โดยวิธีการแปรรูปรีดร้อน การแปรรูปรีดเย็น รวมถึงการเคลือบ และการหล่อรูปพรรณ (Foundry) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป



รูปที่ 2-3 กระบวนการรีดเหล็กแผ่น

ผลิตภัณฑ์เหล็กขั้นปลาย เป็นขั้นตอนที่มีการผลิตมากที่สุดในประเทศไทย ผลิตภัณฑ์เหล็กขั้นปลายที่มีการผลิตมากได้แก่ เหล็กแผ่นรีดร้อน เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กเส้น เหล็กลวด เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ขั้นปลาย เกือบทั้งหมด เป็นการผลิตสนองความต้องการภายในประเทศ การส่งออกมีสัดส่วนต่ำ

(2) ตามลักษณะหรือประเภทผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์เหล็กสำเร็จรูป แบ่งตามประเภทผลิตภัณฑ์ กว้างๆ ได้ 3 ประเภท คือ

- ผลิตภัณฑ์เหล็กทรงยาว (Long Product) จะรวมถึง เหล็กลวด ลวดเสริมคอนกรีต ลวดสแตนเลส เหล็กท่อนกลม และเหล็กข้ออ้อย เหล็กท่อนอัลลอย เหล็กรูปพรรณต่างๆ เช่น ฉาก รางน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมี เหล็กรางรถไฟ ท่อเหล็กและท่อสแตนเลส แบบเชื่อมและไร้ตะเข็บ ท่อขนส่งน้ำมัน ข้อต่อ ข้องอ ใบมีดตัดหินแกรนิต เม็ดเหล็กสำหรับขัดชิ้นงาน

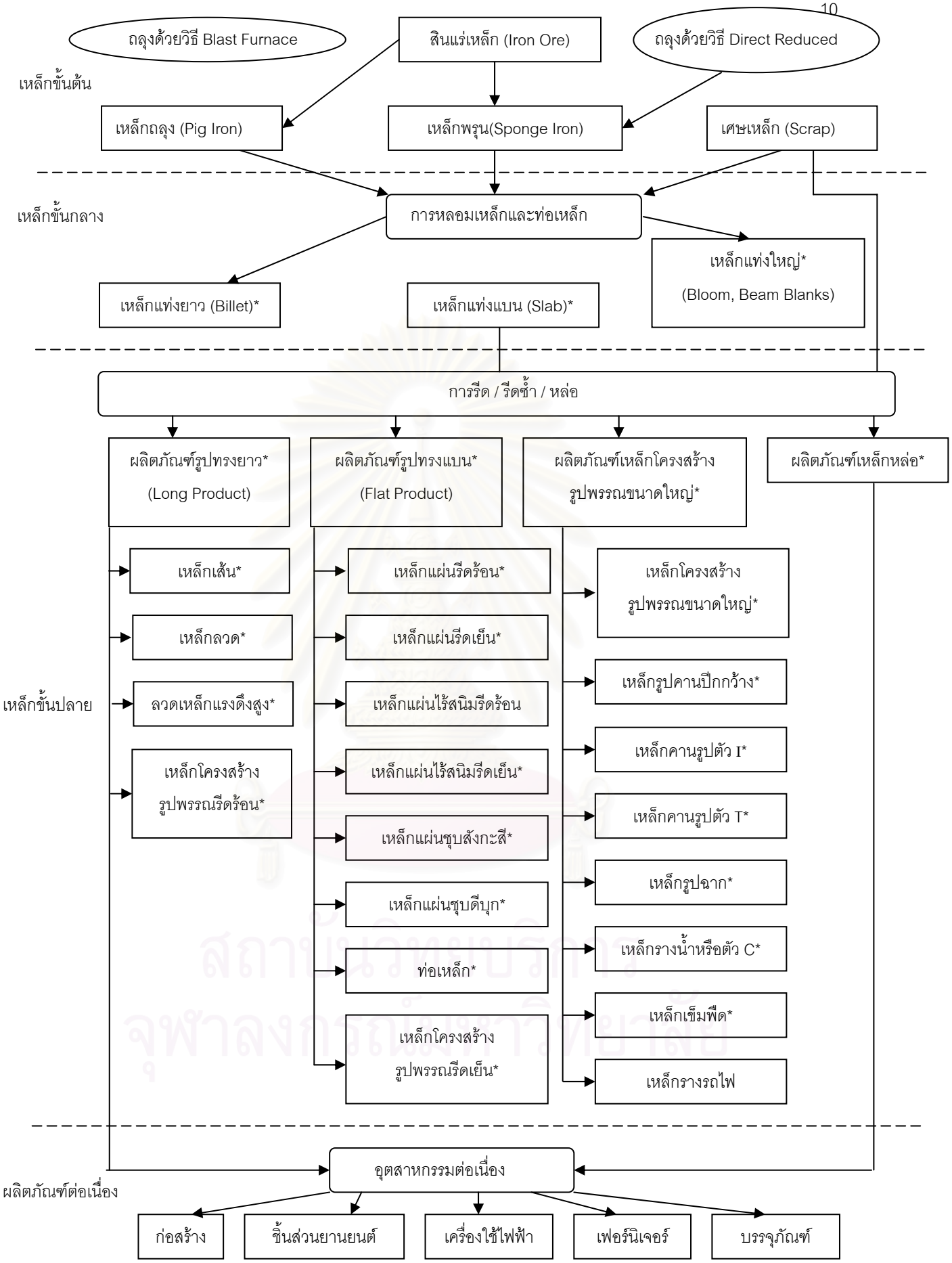
- ผลิตภัณฑ์เหล็กทรงแบน หรือ เหล็กแผ่น (Flat Product) จะรวมถึงผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นรีดร้อน เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี และ เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีชุบสี เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีด้วยไฟฟ้า เหล็กแผ่นเคลือบดีบุก (เหล็กวิลาส) เหล็กทินฟรี เหล็กแผ่นไร้สนิม และเหล็กอัลลอย ซึ่งอุตสาหกรรมเหล็กแผ่นรีดร้อนประกอบด้วย เหล็กแผ่น (Plates) และเหล็กม้วน (Coils) โดยส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ท่อเหล็ก ก่อสร้าง รวมถึงเป็นวัตถุดิบสำหรับเหล็กแผ่นรีดเย็น อุตสาหกรรมเหล็กแผ่นรีดเย็นเป็นการใช้เทคโนโลยีการผลิตเพื่อลดความหนาของเหล็กแผ่นรีดร้อน รวมถึงปรับคุณสมบัติให้เหมาะสมกับการใช้งานรูปแบบต่างๆ เช่นอุตสาหกรรมยานยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า เฟอร์นิเจอร์เหล็ก และเหล็กแผ่นเคลือบ ในปี พ.ศ. 2544 มีผู้ผลิตแผ่นเหล็กรีดร้อนจำนวน 5 ราย คิดเป็นกำลังการผลิตรวม 6,500,000 ตันต่อปี และมีผู้ผลิตแผ่นเหล็กรีดเย็นจำนวน 3 ราย คิดเป็นกำลังการผลิตรวม 2,300,000 ตันต่อปี

ตารางที่ 2.1 แสดงจำนวนผู้ผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน/รีดเย็น/แผ่นเหล็กไร้สนิมของไทยในปี พ.ศ.2544

ผลิตภัณฑ์	บริษัท	กำลังการผลิตสูงสุด (ตันต่อปี)	ความต้องการใช้ (ตันต่อปี)
(1) แผ่นเหล็กรีดร้อน	บ. สหวิริยาสตีลอินดัสตรี	2,400,000	
	บ. สยามสตริปมิลล์	1,500,000	
	บ. นครไทยสตริปมิล	1,500,000	**3,600,000**
	บ. แอลพีเอ็นเพลทมิล	500,000	
	บ. สหวิริยาเพลทมิล	600,000	
(2) แผ่นเหล็กรีดเย็น	บ. สยามยูไนเต็นสตีล	1,000,000	
	บ. เหล็กรีดเย็นไทย	1,000,000	**1,500,000**
	บ. บี.เอช.พี สตีล(ปทท.)*	300,000	
(3) แผ่นเหล็กไร้สนิมรีดเย็น	บ. ไทยน๊อคซ์ สตีล	180,000-200,000	

ที่มา : กรมส่งเสริมการส่งออก หมายเหตุ : * ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็นบริษัท บลูสโคป สตีล จำกัด

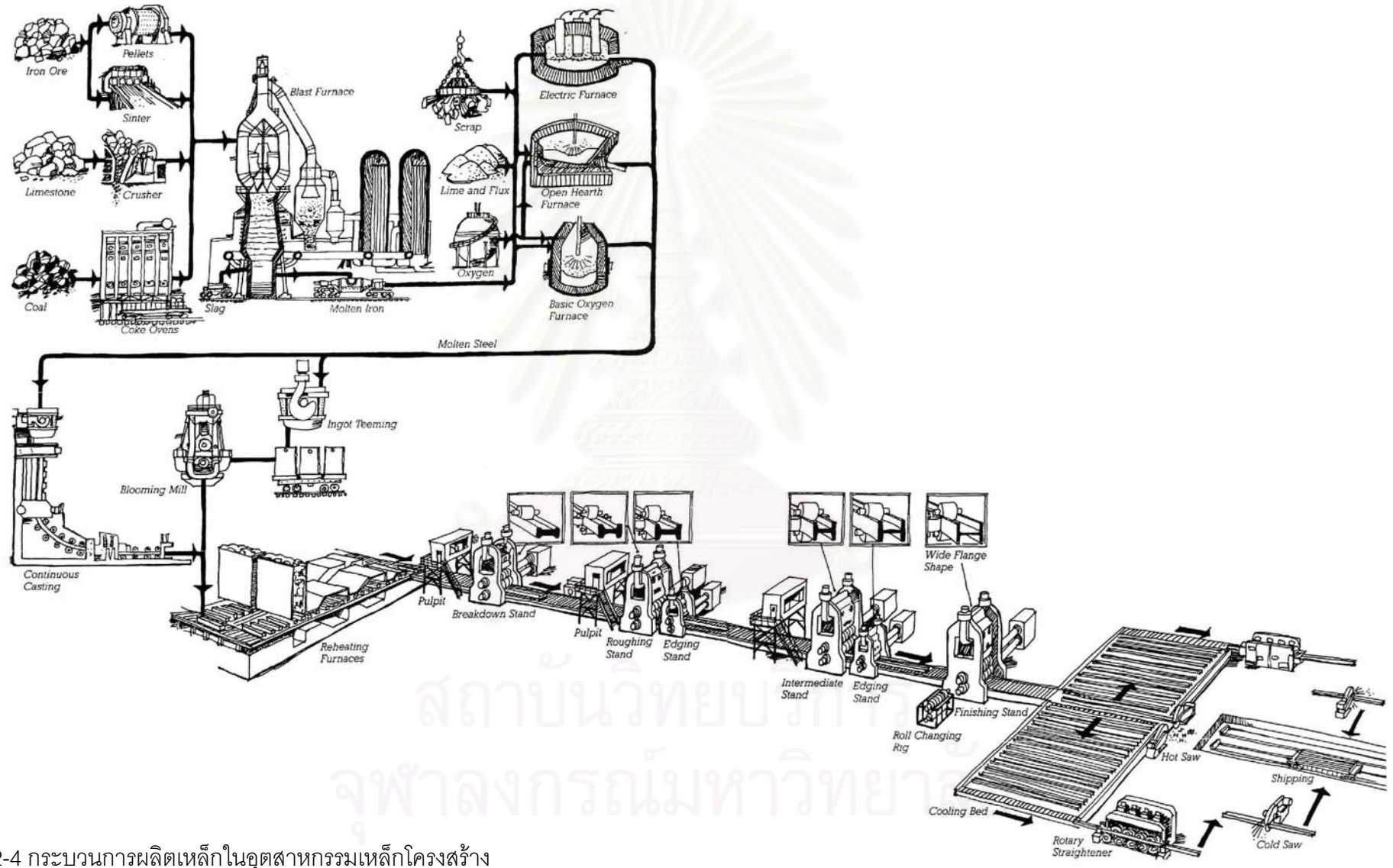
- ผลิตภัณฑ์เหล็กรูปพรรณ (Shape/Section) คือการนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกรรมวิธีรีดร้อน หรือรีดเย็นเพื่อทำเป็นรูปพรรณประเภทต่างๆ เช่น เหล็กคาน เหล็กฉาก, ตัว I, T, H เป็นต้น



หมายเหตุ : * คือผลิตภัณฑ์เหล็กที่มีการผลิตในประเทศไทย

แผนภูมิที่ 2.1 แสดงโครงสร้างอุตสาหกรรมเหล็ก

ที่มา: ศูนย์วิจัยไทยพาณิชย์



รูปที่ 2-4 กระบวนการผลิตเหล็กในอุตสาหกรรมเหล็กโครงสร้าง

ที่มา: FUNDAMENTALS OF BUILDING CONSTRUCTION

2.1.2 เหล็กกล้าชนิดแผ่นเคลือบโลหะผสมสังกะสี

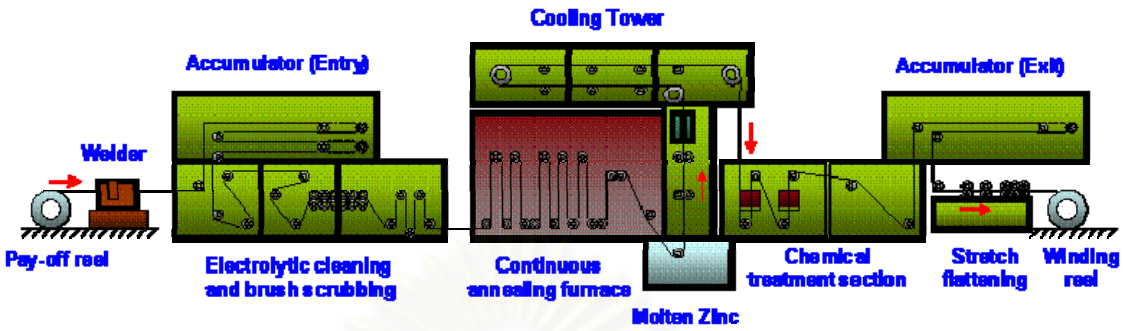
เป็นเหล็กกล้าชนิดแผ่นที่มีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนในสภาพบรรยากาศทั่วไป เหนือกว่าเหล็กกล้าชนิดแผ่นธรรมดา โดยทั่วไปเหล็กจะถูกกัดกร่อนได้ในสภาพแวดล้อมต่างๆ กระบวนการกัดกร่อนเกิดจากการรวมตัวของเนื้อเหล็กกับออกซิเจนเป็นออกไซด์ของเหล็กซึ่งมีอยู่หลายประเภท การเคลือบเหล็กแผ่นด้วยสังกะสีเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถป้องกันการกัดกร่อนได้เป็นอย่างดี โดยชั้นเคลือบสังกะสีจะทำหน้าที่ 2 ประการคือ

- ป้องกันเนื้อเหล็กจากการสัมผัสกับบรรยากาศภายนอก
- สังกะสีจะทำหน้าที่ผุกร่อนแทนเหล็ก (sacrificial protection) ในบริเวณขอบตัดของแผ่นเหล็กหรือบริเวณที่เกิดรอยขีดข่วน

ดังนั้นเนื้อเหล็กจะคงอยู่ในสภาพสมบูรณ์จนกว่าชั้นเคลือบสังกะสีในบริเวณนั้นจะผุกร่อนจะหมด วิธีการนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในการป้องกันเหล็กจากการเกิดสนิม เหล็กกล้าชนิดแผ่นเคลือบโลหะผสมสังกะสีมีหลายชนิดด้วยกัน โดยขึ้นกับกระบวนการผลิตและส่วนผสมของชั้นเคลือบ ในวันนี้เราจะมาทำความรู้จักเหล็กกล้าเคลือบโลหะผสมสังกะสี 5 กลุ่มใหญ่ดังต่อไปนี้

1. เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีโดยวิธีการจุ่มร้อน (Hot Dip Galvanizing, HDG) เป็นวิธีการที่ใช้อย่างกว้างขวางในประเทศไทย กรรมวิธีผลิต (ดูภาพที่ 1) เริ่มจากการเชื่อมต่อเหล็กแผ่นระหว่างม้วนเพื่อให้สามารถผ่านกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง จากนั้นเหล็กแผ่นจะผ่านเข้าสู่ Accumulator ซึ่งเป็นตัวช่วยปรับความเร็วของเหล็กแผ่น ให้สามารถเข้าสู่ขั้นตอนการเคลือบอย่างคงที่ เหล็กแผ่นที่ผ่าน Accumulator จะผ่านต่อไปยังสายการทำความสะอาดเหล็กเพื่อขจัดฝุ่นและคราบน้ำมันและทำให้สังกะสีสามารถเกาะติดได้ดีขึ้น จากนั้นจะผ่านเตาอบ (Annealing furnace) ในบรรยากาศควบคุม เพื่อให้เหล็กที่ผ่านการรีดเย็นเกิดการตกผลึกใหม่ (Recrystallization) และลดความเครียดจากการรีดเย็น จากนั้นเหล็กแผ่นจะถูกผ่านต่อไปที่อ่างสังกะสีหลอมเหลว (Zinc bath) ที่มีอุณหภูมิประมาณ 465 °C เพื่อทำการเคลือบ เหล็กแผ่นที่เคลือบสังกะสีแล้วจะผ่าน Gas-knives ซึ่งใช้อากาศหรือไอเพื่อควบคุมปริมาณสังกะสีที่เคลือบบนแผ่นเหล็ก และผ่านเข้าสู่ Cooling Tower เพื่อทำให้เย็นตัวลง จากนั้นเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีจะผ่านเข้า Chemical treatment section โดยใช้ Chromic acid เพื่อป้องกันการเกิดผลิตภัณฑ์จากการกัดกร่อนที่เรียกว่า white rust ต่อมาเหล็กแผ่นเคลือบจะผ่านสู่ Accumulator อีกตัวหนึ่งซึ่งจะช่วยปรับความเร็วของเหล็กแผ่นระหว่าง Accumulator ตัวที่สองกับ Winding reel ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้สามารถนำ Coil ออกและม้วน Coil ใหม่ได้ และจาก Accumulator ตัวที่สองเหล็กแผ่นเคลือบจะผ่านขั้นตอน

การปรับความเรียบ Stretch flattening (ขั้นตอนการปรับความเรียบนี้สามารถเลือกทำหรือไม่ทำขึ้นกับการใช้งาน) และเข้าสู่ Coiler ในที่สุด



รูปที่ 2-5 แผนผังการผลิตเหล็กเคลือบสังกะสีแบบ HDG
ที่มา : HTTP://WWW.ISIT.OR.TH/TECHINFOVIEW.

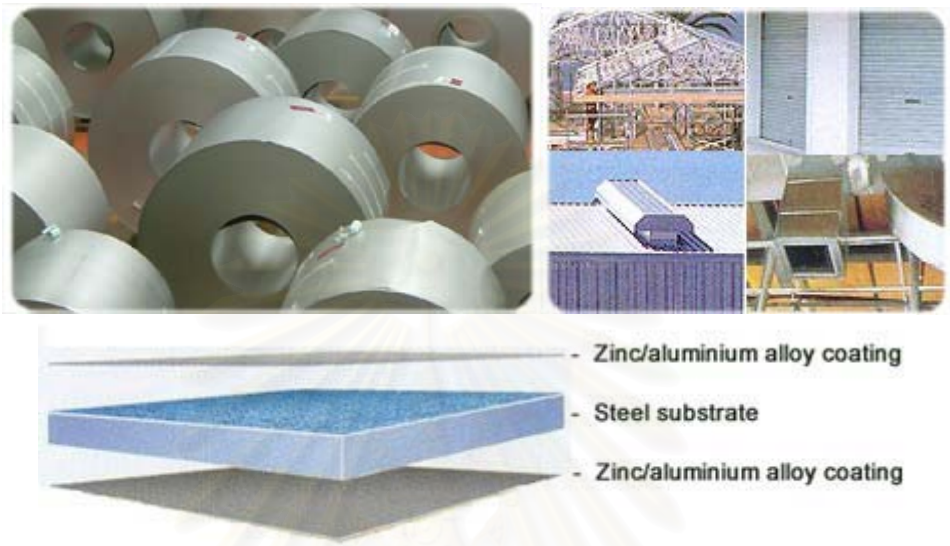
2. เหล็กกล้าชนิดแผ่นเคลือบสังกะสีโดยวิธีการจุ่มร้อนและอบ (Galvanneal หรือ Iron-Zinc coating, IZ)

เป็นเหล็กกล้าที่ผ่านกระบวนการเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อนเช่นเดียวกับ HDG แต่ต่างกันที่ภายหลังจากการเคลือบผิวด้วยสังกะสี เหล็กกล้าชนิดแผ่นจะถูกส่งผ่านไปยังเตาอบ เพื่อเร่งให้เกิดชั้นของสารประกอบ Zn-Fe ผิวชั้นเคลือบที่ได้จะมีลักษณะสีเทาด้าน (matt gray) สม่ำเสมอและไม่มีลวดลายแพรวพราว (spangle) ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบด้วยวิธีนี้จะมีความสามารถในการทาสีติดและความสามารถในการเชื่อมแบบ spot และ seam เหนือกว่าเหล็กกล้าเคลือบด้วยวิธี HDG เนื่องจากชั้นเคลือบสังกะสีของ HDG มีความสามารถนำไฟฟ้าต่ำกว่าชั้นของแผ่นเหล็ก อีกทั้งจุดหลอมเหลวก็ยังต่ำกว่าแผ่นเหล็กด้วย ส่วนชั้นเคลือบ Zn-Fe ของเหล็ก Galvanneal มีจุดหลอมเหลวที่สูงกว่าและมีความแข็งมากกว่าเมื่อเทียบกับ HDG ดังนั้นความสามารถในการเชื่อมจึงเทียบเท่าได้กับแผ่นเหล็กซึ่งเป็นโลหะพื้น เหล็กกล้าเคลือบแบบ IZ นี้ถูกใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยเฉพาะชิ้นส่วนตัวถังภายนอกที่ต้องการคุณสมบัติของการทาสี และการเชื่อมที่ดี รวมถึงใช้ในการผลิตถังน้ำมันรถยนต์ เป็นต้น

3. Galvalume (Zincalume)

เป็นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อนเหมือนกับ HDG แต่ต่างกันที่ส่วนผสมภายในอ่างชุบ โดยวิธีนี้จะใช้อลูมิเนียม 55% ซิลิคอน 1.6% และที่เหลือเป็นสังกะสี (JIS Handbook : Ferrous Material & Metallurgy II 2001) โดยธาตุผสมของชั้นเคลือบเหล่านี้จะมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพที่ต่างกันคือ

- อลูมิเนียม เพิ่มความทนทานต่อการใช้งาน (durability) การป้องกันการกัดกร่อนในตัวเอง และเพิ่มความต้านทานต่อระดับความร้อนที่อุณหภูมิสูง (high temperature resistant)
- สังกะสี เพิ่มการป้องกันการกัดกร่อนโดยการผุกร่อนแทนเหล็ก (sacrificial protection)



รูปที่ 2-6 BlueScope Steel manufactures a range of zinc/aluminium alloy-coate

การใช้งานของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ เช่น งานที่ต้องการคุณสมบัติทนความร้อน สะท้อนแสงและความร้อนได้ดี การใช้งานผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น หลังคา ฝาผนัง ท่อ รางน้ำ เหล็กโครงสร้าง รั้ว ป้าย โดยผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถใช้งานได้ในสภาพแวดล้อมที่มีการกัดกร่อนรุนแรง โดยมีระยะเวลาการใช้งานนานกว่าผลิตภัณฑ์ที่เคลือบแบบ HDG และ Galfan ถึง 2-4 เท่าโดยขึ้นกับสภาวะการใช้งาน นอกจากนี้ยังมีการใช้งานอื่นๆ เช่น ท่อไอเสีย ชิ้นส่วนภายในเครื่องซักผ้า เตาปิ้งขนมปัง เป็นต้น อย่างไรก็ตามข้อจำกัดประการสำคัญ คือ ความสามารถในการเชื่อมที่อยู่ในระดับต่ำ โดยไม่สามารถทำการเชื่อมที่ระดับกระแสไฟฟ้าสูงได้ และไม่สามารถทำการบัดกรีได้

4. Galfan (Galvanized fantastic steel)

เป็นเหล็กกล้าที่ผ่านกระบวนการเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อนที่เหมือนกับ HDG แต่ต่างกันที่ส่วนผสมภายในอ่างชุบ โดยการเคลือบแบบ Galfan นี้จะมีส่วนผสมของอลูมิเนียมใกล้จุดยูเทคติค คือประมาณ 5% (Zn-5Al) (โดยมีการผลิตทั้ง Zn-4Al และ Zn-7Al) ซึ่งโครงสร้างที่ได้จะมีขนาดละเอียดโดยเป็นผลมาจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วหลังจากการเคลือบ ผลิตภัณฑ์นี้มีคุณสมบัติทาสี

ติดดี และผิวชั้นเคลือบไม่มีลวดลายแพรวพราว (spangle) จึงไม่มีการแตกของ spangle ในระหว่างการขึ้นรูป แต่ข้อจำกัดที่สำคัญคือความสามารถในการเชื่อมอยู่ในระดับปานกลางเท่านั้น

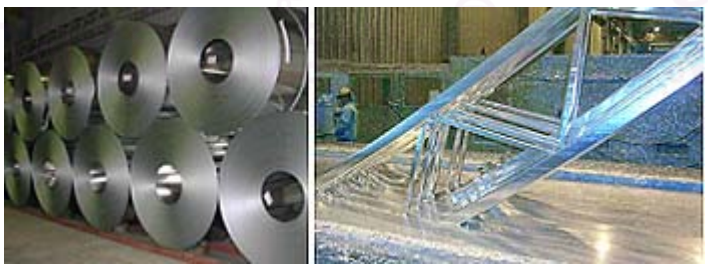
การใช้งานของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ เช่น heat exchanger, ventilator housing, garage doors, sign posts, window frames

5. เหล็กกล้าชนิดแผ่นเคลือบสังกะสีโดยวิธีทางไฟฟ้า (Electro galvanized steel)

กระบวนการนี้เป็นการเคลือบสังกะสีด้วยกรรมวิธีทางไฟฟ้าภายในอ่างชุบ โดยมีส่วนประกอบ คือ ขั้วบวก ขั้วลบ และสารละลายอิเลคโทรไลท์ ซึ่งได้แก่ สารละลายสังกะสีซัลเฟต (zinc sulfate) โดยสังกะสีจะเคลือบลงบนแผ่นเหล็กในลักษณะเป็นอิออน ซึ่งจะต่างไปจากวิธีจุ่มร้อนที่เป็นสารละลายของเหลวติดบนแผ่นเหล็ก ดังนั้นประสิทธิภาพในการเคลือบด้วยวิธีทางไฟฟ้าจึงสูงกว่า จากนั้นจะนำไปเคลือบด้วยฟอสเฟต (phosphate treatment; P) หรือโครเมต (chromate treatment; C) ซึ่งการเคลือบฟอสเฟตจะช่วยให้ความสามารถในการทาสีติดดียิ่งขึ้น ส่วนโครเมตช่วยเพิ่มความสามารถต้านทานการกัดกร่อนและป้องกันคราบต่างๆ ได้

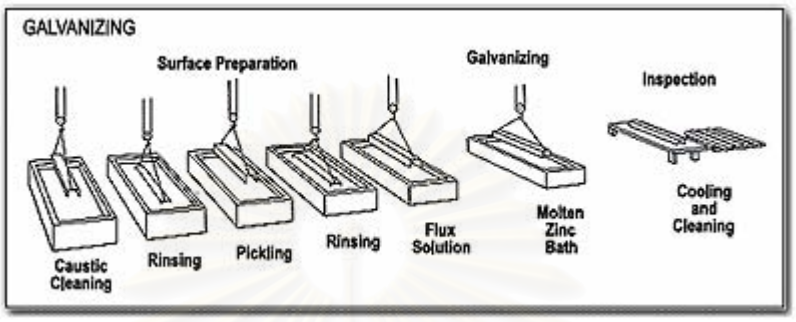
ข้อดีของการเคลือบประเภทนี้ คือ สามารถทำการเคลือบผิวโดยที่ความหนาในแต่ละด้านไม่จำเป็นต้องเท่ากันได้ เนื่องจากการเคลือบทำที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นความสามารถในการขึ้นรูปจะขึ้นกับคุณสมบัติของเหล็กกล้าชนิดแผ่นเป็นหลัก โดยไม่มีผลของความร้อนเหมือนการผลิตแบบจุ่มร้อนที่เหล็กแผ่นจะได้รับความร้อนในขณะเคลือบและถูกทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์เคลือบสังกะสีด้วยวิธีทางไฟฟ้ามีความสามารถในการขึ้นรูป การทาสีติด และการเชื่อมที่ดีเยี่ยม การใช้งาน เช่น ตัวถังและชิ้นส่วนภายนอกรถยนต์ ฝาครอบของมอเตอร์ ฝาครอบคอมพิวเตอร์ panels for communications equipment เป็นต้น

2.1.3 **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเหล็กชุบเคลือบสังกะสี**



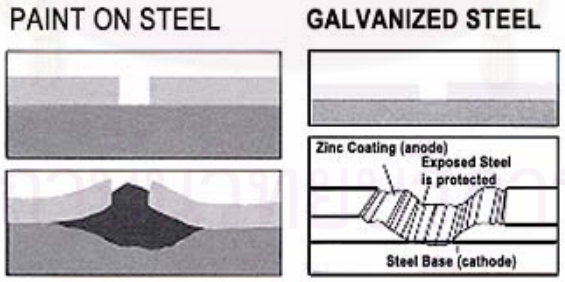
เป็นที่ทราบกันดีว่าเหล็กและเหล็กกล้าเกิดสนิมได้ง่ายหากวางทิ้งไว้ในบรรยากาศ สนิมเป็นออกไซด์ของเหล็กที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับเนื้อเหล็ก ดังนั้นวิธีหนึ่งที่ใช้ป้องกัน

เหล็กไม่ให้เกิดสนิม คือ การเคลือบสารปิดทับผิวเหล็กไว้ สารเคลือบที่ใช้มีด้วยกันหลายชนิด สังกะสีก็เป็นโลหะชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาเคลือบ เหล็กที่ได้จากการชุบเคลือบสังกะสีเรียกว่า เหล็กกล้าชุบเคลือบสังกะสี (galvanized steel) การชุบเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อน เป็นการเคลือบผิวเหล็กด้วยสังกะสีโดยการจุ่มเหล็กลงในอ่างสังกะสีเหลวแล้วยกขึ้น วิธีนี้ถูกนำออกเผยแพร่ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1742 โดยนักเคมีชาวฝรั่งเศส P.J. Malouin



รูปที่ 2-7 ขั้นตอนวิธีการชุบเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อน

การชุบเคลือบสังกะสีปิดผิวเหล็กทำให้ออกซิเจน ไอน้ำ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งคลอไรด์ (chloride) ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนเหล็กได้ดี ไม่สามารถสัมผัสและทำปฏิกิริยากับเหล็กได้จึงเป็นการป้องกันระดับหนึ่ง นอกจากนี้ในกรณีที่ผิวเคลือบสังกะสีถูกแรงกระทำจนเกิดรอยลึกถึงเนื้อเหล็กแล้ว สังกะสีก็ยังคงสามารถป้องกันเหล็กจากการกัดกร่อนได้ เนื่องจากสังกะสีเป็นโลหะที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าเหล็ก (ภาพข้างบน) จึงเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ง่ายกว่าเหล็ก ลักษณะการใช้โลหะที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำร่วมกับโลหะที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าเพื่อให้โลหะที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าเกิดปฏิกิริยากัดกร่อนก่อนโลหะที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าสูงเรียกว่า การป้องกันแบบแคโทดิก (cathodic protection)[2]



ชิ้นงานที่เคลือบสี (ซ้าย) เมื่อสีเคลือบหลุดชั้นเหล็กจะถูกกัดกร่อนได้ง่ายกว่าชิ้นงานเคลือบสังกะสี (ขวา) เพราะสังกะสีรอบข้างจะเกิดปฏิกิริยาก่อนเหล็ก

รูปที่ 2-8 ลักษณะในการป้องกันการเกิดสนิม

---

[2] บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเหล็กชุบเคลือบสังกะสี**. [สืบค้น เมื่อ 10 ธันวาคม 2549]. http://www.isit.or.th/techinfoview.asp

การนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์เหล็กชุบเคลือบสังกะสีสามารถนำไปใช้งานได้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมก่อสร้าง และอุตสาหกรรมอื่น ๆ แต่มีข้อสังเกตอย่างหนึ่ง คือ ชิ้นงานที่เคลือบสังกะสีเป็นชั้นบางจะไม่เหมาะสำหรับการใช้งานภายนอกอาคาร อย่างเช่น ชิ้นงานที่เคลือบสังกะสีด้วยวิธีเคลือบด้วยไฟฟ้ามีชั้นเคลือบหนาประมาณ 5 – 10 ไมครอน (ไมครอน = 10^{-6} m) ซึ่งไม่เหมาะกับงานภายนอกอาคาร ขณะที่ชิ้นงานเหล็กที่ชุบเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อนจะมีชั้นเคลือบสังกะสีหนาตั้งแต่ 65 – 300 ไมครอน ทำให้มีความทนทานต่อการกัดกร่อนจากสภาพแวดล้อมมากกว่าจึงเหมาะกับการใช้งานภายนอกอาคารมากกว่า

การใช้งานเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีแบบต่าง ๆ

เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อน เช่น

- หลังคา
- ผนังโรงงาน (ทาสีทับ)
- รางน้ำ
- แท้งค์น้ำ
- งานท่อ (Piping)
- ท่อระบายอากาศ (Vent duct)
- Partition frame

เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อนและอบ เช่น

- อุตสาหกรรมยานยนต์

เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีโดยกรรมวิธีไฟฟ้า เช่น

- เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน
- ฝาครอบคอมพิวเตอร์ (Computer casing)
- อุตสาหกรรมยานยนต์

หมายเหตุ * สำหรับเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อนในประเทศไทย จะเป็นแบบที่มีลวดลาย แพรวพราว (Spangle) ของผลึกซึ่งลวดลายนี้อาจยังปรากฏให้เห็นได้หลังการเคลือบสีทับทำให้ความ (Minimum spangle หรือ Spangle free) จะต้องควบคุมปริมาณตะกั่วที่ผสมในอ่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สังกะสีหลอมเหลวให้ต่ำกว่า 0.15% และใช้เทคนิคให้เกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว หรือเพิ่มปริมาณนิวเคลียสที่ผิวเคลือบ (เช่น การพ่นด้วยผงสังกะสี) เพื่อยับยั้งการโตของผลึกสวยงามลดลง

2.2 มาตรฐานสำหรับการออกแบบโครงสร้าง

ปัจจุบันการใช้โครงสร้างเหล็ก สำหรับอาคารประเภทต่างๆทั้ง อาคารโครงสร้างขนาดใหญ่ เช่น อาคารสูง โรงงาน สะพานข้ามแยก มีเพิ่มมากขึ้น โดยมีหลายสาเหตุที่เป็นสิ่งพลักดันให้โครงสร้างเหล็กเป็นที่ยอมรับมากขึ้น อาทิเช่น ความจำเป็นในการที่ต้องเร่งก่อสร้างอาคารหรือสะพานให้เสร็จโดยเร็วในระยะเวลาที่จำกัด ความต้องการพื้นที่ใช้สอยที่โล่งกว้างขนาดใหญ่ หรือความต้องการอาคารที่มีจำนวนชั้นเพิ่มมากขึ้นในขณะที่มีความสูงเท่าเดิม โดยมีการนำโครงสร้างเหล็กมาประยุกต์ใช้ในงานที่หลากหลายขึ้น ตั้งแต่อาคารโรงนา บ้านพักอาศัยไปจนถึงอาคารสูงระฟ้า ทั้งนี้ก็ด้วยการคิดค้นและปรับปรุงวิธีการใช้เหล็กโดยเอาจุดแข็งมาใช้ และการแก้ไขปรับปรุงผสมกับวัสดุอื่นๆเพื่อแก้ปัญหาในเรื่องจุดอ่อนของเหล็ก และเพื่อให้ได้เหล็กที่มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น (Composite) เช่นมีความสามารถในการป้องกันการกัดกร่อนจากสนิมเหล็กได้ดีขึ้น กันไฟและความร้อนได้นานขึ้น กำลังในการรับแรงที่มากระทำต่อโครงสร้างมากขึ้นในขณะที่น้ำหนักเท่าเดิมหรือเบากว่าเดิม เพิ่มความยืดหยุ่นของเหล็ก (Ductility) เพื่อรับการสั่นสะเทือนมากขึ้นและเพื่อประสิทธิภาพของโครงสร้างนอกจากนี้ยังอาจรวมไปถึงการปรับปรุงวิธีการออกแบบของวิสวกรโยธา เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการทางธุรกิจ เป็นต้น ทำให้โครงสร้างเหล็กเป็นระบบโครงสร้างที่กำลังได้รับความนิยมอย่างสูง ดังจะเห็นได้ว่าประเทศที่พัมนาแล้วและกำลังพัฒนา ใช้โครงสร้างอย่างแพร่หลาย

การปรับคุณภาพเหล็กและคุณสมบัติต่างๆยังมีอย่างต่อเนื่อง โดยเอาข้อด้อยจากสภาพปัญหาจากการใช้งานจริงมาพิจารณาแก้ไข การปรับปรุงขั้นตอนการออกแบบเพื่อให้มีความปลอดภัยต่อผู้ที่ใช้สอย โดยจะเห็นได้จากข้อแนะนำการออกแบบของ AISC (American Institute of Steel Construction) หรือมาตรฐานอื่นๆ ทั่วโลกได้ปรับปรุงอยู่ตลอดเวลา ขณะเดียวกันการลดต้นทุนการผลิตก็ดำเนินอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ราคาโครงสร้างเหมาะสมกับการประกอบการ ปัจจุบันการใช้โครงสร้างเหล็กเป็นไปอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แหล่งผลิตเหล็กมีอยู่หลายๆแห่งทั่วโลก ทั้งอเมริกา เอเชีย ยุโรป และการคมนาคมสะดวกมากในปัจจุบันดังนั้นการลำเลียงเหล็กรูปพรรณและเหล็กแผ่นจากโรงงานผลิตมายังจุดใช้งาน จึงไม่เป็นอุปสรรคใดๆ ประกอบกับความชำนาญงานของวิศวกรและช่างเทคนิคมีมากพอ และเป็นวิทยาการที่แพร่หลาย สิ่งเหล่านี้ทำให้การใช้โครงสร้างเหล็กเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา และมีความต้องการโครงสร้างพื้นฐานในด้านต่างๆมาก เช่น ถนนหนทาง ระบบสาธารณูปโภคสาธารณูปการต่างๆ โครงสร้างอาคาร ที่พักอาศัย ฯลฯ โครงสร้างเหล็กจึงมีบทบาทเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ความต้องการ การใช้โครงสร้างเหล็กอย่างมีประสิทธิทำให้ภาครัฐและเอกชนได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็กในประเทศให้สามารถรองรับความต้องการการใช้เหล็กภายในประเทศได้อย่างเพียงพอ จึงมีการส่งเสริมการตั้งโรงงานผลิตเหล็กขึ้นในประเทศไทยเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตวัสดุเหล็กให้แข่งขันกับวัสดุประเภทอื่นๆได้ ซึ่งก็นับได้ว่าเป็นปัจจัยในการสร้างความเจริญให้กับประเทศได้ ความพร้อมทางด้านบุคคลและวิทยากรในในประเทศไทยจัดได้ว่าอยู่ในชั้นดี ประกอบกับค่าวิชาชีพของวิศวกร สถาปนิก ช่างเทคนิค ช่างเชื่อม ช่างติดตั้งอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ที่ควรจะเป็นเมื่อเทียบกับมาตรฐานโลก ทำให้ราคาของโครงสร้างเหล็กอยู่ในขั้นดีที่ให้ความเหมาะสมกับการประกอบการทางด้านธุรกิจ ดั้งนั้นทางภาครัฐและเอกชนจึงให้ความสนใจมากขึ้นเรื่อยๆ ดังจะเห็นได้จากโครงสร้างต่างๆ ที่เกิดขึ้นใหม่จะใช้โครงสร้างเหล็ก และสิ่งนี้ก็เป็นสิ่งที่ทราบดี ของคนต่างชาติที่มีความชำนาญทางโครงสร้างเหล็กที่คิดจะเข้ามาประกอบการในประเทศหรือเข้ามาแล้ว ซึ่งมีการนำเทคนิคใหม่ๆเข้ามาใช้

อนึ่ง การออกแบบมาตรฐานการออกแบบ การกำหนดมาตรฐานการทำงาน และมาตรฐานของวัสดุพร้อมทั้งวิธีตรวจเช็คคุณภาพของงานให้ได้มาตรฐานสากลมีความจำเป็นมากๆ เพื่อความปลอดภัยต่อสาธารณะชน องค์การของรัฐ หรือวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ มีบทบาทอย่างสูงทั้งในปัจจุบันและอนาคต ของโครงสร้างเหล็กในประเทศไทย

มาตรฐานที่ใช่เพื่อการออกแบบงานเหล็ก[3]

โครงสร้างเหล็กมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานแล้ว สำหรับประเทศที่มีการพัฒนามาก่อน เช่น อเมริกา ประเทศในแถบทวีปยุโรป ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น เป็นต้น แต่ละประเทศจะมีมาตรฐาน (Code of Steel) ของตัวเองแต่ทุกๆประเทศจะมีพื้นฐาน (Fundamental) ทฤษฎี (Theory) เดียวกันมีความแตกต่างบ้างเล็กน้อยในรายละเอียดเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศที่ใช้ และประเภทของงาน สำหรับมาตรฐานที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและทันสมัยที่สุดเป็นอันดับต้นๆมีดังนี้

- AISC American Institute of steel Construction, Inc
- AISI American Iron and Steel Institute

---

[3] (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, โครงสร้างเหล็ก-มาตรฐานการออกแบบและประยุกต์ใช้, 2541-2542: 76)

- AWS American Welding Society
- ISO 9000 International Standard Organization 9000

- AISC ใช้สำหรับ Normal gage Steel ซึ่งมีความหนาตั้งแต่ 0.1875 นิ้วขึ้นไป
- AISI ใช้สำหรับ Light gage Steel ซึ่งมีความหนาน้อยกว่า 0.1875 นิ้ว

ความจำเป็นที่ต้องแยกออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆ ข้างต้นเนื่องจากพฤติกรรม (Behavior) ของเหล็กมีความแตกต่างกัน Local Buckling, Effective Area, Cold Work of Forming, Welding และอื่นๆ

ชนิดของเหล็ก (Steel, Bolt and Welding Electrodes)

เหล็กมีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับส่วนผสมเพื่อความเหมาะสมคงทนของงาน และมาตรฐาน (Standard Specification) ของแต่ละประเทศก็จะมีเป็นของตัวเอง ใช้ชื่อแตกต่างกันออกไป เช่น ASTM, JIS, ม.อ.ก. เป็นต้น สำหรับมาตรฐานที่แพร่หลาย และมีข้อมูลที่กว้างขวาง และมีสิ่งคิดค้นใหม่ๆเสมอคือ

- ASTM American Society for Testing and Materials

ดังที่กล่าวมาแล้วประเภทของเหล็กจะแยกคุณสมบัติเพื่องความเหมาะสมของงาน และประเภทที่ใช้อยู่เสมอสำหรับงานพื้นฐานทั่วๆไป สำหรับงานอุตสาหกรรมเบาและหนัก อาคารสูง สำหรับพักอาศัยและทำงาน รวมไปถึงสาธารณูปโภคต่างๆ เช่น สะพาน หอส่งไฟฟ้าแรงสูง หอสูง คือ

- ASTM A36 (Fy = 36 ksi)
- ASTM A572 High Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Steel of Structure Quality (Fy = 42 to 65 kis)
- ASTM A588-80 (Fy = 50 ksi)

สำหรับเหล็กที่มีคุณสมบัติพิเศษ เช่น ป้องกันสนิม COR-TEN STEEL (Atmospheric Corrosion Resistant Steel) และอื่นๆ ยังมีอีกมากมายขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับประเภทการใช้งาน นอกจากนั้นการเลือกใช้ Bolt และ Welding Material วิธีการยังมีความจำเป็นต่อความแข็งแรงและประสิทธิภาพของงานพร้อม ทั้งราคาด้วย

BOLT แบ่งป็น

- ASTM A 307 Machine Bolt สำหรับ Shear Connection
- ASTM A 325. A490 High Strength Bolt สำหรับ Moment Connection

CONNECTION แบ่งเป็น

- Shear Connection
- Moment Connection ซึ่งแยกเป็น Friction type และ Bearing type

WELDING

- Welding Electrodes (A WS A5.5) แบ่งเป็น E70xx, E80xx, E90xx, E100xx และ E110xx

WELDING METHOD แบ่งเป็น

Fillet Weld, Full Penetration Weld, Plug Weld เช่นเดียวกันวิธีเชื่อมขึ้นอยู่กับประเภทของงาน ลักษณะของงาน ขั้นตอนสำคัญที่ขาดไม่ได้คือ การตรวจเช็คคุณภาพ QA/QC (Quality Assurance/Quality Control) วิธีการตรวจเช็คมีหลายๆวิธี แล้วแต่ประเภทของการเชื่อม และการใช้ Bolt และระบบที่นิยมใช้มากสำหรับการ ควบคุมคุณภาพคือ ISO 9000 (International Standard Organization 9000) วิธีการตรวจเช็คการเชื่อมมีหลายวิธีคือ Ultrasonic Radio Graphic และ Magnetic Particle ที่นิยมกันมากและง่ายต่อการตรวจเช็คคือ Ultrasonic test

2.3 ความเสียหาย อันเกิดจากปรากฏการณ์ของธรรมชาติ

2.3.1 การกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ Condensation

สำหรับอาคารพักอาศัย ปรากฏการณ์นี้ มักเกิดภายในเนื้อของวัสดุก่อสร้าง หรือบริเวณภายในของโครงสร้างส่วนต่างๆของอาคาร ความหมายและกลไกของ Condensation คือ การเปลี่ยนแปลงของไอน้ำในอากาศ กลายเป็นหยดน้ำ เริ่มเกิดขึ้น เมื่อปริมาณของไอน้ำในอากาศเพิ่มขึ้น จนมีปริมาณเท่ากันกับ ปริมาณของไอน้ำที่อุณหภูมิในขณะนั้น (dew point) สามารถพยุงให้ลอยตัวอยู่ได้ เมื่อปริมาณไอน้ำเพิ่มมากขึ้น ปริมาณส่วนเกินที่อากาศไม่สามารถพยุงไว้ได้นั้น ก็จะแปรสภาพเป็นหยดน้ำ บรรยากาศขณะนั้นจะเย็นลง จนมีอุณหภูมิในระดับต่ำกว่า dew point (อุณหภูมิ ในระดับสูงสุด ที่อากาศสามารถพยุงไอน้ำไว้ได้)

กรณีการเกิดของ Condensation กล่าวโดยสรุป เกิดขึ้นเมื่ออากาศที่อุ่นร้อน กระทบกับผิววัสดุที่เย็นกว่า ทำให้อากาศส่วนที่อุ่นร้อนนั้นเย็นลง ต่ำกว่า dew point หรือ มีการเพิ่มปริมาณไอน้ำเกินขีดจำกัดดังกล่าว ส่วนเกินที่เกิดขึ้น จึงกลายเป็นหยดน้ำ เพราะเหตุที่ว่าอากาศเย็นไม่สามารถพยุงไอน้ำในอากาศ ได้มาก เท่ากับอากาศที่อุ่น หรือร้อนกว่า อากาศที่พร้อมจะแปรสภาพ (saturated) เมื่อมีความสามารถ พยุงปริมาณไอน้ำไว้ได้สูงสุดในระดับอุณหภูมิหนึ่ง ระดับอุณหภูมินี้คือ dew point หากมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ กล่าวคือ เมื่ออากาศที่ยังไม่ saturated เย็นลงจากกรณีใดๆก็ตาม จนถึงระดับที่อากาศพร้อมแปรสภาพ หรือ เป็น saturated air (คืออากาศที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ 100%) อุณหภูมิระดับนั้นเรียกว่า dew point ปริมาณอากาศที่เย็นลงต่ำกว่า dew point มากเท่าไร ก็จะมีผลต่อปริมาณการเกิด Condensation มากขึ้นเท่านั้น

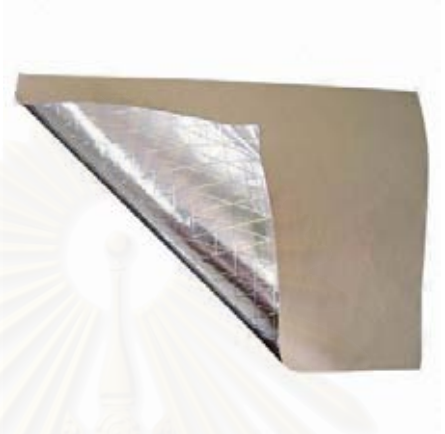
2.3.2 การป้องกันน้ำและไอน้ำสำหรับอาคาร

(from Cowan, Henry J. and Peter R. Smith, The Science and Technology of Building Materials, "Exclusion of Water and Water Vapor", New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1988, pp.29-37.)

การแทรกซึมของน้ำ สามารถนำความเสียหายให้ กับอาคาร และผู้อยู่อาศัย ได้มากมาย การเลือกวัสดุก่อสร้าง และการออกแบบรายละเอียด ในส่วนงานก่อสร้าง ของ อาคารมีส่วนสำคัญอย่างมาก ในการป้องกันน้ำสำหรับอาคาร ความรู้เรื่อง ลักษณะของอากาศเฉพาะแห่งของที่ตั้งอาคาร ก็สำคัญเช่นเดียวกัน เพราะจะมีผลต่าง ในการแทรกซึมของน้ำเข้าสู่อาคาร อันเกิดจากปัจจัยของอุณหภูมิและความชื้นรวมกัน เป็นเหตุของการเกิด Condensation ขึ้นในส่วนต่างๆ ของอาคาร วัสดุที่มีเนื้อพรุน (porous materials) สามารถใช้กับอาคาร ได้ในสถานที่ ที่มีการแทรกซึม ของความชื้นค่อนข้างช้า ส่วนวัสดุที่มีผิวหรือเนื้อแน่นสูงๆ (impermeable materials) จะเหมาะใช้ในส่วนที่กันน้ำแทรกซึม เช่น ใช้รองรับตรงส่วนต่อ ของหลังคา (flashing) หรือ เป็นส่วนหนึ่ง ของชั้นผิวของหลังคา (roof membranes) หรือ เป็นชิ้นส่วนป้องกันน้ำและความชื้นโดยตรง (damp-proof courses) ใน ส่วนที่สำคัญต่างๆ ของอาคาร

วัสดุที่ใช้ป้องกันไอน้ำ (vapor barriers) เป็นสิ่งจำเป็นในการจำกัดการ ซึมผ่านของไอน้ำหรือละอองน้ำในอากาศ ภายในอาคาร ที่จะแทรกซึม ไปรวมตัวกันอยู่ ในฉนวนของกำแพง หรือหลังคา หลังคา และ กำแพง ต่างๆ สามารถที่จะออกแบบ ให้กั้นการแทรกซึม หรือไหลผ่านของน้ำได้ในสถานที่ ที่มีลมพัดแรงและความกดดันของอากาศสูง จำเป็นที่ต้องพิถีพิถัน ในการออกแบบป้องกันน้ำสูง โดยเฉพาะตรงบริเวณที่เป็นรอยต่อ ของผืนหลังคา หรือผนังกำแพงต่างๆ จะต้องแยกการพิจารณา ในการออกแบบ ปริมาณของ น้ำฝนและแรงดันของน้ำจากกันไม่มีวัสดุใด ที่จะคง

สภาพ เหมือนเดิมตลอดไป ในแง่ความคาดหวังต้องการให้มีอายุการใช้งาน เท่ากับการใช้อาคารเท่านั้น แต่ตามสภาพที่เป็นจริงแล้ว วัสดุบางชนิด เช่นเหล็ก หรือ โลหะ มักจะเสื่อมสภาพเร็ว เพราะสาเหตุการสึกกร่อนของเนื้อวัสดุเอง ส่วนวัสดุที่อ่อน ตัวง่าย เช่น แผ่นยางทึบ หรือใส ก็มักเปราะแยกและขาดได้ในเวลาอันควร ผิวที่มีการเคลือบ สารเคมี หรือ สี ก็มีความจำเป็นต้องมีการเคลือบผิวใหม่เสมอ การเลือกใช้วัสดุ



รูปที่ 2-9 Vapor Barrier Manufacturers

* ที่มา : Vapor Barrier Suppliers

Key Specifications/Special Features[4]

- Features:
  - Used as jacket facing for glass wool, rock wool, PU foam and other insulation to protect them against vapor moisture
- Specifications:
  - FSK-7150A:
    - Foil: 7m
    - 3-way scrim: 8 x 12 threads
    - Polyethylene
    - Kraft: 50gsm, natural
    - FSK-7150B:
      - Foil: 7m

[4] Justin Liu, Jiangyin Meiyuan Industries Corporation .Vapor Barrier Suppliers.[cited 2006 May 19]. http://www.washingtonpost.com/wp-srv/Wplate.

- 2-way scrim: 12.5 x 12.5mm space
- Polyethylene
- Kraft: 50gsm, natural
- Roll width: 1.0, 1.2, 1.25, 1.30m
- Roll length: 60, 120, 300, 500, 1,800, 3,000m

- Outer packing:
  - 60m roll: plastic shrinking sleeve
  - 120, 300, 500m rolls: kraft cardboard

1,800, 3,000m jumbo rolls: corrugated board and wooden pallet

ในการออกแบบอาคารต่างๆ จำเป็นต้องมีการพิจารณาถึง ปัญหาในการดูแลบำรุงรักษา และการเปลี่ยนซ่อมแซม ในอนาคตด้วยข้อมูลของอากาศ สำหรับฝนและลม น้ำเป็นสาเหตุสำคัญของความเสียหาย ที่เกิดกับวัสดุ และการใช้สอยภายในอาคารรวมทั้งการสร้างความรำคาญและความยุ่งยากต่างๆ ให้กับผู้อยู่อาศัย สาเหตุสำคัญของความเสียหายที่เกิดจากน้ำ คือ น้ำฝน หิมะ (ในประเทศ หนาว) condensation ที่เกิดจากไอน้ำในอากาศ (ในประเทศร้อนชื้น) และความชื้น ที่มาจาก พื้นดิน การออกแบบอาคาร มีความจำเป็น ที่ต้องทราบข้อมูล ของสภาพ อากาศ ในที่ตั้งของอาคารนั้นๆ เพื่อออกแบบป้องกัน ความเสียหายอันเกิดจากสาเหตุดังกล่าว กรมอุตุนิยมวิทยาที่ดี จะให้ข้อมูลที่ละเอียดพอเพียง สำหรับการออกแบบอาคาร ที่ต้องการความรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ การพิจารณาเรื่องลมและฝนรวมกัน มีความสำคัญในการออกแบบส่วนของอาคารทางแนวตั้ง เช่น ส่วนของหน้าต่าง ประตู และกำแพงภายนอก ดรรชนีของการไหลเร็วของฝน เป็นผลของข้อมูล ที่มีรายงานเป็นประจำปี ของค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน และความเร็วของลมทั้งปี แรงลม สามารถทำให้น้ำฝน ไหลลงล่างเร็วต่างกัน และไหลย้อนขึ้นได้ในบางส่วนของอาคาร เพราะเหตุการณ์ขวางทางลมของส่วนอาคารนั้น แรงดันของน้ำฝน อันมีลมเป็นเหตุ มีอัตรามากน้อย ขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวอาคาร และความสูงของอาคาร อาคารสูงๆจะมีแรงดัน ของน้ำฝนมากกว่า อาคารที่เตี้ยกว่า อาคารเตี้ยมักออกแบบพวกรอยต่อ ด้วย flashing เพื่อป้องกันน้ำฝนไหลลงตามแรงดึงดูดของโลกปกติ แต่อาคารสูง ที่ตั้งเด่นมีบริเวณโดยรอบ พวกรอยต่อต่างๆ ต้องออกแบบเป็นการยึด หรืออุดแน่น (sealed joints or drained joints)

บทที่ 3

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบโครงสร้างเหล็ก

3.1 การนำเหล็กมาใช้ในงานสถาปัตยกรรม

เหล็กถูกนำมาใช้เป็นวัสดุสำหรับสิ่งปลูกสร้างมากกว่า 2 ศตวรรษแล้ว โครงสร้างแรกสุดที่ได้รับการบันทึกไว้คือสะพานโค้งซึ่งมีช่วงยาว 30 เมตรสร้างในอังกฤษเมื่อปี 1779 โดยใช้เหล็กหล่อ จนถึงปลายศตวรรษ 18 ชิ้นส่วนเหล็กจึงมีการผลิตเป็นอุตสาหกรรม ทำให้การใช้โครงสร้างเหล็กเริ่มแพร่หลายในทวีปยุโรป เริ่มจากเหล็กรูปพรรณหน้าตัดฉากซึ่งผลิตในปี 1819 และรูป I ในปี 1849 ในฝรั่งเศส เมื่อมีการผลิตเหล็กรูปพรรณเป็นมาตรฐานเหล็กจึงได้รับความนิยม สำหรับงานก่อสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงสร้างสะพาน ซึ่งต้องการอัตราส่วนของความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง เพื่อให้มีช่วงกลางระหว่างเสาสามารถมีความยาวมากที่สุด จนถึงในศตวรรษ 1900 เหล็กจึงได้รับความนิยมสำหรับการสร้างอาคารสูง โดยเฉพาะในประเทศที่มีความเสี่ยงภัยเนื่องจากแผ่นดินไหวมาก เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เป็นต้น

สำหรับประเทศไทย เหล็กเป็นที่นิยมสำหรับโครงสร้างโรงงานและคลังสินค้ามานานแล้ว ส่วนการใช้โครงสร้างเหล็กสำหรับอาคารและบ้านพักอาศัยที่ผ่านมา ยังมีปัญหาอยู่หลายประการ ทำให้การพัฒนาโครงสร้างเหล็กทางด้านนี้ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร[1]

3.1.1 ระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

ระบบของโครงสร้างเหล็กรูปพรรณที่นำมาใช้ในการก่อสร้างอาคารสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทแต่นิยมกันทั่วไปได้แก่[2]

1. โครงหล็กเบา (Lightweight steel frame) หรือ โครงสร้างเหล็กขนาดเล็ก
2. โครงสร้างระบบเสา และคาน (Skeleton steel frame)
3. โครงข้อแข็ง (Steel rigid frame)
4. โครงถักเหล็ก หรือ โครงข้อหมุน (Steel truss)

3.1.1.1 โครงเหล็กเบา (Lightweight Steel Frame)

---

[1] วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย, “แนวโน้มและการพัฒนาโครงสร้างเหล็กในประเทศไทย,” โยธาสาร 5 (มิถุนายน 2538): 59.

[2] จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, “การก่อสร้างด้วยเหล็ก”, (กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร,2542), หน้า 61-67.

เป็นโครงสร้างระบบเดียวกับโครงไม้ขนาดเล็ก (Wood frame) ที่รู้จักกันดีในนามของ “Balloon Frame” และ “Platform Frame” โครงสร้างระบบนี้ใช้โครงเคร่าผนัง (Stud) รับน้ำหนักพื้นและหลังคา โครงเหล็กน้ำหนักเบาประกอบขึ้นจากเหล็กไลท์เกจ (Light gage steel) หรือเหล็กขึ้นรูปเย็น (Cold-formed steel section) ซึ่งมีรูปตัดเป็นรุปตัว U, ตัว C หรือมีรูปตัดเฉพาะเป็นโคร่งเคร่าผนัง โครงสร้างพื้นและโครงสร้างหลังคา ในต่างประเทศ บางพื้นที่นิยมใช้แทนการก่อสร้างด้วยไม้

3.1.1.2 โครงเหล็กระบบเสา และคาน (Skeleton Steel Frame)

ประกอบขึ้นจากเสาและคานเหล็ก เป็นโครงสร้างเหล็กที่นิยมใช้กันทั่วไป เหมาะกับอาคารทุกประเภท เช่น อาคารสำนักงาน ศูนย์การค้า โรงงาน สามารถนำมาใช้ในงานกับอาคารหลายๆชั้นหรืออาคารสูง และเริ่มได้รับความนิยมใช้กับอาคารพักอาศัย เนื่องจากมีการก่อสร้าที่สะดวกรวดเร็วและสามารถสร้างสรรค์รูปทรงได้อย่างอิสระมากขึ้น

เสาและคาน มักออกแบบโดยใช้เหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่มีขายในท้องตลาด ซึ่งมีขนาดรูปตัดมาตรฐาน เช่น เหล็กปีกกว้าง (Wide Flange) คานรูปตัว I และเหล็กรูปรางน้ำ ในกรณีที่รับน้ำหนักบรรทุกมากหรือพาดช่วงกว้างมากๆ ก็จะใช้โครงสร้างเหล็กประกอบ (Built-up section) หรือโครงสร้างเหล็กองค์ประกอบ (Composite section) ระยะห่างของเสา หรือช่วงพาดของคานปกติ 6.00 ถึง 12.00 เมตร

3.1.1.3 โครงข้อแข็ง (Rigid Frame)

เป็นระบบโครงสร้างที่ออกแบบให้เสา และคาน (โครงสร้างหลังคา) มีรอยต่อยึดติดกันแน่นเสมือนเป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อทำหน้าที่รับแรงร่วมกัน ทำให้สามารถลดโมเมนต์ดัดในคานลงได้ แต่จะเพิ่มดมเมนต์ดัดในเสามากขึ้นด้วย เป็นโครงสร้างที่ใช้พาดช่วงกว้างมากขึ้นกว่าระบบโครงสร้างเสาและคานปกติ มักใช้กับอาคารชั้นเดียวที่มีช่วงเสากว้าง (12.00 ถึง 45.00 เมตร) และมีความสูงมาก เช่น ห้องประชุม โบสถ์ โกดัง และโรงงาน โครงสร้างส่วนหลังคาและเสาจะต่อเนื่องเป็นโครงสร้างชิ้นดียวกัน เพื่อทำหน้าที่รับแรงร่วมกัน

โครงข้อแข็งมักประกอบขึ้นจากเหล็กรูปปีกกว้าง คานเหล็กรูปตัว I และเหล็กรูปตัดประกอบ อาจมีรูปตัดเป็นกล่อง (Box Section) หรือเป็นแผ่นเหล็กเชื่อมประกอบ (Welded plate girder) ก็ได้ โครงข้อแข็งมีอยู่หลายชนิดใช้พาดช่วงกว้างต่างๆกันไป ประมาณ 12.00 ถึง 45.00 เมตร

3.1.1.4 โครงถักเหล็ก หรือ โครงข้อหมุน (Steel Truss)

เป็นโครงสร้างที่ประกอบขึ้นจากรูปสามเหลี่ยมของแรง (Triangle of forces) นิยมใช้ทำคานหลัก หรือ โครงหลังคาที่พาดช่วงกว้างๆ มีอยู่หลายชนิดหรือหลายประเภท ซึ่งเหมาะที่จะนำไปใช้งานแตกต่างกันไป เหล็กเป็นวัสดุที่เหมาะกับการนำมาใช้ประกอบเป็นโครงถัก ทำให้พาดช่วงได้กว้าง หรือรับน้ำหนักได้มากขึ้น รูปตัดเหล็กรูปพรรณที่มีขายในท้องตลาดสามารถนำมาใช้ประกอบเป็นโครงสร้างประเภทนี้ได้เกือบทุกชนิด อยู่ที่ขนาด และชนิดของแรงที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนโครงสร้าง (Structural member) นั้นๆ ที่นิยมใช้กันมากคือ เหล็กฉากท่อเหล็กกลม (Structural tube) เหล็กรูปปีกกว้าง เหล็กรูปรางน้ำ เหล็กรูปตัว T เป็นต้น

โครงถัก (Trusses) อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ

- โครงถักระนาบเดียว (Linear trusses หรือ Simple trusses) ใช้กับช่วงพาดปกติ 7.50 ถึง 60.00 เมตร แบ่งออกได้หลายชนิด ใช้ได้ทั้งอาคารขนาดเล็กและขนาดใหญ่ เป็นโครงถักที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป
- โครงถักสามมิติ (Space truss หรือ Double layer trusses) เหมาะที่จะใช้พาดช่วงหรือคลุมเนื้อที่กว้างมาก (ประมาณ 24.00-200.00 เมตร) แบ่งออกได้เป็นอีกหลายชนิด ควรใช้กับอาคารขนาดใหญ่ หรือคลุมเนื้อที่มากเป็นพิเศษ เช่น ศูนย์ประชุม หรือ อาคารแสดงสินค้าขนาดใหญ่

3.1.1.5 การออกแบบโครงสร้างเหล็ก

การออกแบบโครงสร้างเหล็ก นอกจากทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ ที่จำเป็นต้องมีพื้นความรู้อย่างดีแล้ววิศวกรต้องอาศัยความรอบรู้ ในเชิงปฏิบัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องการให้รายละเอียดต่างๆ ของชิ้นส่วนตลอดของจนรอยต่อระหว่าง ชิ้นส่วนต่างๆ โครงสร้างในทางปฏิบัติแล้ว รูปแบบชิ้นส่วนของโครงสร้างเหล็ก มีทางเลือกพอสมควรต่างกับกรณีการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กที่มักจะมี แบบแผนค่อนข้างแน่นอน เช่น คาน ค. ส.ล.โดยปกติมักมีรูปตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีเหล็กเสริมสองแถว ด้านบนและด้านล่างของหน้าตัด และล้อมยึดด้วยเหล็กปลอก เป็นต้น แต่กรณีคานเหล็ก ออกจากมีหน้าตัดให้เลือกได้จากตารางเหล็กรูปพรรณมาตรฐานที่มีขายในท้องตลาดแล้ว วิศวกรอาจประกอบจากเหล็กรูปพรรณ หรือเหล็กแผ่นโดยการเชื่อม ดังนั้น การออกแบบโครงสร้างเหล็ก ถ้าวิศวกรที่มีประสบการณ์ไม่เพียงพอ หรือไม่ได้รับการฝึกฝนอบรมมาบ้าง มักเกิดความไม่มั่นใจในทางเลือก

และรายละเอียดที่เหมาะสมในกรณีเฉพาะต่างๆ เพราะทางเลือกมีหลากหลายเกินไป แต่ผู้มีประสบการณ์มักพบว่าการออกแบบโครงสร้างเหล็กให้โอกาสวิศวกรสามารถใช้ความติดสร้างสรรค์ได้มาก และเป็นเรื่องน่าท้าทายการศึกษานี้ จึงได้รวบรวมตัวอย่างของทางเลือกต่างๆ ในการออกแบบโครงสร้างเหล็ก มาใช้เป็นข้อมูลในการอ้างอิงประกอบการก่อสร้างอาคารโครงสร้างเหล็ก

บทสรุป

การออกแบบโครงสร้างเหล็ก ถ้าวิศวกรได้ทราบถึงทางเลือกต่างๆ ตลอดจนรายละเอียดที่จำเป็นในการก่อสร้างจริง ก็จะทำให้แบบก่อสร้างมีความสมบูรณ์มากขึ้น ลดปัญหาในการเปลี่ยนแปลงแก้ไขที่หน้างานและทำให้การตัดประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดจากโรงงาน

3.1.2 **การยึดต่อโครงสร้างเหล็ก** (Connections Bolting and Welding)[3]

องค์อาคารในโครงสร้างจะถูกยึดติดกันโดยรอยต่อเพื่อประกอบเป็นโครงสร้าง รอยต่อต้องทำหน้าที่รับและถ่ายแรงกระทำหรือแรงปฏิกิริยาจากองค์อาคารหนึ่งไปสู่องค์อาคารหนึ่งอย่างปลอดภัย รอยต่อประกอบด้วยชิ้นส่วนต่อและอุปกรณ์ยึดหรือชิ้นส่วนต่อและรอยเชื่อม ตัวอย่างของชิ้นส่วนต่อได้แก่ เหล็กแผ่น แผ่นประกับ เหล็กฉาก ตัวอย่างของอุปกรณ์ยึดได้แก่หมุดย้ำและสลักเกลียว แรงที่กระทำต่อรอยต่อ อาจเป็นแรงรวมศูนย์ ซึ่งหมายถึง แนวแรงกระทำผ่านศูนย์ถ่วงของรอยต่อ หรืออาจเป็นแรงเยื้องศูนย์ซึ่งหมายถึง แนวแรงกระทำที่ไม่ผ่านศูนย์ถ่วงของรอยต่อทำให้รอยต่อต้องรับทั้งแรงกระทำและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น เนื่องจากการเยื้องศูนย์ ดั้งนั้นชิ้นส่วนต่อและอุปกรณ์ในรอยต่อต้องได้รับการออกแบบให้มีกำลังเพียงพอ เพื่อต้านทานแรงที่กระทำอย่างปลอดภัย และการจัดสัดส่วนของรอยต่อต้องเป็นไปตามข้อกำหนดหรือมาตรฐานต่างๆ พื้นฐานในการออกแบบข้อต่อจะต้องมีสัดส่วนที่หน่วยแรงที่คำนวนได้ มีค่าน้อยกว่าหน่วยแรงที่ยอมให้ซึ่งได้จาก

ก. การวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับน้ำหนักกระทำบนโครงสร้าง หรือ
ข. การจัดสัดส่วนตามที่กำหนดของกำลังขององค์อาคารที่จะต่อเข้าด้วยกันตามความ เหมาะสม

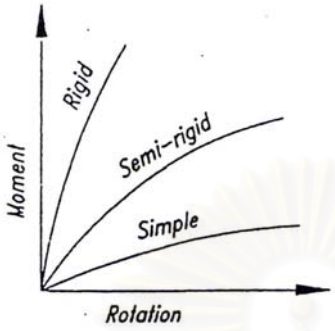
พฤติกรรมของข้อต่อในการออกแบบ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามวิธี ASD

[3](วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ [ว.ส.ท.], 2541-2542: 100)

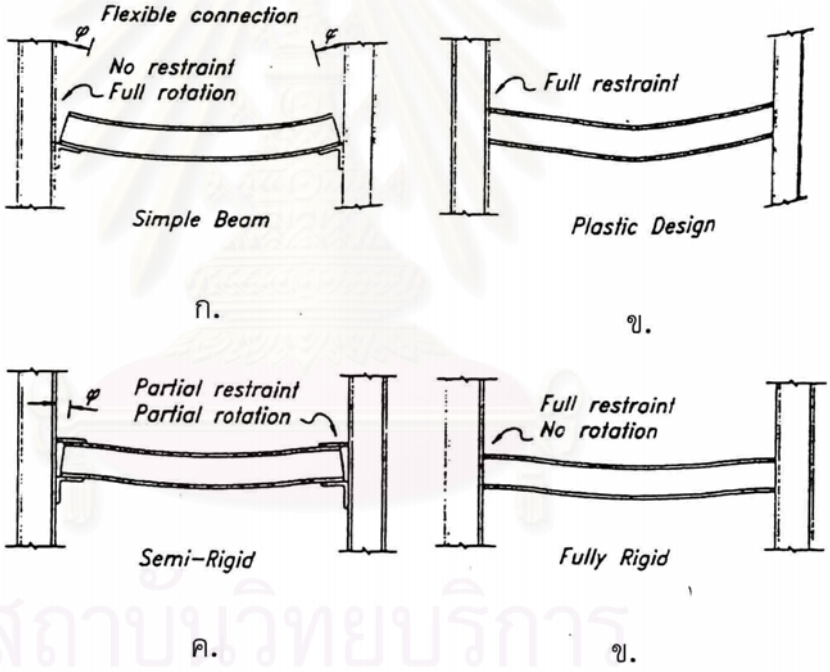
ก. ข้อต่อแบบง่าย Simple Connection

ข. ข้อต่อรับโมเมนต์ดัด Rigid Connection

ค. ข้อต่อรับโมเมนต์ดัดบางส่วน Semi-Rigid Connection



รูปที่ 3-1 ประเภทของข้อต่อในการออกแบบ



รูปที่ 3-2 ตัวอย่างข้อต่อ 3ประเภทระหว่างคานกับเสา

* ที่มา : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, “โครงสร้างเหล็ก-มาตรฐานการออกแบบและประยุกต์ใช้”

ข้อต่อหรือรอยต่อแบบง่าย

สำหรับข้อต่อหรือรอยต่อแบบง่าย นอกจากจะกำหนดไว้เป็นอย่างอื่นในเอกสารการออกแบบ ข้อต่อหรือรอยต่อแบบง่ายของคาน คานหลัก หรือโครงถักจะต้องออกแบบให้หมุนได้ง่ายและโดยทั่วไปจะออกแบบให้รับเฉพาะแรงเฉือนเท่านั้น ข้อต่อหรือรอยต่อของคานที่หมุนได้ง่ายจะต้องออกแบบให้ปลายคานสามารถหมุนได้แบบไม่มีการยึดรั้ง (คานช่วงเดียว) และเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังกล่าวอาจยอมให้มีการเปลี่ยนรูปแบบไม่เป็นอิลาสติกที่มีการป้องกันการเสียรูปมากเกินกำหนดด้วยตัวรอยต่อเอง

ข้อต่อหรือรอยต่อรับแรงดัด

สำหรับข้อต่อหรือรอยต่อรับแรงดัด ณ ปลายที่มีการยึดรั้งของคาน คานหลักหรือโครงถักจะต้องออกแบบให้รับผลรวมของแรงเนื่องมาจากแรงดัดและแรงดัดละแรงเฉือนอันเกิดจากการคงรูปของข้อต่อหรือรอยต่อนั้น

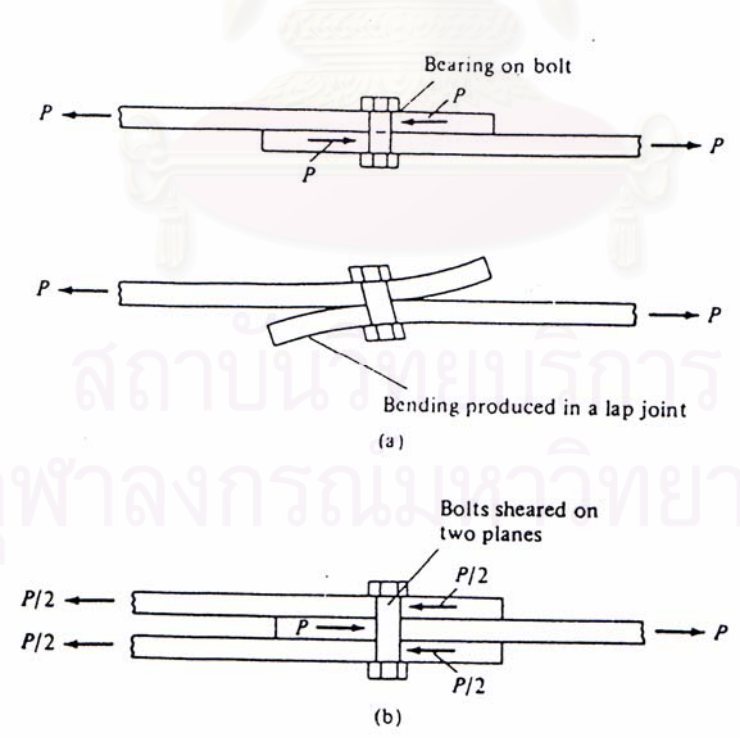
ลักษณะของรอยต่อ

1.รอยต่อแบบทาบ (Lap Joint) เกิดแรงเยื้องศูนย์

2. รอยต่อแบบประกับ (Butt Joint)

2.1 แผ่นเหล็กประกับเดี่ยว เกิดแรงเยื้องศูนย์

2.2 แผ่นเหล็กประกับคู่ ไม่มีการเยื้องศูนย์



รูปที่ 3-3 ลักษณะรอยต่อแบบทาบ (a) และแบบประกับ (b)

ประเภทของการวิบัติของรอยต่อ

1.การวิบัติเนื่องจากแรงเฉือนของอุปกรณ์ยึด

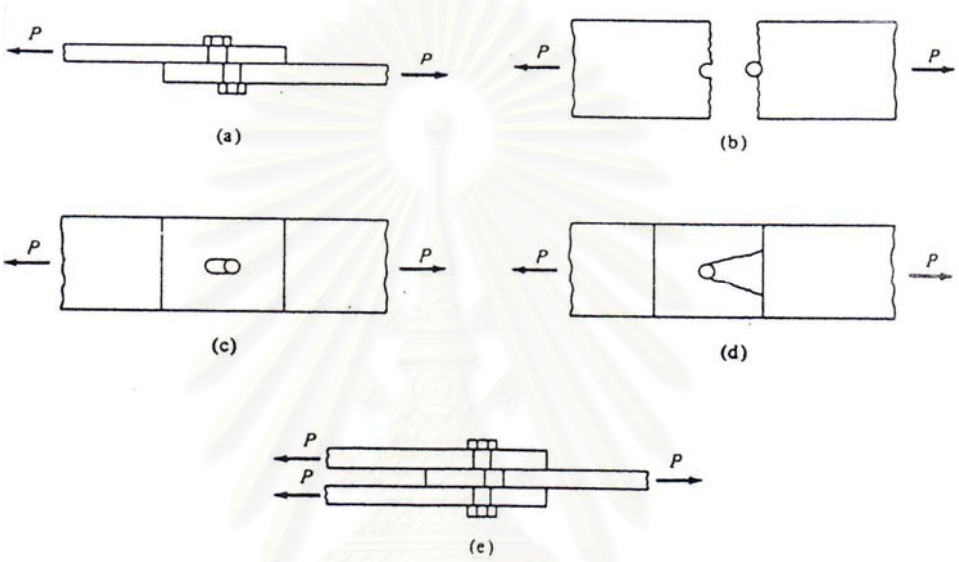
2.การวิบัติเนื่องจากแรงแบกทานของแผ่นเหล็กหรือองค์อาคาร

3.การวิบัติเนื่องจากแรงดึงขององค์อาคาร

4.การวิบัติเนื่องจากแรงดึงและแรงเฉือน (Block Shear) ขององค์อาคาร

5.การวิบัติเนื่องจากการดัดของอุปกรณ์ยึด

6.การวิบัติเนื่องจากการฉีกขาดขององค์อาคารบริเวณระยะขอบ



รูปที่ 3-4 ประเภทการวิบัติของรอยต่อ

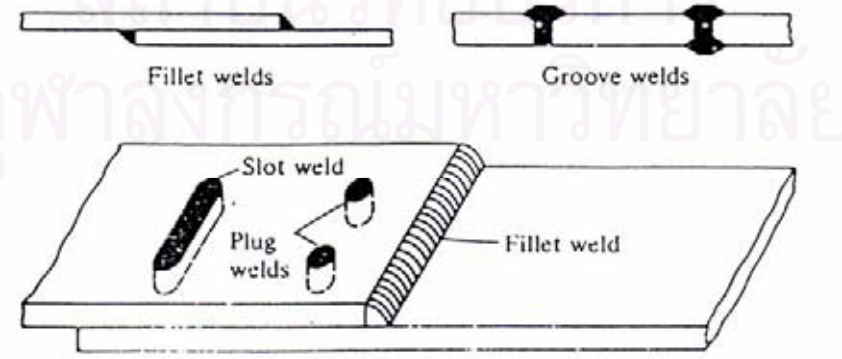
การเชื่อม

การเชื่อมแบ่งออกเป็น 3 แบบที่สำคัญได้แก่

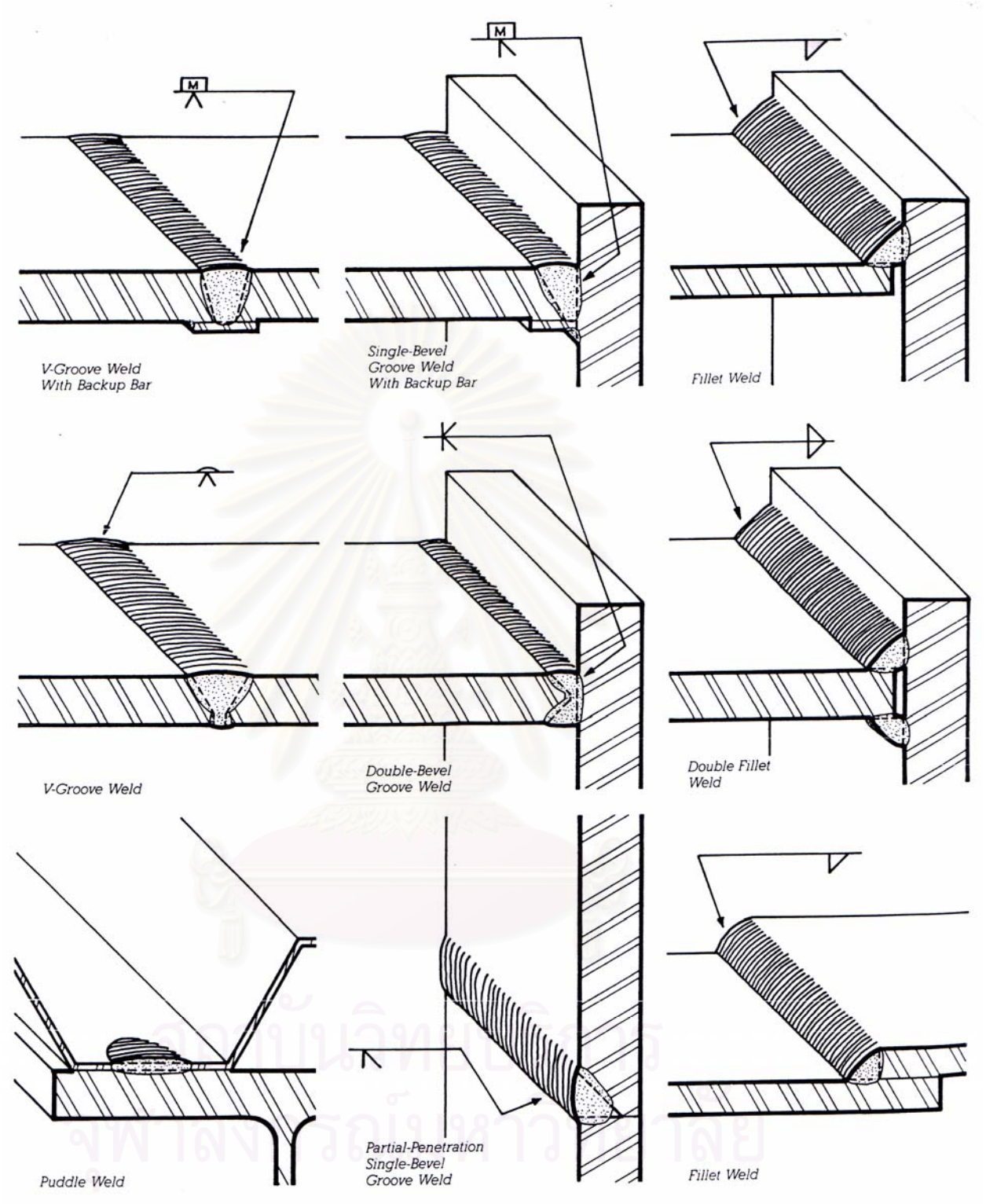
1. การเชื่อมแบบบากร่อง (Groove Welds)

2. การเชื่อมแบบทาบ (Fillet Welds)

3. การเชื่อมแบบอุดรูและแบบอุดร่อง (Plug Welds and Slot Welds)

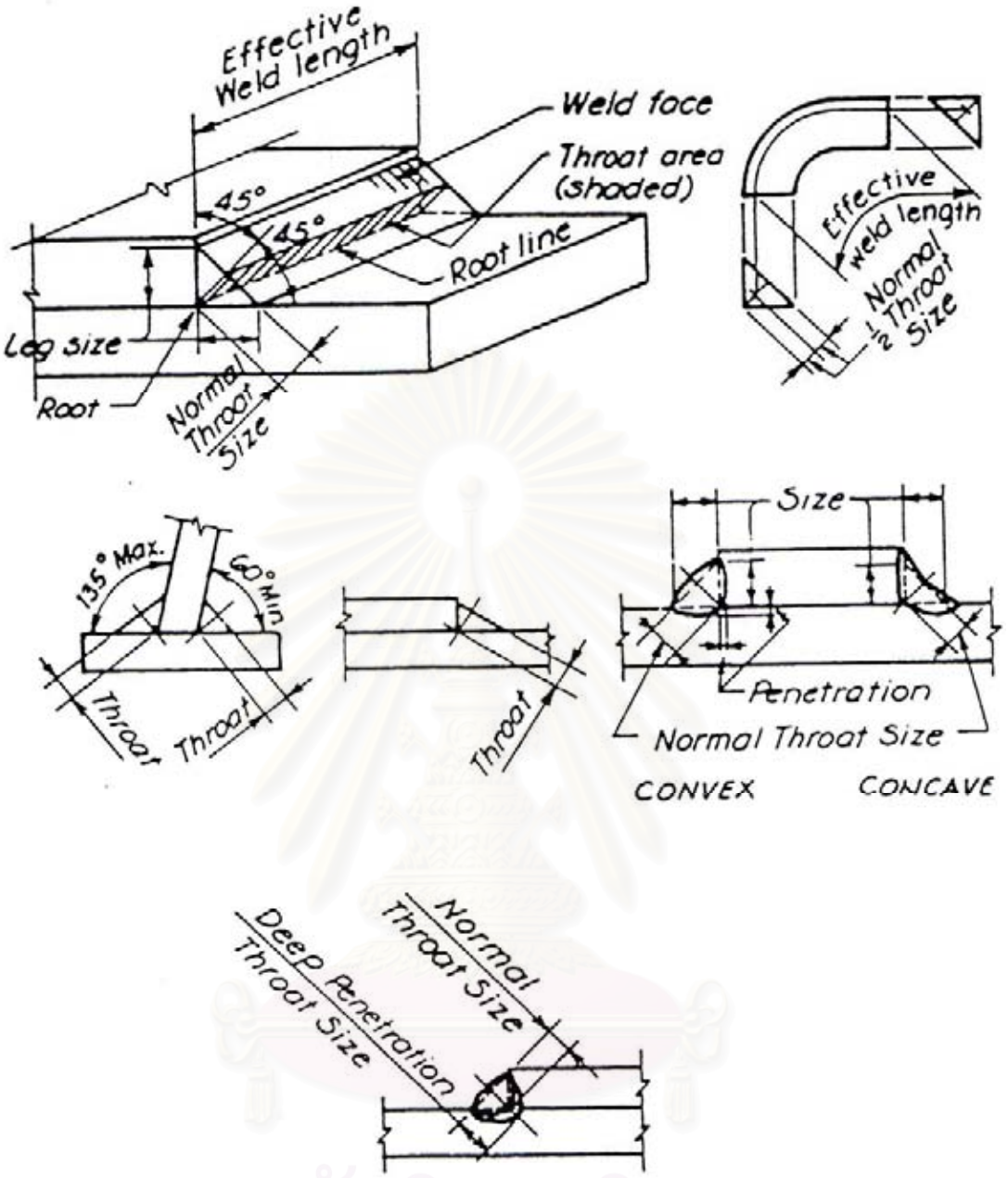


รูปที่ 3-5 รูปแบบของการทำรอยต่อด้วยวิธีการเชื่อมไฟฟ้ารูปแบบต่างๆ



รูปที่ 3-6 รูปแบบของการเชื่อม (ต่อ)

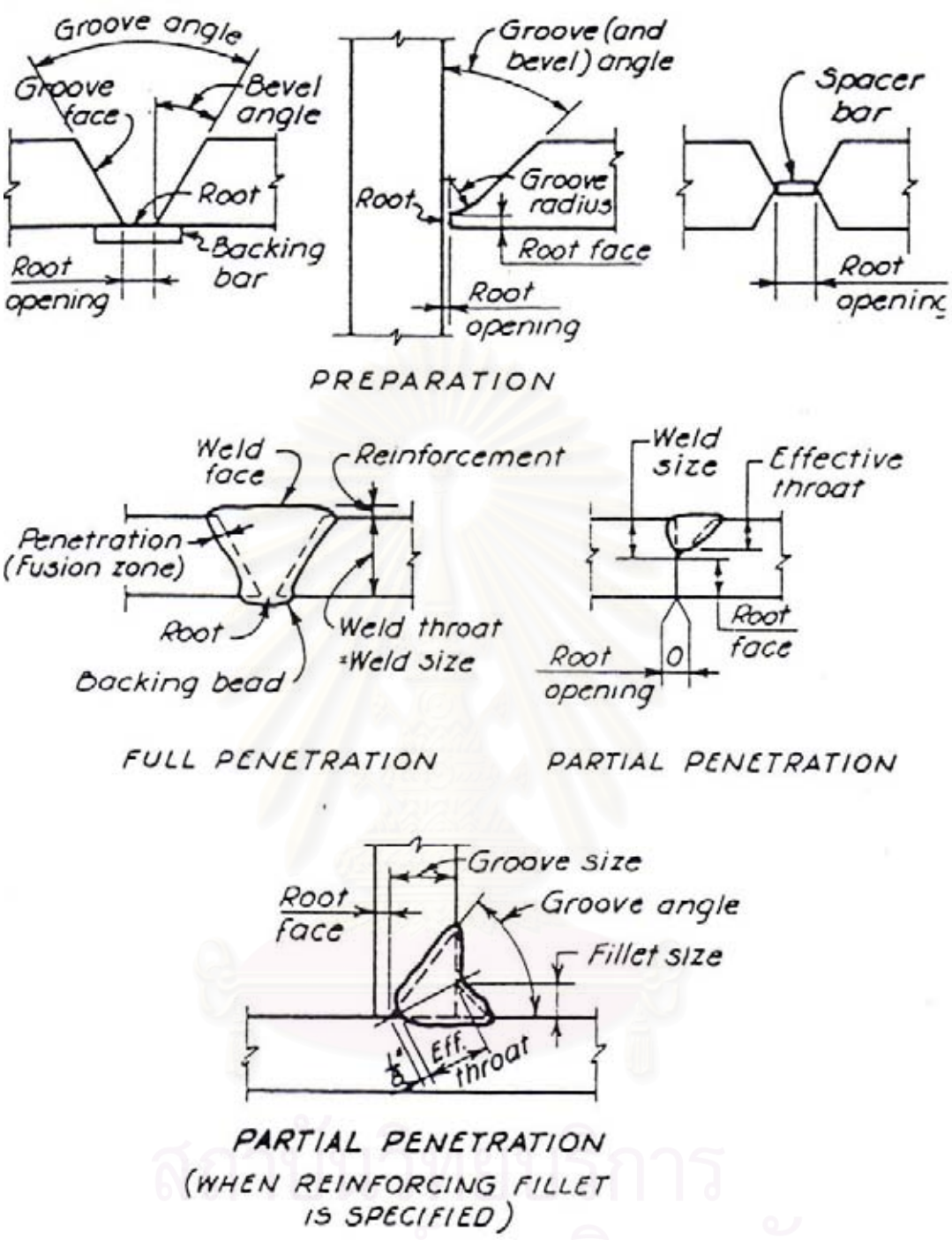
* ที่มา: FUNDAMENTALS OF BUILDING CONSTRUCTION



รูปที่ 3-7การเชื่อมแบบทาบ

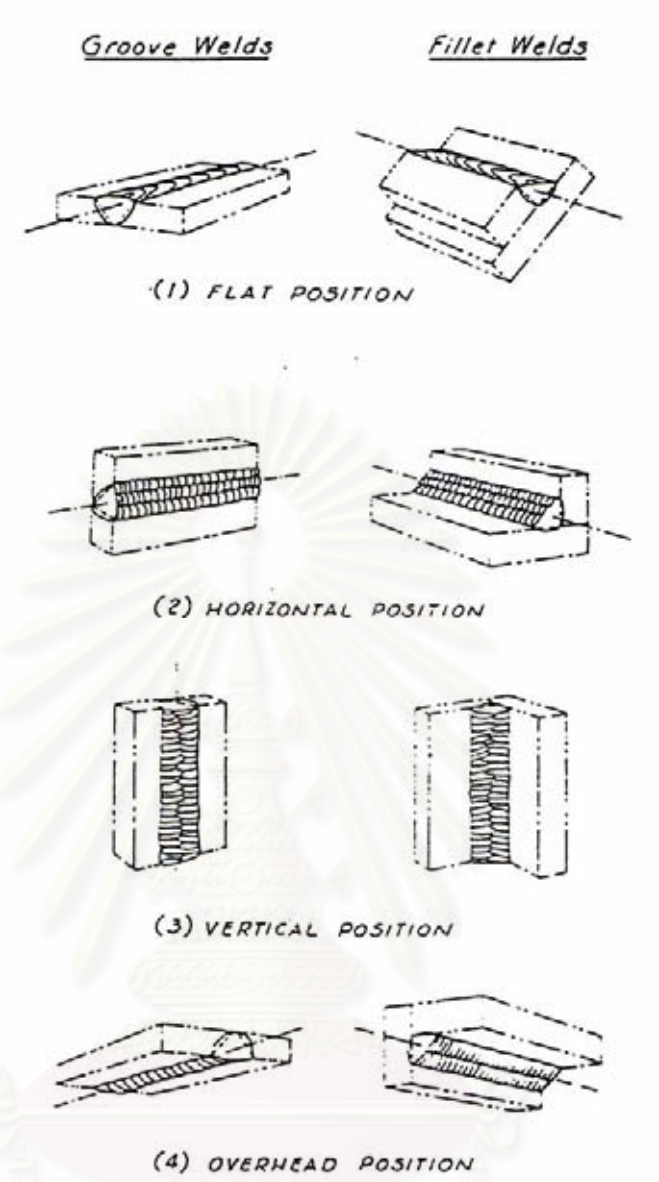
* ที่มา : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, “โครงสร้างเหล็ก-มาตรฐานการออกแบบและประยุกต์ใช้”

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-8 การเชื่อมแบบบากร่อง

* ที่มา : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, “โครงสร้างเหล็ก-มาตรฐานการออกแบบและประยุกต์ใช้”



รูปที่ 3-9 ตำแหน่งของการเชื่อม

* ที่มา : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, “โครงสร้างเหล็ก-มาตรฐานการออกแบบและประยุกต์ใช้”

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การประกอบชิ้นงาน การติดตั้ง และการควบคุมคุณภาพ[4]

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงข้อกำหนดสำหรับแบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้าง การประกอบชิ้นงาน การทาสีจากโรงงาน การติดตั้งและการควบคุมคุณภาพ

3.2.1 แบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้าง

แบบรายละเอียดการก่อสร้างจะต้องแสดงรายละเอียดที่จำเป็นสำหรับการประกอบชิ้นส่วนต่างๆของโครงสร้าง ซึ่งประกอบด้วยตำแหน่ง ชนิด และขนาดของรอยเชื่อม สลักเกลียวและหมุดย้ำ อย่างครบถ้วน ซึ่งจะต้องจัดเตียมไว้ล่วงหน้าก่อนการประกอบชิ้นงานจริง แบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้างเหล่านี้จะต้องจำแนกการเชื่อมจากโรงงานและเชื่อมที่หน้างานรวมทั้งการใช้สลักเกลียวให้ชัดเจน อีกทั้งจะต้องจำแนกระหว่างรอยต่อสลักเกลียวที่มีการขันให้เกิดแรงดึงก่อนและรอยต่อแบบเลื่อนวิกฤติที่ใช้สลักเกลียวกำลังสูงอย่างชัดเจน

แบบรายละเอียดประกอบการก่อสร้างจะต้องสอดคล้องกับการปฏิบัติงาน และจะต้องคำนึงถึงความรวดเร็วและความประหยัดในการประกอบโครงสร้างและการติดตั้ง

3.2.2 การประกอบชิ้นงาน

3.2.2.1 การยกโค้งหลังเต่า การดัดโค้งและการดัดให้ตรง

อนุญาติให้ใช้ความร้อนหรือวิธีทางกลเฉพาะจุด ในการปรับความถูกต้องของโค้งหลังเต่า ความโค้งและความตรง โดยอุณหภูมิของบริเวณที่ที่ถูกความร้อนไม่ควรเกิน 593 องศาเซลเซียส สำหรับเหล็กชนิด A514/A514M และ A852/A852M และไม่ควรเกิน 649 องศาเซลเซียส สำหรับเหล็กชนิดอื่นๆ

3.2.2.2 การตัดด้วยความร้อน

ขอบที่ถูกตัดด้วยความร้อนจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนด AWS 5.15.1.2 5.15.4.3 และ 5.15.4.4 ยกเว้นขอบอิสระที่ถูกตัดด้วยความร้อนซึ่งขอบนั้นจะต้องรับหน่วยแรงดึงสถิตตามที่คำนวณไว้ โดยจะต้องไม่มีร่องปลายมนที่ลึกกว่า 5 มิลลิเมตร และปราศจากรอยบากรูปตัววี สำหรับร่องละรอยบากที่มีขนาดลึกกว่า 5 มิลลิเมตร จะต้องเอาออกด้วยการเจียรหรือเชื่อมกลบมุมบรรจบ ยกเว้นมุมบรรจบของการบากปลายคาน และช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงจะต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ใน AWS 5.16 ถ้าต้องการรูปร่างที่แตกต่างจากนี้ จะต้องมีการระบุไว้ในสัญญาด้วย

สำหรับการบากปลายคาน และช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง ในหน้าตัดเหล็กรูปพรรณตามมาตรฐาน ASTM A6/A6M กลุ่ม 4 และ 5 และองค์อาคารหน้าตัดประกอบที่ประกอบโดยการเชื่อมจากชิ้นส่วนประกอบที่หนากว่า 50 มิลลิเมตร

---

[4](วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ [ว.ส.ท.], 2541-2542: 100)

จะต้องมีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 66 องศาเซลเซียส ก่อนการตัดด้วยความร้อน

3.2.2.3 การตกแต่งขอบให้เรียบ

ขอบที่ถูกตัดโดยการเฉือน และถูกตัดด้วยความร้อนในแผ่นเหล็กหรือเหล็กรูปพรรณ ไม่จำเป็นต้องมีการตกแต่งให้เรียบ ถ้ามิได้มีการระบุไว้ในเอกสารการออกแบบ หรือมิได้กำหนดให้เตรียมขอบไว้สำหรับการเชื่อม

3.2.2.4 การก่อสร้างโดยการเชื่อม

เทคนิคในการเชื่อม ฝีมือ รูปร่างลักษณะและคุณภาพของการเชื่อม รวมทั้งวิธีที่ใช้ในการแก้ไขงานจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนด AWS D1.1

3.2.2.5 การก่อสร้างโดยใช้สลักเกลียว

องค์อาคารที่ต่อด้วยสลักเกลียวจะต้องยึดแน่นติดกันด้วยหมุดหรือสลักเกลียวขณะทำการประกอบ การใส่หมุดไม่มีเกลียวในรูเจาะสลักเกลียวขณะที่ทำการประกอบ จะต้องไม่ทำให้เหล็กผิดรูปหรือทำให้รูเจาะใหญ่ขึ้น รูเจาะที่มีขนาดไม่เหมาะสมกับสลักเกลียวอาจเป็นเหตุให้ถูกปฏิเสธการรับงานได้

ถ้าความหนาของวัสดุไม่เกินกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางระบุของสลักเกลียวบวก 3 มิลลิเมตร อนุญาตให้เจาะรูโดยการตอกได้ ถ้าความหนาของวัสดุเกินกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางระบุของสลักเกลียวบวกอีก 3มม. จะต้องใช้สว่านเพื่อทำรูเจาะ หรือการตอกแล้วคว้านขนาดของหัวตอก และดอกสว่านที่ใช้เจาะรูนั้นจะต้องมีขนาดเล็กกว่าขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางระบุของสลักเกลียวอย่างน้อย 2 มิลลิเมตร รูเจาะในเหล็กแผ่นตามข้อกำหนด ASTM A514/A514M ที่มีความหนามากกว่า 13 มิลลิเมตร จะต้องใช้วิธีเจาะโดยสว่าน อนุญาตให้ใช้แผ่นรองปรับระดับแบบ Finger Shims ความหนารวมไม่เกิน 6 มิลลิเมตร ภายในจุดต่อได้โดยไม่ทำให้กำลังที่ใช้ออกแบบเปลี่ยนแปลง (ขึ้นอยู่กับชนิดของรูเจาะ) ทิศทางการวางของแผ่นรองปรับระดับนั้นไม่ขึ้นกับทิศทางของน้ำหนักบรรทุกที่กระทำ

การใช้สลักเกลียวกำลังสูงจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของ RCSC Load and Resistance Factor Design Specification for Structural joints สำหรับสลักเกลียวตาม ASTM A325 หรือ A490

3.2.2.6 รอยต่อรับแรงอัด

รอยต่อรับแรงอัดซึ่งกำลังส่วนหนึ่งของรอยต่อขึ้นอยู่กับแรงแบกทานที่ผิวสัมผัส จะต้องเตรียมพื้นผิวที่ใช้รับแรงแบกทานของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นในรอยต่อโดยการใส การเลื่อยหรือวิธีอื่นที่เหมาะสม

3.2.2.7 ระยะเผื่อความคลาดเคลื่อน

จะต้องปืนไปตามข้อกำหนด AISC Code of Standard practice

3.2.2.8 การตกแต่งฐานเสา

การตกแต่งฐานเสาและแผ่นเหล็กฐานเสาจะต้องทำตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

- แผ่นเหล็กรับแรงแบกทานที่มีความหนาไม่เกิน 50 มิลลิเมตร ไม่จำเป็นต้องทำการตกแต่งผิวโดยการไส ถ้าผิวสัมผัสสามารถรับแรงแบกทานได้เพียงพอ แผ่นเหล็กรับแรงแบกทานที่มีความหนามากกว่า 50 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 100 มิลลิเมตรสามารถนำมาดัดให้ตรงได้โดยการกด ในกรณีที่ไม่สามารถใช้วิธีการกดได้ ให้ใช้วิธีการไสตกแต่งทุกพื้นผิวที่ใช้รับแรงแบกทาน แผ่นเหล็กรับแรงแบกทานที่หนาเกิน 100 มิลลิเมตร จะต้องทำการไสตกแต่งทุกพื้นผิวที่ใช้รับแรงแบกทาน
- ผิวล่างของแผ่นเหล็กรับแรงแบกทานและแผ่นเหล็กฐานเสาไม่จำเป็นต้องทำการไสตกแต่งถ้ามีการเทปูนอุดช่องว่าง เพื่อให้สัมผัสแรงแบกทานได้เต็มที่บนฐานราก
- ผิวบนของแผ่นเหล็กรับแรงแบกทานนั้นไม่จะเป็นต้องทำการไส เมื่อใช้รอยเชื่อมแบบบากร่องทะลุตลอดในรอยต่อระหว่างเสาและแผ่นเหล็กรับแรงแบกทาน

3.2.3 การทาสีจากโรงงาน

3.2.3.1 ข้อกำหนดทั่วไป

การทาสีจากโรงงานและการเตรียมพื้นผิวจะต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ใน AISC Code of Standard Practice

ไม่จำเป็นต้องมีการทาสีจากโรงงาน หากไม่มีการระบุเป็นพิเศษในรายละเอียดสัญญา

3.2.3.2 พื้นผิวที่ไม่สามารถเข้าถึงได้

ในกรณีที่มีการกำหนดไว้ในเอกสารการออกแบบ พื้นผิวที่ไม่สามารถเข้าถึงได้หลังจากการประกอบชิ้นงานแล้วจะต้องทำความสะอาดและทาสีก่อนทำการประกอบชิ้นงานยกเว้นกรณีที่เป็นพื้นผิวสัมผัส

3.2.3.3 พื้นผิวสัมผัส

การทาสีในรอยต่อรับแรงแบกทานนั้นสามารถทำได้โดยไม่มีข้อกำหนดใดๆแต่สำหรับรอยต่อแบบเลื่อนวิกฤติ การทาสีพื้นผิวสัมผัสต้องเป็นไปตามข้อกำหนด RCSC Specification for Structural Joints

3.2.3.4 การตกแต่งพื้นผิว

พื้นผิวที่ตกแต่งโดยเครื่องจักรจะต้องมีการป้องกันการผุกร่อนโดยวิธีเคลือบกันสนิมซึ่งสามารถลอกออกได้ก่อนทำการติดตั้ง หรือการเคลือบกันสนิมที่มีลักษณะพิเศษซึ่งไม่จำเป็นต้องลอกออกก่อนการติดตั้ง

3.2.3.5 พื้นผิวใกล้รอยเชื่อมที่หน้างาน

ถ้าไม่ได้มีการกำหนดเป็นอย่างอื่นไว้ในเอกสารการอกแบบ พื้นผิวในระยะห่าง 50 มิลลิเมตร จากบริเวณที่จะทำการเชื่อมที่หน้างาน จะต้องปราศจากวัสดุใดๆ อันจะกีดขวางการเชื่อมที่เหมาะสมหรือทำให้เกิดควันที่ไม่ต้องการในระหว่างการเชื่อม

3.2.4 การติดตั้ง

3.2.4.1 การจัดแนวในการติดตั้งฐานเสา

ฐานเสาจะต้องถูกปรับให้อยู่ในระดับและความสูงที่ถูกต้อง ซึ่งสามารถรับแรงแบกทานเต็มที่บนคอนกรีตหรืออิฐก่อ

3.2.4.2 การค้ำยัน

โครงของอาคารเหล็กจะต้องตั้งตรงในแนวดิ่งตามที่กำหนดไว้ใน AISC Code of standard practice จะต้องมีการค้ำยันแบบชั่วคราวตามที่กำหนดไว้ใน Code of standard practice ในจุดที่จำเป็น เพื่อรองรับน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดซึ่งโครงสร้างนั้นอาจจะต้องแบกรับ หมายรวมถึงอุปกรณ์และการปฏิบัติงานต่างๆ และควรปล่อยให้มีการค้ำยันไว้ตามระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อความปลอดภัย

3.2.4.3 การจัดแนว

ไม่ควรทำการยึดด้วยสลักเกลียวหรือด้วยการเชื่อมอย่างเป็นการถาวร จนกว่าจะทำการจัดแนวของโครงสร้างส่วนที่ติดกันอย่างถูกต้องเสียก่อน

3.2.4.4 รอยต่อรับแรงอัดของเสาและแผ่นรองฐานที่เหมาะสม

อนุญาตให้พื้นผิวสัมผัสรับแรงอัดสามารถห่างออกจากกันได้ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร โดยไม่ต้องคำนึงถึงชนิดของรอยต่อ (เช่น การเชื่อมแบบบากร่องม่ทะลุตลอดหรือการต่อโดยใช้สลักเกลียว) ถ่ามีช่องว่างเกินกว่า 2 มิลลิเมตร และถ้าหากวิศวกรตรวจสอบแล้วพบว่าพื้นผิวสัมผัสไม่เพียงพอ จะต้องมีการปิดช่องว่าง

ด้วย Nontapered steel shims ที่อาจจะเป็นเพียงแผ่นเหล็กกล้าละมุนได้ โดยไม่ต้องคำนึงถึงชนิดของวัสดุหลักที่ใช้

3.3.4.5 การเชื่อมที่หน้างาน

พื้นผิวที่มีการทาสีมาจากโรงงาน ซึ่งอยู่ติดกับจุดต่อที่ต้องทำการเชื่อมที่หน้างาน จะต้องปัดแต่งด้วยแปลงลวดเสียก่อนถ้าต้องการงานเชื่อมที่มีคุณภาพดี

การเชื่อมที่หน้างานเพื่อฝังตรึงกับคอนกรีต จะต้องกระทำโดยหลีกเลี่ยงการเกิดความร้อนเกินที่ส่งผลให้เกิดการขยายตัวจนเกิดการล่อนหรือการแตกของคอนกรีต หรืออาจเกิดหน่วยแรงบนสมอยึดมากเกินไป

3.2.4.6 การทาสีที่หน้างาน

การทาสีซ่อม การทำความสะอาด และการทาสีที่หน้างานจะต้องเป็นไปตามวิธีปฏิบัติที่ดีและจะต้องระบุไว้อย่างชัดเจนในเอกสารการออกแบบด้วย

3.2.4.7 รอยต่อที่หน้างาน

ในขณะดำเนินการติดตั้งโครงสร้าง โครงสร้างจะต้องได้รับการยึดต่อโดยสลักเกลียวหรือโดยการเชื่อม เพื่อรองรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ทั้งหมด น้ำหนักบรรทุกจากแรงลม และน้ำหนักที่เกิดขึ้นในขณะติดตั้งได้อย่างปลอดภัย

3.2.5 การควบคุมคุณภาพ

ผู้ประกอบชิ้นงานจะต้องทำกระบวนการควบคุมคุณภาพ เพื่อให้มั่นใจได้ว่างานทุกชิ้นที่นำมาประกอบมีคุณภาพและมาตรฐานตรงตามที่กำหนดไว้ นอกจากกระบวนการควบคุมคุณภาพของผู้ประกอบชิ้นงานแล้ว วัสดุแรงงานที่นำมาใช้ต้องได้รับการตรวจสอบอย่างถี่ถ้วนจากผู้ตรวจสอบซึ่งเป็นตัวแทนของผู้ว่าจ้างงานตลอดระยะเวลาทำงาน ในกรณีที่จะต้องมีการตรวจสอบจากผู้ตรวจสอบซึ่งเป็นตัวแทนของผู้ว่าจ้างจะต้องมีการกำหนดให้ชัดเจนในเอกสารการออกแบบด้วย

3.2.5.1 การประสานงาน

การตรวจสอบโดยตัวแทนของผู้ว่าจ้างจะทำ ณ หน่วยงานที่ใช้ประกอบชิ้นงาน ผู้ประกอบชิ้นงานจะต้องให้ความร่วมมือกับผู้ตรวจสอบโดยอนุญาตให้ผู้ตรวจสอบสามารถตรวจสอบงานได้ทุกที่ในบริเวณหน่วยงาน ผู้ตรวจสอบจากผู้ว่าจ้าง จะต้องวางแผนงานและจัดตารางเวลาในการเข้าตรวจสอบมิให้เป็นการขัดขวางการทำงาน หรือให้มีผลกระทบต่องานที่กำลังทำอยู่น้อยที่สุด

3.2.5.2 การปฏิเสธผลงาน

วัสดุหรือแรงงานที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ สามารถถูกปฏิเสธไม่ยอมรับงานได้ตลอดเวลาการทำงาน ผู้ประกอบชิ้นงานจะต้องได้รับสำเนาของรายงานการปฏิเสธชิ้นงานจากผู้ว่าจ้างโดยผ่านทางตัวแทนของผู้ตรวจสอบ

3.2.5.3 การตรวจสอบการเชื่อม

การตรวจสอบการเชื่อมจะต้องเป็นไปตามที่กำหนด AWS D1.1 ยกเว้นส่วนที่มีการปรุบปรุง เมื่อจำเป็นต้องมีการตรวจสอบการเชื่อมด้วยตาเปล่าโดยผู้ตรวจสอบที่ได้รับใบอนุญาตตามข้อกำหนด AWS จะต้องมีการระบุไว้อย่างชัดเจนในเอกสารการออกแบบ เมื่อจำเป็นต้องมีการทดสอบแบบไม่ทำลายจะต้องมีการกำหนดขั้นตอน ขอบเขต และมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับอย่างชัดเจนในเอกสารการออกแบบ

3.2.5.4 การตรวจสอบรอยต่อแบบเลื่อนวิกฤติที่ใช้สลักเกลียวกำลังสูง

การตรวจสอบรอยต่อแบบเลื่อนวิกฤติที่ใช้สลักเกลียวกำลังสูงจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของ RCSC Load and Resistance Factor Design Specification for Strructural joints สำหรับสลักเกลียวตามมาตรฐาน ASTM A325 หรือ A490

3.2.5.5 การจำแนกชนิดของเหล็ก

ผู้ประกอบชิ้นงานต้องแสดงทั้งเป็นลายลักษณ์อักษร และทางปฏิบัติถึงวิธีการจำแนกชนิดวัสดุของชิ้นส่วนโครงสร้างหลัก ซึ่งสามารถเข้าใจได้อย่างชัดเจนอย่างน้อยจนถึงขั้นตอนการประกอบโครงสร้าง

วิธีการจำแนกชนิดวัสดุจะต้องสามารถใช้ตรวจสอบความถูกต้องในการนำวัสดุไปใช้งานได้ ดังหัวข้อต่อไปนี้

(1) การระบุรายละเอียดของวัสดุ

(2) หมายเลขขั้นความร้อนที่ใช้ในการผลิต (heat number) ถ้าต้องการ

(3) รายงานแสดงผลการทดสอบวัสดุ สำหรับความต้องการเป็นพิเศษ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

อาคารตัวอย่างและการเสนอทฤษฎีประกอบ

4.1 องค์ประกอบของอาคาร[1]

4.1.1 วิเคราะห์ศัพท์

ส่วนประกอบของอาคารหมายถึงองคาพยพต่าง ๆ ที่ประกอบเข้ากันเป็นอาคาร ในทางวิศวกรรมเรียกแต่ละส่วนนั้นว่า องค์อาคาร (Structural Member) แต่อาจเรียกให้เข้าใจง่าย ๆ ว่า ชิ้นส่วนโครงสร้าง หรือส่วนประกอบของอาคาร ก็ได้ เปรียบเทียบง่าย ๆ อาคารก็เหมือนสรีระ หรือร่างกายมนุษย์ มีอวัยวะได้แก่ มือ แขน ขา เท้า ทำหน้าที่ต่างกันเช่น แบก ยก หิ้ว รองรับ แต่ประสานสัมพันธ์กัน น้ำหนักสิ่งของต่าง ๆ ที่วางบนมือ หิ้วด้วยแขน ทูนไว้บนศีรษะ หรือแบกบนไหล่ ถ่ายลงไปยังขา และเท้า เท้าก็จะถ่ายน้ำหนักกระจายไปยังพื้น นอกจากนั้นรูปลักษณ์ เช่น ความอ้วนผอม ความสูงต่ำ บ่งบอกความแข็งแรงมั่นคง ปราดเปรียว หรือบอบบาง อาคารก็เช่นกัน ทั้งนี้ เนื่องจากส่วนประกอบต่าง ๆ ของอาคาร เช่นคาน เสา ฐานราก เลียนรู้ และเลียนแบบสิ่งปรากฏทางธรรมชาติ เช่นสรีระ หรือร่างกายมนุษย์ ในทางที่จะทำให้ส่วนต่าง ๆ ที่ประกอบกันเป็นอาคาร มีความมั่นคงแข็งแรง ทนทาน รับน้ำหนัก หรือแรงได้ตามวัตถุประสงค์

เมื่อกล่าวถึงส่วนประกอบของอาคาร จะต้องจำแนกเป็น 2 - 3 ประเด็น คือ ส่วนประกอบนั้นเรียกว่าอะไร ส่วนประกอบนั้นทำจากวัสดุอะไร และส่วนประกอบนั้นมีหน้าที่อะไร (หรือมีไว้ทำอะไร) สองประเด็นแรกอาจตอบในเบื้องต้นได้ว่า ส่วนประกอบของอาคารหลัก ๆ แล้วมีอยู่เพียงไม่กี่ส่วน ได้แก่ พื้น คาน เสา และฐานราก ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่มิได้กล่าว แต่อาจพบเห็นได้ (เช่นบันได) ผนัง หรือกำแพง มีความสำคัญเป็นลำดับรองลงไป และมีข้อปลีกย่อยที่จะกล่าวถึงภายหลัง ส่วนประกอบบางอย่างไม่ใช่โครงสร้าง หากแต่เป็นงานประณีตสถาปัตยกรรม หรือมัณฑนศิลป์ (Decorating) ที่ทำให้อาคารสวยงาม หรือตอบสนองความต้องการ และใช้สอยได้เกิดอรรถประโยชน์ ดังเช่นสรีระมนุษย์ ซึ่งมีโครงกระดูกเป็นแกนหลัก ยึดเกาะกันโดยอาศัยเส้นเอ็น หรือกล้ามเนื้อ โดยมีผิวหนังเป็นเสมือนเปลือกหุ้ม เสื้อผ้าเครื่องแต่งกายก็เป็นเพียงส่วนประกอบเช่นกัน ส่วนประกอบของอาคารอาจทำจากวัสดุอะไรก็ได้ แต่ที่นิยมใช้ และปรากฏให้เห็น คือ ไม้ เหล็ก และคอนกรีต (ซึ่งอาจเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือเสริมลวดอัดแรง) การเลือกวัสดุทำส่วนประกอบของอาคารจะต้องพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพ และทางกล (Physical or Mechanical properties) บางกรณีเช่น

[1](วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ [ว.ส.ท.], 2545-2546: 75)

โครงสร้างเหล็ก อาจต้องคำนึงถึงกลสมบัติทางเคมี (Chemical properties) ด้วย คุณสมบัติทั้งปวงอาจเรียกรวม ๆ ว่า คุณสมบัติในเชิงวิศวกรรม กล่าวง่าย ๆ คือ ต้องเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับประเภทของอาคาร หรือชนิดของส่วนประกอบอาคารนั้น ให้แข็งแรงสามารถรับน้ำหนัก หรือต้านทานแรงได้ (Capability to resist load or forces) ประหยัด (Save) ปลอดภัย (Safe) หรือทนทาน (Durable) นอกจากนั้น การเลือกวัสดุอาจคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ เช่น งบประมาณ (หรือราคา) สามารถหาได้ในท้องถิ่น การลำเลียง หรือขนส่ง วิธีก่อสร้าง ระยะเวลาก่อสร้าง ปัญหา หรืออุปสรรคขณะก่อสร้าง (เช่น เสียงดัง ความสั่นสะเทือน หรือฝุ่นละออง) พฤติกรรมรับน้ำหนัก หรือแรง เช่น รับน้ำหนัก หรือต้านทานแรงซ้ำ ๆ กัน มีแรงกระแทก (Impact) เป็นต้น บางครั้งการเลือกวัสดุใช้ทำส่วนประกอบของอาคารอาจขึ้นกับเหตุผลทางสถาปัตยกรรม เช่นต้องการใช้เหล็กหรือโลหะให้เห็นผิวมันวาว ต้องการให้เห็นลายไม้ หรือต้องการให้เห็นผิวเปลือยของคอนกรีต เป็นต้น พึงเข้าใจว่าจะใช้วัสดุอะไรทำส่วนประกอบของอาคารก็ให้ความ แข็งแรงมั่นคงได้เช่นเดียวกัน ๆ กัน หากคำนวณออกแบบถูกต้อง แต่อาจมีข้อดีข้อด้อยต่างกัน เช่น ขนาดใหญ่ เสียพื้นที่ หรือปริมาตรใช้สอย ค่าก่อสร้างสูง ไม่ทนทาน เป็นต้น ประเด็นที่สาม ส่วนประกอบนั้นมีหน้าที่อะไร (หรือมีไว้ทำอะไร) จะกล่าวในลำดับถัดไป

4.1.2 การจำแนกส่วนประกอบของอาคาร

นอกจากจะจำแนกส่วนประกอบของอาคารตามประเภทวัสดุ (ซึ่งไม่ใคร่จะเกิดประโยชน์ใดนัก) อาจจำแนกส่วนประกอบอาคารโดยใช้เงื่อนไข หรือหลักเกณฑ์ต่อไปนี้

4.1.2.1.จำแนกตามความสำคัญในการต้านทานแรง

เป็นการจำแนกโดยพิจารณาถึงบทบาท หรือความสำคัญของส่วนประกอบอาคาร (Function) ซึ่งได้แก่โครงสร้าง หรือส่วนประกอบหลัก (Primary structure) กับโครงสร้าง หรือส่วนประกอบรอง (Secondary or minor structure) ส่วนประกอบหลักหมายถึงส่วนประกอบที่เป็นเสมือนโครงของอาคาร (คล้ายกับโครงกระดูกซึ่งเป็นแกนในร่างกายมนุษย์ ที่ยึดเกาะกันด้วยเส้นเอ็น และกล้ามเนื้อ แล้วถูกห่อหุ้มด้วยเนื้อหนัง) หากปราศจากส่วนเหล่านี้แล้ว อาคารก็ไม่อาจคงสภาพอยู่ได้ ไม่อาจรับน้ำหนัก หรือต้านทานแรงใด ๆ ส่วนประกอบหลักจึงได้แก่ พื้น คาน เสา และฐานราก สำหรับส่วนประกอบรองของอาคารนั้น เป็นสิ่งเสริมแต่งให้อาคารแข็งแรงขึ้น มีสภาพที่เหมาะแก่การใช้งาน คงทน หรือดูดี เปรียบเสมือนเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย บนร่างกายมนุษย์ หากแม้ปราศจากสิ่งเหล่านี้ หรือสิ่งเหล่านี้ชำรุดเสียหาย ร่างกายก็ยังคงอยู่ได้ แม้จะมีสภาพไม่น่ามอง หรือน่าอับอายก็ตาม ส่วนประกอบรองของอาคารจึงได้แก่ ผนัง หรือกำแพง กันสาด ชายคา หรือราวกันตกเป็น

4.1.2.2.จำแนกตามตำแหน่งของส่วนประกอบ

การจำแนกตามตำแหน่งของส่วนประกอบจำแนกโดยพิจารณาว่าส่วนประกอบนั้น ๆ อยู่ตรงส่วนใดของอาคารปกติจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ ส่วนประกอบ หรือโครงสร้างส่วนบน (Structure) ได้แก่ พื้น และคาน และส่วนประกอบ หรือโครงสร้างส่วนล่าง (Sub Structure) ได้แก่เสา และฐานราก (ซึ่งหากมีเสาเข็มก็จะผนวกอยู่กับฐานราก) การจำแนกเช่นนี้เหมาะกับอาคารหรือโครงสร้างจำพวกสะพาน เสียมากกว่า เพราะในอาคารทั่วไปบางครั้งที่ระดับเดียวกับฐานราก ก็มีคานอยู่ด้วย หรือหมายความว่าคานเป็นส่วนหนึ่งของระบบฐานราก ดังกรณีอาคารที่มีชั้นใต้ดิน หรืออาคารขนาดใหญ่ เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้คนทั่วไปที่ไม่ใช่วิศวกรสับสนได้

4.1.3 จำแนกตามระบบหรือวิธีวิเคราะห์

การจำแนกเช่นนี้ เข้าใจโดยง่ายเฉพาะในหมู่วิศวกร เพราะองค์อาคาร หรือส่วนประกอบของอาคาร บางครั้งก็อยู่แยกส่วนโดดเดี่ยว เช่นแผ่นพื้น คาน แต่บางครั้งระบบโครงสร้างมีหลายชิ้นส่วนประกอบเข้าด้วยกัน เช่นโครงหลังคา ประเภทโครงข้อหมุน หรือโครงถัก (Truss) มีหลายชิ้นส่วนมาถัก หรือประกอบกันเป็นโครงสามเหลี่ยม หรือโครงข้อแข็ง (Frame) มีโครงสร้างในแนวตั้ง (เรียกเสา - Column) และโครงสร้างในแนวราบ (หรือคาน) ประกอบกันเป็นโครง (Skeleton) เปล่า ๆ โล่ง ๆ ยังไม่มีผนัง หลังคา พื้น หรือเพดาน โครงสร้างบางชนิดมีลักษณะเป็นแผ่น (Plate) หรือเป็นแผ่นพับคล้ายฝาจีบ (Folded plate) บ้างก็เป็นเปลือกบาง ๆ (Shell) หรือโค้งมนสวยงาม เช่นคล้ายเปลือกไข่ หรือคล้ายภาชนะดินเผา แม้ไม่มีโครงอะไรค้ำยันอยู่ด้านใน แต่แผ่นหรือเปลือกนั้นก็คงรูปอยู่ได้

4.1.4 จำแนกตามวิธีก่อสร้างหรือทำงาน

การจำแนกเช่นนี้ เข้าใจได้ง่ายเฉพาะในหมู่วิศวกรเช่นกัน เช่นระบบแผ่นพื้น จำแนกเป็นแผ่นพื้นสำเร็จรูป (Pre-cast or Prefabricated) และแผ่นพื้นหล่อในที่ (Cast-in-place or Cast-in-situ) แผ่นพื้นสำเร็จรูปหมายถึงเอาแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่ผลิตจากโรงงานมาวางบนคาน หรือที่รองรับใด ๆ ที่หล่อเตรียมไว้ ส่วนแผ่นพื้นหล่อในที่ ต้องเตรียมไม้แบบ ผูกเหล็ก แล้วเทคอนกรีตในที่ที่ก่อสร้างนั้น หรือกรณีเสาเข็ม ที่จำแนกเป็นเสาเข็มตอก (Driven pile) และเสาเข็มเจาะ (Bored pile) เสาเข็มตอก หมายถึงเสาเข็มที่ผลิตสำเร็จรูปจากโรงงาน นำตอกลงดินโดยใช้ปั้นจั่น หรือเครื่องจักรกลอื่นใด ขณะที่เข็มเจาะใช้เครื่องขุดเจาะดินให้เป็นหลุมคล้ายสว่านเจาะ แล้วใส่เหล็กเสริม เทคอนกรีตลงไป เป็นต้น ภายหลังมีเทคนิคการทำเสาเข็มแบบใหม่ๆ ก็จะตั้งชื่อเรียกเป็นระบบอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น เสาเข็มเหล็กที่ใช้วิธีกด หรือสั่นสะเทือนให้จมลงดิน หรือเสาเข็มเจาะกด (Pre-auger pile)ซึ่งใช้สว่านขุดเจาะนำ ก่อนเสียบเสาเข็มลงไป และตอก หรือกด ให้จม เป็นต้น อาจสรุปว่าจะจำแนกส่วนประกอบของอาคารโดยอาศัยเงื่อนไข หรือหลักเกณฑ์ใดก็ได้ตามแต่จะเห็นเหมาะสม อย่างไรก็

ตาม หากจะทำความเข้าใจเกี่ยวแก่ส่วนประกอบของอาคาร ดังที่จะกล่าวต่อไปนี้ ควรพิจารณาโดยอาศัยหลักเกณฑ์ทั้งปวงประกอบกัน โดยไม่ควรยึดติดกับระบบจำแนกใด ๆ แต่ควรเข้าใจให้ชัดเจนว่าส่วนประกอบของอาคารนั้น เรียกอย่างไร สำคัญ หรือมีไว้เพื่อ รับน้ำหนัก หรือต้านทานแรงอะไร เมื่อรับน้ำหนัก หรือต้านทานแรงแล้ว มีกลไก หรือการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ส่วนประกอบของอาคารในเชิงวิศวกรรม อาจมีความหมายแตกต่างจากความเข้าใจของคนทั่วไป เพราะมิได้จำแนกตามชื่อเรียก หรือรูปลักษณ์ แต่จำแนกโดยมุ่งเน้นถึงระบบ องค์ประกอบ หรือวิธีก่อสร้าง และการใช้งาน เช่น รับน้ำหนัก ต้านทานแรง

-สรุป

การจำแนก และอธิบายองค์อาคาร หรือส่วนประกอบหลักของอาคาร อาจจำแนกตามวัสดุที่ใช้ จำแนกตามระบบ เช่นการนำมาประกอบกัน หรือจำแนกตามวิธีก่อสร้าง เป็นต้น การเลือกใช้ส่วนประกอบของอาคารประเภท หรือชนิดต่าง ๆ จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสม หรือปัจจัยหลายอย่างประกอบกัน ได้แก่ วัตถุประสงค์ใช้งาน องค์ประกอบ หรือปัจจัยทางสถาปัตยกรรม ความแข็งแรง วัสดุ วิธีก่อสร้าง ความยากง่ายในการทำงาน หรือก่อสร้าง เวลาที่ใช้ก่อสร้าง หรือติดตั้ง ความสวยงาม ความคงทน และราคาค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ติดตั้ง หรือบำรุงรักษา และอื่น

4.1.5 การจำแนกรูปแบบของบ้านโครงสร้างเหล็ก

บ้านโครงสร้างเหล็กอาจแบ่งตามระบบโครงสร้างออกได้ เป็น 2 ประเภท ประเภทแรก คือ ระบบเสาและคาน มักใช้เหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น เหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวง และเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน เป็นเสา คาน และโครงหลังคา ซึ่งปัจจุบันมีรูปตัดและขนาดเหล็กให้เลือกหลายชนิดในท้องตลาด ส่วนประเภทหลัง คือ ระบบผนังรับน้ำหนัก ใช้เหล็กแผ่นชุบสังกะสีขึ้นรูปเย็นเป็นโครงสร้าง (Lightweight steel framing) เหล็กที่ใช้เป็นโครงคร่าว (Stud) ตง และโครงหลังคามีความหนาน้อยมาก (0.7-1.2 มิลลิเมตร) จึงมีน้ำหนักเบา ในต่างประเทศนิยมใช้แทนโครงสร้างไม้ขนาดเล็ก (Wood – frame house construction) ระบบอาคารเหล็กโดยทั่วไป หมายถึงระบบอาคารที่ออกแบบไว้ล่วงหน้า (Pre engineering) เพื่อความสะดวกในการผลิต และการประกอบทางอุตสาหกรรม โดยมีชิ้นส่วนประกอบสำคัญที่ได้จากผลิตภัณฑ์เหล็ก เช่นโครงสร้าง และผนังเปลือกอาคาร เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยสามารถจำแนกออกได้เป็นสองประเภทหลักๆ ตามลักษณะงานก่อสร้างจริงที่มีการดำเนินการอยู่จนถึงปัจจุบัน ดังนี้

- โครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนัก (SKELETON STEEL STRUCTURE)
- โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก (LIGHTWEIGHT STEEL FRAMING)

4.2 โครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนัก (SKELETON STEEL STRUCTURE)

ระบบอาคารเหล็ก (Steel Building Systems)[2]

บ้านระบบเสาและคานเหล็กให้ความอิสระในการออกแบบ และเลือกวัสดุหรือระบบผนัง พื้น และหลังคาได้สูง เนื่องจากโครงสร้างสามารถออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกมากหรือน้อยได้ตามต้องการ เพราะมีรูปตัดเหล็กหลายขนาดและหลายชนิดให้นำมาใช้ได้ ผู้ออกแบบสามารถวางตำแหน่งผนังให้หุ้มอยู่ภายนอกโครงสร้าง หรือบรรจุอยู่ในช่องเสาและคานก็ได้ หรือ อาจร่นไปอยู่ด้านหลังของเสาเพื่อเน้นเสาหรือคานในรูปด้านอาคารให้มีรูปแบบแตกต่างจากอาคารทั่วไป ผนังวัสดุก่อ ผนังคอนกรีต ผนังโครงคร่าว และผนังสำเร็จรูปแทบทุกชนิดที่ใช้กับอาคารสาธารณะ สามารถนำมาใช้หรือปรับใช้กับบ้านเสาและคานเหล็กได้ดี การเลือกระบบผนังจึงขึ้นอยู่กับมาตรฐานอาคารที่ต้องการ และราคาค่าก่อสร้างที่ยอมรับได้เป็นสำคัญ ระบบอาคารเหล็กประกอบขึ้นจาก 3 องค์ประกอบหลัก (ระบบย่อย) ได้แก่ โครงสร้าง (Structural frame) ผนังเปลือกอาคาร (Cladding) และส่วนประกอบอื่น (Appurtenances)

โครงสร้าง (Structural frame)

- โครงสร้าง ได้แก่ โครงสร้างหลัก (เช่น โครงข้อแข็ง คาน โครงถัก โครงรูปโค้ง จันทัน และเสา) และ โครงสร้างรอง (เช่น แป ตง โครงยึดยัน ลวดดึง และโครงสร้างรอบช่องปิด ฯลฯ) รวมทั้งอุปกรณ์ประกอบต่างๆ

เสาและคานเหล็กรูปพรรณ จะประกอบกันขึ้นเป็นโครงกรอบสำหรับทำเป็นอาคารตั้งแต่ขนาดหนึ่งชั้นไปจนถึงอาคารสูงระฟ้า แต่เนื่องจากว่าชิ้นส่วนโครงสร้าง

[2] จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. อุตสาหกรรมเหล็กกับการก่อสร้างบ้านในอนาคต. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2545.

เหล็ก เช่น เหล็กรูปพรรณ นั้นยากที่จะตัดแต่งรูปร่างให้ได้ขนาดหรือเจาะรูในสถานที่ก่อสร้างจริง ดังนั้นขั้นตอนดังกล่าวจึงนิยมทำกันในโรงงาน และจะทำให้คุณภาพของงานตัดเจาะหรือเชื่อมได้ตามข้อกำหนด ตามมาตรฐานและสะดวกรวดเร็ว โครงสร้างเหล็กจะรวมเอาคุณสมบัติความแข็งแรงและความเหนียวที่มีความยืดหยุ่นเข้าไว้ด้วยกัน เมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักต่อปริมาตรแล้ว เหล็กอาจเป็นวัสดุก่อสร้างที่แข็งแรงที่สุดในบรรดาวัสดุก่อสร้างตันทุนต่ำทั้งหมด[3] ถึงแม้ว่าเหล็กจะถูกจัดประเภทให้เป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟ (Incombustible material) แต่เหล็กจะสูญเสียกำลัง ความแข็งแรง และจะอ่อนตัวเมื่อถูกความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 1000°F (520 °C) ดังนั้นการป้องกันผิวเหล็กจากการโดนไฟไหม้โดยตรงจึงมีความจำเป็นมาก เช่น ต้องทาสีกันไฟตามชั่วโมง ตามข้อกำหนดและตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ตลอดการทาสีกันสนิมเพื่อป้องกันการผุกร่อนเนื่องจากสภาพแวดล้อมต่าง บ้านโครงสร้างเหล็กก่อสร้างได้สะดวก รวดเร็ว แข็งแรง ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ระบบ คือ

1. ระบบเสาคานเหล็กสำเร็จรูป (Modular System) โดยใช้การประกอบด้วยระบบสลักเกลียว (Bolt & Nut) และ Angle Joint ที่มีความแข็งแรง ปลอดภัย และขนาดของเสา คานเหล็กเป็นความยาวที่ตัดตามมาตรฐานมาจากโรงงาน ซึ่งสามารถสอบถามและหาซื้อได้ตามร้านตัวแทนจำหน่ายต่างๆ (หากมีการออกแบบให้ตรงกับขนาดมาตรฐาน) เสา คานเหล็กสำเร็จรูปใช้เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนตาม มอก. 1227-2539 ระบบนี้จะเป็นระบบที่มีกระบวนการต่างๆจากโรงงาน โดยการนำแบบบ้านและขนาดหน้าตัดเหล็กที่ผ่านการคำนวณจากวิศวกรไปยังบริษัทผู้ผลิต เพื่อทำการตรวจสอบปริมาณเหล็ก ขนาดหน้าตัด ตำแหน่งการติดตั้ง การรับน้ำหนัก เพื่อการผลิตตามจำนวน และมีขนาดเหล็กโครงสร้างตามแบบและความต้องการของวิศวกรหรือผู้รับเหมา โดยโรงงานจะตัดตามขนาดมาตรฐานของเสาและคานตามตาราง และเจาะรูทาสีกันสนิม รวมทั้งมีอุปกรณ์ประกอบ พร้อมติดตั้งที่หน้างานได้ทันที สะดวก รวดเร็ว และ แข็งแรง

2. ระบบเชื่อม สามารถเลือกขนาด และตัดตามความยาวที่ต้องการ และเชื่อมประกอบได้เอง สำหรับโครงสร้างที่ต้องการรูปแบบที่แตกต่าง ทั้งคานยื่น คานช่วงกว้าง ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะโครงสร้างบ้านขนาดใหญ่ ก่อสร้างได้โดยไม่จำกัดชั้น เช่นเดียวกับอาคารสูงที่ใช้โครงสร้างเหล็ก

[3] กิติพงศ์ พลจันทร์ และ ทัต สัจจะวาที. การก่อสร้างอาคาร บรรยายพร้อมภาพ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2549

- ผนังเปลือกอาคาร ได้แก่ ผนัง และแผ่นหลังคาที่หุ้มอยู่ภายนอก อุปกรณ์ยึดติดกับโครงสร้าง เชิงชาย แผ่นปิดรอยต่อกันการรั่วซึม และวัสดุยาแนว เป็นต้น
- ส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ ประตู หน้าต่าง ช่องแสง บานเกล็ด หรืออุปกรณ์ระบายอากาศ ฝ้าเพดาน ฉนวน ผนังภายใน รางน้ำ และท่อระบายน้ำฝน เป็นต้น

โดยปกติชิ้นส่วนประกอบต่างๆ จะผลิตขึ้นในโรงงาน และประกอบติดตั้งในสถานที่ก่อสร้าง โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบ เขียนแบบ หรือประกอบในโรงงาน

ผนังเปลือกอาคาร (Cladding)

ระบบผนังสำหรับการก่อสร้างบ้านเหล็กระบบโครงสร้างเสาและคานรับน้ำหนักสามารถการนำระบบผนังมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการก่อสร้างระบบนี้ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ระบบผนังปิดทับด้วยวัสดุแผ่น (Wall panel) และโครงคร่าว (Stud) โดยใช้โครงคร่าวเหล็กขึ้นรูปเย็น มักใช้รูปตัด Z หรือ C ยึดติดกับเสา (อาจบรรจุอยู่ภายในช่องเสาหรือติดตั้งภายนอกเสาก็ได้) เพื่อรับแรงทางด้านข้างได้ ระบบผนังเหล็ก (Metal Sheet) สามารถประกอบชิ้นส่วนประกอบสำเร็จรูป หรือนำมาติดตั้งทีละชิ้นในที่ก็ได้ และระบบผนังก่อ ระบบนี้เป็นระบบที่มีการก่อสร้างเป็นที่นิยมและยอมรับกันอย่างกว้างขว้างในประเทศไทยด้วยคุณสมบัติในเรื่องความรู้สึกถึงความมั่งคงแข็งแรง วัสดุร่วมทั้งค่าแรงมีราคาถูก โดยเฉพาะในตัววัสดุก่อเองก็มีการพัฒนารูปแบบหลากหลานมากขึ้น อาทิเช่น อิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบา เป็นต้น

- ระบบผนังปิดทับด้วยวัสดุแผ่น เป็นระบบผนังที่สามารถดำเนินกระบวนการผลิตได้ 2 รูปแบบคือ
    - ก. ระบบแผ่นผนังประกอบในสถานที่ก่อสร้าง (Field assembled system) ประกอบด้วยเปลือกนอก ฉนวน และโครงคร่าว บางกรณีมี แผ่นผนังชั้นในด้วย ระบบนี้มีข้อดีหลายประการ เช่น
        (1) ติดตั้งได้ง่าย ปรับเปลี่ยน หรือแก้ไขหน้างานได้ ซ่อมบำรุงได้ง่าย และราคาประหยัด
        (2) ชิ้นส่วนเบามาก ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ยก และใช้ช่างก่อสร้างทั่วไปได้
        (3) ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มีขายในท้องตลาดให้เลือกใช้ได้หลากหลาย
        (4) ทำช่องประตู หน้าต่างได้ง่าย
        (5) ตัดปัญหาการรั่วซึมทางรอยต่อ กันความชื้นและเสียงได้ง่าย
    - ข. ระบบแผ่นผนังสำเร็จรูปจากโรงงาน (Factory assembled panels) เป็นระบบผนังที่ประกอบด้วยแผ่นวัสดุเปลือกนอก ฉนวน และแผ่นผนังภายในประกอบเสร็จเรียบร้อยจากโรงงาน ระบบผนังแบบนี้มีข้อดี ดังนี้

(1) มีความแข็งแรง งานประณีตเรียบร้อย มีมาตรฐานที่ดี และมีใบประกันรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์และการติดตั้งให้กับลูกค้า

(2) ติดตั้งได้รวดเร็วมาก

(3) รอยต่อประณีตเรียบร้อยสวยงามกว่า (Cleaned and concealed fastener systems)

- ระบบผนังภายในยิปซัม* คือผนังประเภทไม่รับน้ำหนัก (Non – Loadbearing partition) สำหรับงานกั้นห้องภายในทั่วไป วัสดุที่ใช้มีดังนี้

โครงคร่าวผนัง ให้ใช้โครงคร่าวผนังเหล็กชุบสังกะสีที่ขึ้นลอน เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของหน้าตัด โดยโครงคร่าวผนังทั้งโครงคร่าวตั้ง และโครงคร่าวนอน ต้องมีการป้องกันสนิมโดยการชุบสังกะสีไม่ต่ำกว่า 220 กรัม/ตร.ม. โดยกรรมวิธีจุ่มร้อน (Hot-Dip Galvanized) ความหนาของโครงคร่าวตั้ง และโครงคร่าวนอน ไม่ต่ำกว่า 0.50 มม. และมีความสูงของสันโครงไม่น้อยกว่า 32 มม. สำหรับโครงคร่าวตั้งจะต้องมีรูเจาะสำหรับการร้อยท่อสายไฟ หรือท่อประปาได้ และต้องมีความสูงของสันโครงทั้งสองด้านที่ไม่เท่ากันสำหรับการต่อโครงคร่าวโดยการประกบโดยเฉพาะ ขนาดความกว้างของโครงคร่าวตั้ง และคร่าวนอนจะต้องมีความสัมพันธ์ ดังตารางด้านล่าง

ความกว้างของระบบโครงคร่าวหลังติดตั้ง (มม.)	ความกว้างของโครงคร่าวตั้ง (C-Stud) (มม.)	ความกว้างของโครงคร่าวนอน (U-Track)(มม.)
51	49	51
64	62	64
76	74	76
94	92	94

ตารางที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของ โครงคร่าวตั้ง และโครงคร่าวนอน

* Standard Specification for Internal Gypsum Partition บริษัท บีพีบี ไทยยิบซั่ม แหล่งที่มา : www.thaigypsum.com

แผ่นยิปซั่มให้ใช้แผ่นยิปซัมบอร์ดขนาด 1.20x2.40 เมตร หนา 12 มม. ขึ้นไป ชนิดของแผ่นยิปซัม ให้เลือกใช้ ชนิด ธรรมดาสำหรับผนังทั่วไป ชนิดทนชื้นสำหรับผนังบริเวณที่มีความชื้น ชนิดทนไฟ สำหรับผนังที่ต้องการอัตราการทนไฟตามที่กำหนด หรือตามที่ตามระบุในแบบ

วัสดุฉาบรอยต่อใช้ปูนฉาบรอยต่อ และเทปปิดรอยต่อ ชนิดที่ทำจากกระดาษ, ผ้าฝ้าย หรือตาข่ายไฟเบอร์ ที่ใช้โดยเฉพาะสำหรับการฉาบรอยต่อบนแผ่นยิปซัม โดยเทปปิดรอยต่อต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 1.5 นิ้ว (3.80 ซม.) การติดตั้งให้ทำการติดตั้งโครงคร่าวผนังเหล็กชุบสังกะสีและแผ่นยิปซัม ตามมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิตดังนี้

(1) กำหนดแนวผนังที่จะกั้น โดยการตีแนวผนังลงบนพื้นอาคาร และใต้ท้องพื้นชั้นถัดไป นำเหล็ก โครงคร่าวนอน (U-Track) วางบนแนวที่ตีเส้นไว้ ยึดติดกับอาคารด้วยพุกเหล็ก 6 มม. ทุกระยะห่าง 60 ซม. ใช้คีม หรือ หัวบล็อก ขันพุกเหล็กให้แน่นทุกจุด

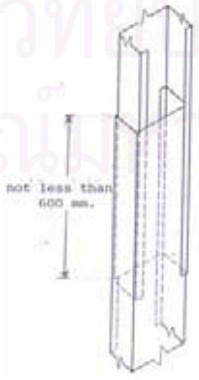
(2) นำเหล็ก โครงคร่าวตั้ง (C-Stud) ติดตั้งเข้ากับโครงคร่าวนอน (U-Track) ให้ได้ดิ่ง ระยะห่างของ C- Stud จะต้อง ห่างกันไม่เกิน 600 มม.

(3) ความสูงของโครงผนังจะต้องสอดคล้องกับขนาดของ C-Stud โดยให้เป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิต

ความสูงของผนังที่อ้างอิง				
ขนาดโครงคร่าว (มม.)	Stud49	Stud 62	Stud74	Stud92
รวมแผ่นยิปซัมความหนา 12 มม. หนา	75.00	88.00	100.00	118.00
ความสูงที่แนะนำ (ม.)	2.50	3.20	3.60	4.00

ตารางที่ 4-2 ขนาดความสูงของผนังและขนาดโครงคร่าว

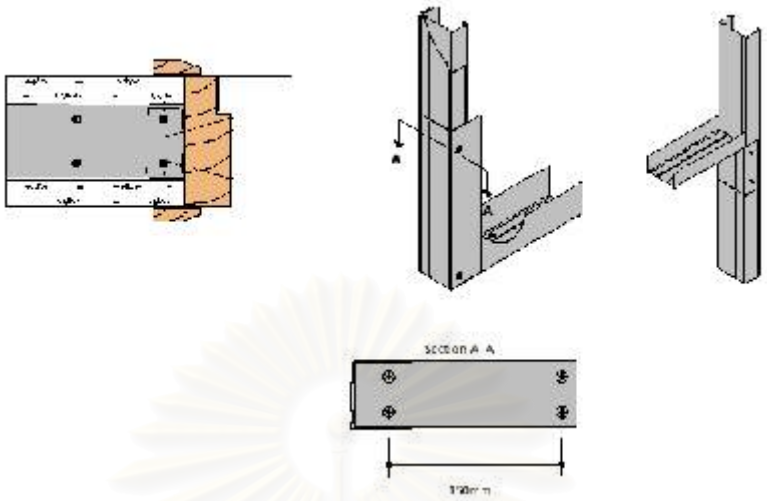
(4) ในกรณีที่ต้องต่อความยาวของ C- Stud ระยะในการต่อทาบของ C- Stud จะต้องไม่น้อยกว่า 600 มม. ดังรูปที่ 4-50



รูปที่ 4-1 แสดงการต่อทาบ โครงคร่าวผนัง

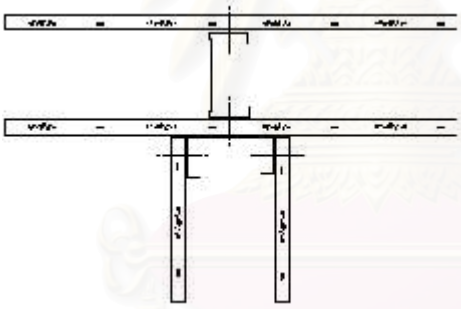
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(5) ช่องเปิดของผนังสำหรับติดตั้งวงกบประตู – หน้าต่าง ให้เป็นไปตามแบบขยาย รูปที่ 4-2

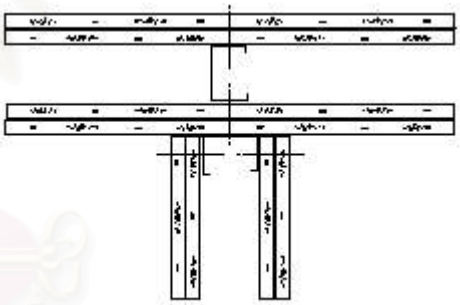


รูปที่ 4-2 การติดตั้งโครงคร่าวบริเวณช่องเปิดของผนัง

(6) ในกรณีที่มีแนวผนังติดกันเป็นรูปตัว T การติดตั้งให้เป็นไปตามแบบขยายรูปที่ 3-4

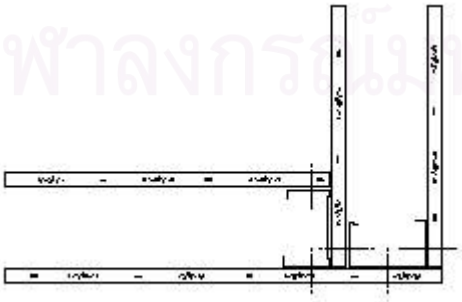


รูปที่ 4-3 ผนังติดแผ่น 1 ชั้น

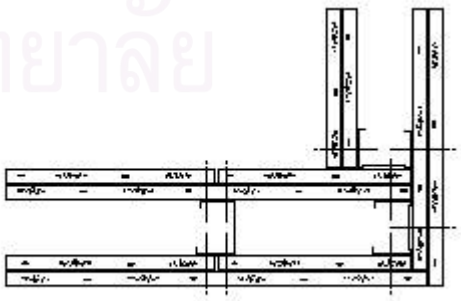


รูปที่ 4-4 ผนังติดแผ่น 2 ชั้น

(7) กรณีที่ผนังทั้งสองแนวบรรจบกันเป็นมุมฉาก ให้ติดตั้งตามแบบขยายรูปที่ 5-6



รูปที่ 4-5 มุมผนังเมื่อติดแผ่น 1 ชั้น



รูปที่ 4-6 มุมผนังเมื่อติดแผ่น 2 ชั้น

ที่มา : บริษัท บีพีบี ไทยยิบซั่ม แหล่งที่มา : www.thaigypsum.com

(8) การติดตั้งแผ่นยิปซัมให้ติดตั้งแผ่นในแนวดิ่ง

(9) ความยาวของสกรูที่ใช้ติดแผ่นยิปซัม เมื่อเจาะทะลุแผ่นยิปซัมแล้ว จะต้องมีความยาวเหลือไม่น้อยกว่า 10 มม. สำหรับการเจาะเข้าไปในโครงคร่าว

(10) ระยะของสกรูในแถวเดียวกันจะต้องห่างไม่เกิน 300 มม. สกรูแถวแรกจะต้องห่างจากขอบแผ่น 10 มม.. สำหรับแผ่นยิปซัมแผ่นแรกและแผ่นสุดท้ายของแนวผนัง ระยะห่างของสกรูแถวแรกจะต้องไม่เกินกว่า 200 มม.

(11) บริเวณมุมนอกของผนังให้ติดขอบเหล็ก (Corner bead) ที่แผ่นยิปซัมก่อนการฉาบรอยต่อ

(12) หลังจากติดแผ่นยิปซัมแล้ว ให้ทำการฉาบรอยต่อด้วยผ้าเทปและปูนฉาบรอยต่อ โปรฟิน ตามมาตรฐานของผู้ผลิตปูนฉาบรอยต่อ ก่อนทาสีผนัง

- ระบบผนังเหล็ก (Metal Sheet) เป็นระบบผนังชนิดที่มองเห็นอุปกรณ์ที่ใช้ยึด (Exposed fastener systems) ขนาดทั่วไป กว้าง 2' ถึง 4' ความหนา 0.0179" ถึง 0.0478" (เหล็ก) และ 0.024" ถึง 0.050" (อลูมิเนียม) ความหนาของแผ่นผนังที่ใช้ทั่วไป คือ 0.0179" ยึดติดกับโครงเหล็กตัว C หรือ Z ด้วยสกรู (Self-tapping screw/Self-drilling screw) เช่น ระบบผนังของบ้าน ซึ่งยังคงใช้อยู่ในปัจจุบัน
  - ชนิดลอนลูกฟูก (Corrugated panel) มีมาตรฐานความลึก ½" ความกว้าง 30" – 48"
  - ชนิดลอนพิเศษ (Profilled panel) มีความลึก 1" และ 2" กว้าง 28" – 40" มีหลายรูปแบบหลายสีให้เลือก รอยต่อกันน้ำได้ดีกว่า และสวยงามกว่าชนิดลอนลูกฟูกซึ่งมักใช้กับอาคารอุตสาหกรรม
  - ชนิดลอนลึก (Deep ribbed panels) ใช้เมื่อต้องการความแข็งแรงมาก ลึก 3" – 4 1/2" กว้าง 12" – 24" พาดช่วงได้ถึง 4.00 ม. (รับแรงลมได้) ผลิตยาวขึ้นเพื่อความประหยัดผนังชนิดซ่อนอุปกรณ์ที่ใช้ยึด (Concealed fastener systems) จะซ่อนตัวยึดไว้ในรอยต่อจึงมองไม่เห็น ทำให้มีความสวยงามและประณีตเรียบร้อย เหมาะกับงานสถาปัตยกรรม มีผลิตออกจำหน่ายหลายชนิดและหลายขนาด
- ระบบผนังวัสดุก่อ (Masonry veneer) ผนังระบบนี้นิยมใช้สำหรับการก่อสร้างอาคารเกือบทุกประเภทในบ้านเราโดยเฉพาะงานก่อสร้างบ้านพักอาศัย เนื่องจากเป็นระบบที่ช่างและคนไทยทั่วไปคุ้นเคยและใช้งานได้ดีผนังมีความมั่งคงแข็งแรง

เป็นงานก่อสร้างระบบเปียกจะมีข้อเสียตรงที่ใช้เวลาในการก่อสร้างมากกว่าระบบอื่น

ระบบหลังคา

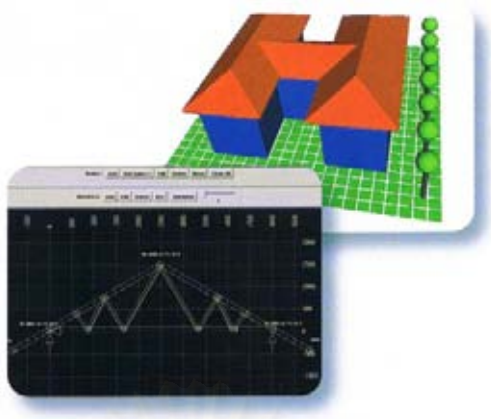
ระบบหลังคาของบ้านโครงสร้างเหล็กโดยทั่วไปก็ใช้ระบบและวิธีการก่อสร้างรูปแบบเดียวกันกับบ้านปูน ที่ใช้ได้ทั้งโครงเคร่าไม้ และโครงเหล็ก แต่ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในขณะนี้ คือการใช้เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน หรือเหล็กดำในการประกอบกันโครงสร้างเป็นหลังคา ระบบนี้เป็นที่เห็นกันโดยทั่วไปในงานก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยในประเทศไทย ปัจจุบันมีการพัฒนาการออกแบบ ก่อสร้าง วัสดุโครงสร้างหลังคาให้มีคุณสมบัติในการรับแรงที่เพิ่มมากขึ้น มีความสะดวกรวดเร็วในการก่อสร้างและติดตั้ง มีความคงทนถาวรและมีคุณภาพสูงขึ้น รวมไปถึงน้ำหนักโดยรวมของโครงสร้างที่เบากว่าระบบโครงสร้างแบบเก่าที่ใช้เหล็กดำมาเป็นส่วนประกอบของโครงสร้าง การพัฒนาด้านงานก่อสร้างเป็นสิ่งจำเป็นเพราะงานก่อสร้างไม่อาจหยุดนิ่งในขณะที่โลกกำลังหมุนไปอย่างรวดเร็ว

นวัตกรรมระบบโครงสร้างหลังคากึ่งสำเร็จรูป (Pre-fabricated) เป็นการรวมเอาความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีด้านวัสดุศาสตร์ การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ และการผลิตด้วยเครื่องจักรที่ทันสมัย เป็นการผลิตจากเหล็กกล้า มีค่า Yield Strength ไม่ต่ำกว่า 5500 Kg/cm^2 ซึ่งสูงกว่าเหล็กโครงสร้างหลังคาทั่วไป (เหล็กดำมี Yield Strength = 2400 Kg/cm^2) และมีการป้องกันการเกิดสนิมด้วยการเคลือบด้วยโลหะผสมอลูมิเนียม 55% สังกะสี 45% (ZINCALUME) ซึ่งเป็นการยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น มีการออกแบบและตัดชิ้นส่วนโครงสร้างจากโรงงานแล้วจึงนำมาประกอบเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างอีกครั้งในสถานที่ก่อสร้างจริง รูปแบบนี้เป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาจากการขนส่งวัสดุ ที่ใช้เนื้อที่ในการขนส่งน้อยสะดวก แต่ข้อเสียคือต้องเสียเวลาในการประกอบใหม่ที่หน้างาน กับอีกรูปแบบหนึ่งคือ การออกแบบตัดชิ้นส่วนและประกอบเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างให้แล้วเสร็จมาจากโรงงานเป็นส่วนๆ แล้วจึงนำมาประกอบเป็นโครงสร้างหลังคา ณ สถานที่ก่อสร้างจริง รูปแบบนี้หากหลังคามีขนาดใหญ่มากชิ้นส่วนโครงสร้างก็จะใหญ่ตามไปด้วยจะมีปัญหาในเรื่องของการขนส่งเป็นหลัก แต่จะได้ข้อดีในเรื่องของการควบคุมคุณภาพของโครงสร้างหลังคา

รูปที่ 4-7 โครงหลังคาเหล็กที่เห็นกันโดยทั่วไป

รูปที่ 4-8 โครงหลังคาเหล็ก กึ่งสำเร็จรูป

การออกแบบและผลิตหลังคาระบบกึ่งสำเร็จรูปนี้จำเป็นต้องมีการออกแบบ และคำนวณอย่างรัดกุมเนื่องจากมีผลต่อการติดตั้งหน้างานและการรับแรงของโครงสร้าง



โครงสร้างจะถูกคำนวณให้เกิดความแข็งแรงสูงสุดโดยใช้ปริมาณเหล็กอย่างมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานวิศวกรรม

การผลิต เป็นระบบอุตสาหกรรมมีคุณภาพที่เที่ยงตรง ตามมาตรฐานที่กำหนด ทุกชิ้นส่วนในการออกแบบและตัดชิ้นส่วนมีการระบุเลขที่ของชิ้นส่วน และโครงการ ตามแบบก่อสร้าง เพื่อความถูกต้อง สะดวกและรวดเร็วในการติดตั้ง

การติดตั้ง โครงสร้างและชิ้นส่วนมีน้ำหนักเบา จึงสามารถขนย้ายด้วยแรงงานคนไม่ต้องใช้เครื่องมือหนัก และใช้ระบบการยึดด้วยสกรูไม่ต้องเชื่อม การติดตั้งทำได้ง่านสะดวกรวดเร็ว ใช้แรงงานคนน้อย และสะดวกในการตรวจสอบคุณภาพ

4.2.1 เครื่องมือและวัสดุที่สำคัญสำหรับก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็ก

1. ประแจแหวน, ประแจปอนด์

ใช้ขันสลักเกลียว เพื่อยึดเสา คานเหล็กสำเร็จรูป หากต้องการตรวจสอบค่าแรงขัน สามารถใช้ประแจปอนด์ได้

- ขนาดประแจ No. 19
- แรงขัน (min.) 81 N.m. (8.3 kg.m.,หรือ 720 in.lbs.)

2. อุปกรณ์ช่วยยก เช่น เสาสมอ นั่งร้านพร้อมรอกสำหรับยกคาน เสาเหล็ก รวมทั้งคานย่อยอื่นๆ

- นั่งร้านเหล็ก 2-4 ชุด

- เชือกขนาด 1 นิ้ว สำหรับใช้ในการยึดรั้งและช่วยยกชิ้นส่วนโครงสร้าง

- รอกโซ่ขนาด 1 ตัน

- MOBILE CRANE สำหรับในกรณีที่ชิ้นส่วนโครงสร้างมีขนาดใหญ่

รูปที่ 4-9 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์หรับงานโครงสร้างเหล็ก

3. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า, ลวดเชื่อม

<u>เสา คานเหล็กสำเร็จรูป</u> สำหรับการเชื่อมแผ่นเหล็กฐานเสาและเชื่อมคานย่อย

<u>เสา คานเหล็กระบบเชื่อม</u> สำหรับการเชื่อมส่วนประกอบทั้งหมด

ลวดเชื่อมเกรดที่แนะนำ E7016 (LB-52) หรือ E6013 (RB-26)

4. ชุดตัดแก๊ส, เครื่องเจียร์

ถังแก๊ส ถังออกซิเจน หัวตัดพร้อมสาย และเครื่องเจียร์

<u>เสา คานเหล็กสำเร็จรูป</u> สำหรับการตัด บากปลายคานย่อย

<u>เสา คานเหล็กระบบเชื่อม</u> สำหรับการตัด บากปลายเหล็ก

5. สีรองพื้นกันสนิม

Red Oxide Primer หรือ *Red Lead Primer* สำหรับเก็บสีงานที่ผิว และรอยต่อ

Coal Tar Epoxy สำหรับทาส่วนที่สัมผัสความชื้นสูง เช่น ฐานเสา และคานชั้นล่าง

6. น้ำยาประสานคอนกรีตและตะแกรงลวด

Sika Latex ใช้เป็นตัวประสานระหว่างปูนฉาบกับผิวเหล็ก

ตะแกรงลวด 1/2“

7. เครื่องมือและอุปกรณ์ยึดเหล็กแผ่นฐานเสา(Base Plate) กับตอม่อ กรณีใช้โบลท์เคมี (Chemical Bolt)

สว่านเจาะปูน 18 มม.

เครื่องเป่าลม

Epoxy สำหรับยึดเหล็กกับคอนกรีต เช่น Sikadur-731

8. อุปกรณ์อื่นๆ

อุปกรณ์ก่อสร้างทั่วไป เช่น ระดับน้ำ, ตลับเมตร, เอ็น, มาร์คเกอร์, ฆ้อน, ลูกดิ่ง

รูปที่ 4-10 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์หรับงานโครงสร้างเหล็ก

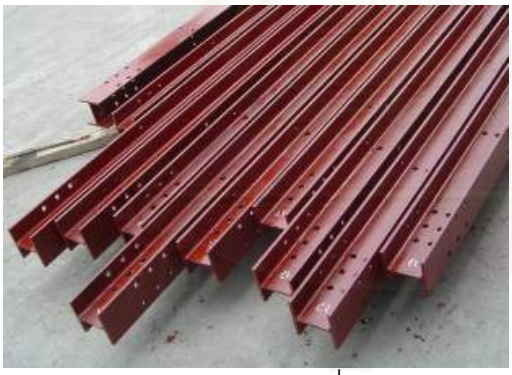
ข้อแนะนำ : ควรจัดอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยสำหรับการทำงานเชื่อม งานบนที่สูง เช่น แว่นตา เข็มขัดกันตก

4.2.2 ขั้นตอนและวิธีการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กแบบมาตรฐาน

1. การเตรียมชิ้นงาน

1.1 การกองเก็บเหล็ก

ก่อนการนำไปใช้งาน ควรกองเหล็กเป็นชั้นโดยรองด้วยท่อนไม้ให้เป็นระเบียบ เพื่อป้องกันความชื้นจากพื้นดินเข้าสู่เหล็ก และลดการกระแทก



รูปที่ 4-11 การกองวัสดุเหล็กโครงสร้าง

รูปที่ 4-12 แสดงการทำความสะอาดผิวเหล็กและการทาสีป้องกันสนิม

ข้อแนะนำ : ควรจัดวางเหล็กตามลำดับที่จะนำไปใช้งาน เพื่อความสะดวกในการยกไปติดตั้งกรณีเสา คานเหล็กระบบเชื่อม ทำความสะอาดผิวเหล็กเพื่อให้เหล็กสะอาดปราศจากฝุ่นและคราบสกปรกก่อนทาสีกันสนิม เพื่อให้สีติดทนทานมากขึ้น

1.2 การป้องกันความชื้น สำหรับส่วนสัมผัสความชื้นสูง

ส่วนที่มีการสัมผัสความชื้นสูง เช่น คานคอดิน ทั้งระบบเสา คานเหล็กสำเร็จรูปและระบบเชื่อม จะต้องทาสี Coal Tar Epoxy เพื่อป้องกันความชื้นจากพื้นดิน

รูปที่ 4-13 ทาสี Coal Tar Epoxy เพื่อป้องกันความชื้นจากพื้นดิน

2. การเตรียมฐานรากและติดตั้งเสา

เตรียมฐานราก และหล่อตอม่อ ให้ตรงตามตำแหน่งในแบบเช่นเดียวกับการสร้างบ้านทั่วไป

2.1 การเตรียมฐานราก

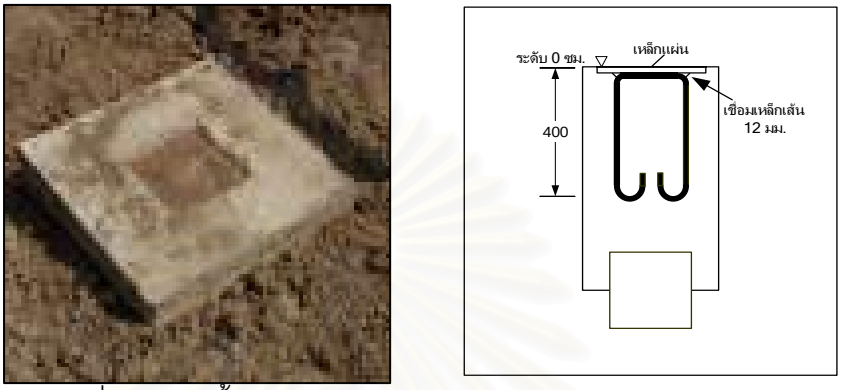
รูปที่ 4-14 ฐานรากและตอม่อ ค.ส.ล.

ข้อแนะนำ : ควรทำตอม่อสูงกว่าพื้นดิน เพื่อลดความชื้นที่จะสัมผัสโครงสร้าง

2.2 การติดตั้งเหล็กแผ่นฐานเสา (Base Plate) บนตอม่อสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

2.2.1 กรณีติดตั้งแบบเสียบเหล็กในตอม่อ (Inserted Plate)

นำเหล็กเส้นขนาด 12 มม. ยาว 120 ซม. 2 เส้น ดัดเป็นตัวยูคว่ำ เชื่อมติดใต้เหล็กแผ่นทาสีกันสนิม และวางเสียบในแบบหล่อ ตั้งระดับให้ได้ก่อน แล้วจึงเทคอนกรีตตอม่อให้เสมอกับผิวเหล็ก วิธีนี้ค่อนข้างประหยัด แต่ระดับอาจลดลงเล็กน้อยหลังจากการบ่มคอนกรีต จึงใช้กับโครงสร้างระบบเชื่อมมากกว่า



รูปที่ 4-15 ติดตั้งแบบเสียบเหล็กในตอม่อ (Inserted Plate)

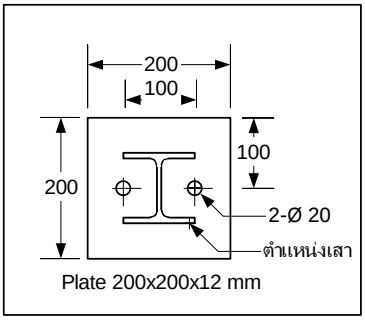
2.2.2 กรณีติดตั้งแบบใช้โบลท์ตัวเจ (J Bolt)

ฝังเกลียวรูปตัว J ในแบบหล่อตอม่อ หลังจากเทและบ่มคอนกรีตแล้ว จึงนำเหล็กแผ่นมาติดตั้ง ปรับระดับโดยใช้ปูนหรือหมุนน็อต รองเหล็กแผ่น ใส่แหวนด้านบนและขันน็อตให้แน่น

รูปที่ 4-16 ติดตั้งแบบใช้โบลท์ตัวเจ (J Bolt)

* ตรวจสอบทิศทางของเสาจากแบบ ก่อนฝัง J Bolt

ตั้งแบบตัว H ตั้งแบบตัว I

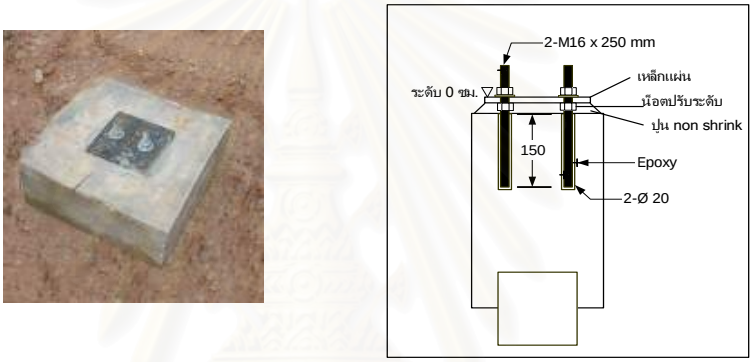


รูปที่ 4-17 ตรวจสอบทิศทางแล้ตำแหน่งการวางเสา

2.2.3 กรณีติดตั้งแบบใช้โบลท์เคมี (Chemical Stud Bolt)

หลังจากหล่อตอม่อแล้ว เจาะรูและเป่าให้สะอาด จากนั้นจึงใส่เกลียว (Stud) พร้อมกับ Epoxy ยึดเหล็กกับคอนกรีต บ่ม 8 ชั่วโมง ปรับระดับโดยใช้ปูนหรือหมุนน็อตรองเหล็กแผ่น ใส่แหวนด้านบนและขันน็อตให้แน่น วิธีนี้สะดวกรวดเร็วและค่อนข้างแม่นยำ

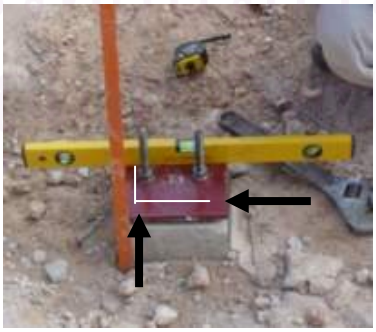
รูปที่ 4-18 ขั้นตอนการเจาะรูและเตรียมการสำหรับยึดโครงสร้างเสา



รูปที่ 4-19 แบบแสดงวิธีการยึดแผ่นประกับเหล็ก

2.3 การกำหนดตำแหน่งที่จะติดตั้งเสาบนเหล็กแผ่น

กำหนดแนว (Line) ระหว่างเสาแต่ละจุดให้ตรงตำแหน่งตามแบบ (แนวตรง แนวขวาง และแนวทแยงมุม) และขีดเส้น ตำแหน่งขอบเสา



รูปที่ 4-20 การหาระดับและตำแหน่งเสาที่จะวางบนประกับเหล็ก

2.4 การตั้งเสา

ตั้งเสาตามทิศของเสาให้ตรงตำแหน่ง และปรับให้ได้แนวดิ่งทั้ง 2 ด้าน โดยใช้ระดับน้ำหรือลูกดิ่ง แล้วเชื่อมแต้มเสากับเหล็กแผ่น

รูปที่ 4-21 การตั้งเสาโครงสร้างเหล็ก

2.5 การยึดเสากับเหล็กแผ่น

หลังจากปรับเสาให้ตรงแล้ว เชื่อมรอบโคนเสากับเหล็กแผ่น จากนั้นจึงทาสีกันสนิม

รูปที่ 4-22 การยึดเสากับแผ่นเหล็กประกับ

ข้อแนะนำ : - ในขณะติดตั้งเสาและคาน เพื่อช่วยให้เสามีแนวดิ่ง ควรค้ำยันเสาโดยใช้เหล็กโครงหลังคา

- รอยเชื่อมต้องกว้างอย่างน้อย 6 มิลลิเมตร

3. การติดตั้งคาน

3.1 การยกคานเพื่อติดตั้ง

คานเหล็กสามารถยกโดยใช้แรงงานคนได้ ระหว่างการติดตั้งอาจใช้รอกยกเพื่อช่วยผ่อนแรงหรือใช้อุปกรณ์ยกอื่นๆ เพื่อความรวดเร็ว

รูปที่ 4-23 การยกคานเพื่อติดตั้ง

3.2 การติดตั้งคาน

3.2.1 ระบบเสา คานเหล็กสำเร็จรูป

นำรอยต่อคานสำเร็จรูป (Angle Joint) ติดตั้งให้ตรงตำแหน่ง ที่เจาะเสาไว้แล้ว และขันสลักเกลียวให้แน่น ติดตั้งคานสำเร็จรูปกับ Angle Joint ให้ตรงตำแหน่งที่เตรียมไว้ และขันสลักเกลียวให้แน่นทุกตัว

รูปที่ 4-24 การติดตั้งคานระบบเสา และคานสำเร็จรูป

การติดตั้ง Angle Joint สำหรับเสา คานเหล็กสำเร็จรูป

1. ติดตั้ง เหล็กฉากชุดล่าง โดยประกอบด้านปีกของเสาก่อน และขันน็อตให้แน่น

2. วางคานสำเร็จรูป และใส่น็อตยึดคานกับเหล็กฉากชุดล่าง

3. ติดตั้ง เหล็กฉากชุดบน

ข้อแนะนำ : ในการใส่สลักเกลียว ควรให้หางเกลียวอยู่ด้านนอกของเสา คาน และใส่แหวนกับน็อต ขันด้วยมือก่อน เมื่อใส่ตัวอื่นๆครบแล้วจึงขันด้วยประแจให้แน่น

*ที่มา : คู่มือการสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กสยามยามาโตะ

หมายเหตุ - ชนิดสลักเกลียว BOLT&NUT WASHER SET **M12 เกรด 8.8 เท่านั้น**

- ตรวจแรงขันด้วยประแจปอนด์ ค่าแรงขัน 81 N.m. และควรทำเครื่องหมายที่หัวสลักเกลียวของตัวที่ตรวจแล้ว

3.2.2 ระบบเชื่อม

วางคานบนบ่ารองและเชื่อมแต้ม ประกอบด้านปีกของเสาก่อน

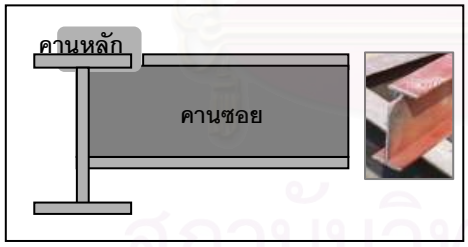
เชื่อมแต้มในระหว่างการติดตั้ง เมื่อติดตั้งคานเสร็จทั้งหมดแล้ว จึงเชื่อมรอบรอยต่อให้เต็มทั้งหมด และขันน็อตให้แน่น

รายละเอียดการบากปลายคานสำหรับระบบเชื่อม

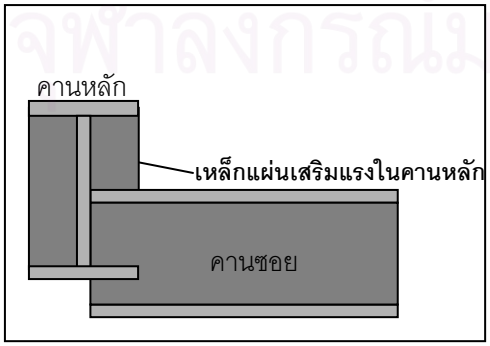
นอกเหนือจากการใช้คานสำเร็จรูปสำหรับการก่อสร้างแล้ว ยังสามารถนำคานย่อยมาเชื่อมต่อกับเสา คานเหล็กสำเร็จรูป เพื่อให้บ้านมีรูปแบบสถาปัตยกรรมตามแบบที่กำหนด

กรณีนำคานซอย (คานย่อยมาชนคานหลัก) หรือคานต่อกับร่องเสา จะต้องมีการบากปลายคานเพื่อให้เชื่อมต่อได้สะดวก ส่วนคานแบบอื่น ๆ เช่น คานต่างระดับ, คานบันได, คานระเบียง เป็นต้น สามารถนำเหล็กมาเชื่อมติดกับเสา คานสำเร็จรูปได้ทันที

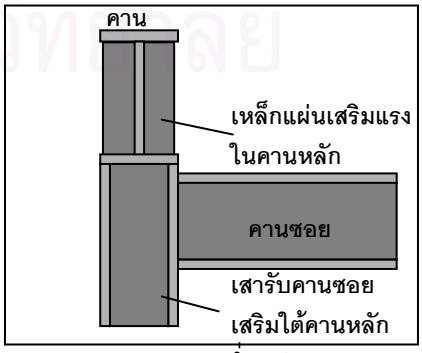
1 คานซอย



คานซอยระดับเสมอกับคานหลัก



คานซอยลดระดับ



คานซอยลดระดับต่ำกว่าคานหลัก

รูปที่ 4-25 แสดงการเชื่อมต่อคานซอยลักษณะต่างๆ

ข้อแนะนำ : รอยเชื่อมต้องกว้างไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร

2 คานต่อกับร่องเสา

3 คานต่างระดับ

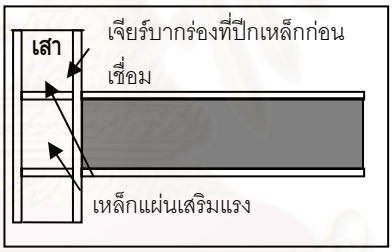
4 คานระเบียง

5 คานโค้ง

การคานโค้ง โดยตัดเหล็กเป็นชิ้นสั้นๆแล้วนำมาเชื่อมต่อกัน

การทำคานโค้ง โดยตัดปีกบนและล่างแล้วดัดเหล็ก ก่อนที่จะเชื่อมปีก

6 คานยื่นต่อกับเสา



เจียร์บากปลายปีกบนของคานให้เฉียง เพื่อให้เชื่อมชนได้ลึก

7. คานยื่นต่อกับคาน

เตรียมรอยต่อเช่นเดียวกับคานซอย และเชื่อมเหล็กแผ่นเสริมแรงที่ร่องคานหลัก เพื่อให้รับแรงบิดได้

8. คานบันได

กรณีใช้เหล็กทำโครงสร้างบันได เชื่อมคานบันไดกับเสา แล้วติดตั้งขั้นบันได เช่น ไม้หรือวัสดุ

ข้อแนะนำ : หากคานมีระยะยื่นมาก ควรเชื่อมเหล็กแผ่นเสริมแรงที่ร่องเสา

ข้อแนะนำ : สำหรับระบบเชื่อม ควรทำบ่ารองรับคาน โดยตัดเหล็กฉากขนาดเล็ก (เช่น ขนาด 40x40 มม.ยาว 7-10 ซม.) เชื่อมติดที่เสา เพื่อความสะดวกในการติดตั้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 งานเก็บสีทั้งหมด

ภายหลังจากประกอบคานสำเร็จรูปเรียบร้อยแล้ว ต้องทาสีรอยเชื่อม ที่เสา คานทุกจุด รวมทั้งทาสีรอยขูดขีด ให้เรียบร้อย

รูปที่ 4-26 คานเหล็กก่อนและหลังการเก็บสีกันสนิม

ข้อแนะนำ : ควรทาสี Coal Tar Epoxy ที่คานชั้นล่าง และ โคนเสา เพื่อป้องกันความชื้นจากพื้นดินสัมผัสผิวเหล็ก

4. การติดตั้งพื้น

4.1 วางงานระบบ

เตรียมงานระบบต่างๆ ก่อนงานพื้น

ยึดท่อโดยเชื่อมเหล็กสำหรับยึดท่อหรือใช้สกรูเจาะเหล็ก

4.2 กรณีแผ่นพื้นสำเร็จรูป

4.2.1 การวางแผ่นพื้นสำเร็จรูป

ปูแผ่นพื้นสำเร็จรูปในทิศทางตามที่แบบกำหนด

บากมุมแผ่นพื้นสำเร็จสำหรับกรณีที่ต้องการวางแผ่นพื้นเข้าเสา

4.2.2 การเตรียมเหล็กเส้น (Shear Stud) และค้ำยันแผ่นพื้น

เชื่อมเหล็กเส้น (Shear Stud) กับหลังคาน

ค้ำยันกลางแผ่นพื้นสำเร็จรูป

4.3 กรณีพื้นหล่อในที่

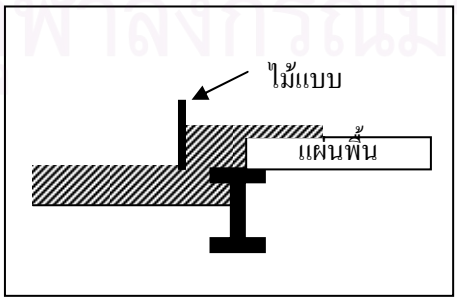
4.3.1 การเตรียมเหล็กฉาก

เชื่อมเหล็กฉากขนาดเล็กที่คานสำหรับยึดกับเหล็กเสริมคอนกรีตของพื้นหล่อในที่

4.3.2 การเตรียมแบบและค้ำยัน

เตรียมแบบพื้นและค้ำยันเพื่อเพื่อเทคอนกรีตพื้นหล่อในที่

4.3.3 การเทคอนกรีตทับหน้า

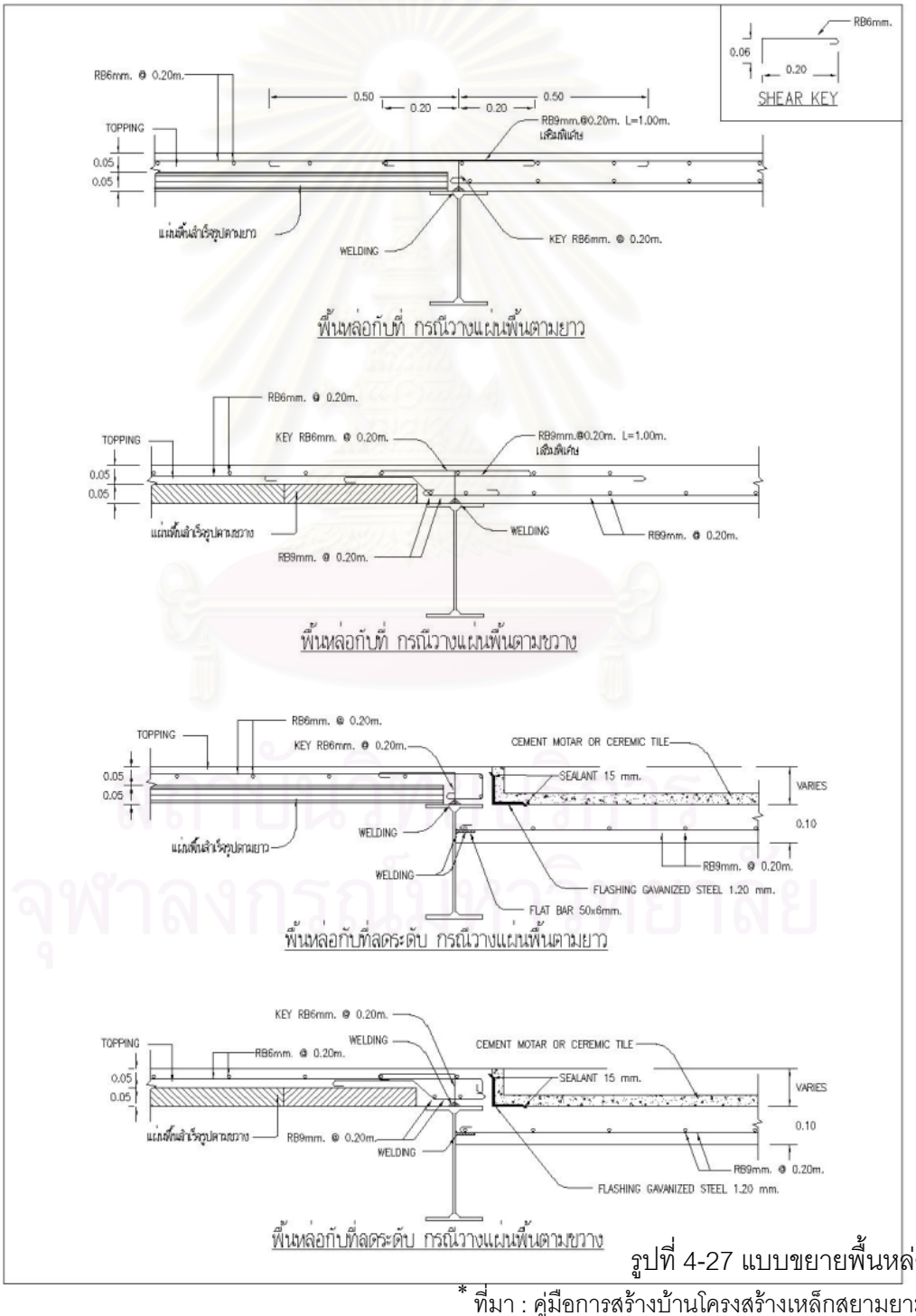


เทคอนกรีตทับหน้าหุ้มปีกคานขึ้นไปให้เป็นเนื้อเดียวกับบนแผ่นพื้นสำเร็จรูป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การวางเหล็กเส้นและเทคอนกรีตทับหน้า

วางเหล็กเส้นตามแบบ กั้นไม้แบบและเทคอนกรีตทับหน้า



รูปที่ 4-27 แบบขยายพื้นหล่อในที่

* ที่มา : คู่มือการสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กสยามยามาโตะ

5. การติดตั้งโครงหลังคา

5.1 โครงหลังคากับระบบเสา คานเหล็กสำเร็จรูป

รูปที่ 4-28 การติดตั้งโครงหลังคาเหล็ก

5.2 โครงหลังคากับเสา คานระบบเชื่อม

รูปที่ 4-29 หลังคาเหล็กระบบเชื่อม

- เชื่อมเหล็กแผ่นปิดปลายเสาเพื่อรองรับอะเส
- วางอะเสบนปลายเสา เชื่อมอะเส และโครงหลังคาตามแบบ เช่นเดียวกับการสร้างบ้านทั่วไป

ข้อแนะนำ : โครงหลังคาที่ใช้เหล็กตัวซีทาสีแล้วมาเชื่อมประกบกันเป็นอะเสรองรับผนังใต้หลังคา จะเป็นสนิมภายในได้ง่ายและอาจจะแอ่น กรณีเช่นนี้ เหล็ก H beam ขนาด 150x75 มม. สามารถใช้ทำอะเสได้ดีกว่า เนื่องจากแข็งแรง ปลอดภัย และประหยัด

5.3 การเชื่อมและทาสีรองพื้นกันสนิม

เชื่อมรอยต่อต่างๆและทาสีรองพื้นกันสนิมทั้งหมดก่อนลงมือปูวัสดุมุงหลังคา

6. การก่อและฉาบผนัง

6.1 การเตรียมการก่อผนัง

กรณีผนังอิฐ
เชื่อมเหล็กเส้น (หนวดกุ้ง) ขนาด 6 มิลลิเมตร ที่เสาที่ต้องการก่อผนัง

สำหรับผนังใต้คาน
เชื่อมเหล็กเส้นใต้คานที่ต้องการก่อผนัง

6.2 การเตรียมผิวเหล็ก

ผสมปูนทรายกับน้ำยาฉาบประสาน เช่น Sika Latex ในอัตราส่วนตามที่ระบุ สลัดที่ผิวเหล็กเพื่อให้ปูนฉาบสามารถยึดเกาะกับผิวของเหล็กได้

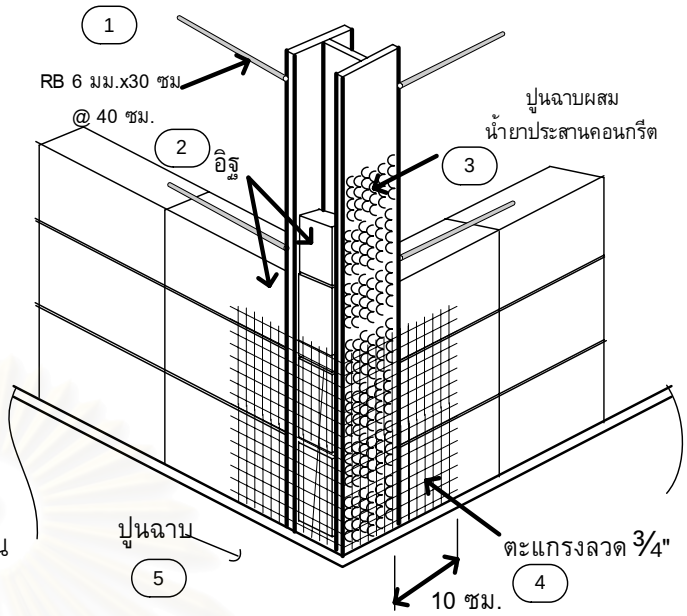
Sika Latex

6.3 การก่อผนัง

ก่ออิฐผนังเช่นเดียวกับการก่อสร้างทั่วไป โดยมีระยะเสาเอ็น ทับหลังตามปกติ

ข้อแนะนำ : สามารถใช้เหล็กขนาดเล็กทำเสาเอ็นและทับหลัง ช่วยให้สะดวก รวดเร็ว และก่อได้แนวตรงยิ่งขึ้น

6.4 การใส่ตะแกรงลวดทับรอยต่อ



ปูตะแกรงลวดที่ รอยต่อระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก เพื่อช่วยเสริมแรงให้ผนังปูนฉาบแข็งแรง และป้องกันการแตกร้าว

6.5 การปิดร่องเสาและคานแบบต่างๆ

สำหรับผนังที่จะฉาบทับเสา คาน เติมอิฐในร่องเสา คาน สลัดดอกผสมน้ำยาประสานคอนกรีตที่ผิวเหล็ก และปูตะแกรงลวด

การฉาบปูนที่คานโค้งและผนังใต้คาน

เชื่อมเหล็กเส้น ช่วยในการยึดเกาะอิฐที่คาน และทับหลัง

ก่ออิฐในร่องคาน สลัดดอกผสมน้ำยาประสานคอนกรีตที่ผิวเหล็ก และปูตะแกรงลวด ก่อนฉาบปูน

*ที่มา : คู่มือก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กสยามยามาโตะ

การทำเสาก่อหรือเสาโชว์

เชื่อมเหล็กที่โคนเสาเพื่อรองรับอิฐ และเชื่อมเหล็กเส้นที่เสา

ก่ออิฐรอบเสาและในร่อง สลัดดอกผสมน้ำยาประสานคอนกรีตที่ผิวเหล็กและปูตะแกรงลวด ก่อนฉาบปูน

รูปที่ 4-30 การก่อเสาโชว์

การใช้ไม้ตกแต่งผนังหรือปิดแนวเสา

การทำผนังไม้ฝาหรือปิดแนวเสาด้วยไม้ ทำโดยเชื่อมเหล็กฉากขนาดเล็ก กับร่องเสาคานเหล็กและใช้สกรูหรือขันน็อตยึดโครงไม้กับเหล็กฉาก

6.6 การก่อฉาบผนังและติดตั้งส่วนต่างๆ ของบ้าน

ก่อฉาบผนังและทำงานส่วนต่างๆเช่นเดียวกับการก่อสร้างทั่วไป

*ที่มา : คู่มือก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กสยามยามาโตะ

6.7 การทาสีและเก็บงานก่อสร้าง

ทาสีเก็บงานก่อสร้างตามปกติ

การศึกษาอาคารตัวอย่าง

สำหรับการเลือกอาคารตัวอย่างเพื่อใช้ประกอบการทำวิจัยจะเลือกตัวอย่างจากบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างที่ดำเนินงานก่อสร้างอาคารประเภทบ้านพักอาศัยที่ใช้ระบบโครงสร้างเหล็กในการออกแบบและก่อสร้าง มาศึกษาถึงกระบวนการและวิธีการที่บริษัทนั้นๆใช้กิจการงานก่อสร้าง

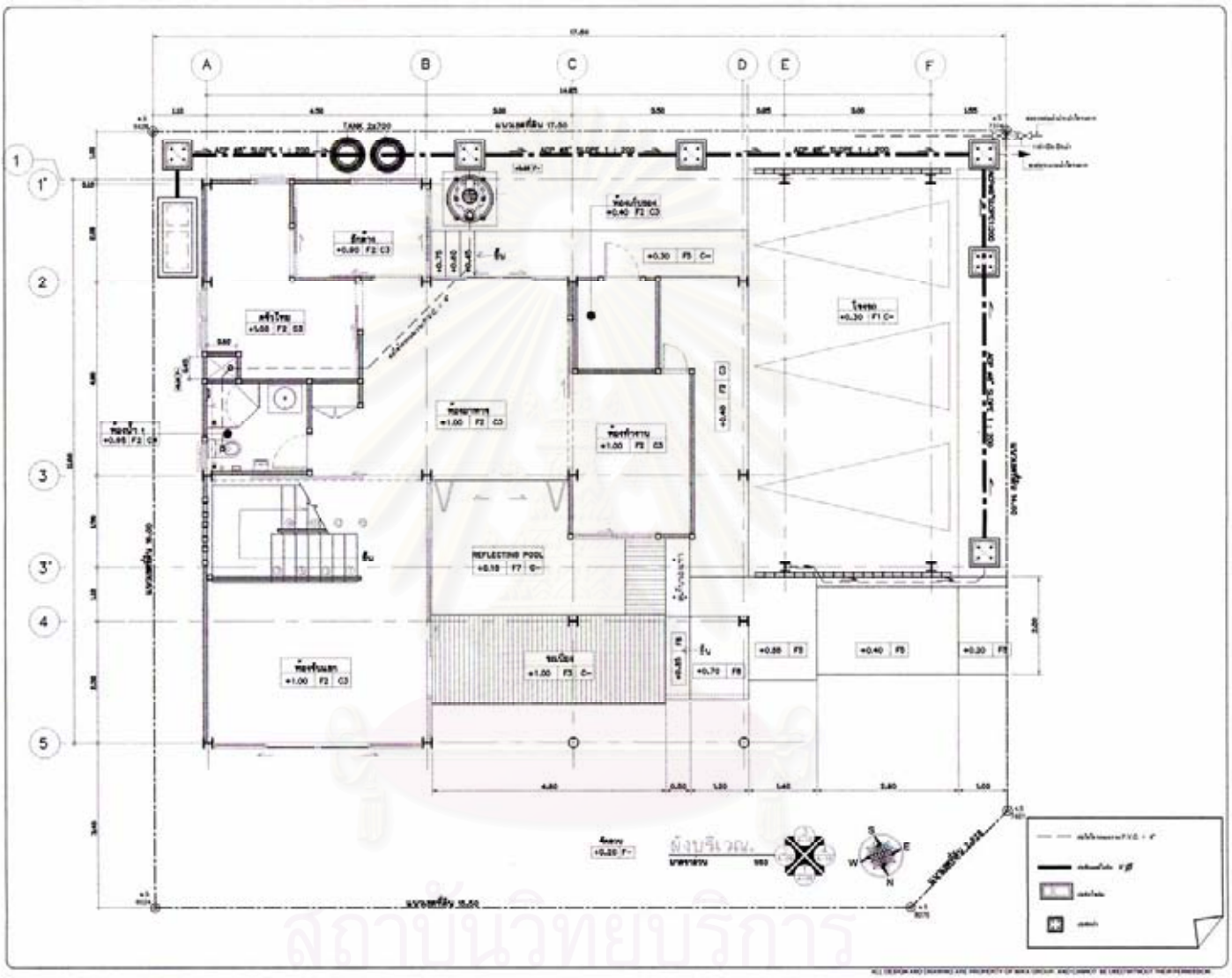
4.2.3 บริษัท บรรจงสร้าง ดีเวลอปเมนท์

ชื่อโครงการ	:	อาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น
เจ้าของโครงการ	:	คุณ ณพงศ์ เฟื่องฟูพงศ์
ประเภทโครงการ	:	อาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็ก ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก
ที่ตั้งโครงการ	:	หมู่บ้านนีโอซิตี้ เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร
ปีที่เริ่มดำเนินการ	:	พ.ศ. 2549
มูลค่าโครงการก่อสร้าง	:	2,659,007 บาท
บริษัทผู้ออกแบบ	:	MIKA GROUP co.,ltd.
สถาปนิกโครงการ	:	คุณ พีรพล แม้นโกศล และคุณ ธีรเทพ คุณะวัฒนกุล
วิศวกรโครงการ	:	คุณ บุญทอง กุลศิริพฤกษ์

รูปที่ 4-31 แสดงทัศนียภาพรวมของบ้านพักอาศัย 2 ชั้นโครงสร้างเสาและคานเหล็ก

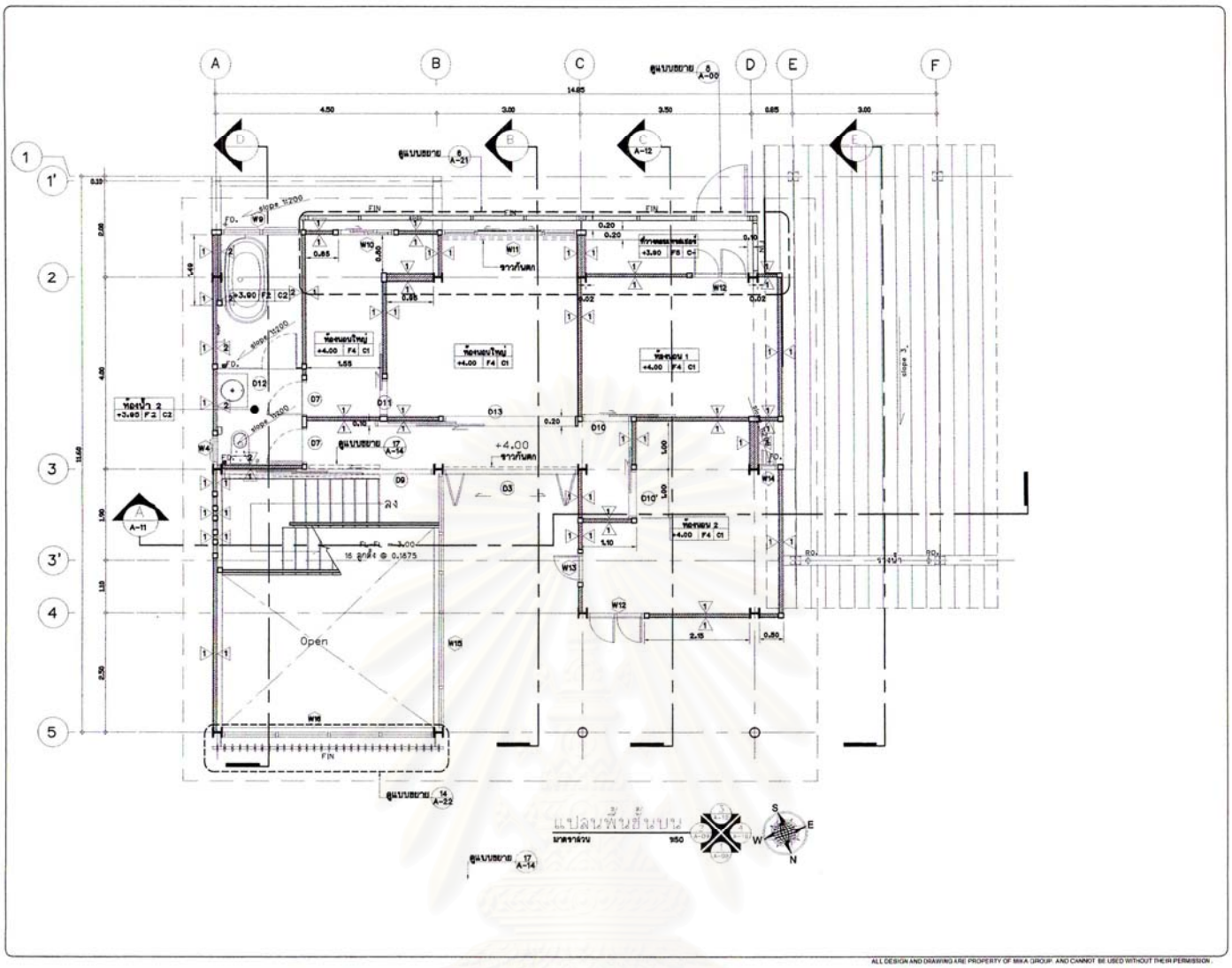
การเขียนแบบรายละเอียดการก่อสร้าง

โดยทั่วไปในการเขียนแบบบ้านโครงสร้างเหล็กระบบเสาคานจะไม่แตกต่างกับระบบโครงสร้างบ้านปูนทั่วไปมากนักจะแตกต่างกันที่รายละเอียดปลีกย่อยในส่วนแบบโครงสร้างเสียเป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 4-32 แสดงผังพื้นชั้นล่าง สังเกตการเขียนแบบรูปหน้าตัดเสา

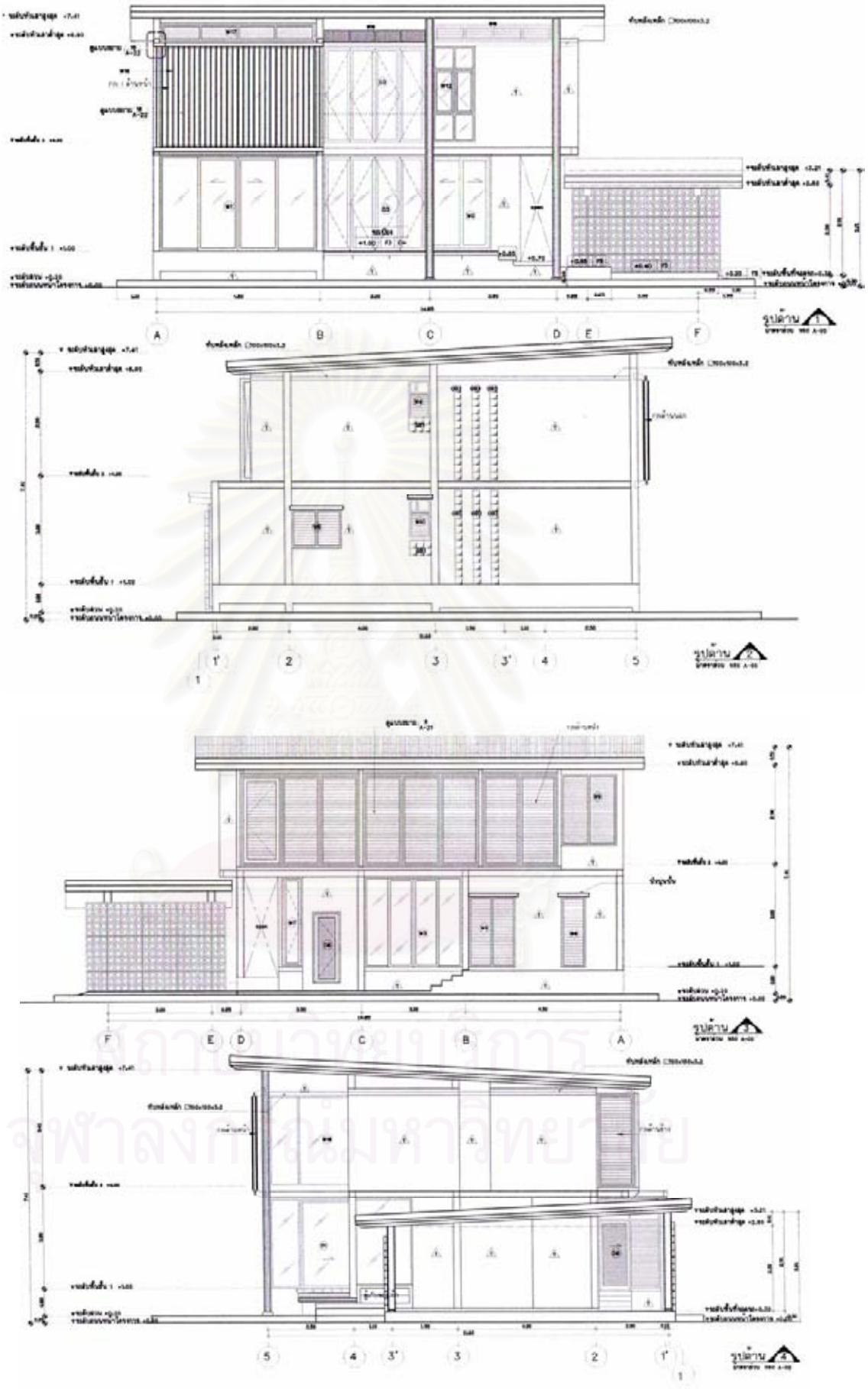
* ที่มา : แบบประกอบการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น หมู่บ้านนีโอซิตี้ (บริษัทบรรจงสร้าง)



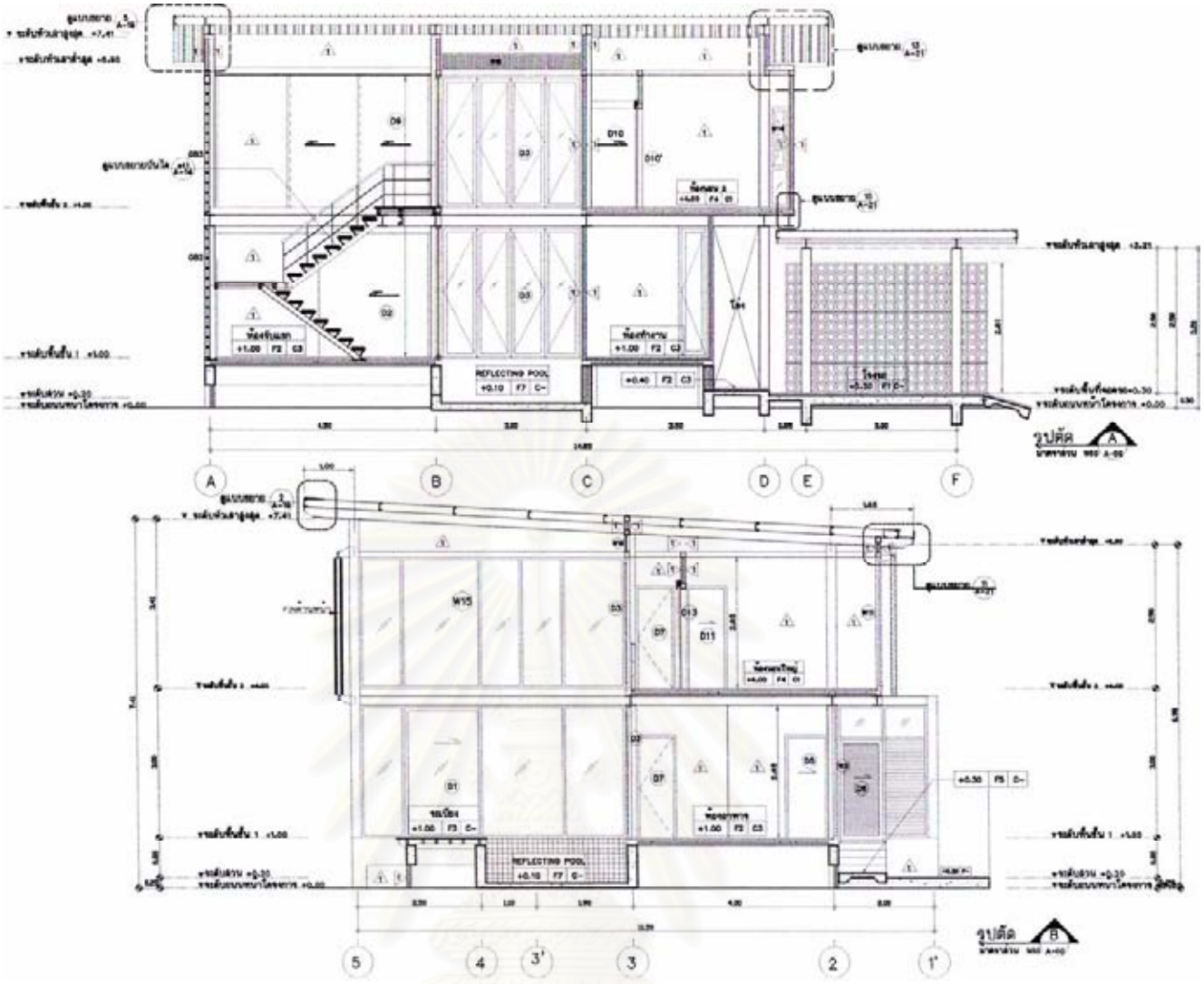
รูปที่ 4-33 แสดงผังพื้นชั้นที่ 2 โดยทั่วไปจะไม่ต่างจากการเขียนแบบบ้าน คสล.

* ที่มา : แบบประกอบการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น หมู่บ้านนีโอซิตี้ (บริษัทบรรจงสร้าง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-34 แสดงแบบรูปด้าน 1-4 ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้นก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็ก



รูปที่ 4-35 แสดงรูปตัด 1และ 2

รายละเอียดประกอบการก่อสร้างอาคาร

ลำดับ	รายการ	รายละเอียดการก่อสร้าง	หมายเหตุ
1.	งานเสาเข็มและฐานราก	- เสาเข็ม ค.ส.ล. รูปตัวไอ 2-0.22 X 20.00 เมตร - ฐานราก ค.ส.ล.	
2.	งานโครสร้างหลักของอาคาร	- คานคอดินเหล็กรูปพรรณ H 200x 200x49.9 leg/m. - เสาเหล็กรูปพรรณ H 200x 200x49.9 leg/m. - เสาเหล็กกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 8”x4.5 mm. - คานพื้นทั้งหมดใช้ H 200x 200x49.9 leg/m. - พื้นสำเร็จรูปแบบท้องเรียบ เทคอนกรีตทับหน้าหนา 5 เซนติเมตร	
3	งานโครงสร้างหลังคาและวัสดุมุง	- โครงสร้างหลังคาเป็นเหล็กรูปพรรณ แป C 150x50x20x2.3 @ 1.5m. อะเส H-beam 200x200x49.9 leg/m. - วัสดุมุง แผ่นเหล็กรีดลอน (Metal Sheet)	

4	งานพื้นและผิวพื้น	- พื้นซีเมนต์พร้อมปูกระเบื้อง - พื้น	
5	งานผนังและผิวผนัง	- ผนังภายนอกและภายในก่ออิฐมวลเบาหนา 7 ซม. - ผนังบุกระเบื้องเคลือบขนาด 8"x8"	
6	งานประตู-หน้าต่าง	- มีทั้งไม้จริงและวงกบอลูมิเนียม	
7	งานทาสี	- งานสีน้ำพลาสติก ทาภายใน - งานสีน้ำพลาสติก ทาภายนอก	
9	งานอื่นๆ	- งานทาสีกันสนิม - งานจะทำแผงกันแดด	

ตารางที่ 4-3 แสดงรายละเอียดประกอบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้น

* ที่มา : ข้อมูลจากบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้าง (บริษัทบรรจงสร้าง)

การเตรียมงานก่อสร้าง

การเตรียมงานก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยขนาด 2 ชั้น ด้วยโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ จะมีการเตรียมงานเช่นเดียวกับการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยจะต้องให้ความสำคัญในเรื่องของการวางแผนงานเพื่อควบคุมงานก่อสร้าง ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่เพื่อใช้เป็นลานกองชิ้นส่วนโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ เพื่อรองรับชิ้นส่วนเหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่ส่งมาจากบริษัทผู้ผลิตและนำมากองไว้โดยแยกเป็นชิ้นส่วนต่างๆของโครงสร้างเพื่อให้ง่ายและสะดวกในการนำมาใช้

รูปที่ 4-36 แสดงการกองชิ้นส่วนโครงสร้าง (กองวัสดุบนถนนภายในโครงการ)

การก่อสร้างอาคารด้วยโครงสร้างเหล็กในประเทศไทยก็จะขึ้นอยู่กับ ประเภทของอาคาร ชนิดของงานที่ใช้สอยแตกต่างกันไป วิธีการก็แตกต่างกันไปด้วย ระบบ Composite Structural Steel จะมี Code ที่ใช้เป็น Reference มีดังนี้

- มาตรฐานสำหรับอาคารเหล็กรูปพรรณ ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
- AISC (American Institute of steel Construction, Inc)

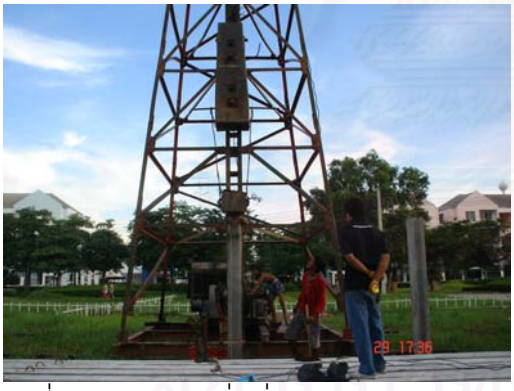
- AISI (American Iron and Steel Institute)
- AWS (American Welding Society)
- ASTM (American Society for Testing and Materials)
- ISO 9000 (International Standard Organization 9000)

ส่วนประกอบของอาคาร (Building components)

- ฐานราก (Foundation)
- เสา (Column)
- คานและพื้น (Beam and Flooring)
- หลังคา (Roof)
- ข้อต่อ (Connections)

ฐานราก (Foundation)

สำหรับระบบฐานรากที่เป็นที่นิยมและคุ้นเคยกันเป็นอย่างดีในวงการงานก่อสร้างในประเทศไทย คือ ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กที่วางบนเสาเข็มอัดแรง ถ่ายแรงจากตัวอาคารทั้งหมดลงสู่ชั้นดิน



รูปที่ 4-37 แสดงใช้ปั่นจั่นตอกเข็มตามตำแหน่ง

รูปที่ 4-38 แสดงการต่อเสาเข็มด้วยวิธีการเชื่อมไฟฟ้า

คานคอดินและตอม่อ คานคอดินที่ใช้เป็นเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ H 200x 200x49.9 leg/m. ในส่วนของตอม่อจะเป็น ค.ส.ล. โดยเริ่มกระบวนการตั้งแต่การตัดหัวเข็มส่วนเกินให้ได้ระดับและดำเนินการทำแบบหล่อตอม่อคอนกรีตรวมไปถึง การผูกเหล็กเสริมโครงสร้างคอนกรีตไปพร้อมกัน อีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญมากในขั้นตอนนี้คือการเตรียม แผ่นเหล็กประกับหัวเสาเจาะรูใส่เหล็กเสริมของตอม่อพับแล้วเชื่อมยึดติดกับแผ่นเหล็ก เพื่อนำไปฝังยังแบบหล่อคอนกรีตที่เตรียมไว้ ในการคำนวณออกแบบและก่อสร้างฐานรากของอาคาร ผู้ออกแบบจะพยายามออกแบบให้น้ำหนักบรรทุกของอาคารที่ถ่ายลงสู่ดินผ่านฐานรากกระจายลงสู่ดิน โดยที่ค่าแรงต้านทานของดินที่เกิดขึ้นควรจะมี

ค่าใกล้เคียงกันทุกฐาน เพื่อให้การทรุดตัวของฐานรากในแต่ละฐานมีค่าเท่ากัน หรือน้อยมากจนมีค่าเท่ากับศูนย์

รูปที่ 4-39 เหล็กเสริมฐานรากที่เตรียมไว้ใช้งาน

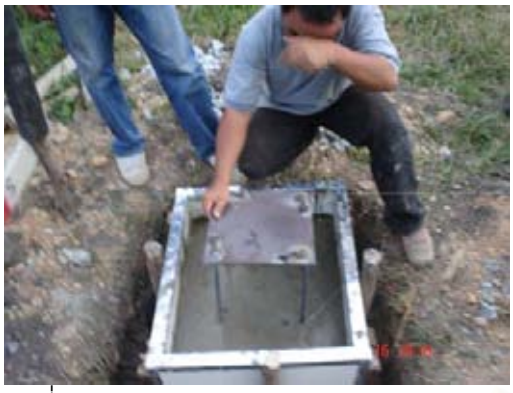
รูปที่ 4-40 แผ่นเหล็กประกับสำหรับฝังในตอม่อ

รูปที่ 4-41 แบบหล่อตอม่อ ค.ส.ล.

รูปที่ 4-42 เทคอนกรีตผสมเสร็จในแบบ

รูปที่ 4-43 ปรับหน้าคอนกรีตให้เรียบได้ระดับ

รูปที่ 4-44 การหาตำแหน่งวางแผ่นประกับเหล็ก



รูปที่ 4-45 การวางแผ่นประกับเหล็ก

รูปที่ 4-46 การหาระยะและระดับให้ถูกต้อง

รูปที่ 4-47 ฐานรากที่เสร็จเรียบร้อย

รูปที่ 4-48 การถอดแบบหล่อฐานราก

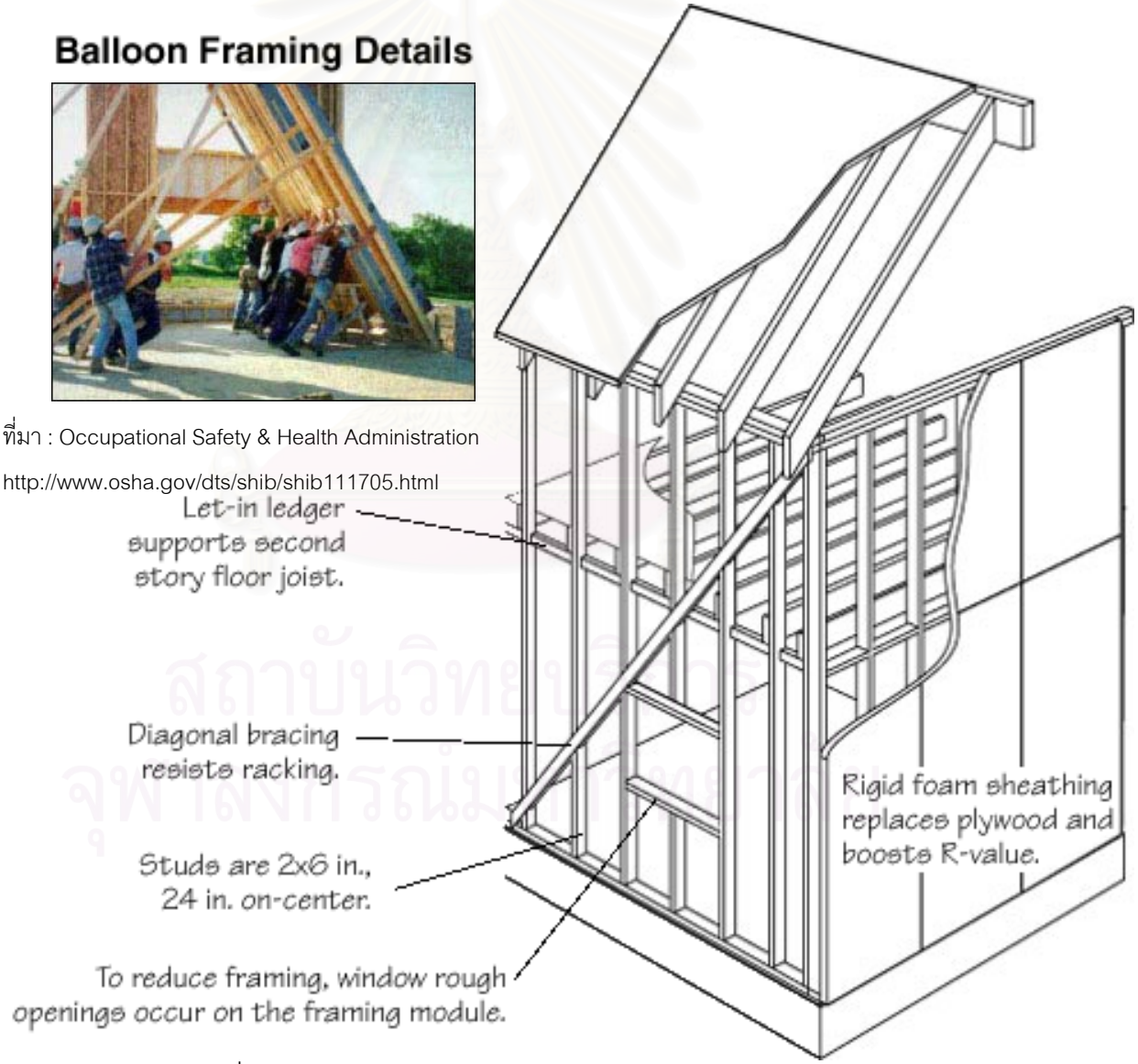
รูปที่ 4-49 แสดงฐานราก ค.ส.ล.

รูปที่ 4-50 บ่มคอนกรีตด้วยแผ่นพลาสติก

รูปที่ 4-51 แสดงคานคอดินเหล็กรูปพรรณและคานพื้นชั้นที่ 1

เสา (Column)

มักใช้เหล็กรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสกลวงเป็นเสา แต่ปัจจุบันนิยมใช้เสาเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน (เหล็กรูปตัวเอช) แทนในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้นเนื่องจากความต้องการ การรับน้ำหนักบรรทุกให้ได้มากขึ้น และเป็นเหล็กที่หาซื้อได้ง่าย สะดวกกว่าในอดีต งานในส่วนของการติดตั้งโครงสร้างเสาเหล็กรูปพรรณแต่ละต้น จำเป็นต้องมีกระบวนการต่างๆเป็นลำดับเพราะระบบการก่อสร้างที่ใช้เป็นระบบโครงสร้างต่อเนื่อง (Balloon Framing) หมายถึงโครงสร้างที่ต่อเนื่องกันตั้งแต่การเชื่อมต่อจากฐานราก พื้น ไปจนถึงผนังชั้นสูงสุด โดยจะเป็นโครงสร้างที่ถ่ายน้ำหนักตั้งแต่หลังคาลงมา ผ่านโครงสร้างพื้นชั้นที่ 1, 2 หรือมากกว่านั้น แล้วแต่การคำนวณ และวัสดุโครงสร้างที่ใช้รับแรง โดยยึดหรือแขวนโครงสร้างพื้นเข้ากับโครงสร้างเสา หรือโครงเคร่าผนังรับน้ำหนัก (Stud) ก่อนลงสู่ดิน



ที่มา : Occupational Safety & Health Administration

http://www.osha.gov/dts/shib/shib111705.html

ที่มา http://oikos.com/esb/27/balloon_framing.html

รูปที่ 4-52 แสดงชิ้นส่วนโครงสร้างและการติดตั้งเสา ระบบ Balloon Framing

การติดตั้งชิ้นส่วนเสาที่เชื่อมประกอบแล้วมีขั้นตอนดังนี้

1) เริ่มตั้งแต่กระบวนการ การนำชิ้นส่วนโครงสร้างในส่วนต่างๆที่วางกองไว้ มาตัดแต่งละเชื่อมประกอบบนพื้นดินเนื่องจากการทำงานลักษณะนี้ให้แล้วเสร็จในพื้นที่แนวราบ (พื้นที่เตรียมงานและกองวัสดุ) จะทำงานสะดวกรวดเร็วมากกว่าการนำชิ้นส่วนขึ้นไปประกอบที่ละชิ้นบนที่สูง ขั้นตอนนี้จะรวมไปถึงการทาสีกันสนิมให้กับชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆก่อนน้ำขึ้นไปประกอบเป็นโครงสร้าง
2) หาตำแหน่ง ระยะต่างๆรวมไปถึง ศูนย์ ของเสา จากการปักผังตำแหน่งของฐานรากแล้วเขียนแสดงตำแหน่งให้ชัดเจน ขั้นตอนนี้ต้องทำทีเดียว ในทุกตำแหน่งที่มีเสาเพื่อความแม่นยำของตำแหน่งเสาแต่ละต้น

รูปที่ 4-53 แสดงการวางตำแหน่งของเสาบนแผ่นประกับเหล็ก

3) การยกเสาเหล็กรูปพรรณ จะใช้ Mobile Crane ในการยกขึ้นไปติดตั้งบนแผ่นเหล็กประกับหัวเสา (Base Plate) ที่เตรียมไว้ทีละ 1 ตัน จากนั้นคนงานจะทำการเช็คแนวดิ่ง เมื่อโครงสร้างได้ดิ่งแล้วก็จะนำเหล็กรูป C มาใช้ค้ำยันโครงสร้างชั่วคราวเพื่อป้องการขยับตัวในขณะทำการเชื่อมจากนั้นคนงานจะทำการเชื่อมด้วยหัวเชื่อมไฟฟ้าบริเวณฐานเสาเหล็กกับแผ่นเหล็กประกับหัวเสาให้แข็งแรงจากนั้นจึงถอดสลิงที่ใช้ยกโครงสร้างเสาออก รวมไปถึงเหล็กค้ำยันโครงสร้างเพื่อให้ Mobile Crane ยกเสาโครงสร้างเหล็กต้นต่อไปและติดตั้งตามการะบวนการเดิมจนครบทุกตำแหน่ง

รูปที่ 4-54 การใช้ Mobile Crane ยกเสาเหล็กรูปพรรณ

รูปที่ 4-55 การใช้เหล็กค้ำยันโครงสร้าง

รูปที่ 4-56 เช็คระดับและตำแหน่งของเสารวมถึงเช็คระยะและแนวดิ่งของโครงสร้างโดยละเอียด

รูปที่ 4-57 แสดงการเชื่อมไฟฟ้ายึดฐานเสาเหล็กกับแผ่นประกับเหล็กฐานรากและเสาที่ติดตั้งเรียบร้อย

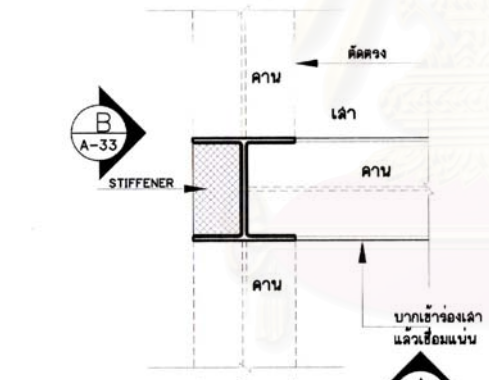
คานและพื้น (Beam and Flooring)

หลังจากที่เสร็จสิ้นขั้นตอนในการติดตั้งเสาเหล็กรูปพรรณเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะเป็นการเริ่มขั้นตอนในการเชื่อมประกอบโครงสร้างคานเหล็กระหว่างเสาโครงสร้างเหล็กที่ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยก่อนหน้านี้โดยเริ่มติดตั้งคานเหล็กที่เป็นโครงสร้างตามแนวยาวของอาคารโดยใช้ Mobile Crane ในการยกมาเชื่อมติดกับโครงสร้างเสา เพื่อให้โครงสร้างเกิดความแข็งแรง

รูปที่ 4-58 การใช้ Mobile Crane ยกชิ้นส่วนคานเหล็ก

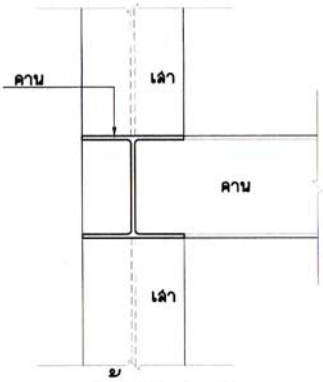
รูปที่ 4-59 คานเหล็กที่ติดตั้งระหว่างเสา

รูปที่ 4-60 แสดงโครงสร้างเชื่อมประกอบ ระหว่างชิ้นส่วนโครงสร้างคานและโครงสร้างเสา



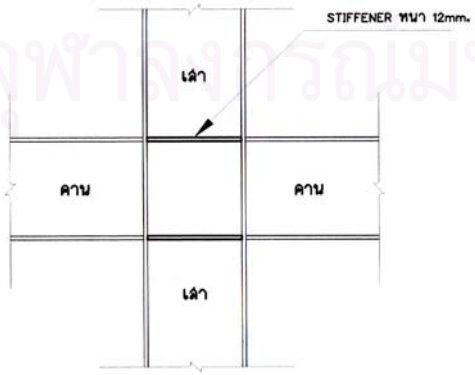
(แปลน)

DETAIL จุดเชื่อมต่อ เสา และคาน



(ด้าน A)

DETAIL จุดเชื่อมต่อ เสา และคาน



(ด้าน B)

DETAIL จุดเชื่อมต่อ เสา และคาน

รูปที่ 4-61 การออกแบบรายละเอียดจุดเชื่อมต่อระหว่างเสากับคาน

ที่มา : แบบประกอบการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น หมู่บ้านนีโอซิตี้ (บริษัทบรรจงสร้าง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

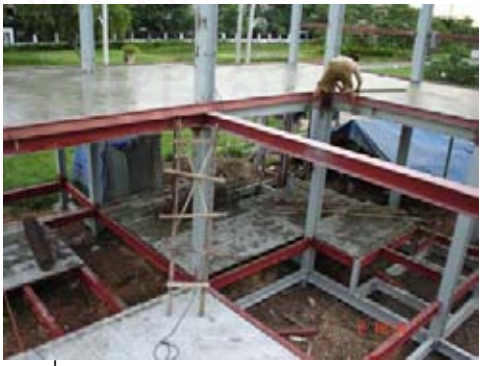
คานที่ใช้ในการก่อสร้างเป็นเหล็กรูปพรรณ H 200x 200x49.9 leg/m. ใช้เป็นทั้งคานคอดินและคานรับพื้นของอาคาร ติดตั้งโดยวิธีการเชื่อมไฟฟ้า การเชื่อมประกอบโครงสร้างเหล็กจำเป็นต้องใช้ช่างเชื่อมที่มีทักษะ และมีความชำนาญในงานเชื่อมพอสมควรเนื่องจาก งานโครงสร้างเป็นส่วนที่ต้องรับน้ำหนักของอาคาร ต้องการความมั่นคง แข็งแรงสูงดั่งนั้นการประกอบโครงสร้างด้วยวิธีเชื่อมประกอบจึงจำเป็นต้องมีความแม่นยำและต้องการคุณภาพงานที่สูง อีกทั้งงานก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้น มิได้มีกฎหมายควบคุมตรวจสอบมากเท่ากับการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ การตรวจสอบรอยเชื่อมจึงอาศัยแค่ประสบการณ์และความชำนาญในเชิงช่างของแรงงานและความละเอียดพิถีพิถันของผู้ควบคุมงานแต่เพียงอย่างเดียว

ในส่วนของงานโครงสร้างพื้นของอาคาร หลักๆจะใช้ระบบพื้นสำเร็จรูปชนิดท้องเรียบ มีการใช้อยู่หลายขนาดตามช่วงพาดของเสา การติดตั้งหน้างานจะใช้แรงงานคนในการยกวางตามตำแหน่งต่างๆของอาคาร เมื่อจัดวางเสร็จเรียบร้อย ก็วางเหล็กตะแกรงและเทคอนกรีตทับหน้าหนา 5 ซม. ส่วนพื้นห้องน้ำจะใช้ระบบพื้นหล่อในที่ โดยในส่วนที่เป็นท่อระบายน้ำและงานระบบสุขาภิบาลต่างๆ จะทำการตีไม้แบบเว้นช่องไว้และหรือใส่ท่อขนาดที่ใช้จริงตามตำแหน่งต่างๆที่ต้องมีการวางระบบท่อ โดยตัวท่อจะกลายเป็นแบบหล่อคอนกรีตไปในตัวสะดวกในการเก็บงาน แต่ระยะและตำแหน่งต้องมีความแม่นยำเพื่อป้องกันการแก้ปัญหาหน้างานในการเดินท่อลด ข้องอ หรือการเดินท่อสามทางเพื่อเดินท่อให้ตรงตำแหน่งจริง

รูปที่ 4-62 วางเหล็กตะแกรงก่อนเทคอนกรีต

รูปที่ 4-63 เทคอนกรีตทับหน้าความหนา 5 ซม.

รูปที่ 4-64 คนงานกำลังปรับหน้าคอนกรีต



รูปที่ 4-65 คนงานกำลังขัดมันผิวคอนกรีต

รูปที่ 4-66 การวางท่องานระบบสุขาภิบาลในพื้นหล่อในที่

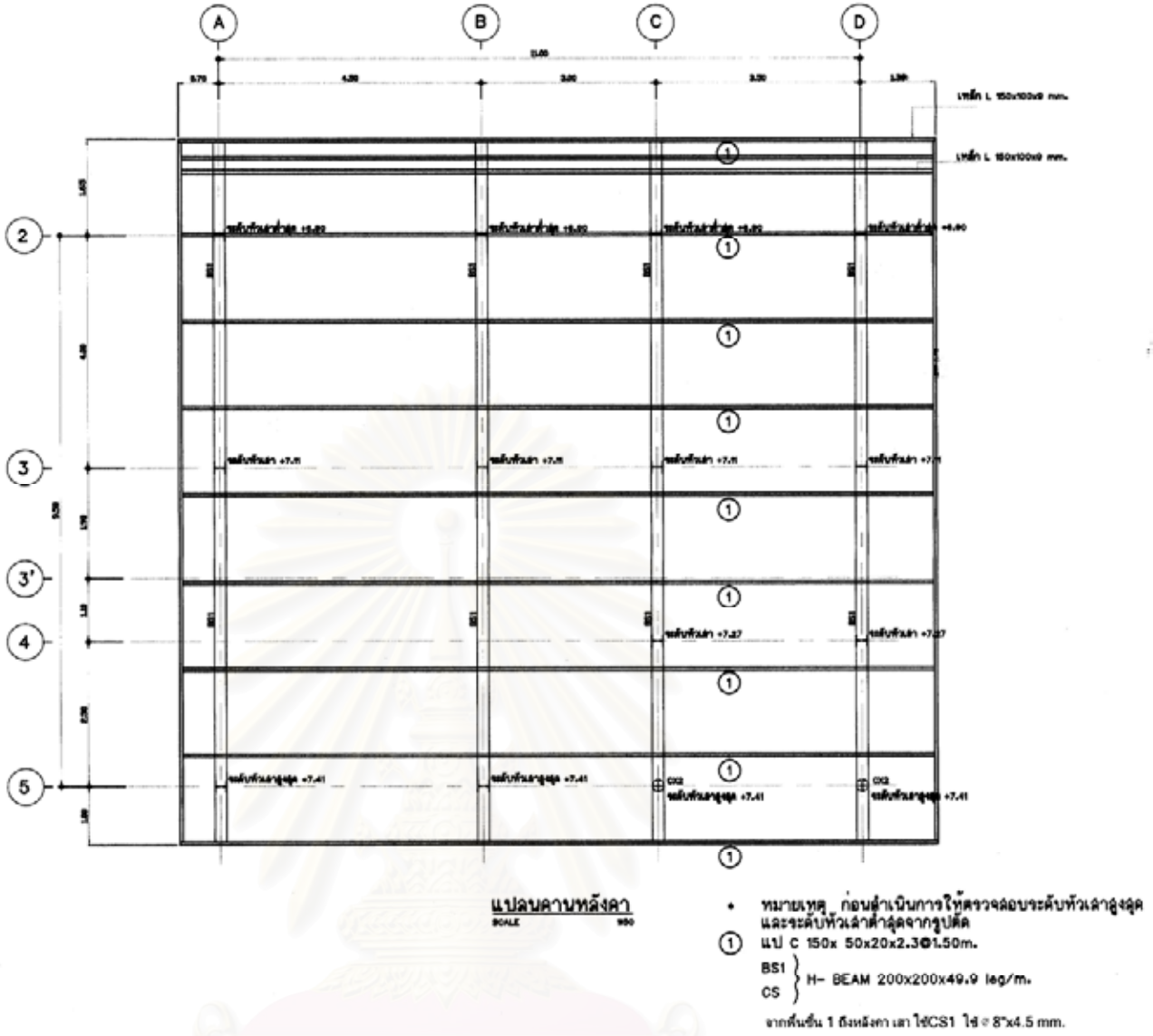
โครงสร้างพื้น ของบ้านโครงสร้างเหล็กจะมีกระบวนการและขั้นตอนงานก่อสร้างระบบพื้นสำเร็จรูปเช่นเดียวกับงานก่อสร้างบ้านพักอาศัยที่ใช้โครงสร้างคอนกรีตทุกประการ จะเว้นเสียก็แต่ระบบพื้นหล่อในที่บริเวณห้องน้ำหรือส่วนที่อาจก่อให้เกิดการรั่วซึมของน้ำได้ง่าย ที่ต้องมีเทคนิคพิเศษเพื่อป้องกันการรั่วซึมจากการใช้งานโดยดูได้จาก หัวข้อการติดตั้งพื้น

ผนังจะมีลักษณะเช่นเดียวกับอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยทั่วไป แต่ในรายละเอียดขั้นตอนของงานก่อสร้างอาคารโครงสร้างเหล็กรูปพรรณจะมีรายละเอียดปลีกย่อย ที่แตกต่างจากบ้านคอนกรีตเสริมเหล็กเพียงเล็กน้อย สำหรับงานผนังที่ใช้ในการก่อสร้างโครงการบ้านพักอาศัย 2 ชั้น หมู่บ้าน นีโอซิตี้ ใช้ผนังก่ออิฐมวลเบาขนาด 7 ซม.ในการก่อสร้างบ้านทั้งภายนอกและภายใน

รูปที่ 4-67 ผนังก่ออิฐมวลเบาที่ใช้ในการก่อผนังทั้งผนังภายนอกและผนังภายใน

หลังคา (Roof)

หลังคาเป็นโครงสร้างที่สำคัญ มีหน้าที่ป้องกันอาคารจากสภาพอากาศภายนอก โครงสร้างหลังคาที่ใช้เป็นเหล็กรูปพรรณ แป C150x50x20x2.3@1.5m. หลังคาเป็นรูปแบบที่ไม่สลับซับซ้อนทรงแบนเอียงทำมุมเล็กน้อยเพื่อระบายน้ำฝนไปด้านหลังของตัวบ้าน (เพิงหมาแหงน) วัสดุมุงหลังคาเป็นแผ่นเหล็กรีดลอน (Metal Sheet) มีน้ำหนักต่อตารางเมตรเบามากจึงไม่สิ้นเปลืองโครงสร้างในส่วนนี้เท่าไรนัก การประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างจึงมีความสะดวกและรวดเร็ว ในแผ่นเหล็กรีดลอน (Metal Sheet) มีการติดฉนวนกันความร้อนชนิดติดใต้แผ่นหลังคาเหล็กรีดลอน



รูปที่ 4-68 แบบแสดงโครงสร้างหลังคา

*ที่มา : แบบประกอบการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น หมู่บ้าน นีโอซิตี้ (บริษัทบรรจงสร้าง)

รูปที่ 4-69 โครงสร้างหลังคาเหล็ก และ วัสดุมุงแผ่นเหล็กรีดลอนมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน

รูปที่ 4-70 แสดงโครงสร้างสา คานและหลังคาโดยรวมของบ้าน

ข้อต่อ (Connections)

เนื่องจากการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กหลังนี้ใช้ระบบการเชื่อมด้วยไฟฟ้าในการทำรอยต่อยึดโครงสร้างเข้าด้วยกันแทบทั้งหมด ดังนั้นแรงงานที่ใช้ในการทำงานโครงสร้างเหล็ก ส่วนใหญ่จึงต้องใช้แรงงานที่มีประสบการณ์ และมีความชำนาญในงานที่เกี่ยวข้องกับงานโครงสร้างเหล็กในการก่อสร้างเพื่อคุณภาพงาน และความแข็งแรงของโครงสร้าง

รูปที่ 4-71 แสดงรอยต่อส่วนต่างๆของโครงสร้าง

4.2.4 บริษัท นำตระกูลเจริญการโยธา จำกัด

ชื่อโครงการ : บ้านพักอาศัย 2 ชั้น โครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

เจ้าของโครงการ : คุณ พิสิฐ กิตติภาณุกุล

ประเภทโครงการ : อาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็ก ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก

ที่ตั้งโครงการ : ซ.ไพศาล 5 ถ.ประชาราษฎร์บำเพ็ญ เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร

มูลค่าโครงการก่อสร้าง : 1,300,000 บาท

บริษัทผู้ออกแบบ : ARCHITECT & ASSOCIATES DESIGN

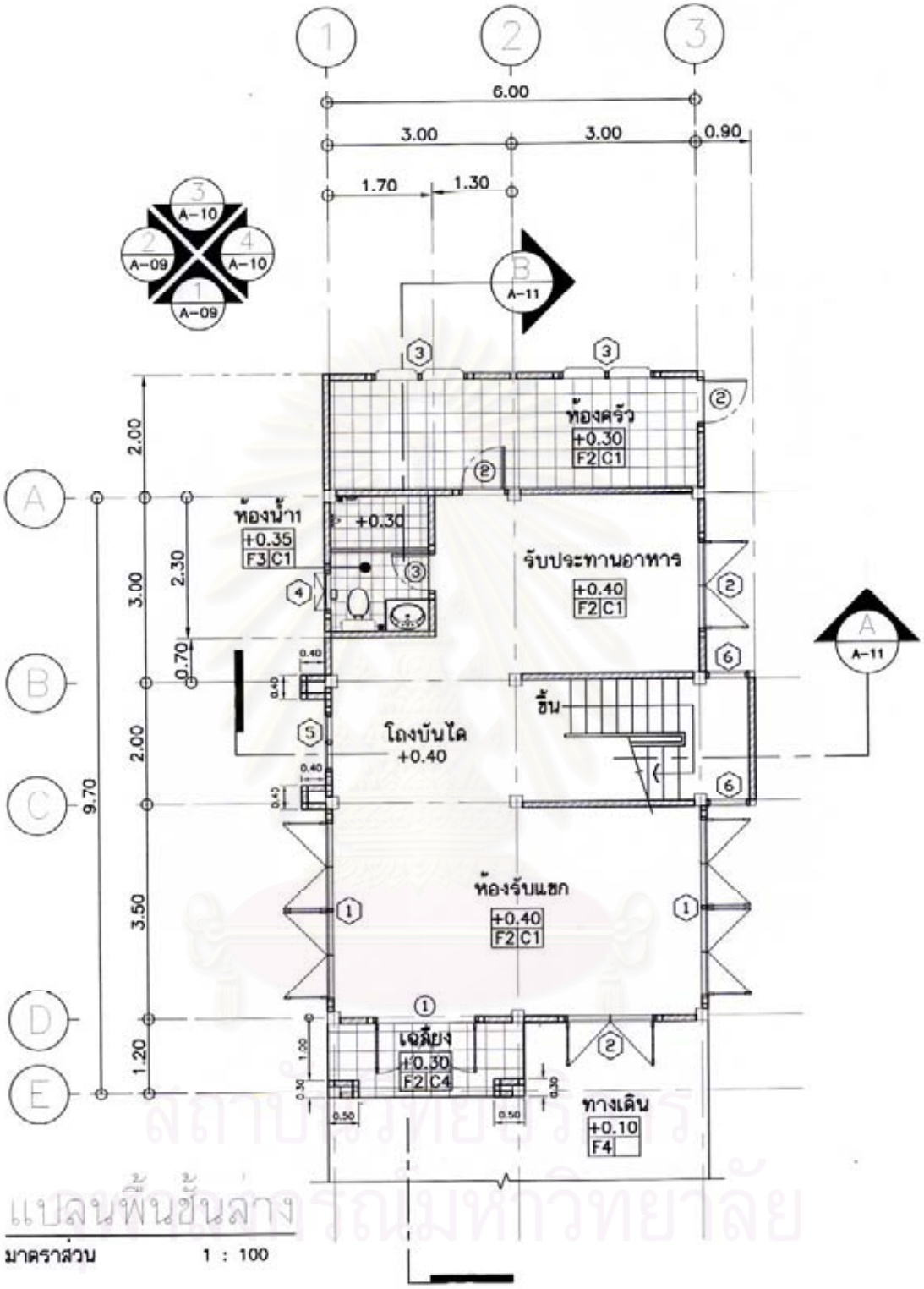
สถาปนิกโครงการ : คุณ กนกศักดิ์ ตุ่นไวย์

วิศวกรโครงการ : คุณ วสันต์ แข้คำ

รูปที่ 4-72 บ้านพักอาศัย 2 ชั้น โครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

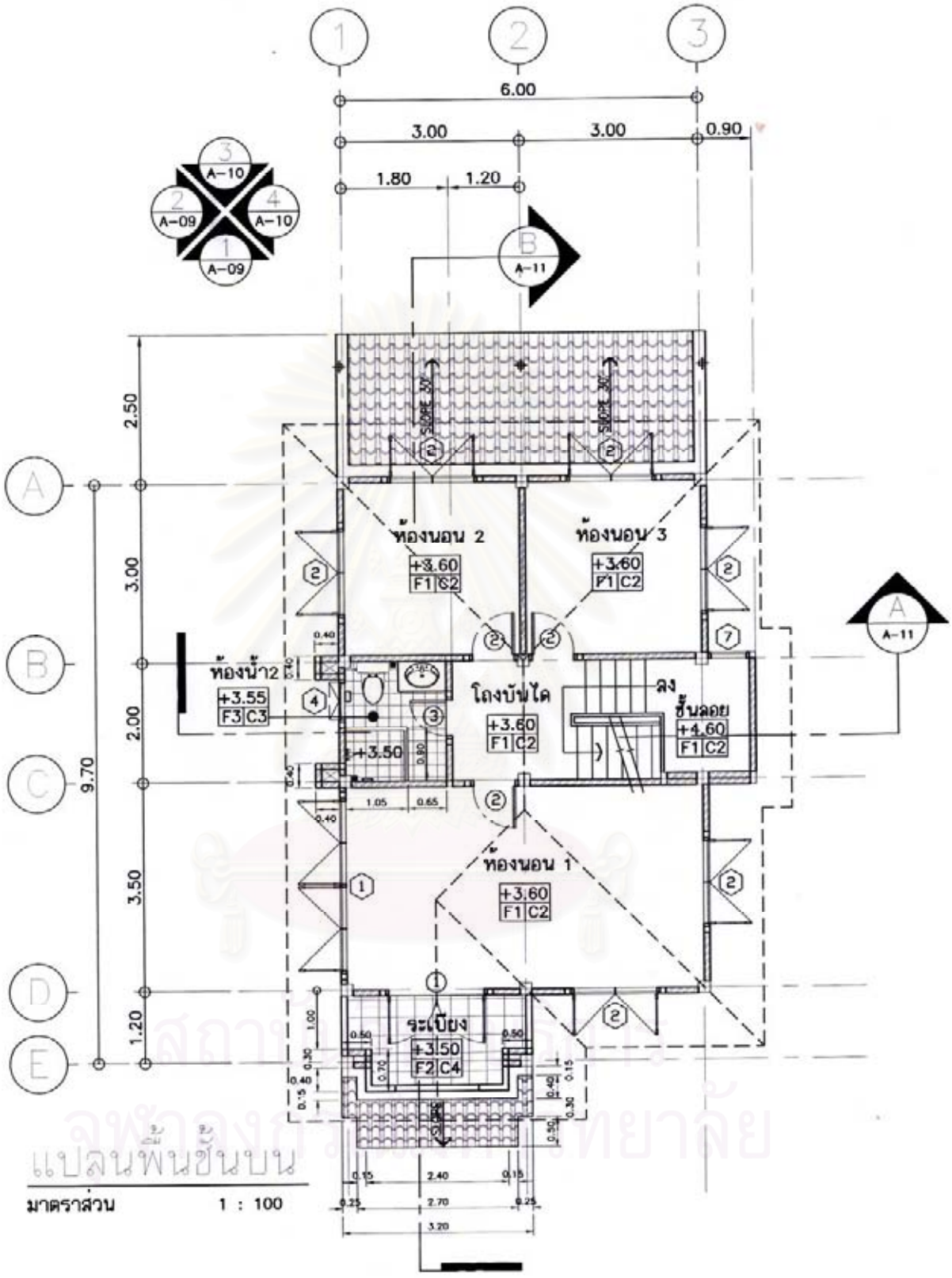
บ้านโครงสร้างเหล็กหลังนี้เดิมทีมีการออกแบบก่อสร้างด้วยระบบคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยออกแบบและเขียนแบบก่อสร้าง (Construction drawings) บ้านทั้งหลังเป็นระบบคอนกรีตเสริมเหล็กรวมทั้งรายการคำนวณต่างๆ แต่ทางบริษัท นำตระกูลเจริญการโยธาได้แนะนำและ เสนอระบบโครงสร้างเสาและคานเหล็ก ให้เจ้าของได้มีทางเลือกและเปรียบเทียบข้อดีต่างๆที่ได้เปรียบกว่าระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เมื่อเจ้าของโครงการเห็นข้อดีและข้อเสียต่างๆของทั้งสองระบบ หากแต่ข้อดีของระบบบ้านโครงสร้างเหล็กมองเห็นได้ชัดเจนและเป็นรูปธรรม จึงได้ตกลงแก้แบบบ้านจากระบบคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ และจัดทำ Shop drawings ที่มีความถูกต้อง และมีรายละเอียดครบถ้วน สำหรับใช้ประกอบการก่อสร้าง

*หมายเหตุ: บ้านตัวอย่างหลังนี้จะนำข้อมูลด้านรูปแบบการก่อสร้างมาศึกษาเพียงอย่างเดียวจะไม่รวมข้อมูลในเรื่องระยะเวลาการก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายและแรงงานที่ใช้ในการก่อสร้าง



รูปที่ 4-73 แสดงผังพื้นชั้นล่าง การเขียนแบบบ้านทั้งหมดเป็นลักษณะของโครงสร้างคอนกรีต

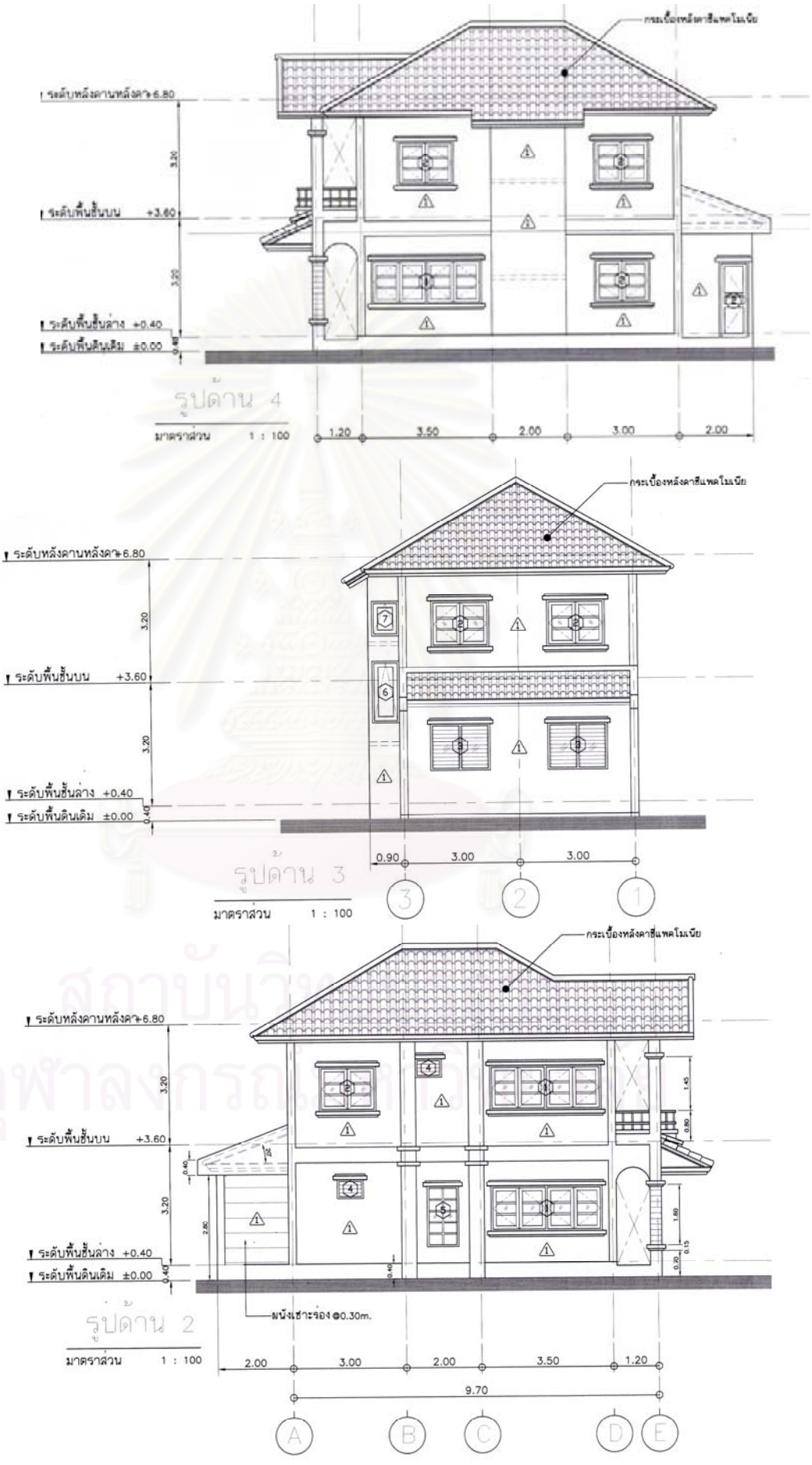
* ที่มา : แบบประกอบการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ของ คุณพิสิฐ (บริษัทนำตระกูลเจริญการโยธา)

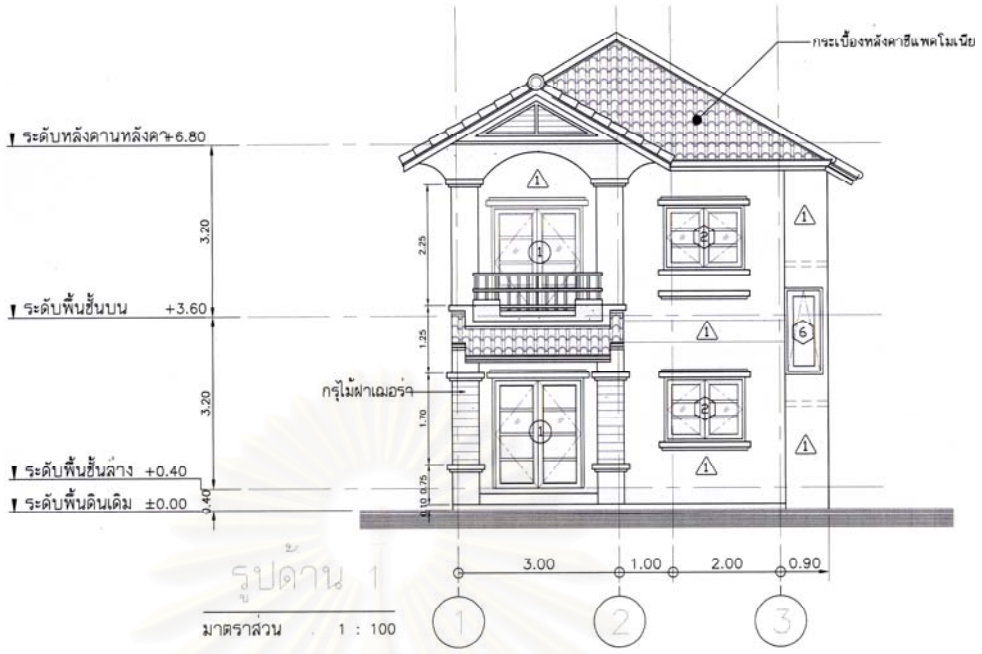


รูปที่ 4-74 แสดงผังพื้นชั้นที่ 2 การเขียนแบบบ้านทั้งหมดเป็นลักษณะของโครงสร้างคอนกรีต

* ที่มา : แบบประกอบการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ของ คุณพิสิฐ (บริษัทนำตระกูลเจริญการโยธา)

รูปที่ 4-75 ลักษณะรูปด้านเป็นแบบที่เขียนโดยใช้ระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก





รูปที่ 4-76 ลักษณะรูปด้านเป็นแบบที่เขียนโดยใช้ระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

* ที่มา : แบบประกอบการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ของ คุณพิสิฐ (บริษัทนำตระกูลเจริญการโยธา)

รายละเอียดประกอบการก่อสร้างอาคาร

ลำดับ	รายการ	รายละเอียดการก่อสร้าง	หมายเหตุ
1.	งานเสาเข็มและฐานราก	- เสาเข็มเจาะ ค.ส.ล. - ฐานราก ค.ส.ล.	
2.	งานโครงสร้างหลักของอาคาร	- คานคอดินเหล็กรูปพรรณ H 200x 200x49.9 leg/m. - เสาเหล็กรูปพรรณ H 100x100x6x8 mm. - คานพื้นทั้งหมดใช้ H 200x 200x49.9 leg/m. - พื้นสำเร็จรูปแบบท้องเรียบ เทคอนกรีตทับหน้าหนา 5 เซนติเมตร	
3	งานโครงสร้างหลังคาและวัสดุมุง	- โครงสร้างหลังคาเป็นเหล็กรูปพรรณ แป เหล็กสำเร็จรูป @ 0.32-0.34 m. จันทันเหล็ก C 100x20x20x2.3 @ 1.00m ดั้งเหล็ก. 2C 100x50x20x3.2 mm. อะเส 2C 100x50x20x3.2 mm. อกไก่ 2C 100x50x20x3.2 mm. ตะเข้สันและตะเข้ราง 2C 125x50x20x3.2 mm - วัสดุมุง กระเบื้องซีแพคโมเนีย	
4	งานพื้นและผิวพื้น	- พื้นซีเมนต์พร้อมปูกระเบื้อง - พื้นไม้ปาเก้	

5	งานผนังและผิวผนัง	- ผนังภายนอกและภายในก่ออิฐมวลเบาหนา 7 ซม. - ผนังบุกระเบื้องเคลือบขนาด 8”x8”	
6	งานประตู-หน้าต่าง	- มีทั้งไม้จริงและวงกบอลูมิเนียม	
7	งานทาสี	- งานสีน้ำพลาสติก ทาภายใน - งานสีน้ำพลาสติก ทาภายนอก	
9	งานอื่นๆ	- งานทาสีกันสนิม	

ตารางที่ 4-4 รายละเอียดประกอบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้น

* ที่มา : ข้อมูลจากบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้าง (บริษัท นำตระกูลเจริญการโยธา)

การเตรียมงานก่อสร้าง

การเตรียมงานก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยขนาด 2 ชั้น ด้วยโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ ของบริษัท นำตระกูลเจริญการโยธาจะมีการเตรียมงานเช่นเดียวกับการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยให้ความสำคัญในเรื่องของการวางแผนงานในการดำเนินงานการก่อสร้างและควบคุมงานก่อสร้าง ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่เพื่อ สร้างบ้านพักชั้วคราวของคนงาน พื้นที่กองวัสดุทางสัญจรในการใช้เป็นขนส่งวัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้าง

รูปที่ 4-77 ใช้ระบบเสาเข็มเจาะ

รูปที่ 4-78 การเตรียมแบบหล่อตอม่อโดยการก่ออิฐบล็อก

รูปที่ 4-79 การหล่อคอนกรีตฐานรากและฝังแผ่นประกับเหล็กในขณะที่คอนกรีตยังไม่แห้ง

รูปที่ 4-80 วิธีการยกเสาขึ้นติดตั้งโดยการตั้งเสาขนาดเล็กและติดรอกโซ่

รูปที่ 4-81 การเชื่อมเสากับแผ่นประกับเหล็กตามตำแหน่งที่วัดระยะเอาไว้ล่วงหน้า

รูปที่ 4-82 เสาที่ติดตั้งบนฐานรากแล้วเสร็จ

รูปที่ 4-83 หาแนวดิ่งของโครงสร้างเสา

รูปที่ 4-84 การประกอบโครงสร้างเสาคาน

รูปที่ 4-85 ทำรอยต่อด้วยการเชื่อมไฟฟ้า

รูปที่ 4-86 รอยต่อโครงสร้างเสาคาน

รูปที่ 4-87 ทำรอยต่อส่วนคานยื่น

รูปที่ 4-88 ผนังก่อด้วยอิฐมวลเบาหนา 7” ทั้งภายนอกและภายใน

หมายเหตุ

●	ตั้งเหล็ก	2x100x50x20x3.2mm.
	จันทันเหล็ก	100x50x20x3.2mm.@1.00m.
	ตะเข้สันและตะเข้ราง	2x125x50x20x3.2mm.
	อกไก่เหล็ก	2x100x50x20x3.2mm.
	อะเสเหล็ก	2x100x50x20x3.2mm.
	แปสำเร็จรูป	@ 0.32–0.34m.

แสดงส่วนประกอบของหลังคาเหล็ก

ในส่วนงานก่อสร้างหลังคา จะใช้โครงสร้างใช้เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน หรือเหล็กดำในการประกอบกันโครงสร้างเป็นหลังคา ในการประกอบและติดตั้งใช้วิธีการเชื่อมไฟฟ้าเหมือนกับโครงสร้างส่วนอื่นๆ การก่อสร้างระบบนี้เป็นที่คุ้นเคยและเป็นระบบโครงสร้างหลังคาที่ใช้กันโดยทั่วไป

โครงหลังคาที่ใช้เหล็กตัวซีทาสีแล้วมาเชื่อมประกบกันเป็นอะเสรองรับผนังใต้หลังคา จะเป็นสนิมภายในได้ง่ายและอาจจะแอ่น กรณีเช่นนี้ เหล็ก H beam ขนาด 150x75 มม. สามารถใช้ทำอะเสได้ดีกว่า เนื่องจากแข็งแรง ปลอดภัย และประหยัด สิ่งสำคัญที่ต้องให้ความสำคัญคือการทาสีป้องกันสนิมโดยเฉพาะในส่วนของรอยต่อ เมื่อดำเนินการติดตั้งโดยการเชื่อม และหรือตรวจสอบรอยเชื่อมเรียบร้อยแล้วให้ทาสีกันสนิมที่รอยต่อทุกรอยเพื่อยืดอายุให้กับโครงสร้าง

รูปที่ 4-89 การก่อสร้างส่วนตกแต่งต่างๆทำได้ไม่แตกต่างจากโครงสร้างบ้านคอนกรีต

รูปที่ 4-90 การก่อสร้างที่ปิดหุ้มโครงสร้างแล้วเสร็จจนดูราวกับเป็นบ้านปูนธรรมดาๆ

การก่อสร้างของบ้านหลังนี้เป็นการใช้โครงสร้างเหล็กแต่ไม่ได้แสดงเจตนาในการเลือกใช้โครงสร้างเหล็กให้เห็นได้จากภายนอกแต่เป็นการ ปิดซ่อนส่วนโครงสร้างไว้ภายใน ทำให้แลดูคล้ายกับบ้านคอนกรีตฉาบปูนทั่วไป ทั่งการตกแต่งต่างๆ การทาสี ก็มิได้บ่งบอกถึงวัสดุโครงสร้างที่ใช้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้ที่นิยมชมชอบในแบบบ้านคอนกรีตแต่ปรารถนาในข้อดีของวัสดุโครงสร้างเหล็ก ที่จะหยิบเอาเป็นแบบอย่าง หรือให้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย ที่ในส่วนของราคาก็มิได้แตกต่างกันเท่าไดนัก แต่หากมองลงลึกกันในรายละเอียดแล้วบ้านโครงสร้างเหล็ก ดูจะให้ประโยชน์แก่เจ้าของมากกว่าโครงสร้างคอนกรีตเสียด้วยซ้ำ การศึกษาชิ้นนี้จึงมิได้ชี้นำแบบเฉพาะตายตัว ว่าระบบโครงสร้างเหล็กนี้ดีที่สุด หากแต่เป็นเพียงการให้ข้อคิดและความรู้ในเรื่องกระบวนการและเทคนิคงานก่อสร้างแก่ผู้ที่สนใจบ้านระบบนี้เท่านั้น

4.3 โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก (LIGHTWEIGHT STEEL FRAMING)

การนำเหล็กขึ้นรูปเย็นชุบสังกะสี (Cold-formed Steel Framing) มาประยุกต์ใช้สร้างอาคารบ้านเรือน เป็นระบบที่มีรูปแบบและวิธีการก่อสร้างที่คล้ายคลึงกับการก่อสร้างบ้านโครงสร้างไม้ โดยใช้ระบบผนังโครงคร่าว (Wall stud) เป็นการก่อสร้างที่ใช้เหล็กชุบสังกะสีที่มีความหนาอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร โครงคร่าวผนังรับน้ำหนัก (PLATFORM FRAMING) เป็นระบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-fabricated) ผลิตด้วยเครื่องจักรที่ทันสมัยจากโรงงาน เป็นการผลิตจากเหล็กกล้าแรงดึงสูง มีค่า Yield Strength ไม่ต่ำกว่า 5500 Kg/cm^2 ซึ่งสูงกว่าเหล็กโครงสร้างทั่วไป (เหล็กดำมี Yield Strength = 2400 Kg/cm^2) และมีการป้องกันการเกิดสนิมด้วยการชุบสังกะสี ซึ่งเป็นการยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น โดยจะใช้เป็นวัสดุหลักในการก่อสร้าง

4.3.1 พื้นฐานการออกแบบบ้านโครงสร้างเหล็กระบบโครงคร่าวผนังรับน้ำหนัก (LIGHTWEIGHT STEEL FRAMING)

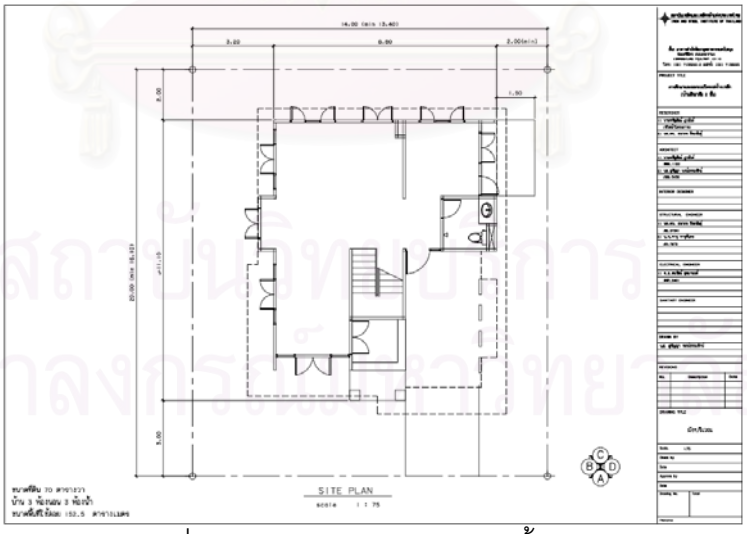
ส่วนประกอบและระบบการก่อสร้างของระบบผนังรับน้ำหนักจะแตกต่างกับระบบโครงสร้างเสา คานค่อนข้างมาก ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของวัสดุโครงสร้างที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง วิธีการ กระบวนการ ขั้นตอนการก่อสร้าง รวมไปถึงอุปกรณ์และแรงงานการก่อสร้าง โดยจะแยกส่วนของอาคารเพื่อให้ง่ายในการศึกษารูปแบบของโครงสร้าง แบ่งออกเป็นส่วนๆดังนี้

ส่วนประกอบของอาคาร (Building components)

- ฐานราก (Foundation)
- ระบบผนัง (Wall panel)
- คานและพื้น (Beam and Flooring)
- หลังคา (Roof)
- ข้อต่อ (Connections)

4.3.1.1 ฐานราก (FOUNDATION)

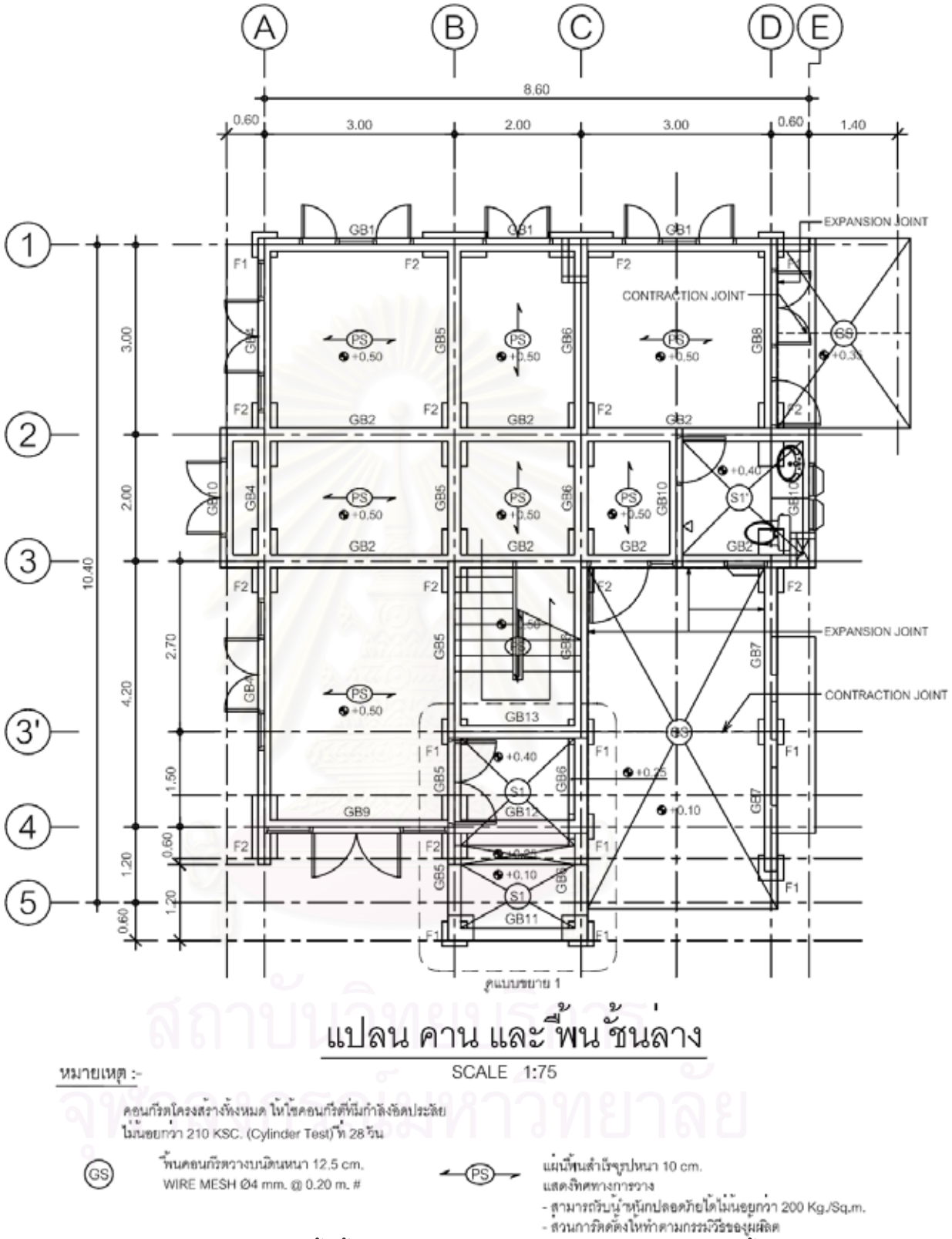
สำหรับการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กระบบโครงคร่าวผนังรับน้ำหนัก (LIGHTWEIGHT STEEL FRAMING) ในส่วนของงานฐานรากยังเป็นระบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กเหมือนกับบ้านโครงสร้าง คสล.ทั่วๆไป ฐานรากทำหน้าที่เชื่อมโยงการถ่ายเทน้ำหนักของอาคารที่สำคัญมาก จึงต้องมีการออกแบบรองรับตามรูปร่างอาคาร และสามารถส่งถ่ายเทแรงไปยังชั้นใต้ดิน ซึ่งมีคุณสมบัติที่อาจแตกต่างกันไปตามพื้นที่หรือชั้นใต้ดิน โดยไม่ให้เกิดการทรุดตัวมากเกินไป น้ำหนักที่กระทำลงบนฐานรากส่วนใหญ่ (Principal load) เป็นผลรวมของน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead load) และน้ำหนักบรรทุกจร (Live load) ของอาคารนอกจากทำหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกดังกล่าวแล้วฐานรากยังต้องทำหน้าที่ยึดตัวอาคาร ที่อยู่เหนือขึ้นไปทั้งหมดไม่ให้เลื่อน พลิก หรือยกตัว ตลอดทั้งยึดตัวอาคารให้ต้านทานต่อแรงแผ่นดินไหวหรือการเคลื่อนตัวของดินโดยรอบอาคาร และน้ำใต้ดิน บางกรณีฐานรากยังต้องออกแบบเพื่อรั้งแรงโก่งดัดหรือแรงดึงจากโครงสร้างบนพื้นดินอีกด้วย[4]



รูปที่ 4-91 แบบบ้านระบบผนังรับน้ำหนัก

* ทีมา : สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย สถาปนิก คุณ จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ วิศวกร น.ท.ดร.ธนากร พีระพันธุ์

[4] กิติพงศ์ พลจันทร์ และ ทัต สัจจะวาที. การก่อสร้างอาคาร บรรยายพร้อมภาพ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2549.



แปลน คาน และ พื้น ชั้นล่าง

SCALE 1:75

หมายเหตุ :-

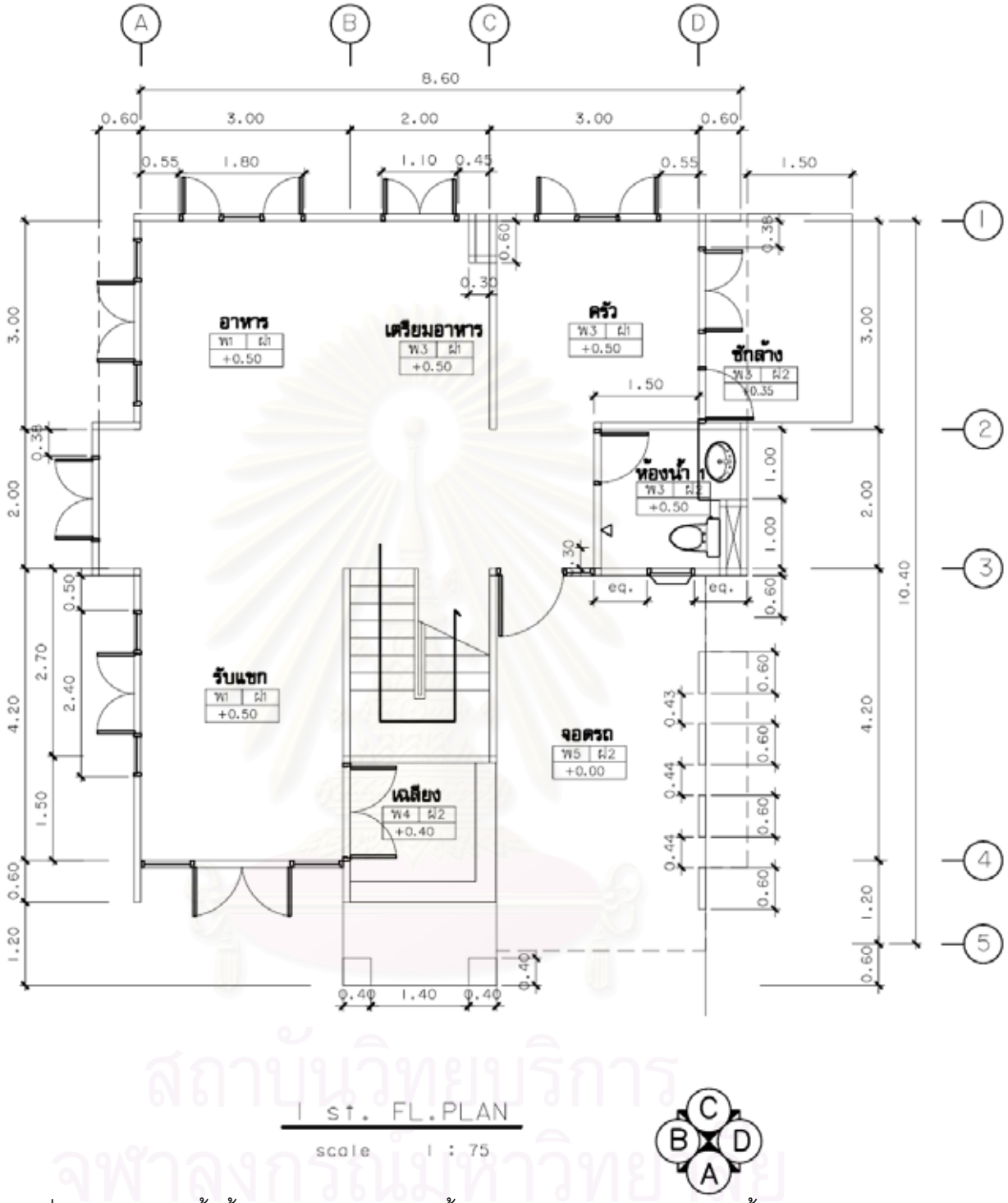
คอนกรีตโครงสร้างทั้งหมด ให้ใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัย ไม่น้อยกว่า 210 KSC. (Cylinder Test) ที่ 28 วัน

GS พื้นคอนกรีตวางบนดินหนา 12.5 cm. WIRE MESH Ø4 mm. @ 0.20 m. #

PS แผ่นพื้นสำเร็จรูปหนา 10 cm. แสดงทิศทางการวาง
- สามารถรับน้ำหนักปลอดภัยได้ไม่น้อยกว่า 200 Kg./Sq.m.
- ส่วนการติดตั้งให้ทำตามกรรมวิธีของผู้ผลิต

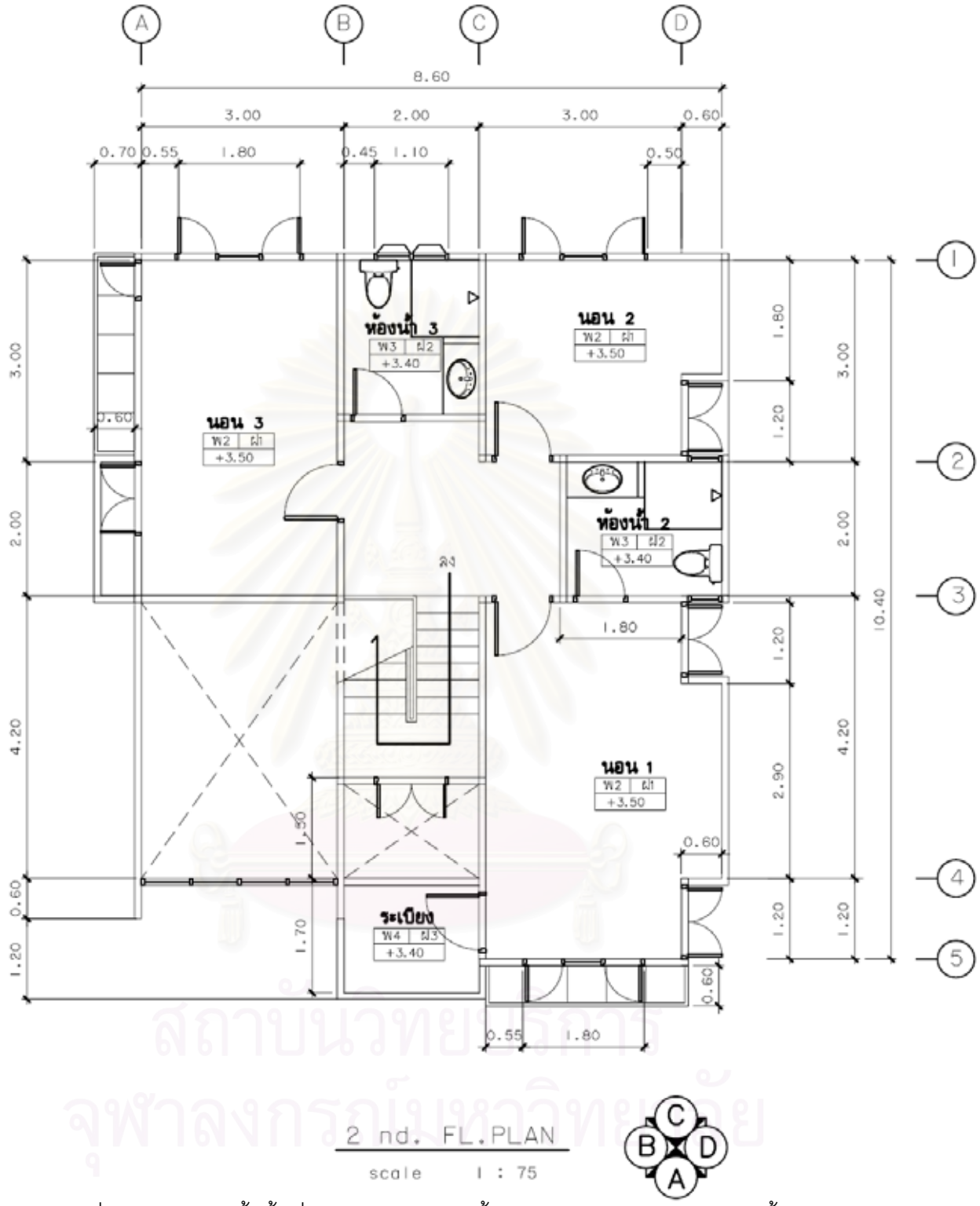
รูปที่ 4-92 แสดงผังคานและพื้นชั้นล่างที่ใช้ระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งหมด

* ทีมา : สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย สถาปนิก คุณ จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ วิศวกร น.ท.ดร.ธนากร พีระพันธุ์



รูปที่ 4-93 แสดงผังพื้นชั้นล่างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ระบบผนังโครงคร่าวเหล็กรับน้ำหนัก ขนาด 3 ห้องนอน 3 ห้องน้ำ เนื้อที่ใช้สอย 152.5 ตารางเมตร

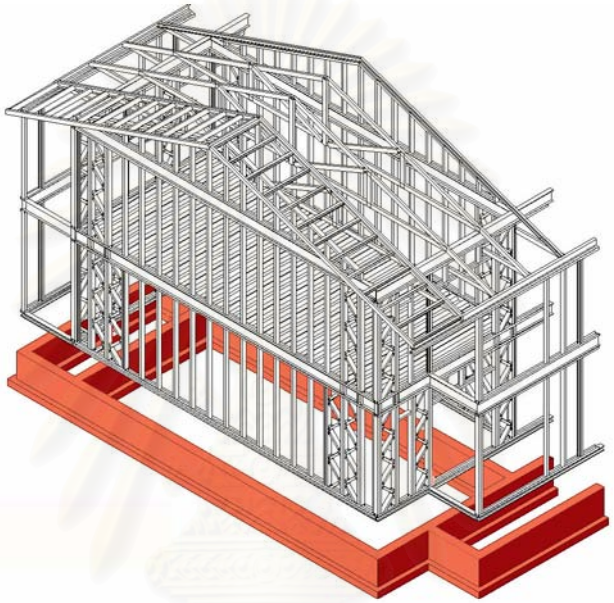
* ทีมา : สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย สถาปนิก คุณ จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ วิศวกร น.ท.ดร.ธนากร พีระพันธุ์



รูปที่ 4-94 แสดงผังพื้นชั้นที่ 2 บ้านพักอาศัย 2 ชั้น ระบบผนังโครงคร่าวเหล็กรับน้ำหนัก

* ทีมา : สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย สถาปนิก คุณ จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ วิศวกร น.ท.ดร.ธนากร พีระพันธุ์

โดยคานคอดินที่ใช้เป็นคาน ค.ส.ล. รวมไปถึงระบบพื้นใช้ได้ทั้งระบบพื้นหล่อในที่ และพื้นสำเร็จ ข้อดีของระบบนี้คือมีความแข็งแรงทนทาน ที่สำคัญคือโครงสร้างส่วนนี้เป็นส่วนที่สัมผัสกับดินโดยตรงซึ่งจะรับความชื้นของดิน และการก่อสร้างก็เป็นระบบ (PLATFORM FRAMING) การก่อสร้างมีรูปแบบคล้ายกับแบบบอลลูน แต่โคร่งคร่าวผนังจะสิ้นสุดแยกเป็นชั้นๆ และตงรับพื้นจะวางบนโครงคร่าวผนังที่อยู่ต่ำกว่า โดยการก่อสร้างต้องสร้างเป็นส่วนๆทีละส่วน โดยให้ฐานรากและพื้นชั้นที่ 1 ในส่วนของโครงสร้างเสร็จเรียบร้อยก่อนจึงจะเริ่มขึ้นงานผนังของชั้นที่ 1 รวมไปถึงคานและตงรับพื้นชั้นที่ 2 จากนั้นจึงเริ่มงานผนังของชั้นที่ 2 เป็นขั้นตอนแบบนี้ไปทุกๆชั้นจนถึงหลังคา



รูปที่ 4-95 แสดงรูปแบบบ้านโครงคร่าวเหล็กระบบ PLATFORM FRAMING

4.3.1.2 ระบบผนัง (WALL PANEL)[5]

ระบบผนังพื้นฐานของบ้านโครงสร้างเหล็กเบา

วัสดุและระบบผนัง พื้น และหลังคาของบ้านโครงสร้างเหล็กเบาในต่างประเทศ โดยพื้นฐานแล้วจะเหมือนกันกับบ้านโครงสร้างไม้ขนาดเหล็ก หรือสามารถใช้แทนกันได้ ซึ่งมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน ในแต่ละท้องถิ่นอาจมีรายละเอียดการใช้วัสดุ หรือกรรมวิธีการก่อสร้างที่แตกต่างกันบ้างเล็กน้อย

องค์ประกอบหลักของระบบพื้น ผนัง และหลังคาของบ้านโครงสร้างเหล็กเบาประกอบด้วย 4ส่วน ได้แก่

(1) โครงสร้างรับน้ำหนัก (คร่าว ตง และจันทัน หรือโครงสร้างหลังคา)

(2) แผ่นวัสดุยึดโครงสร้าง (Wall sheathing / Sub floor / Roof sheathing)

[5] จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. อุตสาหกรรมเหล็กกับการก่อสร้างบ้านในอนาคต. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2545.

(3) แผ่นวัสดุผิวสำเร็จ (แผ่นผนังชั้นนอกสุด แผ่นวัสดุปูพื้น และวัสดุมุงหลังคา)

(4) ผนังปิดโครงสร้างด้านใน (ผนังกรุงโครงคร่าวภายใน และฝ้าเพดาน)

ผนังที่นิยมใช้กันมานานจนกระทั่งปัจจุบันนั้น มีอยู่ 3 ระบบ คือ ผนังวัสดุก่อ (Masonry veneer) ผนังปูนฉาบ (Stucco) และผนังวัสดุแผ่นสำเร็จรูป (Boards / Sidings)

1. ผนังวัสดุก่อปิดหุ้มโครงสร้าง

นิยมใช้อิฐก่อโชว์แนว (Brick veneer) หุ้มอยู่ด้านนอกของโครงสร้างเหล็ก (Stud) แต่อาจเป็น หิน คอนกรีตบล็อก หรือคอนกรีตมวลเบาก็ได้ ปกติจะก่อให้ขอบผนังด้านในอยู่ห่างจากโครงสร้างไม่น้อยกว่า 1” โดยยึดวัสดุก่อภายนอกให้ติดกับโครงคร่าวไม่หรือเหล็กเป็นระยะๆ ส่วนด้านในโครงคร่าวนิยมบุด้วยแผ่นยิปซั่ม โดยปกติจะใส่ฉนวนบรรจุระหว่างโครงคร่าว (ไม้) หรือเพิ่มช่องว่างระหว่างผนังอิฐกับโครงคร่าวให้มากขึ้น เพื่อให้มีค่า R สูงขึ้น และอาจติดตั้งฉนวน (Rigid insulation) ไว้ด้านหน้าของโครงคร่าว (อยู่ในช่องว่างระหว่างผนังอิฐกับโครงคร่าว) แทนก็ได้ เพื่อแก้ปัญหาการส่งผ่านความร้อนทางโครงคร่าวเหล็ก ความหนาของผนังจะเพิ่มขึ้นตามค่า R ที่ต้องการด้วย

ผนังก่ออิฐโชว์แนวเป็นระบบที่ช่างและคนไทยโดยทั่วไปคุ้นเคยและใช้งานได้ดี เป็นผนังตันและมีความมั่นคงแข็งแรงเหมือนกับบ้านโครงสร้างคอนกรีต จึงน่าจะได้รับการยอมรับในแง่ของการตลาดได้ดี ผนังภายนอกมีความสวยงาม ไม่ต้องทาสี และป้องกันความร้อนได้ดีกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนที่ใช้กันทั่วไปโดยที่ไม่จำเป็นต้องใส่ฉนวน แต่เป็นระบบผนังที่มีน้ำหนักมาก (ควรให้ผนังอิฐถ่ายน้ำหนักลงสู่คานดิน หรือฐานรากอาคารได้โดยตรง) เป็นงานก่อสร้างระบบเปียก และเสียเวลาในการก่อสร้าง อีกทั้งอิฐประดับที่มีการผลิตและจำหน่ายในท้องตลาด ปัจจุบันยังมีค่อนข้างจำกัด ซึ่งเกี่ยวพันกับปัญหาคุณภาพ และราคาวัสดุด้วย โดยทั่วไปช่างมักใช้อิฐมอญ หรืออิฐก่อโชว์แนว การประยุกต์จึงอาจใช้ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูนด้านนอกแทน ซึ่งจะช่วยให้ก่อสร้างให้รวดเร็วขึ้น แต่ความงามของผิวสำเร็จของอิฐก่อก็จะหมดไป

รูปที่ 4-96 Brick slip faced steel frame panel.

2. ผนังฉาบปูนบนตะแกรงเหล็ก (Metal lath plaster / Stucco)

ใช้ตะแกรงเหล็ก (Metal lath / Rib lath / Expanded metal) ยึดติดด้านหน้าของโครงคร่าว แล้วฉาบปูน (หนา 3 ชั้น) ถ้าต้องการเพิ่มค่า R และลดค่าการรั่วซึมของน้ำหรืออากาศ สามารถทำได้โดยมีวัสดุแผ่น (Wall sheathing) ปิดด้านหน้าโครงคร่าว บุด้วยแผ่นพลาสติกกันน้ำ (Sheathing membrane / Felt paper) แล้วจึงวางเหล็กตะแกรงสำหรับงานปูนฉาบ โดยอาจเพิ่มแผ่นฉนวนกันความร้อนบรรจุในระหว่างโครงคร่าว (ไม้) หรือด้านหน้าโครงคร่าว (เหล็ก) ก็ได้

ผนังระบบนี้เคยนำมาใช้กับบ้านจัดสรรในประเทศไทยบางโครงการ[6] มีข้อดีที่มีน้ำหนักเบากว่าระบบแรกมาก แต่ยังมีงานก่อสร้างเปียก ต้องใช้เวลาในการฉาบปูน และมีค่า R ต่ำ ถ้าไม่ใส่ฉนวนกันความร้อนหนาๆ ไว้ด้วย ปัจจุบันในประเทศไทยมีวัสดุพร้อม แต่ต้องควบคุมมาตรฐานฝีมือช่าง และชนิดหรือขนาดของตะแกรงเหล็กที่ใช้ให้ถูกต้อง เพราะอาจมีปัญหาต่อความแข็งแรง และการแตกร้าวของปูนฉาบได้ง่าย ควรใช้วัสดุแผ่นกันน้ำ หรือ แผ่นฉนวนชนิดแข็งรองรับอยู่ด้านหลัง (ยึดติดหน้าโครงคร่าว) ก่อนที่จะติดตั้งเหล็กตะแกรง จะช่วยเพิ่มความแข็งแรง เพิ่มค่าต้านทานความร้อน (R) และลดการรั่วซึมต่างๆ ได้ดีขึ้น

3. ผนังวัสดุแผ่นสำเร็จรูป (Boards / Sidings / Panels)

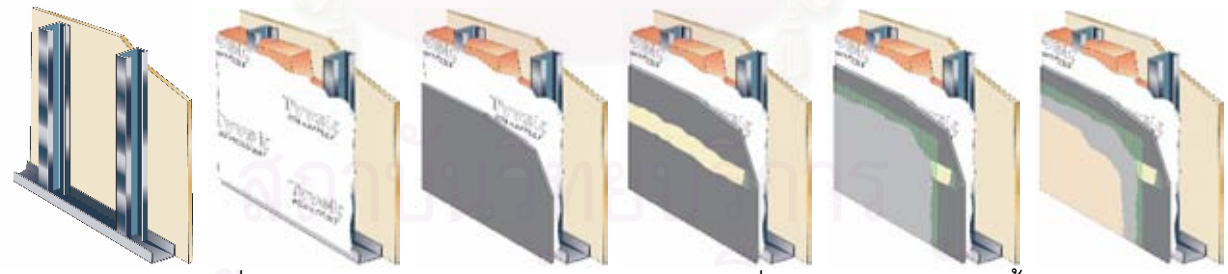
หลักการคือเอาฝาไม้ แผ่นวัสดุที่ผลิตจากโรงงาน (Boards / Sidings) หรือแผ่นผนังสำเร็จรูปที่มีน้ำหนักเบามาติดหุ้มไว้ด้านนอกของโครงสร้าง ในต่างประเทศมีวัสดุหรือผลิต ภัณฑ์หลายชนิดที่นำมาใช้งานได้ดี ซึ่งมักออกแบบให้มีน้ำหนักเบา ติดตั้งได้ง่ายหรือรวดเร็ว อาจทำผิวสำเร็จจากโรงงาน หรือเหลือไว้ให้เก็บงานในสถานที่ก่อสร้างก็ได้ ตัวอย่างผนังที่ผลิตเป็นแผ่นเล็กๆ ได้แก่ แผ่นชิงเกิลแอสฟัสท์ (Asphalt singles) และแผ่นชิงเกิลไม้ (Wood singles / Wood shakes) ฯลฯ ที่ผลิตเป็นแผ่นยาวๆ ใช้แทนฝาไม้ ได้แก่ ฝาพลาสติก (Vinyl sidings) ฝาอลูมิเนียม (Aluminum sidings) ฝาแผ่นเหล็กเคลือบ และฝาแผ่นซีเมนต์ ฯลฯ ที่ผลิตเป็นฝาขนาดใหญ่ (1.20x2.40 ตารางเมตร) ได้แก่ แผ่นไม้อัดทนน้ำ และฮาร์ดบอร์ด (Hardboard) ชนิดใช้ภายนอก และแผ่นซีเมนต์บอร์ด เป็นต้น ผนังระบบนี้มีน้ำหนักเบาติดตั้งรวดเร็ว จึงนิยมใช้กับโครงสร้างไม้และเหล็กมากในปัจจุบัน เพราะสามารถเลือกวัสดุบุผิวภายนอกได้หลากหลายชนิด ผลิตสำเร็จรูปมาจากโรงงาน หรือมาติดตั้งบางส่วนในสถานที่ก่อสร้างก็ได้ เป็นระบบผนังที่ราคาประหยัด (ในต่างประเทศ) และสามารถปรับเปลี่ยนวัสดุแต่ละชั้นให้มีค่า R หรืออัตราการรั่วซึมของความชื้นได้ง่าย

---

[6] จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. อุตสาหกรรมเหล็กกับการก่อสร้างบ้านในอนาคต. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2545.

รูปที่ 4-97 วัสดุปิดผนังชนิดแผ่นสำเร็จรูป

ปกติบ้านโครงสร้างเหล็กเบา หรือโครงสร้างไม้ขนาดเล็กของต่างประเทศจะมีแผ่นวัสดุปิดยึดโครงไม้ หรือโครงเหล็กไว้ก่อน (Structural sheathing) แล้วจึงปูทับด้วยแผ่นพลาสติกกันน้ำ (Sheathing membrane / Felt paper) หลังจากนั้นจึงปิดทับด้วยผนังผิวสำเร็จอีกชั้นหนึ่ง ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว และมีแผ่นวัสดุกันความควบแน่นของไอน้ำ (Vapor barrier) ด้วย ซึ่งจะมีรายละเอียดและมาตรฐานการก่อสร้างแตกต่างจากผนังเบา (ผนังกลวง / ผนังโครงคร่าว) ที่ใช้กั้นห้องภายในอาคาร ซึ่งคนไทยโดยทั่วไปคุ้นเคยกัน ระบบผนังที่ใช้กับบ้านโครงสร้างเหล็กในต่างประเทศจะประกอบด้วยแผ่นวัสดุหลายๆ ชั้น ซึ่งอาจเห็นว่าซับซ้อนมากแต่เป็นระบบผนังที่มีน้ำหนักเบา สามารถก่อสร้างได้รวดเร็ว ควบคุมความหนาผนังได้ง่าย มีอิสระในการเลือกชนิดวัสดุหรือจำนวนชั้นวัสดุให้เหมาะกับมาตรฐานการกันความร้อนหรือความชื้นได้ง่าย มีผิวสำเร็จทางสถาปัตยกรรมได้หลากหลาย และอาจใช้ช่างทั่วไปในการก่อสร้างหรือสั่งผลิตเป็นชิ้นส่วนประกอบสำเร็จรูปมาจากโรงงานก็ได้

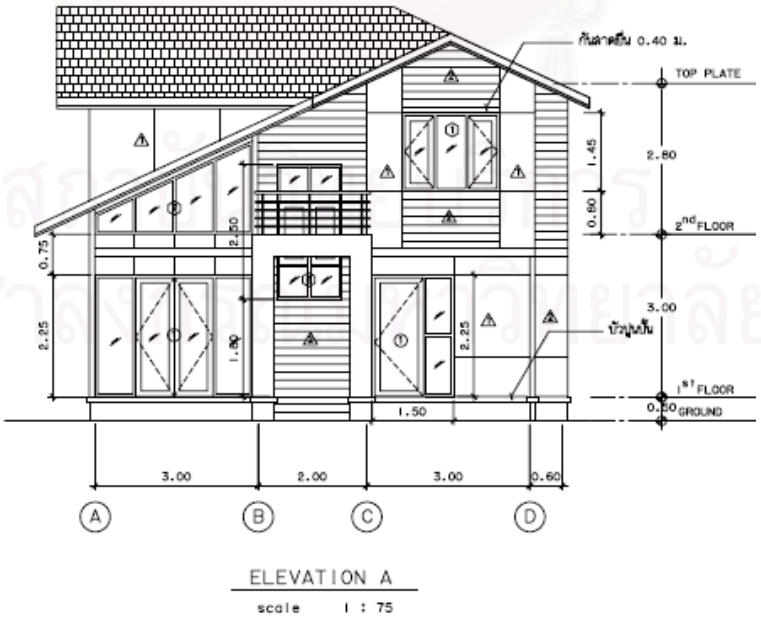


รูปที่ 4-98 ระบบผนังของบ้านโครงสร้างเหล็กเบาที่ใช้วัสดุแผ่นในการติดตั้ง

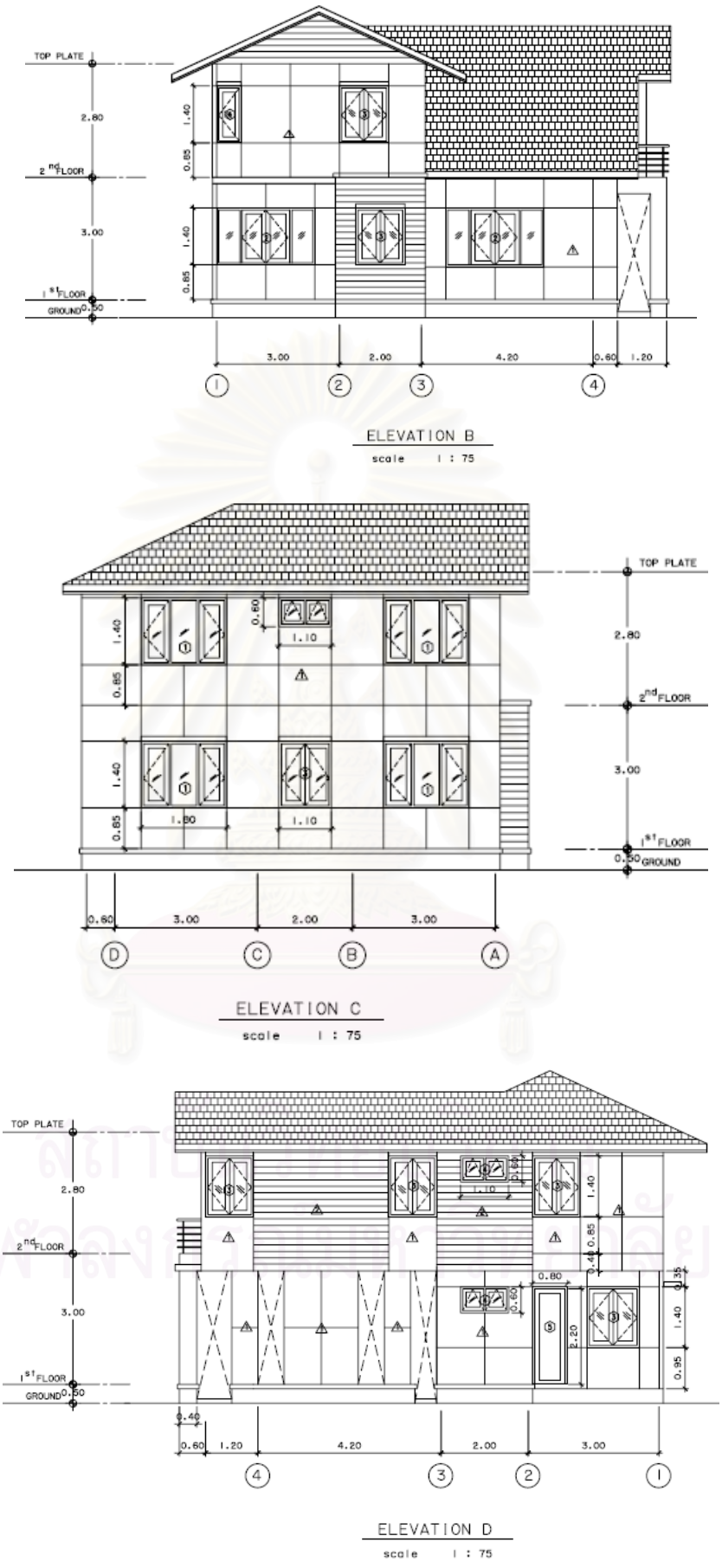
ผลิตภัณฑ์แผ่นวัสดุสำเร็จรูปในท้องตลาดของไทยที่สามารถนำมาใช้ผนังภายนอกสำหรับอาคารพักอาศัยได้นั้น ในปัจจุบันยังมีน้อยมาก ที่นิยมใช้แทนฝาไม้ตีซ้อนเกล็ดมาก ได้แก่ ฝาไม้แผ่นซีเมนต์ ส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ด (Wood cement / Fiber cement) ขนาดมาตรฐาน (1.20x2.40 ตารางเมตร) ซึ่งติดตั้งได้สะดวกรวดเร็วกว่าฝาตีซ้อนเกล็ด ยังนำมาใช้เป็นผนังภายนอกน้อยมากโดยเฉพาะในอาคารพักอาศัย

นอกจากระบบผนังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีระบบผนังอีกหลายชนิดที่ใช้ร่วมกับโครงสร้างเหล็กได้ดี และได้มีการนำมาใช้ในการก่อสร้างบ้านกันบ้างแล้ว ระบบผนังของต่างประเทศ ถ้านำเข้ามาใช้โดยตรง ส่วนใหญ่มักมีมาตรฐานการกันความร้อนที่สูงเกินจำเป็นและมีราคาแพง อีกทั้งวัสดุหรืออุตสาหกรรมรองรับภายในประเทศอาจยังไม่พร้อม จึงต้องใช้เวลาในการปรับตัวการพัฒนาระบบผนังที่มีวัสดุ หรืออุตสาหกรรมในประเทศรองรับ และปรับปรุงให้เหมาะสมกับสภาพอากาศของประเทศไทย อาจช่วยให้ราคาถูกลง และได้รับการยอมรับมากขึ้น

ในการออกแบบระบบผนังรับน้ำหนัก สิ่งที่ควรคำนึงถึงเป็นพิเศษคือ การออกแบบรูปด้านทางสถาปัตยกรรมของบ้าน เนื่องจากระบบนี้จะใช้โครงคร่าวของผนังเป็นส่วนที่รับน้ำหนักของอาคารในแต่ละชั้นและถ่ายน้ำหนักเป็นชั้นๆ ดังนั้นการออกแบบให้มีช่องเปิดใดๆก็ตามต้องคำนึงในเรื่องของการรับแรงด้วยเช่นกัน เพราะช่องเปิดแต่ละช่องไม่ว่าจะเป็นประตู หรือหน้าต่างล้วนส่งผลโดยตรงต่อการรับน้ำหนักของโครงสร้างระบบนี้ จึงทำให้การก่อสร้างระบบนี้มีข้อจำกัดของการออกแบบช่องเปิดของผนังที่มีได้ไม่มากนัก ในส่วนของการออกแบบโครงสร้างรับน้ำหนักวิศวกรผู้คำนวณ จะแยกผนังออกมาเป็นแต่ละด้าน เพื่อคำนวณโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีของผนัง (Stud) เป็นด้านๆ เพื่อให้ง่ายในการทำแบบก่อสร้าง ข้อดีของการคำนวณผนังออกเป็นแต่ละด้านของตัวบ้านคือ สามารถรู้ปริมาณและขนาดชิ้นส่วนโครงคร่าวเหล็กแต่ละชิ้น ทำให้สะดวกในการตัดและประกอบโครงสร้าง อาจมีการออกแบบคำนวณและตัดประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างผนังให้แล้วเสร็จเป็นด้านๆ (Wall panel) จากโรงงานแล้วจึงขนส่งมาประกอบเป็นโครงสร้างบ้าน ณ สถานที่ก่อนช่วยร่นระยะเวลาการก่อสร้าง และควบคุมคุณภาพของโครงสร้างได้มากขึ้นกว่าการตัดประกอบที่ละชิ้นที่หน้างานก่อสร้าง

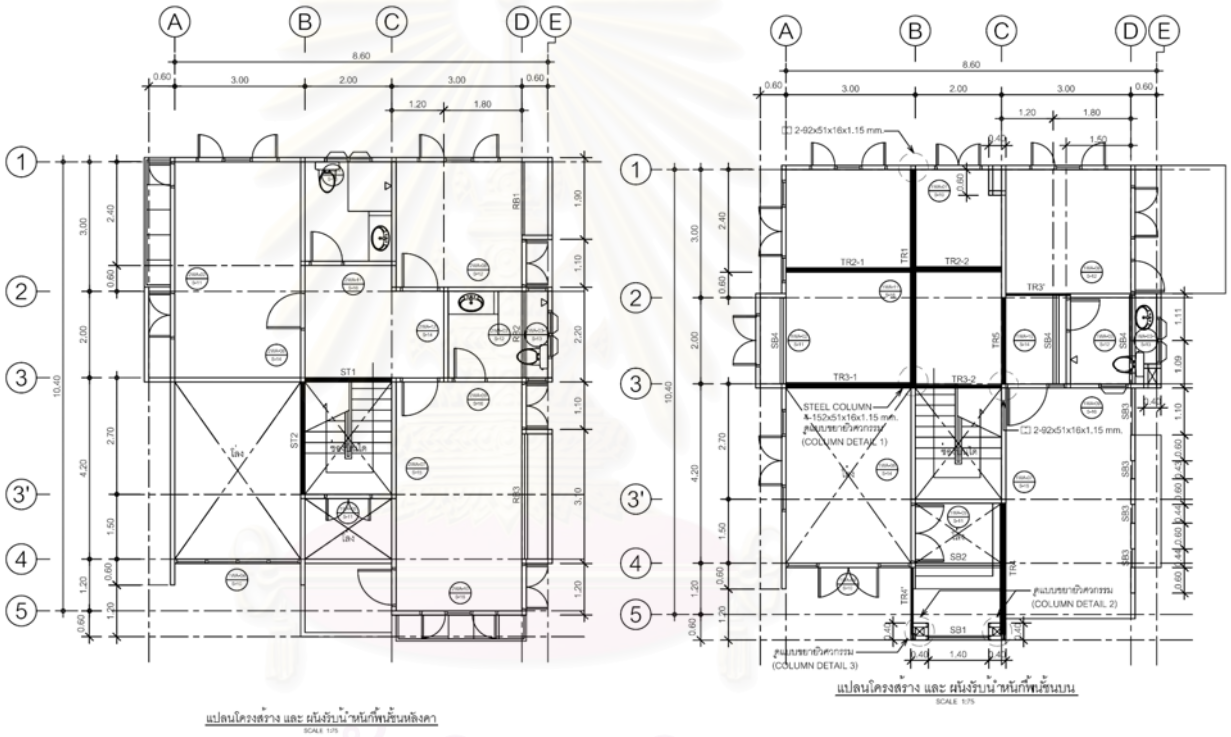


รูปที่ 4-99 การออกแบบรูปด้านและช่องเปิดของอาคารบ้านโครงสร้างเหล็กระบบผนังรับน้ำหนัก



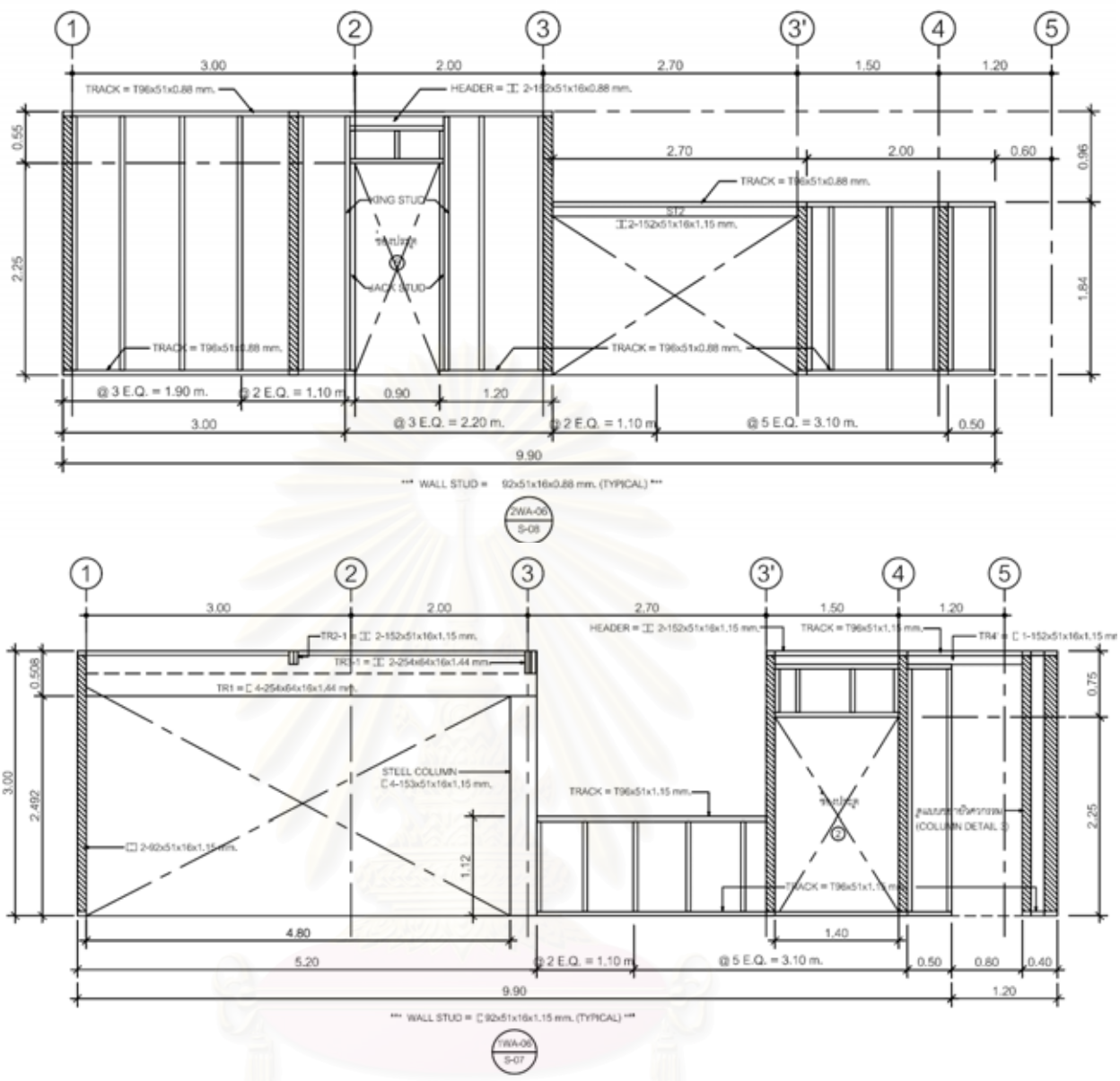
รูปที่ 4-100 การออกแบบรูปด้านและช่องเปิดของอาคารโครงสร้างเหล็กระบบผนังรับน้ำหนัก

ในการคำนวณโครงสร้างของระบบผนังรับน้ำหนัก จำเป็นที่จะต้องรู้ประเภทและจำนวนของวัสดุที่ใช้ในทุกส่วนของบ้านตั้งแต่หลังคาลงมาจนถึงวัสดุผนัง เนื่องจากวัสดุแต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของขนาดละน้ำหนักวัสดุ โดยเฉพาะเรื่องน้ำหนักของวัสดุที่นำมาใช้ ที่มีผลค่อนข้างมากต่อการโครงสร้าง อาทิเช่น วัสดุหลังคาที่จะถ่ายน้ำหนักลงสู่ผนัง วัสดุพื้นที่มีผลต่อการคำนวณตงรับพื้นก่อนที่จะถ่ายน้ำหนักลงสู่ผนังเช่นกัน ในส่วนของผนังเองก็มีในเรื่องของวัสดุที่ใช้ในการปิดผิว ที่มีส่วนช่วยในการรับแรง และเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงคร่าวผนังระบบนี้ด้วยเช่นกัน ดังนั้นในการคำนวณจึงต้องมีความละเอียดรอบคอบพอสมควร เพราะจะส่งผลต่อความแข็งแรง หรือคงทน ถาวร มีความปลอดภัยต่อผู้เข้าอยู่อาศัย



รูปที่ 4-101 แสดงการกำหนดหมายเลขของผนังด้านต่างๆ

ที่มา : สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย สถาปนิก คุณ จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ วิศวกร น.ท.ดร.ธนากร พีระพันธุ์



หมายเหตุ :-

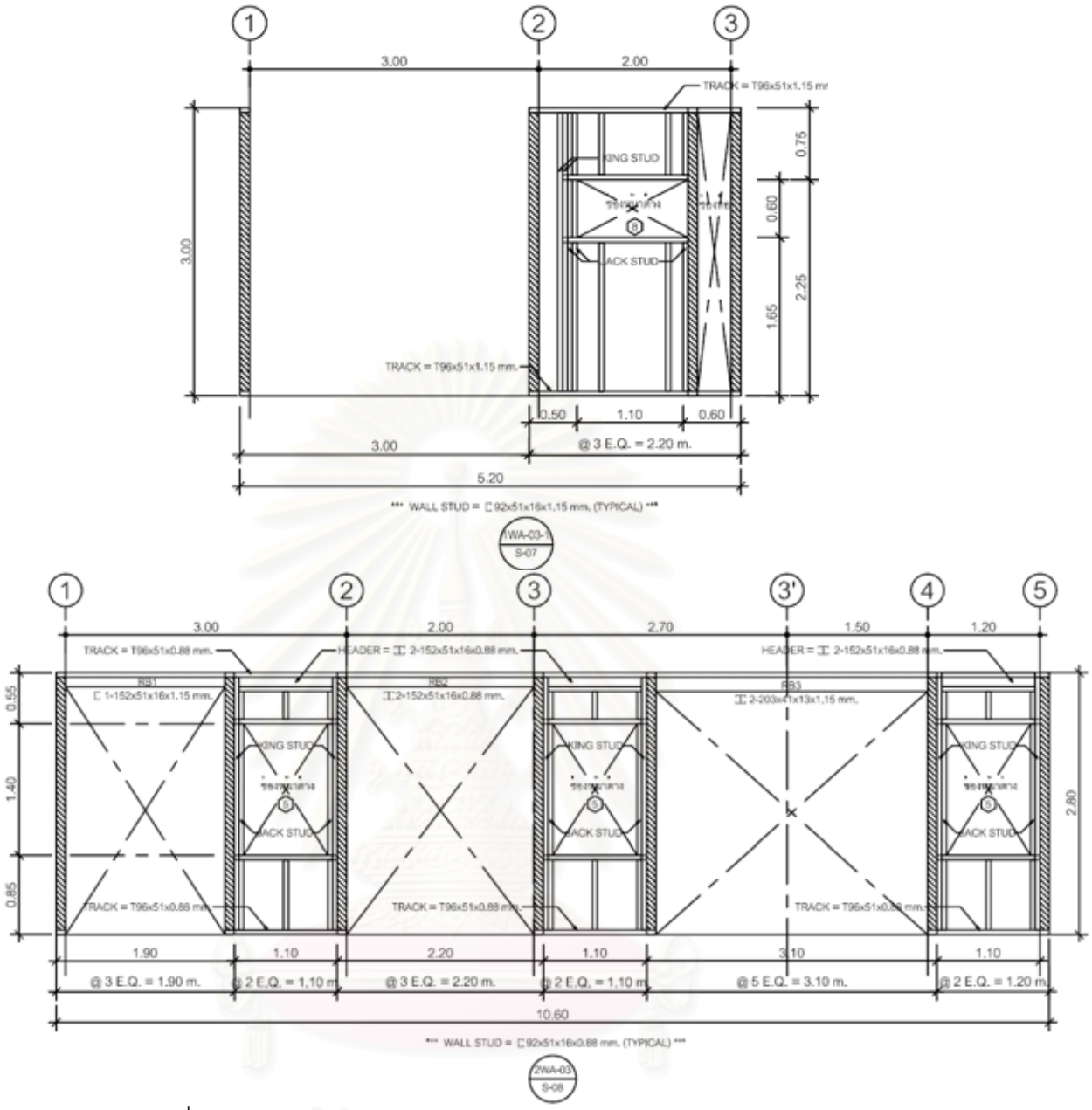
1.) ผนังชั้นล่าง (STRUCTURAL WALL)
- STUD ใช้ 92x51x16x1.15 mm.
- HEADER ใช้ 2-152x51x16x1.15 mm.
และ ใช้ 2-203x64x16x1.15 mm.
(ตรงช่องเปิดห้องน้ำชั้น 1 LINE ① / Ⓑ - Ⓒ)
- TRACK ใช้ T96x51x1.15 mm.
2.) SB1 = 2-152x51x16x0.88 mm.
3.) SB2 = 2-152x51x16x1.15 mm.
4.) SB3 = 152x51x16x1.15 mm.
5.) SB4 = 2-152x64x16x1.15 mm.
6.) TR1 = 4-254x64x16x1.44 mm.
7.) TR2-1 = 2-152x51x16x1.15 mm.
8.) TR2-2 = 2-203x64x16x1.15 mm.
9.) TR3-1 = 2-254x64x16x1.44 mm.
10.) TR3-2 = 2-152x35x10x0.88 mm.
11.) TR3' = 1-152x51x16x1.15 mm.
12.) TR4 = 4-254x64x16x1.15 mm.
13.) TR4' = 1-152x51x16x1.15 mm.
14.) TR5 = 2-152x51x16x1.15 mm.

หมายเหตุ :-

1.) ผนังชั้นบน (STRUCTURAL WALL)
- STUD ใช้ 92x51x16x0.88 mm.
- HEADER ใช้ 2-152x51x16x0.88 mm.
- TRACK ใช้ T96x51x0.88 mm.
2.) RB1 = 152x51x16x1.15 mm.
3.) RB2 = 2-152x51x16x0.88 mm.
4.) RB3 = 2-203x41x13x1.15 mm.
5.) ST1 = 2-152x51x16x0.88 mm.
6.) ST2 = 2-152x51x16x1.15 mm.

หมายเหตุ : แบบบ้านที่นำมาใช้อ้างอิงหลังนี้มิได้นำมาใช้เป็นแบบการก่อสร้างมาตรฐาน แต่นำมาแสดงเพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนและการออกแบบเขียนแบบบ้านโครงสร้างเหล็กระบบผนังรับน้ำหนัก ส่วนรายการคำนวณก็ใช้เฉพาะกับการก่อสร้างบ้านหลังนี้เท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงสำหรับการก่อสร้างบ้านอื่นได้

รูปที่ 4-102 แสดงตัวอย่างผนัง ที่ผ่านการออกแบบและคำนวณทางวิศวกรรม



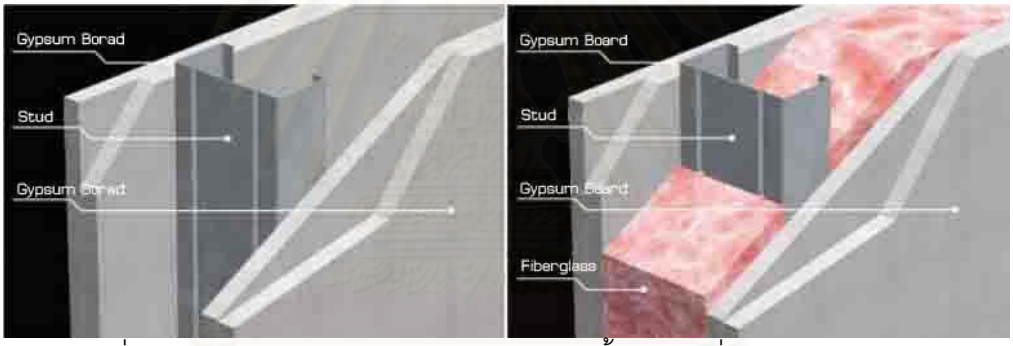
รูปที่ 4-103 แบบโครงคร่าวผนังแสดงระยะโครงคร่าวและขนาดช่องเปิด

หมายเหตุ : รายการคำนวณต่างๆรวมทั้งระยะและขนาดเหล็กโครงคร่าวที่ใช้ เป็นการคำนวณเฉพาะเพื่อประกอบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้น หลังนี้เท่านั้นมิได้หมายรวมไปถึงการออกแบบก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กระบบผนังรับน้ำหนักทั่วไป ดังนั้นห้ามมิให้นำแบบหรือขนาดหน้าตัดเหล็กรวมไปถึงระยะของโครงคร่าว (Stud) ไปใช้อ้างอิงประกอบการก่อสร้างบ้านหลังอื่นโดยไม่ผ่านการคำนวณทางวิศวกรรม เนื่องจากการคำนวณและออกแบบต้องดำเนินการเฉพาะเป็นหลังๆไป แล้วแต่การออกแบบรูปทรงทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม ที่อาจส่งผลโดยตรงต่อความแข็งแรงทางโครงสร้างและความมั่นคงแข็งแรงในระยะยาวของตัวอาคาร

4.3.1.3 การประยุกต์โครงสร้างเหล็กเบาเพื่อใช้กับบ้านประหยัดพลังงาน[7]

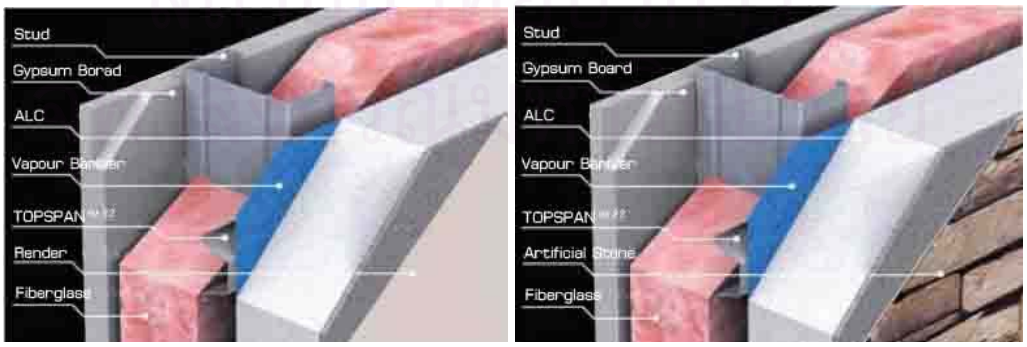
โดยพื้นฐานแล้ว ระบบโครงสร้างรูปแบบนี้จะมีมาตรฐานการกันความร้อน (ไหลจากภายในออกสู่ภายนอก) หรือการประหยัดพลังงานได้สูงกว่าระบบการก่อสร้างบ้านด้วยโครงสร้างคอนกรีตและผนัง วัสดุที่นิยมใช้กันทั่วไปในประเทศไทย เนื่องจากระบบผนัง พื้น และหลังคา ของตัวอาคาร มีองค์ประกอบที่สนับสนุนการประหยัดพลังงาน 4 ประการที่แตกต่างจากบ้านโครงสร้างคอนกรีตกับผนังวัสดุก่อโดยสิ้นเชิง ได้แก่

1. ใช้วัสดุแผ่นซึ่งส่วนใหญ่เป็นไม้ประกอบ (แผ่นไม่อัดซีเมนต์ ไฟเบอร์ซีเมนต์บอร์ด ฮาร์ดบอร์ด แผ่นไม้อัดสลับชั้น ฯลฯ) และยิปซั่มบอร์ดซึ่งมีค่าการต้านทานความร้อนสูงกว่าคอนกรีตหรืออิฐมาก
2. เป็นระบบผนังกลวง สามารถติดตั้งฉนวนเพิ่มค่า R ให้กับผนังได้สะดวก และเหมาะสมกับชนิดของฉนวนได้ง่าย เช่น บรรจุอยู่ระหว่างโครงคร่าวหรือปิดไว้หน้าโครงเคร่าก็ได้ อีกทั้งมีช่องอากาศอยู่ตรงกลางหรือระหว่างโครงคร่าวซึ่งมีคุณสมบัติต้านทานความร้อนได้ดี เสมือนมีฉนวนอยู่ในตัว

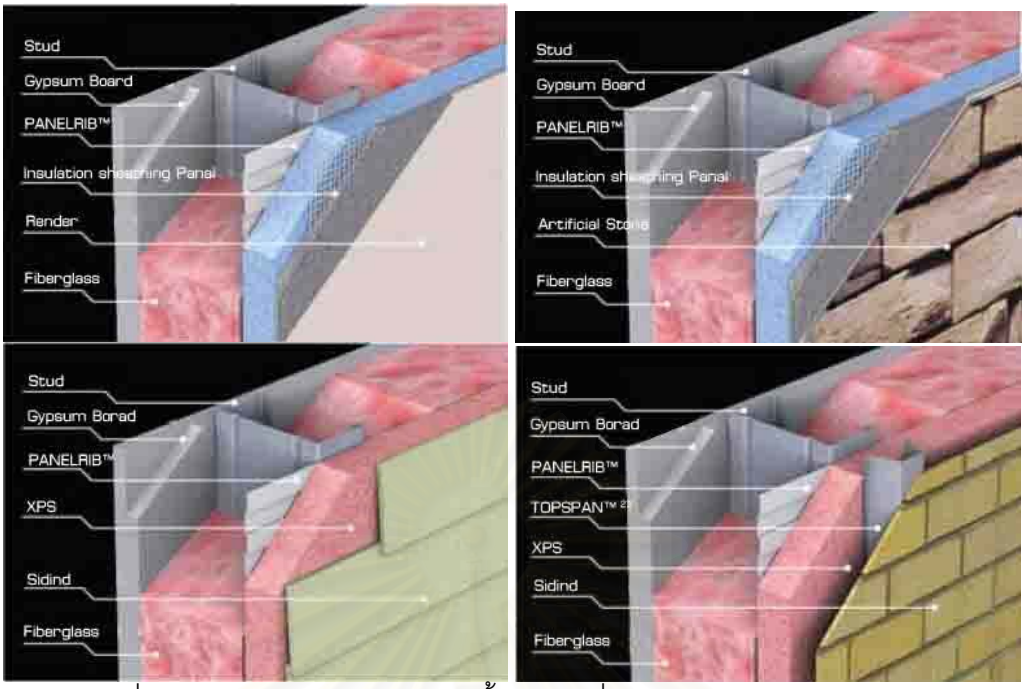


รูปที่ 4-104 แสดงระบบผนังกลวง สามารถติดตั้งฉนวนเพิ่มค่า R ให้กับผนังได้

3. มีแผ่นวัสดุกันน้ำ (Sheathing Membrane) แผ่นกันการควบแน่นของไอน้ำ (Vapor barrier) และใช้วัสดุที่มีค่าการซึมผ่านของความชื้นต่ำ



[7] จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. อุตสาหกรรมเหล็กกับการก่อสร้างบ้านในอนาคต. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2545.



รูปที่ 4-105 แสดงการออกแบบติดตั้งฉนวนเพิ่มค่า R ให้กับผนังรูปแบบต่างๆ

4. มีมาตรฐานการปิดรอยต่อเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำความชื้นและอากาศที่สูงกว่า เช่น รอยต่อระหว่างแผ่นผนัง รอยต่อระหว่างผนังกับประตูหน้าต่าง รอยต่อที่เกิดจากการเดินท่อผ่านผนังหรือหลังคา

นอกจากนั้นวัสดุบุผนังและหลังคาขั้นสุดท้าย รวมทั้งชนิดของประตูหน้าต่างที่ใช้ร่วมกับผนังได้พัฒนาให้มีค่าการกันความร้อน หรือการรั่วซึมของอากาศได้ดีกว่าที่ใช้กันทั่วไปในประเทศไทย

ปัญหาหลักของระบบอาคารเหล็กที่ทำให้ต้องปรับปรุงระบบเปลือกนอกของอาคาร (Building envelope) เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน มี 2 ประเด็น คือ

- การถ่ายเทความร้อนระหว่างภายนอกและภายในอาคารมีค่าสูง เนื่องจากเหล็กเป็นตัวนำความร้อนที่ดี และโครงสร้างเหล็กจะเป็นสะพานความร้อน (Thermal bridge) ทำให้ระบบฉนวนกันความร้อนของผนังภายนอกด้อยประสิทธิภาพลง
- การถ่ายเทความชื้นผ่านผนังภายนอก (เนื่องจาก Vapor pressure) ทำให้เกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำที่ผิวหนัง หรือภายในชั้นผนัง ทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำก่อให้เกิดสนิมที่อุปกรณ์สำหรับยึดแผ่นผนัง และความชื้นที่อยู่ในฉนวนจะทำให้ค่าการต้านทานความร้อน(R)ลดลง และ อาจทำให้ฉนวนบางชนิดเสียหายได้ด้วย ถ้าลดการถ่ายเทความชื้นระหว่างภายในกับภายนอกก็จะลดปัญหาหยดน้ำได้

วิธีเพิ่มค่าการต้านทานความร้อน (R) ของระบบผนัง (Framing Construction) [8]

การเพิ่มค่า R ให้กับระบบผนังสามารถทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

1. เลือกวัสดุแผ่นที่มีค่า R สูงหรือเพิ่มชั้นวัสดุแผ่นให้มีหลายๆชั้น
2. เพิ่มความกว้างของชั้นอากาศที่อยู่ตรงกลางหรือเพิ่มความลึกของโครงคร่าว
3. เพิ่มความหนาของแผ่นฉนวนซึ่งอาจบรรจุอยู่ภายในช่องโครงคร่าว หรือปิดอยู่ด้านหน้าโครงคร่าว และอาจติดตั้งฉนวนซ้ำซ้อนกันเพื่อเพิ่มค่า R และค่าการกันเสียงได้เช่นกัน
4. ใช้โครงคร่าวเหล็กชนิดที่ช่วยลดการส่งผ่านความร้อน (Thermal bridge) เช่น การใช้เหล็กกำลังสูงจะช่วยให้ลดความหนาของรูปตัดหรือเนื้อเหล็กได้ การใช้โครงคร่าวเหล็กที่มีช่องเปิดบริเวณลำตัวของรูปตัด (Web) แทนชนิดที่มีลำตัวทึบ (ช่วยให้สามารถเดินท่องานระบบผ่านโครงคร่าวได้สะดวกอีกด้วย) หรือเลือกใช้รูปตัดเหล็กชนิดที่มีผิวสัมผัสของปีก (Web) ติดกับวัสดุแผ่นน้อยลง (Thermal stud) หรือใช้แผ่นฉนวนปิดไว้ด้านหน้าของโครงคร่าว ฯลฯ
5. ใช้โครงสร้างเหล็กผสมกับไม้หรือเป็นโครงคร่าวองค์ประกอบ (Composite stud) โดยใช้ข้อดีของเหล็กที่มีกำลังวัสดุสูงรับแรงได้ดีและข้อดีของไม้ที่มีค่าต้านทานความร้อนต่ำผสมผสานกัน
6. ใช้ผนังที่มีโครงคร่าว 2 ชุด วางเยื้องแนว (Staggered stud) มีฉนวน (Battinsulation) ปิดด้านหน้าโครงคร่าวสลับกัน หรือออกแบบให้เป็นผนัง 2 ชั้น (Double stud มีช่องว่างอากาศหรือฉนวนแทรกอยู่ตรงกลาง)

อนึ่งผนังโครงคร่าวเหล็ก สามารถผลิตจากโรงงานให้เป็นผนังแซนด์วิช (Sandwich panels) หรือผนังประกบโฟม (Structural insulated panels) ได้ง่าย ซึ่งเป็นระบบการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานระบบหนึ่งที่พัฒนามาจาก"Framing Construction" เช่นกัน จึงเห็นได้ว่า ด้วยวัสดุเทคโนโลยีพื้นฐานของระบบการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กเบาสามารถออกแบบให้มีค่า R หรือมาตรฐานการประหยัดพลังงานที่แตกต่างกันได้ง่าย ให้ความยืดหยุ่นในการออกแบบและก่อสร้างสูง เช่น ความหนาของผนัง ชนิดของวัสดุแผ่น และฉนวนที่จะเลือกใช้) อีกทั้งสามารถประยุกต์หรือพัฒนาให้เป็นระบบผนัง หลังคา และพื้น หรือระบบบ้านประหยัดพลังงานได้หลายรูปแบบ สามารถปรับเปลี่ยนให้มีค่าการประหยัดพลังงานแตกต่างกันได้ตามสภาพภูมิอากาศในแต่ละท้องถิ่น และออกแบบให้มีราคาก่อสร้างถูกหรือแพงตามฐานะของผู้บริโภคได้ง่าย

---

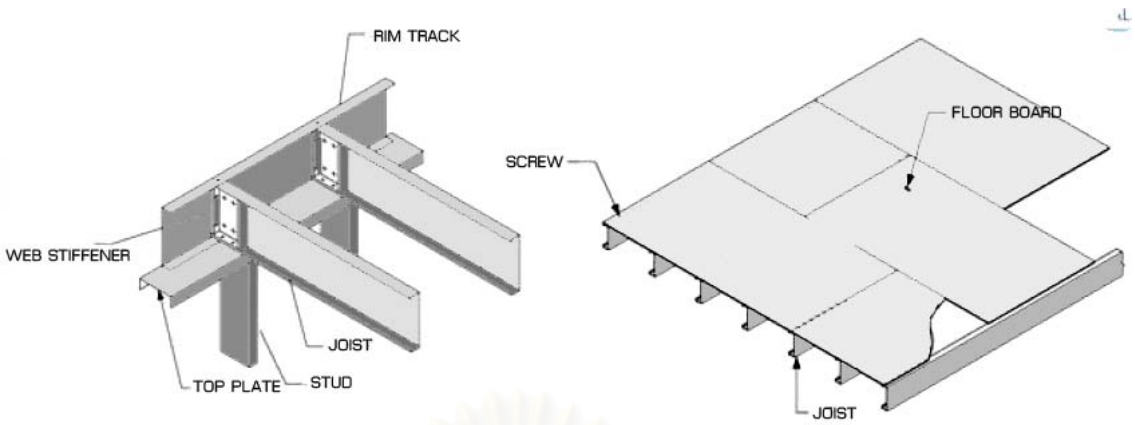
[8] จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. อุตสาหกรรมเหล็กกับการก่อสร้างบ้านในอนาคต. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2545.

4.3.1.4 คานและพื้น (BEAM AND FLOORING)

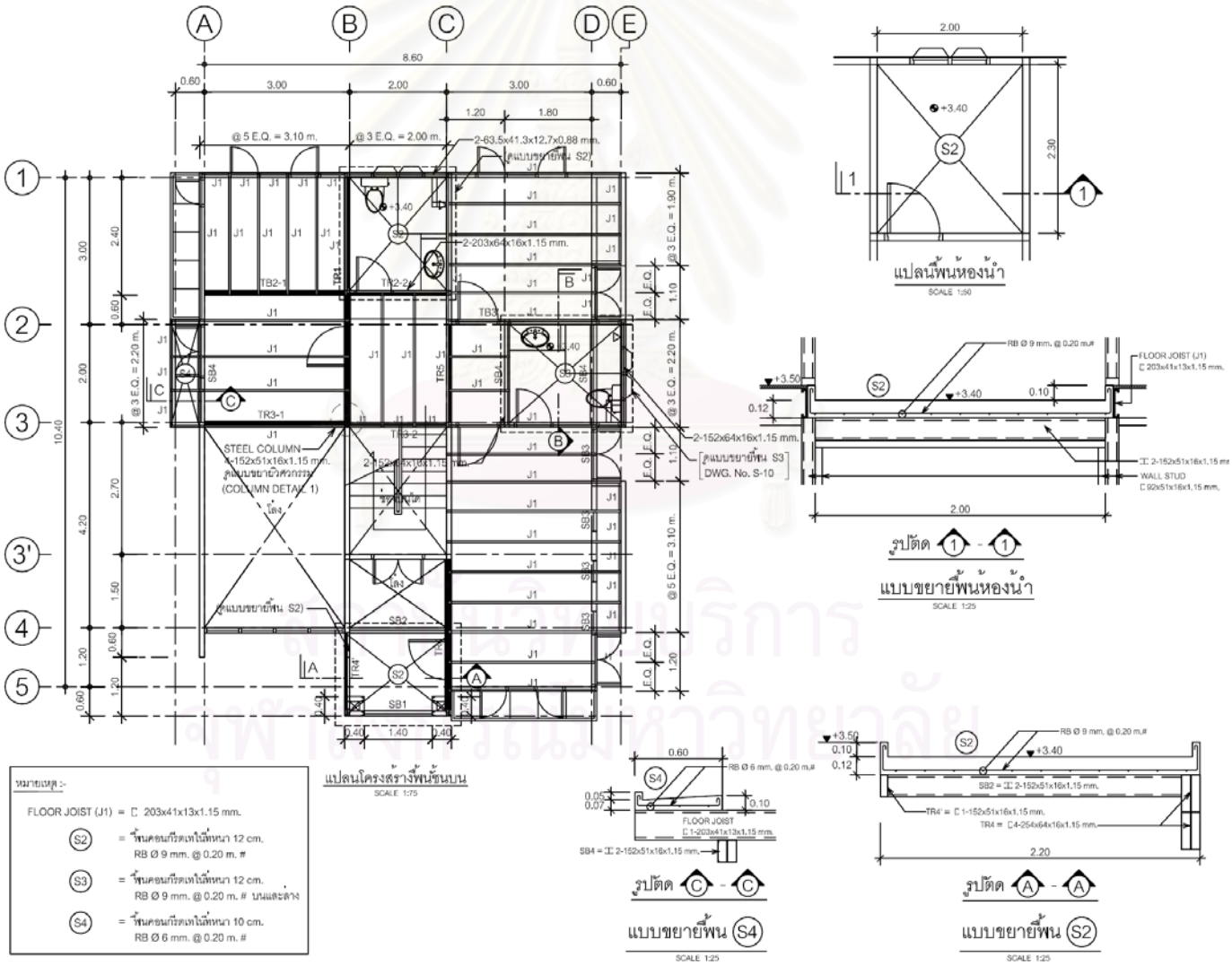
ตงเหล็กมวลเบา (Light gauge steel joists) ผลิตจากแผ่นเหล็กรีดเย็น มีน้ำหนักเบาทำให้สะดวกและง่ายในการติดตั้ง แต่วัสดุจะเป็นตัวนำความร้อนเนื่องจากเป็นโลหะ อย่างไรก็ตามเหล็กมวลเบาสามารถตัดและประกอบได้ง่ายด้วยเครื่องมือธรรมดาทั่วๆไป การจัดวางระยะห่างของตงเหล็กมวลเบาโดยทั่วไปจะอยู่ที่ประมาณ 0.40, 0.60 และ 1.20 เมตร ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับแรงที่มากระทำและการคำนวณน้ำหนักบรรทุกที่เผื่อค่าความปลอดภัย (Safety factor) ด้วยเช่นกันในส่วนของวัสดุปูพื้นก็มีให้เลือกหลากหลายชนิด ขึ้นอยู่กับความต้องการ การใช้งาน วัสดุที่นิยมใช้อาทิเช่น แผ่นไม้อัดทนน้ำ ฮาร์ดบอร์ด (Hardboard) วีว่าบอร์ดและแผ่นซีเมนต์บอร์ด เป็นต้น ในส่วนของวัสดุตกแต่งไม่ว่าจะเป็นแผ่นกระเบื้องเคลือบปูพื้น กระเบื้องยาง ไม้คอนวูด ไม้พื้นเนื้อแข็ง หรือไม้ปาเก้และอื่นๆอีกมากมายก็สามารถนำมาใช้ได้กับพื้นระบบนี้ได้เช่นเดียวกันกับบ้านที่ใช้ระบบพื้น ค.ส.ล. ข้อเสียของระบบพื้นแบบตงก็จะคล้ายๆกับบ้านที่ใช้ตงไม้สมัยก่อน คือปัญหาในเรื่องของเสียงดังที่เกิดจากการเสียดสีกันหรือกระทบกับของวัสดุสองชนิด จนอาจทำให้เกิดความรำคาญตามมาได้

รูปที่ 4-106 ระบบตงรับน้ำหนักโดยสามารถเจาะช่องเพื่อลดน้ำหนักโครงสร้างและเป็นช่องสำหรับวางงานระบบได้

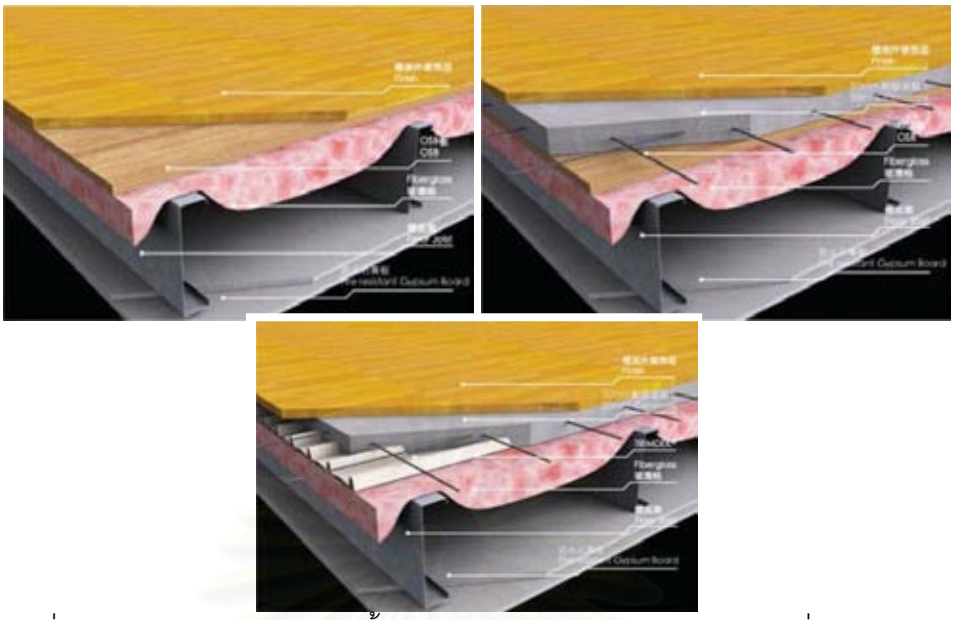
หมายเหตุ : ระยะห่างของตงและความหนาของวัสดุต้องผ่านการคำนวณทางโครงสร้างเพื่อให้แน่ใจว่าสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้เพียงพอต่อการใช้สอยภายในอาคารนั้นๆ



รูปที่ 4-107 Floor Board to Joist Detail



รูปที่ 4-108 การเขียนแบบรายละเอียดโครงสร้างพื้นชั้นที่ 2 แนวพาดของตงเหล็กมวลเบา

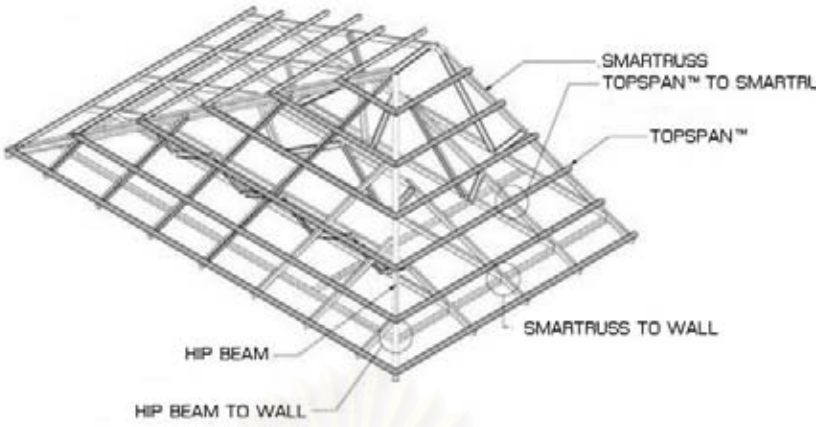


รูปที่ 4-109 การออกแบบระบบพื้นโดยใช้วัสดุและรูปแบบการก่อสร้างที่หลากหลาย

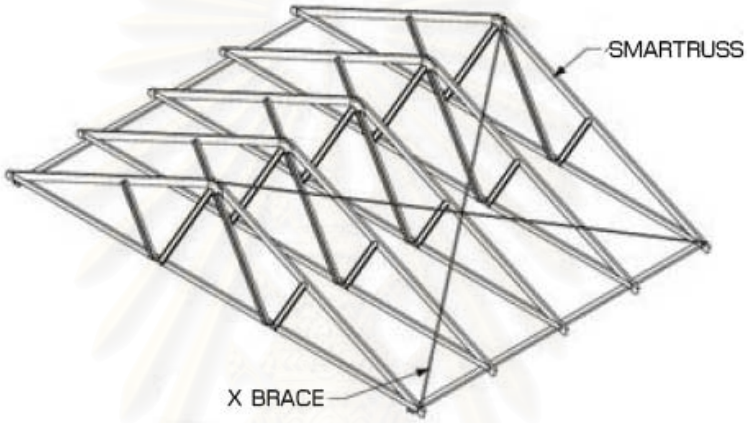
ระบบพื้นเหล็กมวลเบามีข้อเสียที่การเกิดเสียงดัง ขณะใช้งาน ในต่างประเทศได้มีการคิดวิธีเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น อาทิเช่นการใส่แผ่นใย ไฟเบอร์ สำหรับลดการกระทบหรือการเสียดสีกันของตัววัสดุ และยังคิดค้นพัฒนารูปแบบพื้น แบบเททับหน้าด้วยคอนกรีตเช่นเดียวกันกับการเททับหน้าในพื้นสำเร็จรูปของการก่อสร้างบ้านคอนกรีต เพื่อเพิ่มความแข็งแรง ให้กับพื้น แต่ในขณะเดียวกันวิธีนี้ก็เป็นการเพิ่มน้ำหนักให้กับโครงสร้างมากขึ้นเช่นกัน

4.3.1.5 หลังคา (ROOF)

ระบบโครงสร้างหลังคาที่ใช้ก่อสร้างร่วมกับโครงสร้างเหล็กระบบโครงคร่าวผนังรับน้ำหนัก (LIGHTWEIGHT STEEL FRAMING) คือหลังคาระบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-fabricated) ผลิตด้วยเครื่องจักรที่ทันสมัย เป็นการผลิตจากเหล็กกล้าแรงดึงสูง มีค่า Yield Strength ไม่ต่ำกว่า 5500 Kg/cm^2 ซึ่งสูงกว่าเหล็กโครงสร้างหลังคาทั่วไป (เหล็กดำมี Yield Strength = 2400 Kg/cm^2) และมีการป้องกันการเกิดสนิมด้วย ZINCALUME ซึ่งเป็นการยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น โดยจะทำการออกแบบและตัดชิ้นส่วนโครงสร้างจากโรงงานแล้วจึงนำมาประกอบเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างอีกครั้งในสถานที่ก่อสร้างจริง รูปแบบนี้เป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาจากการขนส่งวัสดุ ที่ใช้เนื้อที่ในการขนส่งน้อยสะดวก แต่ข้อเสียคือต้องเสียเวลาในการประกอบใหม่ที่หน้างาน กับอีกรูปแบบหนึ่งคือ การออกแบบตัดชิ้นส่วนและประกอบเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างให้แล้วเสร็จมาจากโรงงานเป็นส่วนๆ แล้วจึงนำมาประกอบเป็นโครงสร้างหลังคา ณ สถานที่ก่อสร้างจริงรูปแบบนี้หากหลังคามีขนาดใหญ่มากชิ้นส่วนโครงสร้างก็จะใหญ่ตามไปด้วยจะมีปัญหาในเรื่องของการขนส่งเป็นหลัก แต่จะได้ข้อดีในเรื่องของการควบคุมคุณภาพของโครงสร้างหลังคา



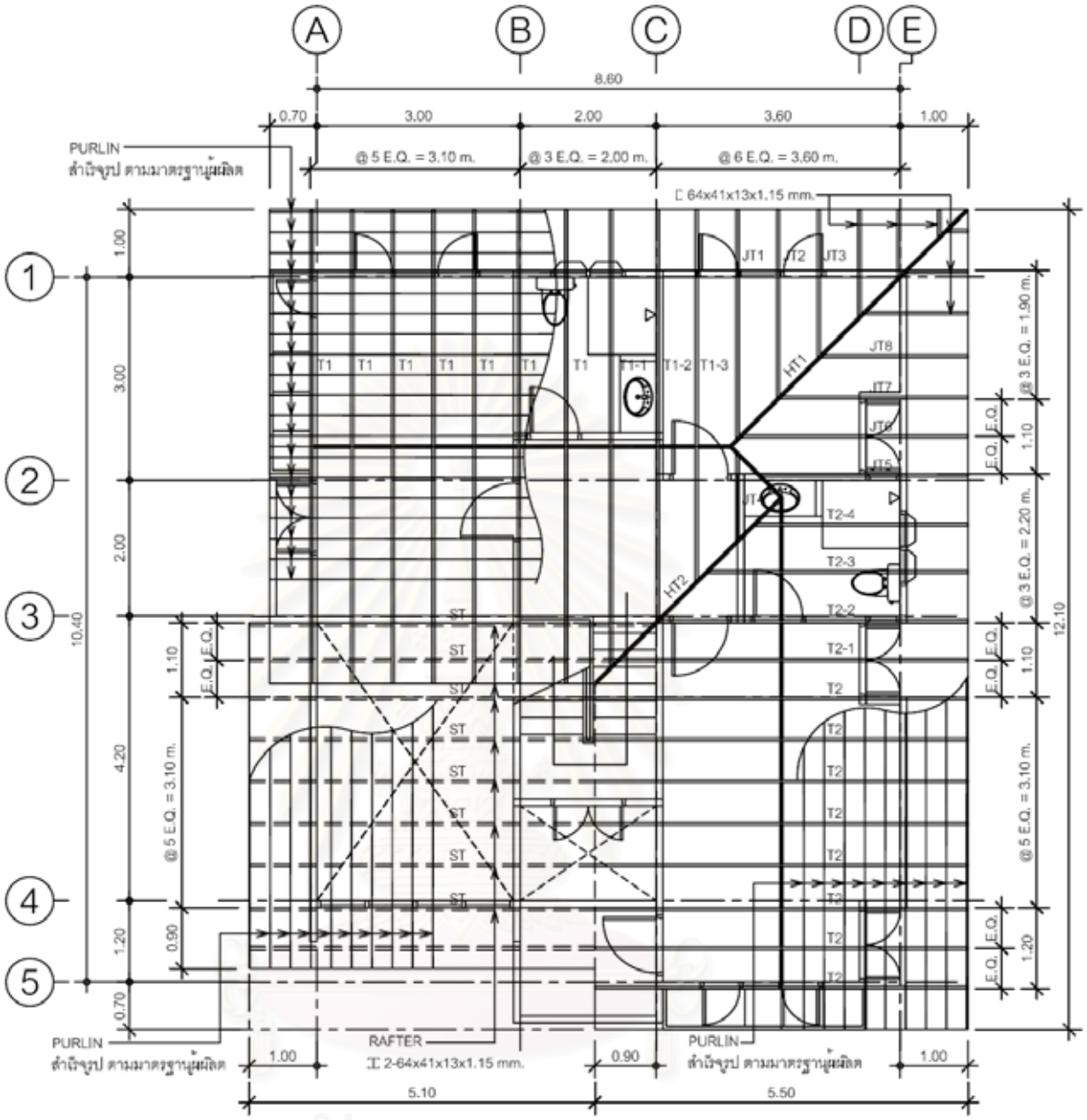
รูปที่ 4-110 โครงคร่าวหลังคากึ่งสำเร็จรูปสำหรับหลังคาทรงปั้นหย่า



รูปที่ 4-111 โครงคร่าวหลังคากึ่งสำเร็จรูปสำหรับหลังคาทรงจั่ว

รูปที่ 4-112 ใช้วัสดุมุงหลังคาได้หลากหลายเหมือนบ้านที่โครงสร้างเหล็กทั่วไป

รูปที่ 4-113 การประกอบและติดตั้งชิ้นส่วนโครงสร้างหลังคาเหล็กมวลเบา



ROOF STRUCTURE PLAN
SCALE 1:75

รูปที่ 4-114 แบบรายเอียดประกอบการก่อสร้างงานโครงสร้างหลังคา

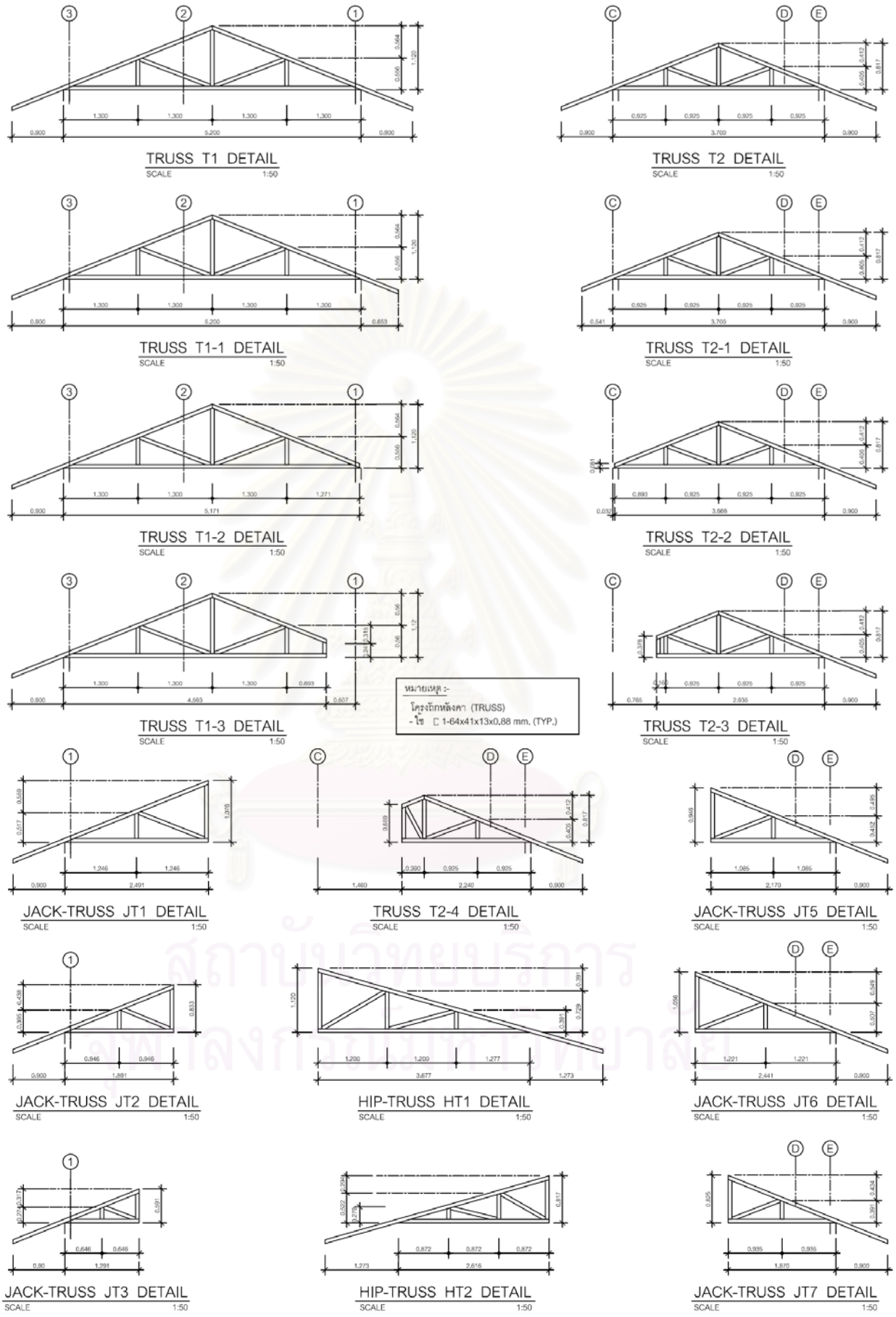
หมายเหตุ :-

1.) RAFTER (ST)
- ใช้ I 2-64x41x13x1.15 mm.

2.) โครงถักหลังคา (TRUSS)
- ใช้ [1-64x41x13x0.88 mm.

3.) PURLIN สำเร็จรูป ตามมาตรฐานผู้ผลิต

หมายเหตุ : แบบบ้านที่นำมาใช้อ้างอิงหลังนี้มิได้นำมาใช้เป็นแบบการก่อสร้างมาตรฐาน แต่นำมาแสดงเพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนและการออกแบบเขียนแบบบ้านโครงสร้างเหล็กระบบผนังรับน้ำหนัก ส่วนรายการคำนวณก็ใช้เฉพาะกับการก่อสร้างบ้านหลังนี้เท่านั้นไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงสำหรับการก่อสร้างบ้านอื่นได้



รูปที่ 4-115 ชิ้นส่วนโครงสร้างหลังคาระบบกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการออกแบบและตัดแต่งชิ้นส่วนจากโรงงาน

การพัฒนาวัสดุและระบบผนัง พื้น และหลังคา

ผนังระบบโครงคร่าวของไทยที่เคยใช้ในอดีตไม่มีฉนวนกันความร้อน และแผ่นวัสดุป้องกันการรั่วซึมของน้ำหรือความชื้นให้กับโครงสร้างอย่างเช่นในต่างประเทศ มักมีปัญหาเรื่องเสียง ความแข็งแรงทนทาน อายุการใช้งาน และการบำรุงรักษา เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้คนไทยส่วนใหญ่มีทัศนคติที่ไม่ดีต่อระบบผนังเบา เช่นเดียวกับพื้นไม้ที่วางอยู่บนตง ซึ่งมักมีปัญหาเรื่องเสียง การรั่วซึม และการสั่นสะเทือน ซึ่งไม่สามารถเปรียบเทียบกับความมั่นคงแข็งแรงของผนังวัสดุก่อและพื้นคอนกรีตได้ ผู้ประกอบการธุรกิจบ้านจัดสรรส่วนใหญ่ จึงยังคงใช้ผนังวัสดุก่อและพื้นคอนกรีตไว้เช่นเดิมถึงแม้จะเปลี่ยนไปใช้โครงสร้างแล้วก็ตาม เพื่อความมั่นใจในแง่ของการตลาด หรือการยอมรับของผู้บริโภค ทั้งๆ ที่ระบบผนังเบาและพื้นที่ใช้ตงรองรับมีข้อดี หรือข้อได้เปรียบโดยรวมหลายประการ เช่น มีน้ำหนักเบาช่วยให้ประหยัดโครงสร้างและทำงานได้สะดวก เดินท่อฝังหรือซ่อนในผนังและพื้นได้ง่าย กันเสียงได้ดีถ้ามีฉนวนช่วยประหยัดพลังงาน และสามารถก่อสร้างได้รวดเร็วกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนมาก การแก้ปัญหาจึงต้องควรมุ่งไปที่การพัฒนาวัสดุ และระบบพื้นหรือผนังที่มีน้ำหนักเบาให้มีมาตรฐานการใช้งานที่ดีขึ้นกว่าที่คนทั่วไปเคยชินและทำให้ประหยัดค่าก่อสร้างได้โดยการใช้วัสดุที่ผลิตในประเทศแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ

ปัจจุบันมีอุตสาหกรรมวัสดุแผ่นที่ใช้ในการก่อสร้างหลากหลายชนิด ผู้ผลิตพัฒนาหรือปรับปรุงวัสดุแผ่นสำหรับใช้กับงานภายนอกให้มีมาตรฐานสูงขึ้น และมีหลากหลายชนิดให้สามารถเลือกใช้ได้มากขึ้น อีกทั้งควรแก้ปัญหาการยึดติดตั้งแผ่นวัสดุติดกับโครงคร่าวหรือตงเหล็กให้สะดวกรวดเร็วขึ้นด้วย ผู้ออกแบบหรือผู้ก่อสร้างควรพัฒนาวิธีการปิดรอยต่อต่างๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำ ความชื้น และอากาศให้ดีขึ้นและประหยัด ซึ่งต้องอาศัยผลการศึกษาวิจัย การทดลองและการประเมินผลการใช้งานจากโครงสร้างจริงที่เคยสร้างไว้แล้วด้วย เพื่อสร้างความมั่นใจและให้เกิดการยอมรับของผู้ใช้หรือผู้บริโภคโดยทั่วไป

อนึ่ง อุตสาหกรรมวัสดุแผ่นของไทยควรพัฒนาให้สูงขึ้นไปอีกระดับหนึ่ง คือ ควรนำวัสดุแผ่นที่มีอยู่แล้วมาประกอบให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ที่มีคุณสมบัติในการใช้งานและใช้ร่วมกับโครงสร้างเหล็กได้ดี เช่น การนำเอาแผ่นยิปซั่ม แผ่นซีเมนต์บอร์ด แผ่นไม้อัด หรือแผ่นเหล็กเคลือบฯลฯ มาประกบเข้ากับฉนวนชนิดแข็ง (Rigid insulation) ให้ได้ผลิตภัณฑ์ ผนัง พื้น หรือแผ่นหลังคาสำเร็จรูป (Structural insulated panels) ที่มีน้ำหนักเบา ราคาประหยัด แต่สามารถรับแรง กันความร้อน และกันเสียงได้ดีขึ้น สามารถใช้กับบ้านที่ต้องการประหยัดพลังงานหรือมีมาตรฐานอาคารสูงขึ้น ถึงแม้ว่าเหล็กจะมีค่าการนำความสูงก็ตาม แต่จากการศึกษาพบว่าบ้านโครงสร้างเหล็กเบาสามารถประหยัดพลังงานได้ดี และสามารถประยุกต์ให้เกิดเป็นระบบการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานที่สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศในแต่ละท้องถิ่นได้หลากหลายระบบ และอาจมีราคาประหยัดกว่าการก่อสร้างบางระบบที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

4.3.1.6 ข้อต่อ (CONNECTIONS)

การเชื่อมประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างของการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กระบบโครงคร่าวผนังรับน้ำหนัก (Lightweight Steel Framing) จะใช้ระบบเชื่อมต่อ (Connection) ด้วยการใช้สกรู (Screws) ยึดระหว่างชิ้นส่วน หรือใช้แผ่นประกับเหล็กในการเชื่อมโครงสร้างเข้าด้วยกัน การเชื่อมต่อระบบนี้ง่ายและสะดวกใช้เครื่องมือไม่ยุ่งยากหรือซับซ้อนแต่อย่างใด แต่อาจต้องมีความรู้ความเข้าใจในระบบโครงสร้างประเภทนี้พอสมควร

การออกแบบรอยต่อ

การยึดชิ้นส่วนโครงสร้างใช้สกรูแบบ Self-drilling tapping ซึ่งมีขนาดเล็กที่สุดที่ใช้เท่ากับ #8 ทั้งนี้แบบหัวสกรูที่ใช้เป็นแบบแหลมซึ่งสามารถใช้ยึดแผ่นยิปซั่ม และชิ้นส่วนผนังอื่นๆเข้ากับโครงเหล็กที่มีความหนาไม่เกิน 0.88 มม. แต่ควรปรึกษาผู้ผลิตสกรูเพิ่มเติมในกรณีอื่นๆ

ตารางแสดงค่าความสามารถของสกรูในการยึดแผ่นเหล็กกับแผ่นเหล็ก
โดยกำหนดค่าตัวแปรปลอดภัย (Safety Factor) เท่ากับ 3.0

Screw Size	Diameter (mm.)	Minimum Capacity (kgs.)								
		Allowable Shear capacity (kg.)			Allowable Pullout capacity (kg.)			Allowable Pullover capacity (kg.)		
		0.88 mm.*	1.15 mm.*	1.44 mm.*	0.88 mm.*	1.15 mm.*	1.44 mm.*	0.88 mm.*	1.15 mm.*	1.44 mm.*
#6	3.5	68	102	143	28	36	45	97	127	159
#8	4.2	75	111	156	33	43	54	116	151	190
#10	4.8	80	119	168	28	50	62	134	175	220

*ค่าที่แสดงเป็นค่าความหนาน้อยสุดของชิ้นส่วนโครงสร้างเหล็ก 2 ชิ้นที่นำมายึดเข้าด้วยกัน

ส่วนความยาวของเกลียวที่วิ่งทะลุผ่านชิ้นส่วนสุดท้ายควรปล่อยให้เหลืออย่างน้อยที่สุด 3 เกลียวสำหรับหัวของสกรูอาจใช้เป็นประเภท HEX หรือ Pancake

ตารางการยึดผนังเข้ากับโครงสร้างเหล็ก		
การเชื่อมยึด	จำนวนและขนาดของสกรู	ระยะห่างของสกรู
Stud เข้ากับ Track ด้านบนหรือล่าง	2-#8	ในแต่ละด้านของ Stud ใช้สกรู 1 ตัว ยึดเข้ากับปีก
แผ่นผนังโครงสร้าง (เช่นแผ่นไม้อัดหรือแผ่นกระเบื้อง) กับโครงเหล็ก	#8 โดยมีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางที่หัวสกรูไม่น้อยกว่า 8 มม.	ทุกระยะ 15 ซม. ที่ขอบ ทุกระยะ 30 ซม. บริเวณส่วนใน
แผ่นยิปซั่มหนา 12มม. กับโครงเหล็ก	#6	ทุกระยะ 30 ซม.

ตารางที่ 4-5 ขนาดมาตรฐานของสกรูและการใช้สกรูยึดผนังเข้ากับโครงเหล็ก

ตารางการยึดโครงหลังคาเหล็ก		
การเชื่อมยึด	**จำนวนและขนาดของสกรู**	**ระยะห่างของสกรู**
ตงเพดานเข้ากับ Track ด้านบนของผนังรับน้ำหนัก	2-#10	ทุกๆตง 1 ตัว (Each joist)
แผ่นยิปซั่ม กับตงเพดาน (Ceiling joist)	#6	ทุกระยะ 30 ซม.
โครงถักเข้ากับผนังรับน้ำหนัก	2-#10	ทุกๆโครงถัก (Each truss) ใช้สกรูยึดกับปีกของโครงถักหรือตงเพดาน หรือใช้ Clip angleหนา 1.44มม. ร่วมกับ 2-#10 สกรูในแต่ละขา

ตารางการยึดพื้น		
การเชื่อมยึด	**จำนวนและขนาดของสกรู**	**ระยะห่างของสกรู**
ตงพื้นยึดกับ Track ของผนังรับน้ำหนักภายใน	2-#8	ทุกๆตง 1 ตัว (Each joist)
ตงพื้นยึดกับ Rim Track ด้านปลายของตงพื้น	2-#8	1 ตัวต่อปีก หรือ 2ตัวต่อ Bearing Stiffener
แผ่นพื้นยึดกับตงพื้น	#8	ทุกระยะ 15 ซม. ที่ขอบและ ทุกระยะ 30 ซม. ที่ระยะด้านใน

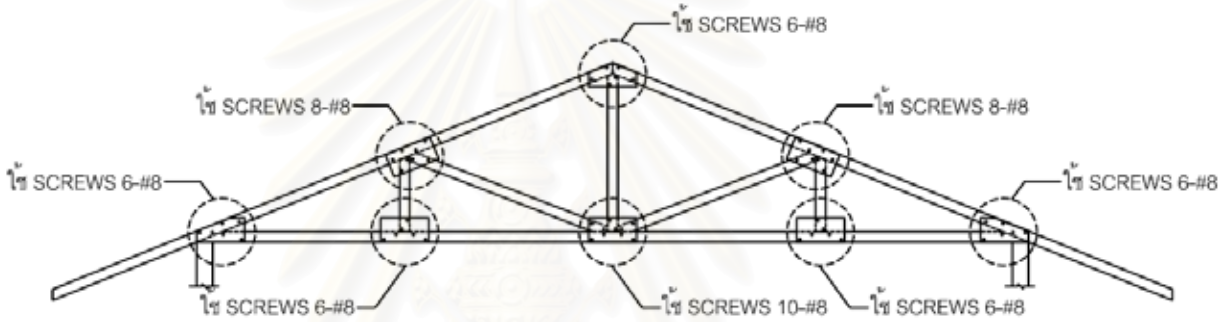
ตารางการยึดผนังเข้ากับฐานราก	
รายละเอียด	**การเชื่อมยึดโดยสกรู**
Track ที่อยู่ด้านล่างของผนังยึดติดกับตงพื้นหรือ Track	1-#8 ทุกระยะ 30 ซม.
Track ที่อยู่ด้านล่างของผนังยึดติดกับฐานราก	ใช้ Anchor bolt ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง อย่างน้อย 12 มม. ทุกระยะ 15 ซม.

จำนวนของสกรูที่ใช้ในการยึด Header เข้ากับ King Stud	
ช่วงของ Header	**การเชื่อมยึดโดยสกรู**
< 1.2 ม.	4-#8
1.2-2.4 ม.	4-#8
2.4-3.6 ม.	4-#8
3.6-4.8 ม.	4-#8

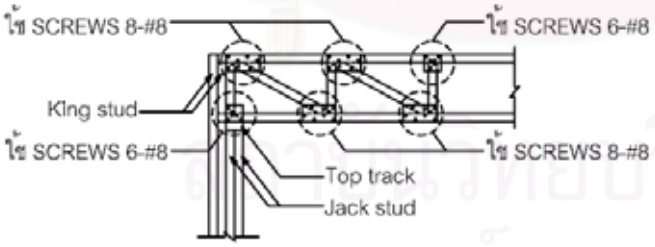
ตารางที่ 4-6 การใช้สกรูยึดส่วนต่างๆของโครงสร้าง

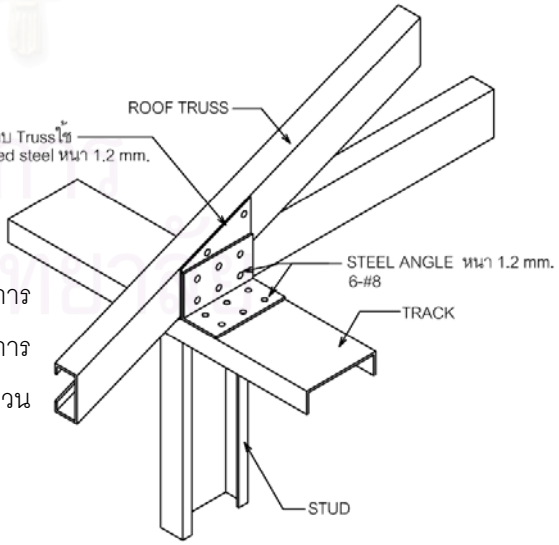
ตารางการยึดพื้นเข้ากับฐานราก หรือ ผนังรับน้ำหนัก	
รายละเอียด	**การเชื่อมยึดโดยสกรู**
ตงพื้นยึดกับ Track ของผนังภายอก	2-#8
ตงพื้นที่ยื่นออกไปยึดกับ Track ของผนัง	2-#8
Track ที่อยู่ด้านล่างของผนังยึดกับฐานราก	ใช้ Anchor bolt ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง อย่างน้อย 12 มม. และใช้ Clip angle หนา 1.44 มม. ทุกระยะ 15 ซม. ร่วมกับ 8-#8 สกรู
Rim Track หรือปลายของตงยึดกับ Top Track ของผนังรับน้ำหนัก	1-#8 ทุกระยะ 60 ซม.

ตารางที่ 4-7 การใช้สกรูยึดพื้นเข้ากับฐานราก หรือผนังรับน้ำหนัก



หมายเหตุ : ใช้ 2-#8 Screws ต่อ 1ชิ้นส่วนที่เข้ามาเชื่อมต่อกัน (อย่างน้อย 6-#8 ต่อจุด) แผ่นประกับใช้ Galvanized Steel หนา 1.2 mm.





หมายเหตุ : แบบบ้านที่นำมาใช้อ้างอิงหลังนี้มิได้นำมาใช้เป็นแบบการก่อสร้างมาตรฐาน แต่นำมาแสดงเพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนและการออกแบบเขียนแบบบ้านโครงสร้างเหล็กระบบผนังรับน้ำหนัก ส่วนรายการคำนวนก็ใช้เฉพาะกับการก่อสร้างบ้านหลังนี้เท่านั้นไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงสำหรับการก่อสร้างบ้านอื่นได้

* ที่มา : สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย สถาปนิก คุณ จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ วิศวกร น.ท.ดร.ธนากร พีระพันธุ์

การทำรอยต่อโครงสร้าง ผนังและหลังคาเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีส่วนช่วยให้เกิดรูปลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมที่สวยงาม เป็นเปลือกนอกของอาคารที่ปกป้องผู้อยู่อาศัยจากอันตรายและสภาพลมฟ้าอากาศภายนอก การพัฒนาบ้านโครงสร้างเหล็กให้เป็นที่ยอมรับของลูกค้าหรือผู้บริโภคได้นั้น ต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบผนัง หลังคา และพื้นควบคู่กันไปกับระบบโครงสร้างด้วย โดยเฉพาะบ้านโครงสร้างเหล็กเบา (ระบบผนังรับน้ำหนัก) ซึ่งมีงานโครงสร้างสถาปัตยกรรมและระบบอุปกรณ์อาคารรวมเข้าเป็นองค์ประกอบเดียวกัน จึงต้องการการประสานจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ทั้งในขั้นตอนการออกแบบอาคาร การผลิตชิ้นส่วนประกอบและการก่อสร้าง การออกแบบรอยต่อระหว่างโครงสร้างอาคาร และควรนำเอาระบบประสานทางพิกัดมาใช้ในการออกแบบด้วย ถึงแม้ว่าจะก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมหรือไม่ก็ตาม เพราะบ้านโครงสร้างเหล็กจะประกอบขึ้นจากวัสดุที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่

4.3.1.7 วัสดุในการผลิตโครงสร้างผนัง

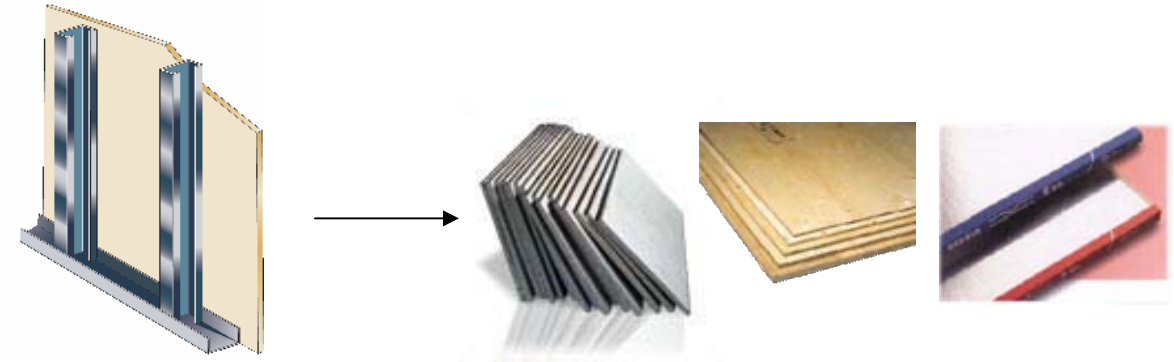
1. โครงคร่าวเหล็กขึ้นรูปเย็นชุบสังกะสี

เหล็กขึ้นรูปเย็นชุบสังกะสีรูปตัวซีและเหล็กขึ้นรูปเย็นชุบสังกะสีรูปตัวยู ซึ่งมีขายตามบริษัทจำหน่ายเหล็กโดยทั่วไป เหล็กตัวซีที่ใช้มี 2 ชนิดคือ เหล็กตัวซีหนา 1.0 มม. (C7510) และเหล็กตัวซีหนา 0.75 มม. (C7575) ส่วนเหล็กตัวยูมี 2 ชนิดเช่นกัน

2. แผ่นผนัง

ในการผลิตแผ่นผนังสามารถเลือกใช้วัสดุปิดผิวที่มีจำหน่ายทั่วไปได้หลายประเภท ดังเช่น

- แผ่นผนังยิปซัมหนา
- แผ่นผนังไฟเบอร์ซีเมนต์
- แผ่นไม้อัดซีเมนต์
- แผ่นไม้อัด



รูปที่ 4-116 วัสดุแผ่นผนังที่ใช้การการก่อสร้างบ้านด้วยระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี

3. เครื่องตัดเหล็กใบเลื่อยไฟเบอร์

การก่อสร้างอาคารระบบนี้ต้องใช้เหล็กที่มีความหนามากพอสมควร จึงต้องใช้เครื่องตัดเหล็กที่มีความเหมาะสมและมีวิธีการตัดอย่างถูกต้อง

4. เครื่องยิงสกรู (Screws Driver)

เครื่องยิงสกรูนี้สามารถปรับอัตราการหมุนได้ ปรับทิศทางการหมุนได้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการยึดโครงสร้างให้มีความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น

5. สกรู (Drilling Screws)

ในการยึดโครงสร้างผนังนี้ใช้สกรูในการยึดติดระหว่างโครงสร้างเอง รวมไปถึงตัวโครงสร้างและผนังอีกด้วย ดังนั้นชนิดของสกรูจึงต้องแตกต่างกัน โดยใช้สกรูในการยึด 2 ชนิดคือ ชนิดหัวมน (Pan Type) และชนิดหัวแบน (Flaxy Type) มี 2 ขนาดแบ่งได้จากความกว้างเส้นผ่านศูนย์กลางของ

หัวสกรูคือขนาดเบอร์ 7 และ 10 ซึ่งในการประกอบโครงสร้างนั้นสกรูชนิดหัวมนจะใช้ในการยึดชิ้นส่วนเหล็กกับเหล็ก ส่วนสกรูชนิดหัวแบน ใช้ในการยึดติดผนังกับโครงสร้าง

รูปที่ 4-117 สกรูชนิดหัวมน (Pan Type) และชนิดหัวแบน (Flaxy Type)

4.3.2 การศึกษาอาคารตัวอย่าง

บริษัท พี นิรมล จำกัด

ชื่อโครงการ : บ้านพักอาศัย หมู่บ้านสราญรมย์

เจ้าของโครงการ : คุณประทีป เจริญพร

ประเภทโครงการ : อาคารพักอาศัยโครงสร้างระบบโครงคร่าวผนังรับน้ำหนัก

ที่ตั้งโครงการ : 542/1396-7 หมู่บ้านสราญรมย์ ซ.1 คลองจั่น บางกะปิ กรุงเทพฯ

ปีที่เริ่มดำเนินการ : 2547

มูลค่าโครงการก่อสร้าง : 3,464,000 บาท

บริษัทผู้ออกแบบ : สถาปนิกตุลา จำกัด

สถาปนิกโครงการ : ร้อยโท สุนทร พานทอง

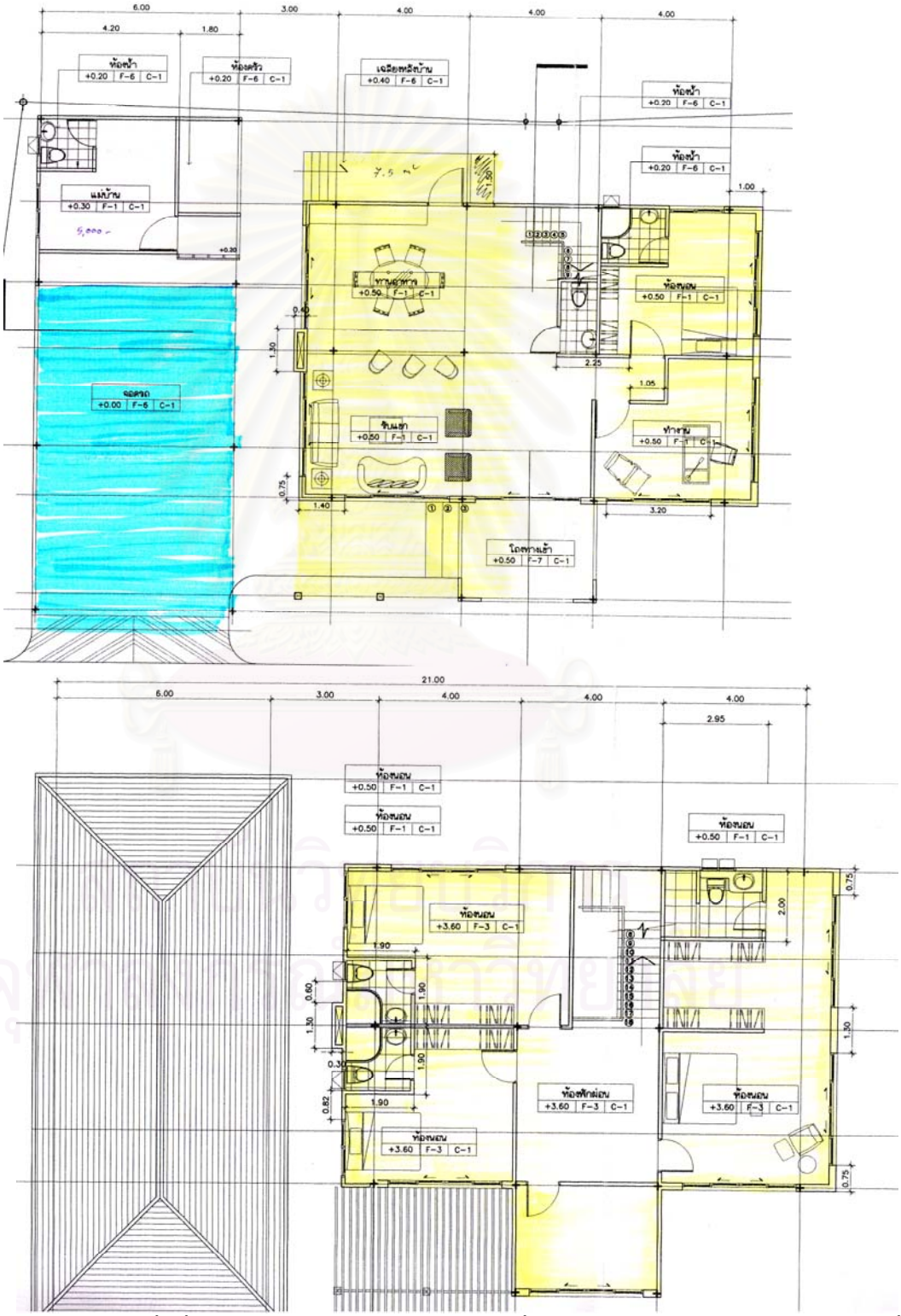
วิศวกรโครงการ : คุณ เสรี สว่างวรรณรัตน์

รูปที่ 4-118 ภาพบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้น หมู่บ้าน สราญรมย์

P. NIRAMOL CO., LTD.

PROJECT: SARANROM VILLAGE

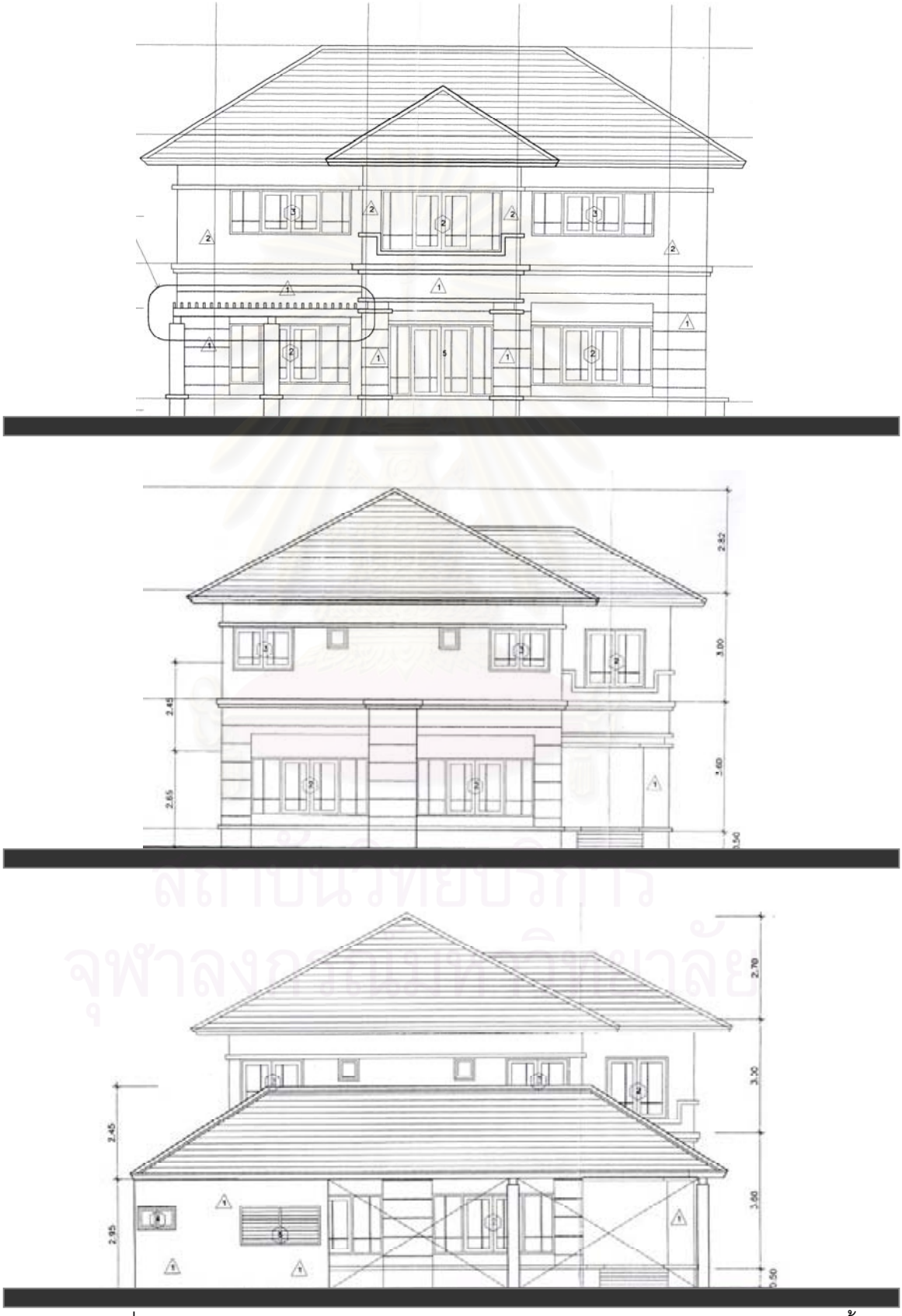
บริษัท พี นิรมลดำเนินงานโดยการใช้ระบบโครงสร้างเหล็กเบาในการก่อสร้าง (Lightweight steel frame house construction) เมื่อพูดถึงบ้านเหล็กหรือโครงสร้างเหล็กสำหรับอาคารพักอาศัย ในต่างประเทศโดยทั่วไปจึงหมายถึง การก่อสร้างในระบบนี้



รูปที่ 4-119 ผังพื้นชั้นที่ 1 และ 2 ของบ้านพักอาศัย 2 ชั้นก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก

*ที่มา : แบบประกอบการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น หมู่บ้าน สราญรมย์ (บริษัทพี นิรมล จำกัด)

ระบบการก่อสร้างบ้านแบบ *“Platform framing”* คือใช้โครงสร้างเหล็กชุบสังกะสีแทนไม้แปรรูป (Softwood) โดยทำการก่อสร้างขึ้นทีละชั้นจากพื้นชั้นล่างสุดจนถึงชั้นสุดท้าย โดยการถ่ายแรงจากพื้นหรือหลังคาลงมาสู่โครงคร่าวผนัง (Stud) ที่ละชั้นแล้วจึงถ่ายน้ำหนักทั้งหมดลงสู่ฐานราก



รูปที่ 4-120 แบบแสดงรูปด้านและการเขียนแบบก่อสร้าง บ้านระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก

*ที่มา : แบบประกอบการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น หมู่บ้าน สราญรมย์ (บริษัทพี นิรมล จำกัด)

รูปที่ 4-121 แบบแสดงรูปด้านและการเขียนแบบก่อสร้าง บ้านระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก

บริษัท พี นิรมล ได้ดำเนินการก่อสร้างโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักคือ งานที่ดำเนินขั้นตอนการผลิตและประกอบชิ้นส่วนโครงสร้าง โดยแยกเป็นส่วนๆจากโรงงาน เช่น การออกแบบ การตัดแต่งชิ้นส่วน และการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ให้ขึ้นเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างย่อยๆ อาทิแผงผนังแต่ละด้าน ชิ้นส่วนโครงสร้างหลังคา ตงรับพื้น เป็นต้น การคำนวณและประกอบโครงสร้างย่อยๆ ณ โรงงานจะทำให้สามารถควบคุมคุณภาพและการประกอบชิ้นส่วนต่างๆได้ง่ายทั้งยังเป็นการประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายอีกทางหนึ่งด้วย โดยไม่ต้องกังวลเรื่องฝนฟ้าไม่เป็นใจในระหว่างงานก่อสร้าง ที่ผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างหลักๆในโรงงานและเตรียมขนย้ายมาประกอบ ณ หน่วยงานก่อสร้างจริง โครงการลักษณะนี้ จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับแบบก่อสร้าง (Construction drawings) และ Shop drawings ที่มีความถูกต้อง และมีรายละเอียดครบถ้วน และต้องเสร็จสมบูรณ์ล่วงหน้าก่อนขั้นตอนการเตรียมงานก่อสร้าง ทีมงานออกแบบและระยะเวลาในการทำแบบจึงเป็นปัจจัยสำคัญเบื้องต้นกับอีกส่วนคืองานประกอบโครงสร้าง ที่หน่วยงานก่อสร้างหมู่บ้านสราญรมย์

แต่เนื่องจากการก่อสร้างบ้านหลังนี้มีการดำเนินงานมาตั้งแต่ พ.ศ.2547 และไม่มีงานลักษณะงานก่อสร้างที่ใช้ระบบโครงสร้างเหล็กมวลเบา ผนังรับน้ำหนักขึ้นอีก จึงทำให้การเก็บข้อมูลทำได้เพียงใช้รูปถ่ายเก่า ที่มีการบันทึกไว้ระหว่างการก่อสร้างเก็บไว้ มิได้เป็นการไปเก็บภาพและบันทึกข้อมูลของงานก่อสร้างด้วยตัวเองในระหว่างการดำเนินการก่อสร้างของผู้ทำวิจัย จึงทำให้ภาพขั้นตอนการก่อสร้าง และข้อมูลต่างๆอาจไม่ครบถ้วน โดยเฉพาะส่วนงานที่ดำเนินงานในขั้นตอนการตัดและประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างภายในโรงงานที่มิได้มีรูปกระบวนการและขั้นตอนการผลิตมานำเสนอเป็นข้อมูลประกอบการก่อสร้าง โดยจะขอสรุปกระบวนการเป็นขั้นตอนงานก่อสร้างได้ดังนี้

1. ในส่วนงานก่อสร้างฐานรากและพื้นชั้นล่างใช้ระบบเดียวกับบ้านที่ใช้โครงสร้างคอนกรีตทั่วๆไป โดยดำเนินการก่อสร้างฐานรากคานคอดินและพื้น ให้แล้วเสร็จในส่วนของโครงสร้างแต่ยังไม่ได้ร่วมไปถึงการตกแต่งวัสดุปิดผิว

2. ขนส่งวัสดุชิ้นส่วนโครงสร้างที่มีการคำนวณและตัดมาจากโรงงานเป็นชิ้นๆ เพื่อมาประกอบยังสถานที่ก่อสร้าง โดยในส่วนการกองชิ้นส่วนก็มีความสำคัญมากเช่นกัน เนื่องจากตัววัสดุโครงสร้างเป็นเหล็กขึ้นรูปเย็นมีลักษณะค่อนข้างบาง ดังนั้นการกองวัสดุโดยไม่มีการจัดการและดูแลเรื่องตำแหน่งในการกองวัสดุที่ดีอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ตัววัสดุได้ และการเรียงลำดับชิ้นส่วนโครงสร้างตามลำดับการใช้งานก็มีส่วนช่วยให้เกิดความคล่องตัว สะดวกและรวดเร็วขึ้นในกระบวนการก่อสร้าง

รูปที่ 4-122 ส่วนประกอบโครงสร้างบ้านระบบผนังรับน้ำหนัก และลักษณะการกองวัสดุ

3. การดำเนินการก่อสร้างในส่วนงานถัดจากงานพื้นและงานขนส่งวัสดุคือการก่อสร้างผนังชั้นที่ 1 โดยนำชิ้นส่วนโครงสร้างที่มีการทำหมายเลขของตำแหน่งชิ้นส่วนแต่ละชิ้นในตำแหน่งต่างๆของตัวบ้านมาเรียงหรือจัดวางดู เพื่อหาระยะและตำแน่งที่แน่นอนเพื่อป้องกันไม่ให้โครงสร้างวางเยื้องตำแหน่งเพราะการวางเยื้องตำแหน่งแม้เพียงเล็กน้อยอาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของตัวบ้านทั่งหลังได้ การจับฉากจับดิ่งของโครงสร้างก็เช่นกันต้องมีความแม่นยำสูงและมีการควบคุมดูแลในการติดตั้งอย่างใกล้ชิด โครงสร้างผนังรับน้ำหนักที่มีช่องเปิดกว้างมากจำเป็นต้องมีการเสริมโครงสร้าง (Stud) ที่ด้านข้างของช่องเปิด โดยให้ทำหน้าที่เป็นเสา ถ่ายน้ำหนักแทนโครงเคร่าที่หายไปจากการเป็นช่องเปิดโล่ง จึงจำเป็นต้องมีการคำนวณโดยละเอียด และบริเวณมุมผนังของบ้านควรมีการเสริม X-BRACING ทำให้อาคารมีความแข็งแรงมากขึ้น

รูปที่ 4-123 การประกอบโครงสร้างบ้านระบบผนังรับน้ำหนัก

4. จัดวางชิ้นส่วนโครงสร้าง ทั้งในส่วนผนังรอบนอกตัวบ้านและผนังกั้นพื้นที่ใช้สอยต่างๆ ภายในตัวบ้านรวมไปถึงบันได โดยทำการติดตั้งและยึดด้วยสกรูให้มั่นคงแข็งแรง ใช้สกรูในการยึดโครงสร้างตามจำนวนที่กำหนดในรายการออกแบบรอยต่อ ตรวจสอบความมั่นคง แข็งแรงของโครงสร้างก่อนเริ่มงานวางตงพื้นชั้นต่อไป ในส่วนบันไดก็นำวัสดุชนิดเดียวกับที่ใช้ทำผนัง คือเหล็กชุบสังกะสีผสมอลูมิเนียมกันเป็นโครงสร้างบันได จะเห็นได้ว่าวัสดุชนิดเดียวกันสามารถใช้กับโครงสร้างบ้านได้ทั้งหลัง

รูปที่ 4-124 ติดตั้งส่วนประกอบโครงสร้างโดยให้แล้วเสร็จทีละชั้น และรวมถึงงานโครงสร้างบันได

5. งานพื้นชั้นที่ 2 จะเริ่มก็เมื่อมีการตรวจความมั่นคงแข็งแรงของผนังโครงสร้างรับน้ำหนักชั้นที่ 1 เสร็จเรียบร้อย และชิ้นส่วนโครงสร้างถูกว่างในตำแหน่งต่างๆครบทุกตำแหน่ง ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวางตงรับพื้น โดยตงรับพื้นเป็นเหล็กชุบสังกะสีผสมอลูมิเนียม (Zincalume) พื้นภายในปูด้วยแผ่น วีว่า บอร์ด ความหนา 20-24 มม. ติดตั้งบนโครงเหล็กหรือไม้ ระยะห่างระหว่างโครงเคร่า 40 ซม. x 120 ซม. หรือ 60 ซม. x 60 ซม. หรือ 60 ซม. x 120 ซม. แล้วแต่การรับน้ำหนักและความแข็งแรงที่ต้องการ และปูวัสดุปิดผิวด้วยแผ่นพื้นกระเบื้อง และไม้ปาเก้

รูปที่ 4-125 งานโครงสร้างพื้น จะเป็นโครงสร้างโดยการวางตงและปูทับด้วยวัสดุแผ่นพื้น

* ในการติดตั้งต้องมีโครงเคร่ารองรับขอบแผ่นทั้ง 4 ด้าน

* พิจารณาเลือกความหนาของแผ่น และระยะห่างโครงเคร่าหลักได้จากตาราง

6. เมื่อโครงสร้างพื้นแล้วเสร็จขั้นตอนต่อไปจะเป็นการขึ้นผนังชั้นที่ 2 โดยก่อสร้างด้วยวิธีและขั้นตอนเหมือนกับการก่อสร้างผนังชั้นที่ 1 นำโครงสร้างผนังที่ประกอบเป็นแผงผนังด้านต่างๆมาประกอบติดตั้งตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ ยึดด้วยสกรูระหว่างผนังกับผนัง และผนังกับโครงสร้างพื้น โดยเฉพาะในการยึดกับโครงสร้างพื้น (ดู ข้อต่อ CONNECTIONS)

รูปที่ 4-126 การขนส่งแผงโครงสร้างและการติดตั้งโครงสร้างผนังรับน้ำหนักชั้นที่ 2

7. ในส่วนโครงสร้างหลังคา ก็จะใช้ระบบกึ่งสำเร็จรูปเช่นเดียวกันโดยออกแบบเป็น โครงถักเป็นส่วนๆมาจากโรงงาน โดยจะเริ่มติดตั้งก็ต่อเมื่อโครงสร้างผนังรับน้ำหนักชั้นที่ 2 ดำเนินงานติดตั้งครบทุกตำแหน่งแล้ว เพราะหลักการถ่ายน้ำหนักของระบบผนังรับน้ำหนัก*“Platform framing”* จะถ่ายน้ำหนักจากหลังคาลงมาสู้โครงคร่าวผนัง (Stud) ที่ละชั้นแล้วจึงถ่ายน้ำหนักทั้งหมดลงสู่ฐานราก มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่หลังคา มุ่งด้วยหลังคา TYPE IYARA เชิงชายและระแนงใช้ไม้ CONWOOD

รูปที่ 4-127 หลังคาระบบโครงถัก (Truss) กึ่งสำเร็จรูปคำนวณและตัดแต่งชิ้นส่วนจากโรงงาน

8. ผนังภายนอก (Exterior Wall) ใช้แผ่น วีว่า บอร์ด สำหรับโครงเหล็ก โครงเหล็กที่ใช้คือ เหล็กพับรูปตัว C หรือ U ความหนา 1.6 มม. ใช้สกรูเกลียวปล่อย แล้วฉาบเรียบฝังหัว เพื่อความสวยงาม ระยะห่างระหว่างโครงเคร่า 40 ซม. x 120 ซม. หรือ 60 ซม. x 120 ซม. จนถึง 60 ซม. x 240 ซม. ระหว่างแผ่น ให้เว้นร่องไว้ 5 - 10 มม.เนื่องจากตัววัสดุมีการยืดหดตัว แล้วอุดร่องด้วยสารยืดหยุ่นประเภทโพลียูรีเทน เพื่อป้องกันน้ำหรือความชื้น

รูปที่ 4-128 บ้านก่อนและหลังการติดตั้งวัสดุแผ่นผนัง

ผนังภายใน (Interior Partition) ใช้แผ่น วีว่า บอร์ด ความหนา 8 - 12 มม. ติดตั้งบนโครงเคร่าไม้หรือโครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี ระยะห่างระหว่างโครงเคร่า 60 ซม. x 120 ซม. จนถึง 60 ซม. x 240 ซม. ระหว่างแผ่นให้เว้นร่องไว้ 3 - 5 ซม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การวิเคราะห์ศักยภาพโครงสร้างเหล็ก สำหรับการก่อสร้างบ้านพักอาศัย ประเทศไทย

การก่อสร้างบ้านสำหรับพักอาศัยในปัจจุบัน มีการนำระบบโครงสร้างต่างๆเข้ามาประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างมากมายหลายระบบ การศึกษาวิเคราะห์ชิ้นนี้ก็เพื่อให้เกิดระบบการก่อสร้างทางเลือกอื่นๆ ที่จะสามสารถแข่งกับระบบโครงสร้างแบบดั่งเดิม ที่เป็นที่นิยมใช้ในการก่อสร้างของประเทศไทยได้ ในส่วนของการเก็บรวบรวมข้อมูลการก่อสร้าง และการเฝ้าสังเกตการก่อสร้างจากสถานที่ก่อสร้างจริง ทำให้สามารถแบ่งปัจจัย มีส่วนในการก่อสร้างบ้านด้วยระบบโครงสร้างเหล็กในประเทศไทย เพื่อให้ได้ข้อมูลต่างๆตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ก่อนดำเนินการทำวิจัย โดยผลการวิเคราะห์สามารถแบบ่งออกเป็นเรื่องต่างๆได้ดังนี้

Money - เงิน

Method - วิธีการ

Material/Machine - วัสดุอุปกรณ์/เครื่องมือ

5.1.1 MONEY-เงิน

จากการศึกษาข้อมูลในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้นด้วยโครงสร้างเหล็กทั้ง 2 ระบบทำให้ทราบกระบวนการและวิธีการในการดำเนินงานก่อสร้างของทั้งสองระบบ ทราบถึงปัจจัยจะที่ส่งผลต่อการยอมรับและไม่ยอมรับจากผู้บริโภคที่มีต่อโครงสร้างที่ 2 ระบบ ซึ่งปัจจัยด้านการเงินก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะมีผลอย่างมากในการยอมรับระบบโครงสร้างประเภทนี้จากผู้บริโภคที่จะต้องเป็นผู้แบกรับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทั้งหมด หากปัจจัยทางด้านงบประมาณทางการเงินสามารถจูงใจให้ผู้ประกอบการ หรือผู้บริโภคเกิดความสนใจ และนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกระบบโครงสร้างได้ ก็จะเป็นส่วนที่จะช่วยผลักดันให้ระบบโครงสร้างประเภทนี้เป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคอย่างกว้างขว้างมากยิ่งขึ้น โดยจะหยิบยกเอาข้อมูลด้านการเงินที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยทั้งสองระบบที่ทำการศึกษามาเป็นตัวอย่างของปัจจัยด้านการเงินโดยจะแยกค่าใช้จ่ายออกเป็นส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

บ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนัก
บริษัท บรรจงสร้างดีเวลอปเมนท์ จำกัด

งานก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ ระบบเสาคานรับน้ำหนักจะมีการแบ่งหมวดงานออกเป็นส่วนๆตามประเภทและลักษณะงาน สำหรับบ้านโครงสร้างเหล็กเสาคานขนาดความสูง 2 ชั้น หมู่บ้านนีโอซิตี้ ดอนเมือง จังหวัด กรุงเทพมหานคร เจ้าของ คุณ ณพงศ์ เฟื่องฟูพงศ์ จะมีการแยกค่าใช้จ่ายได้ดังต่อไปนี้

- งานก่อสร้างบ้านขนาดความสูง 2 ชั้น ด้วยระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาคาน ขนาดพื้นที่ทั้งหมดรวมโรงรถ 268 ตารางเมตร แยกเป็นพื้นที่ใช้สอยชั้นที่ล่าง 133 ตารางเมตร พื้นที่ชั้นบน 100 ตารางเมตร และพื้นที่อาคารจอดรถ 35 ตารางเมตร รวมเป็นเงินค่าก่อสร้างทั้งสิ้น 2,659,007 บาท
- หากคิดตามพื้นที่จะเป็นค่าใช้จ่ายโดยประมาณต่อตารางเมตรคือ 10,000 บาท/ตรม.

รายจ่ายในการก่อสร้างแยกตามประเภทของงานได้ดังนี้

หมวดงานโครงสร้าง

■ ค่างานตอกเข็มและฐานรากและส่วนของงานคอนกรีตทั้งหมด	438,880 บาท
■ ค่างานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ	601,252 บาท
■ ค่างานโครงสร้างหลังคาและรางน้ำ	107,780 บาท

หมวดงานสถาปัตยกรรม

■ ค่างานผนัง (อิฐมวลเบา) รวมวัสดุปิดผิวต่างๆ	404,340 บาท
■ ค่างานพื้น (แผ่นพื้นสำเร็จ) รวมวัสดุปิดผิวต่างๆ	282,975 บาท
■ ค่างานฝ้าเพดาน	44,580 บาท
■ ค่างานประตู-หน้าต่าง	389,000 บาท
■ ค่างานห้องน้ำ	90,400 บาท
■ ค่างานสี	83,000 บาท

หมวดงานไฟฟ้า

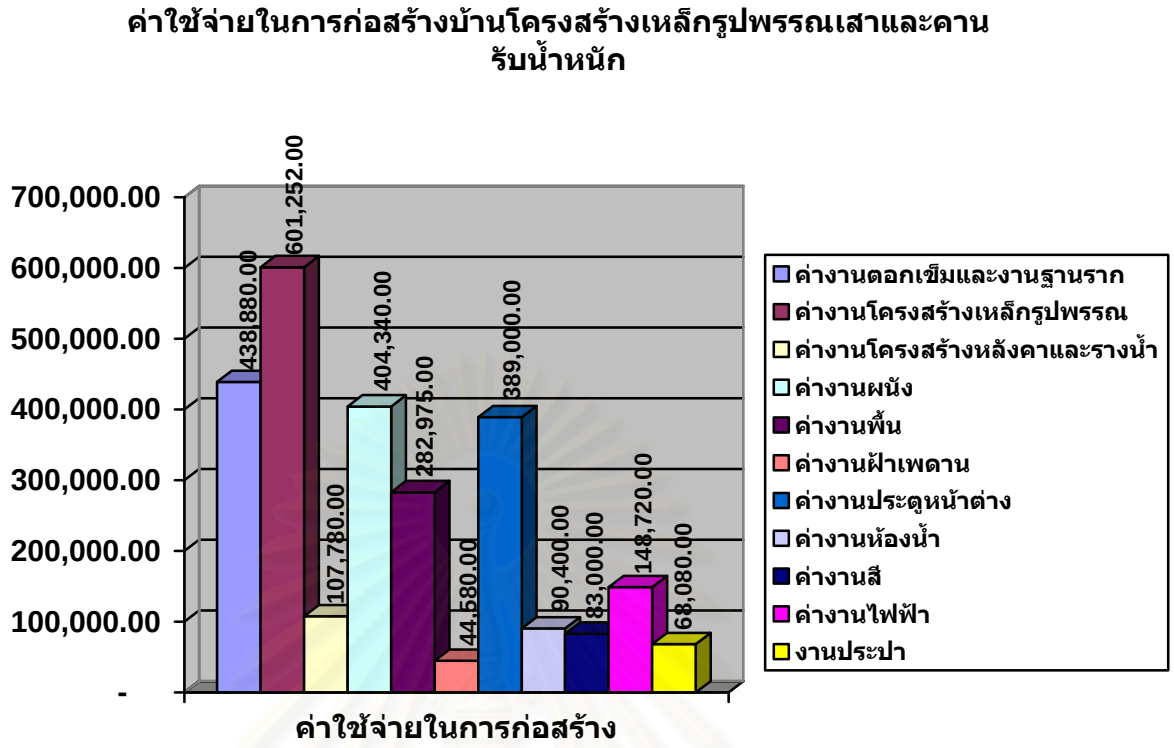
■ งานเดินสายและวางระบบไฟฟ้า	148,720 บาท

หมวดงานประปา

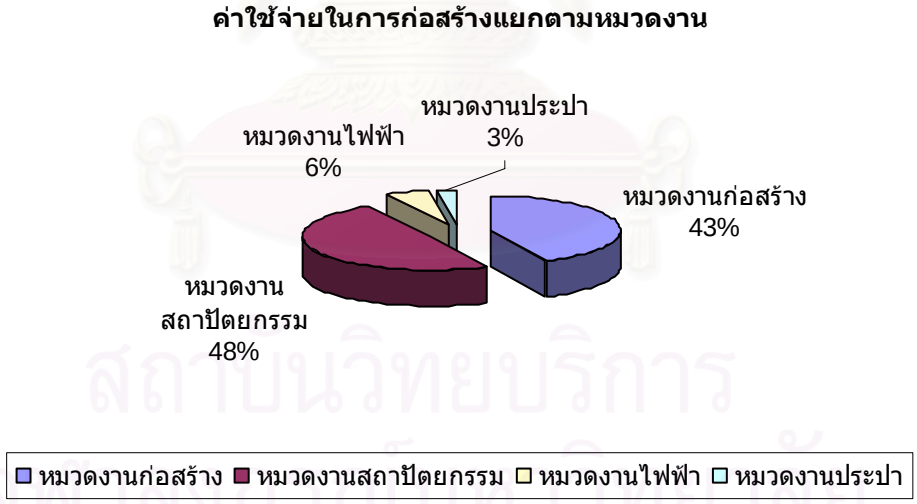
■ งานวางระบบประปาและสุขาภิบาล	68,080 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	**2,659,007 บาท**

หมายเหตุ : ราคางานแยกตามลักษณะงานที่กล่าวมาข้างต้นจะรวมแรงเรียบร้อยแล้ว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 5-1 ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน



แผนภูมิที่ 5-2 ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานแยกตามหมวดงาน

บ้านโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก ของบริษัท พี นิรมล จำกัด

งานก่อสร้างโครงสร้างเหล็กเบาผนังรับน้ำหนัก โดยเป็นโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี (Stud) แบ่งงานออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ งานก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้น 1หลัง และงานโรงรถชั้นเดียวอีก 1 หลังโดยทาง บริษัทได้แยกค่าใช่จ่ายดังนี้

- งานบ้านขนาดความสูง 2 ชั้น ขนาดพื้นที่ 315 ตรม. คิดราคา 9,000 บาท/ตรม. รวมเป็นเงิน 2,835,000บาท
- งานโรงรถ และห้องครัว, ห้องนอนแม่บ้านพร้อมห้องน้ำขนาด 90 ตรม. คิดราคา 5,000 บาท/ตรม. รวมเป็นเงิน 450,000 บาท

รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 3,285,000 บาท

รายจ่ายในการก่อสร้างแยกตามประเภทของงานได้ดังนี้

หมวดงานการเตรียมงานก่อสร้าง

■ ค่าออกแบบระบบโครงคร่าวเหล็ก	29,100 บาท
■ ค่าขนส่งวัสดุจากโรงงานไลสาจท์ที่ระยองและรังสิต	8,000 บาท

หมวดงานโครงสร้าง

■ ค่างานฐานรากและพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นที่ 1	279,274.79 บาท
■ ค่าการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กเบาผนังรับน้ำหนัก	426,525.65 บาท
■ ค่างานโครงสร้างหลังคา	267,294.19 บาท

หมวดงานสถาปัตยกรรม

■ ค่างานงานวัสดุแผ่นผนังและพื้น	182,684.14 บาท
■ ค่างานติดตั้งฝ้าเพดาน	106,700 บาท
■ ค่าโพลียูริเทนยาแนวรอยต่อแผ่นผนัง 40หลอด+ปืนยิง	10,379 บาท
■ ค่าซิลิโคน ซิลแผ่นวีว่าบอร์ด 60 หลอด+ปืนยิง 2 กระบอก	16,694.45 บาท
■ ค่าติดตั้งประตูหน้าต่างสำเร็จรูป	426,658.61 บาท
■ ค่าวัสดุปิดผิวผนังและพื้น	390,898.94 บาท
■ ค่าเหมาทาสีอาคาร	120,297 บาท

หมวดงานไฟฟ้า

■ งานเดินสายและวางระบบไฟฟ้า	93,176 บาท

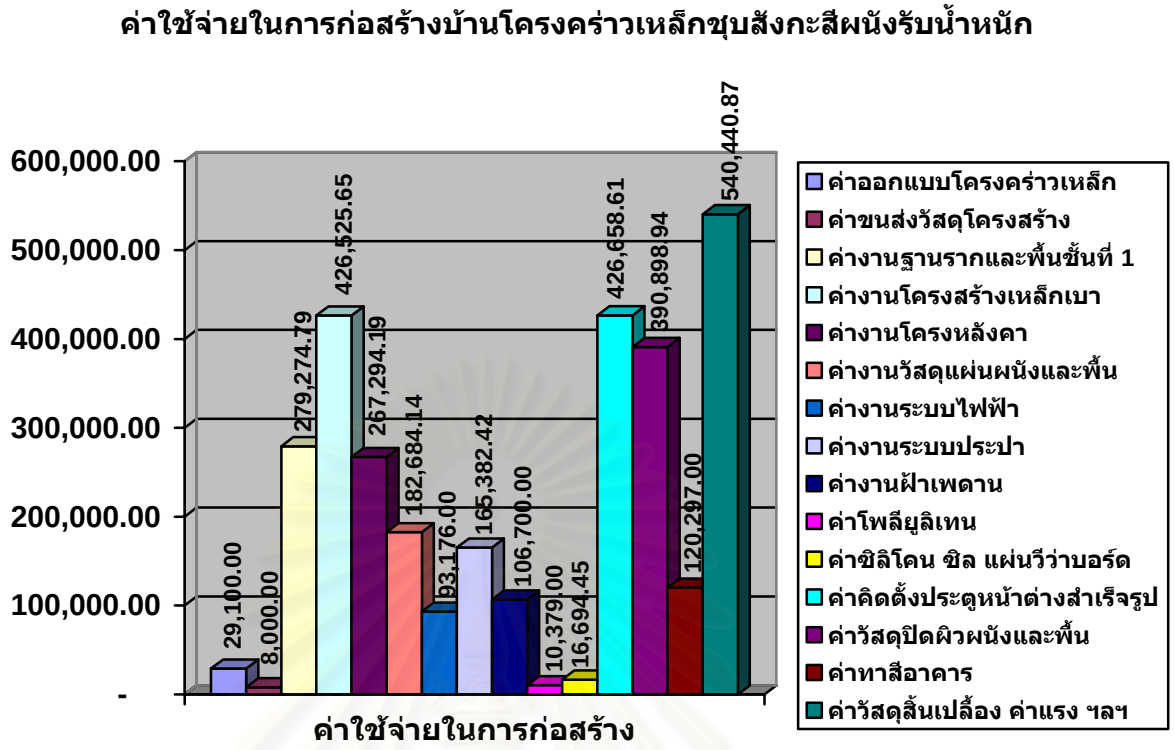
หมวดงานประปา

■ ค่างานวางระบบประปาและสุขภัณฑ์	165,382.42 บาท

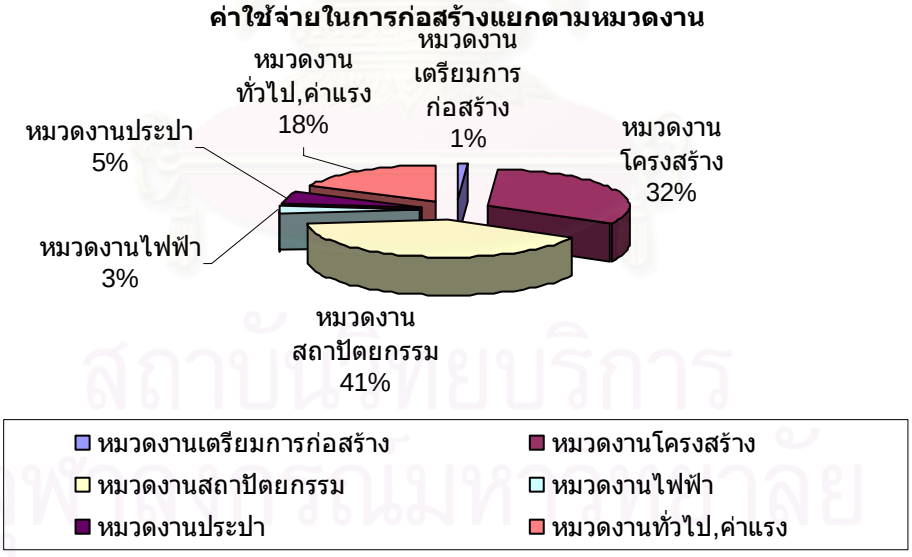
หมวดงานทั่วไป

■ งานค่าวัสดุสิ้นเปลื้อง ค่าแรง ค่าอุปกรณ์งานก่อสร้าง ฯลฯ	540,448.87 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	**3,063,514.06 บาท**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 5-3 ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี



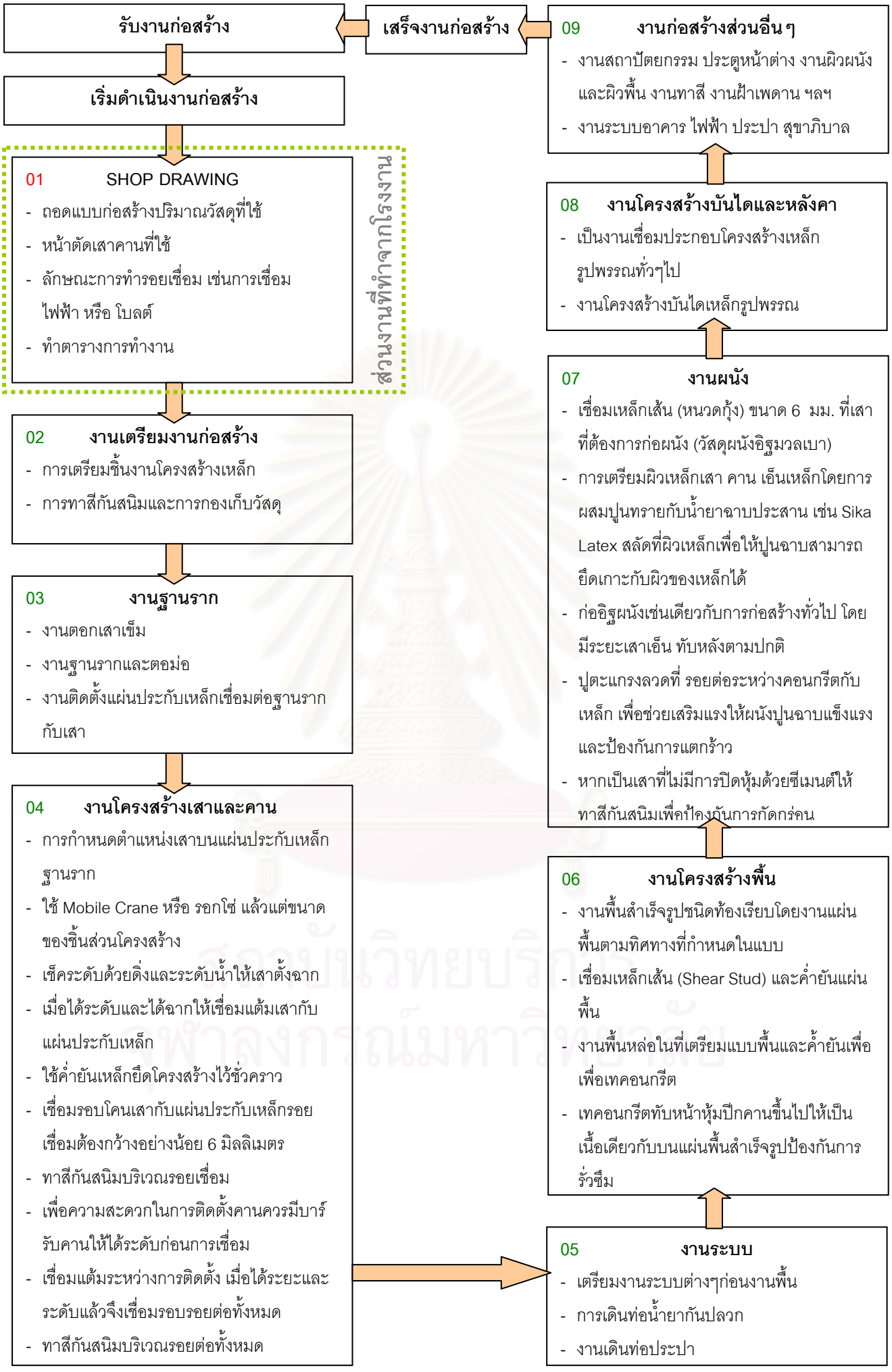
แผนภูมิที่ 5-4 ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนักแยกตามหมวดงาน

การเก็บข้อมูลในการก่อสร้างของบ้านทั้ง 2 หลัง ระยะเวลาการก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง เป็นบ้านที่สร้างมิได้อยู่ในปีเดียวกัน โดยจะก่อสร้างห่างกัน 1-2 ปีโดยประมาณอีกทั้งรูปแบบทางสถาปัตยกรรมและขนาดของตัวอาคารก็แตกต่างกัน ดังนั้นจะเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายใน

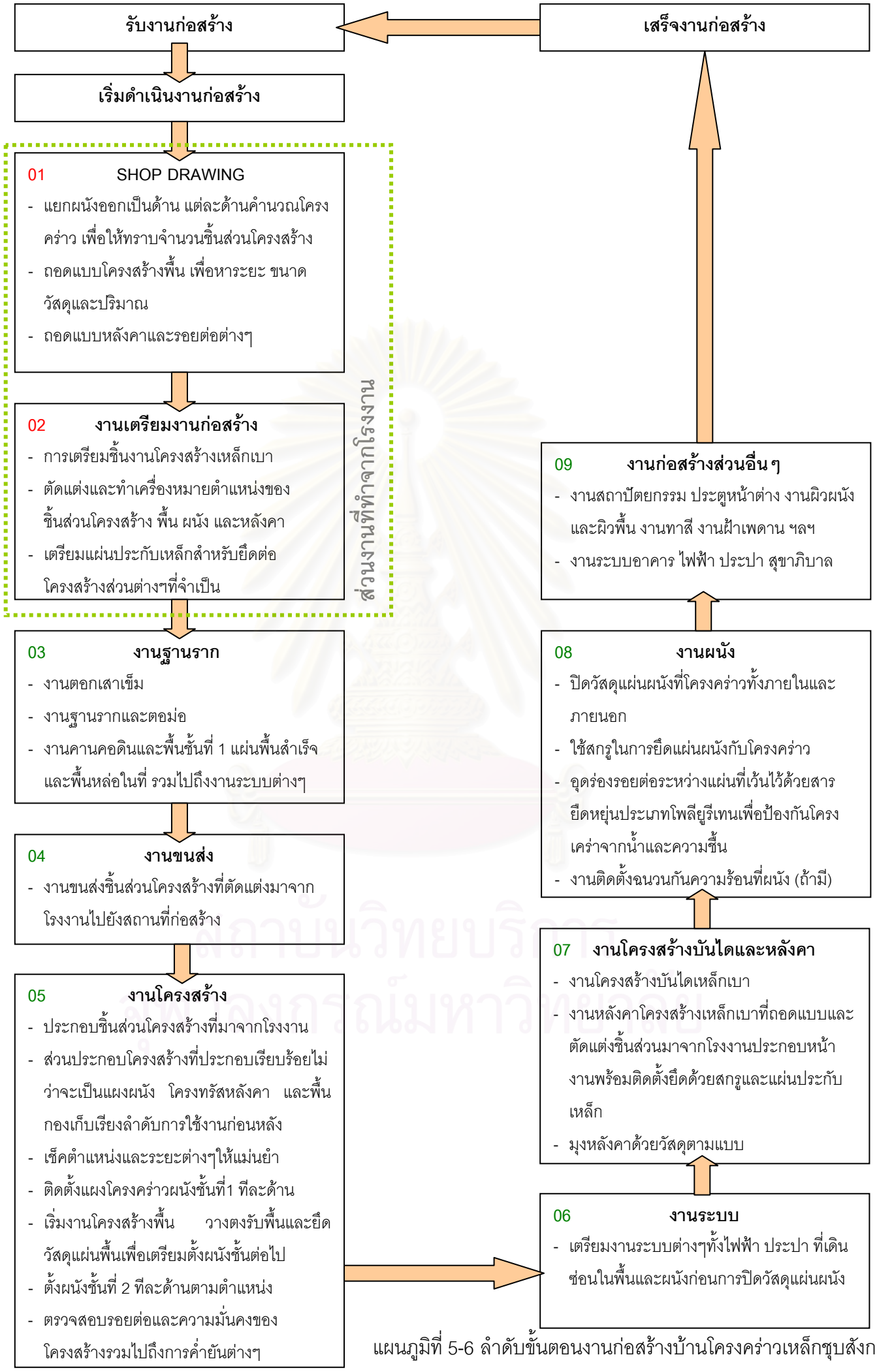
การก่อสร้าง และจะจำแนกค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านทั้งสองระบบ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะงานและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงในการก่อสร้างเพียงเบื้องต้นโดยจะไม่ลงลึกในรายละเอียดปลีกย่อย ค่าใช้จ่ายของการก่อสร้างบ้านพักอาศัยด้วยระบบโครงสร้างเหล็กที่ 2 ระบบ จะมีค่าใช่จ่ายในหมวดงานสถาปัตยกรรมมากที่สุด โดยบ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนัก จะมีค่าใช้จ่ายในหมวดงานสถาปัตยกรรม 48% และหมวดงานโครงสร้าง 43% ส่วนงานก่อสร้างด้วยระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี จะมีค่าใช้จ่ายในหมวดงานสถาปัตยกรรม 41% และหมวดงานโครงสร้าง 32% ในส่วนหมวดงานโครงสร้างนอกจากค่าใช้จ่ายในการเลือกใช้วัสดุโครงสร้างที่จะใช้ในการก่อสร้าง ที่ราคาค่าก่อสร้างจะแตกต่างกันด้วยวัสดุโครงสร้างที่เลือกใช้โดยตรง แต่ส่วนหนึ่งของค่าตกแต่งในหมวดงานสถาปัตยกรรม ก็อาจต้องเพิ่มสูงขึ้นหรือลดลงได้ด้วยเหตุผลในเรื่องการปกปิดหรือซ่อนส่วนโครงสร้างเหล็ก หรือปล่อยเปลือย แสดงสัจจะวัสดุโครงสร้างให้เห็น งานโครงสร้างไม่ได้แสดงออกในเรื่องของฐานะความเป็นอยู่ของเจ้าของสถาปัตยกรรมชิ้นนั้น หากเทียบกับงานหมวดสถาปัตยกรรมต่างๆ เป็นเพียงส่วนที่มาช่วยรองรับรูปแบบอาคารที่สถาปนิกเป็นผู้ออกแบบเท่านั้น ซึ่งงานโครงสร้างจะมีค่าก่อสร้างที่ถูกหรือแพงได้ก็ขึ้นอยู่กับรูปแบบการออกแบบสถาปัตยกรรมเช่นกัน

5.1.2 METHOD-**วิธีการ**

จากการเก็บข้อมูลงานก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้ระบบโครงสร้างเหล็ก ทั้งระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาคานและ ระบบบ้านโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก สามารถแยกกระบวนการ และขั้นตอนการก่อสร้างตั้งแต่การเตรียมงานก่อสร้าง จนถึงงานโครงสร้าง งานผนังและพื้น ตลอดจนงานหลังคาและการตกแต่ง ซึ่งทั้ง 2 ระบบมีกรรมวิธีและขั้นตอนการก่อสร้างที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ทำให้ง่ายและสะดวกในการวิเคราะห์ ในส่วนของการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาคานสำหรับในการเก็บข้อมูลจะไม่ค่อยมีปัญหามากนัก เนื่องจากเป็นระบบที่มีอาคารบ้านพักอาศัยที่กำลังดำเนินงานก่อสร้างอยู่ในปัจจุบัน แต่ในส่วนของระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนักได้ทำการเก็บข้อมูลตัวอย่างจากบ้านที่มีการก่อสร้างแล้วเสร็จตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 เนื่องจากเป็นระบบที่ยังไม่ได้รับการตอบรับจากผู้บริโภคมากนัก จากปัจจัยในหลายๆด้านทำให้การก่อสร้างระบบนี้ไม่ได้รับความนิยมในการใช้ก่อสร้างในประเทศไทยตัวอย่างงานจึงมีจำกัดโดยเฉพาะในส่วนของการก่อสร้างที่เกิดขึ้นเพื่อใช้อยู่อาศัยจริงๆไม่ได้สร้างเพื่อทดลองทฤษฎี หรือเป็นอาคารตัวอย่างแสดงโครงสร้างแก่ผู้ที่สนใจ จะมีอยู่น้อยมาในประเทศไทยและไม่สามารถหาอาคารตัวอย่างในการเก็บข้อมูลงานที่กำลังดำเนินงานก่อสร้างได้ จึงจำเป็นต้องศึกษาจากงานเก่าที่มีการดำเนินงานก่อสร้างเสร็จเป็นที่เรียบร้อยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 มาเป็นตัวอย่างงานวิจัย และสอบถามข้อมูลงานก่อสร้างด้านต่างๆจากบริษัทผู้รับเหมาโดยตรง ดังนั้นข้อมูลที่ได้อาจไม่ละเอียดและขาดตกบกพร่องไปบ้าง โดยสามารถลำดับขั้นตอนการก่อสร้างของบ้านทั้ง 2 ระบบได้ดังนี้



แผนภูมิที่ 5-5 ลำดับขั้นตอนงานก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาคาน

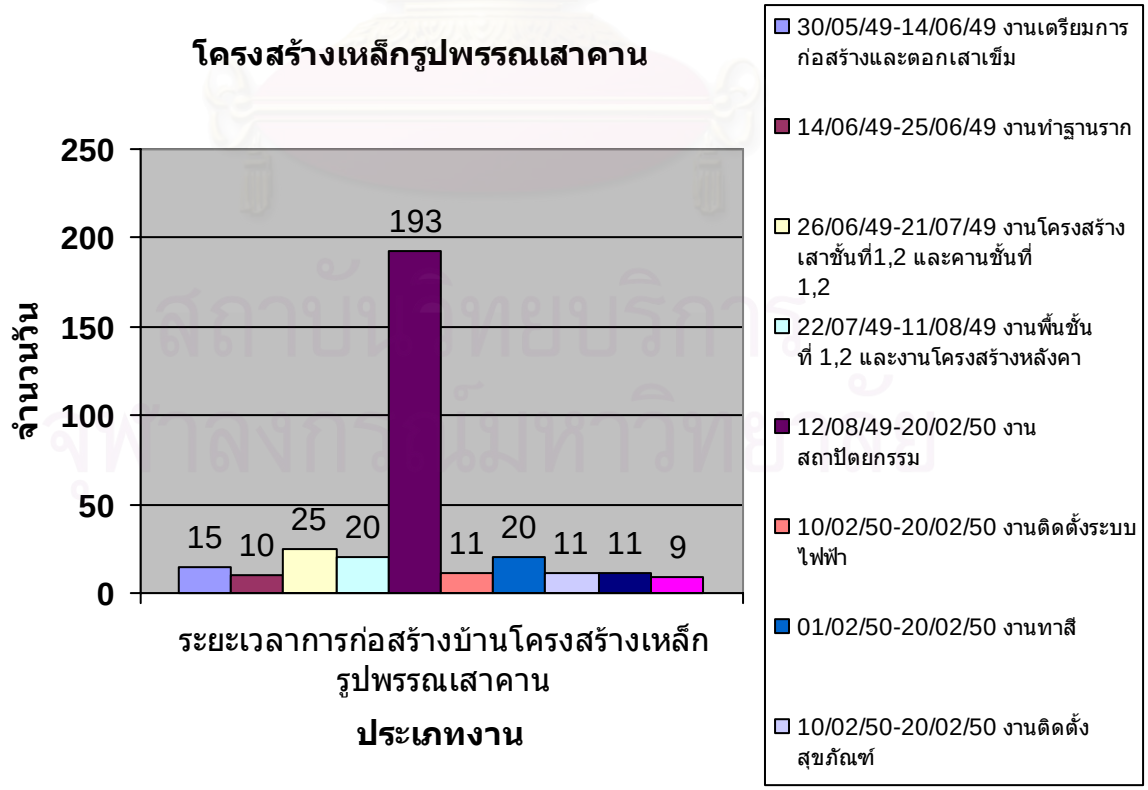


แผนภูมิที่ 5-6 ลำดับขั้นตอนงานก่อสร้างบ้านโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี

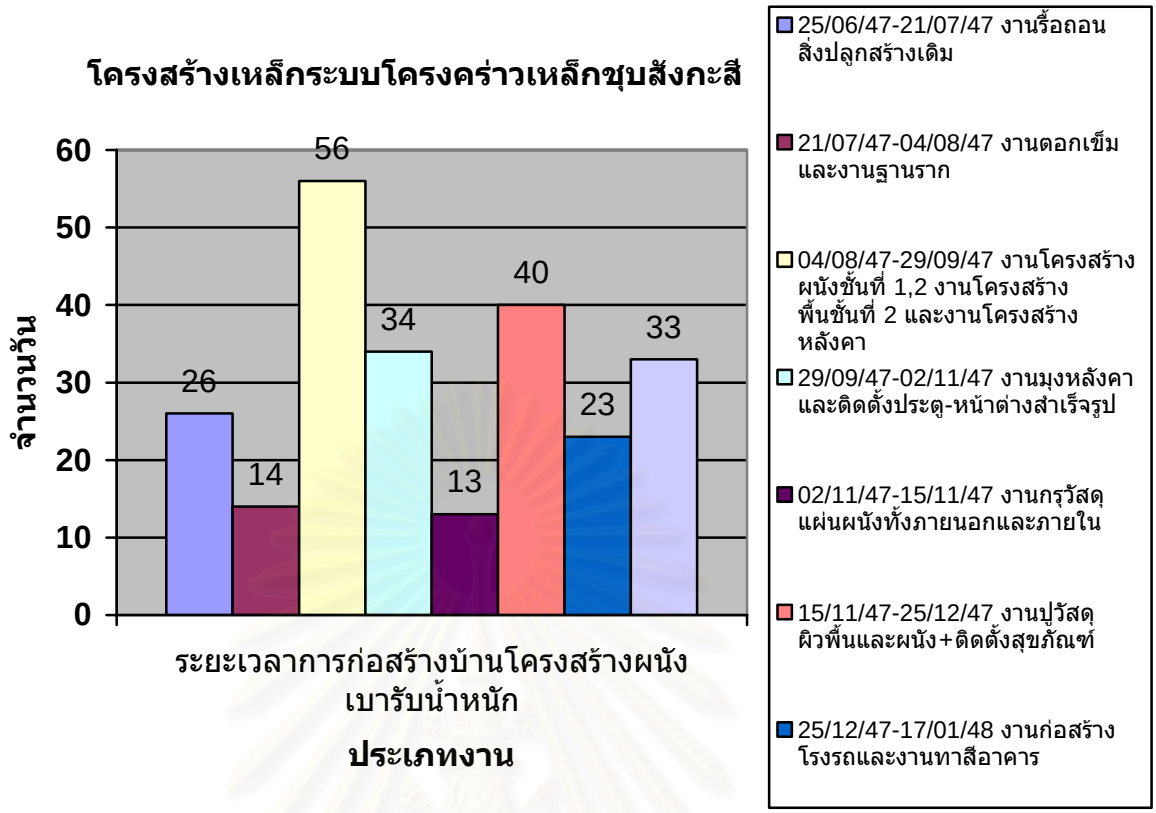
สรุปบทวิเคราะห์ลำดับขั้นตอนการก่อสร้างของบ้านโครงสร้างเหล็ก

จากการศึกษาทำให้รู้ว่า โครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนักมีขั้นตอนการก่อสร้างที่คล้ายคลึงกับบ้านโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กอยู่หลายส่วน ทำให้ยังคงต้องใช้เวลาในการก่อสร้างที่เท่าๆกันกับบ้านคอนกรีตเสริมเหล็ก ลำดับขั้นตอนของบ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณจะแยกส่วนงาน โครงสร้างเสาคาน ออกจากงานพื้น และผนัง โดยถือเป็นการก่อสร้างคนละส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกัน แต่ระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีซึ่งเป็นระบบผนังรับน้ำหนัก งานโครงสร้างจะรวมงานพื้น ผนัง เข้าไว้เป็นงานโครงสร้างเดียวกันแยกกันไม่ได้ เนื่องจากเป็นระบบผนังที่ทำหน้าที่รับน้ำหนัก และถ่ายแรงที่มากระทำทั้งจากหลังคาและพื้นลงสู่โครงสร้างผนังก่อนถ่ายลงสู่ฐานราก โครงสร้างจึงถือเป็นส่วนเดียวกัน ดังนั้นระบบนี้จึงลดระยะเวลาในส่วนของการก่อสร้างงานผนังและพื้นไปได้มากเพราะเป็นระบบโครงคร่าวรับน้ำหนัก และตงพื้นเหล็กชุบสังกะสีทั้งหมด ในส่วนของงานปิดแผ่นผนังและพื้นก็มีความสะดวกรวดเร็วในการติดตั้ง แต่ในการเปรียบเทียบสองระบบนี้ยังไม่ได้อยู่ใน สมมุติฐานเดียวกัน คือขนาดและรูปแบบของบ้านที่แตกต่างกันหากจะเปรียบเทียบให้เห็นอย่างกว้างๆ

ระยะเวลาการก่อสร้างที่แต่ละระบบใช้จะศึกษาจากงานก่อสร้างจริงและการสัมภาษณ์ผู้รับเหมาก่อสร้างโดยตรง รวมไปถึงเอกสารประกอบการก่อสร้างที่เป็นตัวยืนยันเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง โดยเฉพาะในกรณีของบ้านโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนักที่ก่อสร้างแล้วเสร็จไปตั้งแต่ปี พ.ศ.2548 ระยะเวลาของทั้ง 2 ระบบที่ใช้ในการก่อสร้างมีดังนี้



แผนภูมิที่ 5-7 ระยะเวลางานก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาคาน



แผนภูมิที่ 5-8 ระยะเวลางานก่อสร้างบ้านโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก

- ระยะเวลาการก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้น ด้วยระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน เริ่มต้นโครงการเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 2549 และสิ้นสุดโครงการเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2550 เป็นเวลาการก่อสร้างทั้งสิ้นประมาณ 9 เดือน หรือ 265 วัน
- ระยะเวลาการก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้น ด้วยระบบโครงสร้างเหล็กชุบสังกะสี โครงคร่าวผนังรับน้ำหนัก เริ่มต้นโครงการเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2547 และสิ้นสุดโครงการเมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2548 เป็นเวลาการก่อสร้างทั้งสิ้นประมาณ 9 เดือน หรือ 239 วัน

สรุป

ในเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็ก ทั้งระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาคาน และระบบโครงสร้างเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก จากกรณีบ้านตัวอย่างที่ทำการศึกษาจะเห็นได้ว่าใช้เวลาในการก่อสร้างเท่าๆกัน แต่สัดส่วนของงานก่อสร้างบ้านด้วยระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนักจะมากกว่าในส่วนของพื้นที่การก่อสร้างที่มีมากกว่า แต่

สามารถใช้เวลาในการก่อสร้างที่เท่าๆกัน หากสัดส่วนขนาดพื้นที่อาคารเท่าๆกันความสามารถในการร่นระยะเวลาการก่อสร้างของระบบโครงสร้างเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนักจะ สำแดงออกมาอย่างชัดเจน ในขณะที่ระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาคาน เมื่อดูจากระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างนอกจากงานที่เกี่ยวเนื่องกับงานสถาปัตยกรรม เช่นงานผนัง, งานประตูหน้าต่างและวัสดุตกแต่งต่างๆที่ต้องใช้เวลาในส่วนนี้เยอะ งานในส่วนอื่นๆทั้งงานฐานราก งานโครงสร้าง งานไฟฟ้า ประปาล้วนแล้วแต่ใช้ระยะเวลาใกล้เคียงกัน และในบางหมวดงานยังสามารถก่อสร้างไปพร้อมๆกันกับงานอื่นได้ ส่วนงานสถาปัตยกรรมที่ต้องใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างที่มากกว่างานส่วนอื่นๆก็เนื่องจากประกอบด้วยหลายงานย่อย เช่น ก่ออิฐฉาบปูนผนัง, เดินท่อร้อยสายไฟ, เดินท่อประปาภายใน, มุงหลังคา, ก่ออิฐ, ตั้งวงกบ ประตูหน้าต่าง, ฝ้าเพดาน, ปูกระเบื้อง, พื้นห้องทั่วไปและห้องน้ำ, ติดตั้งบานประตู-หน้าต่าง, ราวบันได, ทำให้สัดส่วนงานดูจะแตกต่างอย่างชัดเจน และอีกเหตุผลหนึ่งคือในส่วนงานผนังที่ยังคงเป็นระบบก่อฉาบ ที่ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานส่วนนี้มากพอสมควร และงานอื่นที่ต้องรอให้งานผนังก่อเสร็จ ทำให้ระยะเวลาต้องยืดออกไปตามลักษณะงานก่อสร้าง และวัสดุผนังที่เลือกใช้ โดยรวมแล้วระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี จะสามารถก่อสร้างได้รวดเร็วกว่าบ้านที่ก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน โดยใช้เวลาในการประกอบโครงสร้างหน้างาน ทั้งงานโครงสร้างผนังชั้นที่ 1 ทั่งภายนอกภายใน, งานโครงสร้างพื้นชั้นที่ 2 ตงรับพื้นและปูวัสดุปิดผิวพื้น, งานโครงสร้างผนังชั้นที่ 2 ทั้งภายนอกและภายใน, และงานโครงสร้างหลังคาหลังคาใช้เวลาก่อสร้าง 56 วัน หรือ 8 สัปดาห์ ซึ่งก่อสร้างระบบเสาคานจะใช้เวลาในการติดตั้งเสาและคานเหล็กรูปพรรณไม่เกิน 2 สัปดาห์ ในภาพรวมความสามารถของการก่อสร้างระบบโครงสร้างเหล็กมีความเหมาะสมกับเงื่อนไขที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมของงานก่อสร้างแต่ละงาน จึงควรพิจารณาให้รอบคอบอีกครั้งหนึ่งถึงความเหมาะสม กับสภาพโครงการแต่ละประเภทที่แตกต่างกัน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปในการก่อสร้าง เพราะเงื่อนไขในเรื่องของเวลาเป็นเพียงส่วนหนึ่งของปัจจัยอีกหลายอย่างที่จะส่งเสริมระบบโครงสร้างเหล็กให้เป็นที่รู้จักและยอมรับ ของผู้บริโภคและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับวงการก่อสร้างในประเทศไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.3 MATERIAL/MACHINE-**วัสดุอุปกรณ์/เครื่องมือ**

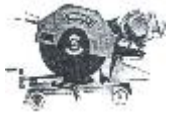
การก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้นด้วยระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน กับระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก จากการศึกษาพบว่าทั้งรูปแบบการก่อสร้างและระบบขั้นตอนรวมไปถึงเทคนิคการก่อสร้าง จะมีลักษณะในการดำเนินงานที่แตกต่างกันดังนั้นอุปกรณ์และเครื่องมือการก่อสร้างที่ใช้ในการก่อสร้างในส่วนที่เป็นงานโครงสร้างเหล็กจึงใช้ไม่เหมือนกัน โดยสรุปมีดังนี้

เครื่องมือและอุปกรณ์งานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาคาน

เครื่องมือและอุปกรณ์	**รายการ**	**ราคา**	**จำนวน**
อุปกรณ์งานเชื่อม	เครื่องเชื่อมไฟฟ้า 300A พร้อมหัวเชื่อมและสายเชื่อม	7,000 บาท/ชุด	3 ชุด
อุปกรณ์งานตัดเหล็ก	ชุดตัดแก๊ส , ถังแก๊ส, ถังออกซิเจน, หัวตัดแก๊สและสายแก๊ส, ลม	11,000 บาท/ชุด	2 ชุด
เครื่องเจียร์ไฟฟ้า	เครื่องเจียร์ 7 นิ้ว	6,000 บาท	2 เครื่อง
เครื่องเจาะเหล็ก	สว่านแท่น ขนาด 25 มม.	10,000 บาท	1 เครื่อง
อุปกรณ์ยก	Mobile crane	6,000 บาท/วัน	1 คัน/3วัน
สีกันสนิม	Red Lead Oxide Coal Tar Epoxy	550/ gallon 740/ gallon	3 gallon 1.5 gallon
น้ำยาประสานคอนกรีต	Sika Latex	590 / gallon	0.5 gallon
อื่นๆ	ลวดเชื่อม ขนาด 2.8-3.2 มม. - E7016 (LB-52) 20 กก./กล่อง - E6013 (RB-26) 30 กก./กล่อง ตะแกรงลวด 3/4 นิ้ว 90x100นิ้ว /ม้วน ใบเจียร์ 7 นิ้ว แก๊ส 15 กก./ถัง ออกซิเจน/ท่อ	 900 บาท 900 บาท 900 บาท 45 บาท 230 บาท 100 บาท	 6 กล่อง 3 กล่อง 2 ม้วน 10 ใบ 0.5 ถัง 5 ท่อ

ตารางที่ 5-1 เครื่องมือและอุปกรณ์งานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาคาน

เครื่องมือและอุปกรณ์งานโครงสร้างเหล็กเบา โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี

เครื่องมือและอุปกรณ์	รายการ	ราคา	จำนวน
เครื่องยิงสกรู	สว่างไฟฟ้าสำหรับเจาะนำ และยิงสกรู สว่านไขควงไร้สาย ขนาด 10 มม. และสว่านไฟฟ้า 10 มม.มีสาย	4,037.50 บาท/ชุดและ 1,912.50 บาท/ชุด	แบบละ 2 ชุด
เครื่องเจียร์ไฟฟ้า	เครื่องเจียร์ 4 นิ้ว	1,950 บาท	1 เครื่อง
สกรู (Drilling Screws)	ชนิดหัวมน (Pan Type) และชนิดหัวแบน (Flaxy Type) ขนาดเบอร์ 7 และ 10	-	-
เครื่องตัดไฟเบอร์ 	เครื่องตัดเหล็กใบเลื่อยไฟเบอร์	บาท/ชุด	1 เครื่อง
เลื่อยวงเดือน	เครื่องเลื่อยวงเดือนขนาด 7”	2,800 บาท/ชุด	1 เครื่อง
สีกันสนิม	Red Lead Oxide	550/ gallon	1 gallon
ปืนยิงโพลียูรีเทนและโพลียูริเทน	ปืนยิง+โพลียูริเทนยาแนวรอยต่อแผ่นผนัง	963 บาท/กระบอก 220 บาท/หลอด	1 กระบอก 40 หลอด
ปืนยิงซิลิโคน EmEi ซิลิโคน	ปืนยิง+ซิลิโคน ซิลแผ่นวีว่าบอร์ด ขนาด 600 mL	963 บาท/กระบอก 235.40 บาท/หลอด	1 กระบอก 60 หลอด

ตารางที่ 5-2 เครื่องมือและอุปกรณ์งานโครงสร้างเหล็กเบา โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี

เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญและมีส่วนอย่างมากในการช่วยให้บ้านโครงสร้างเหล็กเป็นรูปร่างขึ้น และเป็นปัจจัยที่มีส่วนในการทำให้งานก่อสร้างมีความรวดเร็ว สะดวกในการทำงาน ส่งผลในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การก่อสร้างคือเรื่องของความปลอดภัยของช่างและแรงงาน ดังนั้นการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆให้ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพของงาน ก็จะช่วยให้เกิดความปลอดภัย

สรุป

ในกระบวนการงานก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กขนาด 2 ชั้น ของทั้ง 2 ระบบ สามารถเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนในส่วนของเครื่องมือการก่อสร้าง โดยในส่วนของของระบบโครงสร้างเหล็กเสาและคานจะมีการใช้เครื่องมือที่ต้องใช้ช่างที่มีความรู้ความชำนาญค่อนข้างมากเนื่องจากจะเกิดอันตรายได้ง่ายและไม่ใช่เครื่องมือพื้นฐานที่ช่างทั่วไปสามารถใช้ได้ ถือเป็นเครื่องมือที่จะต้องมีช่างเฉพาะทางมาดำเนินการไม่สามารถทำงานแทนกันได้ หากไม่ใช่ช่างที่ทำงานในด้านนี้เหมือนกัน เช่นในส่วนของงานที่ต้องใช้อุปกรณ์เครื่องเชื่อมไฟฟ้า ชุดอุปกรณ์ตัดเหล็กด้วยแก๊ส อาจรวมไปถึงการติดตั้งรอกโซ่สำหรับยกชิ้นส่วนโครงสร้างเหล็กที่ต้องติดตั้งอย่างระมัดระวัง โดยเฉพาะเรื่องของความมั่นคงแข็งแรงแม้จะเป็นการติดตั้งชั่วคราวสำหรับยกชิ้นส่วนโครงสร้างขึ้นประกอบ แต่ก็จำเป็นที่จะต้องทำงานอย่างรัดกุมเพื่อไม่ให้เกิดการผิดพลาดในการใช้งาน โครงสร้างระบบนี้จะใช้ช่างที่มีทักษะและอุปกรณ์ที่ต้องระมัดระวังในการทำงานเป็นพิเศษ ก็เฉพาะแต่ในงานโครงสร้างเสาและคานและโครงสร้างหลังคา ส่วนงานอื่นๆตั้งแต่งานฐานราก ผนัง พื้น ช่างจะมีความชำนาญอยู่แล้วเพราะเป็นระบบที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป แต่จะมีรายละเอียดปลีกย่อย เล็กๆน้อยๆที่ต้องคอยดูแลใส่ใจในการก่อสร้างอยู่บ้างสำหรับงานโครงสร้างเหล็กเสาคานแต่ก็สามารถที่จะบอกแนะนำ หรือแม้แต่ฝึกหัดการใช้งาน การก่อสร้างที่หน้างานได้ทันที อีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญไม่แพ้งานอื่นๆที่ต้องใช้ความระมัดระวังและพิถีพิถันพอสมควรคือ เรื่องของการทาสีป้องการสนิม การเลือกใช้ประเภทของสีทากันสนิมมีส่วนอย่างมากต่ออายุการใช้งานของโครงสร้าง เพื่อให้แน่ใจว่าการป้องกันสนิมที่ใช้เป็นไปตามข้อกำหนดของการก่อสร้างและสีที่ใช้ก็มีมาตรฐานเพียงพอ ต้องมีการตรวจสอบอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากปัญหาการเกิดสนิมในเหล็กโครงสร้างเป็นปัญหาอันดับต้นๆ ในการที่ผู้บริโภคยังไม่มีความมั่นใจในการก่อสร้างระบบนี้

ในส่วนของงานก่อสร้างด้วยระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างที่ไม่ค่อยซับซ้อนเท่าไรนัก ช่างโดยทั่วไปมักจะเคยใช้งานหรือผ่านมือมาบ้างเพราะส่วนใหญ่จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ได้กับงานทั่วๆไป ซึ่งการให้ความสำคัญในเรื่องของวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือการก่อสร้างจะมีน้อยกว่าเรื่องของเทคนิคและวิธีการก่อสร้าง งานติดตั้งโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีในส่วนของผนังภายนอกโดยเฉพาะผนังที่ต้องรับน้ำหนักอาคาร ช่างจะใช้เครื่องยิงสกรูอย่างง่ายๆ ในการยึดโครงคร่าว (Stud) แต่ต้องใช้ความรู้ความเข้าใจและต้องมีวิธีการและข้อกำหนดต่างๆในการยึดแต่ละ

จุดเพื่อให้เกิดความมั่นคงแข็งแรง ความปลอดภัยในการใช้อาคารในระยะยาว และในส่วนของการทำรอยต่อแผ่นผนังหรือพื้น ที่ต้องมีเทคนิคและวิธีการเฉพาะ เช่นเทคนิคในการยาแนวรอยต่อระหว่างแผ่นเพื่อป้องกันการซึมผ่านของน้ำและความชื้น งานลักษณะนี้หากเป็นวัสดุแผ่นที่มาจากผู้ผลิตในประเทศและเป็นวัสดุที่มีมาตรฐาน ก็มักจะมีวิธีการติดตั้งอันเป็นมาตรฐานของวัสดุนั้นๆที่ต้องมีการศึกษาทำความเข้าใจก่อนการใช้งาน เช่นระยะในการเว้นช่องว่างระหว่างแผ่น ลักษณะและวิธีการยึดแผ่นกับโครงคร่าว การใช้ โพลียูริเทน หรือซิลิโคนยาแนวก่อนการกรุวัสดุปิดผิวหรือการทาสี ซึ่งเหล่านี้มักจะมีกำหนดหรือข้อแนะนำจากบริษัทผู้ผลิตวัสดุ เพื่อให้การติดตั้งมีความแข็งแรง และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ปัญหาเรื่องการเกิดสนิมของระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีจะมีน้อยกว่าระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน เนื่องในปัจจุบันผู้ผลิตวัสดุได้มีการพัฒนาตัววัสดุให้มีความสามารถในการต้านทานและป้องกันการกัดกร่อนของสนิมเหล็กได้ในตัววัสดุ โดยไม่ต้องพึ่งพาสีกันสนิมหรือวัสดุห่อหุ้มผิว แต่ข้อเสียคือทำให้วัสดุมีราคาแพง ปัจจัยและปัญหาในเรื่องของอุปกรณ์การก่อสร้างดูจะเป็นส่วนที่เล็กน้อย เมื่อเทียบกับกับปัจจัยหรือปัญหาส่วนอื่นๆของระบบการก่อสร้างโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี ที่มีผลส่งเสริมต่อการพัฒนาระบบโครงสร้างรูปแบบนี้

แต่หากมองภาพรวมของการก่อสร้างทั้ง 2 ระบบปัจจัยในเรื่องวัสดุและอุปกรณ์การก่อสร้าง จะเป็นปัจจัยที่จะส่งเสริมและส่งผลต่อการก่อสร้างโครงสร้างเหล่านั้น ให้สำเร็จลุล่วง และมีคุณภาพได้มาตรฐานงานก่อสร้างอาคารประเภทที่พักอาศัย จึงควรให้ความใส่ใจในการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์การก่อสร้างที่มีความสอดคล้องเหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพและประสิทธิผล จนนำไปสู่การยอมรับอย่างกว้างขว้างขึ้นในหมู่ผู้บริโภคและเจ้าของโครงการ

5.2 การวิเคราะห์แนวโน้มการพัฒนาการก่อสร้างให้เป็นระบบอุตสาหกรรม

ในภาคอุตสาหกรรมการก่อสร้างมีเป้าหมายหลัก คือ ต้องการให้มีผลงานมีคุณภาพดี ก่อสร้างได้รวดเร็วทันเวลาและมีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ต่ำ จึงได้มีการพัฒนาเทคนิคการก่อสร้างมาสู่ระบบอุตสาหกรรม คือ การผลิตของที่ชนิดเดียวกันซ้ำๆกันมากๆ ก็จะทำให้ต้นทุนต่อชิ้น หรือต่อหน่วยลดลง การผลิตก็คุมคุณภาพได้ดีขึ้น และสามารถผลิตได้เร็วขึ้น

กลุ่มประเทศทางยุโรปตะวันตกได้เป็นผู้ริเริ่มค้นคว้านำเอาการสร้างอาคารด้วยระบบอุตสาหกรรมมาใช้กันในช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่สองเนื่องจากประสบปัญหาการขาดแคลนที่อยู่อาศัย การขาดแคลนคนงานประเภทช่างฝีมือ การก่อสร้างอุตสาหกรรมหมายถึง การดำเนินการก่อสร้างอาคารด้วยระบบอุตสาหกรรม โดยนำกรรมวิธีและเทคโนโลยีที่ดีที่สุดมาประยุกต์ให้สนองขบวนการที่ร่วมกันของความต้องการและการออกแบบ ในการผลิตและก่อสร้าง

ประโยชน์ ของ การก่อสร้าง ในระบบสำเร็จรูปสำหรับประโยชน์และผลดีของการก่อสร้างอาคารด้วยระบบสำเร็จรูปอาจสรุปได้ดังนี้

1. จะทำให้ราคาค่าก่อสร้างลดลง

2. การสร้างเสร็จได้เร็ว ลดระยะเวลาการก่อสร้าง

3. คุณภาพของงานจะดีขึ้น เพราะสามารถควบคุมคุณภาพงานได้

4. แก้ปัญหาการหยุดชะงักของงานอันเนื่องจากสภาพดินฟ้าอากาศไม่อำนวย

5. สามารถควบคุมระบบการทำงานได้เป็นสัดส่วน ทำให้ควบคุมการสร้างให้เป็นไปตามกำหนดเวลาได้

6. สามารถผลิตได้ครั้งละจำนวนมากๆ

7. ต้องการช่างฝีมือในที่ที่ก่อสร้างเป็นจำนวนน้อย

ระบบการก่อสร้างอาคารแบบอุตสาหกรรม (Industrialization Building System) หมายถึง การดำเนินการก่อสร้างอาคารด้วยระบบอุตสาหกรรม โดยนำกรรมวิธีและเทคโนโลยีที่ดีที่สุดมาประยุกต์ให้ตอบสนองกระบวนการก่อสร้าง ที่สอดคล้องกับความต้องการและการออกแบบในการผลิตและก่อสร้าง (Royal Institute of British Architect, 1965:7)

ทั้งนี้หากจะพิจารณาว่าระบบการก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมหรือไม่นั้น สามารถพิจารณาจากเกณฑ์ 4 ประการดังนี้คือ (Ian P., 1972)

- เป็นขบวนการผลิตคราวละมากๆ โดยมีมาตรฐานของผลผลิตในขั้นตอนสุดท้าย
- ใช้เครื่องจักรกลในกระบวนการผลิต
- เข้มงวด เอาใจใส่กระบวนการผลิตตั้งแต่การจัดซื้อ การตลาด การออกแบบ จนถึงการผลิต
- ใช้แรงงานที่มีความชำนาญเฉพาะด้านสำหรับงานบางอย่าง

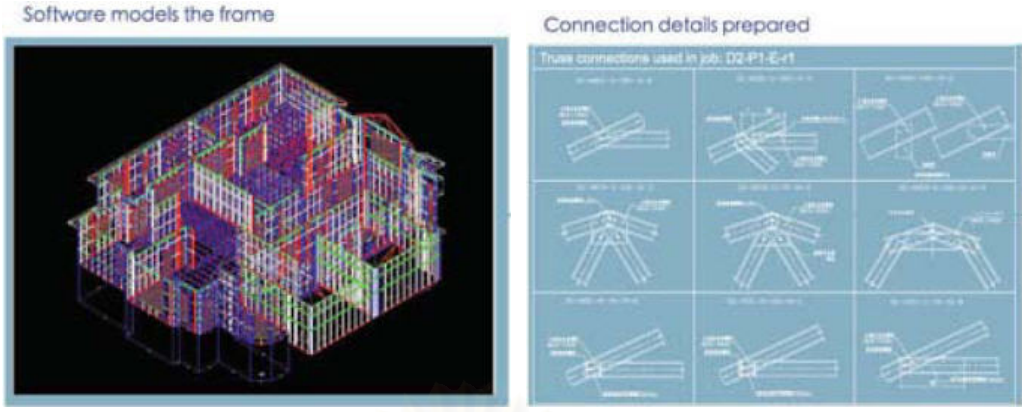
สำหรับการก่อสร้างบ้านด้วยระบบโครงสร้างเหล็กในประเทศ ส่วนใหญ่หากเป็นระบบโครงสร้างเหล็กเสาคาน มักจะเป็นระบบการก่อสร้างแบบ On site คือ การก่อสร้าง ณ สถานที่ก่อสร้างจริงเป็นส่วนใหญ่ โดยก่อสร้างให้เสร็จเป็นหลังๆไป หากไม่ใช่การก่อสร้างในลักษณะโครงการ การซื้อวัสดุ การประกอบโครงสร้างก็จะใช้เฉพาะแต่การก่อสร้างใดๆเพียงโครงการเดียว มิได้เผื่อสำหรับงานก่อสร้างถัดไป ในความหมายคือลักษณะการก่อสร้างโดยรวมที่น่าจะมีระบบ วิธี หรือกระบวนการ การจัดการงานก่อสร้างที่สามารถใช้ได้กับทุกโครงการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นบ้านรูปแบบใดก็ตาม แต่การก่อสร้างรูปแบบนี้จำเป็นต้องมีพื้นที่โรงงานในการเก็บ การผลิต การประกอบโครงสร้าง รวมไปถึงการคำนวณและการถอดแบบการก่อสร้าง (Shop Drawing) ที่มีส่วนสำคัญในการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม ซึ่งหากจะมองไปยังระบบโครงสร้างอื่น เช่นการก่อสร้างบ้านโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ก็มีการพัฒนาระบบอุตสาหกรรม (Pre-Fabrication) เป็นที่เรียบร้อย

แล้วและก็มีการนำไปใช้จริงกับการก่อสร้างในหลายประเภท โดยส่วนใหญ่จะเป็นการก่อสร้างในลักษณะโครงการเกือบทั้งหมด

การก่อสร้างที่อยู่อาศัยด้วยระบบสำเร็จรูป (Prefabrication System) หรือ การก่อสร้างอาคารระบบอุตสาหกรรม (Industrialized Building System) หมายถึง การนำโครงสร้างส่วนต่างๆ ของอาคารที่ทำ สำเร็จรูปไว้แล้วมาประกอบ รวมกันเป็นอาคาร หรือ เทคนิคการก่อสร้างใดๆก็ตามที่ยึดหลักกรรมวิธีการผลิต ตามแนวระบบอุตสาหกรรม ตามหลักการของระบบนี้ โครงสร้างอาคารส่วนใหญ่ เช่น เสา คาน พื้น ผนัง จะผลิต หรือ ทำสำเร็จรูปมาจากโรงงานแล้วนำมาต่อเชื่อมให้ติดกันเป็นตัวอาคาร ณ ที่ก่อสร้างจึงเป็นระบบที่ตรงกันข้ามกับวิธีที่เคยปฏิบัติกันแต่เดิมนั้น ลำดับขั้นของงานสร้างอาคารจะต้องตั้งต้นจากการตั้งแบบ ผูกเหล็กเสริม หล่อคอนกรีตเสา คาน พื้น ต่อเนื่องกันไปจนถึงชั้นหลังคา ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการปรับปรุงวิธีการก่อสร้างให้เป็นแนวทาง ระบบอุตสาหกรรม ก็เพื่อต้องการลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำ และสร้างได้เร็วกว่าระบบเดิมที่สร้างในที่อีกด้วย

ระบบการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็ก ก็มีการนำระบบอุตสาหกรรมมาใช้ในการก่อสร้างเช่นกัน ส่วนใหญ่จะเป็นบ้านโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนักที่จำเป็นต้องนำระบบอุตสาหกรรมเข้ามาช่วยในการก่อสร้างแม้จะเป็นการก่อสร้างแบบหลังต่อหลัง เนื่องจากรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นโครงคร่าว (Stud) ชิ้นเล็กๆที่หากทำการตัดทีละชิ้นส่วนแล้วประกอบที่หน้างานจะทำให้การก่อสร้างต้องเสียเวลา เพราะระบบนี้สามารถทำโครงคร่าวผนังไปพร้อมๆกับการตอกเข็มทำฐานรากได้ หรือแม้แต่ประกอบโครงสร้างผนังเตรียมไว้โดยที่ยังไม่ได้ตอกเข็มเสียด้วยซ้ำ แต่ก็จำเป็นต้องมีความแม่นยำในการก่อสร้างโครงสร้างส่วนต่างๆสูงกว่าระบบอื่นด้วยเช่นกัน เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการติดตั้งหน้างานน้อยที่สุด

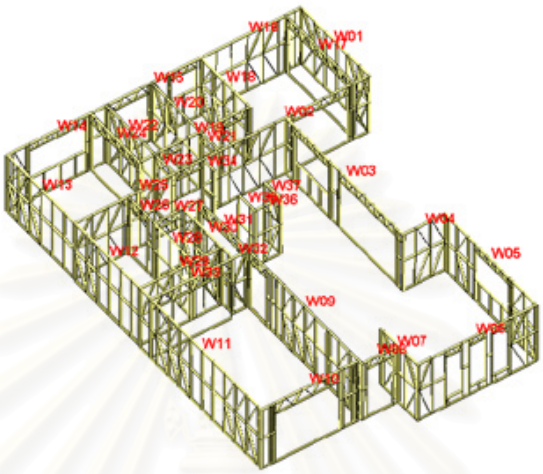
รูปที่ 5-1 คอมผิวเตอร์มีส่วนช่วยอย่างมากในการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม



รูปที่ 5-2 โปรแกรมออกแบบสำเร็จรูปที่ใช้ช่วยในการคำนวณโครงสร้าง

สำหรับในต่างประเทศมีการนำโปรแกรมคอมผิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบและถอดแบบโครงสร้างเพื่อเตรียมการผลิต ทำให้การประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างทำได้ง่าย สะดวกรวดเร็ว ในขณะที่การก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมในวงการก่อสร้างของประเทศไทยส่วนใหญ่ยังไม่มีความพร้อมในการที่จะนำระบบการช่วยคำนวณโครงสร้างด้วย คอมผิวเตอร์เข้ามาใช้ อาจเพราะองค์ความรู้ในด้านนี้ประเทศไทยยังไม่มีความชำนาญและช่างไทยก็มิได้มีพื้นฐานหรือให้ความสนใจกับการใช้งานรูปแบบนี้ อีกทั้งโปรแกรมช่วยคำนวณต่างๆ เป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์ ต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากสำหรับการนำมาใช้งานในประเทศ อีกเหตุผลหนึ่งที่สำคัญ คือ การก่อสร้างบ้านโครงคร่าวเหล็กระบบผนังรับน้ำหนักยังไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคในประเทศ ดังจะเห็นได้จากมีการก่อสร้างบ้านด้วยระบบโครงสร้างเหล็กเบานี้น้อยมาก ถึงแม้จะมีความพยายามในการที่จะผลักดันให้รู้จักรูปแบบและวิธีการก่อสร้างระบบนี้จากหลายภาคส่วนทั้งหน่วยงานของรัฐ บริษัทเอกชนรวมไปถึงสถาบันการศึกษาต่างๆ ที่ร่วมมือกันพยายามที่จะเผยแพร่ระบบโครงสร้างนี้ให้เป็นที่รู้จกและนำมาประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างต่างๆของประเทศ แต่ก็ยังมีอีกหลายปัจจัยที่ไม่เอื้อต่อการนำระบบโครงสร้างรูปแบบนี้มาใช้ในประเทศ เนื่องจากยังมองว่าระบบโครงคร่าวมีลักษณะการก่อสร้างที่ไม่ค่อยแข็งแรง และไม่ปลอดภัย จึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการค่อยๆพัฒนาระบบให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแบบค่อยเป็นค่อยไป โดยอาจพัฒนาโครงสร้างแยกไปทีละส่วน เช่น พื้น ผนัง หลังคาเป็นต้น ในส่วนของหลังคาในปัจจุบันเริ่มได้รับการยอมรับในระดับหนึ่งจากผู้บริโภคบางกลุ่ม ที่มองเห็นข้อดีของโครงสร้างหลังคาโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี ที่ออกแบบถอดแบบจากแบบก่อสร้าง มาตัดแต่งและประกอบชิ้นส่วนในโรงงาน ก่อนขนส่งไปประกอบติดตั้ง ณ สถานที่ก่อสร้างจริง เนื่องจากจุดเด่นของโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบา มีความมั่นคงแข็งแรง ออกแบบและตัดแต่งชิ้นส่วนจากโรงงานทำให้สะดวก และรวดเร็วในการติดตั้ง น้ำหนักเบาง่ายในการขนส่งไม่มีปัญหาในการดูแลรักษาในระยะยาว แต่ระบบนี้ยังมีผู้ประกอบการอยู่น้อยราย เนื่องจากจำเป็นที่จะต้องได้รับการฝึกอบรมในการก่อสร้างโครงสร้างนี้จากบริษัทผู้ผลิตวัสดุโดยตรง และในส่วนของผนัง ก็มีการยอมรับจากผู้บริโภค

เพิ่มขึ้นเช่นกันแต่จะเป็นโครงคร่าวผนังเบาใช้กั่นเป็นภายใน มากกว่าที่จะใช้เป็นผนังภายนอกอาคาร ดังนั้นหากมองกันที่ภาพรวมระบบโครงสร้างลักษณะนี้ยากและต้องใช้เวลา ทั้งยังต้องอาศัยปัจจัยอีกหลายอย่างที่จะสามารถส่งผลให้เกิดการยอมรับจากผู้บริโภค



รูปที่ 5-3 แสดงแบบโครงสร้างผนังที่ใช้คอมผิวเตอร์ช่วยในการถอดแบบและคำนวณ

รูปที่ 5-4 การตัดแต่ง และประกอบชิ้นส่วนในโรงงานตามรายการ การถอดแบบจากคอมผิวเตอร์

รูปแบบการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมที่จะสามารถนำมาเป็นแนวทาง และเป็นแบบอย่างในการพัฒนาระบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม ให้ได้รับการเผยแพร่องค์ความรู้ในด้านนี้ให้กว้างขว้างขึ้น ดังนั้นจะเป็นการอ้างอิงโดยนำแนวทางการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมของบ้านโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี ในต่างประเทศมาศึกษา โดยแบ่งเป็นกระบวนการละขั้นตอนต่างๆดังนี้

TECHNOLOGICAL PROCESS

ON FACTORY

01 PRODUCE SECTIONS

02 COMPLETED WALLS

รูปที่ 5-5 กระบวนการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมในส่วนที่ต้องดำเนินงานในโรงงาน

ON SITE

03 TRANSPORT FRAMES TO JOBSITE

04 COMPLETED FOUNDATIONS

05 ASSEMBLE FIRST FLOOR

06 ASSEMBLE SECOND FLOOR

07 COMPLETED ROOF

08 COMPLETED INTERIOR

09 COMPLETED FINISHING

รูปที่ 5-6 กระบวนการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมในส่วนที่ต้องดำเนินงาน ณ สถานที่ก่อสร้าง

โครงการลักษณะนี้ จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับแบบก่อสร้าง (Construction drawings) และ Shop drawings ที่มีความถูกต้อง และมีรายละเอียดครบถ้วน และต้องเสร็จสมบูรณ์ล่วงหน้าก่อนขั้นตอนการเตรียมงานก่อสร้าง ทั้งงานออกแบบและระยะเวลาในการทำแบบจึงเป็นปัจจัยสำคัญเบื้องต้น ที่จะช่วยทำให้งานเสร็จทันตามกำหนด ระยะเวลาการก่อสร้างมีความรวดเร็วมากกว่าระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างมาก ทั้งในการผลิตจากโรงงาน การขนส่ง การประกอบติดตั้ง และการทำ Finishing อีกทั้งยังสามารถทำงานในหลายๆส่วนไปพร้อมกันได้ ซึ่งเป็นจุดแข็งอย่างหนึ่งของระบบโครงสร้างระบบนี้ แต่ปัจจัยในเรื่องแรงงานที่มีความรู้ความเข้าใจและมีความชำนาญยังมีน้อย อีกทั้งราคาค่าก่อสร้างที่หักลบเรื่องเวลาแล้วจะยังค่อนข้างสูง จึงยังคงไม่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค โดยสังเกตจากการก่อสร้างบ้านด้วยระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีในประเทศไทยมีน้อยมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูล การเฝ้าสังเกตการณ์ตลอดจนการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในเรื่องของระบบโครงสร้างเหล็กที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดความสูง 2 ชั้น เพื่อใช้ในการสรุปและอภิปลายผลสามารถแยกแยะปัจจัยต่างๆที่จะมีส่วนในการนำโครงสร้างเหล็กทั้ง 2 ระบบมาประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย โดยจะเห็นถึงผลดีและผลเสีย รวมไปถึงศักยภาพของวัสดุโครงสร้างที่นำมาใช้ในการก่อสร้างอาคารประเภทบ้านพักอาศัย สามารถสรุปและแยกประเด็นต่างๆที่ได้จากการศึกษาวิจัยได้ดังนี้

- รูปแบบของการนำระบบโครงสร้างเหล็กมาประยุกต์ใช้ในการก่อสร้าง
- ข้อดีและข้อเสียของการนำระบบโครงสร้างเหล็กมาใช้ก่อสร้างบ้านพักอาศัย
- โครงสร้างเหล็กกับการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม
- ข้อเสนอแนะในการก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก

6.1. รูปแบบของการนำระบบโครงสร้างเหล็กมาประยุกต์ใช้ในการก่อสร้าง

ในปัจจุบัน เหล็กถูกนำมาใช้ผลิตเป็นโครงสร้างที่อยู่อาศัยมากขึ้น เนื่องจากหลายสาเหตุทั้งที่เป็นปัจจัยในการช่วยผลักดัน เช่น เหล็กมีความแข็งแรงสูงที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุอื่นๆ ราคาที่ถูกกว่าโดยเปรียบเทียบ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่เป็นตัวผลัก เช่น ไม้สามารถผุกร่อนได้ง่าย และระบบโครงสร้างบ้านคอนกรีตก็มีขั้นตอนที่ยุ่งยากซับซ้อน ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างที่นานกว่า สาเหตุดังกล่าวจึงมีการมองหาวัสดุอื่นเพื่อเป็นระบบโครงสร้างทางเลือก ควบคู่ไปกับการก่อสร้างบ้านรูปแบบเดิม ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กในประเทศไทย ที่มีการก่อสร้างอยู่ในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบดังนี้

1. โครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนัก(SKELETON STEEL STRUCTURE)
2. โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก(LIGHTWEIGHT STEEL FRAMING)

6.1.1 โครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนัก

จะเป็นการก่อสร้างโดยการนำเหล็กรูปพรรณหน้าตัดต่างๆ มาใช้ก่อสร้างในส่วนงานโครงสร้างหลัก คือโครงสร้างเสาและคาน และโครงสร้างหลังคา แทนการก่อสร้างรูปแบบเดิมที่ต้องตั้งแบบ ผูกเหล็กและเทคอนกรีต การก่อสร้างระบบโครงสร้างเหล็กจะมีวิธีการก่อสร้าง 2 ระบบคือ

1) ระบบการเชื่อม (Welding System)

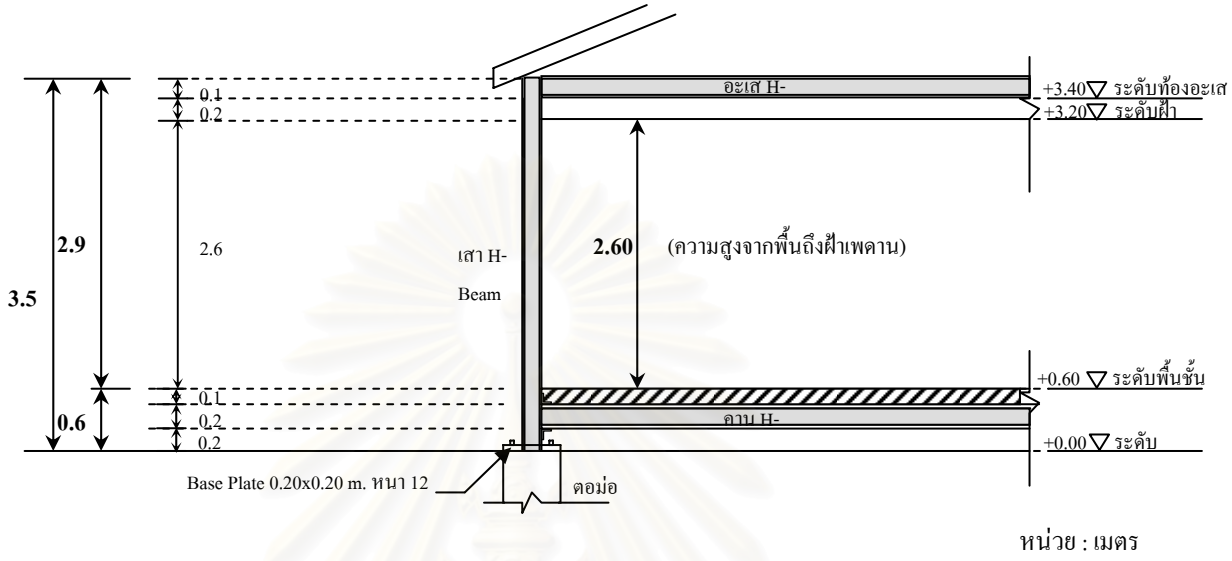
2) ระบบขันน็อต (Bolt & Nut System / Modular House)

สำหรับการก่อสร้างบ้านพักอาศัยด้วยระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานในประเทศไทยจะพบว่าโดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีการก่อสร้างด้วยระบบการเชื่อมไฟฟ้า (Welding System) เนื่องจากเป็นระบบที่ง่ายในการก่อสร้างสามารถ ตัด ต่อ แต่ง เติม โครงสร้างที่สถานที่ก่อสร้างได้ง่ายและสะดวก กว่าการใช้แบบขันน็อต ที่ต้องมีการวัดระยะและออกแบบการทำรอยต่อโดยการเจาะรูสำหรับขันน็อตยึดโครงสร้างพร้อมทั้งทำตัวยึด (Angle Joint) สำเร็จมาจากโรงงานซึ่งเป็นระบบการติดตั้งที่สะดวกและรวดเร็ว แต่ต้องมีความแม่นยำสูงเพื่อป้องกันการเกิดความคลาดเคลื่อนในการประกอบและติดตั้งโครงสร้างและระบบนี้ยังต้องอาศัยวัสดุที่เป็นมาตรฐานจากโรงงาน ซึ่งในแต่ละโรงงาน ผู้ผลิตวัสดุอาจมีการกำหนดมาตรฐานวัสดุโครงสร้างทั้งขนาดช่วงความสูงของเสาและช่วงความยาวของคานของตนสำหรับการก่อสร้างบ้านขนาด 1 ชั้น หรือ 2 ชั้น พร้อมทั้งออกแบบรายละเอียดการทำรอยต่อขึ้นเป็นการเฉพาะสำหรับวัสดุโครงสร้างที่โรงงานนั้นๆผลิตเพื่อเป็นลู่ทางในการขยายตลาดวัสดุโครงสร้างของตน แต่วิธีการใช้มาตรฐานวัสดุที่กำหนดความสูงของเสาและช่วงพาดของคานที่เหมาะสมกับขนาดหน้าตัดของเหล็กรูปพรรณที่ทางโรงงานเลือกใช้ โดยอาจออกแบบเพื่อความประหยัดหรือเป็นขนาดที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมสำหรับบ้านพักอาศัยขนาดต่างๆ แต่ก็เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นจากโรงงานต่างๆ ที่อาจแตกต่างกันไป มิใช้มาตรฐานที่มีใช้กันเป็นสากล จึงอาจกลายเป็นข้อจำกัดในการออกแบบทางสถาปัตยกรรมที่ต้องยึดมาตรฐานของขนาดวัสดุเป็นหลักจนทำให้รูปทรงทางสถาปัตยกรรมขาดอิสระในการสร้างสรรค์ จึงทำให้การก่อสร้างโดยการยึดน็อตไม่เป็นที่นิยมในการก่อสร้างเท่าใดนัก

แต่ทั้งนี้ในส่วนของการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นการนำเหล็กโครงสร้างเข้ามาใช้ในการก่อสร้างเฉพาะแค่โครงสร้างหลัก คือ ในส่วนของระบบโครงสร้างเสาคานและโครงสร้างหลังคาเท่านั้น โดยส่วนโครงสร้างอื่นๆเช่นระบบพื้นและผนังจะยังเป็นระบบที่ใช้ในการก่อสร้างเช่นเดียวกับบ้านที่ใช้ระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งเป็นระบบที่มีการก่อสร้างมานาน และเป็นระบบที่ช่างไทยคุ้นเคยเป็นอย่างดี จึงไม่อาจเรียกได้ว่าบ้านโครงสร้างเหล็กในประเทศไทยเป็นบ้านที่ใช้ระบบโครงสร้างเหล็กที่สมบูรณ์ทั้งระบบ เนื่องจากยังกำกึ่งกันระหว่าการก่อสร้างระบบเปียก (WET PROCESS) กับการก่อสร้างแบบแห้ง (DRY PROCESS) การก่อสร้างรูปแบบนี้จึงมีข้อดีในการช่วยลดระยะเวลาในส่วนของขั้นตอนการก่อสร้าง

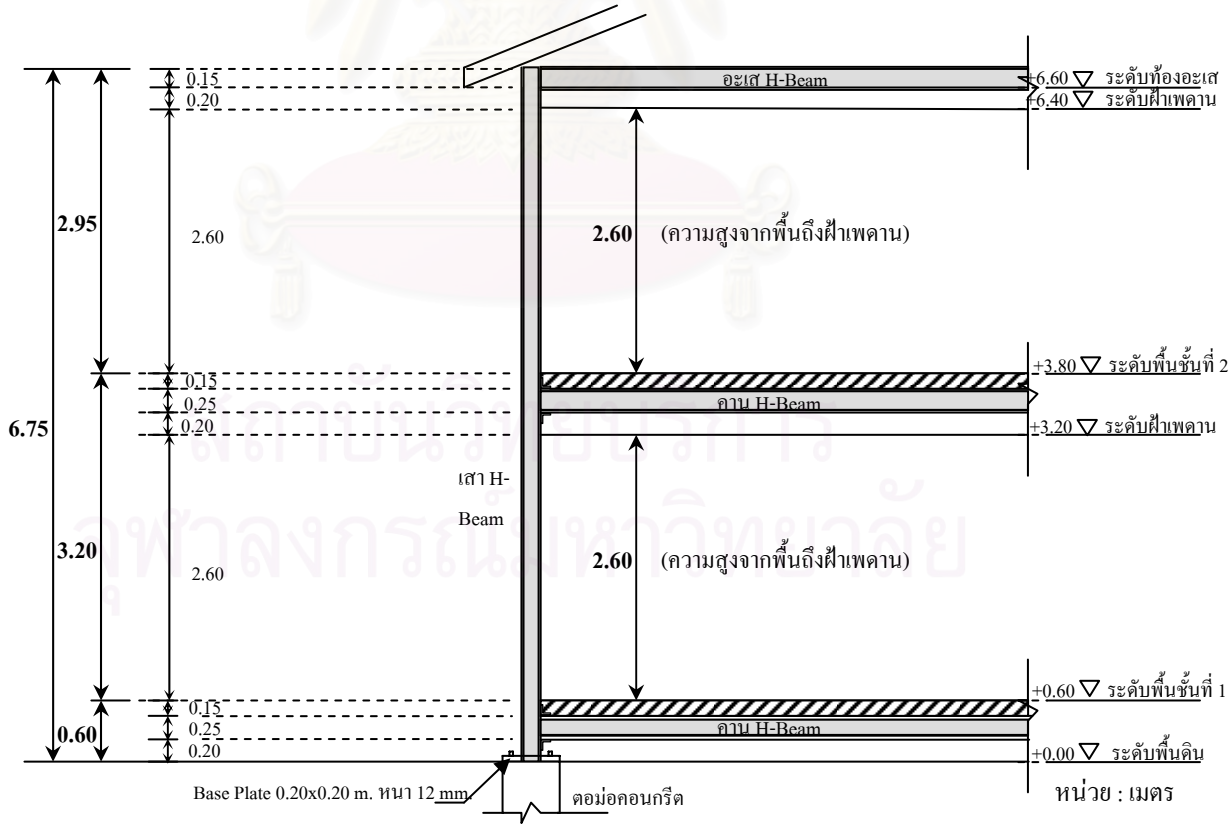
โครงสร้างหลัก รวมไปถึงง่ายในการควบคุมคุณภาพการก่อสร้างและความเป็นระเบียบของพื้นที่ก่อสร้างเท่านั้น แต่ในการก่อสร้างส่วนอื่นๆจะยังคงใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างเท่าๆกันกับบ้านโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตัวอย่างรายละเอียดการใช้เสาเหล็ก H-Beam สำเร็จรูปมาตรฐานความยาว 3.55 เมตร



รูปที่ 6-1 ตัวอย่างเสาเหล็กมาตรฐานความสูง 3.55 เมตร สำหรับบ้านชั้นเดียว

ตัวอย่างรายละเอียดการใช้เสาเหล็ก H-Beam สำเร็จรูปมาตรฐานความยาว 6.75 เมตร



รูปที่ 6-2 ตัวอย่างเสาเหล็กมาตรฐานความสูง 6.75 เมตร สำหรับบ้าน 2 ชั้น

* ที่มา : คู่มือการสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กสยามยามาโตะ

6.1.2 โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก

จะเป็นการก่อสร้างที่ใช้เหล็กชุบสังกะสีที่มีความหนาอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร โครงคร่าวผนังรับน้ำหนัก (LIGHTWEIGHT STEEL FRAMING) เป็นระบบกึ่งสำเร็จรูป (Pre-fabricated) ผลิตด้วยเครื่องจักรที่ทันสมัยจากโรงงาน เป็นการผลิตจากเหล็กกล้าแรงดึงสูง มีค่า Yield Strength ไม่ต่ำกว่า 5500 Kg/cm^2 ซึ่งสูงกว่าเหล็กโครงสร้างทั่วไป (เหล็กดำมี Yield Strength = 2400 Kg/cm^2) และมีการป้องกันการเกิดสนิมด้วยการชุบสังกะสี ซึ่งเป็นการยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น โดยจะใช้เป็นวัสดุหลักในการก่อสร้าง โดยในส่วนของฐานรากและคานคอดินจะยังคงเป็นการก่อสร้างโดยใช้ระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเหมือนบ้าน คสล. ทั่วไปรวมถึงระบบโครงสร้างพื้นชั้นที่1 ที่ใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูปในการก่อสร้าง เนื่องจากโครงสร้างส่วนนี้เป็นส่วนที่ต้องรับหนักทั้งหมดของอาคารและเป็นส่วนที่สัมผัสกับดินโดยตรง ซึ่งจะรับความชื้นของดิน ส่วนการก่อสร้างส่วนอื่นเป็นระบบโครงคร่าวผนังรับน้ำหนัก (PLATFORM FRAMING) โครงคร่าวผนังจะสิ้นสุดแยกเป็นชั้นๆ และตงรับพื้นจะวางบนโครงคร่าวผนังที่อยู่ต่ำกว่า โดยการก่อสร้างต้องสร้างเป็นส่วนๆทีละส่วน โดยให้ฐานรากและพื้นชั้นที่ 1 ในส่วนของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเสร็จเรียบร้อยก่อนจึงจะเริ่มขึ้นงานผนังของชั้นที่ 1 รวมไปถึงคานและตงรับพื้นชั้นที่ 2 จากนั้นจึงเริ่มงานผนังของชั้นที่ 2 เป็นขั้นตอนแบบนี้ไปทุกๆชั้นจนถึงหลังคา กล่าวโดยสรุปจะแยกองค์ประกอบของบ้านโครงสร้างเหล็กเบาออกเป็นส่วนต่างๆ 5 ส่วนดังนี้

1) งานฐานราก และงานพื้นชั้นที่ 1(คานคอดิน ค.ส.ล. และแผ่นพื้นสำเร็จรูป)
2) โครงสร้างรับน้ำหนัก (คร่าว ตง และจันทัน หรือโครงสร้างหลังคา)
3) แผ่นวัสดุยึดโครงสร้าง (Wall sheathing / Sub floor / Roof sheathing)
4) แผ่นวัสดุผิวสำเร็จ (แผ่นผนังชั้นนอกสุด แผ่นวัสดุปูพื้น และวัสดุมุงหลังคา)
5) ผนังปิดโครงสร้างด้านใน (ผนังกรุโครงคร่าวภายใน และฝ้าเพดาน)

6.1.3 สรุปรูปแบบของการนำระบบโครงสร้างเหล็กมาใช้ในการก่อสร้าง

ระบบโครงคร่าวทั้ง 2 รูปแบบมีเทคนิค วัสดุและอุปกรณ์การก่อสร้าง และรูปแบบการก่อสร้างที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน จากการวิเคราะห์ทำให้ทราบลำดับขั้นตอนงานก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กทั้ง 2 ระบบ ตั้งแต่เริ่มกระบวนการรับงานก่อสร้างไปจนเสร็จสิ้นงานก่อสร้าง โดยระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนักจะมีขั้นตอนการก่อสร้างที่ยุ่งยากและซับซ้อนกว่าระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีโดยมีรายละเอียดของขั้นตอนการก่อสร้างดังนี้

- ขั้นตอนงานก่อสร้าง

  จากการศึกษาวิเคราะห์ลำดับขั้นตอนการก่อสร้าง บ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณระบบเสาคานรับน้ำหนักและบ้านระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี ผนังรับน้ำหนัก สำหรับลำดับ

ขั้นตอนการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนัก สามารถแยกลำดับขั้นตอนงานก่อสร้างได้เป็น 9 ขั้นตอนดังนี้

- งานถอดแบบก่อสร้าง (SHOP DRAWING)
- งานเตรียมงานก่อสร้าง
- งานฐานราก
- งานโครงสร้างและคาน
- งานระบบอาคาร
- งานโครงสร้างพื้น
- งานโครงสร้างผนัง
- งานโครงสร้างบันไดและหลังคา
- งานก่อสร้างส่วนอื่นๆ

ระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก ลำดับขั้นตอนจะมีความแตกต่างจากระบบเสาคานเหล็กรูปพรรณโดยมีรายละเอียดดังนี้

- งานถอดแบบก่อสร้าง (SHOP DRAWING)
- งานเตรียมงานก่อสร้าง
- งานฐานราก
- งานขนส่งชิ้นส่วนโครงสร้าง
- งานโครงสร้างโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี พื้น ผนัง และหลังคา
- งานระบบอาคาร
- งานโครงสร้างบันไดและหลังคา
- งานผนัง
- งานก่อสร้างส่วนอื่นๆ

สาเหตุที่ระบบเสาคานมีการก่อสร้างที่ซับซ้อนกว่าบ้านโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี ทั้งที่มีลำดับขั้นตอนจำนวน 9 ขั้นตอนเท่ากัน แต่โครงสร้างเสาและคานจะมีขั้นตอนในงานโครงสร้างหลักๆ อาทิเช่น เสา คานและหลังคาเป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณก่อสร้างด้วยวิธีการเชื่อม แต่ในส่วนระบบพื้น ผนังจะมีวิธีการก่อสร้างเช่นเดียวกับบ้านคอนกรีตเสริมเหล็ก เช่นการใช้ผนังแบบก่อฉาบ ระบบแผ่นพื้นสำเร็จรูปและเททับหน้าด้วยคอนกรีต จึงต้องสร้างไปทีละส่วนตามลำดับ ในขณะที่งานโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี ในส่วนงานโครงสร้างจะมีความสัมพันธ์กันทั้งระบบต้องสร้างต่อเนื่องกันแทบทั้งหลัง จะเว้นก็เพียงงานฐานรากและพื้นชั้นที่ 1 ที่เป็นงานก่อสร้างแบบเปียกคือเป็นงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

- ระยะเวลาการก่อสร้าง

  ในส่วนของระยะเวลาในการก่อสร้างของทั้งสองระบบจากการศึกษาอาคารตัวอย่าง ทั้งจากการสัมภาษณ์วิศวกร ผู้รับเหมาและจากการเฝ้าสังเกตการณ์งานก่อสร้าง ณ สถานที่ก่อสร้างจริงจะมีระยะเวลาในการก่อสร้างที่ใกล้เคียงกันโดยระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนักจะใช้เวลาในการก่อสร้าง 265 วัน ในขณะที่ระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนักจะใช้เวลาก่อสร้าง 239 วัน ซึ่งเป็นการก่อสร้างที่เร็วกว่าทั้งที่พื้นที่การก่อสร้างอาคารมีมากกว่าคือพื้นที่ก่อสร้างทั้งหมดของระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีจะมีพื้นที่ทั้งหมด 405 ตรม. แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คืองานก่อสร้างบ้านขนาดความสูง 2 ชั้น ขนาดพื้นที่ 315 ตรม.และงานโรงรถ และห้องครัว, ห้องนอนแม่บ้านพร้อมห้องน้ำขนาด 90 ตรม. ส่วนพื้นที่ก่อสร้างของบ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานมี 268 ตรม. แยกเป็นพื้นที่ใช้สอยชั้นที่ล่าง 133 ตารางเมตร พื้นที่ชั้นบน 100 ตารางเมตร และพื้นที่อาคารจอดรถ 35 ตารางเมตร

- ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

  ค่าใช้จ่าที่ระบบโครงสร้างทั้งสองระบบใช้ก็จะมีปัจจัยที่ส่งผลในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

  - บ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนักที่ทำการเก็บตัวอย่างของบริษัท บรรจงสร้างดีเวลอปเมนท์ จำกัด จะมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทั้งหมด 2,659,007 บาท หากเปรียบเทียบกับงานก่อสร้างบ้านที่ใช้ระบบโครงสร้างประเภทเดียวกันของบริษัท นำตระกูลเจริญการโยธา จำกัด ที่มีค่าก่อสร้างของบ้านขนาดความสูง 2 ชั้นเช่นกันโดยมีค่าก่อสร้างอยู่ที่ 1,300,000 บาท แต่ทั้งนี้บ้านทั้งสองหลังมิได้มีขนาดพื้นที่ ที่เท่ากันและลักษณะการก่อสร้างก็มีส่วนที่แตกต่างกันออกไป เช่นบ้านของบริษัทบรรจงสร้างดีเวลอปเมนท์ จะก่อสร้างในลักษณะของการแสดงออกซึ่งโครงสร้างอย่างชัดเจนไม่ได้มีการก่อสร้างปกปิดหรือห่อหุ้มโครงสร้างเหล็กด้วยวัสดุอื่น แต่บ้านโครงสร้างเหล็กของบริษัทนำตระกูลเจริญการโยธา จะเป็นการก่อสร้างที่ปกปิดโครงสร้างทุกส่วนโดยเมื่อสร้างแล้วเสร็จจะเหมือนกับการก่อสร้างบ้านโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทุกประการ ผลของการก่อสร้างและการออกแบบที่แตกต่างกันนี้ จะมีผลโดยตรงต่อราคาค่าก่อสร้าง คือ บ้านของบริษัทบรรจงสร้างดีเวลอปเมนท์ ที่ออกแบบและก่อสร้างโดยแสดงออกทางโครงสร้าง จำเป็นต้องมีการออกแบบให้ใช้หน้าตัดโครงสร้างที่มีขนาดของโครงสร้างใหญ่เกินความจำเป็น โดยจะใช้เสาและคานเหล็กรูปพรรณ

หน้าตัดรูปตัว H 200x 200x49.9 leg/m. ซึ่งเป็นขนาดที่ใหญ่เมื่อเทียบกับภาระการรับน้ำหนักที่เกิดขึ้นจริง ทั้งนี้ก็ด้วยความต้องการของผู้ออกแบบที่ต้องการให้ขนาดของโครงสร้างแสดงออกได้เต็มที่ หากเลือกใช้หน้าตัดที่เล็กกว่าที่รับน้ำหนักได้พอดีและราคาประหยัด จะทำให้รูปทรงของตัวสถาปัตยกรรมที่ต้องการแสดงออกซึ่งโครงสร้างจะไม่สามารถแสดงออกได้ตามที่ผู้ออกแบบตั้งใจไว้ วิศวกรจึงออกแบบในลักษณะ OVER SECTION ส่งผลให้ค่าก่อสร้างของบ้านที่บริษัทบรรจงสร้างดีเวลอปเมนท์ สูงเกินความเป็นจริง ในขณะที่บ้านของบริษัทนำตระกูลเจริญการโยธาใช้เสาเหล็กรูปพรรณหน้าตัด H100x100x6x8mm. และใช้หน้าตัดคาน H 200x 200x49.9 leg/m. ซึ่งถือว่าเป็นขนาดโครงสร้างที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยการก่อสร้างจะมีการก่ออิฐในช่องระหว่างปีกเสาเพื่อก่อฉาบปิดทับไม่ให้เห็นโครงสร้าง การใช้โครงสร้างที่มีขนาดเล็กจึงไม่ส่งผลต่อภาพรวมของอาคาร ทำให้มีค่าก่อสร้างที่น้อยกว่า แต่ทั้งนี้อย่าลืมว่าการเปรียบเทียบให้เห็นนี้เป็นเพียงเพียงเบื้องต้นเท่านั้น เพราะการก่อสร้างของบ้านทั้งสองหลังมีขนาดพื้นที่แตกต่างกัน รูปทรงทางสถาปัตยกรรมก็แตกต่างกัน

- งานก่อสร้างบ้านด้วยระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี ผนังรับน้ำหนักจะแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ งานบ้านขนาดความสูง 2 ชั้น ขนาดพื้นที่ 315 ตรม. คิดราคา 9,000 บาท/ตรม.รวมเป็นเงิน 2,835,000บาท งานโรงรถ และห้องครัว, ห้องนอนแม่บ้านพร้อมห้องน้ำขนาด 90 ตรม. คิดราคา 5,000 บาท/ตรม. รวมเป็นเงิน 450,000 บาทรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 3,285,000 บาท

ซึ่งค่าก่อสร้างโดยรวมระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีจะมีสัดส่วนราคาค่าก่อสร้างสูงกว่าระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนัก อีกทั้งจากการรวบรวมข้อมูลยังทำให้ทราบอีกว่าระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีที่มีการก่อสร้างเต็มรูปแบบและเป็นการก่อสร้างเพื่ออยู่อาศัยจริงๆ มิได้เป็นการก่อสร้างเพื่อสาธิตการก่อสร้าง หรือเพื่อเป็นการศึกษาและโฆษณาวัสดุในปัจจุบันจะมีเพียงหลังเดียวและยังใช้ในการอยู่อาศัยมาโดยตลอด โดยเป็นงานก่อสร้างของบริษัท พี นิรมล จำกัด ที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา แต่ผู้วิจัยไม่สามารถขออนุญาตเพื่อเก็บข้อมูลจากการใช้สอยบ้านหลังนี้ได้ จึงไม่อาจจะสรุปปัญหาหลังจากการใช้งานจริงได้

6.2 ข้อดีและข้อเสียของการนำระบบโครงสร้างเหล็กมาใช้ก่อสร้างบ้านพักอาศัย

จากการศึกษาและเฝ้าสังเกตการณ์ การก่อสร้าง ณ สถานที่ก่อสร้างจริงที่มีการนำระบบโครงสร้างเหล็กมาใช้ในการก่อสร้าง รวมไปถึงการสัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างบ้าน

โครงสร้างเหล็ก จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กทั้ง 2 ระบบทำให้ทราบถึงข้อดีและข้อเสียของการใช้งานระบบโครงสร้างตั้งแต่ในส่วนของต้นน้ำคือบริษัทผู้ผลิตจนไปถึงปลายน้ำ คือผู้ใช้วัสดุ จะทำให้รับทราบข้อมูลที่ชัดเจนขึ้น โดยจะสรุปได้ดังนี้

6.2.1 **สรุปข้อดีของบ้านที่ใช้ระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน**

1. การก่อสร้างมีความรวดเร็ว ทำงานได้สะดวก กว่างานระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมาก โดยเฉพาะในส่วนของงานโครงสร้าง ที่สามารถใช้เวลาการก่อสร้างส่วนนี้ได้โดยใช้เวลาเพียง 25 วันซึ่งถือว่ารวดเร็ว แต่การก่อสร้างในส่วนอื่นๆที่ยังใช้ระบบ วัสดุ และกรรมวิธีการก่อสร้าง ที่เหมือนกับบ้านคอนกรีต อาทิเช่นการใช้ผนังแบบก่ออิฐฉาบปูน และการใช้ระบบพื้นระบบแผ่นพื้นสำเร็จรูปแล้วเททับหน้าด้วยคอนกรีต จึงทำให้ในกระบวนการก่อสร้างจะช่วยประหยัดเวลาเฉพาะช่วงงานโครงสร้างเท่านั้นแต่ส่วนอื่นจะยังคงใช้เวลาในการก่อสร้างเช่นเดิม
2. การก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กเสาคานนิยมก่อสร้างด้วยวิธีการเชื่อมไฟฟ้า มากกว่าการก่อสร้างด้วยการขันน็อต รอยต่อแบบเชื่อมมีข้อดีคือมีความสะดวกในการทำงาน สามารถก่อสร้างได้ตามแบบที่ต้องการ เนื่องจากสามารถตัด ต่อ แต่ง เติม ชิ้นส่วนโครงสร้างได้อิสระไม่ถูกจำกัดเหมือนระบบโครงสร้างชนิดอื่น
3. ระบบการก่อสร้างแบบเสาคานเมื่อเปรียบเทียบกับระบบผนังรับน้ำหนัก จะง่ายต่อการออกแบบมากกว่ามีความสอดคล้องกับระบบระบบประสานทางพิกัด ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันในงานก่อสร้างโดยทั่วไป
4. ในส่วนของงานระบบต่างๆรวมถึงการออกแบบตกแต่งใน การก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาคานรับน้ำหนัก ไม่ได้แตกต่างจากบ้านคอนกรีตเสริมเหล็ก แต่จะทำงานได้ง่ายและสะดวกกว่า เนื่องจากใช้หน้าตัดของคานและเสาเล็กกว่าโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและเมื่อเสร็จสมบูรณ์จะไม่เห็นความแตกต่าง โดยเฉพาะการก่อสร้างที่ไม่ต้องการแสดงให้เห็นวัสดุโครงสร้าง โดยการใช้วิธีก่อฉาบหรือห่อหุ้มด้วยวัสดุแผ่น และเลือกใช้หน้าตัดเหล็กที่มีความเหมาะสมกับภาระการรับน้ำหนัก โดยมองภาพรวมแล้วจะเหมือนกับบ้านคอนกรีต ส่วนใหญ่จะใช้เหล็กรูปพรรณขนาดหน้าตัด H100x100x6x8mm. สำหรับใช้เป็นโครงสร้างเสาและอะเส่รับโครงสร้างหลังคาและใช้หน้าตัดคาน H 200x 200x49.9 leg/m. ที่มีความเหมาะสมกับช่วงพาดที่ไม่เกิน 4 เมตรซึ่งเป็นช่วงกว้างมาตรฐานในการออกแบบบ้านพักอาศัยในประเทศไทย

6.2.2 **สรุปข้อดีของบ้านที่ใช้ระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี**

1. เป็นระบบการก่อสร้างที่มีรูปแบบและวิธีการก่อสร้างที่คล้ายคลึงกับการก่อสร้างบ้านโครงสร้างไม้ โดยเป็นโครงคร่าว (Stud) ระยะห่างของโครงสร้างขึ้นอยู่กับการคำนวณของวิศวกร ส่วนใหญ่จะอยู่ระหว่าง 0.40 – 0.60 เมตร เป็นการก่อสร้างง่ายและสะดวกอุปกรณ์การยึดโครงสร้างใช้เพียงสว่านไฟฟ้า เครื่องตัดเหล็กใบเลื่อยไฟเบอร์ และสกรูขนาดต่างๆ ตามที่วิศวกรคำนวณ
2. ระยะเวลาการก่อสร้างมีความรวดเร็วกว่าระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน ทั้งในกระบวนการผลิตจากโรงงาน การขนส่ง การประกอบติดตั้ง และการทำ Finishing อีกทั้งยังสามารถทำงานในหลายๆส่วนไปพร้อมๆกันได้ โดยโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีจะใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างทั้งหมด 236 วัน ในขณะที่โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีจะใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 265 วัน ซึ่งโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีสามารถสร้างได้เร็วกว่าโดยมีพื้นที่ก่อสร้างมากกว่าอีกด้วย
3. การก่อสร้างระบบนี้สามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นส่วนโครงสร้างได้ง่าย กว่าระบบอื่นๆ เนื่องจากงานส่วนหนึ่งจะถูกผลิต และตัดแต่งชิ้นส่วนโครงสร้างจากโรงงาน พร้อมขนส่งและประกอบ ณ สถานที่ก่อสร้างได้ทันที เมื่อโครงสร้างส่วนฐานรากเสร็จเรียบร้อย จะเห็นได้ว่าในขณะที่กำลังดำเนินงานก่อสร้างโครงสร้างส่วนฐานราก จะยังสามารถผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างอื่นๆในโรงงานไปพร้อมๆกัน หรือแม้แต่ทำได้ก่อนโดยที่ยังไม่ได้เริ่มงานฐานราก
4. เป็นการก่อสร้างแบบแห้ง (Dry Process) พื้นที่หน่วยงานก่อสร้างมีความเป็นระเบียบโดยจะมีส่วนที่ต้องใช้ไม้แบบในการก่อสร้างเฉพาะแค่งานฐานรากและคานคอดิน อาจรวมไปถึงระบบพื้นหล่อในที่เท่านั้น ซึ่งยังเป็นการก่อสร้างแบบเปียก (Wet Process)
5. การก่อสร้างแบบผนังกลวงส่งผลดีในแง่ ของการวางงานระบบต่างๆที่ต้องหลบในผนัง ไม่ต้องเจาะ เซาะ หรือกรีดผนังให้วุ่นวาย เนื่องจากในกระบวนการทำงานจะใช้ผนังระบบแผ่นโดยจะมีการเดินสายไฟและงานระบบประปาผ่านผนังโครงคร่าวด้านในให้เรียบร้อยก่อนทำการปิดแผ่นผนังโดยการยึดด้วยสกรูกับโครงคร่าว

6.2.3 **สรุปข้อเสียของบ้านที่ใช้ระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน**

1. ระบบโครงสร้างส่วนใหญ่จะใช้วิธีการก่อสร้างโดยวิธีการเชื่อมไฟฟ้า แต่จากการสัมภาษณ์ผู้รับเหมาก่อสร้างโดยตรง ทำให้ทราบว่าช่างที่มีพื้นฐานความรู้ความชำนาญในการเชื่อมไฟฟ้าจะยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนาการก่อสร้างระบบนี้ และค่าแรงในการก่อสร้างระบบนี้ก็มีราคาสูงตามความสามารถของช่างเช่นกัน ในการทำรอยต่อแบบเชื่อมหากช่างไม่มีทักษะและความชำนาญในการเชื่อมที่ดีพอ อาจส่งผลให้รอยเชื่อมเกิดสนิม และอาจทำให้เหล็ก

เสียกำลังจากความร้อนในการเชื่อม รวมไปถึงขาดการตรวจสอบรอยเชื่อมที่ดี ส่งผลให้โครงสร้างไม่แข็งแรงได้

2. ระบบเสาคานที่เลือกใช้ขนาดเหล็กโครงสร้างที่มีน้ำหนักมากหรือโครงสร้างมีขนาดใหญ่ เช่น การใช้โครงสร้างเสาเหล็กรูปพรรณ H 200x 200x49.9 kg/m ที่มีความสูง 6-7 เมตร แรงงานคนไม่สามารถยกได้ ต้องใช้เครื่องมือขนาดใหญ่เข้ามาช่วยในการยกชิ้นส่วนโครงสร้าง ทำให้ต้องมีรายจ่ายในการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น โดยการใช้รถ Mobile crane ช่วยในการยกชิ้นส่วนโครงสร้าง ค่าจ้างรถ Mobile crane ขนาดการรับน้ำหนัก 25 ตันจะอยู่ที่ 6,000 ต่อวัน ใช้ทั้งหมด 3 วัน รวมเป็นค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ 18,000 บาท
3. ระบบผนังของโครงสร้างเหล็กเสาคาน ปัจจุบันยังพบว่าใช้ผนังแบบก่ออิฐฉาบปูนอยู่ มิได้เป็นระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี กรุด้วยวัสดุแผ่น จึงไม่อาจเรียกได้ว่าเป็นบ้านโครงสร้างเหล็กได้ทั้งระบบ เนื่องจากยังกำกึ่งกันระหว่างการก่อสร้างแบบแห้ง (Dry Process) และการก่อสร้างแบบเปียก (Wet Process) ดังนั้นจุดเด่นในเรื่องความสะดวก และรวดเร็วในการก่อสร้างจะยังไม่เต็มที่เนื่องจากยังต้องเสียเวลาในการก่อวัสดุผนัง เหมือนบ้านโครงสร้างคอนกรีตทั่วไป
4. ในส่วนขั้นตอนการก่อสร้างการทำรอยต่อแบบโบลต์ จะสามารถตรวจสอบความแข็งแรงได้ง่ายและสะดวกกว่า ทำงานง่ายกว่าแต่การทำแบบก่อสร้างในส่วนของงานโครงสร้างต้องมีความละเอียด โดยมีความคลาดเคลื่อนหน้างานให้อยู่ในมาตรฐานที่กำหนดไว้ ประมาณไม่เกิน 10 มิลลิเมตร สำหรับรอยต่อแบบเชื่อมมีระยะคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ได้ประมาณ 3.5 เซนติเมตร ส่วนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจะอยู่ที่ 5 เซนติเมตร
5. การใช้งานรอยต่อแบบโบลต์ ในระยะยาวอาจเกิดการหลวมได้ ดังนั้นการออกแบบรอยต่อในการใช้แหวนล็อคและน้ำยา Lock hard แบบใด หากมีคุณภาพดีก็ทำให้แข็งแรงยากที่จะเกิดการหลวม หรืออาจใช้วิธีการเชื่อมแตะตรงร่องเกลียวเพื่อไม่ให้เกิดการถอยร่น อีกวิธีหนึ่งคือการใช้โบลต์ 2 ตัว เป็นต้น
6. ผนังในส่วนที่ต้องมีการฉาบปูนและเป็นรอยต่อระหว่างเหล็กกับวัสดุก่อ หรือตามมุมวงกบประตูและหน้าต่าง ส่วนใหญ่จะเกิดรอยร้าวเมื่อใช้งานไปได้สักระยะหนึ่งอาจต้องมีการหาวิธีในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น เช่นการเสริมลวดกรงไก่ที่มุมวงกบประตูหน้าต่างหรือรอยต่อชนระหว่างวัสดุอื่นๆกับโครงสร้างเหล็ก เพื่อช่วยป้องกันการแตกร้าว

รูปที่ 6-3 การป้องกันการแตกร้าวโดยการเสริมลวดกรงไก่

6.2.4 **สรุปข้อเสียของบ้านที่ใช้ระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี**

1. ประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดมาตรฐานวัสดุและและมาตรฐานการก่อสร้างบ้านโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี (Lightweight steel framing) ขึ้นใช้เป็นการเฉพาะ ทำให้โครงสร้างระบบนี้เสียโอกาสที่จะเป็นที่ยอมรับ และแข่งขันกับระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก และระบบโครงสร้างเสาคานเหล็กรูปพรรณ
2. ระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก ค่อนข้างมีราคาสูงกว่าบ้านระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน โดยเหล็กโครงคร่าวGalvanized steel ราคาอยู่ที่ 35 บาท/กิโลกรัม เหล็กโครงคร่าว Galvalume steel (Zincalume) มีราคา 45 บาท/กิโลกรม ส่วนเหล็กรูปพรรณโครงสร้างราคา 25บาท/กิโลกรัม โดยโครงสร้างเหล็กรูปพรรณจะใช้น้ำหนักในโครงสร้างแต่ละส่วนที่เยอะกว่าแต่นำมาใช้เฉพาะโครงสร้างหลักเสาและคาน ส่วนโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีนำมาใช้ตั้งแต่พื้นผนังและหลังคา ซึ่งราคางานโครงสร้างรวมของทั้ง 2 ระบบมีดังนี้

งานก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนัก

- ค่างานตอกเข็มและฐานรากและส่วนของงานคอนกรีตทั้งหมด 438,880 บาท
- ค่างานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ 601,252 บาท
- ค่างานโครงสร้างหลังคาและรางน้ำ 107,780 บาท

รวมค่าใช้จ่ายในงานโครงสร้าง **1,147,921 บาท**

*หมายเหตุ บ้านที่เก็บข้อมูลมีการใช้โครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนักของบริษัทบรรจงสร้างดีเวลอปเมนท์จำกัด จะเน้นความสวยงามทางรูปแบบทางสถาปัตยกรรมมากกว่าภาระการรับน้ำหนักจริงของโครงสร้าง โดยการเลือกใช้เหล็กรูปพรรณขนาดใหญ่กว่าความต้องการทางวิศวกรรม จึงทำให้ค่าใช้จ่ายสูงกว่าความเป็นจริง

งานก่อสร้างด้วยระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก

- ค่างานฐานรากและพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นที่ 1 279,274.79 บาท
- ค่าการก่อสร้างโครงสร้างเหล็กเบาผนังรับน้ำหนัก 426,525.65 บาท
- ค่างานโครงสร้างหลังคา 267,294.19 บาท

รวมค่าใช้จ่ายในงานโครงสร้าง **1,173,094.63 บาท**

*หมายเหตุ พื้นที่การก่อสร้างอาคารทั้ง 2 หลังไม่เท่ากันค่าใช้จ่ายจึงสรุปออกมาเพื่อเปรียบเทียบให้เห็นเพียงบางส่วน

3. เนื่องจากโครงสร้างเหล็กมีลักษณะคล้ายโครงสร้างไม้ คือเป็นโครงสร้างชิ้นส่วนโครงคร่าวเล็กๆมาประกอบกัน มักจะเกิดการสั่นตัวของโครงสร้าง จนเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความไม่มั่นใจในความมั่นคงแข็งแรงของระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี
4. ช่างที่ทำการก่อสร้างส่วนใหญ่ จะยังไม่มีความรู้เกี่ยวกับการก่อสร้างด้วยระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีเท่าที่ควร จำเป็นต้องมีวิศวกรและผู้ควบคุมงานที่มีความรู้ในการก่อสร้างมาคอยดูแลและควบคุมการก่อสร้างอย่างใกล้ชิด ถึงแม้ระบบการก่อสร้างผนังจะมีวิธีการก่อสร้างที่คล้ายคลึงกับการก่อสร้างผนังเบาภายในอาคารที่ช่างไทยมีความรู้และทักษะอยู่มากพอสมควร แต่การก่อสร้างโครงสร้างบ้านโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก (PLATFORM FRAMING) จำเป็นต้องมีช่างที่มีความรู้ในการก่อสร้างทั้งระบบ ตั้งแต่ฐานราก พื้น ผนัง ไปจนถึงหลังคา อาจเรียกได้ว่าเป็นทักษะเฉพาะของการก่อสร้างบ้านระบบนี้ก็ว่าได้ เนื่องจากมีเรื่องของการรับน้ำหนักและการรับแรงเข้ามาเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโครงสร้างส่วนต่างๆ
5. ในการก่อสร้างบ้านโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีเป็นผนังรับน้ำหนัก จะได้พื้นที่ใช้สอยภายในที่โล่งกว้าง ไม่มีเสาที่เป็นปัญหาในการตกแต่ง แต่จะมีปัญหาในการต่อเติมหรือปรับเปลี่ยนผนังบางส่วน เนื่องจากเป็นระบบผนังรับน้ำหนัก (Shear Wall) จึงต้องมีการคำนวณและออกแบบที่รัดกุมไม่สามารถต่อเติมหรือปรับเปลี่ยนได้อิสระเหมือนโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน
6. ระบบผนังโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีจะมีน้ำหนักเบา และไม่มีปัญหาด้านการแตกร้าวเนื่องจากเป็นผนังที่ใช้วัสดุแผ่นสำเร็จรูป แต่จะมีปัญหาในเรื่องของการทำรอยต่อระหว่างระหว่างแผ่นผนัง ที่ต้องใช้โพลียูริเทนและซิลิโคนยาแนวเก็บรอยต่อ ซึ่งมักมีปัญหาจากการที่ช่างมีประสบการณ์ในการก่อสร้างประเภทนี้น้อยมาก ส่งผลให้รอยต่อมีปัญหาการรั่วซึมตามมา อีกทั้งการทำรอยต่อโดยการใช้โพลียูลิเทนและซิลิโคนจะมีอายุการใช้งาน ทำให้เจ้าของอาคารมักมีความกังวนในเรื่องการบำรุงรักษา

6.2.5 สรุปข้อดีและข้อเสียโดยรวมของทั้ง 2 ระบบ

บ้านโครงสร้างเหล็กมีทั้งข้อได้เปรียบและเสียเปรียบในหลายด้าน แต่ทั้งนี้ มองว่าจุดด้อยต่างๆมีแนวทางที่สามารถพัฒนาปรับปรุงได้ โดยสรุปนั้นข้อได้เปรียบที่สำคัญที่สุดสำหรับการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเสาและคานรับน้ำหนักคือเรื่องของระยะเวลาในการก่อสร้างที่เร็ว โดยเฉพาะในส่วนของงานโครงสร้างและพื้นที่ก่อสร้างมีความเป็นระเบียบ ข้อเสียเปรียบคือค่าวัสดุโครงสร้างและค่าแรงงานช่างที่มีฝีมือค่อนข้างสูงและการก่อสร้างยังอิงอยู่กับระบบดั่งเดิมอยู่มากทำให้ไม่สามารถใช้ศักยภาพของโครงสร้างเหล็กได้เต็มที่ ส่วนการก่อสร้างด้วยระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนักมีข้อได้เปรียบในเรื่องของระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างที่รวดเร็ว ความเป็นมาตรฐานของวัสดุ และเป็นระบบการก่อสร้างแบบแห้ง (Dry construction) ข้อเสียเปรียบที่สำคัญที่สุด ได้แก่ ปัญหาด้านราคาวัสดุที่แพง ไม่คงที่ และการขาดช่างที่มีทักษะหรือความชำนาญ จะเห็นว่าทั้งสองระบบมีข้อได้เปรียบและเสียเปรียบที่ใกล้เคียงกันจะแตกต่างก็เพียงในส่วนของรายละเอียดการก่อสร้างปลีกย่อย ทุกวันนี้การยอมรับบ้านโครงสร้างเหล็กแบบสมบูรณ์ทั้งระบบจากผู้บริโภคนั้นยังมีไม่มากนัก เพราะความเคยชินกับระบบการก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กของผู้บริโภคและผู้ประกอบการ รวมไปถึงทัศนคติที่มีต่อบ้านโครงสร้างเหล็ก

6.3 โครงสร้างเหล็กกับการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม

การก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม เป็นที่พูดถึงและหยิบยกนำมาประยุกต์ใช้กับการก่อสร้างในหลายรูปแบบ ซึ่งก่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลเป็นอย่างดีต่อระบบต่างๆที่นำไปประยุกต์ใช้ เริ่มเรื่อยมาตั้งตั้งแต่แผ่นพื้น คสล. สำเร็จรูป เสาคาน ผนัง ตลอดจนระบบโครงสร้างหลังคาที่ก็มีระบบกึ่งสำเร็จรูปแล้วเช่นกัน แทบจะครบทุกส่วนสำหรับการก่อสร้างบ้านหนึ่งหลัง มีหลายบริษัทที่มีการพัฒนารูปแบบและวิธีการก่อสร้างแบบสำเร็จรูป ทั้งที่คิดค้นวิธีการด้วยตัวเองและซื้อลิขสิทธิ์กระบวนการจากต่างประเทศมาพัฒนาให้เกิดความเหมาะสมกับประเทศไทย ทำให้เกิดกระบวนการงานก่อสร้างที่หลากหลาย เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค แต่โดยส่วนใหญ่แล้ว ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นในประเทศไทย จะมีความเหมาะสมและคุ้มค่าแก่การลงทุนมากกว่าหากเป็นงานในลักษณะโครงการเช่นหมู่บ้านจัดสรร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นงานระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กแทบทั้งสิ้น

ระบบโครงสร้างที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย ก็มีด้วยกันหลายระบบ แต่ที่พบเห็นกันมากและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในปะเทศไทย ส่วนใหญ่เห็นจะหนีไม่พ้นระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งหากจะมีการพัฒนาระบบโครงสร้างที่มีความแตกต่าง จากระบบที่เป็นที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันเพื่อให้เกิดทางเลือกและการขอส่วนแบ่งตลาดงานโครงสร้าง การผลักดันระบบโครงสร้างเหล็กแบบคราวเดียวเต็มรูปแบบจะเป็นไปได้ค่อนข้างยาก ซึ่งหากเป็นอาคารประเภทอื่นๆที่ไม่ได้มี

ส่วนในการดำรงชีวิตของมนุษย์มากนัก ก็ไม่ยากกับการที่จะผลักดันให้เกิดการยอมรับและนำมาใช้ในการก่อสร้าง จึงเห็นควรให้มีการประยุกต์ใช้ระบบโครงสร้างที่ผสมผสานกันค่อยๆแนะนำ และใช้ก่อสร้างจนเกิดความคุ้นเคยของผู้บริโภคในประเทศไทยจนเป็นโครงสร้างเหล็กที่สมบูรณ์เต็มรูปแบบนำไปสู่ระบบการก่อสร้างอุตสาหกรรมในที่สุด

รูปที่ 6-4 การใช้โครงคร่าวเหล็กเบาในการทำผนังภายนอกร่วมกับงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

รูปที่ 6-5 งานต่อเติมบ้านพักอาศัยโดยใช้โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี โดยข้อดีของโครงสร้างคือน้ำหนักเบา

สรุปได้ว่าหากจะทำให้เกิดการยอมรับระบบโครงสร้างเหล็กจริงๆต้องอาศัยความอดทน ในการนำมาประยุกต์ใช้งานร่วมกันเป็นส่วนๆ เมื่อผู้บริโภคได้สัมผัสและรับรู้ถึงศักยภาพที่แท้จริง ผ่านทางการใช้งานจริง ก็จะทำให้เกิดการยอมรับและจะทำให้ง่ายในการส่งเสริมส่วนอื่นๆต่อไป จึงเห็นสมควรให้มีการส่งเสริมการสร้างอาคารที่พักอาศัยที่เน้นเหล็กเป็นส่วนประกอบหลัก โดยทำการศึกษาข้อมูลเชิงประจักษ์ จากการเชื่อมโยงข้อมูลต่างๆ จากทั้งผู้ประกอบการผลิตโครงสร้างเหล็ก ผู้ประกอบการรับเหมางานก่อสร้าง ให้สามารถพัฒนาโครงการไปอย่างมีประสิทธิภาพ

6.4 ข้อเสนอแนะในการก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก

เรื่องคุณภาพเป็นปัญหาหลักของการก่อสร้างของระบบโครงสร้างประเภทต่างๆมาโดยมาตลอด ซึ่งคุณภาพของงานส่วนใหญ่จะมาจาก 3 ปัจจัยหลักคือ วัสดุ ฝีมือแรงงาน และระบบการจัดการ สำหรับงานโครงสร้างเหล็กในประเทศไทย หากได้รับการพัฒนาให้สามารถยกระดับเป็นระบบโครงสร้างที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับอย่างกว้างขว้าง สิ่งที่ควรจะให้ความสำคัญในการพัฒนาเป็นลำดับต้นๆคือ การกำหนดมาตรฐานของงานโครงสร้างเหล็กขึ้นใช้ภายในประเทศ โดยให้มีความสอดคล้องเหมาะสมกับลักษณะการใช้งานภายในประเทศ ทั้งนี้ก็ต้องได้รับความร่วมมือจากหลายๆภาคสวนที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างประเภทนี้ ในส่วนของฝีมือแรงงานที่ปัจจุบัน ช่างฝีมือที่มีความรู้ความเข้าใจในการก่อสร้างเหล็กเป็นอย่างดี สำหรับประเทศไทยยังถือว่าขาดแคลนไม่เพียงพอต่อการพัฒนาระบบโครงสร้างประเภทนี้จึงต้องเร่งในการฝึกอบรมและพัฒนาฝีมือแรงงานให้สามารถออกมาทำงานที่มีคุณภาพและมีมาตรฐาน ส่วนการบริหารการจัดการงานก่อสร้างถือเป็นหน้าที่ของผู้ประกอบการแต่ระรายที่จะต้องมีการจัดระบบการทำงานภายในองค์กรของตนเองให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้างอีกทั้งงานก่อสร้างมีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค

ปัจจุบันผู้ผลิตวัสดุได้มีการกำหนดมาตรฐานของวัสดุของตนเอง ทั้งที่เป็นมาตรฐานในระดับสากลที่ทั่วโลกสามารถนำไปใช้ได้และมาตรฐานที่สอดรับกับการใช้สอย และบริบทด้านอื่นๆของประเทศไทย อาทิเช่น ขนาดที่พอดีมีความเหมาะสมในการขนส่ง การผลิตวัสดุโครงสร้างในส่วนของขนาดหน้าตัดที่มีความเหมาะสมในการใช้งานภายในประเทศให้มีเพียงพอแก่การใช้งาน เป็นต้น วัสดุโครงสร้างแต่ละประเภทก็มักจะมีคุณสมบัติและศักยภาพที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการจะนำมาใช้งานหรือกการที่จะเลือกใช้ ควรที่จะพิจารณาจากความเหมาะสม การใช้งาน ความแต่ต่างในเรื่องราคาและความสะดวก ง่ายในการก่อสร้าง การชั่งน้ำหนักผลดีและผลเสียในการที่จะเลือกโครงสร้างแบบต่างๆ แต่ไม่ควรนำความเคยชินที่มีต่อรูปแบบการก่อสร้างที่ใช้กันมาเป็นเวลานาน มาเป็นข้อจัดกัดในการที่จะเลือกโครงสร้างที่แตกต่างออกไป เพราะอาจทำให้เสียโอกาสที่จะได้รับประโยชน์จากระบบโครงสร้างอื่นๆที่อาจจะให้ผลที่ดีกว่า กับลักษณะงานก่อสร้างที่จะใช้

6.4.1 แนวทางการพัฒนาของบ้านที่ใช้ระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคาน (Skeleton steel structure)

1. การออกแบบในปัจจุบันยังไม่สามารถดึงเอาคุณสมบัติทางวัสดุศาสตร์ของเหล็กมาใช้ได้อย่างเต็มที่ อาจจะด้วยทั้งรูปแบบอาคารที่ยังอิงเอาลักษณะของบ้านโครงสร้างคอนกรีตมาใช้โดยมิได้คำนึงว่าเหล็กและคอนกรีตมีคุณลักษณะและคุณสมบัติทางกล ที่แตกต่างกัน การก่อสร้างไม่จำเป็นต้องเป็นไปในรูปแบบเดียวกัน แต่หากโครงสร้างเหล็กสามารถพลิกแพลงได้มากกว่า ออกแบบช่วงพาดได้กว้างและใช้วัสดุประกอบอาคารได้หลากหลายกว่า เป็นต้น และอีกสิ่งหนึ่งที่เป็นการลดขีดความสามารถของการใช้ระบบโครงสร้างเหล็กก็คือข้อจำกัดทางวัสดุที่ประเทศไทยยังมิได้พัฒนาในส่วนนี้เท่าที่ควร อาทิการใช้ระบบพื้นสำเร็จก็เป็นตัวกำหนดให้โครงสร้างเหล็กต้องถูกจำกัดลักษณะรูปทรงของอาคารไป ตามวัสดุของแผ่นพื้นสำเร็จนั้นเอง
2. ควรมีแนวทางในการพัฒนาช่างฝีมือแรงงานเพื่อให้มีความพร้อมในการก้าวสู่การก่อสร้างบ้าน หรืออาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็ก (Steel Building) โดยเฉพาะในส่วนของแรงงานช่างเชื่อมที่จำเป็นต้องเป็นผู้ที่มีความรู้เฉพาะทางในการก่อสร้างด้วยวิธีการเชื่อมพอสมควร เนื่องจากปัจจุบันยังขาดช่างฝีมือประเภทนี้อยู่มาก ส่วนใหญ่จะเป็นการนำช่างส่วนอื่นมาฝึกการเชื่อมเพียงเบื้องต้นก็นำมาใช้ในการก่อสร้างจริงโดยทันที ทำให้คุณภาพของงานเชื่อมคุณภาพลง
3. การพัฒนารูปแบบ และมาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อม เนื่องจากในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดความสูงสองชั้น มิได้มีข้อบังคับที่ชัดเจนเกี่ยวกับการตรวจสอบรอยเชื่อมเท่าใดนัก จึงเห็นควรที่ จะมีการกำหนดให้เป็นมาตรฐานออกมาให้ชัดเจน สำหรับใช้เป็นบรรทัดฐานในการก่อสร้างอาคารประเภทนี้ เพื่อที่จะสามารถเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้ที่วิตกเกี่ยวกับความปลอดภัยในการเข้าอยู่อาศัยในอาคารที่ใช้รอยต่อด้วยวิธีการเชื่อมไฟฟ้า
4. ควรมีการส่งเสริมและพัฒนาระบบการก่อสร้าง ด้วยเหล็กทั้งระบบ (ไม่เฉพาะแต่ในส่วนของงานโครงสร้าง) ควรมีการรวมทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบการก่อสร้างประเภทนี้ให้มีความสมบูรณ์ทั้งระบบตั้งแต่ฐานรากไปจนถึงหลังคา รวมไปถึงวัสดุที่ใช้ก่อสร้างผนัง, เทคนิคการก่อสร้างหรือติดตั้งผนัง ให้มีความสอดคล้องกับระบบโครงสร้างเหล็กมากยิ่งขึ้น
5. บ้านโครงสร้างเหล็กส่วนใหญ่จะเป็นการก่อสร้างแบบแห้ง (Dry Process) แต่ปัจจุบันในการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กในประเทศไทย ยังพบว่ารูปแบบการก่อสร้างยังก่ำกึ่งกันอยู่ระหว่าง Dry process และ Wet Process ดั้งนั้นจึงเห็นควรให้แยกทั้ง 2 ระบบออกอย่างชัดเจน แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงข้อดีและข้อเสียในการแยก ทั้ง 2 ระบบเช่นกัน

6. หากสามารถลดต้นทุนค่าก่อสร้าง ให้ถูกลงกว่าบ้านที่ใช้ระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้ จะเป็นแรงผลักให้ระบบโครงสร้างเหล็กเป็นที่ยอมรับในกลุ่มผู้ประกอบการเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ระบบโครงสร้างเหล็กส่วนหนึ่งที่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากสามารถตอบสนองลูกค้าบางกลุ่มที่ต้องการความรวดเร็วในการก่อสร้างได้เป็นอย่างดี
7. โครงสร้างหลังคาเหล็กเป็นส่วนที่ช่างทั่วไปเริ่มมีความชำนาญ และผู้คนส่วนใหญ่ให้การยอมรับได้เช่นเดียวกับระบบฝ้า และผนังเบาภายใน ดังนั้นจึงควรเร่งพัฒนาระบบดังกล่าวอย่างต่อเนื่องทั้งรูปแบบ วัสดุ ตลอดจนวิธีการก่อสร้างเพื่อให้เกิดบ้านโครงสร้างเหล็กที่สมบูรณ์ทั้งระบบในที่สุด
8. ควรมีการทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบโครงสร้างเหล็กให้มากขึ้นทั้งกับผู้ที่อยู่ในกระบวนการออกแบบ ช่าง และบุคคลทั่วไป โดยควรมีการพัฒนาให้ความรู้เชิงวิชาการ การศึกษาเรื่องความแข็งแรงของระบบผนังแบบโครงเคร่า การป้องกันสนิม และต้องมีการนำข้อมูลต่างๆ ออกเผยแพร่ให้คนทั่วไปได้รับรู้ด้วย เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในระบบโครงสร้างประเภทนี้อย่างแพร่หลายต่อไป
9. การพัฒนาบ้านโครงสร้างเหล็กที่มีลักษณะคล้ายกับการก่อสร้างบ้านคอนกรีตเสริมเหล็กน่าจะมีโอกาสในการทำให้เกิดความเคยชินจนนำไปสู่การยอมรับจากผู้บริโภค ได้ง่ายกว่าการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กแบบเปลือยแสดงโครงสร้าง และมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยมากว่า

6.4.2 แนวทางการพัฒนาของบ้านที่ใช้ระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี (Lightweight steel framing)

1. ระบบ “Lightweight Steel Framing” ยังมีผู้ผลิตโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี สำหรับงานโครงสร้างเพียงไม่กี่ราย มีรูปตัดเหล็กให้เลือกใช้อย่างจำกัด และยังไม่มีผู้ลงทุนผลิตวัสดุหรือทำการก่อสร้างบ้านให้ครบวงจร เหมือนกับธุรกิจบ้านเหล็กสำเร็จรูปในต่างประเทศ จึงควรศึกษาความเป็นไปได้ และศักยภาพของในการพัฒนาวัสดุโครงสร้างทางด้านนี้ให้มากขึ้น
2. ควรมีการศึกษาวิจัยต่างๆเพื่อเพิ่มความมั่นใจในความแข็งแรง ความคงทนถาวร (การกันสนิม) และอายุการใช้งานของโครงสร้างเหล็ก (เหล็กขึ้นรูปเย็น) เนื่องจากความมั่นคงแข็งแรงของระบบผนังเบา หรือผนังกลวงลดลงมักจะอยู่ในระดับล่างเมื่อเทียบกับผนังก่ออิฐฉาบปูน โดยเฉพาะในแง่ของความรู้สึกและความเคยชินของคนทั่วไป
3. ประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดมาตรฐานวัสดุ และมาตรฐานการก่อสร้างบ้านแบบ “Lightweight steel framing” ขึ้นใช้โดยเฉพาะสำหรับให้ผู้ออกแบบ และผู้ก่อสร้างนำไปใช้งานได้สะดวก เทศบัญญัติ หรือกฎหมายที่มีอยู่ก็ยังไม่ได้เกื้อหนุนให้เกิดการใช้กันแพร่หลาย

ดังนั้นจึงควรมีการร่างมาตรฐานวัสดุของการก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กเบา ที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการใช้งานการก่อสร้างของประเทศไทย หากจะผลักดันให้โครงสร้างระบบนี้เป็นที่รู้จักแพร่หลายต่อไป จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องมีการกำหนดมาตรฐานต่างๆไว้ใช้ภายในประเทศ

4. ควรมีการทดลอง หรือการวิจัยระบบผนังที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งาน สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศของประเทศไทย โดยในเฉพาะในส่วนของการป้องกันความร้อน และความชื้น ที่อาจส่งผลต่อโครงคร่าวและ/หรือฉนวนในผนังหากมีการติดตั้ง รวมไปถึงการรั่วซึมของน้ำและอากาศในส่วนของรอยต่อผนัง
5. ควรพัฒนาการทำรอยต่อของวัสดุแผ่นสำหรับงานผนัง และส่งเสริมให้มีการศึกษารูปแบบและวิธีการต่างๆในการทำรอยต่อเพื่อใช้เป็นมาตรฐานและ ศึกษาข้อดีข้อเสียของรอยต่อแบบต่างๆ สำหรับใช้อ้างอิงกับผู้ที่สนใจการก่อสร้างรูปแบบนี้ ทั้งยังเป็นการเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้บริโภคอีกทางหนึ่งด้วย
6. หากมีการพัฒนาวัสดุการก่อสร้าง ที่ใช้สำหรับงานก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็กเบา ควรจัดให้มีการส่งเสริมพัฒนาไปทั้งระบบ ทั้งผู้ผลิตวัสดุ แรงงานช่างฝีมือ สถาปนิก วิศวกร ผู้ควบคุมงาน ตลอดจนเจ้าของ ผู้ประกอบการ ผู้ที่สนใจในการก่อสร้างระบบนี้ ให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัสดุโครงสร้างประเภทนี้ให้มากขึ้น เพราะที่ผ่านมาองค์ความรู้เกี่ยวกับงานก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็กเบายังถือว่าอยู่ในวงที่แคบมากต้องมีการเผยแพร่ให้มากกว่าที่ผ่านมาเพื่อความเข้าใจที่ตรงกันในเรื่องโครงสร้างระบบนี้
7. การทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบโครงสร้างเหล็กให้มากขึ้นทั้งกับผู้ที่อยู่ในกระบวนการออกแบบ ช่าง และบุคคลทั่วไป ในเรื่องของการให้รายละเอียด ข้อกำหนด ข้อควรระวังของผู้อยู่อาศัย เพื่อเป็นข้อมูลในการต่อเติมหรือดูแลรักษาในอนาคต เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในระบบโครงสร้างประเภทนี้อย่างแพร่หลายต่อไป

6.4.3 สรุปการศึกษาโครงการก่อสร้างบ้านพักอาศัยด้วยระบบโครงสร้างเหล็ก

ข้อมูลต่างๆที่ได้จากการทำวิจัยทำให้ทราบถึงรูปแบบการใช้งานโครงสร้างเหล็กที่มีใช้อยู่ในประเทศไทย รวมถึงเทคนิคที่ใช้ในการก่อสร้างลำดับขั้นตอนและปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการก่อสร้างเพื่อใช้เป็นแนวทางในการ ศึกษาและพัฒนาระบบโครงสร้าง และใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงประกอบการออกแบบและการก่อสร้างที่จะนำระบบโครงสร้างเหล็กเข้ามาใช้ อีกทั้งเพื่อเป็นการผลักดันให้ระบบการก่อสร้างประเภทนี้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในประเทศไทยเพิ่มมากขึ้นในอนาคต สำหรับประเทศไทยการเปลี่ยนแปลงการใช้วัสดุหรือระบบการก่อสร้างจากระบบ และรูปแบบที่เคยใช้กัน

ทั่วไป (Conventional construction) ไปสู่การยอมรับวัสดุหรือระบบการก่อสร้างใหม่ๆ นั้นจำเป็นต้องอาศัยระยะเวลาในการสร้างความคุ้นเคยและการยอมรับจากผู้บริโภค ซึ่งในส่วนของระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนัก ค่อนข้างที่จะมีการก่อสร้างจนเป็นที่ยอมรับสำหรับผู้บริโภคอยู่พอสมควร และดูจะเป็นระบบที่มีโอกาสในการส่งเสริมและพัฒนาให้เป็นระบบโครงสร้างทางเลือกที่สามารถแข่งขันกับระบบอื่นๆที่มีการก่อสร้างอยู่ในปัจจุบันมากกว่าการก่อสร้างด้วยระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสีผนังรับน้ำหนัก ที่ยังมีอีกหลายปัจจัยที่ยังยากที่จะปรับให้เข้ากับผู้บริโภคในประเทศไทย แต่หากได้รับการพัฒนาและส่งเสริมอย่างต่อเนื่องก็จะทำให้ระบบนี้มีโอกาสเป็นที่ยอมรับได้เช่นกัน การเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นจากความสามารถแข่งขันทางธุรกิจและเหตุผลด้านราคาเป็นสำคัญ การนำเหล็กมาใช้ทดแทนระบบการก่อสร้างแบบเดิม ที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันในอาคารพักอาศัยจึงมีการพัฒนาแบบค่อยเป็นค่อยไป ทีละส่วนเช่น เสา คาน และหลังคา จากนั้นจึงค่อยๆพัฒนาระบบผนังและพื้นควบคู่กันไป จนในที่สุดแล้วผู้วิจัยหวังว่าจะเป็นส่วนที่ทำให้เกิดระบบโครงสร้างเหล็กเต็มรูปแบบที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับบริบทต่างๆในประเทศไทยได้ในไม่ช้า

ในการพัฒนาการก่อสร้างให้เป็นระบบอุตสาหกรรมมองว่าระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเสาและคานรับน้ำหนักมีศักยภาพที่จะแข่งขันกับระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้ดีกว่าระบบระบบโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี ผนังรับน้ำหนัก เนื่องจากมีขั้นตอนการก่อสร้างที่ง่ายไม่ซับซ้อนเมื่อเทียบกับโครงสร้างคอนกรีต มีข้อดีในเรื่องของระยะเวลาที่รวดเร็วกว่า สามารถหาช่างที่มีทักษะในงานโครงสร้างเหล็กประเภทนี้ได้ง่ายกว่า และการคำนวณก็ทำได้ง่าย วิศวกรสามารถคำนวณได้โดยไม่ต้องพึ่งพาระบบคอมผิวเตอร์เข้ามาเกี่ยวข้องมากนักเมื่อเทียบกับระบบผนังรับน้ำหนัก และรูปแบบโครงสร้างก็ไม่ซับซ้อน ดัดแปลงต่อเติมรื้อถอนได้ง่าย เพราะแท้จริงแล้วเป็นระบบการก่อสร้างทางเลือกอีกระบบหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างในอนาคต เพียงแต่ต้องมีการปรับปรุงรูปแบบการก่อสร้างที่ในปัจจุบันนอกจากโครงสร้างเสาและคานที่ใช้เหล็กรูปพรรณโครงสร้างมาใช้งาน ส่วนโครงสร้างอื่นๆนั้นยังเป็นระบบที่มีรูปแบบการก่อสร้างเช่นเดียวกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเกือบจะทั้งหมด อาทิเช่น ระบบผนังก่อที่ถือว่าเป็นการก่อสร้างระบบเปียก (Wet process) และการใช้แผ่นพื้นสำเร็จเป็นโครงสร้างพื้น ซึ่งกลายเป็นข้อจำกัดในการออกแบบช่วงเสาที่ต้องคำนึงถึงลักษณะแผ่นพื้นสำเร็จทั้งที่ในความจริงแล้วโครงสร้างเหล็กสามารถออกแบบได้อย่างอิสระหากไม่ถูกจำกัดด้วยวัสดุพื้นทำให้สูญเสียโอกาสในการใช้ศักยภาพของโครงสร้างเหล็ก และทำให้การก่อสร้างระบบนี้ประหยัดเวลาได้จริงๆก็เฉพาะในส่วนของการทำโครงสร้างเสาคานเท่านั้น ส่วนอื่นๆจะยังใช้ช่างและระยะเวลาในการก่อสร้างไม่แตกต่างจากบ้านคอนกรีตเสริมเหล็กเท่าไรนัก

รูปที่ 6-6 การนำระบบผนังโครงคร่าวมาประยุกต์ใช้กับระบบโครงสร้างเสาและคาน

การพัฒนารูปแบบการก่อสร้าง วัสดุโครงสร้างที่มีความเหมาะสมกับประเทศไทย โดยเฉพาะระบบโครงสร้างเหล็กเสาและคานให้เป็นระบบอุตสาหกรรมมากขึ้น ควรมีการศึกษาวิจัยรูปแบบโครงสร้างร่วมอื่นๆให้หลากหลาย เช่นการศึกษาผนังรูปแบบต่างๆ รวมไปถึงระบบโครงสร้างพื้น ที่เหมาะสมกับระบบโครงสร้างเหล็กเสาคาน มากว่าผนังก่ออิฐฉาบปูน หรือแผ่นพื้นสำเร็จ อาทิ ระบบผนังหากมีการศึกษาโดยนำระบบโครงคร่าวและวัสดุแผ่นปิดผิวเข้ามาใช้แทนการก่ออิฐฉาบปูน จะสามารถ ทุ่นระยะเวลาการก่อสร้างเพิ่มขึ้นไปอีกและโครงคร่าวผนังนี้ก็ไม่ได้รับน้ำหนักของอาคาร จึงไม่จำเป็นต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ เพราะงานลักษณะนี้เริ่มเป็นที่คุ้นเคยกับช่างไทยในส่วนของการก่อสร้างผนังเบาภายในอาคาร แต่ก็ควรระมัดระวังการประกอบโครงสร้างบริเวณช่องเปิดต่างๆเป็นพิเศษ เพราะถึงแม้โครงคร่าวจะไม่ได้รับน้ำหนักของอาคารแต่ในส่วนช่องเปิดโครงคร่าวก็ต้องรับน้ำหนักของวัสดุช่องเปิดไม่ว่าจะเป็นไม้ กระจกหรือวัสดุอื่นๆที่จะถ่ายน้ำหนักลงสู่โครงคร่าว รวมไปถึงรายละเอียดการทำรอยต่อของโครงคร่าวส่วนต่างๆ และรอยต่อชนระหว่างวัสดุแผ่นที่ควรให้ความสำคัญในการรออกแบบ หากพัฒนาเป็นระบบอุตสาหกรรม โครงสร้างเสา คาน ผนัง และพื้นจะเป็นระบบที่ควรจะมีกระบวนการในการออกแบบ ตัดแต่ง หรือการประกอบชิ้นส่วนโครงสร้าง ที่สามารถทำได้ในโรงงานในขณะที่ สถานที่ก่อสร้างกำลังดำเนินการตอกเสาเข็ม ถือเป็นการทำงานควบคู่กันไป หากพัฒนาได้ดั่งนี้มีการศึกษาข้อดีข้อเสียส่วนต่างๆอย่างละเอียด ถึงความเหมาะสมและผลกระทบที่จะมีต่อผู้บริโภคในระยะยาว ก็จะก่อให้เกิดระบบบ้านโครงสร้างเหล็กเต็มระบบที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับประเทศไทยในที่สุด

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. การก่อสร้างด้วยเหล็ก. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2542.

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. อุตสาหกรรมเหล็กกับการก่อสร้างบ้านในอนาคต. จำนวน1,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์, 2545.

เฉลิม สุจริต. วัสดุและการก่อสร้างสถาปัตยกรรม. พิมพ์ครั้งที่5. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ชวลิต นิตยะ. โครงสร้างในงานสถาปัตยกรรม. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ชลธี อิ่มอุดม. ระบบโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

รังสี นันทสาร. การออกแบบโครงสร้างเหล็ก. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2528.

สมเกียรติ รุ่งทองใบสุรีย์. การออกแบบโครงสร้างเหล็ก. พิมพ์ครั้งที่4. กรุงเทพมหานคร: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.

กิติพงศ์ พลจันทร์ และ ทัต สัจจะวาที. การก่อสร้างอาคาร บรรยายพร้อมภาพ. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2549

กฤติกา ประยูรหงส์. เงื่อนไขด้านเทคนิคในการก่อสร้างอาคารหอพักขนาด 3 ชั้นด้วยโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ : กรณีศึกษา หอพักนักศึกษาโครงการยูเซ็นเตอร์ บริเวณถนนจุฬาลงกรณ์ ซอย 42 กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

กิตติพงศ์ อัศดรวิเศษ, สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. การใช้พลังงานกับอุตสาหกรรมเหล็ก. [สืบค้น เมื่อ 25 กันยายน 2549]. http://www.isit.or.th/techinfoview.asp

บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเหล็กชุบเคลือบสังกะสี. [สืบค้น เมื่อ 10 ธันวาคม 2549]. http://www.isit.or.th/techinfoview.asp

ธนากร พีระพันธุ์. สัมภาษณ์, 9 กันยายน 2549.

ภาษาอังกฤษ

American institute of steel construction inc. Connecting steel Members a teaching Guide. Chicago: One East Wacker, 2001.

American institute of steel construction inc. Steel Connection / Detail and relative costs. Chicago: One East Wacker, 2001.

Conncil on Tall Buildings and Urban Habitat. Structural Systems for Tall Buildings. Singapore: McGraw-hill, 1995.

Bungale S. Taranath. Steel, concrete, and Composite Design of Tall Buildings. Second edition. United States of America: McGraw-hill, 1976.

Simmons. H. Leslie . Construction principles, materials, and Methods. Previous editions developed by Harold B.Olin, John L, Schmidt, Walter H,Lewis. United States of America: Van Nostrand Reinhold, 1994.

Edward Allen. Fundamentals of building construction: Materials and methods. Three editions. United States of America: John Wiley & Sons, 1999.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การอนุรักษ์พลังงานของบ้านโครงสร้างเหล็ก

กรณีศึกษาบ้านโครงสร้างไม้ และบ้านโครงสร้างเหล็กต้นแบบ[1]

เป็นข้อมูลจากการทำวิจัยกรณีศึกษาบ้านโครงสร้างไม้ และบ้านโครงสร้างเหล็กต้นแบบมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของบ้านโครงสร้างเหล็ก (Steel Framing) และบ้านโครงสร้างไม้ (Wood Framing) เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านทั่วไปที่ใช้โครงสร้างเสา-คานคอนกรีตเสริมเหล็ก และศึกษาถึงความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของบ้านโครงสร้างเหล็กและบ้านโครงสร้างไม้ โดยพิจารณาจากราคาค่าก่อสร้างของบ้านและค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้

ในกรณีบ้านต้นแบบ (Base Case) บ้านโครงสร้างคอนกรีตมีราคาค่าก่อสร้าง 2,499,904 บาท (10,235 บาทต่อตรม.) บ้านโครงสร้างไม้ 2,982,621 บาท (12,211 บาทต่อตรม.) และบ้านโครงสร้างเหล็ก 2,679,269 (10,969 บาทต่อตรม.) บ้านโครงสร้างไม้มีค่าก่อสร้างที่สูงกว่าบ้านโครงสร้างคอนกรีต 482,717 บาท (19.3%) ส่วนบ้านโครงสร้างเหล็กมีค่าก่อสร้างที่สูงกว่าบ้านโครงสร้างคอนกรีต 179,365 บาท (7.2%) (รูปที่ 2) จากผลการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้า (ปรับอากาศ ไฟฟ้าแสงสว่าง และอุปกรณ์ไฟฟ้า) ของบ้านทั้งสามประเภท พบว่าบ้านโครงสร้างคอนกรีตมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี 15,332 กิโลวัตต์ชั่วโมง บ้านโครงสร้างไม้ 13,814 กิโลวัตต์ชั่วโมง และบ้านโครงสร้างเหล็ก 13,583 กิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับบ้านโครงสร้างไม้จะใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี

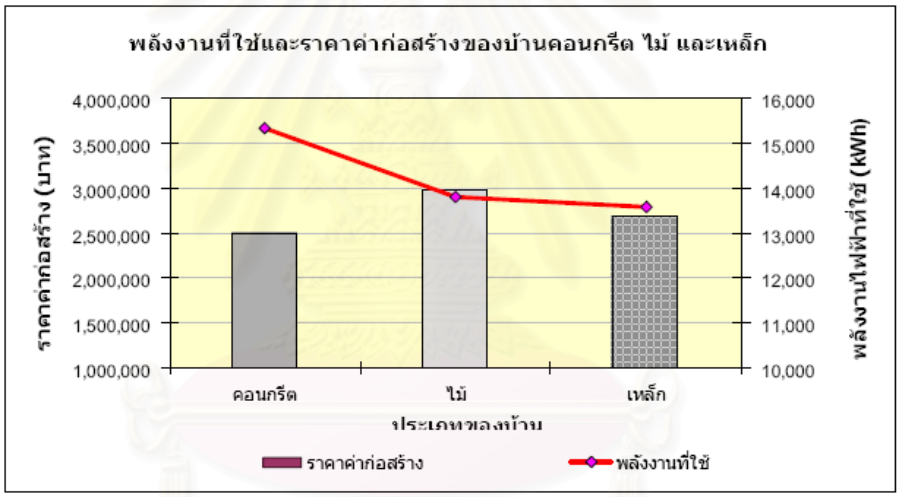
ต่ำกว่าบ้านโครงสร้างคอนกรีต 1,519 กิโลวัตต์ชั่วโมง (9.9%) ส่วนบ้านโครงสร้างเหล็กจะใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีต่ำกว่าบ้านโครงสร้างคอนกรีต 1,749 กิโลวัตต์ชั่วโมง (11.4%) (รูปที่ 3) บ้านโครงสร้างคอนกรีตจะเสียค่าไฟฟ้าต่อปี 55,809 บาท บ้านโครงสร้างไม้ 50,047 บาท และบ้านโครงสร้างเหล็ก 49,171 บาทสำหรับบ้านโครงสร้างไม้จะเสียค่าไฟฟ้าต่อปีต่ำกว่าบ้านโครงสร้างคอนกรีต 5,762 บาท (10.3%) ส่วนบ้านโครงสร้างเหล็กจะเสียค่าไฟฟ้าต่อปีต่ำกว่าบ้านโครงสร้างคอนกรีต 6,638 บาท (11.9%) เนื่องจากราคาค่าก่อสร้างของบ้านโครงสร้างไม้และบ้านโครงสร้างเหล็กสูงกว่าบ้านโครงสร้างคอนกรีตมาก เมื่อเทียบกับค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ในแต่ละปี ดังนั้นจึงมีระยะเวลาคืนทุนค่อนข้างนาน โดยบ้านโครงสร้างเหล็กจะมีระยะเวลาในการคืนทุนที่สั้นกว่าบ้านโครงสร้างไม้ (บ้านโครงสร้างไม้ 84 ปี และ บ้านโครงสร้างเหล็ก 27 ปี)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

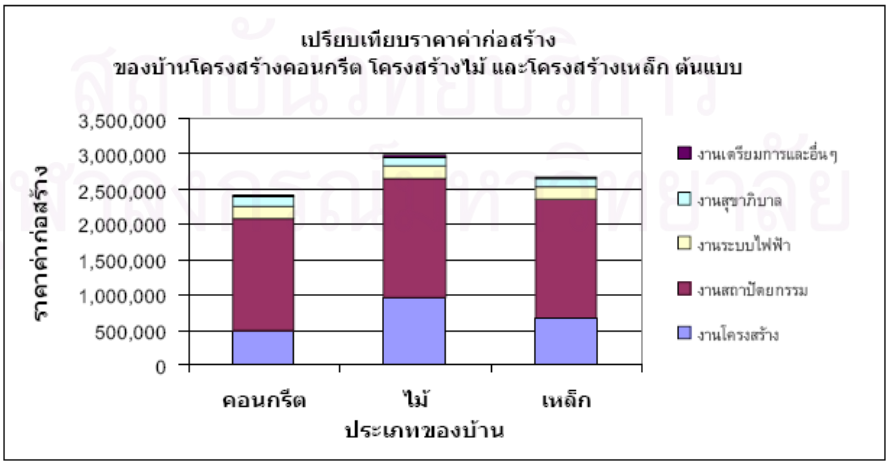
[1] ปรีชญา มหัทธนทวี จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ และ ดรุณี มงคลสวัสดิ์. ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของบ้านโครงสร้างเหล็กและบ้านโครงสร้างไม้ที่พัฒนาขึ้นในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2549.

	โครงสร้างคอนกรีต	โครงสร้างไม้	โครงสร้างเหล็ก
ผนังภายนอก	ผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 10 ซม.	โครงคร่าวไม้ขนาด 2"x4" @ 0.6 ม. ภายนอกบุแผ่นไม้อัดซีเมนต์ หนา 12 มม. ภายในบุยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.	โครงคร่าวเหล็ก 92x45x0.08 มม. @ 0.6 ม. ภายนอกบุแผ่นไม้อัดซีเมนต์ หนา 12 มม. ภายในบุยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.
ผนังภายใน	ผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 10 ซม.	ผนังโครงคร่าวไม้ขนาด 2"x4" บุยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ทั้งสองด้าน	ผนังโครงคร่าวเหล็ก 92x45x0.08 มม. บุยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ทั้งสองด้าน
พื้นชั้นล่าง	พื้นค.ส.ล. หนา 10 ซม. บุแกรนิต	พื้นค.ส.ล. หนา 10 ซม. บุแกรนิต	พื้นค.ส.ล. หนา 10 ซม. บุแกรนิต
พื้นชั้นสอง	พื้นค.ส.ล. หนา 10 ซม. บุไม้ปาร์เก้ หนา 1/2 นิ้ว	ตงไม้ขนาด 2"x8" @ 0.6 ม. ปูด้วยแผ่นไม้อัดซีเมนต์ หนา 24 มม. ด้านบนบุไม้ปาร์เก้ หนา 1/2 นิ้ว	ตงเหล็กขนาด 200x45x1 มม. @ 0.6 ม. ปูด้วยแผ่นไม้อัดซีเมนต์ หนา 24 มม. ด้านบนบุไม้ปาร์เก้ หนา 1/2 นิ้ว
ฝ้าเพดาน	ยิปซั่มบอร์ด หนา 9 มม.	ยิปซั่มบอร์ด หนา 9 มม.	ยิปซั่มบอร์ด หนา 9 มม.
หลังคา	โครงหลังคาเหล็ก บุกระเบื้องคอนกรีต	โครงหลังคาไม้ บุกระเบื้องคอนกรีต	โครงหลังคาเหล็ก บุกระเบื้องคอนกรีต
หน้าต่าง	กระจกใส หนา 6 มม.	กระจกใส หนา 6 มม.	กระจกใส หนา 6 มม.

ตารางแสดงวัสดุที่ใช้ของบ้านโครงสร้างคอนกรีต ไม้ และเหล็ก



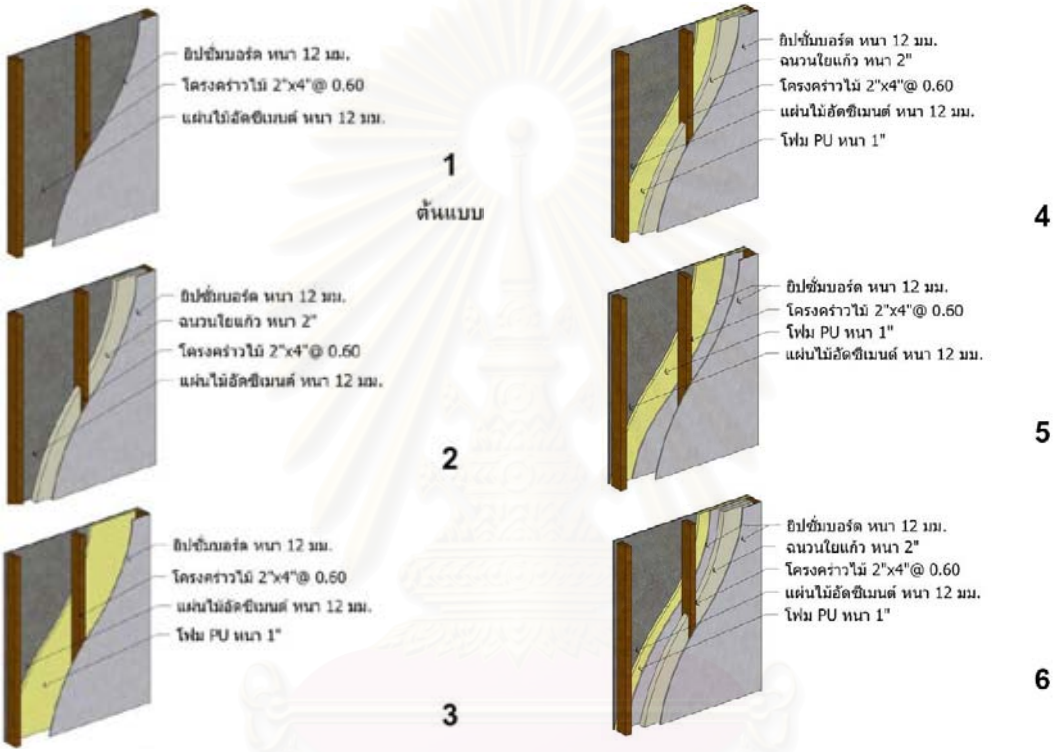
แผนภูมิแสดง ค่าก่อสร้างบ้านโครงสร้างคอนกรีต ไม้ และ เหล็ก



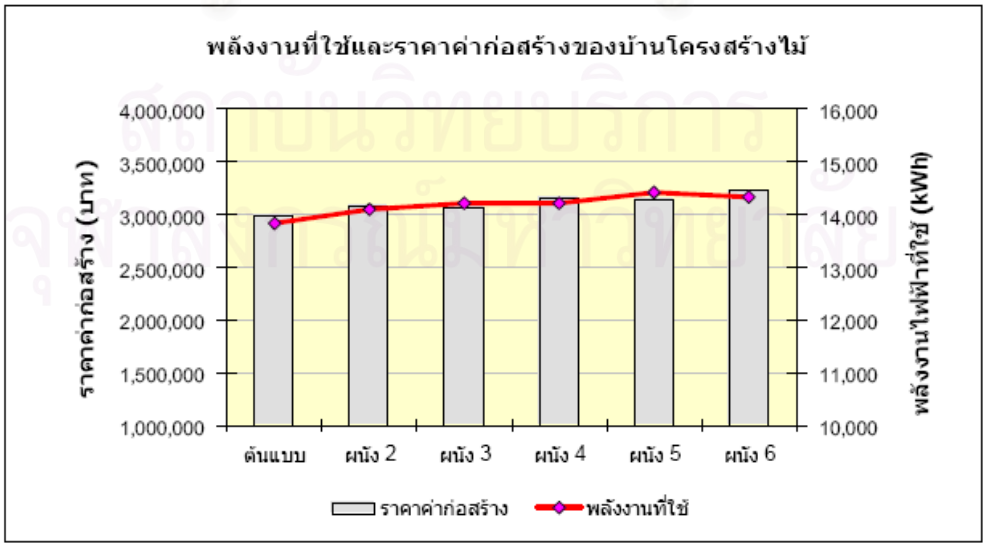
แผนภูมิแสดง เปรียบเทียบค่าก่อสร้างและการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านโครงสร้างคอนกรีต ไม้ และเหล็ก

การปรับเปลี่ยนวัสดุผนังของบ้านโครงสร้างไม้ และบ้านโครงสร้างเหล็กต้นแบบ

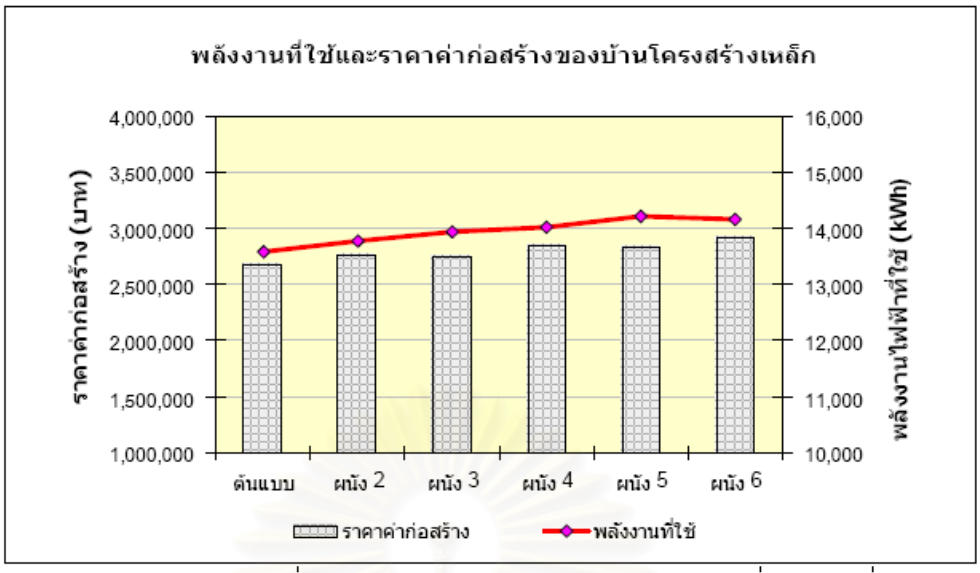
จากบ้านโครงสร้างไม้และบ้านโครงสร้างเหล็กต้นแบบ (ใช้ผนังหลังคา ฝ้าเพดาน และพื้น ตามรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 1) ทำการปรับเปลี่ยนวัสดุที่ใช้สำหรับผนังภายนอกเพิ่มเติมอีก 5 แบบ รูปที่ 6 แสดงผนังภายนอกที่ทำการศึกษาของบ้านโครงสร้างไม้ สำหรับบ้านโครงสร้างเหล็ก จะปรับเปลี่ยนผนังภายนอก เช่นเดียวกันกับบ้านโครงสร้างไม้ แต่ใช้โครงคร่าวเหล็กแทนโครงคร่าวไม้ โดยผนังที่มีค่าความต้านทานความร้อนน้อยที่สุดคือผนังแบบที่ 1 และมากที่สุดคือผนังแบบที่ 6



รูปภาพแสดง ผนังโครงคร่าวไม้แบบต่างๆ



แผนภูมิแสดง พลังงานที่ใช้และค่าก่อสร้างบ้านโครงสร้างไม้ เมื่อใช้ผนังที่ต่างกัน



แผนภูมิแสดง พลังงานที่ใช้และค่าก่อสร้างบ้านโครงสร้างเหล็ก เมื่อใช้ผนังที่ต่างกัน

ผลการศึกษาพบว่า สำหรับการใช้เครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ในช่วงเวลากลางคืนนั้น การเพิ่มวัสดุที่เป็นฉนวนในส่วนของผนังภายนอก เช่น การบุฉนวนใยแก้วระหว่างโครงคร่าว หรือมีฉนวนโฟมโพลียูรีเทน ปิดด้านนอกของโครงคร่าว ตลอดจนการเพิ่มชั้นวัสดุปิดผิว เช่น ยิปซั่มบอร์ด ถัดจากโครงคร่าว ทำให้ค่าก่อสร้างของบ้านโครงสร้างไม้และบ้านโครงสร้างเหล็กสูงเพิ่มขึ้นจากบ้านต้นแบบ แต่ไม่ได้ช่วยให้ปริมาณการใช้พลังงานของบ้านลดลงจากบ้านต้นแบบ ดังนั้นการปรับเปลี่ยนผนังภายนอกดังกล่าวจึงไม่คุ้มค่าในการลงทุน

การปรับเปลี่ยนวัสดุผนังให้มีค่าความต้านทานความร้อนเพิ่มขึ้น ไม่ได้ช่วยในเรื่องของการประหยัดไฟฟ้า อนึ่งผลที่ได้จากการศึกษานี้ขึ้นอยู่กับสภาพเงื่อนไขที่กำหนดในการจำลองการใช้พลังงาน เช่น ช่วงเวลาที่ใช้เครื่องปรับอากาศ กรณีที่ตัวแปรเหล่านี้แตกต่างไป อาจส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานของบ้าน ตลอดจนวัสดุผนังที่มีความเหมาะสมที่จะช่วยประหยัดพลังงานของบ้านโครงสร้างไม้และบ้านโครงสร้างเหล็ก

สรุป

ในกรณีที่ใช้เครื่องปรับอากาศในช่วงเวลากลางคืนเป็นส่วนใหญ่นั้น บ้านโครงสร้างเหล็กและบ้านโครงสร้างไม้ต้นแบบ จะมีปริมาณการใช้พลังงานที่ต่ำกว่าบ้านโครงสร้างคอนกรีต (9.9% และ 11.4%) โดยบ้านโครงสร้างเหล็กจะประหยัดพลังงานได้มากกว่าบ้านโครงสร้างไม้เล็กน้อย เนื่องจากบ้านโครงสร้างไม้และบ้านโครงสร้างเหล็ก มีค่าก่อสร้างที่สูงกว่าบ้านทั่วไปมาก เมื่อเทียบกับค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ จึงมีระยะเวลาคืนทุนที่นานกว่า 25 ปี สำหรับบ้านโครงสร้างไม้และเหล็ก

ประวัติผู้เขียน

นายศิริชัย ศิลปรัศมี เกิดวันที่ 25 กันยายน พ.ศ.2523 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้ จังหวัดสงขลา ได้ทำงานตำแหน่งสถาปนิกในบริษัทเอกชนเป็นเวลา 1 ปี ก่อนเข้าทำการศึกษาต่อในหลักสูตร สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม (ออกแบบสถาปัตยกรรม) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2548

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย