โครงหลังคาสำเร็จรูป : โครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์

นายเพิ่มวิทย์ เตชะทวีวัฒน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

PREFABRICATED ROOF STRUCTURE : GALVANISED STEEL TRUSS

Mr. Permvit Taechataweewat

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โครงหลังคาสำเร็จรูป : โครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์
โดย	นายเพิ่มวิทย์ เตชะทวีวัฒน์
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาสัย

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นาวาโท ไตรวัฒน์ วิรยศิริ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาสัย)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จาตุรนต์ วัฒนผาสุก)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต นิตยะ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เพิ่มวิทย์ เตชะทวีวัฒน์ : โครงหลังคาสำเร็จรูป : โครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ (PREFABRICATED ROOF STRUCTURE : GALVANISED STEEL TRUSS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร. บัณฑิต จุลาสัย, หน้า.

เดิมทีนิยมใช้ไม้ทำโครงหลังคาเนื่องจากมีกลสมบัติกำลังรับแรงดัดได้ดี แต่ปัจจุบันไม้มีราคาสูงและไม่ทนทาน จึงใช้เหล็กรูปพรรณแทน แต่เหล็กรูปพรรณมีกลสมบัติรับแรงดัดน้อยกว่าไม้เมื่อเปรียบเทียบด้วยน้ำหนักของวัสดุ จึงจำเป็นต้องเพิ่มค้ำยัน เพื่อให้สามารถใช้เหล็กรูปพรรณที่มีหน้าตัดเล็กลงและส่งผลให้โครงหลังคามีน้ำหนักเบาลงได้ อีกทั้งเหล็กรูปพรรณเกิดสนิมได้ง่าย จึงใช้เหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่กันสนิมได้แทน อีกทั้งน้ำหนักเบา ราคาถูก และยังรับแรงดึงและแรงอัดได้มากกว่าจึงทำให้ลดหน้าตัดชิ้นส่วนลงได้ แต่ต้องเปลี่ยนรูปแบบโครงหลังคาเป็นโครงถักเพราะเหล็กชุบกัลวาไนซ์รับแรงดัดได้น้อย

เหล็กชุบกัลวาไนซ์จะผลิตจากโรงงานเป็นแผ่นเรียบและม้วนกับแกนเหล็ก สำหรับส่งไปตัดและพับตามรูปแบบที่อีกโรงงานหนึ่ง จากนั้นจะขนส่งชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ไปยังสถานที่ก่อสร้าง และกองเก็บรอการประกอบโครงหลังคา ในการประกอบโครงถักต้องการพื้นที่ที่เรียบสม่ำเสมอ เมื่อประกอบโครงถักแล้วเสร็จ จะใช้แรงคนยกขึ้นไปติดตั้งจนพร้อมมุงหลังคา จากกรณีศึกษาบ้านเดี่ยว พบปัญหา ที่กองเก็บชิ้นส่วนที่มีจำนวนถึง 119 ชิ้น สำหรับประกอบโครงถัก 6 โครง และยาวเท่ากับขนาดของหลังคามักกีดขวางการทำงานอื่น ทำให้ชิ้นส่วนเกิดกระทบกระแทกและได้รับความเสียหาย อีกทั้งปัจจุบันต้องใช้พื้นที่ถนนเป็นที่ประกอบโครงถัก จึงมักมีปัญหาเนื่องจากถนนเป็นงานลำดับท้ายของโครงการ

จึงเสนอแนะให้ใช้โครงถักที่ประกอบจากสถานที่อื่น เป็นโครงถักสำเร็จรูปที่มีความยาวสอดคล้องกับข้อกำหนดการขนส่ง โดยเสนอโครงถักสำเร็จรูป 3 รูปแบบ ได้แก่แบ่งความยาวของโครงถักเดิม 6 โครง ออกเป็นสองส่วน นำไปติดตั้งในลักษณะวางขนานกันเช่นเคย ซึ่งประกอบจากโครงถัก 12 โครง จำนวน 119 ชิ้น อีกรูปแบบหนึ่งแบ่งโครงถักเป็นสองส่วน แต่ติดตั้งในลักษณะวางขนานกันเป็นฟันปลา โดยต้องเพิ่มชิ้นส่วนขึ้นเล็กน้อยสำหรับโครงถัก 12 โครง จำนวน 151 ชิ้น รูปแบบสุดท้ายเปลี่ยนรูปแบบโครงถักใหม่ โดยติดตั้งตามแนวตะเข้สันของหลังคา ซึ่งใช้ชิ้นส่วนสำหรับประกอบเป็นโครงถัก 8 โครง จำนวน 106 ชิ้น จะเห็นได้ว่า การประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์สามารถกระทำได้ที่โรงงาน และขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้างได้ โดยทั้งคงรูปแบบโครงถักเดิม หรือเพิ่มชิ้นส่วนขึ้นเล็กน้อย รวมทั้งออกแบบโครงถักเป็นโครงหลังคาสำเร็จรูปรูปแบบอื่น

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560

5973387125 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORDS: PREFABRICATED ROOF STRUCTURE / TRUSS / GALVANISED STEEL / TENSION / COMPRESSION

PERMVIT TAECHATAWEEWAT: PREFABRICATED ROOF STRUCTURE : GALVANISED STEEL TRUSS. ADVISOR: PROF. BUNDIT CHULASAI, Ph.D., pp.

Originally, the trend is using woods to make the roof structures have the bending very well. Nowadays the price of woods is expensive. The use of steel has replaced woods. As the steel can handle less bending than woods, it needs the shores to handle the structures. The steel can have rust easily. Therefore, Galvanised Steel is used instead of steel as it can protect from rust, and cheaper price. It can handle better tension and compression than steel. The facial area is reduced, but the structures of roofs need to change into the Galvanised Steel Truss as it still needs some supports for bending. The Galvanised Steel is produced in one factory in order to cut and folded into certain styles wanted in another factory. After that the factory transports and piles them into construction sites. The smooth area is needed to assemble the truss and uses workers' forces to carry pieces up to establish them to make roofs. From the study case of a single house, it shows that there are 119 pieces to assemble the 6 truss structures. The trusses seem to be obstacle of spaces to work and some damaged occurred to Galvanised Steel pieces.

The advice is to use other place to assemble the truss and make them into proper lengths that relate to the conditions of transportations. The 3 finished styles of the Prefabricated Roof Structures are divided the original 6 structures into 2 parts and construct them to parallel one another in the style as truss before. The truss has 12 structures, 119 pieces. Another style is constructing them into 2 parts, but establishing them paralleling into serration pattern which need to add 12 structures, 151 pieces. The last style is changing the pattern of truss by using the hip rafter of roofs. There are 8 trusses, 106 pieces.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Architecture Student's Signature .....
Field of Study: Architecture Advisor's Signature .....
Academic Year: 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออันดียิ่งจาก ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาสัย อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ซึ่งช่วยชี้แนะแนวทาง คอยดูแลการทำวิจัยอย่างใกล้ชิด รวมทั้งให้คำปรึกษาและแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาระหว่างการทำงานที่ดีเสมอมา ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่ให้ความรู้และคำแนะนำที่ดียิ่งในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ บริษัท เค ที ซี โฮม จำกัด ที่ให้ข้อมูลในการทำงานวิจัยครั้งนี้ รวมไปถึงพี่ๆ วิศวกร บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) ที่ให้คำปรึกษาและข้อมูลในงานวิจัย

และสุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อสมศักดิ์ เตชะทวีวัฒน์ คุณแม่มาลินี เตชะทวีวัฒน์ และเพื่อนร่วมรุ่นทุกคน ที่คอยให้คำปรึกษา สนับสนุนและให้กำลังใจทุกอย่างในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด ซึ่งประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บุคคลต่างๆที่ได้กล่าวมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญภาพ 1
สารบัญตาราง 1
สารบัญแผนภูมิ 1
บทที่ 1 1
บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3
1.4 คำจำกัดความของการวิจัย 3
1.5 ระเบียบวิธีการศึกษา 4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 6
ทฤษฎี แนวความคิดและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 กลสมบัติของวัสดุ 6
2.1.1 กลสมบัติของไม้ 6
2.1.2 กลสมบัติของเหล็กรูปพรรณ 9
2.2 โครงหลังคา 11
2.2.1 โครงหลังคาไม้ 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.2.2 โครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ 13
2.3 คุณสมบัติของวัสดุ 15
2.3.1 คุณสมบัติของไม้ 15
2.3.2 คุณสมบัติของเหล็กรูปพรรณ 15
2.4 การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป 16
2.5 ข้อกำหนดการขนส่งด้วยรถบรรทุก 17
2.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18
บทที่ 3 20
ข้อมูลเบื้องต้น 20
3.1 โครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) 20
3.2 โครงการบ้านภัสสร บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) 24
3.3 ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 27
3.4 ขั้นตอนการขนส่งชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 36
3.5 ขั้นตอนการประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์และติดตั้งโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 39
บทที่ 4 43
ผลการศึกษาการก่อสร้างโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 43
4.1 รูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในปัจจุบัน 43
4.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นของการก่อสร้างโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในปัจจุบัน 56
บทที่ 5 60
การออกแบบโครงถักสำเร็จรูปและวิเคราะห์ข้อมูล 60
5.1 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูปที่สามารถขนส่งได้ตามข้อกำหนดการขนส่ง 60
5.1.1 ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบโครงถักสำเร็จรูป 60
5.1.2 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป 63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

5.1.2.1 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป A 63
5.1.2.2 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป B 81
5.1.2.3 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป C 92
5.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 99
5.2.1 ค่าใช้จ่ายในการขนส่งโครงถักสำเร็จรูปไปยังสถานที่ก่อสร้าง 99
5.2.1.1 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป A 100
5.2.1.2 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป B 100
5.2.1.3 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป C 101
5.2.2 เปรียบเทียบชิ้นส่วนและน้ำหนักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้ 103
5.2.2.1 รูปแบบโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 106
5.2.2.2 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป A 107
5.2.2.3 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป B 109
5.2.2.4 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป C 111
บทที่ 6 118
สรุปผลงานวิจัย 118
ข้อเสนอแนะ 129
..... 130
รายการอ้างอิง 130
ภาคผนวก ก 131
กลสมบัติของไม้ 131
ภาคผนวก ข 134
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 149

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 2.1 แรงที่กระทำบนผิวไม้ตามแนวหลัก 3 แกน 7
ภาพ 2.2 หน้าตัดเหล็กรูปพรรณแบบต่างๆ 9
ภาพ 2.3 ส่วนประกอบโครงหลังคาไม้ทรงปั้นหยา 13
ภาพ 2.4 การเพิ่มค้ำยันโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณทรงปั้นหยา 14
ภาพ 2.5 โครงหลังคาเหล็กรูปพรรณลักษณะโครงถัก 14
ภาพ 3.1 แปเหล็กชุบกัลวาไนซ์เอสซีจีขนาด 64 x 22 x 0.48 มิลลิเมตร 22
ภาพ 3.2 ภาพจำลองบ้านเดี่ยว รูปแบบ Re-Sight 2 หน่วย 24
ภาพ 3.3 ผังพื้นชั้นล่างและชั้นบนของบ้านเดี่ยว รูปแบบ Re-Sight 2 หน่วย 24
ภาพ 3.4 พื้นที่กองเก็บคอยล์เหล็กชุบกัลวาไนซ์ 27
ภาพ 3.5 คอยล์เหล็กชุบกัลวาไนซ์ก่อนที่จะทำการตัดแบ่งตามแนวยาว 28
ภาพ 3.6 การทำงานของเครื่องจักรในขณะทำการตัดแบ่งเหล็กชุบกัลวาไนซ์ตามแนวยาว 28
ภาพ 3.7 การทำงานของเครื่องจักรขณะทำการตัดแบ่งเหล็กชุบกัลวาไนซ์ตามแนวยาว 29
ภาพ 3.8 คอยล์เหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ตัดตามแนวยาว 29
ภาพ 3.9 คอยล์เหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ตัดตามแนวยาวเตรียมขนย้ายเพื่อขึ้นรูปโครงหลังคา 30
ภาพ 3.10 เครนยกคอยล์เหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ตัดแบ่งตามแนวยาวเพื่อขนย้ายไปขึ้นรูป 30
ภาพ 3.11 ล้อหมุนสำหรับติดตั้งคอลย์เหล็กชุบกัลวาไนซ์เพื่อลำเลียงแผ่นเหล็กชุบกัลวาไนซ์เข้าเครื่องจักร 31
ภาพ 3.12 ขึ้นรูปแผ่นเหล็กชุบกัลวาไนซ์โดยสายพานลูกกลิ้งเหล็ก 31
ภาพ 3.13 ชิ้นส่วนแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขึ้นรูปโดยเครื่องจักร 32
ภาพ 3.14 ชิ้นส่วนแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์จากการขึ้นรูปโดยเครื่องจักร 32
ภาพ 3.15 ล้อหมุนสำหรับติดตั้งคอลย์เหล็กชุบกัลวาไนซ์เพื่อลำเลียงแผ่นเหล็กชุบกัลวาไนซ์เข้าเครื่องจักร 33

ภาพ 3.16 ขึ้นรูปแผ่นเหล็กชุบกัลวาไนซ์โดยลูกกลิ้งเหล็ก 33
ภาพ 3.17 ติดเครื่องหมายเพื่อระบุตำแหน่งของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในการประกอบและติดตั้ง 34
ภาพ 3.18 เครื่องหมายระบุขนาดและความยาวของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในการประกอบและติดตั้ง 34
ภาพ 3.19 ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์หน้าตัดตัวซีขึ้นรูปโดยเครื่องจักร 35
ภาพ 3.20 ทำการมัดชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์เพื่อขนย้ายขึ้นรถบรรทุกไปยังสถานที่ก่อสร้าง 35
ภาพ 3.21 ขนย้ายมัดชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขึ้นรถบรรทุกไปยังสถานที่ก่อสร้างโดยใช้เครน 36
ภาพ 3.22 ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์หลังรถบรรทุก 37
ภาพ 3.23 เตรียมขนย้ายชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ไปยังพื้นที่ก่อสร้างโดยรถบรรทุก 37
ภาพ 3.24 ขนส่งชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์มายังพื้นที่ก่อสร้าง 38
ภาพ 3.25 ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์กองเก็บบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง 38
ภาพ 3.26 กลุ่มโครงถักที่จัดกลุ่มแบ่งไว้แต่ละโครงบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง 39
ภาพ 3.27 ใช้ตะปูเกลียว 3 ตัวยึดโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในแต่ละจุด 39
ภาพ 3.28 การประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 40
ภาพ 3.29 การติดตั้งโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 40
ภาพ 3.30 พุกเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 41
ภาพ 3.31 การติดตั้งสันหลังคาและจันทันเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 41
ภาพ 3.32 การติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 42
ภาพ 3.33 การติดตั้งเชิงชายเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 42
ภาพ 4.1 แบบแผนผังแสดงขนาดของบ้านและขนาดของหลังคา 44
ภาพ 4.2 แสดงการติดตั้งโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 45
ภาพ 4.3 ภาพจำลองแสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 45
ภาพ 4.4 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก TR-01 47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ 4.5 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก TR-02 48
ภาพ 4.6 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก TR-03 49
ภาพ 4.7 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก TR-04 50
ภาพ 4.8 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก TR-05 51
ภาพ 4.9 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก TR-06 52
ภาพ 4.10 แสดงการติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สัน และชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน 53
ภาพ 4.11 ภาพจำลองแสดงการติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สัน และชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน 54
ภาพ 4.12 แสดงการติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 55
ภาพ 4.13 ภาพจำลองแสดงการติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 55
ภาพ 4.14 การกองเก็บชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์บริเวณสถานที่ก่อสร้าง 56
ภาพ 4.15 การขนย้ายชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์บริเวณสถานที่ก่อสร้างเพื่อให้เกิดความสะดวกในการทำงานอื่น 57
ภาพ 4.16 ความเสียหายของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขณะกองเก็บบริเวณสถานที่ก่อสร้าง 57
ภาพ 4.17 ความเสียหายของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขณะกองเก็บบริเวณสถานที่ก่อสร้าง 58
ภาพ 4.18 ความสกปรกที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขณะกองเก็บบริเวณสถานที่ก่อสร้าง 58
ภาพ 4.19 การประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์บริเวณถนนของพื้นที่ก่อสร้าง 59
ภาพ 5.1 แบบแผนผังแสดงขนาดของบ้านและขนาดของหลังคา 60
ภาพ 5.2 กระเบื้องซีแพคโมเนียตราช้าง 61
ภาพ 5.3 เหล็กชุบกัลวาไนซ์เอสซีจี 61
ภาพ 5.4 แสดงการติดตั้งโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 64
ภาพ 5.5 ภาพจำลองแสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 64
ภาพ 5.6 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-01 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 66
ภาพ 5.7 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-02 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 67

ภาพ 5.8 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-03 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 68
ภาพ 5.9 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-04 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 69
ภาพ 5.10 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-05 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 70
ภาพ 5.11 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-06 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 71
ภาพ 5.12 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-07 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 72
ภาพ 5.13 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-08 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 73
ภาพ 5.14 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-09 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 74
ภาพ 5.15 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-10 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 75
ภาพ 5.16 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-11 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 76
ภาพ 5.17 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-12 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 77
ภาพ 5.18 แสดงการติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สัน และชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน 78
ภาพ 5.19 ภาพจำลองแสดงการติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สัน และชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน..... 79
ภาพ 5.20 แสดงการติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 80
ภาพ 5.21 ภาพจำลองแสดงการติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 80
ภาพ 5.22 แสดงการติดตั้งโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบสลับฟันปลา 81
ภาพ 5.23 แสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบสลับฟันปลา 82
ภาพ 5.24 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-01 แบบสลับฟันปลา 83
ภาพ 5.25 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-02 แบบสลับฟันปลา 83
ภาพ 5.26 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-03 แบบสลับฟันปลา 84
ภาพ 5.27 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-04 แบบสลับฟันปลา 84
ภาพ 5.28 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-05 แบบสลับฟันปลา 85
ภาพ 5.29 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-06 แบบสลับฟันปลา 85
ภาพ 5.30 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-07 แบบสลับฟันปลา 86
ภาพ 5.31 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-08 แบบสลับฟันปลา 86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ 5.32 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-09 แบบสลับฟันปลา 87
ภาพ 5.33 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-10 แบบสลับฟันปลา 87
ภาพ 5.34 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-11 แบบสลับฟันปลา 88
ภาพ 5.35 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-12 แบบสลับฟันปลา 88
ภาพ 5.36 แสดงการติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน BRR-01 และ BRR-02 89
ภาพ 5.37 แสดงการติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน BRR-03, BRR-04 และ BRR-05 และชิ้นส่วนตะเข้สัน BHR-01 90
ภาพ 5.38 ภาพจำลองแสดงการติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน BRR-01, BRR-02, BRR-03, BRR-04 และ BRR-05 และชิ้นส่วนตะเข้สัน BHR-01 90
ภาพ 5.39 แสดงการติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 91
ภาพ 5.40 ภาพจำลองแสดงการติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 92
ภาพ 5.41 แสดงการติดตั้งโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบติดตั้งตามแนวตะเข้สัน .. 93
ภาพ 5.42 แสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบติดตั้งตามแนวตะเข้สันของหลังคา 93
ภาพ 5.43 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-01 แบบสลับฟันปลา 94
ภาพ 5.44 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-02 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 94
ภาพ 5.45 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-03 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 95
ภาพ 5.46 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-04 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 95
ภาพ 5.47 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-05 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 96
ภาพ 5.48 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-06 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 96
ภาพ 5.49 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-07 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 97
ภาพ 5.50 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-08 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม 97
ภาพ 5.51 แสดงการติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 98
ภาพ 5.52 ภาพจำลองแสดงการติดตั้งเชิงชายและแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 98
ภาพ 5.53 โครงถักสำเร็จรูปที่ประกอบที่โรงงาน 99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพ 5.54 นำโครงถักสำเร็จรูปมาติดตั้งที่สถานที่ก่อสร้างเป็นรูปแบบโครงถักเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 99

ภาพ 6.1 แสดงโครงหลังคาไม้ 118

ภาพ 6.2 แสดงโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ 119

ภาพ 6.3 แสดงโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 120

ภาพ 6.4 ปัญหาเรื่องความเสียหายของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขณะกองเก็บบริเวณสถานที่ก่อสร้าง 121

ภาพ 6.5 แสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 122

ภาพ 6.6 แสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบแบ่งความยาวของโครงถักเดิม 123

ภาพ 6.7 แสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบสลับฟันปลา 124

ภาพ 6.8 แสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบติดตั้งตามแนวตะเข้สันของหลังคา 125

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

ตาราง 3.1 แสดงการเปรียบกลสมบัติระหว่างเหล็กชุบกัลวาไนซ์และเหล็กรูปพรรณ 21

ตาราง 3.2 แสดงขนาดเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 21

ตาราง 4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงขนาดของเหล็ก 46

ตาราง 4.2 แสดงจำนวน ขนาดและความยาวชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สันและชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน 54

ตาราง 5.1 น้ำหนักบรรทุกคงที่ 62

ตาราง 5.2 น้ำหนักบรรทุกจร 63

ตาราง 5.3 สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงขนาดของเหล็ก 65

ตาราง 5.4 แสดงจำนวน ขนาดและความยาวชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สันและชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน 79

ตาราง 5.5 แสดงจำนวน ขนาดและความยาวชิ้นส่วนจันทัน BRR-01 และ BRR-02 89

ตาราง 5.6 แสดงจำนวน ขนาดและความยาวชิ้นส่วนจันทัน BRR-03, BRR-04 และ BRR-05 และชิ้นส่วนตะเข้สัน 91

ตาราง 5.7 แสดงการเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่ายในการขนส่งด้วยรถบรรทุกของโครงหลังคาสำเร็จรูปทั้ง 3 รูปแบบ กับโครงหลังคาที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 102

ตาราง 5.8 เปรียบเทียบชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับหลังคาแต่ละรูปแบบ 103

ตาราง 5.9 เปรียบเทียบรูปแบบ ขนาดและความยาวของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับประกอบโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 105

ตาราง 5.10 แสดงขนาดและความยาวของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้ประกอบโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 106

ตาราง 5.11 แสดงขนาดและความยาวของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้ประกอบโครงถักสำเร็จรูป A 107

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 5.12 แสดงขนาดและความยาวของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับประกอบโครงถักสำเร็จรูป B 109

ตาราง 5.13 แสดงขนาดและความยาวของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้ประกอบโครงถักสำเร็จรูป C 111

ตาราง 5.14 แสดงขนาด ความยาว และน้ำหนักของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับประกอบโครงถักแต่ละรูปแบบ 113

ตาราง 5.15 แสดงขนาด ความยาว และน้ำหนักของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับจันทันและเชิงชายแต่ละรูปแบบ 114

ตาราง 5.16 แสดงขนาด ความยาว และน้ำหนักของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับแปหลังคาแต่ละรูปแบบ 115

ตาราง 5.17 แสดงน้ำหนักของเหล็กชุบกัลวาไนซ์รวมทั้งหมดที่ใช้สำหรับหลังคาแต่ละรูปแบบ 116

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานผลิตชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ 23

แผนภูมิ 3.2 ขั้นตอนการก่อสร้างบ้านเดี่ยว..... 26

แผนภูมิ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่ายในการขนส่งด้วยรถบรรทุกของโครงหลังคาสำเร็จรูปทั้ง 3 รูปแบบ กับโครงหลังคาที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 102

แผนภูมิ 5.2 แสดงจำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับหลังคาแต่ละรูปแบบ..... 104

แผนภูมิ 5.3 แสดงน้ำหนักของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับหลังคาแต่ละรูปแบบ 117

แผนภูมิ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับหลังคาแต่ละรูปแบบ 126

แผนภูมิ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับหลังคาแต่ละรูปแบบ..... 127

แผนภูมิ 6.3 แสดงราคาค่าขนส่งสำหรับหลังคาแต่ละรูปแบบ..... 128

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โครงหลังคาเป็นส่วนบนสุดของโครงสร้างของอาคาร ที่รับน้ำหนักของวัสดุมุงหลังคา และต้องมีความทนทานต่อแรงลมที่มากระทำต่ออาคาร โครงหลังคาจึงจำเป็นต้องมีการออกแบบและการคำนวณที่ดี เพื่อให้โครงหลังคามีความมั่นคง สามารถแบกรับภาระน้ำหนักที่มากระทำได้

โดยเดิมทีเราใช้ไม้เป็นวัสดุทำโครงหลังคา เนื่องจากไม้มีกลสมบัติกำลังรับแรงดัด (Bending) ได้ดี จึงทำให้ชิ้นส่วนที่ทำจากไม้ในการประกอบเป็นโครงหลังคา มีความยาวที่ยาวกว่าการใช้วัสดุชนิดอื่น ส่งผลให้จำนวนชิ้นส่วนในการประกอบเป็นโครงหลังคา มีจำนวนที่น้อยกว่าการใช้วัสดุชนิดอื่นอีกด้วย ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมนำไม้มาใช้ทำโครงหลังคาที่มีลักษณะพาดยาว[1] อีกทั้งไม้เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องที่ที่ทำการก่อสร้าง มีความสะดวกในการประกอบและรื้อถอน และเนื้อไม้มีความสวยงาม แต่มีข้อเสียคือ ในปัจจุบันไม้มีราคาที่สูงขึ้นจากอดีต และไม้มีคุณสมบัติที่ไม่ทนทานต่อสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดการผุพังได้ง่ายจากแดด ฝน และแมลงต่างๆ[2]

ต่อมาเราได้นำเหล็กรูปพรรณมาใช้เป็นวัสดุทำโครงหลังคาแทนการใช้ไม้ แต่ยังคงยึดติดกับหลักการออกแบบที่เป็นการออกแบบโครงหลังคาที่ใช้ชิ้นส่วนที่ทำจากไม้ คือมีชิ้นส่วนแต่ละชิ้นที่มีขนาดที่ยาว แต่เหล็กนั้นมีกลสมบัติรับแรงดัดได้น้อยกว่าไม้เมื่อเปรียบเทียบด้วยน้ำหนักของวัสดุ และกลสมบัติรับแรงดัดของเหล็กจะขึ้นอยู่กับรูปตัดและพื้นที่หน้าตัด ดังนั้นชิ้นส่วนเหล็กรูปพรรณที่มีรูปตัดที่เหมาะสมและมีพื้นที่หน้าตัดที่มาก จะมีกลสมบัติรับแรงดัดได้ดี แต่ก็จะส่งผลให้ชิ้นส่วนเหล็กรูปพรรณมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นด้วย ทำให้ต้องมีการออกแบบชิ้นส่วนเหล็กรูปพรรณที่มีน้ำหนักเบาลงและมีการค้ำยันเพิ่ม เพื่อให้ค้ำยันช่วยลดภาระแรงดัดที่จะเกิดกับชิ้นส่วนเหล็กรูปพรรณ จากเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาทำให้โครงหลังคาที่ทำจากเหล็กรูปพรรณมีน้ำหนักมากกว่าโครงหลังคาที่ทำจากไม้ ส่งผลให้โครงสร้างของบ้านที่รับน้ำหนักโครงหลังคาที่ทำจากเหล็กรูปพรรณ มีภาระการรับน้ำหนักมากจนเกินไป[3] แต่เหล็กรูปพรรณนั้นมีราคาถูกกว่าไม้ มีคุณสมบัติที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อม หาได้ง่าย มีรูปทรงและขนาดให้เลือกใช้มากมายตามความเหมาะสม ในปัจจุบันจึงมีความนิยมใช้เหล็ก

---

[1] สนั่น เจริญเผ่า และวินิต ช่อวิเชียร, การออกแบบโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่6, กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรม โยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527, หน้า 1.

[2] มนัส อนุศิริ, การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่11, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548, หน้า 25.

[3] ทักษิณ เทพชาตรี และอัครวัชร เล่นวารี, พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่3, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555, หน้า 147.

รูปพรรณมากกว่าการใช้ไม้ แต่เหล็กรูปพรรณมีข้อเสียคือ เกิดสนิมได้ง่าย และมีความล่าช้าในกระบวนการประกอบโครงหลังคา เนื่องจากต้องต่อชิ้นส่วนเหล็กรูปพรรณเข้าด้วยกันด้วยวิธีการเชื่อมโดยใช้ความร้อน ทำให้คุณภาพงานเชื่อมของช่างเชื่อม จะส่งผลต่อความแข็งแรงของโครงหลังคา[4]

ปัจจุบันเราได้นำเหล็กชุบกัลวาไนซ์มาใช้เป็นวัสดุทำโครงหลังคาแทนการใช้เหล็กรูปพรรณ เนื่องจากเหล็กชุบกัลวาไนซ์มีน้ำหนักเบากว่าเหล็กรูปพรรณ เราจึงสามารถเปลี่ยนรูปแบบการออกแบบโครงหลังคาให้เป็นลักษณะโครงถัก (Truss) [5] ซึ่งใช้การถ่ายแรงกันระหว่างชิ้นส่วนแต่ละชิ้นด้วยแรงดึง (Tensile) และแรงอัด (Compressive) แทนการใช้การรับแรงดัดเพื่อรับน้ำหนักวัสดุมุงหลังคาและรับแรงลม[6] อีกทั้งเหล็กชุบกัลวาไนซ์มีคุณสมบัติที่สามารถกันสนิมได้ กระบวนการประกอบโครงหลังคามีความรวดเร็วกว่าการเชื่อม เพราะใช้การยึดด้วยตะปูเกลียวที่สามารถถ่ายแรงกันได้ระหว่างชิ้นส่วน การยึดด้วยตะปูเกลียวจึงสามารถลดปัญหาความผิดพลาดที่เกิดจากแรงงานได้ ซึ่งการออกแบบโครงหลังคาในลักษณะโครงถักนี้ จะทำให้ชิ้นส่วนมีจำนวนมากขึ้น แต่ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นมีความยาวน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไม้และการใช้เหล็กรูปพรรณ[7]

โดยในปัจจุบันผู้ประกอบการบ้านจัดสรรมีความนิยมสร้างบ้านด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป โครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปจึงมีความเหมาะสม จากปัญหาขั้นต้นผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการออกแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ ที่ประกอบเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยรูปแบบโครงถักนั้นจะขึ้นอยู่กับการผลิต การขนส่ง และการติดตั้ง ซึ่งการออกแบบโครงถักที่ประกอบเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป จะทำให้ผู้ประกอบการมีแนวทางในการเลือกใช้รูปแบบโครงหลังคาที่ประกอบเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปเพิ่มมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

---

[4] วินิต ช่อวิเชียร, การออกแบบโครงสร้างเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่1, กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539, หน้า 1.

[5] บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), Material guide, กรุงเทพมหานคร : บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), 2558, หน้า 14.

[6] พิภพ สุนทรสมัย, การก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่1, กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550, หน้า 329.

[7] บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), Material guide, กรุงเทพมหานคร : บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), 2558, หน้า 14.

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาสภาพโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในปัจจุบัน

1.2.2 ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นของรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์

1.2.3 เสนอแนวทางในการออกแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

กรณีศึกษา บ้านเดี่ยวโครงการบ้านภัสสร บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)

1.4 คำจำกัดความของการวิจัย

1.4.1 โครงหลังคาสำเร็จรูป (Prefabricated Roof Structure)[8] คือ โครงหลังคาที่มีการเตรียมงานส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่โรงงาน โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการออกแบบคำนวณขนาดและความยาวของโครงแต่ละท่อนโดยวิศวกร เพื่อตัดขนาดเหล็กชุบกัลวาไนซ์แต่ละท่อนที่โรงงานสำหรับประกอบเป็นโครงหลังคาในลักษณะโครงถัก

1.4.2 โครงถัก (Truss)[9] คือ โครงสร้างที่เกิดจากชิ้นส่วนหลายชิ้นประกอบกันเป็นรูปทรงเราขาคณิต ยึดติดกันโดยการเชื่อมหรือใช้สลักเกลียว โดยใช้การถ่ายแรงกันระหว่างชิ้นส่วนแต่ละชิ้นด้วยแรงดึงและแรงอัด

1.4.3 เหล็กชุบกัลวาไนซ์ (Galvanised Steel)[10] คือ เหล็กที่ชุบเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อน (hot dip galvanising) ปิดทับผิวเหล็กไว้ทำให้เหล็กไม่ขึ้นสนิม โดยจะชุบเหล็กลงไปในบ่อสังกะสีเหลวที่กำลังหลอมละลายในอุณหภูมิประมาณ 435-455 องศาเซลเซียส ซึ่งสังกะสีจะเคลือบติดกับพื้นผิวเหล็กหนามากขึ้นตามระยะเวลาที่แช่ในบ่อ โดยทั่วไปจะมีความหนาของชั้นเคลือบประมาณ 65 – 300 ไมครอน

---

[8] บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), Material guide, กรุงเทพมหานคร : บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), 2558.

[9] พิภพ สุนทรสมัย, การก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่1, กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550, หน้า 329.

[10] บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), Material guide, กรุงเทพมหานคร : บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), 2558.

1.4.4 แรงดึง (Tension)[11] คือ กลสมบัติความต้านทานของวัสดุต่อแรงดึงสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของวัสดุที่ได้รับจนเกิดการขาด มีหน่วยเป็น MPa หรือ N/mm^2

1.4.5 แรงอัด (Compression)[12] คือ กลสมบัติในการรับแรงอัดสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของวัสดุที่ได้รับจนเกิดการเสียรูป โดยทิศทางของแรงอัดจะตรงข้ามกับการทดสอบแรงดึง มีหน่วยเป็น MPa หรือ N/mm^2

1.5 ระเบียบวิธีการศึกษา

1.5.1 การรวบรวมข้อมูล

ก) ข้อมูลทุติยภูมิ

1) ศึกษากระบวนการผลิต การขนส่ง และการติดตั้ง โครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในปัจจุบันจากผู้ประกอบการ

2) เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายจากผู้ประกอบการ ตั้งแต่กระบวนการผลิต การขนส่ง และการติดตั้ง โครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในปัจจุบัน

3) เก็บข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลาจากผู้ประกอบการ ตั้งแต่กระบวนการผลิต การขนส่ง และการติดตั้ง โครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในปัจจุบัน

4) สืบค้นและศึกษาแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในปัจจุบันจากผู้ประกอบการ

ข) ข้อมูลปฐมภูมิ

1) ทำการสัมภาษณ์วิศวกรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต การขนส่ง และการติดตั้ง โครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์

2) สังเกตการณ์ บันทึกภาพ และจดบันทึก การทำงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต การขนส่ง และการติดตั้ง โครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

---

[11] ทักษิณ เทพชาตรี และอัครวัชร เล่นวารี, พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่3, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.

[12] ทักษิณ เทพชาตรี และอัครวัชร เล่นวารี, พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่3, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.

1.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ออกแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปตามข้อจำกัดการผลิต การขนส่ง และการติดตั้ง

2) เปรียบเทียบชิ้นส่วนและน้ำหนักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้ของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต การขนส่ง และการติดตั้ง ตามแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในปัจจุบัน กับรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

1.5.3 การสรุปผลและเสนอแนะ

1) นำเสนอแนวทางการออกแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

2) สรุปผลการเปรียบเทียบชิ้นส่วนและน้ำหนักวัสดุที่ใช้ของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต การขนส่ง และการติดตั้ง ซึ่งเป็นเหตุผลที่สนับสนุนให้ผู้ประกอบการเลือกใช้โครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้รูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่เหมาะสมกับสภาพในปัจจุบัน

1.6.2 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎี แนวความคิดและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ศึกษาการออกแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กกัลวาไนซ์โดยมีทฤษฎีและแนวความคิดพื้นฐานสำคัญที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ดังนี้

2.1 กลสมบัติของวัสดุ

2.1.1 กลสมบัติของไม้

โครงสร้างไม้เป็นโครงสร้างที่ทำจากไม้ซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยเนื้อไม้มีลักษณะเป็นเสี้ยนที่มีรูปร่างเป็นหลอดกลวงจำนวนมากติดต่อกัน การเจริญเติบโตของต้นไม้คือการเพิ่มจำนวนของเสี้ยนไม้ขึ้นในทางความสูงของลำต้นเป็นส่วนใหญ่และทางด้านข้างของลำต้นเป็นส่วนน้อย ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นและชนิดของไม้ การเจริญเติบโตของต้นไม้ในรอบปีจะทำให้เกิดเส้นวงปีที่มีสีแตกต่างกัน โดยในฤดูแห้งแล้งจะปรากฏสีของวงปีเป็นสีเข้มและในฤดูฝนจะปรากฏสีของวงปีเป็นสีที่อ่อนกว่า อีกทั้งต้นไม้ที่เจริญเติบโตด้วยเวลาที่สม่ำเสมอจะมีความแข็งแรงมากกว่าต้นไม้ที่เจริญเติบโตเร็วกว่าปกติ เพราะต้นไม้ที่โตเร็วกว่านั้นเนื้อไม้จะอ่อนและไม่แข็งแรง ในขณะที่ต้นไม้ที่เจริญเติบโตสม่ำเสมอนั้นจะมีเนื้อไม้ที่มีความแข็งแรงมาก มีความเปราะและหักง่ายกว่า ดังนั้นผู้ที่มีความชำนาญในด้านงานไม้จึงสามารถคาดคะเนกำลังของไม้แต่ละต้นได้จากจำนวนเส้นวงปีต่อระยะห่างหนึ่งนิ้วได้ เพราะกำลังด้านกลสมบัติต่างๆของไม้จะขึ้นอยู่กับสัดส่วนทางความหนาของผนังของเสี้ยนไม้มากกว่าสัดส่วนทางความยาวของเสี้ยนไม้[13]

การเจริญเติบโตของต้นไม้ทำให้การเรียงตัวของเสี้ยนไม้มีความแตกต่างกัน ส่งผลให้ไม้แต่ละชนิดมีกลสมบัติในแนวต่างๆไม่เหมือนกัน (Non-Isotropic) โดยแรงที่กระทำบนผิวไม้ที่ต้องพิจารณามีทั้งหมด 3 แกนหลักคือ

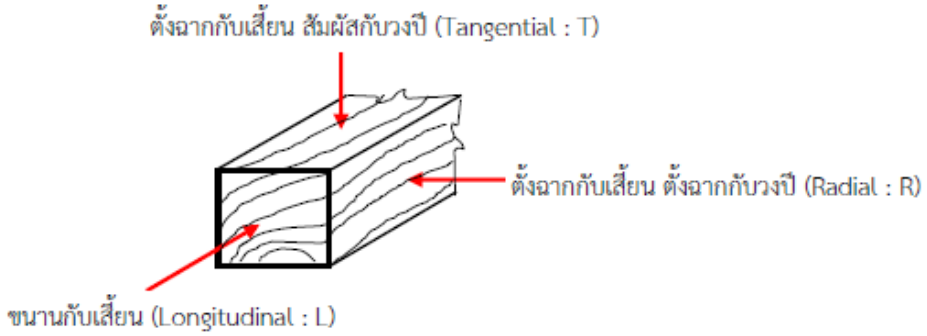
1) แรงกระทำบนผิวไม้ที่ตั้งฉากกับเสี้ยนและสัมผัสกับวงปี (Tangential)

2) แรงกระทำบนผิวไม้ที่ตั้งฉากกับเสี้ยนและเส้นวงปี (Radial)

3) แรงกระทำบนผิวที่ขนานกับเสี้ยน (Longitudinal)

---

[13] สนั่น เจริญเผ่า และวินิต ช่อวิเชียร, การออกแบบโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่6, กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรม โยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527, หน้า 1-3.



ภาพ 2.1 แรงที่กระทำบนผิวไม้ตามแนวหลัก 3 แกน

ที่มา : สนั่น เจริญเผ่า และวินิต ช่อวิเชียร, การออกแบบโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก.

โดยแรงกระทำบนผิวไม้ที่ตั้งฉากกับเสี้ยนและสัมผัสกับวงปี กับแรงกระทำบนผิวไม้ที่ตั้งฉากกับเสี้ยนและตั้งฉากกับวงปีมีค่าแตกต่างกันน้อยมาก เพื่อความรวดเร็วในการออกแบบจึงนิยมให้ใช้เป็นค่าเดียวกัน ซึ่งกลสมบัติที่จำเป็นต้องใช้ในการพิจารณาออกแบบโครงสร้างไม้ประกอบไปด้วย

1) ความถ่วงจำเพาะของไม้ (Specific gravity) เป็นกลสมบัติที่มีความเป็นปฏิภาคกับกลสมบัติอื่นๆของไม้แต่ละชนิด โดยไม้จะมีค่าความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.20

2) น้ำหนักของไม้ (Weight) เป็นกลสมบัติที่ใช้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างเพื่อให้สามารถคำนวณกำลังรับน้ำหนักของชิ้นส่วนอื่นๆที่รองรับน้ำหนักของไม้ได้ โดยน้ำหนักของไม้จะขึ้นอยู่กับสภาพของไม้ที่นำมาใช้ในการออกแบบดังนี้

2.1) ไม้ที่ออกแบบไว้สำหรับใช้ในพื้นที่ร่มและเป็นไม้อบแห้ง จะใช้น้ำหนักของไม้ที่มีความชื้น 12%

2.2) ไม้ที่ออกแบบไว้โดยมีขนาดความหนาน้อยกว่า 3 นิ้วและเป็นไม้ที่ไม่ได้อบแห้งจะใช้น้ำหนักของไม้ที่มีความชื้น 20%

2.3) ไม้ที่ออกแบบไว้โดยมีขนาดความหนามากกว่า 3 นิ้วและเป็นไม้ที่ไม่ได้อบแห้งจะใช้น้ำหนักของไม้ที่มีความชื้น 30%

3) หน่วยแรงดัด (Bending stress) เป็นกลสมบัติที่มีค่าขึ้นอยู่กับหน้าตัดของไม้ หากหน้าตัดของไม้ไม่ใช่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือเมื่อความลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร กำลังของแรงดัดจะลดลง

4) หน่วยแรงอัดในแนวขนานเสี้ยน (Compressive stress parallel to grain) เป็นกลสมบัติที่ขึ้นอยู่กับความต้านทานของเสี้ยนไม้ในทางยาว โดยใช้การยันซึ่งกันและกันระหว่างเสี้ยนไม้ข้างเคียง ทำให้เกิดความต้านทานกำลังรับแรงอัด ซึ่งกำลังรับแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนนั้นจะสูงกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กำลังรับแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยน หน่วยแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนนั้นใช้สำหรับออกแบบเสาและชิ้นส่วนรับแรงอัด

5) หน่วยแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยน (Compressive stress perpendicular to grain) เป็นกลสมบัติที่ใช้ในการออกแบบสำหรับโครงสร้างที่มีแรงกระทำเป็นจุด เช่น คานที่มีเสาหรือตงวางพาดอยู่กึ่งกลาง เป็นต้น โดยกำลังรับแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนนี้ยอมให้ใช้ได้ภายในขอบเขตของหน่วยแรงยืดหยุ่นของไม้ เนื่องจากผนังของเสี้ยนไม้จะยุบตัวมากโดยที่แรงอัดไม่เพิ่มขึ้น จนกระทั้งเนื้อไม้หดตัวมากจนเกินไปจนเหลือความหนาเพียง 1 ใน 3 ของความหนาเดิมของไม้ ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างโดยรวมได้

6) หน่วยแรงอัดที่ทำมุมกับเสี้ยน (Compression oblique to grain) เป็นกลสมบัติที่ใช้สำหรับการออกแบบหาขนาดของแหวนรองที่ปลายคานที่เฉียงทำมุมกับปลายเหล็กท่อนรับแรงดึง (Tendon rod) ในคานโครงถัก (Trussed beam) ซึ่งเป็นแรงอัดที่ทำมุมกับเสี้ยนไม้

7) หน่วยแรงดึงขนานเสี้ยน (Tensile stress parallel to grain) เป็นกลสมบัติที่ให้ค่าสูงที่สุดของไม้ แต่ในการออกแบบนั้นนิยมใช้ค่าเดียวกับหน่วยแรงดัดที่ยอมให้ เนื่องจากในการก่อสร้างโครงสร้างไม้จะใช้ไม้ในการรับแรงดัดและแรงดึงขนานเสี้ยนที่มีมาตรฐานเดียวกัน

8) หน่วยแรงดึงตั้งฉากเสี้ยน (Tensile stress perpendicular to grain) เป็นกลสมบัติของไม้ที่มักไม่ใช้ในการออกแบบ นอกจากชิ้นส่วนไม้ที่โค้งที่มีแรงดึงตั้งฉากเสี้ยนซึ่งเป็นหน่วยแรงประกอบ (Secondary stress) โดยใช้ค่าปลอดภัย 1 ใน 3 ของหน่วยแรงเฉือนที่ปลอดภัยของไม้

9) หน่วยแรงเฉือนขนานเสี้ยน (Shearing stress along grain) เป็นกลสมบัติของไม้ที่ต้านทานการเฉือนออกจากกันระหว่างครึ่งบนและครึ่งล่างของหน้าตัดของไม้ โดยหน่วยแรงเฉือนขนานเสี้ยนจะมีค่ามากที่สุดที่กึ่งกลางความลึกของหน้าตัดไม้

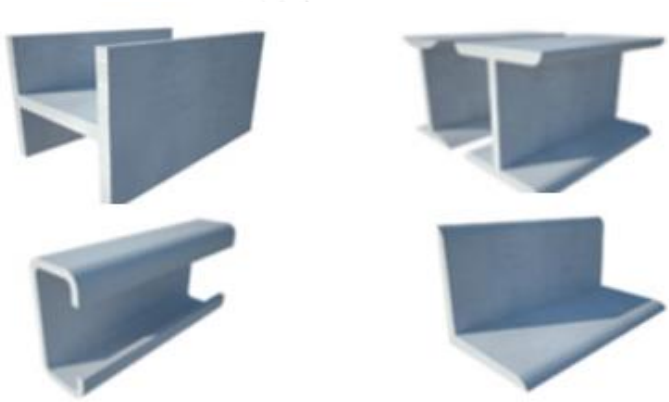
10) โมดูลัสแตกหัก (Modulus of rupture) เป็นกลสมบัติของไม้สำหรับวัดหน่วยแรงดัดเมื่อถูกแรงดัดประลัยกระทำ

11) โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) เป็นกลสมบัติของไม้สำหรับต้านทานการโก่งของชิ้นส่วนโครงสร้างไม้ที่รับน้ำหนักในแนวดิ่งบริเวณช่วงกลางของชิ้นส่วน เช่น คาน ตง ขื่อ และจันทัน เป็นต้น โดยหากชิ้นส่วนไม้ต้องรับน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งบริเวณช่วงกลางเป็นระยะเวลานานค่าความโก่งในแนวดิ่งของไม้จะมีค่าเพิ่มขึ้น[14]

[14] มนัส อนุศิริ, การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่11, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548, หน้า 25-27.

2.1.2 กลสมบัติของเหล็กรูปพรรณ

เหล็กรูปพรรณที่นำมาใช้ในการก่อสร้างคือเหล็กกล้าที่ผสมขึ้นจากส่วนผสมของแร่เหล็กกับคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ เป็นวัสดุก่อสร้างที่สามารถขึ้นรูปเป็นรูปแบบต่างๆได้เพื่อตอบสนองต่อการใช้งาน โดยหน้าตัดของเหล็กรูปพรรณที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น H-beam และ I-beam ใช้สำหรับโครงสร้างเสาและคานเหล็ก เหล็กตัวซีและเหล็กฉากใช้สำหรับโครงหลังคาเหล็กและโครงสร้างพื้น เป็นต้น ซึ่งหน้าตัดของเหล็กรูปพรรณรูปแบบต่างๆมีวัตถุประสงค์คือการเพิ่มคุณสมบัติให้แก่หน้าตัดเพื่อรับแรงหรือต้านทานการเสียรูปขณะใช้งานได้ดีขึ้น[15]



ภาพ 2.2 หน้าตัดเหล็กรูปพรรณแบบต่างๆ
ที่มา : www.buildmetal.co.th (ออนไลน์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ซึ่งกลสมบัติที่จำเป็นต้องใช้ในการพิจารณาออกแบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณประกอบไปด้วย

1) ความถ่วงจำเพาะของเหล็กรูปพรรณ (Specific gravity) เหล็กมีค่าความถ่วงจำเพาะ 7.85 ซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะมากกกว่าไม้

2) น้ำหนักของเหล็กรูปพรรณ (Weight) เป็นกลสมบัติที่ใช้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างเพื่อให้สามารถคำนวณกำลังรับน้ำหนักของชิ้นส่วนอื่นๆที่รองรับน้ำหนักของเหล็กได้ โดยน้ำหนักของเหล็กรูปพรรณจะขึ้นอยู่กับหน้าตัดรูปแบบต่างๆโดยจะแสดงไว้ในตารางในภาคผนวก

3) หน่วยแรงดัดของเหล็กรูปพรรณ (Bending stress) เป็นกลสมบัติที่ขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของเหล็กรูปพรรณ หากพื้นที่หน้าตัดของเหล็กรูปพรรณมีค่าน้อยจะรับแรงดัดได้น้อย

---

[15] ทักษิณ เทพชาตรี และอัครวัชร เล่นวารี, พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่3, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555, หน้า 1-7.

หากพื้นที่หน้าตัดสุทธิของเหล็กรูปพรรณมีค่ามากจะรับแรงดัดได้มากแต่จะทำให้เหล็กรูปพรรณมีน้ำหนักมากขึ้น จึงทำให้ไม่นิยมนำเหล็กรูปพรรณมาใช้เป็นชิ้นส่วนโครงสร้างรับแรงดัดโดยตรง

4) กำลังรับแรงอัดของเหล็กรูปพรรณ (Tensile strength) เป็นกลสมบัติที่เป็นปฏิภาคส่วนกลับกับความยาวของเหล็กรูปพรรณ หากเหล็กรูปพรรณมีอัตราส่วนชะลูดมากจะทำให้รับแรงอัดได้น้อย

5) กำลังรับแรงดึง (Tensile strength) เป็นกลสมบัติที่ดีของเหล็กรูปพรรณ โครงสร้างเหล็กรูปพรรณส่วนใหญ่จึงถูกออกแบบให้รับแรงดึงเป็นหลัก แรงดึงสามารถเกิดขึ้นได้ในโครงสร้างหลายประเภท เช่น โครงหลังคา โครงข้อหมุน สะพาน เป็นต้น โดยในการเลือกใช้เหล็กเพื่อรับแรงดึงนั้น อาจใช้เหล็กรูปพรรณหน้าตัดต่างๆที่มีตามท้องตลาด หรืออาจจะทำการผลิตประกอบเหล็กดังกล่าวให้เป็นหน้าตัดประกอบ เพื่อให้สามารถรับแรงได้มากขึ้นหรือมีคุณสมบัติตามต้องการ

6) การคราก (Yield Point) การครากของเหล็กรูปพรรณนั้นคือสภาวะที่เหล็กรูปพรรณไม่ยอมกลับคืนสู่สภาพเดิมเมื่อแรงภายนอกที่มากระทำนั้นหมดไป โดยสามารถหาได้จากค่าความเค้น (Stresses) และความเครียด (Strain) ของเหล็ก โดยค่าความเค้นของเหล็กคือค่าแรงภายในที่เกิดขึ้นกับเหล็กรูปพรรณเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ ทำให้เนื้อเหล็กรูปพรรณเกิดแรงปฏิกิริยาโต้ตอบต่อแรงภายนอกที่มากระทำเพื่อต้านทานจากการถูกดึง ดัด หรือเฉือนให้เนื้อเหล็กรูปพรรณขาดออกจากกัน ส่วนค่าความเครียดของเหล็กคือค่าการต่อต้านการเปลี่ยนรูปร่างเมื่อถูกแรงภายนอกมากระทำ

7) โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) เป็นกลสมบัติของเหล็กที่กลับคืนสู่สภาพเดิมเมื่อมีแรงหรือระบบของแรงมากระทำให้เปลี่ยนรูปร่าง โดยค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กรูปพรรณมีค่าเท่ากับ 2.1×10^{6} กก./ตร.ซม.[16]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[16] กวี หวังนิเวศน์กุล, การออกแบบโครงสร้างอาคารเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่3, กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ หจก.รุ่งแสงการพิมพ์, 2553, หน้า 12-16.

2.2 โครงหลังคา

2.2.1 โครงหลังคาไม้

โครงหลังคาเป็นส่วนโครงสร้างที่อยู่บนสุดของอาคารใช้สำหรับรับน้ำหนักวัสดุมุงหลังคาและแรงลมที่มากระทำต่อตัวอาคาร โดยโครงหลังคาไม้เป็นโครงสร้างที่สามารถพาดช่วงยาวได้โดยไม่จำเป็นต้องมีเสารับน้ำหนักระหว่างช่วงกึ่งกลาง ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของไม้ที่มีความโดดเด่นในการออกแบบ[17] รูปแบบของโครงหลังคาไม้แต่ละแบบจะมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน โดยหลังคาทรงปั้นหยาเป็นรูปแบบที่มีความนิยมใช้กับอาคารประเภทบ้านเดี่ยว เพราะสามารถกันแดดและฝนได้ทั้งสี่ด้านของอาคาร โดยหลังคาทรงปั้นหยาจะมีลักษณะคล้ายปีรามิดฐานสี่เหลี่ยมหรือเป็นปีรามิดฐานสี่เหลี่ยมซ้อนทับกันโดยมีตะเข้สันและตะเข้รางเป็นส่วนเชื่อมต่อ ซึ่งรูปทรงของหลังคาทรงปั้นหยาจะขึ้นอยู่กับแปลนของตัวอาคาร โครงหลังคาไม้มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่

1) อะเส คือชิ้นส่วนของโครงหลังคาที่ทำหน้าที่รัดรอบหัวเสาให้อยู่ในแนวที่ถูกต้อง โดยตำแหน่งของอะเสจะอยู่รอบนอกของแนวเสา รับแรงดัดจากน้ำหนักของจันทัน และรับน้ำหนักของขื่อ ตะเข้รางและตะเข้สันถ่ายแรงลงสู่เสา

2) ขื่อ คือชิ้นส่วนของโครงหลังคาที่ทำหน้าที่รับแรงดัดที่มาจากน้ำหนักของดั้งและค้ำยันถ่ายแรงลงสู่อะเส และทำหน้าที่ยึดหัวเสา โดยตำแหน่งของขื่อจะวางอยู่บนอะเส

3) ดั้ง คือชิ้นส่วนของโครงหลังคาที่ทำหน้าที่รับแรงอัดที่มาจากน้ำหนักของอกไก่ถ่ายแรงลงสู่ขื่อ โดยตำแหน่งของดั้งจะวางตั้งฉากในแนวดิ่งอยู่บนขื่อ ถ้าอยู่บริเวณกึ่งกลางขื่อจะเรียกว่า ดั้งเอก หากอยู่บริเวณระหว่างอะเสกับดั้งเอกจะเรียกว่า ดั้งโทหรือตุ๊กตา ทำหน้าที่เป็นสะพานรับจันทัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) อกไก่ คือชิ้นส่วนของโครงหลังคาที่ทำหน้าที่รับแรงดัดที่มาจากน้ำหนักของจันทันถ่ายแรงลงสู่ดั้ง โดยตำแหน่งของอกไก่จะวางอยู่บนดั้งบริเวณสันหลังคา

5) จันทัน คือชิ้นส่วนของโครงหลังคาที่ทำหน้าที่รับแรงดัดที่มาจากน้ำหนักของแปหรือระแนงถ่ายแรงลงสู่อะเสและอกไก่ โดยตำแหน่งส่วนบนของจันทันจะวางอยู่บนอกไก่และส่วนล่างของจันทันจะวางอยู่บนอะเส ถ้าจันทันอยู่บริเวณตรงกับเสาจะเรียกว่า จันทันเอก หากอยู่บริเวณไม่ตรงกับเสาจะเรียกว่า จันทันพราง

---

[17] มนัส อนุศิริ, การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่11, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548, หน้า 65.

6) ตะเข้สัน คือชิ้นส่วนของโครงหลังคาที่ทำหน้าที่เหมือนจันทัน โดยตำแหน่งของตะเข้สันจะอยู่บริเวณเสาที่เป็นมุมของหลังคา 2 ด้านมาบรรจบกันโดยหันมุมออกจากกันมีลักษณะเป็นสัน

7) ตะเข้ราง คือชิ้นส่วนของโครงหลังคาที่ทำหน้าที่เหมือนจันทัน แต่ตะเข้รางจำเป็นต้องมีรางน้ำเพื่อระบายน้ำออกจากหลังคา โดยตำแหน่งของตะเข้รางจะอยู่บริเวณเสาที่เป็นมุมของหลังคา 2 ด้านมาบรรจบกันโดยหันมุมเข้าหากันมีลักษณะเป็นราง

8) แปหรือระแนง คือชิ้นส่วนของโครงหลังคาที่ทำหน้าที่รับแรงดัดที่มาจากน้ำหนักของวัสดุมุงหลังคาถ่ายแรงลงสู่จันทัน โดยตำแหน่งของแปหรือระแนงจะวางอยู่บนจันทันขนานกับแนวอกไก่ ตั้งแต่ส่วนต่ำสุดไปจนถึงส่วนสันของหลังคา ซึ่งระยะห่างระหว่างแปหรือระแนงจะขึ้นอยู่กับประเภทและน้ำหนักของวัสดุมุงหลังคา

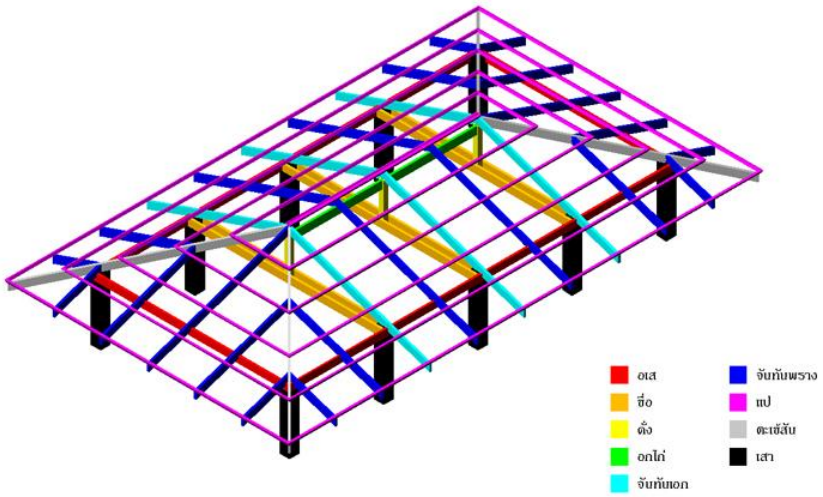
9) เชิงชาย คือชิ้นส่วนของโครงหลังคาที่ทำหน้าที่ปกปิดและยึดปลายจันทันและป้องกันฝนสาดย้อนกลับ โดยตำแหน่งของเชิงชายจะอยู่บริเวณปลายจันทันยึดรอบหลังคาต่อเนื่องเป็นแนวเดียว

10) ไม้ปิดลอน คือชิ้นส่วนของโครงหลังคาที่ทำหน้าที่ปิดช่องว่างบริเวณปลายกระเบื้องกับเชิงชาย เพื่อป้องกันไม่ให้นก หนูและแมลงเข้าไปในอาคาร

11) สะพานรับจันทัน คือชิ้นส่วนของโครงหลังคาที่ทำหน้าที่รับแรงดัดที่มาจากน้ำหนักของจันทันถ่ายแรงลงสู่ดั้งโทและยังทำหน้าที่ยึดค้ำยันที่ค้ำมาจากดั้งเอกบริเวณกึ่งกลางขื่ออีกด้วย โดยตำแหน่งของสะพานรับจันทันจะวางอยู่บนดั้งโทกึ่งกลางระหว่างอะเสและอกไก่[18]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

[18] สุภาวดี บุญยฉัตร, วัสดุและการก่อสร้างอาคาร, พิมพ์ครั้งที่1, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557, หน้า 101-108.



ภาพ 2.3 ส่วนประกอบโครงหลังคาไม้ทรงปั้นหยา

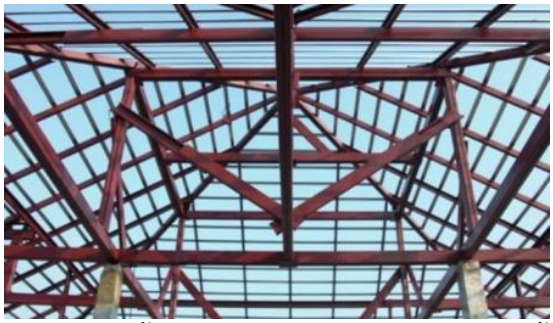
ที่มา : http://www.cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/architect/arc63/page07-04.html

2.2.2 โครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ

โครงหลังคาเหล็กรูปพรรณเป็นโครงสร้างที่สามารถออกแบบได้ 2 รูปแบบขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบจะเลือกใช้งาน ได้แก่ รูปแบบโครงหลังคาเหมือนกับโครงหลังคาไม้และรูปแบบโครงหลังคาที่ประกอบจากโครงข้อแข็ง โดยรูปแบบโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณเหมือนกับโครงหลังคาไม้จะมีความแตกต่างกับโครงหลังคาไม้บ้างเล็กน้อย เพราะเหล็กรูปพรรณจำเป็นต้องมีการเพิ่มค้ำยันรับจันทันเนื่องจากเหล็กรูปพรรณสามารถรับแรงดัดได้น้อยเมื่อออกแบบให้หน้าตัดของชิ้นส่วนจันทันเหล็กรูปพรรณมีขนาดเล็ก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถาปนิกผู้ออกแบบและความต้องการของเจ้าของอาคาร การออกแบบด้วยวิธีนี้โดยส่วนใหญ่จะใช้กับหลังคาทรงปั้นหยา ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีความนิยมใช้กับอาคารประเภทบ้านเดี่ยว[19]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[19] มนัส อนุศิริ, การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่11, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548, หน้า 168.



ภาพ 2.4 การเพิ่มค้ำยันโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณทรงปั้นหยา

ที่มา : http://www.cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/architect/arc63/page07-04.html

ส่วนรูปแบบโครงหลังคาที่ประกอบจากโครงข้อแข็งนั้น คือการนำเหล็กรูปพรรณชิ้นส่วนสั้นๆหลายชิ้นส่วนนำมาเชื่อมยึดติดกันเป็นลักษณะโครงถัก โดยใช้การถ่ายแรงกันด้วยแรงดึงและแรงอัดแทนการใช้แรงดัด ซึ่งเหมาะสำหรับโครงสร้างช่วงยาวและไม่ต้องการมีเสากลางรับจันทัน ได้แก่ อาคารโรงงานอุตสาหกรรม หอประชุม โรงอาหาร เป็นต้น ฐานรองรับที่ปลายข้างหนึ่งทำให้อยู่กับที่ (Fixed support) ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งให้สามารถเคลื่อนที่ได้ (Free support) เพื่อป้องกันการขยายตัวและหดตัวของเหล็กรูปพรรณเนื่องจากความร้อนและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้รูปแบบโครงหลังคาที่ประกอบจากโครงข้อแข็งลักษณะโครงถักนั้น มีน้ำหนักของโครงสร้างมากจึงไม่ค่อยนิยมใช้กับอาคารประเภทบ้านเดี่ยวมากนัก เพราะเกิดความไม่คุ้มค่ากับการก่อสร้างฐานรองรับสำหรับรับน้ำหนักโครงหลังคาที่เหมาะสม[20]

ภาพ 2.5 โครงหลังคาเหล็กรูปพรรณลักษณะโครงถัก

ที่มา : http://www.cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/architect/arc63/page07-04.html

[20] พิภพ สุนทรสมัย, การก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่1, กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550, หน้า 329-331.

2.3 คุณสมบัติของวัสดุ

2.3.1 คุณสมบัติของไม้

ข้อดีของไม้

1) สะดวกในการประกอบและรื้อถอน

2) ไม้เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องที่ที่ทำการก่อสร้าง

3) เนื้อไม้มีความสวยงาม

4) ไม้มีความยืดหยุ่น คงทน และแข็งแรง[21]

ข้อเสียของไม้

1) มีกลสมบัติที่ไม่สม่ำเสมอ

2) ในปัจจุบันไม้เป็นวัสดุที่มีราคาแพง

3) จัดหาไม้ที่มีคุณภาพดีได้ยาก

4) ไม้มีการบิดงอได้ง่ายและเกิดการผุพังได้ง่าย เพราะไม่ทนทานต่อสภาพแวดล้อม

5) มีปัญหาเกี่ยวกับปลวกและแมลง[22]

2.3.2 คุณสมบัติของเหล็กรูปพรรณ

ข้อดีของเหล็กรูปพรรณ

1) มีกลสมบัติที่สม่ำเสมอ

2) ให้กำลังสูงและมีความยืดหยุ่นสูง

3) หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไปและมีรูปแบบให้เลือกใช้มากมาย

4) ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับปลวกและแมลง

5) มีคุณสมบัติที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

ข้อเสียของเหล็กรูปพรรณ

1) ต้องใช้ช่างที่มีประสบการณ์ในการเชื่อมต่อเพื่อยึดระหว่างชิ้นส่วนเหล็กรูปพรรณ

2) มีปัญหาเรื่องการเกิดสนิม

3) มีความล่าช้าในการเชื่อมต่อเพื่อยึดระหว่างชิ้นส่วนเหล็กรูปพรรณ

4) ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง

5) เกิดการโก่งงอได้ง่าย[23]

---

[21] สนั่น เจริญเผ่า และวินิต ช่อวิเชียร, การออกแบบโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่6, กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรม โยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527, หน้า 1.

[23] สมเกียรติ รุ่งทองใบสุรีย์, การออกแบบโครงสร้างเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่6, กรุงเทพฯ : หจก.สามลดา, 2552, หน้า 2.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

การก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม (Industrialized Building System)[24] หรือ การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป (Prefabrication System) หมายถึง ระบบการก่อสร้างอาคารที่ผลิตชิ้นส่วนอาคารออกเป็นส่วนๆแล้วนำมาติดตั้งประกอบกัน ณ ที่ก่อสร้าง หรือผลิตจากโรงงานแล้วเสร็จสามารถเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปใช้สอยได้ทันที ทั้งนี้วัสดุอาจจะเป็นคอนกรีตหรือวัสดุอื่นก็ได้ โดยระบบก่อสร้างสำเร็จรูปมีปัจจัยที่สำคัญ ดังนี้

โรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Precast Factory) กรณีที่มีโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปอยู่ใกล้หน่วยงานก่อสร้าง ทำให้สะดวกรวดเร็วในการก่อสร้าง ถ้าในสถานที่ก่อสร้างมีพื้นที่เพียงพอสามารถสร้างโรงงานเฉพาะกิจขึ้นในหน่วยงานก่อสร้างได้ในเวลาอันรวดเร็ว

พื้นที่ทางเข้าและถนน (Access Area Available) กรณีพื้นที่ก่อสร้างอาคารมีถนนทางเข้าที่สะดวกกว้างขวาง สามารถเลือกใช้ชิ้นส่วนขนาดใหญ่ได้ ในกรณีที่มีพื้นที่ว่างโดยรอบอาคารสามารถใช้เครื่องมือหนักประเภทรถเครน (Mobile Crane หรือ Crawler Crane) ได้ แต่หากไม่มีที่ว่างเพียงพออาจใช้ทาวเวอร์เครน (Tower Crane) ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละอาคาร

ขั้นตอนการขนส่ง การขนส่งชิ้นส่วนที่มีการผลิตเรียบร้อยแล้วมีความสำคัญตั้งแต่การยกชิ้นส่วนที่มีการหล่อหรือผลิตในแนวนอนขึ้นตั้ง ซึ่งเป็นปัญหาในชิ้นส่วนขนาดใหญ่จำเป็นต้องมีการป้องกันการแตกหักในขณะขนส่ง

พื้นที่กองเก็บชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Stocking Area) การก่อสร้างอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ควรมีพื้นที่กองเก็บชิ้นส่วนสำเร็จรูปพอสมควร และต้องจัดคิวการขนส่งบรรทุกชิ้นส่วนให้แม่นยำและตรงต่อเวลา เพื่อความสะดวกในการยกชิ้นส่วนสำเร็จรูปติดตั้ง

ระยะเวลา (Time) ระยะเวลาเป็นสิ่งสำคัญและส่งผลต่อต้นทุนของการก่อสร้าง โดยเฉพาะเมื่อต้องการเร่งงานก่อสร้างให้แล้วเสร็จจะส่งผลต่อต้นต้นทุนที่มากขึ้นด้วย

รอบระยะเวลา (Cycle Time) รอบระยะเวลาในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปและรอบระยะเวลาในการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปของอาคาร ทำให้จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีในการผลิตและใช้เครื่องจักรในการติดตั้งที่มีความสามารถทำงานให้ทันเวลาที่กำหนดไว้

ระยะเวลาก่อสร้าง (Total Construction Time) ถ้าพิจารณารอบระยะเวลาของการผลิตและการขนส่งกับรอบระยะเวลาของการติดตั้งและการประกอบชิ้นส่วนสำเร็จรูป รอบระยะเวลาทั้งสอง

---

[24] ธนพล สินธุยนต์, แนวทางการนำระบบเสา-คานสำเร็จรูปมาใช้ร่วมกับการก่อสร้างระบบเดิมในโครงการบ้านจัดสรร, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2545. หน้า 8-9.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนสามารถดำเนินการไปพร้อมกันได้ ซึ่งถ้าพิจารณาการผลิตและการขนส่งสามารถดำเนินการแล้วเสร็จก่อนหน้า รอบระยะเวลาของการติดตั้งและการประกอบรอยต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะเป็นตอนที่ควบคุมระยะเวลาของการก่อสร้าง

ขั้นตอนการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Erection Process) ขั้นตอนการประกอบติดตั้งขณะก่อสร้างเป็นปัจจัยหลักในการออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีรูปแบบแตกต่างกัน อีกทั้งขั้นตอนการติดตั้งเป็นระยะที่จำเป็นมากโดยเฉพาะในการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่วัสดุต้องมีการต่อกันได้อย่างลงตัว ถ้าเกิดการผิดพลาดขึ้นชิ้นส่วนนั้นก็ไม่สามารถติดตั้งได้ หรือทำให้เสียเวลาในการแก้ไขเป็นเวลานาน จุดนี้เป็นสิ่งที่ทำให้การทำงานระบบการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปในแต่ละโครงการมีความแตกต่างกัน[25]

2.5 ข้อกำหนดการขนส่งด้วยรถบรรทุก

ข้อกำหนดเกี่ยวกับการบรรทุก พระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ.2522 กำหนดการบรรทุก ดังนี้

2.5.1 ไม่เกินความกว้างของรถ

2.5.2 ด้านหลังยื่นพ้นจากตัวรถไม่เกิน 2.5 เมตร สำหรับรถพ่วงด้านหลังยื่นพ้นรถพ่วงไม่เกิน 2.5 เมตร

2.5.3 ให้บรรทุกสูงไม่เกิน 3.0 เมตร จากพื้นทาง เว้นแต่รถบรรทุกที่มีความกว้างของรถเกิน 2.3 เมตร ให้บรรทุกสูงไม่เกิน 3.8 เมตร กรณีรถบรรทุกคอนเทนเนอร์สูงไม่เกิน 4.0 เมตรจากพื้น[26]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[25] สุกฤต อนันตชัยยง, การศึกษาและเปรียบเทียบการก่อสร้างบ้านพักอาศัย ด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูประบบเสา-คาน กับการก่อสร้างแบบทั่วไป : กรณีศึกษา หมู่บ้านคุณาลัย บางขุนเทียน, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545. หน้า 28.

[26] กฎกระทรวงฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2522) ออกตามความในพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2552 มาตรา 5 และมาตรา 18.

2.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตาราง 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายชื่อ/วิทยานิพนธ์	วัตถุประสงค์	ผลการวิจัย
ชาคริต วิชชาบุญศิริ , การศึกษาเปรียบเทียบการก่อสร้างระหว่างโครงหลังคาสำเร็จรูปและโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณสำหรับบ้านเดี่ยวขนาดกลาง, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2553.	1. เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการก่อสร้างโครงหลังคาสำเร็จรูปกับโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ 2. เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนในการก่อสร้างโครงหลังคาสำเร็จรูปกับโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ 3. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของงานในการก่อสร้างโครงหลังคาสำเร็จรูปกับโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ	โครงหลังคาสำเร็จรูปใช้ระยะเวลาน้อยกว่าโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ 55.56% และใช้ต้นทุนมากกว่าโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ 27.19% แต่มีคุณภาพดีกว่าโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ 37.14%
ณัฐวุฒิ ถนอมพวงเสรี , การวิเคราะห์กระบวนการจัดการชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปสำหรับงานก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยใช้กรณีศึกษา , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.	เพื่อศึกษากระบวนการทำงานในขั้นตอนการผลิต การขนส่ง และการติดตั้งของงานชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปพร้อมทั้งวิเคราะห์เพื่อเสนอแนวทางการทำงานในการปรับปรุงกระบวนการจัดการชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปสำหรับโครงการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยใช้กรณีศึกษา	แนวทางการปรับปรุงกระบวนการจัดการในหน่วยงานผลิต ควรจะมีการกำหนดปริมาณการผลิตที่สอดคล้องกับความต้องการจริงของโครงการก่อสร้างในแต่ละช่วงเวลา อันเป็นการลดการทำงานที่ไม่จำเป็นในหน่วยงานผลิตลง นอกจากนี้หน่วยงานจะต้องมีความพร้อมในการจัดเตรียมวัสดุการผลิต แรงงาน และเครื่องจักรในการทำงาน และขั้นตอนการขนส่งชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่มีความถูกต้องตามประเภทชิ้นงานที่จะติดตั้ง

ตาราง 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

รายชื่อ/วิทยานิพนธ์	วัตถุประสงค์	ผลการวิจัย
สุกฤต อนันตชัยยง , การศึกษาและเปรียบเทียบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูประบบเสา-คานกับการก่อสร้างแบบทั่วไป , วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.	เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูประบบเสา-คานกับการก่อสร้างแบบทั่วไป ซึ่งจะทำการศึกษาในด้านต่างๆ ดังนี้ 1. ศึกษาเทคนิคของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป โดยเฉพาะการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2. ศึกษาปัญหา อุปสรรค และข้อดีข้อเสียของการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป 3. เปรียบเทียบต้นทุนและระยะเวลาของการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูปกับระบบหล่อในที่	การก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้นในโครงการบ้านจัดสรร ที่มีการนำชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูประบบเสา-คานที่สั่งจากโรงงานมาใช้ในการก่อสร้างแทนการหล่อเสา-คานในที่ก่อสร้างมีความเหมาะสม เพราะมีต้นทุนและระยะเวลาในการก่อสร้างน้อยกว่า แต่ต้องมีการศึกษาถึงระบบการก่อสร้างดังกล่าวให้เข้าใจก่อนที่จะนำมาใช้ร่วมกับการก่อสร้างแบบทั่วไป
บุษบง เจริญพันธ์โยธิน , กระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป : กรณีศึกษา โครงการชลลดา รัตนาธิเบศร์ , วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคหะการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.	เพื่อศึกษาถึงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปและศึกษาถึงกระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยที่นำเอาระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปนี้มาร่วมใช้ในการก่อสร้าง รวมถึงการศึกษาด้านคุณภาพ ระยะเวลา และต้นทุนของการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป	การก่อสร้างโครงการบ้านจัดสรรโดยใช้ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีความเหมาะสม แต่ต้องพิจารณาจากข้อดีและข้อเสียดังนี้ ข้อดีคือลดต้นทุนในโครงการ ลดจำนวนแรงงาน และมีความรวดเร็วในการก่อสร้าง ข้อเสียคือการลงทุนครั้งแรกสูงเนื่องจากต้องสร้างโรงงานผลิต การผลิตจำนวนที่น้อยทำให้ต้นทุนเฉลี่ยสูง และต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการควบคุมการทำงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 3
ข้อมูลเบื้องต้น

3.1 โครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทผู้ผลิตและจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้างโดยก่อตั้งในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2456 ตามพระบรมราชโองการในพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 6 เพื่อผลิตปูนซีเมนต์ โดยบริษัทได้มีการพัฒนาและขยายธุรกิจมาอย่างต่อเนื่อง จนในปัจจุบันมีการผลิตผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้างหลากหลายชนิด ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ธุรกิจหลักด้วยกัน คือ กลุ่มธุรกิจซิเมนต์และผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง กลุ่มธุรกิจเคมิคอลส์ และกลุ่มธุรกิจแพคเกจจิ้ง โดยกลุ่มธุรกิจซิเมนต์และผลิตภัณฑ์ก่อสร้างมีการผลิตและจัดจำหน่ายสินค้ามากมาย อาทิเช่น ปูนซิเมนต์ เหล็ก ท่อพลาสติก ฝ้าเพดาน ฝาผนัง และฉนวนกันความร้อน เป็นต้น อีกทั้งในปัจจุบันยังมีการผลิตและจัดจำหน่ายโครงหลังคาและอุปกรณ์หลังคา ซึ่งบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) นั้นมีความเชี่ยวชาญด้านการก่อสร้างโครงหลังคา โดยได้พัฒนาการก่อสร้างโครงหลังคาเป็นโครงหลังคาที่ทำด้วยชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ ซึ่งผลิตจากเหล็กกำลังดึงสูง G 550 (ดึงเหล็กให้ขาดได้ด้วยแรงดึง 5,500 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) ซึ่งมีกำลังดึงสูงกว่าเหล็กรูปพรรณจึงทำให้เหล็กที่ใช้มีความหนาน้อยกว่าเหล็กรูปพรรณ ส่งผลให้โครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์มีน้ำหนักเบากว่าโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ อีกทั้งยังนำเหล็กกำลังดึงสูงชุบด้วยกัลวาไนซ์เกรด Z 220 หรือ Z 275 มาจากโรงงานเพื่อป้องกันการเกิดสนิม ทนทานและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน แสดงดังตารางที่ 3.1 และมีขนาดแปและเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่จำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปแสดงดังตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.1

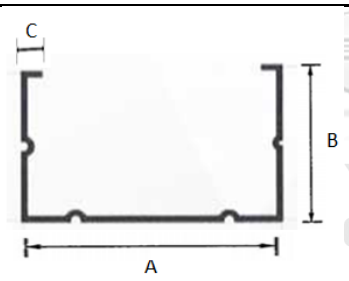
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 3.1 แสดงการเปรียบกลสมบัติระหว่างเหล็กชุบกัลวาไนซ์และเหล็กรูปพรรณ

รายการ	เหล็กชุบกัลวาไนซ์	เหล็กรูปพรรณ
กำลังของวัสดุ	ผลิตจากเหล็กกำลังดึงสูง G550 (ดึงเหล็กให้ขาดได้ด้วยแรงดึง 5,500 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	ผลิตจากเหล็กดำทั่วไป G240 (ดึงเหล็กให้ขาดด้วยแรงดึง 2,400 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
วิธีการกันสนิม	ชุบด้วยกัลวาไนซ์ เกรด Z220 หรือ Z275 มาจากโรงงานผลิต	ต้องทาสีกันสนิมหรือพ่นสีกันสนิมที่สถานที่ก่อสร้าง
ความหนาทั่วไป	0.80 - 2.00 มิลลิเมตร	1.60 - 4.50 มิลลิเมตร
น้ำหนัก	6 กิโลกรัม/ตารางเมตร	14 - 15 กิโลกรัม/ตารางเมตร
อัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนัก	1.70	0.47

ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), 2559

ตาราง 3.2 แสดงขนาดเหล็กชุบกัลวาไนซ์

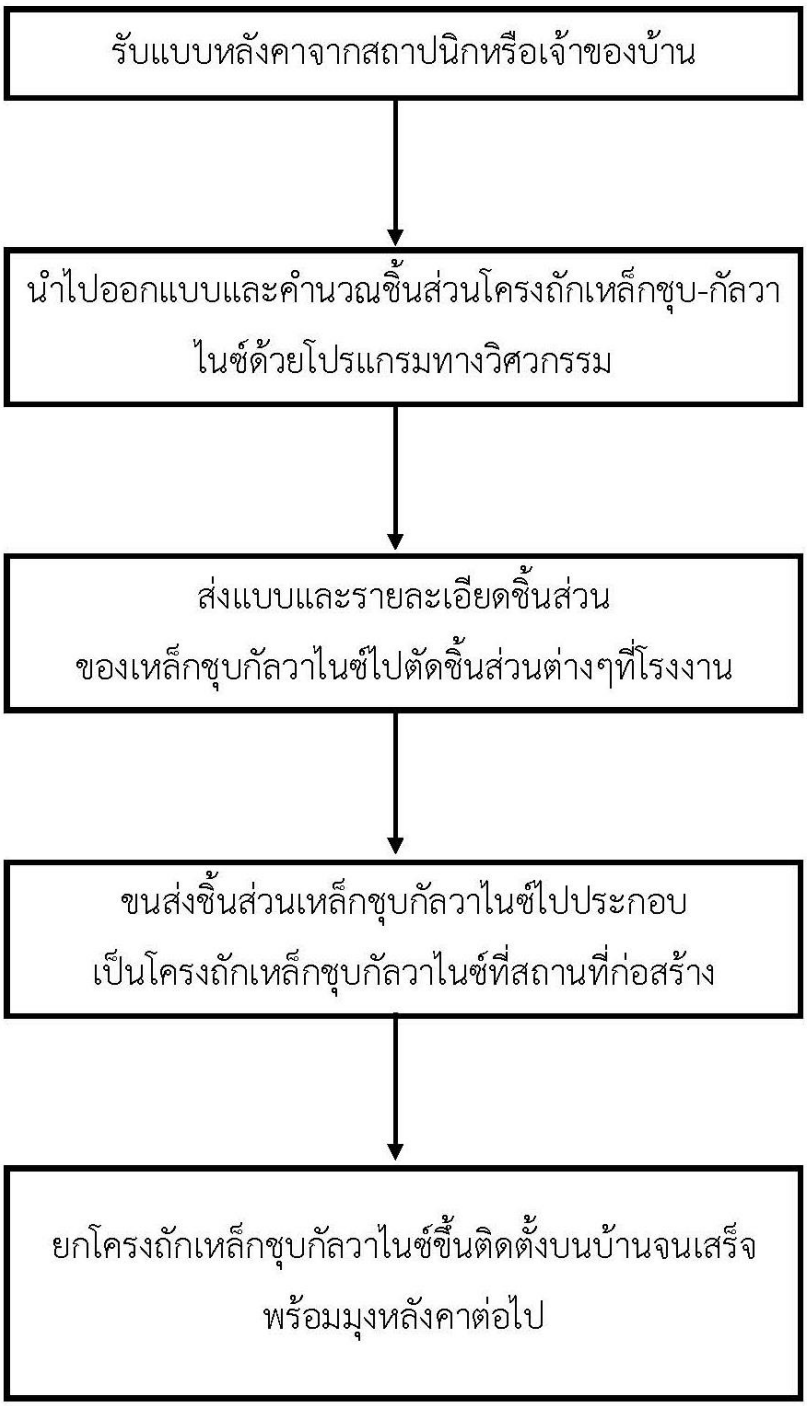
	ขนาด (mm.)		พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	น้ำหนัก (กิโลกรัม/เมตร)
	AxBxC	ความหนา		
C60	60x39x8	0.80	1.19	0.94
C75	75x39x8	0.80	1.31	1.03
C90	90x39x8	0.80	1.43	1.13
	90x39x8	1.00	1.79	1.41
C100	100x39x8	1.00	1.89	1.49

ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

ภาพ 3.1 แปเหล็กชุบกัลวาไนซ์เอสซีจีขนาด 64 x 22 x 0.48 มิลลิเมตร
ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

โดยบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) ได้จัดจำหน่ายโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ พร้อมทั้งมีการบริการคำนวณโครงสร้างและติดตั้งโครงหลังคาด้วยช่างผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งบริษัทฯมีการจัดจำหน่ายโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ให้แก่ทั้งผู้ที่ต้องการปลูกบ้านพักอาศัยรายย่อยทั่วไป รวมถึงจัดจำหน่ายให้แก่บริษัทผู้ประกอบธุรกิจอสังหาริมทรัพย์รายใหญ่ ทั้งนี้ในปัจจุบันบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)ได้มีการผลิตชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ให้แก่ โครงการบ้านภัสสร บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานที่แสดงในแผนภูมิภาพดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



แผนภูมิ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานผลิตชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์

ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

3.2 โครงการบ้านภัสสร บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)

จากกรณีศึกษาโครงการบ้านภัสสร ไพรด์ พระราม5-สิรินธร บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) เป็นโครงการบ้านเดี่ยวที่มีรูปแบบบ้าน 4 แบบ โดยมีรูปแบบ Re-Sight เป็นบ้านขนาดเล็กที่สุดของโครงการ ซึ่งมีขนาดบ้านความกว้าง 8.30 เมตร ยาว 6.80 เมตร และขนาดหลังคาบ้านความกว้าง 9.26 เมตร ยาว 8.26 เมตร

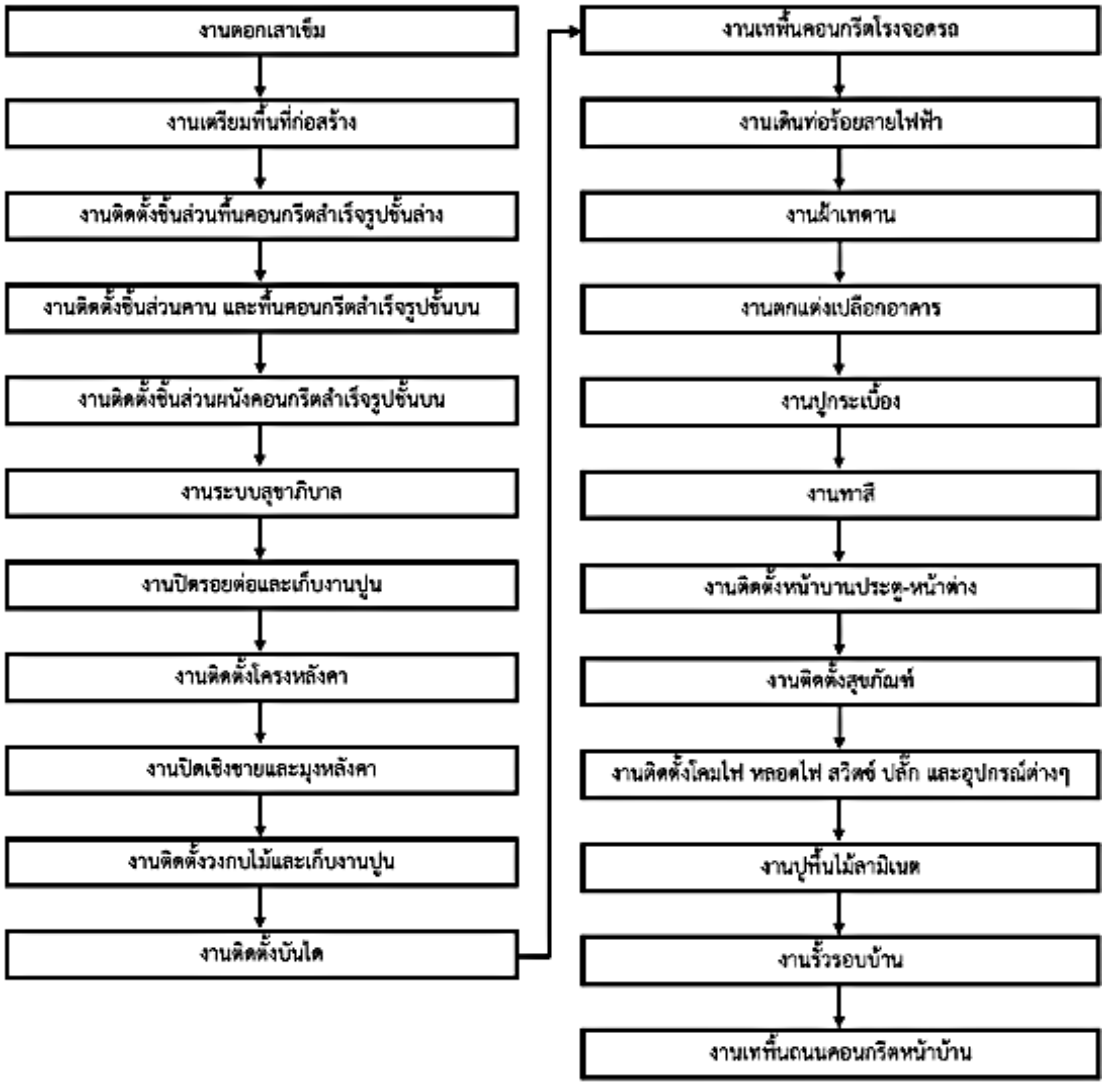
ภาพ 3.2 ภาพจำลองบ้านเดี่ยว รูปแบบ Re-Sight 2 หน่วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ 3.3 ผังพื้นชั้นล่างและชั้นบนของบ้านเดี่ยว รูปแบบ Re-Sight 2 หน่วย

บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) มีการใช้ระบบการก่อสร้างที่ประยุกต์จากกระบวนการผลิตแบบอุตสาหกรรม โดยใช้ชื่อว่า “นวัตกรรมก่อสร้างระบบอุตสาหกรรมคุณภาพ หรือ Pruksa Real Estate Manufacturing (Pruksa REM)” เพื่อเพิ่มกำลังผลิตและประสิทธิภาพในการก่อสร้าง สามารถลดการทำงานที่ซ้ำซ้อน ส่งผลให้ลดระยะเวลาการก่อสร้างลงได้ โดยใช้หลักการสำคัญ คือ การก่อสร้างอย่างเป็นระบบขั้นตอนที่ชัดเจน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะใช้ช่างที่มีประสบการณ์และมีความเชี่ยวชาญ อีกทั้งยังใช้นวัตกรรมการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปเพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการก่อสร้าง โดยมีขั้นตอนการก่อสร้างแสดงดังแผนภูมิที่ 3.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภูมิ 3.2 ขั้นตอนการก่อสร้างบ้านเดี่ยว

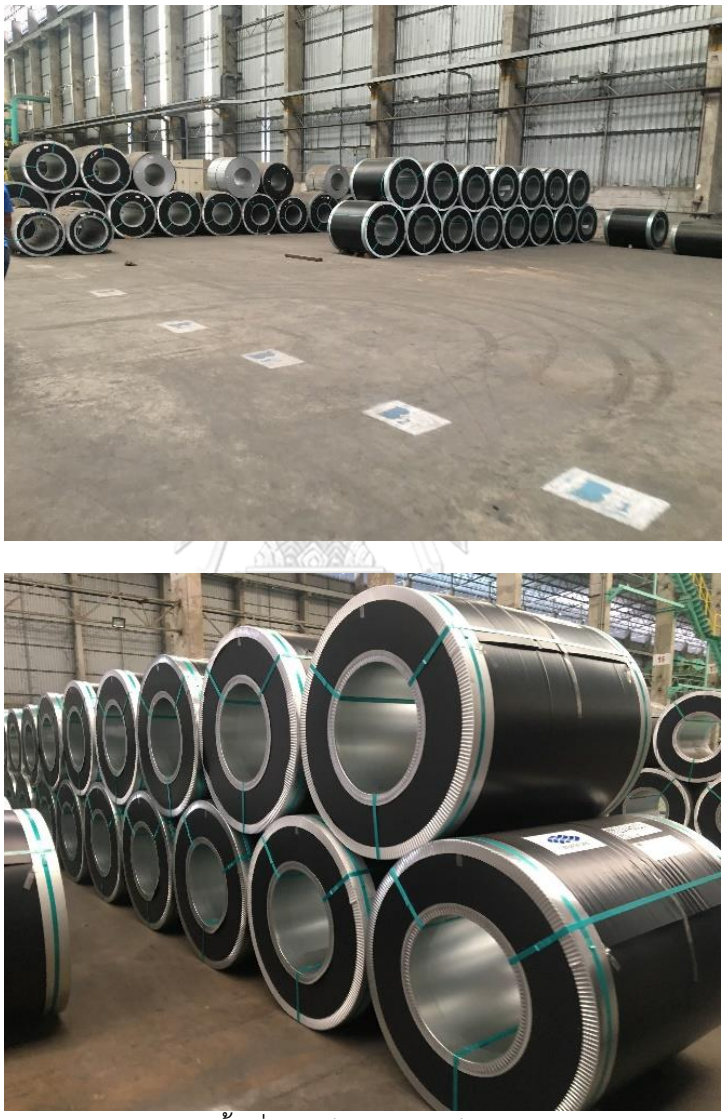
ที่มา : บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์

ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.3.1 จัดแบ่งพื้นที่บริเวณโรงงานผู้ผลิตเพื่อเก็บคอยล์เหล็กชุบกัลวาไนซ์เพื่อรอการตัดแบ่งชิ้นส่วนตามแนวยาว (Slit)



ภาพ 3.4 พื้นที่กองเก็บคอยล์เหล็กชุบกัลวาไนซ์

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

3.3.2 ขนย้ายคอยล์เหล็กชุบกัลวาไนซ์มายังพื้นที่ที่จะทำการตัดแบ่งชิ้นส่วนตามแนวยาวโดยใช้เครื่องจักร

ภาพ 3.5 คอยล์เหล็กชุบกัลวาไนซ์ก่อนที่จะทำการตัดแบ่งตามแนวยาว

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

3.3.3 นำคอยล์เหล็กชุบกัลวาไนซ์ตัดแบ่งเป็นชิ้นส่วนตามแนวยาวโดยใช้เครื่องจักร

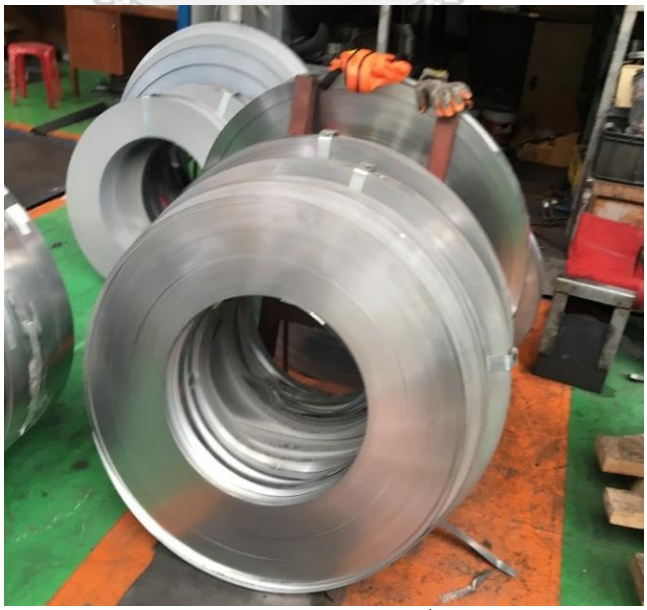
ภาพ 3.6 การทำงานของเครื่องจักรในขณะทำการตัดแบ่งเหล็กชุบกัลวาไนซ์ตามแนวยาว

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

ภาพ 3.7 การทำงานของเครื่องจักรขณะทำการตัดแบ่งเหล็กชุบกัลวาไนซ์ตามแนวยาว

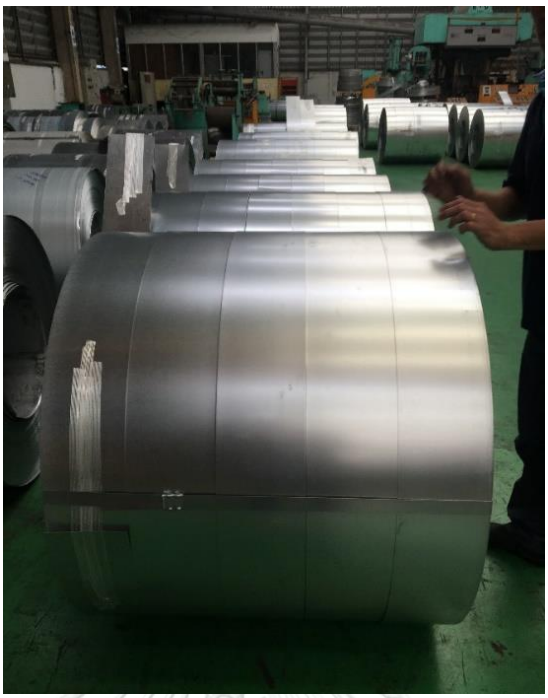
ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

3.3.4 หลังจากตัดแบ่งชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์แล้วเสร็จ จะทำการมัดรวมชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์เป็นคอยล์ไว้ดังเดิม ดังภาพที่ 3.9 เพื่อรอขนย้ายไปขึ้นรูป



ภาพ 3.8 คอยล์เหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ตัดตามแนวยาว

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561



ภาพ 3.9 คอยล์เหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ตัดตามแนวยาวเตรียมขนย้ายเพื่อขึ้นรูปโครงหลังคา

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

ภาพ 3.10 เครนยกคอยล์เหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ตัดแบ่งตามแนวยาวเพื่อขนย้ายไปขึ้นรูป

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

3.3.5 ขนย้ายคอยล์ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์มายังพื้นที่ที่จะทำการขึ้นรูปโดยใช้เครื่องจักรและทำการขึ้นรูปแป โดยนำคอยล์ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ตัดตามแนวยาวติดตั้งเข้ากับล้อหมุน ดังภาพที่ 3.11 เพื่อใช้ในการลำเลียงแผ่นเหล็กชุบกัลวาไนซ์เข้าไปตามสายพานลูกกลิ้ง ดังภาพที่ 3.12

ภาพ 3.11 ล้อหมุนสำหรับติดตั้งคอลย์เหล็กชุบกัลวาไนซ์เพื่อลำเลียงแผ่นเหล็กชุบกัลวาไนซ์เข้าเครื่องจักร

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

ภาพ 3.12 ขึ้นรูปแผ่นเหล็กชุบกัลวาไนซ์โดยสายพานลูกกลิ้งเหล็ก

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

3.3.6 ชิ้นส่วนแปเหล็กกัลวาไนซ์ที่ได้จะถูกตัดตามความยาวที่กำหนด ดังภาพที่ 3.13

ภาพ 3.13 ชิ้นส่วนแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขึ้นรูปโดยเครื่องจักร

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

ภาพ 3.14 ชิ้นส่วนแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์จากการขึ้นรูปโดยเครื่องจักร

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

3.3.7 ทำการขึ้นรูปชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์หน้าตัดตัวซี โดยนำคอยล์ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ตัดตามแนวยาวติดตั้งเข้ากับล้อหมุน ดังภาพที่ 3.15 เพื่อใช้ในการลำเลียงแผ่นเหล็กชุบกัลวาไนซ์เข้าไปตามสายพานลูกกลิ้ง ดังภาพที่ 3.16

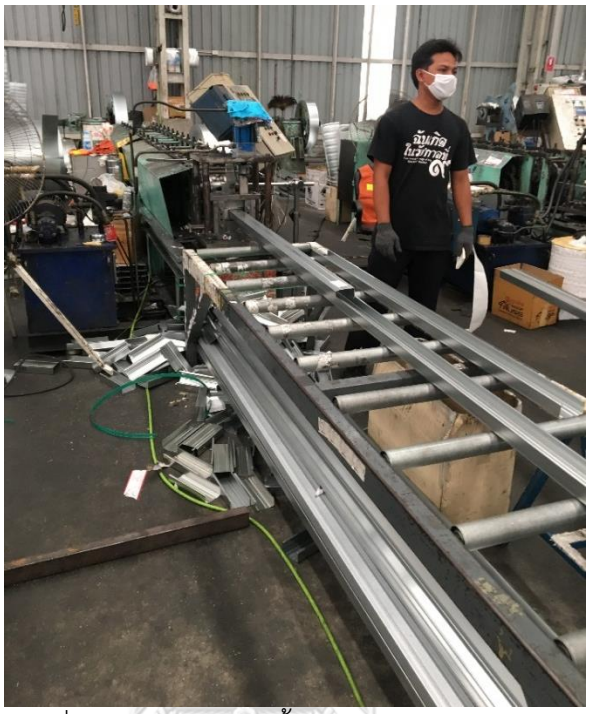
ภาพ 3.15 ล้อหมุนสำหรับติดตั้งคอลย์เหล็กชุบกัลวาไนซ์เพื่อลำเลียงแผ่นเหล็กชุบกัลวาไนซ์เข้าเครื่องจักร

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

ภาพ 3.16 ขึ้นรูปแผ่นเหล็กชุบกัลวาไนซ์โดยลูกกลิ้งเหล็ก

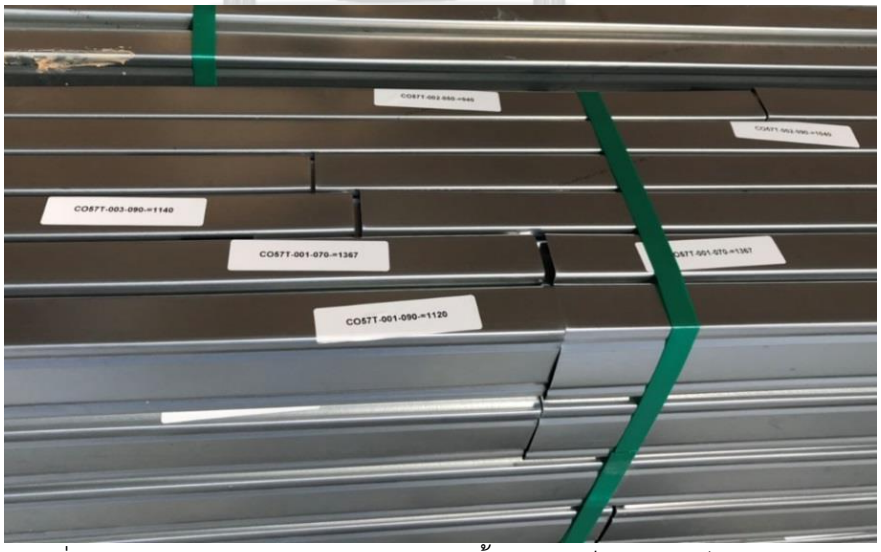
ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

3.3.8 เมื่อชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์หน้าตัดตัวซีไหลออกมาตามสายพาน จะทำการติดเครื่องหมายเพื่อระบุตำแหน่งของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในการประกอบและติดตั้ง



ภาพ 3.17 ติดเครื่องหมายเพื่อระบุตำแหน่งของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในการประกอบและติดตั้ง

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

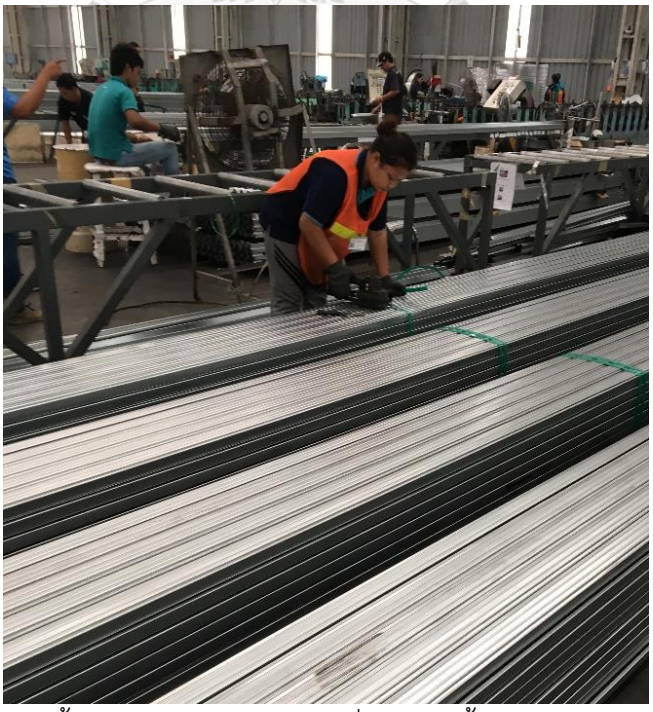


ภาพ 3.18 เครื่องหมายระบุขนาดและความยาวของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในการประกอบและติดตั้ง

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 256

3.3.9 ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์หน้าตัดตัวซีที่ได้จะถูกตัดตามความยาวที่กำหนด ดังภาพที่ 3.19 และจะทำการมัดชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์เพื่อขนย้ายไปยังพื้นที่ก่อสร้างโดยรถบรรทุก

ภาพ 3.19 ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์หน้าตัดตัวซีขึ้นรูปโดยเครื่องจักร
ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

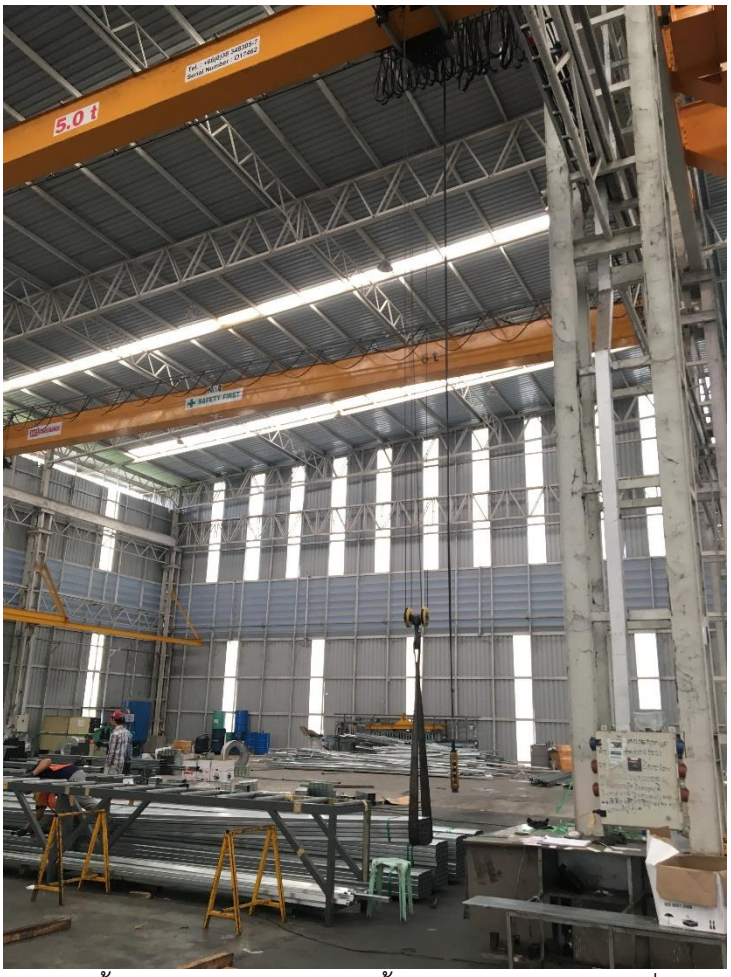


ภาพ 3.20 ทำการมัดชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์เพื่อขนย้ายขึ้นรถบรรทุกไปยังสถานที่ก่อสร้าง
ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

3.4 ขั้นตอนการขนส่งชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์

ในกระบวนการขนส่งชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.4.1 หลังจากทำการมัดชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์รวมกัน เพื่อขนย้ายขึ้นรถบรรทุกไปยังสถานที่ก่อสร้าง จะใช้เครนในการยกมัดชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขึ้นหลังรถบรรทุกเพื่อเตรียมขนส่ง ดังภาพที่ 3.21 และ 3.22



ภาพ 3.21 ขนย้ายมัดชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขึ้นรถบรรทุกไปยังสถานที่ก่อสร้างโดยใช้เครน
ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

ภาพ 3.22 ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์หลังรถบรรทุก

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

ภาพ 3.23 เตรียมขนย้ายชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ไปยังพื้นที่ก่อสร้างโดยรถบรรทุก

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

3.4.2 เมื่อขนส่งชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์มายังพื้นที่ก่อสร้าง จะทำการยกมัดชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ลงกองเก็บบริเวณพื้นที่งานก่อสร้างเพื่อรอการประกอบเป็นโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์และยกขึ้นไปติดตั้งบนบ้านต่อไป

ภาพ 3.24 ขนส่งชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์มายังพื้นที่ก่อสร้าง

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

ภาพ 3.25 ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์กองเก็บบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

3.5 ขั้นตอนการประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์และติดตั้งโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์

ในกระบวนการการประกอบและติดตั้งโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.5.1 จัดชิ้นส่วนโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ตามกลุ่มโครงถักแต่ละโครงตามที่ระบุไว้ในแบบ

ภาพ 3.26 กลุ่มโครงถักที่จัดกลุ่มแบ่งไว้แต่ละโครงบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง
ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 12 มกราคม 2561

3.5.2 เริ่มการประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์โดยทำการยึดโครงถักแต่ละจุดด้วยตะปูเกลียว 3 ตัว ซึ่งใช้สกรูปลายสว่านในยึดเพื่อให้โครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์มีความแข็งแรงและยึดติดได้ทนทาน อีกทั้งในกรณีจุดที่มีการซ้อนทับกันของปลายชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ จะทำการตัดปีกของเหล็กตัวซีออกเพื่อให้สามารถยึดติดด้วยตะปูเกลียวได้แนบสนิทระหว่างสองชิ้นส่วน ดังดังภาพที่ 3.27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพ 3.27 ใช้ตะปูเกลียว 3 ตัวยึดโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในแต่ละจุด
ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 12 มกราคม 2561

3.5.3 ทำการประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ตามแบบในบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง

ภาพ 3.28 การประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์
ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 12 มกราคม 2561

3.5.4 ยกโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขึ้นไปติดตั้งบนบ้าน โดยยึดกับผนังคอนกรีตชั้น 2 ของบ้านด้วยพุกเหล็กชุบกัลวาไนซ์

ภาพ 3.29 การติดตั้งโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์
ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 12 มกราคม 2561

ภาพ 3.30 พุกเหล็กชุบกัลวาไนซ์

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 12 มกราคม 2561

3.5.5 หลังจากติดตั้งโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์แล้วเสร็จ จะทำการติดตั้งสันหลังคา จันทัน และแปเหล็กชุบ กัลวาไนซ์ตามลำดับโดยใช้ตะปูเกลียวในการยึด

ภาพ 3.31 การติดตั้งสันหลังคาและจันทันเหล็กชุบกัลวาไนซ์

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 12 มกราคม 2561

ภาพ 3.32 การติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 12 มกราคม 2561

3.5.6 ติดตั้งเชิงชายเป็นลำดับสุดท้าย และรอการติดตั้งวัสดุมุงหลังคาต่อไป

ภาพ 3.33 การติดตั้งเชิงชายเหล็กชุบกัลวาไนซ์

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 12 มกราคม 2561

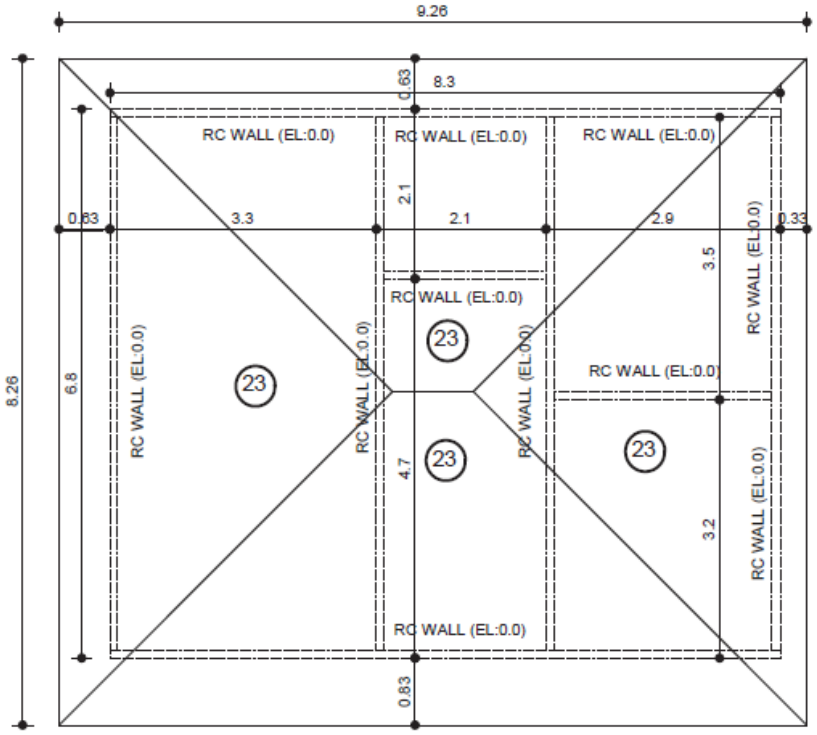
บทที่ 4
ผลการศึกษาการก่อสร้างโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์

4.1 รูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในปัจจุบัน

จากกรณีศึกษาโครงการบ้านภัสสร ไพรด์ พระราม5-สิรินธร บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นโครงการบ้านเดี่ยวที่มีรูปแบบบ้าน 4 แบบ โดยมีรูปแบบ Re-Sight ซึ่งมีขนาดบ้านความกว้าง 8.30 เมตร ยาว 6.80 เมตร และมีขนาดหลังคาบ้านความกว้าง 9.26 เมตร ยาว 8.26 เมตร โดยมีพื้นที่หลังคาทั้งหมด 166.19 ตารางเมตร หลังคามีความชัน 23 องศา มุงด้วยกระเบื้องซีแพคโมเนีย ซึ่งในปัจจุบันบ้านรูปแบบ Re-Sight หนึ่งหลังต้องใช้โครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่มีความยาว 9.18 เมตร จำนวน 6 โครง ในการติดตั้งโครงหลังคาตามที่วิศวกรได้ออกแบบไว้ โดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับประกอบเป็นโครงถักทั้งหมดจำนวน 119 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร โดยใช้ความยาวทั้งหมด 82.93 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร โดยใช้ความยาวทั้งหมด 115.20 เมตร ซึ่งใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 1 วันในการประกอบเป็นโครงถัก

เมื่อทำการประกอบโครงถักเสร็จสิ้น จะยกโครงถักขึ้นไปติดตั้งบนบ้านในลักษณะวางขนานกัน โดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับยึดติดตั้งโครงถักบนบ้านจำนวน 22 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร โดยใช้ความยาวทั้งหมด 72.74 เมตร และทำการติดตั้งแปและเชิงชายโดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับเชิงชายจำนวน 4 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ซึ่งใช้ความยาวทั้งหมด 35.04 เมตร และชิ้นส่วนแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์จำนวน 50 ชิ้น ขนาด 64 x 22 x 0.48 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 231.43 เมตรโดยใช้ระยะเวลาติดตั้ง 2 วัน รวมทั้งสิ้น 3 วัน ตลอดทั้งกระบวนการตั้งแต่เริ่มประกอบโครงถักที่สถานที่ก่อสร้าง โดยมีรายละเอียดของขนาดบ้านและโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบันดังนี้

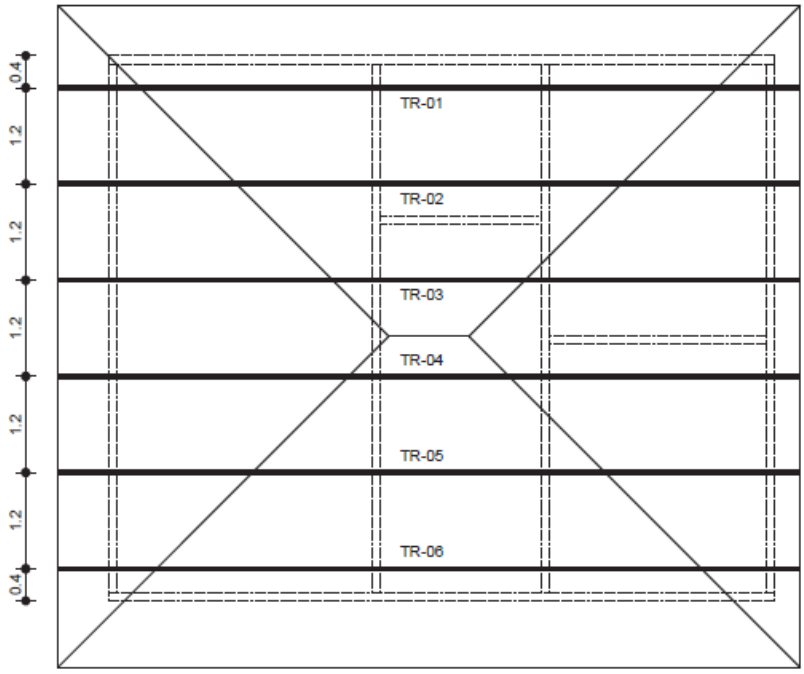
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพ 4.1 แบบแผนผังแสดงขนาดของบ้านและขนาดของหลังคา

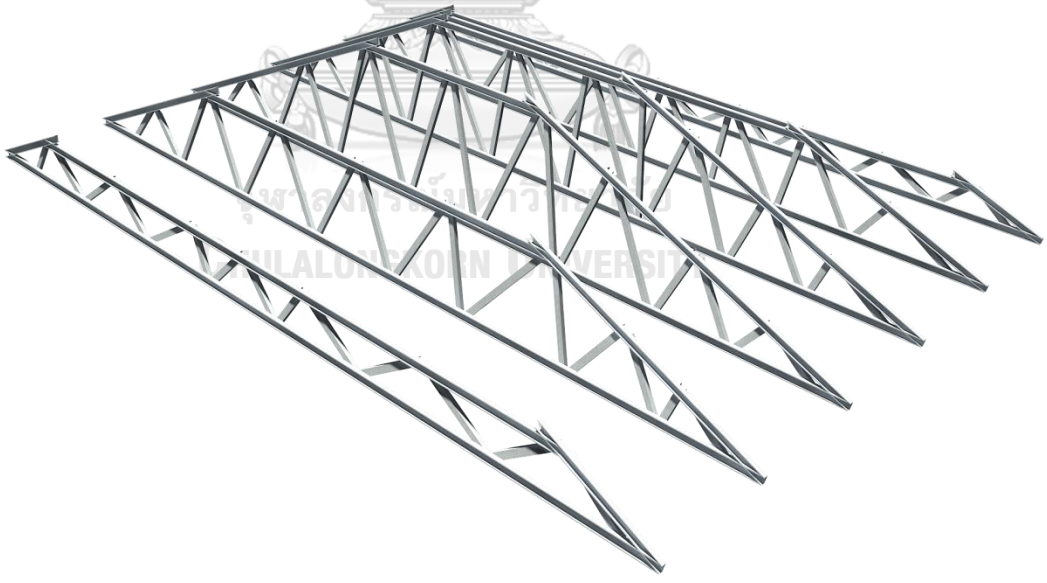
ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพ 4.2 แสดงการติดตั้งโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)



ภาพ 4.3 ภาพจำลองแสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ซึ่งชิ้นส่วนโครงถักในแต่ละรูปแบบจะแทนด้วยสัญลักษณ์เพื่อกำหนดขนาดของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ ยกตัวอย่างเช่น โครงถัก TR-01 ชิ้นส่วน 7.79B หมายความว่า ชิ้นส่วนยาว 7.79 เมตร ขนาด 75x34x0.8 มิลลิเมตร โดยขนาดของเหล็กแทนด้วยสัญลักษณ์แสดงดังตารางที่ 4.1

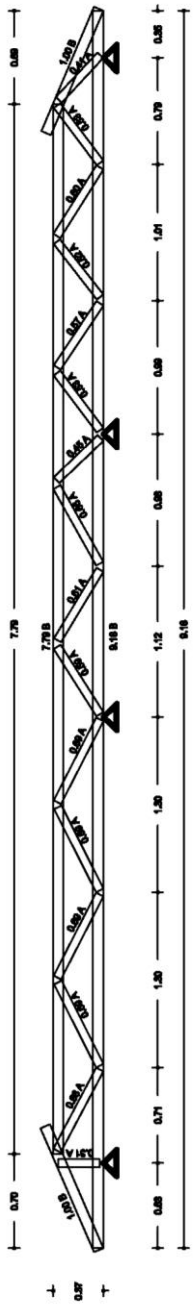
ตาราง 4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงขนาดของเหล็ก

Section	Symbol
C60	A
C75	B
C90 (0.8 mm.)	D
C90 (1 mm.)	E
C100	F

ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

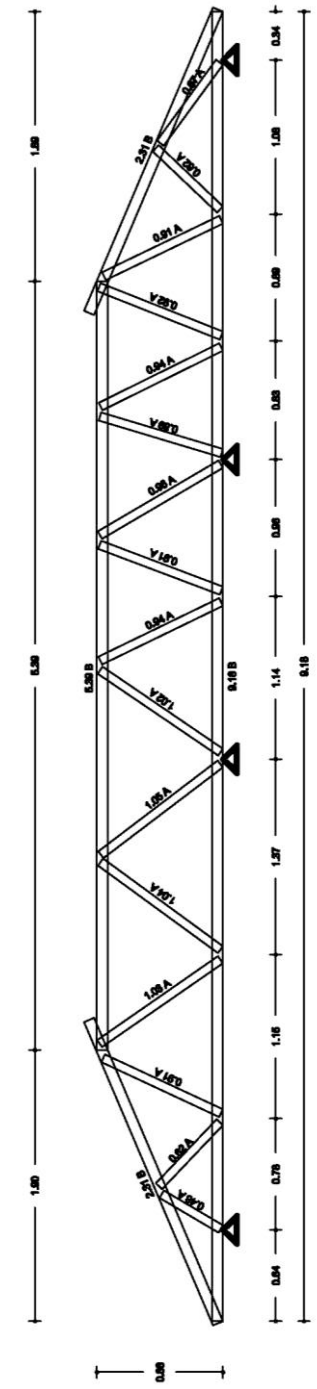
โครงถัก TR-01 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 16 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.21 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 4 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 18.97 เมตร



ภาพ 4.4 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก TR-01

ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

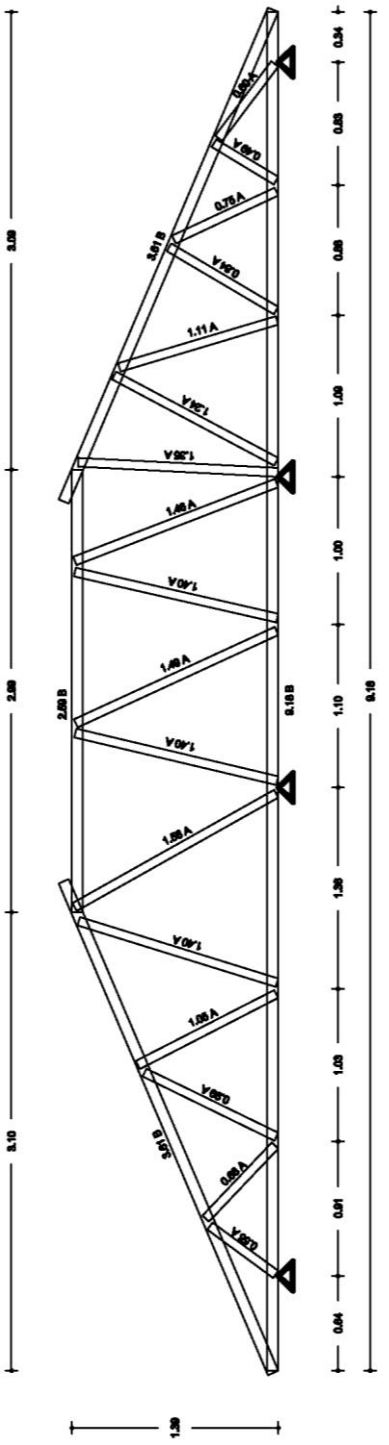
โครงถัก TR-02 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 16 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 13.91 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 4 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 19.19 เมตร



ภาพ 4.5 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก TR-02

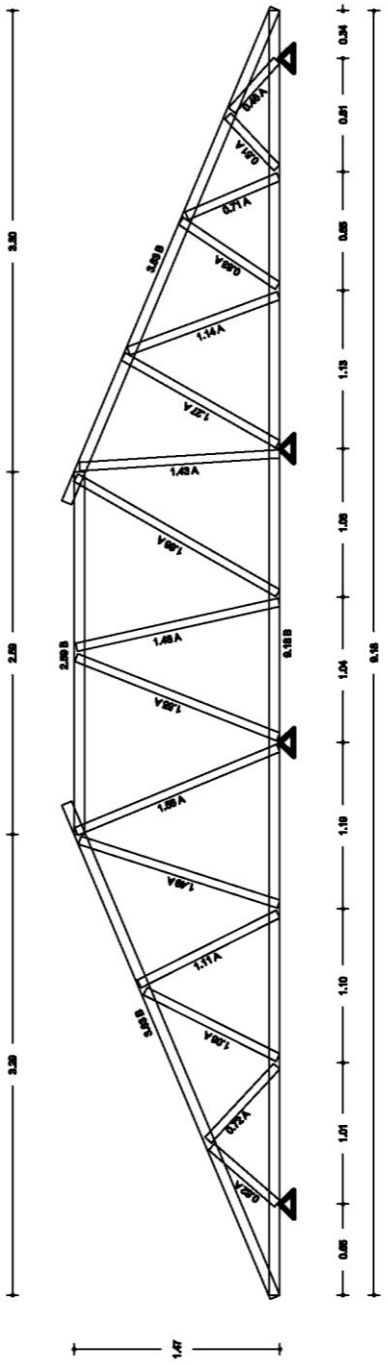
ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

โครงถัก TR-03 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 17 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 18.36 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 4 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 19.39 เมตร



ภาพ 4.6 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก TR-03

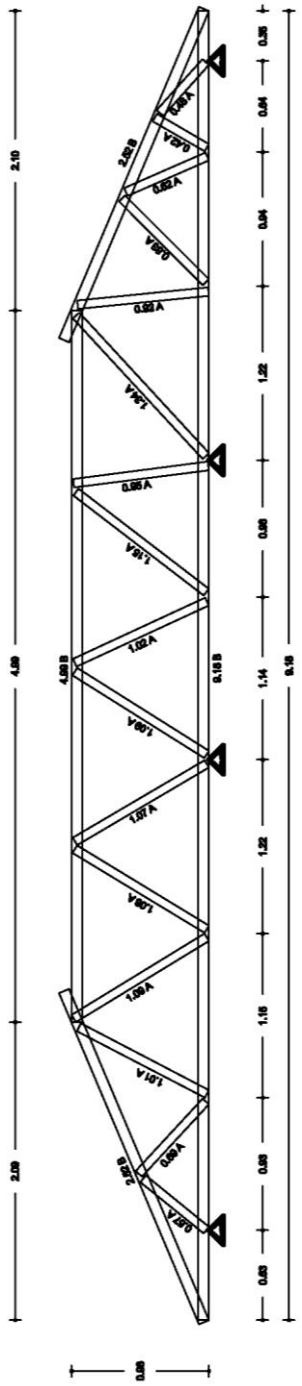
โครงถัก TR-04 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 16 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 17.62 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 4 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 19.43 เมตร



ภาพ 4.7 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก TR-04

ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

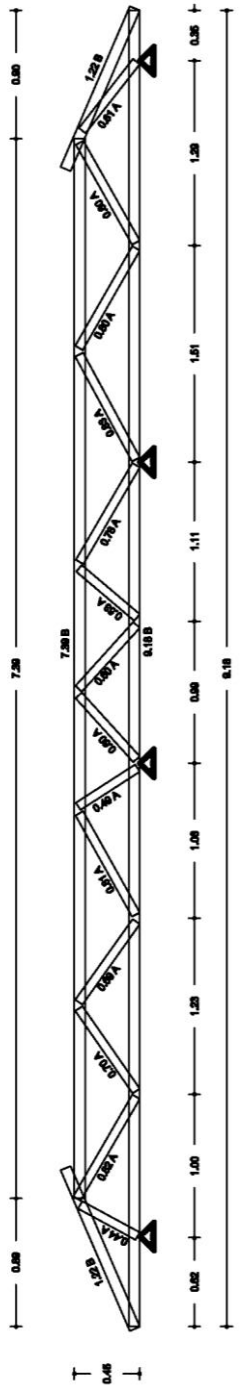
โครงถัก TR-05 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 16 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 14.33 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 4 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 19.21 เมตร



ภาพ 4.8 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก TR-05

ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

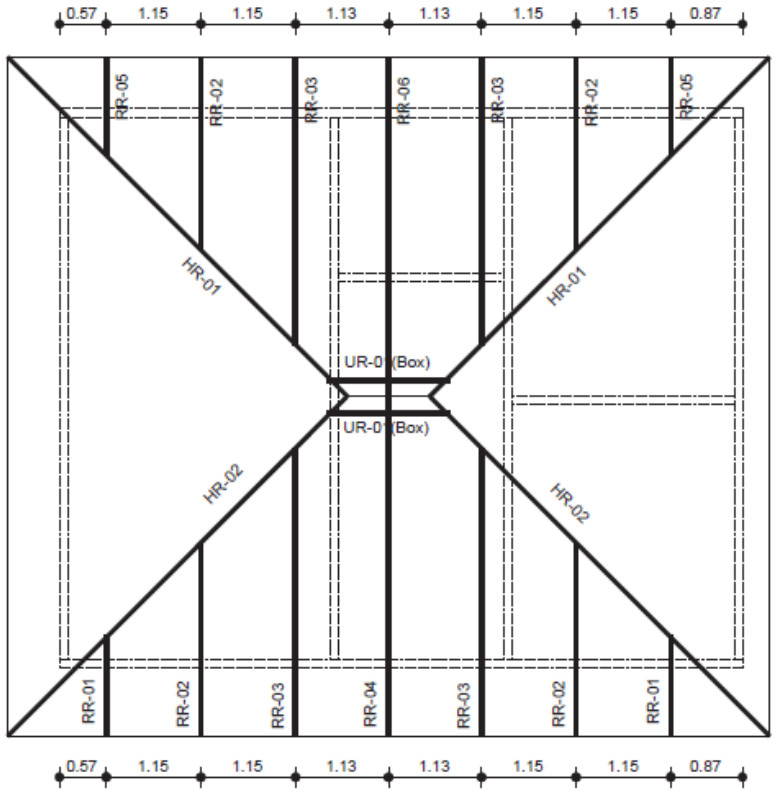
โครงถัก TR-06 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 14 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.50 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 4 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 19.01 เมตร



ภาพ 4.9 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก TR-06

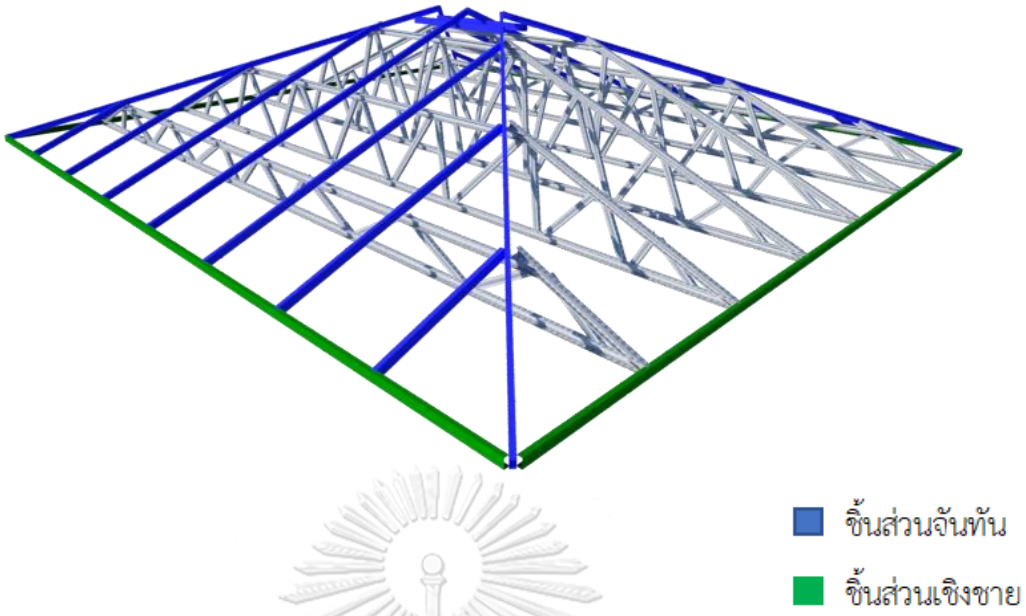
ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

เมื่อติดตั้งโครงถักเสร็จสิ้นจะเริ่มติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน RR-01, RR-02, RR-03, RR-04, RR-05 และ RR-06 โดยใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 14 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 41.74 เมตร ชิ้นส่วนตะเข้สัน HR-01 และ HR-02 โดยใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 4 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 25.00 เมตร และชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน UR-01 โดยใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 4 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 6.00 เมตร



ภาพ 4.10 แสดงการติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สัน และชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน

ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)



ภาพ 4.11 ภาพจำลองแสดงการติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สัน และชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน

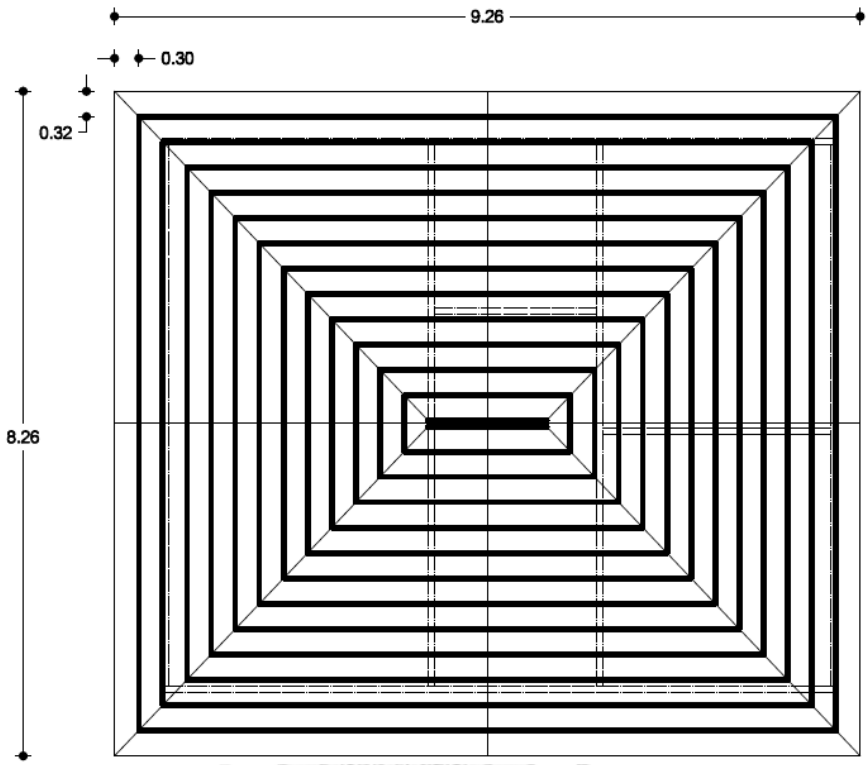
ตาราง 4.2 แสดงจำนวน ขนาดและความยาวชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สันและชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน

Label	Section	Length	Quantity
HR-01	C75	6,250	2
HR-02	C75	6,250	2
RR-01	C75	1,480	2
RR-02	C75	2,700	4
RR-03	C75	3,950	4
RR-04	C75	4,640	1
RR-05	C75	1,450	2
RR-06	C75	4,640	1
UR-01	C75	1,500	4

ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

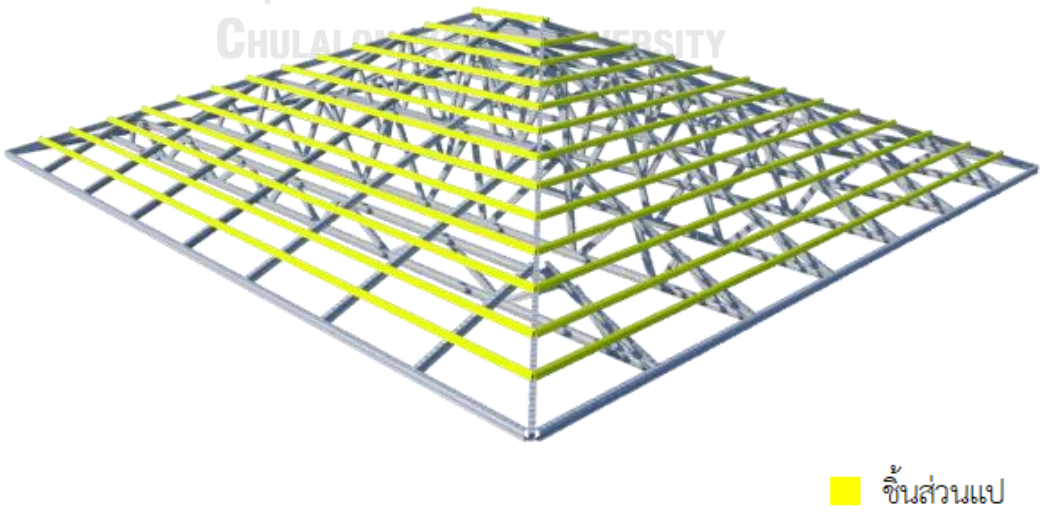
เมื่อติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สัน และชิ้นส่วนยึดตะเข้สันเสร็จ จะเริ่มติดตั้งชิ้นส่วนแป เหล็กชุบกัลวาไนซ์จำนวน 50 ชิ้น ขนาด 61 x 25 x 0.48 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 231.43 เมตร



ภาพ 4.12 แสดงการติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์

ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพ 4.13 ภาพจำลองแสดงการติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์

4.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นของการก่อสร้างโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ในปัจจุบัน

จากการศึกษาขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ ขั้นตอนการขนส่งชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ ขั้นตอนการประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ และขั้นตอนการติดตั้งโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ อีกทั้งจากปัจจัยด้านขนาดของโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมีความยาวที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดการขนส่ง ส่งผลให้เกิดปัญหาดังนี้

4.2.1 จำเป็นต้องกองเก็บชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์บริเวณสถานที่ก่อสร้างเพื่อรอการประกอบ เพราะไม่สามารถประกอบจากโรงงานและขนส่งโครงถักมาติดตั้งได้ เนื่องจากโครงถักมีความยาวที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดการขนส่ง ซึ่งการกองเก็บชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์บริเวณสถานที่ก่อสร้างทำให้กีดขวางการทำงานอื่น และต้องขนย้ายบ่อยครั้งเพื่อความสะดวกในการทำงานอื่น

ภาพ 4.14 การกองเก็บชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์บริเวณสถานที่ก่อสร้าง

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

ภาพ 4.15 การขนย้ายชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์บริเวณสถานที่ก่อสร้างเพื่อให้เกิดความสะดวกในการทำงานอื่น

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

4.2.2 ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์เกิดความเสียหายขณะกองเก็บบริเวณสถานที่ก่อสร้างเพื่อรอการประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่เกิดความเสียหายจะถูกส่งคืนให้บริษัทผู้ผลิต และทางบริษัทผู้ผลิตจะทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ใหม่เพื่อทดแทนของเดิมที่เสียหาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพ 4.16 ความเสียหายของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขณะกองเก็บบริเวณสถานที่ก่อสร้าง

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

ภาพ 4.17 ความเสียหายของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขณะกองเก็บบริเวณสถานที่ก่อสร้าง
ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

4.2.3 ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่กองเก็บบริเวณพื้นที่ก่อสร้างเกิดความสกปรก จึงต้องทำความสะอาดชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ก่อนทำการประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์

ภาพ 4.18 ความสกปรกที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขณะกองเก็บบริเวณสถานที่ก่อสร้าง
ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

4.2.4 พื้นที่ในการประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ ต้องใช้พื้นที่ที่เรียบสม่ำเสมอ ในปัจจุบันจึงต้องประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์บริเวณถนนของพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งจากขั้นตอนการดำเนินงานก่อสร้างจะทำการก่อสร้างถนนเป็นขั้นตอนท้ายๆของการพัฒนาโครงการ ดังนั้นการดำเนินงานก่อสร้างในปัจจุบันจึงเกิดความขัดแย้งกันระหว่างการประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์กับขั้นตอนการก่อสร้างของโครงการ

ภาพ 4.19 การประกอบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์บริเวณถนนของพื้นที่ก่อสร้าง

ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
การออกแบบโครงถักสำเร็จรูปและวิเคราะห์ข้อมูล

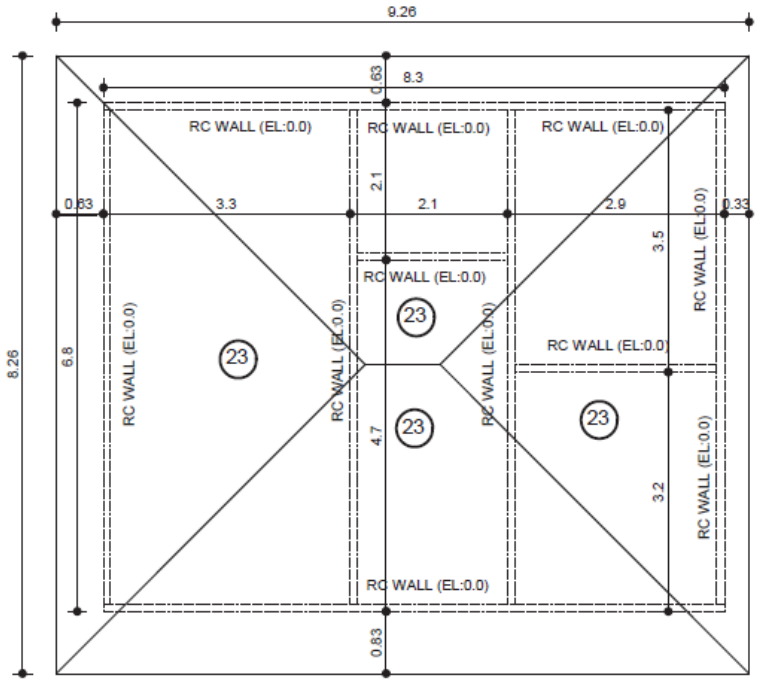
5.1 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูปที่สามารถขนส่งได้ตามข้อกำหนดการขนส่ง

จากปัญหาที่เกิดขึ้นจึงเสนอแนะรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ที่มีความยาวตามข้อจำกัดการขนส่ง เพื่อให้ประกอบโครงถักที่สถานที่อื่นได้ และสามารถขนส่งโครงถักไปยังสถานที่ก่อสร้างเพื่อติดตั้งได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องจัดเตรียมพื้นที่สำหรับกองเก็บและพื้นที่สำหรับประกอบโครงถักที่สถานที่ก่อสร้าง อีกทั้งยังสามารถลดระยะเวลาการประกอบโครงถักที่สถานที่ก่อสร้างได้

5.1.1 ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบโครงถักสำเร็จรูป

1. ออกแบบโครงถักสำเร็จรูปโดยใช้กรณีศึกษาโครงการบ้านภัสสร ไพรด์ พระราม5-สิรินธร บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) โดยเป็นโครงการบ้านเดี่ยวที่มีขนาดบ้านความกว้าง 8.30 เมตร ยาว 6.80 เมตร ซึ่งมีขนาดหลังคาบ้านความกว้าง 9.26 เมตร ยาว 8.26 เมตร

2. ความชันหลังคา 23 องศา โดยมีพื้นที่หลังคาทั้งหมด 166.19 ตารางเมตร



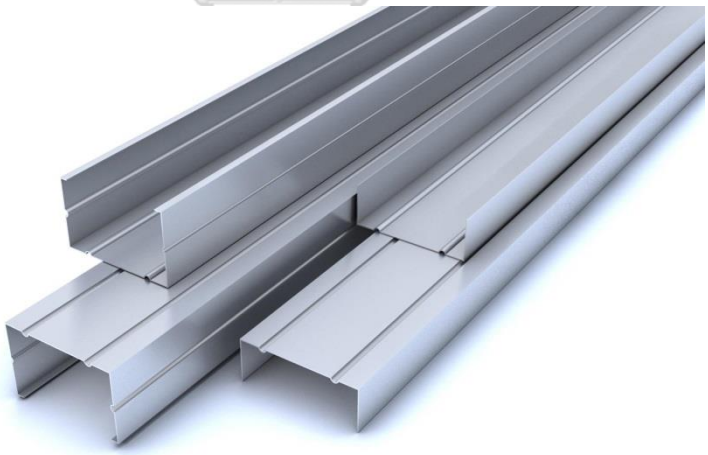
ภาพ 5.1 แบบแผนผังแสดงขนาดของบ้านและขนาดของหลังคา

ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

3. หลังคามุงด้วยกระเบื้องซีแพคโมเนียขนาด 33 x 42 เซนติเมตร น้ำหนัก 4.05 กิโลกรัม ต่อแผ่น

ภาพ 5.2 กระเบื้องซีแพคโมเนียตราช้าง
ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

4. ออกแบบโครงถักสำเร็จรูปโดยใช้เหล็กชุบด้วยกัลวาไนซ์เกรด Z 220 หรือ Z 275 ซึ่งผลิตจากเหล็กกำลังดึงสูง G 550 (ดึงเหล็กให้ขาดได้ด้วยแรงดึง 5,500 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)



ภาพ 5.3 เหล็กชุบกัลวาไนซ์เอสซีจี
ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

5. ออกแบบโครงถักสำเร็จรูปที่มีขนาดความยาวและความสูงสอดคล้องกับข้อกำหนดในการขนส่งคือบรรทุกยาวไม่เกิน 7 เมตร และสูงได้ไม่เกิน 2.20 เมตร

6. น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่ใช้ในการออกแบบ ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ดังแสดงในตาราง

ตาราง 5.1 น้ำหนักบรรทุกคงที่

ชนิดของวัสดุ	น้ำหนักบรรทุกคงที่	ชนิดของวัสดุ	น้ำหนักบรรทุกคงที่
1. วัสดุทั่วไป	kg/m^3	4. เปไม้	5
คอนกรีตเสริมเหล็ก	2400	5. พื้นไม้ 1" รวมคาน	30-50
คอนกรีตล้วน	2320	6. ฝ้าฝา ก้นเพง	kg/m^2
ไม้สัก	630	ตร่าวไม้ 11/2" X 3" @ 0.40	15
ไม้เนื้ออ่อน	500-1000	ตร่าวไม้ 11/2" X 3" @ 0.60	10
ไม้เนื้อแข็ง	700-1200	กระเบื้องแผ่นเรียบหนา 4 mm	7
เหล็ก	7850	กระเบื้องแผ่นเรียบหนา 8 mm	14
2. วัสดุมุงหลังคา	kg/m^2	แผ่นเอสบสไตลักส์	4
กระเบื้องลอนคู่	14	ไม้อัดหนา 4 mm	4
กระเบื้องลูกฟูกลอนเล็ก	12	ฝาไม้ 1/2" รวมตร่าว	20
กระเบื้องลูกฟูกลอนใหญ่	50	อิฐมอญหนา 10 cm	180
กระเบื้องราง	12	อิฐมอญเต็มแผ่นฉาบปูน	360
กระเบื้องซีแพคไมเนีย	50	คอนกรีตบล็อคหนา 10 cm	100-150
สังกะสี	5	คอนกรีตบล็อคหนา 15 cm	170-180
3. โครงหลังคา	10-30	คอนกรีตบล็อคหนา 20 cm	220-240

ที่มา : มนัส อนุศิริ, การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่11, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548, หน้า 15.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

7. น้ำหนักบรรทุกจรที่ใช้ในการออกแบบ ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ดังแสดงในตาราง

ตาราง 5.2 น้ำหนักบรรทุกจร

ประเภทส่วนต่างๆ ของอาคาร	หน่วยน้ำหนักบรรทุกจร (kg/m^2)
1. หลังคา	30
2. กันสาดหรือหลังคาคอนกรีต	100
3. ที่พักอาศัย ร.ร. อนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	150
4. ห้องแถว ตึกแถวที่ใช้พักอาศัย อาคารชุดหอพัก โรงแรม และห้องคนไข้พิเศษของโรงพยาบาล	200
5. สำนักงาน ธนาคาร	250
6. (ก) อาคารพาณิชย์ ส่วนของห้องแถว ตึกแถวที่ใช้เพื่ออาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน และโรงพยาบาล	300
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารชุด หอพัก โรงแรม สำนักงาน ธนาคาร	300
7. (ก) ตลาด อาคารสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องประชุม ห้องอ่านหนังสือในห้องสมุด หรือหอสมุด ที่จอดรถ หรือเก็บรถยนต์นั่ง หรือรถจักรยานยนต์	400
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของตลาด อาคารสรรพสินค้า ห้องประชุม หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องสมุดและหอสมุด	500

ที่มา : มนัส อนุศิริ, การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่11, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548, หน้า 16.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

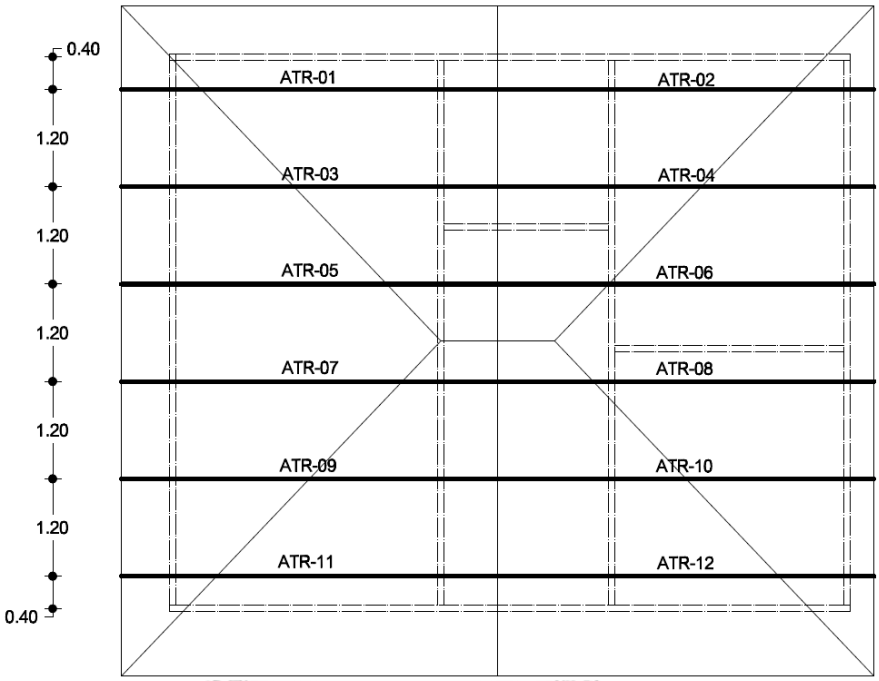
5.1.2 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป

ศึกษารูปแบบโครงถักสำเร็จรูป 3 รูปแบบ ที่สามารถประกอบที่สถานที่อื่นโดยใช้ระยะเวลา 1 วันและขนส่งไปติดตั้งยังสถานที่ก่อสร้างโดยใช้ระยะเวลาทำงาน 2 วันที่สถานที่ก่อสร้างดังนี้

5.1.2.1 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป A

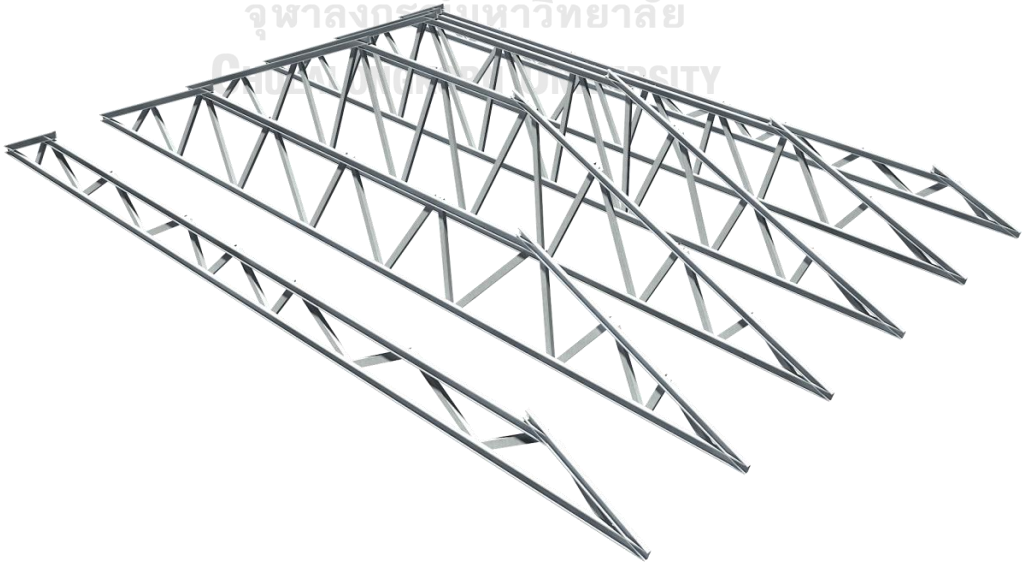
แบ่งความยาวของโครงถักออกเป็นสองส่วน นำไปยึดติดกันเป็นรูปแบบโครงถักเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันและติดตั้งในลักษณะวางขนานกัน ซึ่งมีชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับประกอบเป็นโครงถัก 12 โครง จำนวน 131 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร โดยใช้ความยาวทั้งหมด 82.93 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร โดยใช้ความยาวทั้งหมด 115.20 เมตร ติดตั้งบนบ้านในลักษณะวางขนานกัน โดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับยึดติดตั้งโครงถักบนบ้านจำนวน 22 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตรโดยใช้ความยาวทั้งหมด 72.74 เมตร และทำการติดตั้งแปและเชิงชายโดยใช้ชิ้นส่วนเหล็ก

ชุบกัลวาไนซ์สำหรับเชิงชายจำนวน 4 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ซึ่งใช้ความยาวทั้งหมด 35.04 เมตร และชิ้นส่วนแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์จำนวน 50 ชิ้น ขนาด 64 x 22 x 0.48 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 231.43 เมตร โดยมีรายละเอียดของขนาดโครงถักสำเร็จรูปดังนี้



ภาพ 5.4 แสดงการติดตั้งโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 5.5 ภาพจำลองแสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

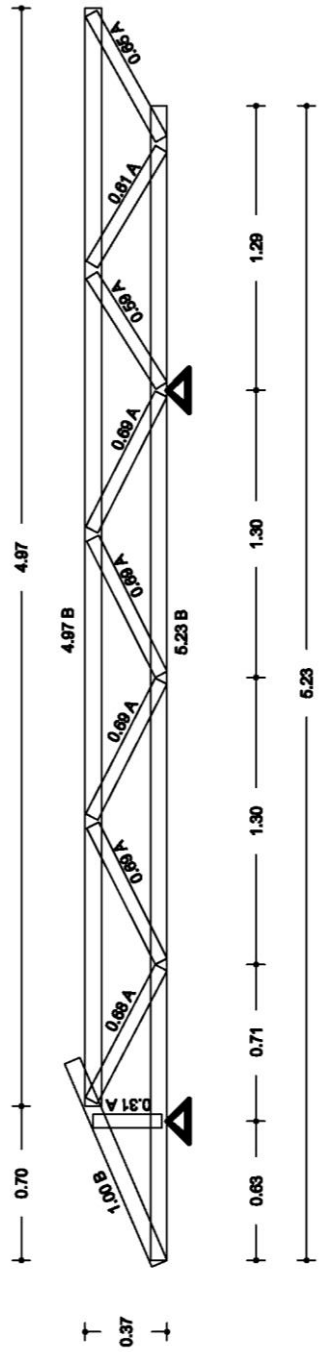
ซึ่งชิ้นส่วนโครงถักในแต่ละรูปแบบจะแทนด้วยสัญลักษณ์เพื่อกำหนดขนาดของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ ยกตัวอย่างเช่น โครงถัก ATR-01 ชิ้นส่วน 4.97B หมายความว่า ชิ้นส่วนยาว 4.97 เมตร ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร โดยขนาดของเหล็กแทนด้วยสัญลักษณ์แสดงดังตารางที่ 5.3

ตาราง 5.3 สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงขนาดของเหล็ก

Section	Symbol
C60	A
C75	B
C90 (0.8 mm.)	D
C90 (1 mm.)	E
C100	F

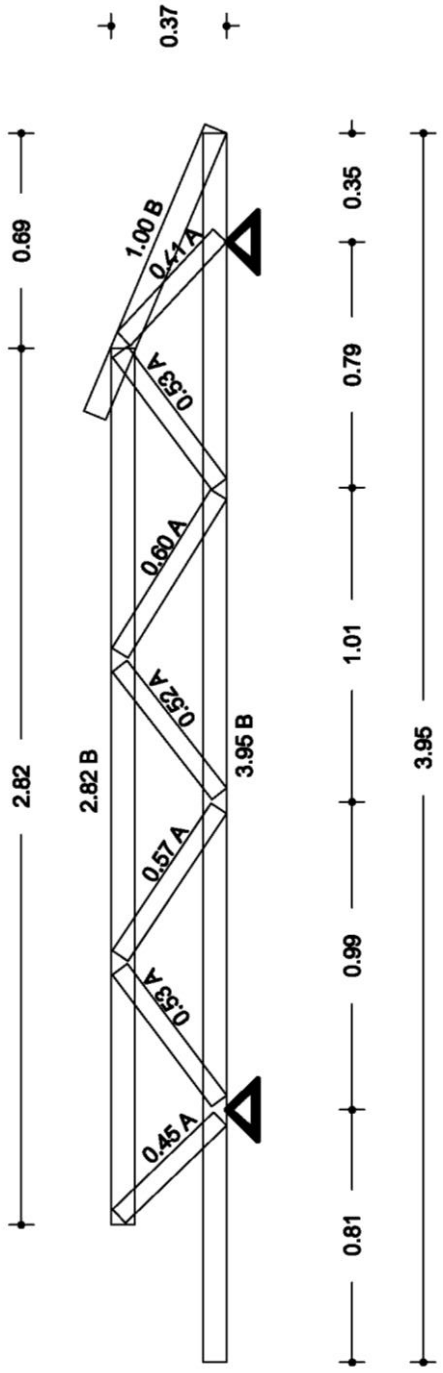
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โครงถัก ATR-01 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 9 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 5.60 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 11.20 เมตร



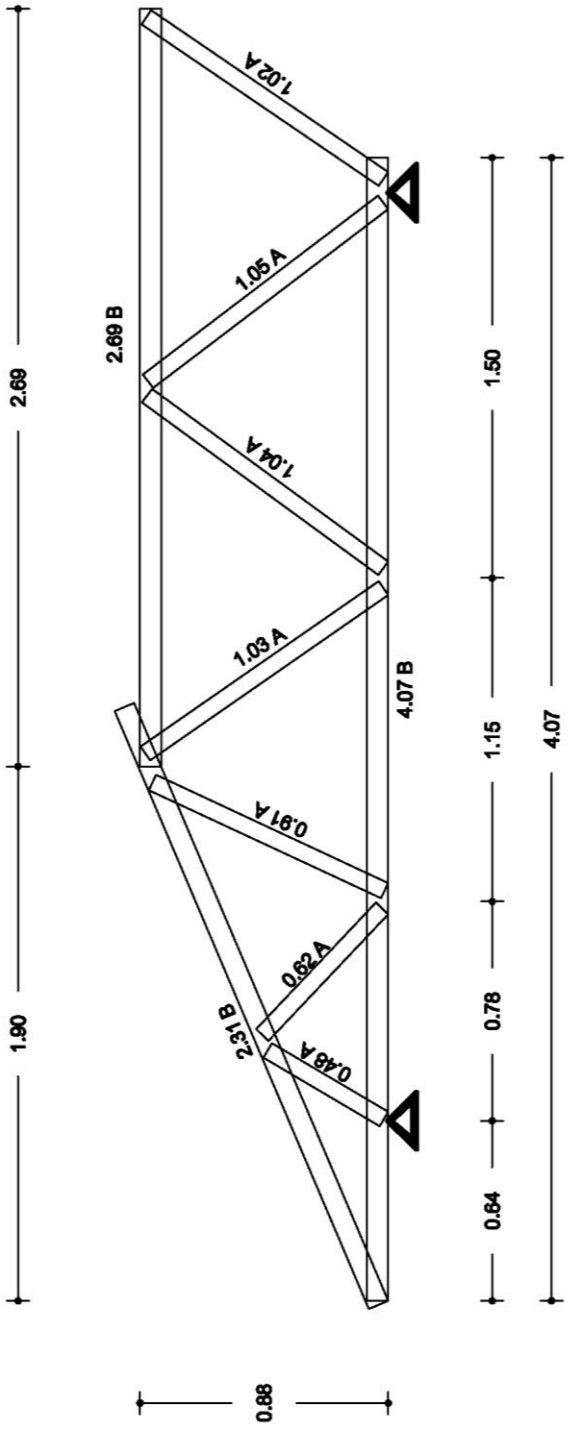
ภาพ 5.6 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-01 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

โครงถัก ATR-02 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 7 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 3.61 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 7.77 เมตร



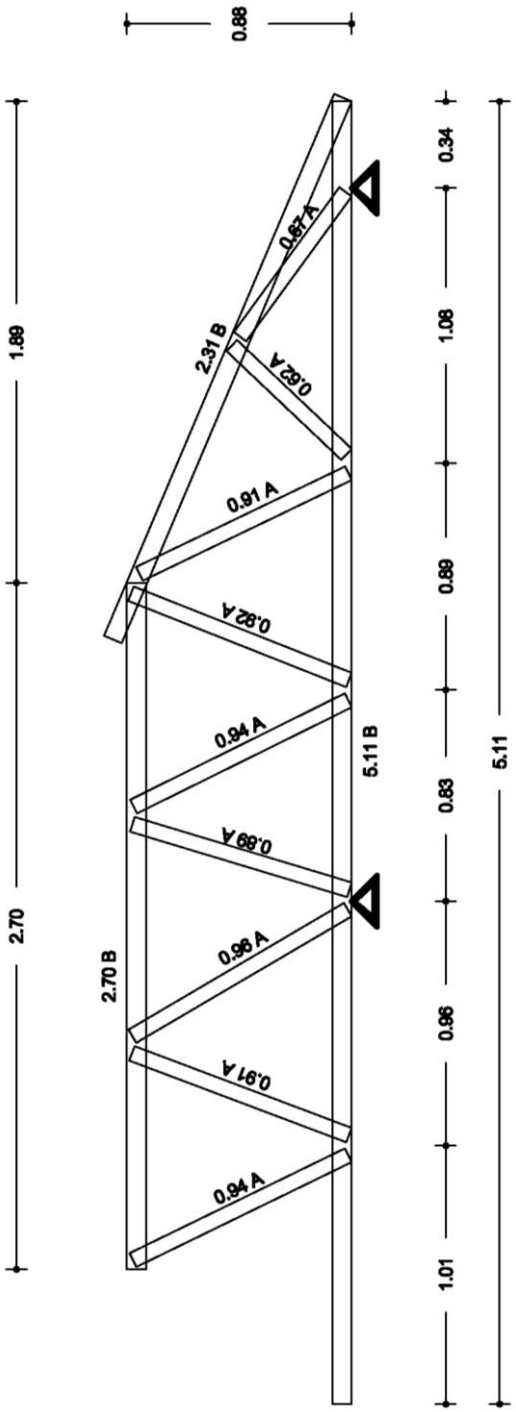
ภาพ 5.7 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-02 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

โครงถัก ATR-03 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 7 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 6.15 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.07 เมตร



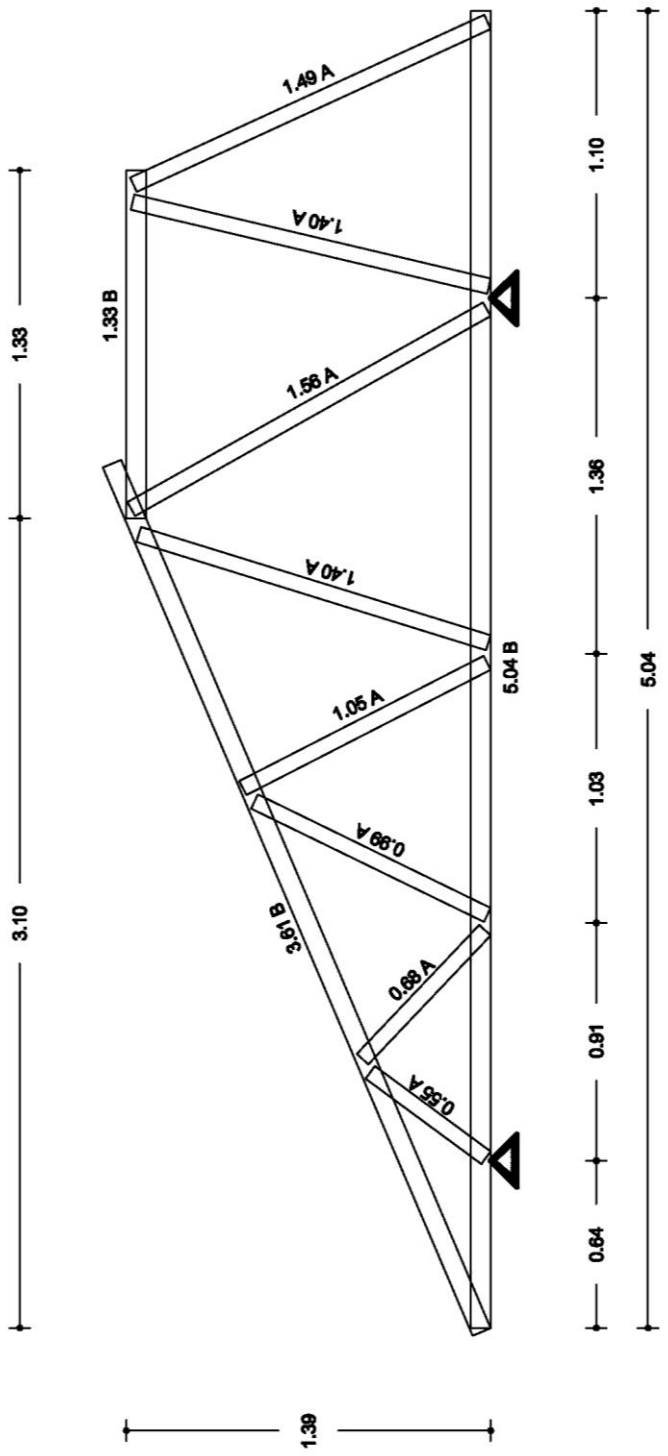
ภาพ 5.8 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-03 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

โครงถัก ATR-04 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 9 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 7.76 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 10.12 เมตร



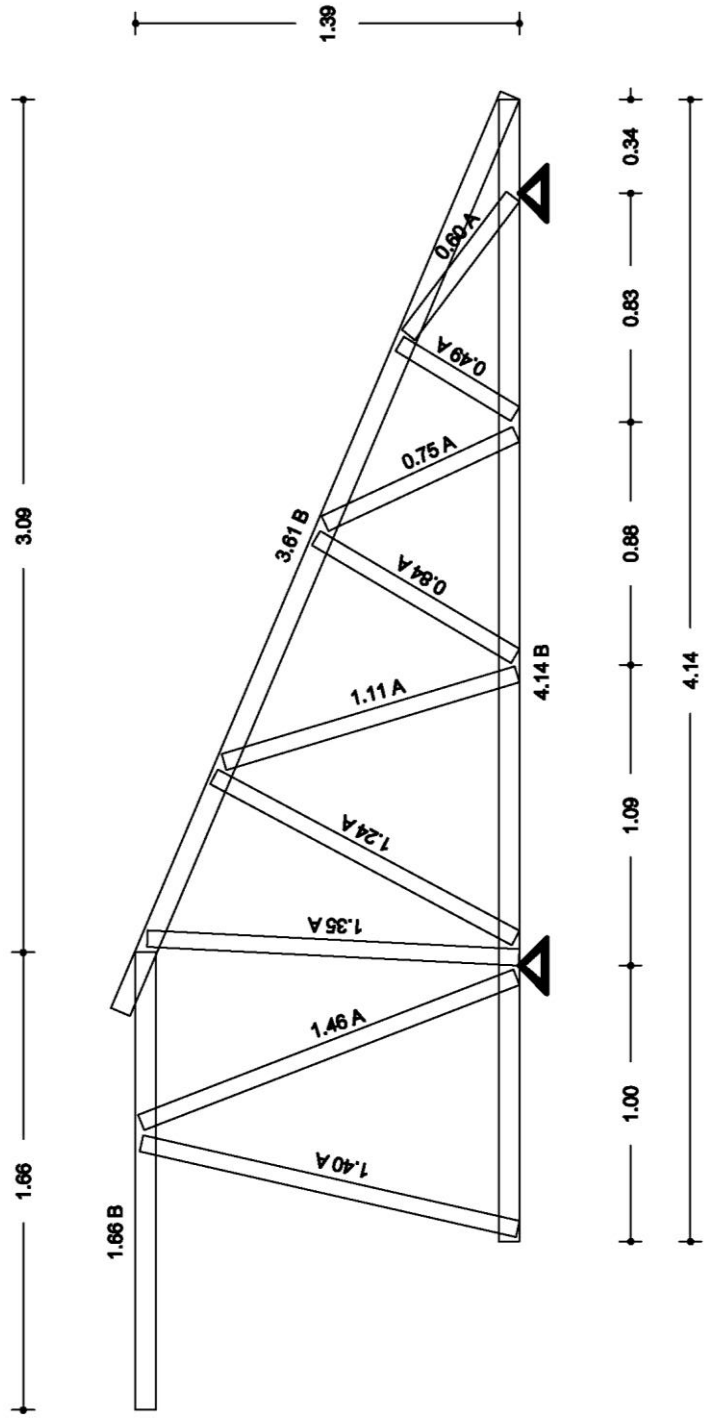
ภาพ 5.9 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-04 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

โครงถัก ATR-05 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 8 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.12 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.98 เมตร



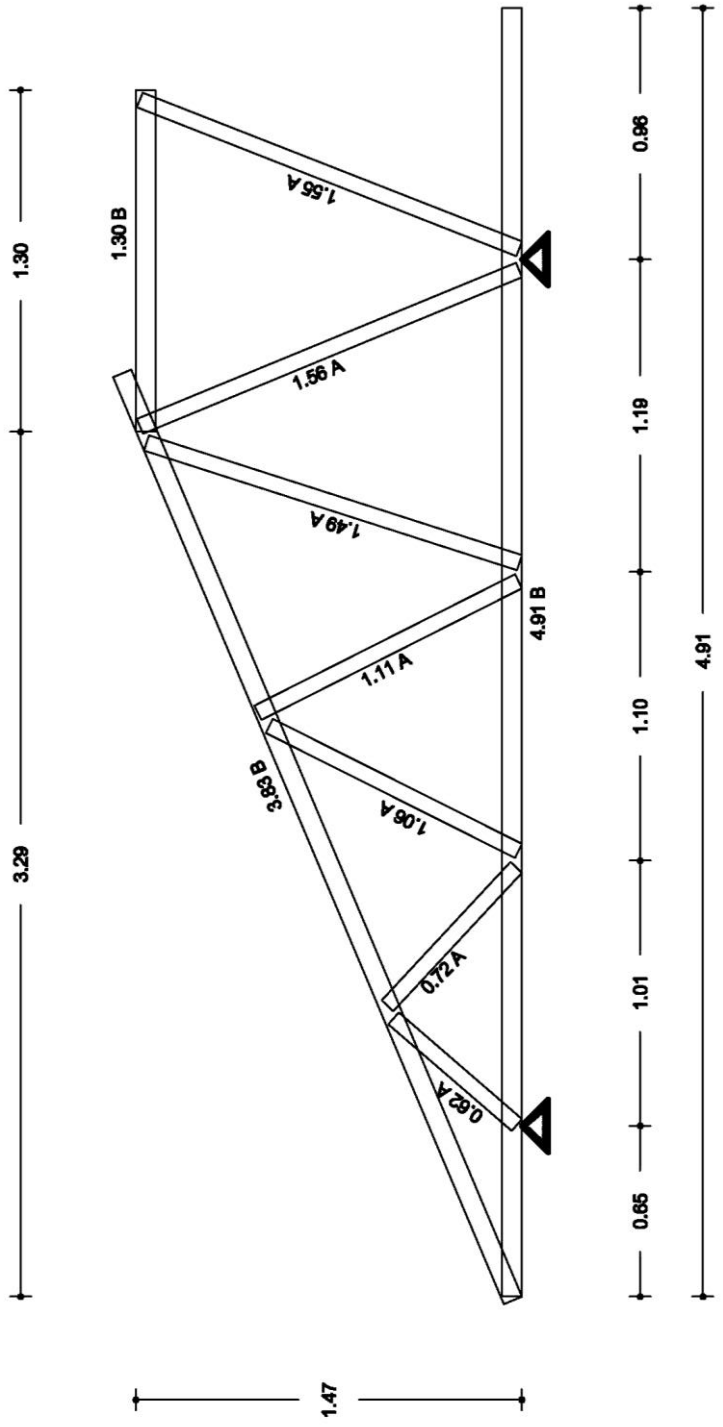
ภาพ 5.10 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-05 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

โครงถัก ATR-06 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 9 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.24 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.41 เมตร



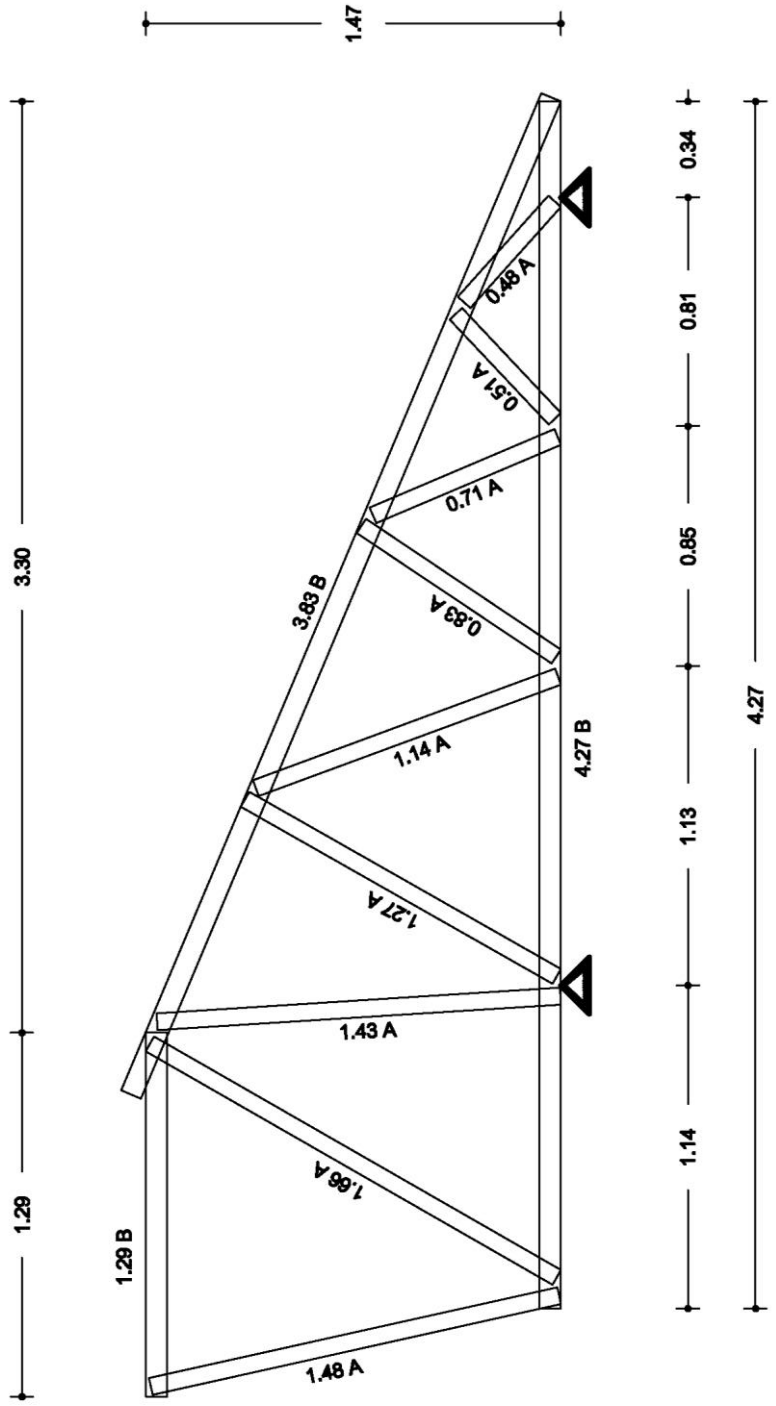
ภาพ 5.11 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-06 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

โครงถัก ATR-07 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 7 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 8.11 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 10.04 เมตร



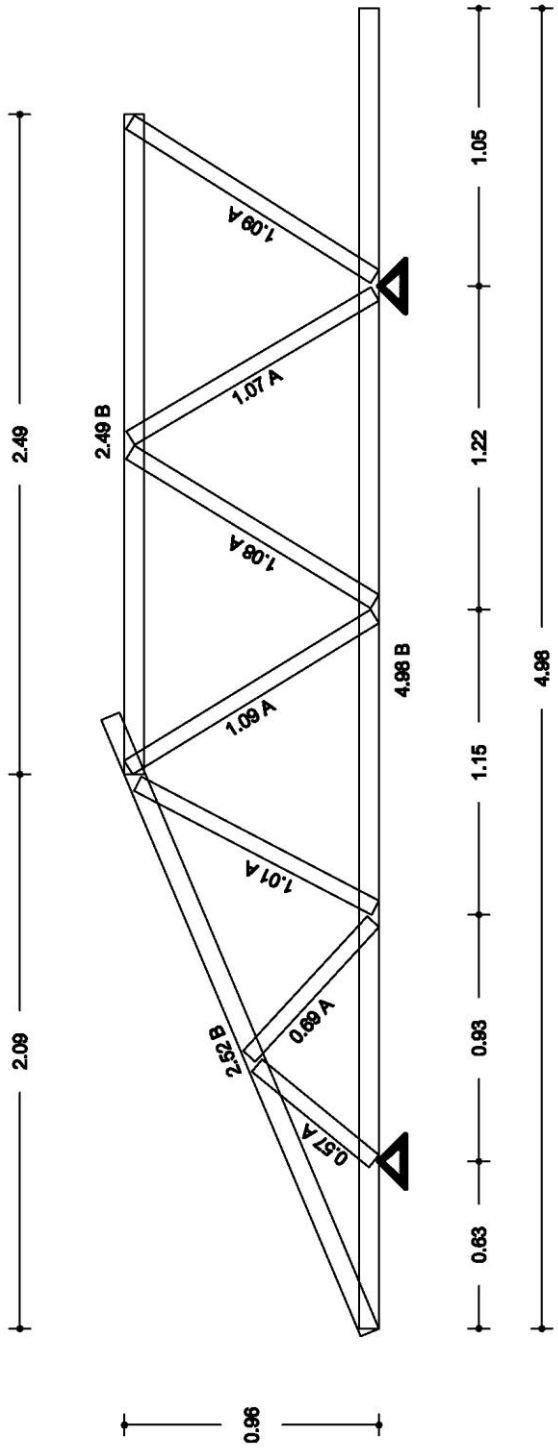
ภาพ 5.12 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-07 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

โครงถัก ATR-08 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 9 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.51 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.39 เมตร



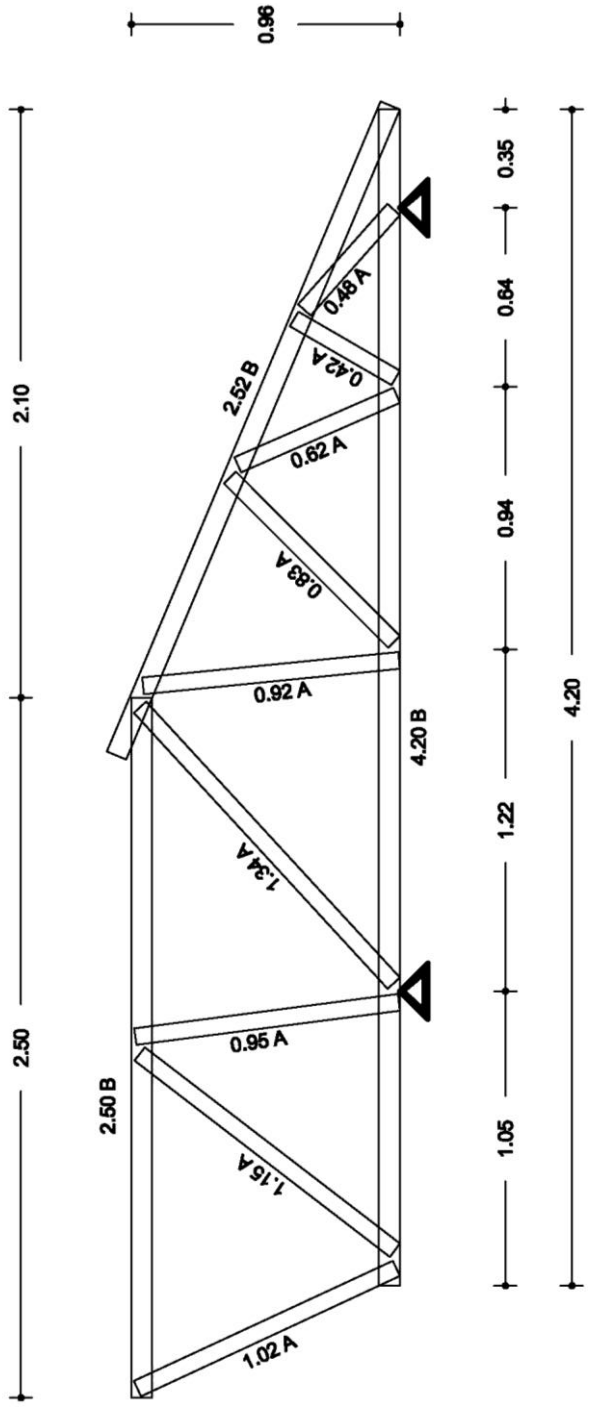
ภาพ 5.13 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-08 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

โครงถัก ATR-09 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 7 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 6.60 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.99 เมตร



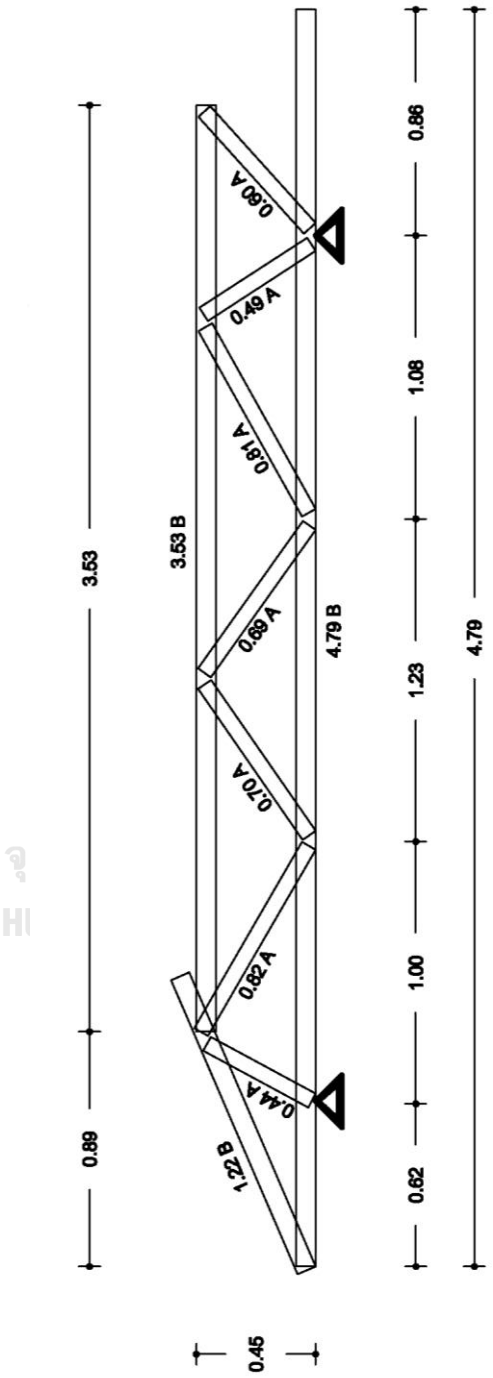
ภาพ 5.14 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-09 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

โครงถัก ATR-10 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 9 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 7.73 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.22 เมตร



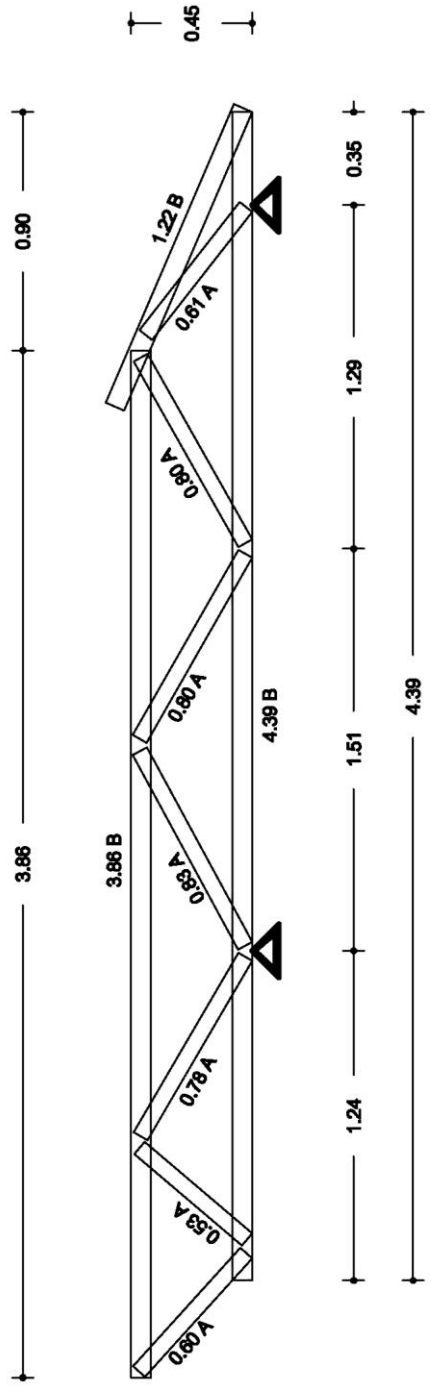
ภาพ 5.15 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-10 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

โครงถัก ATR-11 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 7 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 4.55 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.54 เมตร



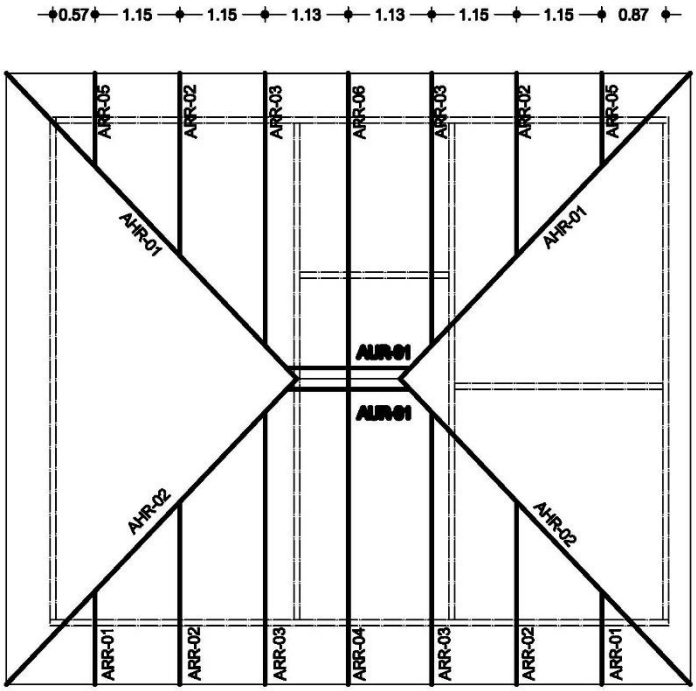
ภาพ 5.16 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-11 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

โครงถัก ATR-12 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 7 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 4.95 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.47 เมตร



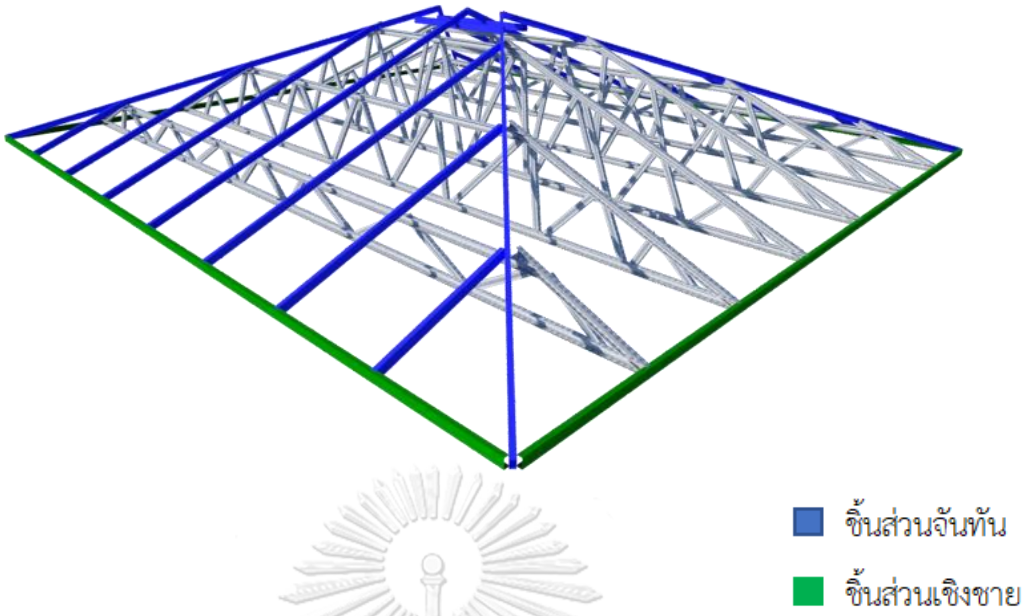
ภาพ 5.17 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก ATR-12 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

เมื่อติดตั้งโครงถักเสร็จสิ้นจะเริ่มติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน ARR-01, ARR-02, ARR-03, ARR-04, ARR-05 และ ARR-06โดยใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 14 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 41.74 เมตร ชิ้นส่วนตะเข้สัน AHR-01 และ AHR-02 โดยใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 4 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 25.00 เมตร และชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน AUR-01 โดยใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 2 ชิ้นโดยใช้ความยาวทั้งหมด 6.00 เมตร และจะทำการติดตั้งเชิงชายโดยใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 4 ชิ้น ซึ่งใช้ความยาวทั้งหมด 35.04 เมตร



CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพ 5.18 แสดงการติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สัน และชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน



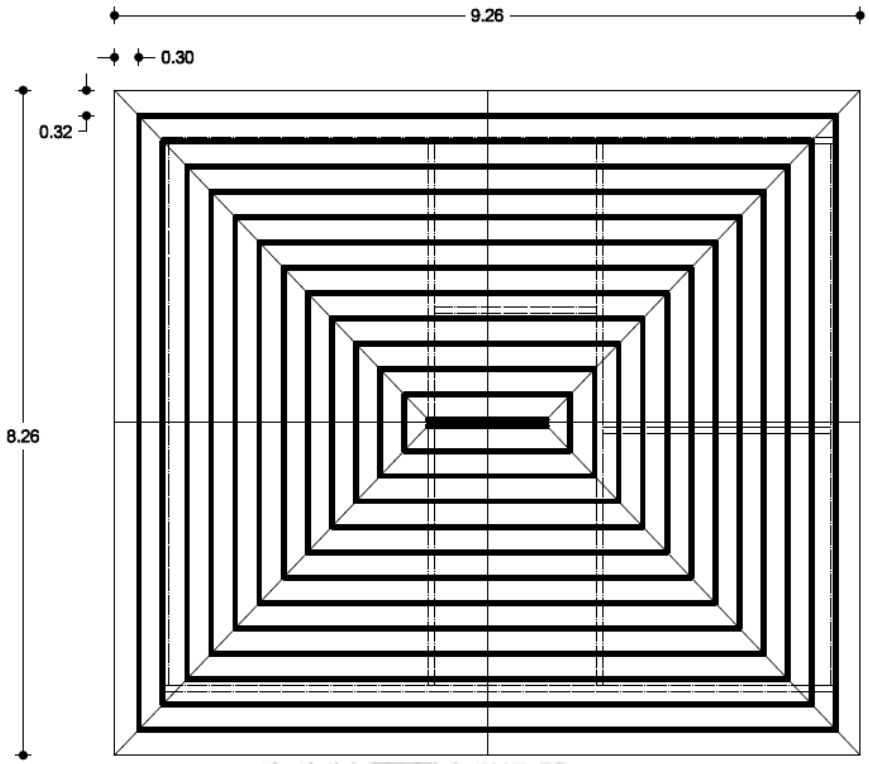
ภาพ 5.19 ภาพจำลองแสดงการติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สัน และชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน

ตาราง 5.4 แสดงจำนวน ขนาดและความยาวชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สันและชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน

Label	Section	Length	Quantity
AHR-01	C75	6,250	2
AHR-02	C75	6,250	2
ARR-01	C75	1,480	2
ARR-02	C75	2,700	4
ARR-03	C75	3,950	4
ARR-04	C75	4,640	1
ARR-05	C75	1,450	2
ARR-06	C75	4,640	1
AUR-01	C75	1,500	4

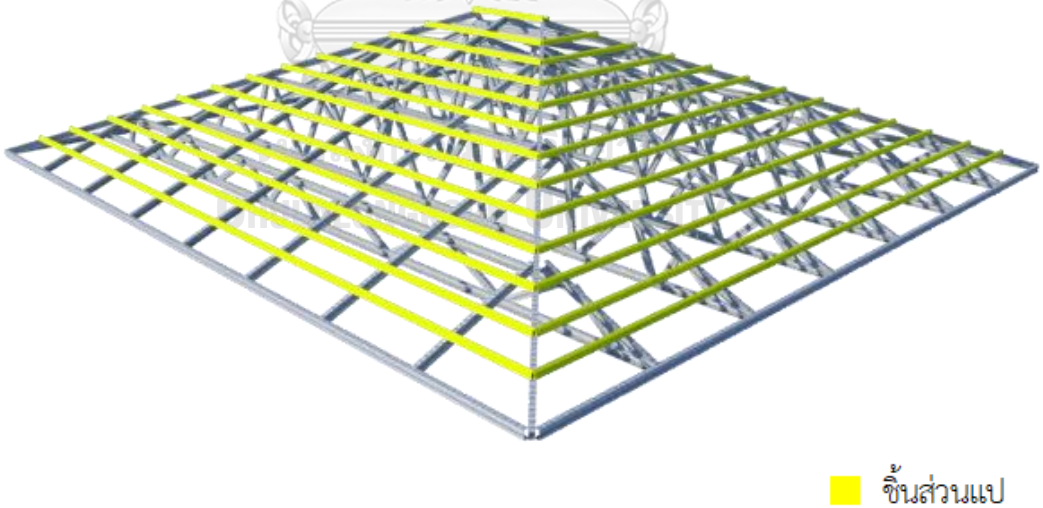
เมื่อติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สัน ชิ้นส่วนยึดตะเข้สัน และเชิงชายเสร็จ จะเริ่มติดตั้งชิ้นส่วนแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์จำนวน 50 ชิ้น ขนาด 61 x 25 x 0.48 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 231.43 เมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 5.20 แสดงการติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์

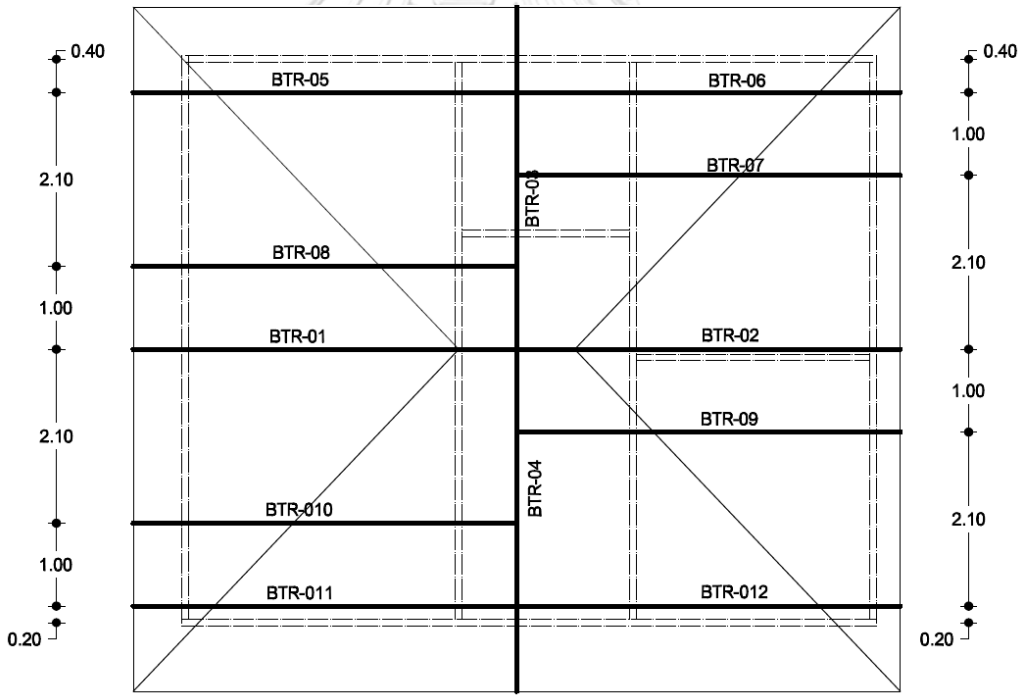
ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)



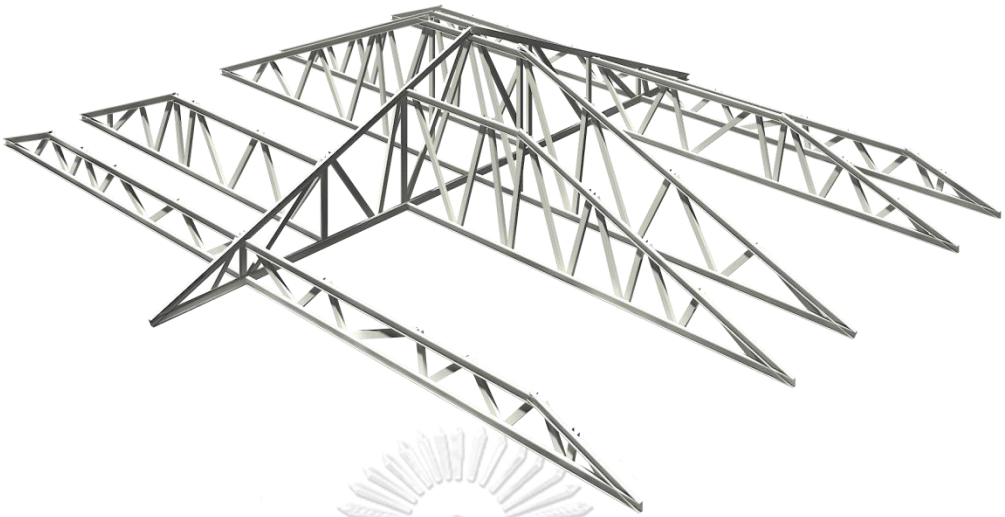
ภาพ 5.21 ภาพจำลองแสดงการติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์

5.1.2.2 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป B

แบ่งความยาวของโครงถักออกเป็นสองส่วนและติดตั้งในลักษณะวางขนานกันเป็นฟันปลา โดยมีชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับประกอบเป็นโครงถัก 12 โครง จำนวน 151 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร โดยใช้ความยาวทั้งหมด 101.29 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร โดยใช้ความยาวทั้งหมด 113.28 เมตร ทำการติดตั้งบนบ้านต่อไปในลักษณะวางขนานกันสลับเป็นฟันปลา โดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับยึดโครงถักบนบ้านจำนวน 20 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร โดยใช้ความยาวทั้งหมด 61.30 เมตร และทำการติดตั้งแปและเชิงชาย โดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับเชิงชายจำนวน 4 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ซึ่งใช้ความยาวทั้งหมด 35.04 เมตร และชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับแปจำนวน 50 ชิ้น ขนาด 64 x 22 x 0.48 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 231.43 เมตร โดยมีรายละเอียดของขนาดโครงถักสำเร็จรูปดังนี้



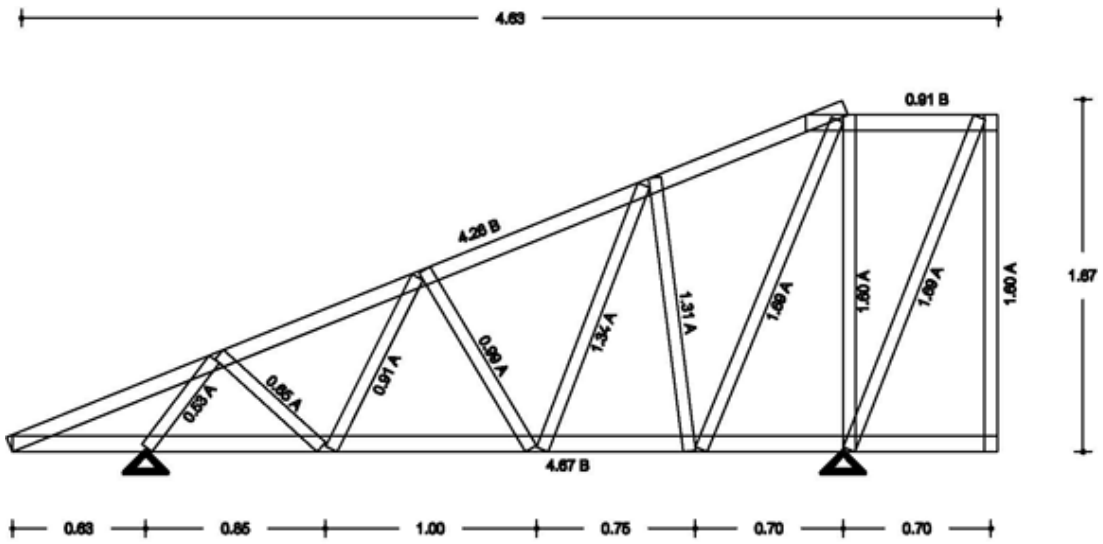
ภาพ 5.22 แสดงการติดตั้งโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบสลับฟันปลา



ภาพ 5.23 แสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบสลับฟันปลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

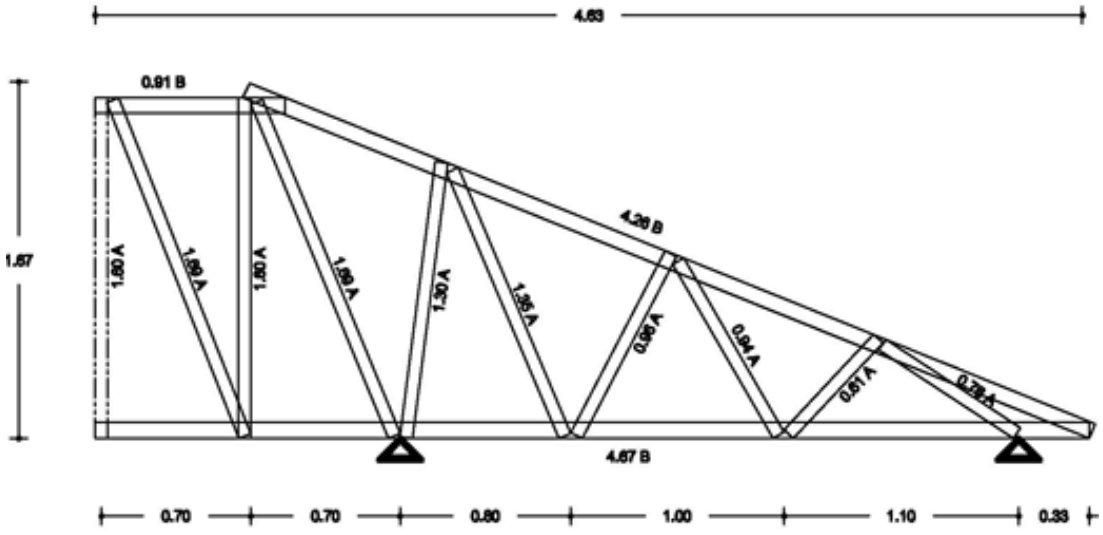
โครงถัก BTR-01 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 10 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 12.31 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.84 เมตร



ภาพ 5.24 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-01 แบบสลับฟันปลา

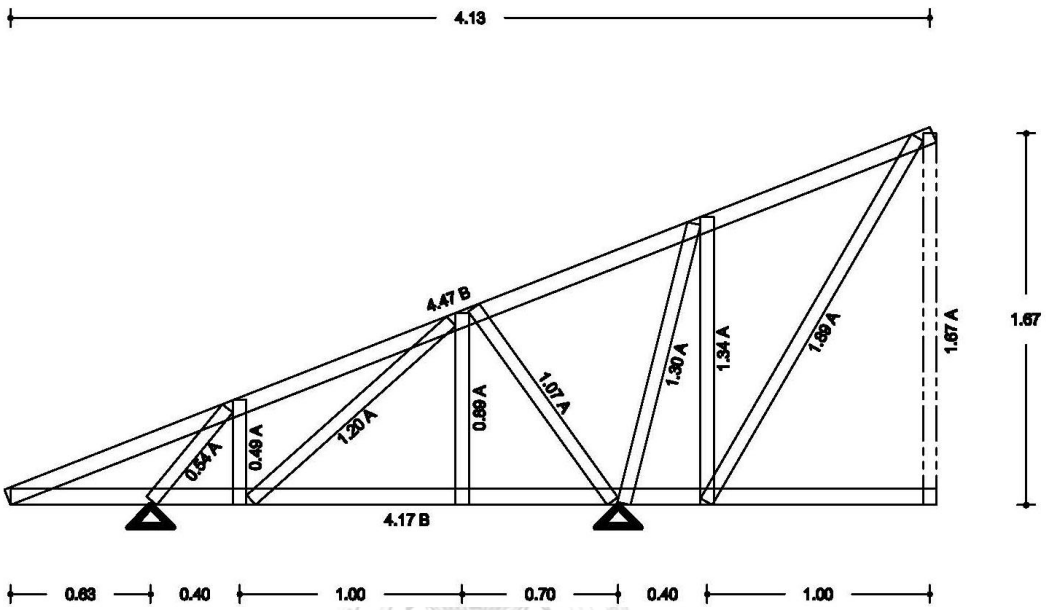
โครงถัก BTR-02 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 9 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 10.90 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.84 เมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพ 5.25 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-02 แบบสลับฟันปลา

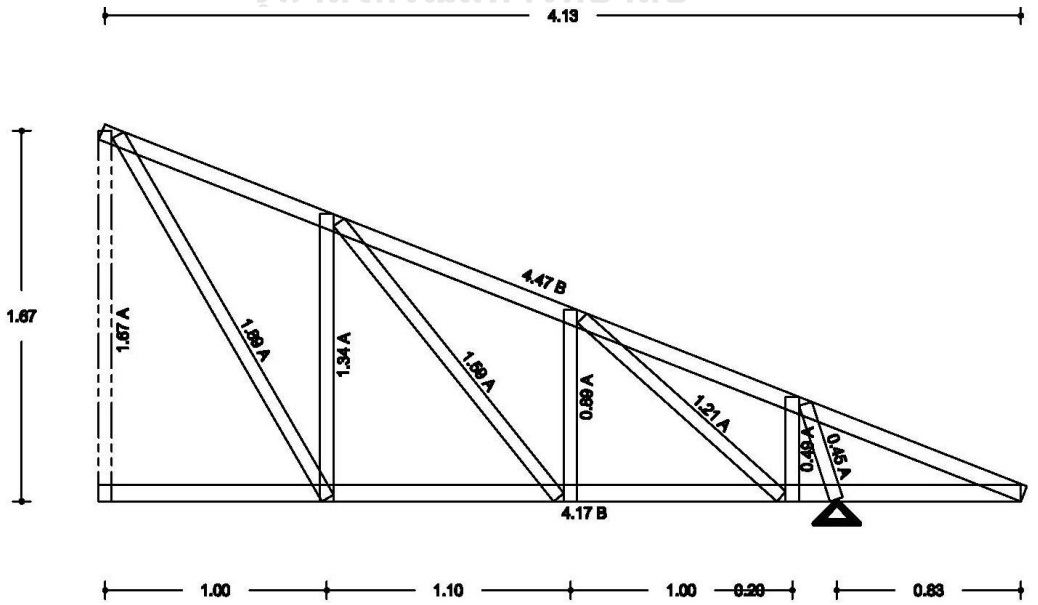
โครงถัก BTR-03 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 8 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 10.56 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 2 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 8.72 เมตร



ภาพ 5.26 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-03 แบบสลับฟันปลา

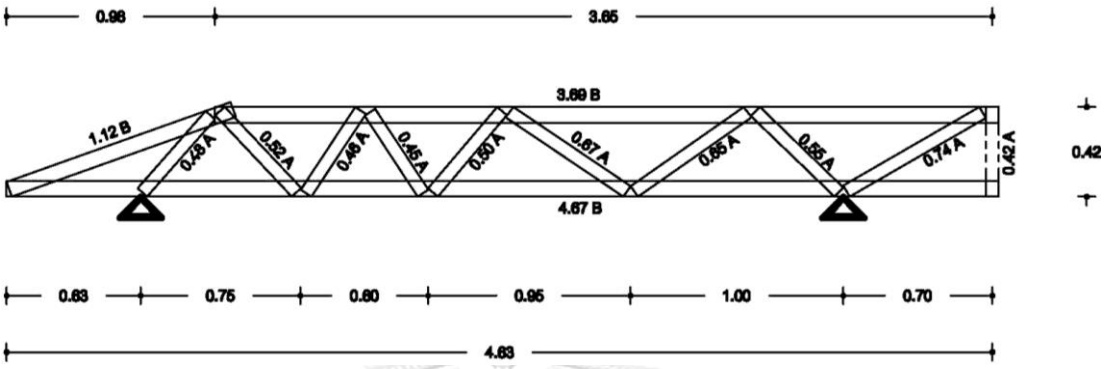
โครงถัก BTR-04 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 7 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 7.86 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 2 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 8.64 เมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



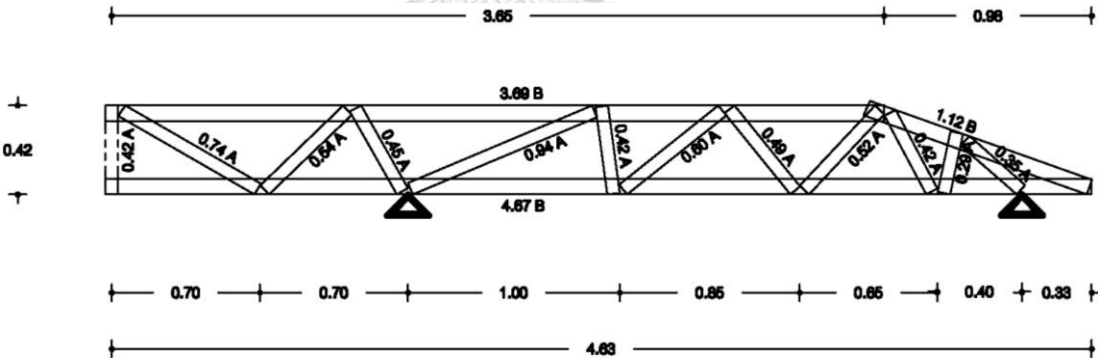
ภาพ 5.27 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-04 แบบสลับฟันปลา

โครงถัก BTR-05 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 9 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 5.02 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.48 เมตร



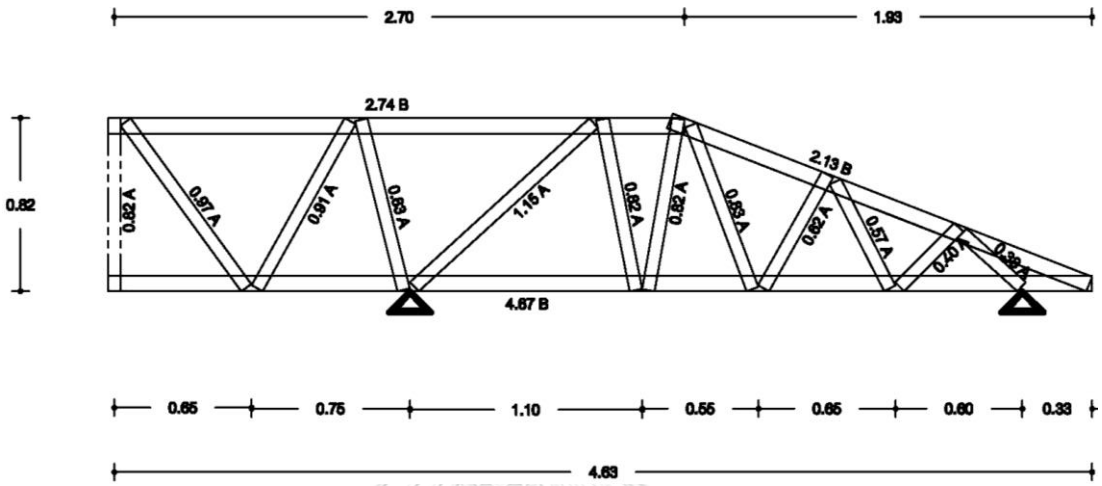
ภาพ 5.28 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-05 แบบสลับฟันปลา

โครงถัก BTR-06 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 11 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 5.76 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.48 เมตร



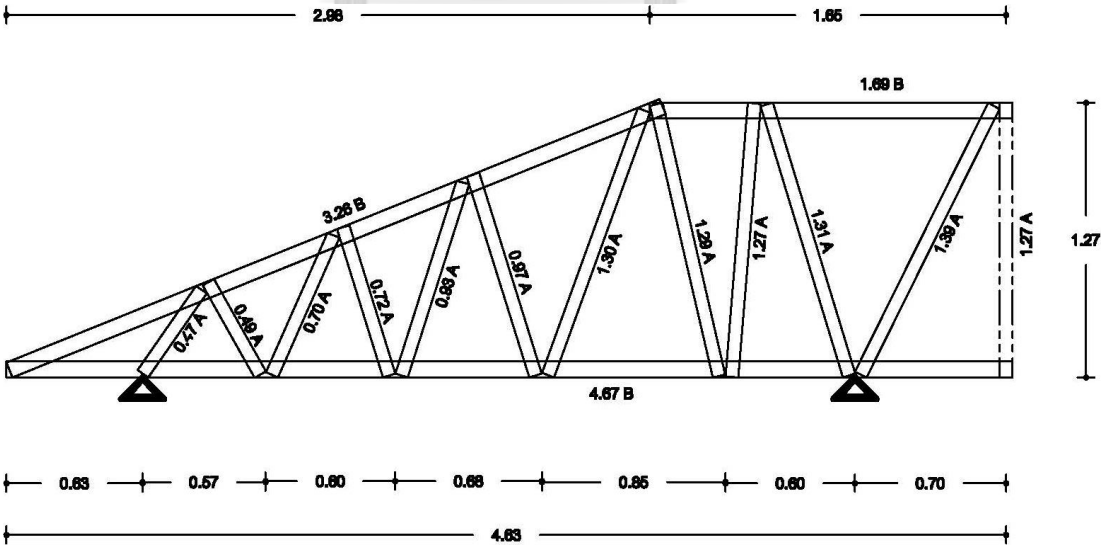
ภาพ 5.29 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-06 แบบสลับฟันปลา

โครงถัก BTR-07 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 11 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 8.30 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.54 เมตร



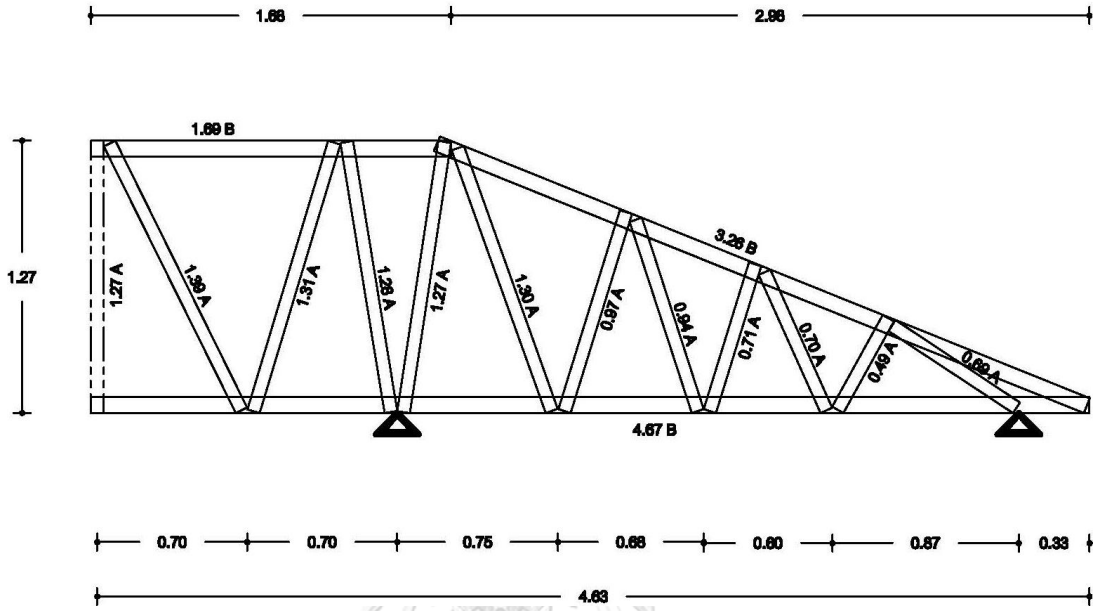
ภาพ 5.30 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-07 แบบสลับฟันปลา

โครงถัก BTR-08 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 11 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 10.84 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.62 เมตร



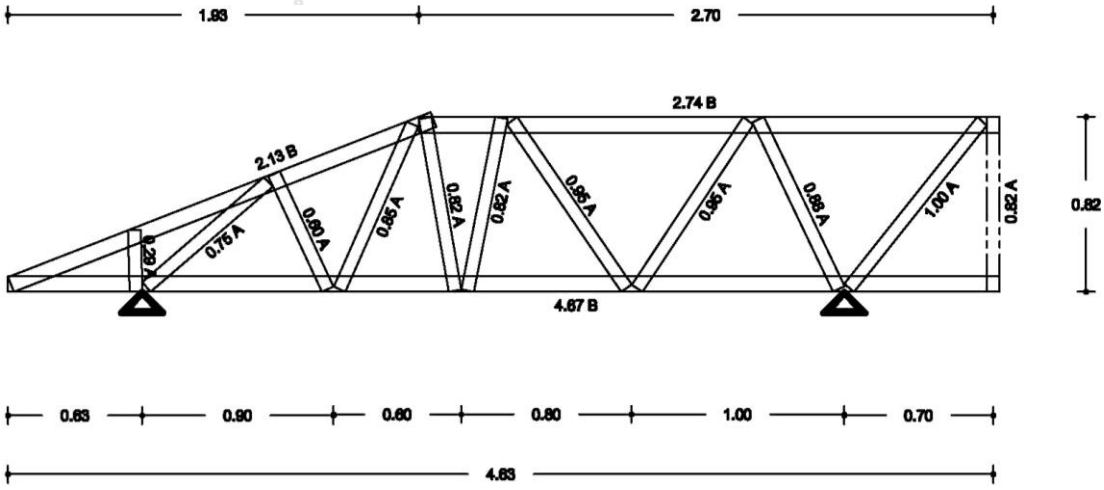
ภาพ 5.31 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-08 แบบสลับฟันปลา

โครงถัก BTR-09 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 11 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 11.05 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.62 เมตร



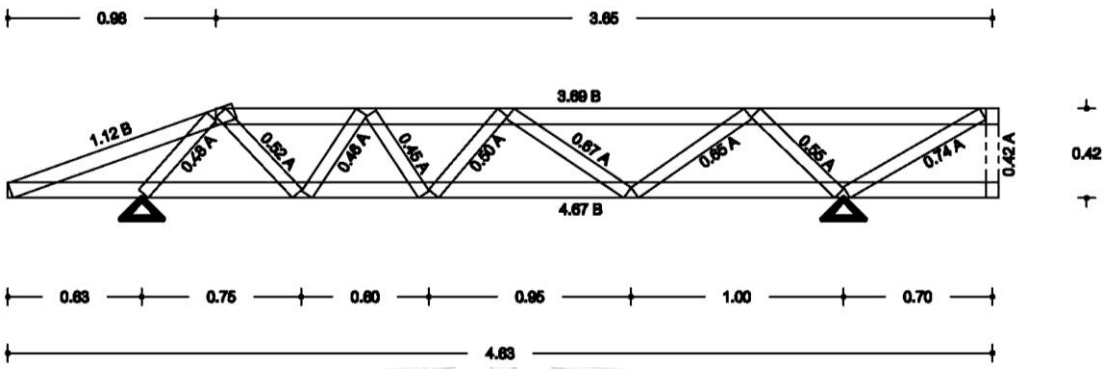
ภาพ 5.32 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-09 แบบสลับฟันปลา

โครงถัก BTR-10 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 10 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 7.91 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.54 เมตร



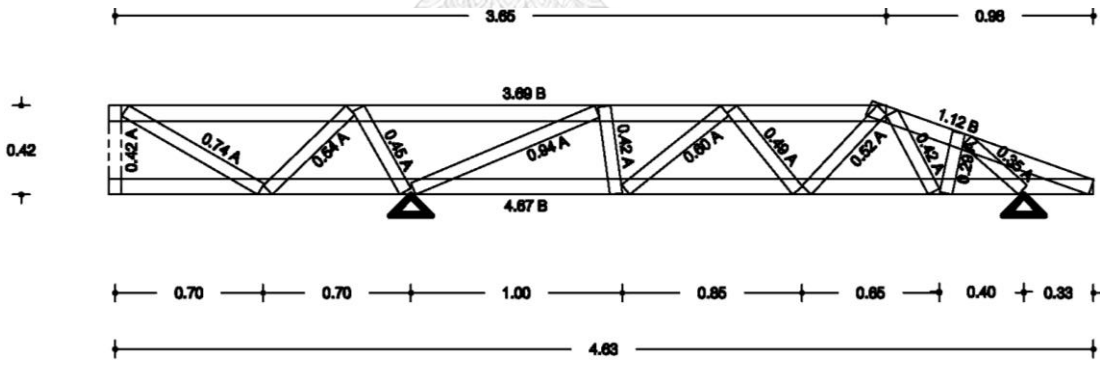
ภาพ 5.33 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-10 แบบสลับฟันปลา

โครงถัก BTR-11 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 9 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 5.02 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.48 เมตร



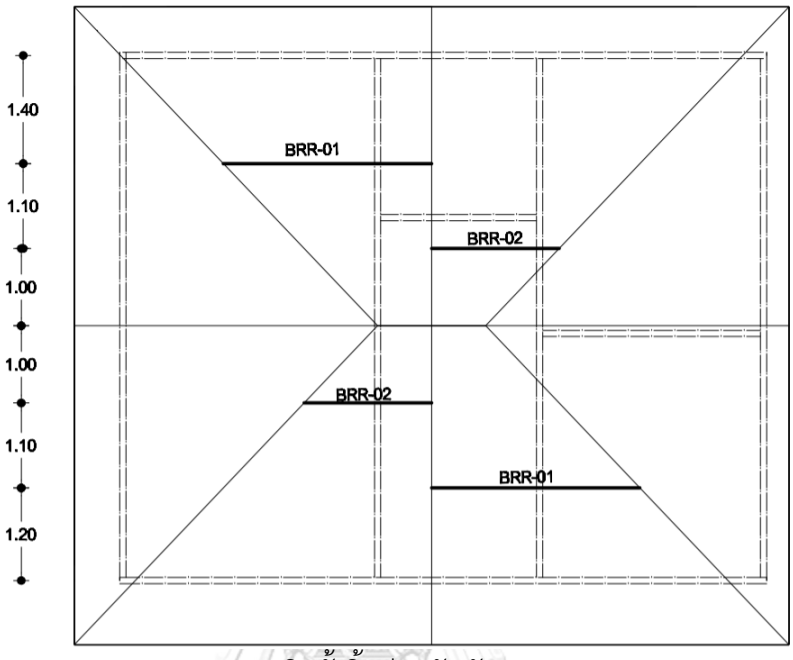
ภาพ 5.34 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-11 แบบสลับฟันปลา

โครงถัก BTR-12 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 11 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 5.76 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.48 เมตร



ภาพ 5.35 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก BTR-12 แบบสลับฟันปลา

เมื่อติดตั้งโครงถักเสร็จสิ้นจะเริ่มติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน BRR-01 และ BRR-02 โดยใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 4 ชิ้น ซึ่งใช้ความยาวทั้งหมด 8.86 เมตร



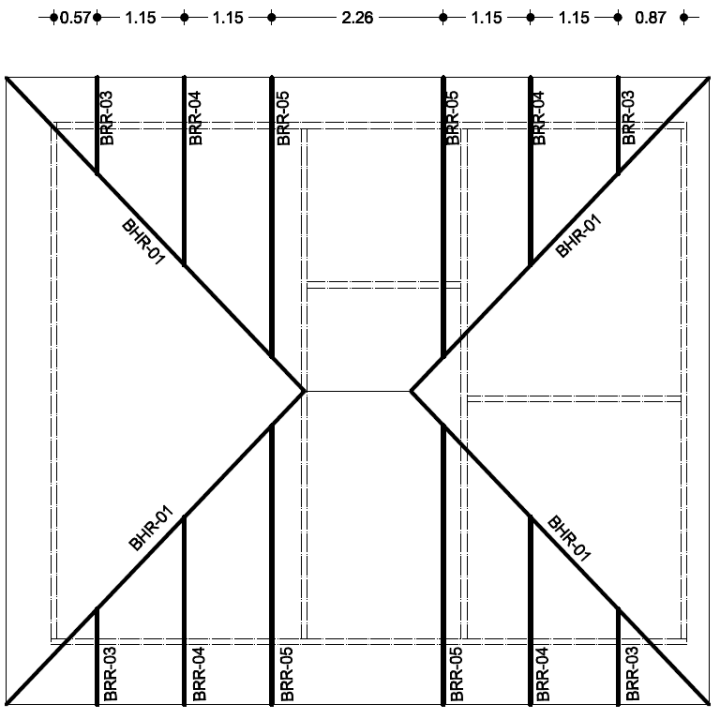
ภาพ 5.36 แสดงการติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน BRR-01 และ BRR-02

ตาราง 5.5 แสดงจำนวน ขนาดและความยาวชิ้นส่วนจันทัน BRR-01 และ BRR-02

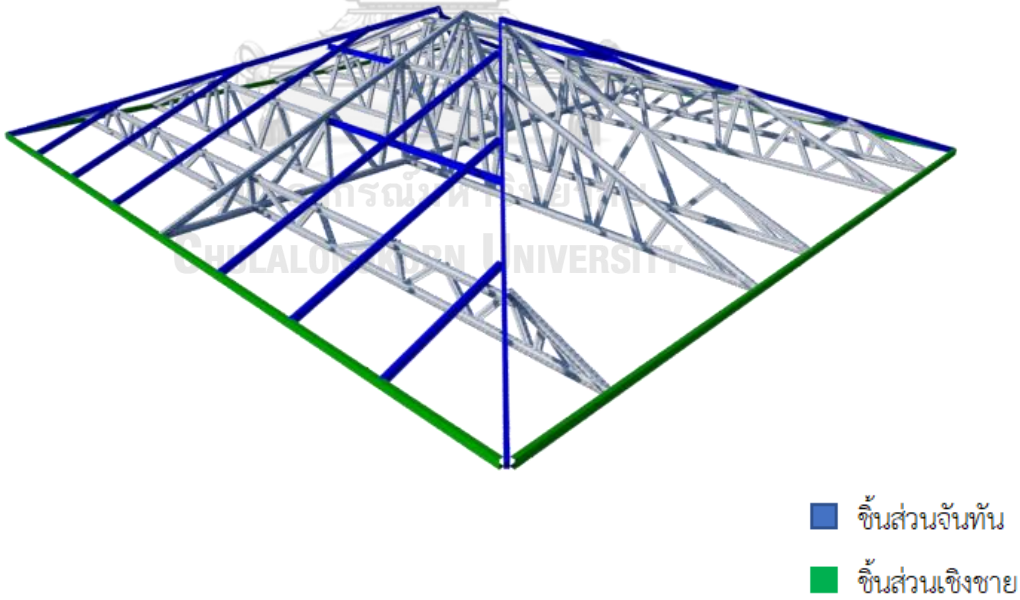
Label	Section	Length	Quantity
BRR-01	C75	2,740	2
BRR-02	C75	1,690	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน BRR-01 และ BRR-02 เสร็จสิ้นแล้วจะเริ่มติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน BRR-03, BRR-04 และ BRR-05 โดยใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 12 ชิ้น ซึ่งใช้ความยาวทั้งหมด 29.64 เมตร และชิ้นส่วนตะเข้สัน BHR-01 โดยใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 4 ชิ้น ซึ่งใช้ความยาวทั้งหมด 22.80 เมตร และจะทำการติดตั้งเชิงชายโดยใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 4 ชิ้น ซึ่งใช้ความยาวทั้งหมด 35.04 เมตร



ภาพ 5.37 แสดงการติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน BRR-03, BRR-04 และ BRR-05 และชิ้นส่วนตะเข้สัน BHR-01

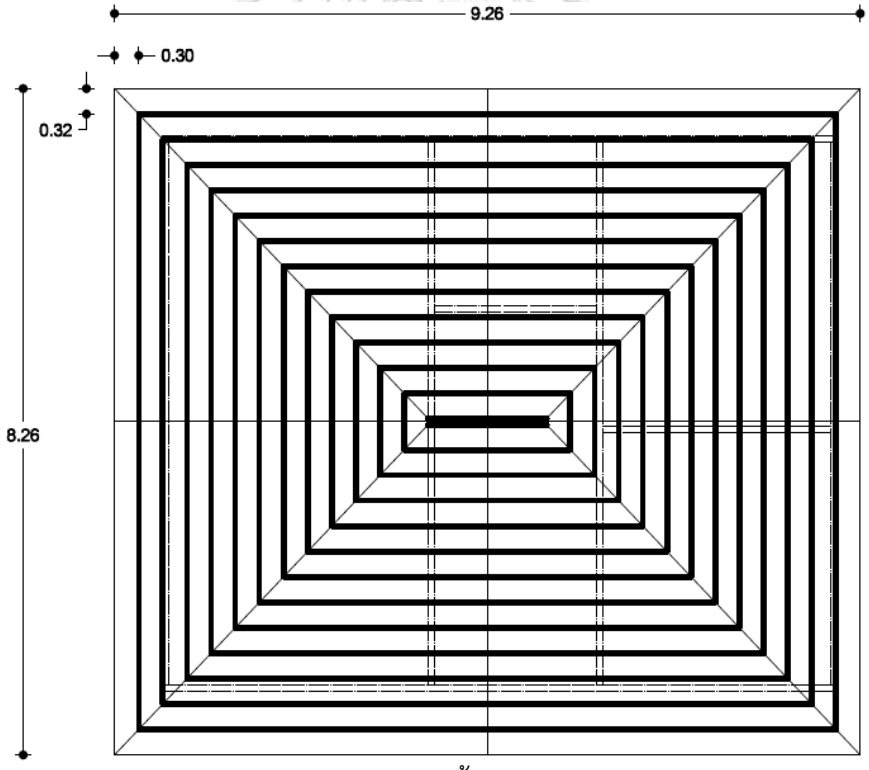


ภาพ 5.38 ภาพจำลองแสดงการติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน BRR-01, BRR-02, BRR-03, BRR-04 และ BRR-05 และชิ้นส่วนตะเข้สัน BHR-01

ตาราง 5.6 แสดงจำนวน ขนาดและความยาวชิ้นส่วนจันทัน BRR-03, BRR-04 และ BRR-05 และชิ้นส่วนตะเข้สัน

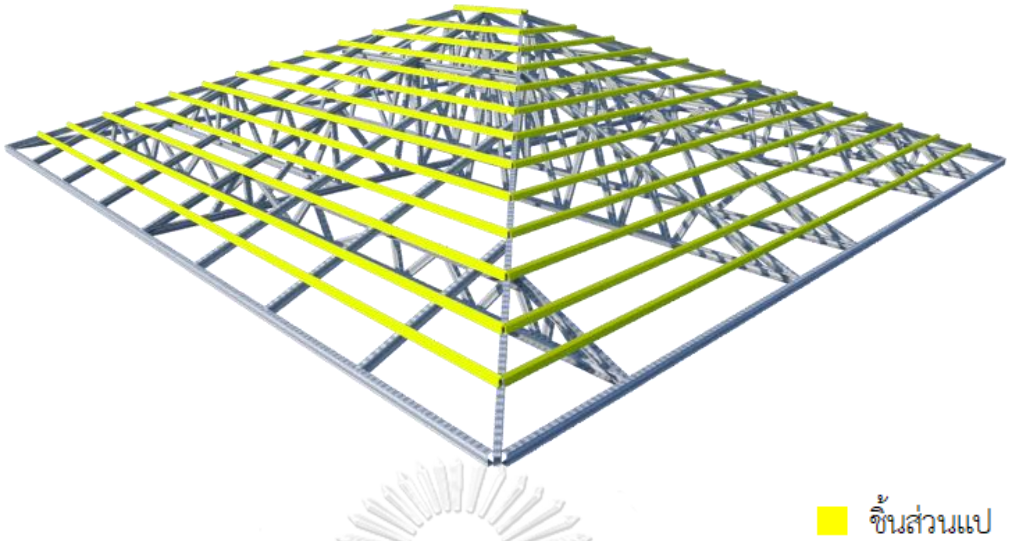
Label	Section	Length	Quantity
BRR-03	C75	1,260	4
BRR-04	C75	2,470	4
BRR-05	C75	3,680	4
BHR-01	C75	5,700	4

เมื่อติดตั้งชิ้นส่วนจันทัน ชิ้นส่วนตะเข้สัน และชิ้นส่วนยึดตะเข้สันเสร็จ จะเริ่มติดตั้งชิ้นส่วนแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์จำนวน 50 ชิ้น ขนาด 61 x 25 x 0.48 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 231.43 เมตร



ภาพ 5.39 แสดงการติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์

ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)



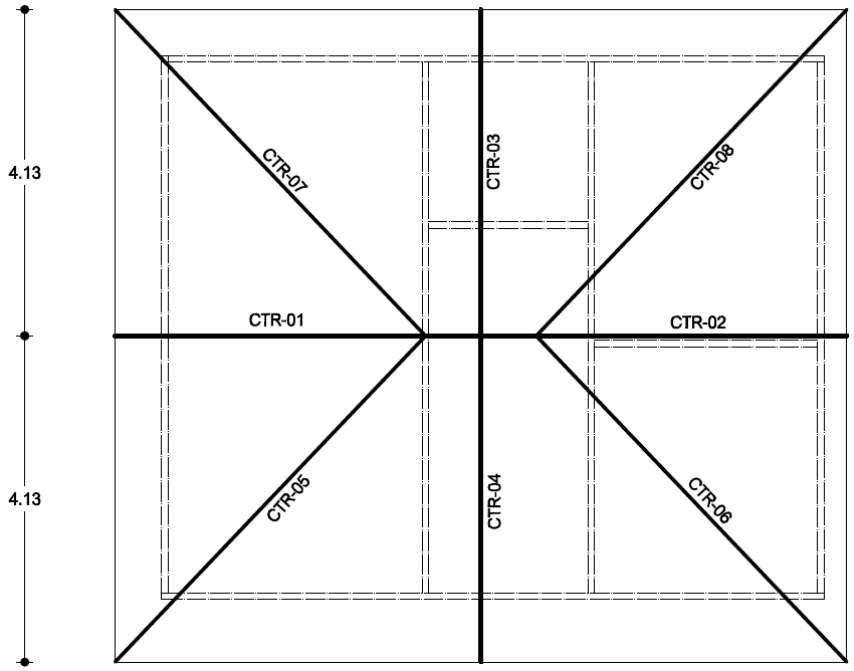
ภาพ 5.40 ภาพจำลองแสดงการติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์

5.1.2.3 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป C

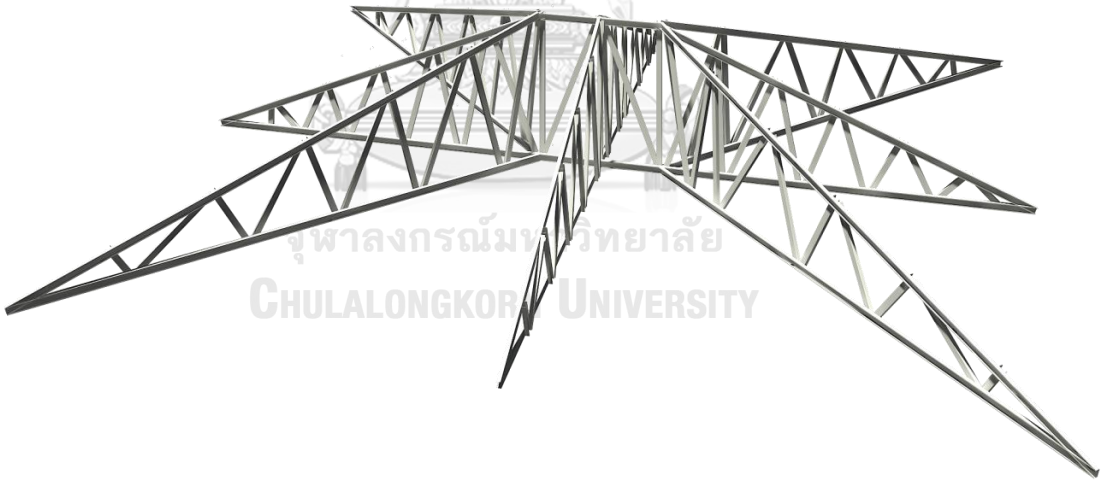
ติดตั้งตามแนวตะเข้สันของหลังคา โดยมีชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับประกอบเป็นโครงถัก 8 อัน จำนวน 106 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร โดยใช้ความยาวทั้งหมด 93.66 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร โดยใช้ความยาวทั้งหมด 83.22 เมตร ทำการติดตั้งบนบ้านต่อไปในลักษณะวางตามแนวตะเข้สันของหลังคา โดยไม่ต้องใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับยึดติดตั้งโครงถักบนบ้าน ซึ่งสามารถทำการติดตั้งแปและเชิงชายต่อไปได้ทันที โดยทำการติดตั้งแปและเชิงชายโดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์

สำหรับเชิงชายจำนวน 4 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ซึ่งใช้ความยาวทั้งหมด 35.04 เมตร และชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับแปจำนวน 50 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 231.43 เมตร โดยมีรายละเอียดของขนาดโครงถักสำเร็จรูปดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



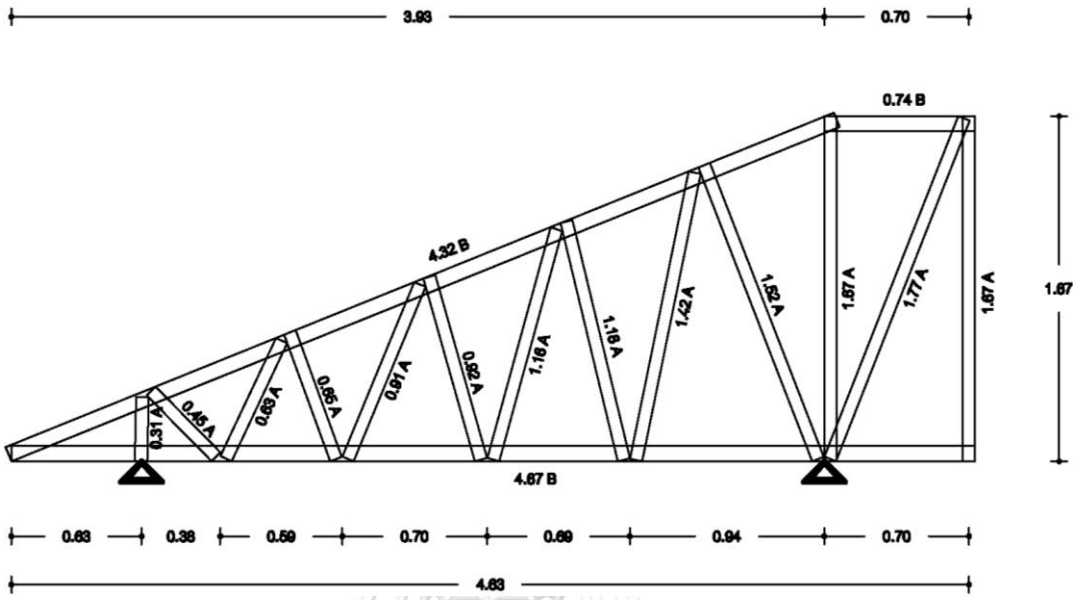
ภาพ 5.41 แสดงการติดตั้งโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบติดตั้งตามแนวตะเข้สัน



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

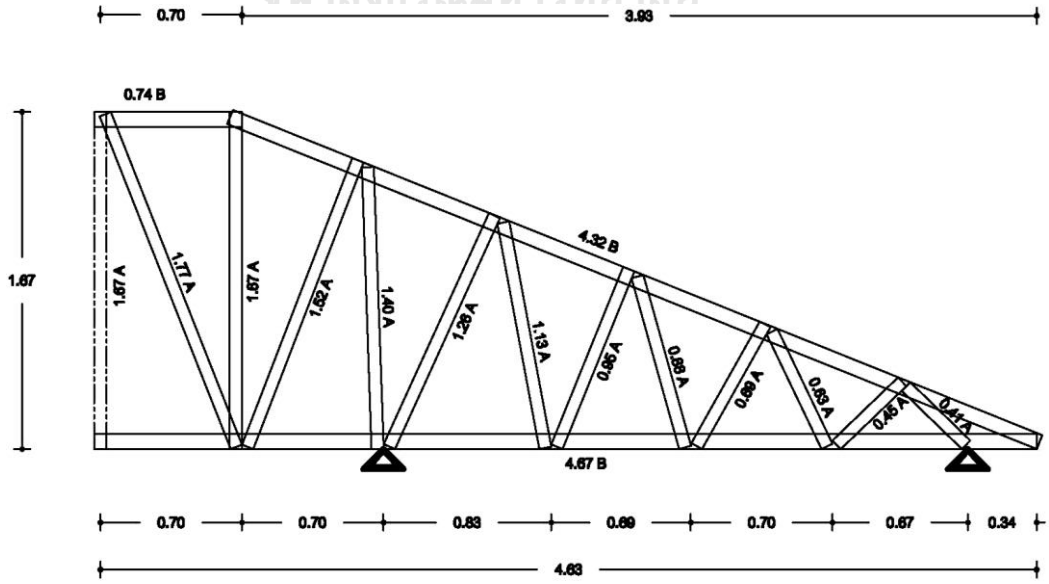
ภาพ 5.42 แสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบติดตั้งตามแนวตะเข้สันของหลังคา

โครงถัก CTR-01 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 13 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 14.26 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.73 เมตร



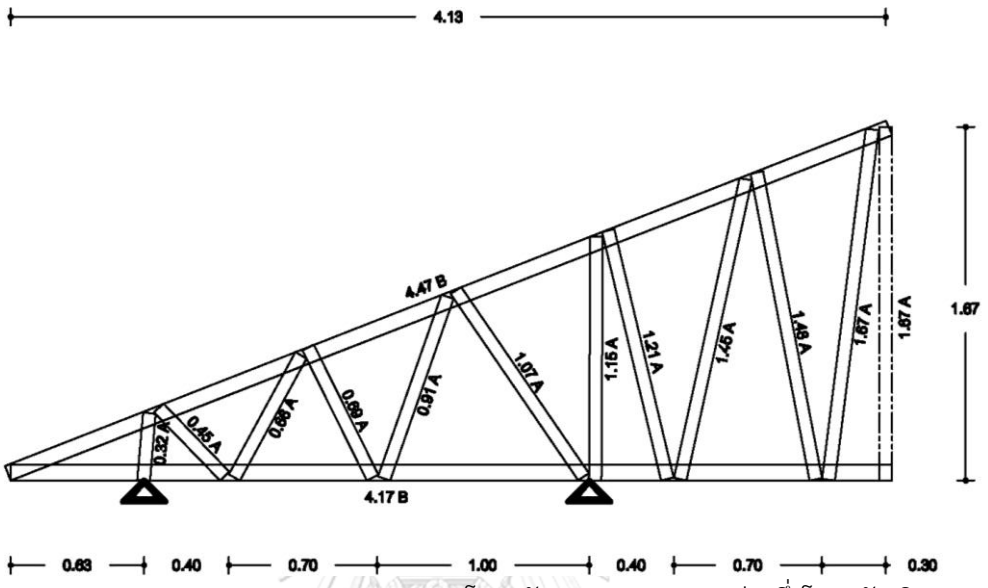
ภาพ 5.43 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-01 แบบสลับฟันปลา

โครงถัก CTR-02 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 12 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 12.76 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 3 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 9.73 เมตร



ภาพ 5.44 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-02 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

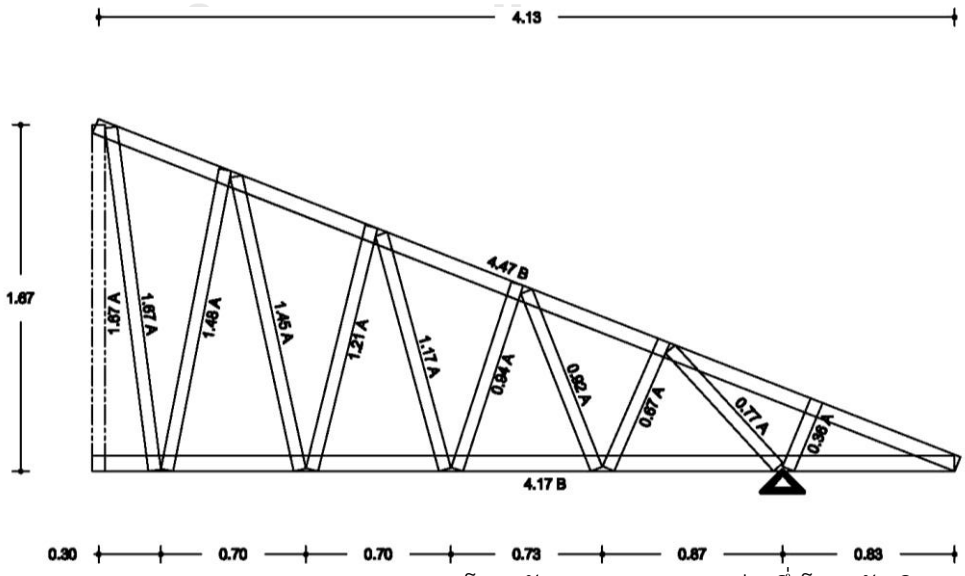
โครงถัก CTR-03 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 11 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 11.06 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 2 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 8.64 เมตร



ภาพ 5.45 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-03 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

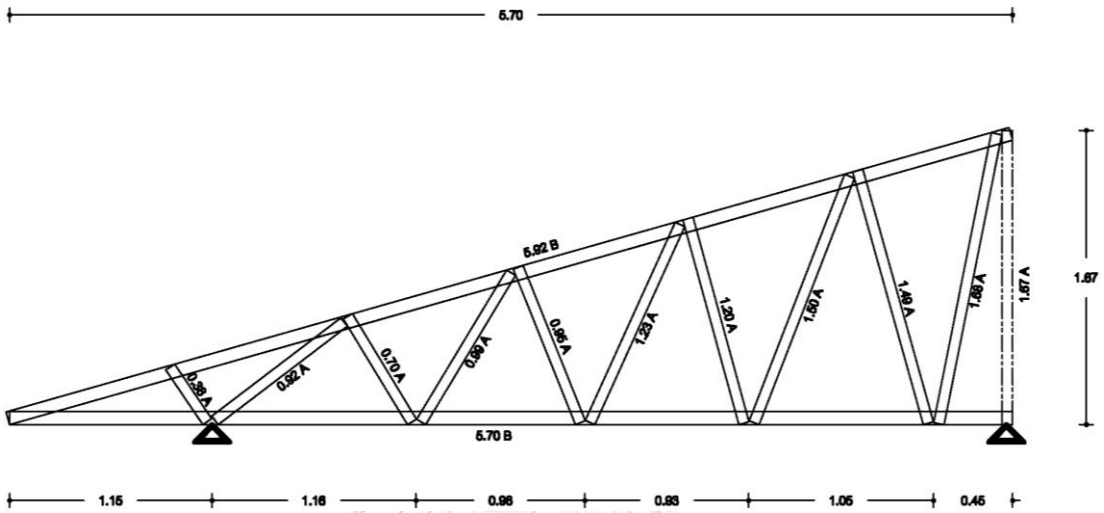
โครงถัก CTR-04 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 10 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 10.64 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 2 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 8.64 เมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



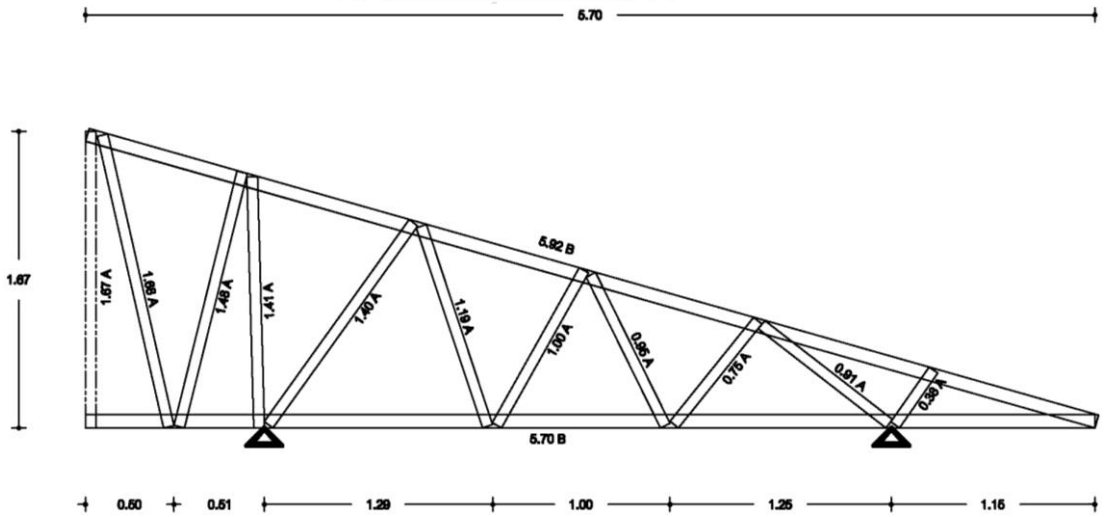
ภาพ 5.46 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-04 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

โครงถัก CTR-05 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 10 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 11.04 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 2 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 11.62 เมตร



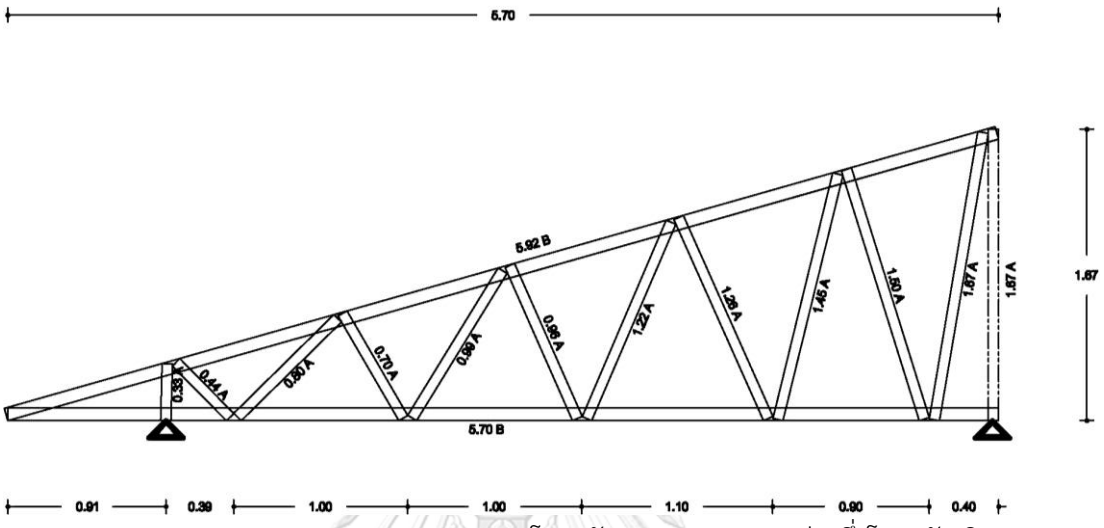
ภาพ 5.47 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-05 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

โครงถัก CTR-06 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 10 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 11.15 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 2 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 11.62 เมตร



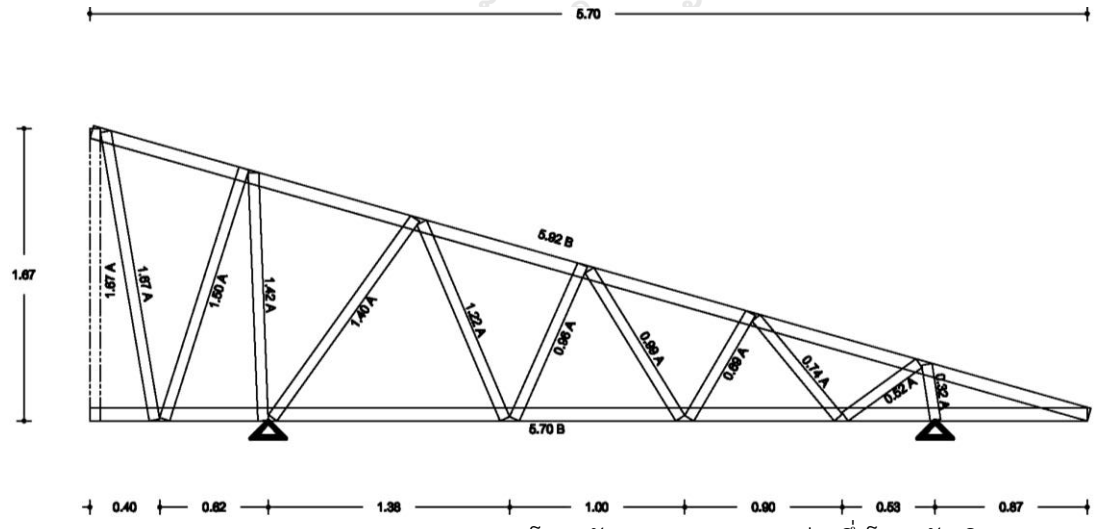
ภาพ 5.48 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-06 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

โครงถัก CTR-07 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 11 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 11.32 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 2 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 11.62 เมตร



ภาพ 5.49 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-07 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

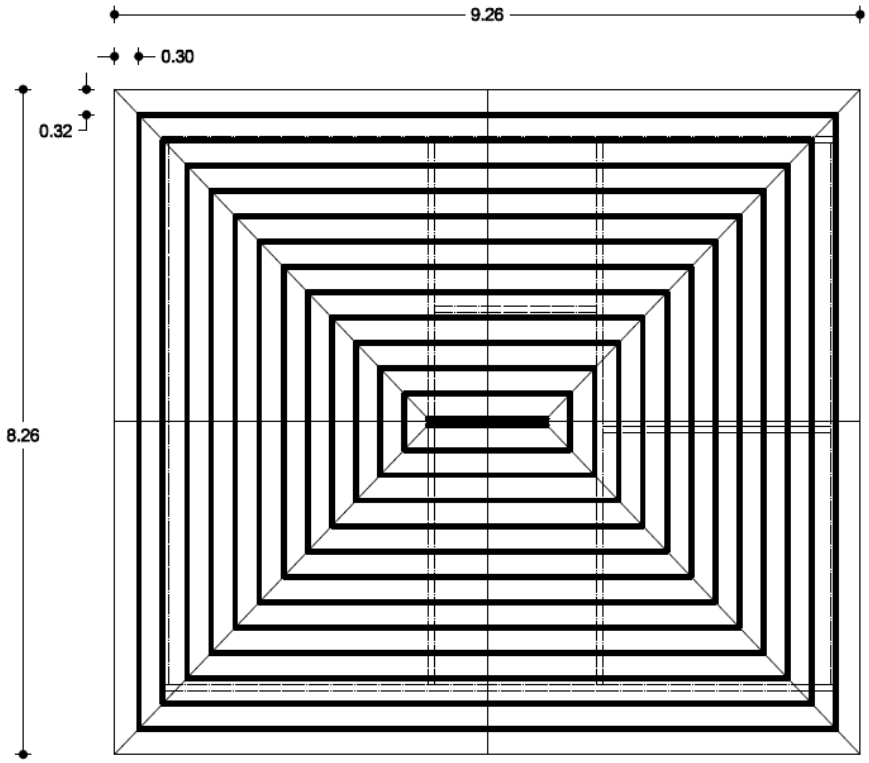
โครงถัก CTR-08 ใช้เหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 11 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 11.43 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร 2 ชิ้น โดยใช้ความยาวทั้งหมด 11.62 เมตร



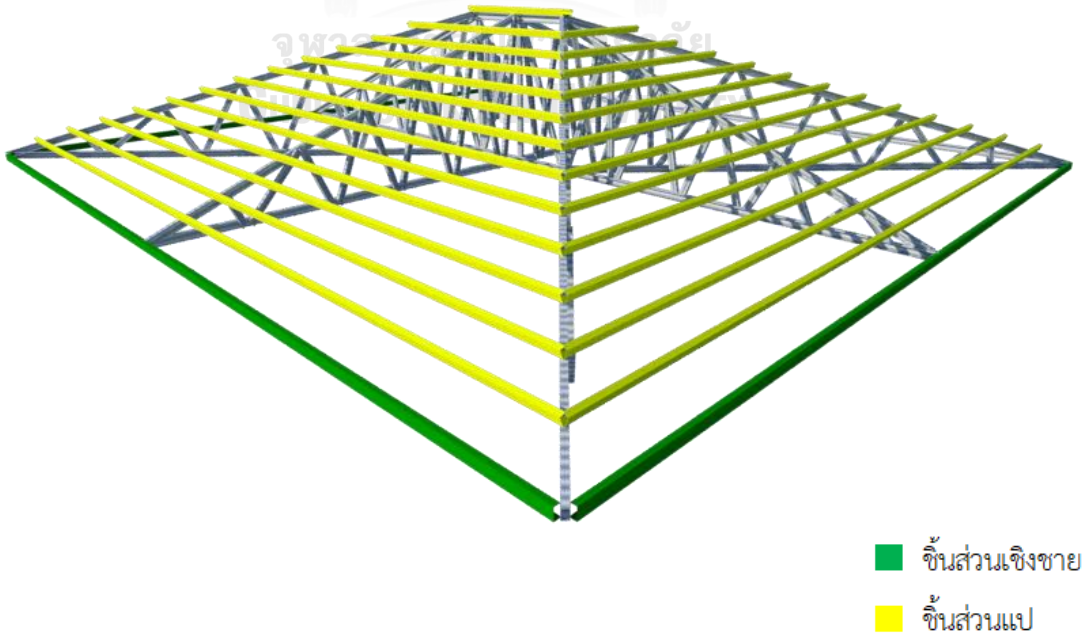
ภาพ 5.50 แสดงรูปแบบและขนาดของโครงถัก CTR-08 แบบแบ่งครึ่งโครงถักเดิม

เมื่อติดตั้งโครงถักเสร็จ จะเริ่มติดตั้งติดตั้งแปและเชิงชาย โดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับเชิงชายจำนวน 4 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ซึ่งใช้

ความยาวทั้งหมด 35.04 เมตรและชิ้นส่วนแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์จำนวน 50 ชิ้น ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 231.43 เมตร



ภาพ 5.51 แสดงการติดตั้งแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์



ภาพ 5.52 ภาพจำลองแสดงการติดตั้งเชิงชายและแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์

5.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

5.2.1 ค่าใช้จ่ายในการขนส่งโครงถักสำเร็จรูปไปยังสถานที่ก่อสร้าง

จากการสอบถามวิศวกรและรวบรวมข้อมูลการทดสอบการขนส่งของบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) พบว่า สามารถประกอบโครงถักสำเร็จรูปจากโรงงานตัดพับและขนส่งไปติดตั้งที่สถานที่ก่อสร้าง โดยใช้การออกแบบด้วยวิธีแบ่งความยาวของโครงถักออกเป็นสองส่วน นำไปยึดติดกันเป็นรูปแบบโครงถักเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันและติดตั้งในลักษณะวางขนานกัน

ภาพ 5.53 โครงถักสำเร็จรูปที่ประกอบที่โรงงาน
ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพ 5.54 นำโครงถักสำเร็จรูปมาติดตั้งที่สถานที่ก่อสร้างเป็นรูปแบบโครงถักเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
ที่มา : บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

โดยพบว่าในการขนส่งโครงถักสำเร็จรูปจากโรงงานตัดพับไปที่สถานที่ก่อสร้างด้วยรถบรรทุกจะต้องกระทำตามข้อกำหนดการขนส่ง พระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 โดยมีข้อกำหนดการบรรทุกด้วยรถบรรทุก 6 ล้อไว้ดังนี้

1) บรรทุกได้ไม่เกินความกว้างของรถบรรทุก 2.50 เมตร

2) บรรทุกได้ยาวไม่เกิน 7.00 เมตร

3) บรรทุกสูงได้ไม่เกิน 2.20 เมตร

จากข้อกำหนดการขนส่งจึงทำให้การขนส่งโครงถักสำเร็จรูปและชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับการติดตั้งอื่นๆจากโรงงานตัดพับ สามารถขนส่งได้ดังนี้

5.2.1.1 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป A

โครงถักสำเร็จรูป A ประกอบด้วยโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์จำนวน 12 โครง โดยมีโครงถัก ATR-01 ความยาว 5.67 เมตร เป็นโครงถักที่มีความยาวสูงสุด ซึ่งแต่ละโครงมีความกว้าง 7.80 เซนติเมตร จึงทำให้สามารถบรรทุกโครงหลังคาด้วยรถบรรทุก 6 ล้อได้ครั้งละ 2 หลังต่อการขนส่งด้วยรถบรรทุก 1 ครั้ง โดยโครงหลังคา 2 หลัง มีความกว้างของโครงถักรวม 187.20 เซนติเมตร และมีความกว้างบนรถบรรทุกสำหรับชิ้นส่วนอื่นๆ 62.80 เซนติเมตร

โดยการบรรทุกด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ 1 ครั้งมีค่าใช้จ่ายราคา 5,003.10 บาท ระยะทางขนส่ง 100 กิโลเมตร ตามราคาตารางค่าขนส่งวัสดุก่อสร้าง รถบรรทุก 6 ล้อ กรณีน้ำหนักรวมไม่เกิน 15 ตัน ภูมิประเทศเป็นที่ราบ ผิวทางลาดยาง และการจราจรปกติ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงโซล่า ที่ อำเภอเมือง 32.00 - 32.99 บาท / ลิตร

5.2.1.2 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป B

โครงถักสำเร็จรูป B ประกอบด้วยโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์จำนวน 12 โครง โดยโครงถักมีความยาว 4.63 เมตร ซึ่งแต่ละโครงมีความกว้าง 7.80 เซนติเมตร จึงทำให้สามารถบรรทุกโครงหลังคาด้วยรถบรรทุก 6 ล้อได้ครั้งละ 2 หลังต่อการขนส่งด้วยรถบรรทุก 1 ครั้ง โดยโครงหลังคา 2 หลัง มีความกว้างของโครงถักรวม 187.20 เซนติเมตร และมีความกว้างบนรถบรรทุกสำหรับชิ้นส่วนอื่นๆ จำนวน 62.80 เซนติเมตร

โดยการบรรทุกด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ 1 ครั้งมีค่าใช้จ่ายราคา 5,003.10 บาท ระยะทางขนส่ง 100 กิโลเมตร ตามราคาตารางค่าขนส่งวัสดุก่อสร้าง รถบรรทุก 6 ล้อ กรณีน้ำหนักรวมไม่เกิน 15 ตัน ภูมิประเทศเป็นที่ราบ ผิวทางลาดยาง และการจราจรปกติ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงโซล่า ที่ อำเภอเมือง 32.00 - 32.99 บาท / ลิตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2.1.3 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป C

โครงถักสำเร็จรูป C ประกอบด้วยโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์จำนวน 8 โครง โดยมีโครงถัก CTR-05, CTR-06, CTR-07 และ CTR-08 ความยาว 5.70 เมตร เป็นโครงถักที่มีความยาวสูงสุด ซึ่งแต่ละโครงมีความกว้าง 7.80 เซนติเมตร จึงทำให้สามารถบรรทุกโครงหลังคาด้วยรถบรรทุก 6 ล้อได้ครั้งละ 3 หลังต่อการขนส่งด้วยรถบรรทุก 1 ครั้ง โดยโครงหลังคา 3 หลัง มีความกว้างของโครงถักรวม 187.20 เซนติเมตร และมีความกว้างบนรถบรรทุกสำหรับชิ้นส่วนอื่นๆ 62.80 เซนติเมตร

โดยการบรรทุกด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ 1 ครั้งมีค่าใช้จ่ายราคา 5,003.10 บาท ระยะทางขนส่ง 100 กิโลเมตร ตามราคาตารางค่าขนส่งวัสดุก่อสร้าง รถบรรทุก 6 ล้อ กรณีน้ำหนักรวมไม่เกิน 15 ตัน ภูมิประเทศเป็นที่ราบ ผิวทางลาดยาง และการจราจรปกติ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงโซล่า ที่ อำเภอเมือง 32.00 - 32.99 บาท / ลิตร

การขนส่งโครงหลังคาสำเร็จรูปทั้ง 3 รูปแบบ สามารถขนส่งได้ด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ ซึ่งแตกต่างจากการขนส่งโครงหลังคาที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ที่จำเป็นต้องขนส่งด้วยรถบรรทุก 10 ล้อ หรือรถบรรทุกลากพ่วง สำหรับขนส่งโครงหลังคา 5 หลังต่อการขนส่งด้วยรถบรรทุก 1 ครั้ง โดยขนส่งชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์จากโรงงานตัดพับเพื่อนำไปประกอบที่สถานที่ก่อสร้าง ซึ่งการบรรทุกด้วยรถลากพ่วง 1 ครั้งมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 7,581.10 บาท ระยะทางขนส่ง 100 กิโลเมตร ตามรถบรรทุก 10 ล้อ และรถลากพ่วงกรณีน้ำหนักรวมไม่เกิน 47 ตัน ภูมิประเทศเป็นที่ราบ ผิวทางลาดยาง และการจราจรปกติ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงโซล่า ที่ อำเภอเมือง 32.00 - 32.99 บาท / ลิตร[27]

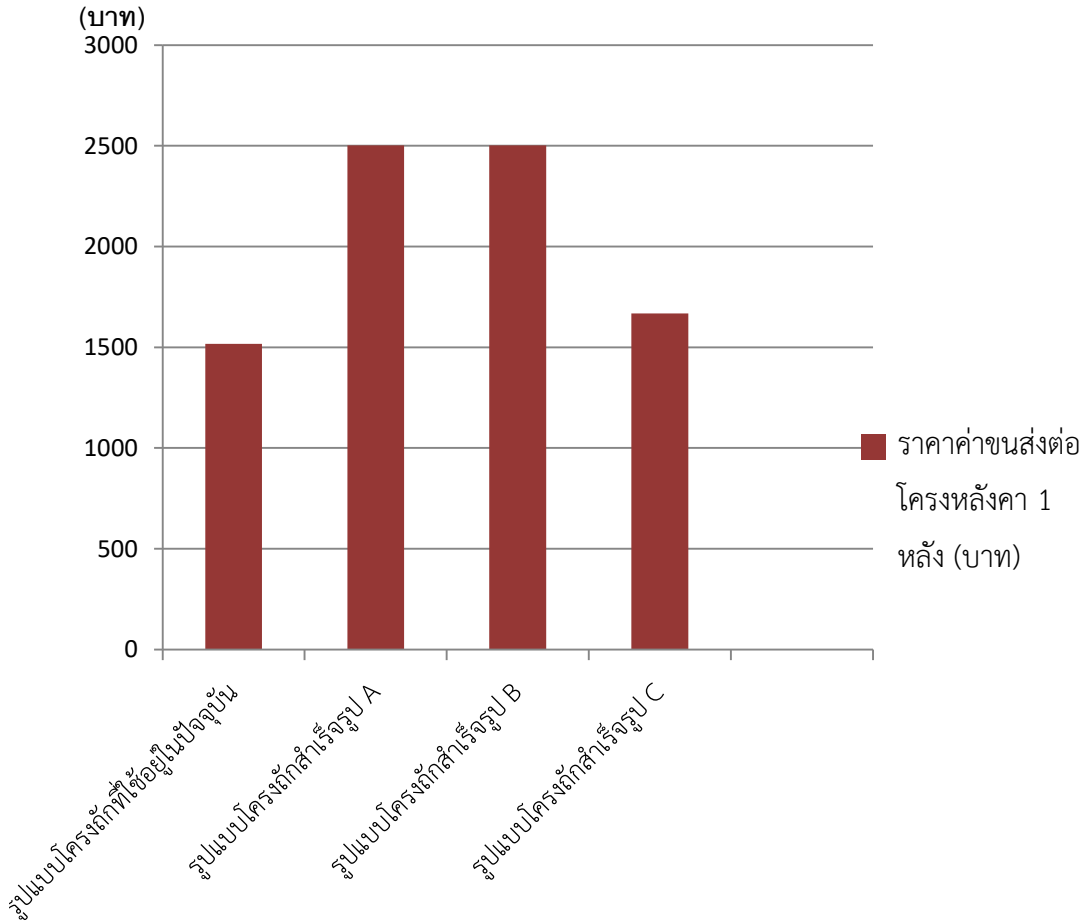
จากราคาค่าใช้จ่ายในการขนส่งด้วยรถบรรทุกของโครงหลังคาสำเร็จรูปทั้ง 3 รูปแบบ เปรียบเทียบกับการขนส่งโครงหลังคาที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เป็นราคาค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่อ 1 หลัง ได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

[27] บัญชีกลาง, กรม. ตารางค่าขนส่งวัสดุก่อสร้างฉบับปรับปรุง เดือนมีนาคม 2560. กรุงเทพมหานคร: กรมบัญชีกลาง, 2560 (อัดสำเนา)

ตาราง 5.7 แสดงการเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่ายในการขนส่งด้วยรถบรรทุกของโครงหลังคาสำเร็จรูปทั้ง 3 รูปแบบ กับโครงหลังคาที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

รูปแบบโครงถัก	**ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (บาท/หลัง)**
ปัจจุบัน	1,516.22
1	2,501.55
2	2,501.55
3	1,667.70



แผนภูมิ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่ายในการขนส่งด้วยรถบรรทุกของโครงหลังคาสำเร็จรูปทั้ง 3 รูปแบบ กับโครงหลังคาที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

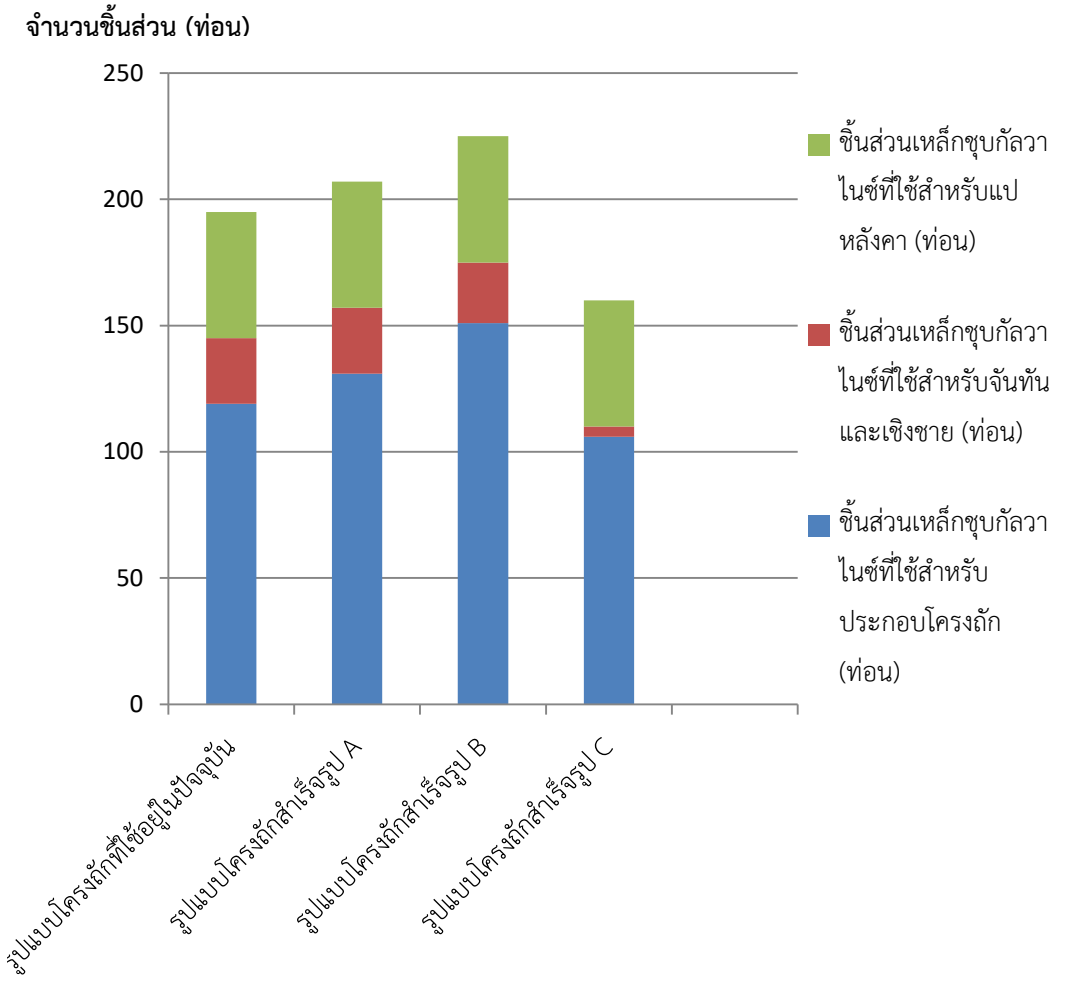
5.2.2 เปรียบเทียบชิ้นส่วนและน้ำหนักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้

จากการออกแบบรูปแบบโครงถักสำเร็จรูป 3 รูปแบบ ที่สามารถประกอบที่สถานที่อื่น สามารถเปรียบเทียบจำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้ กับรูปแบบโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้ดังนี้

ตาราง 5.8 เปรียบเทียบชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับหลังคาแต่ละรูปแบบ

รูปแบบโครงถัก	**ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้**			
	โครงถัก (ท่อน)	**จันทันและเชิงชาย (ท่อน)**	**แปหลังคา (ท่อน)**	**รวม (ท่อน)**
ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	119	26	50	195
A	131	26	50	207
B	151	24	50	225
C	106	4	50	160

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

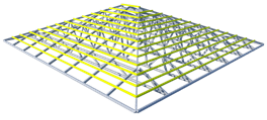
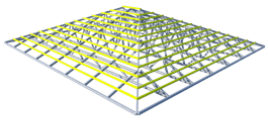
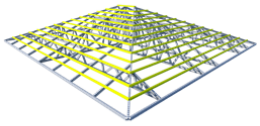
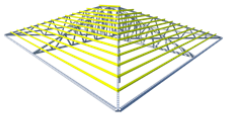
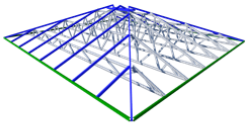
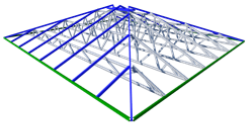
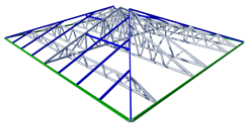
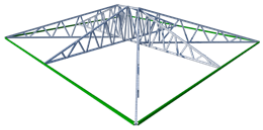
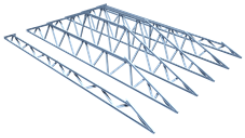
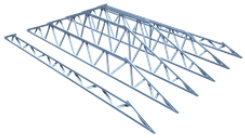
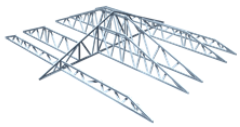
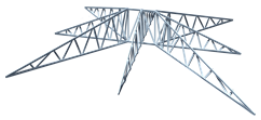
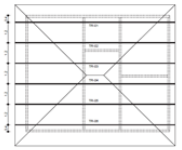
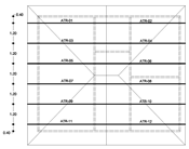
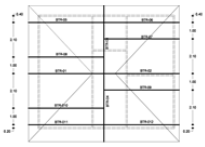
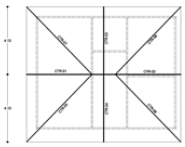


แผนภูมิ 5.2 แสดงจำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับหลังคาแต่ละรูปแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์แต่ละท่อนจะมีขนาดของหน้าตัดและความยาวของชิ้นส่วนที่แตกต่างกันตามการออกแบบ โดยขนาดของหน้าตัดและความยาวของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ของรูปแบบโครงถักสำเร็จรูป 3 รูปแบบ และชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ของรูปแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะแสดงดังตารางที่ 5.9

ตาราง 5.9 เปรียบเทียบรูปแบบ ขนาดและความยาวของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับประกอบโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

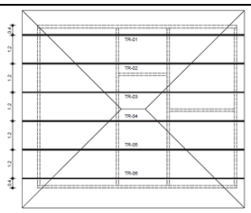
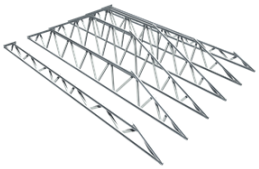
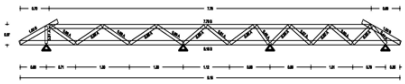
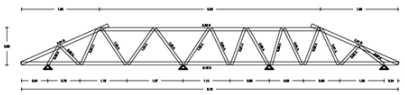
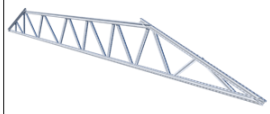
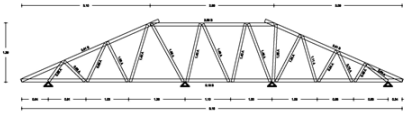
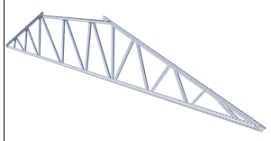
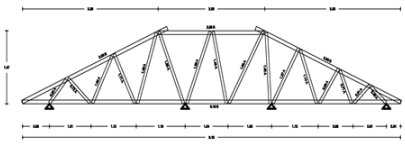
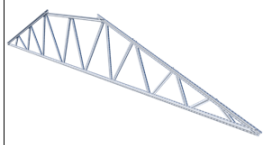
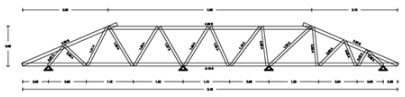
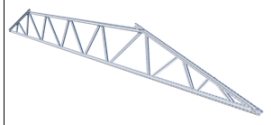
รูปแบบโครงหลังคาที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	รูปแบบโครงหลังคา ที่ใช้โครงถักสำเร็จรูป A	รูปแบบโครงหลังคา ที่ใช้โครงถักสำเร็จรูป B	รูปแบบโครงหลังคา ที่ใช้โครงถักสำเร็จรูป C
			
จำนวนรวมชิ้นส่วนแป แป SCG 61 x 25 x 0.48 mm. = 50 ชิ้น	จำนวนรวมชิ้นส่วนแป แป SCG 61 x 25 x 0.48 mm. = 50 ชิ้น	จำนวนรวมชิ้นส่วนแป แป SCG 61 x 25 x 0.48 mm. = 50 ชิ้น	จำนวนรวมชิ้นส่วนแป C60 60 x 39 x 0.8 mm. = 50 ชิ้น
ความยาวรวมแป แป SCG 61 x 25 x 0.48 mm. = 231.43 m.	ความยาวรวมแป แป SCG 61 x 25 x 0.48 mm. = 231.43 m.	ความยาวรวมแป แป SCG 61 x 25 x 0.48 mm. = 231.43 m.	ความยาวรวมแป C60 60 x 39 x 0.8 mm. = 231.43 m.
			
จำนวนรวมชิ้นส่วนจันทันและเชิงชาย C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 26 ชิ้น	จำนวนรวมชิ้นส่วนจันทันและเชิงชาย C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 26 ชิ้น	จำนวนรวมชิ้นส่วนจันทันและเชิงชาย C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 24 ชิ้น	ใช้เฉพาะชิ้นส่วนเชิงชาย C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 4 ชิ้น
ความยาวรวมชิ้นส่วนจันทันและเชิงชาย C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 107.78 m.	ความยาวรวมชิ้นส่วนจันทันและเชิงชาย C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 107.78 m.	ความยาวรวมชิ้นส่วนจันทันและเชิงชาย C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 96.34 m.	ใช้เฉพาะชิ้นส่วนเชิงชายความยาว C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 35.04 m.
			
			
จำนวนรวมชิ้นส่วนโครงถัก C60 60 x 39 x 0.8 mm. = 95 ชิ้น C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 24 ชิ้น	จำนวนรวมชิ้นส่วนโครงถัก C60 60 x 39 x 0.8 mm. = 95 ชิ้น C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 36 ชิ้น	จำนวนรวมชิ้นส่วนโครงถัก C60 60 x 39 x 0.8 mm. = 117 ชิ้น C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 34 ชิ้น	จำนวนรวมชิ้นส่วนโครงถัก C60 60 x 39 x 0.8 mm. = 88 ชิ้น C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 18 ชิ้น
ความยาวรวมชิ้นส่วนโครงถัก C60 60 x 39 x 0.8 mm. = 82.93 m. C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 115.20 m.	ความยาวรวมชิ้นส่วนโครงถัก C60 60 x 39 x 0.8 mm. = 82.93 m. C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 115.20 m.	ความยาวรวมชิ้นส่วนโครงถัก C60 60 x 39 x 0.8 mm. = 101.29 m. C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 113.28 m.	ความยาวรวมชิ้นส่วนโครงถัก C60 60 x 39 x 0.8 mm. = 93.66 m. C75 75 x 39 x 0.8 mm. = 83.22 m.

จะเห็นได้ว่า รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป C มีจำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ รูปแบบโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป A และรูปแบบโครงถักสำเร็จรูป B โดยการลดจำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ลงนั้น สามารถลดความสับสนในการทำงานและทำให้ลดขั้นตอนในการประกอบและติดตั้งโครงถักลงได้ ซึ่งส่งผลให้สามารถลดระยะเวลาในการประกอบและติดตั้งลงอีกด้วย

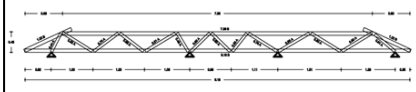
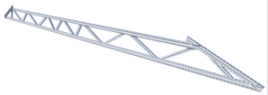
โดยรูปแบบโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน กับรูปแบบโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้โครงถักสำเร็จรูปทั้ง 3 รูปแบบ สามารถแจกแจงความยาวชิ้นส่วนโครงถักได้ดังนี้

5.2.2.1 รูปแบบโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ตาราง 5.10 แสดงขนาดและความยาวของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้ประกอบโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

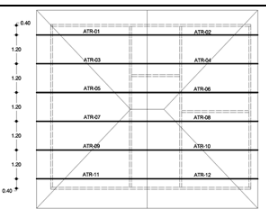
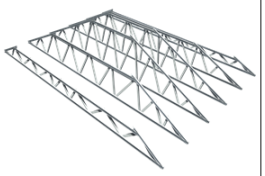
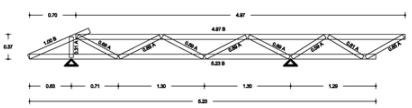
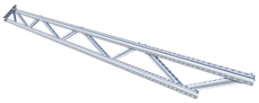
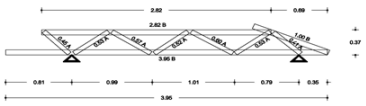
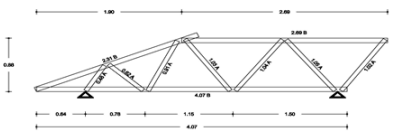
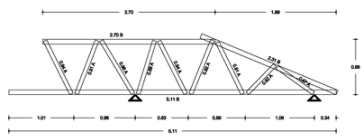
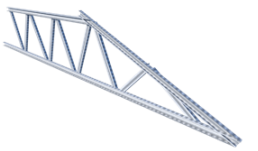
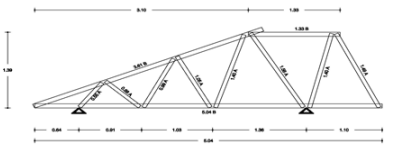
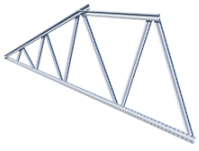
		รูปแบบโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	**จำนวนรวมชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 95 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 24 ชิ้น **ความยาวรวมเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 82.93 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 115.20 m.
		TR-01	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 16 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 4 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 9.21 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 18.97 m.
		TR-02	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 16 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 4 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 13.91 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 19.19 m.
		TR-03	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 17 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 4 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 18.36 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 19.39 m.
		TR-04	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 16 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 4 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 17.62 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 19.43 m.
		TR-05	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 16 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 4 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 14.33 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 19.21 m.

ตาราง 5.10 (ต่อ) แสดงขนาดและความยาวของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้ประกอบโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

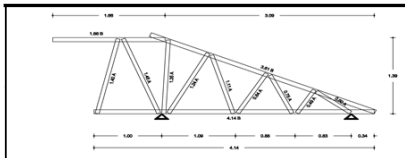
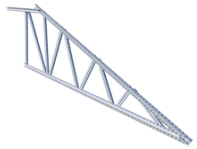
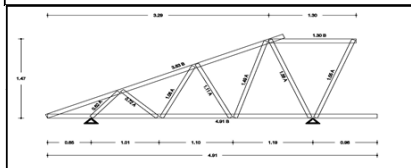
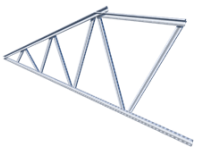
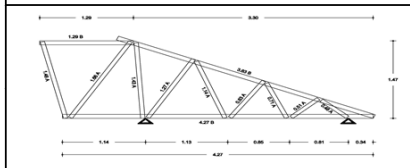
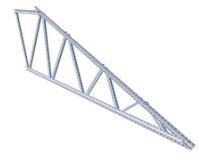
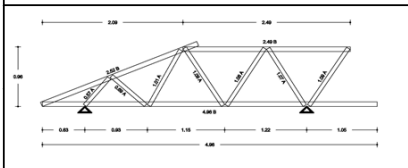
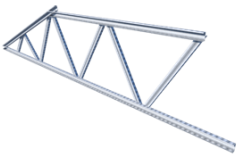
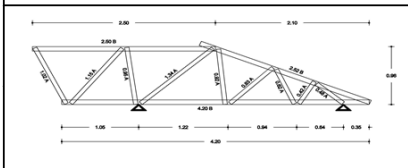
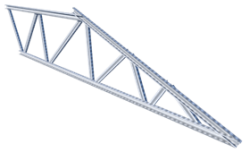
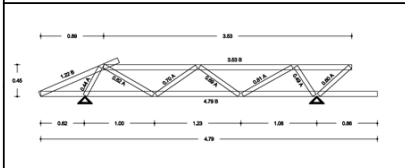
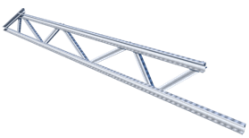
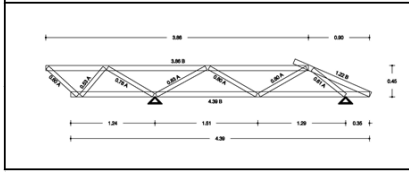
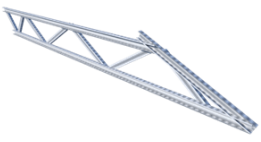
		TR-06	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 14 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 4 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 9.50 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 19.01 m.

5.2.2.2 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป A

ตาราง 5.11 แสดงขนาดและความยาวของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้ประกอบโครงถักสำเร็จรูป A

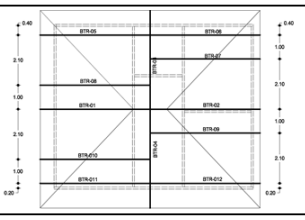
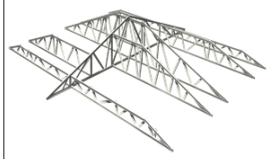
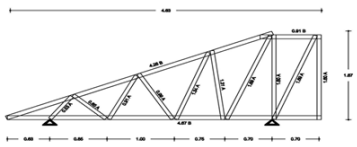
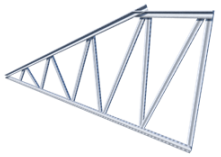
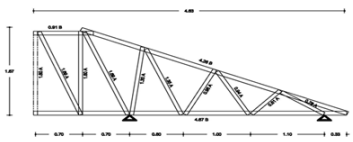
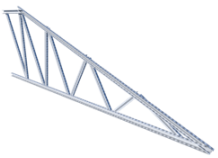
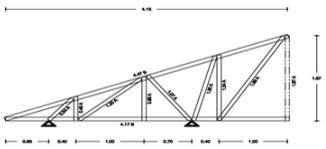
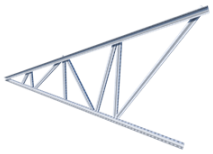
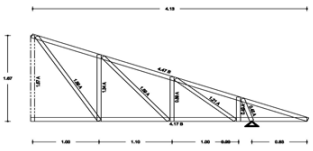
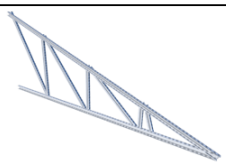
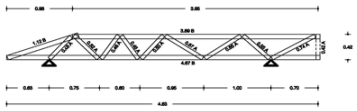
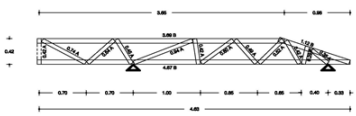
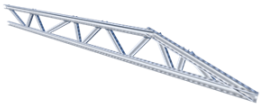
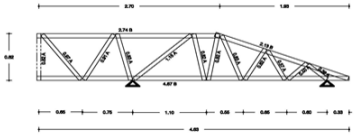
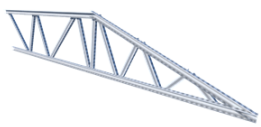
		รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป A	**จำนวนรวมชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 95 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 36 ชิ้น **ความยาวรวมเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 82.93 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 115.20 m.
		ATR-01	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 9 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 5.60 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 11.20 m.
		ATR-02	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 7 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 3.61 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 7.77 m.
		ATR-03	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 7 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 6.15 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.07 m.
		ATR-04	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 9 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 7.76 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 10.12 m.
		ATR-05	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 8 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 9.12 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.98 m.

ตาราง 5.11 (ต่อ) แสดงขนาดและความยาวของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้ประกอบโครงถักสำเร็จรูป A

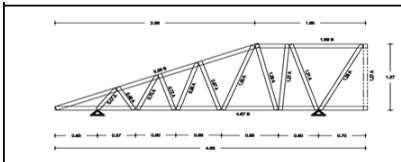
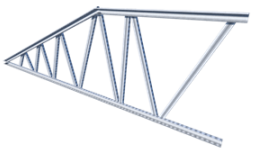
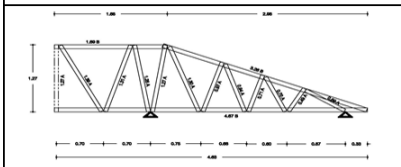
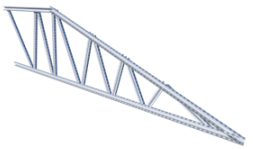
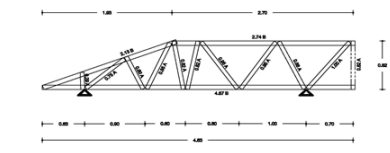
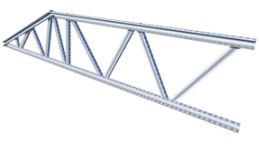
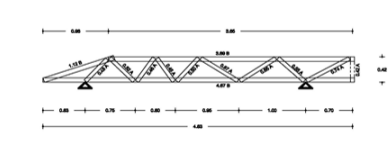
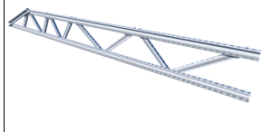
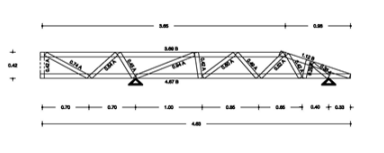
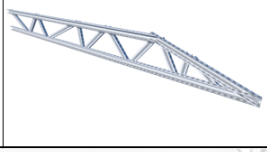
		ATR-06	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 9 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 9.24 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.41 m.
		ATR-07	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 7 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 8.11 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 10.04 m.
		ATR-08	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 9 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 9.51 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.39 m.
		ATR-09	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 7 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 6.60 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.99 m.
		ATR-10	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 9 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 7.73 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.22 m.
		ATR-11	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 7 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 4.55 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.54 m.
		ATR-12	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 7 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 4.95 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.47 m.

5.2.2.3 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป B

ตาราง 5.12 แสดงขนาดและความยาวของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับประกอบโครงถักสำเร็จรูป B

		รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป B	**จำนวนรวมชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 117 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 34 ชิ้น **ความยาวรวมเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 101.29 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 113.28 m.
		BTR-01	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 10 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 12.31 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.84 m.
		BTR-02	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 9 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 10.90 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.84 m.
		BTR-03	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 8 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 2 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 10.56 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 8.72 m.
		BTR-04	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 7 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 2 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 7.86 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 8.64 m.
		BTR-05	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 9 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 5.02 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.48 m.
		BTR-06	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 11 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 5.76 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.48 m.
		BTR-07	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 11 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 8.30 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.54 m.

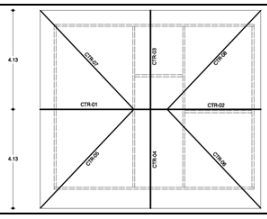
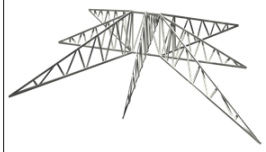
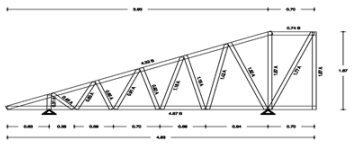
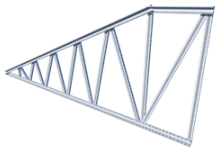
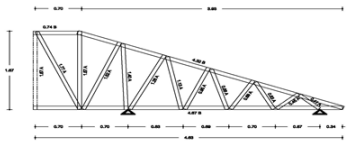
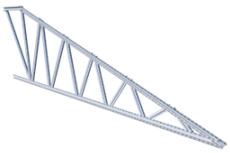
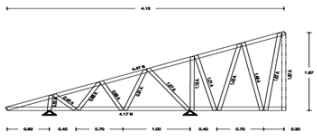
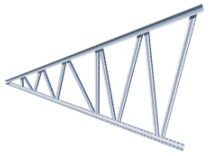
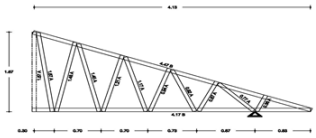
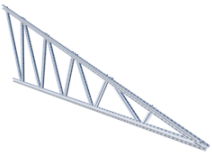
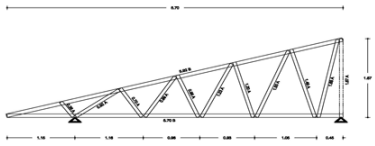
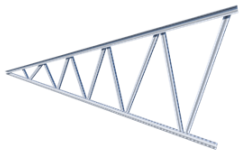
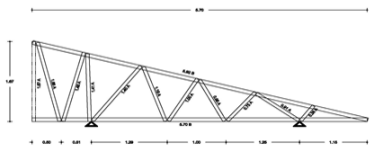
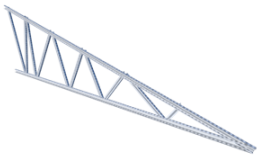
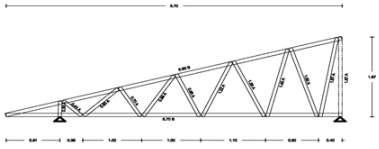
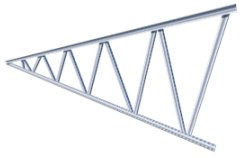
ตาราง 5.12 (ต่อ) แสดงขนาดและความยาวของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับประกอบโครงถักสำเร็จรูป B

		BTR-08	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 11 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 10.84 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.62 m.
		BTR-09	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 11 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 11.05 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.62 m.
		BTR-10	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 10 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 7.91 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.54 m.
		BTR-11	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 9 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 5.02 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.48 m.
		BTR-12	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 11 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 5.76 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.48 m.

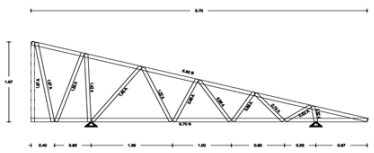
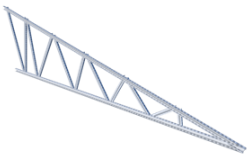
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2.2.4 รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป C

ตาราง 5.13 แสดงขนาดและความยาวของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้ประกอบโครงถักสำเร็จรูป C

		รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป C	**จำนวนรวมชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 88 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 18 ชิ้น **ความยาวรวมเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 93.66 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 83.22 m.
		CTR-01	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 13 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 14.26 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.73 m.
		CTR-02	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 12 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 3 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 12.76 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 9.73 m.
		CTR-03	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 11 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 2 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 11.06 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 8.64 m.
		CTR-04	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 10 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 2 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 10.64 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 8.64 m.
		CTR-05	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 10 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 2 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 11.04 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 11.62 m.
		CTR-06	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 10 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 2 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 11.15 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 11.62 m.
		CTR-07	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 11 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 2 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 11.32 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 11.62 m.

ตาราง 5.13 (ต่อ) แสดงขนาดและความยาวของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้ประกอบโครงถักสำเร็จรูป C

		CTR-08	**จำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 11 ชิ้น **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 2 ชิ้น **ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์** **C60** 60 x 39 x 0.8 mm. = 11.43 m. **C75** 75 x 39 x 0.8 mm. = 11.62 m.

จากการแจกแจงความยาวชิ้นส่วนโครงถักแต่ละรูปแบบสามารถนำมาคำนวณหาน้ำหนักเพื่อเปรียบเทียบจำนวนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้ได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 5.14 แสดงขนาด ความยาว และน้ำหนักของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับประกอบโครงถักแต่ละรูปแบบ

รูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์	เหล็กชุบกัลวาไนซ์ Type	ขนาด (mm.)		น้ำหนัก (กิโลกรัม/เมตร)	ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับประกอบโครงถัก (เมตร)	น้ำหนักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับประกอบโครงถัก (กิโลกรัม)
		AxBxC	t			
รูปแบบโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	C60	60x39x8	0.80	0.94	82.93	77.95
	C75	75x39x8	0.80	1.03	115.20	118.66
	C90	90x39x8	0.80	1.13	-	-
		90x39x8	1.00	1.41	-	-
	C100	100x39x8	1.00	1.49	-	-
รวม						196.61
รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป A (แบ่งความยาวของโครงถักออกเป็นสองส่วนและติดตั้งในลักษณะวางขนาน)	C60	60x39x8	0.80	0.94	82.93	77.95
	C75	75x39x8	0.80	1.03	115.20	118.66
	C90	90x39x8	0.80	1.13	-	-
		90x39x8	1.00	1.41	-	-
	C100	100x39x8	1.00	1.49	-	-
รวม						196.61
รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป B (แบ่งความยาวของโครงถักออกเป็นสองส่วนและติดตั้งในลักษณะวางขนานกันเป็นฟันปลา)	C60	60x39x8	0.80	0.94	101.29	95.21
	C75	75x39x8	0.80	1.03	113.28	116.68
	C90	90x39x8	0.80	1.13	-	-
		90x39x8	1.00	1.41	-	-
	C100	100x39x8	1.00	1.49	-	-
รวม						211.89
รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป C (ติดตั้งโครงถักตามแนวตะเข้สันของหลังคา)	C60	60x39x8	0.80	0.94	93.66	88.04
	C75	75x39x8	0.80	1.03	83.22	85.72
	C90	90x39x8	0.80	1.13	-	-
		90x39x8	1.00	1.41	-	-
	C100	100x39x8	1.00	1.49	-	-
รวม						173.76

ตาราง 5.15 แสดงขนาด ความยาว และน้ำหนักของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับจันทันและเชิงชายแต่ละรูปแบบ

รูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์	เหล็กชุบกัลวาไนซ์ Type	ขนาด (mm.)		น้ำหนัก (กิโลกรัม/เมตร)	ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับจันทันและเชิงชาย (เมตร)	น้ำหนักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับส่วนอื่นๆ (กิโลกรัม)
		AxBxC	t			
รูปแบบโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	C60	60x39x8	0.80	0.94	-	-
	C75	75x39x8	0.80	1.03	107.78	111.01
	C90	90x39x8	0.80	1.13	-	-
		90x39x8	1.00	1.41	-	-
	C100	100x39x8	1.00	1.49	-	-
รวม						111.01
รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป A (แบ่งความยาวของโครงถักออกเป็นสองส่วนและติดตั้งในลักษณะวางขนาน)	C60	60x39x8	0.80	0.94	-	-
	C75	75x39x8	0.80	1.03	107.78	111.01
	C90	90x39x8	0.80	1.13	-	-
		90x39x8	1.00	1.41	-	-
	C100	100x39x8	1.00	1.49	-	-
รวม						111.01
รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป B (แบ่งความยาวของโครงถักออกเป็นสองส่วนและติดตั้งในลักษณะวางขนานกันเป็นฟันปลา)	C60	60x39x8	0.80	0.94	-	-
	C75	75x39x8	0.80	1.03	96.34	99.23
	C90	90x39x8	0.80	1.13	-	-
		90x39x8	1.00	1.41	-	-
	C100	100x39x8	1.00	1.49	-	-
รวม						99.23
รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป C (ติดตั้งโครงถักตามแนวตะเข้สันของหลังคา)	C60	60x39x8	0.80	0.94	-	-
	C75	75x39x8	0.80	1.03	35.04	36.09
	C90	90x39x8	0.80	1.13	-	-
		90x39x8	1.00	1.41	-	-
	C100	100x39x8	1.00	1.49	-	-
รวม						36.09

ตาราง 5.16 แสดงขนาด ความยาว และน้ำหนักของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ทั้งหมดที่ใช้สำหรับแปหลังคาแต่ละรูปแบบ

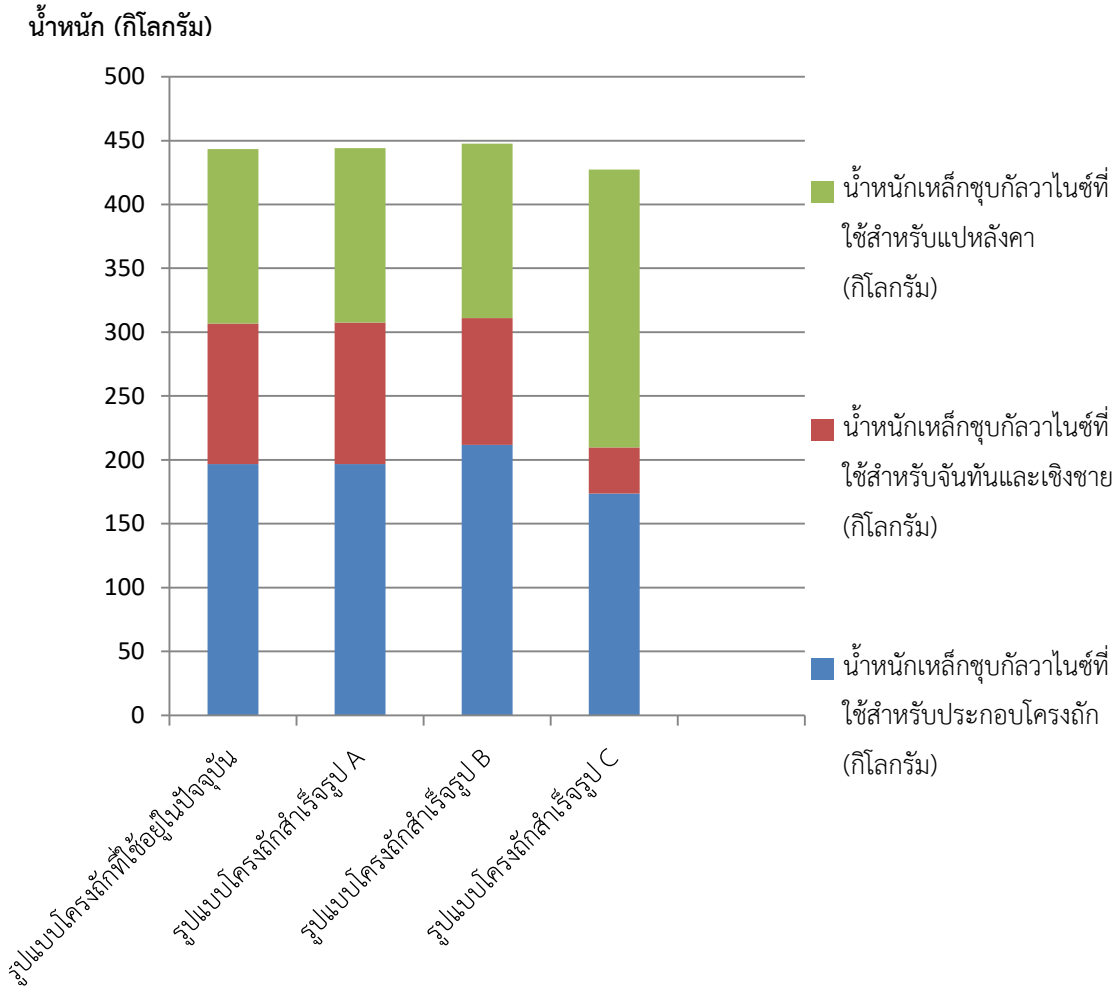
รูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์	ชิ้นส่วนแปหลังคา	ขนาด	น้ำหนัก (กิโลกรัม/เมตร)	ความยาวเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับแปหลังคา (เมตร)	น้ำหนักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับแปหลังคา (กิโลกรัม)
รูปแบบโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	แปเหล็กชุบกัลวาไนซ์ SCG	64 x 22 x 0.48 มิลลิเมตร	0.59	231.43	136.54
รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป A (แบ่งความยาวของโครงถักออกเป็นสองส่วนและติดตั้งในลักษณะวางขนาน)	แปเหล็กชุบกัลวาไนซ์ SCG	64 x 22 x 0.48 มิลลิเมตร	0.59	231.43	136.54
รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป B (แบ่งความยาวของโครงถักออกเป็นสองส่วนและติดตั้งในลักษณะวางขนานกันเป็นฟันปลา)	แปเหล็กชุบกัลวาไนซ์ SCG	64 x 22 x 0.48 มิลลิเมตร	0.59	231.43	136.54
รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป C (ติดตั้งโครงถักตามแนวตะเข้สันของหลังคา)	เหล็กชุบกัลวาไนซ์ Type C60	60 x 39 x 8 หนา 0.80 มิลลิเมตร	0.94	231.43	217.54

ตาราง 5.17 แสดงน้ำหนักของเหล็กชุบกัลวาไนซ์รวมทั้งหมดที่ใช้สำหรับหลังคาแต่ละรูปแบบ

รูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์	น้ำหนักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับประกอบโครงถัก (กิโลกรัม)	น้ำหนักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับจันทันและเชิงชาย (กิโลกรัม)	น้ำหนักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับแปหลังคา (กิโลกรัม)	น้ำหนักเหล็กชุบกัลวาไนซ์รวม (กิโลกรัม)
รูปแบบโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	196.61	111.01	136.54	444.16
รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป A (แบ่งความยาวของโครงถักออกเป็นสองส่วนและติดตั้งในลักษณะวางขนาน)	196.61	111.01	136.54	444.16
รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป B (แบ่งความยาวของโครงถักออกเป็นสองส่วนและติดตั้งในลักษณะวางขนานกันเป็นฟันปลา)	211.89	99.23	136.54	447.66
รูปแบบโครงถักสำเร็จรูป C (ติดตั้งโครงถักตามแนวตะเข้สันของหลังคา)	173.76	36.09	217.54	427.39

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากข้อมูลน้ำหนักของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้ในส่วนประกอบต่างๆของโครงหลังคาแต่ละรูปแบบ สามารถเปรียบเทียบน้ำหนักได้ดังแผนภูมิ 5.3



แผนภูมิ 5.3 แสดงน้ำหนักของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับหลังคาแต่ละรูปแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จะเห็นได้ว่า การประกอบติดตั้งโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์สามารถกระทำได้ที่โรงงาน และขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้างได้ โดยทั้งคงรูปแบบโครงถักเดิมตามรูปแบบโครงถักสำเร็จรูป A หรือเพิ่มชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขึ้นเล็กน้อยตามรูปแบบโครงถักสำเร็จรูป B รวมทั้งออกแบบโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์เป็นโครงหลังคาสำเร็จรูปรูปแบบอื่นตามรูปแบบโครงถักสำเร็จรูป C ซึ่งรูปแบบโครงถักสำเร็จรูปทั้ง 3 รูปแบบ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งมากกว่า การนำชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ไปประกอบที่สถานที่ก่อสร้างเล็กน้อย

บทที่ 6
สรุปผลงานวิจัย

เดิมทีเราใช้ไม้เป็นวัสดุทำโครงหลังคา เนื่องจากไม้มีกลสมบัติกำลังรับแรงดัด (Bending stress) ได้ดี จึงทำให้ชิ้นส่วนที่ทำจากไม้ในการประกอบเป็นโครงหลังคา มีความยาวที่ยาวกว่าการใช้วัสดุชนิดอื่น ส่งผลให้จำนวนชิ้นส่วนในการประกอบเป็นโครงหลังคา มีจำนวนที่น้อยกว่าการใช้วัสดุชนิดอื่นอีกด้วย ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมนำไม้มาใช้ทำโครงหลังคาที่มีลักษณะพาดยาว แต่มีข้อเสียคือ ในปัจจุบันไม้มีราคาที่สูงขึ้นจากอดีต และไม้มีคุณสมบัติที่ไม่ทนทานต่อสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดการผุพังได้ง่ายจากแดด ฝน และแมลงต่างๆ

ภาพ 6.1 แสดงโครงหลังคาไม้

ที่มา : https://www.wazzadu.com/thumbs/article/image_3fe0d290-d457-11e5-8520-c3c4f50351c1.jpg สืบค้นวันที่ 13 เมษายน 2561

ต่อมาเราได้นำเหล็กรูปพรรณมาใช้เป็นวัสดุทำโครงหลังคาแทนการใช้ไม้ เพราะเหล็กรูปพรรณนั้นมีราคาถูกกว่าไม้ มีคุณสมบัติที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อม หาได้ง่าย แต่เหล็กรูปพรรณนั้นมีกลสมบัติรับแรงดัดได้น้อยกว่าไม้ และกลสมบัติรับแรงดัดของเหล็กจะขึ้นอยู่กับรูปตัดและพื้นที่หน้าตัด ดังนั้นชิ้นส่วนเหล็กรูปพรรณที่มีรูปตัดที่เหมาะสมและมีพื้นที่หน้าตัดที่มาก จะมีกลสมบัติรับแรงดัดได้ดี ทำให้โครงหลังคาที่ทำจากเหล็กรูปพรรณมีน้ำหนักมากกว่าโครงหลังคาที่ทำจาก

ไม้ อีกทั้งเหล็กรูปพรรณมีข้อเสียคือ เกิดสนิมได้ง่าย และมีความล่าช้าในกระบวนการประกอบโครงหลังคา เนื่องจากต้องต่อชิ้นส่วนเหล็กรูปพรรณเข้าด้วยกันด้วยวิธีการเชื่อมโดยใช้ความร้อน ทำให้คุณภาพงานเชื่อมของช่างเชื่อม จะส่งผลต่อความแข็งแรงของโครงหลังคา

ภาพ 6.2 แสดงโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ
ที่มา http://www.pd.co.th สืบค้นวันที่ 13 เมษายน 2561

ปัจจุบันจึงมีความนิยมนำเหล็กชุบกัลวาไนซ์มาใช้เป็นวัสดุทำโครงหลังคา เพราะกันสนิมได้ มีน้ำหนักเบา ราคาถูกและสามารถใช้การยึดด้วยตะปูเกลียวแทนการเชื่อม ทำให้มีความรวดเร็วในการประกอบ โดยในปัจจุบันผู้ประกอบการบ้านจัดสรรมีความนิยมสร้างบ้านด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป เนื่องจากการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปสามารถลดระยะเวลาในการทำงานและควบคุมการทำงานได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังสามารถลดการใช้แรงงานคนซึ่งเป็นต้นทุนที่สำคัญในการทำงานได้ ดังนั้นโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปจึงมีความเหมาะสมกับการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ 6.3 แสดงโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์
ที่มา : http://www.trachangbestbuy.com/upload/20161117084802_764590.jpg
สืบค้นวันที่ 13 เมษายน 2561

โดย บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) มีการใช้เหล็กชุบกัลวาไนซ์ในการก่อสร้างโครงหลังคา ซึ่งเหล็กชุบกัลวาไนซ์ผลิตจากเหล็กกำลังดึงสูง G 550 (ดึงเหล็กให้ขาดได้ด้วยแรงดึง 5,500 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) ซึ่งมีกำลังดึงสูงกว่าเหล็กรูปพรรณจึงทำให้เหล็กที่ใช้มีความหนาน้อยกว่าเหล็กรูปพรรณ ส่งผลให้โครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์มีน้ำหนักเบากว่าโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ อีกทั้งมีการนำเหล็กกำลังดึงสูงชุบด้วยกัลวาไนซ์เกรด Z 220 หรือ Z 275 มาจากโรงงานเพื่อป้องกันการเกิดสนิม โดยจะทำการประกอบชิ้นส่วนโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์เป็นลักษณะโครงถักซึ่งใช้การรับแรงดึงและแรงอัดในการรับน้ำหนักวัสดุมุงหลังคาและแรงลม

โดยขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ของบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) จะเริ่มขึ้นหลังจากได้รับแบบหลังคาจากเจ้าของบ้านหรือสถาปนิก เพื่อนำแบบหลังคาไปออกแบบคำนวณขนาดและความยาวโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ และกำหนดจำนวนและความยาวของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์โดยวิศวกรต่อไป เมื่อกำหนดจำนวนและความยาวของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ได้แล้ว จึงจะส่งแบบไปให้โรงงานเพื่อผลิตและตัดขนาดชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์แต่ละท่อน และขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้างเพื่อกองเก็บรอการประกอบโครงหลังคาต่อไป เมื่อถึงขั้นตอนการก่อสร้างโครงหลังคาแล้วจึงจะเริ่มทำการประกอบโครงถัก โดยทำการวางเรียงชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ตามที่ได้ออกแบบไว้บนพื้นที่ที่เรียบสม่ำเสมอ และทำการยึดติดชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์แต่ละท่อนเข้าด้วยกันตามที่ระบุไว้ในแบบด้วยตะปูเกลียวโดยช่างผู้เชี่ยวชาญ หลังจากประกอบโครงถักเสร็จสิ้นทั้งหมดแล้ว จึงจะนำโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์

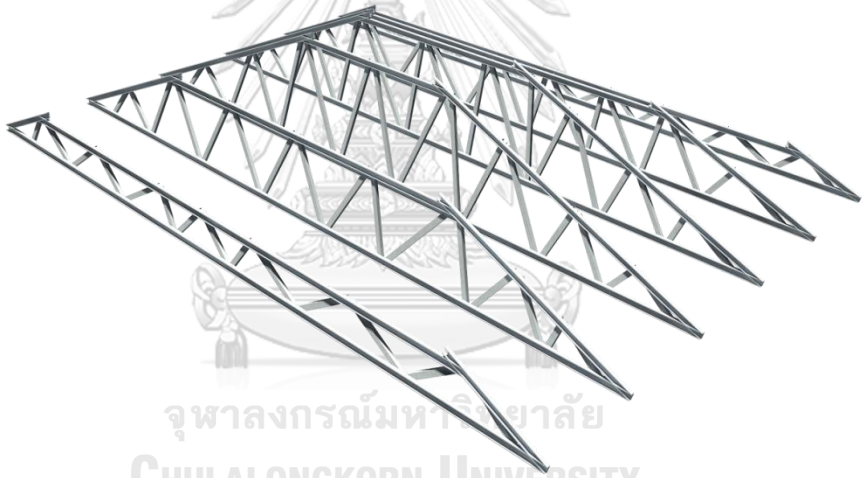
ยกขึ้นไปติดตั้งบนบ้านด้วยแรงคน และทำการยึดติดโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์กับบ้าน และติดตั้งแปกับเชิงชายต่อไปหลังจากติดตั้งโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์เสร็จสิ้น

จากการศึกษาขั้นตอนการผลิต การขนส่งและการประกอบติดตั้ง ของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ กรณีศึกษา โครงการบ้านภัสสรของบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) พบปัญหาที่เกิดขึ้นคือ สถานที่กองเก็บชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์นั้นกีดขวางการทำงานอื่นๆ เนื่องจากไม่มีพื้นที่กองเก็บที่เพียงพอ เมื่อขนส่งชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์มาจากโรงงานด้วยรถบรรทุก โดยการขนส่งด้วยรถบรรทุกแต่ละครั้ง สามารถขนส่งชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับโครงหลังคา 5 หลัง จึงจำเป็นต้องกองเก็บชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์บริเวณถนนหรือบริเวณหน้าบ้านที่จะทำการติดตั้งโครงหลังคา เพื่อรอให้ถึงขั้นตอนการก่อสร้างโครงหลังคาก่อน จึงจะเริ่มทำการประกอบและติดตั้งโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ต่อไปได้ ซึ่งการกองเก็บดังกล่าวทำให้เหล็กชุบกัลวาไนซ์เกิดความเสียหาย ก่อนจะทำการประกอบโครงถักจำเป็นต้องทำความสะอาดชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ให้เรียบร้อย และตรวจสอบความเสียหายของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ หากพบว่าชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์เกิดความเสียหาย จะต้องเปลี่ยนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ใหม่โดยแจ้งกับทางผู้ผลิต อีกทั้งในการประกอบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ไม่มีพื้นที่ที่เรียบสม่ำเสมอ จึงจำเป็นต้องประกอบบริเวณถนนของโครงการ ซึ่งมีพื้นที่ที่เรียบสม่ำเสมอจึงจะสามารถประกอบโครงถักได้ ทำให้การประกอบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์กีดขวางการทำงานอื่นๆของโครงการ

ภาพ 6.4 ปัญหาเรื่องความเสียหายของชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ขณะกองเก็บบริเวณสถานที่ก่อสร้าง
ที่มา : ถ่ายโดยผู้วิจัย วันที่ 5 มกราคม 2561

โดยโครงการบ้านภัสสรของบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) จะทำการประกอบโครงถักจำนวน 6 โครงตามที่วิศวกรได้ออกแบบไว้ โดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับประกอบ

เป็นโครงถักทั้งหมดจำนวน 119 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 82.93 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 115.20 เมตร ซึ่งใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 1 วันในการประกอบโครงถัก เมื่อทำการประกอบโครงถักเสร็จสิ้นจึงยกขึ้นไปติดตั้งบนบ้านในลักษณะวางขนานกัน โดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับยึดติดตั้งโครงถักบนบ้านจำนวน 22 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 72.74 เมตร และทำการติดตั้งแปและเชิงชายโดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับเชิงชายจำนวน 4 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 35.04 เมตร และชิ้นส่วนแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์จำนวน 50 ชิ้น ขนาด 64 x 22 x 0.48 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 231.43 เมตร โดยใช้ระยะเวลาติดตั้ง 2 วัน รวมทั้งสิ้น 3 วัน ตลอดทั้งกระบวนการตั้งแต่เริ่มประกอบโครงถักที่สถานที่ก่อสร้าง โดยรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นดังแสดงในภาพที่ 6.5



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

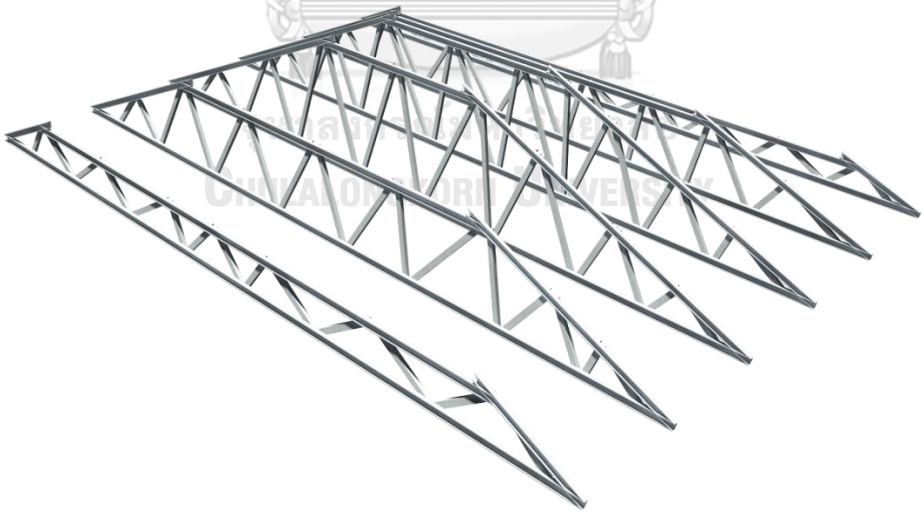
ภาพ 6.5 แสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

จากปัญหาที่เกิดขึ้นจึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อเสนอแนวทางในการออกแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ที่มีความยาวตามข้อจำกัดการขนส่ง คือ บรรทุกได้ไม่เกินความกว้างของรถบรรทุก 2.50 เมตร บรรทุกได้ไม่เกินความยาว 7.00 เมตร และบรรทุกได้ไม่เกิน 2.20 เมตร เพื่อให้ประกอบโครงถักที่สถานที่อื่นได้ และสามารถขนส่งโครงถักไปยังสถานที่ก่อสร้างเพื่อติดตั้งได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องจัดเตรียมพื้นที่สำหรับกองเก็บ และพื้นที่สำหรับประกอบโครงถักที่สถานที่ก่อสร้าง อีกทั้งยังสามารถลดระยะเวลาการประกอบโครงถักที่สถานที่ก่อสร้างได้ ซึ่งจากการสอบถามวิศวกรและรวบรวมข้อมูลการทดสอบการขนส่งของบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

พบว่า หากจะทำการขนส่งโครงถักซึ่งประกอบสำเร็จรูปมาจากโรงงานด้วยรถบรรทุก จะสามารถขนส่งโครงถักสำเร็จรูปสำหรับโครงหลังคา 1 หลังต่อการขนส่ง 1 ครั้ง

จึงศึกษารูปแบบโครงถักที่สามารถประกอบที่สถานที่อื่นและขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง 3 รูปแบบ โดยมีรูปแบบดังนี้

1. โครงถักสำเร็จรูป A แบ่งความยาวของโครงถักออกเป็นสองส่วน นำไปยึดติดกันเป็นรูปแบบโครงถักเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และติดตั้งในลักษณะวางขนานกัน ซึ่งมีชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับประกอบเป็นโครงถัก 12 โครง จำนวน 131 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 82.93 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 115.20 เมตร ซึ่งใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 1 วัน ในการประกอบโครงถักที่สถานที่อื่นและขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง เพื่อทำการติดตั้งบนบ้านต่อไปในลักษณะวางขนานกัน โดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับยึดติดตั้งโครงถักบนบ้านจำนวน 22 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 72.74 เมตร และทำการติดตั้งแปและเชิงชายโดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับเชิงชายจำนวน 4 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 35.04 เมตร และชิ้นส่วนแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์จำนวน 50 ชิ้น ขนาด 64 x 22 x 0.48 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 231.43 เมตร โดยใช้ระยะเวลาทำงาน 2 วันที่สถานที่ก่อสร้าง ดังแสดงในภาพ



ภาพ 6.6 แสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบแบ่งความยาวของโครงถักเดิม

2. โครงถักสำเร็จรูป B ออกแบบโครงถักเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวหลังคาและติดตั้งในลักษณะวางขนานกันเป็นฟันปลา โดยมีชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับประกอบเป็นโครงถัก 12

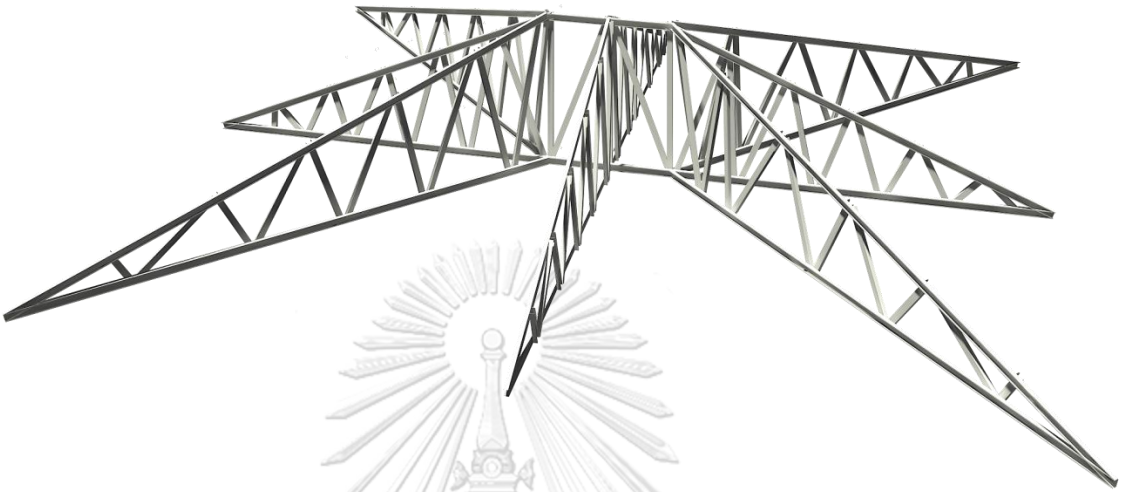
โครง จำนวน 151 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 101.29 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 113.28 เมตร ซึ่งใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 1 วัน ในการประกอบโครงถักที่สถานที่อื่นและขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง เพื่อทำการติดตั้งบนบ้านต่อไปในลักษณะวางขนานกัน โดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับยึดติดตั้งโครงถักบนบ้านจำนวน 20 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 61.30 เมตร และทำการติดตั้งแปและเชิงชายโดยใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับเชิงชายจำนวน 4 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 35.04 เมตร และชิ้นส่วนแปเหล็กชุบกัลวาไนซ์จำนวน 50 ชิ้น ขนาด 64 x 22 x 0.48 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 231.43 เมตร โดยใช้ระยะเวลาทำงาน 2 วันที่สถานที่ก่อสร้าง ดังแสดงในภาพที่ 6.7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ 6.7 แสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบสลับฟันปลา

3. โครงถักสำเร็จรูป C ออกแบบโครงถักที่ติดตั้งตามแนวตะเข้สันของหลังคา โดยมีชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับประกอบเป็นโครงถัก 8 อัน จำนวน 106 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 93.66 เมตร และเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 83.22 เมตร ซึ่งใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 1 วันในการประกอบโครงถักที่สถานที่อื่นและขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง เพื่อทำการติดตั้งบนบ้านต่อไปในลักษณะวางตามแนวตะเข้สันของหลังคา โดยไม่ต้องใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับยึดติดตั้งโครงถักบนบ้าน ซึ่งสามารถทำการติดตั้งแปและเชิงชายต่อไปได้ทันที สำหรับการติดตั้งแปและเชิงชายจะใช้ชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับเชิงชายจำนวน 4 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 75 x 39

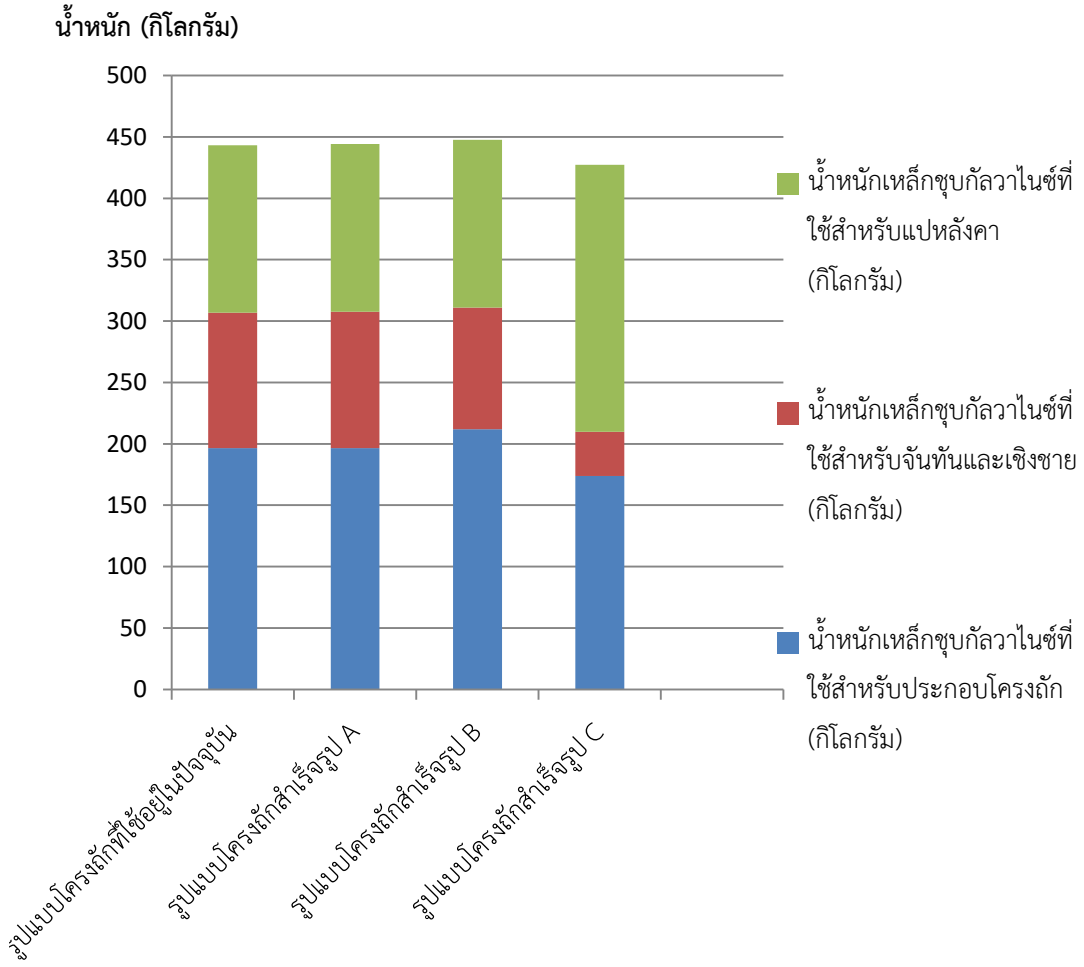
x 0.80 มิลลิเมตร ซึ่งใช้ความยาวทั้งหมด 35.04 เมตร และชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์สำหรับแป จำนวน 50 ชิ้น เป็นเหล็กตัวซีชุบกัลวาไนซ์ขนาด 60 x 39 x 0.80 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 231.43 เมตร โดยใช้ระยะเวลาทำงาน 2 วันที่สถานที่ก่อสร้าง ดังแสดงในภาพที่ 6.8



ภาพ 6.8 แสดงรูปแบบโครงถักของโครงหลังคาเหล็กชุบกัลวาไนซ์แบบติดตั้งตามแนวตะเข้สันของหลังคา

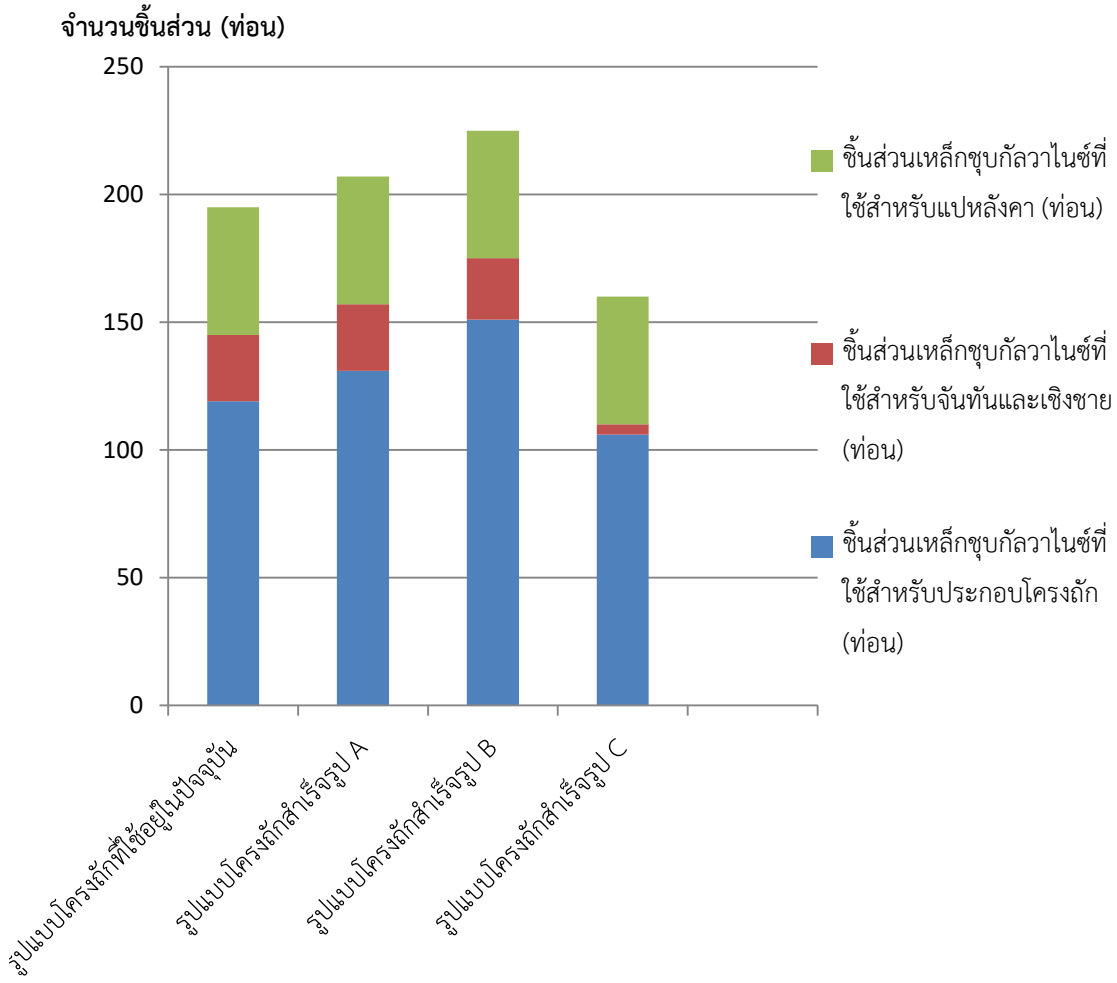
โดยปริมาณของเหล็กชุบกัลวาไนซ์ของโครงถักสำเร็จรูปทั้ง 3 รูปแบบ ซึ่งได้แก่ โครงถักสำเร็จรูป A โครงถักสำเร็จรูป B และโครงถักสำเร็จรูป C สามารถเปรียบเทียบกับโครงถักสำเร็จรูปที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้ โดยการเปรียบเทียบน้ำหนักและชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 6.1 และ แผนภูมิที่ 6.2 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภูมิ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับหลังคาแต่ละรูปแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

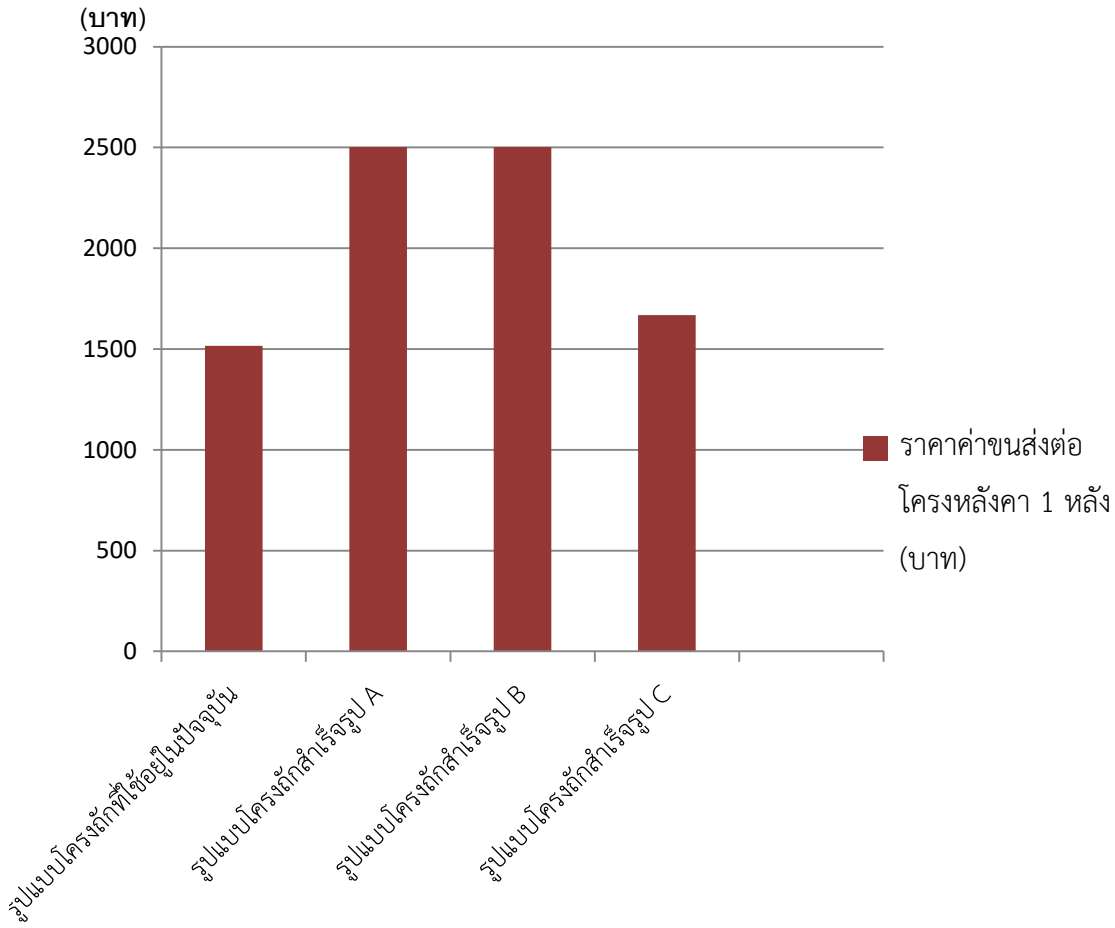


แผนภูมิ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนชิ้นส่วนเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่ใช้สำหรับหลังคาแต่ละรูปแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จะเห็นได้ว่า รูปแบบโครงถักสำเร็จรูปทั้ง 3 รูปแบบ มีขนาดและน้ำหนักที่เหมาะสมสำหรับประกอบมาจากโรงงานหรือที่สถานที่อื่น และขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง โดยทำให้สามารถลดระยะเวลาในการทำงานที่สถานที่ก่อสร้างลงได้ อีกทั้งจำนวนชิ้นส่วนที่ลดลง ยังสามารถลดขั้นตอนการประกอบและติดตั้งลง ทำให้ลดความสับสนของช่างในการประกอบและติดตั้ง รวมถึงลดระยะเวลาในการประกอบโครงถักที่โรงงานหรือสถานที่อื่นลงได้อีกด้วย

อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบโครงถักสำเร็จรูปที่มีความยาวสอดคล้องกับข้อกำหนดการขนส่งทั้ง 3 รูปแบบ ซึ่งได้แก่ โครงถักสำเร็จรูป A โครงถักสำเร็จรูป B และโครงถักสำเร็จรูป C เปรียบเทียบกับโครงถักที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยใช้การเปรียบเทียบราคาค่าขนส่ง สามารถแสดงดังแผนภูมิ 6.3



แผนภูมิ 6.3 แสดงราคาค่าขนส่งสำหรับหลังคาแต่ละรูปแบบ

จะเห็นได้ว่า การประกอบติดตั้งโครงถักเหล็กชุบกัลวาไนซ์สามารถกระทำได้ที่โรงงานหรือสถานที่อื่น และขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้างได้โดยใช้รถบรรทุก 6 ล้อ ซึ่งต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการขนส่งขึ้นเล็กน้อย

การประกอบโครงถักที่โรงงานหรือสถานที่อื่น จะทำให้สามารถลดระยะเวลาในการทำงานที่สถานที่ก่อสร้างลงได้ เนื่องจากไม่ต้องประกอบโครงถักที่สถานที่ก่อสร้าง ทำให้เริ่มติดตั้งโครงหลังคาได้ทันทีเมื่อขนส่งโครงถักสำเร็จรูปมาจากโรงงานหรือสถานที่อื่น จากปัจจุบันที่ต้องทำการประกอบโครงถักและติดตั้งโครงหลังคาที่สถานที่ก่อสร้างโดยใช้ระยะเวลา 3 วัน คือ ทำการประกอบโครงถัก 1 วัน และทำการติดตั้งโครงหลังคา 2 วัน แต่เมื่อใช้รูปแบบโครงถักสำเร็จรูปที่ประกอบมาจากโรงงานหรือสถานที่อื่น จะสามารถลดระยะเวลาในการประกอบโครงถักที่สถานที่ก่อสร้างลงได้ เหลือเพียงทำการติดตั้งโครงหลังคา 2 วันที่สถานที่ก่อสร้าง

ข้อเสนอแนะ

การออกแบบโครงถักทั้ง 3 รูปแบบเป็นเพียงตัวอย่างการลดความยาวของโครงถัก เพื่อให้สามารถประกอบที่สถานที่อื่นและขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้างได้ ซึ่งผู้ออกแบบสามารถออกแบบโครงถักรูปแบบอื่นที่เหมาะสมกับขนาดของบ้านและสามารถขนส่งโครงถักจากสถานที่อื่นได้ต่อไป อีกทั้งงานวิจัยนี้ยังเป็นแนวทางให้แก่ผู้ที่สนใจทำธุรกิจโรงงานรับประกอบโครงถักสำเร็จรูปได้ต่อไปในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

กฎกระทรวงฉบับที่ 4. (2522). ออกตามความในพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2552 มาตรา 5 และมาตรา 18.

กรมบัญชีกลาง. (2560). ตารางค่าขนส่งวัสดุก่อสร้างฉบับปรับปรุง เดือนมีนาคม 2560. กรุงเทพมหานคร: กรมบัญชีกลาง.

กวี หวังนิเวศน์กุล. (2553). การออกแบบโครงสร้างอาคารเหล็ก (3 ed.). กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์ หจก.รุ่งแสงการพิมพ์.

ทักษิณ เทพชาตรี และ อัครวัชร เล่นวารี. (2555). พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก (3 ed.). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน). (2558). Material guide. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน).

พิภพ สุนทรสมัย. (2550). การก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก (1 ed.). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

มนัส อนุศิริ. (2548). การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก (11 ed.). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วินิต ช่อวิเชียร. (2539). การออกแบบโครงสร้างเหล็ก (1 ed.). กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สนั่น เจริญเผ่า และ วินิต ช่อวิเชียร. (2527). การออกแบบโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก (6 ed.). กรุงเทพมหานคร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมเกียรติ รุ่งทองใบสุรีย์. (2552). การออกแบบโครงสร้างเหล็ก (6 ed.). กรุงเทพฯ: หจก.สามลดา.

สุภาวดี บุญยฉัตร. (2557). วัสดุและการก่อสร้างอาคาร (1 ed.). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
กลสมบัติของไม้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติไม้ โดยใช้หน่วย Ksc (Kilogram-force/square centimeter)

* 1 Ksc = 0.0980065 Mpa (Megapascal = 1,000,000 newton per sqaure meter)
* Megapascal = 10.19716213 kilogram-force/square centimeter

ตารางคุณสมบัติทางกลของไม้ในไทย จากบทความเรื่องการทดสอบวัสดุ โดย ผศ.ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชนิด	ประเภทไม้	ความถ่วงจำเพาะ	ความแข็งแรง ค่าสัมประสิทธิ์การแตกหัก Kg/Sq.cm.	ความแข็งตึง ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่น Kg/Sq.cm.	การรับแรงอัดแนวขนานเสี้ยน Kg/Sq.cm.	การรับแรงอัดแนวตั้งฉากกับเสี้ยน Kg/Sq.cm.	การรับเฉือนแรงแนวขนานเสี้ยน Kg/Sq.cm
กระท้อน	ไม้เนื้ออ่อนมาก	0.57	485	74,927	194	71	66
จำปาป่า		0.51	553	76,102	279	71	157
ยางขาว		0.70	612	89,929	312	65	161
สัก	ไม้เนื้ออ่อน	0.62	641	81,537	327	80	134
อินทนิล		0.65	697	92,720	340	77	157
ยางแดง		0.76	739	113,651	367	65	166
กระบาก		0.74	770	105,017	217	62	80
ยูง	ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	0.75	806	120,586	364	68	174
ตะแบก		0.72	808	112,556	374	105	175
ตะเคียนทอง		0.77	816	104,940	354	116	123
มะค่าเต้		0.99	954	125,805	357	231	208
เต็ง	ไม้เนื้อแข็ง	1.07	924	115,464	443	184	146
มะค่าโมง		0.85	996	101,721	463	121	167
สักขี้ควาย		0.88	1,063	131,968	467	184	146
รัง		1.15	1,108	153,607	496	182	176
ประดู่		0.82	1,163	128,448	495	201	164
แดง		1.05	1,193	153,129	538	219	120
เขลิง	ไม้เนื้อแข็งมาก	1.10	1,206	197,795	725	267	235
ตีนนก		0.99	1,283	181,021	482	225	208
บุนนาค		1.12	1,519	230,689	519	211	129

ตารางคุณสมบัติทางกลของไม้สนสแกนดิเนเวีย ข้อมูลจากบทความเรื่องมิติใหม่ของการออกแบบโครงสร้างไม้โดย ดร. สุรเดช จันทรานุรักษ์

ชนิด	ประเภทไม้	ความถ่วงจำเพาะ	ความแข็งแรง ค่าสัมประสิทธิ์การแตกหัก Kg/Sq.cm.	ความแข็งตึง ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่น Kg/Sq.cm.	การรับแรงอัดแนวขนานเสี้ยน Kg/Sq.cm.	การรับแรงอัดแนวตั้งฉากกับเสี้ยน Kg/Sq.cm.	การรับเฉือนแรงแนวขนานเสี้ยน Kg/Sq.cm
Scandinavian Red Pine	ไม้เนื้ออ่อน	0.44	690	70,360	410	105	105

ตารางคุณสมบัติทางกลของไม้สนสแกนดิเนเวีย ข้อมูลคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดย อ. ทรงกลด

ชนิด	ประเภทไม้	ความถ่วงจำเพาะ	ความแข็งแรง ค่าสัมประสิทธิ์การแตกหัก Kg/Sq.cm.	ความแข็งตึง ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่น Kg/Sq.cm.	การรับแรงอัดแนวขนานเสี้ยน Kg/Sq.cm.	การรับแรงอัดแนวตั้งฉากกับเสี้ยน Kg/Sq.cm.	การรับเฉือนแรงแนวขนานเสี้ยน Kg/Sq.cm
American Southern Yellow Pine	ไม้เนื้อแข็ง	0.71	1,091	91,693	565	242	129

ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติไม้ โดยใช้หน่วย Mpa (Megapascal = 1,000,000 newton per sqaure meter)

* Megapascal = 1,000,000 newton per sqaure meter
* Megapascal = 10.19716213 kilogram-force/square centimeter

ตารางคุณสมบัติทางกลของไม้ในไทย จากบทความเรื่องการทดสอบวัสดุ โดย ผศ.ดร. สิทธิชัย แสงอาทิตย์
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชนิด	ประเภทไม้	ความถ่วงจำเพาะ	ความแข็งแรง ค่าสัมประสิทธิ์การแตกหัก Mpa	ความแข็งดึง ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่น Mpa	การรับแรงอัด แนวขนานเสี้ยน Mpa	การรับแรงอัด แนวตั้งฉากกับเสี้ยน Mpa	การรับเฉือนแรง แนวขนานเสี้ยน Mpa
กระท้อน	ไม้เนื้ออ่อนมาก	0.57	48	7,348	19	7	6
จำปาป่า		0.51	54	7,463	27	7	15
ยางขาว		0.70	60	8,819	31	6	16
สัก	ไม้เนื้ออ่อน	0.62	63	7,996	32	8	13
อินทนิล		0.65	68	9,093	33	8	15
ยางแดง		0.76	72	11,145	36	6	16
กระบาก		0.74	76	10,299	21	6	8
ยูง	ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	0.75	79	11,825	36	7	17
ตะแบก		0.72	79	11,038	37	10	17
ตะเคียนทอง		0.77	80	10,291	35	11	12
มะค่าเต้		0.99	94	12,337	35	23	20
เต็ง	ไม้เนื้อแข็ง	1.07	91	11,323	43	18	14
มะค่าโมง		0.85	98	9,975	45	12	16
สักขี้คลาย		0.88	104	12,942	46	18	14
รัง		1.15	109	15,064	49	18	17
ประดู่		0.82	114	12,596	49	20	16
แดง		1.05	117	15,017	53	21	12
เขลิง	ไม้เนื้อแข็งมาก	1.10	118	19,397	71	26	23
ตีนนก		0.99	126	17,752	47	22	20
บุนนาค		1.12	149	22,623	51	21	13

ตารางคุณสมบัติทางกลของไม้สนสแกนดิเนเวีย ข้อมูลจากบทความเรื่องมิติใหม่ของการออกแบบโครงสร้างไม้โดย ดร. สุรเดช จันทรานุรักษ์

ชนิด	ประเภทไม้	ความถ่วงจำเพาะ	ความแข็งแรง ค่าสัมประสิทธิ์การแตกหัก Mpa	ความแข็งดึง ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่น Mpa	การรับแรงอัด แนวขนานเสี้ยน Mpa	การรับแรงอัด แนวตั้งฉากกับเสี้ยน Mpa.	การรับเฉือนแรง แนวขนานเสี้ยน Mpa
Scandinavian Red Pine	ไม้เนื้ออ่อน	0.44	68	6,900	40	10	10

ตารางคุณสมบัติทางกลของไม้สนสแกนดิเนเวีย ข้อมูลทดสอบไม้จากคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดย อ. ทรงกลด

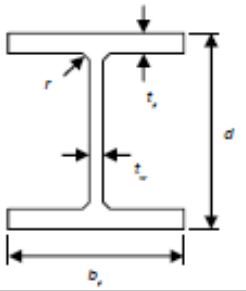
ชนิด	ประเภทไม้	ความถ่วงจำเพาะ	ความแข็งแรง ค่าสัมประสิทธิ์การแตกหัก Mpa	ความแข็งดึง ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่น Mpa	การรับแรงอัด แนวขนานเสี้ยน Mpa	การรับแรงอัด แนวตั้งฉากกับเสี้ยน Mpa	การรับเฉือนแรง แนวขนานเสี้ยน Mpa
American Southerr Yellow Pine	ไม้เนื้อแข็ง	0.71	107	8,992	55	24	13

ภาคผนวก ข
หน้าตัดเหล็กรูปพรรณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ข.1

คุณสมบัติของเหล็กรูปตัด W และ H



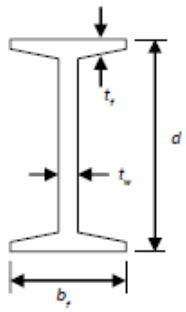
หน้าตัด	ขนาด			ความหนา		พื้นที่หน้าตัด	โมเมนต์ยืนเนอร์เชีย		รัศมีไจเรชั่น		โมดูลัสหน้าตัด	
	d	b_f	r	t_w	t_f	A	I_x	I_y	r_x	r_y	S_x	S_y
mm × kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm^2	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
900×286	912	302	28	18	34	364.0	498,000	15,700	37.0	6.56	10,900	1,040
900×243	900	300	28	16	28	309.8	411,000	12,600	36.4	6.39	9,140	843
900×213	890	299	28	15	23	270.9	345,000	10,300	35.7	6.16	7,760	688
800×241	808	302	28	16	30	307.6	339,000	13,800	33.2	6.70	8,400	915
800×210	800	300	28	14	26	267.4	292,000	11,700	33.0	6.62	7,290	782
800×191	792	300	28	14	22	243.4	254,000	9,930	32.3	6.39	6,410	662
700×215	708	302	28	15	28	273.6	237,000	12,900	29.4	6.86	6,700	853
700×185	700	300	28	13	24	235.5	201,000	10,800	29.3	6.78	5,760	722
700×166	692	300	28	13	20	211.5	172,000	9,020	28.6	6.53	4,980	602
600×175	594	302	28	14	23	222.4	137,000	10,600	24.9	6.90	4,620	701
600×151	588	300	28	12	20	192.5	118,000	9,020	24.8	6.85	4,020	601
600×137	582	300	28	12	17	174.5	103,000	7,670	24.3	6.63	3,530	511
600×134	612	202	22	13	23	107.7	103,000	3,180	24.6	4.31	3,380	314
600×120	606	201	22	12	20	152.5	90,400	2,720	24.3	4.22	2,980	271
600×106	600	200	22	11	17	134.4	77,600	2,280	24.0	4.12	2,590	228
600×94.6	596	199	22	10	15	120.5	68,700	1,980	23.9	4.05	2,310	199
500×128	488	300	26	11	18	163.5	71,000	8,110	20.8	7.04	2,910	541
500×114	482	300	26	11	15	145.5	60,400	6,760	20.4	6.82	2,500	451
500×103	506	201	20	11	19	131.3	56,500	2,580	20.7	4.43	2,230	257
500×89.6	500	200	20	10	16	114.2	47,800	2,140	20.5	4.33	1,910	214
500×79.5	496	199	20	9	14	101.3	41,900	1,840	20.3	4.27	1,690	185
450×124	440	300	24	11	18	157.4	56,100	8,110	18.9	7.18	2,550	541
450×106	434	299	24	10	15	135.0	46,800	6,690	18.6	7.04	2,160	448
450×76.0	450	200	18	9	14	96.76	33,500	1,870	18.6	4.40	1,490	187
450×66.2	446	199	18	8	12	84.30	28,700	1,580	18.5	4.33	1,290	159
400×605	498	432	22	45	70	770.1	298,000	94,400	19.7	11.1	12,000	4,370
400×415	458	417	22	30	50	528.6	187,000	60,500	18.8	10.7	8,170	2,900
400×283	428	407	22	20	35	360.7	119,000	39,400	18.2	10.4	5,570	1,930
400×232	414	405	22	18	28	295.4	92,800	31,000	17.7	10.2	4,480	1,530
400×200	406	403	22	16	24	254.9	78,000	26,200	17.5	10.1	3,840	1,300
400×197	400	408	22	21	21	250.7	70,900	23,800	16.8	9.75	3,540	1,170
400×172	400	400	22	13	21	218.7	66,600	22,400	17.5	10.1	3,330	1,120
400×168	394	405	22	18	18	214.4	59,700	20,000	16.7	9.65	3,030	985
400×147	394	398	22	11	18	186.8	56,100	18,900	17.3	10.1	2,850	951
400×140	388	402	22	15	15	178.5	49,000	16,300	16.6	9.54	2,520	809
400×107	390	300	22	10	16	136.0	38,700	7,210	16.9	7.28	1,980	481
400×94.3	386	299	22	9	14	120.1	33,700	6,240	16.7	7.21	1,740	418

ตาราง ข.1 (ต่อ)

หน้าตัด	ขนาด			ความหนา		พื้นที่หน้าตัด	โมเมนต์อินเนอร์เชีย		รัศมีไจเรชั่น		โมดูลัสหน้าตัด	
	d	b_f	r	t_w	t_f	A	I_x	I_y	r_x	r_y	S_x	S_y
mm × kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm^2	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
400×66.0	400	200	16	8	13	84.12	23,700	1,740	16.8	4.54	1,190	174
400×56.6	396	199	16	7	11	72.16	20,000	1,450	16.7	4.48	1,010	145
350×159	356	352	20	14	22	202.0	47,600	16,000	15.3	8.90	2,670	909
350×156	350	357	20	19	19	198.4	42,800	14,400	14.7	8.53	2,450	809
350×137	350	350	20	12	19	173.6	40,300	13,600	15.2	8.84	2,300	776
350×131	344	354	20	16	16	166.6	35,300	11,800	14.6	8.43	2,050	669
350×115	344	348	20	10	16	146.0	33,300	11,200	15.1	8.78	1,940	646
350×106	338	351	20	13	13	135.3	28,200	9,380	14.4	8.33	1,670	534
350×79.7	340	250	20	9	14	101.5	21,700	3,650	14.6	6.00	1,280	292
350×69.2	336	249	20	8	12	88.15	18,500	3,090	14.5	5.92	1,100	248
350×49.6	350	175	14	7	11	63.14	13,600	984	14.7	3.95	775	112
350×41.4	346	174	14	6	9	52.68	11,100	792	14.5	3.86	641	91
300×106	304	301	18	11	17	134.8	23,400	7,730	13.2	7.57	1,540	514
300×106	300	305	18	15	15	134.8	21,500	7,100	12.6	7.26	1,440	466
300×94.0	300	300	18	10	15	119.8	20,400	6,750	13.1	7.51	1,360	450
300×87.0	298	299	18	9	14	110.8	18,800	6,240	13.0	7.51	1,270	417
300×84.5	294	302	18	12	12	107.7	16,900	5,520	12.5	7.16	1,150	365
300×65.4	298	201	18	9	14	**83.36**	13,300	1,900	12.6	4.77	893	189
300×56.8	294	200	18	8	12	72.38	11,300	1,600	12.5	4.71	771	160
300×36.7	300	150	13	6.5	9	46.78	7,210	508	12.4	3.29	481	67.7
300×32.0	298	149	13	5.5	8	40.80	6,320	442	12.4	3.29	424	59.3
250×82.2	250	255	16	14	14	104.7	11,500	3,880	10.5	6.09	919	304
250×72.4	250	250	16	9	14	92.18	10,800	3,650	10.8	6.29	867	292
250×66.5	248	249	16	8	13	84.70	9,930	3,350	10.8	6.29	801	269
250×64.4	244	252	16	11	11	82.06	8,790	2,940	10.3	5.98	720	233
250×44.1	244	175	16	7	11	56.24	6,120	984	10.4	4.18	502	113
250×29.6	250	125	12	6	9	37.66	4,050	294	10.4	2.79	324	47.0
250×25.7	248	124	12	5	8	32.68	3,540	255	10.4	2.79	285	41.1
200×65.7	208	202	13	10	16	83.69	6,530	2,200	8.83	5.13	628	218
200×56.2	200	204	13	12	12	71.53	4,980	1,700	8.35	4.88	498	167
200×49.9	200	200	13	8	12	63.53	4,720	1,600	8.62	5.02	472	160
200×30.6	194	150	13	6	9	39.01	2,690	507	8.30	3.61	277	67.6
200×21.3	200	100	11	5.5	8	27.16	1,840	134	8.24	2.22	184	26.8
200×18.2	198	99	11	4.5	7	23.18	1,580	114	8.26	2.21	160	23.0
175×40.2	175	175	12	7.5	11	51.21	2,880	984	7.50	4.38	330	112
175×23.3	169	125	12	5.5	8	29.65	1,530	261	7.18	2.97	181	41.8
175×18.1	175	90	9	5	8	23.04	1,210	97.5	7.26	2.06	139	21.7
150×31.5	150	150	11	7	10	40.14	1,640	563	6.39	3.75	219	75.1
150×21.1	148	100	11	6	9	26.84	1,020	151	6.71	2.37	138	30.1
150×14.0	150	75	8	5	7	17.85	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2
125×23.8	125	125	10	6.5	9	30.31	847	293	5.29	3.11	136	47.0
125×13.2	125	60	9	6	8	16.84	413	29.2	4.95	1.32	66.1	9.73
100×17.2	100	100	10	6	8	21.90	383	134	4.18	2.47	76.5	26.7
100×9.30	100	50	8	5	7	11.85	187	14.8	3.98	1.12	37.5	5.91

ตาราง ข.2

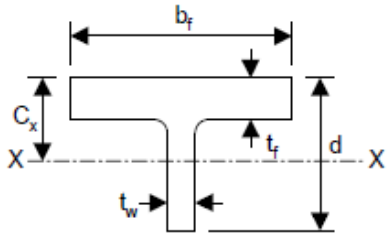
คุณสมบัติของเหล็กรูปตัด S หรือ I



ขนาด	น้ำหนัก	ความยาว		ความหนา		พื้นที่หน้าตัด	โมเมนต์อินเนอร์เชีย		รัศมีไจเรชั่น		โมดูลัสหน้าตัด	
		d	b_f	t_w	t_f	A	I_x	I_y	r_x	r_y	S_x	S_y
mm×mm	kg/m	mm	mm	mm	mm	cm^2	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
100×75	12.9	100	75	5	8	16.43	281	47.3	4.14	1.70	56.2	12.6
125×75	16.1	125	75	5.5	9.5	20.45	538	57.5	5.13	1.68	86	15.3
150×75	17.1	150	75	5.5	9.5	21.83	819	57.5	6.12	1.62	109	15.3
150×125	36.2	150	125	8.5	14	46.15	1,760	385	6.18	2.89	235	61.6
200×100	26.0	200	100	7	10	33.06	2,170	138	8.11	2.05	217	27.7
200×150	50.4	200	150	9	16	64.16	4,460	753	8.34	3.43	446	10.0
250×125	38.3	250	125	7.5	12.5	48.79	5,180	337	10.3	2.63	414	53.9
300×150	48.3	300	150	8	13	61.58	9,480	588	12.4	3.09	632	78.4
350×150	58.5	350	150	9	15	74.58	15,200	702	14.3	3.07	870	93.5
400×150	72.0	400	150	10	18	91.73	24,100	864	16.2	3.07	1200	115
450×175	91.7	450	175	11	20	116.8	39,200	1,510	18.3	3.60	1740	173
600×190	133	600	190	13	25	169.4	98,400	2,460	24.1	3.81	3280	259

ตาราง ข.3

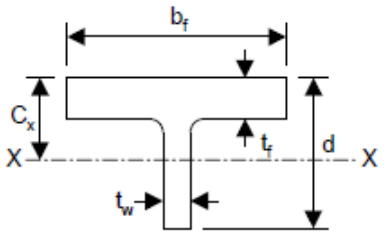
คุณสมบัติของเหล็กรูปตัด T
(ตัดจากหน้าตัด W)



หน้าตัด	ขนาด					พื้นที่	โมเมนต์อินเนอร์เชีย		รัศมีไจเรชั่น		โมดูลัสหน้าตัด		ศูนย์ถ่วง
	d	b_f	t_w	t_f	r	A	I_x	I_y	r_x	r_y	S_x	S_y	C_x
mm × kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm^2	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3	cm
50 × 8.6	50	100	6	8	10	10.95	16.1	66.9	1.21	2.47	4.03	13.4	1.00
62.5 × 11.9	62.5	125	6.5	9	10	15.16	35	147	1.52	3.11	6.91	23.5	1.19
75×10.5	74	100	6	9	11	13.42	51.7	75.3	1.96	2.37	8.84	15.1	1.55
75×15.8	75	150	7	10	11	20.07	66.4	282	1.82	3.75	10.8	37.6	1.37
87.5×20.1	87.5	175	7.5	11	12	25.61	115	492	2.12	4.38	15.9	56.2	1.55
100×9.1*	99	99	4.5	7	11	11.59	93.8	56.8	2.84	2.21	12.1	11.5	2.14
100×10.7	100	100	5.5	8	11	13.58	114	67	2.90	2.22	14.8	13.4	2.29
100×15.3	97	150	6	9	13	19.51	125	254	2.53	3.61	15.8	33.8	1.79
100×24.9	100	200	8	12	13	31.77	184	801	2.41	5.02	22.3	80.1	1.73
100×28.1*	100	204	12	12	13	35.77	256	851	2.67	4.88	32.4	83.4	2.09
100×32.8*	104	202	10	16	13	41.85	251	1100	2.45	5.13	29.5	109	1.91
125×12.8*	124	124	5	8	12	16.34	208	127	3.57	2.79	21.3	20.5	2.68
125×14.8	125	125	6	9	12	18.83	248	147	3.63	2.79	25.6	23.5	2.78
125×22.1	122	175	7	11	16	28.12	289	492	3.20	4.18	29.1	56.3	2.27
125×32.2*	122	252	11	11	16	41.03	445	1470	3.29	5.98	45.3	117	2.39
125×33.2*	124	249	8	13	16	42.35	264	1670	2.93	6.29	34.9	134	1.98
125×36.2*	125	250	9	14	16	46.09	412	1820	2.99	6.29	39.5	146	2.08
125×41.1*	125	255	14	14	16	52.34	589	1940	3.36	6.09	59.4	152	2.58
150×16.0*	149	149	5.5	8	13	20.40	393	221	4.39	3.29	33.8	29.7	3.26
150×18.4	150	150	6.5	9	13	23.39	464	254	4.45	3.29	40.0	33.8	3.41
150×28.4	147	200	8	12	18	36.19	572	802	3.97	4.71	48.2	80.2	2.83
150×32.7*	149	201	9	14	18	41.68	662	949	3.99	4.77	55.2	94.4	2.91
150×42.3*	147	302	12	12	18	53.83	858	2760	3.99	7.16	72.3	183	3.84
150×43.5*	149	299	9	14	18	55.40	715	3120	3.59	7.51	57.0	209	2.36
150×47.0	150	300	10	15	18	59.89	798	3380	3.65	7.51	63.7	225	2.47
150×52.9*	150	305	15	15	18	67.39	1110	3550	4.05	7.26	92.5	233	2.03
150×52.9*	152	301	11	17	18	67.41	903	3870	3.66	7.57	71.4	257	2.55
175×20.7*	173	174	6	9	14	26.34	679	396	5.08	3.88	50.0	45.5	3.71
175×24.8	175	175	7	11	14	31.57	815	492	5.08	3.95	59.3	56.2	3.75
175×34.6*	168	249	8	12	20	44.08	881	1540	4.47	5.92	64.0	124	3.02
175×39.8	170	250	9	14	20	50.76	1020	1830	4.48	6.00	73.1	146	3.09
175×53.1*	169	351	13	13	20	67.63	1420	4690	4.59	8.33	104	267	3.21
175×57.3*	172	348	10	16	20	73.00	1230	5620	4.11	8.78	84.7	323	2.67
175×65.4*	172	354	16	16	20	83.32	1800	5920	4.65	8.43	131	335	3.40
175×68.2	175	350	12	19	20	86.94	1520	6790	4.18	8.84	104	388	2.86
175×77.9*	175	357	19	19	20	99.19	2200	7220	4.71	8.53	158	404	3.59

ตาราง ข.3 (ต่อ)

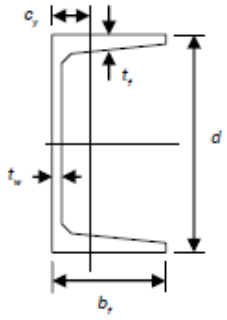
คุณสมบัติของเหล็กรูปตัด T
(ตัดจากหน้าตัด W)



หน้าตัด	ขนาด					พื้นที่	โมเมนต์อินเนอร์เชีย		รัศมีไจเรชั่น		โมดูลัสหน้าตัด		ศูนย์ถ่วง
	d	b_f	t_w	t_f	r	A	I_x	I_y	r_x	r_y	S_x	S_y	C_x
mm × kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm^2	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3	cm
200 × 28.3*	198	199	7	11	16	36.08	1190	723	5.76	4.48	76.4	72.7	4.17
200 × 33.0	200	200	8	13	16	42.06	1400	868	5.76	4.54	88.6	86.8	4.23
200 × 47.1*	193	299	9	14	22	60.05	1530	3120	5.04	7.21	95.5	209	3.33
200 × 53.4	195	300	10	16	22	67.98	1730	3600	5.05	7.28	108	240	3.41
200 × 70.0*	194	402	15	15	22	89.23	2480	8130	5.27	9.54	158	404	3.70
200 × 73.3*	197	398	11	18	22	93.41	2050	9460	4.68	10.1	123	475	3.01
200 × 84.1*	197	405	18	18	22	107.2	3050	9980	5.34	9.65	193	493	3.89
200 × 85.8	200	400	13	21	22	109.3	2480	11200	4.76	10.1	147	560	3.21
200 × 98.4*	200	408	21	21	22	125.3	3650	11900	5.40	9.75	229	584	4.07
200 × 116*	207	405	18	28	22	147.7	3620	15500	4.95	10.2	213	776	3.68
225 × 33.1*	223	199	8	12	18	42.15	1880	790	6.67	4.33	109	79.4	5.10
225 × 38.0	225	200	9	14	18	48.38	2160	936	6.68	4.40	124	93.6	5.15
225 × 53.0*	217	299	10	15	24	67.52	2350	3350	5.89	7.04	133	224	4.04
225 × 61.8	220	300	11	18	24	78.69	2680	4060	5.84	7.68	146	270	4.05
250 × 39.7*	248	199	9	14	20	50.64	2840	922	7.49	4.27	150	92.6	5.90
250 × 44.8	250	200	10	16	20	57.12	3210	1070	7.50	4.33	169	107	5.96
250 × 51.5*	253	201	11	19	20	65.65	3670	1290	7.48	4.43	190	128	5.95
250 × 57.1*	241	300	11	15	26	72.76	3420	3380	6.85	6.82	178	225	4.92
250 × 64.2	244	300	11	18	26	81.76	3620	4060	6.66	7.07	184	70	4.66
300 × 47.3*	298	199	10	15	22	60.23	5190	989	9.29	4.05	236	99.4	7.79
300 × 52.8	300	200	11	17	22	67.21	5810	1140	9.30	4.12	262	114	7.84
300 × 59.8*	303	201	12	20	22	76.24	6570	1360	9.28	4.22	292	135	7.79
300 × 67.0*	306	202	13	23	22	85.33	7340	1590	9.27	4.31	322	157	7.79
300 × 68.5*	291	300	12	17	28	87.24	6360	3830	8.54	6.63	280	256	6.39
300 × 75.6	294	300	12	20	28	96.24	6710	4510	8.35	6.85	288	301	6.08
300 × 87.3*	297	302	14	23	28	111.2	7920	5290	8.44	6.90	339	350	6.33
350 × 83.0*	346	300	13	20	28	105.7	11300	4510	10.3	6.53	425	301	7.99
350 × 92.4	350	300	13	24	28	117.7	12000	5410	10.1	6.78	438	361	7.55
400 × 95.6*	396	300	14	22	28	121.7	17100	4960	12.1	6.38	593	331	9.66
400 × 105.0	400	300	14	26	28	133.7	18800	5860	11.9	6.62	610	391	9.18

ตาราง ข.4

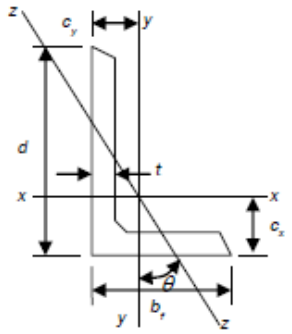
คุณสมบัติของเหล็กรูปรางน้ำ



ขนาด	น้ำหนัก	ความยาว		ความหนา		พื้นที่หน้าตัด	ระยะศูนย์ถ่วง	โมเมนต์อินเนอร์เชีย		รัศมีไจเรชั่น		โมดูลัสหน้าตัด	
		d	b_f	t_w	t_f	A	c_y	I_x	I_y	r_x	r_y	S_x	S_y
mm×mm	kg/m	mm	mm	mm	mm	cm^2	cm	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
75×40	6.92	75	40	5	7	8.82	1.27	75.9	12.4	2.93	1.19	20.2	4.54
100×50	9.36	100	50	5	7.5	11.92	1.55	189	26.9	3.98	1.50	37.8	7.82
125×65	13.4	125	65	6	8	17.11	1.94	425	65.5	4.99	1.96	68.0	14.4
150×75	18.6	150	75	6.5	10	23.71	2.31	864	122	6.04	2.27	115	23.6
150×75	24.0	150	75	9	12.5	30.59	2.31	1050	147	5.86	2.19	140	28.3
180×75	21.4	180	75	7	10.5	27.20	2.15	1380	137	7.13	2.24	154	25.5
200×70	21.1	200	70	7	10	26.92	1.85	1620	113	7.77	2.04	162	21.8
200×80	24.6	200	80	7.5	11	31.33	2.24	1950	177	7.89	2.38	195	30.8
200×90	30.3	200	90	8	13.5	38.65	2.77	2490	286	8.03	2.72	249	45.9
250×90	34.6	250	90	9	13	44.07	2.42	4180	306	9.74	2.64	335	46.5
250×90	40.2	250	90	11	14.5	51.17	2.39	4690	342	9.57	2.58	375	51.7
300×90	38.1	300	90	9	13	48.57	2.23	6440	325	11.5	2.59	429	48.0
300×90	43.8	300	90	10	15.5	55.74	2.33	7440	373	11.5	2.59	494	56.0
300×90	48.6	300	90	12	16	61.90	2.25	7870	391	11.3	2.51	525	57.9
380×100	54.5	380	100	10.5	16	69.39	2.41	14500	557	14.5	2.83	762	73.3
380×100	62.0	380	100	13	16.5	78.96	2.29	15600	584	14.1	2.72	822	75.8
380×100	67.3	380	100	13	20	85.71	2.50	17600	671	14.3	2.80	924	89.5

ตาราง ข.5

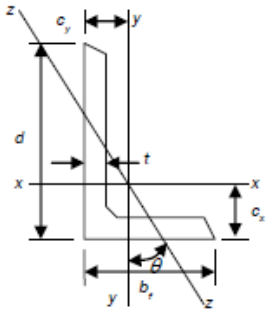
คุณสมบัติของเหล็กฉากขาเท่ากัน



ขนาด	น้ำหนัก	พื้นที่หน้าตัด	ระยะศูนย์ถ่วง			โมเมนต์อินเนอร์เชีย			รัศมีไจเรชั่น			โมดูลัสหน้าตัด
$d \times b_f \times t$		A	$c_x = c_y$	c_u	c_v	$I_x = I_y$	I_u	I_v	$r_x = r_y$	r_u	r_v	$S_x = S_y$
mm	kg/m	cm^2	cm	cm	cm	cm^4	cm^4	cm^4	cm	cm	cm	cm^3
40×40×3	1.84	2.35	1.07	2.83	1.52	3.45	5.46	1.44	1.21	1.52	0.78	1.18
40×40×4	2.42	3.08	1.12	2.83	1.58	4.47	7.09	1.85	1.21	1.52	0.78	1.55
50×50×4	3.06	3.89	1.36	3.54	1.92	8.97	14.2	3.72	1.52	1.91	0.98	2.46
50×50×6	4.47	5.69	1.45	3.54	2.04	12.8	20.4	5.33	1.50	1.89	0.97	3.61
50×50×8	5.82	7.41	1.52	3.54	2.16	16.3	25.7	6.87	1.48	1.86	0.96	4.68
65×65×6	5.91	7.53	1.80	4.60	2.55	29.2	46.3	12.1	1.98	2.49	1.27	6.21
65×65×8	7.73	9.85	1.89	4.60	2.67	37.5	59.4	15.3	1.95	2.46	1.26	8.13
65×65×11	10.3	13.2	2.00	4.60	2.85	48.8	76.8	20.7	1.91	2.42	1.25	10.8
75×75×6	6.87	8.75	2.04	5.30	2.89	45.6	72.2	18.9	2.28	2.87	1.47	8.35
75×75×10	11.1	14.1	2.21	5.30	3.12	71.4	113	29.8	2.25	2.83	1.45	13.5
75×75×12	13.1	16.7	2.29	5.30	3.24	82.4	130	34.7	2.22	2.79	1.44	15.8
90×90×6	8.30	10.6	2.41	6.36	3.40	80.3	127	33.3	2.76	3.47	1.78	12.2
90×90×10	13.4	17.1	2.58	6.36	3.65	127	201	52.8	2.72	3.42	1.76	19.8
90×90×12	15.9	20.3	2.66	6.36	3.76	148	234	62.0	2.70	3.40	1.75	23.3
100×100×8	12.2	15.5	2.74	7.07	3.87	145	230	59.9	3.06	3.85	1.96	15.5
100×100×10	15.0	19.2	2.82	7.07	3.99	177	230	72.9	3.04	3.83	1.95	24.6
100×100×12	17.8	22.7	2.90	7.07	4.11	207	328	85.7	3.02	3.80	1.94	29.1
120×120×8	14.7	18.7	3.23	8.49	4.50	255	400	103	3.69	4.65	2.37	29.1
120×120×10	18.2	23.2	3.31	8.49	4.69	313	597	129	3.67	4.63	2.36	36.0
120×120×12	21.6	27.5	3.40	8.49	4.80	368	584	151	3.65	4.60	2.35	42.7
150×150×10	23.0	29.3	4.03	10.6	5.71	624	991	259	4.62	5.82	2.97	56.9
150×150×12	27.3	34.8	4.12	10.6	5.83	737	1170	303	4.60	5.80	2.95	67.7
150×150×15	33.8	43.0	4.25	10.6	6.01	898	1430	370	4.57	5.76	2.93	69.5
200×200×16	48.5	61.8	5.52	14.1	7.81	2340	3720	959	6.16	7.76	3.94	162
200×200×18	54.2	69.1	5.60	14.1	7.93	2600	4130	1070	6.13	7.73	3.93	181
200×200×20	59.9	76.3	5.68	14.1	8.04	2850	4530	1170	6.11	7.70	3.92	199

ตาราง ข.6

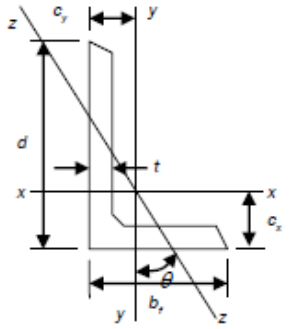
คุณสมบัติของเหล็กฉากขาไม่เท่ากัน



ขนาด	น้ำหนัก	พื้นที่หน้าตัด	ระยะศูนย์ถ่วง		โมเมนต์อินเนอร์เชีย			
$d \times b_f \times t$		A	c_x	c_y	I_x	I_y	$I_u(max)$	$I_v(min)$
mm	kg/m	cm^2	cm	cm	cm^4	cm^4	cm^4	cm^4
90×75×6	7.56	9.627	2.64	1.90	76.9	48.6	101	24.2
90×75×9	11.0	14.04	2.75	2.01	109	68.1	143	34.1
90×75×12	14.4	18.36	2.87	2.12	139	86.8	182	44.0
100×75×7	9.32	11.87	3.06	1.84	113	57.0	144	30.7
100×75×10	13.0	16.50	3.18	1.94	159	76.1	194	41.3
100×75×13	16.5	21.06	3.30	2.06	199	94.8	242	52.2
125×75×7	10.7	13.62	4.10	1.64	219	60.4	243	36.4
125×75×9	13.5	17.19	4.18	1.71	271	73.7	300	44.5
125×75×10	14.9	19.00	4.23	1.75	298	80.9	330	49.0
125×75×13	19.1	24.31	4.35	1.87	376	101	414	61.9
125×90×7	11.5	14.67	3.84	2.11	233	102	279	56.2
125×90×9	14.6	18.54	3.91	2.18	289	126	345	69.2
125×90×10	16.1	20.50	3.95	2.22	318	138	380	76.1
125×90×13	20.6	26.26	4.08	2.34	401	165	479	87.2
150×90×9	16.4	20.94	4.96	2.00	484	133	537	80.2
150×90×12	21.5	27.36	5.07	2.10	619	168	634	102
150×90×15	26.5	33.75	5.20	2.22	753	202	831	124
150×100×9	17.1	21.84	4.77	2.32	502	179	580	101
150×100×12	22.4	28.53	4.88	2.41	642	229	738	133
150×100×15	27.7	35.25	5.01	2.53	781	276	897	161

ตาราง ข.6 (ต่อ)

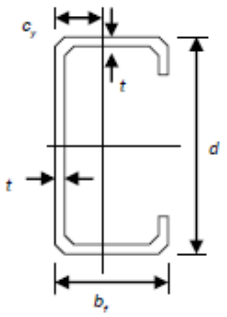
คุณสมบัติของเหล็กฉากขาไม่เท่ากัน



ขนาด	รัศมีไจเรชั่น				tan α	โมดูลัสหน้าตัด	
$d \times b_f \times t$	r_x	r_y	$r_u(max)$	$r_v(min)$		S_x	S_y
mm	cm	cm	cm	cm		cm^3	cm^3
90×75×6	2.83	2.25	3.25	1.58	0.681	12.1	8.68
90×75×9	2.78	2.20	3.19	1.56	0.676	17.4	12.4
90×75×12	2.75	2.17	3.14	1.55	0.672	22.6	16.1
100×75×7	3.15	2.19	3.49	1.61	0.548	17.0	10.1
100×75×10	3.11	2.15	3.43	1.58	0.543	23.2	13.7
100×75×13	3.08	2.12	3.39	1.57	0.538	29.7	17.4
125×75×7	4.01	2.11	4.23	1.63	0.362	26.1	10.3
125×75×9	3.97	2.07	4.18	1.61	0.359	32.6	12.7
125×75×10	3.96	2.06	4.17	1.61	0.357	36.1	14.1
125×75×13	3.93	2.04	4.13	1.60	0.352	46.1	17.9
125×90×7	3.99	2.64	4.36	1.96	0.510	26.9	14.3
125×90×9	3.95	2.60	4.32	1.93	0.507	33.6	18.4
125×90×10	3.94	2.59	4.30	1.93	0.506	37.2	20.4
125×90×13	3.91	2.51	4.27	1.82	0.499	47.5	24.8
150×90×9	4.81	2.52	5.06	1.96	0.362	48.2	19.0
150×90×12	4.75	2.47	5.00	1.93	0.357	62.3	24.3
150×90×15	4.72	2.45	4.96	1.92	0.353	76.8	29.9
150×100×9	4.79	2.86	5.15	2.15	0.441	49.0	23.3
150×100×12	4.74	2.83	5.08	2.15	0.435	63.4	30.2
150×100×15	4.71	2.80	5.04	2.14	0.432	78.2	27.0

ตาราง ข.7

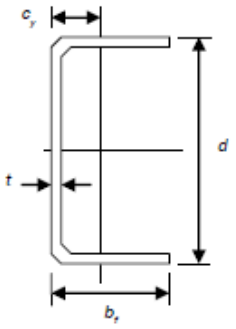
คุณสมบัติของเหล็กรูปตัว C ชนิดรีดเย็น



ขนาด	น้ำหนัก	ความหนา	พื้นที่หน้าตัด	ระยะศูนย์ถ่วง	โมเมนต์อินเนอร์เชีย		รัศมีไจเรชั่น		โมดูลัสหน้าตัด	
$d \times b_f$		t	A	c_y	I_x	I_y	r_x	r_y	S_x	S_y
mm×mm	kg/m	mm	cm^2	cm	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
60 × 30	2.25	2.3	2.872	1.06	15.6	3.32	2.33	1.07	5.20	1.71
75 × 45	3.25	2.3	4.137	1.72	37.1	11.8	3.00	1.69	9.90	4.24
100 × 50	4.06	2.3	5.172	1.86	80.7	19.0	3.95	1.92	16.1	6.06
	5.50	3.2	7.007	1.86	107	24.5	3.90	1.87	21.3	7.81
125 × 50	4.51	2.3	5.747	1.69	137	20.6	4.88	1.89	21.9	6.22
	6.13	3.2	7.807	1.68	181	26.6	4.82	1.85	29.0	8.02
150 × 50	4.96	2.3	6.322	1.55	210	21.9	5.77	1.86	28.0	6.33
	6.76	3.2	8.607	1.54	280	28.3	5.71	1.81	37.4	8.19
150 × 65	5.50	2.3	7.012	2.12	248	41.1	5.94	2.42	33.0	9.37
150 × 55	7.51	3.2	9.570	2.11	332	53.8	5.89	2.37	44.3	12.2
150 × 75	8.01	3.2	10.21	2.51	366	76.4	5.99	2.74	48.9	15.3
	9.85	4.0	12.55	2.51	445	91.0	5.95	2.69	59.3	18.2
200 × 75	9.52	3.2	12.13	2.19	716	84.1	7.79	2.67	71.6	15.8
	11.7	4.0	14.95	2.19	871	100	7.74	2.62	87.1	18.9
	14.9	4.5	18.92	2.07	1690	129	9.44	2.62	135	23.8

ตาราง ข.8

คุณสมบัติของเหล็กรูปรางน้ำชนิดรีดเย็น

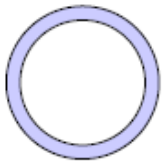


ขนาด	น้ำหนัก	ความหนา	พื้นที่หน้าตัด	ระยะศูนย์ถ่วง	โมเมนต์อินเนอร์เชีย		รัศมีไจเรชั่น		โมดูลัสหน้าตัด	
$d \times b_f$		t	A	c_y	I_x	I_y	r_x	r_y	S_x	S_y
mm×mm	kg/m	mm	cm^2	cm	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
60 × 30	2.25	2.3	2.872	1.06	15.6	3.32	2.33	1.07	5.2	1.71
75 × 45	3.25	2.3	4.137	1.72	37.1	11.8	3.00	1.69	9.9	4.24
100 × 50	5.50	3.2	7.007	1.86	107	24.5	3.90	1.87	21.3	7.81
125 × 50	6.13	3.2	7.807	1.68	181	26.6	4.82	1.85	29.0	8.02
150 × 50	6.76	3.2	8.607	1.54	280	28.3	5.71	1.81	37.4	8.19
150 × 65	7.51	3.2	9.567	2.11	332	53.8	5.89	2.37	44.3	12.2
150 × 75	8.01	3.2	10.21	2.51	366	76.4	5.99	2.74	48.9	15.3
200 × 75	9.27	3.2	11.81	2.19	716	84.1	7.79	2.67	71.6	15.8
200 × 75	11.4	4.0	14.55	2.19	871	100	7.74	2.62	87.1	18.9
250 × 75	14.9	4.5	18.92	2.07	1690	129	9.44	2.62	135	23.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ข.9

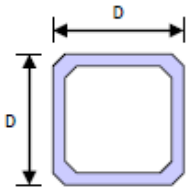
คุณสมบัติของท่อเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel Tube)
มาตรฐาน JIS G 3444



เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	น้ำหนัก	ความหนา	พื้นที่หน้าตัด	โมเมนต์อินเนอร์เชีย	รัศมีไจเรชั่น	โมดูลัสหน้าตัด
ϕ		t	A	I	r	S
inch (mm)	kg/m	mm	cm^2	cm^4	cm	cm^3
3/4 (21.7)	0.972	2.0	1.238	0.607	0.700	0.56
1 (27.2)	1.24	2.0	1.583	1.28	0.890	0.93
	1.41	2.3	1.799	1.41	0.880	1.03
1 3/8 (34.0)	1.80	2.3	2.291	2.89	1.12	1.70
1 3/4 (42.7)	2.29	2.3	2.919	5.97	1.43	2.80
	2.76	2.8	3.510	7.02	1.41	3.29
2 (48.6)	3.16	2.8	4.029	10.6	1.62	4.36
	3.58	3.2	4.564	11.8	1.61	4.86
2 3/8 (60.5)	4.52	3.2	5.760	23.7	2.03	7.84
3 (76.3)	5.77	3.2	7.349	49.2	2.59	12.9
3 1/2 (89.1)	5.96	2.8	7.591	70.7	3.05	15.9
	6.78	3.2	8.636	79.8	3.04	17.9
4 (114.3)	12.20	4.5	15.52	234.0	3.89	41.0
5 (139.7)	13.39	4.0	17.05	392.86	4.80	56.24
	17.30	5.0	21.19	480.70	4.75	68.81
6 (165.1)	17.82	4.5	22.70	732.57	5.68	88.74
	25.05	6.0	30.00	950.68	6.45	115.16
7 (193.7)	23.27	5.0	29.64	1 320.24	6.57	136.32
	27.77	6.0	35.38	1 559.74	6.64	161.05
8 (219.1)	26.40	5.0	33.63	1 928.04	7.57	176.00
	31.53	6.0	40.17	2 281.96	7.54	208.30
9 (244.5)	35.29	6.0	44.96	3 198.57	8.43	261.64
	46.66	8.0	59.44	4 160.46	8.37	340.32

ตาราง ข.10

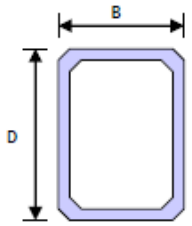
คุณสมบัติของท่อเหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัส



ขนาด	น้ำหนัก	ความหนา	พื้นที่หน้าตัด	โมเมนต์อินเนอร์เชีย	รัศมีไจเรชั่น	โมดูลัสหน้าตัด
D		t	A	$I_x = I_y$	$r_x = r_y$	$S_x = S_y$
mm	kg/m	mm	cm^2	cm^4	cm	cm^3
25	1.12	1.6	1.432	1.28	0.34	1.02
38	1.78	1.6	2.264	4.92	1.47	2.59
50	2.38	1.6	3.032	11.71	1.96	4.68
	3.34	2.3	4.252	15.86	1.93	6.34
60	2.88	1.6	3.672	20.68	2.37	6.89
	4.06	2.3	5.172	28.31	2.34	9.44
75	5.14	2.3	6.552	57.10	2.95	15.23
	7.01	3.2	8.927	75.53	2.91	20.14
90	6.23	2.3	7.932	100.79	3.56	22.40
	8.51	3.2	10.847	134.51	3.52	29.89
100	6.95	2.3	8.852	139.73	3.97	27.95
	9.52	3.2	12.127	187.28	3.93	37.46
125	12.03	3.2	15.327	375.64	4.95	60.10
	14.87	4.0	18.948	457.23	4.91	73.16
150	22.26	5.0	28.356	982.12	5.89	130.95
	26.40	6.0	33.633	1145.9	5.84	152.79
175	26.18	5.0	33.356	1590.9	6.91	181.81
	31.11	6.0	39.633	1864.0	6.86	213.03
200	35.82	6.0	45.633	2832.7	7.88	283.27
	46.94	8.0	59.793	3621.6	7.78	362.16
250	45.24	6.0	57.633	5672.0	9.92	453.76
	59.50	8.0	75.793	7315.6	9.82	585.25
300	54.66	6.0	69.633	9963.7	11.96	664.24
	72.06	8.0	91.793	12925	11.87	861.67

ตาราง ข.11

คุณสมบัติของท่อเหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้า



ขนาด	น้ำหนัก	ความหนา	พื้นที่หน้าตัด	โมเมนต์อินเนอร์เชีย		รัศมีไจเรชั่น		โมดูลัสหน้าตัด	
$D \times B$		t	A	I_x	I_y	r_x	r_y	S_x	S_y
mm×mm	kg/m	mm	cm^2	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
50 × 25	1.75	1.6	2.232	7.02	2.37	1.77	1.03	2.81	0.95
	2.44	2.3	3.102	9.31	3.10	1.73	1.00	3.72	1.24
60 × 30	2.13	1.6	2.712	12.49	4.25	2.15	1.25	4.16	1.42
	2.98	2.3	3.792	16.82	5.65	2.11	1.22	5.61	1.88
75 × 45	4.06	2.3	5.172	38.86	17.61	2.74	1.84	10.36	4.69
	5.50	3.2	7.007	50.77	22.81	2.69	1.80	13.54	6.08
90 × 45	4.60	2.3	5.862	60.98	20.75	3.23	1.88	13.55	4.61
	6.25	3.2	7.967	80.24	27.01	3.17	1.84	17.83	6.00
100 × 50	5.14	2.3	6.552	84.83	28.95	3.60	2.10	16.97	5.79
	7.01	3.2	8.927	112.29	37.95	3.55	2.06	22.46	7.59
125 × 40	5.69	2.3	7.247	130.92	21.64	4.25	1.73	20.95	3.46
	7.76	3.2	9.887	173.84	28.19	4.19	1.69	27.81	4.51
125 × 75	9.52	3.2	12.127	256.93	116.80	4.60	3.10	41.11	18.69
	11.73	4.0	14.948	310.76	140.65	4.56	3.07	49.72	22.50
150 × 80	15.20	4.5	19.369	562.76	211.47	5.39	3.30	75.03	28.20
	19.81	6.0	25.233	710.20	264.42	5.31	3.24	94.69	35.26
150 × 100	16.62	4.5	21.169	658.06	351.96	5.58	4.08	87.74	46.93
	21.69	6.0	27.633	834.68	444.19	5.50	4.01	111.29	59.23
200 × 100	20.15	4.5	25.669	1331.44	454.64	7.20	4.21	133.14	45.46
	26.40	6.0	33.633	1703.30	576.91	7.12	4.14	170.33	57.69

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเพิ่มวิทย์ เตชะทวีวัฒน์ เกิดวันอังคารที่ 10 กันยายน พ.ศ.2534 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการศึกษา 2556 และได้เข้ารับการศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2559

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University