การศึกษาภูมิปัญญาการเข้าไม้ "เถรอดเพล" เพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม

โดย
นายกฤษฎา อานโพธิ์ทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น แบบ 2.1 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
ภาควิชาสถาปัตยกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษาภูมิปัญญาการเข้าไม้ "เถรอดเพล" เพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม

โดย
นายกฤษฎา อานโพธิ์ทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น แบบ 2.1 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
ภาควิชาสถาปัตยกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

THE STUDY OF THAI ' S LOCAL WISDOM TAE - OD - PAE WOOD JOINT FOR ARCHITECTURAL DESIGN

By

MR. Kritsada ARNPHOTHONG

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Doctor of Philosophy (Vernacular Architecture)

Department of Architecture

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2018

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การศึกษาภูมิปัญญาการเข้าไม้ "เดรอดเพล" เพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม
โดย	กฤษฎา อานโพธิ์ทอง
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น แบบ 2.1 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ศาสตราจารย์ ดร. วีระ อินพันทัง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ต้นข้าว ปาณินท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ศาสตราจารย์ ดร. วีระ อินพันทัง)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ศาสตราจารย์ ดร. อรศิริ ปาณินท์)

56057803 : สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น แบบ 2.1 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
คำสำคัญ : เถรอดเพล,การเข้าไม้,รอยต่อไม้,ภูมิปัญญาท้องถิ่น,ภูมิปัญญาในการก่อสร้าง

นาย กฤษฎา อานโพธิ์ทอง: การศึกษาภูมิปัญญาการเข้าไม้ "เถรอดเพล" เพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ศาสตราจารย์ ดร. วีระ อินพันทัง

ในพื้นที่ของประเทศไทยเองนั้น มีลักษณะของภูมิปัญญาในการก่อสร้างที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว มีศักยภาพ และมีความน่าสนใจอยู่หลายประเภท ซึ่งได้กลายมาเป็นรากฐานในกระบวนการก่อสร้างเช่น การผูกรัดมัดเงื่อน / การสาน / การเข้ารอยต่อไม้ หรือแม้ทั่งการ “ก่อ”ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาในภายหลัง โดยลักษณะของภูมิปัญญาดังกล่าวนั้นได้เกิดขึ้นมาจาก ลักษณะของวิถีชีวิต , ศิลปวัฒนธรรม , ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ จนทำให้เกิดการสะสมขององค์ความรู้ซึ่งแปรเปลี่ยนเป็น “ภูมิปัญญาพื้นถิ่น” (local wisdom) ซึ่งใช้ในชีวิตประจำวันทั่วไปๆ โดยที่“ภูมิปัญญาในการก่อสร้างพื้นถิ่น”นั้น ก็คือผลลัพธ์อย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นจากตัวภูมิปัญญาดังที่ได้กล่าวไป หนึ่งในตัวอย่างที่น่าสนใจ “เถรอดเพล” หนึ่งในระบบของการเข้ารอยต่อไม้ซึ่งเป็นภูมิปัญญาพื้นถิ่น (local wisdom) ที่เกิดจากของเล่นชนิดหนึ่ง ซึ่งตัวผู้คิดค้นเองนั้นมองเห็นศักยภาพที่จะสามารถพัฒนาจากของเล่นที่ใช้เพียงเล่นสันทนาการไปสู่เครื่องมือเครื่องใช้ จนไปสิ้นสุดที่ “เครื่องตั้งศพ” ในลักษณะของสถาปัตยกรรมขนาดเล็ก หรือเป็นสถาปัตยกรรมเชิงทดลอง ซึ่งภายหลังจากการออกแบบเครื่องตั้งดังกล่าวสำเร็จ ความต่อเนื่องและพัฒนาการในการออกแบบก็ได้หยุดลงอย่างสิ้นเชิง ทำให้ภูมิปัญญาดังกล่าวได้สูญหายไปตามเวลาซึ่งเป็นเรื่องที่น่าเสียดายอย่างยิ่ง ทั้งในเชิงวิชาการการศึกษา และ ตัวภูมิปัญญาที่เป็นเหมือนรากฐานทางวัฒนธรรม

โดยผลงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีความต้องการที่จะนำลักษณะของระบบการเข้ารอยต่อไม้แบบ “เถรอดเพล” มาทำการศึกษาใหม่ในบริบทของการศึกษาวิจัยในปัจจุบัน ซึ่งมีความพยายามที่จะลดช่องว่างของการศึกษาระหว่างความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เป็นเอกสาร หรือความรู้ที่อยู่ที่ตัวบุคคล กับการนำข้อมูลเพื่อสร้างแนวทางประยุกต์ใช้ และสามารถนำไปสร้างกระบวนการการออกแบบสถาปัตยกรรม หรือสามารถพัฒนาจากลักษณะที่เป็น “ภูมิปัญญาท้องถิ่น” (local wisdom) ไปสู่ภูมิปัญญาเฉพาะทางอย่าง “ภูมิปัญญาในการก่อสร้าง” (local wisdom of construction) อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงนำไปสู่คำถามของงานวิจัยชิ้นนี้ว่า “ภูมิปัญญาเถรอดเพล จะสามารถนำมาประยุกต์เพื่อใช้ในการออกแบบงานสถาปัตยกรรมได้อย่างไร”

56057803 : Major (Vernacular Architecture)
Keyword : Wood joint Thai wood technique Vernacular Architecture Local wisdom

MR. KRITSADA ARNPHOTHONG : THE STUDY OF THAI ' S LOCAL WISDOM TAE - OD - PAE WOOD JOINT FOR ARCHITECTURAL DESIGN THESIS ADVISOR : PROFESSOR VIRA INPUNTUNG, Ph.D.

"Thane-Od-Pane" is a traditional jointing technique originated as a past-time recreational puzzle within a monastery. The puzzle was later developed into various furniture items and household equipment. *Thane-Od-Pane* had commenced into a monumental altar for Buddhist funerary rites, known in Thai as *"Kruang Tang Sop"*. This altar has expanded the structural potential of Thane-Od-Pane beyond small household components. Unfortunately, after the development of the altar, there were no further significant improvement or discussion on the future of this structure.

In this research we discuss the potentials of developing *"Thane-Od-Pane"* via pristine studies and researches. The study employs both historical and structural aspects of Thane-Od-Pane as it emerged in *Wat Sai, Nakhon Chaisi, Nakhon Pratom province,* and its vicinity in the central plane of Thailand including *Wat Tha Nai*. Technical Studies included the investigation on the typical assemblage of the original Thane-Od-Pane puzzle vis-à-vis other types of wood puzzles or traditional recreation toys found in other cultures. Local variations will also be discussed and explained in assembly models, in favor of conservation and future implementations. It is also important to discuss the genesis of joinery, classifications of joints in different cultures in order to understand the tectonic values of timber construction and its contribution to architectural history. This paper determines to address the knowledge of traditional woodworking in three levels. Firstly, an extensive study on the cultural and physical attributes of *Thane-Od-Pane* as a knowledge contribution to nurture the future of Thailand' s Architectural Heritage. Secondly, to understand and exhibit the potentials of *Thane-Od-Pane* as a contemporary form of architectonic solutions beyond its traditional limitation through architectural detailing approach. And lastly to address the influence of local wisdoms on contemporary architecture in modern Thai context by introducing a new timber technique and construction method flourished from other traditional disciplines.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

กิตติกรรมประกาศ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับดังกล่าวจะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้
หากปราศจากการช่วยเหลือจากบุคคลดังต่อไปนี้
ขอขอบคุณ อาจารย์ วีระ อินพันทัง สำหรับคำแนะนำและองค์ความรู้มากมาย
ที่ได้รับจากอาจารย์เสมอมา
ขอขอบคุณ อาจารย์ อรศิริ ปาณินท์ สำหรับคำแนะนำ
ตลอดจนแนวทางในการศึกษาตลอดมา
ขอขอบคุณ อาจารย์ ต้นข้าว ปาณินท์ สำหรับโอกาส ความรัก
และทุกสิ่งทุกอย่างจนทำให้ค้นพบตัวเองในปัจจุบัน
ขอขอบคุณ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่ทำให้ได้เรียนรู้ชีวิตและความรักในงานศิลปะ
ขอขอบคุณ ครอบครัว ที่เข้าใจและให้การสนับสนุนตลอดมา
ขอขอบคุณ ฐิติมน อู่ไพบูรณ์ สำหรับกำลังใจ ความอดทน
และการสนับสนุนตลอดมา
ขอขอบคุณ เพื่อนๆชาวศิลปากรทุกท่าน ที่แวะมาถามไถ่และสนับสนุนกันตลอดมา
ขอขอบคุณ เพื่อนๆชาวพื้นถิ่นทุกท่านที่ร่วมเดินทาง และช่วยเหลือกันมา
ขอขอบคุณ พีรสา สลัยรัมย์ สำหรับการจัดการเรื่องหุ่นจำลอง
ขอขอบคุณ เจี๊ยบ และ อัม สำหรับการช่วยเหลือและถามไถ่ตลอดมา
ขอขอบคุณ ทุกท่านที่ผ่านเข้ามาที่อาจจะไม่ได้กล่าวถึง
ขอขอบคุณ ตัวเองที่พยายามและไม่ยอมแพ้จนสำเร็จได้

กฤษฎา อานโพธิ์ทอง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 คำถามและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย 3

1.1.1. เป็นการศึกษาภูมิปัญญาของรอยต่อไม้เดือยเพล 3

1.1.2. พัฒนาข้อต่อไม้เดือยเพลเพื่อเพิ่มศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม 3

1.1.3. ทดลองออกแบบเป็นงานสถาปัตยกรรม 3

1.3 ขอบเขตในการวิจัย 3

1.4 นิยามคำศัพท์เฉพาะ (Operational Definitions) 4

1.4.1. เทคโทนิคส์ (Tectonics) 4

1.4.2. กลไกสลักไม้ (Wood joints System) 4

1.4.3. ตัวต่อไม้ (Wood Puzzle) 4

1.4.4. Six-Piece Burr Puzzle 4

1.4.5. ภูมิปัญญาในการก่อสร้าง 4

1.4.6. การเข้าไม้ หรือ การเข้าปากไม้ (Wood joints) 4

1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย 5
1.5.1. การรวบรวมข้อมูล 5
.1.5.1.1 การรวบรวมทฤษฎีและสร้างกรอบแนวความคิดเรื่อง “เทคทอนิคส์” 5
.1.5.1.2 การรวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง 5
.1.5.1.3 การศึกษาจากการลงภาคสนาม 6
1.5.2. การวิเคราะห์ข้อมูล 6
.1.5.2.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเทคทอนิคส์ของภูมิปัญญาในการก่อสร้างพื้นถิ่น 6
.1.5.2.2 การวิเคราะห์เพื่อสร้างแนวในการตัดสินใจในการพัฒนาการออกแบบสถาปัตยกรรม 7
.1.5.3 การสังเคราะห์ข้อมูล 7
.1.5.3.1 การศึกษาโดยใช้การปฏิบัติการ 7
.1.5.3.2 การทดลองออกแบบสถาปัตยกรรมขนาดเล็กจากภูมิปัญญาเพื่อเป็นตัวอย่างต้นแบบ 8
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 8
1.6.1. ได้รับองค์ความรู้ใหม่ที่จะไปพัฒนาเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสถาปัตยกรรมจากภูมิปัญญาในการก่อสร้างเถรอดเพล 8
.1.6.2 ทบทวนการอธิบาย และให้ความหมายของภูมิปัญญาในการก่อสร้างไม้พื้นถิ่นในมุมมองใหม่ ที่มีความสอดคล้อง และเหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน 8
1.6.3. เป็นฐานข้อมูลในเรื่องภูมิปัญญาในการก่อสร้างเถรอดเพลแก่ผู้ที่มีความสนใจ 8
1.6.4. สร้างและยกระดับคุณค่าให้แก่งานภูมิปัญญาในการก่อสร้าง และสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น 8
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 9
2.1 ความหมายของเทคโทนิคส์ 9

2.1.1. Bötticher – การสื่อสารหลักการทางโครงสร้างผ่านสถาปัตยกรรม (Structural Principle and Architectural Expression) 9

2.1.2. Semper 10

2.1.3. Frampton – บทกวีแห่งโครงสร้าง และ วัฒนธรรม (Cultural and Structural Poetic) 10

2.1.4. Porphyrios – บทขยายความ (Emphasis of meanings) 11

2.2 เทคโทนิคส์ งานไม้ และสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น 12

2.2.1. แรงบันดาลใจทางเทคโทนิคส์จากงานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น (Vernacular Architecture) 13

2.3 เทคโทนิคส์ในงานไม้ยุโรป 14

2.3.1. Hammer Beam Roof วิหารเวสต์มินส์เตอร์ โดย Hugh Herland ในปี 1394-1402 (Beech, 2014) 15

2.4 เทคโทนิคส์งานไม้เอเชีย 19

2.4.1. Bracket Set 19

2.4.2. Minka 26

2.5 เทคโทนิคส์งานไม้ไทย โครงสร้างหลังคาแบบเครื่องประดุ ในงานสถาปัตยกรรมไทย 32

2.5.1. ระบบโครงสร้างหลังคาศาลาการเปรียญวัดใหญ่สุวรรณาราม 32

2.6 การเข้าไม้ (Wood Joints) 38

2.6.1. สิ่งพิจารณาในการเข้าไม้ 38

2.6.1.1. การเปลี่ยนรูปของไม้ 38

2.6.1.2. แรงกระทำจากภายนอกที่กระทำกับรอยต่อไม้ 39

2.6.1.3. ความชื้น 39

2.6.2. รอยต่อไม้ในวัฒนธรรมยุโรป 39

2.6.2.1. Oblique Joints (การต่อแนวเฉียง) 40

2.6.3. รอยต่อไม้ในวัฒนธรรมญี่ปุ่น (Japanese Jointing Techniques) 44

2.6.3.1. รอยต่อทาบยาว (“Sugi” - Splicing Joints) 45
2.6.3.2. การต่อเข้ามุม (“Shiguchi” – Connecting Joints) 50
2.6.4. รอยต่อไม้ในวัฒนธรรมไทย 54
2.6.4.1. การเพลาะไม้ 56
2.6.4.2. การเข้าปากไม้ 57
2.6.4.3. การเข้าเดือย 59
2.7 กรณีศึกษา: การพัฒนารอยต่อไม้สู่การออกแบบ 62
2.7.1. การพัฒนารอยต่อชิโดริ 63
2.7.2. หลักการทำงานของ Chidori 65
2.7.3. ความแตกต่างระหว่าง ชิโดริ และ เกรอดเพล 68
2.7.3.1. จำนวนชิ้นส่วนไม้ 68
2.7.3.2. ระบบรอยบากในชิ้นไม้ 68
2.7.3.3. ระบบการยึดชิ้นไม้ให้แน่น 68
.2.7.4 กรณีศึกษา 1: ผลงานออกแบบของ Kengo Kuma 68
2.7.4.1. Chidori Pavilion Milan 2007 “House” 68
2.7.4.2. GC Prostho Museum Research Center 2012 70
2.7.4.3. Starbucks Coffee ที่ Omotesando 72
2.7.4.4. Sunny Hills 73
2.7.5. กรณีศึกษา 2: Wooden Adaptive Architecture System (WAAS) 75
2.7.6. กรณีศึกษา 3: ผลงานออกแบบของ ศาสตราจารย์ ดร.วีระ อินพันทัง 79
2.7.6.1. เรือนไม้ไร้ตะปู(Wooden Latch House) 79
2.7.6.2. ศาลาพาจร (Moving System Pavilion) 83
บทที่ 3 กระบวนการวิจัย (Research Methodology) 87
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล 87

3.1.1. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร 87
3.1.1.1. องค์ความรู้ในเรื่องภูมิปัญญาการเข้าไม้เถรอดเพล 88
3.1.1.2. องค์ความรู้ในเรื่องรอยต่อไม้ / การเข้าไม้ / สลักไม้ 89
3.1.1.3. องค์ความรู้ในเรื่องของแนวความคิด / ทฤษฎี “เทคโทนิคส์” 91
3.1.2. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากงานภาคสนาม 93
3.1.2.1. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างงานออกแบบ 93
3.1.2.2. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทำการสัมภาษณ์ 95
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล 96
3.2.1. แนวคิดและกรอบในการวิเคราะห์ข้อมูล 96
3.2.1.1. การศึกษาข้อมูลจากเอกสาร หรือ วรรณกรรม (Literature Study) 97
3.2.1.2. การศึกษาข้อมูลจากการทดลองปฏิบัติ (Practical experience) 98
3.3 การสังเคราะห์ข้อมูล 104
3.3.1. รอยต่อที่ถูกพัฒนา (Developed Joint) 105
3.3.2. การประยุกต์ใช้ในงานออกแบบสถาปัตยกรรมขนาดเล็ก 105
บทที่ 4 เนื้อหางานวิจัย 106
4.1 ประวัติ และความเป็นมาของ “เถรอดเพล” 106
4.2 ลักษะของเถรอดเพล 109
4.2.1. นิยามความหมายของเถรอดเพล 109
4.2.2. รูปแบบและลักษณะของเถรอดเพล 110
4.2.2.1. เถรอดเพลแบบที่ 1 110
4.2.2.2. เถรอดเพลแบบที่ 2 115
4.2.2.3. เถรอดเพลแบบที่ 3 123
4.3 ศักยภาพและการประยุกต์ใช้รอยต่อเถรอดเพลในการออกแบบ 130
4.3.1. พวงแก้ว หรือควงแก้ว 130

4.3.2. โต๊ะเครื่องแป้ง 132
4.3.3. โต๊ะ 138
4.3.4. ชั้นวางของ 142
4.3.5. ตู้รับบริจาค 145
4.3.6. เครื่องตั้งศพ 148
4.4 การสังเคราะห์เพื่อออกแบบ 152
4.4.1. การพัฒนารอยต่อเดือยเพล (Developed joint) 152
4.4.1.1. รอยต่อแบบเฉียง และตัวเชื่อมต่อรอยต่อแบบเฉียง (Oblique joint : joint with inclined members and finishing detail) 152
4.4.1.2. แบบจำลองตัวเชื่อมรอยต่อแบบเฉียง (Finishing Detail) 155
4.4.1.3. รอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ (Transitional joints : for timber of various sizes) 158
4.4.1.4. รอยต่อเพื่อรองรับการขยาย หรือการเชื่อมต่อไม้คนละชิ้น (Connecting joint or splicing joint detail) 161
4.4.1.5. รอยต่อที่สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้ (Non – fixed joint / universal joints) 164
4.4.2. การประยุกต์เพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรม (Applied for Architectural Design) 168
4.4.2.1. การประยุกต์ใช้เพื่อเป็นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม 168
4.4.2.2. การประยุกต์ใช้ในการสนับสนุนการออกแบบสถาปัตยกรรม 208
4.5 การพัฒนารอยต่อเดือยเพลจากการทดลองถ่ายทอดองค์ความรู้ การสนทนา และอธิบาย ในหัวข้อหนึ่งของการทดลองเพื่อพัฒนารอยต่อเดือยเพล 211
4.5.1. การให้โจทย์ออกแบบในระยะเวลาที่จำกัด 212
4.5.2. การให้โจทย์และระยะเวลาในการศึกษารอยต่อเดือยเพลเพื่อพัฒนาอย่างต่อเนื่อง 213
4.6 การทดลองเพื่อสังเคราะห์เป็นงานออกแบบ 216

4.6.1. โต๊ะพาจร (Move(T)able) 217
4.6.2. การออกแบบขนาดกลาง ศาลากากบาท (Cross Pavilion) 219
4.6.3. การออกแบบในขนาดใหญ่ ศาลาต่อขยาย 223
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัย 228
5.1 สรุปผลการศึกษา 228
5.1.1. การศึกษาภูมิปัญญารอยต่อไม้เถรอดเพล 228
5.1.2. พัฒนาข้อต่อไม้เถรอดเพลเพื่อเพิ่มศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม 229
5.1.2.1. การพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพของรอยต่อโดยตรง 229
5.1.3. การพัฒนาในการเป็นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม 230
5.1.3.1. การพัฒนาข้อต่อในเชิงของการสร้างแนวคิดที่สนับสนุนการออกแบบ 231
5.1.4. การทดลองออกแบบสถาปัตยกรรม 232
5.2 การอภิปรายผล 232
5.2.1. ลักษณะอันปรากฏของเถรอดเพลใหม่ 233
5.2.2. ลักษณะอันเฉพาะตัวที่เกิดขึ้นของเถรอดเพล 234
5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการต่อยอด 235
5.3.1. การพัฒนาองค์ความรู้เรื่องเถรอดเพลอย่างต่อเนื่อง 236
5.3.2. การพัฒนาองค์ความรู้เรื่องรอยต่อเถรอดเพลกับเครื่องมือสมัยใหม่ 236
5.3.3. การพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านทักษะงานไม้ 237
รายการอ้างอิง 238
ประวัติผู้เขียน 242

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1: แสดงส่วนประกอบของ Bracket arm ในโครงสร้างแบบ โทกง และคุณสมบัติเชิงโครงสร้าง 22
ตารางที่ 2: แสดงส่วนประกอบของพวงแก้ว 131
ตารางที่ 3: แสดงส่วนประกอบของโต๊ะเครื่องแป้ง 136
ตารางที่ 4: แสดงส่วนประกอบของโต๊ะ 142
ตารางที่ 5: แสดงส่วนประกอบของชั้นวางของ 145
ตารางที่ 6: แสดงส่วนประกอบตู้รับบริจาค 146
ตารางที่ 7: ลักษณะของชุดโครงสร้างเสา พื้น 181
ตารางที่ 8: ลักษณะของชุดโครงสร้างบันได 182
ตารางที่ 9: ลักษณะของชุดโครงสร้างผนัง 1 192
ตารางที่ 10: ลักษณะของชุดโครงสร้างผนัง 2 194
ตารางที่ 11: ลักษณะของชุดโครงสร้างผนัง 3 195
ตารางที่ 12: ลักษณะของชุดโครงสร้างหลังคา 01 205
ตารางที่ 13: ลักษณะของชุดโครงสร้างหลังคา 02 206
ตารางที่ 14: ลักษณะของชุดโครงสร้างหลังคา 03 207

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1: กระท่อมเครื่องผูกของชาวคาริบเบียน 13

รูปที่ 2: ภาพวาดแสดงการศึกษาโครงสร้าง Hammer Beam Roof โดย Viollet-le-Duc 15

รูปที่ 3: แสดงส่วนต่างๆ ของโครงสร้างระบบ Hammer Beam Roof ในวิหาร Westminster Abbey 15

รูปที่ 4: รูปด้านของโครงถักหลังคา Hammer Beam Roof ของ Westminster Hall 16

รูปที่ 5: แสดงรอยต่อในส่วนโครงสร้างหลังคา ในบริเวณจุดตัดระหว่างโครงสร้างต่างๆ ของ Hammer Roof Beam 18

รูปที่ 6: ภาพร่างของระบบ Bracket ในราชวงศ์ซ่ง โดย Liang Sicheng 24

รูปที่ 7: รูปแบบ Bracket Arms ในราชวงศ์ซ่ง ที่แตกต่างกัน เขียนออกมาเป็นแบบทางสถาปัตยกรรม 25

รูปที่ 8: Pit Dwelling ในหมู่บ้านใต้ อุทยาประวัติศาสตร์ โยชิโนงาริ Saga-Ken 27

รูปที่ 9: ภาพสามมิติแสดงพื้นที่ภายในบ้านมิงกะ 28

รูปที่ 10: ภาพสามมิติแสดงโครงสร้างหลักและรองของบ้านมิงกะ 29

รูปที่ 11: ภาพถ่ายบ้านรูปแบบมิงกะ ใน คี ฟุดิกิ-โนะ-โอกะ (Kii Fudiki-no-oka) จังหวัด วาคายามะ ภาพถ่ายในปี 1990 30

รูปที่ 12: แสดงรปแบบโครงสร้างหลังคาทั่วไปในญี่ปุ่น 3 แบบ 30

รูปที่ 13: รอยต่อคานบริเวณเสาศักดิ์สิทธิ์ บ้านซานาโอกะ เมืองคาชิวาระ จังหวัดนาระ 31

รูปที่ 14: แสดงภาพการผูกเงื่อนที่โครงสร้างหลังคา 31

รูปที่ 15: แสดงแนวเสาบริเวณผังพื้น และรูปตัด 33

รูปที่ 16: ส่วนประกอบโครงสร้างของวัดใหญ่สุวรรณาราม 34

รูปที่ 17: Butt Joints 40

รูปที่ 18: Halved-and-lapped Joints 41
รูปที่ 19: Notched Joints 41
รูปที่ 20: Tenon Joints 42
รูปที่ 21: Tongue-and-Groove 43
รูปที่ 22: T-Joint 43
รูปที่ 23: X-Joint 44
รูปที่ 24: L-Joint 44
รูปที่ 25: Ari-Tsugi 46
รูปที่ 26: Kama-Tsugi 46
รูปที่ 27: Sao-Tsugi 47
รูปที่ 28: Sogi-Tsugi 47
รูปที่ 29: Isuka-Tsugi 47
รูปที่ 30: Kakushi-Mechgai-Tsugi 47
รูปที่ 31: Okkake-Daisen-Tsugi 48
รูปที่ 32: Kanawa-Tsugi 48
รูปที่ 33: Daimochi-Tsugi 48
รูปที่ 34: Koshikake-Tsugi 48
รูปที่ 35: Hagi-Tsugi 49
รูปที่ 36: Ai-Jakuri 51
รูปที่ 37: Hira-Hozo 51
รูปที่ 38: Ari-Otoshi 51
รูปที่ 39: Hana-Sen 52
รูปที่ 40: Wanagi-Komi 52
รูปที่ 41: Saga-Kama 52

รูปที่ 42: O-Dome 53
รูปที่ 43: Wari-Kusabi 53
รูปที่ 44: Jikoku-Kusabi (แบบย่อยของ Wari-Kusabi) 53
รูปที่ 45: ลายเส้นองค์ประกอบพระที่นั่งบุษบกเกริน พระราชวังบวรสถานมงคล 55
รูปที่ 46 การเพลาะด้วยวิธีบังใบ 56
รูปที่ 47 การเพลาะด้วยวิธีเข้าลิ้น 56
รูปที่ 48 การเพาะด้วยวิธีสอดลิ้น 56
รูปที่ 49 การเพลาะไม้แบบเปิดหัว 56
รูปที่ 50 การเพลาะไม้แบบมีไม้สกัดหัว 57
รูปที่ 51 การเพลาะไม้แบบเปิดหัว 57
รูปที่ 52 การเข้าบากไม้ซ้อนทับกัน 58
รูปที่ 53 การเข้าบากปากชน บังใบ หรือ การเข้าบ่า 58
รูปที่ 54 การเข้าบากปากกากบาท 58
รูปที่ 55 การเข้าบากปากชนปาก 45 องศา หรือ ปากกบ 58
รูปที่ 56 การเข้าบากปากบังใบ และเข้าปากกบ (มุมเดียว) 58
รูปที่ 57 การเข้าปากชนมุมเฉ 45 องศา (มุมเดียว) 58
รูปที่ 58 การเข้าบากบากทาบ มุมเฉ 45 องศา 59
รูปที่ 59 การเข้าบากรูปหางเหยี่ยว 59
รูปที่ 60 การเข้าบากปากฉลามมีขอเกี่ยว 59
รูปที่ 61 การเข้าบากปากฉลามมีขอเกี่ยว 59
รูปที่ 62: การเข้าเดือยปากชน 60
รูปที่ 63: การเข้าเดือยปาก 45 องศา หรือ เข้าเดือยปากกบ 60
รูปที่ 64: การเข้าเดือยหางเหยี่ยว เดือยเดี่ยว 60
รูปที่ 65: การเข้าเดือยปากกริว 60

รูปที่ 66: การเข้าเดือยหางเหยี่ยวเดือยแถว หรือ เดือยหางเหยี่ยวประสาน 60
รูปที่ 67: รอยต่อแบบเดือยเขี้ยวตะขาบ หรือ เดือยแบบก้ามปู 61
รูปที่ 68: รอยต่อแบบเดือยคุด 61
รูปที่ 69: รอยต่อแบบเดือยกีบหมู 61
รูปที่ 70: รอยต่อแบบปากเข้ ปากตะเข้ หรือปากจรเข้ 62
รูปที่ 71: รอยต่อแบบผสม 62
รูปที่ 72: รอยต่อกระทอดเข้ามุม 62
รูปที่ 73: รอยต่อกระทอดกลางช่วง 62
รูปที่ 74: ศาลเจ้าทาคุมิ (Takumi Shrine) 64
รูปที่ 75: การใช้งาน Chidori-Goshi เป็นผนัง 64
รูปที่ 76: แสดงการบากไม้แบบ Chidori-Goshi 65
รูปที่ 77: ภาพแสดงส่วนประกอบของชิ้นตัวต่อไม้ ชิโดริ (Chidori) 66
รูปที่ 78: แสดงการต่อประกอบชิโดริ ขั้นที่ 1 66
รูปที่ 79: แสดงการต่อประกอบชิโดริ ขั้นที่ 2 66
รูปที่ 80: แสดงการต่อประกอบชิโดริ ขั้นที่ 3 66
รูปที่ 81: แสดงการต่อประกอบชิโดริ ขั้นที่ 4 66
รูปที่ 82: แสดงลำดับการต่อไม้ชิโดริ 67
รูปที่ 83: พาวิลเลียน “House” 69
รูปที่ 84: หลักการการทำงานของระบบรอยต่อไม้ในงานพาวิลเลียน “House” 70
รูปที่ 85: โครงการ GC Prostho Museum 71
รูปที่ 86: แสดงแผ่นเหล็กยึด Zelkova 72
รูปที่ 87: Starbucks Coffee ที่ Omotesando 73
รูปที่ 88: โครงการ Sunny Hills 74

รูปที่ 89: แสดงขั้นตอนการต่อถักโครงไม้ตามลำดับขั้น 75
รูปที่ 90: พัฒนาการของรอยต่อไม้ จากการใช้หน้าไม้ชนด้านความหนาไม้ เป็นการใช้ไม้ขนาดหน้าตัดเท่ากันมาประกอบกัน 76
รูปที่ 91: แสดงชิ้นส่วนไม้ที่ทำการประกอบในโรงปฏิบัติการ 77
รูปที่ 92: แสดงชิ้นส่วนไม้ที่ต่อประกอบหน้างาน 77
รูปที่ 93: แสดงหุ่นจำลองที่ทำขึ้นเพื่อทดลองระบบการทำงานของโครงสร้าง 78
รูปที่ 94: กระบวนการก่อสร้างหน้างาน และผลสัมฤทธิ์ของงาน 79
รูปที่ 95: รูปเปรียบเทียบลักษณะของรอยต่อเดือยเพลที่เรียบง่าย(ศาลา) กับซับซ้อน(เครื่องตั้ง) 80
รูปที่ 96: ผังเรือนไม้ไร้ตะปูขนาด 5 ยูนิต 81
รูปที่ 97: เรือนไม้ไร้ตะปูแบบ 1 ยูนิต (ซ้าย) เรือนไม้ไร้ตะปูแบบ 5 ยูนิต (ขวา) 82
รูปที่ 98: การก่อสร้างเมื่อนำไปจัดแสดงที่หอศิลปพระพรหมพิจิตร 83
รูปที่ 99: แบบสามมิติที่แสดงภาพรวมของศาลาพาจร 84
รูปที่ 100: หุ่นจำลองศาลาจากไม้สักที่แสดงแนวคิดเรื่องระยะ หน้าตัด และความยาวของชิ้นไม้ 85
รูปที่ 101: ภายในของศาลาพาจรและการรับน้ำหนักบริเวณเสา 86
รูปที่ 102: รูปมุมสูงของศาลาพาจร 86
รูปที่ 103: แสดงกระบวนการศึกษาข้อมูลทางประวัติศาสตร์ 89
รูปที่ 104: แสดงแผนภาพการศึกษาความรู้เรื่องรอยต่อไม้ เข้าไม้ และ สลักไม้ 90
รูปที่ 105: แผนภาพแสดงการเก็บข้อมูลรูปแบบรอยต่อไม้ในวัฒนธรรมต่าง ๆ 91
รูปที่ 106: แผนภาพแสดงการศึกษาองค์ความรู้ และทฤษฎี เทคโทนิกส์ 92
รูปที่ 107: แผนภาพแสดงการศึกษากรณีศึกษาเพื่อพัฒนาต้นแบบ 93
รูปที่ 108: แผนภาพแสดงการประยุกต์แนวความคิด Practice Based Research สู่ผลงานการศึกษา 96
รูปที่ 109: แสดงการพัฒนาแบบจำลองอันเป็นผลจากการศึกษาหาความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ 99

รูปที่ 110: ภาพแสดงผลลัพธ์ (หุ่นจำลอง) จากการสร้างแบบจำลองด้วยการศึกษาเอกสารทางวิชาการ 100

รูปที่ 111: ภาพแสดงผลลัพธ์ (หุ่นจำลอง) จากการสร้างแบบจำลองเพื่อพัฒนาต้นแบบเพื่อให้เกิดเป็นชุดโครงสร้าง 101

รูปที่ 112: แผนภาพแสดงลำดับแผนการสร้างชิ้นงานผ่านการถ่ายทอดความรู้ 102

รูปที่ 113: ตัวอย่างผลลัพธ์ (หุ่นจำลอง) ของกิจกรรมทดลองระยะสั้น 103

รูปที่ 114: ภาพแสดงผลลัพธ์ (หุ่นจำลอง) ของกิจกรรมทดลองระยะยาว 104

รูปที่ 115: ของเล่นเถรอดเพล แบบประกอบสมบูรณ์ (ซ้าย) และเมื่อถอดเป็นชิ้นส่วน (ขวา) 111

รูปที่ 116: แผนภาพแสดงลำดับ และวิธีการประกอบเถรอดเพลแบบที่ 1 112

รูปที่ 117: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 1 – 3 113

รูปที่ 118: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 4 - 6 114

รูปที่ 119: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 1 116

รูปที่ 120: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 2 116

รูปที่ 121:รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 3 117

รูปที่ 122:รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 4 117

รูปที่ 123: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 5 118

รูปที่ 124: แผนภาพแสดงลำดับ และวิธีการประกอบเถรอดเพลแบบที่ 2 119

รูปที่ 125: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 1 – 2 120

รูปที่ 126: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 3 – 4 121

รูปที่ 127: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 5 – 6 122

รูปที่ 128: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 1 123

รูปที่ 129: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 2 124

รูปที่ 130: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 3 124

รูปที่ 131: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 4 125

รูปที่ 132: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 5 125
รูปที่ 133: แผนภาพแสดงลำดับ และวิธีการประกอบเถรอดเพลแบบที่ 2 126
รูปที่ 134: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 1 – 2 127
รูปที่ 135: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 3 – 4 128
รูปที่ 136: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 5 – 6 129
รูปที่ 137: ภาพถ่ายพวงแก้ว หรือ ควงแก้วที่ทำจากเถรอดเพล 130
รูปที่ 138: รูปด้านและผังพื้นพวงแก้ว 132
รูปที่ 139: ภาพถ่ายโต๊ะเครื่องแป้งที่ทำจากเถรอดเพล 133
รูปที่ 140: ผังพื้นส่วนฐาน และแบบขยายส่วนยอด 134
รูปที่ 141: รูปด้านรวมโต๊ะเครื่องแป้ง 135
รูปที่ 142: ภาพถ่ายโต๊ะจากเถรอดเพลฝีมือช่างท้องถิ่น 138
รูปที่ 143: ภาพรายละเอียดรอยต่อของโต๊ะในส่วนผิวหน้าโต๊ะ(ซ้าย) และขาโต๊ะ (ขวา) 139
รูปที่ 144: ผังพื้นโต๊ะ 140
รูปที่ 145: รูปด้านโต๊ะ 141
รูปที่ 146: รูปด้านหน้า ด้านข้าง และผังชั้นวางของ 143
รูปที่ 147: ภาพชั้นวางของที่ทำจากเถรอดเพล 144
รูปที่ 148: ภาพรายละเอียดรอยต่อชั้นวางของที่ทำจากเถรอดเพล 144
รูปที่ 149: ภาพตู้รับบริจาคที่ทำจากเถรอดเพล 145
รูปที่ 150: รูปด้านหน้า ด้านข้าง และผังชั้นตู้บริจาค 147
รูปที่ 151: การเปรียบขนาดของเครื่องใช้ที่เกิดจากเถรอดเพล 148
รูปที่ 152: เครื่องตั้งศพวัดไทร 149
รูปที่ 153: การเว้นที่ว่างตรงกลางบริเวณฐาน (ซ้าย) เทคนิคการต่อไม้แบบง่ายๆ(ขวา) 150
รูปที่ 154: ชุดเครื่องตั้งศพวัดไทร 02 151
รูปที่ 155: ลักษณะการเปรียบเทียบระหว่างรอยต่อเถรอดเพลแบบปกติกับรอยต่อแบบเฉียง 153

รูปที่ 156: แบบจำลองชิ้นที่ 1 รอยต่อแบบเฉียงในทิศทางแนวตั้ง 154
รูปที่ 157: แบบจำลองชิ้นที่ 2 รอยต่อแบบเฉียงในทิศทางแนวนอนในชิ้นไม้แบบประกบ 154
รูปที่ 158: แบบจำลองชิ้นที่ 3 รอยต่อแบบเฉียงในทิศทางแนวนอนในชิ้นไม้แบบซ้อนทับ 155
รูปที่ 159: แบบจำลองตัวเชื่อมรอยต่อแบบเฉียง (Finishing Detail) ทั้ง 2 ประเภท 156
รูปที่ 160: แบบจำลองชิ้นที่ 1 ตัวเชื่อมรอยต่อแบบเฉียงแบบชิ้นไม้ประกบกัน 156
รูปที่ 161: แบบจำลองชิ้นที่ 2 ตัวเชื่อมรอยต่อแบบเฉียงแบบชิ้นไม้ซ้อนกัน 157
รูปที่ 162: ลักษณะโครงสร้างที่เกิดจากการประกอบของตัวเชื่อมรอยต่อทั้ง 2 แบบ 157
รูปที่ 163: ลักษณะรอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ทั้ง 3 แบบ 158
รูปที่ 164: แบบจำลองชิ้นที่ 1 รอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ในแนวตั้ง 159
รูปที่ 165: แบบจำลองชิ้นที่ 2 รอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ในแนวนอนแบบชิ้นไม้ประกบกัน 159
รูปที่ 166: แบบจำลองชิ้นที่ 3 รอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ในแนวนอนแบบชิ้นไม้ซ้อนทับกัน 160
รูปที่ 167: แบบจำลอง รอยต่อเพื่อรองรับการขยาย หรือการเชื่อมต่อของไม้คนละชิ้น 161
รูปที่ 168: แบบจำลอง รอยต่อเพื่อรองรับการขยาย หรือการเชื่อมต่อของไม้คนละชิ้น 162
รูปที่ 169: แบบแสดงวิธีและขั้นตอนในการประกอบรอยต่อแบบรองรับการขยาย 163
รูปที่ 170: รูปแบบรอยต่อที่สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้ 164
รูปที่ 171: แบบจำลองที่ 1 รอยต่อที่สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้ในทิศทางแนวนอนแบบยึดกับชิ้นไม้แบบประกบกัน 165
รูปที่ 172: แบบแสดงวิธีและขั้นตอนในการประกอบรอยต่อแบบปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้แบบชิ้นไม้ประกบกัน 165
รูปที่ 173: แบบจำลองที่ 2 รอยต่อที่สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้ในทิศทางแนวนอนแบบยึดกับชิ้นไม้แบบ ซ้อนกัน 166
รูปที่ 174: แบบแสดงวิธีและขั้นตอนในการประกอบรอยต่อแบบปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้แบบชิ้นไม้แบบซ้อนกัน 167

รูปที่ 175: รูปแบบของเสาแบบพื้นฐาน(หน้าตัดเท่ากัน) (ซ้าย) และ แบบปรับขนาดหน้าตัดไม้ชิ้นประกบกัน (ขวา) 169

รูปที่ 176: การเปรียบเทียบรอยบากไม้แบบพื้นฐาน(ซ้าย) กับแบบที่ปรับขนาดหน้าตัดไม้ชิ้นประกบกัน (ขวา) 169

รูปที่ 177: ลักษณะของเสาแบบปรับชิ้นส่วนแนวตั้งให้เป็นเสาจัตุรัส 170

รูปที่ 178: ตัวอย่างและรูปตัด แสดงการวางพื้นไม้ด้านบนตัดกับชิ้นไม้แบบประกบกัน 171

รูปที่ 179: ตัวอย่างและรูปตัด แสดงการวางพื้นไม้บนชิ้นไม้แบบซ้อนกัน 172

รูปที่ 180: ตัวอย่างและรูปตัด แสดงการวางพื้นไม้เสียบล๊อคกับชิ้นไม้แบบซ้อนกัน 173

รูปที่ 181: ตัวอย่างบันไดแบบพื้นไม้วางสัมพันธ์กับชิ้นไม้แบบประกบกันรูปแบบที่ 1 และรูปด้านข้าง 174

รูปที่ 182: ลักษณะของพื้นไม้ที่เสียบล๊อคกับชิ้นไม้แบบซ้อนกัน Isometric (ซ้าย) ผังพื้น (ขวา) 174

รูปที่ 183: ลักษณะของชุดโครงสร้างบันไดเมื่อต่อกับโครงสร้างพื้น 175

รูปที่ 184: ตัวอย่างบันไดแบบพื้นไม้วางสัมพันธ์กับชิ้นไม้แบบประกบกันรูปแบบที่ 2 และรูปด้านข้าง 176

รูปที่ 185: ลักษณะของพื้นไม้ทั้ง 2 ทิศทางที่วางบนชิ้นไม้แบบประกบกันกัน Isometric (ซ้าย) ผังพื้น (ขวา) 176

รูปที่ 186: ลักษณะของชุดโครงสร้างบันไดเมื่อต่อกับโครงสร้างพื้น 178

รูปที่ 187: ตัวอย่างบันไดแบบพื้นไม้วางสัมพันธ์กับชิ้นไม้แบบซ้อนกัน และรูปด้านข้าง 179

รูปที่ 188: ลักษณะของพื้นไม้ที่วางบนชิ้นไม้ซ้อนกัน Isometric (ซ้าย) ผังพื้น (ขวา) 179

รูปที่ 189: ลักษณะของชุดโครงสร้างบันไดเมื่อต่อกับโครงสร้างพื้น 180

รูปที่ 190: ลักษณะของผนังแบบใช้การบากร่องในชุดโครงสร้าง แบบบากชิ้นไม้ซ้อนกัน (ซ้าย) แบบบากชิ้นแนวตั้ง(กลาง) แบบทำงานร่วมกันกับวัสดุเป็นแผ่น (ขวา) 184

รูปที่ 191: แบบขยายลักษณะของการวางแผ่นไม้บนร่องบนชิ้นไม้โครงสร้าง 184

รูปที่ 192: ผนังแบบใช้วัสดุปิดวางลงบนโครงสร้าง (ซ้าย) ผนังแบบใช้วัสดุปิดเจาะหรือบากใส่กับชุดโครงสร้าง (ขวา) 185

รูปที่ 193: ลักษณะของผนังที่แยกส่วนระหว่างชุดโครงสร้างกับวัสดุปิดที่ทำงานร่วมกันด้วยรอยบาก 186

รูปที่ 194: ลักษณะของผนังที่ใช้วัสดุปิดวางลงบนโครงสร้างรูปด้านหน้า (ซ้าย) รูปสามมิติ (ขวา) .. 187

รูปที่ 195: ลักษณะของผนังที่ใช้วัสดุปิดเจาะหรือบากใส่โครงสร้าง รูปด้านหน้า (ซ้าย) รูปสามมิติ (ขวา) 187

รูปที่ 196: ลักษณะของผนังที่ใช้วัสดุปิดเจาะหรือบากใส่โครงสร้าง วัสดุแบบชิ้นเดียว(ซ้าย) วัสดุหลายชิ้น (ขวา) 188

รูปที่ 197: ลักษณะของการใช้วัสดุปิดมาต่อชน/เข้าลิ้น/บังใบ ต่อแบบบังใบ(ซ้าย) ต่อชน (ขวา) 189

รูปที่ 198: รูปด้านข้างลักษณะของการนำวัสดุปิดมาซ้อนกันในแนวตั้ง 190

รูปที่ 199: ผังลักษณะของการนำวัสดุปิดมาซ้อนกันแบบแนวนอน 190

รูปที่ 200: การทำงานระหว่างชุดโครงสร้างกับส่วนประตู 191

รูปที่ 201: การทำงานระหว่างชุดโครงสร้างกับส่วนหน้าต่าง 191

รูปที่ 202: รูปแบบหลังคา หลังคาจั่ว(ซ้าย) หลังคาแบบไม่มีองศา (กลาง) หลังคาแบบมีองศา (ขวา) 196

รูปที่ 203: สัดส่วนระหว่างชุดโครงสร้างเถรอดเพลกับโครงสร้างปกติ 01 196

รูปที่ 204: หลังคาจั่วแบบมีเถรอดเพลเป็นส่วนสนับสนุน 197

รูปที่ 205: หลังคาแบบไม่มีองศาแบบมีเถรอดเพลเป็นส่วนสนับสนุน 198

รูปที่ 206: หลังคาแบบมีองศาแบบมีเถรอดเพลเป็นส่วนสนับสนุน 198

รูปที่ 207: สัดส่วนระหว่างชุดโครงสร้างเถรอดเพลกับโครงสร้างปกติ 02 199

รูปที่ 208: หลังคาจั่วแบบมีเถรอดเพลเป็นส่วนผสมกับโครงสร้างปกติ 200

รูปที่ 209: หลังคาแบบไม่มีองศาแบบมีเถรอดเพลเป็นส่วนผสมกับโครงสร้างปกติ 200

รูปที่ 210: หลังคาแบบมีองศาแบบมีเถรอดเพลเป็นส่วนผสมกับโครงสร้างปกติ 201

รูปที่ 211: สัดส่วนระหว่างชุดโครงสร้างเถรอดเพลกับโครงสร้างปกติ 03 201

รูปที่ 212: หลังคาจั่วแบบมีเถรอดเพลเป็นโครงสร้างทั้งหมด 202

รูปที่ 213: หลังคาแบบไม่มีองศาแบบมีเถรอดเพลเป็นโครงสร้างทั้งหมด 203

รูปที่ 214: หลังคาแบบไม่มีองศาแบบมีเถรอดเพลเป็นโครงสร้างทั้งหมด 203
รูปที่ 215: การปรับเปลี่ยนพื้นที่ให้เหมาะสมกับการใช้งานโดยการเสริมรอยต่อแบบปรับตำแหน่งได้ 209
รูปที่ 216: การปรับเปลี่ยนพื้นที่ในระดับยูนิตที่สามารถเปลี่ยนไปเป็นสถาปัตยกรรมขนาดเล็ก..... 209
รูปที่ 217: การแบ่งไม้ออกเป็นท่อนเล็กเพื่อสะดวกในการขนส่ง 210
รูปที่ 218: ลักษณะผลงานของโจทย์ที่มีระยะเวลาจำกัด 213
รูปที่ 219: ผลงานในช่วงการศึกษาค้นคว้าข้อมูล 214
รูปที่ 220: ตัวอย่างการจัดทำแบบทางสถาปัตยกรรม 215
รูปที่ 221: การจัดทำแบบสามมิติเพื่อศึกษาลักษณะและวิธีการในการประกอบ 215
รูปที่ 222: แบบจำลองผลงานขั้นสุดท้าย 216
รูปที่ 223: ลักษณะของโต๊ะที่ปรับเปลี่ยนรูปแบบได้ตามต้องการ 217
รูปที่ 224: แผนภาพแสดงชิ้นส่วนและการประกอบ..... 218
รูปที่ 225: ต้นแบบโต๊ะพาจรในการนำไปจัดแสดง 219
รูปที่ 226: แผนภาพแสดงกระบวนการพัฒนาการออกแบบ 220
รูปที่ 227: รูปด้านอาคาร 220
รูปที่ 228: รูปด้านข้างอาคาร 220
รูปที่ 229: ลักษณะของรอยต่อในมุมมองของมนุษย์ 221
รูปที่ 230: ทัศนียภาพจากทางด้านหน้า..... 222
รูปที่ 231: ทัศนียภาพจากทางข้าง 222
รูปที่ 232: ทัศนียภาพจากด้านบน..... 223
รูปที่ 233: การต่อขยายศาลากากบาท แบบเพิ่มยูนิตแบบ 2 ยูนิตและ 4 ยูนิต..... 223
รูปที่ 234: ทัศนียภาพการต่อขยายแบบ 2ยูนิต 224
รูปที่ 235: ทัศนียภาพการต่อขยายแบบ 4ยูนิต 224
รูปที่ 236: ทัศนียภาพการต่อขยายแบบ 4ยูนิตในมุมบน 225

รูปที่ 237: ทัศนียภาพของศาลาต่อขยาย 225
รูปที่ 238: ทัศนียภาพของศาลาต่อขยายจากภายนอก 226
รูปที่ 239: ทัศนียภาพของศาลาต่อขยายจากภายใน 226

บทที่ 1

บทนำ

1.1 **คำถามและความสำคัญของปัญหา**

ภูมิปัญญาในการก่อสร้าง (**local wisdom of construction**) ถือว่าเป็นคุณลักษณะสำคัญที่ปรากฏ ในงานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น (**vernacular architecture**) ซึ่งองค์ความรู้ดังกล่าวนี้เปรียบได้เสมือนตัวแทนทางด้านศิลปวัฒนธรรมประการหนึ่ง โดยความรู้ดังกล่าวนี้ยังเป็นรากฐานให้กับความคิดและการทำงานในศาสตร์ต่างๆ โดยที่ภูมิปัญญาในการก่อสร้างพื้นถิ่นนั้น นอกจากจะสามารถแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจซึ่งผ่านการลองผิดลองถูกของช่างฝีมือ หรือช่างก่อสร้าง ซึ่งนำไปสู่แนวทางการใช้งานและกระบวนการด้านการพัฒนาที่เกิดความเหมาะสม ตลอดจนมีความสอดคล้องกับสภาพบริบทพื้นที่ในท้องถิ่นนั้นๆ ด้วยเหตุผลดังกล่าว ส่งผลให้เกิดสถาปัตยกรรมในระดับที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว และมีความแตกต่างกันทั้งในระดับท้องถิ่น หรือเป็นระดับภูมิภาค ซึ่งในบางกรณีนั้น ก็ยังสามารถสะท้อนออกมาให้เห็นเอกลักษณ์ของชนชาติได้อีกด้วย แต่ปัญหาในแวดวงวิชาการ หรือการวิจัยทางด้านที่เกี่ยวข้องกับการนำภูมิปัญญาพื้นถิ่นมาออกแบบงานสถาปัตยกรรมในช่วงเวลาปัจจุบันนั้น เกิดรอยต่อที่ชัดเจนระหว่างการศึกษาวิจัยภูมิปัญญาที่มีศักยภาพเพียงพอ กับวิธีการที่จะนำภูมิปัญญาเหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ หรือพัฒนาให้เกิดผลลัพธ์ในการออกแบบที่สอดคล้องสภาพสังคมในปัจจุบัน หรือกล่าวในอีกมุมหนึ่งได้ว่า ลักษณะการศึกษาภูมิปัญญานั้น ยังไม่เกิดการบูรณาการ สนับสนุน หรือการทำงานร่วมกันกับกระบวนการการออกแบบสถาปัตยกรรมในประเทศไทย

ในพื้นที่ของประเทศไทยเองนั้น มีลักษณะของภูมิปัญญาในการก่อสร้างที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว มีศักยภาพ และมีความน่าสนใจอยู่หลายประเภท ซึ่งได้กลายมาเป็นรากฐานในกระบวนการก่อสร้างเช่น การผูกรัดมัดเงื่อน / การสาน / การเข้ารอยต่อไม้ หรือแม้ทั่งการ “ก่อ”ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาในภายหลัง โดยลักษณะของภูมิปัญญาดังกล่าวนั้นได้เกิดขึ้นมาจาก ลักษณะของวิถีชีวิต, ศิลปวัฒนธรรม, ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ จนทำให้เกิดการสะสมขององค์ความรู้ซึ่งแปรเปลี่ยนเป็น “ภูมิปัญญาพื้นถิ่น” (**local wisdom**) ซึ่งใช้ในชีวิตประจำวันทั่วไปๆ โดยที่**“ภูมิปัญญาในการก่อสร้างพื้นถิ่น”**นั้น ก็คือผลลัพธ์อย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นจากตัวภูมิปัญญาพื้นถิ่นดังทีได้กล่าวไป โดยตัวอย่างของปัญหาอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นกับภูมิปัญญาท้องถิ่นนั้น เช่นการเข้า **รอยต่อไม้ / หรือเข้า**

ปากไม้ (Wood joints) แบบต่างๆ ซึ่งในเวลาปัจจุบันนั้นเราสามารถพบเห็นรอยต่อดังกล่าวได้ใน วัดโบราณ งานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น อาคารเรือนไม้ตามชนบท หรือ การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ เพียงเท่านั้น โดยเหตุผลที่ภูมิปัญญาดังกล่าวได้เริ่มมีการสูญหาย ลดลงและมีแนวโน้มที่จะหมดหรือสูญสิ้นไป ส่วนหนึ่งเกิดจากการที่รอยต่อดังกล่าวมักจะถูกสร้างขึ้นจากวัสดุไม้ หรืออยู่ในเรือนพื้นถิ่นที่ก่อสร้างโดยไม้เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งส่งผลกับสภาพที่ทรุดโทรมไปตามเวลา โดยขาดการทำนุบำรุง หรือดูแลรักษาอย่างถูกต้องและเหมาะสม อีกประการหนึ่งนั้นคือ การมองเห็นคุณค่าของภูมิปัญญาดังกล่าวเพื่อที่จะทำการพัฒนารอยต่อ หรือภูมิปัญญาในการก่อสร้างชิ้นนี้ ทั้งในแง่ของการศึกษา การขยายขอบเขตและขีดความสามารถ หรือการสร้างแนวทางเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรมอย่างเป็นรูปธรรม และต่อเนื่อง

หนึ่งในตัวอย่างที่น่าสนใจในกรณีดังกล่าวคือ “เถรอดเพล” หนึ่งในระบบของการเข้ารอยต่อไม้ซึ่งเป็นภูมิปัญญาพื้นถิ่น (**local wisdom**) ที่เกิดจากของเล่นชนิดหนึ่ง ซึ่งตัวผู้คิดค้นเองนั้นมองเห็นศักยภาพที่จะสามารถพัฒนาจากของเล่นที่ใช้เพียงเล่นสันทนาการไปสู่เครื่องมือเครื่องใช้ จนไปสิ้นสุดที่ **“เครื่องตั้งศพ”** ในลักษณะของสถาปัตยกรรมขนาดเล็ก หรือเป็นสถาปัตยกรรมเชิงทดลอง ซึ่งภายหลังจากการออกแบบเครื่องตั้งดังกล่าวสำเร็จ ความต่อเนื่องและพัฒนาการในการออกแบบก็ได้หยุดลงอย่างสิ้นเชิง ทำให้ภูมิปัญญาดังกล่าวได้สูญหายไปตามเวลาซึ่งเป็นเรื่องที่น่าเสียดายอย่างยิ่ง ทั้งในเชิงวิชาการการศึกษา และ ตัวภูมิปัญญาที่เป็นเหมือนรากฐานทางวัฒนธรรม

ผลงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีความต้องการที่จะนำลักษณะของระบบการเข้ารอยต่อไม้แบบ“ เถรอดเพล ”มาทำการศึกษาใหม่ในบริบทของการศึกษาวิจัยในปัจจุบัน ซึ่งมีความพยายามที่จะลดช่องว่างของการศึกษาระหว่างความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เป็นเอกสาร หรือความรู้ที่อยู่ที่ตัวบุคคล กับการนำข้อมูลเพื่อสร้างแนวทางประยุกต์ใช้ และสามารถนำไปสร้างกระบวนการการออกแบบสถาปัตยกรรม หรือสามารถพัฒนาจากลักษณะที่เป็น “ภูมิปัญญาท้องถิ่น” **(local wisdom)** ไปสู่ภูมิปัญญาเฉพาะทางอย่าง “ภูมิปัญญาในการก่อสร้าง” **(local wisdom of construction)** อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงนำไปสู่คำถามของงานวิจัยชิ้นนี้ว่า “**ภูมิปัญญาเถรอดเพล จะสามารถนำมาประยุกต์เพื่อใช้ในการออกแบบงานสถาปัตยกรรมได้อย่างไร**”

1.2 **วัตถุประสงค์ในการวิจัย**

1.1.1. เป็นการศึกษาภูมิปัญญาของรอยต่อไม้เถรอดเพล

1.1.2. พัฒนาข้อต่อไม้เถรอดเพลเพื่อเพิ่มศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม

1.1.3. ทดลองออกแบบเป็นงานสถาปัตยกรรม

1.3 **ขอบเขตในการวิจัย**

ผลงานวิจัยชิ้นดังกล่าวมีขอบเขตในการศึกษาทางด้านเนื้อหา โดยมีศูนย์กลางหรือจุดเริ่มต้นจากลักษณะของการเข้ารอยต่อไม้เถรอดเพล โดยแบ่งขอบเขตของการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของขอบเขตเนื้อหาเชิงประวัติศาสตร์ ซึ่งในส่วนดังกล่าวเป็นการกล่าวถึงที่มาที่ไปพัฒนาการในรูปแบบต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา (Time Line) โดยอีกขอบเขตหนึ่งนั้นคือการศึกษาถึงรูปแบบและลักษณะอันปรากฏให้เห็นทางด้านกายภาพ รวมไปถึงลำดับ กรรมวิธีในการประกอบหรือการต่อ หรือวิธีการในการเล่นในแต่ละชิ้น โดยเนื้อหาทางด้านกายภาพดังกล่าวนี้อาจจะมีการขยายขอบเขตหรือกรอบในการศึกษาไปสู่ รูปแบบหรือลักษณะของรอยต่อที่มีลักษณะสอดคล้อง และมีกระบวนการในการทำงานที่มีลักษณะใกล้เคียงกันกับภูมิปัญญาเถรอดเพล ยกตัวอย่างเช่น ลักษณะตัวต่อแบบ Six Piece Burr ที่เป็นชื่อเรียกลักษณะของตัวต่อแบบหกชิ้น หรือการศึกษาภูมิปัญญาการเข้าสลักไม้ที่มีกระบวนการในการออกแบบงานสถาปัตยกรรม หรือสิ่งอื่นๆ เช่นตัวต่อแบบ “Chidori” ของประเทศญี่ปุ่นที่มีแนวทางของการทำงานในลักษณะเดียวกัน

ขอบเขตของการศึกษาทางด้านพื้นที่นั้น กำหนดให้ใช้พื้นที่ในประเทศไทยเป็นพื้นที่หลักในการศึกษา โดยมีศูนย์กลางของการทำการศึกษา หรือการทำวิจัยอยู่ที่วัดไทร อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ซึ่งปรากฏลักษณะของภูมิปัญญาเถรอดเพลในงานเครื่องตั้งศพของหลวงตาโจ้ย โดยรวมถึงภูมิปัญญาเถรอดเพลที่เป็นต้นแบบที่ถูกย้ายไปที่วัดท่าใน ซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียง โดยมีพื้นที่ในการศึกษาหลักที่ร่วมในการศึกษาคือ บริเวณกลุ่มจังหวัดในภาคกลางของประเทศไทย โดยอาจจะมีการเลือกพื้นที่ศึกษาเพิ่มเติมนอกเหนือพื้นที่ในการศึกษาหลัก เพื่อนำมาอธิบายหรือทำการเปรียบเทียบให้สามารถมองเห็นถึงความแตกต่าง และสอดคล้องกับองค์ความรู้และลักษณะของภูมิปัญญาที่ได้ทำการศึกษา โดยพิจารณาจากความสำคัญ และความเหมาะสมในการศึกษาในภายหลัง

1.4 **นิยามคำศัพท์เฉพาะ (Operational Definitions)**

1.4.1. เทคโทนิคส์ (**Tectonics**)

หมายถึง ศาสตร์ และ ศิลป์ ในการใช้วัสดุในการก่อสร้าง การผนวกเอาความงามทางองค์ประกอบศิลป์ เข้าไปในกระบวนการการก่อสร้างบนพื้นฐานของคุณสมบัติเชิงวัสดุ

1.4.2. กลไกสลักไม้ (**Wood joints System**)

หมายถึง ชุดของชิ้นไม้จำนวนหนึ่ง ที่ถูกตัดให้มีลักษณะแตกต่างกัน แต่บากรับกัน เมื่อต่อประกอบกันอย่างถูกต้องแล้ว จะสามารถขัดกันได้แน่นสนิท โดยชิ้นไม้แต่ละชิ้นไม่สามารถเคลื่อนออกจากกันได้

1.4.3. ตัวต่อไม้ (**Wood Puzzle**)

มักใช้กล่าวถึงชุดชิ้นไม้ที่มีการออกแบบมาเพื่อใช้งานในทางสันทนาการ

1.4.4. **Six-Piece Burr Puzzle**

หมายถึง ตัวต่อไม้ชนิดหนึ่ง ในปัจจุบันมีรูปแบบที่หลากหลาย มักมีลักษณะสมมาตร ประกอบกันด้วยแท่งไม้ หน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเท่าๆ กัน จำนวนหกแท่ง แต่ละแท่งอาจมีรูปแบบการบาก หรือ การคว้านที่แตกต่างกัน และมีชิ้นสำคัญหนึ่งชิ้นที่ไม่มีการบากใดๆ โดยชิ้นดังกล่าวเป็นชิ้นประกอบชิ้นสุดท้าย ใช้เสียบเข้าไปเพื่อยึดให้ตัวต่อไม้ขัดกันแน่น

1.4.5. ภูมิปัญญาในการก่อสร้าง

หมายถึง ระเบียบวิธี หรือ ประเพณีปฏิบัติในการก่อสร้างของ ท้องถิ่น หรือภูมิภาคหนึ่งๆ ซึ่งไม่ได้เกิดจากวิทยาศาสตร์การก่อสร้าง แต่เกิดจากการพัฒนาผ่านการลองผิดลองถูกและได้รับการสืบทอดจากรุ่นสู่รุ่น จนเป็นองค์ความรู้ที่เป็นเอกลักษณ์ที่มีคุณค่าของท้องถิ่นนั้นๆ อาจยังมีการใช้งานอยู่ในวัฒนธรรมการก่อสร้างปัจจุบัน หรือไม่แล้วก็ได้

1.4.6. การเข้าไม้ หรือ การเข้าปากไม้ (**Wood joints**)

หมายถึง กระบวนการในการตัดแต่งชิ้นไม้โครงสร้าง เพื่อให้ชิ้นส่วนต่างๆ ในโครงสร้างอาคาร สามารถประกอบเข้าด้วยกัน ให้เกิดเป็นชิ้นไม้ที่มีความยาวมากขึ้น หรือเกิดการเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วนของโครงสร้างต่างๆ ได้ วัตถุประสงค์ของการเข้าไม้ คือ ทำให้เกิดโครงสร้างที่ยึดแน่น

แข็งแรง มีความงามบริเวณรอยต่อ ลดการใช้เครื่องมือยึดเช่น ตะปู ตะปูเกลียว หรือกาว รวมไปถึงการเอื้อให้สามารถถอดประกอบโครงสร้างดังกล่าวได้ในภายหลัง

1.5 **วิธีการดำเนินงานวิจัย**

1.5.1. การรวบรวมข้อมูล

1.5.1.1. การรวบรวมทฤษฎีและสร้างกรอบแนวความคิดเรื่อง “เทคทอนิคส์”

การศึกษาทบทวนกรอบแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับเทคทอนิคส์นั้น เริ่มต้นการศึกษาโดยใช้เอกสารทางวิชาการต่างๆไม่ว่าจะเป็นหนังสือ บทความ วารสาร หรือวิทยานิพนธ์ รวมไปถึงการศึกษางานที่สร้างจริงในการมองเป็นกรณีศึกษา ที่มีการให้คำนิยามและความหมาย หรือคำอธิบาย โดยพิจารณาและทำการศึกษาเปรียบเทียบกับเอกสารทางวิชาการที่มีอยู่ในประเทศไทยที่มีการกล่าวถึงโดยตรง หรือมีลักษณะการอธิบายที่สามารถเชื่อมโยงกันได้ ในการให้คำนิยามที่เกี่ยวเนื่องกับคำว่า **“เทคทอนิคส์”** เพื่อสรุปคำจัดความและนิยามใหม่ที่มีความสัมพันธ์กับบริบทของการศึกษาและการออกแบบในประเทศไทย อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาแนวคิดเรื่อง **“เทคทอนิคส์”**ในการสร้างความเชื่อมโยงกับลักษณะทางภูมิปัญญาในการก่อสร้างเพื่อนำไปกำหนดกรอบในการศึกษาวิจัย การเลือกกรณีศึกษา รวมไปถึงการวิเคราะห์ข้อมูล และการจัดระบบหมวดหมู่ของข้อมูลในเรื่องของภูมิปัญญาในการก่อสร้างพื้นถิ่นขึ้นมาใหม่

1.5.1.2. การรวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาวารสารเอกสารหรืองานวิจัยทั้งในส่วนของภาษาไทยและภาษาต่างประเทศที่มีความเกี่ยวข้องในเรื่องภูมิปัญญาในการก่อสร้างในลักษณะต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นองค์ประกอบต่างๆ (element) ส่วนขยายสำคัญ (detail) หรือการอธิบายถึงกระบวนการในการก่อสร้างที่แสดงออกมา (expression) ทั้งในประเภท

ของเอกสารที่แสดงแบบเป็นการกล่าวอ้างถึงในลักษณะตัวอักษร หรือเป็นเอกสารที่มีรูปภาพประกอบ หรือภาพถ่าย (photography) รวมไปถึงการศึกษาเอกสารทางสถาปัตยกรรมที่มีการบันทึกในส่วนที่เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาในการก่อสร้าง ทั้งในประเภทที่เป็นแบบทางสถาปัตยกรรมโดยตรงเช่น ผังอาคาร (plan) รูปด้าน (side elevation) รูปตัด (section) รวมไปถึงในลักษณะประเภทของการสเกต (sketch) หรือการวาดบันทึกรูปแบบทางสถาปัตยกรรมอย่างไม่เป็นทางการ โดยเลือกพิจารณาเป็นรายกรณีที่น่าสนใจ

1.5.1.3. การศึกษาจากการลงภาคสนาม

ลงพื้นที่เพื่อทำการศึกษา โดยเน้นการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง เช่น ตำแหน่งที่ตั้ง ลักษณะทางกายภาพ เจ้าของ อายุ หรือผู้ทำการก่อสร้าง โดยใช้การกำหนดพื้นที่ในการศึกษามาจากการศึกษาเอกสารขั้นต้น โดยทำในลักษณะของการทำสำรวจรังวัด หรือบันทึกข้อมูลเป็นภาพถ่าย โดยอาจจะมีการสัมภาษณ์ในเชิงลึกเพื่อเติม โดยมองความสัมพันธ์ของตัวภูมิปัญญาในการก่อสร้างนั้นเป็นหลัก และทำการสัมภาษณ์ช่างฝีมือ หรือครูช่างท้องถิ่นโดยตรงถึงข้อมูลในการทำงานทั้งอุปสรรคต่างๆ และ สิ่งที่มีการสนับสนุน ทั้งในส่วนของลักษณะของตัวภูมิปัญญาการ ก่อสร้างเอง กระบวนการในการสร้างสรรค์งาน การสั่งสอนหรือเผยแพร่ข้อมูลต่อสาธารณะ และทำการสัมภาษณ์กลุ่มสถาปนิกและนักออกแบบ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้ คือ กลุ่มนักศึกษาสถาปัตยกรรม และ กลุ่มสถาปนิกที่ประกอบวิชาชีพเพื่อจัดระบบและสร้างหมวดหมู่ให้กับข้อมูลดิบของภูมิปัญญาในการก่อสร้างพื้นถิ่นเถรอดเพลที่ได้รับมาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อรอการวิเคราะห์ในขั้นตอนของการศึกษาต่อไป

1.5.2. การวิเคราะห์ข้อมูล

1.5.2.1. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเทคทอนิคส์ของภูมิปัญญาในการก่อสร้างพื้นถิ่น

การศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลของภูมิปัญญาในการก่อสร้างของงานวิจัยชิ้นนี้แบ่งออกเป็นสามส่วนหลักๆคือ

- การแสดงออก (Expression of construction) ในส่วนนี้เป็นการนำเอาภูมิปัญญาในการก่อสร้างพื้นถิ่นที่ได้เก็บข้อมูลมามาสร้างคำอธิบายด้วยกรอบของแนวคิดและทฤษฎีเทคทอนิคส์ในลักษณะของ วัสดุที่เลือกใช้ที่สัมพันธ์กับพื้นที่ตั้ง การใช้วิธีการก่อสร้างที่เหมาะสมกับวัสดุที่ใช้ หรือลักษณะของพื้นที่ ผู้สร้างหรือครูช่างฝีมือต่างๆ ว่าทั้งหมดดังกล่าวนี้ส่งผลต่อลักษณะที่แสดงออกทางกายภาพอย่างไร?

- ลักษณะทางกายภาพ (Physical) เป็นการวิเคราะห์โดยใช้ลักษณะทางกายภาพของภูมิปัญญาในการก่อสร้างนั้นเป็นหลักในการสังเกต โดยมีการศึกษาที่อธิบายในส่วนของคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น การรับแรงกด การรับแรงดึง หรือ การรับแรงเฉือน โดยใช้การทดสอบทางวิทยาศาสตร์และบันทึกเป็นข้อมูล รวมไปถึงลักษณะของวัสดุที่เลือกใช้ และคุณลักษณะเฉพาะที่แสดงออกมา (Performance) ที่แตกต่างกันในแต่ละประเภท

- ขีดจำกัด (Limitation) เป็นการนำการแสดงออกและลักษณะทางกายภาพมาหาข้อสรุปของข้อดีและข้อเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละภูมิปัญญาในการก่อสร้าง และจุดแข็งจุดอ่อนที่สามารถนำไปพัฒนาต่อไปได้ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนเบื้องต้นมาเปรียบเทียบในลักษณะของการเปรียบเทียบ **(Comparative study)** โดยเปรียบเทียบกันในส่วนที่เป็นภูมิปัญญาประเภทเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น การเข้าไม้แบบต่างๆ เป็นต้น และสร้างเป็นข้อสรุปในแต่ละประเภทของภูมิปัญญาในการก่อสร้าง หลังจากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบกันระหว่างประเภทของภูมิปัญญาในการก่อสร้างพื้นถิ่น เพื่อสร้างเป็นข้อสรุปต่อไป

1.5.2.2. การวิเคราะห์เพื่อสร้างแนวในการตัดสินใจในการพัฒนาการออกแบบสถาปัตยกรรม

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณลักษณะของภูมิปัญญาในการก่อสร้างที่มีผลลัพธ์แสดงถึง ศักยภาพหรือขีดจำกัดต่างๆ มาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปเบื้องต้นที่จะใช้เป็นกรอบในการพัฒนาในแต่ละส่วนที่เชื่อมโยงกับกระบวนการในการทดลองออกแบบตัวอย่างของต้นแบบทางสถาปัตยกรรมที่เป็นส่วนสังเคราะห์ของงานวิจัยชิ้นนี้ โดยพัฒนาเป็นแบบคู่มือในการอธิบายกระบวนการทำงานของตัวอย่างของภูมิปัญญาการก่อสร้างเพื่อทดสอบผ่านผู้ร่วมทดสอบ และนำข้อมูลมาทำการศึกษาถึงผลลัพธ์ในขั้นตอนต่อไป

1.5.3. การสังเคราะห์ข้อมูล

1.5.3.1. การศึกษาโดยใช้การปฏิบัติการ

ใช้กระบวนการวิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (PAR : **participatory action research**) ในการฝึกและเรียนรู้เพื่อปฏิบัติจริงกับครู หรือช่างฝีมือผ่านตัวของผู้ศึกษาวิจัยเองโดยตรง โดยสร้างเป็นวิธีการในการศึกษาเป็น 2ขั้นตอน โดยเริ่มจากขั้นตอนในการศึกษาออกแบบด้วยตนเองผ่านเอกสาร หรือ กรณีศึกษาในเรื่องของภูมิปัญญาในการก่อสร้างโดยอาจเลือกขึ้นมาทำการศึกษาหรือสุ่มเลือก กำหนดวัตถุในการออกแบบแล้วประเมินถึงอุปสรรคและปัญหาที่เกิดขึ้น หลังจากนั้นจึงใช้การศึกษากับผู้รู้กับครูช่างที่สามารถถ่ายทอดประสบการณ์โดยตรง และสรุปผลดังที่ผ่านมา เพื่อหาความอุปสรรค หรือข้อจำกัดที่แตกต่างกันระหว่างสิ่งที่วิเคราะห์จากเนื้อหา และการปฏิบัติงานจริงกับผู้รู้ว่ามีความเหมือน หรือ สอดคล้องกันหรือไม่?

1.5.3.2. การทดลองออกแบบสถาปัตยกรรมขนาดเล็กจากภูมิปัญญาเพื่อเป็นตัวอย่างต้นแบบ

การออกแบบนั้นเน้นไปที่การสร้างสถาปัตยกรรมที่เกิดขึ้นจากลักษณะทางภูมิปัญญาในการก่อสร้างเพื่อทดสอบ ลักษณะที่เกิดขึ้นในเชิงของ ความหลากหลาย (Variation) ในความเป็นไปได้ของทางเลือกในการออกแบบภายใต้ข้อจำกัดที่เป็นตัวแปรบางประการ โดยพัฒนามาจากแนวทางที่ได้รับมาจากการสรุปในขั้นตอนของการวิเคราะห์ โดยทำการสุ่มเลือกแบบหนึ่งจากชุดของความหลากหลายนั้นมาออกแบบในสัดส่วนที่ใกล้เคียงหรือเทียบเท่าของจริง (1:5) และทำการเก็บข้อมูลของแบบที่เกิดขึ้น (Stock) ผ่านการศึกษาการทดลองออกแบบในวิธีการแบบ “Practice Based Research” โดยนำเสนอในลักษณะของการเผยแพร่ทางนิทรรศการ หรือการแสดงงาน เพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมของผู้ใช้งานทั้งการสังเกตพฤติกรรมระหว่างสถาปัตยกรรมนั้นกับผู้คนผ่านการสังเกตและการทำแบบประเมิน

1.6 **ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย**

1.6.1. ได้รับองค์ความรู้ใหม่ที่จะไปพัฒนาเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสถาปัตยกรรมจากภูมิปัญญาในการก่อสร้างเถรอดเพล

1.6.2. ทบทวนการอธิบาย และให้ความหมายของภูมิปัญญาในการก่อสร้างไม้พื้นถิ่นในมุมมองใหม่ ที่มีความสอดคล้อง และเหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน

1.6.3. เป็นฐานข้อมูลในเรื่องภูมิปัญญาในการก่อสร้างเถรอดเพลแก่ผู้ที่มีความสนใจ

1.6.4. สร้างและยกระดับคุณค่าให้แก่งานภูมิปัญญาในการก่อสร้าง และสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 **ความหมายของเทคโทนิคส์**

คำว่าเทคโทนิคส์ มีรากคำศัพท์ใกล้เคียงกับความหมายของคำว่าสถาปัตยกรรม (Architecture) ซึ่งมีรากมาจากการสร้างสรรค์งานช่างฝีมือในยุคกรีก โดยคำดังกล่าวถูกนำมาถกเถียงถึงความหมายเป็นอย่างมากในช่วง ศตวรรษที่ 19 เป็นต้นมา โดยมีนักเขียนอย่าง **Carl Bötticher** (Die Tektonik der Hellenen) และ **Gottfried Semper** (Four elements of Architecture) เป็นนักเขียนรุ่นบุกเบิกที่นำเอาคำว่า เทคโทนิคส์ มาใช้อธิบายงานสถาปัตยกรรมยุคใหม่ (Schwartz, 2017b)

2.1.1. **Bötticher** – การสื่อสารหลักการทางโครงสร้างผ่านสถาปัตยกรรม (**Structural Principle and Architectural Expression**)

คำว่าเทคโทนิคส์ในงานสถาปัตยกรรม ถูกนำมาถกเถียงถึงขอบเขตของความหมายบ่อยครั้ง โดย Bötticher ได้นำเอาคำว่าเทคโทนิคส์ มาเชื่อมโยงกับคำว่า Kunstform ในภาษาเยอรมัน (Art-form) ซึ่งหมายถึงการตกแต่งประดับประดา และ Kernform ในภาษาเยอรมัน (Core-form) ซึ่งหมายถึงคุณสมบัติทางโครงสร้าง อันเป็นสัจจะของวัตถุนั้นๆ Bötticher พูดถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบดังกล่าวสื่อให้เห็นถึงความหมายของอาคาร และให้ผู้ใช้อาคารเข้าใจถึงหลักการทางโครงสร้าง และ ที่ว่างในงานสถาปัตยกรรมนั้นๆ Chad Schwartz กล่าวว่าในมุมมองของ Bötticher เทคโทนิคส์ เปรียบได้กับเสากรีก ที่มีลักษณะโครงสร้างที่เรียบง่าย เพียงคานที่ถ่ายแรงโน้มถ่วงที่เกิดขึ้นในบริเวณโครงสร้างส่วนบนสู่หัวเสา ที่ถ่ายน้ำหนักลงสู่พื้น หรือโครงสร้างด้านล่างอย่างเท่าเทียมกัน และเมื่อองค์ประกอบประดับของระบบเสากรีกถูกนำมาใช้ บริเวณตำแหน่งที่แรกที่น้ำหนักดังกล่าวถ่ายลงมาก็ถูกประดับประดาด้วยองค์ประกอบที่ประณีตที่สุดในระบบหัวเสา ประหนึ่งกับเป็นการเน้น และเผยความจริงแท้ที่ซ่อนอยู่ภายใต้พื้นผิวประดับ (Schwartz, 2017b)

2.1.2. **Semper**

การสื่อสารเทคนิคเฉพาะวัสดุผ่านสถาปัตยกรรม (**Material Techniques and Architectural Expression**) งานเขียนของ Semper ซึ่งพูดถึงองค์ประกอบทั้งสี่ในงานสถาปัตยกรรม อันได้แก่ เตาไฟ (Hearth) สำหรับสร้างเครื่องเคลือบดินเผา (**Ceramics**) การถักและการสานภายใน ส่วนปิดล้อม (Enclosure) ที่สร้างสิ่งทอ (**Textile**) งานช่างไม้ (**Carpentry**) ซึ่งประกอบกันเป็นหลังคา (Roof) และ งานดิน (**Earthwork**) สำหรับนอกชาน **(Terrace)** เขากล่าวว่าองค์ประกอบเหล่านี้ต่างแปลงมาจากวัสดุเฉพาะ ดังนั้นแต่ละองค์ประกอบจึงมีเทคนิคของตนเอง สำหรับ Semper เทคโทนิคส์คือความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุ กับการ การใช้สอย และเทคนิค ที่เป็นตัวกำหนดการแสดงออกทางสถาปัตยกรรม Semper แบ่งงานฝีมืออาคารออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งคือ “เทคโทนิคส์” ของ “โครง” ซึ่งมีน้ำหนักเบา และอีกส่วนหนึ่งเรียกว่า “สเตอรีโอโทมิกส์” ของงานดินก่อ ซึ่งเกิดจากมวลของวัสดุที่ซ้อนทับกันเป็นโครงสร้างน้ำหนักมาก ซึ่งเด่นชัดมากหากเราพิจารณาการใช้ศัพท์คำว่า “ผนัง” ในภาษาเยอรมัน ซึ่ง die Wand ถูกใช้กับผนังแบบแผงกั้นน้ำหนักเบาอย่างผนังไม้สานโบกดิน **(Wattle and Daub)** กับส่วน die Mauer ใช้กับผนังทึบตัน ที่มีน้ำหนักมาก (Frampton, 1996)

2.1.3. **Frampton** – บทกวีแห่งโครงสร้าง และ วัฒนธรรม (**Cultural and Structural Poetic**)

Frampton ถกประเด็นเกี่ยวกับเทคโทนิคส์ ในเชิงความสัมพันธ์ระหว่างการนำ รูปทรง Archtiectonic ในอดีตกลับมาในยุคอุตสาหกรรมของปัจจุบัน ในงานเขียน “Towards a Critical Regionalism” Frampton (1998) เริ่มต้นกล่าวถึงเทคโทนิคส์ ในฐานะเครื่องมือหนึ่งในการสร้าง “ท้องถิ่นนิยมเชิงวิพากษ์” โดยเขากล่าวว่าเทคโทนิคส์อาจจะเกิดขึ้นจาก รูปแบบโครงสร้างอันแปลกประหลาดเอกลักษณ์เฉพาะได้ (Peculiar structural mode)

ความเห็นของ Frampton ใกล้เคียงกับความเห็นของ Botticher เกี่ยวกับความหมายของเทคโทนิคส์ในแง่ของการใช้โครงสร้างในฐานะเครื่องมือสื่อสารสถาปัตยกรรม เขากล่าวว่าอัตตาณัติทางสถาปัตยกรรมอาศัยอยู่ภายในเทคโทนิคส์ ที่เปิดเผยเอ็นที่ร้อยโครงสร้าง ในแบบที่รูปทรงองค์รวมของโครงสร้างต้องการต้านทานแรงโน้มถ่วงอย่างรุนแรง แต่แม้ Frampton จะกล่าวถึงโครงสร้างบ่อยครั้ง Frampton ยังเน้นย้ำว่าการสร้างเทคโทนิคส์หาได้เกี่ยวข้องกับเทคนิคการก่อสร้างอย่าง

เดียวไม่ เพราะมันมีความซับซ้อนมากไปกว่า “สเตริโอโทมี”[1] และ การสื่อสารของโครงแบบ skeleton ทั่วไป Frampton (1998, p. 28) ได้สรุปถึงความสำคัญของเทคโทนิคส์ต่องานสถาปัตยกรรมในปัจจุบันว่า เป็นสื่อกรองสัมพันธ์ระหว่าง วัสดุ หัตถศิลป์ และแรงโน้มถ่วง ที่รวมกันเป็นชิ้นส่วนหนึ่งของอาคารที่เป็นเหมือนการควบรวมเรื่องราวของโครงสร้างทั้งหมด

“ The tectonic remains to us today as a potential means for distilling play between material, craftwork and gravity, so as to yield a component which is in fact a condensation of the entire structure. We may speak here of the presentation of a structural poetic rather than the representation of a façade.”

คำว่าแรงโน้มถ่วง ปรากฏในฐานะความหมายของเทคโทนิคส์ ในงานเขียนของ Frampton เป็นครั้งแรก และ Frampton ยังเน้นย้ำว่าโครงสร้าง Skeleton ที่ไร้การตกแต่ง ก็ไม่ใช่เทคโทนิคส์ ซึ่งสอดคล้องกับงานเขียนของ Semper สิ่งที่โดดเด่นในงานเขียนของ Frampton ที่พบได้ใน “Towards a critical regionalism” คือการกล่าวถึงการกลับไปหา และพิจารณารากเหง้าทางวัฒนธรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น (Vernacular Architecture) เพื่อค้นหาแนวทางเทคโทนิคส์ใหม่ให้แก่สถาปัตยกรรม

2.1.4. **Porphyrios** – บทขยายความ (**Emphasis of meanings**)

Porphyrios (2002, pp. 135-136) ได้กล่าวถึงคำว่า เทคโทนิคส์ ไว้ในเรียงความ “From Techne to Tectonics” ใจความว่า

“ The concern of tectonics is threefold. First, the finite nature and formal properties of constructional materials, be those timber, brick, stone, steel, etc. Second, the procedures of jointing, which is the way that elements of construction are put together. Third, the visual statics of form, that is the way

---

[1] สเตริโอโทมี คือ รูปแบบการก่อสร้างที่เกิดจากการใช้วัสดุชนิดเดียวกันประกอบขึ้นมาเป็นโครงสร้าง โดยการวางซ้อนทับกัน มักหมายถึงงานก่อ

by which the eye is satisfied about stability, unity and balance and their variations or opposites"

จะเห็นได้ว่าความหมายของเทคโทนิคส์ในแบบของ Porphyrios และ Frampton มีความคล้ายคลึงกันเป็นอย่างมาก คล้ายกับว่า Porphyrios ได้ทำการขยายคำจำกัดความของ "วัสดุหัตถศิลป์ และแรงโน้มถ่วง" ของ Frampton ออกมาให้ชัดเจนขึ้น นอกจากนี้ยังเข้าไปสัมผัสแนวความคิดของ Semper เกี่ยวกับการสร้างสรรค์งานจากคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุอีกด้วย

ถึงแม้ว่าทั้ง Frampton และ Porphyrios จะเล็งเห็นถึงความสำคัญของคุณสมบัติทางเสถียรภาพทางโครงสร้าง คล้ายกับที่ Botticher ได้กล่าวไว้ แต่ทั้งสองคนแรกกลับมองไปในภาพของสภาวะโครงสร้างแบบเป็นองค์รวม มากกว่าการพยายามเน้นส่วนถ่ายเทน้ำหนักสำคัญเพียงบางจุด

2.2 **เทคโทนิคส์ งานไม้ และสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น**

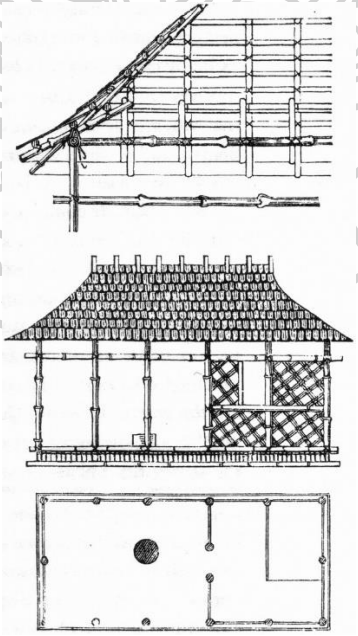
รากศัพท์ภาษากรีกของเทคโทนิคส์ แปลงมาจากคำว่า Tekton ซึ่งหมายถึงช่างไม้ หรือช่างก่อสร้าง และมีความเชื่อมโยงกับกริยา Tektainomai ซึ่งสัมพันธ์กับภาษาสันสกฤตว่า Taksan ที่หมายถึงงานฝีมือประเภทงานช่างไม้ (Frampton, 1996) ถึงแม้ว่าในเวลาต่อมา เทคโทนิคส์จะใช้ในการกล่าวถึงศาสตร์การผสานรอยต่อ หรือสร้างสรรค์ศิลปะในโครงสร้าง ที่เกิดในโครงสร้างจากวัสดุอื่นๆ เช่นคอนกรีต (Frampton, 1996) และเหล็ก แต่ก็ยังปรากฏว่างานเขียนหลายชิ้นก็ยังคงกล่าวถึงเทคโทนิคส์ในแง่องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับงานช่างไม้โดยตรง

ถึงแม้ว่า Semper จะเสนอความหมายของ เทคโทนิคส์ ในแง่ความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุกับการแสดงออกทางสถาปัตยกรรม และกล่าวถึงองค์ประกอบงานฝีมือ 4 ประเภท ใน **Four Elements of Architecture** แต่ในงานเขียนถัดมาอย่าง **Der Stil** เซ็มเปอร์ ได้ตัดทอนขอบเขตของเทคโทนิคส์ เหลือเป็นเพียงงานฝีมือประเภทที่ 3 ซึ่งก็คืองานช่างไม้ แต่เพียงอย่างเดียว (Maulden, 1986) และได้กล่าวว่า เทคโทนิคส์เกิดขึ้นในกระบวนการก่อสร้างแบบแห้ง (Dry Process) เพียงเท่านั้น (Frampton, 1996)

2.2.1. แรงบันดาลใจทางเทคโทนิคส์จากงานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น (**Vernacular Architecture**)

นอกจาก Kenneth Frampton ที่กล่าวถึงการรื้อฟื้นงานรูปแบบท้องถิ่นนิยม (Regionalism) เพื่อเป็นต้นแบบแก่พัฒนาการทางสถาปัตยกรรม (Frampton, 1998) เพื่อทานการถดถอยทางวัฒนธรรมที่เป็นผลจากความแพร่หลายของสถาปัตยกรรมที่ Venturi, Brown, และ Izenour (1972) เรียกว่า 'Decorated Shed' และมุ่งเน้นไปยังการค้นหารูปแบบงานฝีมือที่เป็นประโยชน์ทางสถาปัตยกรรมแล้ว สถาปนิก และนักเขียนอย่าง Semper ก็ได้รับแรงบันดาลใจจากงานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นจากทั่วทุกมุมโลก ที่ไม่ได้จำกัดอยู่แค่เพียงวัสดุใดวัสดุหนึ่ง

ตัวอย่างแรงบันดาลใจทางเทคโทนิคส์ ที่เป็นที่กล่าวถึงอย่างแพร่หลาย เมื่อพูดถึงงานเขียนของ Gottfried Semper คือกระท่อมของชาวคาริบเบียน ที่มีส่วนประกอบทางโครงสร้างหลังคา และผนัง แบบงานสาน และเครื่องผูกไม้ ซึ่งแตกต่างจากอาคารแบบสเตรีโอโทมิกส์ที่พบเห็นได้มากในแถบยุโรป ได้กลายมาเป็นเครื่องมือที่ Semper ใช้ในการสื่อความหมายของเทคโทนิคส์ในเชิงวัสดุออกมาในงานเขียน Four Elements of Architecture



รูปที่ 1: กระท่อมเครื่องผูกของชาวคาริบเบียน

ที่มา: Semper (1989)

ในงานเขียนของ Semper นี้เองที่ Frampton ได้ให้ความเห็นว่าเป็นงานเขียนที่เกิดขึ้นมาจากการรวบรวมอาคารพื้นถิ่นจากทั่วทุกมุมโลก (Frampton, 1996) ไม่ว่าจะเป็นบ้านแมนแดนของอเมริกาตอนเหนือ (The North American Mandan House) บ้านแบบโกโก ในแทนซาเนีย (Gogo houses) เสื่อผนังแบบทอที่ปิดผนังกระท่อมของหัวหน้าชนเผ่าในวัฒนธรรมของคิวบา ซึ่งเป็นตัวอย่างของงานถักทอจักสาน ฐานรากแบบสเตริโอโทมิกส์ของบ้านไม้ญี่ปุ่น ไปจนถึงโครงสร้างผนังและอาคารที่เป็นสเตริโอโทมิกส์โดยสมบูรณ์อย่างที่พบได้ใน แอฟริกาตอนเหนือ ไซคลาดิก (Cycladic) และ ตะวันออกกลาง

2.3 **เทคโทนิคส์ในงานไม้ยุโรป**

ตามที่ได้กล่าวไปแล้ว ว่าทั้ง Semper และ Frampton ต่างกล่าวถึงงานเทคโทนิคส์ที่พบนอกยุโรป ว่ามีการใช้งานโครงสร้างแบบเทคโทนิคส์มากกว่า ส่วนภาคพื้นยุโรปที่มีการใช้งานโครงสร้างแบบสเตริโอโทมิกส์มากกว่า แม้ว่าคำศัพท์ เทคโทนิคส์ จะเป็นคำที่นำมาใช้ถกกันอย่างหลากหลาย ในประเทศแถบที่ใช้ภาษาเยอรมัน[2] แต่ก็ไม่ปรากฏนักว่านักเขียนอย่าง Semper หรือ Frampton มองสถาปัตยกรรมยุโรปลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ในฐานะภาพแสดงความเป็นเทคโทนิคส์ของงานไม้ เทคโทนิคส์งานไม้ในยุโรป มักปรากฏในอาคารเป็นหลังๆ ไปเสียมากกว่า องค์ความรู้ด้านเทคโทนิคส์ในแถบประเทศภาษาตระกูลเยอรมัน ถูกส่งผ่านมาโดยการส่งผ่านแนวความคิดรู้แจ้งแบบฝรั่งเศส (French Enlightment Thoughts) ผ่านทางประเทศเยอรมัน และมีอิทธิพลต่อ การเคลื่อนไหวที่เรียกว่า Bauschule และสถาปนิกที่มีชื่อเสียงของเยอรมันอย่าง Friedrich Gilly และ Schinkel ต่างก็ศึกษาเทคโทนิคส์ของไม้ ผ่านทางระบบโครงถักหลังคาของฝรั่งเศส การศึกษาเทคโทนิคส์ของไม้นี้ เกือบได้ถูกถ่ายทอดออกมาโดย David Gilly ในงานออกแบบโรงกีฬาทหาร ในช่วงปี 1800 หากแต่มันไม่ได้เกิดขึ้น (Maulden, 1986)

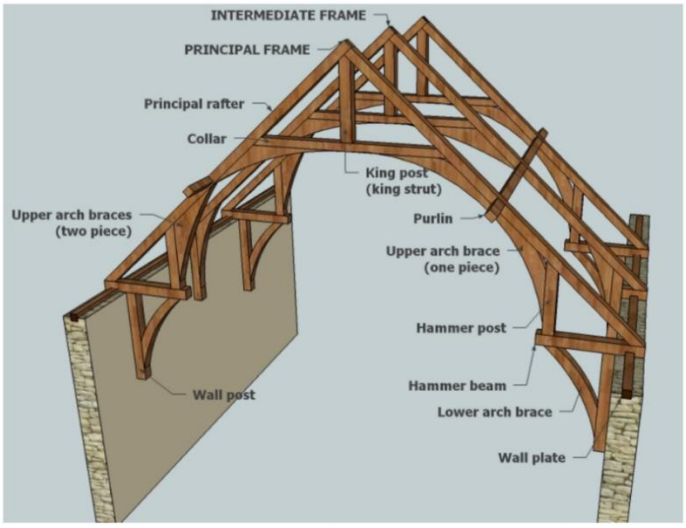
ความสนใจต่อโครงสร้างไม้ เติบโตอย่างมากในประเทศที่ใช้ภาษาเยอรมัน โดยเน้นไปที่การศึกษางานช่างไม้ในช่วงยุคกลาง (Medieval) และหลังยุคกลาง (Post-Medieval) ซึ่งต่อมาได้กลายมาเป็นต้นกำเนิดของ Arts and Craft Movement(Miłobędzki, 1989) สถาปนิกที่มีชื่อเสียงในด้านการนำเทคโทนิคส์เข้ามาใช้ในงานสถาปัตยกรรม คือ Viollet – le-Duc งานของ Viollet-le-

[2] นักทฤษฎีสถาปัตยกรรมอย่าง Karl Bötticher, Gottfried Semper, Karl Friedrich Schinkel และ Martin Heidegger

Duc ได้ถูกนำมาเป็นตัวอย่างอยู่ในบทความของทั้ง Semper (1989) และ Frampton (1996) ในฐานะนักทฤษฎีสถาปัตยกรรม ผู้เป็นต้นแบบของงานรูปแบบเทคโทนิคส์ในประเทศแถบยุโรป ในช่วงปลายกลางศตวรรษที่สิบเก้า Viollet – le - Duc ได้ทำการศึกษาโครงสร้างศิลปะยุคกลางอย่างเป็นระบบ และสังเกตเห็นถึงความคล้ายคลึงกันระหว่างงานช่างหิน (Stone Masonry) และโครงสร้างไม้ในอาคารแบบบ้านแถว หนึ่งในงานวิเคราะห์โครงสร้างไม้ที่ Viollet-le-Duc ได้ทำการวิเคราะห์และเขียนถึงไว้ใน ***Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*** (Dictionary of French Architecture from 11th to 16th Century) คือโครงสร้างหลังคา Hammer Beam Roof ของวิหารเวสต์มินสเตอร์

2.3.1. **Hammer Beam Roof** วิหารเวสต์มินส์เตอร์ โดย **Hugh Herland** ในปี **1394-1402 (Beech,** 2014**)**

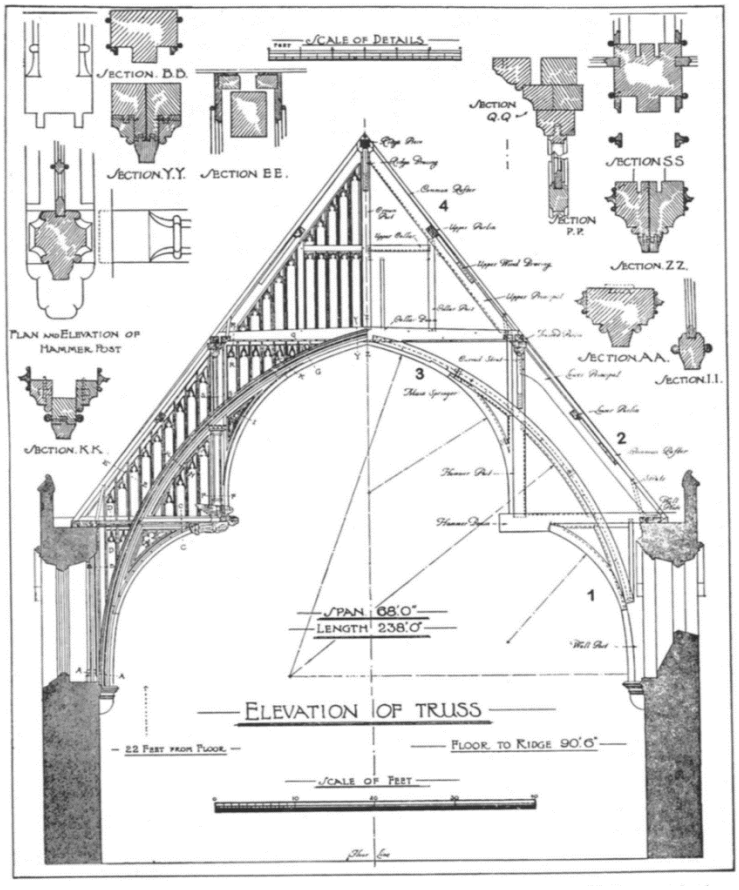
รูปที่ 2: ภาพวาดแสดงการศึกษาโครงสร้าง Hammer Beam Roof โดย Viollet-le-Duc



รูปที่ 3: แสดงส่วนต่างๆ ของโครงสร้างระบบ Hammer Beam Roof ในวิหาร Westminster Abbey

ถึงแม้ Hammer Beam Roof จะมีการใช้อย่างแพร่หลายทั่วไป หรือแม้แต่พบว่ามีความคล้ายคลึงกับโครงสร้างหลังคาของสถาปัตยกรรมในสก็อตแลนด์ (Hanke, 2005) แต่ก็ปรากฏกว่าโถงของวิหารเวสต์มินสเตอร์นี้ถูกนำมาใช้เป็นกรณีศึกษา และได้รับการยอมรับในฐานะตัวอย่างโครงหลังคาแบบ Hammer Beam Roof ที่มีความซับซ้อน และโดดเด่นที่สุด โครงหลังคาของโถง Pilgrim

Hall ในวินเชสเตอร์ ซึ่ง Herland เคยทำงานอยู่ อาจถือได้ว่า เป็นต้นกำเนิดของพัฒนาการในโครงหลังคาแบบ Hammer Beam ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของโครงหลังคาในวิหาร เวสต์มินสเตอร์ คือส่วนรองรับโครงสร้างหลัก ไม่ใช่ส่วนหลังคาโค้งขนาดใหญ่ (The Great Arch) ส่วนประกอบของ Hammer Beam Roof ประกอบด้วยส่วน Hammer Beam, Hammer Post และ ส่วนล่างของจันทันเอก แต่ละส่วนประกอบของโครงหลังคาต่างสามารถทำงานได้ด้วยตัวของตัวเอง โครงหลังคาดังกล่าวไม่ได้มีการใช้เหล็กยึดใดๆ ทำให้ชิ้นส่วนสามเหลี่ยม ทั้งสามเหลี่ยมหน้าจั่ว และสามเหลี่ยมมุมฉากที่เกิดขึ้นในโครงสร้างไม้ได้ทำงานด้วยแรงดึง (Tension) เช่นโครงถักแบบอื่นๆ แต่ส่วนประกอบของโครงหลังคาไม้นี้ถูกยึดไว้ด้วยกันด้วยแรงอัดและรองรับหน้าจั่วที่มีขื่ออยู่ที่ฐาน



รูปที่ 4: รูปด้านของโครงถักหลังคา Hammer Beam Roof ของ Westminster Hall

ที่มา: Cescinsky and Gribble, ‘Westminster Hall’ หน้า 77

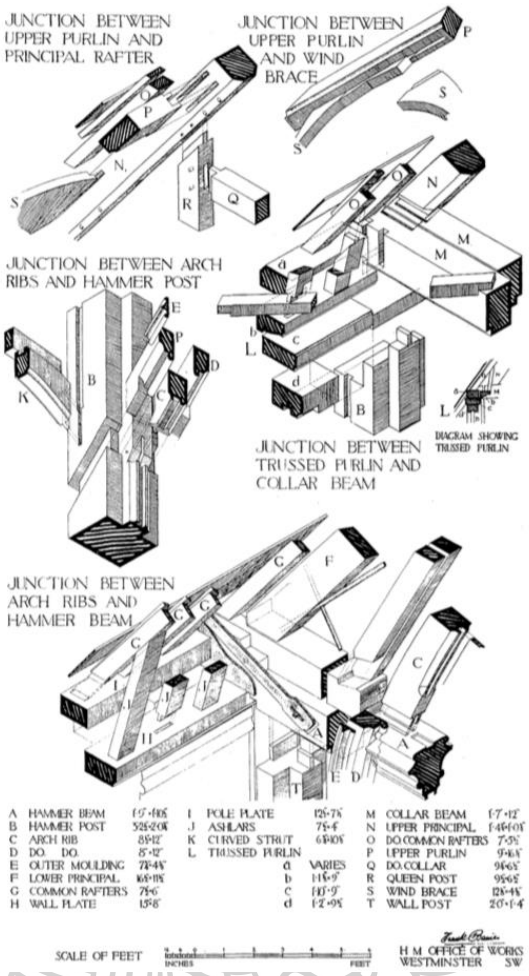
Waddell (1999) ได้กล่าวถึงน้ำหนักหลักที่กระทำกับโครงสร้าง Hammer Beam Roof แบ่งออกเป็นสองส่วน ดังนี้

- สามเหลี่ยมหน้าจั่วด้านบนของโครงหลังคาทำหน้าที่คล้ายกับโครงสร้างแยก ที่ถ่ายน้ำหนักส่วนมากลงบน Hammer Post แต่ก็มีส่วนรับน้ำหนักรองที่บริเวณส่วนกลางของขื่อเป็นแขนที่เกิดขึ้นจาก Hammer Post ส่วนยึด Hammer Post และขื่อ

- ส่วน Hammer Post นี้เป็นส่วนต่อจากโครงสามเหลี่ยมมุมฉากที่มีผนังทำหน้าที่รับน้ำหนักหลัก แต่น้ำหนักรองบางส่วนจะถูกถ่ายลงบริเวณแขนที่เกิดจากส่วน Hammer Beam เสารับผนัง และส่วนยึด Hammer Beam ส่วนโครงแขนด้านล่างนี้ยังทำหน้าที่รับแรงถีบจากแรงลมที่กระทำกับผนังภายในอีกด้วย

- ส่วนโครงรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว และ สามเหลี่ยมมุมฉากทั้งสองข้างมีจุดยึดหลักอยู่บริเวณด้านนอกของโครงสามเหลี่ยม และมีจุดยึดภายในเป็นจุดยึดรอง ซึ่งจุดยึดนี้ยังมีหน้าที่ป้องกันไม่ให้โครงหลังคาแยกออกจากกัน โดยโครงสามเหลี่ยมเหล่านี้จะสามารถถ่ายน้ำหนักได้ก็ต่อเมื่อมันถูกยึดเข้าด้วยกันแล้วเท่านั้น ชิ้นส่วนเดี่ยวๆ ไม่มีความสามารถในการรับน้ำหนักใดๆ

อีกหนึ่งความน่าสนใจของโครงสร้างดังกล่าว คือการที่ Herland แก้ปัญหาขนาดความยาวของไม้ที่ใช้ในการก่อสร้าง จนกลายมาเป็นหนึ่งในรายละเอียดทางเทคโทนิคส์สำคัญของโครงสร้าง Hammer Beam Roof นี้ Herland ได้คิดค้นวิธีการยึดไม้โดยใช้การบากไม้เป็นชุดๆ อย่างสัมพันธ์กันระหว่างไม้สองท่อนที่ถูกนำมาต่อกัน รอยบากไม้ชิ้นหนึ่งจะมีขนาดใหญ่กว่าอีกชิ้นหนึ่ง และใช้รอยต่อหางเหยี่ยว เพื่อให้เมื่อเวลาที่ยึดเดือยลงไปแล้ว ไม่สามารถดึงกลับออกมาได้อีก หลังจากนั้นจึงเอาไม้อีกชิ้นหนึ่งยึดเข้ากับเดือยด้านที่เป็นสี่เหลี่ยมด้านเท่า ด้วยวิธีการนี้เองทำให้ Herland สามารถยึดเอาไม้สั้น ที่หาได้ง่ายเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างเป็นโครงขนาดใหญ่ได้ (Miłobędzki, 1989)



รูปที่ 5: แสดงรอยต่อในส่วนโครงสร้างหลังคา ในบริเวณจุดตัดระหว่างโครงสร้างต่างๆ ของ Hammer Roof Beam

ที่มา: Baines (1914)

ถึงแม้ว่าหากมองจากโถงแล้ว จะเห็นโครงหลังคาดังกล่าวเป็นลักษณะโครงหลังคาไม้โค้ง แต่โครงหลังคาของโถงวิหารเวสต์มินสเตอร์นี้มี Hammer Beam เป็นโครงสร้างหลัก ในขณะที่ส่วนโครงหลังคาโค้งขนาดใหญ่ และการใช้ส่วนค้ำยันแนวโค้งเพื่อสร้างรูปโค้งคล้ายกลีบดอกไม้นี้ เป็นการปรับเพื่อมุมมองทางความงามเท่านั้น

2.4 **เทคโทนิคส์งานไม้เอเชีย**

ในสถาปัตยกรรมตะวันออก เรามักจะพบเห็นเทคโทนิคส์ในงานไม้ในงานอาคารที่เกี่ยวข้องกับศาสนา และอาคารที่อยู่อาศัย ในสถาปัตยกรรมประเพณีของญี่ปุ่น พบได้ทั้งในวัดต่างๆ และที่พักอาศัย ในขณะที่โครงสร้าง ในขณะที่สถาปัตยกรรมในแถบตะวันตก มักใช้โครงสร้างแบบสเตรีโอโทมิกส์มากกว่า ลักษณะโครงสร้างเทคโทนิคส์ในแบบของเอเชีย มีการพัฒนาเป็นรูปแบบที่หลากหลายและมีเอกลักษณ์เฉพาะท้องที่ ในงานเขียนของ Frampton **Transcultural Form and the Tectonic Metaphor** (Frampton, 1996, p. 257) ได้กล่าวถึงเทคโทนิคส์ในงาน ของ **Jørn Utzon** และการศึกษากระบวนการก่อสร้างแบบประเพณีของจีน จากคู่มือการก่อสร้างจีนสมัยศตวรรษที่สิบสองชื่อ **Yingzao Fashi** (Treatise on Architectural Methods) ซึ่งทำหน้าที่เสมือนกฎหมายการก่อสร้างจีนจนถึงก่อนศตวรรษที่ยี่สิบ **Utzon** เห็นว่า **Yingzao Fashi** นี้เป็นตัวอย่างที่ดี เพราะแสดงออกถึงความสัมพันธ์ของไม้ผ่านทางการขัดซ้อนองค์ประกอบแบบง่ายๆ ซ้ำกันไปมา แต่กลับก่อให้เกิดเป็นอาคารได้หลากหลายประเภท โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนหลังคา แบบ Bracket set ที่เกิดจากการใช้ท่อนไม้รูปทรงเดียวกันขัดไปมาด้วยรูปแบบต่างๆ จนก่อเกิดเป็นรูปทรงหลังคาหลากหลาย Utzon ยังได้ใช้ Yingzao Fashi เป็น “คู่ใจ” (Vade mecum) ในการพัฒนาหลักการระหว่างการออกแบบ โรงอุปรากรซิดนีย์ (Sydney Opera House) ที่ท้ายที่สุดเขาชนะการประกวดแบบในปี 1957

2.4.1. **Bracket Set**

ในหนังสือ Yingzao Fashi ปรากฏว่าได้มีการกล่าวถึงรูปแบบ Bracket แบบคันธนู ของจีนไว้ ทั้งหมด 5 รูปแบบพื้นฐานด้วยกัน โดยแขน Bracket (Bracket arms) เหล่านี้จะขัดตัวกันในแนวตั้งฉากกับผิวผนังอาคาร หรือขนาดเพียงเท่านั้น โดยองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดและเป็นองค์ประกอบเดียวที่ยื่นออกมาในแนวตั้งฉากกับผนังอาคารมีชื่อเรียกว่า Huagong (Petal Bracket arms) หลักการทำงานหลักๆ ก็คือการขัดกันไปมา ของแขนไม้ในระนาบฉาก และ ขนาน นอกจากนี้ในช่วงยุคกลางของจีน ก็มีลักษณะแขนไม้แบบใบพัด ซึ่งประกอบด้วยเม็มเบอร์ที่วางในทิศทางทำมุมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในมุมแหลม หรือ มุมป้านระบบ Bracket system หรือที่เรียกว่า โทกง

(Dougong) เป็นระบบของการก่อสร้างที่เป็นที่นิยมในช่วงยุควสันตสารท[3] (Spring and Autumn Period) ในจีนในช่วง 770 – 476 ปีก่อนคริสตกาล และมักถูกนำมาใช้กับงานวัด และพระราชวัง ชิ้นส่วนของไม้แต่ละชิ้นจะถูกนำมาประกอบกันเข้าโดยปราศจากกาว หรืออุปกรณ์ยึด ด้วยความสามารถของช่างไม้ และความแม่นยำในการสร้างสรรค์ชิ้นไม้แต่ละชิ้น การถ่ายน้ำหนักขององค์ประกอบโครงสร้างนั้นเป็นการแบ่งถ่ายน้ำหนัก และสามารถทนต่อแรงกระทำภายนอกอย่างแผ่นดินไหวได้เป็นอย่างดี การวางซ้อนทับกันของ ไม้เหล่านี้มีประโยชน์ในการถ่ายแรง และรักษาสมดุลทางโครงสร้าง โดยหน้าที่หลักๆ ของโครงสร้าง โทกง มีด้วยกันหลักๆ 6 ข้อดังต่อไปนี้ (Harrer, 2010)

- ส่วนหัวเสาแบบ โทกง ทำให้โครงสร้างสามารถรับแรงได้มากขึ้น โดยเป็นการเพิ่มพื้นที่รับแรงให้ใหญ่ขึ้น

- ทำหน้าที่ลดระยะระหว่างคานที่พาดขวางตัวอาคาร และ ลดโมเมนต์บิด และแรงกระทำจากด้านข้าง การวางแขนไม้เป็นมุมฉากนี้มีประโยชน์ในการช่วยรับน้ำหนักของคาน และสามารถเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักให้กับคานได้ด้วย

- Bracket ทำหน้าที่รับส่วนชายคายื่นของหลังคา แขนไม้เหล่านี้จะถูกจัดวางให้สามารถถ่วงสมดุลน้ำหนักหลังคาส่วนปลายสุดได้ คานรับน้ำหนักวางในส่วนบนสุดของส่วนประดับแนวตั้งที่เรียกว่า Lan’e และถูกยึดให้แน่นด้วยน้ำหนักของโครงสร้างผนังส่วนบน ส่วนปลายด้านล่างจะรับแรงอันที่เกิดขึ้นจาก Liao-Yen-Fang[4] และโครงสร้างชายคาด้านบน ส่วนปลายบนจะยื่นไปรับคานแนว

---

[3] ยุควสันตสารท (Spring and autumn period) คือช่วงสองศตวรรษครึ่งแรกของราชวงศ์โจวตะวันออก ชื่อยุควสันตสารทนี้มีที่มามาจากพงศาวดารของรัฐลู่ ในช่วง 772 – 482 ปีก่อนคริสตกาล ยุควสันตสารทรุ่งเรืองในแถบอาณาเขตลุ่มแม่น้ำเหลือง และคาบสมุทรฉานดง (Shandong) รวมไปถึงแถบลุ่มแม่น้ำ ฮวย (Huai) และ แม่น้ำ ฮาน (Han)

[4] Liao-Yen-Fang เป็นขื่อส่วนชายคา (Eave-purlin) ในโครงสร้าง แบบ Chinese Bracket Set วางพาดเหนือแนวแขน Brackets อ้างอิงรูปที่ ภาพร่างแสดงระบบ Bracket set ของราชวงศ์ซ่ง โดย Liang Sicheng ตำแหน่งหมายเลข 3

ขวาง หรือ Caofu หรือวางอยู่ที่ตำแหน่งจันทันตัวล่างสุดพอดี และปลายดังกล่าวจะถูกยึดไว้ด้วยน้ำหนักของโครงถักหลังคาหลักภายในอาคาร

- โทกง ไม่ได้จำกัดแค่การใช้งานบริเวณส่วนเสารับชายคาภายนอก เสามุม หรือเสารับแนวผนังเท่านั้น แต่ยังสามารถใช้กับภายในอาคาร เพื่อทำหน้าที่รองรับน้ำหนักส่วนอกไก่ของโครงไม้ แต่ลักษณะของแขนไม้ที่ใช้ภายในจะมีความเรียบง่ายกว่า

- โครงสร้างหลักๆ ของ โทกงแบ่งออกเป็น 2รูปแบบหลักๆ คือส่วน รอด (Joist) อย่าง Chu-T'ou-Fang[5], Lo-Han-Fang[6], Liao-Yen-Fang[7], Ya-Cao-Fang[8] เป็นต้น ส่วนรอดเหล่านี้จะทำหน้าที่ค้ำยันโครงสร้าง

- Bracket sets ยังเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานแผ่นดินไหวให้แก่โครงสร้าง ซึ่งถือเป็นการแสดงออกถึงความสามารถของช่างฝีมือจีนโบราณที่เลือกใช้ระบบเทคโทนิคส์ไม้ สร้างความสมดุลให้กับโครงสร้างแบบองค์รวมมากกว่าที่จะเลือกองค์ประกอบชิ้นส่วนใดชิ้นส่วนหนึ่ง โดยช่างไม้จีนโบราณได้เลือกใช้ระบบการวางไม้แบบ Mortise-and-Tenon ร่วมกับการซ้อนชั้น Bracket ไม้ให้เป็นโครงยื่นขนาดใหญ่

ระบบโทกงนี้สามารถนำมาว่างต่อกันได้หลายรูปแบบตั้งแต่เป็นส่วนรับโครงสร้าง ไปจนถึงส่วนประดับตกแต่งอาคาร ไม่ว่าจะเป็นกลุ่มคานปีกที่อยู่บริเวณชายคา หรือ เสาภายนอก เสาภายใน หรือแม้แต่นำมาวางไว้เหนือคาน(Harrer, 2010) โดยเกณฑ์การจัด กลุ่มของ ชิ้นส่วนแขนไม้เหล่านี้มีหลากหลายแบบ ไม่ว่าจะเป็นการจัดกลุ่มจากลักษณะการยาวขึ้นหรือหดสั้นลงของแขนไม้จากล่างขึ้นบน แนวของแขนไม้กับผิวอาคาร (ขนาน หรือตั้งฉาก) หรือแม้กระทั่งการแบ่งตามความ

---

[5] อ้างอิงรูปที่ 6 ภาพร่างแสดงระบบ Bracket set ของราชวงศ์ซ่ง โดย Liang Sicheng ตำแหน่งหมายเลข 5

[6] อ้างอิงรูปที่ 6 ภาพร่างแสดงระบบ Bracket set ของราชวงศ์ซ่ง โดย Liang Sicheng ตำแหน่งหมายเลข 4

[7] อ้างอิงรูปที่ 6 ภาพร่างแสดงระบบ Bracket set ของราชวงศ์ซ่ง โดย Liang Sicheng ตำแหน่งหมายเลข 3

[8] อ้างอิงรูปที่ 6 ภาพร่างแสดงระบบ Bracket set ของราชวงศ์ซ่ง โดย Liang Sicheng

สมมาตรตามระยะของแขนไม้ที่ยื่นออกมา ซึ่งเป็นลักษณะที่พบเห็นได้ในระบบเก่าก่อนที่จะถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายใน **ราชวงศ์ซ่ง (Song Dynasty)**

แต่เนื่องจากความหลากหลายที่เกิดขึ้นได้จากการจัดรูปแบบแขนไม้จีนนี้ ประกอบกับการที่ Yingzao Fashi เป็นหนังสือที่กล่าวถึงเพียงสถาปัตยกรรมที่มีลักษณะเป็นทางการเท่านั้น จึงไม่อาจรวบรวมเอารูปแบบที่เกิดขึ้นอย่างหลากหลายในแต่ละท้องถิ่นได้

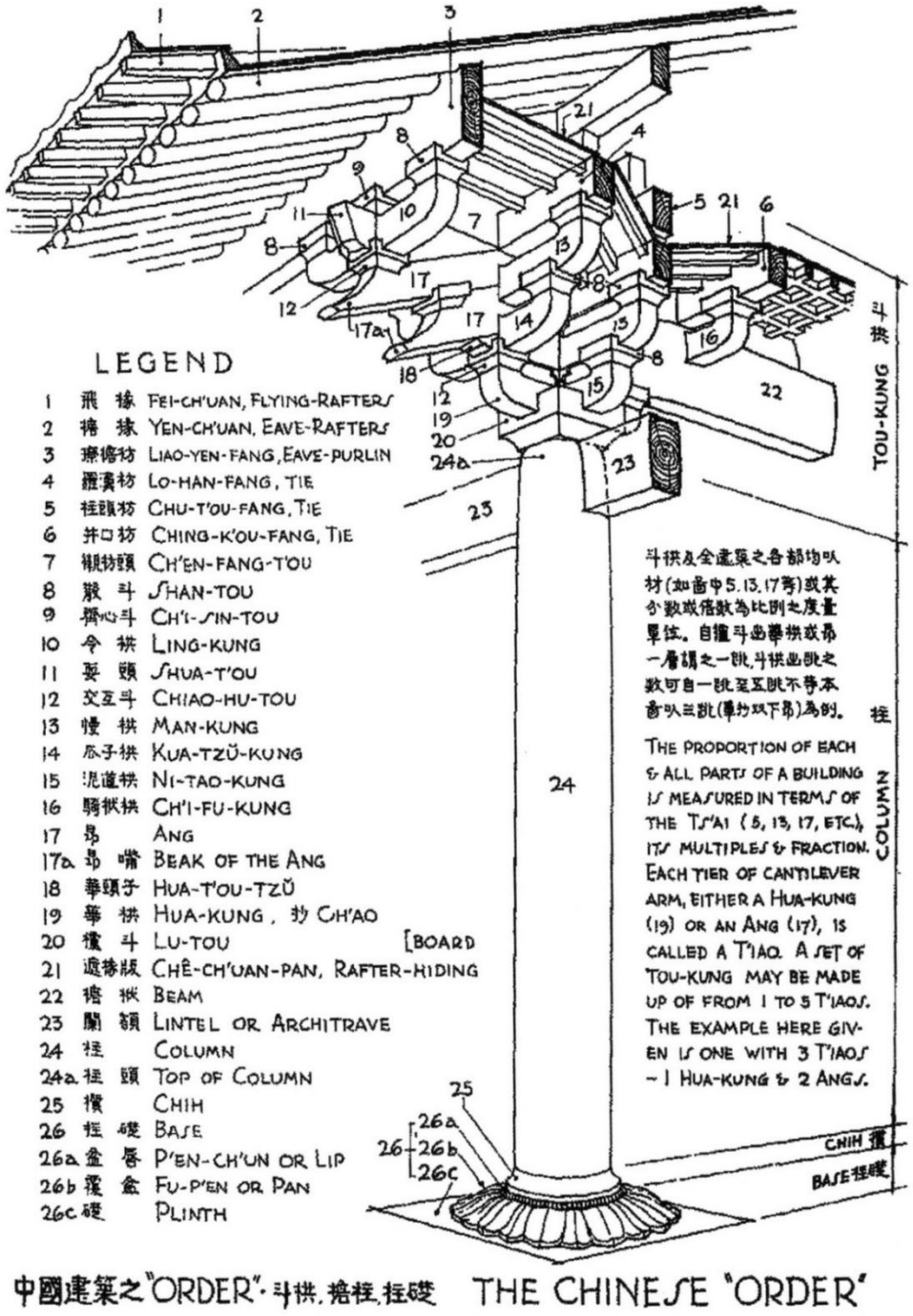
ตารางที่ 1: แสดงส่วนประกอบของ Bracket arm ในโครงสร้างแบบ โทกง และคุณสมบัติเชิงโครงสร้าง

คำเรียก	**คำแปล (ตรงตัว)**	**คุณสมบัติเชิงโครงสร้าง**
Huagong	แขนดอกไม้บาน	แขนยื่น
Juantou	หัวบัญชี	แขนยื่น
Miaogong	แขนกิ่ง	แขนยื่น
Danmiao	แขนเดี่ยว	แขนยื่นเดี่ยว
Liangmiao	กิ่งสองสาขา	แขนยื่นคู่
Ye	ใบไม้ หรือ กลีบ	แขนขัดแนวทะแยง
Ying'ang	ส่วนดอก หรือ กลีบยื่น	ส่วนยื่นจากแนวผนัง
Huatouzi	หัวดอก	ส่วนประดับที่อยู่ใต้แนวคานยื่นทิ่มลง
Huaxindou	ท่อนหัวใจดอกไม้	ท่อนไม้ที่วางอยู่บริเวณแนวกลางของแขน
Dinghua, mohaigong	แขนดอกไม้น้อย	แขนยื่นที่ไม่สมบูรณ์ วางอยู่ระหว่างแขนสองอันของส่วนค้ำยันรูปตัว วี ใต้แนวแป
Duo	พุ่มดอกไม้	หน่วยวัดสำหรับนับกลุ่ม Bracket set ในหนึ่งหน่วยจะต้องประกอบด้วยแขนยื่นอย่างน้อยหนึ่งชิ้น

Yiduo	ดอกไม้สองพุ่ม	Bracket Set หนึ่งหรือสองหน่วย
Chuyizhi	กิ่งไม้ยื่นเดี่ยว	กระบวนการที่ใช้เรียกการที่แขนดอกไม้ยื่นออกมาจากแนวผนัง
Zhuanye	ใบไม้หมุน	กระบวนการที่แขนขัดแนวทแยงถูกติดตั้งบริเวณหัวแขนยื่น

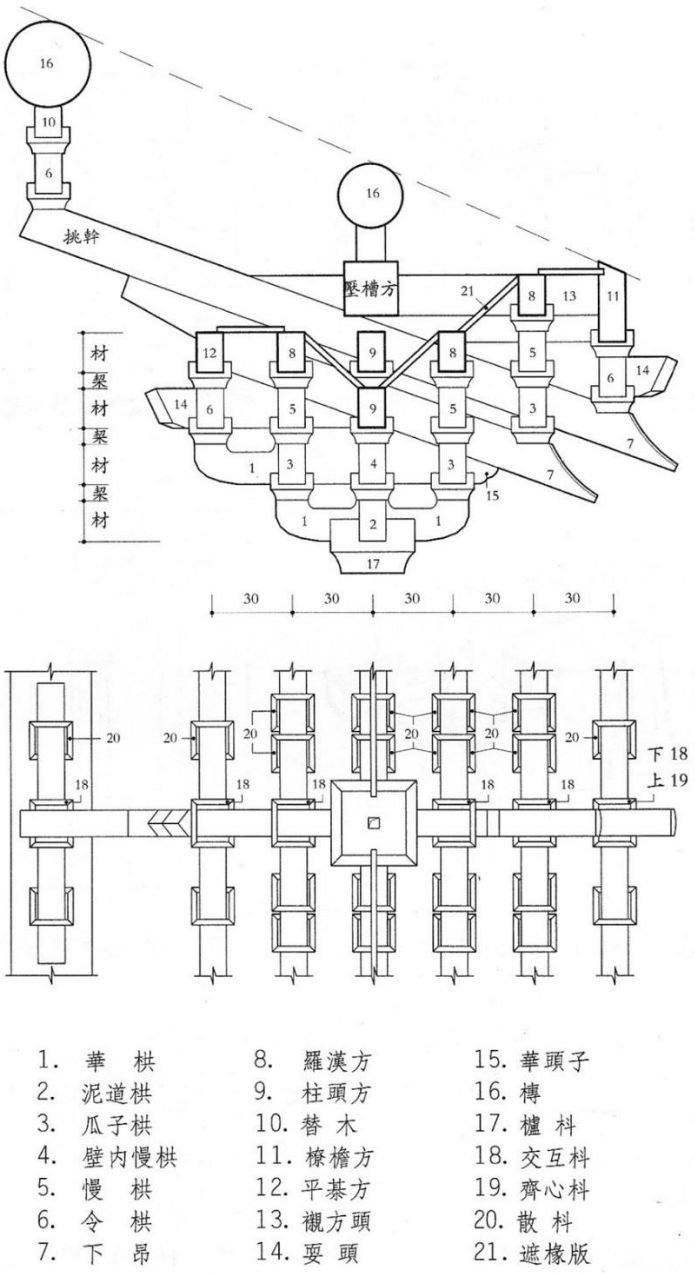
ที่มา: Feng, Zhenning, และvan den Heuvel (2014)

มหาวิทยาลัยศิลปากร



รูปที่ 6: ภาพร่างของระบบ Bracket ในราชวงศ์ซ่ง โดย Liang Sicheng

ที่มา: Harrer (2010, p. 361)



Six-*puzuo* bracket set with double-tiers of brackets, *chonggong* and three perpendicular extensions (i.e. one *huagong* and two *xia'ang*)

รูปที่ 7: รูปแบบ Bracket Arms ในราชวงศ์ซ่ง ที่แตกต่างกัน เขียนออกมาเป็นแบบทางสถาปัตยกรรม

ที่มา: Harrer (2010, p. 362)

2.4.2. **Minka**

ที่อยู่อาศัยของชาวบ้านชาวญี่ปุ่น ในยุคศักดินาญี่ปุ่น (Feudalism) (Plesums, 1996) การกล่าวถึงงานไม้ในมุมมองเทคโทนิคส์ สำหรับตัว Frampton เอง เขาได้กล่าว อ้างอิงถึง งานสถาปัตยกรรมประเพณีของญี่ปุ่น ที่หยั่งรากอยู่ในทั้งงานก่อสร้างเกี่ยวกับศาสนา และ ที่พักอาศัย ตั้งแต่ศาลเจ้าแบบชินเม (Shinmei Shrines) ในศตวรรษที่หนึ่ง ไปจนถึงโชอิน (Shoin-zukuri)[9] และรูปแบบชาเซกิ (Chaseki) ที่พบได้ในโครงสร้างยุคเฮอัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านความสัมพันธ์ระหว่าง ความเชื่อ และการสร้างสรรค์งานสถาปัตยกรรม ผ่านทางไม้ไม่แต่งผิว (Untreated Wood) ด้วยตัวอย่างของสถาปัตยกรรมประเพณีญี่ปุ่นนี้เอง ที่ทำให้ Frampton เห็นต่างออกไปจากมุมมองของ Semper เกี่ยวกับการแยกกันระหว่างเป็นตัวอย่างการเชื่อมโยงเอามุมมองของรูปทรงทางเทคโทนิคส์ และความคิดที่ว่าการสานเป็นจุดเริ่มต้นของงานฝีมือทั้ง 4 ประเภท แต่ในประเพณีการก่อสร้างของญี่ปุ่น โดยเฉพาะในบ้านพักอาศัยนั้นมีการผสมผสานเชื่อมโยงกันในทุกส่วน ไม่มีอะไรมาก่อนส่วนใด เนื่องจากขนาดเสื่อสานอย่างทาทามิ ก็เป็นองค์ประกอบที่กำหนดขนาดของสัดส่วนผังอาคารไปด้วยในเวลาเดียวกัน

“... Japanese building and place-making practices seem to have been interconnected throughout history. Thus, to a greater degree perhaps than in other cultures, metaliguistic forms and spatio-temporal rhythms are bound up with the act of building in Japan.” (Frampton, 1996, p. 16)

ในญี่ปุ่น ความสัมพันธ์ระหว่างงานช่างไม้ และ ไม้ในฐานะวัสดุก่อสร้างหลักมีความสำคัญอย่างมาก Minka คงจะเป็นสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ที่สื่อให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทั้ง

---

[9] โชอิน คือ รูปแบบสถาปัตยกรรมประเพณีของญี่ปุ่น ชื่อของโชอินมาจากองค์ประกอบรองที่มีชื่อว่าโชอิน หรือส่วนห้องทำงาน รูปแบบสถาปัตยกรรมแบบโชอินนี้ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญสามส่วน ได้แก่ โชอิน โทโคโนมะ (แท่นแสดงงานศิลปะ) และ ชิไก-ดานะ (ชั้นวางฝังผนัง) โถงกลางที่มีองค์ประกอบหลักเหล่านี้อยู่ จะถูกยกพื้นสูงกว่าพื้นทั่วไปหนึ่งขั้น แท่นพื้นนี้เรียกว่า โจดัน และห้องดังกล่าวเรียกว่า โอดะโนมะ รูปแบบโชอินเกิดขึ้นในยุคคามาคุระ (ระหว่างปี 1192-1333) จากที่พักของพระสงฆ์นิกายเซ็น (Zen Buddhism)

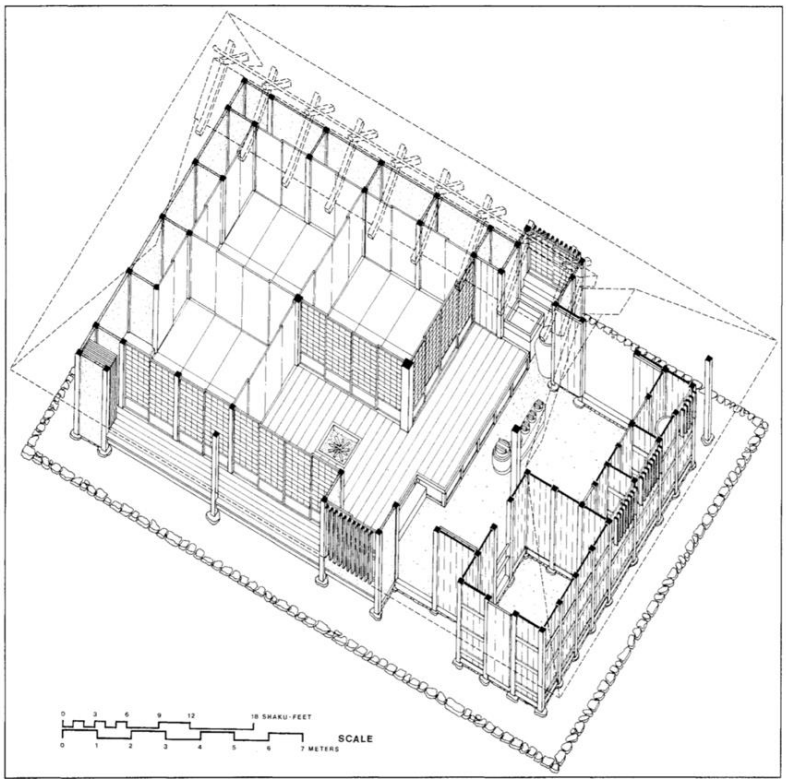
สี่ ที่ Semper ได้ให้คำจำกัดความเอาไว้ ในขณะเดียวกันก็ชี้ให้เห็นว่า องค์ประกอบทั้งสี่เหล่านั้นทำงานควบคู่กันไปอย่างที่ Frampton กล่าวได้อย่างไร

มิงกะ (Minka) ถือเป็นลักษณะอาคารที่พัฒนามาจากรูปแบบอาคารแบบโบราณ ตั้งแต่สมัยก่อนศตวรรษที่แปด ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างไปจากรูปแบบที่นำเข้ามาจากจีน ที่ถูกใช้ในวัดวาอารามทั่วไปในญี่ปุ่น ลักษณะเด่นของโครงสร้างดังกล่าว มีลักษณะแยกจากกันระหว่างหลังคาซึ่งเป็นโครงสร้างหลัก (Superstructure) และส่วนฐาน ส่วนฐานถูกฝังอยู่ภายใต้ผืนดิน ที่มีโครงถักหลังคาปกคลุม ซึ่งรูปแบบนี้มีชื่อเรียกว่า Tateana jukyo หรือ Pit Dwelling (Isozaki, Stewart, และ Kohso, 2011) ลักษณะการแบ่งแยกระหว่างส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารเหล่านี้มีลักษณะเชื่อมโยงกับ บ้านสำหรับคนธรรมดาอย่าง มิงกะ จุดเด่นของภายในบ้านพักมิงกะ คือเตาผิง ซึ่งจะเปิดไว้ตลอดเวลา เพื่อไล่แมลง และรักษาโครงสร้างไม้ของบ้าน (Locher, Simmons, และ Kuma, 2010) ถัดจากเตาผิงนี่เองจะมีห้องส่วนตัวอยู่ในฝั่งหนึ่ง ด้วยการใช้เสื่อทาทามิ เป็นหน่วยหลักของการกำหนดขนาดอาคาร และวัสดุปูพื้น จึงเอื้อให้อาคารดังกล่าวตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้สอยตาม ฐานะ สถานการณ์ ความต้องการ หรือแม้แต่ความชอบส่วนตัวได้ ซึ่งความยืดหยุ่นดังกล่าวนี้ทำให้ บ้านแบบมิงกะยังคงอยู่จนถึงทุกวันนี้ (Plesums, 1996)

รูปที่ 8: Pit Dwelling ในหมู่บ้านใต้ อุทยานประวัติศาสตร์ โยชิโนงาริ Saga-Ken

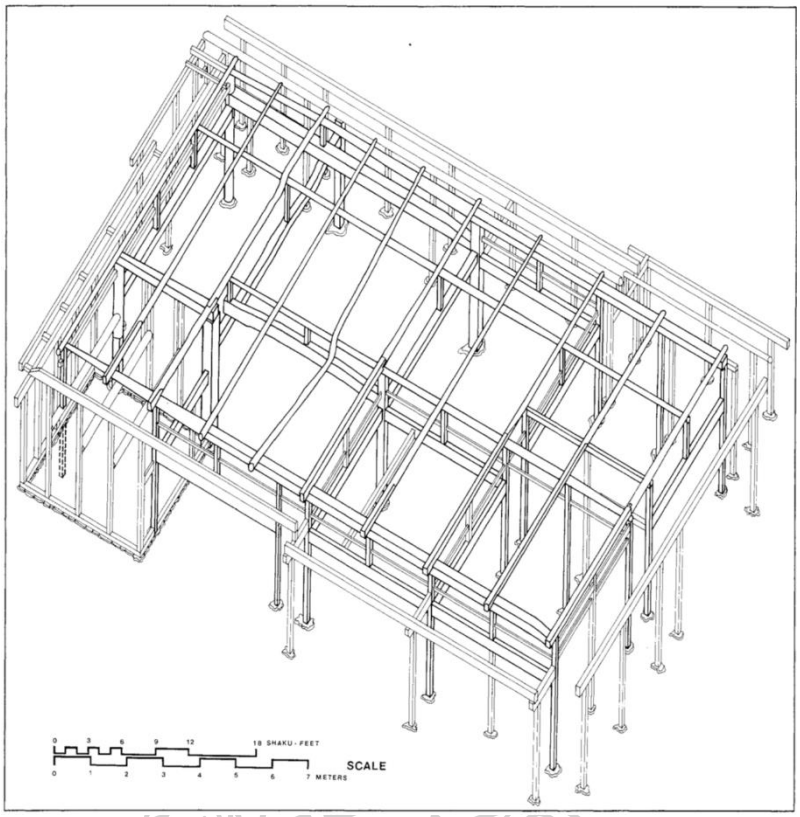
ที่มา: Aboard (2011)

มิงกะ ถือเป็นบ้านที่แสดงเอาจิตวิญญาณของการอยู่อาศัย ความมั่นคง ความสงบสุขทางจิตใจ ออกมาผ่านทางเสถียรภาพทางโครงสร้าง ซึ่งเกิดจากความสามารถของช่างท้องถิ่น และความไม่รู้เกี่ยวกับศาสตร์และวิทยาการการก่อสร้างก็สื่อออกมาในรูปแบบทางโครงสร้างของคาน เพราะช่างไม้ต่างรู้สึกว่ายิ่งโครงสร้างใหญ่เท่าใด ก็จะยิ่งทำให้อาคารแข็งแรงเท่านั้น แต่แท้จริงแล้ว มิงกะหลายหลังกลับผจญกับความฟุ่มเฟือยทางโครงสร้าง ทำให้โครงสร้างส่วนฐานต้องรับน้ำหนักมากเกินความจำเป็น แต่ในขณะเดียวกันแนวคานที่พาดซ้อนทับกันไปมานี้ก็ถูกใช้เพื่อการแสดงออกถึงฐานะของเจ้าของบ้าน



รูปที่ 9: ภาพสามมิติแสดงพื้นที่ภายในบ้านมิงกะ

ที่มา: Plesums (1996, p. 270)



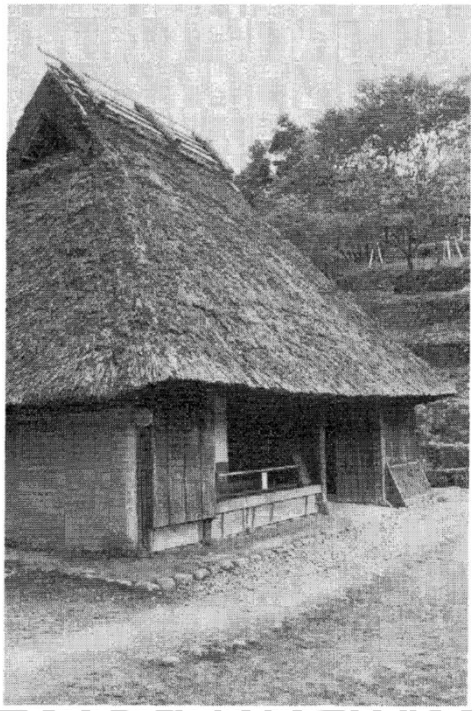
รูปที่ 10: ภาพสามมิติแสดงโครงสร้างหลักและรองของบ้านมิงกะ

ที่มา: Plesums (1996, p. 271)

นอกจากนี้ในส่วนกลางของบ้านยังมีความเชื่อมโยงทางความเชื่อที่ส่งผลมาเป็นรูปแบบความงามทางโครงสร้าง นั่นคือเสาต้นกลางของตัวบ้านที่เรียกว่า Daikoku – Bushira (Bhuddist Daikoku) เสาต้นดังกล่าวจะมีลักษณะแตกต่างจากต้นอื่นๆ ภายในบ้าน และถูกเน้นให้มีความปลอดภัยทางโครงสร้างมากกว่าส่วนอื่นๆ เพราะถือว่าเป็นสิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่สุดของบ้าน

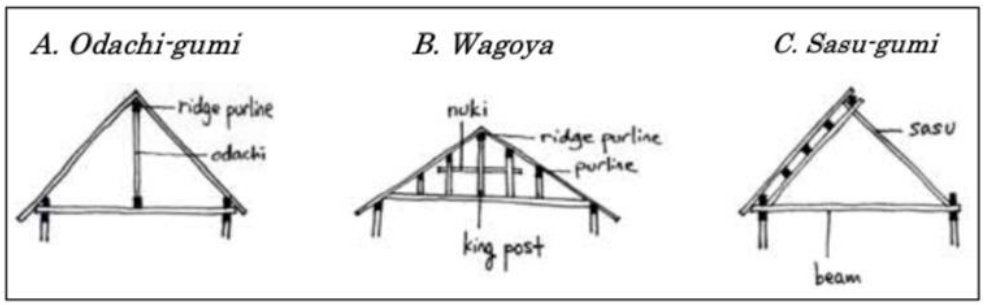
ส่วนโครงสร้างหลังคา และ การต่อไม้ ลักษณะโครงสร้างหลังคาของมิงกะ มีความหลากหลายสูงอันเนื่องมาจากช่างท้องถิ่นที่แตกต่างกันออกแบบ แต่รูปแบบที่มีความโดดเด่น และพอจะมีหลักฐานรวบรวมได้มีสองแบบด้วยกัน หนึ่งคือ Wago-ya (รูปที่ - B) หลังคาประเภทจั่วต่ำ ซึ่งเกิดจากการนำไม้ชิ้นสั้นๆ มาต่อกันด้วยรอยต่อแบบ Mortise – and – Tenon รูปแบบหลังคาแบบนี้เปรียบเสมือนหลักการการก่อสร้างของญี่ปุ่น ที่เป็นการนำเอาชิ้นส่วนเล็กๆ มาประกอบกันให้เกิดเป็นรูปทรง ผ่านทางการทำซ้ำไปมา อีกรูปแบบหนึ่งของหลังคาแบบ Sasu (รูปที่ - C) ซึ่งเป็นหลังคาจั่ว

สูง มีลักษณะการก่อสร้างที่ตรงไปตรงมา และใช้ขื่อเป็นตัวค้ำยัน โครงจันทันที่เป็นสามเหลี่ยมขนาดใหญ่



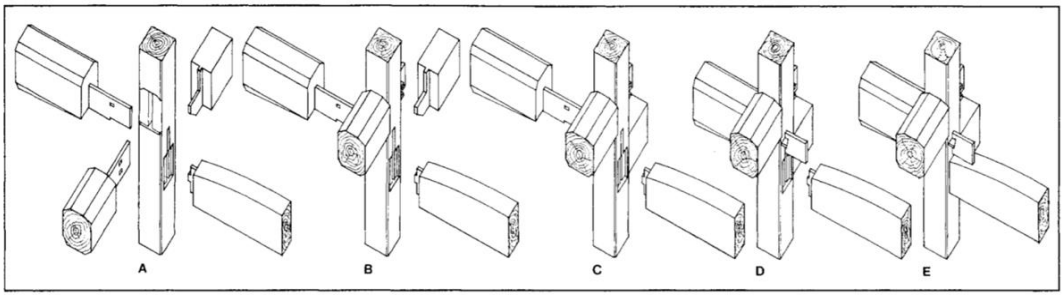
รูปที่ 11: ภาพถ่ายบ้านรูปแบบมิงกะ ใน คี ฟุดิกิ-โนะ-โอกะ (Kii Fudiki-no-oka) จังหวัด วาคายามะ ภาพถ่ายในปี 1990

ที่มา: Plesums (1996, p. (269



รูปที่ 12: แสดงรปแบบโครงสร้างหลังคาทั่วไปในญี่ปุ่น 3 แบบ

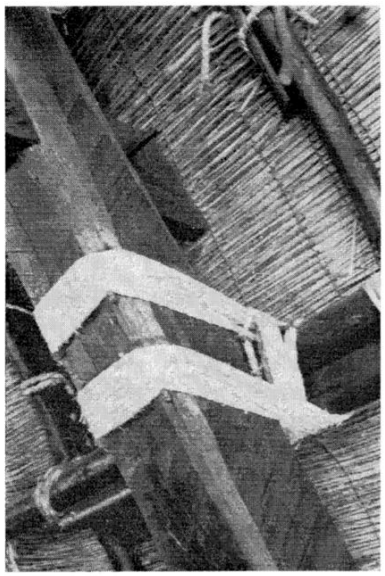
ที่มา: Matsushita (2004, p. 95)



รูปที่ 13: รอยต่อคานบริเวณเสาศักดิ์สิทธิ์ บ้านซานาโอกะ เมืองคาชิวาระ จังหวัดนาระ

ที่มา: Plesums (1996, p. (273

การเข้าไม้ในแบบมิงกะนี้ มีรากมาจากการเฉลิมฉลองความงามของรอยต่อ จึงเลือกที่จะเผยแนวรอยต่อบากไม้ แต่ซ่อนการเข้าเดือยให้ดูเรียบง่าย ส่วนโครงหลังคาใช้การผูกแทนการเข้าไม้ โดยใช้เชือกฟาง ซึ่งต้องเปลี่ยนเป็นประจำ และชาวญี่ปุ่นก็จริงจังกับรายละเอียดรอยต่อเหล่านี้ จนถึงกับกำหนดเป็นจำนวนครั้งในการผูกเชือก และความยาวของเชือก



รูปที่ 14: แสดงภาพการผูกเงื่อนที่โครงสร้างหลังคา

ที่มา: Plesums (1996, p. (274

2.5 **เทคโทนิคส์งานไม้ไทย โครงสร้างหลังคาแบบเครื่องประดุ ในงานสถาปัตยกรรมไทย**

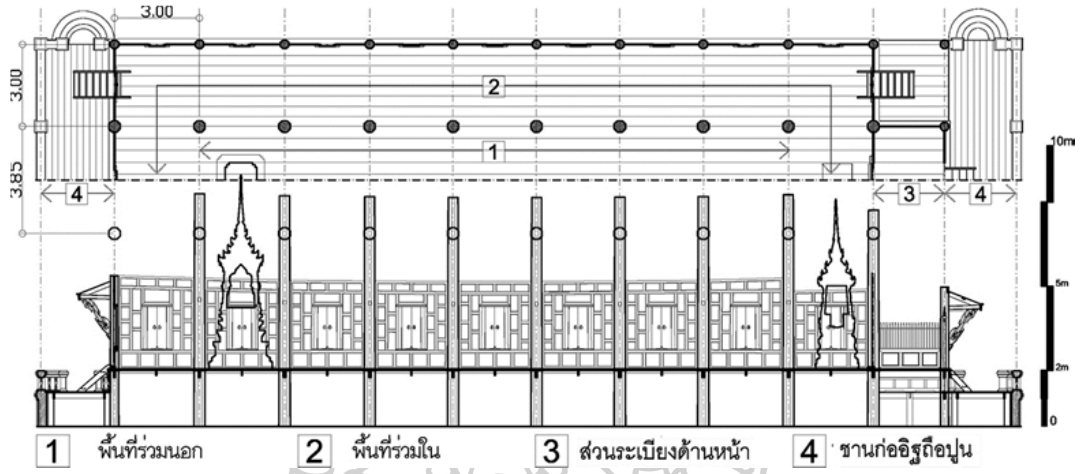
เครื่องประดุเป็นลักษณะโครงสร้างหลังคาแบบหนึ่งที่มีมาตั้งแต่ในสมัยสุโขทัย โดยจุดเด่นของโครงสร้างหลังคาแบบเครื่องประดุในแบบดั้งเดิมนั้นคือไม่มีจันทัน โดยจะใช้ระบบของขื่อและ แป (แปหัวเสา แปหาญ แปงวง และ แปลาน) ที่ตั้งอยู่บนเสาตุ๊กตา และใช้กลอนวางพาดเพื่อรับแนวระแนงกระเบื้องหลังคาอีกที โดยขื่อจะมีการปาดปลายให้เป็นแนวเดียวกับแนวกลอน รองศาสตราจารย์ นิ่มเล็ก (2546, p. 7) ได้กล่าวเกี่ยวกับคุณสมบัติของเครื่องประดุที่น่าสนใจ จนเป็นเหตุให้ท่านได้ทำการศึกษาไว้ว่า *“โครงสร้างหลังคาแบบเครื่องประดุ เป็นโครงสร้างที่มีความมหัศจรรย์น่าสนใจ น่าเทินทูนในความคิดของช่างโบราณทั้งรูปแบบทรวดทรง การเชื่อมต่อ การเข้าปากไม้ จะสมบูรณ์แบบทุกอย่าง”*

เครื่องประดุนับได้ว่าเป็นโครงสร้างหลังคาที่สมบูรณ์แบบ เป็นโครงหลังคาที่แสดงการทำหน้าที่ของตัวไม้แต่ละตัวอย่างตรงไปตรงมา การถ่ายน้ำหนักก็จะถ่ายเป็นทอดๆ จากเครื่องมุง ระแนง กลอน อกไก่ ดั้ง แป ขื่อโท เสาตุ๊กตา แล้วถ่ายลงขื่อเอก หรือ ขื่อประธาน กลอนทำหน้าที่แทนจันทันในการรับระแนงกระเบื้อง แต่เนื่องจากกลอนมีความหนาของชิ้นไม้น้อยกว่าจันทัน จึงสามารถสร้างความโค้งในรูปทรงหลังคาจั่ว อันเป็นเอกลักษณ์ของสถาปัตยกรรมไทยได้โดยง่าย นอกจากนี้อาคารบางหลังยังนำกลอนมาต่อชิดติดกัน เพื่อให้สามารถทำหน้าที่เป็นฝ้าเพดาน ที่สามารถเขียนภาพตกแต่งได้ไปพร้อมกัน ต่อมาแม้เครื่องประดุจะมีพัฒนาการเรื่อยมา จนมีการผสมจันทันต่อเข้าไปในระบบ ทำให้สุดท้ายแล้วมีลักษณะที่ไม่แตกต่างจากโครงหลังคาที่ใช้ในปัจจุบันอย่างเด่นชัด แต่เครื่องประดุแท้ก็เป็นสิ่งที่พิสูจน์ภูมิปัญญาของช่างไทยในสมัยโบราณ และรูปแบบทางเทคโทนิคส์ที่เกิดจากการเลือกใช้รูปแบบไม้ในกระบวนการก่อสร้าง ที่เป็นเหตุเป็นผลทางวิศวกรรม และส่งผลต่อรูปทรงของสถาปัตยกรรมได้

2.5.1. ระบบโครงสร้างหลังคาศาลาการเปรียญวัดใหญ่สุวรรณาราม

ยาศรี (2558, pp. 236-237) กล่าวถึงตัวอย่างของระบบโครงสร้างเครื่องประดุที่ได้ทำการศึกษาต่อคือโครงสร้างหลังคาของศาลาการเปรียญวัดใหญ่สุวรรณาราม เนื่องจากมีลักษณะโครงสร้างเป็นโครงหลังคาเครื่องประดุแท้ ***“ลักษณะของรูปทรงหลังคาศาลาการเปรียญวัดใหญ่สุวรรณารามเป็นลักษณะตกท้องช้าง หรือ แอ่นท้องสำเภาเมื่อมองจากด้านข้างอาคาร โดยเส้นสายของรูปทรงตั้งแต่สันหลังคาจนถึงเส้นล่างของเชิงกลอนทั้งด้านหน้า และหลังเชิดขึ้น ระนาบของผืนหลังคาทั้งหมดมีการบิดไม่อยู่ในระนาบหรือแนวเส้นตรงตามธรรมชาติ.”***

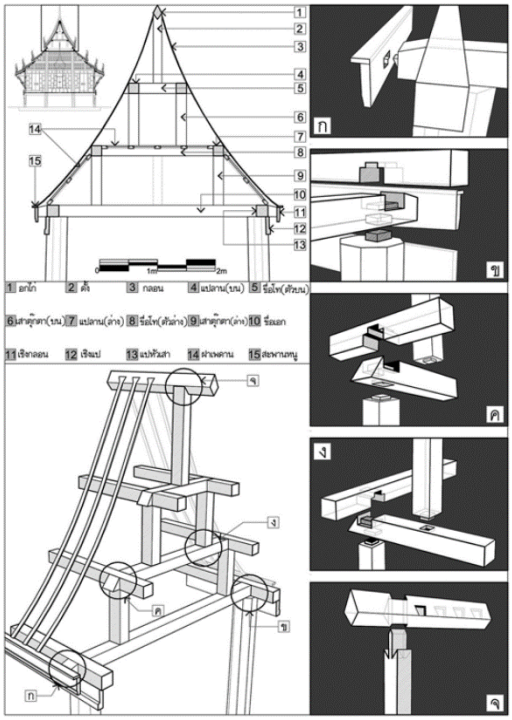
ด้วยลักษณะโครงสร้างหลังคาที่ไม่ได้อยู่ในระนาบฉากนี้ ทำให้รูปลักษณ์ของสถาปัตยกรรมมีลักษณะแตกต่างออกไป โดยมีระยะของชุดโครงสร้างที่ไม่เท่ากัน ได้แก่ ความสูงของเสา ระยะของแต่ละห้องเสา ตัวไม้โครงสร้างแต่ละชิ้น ระยะยื่นเต้าของหลังคาตับสุดท้ายเป็นต้น



รูปที่ 15: แสดงแนวเสาบริเวณผังพื้น และรูปตัด

ที่มา: ยาศรี (2558, p. 232)

เพื่ออธิบายลักษณะโครงสร้างเครื่องประดุ จะขอยกส่วนหลังคาซ้อนบน บริเวณหลังคาจั่วของศาลาการเปรียญวัดใหญ่ สุวรรณารามมาอธิบาย การวางโครงสร้างหลังคาใช้การบากไม้ทั้งวาบสับทับกันไปมา โดยระหว่างขื่อกับแปหัวเสาจะบากไม้ทั้งสองแบบครึ่งต่อครึ่ง เพื่อให้สามารถสับประกบกันได้พอดี องค์ประกอบของขื่อ ทั้งขื่อเอก ขื่อโท (ขื่อโทบน และ ขื่อโทล่าง) และแป ล้วนมีหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส และ เสาตุ๊กตาตั้งอยู่สองต้น ดั้งที่เป็นส่วนรับอกไก่โดยจะบากให้ได้องศาเดียวกับอกไก่ด่านล่าง เพื่อยึดอกไก่ทุกช่วงเสา อกไก่ขนาดประมาณ 15 เซนติเมตรมีกลอนที่ทำเป็นสันบากร่องรูปหางเหยี่ยวยึดกับอกไก่ ไม้กลอนนี้มีความหนาประมาณ 1.25 เซนติเมตร และวางห่างกันโดยระยะวัดจากจุดกึ่งกลาง 30 เซนติเมตร มีหน้าที่รับไม้ระแนงหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2.5 x 2.5 เซนติเมตร ระยะห่างระแนงวัดจากกึ่งกลางอยู่ที่ 20 เซนติเมตร และเป็นส่วนรองรับกระเบื้องกาบูซึ่งเป็นกระเบื้องทำมือที่ใช้สำหรับกรุโครงสร้างเครื่องประดุโดยเฉพาะ ซึ่งกระเบื้องกาบูนี้จะมีขอที่ส่วนของกระเบื้องตัวเมีย และกระเบื้องตัวผู้มาเกี่ยวอยู่ที่ไม้ระแนง



รูปที่ 16: ส่วนประกอบโครงสร้างของวัดใหญ่สุวรรณาราม

หากพิจารณาลักษณะทางเทคโทนิคส์ที่เชื่อมโยงกับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย ในการอธิบายมิติของลักษณะดังกล่าวนั้น จะต้องใช้งานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น หรืออาคารทางศาสนาในสมัยโบราณเพื่อทำการศึกษา ด้วยเหตุผลที่ว่างานสถาปัตยกรรมเหล่านั้นมีความเชื่อมโยงในมิติของวัสดุที่มีความสัมพันธ์กับเทคนิคในการก่อสร้างหรือการนำมาใช้มาใช้ในชีวิตประจำวัน โดยพื้นที่ตั้งของสถาปัตยกรรมดังกล่าวยังสามารถสะท้อนออกมายังรูปแบบทางสถาปัตยกรรมหรือการเลือกใช้วัสดุในการออกแบบหรือก่อสร้าง ผลลัพธ์จากปรากฏการณ์ดังกล่าวคือกระบวนการก่อสร้างที่ก่อรูปทางสถาปัตยกรรมที่แสดงออกมาทางความแข็งแรงทางโครงสร้าง และการใช้งาน พร้อมกับความหมายที่สะท้อนออกมาเพื่อสื่อสารจากสถาปัตยกรรมเหล่านั้น โดยจากการพิจารณาลักษณะทางเทคโทนิคส์ในงานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นไทยนั้น ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เพื่อจำแนกลักษณะทางเทคโทนิคส์ที่สำคัญและมีลักษณะเฉพาะตัวออกมาได้ดังต่อไปนี้

- การเข้ารอยต่อไม้ (Wood joinery) หากมีการอธิบายถึงลักษณะทางเทคโทนิคส์ที่เกิดขึ้นในงานสถาปัตยกรรมหรืองานออกแบบที่เกิดขึ้นในประเทศไทย สิ่งที่สามารถสะท้อนลักษณะทางเทคโทนิคส์ดังกล่าวได้อย่างชัดเจนมากที่สุดก็คือ “การเข้ารอยต่อไม้” การเข้ารอยต่อไม้ การเข้าไม้ หรือการเข้าปากไม้เกิดขึ้นมาเป็นเวลานานมากแล้วตั้งแต่สมัยโบราณในวัฒนธรรมไทย อันปรากฏ

ขึ้นในงานก่อสร้างอาคารสูงสมัยโบราณเช่น(เจดีย์ หรือ วัด) แต่ในระบบการก่อสร้างอาคารดังกล่าวนั้นเป็นการออกแบบลักษณะของรอยต่อดังกล่าวในลักษณะของการแก้ไขปัญหาในการก่อสร้างเพียงเท่านั้น เช่น การต่อขนาดความยาวของไม้โครงสร้าง หรือการออกแบบรอยต่อในจุดที่มีชิ้นไม้หลายๆ ชิ้นมาทำงานร่วมกัน มากว่าลักษณะที่จะเน้นในเรื่องของการแสดงตัวตนหรือความงามในเชิงสุนทรียภาพ

หลังจากช่วงเวลาดังกล่าวการเข้ารอยต่อไม้เริ่มมีการใช้งานกว้างขวางมากขึ้น จากเดิมที่เป็นงานสถาปัตยกรรมในรูปแบบของวัดหรือวัง มาสู่งานสถาปัตยกรรมที่เชื่อมโยงกับชาวบ้านหรือประชาชนทั่วๆไป ดังที่ได้เห็นในการปรากฏขึ้นในรอยต่อไม้ในงานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น งานออกแบบเครื่องเรือนหรือการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ โดยลักษณะของการเข้าไม้เองก็เริ่มมีการพัฒนาไปสู่การเกิดขึ้นของสกุลช่างต่างๆ ทำให้เกิดการพัฒนามิติของการออกแบบที่มีความสัมพันธ์กับมิติของการเป็นตัวแทน **(Representation)** ที่ตอบได้ทั้งวัตถุในเชิงของโครงสร้างหรือการใช้งาน ไปสู่ขั้วของความสวยงาม ไม่โอนเอียงไปตามลักษณะของขั้วทางด้านโครงสร้างความแข็งแต่เพียงประการเดียว

“เรือนเครื่องสับ” หรือเรือนไทยตามความเข้าใจของคนทั่วไป คือลักษณะทางเทคโทนิคส์ในรูปแบบของการรอยต่อไม้ในวัฒนธรรมไทยที่ปรากฏเด่นชัดมากที่สุดจวบจนถึงในช่วงเวลาปัจจุบัน โดยถึงแม้ว่าวัตถุประสงค์ในการออกแบบของรอยต่อหรือตัวงานสถาปัตยกรรมเองนั้น จากเดิมที่มีสุนทรียภาพและวัตถุประสงค์ในความต้องการที่จะสามารถถอดประกอบใหม่ การย้ายพื้นที่ตั้งของอาคารได้ รวมไปถึงการเป็นภาพตัวแทน**(Representation)** ไปเป็นการออกแบบที่เน้นในเชิงโครงสร้างหรือความแข็งแรง โดยรอยต่อดังกล่าวอาจจะเหลือเพียงความพยายามในการสื่อสารถึงรูปแบบของอาคารในลักษณะเดิมในเชิงพาณิชย์เพียงเท่านั้น

- การผูกรัดมัดเงื่อน (Knotting) ในวัฒนธรรมไทยการผูกรัดมัดเงื่อนนั้นมักปรากฏให้เห็นอยู่เสมอในวิถีชีวิตที่สะท้อนออกมาจากอาคารบ้านเรือน เครื่องเรือนเครื่องใช้ ตลอดจนอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการดำรงชีพ เนื่องจากเหตุผลที่ว่าลักษณะของการผูกนั้นเป็นพื้นฐานในการสร้างหรือผลิตสิ่งต่างๆของมนุษย์ ที่มีความเรียบง่ายไม่ต้องการเครื่องมือหรืออุปกรณ์มากมาย และมีความสัมพันธ์กับสัญชาตญาณในการดำรงชีวิตของผู้คน

การผูกรัดมัดเงื่อนนั้นไม่สามารถคาดเดาได้ว่าเกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อช่วงเวลาใด แต่คาดว่าคงเกิดขึ้นมาตั้งแต่สมัยโบราณหรือยุคดึกดำบรรพ์ จากที่ได้กล่าวว่าการผูกเป็นส่วนหนึ่งของวิถีปกติ

ของมนุษย์ทั่วไป ทำให้การบันทึกข้อมูลที่ส่งผลต่อการพัฒนารูปแบบอย่างต่อเนื่องนั้น ไม่สามารถกระทำได้ ซึ่งมิติในการพัฒนานั้นกลับเป็นการพัฒนาทางด้านวัสดุที่นำมาผูก เช่นจากหวาย หรือตอกที่ใช้มัดรวมสิ่งของเข้าด้วยกัน กลายมาเป็นเชือกที่เป็นวัสดุสังเคราะห์ที่มีความแข็งแรงคงทนกว่า โดยลักษณะของการผูกหรือมัดเงื่อนนั้นเป็นการมุ่งเน้นในเรื่องทางด้านโครงสร้างหรือความแข็งแรง โดยมีความสวยงามหรือภาพการเป็นตัวแทน **(Representation)** เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นมาโดยไม่ตั้งใจ

แต่สิ่งที่ทำให้การผูกรัดมัดเงื่อนนั้นเป็นลักษณะสำคัญทางเทคโทนิคส์ที่เกิดขึ้นในวัฒนธรรมไทยนั้นมีการเกิดขึ้นของ “เรือนเครื่องผูก” ที่เป็นงานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นในโบราณ ซึ่งในปัจจุบันหายาก และอาจจะหมดไปแล้วจากสังคมไทย ซึ่งหากเรือนเครื่องสับคือบ้านที่ก่อสร้างด้วยไม้จริงมีความคงทนแข็งแรงมีสกุลช่างที่ถ่ายทอดงานอย่างเป็นรูปธรรมแล้ว เรือนเครื่องผูกคือผลผลิตจากชาวบ้านที่เกิดขึ้นจากวัตถุประสงค์ในการอยู่อาศัยแบบชั่วคราวที่ก่อสร้างด้วยวัสดุไม้ไผ่ (ในช่วงเวลาต่อมาก็มีการสร้างเรือนเครื่องผูกที่เน้นการอยู่อาศัยถาวรมากขึ้น) โดยลักษณะทางเทคโทนิคส์ที่ปรากฏขึ้นในเรือนเครื่องผูกนั้นคือการออกแบบการผูกไม้ไผ่แต่ละท่อนให้สามารถอยู่ด้วยกันโดยไม่มีอุปกรณ์อย่างอื่นช่วย และในแต่ละองค์ประกอบของเรือนเครื่องผูกนั้นจะมีวิธีการในการผูกหรือรัดที่แตกต่างกันไปตามความต้องการในการยึดโยง ซึ่งในช่วงเวลาปัจจุบันนั้นการออกแบบในลักษณะของการผูกรัดมัดเงื่อนนั้นยังคงมีปรากฏให้เห็นในงานออกแบบงานสถาปัตยกรรมที่สร้างด้วยไม้ไผ่ แต่อยู่ในลักษณะของการรวบหรือรวมกล่าวคือเป็นเพียงรูปลักษณ์หรือการสนับสนุน และนิยมใช้อุปกรณ์อื่นๆในการรองรับหรือเสริมโครงสร้างให้มีความแข็งแรง

- การสาน (Weaving) การสานเป็นลักษณะทางเทคโทนิคส์ที่ไม่อาจจะใช้การวิเคราะห์หรือทำการศึกษาผ่านงานสถาปัตยกรรมได้โดยตรง โดยการสานนั้นเป็นลักษณะทางเทคโทนิคส์ที่สัมพันธ์กับการผลิตหรือการสร้างมือเครื่องใช้เสียมากกว่า หรือเป็นที่อยู่อาศัยสำหรับสัตว์บางชนิด เช่นเป็ดหรือไก่ โดยที่การสานนั้นน่าจะมีจุดกำเนิดตั้งแต่สมัยโบราณ สังเกตุได้จากเครื่องมือเครื่องใช้ในสมัยโบราณซึ่งไม่เพียงแต่ในประเทศไทยเท่านั้น ลักษณะของการสานยังพบได้มากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และประเทศในแถบแอฟริกัน

การสานนั้นมีลักษณะพิเศษบางอย่างที่เน้นการนำวัสดุแบบแผ่น หรือชิ้นบางๆ ในลักษณะแบบ 2 มิติ มาทำการขัดกันให้เกิดการถ่ายแรงอย่างสมดุล มีการถ่ายแรงในลักษณะแบบโดมหรือ อาร์คโค้งทั้งแบบสมดุลและไม่สมดุลกัน โดยวัสดุที่นำมาใช้นั้นจะต้องสัมพันธ์กันกับขนาดของสถาปัตยกรรมรวมถึงตัววัสดุเองด้วยที่จำเป็นจะต้องมีลักษณะที่สามารถยอมรับการยิดหรือการงอได้

ในระดับหนึ่ง ซึ่งข้อจำกัดดังกล่าวทำให้เราไม่เห้นงานสถาปัตยกรรมที่เกิดขึ้นจากการสานได้ในสมัยโบราณ แต่จะไปปรากฏอยู่ในลักษณะของการเป็นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมเช่น ฝาเรือน ประตู หน้าต่าง เป็นต้น

การสานกับลักษณะเทคโทนิคส์ในวัฒนธรรมไทยนั้นเป็นเรื่องน่าเสียดายที่ไม่มีการพัฒนาไปในทางด้านการออกแบบงานสถาปัตยกรรมมากเท่าที่ควร โดยรูปแบบของการพัฒนานั้นยังคงมีน้ำหนักไปยังทางด้านฝั่งของเครื่องเรือนเครื่องใช้เสียมากกว่า ซึ่งหากพิจารณาถึงเครื่องเรือนเครื่องใช้ที่มีความสัมพันธ์กับวิถีชีวิตของไทยนั้น อย่างเช่น กระติ๊บ ชะลอม สุ่มไก่ เราจะสามารถมองเห็นลักษณะบางประการที่เกี่ยวเนื่องกับงานสถาปัตยกรรมอย่างชัดเจนเช่น พื้นที่ว่าง (Space) ขอบเขต (Boundary) หรือโครงสร้างปรากฏอยู่ที่เครื่องมือเหล่านั้นแต่ในสัดส่วนที่มีขนาดเล็กกว่าอาคารบ้านเรือน โดยลักษณะทางเทคโทนิคส์นั้นมีขั้วของการเป็นตัวแทน และโครงสร้างที่ชัดเจน ทำให้น่าเสียดายที่การพัฒนานั้นยังไม่เกิดขึ้นเท่าที่ควร

- การก่อ (Masonry) จากลักษณะของการก่อซึ่งเป็นระบบที่มีความชัดเจนในมิติทางเทคโทนิคส์ทั้งในภาพทางด้านโครงสร้างความแข็งแรง และฝั่งที่เป็นขั้วของการเป็นตัวแทนหรือความงาม แต่ในความสัมพันธ์กับลักษณะทางเทคโทนิคส์ของวัฒนธรรมไทยนั้น แต่ระบบของการก่อนั้นจะถูกมองว่าเป็นระบบที่แตกต่างกับลักษณะทางเทคโทนิคส์ในลักษณะอื่นๆ คือนิยมสร้างในอาคารประเภทวัด โบราณสถาน หรือวังของเจ้านาย มากกว่าที่จะพบในบ้านเรือนของชาวบ้านทั่วไปที่นิยมสร้างจากไม้

การก่ออิฐอยู่คู่กับวัฒนธรรมไทยมาแต่โบราณอันปรากฏให้เห็นในการก่อสร้างโบราณสถานต่างๆ ตั้งแต่สมัยอยุธยา ซึ่งจากประวัติศาสตร์กล่าวถึงการผลิตอิฐซึ่งนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการก่อสร้างอาคารตั้งแต่ปี พ.ศ. 1100 ที่ชาวขอมยังมีอำนาจอยู่ในดินแดนสุวรรณภูมิ

ลักษณะทางเทคโทนิคส์ของการก่อในวัฒนธรรมไทยนั้น จากข้อมูลเบื้องต้นทำให้เราสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ที่มีระยะเวลาที่ยาวนาน แต่ใช้ในการสร้างงานสถาปัตยกรรมที่มีภาพลักษณ์ของความคงทนถาวร ไม่เสื่อมสลายไปตามเวลา ดังอย่างเช่นวัดหรือวัง ที่มีการเรียกการก่อสร้างของงานสถาปัตยกรรมในรูปแบบดังกล่าวว่า การก่อสร้างวัด การก่อสร้างวัง ซึ่งมีคำว่า “ก่อ” ที่แสดงถึงกรรมวิธีในการก่อสร้าง แตกต่างกับอาคารบ้านเรือนของประชาชนทั่วๆไปที่จะใช้คำว่า “ปลูก”หรือปลูกบ้าน ปลูกเรือนที่มีนัยยะของเวลาที่มีการเสื่อมสลายไปตามช่วงอายุคน (ทวีปรังษีพร,

2549) โดยที่ลักษณะทางเทคโทนิคส์ในสมัยโบราณจะไม่มีการแสดงถึงการสื่อสารทางด้านความงาม โดยจะเน้นไปที่ความแข็งแรงทางโครงสร้างซึ่งแตกต่างกับช่วงเวลาในปัจจุบันที่การก่ออิฐนั้นมีมิติทางด้านสุนทรียภาพและความเป็นภาพตัวแทนได้ชัดเจนมากขึ้นกว่าทางด้านโครงสร้าง

ลักษณะทางเทคโทนิคส์ในวัฒนธรรมไทยนั้น จะมีรากฐานหรือความเชื่อมโยงสัมพันธ์กับวิถีการดำรงชีวิตและพื้นที่ตั้ง และอีกประการซึ่งเป็นเหมือนข้อสังเกตุเกี่ยวกับปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ คือ วัตถุประสงค์ในการออกแบบเช่น การถอดประกอบ การย้ายที่ตั้ง หรือการสร้างในแบบชั่วคราว ส่งผลให้เกิดลักษณะทางเทคโทนิคส์ในวัฒนธรรมไทย โดยในช่วงเวลาดังกล่าวจะเน้นไปที่ขั้วทางด้านของความแข็งแรงทางโครงสร้างและการใช้งานมากกว่าความสวยงามหรือภาพลักษณ์ซึ่งจะเป็นผลลัพธ์ที่ได้หรือเกิดขึ้นภายหลังจากการสร้างหรือผลิตซ้ำในช่วงเวลาปัจจุบัน

แต่องค์ความรู้ที่มีความเกี่ยวเนื่องกับลักษณะทางเทคโทนิคส์ดังกล่าวนั้น ในแง่ของการออกแบบงานสถาปัตยกรรมพบว่าไม่ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องหรือจริงจัง ทำให้ลักษณะดังกล่าวเหลือเป็นเพียงการอนุรักษ์ของเดิมไว้ ไม่สามารถสร้างเป็นแนวทางในการออกแบบให้กับยุคปัจจุบัน โดยการนำลักษณะทางเทคโทนิคส์มาใช้ในช่วงเวลาปัจจุบันนั้น เป็นการมุ่งเน้นทางด้านการสื่อสารภาพลักษณ์มากกว่าการไปมุ่งเน้นไปทางด้านความเป็นโครงสร้างในการใช้งาน

2.6 **การเข้าไม้ (Wood Joints)**

ในบทนี้จะอภิปรายเกี่ยวกับรอยต่อไม้ประเภทต่างๆ บทบาทหน้าที่ของรอยต่อไม้ ในแต่ละรูปแบบ รวมถึงการแบ่งกลุ่มชนิดของรอยต่อไม้ ตามวัฒนธรรมที่แตกต่าง รวมไปถึงความพยายามในการจัดกลุ่มรอยต่อไม้ของนักทฤษฎีทางสถาปัตยกรรมหลายๆ ท่าน เพื่อให้การศึกษา และ การระบุประเภทของรอยต่อไม้ ในงานก่อสร้างไม้แต่ละชนิดเป็นไปอย่างมีระบบ

2.6.1. สิ่งพิจารณาในการเข้าไม้

2.6.1.1. การเปลี่ยนรูปของไม้

ไม้อาจเกิดการเคลื่อนตัวได้เมื่อเวลาผ่านไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรอยต่อประเภทต่อขยายความยาวไม้ (Splicing Joints) และรอยต่อเข้ามุม (Connecting Joints) เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว ช่างไม้จึงมักจะกำหนดขนาดของรอยบาก และเดือยไว้ให้มีขนาดเท่ากัน โดยเดือยที่มีขนาดแน่นพอดีนั้นจะลดแรงกระทำที่ทำให้ไม้เคลื่อนตัว หรือเปลี่ยนรูปได้

2.6.1.2. แรงกระทำจากภายนอกที่กระทำกับรอยต่อไม้

แรงที่กระทำกับอาคาร อาคารหนึ่งได้แก่ แรงบิด แรงเฉือน แรงอัด แรงดัด และ แรงดึง รวบไปถึงแรงบิดตามแนวเนื้อไม้ ซึ่งมักเกิดกับการเข้าเดือยไม้ นอกจากนั้นยังอาจเกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ อย่างแผ่นดินไหว ที่ทำให้โครงสร้างสั่นไหว และทำให้รอยต่อเคลื่อนหลุดจากกันได้

2.6.1.3. ความชื้น

แม้ว่าไม้ฮิโนกิ จะมีชื่อเสียงในการต้านความชื้น และน้ำ จน เป็นชนิดไม้ที่ช่างไม้เลือกใช้ในการผลิตอ่างอาบน้ำ (Mertz, 2016) แต่ไม้โดยทั่วไปมีลักษณะเหมือนท่อที่ส่งน้ำไปตลอดผืนวัสดุ ท่อเหล่านี้ประกอบด้วยน้ำมากมาย แม้กระทั่งในไม้ที่ล้มใหม่ ก็มีปริมาณของน้ำเป็นส่วนใหญ่ ก่อนนำมาใช้จึงจำเป็นจะต้องลดความชื้นของไม้ลง เพื่อให้ได้ไม้ที่แข็งแรง และมั่นคง วิธีการนำความชื้นออกจากไม้ได้แก่การผึ่ง และ การทำให้แห้งด้วยเตาเผา แต่อย่างไรก็ตามไม้มักจะหาทางดูดซับความชื้นกลับมาอีกจนกว่าตัวเองจะสมดุล ซึ่งหากเกิดสิ่งนั้นขึ้นในโครงสร้าง นั่นหมายถึงรอยแตกหรือรอยต่อเข้าไม้เกิดหลวมขึ้นได้

2.6.2. รอยต่อไม้ในวัฒนธรรมยุโรป

แม้ว่าหากพูดถึงพัฒนาการ และความละเอียดอ่อนของรอยต่อไม้แล้ว ยุโรปอาจไม่ได้พัฒนาไปเท่ารอยต่อไม้ของเอเชีย โดยรอยต่อตามที่ได้สรุปมาจากงานเขียน เป็นการกล่าวอ้างถึงระบบการจัดกลุ่มรอยต่อไม้ในประเทศเยอรมัน ซึ่งมีวิธีการจัดกลุ่มรอยต่อที่เฉพาะตัว และสามารถอธิบายรอยต่อไม้โดยส่วนใหญ่ของยุโรปได้ แม้ว่าจะสามารถจัดกลุ่มได้อย่างชัดเจนเช่นของญี่ปุ่นก็ตาม (Zwergerและ Olgiati, 2015)

ในยุโรปการเรียกชื่อการต่อเข้าไม้ต่างๆ ไปตามลักษณะที่ไม้สองชิ้นต่อเข้าด้วยกัน Zwerger ได้เสนอวิธีการจัดแบ่งกลุ่ม ดังต่อไปนี้

- **Butt Joints** (การต่อชน) ลักษณะการต่อดังกล่าว เป็นเพียงไม้สองชิ้นที่ไม่มีการบากใช้การต่อชนกันธรรมดา

- Halved-and Lapped Joints (แบบบากบังใบ) เป็นกลุ่มที่มีจำนวนมากที่สุด การเข้าไม้ชนิดนี้สามารถทนแรงดึงได้ในระดับหนึ่ง

- Notched Joints (การต่อบากร่อง) มีลักษณะคล้ายแบบบังใบ แต่เป็นบากให้ไม้ไม่อมทับกันสนิท มักพบในการปรับระดับพื้นไม้ เป็นต้น

- Tenon Joints (การต่อแบบเข้าเดือย) เป็นกลุ่มที่มีความหลากหลายที่สุด เดือยนี้จะทะลุผ่านรูของไม้ หรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับรูปแบบ การต่อแบบเข้าเดือย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบหางเหยี่ยว เหมาะกับส่วนของโครงสร้างรับแรงอัดที่ไม่มีส่วนค้ำยันมากที่สุด นอกจากนี้หากการต่อแบบบากเข้าเดือย ถูกนำมาใช้กับแนวไม้ตามยาว จะเป็นการเข้าร่องลิ้นแทน (Tongue-and-Groove)

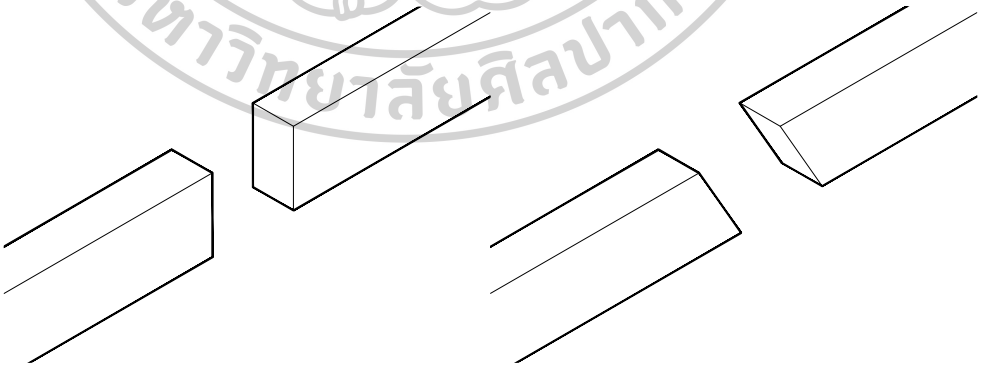
2.6.2.1. Oblique Joints (การต่อแนวเฉียง)

เป็นรูปแบบการต่อไม้ที่พบได้ทั่วไปในยุโรป ซึ่งมีชื่อเรียกตามลักษณะภายนอกที่พ้องกับตัวอักษร ได้แก่ L-Joint, T-Joint และ X-Joint โดยสรุปตามตำแหน่งที่พบได้ดังนี้

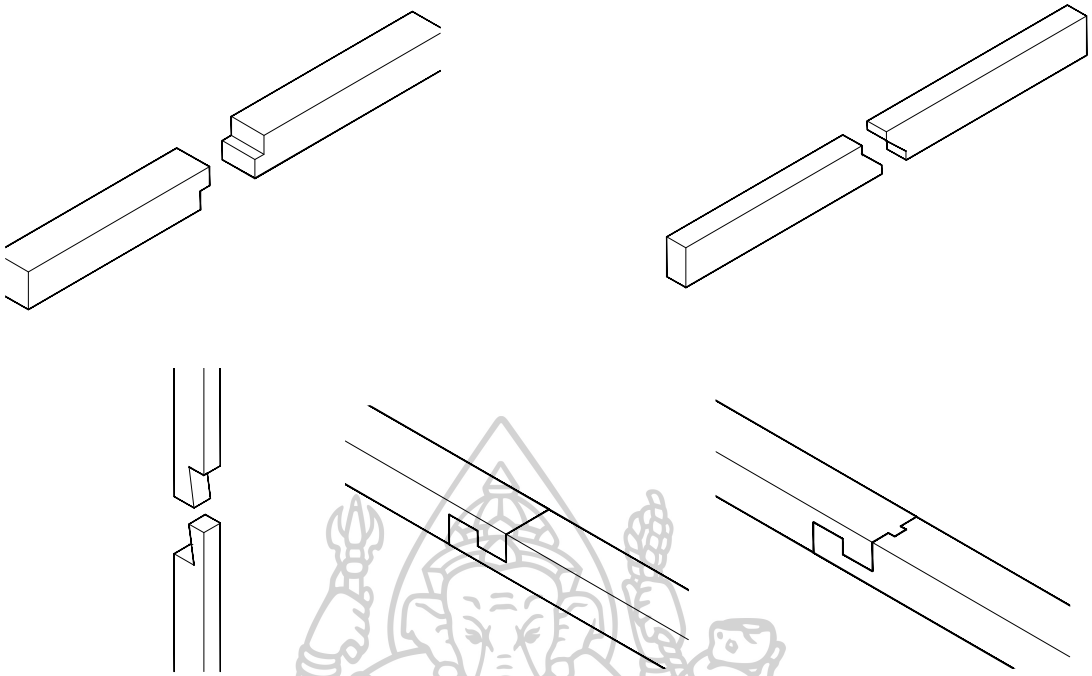
- X-Joint ใช้ในการต่อระหว่างชิ้นส่วนแนวเอียง และ เสาโครงหลังคา

- T-Joint มักพบในการเข้าเดือยแบบส้อม (Forked Tenon)

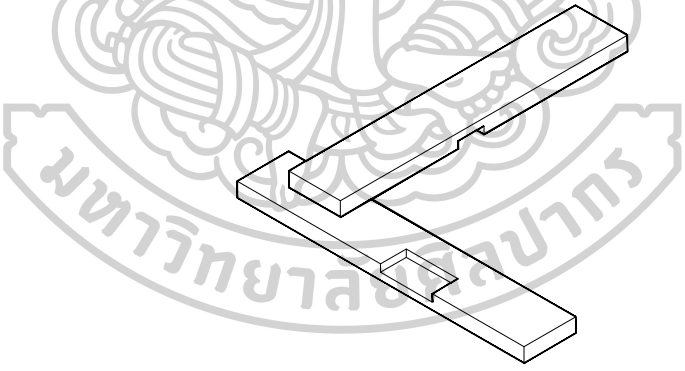
- L-Joint รอยต่อลักษณะนี้มีให้เห็นมากมาย ไม่ว่าจะที่มุมของคานทับหลัง หรือการชนไม้คานที่บริเวณมุมเป็นต้น การเข้าไม้ในลักษณะนี้ยังพบได้มากในโครงสร้างท่อนไม้ (Log Construction) แม้ว่าจะไม่ได้เป็นการต่อทาบแบบสนิทก็ตาม



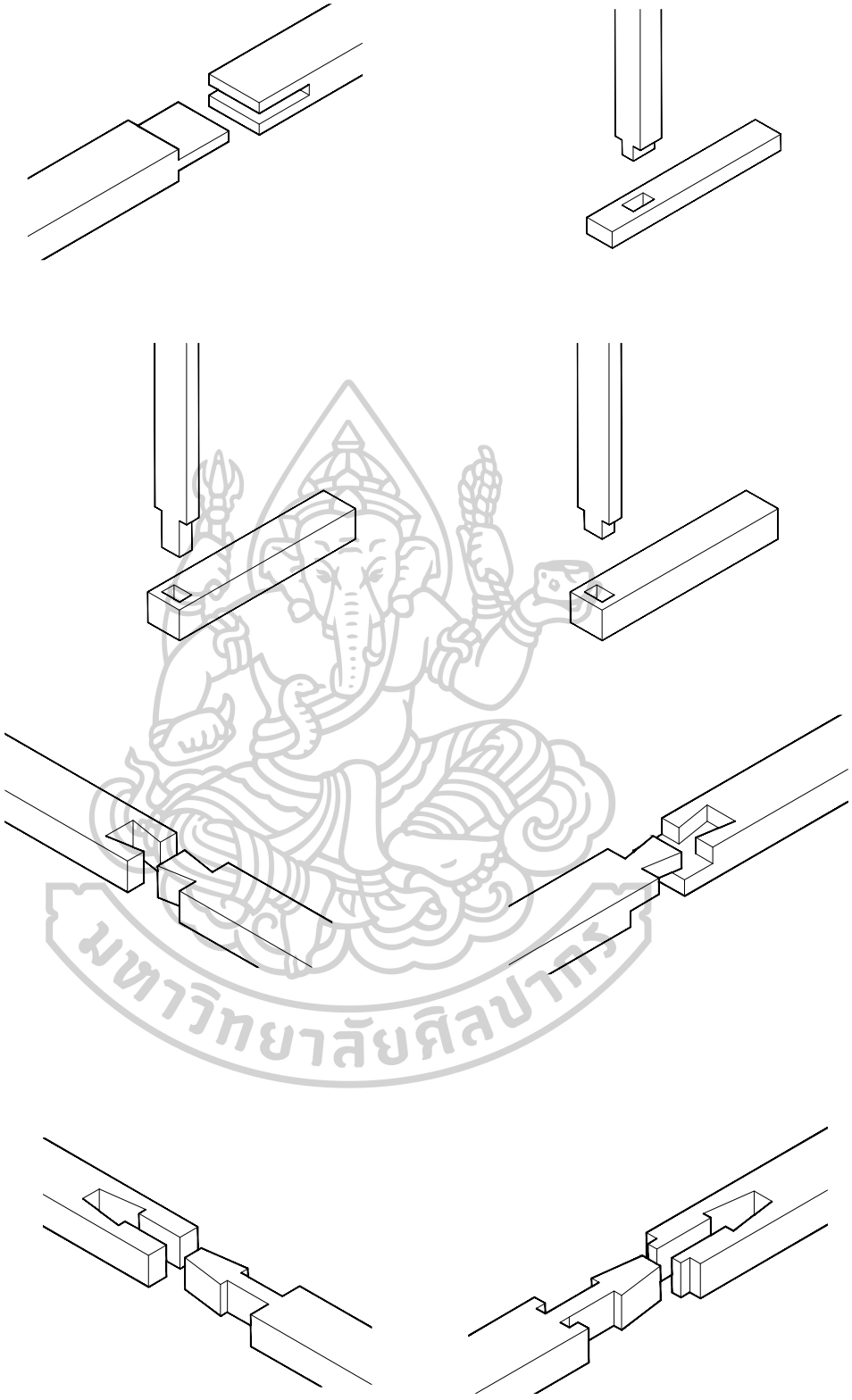
รูปที่ 17: Butt Joints



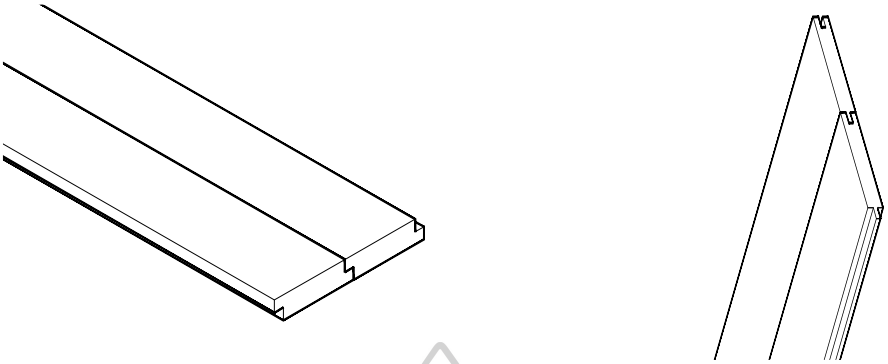
รูปที่ 18: Halved-and-lapped Joints



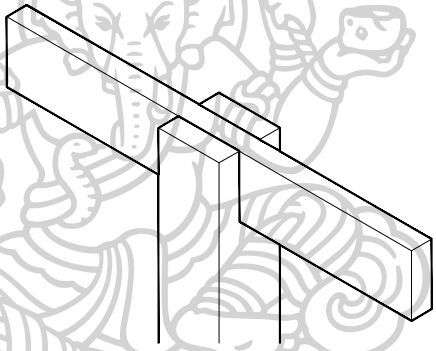
รูปที่ 19: Notched Joints



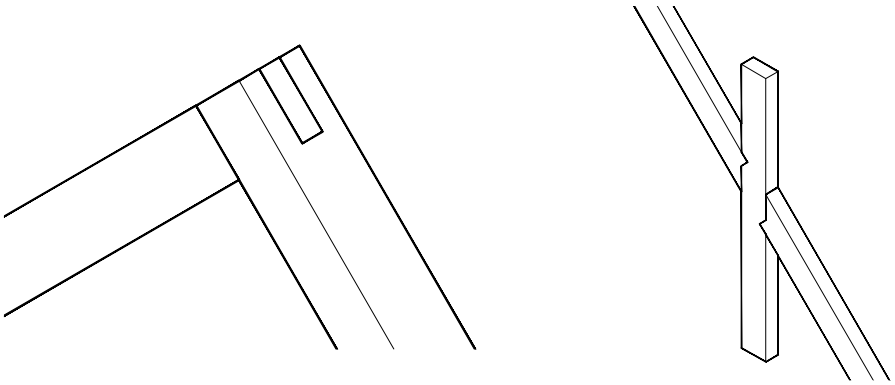
รูปที่ 20: Tenon Joints



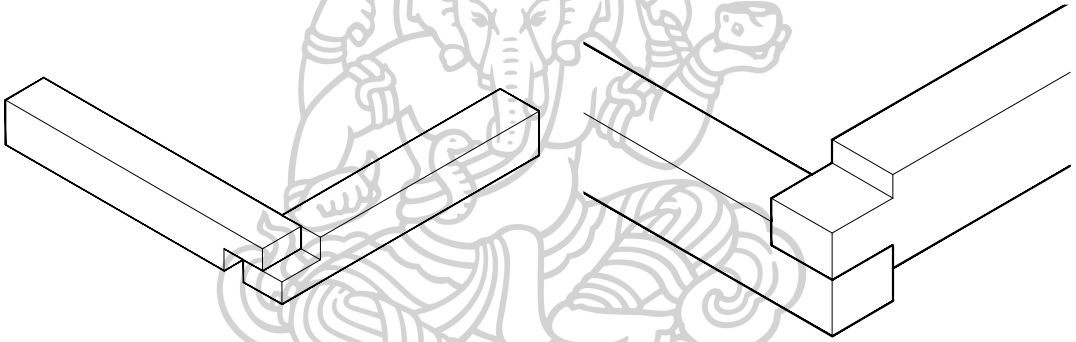
รูปที่ 21: Tongue-and-Groove



รูปที่ 22: T-Joint



รูปที่ 23: X-Joint



รูปที่ 24: L-Joint

2.6.3. รอยต่อไม้ในวัฒนธรรมญี่ปุ่น (**Japanese Jointing Techniques**)

วิวัฒนาการของรอยต่อไม้ ในญี่ปุ่นพัฒนาไปพร้อมกับพัฒนาการของเครื่องมือ ในการก่อสร้างวัด Horyuji และ Todaiji ในเมืองนาระนั้น เครื่องมือเครื่องใช้ของช่างไม้ญี่ปุ่นนั้นยังถูกจำกัดอยู่แค่เพียงการใช้ขวานหิน (Adze) เท่านั้น ดังในกว่าที่จะผลิตไม้ที่สามารถใช้งานได้ตามต้องการ เชื่อกันว่าในงานก่อสร้างหนึ่งๆ จะสูญเสียไม้ไปประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของไม้ทั้งหมดที่ใช้ในการก่อสร้าง ในยุคคามาคุระ (Kamakura Period) ในระหว่างปี 1185 – 1336 งานก่อสร้างโครงสร้างไม้ในญี่ปุ่นก็ยังคงใช้แค่เพียง ขวานหิน เลื่อย และเครื่องมือที่คล้ายคลึงกันอยู่เท่านั้น ต่อมาในสมัยเอโดะ (Edo Period) จึงได้มีการนำเอากบไสไม้ (Plane) มาใช้ ซึ่งสันนิษฐาน ว่านำเครื่องมือดังกล่าวถูกนำเข้ามาจากจีน (Seikeและคณะ, 1977)

การพัฒนาการต่อเข้าไม้ของญี่ปุ่นเกิดมาจากความขาดแคลนทรัพยากรในการก่อสร้าง เนื่องจากการเติบโตของการก่อสร้างโครงสร้างไม้ในญี่ปุ่นเรื่องมาจนถึงสมัยเอโดะ ทำให้ความต้องการการใช้ไม้ฮิโนกิ (สนไซเปรสญี่ปุ่น) ที่มีความแข็งแรงกว่าไม้สนทั่วไป เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก การหาไม้ดีๆ ที่ตอบสนองต่อความยาว หรือ มีรูปร่างตามที่ต้องการก็ยากไปด้วย ดังนั้นช่างไม้ จึงได้พัฒนารอยต่อเข้าไม้ขึ้นมา โดยในวัฒนธรรมการก่อสร้างญี่ปุ่นนั้น ได้มีการแบ่งการต่อเข้าไม้ออกเป็นเพียง 2 แบบเท่านั้นคือ **การเข้าไม้แบบทาบยาว** (ภาษาญี่ปุ่น Sugi ภาษาอังกฤษ Splicing Joints) และ **การต่อเข้ามุม** (ภาษาญี่ปุ่น Shiguchi อังกฤษ Connecting Joints)

2.6.3.1. รอยต่อทาบยาว (“Sugi” - Splicing Joints)

ลักษณะการต่อไม้แบบทาบยาวนี้ เกิดขึ้นเพราะความลำบากในการหาไม้ขนาดใหญ่สำหรับทำเสา หรือ คาน การเข้าไม้แบบประกบนี้ มักจะใช้ในการต่อไม้เพื่อทำคานขนาดยาว เช่น คานคอดิน โดยใช้การต่อไม้ในบริเวณที่เกิดความเครียดในโครงสร้างน้อยที่สุด มักจะไม่ใช้ในการทำเสาเนื่องจากความเสี่ยงต่อการโก่งตัว เนื่องจากการต่อไม้แบบดังกล่าว มีความหลากหลาย และอาจมีชื่อเรียกที่แตกต่างในแต่ละแหล่งข้อมูล จึงขอสรุปชื่อของการต่อไม้มาตามลักษณะการใช้งาน

- รูปแบบการต่อเข้าไม้สำหรับ การต่อไม้คานคอดิน (Groundsills) ได้แก่รอยต่อประเภทบากเข้าเดือยต่างๆ เช่น Ari – Tsugi (การต่อหางเหยี่ยว) และ Kama – Tsugi (บากเข้าเดือยแบบคอห่าน)

- การต่อไม้คาน ในโครงสร้างขนาดใหญ่ ได้แก่ Sao – Tsugi (การบากเข้าเดือยแบบ Lapped Rod)

- การต่อไม้ในส่วนโครงสร้างหลังคา ได้แก่ Sogi – Tsugi (รอยต่อทาบอย่างง่าย) ใช้สำหรับต่อความยาวจันทัน และ Isuka – Tsugi ต่อทาบเฉียงแบบลิ้น สำหรับต่อความยาวแป

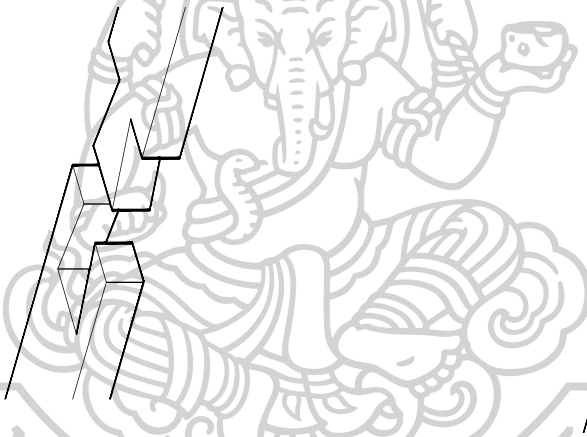
- การต่อไม้เพื่อในคานตกแต่ง (Decorative Beams) ได้แก่ Sao – Tsugi และ Kakushi – Mechigai – Tsugi (ต่อเข้าเดือยตรงแบบซ่อน)

- การยึดฐานเสา (Underpinning the pillars) ได้แก่ Okkake – Daisen – Tsugi สำหรับยึดฐานเสาอาคารโบราณ และ Kanawa – Tsugi (รอยต่อทาบเฉียงแบบบากซ่อน) ซึ่งมีความแข็งแรงทางโครงสร้างสูง และเป็นรอยต่อที่เพิ่งได้ถูกพัฒนามาในสมัยเอโดะ

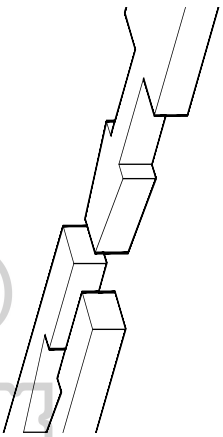
- สำหรับต่อไม้สองชิ้นที่มีขนาดแตกต่างกัน คือ Daimochi – Tsugi (การต่อทาบเฉียง)

- สำหรับต่อไม้ในส่วนโครงผนังไม้กั้นห้องแบบโปร่งแสง (Shoji) และ แบบทึบ (Fusuma) ได้แก่ Mechigai – Tsugi, Kakushi – Mechigai – Tsugi สำหรับรางเลื่อนผนัง และ Koshikake – Tsugi ที่ใช้สำหรับต่อไม้ในโชจิอย่างเดียว

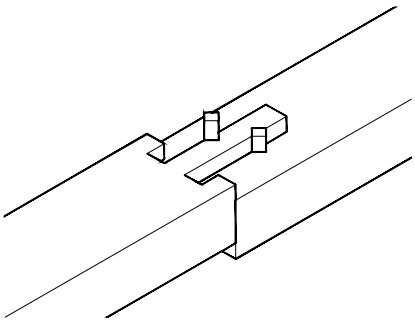
- โดยส่วนใหญ่การต่อไม้แบบทาบยาว จะเป็นการต่อระหว่างด้านตัดตามยาว (End grain) สำหรับการต่อประกบแผ่นไม้ตามยาว เช่นกรณีการต่อไม้กระดานพื้น หรือผนังอาคาร จะใช้การต่อไม้แบบ Hagi – Tsugi ซึ่งมีทั้งแบบบากเฉียง แบบบังใบ และแบบข้อต่อรางลิ้น



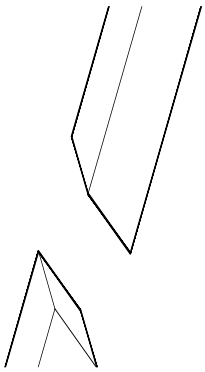
รูปที่ 25: Ari-Tsugi



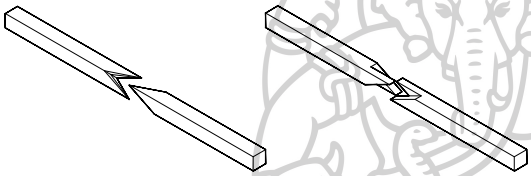
รูปที่ 26: Kama-Tsugi



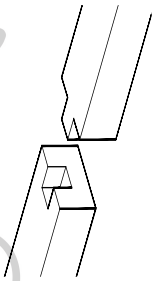
รูปที่ 27: Sao-Tsugi



รูปที่ 28: Sogi-Tsugi

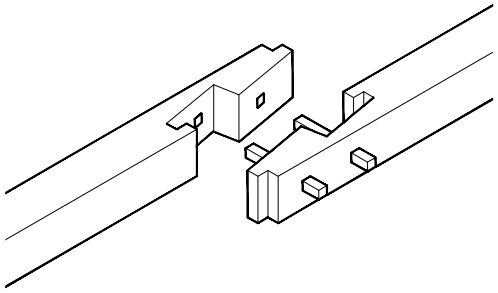


รูปที่ 29: Isuka-Tsugi

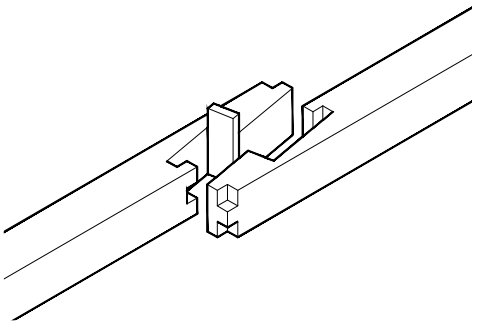


รูปที่ 30: Kakushi-Mechgai-Tsugi

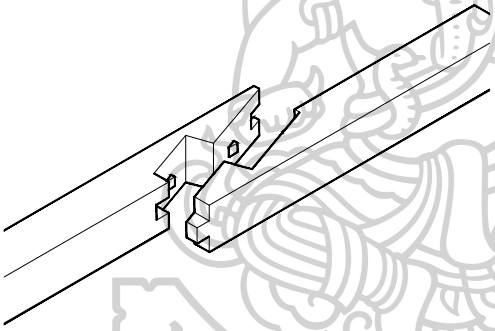
มหาวิทยาลัยศิลปากร



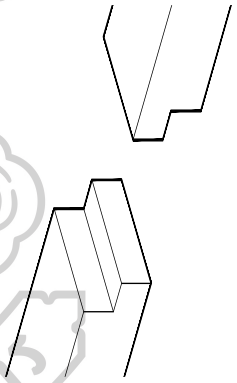
รูปที่ 31: Okkake-Daisen-Tsugi



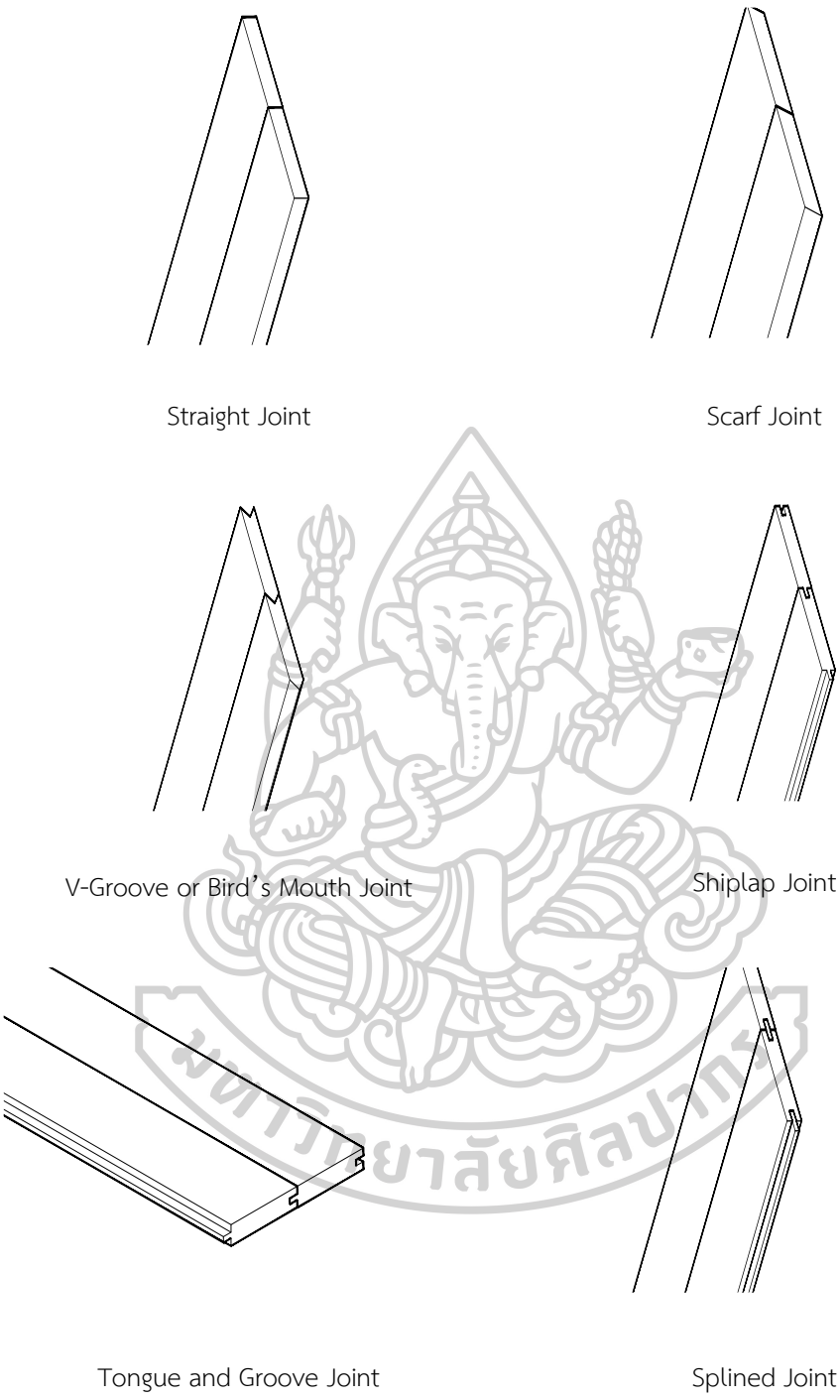
รูปที่ 32: Kanawa-Tsugi



รูปที่ 33: Daimochi-Tsugi



รูปที่ 34: Koshikake-Tsugi



รูปที่ 35: Hagi-Tsugi

2.6.3.2. การต่อเข้ามุม (“Shiguchi” – Connecting Joints)

ลักษณะการเข้าไม้นี้ใช้ในการเข้ามุมระหว่างไม้สองชิ้น มักใช้ในการต่อชนส่วนของโครงสร้างเช่น เสา โครงหลังคา และการค้ำยันเนื่องจากการเข้าไม้แบบชิงุจินี้มักใช้กับส่วนโครงหลังคาบ่อยครั้งรอยต่อดังกล่าวจึงถูกปรับให้เข้ากับความชันของหลังคา โดยลักษณะการเข้าไม้ที่สรุปตามลักษณะการใช้งานเป็นดังนี้

- รูปแบบการต่อเข้าไม้สำหรับ การต่อไม้คานคอดิน (Groundsills) ได้แก่ Ai – Jakuri (หัวต่อบากไม้แบบทาบ)

- รอยต่อระหว่างเสากับคาน รอยต่อที่ใช้คือ Hira – Hozo (บากเข้าเดือย) การเข้าไม้ดังกล่าวใช้ต่อคานคอดินกับคาน ระหว่างแผ่นผนัง หรือระหว่างคาน ด้วยเช่นกัน

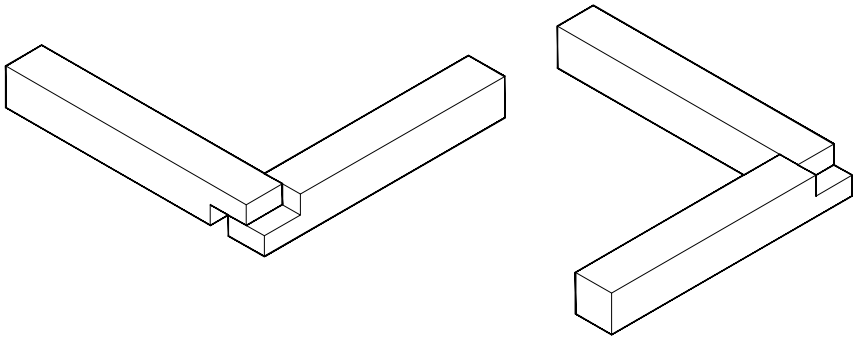
- ใช้ยึดตง คาน และนั่งร้าน Ari – Otoshi (Housed Dovetail Joint) รอยต่อดังกล่าวเหมาะสมกับโครงสร้างชั่วคราว

- ใช้สำหรับต่อเสาประตูทางเข้า Hana – Sen (External Draw Pin Joint)

- ใช้เป็นโครงสร้างหลังคา Wanagi – Komi (เข้าเดือยแบบใช้ชิ้นไม้เป็นเดือย) และยังใช้สำหรับการเข้ามุมไม้ที่มีขนาดแตกต่างกันได้

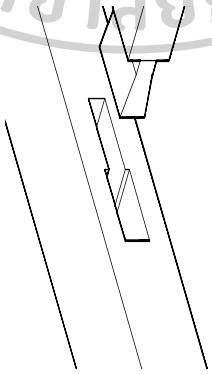
- ใช้ในการค้ำยัน เพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านทานแรงด้านข้าง เช่น แผ่นดินไหวหรือลมแรง Saga – Kama

- ใช้ในงานตกแต่งภายใน ได้แก่ O-Dome (ปากกบแบบเปิด) นอกจากนี้ยังมีรอยต่อที่เป็นที่นิยมในงานเครื่องเรือน ได้แก่ Warabi – Kusabi เป็นต้น

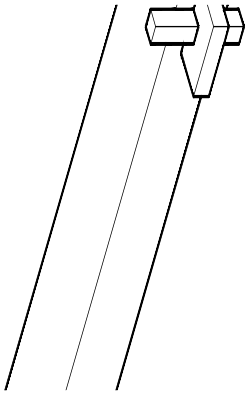


รูปที่ 36: Ai-Jakuri

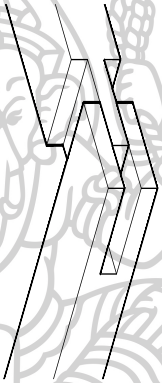
รูปที่ 37: Hira-Hozo



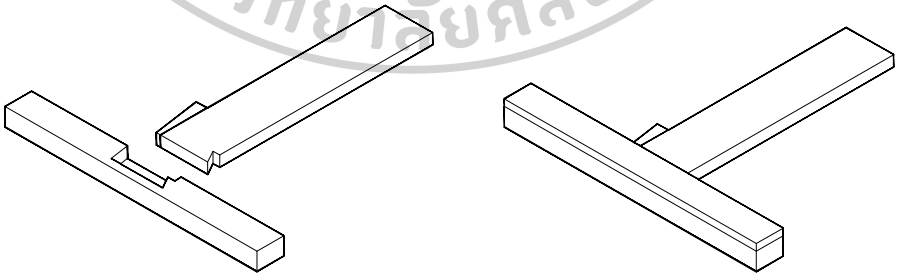
รูปที่ 38: Ari-Otoshi



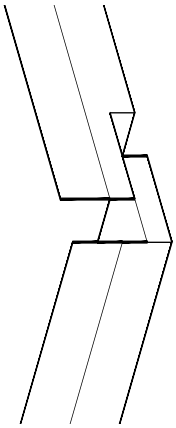
รูปที่ 39: Hana-Sen



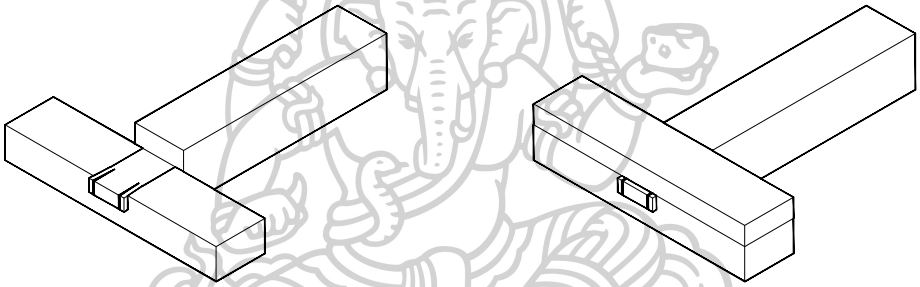
รูปที่ 40: Wanagi-Komi



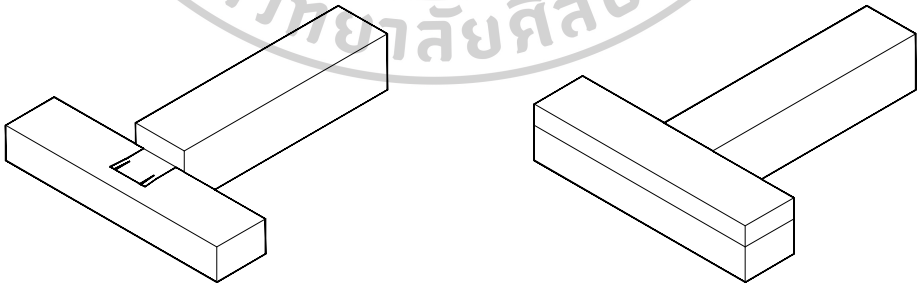
รูปที่ 41: Saga-Kama



รูปที่ 42: O-Dome



รูปที่ 43: Wari-Kusabi

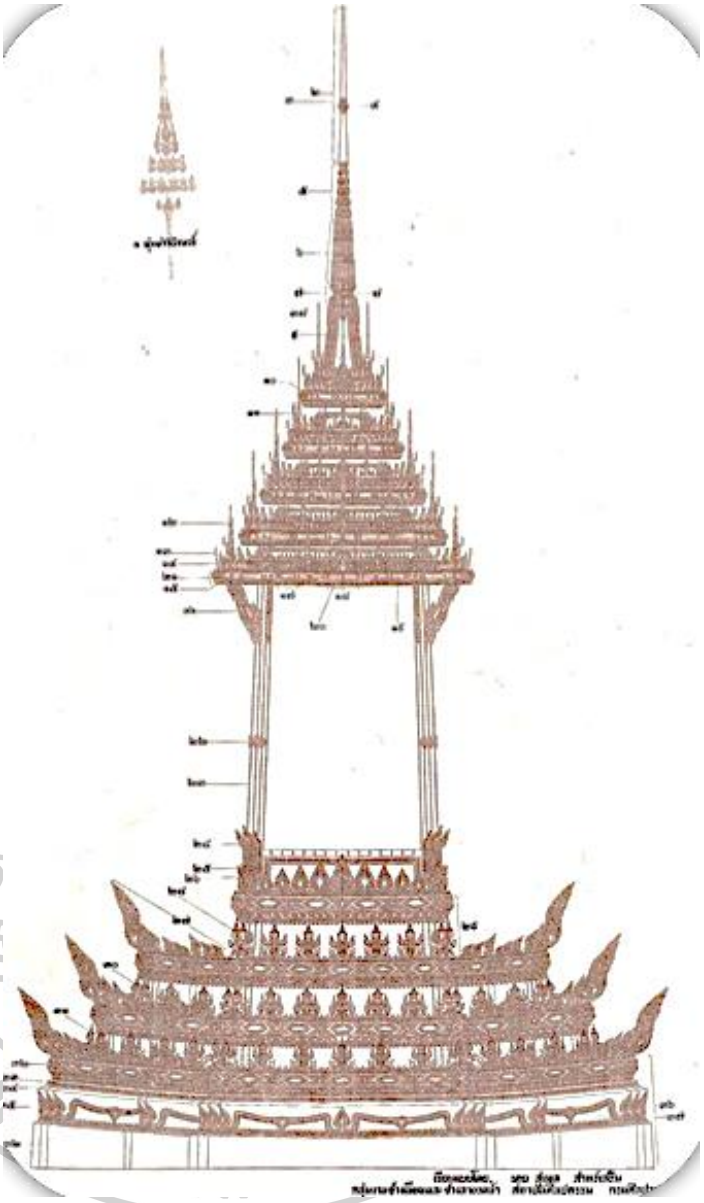


รูปที่ 44: Jikoku-Kusabi (แบบย่อยของ Wari-Kusabi)

2.6.4. รอยต่อไม้ในวัฒนธรรมไทย

ในงานสถาปัตยกรรมไทย ปรากฏการณ์ใช้รอยต่อการเข้าไม้ในงานประเภทเรือนเครื่องสับ ซึ่งเป็นเรือนที่มีความซับซ้อนในเชิงงานฝีมือมากกว่าเรือนไทยประเภทเรือนเครื่องผูกของชาวบ้านทั่วไป เรือนเครื่องสับใช้ไม้ประเภทไม้ยืนต้น และต้องใช้ฝีมือในการถากไม้ เพื่อให้ได้ไม้ตามรูปทรงที่ต้องการ ข้อจำกัดทางฝีมือช่าง และเครื่องมือนี้เอง ทำให้เรือนเครื่องสับมักเป็นที่พักอาศัยสำหรับผู้มียศถาบรรดาศักดิ์ เท่านั้น ลักษณะหลักของรอยต่อไม้ในเรือนเครื่องสับนั้นไม่ได้ถูกจำแนกเป็นกลุ่มที่ชัดเจนตามแบบญี่ปุ่น เพียงปรากฏว่ามีการใช้ **“การบาก (**Mortise**) การสับ (**Notched**) การลดขนาด และ การทำเดือย (**Tenon**)”** จากการรวบรวมของรองศาสตราจารย์สมใจ นิ่มเล็ก ราชบัณฑิต จึงทำให้ทราบว่า การเรียกชื่อการเข้าไม้ หรือการเข้าปากไม้ในงานของสถาปัตยกรรมไทยนั้น ไม่ได้มีการเรียกขานชื่อตามรูปแบบของการเข้าไม้อย่างละเอียดเท่าแบบของญี่ปุ่น แต่ใช้ชื่อเรียกขานด้วยการอุปลักษณ์ (Metaphor) ตามลักษณะทางกายภาพของชิ้นส่วนประกอบรอยต่อการเข้าไม้ (นิ่มเล็ก, 2557) ร่วมกับลักษณะของรอยต่อ และตำแหน่งของชิ้นส่วน (Component) นั้น ๆ มากกว่า ตัวอย่าง เช่น **“เดือยหางเหยี่ยว”** (ผสานระหว่างลักษณะรอยต่อ และ การอุปลักษณ์) เป็นต้น

มหาวิทยาลัยศิลปากร



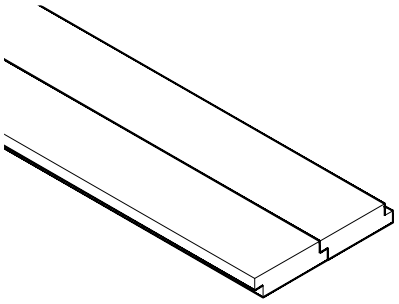
รูปที่ 45: ลายเส้นองค์ประกอบพระที่นั่งบุษบกเกริน พระราชวังบวรสถานมงคล

ที่มา: แสนประเสริฐและเลขาวิจิตร์ (2553, p. 12)

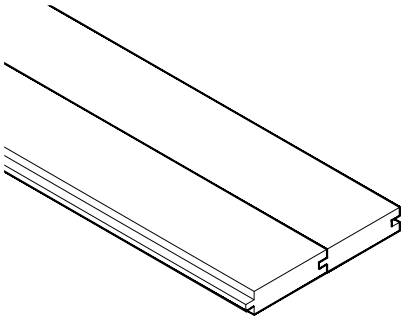
จากการศึกษาบทความเกี่ยวกับการเข้าไม้แบบโบราณ ของพระที่นั่งบุษบกเกริน (จำลอง) (แสนประเสริฐและ เลขาวิจิตร์, 2553) จึงพบว่าลักษณะการรอยต่องานไม้ในไทย มักมีกระบวนการหลักๆ ทั้งหมด 2 แบบ โดยแบ่งตามวัตถุประสงค์เพื่อการต่อเพิ่มหน้าไม้ และ การแต่งปลายไม้ (End-grain) โดยจาก โดยจะขอยกมาเฉพาะรอยต่อที่ไม่มีการใช้ตะปูเหล็ก หรือกาวยึด ดังนี้

2.6.4.1. การเพลาะไม้

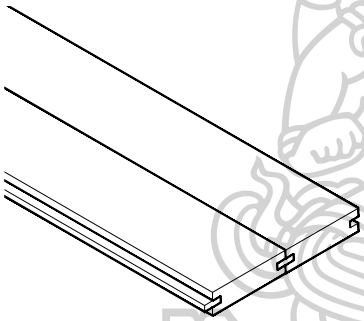
คือ การต่อเสริมความกว้างของหน้าไม้ ลักษณะการเพลาะไม้ในเรือนไทย มีดังนี้



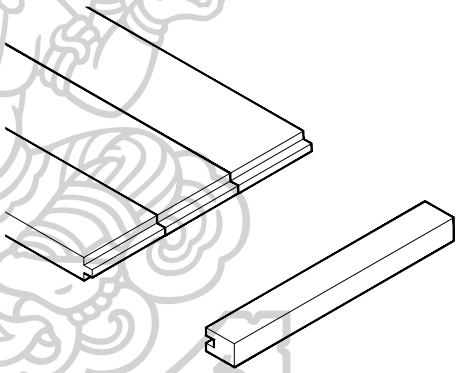
รูปที่ 46 การเพลาะด้วยวิธีบังใบ



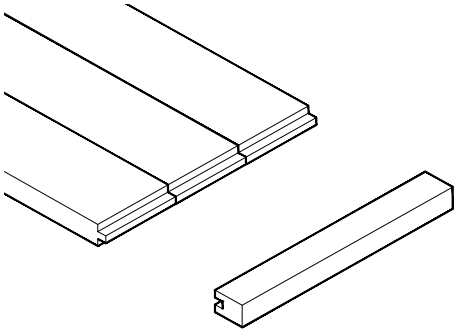
รูปที่ 47 การเพลาะด้วยวิธีเข้าลิ้น



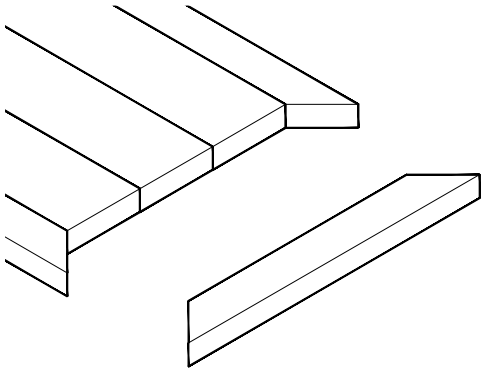
รูปที่ 48 การเพาะด้วยวิธีสอดลิ้น



รูปที่ 49 การเพลาะไม้แบบเปิดหัว



รูปที่ 50 การเพลาะไม้แบบมีไม้สกัดหัว



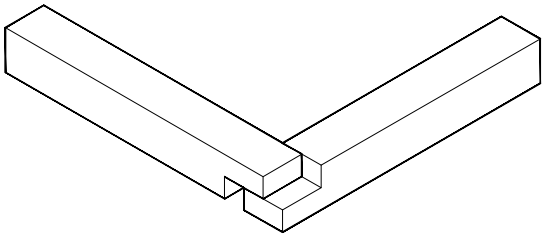
รูปที่ 51 การเพลาะไม้แบบเปิดหัว

2.6.4.2. การเข้าปากไม้

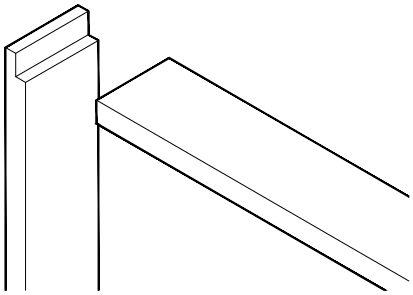
การเข้าปากไม้นี้แบ่งเป็น 3 รูปแบบด้วยกันคือ การเข้าปากชน การเข้าบาก และการเข้าเดือย

- การเข้าปากชน คือการแต่งปลายไม้ชิ้นหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า “ปากไม้” เข้าชนชิดกับริมหรือข้างไม้อีกชิ้นหนึ่ง ซึ่งการเข้าปากชนนี้จะทำให้เกิดรอยต่อไม้ที่เป็นมุมต่อกัน การเข้าปากชน มีทั้งลักษณะทำมุมฉาก (90 องศา) โดยจะตัดปากเป็นมุมเฉียง 45 องศา หรือไม่ก็ได้ และ แบบทำมุมเฉ (มุมเอียงที่ต่างจากมุม 90 องศา) โดยการเข้าปากชน นั้นต้องมีการตรึงไม้ที่นำมาประกอบกันให้แน่นไม่ว่าจะด้วยตะปู หรือ สลักไม้

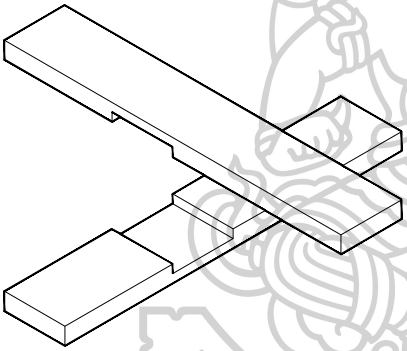
- การเข้าบาก เป็นการนำไม้สองชิ้นมาต่อกัน โดยบากไม้ชิ้นใดชิ้นหนึ่ง หรือทั้งสองชิ้นแล้วจึงนำไม้สองชิ้นมาชน หรือ ซ้อนทับกัน ปรากฏ 10 รูปแบบด้วยกันดังนี้



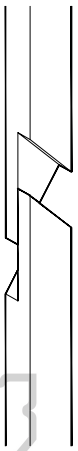
รูปที่ 52 การเข้าบากไม้ซ้อนทับกัน



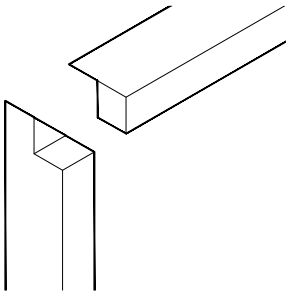
รูปที่ 53 การเข้าบากปากชน บังใบ หรือ การเข้าบ่า



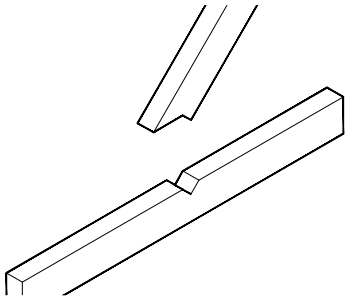
รูปที่ 54 การเข้าบากปากกากบาท



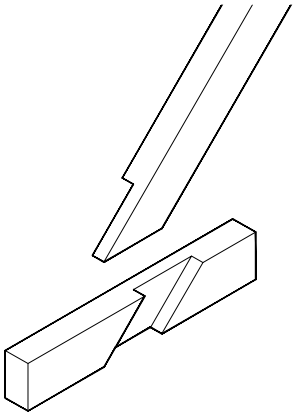
รูปที่ 55 การเข้าบากปากชนปาก 45 องศา หรือ ปากกบ



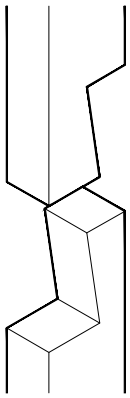
รูปที่ 56 การเข้าบากปากบังใบ และเข้าปากกบ (มุมเดียว)



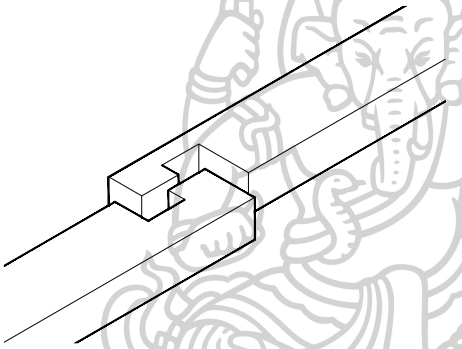
รูปที่ 57 การเข้าปากชนมุมเฉ 45 องศา (มุมเดียว)



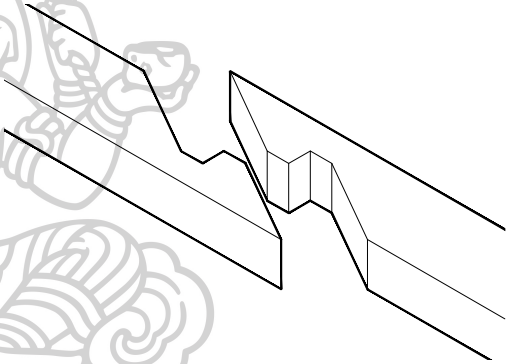
รูปที่ 58 การเข้าบากบากทาบ มุมเฉ 45 องศา



รูปที่ 59 การเข้าบากรูปหางเหยี่ยว



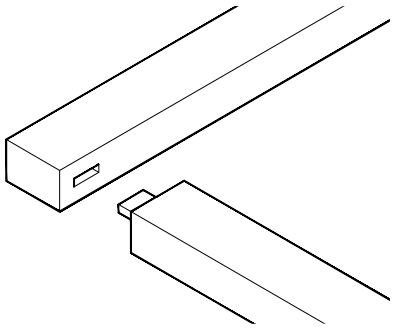
รูปที่ 60 การเข้าบากปากฉลามมีขอเกี่ยว



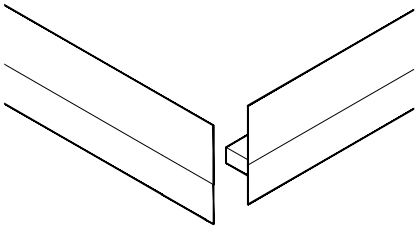
รูปที่ 61 การเข้าบากปากฉลามมีขอเกี่ยว

2.6.4.3. **การเข้าเดือย**

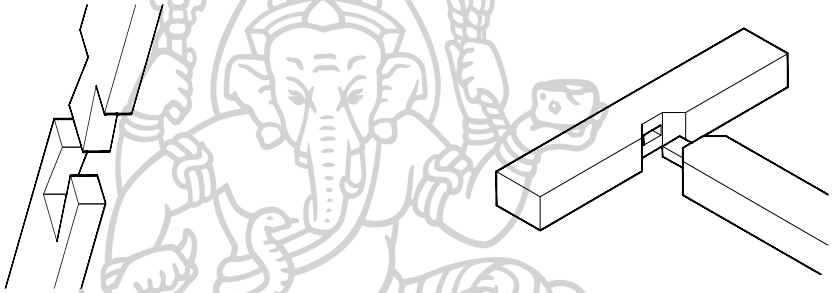
เป็นวิธีการเข้าปากไม้โดยการนำไม้ 2 ชิ้นมาประกอบกัน โดยชิ้นหนึ่งถูกเจาะเป็นรู และปลายไม้อีกชิ้นหนึ่งถูกผ่าออกให้เหลือเป็นเดือย ให้ปลายไม้ที่เป็นเดือยสอดเข้าในไม้ชิ้นที่ทำเป็นรูไว้ โดยทั้งเดือยและรู นี้ต้องมีลักษณะคับพอดีกัน หลังจากนั้นใช้สลักยึดไม้ทั้งสองชิ้นประกอบเข้าด้วยกัน รูปแบบของการเข้าเดือย มีดังนี้



รูปที่ 62: การเข้าเดือยปากชน

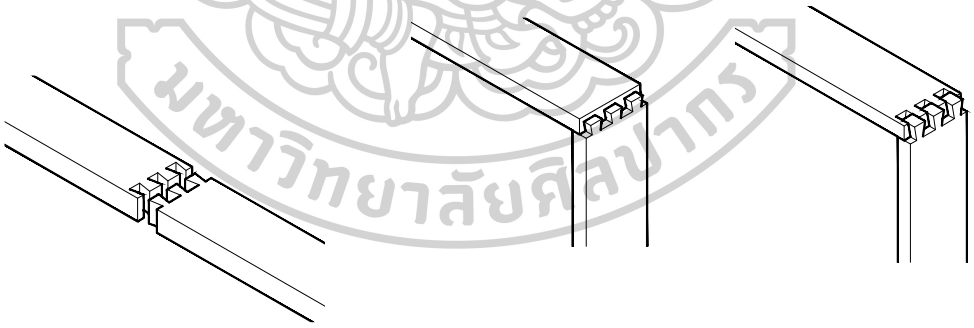


รูปที่ 63: การเข้าเดือยปาก 45 องศา หรือ เข้าเดือยปากกบ



รูปที่ 64: การเข้าเดือยหางเหยี่ยว เดือยเดี่ยว[10]

รูปที่ 65: การเข้าเดือยปากกริว

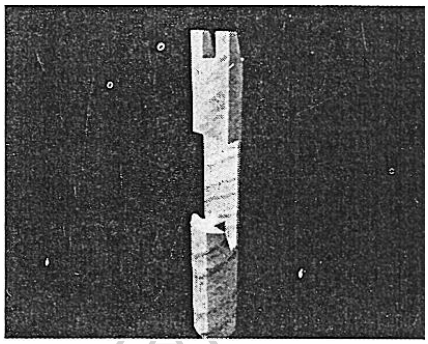


รูปที่ 66: การเข้าเดือยหางเหยี่ยวเดือยแถว หรือ เดือยหางเหยี่ยวประสาน

นอกจากนี้ยังมีระบบการเข้าเดือยไม้ ซึ่งพบได้ในภาคกลาง ซึ่งมีลักษณะนอกเหนือไปจากการเข้าเดือยที่พบในบุษบกเกริน (จำลอง) ลักษณะรอยต่อเหล่านี้สามารถพบได้ในอาคารขนาดใหญ่ เช่น โบสถ์ วิหาร ศาลาการเปรียญ เป็นต้น พบมากในจังหวัดอยุธยา สุพรรณบุรี เพชรบุรี ราชบุรี

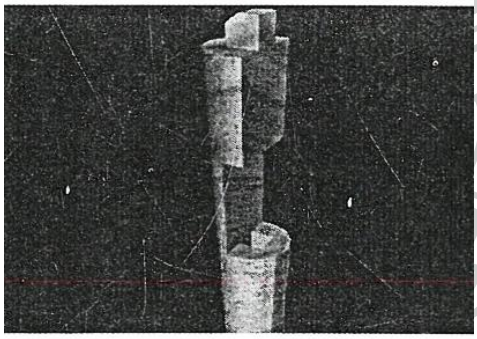
[10] รูปแบบคล้ายคลึงกับ Ari-Tsugi และ Tendon Joint

ชัยนาท สิงห์บุรี ลพบุรี กรุงเทพมหานคร โดยประกอบด้วยกลุ่มรอยต่อที่ใช้เพียงสลักเดือยอย่างเดียว และระบบรอยต่อที่ผสมระหว่างการใช้สลักเดือย และ สลักลิ้น



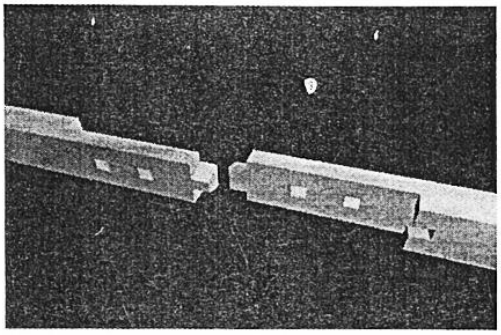
รูปที่ 67: รอยต่อแบบเดือยเขี้ยวตะขาบ หรือ เดือยแบบก้ามปู

ที่มา: (ชุ่มเกษร, 2543)



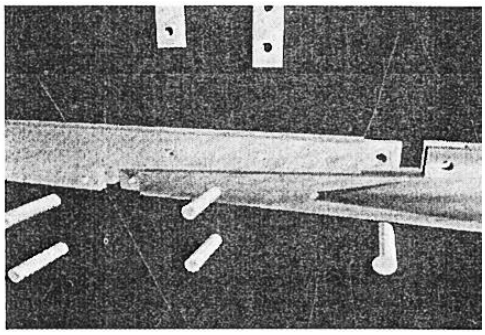
รูปที่ 68: รอยต่อแบบเดือยคุด

ที่มา: (ชุ่มเกษร, 2543)



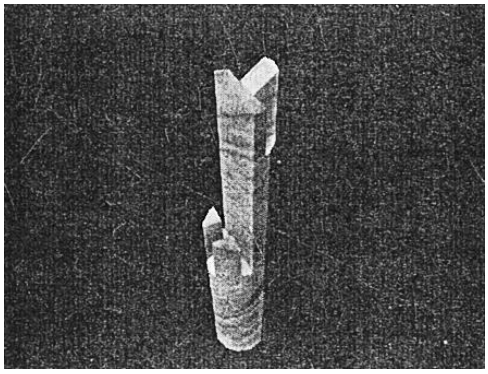
รูปที่ 69: รอยต่อแบบเดือยกีบหมู

ที่มา: (ชุ่มเกษร, 2543)



รูปที่ 70: รอยต่อแบบปากเข้ ปากตะเข้ หรือปากจรเข้

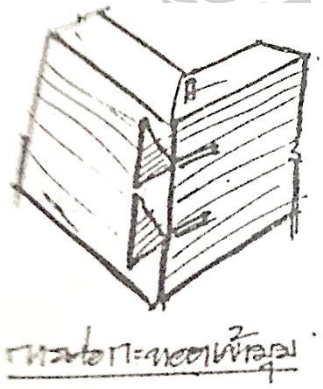
ที่มา: (ชุ่มเกษร, 2543)



รูปที่ 71: รอยต่อแบบผสม

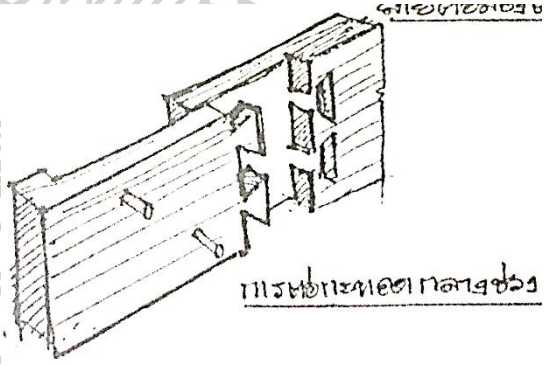
ที่มา: (ชุ่มเกษร, 2543)

นอกจากรูปแบบการเข้าไม้ที่พบได้ในภาคกลางแล้ว ยังมีรอยต่อไม้ที่พบได้เรือนไทยภาคอีสาน ในบทความเฮือนอีสาน (บัวศรี, 2553) ปรากฏภาพการต่อกระทอดเข้ามุม และการต่อกระทอดกลางช่วง เป็นที่น่าเสียดายที่บทความไม่ได้กล่าวถึงการใช้งานของชุดการเข้าไม้ดังกล่าว



รูปที่ 72: รอยต่อกระทอดเข้ามุม

ที่มา: (บัวศรี, 2553)



รูปที่ 73: รอยต่อกระทอดกลางช่วง

ที่มา: (บัวศรี, 2553)

2.7 **กรณีศึกษา: การพัฒนารอยต่อไม้สู่การออกแบบ**

Kuma (2018) ได้กล่าวในนิตยสาร The Japan Architect: Kengo Kuma: a LAB for materials ฤดูใบไม้ผลิ ปี 2018 ถึงผลพวงของแนวคิดทางสถาปัตยกรรมในศตวรรษที่ 20 ที่คอนกรีต

ได้กลายเป็นวัสดุหลักในการก่อสร้าง เพื่อตอบสนองการขยายตัว และปริมาณของสิ่งปลูกสร้าง รวมไปถึงการที่ทฤษฎีสถาปัตยกรรมสมัยใหม่ (Modern) ที่กล่าวถึง “ที่ว่าง” ในฐานะองค์ประกอบสำคัญของสถาปัตยกรรม และอาคารเป็นเพียงแค่กรอบที่กำหนดรูปทรงของที่ว่าง ที่ว่างที่จับต้องไม่ได้กลายเป็นสิ่งสมมติที่คนให้ความสนใจในงานสถาปัตยกรรม มากกว่าพื้นผิวที่พวกเขายืนอยู่ Kengo Kuma ได้กล่าวว่าตัวเขาเองนั้นเป็น “นักวัสดุนิยม” **(Materialist)** Kuma มองว่าการละทิ้งวัสดุในศตวรรษที่ 20 เหมือนการละทิ้งความเป็นสถานที่

การที่ Kengo Kuma ต้องการนำวัสดุกลับมานั้น เขาต้องการสรรค์สร้างเรขาคณิตเชิงชีววิทยา (Biological Geometry) ใหม่ ผ่านทางการทดลองกับวัสดุธรรมชาติ ซึ่งเกิดปัญหาต่างๆ มากมาย แต่วิธีการทำงานของ Kuma คือการรื้อฟื้นและพยายามใหม่ด้วยเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นใหม่ การทำงานของเขาจึงมีลักษณะคล้ายห้องทดลอง โดยสถาปัตยกรรมเป็นเพียงผลลัพธ์หนึ่งของกิจกรรมภายในห้องทดลองนี้เท่านั้น

2.7.1. การพัฒนารอยต่อชิโดริ

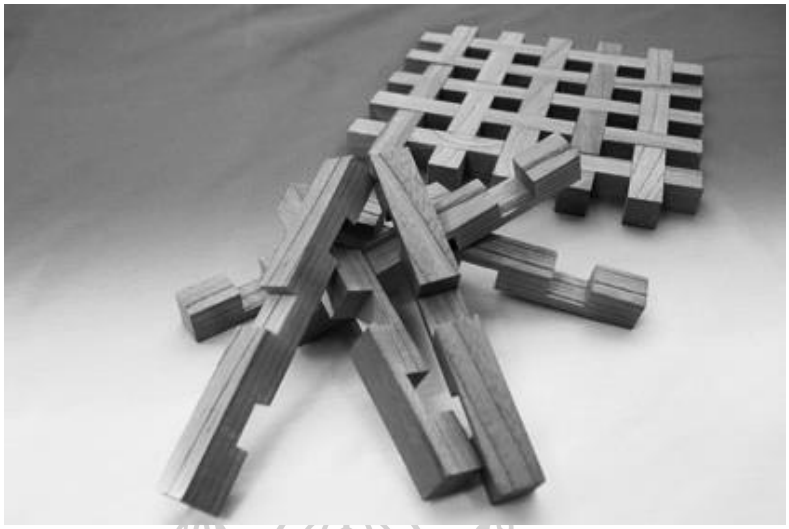
ชิโดริ มีความหมายหมายถึง นกพันตัว เป็นระบบข้อต่อ ที่พบในของเล่นไม้พื้นเมืองของฮิดะ ทากายามะ องค์ประกอบของชิโดริประกอบด้วย แท่งไม้สามชิ้นที่หันไปยังทิศทางแตกต่างกัน เชื่อมต่อเข้ากันด้วยจุดเพียงจุดเดียว โดยต่อกอบด้วยการหมุนไม้ตัวสุดท้าย เพื่อยึดแท่งไม้ทั้งสามชิ้นให้แน่น โดยไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุที่ใช้สำหรับการยึดติดใดๆ แม้ชิโดริ จะเริ่มต้นจากการเป็นของเล่นไม้พื้นเมือง แต่ภายในเมืองฮิดะ ทากายามะ ก็มีกการใช้งานการต่อเข้าไม้แบบชิโดรินี้ในอีกรูปแบบหนึ่งที่แตกต่างกันไป ชิโดริ - โกะชิ (Chidori-Goshi) ของเมืองฮิดะ มีลักษณะเป็นแท่งไม้ถักสานทับกันเป็นช่องตารางสี่เหลี่ยม และมีชื่อเรียกในภาษาอังกฤษว่า Double Dovetail Joint (การเข้าไม้แบบหางเหยี่ยวคู่) ชิโดริ-โกะชินี้ ถูกนำมาใช้เป็นส่วนลูกฟักประตูในเมืองฮิดะ โดยตัวอย่างหนึ่งที่พบได้คือโครงถักไม้ที่ประตูของศาลเจ้าทาคุมิ (Takumi Shrine)

รูปที่ 74: ศาลเจ้าทาคุมิ (Takumi Shrine)

ที่มา: Adrian (2017)

รูปที่ 75: การใช้งาน Chidori-Goshi เป็นผนัง

ที่มา: Image provided by Hida City



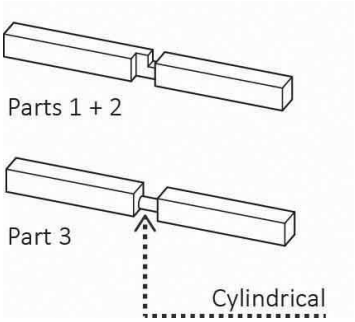
รูปที่ 76: แสดงการบากไม้แบบ Chidori-Goshi

ที่มา: **"Tabi-Job" 2014)**

2.7.2. หลักการทำงานของ **Chidori**

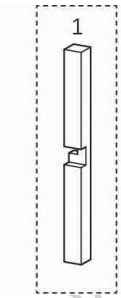
ชิโดริประกอบด้วยชิ้นไม้จำนวน 3 ชิ้น ชิ้นไม้เหล่านี้มีหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเท่ากันทั้งหมด โดยไม้ 2 จาก 3 ชิ้นถูกบากครึ่ง (Notched) ในรูปแบบที่เหมือนกัน ในขณะที่ชิ้นไม้ชิ้นสุดท้าย ได้ถูกบากและกลึงจนเป็นแท่งทรงกระบอกบริเวณขอบมุมของช่องรอยบากไม้

การต่อชิ้นไม้ชิโดริ้นี้ กระทำได้โดยการนำไม้ชิ้นบากครึ่งชิ้นแรกประกบกับไม้ชิ้นที่ภายในถูกทำให้เป็นทรงกระบอกในแนวตั้งฉากกับไม้ชิ้นแรก และประกบเข้าอีกครั้งด้วยไม้บากที่เหลือ หลังจากนั้นหมุนไม้ชิ้นที่สอง การหมุนไม้ชิ้นที่สองนี้จะทำให้ข้อต่อไม้ชิโดริยึดติดกันแน่น

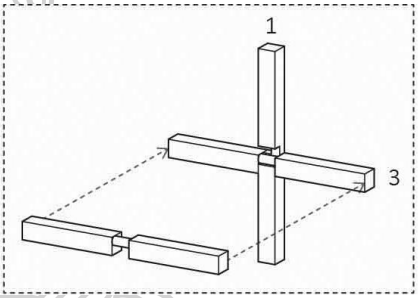


รูปที่ 77: ภาพแสดงส่วนประกอบของชิ้นตัวต่อไม้ ชิโดริ (Chidori)

ที่มา: Schwartz (2017a)



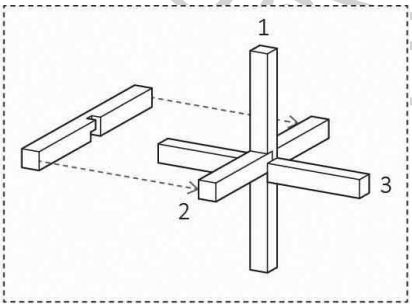
รูปที่ 78: แสดงการต่อประกอบชิโดริ ขั้นที่ 1



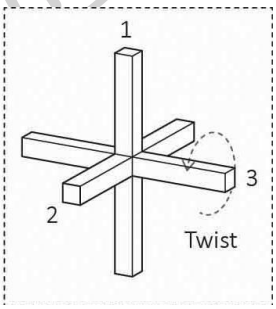
รูปที่ 79: แสดงการต่อประกอบชิโดริ ขั้นที่ 2

ที่มา: Schwartz (2017a)

ที่มา: Schwartz (2017a)



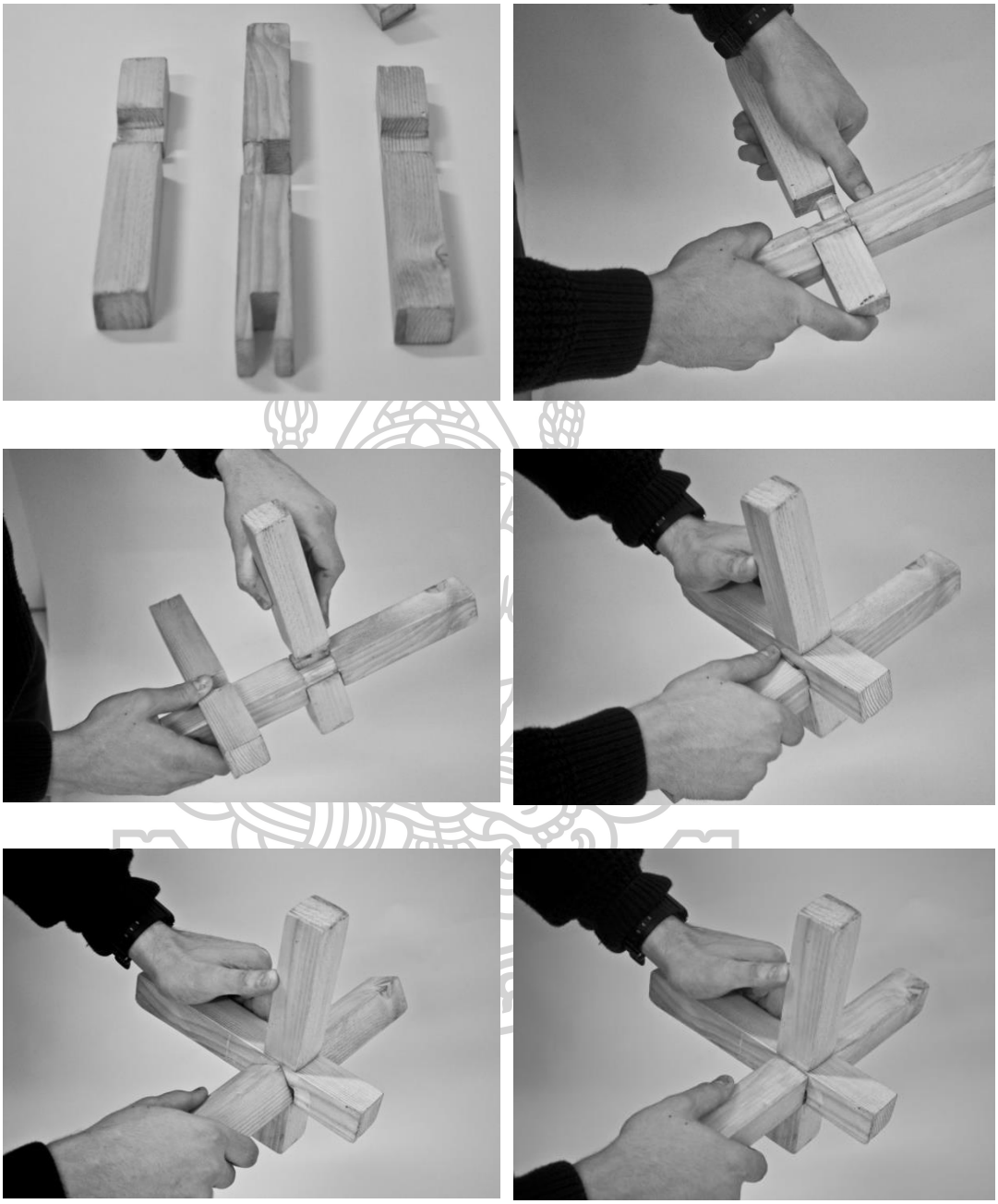
รูปที่ 80: แสดงการต่อประกอบชิโดริ ขั้นที่ 3



รูปที่ 81: แสดงการต่อประกอบชิโดริ ขั้นที่ 4

ที่มา: Schwartz (2017a)

ที่มา: Schwartz (2017a)



รูปที่ 82: แสดงลำดับการต่อไม้ชิโดริ

ที่มา: Slow (2014)

2.7.3. ความแตกต่างระหว่าง ชิโดริ และ เถรอดเพล

แม้จุดเริ่มต้นระหว่างเถรอดเพล และชิโดริ จะเหมือนกัน โดยเริ่มต้นจากการเป็นของเล่นท้องถิ่น ก่อนจะได้มีการนำระบบการทำงานของของเล่นดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม แต่ความแตกต่างระหว่างเถรอดเพล และ ชิโดริ ก็มีอยู่มาก ดังที่จะได้แจกแจงต่อไปนี้

2.7.3.1. จำนวนชิ้นส่วนไม้

เถรอดเพลจะมีความคล้ายคลึงตัวต่อไม้ของตะวันตกที่เรียกว่า Six-Piece Burr Puzzle มากกว่า เนื่องจากประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนไม้จำนวน 6 ชิ้น ในขณะที่ชิโดริ ประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนไม้ 3 ชิ้นเท่านั้น

2.7.3.2. ระบบรอยบากในชิ้นไม้

ชิโดรินั้นมีลักษณะรอยบากที่แน่นอน กล่าวคือจะมี ชิ้นไม้สองชิ้นที่มีรอยบากครึ่งทรงสี่เหลี่ยม และมีไม้อีกชิ้นที่มีแกนไม้ทรงกระบอกอยู่ภายในช่องรอยบากขนาดเดียวกันกับไม้สองชิ้นก่อนหน้า ในขณะที่เถรอดเพลนั้นนอกจากพื้นฐานหลักที่จะต้องมีไม้หนึ่งชิ้น ที่ไม่มีรอยบากใดๆ บนเนื้อไม้ โดยไม้ชิ้นดังกล่าวจะทำหน้าที่เป็นเดือยสำหรับเสียบ ลักษณะคล้ายกุญแจ ที่เมื่อสอดไม้ชิ้นดังกล่าวไปในขั้นตอนสุดท้ายจะทำให้ชิ้นไม้ทั้งหกชิ้นถูกยึดเข้าไว้ด้วยกันอย่างแน่นสนิท ไม้ชิ้นอื่นๆ อาจจะมีรอยบากที่ซ้ำกันบ้าง เช่นเถรอดเพลแบบหลวงตาโจ้ยนั้น มีชิ้นไม้จำนวน 2 คู่ (4 ชิ้น) ที่เหมือนกัน แต่หากเป็นเถรอดเพลตามที่ถูกจำลองขึ้นมาจากเอกสารทางวิชาการ เมืองโบราณเครื่องตั้งวัดไทรนั้น ชิ้นไม้ทั้ง 6 ชิ้นนั้นไม่มีรอยบากที่เหมือนกันเลย

2.7.3.3. ระบบการยึดชิ้นไม้ให้แน่น

ลักษณะการยึดชุดชิ้นไม้ให้แน่นในชิโดริ ใช้การหมุนชิ้นไม้ชิ้นสุดท้าย ที่มีรอยบากทรงกระบอกภายใน เพื่อยึดชิ้นส่วนทั้งหมดเข้าด้วยกันให้แน่น ในขณะที่เถรอดเพลใช้การขัดไปมาของชิ้นไม้ และมีชิ้นไม้ชิ้นสุดท้ายที่ไม่มีรอยบาก ทำหน้าที่คล้ายเดือยที่ยึดชิ้นไม้ทั้งระบบให้แน่น

2.7.4. กรณีศึกษา **1**: ผลงานออกแบบของ **Kengo Kuma**

2.7.4.1. Chidori Pavilion Milan 2007 “House”

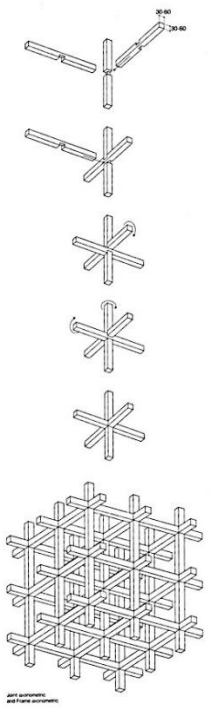
Kengo Kuma ได้ทำการพัฒนาเทคนิคการต่อไม้ดังกล่าวเป็นโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม ร่วมกับวิศวกรโครงสร้างจุน ซาโต (Jun Sato) โดยโครงสร้างที่พวกเขาได้พัฒนาขึ้นถูก

นำไปสร้างเป็นศาลาขนาดเล็กในเมืองมิลาน ประเทศอิตาลี ขนาดและชนิดของแท่งไม้ที่นำมาใช้ในงานนี้คือ ไม้สนไซเปรสญี่ปุ่น ขนาด 30 x 30 มิลลิเมตร แท่งไม้ทุกชิ้นถูกยึดเข้าด้วยกันด้วยการหมุนแท่งไม้ ตามหลักการของชิโดริ โดยการก่อสร้างโครงสร้างดังกล่าว ใช้เวลาทั้งหมด 5 วัน ด้วยจำนวนคนเพียง 5 คนเท่านั้น โดยแท่งไม้ทั้งหมดถูกสั่งทำล่วงหน้าจากญี่ปุ่น โดยบากตามที่ได้ออกแบบไว้ก่อนแล้ว

รูปที่ 83: พาวิลเลียน “House”

ที่มา: Kuma (2018, p. 44)

มหาวิทยาลัยศิลปากร



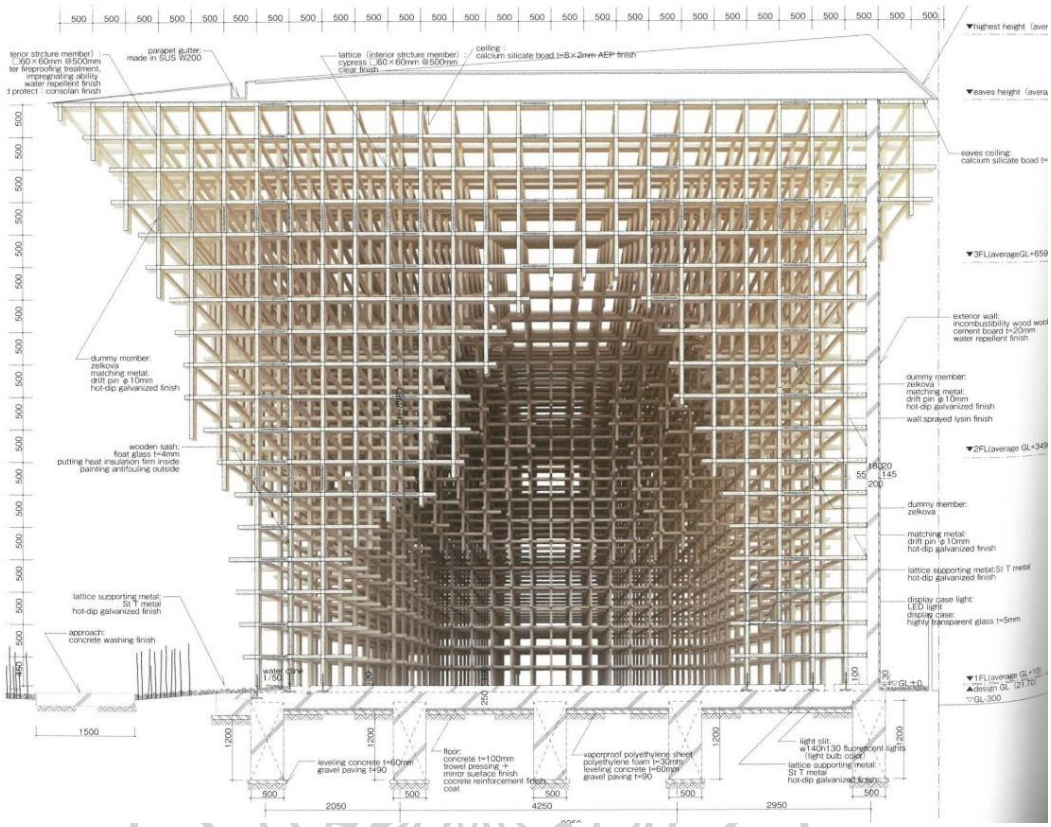
รูปที่ 84: หลักการการทำงานของระบบรอยต่อไม้ในงานพาวิลเลียน “House”

ที่มา: Kuma (2018, p. 45)

2.7.4.2. GC Prostho Museum Research Center 2012

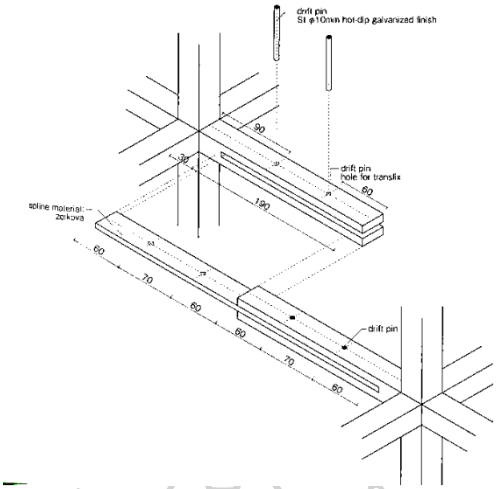
โครงการแรกที่ได้มีการนำชิโดริมาใช้ในฐานะโครงสร้างกริด (Grid Structure) ในอาคารถาวร โดยโครงถักไม้นี้ไม่ได้เป็นเพียงแค่โครงสร้างภายนอกเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงเครื่องเรือน และตู้จัดแสดงอีกด้วย Kuma ใช้โครงรูปแบบเดียวที่สามารถกลายเป็นทั้งโครงสร้าง และหน่วยย่อยอื่นๆ ภายในสถาปัตยกรรมได้ โดยเขาเรียกรูปแบบนี้ว่า “Cellular World View” ที่ GC Prostho นี้ ได้มีการปรับขนาดของแท่งไม้ เป็นขนาด 60 x 60 มิลลิเมตร และเป็นที่น่าสังเกตว่ามีการปรับเปลี่ยนส่วนรอยต่อ โดยจากเดิมที่ไม่ใช้ตัวยึดอื่น นอกจากระบบข้อต่อไม้แบบชิโดริเพียงอย่างเดียว มาใช้แผ่นเหล็กยึดที่เรียกว่า Zelkova และ หมุดดริฟต์ (Drift Pin) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร มาเป็นตัวเสริมความแข็งแรงทางโครงสร้าง Kuma (2018) ได้กล่าวถึงประเด็นการใช้วัสดุอื่นๆ เข้ามาประกอบกับโครงสร้างไม้ ไว้ในบทความ Return to Materials โดยอ้างถึงสิ่งที่ Christoper

Alexander เรียกว่า Semilattice **“งานที่เราเห็นว่าเป็นงานเกี่ยวกับไม้ แท้จริงแล้วอาจเกิดขึ้นได้ด้วยความช่วยเหลือของหิน (**Stone**) หรือเส้นใย (**Fiber**) ก็เป็นได้”**



รูปที่ 85: โครงการ GC Prostho Museum

ที่มา: Kuma (2018, pp. 48-49)



รูปที่ 86: แสดงแผ่นเหล็กยึด Zelkova

ที่มา: Kuma (2018, p. 49)

2.7.4.3. Starbucks Coffee ที่ Omotesando

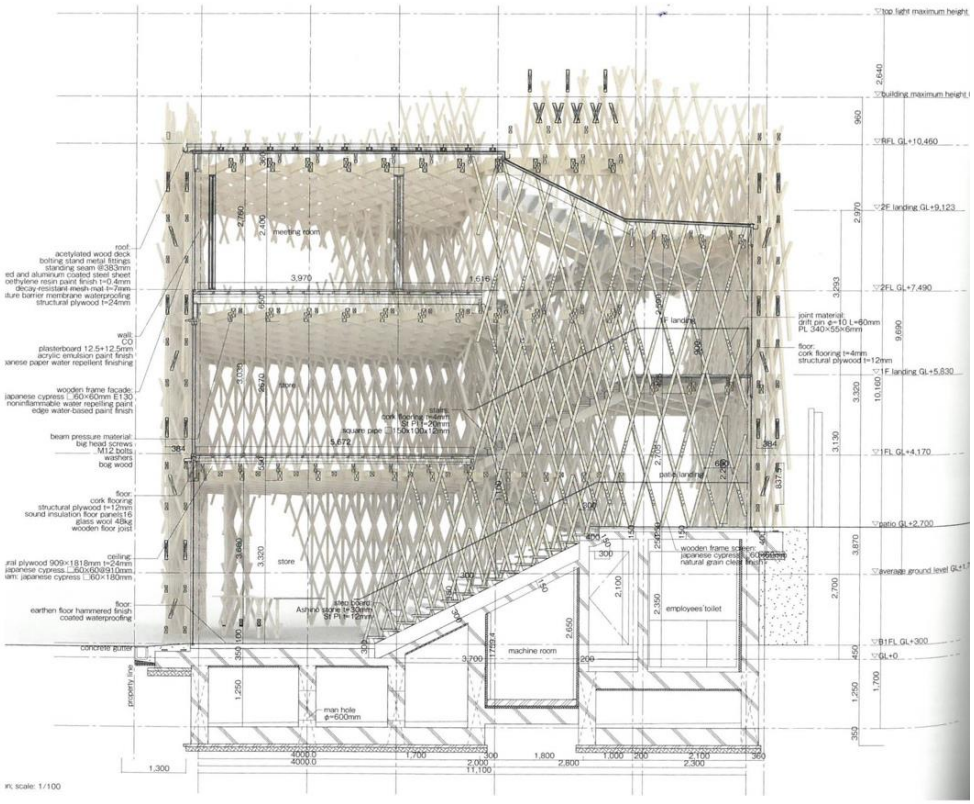
หลังจากงาน GC Prostho Kuma ได้พัฒนาโครงสร้างที่มีแรงบันดาลใจจากตัวต่อไม้ชิโดริ โดยปรับเปลี่ยนให้โครงสร้างดังกล่าวเป็นโครงสร้างเฉียงในแนวทแยง จากเดิมที่โครงสร้างอิงตามแนวแกนฉาก การปรับเปลี่ยนให้เป็นโครงสร้างตามแนวทแยงนี้ ทำให้งานออกแบบของเขาดูพลิ้วไหวยิ่งขึ้น ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับรายละเอียดทางโครงสร้างใหม่ ทำให้ต้องเพิ่มจำนวนชิ้นไม้ที่จำเป็นสำหรับการสร้างชิ้นส่วนโครงสร้างหนึ่งระบบ จากเดิมสามชิ้น เป็นสี่ชิ้น และมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบรอยบากให้ซับซ้อนยิ่งกว่าเดิม แต่รอยต่อดังกล่าวกลับถูกยึดให้แน่นด้วยสลักสเตนเลส (Stainless Steel Dowel Pins) สิ่งที่ยังคงเหมือนเดิมคือขนาดของหน้าตัดไม้ที่ยังใช้เท่ากันกับในโครงการ GC Prostho คือ 60x60 มิลลิเมตร และมีความยาวของชิ้นไม้อยู่ที่ 1.30 เมตร

รูปที่ 87: Starbucks Coffee ที่ Omotesando

ที่มา: Kuma (2018, p. 50)

2.7.4.4. Sunny Hills

โครงการ Sunny Hills นี้เป็นการต่อยอดจาก GC Prostho โดยการผสานเอารอยต่อแบบ Jigoku-gumi (Hell joinery) ชิ้นไม้ขนาด 60x60 มิลลิเมตร ถูกนำมาบากขัดกันด้วยมุม 30 องศา รอยต่อแบบ Jigoku-gumi นี้ในตอนเริ่มต้นถูกใช้สำหรับยึดโครงเครื่องเรือน และรอยต่อทางโครงสร้าง กลายมาเป็นรอยต่อสำหรับโครงสร้างสามชั้น โดยเนื่องจากโครงสร้างเพียงสองชั้นนั้นอาจง่ายต่อการลื่นหลุดของรอยต่อ จึงต้องมีโครงสร้างชั้นที่สามเพื่อป้องกันการเลื่อนหลุด และเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้าง การออกแบบโครงสร้าง ใช้การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ 3 มิติ หลังจากนั้นสร้างหุ่นจำลองขนาดเท่าจริงด้วย สไตโรโฟม (Styrofoam) เพื่อประเมินรูปแบบรอยต่อ หลังจากนั้นจึงสร้างหุ่นจำลองเท่าจริงอีกครั้งด้วยไม้สนไซเปรสญี่ปุ่น



รูปที่ 88: โครงการ Sunny Hills

ที่มา: Kuma (2018, p. 52)

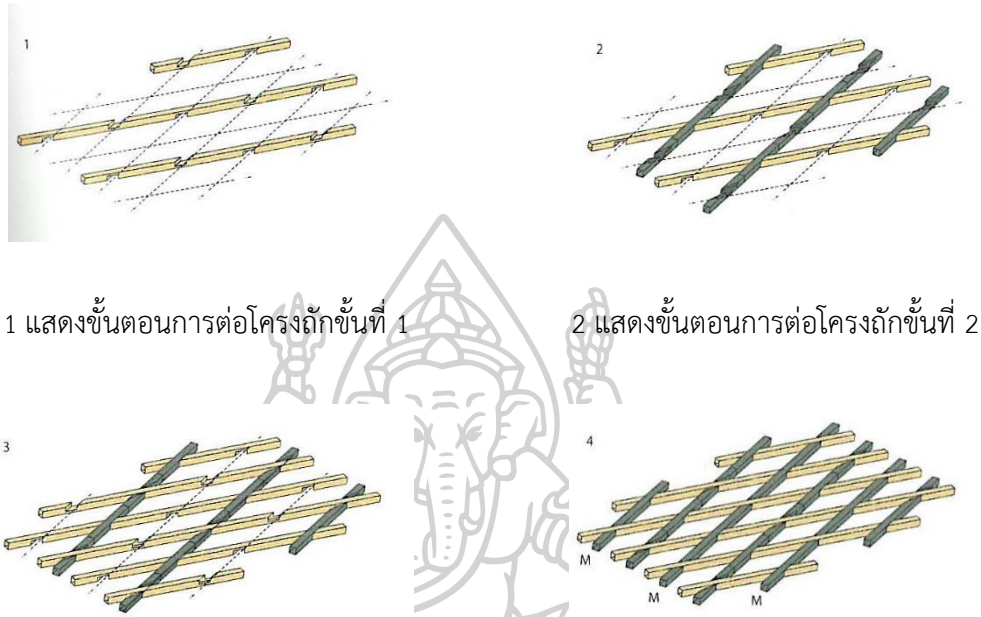
โดยหลักการของรอยต่อโครงถักที่ใช้ในโครงการ Sunny Hills เป็นดังนี้

ขั้นที่ 1 ส่วนชั้นล่างสุดของแนวโครงถักถูกวางตามแนวกริด (แกน X) โดยความลึกของรอยบาก มีความลึกอยู่ที่ 2 ใน 3 ของความหนาของชิ้นไม้ชั้นนั้น (รูปที่ 89)

ขั้นที่ 2 ส่วนชั้นบนสุดของแนวโครงถักถูกวางตามแนวแกน Y โดยความลึกของรอยบากเป็น 2 ใน 3 ของความหนาของชิ้นไม้ และนำมาขัดไว้กับโครงไม้ชั้นล่าง (รูปที่ 89)

ขั้นที่ 3 แนวชั้นบนสุดที่เหลือถูกวางอยู่บนแนวแกน X และมีความลึกของรอยบากอยู่ที่ 2 ใน 3 ของความหนารวม และขัดอยู่กับแนวชิ้นไม้ชั้นบนสุดอีกครึ่งหนึ่ง ระบบนี้ทำให้เกิด 1 ใน 3 ของความหนาชิ้นไม้จะยังว่างอยู่ เพื่อให้สามารถขยับโครงไม้ขึ้น – ลงเพื่อใส่ชิ้นไม้ชั้นสุดท้ายได้ (รูปที่ 89)

ขั้นที่ 4 การขยับช่องว่าง 1 ใน 3 ของความหนาชิ้นไม้ จะทำให้สามารถใส่ “Master Layer” ลงไปในแกน Y ได้ การใส่ชั้น Master Layer เป็นการยึดให้ชิ้นไม้ทุกส่วนแน่นติดกัน (ภาพที่ 89)



1 แสดงขั้นตอนการต่อโครงถักขั้นที่ 1 2 แสดงขั้นตอนการต่อโครงถักขั้นที่ 2

3 แสดงขั้นตอนการต่อโครงถักขั้นที่ 3 4 แสดงขั้นตอนการต่อโครงถักขั้นที่ 4

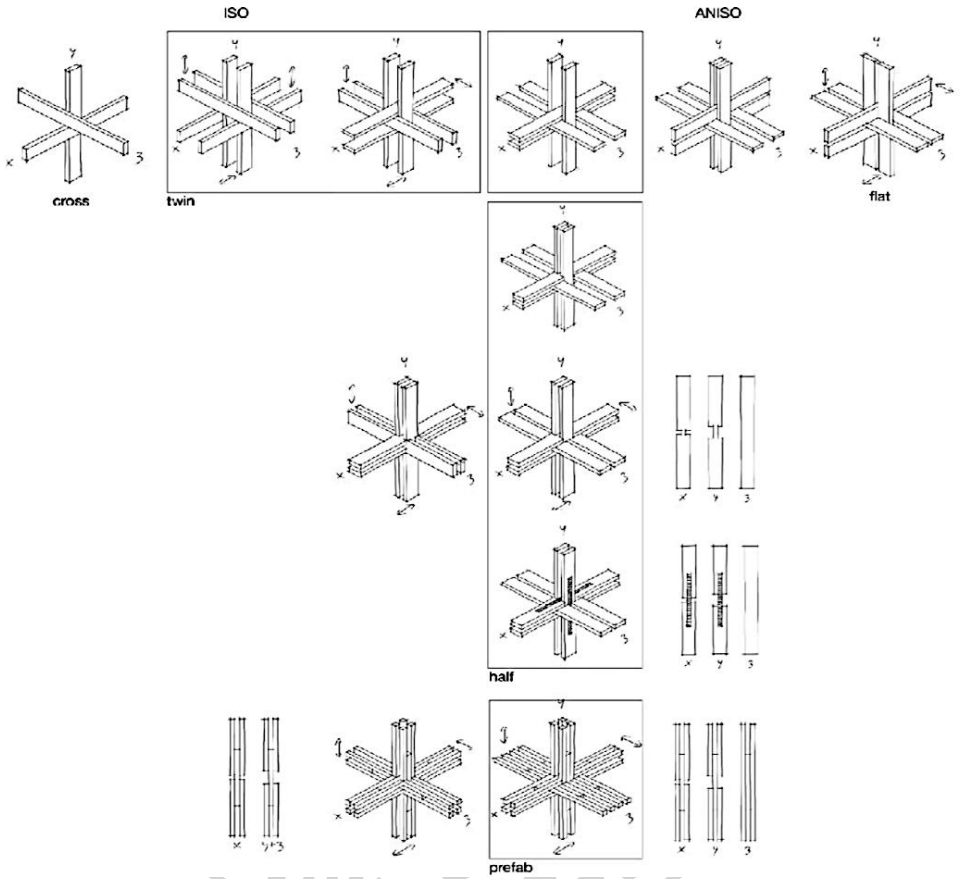
รูปที่ 89: แสดงขั้นตอนการต่อถักโครงไม้ตามลำดับขั้น

ที่มา: Kuma (2018, p. 53)

2.7.5. กรณีศึกษา **2: Wooden Adaptive Architecture System (WAAS)**

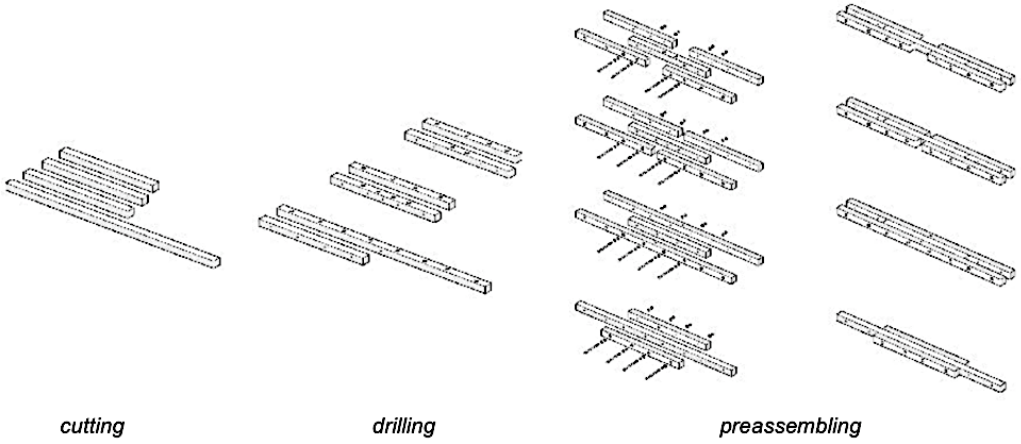
ได้กล่าวว่า การต่อยอดในเชิงการพัฒนาโครงสร้างร่วมกับการผลิตด้วยระบบดิจิตอล (Digital Prefabrication) เพื่อสร้างให้เกิดระบบการก่อสร้างที่สามารถปรับเปลี่ยนเป็นโครงสร้างที่สามารถปรับเปลี่ยน เคลื่อนย้าย และต่อประกอบใหม่ได้โดยง่าย กลุ่มนักวิจัยเริ่มศึกษาจากการวิเคราะห์โครงสร้าง โทกงของจีน (Dougong) และ ชิโดริ (Chidori) ผ่านรูปแบบหน้าตัดไม้ที่ต่างๆ เพื่อค้นหาโครงสร้างที่สามารถรองรับแผ่นผนัง และฝ้าเพดานที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการทางการใช้งาน โดยใช้การอ้างอิงตามรูปแบบประตูบานเลื่อนของญี่ปุ่น ที่มีรางเลื่อนฝังเป็นส่วนเดียวกันกับผนัง โดยเริ่มจากการใช้การต่อหน้าไม้ เข้ากับด้านความหนาไม้ จนไปถึงการพัฒนา

เป็นเม็มเบอร์ประกอบ ผลิตสำเร็จที่ใช้ไม้ขนาดหน้าตัด 1¾ x 1¾ นิ้ว (4.445 x 4.445 เซนติเมตร) ที่มีความยาว 2 ขนาด ได้แก่ 24 นิ้ว (60.96 เซนติเมตร) และ 48 นิ้ว (121.92 เซนติเมตร) มาประกอบให้ออกมาคล้ายรอยตัดบากในชิโดริ โดยแต่ละชิ้นไม้นั้นได้ถูกเจาะรู เพื่อเตรียมสำหรับการเจาะสว่านหรือขันน็อตก่อนประกอบเป็นโครงสร้างหน้างาน



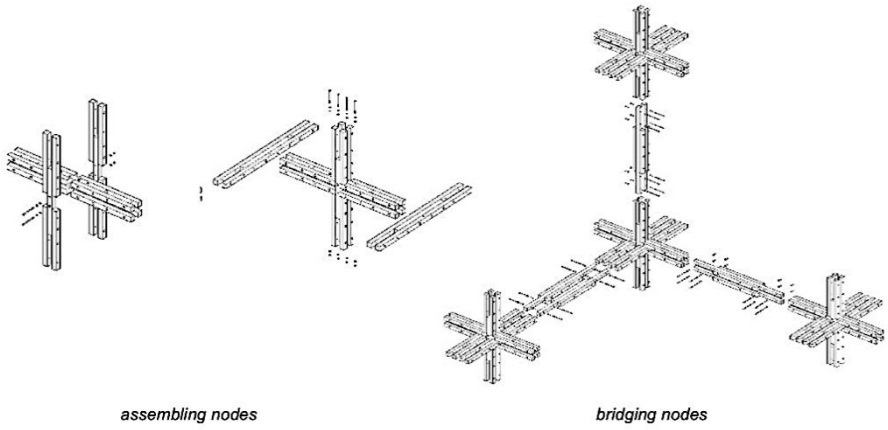
รูปที่ 90: พัฒนาการของรอยต่อไม้ จากการใช้หน้าไม้ชนด้านความหนาไม้ เป็นการใช้ไม้ขนาดหน้าตัดเท่ากันมาประกอบกัน

ที่มา: Potvin, Demers, และDuMontier (2013, p. 359)



รูปที่ 91: แสดงชิ้นส่วนไม้ที่ทำการประกอบในโรงปฏิบัติการ

ที่มา: Potvinและคณะ (2013, p. 364)



รูปที่ 92: แสดงชิ้นส่วนไม้ที่ต่อประกอบหน้างาน

ที่มา: Potvinและคณะ (2013, p. 364)

ผู้วิจัยยังได้ทำการประเมินของชนิดไม้ที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยเลือกระหว่างไม้ลามิเนต (Laminated Lumber) สองชนิดคือ Laminated Veneer Lumber และ Laminated Stranded Lumber ซึ่งให้ผลลัพธ์แตกต่างกันทั้งในเชิงความแข็งแรงทางโครงสร้าง และ ความสวยงามทางพื้นผิววัสดุ โดยสุดท้ายแล้วผู้วิจัยเลือกความงามของพื้นผิววัสดุ และเลือกใช้ไม้

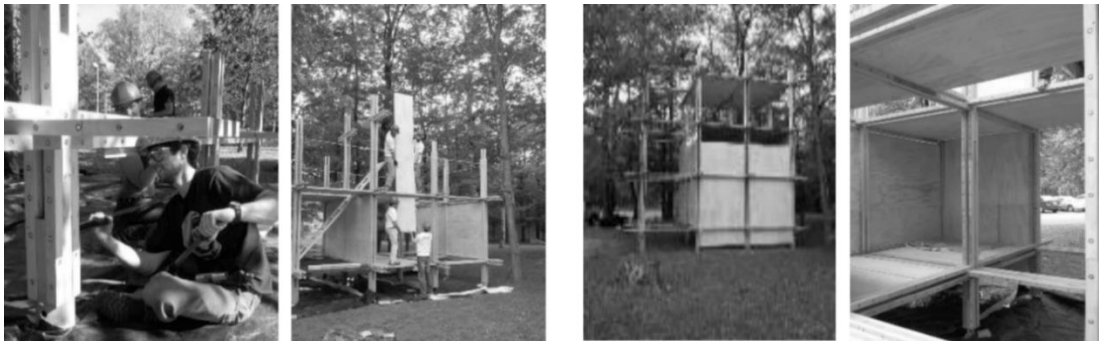
Laminated Veneer Lumber เนื่องจากผลการทดลองความแข็งแรงทางโครงสร้างให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน ในกรณีการก่อสร้างชั่วคราว โดยไม้ดังกล่าวจะถูกตัดและเจาะรูด้วยเครื่อง CNC ภายในโรงปฏิบัติการ (Workshop) เพื่อความแม่นยำ ความคงที่ด้านฝีมือ และลดการสูญเสียไม้

รูปที่ 93: แสดงหุ่นจำลองที่ทำขึ้นเพื่อทดลองระบบการทำงานของโครงสร้าง

ที่มา: Potvinและคณะ (2013, p. (360

โครงสร้างดังกล่าวนี้ถูกนำมาใช้เป็นเสาและคาน ให้กับอาคารตัวอย่าง ที่ใช้เวลาเพียง 4 วัน และจำนวนนักศึกษาเพียง 6 คน ในการก่อสร้างหน้างาน แม้ว่าในการประกอบชิ้นไม้จากโรงปฏิบัติการ จะใช้เวลาถึง 51 วัน แต่นั่นเป็นเพราะเครื่องมือที่จำกัด และนักศึกษาทั้ง 6 คนไม่ได้ทำงานอย่างเต็มเวลา

ผลลัพธ์ของงานวิจัยที่ได้คือ โครงสร้างชั่วคราวสูง 3 ชั้นที่มีผนัง ฝ้าเพดาน และ หลังคาที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ด้วยการเลื่อนไปได้ในทุกทิศทาง และเป็นโครงสร้างที่สามารถถูกสร้างขึ้นได้โดยนักศึกษาเพียง 6 คนที่ไม่มีทักษะด้านการก่อสร้างในระดับอาชีพมาก่อน



รูปที่ 94: กระบวนการก่อสร้างหน้างาน และผลสัมฤทธิ์ของงาน

ที่มา: Potvinและคณะ (2013, p. 365)

ความสำคัญของการต่อยอดการศึกษาด้วย WAAS นี้ คือการที่แนวทางของโครงสร้างที่พัฒนาจากชิโดริได้ถูกดัดแปลงไป จากการเป็นโครงสร้างแบบ Lattice ไปสู่โครงสร้างแบบ Structural Frame ซึ่งแต่ละเมมเบอร์ต่างทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบทางโครงสร้างได้เสมือนเสาคาน รวมถึงการผสานระบบผนังเข้าไปในรายละเอียดของการออกแบบ ทำให้กรอบอาคาร และโครงสร้างถูกผนวกเข้าเป็นองค์ประกอบชิ้นเดียวกัน โดยไม่จำเป็นต้องสร้างโครงสร้างสำหรับกรอบผนังอาคารแยกต่างหาก ดังเช่นในงานของ Kengo Kuma

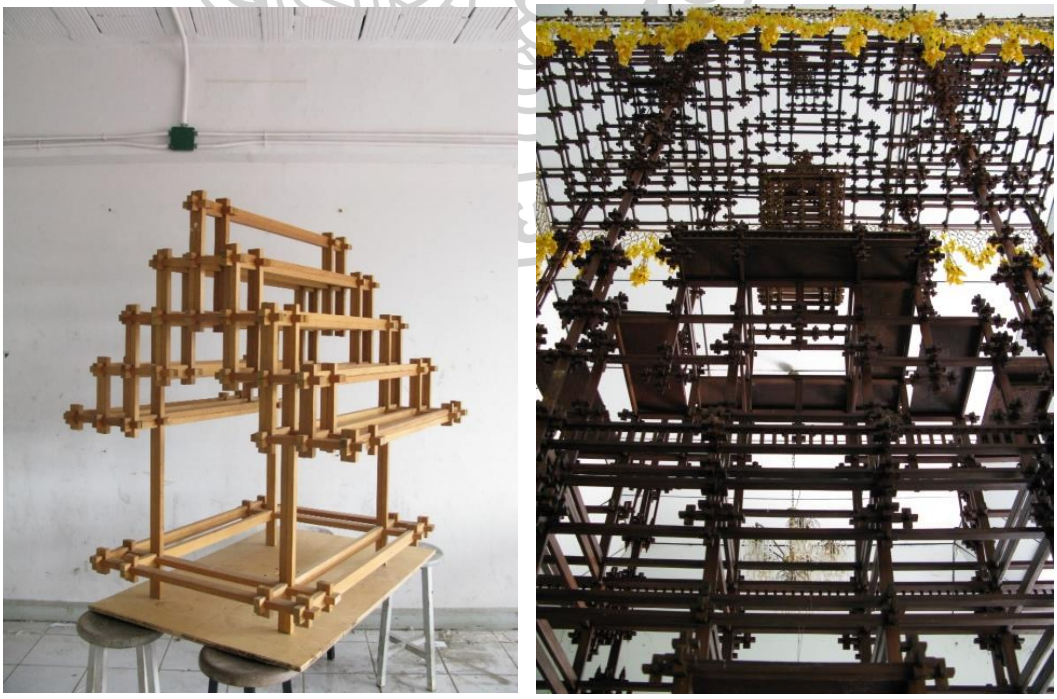
2.7.6. กรณีศึกษา **3**: ผลงานออกแบบของ ศาสตราจารย์ ดร.วีระ อินพันทัง

2.7.6.1. เรือนไม้ไร้ตะปู(Wooden Latch House)

ความเป็นมาของเรือนไม้ไร้ตะปูที่เกิดขึ้นจากชุดรอยต่อเดรอดเพลนั้นเกิดขึ้นเมื่อปีพ.ศ. 2557 โดยตัวเรือนได้ถูกนำไปจัดแสดงที่งานสมาคมสถาปนิกสยามในวันที่29เมษายน – 4 พฤษภาคม ปีดังกล่าว โดยกลุ่ม CPR : Center of Prefab For Disaster Relief (ศูนย์ให้บริการและส่งเสริมธุรกิจอุตสาหกรรมบ้านสำเร็จรูป (SME) เชิงสร้างสรรค์เพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัย) โดยมีแนวคิดในการสร้างบ้านต้นแบบเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการเตรียมความพร้อมที่จะรองรับความต้องการด้านที่อยู่อาศัยทั้งในภาวะฉุกเฉิน และภาวะปกติ จึงได้เกิดความร่วมมือร่วมกันระหว่างผู้วิจัยในการพัฒนาบ้านสำเร็จรูปโดยใช้ชุดโครงสร้างเดรอดเพล เพื่อนำไปเป็นบ้านต้นแบบที่สามารถนำไปก่อสร้างได้จริงเพื่อนำไปช่วยเหลือผู้ประสบภัยในพื้นที่ต่างๆได้

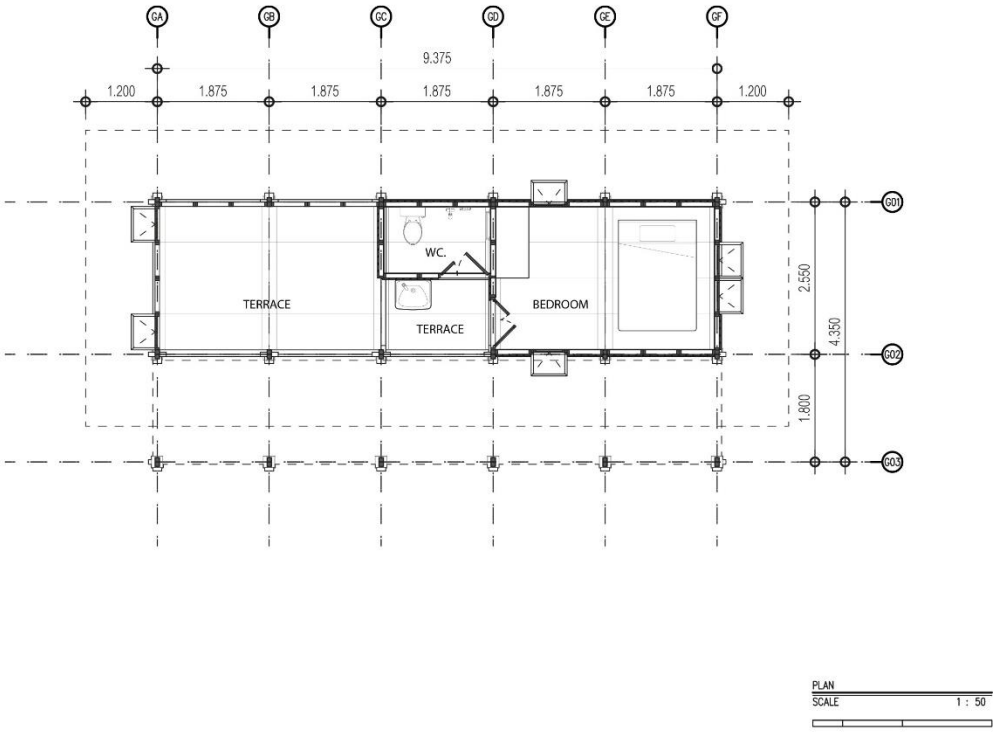
โดยเครื่องตั้งของหลวงตาโจ้ยนั้นเน้นไปที่เป็นเครื่องตั้งศพรองรับการใช้งานแบบเป็นโครงรับน้ำหนัก มีชิ้นไม้ขนาดเล็กจำนวนมากมีความละเอียดและซับซ้อน แต่ในศาลาในงานวิจัยชิ้นดังกล่าวมีลักษณะของการใช้งานที่ทำงานกับมนุษย์ในเชิงของพื้นที่ (Space) มีชิ้นไม้ขนาดหน้าตัดใหญ่ขึ้น และลดทอนให้เกิดความเรียบง่ายทั้งจากลักษณะทางกายภาพ และการใช้งาน

ลักษณะของตัวศาลาเป็นแบบลักษณะโครงมีชุดโครงสร้างเถรอดเพลในแนวตั้งที่ทำหน้าที่เป็นเสา 4 จำนวนเสา ในส่วนของหลังคานั้นมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมเช่นเดียวกันกับลักษณะของจั่ว แต่ไม่ใช้การลาดเอียงแบบที่เกิดจากการใช้ช่วงพาดเฉียงของวัสดุในลักษณะของจันทันในโครงสร้างไม้แบบปกติ แต่ใช้ลักษณะของการค่อยๆลดการยื่นของชิ้นไม้ออกไปจากชุดโครงสร้างในลักษณะที่คล้ายขั้นบันได และในการออกแบบงานชิ้นดังกล่าวนี้ได้กล่าวถึงการปรับปรุงรูปแบบของรอยต่อจากเดิมที่มีมีความซับซ้อนไปสู่รอยต่อที่เรียบง่ายว่า **“เป็นเรื่องยากที่จะเอาเถรอดเพลแบบกากบาท 3 แกนมาใช้เป็นข้อต่อสำหรับการทำเครื่องใช้ไม้สอยรวมทั้งงานสถาปัตยกรรมซึ่งต้องมีข้อต่อจำนวนมากจำเป็นต้องได้รับการปรับให้ง่ายขึ้นเสียก่อนด้วยการทำรอยบากให้มีลักษณะเรียบง่าย ตรงไปตรงมาและทำให้ไม้บางชิ้นมีรอยบากที่เหมือนกัน”** (อินพันทัง, เกษมศุข, และ จารุนุช, 2559, p. 23) ทำให้เห็นการพัฒนารูปแบบของรอยต่อที่เปลี่ยนจากการทำงานในยุคของหลวงตาโจ้ยมาเป็นลักษณะดังปัจจุบัน



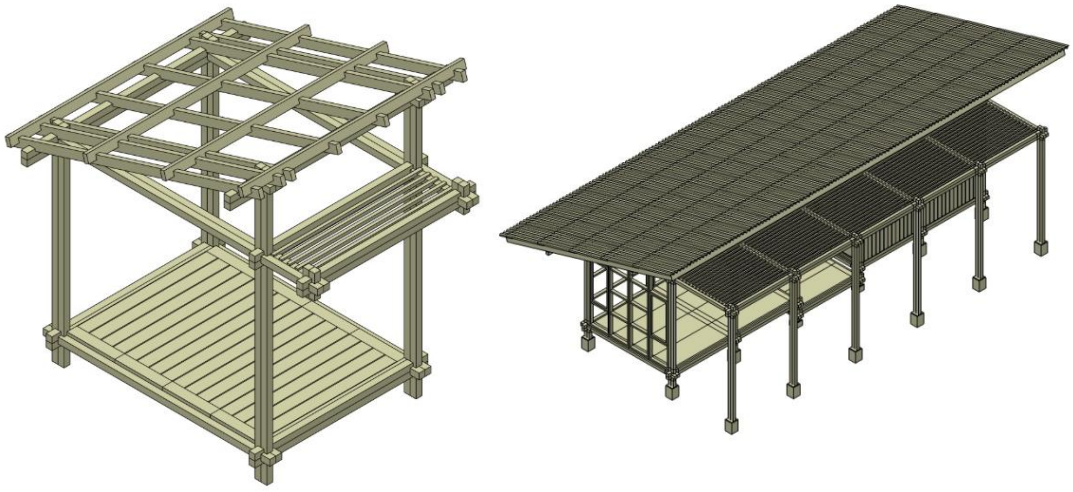
รูปที่ 95: รูปเปรียบเทียบลักษณะของรอยต่อเถรอดเพลที่เรียบง่าย(ศาลา) กับซับซ้อน(เครื่องตั้ง)

ผลงานศาลาดังกล่าวแม้จะไม่ได้ทำการสร้างขึ้นมาในสัดส่วนที่เป็นขนาดจริง (1 : 1) แต่ก็ถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาเพื่อออกแบบสถาปัตยกรรมจากเถรอดเพล โดยหลังจากที่งานวิจัยชิ้นดังกล่าวสำเร็จลงแล้ว ในปี พ.ศ.2557 ในงานสมาคมสถาปนิกสยามได้มีการนำ “เรือนไม้ไร้ตะปู” โดยเป็นการร่วมมือกันระหว่างภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับเงินสนับสนุนงบประมาณประจำปี 2555 เพื่อจัดตั้งศูนย์ให้บริการและส่งเสริมธุรกิจ-อุตสาหกรรมก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปเพื่อประสบภัยธรรมชาติ โดยเรือนไม้ไร้ตะปูเป็น 1 ใน 3 บ้านเรือนต้นแบบของบ้านที่ถูกออกแบบให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของโครงการ โดยเรือนไม้ไร้ตะปูจะถูกออกแบบสร้างขึ้นจากหน่วยโมดูล่าที่ขนาด 1.8 x 2.4 เมตร ซึ่งผู้ออกแบบมองว่าเป็นสัดส่วนของอาคารที่เหมาะสม และในสัดส่วนดังกล่าวนี้ยังสัมพันธ์กับระยะสัดส่วนทั่วไปของวัสดุแผ่นที่นำมาใช้ในท้องตลาด โดยในแบบตัวศาลานั้นประกอบขึ้นจาก 5 หน่วย (2.5 x 9 เมตร) มีลักษณะหลังคาแบบเพิงหมาแหงน แต่ระบบโครงสร้างของหลังคานั้นเป็นระบบโครงสร้างไม้แบบทั่วไป โดยให้คำอธิบายว่าสามารถก่อสร้างได้ง่ายชุดระบบเถรอดเพล แต่โดยโครงสร้างทั้งหมดนั้นยังคงลักษณะของความเป็นโครงไม้ ที่สร้างจากไม้ชิ้นเล็กเพื่อคงประโยชน์ในการขนส่ง และประกอบในพื้นที่ประสบภัย โดยบริเวณหน้าเรือนมีลานหน้าบ้าน มีกันสาดคลุมไว้สำหรับเป็นที่พักผ่อนภายนอกของอาคาร



รูปที่ 96: ผังเรือนไม้ไร้ตะปูขนาด 5 ยูนิต

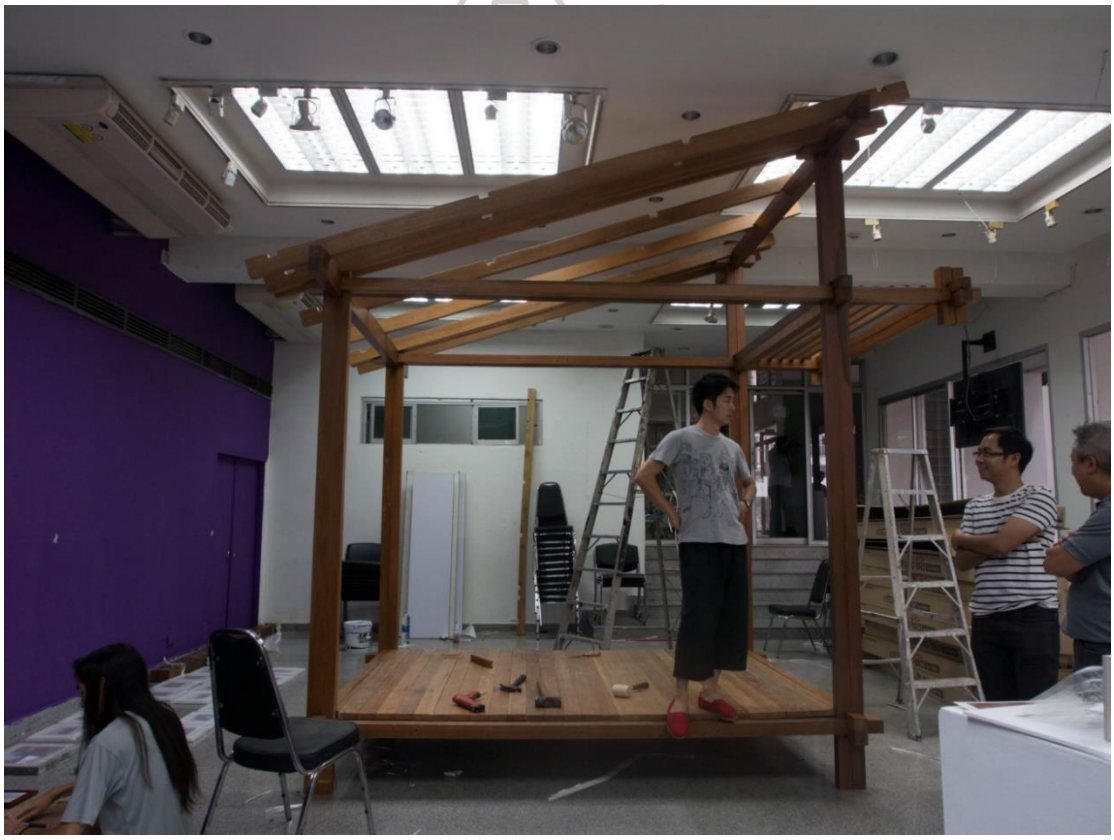
อีกทั้งในงานสมาคมสถาปนิกสยามนั้น ทางทีมวิจัยได้ทำการออกแบบเรือนไม้ไร้ตะปูโดยใช้เพียง 1 ยูนิต มาทำการสร้างในขนาดจริงโดยลดขนาดส่วนที่เป็นกันสาดที่ยื่นออกมาบังลานด้านหน้าออกไป โดยผังพื้นของเรือนมีขนาด 1.875 x 2.550 เมตร มีความสูง 3.325 เมตร โดยยกระดับพื้นขึ้นมา 0.375 เมตร โดยทำการออกแบบให้ขนาดของไม้แต่ละชิ้นนั้นมีขนาดที่สามารถขนส่งได้ง่าย โดยวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบจำลองขนาด 1 : 1 ขึ้นมาในงานสมาคมสถาปนิกนี้นั้นส่วนนึงเป็นไปในลักษณะของการสาธิต และแสดงให้เห็นถึงลักษณะของศาลาเมื่อประกอบจริง โดยที่เมื่อทำการแสดงเสร็จแล้วเรือนดังกล่าวได้ถูกย้ายไปจัดแสดงที่หอศิลปพระพรหมพิจิตรที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาลัยศิลปากรอีกด้วย ทำให้เห็นลักษณะเด่นที่ปรากฏขึ้นจากการใช้ชุดโครงสร้างเถรอดเพลในเรื่องของการเคลื่อนย้ายพื้นที่ได้อย่างดีด้วยในอีกทิศทางหนึ่ง



รูปที่ 97: เรือนไม้ไร้ตะปูแบบ 1 ยูนิต (ซ้าย) เรือนไม้ไร้ตะปูแบบ 5 ยูนิต (ขวา)

ในการออกแบบเรือนไม้ไร้ตะปูถือได้ว่าเป็นการต่อยอดขององค์ความรู้ในเรื่องของรอยต่อเถรอดเพลเป็นครั้งแรกหลังจากที่หลวงตาโจ้ยได้ออกแบบเครื่องตั้งไว้ โดยพัฒนาการที่สำคัญที่เกิดขึ้นในการออกแบบเรือนหรือศาลาดังกล่าวคือ การที่เถรอดเพลนั้นได้กลายมาเป็นงานสถาปัตยกรรมอย่างเต็มรูปแบบเป็นครั้งแรก โดยเป็นการทำงานของชุดโครงสร้างเถรอดเพลกับสัดส่วน และกิจกรรมที่สัมพันธ์กับมนุษย์โดยตรงในรูปแบบของการใช้งานในเชิงพื้นที่ (Space) มากกว่าการเป็นโครงสร้างเพื่อวางสิ่งของในลักษณะของเครื่องตั้งที่วัดไทร และเป็นการปรับรอยต่อทั้งในเชิงของขนาดหน้าตัดที่ปรับให้มีขนาดใหญ่ให้มีความเหมาะสมกับลักษณะของความเป็นโครงสร้างมากขึ้น ส่งผลให้ใช้ไม้ในการก่อสร้างน้อยลงเท่าที่จำเป็น แต่ไม้แต่ละชิ้นมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น โดยทำการปรับการบากให้สามารถ

กระทำได้ง่ายยิ่งขึ้น ลดความซับซ้อนจากตัวต่อที่ไม่มีชิ้นใดซ้ำกันเลย โดยออกแบบให้มีชิ้นส่วนที่มีลักษณะที่เหมือนกัน 2 แบบ ทำให้สามารถเข้าใจได้ง่ายมากยิ่งขึ้น แต่ปัญหาอย่างหนึ่งที่พบในการทำงานจริงนั้นคือ การออกแบบรอยต่อที่พอดีมากจนเกินไปทำให้เวลาถอดประกอบนั้นต้องใช้แรงหรือใช้เครื่องมืออย่างเช่น ค้อนตอกลงไปเพื่อให้ชิ้นส่วนนั้นสามารถขยับได้ จึงทำให้เกิดความเสียหายในโครงสร้าง และในประการสุดท้ายที่เกิดขึ้นในงานออกแบบเรือนไม้ไร้ตะปูคือ การแสดงศักยภาพในการเคลื่อนย้ายโครงสร้างไปตามที่ตั้งต่างๆ ผ่านการออกแบบขนาดของชิ้นส่วนที่มีความยาว และขนาดที่เหมาะสมในการขนส่งเคลื่อนย้าย ทำให้งานออกแบบเรือนไม้ไร้ตะปูชิ้นดังกล่าวนี้เป็นเสมือนต้นแบบการออกแบบงานสถาปัตยกรรมจากชุดโครงสร้างเถรอดเพลในบริบทของช่วงเวลาในปัจจุบัน



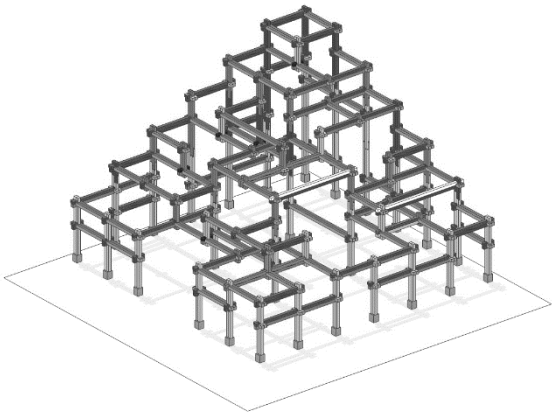
รูปที่ 98: การก่อสร้างเมื่อนำไปจัดแสดงที่หอศิลปพระพรหมพิจิตร

2.7.6.2. ศาลาพาจร (Moving System Pavilion)

ในงานสมาคมสถาปนิกสยามประจำปีพ.ศ. 2561 ในหัวข้อการจัดงานชื่อว่า “ไม่ธรรมดา สถาปัตยกรรมพื้นถิ่นในวิถีชีวิตร่วมสมัย (Beyond Ordinary : Living Vernacular Architecture)” ที่เป็นขยายความการศึกษางานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่เกิดขึ้นในบริบทของช่วงเวลาในปัจจุบัน โดย

หนึ่งในหัวข้อที่เกิดขึ้นภายในงานคือการตีความงานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นผ่านงานออกแบบ จึงได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นพื้นที่ในรูปแบบต่างในลักษณะที่เป็นคล้าย ศาลา หรือ พาวิลเลี่ยนตามแนวคิดหรือความถนัดของผู้ออกแบบแต่ละท่าน ออกมาเป็น 17 พื้นที่

ศาลาพาจรนั้นเป็นศาลาที่เกิดขึ้นจากโครงสร้างเถรอดเพลรูปแบบเดียวกันกับเรือนไม้ไร้ตะปูทั้งขนาดของหน้าตัดไม้ และวิธีการบากไม้ โดยทำการออกแบบในพื้นที่ขนาด 12x 12 เมตร โดยตัวศาลานั้นมีขนาดประมาณ 9x 9 เมตร โดยวางตัวในระบบกริดที่มีช่วงของเสา หรือชิ้นส่วนในแนวตั้งที่มีระยะห่างกันเท่ากับ 1.5 เมตรทั้ง 2 ด้าน โดยมีความสูงที่สูงที่สุดประมาณ 7 เมตร โดยไล่ความสูงจากต่ำไปจุดสูงสุด จบที่ส่วนที่สูงสุดของศาลา ตัวศาลามีลักษณะที่สูงโปร่ง ผู้ใช้สามารถเข้าไปใช้งาน หรือสร้างปฏิสัมพันธ์กับชิ้นไม้ได้ในศาลาดังกล่าว



รูปที่ 99: แบบสามมิติที่แสดงภาพรวมของศาลาพาจร

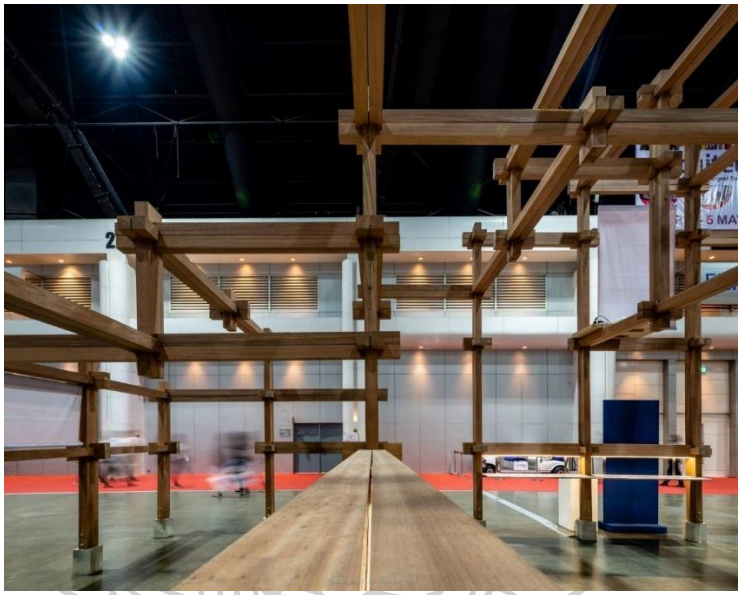
ในส่วนของกระบวนการคิดที่สำคัญของศาลาพาจรคือรูปแบบการพัฒนาทางความคิดของผู้ออกแบบที่มีความเข้าใจในการออกแบบจากชุดโครงสร้างเถรอดเพลมากขึ้นเกี่ยวกับเรื่องออกแบบความยาวของชิ้นไม้ โดยหากสังเกตสัดส่วนเปรียบเทียบกันระหว่าง **“ศาลาพาจร”** กับ **“เรือนไม้ไร้ตะปู”** นั้นจะพบว่าศาลาพาจรนั้นเนื่องจากมีลักษณะเป็นศาลาที่เน้นไปที่การแสดงลักษณะของอาคารที่เกิดขึ้นจากภูมิปัญญาพื้นถิ่นเรื่องการเข้ารอยต่อไม้ ตัวศาลาจึงมีความใหญ่โต (ความสูงประมาณ 7 เมตร) มากกว่าเรือนไม้ไร้ตะปู (ความสูงประมาณ 3 เมตร) ที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเป็นหลัก ซึ่งจากขนาดที่ใหญ่ขึ้นส่งผลให้ความยาวไม้ในช่วงพาดนั้นจำเป็นต้องมีความยาวที่มากยิ่งขึ้น โดยสถาปนิกกำหนดให้ช่วงความยาวแนวนอนจะใช้ความยาวไม้ไม่เกิน 3 เมตร (2 ช่วงเสา) โดยหากมีความยาวเกินกว่านั้นจะใช้การต่อไม้ (ไม่ใช่ลักษณะแบบเถรอดเพล) เป็นลักษณะการเข้าปากไม้ และในส่วนของแนวตั้งนั้นผู้ออกแบบจะใช้ไม้เพียงทีละ 1.5 เมตร แล้วทำการเข้าปากไม้ใน

แนวตั้งเพื่อความแข็งแรงทางโครงสร้าง ส่งผลให้ศาลามีความแข็งแรงสามารถขึ้นไปเดินหรือนั่งได้ด้วยความสะดวก และในอีกประเด็นหนึ่งที่เกิดจากการออกแบบความยาวของชิ้นไม้นั้น ส่งผลต่อการขนส่งเคลื่อนย้ายที่สามารถทำได้โดยง่าย การถอดและการประกอบนั้นก็สามารถกระทำได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่ซับซ้อน (ในภายหลังได้ทำการย้ายไปจัดแสดงที่หอศิลป์กรุงทพฯ)

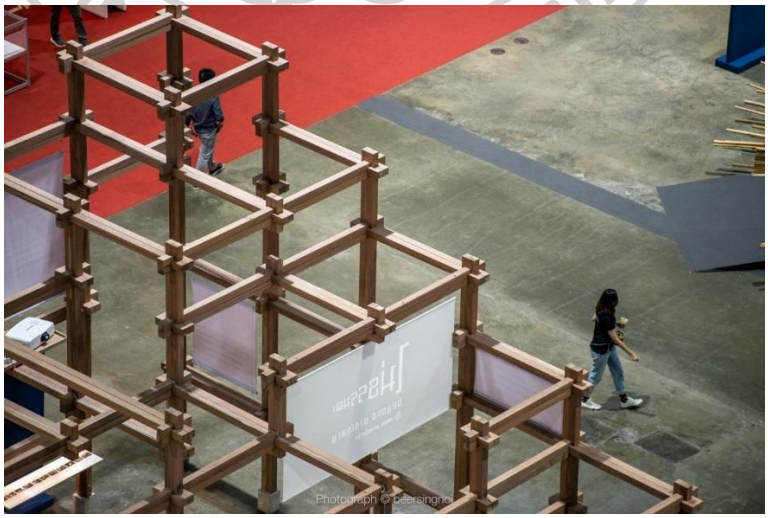
รูปที่ 100: หุ่นจำลองศาลาจากไม้สักที่แสดงแนวคิดเรื่องระยะ หน้าตัด และความยาวของชิ้นไม้

ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษางานออกแบบศาลาพาที่ถึงแม้ว่ารอยต่อนั้นจะไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงจากผลงานต่างๆที่ผ่านมา แต่จากการศึกษาก็ทำให้เราเห็นการพัฒนาทางด้านการออกแบบที่ผู้ออกแบบมีความเข้าใจในศักยภาพของการนำชุดโครงสร้างเถรอดเพลมาใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีขนาดใหญ่มากขึ้นเพื่อรองรับคนหรือผู้ใช้สอยที่เข้ามายังศาลาดังกล่าว ผ่านการออกแบบในลักษณะที่เป็นหน่วยย่อย หรือระบบโมดูล่ามากยิ่งขึ้นสัมพันธ์กับการขนส่งเคลื่อนย้ายและการประกอบหรือการก่อสร้างที่เป็นระบบมากขึ้นไปอีกระดับ และในอีกส่วนหนึ่งที่น่ากล่าวถึงในงานออกแบบชิ้นดังกล่าวคือบริเวณฐานของศาลามีการใช้คอนกรีตร่วมกับการใช้น็อตยึดเพื่อเสริมความแข็งแรงอันเนื่อมาจากขนาดที่ใหญ่ของศาลา ซึ่งทำให้เรามองเห็นได้ว่าหากในอนาคตการ

ออกแบบชุดโครงสร้างเถรอดเพลที่มีขนาดใหญ่ขึ้นในเชิงของความเป็นอาคารที่มีความซับซ้อนมากขึ้น อาจจะต้องมีการพัฒนารูปแบบของรอยต่อเถรอดเพลให้มีศักยภาพหรือการทำงานในเชิงของการเป็นฐานรากหรือการรับน้ำหนักในแนวตั้งให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต แต่ในผลลัพธ์ทั้งหมดที่ได้กล่าวมาทั้งหมดในการศึกษาศาลาพาจรนี้ ทำให้เราเห็นความเป็นไปได้ในการที่ชุดโครงสร้างเถรอดเพลนั้นจะถูกนำไปใช้ในการออกแบบงานสถาปัตยกรรมที่มีความซับซ้อน และมีความถาวรมากขึ้นได้ในอนาคตข้างหน้า



รูปที่ 101: ภายในของศาลาพาจรและการรับน้ำหนักบริเวณเสา



รูปที่ 102: รูปมุมสูงของศาลาพาจร

บทที่ 3

กระบวนการวิจัย (Research Methodology)

กระบวนการวิจัยในวิทยานิพนธ์เรื่อง “การศึกษาภูมิปัญญาการเข้าไม้เถรอดเพลเพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรม” มีการออกแบบกระบวนการในการวิจัยออกเป็น 3 หัวข้อใหญ่ คือ การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยทำการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและรวมถึงตัวอย่างงานต่างๆ ที่มีการออกแบบมาจากภูมิปัญญาการเข้าไม้เถรอดเพล รวมถึงการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงในการออกแบบ ผู้เชี่ยวชาญและผู้มีความรู้เกี่ยวกับภูมิปัญญาเถรอดเพล ส่วนที่สองคือ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากส่วนแรก เพื่อนำมาเป็นองค์ความรู้ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อได้ทั้งในเชิงของการออกแบบ และการพัฒนาศึกษาในเชิงของข้อมูลที่ถูกรวบรวมขึ้นมาใหม่ ส่วนสุดท้ายนั้น เป็นส่วนของการสังเคราะห์หรือการออกแบบสร้างสรรค์ โดยเป็นการนำเอาความรู้ที่ได้จากทั้ง 2 ส่วนแรกนั้นมาทดลองเพื่อออกแบบตัวอย่าง **(Prototype)** เพื่อแสดงผลการวิจัยในขั้นตอนสุดท้าย

3.1 **การเก็บรวบรวมข้อมูล**

ลักษณะของการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นแบ่งออกเป็นสองส่วนหลักๆในการวิจัยชิ้นนี้ คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลในรูปแบบของการทบทวนวรรณกรรม (Litureture Review) ในเอกสารที่เกี่ยวข้อง และการเก็บรวบรวมข้อมูลในเชิงของการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลตัวอย่างของงานออกแบบและสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้ของภูมิปัญญาเถรอดเพล โดยวัตถุประสงค์ของการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนดังกล่าวนี้ เป็นการสร้างความเข้าใจและรวบรวมข้อมูลสิ่งที่เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาเถรอดเพลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในขั้นตอนต่อไปในการศึกษาวิจัย และเป็นฐานความรู้ของภูมิปัญญาเถรอดเพลในการอ้างอิงในอนาคตต่อไป

3.1.1. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร

การเก็บรวบรวมข้อมูลเอกสารต่างๆนั้นวิธีการหลักคือการศึกษาจากเอกสาร (Literature Review) หรืองานวิจัยทั้งเอกสารภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ โดยเน้นไปที่เอกสารที่พูดถึงทั้งในรูปแบบของแนวคิด ทฤษฎี (Concept and Theory) หรือรายละเอียดของรูปแบบ (Element) ของ

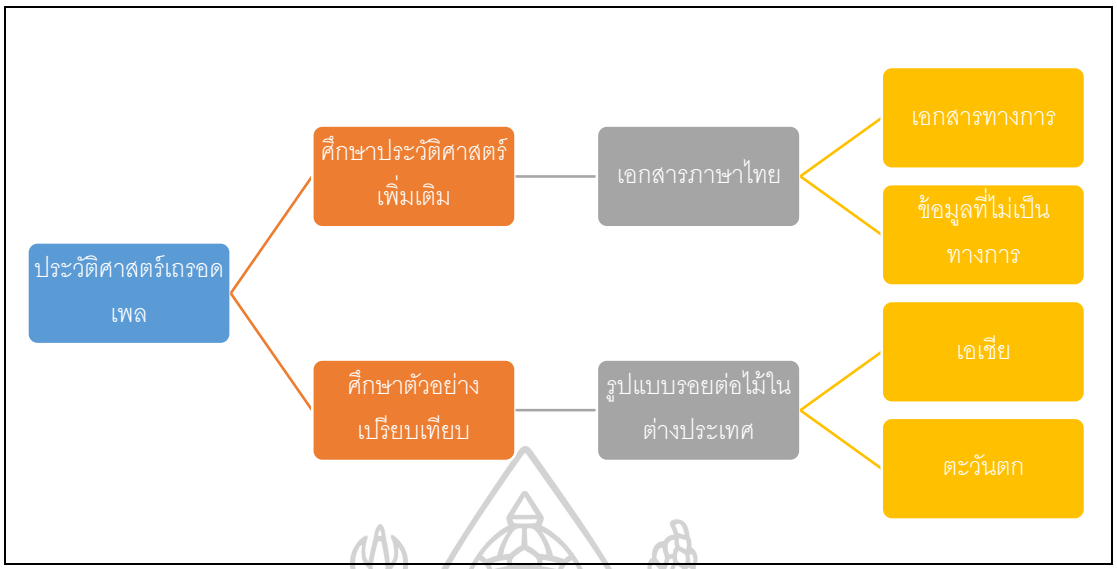
องค์ประกอบต่างๆ ส่วนขยายที่สำคัญ (Detail) ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย โดยพิจารณาทั้งในรูปแบบของเอกสารที่เป็นลายลักษณ์อักษร ประกอบกับการรวบรวมข้อมูลของเอกสารที่เป็นภาพถ่ายภาพประกอบ (Photography) สื่อมีเดียต่างๆเช่นวีดีโอ หรืออนิเมชั่น (VDO and Animation) รวมถึงการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องทางรูปแบบสถาปัตยกรรม เช่นแบบทางสถาปัตยกรรม (Architectural Drawing) หรือการบันทึกแบบ สเกตซ์หรือวาดภาพแบบไม่เป็นทางการ โดยมีการแบ่งหัวข้อในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการทบทวนวรรณกรรมเป็น 3 หัวข้อหลักดังนี้

3.1.1.1. องค์ความรู้ในเรื่องภูมิปัญญาการเข้าไม้เถรอดเพล

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้เถรอดเพลนั้น วิธีการในการคัดเลือกเอกสาร หรือบทความ จะให้ความสนใจในเอกสารที่กล่าวถึงเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับตัวภูมิปัญญาเถรอดเพลโดยตรง ทั้งในเชิงประวัติศาสตร์ ที่มาที่ไป เกร็ดความรู้ หรือเอกสารที่มีการกล่าวอ้างถึงในรูปแบบต่างๆ และยังรวมไปถึงรูปแบบของสลักไม้ที่มีความเกี่ยวเนื่อง หรือใกล้เคียงกับภูมิปัญญาเถรอดเพลทั้งในเชิงกายภาพและวิธีการ โดยสามารถจำแนกออกเป็นหัวข้อในการศึกษาดังนี้

- ที่มาที่ไป และประวัติศาสตร์

เป็นการศึกษาเอกสารที่กล่าวถึงความเป็นมา ที่มาที่ไปของภูมิปัญญาเถรอดเพลเป็นสำคัญ โดยวัตถุประสงค์ในการศึกษาและรวบรวมนั้นเพื่อทำให้เกิดความถูกต้องและชัดเจนของเนื้อหาและเพิ่มเติมเนื้อหาในส่วนที่ยังขาดไป โดยพิจารณาจากเอกสารที่เป็นภาษาไทยเป็นหลัก ซึ่งรวมถึงลักษณะของเอกสารที่เป็นสิ่งพิมพ์เช่นใบปลิว แผ่นพับหรืออื่นๆที่เป็นแบบไม่เป็นทางการ และมีการศึกษาที่มาที่ไป หรือเนื้อหาของสลักไม้แบบต่างๆที่มีลักษณะ หรือวิธีการที่สามารถอ้างอิงหรือเปรียบเทียบกับตัวภูมิปัญญาเถรอดเพล ซึ่งขอบเขตในการศึกษาเอกสารนั้นคือการศึกษาเอกสารภาษาไทย และภาษาต่างประเทศด้วย

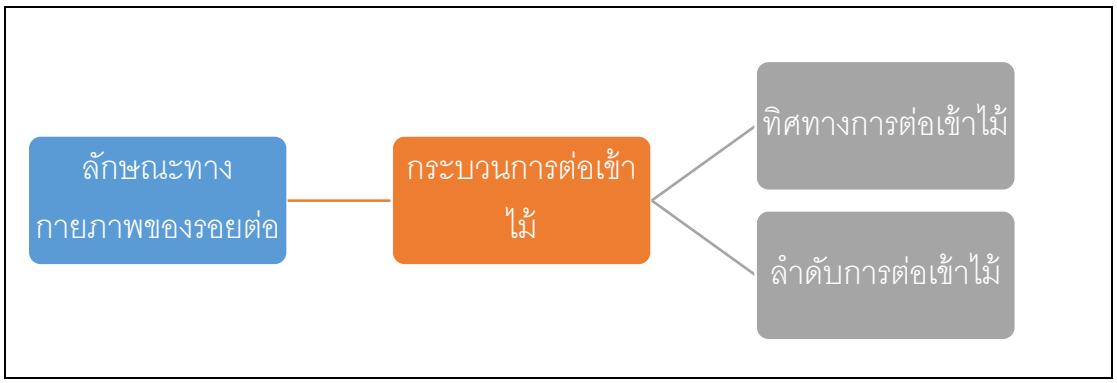


รูปที่ 103: แสดงกระบวนการศึกษาข้อมูลทางประวัติศาสตร์

- ลักษณะทางกายภาพ และวิธีการประกอบ เป็นการศึกษาเอกสาร บทความ หรือสิ่งพิมพ์ต่างๆที่อธิบายลักษณะของชิ้นไม้โดยเน้นไปที่ชิ้นส่วนที่เป็นองค์ประกอบของสลักไม้ในเชิงกายภาพ (Physical) เพื่ออธิบายลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันในแต่ละรูปแบบของการเข้ารอยต่อ และหาจุดเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นระหว่างรูปแบบต่างๆนั้น โดยอีกส่วนหนึ่งเป็นการศึกษารูปแบบในลักษณะของการประกอบกัน (Assembly) ในเชิงลำดับ หรือ ตำแหน่งและทิศทาง(Directions) ในการวางชิ้นไม้ในแต่ละชิ้น โดยพิจารณาทั้งเอกสารที่เป็นภาษาไทย ซึ่งเป็นเอกสารที่พูดถึงเถรอดเพลโดยตรง และเอกสารภาษาต่างประเทศที่พูดถึงสลักไม้ที่สามารถใช้อธิบายภูมิปัญญาเถรอดเพลได้

3.1.1.2. องค์ความรู้ในเรื่องรอยต่อไม้ / การเข้าไม้ / สลักไม้

การศึกษาในหัวข้อองค์ความรู้เรื่องรอยต่อไม้ การเข้าไม้ หรือสลักไม้นั้น เป็นการศึกษาที่มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมข้อมูลที่พูดถึงรอยต่อไม้ในประเภทต่างๆ โดยมุ่งเน้นการศึกษาของลักษณะการทำงาน ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะพิเศษหรือลักษณะเฉพาะ โดยมีขอบเขตในการศึกษาทั้งเอกสารภาษาไทย และภาษาต่างประเทศโดยเน้นให้ได้ผลลัพธ์ในการอธิบายวิธีหรือรูปแบบต่างๆเพื่อนำมาเปรียบเทียบและอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าว โดยทำการแบ่งหัวข้อในการศึกษาเอกสารดังนี้



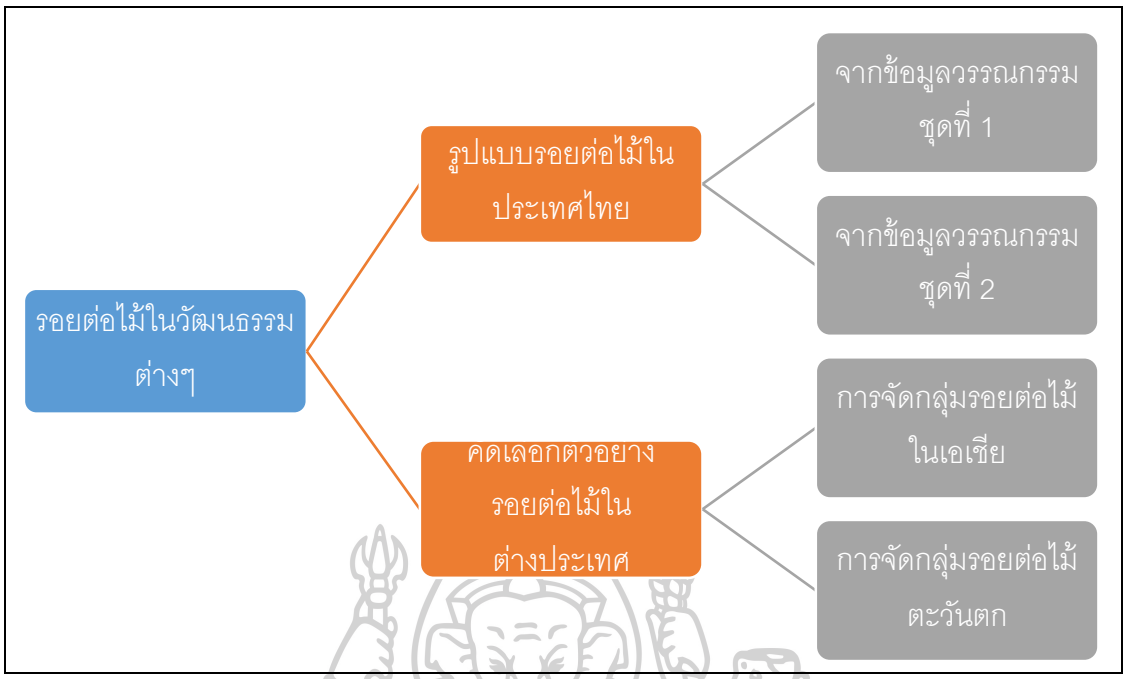
รูปที่ 104: แสดงแผนภาพการศึกษาความรู้เรื่องรอยต่อไม้ เข้าไม้ และ สลักไม้

- การแบ่งและจำแนกรอยต่อไม้

การแบ่ง การจำแนก หรือจัดหมวดหมู่ของรอยต่อไม้ต่างๆ เป็นการศึกษาวิธีการในการให้คำจำกัดความ วิธีการในการแบ่งแยก หรือการเลือกมองรอยต่อไม้ในวัฒนธรรมต่างๆ รวมถึงในวัฒนธรรมของไทยเอง โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อทำการเปรียบเทียบถึงข้อดีข้อเสีย ความชัดเจนในความครอบคลุมของการแบ่งในแต่ละประเภท ซึ่งแตกต่างกันไปตามวัฒนธรรม เพื่อสร้างเป็นพื้นฐานในการใช้อธิบายคำศัพท์ที่ใช้เรียกการเข้าไม้แบบต่างๆ การอธิบายวิธีการต่อประกอบของชิ้นไม้ หรือลักษณะของการบากนั้น ให้สามารถรับรู้ได้อย่างมีมาตรฐานเดียวกัน อีกทั้งเป็นการศึกษาเพื่อทำการพิจารณาเพื่อทบทวนการจัดรูปแบบ จัดประเภท หรือการเรียกรอยไม้ต่อไม้ในประเทศไทยเอง โดยเริ่มจากการศึกษารูปแบบรอยต่อไม้ในประเทศไทย เพื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ โดยมีขอบเขตของการศึกษาที่สนใจคือ ประเทศญี่ปุ่น จีน และ ประเทศในแถบภูมิภาคยุโรป

- รูปแบบรอยต่อไม้ในวัฒนธรรมต่างๆ

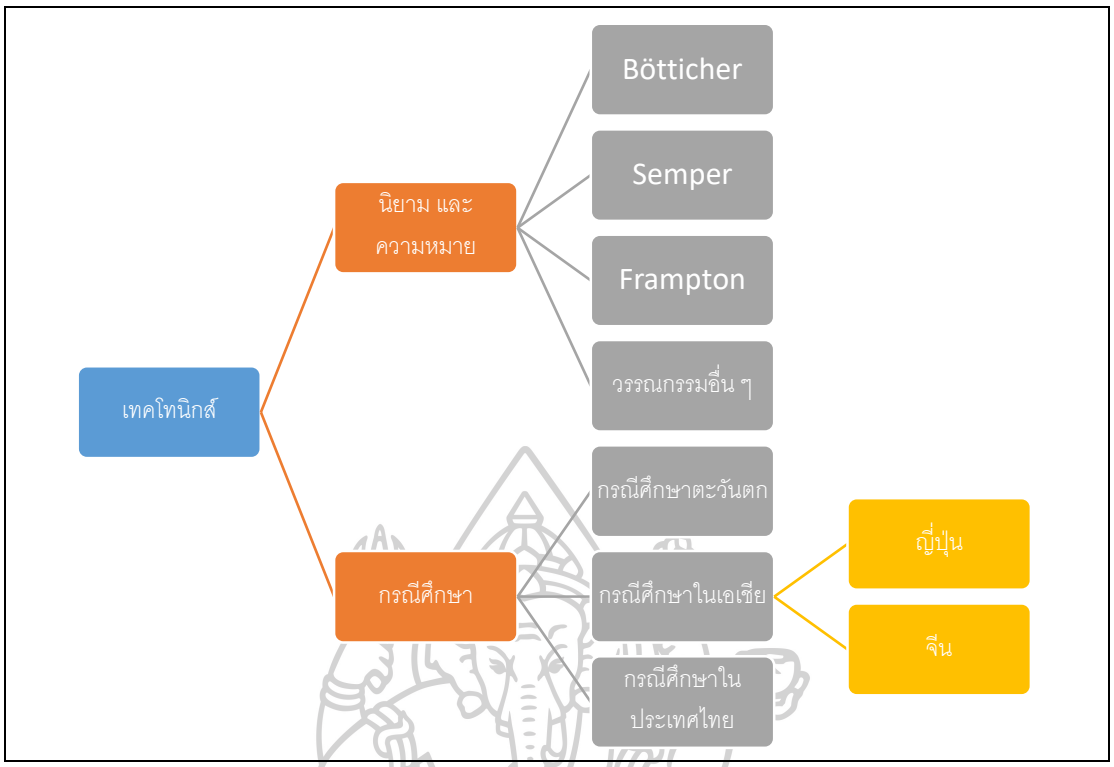
จากหัวข้อข้างต้นที่พูดถึงการแบ่งและจำแนกข้อมูลที่แตกต่างกันไปตามวัฒนธรรมต่างๆ ขั้นตอนต่อมาคือการศึกษาในเชิงของลักษณะทางกายภาพที่สะท้อนออกมาว่ามีรายละเอียดของรูปแบบต่างๆนั้นเป็นอย่างไร ผลลัพธ์ที่เกิดจากวิธีการแบ่งแยก หรือจำแนกรอยต่อไม้แบบต่างๆส่งผลต่อรูปแบบทางกายภาพ และวิธีการสร้างหรือไม่อย่างไร การเปรียบเทียบรูปแบบของรอยต่อไม้ต่างๆ ที่แม้จะมีชื่อเรียกต่างกันแต่ลักษณะทางกายภาพนั้นมีความคล้ายคลึงกันหรือเหมือนกัน เป็นต้น เพื่อศึกษาความแตกต่างที่ปรากฏให้เห็นว่าส่งผลมาสู่วิธีการและวัฒนธรรมในงานไม้ที่แตกต่างกันได้อย่างไร



รูปที่ 105: แผนภาพแสดงการเก็บข้อมูลรูปแบบรอยต่อไม้ในวัฒนธรรมต่าง ๆ

3.1.1.3. องค์ความรู้ในเรื่องของแนวความคิด / ทฤษฎี “เทคโทนิคส์”

กรอบความคิด หรือทฤษฎีเรื่อง “เทคโทนิคส์”นั้น เป็นการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจ ถึงกรอบในการมองหรือพิจารณาการทำงานออกแบบที่สัมพันธ์กับวัสดุไม้ที่สามารถสื่อสารถึงแนวคิดดังกล่าวได้ โดยมีการศึกษาที่เน้นไปที่การอธิบาย หรือการกล่าวถึงลักษณะทางเทคโทนิคส์ตามแนวคิดของแต่ละบุคคลที่เป็นต้นแบบทางความคิดที่สำคัญในยุคสมัยต่างๆ รวมถึงการรวบรวมข้อมูลที่เป็นการวิเคราะห์ หรือกล่าวถึงมุมมองของลักษณะเทคโทนิคส์ที่แตกต่างกันไปด้วย โดยมีวัตถุประสงค์ในการเก็บรวมรวมข้อมูลเพื่อกำหนดขอบเขตและสร้างกรอบในการพิจารณาในประเด็นดังกล่าวให้เกิดแนวทางที่ชัดเจน



รูปที่ 106: แผนภาพแสดงการศึกษาองค์ความรู้ และทฤษฎี เทคโทนิกส์

- นิยามและความหมายของ “เทคโทนิคส์”

การศึกษาเน้นไปที่การศึกษาเพื่อสร้างกรอบในการพิจารณาหรือกำหนดขอบเขตของคำว่า “เทคโทนิคส์” ที่ส่งผลต่อวิธีการอ่านหรือทำความเข้าใจในงานออกแบบ หรือส่งผลต่อกระบวนการการออกแบบที่สัมพันธ์กับวัสดุไม้ โดยเนื้อหาในการรวบรวมเอกสารนั้น จะเริ่มจากเอกสารที่พูดถึงลักษณะทางเทคโทนิคส์โดยอิงจากช่วงระยะเวลาที่เป็นจุดเริ่มต้นและการเปลี่ยนแปลงทางความหมายและแนวคิดเมื่อวันเวลาได้ผ่านไป โดยอีกส่วนหนึ่งนั้นจะพิจารณาเอกสารที่เป็นตั้งข้อสังเกต หรือเอกสารประกอบที่กล่าวถึงงานออกแบบที่สัมพันธ์กับเนื้อหาดังกล่าว โดยทั้งสองส่วนนั้นจะนำมาเพื่อกำหนดกรอบของการทำความเข้าใจ การศึกษาเพื่อใช้ในการอธิบาย และปรับใช้ในการออกแบบในกระบวนการอื่นต่อไป

- ลักษณะ “เทคโทนิคส์” ในวัฒนธรรม

ในการศึกษาหัวข้อลักษณะทางเทคโทนิคส์ในวัฒนธรรมต่างๆนั้น เป็นการศึกษาที่มุ่งเน้นไปในการศึกษางานออกแบบสถาปัตยกรรมหรือการออกแบบที่ถูกคิดผ่านกรอบทางด้านความคิดของลักษณะทางเทคโทนิคส์ดังกล่าว โดยพิจารณาจากเอกสารที่เกิดขึ้นหรือเป็นการอธิบายจากตัว

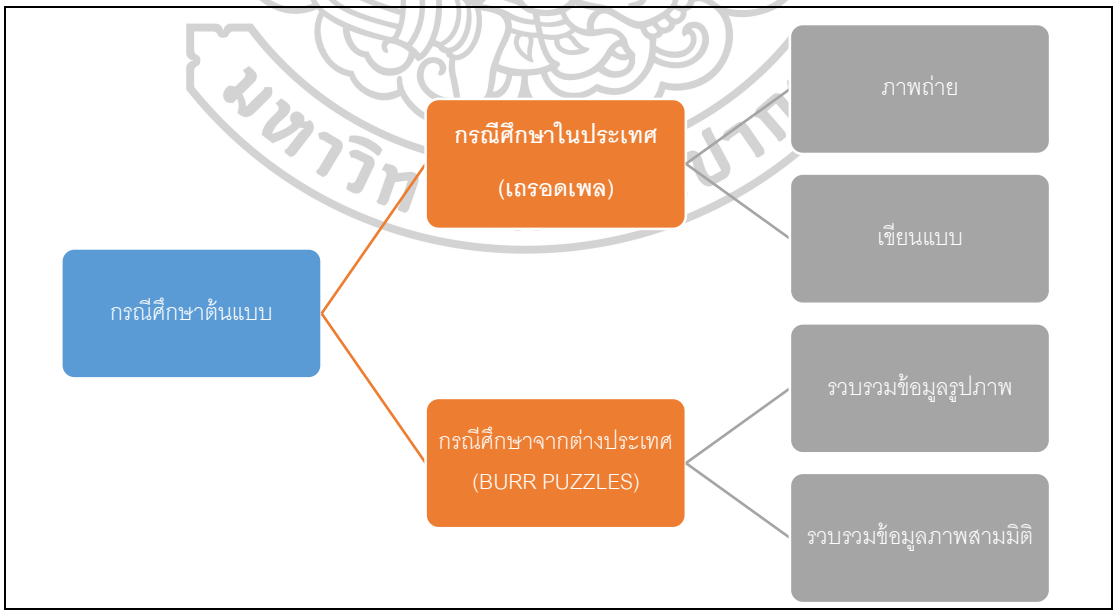
ผู้ออกแบบเองโดยตรง หรือเป็นการศึกษาที่มีการกล่าวอ้างถึงจากเนื้อหาจากเอกสารอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางเทคโทนิคส์ โดยวัตถุประสงค์ของการรวบรวมและศึกษาข้อมูลในหัวข้อดังกล่าวนี้ เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบตัวอย่างของงานต่างๆ ที่แตกต่างกันไปตามแต่ละวัฒนธรรมเพื่อให้เกิดความเข้าใจในความแตกต่างดังกล่าว และศึกษาพัฒนาการหรือรูปแบบที่เปลี่ยนแปลงไปสัมพันธ์กับแนวความคิดในเรื่องเทคโทนิคส์ที่ถูกมองต่างกันในแต่ละช่วงเวลา

3.1.2. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากงานภาคสนาม

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการลงภาคสนามนั้น ประเด็นสำคัญอยู่ที่การรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มที่เป็นงานออกแบบตัวอย่างที่ถูกออกแบบโดยเถรอดเพล มาทำการรวบรวมบันทึกในรูปแบบของภาพถ่าย และแบบทางสถาปัตยกรรม เพื่อใช้ในการศึกษา และสร้างเป็นฐานความรู้สำหรับการศึกษาข้อมูลสำหรับผู้สนใจต่อไป อีกทั้งรวมถึงการลงพื้นที่ในการทำการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งในประเด็นของการออกแบบ และในประเด็นของเรื่องราวเนื้อหาทางประวัติศาสตร์ โดยแบ่งเนื้อหาของการศึกษาออกเป็นดังนี้

3.1.2.1. **การเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างงานออกแบบ**

ในการเก็บตัวอย่างจากกลุ่มตัวอย่างนั้น แบ่งออกเป็นดังนี้



รูปที่ 107: แผนภาพแสดงการศึกษากรณีศึกษาเพื่อพัฒนาต้นแบบ

- กลุ่มตัวอย่างผลงานที่เป็นต้นแบบจากวัดไทร

การเก็บข้อมูลในส่วนดังกล่าวเป็นการเก็บข้อมูลการของงานออกแบบในลักษณะต่างๆ ที่มีกระบวนการคิดมาจากการเข้าสลักไม้เถรอดเพล ซึ่งอยู่ที่วัดไทร จังหวัดนครชัยศรีซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของภูมิปัญญาเถรอดเพลตามเอกสาร โดยขอบเขตของการศึกษานั้นได้เลือกกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดแบบ 100 เปอร์เซนต์ เนื่องจากมีจำนวนอยู่ในขอบเขตซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้หมด ตั้งแต่ผลงานที่เกิดขึ้นโดยเริ่มต้นจากหลวงตาโจ้ยซึ่งเป็นต้นกำเนิดของความคิด ที่รวมถึงเครื่องตั้งศพที่วัดไทร และต้นแบบที่วัดท่าใน ไปจนถึงรูปแบบของเครื่องใช้ หรือเฟอร์นิเจอร์ที่ทำขึ้นมาจากแนวคิดการเข้าไม้เถรอดเพล ซึ่งเกิดขึ้นในภายหลัง โดยรวบรวมข้อมูลโดยการรังวัดสำรวจ หรือบันทึกภาพถ่ายเพื่อทำออกมาเป็นแบบทางสถาปัตยกรรม (Architectural Drawing) และภาพจำลองทางสามมิติ

- กลุ่มตัวอย่างที่เป็นลักษณะของเล่นไม้แบบตัวต่อ

การเก็บข้อมูลในหัวข้อดังกล่าวเป็นการเก็บข้อมูลที่เน้นไปที่การศึกษาตัวต่อไม้หรือตัวต่อกลไกไม้แบบเถรอดเพล โดยเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งแบบที่ค้นพบจากเอกสาร รวมถึงรูปแบบที่มีอยู่จริงและรูปแบบของเถรอดเพลที่ถูกพัฒนามาในภายหลัง หรือตัวต่อในรูปแบบหกชิ้น หรือ **Six Burr Puzzle** ซึ่งเป็นรูปแบบของตัวต่อไม้ที่มีลักษณะทางกายภาพ หรือวิธีการในการประกอบนั้นเชื่อมโยงหรือสามารถอธิบายไปสู่ตัวต่อสลักไม้แบบเถรอดเพล โดยพิจารณาจากทั้งตัวต่อในเอกสารหรือรูปภาพที่สามารถสืบค้นได้ รวมไปถึงการศึกษารูปแบบลักษณะจากของจริง ซึ่งเน้นไปที่การรวบรวมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบ และจัดทำแบบทางสถาปัตยกรรม (Architectural Drawing) และ ภาพจำลองทางสามมิติ โดยเน้นไปที่การศึกษาลักษณะทางกายที่แตกต่างกันของชิ้นไม้ กับวิธีในการประกอบเข้าด้วยกันเป็นสำคัญ

- กลุ่มตัวอย่างที่เป็นไปในลักษณะของงานสถาปัตยกรรม

ในการเก็บข้อมูลของงานสถาปัตยกรรมนั้นแบ่งออกเป็นการเก็บข้อมูลจากงานที่เป็นงานออกแบบที่สัมพันธ์กับในหัวข้อ **กลุ่มตัวอย่างผลงานที่เป็นต้นแบบจากวัดไทร** คือ เครื่องตั้งที่เป็นไปในลักษณะของสถาปัตยกรรมขนาดเล็ก โดยรวมไปถึงเครื่องตั้งที่วัดท่าในที่เป็นตัวต้นแบบด้วย อีกในลักษณะหนึ่งนั้นคือการเก็บข้อมูลของงานสถาปัตยกรรมที่มีอิทธิพลหรือ รูปแบบโดยตรงจากการเข้าสลักไม้เถรอดเพล หรือ งานสถาปัตยกรรมที่มีแนวคิดหรือวิธีการที่พัฒนาจากภูมิปัญญาการเข้าไม้ในลักษณะเดียวกัน (กระบวนการหรือแนวคิด) โดยทำการเก็บข้อมูลรังวัด เพื่อจัดทำออกมาเป็นแบบทางสถาปัตยกรรม หรือภาพสามมิติ เพื่อนำมาใช้ในการศึกษา หรืออ้างอิงในขั้นตอนต่อไป

3.1.2.2. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทำการสัมภาษณ์

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์นั้น มีลักษณะของการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

- **การสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเพื่อข้อมูลเถรอดเพลโดยตรง** การลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ เป็นการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่ถูกเลือกมาจากผู้มีความรู้ในความเข้าใจในเนื้อหาทางประวัติศาสตร์ และการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับเถรอดเพลที่วัดไทรเอง เช่นเจ้าอาวาสวัดไทร เจ้าอาวาสวัดท่าใน หรือพระลูกวัดที่เป็นผู้ดูแลเครื่องตั้งในปัจจุบัน การสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่ถูกเลือกมาจากความเชี่ยวชาญการใช้งาน การออกแบบ หรือการผลิต เถรอดเพลในลักษณะอื่นๆที่ไม่ได้มีความเกี่ยวข้องกับสลักไม้เถรอดเพลที่วัดไทร แต่มีการพูดถึงเถรอดเพลในลักษณะอื่นๆ เช่น ของเล่น หรือสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ โดยทั้งสองกลุ่มตัวอย่างนี้มุ่งเน้นไปที่การสัมภาษณ์เพื่อให้ได้เนื้อหา ของเรื่องราวทางประวัติศาสตร์ (Time line) ความรู้ความเข้าใจ เทคนิคและวิธีการในการออกแบบ การสร้าง หรือการใช้งานในลักษณะต่างๆ และพลวัตหรือพัฒนาการของสลักไม้เถรอดเพลจนถึงช่วงเวลาปัจจุบัน (พ.ศ. 2561)

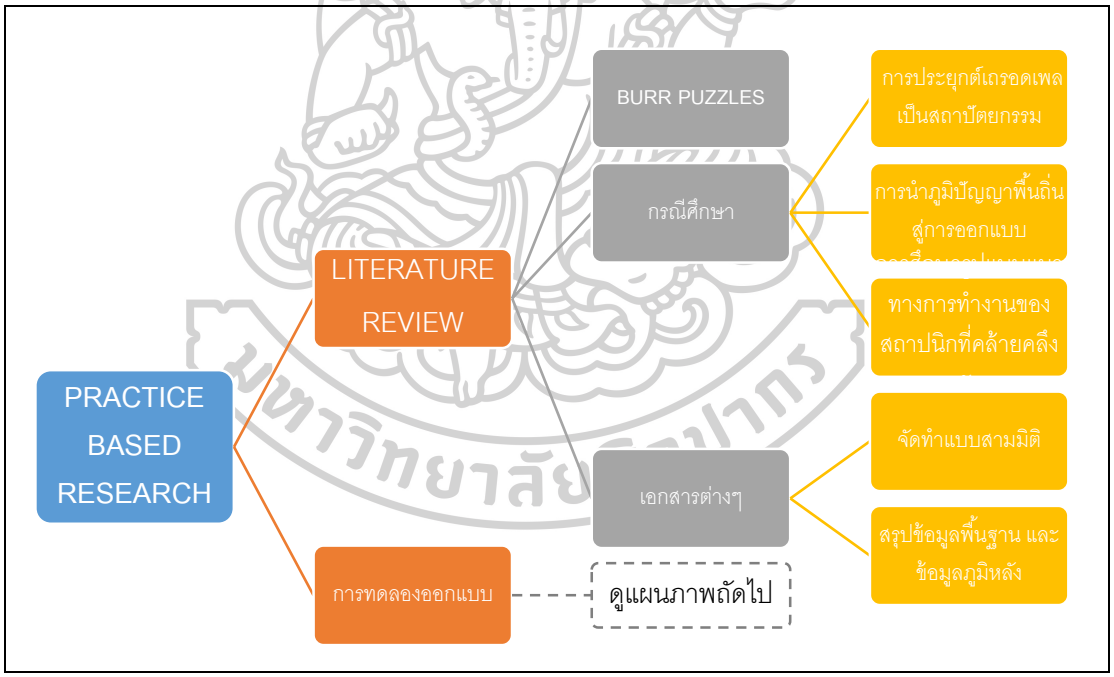
- การสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเพื่อข้อมูลแนวคิดและการนำเถรอดเพลไปประยุกต์ใช้งาน ในหัวข้อดังกล่าวนี้เป็นการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่เลือกมาจากกลุ่มของ นักออกแบบ หรือกลุ่มคนที่นำวิธีการการเข้าสลักไม้เถรอดเพล ไปประยุกต์ใช้ในงานออกแบบต่างๆ เช่นการออกแบบสถาปัตยกรรม เฟอร์นิเจอร์เครื่องเรือน หรือสิ่งของต่างๆ โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มตัวอย่างที่นำเอาการเข้าสลักไม้เถรอดเพลไปใช้โดยตรง และกลุ่มตัวอย่างที่นำเอาเถรอดเพลไปประยุกต์ใช้ หรือพัฒนาต่อ ในส่วนของการสัมภาษณ์ในกลุ่มดังกล่าวนี้ เพื่อให้ได้เนื้อหาของการนำภูมิปัญญาเถรอดเพลไปใช้งาน มุมมองและข้อคิดเห็นที่เกิดขึ้นก่อน ระหว่างออกแบบ และภายหลังการออกแบบ ตลอดจนข้อดี และข้อเสียของการนำเอาภูมิปัญญาดังกล่าวนี้ไปใช้งาน

- **การสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเพื่อข้อมูลของการเข้าไม้หรือการสร้างสลักไม้ที่มีความเชื่อมโยงถึงลักษณะของสลักไม้เถรอดเพล** การเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างในหัวข้อดังกล่าวนี้ เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้มีประสบการณ์ มีความรู้หรือข้องเกี่ยวกับงานที่เกี่ยวกับการเข้ารอยต่อไม้ การเข้าหน้าไม้ หรือสลักไม้ โดยพิจารณาจากขอบเขตของงานออกแบบที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลดังกล่าวในเบื้องต้น ยกตัวอย่างเช่น กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้รับทำบ้านเรือนไทยโบราณ (ในลักษณะของเรือนเครื่องสับ) ผู้ออกแบบของเล่นกลไกไม้ในชนิดต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์ในการนำ

ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ดังกล่าวเพื่อเป็นฐานข้อมูล และใช้สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบ (Comparative Study) กับลักษณะของการออกแบบที่มีเถรอดเพลเป็นแนวความคิดหลักในขั้นตอนที่ผ่านมา

3.2 **การวิเคราะห์ข้อมูล**

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยชิ้นดังกล่าวนี้ เป็นการนำเนื้อหาที่ได้จากการรวบรวมทั้งข้อมูลที่เป็นข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลแบบทุติยภูมิ มาทำการวิเคราะห์เพื่อสร้างเป็นชุดข้อมูลพื้นฐานในการศึกษา ทั้งในเชิงของการพัฒนาเนื้อหาหรือปรับปรุงข้อมูลในส่วนของประวัติศาสตร์ให้มีความถูกต้องและเป็นปัจจุบันมากขึ้น และในอีกทิศทางหนึ่งนั้นคือการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างผลลัพธ์ออกมาเป็น **“แนวทางในการตัดสินใจเพื่อการออกแบบ" (Design Decision)** เพื่อพัฒนาสู่การสร้าง หรือสังเคราะห์ต้นแบบตัวอย่างในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 108: แผนภาพแสดงการประยุกต์แนวความคิด Practice Based Research สู่ผลงานการศึกษา

3.2.1. แนวคิดและกรอบในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยชิ้นนี้มีวิธีการศึกษาภายใต้กรอบแนวคิดแบบ Practice Based Research การวิจัยในรูปแบบนี้มีวัตถุประสงค์ในการค้นคว้าองค์ความรู้ใหม่ผ่านทางการผสานกันระหว่างการ

ปฏิบัติงาน และผลของการปฏิบัติงาน โดยผลขององค์ความรู้ดังกล่าวสามารถถูกสื่อสารออกมาในรูปแบบของผลิตผลทางความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งอาจเป็นได้ทั้ง ภาพ ดนตรี งานออกแบบ หุ่นจำลอง สื่อดิจิตอล หรืออาจเป็นการแสดง หรือการจัดแสดงก็เป็นได้ โดยมีบทความเป็นเครื่องมือในการชี้แจงความสำคัญ และบริบทของงานวิจัย แต่การสื่อสารเนื้อหาของการวิจัยทั้งหมดนั้น จะกระทำได้ก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมโยงความเกี่ยวข้องโดยตรงระหว่างงานเขียน และ ผลลัพธ์ซึ่งเป็นผลิตผลทางความคิดสร้างสรรค์เท่านั้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.2.1.1. การศึกษาข้อมูลจากเอกสาร หรือ วรรณกรรม (Literature Study)

ในการศึกษาในส่วนดังกล่าวเป็นการนำเอาข้อมูลจากเอกสารทั้งหมดที่เป็นรูปแบบเอกสาร รูปภาพ หรือแบบทางสถาปัตยกรรมมาทำการวิเคราะห์เนื้อหา โดยอาจจะมีการสร้างแบบจำลองสามมิติจากเอกสารหรือข้อมูลดังกล่าวเพื่อนำมาวิเคราะห์ในมิติของเนื้อหาที่ไม่สามารถใช้เอกสารดังกล่าวอธิบายได้ โดยผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการศึกษาในส่วนดังกล่าวนั้น ส่วนที่หนึ่งจะกลายเป็นข้อมูลพื้นฐานทางประวัติศาสตร์ที่ได้รับการปรับปรุง และพัฒนาเนื้อหาให้ตรงกับช่วงเวลาในปัจจุบันมากขึ้น โดยใช้การอธิบายผ่านการวิเคราะห์ความถูกต้องและสอดคล้องกันของชุดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาเถรอดเพล โดยอาศัยข้อมูลในการลงภาคสนามประกอบการอธิบายในส่วนดังกล่าว

ส่วนที่สอง เป็นการศึกษาข้อมูลจากเอกสารเพื่อทำความเข้าใจถึงลักษณะทั้งทางกายภาพ และกระบวนการทำงานของเถรอดเพลทั้งในลักษณะที่เป็นต้นแบบจากวัดไทร รวมไปถึงของเล่นสลักไม้ที่มีลักษณะแบบ **Six – Piece Burr Puzzle (ตัวต่อไม้แบบหกชิ้น)** โดยทำการวิเคราะห์รูปแบบดังกล่าวผ่านเอกสารประกอบคำอธิบาย หรือสร้างแบบทางสถาปัตยกรรมและแผนภูมิในการประกอบ (Diagram) จากการวัดและสังเกตของเล่นดังกล่าว โดยเมื่อทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพหรือรูปแบบของการต่อได้ผลสำเร็จแล้ว ก็ใช้กระบวนการในการศึกษาแบบเปรียบเทียบระหว่างกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ถึงลักษณะที่แตกต่างกัน และสามารถอธิบายลักษณะเฉพาะที่เกิดขึ้นในแต่ละตัวอย่างของของเล่นดังกล่าวได้

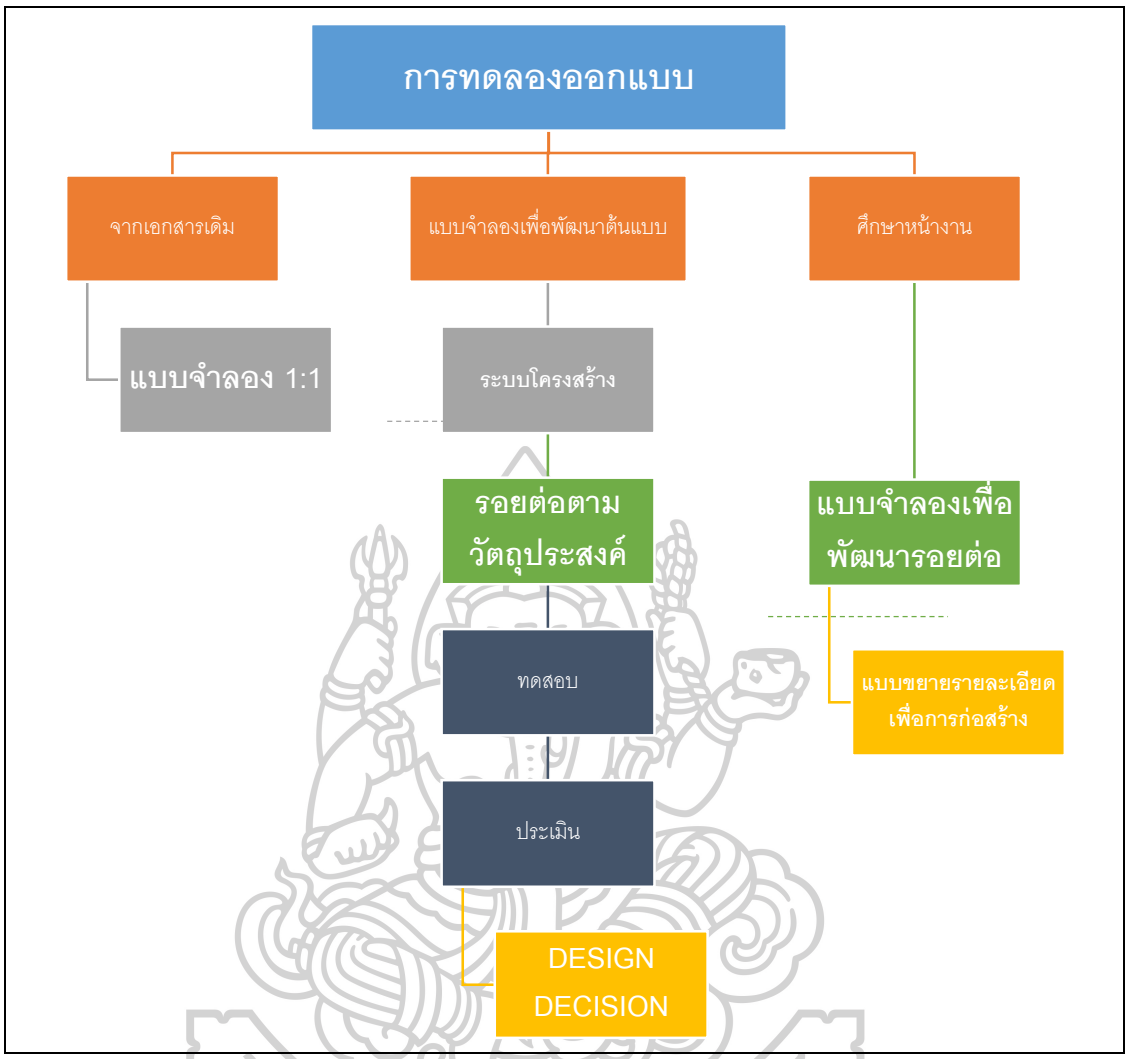
ส่วนที่สามเป็นการศึกษาข้อมูลจากเอกสารในลักษณะที่เป็นเอกสารเกี่ยวกับกรณีศึกษา **(Case study)** ในรูปแบบตั้งแต่การออกแบบเครื่องเรือนเครื่องใช้ เฟอร์นิเจอร์ ศาลาไปจนถึงการออกแบบสถาปัตยกรรม ซึ่งในขอบเขตของการศึกษางานออกแบบสถาปัตยกรรมนั้นนอกจากงาน

ออกแบบที่เกิดขึ้นจากรูปแบบของสลักไม้เถรอดเพลโดยตรงแล้วนั้น ยังพิจารณางานสถาปัตยกรรมที่เกิดขึ้นจากลักษณะของภูมิปัญญาในการเข้าไม้เช่นเดียวกันกับสลักไม้เถรอดเพล โดยผลลัพธ์หรือวัตถุประสงค์ในการออกแบบการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นการศึกษาวิธีการและรูปแบบในการนำเถรอดเพลไปใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรม เพื่อทำการสร้างแนวทางพัฒนาการออกแบบรอยต่อเถรอดเพล อีกส่วนหนึ่งนั้นเป็นการศึกษาการนำเอาภูมิปัญญาพื้นถิ่นจากองค์ความรู้พื้นฐานไปสู่การออกแบบต่างๆ

3.2.1.2. การศึกษาข้อมูลจากการทดลองปฏิบัติ (Practical experience)

ในรูปแบบของการศึกษาข้อมูลจากการทดลองปฏิบัตินั้น มีการกำหนดกรอบในการวิจัยที่สัมพันธ์กับลักษณะแนวคิดของการวิจัยแบบ Practice Based Research คือนอกจากส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลจากทางด้านเอกสารหรือข้อมูลที่ได้มาจากการทบทวนวรรณกรรมต่างๆนั้น ยังมีการออกแบบการศึกษาในส่วนของการวิเคราะห์นั้นผ่านการทดลองทำ หรือปฏิบัติงานในการออกแบบหรือผลิตชิ้นงานต่างๆซึ่งจะสร้างประสบการณ์ในส่วนที่เป็นการทำงานจริงให้กับตัวผู้วิจัยที่จะได้พบปัญหา หรือแนวทางการปฏิบัติใหม่ๆ หรือแม้กระทั่งวิธีการหรือรูปแบบที่สามารถพัฒนาได้ขององค์ความรู้ที่ได้กระทำการศึกษา โดยสร้างผลลัพธ์ในส่วนดังกล่าวผ่านการอธิบายเนื้อหา หรือสร้างสรรค์ผลงานขึ้นมาอย่างเป็นรูปธรรม โดยในหัวข้อของการศึกษาดังกล่าวแบ่งวิธีการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนหลักๆดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยศิลปากร



รูปที่ 109: แสดงการพัฒนาแบบจำลองอันเป็นผลจากการศึกษาหาความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ

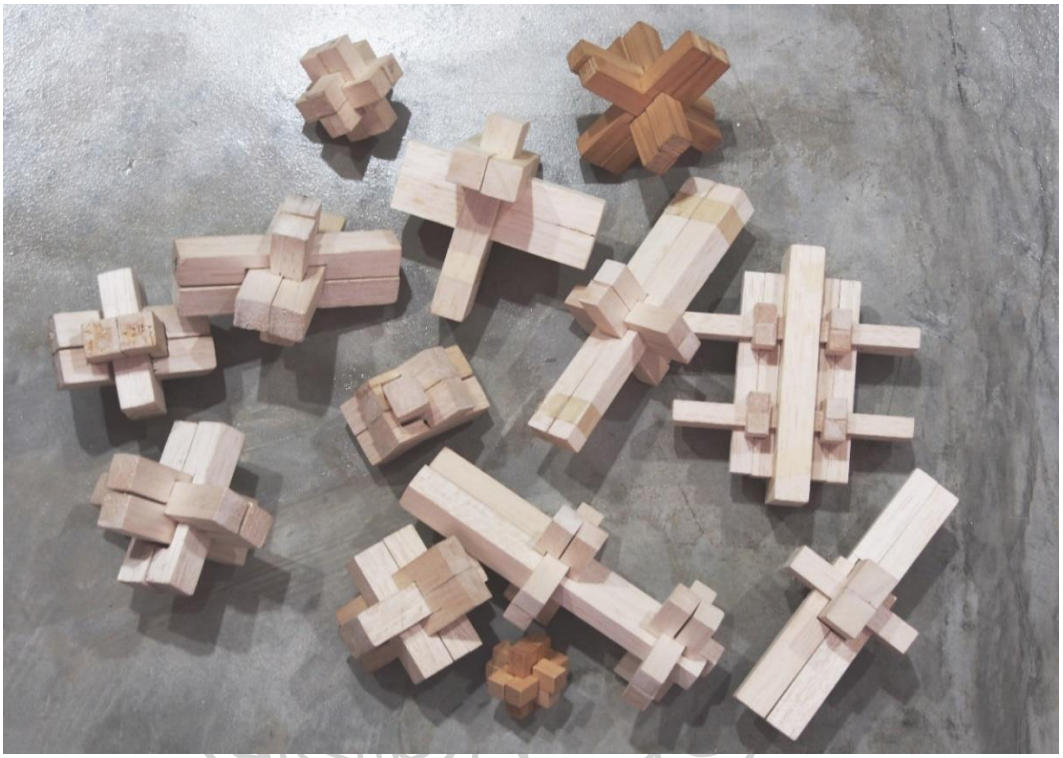
- การทดลองออกแบบสร้างสรรค์ การออกแบบสร้างสรรค์นั้นคือการทดลองการปฏิบัติงานจริงๆ ซึ่งในขอบเขตของงานวิจัยชิ้นดังกล่าวคือการสร้าง **แบบจำลอง (Study Model)** โดยทำงานร่วมกันการวิเคราะห์ จากการศึกษาเอกสาร วรรณกรรม หรือการบอกเล่าต่างๆที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับภูมิปัญญาเถรอดเพลในส่วนของ **การศึกษาข้อมูลจากเอกสาร หรือ วรรณกรรม (Literature Study)** โดยวัตถุประสงค์ในการทดลองออกแบบสร้างสรรค์นี้นอกจากจะเป็นการผลิตชิ้นงานจริงขึ้นมาเพื่อทำการศึกษาในมิติที่เอกสารหรือวรรณกรรมไม่สามารถอธิบายได้ อีกวัตถุประสงค์หนึ่งคือการสร้างประสบการณ์ในการทำงานจริง เพื่อพัฒนากรอบของแนวคิด หรือมุมมองต่องานที่ได้ศึกษาผ่านการทดลองทำงานจริง โดยในการทดลองออกแบบสร้างสรรค์ โดยได้มีการออกแบบการปฏิบัติงานออกเป็นสามส่วนดังนี้

- การสร้างแบบจำลองจากการศึกษาเอกสาร คือการสร้างแบบจำลอง **(**Study Model**)** โดยอาศัยหลักฐานจากเอกสารทางวิชาการ หรือวรรณกรรมที่กล่าวถึงต้นแบบของสลักไม้เถรอดเพล (ลักษณะคือของเล่น) โดยรวมถึงการศึกษาจากภาพถ่าย หรือการเก็บข้อมูลจากภาคสนาม โดยมีกระบวนการในการสร้างที่เริ่มภายหลังจากการศึกษาข้อมูล ในขั้นตอนต่อมาจึงจัดทำเป็นแบบทางสถาปัตยกรรม และแบบทางสามมิติเพื่อศึกษาความถูกต้องและความเป็นไปได้ในการประกอบ หลังจากการศึกษาดังกล่าวจึงจัดทำแบบจำลองในมาตราส่วน 1:1 เพื่อพัฒนาออกมาเป็นชิ้นงานจริง โดยในเนื้อหาที่เป็นการศึกษาตัวภูมิปัญญาเถรอดเพลโดยตรงแล้ว เนื้อหาทางด้านวัสดุ และเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานนั้นอาจเป็นอีกส่วนหนึ่งที่จะนำมาพิจารณาในการศึกษา

รูปที่ 110: ภาพแสดงผลลัพธ์ (หุ่นจำลอง) จากการสร้างแบบจำลองด้วยการศึกษาเอกสารทางวิชาการ

- การสร้างแบบจำลองเพื่อพัฒนาต้นแบบ หลังจากการสร้างแบบจำลองเพื่อการศึกษาในหัวข้อแรกแล้ว ขั้นตอนต่อมาในการศึกษาวิจัยคือการนำรอยต่อ หรือสลักไม้เถรอดเพลที่ได้มาจากหัวข้อแรกนั้น มาทำการศึกษาในรูปแบบโดยที่ไม่ได้อิงกับเอกสารขั้นต้นที่ได้ทำการศึกษาไป โดยมีวิธีการศึกษาคือนำรูปแบบหรือลักษณะของการประกอบของสลักไม้เถรอดเพลมาทำการทดสอบระบบในการต่อประกอบในรูปแบบต่างๆ ในลักษณะที่เป็นโครงข่าย (Network) หรือเป็นชุดโครงสร้าง (Structural Frame) ที่ทำงานร่วมกันระหว่างแต่ละรอยต่อ โดยมีการกำหนดรูปแบบของลักษณะโครงข่าย หรือชุดโครงสร้างดังกล่าวขึ้นมาเป็นวัตถุประสงค์ในการสร้างชิ้นงานในแต่ละชิ้นขึ้นมา โดยมีการจัดทำแบบทางสามมิติในการเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาระหว่างกระบวนการดังกล่าว และรวมถึง

การปรับแบบหรือวิธีการในการประกอบหรือสร้าง เพื่อทดสอบถึงความเป็นไปได้ ข้อจำกัด หรือข้อดีข้อเสียที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปพัฒนาสู่การเป็นกรอบ หรือแนวทางในการตัดสินใจในการออกแบบ (Design Decision)

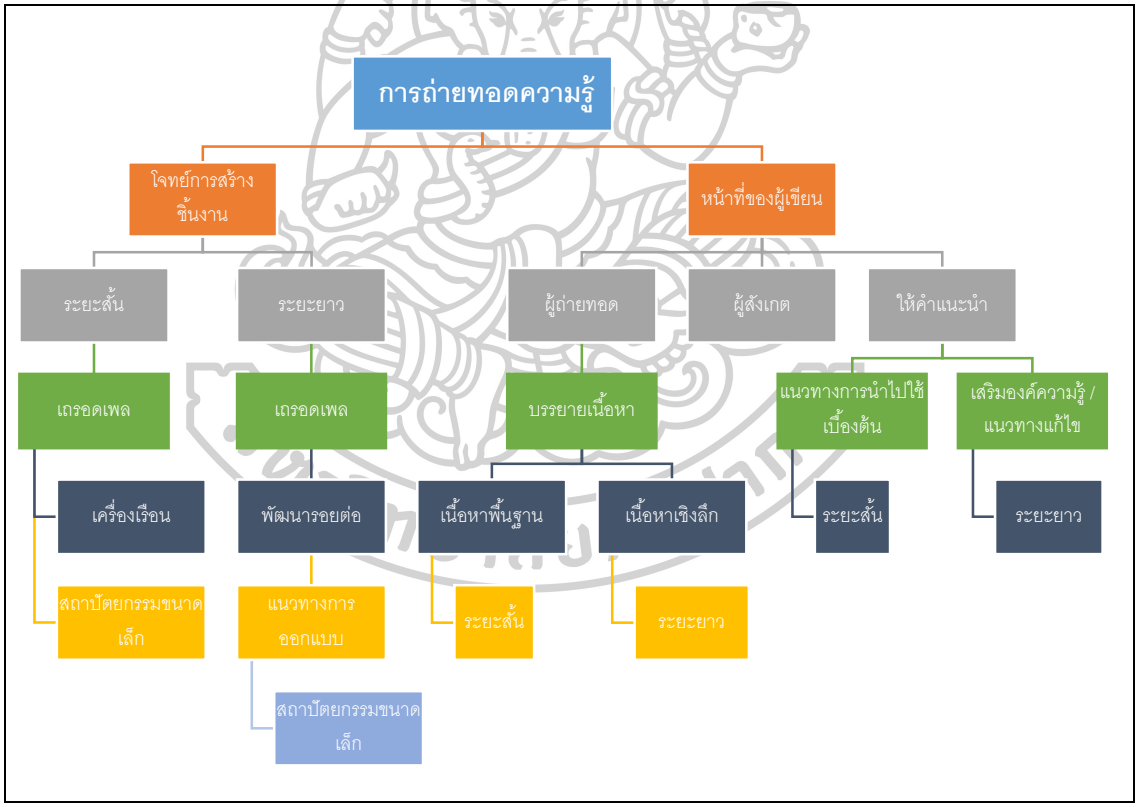


รูปที่ 111: ภาพแสดงผลลัพธ์ (หุ่นจำลอง) จากการสร้างแบบจำลองเพื่อพัฒนาต้นแบบเพื่อให้เกิดเป็นชุดโครงสร้าง

- การสร้างแบบจำลองในการพัฒนารอยต่อ ในหัวข้อการศึกษานี้ส่วนหลักของการศึกษานั้นมีขอบเขตของการศึกษาอยู่ในช่วงของการสังเคราะห์ต้นแบบมากกว่า ซึ่งในบางส่วนนั้นก็มีการคาบเกี่ยวกับส่วนของการสร้างต้นแบบเพื่อวิเคราะห์และพัฒนาไปสร้างเป็นแนวทางหรือกรอบในการออกแบบ โดยวิธีการศึกษาในส่วนดังกล่าวนี้ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ลักษณะของการศึกษาจะเป็นไปในรูปแบบของการปรับ เปลี่ยนแบบ หรือการเรียนรู้ข้อผิดพลาดไม่ว่าจะเป็นเรื่องของเครื่องมือ (Tool) ที่ใช้ในการสร้าง ลักษณะรูปแบบรวมไปถึงขนาดสัดส่วนของวัสดุไม้ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน โดยการกำหนดหรือเปลี่ยนวิธีการในการสร้างนั้นสัมพันธ์ไปกับประสบการณ์ และการสังเกตจากการสร้างชิ้นงาน โดยมีการจดบันทึกการทำงาน โดยผลลัพธ์ที่สะท้อนออกมานั้นจะเป็นชิ้นงานที่มีความถูกต้อง และเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ทั้งในเชิงของการศึกษา เพิ่มมิติในการอธิบาย

เนื้อหาที่ถูกต้องมากขึ้น หรือสะท้อนออกมาในรูปแบบของลักษณะทางกายภาพหรือสัดส่วนของไม้ที่ถูกปรับหรือเปลี่ยนแปลงจากผ่านประสบการณ์ในการทดลองสร้างงานจริงจากตัวผู้วิจัยเอง

- การสร้างชิ้นงานผ่านการถ่ายทอดความรู้ การสอน หรือการอธิบาย โดยการสร้างชิ้นงานหรือผลงานสร้างสรรค์ผ่านการถ่ายทอดความรู้ การสอนหรือการอธิบาย เป็นวิธีการศึกษาการสร้างชิ้นงานผ่านการสังเกตการณ์ ผ่านการออกแบบวิธีการในการถ่ายทอดความรู้ ซึ่งปรับเปลี่ยนจากการเป็นผู้ปฏิบัติ (ผู้สร้างชิ้นงาน) กลายเป็นผู้อธิบายหรือผู้ถ่ายทอดองค์ความรู้แล้วใช้วิธีการในการสังเกต และจดบันทึก โดยมีการให้คำแนะนำในการพัฒนาชิ้นงาน เพื่อดูผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นทั้งในเชิงของการออกแบบ ความถูกต้องความเข้าใจในข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ข้อมูลจากชิ้นงานที่เกิดจากการควบคุมของตัวผู้วิจัย โดยมีการออกแบบการทดลองในหัวข้อดังกล่าวในรูปแบบของการทำงานแบบกำหนดช่วงเวลาโดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบของการทำงานคือ



รูปที่ 112: แผนภาพแสดงลำดับแผนการสร้างชิ้นงานผ่านการถ่ายทอดความรู้

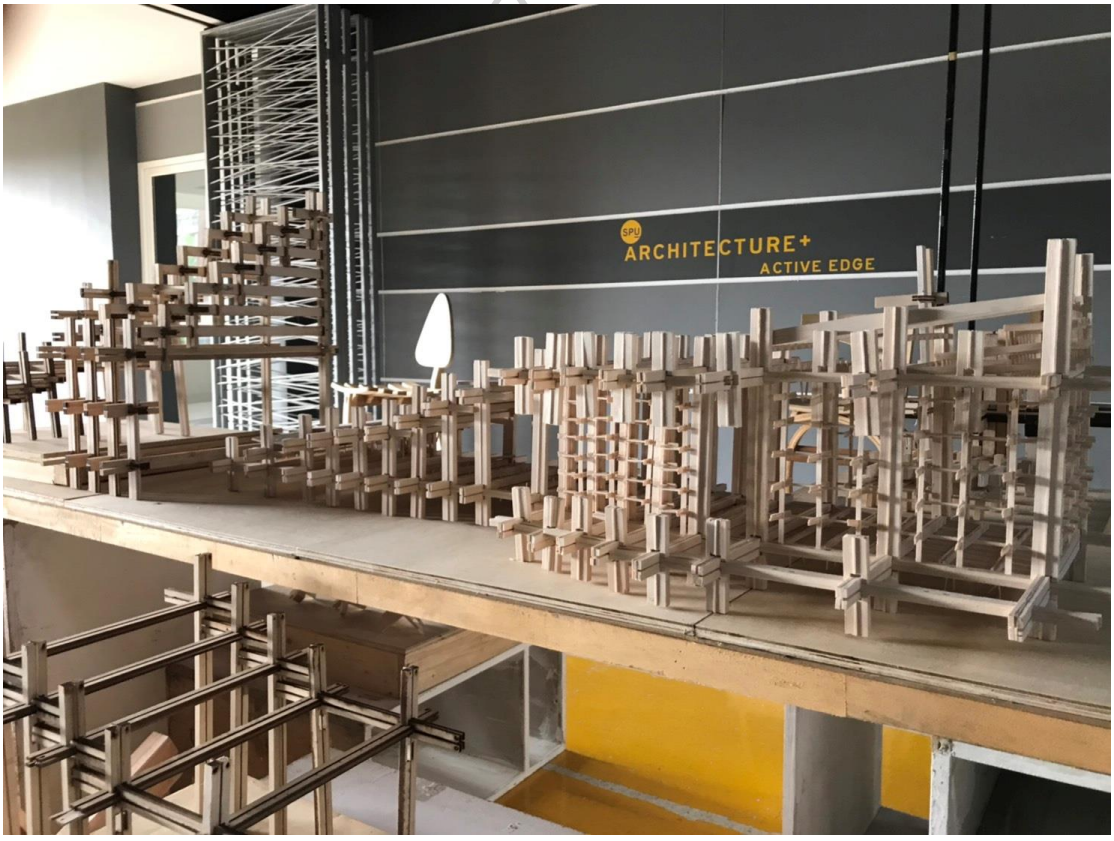
- การทดลองในช่วงเวลาที่จำกัด โดยลักษณะของการออกแบบการทดลองสร้างชิ้นงานแบบกำหนดระยะเวลาแบบสั้น (5-7 วัน) โดยใช้การอธิบายถึงลักษณะของสลักไม้เถรอดเพลแบบปกติ คือลักษณะทางกายภาพ ลำดับของการประกอบ ที่มาที่ไปทางประวัติศาสตร์ แนวทางเบื้องต้น

ในการนำไปใช้ โดยกำหนดโจทย์ให้นักศึกษาทดลองนำสลักไม้เถรอดเพลไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบโดยกำหนดขอบเขตตั้งแต่เครื่องเรือนเครื่องใช้ไปจนถึงศาลาหรืองานสถาปัตยกรรมขนาดเล็ก และทำการอธิบายถึงการออกแบบและความเข้าใจในสลักไม้เถรอดเพล และทำการศึกษาวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นภายใต้ผลงานออกแบบที่กลุ่มตัวอย่างจัดทำขึ้นซึ่งเป็นภาพสะท้อนของความเข้าใจ และความหลากหลายที่เกิดขึ้นในงานออกแบบ

รูปที่ 113: ตัวอย่างผลลัพธ์ (หุ่นจำลอง) ของกิจกรรมทดลองระยะสั้น

- การทดลองแบบร่วมพัฒนาแบบมีระยะเวลา ลักษณะของการออกแบบโดยมีการร่วมพัฒนาแบบมีระยะเวลาดังกล่าวนี้ เป็นการทำงานระหว่างตัวผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัยโดยมีการกำหนดช่วงระยะเวลาในการทดลองสร้างชิ้นงานโดยประมาณ 6-7 เดือน โดยมีการอธิบายเนื้อหา และองค์ความรู้ของภูมิปัญญาเถรอดเพลในเชิงลึก โดยกำหนดให้เป็นการศึกษาเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบ

สถาปัตยกรรมขนาดเล็ก โดยระหว่างช่วงเวลาดังกล่าวนั้นได้มีการพัฒนารูปแบบหรือลักษณะของงานออกแบบโดยตัวผู้วิจัยให้น้ำหนักกับการให้คำแนะนำในเชิงของการเสริมทางองค์ความรู้และเสนอแนวทางแก้ไข แต่ในส่วนของการตัดสินของแนวทางในการออกแบบหรือรูปแบบนั้นให้เกิดจากผู้ช่วยวิจัยเอง โดยผลลัพธ์ของการทดลองแบบการถ่ายทอดและมีการพัฒนาแบบมีระยะเวลานี้จะสะท้อนถึงการนำความเข้าใจขององค์ความรู้เรื่องเถรอดเพลที่สามารถนำไปพัฒนาเป็นงานออกแบบสถาปัตยกรรมได้ โดยสามารถศึกษาถึงกระบวนการ และปัญหาของการถ่ายทอด หรือความยากลำบากในการพัฒนาสลักไม้เถรอดเพลในการออกแบบสถาปัตยกรรมขนาดเล็ก



รูปที่ 114: ภาพแสดงผลลัพธ์ (หุ่นจำลอง) ของกิจกรรมทดลองระยะยาว

3.3 **การสังเคราะห์ข้อมูล**

กรอบการศึกษาในหัวข้อของการสังเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยชิ้นนี้ เป็นการนำเอา เป็น **“แนวทางในการตัดสินใจเพื่อการออกแบบ" (Design Decision)** จากการศึกษาวิเคราะห์ในหัวข้อดังที่ได้กล่าวถึงไปในข้างต้นมาพัฒนาการออกแบบรอยต่อสลักไม้เถรอดเพล โดยมีวัตถุประสงค์ในการสร้างชิ้นงานที่ได้รับการปรับปรุง และพัฒนาต่อเนื่องจากองค์ความรู้เดิม และองค์ความรู้ที่ได้จากการ

รวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล มาสร้างสรรค์เป็นชิ้นงานจริง และจัดทำแบบทางสถาปัตยกรรมและโปรแกรมสามมิติเพื่อประกอบการอธิบาย โดยมีการกำหนดผลลัพธ์ในการสังเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 หัวหลักดังนี้

3.3.1. รอยต่อที่ถูกพัฒนา (**Developed Joint**)

แนวทางและกรอบในการออกแบบในหัวข้อดังกล่าวนี้เป็นการนำเอารอยต่อหรือสลักไม้เถรอดเพลมาพัฒนาหรือปรับรูปแบบทางกายภาพ หรือพัฒนาศักยภาพและขีดจำกัดของการทำงาน โดยมีการอ้างอิงและทำงานร่วมกันกับข้อสรุปจากแนวทางในการตัดสินใจเพื่อการออกแบบ โดยทดลองออกแบบเป็นชิ้นงานจริงในขนาดหรือสัดส่วนที่สามารถทำการศึกษาการใช้งานได้อย่างชัเจน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองการใช้งานสลักไม้ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาตามเนื้อหาและวัตถุประสงค์ที่ถูกกำหนดไว้ในแต่ละหัวข้อที่ต้องการในการพัฒนารอยต่อในแต่ละชิ้น

3.3.2. การประยุกต์ใช้ในงานออกแบบสถาปัตยกรรมขนาดเล็ก

แนวทางและการออกแบบในหัวข้อดังกล่าวนี้ เป็นการนำเอาสลักไม้เถรอดเพลกับรอยต่อที่ถูกพัฒนามาทำการทดลองออกแบบ โดยกำหนดให้เป็นการประยุกต์องค์ความรู้ดังกล่าวสู่การออกแบบสถาปัตยกรรมขนาดเล็ก โดยขอบเขตของการทดลองออกแบบนั้นอาจจะเน้นไปที่การพัฒนาการออกแบบที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่เป็นองค์ประกอบหลัก หรือองค์ประกอบพื้นฐานในงานสถาปัตยกรรม มากกว่าการมองถึงความสวยงาม หรือลักษณะทางกายภาพหรือภาพรวมที่เกิดขึ้นแบบองค์รวม และแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นชิ้นงานที่แสดงองค์ประกอบเหล่านั้นในสัดส่วนที่สามารถเห็นการทำงานของระบบหรือองค์ประกอบได้อย่างชัดเจน ประกอบกับการจัดทำแบบทางสถาปัตยกรรม และแบบจำลองทางสามมิติเพื่อการอธิบายให้ครบถ้วนในทุกมิติของการนำเสนอข้อมูล

บทที่ 4

เนื้อหางานวิจัย

4.1 **ประวัติ และความเป็นมาของ “เถรอดเพล”**

“เถรอดเพล” หรือของเล่นสลักกลไม้โบราณนั้น ในประเทศไทยไม่มีหลักฐานหรือจุดเริ่มต้นที่แน่ชัดว่าได้ถูกสร้างขึ้นเมื่อใด และผู้สร้างคนแรกนั้นเป็นใคร รู้แต่เพียงว่าเป็นเพียงของเล่นไม้โบราณซึ่งปรากฏให้เห็นอยู่ตามท้องถิ่นต่างๆ เพื่อใช้ในการพักผ่อนหย่อนใจ และทดสอบเชาว์ปัญญาแต่เพียงเท่านั้น โดยจุดเริ่มต้นในการบันทึกเป็นเอกสารทางวิชาการนั้นมีการกล่าวถึงในหนังสือเมืองโบราณ ปีที่ 8 ฉบับที่ 3 สิงหาคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2525 เป็นครั้งแรก

“เถรอดเพล” หรือ การเข้าสลักไม้แบบเถรอดเพลนั้นถูกพูดถึงในเชิงวิชาการครั้งแรกในฐานะของวิธีการที่ใช้ในการสร้าง หรืออธิบายให้มีความชัดเจนมากขึ้นคือ ถูกประกอบขึ้นจากลักษณะของวิธีการเข้าสลักไม้ดังกล่าว ผ่านงานออกแบบเครื่องใช้กึ่งสถาปัตยกรรมขนาดเล็กที่เรียกว่า “เครื่องตั้งศพ” และข้าวของเครื่องใช้ต่างๆที่ถูกสร้างขึ้นจากการเข้าสลักไม้แบบเถรอดเพล โดยมีผู้ออกแบบและสร้างสรรค์งานเหล่านั้นขึ้นมา คือพระภิกษุที่ชื่อว่า “หลวงตาโจ้ย”หรือภิกษุโจ้ย ซึ่งเป็นพระลูกวัดของวัดไทร ที่ตำบลท่ากระชับ อำเภอ นครชัยศรี จังหวัด นครปฐม

หลวงตาโจ้ย หรือภิกษุโจ้ยนั้นเกิดเมื่อ พ.ศ.2410 หรือปลายรัชกาลที่4 ที่ตำบลท่ากระชับใกล้วัดไทร มีอายุ 86 พรรษา และมรณภาพในปี พ.ศ.2496 โดยเริ่มบวชเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2470 - 2475 (ไม่สามารถระบุปีพ.ศ.ที่ชัดเจนได้ เป็นการสันนิษฐานจากข้อมูลจากการสัมภาษณ์ตามเอกสาร) ในช่วงเวลาของหลวงพ่อสุด เจ้าอาวาสของวัดไทรในช่วงเวลาดังกล่าว โดยมีการกล่าวถึงจุดเริ่มต้นของการศึกษาเถรอดเพลของหลวงตาโจ้ยว่า

“เวลานั้น มีธรรมเนียมอย่างหนึ่งว่าพระใหม่ๆมีเวรไปนวดหลวงพ่อสุด ฉะนั้นหลวงตาโจ้ยพระใหม่จึงต้องไปนวดเจ้าอาวาสกับเค้าด้วย หลวงพ่อสุดองค์นี้มีอะไรเล่นแปลกๆ หลวงตาโจ้ยเล่าให้พระครูอินทรศิริชัยฟังภายหลังว่า เมื่อท่านเข้าไปหานั้น หลวงพ่อสุดโบนไม้ชิ้นหนึ่งมาให้ และพูดตามว่า เอ้าหลวงตาลองถอดดูซิ สติปัญญาจะทำได้บ้างไหม ไม้ชิ้นที่ว่า คือเถรอดเพล เป็นของเล่นเข้าไม้ที่ดูผ่านๆ ก็ไม่ดูว่าจะเป็นของเล่นได้ ให้นึกถึงเครื่องหมายกากะบาด หรือ

เครื่องหมายบวก ไม้นี้ขัดกันเป็นรูปอย่างนั้น แต่การจะขัดกันเขาอาศัยไม้สี่เหลี่ยม 7-8 อันมีร่องตรงกลางมาขัดกันเข้า ขัดไปขัดมาก็จะประสารกลายเป็นรูปกากะบาดขึ้น” (นาวิกมูล, 2525, p. 68)

จากช่วงเวลาดังกล่าวที่เริ่มบวชจวบจนกระทั่งถึงปี พ.ศ.2480 ที่มีการสร้างขึ้นของเครื่องตั้งศพชุดเล็ก หรือเครื่องตั้งชุดแรกนั้น หลวงตาโจ้ยได้มีการศึกษาและพัฒนารูปแบบของเถรอดเพลไปสู่ข้าวของเครื่องใช้ต่างๆ โดยจุดเริ่มต้นนั้นหลวงตาโจ้ยได้ไปพบเห็นพวงแก้ว หรือควงแก้วสำหรับใส่แก้วน้ำที่พระวัดอื่นทำขึ้น จึงนำมาปรับและสร้างขึ้นใหม่แบบ 2 ลูกบ้าง 4 ลูกบ้าง โดยใช้สลักเถรอดเพล และหลังจากนั้นก็มีการขยายความคิดนำเอาสลักดังกล่าวมาใช้ออกแบบข้าวของเครื่องใช้ทั่วไป เช่น เก้าอี้ที่ใช้สำหรับนั่ง โต๊ะเครื่องแป้ง คันฉ่องส่องหน้า ตู้กระจก และธรรมมาสน์ (ปี 2560 เหลือเพียงเก้าอี้ 2 ตัว โต๊ะเครื่องแป้ง และเครื่องตั้งชุดใหญ่เท่านั้น โดยพวงแก้วนั้นได้มีการทำขึ้นใหม่โดยพระอาจารย์ทับทิมซึ่งถูกจัดเก็บไว้ที่วัดไทร) วัสดุของเครื่องใช้ดังกล่าวสร้างขึ้นจากไม้ไผ่ลำมะลอกและไม้ไผ่สีสุกโดยมีอุปกรณ์เพียงมีดสำหรับบากและตัดเพียงเล่มเดียว

หลังจากผ่านช่วงเวลาศึกษาและทดลองความรู้ (ในช่วงระยะเวลาประมาณ5-10ปี) เกี่ยวกับเถรอดเพลจนสามารถสร้างข้าวของเครื่องใช้ต่างๆได้อย่างมีความชำนาญขึ้นแล้วนั้น ในช่วงราวปี พ.ศ.2480 จึงเกิดความคิดในการพัฒนาไปสู่การสร้างสรรค์ออกแบบเครื่องใช้กึ่งสถาปัตยกรรมขนาดเล็กที่เรียกว่า “เครื่องตั้งศพ” โดยที่เครื่องตั้งศพชุดแรกนั้นมีลักษณะดังนี้

“ตัวหลังคาหรือยอด 3 ยอดนั้นยังไม่มี เพราะเป็นเครื่องเล็ก แรกทำก็ทำแต่เป็นชั้นๆ ยกกันขึ้นไปเป็นโครงไม้ ไม่มีเสา เหนือสุดเป็นที่วางหีบเล็กๆที่ใส่กระดูก แสดงว่าต้องเผามาก่อนแล้ว จึงเอากระดูกมาตั้งในพิธีแทนโลงศพ ต่อมาภายหลังเมื่อคิดการใหญ่ ทำเครื่องตั้งอย่างใหญ่ แล้วจึงสามารถตั้งโลงศพสดจริงๆได้” (นาวิกมูล, 2525, p. 70)

เมื่อภายหลังต่อมา 3-4 ปีหลังจากการสร้างเครื่องตั้งชุดแรก ปัญหาในเรื่องของขนาดและการรับน้ำหนักของเครื่องตั้งที่เป็นเพียงที่วางหีบเล็กๆใส่กระดูกนั้น จำเป็นจะต้องมีการเผาศพก่อนจึงจะสามารถนำมาตั้งในพิธีได้ หลวงตาโจ้ยจึงคิดถึงความจำเป็นในการพัฒนารูปแบบของเครื่องตั้งชุดใหม่ให้มีขนาดที่ใหญ่ และมีความแข็งแรงที่มากขึ้น จนนำไปสู่การออกแบบเครื่องตั้งชุดใหญ่หรือชุดที่สองที่สามารถนำโลงศพขึ้นไปตั้งในการประกอบพิธีได้อย่างไม่มีปัญหา

โดยเครื่องตั้งชุดใหญ่นี้มีขนาดของฐานกว้างยาวประมาณ 3x6 เมตร เรือนฐานนั้นแบ่งเป็นช่องๆที่มีระดับที่ลดหลั่นกันไปตามความสูง คล้ายกับลักษณะของโต๊ะเครื่องแป้งที่เคยสร้างขึ้น ส่วนที่วางโลงศพนั้นสามารถเลือกได้ที่จะเปลี่ยนจากการวางโลงศพเป็นวางโกศก็สามารถทำได้ มีการออกแบบเครื่องยอดเป็นทรงในลักษณะหลังคาแบบบุษบก โดยแบ่งเป็น3อัน มีความสูงจากพื้นราวประมาณ 8 เมตร มีความแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักได้อย่างดีเยี่ยม ซึ่งจากเอกสารที่ได้บันทึกไว้นั้นมีการพูดถึงการปรับแบบของชุดเสาที่แต่แรกนั้นเป็นเสาทองเหลืองในลักษณะแบบเสามุ้ง ซึ่งในภายหลังนั้นได้ถูกปรับมาใช้เป็นเสาไม้ที่มีลักษณะเหมือนกันทั้งหมดโดยใช้ระบบเถรอดเพลนั้นมาพัฒนาให้เป็นเสาที่สามารถใช้งานได้จริง ในช่วงเวลาปัจจุบันนั้น (พ.ศ.2560) มีบางส่วนเช่นชุดหลังคานั้นชำรุดหักลงมาให้เห็น อย่างชัดเจน ไม้บางส่วนก็มีร่องรอยของการหัก ซึ่งดูจากสภาพที่เกิดขึ้นนั้นน่าจะเกิดจากอุบัติเหตุ หรือความบังเอิญจากมนุษย์เองมากกว่าที่จะเป็นการชำรุดทรุดโทรมที่เกิดจากปลวกหรือมอด

ภายหลังช่วงปี พ.ศ.2488 ที่เครื่องตั้งสำเร็จลงทั้งสองอันนั้น ก็ไม่ปรากฏถึงการออกแบบหรือสร้างสรรค์ผลงานที่เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับชุดเครื่องตั้งศพของหลวงตาโจ้ยขึ้นอีกในภายหลัง แม้จะมีการนำเถรอดเพลไปออกแบบเป็นโต๊ะ เป็นชั้นวางของ และตู้รับบริจาคที่อยู่ที่วัดไทรเช่นกัน ซึ่งข้าวของเครื่องใช้เหล่านี้สร้างโดยช่างไม้ในท้องถิ่น ซึ่งในรายละเอียดนั้นก็สามารถมองเห็นความแตกต่างของลักษณะรอยต่อ และชนิดของไม้ ซึ่งหากเป็นรอยต่อของผลงานหลวงตาโจ้ยนั้นมักทำเป็นหน้าตัดสี่เหลี่ยมจตุรัส โดยใช้ไม้ไผ่ลำมะลอก หรือไผ่สีสุก แต่หากเป็นรอยต่อของช่างไม้ท้องถิ่นจะใช้หน้าตัดไม้เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า และใช้ไม้เนื้อแข็งเช่นไม้สัก ไม้แดงเป็นต้น

ซึ่งเมื่อผู้วิจัยได้ลงทำการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวเนื่องกับเถรอดเพลในยุคหลังจากที่หลวงตาโจ้ยได้มรณภาพลง ก็ได้สืบค้นพบชื่อของนักวิชาท้องถิ่นที่เป็นผู้เผยแพร่ผลงานเถรอดเพลในช่วงเวลาปัจจุบัน (ปีพ.ศ.2560) ชื่อว่าอาจารย์ บุญรอด โพธิ์แดง ซึ่งเป็นผู้ที่ยังคงสร้างสรรค์งานเถรอดเพล แต่เป็นไปโดยลักษณะของของเล่นในขวดแก้วที่นำสลักเถรอดเพลเข้าไปใส่ในขวด ซึ่งเมื่อได้ทำการสัมภาษณ์ก็พบว่าอาจารย์ บุญรอดนั้นเป็นลูกศิษย์ของ อาจารย์ สว่าง ชูสุวรรณ ศิลปินดีเด่นจังหวัดนครปฐม ปีพ.ศ.2545 สาขาช่างฝีมือเถรอดเพลซึ่งในช่วงเวลาปัจจุบันได้เสียชีวิตลงแล้ว ซึ่งอาจารย์สว่างนั้น ได้เรียนรู้วิธีการเข้าสลักไม้แบบเถรอดเพลจากหลวงตาโจ้ย ก่อนที่จะถ่ายทอดความรู้เรื่องเถรอดเพล และการนำสิ่งของต่างๆใส่ขวด ให้แก่อาจารย์บุญรอดในช่วงราวประมาณปีพ.ศ. 2544-2545 ซึ่งถือว่าเป็นศิษย์คนสุดท้ายในยุคสมัยเวลานี้

แม้ว่าผลงานในด้านการออกแบบโดยใช้การเข้าไม้แบบเถรอดเพลของอาจารย์บุญรอดและ อาจารย์สว่างนั้นจะไม่ได้มีลักษณะที่เป็นมากกว่าของเล่นหรือกลที่นำของใส่ขวด แต่ผลงานที่โดดเด่นนั้นเป็นการที่อาจารย์ทั้งสองท่านนั้นได้ทำการเผยแพร่ความรู้ดังกล่าวนี้ให้กับผู้สนใจมากมาย ซึ่งแตกต่างกับช่วงเวลาของหลวงตาโจ้ยที่มักทำทุกอย่างอย่างเงียบๆ และมีความเป็นส่วนตัวสูงเป็นความลับ จึงทำให้ความรู้บางอย่างนั้นไม่ได้ถูกส่งต่อย่างกว้างขวางมากพอ โดยสามารถพัฒนาองค์ความรู้ดังกล่าวนี้ไปสู่การให้ความรู้ที่พิพิธภัณฑ์วัดท่าพูด ซึ่งเป็นพิพิธภัณฑ์ท้องถิ่นของตำบลท่ากระชับนั้นเอง

ในปี พ.ศ.2559 ได้มีการเผยแพร่บทความทางวิชาการในการศึกษาเรื่องภูมิปัญญาเถรอดเพลของ อาจารย์วีระ อินพันทัง อาจารย์ประจำภาควิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร และทีมงาน มีการนำเถรอดเพลมาศึกษาและพัฒนาออกมาเป็นสถาปัตยกรรมประเภทศาลาซึ่งถือว่า เป็นครั้งแรกที่เถรอดเพลนั้นได้กลายสภาพจากของเล่นสลักไม้มาเป็นสถาปัตยกรรมขนาดเล็กที่สามารถใช้งานได้จริง โดยยังคงสามารถรักษาความเป็นเถรอดเพลได้อย่างสมบูรณ์ ไม่ว่าจะเป็นความสามารถในการถอดประกอบได้ หรือ ลักษณะที่เป็นสลักเถรอดเพลที่มองเห็นได้อย่างชัดเจน

4.2 **ลักษะของเถรอดเพล**

4.2.1. นิยามความหมายของเถรอดเพล

การให้ความหมาย หรือกำหนดขอบเขตเพื่อสร้างความเข้าใจในตัวภูมิปัญญาเถรอดเพลเพื่อทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไปนั้น จุดเริ่มผู้ศึกษาจึงยกตัวอย่างของการจำกัดความหรือการพูดถึงตัวภูมิปัญญาเถรอดเพลจากแหล่งข้อมูลต่างๆที่ได้ทำการศึกษาและค้นคว้ามาดังนี้

“เถรอดเพลก็เป็นภูมิปัญญาชาวบ้านอีกอย่างหนึ่ง คือการนำรูปแบบของของเล่นชนิดหนึ่งที่ทำด้วยไม้มาพัฒนาเป็นของใช้ที่มีขนาดใหญ่และขนาดเล็ก มีลักษณะพิเศษคือมีการแกะสลักไม้ที่มีความซับซ้อนให้เป็นกลุ่มเป็นก้อน และสามารถถอดออกได้ ซึ่งผู้ทำต้องมีความรู้ความสามารถในการเข้าปากไม้เป็นอย่างดี นิยมทำลงใส่ขวดเป็นส่วนใหญ่ซึ่งทำได้ยากมาก ถึงขนาดกล่าวกันว่า พระภิกษุจะใช้ความเพียรพยายามเป็นอย่างมากจนลืมฉันอาหารเพล จึงเรียกกันว่า “เถรอดเพล” (เรืองสกุล, 2006, p. 73)

“เถรอดเพลเป็นของเล่นไม้สลักกลของไทยชนิดหนึ่ง ประกอบขึ้นจากไม้หลายชิ้นที่มีรอยบากต่างๆกัน นำมาขัดสอดขัดกันจนเป็นรูปทรงอย่างใดอย่างหนึ่ง มีวิธีเล่นโดยการถอด

ออกจากกันแล้วประกอบเข้าด้วยกันใหม่ให้เป็นแบบเดิม การมีผู้เล็งเห็นว่าสลักกลไม้แบบเถรอดเพลเป็นมากกว่าของเล่นชิ้นเล็กๆ และพัฒนาเป็นข้อต่อไม้ เพียรประดิษฐ์เป็นของใช้ประโยชน์ชิ้นใหญ่ที่มีความซับซ้อนนับเป็นสิ่งที่น่าอัศจรรย์ใจอย่างยิ่ง” (อินพันทังและคณะ, 2559, p. 13)

“ไม้ชิ้นที่ว่า คือสิ่งที่เรียกกันว่า เถรอดเพล เป็นของเล่นเข้าไม้ดูผ่านๆก็ไม่เห็นว่าจะเป็นของเล่นได้ ให้นึกถึงเครื่องหมายกากะบาด หรือเครื่องหมายบวก ไม้นี้ขัดกันเป็นรูปอย่างนั้น แต่การจะขัดกันเขาอาศัยไม้สี่เหลี่ยม อัน มีร่องตรงกลางชาขัดเข้ากันเข้า ขัดไปขัดมาก็จะ 8-7 ประสานกลายเป็นรูปกากะบาดขึ้น

เหตุที่เรียกเถรอดเพล คนเก่าคงรู้ดีว่าเพราะเครื่องเล่นนี้ ตอนถอดออกจะถอดง่าย แต่พอใส่เข้าไปใหม่จะรู้สึกสับสนไปหมดว่าจะเอาไม้ทั้ง ท่อนซึ่งมองดูเหมือนกันไปหมดขัดกัน 8-7 อย่างไร อันไหนสอดก่อน อันไหนสอดหลังด้วยความต้องการที่จะเอาชนะให้ได้ คนเล่นจึงง่วนถอดเข้าถอดออกอยู่ตลอดเวลาจนเพลินไป ถ้าเป็นพระก็เรียกว่าเล่นแต่เช้าจนลืมเวลาเพล เมื่อเลยเพลแล้วก็เป็นอันว่าต้อง “อดเพล” เท่านั้นเอง” (นาวิกมูล, 2525, p. 69)

จากการทบทวนวรรณกรรม และรวบรวมข้อมูลจากแหล่งเอกสารต่างๆที่มีการกล่าวถึงเถรอดเพล จึงสามารถสรุปในภาพรวมได้คือ เถรอดเพลคือภูมิปัญญาพื้นถิ่นของไทยที่ว่าด้วยเรื่องลักษณะของกลไกสลักไม้ ที่ประกอบด้วยชิ้นไม้ที่มีความแตกต่างกันไปตามลักษณะทางกายภาพและลักษณะตามหน้าที่ มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน สามารถถอดประกอบได้ มีลักษณะเป็นรูปกากบาท เปรียบการถอดเข้าออกของไม้นี้ดั่งการเล่นจนลืมเวลาเหมือน พระ(เถร)อดฉันเพล

4.2.2. รูปแบบและลักษณะของเถรอดเพล

4.2.2.1. เถรอดเพลแบบที่ 1

เถรอดเพลในจุดเริ่มต้นนั้นเป็นของเล่นกลไกไม้ โดยสันนิษฐานว่าน่าจะเกิดขึ้นจากความต้องการในเชิงสันทนาการ มากกว่าความต้องการในเชิงช่าง โดยเถรอดเพลของหลวงตาโจ้ยนั้นประกอบไปด้วยไม้จำนวนหกชิ้น มีลักษณะของหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส โดยมีความยาวเป็นอัตราส่วน 1: 4 ของขนาดหน้าตัดของชิ้นเหล่านั้น แต่ละชิ้นมีขนาดของหน้าตัด ความยาว ความกว้างที่เท่ากัน แต่มีการบากเนื้อไม้ในแต่ละชิ้นไม่เหมือนกันเพื่อทำหน้าที่แตกต่างกันไป เช่น ขัด สอด รองรับ โดยและมีหนึ่งชิ้นที่เป็นเพียงท่อนไม้ธรรมดาไม่มีการบาก และนำมาวางไขว้กันในลักษณะที่เป็นเครื่องหมายบวกหรือรูปกากบาท ในการประกอบนั้นจะต้องมีลำดับที่ถูกต้องจึงจะสามารถอยู่

ทรงได้ และหากประกอบได้ถูกต้องจะไม่มีพื้นที่ว่างภายในของชิ้นไม้ดังกล่าวที่ทำการขัดกัน นิยมทำจากไม้ไผ่สีสุก และไม้ไผ่ลำมะลอก และมีการพัฒนาไปใช้ไม้เนื้อแข็ง เช่นไม้สักในภายหลัง

รูปที่ 115: ของเล่นเถรอดเพล แบบประกอบสมบูรณ์ (ซ้าย) และเมื่อถอดเป็นชิ้นส่วน (ขวา)

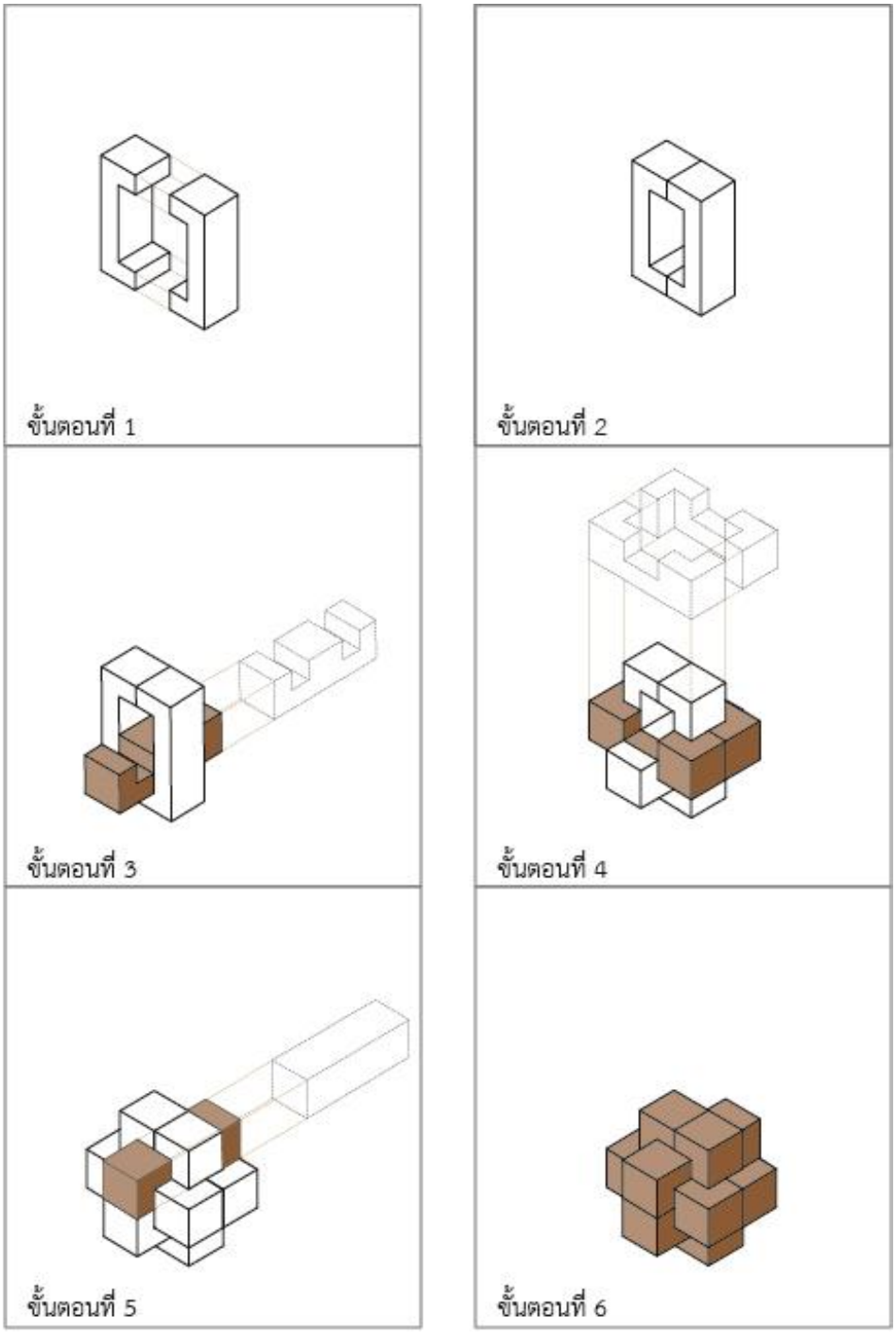
ลำดับของการประกอบนั้นจะเริ่มจาก ไม้สองชิ้นแรกที่จะนำมาประกบกันในลักษณะเพื่อเป็นโครงในการรองรับชิ้นไม้ในลำดับขั้นต่อไป โดยทำการบากเนื้อไม้บริเวณกึ่งกลางโดยมีความยาวเป็น 2 เท่าของขนาดหน้าตัด และมีความกว้างเป็น ครึ่งนึงของขนาดหน้าตัดไม้ เมื่อนำมาประกบกันจะได้ความกว้างที่มีขนาดพอดีกับขนาดหน้าตัด โดยเป็นช่องในลักษณะพอดีกับการวางหน้าตัดชิ้นไม้สองชิ้นในแนวตั้ง

ส่วนในชิ้นที่ 3 นั้น เป็นชิ้นไม้ที่ไว้ใช้สำหรับรองรับการขัดของชิ้นไม้ในลำดับต่อไป โดยลักษณะของการบากนั้น จะทำการบากสองส่วนแยกกัน โดยมีความกว้างและความยาวที่เท่ากันคือครึ่งนึงของขนาดหน้าตัดไม้ และมีระยะห่างระหว่างกันขนาดเท่ากันกับขนาดของหน้าตัดไม้ มีลักษณะเป็นรูปร่างคล้าย เลข 3 อารบิก หรือ ตัวอักษร E ใหญ่ในภาษาอังกฤษ

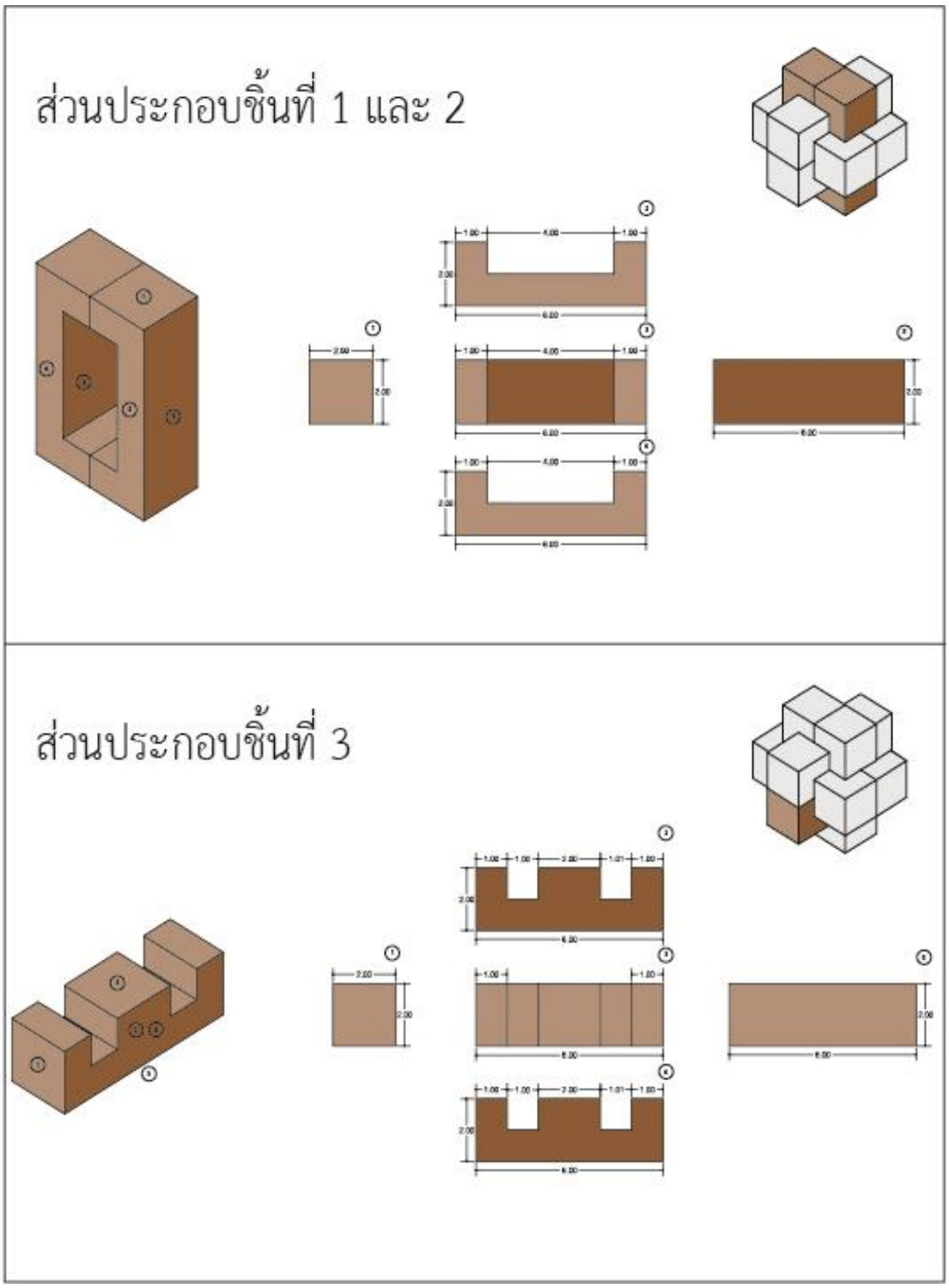
ในชิ้นที่ 4 และชิ้นที่ 5 นั้น เป็นชิ้นไม้ที่ไว้ใช้สำหรับขัดและยึดไม้ให้กลุ่มชิ้นไม้ต่างๆนั้นขยับและหลุดออกจากกัน ซึ่งหากเปรียบเทียบกับกับชิ้นไม้ที่ผ่านๆมาถือว่าเป็นชิ้นที่มีการบากเนื้อไม้ที่ซับซ้อนมากที่สุด คือมีลักษณะการบากเหมือนไม้ชิ้นที่ 1 คือบากบริเวณกึ่งกลางมีขนาดความกว้างเป็น ? ของขนาดหน้าตัด และมีความยาวเป็น 2เท่าของขนาดหน้าตัด และมีการบากเพิ่มเป็นขนาดเท่ากับขนาดหน้าตัด ที่บริเวณอีกด้านหนึ่งของชิ้นไม้

ในชิ้นที่ 6 หรือชิ้นสุดท้ายนั้น เป็นชิ้นไม้ที่ทำเพื่อการสอดเข้าไปในพื้นที่ที่เหลือเพื่อทำการล๊อคและปิดพื้นที่ว่างที่มีอยู่ภายในสลักกลดังกล่าวนี้ โดยมีความกว้างยาวเท่ากับไม้ชิ้นอื่นๆ โดยนิยมทำหน้าตัดให้มีขนาดใหญ่กว่าทั้งหมดเพียงเล็กน้อย เพื่อให้เกิดความแน่น หรือ เพื่อให้ชิ้นไม้เหล่านี้ถูกยึดไว้ แต่หากทำใหญ่กว่ามากเมื่อเวลาถอดประกอบนั้นจพพบว่าทำได้อย่างยากลำบาก และ

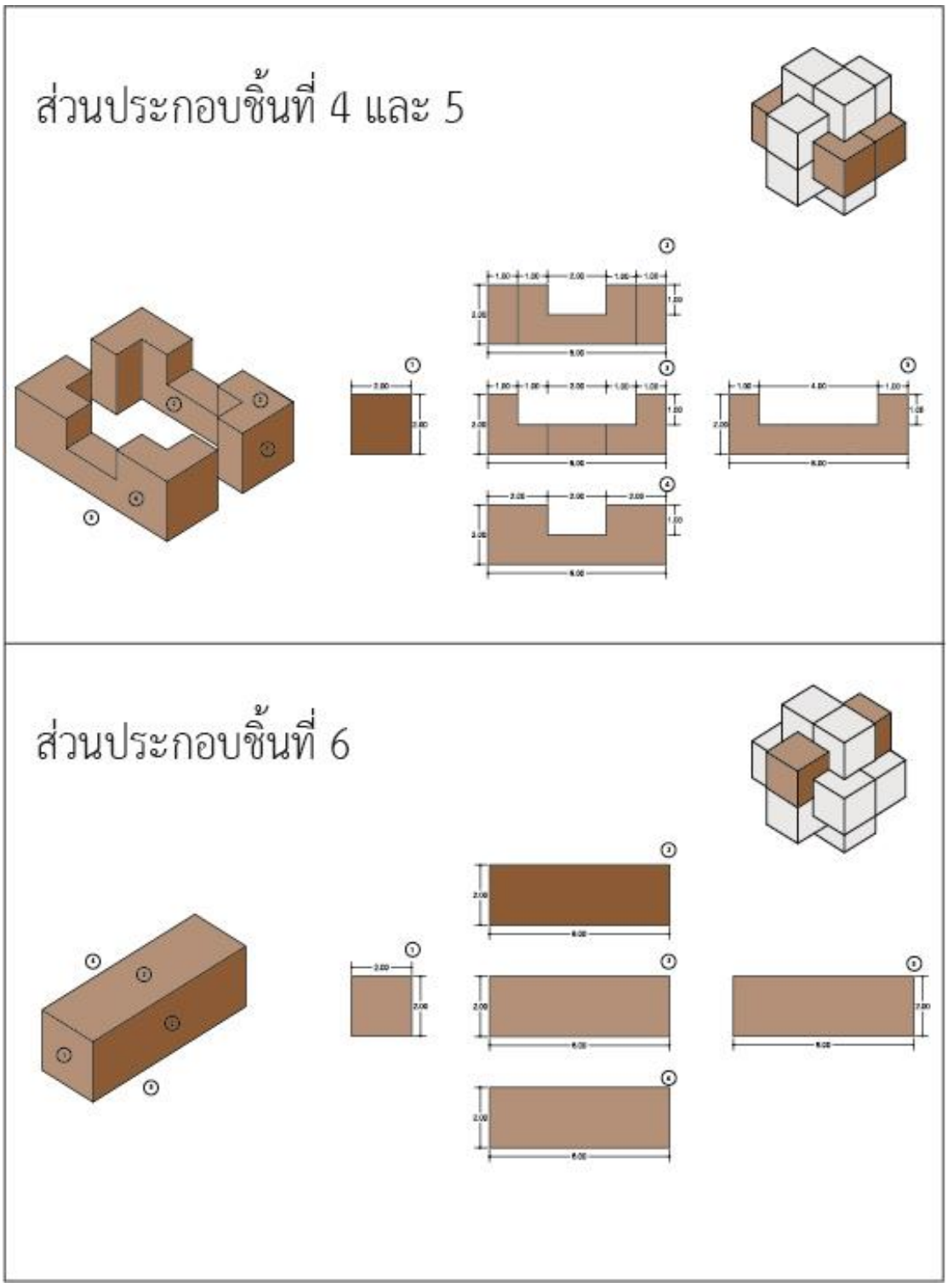
เมื่อทุกชิ้นนั้นประกอบกันตามลำดับดังที่ได้กล่าวมา จะได้ชุดของเล่นสลักกลไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปกากบาท ในแนวแกน 3 แกนที่มีความสมบูรณ์ แน่นหนา ไม่หลุดออกจากกัน โดยสามารถรื้อถอดออกประกอบได้



รูปที่ 116: แผนภาพแสดงลำดับ และวิธีการประกอบเถรอดเพลแบบที่ 1



รูปที่ 117: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 1 – 3



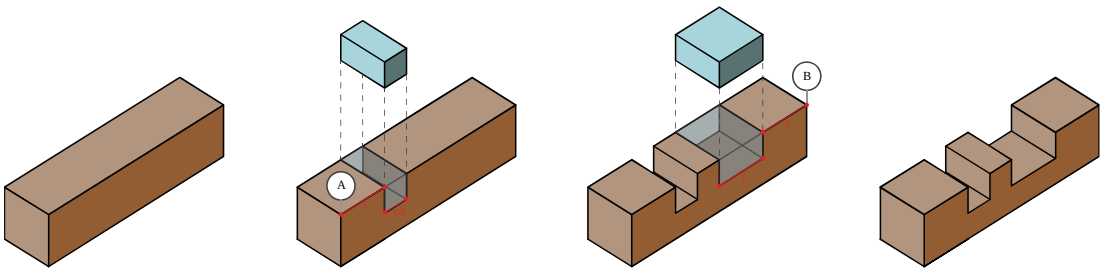
รูปที่ 118: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 4 - 6

4.2.2.2. เถรอดเพลแบบที่ 2

เถรอดเพลในแบบที่ 2 นี้ เป็นแบบที่ถูกจำลองขึ้นมาจากเอกสารทางวิชาการ เมืองโบราณเรื่อง “เครื่องตั้งวัดไทร” ในปีพ.ศ. 2525 แต่จากการลงพื้นที่จริงที่วัดไทร และทำการรังวัดสำรวจรอยต่อต่างๆที่มีของเถรอดเพลที่ถูกสร้างขึ้นในวัดดังกล่าวพบว่ามีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งศึกษาจากเอกสารข้างต้นแล้วพบว่า ทางผู้เขียนนั้นเมื่อได้ไปทำการลงพื้นที่สำรวจและสัมพาษณ์นั้นไม่ได้ทำการถ่ายรูปหรือเก็บข้อมูลเกี่ยวกับรอยต่อเถรอดเพลมา และมีการกล่าวถึงในส่วนดังกล่าวว่า **“เมื่อไปที่วัดไทร ผู้เขียนไม่ได้พิจารณาเถรอดเพลให้ถี่ถ้วน เพราะปรับความเข้าใจไม่ทัน และมีเวลาศึกษาไม่พอ ภายหลังคุณวิคเตอร์ เคเนดี้ผู้แปล ได้บังเอิญพบสลักกลนี้จึงพยายามถอดดู และให้ฝ่ายศิลป์วาดแปลนมาแสดง คาดว่าน่าจะเป็นวิธีเดียวกันกับเถรอดเพล ที่อาจารย์ทับทิมประกอบให้ดู และคงเป็นระบบเดียวกับที่หลวงตาโจ้ยไปนำไปสร้างเครื่องตั้งขึ้น”** (นาวิกมูล, 2525, p. 70) โดยเอกสารยังกล่าวถึงว่าเป็นตัวต่อที่เป็นของเล่นเพื่อจำหน่าย โดยตั้งชื่อว่า “BANGKOK PUZZLE” ซึ่งน่าจะเกิดความเข้าใจผิดกันว่าคล้ายหรือเหมือนกับเถรอดเพลของหลวงตาโจ้ยที่วัดไทร

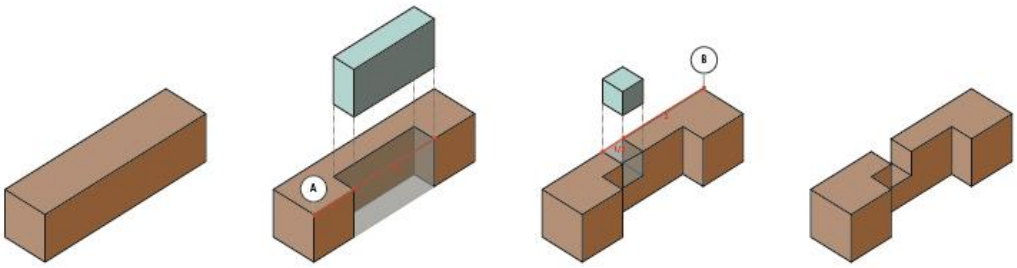
โดยลักษณะของเถรอดเพลในแบบที่ 2 นี้ จะมีข้อแตกต่างกันมากอยู่พอสมควร แต่ในลักษณะของรูปลักษณ์ทางกายภาพภายนอกเมื่อประกอบเสร็จนั้นยังคงเหมือนกันทุกประการ โดยลักษณะอย่างหนึ่งที่เห็นถึงความแตกต่างกับเถรอดเพลในแบบที่ 1 ได้อย่างชัดเจนคือ ในชิ้นไม้ทั้ง 6 ชิ้นนั้นจะไม่มีชิ้นใดเลยที่มีรูปร่างที่เหมือนกัน แต่ละชิ้นมีความซับซ้อนในรอยบาก และเหลี่ยมมุมที่เพิ่มขึ้นมาอย่างชัดเจน โดยลำดับในการประกอบนั้นมีวิธีการที่แตกต่างกันคือจะ ไม่ใช้การใส่เป็นคู่กล่าวคือใส่สลับวนไปที่ละชิ้นในแนวแกนที่แตกต่างกันไป ซึ่งต่างกับแบบที่ 1 คือใช้เป็นคู่ทำให้จบในแนวแกนของตัวเองก่อนแล้วจึงทำในลำดับต่อไป

ในชิ้นลำดับที่ 1 นั้นมีลักษณะรูปร่างคล้ายตัวอักษร E ในภาษาอังกฤษ ซึ่งแตกต่างกับเถรอดเพลชิ้นที่ 3 ในเถรอดเพลแบบที่ 1 ตรงลักษณะของการบากนั้นจะไม่มีขนาดเท่ากันแบบสมมาตรเหมือนในแบบที่ 1 โดยการบากจุดแรก เริ่มที่ 1 (จุด A) จะมีระยะห่างจากปลายด้านริมเป็นระยะเท่ากันกับหน้าตัดของไม้ แล้วทำการบากออกเท่ากับระยะครึ่งหนึ่งของขนาดหน้าตัดไม้และบากลึกลงไปเป็นระยะเท่ากันคือครึ่งหนึ่งของขนาดหน้าตัดไม้เช่นกัน ส่วนในจุดของการบากจุดต่อมา เริ่มที่จุดที่ 2 (จุด B) นั้นมีระยะห่างจากจุดบากเป็นระยะเท่ากันกับความยาวของหน้าตัดของไม้เช่นกัน แต่ระยะการบากนั้นจะมีขนาดเท่ากันกับขนาดหน้าตัดไม้ โดยทำการบากลึกลงไปเป็นระยะเท่ากับขนาดครึ่งหนึ่งของขนาดหน้าตัดไม้ โดยไม้ชิ้นดังกล่าวนี้จะวางตัวในแนวนอน



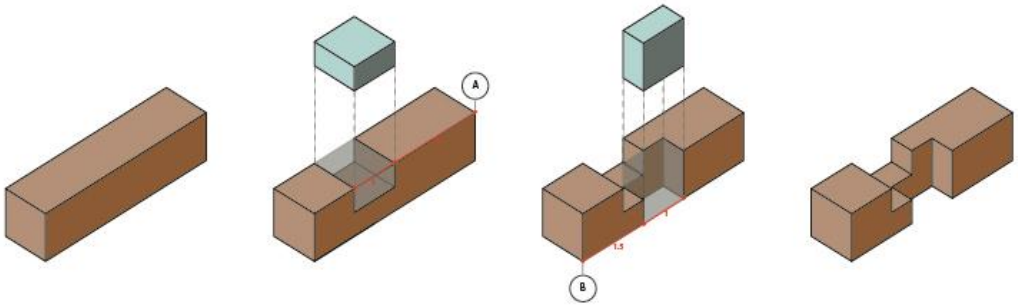
รูปที่ 119: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 1

ในชิ้นลำดับที่ 2 นั้น มีการวางตัวในแกนแนวนอนตั้งฉากกับชิ้นที่ 1 ขัดกันในลักษณะของเครื่องหมายบวก โดยมีลักษณะของการบากแบ่งเป็นสองส่วนเพื่อความเข้าใจในการอธิบายคือ ในส่วนที่ 1 นั้น เริ่มจาก(จุดA)โดยมีระยะห่างเท่ากันกับขนาดหน้าตัดของไม้ จากจุดดังกล่าวทำการบากออกเป็นระยะเท่ากันกับ 2 เท่าของขนาดหน้าตัดไม้ โดยทำการบากลึกลงไปจนสุด (ระยะขนาดเท่ากับหน้าตัดไม้) ในจุดที่ 2 (จุดB) นั้นเริ่มที่ระยะเท่ากับขนาด 2 เท่าของขนาดหน้าตัดไม้ โดยระยะของการบากนั้นเป็นครึ่งหนึ่งของขนาดหน้าตัดไม้ โดยทำการบากลงไปในระยะที่เป็นครึ่งหนึ่งของของขนาดหน้าตัดไม้เช่นกัน



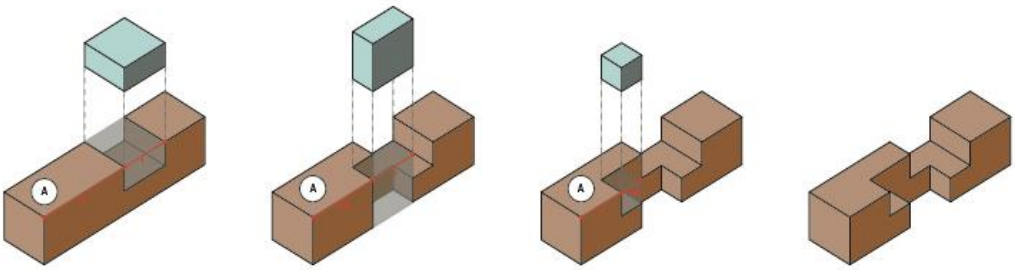
รูปที่ 120: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 2

ชิ้นที่ 3 นั้นเริ่มจากจุดที่ 1 (จุดA) ห่างไปเป็นระยะเท่ากันกับ 2 เท่ากับขนาดหน้าตัดไม้ โดยทำการบากลงไปเป็นระยะเท่ากันกับครึ่งหนึ่งของขนาดหน้าตัดไม้ โดยระยะของการบากนั้นมีระยะเท่ากับขนาดของหน้าตัดไม้ จากนั้นเริ่มการบากจากจุดที่ 2 (จุดB) โดยมีระยะห่างเท่ากันกับ 1.5 เท่าของขนาดหน้าตัดไม้ โดยทำการบากลงไปเท่ากันกับครึ่งหนึ่งขนาดหน้าตัดไม้ และมีระยะของการบากเท่ากันกับขนาดของหน้าตัดไม้ โดยไม้ชิ้นดังกล่าวนี้จะวางตัวในแนวแกนตั้งขัดกันกับ ชิ้นที่1 และชิ้นที่ 2



รูปที่ 121:รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 3

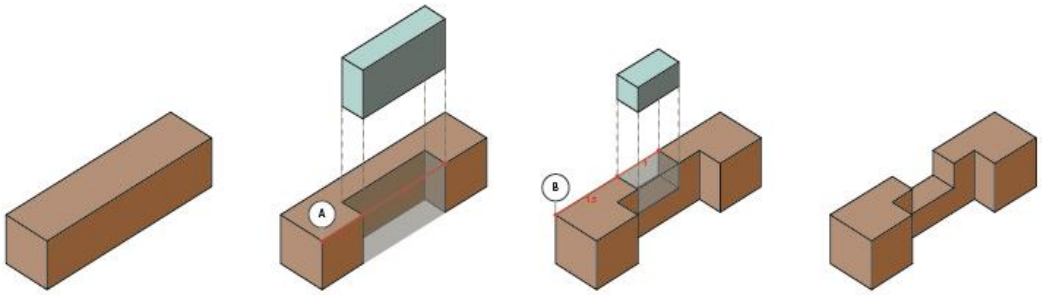
ชิ้นที่ 4 จากจุดที่ 1 (จุดA) ห่างออกไปเป็นระยะเท่ากันกับ 2 เท่าของขนาดหน้าตัดไม้ โดยทำการบากลงไปเป็นระยะครึ่งหนึ่งของขนาดหน้าตัดไม้ และมีความยาวของรอยบากดังกล่าวนี้เท่ากับขนาดหน้าตัดไม้ จากนั้นจุดที่ 1 (จุดA) ห่างออกไปเป็นระยะเท่ากับ 1.5 เท่า ของขนาดหน้าตัดไม้ ทำการบากลึกลงไปเป็นระยะเท่ากันกับครึ่งหนึ่งของขนาดหน้าตัดไม้ โดยมีความยาวของรอยบากดังกล่าวเท่ากันกับขนาดของหน้าตัดไม้ จุดที่ 1 (จุดA) ห่างออกไปเป็นระยะเท่ากับขนาดของหน้าตัดไม้โดยทำการบากลงไปเป็นระยะครึ่งหนึ่งของของขนาดหน้าตัดไม้ โดยมีความยาวของรอยบากดังกล่าวเท่ากันกับระยะครึ่งหนึ่งของของขนาดหน้าตัดไม้ โดยชิ้นไม้ชิ้นที่ 4 นี้วางตัวในแนวนอนแนวเดียวกันกับ ไม้ชิ้นที่ 1 ในลักษณะของการประกบกันโดยชิ้นที่ 4 นั้นอยู่ด้านบน และชิ้นที่ 1 อยู่ทางด้านล่าง



รูปที่ 122:รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 4

ชิ้นที่ 5 จากจุดที่ 1 (จุดA) ห่างออกไปเป็นระยะเท่ากันกับขนาดของความยาวของหน้าตัดไม้ โดยทำการบากลงไปเป็นระยะเท่ากันกับขนาดความยาวของหน้าตัดไม้ และและมีความยาวของรอยบากดังกล่าวนี้เท่ากับ 2 เท่าของขนาดความยาวหน้าตัดไม้ 5 จากจุดที่ 2 (จุดB) ห่างออกไปเป็นระยะเท่ากันกับ 1.5 เท่าของขนาดของความยาวหน้าตัดไม้ โดยทำการบากลงไปเป็นระยะครึ่งหนึ่ง

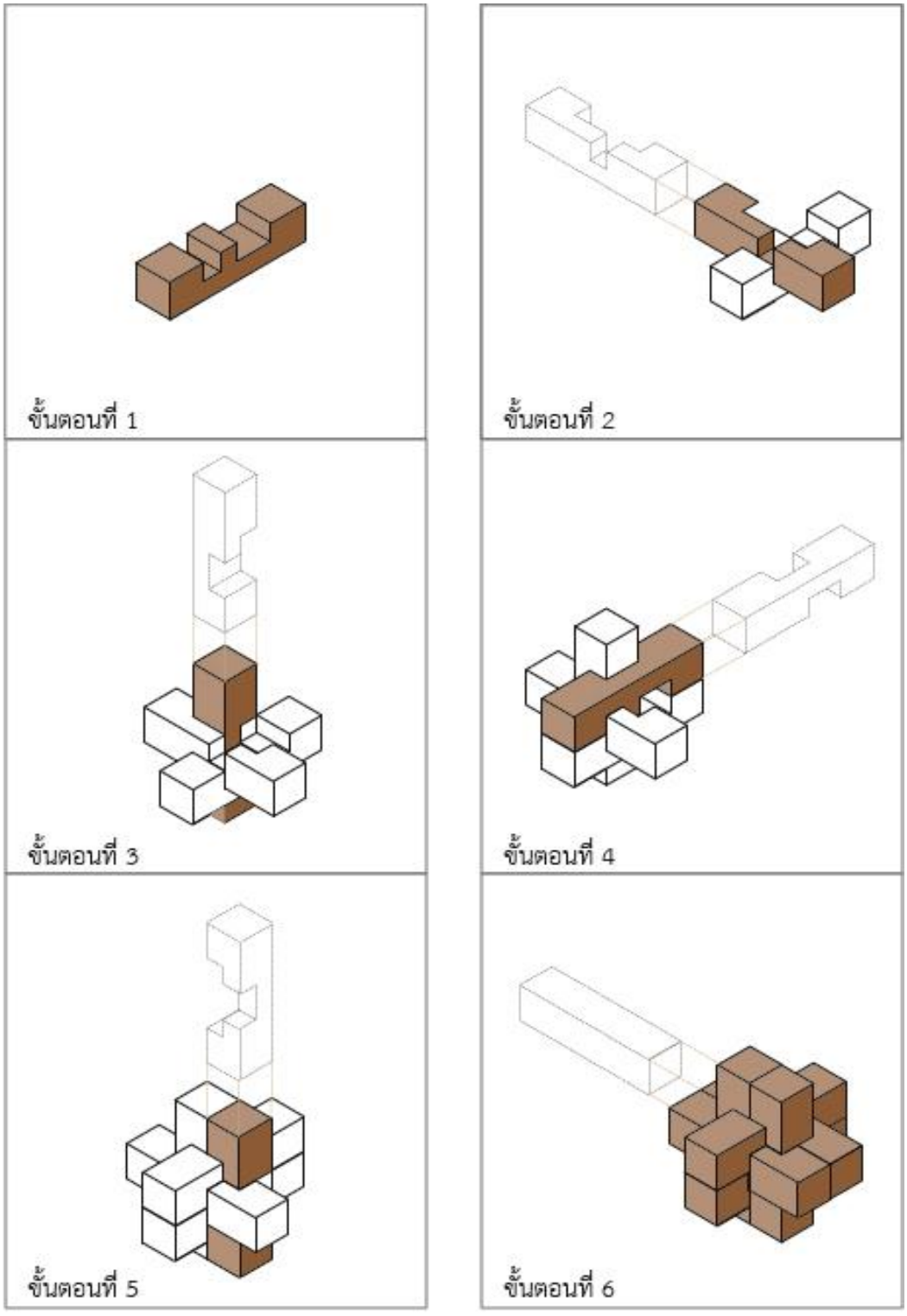
ของขนาดความยาวของหน้าตัดไม้ และมีความยาวของรอยบากดังกล่าวนี้เท่ากับขนาดหน้าตัดไม้ โดยไม้ชิ้นที่ 5 นี้วางตัวในแนวเดียวกันกับไม้ชิ้นที่ 3 ในลักษณะที่ประกบกัน



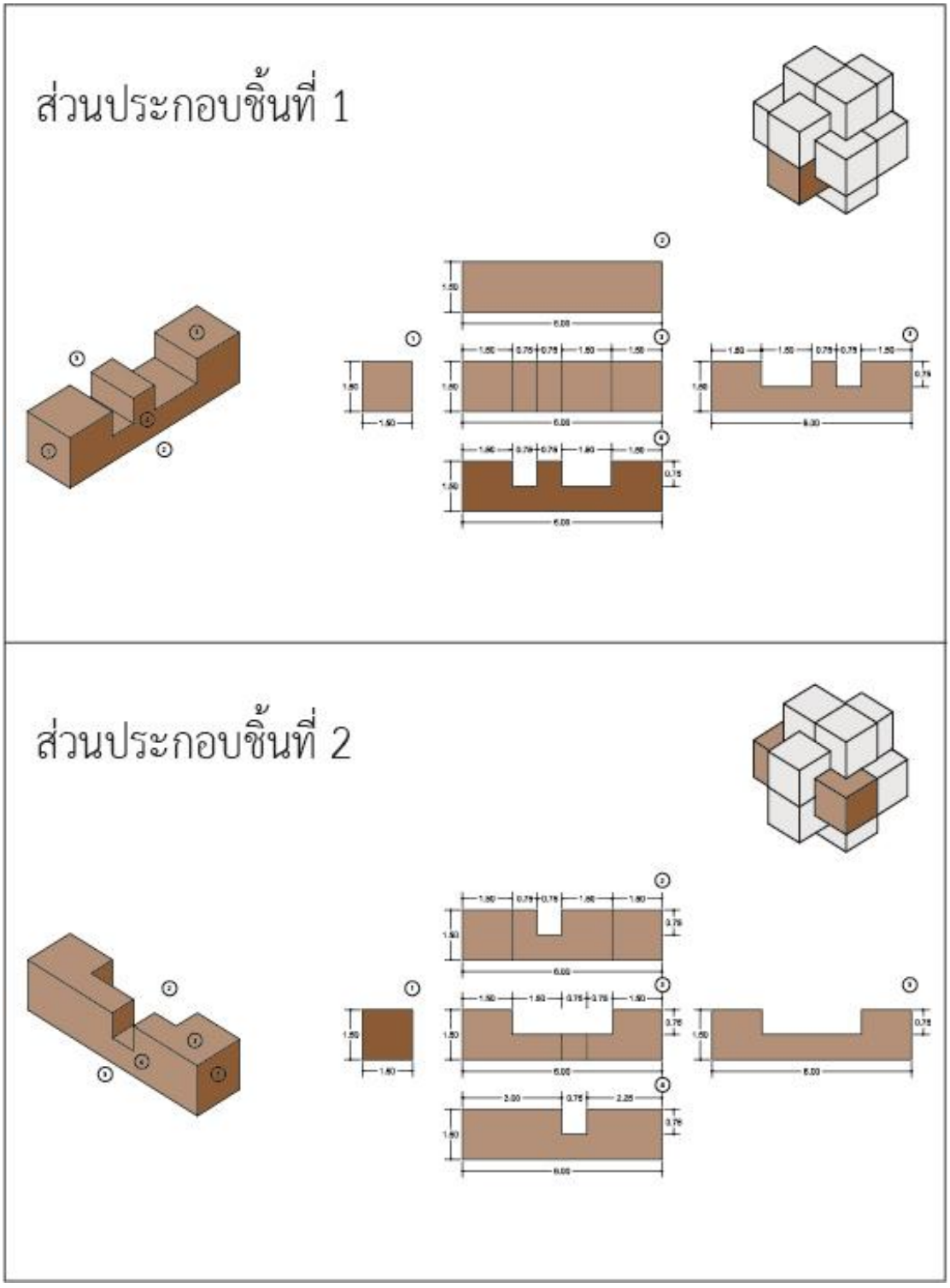
รูปที่ 123: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 5

ชิ้นที่ 6 เป็นชิ้นที่ไม่มีการบาก โดยทำเป็นชิ้นไม้เต็มขนาดมีอัตราส่วน(ของตัวอย่างที่ได้ทำการทดลอง) เป็นขนาดเท่ากับ 4 เท่า ของขนาดความยาวของหน้าตัดไม้ โดยไม้ชิ้นดังกล่าว วางตัวในแนวนอนประกบกับไม้ชิ้นที่ 2 โดยอาจจะทำให้มีขนาดใหญ่กว่าหน้าตัดเดิมเพียงเล็กน้อยหากต้องการความแน่นเมื่อทำการประกอบ

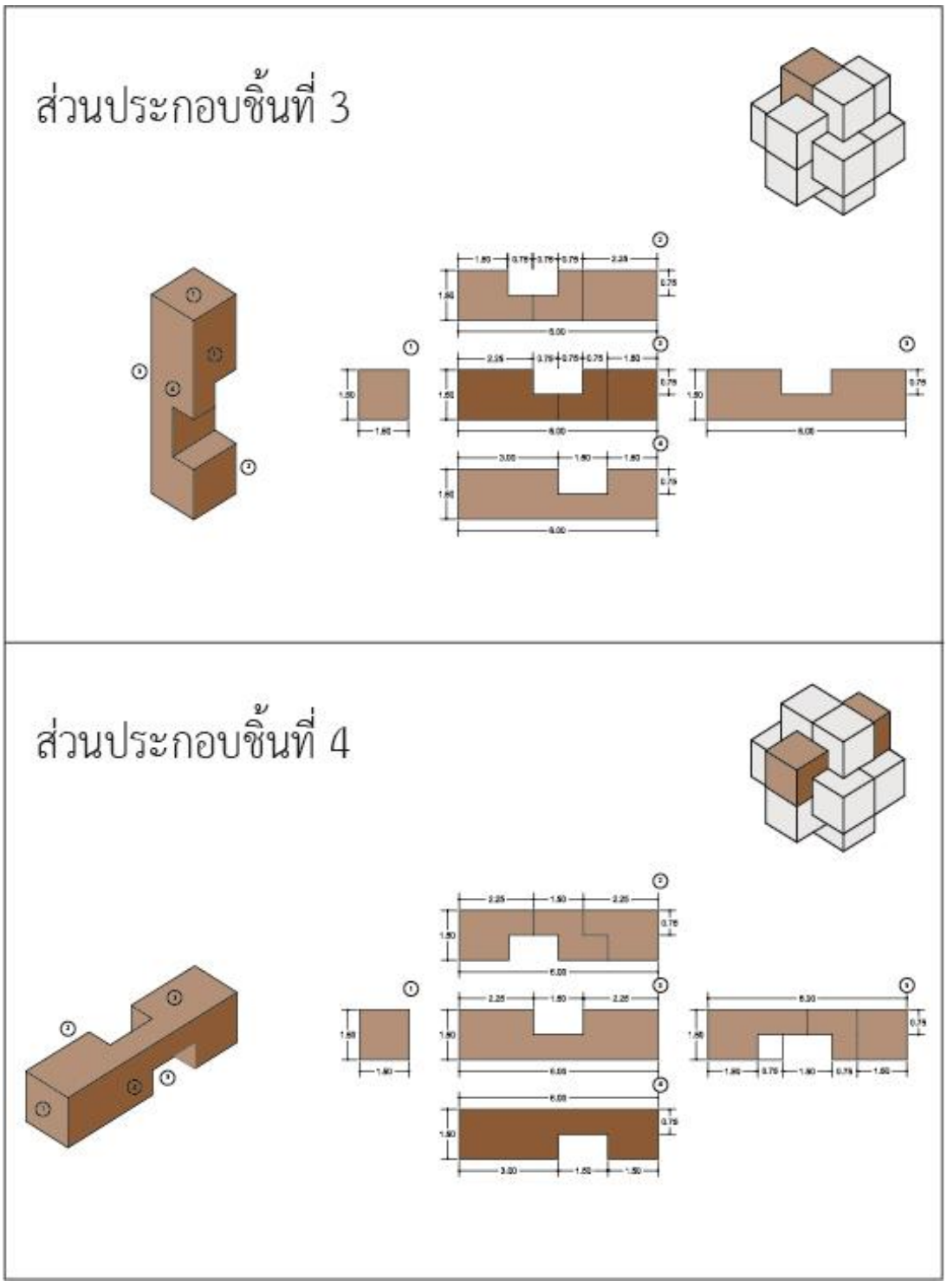
จากการศึกษาการสร้างรอยต่อ และวิธีการประกอบกันของเดรอดเพลในลักษณะที่ 2 นั้น จะพบว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นรอยบากที่ซับซ้อนมากขึ้น ทำให้ในแต่ละชิ้นไม่มีลักษณะที่ซ้ำกันแต่อย่างใด โดยหากพิจารณาถึงวิธีในการสร้างในแต่ละชิ้นนั้นจะพบว่าต้องมีการออกแบบรอยต่อที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ซึ่งถ้าดูจากวัตถุประสงค์ในการสร้างเดรอดเพลในลักษณะนี้แล้วนั้น ก็สอดคล้องกับความต้องการในการสร้างเพื่อความสนุกสนาน หรือเป็นเกมส์การเล่นในรูปแบบหนึ่ง จึงอาจจะต้องการความท้าทาย และไม่ได้มีความต้องการให้ประกอบกันง่ายจนเกินไป และเมื่อประกอบแล้วก็มีความแข็งแรงทนทานได้เหมือนกันกับเดรอดเพลในลักษณะอื่นๆ



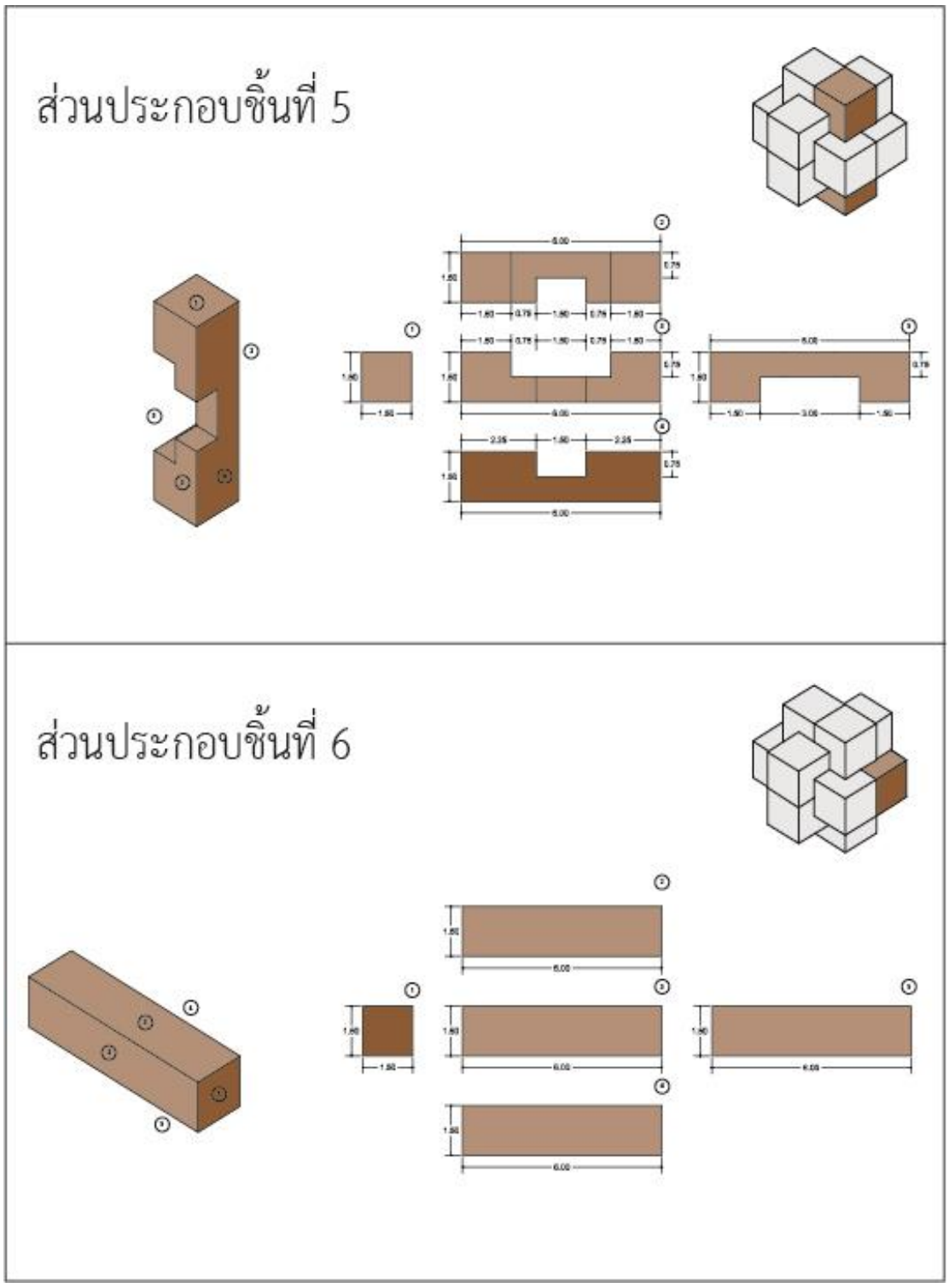
รูปที่ 124: แผนภาพแสดงลำดับ และวิธีการประกอบเถรอดเพลแบบที่ 2



รูปที่ 125: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 1 – 2



รูปที่ 126: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 3 – 4



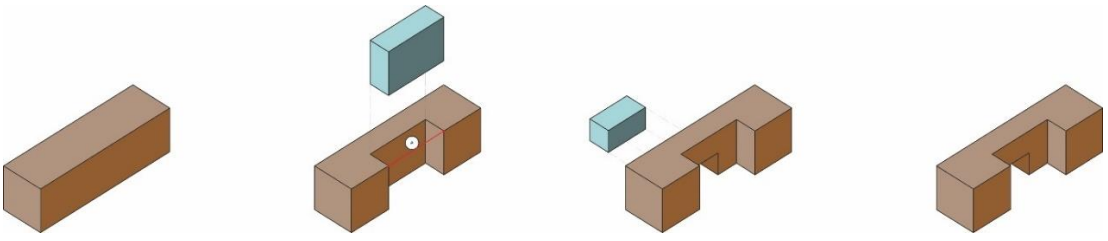
รูปที่ 127: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 5 – 6

4.2.2.3. เถรอดเพลแบบที่ 3

เถรอดเพลในแบบที่ 3 นี้ เป็นแบบที่ผู้วิจัยได้ข้อมูลจากการค้นหารูปแบบของเถรอดเพลที่มีอยู่ ในแหล่งข้อมูลในอินเตอร์เนต และของเล่นไม้ที่ทำการขายอยู่ในท้องตลาดซึ่งไม่ได้มีความเกี่ยวข้องกับรูปแบบเถรอดเพลที่มีในประเทศไทย โดยในเถรอดเพลแบบที่ 3 นี้ ในภาษาอังกฤษเรียกว่า “เบอร์-พัซเซิล” (Burr Puzzle) ซึ่งสันนิษฐานว่ามาจากลักษณะทางภายนอกของตัวต่อ ที่มีลักษณะคล้ายส่วนของเมล็ดพืชที่สามารถหลุดมาเกาะบนพื้นผิวต่างๆ หรือที่เรียกว่า เบอร์ (Burr) โดยบางสถานที่อาจจะเรียกว่า “Chinese Cross” หรือ “Devil’s Cross”

ลักษณะของรอยต่อชุดนี้มีลักษณะที่แตกต่างกับรอยต่อชนิดอื่นๆคือเป็นการออกแบบให้ไม่ใช้หรือไม่สร้างช่องภายในรอยต่อที่ประกอบกัน โดยแต่ละชิ้นนั้นจะทำหน้ารองรับและขัดเพื่อความแน่นหนาของรอยต่อซึ่งจะแตกต่างกับรอยต่อในเบื้องต้นที่ได้กล่าวมาที่จะนิยมทำเป็นช่องหรือบากเพื่อให้ชิ้นไม้สามารถวางหรือทะลุผ่านไปได้ โดยจะมีชิ้นส่วนทั้งหมด 6 ชิ้นเช่นเดียวกันกับเถรอดเพลในรูปแบบปกติ ซึ่งแต่ละชิ้นนั้นจะไม่มีรูปแบบที่ซ้ำกันเลย

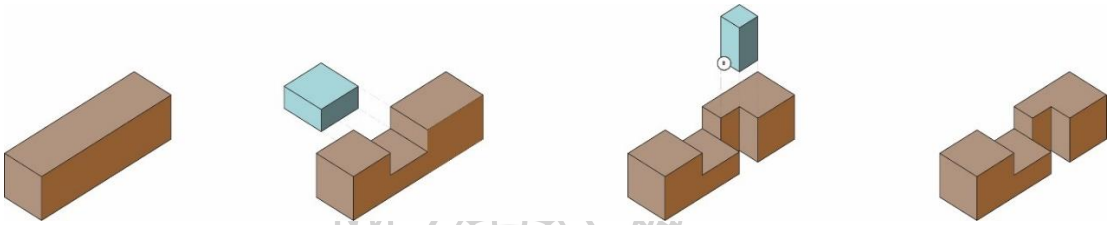
ชิ้นที่ 1 ทำการบากไม้เป็นขนาด 0.75เท่า ของขนาดหน้าตัดไม้โดยวัดจากศูนย์กลางที่จุด A ออกไปทั้ง 2 ด้าน ลึกเข้าไปเป็นขนาดครึ่งหนึ่งของขนาดหน้าตัดไม้ โดยทำการบากจะทะลุสุดของอีกฝั่งในทิศทางแนวตั้ง และกำหนดการบากในจุดต่อไป จากจุด B ทำการบากเป็นขนาดเท่ากับขนาดความยาวหน้าตัดไม้ ลึกเป็นครึ่งหนึ่งของขนาดความยาวหน้าตัดไม้ จนทะลุสุดไปอีกด้านของชิ้นไม้ในทิศทางแนวนอน โดยลักษณะของการวางของชิ้นไม้นั้น จะวางตัวในแนวนอนโดยเอารอยบากขึ้นด้านบนเพื่อรองรับชิ้นไม้ชิ้นต่อไป



รูปที่ 128: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 1

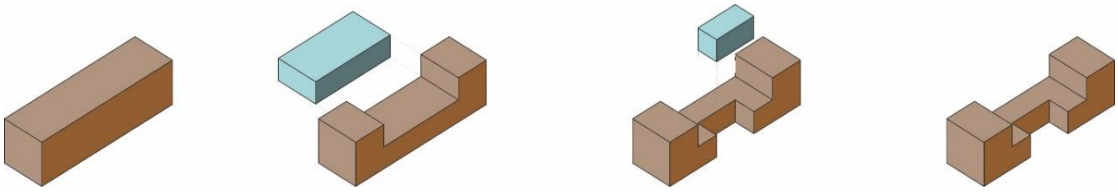
ชิ้นที่ 2 ทำการบากชิ้นไม้เป็นขนาดเท่ากันกับความยาวของขนาดหน้าตัดไม้ โดยอ้างอิงจุดเริ่มต้นที่สัมพันธ์กับของของรอยบากใหญ่ในชิ้นที่ 1 โดยทำการบากเป็นความลึกเท่ากับครึ่งหนึ่ง

ของขนาดความยาวของหน้าตัดไม้ ทำการบากจนทะลุไปยังอีกด้านของชิ้นไม้ในทิศทางแนวนอน จากจุด B ทำการบากไม้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยอ้างอิงความยาวจากครึ่งหนึ่งของขนาดหน้าตัดไม้ โดยทำการบากลึกในแนวตั้งจนทะลุอีกด้านหนึ่งของชิ้นไม้ในทิศทางแนวตั้ง โดยชิ้นไม้ชิ้นที่ 2 นี้จะวางตัวในแนวตั้งเป็นกากบาทกับชิ้นไม้ชิ้นที่ 1 โดยวางชิ้นที่ 2 ให้พอดีกับรอยบากเล็กของชิ้นที่ 1 (ในลักษณะดังกล่าวนี้ไม้ทั้งสองอยู่ในลักษณะที่ชนกันยังไม่สามารถอยู่ด้วยกันเองได้)



รูปที่ 129: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 2

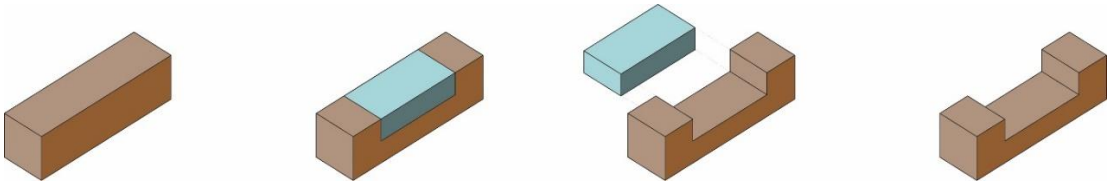
ชิ้นที่ 3 จากจุดศูนย์กลางทำการบากออกไปทั้งสองด้านเป็นขนาดเท่ากันกับขนาดของหน้าตัดไม้ โดยมีขนาดของความลึกในการบากเท่ากันกับครึ่งหนึ่งของของขนาดความยาวหน้าตัดไม้ โดยทำการบากจนทะลุไปยังอีกฝั่งของชิ้นไม้ในทิศทางแนวนอน ทำการบากจากจุดศูนย์กลาง(ตรงข้ามด้านที่กำหนดในตอนแรก)โดยกำหนดให้มีความยาวเท่ากันกับครึ่งหนึ่งของขนาดความยาวหน้าตัดไม้ออกไปทั้งสองด้านโดยมีความกว้างเท่ากับครึ่งหนึ่งของขนาดความยาวหน้าตัดไม้ โดยทำการบากจนทะลุอีกฝั่งหนึ่งของชิ้นไม้ในทิศทางแนวตั้ง โดยทำการวางชิ้นไม้ดังกล่าวนี้ในทิศทางแนวนอนโดยวางในทิศทางตั้งฉากกับชิ้นที่ 1 ในลักษณะที่เป็นรูปกากบาท โดยวางให้ร่องที่ทำการบากพอดีกับร่องของชิ้นไม้ชิ้นที่ 1 ในลักษณะที่วางทับ โดยชิ้นไม้ชิ้นที่ 3 นี้จะทำหน้าที่ยึดหรือล๊อคให้ชิ้นไม้ชิ้นที่ 1 – 3 อยู่ด้วยกัน



รูปที่ 130: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 3

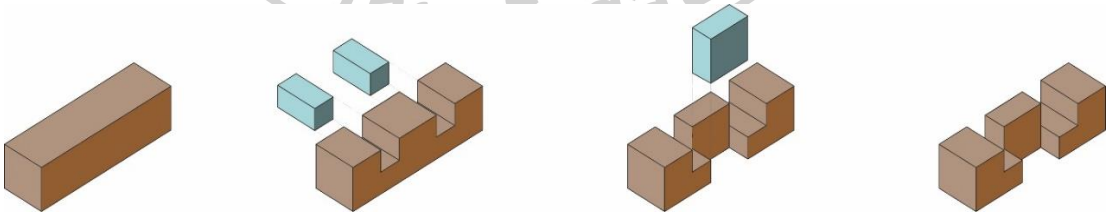
ชิ้นที่ 4 จากจุดศูนย์กลางทำการบากออกไปทั้งสองด้านเป็นขนาดเท่ากันกับขนาดของหน้าตัดไม้ โดยมีขนาดของความลึกในการบากเท่ากันกับครึ่งหนึ่งของขนาดความยาวหน้าตัดไม้ โดยทำการบากจนทะลุไปยังอีกฝั่งของชิ้นไม้ในทิศทางแนวนอน โดยชิ้นไม้ชิ้นดังกล่าวนี้จะวางตัวใน

แนวนอนโดยอยู่ในลักษณะที่เป็นแบบซ้อน(Stacking)กับไม้ชิ้นที่ 1 โดยทำการหันส่วนที่ทำการบากลงไปชนกับรอยบากใหญ่ของชิ้นไม้ชิ้นที่ 1 โดยชิ้นไม้ดังกล่าวนี้จะทำการรองรับชิ้นไม้ชิ้นที่ 2 ในทิศทางแนวตั้งให้สามารถอยู่ได้



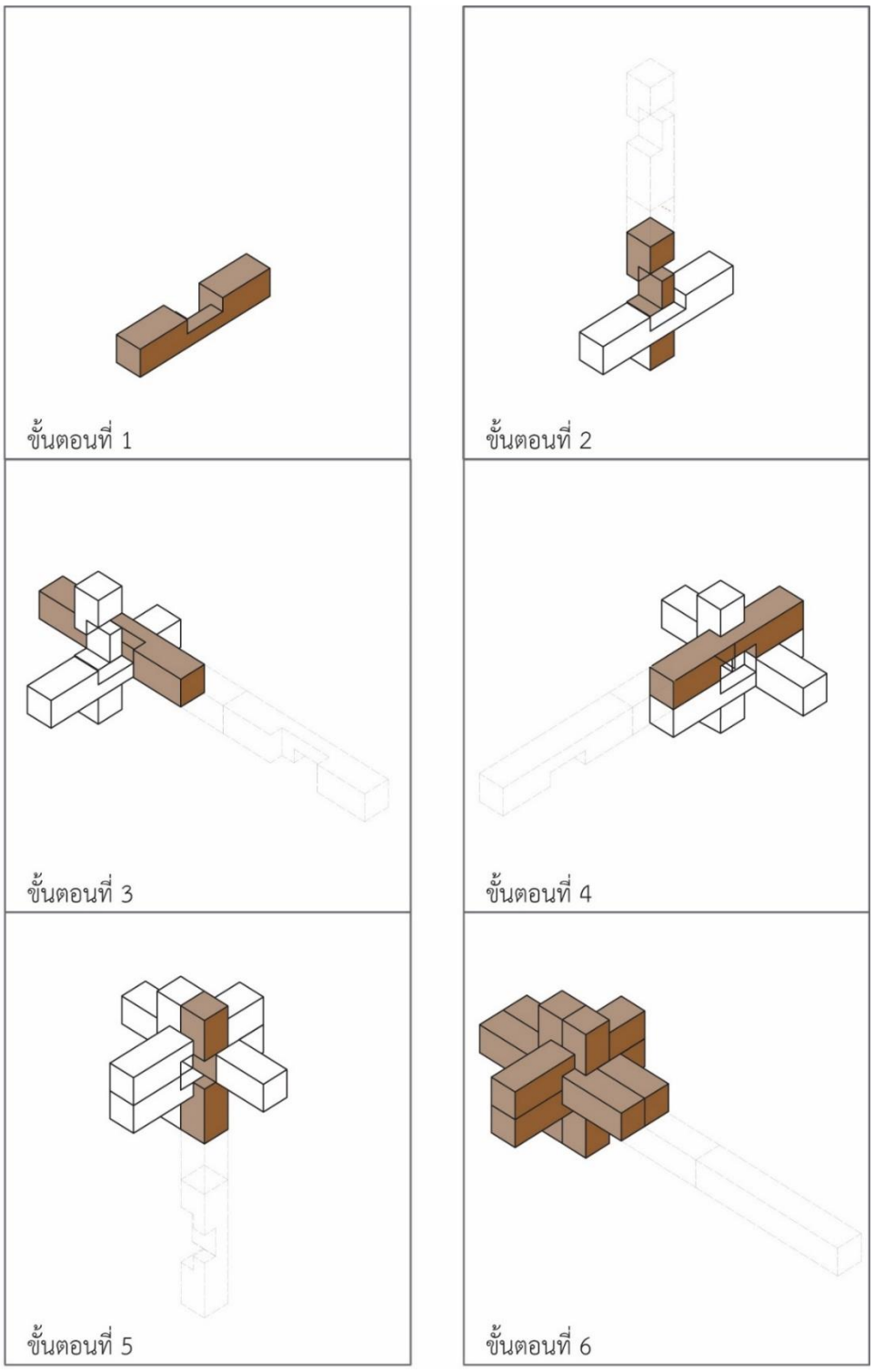
รูปที่ 131: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 4

ชิ้นที่ 5 จากจุดศูนย์กลางของชิ้นไม้ วัดออกไปทั้งสองด้านด้านละครึ่งหนึ่งของขนาดความยาวของหน้าตัดไม้ จากจุดดังกล่าว ทำการบากชิ้นไม้เท่ากันกับขนาดของความยาวและความลึกเป็นขนาดเท่ากันกับครึ่งหนึ่งของความยาวหน้าตัดไม้ โดยทำการบากจนทะลุไปยังอีกด้านของชิ้นไม้ในทิศทางแนวนอน จากนั้นจากจุดกึ่งกลางด้านฝั่งตรงข้ามกับจุดกึ่งกลางที่กำหนดในตอนแรก ทำการบากเป็นขนาดความยาวครึ่งหนึ่งของขนาดหน้าตัดชิ้นไม้ทั้งสองด้านโดยมีความกว้างเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวของขนาดหน้าตัดไม้ โดยทำการบากจนทะลุอีกฝั่งของชิ้นไม้ในทิศทางแนวตั้ง โดยชิ้นไม้ชิ้นดังกล่าวนี้จะวางตัวในแนวตั้งประกบกับชิ้นไม้ชิ้นที่ 2 โดยเอาด้านที่เป็นเดือยบริเวณกึ่งกลางของรอยบากนั้นเสียบเข้าไปพอดีบริเวณกึ่งกลาง โดยชิ้นไม้ชิ้นดังกล่าวนี้จะทำหน้าที่รองรับไม้ชิ้นที่ 1ให้สามารถวางอยู่ได้และทำการยึดไม้ชิ้นที่เหลืออื่นๆให้อยู่ด้วยกัน

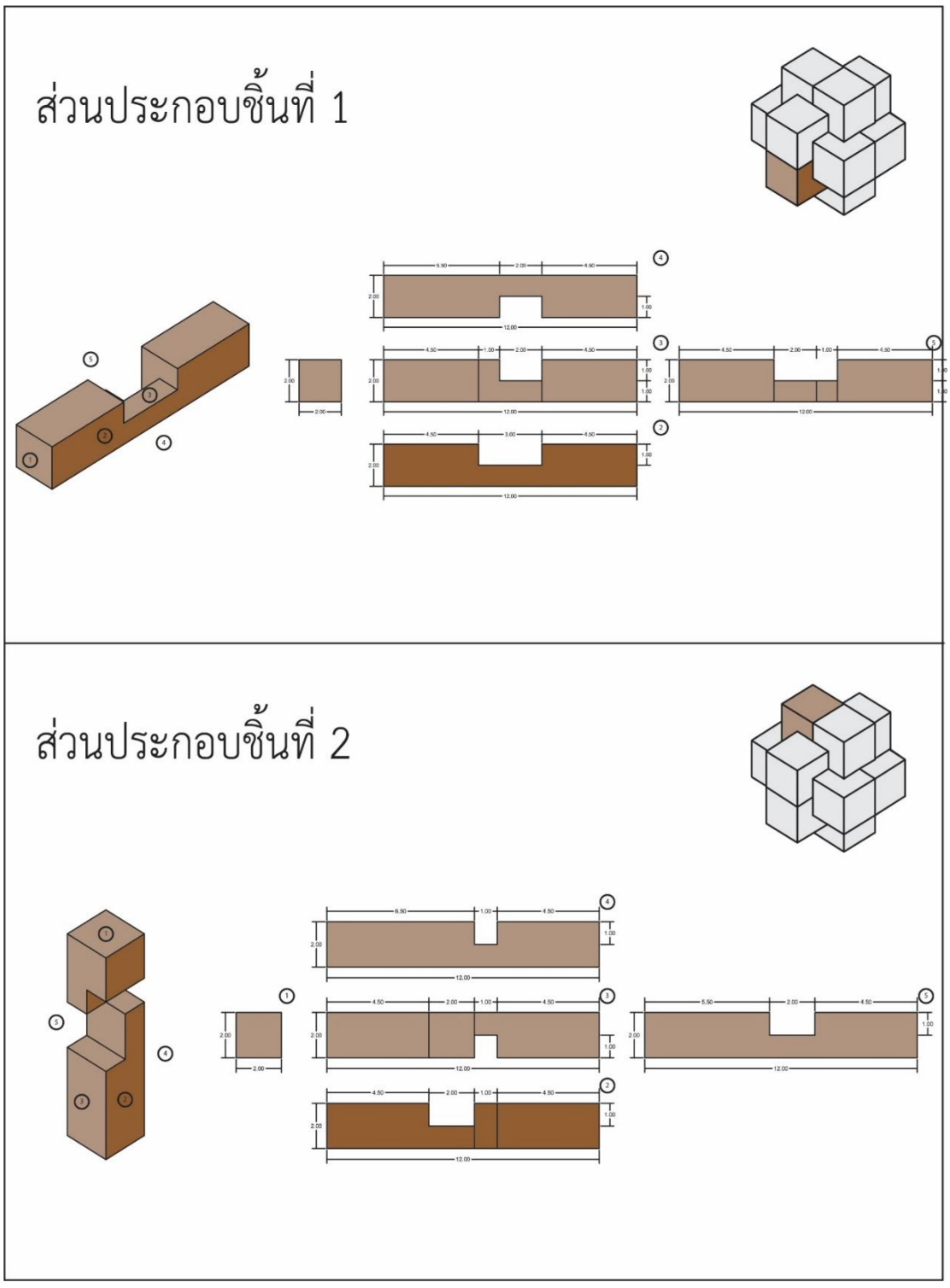


รูปที่ 132: รูปแผนภาพแสดงวิธีการบากรอยต่อของชิ้นไม้ชิ้นที่ 5

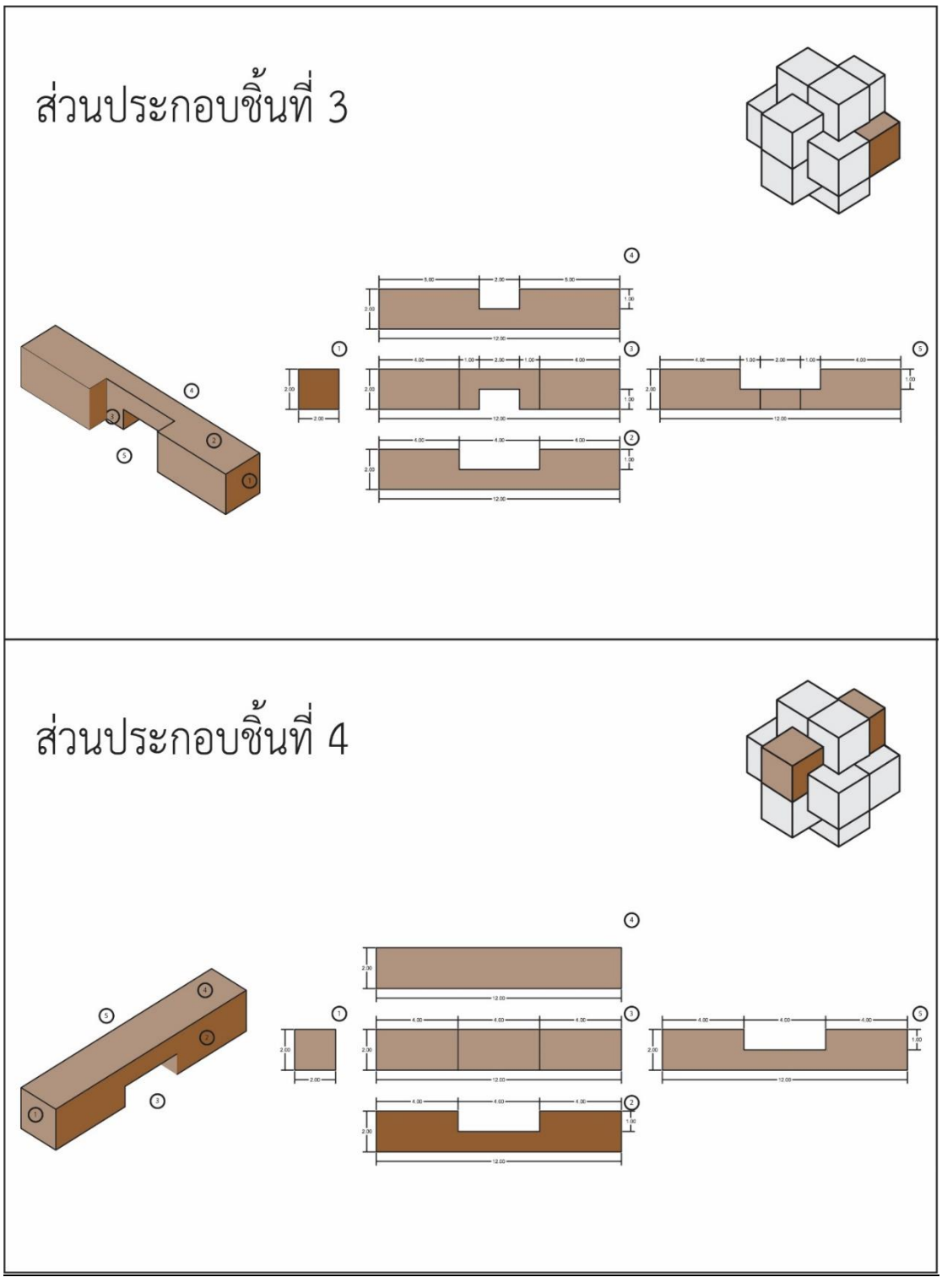
ชิ้นที่ 6 ไม้ชิ้นนี้ไม่ทำการบาก แต่ลักษณะเป็นเหมือนกุญแจ หรือ เดือยเพื่อเสียบเข้าไปในร่องสุดท้ายเพื่อทำให้ระบบของรอยต่อนี้มีความสมบูรณ์ โดยหากต้องการความหนาแน่นอาจจะทำให้มีขนาดที่ใหญ่กว่าปกนิดหน่อยได้



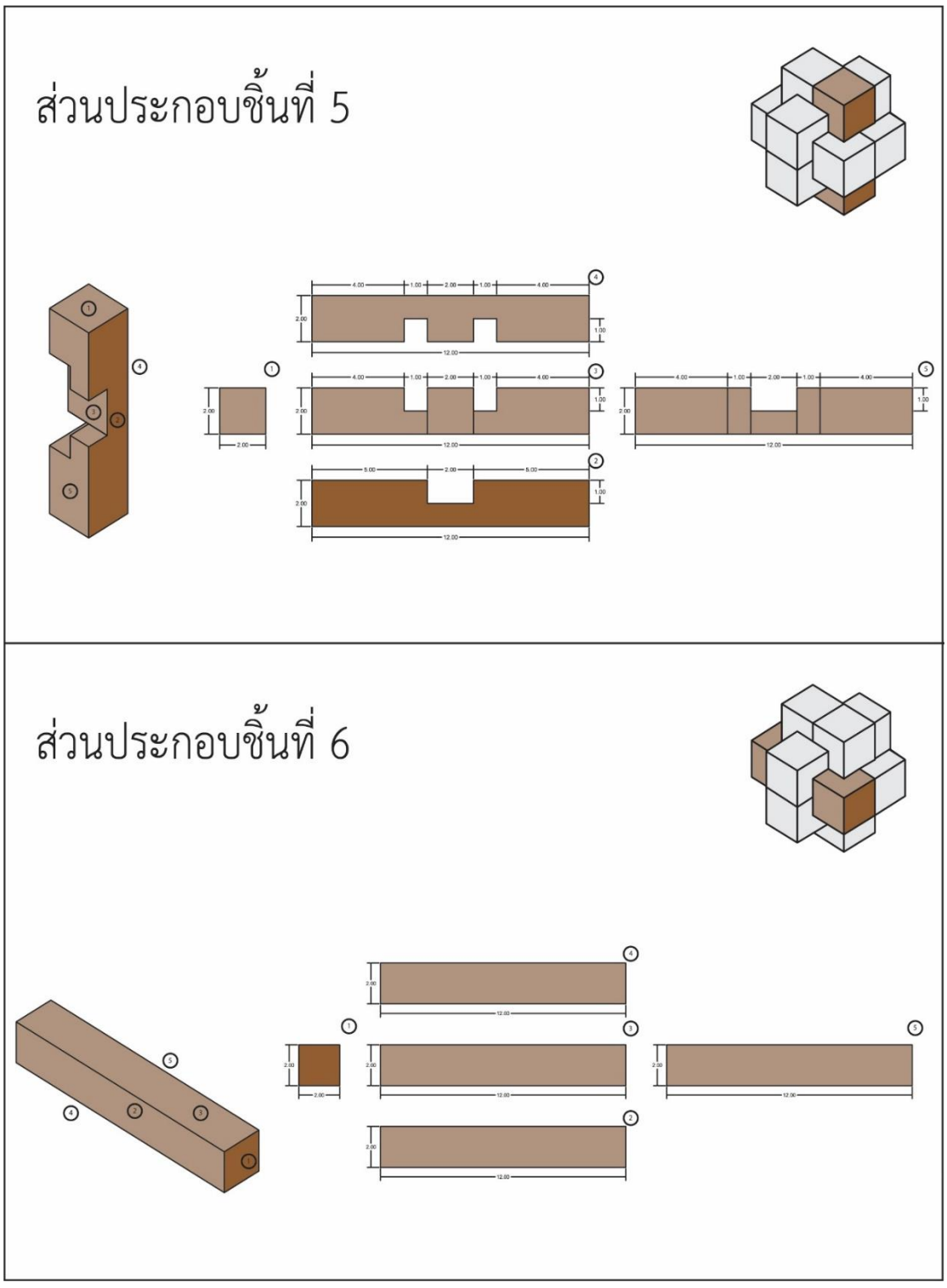
รูปที่ 133: แผนภาพแสดงลำดับ และวิธีการประกอบเถรอดเพลแบบที่ 2



รูปที่ 134: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 1 – 2



รูปที่ 135: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 3 – 4



รูปที่ 136: แผนภาพแสดงสัดส่วนชิ้นไม้ อันดับที่ 5 – 6

4.3 **ศักยภาพและการประยุกต์ใช้รอยต่อเถรอดเพลในการออกแบบ**

4.3.1. พวงแก้ว หรือควงแก้ว

เป็นเครื่องใช้สำหรับการใส่แก้วน้ำ มีช่องที่ทำไว้สำหรับการถือ มีทั้งแบบ 4 ช่อง และแบบที่เป็น 2 ช่องสำหรับการใส่แก้วน้ำ การออกแบบพวงแก้วเป็นการออกแบบโดยใช้สลักเถรอดเพลเป็นครั้งแรก ซึ่งพวงแก้วที่ยังคงมีอยู่ที่วัดไทร เป็นพวงแก้วที่ถูกทำขึ้นมาใหม่ในภายหลังโดยหลวงพ่อทับทิม ซึ่งทำเลียนแบบของเดิมที่หลวงตาโจ้ยเป็นผู้เคยทำไว้ ยังคงมีสภาพค่อนข้างสมบูรณ์และสามารถใช้งานได้

รูปที่ 137: ภาพถ่ายพวงแก้ว หรือ ควงแก้วที่ทำจากเถรอดเพล

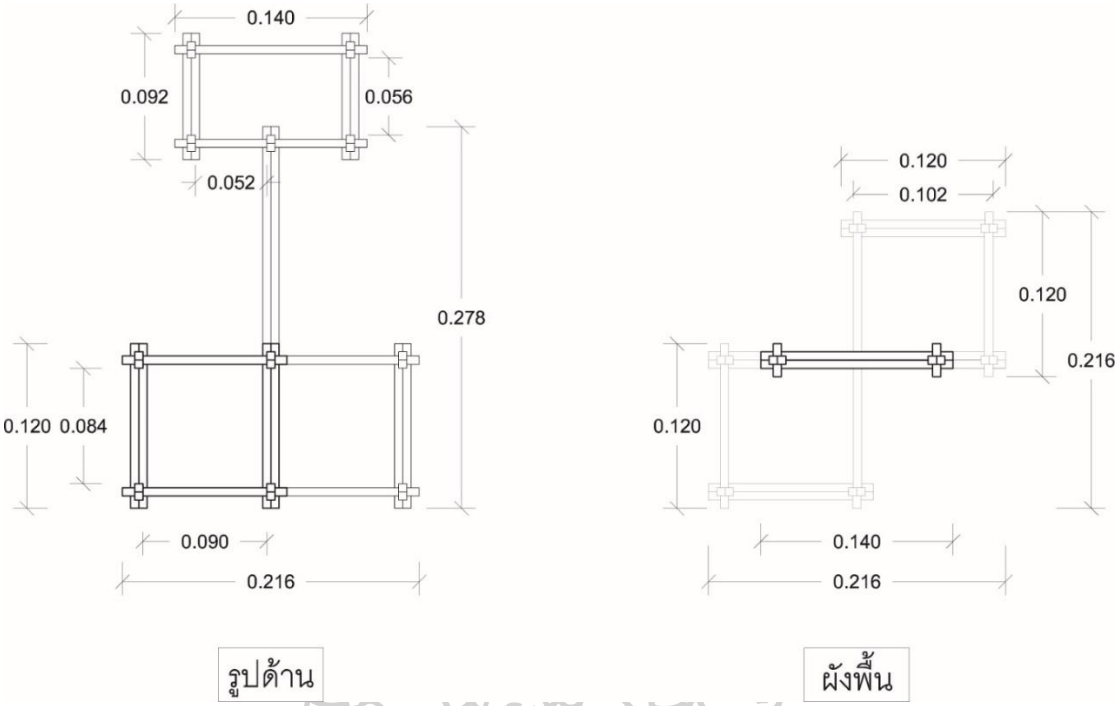
พวงแก้วชิ้นแรกสร้างขึ้นจากไม้ไผ่สีสุก และมาเปลี่ยนเป็นไม้จริง (ไม้เนื้อแข็งในแบบจำลองปัจจุบัน) ซึ่งประกอบด้วยชิ้นไม้ จำนวน 56 ชิ้น ที่มีขนาดหน้าตัดขนาดประมาณ 6 มิลลิเมตร โดยมีไม้ชุดโครงแนวตั้งความสูง 12 เซนติเมตร 12ชิ้น ตรงส่วนทีจับความสูง 9 เซนติเมตร 4 ชิ้น ส่วนที่เป็นโครงเชื่อมความสูง 28 เซนติเมตร 2 ชิ้น มีไม้ตัวรับไม้สำหรับขัดความยาว 12 เซนติเมตร 4 ชิ้น ความยาว 21 เซนติเมตร 1 ชิ้น และตรงส่วนที่จับ ขนาด 2 เซนติเมตร 5 ชิ้น และมีในชิ้นไม้ในลักษณะเดียวกันในชุดตัวขัดสอด โดยมีจำนวนและขนาดเท่ากัน แต่ไม่มีการบากเนื้อไม้แต่อย่างไร ส่วนไม้สำหรับขัดสลักนั้นประกอบด้วย ชิ้นไม้ขนาด 12 เซนติเมตร จำนวน 8 ชิ้น ขนาด 22 เซนติเมตร 4 ชิ้น และบริเวณที่จับ ขนาด 14 เซนติเมตร 4 ชิ้น โดยมีสัดส่วนเมื่อประกอบกันแล้วที่

ความกว้างและความยาว 21.6 เซนติเมตร บริเวณช่องใส่แก้วกว้าง 9 เซนติเมตร ยาว12 เซนติเมตร ความสูงตรงส่วนใส่แก้ว 12 เซนติเมตร ความสูงบริเวณมือจับ 9.2 เซนติเมตร และควางสูงรวมทั้งหมด 34 .6 เซนติเมตร

ลักษณะในภาพรวมของพวงแก้วสำหรับใส่น้ำนี้ ตัวโครงสร้างหลักและส่วนใช้งานนั้นเป็นส่วนเดียวกัน รายละเอียดไม่มีความซับซ้อนมากนัก ตรงส่วนของมือจับนั้นก็มีขนาดที่อยู่ในลักษณะของการใช้งานได้ดี แต่มีจุดที่มีข้อสังเกตุบริเวณส่วนของพื้นที่รองรับแก้วน้ำ พบว่ายังคงต้องใช้ชิ้นไม้เล็กๆ นำมาวางห่างกันประมาณ 3-4 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น โดยใช้รอยต่อแบบวางสอดธรรมดา ซึ่งเป็นข้อจำกัดหลักการออกแบบพวงแก้วชุดนี้

ตารางที่ 2: แสดงส่วนประกอบของพวงแก้ว

ส่วนประกอบ	ความยาวชิ้นไม้ (เซนติเมตร)	จำนวนชิ้นไม้
ไม้โครงแนวตั้ง	12	12
ไม้บริเวณมือจับ	9	4
ไม้โครงเชื่อมโครงสร้าง	28	2
ไม้โครงสร้างเชื่อมแนวนอน	12	4
	21	1
ไม้โครงสร้างเชื่อมแนวนอนบริเวณมือจับ	2	5
ไม้ขัดสลัก	12	8
	22	4
ไม้ขัดสลักบริเวณมือจับ	14	4



รูปที่ 138: รูปด้านและผังพื้นพวงแก้ว

4.3.2. โต๊ะเครื่องแป้ง

โต๊ะเครื่องแป้งที่ใช้รอยต่อสลักเดือยเพลนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนก็คือส่วนที่ 1 ส่วนฐาน หรือส่วนใช้งานประกอบไปด้วยชั้นวางของ ที่มีระดับแตกต่างกันมีขนาดพื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และมีส่วนลิ้นชักที่ไว้สำหรับใช้ใส่ของสามารถดึงออกมาได้ และในส่วนที่ 2 ที่เป็นเหมือนส่วนประดับตกแต่งเสียมากกว่าในลักษณะคล้ายเครื่องยอด คือเป็นโครงไม้ขึ้นไปมีลักษณะคล้ายโครงสร้างหลังคาแบบตุ๊กตา หรือโครงสร้างหลังคาไม้

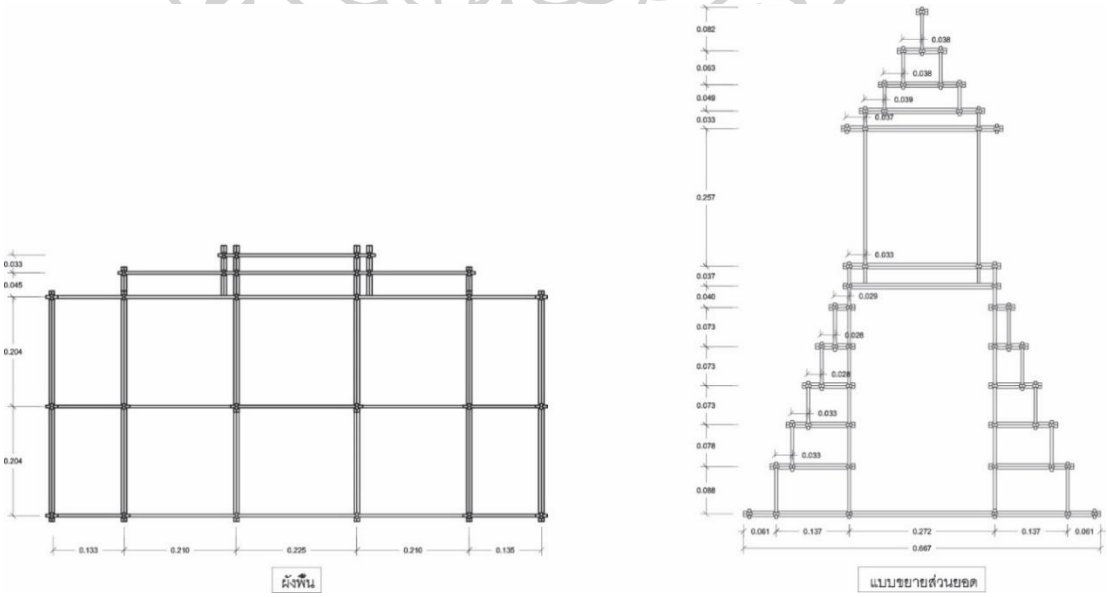
รูปที่ 139: ภาพถ่ายโต๊ะเครื่องแป้งที่ทำจากเถรอดเพล

โต๊ะเครื่องแป้งชิ้นดังกล่าวนี้สร้างขึ้นจากไม้ไผ่สีสุก และเป็นผลงานการสร้างของหลวงตาโจ้ยแบบดั้งเดิม ไม่มีการซ่อมหรือดัดแปลง ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นไม้ทั้งหมดจำนวน 366 ชิ้น ที่มีขนาดหน้าตัด 5 มิลลิเมตร แบ่งเป็นส่วน ฐานทั้งหมด 130 ชิ้น และส่วนยอด 236 ชิ้น โดยส่วนฐานประกอบด้วย ไม้ชุดโครงแนวตั้งความสูง 40.3 เซนติเมตร จำนวน 20 ชิ้น ความสูง 27 เซนติเมตร จำนวน 16 ชิ้น มีชิ้นไม้ตัวรับตัวไม้สำหรับขัดความยาว 66.7 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น ความยาว 24 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ความยาว 94 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น ความยาว 16 เซนติเมตร จำนวน 6 ชิ้น และความยาวแบบที่เป็นสลักเดี่ยวไม่เชื่อมกับชิ้นอื่นความยาว 2 เซนติเมตร จำนวน 18 ชิ้น และมีในชิ้นไม้ในลักษณะเดียวกันในชุดตัวขัดสอด โดยมีจำนวนและขนาดเท่ากัน แต่ไม่มีการบากเนื้อไม้แต่อย่างไร ส่วนไม้สำหรับขัดสลักนั้นประกอบด้วยชิ้นที่มีความยาว 43 เซนติเมตร จำนวน 28 ชิ้น ความยาว 52 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น ความยาว 31 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น

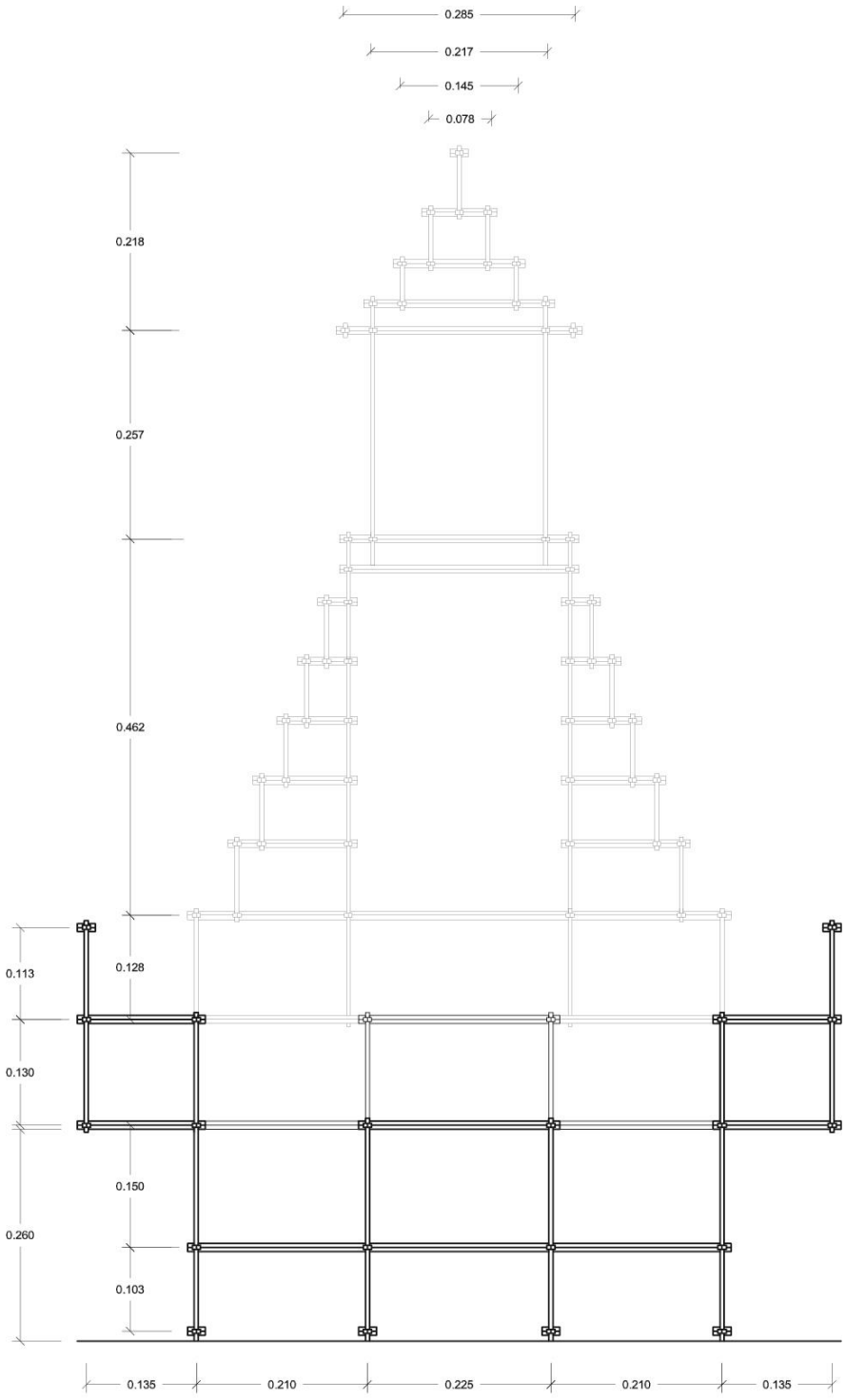
ส่วนชุดเครื่องประดับเครื่องยอดประกอบด้วย ไม้ชุดโครงแนวตั้ง ความสูง 72 เซนติเมตร จำนวน 8 ชิ้น ความสูง 33 เซนติเมตร 4 ชิ้น ความสูง 15 เซนติเมตร จำนวน 8 ชิ้น ความสูง 14 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น ความสูง 11 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น ความสูง 9 เซนติเมตร จำนวน 18 ชิ้น ความสูง 7 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น ความสูง 8 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น และมีความสูงแบบที่เป็นสลักเดี่ยวไม่เชื่อมกับชิ้นอื่นความยาว 2 เซนติเมตร จำนวน 8 ชิ้น มีชิ้นไม้ตัวรับตัวไม้สำหรับขัด

ความยาว 29 เซนติเมตร จำนวน 8 ชิ้น ความยาว 66 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ความยาว 16 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น ความยาว 13 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ความยาว 10 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ความยาว 7 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ความยาว 5 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ความยาว 23 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น ความยาว 9 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น และมีความยาวแบบที่เป็นสลักเดี่ยวไม่เชื่อมกับชิ้นอื่นความยาว 2 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น และมีชิ้นไม้ในลักษณะเดียวกันในชุดตัวขัดสอด โดยมีจำนวนและขนาดเท่ากัน แต่ไม่มีการบากเนื้อไม้แต่อย่างไร ส่วนไม้สำหรับขัดสลักนั้นประกอบด้วยชิ้นที่มีความยาว 4 เซนติเมตร จำนวน 8 ชิ้น ความยาว 5 เซนติเมตร จำนวน 8 ชิ้น ความยาว 6 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น ความยาว 9 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น ความยาว 10 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น และมีความยาวแบบที่เป็นสลักเดี่ยวไม่เชื่อมกับชิ้นอื่นความยาว 2 เซนติเมตร จำนวน 96 ชิ้น

โต๊ะเครื่องแป้งที่ใช้สลักเดือยดอดเพล มีการแยกส่วนระหว่างส่วนฐาน ซึ่งในส่วนฐานนี้มีการทำเป็นลักษณะของลิ้นชักใส่ของ เป็นส่วนของโครงสร้างที่แยกออกมาเดี่ยวๆ ไม่เกี่ยวข้องกับสลักเดือยดอดเพล แต่เนื่องจากมีการรับน้ำหนักในส่วนดังกล่าว และเป็นส่วนที่ยื่นออกไปไม่มีส่วนของไม้โครงแนวตั้งมารองรับ จึงทำให้เกิดการเสียหายชำรุดลงมาให้ได้เห็นอย่างชัดเจน ส่วนประดับเครื่องยอด มีการเชื่อมต่อกันบริเวณฐานของส่วนยอด ด้วยวิธีการขัดสอดไม้เข้าด้วยกัน และมีการเพิ่มความแข็งแรงของชุดโครงแนวตั้งและส่วนยอดประดับด้วยการเพิ่มจำนวนชุดโครงสร้าง ลักษณะของการถ่ายแรงนี้คล้ายกับการถ่ายแรงของโครงสร้างหลังคาแบบตุ๊กตาในหลังคาวัดที่นิยมทำกันทางภาคเหนือ



รูปที่ 140: ผังพื้นส่วนฐาน และแบบขยายส่วนยอด



รูปที่ 141: รูปด้านรวมโต๊ะเครื่องแป้ง

ตารางที่ 3: แสดงส่วนประกอบของโต๊ะเครื่องแป้ง

ส่วนประกอบ	ความยาวชิ้นไม้ (เซนติเมตร)	จำนวนชิ้นไม้
ส่วนหลัก		
ไม้โครงแนวตั้ง	40.3	20
	27	16
ชิ้นไม้ตัวรับไม้ขัดตามแนวยาว	66.7	3
	24	2
	94	3
	16	6
สลักเดี่ยวแบบไม่เชื่อมกับชิ้นอื่น	2	18
สลักขัด	43	28
	52	4
	31	4
ส่วนเครื่องประดับเครื่องยอด		
ไม้โครงแนวตั้ง	72	8
	33	4
	15	8
	14	4

มหาวิทยาลัยศิลปากร

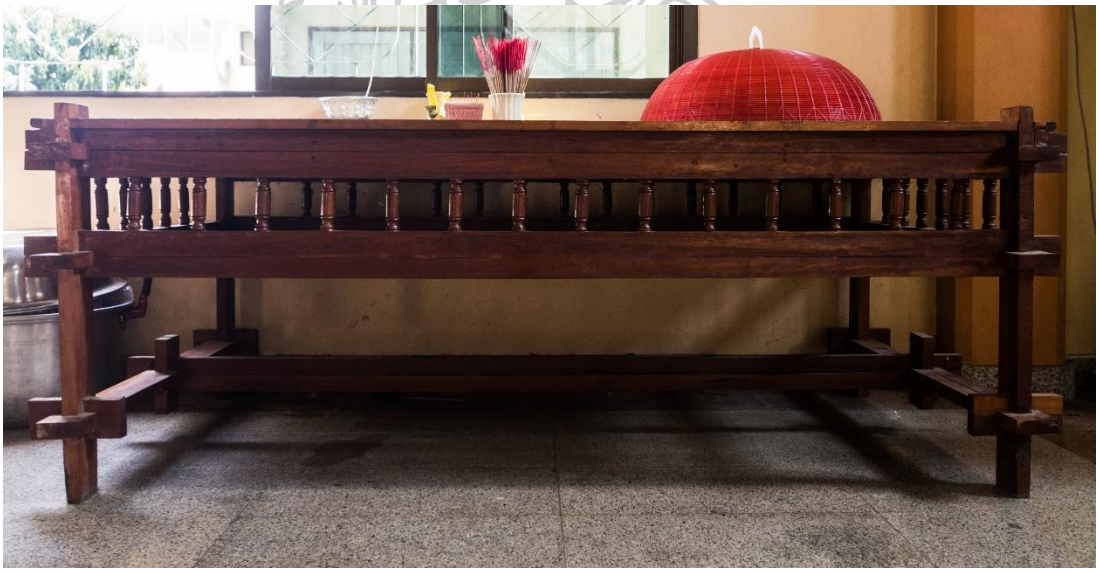
	11	4
	9	18
	8	4
	7	4
ไม้แนวตั้งสลักเดี่ยวไม่เชื่อมกับชิ้นอื่น	2	8
ชิ้นไม้ตัวรับตัวไม้สำหรับขัดความยาว	29	8
	66	2
	16	3
	13	2
	10	2
	7	2
	5	2
	23	1
	9	1
สลักเดี่ยวแบบไม่เชื่อมกับชิ้นอื่น	2	3
สลักขัด	4	8
	5	8
	6	4

มหาวิทยาลัยศิลปากร

	9	4
	10	4
สลักเดี่ยวแบบไม่เชื่อมกับชิ้นอื่น (2)	2	96

4.3.3. โต๊ะ

ลักษณะของโต๊ะที่ใช้สลักไม้เถรอดเพลนี้ เป็นโต๊ะที่ถูกสร้างขึ้นจากช่างไม้ท้องถิ่นในช่วงปี พ.ศ.2545 (ปัจจุบันเสียชีวิตแล้ว) จากการศึกษาระบบสลักเถรอดเพล และนำมาออกแบบใหม่ โดยเป็นโต๊ะสำหรับวางของขนาดใหญ่ มีขนาดความกว้าง 1.10 เมตร ความยาว 1.90 เมตร และมีขนาดของพื้นที่หน้าโต๊ะ(ส่วนใช้งาน) ขนาดกว้าง 95 เซนติเมตร ยาว 1.80 เมตร มีขาสี่ขาตามมุม มีความแข็งแรง และยังคงใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบัน โดยลักษณะภายนอกยังคงมองเห็นสลักไม้เถรอดเพลอย่างชัดเจน



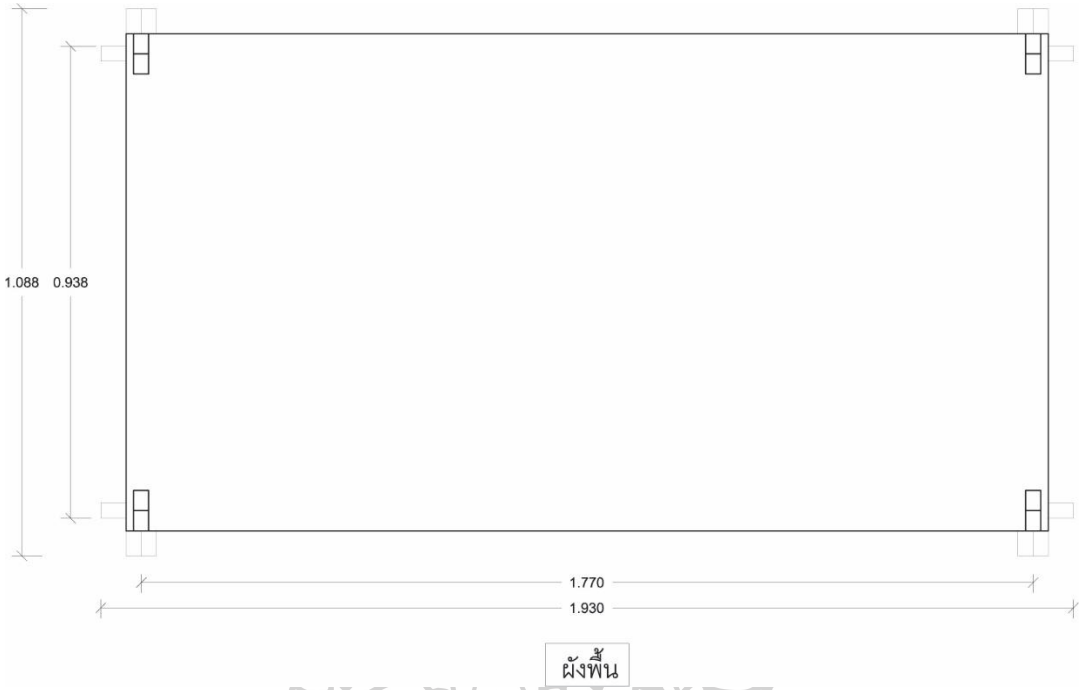
รูปที่ 142: ภาพถ่ายโต๊ะจากเถรอดเพลฝีมือช่างท้องถิ่น

โต๊ะวางของชิ้นดังกล่าวนี้สร้างขึ้นจากไม้เนื้อแข็ง ซึ่งประกอบด้วยไม้ทั้งหมดจำนวน 42 ชิ้น (นับเฉพาะส่วนที่เป็นสลักเถรอดเพล) ที่มีขนาดหน้าตัด กว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตร ประกอบด้วบไม้ชุดโครงแนวตั้งความสูง 80 เซนติเมตร จำนวน 8 ชิ้น (ทำหน้าที่เป็นขาโต๊ะ) ความสูงแบบที่เป็นสลักเดี่ยวไม่เชื่อมกับชิ้นอื่น ความยาว 14 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น มีชิ้นไม้ตัวรับตัวไม้สำหรับขัด

ความยาว 1.90 เมตร จำนวน 5 ชิ้น และมีแบบที่เป็นสลักเดี่ยวไม่เชื่อมกับชิ้นอื่นความยาว 18 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น และมีในชิ้นไม้ในลักษณะเดียวกันในชุดตัวขัดสอด โดยมีจำนวนและขนาดเท่ากัน แต่ไม่มีการบากเนื้อไม้แต่อย่างไร ส่วนไม้สำหรับขัดสลักนั้นประกอบด้วยชิ้นที่มีความยาว 1.10 เมตร จำนวน 12 ชิ้น

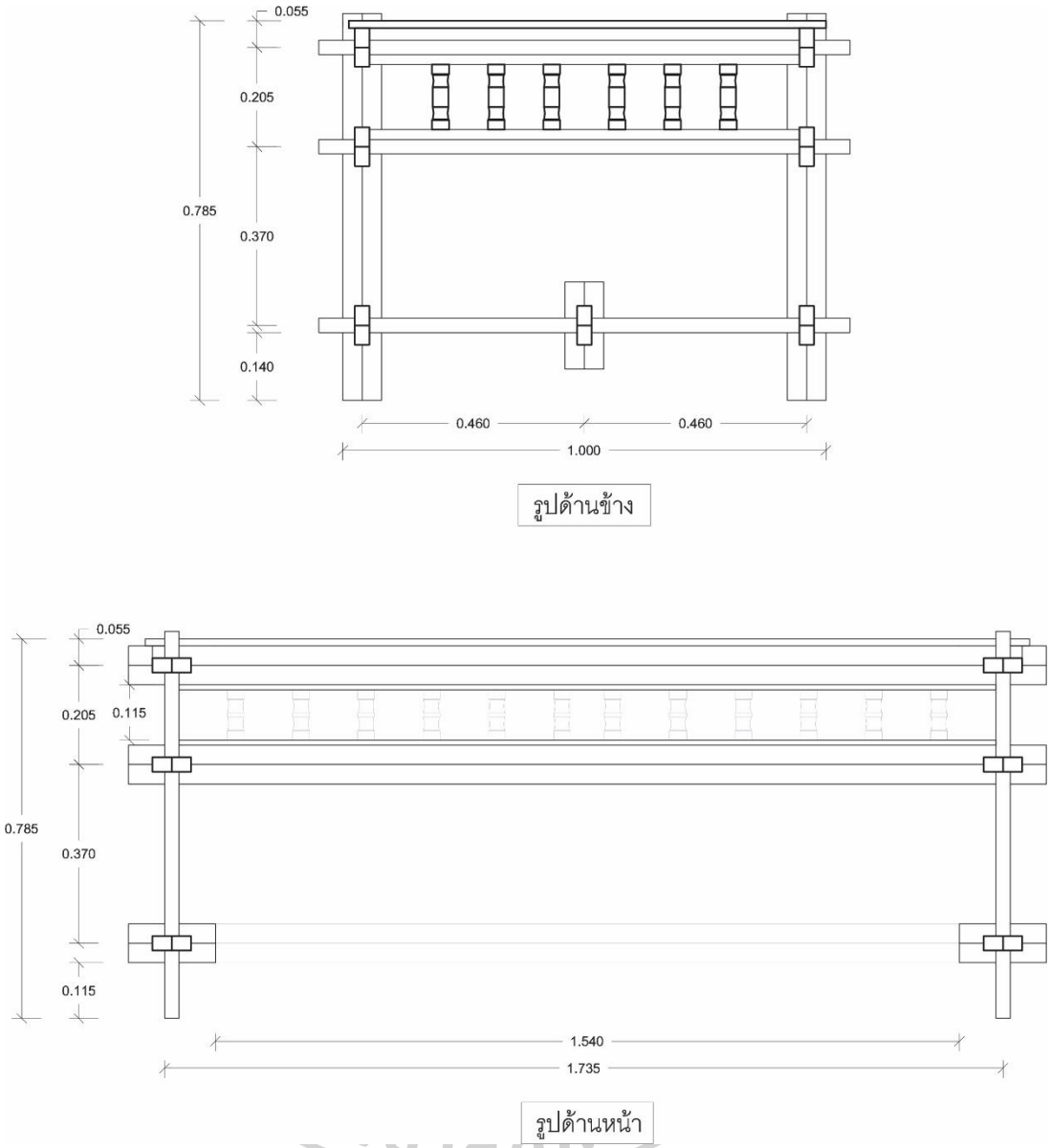
รูปที่ 143: ภาพรายละเอียดรอยต่อของโต๊ะในส่วนผิวหน้าโต๊ะ(ซ้าย) และขาโต๊ะ (ขวา)

โต๊ะสลักไม้เดือยเพลมีความแตกต่างทั้งในเรื่องการเลือกใช้วัสดุ และการออกแบบในบางส่วนเช่น การออกแบบขนาดหน้าตัดไม้ที่ทำให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้นและเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งแตกต่างจากเดิมที่นิยมทำเป็นหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส การออกแบบลักษณะนี้ สัมพันธ์กับขนาดของไม้ในแต่ละชิ้นที่มีความใหญ่ที่มากขึ้น ทำให้เกิดความแข็งแรง และลดขนาดจำนวนชิ้นไม้ที่ใช้ในการสร้างได้เป็นอย่างมาก โดยขนาดที่ใหญ่ทั้งของชิ้นไม้ และขนาดหน้าตัดนี้ทำให้มีความสิ้นเปลือง และเกะกะเมื่อพิจารณาจากส่วนของชิ้นไม้ที่เป็นสลักเดี่ยวที่ไม่ได้มีการเชื่อมกันกับชิ้นอื่น และมีการออกแบบเหมือนการตกแต่งที่เป็นเหมือนเสาที่วางอยู่ระหว่างพื้นโต๊ะกับชุดโครงสร้างถัดมาซึ่งทั้งพื้นโต๊ะ และชุดเสาประดับนี้ไม่ได้มีการคิดที่สัมพันธ์กับการใช้สลักเดือยเพลแต่อย่างไร จึงมีการใช้ตะปูในบางส่วนเพื่อช่วยยึดเอาไว้



รูปที่ 144: ผังพื้นโต๊ะ

มหาวิทยาลัยศิลปากร



รูปที่ 145: รูปด้านโต๊ะ

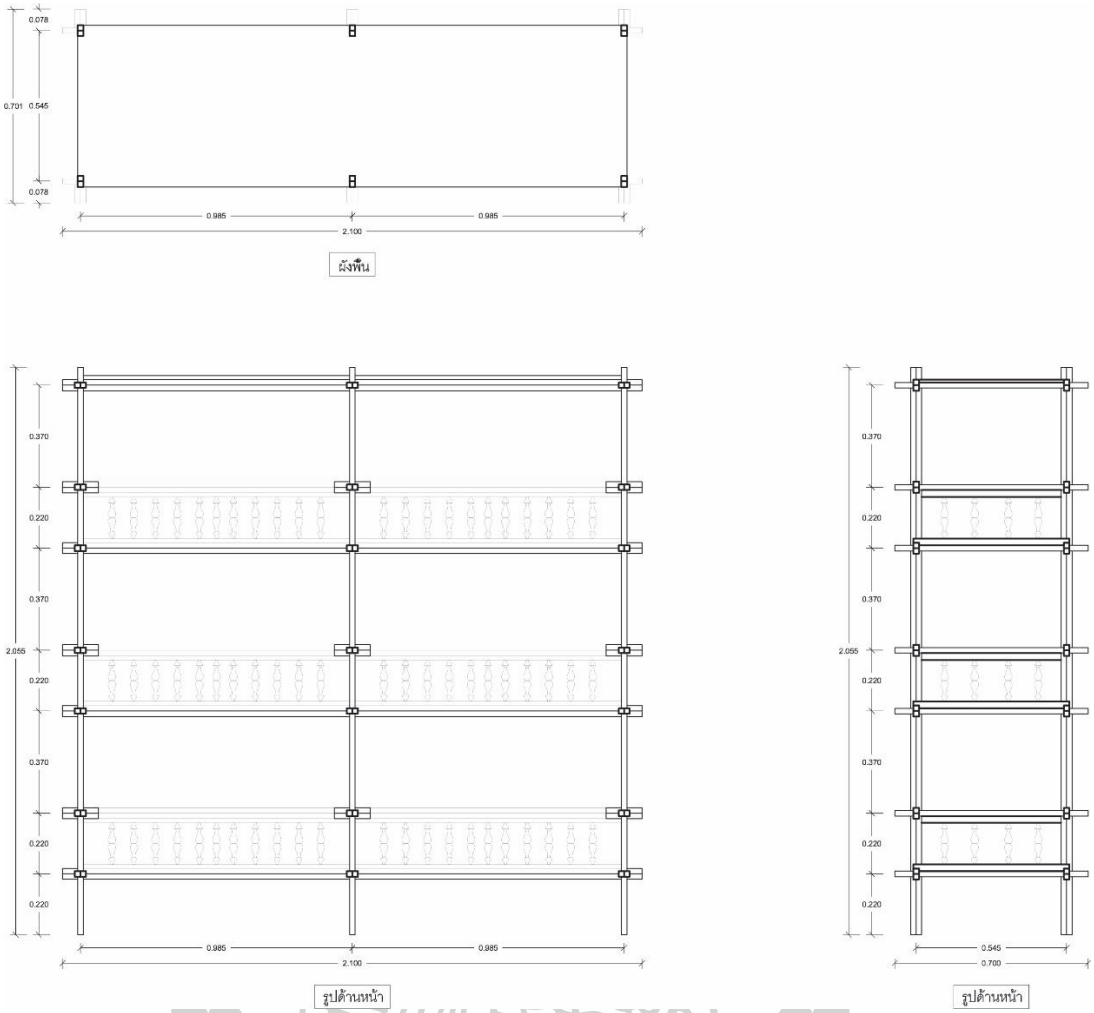
ตารางที่ 4: แสดงส่วนประกอบของโต๊ะ

ส่วนประกอบ	ความยาวชิ้นไม้ (เซนติเมตร)	จำนวนชิ้นไม้
ไม้โครงแนวตั้ง	80	8
สลักเดี่ยวแบบไม่เชื่อมกับชิ้นอื่น	14	4
ตัวรับไม้สำหรับขัด	1.90	5
สลักเดี่ยวแบบไม่เชื่อมกับชิ้นอื่น (2)	18	4
สลักขัด	110	12

4.3.4. ชั้นวางของ

ชั้นวางของเถรอดเพลนี้สร้างขึ้นพร้อมกันกับโต๊ะ และ ตู้รับบริจาค ในปีเดียวกัน โดยช่างไม้ท้องถิ่นคนเดียวกัน มีลักษณะเป็นโครงไม้มีที่วางของได้ 4 ระดับ โดยใช้วางของบนแผ่นไม้แบบชิ้นเดียว แต่ละระดับห่างกัน 60 เซนติเมตร เปิดโล่งไม่มีปิดการกั้น มีเพียงการประดับตกแต่งด้วยเสากลึงไม้ขนาดเล็กในลักษณะราวกันตก และแบ่งครึ่งทางด้านตามยาว ยกเว้นชั้นสูงสุดที่เปิดโล่งหมด มีความกว้าง 70 เซนติเมตร ความยาว 2.10 เมตร ความสูง 2.05 เมตร

ชั้นวางของดังกล่าวสร้างขึ้นจากไม้เนื้อแข็ง ประกอบด้วยไม้ทั้งหมดจำนวน 92 ชิ้น (นับเฉพาะส่วนที่เป็นสลักเถรอดเพล)โดยมีขนาดหน้าตัดไม้ ขนาด กว้างยาว 2 เซนติเมตร เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ประกอบด้วยไม้ชุดโครงแนวตั้งความสูง 2.05 เมตร จำนวน 12 ชิ้น มีชิ้นไม้ตัวรับตัวไม้สำหรับขัดความยาว 2.10 เมตร จำนวน 11 ชิ้น ความยาวแบบที่เป็นสลักเดี่ยวไม่เชื่อมกับชิ้นอื่น ความยาว 13 เซนติเมตร จำนวน 9 ชิ้น และมีในชิ้นไม้ในลักษณะเดียวกันในชุดตัวขัดสอด โดยมีจำนวนและขนาดเท่ากัน แต่ไม่มีการบากเนื้อไม้แต่อย่างไร ส่วนไม้สำหรับขัดสลักนั้นประกอบด้วยชิ้นที่มีความยาว 70 เซนติเมตร จำนวน 42ชิ้น



รูปที่ 146: รูปด้านหน้า ด้านข้าง และผังชั้นวางของ

ชั้นวางของชิ้นนี้มีความแตกต่างในเรื่องของการออกแบบที่สำคัญคือการใช้ขนาดหน้าตัดไม้เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสเพียงชิ้นเดียวซึ่งแตกต่างกับโต๊ะ และตู้รับบริจาคที่เป็นลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้ามากกว่า โดยทั้งมีขนาดเล็กลงหากเปรียบเทียบกับการออกแบบทั้งสองชิ้นที่ได้กล่าวมา จึงส่งผลโดยตรงในลักษณะทางกายภาพที่ดูแล้วมีความโปร่งเพียวและเหมาะสมกับสัดส่วน โดยเฉพาะส่วนของชิ้นไม้ที่เป็นสลักเดี่ยวที่ไม่ได้มีการเชื่อมกันกับชิ้นอื่น แต่เนื่องจากมีขนาดที่เล็กกว่าชิ้นอื่นๆ แต่ยังคงลักษณะการยื่นออกไปจากการขัดกันนั้นทำให้เกิดการชำรุดมากกว่า โต๊ะและตู้บริจาคอย่างเห็นได้ชัด พื้นไม้ที่เป็นส่วนที่วางของนั้นเป็นแผ่นไม้ชิ้นเดียววางลงไปบนโครงสร้างโดยตรงโดยใช้การบากชิ้นส่วนตรงบริเวณที่ชุดโครงแนวตั้งทะลุผ่าน รวมถึงชุดเสาไม้กลึงนั้นก็เป็นการวางลงไปในกรอบไม้ไม่ได้มีความเกี่ยวเนื่องมาจากสลักเดือยเพล จึงสามารถพบเห็นการเชื่อมต่อโดยตะปูและกาวได้

รูปที่ 147: ภาพชั้นวางของที่ทำจากเถรอดเพล

รูปที่ 148: ภาพรายละเอียดรอยต่อชั้นวางของที่ทำจากเถรอดเพล

ตารางที่ 5: แสดงส่วนประกอบของชั้นวางของ

ส่วนประกอบ	ความยาวชิ้นไม้ (เซนติเมตร)	จำนวนชิ้นไม้
ไม้โครงแนวตั้ง	205	12
ชิ้นไม้ตัวรับไม้สำหรับขัดแนวยาว	210	11
สลักเดี่ยวแบบไม่เชื่อมกับชิ้นอื่น	13	9
สลักขัด	70	42

4.3.5. ตู้รับบริจาค

ตู้รับบริจาคชิ้นนี้สร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2545 โดยช่างไม้ท้องถิ่นคนเดียวกัน โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนหลังคา และส่วนใช้งานหลัก(ส่วนที่เป็นลักษณะแบบกล่องมีพื้นที่ว่างด้านใน) ประกอบด้วยบานกระจกสามารถมองทะลุเห็นด้านในได้ในลักษณะของตู้บริจาคทั่วไป ติดบานพับสามารถเปิดได้ 1 ด้าน หลังคาเป็นลักษณะรูปทรงสามเหลี่ยมพีระมิด ขนาดเท่ากันทุกด้าน ตรงส่วนยอดประดับด้วยไม้กลึงมีลักษณะคล้ายตัวขุนหมากรุก มีขนาดความกว้าง และความยาว 1.09 เมตร และความสูงจากพื้นจนถึงปลายสุดของส่วนใช้งาน สูง 1.11 เมตร และมีความสูงจากปลายสุดของส่วนใช้งาน ถึงจุดปลายสุดของยอดหลังคา ประมาณ 40 เซนติเมตร

รูปที่ 149: ภาพตู้รับบริจาคที่ทำจากเถรอดเพล

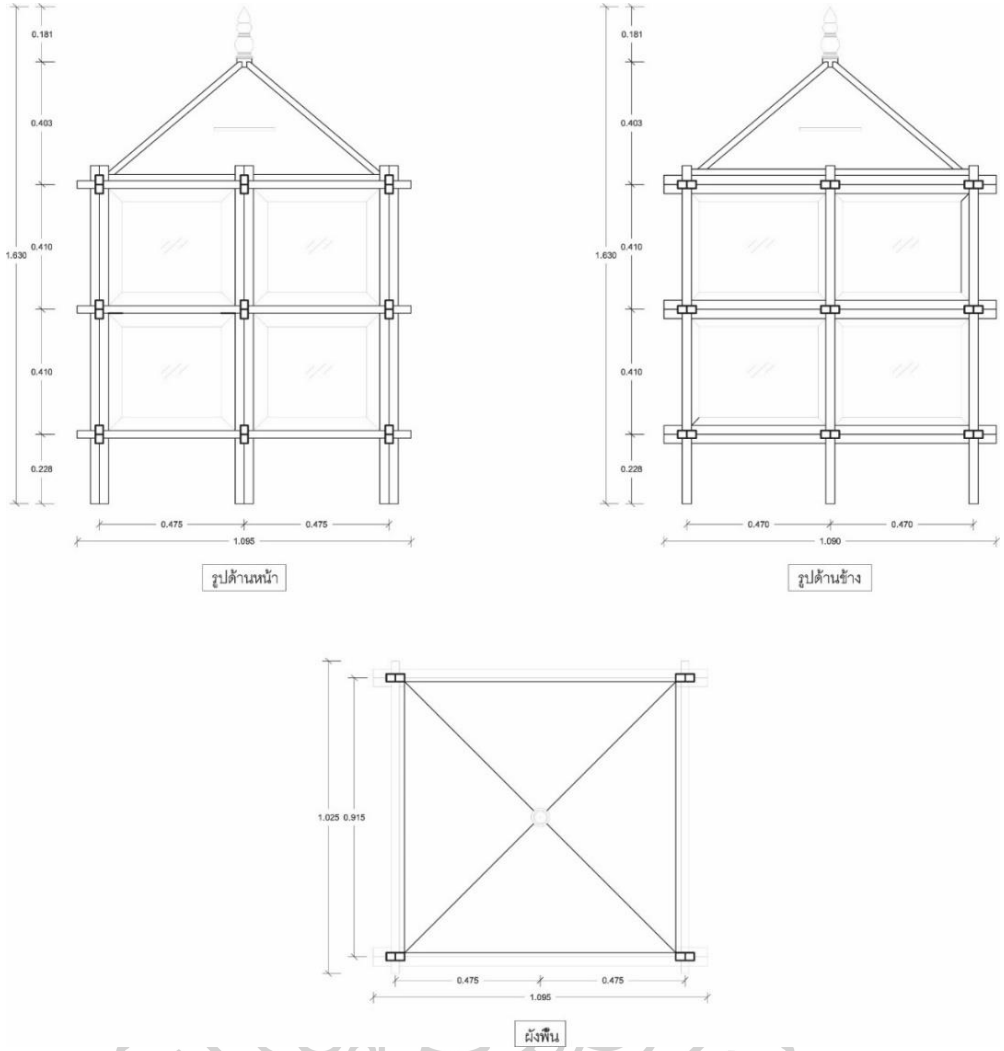
ตู้รับบริจาคดังกล่าวสร้างขึ้นจากไม้เนื้อแข็ง ซึ่งประกอบด้วยไม้ทั้งหมดจำนวน 52 ชิ้น (นับเฉพาะส่วนที่เป็นสลักเถรอดเพล) ที่มีขนาดหน้าตัดไม้ กว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 3.5 เซนติเมตร ประกอบด้วยไม้

ชุดโครงแนวตั้งความสูง 1.10 เมตร จำนวน 16 ชิ้น มีชิ้นไม้ตัวรับตัวไม้สำหรับขัดความยาว 1.09 เมตร จำนวน 8 ชิ้น และมีในชิ้นไม้ในลักษณะเดียวกันในชุดตัวขัดสอด โดยมีจำนวนและขนาดเท่ากัน แต่ไม่มีการบากเนื้อไม้แต่อย่างไร ส่วนไม้สำหรับขัดสลักนั้นประกอบด้วยชิ้นที่มีความยาว 1.09 เมตร จำนวน 16 ชิ้น และมีแบบที่เป็นสลักเดี่ยวไม่เชื่อมกับชิ้นอื่นความยาว 15 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น

ตารางที่ 6: แสดงส่วนประกอบตู้รับบริจาค

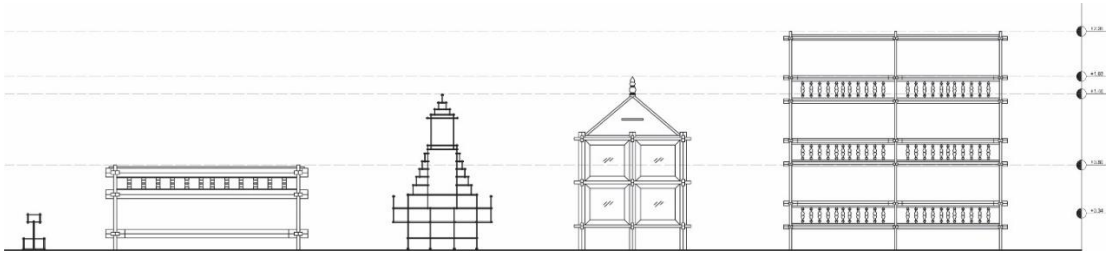
ส่วนประกอบ	Member length in c	Number of wooden member(s)
ไม้ชุดโครงแนวตั้ง	110	16
ชิ้นไม้ตัวรับตัวไม้สำหรับขัด	109	8
สลักขัด	109	16
สลักขัดเดี่ยวแบบไม่เชื่อมกับชิ้นอื่น	15	4

มหาวิทยาลัยศิลปากร



รูปที่ 150: รูปด้านหน้า ด้านข้าง และผังชั้นตู้บริจาค

โดยตู้รับบริจาคสลักไม้เถรอดเพลนี้ มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส เท่ากันทั้งหมด โดยแบ่งสี่เหลี่ยมจัตุรัสใหญ่แบ่งออกเป็น สี่เหลี่ยทจัตุรัสเล็ก 4 อันเท่าๆกัน โดยแต่ละอันนั้นก็ประกอบด้วยบานกระจก โดยที่ขนาดของกระจกและขนาดของบานลูกฟักกระจกนั้นไม่เท่ากัน เกิดจากลักษณะของการประกอบกันของสลักเถรอดเพลจึงไม่สามารถใช้บานที่เท่ากันได้ การประกอบนั้นก็ใช้ลักษณะของการประกอบบานประตูหน้าต่างธรรมดา ไม่ได้มีความสัมพันธ์กับสลักเถรอดเพล แต่จากข้อสังเกตก็สามารถมองเห็นการใช้สลักเถรอดเพลนั้นเป็นบานใส่กระจกได้เลย หากพิจารณาจากศักยภาพที่มี ซึ่งในอนาคตนั้นอาจจะสามารถทำให้พ้นข้อจำกัดดังกล่าวนี้ไปได้ ส่วนหลังคาก็เช่นกัน ยังคงใช้ลักษณะของการออกแบบในแบบที่เป็นการวางหลังคาแยกกับโครงสร้างเถรอดเพล คือโครงสร้างเถรอดเพลนั้นทำหน้าที่เพียงรองรับส่วนหลังคาที่แยกออกจากกัน ไม่ได้มีการพึ่งพากันในทางโครงสร้างแบบชัดเจน



รูปที่ 151: การเปรียบขนาดของเครื่องใช้ที่เกิดจากเถรอดเพล

4.3.6. เครื่องตั้งศพ

เครื่องตั้งศพที่วัดไทรเป็นหนึ่งในผลงานการออกแบบจากชุดโครงสร้างเถรอดเพล โดยถูกสร้างขึ้นครั้งแรกในปีพ.ศ. 2480 และอีกชิ้นในปีพ.ศ.2488 รวมเป็นเวลาประมาณ 7 ปีโดยหลวงตาโจ้ยพระลูกวัดประจำวัดไทรที่เป็นผู้ออกแบบข้าวของเครื่องใช้ที่ถูกออกแบบจากรอยต่อเถรอดเพล โดยงานออกแบบชิ้นดังกล่าวนี้ถือว่าเป็นผลงานชิ้นสุดท้ายก่อนที่หลวงตาโจ้ยนั้นจะได้มรณะภาพไปในปีพ.ศ.2496 ชุดเครื่องตั้งศพชุดดังกล่าวปัจจุบันถูกเก็บอยู่ที่วัดไทร อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม โดยยังคงมีสภาพที่สมบูรณ์ครบถ้วน ชิ้นไม้ไม่มีร่องรอยของการถูกปลวกกิน แต่มีร่องรอยความเก่าที่เกิดจากหยากไหย่ขึ้น หรือหักงอจากอุบัติเหตุ และในช่วงเวลาปัจจุบันนั้นที่วัดไทรไม่มีการนำเอาเครื่องตั้งดังกล่าวมาใช้งานสำหรับการตั้งศพอีกแล้ว จึงเป็นเหตุหนึ่งที่ทำให้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการถอดประกอบ หรือการก่อสร้างได้หายไปตามเวลา

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รูปที่ 152: เครื่องตั้งศพวัดไทร

เครื่องตั้งศพวัดไทรนั้นมีความกว้างประมาณ 1.93 เมตร ความยาว 3.75 เมตร และความสูงที่ 4 เมตรโดยประมาณ โดยอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานหรือประกอบสำเร็จเรียบร้อยแล้ว โดยถูกเก็บอยู่ที่ห้องเก็บของของทางวัด โดยรูปแบบของรอยต่อเดือยเพลทั้งหมดในการประกอบกันนั้นมีลักษณะเดียวกันกับข้าวของเครื่องใช้ที่ถูกออกแบบก่อนหน้านี้ โดยใช้ไม้ที่มีขนาดเล็กเพียง 7.5 มิลลิเมตร และมีการต่อความยาวของชิ้นไม้ที่มีช่วงยาวด้วยวิธีการใช้ชิ้นไม้ผูกเชื่อมกันตรงๆ และการเข้าปากไม้อย่างง่ายๆ

โดยปรากฏหลักฐานถึงความแข็งแรงของชุดโครงสร้างดังกล่าวที่สามารถขึ้นไปเหยียบบนชิ้นไม้โครงสร้างต่างๆ ในขณะที่ทำการประกอบหรือถอดเครื่องตั้งชุดนี้ และนอกจากการใช้ชุดเครื่องตั้งดังกล่าวนี้ในการตั้งศพเพื่อประกอบพิธีกรรมแล้ว ยังใช้สำหรับการวางตุ๊กตากลไม้ต่างๆ หรือของชิ้นเล็กๆตามชั้นที่ถูกทำขึ้นสำหรับการวางของ ซึ่งจุดที่น่าสนใจของเครื่องตั้งศพชิ้นนี้คือการออกแบบชุดโครงสร้างโดยเว้นที่ว่างบริเวณตรงกลางบริเวณฐานให้โล่ง ไม่ทำเป็นโครงสร้างเต็มตลอดทั้งหมด ส่งให้ชุดโครงสร้างดังกล่าวใช้ไม้จำนวนน้อยลง โครงสร้างมีน้ำหนักที่เบาสามารถทำการย้าย ถอดประกอบหรือทำการก่อสร้างในพื้นที่อื่นๆได้อย่างสะดวกยิ่งขึ้น

รูปที่ 153: การเว้นที่ว่างตรงกลางบริเวณฐาน (ซ้าย) เทคนิคการต่อไม้แบบง่ายๆ(ขวา)

เครื่องตั้งวัดไทรเป็นผลงานการออกแบบของหลวงตาโจ้ยหลังจากที่ท่านได้เรียนรู้จากการนำชุดรอยต่อเถรอดเพลมาใช้ในการออกแบบเครื่องเรือนเครื่องใช้ดังที่ได้กล่าวมาเบื้องต้นในหัวข้ออื่นๆ โดยเป็นการพัฒนาทางด้านความคิดและความเข้าใจอันเกิดจากการนำชุดโครงสร้างเถรอดเพลไปออกแบบไปขยายสัดส่วน จากเดิมที่เป็นเพียงเครื่องเรือนเครื่องใช้เล็กๆ ไปสู่การออกแบบที่มีลักษณะเป็นงานสถาปัตยกรรมขนาดเล็กดังที่เราได้เห็นอยู่ในทุกวันนี้ โดยมีเทคนิคและวิธีการต่างๆที่ได้ถูกนำมาทดลองใช้ออกแบบเครื่องตั้งศพอย่างหลากหลาย ถึงแม้ว่าบางวิธีการนั้นจะไม่ได้เป็นการนำเอาวิธีการแบบเถรอดเพลมาใช้ก็ตามที แต่ในมุมหนึ่งนั้นเราก็ได้เห็นถึงความพยายามและความเข้าใจชุดรอยต่อเถรอดเพลถึงศักยภาพหรือข้อจำกัดต่างๆที่เกิดขึ้นโดยตัวรอยต่อเอง โดยแสดงออกจากการที่เลือกจะใช้เทคนิคหรือวิธีการอื่นๆเข้ามาช่วยสนับสนุนในการออกแบบเครื่องตั้งศพดังกล่าว และอีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งจากการที่ได้ศึกษาชุดเครื่องตั้งศพวัดไทรนั้นก็คือ การที่เราได้เห็นความเป็นไปได้ของการพัฒนาชุดโครงสร้างเถรอดเพลในบริบทของการออกแบบงานสถาปัตยกรรมที่มีความซับซ้อนต่อไปในอนาคต

รูปที่ 154: ชุดเครื่องตั้งศพวัดไทร 02

4.4 **การสังเคราะห์เพื่อออกแบบ**

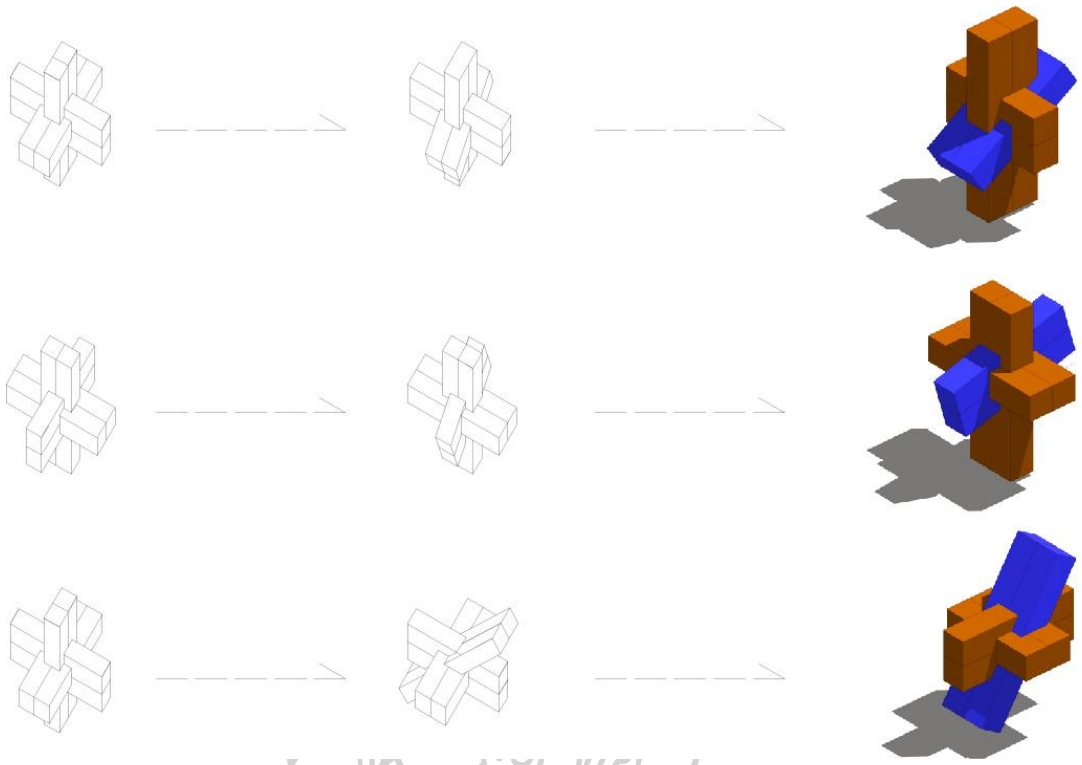
ในส่วนของการสังเคราะห์เพื่อพัฒนารอยต่อเถรอดเพล เกิดจากการศึกษาต้นแบบของรอยต่อเถรอดเพลทั้ง 3 รูปแบบดังที่ได้กล่าวมาในเบื้องต้น โดยมาทำการสรุปหาข้อจำกัด และพัฒนารอยต่อเถรอดเพลเพื่อให้มีความสามารถ หรือรูปแบบในการนำไปใช้ที่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อในการสังเคราะห์ คือ

4.4.1. การพัฒนารอยต่อเถรอดเพล (**Developed joint**)

การพัฒนารูปแบบของตัวรอยต่อเองในรูปแบบ และเงื่อนไขต่างๆ ที่พัฒนาเพิ่มขึ้นจากรูปแบบดังกล่าว โดยเน้นไปที่การสร้างรูปแบบ หรือลักษณะที่มีศักยภาพหรือขีดความสามารถในการใช้งานเพื่อให้เกิดความหลากหลาย หรือมีคุณภาพที่เหมาะสมกับการใช้งานในรูปแบบต่างๆได้ดียิ่งขึ้น โดยประกอบไปด้วยรูปแบบดังต่อไปนี้

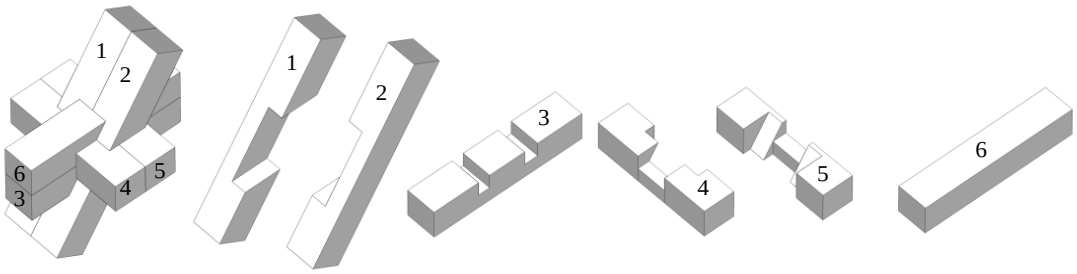
4.4.1.1. รอยต่อแบบเฉียง และตัวเชื่อมต่อรอยต่อแบบเฉียง (Oblique joint : joint with inclined members and finishing detail)

เป็นรูปแบบของชุดรอยต่อที่ประกอบไปด้วยชิ้นไม้ที่มีองศาของการเฉียงไม่ทำมุมตั้งฉากกับพื้นโลก โดยทดลอง ใช้องศาแบบ 45 องศา และ 32 องศาตามลำดับ โดยวัตถุประสงค์ของการออกแบบรอยต่อดังกล่าวเพื่อขยายขีดจำกัดในเรื่องของการที่ลักษณะที่ตอบสนองเฉพาะแนวแกนที่ขนานและตั้งฉากกับพื้นโลก โดยลักษณะในการออกแบบนั้นจะทำการออกแบบในชิ้นไม้ให้มีองศาของความเฉียงในแต่ละทิศทาง รวม 3 ชนิดของแบบจำลองในการศึกษา



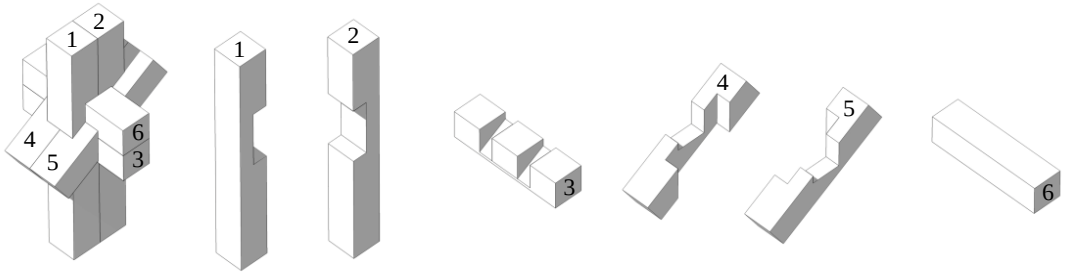
รูปที่ 155: ลักษณะการเปรียบเทียบระหว่างรอยต่อเดือยเพลแบบปกติกับรอยต่อแบบเฉียง

แบบจำลองชิ้นที่ 1 รอยต่อแบบเฉียงในทิศทางแนวตั้ง (oblique joint with inclined vertical member) เป็นการออกแบบให้ชิ้นไม้ที่เป็นชิ้นที่มีทิศทางในแนวตั้ง (Vertical member) เป็นชิ้นที่มีความเฉียง โดยลักษณะของการบากในชิ้นดังกล่าวนั้นจะแตกต่างกับการบากในชิ้นที่มีทิศทางในแนวตั้งแบบปกติ คือบากให้ได้องศาตามต้องการทั้ง 2 ชิ้นที่มีทิศทางในแนวตั้ง แทนลักษณะการบากแบบปกติที่จะขนานไปกับพื้นโลก ส่วนชิ้นที่ 3 ที่มีลักษณะเป็นตัวรองรับในลักษณะตัว E ยังสามารถคงลักษณะของการบากเช่นเดิม และในการบากของชิ้นที่ 4 และ 5 ที่เป็นตัวขัดนั้นก็จะมีลักษณะของการบากที่แตกต่างจากปกติคือ บากตามองศาของความเฉียงที่ต้องการหรือเท่ากับองศาในชิ้นที่ 1 และ 2 แต่แตกต่างกันของด้านที่ทำการบากในชิ้นที่ 4 และ 5 โดยชิ้นที่ 6 นั้นยังคงลักษณะของการเป็นชิ้นไม้ที่สมบูรณ์อยู่



รูปที่ 156: แบบจำลองชิ้นที่ 1 รอยต่อแบบเฉียงในทิศทางแนวตั้ง

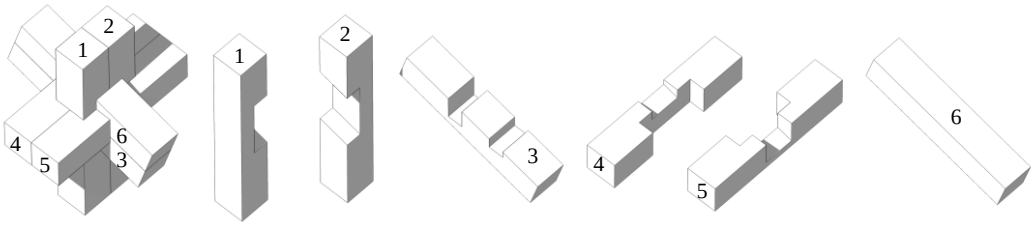
แบบจำลองชิ้นที่ 2 รอยต่อแบบเฉียงในทิศทางแนวนอนในชิ้นไม้แบบประกบ (oblique joint with inclined horizontal adjacent members) เป็นการออกแบบให้ชิ้นไม้ที่ทิศทางในแนวนอน (Horizontal members) แบบที่ชิ้นไม้ประกบกัน (Adjacent members) ในชิ้นที่ 4 และชิ้นที่ 5 ให้มีความเฉียง โดยมีความแตกต่างในการบากชิ้นไม้ที่แตกต่างกับการบากในลักษณะธรรมดาคือการกำหนดมุมในการบากชิ้นไม้นั้นเกิดจากการหักลบมุมที่ต้องการกับมุมฉาก (90 องศา) โดยชิ้นที่1 และ ชิ้นที่ 2 ที่มีทิศทางในแนวตั้งยังคงลักษณะการบากชิ้นไม้ในลักษณะเดิม ส่วนชิ้นที่ 3 ที่เป็นชิ้นที่เป็นตัวรองรับ หรือที่มีลักษณะเป็นตัว E จะต้องทำการบากร่องที่รองรับชิ้นที่ 4 และชิ้นที่ 5 ให้มีองศาที่เท่ากับองศาที่ต้องการให้เกิดความเฉียง โดยชิ้นที่ 6 นั้นยังคงลักษณะของการเป็นชิ้นไม้ที่สมบูรณ์อยู่



รูปที่ 157: แบบจำลองชิ้นที่ 2 รอยต่อแบบเฉียงในทิศทางแนวนอนในชิ้นไม้แบบประกบ

แบบจำลองชิ้นที่ 3 รอยต่อแบบเฉียงในทิศทางแนวนอนในชิ้นไม้แบบซ้อนทับ (oblique joint with inclined horizontal stacking members) เป็นการออกแบบให้ชิ้นไม้ที่ทิศทางในแนวนอน (Horizontal members) แบบที่ชิ้นไม้ที่ซ้อนทับกัน (Stacking members) ให้มีทิศทางเฉียงในชิ้นที่ 3 ที่มีลักษณะเป็นตัว E โดยมีการบากในร่องที่รองรับชิ้นที่ 4 และชิ้นที่ 5 เป็นมุมเท่ากับที่ต้องการให้เกิดความเฉียงของชิ้นไม้ และทำการในร่องดังกล่าวที่เป็นการหักลบมุมที่ต้องการกับมุมฉาก (90 องศา) ในด้านตรงข้ามกับการบากองศาที่ต้องการ โดยชิ้นที่1 และ ชิ้นที่ 2 ทำการบากเป็น

มุมเท่ากับมุมที่ต้องการให้เกิดความเฉียง โดยชิ้นที่ 4 และ ชิ้นที่ 5 ใช้วิธีการบากเช่นเดียวกับชิ้นปกติ แต่บากชิ้นไม้ให้เป็นมุมที่ต้องให้เกิดความเฉียงบริเวณส่วนที่ 6 ต้อง ทะลุผ่าน โดยชิ้นที่ 6 นั้นยังคงลักษณะของการเป็นชิ้นไม้ที่สมบูรณ์อยู่

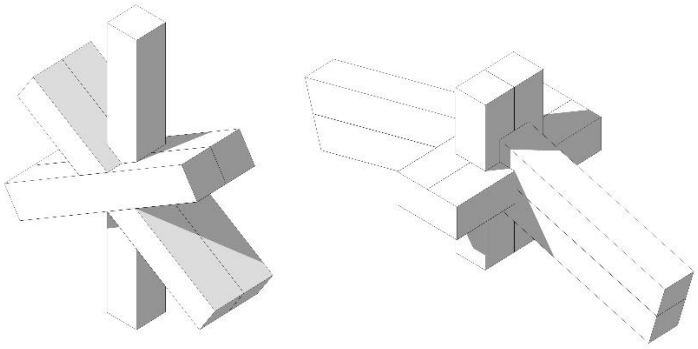


รูปที่ 158: แบบจำลองชิ้นที่ 3 รอยต่อแบบเฉียงในทิศทางแนวนอนในชิ้นไม้แบบซ้อนทับ

ลักษณะของรอยต่อไม้แบบเดือยเพลแบบเฉียงนั้น ช่วยสร้างและขยายความสามารถในการออกแบบการเชื่อมต่อกันระหว่างรอยต่ออื่นๆให้มีความหลากหลายและยืดหยุ่นมากขึ้น โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับลักษณะของความต้องการในการเฉียงแบบต่างๆเช่น ความลาดเอียงของหลังคา หรือ ความต้องการเฉพาะทางแบบอื่นๆ แต่เนื่องจากการเชื่อมต่อดังกล่าวได้ก่อให้เกิดข้อจำกัดคือ หากต้องการเปลี่ยนแปลงองศาหรือ จะเชื่อมต่อกับรอยต่อแบบอื่นๆนั้นจะต้องมีรอยต่อเฉพาะที่ทำหน้าที่ที่เป็นตัวเชื่อมรอยต่อดังกล่าวเข้าด้วยกัน จึงเกิดการทดลองออกแบบตัวเชื่อมที่ขึ้นมาทำหน้าที่ดังกล่าว เรียกชื่อว่า ตัวเชื่อมรอยต่อแบบเฉียง **(Finishing Detail)**

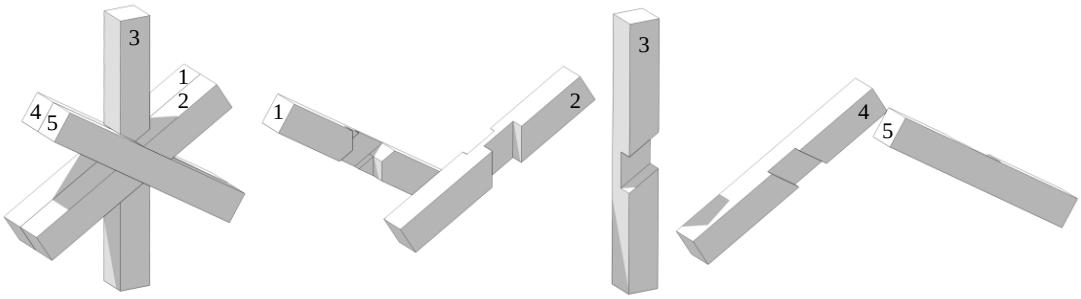
4.4.1.2. แบบจำลองตัวเชื่อมรอยต่อแบบเฉียง (Finishing Detail)

การออกแบบตัวเชื่อมรอยต่อแบบเฉียงนั้น ได้ทดลองออกแบบตามลักษณะของลักษณะของชิ้นไม้ที่มีแบบประกบกัน **(**Adjacent members**)** และแบบที่ชิ้นไม้ซ้อนทับกัน **(**Stacking members**)** โดยมีวัตถุประสงค์ของรอบต่อดังกล่าวเพื่อเป็นตัวจบ หรือยึดให้ไม้ทั้งสองชิ้นที่มาชนกันนั้นให้สามารถอยู่ร่วมกันได้อย่างแข็งแรง และอีกวัตถุประสงค์หนึ่งคือการทำการเชื่อมต่อจากรอยต่อแบบเฉียง **(**Oblique joint**)** ให้สามารถต่อเชื่อมไปยังรอยต่อเฉียงหรือรอยต่อแบบปกติได้ โดยอาจจะทำการเปลี่ยนทิศทางหรือขยายต่อไปในทิศทางเดิม

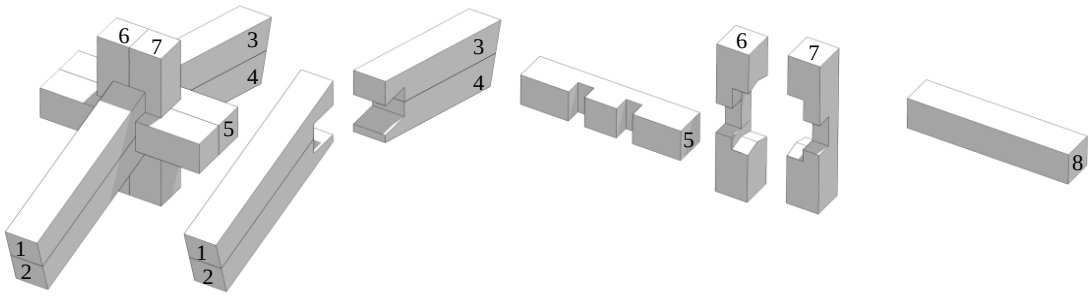


รูปที่ 159: แบบจำลองตัวเชื่อมรอยต่อแบบเฉียง (Finishing Detail) ทั้ง 2 ประเภท

แบบจำลองชิ้นที่ 1 ตัวเชื่อมรอยต่อแบบเฉียงแบบชิ้นไม้ประกบกัน (Finishing detail in Adjacent members direction) ในรอยต่อแบบเฉียงแบบชิ้นไม้ประกบกันจะมีชิ้นไม้เป็นในระบบทั้งหมด 5 ชิ้นแตกต่างกับเถรอดเพลปกติที่มีชิ้นไม้ 6 ชิ้น โดย 4 ชิ้นนั้นคือส่วนที่เป็นชิ้นที่ยืดขยายมาจากรอยต่อแบบเฉียง และมีชิ้นที่ 3 เป็นชิ้นที่มีทิศทางในแนวตั้งเพื่อทำการเชื่อมต่อทั้ง 4 ชิ้นดังกล่าวเข้าไว้ด้วยกัน โดยชิ้นที่ 1 และ ชิ้นที่ 5 จะมีลักษณะในการบากเหมือนกันแต่สลับด้าน (Mirror) โดยมีลักษณะของการบากที่สัมพันธ์กับองศาความเฉียงกับชิ้นที่ 2 และลักษณะของชิ้นที่ 3 ที่ตั้งฉาก และทำการบากความหนาให้สามารถยึดกับชิ้นที่ 2 ได้ ส่วนชิ้นที่ 2 นั้นก็ทำการบากความหนาเพื่อยึดกับชิ้นที่ 1 ดังที่กล่าวมาในด้านที่อยู่ติดกับชิ้นที่1 และ บากตามแนวตั้งฉากที่สัมพันธ์กับชิ้นที่ 3 ในด้านที่ติดกับชิ้นที่ 3 เพื่อเป็นร่องสำหรับเสียบชิ้นที่ 3ได้ ส่วนในชิ้นที่ 3 นั้นที่เป็นชิ้นที่ตั้งฉากและเป็นชิ้นที่ยึดชิ้นไม้ทั้ง4เข้าไว้ด้วยกัน ก็ทำการบากในด้านที่ติดกับชิ้นที่ 4 ตามองศาของความเฉียงของชิ้นไม้ ส่วนในชิ้นที่ 4 นั้นก็ทำการบากบากที่สัมพันธ์กับองศาความเฉียงของชิ้นที่ 5 ในด้านที่ติดกัน ซึ่งลักษณะของรอยต่อชุดนี้จะทำให้สามารถเชื่อมต่อไปยังรอยต่ออื่นๆได้

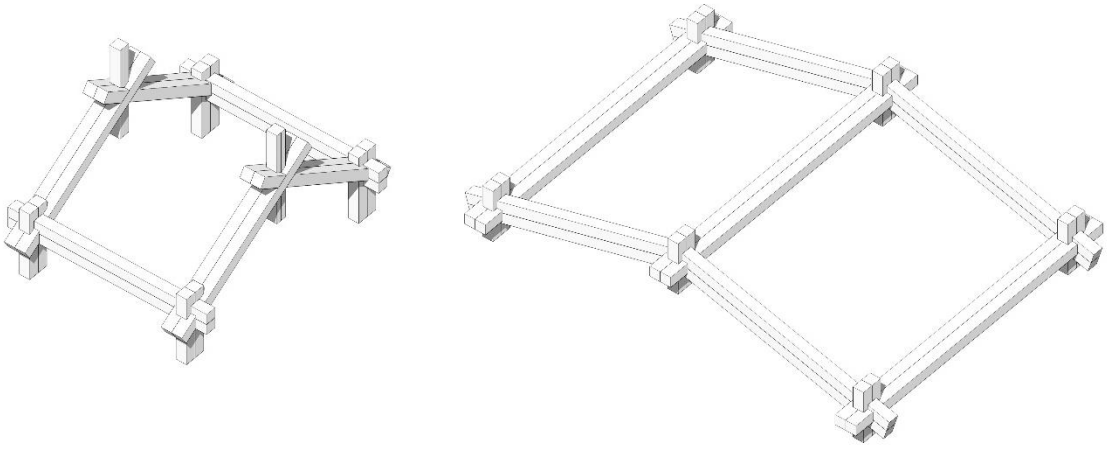


รูปที่ 160: แบบจำลองชิ้นที่ 1 ตัวเชื่อมรอยต่อแบบเฉียงแบบชิ้นไม้ประกบกัน



รูปที่ 161: แบบจำลองชิ้นที่ 2 ตัวเชื่อมรอยต่อแบบเฉียงแบบชิ้นไม้ซ้อนกัน

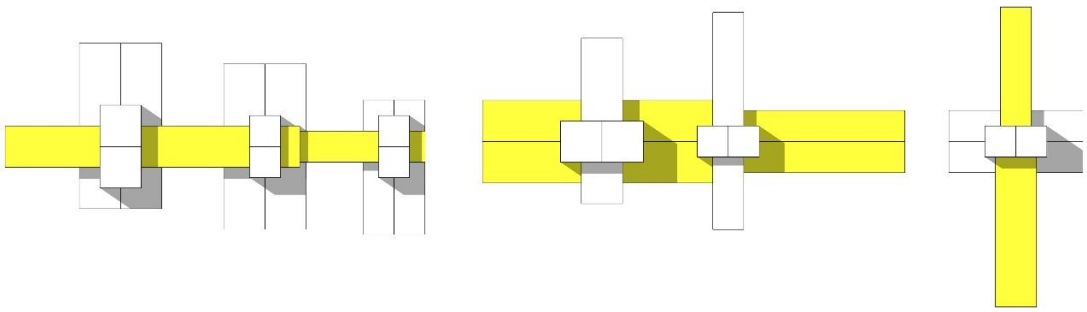
แบบจำลองชิ้นที่ 2 ตัวเชื่อมรอยต่อแบบเฉียงแบบชิ้นไม้ซ้อนกัน(Finishing detail in Stacking members direction) ในรอยต่อแบบเฉียงแบบชิ้นไม้ซ้อนกันนั้น จะมีลักษณะเป็นเหมือนตัวยึดและเชื่อมปลายของชิ้นไม้แบบซ้อนกันโดยบริเวณตรงปลายที่ชนกันนั้นใช้วิธีการบากปลายไม้แบบเข้ามุมเฉียงกำหนดให้เป็นชิ้นที่ 1 และ 2 โดยทำหน้าที่เหมือนกับชิ้นแนวตั้งของรอยต่อแบบปกติ โดยทำการเจาะรูปที่บริเวณกึ่งกลางของปลายชิ้นไม้ที่นำมาชนกันเท่ากันกับขนาดของชิ้นไม้แบบประกบกัน (ในขนาดหน้าตัดเดียวกัน) ที่กำหนดให้เป็นชิ้นที่ 3 และ 6 โดยชิ้นที่ 3 นั้น ทำการบากร่องในลักษณะของรูปตัวอักษร E โดยเว้นร่องที่มีขนาดเท่ากันกับครึ่งนึงของความยาวหน้าตัด โดยชิ้นที่ 4 และ 5 นั้น ทำการบากเพื่อให้ชิ้นไม้ชิ้นที่ 6 นั้นสามารถทะลุผ่านได้ และทำการบากส่วนที่ซ้อนทับกับ ชิ้นที่ 1 และ ชิ้นที่ 2 ในทิศทางที่สัมพันธ์กับความเฉียงกับชิ้นที่ 1 และ ชิ้นที่ 2 และขนาดความหนาที่พอดีกับร่องในชิ้นที่ 3 โดยชิ้นที่ 6 นั้นยังคงลักษณะของการเป็นชิ้นไม้ที่สมบูรณ์อยู่



รูปที่ 162: ลักษณะโครงสร้างที่เกิดจากการประกอบของตัวเชื่อมรอยต่อทั้ง 2 แบบ

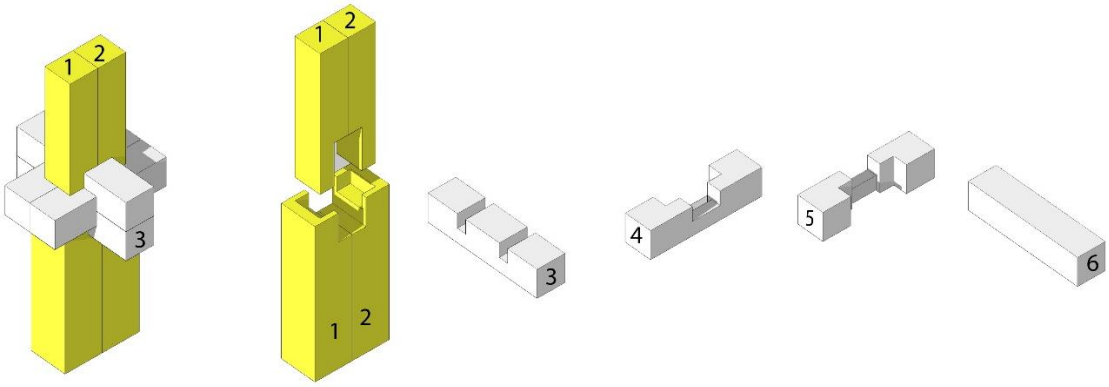
4.4.1.3. รอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ (Transitional joints : for timber of various sizes)

ลักษณะของการออกแบบรอยต่อเธรอดเพลแบบที่สามารถเปลี่ยนขนาด หรือหน้าตัดไม้นั้น เกิดขึ้นจากวัตถุประสงค์ในการช่วยให้การเชื่อมต่อกันระหว่างรอยต่อของไม้คนละชิ้นในขนาดที่ต่างกันให้สามารถอยู่ร่วมกันได้ โดยเกิดจากการพัฒนาจากข้อจำกัดในการที่ต้องการใช้ไม้ที่มีขนาดที่ยาวกว่าปกติ แต่ไม่จำเป็นจะต้องเป็นไม้ที่เป็นชิ้นเดียว และ สามารถลดขนาดของไม้ที่นำมาต่อกันได้ เพิ่มทางเลือกและความหลากหลายในการออกแบบที่มากกว่าข้อจำกัดเดิม โดยทำการทดลองโดยสร้างแบบจำลองออกมา 3 ชุดตามทิศทางของไม้ ได้ดังนี้



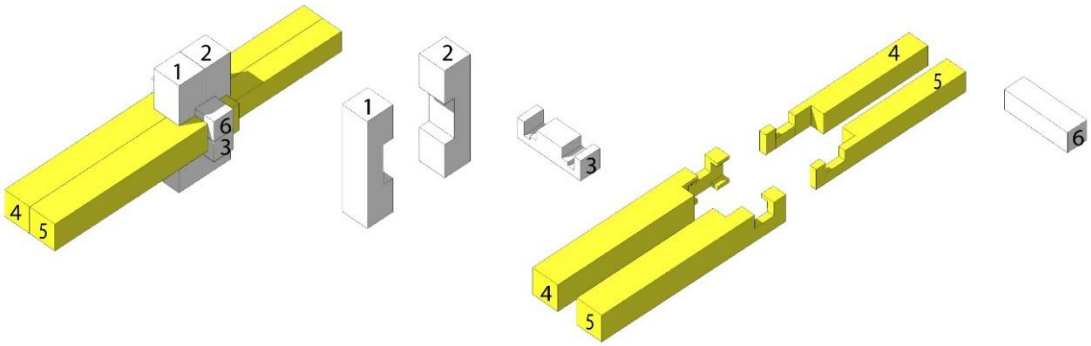
รูปที่ 163: ลักษณะรอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ทั้ง 3 แบบ

แบบจำลองชิ้นที่ 1 รอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ในแนวตั้ง (Transitional joints in vertical members) ชิ้นที่ 1 และ ชิ้นที่ 2 แบ่งออกเป็นส่วนที่ชิ้นไม้ขนาดหน้าตัดใหญ่ กับส่วนที่มีขนาดหน้าตัดเล็กกว่าในทิศทางแนวตั้ง โดยออกแบบรอยต่อที่ปลายไม้บริเวณที่ชนกันนั้นใช้วิธีการบากไม้ในส่วนที่มีขนาดใหญ่ให้เป็นร่องสำหรับการเสียบไม้ชิ้นเล็กเข้าไปได้ โดยใช้การวางชิดเข้าสู่กึ่งกลางโดยให้มีส่วนที่เสียบเข้าไปเท่ากับขนาดหน้าตัดของไม้ชิ้นใหญ่ เพื่อสร้างความแข็งแรง โดยทำการเจาะช่องขนาดเท่ากับ ขนาดของชิ้นไม้ที่วางซ้อนกันให้ทะลุเพื่อให้ไม้ชิ้นที่ 3 และชิ้นที่ 6 สามารถทะลุผ่านได้ โดยชิ้นที่ 3 นั้นทำการบากในลักษณะเดียวกันกับการบากปกติ ในรูปตัว E ส่วนชิ้นที่ 4 และ 5 นั้น ใช้ลักษณะของการบากเพื่อวางบนร่องของชิ้นที่ 3 ในลักษณะเดิมกับการบากแบบปกติ แต่ในส่วนของตำแหน่งที่สัมผัสกับชิ้นที่ 1 และ 2 ในทิศทางแนวตั้ง ซึ่งจะมีขนาดที่ไม่เท่ากันนั้นก็ใช้การบากให้สัมพันธ์กับขนาดดังกล่าวมา โดยชิ้นที่ 6 นั้นยังคงลักษณะของการเป็นชิ้นไม้ที่สมบูรณ์อยู่



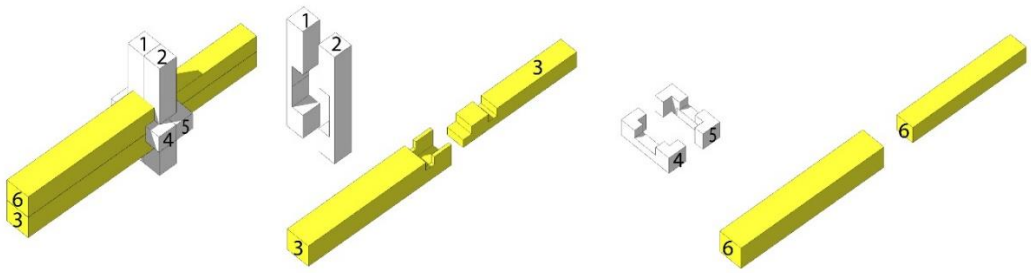
รูปที่ 164: แบบจำลองชิ้นที่ 1 รอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ในแนวตั้ง

แบบจำลองชิ้นที่ 2 รอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ในแนวนอนแบบชิ้นไม้ประกบกัน (Transitional joints in Adjacent members) โดยชิ้นที่ 1 และ ชิ้นที่ 2 ใช้ลักษณะในการบากไม้เป็นช่องเพื่อรองรับขนาดที่สัมพันธ์กับการวางซ้อนของ ไม้ชิ้นที่ 3 และ ชิ้นที่ 6 แบบปกติ โดยชิ้นที่ 3 นั้นทำการบากในลักษณะเดียวกันกับการบากปกติในรูปตัว E เพื่อใช้รองรับชิ้นไม้ที่ 4 และชิ้นที่ 5 แต่ความแตกต่างในการบากนั้นคือบริเวณร่องสำหรับวางชิ้นไม้ที่ 4 และ ชิ้นที่ 5 นั้นจะต้องมีขนาดและสัดส่วนที่สัมพันธ์กับขนาดของหน้าตัดไม้ที่ไม่เท่ากันด้วย (มีลักษณะคล้ายขั้นบันได) ส่วนชิ้นที่ 4 และชิ้นที่ 5 นั้น ใช้วิธีในการออกแบบปลายไม้ที่ชนกัน โดยทำการบากร่องสำหรับเสียบไม้ชิ้นเล็กเข้าไปชิ้นใหญ่ได้โดยใช้ลักษณะของการวางที่ชิดกึ่งกลางของชิ้นไม้ทั้งสอง โดยสามารถเลือกวิธีการใส่รอยต่อนี้แบบสวมเข้าแยกกันระหว่างไม้ชิ้นเล็ก และไม้ชิ้นใหญ่ หรือ จะใส่แบบสวมจากทิศทางแนวตั้งพร้อมกันในแบบปกติ โดยชิ้นที่ 6 นั้นยังคงลักษณะของการเป็นชิ้นไม้ที่สมบูรณ์อยู่



รูปที่ 165: แบบจำลองชิ้นที่ 2 รอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ในแนวนอนแบบชิ้นไม้ประกบกัน

แบบจำลองชิ้นที่ 3 รอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ในแนวนอนแบบชิ้นไม้ซ้อนทับกัน (Transitional joints in Stacking members) โดยชิ้นที่ 1 และ ชิ้นที่ 2 ใช้ลักษณะในการบากไม้เป็นช่องเพื่อรองรับขนาดที่สัมพันธ์กับการวางซ้อนของ ไม้ชิ้นที่ 3 และ ชิ้นที่ 6 แบบปกติ โดยชิ้นที่ 3 นั้นซึ่งเป็นส่วนที่ชิ้นไม้ที่ขนาดไม่เท่ากันมาชนกันนั้น ทำการบากไม้ชิ้นใหญ่ให้มีขนาดเป็นร่องเพื่อให้ไม้ชิ้นเล็กนั้น สามารถเสียบเข้าไปได้ และต้องบากร่องให้สัมพันธ์กับการวางไม้ชิ้นที่ 4 และ ชิ้นที่ 5 โดยทำงานร่วมกับชิ้นที่ 3 ที่มีขนาดหน้าตัดเล็กซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวรองรับชิ้นที่ 4 และ 5 ในรูปตัว E ซึ่งบากเพื่อรองรับชิ้นไม้ดังกล่าวในลักษณะปกติ โดยชิ้นที่ 4 และ ชิ้นที่ 5นั้นใช้ลักษณะของการบากแบบปกติสัมพันธ์กับขนาดร่องของชิ้นที่ 3 และส่วนที่สัมผัสกับชิ้นที่ 1 และชิ้นที่ 2 ในทิศทางแนวตั้ง ส่วนชิ้นที่ 6 นั้นใช้การบากร่องในชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ่กว่าเพื่อเสียบไม้ขนาดที่เล็กเข้าไปได้ เหมือนในลักษณะของชิ้นไม้ชิ้นที่ 3

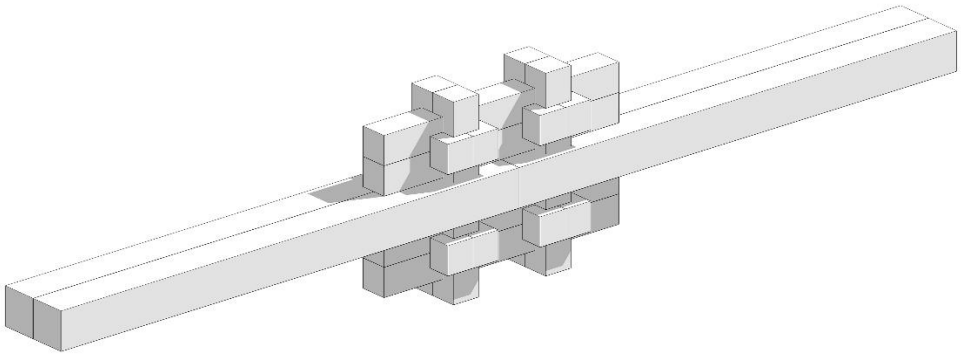


รูปที่ 166: แบบจำลองชิ้นที่ 3 รอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ในแนวนอนแบบชิ้นไม้ซ้อนทับกัน

รอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้นั้นในแง่ของการออกแบบจะสามารถช่วยให้การนำรอยต่อแบบเถรอดเพลไปใช้ได้อย่างมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ทั้งในแง่ของการเชื่อมต่อชิ้นไม้ที่มีความยาว โดยไม่สูญเสียความแข็งแรง หรือ ใช้ในแง่ของสุนทรียภาพ หรือตอบวัตถุประสงค์ที่มีความเฉพาะเจาะจงมากขึ้น แต่ข้อสังเกตอย่างหนึ่งที่ผู้วิจัยพบในการออกแบบรอยต่อชนิดดังกล่าวนี้คือ การออกแบบที่บริเวณปลายไม้ชนกันซึ่งผู้วิจัยได้ใช้วิธีการบากร่องไม้ชิ้นใหญ่เพื่อเสียบไม้ชิ้นเล็กเข้าไปนั้น ยังพบว่าในแง่ของการเสริมความแข็งแรงนั้นทำหน้าที่ได้ดีแต่ในแง่ของการเชื่อมยึดกันนั้นอาจจะต้องมีการสร้างเดือยเสียบให้แน่น หรือ ออกแบบรอยต่อเพิ่มเพื่อไม่ให้เกิดการเลื่อนของรอยต่อซึ่งจะพบใน “รอยต่อแบบเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ในแนวนอน” ที่สามารถเลื่อนขยับออกได้

4.4.1.4. รอยต่อเพื่อรองรับการขยาย หรือการเชื่อมต่อไม้คนละชิ้น (Connecting joint or splicing joint detail)

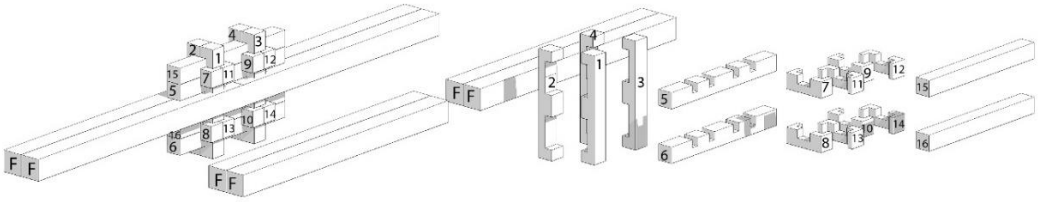
การออกแบบรอยต่อที่เน้นไปที่การเชื่อมต่อระหว่างชิ้นไม้ทั้งสองที่ไม่ได้เป็นชิ้นเดียวกัน โดยนำเอาปัญหาและข้อจำกัดของการออกแบบ รอยต่อเพื่อเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ มาพัฒนาออกแบบจุดเชื่อมต่อเฉพาะที่ทำหน้าที่เพื่อสร้างความแข็งแรงของรอยต่อ และความแข็งแรงในการยึดติดกัน



รูปที่ 167: แบบจำลอง รอยต่อเพื่อรองรับการขยาย หรือการเชื่อมต่อของไม้คนละชิ้น

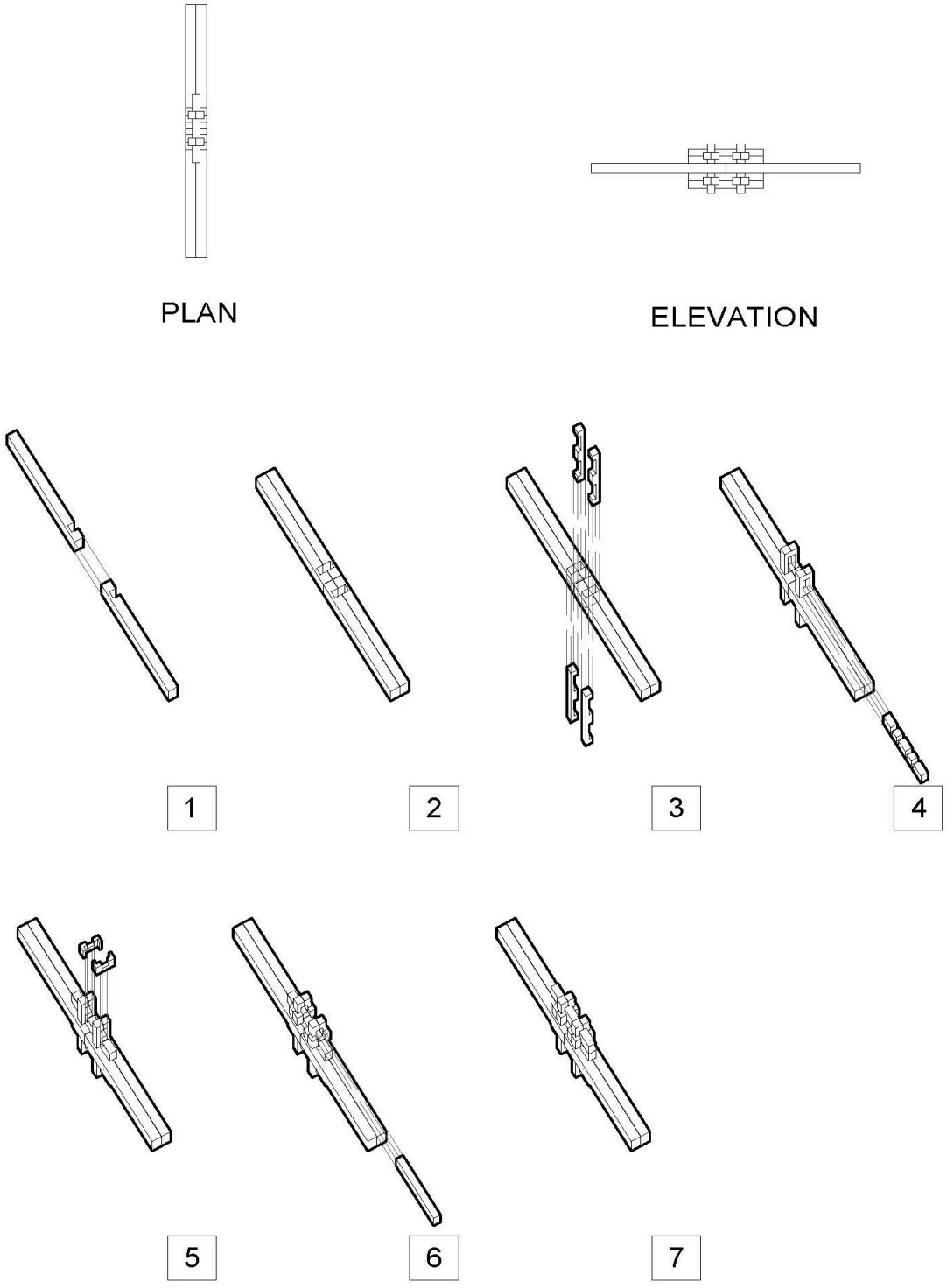
แบบจำลองที่ 1 รอยต่อเพื่อรองรับการขยาย หรือการเชื่อมต่อของไม้คนละชิ้น (Connecting joint or splicing joint detail) การออกแบบรอยต่อดังกล่าวใช้วิธีการนำปลายไม้ชนกันแบบปกติไม่มีการบากเพื่อทดลองความแข็งแรงในเชิงการรับน้ำหนัก และ การเชื่อมต่อระหว่างชิ้นไม้ โดยออกแบบให้ทำการเจาะรูชิ้นไม้ทั้งสองชิ้นเพื่อให้สามารถใส่ชิ้นไม้ที่จะทำการเชื่อมรอยต่อดังกล่าวได้ โดยขนาดของจากเจาะรูนั้นมีขนาดเท่ากันกับขนาดของหน้าตัดไม้(ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า)แบบประกบกัน (โดยที่ในแบบจำลองนี้ใช้ขนาดไม้หน้าตัด 2 x 2 ซม. ในส่วนของไม้ที่มาต่อกัน และใช้ไม้ขนาด 1.5 x 1.5 ซม. ในส่วนของการทำรอยต่อเพื่อเชื่อมชิ้นไม้เข้าด้วยกัน) ทั้งสองฝั่ง โดยชิ้นที่ 1 – 4 นั้น เป็นชิ้นไม้ตามทิศทางแนวตั้งวางทะลุช่องทั้งสองช่องดังที่ได้กล่าวไว้ในช่วงแรก และทำการบากเพื่อรองรับ ชิ้นไม้ที่ 5 -6 และ 15 -16 โดยมีขนาดในการเจาะเพื่อรองรับเท่ากันกับขนาดของหน้าตัดไม้แบบซ้อนกัน (Stacking members) โดยลักษณะของชิ้นไม้เมื่อประกบกันระหว่างชิ้นที่ 1 และ 2 กับ ชิ้นที่ 3 และ 4 นั้น จะมีลักษณะเป็นรูปเลข 8 แบบอารบิค โดยชิ้นที่ 5 และชิ้นที่ 6 นั้น เป็นชิ้นที่ทำการบากในรูปตัว E แต่ยาวต่อเนื่องในทิศทางแนวนอนเชื่อมกันระหว่างรอยต่อทั้ง2 เพื่อความแข็งแรงในการยึดชิ้นไม้ทั้ง 4 ชิ้นเข้าด้วยกัน อีกนัยหนึ่งนั้นคือการเสริมความแข็งแรงให้กับชิ้นไม้อีก

ด้วย โดยชิ้นที่ 7 – 14 นั้น ใช้ลักษณะของการบากลักษณะเดียวกันกับการบากเดรอดเพลธรรมดา โดยมีความหนาที่สัมพันธ์กับการบากร่องของชิ้นที่ 5 และ ชิ้นที่ 6 และ สัมพันธ์กับส่วนที่สัมผัสกับชิ้นที่ 1 -4 ที่อยู่ในทิศทางแนวตั้ง โดยชิ้นที่ 15 และ 16 นั้น เป็นชิ้นไม้ยาวสมบูรณ์ไม่ต้องทำการบากใด โดยทำหน้าที่เป็นสลักเดือยในรูปแบบเดรอดเพลแบบปกติ



รูปที่ 168: แบบจำลอง รอยต่อเพื่อรองรับการขยาย หรือการเชื่อมต่อของไม้คนละชิ้น

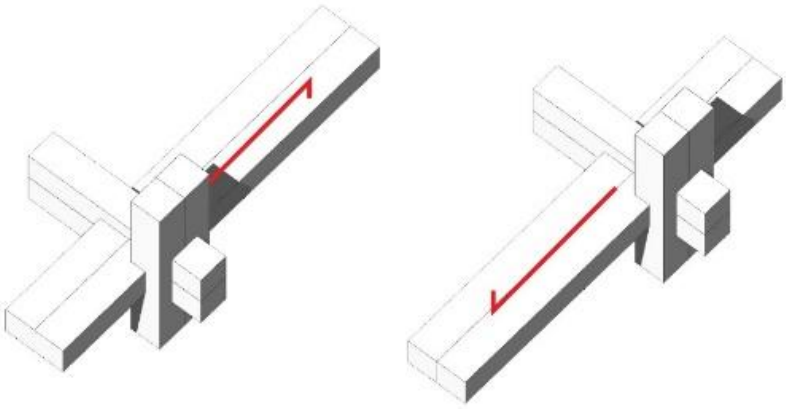
การออกแบบรอยต่อเพื่อรองรับการขยาย หรือการเชื่อมต่อของไม้คนละชิ้น เป็นการออกแบบรอยต่อเพื่อวัตถุประสงค์ในการเชื่อมและยึดชิ้นไม้ 2 ชิ้นเข้าด้วยกัน ซึ่งจากการทดลองดังกล่าวทำให้พบข้อสังเกตในการเลือกใช้รูปแบบของรอยต่อนี้คือ เนื่องจากที่การเชื่อมยึดนั้นจะต้องประกอบได้ด้วยหน่วยย่อยของรอยต่อจำนวน 4 ชุดจึงเหมาะสมกับลักษณะโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ โดยผลลัพธ์ที่จากการปรับปรุงจากรอยต่อแบบเดิมคือชิ้นไม้มีความแน่นหนาขึ้นไม่ขยับในทิศทางแนวนอน และยังมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น แต่สิ่งที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะของรอยต่อคือ ความใหญ่และรายละเอียดที่เพิ่มมากขึ้นดังที่กล่าวไว้ในเบื้องต้นซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมกับการออกแบบขนาดเล็ก ซึ่งอาจจะปรับขนาดของหน้าตัดไม้ของชิ้นรอยต่อหรือลดจำนวนของจำนวนชิ้นไม้ลงแทนเพื่อความเรียบง่ายในการใช้งานต่อไป



รูปที่ 169: แบบแสดงวิธีและขั้นตอนในการประกอบรอยต่อแบบรองรับการขยาย

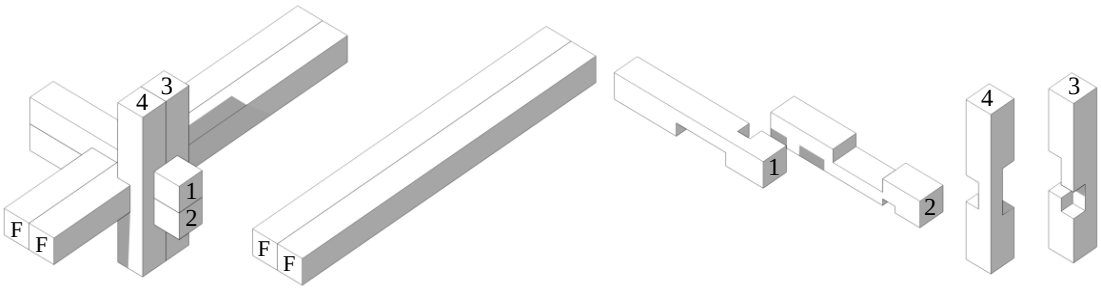
4.4.1.5. รอยต่อที่สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้ (Non – fixed joint / universal joints)

รอยต่อชิ้นนี้เกิดจากการศึกษาข้อจำกัดของรอยต่อในแบบปกติ และถือเป็นข้อจำกัดที่ชัดเจนอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นในการออกแบบโครงสร้างที่เกิดจากรอยต่อเกรอดเพล คือต้องทำการกำหนดตำแหน่งที่ให้ชัดเจน และจะต้องทำการเจาะหรือบากไว้ในตำแหน่งดังกล่าวไม่สามารถเปลี่ยน แก้ไข หรือปรับเปลี่ยนได้ จึงเกิดการออกแบบรอยต่อดังกล่าวนี้เพื่อให้มีศักยภาพในการปรับเปลี่ยนได้โดยที่ไม่จำเป็นจะต้องทำการ บาก หรือ เจาะ ไว้ล่วงหน้า โดยทำการทดลองสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษารอยต่อดังกล่าวนี้

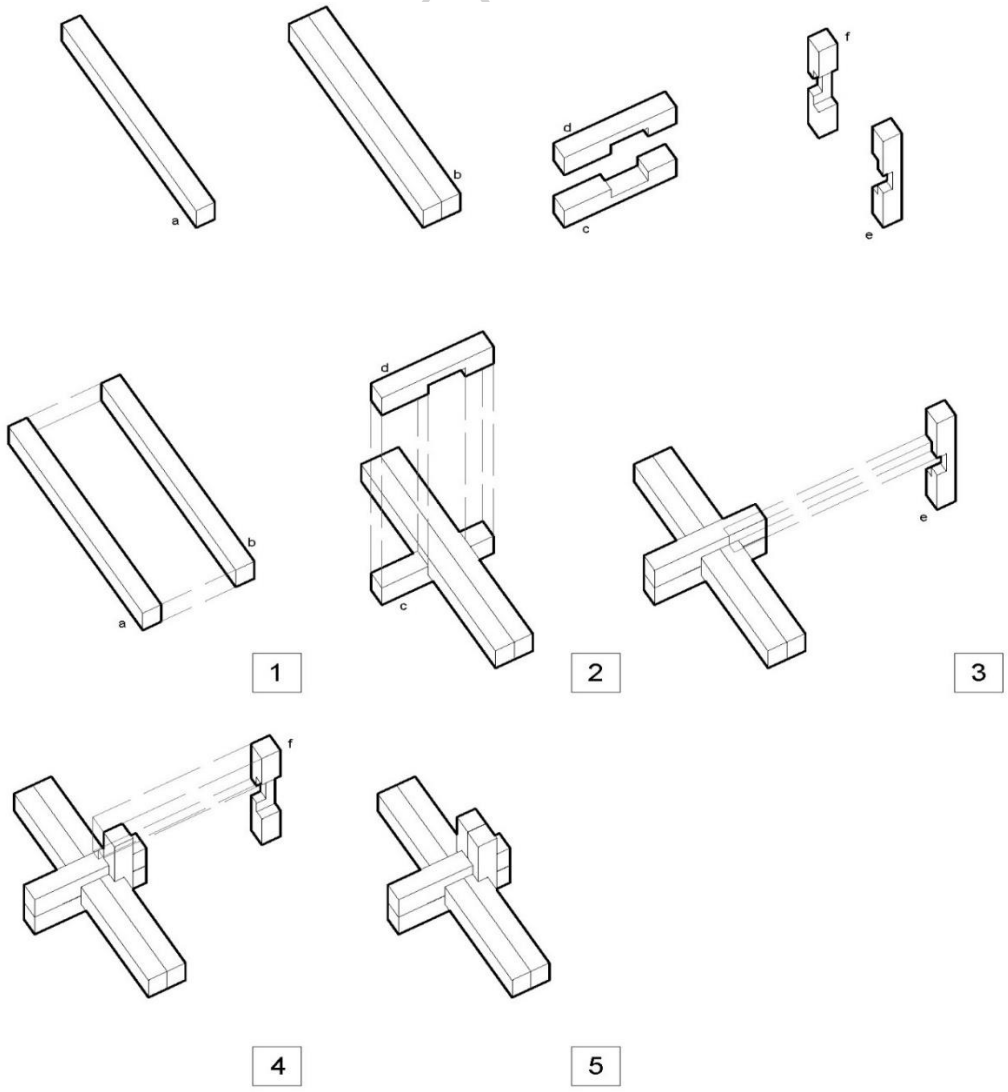


รูปที่ 170: รูปแบบรอยต่อที่สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้

แบบจำลองที่ 1 รอยต่อที่สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้ในทิศทางแนวนอนแบบยึดกับชิ้นไม้แบบประกบกัน (Non – fixed joint on horizontal adjacent members) เป็นลักษณะรอยต่อที่พัฒนาเพื่อยึดต่อกับลักษณะของชิ้นไม้ที่ประกบกัน โดยไม่ทำการเจาะชิ้นไม้ที่ประกบกันนั้น โดยชิ้นที่ 1 และ ชิ้นที่ 2 ทำหน้าที่ล๊อค หรือ รวบชิ้นไม้ที่ประกบกันอยู่นั้นโดยเจาะเพื่อให้ชิ้นไม้ที่ประกบกันนั้นสามารถทะลุผ่านได้ โดยชิ้นที่อยู่ด้านบนนั้นบากไว้เพื่อทำเป็นร่องสำหรับเสียบไม้ชิ้นที่ 4 ที่อยู่ในทิศทางแนวตั้ง เพื่อการยึดที่แน่นขึ้น ส่วนชิ้นที่3 นั้นทำการบากร่องที่สามารถให้ชิ้นไม้ที่ประกบกันนั้นรอดผ่านไปได้ และบากในส่วนที่สัมพันธ์กับชิ้นที่ 1 และ 2 ในจุดที่สัมผัสกัน ในชิ้นไม้ชิ้นที่ 4 นั้น ก็ดำเนินการบากในลักษณะเดียวกันกับ ชิ้นที่ 3 แต่ในส่วนที่สัมผัสกับชิ้นที่ 1 และ 2 ทำการบากให้มีพื้นที่พอดีกับร่องที่ชิ้นที่ 1 ได้เตรียมช่องไว้ เพื่อความแข็งแรงในการยึด

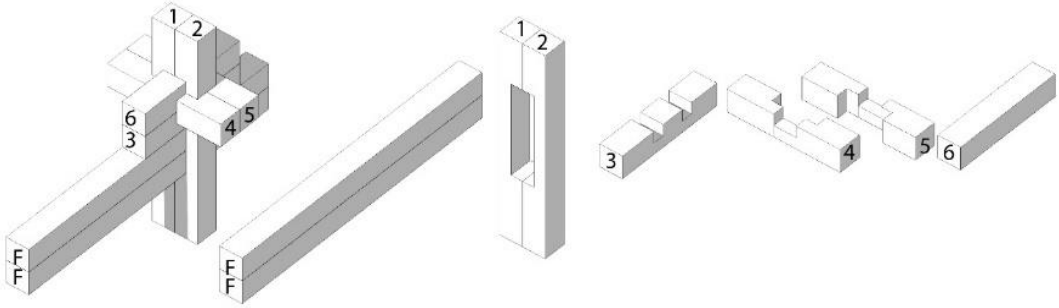


รูปที่ 171: แบบจำลองที่ 1 รอยต่อที่สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้ในทิศทางแนวนอนแบบยึดกับชิ้นไม้แบบประกบกัน



รูปที่ 172: แบบแสดงวิธีและขั้นตอนในการประกอบรอยต่อแบบปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้แบบชิ้นไม้ประกบกัน

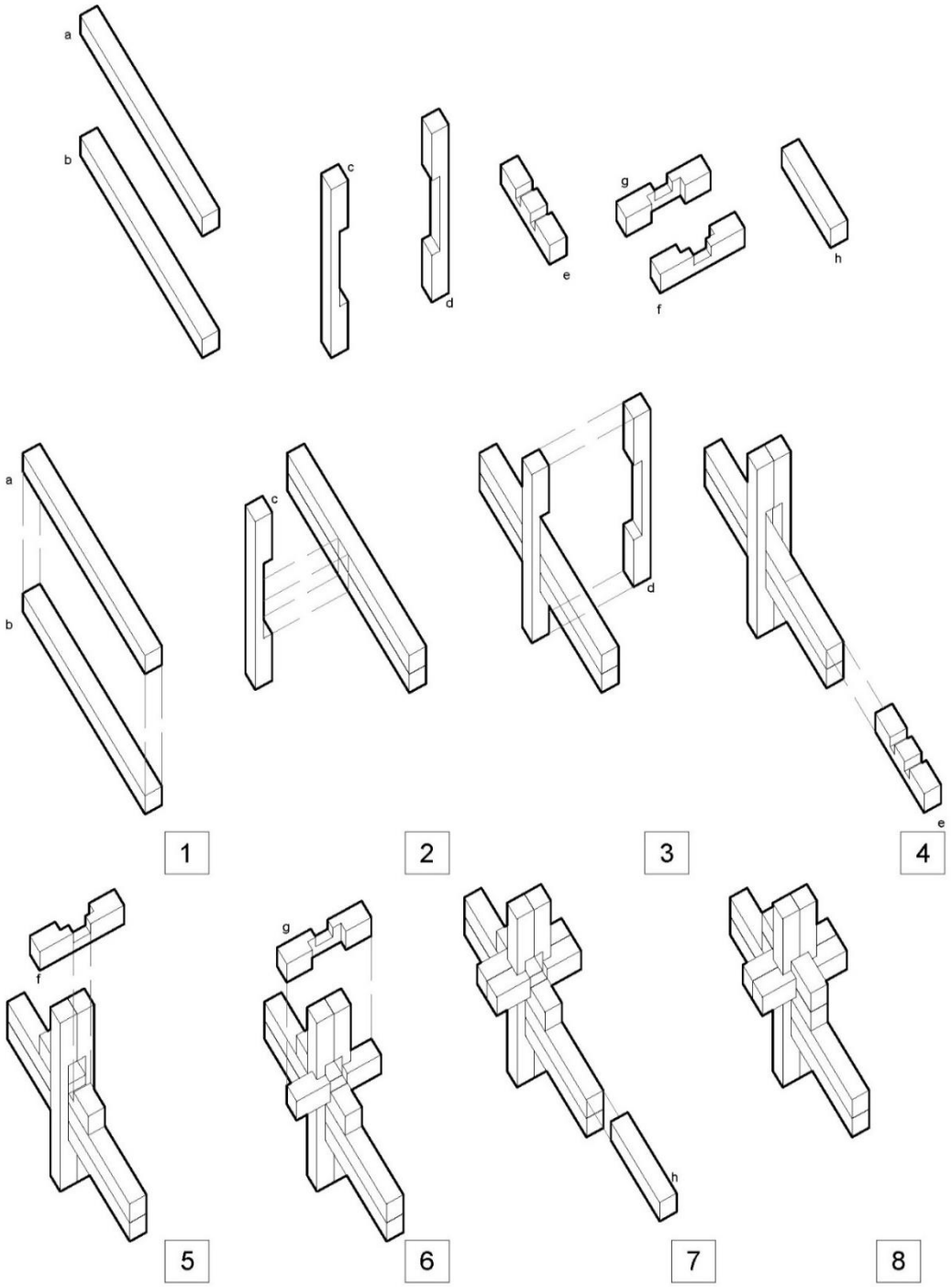
แบบจำลองที่ 2 รอยต่อที่สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้ในทิศทางแนวนอนแบบยึดกับชิ้นไม้แบบซ้อนกัน (Non – fixed joint on horizontal stacking members) เป็นลักษณะของการออกแบบรอยต่อที่พัฒนาเพื่อยึดต่อกับลักษณะของชิ้นไม้ที่ซ้อนกัน โดยไม่ทำการเจาะหรือบากชิ้นไม้ที่ซ้อนกันนั้น โดยชิ้นที่ 1 และ ชิ้นที่ 2 นั้นทำการเจาะรูเพื่อให้ชิ้นไม้ที่ซ้อนกันนั้นทะลุผ่านได้ โดยนำไม้ชิ้นที่ 1 และ ชิ้นที่ 2 นั้นมาประกบกันเพื่อล๊อคหรือยึดให้เชื่อมต่อกันได้ ในส่วนที่ต่อเนื่องจากส่วนที่เจาะทะลุดังกล่าวก็เจาะเพิ่มต่อเนื่องเท่ากันกับ 2 เท่าของรอยต่อไม้ที่นำมาประกอบเป็นรอยต่อ ส่วนในชิ้นที่ 3 นั้นใช้ลักษณะของการบากในรูปของตัว E แบบรอยต่อปกติโดยวางชิ้นไม้ตามแนวเดียวกันกับทิศทางของชิ้นไม้ที่ซ้อนกัน ชิ้นที่4 และ ชิ้นที่ 5 นั้น ใช้การบากร่องที่สัมพันธ์กับร่องที่เตรียมไว้ในชิ้นที่ 3 และบากออกสำหรับส่วนที่สัมพันธ์กับชิ้นที่ 1 และ 2 ส่วนชิ้นที่ 6 นั้นคงลักษณะของชิ้นที่สมบูรณ์ไว้ หากอธิบายในส่วนของรอยต่อนี้เพื่อให้เข้าใจง่าย ก็สามารถอธิบายได้ดังนั้นคือ ใช้ไม้ชิ้นที่ 1 และ ชิ้นที่ 2 เพื่อล๊อคชิ้นส่วนของชิ้นไม้ที่ซ้อนกัน โดยใช้รอยต่อเดือยเพลแบบปกเพื่อยึดโครงไม้แบบซ้อนกันไว้บริเวณด้านบนของโครงสร้างดังกล่าว



รูปที่ 173: แบบจำลองที่ 2 รอยต่อที่สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้ในทิศทางแนวนอนแบบยึดกับชิ้นไม้แบบ ซ้อนกัน

รอยต่อแบบที่สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้นั้นพัฒนามาจากการที่ผู้วิจัยมองเห็นข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในการออกแบบและนำไปใช้งานของรอยต่อเดือยเพล ในเรื่องของตำแหน่งรอยต่อที่ต้องถูกกำหนดอย่างชัดเจนในการทำงาน ซึ่งรอยต่อแบบเปลี่ยนแปลงได้ดังกล่าวนี้ ได้ทำให้ข้อจำกัดนั้นได้ถูกลดลงไปได้ส่วนหนึ่ง ซึ่งรอยต่อนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบที่สัมพันธ์กับการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้งานมากขึ้นในเชิงของการปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้งานในชีวิตประจำวัน แต่ปัญที่พบในการออกแบบรอยต่อดังกล่าวคือ การที่มีส่วนที่ทำให้สามารถเลื่อนหรือขยับได้จึงทำให้ในทิศทางของชิ้นไม้ที่ทำการล๊อคไว้ (แต่ไม่ได้มีการขัดกันไว้) มีโอกาสที่จะเลื่อนได้หากการบาก หรือการประกอบนั้นหลวมเกินไป อาจแก้ปัญหาได้โดยการเพิ่มจำนวนรอยต่อแบบปกติเข้าไปเพื่อเสริม

ความแน่นหนา หรือ เชื่อมต่อกันระหว่างรอยต่อที่เสริมมาเข้าด้วยกัน ด้วยเหตุดังกล่าวนี้จึงเป็นส่วนที่ต้องทำการระมัดระวังในการเลือกใช้รอยต่อดังกล่าว



รูปที่ 174: แบบแสดงวิธีและขั้นตอนในการประกอบรอยต่อแบบปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้แบบชิ้นไม้แบบซ้อนกัน

4.4.2. การประยุกต์เพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรม (**Applied for Architectural Design**)

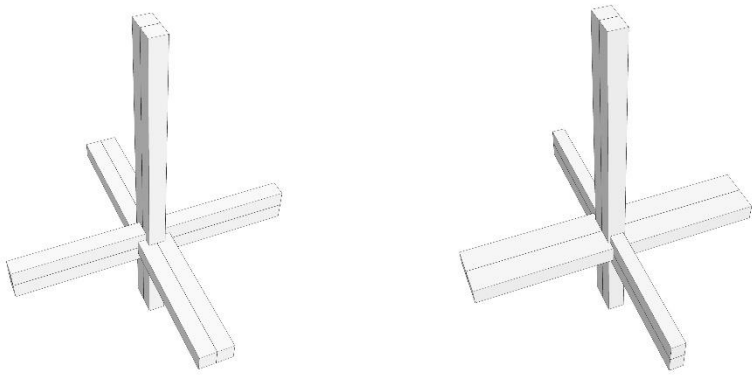
หัวดังกล่าวนี้เป็นกล่าวถึงการนำเถรอดเพลไปออกแบบสถาปัตยกรรมในเชิงของการประยุกต์เข้ากับองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมพื้นฐาน และความสามารถและความเป็นไปได้ในการนำรอยต่อเถรอดเพลไปใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรม ซึ่งในส่วนของการสังเคราะห์รอยต่อเถรอดเพลนี้ ผู้วิจัยจะใช้รูปแบบเถรอดเพลแบบที่ 1 (แบบพื้นฐาน) ในการทดลองพัฒนารูปแบบของรอยต่อทั้งหมดในส่วนดังกล่าวนี้ต่อไป

4.4.2.1. การประยุกต์ใช้เพื่อเป็นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม

ในส่วนแรกของการนำรูปแบบของรอยต่อไม้เถรอดเพลมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างเป็นรายละเอียดขององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม เป็นการนำเอารูปแบบของเถรอดเพลแบบพื้นฐานมาเพื่อทำงานร่วมกันกับรอยต่อเถรอดเพลที่ได้ทำการปรับปรุงลักษณะที่เป็นขอบเขตหรือข้อจำกัดที่ค้นพบในการศึกษา เพื่อพัฒนาสู่การสร้างเป็นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมในหัวข้อพื้นฐานในงานสถาปัตยกรรม โดยแบ่งหัวข้อในการศึกษาออกเป็น ดังต่อไปนี้

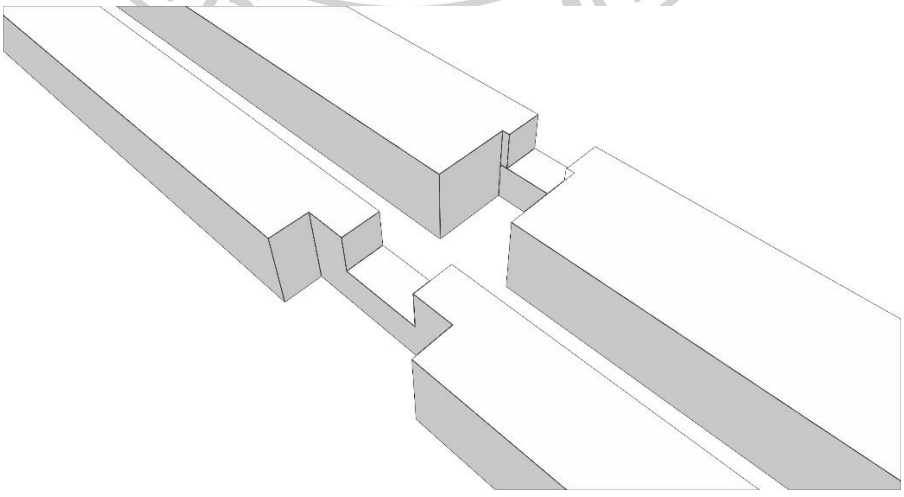
- องค์ประกอบเสา (Post) ในการออกแบบชุดโครงสร้างไม่ว่าจะเป็นองค์ประกอบขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ส่วนของเสา หรือองค์ประกอบที่เป็นส่วนที่รองรับโครงสร้างในทางตั้งนั้น เป็นส่วนที่มักจะต้องเป็นจุดที่ต้องทำการกำหนดหรือออกแบบเป็นส่วนแรก เนื่องจากปกติแล้วในรูปแบบของรอยต่อเถรอดเพลนั้นจะเริ่มจากชิ้นส่วนในแนวตั้งเสมอ อีกทั้งชิ้นส่วนดังกล่าวยังเป็นส่วนที่ช่วยในการกำหนดขอบเขตหรือรูปร่างของงานออกแบบดังที่ได้กล่าวมา โดยลักษณะของรูปแบบของเสาที่ได้ประยุกต์มาจากรอยต่อไม้เถรอดเพลแบบพื้นฐานมีลักษณะดังต่อไปนี้

- แบบพื้นฐาน (หน้าตัดเท่ากัน) ในส่วนขององค์ประกอบเสาแบบพื้นฐานนั้นมีลักษณะที่เหมือนกับรอยต่อเถรอดเพลแบบปกติทุกประการ โดยเพิ่มในส่วนของความสูงของชิ้นที่รองรับโครงสร้างในแนวตั้งให้สามารถรองรับจุดเชื่อมต่อโครงสร้างที่มากกว่า 1 ระดับ โดยมีขนาดของหน้าตัดไม้เท่ากันทุกชิ้น



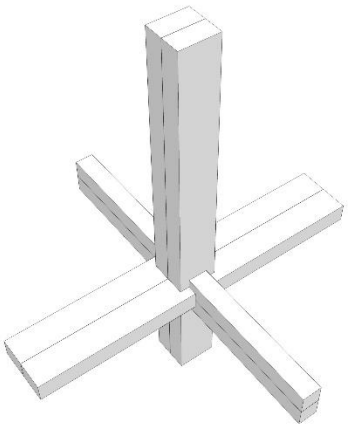
รูปที่ 175: รูปแบบของเสาแบบพื้นฐาน(หน้าตัดเท่ากัน) (ซ้าย) และ แบบปรับขนาดหน้าตัดไม้ชิ้นประกบกัน (ขวา)

- แบบพื้นฐาน (ปรับขนาดหน้าตัดไม้ชิ้นประกบกัน) เนื่องจากลักษณะของเสาแบบพื้นฐาน (หน้าตัดเท่ากันนั้น) ในการใช้งานจริง ผู้วิจัยมีข้อค้นพบบางประการ คือในการทำงานเป็นชุดโครงสร้างที่ทำงานร่วมกันกับการวางพื้นสำหรับใช้งานนั้นมีส่วนพื้นที่รองรับพื้นไม้ดังกล่าวน้อย (ตามขนาดหน้าตัด) จึงทำให้ในบางครั้งส่งผลโดยตรงต่อความมั่นคงแข็งแรงของชิ้นส่วนพื้นดังกล่าว โดยทำการปรับขนาดหน้าตัดไม้ให้มีสัดส่วนที่ยาวขึ้นในรูปแบบของสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางในทิศทางนอน เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการรองรับในเกิดความมั่นคงมากขึ้นดังที่ได้กล่าวไป และในส่วนของชิ้นไม้ที่วางประกบที่ได้ปรับขนาดของหน้าตัดนั้น ก็จำเป็นจะต้องทำการบากในลักษณะที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น (ดูรูป 176) เพื่อให้เกิดความพอดีในการประกอบดังเช่นลักษณะเดิม



รูปที่ 176: การเปรียบเทียบรอยบากไม้แบบพื้นฐาน(ซ้าย) กับแบบที่ปรับขนาดหน้าตัดไม้ชิ้นประกบกัน (ขวา)

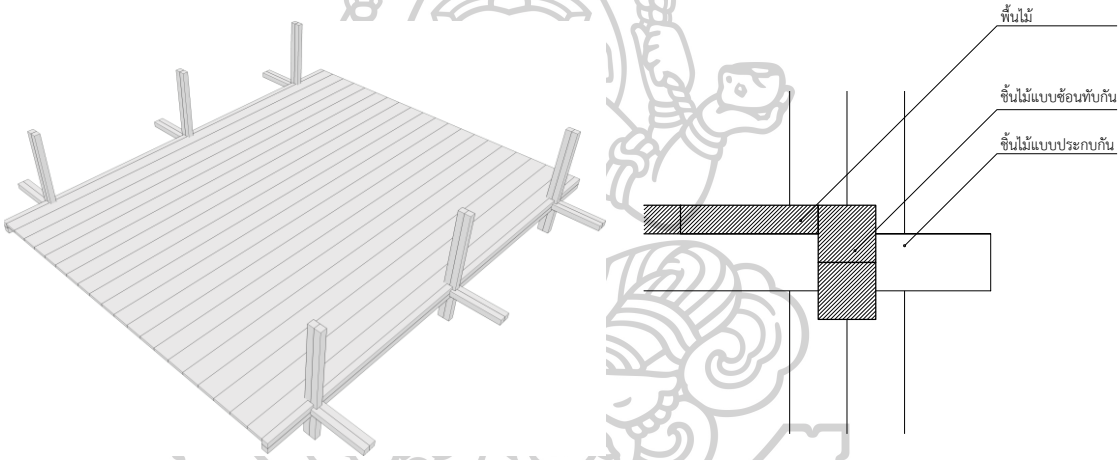
- แบบชิ้นแนวตั้งประกบแบบจัตุรัส ในองค์ประกอบเสาแบบประกบจัตุรัสนั้นใช้ลักษณะของการเรียกตามหน้าตัดขององค์ประกอบชิ้นตั้งที่วางประกบกันโดยมีสัดส่วนที่ปรับให้สามารถวางประกบกันแล้วมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสซึ่งแตกต่างจากลักษณะขององค์ประกอบเดิม ที่เวลานำมาประกอบกันแล้วนั้นจะมีลักษณะที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยข้อจำกัดของลักษณะเดิม (รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า) นั้น ประการที่หนึ่งคือการรับแรงที่ไม่สมดุล เนื่องจากลักษณะของความเป็นสี่เหลี่ยมที่มีด้านที่ยาวไม่เท่ากัน และอีกประการหนึ่งนั้นคือ การที่ในลักษณะเดิมนั้นในแต่ละด้านจะถูกกำหนดตายตัวจากชิ้นไม้ที่นำมาร่วมเป็นโครงสร้าง แต่ในลักษณะของการปรับปรุงองค์ประกอบเสามาให้เป็นในลักษณะของความเป็นจัตุรัส จะสามารถเปลี่ยนแนว หรือ ทิศทางในการบากหรือขัดไม้ได้ทำให้เกิดความหลากหลายในการใช้งานที่มากยิ่งขึ้น แต่ในขณะเดียวกันการบากไม้นั้นก็จะมีความซับซ้อน และมีมุมที่จะต้องทำการบากเพิ่มขึ้นจากในลักษณะเดิม



รูปที่ 177: ลักษณะของเสาแบบปรับชิ้นส่วนแนวตั้งให้เป็นเสาจัตุรัส

- ชุดโครงสร้างพื้น ในองค์ประกอบของชุดโครงสร้างพื้นนั้นในการทดลองออกแบบโดยใช้พื้นฐานในองค์ประกอบเสาแบบพื้นฐาน (หน้าตัดเท่ากัน) ในการออกแบบ โดยในการออกแบบนั้นจะกล่าวถึงลักษณะของโครงสร้างพื้นในลักษณะของชุดโครงสร้างแบบที่เป็นระบบทั้งหมด โดยลักษณะสำคัญของการออกแบบชุดโครงสร้างพื้นนั้น จะมีแนวความคิดหลักที่สัมพันธ์กับลักษณะของการวางพื้นไม้ ซึ่งในการทดลองออกแบบผู้วิจัยได้ทดลองสร้างแนวทางในการใช้พื้นไม้ในแบบต่างๆที่สัมพันธ์กับลักษณะของชุดโครงสร้าง เพื่อให้เกิดความหลากหลายที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ โดยมีรูปแบบของชุดโครงสร้างที่ทำการทดลองออกแบบดังนี้

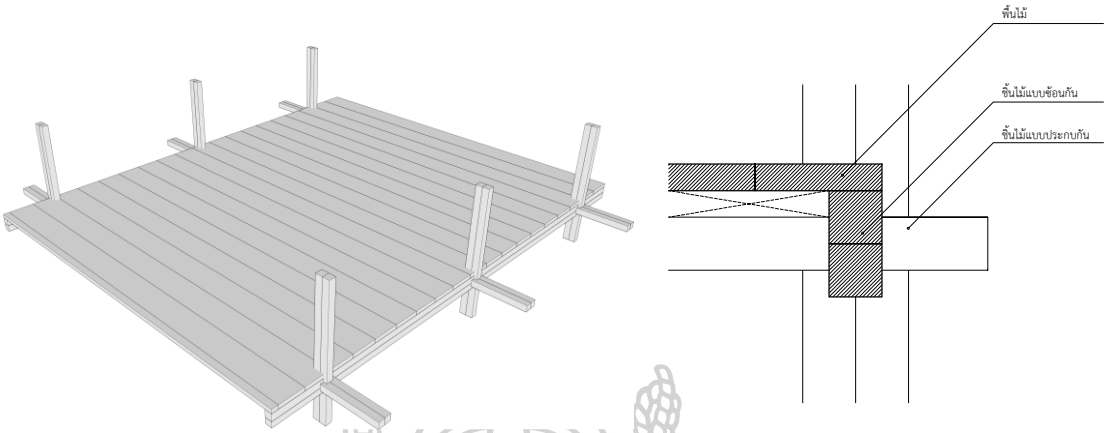
- แบบที่ 1 วางพื้นไม้ด้านบนตัดกันกับชิ้นไม้แบบประกบกัน ในรูปแบบของชุดโครงสร้างในแบบที่ 1 นั้น จะใช้ชิ้นไม้แบบประกบกันเป็นตัวรับน้ำหนักในลักษณะเดียวกันกับคาน ในโครงสร้างพื้นแบบปกติซึ่งส่งผลต่อลักษณะของการวางพื้นไม้ที่จะมีทิศทางที่ตัดกันกับชิ้นไม้แบบประกบในลักษณะกากบาทและจะมีความยาวเท่ากันกับชิ้นไม้แบบวางซ้อนกัน โดยส่วนของพื้นไม้แผ่นที่ติดกับส่วนที่เป็นโครงสร้างชิ้นแนวตั้งนั้น จะต้องทำการบากเข้าไปให้สามารถวางพื้นไม้ได้อย่างพอดี ส่วนพื้นไม้ในชิ้นอื่นๆนั้นก็วางในลักษณะปกติ ซึ่งในการออกแบบนั้นพบว่าระยะของแต่ละหน่วยของชุดแต่ละรอยต่อนั้นไม่ควรห่างกันมากจนเกินไป เนื่องจากส่งผลต่อความมั่นคงของพื้น ที่สามารถแอ่นในลักษณะแบบตกท้องช้างได้ โดยอาจจะเสริมในส่วนของไม้ปิดหัวพื้นเพื่อทำให้เกิดความแข็งแรงในชุดของพื้นไม้ทั้งหมดหากไม่ได้ทำการใช้สลักล๊อคพื้นไม้ในแต่ละอันเข้าด้วยกัน



รูปที่ 178: ตัวอย่างและรูปตัด แสดงการวางพื้นไม้ด้านบนตัดกับชิ้นไม้แบบประกบกัน

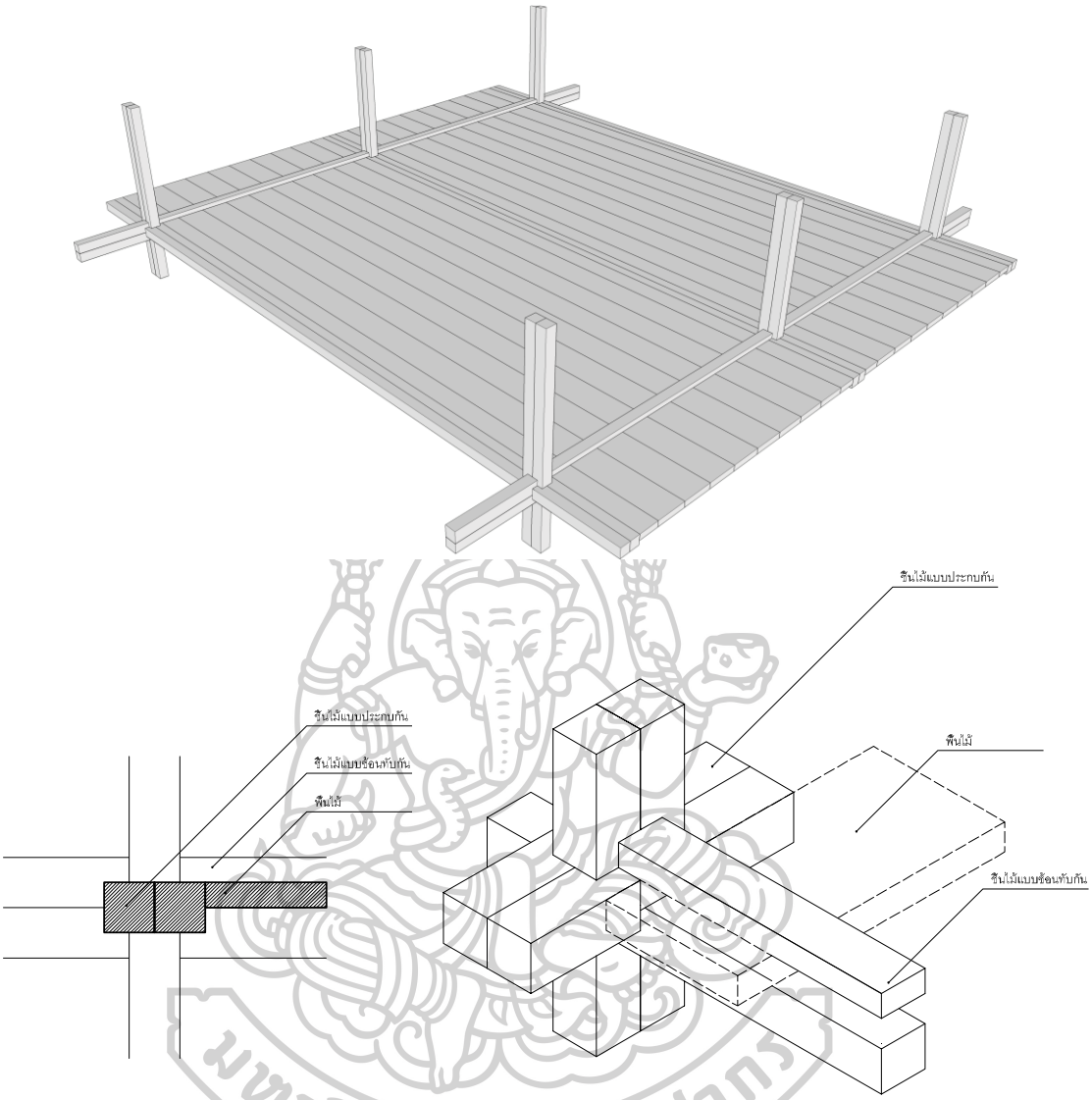
- แบบที่ 2 วางพื้นไม้บนชิ้นไม้แบบซ้อนกัน ลักษณะของชุดโครงสร้างในแบบที่ 2 นี้จะใช้ไม้ชิ้นแบบวางซ้อนกันเป็นตัวรับน้ำหนักในลักษณะเดียวกันกับคานในโครงสร้างแบบโครงสร้างทั่วๆไป ซึ่งกระทำในลักษณะของการวางพาดเพื่อถ่ายน้ำหนักลงโดยตรง โดยพื้นไม้สามารถวางพาดได้แบบปกติแต่มีบางชิ้นที่จำเป็นจะต้องทำการบาก เพื่อให้สามารถวางแผ่นลงไปบนโครงสร้างได้ซึ่งรายละเอียดดังกล่าวจะเกิดขึ้นในบริเวณของเสาที่มาชนกับแผ่นพื้นพอดี ข้อสังเกตอย่างหนึ่งของแบบที่ 2 นี้คือเมื่อวางแผ่นไม้ลงไปบนชิ้นไม้แบบซ้อนกันแล้วจะเกิดช่องว่างระหว่างแผ่นพื้นไม้กับไม้ชิ้นที่วางแบบประกบกันอันเนื่องมาจากความสูงหรือระดับที่มีขนาดไม่เท่ากันของชุดโครงสร้าง ซึ่งทำให้พื้นไม้ที่ทำการยืดออกไปจากโครงสร้างหลัก (ไม้ชิ้นซ้อนกันนั้น) ไม่สามารถกระทำได้มากเพราะไม่มีจุดที่มารองรับปลายของพื้นไม้ อันอาจจะเกิดการกระดกของชิ้นส่วนดังกล่าวได้ในเวลาที่ใช้งาน แต่สามารถออกแบบให้พื้นมีระดับเดียวกันได้ทั้งหมดแบบไม่มีรอยต่อระหว่างโครงสร้าง และข้อควรระวังอีกอย่าง

หนึ่งคือระยะของช่วงพาด หรือระยะของชิ้นไม้แบบซ้อนกันที่ไม่ควรมีระยะห่างจากกันมากเกินไป โดยอาจจะพิจารณาร่วมกันกับขนาดหน้าตัด หรือความหนาของพื้นไม้ที่นำไม่ใช้งาน



รูปที่ 179: ตัวอย่างและรูปตัด แสดงการวางพื้นไม้บนชิ้นไม้แบบซ้อนกัน

- แบบที่ 3 วางพื้นไม้เสียบล๊อคกับชิ้นไม้แบบซ้อนกัน ในรูปแบบของชุดโครงสร้างในแบบที่ 2 นั้น ส่วนที่รับน้ำหนักของพื้นไม้จะเป็นในส่วนของชิ้นไม้ที่ซ้อนกันแต่เป็นไปในลักษณะของการสอดเข้าไปในช่องที่ทำการบากไว้เพื่อรองรับพื้นไม้ในแต่ละแผ่น โดยมีระดับของพื้นที่เท่ากับชิ้นไม้แบบประกบในหน่วยของโครงสร้าง ทำให้พื้นไม้เป็นระดับเดียวกันทั้งหมดในแนวยาวไม่มีรอยต่อ แจ่จะมีขอบที่สูงกว่าระดับที่เกิดจากไม้ชิ้นที่ซ้อนกัน ในทิศทางตรงกันข้ามกับแผ่นพื้นไม้ ซึ่งในชุดโครงสร้างแบบที่ 2 นี้ จะมีความแข็งแรงมั่นคงของแผ่นพื้นไม้มากกว่าชุดโครงสร้างแบบที่ 1 แต่ก็ยังคงต้องระวังระยะห่างระหว่างชุดไม้แบบซ้อนกัน ไม่ให้เกิดระยะที่มากจนเกินไป ซึ่งอาจจะส่งผลต่อความแข็งแรงมั่นคงของพื้นไม้ ในกรณีแอ่นหรือตกท้องช้างได้เช่นเดียวกัน ซึ่งทำให้เกิดข้อจำกัดในการออกแบบมากยิ่งขึ้น เพราะหากเสริมให้ช่วงระหว่างชิ้นไม้แบบซ้อนกันนั้นมีระยะที่น้อยลง หมายถึงความต่อเนื่องของระดับพื้นในทิศทางที่ตัดกับพื้นไม้นั้นจะมากตามขึ้นไปด้วย โดยสามารถใช้สลักล๊อคแผ่นไม้เข้าด้วยกัน หรือ ใช้เป็นในลักษณะของไม้ปิดหัวแผ่นพื้นเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับชุดโครงสร้างพื้นทั้งหมด

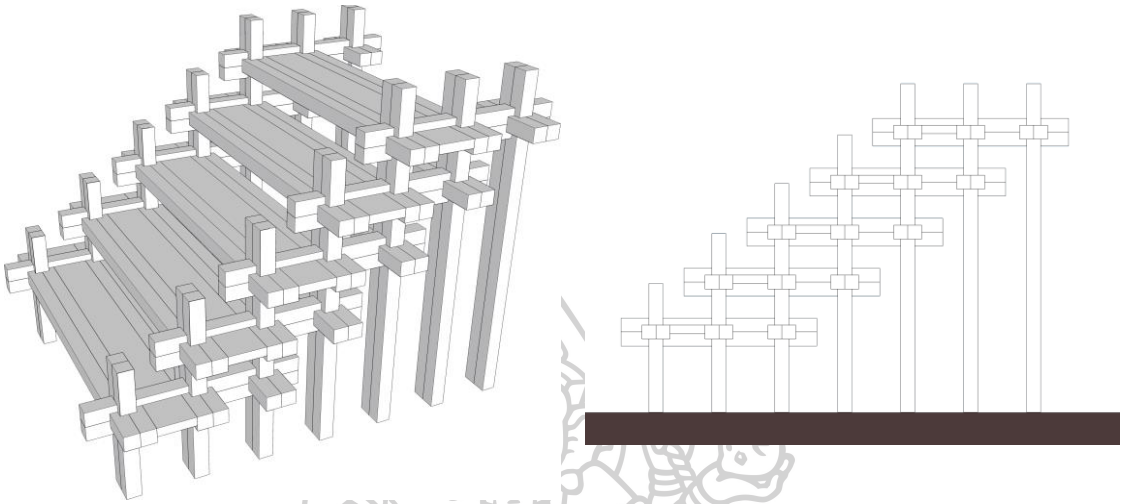


รูปที่ 180: ตัวอย่างและรูปตัด แสดงการวางพื้นไม้เสียบล๊อคกับชิ้นไม้แบบซ้อนกัน

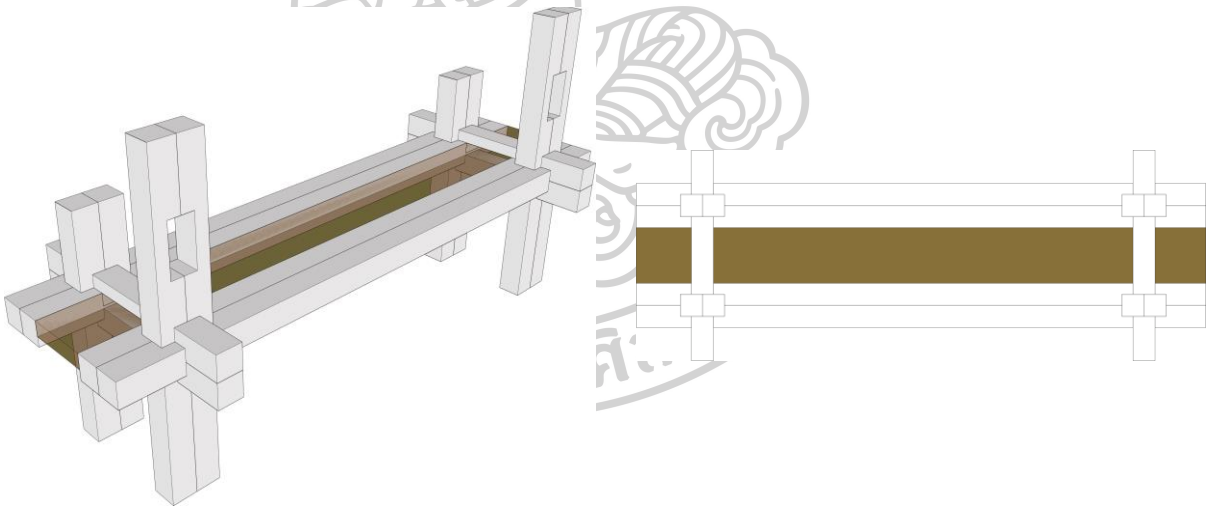
- บันได (stair) ลักษณะของการออกแบบชุดโครงสร้างบันไดในงานวิจัยชิ้นนี้ สามารถอธิบายการประกอบ หรือภาพรวมของทั้งชุดโครงสร้างผ่านองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนของโครงสร้างรับน้ำหนัก (โครงเถรอดเพล) กับอีกส่วนหนึ่งคือ พื้นไม้ที่รองรับการเดิน ซึ่งทั้งสองส่วนนั้นจะกำหนดลักษณะในการออกแบบที่ปรากฏในทางกายภาพ และลักษณะในการทำงานในขั้นตอนของการประกอบและการทำงาน

- บันไดแบบพื้นไม้วางสัมพันธ์กับชิ้นไม้แบบประกบกันรูปแบบที่ 1 ในลักษณะของชุดโครงสร้างบันไดในรูปแบบดังกล่าวเป็นการทำงานของโครงสร้างรับน้ำหนักแบบที่ใช้ชิ้นไม้แบบประกบกัน เป็นส่วนในการรับพื้นไม้ที่ใช้ลักษณะของการวางพื้นไม้เสียบล๊อคกับชิ้นไม้แบบซ้อนกัน ข้อดีของ

ชุดโครงสร้างดังกล่าวนี้ เนื่องจากเป็นการทำงานร่วมกันกับชุดโครงสร้างโดยการเสียบล๊อคกับชิ้นไม้แบบซ้อนกันนั้น ทำให้พื้นไม้ที่ใช้รองรับมีความแข็งแรงมากเนื่องจากมีจุดรองรับที่ชัดเจน โดยสามารถออกแบบให้ตัวพื้นที่รองรับการเดินนั้นมีระดับเดียวกันกับชิ้นไม้โครงสร้างได้



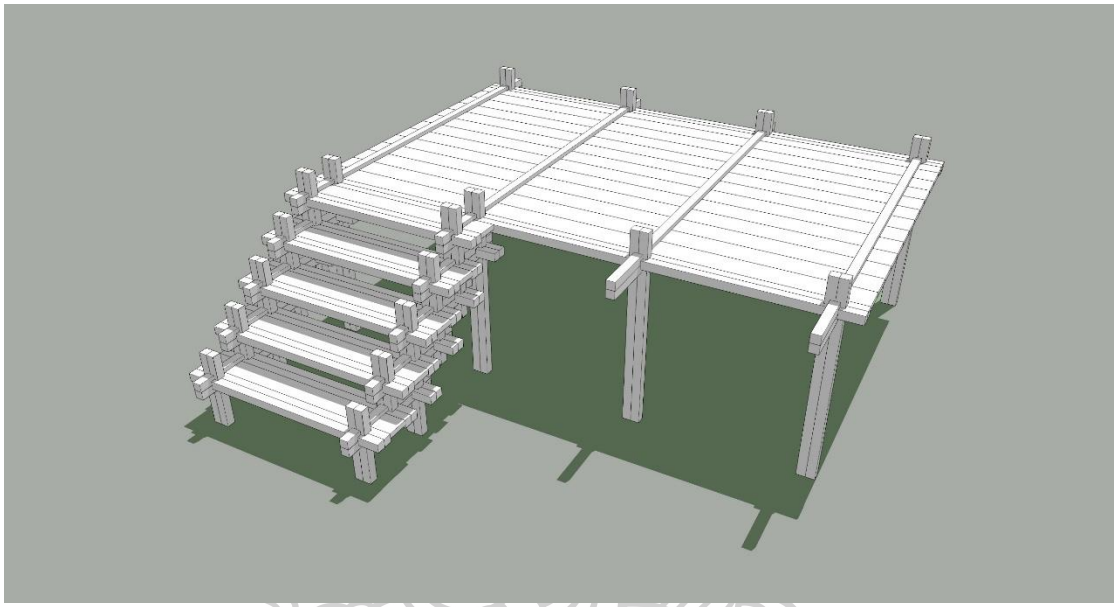
รูปที่ 181: ตัวอย่างบันไดแบบพื้นไม้วางสัมพันธ์กับชิ้นไม้แบบประกบกันรูปแบบที่ 1 และรูปด้านข้าง



รูปที่ 182: ลักษณะของพื้นไม้ที่เสียบล๊อคกับชิ้นไม้แบบซ้อนกัน Isometric (ซ้าย) ผังพื้น (ขวา)

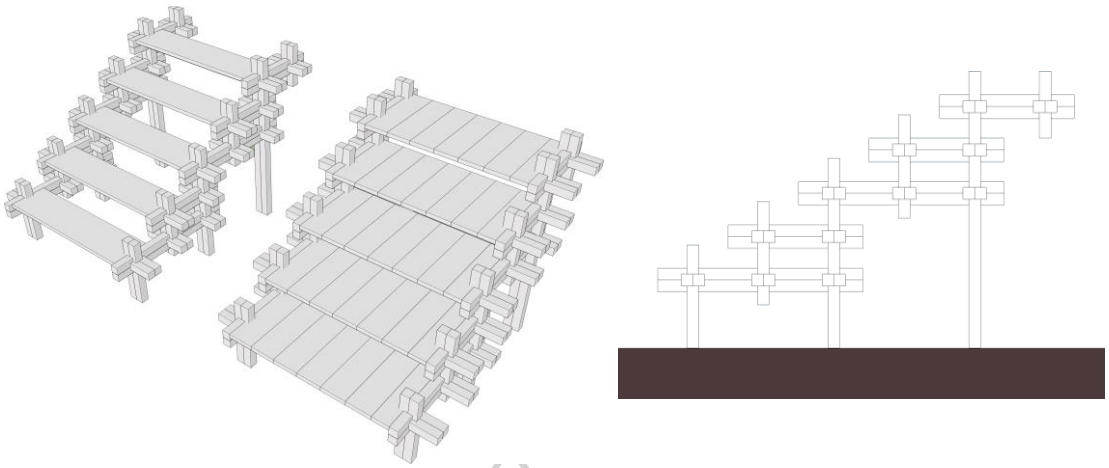
แต่เนื่องจากเป็นการบากชิ้นไม้เพื่อให้ระดับของพื้นนั้นเท่ากันจำเป็นจะต้องใช้ปราณีตและการออกแบบที่สัมพันธ์กับขนาดของพื้นไม้เพื่อให้เกิดความพอดี และในอีกประการหนึ่งนั้นคือความกว้างของพื้นที่ใช้ในการรองรับการเดินนั้น จะมีขนาดใหญ่กว่าปกติเนื่องจากต้องมีการคิดรวมความยาวจากความหนาของพื้นไม้ที่ประกบกันเข้าไปด้วย ซึ่งในจุดดังกล่าวสามารถออกแบบให้พื้นไม้ที่รองรับการเดินนั้นวางชิดกับชิ้นไม้แบบประกบกันเพียงด้านเดียว ในส่วนของการทำงานระหว่างชุด

โครงสร้างบันได กับบริเวณที่เป็นชานพักนั้นการวางพื้นจะมีทิศทางเดียวกันกับการวางพื้นที่รองการก้าวเดิน เนื่องจากถูกกำหนดจากการบากพื้นไม้แบบล๊อคกับโครงสร้างในลักษณะเดียวกัน และในจุดรอยต่อของพื้นชานพักที่มีชิ้นส่วนของชิ้นไม้แบบวางซ้อนกันพาดผ่าน จะไม่สามารถทำให้ระดับของพื้นชานพักทั้งหมดนั้นเป็นระดับเดียวกันได้

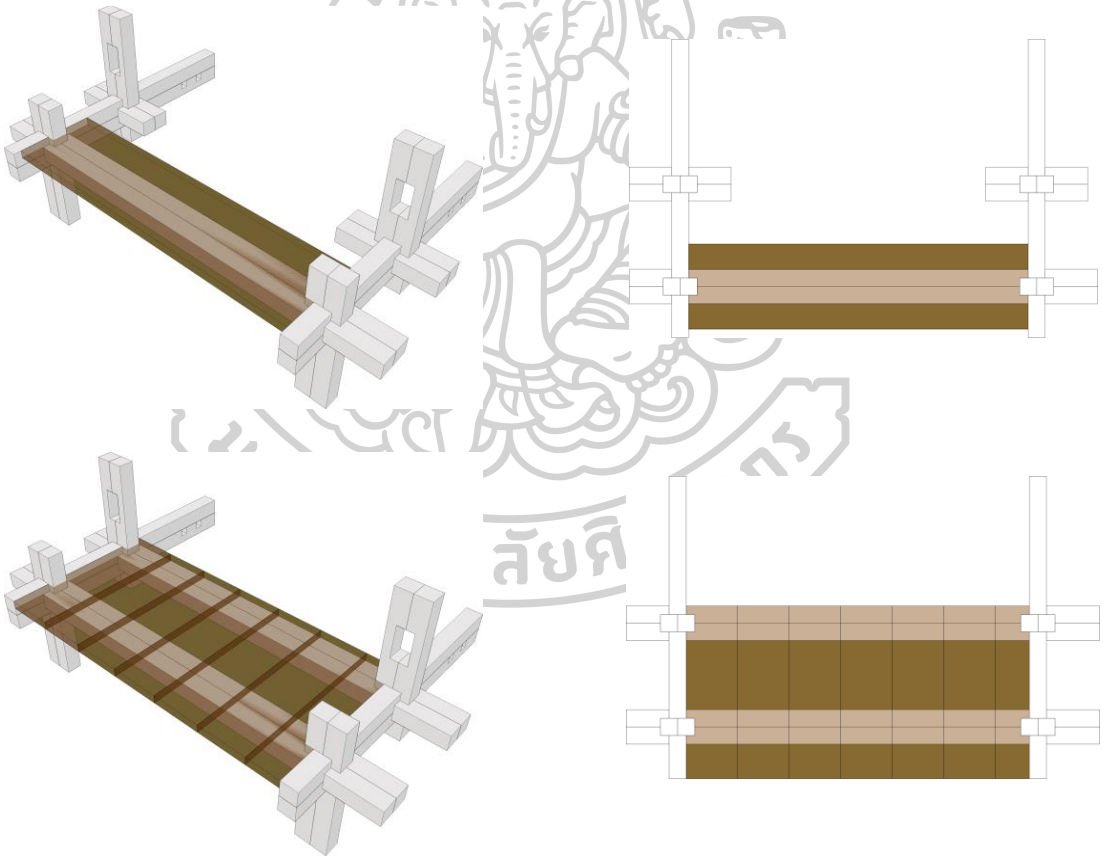


รูปที่ 183: ลักษณะของชุดโครงสร้างบันไดเมื่อต่อกับโครงสร้างพื้น

- บันไดแบบพื้นไม้วางสัมพันธ์กับชิ้นไม้แบบประกบกันรูปแบบที่ 2 ในลักษณะของชุดโครงสร้างบันไดในรูปแบบที่ 2 จะเป็นการทำงานระหว่างชุดโครงสร้างกับการวางพื้นไม้ลงไปบนชุดโครงสร้างแบบประกบกันโดยใช้ไม้ที่ประกบกันนั้นเป็นส่วนรับน้ำหนักและรองรับชิ้นไม้ ในลักษณะของการวางนั้นหากต้องการให้ขนาดความกว้างของพื้นไม้เหมาะสมกับการเป็นลูกนอนนั้น จะใช้การวางในลักษณะที่จะมีบางส่วนของชิ้นยื่นออกไป (Cantilever) และในส่วนของพื้นไม้ทีรองรับการเดินนั้นจะต้องทำการบากให้ สัมพันธ์กับชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เป็นชิ้นในแนวตั้ง(บากกว้างเท่าขนาดหน้าตัดไม้ แต่ลึกประมาณครึ่งหนึ่งของขนาดหน้าตัด) เพื่อให้สามารถวางชิ้นพื้นลงไปได้อย่างพอดี และควรระวังไม่ให้พื้นไม้นั้นมีความกว้างมากจนเกินไปซึ่งอาจจะทำให้เกิดความไม่สมดุลได้



รูปที่ 184: ตัวอย่างบันไดแบบพื้นไม้วางสัมพันธ์กับชิ้นไม้แบบประกบกันรูปแบบที่ 2 และรูปด้านข้าง

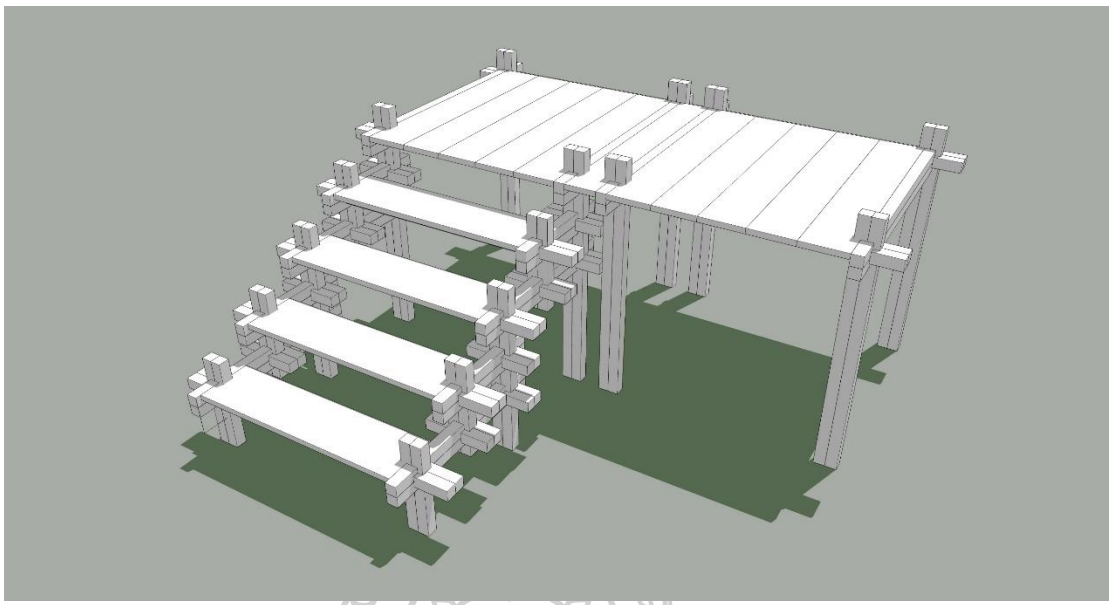


รูปที่ 185: ลักษณะของพื้นไม้ทั้ง 2 ทิศทางที่วางบนชิ้นไม้แบบประกบกันกัน Isometric (ซ้าย) ผังพื้น (ขวา)

เนื่องจากลักษณะของการวางพื้นไม้เป็นการวางพื้นลงบนโครงสร้างโดยตรง ในการออกแบบจะต้องมีการคิดรวมความสูงในส่วนดังกล่าวไปด้วยเพื่อให้เกิดสัดส่วนของความสูงที่สัมพันธ์กับการก้าวเดินนั้นจะเกิดความพอดี โดยผู้ออกแบบสามารถเปลี่ยนแนวหรือทิศทางของการวางพื้นไม้เป็นแนวตั้งฉากกับชิ้นไม้แบบประกบได้ แต่จะต้องทำการเพิ่มจุดรับในส่วนของปลายไม้ที่ยื่นออกไปซึ่งในส่วนของจุดรองรับดังกล่าวสามารถออกแบบจากชิ้นส่วนของโครงสร้างตั้งแต่เริ่มต้น แต่ควรออกแบบรอยต่อระหว่างพื้นไม้เนื่องจากไม่มีส่วนใดทีทำหน้าที่ยึดพื้นไม้เข้าด้วยกันเหมือนในลักษณะแรก โดยชิ้นที่อยู่บริเวณริมนั้นจะต้องทำการบากในลักษณะเดียวกันกับพื้นไม้แบบวางทิศทางเดียวกันกับชิ้นไม้แบบประกบได้ ซึ่งในส่วนของการทำงานนั้นอาจจะประกอบชุดที่เป็นโครงสร้างให้สำเร็จก่อนแล้วจึงนำเอาในส่วนพื้นมาใส่ได้ในภายหลัง

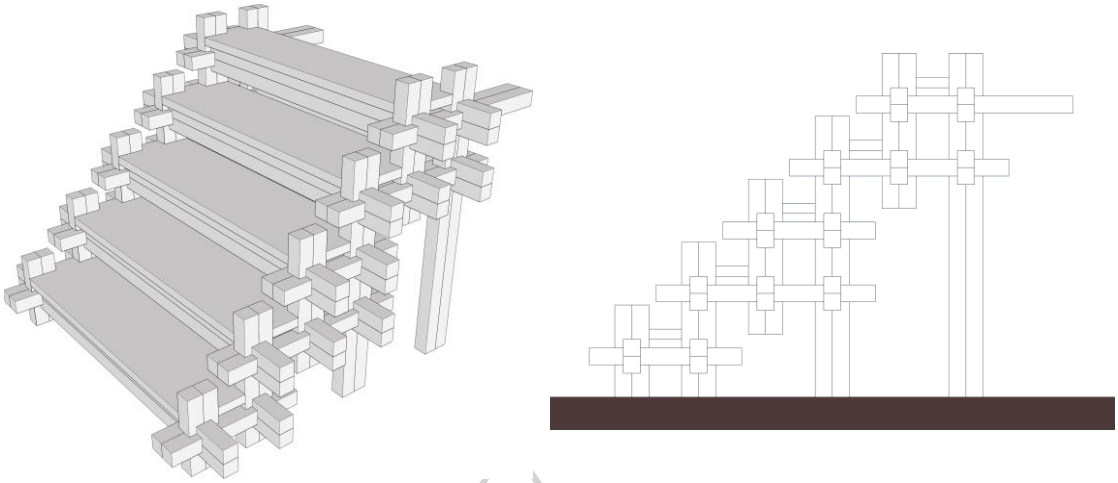
ในส่วนของบริเวณชานพักที่ต่อกับส่วนของบันไดนั้น การวางพื้นไม้บริเวณชานควรจะต้องทำในทิศทางที่ตัดกันกับชิ้นไม้แบบประกบกัน ด้วยเหตุผลมากจากที่หากวางในลักษณะเดียวกับพื้นบันไดแล้วจะต้องสร้างจุดรองรับอย่างน้อยที่สุดตามจำนวนของแผ่นชิ้นไม้ ซึ่งในแง่ของการออกแบบและการทำงานนั้นพบว่าไม่เหมาะสมและสิ้นเปลืองมาก แต่หากกระทำการวางแผ่นชิ้นไม้ในทิศทางตัดกันดังที่ได้กล่าวไปนั้นสามารถวางทันที โดยใช้จุดรองรับจากชุดโครงสร้างที่มีอยู่โดยไม่ต้องทำการเพิ่มเติมโครงสร้างแต่อย่างไร โดยสามารถออกแบบให้พื้นทั้งหมดนั้นมีระดับเดียวกันได้ โดยแผ่นชิ้นไม้ที่วางรองรับนั้นในส่วนของชิ้นที่ติดหรือชิดโครงสร้างจะต้องทำการบากเพื่อให้สามารถวางชิ้นไม้ได้ โดยควรทำการออกแบบรอยต่อของแต่ละชิ้นพื้นไม้เนื่องจากไม่มีส่วนใดช่วยยึดให้พื้นไม้ทั้งหมดนั้นอยู่ด้วยกัน โดยเป็นเพียงการวางบนโครงสร้างเพียงเท่านั้น

มหาวิทยาลัยศิลปากร

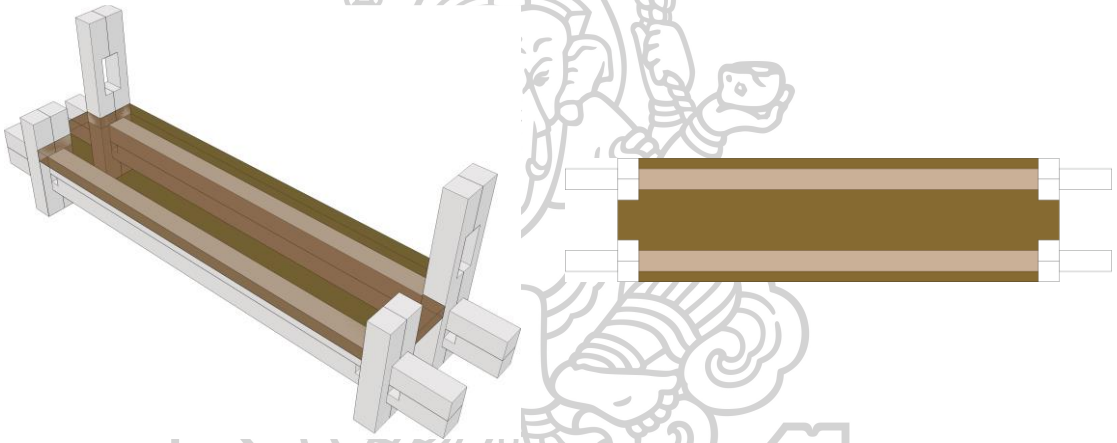


รูปที่ 186: ลักษณะของชุดโครงสร้างบันไดเมื่อต่อกับโครงสร้างพื้น

- บันไดแบบพื้นไม้วางสัมพันธ์กับชิ้นไม้แบบซ้อนกัน ลักษณะของโครงสร้างชุดดังกล่าวนี้ใช้การวางพื้นไม้ลงไปบนส่วนของชิ้นไม้ที่วางซ้อนกัน ซึ่งคล้ายกับลักษณะของ พื้นบันไดแบบวางชิ้นไม้ประกบกันในรูปแบบที่ 2 โดยมีส่วนของชิ้นไม้แบบซ้อนกันรับน้ำหนักบริเวณปลายไม้ทั้งสองด้าน ซึ่งในส่วนนี้จะทำให้มีความแข็งแรงมากในการรองรับการเดิน และพื้นไม้ที่รองรับการเดินนั้นจำเป็นจะต้องทำการบากให้สัมพันธ์กับชิ้นส่วนโครงสร้างที่เป็นชิ้นแนวตั้งเพื่อให้สามารถวางพื้นลงไปได้พอดี ซึ่งในวิธีการดังที่ได้กล่าวมาก็หมายถึงการที่จะต้องทำการออกแบบโครงสร้างในส่วนของชิ้นไม้แบบซ้อนกันเท่ากันกับ 2 ชิ้นต่อแผ่นไม้ 1 แผ่น ด้วยเนื่องจากความสัมพันธ์ของขนาดหน้าตัดของชิ้นไม้แบบซ้อนกัน กับความกว้างของพื้นที่รองรับการเดินนั้นมีขนาดที่แตกต่างกันมาก จึงไม่สามารถใช้การวางแบบยื่น (Cantilever) ได้เพราะจะทำให้เกิดความไม่มั่นคงในการเดินซึ่งแผ่นไม้มีโอกาสที่จะพลิกได้

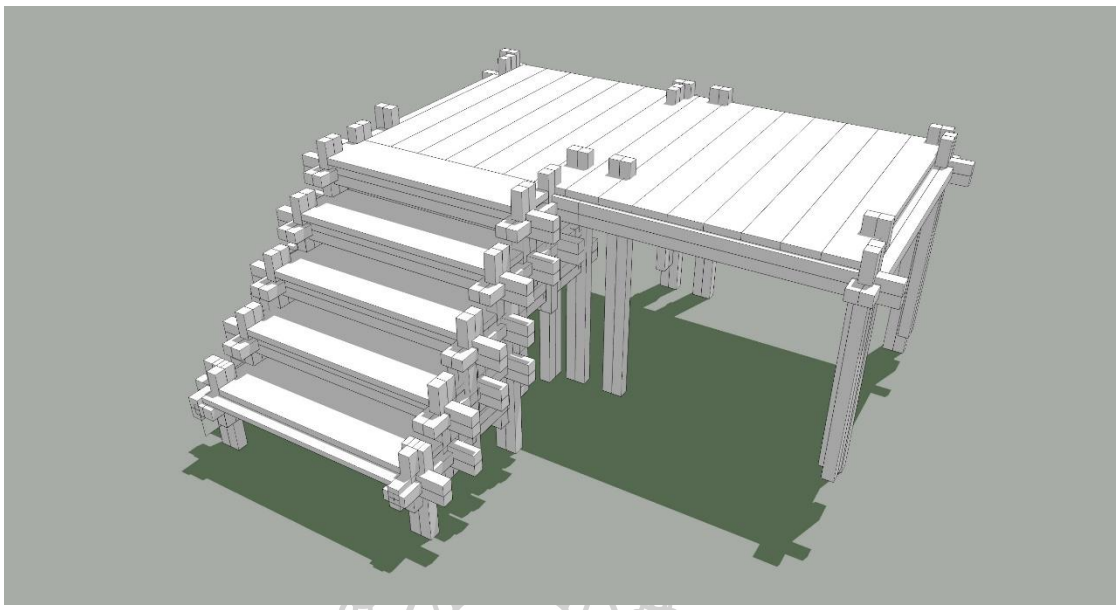


รูปที่ 187: ตัวอย่างบันไดแบบพื้นไม้วางสัมพันธ์กับชิ้นไม้แบบซ้อนกัน และรูปด้านข้าง



รูปที่ 188: ลักษณะของพื้นไม้ที่วางบนชิ้นไม้ซ้อนกัน Isometric (ซ้าย) ผังพื้น (ขวา)

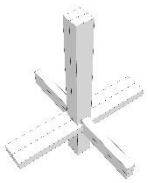
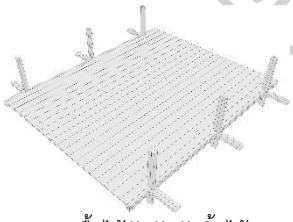
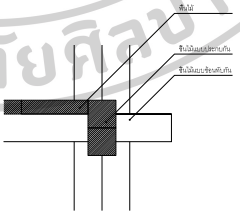
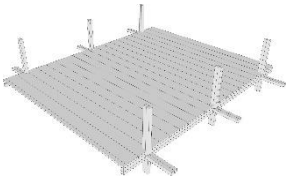
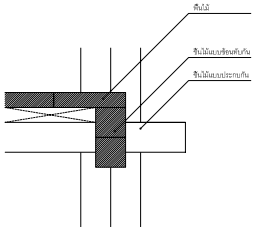
ตรงส่วนของบริเวณชานพักนั้น เนื่องจากชุดพื้นชานพักนั้นใช้ส่วนของโครงสร้างที่เป็นชิ้นไม้แบบวางซ้อนกันเป็นที่รับหรือวางชิ้นไม้ลงไป การวางพื้นไปในทิศทางเดียวกันกับพื้นลูกนอนของบันไดนั้นจำเป็นจะต้องเพิ่มจุดรับหรือส่วนที่เป็นชิ้นไม้แบบซ้อนกันเข้าไปช่วยรับน้ำหนักพื้น ส่งผลให้เกิดความซับซ้อนและยุ่งยากมากกว่าเดิม ผู้ออกแบบจึงควรออกแบบให้ใช้การวางพื้นไม้ในทิศทางที่ตัดกัน โดยให้ชิ้นส่วนไม้แบบซ้อนกันนั้นรับบริเวณหัวและท้ายของชิ้นไม้พื้นชาน ซึ่งจะทำให้ประหยัดจำนวนชิ้นไม้ที่จะต้องนำมารับน้ำหนัก และง่ายต่อการทำงานในขั้นตอนอื่นต่อไป โดยที่พื้นชาน และพื้นบันไดนั้นสามารถออกแบบให้มีระดับเดียวกันได้อย่างต่อเนื่อง โดยอาจจะมีการออกแบบในส่วนของรอยต่อระหว่างพื้นไม้เพื่อช่วยยึดให้มีความแข็งแรงที่มากยิ่งขึ้น

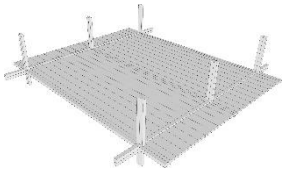
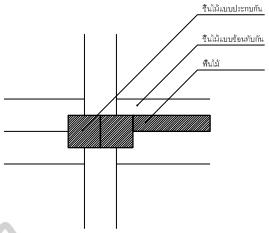


รูปที่ 189: ลักษณะของชุดโครงสร้างบันไดเมื่อต่อกับโครงสร้างพื้น

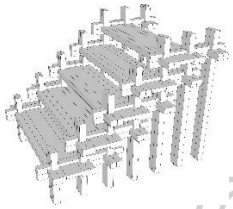
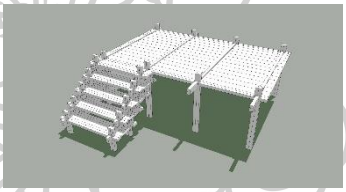
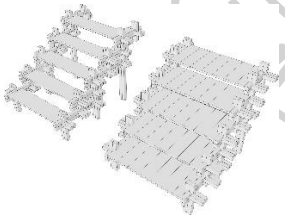
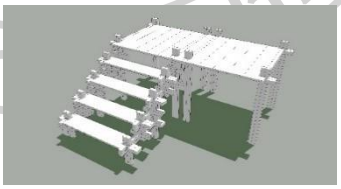
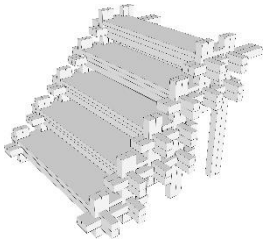
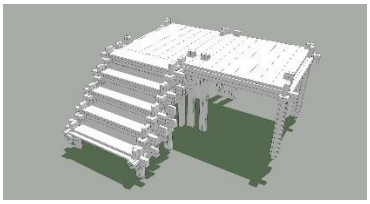
การทดลองออกแบบเพื่อการประยุกต์ในการสร้างองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมในส่วนของ เสา พื้น และบันไดนั้น ทั้งสามส่วนดังกล่าวเป็นส่วนที่จำเป็นจะต้องทำงานร่วมกัน ทั้งในส่วนของกระบวนการความคิด และความต่อเนื่องของการประกอบต่างๆ ซึ่งจะต้องถูกคิดให้สามารถทำงานร่วมกันได้ โดยแต่ละองค์ประกอบที่ถูกออกแบบนั้นก็จะมีลักษณะที่แตกต่างกันไปตามการใช้งาน หรือความต้องการเบื้องต้นในการออกแบบ และในองค์ประกอบพื้น และบันไดนั้นทั้งสองส่วนเกิดขึ้นหรือทำงานในลักษณะเดียวกัน คือรองรับการเดินหรือการเกิดกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นในบริเวณดังกล่าว ในการออกแบบทั้งสององค์ประกอบนี้ก็จะถูกกำหนดทั้งทิศทางของของแผ่นไม้พื้นว่าจะวางตัวในทิศทางใด และในส่วนของการออกแบบโครงสร้างนั้นจะทำการดัดแปลงในส่วนของโครงสร้างไว้ก่อน หรือจะเลือกการที่จะไม่ปรับ หรือ ดัดแปลงส่วนของโครงสร้าง (รอยต่อเฉรอดเพล) แต่ไปกระทำต่อแผ่นพื้นไม้ให้สามารถประกอบเข้ากันกับโครงสร้างดังกล่าวได้

ตารางที่ 7: ลักษณะของชุดโครงสร้างเสา พื้น

รูปแบบขององค์ประกอบ	หมวดหมู่	แบบขยาย	ข้อสังเกตุ
แบบพื้นฐาน	เสา		เป็นแบบเริ่มต้นที่เกิดมาจากต้นแบบเถรอดเพลโดยตรง
แบบพื้นฐาน(ปรับหน้าตัดชิ้นไม้แบบประกบกัน)	เสา		ปรับขนาดหน้าตัดของไม้ชิ้นที่ประกบกันให้ใหญ่ขึ้นเพื่อช่วยในการรองรับน้ำหนัก
 แบบชิ้นแนวตั้งประกบแบบจัตุรัส	เสา		ทำให้หน้าตัดของชิ้นไม้แนวตั้งนั้นรวมกันแล้วมีลักษณะเป็นจัตุรัสเพื่อความหลากหลายในการเลือกใช้งาน
 แบบวางพื้นไม้ตัดกันกับชิ้นไม้แบบประกบกัน	พื้น		สามารถวางพื้นลงไปบนโครงสร้างได้หลังจากประกอบเสร็จแล้วโดยทำการบากพื้นที่ตรงกับบริเวณเสา
 แบบวางพื้นไม้บนชิ้นไม้แบบซ้อน	พื้น		จะทำการวางลงไปที่ชิ้นโครงสร้างแบบซ้อนกันใช้การบากชิ้นไม้ที่ตรงกับบริเวณเสา และจะมีช่องว่างที่เกิดบริเวณใต้พื้นไม้

กัน			
 แบบวางพื้นไม้เสียบล๊อคกับชิ้นไม้แบบซ้อนกัน	พื้น		ต้องทำการออกแบบให้เสร็จก่อนที่จะประกอบเนื่องจากต้องทำการเจาะช่องสำหรับเสียบพื้นไม้เข้าไป

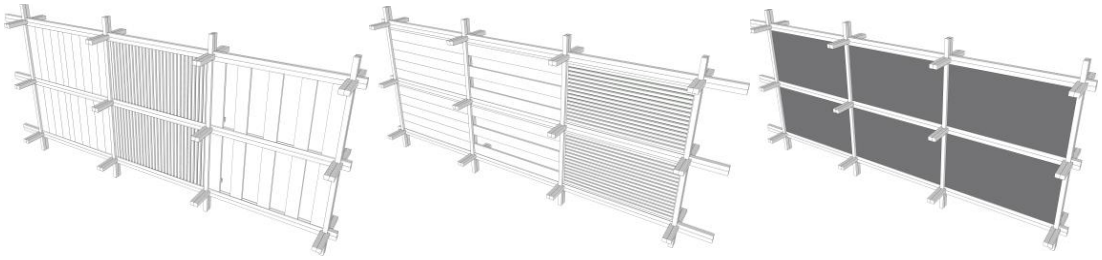
ตารางที่ 8: ลักษณะของชุดโครงสร้างบันได

รูปแบบขององค์ประกอบ	หมวดหมู่	แบบขยาย / ตัวอย่าง	ข้อสังเกตุ
 แบบพื้นไม้วางสัมพันธ์กับชิ้นไม้แบบประกบกัน (เสียบล๊อค)	บันได		ต้องออกแบบและกำหนดลำดับในการประกอบให้ถูกต้องตั้งแต่เริ่มออกแบบ เนื่องจากต้องทำการเจาะช่องเพื่อเสียบชิ้นไม้เข้าไปโดยพื้นไม้นั้นจะมีทิศทางเดียวกันกับชิ้นไม้แบบประกบกัน
 แบบพื้นไม้วางสัมพันธ์กับชิ้นไม้แบบประกบกัน 2	บันได		สามารถออกแบบทิศทางของพื้นไม้ได้ทั้งสองทาง แต่หากต้องการให้ทิศทางตัดกันกับชิ้นไม้แบบประกบกันจะต้องมีโครงสร้างมารองรับเพิ่มส่วนถ้าไปทิศทางเดียวกันกับชิ้นไม้แบบประกบกัน ต้องระมัดระวังเรื่องการยื่นออกไปจากโครงสร้าง
	บันได		ในการออกแบบในพื้นไม้หนึ่งชิ้นต้องมีจุดรับที่เป็นชิ้นไม้แบบซ้อนกันทั้งสองด้านเนื่องขนาดหน้าตัดของไม้แบบซ้อนกันน้อยจึงไม่สามารถใช้การวางกึ่งกลางให้ยื่นออกไปได้

แบบพื้นไม้วางสัมพันธ์กับชิ้นไม้แบบซ้อนกัน			โดยในแต่ละพื้นไม้นั้นจะต้องทำการบากให้สัมพันธ์กับโครงสร้าง และเมื่อทำงานร่วมกับพื้นจะต้องทำการเปลี่ยนแนวการวางพื้นเพื่อประหยัดและง่ายต่อการทำงาน

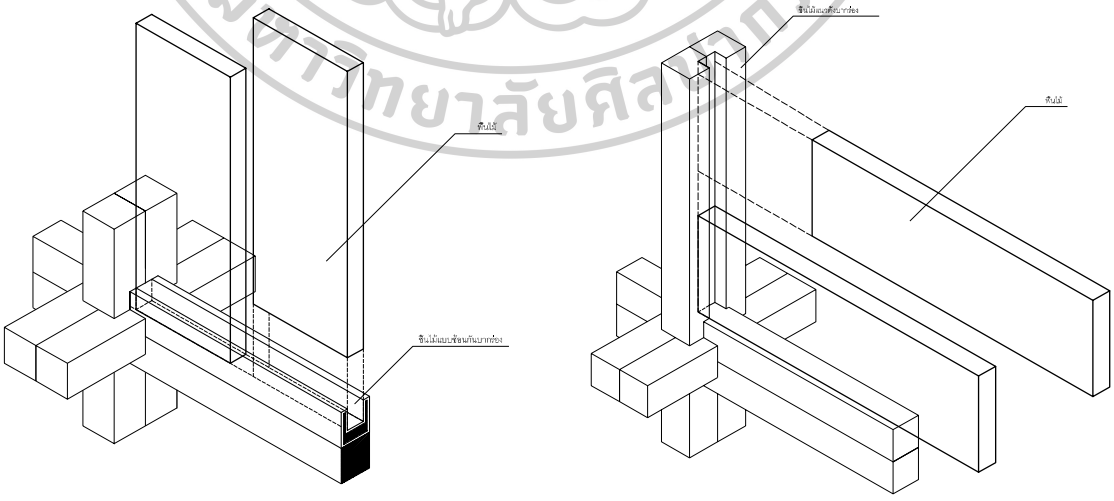
- ผนัง (wall and partition) ผนังหรือส่วนกั้นในงานออกแบบงานสถาปัตยกรรมนั้นถือว่าเป็นส่วนที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากการที่ทำลักษณะให้เกิดการปกปิดหรือปกป้องให้เกิดความเป็นส่วนตัว หรือการป้องกันตนเองจากสภาพแวดล้อมแล้วนั้น ผนังยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการสร้างหรือกำหนดขอบเขตของพื้นที่ในงานออกแบบให้เกิดความชัดเจน โดยในการออกแบบองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมในส่วนของผนังที่ประยุกต์มาจากภูมิปัญญาในการก่อสร้างเถรอดเพลนั้น วิธีการในการออกแบบนั้นจะพิจารณาจากการทำงานกับชุดโครงสร้างเถรอดเพลร่วมกันกับส่วนที่เป็นวัสดุปิด (Finishing) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดวิธีการและรูปแบบในการเลือกใช้องค์ประกอบที่ทดลองออกมาดังนี้

- ผนังแบบใช้ร่องบากในชุดโครงสร้าง ลักษณะของผนังแบบใช้ร่องบากในโครงสร้างคือการออกแบบชุดโครงสร้างเถรอดเพลให้สามารถรองรับชิ้นส่วนของวัสดุปิด โดยใช้วิธีการบากร่องให้มีขนาดที่พอดีกับความหนาของวัสดุปิด ไม่ว่าจะเป็นชิ้นไม้แบบหลายๆแผ่นมาประกอบกัน หรือ แบบแผ่นใหญ่ชิ้นเดียว ซึ่งในส่วนของการใช้วัสดุชิ้นใหญ่แผ่นเดียวนั้นผู้ออกแบบสามารถเลือกการบากในทิศทางใดก็สามารถกระทำได้ไม่ว่าจะเป็นการบากในบริเวณของชิ้นแนวตั้งทั้งด้านที่ประกบกัน หรือด้านที่ซ้อนกัน หรือบริเวณแนวนอนที่วางบนชิ้นไม้แบบประกบกัน หรือชิ้นไม้แบบซ้อนกัน โดยสามารถกระทำการบากทั้งสองส่วนได้เช่นกันเพื่อความแข็งแรง แต่ในส่วนของการออกแบบการบากร่องในส่วนที่เป็นชิ้นไม้หลายๆแผ่นมาประกอบกันนั้นจะต้องมีการออกแบบให้สัมพันธ์กับทิศทางของการวางของชิ้นแผ่นไม้



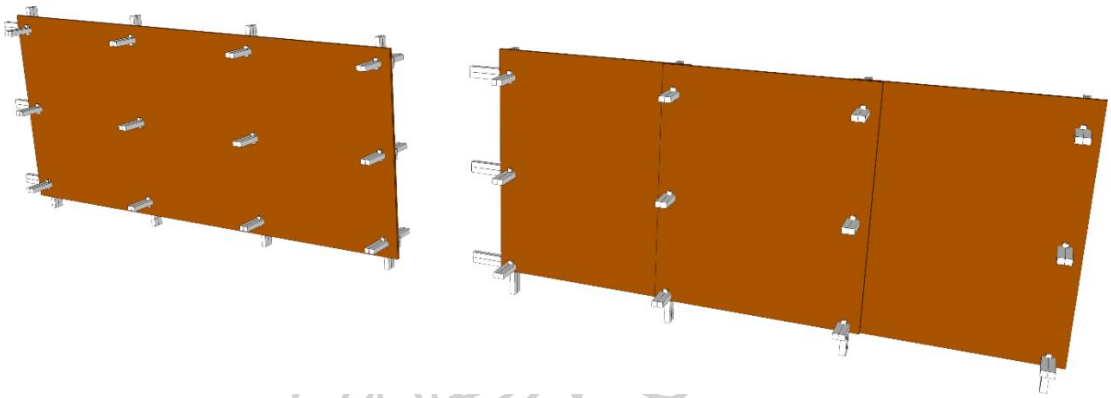
รูปที่ 190: ลักษณะของผนังแบบใช้การบากร่องในชุดโครงสร้าง แบบบากชิ้นไม้ซ้อนกัน (ซ้าย) แบบบากชิ้นแนวตั้ง(กลาง) แบบทำงานร่วมกันกับวัสดุเป็นแผ่น (ขวา)

โดยหากเป็นชิ้นไม้ที่วางตัวในแนวนอนที่สัมพันธ์กับชิ้นไม้แบบประกบกัน หรือซ้อนกันนั้น ต้องทำการบากที่ชิ้นแนวตั้งตลอดแนวการวางผนัง และหากชิ้นไม้มีทิศทางในแนวตั้งก็จะต้องทำการบากชิ้นไม้แบบประกบกัน หรือซ้อนกัน โดยการบากนั้นหากเป็นชิ้นไม้แบบประกบกันก็จะใช้การบากร่องตรงบริเวณศูนย์กลางของการประกบกันออกไปเท่าๆกัน แต่หากเป็นชิ้นไม้แบบซ้อนกันก็จะทำการบากลงไปที่ชิ้นส่วนดังกล่าวโดยตรง ซึ่งจากการทดลองพบว่าในการบากร่องนั้นหากสามารถกำหนดทิศทางได้อย่างอิสระ ผู้ออกแบบควรจะเลือกบากในชิ้นส่วนที่เป็นส่วนของการประกบกันทั้งแนวตั้งและแนวนอน เพื่อไม่ให้การบากร่องนั้นทำให้ไม้เกิดความบางมากจนเกินไปซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดการหัก หรือ หลุดของโครงสร้างบริเวณที่บากได้ โดยอาจจะใช้วิธีการเพิ่มขนาดหน้าตัดเพื่อให้เกิดพื้นที่รองรับในการบากให้ได้มากยิ่งขึ้น หรือใช้วัสดุแผ่นใหญ่ชิ้นเดียวเพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าวได้



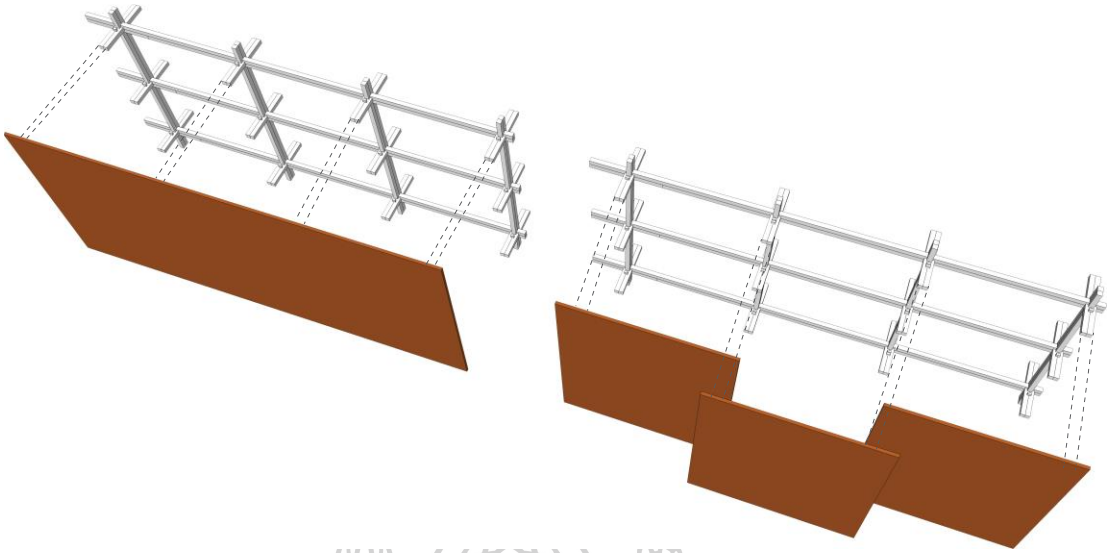
รูปที่ 191: แบบขยายลักษณะของการวางแผ่นไม้บนร่องบนชิ้นไม้โครงสร้าง

- ผนังแบบใช้วัสดุใช้ปิด ลักษณะของผนังแบบใช้วัสดุปิดนั้น คือการออกแบบในส่วนของวัสดุที่ปิดให้สามารถทำงานร่วมกันกับชุดโครงสร้างเถรอดเพล โดยไม่ทำการปรับหรือเปลี่ยนโครงสร้าง โดยในการทดลองออกแบบผนังในลักษณะดังกล่าว ผู้วิจัยได้แบ่งลักษณะของโครงสร้างดังกล่าวออกเป็น 2 ประเภท คือ การใช้วัสดุปิดวางลงบนโครงสร้าง และ การใช้วัสดุปิดในการเจาะหรือบากช่องเพื่อใส่กับชุดโครงสร้าง



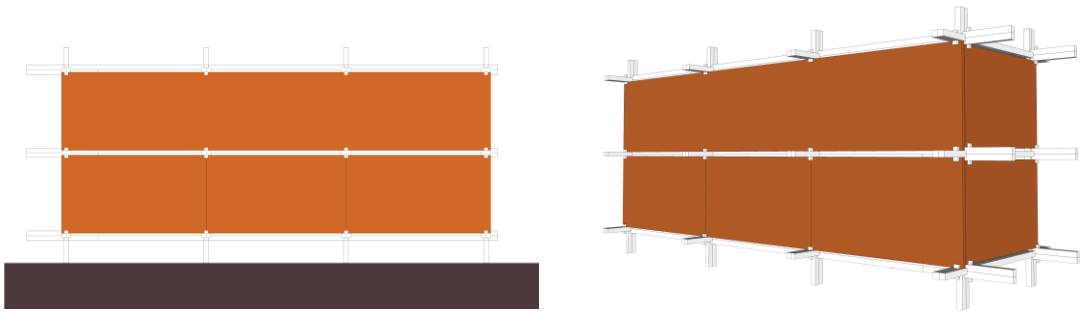
รูปที่ 192: ผนังแบบใช้วัสดุปิดวางลงบนโครงสร้าง (ซ้าย) ผนังแบบใช้วัสดุปิดเจาะหรือบากใส่กับชุดโครงสร้าง (ขวา)

โดยแนวคิดของผนังในรูปแบบดังกล่าวคือการเริ่มต้นจากการออกแบบผนังโดยให้กระบวนการของการทำงานของโครงสร้างนั้นสามารถกระทำได้เสร็จสิ้นก่อนแล้วยังสามารถใส่วัสดุปิดเข้าไปในภายหลัง โดยไม่จำเป็นต้องดัดแปลงโครงสร้างแต่อย่างไร (อาจเพียงทำการเจาะเดือยเพื่อล๊อควัสดุปิดให้แข็งแรง) โดยสามารถมองแยกส่วนกันได้อย่างชัดเจนระหว่างโครงสร้างและวัสดุปิด

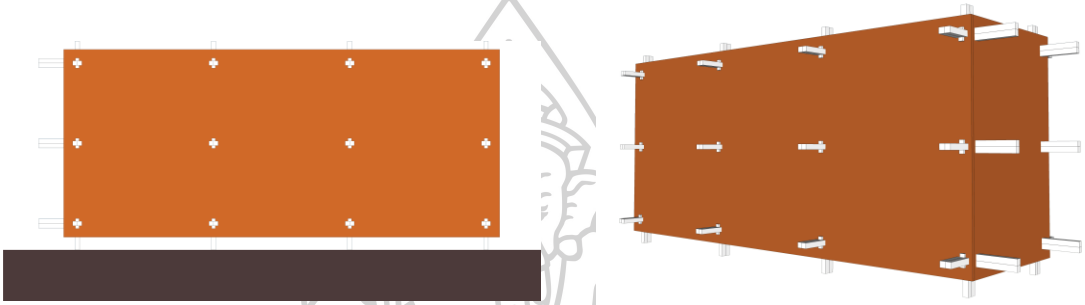


รูปที่ 193: ลักษณะของผนังที่แยกส่วนระหว่างชุดโครงสร้างกับวัสดุปิดที่ทำงานร่วมกันด้วยรอยบาก

การใช้วัสดุปิดในลักษณะของการวางลงบนโครงสร้างนั้น มีวิธีการในการออกแบบโดยทำการตัดวัสดุให้พอดีที่จะสามารถวางลงไปบนส่วนชุดโครงสร้างที่ยื่นออกมาทั้งชิ้นไม้แบบประกบกันและชิ้นไม้แบบซ้อนกันในผนังภายนอก และสามารถวางได้ทั้งชิ้นไม้แบบประกบกันและซ้อนกันได้ในผนังภายใน โดยทั้งผนังภายในและภายนอกนั้นสามารถเลือกใช้วัสดุปิดแบบเป็นแผ่นเดียวกันโดยวางตามแนวของชิ้นส่วนโครงสร้างที่อยู่ในระดับเดียวกัน หรือสามารถใช้วัสดุปิดที่เป็นชิ้นเล็กๆแยกกันโดยใช้การวางแบบแบ่งครึ่งให้อยู่ตรงตำแหน่งกึ่งกลางของชุดโครงสร้างในแต่ละชิ้น โดยหากต้องการให้การยึดระหว่างวัสดุปิดนั้นมีความแข็งแรงที่มากขึ้นอาจจะทำการสร้างรอยบากแบบบังใบ หรือเข้าลิ้นเพื่อให้เกิดความแข็งแรงที่มากยิ่งขึ้น แต่ข้อจำกัดอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นหากใช้ลักษณะของการใช้วัสดุปิดลงบนโครงสร้าง คือการที่จะเกิดช่องว่างระหว่างแผ่นวัสดุปิดที่บริเวณชิ้นส่วนโครงสร้าง โดยเฉพาะการวางบนชิ้นไม้แบบซ้อนกันจะมีช่องว่างที่มากกว่าชิ้นไม้แบบประกบกัน



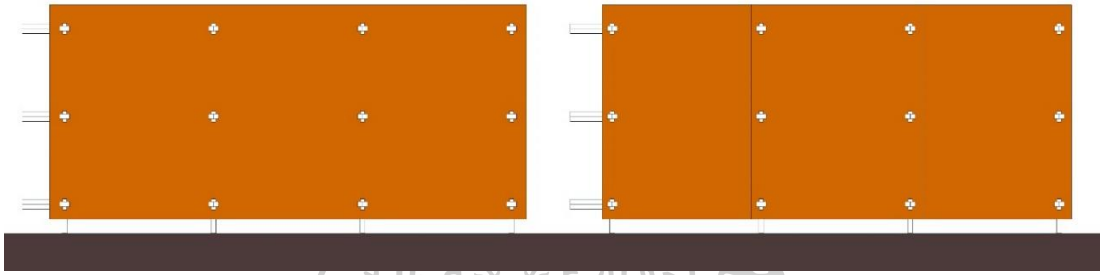
รูปที่ 194: ลักษณะของผนังที่ใช้วัสดุปิดวางลงบนโครงสร้างรูปด้านหน้า (ซ้าย) รูปสามมิติ (ขวา)



รูปที่ 195: ลักษณะของผนังที่ใช้วัสดุปิดเจาะหรือบากใส่โครงสร้าง รูปด้านหน้า (ซ้าย) รูปสามมิติ (ขวา)

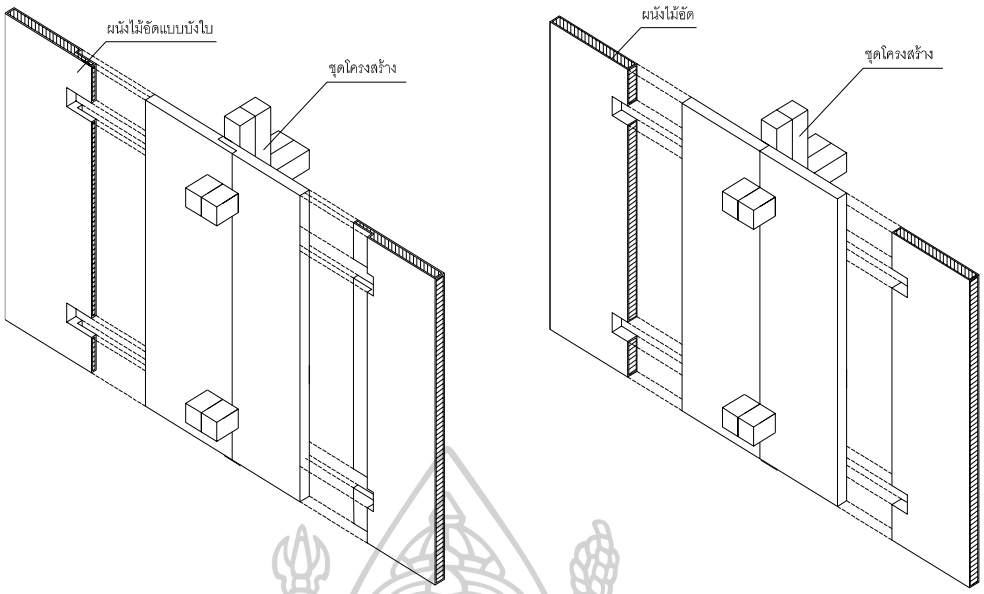
ส่วนในการใช้วัสดุปิดในการเจาะหรือบากเพื่อใส่กับชุดโครงสร้างนั้นจะมีความแตกต่างกันที่เกิดขึ้นกับการทำงานร่วมกันระหว่างชุดโครงสร้างกับวัสดุปิด ซึ่งการใช้วัสดุปิดในการเจาะหรือบากเพื่อใส่กับชุดโครงสร้างจะทำการบากหรือเจาะไปบนวัสดุปิดโดยตรง โดยอาศัยส่วนที่ยื่นออกมาจาก หน่วยของชุดโครงสร้างไม่ว่าจะเป็นชิ้นไม้แบบประกบกัน หรือชิ้นไม้แบบซ้อนกันในลักษณะ 1 ของการเป็นตัวเสียบเข้าไปเพื่อให้สามารถคงอยู่ได้ โดยสามารถใช้วัสดุปิดแบบเป็นแผ่นใหญ่ชิ้นเดียว หรือจะใช้วัสดุปิดแบบเป็นแผ่นเล็กหลายๆชิ้นก็สามารถกระทำได้ ซึ่งในการใช้วัสดุปิดแบบเป็นแผ่นใหญ่ชิ้นเดียวนั้น วิธีการมีเพียงการเจาะหรือบากช่องให้ตรงกับชุดโครงสร้างที่ยื่นออกมาไม่ว่าจะเป็นชิ้นไม้แบบประกบกัน หรือชิ้นไม้แบบซ้อนกัน โดยกำหนดความยาวของแผ่นให้มีความยาวพอดีกับชุดโครงสร้างที่ยื่นออกมา (สำหรับการต่อชนกับวัสดุปิดอีกด้านหนึ่ง) ซึ่งในการใช้วัสดุปิดแบบเจาะหรือบากนี้จะทำให้ผนังเป็นชิ้นเดียวกันไม่มีช่องว่างบริเวณโครงสร้าง ส่วนในการใช้วัสดุปิดในการเจาะหรือบากเพื่อใส่กับชุดโครงสร้างแบบใช้วัสดุปิดแบบเป็นแผ่นหลายๆแผ่นประกอบกันนั้น เกิดขึ้นจากการที่บางครั้งผู้ออกแบบไม่สามารถหาวัสดุปิดที่มีขนาดใหญ่พอที่จะเป็นชิ้นเดียวกันได้ หรือการออกแบบที่ต้องความเฉพาะเจาะจงในลักษณะของการออกแบบผนังให้เป็นแผ่นหรือชิ้นที่เล็กลง จึงทำให้เกิด

วิธีการดังกล่าวขึ้นซึ่งมีความยืดหยุ่นมากกว่าการใช้วัสดุปิดแบบแผ่นเดียว แต่ด้วยวิธีการที่นำเอาวัสดุปิดหลายๆแผ่นมาประกอบกันนั้น จึงนำมาซึ่งขั้นตอนทั้งในการออกแบบ และการประกอบที่เข้ากับชุดโครงสร้างที่มีขั้นตอนและวิธีการที่มากกว่าการใช้วัสดุปิดแบบแผ่นเดียว โดยแบ่งออกเป็นการนำวัสดุปิดมาต่อชนโดยอาศัยการเข้าลิ้น หรือเข้าไม้แบบบังใบในการยึดวัสดุปิดทั้งสองเข้าด้วยกัน และการนำวัสดุปิดมาใช้ในลักษณะซ้อนประกบกันกับโครงสร้าง



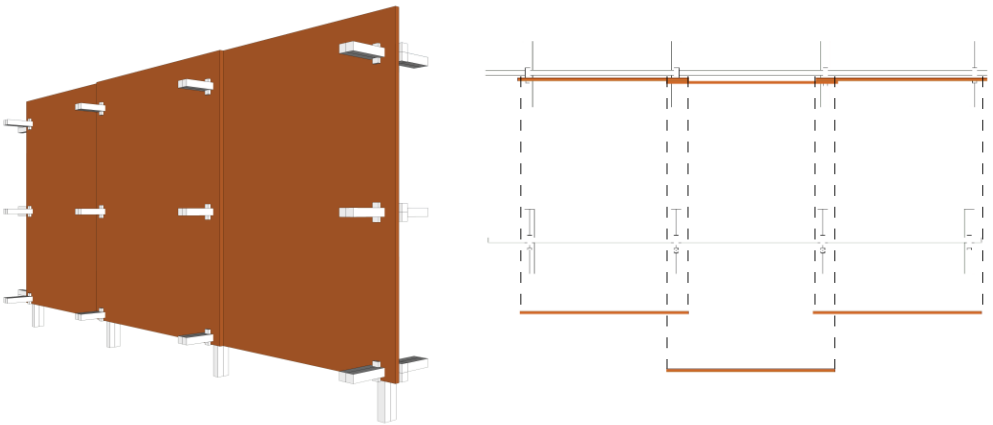
รูปที่ 196: ลักษณะของผนังที่ใช้วัสดุปิดเจาะหรือบากใส่โครงสร้าง วัสดุแบบชิ้นเดียว(ซ้าย) วัสดุหลายชิ้น (ขวา)

1. การนำวัสดุปิดมาต่อชนโดยอาศัยการเข้าลิ้นหรือเข้าไม้แบบบังใบ การออกแบบจะใช้การแบ่งวัสดุปิดตรงบริเวณกึ่งกล่างของชุดโครงสร้างที่ยื่นออกมาทั้งแบบชิ้นไม้ซ้อนกัน และชิ้นไม้แบบประกบกัน แต่ข้อสังเกตประการหนึ่งที่พบในการใช้วิธีการดังกล่าวเมื่อใช้ชุดโครงสร้างแบบซ้อนกันซึ่งหากใช้รอยต่อบริเวณกึ่งกลางจะมีพื้นที่ในการวางหรือเสียบของแต่ละแผ่นที่ค่อนข้างน้อย (ในการทดลองใช้หน้าตัดไม้ขนาด 5 ซม.) ซึ่งจะเหลือพื้นที่ในการรองรับเพียง 2.5 ซม ซึ่งหากต้องการความแข็งแรงที่มากขึ้นอาจจะเพิ่มขนาดหน้าตัดของชุดโครงสร้างที่มากขึ้น อีกข้อจำกัดหนึ่งนั้นคือหากต้องการใช้วัสดุปิดในแนวตั้งนั้นจะไม่สามารถกระทำได้ (หากจำเป็นต้องเพิ่มหน่วยในโครงสร้างซึ่งจะเกิดความยุ่งยากมาก)

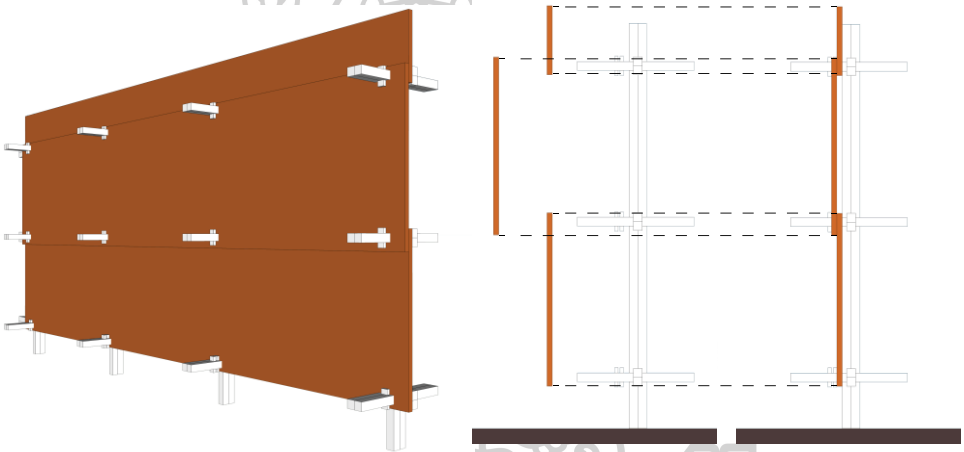


รูปที่ 197: ลักษณะของการใช้วัสดุปิดมาต่อชน/เข้าลิ้น/บังใบ ต่อแบบบังใบ(ซ้าย) ต่อชน (ขวา)

2. การนำวัสดุปิดมาใช้ในลักษณะซ้อนประกบกันโครงสร้าง การออกแบบจะมีความแตกต่างจากการใช้วัสดุปิดแบบเข้าลิ้นบังใบ ซึ่งจะใช้การวางวัสดุปิดซ้อนกันโดยใช้รูหรือการบากร่วมกันซึ่งในการออกแบบนั้นจะต้องออกแบบให้รูหรือรอยบากของทั้งสองแผ่นตรงกัน โดยจะทำการวางวัสดุปิดแผ่นด้านในให้เสร็จก่อน แล้วจึงนำวัสดุปิดแผ่นด้านนอกวางซ้อนลงไปแล้วใช้เดือยล็อคปิดอีกทีเพื่อความแข็งแรง โดยต้องทำการออกแบบแผ่นวัสดุปิดให้มีขนาดที่มีความยาวเกินออกมาจากหน่วยที่ยื่นออกมาจากโครงสร้าง เพื่อให้สามารถวางเหลื่อมกันได้ (ขนาดประมาณ 1-1.5 เท่า หรือมากกว่าของขนาดหน้าตัด) ซึ่งในการวางวัสดุปิดในแนวตั้งจะไม่สามารถใช้การซอยแผ่นไม้ได้หลายแผ่น ซึ่งหากจำเป็นะต้องออกชุดโครงสร้างให้มีหน่วยย่อยที่ยื่นออกมารองรับตามจำนวนของแผ่นที่ต้องการจะซ้อนทับ ซึ่งจะมีความยุ่งยากและสิ้นเปลืองเป็นอย่างมาก อีกทั้งในการต่อวัสดุปิดบริเวณมุมของอาคารนั้น ถ้าใช้แบบแผ่นสี่เหลี่ยมปกติจะไม่สามารถวางชนกันได้สนิท (เกิดรูที่รอยต่อ) ซึ่งอาจจะทำการออกแบบแผ่นวัสดุปิดให้สามารถวางบริเวณมุมได้ในลักษณะแบบฟันปลาเสียบระหว่างกัน

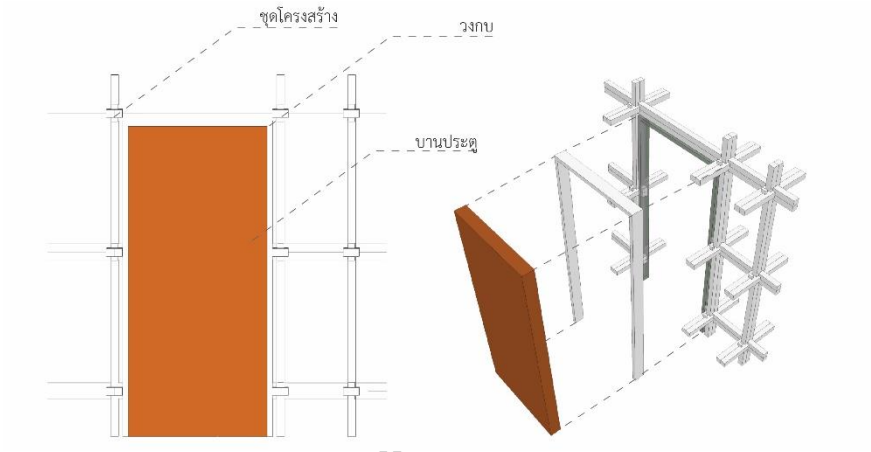


รูปที่ 198: รูปด้านข้างลักษณะของการนำวัสดุปิดมาซ้อนกันในแนวตั้ง

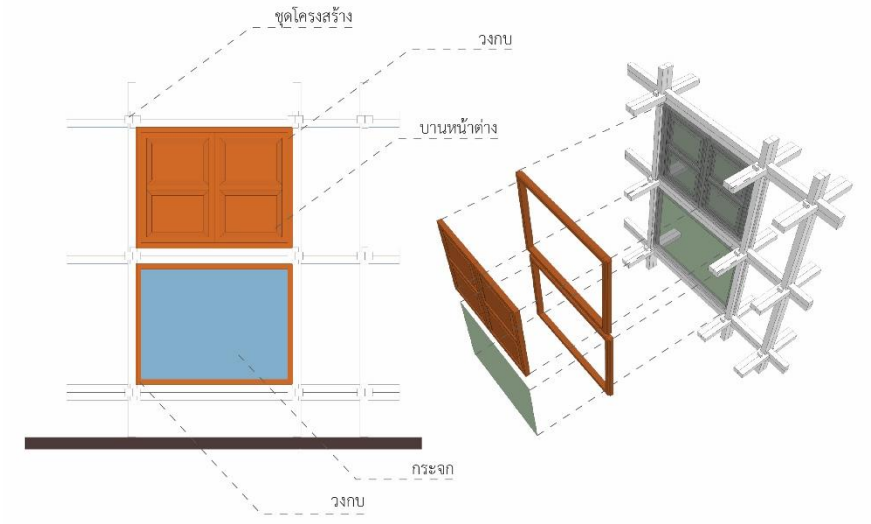


รูปที่ 199: ผังลักษณะของการนำวัสดุปิดมาซ้อนกันแบบแนวนอน

- **ประตูและหน้าต่าง** สำหรับการออกแบบในส่วนของประตู จะสามารถใช้ชุดโครงสร้างแบบผนังปกติได้โดยที่ทำการเว้นช่องที่มีขนาดเท่าประตูโดยช่องว่างดังกล่าวนี้จะต้องเว้นพื้นที่สำรับใส่วงกบเข้าไปโดยทำการเจาะรูที่วงกบบริเวณที่ตรงกับชุดโครงสร้างชิ้นไม้แบบซ้อนกัน และแบบประกบกัน ส่วนการออกแบบหน้าต่างนั้นสามารถใช้ผนังแบบใช้ร่องบากในชุดโครงสร้างโดยสามารถใช้ร่องดังกล่าวในการใส่วงกบ โดยอาจจะใช้การบากทั้งทางตั้งและทางนอนเพื่อให้เกิดความแข็งแรงของหน้าต่าง และสามารถเพิ่มขนาดของหน้าตัดของไม้ที่รองรับการบากเพื่อให้สะดวกและเกิดความแข็งแรงเช่นกัน โดยสามารถทำได้ทั้งหน้าต่างที่เป็นบานเปิด หรือหน้าต่างที่เป็นบานกระจก

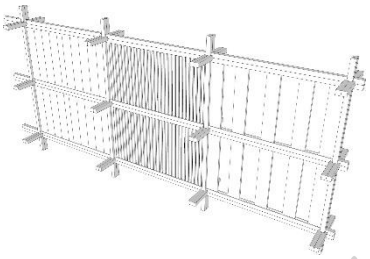
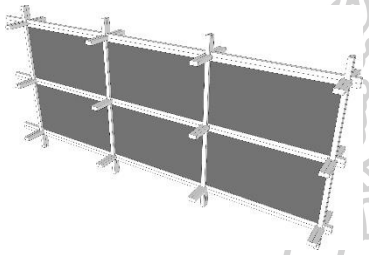
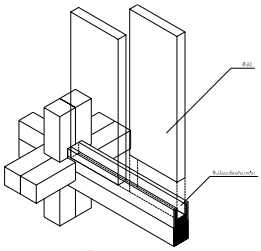
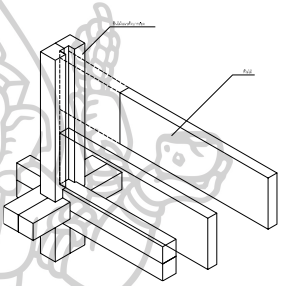
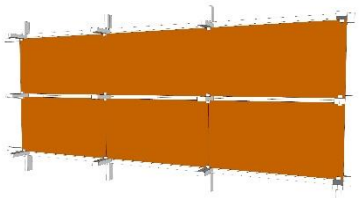
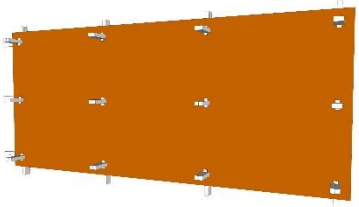


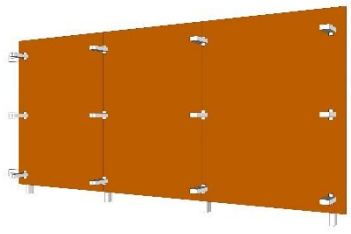
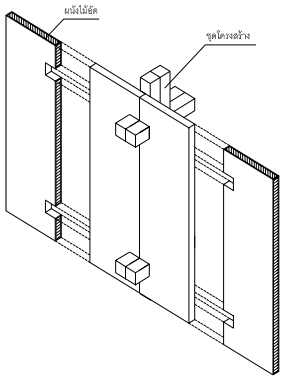
รูปที่ 200: การทำงานระหว่างชุดโครงสร้างกับส่วนประตู



รูปที่ 201: การทำงานระหว่างชุดโครงสร้างกับส่วนหน้าต่าง

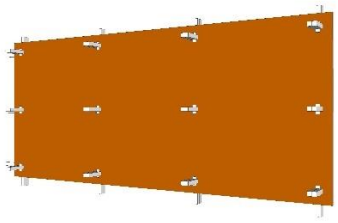
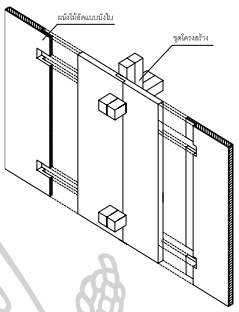
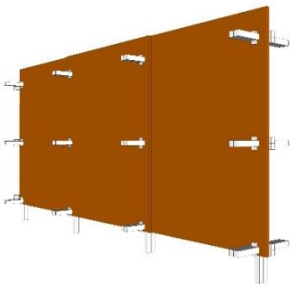
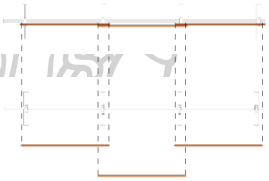
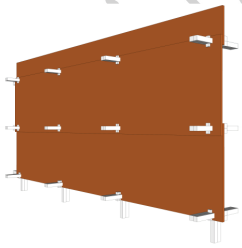
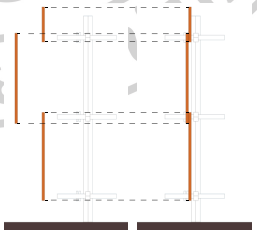
ตารางที่ 9: ลักษณะของชุดโครงสร้างผนัง 1

รูปแบบขององค์ประกอบ	หมวดหมู่	แบบขยาย / ตัวอย่าง	ข้อสังเกตุ
  ผนังแบบร่องบากในชุดโครงสร้าง	ผนัง	 	การใช้ผนังแบบทำร่องบากในชุดโครงสร้าง ผู้ออกแบบจะต้องวางแผนในการทำงานเริ่มตั้งแต่การเลือกแนวของการบาก ไปจนถึงการกำหนดขั้นตอนของการประกอบ และควรใช้หน้าตัดไม้ที่มีขนาดไม่เล็กจนเกินไปเนื่องจากการบากร่องอาจจะทำให้เกิดการหักของชิ้นไม้ได้
 ผนังแบบใช้วัสดุปิดวางบนโครงสร้าง  ผนังแบบใช้วัสดุปิดเจาะใส่โครงสร้าง	ผนัง		ผนังแบบใช้วัสดุปิดทำงานร่วมกันกับโครงสร้างในภายหลังมีสองแบบคือแบบที่วางลงไปโดยตรงกับแบบที่ใช้การเจาะหรือบากช่องให้สามารถใส่ลงไปบนชุดโครงสร้างที่ยื่นออกมาได้ โดยแบบใช้วัสดุปิดนั้นกระทำได้ง่ายแต่ก็มีข้อจำกัดที่ชัดเจนที่ส่งผลต่อความหลากหลายในการออกแบบมากกว่าแบบเจาะใส่โครงสร้าง
	ผนังแบบเจาะ /		ผนังแบบเจาะ/บากแบบวางชนเป็นลักษณะที่กระทำได้ง่ายไม่ซับซ้อน

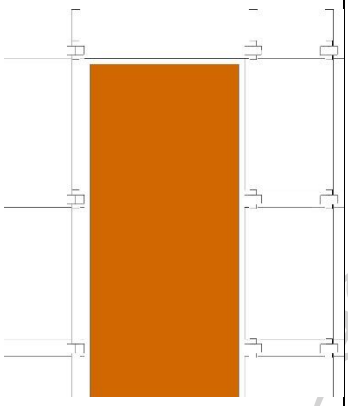
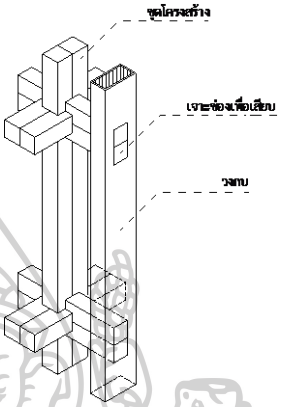
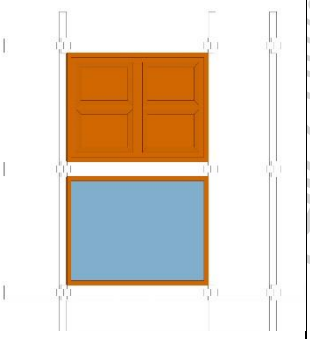
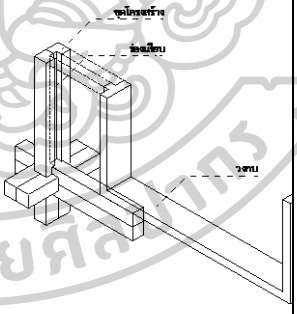
 ผนังแบบใช้วัสดุปิดเจาะใส่โครงสร้างแบบวางชน	บากแบบวางชน		แต่ในการออกแบบต้องคำนึงถึงขนาดหน้าตัดไม้ที่เอาไว้วางวัสดุปิดไม่ให้น้อยจนเกินไป โดยเฉพาะด้านที่เป็นชิ้นไม้แบบซ้อนกัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 10: ลักษณะของชุดโครงสร้างผนัง 2

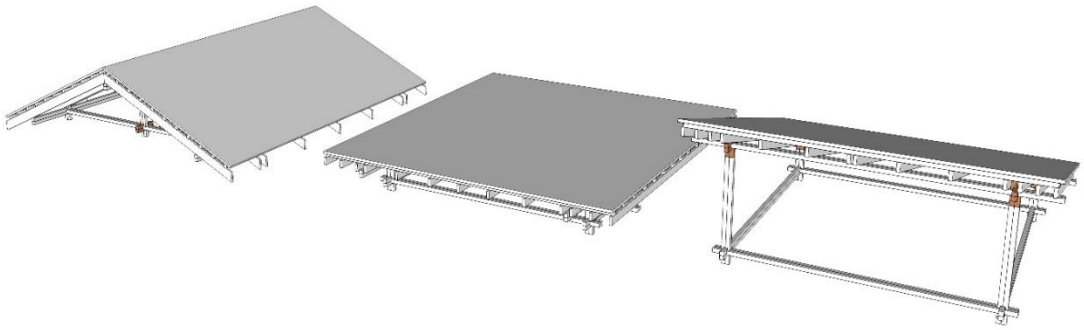
รูปแบบขององค์ประกอบ	หมวดหมู่	แบบขยาย / ตัวอย่าง	ข้อสังเกตุ
 ผนังแบบใช้วัสดุปิดเจาะใส่โครงสร้างแบบบังใบ	ผนังแบบเจาะ / บากแบบบังใบ		ผนังแบบใช้วัสดุปิดเจาะใส่โครงสร้าง แบบบังใบจะมีความมั่นคงที่มากขึ้นมีจุดยึดผนังช่วยจากเดือยเสียบแต่ก็ตามมาด้วยความยุ่งยากในการบากหรือเข้าไม้ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น
 ผนังแบบใช้วัสดุปิดเจาะใส่โครงสร้างแบบวางซ้อนแนวตั้ง	ผนังแบบเจาะ / บากแบบวางซ้อนแนวตั้ง		ผนังแบบใช้วัสดุปิดเจาะแบบวางซ้อนแนวตั้งเป็นลักษณะที่มีความแข็งแรงและประยุกต์ใช้ในการออกแบบได้หลากหลาย แต่ต้องทำการปิดบริเวณรอยต่อด้านบนให้แข็งเนื่องจากการต่อที่ไม่สนิทกัน
 ผนังแบบใช้วัสดุปิดเจาะใส่โครงสร้างแบบวางซ้อนแนวนอน	ผนังแบบเจาะ / บากแบบวางซ้อนแนวนอน		ผนังแบบใช้วัสดุปิดเจาะแบบวางซ้อนแนวนอนจะมีข้อจำกัดในเรื่องของวัสดุที่ต้องมีความยาวพอดีกับช่วงอาคารซึ่งเป็นเรื่องที่ต้องถูกออกแบบในเบื้องต้น และการปิดรอยต่อทั้งบริเวณด้านบนและมุมอาคารที่ค่อนข้างยากในการก่อสร้าง

ตารางที่ 11: ลักษณะของชุดโครงสร้างผนัง 3

รูปแบบขององค์ประกอบ	หมวดหมู่	แบบขยาย / ตัวอย่าง	ข้อสังเกตุ
 ชุดโครงสร้างกับประตู	ประตู		การออกแบบส่วนของประตูสามารถออกแบบให้ทำงานร่วมกับการใช้วงกบแบบปกติได้ โดยทำการเผื่อความกว้างของประตูที่รวมวงกบ และต้องทำการบากช่องที่บริเวณวงกบเพื่อให้ชุดโครงสร้างสามารถเสียบยึดเข้าไปได้โดยอาจทำตลอดแนวของวงบหรือเลือกบนสุดกับล่างสุดก็ได้
 ชุดโครงสร้างกับหน้าต่าง	หน้าต่าง		การออกแบบหน้าต่างใช้ลักษณะของผนังแบบบากร่องมาใช้โดยต้องออกแบบให้วงกบของบานหน้าต่างนั้นสามารถเสียบหรือวางลงไปบนร่องที่เตรียมไว้ได้ โดยควรพิจารณาถึงความหนาของหนาตัดไม้โครงสร้างที่จะทำงานกับวงกบให้มีความเหมาะสม

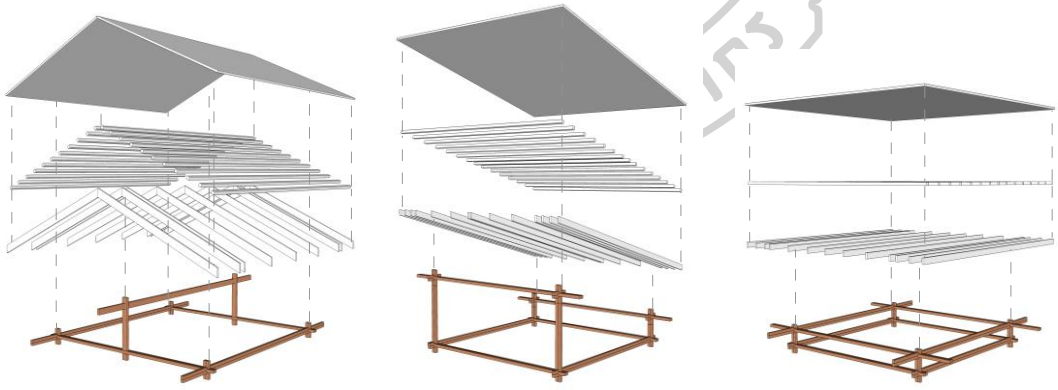
- หลังคา ในงานวิจัยชิ้นดังกล่าวนี้จะแบ่งลักษณะของหลังคาที่ได้จากการทดลองดังกล่าว ได้ออกมาเป็น 3 ลักษณะของหลังคาที่มีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของการใช้ชุดโครงสร้างเถรอดเพลกับโครงสร้างแบบปกติ โดยที่ในแต่ละการออกแบบหลังคาโดยใช้ชุดโครงสร้างเถรอดเพลนั้น มีลักษณะของการออกแบบแบ่งเป็น 3 แบบคือ หลังคาจั่ว หลังคาแบบไม่มีองศา (Flat Roof) และหลังคาที่มี

องศา โดยในการออกแบบจำเป็นที่จะต้องพิจารณาความสัมพันธ์อย่างเป็นลำดับขั้น คือการกำหนดลักษณะของหลังคา การใช้วัสดุปิด และลำดับขั้นในการประกอบของโครงสร้างทั้งหมด



รูปที่ 202: รูปแบบหลังคา หลังคาจั่ว(ซ้าย) หลังคาแบบไม่มีองศา (กลาง) หลังคาแบบมีองศา (ขวา)

- หลังคาแบบใช้ชุดโครงสร้างเถรอดเพลเป็นส่วนสนับสนุน หลังคาในลักษณะดังกล่าวเป็นการออกแบบโครงสร้างหลังคาที่นำเอาชุดโครงสร้างเถรอดเพลมาเป็นส่วนรองรับชุดหลังคาทั้งหมด โดยทำหน้าที่ในลักษณะขององค์ประกอบ **“อะเส”** ที่จะมารองรับจันทันและส่วนอื่นๆของหลังคาอีกในลำดับต่อไป โดยลักษณะของหลังคาในรูปแบบดังกล่าว เป็นรูปแบบที่สามารถก่อสร้างได้โดยง่ายเพราะเป็นลักษณะที่เป็นการก่อสร้างแบบปกติ ไม่ซับซ้อน สามารถใช้งานระบบของวัสดุปิดหรือวัสดุมุงได้แบบเต็มความสามารถ

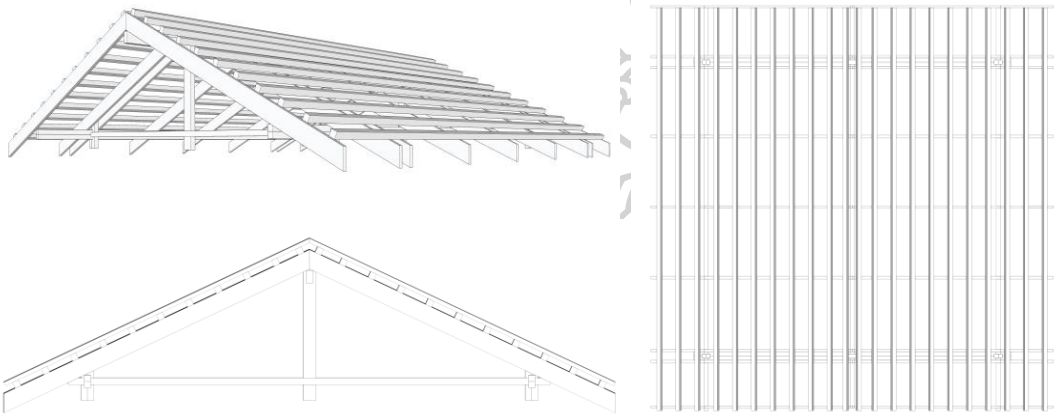


รูปที่ 203: สัดส่วนระหว่างชุดโครงสร้างเถรอดเพลกับโครงสร้างปกติ 01

แต่ในกรณีที่ต้องการใช้ความสามารถของระบบการก่อสร้างแบบเถรอดเพลในส่วนของการย้ายที่ ปรับเปลี่ยน จะต้องทำการรื้อหรือนำชุดโครงสร้างที่เป็นแบบปกติออกไป ซึ่งอาจจะทำให้

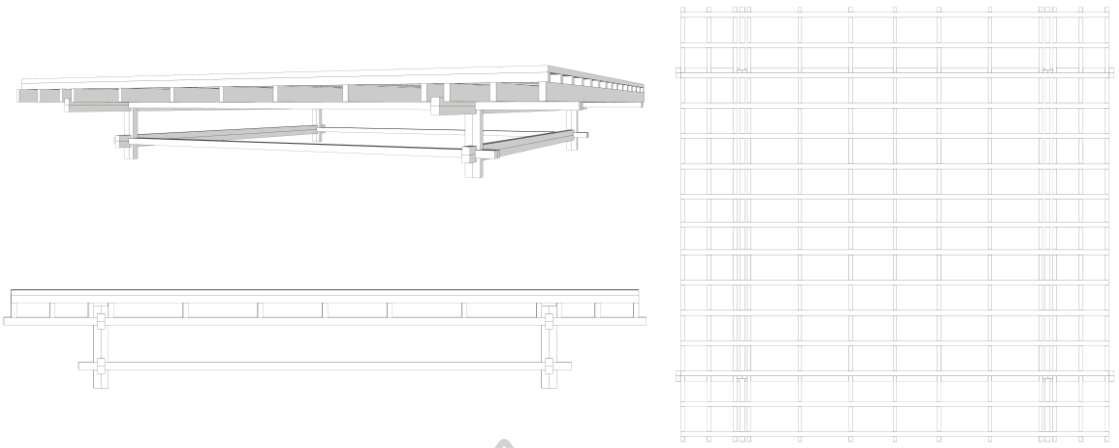
เกิดความเสียหายต่อตัวโครงสร้างหลักได้ โดยเฉพาะบริเวณรอยต่อที่เป็นส่วนของชุดโครงสร้างเถรอดเพลกับชุดโครงสร้างแบบปกติ

- หลังคาแบบจั่ว จะเป็นการใช้ชุดโครงสร้างเถรอดเพลเป็นเพียงส่วนที่รองรับจันทันในระบบโครงสร้างแบบปกติ โดยสามารถใช้ได้ทั้งที่เป็นส่วนของชิ้นที่วางซ้อนกัน และชิ้นที่วางประกบกัน โดยทำการยื่นออกไปในระยะที่ต้องการเพื่อให้เกิดเป็นชายคา โดยอีกส่วนที่ต้องระมัดระวังในการออกแบบคือส่วนของการวางดั้งซึ่งจะต้องออกแบบขนาดหน้าตัดให้สัมพันธ์กับชุดโครงสร้างเถรอดเพล โดยเฉพาะหากใช้ด้านของชิ้นไม้วางซ้อนกันนั้นเป็นส่วนวางดั้งเนื่องจากมีขนาดที่เล็กกว่าส่วนที่เป็นชิ้นไม้แบบประกบกัน



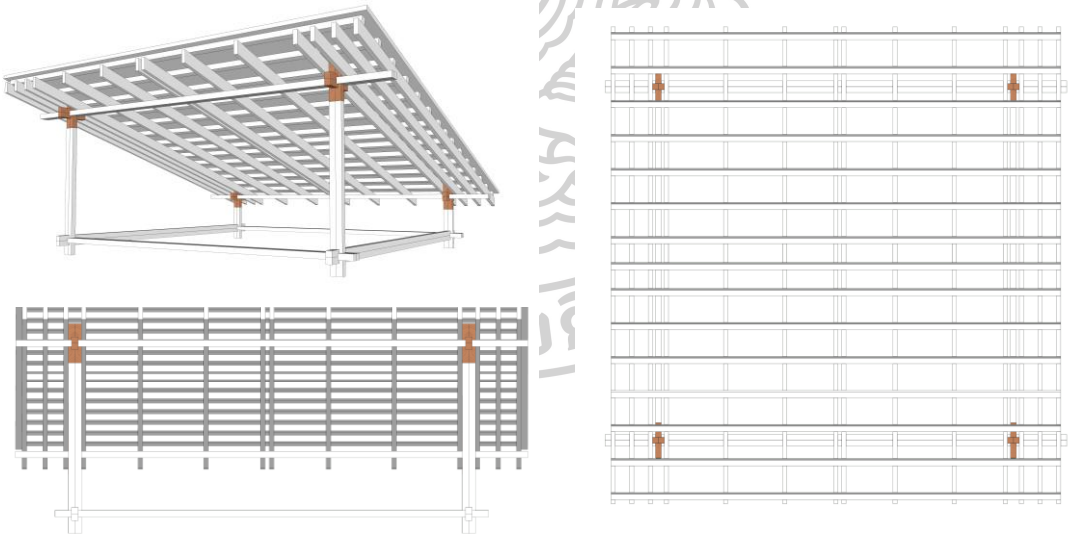
รูปที่ 204: หลังคาจั่วแบบมีเถรอดเพลเป็นส่วนสนับสนุน

- หลังคาแบบไม่มีองศา ใช้ชุดโครงสร้างเถรอดเพลเป็นส่วนของการรองรับจันทันในระบบโครงสร้างแบบปกติเช่นกัน โดยในส่วนที่ต้องถูกออกแบบให้เหมาะสมเป็นพิเศษคือในส่วนของชายคาที่ยื่นออกไปด้านนอกให้สัมพันธ์กับขนาดหน้าตัดไม้โดยเฉพาะทางส่วนของชิ้นไม้แบบประกบกันนั้นจะรองรับการยื่นออกไปได้น้อยกว่าชิ้นไม้แบบซ้อนกันในขนาดหน้าตัดเดียวกัน เนื่องจากการรับแรงในแนวดิ่งที่น้อยกว่าชิ้นไม้แบบซ้อนกัน โดยอาจจะทำการเพิ่มขนาดหน้าตัดเพื่อแก้ไขในส่วนดังกล่าวได้



รูปที่ 205: หลังคาแบบไม่มีองศาแบบมีเถรอดเพลเป็นส่วนสนับสนุน

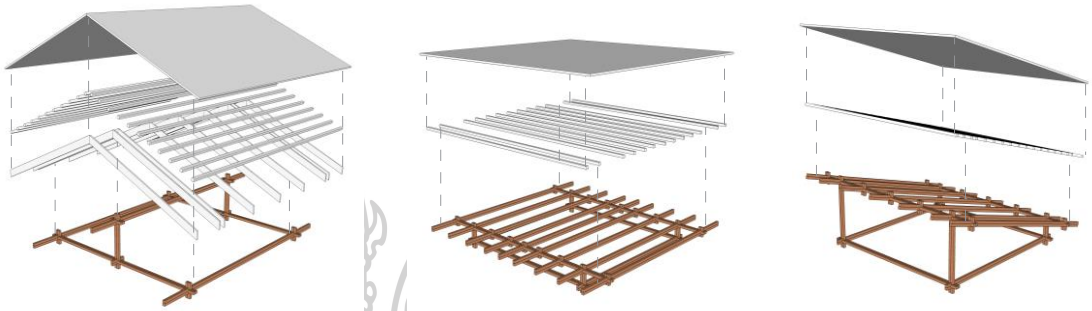
- หลังคาแบบมีองศา มีลักษณะแหละวิธีการออกแบบเช่นเดียวกันกับหลังคาแบบไม่มีองศา แต่มีความแตกต่างในส่วนของการออกแบบระดับของชุดโครงสร้างเถรอดเพลที่จะมารองรับจันทัน ซึ่งต้องถูกออกแบบให้สอดคล้องกับองศาของการวางของจันทันว่ามีความลาดเอียงมากน้อยเพียงใด



รูปที่ 206: หลังคาแบบมีองศาแบบมีเถรอดเพลเป็นส่วนสนับสนุน

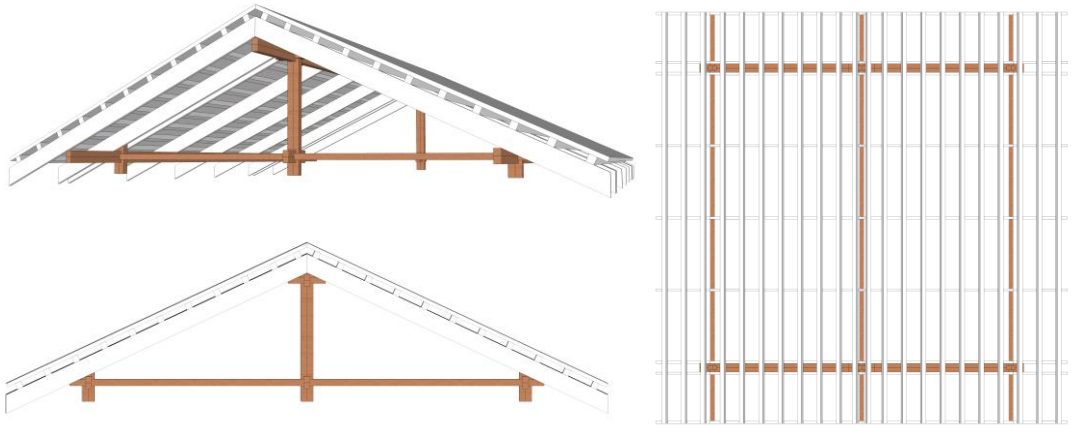
- หลังคาแบบผสมชุดโครงสร้างเถรอดเพลกับโครงสร้างปกติ ลักษณะของหลังคาในแบบดังกล่าวนี้จะมีสัดส่วนระหว่างชุดโครงสร้างเถรอดเพล กับโครงสร้างแบบปกติอย่างละเท่าๆกัน โดยชุดโครงสร้างเถรอดเพลจะทำหน้าที่เป็น **“อะเส”** และเป็น **“จันทัน”** โดยจะทำงานร่วมกับส่วนที่เหลือ คือ “แป” และวัสดุปิดหรือมุงต่อไป โดยลักษณะหลังคาดังกล่าวยังคงการทำงานของแปกับวัสดุ

มุงให้สามารถยังคงทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และเรียบง่ายไม่ซับซ้อน แต่ในขณะเดียวกันการเลือกใช้งานระบบของชุดโครงสร้างเถรอดเพลในการย้ายที่ ปรับเปลี่ยน การถอดประกอบจำเป็นจะต้องรื้อถอนโดยมีวัสดุอย่างพวก ตะปู น๊อต ซึ่งจะทำให้โครงสร้างมีความเสียหายได้เช่นเดียวกันกับโครงสร้างในแบบสนับสนุน แต่จะมีส่วนที่เสียกายน้อยลงเนื่องจากมีส่วนที่เป็นลักษณะของการก่อสร้างแบบปกติเหลือเพียง แป และวัสดุปิดหรือมุง



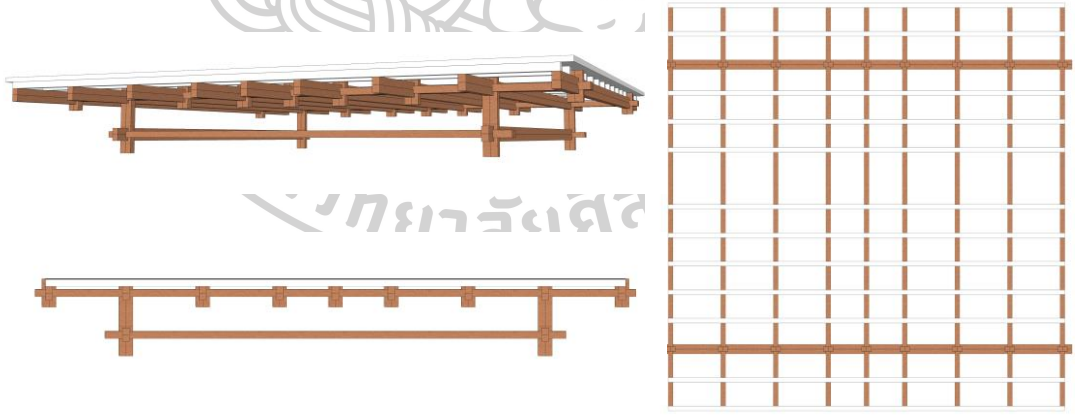
รูปที่ 207: สัดส่วนระหว่างชุดโครงสร้างเถรอดเพลกับโครงสร้างปกติ 02

- หลังคาแบบจั่ว หลังคาจั่วแบบที่สัดส่วนระหว่างชุดโครงสร้างเถรอดเพลกับชุดโครงสร้างแบบปกตินั้นมีสัดส่วนเท่าๆกัน ในส่วนที่เป็นชุดโครงสร้างเถรอดเพลจะสามารถแทนโครงสร้างหลังคาในส่วนอะเส ดั้ง และอกไก่ได้ โดยใช้ลักษณะของเถรอดเพลพื้นฐาน และสามารถนำจันทัน แป และวัสดุมุงตามลำดับได้ในแบบปกติ และในอีกลักษณะหนึ่งนั้นสามารถเปลี่ยนจันทันให้กลายเป็นระบบของเถรอดเพลได้ โดยจะต้องเลือกเถรอดเพลแบบเปลี่ยนองศามาใช้ให้ได้ตามความต้องการของลักษณะหลังคา ซึ่งรวมไปถึงบริเวณหัวของชุดโครงสร้างเถรอดเพลที่อยู่บริเวณริม และอีกข้อหนึ่งที่ควรระวังคือระยะที่ยื่นออกไปจากโครงสร้างทั้งด้านหน้า เนื่องจากโครงสร้างมีขนาดและน้ำหนักมากขึ้น และส่วนที่รองรับน้ำหนักคือส่วนของชุดโครงสร้างที่ได้ยื่นออกไปเพียงเท่านั้น



รูปที่ 208: หลังคาจั่วแบบมีเถรอดเพลเป็นส่วนผสมกับโครงสร้างปกติ

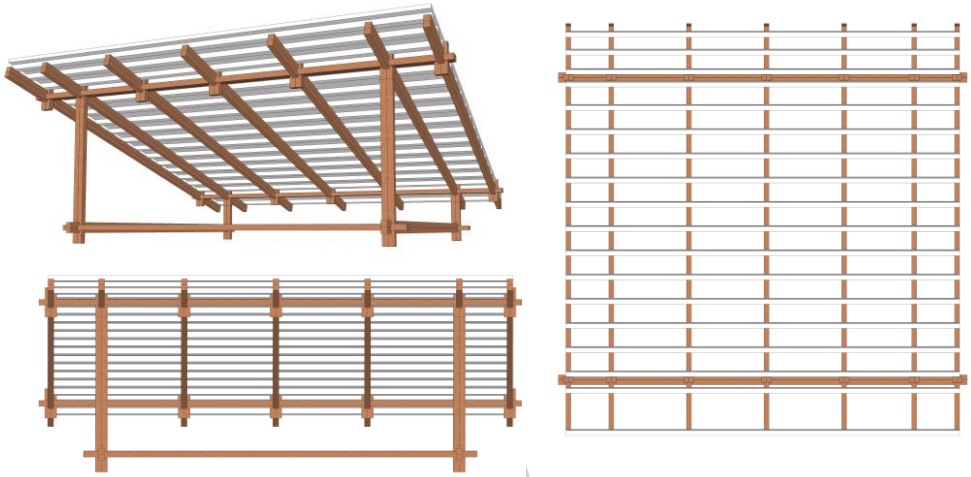
- หลังคาแบบไม่มีองศา หลังคาแบบไม่มีองศาจะใช้ชุดโครงสร้างเถรอดเพลเป็นทั้งอะเสและจันทันทำงานร่วมกันกับแป และวัสดุมุงในชุดโครงสร้างแบบปกติ โดยหลังคาในลักษณะดังกล่าวจะไม่มีอะเส กล่าวคือชุดเถรอดเพลจะเป็นจันทันและอะเสในตัวมันเองเนื่องจากจันทันนั้นสามารถอยู่ได้ด้วยตัวเองจึงไม่จำเป็นที่จะต้องวางบนอะเส แต่ต้องเพิ่มหน่วยของชุดเถรอดเพลตามจำนวนของจันทันที่ต้องการบริเวณของกรอบของโครงสร้างหลัก โดยด้านที่มีความเหมาะสมในการออกแบบให้เป็นจันทันนั้นคือชิ้นไม้ที่ซ้อนกันเนื่องจากสามารถรับแรงกดได้ดีกว่าชิ้นไม้แบบประกบกัน



รูปที่ 209: หลังคาแบบไม่มีองศาแบบมีเถรอดเพลเป็นส่วนผสมกับโครงสร้างปกติ

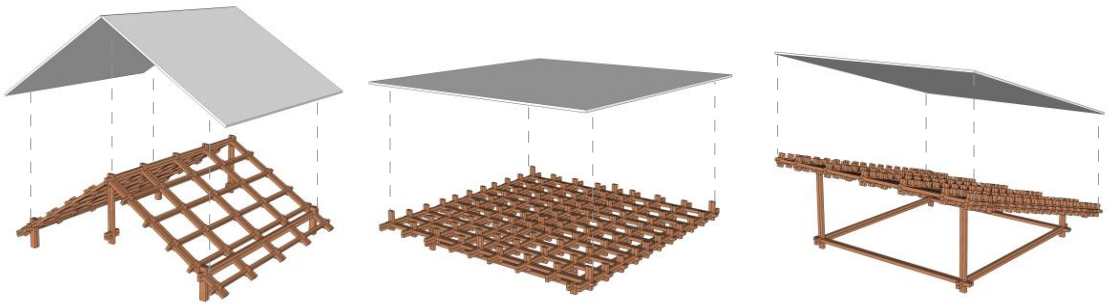
- หลังคาแบบมีองศา หลังคาแบบมีองศานั้นจะใช้ในลักษณะเดียวกันกับแบบไม่มีองศาคือไม่มีอะเสที่มารองรับจันทัน เนื่องจากจันทันนั้นสามารถอยู่ได้ด้วยตัวมันเอง โดยจะต้องออกแบบชุดโครงสร้างเถรอดเพลให้สัมพันธ์กับองศาความลาดเอียงของหลังคา โดยสิ่งที่ต้องระมัดระวังในการ

ออกแบบโครงหลังคาในลักษณะดังกล่าวคือระยะยื่นที่ยื่นออกมาจากชายคาไม่ให้มีระยะที่มากจนเกินไป



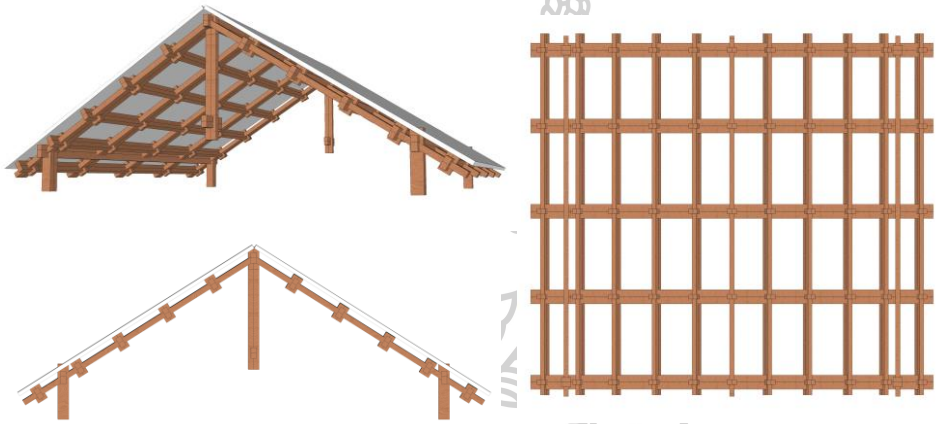
รูปที่ 210: หลังคาแบบมีองศาแบบมีเถรอดเพลเป็นส่วนผสมกับโครงสร้างปกติ

- หลังคาที่เป็นชุดเถรอดเพลทั้งหมด ชุดหลังคาที่เป็นชุดเถรอดเพลทั้งหมดนั้นคือการออกแบบให้ทุกส่วนเป็นระบบเถรอดเพลถอดประกอบได้ โดยมีเพียงส่วนที่เป็นวัสดุปิดหรือวัสดุมุงที่ไม่ได้เป็นระบบเดียวกัน โดยหลังคาในลักษณะดังกล่าวจะสามารถใช้ความสามารถของระบบเถรอดเพลในเรื่องของการเคลื่อนย้าย ปรับเปลี่ยน และการถอดประกอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ด้วยลักษณะที่เป็นระบบเถรอดเพลทั้งหมด จะนำมาซึ่งการเพิ่มหน่วยของเถรอดเพลซึ่งจะต้องมีการวางแผนอย่างเป็นระบบ มีการวางแผน และมีการบากไม้เพื่อรองรับแต่ละหน่วยซึ่งต้องอาศัยเวลาและความชำนาญที่มากยิ่งขึ้น และด้วยบากจำนวนมากในแต่ละชิ้นไม้ก็อาจจะส่งผลโดยตรงกับความแข็งแรงของไม้



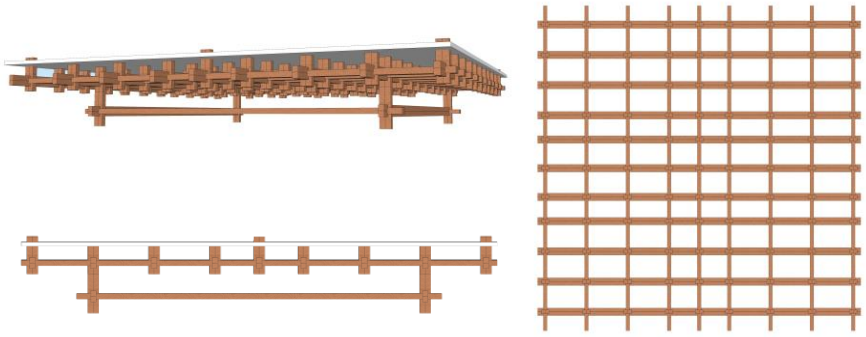
รูปที่ 211: สัดส่วนระหว่างชุดโครงสร้างเถรอดเพลกับโครงสร้างปกติ 03

- หลังคาแบบจั่ว หลังคาในลักษณะดังกล่าวเป็นการทำงานอย่างเต็มระบบของเถรอดเพลจนไปถึงแปที่รองรับหลังคา โดยผู้ออกแบบจะต้องระมัดระวังเรื่องขนาดและระยะของจันทันเนื่องจากหากใช้ถี่เกินไปจะต้องทำการบากไม้ที่เยอะขึ้น และน้ำหนักในโครงสร้างก็จะมากขึ้น หากน้อยเกินไปจะต้องระมัดระวังในเรื่องของการรับน้ำหนักของวัสดุมุงหรือวัสดุปิดที่จะมาวางเนื่องจากระยะของแต่อันนั้นไม่เท่ากัน โดยส่วนที่จะมารองรับวัสดุปิดหรือมุงนั้นจะเป็นส่วนของชิ้นไม้แนวตั้งที่ยื่นมา ซึ่งจะสามารถปรับความสูงให้ไม่มากหรือไม่น้อยจนเกินไป โดยสามารถเชื่อมแต่ละหน่วยเข้าด้วยกันได้โดยการเชื่อมชิ้นไม้แบบประกบ หรือชิ้นไม้แบบซ้อนกัน



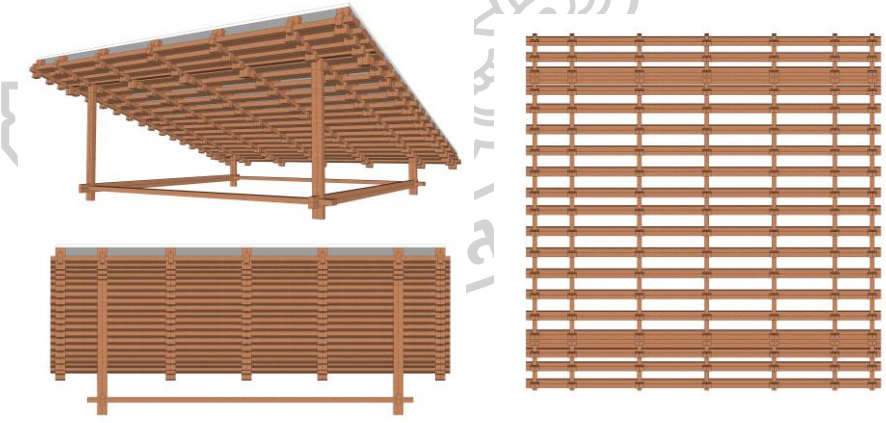
รูปที่ 212: หลังคาจั่วแบบมีเถรอดเพลเป็นโครงสร้างทั้งหมด

- หลังคาแบบไม่มีองศา ลักษณะของหลังคาจะใช้ส่วนของชิ้นไม้ในแนวตั้งในการรองรับวัสดุปิดหรือวัสดุมุง โดยวางในลักษณะแบบกริด ตามจำนวนของหน่วยที่ถูกกำหนดขึ้นมาเท่าๆกันในทุกๆแถว ทุกแนวโดยส่วนที่เป็นชิ้นไม้แบบประกบกัน หรือชิ้นไม้แบบซ้อนกันนั้นไม่ได้มีส่วนในการรับน้ำหนัก แต่จะช่วยในเรื่องของความแข็งแรงโดยเชื่อมให้เป็นชิ้นเดียวตลอดแนว หรืออาจจะเลือกให้ไม้ทั้งสองชิ้นนั้นไม่เชื่อมกันแต่แยกกันไปตามแต่ละหน่วยของเถรอดเพล แต่ในการออกแบบนั้นควรกำหนดระยะของแต่ละหน่วยของเถรอดเพลให้เหมาะสมกับวัสดุมุงไม่ให้ห่างจนเกิดระยะที่อาจจะทำให้การรับแรงไม่ดี หรือถี่จนเกินไปจนเกินความจำเป็น



รูปที่ 213: หลังคาแบบไม่มีองศาแบบมีเถรอดเพลเป็นโครงสร้างทั้งหมด

- หลังคาแบบมีองศา คุณลักษณะโดยรวมของหลังคาแบบมีองศานั้นมีลักษณะเช่นเดียวกันกับหลังคาแบบไม่มีองศาเพียงแต่แตกต่างกันในรายละเอียดเล็กน้อยเช่น ระดับของชุดเถรอดเพลที่จะต้องมารองรับชิ้นไม้แบบซ้อนกัน หรือ ชิ้นไม้แบบประกบกันที่เป็นแบบเฉียงตามองศาที่ต้องการของผู้ออกแบบ และยังคงใช้ชิ้นไม้แนวตั้งเป็นส่วนในการรับวัสดุมุงแทนแป โดยในแต่ละหน่วยของเถรอดเพลนั้นหากชิ้นไม้แบบซ้อนกัน และชิ้นไม้แบบประกบกันไม่ได้ถูกออกแบบให้เชื่อมเป็นชิ้นเดียวกัน ก็จะต้องเพิ่มความถี่ของการวางให้มากยิ่งขึ้นเพื่อเพิ่มความแข็งแรงในการรับแรงของชุดโครงสร้าง



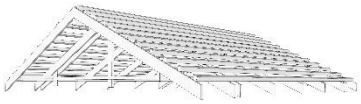
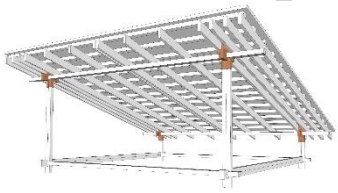
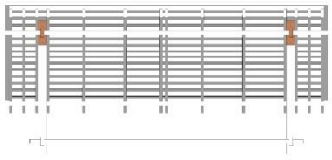
รูปที่ 214: หลังคาแบบไม่มีองศาแบบมีเถรอดเพลเป็นโครงสร้างทั้งหมด

ในการนำชุดเถรอดเพลมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมนั้น ในการทดลองออกแบบจะพบว่าเมื่อมีการพัฒนารอยต่อจากข้อจำกัดเดิมที่ได้ถูกออกแบบไว้ จะสร้างความหลากหลายและยืดหยุ่นที่มากขึ้นสำหรับผู้ออกแบบ และผู้ใช้สอย ซึ่งในการทดลองนั้นได้ทำการออกแบบให้ชุดโครงสร้างเถรอดเพลทำหน้าที่แทนองค์ประกอบในการเกิดงานสถาปัตยกรรมใน

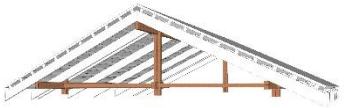
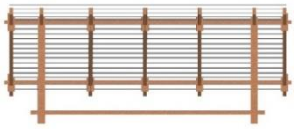
รูปแบบปกติที่เราใช้งานกัน แต่อย่างไรก็ตามชุดโครงสร้างเถรอดเพลนั้นก็ไม่ได้มีความสามารถในการที่จะเป็นทุกอย่างขององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมได้ โดยเฉพาะองค์ประกอบที่เป็นส่วนของวัสดุที่เป็นแผ่นต่อเนื่อง เช่นพื้น ผนัง และวัสดุมุงหลังคา เนื่องด้วยชุดโครงสร้างเถรอดเพลนั้นโดยลักษณะทางกายภาพเกิดขึ้นจากไม้ที่เป็นท่อน หรือเป็นชิ้นเล็กๆมาประกอบกันอย่างมีระบบจึงไม่สามารถที่จะให้คุณลักษณะแบบดังกล่าวได้ จึงต้องเกิดการทำงานร่วมกันกับวิธีการอื่นๆอยู่เสมอในการสร้างงานสถาปัตยกรรม โดยขึ้นอยู่กับว่าจะถูกกำหนดให้เป็นสัดส่วนระหว่างกันเท่าไหร่

มหาวิทยาลัยศิลปากร

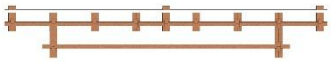
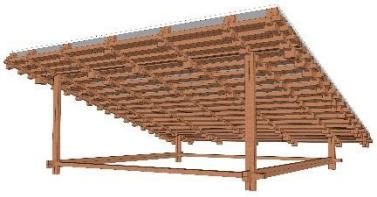
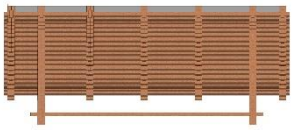
ตารางที่ 12: ลักษณะของชุดโครงสร้างหลังคา 01

รูปแบบขององค์ประกอบ	หมวดหมู่	แบบขยาย / ตัวอย่าง	ข้อสังเกตุ
 หลังคาจั่วแบบใช้เถรอดเพลสนับสนุน	หลังคา/เถรอดเพลเป็นส่วนสนับสนุน		ในการออกแบบหลังคาในลักษณะดังกล่าวควรระมัดระวังในการเลือกชิ้นส่วนของไม้ในส่วนของการวางตั้งเนื่องจากชิ้นไม้แบบซ้อนกันนั้นมีพื้นที่สำหรับการวางน้อยอาจะทำให้โครงสร้างนั้นไม่แข็งแรง
 หลังคาแบบไม่มีองศาแบบใช้เถรอดเพลสนับสนุน	หลังคา/เถรอดเพลเป็นส่วนสนับสนุน		ควรระมัดระวังในการออกแบบการวางจันทันในส่วนที่ยื่นออกไปนอกชายคาเนื่องจากการรับแรงของชิ้นไม้แบบประกบกันและชิ้นไม้แบบซ้อนกันนั้นไม่เท่ากัน
 หลังคาแบบมีองศาแบบใช้เถรอดเพลสนับสนุน	หลังคา/เถรอดเพลเป็นส่วนสนับสนุน		ในขั้นตอนของการออกแบบในส่วนของระดับชุดโครงสร้างเถรอดเพลที่จะต้องมารองรับจันทันจะต้องสัมพันธ์กับความลาดเอียงของจันทัน

ตารางที่ 13: ลักษณะของชุดโครงสร้างหลังคา 02

รูปแบบขององค์ประกอบ	หมวดหมู่	แบบขยาย / ตัวอย่าง	ข้อสังเกตุ
 หลังคาจั่วแบบใช้เถรอดเพลผสมกับโครงสร้างแบบปกติ	หลังคา/เถรอดเพลผสมกับโครงสร้างแบบปกติ		สามารถเลือกได้ว่าจะใช้จันทันให้เป็นระบบเถรอดเพลหรือใช้เพียงเป็นชุดของตั้งและอกไก่ โดยควรจะคำนึงถึงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นที่สัมพันธ์กับระยะที่ยื่นออกไปจากอาคาร
 หลังคาแบบไม่มีองศาแบบใช้เถรอดเพลผสมกับโครงสร้างแบบปกติ	หลังคา/เถรอดเพลผสมกับโครงสร้างแบบปกติ		ไม่มีอะเสเนื่องจากจันทันซึ่งเป็นหน่วยหนึ่งของชุดโครงสร้างเถรอดเพลสามารถอยู่ได้ด้วยตนเอง โดยควรเลือกช่วงพาดของชิ้นไม้ที่เป็นด้านชิ้นไม้ซ้อนกันเนื่องจากรับแรงกดได้มากกว่าด้านชิ้นไม้ประกบกัน
 หลังคาแบบมีองศาแบบใช้เถรอดเพลผสมกับโครงสร้างแบบปกติ	หลังคา/เถรอดเพลผสมกับโครงสร้างแบบปกติ		ไม่มีอะเสเนื่องจากจันทันซึ่งเป็นหน่วยหนึ่งของชุดโครงสร้างเถรอดเพลสามารถอยู่ได้ด้วยตนเอง และไม่ควรยื่นโครงสร้างออกไปนอกอาคารมากจนเกินไปเนื่องจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของจันทันที่ใช้เป็นหน่วยหนึ่งของโครงสร้างเถรอดเพล

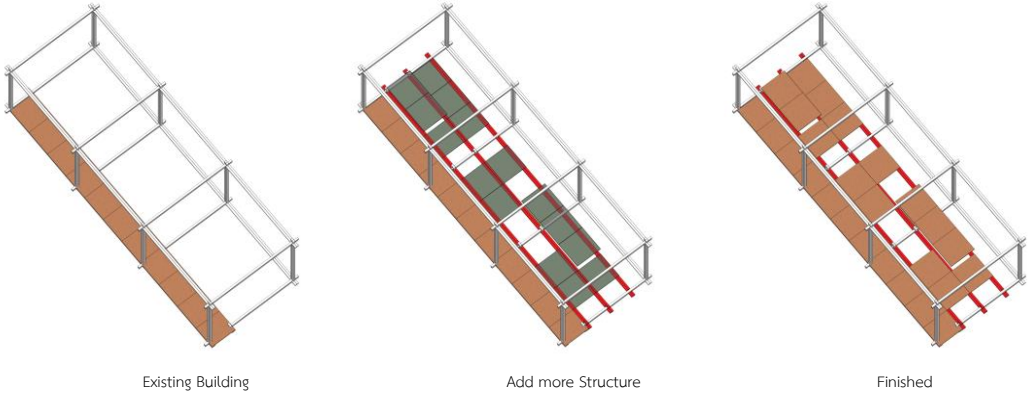
ตารางที่ 14: ลักษณะของชุดโครงสร้างหลังคา 03

รูปแบบขององค์ประกอบ	หมวดหมู่	แบบขยาย / ตัวอย่าง	ข้อสังเกตุ
 หลังคาจั่วแบบใช้เถรอดเพลทั้งหมด	หลังคา/เถรอดเพลทั้งหมด		สามารถเชื่อมต่อแต่ละหน่วยของชุดโครงสร้างได้หรือเลือกให้แต่ละหน่วยไม่เชื่อมต่อกัน และควรระวังระยะของจันทันไม่ให้กว้างหรือถี่มากเกินไป
 หลังคาแบบไม่มีองศาแบบใช้เถรอดเพลทั้งหมด	หลังคา/เถรอดเพลทั้งหมด		ใช้ส่วนชิ้นไม้แนวตั้งในการทำหน้าที่แทนแป โดยสามารถเลือกหรือกำหนดความสูงเองได้ โดยต้องออกแบบให้ระยะนั้นไม่กว้างจนเกินไปหรือสัมพันธ์กับวัสดุมุงหลังคา
 หลังคาแบบมีองศาแบบใช้เถรอดเพลทั้งหมด	หลังคา/เถรอดเพลทั้งหมด		ควรกำหนดให้ระยะของจันทันซึ่งสัมพันธ์ชิ้นส่วนแนวตั้งที่จะมารับน้ำหนักให้สัมพันธ์กับวัสดุที่ต้องการจะนำมามุง และระวังเรื่องระยะของการยื่นออกไปของโครงสร้าง เนื่องจากตัวโครงสร้างจะมีน้ำหนักมาก

4.4.2.2. การประยุกต์ใช้ในการสนับสนุนการออกแบบสถาปัตยกรรม

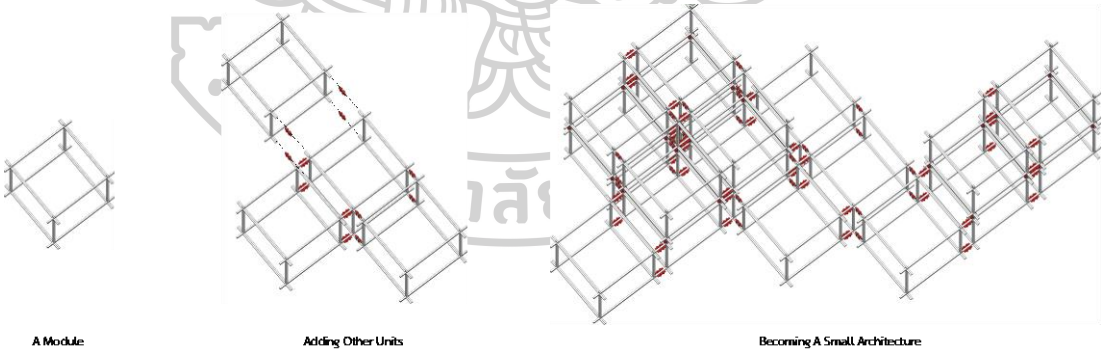
จากจุดเริ่มต้นของชุดโครงสร้างเถรอดเพลที่เกิดจากของเล่นที่ประกอบกันจากชิ้นไม้ พัฒนาสู่ข้าวของเครื่องใช้จนนำไปสู่การออกแบบเป็น พาวิลเลี่ยนกึ่งงานสถาปัตยกรรม จนสุดท้ายได้กลายมาเป็นงานสถาปัตยกรรม ทั้งหมดที่กล่าวมานั้นเป็นการออกแบบที่เกิดขึ้นภายใต้การศึกษาหาความเป็นไปได้ของชุดโครงสร้างเถรอดเพลในเชิงกายภาพเป็นส่วนใหญ่ แต่จากการทดลองออกแบบและศึกษาชุดโครงสร้างเถรอดเพลแล้วทำให้เราได้พบว่า นอกจากลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏออกมาเป็นงานออกแบบต่างๆนั้น ชุดโครงสร้างเถรอดเพลยังสามารถสร้างให้เป็นกรอบในการสนับสนุนการออกแบบในเชิงความคิด หรือวัตถุประสงค์ต่างๆได้ซึ่งส่งผลให้งานออกแบบนั้นมีความสามารถ หรือมีศักยภาพเพิ่มมากขึ้นในหัวข้อต่างๆดังต่อไปนี้

- ความสามารถในการปรับเปลี่ยนรูปแบบได้ แม้ในรูปแบบชุดโครงสร้างเถรอดเพลในจุดเริ่มต้น จะต้องเกิดจากการออกแบบตำแหน่งของรอยต่อที่จำเป็นจะต้องทำการบากหรือเข้าหน้าไม้ให้เสร็จก่อนที่จะทำการบากจริงหรือการประกอบกันขึ้นมาเป็นงานออกแบบ แต่เมื่อทำการศึกษาต่อมาทำให้ข้อจำกัดดังกล่าวได้ลดลงจนสามารถทำการปรับ หรือเปลี่ยนรูปแบบในภายหลัง โดยสัมพันธ์กับรอยต่อเถรอดเพลแบบ **รอยต่อเพื่อการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้ (Transitional joints : for timber of various sizes) รอยต่อเพื่อรองรับการขยาย หรือการเชื่อมต่อไม้คนละชิ้น (Connecting joint or splicing joint detail)** และ **รอยต่อที่สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งได้ (Non – fixed joint / universal joints)** ที่ถูกออกแบบขึ้นมาใหม่ โดยสามารถเป็นกระบวนการที่จะเกิดภายหลังที่งานออกแบบต่างๆนั้นได้ถูกสร้าง หรือผลิตขึ้นสำเร็จแล้ว โดยสามารถปรับหรือเปลี่ยนได้ในระดับที่เป็น พื้นที่ (Space) ที่มีความสัมพันธ์กับการใช้งานของมนุษย์โดยตรง อย่างเช่น การปรับตำแหน่งของการวางผนัง การปรับตำแหน่งของเฟอร์นิเจอร์ หรือแม้กระทั่งการเพิ่มหน่วยของโครงสร้างเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆก็สามารถกระทำได้



รูปที่ 215: การปรับเปลี่ยนพื้นที่ให้เหมาะสมกับการใช้งานโดยการเสริมรอยต่อแบบปรับตำแหน่งได้

แต่ในอีกทิศทางหนึ่งในการปรับเปลี่ยนที่สามารถเกิดขึ้นได้ในภายหลังการออกแบบ ก็คือการปรับเปลี่ยนในลักษณะของความเป็นก้อนอาคาร คือชุดโครงสร้างเฉรอดเพลสามารถมีส่วนที่เป็นส่วนต่อขยาย (Expandable Space) ออกจากชุดโครงสร้างเดิมโดยไม่จำเป็นต้องถูกกำหนดตั้งแต่เริ่มต้น โดยสามารถขยายออกทั้งทางด้านกว้างคือทางแนวแกน X และในแนวตั้งคือทิศทางในแนวแกน Y[11] แต่ในงานวิจัยชิ้นดังกล่าวนี้สามารถรองรับการต่อขยายได้ในระบบที่เป็นระบบกริดแบบแกน X และ แกน Y เพียงเท่านั้น ซึ่งจากการทำงานดังกล่าวสามารถนำเราไปสู่การเป็นต้นแบบทางสถาปัตยกรรมแบบต่อขยายได้ (Expandable Architecture)

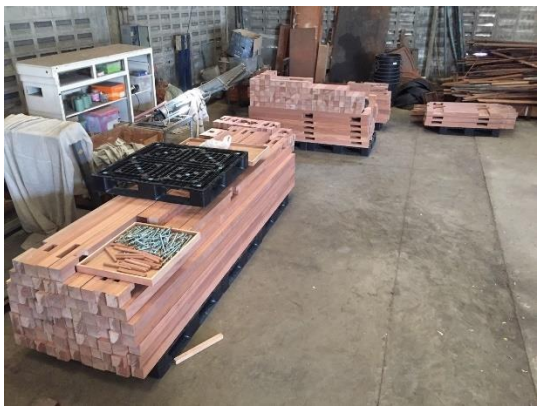


รูปที่ 216: การปรับเปลี่ยนพื้นที่ในระดับยูนิตที่สามารถเปลี่ยนไปเป็นสถาปัตยกรรมขนาดเล็ก

[11] การต่อขยายในทิศทางแนวตั้งจำเป็นจะต้องมีการคำนวนการรับน้ำหนักทางวิศวกรรมที่เหมาะสมกับการต่อขยาย

- ความสามารถในการเคลื่อนย้ายที่ตั้ง ในความเป็นจริงแล้วชุดโครงสร้างเถรอดเพลนั้นปรากฏถึงความสามารถในการเคลื่อนย้ายที่ตั้ง ตั้งแต่การออกแบบชุดเครื่องตั้งศพของหลวงตาโจ้ยที่วัดไทรอยู่ก่อนแล้ว ซึ่งชุดเครื่องตั้งศพที่มีขนาดประมาณ 7 ตาราเมตร (3.5 x 2 เมตร) ได้มีการเคลื่อนย้ายไปตั้งในงานพิธีศพอยู่เสมอๆในช่วงเวลาดังกล่าว ดังที่ปรากฏหลักฐานในเอกสารวิชาการ และชุดเครื่องตั้งอีกชุดหนึ่งที่ถูกค้นพบเพิ่มเติมอยู่ที่วัดท่าในในขอบเขตพื้นที่เดียวกัน ซึ่งจากหลักฐานดังกล่าวทำให้เราสามารถอธิบายถึงลักษณะพิเศษที่สำคัญของชุดโครงสร้างเถรอดเพลในเรื่องของการย้ายที่ตั้งได้ เพียงแต่ในช่วงเวลาดังกล่าวนั้น มีการให้ความสำคัญไปที่รูปแบบที่น่าสนใจของการออกแบบมากกว่า ซึ่งหากพิจารณาจากขนาดของเครื่องตั้งที่มีพื้นที่ประมาณ 7 ตารางเมตรแล้วนั้น มีขนาดใกล้เคียงพอดีกับห้อง หรือเรือนขนาดเล็กในงานสถาปัตยกรรม ทำให้สามารถสันนิษฐานหรือคาดหวังให้การออกแบบที่มีความเป็นสถาปัตยกรรมนั้นสามารถเคลื่อนย้ายที่ตั้งได้ในลักษณะเดียวกันกับชุดเครื่องตั้งดังที่ได้กล่าวไปในเบื้องต้น

โดยอีกทิศทางหนึ่งของความสามารถในการเคลื่อนย้ายที่ตั้งนั้นส่งผลมาจากการที่ชุดโครงสร้างเถรอดเพลนั้นประกอบกันขึ้นจากการใช้ไม้หลายๆท่อนหรือชิ้นมาประกอบกัน ทำให้การขนส่งหรือขนย้ายกระทำได้โดยง่าย โดยมีกรณีศึกษาจากการออกแบบศาลาเถรอดเพลของศาสตราจารย์วีระ อินพันทังในงานสถาปนิก ซึ่งมีส่วนของไม้ท่อนที่ยาวที่สุดเพียง 3 เมตร ซึ่งเกิดจากความเข้าใจถึงความสามารถในการใช้งานของชุดโครงสร้างเถรอดเพล ทำให้การเคลื่อนย้ายศาลาดังกล่าวใช้เพียงรถบรรทุกขนาดเล็กเพียงไม่กี่คัน ด้วยความยืดหยุ่นดังกล่าวนี้ทำให้การขนส่งไม่ว่าจะเป็นในลักษณะที่กลาวไปคือการขนส่งทางถนนหรือรถก็สามารถกระทำได้ง่าย หรือในพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึงโดยรถหรือเครื่องมือต่างๆ ด้วยขนาดที่ไม่ใหญ่ของแต่ละชิ้นส่วนทำให้สามารถเคลื่อนย้ายด้วยกำลังคนก็สามารถกระทำได้โดยง่าย



รูปที่ 217: การแบ่งไม้ออกเป็นท่อนเล็กเพื่อสะดวกในการขนส่ง

- ความสามารถในการซ่อมแซม ในหัวข้อนี้เป็นการอธิบายลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่งของชุดโครงสร้างเถรอดเพล คือการที่สามารถซ่อมแซมได้โดยง่าย ด้วยความที่ลักษณะของชุดโครงสร้างเถรอดเพลนั้นประกอบขึ้นจากชิ้นไม้ 6 ชิ้น ซึ่งในแต่ละชิ้นนั้นมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันไป ทำให้เมื่อเวลามีส่วนใดส่วนหนึ่งเสียหายนั้นสามารถทำขึ้นมาทดแทน หรือนำมาซ่อมแซมในบางส่วนได้ ไม่จำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนทั้งชุดหรือโครงสร้างทั้งหมด โดยวิธีการดังกล่าวส่งผลจำเป็นให้ต้องออกแบบให้แต่ละหน่วยย่อยนั้นแยกออกจากกันให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นได้ โดยเฉพาะชิ้นหรือส่วนที่มีความยาวหรือเชื่อมต่อมากกว่า 3 หน่วย

ในการประยุกต์ใช้เถรอดเพลในการออกแบบงานสถาปัตยกรรมนั้น ผู้ออกแบบสามารถออกแบบโดยใช้ความต้องการเบื้องต้นเป็นตัวกำหนดทิศทาง หรือการเลือกรูปแบบที่เหมาะสมในการใช้รอยต่อเถรอดเพลในแบบต่างๆ ซึ่งจากข้อมูลทั้งหมดที่ทางผู้วิจัยได้ทดลองออกแบบเพื่ออธิบายผ่านทางการสร้างรอยต่อในแบบต่างๆนั้น ทำให้เราสามารถมองเห็นถึงความเป็นไปได้ต่างๆที่มากขึ้นจากรอยต่อพื้นฐานแบบเดิมที่มีข้อจำกัดในการออกแบบมาก แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องทำความเข้าใจว่าชุดรอยต่อเถรอดเพลแม้จะมีความสามารถมากยิ่งขึ้นแต่ก็ยังมีข้อจำกัดในบางประการที่ไม่สามารถทำงานด้วยตัวเองทั้งหมดอยู่ดี ทำให้ในส่วนของการออกแบบนั้นจะต้องพิจารณาถึงสัดส่วนและการทำงานของชุดโครงสร้างเถรอดเพล กับการโครงสร้างในรูปแบบอื่นๆ ให้เกิดความสมดุลซึ่งกันและกัน

อีกประเด็นที่สำคัญในการออกแบบงานสถาปัตยกรรมขนาดเล็กจากชุดโครงสร้างเถรอดเพล ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงคุณลักษณะที่มีความเฉพาะเจาะจงอันเกิดขึ้นจากชุดโครงสร้างเถรอดเพล ไม่ว่าจะเป็นความสามารถในการเคลื่อนย้าย การปรับเปลี่ยน หรือแม้กระทั่งการซ่อมแซมหรือการขนส่ง เพราะนอกจากความต้องการที่เกิดขึ้นเฉพาะเจาะจงแล้ว ยังส่งผลต่อขั้นตอนของการกำหนดของการออกแบบรอยต่อ และลำดับกับวิธีการในการประกอบขึ้นของโครงสร้างทั้งหมดอีกเช่นกัน ซึ่งหากปราศจากการวางขั้นตอนในการทำงานให้ดีแล้ว จะไม่สามารถดึงประโยชน์จากชุดโครงสร้างเถรอดเพลออกมาได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เมื่อต้องแลกกับการทำงานที่มีขั้นตอนที่ซับซ้อน และมากยิ่งขึ้นกว่าการทำงานแบบปกติ

4.5 การพัฒนารอยต่อเถรอดเพลจากการทดลองถ่ายทอดองค์ความรู้ การสนทนา และอธิบายในหัวข้อหนึ่งของการทดลองเพื่อพัฒนารอยต่อเถรอดเพล

ผู้วิจัยได้ทดลองออกแบบการพัฒนารอยต่อเถรอดเพลผ่านการถ่ายทอดองค์ความรู้และใช้การอธิบายข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับพื้นฐาน และตัวอย่างงานออกแบบรอยต่อเถรอดเพลของหลวงตา

โจ้ย ให้กับนักศึกษาสถาปัตยกรรมในชั้นปีที่ 3 และ ปีที่ 4 ในลักษณะเป็นโครงงาน โดยอธิบายและทำการแบ่งโจทย์ในการทดลองออกเป็น 2 แบบหลักๆ ตามลักษณะงานที่สัมพันธ์กับระยะเวลาดังต่อไปนี้

4.5.1. การให้โจทย์ออกแบบในระยะเวลาที่จำกัด

การให้โจทย์ในหัวข้อดังกล่าวมีการกำหนดระยะเวลาในการที่ให้ทำงานแก่นักศึกษาเป็นเวลา 3 วัน โดยช่วงเวลาดังกล่าวรวมถึงกระบวนการในการให้ความรู้แก่นักศึกษาด้วย เนื่องจากผู้วิจัยต้องการศึกษากระบวนการในการสร้างความเข้าใจพื้นฐานของนักศึกษาที่ได้รับโจทย์ไป โดยที่โจทย์นั้นไม่ได้มีความซับซ้อนแต่พยายามพูดถึงการสร้างผลงานออกมาตามความเข้าใจให้ได้ในเวลาที่กำหนด โดยมีสิ่งที่ทำการควบคุมในการทดลองคือ ระยะเวลาที่อธิบาย หรือให้ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับเถรอดเพล รวมถึงตัวอย่างการออกแบบเบื้องต้น และอีกประการหนึ่งนั้นคือการควบคุมระยะเวลาในการทำงาน โดยกำหนดให้ออกแบบเป็นหุ่นจำลองไม่จำกัดมาตราส่วนและนำเสนอผลงานการออกแบบ

โดยผลลัพธ์ของการออกแบบจากนักศึกษาทั้งหมดจำนวน 50 คน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มละ 5 คนเท่าๆกัน ได้ผลงานทั้งสิ้นจำนวน 10 ชิ้น โดยสามารถแบ่งผลงานตามลักษณะของชิ้นงานได้เป็นระดับของการออกแบบข้าวของเครื่องใช้ (ขนาดเล็ก) 1 ชิ้น ระดับของการเป็นเฟอร์นิเจอร์หรือเครื่องเรือน (ขนาดกลาง) จำนวน 6 ชิ้น และในระดับที่เป็นพื้นที่ (ขนาดใหญ่) จำนวน 3 ชิ้น โดยผลงานทั้ง 10 ชิ้นนั้น เป็นการออกแบบในลักษณะประยุกต์ใช้เถรอดเพลในลักษณะที่มีความเฉียง แต่ลักษณะของรอยต่อนั้นยังไม่สามารถใช้งานได้จริง แต่ก็พบว่ามีนักศึกษาส่วนนึงนั้นยังไม่เข้าใจระบบเถรอดเพลอย่างถูกต้องตามที่ได้ให้ข้อมูลและคำอธิบายไปในเบื้องต้น ปรากฏให้เห็นการใช้วัสดุยึดเช่น กาว ในการเชื่อมรอยต่อเข้าด้วยกัน รอยต่อแต่ละรอยนั้นเป็นการเพียงเจาะช่องเพื่อรองรับแทนการเข้าสลักไม้

รูปที่ 218: ลักษณะผลงานของโจทย์ที่มีระยะเวลาจำกัด

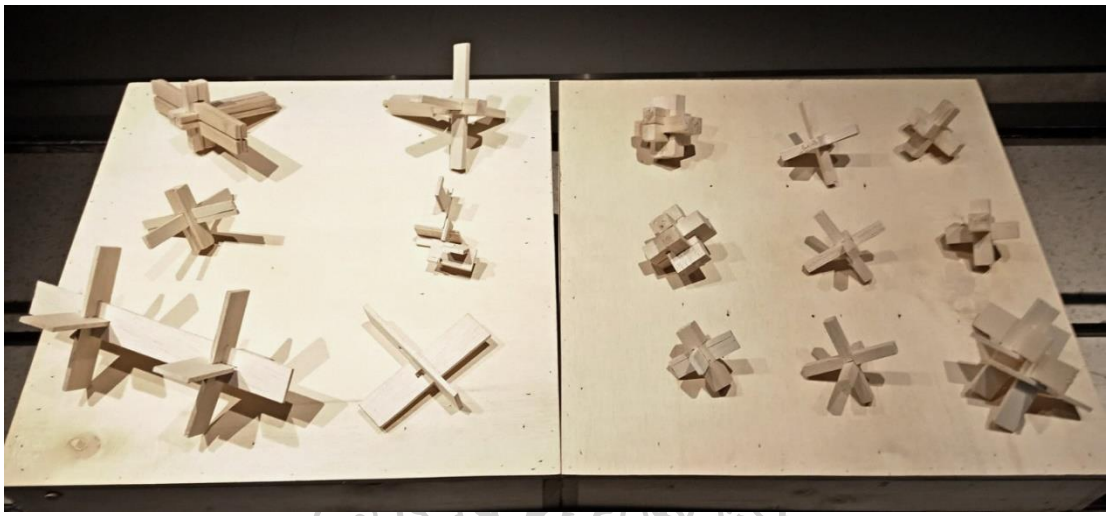
แต่สิ่งหนึ่งที่ได้จากผลงานทดลองออกแบบของนักศึกษาทั้งหมดจำนวน 10 ชิ้น พบว่าหากตัดประเด็นเรื่องความถูกต้องที่เกิดขึ้นจากรอยต่อออกไป จะพบว่านักศึกษามองเห็นประเด็นในการออกแบบผ่านการทำความเข้าใจลักษณะทางกายภาพที่เกิดขึ้นของชุดโครงสร้างเถรอดเพลผ่านรูปแบบของกรอบ หรือเฟรมไม้ที่ใกล้เคียงกับระบบเสาคานแบบการก่อสร้างแบบปกติ โดยทุกกลุ่มใช้กระบวนการการออกแบบจากการกำหนดรูปแบบหรือลักษณะจากความโครงมาก หรือภาพสุดท้ายมากกว่าที่จะมองความเป็นไปได้ของศักยภาพของรอยต่อเถรอดเพล

4.5.2. การให้โจทย์และระยะเวลาในการศึกษารอยต่อเถรอดเพลเพื่อพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

ในการทดลองออกแบบชุดรอยต่อเถรอดเพลอย่างมีระยะเวลาต่อเนื่องคือการศึกษาอย่างมีระบบ ซึ่งนำเอาลักษณะในการศึกษาของการวิจัยมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับระยะเวลาที่กำหนดภายใน 3 เดือน ร่วมกับนักศึกษา 1คน โดยเน้นไปที่กระบวนการพัฒนาองค์ความรู้เรื่องเถรอดเพล ในลักษณะที่ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาเพื่อร่วมพัฒนาผลงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยแบ่งขั้นตอนของการพัฒนาผลงานดังนี้

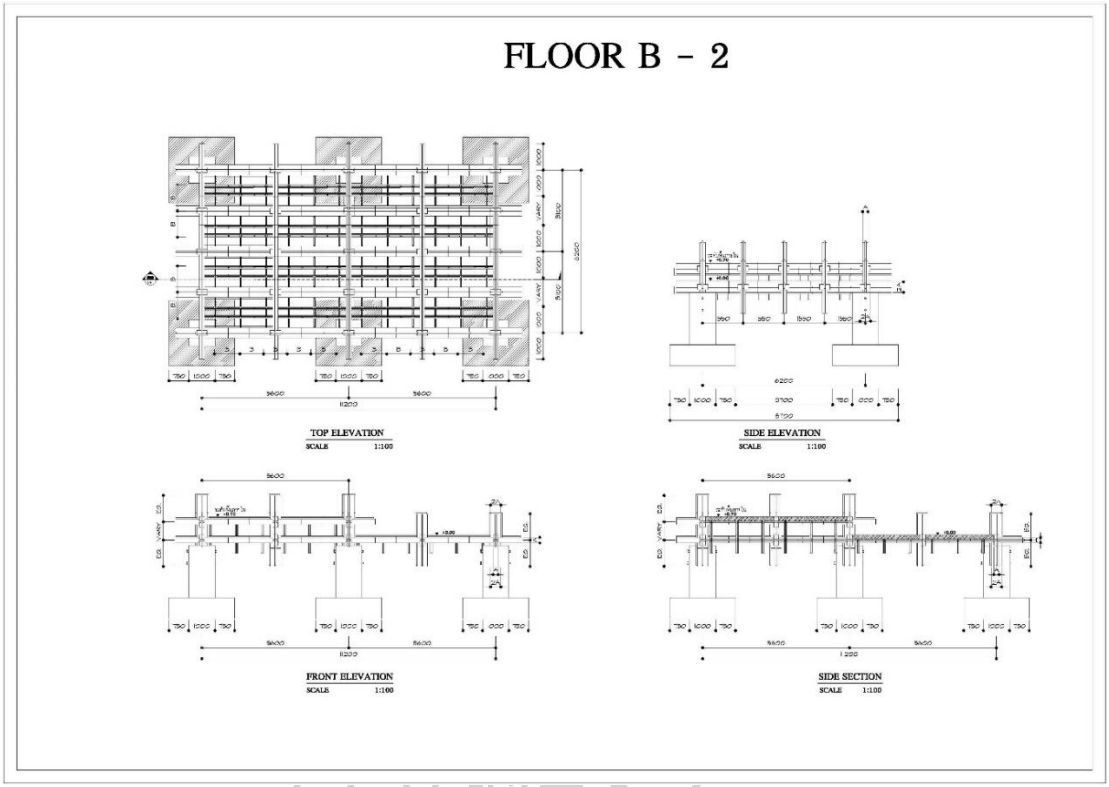
1. การศึกษาค้นคว้าข้อมูล การศึกษาข้อมูลนั้นผู้วิจัยกำหนดให้นักศึกษาทำการศึกษาข้อมูลที่ประกอบไปด้วย ข้อมูลเถรอดเพลพื้นฐาน รูปแบบในการออกแบบเถรอดเพลต่างๆในรูปแบบเดียวกันกับการศึกษาในระยะเวลาแบบจำกัด แต่เพิ่มเนื้อหาในการจัดทำแบบจำลองในลักษณะที่เป็นแบบทางสถาปัตยกรรม ในการอธิบายลักษณะที่เกิดขึ้นจากรอยต่อเถรอดเพลโดยตรง และรอยต่อเถร

อดเพลในประเภทอื่นๆที่มีความคล้ายคลึงกัน เพื่อสร้างความเข้าใจในพื้นฐานและข้อจำกัดที่เกิดขึ้นต่างๆ โดยกระบวนการดังกล่าวมีระยะเวลาประมาณ 4 สัปดาห์

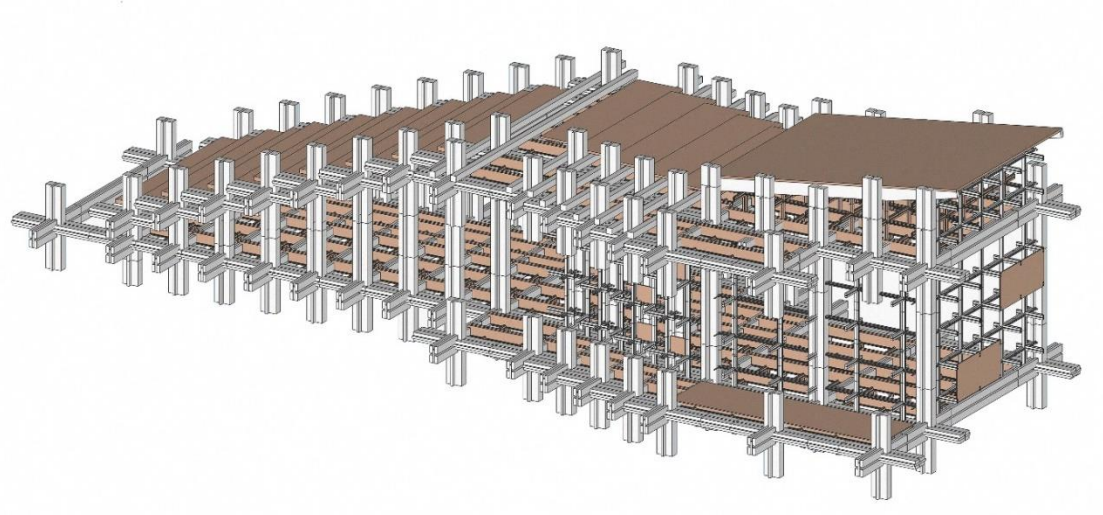


รูปที่ 219: ผลงานในช่วงการศึกษาค้นคว้าข้อมูล

2. การพัฒนารอยต่อต้นแบบ การศึกษาในขั้นตอนของการพัฒนารอยต่อต้นแบบผู้วิจัยกำหนดแนวการทดลองพัฒนาให้นักศึกษาพัฒนารอยต่อแบบใหม่ที่มีความสัมพันธ์หรือลักษณะพื้นฐานบางส่วนมาจากลักษณะของรอยต่อเดือยอดเพลในเชิงของการเป็นสลักไม้ โดยใช้กระบวนการในการร่วมพัฒนาแบบร่างโดยเน้นการจัดทำแบบสองมิติที่เป็นแบบทางสถาปัตยกรรมไปพร้อมกับการจัดทำแบบสามมิติที่ได้มาจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลังจากที่ได้รอยต่อดังกล่าวแล้วกำหนดให้นักศึกษาพัฒนารอยต่อดังกล่าวในการสร้างความเป็นไปได้ในการนำไปออกแบบเพื่อเป็นงานสถาปัตยกรรมขนาดเล็ก โดยขั้นตอนดังกล่าวใช้เวลาดำเนินการ 5 สัปดาห์



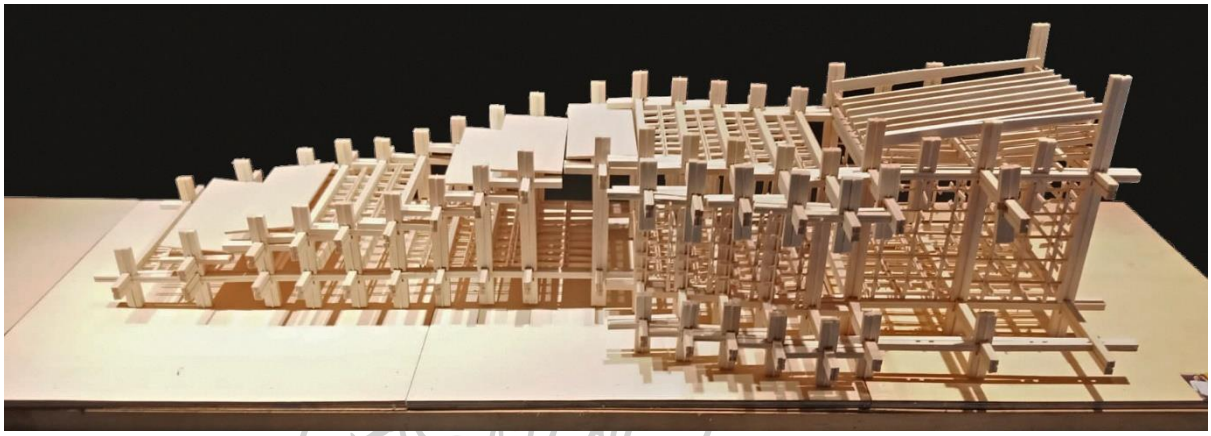
รูปที่ 220: ตัวอย่างการจัดทำแบบทางสถาปัตยกรรม



รูปที่ 221: การจัดทำแบบสามมิติเพื่อศึกษาลักษณะและวิธีการในการประกอบ

3. การสร้างชิ้นงานจริง หลังจากที่ได้ข้อสรุปถึงลักษณะของรอยต่อ และรูปแบบที่ชัดเจนจากแบบทางสถาปัตยกรรม จึงกำหนดให้นักศึกษาจัดทำแบบจำลองในมาตราส่วน 1:15 โดยทดลองทำโมเดลแบบร่างเบื้องต้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ และในอีกทิศทางหนึ่งนั้นเป็นการทดลองการทำงานจริงบนวัสดุไม้ที่สัมพันธ์กับการใช้เครื่องช่างในการทำงานที่มีความใกล้เคียงกับการทำงาน

จริงมากที่สุด และเพื่อศึกษาถึงลักษณะหรือวิธีการบาก การเซาะร่อง หรือการเพลาะไม้ ว่าจะกระทำเช่นไรให้เกิดความแม่นยำและถูกวิธี อีกประการหนึ่งคือการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการการก่อสร้างจริงผ่านแบบจำลองที่มีสัดส่วนขยายขึ้นมาใกล้เคียงกับสัดส่วนจริงว่าสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่ มีความต้องการในการปรับรอยต่อ วิธีการประกอบรวมถึงขนาดหน้าตัดไม้ต้องถูกเปลี่ยนไปได้อย่างไรก่อนจะผลิตผลงานจริง โดยที่มีระยะเวลาในการดำเนินการ 3 สัปดาห์



รูปที่ 222: แบบจำลองผลงานขั้นสุดท้าย

การศึกษาโดยการใช้การพัฒนาอย่างต่อเนื่องแบบมีช่วงเวลาทำให้เราเห็นการออกแบบชุดโครงสร้างเถรอดเพลที่มีมิติในการออกแบบมากยิ่งขึ้น มีความซับซ้อนและตอบกับบริบทในการออกแบบได้อย่างมีความเหมาะสม โดยถึงแม้ว่าลักษณะของรอยต่อที่นักศึกษาทำการออกแบบมานั้นจะไม่ใช่รอยต่อที่เป็นแบบเถรอดเพลโดยตรงตามลักษณะเดิมทุกประการ แต่รอยต่อที่ได้ทำการศึกษานั้นก็มีที่มา แนวคิด และพื้นฐานที่เป็นการต่อยอดมาจากรอยต่อเถรอดเพล ด้วยกระบวนการที่ได้ทำการทดลองดังกล่าวนี้ทำให้เราสามารถอธิบายการจัดการองค์ความรู้ในเรื่องการนำรอยต่อเถรอดเพลมาใช้ในการออกแบบนั้น จำเป็นจะต้องมีการมีเวลาในการพัฒนาองค์ความรู้เบื้องต้นในการทำความเข้าใจต่อรูปแบบของรอยต่อเถรอดเพลพื้นฐาน โดยทำงานควบคู่ขนานไปกับการออกแบบหรือพัฒนาในส่วนของทักษะหรือการพัฒนารูปแบบอื่นขึ้นมาอย่างมีประสิทธิภาพและดีเพียงพอ เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ได้ตามต้องการ

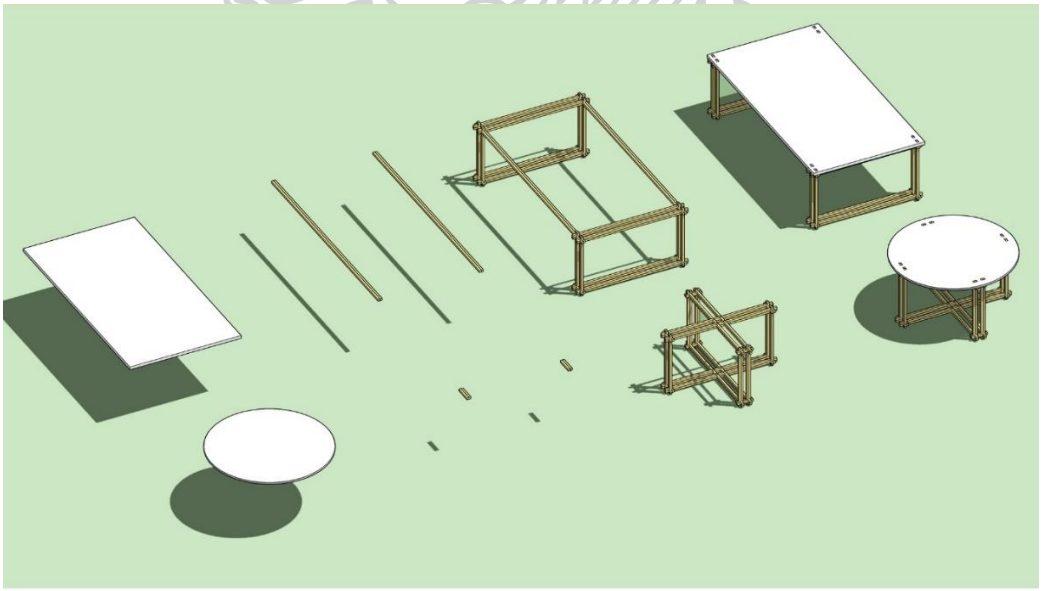
4.6 **การทดลองเพื่อสังเคราะห์เป็นงานออกแบบ**

จากการศึกษาวิเคราะห์และทดลองออกแบบรอยต่อเถรอดเพลทั้งในการออกแบบเพื่อพัฒนารอยต่อเอง และการสร้างเป็นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมทำให้เราทองเห็นศักยภาพที่

เกิดขึ้นจากรอยต่อดังกล่าวที่จะนำไปสู่การออกแบบงานสถาปัตยกรรม โดยขั้นตอนดังกล่าวนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบวิธีการในการสังเคราะห์ หรือการออกแบบสถาปัตยกรรมที่เกิดจากรอยต่อเถรอดเพล โดยแบ่งชิ้นงานในการออกแบบออกเป็น ชิ้นตามขนาดหรือสัดส่วนของงานออกแบบดังกล่าว เพื่อศึกษา 3 แนวทางหรือภาพสะท้อนอันปรากฏจากงานออกแบบที่เกิดจากเถรอดเพลเพื่อนำมาใช้ในการอภิปรายต่อไป โดยมีผลงานในการออกแบบดังต่อไปนี้

4.6.1. โต๊ะพาจร (**Move(T)able**)

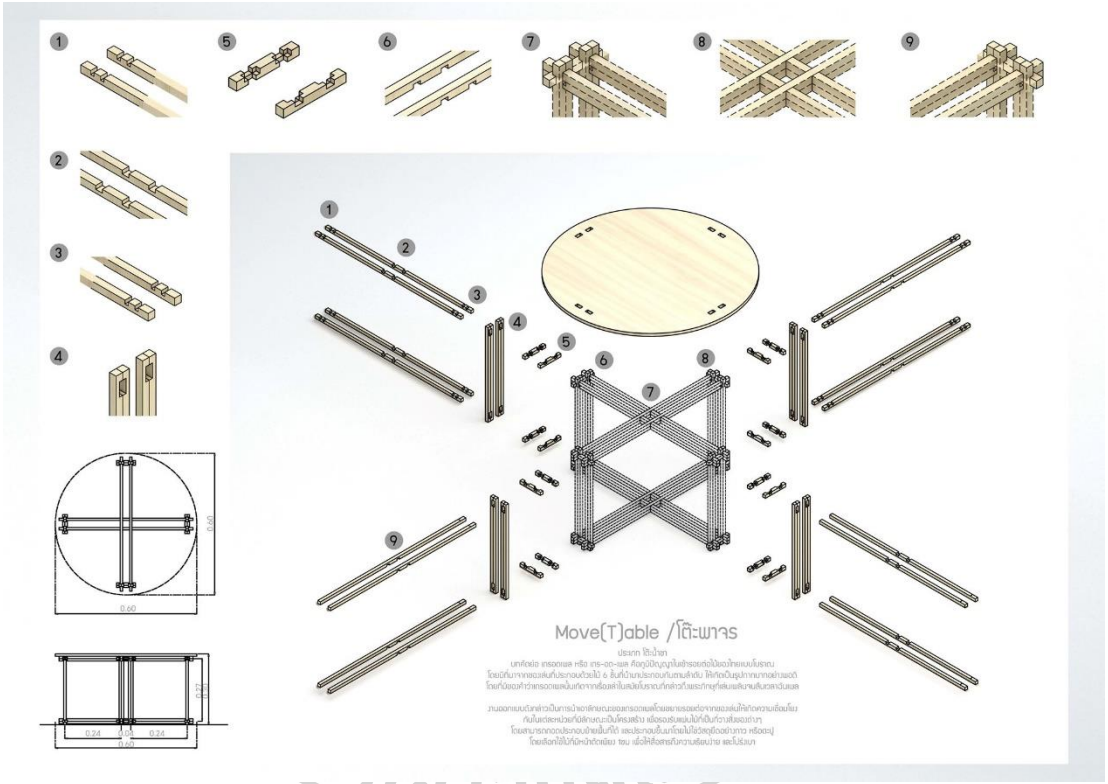
โต๊ะพาจรหรือโต๊ะน้ำชาที่รองรับการนั่งกับพื้นหรือฝูก ที่ถูกออกแบบมาจากรอยต่อเถรอดเพลซึ่งทำหน้าที่เป็นชุดโครงสร้างของโต๊ะดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์หรือแนวคิดในการออกแบบให้โต๊ะดังกล่าวนั้นสามารถถอดชิ้นส่วนเพื่อทำการเคลื่อนย้าย หรือเปลี่ยนพื้นที่ในการจัดวางได้อย่างสะดวก โดยนอกจากวัตถุประสงค์ในการออกแบบเพื่อให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกแล้ว โต๊ะพาจรยังสามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานได้อีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นความสูงของโต๊ะเองที่สามารถปรับได้จากชิ้นไม้ในแนวตั้ง หรือสามารถเปลี่ยนเป็นโต๊ะขนาดยาวได้หากทำการเปลี่ยนชิ้นไม้ในแนวนอนให้สัมพันธ์กับพื้นโต๊ะ ด้วยเหตุดังกล่าวนี้ทำให้โต๊ะพาจรสามารถรองรับกิจกรรมที่หลากหลายได้มากยิ่งขึ้น



รูปที่ 223: ลักษณะของโต๊ะที่ปรับเปลี่ยนรูปแบบได้ตามต้องการ

โต๊ะพาจรตัวต้นแบบนี้ถูกออกแบบขึ้นจากวัสดุไม้โดยทำการแยกกันระหว่างตัวพื้นโต๊ะหรือท๊อปโต๊ะที่ทำขึ้นจากไม้สนเนื้ออ่อนขนาดความหนา เซนติเมตร โดยมีลักษณะวงกลม 2.1 8 เซนติเมตร และทำการเจาะรูทั้งหมด 60 เส้นผ่าศูนย์กลาง รูตรงกับไม้ชิ้นแนวตั้งเพื่อเสียบในการ

รองรับ โดยในส่วนดังกล่าวนี้สามารถเปลี่ยนวัสดุของพื้นโต๊ะเป็นวัสดุอื่น หรือปรับเปลี่ยนรูปทรงในลักษณะต่างๆได้ โดยสัมพันธ์กับชุดโครงสร้าง ในส่วนของชุดโครงสร้างนั้น สร้างขึ้นจากไม้ฮิโนกิที่เป็นไม้สำหรับทำแบบจำลองในขนาดหน้าตัด 1 x 1 เซนติเมตร มากำหนดเป็นโครงสร้างในรูปแบบของรอยต่อเดือยเพลแบบพื้นฐานโดยเว้นพื้นที่ในส่วนของชิ้นไม้ในแนวตั้งให้มีความพอดีกับความหนาของพื้นโต๊ะเพื่อให้สามารถใส่กันได้อย่างพอดี โดยมีการบากชิ้นไม้แบบบากครึ่งของชิ้นไม้ในแนวนอนบริเวณพื้นที่กึ่งกลางเพื่อให้ไม้สามารถวิ่งผ่านกันได้



รูปที่ 224: แผนภาพแสดงชิ้นส่วนและการประกอบ

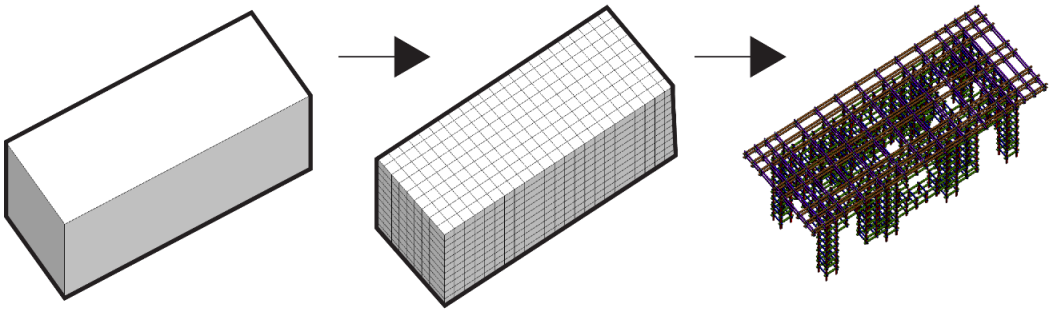
ผลจากการทำการออกแบบโต๊ะพาจรนั้นทำให้เห็นข้อจำกัดและผลลัพธ์บางอย่างที่ปรากฏขึ้นในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ชิ้นดังกล่าวนี้ โดยข้อจำกัดอย่างหนึ่งที่ปรากฏขึ้นนั้นก็คือ การออกแบบหน้าตัดไม้ที่มีความจำเป็นที่จะต้องสัมพันธ์กับการรับแรงของพื้นโต๊ะ ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถใช้ไม้ที่มีขนาดหน้าตัดที่มีความใหญ่ได้มาก เพราะวัตถุประสงค์ในความต้องการในการเคลื่อนย้าย และภาพลักษณ์ที่อยากทำโต๊ะดังกล่าวมีความเบาและบางจึงจำเป็นต้องใช้ไม้ที่มีขนาดหน้าตัดไม่ใหญ่มากหรือขนาด 1 x 1 เซนติเมตร ทำให้การรับน้ำหนักนั้นยังไม่ดีเท่าที่ควร (ผู้วิจัยคิดว่าขนาดที่เหมาะสมคือ 1.2 -1.5 เซนติเมตร) แต่ผลลัพธ์ในแง่ของการออกแบบนั้นผู้วิจัยมีข้อค้นพบว่ารอยต่อแบบเดือย

อดกเพลมีความเหมาะสมในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์หรือเครื่องเรือนในระดับปานกลางไม่เล็กจนเกินไป กล่าวคือการออกแบบด้วยรอยต่อเดรอดเพลนั้นไม่สามารถออกแบบเครื่องเรือนที่มีขนาดเล็กมากได้เนื่องจากจำนวนชิ้นไม้ที่จะทำให้ผลิต และใช้งานได้ยากอีกทั้งเกิดความซับซ้อนเกินไป แต่ในการออกแบบนั้นควรเน้นไปที่การใช้ประโยชน์จากการถอดประกอบได้อันเป็นจุดแข็งของรอยต่อเดรอดเพล

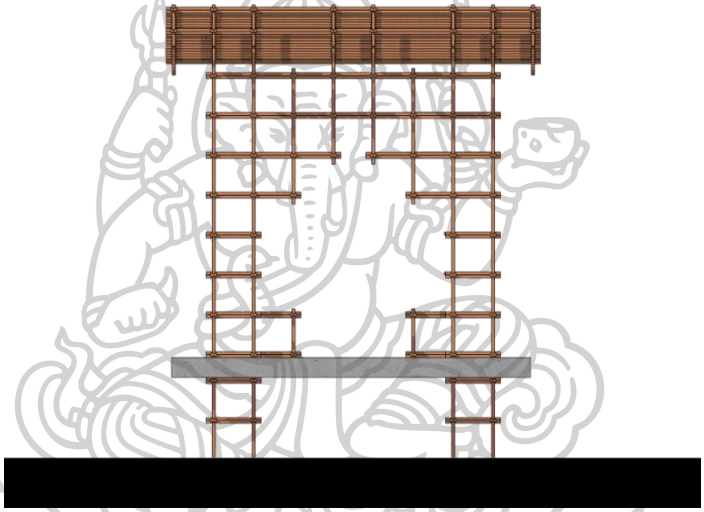
รูปที่ 225: ต้นแบบโต๊ะพาจรในการนำไปจัดแสดง

4.6.2. **การออกแบบขนาดกลาง ศาลากากบาท (Cross Pavilion)**

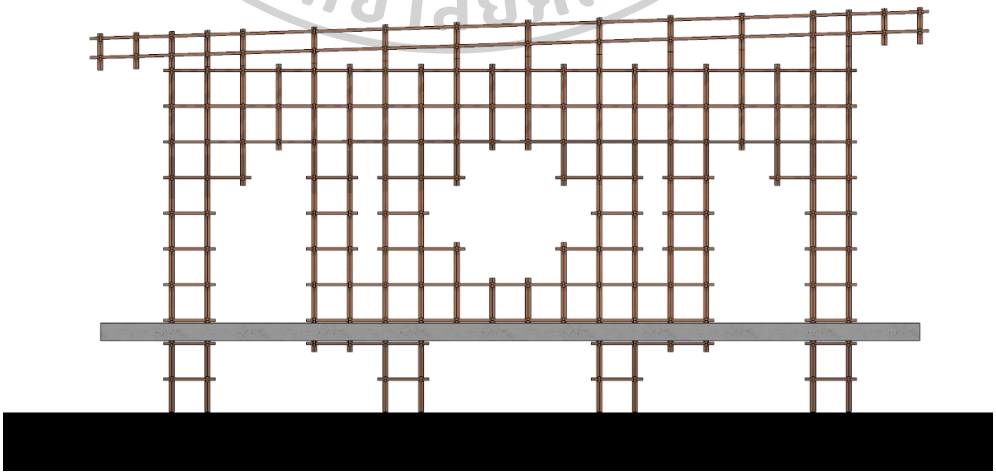
การออกแบบศาลากากบาทนั้นคือการนำรอยต่อเดรอดเพลมาสร้างเป็นอาคารอเนกประสงค์ที่มีพื้นที่ว่างและสัดส่วนที่สัมพันธ์กับกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์เช่น เดิน นั่ง นอน โดยมีกระบวนการในการออกแบบคือ การเริ่มต้นจากการกำหนดขนาดของอาคารทั้งหมดในแบบสามมิติ (มีความกว้าง ยาว สูง) จนได้ออกมาเป็นพื้นที่ในลักษณะของสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยขนาดของอาคารดังกล่าวนั้นสัมพันธ์กับสัดส่วนของมนุษย์ในลักษณะของโมดูล่าขนาด 40 x 40 เซนติเมตร และนำโมดูล่าดังกล่าวไปวางลงบนก้อนอาคารดังกล่าวในลักษณะของการวางกริด แล้วจึงลดทอนในส่วนที่ไม่จำเป็นออกในบางส่วน แล้วจึงออกแบบรายละเอียดของโครงสร้างในแต่ละจุดจนเสร็จสมบูรณ์ โดยในงานออกแบบชิ้นดังกล่าวนี้ ผู้วิจัยออกแบบแยกในส่วนตัวอาคารและส่วนของหลังคาออกจากกันเพื่อความสะดวกในการก่อสร้างและสามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ตามต้องการ



รูปที่ 226: แผนภาพแสดงกระบวนการพัฒนาการออกแบบ



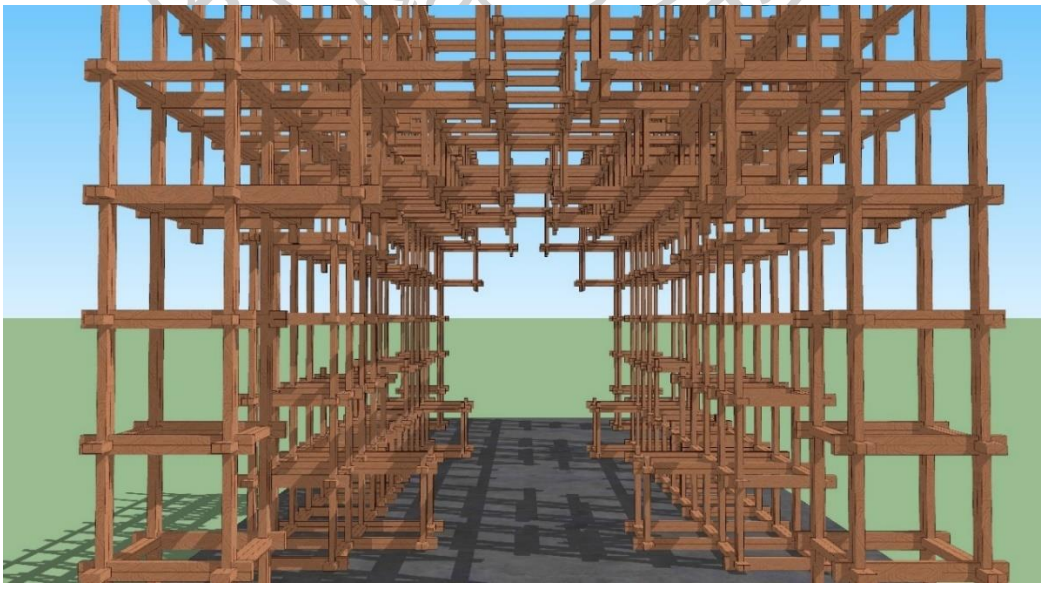
รูปที่ 227: รูปด้านอาคาร



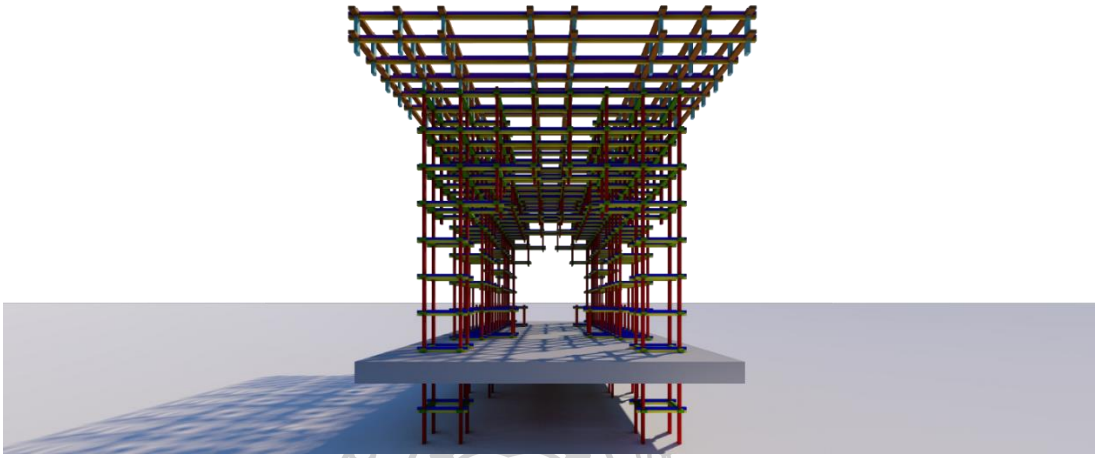
รูปที่ 228: รูปด้านข้างอาคาร

โดยอาคารมีขนาดกว้าง 3.2 เมตร (8 โมดูล่า) ความยาว 8 เมตร (20 โมดูล่า) สูง 3.6 เมตร (9 โมดูล่า) ไม่รวมหลังคา ตัวอาคารทำจากชุดรอยต่อเถรอดเพลทั้งหมด โดยใช้รอยต่อเถรอดเพลแบบพื้นฐานยกเว้นในส่วนของหลังคาที่ใช้รอยต่อแบบเฉียง ซึ่งกำหนดให้ขนาดของหน้าตัดไม้มีขนาด 3 x 3 เซนติเมตร ในส่วนของพื้นอาคารนั้นได้ออกแบบเป็นพื้นคอนกรีตยกจากพื้นดินสูง พื้นที่ภายในประกอบไปด้วยพื้นที่ว่างสำหรับการนั่ง หรือการนอนซึ่งเป็นกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ อาคารมีลักษณะโปร่ง ยกเว้นในส่วนของหลังคาที่มีการออกแบบวัสดุมุงแบบโปร่งใส

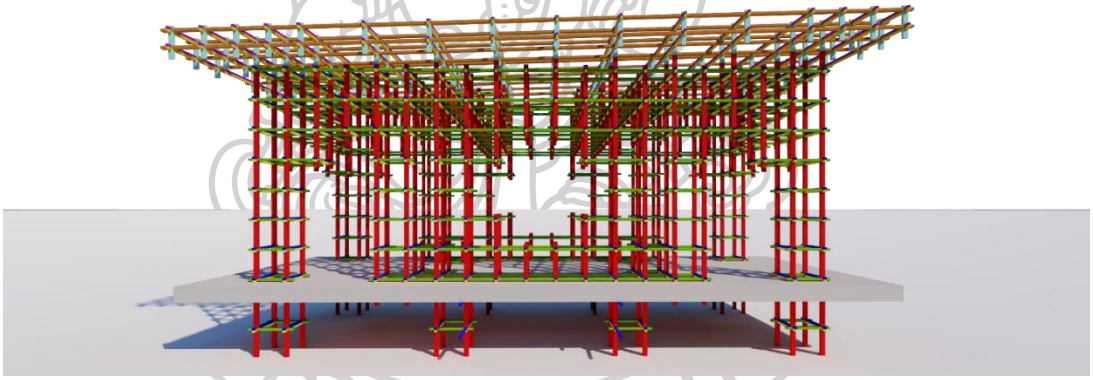
ผลลัพธ์จากการออกแบบงานสถาปัตยกรรมชิ้นดังกล่าวนี้ ทำให้เราเห็นภาพของการนำเอารอยต่อเถรอดเพลมาออกแบบเป็นงานสถาปัตยรรมที่มีการกำหนดการใช้งานแบบพื้นฐานของมนุษย์ ทำให้เราสามารถมองเห็นแนวทางในการพัฒนาสู่งานสถาปัตยกรรมที่มีความซับซ้อนขึ้นในอนาคต โดยในการออกแบบใช้ลักษณะของโครงสร้างแบบที่เกิดขึ้นจากไม้ขนาดหน้าตัดที่เล็กที่ต้องอาศัยการรวมกลุ่มแบบโมดูล่า ซึ่งในการรับน้ำหนักซึ่งจะมีความแตกต่างจากงานออกแบบของอาจารย์วีระ อินพันทัง ที่เน้นการใช้ไม้ในขนาดที่หน้าตัดใหญ่รับน้ำหนักเป็นโครงสร้างโดยตรง โดยในแง่ของลักษณะทางเทคโทนิคส์ ที่เกิดขึ้นในงานสถาปัตยกรรมดังกล่าวสัมพันธ์การใช้ระบบโมดูล่าและขนาดหน้าตัดไม้ที่มีขนาด 3 เซนติเมตร ที่พอดีกับการมองหรือการรับรู้ของมนุษย์ทำให้ในขั้วของภาพในการเป็นตัวแทน (Representation) ของความเป็นรอยต่อเถรอดเพลนั้นมีความชัดเจนมากขึ้น โดยที่รอยต่อเถรอดเพลนั้นก็ยังแสดงความแข็งแรงในโครงสร้างและการรับน้ำหนักที่ชัดเจนผ่านรูปลักษณะดังกล่าวอีกด้วย



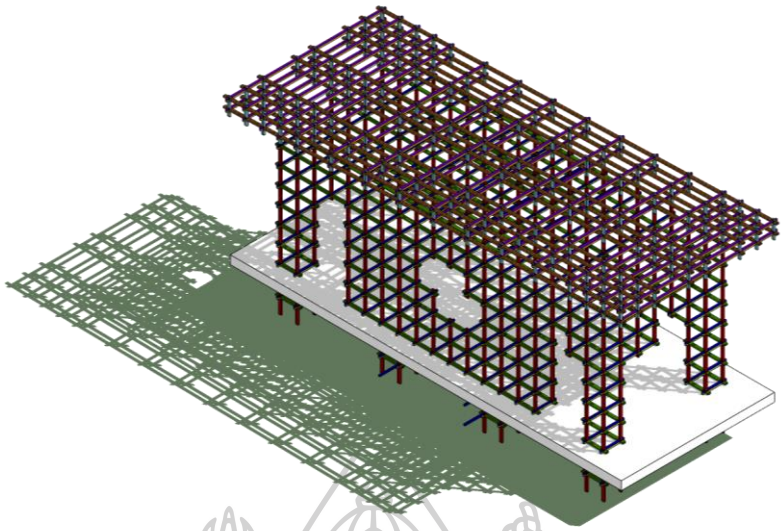
รูปที่ 229: ลักษณะของรอยต่อในมุมมองของมนุษย์



รูปที่ 230: ทัศนียภาพจากทางด้านหน้า



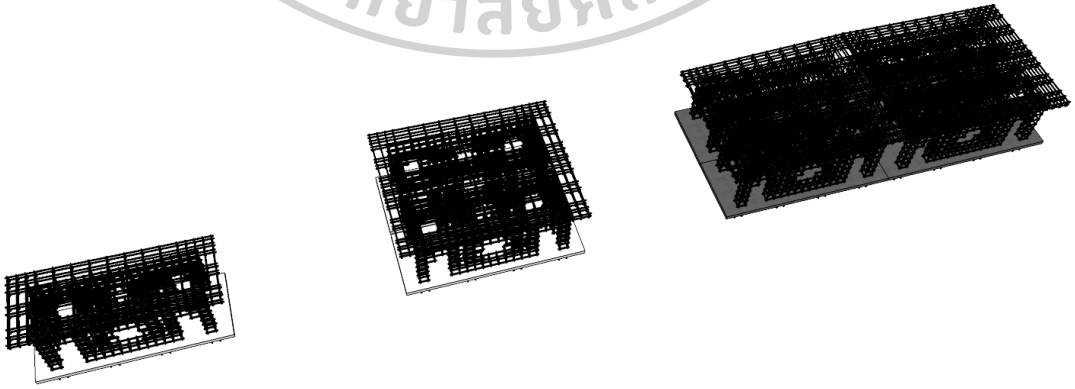
รูปที่ 231: ทัศนียภาพจากทางข้าง



รูปที่ 232: ทัศนียภาพจากด้านบน

4.6.3. **การออกแบบในขนาดใหญ่ ศาลาต่อขยาย**

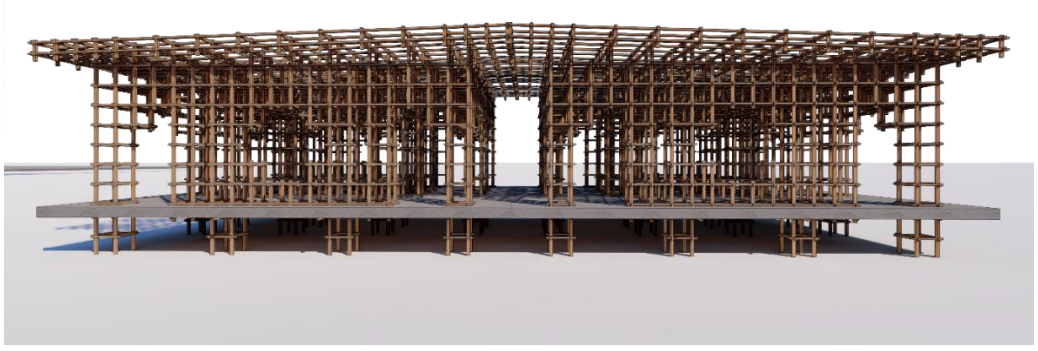
ในการทดลองออกแบบผลงานชิ้นดังกล่าวคือการนำศาลากากบาทมาพัฒนาต่อยอดในการมุ่งสู่ลักษณะอาคารที่มีขนาดใหญ่และรองรับกิจกรรมหรือผู้คนได้มากยิ่งขึ้นตามวัตถุประสงค์ที่ถูกออกแบบไว้ โดยในการออกแบบดังกล่าวเน้นไปที่การปรับเปลี่ยนเพื่อต่อขยายในการรองรับคนที่เข้ามาใช้งานได้มากยิ่งขึ้น โดยเป็นการต่อขยายในแนวราบ โดยเลือกให้รอยต่อที่รองรับการขยายของอาคารเพื่อให้เกิดแนวทางในการพัฒนารอยต่อเถรอดเพลไปสู่อาคารขนาดใหญ่หรือมีความซับซ้อนต่อไป



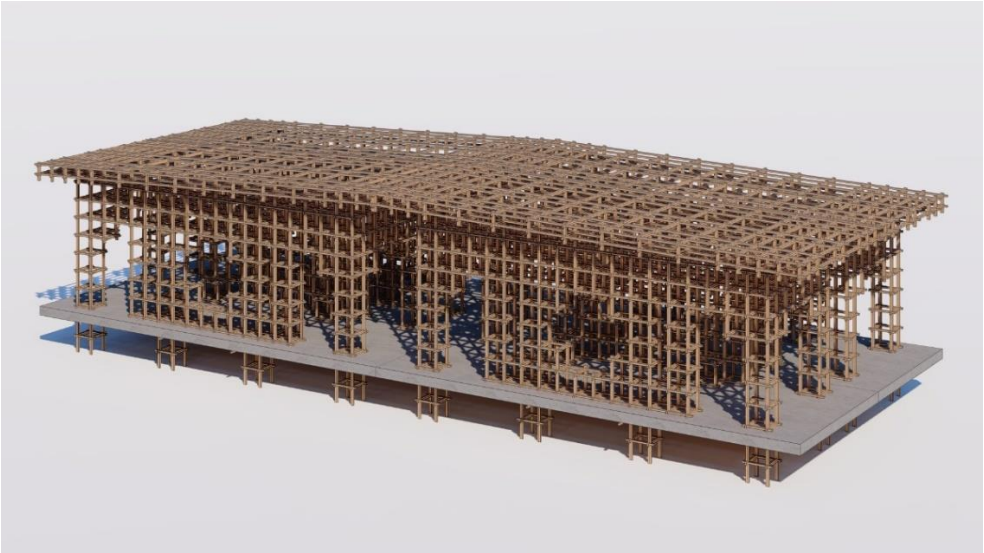
รูปที่ 233: การต่อขยายศาลากากบาท แบบเพิ่มยูนิตแบบ 2 ยูนิตและ 4 ยูนิต

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองในการทำรอยต่อเถรอดเพลเพื่อมาใช้ในการออกแบบงานสถาปัตยกรรมขนาดใหญ่ ประการแรกที่สำคัญคือลักษณะทางด้านโครงสร้างที่สัมพันธ์กับขนาดหน้าตัดหรือขนาดของชิ้นไม้ เพราะถึงแม้ว่ามีการออกแบบรอยต่อเพื่อรองรับการต่อขยายที่เกิดขึ้นได้ แต่ในแง่ของการออกแบบหรือการก่อสร้างจริงนั้นยังพบปัญหาในเรื่องของการรองรับการต่อขยายในทิศทางแนวตั้ง ซึ่งอาจจะกระทำได้อย่างอิสระมากเท่าที่ควร โดยจะต้องมีการออกแบบในส่วนของการรองรับน้ำหนัก หรือมีการกำหนดจำนวนหรือยูนิตที่สามารถต่อขยายได้ จึงอาจกล่าวได้ว่ารอยต่อเถรอดเพลแบบรองรับการต่อขยายได้นั้น ควรกระทำในแนวราบมากกว่าโดยในส่วนของการเป็นโครงสร้างนั้นจะต้องมีการออกแบบชิ้นไม้ให้มีขนาดหรือสัดส่วนที่สัมพันธ์กับโครงสร้างมากขึ้น และอาจจะจำเป็นต้องทำงานกับวัสดุหรือองค์ประกอบทางด้านโครงสร้างอื่นๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการเป็นอาคารขนาดใหญ่

รูปที่ 234: ทัศนียภาพการต่อขยายแบบ ยูนิต 2



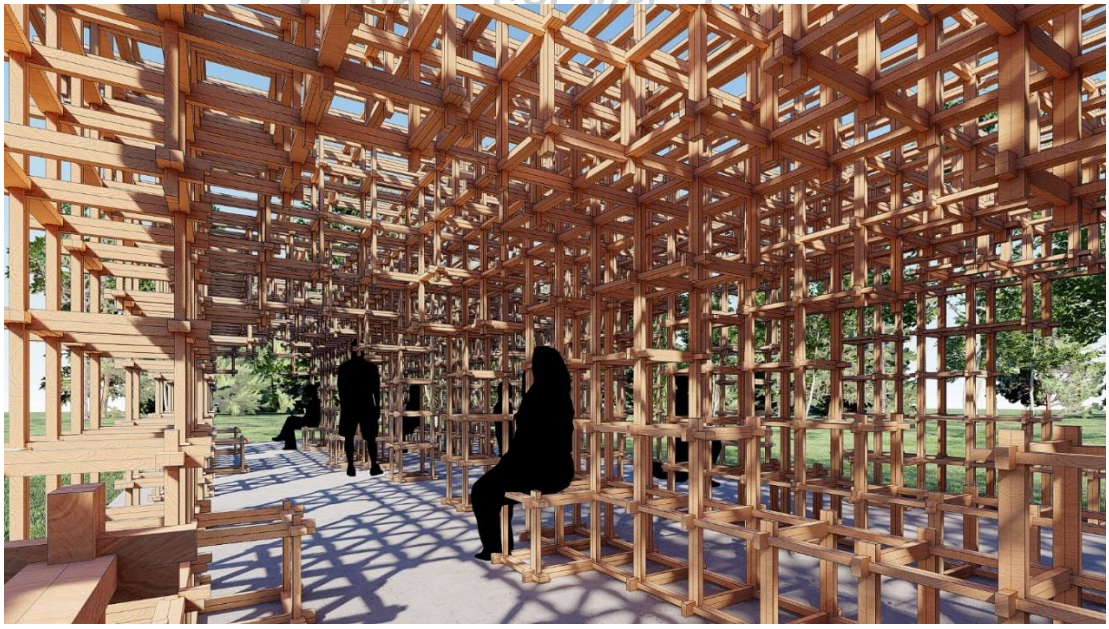
รูปที่ 235: ทัศนียภาพการต่อขยายแบบ ยูนิต 4



รูปที่ 236: ทัศนียภาพการต่อขยายแบบ ยูนิตในมุมบน 4

รูปที่ 237: ทัศนียภาพของศาลาต่อขยาย

รูปที่ 238: ทัศนียภาพของศาลาต่อขยายจากภายนอก



รูปที่ 239: ทัศนียภาพของศาลาต่อขยายจากภายใน

ข้อสรุปบางประการที่ได้จากงานออกแบบทั้ง 3 ขนาดนั้น ทำให้เรามองเห็นข้อสังเกตุบางประการที่จะสามารถสร้างวิธีหรือแนวทางให้กับผู้สนใจในการนำรอยต่อเถรอดเพลไปใช้ในการออกแบบในอนาคตต่อไปได้ ซึ่งประเด็นที่สำคัญอันหนึ่งก็คือ การออกแบบขนาดของหน้าตัดไม้ ซึ่งหากสังเกตุบทสรุปที่เกิดขึ้นจากงานทั้ง 3 ชิ้นจะพบว่า หน้าตัดหรือขนาดของชิ้นไม้ส่งผลโดยตรงกับการออกแบบทั้งในเชิงของโครงสร้าง (Structure) ที่ต้องการความแข็งแรงหรือการใช้งาน ตลอดจนสัมพันธ์กับลักษณะทางด้านสุนทรียภาพ หรือภาพของการสื่อสารในการเป็นตัวแทน (Representation) ของเนื้อหาของตัวรอยต่อเถรอดเพลเองและคุณลักษณะที่สะท้อนภาพออกมาจากงานออกแบบดังกล่าว ส่วนในอีกประเด็นหนึ่งนั้นคือการนำข้อดีหรือจุดแข็งของเถรอดเพลมาขยายให้ชัดเจนขึ้นสัมพันธ์กับการใช้งาน เช่นความสามารถในการถอดประกอบ หรือ ความสามารถในการแยกชิ้นส่วนทำให้สามารถรื้อถอน เพื่อย้ายที่ได้โดยสะดวก หรือความสามารถในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมหรือวิธีการใช้งานที่เปลี่ยนแปลงไป หรือการปรับเปลี่ยนในรูปแบบของขนาดและการรองรับผู้คนในงานสถาปัตยกรรม และในประเด็นสุดท้ายคือการทำความเข้าใจและพัฒนาทักษะในเชิงช่างฝีมือของผู้ออกแบบที่จะต้องทำงานกับรอยต่อเถรอดเพลเพื่อให้การประกอบและการผลิตชิ้นส่วนนั้นเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ซึ่งจากข้อสังเกตุหรือผลลัพธ์ทั้งหมดที่ได้กล่าวมานั้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งที่พบได้จากตัวอย่างของงานออกแบบทั้ง 3 ชิ้นเพียงเท่านั้น ซึ่งในการออกแบบงานสถาปัตยกรรมยังคงมีประเด็นอื่นๆให้ศึกษาอีกมากมายหากต้องการที่จะพัฒนารอยต่อเถรอดเพลให้สามารถเกิดการพัฒนาสู่งานสถาปัตยกรรมที่ใกล้เคียงกับความงามและความสมดุลทางโครงสร้างอันเป็นลักษณะทางเทคโทนิคส์ที่ปรากฏในงานสถาปัตยกรรม ดังที่ผู้วิจัยได้คาดหวังไว้ในการศึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับดังกล่าวนี้

บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัย

5.1 **สรุปผลการศึกษา**

ในการตั้งวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อกำหนดกรอบในการทดลองหรือการทำงานในงานชิ้นวิจัยฉบับนี้ เป็นการสรุปผลจากการทำงานในเชิงของการศึกษาเอกสาร หรือการทบทวนวรรณกรรม ประกอบกับการทำงานผ่านการทดลองในเชิงปฏิบัติด้วยกระบวนการต่างๆที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการวิจัย โดยแบ่งหัวข้อการสรุปผลตามวัตถุประสงค์ต่างๆดังนี้

5.1.1. การศึกษาภูมิปัญญารอยต่อไม้เถรอดเพล

ปัญหาอย่างหนึ่งในส่วนของการรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยชิ้นดังกล่าวนี้ ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ของการศึกษาภูมิปัญญาพื้นถิ่นในประเทศไทยเช่นกัน นั้นก็คือการที่องค์ความรู้ต่างๆไม่ได้มีการศึกษาและทำการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ และมีความถูกต้องทางวิชาการ ทำให้ไม่สามารถนำองค์ความรู้ดังกล่าวมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือหากจะใช้ก็ต้องไปเริ่มหาข้อมูลใหม่ตั้งแต่ต้นซึ่งทำให้เสียเวลา และเสียพลังงานในการผลิตผลงานไปมากพอสมควร โดยเฉพาะในการศึกษารอยต่อแบบเถรอดเพลนั้นจะพบว่ามีข้อมูลที่เกี่ยวข้องในเชิงวิชาการน้อยมาก หากมีก็เป็นเพียงเอกสารที่บอกเล่าในเชิงของพูดถึงเรื่องราวในประวัติศาสตร์หรือที่มาที่ไปเสียมากกว่า โดยองค์ความรู้ส่วนมากที่เกี่ยวข้องกับรอยต่อเถรอดเพลนั้น จะไปอยู่ที่ตัวบุคคลผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับรอยต่อเถรอดเพลในแง่มุมต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น เป็นผู้ผลิตรอยต่อดังกล่าวโดยตรง หรือเป็นผู้เก็บรักษาผลงานที่ถูกออกแบบมาในสมัยโบราณ ทำให้การรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำให้เหมาะสมกับช่วงเวลาปัจจุบันนั้นก็เกิดข้อจำกัดในบางประการ ไม่ว่าจะเป็นระยะเวลาที่ผ่านมานานจนทำให้ผู้มีความรู้นั้นไม่สามารถระบุเหตุการณ์ได้อย่างชัดเจน หรือผู้รู้ผู้เชี่ยวชาญนั้นได้เสียชีวิตไปแล้วโดยไม่มีผู้ใดมาสืบทอดความรู้ดังกล่าวนั้น

ทำให้การศึกษาจำเป็นจะต้องมีการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างกัน เมื่อเวลาที่ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่เพื่อทำการสัมภาษณ์อยู่เสมอ โดยจำเป็นจะต้องอาศัยการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและองค์ประกอบอื่นๆภายในบริบทเพิ่มเติม เช่นการศึกษาจากรูปถ่าย หรือใบปลิว เป็นต้น ทำให้ในบ้าง

ครั้งข้อมูลที่ได้รับมาอาจจะไม่สามารถระบุเหตุการณ์ให้แน่ชัดว่าเกิดขึ้น หรือดำเนินไปอย่างไร แต่ในผลงานวิจัยชิ้นดังกล่าวนี้ ผู้วิจัยเองได้หลีกเลี่ยงข้อมูลที่ไม่สามารถหาหลักฐานได้เพียงพอ หรือไม่มีข้อมูลใดมาสนับสนุน แต่ก็สามารถสรุปในขั้นตอนนี้ได้ว่าข้อมูลที่ได้เขียนในงานวิจัยชิ้นดังกล่าวนี้ว่ามีความถูกต้องและแน่นอนในระดับที่สามารถอ้างอิงได้ในเชิงวิชาการ รวมถึงมีการเพิ่มข้อมูลที่มีความเป็นปัจจุบันที่ได้ค้นพบเพิ่มเติม โดยที่ยังไม่มีการกล่าวถึงเพื่อให้ชุดข้อมูลดังกล่าวนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ต่อไปได้ ในขั้นตอนต่อไป

5.1.2. พัฒนาข้อต่อไม้เถรอดเพลเพื่อเพิ่มศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม

ในผลงานออกแบบที่ผ่านมาโดยใช้รอยต่อเถรอดเพล ไม่ว่าจะเป็นระดับเครื่องมือเครื่องใช้ เฟอร์นิเจอร์ หรือเป็นงานสถาปัตยกรรมนั้น เป็นการนำรอยต่อเถรอดเพลไปใช้อย่างตรงไปตรงมา มีเพียงผลงานศาลาในชุดหลังของศาสตราจารย์ ดร.วีระ อินพันทัง ที่มองเห็นการพัฒนารอยต่อโดยลดความซับซ้อนลงเพื่อให้สามารถทำความเข้าใจง่ายขึ้นทั้งในการประกอบ และในการออกแบบ และการพูดถึงระบบยูนิตโมดูลล่าที่เหมาะสมของความยาวของชิ้นไม้ เพียงแต่ในส่วนของรอยต่อดังกล่าวนั้นเป็นความสัมพันธ์กับการเป็นรอยต่อในวิธีการอื่นที่ไม่ใช่รอยต่อเถรอดเพล ด้วยเหตุดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมองเห็นข้อจำกัดและขีดความสามารถตลอดจนเป้าหมายใหม่ๆของการออกแบบรอยต่อเถรอดเพล โดยมีการทดลองออกแบบมาในรูปแบบต่างๆจนได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

5.1.2.1. การพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพของรอยต่อโดยตรง

ในจุดเริ่มต้นของการทดลองเพื่อพัฒนารอยต่อเถรอดเพลเกิดขึ้นจากการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในเชิงประวัติศาสตร์ กรณีศึกษา รวมถึงข้อมูลที่ได้จากลงพื้นที่จริง ทำให้ผู้วิจัยมองเห็นและสามารถสรุปข้อดีข้อเสียหรือข้อจำกัดของการใช้งานเถรอดเพลในบริบทต่างๆของการออกแบบ ซึ่งเป็นกรอบในการกำหนดแนวทางในการออกแบบรอยต่อเถรอดเพลขึ้นมาใหม่เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพเถรอดเพลโดยตรง

โดยในภาพรวมของการศึกษานั้น รอยต่อเถรอดเพลมีข้อจำกัดที่ชัดเจนมากที่สุดประการหนึ่งคือ การที่รอยต่อดังกล่าวนั้นสามารถทำงานได้ในทิศทางที่เป็นแนวดิ่ง กับ ทิศทางที่เป็นแนวราบเพียงเท่านั้น ทำให้ลักษณะทางกายภาพนั้นมีลักษณะที่สัมพันธ์กับยูนิตหรือหน่วยที่เป็นสี่เหลี่ยมแบบมีกรอบชัดเจน การพัฒนาในช่วงแรกจึงเป็นการพัฒนาเพื่อก้าวข้ามข้อจำกัดดังกล่าว โดยผลลัพธ์ที่

ออกแบบนั้นก็ทำให้เราสามารถออกแบบโครงสร้างเถรอดเพลที่มีลักษณะเป็นแกนเอียงได้ ทำให้สามารถออกแบบได้อย่างมีความยืดหยุ่นและหลากหลายมากยิ่งขึ้น แต่ด้วยเหตุนั้นก็ต้องเพิ่มความซับซ้อนในการบากรอยต่อต่างๆซึ่งต้องอาศัยฝีมือและความชำนาญในการทำงานที่มากยิ่งขึ้นในการทำงานร่วมกับรอยต่อ

โดยอีกประเด็นที่ผู้วิจัยมองเห็นและต้องการทำการพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพของรอยต่อเถรอดเพล คือการเพิ่มความสามารถในการปรับเปลี่ยนการใช้งานโครงสร้างเดิม หรือการปรับเปลี่ยนภายหลังการออกแบบที่เสร็จสิ้นลงแล้ว โดยแนวทางในการพัฒนาในส่วนดังกล่าวอ้างอิงจากกระบวนการในการออกแบบที่เกิดขึ้นจากเถรอดเพลที่ผู้ออกแบบต้องกำหนดจุดของรอยต่อ การประกอบรวมถึงรูปแบบทางกายภาพที่มีความชัดเจน แม่นยำและถูกต้อง ทำให้การปรับเปลี่ยนหลังจากการประกอบเสร็จ หรือออกแบบสำเร็จเรียบร้อยแล้วไม่สามารถกระทำได้การออกแบบจึงมุ่งเน้นไปที่การทำให้กระบวนการดังกล่าวสามารถเกิดขึ้นได้ ไม่ว่าจะเป็นในระดับของผู้ใช้สอยที่สามารถนำเอารอยต่อไปเพิ่มในโครงสร้างเดิมเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงไป หรือจะเป็นในระดับของผู้ออกแบบหรือระดับผังที่มุ่งหวังความสามารถในการเพิ่มขนาด ต่อขยายหรือปรับสัดส่วนใหม่ตามวัตถุประสงค์ต่างๆที่ถูกกำหนดขึ้นมาในภายหลัง โดยจากการออกแบบเพื่อเพิ่มศักยภาพดังกล่าวนี้เอง เมื่อรอยต่อเถรอดอเพลนั้นมีศักยภาพที่เพิ่มมากยิ่งขึ้นในหลายๆมิติแล้ว ทำให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบผลงานหรือสร้างสรรค์สิ่งต่างๆได้สอดคล้องกับบริบททางการออกแบบมากขึ้น และสามารถนำไปสู่การพัฒนารอยต่อเถรอดเพลในประเด็นต่อไป

5.1.3. การพัฒนาในการเป็นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม

ด้วยลักษณะทางกายภาพของชุดรอยต่อเถรอดเพลที่มีความเป็นกรอบชัดเจนทั้งในแนวตั้งและในแนวดิ่ง ทำให้สามารถทำงานการเป็นโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมได้ดีอยู่แล้ว(มีลักษณะเช่นเดียวกับเสาคาน) แนวทางในการพัฒนาจึงกำหนดให้เป็นไปในลักษณะของการทำงานร่วมกันกับวัสดุปิดในรูปแบบต่างๆ เพราะถึงแม้ว่ารอยต่อเถรอดเพลจะมีความสามารถในการรับน้ำหนักในการเป็นโครงสร้างแล้วนั้น แต่ในการทำงานในลักษณะที่เป็นงานสถาปัตยกรรมจริงๆจะต้องใช้ระบบการทำงานแบบแผ่น หรือ Finishing ต่างๆมาทำงานร่วมกันเพื่อให้ผู้ใช้สอยนั้นสามารถใช้งานได้จริง ทดแทนการที่รอยต่อเถรอดเพลนั้นไม่สามารถปิดพื้นที่ว่างที่มีขนาดใหญ่ได้ ซึ่งนำมาถึงรูปแบบความหลากหลายที่เป็นไปได้ในการทำงานร่วมกัน

โดยอีกประเด็นที่เป็นกรอบในการพัฒนาเพื่อเป็นองค์ประกอบในงานสถาปัตยกรรมนั้น คือการพัฒนาเพื่อเป็นการเลือกสัดส่วนระหว่างการใช้งานเถรอดเพลกับการใช้งานในลักษณะของโครงสร้างแบบทั่วไป ซึ่งประเด็นดังกล่าวสัมพันธ์กับการทำงานกับการออกแบบงานสถาปัตยกรรมที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งในบางครั้งไม่จำเป็นจะต้องใช้รอยต่อเถรอดเพลแบบเต็มระบบทั้งหมดในการออกแบบก็สามารถกระทำได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของหลังคา โดยนอกจากจะสามารถออกแบบหลังคาให้มีองศาลาดเอียงได้ ยังสามารถเลือกสัดส่วนของการทำงานระหว่างเถรอดเพลกับการก่อสร้างแบบทั่วไปได้ทำให้เกิดความสามารถในการทำงานมากยิ่งขึ้นตามความต้องการของผู้ออกแบบ

ในประเด็นสุดท้ายนั้นเป็นประเด็นที่เกี่ยวกับการซ่อมแซมโดยเป็นผลพลอยได้จากการพัฒนาให้องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมทั้งหมดนั้นสามารถประกอบขึ้นจากชุดโครงสร้างเถรอดเพลทั้งหมด ทำให้ในการซ่อมแซมหากเวลาเกิดการชำรุดนั้นสามารถเลือกเพียงชิ้นส่วนที่ชำรุดในการซ่อมแซมได้ โดยหากต้องการให้สามารถแยกส่วนซ่อมแซมได้มากขึ้นก็ต้องกำหนดให้มีหน่วยของชุดรอยต่อเถรอดเพลจำนวนหน่วยที่มากขึ้นแยกกันเป็นหลายๆยูนิต หรือจะใช้การออกแบบให้โครงสร้างเป็นไปในลักษณะของการแยกเฟรมออกจากกันเมื่อเวลาต้องการเปลี่ยนรูปแบบ หรือซ่อมแซมนั้นสามารถกระทำได้ในพื้นที่ที่แยกออกจากกันอย่างชัดเจน

5.1.3.1. การพัฒนาข้อต่อในเชิงของการสร้างแนวคิดที่สนับสนุนการออกแบบ

ในหัวข้อของการทดลองออกแบบเพื่อพัฒนาศักยภาพของรอยต่อเถรอดเพลนอกจากการปรับปรุงลักษณะการบากให้สามารถเกิดลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏอย่างมีความหลากหลายมากขึ้น หรือการทำงานในเชิงของการออกแบบสถาปัตยกรรมแบบเป็นองค์ประกอบจะพบว่าประเด็นในการใช้งานรอยต่อเถรอดเพลที่ก่อให้เกิดทางเลือกในการออกแบบงานสถาปัตยกรรมใหม่ๆ เช่นเป็นสถาปัตยกรรมที่ถอดประกอบย้ายพื้นที่ได้ ทำการขนส่งได้ง่ายมีความสะดวกจากการแบ่งไม้เป็นชิ้นย่อยๆ หรือการเพิ่มความสามารถในการอนุญาตให้ต่อเพิ่มหรือขยายในภายหลังจากการออกแบบที่สมบูรณ์แล้ว โดยรอยต่อที่ถูกพัฒนาขึ้นมาจะเพิ่มความสามารถในส่วนดังกล่าวนี้ให้มีความเด่นชัดที่มากยิ่งขึ้นและรวมไปถึงการมีประสิทธิภาพที่มากยิ่งขึ้นตามไปด้วย

5.1.4. การทดลองออกแบบสถาปัตยกรรม

การออกแบบสถาปัตยกรรมมีการกำหนดกรอบในการทำงานหรือการออกแบบสถาปัตยกรรม โดยมีการแบ่งลักษณะของการออกแบบแบ่งไปตามขนาดหรือสัดส่วนของชิ้นงานที่ได้ทำการออกแบบคือ ขนาดเล็กในระดับของเครื่องเรือน เครื่องใช้ เฟอร์นิเจอร์ที่สัมพันธ์กับการใช้งานของมนุษย์โดยตรง ขนาดกลางที่เป็นระดับของสถาปัตยกรรมขนาดเล็ก หรือกึ่งสถาปัตยกรรมที่มีการใช้งานไม่ซ้ำซ้อน และขนาดใหญ่ในระดับโครงการหรือเป็นกลุ่มอาคารที่มองเห็นในภาพรวมหรือการแสดงถึงแนวคิด

ในระดับเล็ก หรือระดับเฟอร์นิเจอร์หรือเครื่องเรือนเครื่องใช้ โดยเน้นไปที่การออกแบบให้มีความร่วมสมัยที่สามารถใช้งานได้ โดยมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของมนุษย์ โดยออกแบบเป้นชุดเครื่องเรือน แบบเป็นชุดโต๊ะเตี้ยแบบนั่งกับพื้น โดยเน้นไปที่การใช้ไม้ที่มีขนาดหน้าตัดขนาดเล็ก โดยให้ความรู้สึกแบบเบาลอยไม่หนักมาเป็นโครงรองรับแผ่นพื้นที่วางของรูปวงกลมในลักษณะที่เป็นแบบกากบาทกัน โดยทำให้สามารถถอดประกอบได้ง่าย สามารถย้ายไปตามพื้นที่ต่างๆได้อย่างสะดวก

ในระดับกลางที่เป็นงานสถาปัตยกรรมขนาดเล็กหรือกึ่งสถาปัตยกรรม แนวทางการออกแบบนั้นเน้นไปที่การใช้เถรอดเพลเป็นระบบโครงสร้างทั้งหมดทำงานร่วมกันกับวัสดุปิด (Finishing) ต่างๆ ในส่วนของหลังคาหรือพื้นบางส่วน โดยในส่วนของฐานนั้นออกแบบให้เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างโครงสร้างแบบคอนกรีตเสริมเหล็กทำงานร่วมกันกับโครงสร้างแบบเถรอดเพล โดยกำหนดลักษณะของหลังคาให้มีลักษณะลาดเอียงหรือมีองศา โดยใช้รอยต่อเถรอดเพลแบบตัวเฉียงในการออกแบบ และใช้ลักษณะโครงสร้างแบบกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสหลายๆหน่วยทำงานร่วมกันกับสัดส่วนมนุษย์และการใช้งาน

ในระดับของโครงการหรือกลุ่มอาคารซึ่งเป็นการออกแบบในภาพรวมของการออกแบบที่เกิดขึ้นจากการประกอบกันของหน่วยย่อยของแต่ละหน่วยมาประกอบกัน เพื่อแสดงแนวคิดหรือศักยภาพอันสามารถเกิดขึ้นจากการเลือกใช้ชุดรอยต่อเถรอดเพลในการออกแบบไม่ว่าจะเป็นการต่อเพิ่ม ลด หรือขยายขนาดในแต่ละหน่วยที่เกิดขึ้น รวมไปถึงการรวมตัวกันเป็นกลุ่มของอาคารอันเกิดขึ้นจากหน่วยย่อยๆที่เกิดขึ้นมาจากทำงานของเถรอดเพล โดยการออกแบบดังกล่าวอาจจะเป็นแนวทางให้กับการออกแบบงานสถาปัตยกรรมที่มีความเฉพาะเจาะจงในอนาคตที่จะเกิดขึ้นได้ต่อไป

5.2 **การอภิปรายผล**

การอภิปรายเพื่อการวิพากษ์ผลลัพธ์ในการวิจัยชิ้นดังกล่าวนี้ จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเด็นใหญ่คือการอภิปรายในส่วนของการมองลักษณะร่วม และความแตกต่างของภูมิปัญญาเถรอดเพลทั้งในอดีตจนมาถึงชิ้นที่ถูกออกแบบหรือปรับปรุงขึ้นมาใหม่ พร้อมทั้งการอภิปรายเปรียบเทียบกับลักษณะของการเข้าไม้หรือภูมิปัญญาไม้แบบอื่นๆ ที่ปรากฏในการวิจัยชิ้นนี้ และในอีกส่วนหนึ่งนั้นคือการอภิปรายในมุมมองของการสร้างนวัตกรรมใหม่ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยชิ้นดังกล่าวนี้

5.2.1. ลักษณะอันปรากฏของเถรอดเพลใหม่

ในการอธิบายลักษณะของเถรอดเพลที่ปรากฏขึ้นในประเทศไทยนั้นเราสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ เถรอดเพลแบบหลวงตาโจ้ยที่ถูกใช้ในการออกแบบในยุคแรกเริ่มไม่ว่าจะเป็นเครื่องเรือนเครื่องใช้ต่างๆตลอดจนไปถึงเครื่องตั้งศพที่วัดไทร โดยเราสามารถเรียกลักษณะของเถรอดเพลแบบหลวงตาโจ้ยได้ว่าเป็นเถรอดเพลแบบยาก อันเนื่องมาจากการนำรอยต่อดังกล่าวมาจากเกมส์หรือของเล่นสลักไม้โบราณโดยตรง โดยในระหว่างการศึกษาวิจัยฉบับดังกล่าวนี้ผู้วิจัยได้ค้นพบเครื่องตั้งศพในบักษณะเดียวกัน (การใช้รอยต่อเถรอดเพล) ในการออกแบบเป็นเครื่องตั้ง แต่เหลืออยู่เพียงในส่วนของหลังคาในสภาพที่มีความสมบูรณ์โดยค้นพบว่าอยู่ที่วัดท่าในในพื้นที่เดียวกันกับวัดไทรที่เป็นเหมือนเป็นต้นกำเนิดของเถรอดแบบเริ่มต้น ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นผลงานของหลวงตาโจ้ยที่ได้ถูกออกแบบไว้ โดยมีการปรับรูปแบบของชุดรอยต่อเถรอดเพลในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์สำหรับวัดในภายหลัง แต่เป็นการปรับปรุงการปรับขนาดหน้าตัดไม้เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าแทนลักษณะหน้าไม้แบบจัตตุรัสแบบดั้งเดิม เพื่อช่วยในการรับแรงที่มากยิ่งขึ้น และสัมพันธ์กับขนาดของไม้ที่มีอยู่ในท้องตลาด และรูปแบบดังกล่าวนี้เองก็ยังปรากฏในการทำเถรอดเพลเป็นเครื่องตั้งในยุคหลังในลักษณะเดียวกันอีกด้วย

แต่ในส่วนของรอยต่อเถรอดเพลแบบใหม่จะเริ่มจากการศึกษาวิจัยของศาสตราจารย์ ดร. วีระ อินพันทังที่สนใจภูมิปัญญาดังกล่าวในแง่ของการออกแบบในเชิงของสถาปัตยกรรมมากขึ้น โดยผลลัพธ์ของการศึกษาดังกล่าวส่งผลให้เกิดการปรับลักษณะทางกายภาพให้รอยต่อมีความเรียบง่ายมากขึ้นกว่าเดิม โดยมีการออกแบบชิ้นไม้ให้ซ้ำกัน เพื่อวัตถุประสงค์ในการบากรอยต่อ และการประกอบที่ง่ายมากยิ่งขึ้น โดยในยุคสมัยปัจจุบันได้มีการนำเอาชุดรอยต่อเถรอดเพลไปสร้างเป็นงานสถาปัตยกรรมที่มีขนาดสัมพันธ์กับการใช้งานของมนุษย์มากยิ่งขึ้น ทั้งเรือนไม้ไร้ตะปู และศาลาพาจร ทำให้มีการออกแบบขนาดหน้าตัดไม้ให้มีความเหมาะสมทางโครงสร้างที่มากยิ่งขึ้น และในการออกแบบดังกล่าวนี้มีการออกแบบไปถึงวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งไม้ไปตามพื้นที่ต่างๆ โดยการแบ่ง

ไม้ออกเป็นหน่วยๆ แต่ใช้การเข้าปากไม้ในลักษณะอื่นในการเชื่อมต่อไม้ทั้งสองชิ้นเข้าด้วยกันทั้งในแนวตั้งและแนวนอน แต่ถึงแม้จะมีการเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพไปมากเพียงใด ก็ยังคงไว้ซึ่งระบบอันเป็นหัวใจหลักในการเป็นสลักเกลอดเพลในการขัดกันของไม้แต่ละชิ้นไว้ในลักษณะดังเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ในส่วนของเกลอดเพลที่เป็นการออกแบบของผู้วิจัยหรือในผลลัพธ์ของงานวิจัยฉบับดังกล่าวนี้ผู้วิจัยใช้เกลอดเพลที่เรียบง่ายของตามแบบของศาสตราจารย์ ดร.วีระ อินพันทัง หรือเกลอดเพลแบบใหม่เป็นฐานในการออกแบบวิจัย แต่เป็นการนำเอาข้อดีข้อเสีย หรือข้อจำกัดและลักษณะเฉพาะตัวของรอยต่อเกลอดเพลมาทำการศึกษาเพื่อสร้างเป็นรอยต่อเกลอดเพลที่มีศักยภาพมากขึ้น เช่น รอยต่อเกลอดเพลแบบเฉียงที่ทำให้ข้อจำกัดในการที่สามารถต่อได้เพียงแนวแกนราบ (แกน x) และแนวแกนดิ่ง (แกน y) ได้หายไป โดยนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบหลังคาในการออกแบบสถาปัตยกรรมจริง จึงทำให้สามารถออกแบบงานสถาปัตยกรรมที่เป็นระบบเกลอดเพลทั้งอาคารได้อย่างสมบูรณ์ และในอีกหัวข้อหนึ่งที่เป็นลักษณะเฉพาะคือการออกแบบรอยต่อเกลอดเพลเพื่อทำให้ลักษณะเด่นของการใช้โครงสร้างเกลอดเพลเช่นการถอดประกอบ การย้ายที่นั้นมีความเด่นชัดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ยังเพิ่มความสามารถในการยืด ต่อขยายโดยรอยต่อเกลอดเพลไปยังชุดโครงสร้างเดิมที่มีอยู่ได้ โดยกล่าวได้ว่ารอยต่อเกลอดเพลในงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการออกแบบเพื่อสนับสนุนลักษณะเกลอดเพลเดิมให้มีความสามารถหรือศักยภาพมากขึ้น โดยไม่ได้เป็นการมุ่งเน้นในการออกแบบรอยต่อเกลอดเพลใหม่ทั้งหมด

5.2.2. ลักษณะอันเฉพาะตัวที่เกิดขึ้นของเกลอดเพล

หากกล่าวถึงการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบรอยต่อเกลอดเพลกับตัวต่อที่มีลักษณะเดียวกันอย่าง Six Piece Puzzle หรือ Blurr Puzzle ซึ่งเกิดขึ้นจากของเล่นแบบ 6ชิ้น เหมือนกัน โดยการออกแบบนั้นจะมีความหลากหลายแตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ที่ถูกออกแบบขึ้นมา โดยมีลักษณะร่วมกันคือการออกแบบให้มีความซับซ้อนหรือมีความยากในการประกอบ(ในบางชนิดต้องใช้การดึงเข้า - ออก รวมถึงการหมุนเพื่อให้สามารถประกอบให้สำเร็จ) โดยเป็นผลมาจากการที่รอยต่อดังกล่าวมีความเป็นเกมส์ หรือการละเล่นจึงนิยมทำให้เกิดความท้าทายต่อผู้เล่น ความยากในการประกอบจึงถูกถือว่าเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบ ซึ่งในลักษณะดังกล่าวก็สอดคล้องกับรอยต่อสลักเกลอดเพลในเริ่มแรกในแบบเกลอดเพลแบบหลวงตาโจ้ยนั้นเอง แต่จะมีความแตกต่างอย่างชัดเจนกับการออกแบบเกลอดเพลในยุคต่อมาซึ่งทำให้เรียบง่ายไม่ซับซ้อน มีตัวต่อที่ซ้ำกันถึง 2 แบบ (4ชิ้น) และ

ไม่บากเลยอีก 1 ชิ้น อันเกิดจากการที่วัตถุประสงค์นั้นเปลี่ยนไปจากการที่เน้นความท้าทายในการเล่นสนุกไปเป็นความเรียบง่ายในการใช้เพื่อการออกแบบต่างๆ ซึ่งความเรียบง่ายทั้งรอยต่อเอง และวัตถุประสงค์ ทำให้รอยต่อเดือยเพลในยุคหลังนั้นเกิดความเฉพาะตัวที่ไม่เหมือนใคร แต่หากอภิปรายเปรียบเทียบกับรอยต่อหรือ การเข้าไม้ในลักษณะอื่นๆนั้น เราสามารถอธิบายภาพรวมของรอยต่อเดือยเพลว่าเป็นระบบของการนำไม้จำนวน 6 ชิ้น มาประกอบกันให้แข็งแรง และมีทิศทางของชิ้นไม้ 6 ทิศทางที่แตกต่างกัน โดยเน้นไปที่การเป็นระบบของการนำชิ้นไม้มาทำงานร่วมกันซึ่งแตกต่างกับการเข้าไม้หรือการต่อไม้ในแบบปกติที่เน้นไปที่การพูดถึงการนำไม้ 2 ชิ้นมาเชื่อมต่อกันเท่านั้น โดยไม่มีการเติบโตหรือสามารถขยายไปในทิศทางใดๆ แต่เดือยเพลนั้นใช้การวางสลักในรูปแบบของการขัดกันอย่างหลวมๆ แต่เมื่อประกอบกันแล้วก็เกิดความแน่นหนาแข็งแรง โดยทั้งหมดนี้สามารถถอดและประกอบขึ้นมาใหม่ได้ตลอดเวลา ซึ่งในการเข้าไม้ในวัฒนธรรมอื่นๆ หรือการเข้าแบบอื่นๆนั้น เน้นไปที่ความแข็งแรงคงทนไม่สามารถถอดออกมาได้ง่าย ต้องใช้เครื่องมือช่าง หรือต้องใช้แรงมากขึ้นเป็นพิเศษ โดยเดือยเพลแบบของไทยนั้นมีลักษณะของวิธีการและลักษณะของการทำงานคล้ายกันกับรอยต่อแบบ Chidori แบบญี่ปุ่น ที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นเช่นเดียวกันแต่มีความแตกต่างกันที่จำนวนชิ้น โดยที่ Chidori นั้น จะมีจำนวนชิ้นที่น้อยกว่า และการประกอบนั้นใช้การบิดหมุนเพื่อให้สลักไม้นั้นสามารถทำงานได้ แต่ถึงแม้จะใช้ตัวต่อจำนวนที่มีน้อยชิ้นกว่ารอยต่อเดือยเพลอยู่หลายชิ้น แต่ในการสร้างรอยต่อ Chidori นั้นก็ต้องการการบากแบบเฉพาะตัว (เป็นแกนวงกลมสำหรับการบิดหมุน) ซึ่งถือว่าเป็นการผลิตที่ยากกว่ารอยต่อแบบเดือยเพลซึ่งใช้รอยต่อแบบเรียบง่ายตรงไปตรงมา ซึ่งผู้มีความรู้เบื้องต้นก็สามารถปฏิบัติหรือสร้างสรรค์ผลงานดังกล่าวขึ้นมาได้

5.3 **ข้อเสนอแนะเพื่อการต่อยอด**

เป้าหมายหรือผลลัพธ์ประการหนึ่งที่สำคัญในการทำการศึกษาวิจัยคือการที่สามารถช่วยกำหนดหรือการเสนอแนวทางในการพัฒนารอยต่อเดือยเพลโดยแนวทางในการพัฒนานั้นถูกเขียนขึ้นจากการนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากงานวิจัยชิ้นดังกล่าวทั้งในเชิงของการศึกษาผ่านเอกสารหรือหลักฐานทางวิชาการต่างๆ กับการทดลองออกแบบเป็นชิ้นงานต่างๆ ซึ่งในความเป็นจริงนั้นนอกจากเนื้อหาข้อมูลและประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาวิจัยนั้นผู้วิจัยคิดว่ายังคงมีประเด็นอื่นที่สามารถพัฒนา หรือศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในโอกาสต่อไปได้ในอนาคตหากที่หากมีผู้สนใจหรือต้องการนำองค์ความรู้ดังกล่าวนี้ไปใช้งานโดยทำการสรุปออกมาเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

5.3.1. การพัฒนาองค์ความรู้เรื่องเถรอดเพลอย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษาทำให้เห็นว่าการนำเอาองค์ความรู้ที่เป็นภูมิปัญญาโดยไม่ใช่เฉพาะเพียงแต่องค์ความรู้เรื่องเถรอดเพลเพียงเท่านั้น ที่จำเป็นจะต้องทำการศึกษาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดการพัฒนาไปตามช่วงเวลาหรือบริบทที่นำไปใช้งาน โดยหากทำการพพิจารณาจะเห็นว่าองค์ความรู้เรื่องเถรอดเพลนั้น ได้ถูกพัฒนาออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกของการพัฒนาโดยหลวงตาโจ้ยจากของเล่นเป็นเครื่องตั้งศพ และในช่วงที่ 2 จากเครื่องตั้งเป็นบ้านและศาลาจนมาถึงในงานวิจัยชิ้นปัจจุบันนี้ ทำให้เราเห็นมุมมองหรือแนวทางใหม่อันเกิดขึ้นจากภูมิปัญญาดังกล่าว ซึ่งผู้วิจัยมีความเชื่อและมุ่งหวังว่าการให้ความสำคัญและการพัฒนาภูมิปัญญาเถรอดเพลนั้นจะกระทำอย่างต่อเนื่อง และลึกซึ้งเพื่อประโยชน์ต่อไปในอนาคต ส่วนในอีกมุมหนึ่งนั้นคือการสร้างการกระจายองค์ความรู้ดังกล่าวไปสู่สาธารณะ หรือเข้าถึงประชาชนหรือชาวบ้านทั่วไปเพื่อให้เกิดการนำเอาองค์ความรู้ หรือสามารถทำความเข้าใจในการนำไปใช้ โดยทำความเข้าใจได้ง่าย ซึ่งทั้งหมดนี้น่าจะเป็นแนวทางในการพัฒนาเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวทางความรู้ออกไปอย่างต่อเนื่อง

5.3.2. การพัฒนาองค์ความรู้เรื่องรอยต่อเถรอดเพลกับเครื่องมือสมัยใหม่

ถึงแม้จะปฏิเสธไม่ได้ว่าพื้นฐานหรือผลงานทั้งหมดของรอยต่อเถรอดเพลนั้น เราใช้การทำงานหรือการผลิตด้วยมือ หรือเครื่องมือช่างเป็นหลัก เนื่องจากการบากรอยต่อไม้หรือการจัดการชิ้นไม้ในบางส่วนนั้นต้องการการทำด้วยความแม่นยำ ละเอียดและมอบมิติบางอย่างที่เฉพาะตัวได้ แต่ด้วยลักษณะของการทำงานดังกล่าวนี้ก็แลกมาด้วยระยะเวลาและพละกำลังที่มากกว่าที่จะทำการผลิตผลงานจนสำเร็จได้ ในปัจจุบันมีเทคโนโลยี และคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการออกแบบ (CAD) ที่มีส่วนช่วยอย่างมากในการสร้างหรือออกแบบนวัตกรรมใหม่ๆ โดยในการพัฒนานั้นควรมองถึงวัตถุประสงค์ในการออกแบบเป็นปัจจัยสำคัญ โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเพียงการสร้างการสนับสนุนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่มากยิ่งขึ้น เช่นการนำเอาระบบการพมพ์โมเดลแบบ 3 มิติ หรือการใช้ระบบการตัดวัสดุแบบ CNC ทำให้ได้ผลผลิตที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรมมากขึ้น สามารถทำการผลิตได้ทีละจำนวนมากๆ เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตให้สูงยิ่งขึ้น โดยในทางกลับกันนั้นผู้ออกแบบจำเป็นจะต้องทำการศึกษาเทคโนโลยีดังกล่าวไปพร้อมกับการออกแบบรอยต่อให้สามารถทำงานได้สะดวกยิ่งขึ้น แม้ว่าเทคโนโลยีในปัจจุบันนั้นจะสร้างสามารถสร้างแบบจำลองที่มีความซับซ้อนได้เป็นอย่างดี

อีกมิติหนึ่งนั้นคือการออกแบบชิ้นวัสดุจากวัสดุอื่นๆ หรือวัสดุสังเคราะห์ต่างที่เป็นระบบอุตสาหกรรม เนื่องจากในทางปฏิบัติจริงนั้น วัสดุไม้แม้ว่าจะเป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุดทั้งในเชิงของ

ความเหมาะสมกับการบากและประกอบกันของรอยต่อแบบเดือยต่อเพล หรือเป็นวัสดุที่สามมารถปลูกทดแทนได้ ไม่เหมือนกับวัสดุอื่นๆแต่ในบางครั้งการออกแบบเพื่อการทำงานต้องมีการทำความต้องการที่มีความเฉพาะเจาะจงในการออกแบบ เช่นความแข็งแรงทนทาน การรับแรงที่มากกว่าปกติ หรือความเหมาะสมในเชิงพาณิชย์ ทำให้การเลือกวัสดุอื่นมาใช้ทดแทนในการออกแบบและทำงานร่วมกันกับเทคโนโลยีในปัจจุบันในการตัดเจาะ หรือผลิตชิ้นส่วนก็เป็นทางเลือกที่เหมาะสมกับการออกแบบในบริบทปัจจุบัน กล่าวคือในการพัฒนาในส่วนดังกล่าวจะต้องมีความสมดุลระหว่างการทำงานแบบวิทยาศาสตร์ และทักษะฝีมือแบบช่าง

5.3.3. การพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านทักษะงานไม้

ในส่วนสุดท้ายของแนวทางในการนำเสนอแนวทางในการพัฒนานั้น ผู้วิจัยได้มองเห็นประเด็นดังกล่าวในการทำงานทดลองออกแบบรอยต่อเดือยต่อเดือยต่อเดือยต่อเพลนั้นก็คือ การที่จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องมือหรือทักษะบางประการในการผลิตผลงาน โดยกระบวนการดังกล่าวนั้นสัมพันธ์ทั้งการผลิตชิ้นงานจริง หรือการผลิตผลงานเพื่อการทดลอง หรือแบบจำลองต่างๆ เพราะจากการปฏิบัติงานจริงนั้นการออกแบบโดยขาดองค์ความรู้ในเชิงทักษะช่างนั้น จะส่งผลกับขั้นตอนในการผลิตชิ้นงานที่อาจจะเกิดรอยต่อที่ไม่เหมาะสม เช่นมีขนาดเล็กเกินไป บางเกินไป หรือไม่พอดี ไม่สามารถประกอบได้ ต่างกับตอนที่ทำในแบบคอมพิวเตอร์ ทำให้เสียเวลาและทรัพยากรในการทำงานไปอย่างเปล่าประโยชน์ และในอีกมุมมองนั้นการเข้าใจทักษะในการทำงานยังรวมไปถึงการเข้าใจธรรมชาติของวัสดุไม้ ก็จะทำให้การทำงานจริงในขั้นตอนของการใช้วัสดุไม้ หรือสามารถกำหนดขนาดของหน้าตัดไม้ที่สัมพันธ์กับหน้าตัดไม้ที่มีในตลาด ทำให้สามารถลดค้าใช้จ่ายและทุ่นเวลาในการจัดการไม้ในแต่ละชิ้นลง ทำให้การผลิตผลงานนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

จากคำถามเริ่มต้นในงานวิจัยชิ้นดังกล่าวนี้ ที่ผู้วิจัยพยายามตั้งคำถามถึงการพัฒนาการศึกษางานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นในทิศทางของการใช้องค์ความรู้เพื่อผลิต หรือสร้างผลงานอันเกิดจากภูมิปัญญาที่เป็นของเราเอง ซึ่งผู้วิจัยคิดว่าจะไม่สามารถสำเร็จหรือพัฒนาองค์ความรู้ดังกล่าวต่อไปได้เลยหากละเลยหรือมองข้ามความสมดุลอันเกิดขึ้นระหว่างการศึกษาเพื่อเป็นฐานขององค์ความรู้ และการนำเอาฐานองค์ความรู้ดังกล่าวนั้นไปสร้างหรือใช้งานให้เกิดการพัฒนาทางด้านความคิด และสร้างข้อถกเถียงทางวิชาการ มากกว่าการมองเพื่ออนุรักษ์หรือซ่อมแซมเพียงอย่างเดียว และในส่วนสุดท้ายนี้ ผู้วิจัยคาดหวังว่างานวิจัยชิ้นดังกล่าวนี้จะสร้างประโยชน์ให้กับวงการการศึกษาปัจจุบัน และผู้ที่มีความสนใจในอนาคตต่อไปไม่มากก็น้อย

รายการอ้างอิง

Aboard, J. (2011). Pit dwelling, South Village, Yoshinogari.

Adrian. (2017). flickr. https://www.flickr.com/photos/afs1180/37937333261

Baines, S. F. (1914). Retrieved from www.parliment.uk

Beech, R. (2014). *The Hammer-Beam Roof: Tradition, Innovation and the Carpenter's Art in Late Medieval England.* (DOCTOR OF PHILOSOPHY), University of Birmingham,

Feng, J., Zhenning, F., และvan den Heuvel, M. (2014). Roof. *Elements of Architecture,* 411-475.

Frampton, K. (1996). *Studies in Tectonic Culture: The poetics of construction in Nineteenth and Twentieth century Architecture* (J. Cava Ed.). USA: The MIT Press.

Frampton, K. (1998). Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistance. In H. Foster (Ed.), *The anti-aesthetic: essays on postmodern culture* (pp. 17-34). New York: New Press.

Hanke, T. (2005). *The Development of Roof Carpentry in South East Scotland Until 1647*: University of Edinburgh.

Harrer, A. (2010). *"Fan-Shaped Bracket Sets and Their Application in Religious Timber Architecture of Shanxi Province"*. (Doctor of Philosophy (PhD)), University of Pennsylvania, Retrieved from https://repository.upenn.edu/edissertations/269

Isozaki, A., Stewart, D. B., และKohso, S. (2011). *Japan-ness in Architecture*: MIT Press.

Kuma, K. (2018). Kengo Kuma: a LAB for Materials. *The Japan Architects, 109,* 44-45.

Locher, M., Simmons, B., และKuma, K. (2010). *Traditional Japanese Architecture: An Exploration of Elements and Forms*: Tuttle Publishing.

Matsushita, S. (2004). *Comparative Study of the Structure of Traditional Timber Housing in Turkey and Japan*. Retrieved from

Maulden, R. (1986). *Tectonics in architecture : from the physical to the meta-physical.* (Master of Architecture), Massachusetts Institute Of Technology,

Mertz, M. (2016). *Wood and Traditional Woodworking in Japan [Second edition]*: Kaiseisha Press.

Miłobędzki, A. (1989). Architecture in Wood: Technology, Symbolic Content, Art. *Artibus et Historiae, 10*(19), 177-206. doi:10.2307/1483291

Plesums, G. (1996). *The Tectonic Framework of Minka: Meaning Through Intensification in the Japanese Folkhouse*, Copenhagen.

Porphyrios, D. (2002). *From Techne to Tectonics* (A. Ballantyne Ed.). London: Routledge.

Potvin, A., Demers, C., และDuMontier, C. d. (2013). *Wooden Adaptive Architecture System (WAAS)*, Toronto.

Schwartz, C. (2017a). *Introducing Architectural Tectonics: Exploring the Intersection of Design*. New York: Routledge.

Schwartz, C. (2017b). *A Taxonomy of Architectural Tectonics*.

Seike, K., Yobuco, Y., Yobuko, Y., Davis, R., และDavis, R. M. (1977). *木組*: Weatherhill.

Semper, G. (1989). *The Four Elements of Architecture and other writings*. Cambridge: Cambridge University Press.

Slow, S. t. (2014). Chodori. https://slowerthanslow.wordpress.com/2014/12/03/chidori/

Tabi-Job. (2014). https://www.tabi-job.com/content/390

Venturi, R., Brown, D. S., และIzenour, S. (1972). *Learning from Las Vegas*. Cambridge, Mass., USA: MIT press Ltd.

Waddell, G. (1999). The Design of the Westminster Hall Roof. *Architectural History, 42*, 47-67. doi:10.2307/1568704

Zwerger, K., และOlgiati, V. (2015). *Wood and Wood Joints: Building Traditions of Europe, Japan and China*: Birkhäuser.

ชุ่มเกษร, บ. (2543). เทคนิคงานช่างที่แสดงออกถึงความสัมพันธ์ของชุมชน. สาระศาสตร์สถาปัตย์:

วารสารวิชาการ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์, *3*, 85-94.

ทวีปรังษีพร, ป. (2549). ปลูก ก่อ สร้าง. อาษา(10:49-11:49), 121-125.

นาวิกมูล, เ. (2525). เครื่องตั้งวัดไทร. เมืองโบราณ, *3*(สิงหาคม - พฤศจิกายน 2525), 66-76.

นิ่มเล็ก, ส. (2546). เครื่องประดุ และ กระเบื้องกาบู. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิ่มเล็ก, ส. (2557). สรรพสัตว์ในงานสถาปัตยกรรมไทย (1 ed.). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน.

บัวศรี, อ. (2553). เฮือนอีสาน. ภูมิปัญญาชาวบ้าน สู่งานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น, 131-150.

ยาศรี, ป. (2558). การศึกษาระบบโครงสร้างศาลาการเปรียญวัดใหญ่สุวรรณาราม. หน้าจั่ว, *12*, 224-249.

เรืองสกุล, เ. (2006). การศึกษาและพัฒนาหนังสือส่งเสริมการอ่านเรื่อง ภูมิปัญญาช่างทำเถรอดเพลของอำเภอสามพราน. (ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศิลปากร,

แสนประเสริฐ, ช., และเลขาวิจิตร์, ธ. (2553). โครงการสร้างต้นแบบเพื่อจัดทำองค์ความรู้ด้านศิลปกรรม ความรู้ทางด้านงานช่างแกะสลักและช่างไม้ประณีต การเข้าไม้แบบโบราณ พระที่นั่งบุษบกเกริน (จำลอง). Retrieved from กรุงเทพ:

อินพันทัง, ว., เกษมศุข, อ., และจารุนุช, ส. (2559). “เถรอดเพล” จากของเล่นเป็นศาลา. หน้าจั่ว, *30*(มกราคม-ธันวาคม 2559), F15-29.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล กฤษฎา อานโพธิ์ทอง

วัน เดือน ปี เกิด 18 มกราคม 2528

สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร

วุฒิการศึกษา

ระดับมัธยม	โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย
ระดับปริญญาตรี	มหาวิทยลัยศิลปากร
ระดับปริญญาโท	มหาวิทยลัยศิลปากร
ระดับปริญญาเอก	มหาวิทยลัยศิลปากร

ที่อยู่ปัจจุบัน 123/375 หมู่บ้านนันทนาการ์เด้น 2 ถนน รัตนาธิเบศร์ ซอยท่าอิฐ ตำบล บางรักน้อย อำเภอเมือง จังหวัด นนทบุรี