

# การคิดเชิงออกแบบเพื่อพัฒนาศาลาไม้ขนาดเล็ก

## Design Thinking for Developing Small-Bamboo hut

### รัชบุพวรรณ คำสิงห์ศรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.วามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

### Rutchanoophan Kumsingsree

Assistant Professor, Faculty of Architecture, Urban Design and Creative Arts  
Mahasarakham University, Kantarawichai District,  
Maha Sarakham, Thailand, 44150  
Email: rutchanoophan.k@msu.ac.th

### บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเรื่อง “การออกแบบและก่อสร้างศาลาไม้ โดยการใช้เราเตอร์ และข้อต่อแบบสอดประกอบ” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการออกแบบและพัฒนาารูปทรงศาลาไม้ นำไปสู่การก่อสร้างศาลาไม้ โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบในขั้นตอนทั้งหมด และใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปฏิบัติการในการพัฒนาแบบและการลงพื้นที่ก่อสร้างร่วมกับช่างท้องถิ่น เพื่อค้นหาต้นแบบที่พัฒนาจากศาลาเดิม บนพื้นฐานการก่อสร้างโดยการใช้เราเตอร์และข้อต่อแบบสอดประกอบซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งในการเชื่อมต่อลำไม้แบบประเพณีหรือแบบพื้นถิ่นเข้าด้วยกัน

วิจัยนี้แบ่งเครื่องมือในการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) เครื่องมือสำหรับการออกแบบ ใช้วิธีการขึ้นรูปสามมิติด้วยโปรแกรม SketchUp ร่วมกับการจัดทำหุ่นจำลอง และ (2) เครื่องมือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ใช้แบบสังเกตการณ์การแบบมีส่วนร่วม ร่วมกับแบบสัมภาษณ์ชนิดกึ่งมีโครงสร้างสำหรับบันทึกข้อมูลในระหว่างการพัฒนาแบบร่วมกับช่าง จำนวน 3 ครั้ง ซึ่งแบบศาลาขั้นสุดท้ายก่อนนำไปก่อสร้างมีขนาดอยู่ที่ 1.20x1.80x2.85 เมตร สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ประเด็นที่ 1 “แนวความคิดในการออกแบบ” เกิดจากการใช้โครงสร้างแบบเฟรมในระนาบสองทิศทาง ร่วมกับโครงสร้างสามเหลี่ยมที่มีเสถียรภาพของซิงช้าไม้ โดยเลือกระบบโครงสร้างที่เหมาะสมกับขนาดของศาลา คือ โครงสร้างแบบเฟรม ซึ่งพบได้ในสถาปัตยกรรมไม้ขนาดเล็กแบบเสาและคาน

ประเด็นที่ 2 “การพัฒนาารูปทรงที่เป็นไปได้” เกิดจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าสถาปัตยกรรมไม้ขนาดเล็กในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีลักษณะโครงสร้างพื้นฐานมาจากรูปสามเหลี่ยม รูปแบบโครงสร้างมีความสมมาตรและเป็นอาคารที่เกิดจากกรอบโครงสร้างที่ซ้ำกัน โดยซ้ำกัน 2

ลักษณะ คือ ซ้ำกันในแนวราบ และซ้ำกันในแนวรัศมีวงกลม โดยค้ำถึง (1) มุมองศาที่ลำไม้เอียงออกจากกัน (2) สัดส่วนของชิ้นส่วนโครงสร้าง โดยผู้วิจัยได้พัฒนาแบบศาลาให้มีมุมองศาของเสาหลักและเสารองเอียงออกจากกัน 30 องศา และมีสัดส่วนของชิ้นส่วนโครงสร้างระหว่างความสูงเสาหลักเท่ากับ “h” และความสูงเสารองเท่ากับ “2/3h”

โดยทั้งสองประเด็นนั้นมีปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการออกแบบและพัฒนาารูปทรงคือ (1) ระยะเวลาสำหรับการขนส่งและบรรทุกศาลาโดยรถกระบะ (2) แรงลมที่กระทำกับสัดส่วนของศาลา (3) ความหลากหลายของขนาดหน้าตัดลำไม้ ทำให้เกิดเทคนิคการสอดไม้ขนาดเล็กเข้าไปประกอบกับไม้ที่มีขนาดหน้าตัดใหญ่กว่าหรือที่เรียกว่า ข้อต่อแบบสอดประกอบ (Positive Fitting Joint)

ส่งผลต่อการทำมุมหรือองศาระหว่างลำไผ่ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะอย่างหนึ่งของรอยต่อที่มีการถ่ายแรงแบบไม่รวมศูนย์ (Eccentricities of load transfer) เนื่องจากไม่สามารถออกแบบการเชื่อมต่อไผ่หลายลำในจุดเดียวได้

**คำสำคัญ:** การคิดเชิงออกแบบ, การก่อสร้างด้วยไผ่, ข้อต่อแบบสอดประกอบ, เรอเตอร์, ศาลาไผ่

## Abstract

This article is a part of the research “Bamboo Hut Design and Construction using Router and Positive Fitting Joint”. The purpose of this research is to study design process and design development of a bamboo hut. This research is conducted in “Design Thinking” process in all step and apply the “Action Research” method on design development. Onsite survey has been collaborated with local technicians in order to discover the prototype of original bamboo hut on fundamental construction using Router and positive fitting joint which is one of vernacular or traditional bamboo joint techniques.

This is an experimental research. This research is divided two parts. (1) creating a 3d model of bamboo hut using SketchUp (2) observing and interviewing participants regarding collaborative work with a local technicians. The result of a case study revealed that the final design size of our proposed bamboo hut is 1.20 m × 1.80 m × 2.85m. This research can be concluded as the followings.

1) “Developing Conceptual Design” use of two-way plane frame structure with the stable triangular structure that local technicians build for bamboo swings. The skeleton frame structure is chosen because it is a proper structure for our proposed bamboo hut and size. Colum and beam is a skeleton frame structure that mostly use to construct bamboo hut.

2) “Mass Development” based on the previous research, it is found that a basic of small size bamboo architecture in Southeast Asia based on triangle structure. Two types of such duplication consist of horizontal duplication and circle-radius duplication. The following issues are concerned in the design process. (1) The angle which bamboo tilted apart from each other (2) Proportion of two main columns were designed by tilting 30 degrees apart each other. The primary column height is “h” and the secondary column height is “2 / 3h”.

As mentioned above, there are two factors that affect the process and the design development as follows (1) transporting and loading distance between construction site of bamboo hut and truck (2) the wind load strikes on the figure of bamboo hut so the total height of the structure should not over 3 m. 3) the varieties of bamboo diameter create technique for inserting a smaller bamboo pole into a larger one, also known as positive fitting joint. This joint is affects the angle between the bamboo poles which is the eccentricities of load transfer.

**Keywords:** Design Thinking, Bamboo Construction, Positive Fitting Joint, Router, Bamboo Hut

**Received:** August 9, 2019; **Revised:** August 28, 2019; **Accepted:** September 2, 2019

## 1. บทนำ

ในประเทศไทยไม้จัดเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจทั้งในระดับชุมชนและระดับประเทศ โดยใช้เป็นวัสดุในทางสถาปัตยกรรมและอุตสาหกรรมเพื่อแทนแทนการใช้ไม้ ลดการนำเข้าไม้ มีมูลค่าการส่งออกไม่ต่ำกว่าปีละ 1,000 ล้านบาท (ภัทรธิดา พงศ์ธนา, 2557) จากคุณสมบัติทางกายภาพของความเป็นข้อ ปล้อง และท่อนกลางของไม้ พบการนำไม้ไปใช้งานในโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม 2 รูปแบบคือ (1) Skeleton Structure (2) Surface Structure และจากคุณสมบัติดังกล่าวมีการนำไม้ไปใช้รับแรงในโครงสร้างทั้งแบบเต็มลำ (Bamboo Pole) และแบบผ่าซีก (Bamboo Split) ซึ่งสามารถพบได้ในการก่อสร้างไม้แบบประเพณีหรือแบบพื้นถิ่น (Vernacular or Traditional Bamboo Construction) และการก่อสร้างโดยมีฐานทางวิศวกรรม (Engineered Conventional or Modernized Bamboo Construction; Andry, 2012)

การพัฒนาสถาปัตยกรรมไม้ในอาคารสาธารณะของไทยที่ผ่านมา ถูกพัฒนาและมีทิศทางที่ชัดเจน ส่วนหนึ่งเกิดจากความร่วมมือทางด้านวิชาการและวิชาชีพ ระหว่างผู้ผลิต สถาปนิก วิศวกร ผู้รับเหมา และช่าง ปัจจุบันการออกแบบและก่อสร้างสถาปัตยกรรมไม้ได้รับการยอมรับจากสาธารณะมากขึ้น โดยเฉพาะกับสถาปนิกเอง เมื่อมีการเผยแพร่โครงการที่ประสบความสำเร็จ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงมุมมอง และยกระดับไม้ในฐานะที่ไม้สามารถใช้เป็นวัสดุหลักในการก่อสร้างอาคารได้ ในกระบวนการออกแบบและก่อสร้างสถาปัตยกรรมไม้นั้นควรมีการค้นคว้าวิธีการอื่น ๆ ที่จะเป็นการแลกเปลี่ยนและถ่ายทอดองค์ความรู้ในเรื่องของเทคนิคและการก่อสร้างสถาปัตยกรรมไม้ให้คงอยู่ในพื้นที่ โดยเฉพาะกับช่างท้องถิ่น (Anastasia, 2014) เนื่องจากงานก่อสร้างด้วยไม้นั้นถือเป็นงานเชิงทดลอง จึงต้องมีการค้นหาและบันทึกองค์ความรู้ที่มาจากช่างทั้งแบบที่เห็นได้ชัดเจน (Explicit Knowledge) และแบบที่ซ่อนเร้นไม่เปิดเผย (Tacit Knowledge) อันเป็นองค์ความรู้ที่ฝังลึกอยู่ในตัวตนซึ่งเกิดจากการสั่งสมทักษะ (Skills) เป็นเวลายาวนาน (ประทีกษ คุณทอง, 2562 อ้างถึงธนา อุทัยภัตรากร, 2559)

ในขณะที่ไม้เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นแต่ยังขาดการออกแบบและพัฒนาในระดับท้องถิ่น โดยเฉพาะในภูมิภาคที่มีไม้เป็นพืชท้องถิ่น จากงานวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบศาลา พื้นฐไม้ และวัสดุประกอบในการก่อสร้างศาลาไม้ อำเภออินทวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ของผู้วิจัยในปี 2559 นั้น พบเทคนิคที่ช่างท้องถิ่นใช้ในการก่อสร้างสองลักษณะคือ (1) ข้อต่อแบบสอดประกอบ (Positive Fitting Joint) เป็นการสอดลำไม้ที่มีขนาดหน้าตัดเล็กกว่า เข้าไปในลำไม้ที่มีขนาดหน้าตัดใหญ่กว่า (2) วัสดุประกอบสำหรับยึดลำไม้เข้าด้วยกัน ได้แก่ ตะปูตอกไม้ ตะปูลมหรือลูกแม็กกลม และลวด ซึ่งเป็นเทคนิค ที่ถูกพัฒนามาจากความเชี่ยวชาญของช่าง ในการใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เราเตอร์ (Router) ซึ่งเป็นเครื่องมือเจาะร่องสำหรับงานไม้ มีลักษณะคล้ายสว่านไฟฟ้า สามารถเปลี่ยนดอกเราเตอร์ที่ใช้สำหรับเจาะรูวงกลมขนาดต่าง ๆ ได้ ทำให้การก่อสร้างศาลาไม้สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังพบรูปแบบของศาลาที่เรียกว่า ทรงเหลี่ยม หรือ ทรงกระโจม ซึ่งมีขนาดมาตรฐานอยู่ที่ 2.00 X 2.00 เมตร อันเป็นผลมาจากปัจจัยทางการขนส่งและรูปทรงที่รับแรงลมได้เท่ากันทุกทิศทาง มีการปรับขนาดให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน ความต้องการของลูกค้า และราคาที่เหมาะสม ซึ่งขนาดและรูปทรงดังกล่าวนี้มีลักษณะที่เหมือนกันทุกร้าน ทำให้ขาดความแตกต่างและหลากหลาย แม้ว่าช่างจะมีความชำนาญและทักษะในการใช้เครื่องมือ แต่ยังขาดทักษะในการออกแบบและก่อสร้างศาลาให้มีรูปทรงที่น่าสนใจยิ่งขึ้น

จากการสัมภาษณ์ช่างท้องถิ่น พบว่า ช่างมีความพร้อมและสนใจในการพัฒนาศาลาในรูปแบบอื่น ๆ ที่แตกต่างกันออกไป หากแต่ขาดทักษะทางด้านการออกแบบ เนื่องจากช่างเองไม่มีเวลาเพียงพอที่จะทำการออกแบบและทดลองการก่อสร้างศาลาในรูปแบบใหม่ จึงเกิดการผลิตและทำซ้ำแบบเดิมตามความชำนาญและองค์ความรู้ที่มีอยู่

ดังนั้น วิจัยนี้จึงเกิดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการออกแบบและพัฒนาศาลาไม้ (ซึ่งจะกล่าวถึงในบทความนี้) บนพื้นฐานความเชี่ยวชาญของช่างที่ใช้เครื่องมือที่มีอยู่เดิม คือ เราเตอร์ (Router) ร่วมกับเทคนิคการสอดประกอบ (Positive Fitting Joint) เพื่อเป็นการสร้างความหลากหลายให้กับกลุ่มร้านเฟอร์นิเจอร์ไม้ รวมถึงเป็นการกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาการก่อสร้างศาลาไม้ในระดับท้องถิ่นต่อไป

## 2. วิธีการศึกษาและเครื่องมือในการศึกษา

### 1) ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล

ทำการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) โดยการทบทวนวรรณกรรมใน 3 เรื่องคือ 1) แนวคิดและทฤษฎีการคิดเชิงออกแบบ (2) การออกแบบและก่อสร้างสถาปัตยกรรมไม้ (3) งานวิจัย วิทยานิพนธ์ และบทความ ส่วนการศึกษา

ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นเข้าร่วมสัมมนาเชิงปฏิบัติการสองเรื่องคือ 1) การสัมมนาโครงการจัดการภัยพิบัติ โดยวิศวกรรมชาติ (ไฟ) โดยหน่วยนวัตกรรมเพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรมจากไฟและวัสดุท้องถิ่น คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2) จากการเข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการ Bamboo of your life โดยมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ จากการศึกษาทั้งสองส่วนนี้นำไปสู่การสร้งกรอบแนวคิดในการวิจัย (Conceptual Framework) ในลำดับถัดไป

2) ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) และงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ(Action research) ซึ่งเป็นกระบวนการวิจัยประเภทหนึ่งของการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยขั้นตอนการวิจัยทั้งหมดใช้กระบวนการการคิดเชิงออกแบบ ดังภาพที่ 2 เพื่อพัฒนาแบบและทำงานร่วมกับช่างในการค้นหาต้นแบบ (Prototype) ของศาลาไฟ ดังภาพที่ 1 ส่วนช่วงการพัฒนาแบบใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (เป็นการสร้างโจทย์-ออกแบบ-ประเมินผล) แบ่งเครื่องมือในการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) เครื่องมือสำหรับการออกแบบ (Design Tools) ใช้วิธีการขึ้นรูปสามมิติด้วยโปรแกรม Sketch Up ร่วมกับการจัดทำหุ่นจำลอง 2) เครื่องมือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม (Research Tools) ใช้แบบสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วมร่วมกับแบบสัมภาษณ์ชนิดกึ่งมีโครงสร้างสำหรับบันทึกข้อมูลในระหว่างการพัฒนาแบบร่วมกับช่าง จำนวน 3 ครั้ง

3) ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

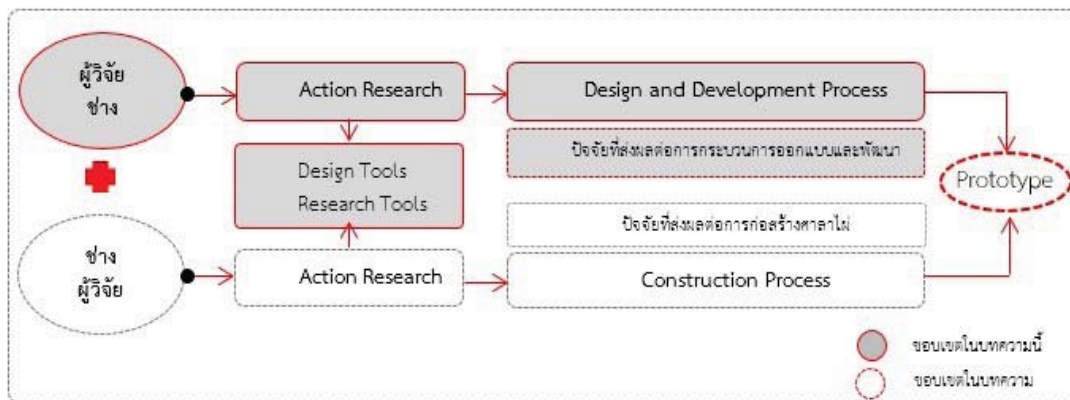
นำข้อมูลจากขั้นตอนการศึกษาข้อมูลร่วมกับขั้นตอนการสร้างเครื่องมือและผลการออกแบบ มาวิเคราะห์กระบวนการออกแบบศาลาไฟตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

4) ขั้นตอนการสรุปผล

เป็นการสรุปผลการออกแบบและพัฒนาแบบทั้งสามครั้ง ในสองประเด็นคือ 1) แนวความคิดในการออกแบบ 2) การพัฒนารูปทรงที่เป็นไปได้ 3) ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการออกแบบ

5) ขั้นตอนการเสนอแนะ

สรุปข้อค้นพบและเสนอแนะแนวทางสำหรับการพัฒนากระบวนการออกแบบศาลาไฟ



ภาพที่ 1 ขั้นตอนทำงานร่วมกับช่างท้องถิ่นเพื่อค้นหาต้นแบบศาลาไฟ (Prototype)

ที่มา: ผู้นิพนธ์

### 3. การทบทวนวรรณกรรม

การคิดเชิงออกแบบ หรือ Design thinking เป็นการนำกระบวนการคิดที่ให้ความสำคัญกับบุคคล ประกอบกับการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่เหมาะสม ในการแก้ไขปัญหาและสร้างสรรค์นวัตกรรมต่าง ๆ โดยไม่จำเป็นต้องใช้สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือสินค้าเท่านั้น แต่ปัญหาต่าง ๆ ที่เผชิญอยู่ สามารถนำหลักการนี้มาปรับใช้ในการแก้ปัญหาได้ โดยแนวคิดที่เป็นที่นิยมนำมาใช้งานและถูกอ้างอิงอยู่เสมอคือ แนวคิดของ Stanford D.School ซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน (พสุ เดชะรินทร์, 2557) ดังนี้

1) Empathize คือ การทำความเข้าใจต่อกลุ่มเป้าหมายให้มากที่สุด เนื่องจากการแก้ไขปัญหาหรือการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ มักจะเกิดขึ้นเพื่อบุคคลอื่นเสมอ ดังนั้นก่อนที่จะแก้ไขปัญหาหรือสร้างสรรค์สิ่งใดก็ตามจึงต้องทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายให้ถ่องแท้ ซึ่งขั้นตอนนี้จะใช้วิธีการสัมภาษณ์ การสังเกต หรือ การจำลองตัวเองเข้าไปอยู่ในสถานการณ์นั้น ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้อง

2) Define คือ การวิเคราะห์และกำหนดปัญหา เพื่อที่จะเลือกและสรุปแนวทางให้ชัดเจน

3) Ideate คือ การระดมความคิดใหม่ ๆ หรือการสร้างความคิดต่าง ๆ ให้เกิดขึ้น โดยเน้นการหาแนวคิดและแนวทางในการแก้ไขปัญหาให้มากที่สุด หลากหลายที่สุด โดยความคิดและแนวทางต่าง ๆ ที่คิดขึ้นมานั้นก็เพื่อตอบโจทย์ปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้น Define

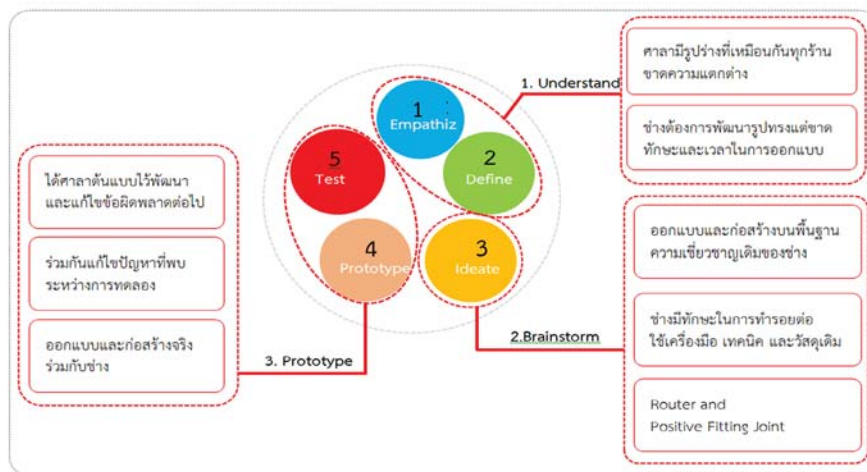
4) Prototype การสร้างแบบจำลอง หรือการสร้างต้นแบบขึ้นมา เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทดสอบและตอบคำถามหรือกระตุ้นให้เกิดการวิพากษ์วิจารณ์ เพื่อจะได้เข้าใจสิ่งที่อยากรู้อยากยิ่งขึ้น

5) Test หรือการทดสอบ โดยเรานำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาทดสอบกับผู้ใช้ หรือกลุ่มเป้าหมาย เพื่อสังเกตประสิทธิภาพการใช้งาน โดยนำผลตอบรับ ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตลอดจนคำแนะนำมาใช้ในการพัฒนา และปรับปรุงต่อไป จากแนวคิดของ Stanford D.School นั้น สามารถสรุปเป็นกระบวนการสั้น ๆ ได้ 3 กระบวนการ คือ

1) Understand (การเข้าใจปัญหาให้ถูกต้อง) คือ การใช้เวลาทำความเข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้ง

2) Brainstorm (การคิดแบบไม่มีกรอบ) คือ การแยกกระบวนการสร้างสรรค์ไอเดีย (Idea Generation) ออกจากการประเมิน (Idea evaluation)

3) Prototype (การเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ) คือ การเปลี่ยนไอเดีย ให้เกิดเป็นรูปร่าง ด้วยการสร้างต้นแบบหรือแบบจำลองง่าย ๆ เพื่อสื่อสารแนวคิด การสร้างต้นแบบคือการลงมือทำที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ ทำให้เราเห็นชัดเจนขึ้นว่า ไอเดียที่เราคิดนั้นจะตอบโจทย์ที่ตั้งไว้หรือไม่

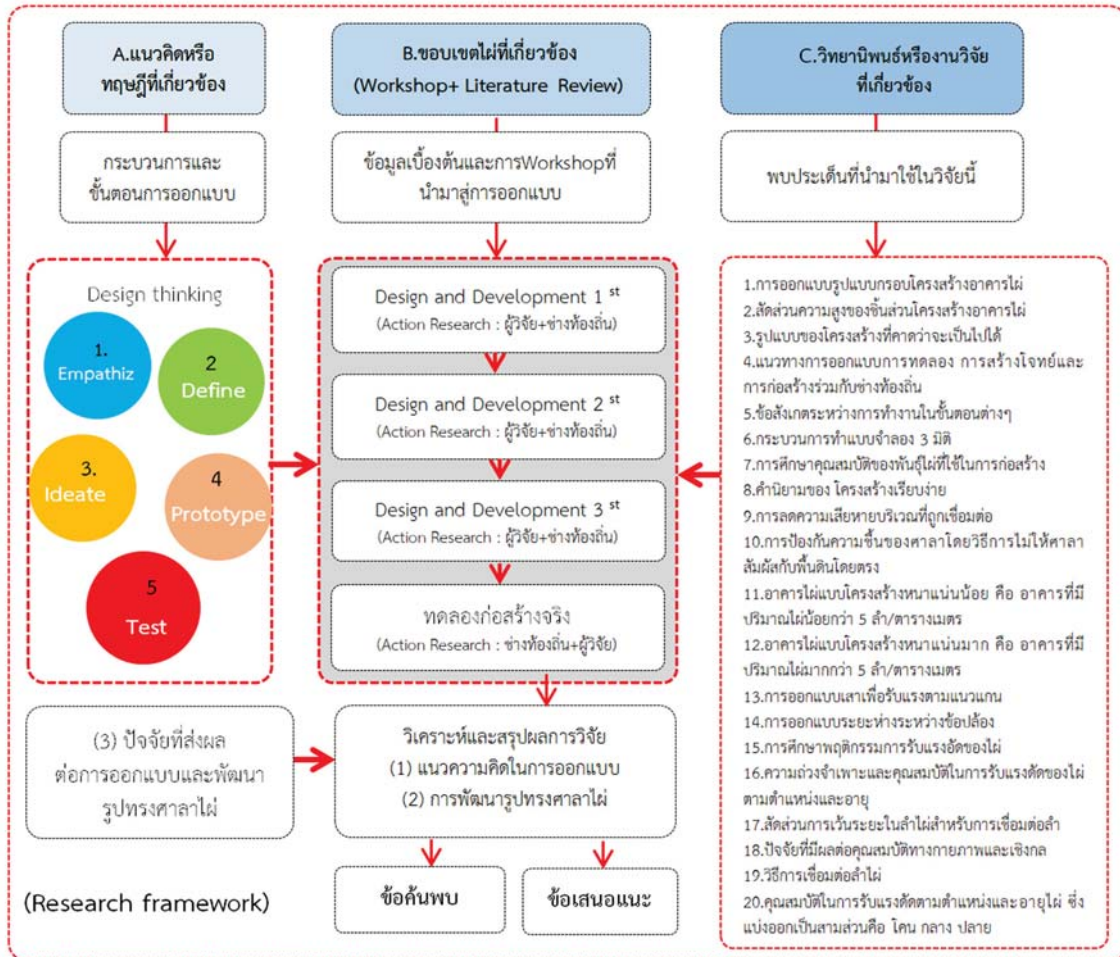


ภาพที่ 2 สรุปขั้นตอนและกระบวนการของ Design thinking สู่กระบวนการออกแบบและก่อสร้างศาลาไม้ไผ่  
 ที่มา: ผู้นิพนธ์



## 4. สรุปประเด็นเพื่อสร้างกรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบการวิจัยเกิดจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องร่วมกับการเข้าร่วมอบรมปฏิบัติการตามที่กล่าวมาแล้วนั้น นำมาสู่การสรุปประเด็นในการออกแบบกรอบแนวคิดการวิจัย (Research framework) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย (Research framework)

ที่มา: ผู้นิพนธ์

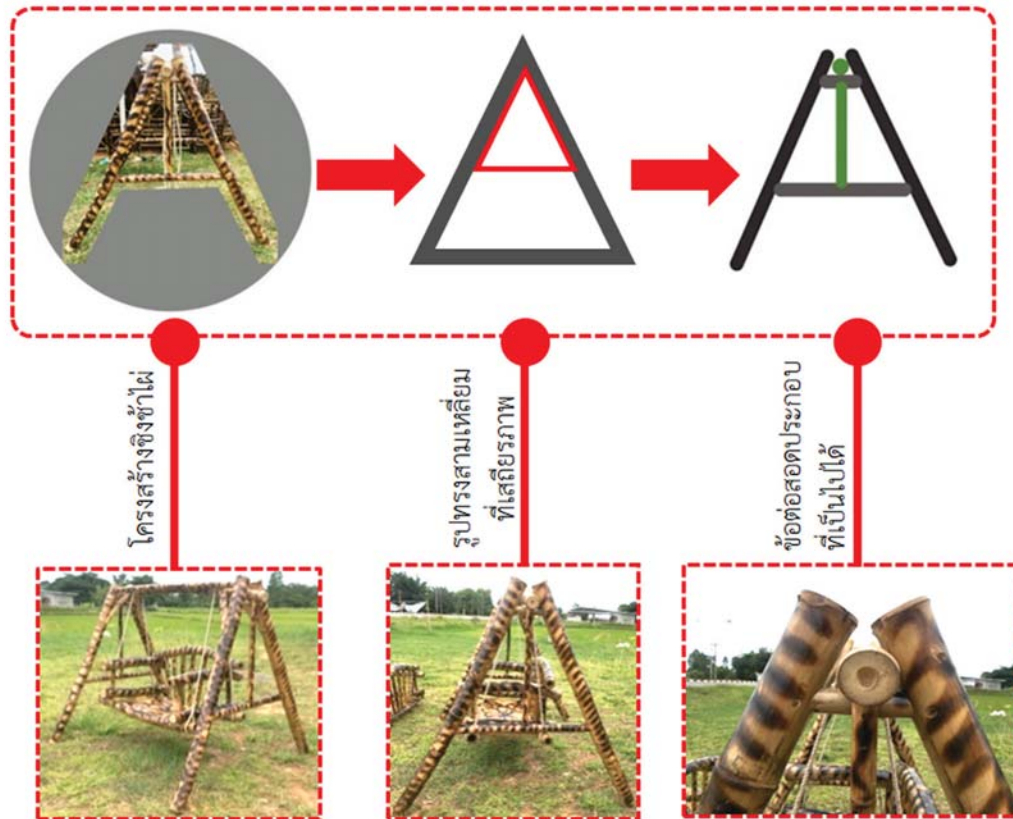
## 5. กระบวนการออกแบบและพัฒนา รูปทรงศาลาไฟ

ขั้นตอนในการออกแบบและพัฒนา รูปทรงศาลาไฟนั้นทำร่วมกับช่าง เนื่องจากช่างมีทักษะความชำนาญและประสบการณ์ในการทำงานไม้ สามารถพัฒนาแบบให้ไปสู่การก่อสร้างได้ โดยคำนึงคุณสมบัติทางกายภาพของไม้เป็นหลัก และพัฒนาแบบให้สอดคล้องกับคุณสมบัติดังกล่าว บนปัจจัยต่าง ๆ ที่มากำหนดการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางการขนส่ง โดยรถกระบะ ปัจจัยทางด้าน สัดส่วนที่เหมาะสมกับแรงลม ปัจจัยการใช้เราเตอร์ที่ต้องเจาะรูเพื่อเชื่อมต่อลำไม้ที่ทำมุมเอียง ปัจจัยทางด้านกายภาพของไม้ที่มีความเป็นข้อหรือปล้องตลอดลำไม้ เป็นต้น สามารถสรุปได้ดังนี้

### 1) แนวความคิดในการออกแบบ (Conceptual design)

ในเบื้องต้นผู้วิจัยได้ศึกษาแนวความคิดในการออกแบบบนพื้นฐานของความเข้าใจเรื่องข้อต่อแบบสอดประกอบ (Positive Fitting Joint) ซึ่งเป็นรอยต่อที่ช่างท้องถิ่นนิยมใช้ในการต่อไม้เข้าด้วยกัน (ภาพที่ 4) ช่างจึงมีความชำนาญ และมีประสบการณ์ในการใช้เครื่องมือเซาะผิวไม้ที่เรียกว่า เราเตอร์ ในงานวิจัยนี้เป็นการใช้เครื่องมือเดิมในการก่อสร้าง

ส่วนแนวคิดหลักที่ใช้คือ รอยต่อแบบสอดประกอบนี้ สามารถใช้งานได้กับการออกแบบและก่อสร้างชิงช้าขนาดใหญ่ ดังได้อธิบายไว้แล้วนั้น ทำให้ผู้วิจัยนำเทคนิคในการต่อไม้และรูปทรงของชิงช้าที่ช่างทำการก่อสร้างอยู่แล้วมาพัฒนาต่อ บนพื้นฐานปัจจัยการพัฒนากระบวนการก่อสร้างอาคารด้วยไม้ (Integrated bamboo building) โดยคำนึงถึงปัจจัยสามส่วนดังนี้ 1) การคำนึงถึงองค์ความรู้เดิม (Bamboo knowledge base) การก่อสร้างอาคารไม้ ควรมีการพัฒนาและปรับปรุงอันเกิดจากการพัฒนาขององค์ความรู้เดิมที่มีอยู่ ซึ่งเทคนิคการก่อสร้างสามารถติดตั้งได้ง่ายโดยช่างทั่วไปในชนบท 2) การพัฒนาอันเกิดจากความต้องการของผู้อยู่อาศัย (User Requirements) ซึ่งเปลี่ยนไปตามความเป็นอยู่และความต้องการในปัจจุบัน 3) การนำปัญหาและความต้องการในปัจจุบันมาทำการพัฒนาและออกแบบ โดยอยู่บนพื้นฐานของ องค์ความรู้เดิมที่สามารถเข้าใจได้ง่าย และช่างท้องถิ่นสามารถก่อสร้างได้ (Design decision support system) (สุทธิชา บรรจงรัตน์, 2557 อ้างถึง วิวัฒน์ เตมียพันธ์, 2541)

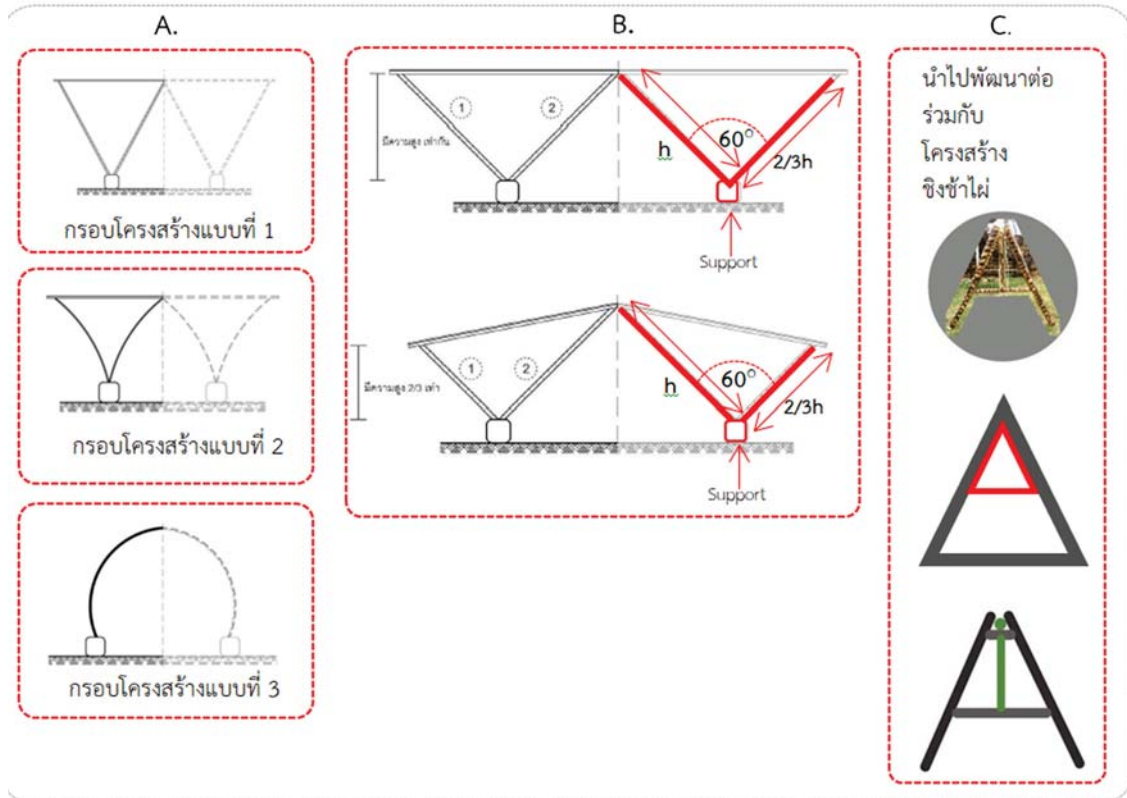


ภาพที่ 4 การพัฒนารูปแบบและข้อต่อของโครงสร้างชิงช้าไม้

ที่มา: ผู้นิพนธ์

## 2) การพัฒนารูปทรงที่เป็นไปได้ (Mass Development)

การพัฒนารูปทรงที่เป็นไปได้ของศาลาไผ่ นี้ เกิดจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปทรงของสถาปัตยกรรมไผ่ โดยสุภิญญาลักษณ์ จันทรวงศ์ (2557) ได้สรุปว่า สถาปัตยกรรมไผ่ขนาดเล็กในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีลักษณะโครงสร้างพื้นฐานมาจากรูปสามเหลี่ยม เกิดการสานกันของโครงสร้าง รูปแบบโครงสร้างมีความสมมาตรและเป็นอาคารที่เกิดจากกรอบโครงสร้างที่ซ้ำกัน ประกอบเป็นโครงสร้างของอาคาร โดยมีลักษณะการซ้ำกันของโครงสร้าง 2 ลักษณะ คือ ซ้ำกันในแนวราบ และซ้ำกันในแนวรัศมีวงกลม จากงานวิจัยดังกล่าว นักวิจัยได้สรุปกรอบโครงสร้างที่จะใช้ในการจำลองอาคารไผ่และประเมินความแข็งแรงของของโครงอาคารไว้ 3 รูปแบบ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสถาปัตยกรรมไผ่ขนาดเล็ก

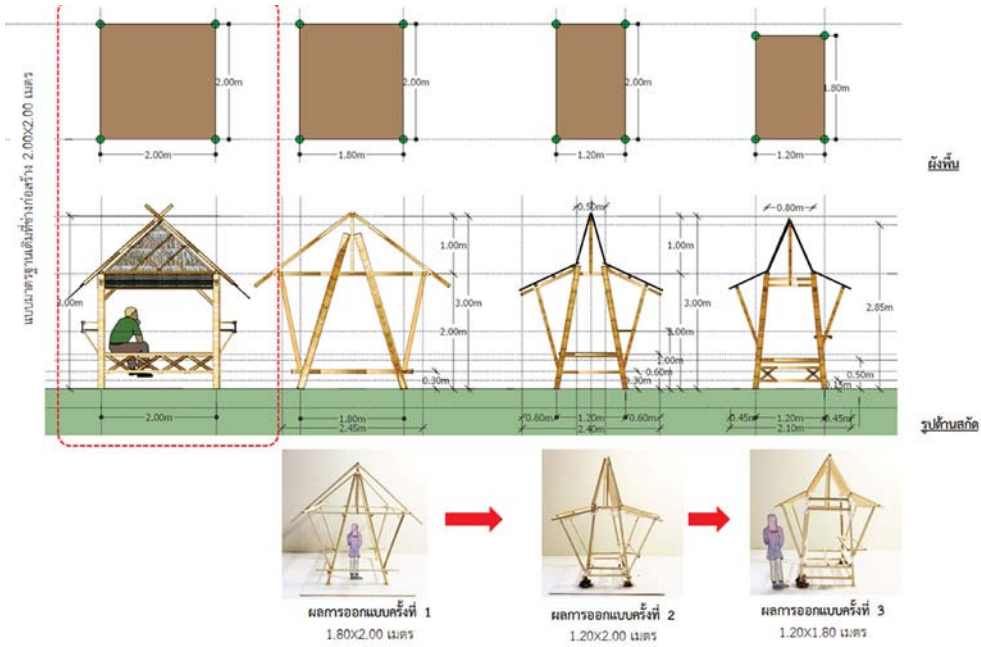
ที่มา: ดัดแปลงมาจาก สุภิญญาลักษณ์ จันทรวงศ์ (2557)

จากแนวความคิดในการออกแบบและการพัฒนารูปทรงที่เป็นไปได้นั้น นำไปสู่กระบวนการพัฒนาแบบโดยผ่านการใช้เครื่องมือในการออกแบบคือ (1) การขึ้นรูปสามมิติด้วยโปรแกรม SketchUp และ (2) การตัดหุ่นจำลอง โดยมีรายละเอียดในการพัฒนาแบบแต่ละครั้งรวมถึงการวิเคราะห์ผลการพัฒนาแบบดังตารางที่ 1



ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ผลการออกแบบและพัฒนาแบบในแต่ละครั้ง

วิเคราะห์ผลการออกแบบ ครั้งที่ 1	วิเคราะห์ผลการออกแบบ ครั้งที่ 2	วิเคราะห์ผลการออกแบบ ครั้งที่ 3
<p>ในการออกแบบครั้งที่ 1 เป็นการร่างแบบตามแนวความคิดและการทบทวนวรรณกรรมที่ศึกษามา การทำความเข้าใจแบบและการออกแบบนั้นยังไม่ดีพอ เนื่องจากเมื่อนำแบบไปปรึกษากับช่างท้องถิ่น พบว่าแบบมีขนาดใหญ่เกินไป เมื่อรวมระยะยื่นของชายคาแล้วนั้น ทำให้มีขนาดที่มีระยะด้านสกัดเกินกว่าขนาดของรถกระบะ ประกอบกับการเอียงเสาที่มีระยะห่างของไม้คอกเสาบนด้านสกัดที่น้อยเกินไป (เสาหลักเอียงประชิดกัน) ส่งผลให้ระยะห่างที่เสากลางออกจากกันมีระยะที่มากตามไปด้วย ช่างแนะนำให้แยกชุดโครงสร้างหลังคา กับโครงสร้างเสาเสาออกจากกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากเรื่องไม้สี่สูก เนื่องจากเป็นไม้ที่ช่างเคยซื้อไว้แบบเหมาคันรถ แต่ยังไม่หมดจึงยังไม่ได้สั่งไม้ใหม่ ไม้ที่เหลือจึงค่อนข้างคงอวบ น้อยลำที่จะตรงจนมีระยะ 3.00 เมตร ตลอดทั้งลำ ผู้วิจัยกับช่างจึงตัดสินใจพัฒนาแบบโดยการลดความสูงของเสาไม้สี่สูกลง แม้ว่าเสาไม้สี่สูกที่มีนั้นจะมีความคงอย่างมาก ช่างได้แจ้งว่า เมื่อก่อสร้างหน้างานแล้วจะต้องคัดเลือกไม้ที่มีความตรงใกล้เคียงกัน หรือคงอวบที่น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้</p> 	<p>เมื่อพัฒนาแบบร่างครั้งที่ 2 พบว่าแม้จะปรับลดความสูงของเสาไม้สี่สูกลงแล้ว ยังพบปัญหาเรื่องสัดส่วนที่ส่งผลต่อการต้านทานแรงลมอีกด้วย ช่างได้อธิบายว่า เติมที่ศาลาใต้นี้มีขนาดมาตรฐานอยู่ที่ 2.00X2.00 เมตร อันเป็นสัดส่วนที่สมมาตร เนื่องจากการใช้งานศาลาใต้นี้ใหญ่มากใช้งานบริเวณกลางแจ้ง ลมแรง แดดแรง สัดส่วนนี้เกิดจากการต้านทานแรงลมในทุกทิศทางที่เท่าๆกัน เมื่อทำการปรับลดความกว้าง X ยาว ของศาลา ไม้แล้ว ต้องปรับลดความสูงของศาลา ไม้ด้วย ป้องกันความสูงที่ชะง่อนจนเกินไป เมื่อขนส่งหรือใช้งานกลางแจ้งจะไม่เกิดการพลิกคว่ำ (Overturning Collapse)</p> <p>นอกจากนี้การพัฒนาแบบครั้งที่ 2 ยังต้องคำนึงถึงสัดส่วนการใช้งานที่เหมาะสมกับมนุษย์มากยิ่งขึ้น จากการออกแบบที่ให้ศาลาไม้ใช้สำหรับนั่งหรือนอนได้นั้น ระยะนั่งต้องไม่สูงจนเกินไป เมื่อปรับลดระยะนั่งลงมาจากเดิม 20 เซนติเมตร ทำให้เกิดที่ว่างภายในศาลาที่สามารถลุกขึ้นยืนโดยที่หัวไม่ชนกับบ่อไก่ เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุขณะ ลุก ยืน นั่ง นอน</p> 	<p>การพัฒนาแบบครั้งสุดท้ายเป็นการปรับระยะต่าง ๆ ให้เข้าที่ เพื่อที่จะให้สามารถนำไปก่อสร้างได้ ส่วนรูปทรงนั้นได้ถูกพัฒนาตามระยะเวลาและความเป็นไปได้ในด้านต่าง ๆ ประกอบกัน ในครั้งนี้ช่างได้ให้คำแนะนำว่า การทำแบบที่สมบูรณ์ไม่ได้หมายความว่า จะก่อสร้างได้สมบูรณ์ตามแบบที่ทำมาทั้งหมด เนื่องจากปัจจัยทางกายภาพของไม้ ที่มีธรรมชาติความเป็นข้อหรือปล้องตลอดทั้งลำ ดังนั้นแม้ว่าแบบจะมีระยะการเชื่อมต่อ หรือตำแหน่งการเจาะรูต่างๆที่ลงตัวมาแล้ว แต่เมื่อถึงการก่อสร้างหน้าจริง บางตำแหน่งอาจจะเจาะรูไม่ได้ ต้องมีการปรับระยะต่าง ๆ ที่หน้างานจริงด้วย</p> 



ภาพที่ 6 การออกแบบและการพัฒนาแบบทั้ง 3 ครั้ง  
 ที่มา: รัชชพรพรณ คำสิงห์ศรี

## 6. สรุปกระบวนการออกแบบและพัฒนารูปทรงศาลาไฟ

### 1) แนวความคิดในการออกแบบ (Conceptual design)

รูปแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมไฟที่นิยมในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตามการทบทวนวรรณกรรมนั้นพบว่ามี 2 รูปแบบ สามารถแบ่งตามประเภทโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม คือ (1) โครงสร้างแบบแบนพื้น (Surface Structure) (2) โครงสร้างแบบเสาและคาน (Skeleton Structure) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการพัฒนารูปทรงศาลาไฟบนพื้นฐานคุณลักษณะความสามารถในการรับแรงและน้ำหนักบรรทุกทุกแบบโครงเฟรม (Skeleton Structure) ขึ้นมาจากรูปทรงของชิงช้าไฟซึ่งเป็นโครงเฟรมสามเหลี่ยมที่มีความเสถียรภาพ การทบทวนวรรณกรรมจากกรณีศึกษา รวมถึงรูปทรงเดิมของศาลาไฟที่เรียกว่าทรงกระท่อม หรือทรงถิงนา โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design thinking) ในขั้นตอนทั้งหมด และใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) ในการพัฒนาแบบร่าง เพื่อสะท้อนผลการออกแบบร่วมกับช่างท้องถิ่น ซึ่งทั้งสองกระบวนการนำไปสู่การค้นหาค้นแบบ (Prototype) ศาลาไฟ

### 2) การพัฒนารูปทรงที่เป็นไปได้ (Mass Development)

การพัฒนารูปทรงที่เป็นไปได้เพื่อนำไปสู่การก่อสร้างนั้น เกิดจากการออกแบบและพัฒนาแบบร่วมกับช่าง บนพื้นฐานการศึกษาและการออกแบบแนวความคิดตั้งที่กล่าวมาเบื้องต้น ร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมการออกแบบสถาปัตยกรรมไฟ จากนั้นใช้เครื่องมือในการออกแบบ (Design Tools) เพื่อเป็นสื่อกลางในสร้างความเข้าใจให้ตรงกับช่างคือ

2.1) การขึ้นรูปสามมิติ โดยการใช้โปรแกรม SketchUp เพื่อนำเสนอแบบในแต่ละครั้ง

2.2) การสร้างหุ่นจำลอง (Mass study) เพื่อใช้ดูระยะต่างๆที่จะเป็นไปได้ บนปัจจัยทางการขนส่งโดยรถกระบะ ซึ่งศาลาต้องมีขนาดความกว้างด้านสกัดไม่เกิน 2.10 เมตร ยาวไม่เกิน 3.00 เมตร และสูงไม่เกิน 5.00 เมตร โดยใช้วัสดุอุปกรณ์สำหรับทำหุ่นจำลองได้แก่ ไม้ลูกชิ้น กาวร้อน เชือก กระดาษขานอ้อย ซึ่งเทคนิคการสร้างหุ่นจำลองในการสื่อสารร่วมกับช่างนี้ เป็นสิ่งสำคัญมากในกระบวนการออกแบบและก่อสร้างศาลาไฟ เนื่องจากช่างจะมีความสามารถในการทำความเข้าใจจากหุ่นจำลองได้ดีกว่าแบบสามมิติจากโปรแกรม SketchUp ประกอบกับคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไฟที่มีลักษณะไม่คงที่ตลอดทั้งลำ

ทำให้ช่างเห็นภาพรวมและสามารถเปรียบเทียบกับลำไม้จริงได้ดีกว่า (ธนา อุทัยภัตรากุล, 2559)

จากการออกแบบและพัฒนาแบบร่วมกับช่าง 3 ครั้ง จนสามารถปรับระยะต่างๆที่เหมาะสมกับการนำไปก่อสร้างจริง ช่างให้คำนิยามศาลาที่ออกแบบใหม่นี้ว่า ศาลาทรงกระโจม โดยลักษณะของรูปทรงความเป็นกระโจมนี้ แตกต่างจากความเป็นทรงกระท่อม คือ (1) สัดส่วนความกว้าง X ยาว X สูง (2) การยื่นชายคาที่ยาวขึ้น (3) การใช้เสาเอียง (4) การใช้งานที่เหมาะสมกับพฤติกรรม ส่วนการออกแบบสถาปัตยกรรมไม้สิ่งที่ผู้ออกแบบควรทราบเพื่อการออกแบบโครงสร้างไม้ที่เหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพมี ดังนี้

1) ไม้ไม่สามารถทนต่อแสงแดดและฝนได้ เนื่องจากแดดและฝนในปริมาณที่มากเกินไปจะไปทำลายเนื้อไม้ ส่งผลต่อความแข็งแรงของไม้ ดังนั้นในการออกแบบควรให้โครงสร้างสัมผัสกับแดดน้อยที่สุด และมีโครงสร้างหลังคาที่ปกคลุมโครงสร้างทั้งหมดเอาไว้เพื่อป้องกันฝน

2) ไม่ควรให้เสาหรือชิ้นส่วนโครงสร้างไม้สัมผัสกับดินโดยตรง เพื่อป้องกันแมลงที่จะมาทำลายไม้ โดยควรมีต่อม่อวางสัมผัสกับพื้นดิน เพื่อยืดอายุการใช้งานของโครงสร้าง

3) ควรใช้ไม้ที่ผ่านกรรมวิธีถนอมไม้ เพราะการถนอมไม้จะช่วยป้องกันแมลงมาทำลายเนื้อไม้

4) ไม้มีความสามารถในการรับแรงดึง (Tension) หรือแรงที่กระทำในลักษณะของการดึงไม้ออกจากกันได้ดีกว่าแรงอัด (Compression) หรือแรงในแนวตั้งที่กระทำลงบนไม้ (สุปริณี ฤทธิรงค์, 2554)

จากข้อสรุปดังกล่าว ผู้วิจัยได้พัฒนารูปทรงศาลาไม้ให้มีชายคาที่ยื่นยาวออกมาครอบคลุมโครงสร้างทั้งหมดของศาลา เพื่อป้องกันแสงแดดและฝนอันเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการใช้งานศาลาไม้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้พัฒนาประโยชน์ใช้สอยร่วมกับความต้องการของผู้ใช้งาน (User Requirements) โดยการเพิ่มชั้นวางของที่อยู่ในระดับการใช้งานที่มีความเหมาะสมกับสัดส่วนมนุษย์ (Human Scale) ซึ่งสามารถใช้อ่านหนังสือ นั่งทำงาน หรือวางคอมพิวเตอร์ได้ ดังภาพที่ 9

3) ปัจจัยที่ส่งผลในระหว่างกระบวนการออกแบบและพัฒนารูปทรงศาลาไม้

3.1) การออกแบบและพัฒนารูปทรงนั้น เป็นไปตามการทบทวนวรรณกรรมบนพื้นฐานปัจจัยการพัฒนาระบบการก่อสร้างอาคารด้วยไม้ (Integrated bamboo building) (สุทธิชา บรรจงรัตน์, 2557 อ้างถึง วิวัฒน์ เตมียพันธ์, 2541) ทำให้ต้องศึกษาพื้นฐานการออกแบบและก่อสร้างจากช่างมาก่อน ก่อนที่จะนำมาออกแบบใหม่ ทำให้ผู้วิจัยใช้เวลาในการพัฒนาแบบแต่ละครั้ง เนื่องจากต้องใช้การขึ้นรูปสามมิติด้วยโปรแกรม SketchUp และการสร้างหุ่นจำลอง ไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งทั้งสองอย่างนี้ ถือเป็นเครื่องมือหลักในการแสดงแบบเพื่อใช้สื่อสารกับช่างได้เป็นอย่างดี ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องใช้เวลาลงมือทำทั้งแบบและหุ่นจำลองเพื่อการสื่อสารกับช่างอย่างมีประสิทธิภาพและสร้างความเข้าใจที่ตรงกัน

3.2) กระบวนการพัฒนาแบบแต่ละครั้งนั้นผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้ออกแบบ (Designer) โดยมีช่างท้องถิ่นเป็นผู้ให้คำปรึกษา ตั้งแต่รูปทรงที่ออกแบบในครั้งแรกว่าจะนำไปสู่การก่อสร้างได้อย่างไร โดยมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้

3.2.1) พันธุ์ไม้ ขนาดหน้าตัด เส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาวของไม้ ส่งผลให้เสาหลักมีความสูงอยู่ที่ 2.00 เมตร (กำหนดค่าเท่ากับ h ตามการทบทวนวรรณกรรม) และมีเสารองที่ทำหน้าที่รับชายคาอยู่ที่ 1.33 เมตร โดยมาจากระยะ 2/3 ของเสาหลัก (2/3h) ซึ่งเป็นความสูงที่ลดลงจากแบบครั้งที่ 1 เนื่องจากแบบร่างครั้งที่ 1 นั้นใช้เสาไม้ที่สูงถึง 3.00 เมตร (h) ตั้งเอียงขึ้นไปเป็นโครงสร้างหลังคา มีเสารองอยู่ที่ 2.00 เมตร (2/3h) ช่างให้ข้อเสนอแนะว่า หากทำใช้เสาไม้สูงขนาด 3.00 เมตร ขึ้นไปเป็นโครงสร้างหลังคาเป็นชุดเดียวกันจะส่งผลให้ศาลามีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับไม้สีสุกที่ช่างมี ณ เวลานั้น มีจำนวนลำที่มีขนาดตรงตลอดลำไปถึง 3.00 เมตร เพียงลำเดียว ดังนั้นจึงตัดสินใจลดขนาดความสูงของเสาไม้สีสุกลงตามคำแนะนำ และได้แยกชุดโครงสร้างหลังคาออกจากโครงสร้างศาลา

3.2.2) สัดส่วนที่เหมาะสมกับการต้านทานแรงลม ปัจจัยข้อนี้ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประเด็นหนึ่ง จากการสัมภาษณ์ช่างได้อธิบายว่าค่ามาตรฐานศาลาขนาด 2.00X2.00 เมตร หรือสี่เหลี่ยมด้านเท่านี้ เกิดขึ้นจากการใช้งานของศาลาไม้ดั้งเดิมของชาวเลและชาวนาเกลือ ที่นำศาลาไปใช้งานบริเวณที่มีลมทะเลแรง ส่งผลให้หลังพื้นหรือรูปทรงที่เป็นสี่เหลี่ยมด้านเท่า สามารถรับแรงลมได้เท่ากันทุก ๆ ด้าน ลดความเสี่ยงต่อการนำไปใช้งานในที่โล่งแจ้งที่อาจเกิดการพลิกคว่ำของศาลาอันเนื่องมาจากแรงลมได้ ดังนั้นหากศาลามีความสูงมาก และมีขนาดความกว้างคุณยาวที่เล็กและแคบเกินไป จะส่งผลต่อการต้านทานแรงลม เนื่องจากการใช้งานศาลาส่วนใหญ่ถูกนำไปตั้งไว้ที่โล่ง มีลมตลอดทั้งปี อาจทำให้ศาลาเกิดการพลิกคว่ำ (Overturning collapse) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องปรับลดขนาดของศาลาลงเพื่อให้เกิดสมดุลและสัดส่วนที่เหมาะสมต่อปัจจัยดังกล่าวด้วย โดยทำการปรับลดขนาดความกว้างคุณยาวและความสูงของศาลา ดังนี้

1) ไม้ไม่สามารถทนต่อแสงแดดและฝนได้ เนื่องจากแดดและฝนในปริมาณที่มากเกินไปจะไปทำลายเนื้อไม้ ส่งผลต่อความแข็งแรงของไม้ ดังนั้นในการออกแบบควรให้โครงสร้างสัมผัสกับแดดน้อยที่สุด และมีโครงสร้างหลังคาที่ปกคลุมโครงสร้างทั้งหมดเอาไว้เพื่อป้องกันฝน

2) ไม่ควรให้เสาหรือชิ้นส่วนโครงสร้างไม้สัมผัสกับดินโดยตรง เพื่อป้องกันแมลงที่จะมาทำลายไม้ โดยควรมีต่อม่อวางสัมผัสกับพื้นดิน เพื่อยืดอายุการใช้งานของโครงสร้าง

3) ควรใช้ไม้ที่ผ่านกรรมวิธีถนอมไม้ เพราะการถนอมไม้จะช่วยป้องกันแมลงมาทำลายเนื้อไม้

4) ไม้มีความสามารถในการรับแรงดึง (Tension) หรือแรงที่กระทำในลักษณะของการดึงไม่ออกจากกันได้ดีกว่าแรงอัด (Compression) หรือแรงในแนวตั้งที่กระทำลงบนไม้ (สุปรیتی ฤทธิรงค์, 2554)

จากข้อสรุปดังกล่าว ผู้วิจัยได้พัฒนารูปทรงศาลาไม้ให้มีชายคาที่ยื่นยาวออกมาครอบคลุมโครงสร้างทั้งหมดของศาลา เพื่อป้องกันแสงแดดและฝนอันเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการใช้งานศาลาไม้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้พัฒนาประโยชน์ใช้สอยร่วมกับความต้องการของผู้ใช้งาน (User Requirements) โดยการเพิ่มชั้นวางของที่อยู่ในระดับการใช้งานที่มีความเหมาะสมกับสัดส่วนมนุษย์ (Human Scale) ซึ่งสามารถใช้อ่านหนังสือ นั่งทำงาน หรือวางคอมพิวเตอร์ได้ ดังภาพที่ 9

3) ปัจจัยที่ส่งผลในระหว่างกระบวนการออกแบบและพัฒนารูปทรงศาลาไม้

3.1) การออกแบบและพัฒนารูปทรงนั้น เป็นไปตามการทบทวนวรรณกรรมบนพื้นฐานปัจจัยการพัฒนากระบวนการก่อสร้างอาคารด้วยไม้ (Integrated bamboo building) (สุทธิษา บรรจงรัตน์, 2557 อ้างถึง วิวัฒน์ เตมียพันธ์, 2541) ทำให้ต้องศึกษาพื้นฐานการออกแบบและก่อสร้างจากช่างมาก่อน ก่อนที่จะนำมาออกแบบใหม่ ทำให้ผู้วิจัยใช้เวลานานในการพัฒนาแบบแต่ละครั้ง เนื่องจากต้องใช้การขึ้นรูปสามมิติด้วยโปรแกรม SketchUp และการสร้างหุ่นจำลองไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งทั้งสองอย่างนี้ ถือเป็นเครื่องมือหลักในการแสดงแบบเพื่อใช้สื่อสารกับช่างได้เป็นอย่างดี ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องใช้เวลาลงมือทำทั้งแบบและหุ่นจำลองเพื่อการสื่อสารกับช่างอย่างมีประสิทธิภาพและสร้างความเข้าใจที่ตรงกัน

3.2) กระบวนการพัฒนาแบบแต่ละครั้งนั้นผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้ออกแบบ (Designer) โดยมีช่างท้องถิ่นเป็นผู้ให้คำปรึกษา ตั้งแต่รูปทรงที่ออกแบบในครั้งแรกว่าจะนำไปสู่การก่อสร้างได้อย่างไร โดยมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้

3.2.1) พันธุ์ไม้ ขนาดหน้าตัด เส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาวของไม้ ส่งผลให้เสาหลักมีความสูงอยู่ที่ 2.00 เมตร (กำหนดค่าเท่ากับ  $h$  ตามการทบทวนวรรณกรรม) มีเสารองที่ทำหน้าที่รับชายคาอยู่ที่ 1.33 เมตร โดยมาจากระยะ  $2/3$  ของเสาหลัก ( $2/3h$ ) ซึ่งเป็นความสูงที่ลดลงจากแบบครั้งที่ 1 เนื่องจากแบบร่างครั้งที่ 1 นั้นใช้เสาไม้ที่สูงถึง 3.00 เมตร ( $h$ ) ตั้งเอียงขึ้นไปเป็นโครงสร้างหลังคา มีเสารองอยู่ที่ 2.00 เมตร ( $2/3h$ ) ช่างให้ข้อเสนอแนะว่า หากทำใช้เสาไม้สี่เหลี่ยมขนาด 3.00 เมตร ขึ้นไปเป็นโครงสร้างหลังคาเป็นชุดเดียวกันจะส่งผลให้ศาลามีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับไม้สี่เหลี่ยมที่ช่างมี ณ เวลานั้น มีจำนวนลำที่มีขนาดตรงตลอดลำไปถึง 3.00 เมตร เพียงลำเดียว ดังนั้นจึงตัดสินใจลดขนาดความสูงของเสาไม้สี่เหลี่ยมตามคำแนะนำ และได้แยกชุดโครงสร้างหลังคาออกจากโครงสร้างศาลา

3.2.2) สัดส่วนที่เหมาะสมกับการต้านทานแรงลม ปัจจัยข้อนี้ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประเด็นหนึ่งจากการสัมภาษณ์ช่างได้อธิบายว่าค่ามาตรฐานศาลาขนาด 2.00X2.00 เมตร หรือสี่เหลี่ยมด้านเท่านี้ เกิดขึ้นจากการใช้งานของศาลาไม้ดั้งเดิมของชาวเลและชวานาเกลือ ที่นำศาลาไปใช้งานบริเวณที่มีลมทะเลแรง ส่งผลให้ผนังหรือรูปทรงที่เป็นสี่เหลี่ยมด้านเท่า สามารถรับแรงลมได้เท่ากันทุกๆด้าน ลดความเสี่ยงต่อการนำไปใช้งานในที่โล่งแจ้งที่อาจเกิดการพลิกคว่ำของศาลาอันเนื่องมาจากแรงลมได้ ดังนั้นหากศาลามีความสูงมาก และมีขนาดความกว้างคูณยาวที่เล็กและแคบเกินไป จะส่งผลต่อการต้านทานแรงลม เนื่องจากการใช้งานศาลาส่วนใหญ่ถูกนำไปตั้งไว้ที่โล่ง มีลมตลอดทั้งปี อาจทำให้ศาลาเกิดการพลิกคว่ำ (Overturning collapse) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องปรับลดขนาดของศาลาลงเพื่อให้เกิดสมดุลและสัดส่วนที่เหมาะสมต่อปัจจัยดังกล่าวด้วย โดยทำการปรับลดขนาดความกว้างคูณยาวและความสูงของศาลา ดังนี้

- แบบร่างครั้งที่ 1 ศาลามีขนาด 1.80 X 2.00 เมตร สูง 3.00 เมตร

- แบบร่างครั้งที่ 2 ศาลามีขนาด 1.20 X 2.00 เมตร สูง 3.00 เมตร

- แบบร่างครั้งที่ 3 ศาลามีขนาด 1.20 X 1.80 เมตร สูง 2.85 เมตร

- แบบร่างครั้งที่ 3 องศาระหว่างเสาหลักกับเสารอง 30 องศา ระยะด้านสกัด 2.10 เมตร ดังนั้น จึงต้องทำการปรับองค์ประกอบ ดังนี้



- แบบร่างครั้งที่ 1 องศาระหว่างเสาหลักกับเสารอง 60 องศา ระยะด้านสกัด 3.40 เมตร
- แบบร่างครั้งที่ 2 องศาระหว่างเสาหลักกับเสารอง 30 องศา ระยะด้านสกัด 2.40 เมตร
- แบบร่างครั้งที่ 3 องศาระหว่างเสาหลักกับเสารอง 30 องศา ระยะด้านสกัด 2.10 เมตร

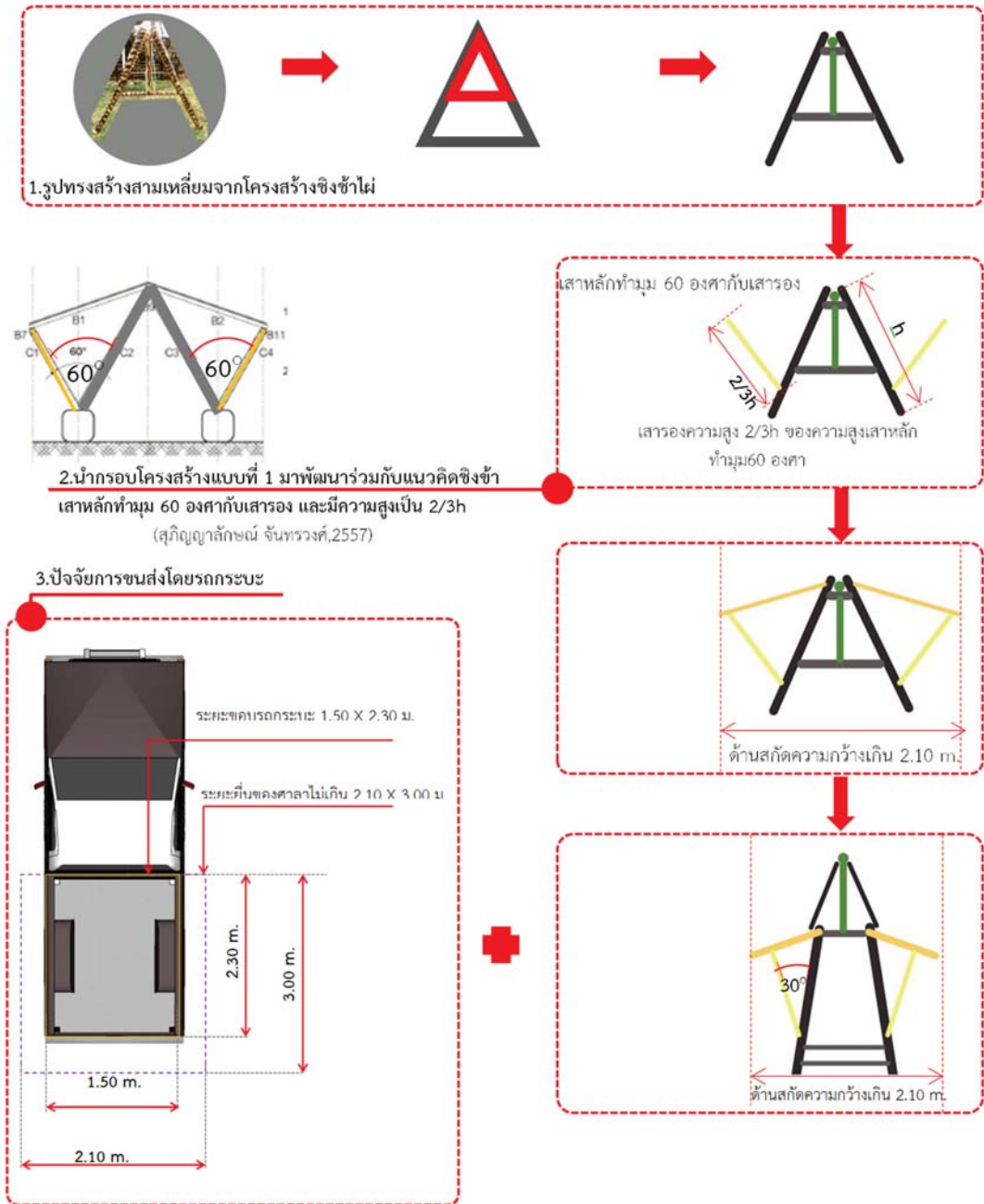


ภาพที่ 7 ผลการออกแบบและพัฒนารูปทรงศาลาไผ่จนนำไปสู่การก่อสร้างจริง  
ที่มา: ผู้นิพนธ์



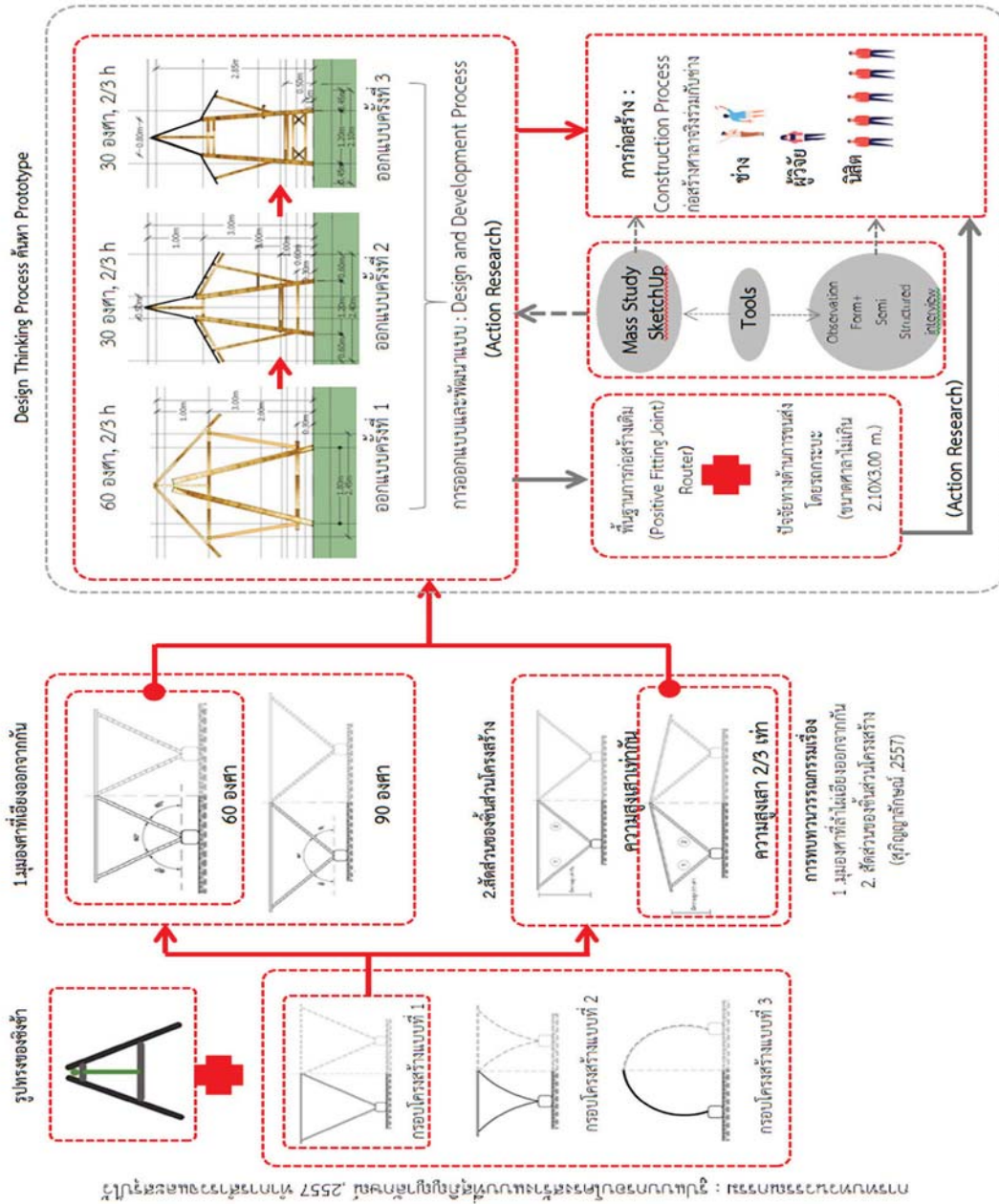
ภาพที่ 8 กระบวนการทำงานร่วมกับช่างท้องถิ่น  
ที่มา: ผู้นิพนธ์





ภาพที่ 9 สรุปแนวความคิดในการออกแบบและการพัฒนารูปทรงศาลาไม้

ที่มา: ผู้นิพนธ์



ภาพที่ 10 การทบทวนวรรณกรรมที่นำไปสู่กระบวนการออกแบบ  
 ที่มา: ผู้เขียน

## 7. ข้อค้นพบ

ในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแบบนั้น การออกแบบระยะต่าง ๆ ที่สมบูรณ์ครบถ้วนแล้วบางครั้งอาจไม่สามารถก่อสร้างได้ เนื่องจากปัจจัยทางกายภาพของไม้ที่มีธรรมชาติของความเป็นข้อหรือปล้องตลอดทั้งลำ ดังนั้น แม้ว่าแบบจะมีระยะการเจาะรู หรือตำแหน่งการเชื่อมต่อต่าง ๆ ที่ถูกออกแบบอย่างลงตัวมาแล้ว แต่เมื่อถึงการก่อสร้างหน้างาน บางตำแหน่งอาจไม่สามารถเชื่อมต่อลำไม้เข้าด้วยกันได้ ดังนั้นในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแบบสิ่งที่ควรคำนึงถึงคือ คุณสมบัติทางกายภาพของพันธุ์ไม้ที่เลือกใช้ในแต่ละองค์ประกอบของศาลาไม้

## 8. ข้อเสนอแนะ

ในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแบบที่เกี่ยวข้องกับระยะการทำมุมเอียงระหว่างไม้สองลำ ควรมีการทดลองทำขึ้นส่วนจริงขึ้นมาก่อน (Mock-up) ก่อนที่จะพัฒนาไปสู่การก่อสร้างหน้างาน เพื่อดูความเป็นไปได้ของระยะการเชื่อมต่อที่เกิดขึ้น นอกจากนี้หากต้องเอียงองศาระหว่างไม้สองลำ ควรมีการตัดปลายลำที่นำมาสอดประกอบให้โค้งงอที่ตรงที่ต้องการก่อนจะนำมาสอดประกอบกับเสาหลัก เพื่อลดขนาดความกว้างของรูที่เสาหลักถูกเจาะลง

## 9. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ฝั่งเมืองและภูมิสถาปัตย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ประจำปีงบประมาณ 2561

## 10. เอกสารอ้างอิง

- กานต์ คำแก้ว. (2546). *ไม้กับสถาปัตยกรรมที่เลื่อนหาย : การออกแบบศาลาประชาคม*. ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ไชยภพ เกตุเพชร. (2557). *การศึกษาปัจจัยการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างอาคารไม้: กรณีศึกษาอาคารศาลาไม้ 4 หลัง*. ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ธนา อุทัยภัตรากร. (2559). *โครงการออกแบบและก่อสร้างหอศิลป์ไม้ไม้*. ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม สถาบันอาศรมศิลป์.
- ประทีภัส ทองคุณ. (2561). การพัฒนาชุดอุปกรณ์ ต่อ-ประกอบไม้ เพื่อเพิ่มความปลอดภัย สำหรับฝึกปฏิบัติการงานไม้. *วารสารสถาปัตยกรรมการออกแบบ และการก่อสร้าง*. 1(1), 38-47.
- พสุ เดชะรินทร์. (2557). *Design Thinking*. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/591915> [สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2561].
- ภัทริศา พงศ์ธนา. (2557). *การศึกษาความสามารถการรับน้ำหนักของโครงสร้างไม้ โดยวิธีการรวบลำเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสถาปัตยกรรม*. ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- รุ่งพรธนา น้อยจันทร์. (2557). *การพัฒนาข้อต่อโครงถักไม้สำหรับโครงสร้างสถาปัตยกรรม*. ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สุทธิษา บรรจงรัตน์. (2557). *การศึกษาคุณสมบัติทางกลของพันธุ์ไม้ไทยในงานโครงสร้างเรียบง่าย*. ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สุปรีย์ ฤทธิรงค์. (2554). *การประยุกต์ใช้งานโครงสร้างสำหรับอาคารสาธารณะ (Thai Bamboo: Material Explored)*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Andry Widyowijatnoko. (2012). *Conventional vs. Substitutive Bamboo Construction: The classification of Bamboo Construction*. Ph.D Thesis. Faculty of Architecture RWTH Aachen, Germany.