



พัฒนาการไม้ประกับกาวในประเทศไทย

Development of glued laminated timber in Thailand

ศวิษฐ์ ปิริยะสุรวงศ์¹ และ เทิดศักดิ์ เตชะกิจจจร²
Svit Piriyasurawong¹ and Terdsak Tachakitchorn²

Received: 2019-08-20

Revised: 2019-09-22

Accepted: 2019-09-24

บทคัดย่อ

พัฒนาการไม้ประกับกาวเกิดขึ้นมาจากความต้องการปริมาณไม้ที่มีมากขึ้นในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 จากสถานการณ์ดังกล่าวทำให้ไม้ที่มีขนาดหน้ากว้างเหลือน้อยลง ไม้จากสวนป่าอุตสาหกรรมที่มีลักษณะหน้าแคบใช้เวลาในการปลูกไม่เกิน 10 ปี ถูกนำมาใช้มากขึ้น ในประเทศไทยได้มีจุดเริ่มต้นจากการเริ่มต้นพัฒนาไม้ทางเลือก เช่น ไม้ยางพารา ไม้สน มาใช้แทนไม้สัก ไม้เต็ง ขอบเขตการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการไม้ประกับกาวในระดับนานาชาติ และในประเทศไทย ประเภทของการศึกษาไม้ประกับกาวแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) ไม้ประกับกาว 2) ไม้ไฟประกับกาว 3) ไม้อัดประสาน และ 4) ไม้ไฟอัดประสาน โดยใช้ตารางงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกับกาวทั้งจากต่างประเทศ และในประเทศไทย เพื่อวิเคราะห์รูปแบบพัฒนาการไม้ประกับกาวของประเทศไทยเรื่องไม้ประกับกาว จากการศึกษาพบว่าพัฒนาการงานวิจัยไม้ประกับกาวในประเทศไทยและต่างประเทศ มีความสอดคล้องกัน แต่ในประเทศไทยวิธีการที่ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง คือวิธีการประกับไม้ในทางเรียงกัน หรือเรียกว่า ไม้ประกับกาว ไม้ที่ถูกใช้ในวิธีการของไม้ประกับกาวมากที่สุดคือ ไม้ยางพารา

คำสำคัญ: ไม้ประกับกาว ไม้ไฟประกับกาว ไม้อัดประสาน ไม้ไฟอัดประสาน

¹ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
(Faculty of Architecture, Chulalongkorn University)

ผู้เขียนหลัก (corresponding author) E-mail: kenhabstudio@gmail.com

² คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
(Faculty of Architecture, Chulalongkorn University)

Abstract

The development of glued laminated timber is raised from the increasing demand of the wood in the mid of the 1900s. This circumstance causes the decrease of wide face wood. In consequence, the wood from industrial-garden forests, which has narrower face and takes less than 10 years of cultivation, is used more. In Thailand, alternative woods (e.g. rubber wood or pine wood) are used instead of teak and chorea. The scope of this article relates to the development of glued laminated timber both in national and international level, dividing in 4 types: 1) glue laminated timber 2) glue bamboo laminated timber 3) cross laminated timber and 4) cross bamboo laminated timber. The study uses the table of analysis, consisting of relevant researches both from Thai and international data bases, to analyze the standpoint of Thailand in glued laminated timber. The study finds that the development of Thai researches about glued laminated timber is corresponding to international researches. The approach that is most progressively developed is glued laminated timber while the most used is parawood.

Keywords: glued laminated timber, glued bamboo laminated timber, cross laminated timber, cross bamboo laminated timber

บทนำ

จากสถานการณ์ทั่วโลกต่างคำนึงถึงการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในวัสดุ (carbon content) ที่เป็นส่วนประกอบของอาคาร ดังจะเห็นได้จากอนุสัญญาเกียวโต (kyoto protocol) ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งผลักดันสนธิสัญญาระหว่างประเทศให้ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้วัสดุไม้ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีขนาดหน้าแคบ มีน้ำหนักเบา ผลิตในรูปแบบคอมโพสิต (composite) ถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาคารมากขึ้น หนึ่งในวัสดุที่ถูกนำมาใช้ตั้งแต่ช่วง ค.ศ.1925-1945 คือ ไม้ประกบกับกาว (glue laminated timber) โดยแนวคิดของ Hetzer (1908, อ้างถึงใน Rug & Rug, 1996) เป็นผู้คิดค้นการใช้ไม้ประกบกับกาว ไม้ประกบกับกาวจัดเป็นผลิตภัณฑ์ไม้ทางวิศวกรรม (engineer wood product) ที่สามารถนำมาใช้เป็นโครงสร้างได้ (Jeleč, et al., 2018) และมีการจดสิทธิบัตรวัสดุคอมโพสิตอย่างไม้อัดประสาน (cross laminated timber) ในช่วงกลางศตวรรษที่ 19 ไม้อัดประสานถูกใช้สร้างเป็นอาคารพักอาศัยครั้งแรกในปี ค.ศ.1993 (Schickhofer, 1994) และยังเป็นโครงสร้างที่สามารถช่วยลดความเสียหายกับอาคารที่มีแนวโน้มต้องเผชิญกับเหตุแผ่นดินไหว และสามารถติดตั้งในการก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว (Brandner, et al., 2016)

การศึกษาพัฒนาการไม้ประกบกับกาว มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกบกับกาวในระดับนานาชาติและในประเทศไทย เพื่อวิเคราะห์สถานภาพจุดยืนในการพัฒนารูปแบบไม้ประกบกับกาวในประเทศไทย และเพื่อหาความเป็นไปได้ของทิศทางการพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ประกบกับกาวในประเทศไทย โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 43 เรื่อง โดยคัดแยกตามช่วงเวลา เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1901 - 2018 โดยใช้ตารางการแบ่งวิธีการของไม้ประกบกับกาว และชนิดของไม้ประกบกับกาวออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) ไม้ประกบกับกาว 2) ไม้ไผ่ประกบกับกาว 3) ไม้อัดประสาน 4) ไม้ไผ่อัดประสาน จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านไม้ประกบกับกาว พบว่าประเทศไทยยังขาดการทำฐานข้อมูลของไม้ประกบกับกาว ทั้งในด้านคุณสมบัติของไม้ และด้านชนิดของไม้กับความเข้ากันได้ของเนื้อไม้และกาวแต่ละประเภท งานวิจัยส่วนใหญ่ต้องเริ่มทำการศึกษาคุณสมบัติของไม้และกาวแต่ละชนิดใหม่ ขาดการพัฒนาโดยใช้ฐานข้อมูลเป็นเครื่องมือในการพัฒนาไม้ประกบกับกาว

จากการศึกษาพบว่าพัฒนาการงานวิจัยไม้ประกบกับกาวในประเทศไทย มีความสอดคล้องกับการพัฒนางานวิจัยไม้ประกบกับกาวในต่างประเทศ วิธีการที่ถูกวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง คือวิธีการประกบไม้ในทางเรียงกัน หรือเรียกว่า ไม้ประกบกับกาว (glue laminated timber) ไม้ที่ถูกใช้ในวิธีการของไม้ประกบกับกาวมากที่สุดคือ ไม้ยางพารา ขนาดของไม้ประกบกับกาวที่ผลิตในอุตสาหกรรมมีขนาดอ้างอิงกับระบบการผลิตของไม้แปรรูป ไม้ประกบกับกาวมีข้อได้เปรียบไม้แบบเต็มท่อน เนื่องจากผ่านขั้นตอนการผลิตทำให้มีขนาดที่เป็นฉาก ในส่วนของไม้ไผ่ประกบกับกาว (glue bamboo laminated timber) ในประเทศไทยมีฐานข้อมูลในเรื่องการทำเครื่องเรือน แต่ยังไม่เคยมีฐานข้อมูลในการใช้เป็นโครงสร้าง ส่วนวิธีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้อัดประสาน (cross laminated timber) ในประเทศไทยมีเพียงการวิจัยพัฒนา ยังไม่มีการทดลองนำมาใช้เป็นโครงสร้างอาคารทั้งในรูปแบบไม้แปรรูป และไม้ไผ่ หากมีการเก็บรวบรวมจัดทำฐานข้อมูลในไม้แต่ละชนิด จะทำให้เทคโนโลยีไม้ประกบกับกาวและไม้อัดประสาน สามารถพัฒนาต่อไปได้เป็นโครงสร้าง รวมทั้งเป็นการส่งเสริมให้สังคมหันมาปลูกไม้ เพื่อเป็นการดูแลสิ่งแวดล้อมด้วยอีกประการ

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาพัฒนาการงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกับกาวในระดับนานาชาติ และในประเทศไทย
2. เพื่อวิเคราะห์สถานภาพจุดยืนในการพัฒนารูปแบบไม้ประกับกาวในประเทศไทย
3. เพื่อหาความเป็นไปได้ของทิศทางการพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ประกับกาวในประเทศไทย

ขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งขอบเขตของการศึกษาพัฒนาการไม้ประกับกาวออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1. ไม้ประกับกาว 2. ไม้ไฟประกับกาว 3. ไม้อัดประสาน 4. ไม้ไฟอัดประสาน โดยศึกษาพัฒนาการตามช่วงเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ.1901-2018 ในประเด็นวิธีการประกบไม้ และชนิดของไม้ที่นำมาประกบ เบื้องต้นผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านไม้ประกับกาว เพื่อวิเคราะห์ประเภทของไม้ประกับกาว สถานการณ์ที่เกิดขึ้นกับพัฒนาการไม้ประกับกาว โดยมีขอบเขตการวิเคราะห์งานวิจัยแบ่งออกเป็น 1. งานวิจัยไม้ประกับกาวในระดับนานาชาติ และ 2. งานวิจัยไม้ประกับกาวในประเทศไทย

วิธีการศึกษา

วิธีการวิจัยในงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยเก็บข้อมูลจากข้อมูล 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเรื่องไม้ประกับกาว และข้อมูลจากการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง โดยสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านไม้ประกับกาว และสัมภาษณ์ผู้ผลิตไม้แปรรูปยางพาราประกบกาว

1. สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านไม้ประกับกาว การสัมภาษณ์มุ่งเน้นที่การหาประเด็นที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกับกาวที่นำมาใช้เป็นโครงสร้าง รวมถึงข้อมูลด้านการวิจัยด้านไม้ประกับกาวในประเทศไทย การวิเคราะห์ข้อมูลตามตารางงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกับกาวในระดับนานาชาติ และในประเทศไทย

2. สัมภาษณ์ผู้ผลิตไม้แปรรูปยางพาราประกบกาว มุ่งเน้นการเก็บข้อมูลสถานภาพของกระบวนการผลิตไม้ประกับกาว ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไม้ประกับกาว ปัญหาที่พบในขั้นตอนการผลิตไม้ประกับกาว รวมถึงการสำรวจขนาดหน้าตัดไม้ ที่มาของขนาดไม้ประกับกาวแปรรูป และแนวทางการพัฒนารูปแบบไม้ประกับกาวของประเทศไทยในอนาคต

3. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกับกาว ทำการทบทวนวรรณกรรมในระดับนานาชาติ 33 เรื่อง และในประเทศไทย 14 เรื่อง รวมงานวิจัยที่ได้นำมาศึกษาทั้งหมด 47 เรื่อง โดยใช้วิธีการคัดเลือกตัวอย่างงานวิจัยตามช่วงเวลา และสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบพัฒนาการไม้ประกับกาวทั้งในต่างประเทศ และในประเทศไทย

4. วิเคราะห์พัฒนารูปแบบไม้ประกับกาว โดยการจัดทำฐานข้อมูลในรูปแบบตารางไม้ประกับกาวจากงานวิจัยในประเทศไทย โดยตารางได้แบ่งงานวิจัยออกเป็นกลุ่มตามรหัสตัวอักษร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกับกาวในระดับนานาชาติ ใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษ เช่น A B C และ D ตามด้วยลำดับเลขแทนชื่อเรื่องงานวิจัย ส่วนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกับกาวในประเทศไทย ใช้ตัวอักษรภาษาไทย เช่น ก ข ค และ ง ตามด้วยลำดับเลขแทนชื่อเรื่องงานวิจัย โดยได้สรุปชื่อเรื่องงานวิจัยไว้ในเอกสารอ้างอิงท้ายบทความ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบการพัฒนาการของไม้ประกับกาวระดับนานาชาติ
2. ทราบจุดยืนในการพัฒนาไม้ประกับกาวในประเทศไทย
3. ได้ข้อสรุปทิศทางการพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ประกับกาวในประเทศไทย

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อหลัก ได้แก่ 1. การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านไม้ประกับกาว และผู้ผลิตไม้ยางพาราประกับกาว 2. การทบทวนวรรณกรรม โดยการวิเคราะห์งานวิจัยไม้ประกับกาวในระดับนานาชาติ และในประเทศไทย 3. วิเคราะห์สถานการณ์ภาพจุดยืนในการพัฒนารูปแบบไม้ประกับกาว เพื่อให้ได้ข้อสรุปพัฒนาการไม้ประกับกาว สถานภาพจุดยืนในการพัฒนารูปแบบไม้ประกับกาวในประเทศไทย และความเป็นไปได้ของทิศทางการพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ประกับกาวในประเทศไทย

1. การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านไม้ประกับกาว และผู้ผลิตไม้ยางพาราประกับกาว

ด้านกรรมวิธีผลิตไม้ประกับกาว กาวที่ใช้ในการประกับไม้จะมีส่วนประกอบของสารฟลอมัลดีไฮด์ ซึ่งมีคุณสมบัติเหมือน “ชั้น” ที่ใช้ในการยารอยร้าวของเนื้อไม้ในประเทศไทย ซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม การพัฒนาคุณสมบัติของชั้น ไม้ให้สามารถใช้ในการประกับไม้ จะเป็นการลดต้นทุนในการผลิตแบบอุตสาหกรรม (mass timber) ได้อย่างมาก เพราะกาวเป็นส่วนประกอบในการผลิตที่มีต้นทุนสูงในไม้ประกับกาว

การแก้ไขเรื่องการรับแรงของไม้ประกับกาว ในขั้นแรก สามารถเลือกโดยการคัดเลือกไม้ ที่มีการนำตาไม้ออก ทำให้ไม้มีความแข็งแรง รวมถึงเลือกไม้ที่มีขนาดความยาวไม่เล็กกว่า 1.20 เมตร ซึ่งจะส่งผลต่อการไม่เกิดปัญหาในด้านการรับแรงดึงบริเวณด้านใต้ของคานไม้ และไม่เกิดการแตกหักที่ด้านล่างของคานไม้ เกล็นร้อยละ 65

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกับกาว มาตรฐานที่ใช้กับโครงสร้างไม้ เช่น มาตรฐาน ASTM (American Standard for Testing Materials) ในช่วงต้นปี ค.ศ.2000 มีบางประเด็นที่ยังไม่ได้กล่าวถึงการรับแรงของไม้ประกับกาว หากมีการพัฒนามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกับกาวในประเทศไทย มาตรฐาน JAS (Japanese Agricultural Standard) สำหรับไม้ประกับกาว ในปี ค.ศ.2008 เป็นมาตรฐานที่มีประเด็นที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกับกาว และมีประเด็นที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับชนิดของไม้ในประเทศไทยได้ใกล้เคียงที่สุด

โครงสร้างไม้ประกับกาว ในต่างประเทศมีวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้างไม้ประกับกาว 2 วิธี คือ 1. การเพิ่มชั้นของไม้ประกับกาว ด้วยวัสดุอื่นๆ เช่น คาร์บอน ไฟเบอร์ วัสดุโพลีเมอร์ 2. การขุดตาไม้ออก และนำไม้เนื้อแข็ง หรือวัสดุโพลีเมอร์ หรือใช้ไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้อแข็งปานกลาง ที่มีคุณสมบัติแข็งแรง เช่น ไม้สัก ใส่เข้าไปในส่วนที่ขุดตาไม้ออก การผลิตไม้ประกับกาวเพื่อใช้งานโครงสร้าง เป็นการผลิตเพื่อทดแทนไม้โครงสร้างเดิม ขนาดของไม้ที่ผลิตในระบบอุตสาหกรรม มีขนาดอ้างอิงกับระบบการผลิตไม้แปรรูป

ความเป็นไปได้ในการพัฒนาไม้ไผ่ประกบกาบ การผลิตไม้ไผ่ประกบกาบ เป็นโครงสร้างอาคาร ปัจจุบันสำคัญคือน้ำหนักของกาบที่ต้องใช้กาบจำนวนมาก เนื่องจากไม้ไผ่มีความบาง เมื่อนำมาเข้าสู่กระบวนการผลิต กาบจะทำให้ชิ้นงานมีน้ำหนักมากขึ้น และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หากใช้กาบที่มีสารฟอร์มาลดีไฮด์ (formaldehyde) ที่มีปริมาณมากตามชิ้นไม้ที่ต้องทำการประกบ ไม้ที่มีความเป็นไปได้อาจใช้ในการทำไม้ประกบกาบในประเทศไทย คือไม้ยางพารา เพียงแต่ช่วงที่ทำการวิจัยในช่วงปี ค.ศ.1997 - 2000 ไม้ยางพาราส่วนมากมีขนาดเล็กมาก และยังไม่ได้รับการพัฒนารูปแบบสวนยางพารา

การผลิตไม้ยางพาราประกบกาบเป็นขั้นตอนที่ต้องทำอย่างรวดเร็ว ภายใน 3 - 4 วัน เพราะไม้ยางพารากับสภาพอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย ทำให้ไม้ยางพาราเกิดราดำได้ การขนส่งจากสวนยางพาราเข้าสู่กระบวนการอบราดำ และอบความชื้นให้ได้ประมาณร้อยละ 12 จึงเป็นขั้นตอนที่ต้องทำอย่างรวดเร็ว ปัจจัยที่ทำให้ราคาไม้ยางพาราประกบกาบค่อนข้างสูงกว่าไม้ยางพาราเต็มท่อน เพราะมีกระบวนการที่ต้องผ่านมากกว่า เช่น การอบความชื้น การรมน้ำยาไม่ให้เกิดราสีฟ้า และค่าแรงในการผลิตที่มีขั้นตอนมากกว่า ปัญหาหลักอีกประการของไม้ยางพาราประกบกาบ คือการได้มาซึ่งผลผลิต ต้นยางพาราส่วนมาก เป็นต้นยางพาราที่ไม่สามารถรีดน้ำยางได้แล้ว เกษตรกรที่ทำการล้มต้นยางพาราส่วนมากนิยมตัดที่ความยาว 1.50 เมตร กระบวนการเก็บต้นยางพาราล้างล้นต้นปัจจุบันยังไม่ถูกวิธี เช่น การเก็บให้ไม่ถูกความชื้น การตัดความยาวของส่วนที่สามารถนำมาทำไม้แปรรูป หรือไม้ยางพาราประกบกาบ

2. การทบทวนวรรณกรรม

การทบทวนวรรณกรรมแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1. การวิเคราะห์งานวิจัยไม้ประกบกาบในระดับนานาชาติ 2. การวิเคราะห์งานวิจัยไม้ประกบกาบในประเทศไทย และ 3. การวิเคราะห์พัฒนาการงานวิจัยไม้ประกบกาบ ในส่วนที่ 3 การสรุปรูปแบบพัฒนาการไม้ประกบกาบ ชนิดไม้ที่ใช้ วิธีการประกบไม้ ในช่วง ค.ศ. 1901 - 2018 ตามตารางที่ 3 แสดงพัฒนาการงานวิจัยไม้ประกบกาบ

3. วิเคราะห์สถานการณ์ปัจจุบันในการพัฒนารูปแบบไม้ประกบกาบ

3.1 การวิเคราะห์งานวิจัยไม้ประกบกาบในระดับนานาชาติ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการไม้ประกบกาบในระดับนานาชาติ พบว่าพัฒนาการไม้ประกบกาบดำเนินไปตามขอบเขตที่ทำการศึกษามีการวิจัยเริ่มต้นจากไม้ประกบกาบ จนถูกพัฒนาเป็นไม้อัดประสาน ในปี ค.ศ.1974 โดยมีจุดเริ่มต้นจากการทำไม้ประกบกาบรูปแบบมัลติเลเยอร์ คอมโพสิท (multi layer composite) และมีพัฒนาการเพิ่มเติมในส่วนของไม้ไผ่ประกบกาบ และไม้อัดประสาน การศึกษาพัฒนาการไม้ประกบกาบในระดับนานาชาติ ทั้งหมด 33 เรื่อง ได้แบ่งขอบเขตของพัฒนาการออกเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ ไม้ประกบกาบ ไม้ไผ่ประกบกาบ ไม้อัดประสาน และไม้ไผ่อัดประสาน ตามตารางที่ 1 แสดงผู้วิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกบกาบในระดับนานาชาติ

ตารางที่ 1 แสดงผู้วิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกบกับกาวในระดับนานาชาติ

ปี ค.ศ.	ไม้ประกบกับกาว	ไม้ไฟประกบกับกาว	ไม้อัดประสาน	ไม้ไฟอัดประสาน
1908	Glue Hetzer			
1933	DIN code 1052			
1937	[A1] Oliver			
1974	Multi layer Composite Czieielski			
1981	First used in Brasel		[H1] Dröge & Stoy	
1993	[A2] Manbeck		[H2] Schuler & Guyer (อ้างถึงใน Schickhofer, 1994)	
1994			[H3] Schickhofer	
1996	[A3] Hernandez., et al.			
1997	ASTM for GLT			
2000	[B1] Ogawa		X-lam	
2004	SR EN 408:2004			
2008	JAS Standard	Glu-Bam		
2009	[B2] Yang, et al.			
2010		[D1] Xiao, et al. [E1] Correal, et al.		
2011	[B3] Zeleniuc, et al.	[F1] Mahdavi, Clouston & Arwade	[I1] Danzig [I2] Pei., et al.	
2012	ANSI/AITC A190.1			
2013	[B4] Manalo, Aravinthan & Karunasena		[I3] Teibinger & Matzinger (multi-storey)	
2014				

ตารางที่ 1 แสดงผู้วิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกับกาวในระดับนานาชาติ (ต่อ)

ปี ค.ศ.	ไม้ประกับกาว	ไม้ไผ่ประกับกาว	ไม้อัดประสาน	ไม้ไผ่อัดประสาน
2015	[B5] Komariah., et al.	[E2] Sharma, et al.	[J1] Scalet	[K1] Archila
2016	[C1] Muraleedharan & Markus Reiterer	[F2] Li, et al.		
2017			[J2] Harte [J3] Wieruszewski & Mazela	[K2] Archila, et al. (panel)
2018	[C3] Penellum, et al.	[G1] Penellum, et al.		[K3] Osorio,et al. [K4] Munis, et al.
2019				[K5] Dârmon & Lalu

ไม้ประกับกาว (glued laminated timber) จากตารางที่ 1 จุดเริ่มต้นการคิดค้นกาวที่ใช้ทำไม้ประกับกาว โดย Hetzer (1908) เรียกกันในชื่อว่า “Hetzer Binder” หรือ “Hetzer system” และเกิดมาตรฐานไม้ประกับกาว DIN รหัส 1052 ในปี ค.ศ.1933 ทำให้งานวิจัยในกลุ่ม A เน้นการวิจัยในการออกแบบของไม้ประกับกาวให้สามารถตัดโค้งได้ โดย Oliver (1937) จนถึงช่วงปี ค.ศ.1993 การทดลองใช้ไม้จากต้นเรด เมเปิ้ล และทิวลิป ซึ่งไม่ใช่ไม้ที่อยู่ในระบบอุตสาหกรรมไม้แปรรูป ในขณะที่มีการเริ่มพัฒนาไม้ประกับกาว ในปี ค.ศ.1974 ได้มีการคิดค้นรูปแบบการอัดประสาน แบบมัลติเลเยอร์ คอมโพสิท (multi layer composite) โดย Cziesielski (1974) ก่อนจะพัฒนาเป็นไม้อัดประสาน งานวิจัยในกลุ่ม B ในปี ค.ศ.2000 - 2015 การวิจัยเน้นประเด็นความสามารถในการรับแรงดึง ที่มักเกิดการวิบัติในส่วนคานด้านล่าง และการหาโมดูลัสยืดหยุ่นของคานไม้ประกับกาว โดยการใช้แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ความหนา 2 - 3 มิลลิเมตรเสริมในชั้นด้านในส่วนล่างของคานไม้ประกับกาว และเน้นการใช้ไม้ชนิดโตเร็ว งานวิจัยในรหัส C1 ได้มีการวิจัยไม้ประกับกาว โดยการผสมผสานระหว่างไม้เนื้อแข็ง และไม้เนื้ออ่อน ในชั้นของไม้ประกับเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงดึงในชั้นที่เคยมีการทดลองและเกิดการวิบัติของไม้

ไม้ไผ่ประกับกาว (glued bamboo laminated timber) การวิจัยโดยการนำไม้ไผ่ประกับกาวในช่วงแรก จากตารางที่ 1 ในงานวิจัยรหัส D1 เน้นการทดลองสร้างในรูปแบบ 2” x 4” (two by four) ตามแบบไม้แปรรูปมาตรฐาน จนไปถึงขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ “Glu-Bam” ในช่วงปี ค.ศ.2008 ให้ได้ขนาดตามไม้แปรรูป เนื่องจากการใช้ไม้ไผ่เพื่อทำไม้ประกับกาวจะต้องมีส่วนที่เหลือทิ้งจำนวนมาก ทำให้ในช่วง ค.ศ.2011 - 2016 ตามงานวิจัยในกลุ่ม F ในปี ค.ศ.2016 ได้มีการวิจัยพัฒนาเศษไม้ไผ่ โดย Li, et al. (2016) เพื่อนำมาอัดเป็นแผ่นไม้ไผ่ (laminated bamboo lumber) ปัจจุบันงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ไผ่ประกับกาว ตามงานวิจัยรหัส G1 งานวิจัยของ Penellum., et al. (2018) ได้ทำการวิจัยไปในด้านความแข็งแรง

(stiffness) โดยใช้วัสดุต่างๆ เข้ามาใช้ในชั้นของไม้ เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงด้านข้าง

ไม้อัดประสาน (cross laminated timber) การวิจัยเรื่องไม้อัดประสาน มีจุดเริ่มต้นมาจากการนำไม้ประกบกับกาวประสานเป็น 3 ชั้น แบบมัลติเลเยอร์ คอมโพสิต (multi layer composite) ในรูปแบบการขวางแนวเสี้ยนไม้ จากตารางที่ 1 งานวิจัยในช่วงแรกในกลุ่ม H เน้นการวิจัยเชิงทดลองกับโครงสร้างอาคารขนาดเล็ก ในปี ค.ศ.1993 โดย Schuler & Guyer (อ้างถึงใน Schickhofer, 1994) มีจุดเชื่อมต่อโครงสร้างคานค่อนข้างมาก ก่อนจะมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ “X-lam” ขึ้นในช่วง ค.ศ.2000 จนสามารถผลักดันไปสู่การกำหนดมาตรฐาน ANSI A190.1 ที่เกี่ยวข้องกับไม้อัดประสาน ในประเด็นความหนาแผ่นไม้ต่อชั้น (layer) ที่สามารถนำมาใช้ได้เห็นผล ภายหลังนานาชาติต่างพัฒนาไม้อัดประสานไปสู่อาคารขนาด 5 - 6 ชั้น โดยใช้ไม้ที่มีความยาว (tall wood) ตามงานวิจัยในกลุ่ม I รูปแบบการก่อสร้างเป็นผนังรับน้ำหนัก และอาคารสำเร็จรูปที่สามารถประหยัดเวลาในการก่อสร้างได้ร้อยละ 10 - 15 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Scalet (2015) ที่กล่าวว่าสามารถลดเวลาก่อสร้างได้ร้อยละ 20 เทียบกับโครงสร้างคอนกรีต โดยกฎหมายในแคนาดาไม่อนุญาตให้สร้างอาคารเกิน 6 ชั้น ไม้อัดประสานได้ถูกนำมาใช้เพื่อวิจัยวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตามงานวิจัยในกลุ่ม J ได้รวบรวมอาคารที่ใช้ไม้อัดประสานสร้างอาคารในรูปแบบอาคารสำเร็จรูป โดยคำนึงถึงการกักเก็บคาร์บอนในวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของอาคาร ไม้อัดประสานสามารถผลิตได้หนามากถึง 18 เมตร หนากว้างได้มากที่สุด 5 เมตร (Harte, 2017) และได้มีการทดสอบการทนไฟของวัสดุไม้อัดประสาน รวมถึงการทดสอบในด้านวัสดุเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เปรียบเทียบกับมาตรฐานยูโร 5 (Eurocode 5) (Dârmon & Lalu, 2019)

ไม้อัดประสาน (cross bamboo laminated timber) จากตารางที่ 1 ในปี ค.ศ.2015 เริ่มมีการทดสอบเรื่องของ “Thermo-Hydro-Mechanically” ในวัสดุไม้ไผ่ที่นำมาอัดประสานเป็นแผ่น โดย Archila (2015) ต่อมา Osorio, et al. (2018) ศึกษาลักษณะเส้นใยของไม้ไผ่ เพื่อการใช้คุณสมบัติในเชิงโครงสร้าง โดยการประสานระหว่างชั้นของไม้ไผ่ (layer) ใช้ฮีฟ็อกซี่ เรซิน และแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ ในรูปแบบวัสดุคอมโพสิต จึงเป็นฐานข้อมูลให้ในปี ค.ศ.2017 Archila., et al. (2017) ได้เริ่มทำการวิจัยทดลองผนังคอมโพสิต ไม้ไผ่อัดประสาน ในปัจจุบันการวิจัยทดลองที่เกี่ยวข้องกับไม้ไผ่อัดประสานจนได้ทดลองในด้านความแข็ง (stiffness) เนื่องจากฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับไม้ไผ่ มีเป็นจำนวนมากเพียงพอต่อการพัฒนางานวิจัยต่อไป

3.2 การวิเคราะห์งานวิจัยไม้ประกบกับกาวในประเทศไทย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการไม้ประกบกับกาวในประเทศไทย ใช้วิธีการวิเคราะห์โดยใช้ตารางงานวิจัยจำนวนทั้งหมด 14 เรื่องแบ่งตามช่วงเวลาตั้งแต่ ค.ศ.1971 - 2016 พบว่าพัฒนาการไม้ประกบกับกาว (glue laminated timber) มีความสอดคล้องกับงานวิจัยในระดับนานาชาติ มีการนำมาใช้เป็นโครงสร้าง เพื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างไม้แบบเดิม ส่วนงานวิจัยด้านไม้อัดประสาน (cross laminated timber) ไม่ได้ดำเนินไปตามขอบเขตที่ทำการศึกษานี้เนื่องจากยังไม่เคยมีการวิจัย มีเพียงพัฒนาการส่วนไม้ไผ่อัดประสาน (cross bamboo laminated timber) ในเชิงการทดลอง โดยใช้วิธีการนำไอน้ำมาคลี่เพื่อผลิตไม้ไผ่อัดประสาน พัฒนางานวิจัยเริ่มต้นจากไม้ประกบกับกาว ไม่ได้เริ่มต้นจากการถูกพัฒนาในรูปแบบมัลติเลเยอร์ คอมโพสิต (multi-layer composite) เพียงแต่นำแนวคิดและฐานข้อมูลจากต่างประเทศเข้ามาเพื่อการพัฒนาต่อยอด ตามตารางที่ 2 แสดงผู้วิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกบกับกาวในประเทศไทย

ตารางที่ 2 แสดงผู้วิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกบกับกาวในประเทศไทย

ปี ค.ศ.	ไม้ประกบกับกาว	ไม้เฝ้ประกบกับกาว	ไม้อัดประสาน	ไม้เฝ้อัดประสาน
1971	[ก1] Mahittikul			
1974	Multi layer composite			
1975	[ก2] Teeravanich			
1997	ASTM	[ง1] Inpol		
2001				
2007	JAS-112 [ข1] Ravichot	[จ1] Lamlaksakul, et al		
2008	[ข2] Kiratirattikal, et al.	[จ2] Chumphoo, et al.		
2009	[ข3] Kiratirattikal, et al.	[จ3] Lamlaksakul		
2011				[ฉ1] Pruttikomol & Tangthong [ฉ2] Fuangwiwat
2012	ANSI/AITC A190.1			
2013		[จ4] Seingsuttivong & Rittironk		
2014	[ข4] Kaosol & Prachaseri			[ข1] Oonjittichai, et al.
2016	[ค1] Fuangwiwat, Buajongkol & Intraprasit			

ไม้ประกบกับกาว (glued laminated timber) จากตารางที่ 2 ได้เริ่มวิจัยตั้งแต่ ค.ศ.1971 ในงานวิจัยรหัส ก1 โดย Mahittikul (1971) ได้นำไม้ยางพาราประกบกับกาวมาทดสอบคุณสมบัติการรับแรงดึง แรงกด ในรูปแบบคานเปรียบเทียบกับคานไม้ยางพาราทั้งชิ้น โดยในระยะแรก คานไม้ประกบกับกาว ได้ใช้ คำจำกัดความว่า “small laminated beam” ก่อนจะใช้คำว่า “glue laminated timber” ใน ค.ศ.1994 ในประเทศไทยการทดสอบไม้ประกบกับกาวนิยมใช้มาตรฐาน ASTM (The American Society for Testing and Materials) ในปี ค.ศ.2007 จากงานวิจัยในกลุ่ม ข เป็นกลุ่มงานวิจัยที่เน้นการทดสอบคุณสมบัติของไม้ ที่มีในประเทศไทย โดย Ravichot (2007) ได้ทดลองไม้ประกบกับกาว ในเรื่องการรับแรงกด แรงดึง โดยใช้ไม้ สนประดิพัทธ์และไม้สะเดา ปี ค.ศ.2008 Kiratirattikal, et al. (2008) ได้ทดสอบกำลังดัดของไม้ประกบกับกาว โดยใช้ไม้ยางพารา พบว่าไม้ยางพารา ขนาดสูง 1 นิ้ว กว้าง 3 - 4 นิ้ว ที่นำมาจาก การปลุกสวนป่าอุตสาหกรรม ได้ทดสอบกำลังดัดของไม้ประกบกับกาว โดยใช้ไม้ยางพารา พบว่าไม้ยางพารา ขนาดสูง 1 นิ้ว กว้าง 3 - 4 นิ้ว ที่นำมาจาก การปลุกสวนป่าอุตสาหกรรม ยังไม่เหมาะกับการนำมาใช้เพื่อทำคานไม้ประกบกับกาว เนื่องจากยังมีขนาดหน้าไม้แคบและมีความยาวที่น้อยกว่า 1.20 เมตร กาวสามารถรับน้ำหนักได้ 1,030 กิโลกรัม/ตาราง

เซนติเมตร จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามาตรฐาน JAS รหัส 112-1996 นิยมถูกนำมาใช้ในงานวิจัย ในช่วงปลายปี ค.ศ.2007-2010 สอดคล้องกับในประเทศญี่ปุ่นที่มีการใช้มาตรฐาน JAS ตั้งแต่ปี ค.ศ.2008 จากวิจัยรหัส ค1 เน้นไปที่การนำไม้เนื้อแข็ง หรือไม้ที่มีคุณสมบัติ เช่น ไม้พยุง ไม้เต็ง เพื่อทดสอบคุณสมบัติ และคุณภาพของการเข้ากันได้ระหว่างเนื้อไม้และกาว

ไม้ไผ่ประกบกับกาว (glued bamboo laminated timber) จากตารางที่ 2 งานวิจัยกลุ่ม จ4 ในปี ค.ศ.2013 Seingsuttivong & Rittironk (2013) ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุไผ่ประกบสำหรับใช้เป็นคานสำหรับอาคารสาธารณะขนาดเล็ก โดยเปรียบเทียบไม้ไผ่ตง และไม้เต็ง จากการศึกษพบว่า ไม้ไผ่ประกบกับพันธู์ไผ่ตง มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 99,519.93 ksc. เปรียบเทียบกับไม้เต็ง ซึ่งเป็นไม้เนื้อแข็งมีโมดูลัสยืดหยุ่น 79,624 ksc.

ไม้อัดประสาน (cross laminated timber) ไม้อัดประสานในกรณีของไม้ยางพารา และไผ่ จะเรียงตัวกันในทิศทางเดียวกัน ชั้นด้านบนสุดของไม้ประกบกับกาว (bottom fiber) จะต้องรับน้ำหนักมากที่สุด นักวิจัยส่วนมากจึงมีแนวคิดทำไม้ประกบกับกาวแบบตามแนวเส้น (single laminated) มากกว่าการเรียงตัวแบบประสาน เนื่องจากการเรียงตัวประสานแนวเส้นจะเสียเปรียบเชิงกล หากต้องการผลิตไม้อัดประสาน (cross laminated timber) จำเป็นต้องหาวิธีเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักส่วนบนของไม้ประกบกับกาว (bottom fiber)

ไม้ไผ่อัดประสาน (cross bamboo laminated timber) ได้เริ่มต้นมีการวิจัยและพัฒนา ตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ.2011 โดยศึกษาความเป็นไปได้ในงานประดิษฐ์กรรม และงานเครื่องเรือน ตามงานวิจัย ฉ1 Pruttikomol & Tangthong (2011) ยังไม่มีการวิจัยในส่วนของการใช้ไม้ไผ่อัดประสานเป็นส่วนประกอบของอาคาร โดยแนวคิดเริ่มต้นมาจากการศึกษาไม้อัดประสานจากในต่างประเทศ โดยคำนึงถึงความพร้อมในเรื่อง ไม้ไผ่ของประเทศไทย ต่อมาในปี ค.ศ.2014 ได้เริ่มมีการวิจัยเรื่องการผลิตไม้ไผ่อัดประสาน โดยกรรมวิธีการ คลี่ด้วยไอน้ำ จากงานวิจัยรหัส ข1 โดย Oonjittichai., et al. (2014)

4. ผลการวิจัย

จากการศึกษาพัฒนาการไม้ประกบกับกาวในระดับนานาชาติ และในประเทศไทย ตั้งแต่ปี ค.ศ.1901 - 2018 เรียงตามเหตุการณ์ และจัดกลุ่มงานวิจัย ประกอบกับข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านไม้ประกบกับกาว และผู้ผลิตไม้ยางพาราประกบกับกาว ได้แบ่งผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

4.1 พัฒนาการงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกบกับกาวในระดับนานาชาติ และในประเทศไทย

จากการศึกษาพัฒนาการไม้ประกบกับกาวในระดับนานาชาติและในประเทศไทย ได้แบ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกบกับกาวออกเป็นประเด็นด้านวัสดุภายในชั้นของไม้ประกบกับกาว (inner layer) วิธีการประกบ และชนิดของไม้ ตามช่วงเวลา พบว่าหมวดหมู่งานวิจัยของประเทศไทยมีความสอดคล้องกับงานวิจัยในระดับนานาชาติ เว้นแต่ในส่วนของไม้อัดประสานที่ไม่มีการวิจัยในลักษณะเป็นโครงสร้างอาคาร ทั้งในส่วนของไม้อัดประสาน และไม้ไผ่อัดประสาน งานวิจัยที่มีพัฒนาการอย่างต่อเนื่องจนถึงปี ค.ศ.2018 คืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกบกับกาว (glued laminated timber) ตามตารางที่ 3 แสดงประเด็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกบกับกาว

ตารางที่ 3 แสดงประเด็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกับกา

ปี ค.ศ.	ไม้ประกับกา	ไม้ไฟประกับกา	ไม้อัดประสาน	ไม้ไฟอัด ประสาน
1901	กาสำหรับประกับไม้			
1974	มัลติเลเยอร์ คอมโพสิต			
1983				
1993	ชนิดไม้เรด เมเปิ้ล		ทดลองใช้ในอาคาร	
1994	ทิวลิป และ ยางพารา		พักอาศัย ขนาดเล็ก	
1996	โดยวิธีการเปรียบเทียบ คุณสมบัติ	คุณสมบัติโครงสร้างคาน	เริ่มมีการใช้ในอาคาร มากกว่า 1 ชั้น	
1997	ASTM ยังไม่มีการพัฒนา ครอบคลุมไม้ประกับกา	มาตรฐานเฟอร์นิเจอร์ เน้นการใช้มาตรฐาน EN และ ASTM รหัสที่ เกี่ยวข้องกับไม้ประกับ กา		
2000	ไม้ยางพาราคุณสมบัติ และเสริมการรับแรงดัด		X-lam	
2007	ด้วยชั้นคาร์บอนไฟเบอร์			
2008	เน้นการใช้ไม้ชนิดโตเร็ว	Glu-bam	ANSI A190.1	
2009	และใช้มาตรฐาน JAS เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่ เกี่ยวข้องกับโครงสร้าง	เปรียบเทียบคุณสมบัติ กับไม้ขนาดมาตรฐาน โรงงานแปรรูป		
2010				
2011		Laminated bamboo lumber (LBL) จากเศษ ไม้ไฟเหลือประกับกา	ชนิดไม้สนใช้ไม้ที่มี ความยาว ศึกษา ใน อาคารสูงมากกว่า 2 ชั้นขึ้นไป	ศึกษาวิจัย พัฒนา ความคุ้ม ค่าต้นทุน โดย จำลองแผน
2012	ANSI/AITC A190.1			
2013	ไม้ยางพาราเสริมชั้นวัสดุ โพลีเมอร์			

ตารางที่ 3 แสดงประเด็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไม้ประกบกาบ (ต่อ)

ปี ค.ศ.	ไม้ประกบกาบ	ไม้ไฟประกบกาบ	ไม้อัดประสาน	ไม้ไฟอัดประสาน
2014				เน้นการนำมาใช้เป็นโครงสร้างผนัง และมีวิธีการคลี่ไม้ไฟให้ได้หน้ากว้างขึ้น โดยใช้ระบบไอน้ำ
2015		การรับแรงดัดของคานโดยใช้ LBL	การกักเก็บคาร์บอนในวัสดุไม้ประกบกาบ	
2016	ผสมผสานชนิดไม้ระหว่างไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน และศึกษาคุณสมบัติ ความแข็ง (stiffness)			
2017				
2018		ศึกษาคุณสมบัติด้านความแข็ง (stiffness) ของโครงสร้าง		

4.2 สถานภาพจุดยืนในการพัฒนารูปแบบไม้ประกบกาบในประเทศไทย

สถานภาพจุดยืนในการพัฒนารูปแบบไม้ประกบกาบในประเทศไทย ควรพัฒนารูปแบบไม้ประกบกาบ (glued laminated timber) และควรส่งเสริมการใช้ไม้ยางพาราประกบกาบ เนื่องจากประเทศไทยมีฐานข้อมูลด้านคุณสมบัติจากการวิจัยที่มีการวิจัยทดลองเกี่ยวข้องกับไม้ยางพารา วิธีการวิจัยที่ควรพัฒนาต่อไปในอนาคต คือการวิจัยด้านความแข็งของวัสดุ (stiffness) โดยใช้ชนิดไม้ที่มีคุณสมบัติความยืดหยุ่นสูง (flexibility) เช่น ไม้ไผ่ ซึ่งสามารถปลูกได้ดีในประเทศไทย โดยใช้ปริมาณไม้ไผ่ มีอายุของลำเหมาะสมที่ 3 - 4 ปี หรือวัสดุไม้เนื้อกลาง ที่มีคุณสมบัติด้านความแข็งของวัสดุที่เทียบเท่า ร่วมกับโครงสร้างแต่ละส่วนของอาคาร แทนการใช้แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ หรือวัสดุโพลีเมอร์ต่างๆ ที่ประเทศไทยไม่มีความสามารถในการผลิตเท่าในระดับนานาชาติ เพื่อลดการใช้กาบที่มีส่วนประกอบของสารฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) ในส่วนชั้นในของไม้ประกบกาบ (inner layer)

4.3 ทิศทางการพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ประกบกาบในประเทศไทย

แนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ประกบกาบในประเทศไทย ควรกำหนดมาตรฐานไม้ประกบกาบในประเทศไทย ให้สอดคล้องกับกฎหมายอาคาร และชนิดของไม้ที่มีคุณสมบัติเฉพาะในประเทศไทย เนื่องจากชนิดและพันธุ์ไม้แต่ละประเทศที่นำมาใช้ประกอบมาตรฐาน มีคุณสมบัติที่ต่างกัน อีกทั้งประเทศไทยมีศักยภาพ สามารถผลิตไม้ยางพารา ที่มีคุณภาพดี มีสีของไม้ที่ขาวสวยงาม ส่วนมากเป็นไม้ยางพาราที่เหลือจากสวนที่ทำนํ้ายางพารา หากมีการพัฒนารูปแบบการปลูกสวนยางพาราเพื่อการทำอุตสาหกรรมไม้ยางพาราประกบกาบ รวมถึงการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในวัสดุไม้ประกบกาบ เพื่อส่งเสริมการสร้างมาตรฐานไม้ประกบกาบของประเทศไทยที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาคารในส่วนที่สามารถทดแทนได้ ก็จะเป็นการต่อยอดอุตสาหกรรมไม้ประกบกาบในประเทศไทยต่อไป

การผลิตไม้ประกบกาบในระดับอุตสาหกรรมมีการอ้างอิงกับขนาดของไม้แปรรูป เมื่อเปรียบเทียบไม้ในขนาดเดียวกัน ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ และสำรวจแหล่งค้าไม้ในเขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร พบว่าข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง

ไม้ประกบกับกาบท่อน ในกรณีของไม้ยางพาราประกบกับกาบ ขนาดหน้าตัดกว้าง 5.00×5.00 เซนติเมตร ซึ่งมีราคาอยู่ที่เมตรละ 100 - 150 บาท มีราคาที่สูงกว่า ไม้ยางพาราชนิดเต็มท่อน ขนาด 5.00×5.00 เซนติเมตร ซึ่งมีราคาอยู่ที่เมตรละ 75 บาท ข้อดีของไม้ยางพาราประกบกับกาบคือมีความตรง ได้ฉากมากกว่าไม้ยางพาราชนิดเต็มท่อน เพราะผ่านขั้นตอนการประกบกับกาบ ซึ่งมีการไสขนาดและรีดไม้ให้ตรง จึงทำให้มีขนาดให้เลือกเหมือนไม้แปรรูปทั่วไป ในกรณีของแผ่นไม้อัดประสาน มีราคาถูกกว่าแผ่นไม้เต็ม เพราะมีการนำไม้ท่อนเล็กๆ มาเรียง และนำมาอัดกัน สาเหตุหลักของการผลิตไม้แปรรูปประกบกับกาบที่ใช้ไม้ยางพารา เนื่องจากเป็นพืชที่โตไว ในเนื้อไม้สีขาว มีลายสวย ทดแทนไม้เนื้อกลางหลายชนิดได้

5. ข้อเสนอแนะ

ไม้ยางพาราที่นำมาประกบกับกาบในปัจจุบัน ขนาดของลำต้นไม้ได้ถูกปลูกเพื่อนำมาทำไม้แปรรูปโดยตรง และมีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน การพัฒนาไม้ประกบกับกาบ ควรเริ่มจากการทำสวนยางพาราเพื่อใช้ทำไม้ยางพาราแปรรูป ให้มีขนาดที่ยาวมากกว่า 1.50 เมตร รวมถึงหาวิธีการลดขั้นตอนการผลิต เพื่อลดต้นทุนด้านค่าแรง และกระบวนการผลิต

ด้านการใช้ไม้ประกบกับกาบใช้ในการเป็นโครงสร้างของอาคาร ควรมีการจัดทำฐานข้อมูลของคุณสมบัติไม้ และการเข้ากันได้ของไม้และกาบที่ใช้ในการผลิตไม้ประกบกับกาบ โดยใช้ไม้ที่ปลูกเพื่ออุตสาหกรรมไม้ในประเทศไทย เพื่อผลิตไม้ที่มีความเหมาะสมในการผลิตไม้ประกบกับกาบ รวมถึงการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในไม้ประกบกับกาบ ตามแนวโน้มงานวิจัยในส่วนของไม้อัดประสานในระดับนานาชาติ

เอกสารอ้างอิง

- Archila, H. F. (2015). **Thermo-hydro-mechanically modified cross-laminated Guadua-bamboo Panels**. (Doctoral dissertation). Bath: University of Bath.
- Archila, H. F., et al., (2017). **Elastic response of cross laminated engineered bamboo panels subjected to in-plane loading**. Bath: University of Bath.
- Brandner, R., et al. (2016). Cross laminated timber (CLT): overview and development. **European Journal of Wood and Wood Products**, 74 (3), 331-351.
- Chumphoo, A., et al. (2008). Karn pramoen sakkayaphab nai karn khaengkhan furniture mai phai at prasan phuea chamnai phainai lae phainok prathet. (In Thai) [The evaluation of competitiveness in laminated bamboo furniture for domestics and global markets]. Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok.
- Correal, J., et al. (2010). **Structural behaviour of glue laminated guadua bamboo as a construction material**. Bogotá: Universidad de Los Andes.
- Cziesielski, E. (1974). Ho lzerne Dachflächentragwerke. (In German) [Shell structures for timber roofs]. In Halasz, R. & Scheer, C. (Eds.). **Holzbau-Taschenbuch, Band 1: Grundlagen, Entwurf und Konstruktionen**. Berlin: Ernst & Sohn.
- Danzig, I. (2011). **Tall wood in Canada: : feasibility study, technical guide, and wood innovation and design centre**. Vancouver: Internationales Holzbau-Forum.
- Dârmon, R. & Lalu, O. (2019). The fire performance of Cross Laminated Timber beams. **Procedia manufacturing**, 32, 121-128.
- Dröge, G. & Stoy, K.-H. (1981). **Grundzüge des neuzeitlichen Holzbaues**. Berlin: Wilhelm Ernst &
- Fuangwiwat, W. (2011). **Karn wijai lae pattana karn phalit mai phai at prasan phuea ngan praditthakam**. (In Thai) [Research and development of bamboo laminated for wood working]. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment.
- Fuangwiwat, W., Buajongkol, P. & Intraprasit, V. (2016). **Karn wijai mai pra kap chak mai phayung tat kayai raya chak suan pa**. (In Thai) [Study on *Dalbergia cochinchinensis* pierre laminated from thinning plantation]. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment.
- Harte, A.M. (2017). Mass timber – the emergence of a modern construction material. **Journal of Structural Integrity and Maintenance**, 2 (3), 121-132.

- Hernandez, R., et al. (1996). **Yellow poplar glued-laminated timber: product development and use in timber bridges construction**. WI: Department of Agriculture.
- Hetzer, O. (1908). **Neue Holzbauweisen**. Weimar: Deutsche Bauzeitung.
- Inpol, I. (1997). **khunnasombat karn dat khong mai phai pra kap kao**. (In Thai) [Flexural properties of glue laminated bamboo]. Bangkok: Kasetsart University.
- Jeleč, M., et al. (2018). Cross-laminated timber (CLT) – a state of the art report. **Gradevinar**, 70 (2), 75-95.
- Kaosol, T. & Prachaseri V. (2014). **phuettikam phai tai karn dat lae karn chuean khong khan mai yangphara prakob soem kamlang duai watsadu polymer soem kamlang duai senyai**. (In Thai) [Flexural and shear behavior of fiber reinforced polymer reinforced para wood glue laminated beams]. Pattani: Prince of Songkla University.
- Kiratirattikal, N., et al. (2008). **Kamlang dat khong mai pra kap yangphara**. (In Thai) [Blending strength of glued laminated para timber]. Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok.
- Kiratirattikal, N., et al. (2009). **Kamlang dat khong mai pra kap yangphara**. (In Thai) [Blending strength of glued laminated para timber]. Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok.
- Kiratirattikal, N., et al. (2009). **Mai pra kap khongsang: karn sang munkha phoem kae mai son lae mai yangphara**. (In Thai) [Structural glued laminated timber: the value adding to pine and para timber]. Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok.
- Komariah, R., et al. (2015). Physical-mechanical properties of glued laminated timber made from tropical small-diameter logs grown in Indonesia. **Journal of the Korean Wood Science and Technology**, 43 (2), 156-167.
- Lamlaksakul, W. (2009). **Karn pattana chai mai pra kap chak phai thotthaen mai samrab karn phalit furniture**. (In Thai) [Development of laminated bamboo furniture manufacturing]. Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok.
- Lamlaksakul, W., et al. (2007). **Karn oakbab furniture mai pra kap phai doi chai lakkan yasat**. (In Thai) [Design of laminated bamboo furniture using ergonomics method]. Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok.
- Li, H., et al. (2016). Flexural performance of laminated bamboo lumber beams. **BioResources**, 11 (1), 292-943.

- Mahdavi, M., Clouston, P. & Arwade, S. R. (2011). Development of laminated bamboo lumber: review of processing, performance, and economical considerations. **Journal of Materials in Civil Engineering**, 23 (7), 1036-1042.
- Mahittikul, C. (1971). **Priapthiap khunnasombat khong khan mai pra kap khanat lek tee tham chak mai yangphara lae kao thammachat kub khan mai yangphara**. (In Thai) [Comparison on the properties of small laminated beam made from para rubber timber and natural glue with para rubber timber beam]. Bangkok: Kasetsart University.
- Manalo, A., Aravinthan & T., Karunasena, W. (2013). Shear behaviour of glued structural fibre composite sandwich beams. **Construction and Building Materials**, 47, 1317-1327.
- Manbeck, H. B., et al. (1993). **Performance of red maple glued-laminated timber beams**. Wisconsin : Forest Products Laboratory.
- Munis, R. A., et al. (2018). Parallel compression to grain and stiffness of cross laminated timber panels with bamboo reinforcement. **BioResources**, 13 (2), 3809-3816.
- Muraleedharan, A. & Markus Reiterer, S. (2016). **Combined glued laminated timber using hardwood and softwood lamellas**. (Master's thesis). Växjö: Linnaeus University.
- Ogawa, H. (2000). Architectural application of carbon fibers. **Development of new carbon fiber reinforced glulam**, 38 (2), 211-226.
- Oliver, W. A. (1937). **Stress theory and fact checked on glue laminated timber arches**. New York: ENR.
- Oonjittichai, W., et al. (2014). **Karn khli mai phai duai ai nam phuea phalit mai phai prasan**. (In Thai) [Flattening bamboo culm with steaming press for laminated board]. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment.
- Osorio, L., et al. (2018). In-depth study of the microstructure of bamboo fibres and their relation to the mechanical properties. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, 37 (17), 1099-1113.
- Pei, S., et al. (2011). Approximate R-factor for cross-laminated timber walls in multistory buildings. **Journal of Architectural Engineering**, 19 (4), 245-255.
- Penellum, M., et al. (2018). Relationship of structure and stiffness in laminated bamboo composites. **Construction and Building Materials**, 165, 241-246.

- Pruttikomol, S. & Tangthong P. (2010). **Karn oakbab lae sueksa kwam pen pai dai khong phalittaphan tee tham chak mai phai at prasan.** (In Thai) [Product design and project feasibility of pressed bamboo to promote community business of the villagers of Kanchanaburi province by using quality function deployment]. Nakornpathom: Rajamangala University of Technology Rattanakosin.
- Ravichot, A. (2007). **Phuettikam karn rab namnak banthuk khong khan mai prasan kao.** (In Thai) [Behavior of glued laminated grider under loading]. (Master's Thesis). Bangkok: Rangsit University.
- Rug, W. & Rug, F. (1996) Innovations in timber engineering: Hetzer's method. In Gopu, V. (Ed.). **Proceedings of the International Wood Engineering Conference Volume 4** (pp.435-442). New Orleans: Omnipress.
- Scalet, T. (2015). **Cross laminated timber as sustainable construction technology for the future.** (Thesis). Helsinki: Helsinki Metropolia University of Applied Sciences.
- Schickhofer, G. (1994). **Starrer und nachgiebiger Verbund bei geschichteten, flächenhaften Holzstrukturen.** Graz: Verlag der Technischen Universität Graz.
- Seingsuttivong, C. & Rittironk, S. (2013). **Karn sueksa khunnasombat choengkon khong watsadu phai pra kap tee tham chak phan phai Thai phuea chai oakbab khan mai samrabarkhan satharana khanat lek.** (In Thai) [Mechanical properties of laminated bamboo made from Thai species for beam of small commercial buildings]. (Master's thesis). Pathum Thani: Thammasat University.
- Sharma, B., et al. (2015). Engineered bamboo for structural applications. **Construction and Building Materials**, 81, 66-73.
- Teeravanich, J. (1975). **Khunnasombat nai kan rap raeng dat khong khan mai pra kap khong maidaeng lae mai yang.** (In Thai) [The flexural behavior of glue-laminated beam of Daeng and Yang timbers]. Bangkok: Chulalongkorn University.
- Teibinger, M. & Matzinger, I. (2013). **Construction with cross-laminated timber multi-storey buildings focus on building physics.** Vienna: Holzforschung Austria.
- Wieruszewski, M. & Mazela, B. (2017). Cross laminated timber as an alternative form of construction wood. **Drvna industrija : Znanstveni časopis za pitanja drvne tehnologije**, 68 (4), 359-367.
- Xiao, Y., et al. (2010). Two-by-Four house construction using laminated bamboos. **Proceedings of 11th World Conference on Timber Engineer 2010.** (pp.1334-1341). New York: Curran Associates.

- Yang, T-H., et al. (2009). The charring depth and charring rate of glued laminated timber after standard fire exposure test. **Building and Environment**, 44 (2), 231-236.
- Zeleniuc, O., et al. (2011). Mechanical properties of wooden laminated structures glued with a furan resin based adhesive. **Proceeding of the International Conference on Urban Sustainability, Cultural Sustainability, Green Development Green Structures and Clean Cars**. (pp.143-147). United States: n.p.