คานไม้อัดกาว สำหรับงานโครงสร้างไม้ช่วงยาวในประเทศไทย

The Glulam Beam for Long Span Timber Structures in Thailand

พีร์นิธิ อักษร[1]

Preenithi Aksorn[1]

Received: 24 November 2015; Accepted: 24 March 2016

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างไม้ช่วงยาว โดยการนำคานไม้อัดกาวมาประยุกต์ใช้ เนื่องจากโครงสร้างช่วงยาวมีพื้นที่ให้ใช้งานมากกว่าช่วงสั้น ประกอบกับโครงสร้างไม้ยังได้รับความนิยมในงานออกแบบหลายประเภท ถึงแม้ไม้จะเริ่มหายากขึ้นก็ตาม บทความนี้จะนำเสนอถึงหลักการทั่วไปของโครงสร้างไม้ช่วงยาว และศึกษาถึงรูปแบบการนำไม้อัดกาวมาใช้กับงานโครงสร้างช่วงยาว โดยจะเสนอรูปแบบและตัวอย่างสำหรับงานก่อสร้างที่มีอยู่จริงประกอบ วัตถุประสงค์ของบทความนี้เพื่อให้เข้าใจหลักการการออกแบบโครงสร้างไม้อัดกาว ที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบโครงสร้างช่วงยาวได้ นอกจากนั้นยังใช้เป็นแนวทางสำหรับงานออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างไม้ช่วงยาวในประเทศไทยได้อีกด้วย

Abstract

This study presents a design and construction concept for long span timber structures. The application of glulam timber is also introduced. The advantage of a long span is increased work area. The timber structure could also be applied for many other purposes. However, the lack of large sized material is still a big problem for long span construction. This study presents the general concept of long span timber and the application of the glulam idea. Case studies are also introduced in this study. This study can be used as a guideline for designing and constructing long span timber structures in Thailand.

บทนำ

การออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างด้วยวัสดุที่ทำจากไม้ เป็นที่รู้จักและนิยมมาตั้งแต่ก่อนที่จะมีโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและโครงสร้างเหล็ก เนื่องจากไม้เป็นวัสดุที่หาได้จากธรรมชาติ แต่เนื่องจากไม้เริ่มหายากขึ้น ประกอบกับขนาดไม้ที่มีอยู่มีขนาดเล็กลงกว่าแต่ก่อน ทำให้โครงสร้างไม้ในปัจจุบันสามารถออกแบบได้อย่างจำกัด โดยสามารถใช้งานได้ในงานออกแบบและก่อสร้างช่วงความยาวที่ไม่มากนัก บทความนี้จึงได้นำเสนอแนวทางการออกแบบโครงสร้างไม้ที่มีความกว้างของช่วงโครงสร้างมากกว่าปกติที่ใช้กันอยู่ทั่วไป โดยจะนำเสนอหลักการและรูปแบบที่ใช้ออกแบบโครงสร้างไม้ช่วงยาว (Timber long span structure) โดยการประยุกต์ใช้ไม้อัดกาว (Glulam) เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบโครงสร้างไม้ช่วงยาว ที่เริ่มนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ โดยเสนอรูปแบบโครงสร้างไม้ในส่วนอื่น ที่มักจะพบได้ทั่วไปด้วย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างจริงสำหรับประเทศไทยได้

ประเภทของโครงสร้างไม้ช่วงยาว (Type of Timber Long Span Structure)

ส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาไม้โดยทั่วไปประกอบไปด้วย เสา อะเส ขื่อ ดั้ง อกไก่ จันทัน และแป โดยแปจะรองรับวัสดุมุงแล้วถ่ายน้ำหนักลงสู่จันทัน ส่วนจันทันก็จะถ่ายน้ำหนักไปยังอกไก่ อะเส ดั้งและขื่อ ตามลำดับ ในบางกรณีถ้าช่วงเสามีระยะห่างที่มากเกินกว่าจะใช้ระบบทั่วไปที่กล่าวมาเนื่องจากขนาดหน้าตัดไม้มีไม่ใหญ่พอ จำเป็นต้องใช้

อาจารย์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Lecturer, Faculty of Architecture, Khon Kaen University

Corespondence to: Preenithi Aksorn, Faculty of Architecture, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002.

Email: preenithi@kku.ac.th, preenithiaks@gmail.com

วิธีการอื่นเพื่อให้การออกแบบโครงสร้างได้ระยะที่มากขึ้น หลักการออกแบบและวิธีการที่นิยมใช้มีด้วยกันหลายวิธี ดังนี้คือ

1. ระบบโครงข้อหมุน (Truss System)

โครงข้อหมุน ประกอบด้วย โครงสร้างด้านบน (Top Member) โครงสร้างด้านล่าง (Bottom Member) และโครงสร้างส่วนค้ำยัน (Diagonal Member) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่วางในแนวตั้งหรือแนวเอียง เมื่อมีน้ำหนักมากระทำในแนวดิ่ง (Vertical Load) แรงภายในที่เกิดขึ้นจะมีทั้งแรงดึง (Tension Force) และแรงอัด (Compression Force) โดยชิ้นส่วนด้านบนจะเป็นชิ้นส่วนที่รับแรงอัดและส่วนชิ้นส่วนด้านล่างจะเป็นชิ้นส่วนที่รับแรงดึงเป็นหลัก ดังแสดงใน (Figure 1)

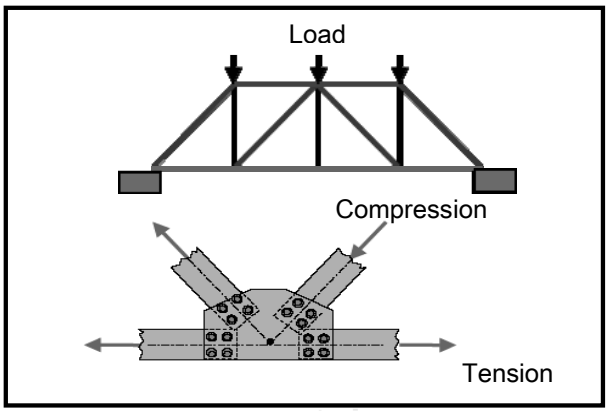

Figure 1 External and internal force member. [4]

การประกอบและติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงข้อหมุน ควรจะวางให้แนวศูนย์กลางของชิ้นส่วนตรงกัน เพื่อให้เส้นแรงภายในที่เกิดขึ้นตรงกันที่จุดๆ เดียว จะได้ไม่มีแรงเยื้องศูนย์ (Eccentric Load) เกิดขึ้น เนื่องจากจะทำให้ชิ้นส่วนมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าปกติ เพื่อให้สามารถรับแรงเยื้องศูนย์ที่เพิ่มขึ้นได้ ส่วนลักษณะและรูปแบบโครงข้อหมุนช่วงยาวที่นิยมใช้กันมีด้วยกันหลายรูปแบบ ซึ่งมีทั้งแบบโครงข้อแข็งสามเหลี่ยมทั่วไป โครงข้อหมุนแบบโค้ง ไปจนถึงโครงข้อหมุนที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น [2, 3] ดังแสดงใน (Figure 2)

วัตถุประสงค์หลักของโครงสร้างช่วงยาวแบบโครงข้อหมุนก็เพื่อต้องการพื้นที่ใช้งานที่กว้างขึ้นโดยไม่มีเสาภายในมากีดขวาง ตัวอย่างที่เป็นที่นิยมก่อสร้างกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ โครงหลังคาโรงงาน หอประชุม ที่พักอาศัยที่ต้องการพื้นที่ใช้งานกว้างๆ หรือ ลานจอดรถ เป็นต้น ดังแสดงใน (Figure 3) ส่วนรูปแบบการเชื่อมต่อของโครงข้อหมุนที่เป็นโครงสร้างไม้ช่วงยาว มีรูปแบบการออกแบบหลายวิธีด้วยกัน ตัวอย่างเช่น การยึดด้วยตะปู แผ่นเหล็ก แหวนเหล็ก นอต หรือการบากทับแล้วประกับกันก็เป็นที่นิยมอย่างมาก ดังแสดงใน (Figure 4, 5)

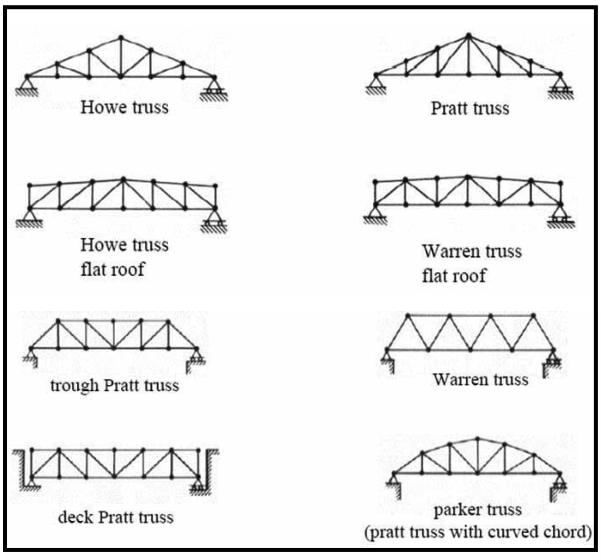

Figure 2 Structural system for truss. [3]

Figure 3 Samples of structural system. [7]

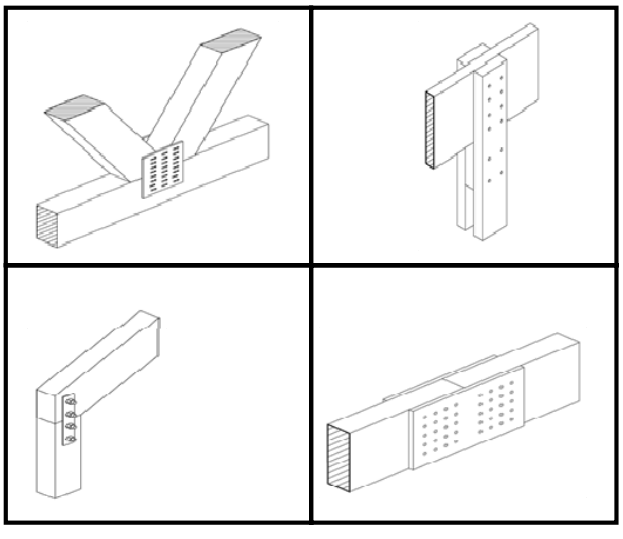

Figure 4 Connection type. [5]

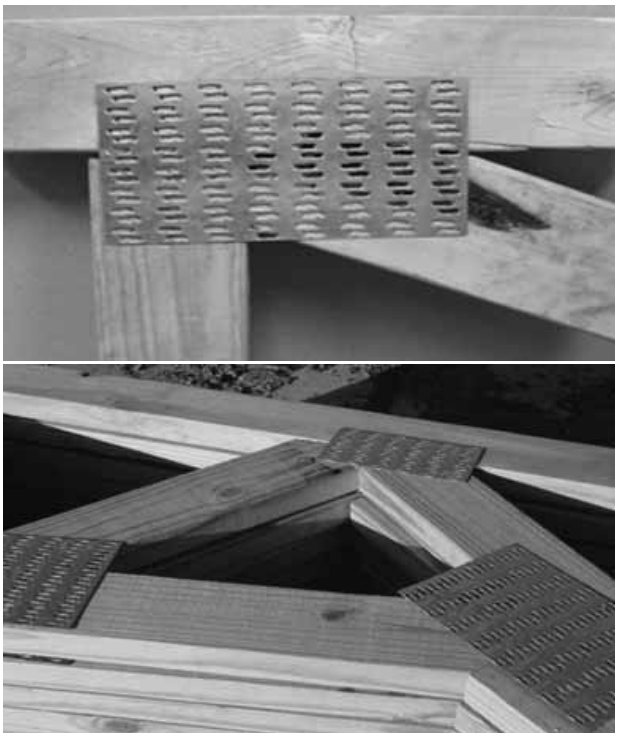

Figure 5 Samples of timber connection. [5]

2. ระบบคานไม้อัดกาว (Glulam Beam System)

ระบบคานไม้อัดกาว (Glued Laminated Timber Beam System, Glulam Beam System) ได้จากการนำไม้แผ่นขนาดเล็กหลายๆชิ้น มาประกอบยึดติดกันด้วยกาว ซึ่งสังเคราะห์มาจากสารเคมีประเภท กาวเรซอซินอล ฟอร์มัลดีไฮด์ ฟีนอล ยูเรีย เมลามีน และอื่นๆ จนทำให้ไม้แต่ละชิ้นยึดติดกันจนแน่น ดังแสดงใน (Figure 6)[1] มีพฤติกรรมต่อการรับแรงกระทำร่วมกัน เสมือนกับเป็นวัสดุชิ้นเดียว (Homogenous Material) การออกแบบจะใช้หลักการของคานประกอบ (Composite Beam) โดยจะนำไม้แผ่นตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมาจัดเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ ในแนวราบ แล้วยึดติดกันด้วยกาวจนแน่น ไม้ที่มีกำลังสูงจะถูกจัดให้อยู่ในส่วนบนและล่างของหน้าตัดคาน เพื่อรับหน่วยแรงที่เกิดขึ้นซึ่งมีค่าสูง ส่วนไม้ที่มีกำลังต่ำจัดให้อยู่ส่วนกลาง เพื่อรับหน่วยแรงที่เกิดขึ้นซึ่งมีค่าต่ำ เมื่อคานไม้อัดกาวรับแรงดัดเพิ่มขึ้น ไม้แต่ละส่วนจะเกิดหน่วยแรงได้เท่ากับกำลังสูงสุดของไม้ หน่วยแรงดัดและแรงเฉือนแสดงใน (Figure 7)

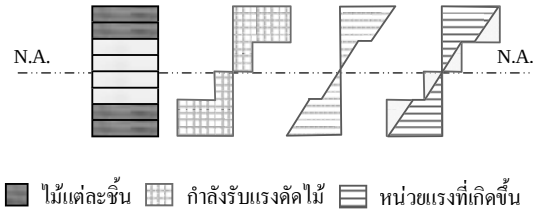

Figure 6 Stress of glulam timber under bending force.[1]

หน่วยแรงและหน่วยการยืดหดตัวในคานประกอบ (Strain and Stress for Composite Beam)

คานประกอบเป็นคานที่วัสดุถูกยึดติดเข้าด้วยกัน เพื่อให้โครงสร้างสามารถรับน้ำหนักมากขึ้น หรือกรณีที่ต้องใช้คานที่มีช่วงยาวมากขึ้น มีพฤติกรรมเสมือนกับเป็นคานซึ่งทำจากวัสดุชิ้นเดียว เมื่อคานประกอบรับแรงดัด วัสดุแต่ละชนิดจะยืดหดตัวไปด้วยกัน แต่การกระจายของหน่วยแรงจะไม่เหมือนกับคานที่เป็นวัสดุชิ้นเดียว เพราะมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นไม่เท่ากัน หน่วยแรงที่รอยต่อระหว่างวัสดุ ดังแสดงใน (Figure 7) โดยสามารถคำนวณหาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นได้ดังสมการที่แสดงข้างล่าง คานที่ถูกแปลงแล้วจะมีรูปร่างหน้าตัดที่เปลี่ยนไปจากเดิม ดังแสดงใน (Figure 8)

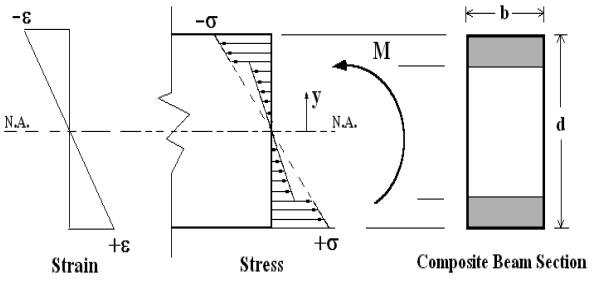

Figure 7 Strain and stress diagram for composite beam. [8]

1) อัตราส่วนโมดูลัสความยืดหยุ่น (Modular ratio)
การหาโมดูลัสความยืดหยุ่นในคานประกอบ สามารถหาได้โดยใช้ (สมการที่ 1)

$$n_2 = E_2/E_1 , n_3 = E_3/E_1 , \dots , n_n = E_n/E_1 \qquad (1)$$

โดยที่ n_2, n_3, n_n = ค่าอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิด

E_1 = โมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้อ้างอิง

E_2 , E_3 , ... ,E_n = โมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิด

2) ความกว้างหน้าตัดแปลง
การหาความกว้างหน้าตัดแปลง สามารถหาได้โดยใช้สมการที่ 2

$$b_2 = n_2 .b, b_3 = n_3 .b, \dots, b_n = n_n .b \qquad (2)$$

โดยที่ b = ความกว้างหน้าตัดของวัสดุที่ใช้อ้างอิงการแปลง

b_2, b_3 , ..., b_n = ความกว้างหน้าตัดแปลง ของวัสดุแต่ละชนิด

n_2, n_3, ..., n_n = ค่าอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิด

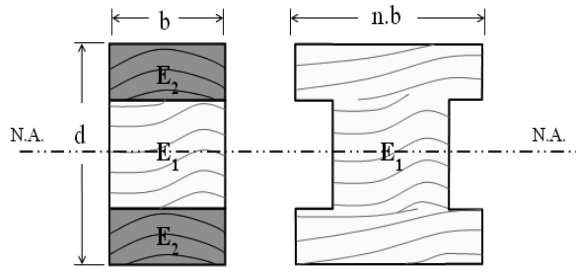

Figure 8 Transform section of composite beam. [8]

3) หน่วยแรงและการยืดหดตัวของคานหน้าตัดแปลง เมื่อคานประกอบถูกแปลงหน้าตัด จะทำให้การกระจายของหน่วยแรงและหน่วยการยืดหดตัวมีลักษณะเป็นเส้นตรงเส้นเดียว สามารถใช้สมการการดัดและกฎของฮุค วิเคราะห์หาหน่วยแรงและหน่วยการยืดหดตัวที่จุดต่าง ๆบนคานได้ ทั้งนี้ค่าแฟกเตอร์ที่คูณกับความกว้างหน้าตัดของวัสดุแต่ละชนิดจะทำให้รูปร่างหน้าตัดของคานเปลี่ยนแปลงไป ดังแสดงใน (Figure 9) จึงต้องคำนวณโมเมนต์เฉื่อยของพื้นที่หน้าตัดแปลงด้วย

3.1) หน่วยแรงดัดของหน้าตัดแปลง

การหาหน่วยแรงดัดที่เกิดขึ้นสามารถหาได้ โดยใช้สมการที่ 3

สมการแรงดัด $\sigma = \frac{My}{I}$ (3)

โดยที่ σ = หน่วยแรง ณ จุดที่พิจารณา บนหน้าตัดแปลง

M = โมเมนต์ดัดบนหน้าตัดแปลง

y = ระยะจากแกนสะเทินของหน้าตัดแปลงไปยังจุดที่พิจารณา

I = โมเมนต์เฉื่อยของหน้าตัดแปลง

$= I_1 + I_2 + A_2.r_2^2 + \dots I_n + A_n.r_n^2$ (4)

$I_1, I_2, \dots, I_n$ = โมเมนต์เฉื่อยหน้าตัดของวัสดุแต่ละชนิด

$A_2, A_3, \dots, A_n$ = พื้นที่หน้าตัดแปลงของวัสดุแต่ละชนิด

$r_2, r_3, \dots, r_n$ = ระยะจากจุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่หน้าตัดของวัสดุแต่ละชนิดถึงแกนสะเทินของพื้นที่หน้าตัดแปลง

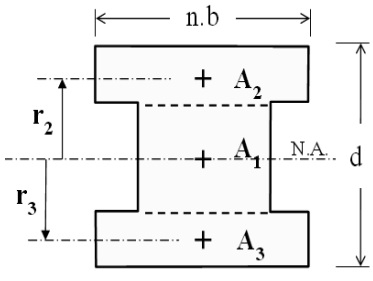

Figure 9 Moment of inertia for composite beam. [8]

3.2) หน่วยการยืดหดตัวของหน้าตัดแปลง

สมการตามกฎของฮุค $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$ (5)

โดยที่ ε = หน่วยการยืดหดตัว

σ = หน่วยแรงตั้งฉาก

E = ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ

3) หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงในคานประกอบ

ค่าหน่วยแรงและหน่วยการยืดหดตัวในคานหน้าตัดแปลงสามารถคำนวณได้ โดยใช้ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น แต่ค่าหน่วยแรงที่ได้จะไม่ใช่ค่าที่เกิดขึ้นจริงในคานประกอบ เพราะเป็นค่าที่ได้จากการเทียบโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิดให้เสมือนกับเป็นวัสดุเดียว

เพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริง จึงต้องทำการปรับค่าหน่วยแรงกลับคืน โดยใช้ค่าอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิด ไปคูณกับค่าหน่วยแรงในคานหน้าตัดแปลง ที่คำนวณได้ตั้งแต่แรก จึงจะได้ค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงในคานประกอบ ดัง (สมการที่ 6) และ (Figure 10)

$$\sigma_2' = n_2.\sigma_2,\ \sigma_3' = n_3.\sigma 3,\ \dots,\ \sigma_n' = n_n.\sigma_n \quad (6)$$

โดยที่

$\sigma_2', \sigma_3', \dots, \sigma_n'$ = หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงในคานประกอบ

$\sigma_2, \sigma_3, \dots, \sigma_n$ = หน่วยแรงในคานหน้าตัดแปลง

$n_2, n_3, \dots, n_n$ = ค่าอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิด

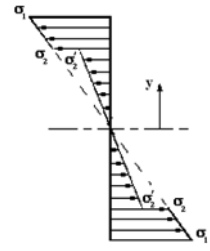

Figure 10 Stress for composite beam. [8]

4) หน่วยแรงเฉือนในแนวราบของคานประกอบ

สำหรับหน่วยแรงเฉือนในแนวราบที่เกิดขึ้นจะเหมือนกับหน้าตัดคานโดยทั่วไป คำนวณได้จาก (สมการที่ 7)

สมการแรงเฉือนในแนวราบ $\tau = \frac{VQ}{It}$ (7)

โดยที่ τ = หน่วยแรงเฉือนในแนวราบ ณ จุดที่พิจารณา

V = แรงเฉือนบนหน้าตัดคาน ณ จุดที่พิจารณา

Q = โมเมนต์ของพื้นที่หน้าตัด ส่วนที่อยู่เหนือจุดที่พิจารณา

I = โมเมนต์เฉื่อยของหน้าตัด รอบแกนสะเทิน

t = ความกว้างของรอยตัด ณ จุดที่พิจารณา

5) หน่วยแรงอัดขนานเสี้ยน

กำลังรับแรงอัดขนานเสี้ยนของไม้ คำนวณได้ตาม (สมการที่ 8) ดังนี้

$$\sigma_{PL} = \frac{P_{PL}}{A} \qquad (8)$$

โดยที่ σ_{PL} = กำลังรับแรงอัดขนานเสี้ยนของไม้

P_{PL} = แรงอัดที่จุดพิกัดเส้นตรง

A = พื้นที่หน้าตัดที่ต้านแรงอัด

6) หน่วยแรงดึงขนานเสี้ยน

แรงดึงขนานเสี้ยนของไม้ คำนวณได้ตาม (สมการที่ 9) ดังนี้

$$\sigma_t = \frac{T_{max}}{A} \qquad (9)$$

โดยที่ σ_t = หน่วยแรงดึงขนานเสี้ยนของไม้

T = แรงดึงสูงสุด

A = พื้นที่หน้าตัดวิกฤติของชิ้นทดสอบ

จากสมการหลายๆ สมการข้างบน ทำให้สามารถคำนวณหาหน่วยแรงดัด หน่วยแรงอัด และหน่วยแรงเฉือน ได้ ซึ่งค่าที่คำนวณได้เหล่านี้จะต้องนำมาตรวจสอบกับค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ สำหรับประเทศไทยหน่วยแรงที่ยอมให้ ใช้ตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ [11] ถ้าค่าที่คำนวณได้มีน้อยกว่าค่าที่ยอมให้ ก็แสดงว่าหน้าตัดคานประกอบนั้นสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

คุณสมบัติของไม้ในประเทศไทย (Timber Property in Thailand)

สำหรับประเทศไทย การออกแบบโครงสร้างไม้ กรณีที่มีช่วงเสายาวมากกว่าปกติทั่วไป การออกแบบหน้าตัดคานประกอบ หรือออกแบบโครงข้อแข็งไม้ จำเป็นต้องใช้ไม้ที่มีอยู่ในประเทศ สำหรับไทยไม้ที่มีอยู่สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อปานกลาง และไม้เนื่อแข็ง การออกแบบจะใช้ค่าอัตราส่วนโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้เนื้อแข็งเทียบกับไม้เนื้ออ่อน เป็นแนวทางในการออกแบบหน้าตัดไม้ ดัง (Table 1) ซึ่งวิศวกรสามารถนำค่าเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและใช้งานได้จริงได้ ส่วนการตรวจสอบหน่วยแรงที่ยอมให้สามารถเปรียบเทียบค่าการออกแบบกับค่าที่ยอมให้เพื่อความปลอดภัยได้โดยใช้ไม่เกินค่ามาตรฐานตามวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ดังแสดงใน (Table 2)

Table 1 Modulus of elasticity ratio in different wood types of Thailand. [11]

Wood Type	Modulus of Elasticity	Modulus of Elasticity ratio compare with soft wood
Soft wood	100,000 ksc	100,000 / 100,000 = 1.00
Medium soft wood	120,000 ksc	120,000 / 100,000 = 1.20
Hard wood	140,000 ksc	140,000 / 100,000 = 1.40

Table 2 Allowable stress of E.I.T. standard. [11]

Wood Type	Flexural and Tensile stress (ksc.)	Compressive Stress (ksc.)		Shear Parallel to Grain (ksc.)
		Parallel to Grain	Perpendicular to Grain	
Very soft wood	60	45	12	6
Soft wood	80	60	16	8
Medium soft wood	100	75	22	10
Hard wood	120	90	30	12
Very hard wood	150	110	40	15

ตัวอย่างไม้แต่ละชนิด ที่มีในประเทศไทย จัดแบ่งตามประเภทเนื้อไม้ มีดังนี้ [11]

1. ไม้เนื้ออ่อนมาก ตัวอย่างเช่น กระท้อน จำปาป่า จิกนม ยมหอม ยางขาว สองสลึง เป็นต้น

2. ไม้เนื้ออ่อน ตัวอย่างเช่น กราด กระเจา กะบาก ตะปูนขาว พะยอม ยางแดง สัก อินทนิล เป็นต้น

3. ไม้เนื้อแข็งปานกลาง ตัวอย่างเช่น กว้าว ตะเคียนทอง ตะเคียนหมู ตะแบก ตาเสือ นนทรี พลวง มะค่าแต้ เป็นต้น

4. ไม้เนื้อแข็ง ตัวอย่างเช่น กันเกรา แดง ตะคร้อไข่ ตะคร้อหนาม เต็ง ประดู่ มะค่าโรง ยมหิน รัง เลียงมัน หลุมพอ สักขี้ควาย เคี่ยม เป็นต้น

5. ไม้เนื้อแข็งมาก ตัวอย่างเช่น กระพี้เขาควาย เขล็ง ตีนนก บุนนาค เป็นต้น

สำหรับต่างประเทศ ยกตัวอย่างเช่น ประเทศสวีเดน การผลิตคานไม้อัดกาวจะเน้นในเชิงอุตสาหกรรมมากกว่าการผลิตเพื่อใช้งาน ขั้นตอนและกระบวนการในการผลิตจะเริ่มจาก

การคัดเลือกต้นไม้ที่มีขนาดและอายุตามที่ต้องการ ตัดแล้วส่งเข้าโรงเลื่อยเพื่อเลื่อยให้ได้ขนาดตามมาตรฐานการผลิตหรือตามขนาดที่ต้องการ จากนั้นจะผ่านกระบวนการอบแห้ง ไสแต่ง ตัดต่อยึดไม้ตามยาว โดยการเฉือนตาไม้ หรือรอยตำหนิต่างๆ ออกก่อนแล้วจึงตัดแบบซิกแซ็กเพื่อต่อให้ได้ความยาวตามต้องการ หลังจากนั้นจะทากาวด้านข้าง เพื่อประกบไม้ชิ้นอื่นๆ แล้วอัดด้วยความดัน เพื่อยึดไม้เข้าด้วยกันให้ได้ขนาดหน้าตัดตามที่ต้องการ ก่อนที่จะไสแต่งให้เรียบร้อยก่อนบรรจุหีบห่อพร้อมจัดส่งต่อไป ดังแสดงใน (Figure 11, 12)

ปัจจุบันการใช้ไม้อัดกาวกำลังนิยมก่อสร้างกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะสิ่งก่อสร้างทางสถาปัตยกรรม ศิลปกรรมที่ต้องการแสดงผิวที่สวยงามของไม้ เช่น บ้านพักอาศัย สนามกีฬา สะพาน ศูนย์แสดงผลิตภัณฑ์ หอประชุม หรือแม้แต่โรงงาน ดังแสดงใน (Figure 13-15)

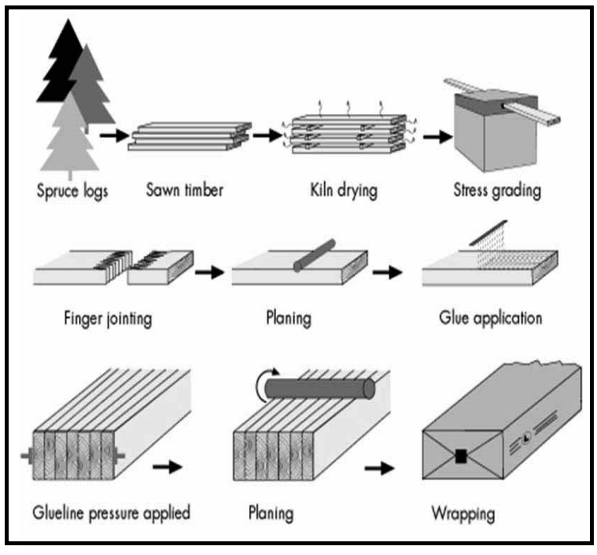

Figure 11 The production process of glulam. [11]

Figure 12 Samples of glulam from factory. [10]

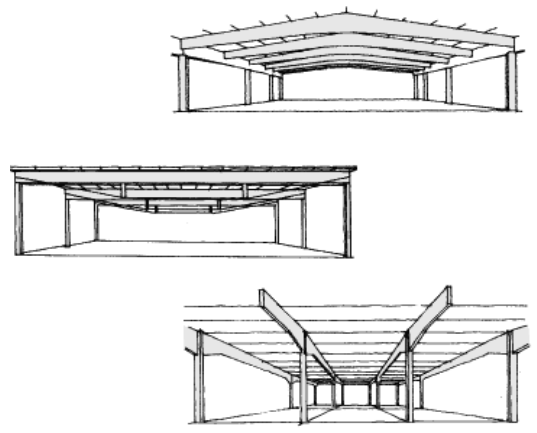

Figure 13 Rigid frame of glulam. [8]

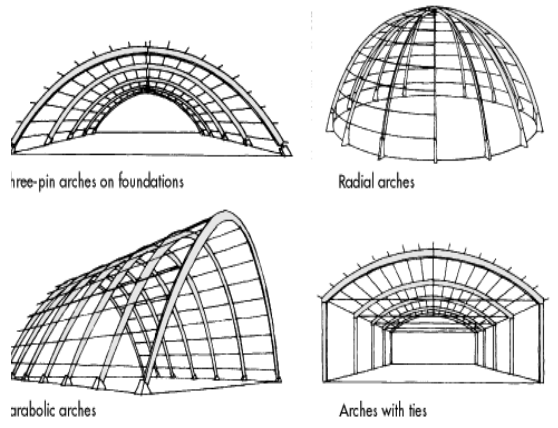

Figure 14 Curvature structure of glulam. [8]

Figure 15 Samples of glulam building. [10]

3. ระบบโครงสร้างผสม (Composite Structure)

ระบบนี้เป็นโครงสร้างที่เกิดจากการผสมโครงสร้างตั้งแต่ 2 ชนิดหรือรูปแบบ เป็นต้นไป มาผสมกัน เพื่อให้เกิดความหลากหลายและสวยงามในการออกแบบ หรือเพื่อเป็นการใช้คุณสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การใช้เส้นลวดเป็นชิ้นส่วนรับแรงดึงเนื่องจากรับแรงดึงได้ดี หรือใช้เหล็กเป็นชิ้นส่วนรับแรงดึงและแรงอัด ตัวอย่าง เช่น โครงไม้อัดกาวผสมโครงเหล็ก โครงข้อหมุนผสมโครงเหล็กและลวด โครงไม้อัดกาวของสนามกีฬาที่ใช้ลวดรับแรงดึง เป็นต้น ดังแสดงใน (Figure 16)

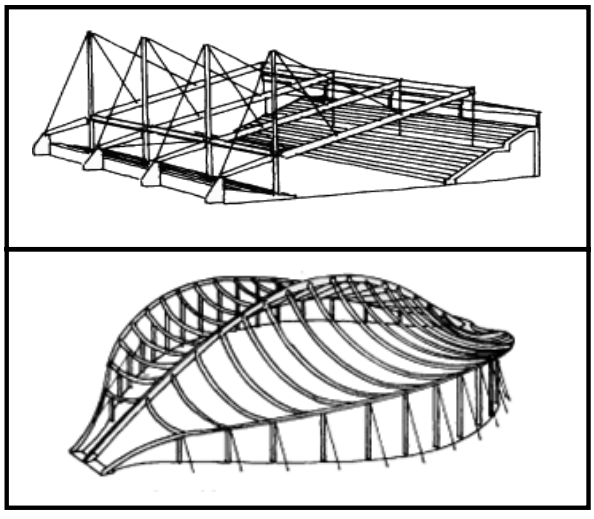

Figure 16 Composite structure of glulam. [8]

กรณีศึกษาที่ 1: วัดพุทธาราม เฉลิมพระเกียรติประเทศสวีเดน (Buddharama Temple, Fredrika, Sweden)

Figure 17 Buddharama Temple, Fredrika, Sweden. [6]

วัดพุทธารามเป็นวัดแห่งแรกในสวีเดน และในสแกนดิเนเวีย ได้รับการพัฒนาร่วมกันและดูแลโดย สมาคมชาวพุทธไทยในสวีเดน ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ มหาเถรสมาคม สถานเอกอัครราชทูตไทยในสวีเดน การบินไทย และการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยเป็นอย่างดี วัดพุทธารามตั้งอยู่นอกเมือง Fredrika ทางตอนเหนือของประเทศสวีเดน ที่ตั้งวัดอยู่บนเนินเขาที่เงียบสงบ โดยมีทะเลสาบและภูเขาอยู่โดยรอบ ศาลาหลักของวัดเป็นสถาปัตยกรรมแบบไทยผสมกับอาคารหลักแบบสวีเดน มีขนาด 24x60 เมตร โครงสร้างศาลาหลักเป็นโครงสร้างคานไม้อัดกาวช่วงยาว เป็นออกแบบโครงข้อแข็ง สามารถรับแรงได้ทั้งแนวดิ่ง แนวราบ และแนวการดัด ได้อย่างปลอดภัย โดยไม่มีเสากลางภายใน ซึ่งการที่ไม่มีเสากลางนั้นมีข้อดีคือ ไม่มีเสากีดขวางพื้นที่ภายใน ทำให้ได้พื้นที่ในอาคารเพิ่มขึ้น มีที่โล่งที่กว้างขวางขึ้น ทำให้จุคนได้มากขึ้น ซึ่งภายในอาคารนี้มีห้องโถงจุคนได้ถึง 800 คน โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง สะดวกในการประกอบพิธีกรรมต่างๆ หรือใช้ในงานพิธีการสำคัญๆ หรือการจัดงานในวันสำคัญทางพระพุทธศาสนา เช่น วันวิสาขบูชา วันเข้าพรรษา ตลอดจนงานทอดกฐิน ผ้าป่า งานสงกรานต์ งานวันแม่ งานวันเฉลิมพระชนมพรรษา พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เป็นต้น ศาลาหลักของวัดเป็นอาคารไม้ช่วงยาวที่ออกแบบมาเพื่อให้รู้สึกถึงความสงบ ความร่มเย็น ใกล้ชิดธรรมชาติ โดยมีกุฏิพระสงฆ์ โดยรอบ 4 หลัง แต่ละหลังมี 2 ชั้น ชั้นละ 4 ห้อง ซึ่งสามารถรองรับพระสงฆ์ได้ประมาณ 8-9 รูป และผู้ปฏิบัติธรรมได้จำนวนหนึ่ง ดังแสดงใน (Figure 17) ชาวไทย ชาวสวีเดน และประเทศอื่นที่นับถือพระพุทธศาสนา รวมทั้งนักเรียน นักศึกษา ประชาชนพากันเดินทางมาศึกษาพระพุทธศาสนา ปฏิบัติธรรม มาร่วมทำกิจกรรมที่วัดนี้อย่างไม่ขาดสาย

ข้อที่ควรระวังในการออกแบบโครงสร้างช่วงยาวตามกรณีศึกษานี้คือ การออกแบบและก่อสร้างรอยต่อต่างๆ ผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีความชำนาญทั้งด้านการออกแบบและมีประสบการณ์การก่อสร้างจริงมาก่อน เพราะรอยต่อของโครงข้อแข็งจำเป็นต้องออกแบบให้ถูกต้องตามหลักการการรับแรงเพื่อให้สามารถรับแรงได้ตามหลักการ และสามารถก่อสร้างได้จริง ขณะก่อสร้างจำเป็นจะต้องมีผู้เชี่ยวชาญคอยควบคุมและตรวจสอบ ให้รอยต่อของโครงสร้าง มีพฤติกรรมตามที่ได้ออกแบบไว้ และสามารถใช้งานได้จริง

กรณีศึกษาที่ 2: บ้านไม้หน้าจั่ว ที่จังหวัดนครราชสีมา

Figure 18 Timber home in Nakorn Ratchasima, Thailand. [9]

บ้านไม่ชั้นเดียวหน้าจั่ว เป็นบ้านชั้นเดียวติดพื้น ใช้ไม้เป็นโครงสร้างหลักในการรับแรง จุดเด่นของบ้านอยู่ที่หน้าจั่วไม้ช่วงยาวด้านหน้า ที่ไม่มีเสากลาง โครงสร้างไม้ใช้ไม้เนื้อแข็งปานกลางเคลือบด้วยน้ำยา โดยออกแบบให้เป็นโครงข้อแข็ง เพื่อให้สามารถรับแรงได้ทั้งแนวดิ่ง แนวราบ และแนวการดัด ได้อย่างปลอดภัย หลังคาถูกออกแบบให้มีความชันพอดีกับสัดส่วนของตัวบ้าน วัสดุมุงด้วยไม้เกือบทั้งหลัง ข้อดีอีกอย่างของโครงสร้างแบบนี้คือมีพื้นที่ใช้งานที่มากขึ้น โดยไม่มีเสากีดขวาง พื้นที่ภายในโปร่ง โล่ง ให้ความรู้สึกปลอดโปร่งโล่งสบาย ตัวบ้านตกแต่งอย่างสวยงามตามแนวธรรมชาติ เพื่อให้เข้ากับโครงสร้างหลักที่เป็นไม้ เหมาะแก่การพักผ่อนหรือใช้รับแขก ในจำนวนที่ไม่มากนัก ซึ่งเข้ากับบรรยากาศของแหล่งพักผ่อนในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาอีกด้วย

บทสรุปและวิจารณ์

โครงสร้างไม้ช่วงยาวมีด้วยกันหลายลักษณะและหลายรูปแบบ ได้แก่ ระบบโครงข้อหมุน (Truss System) โครงไม้อัดกาว (Glulam Beam) และโครงสร้างผสม (Composite Structure) ดังได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งแต่ละรูปแบบก็จะมีลักษณะเด่นในการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์หลักของการใช้งานและการออกแบบ และเนื่องจากเทคโนโลยีปัจจุบันมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ทำให้มีรูปแบบโครงสร้างไม้ช่วงยาว เพิ่มมากขึ้นกว่าในอดีตมากมายหลายรูปแบบ โดยเฉพาะไม้อัดกาวซึ่งในปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง สามารถประกอบยาวได้มากกว่า 100 เมตร และความลึกสามารถประกอบได้มากกว่า 2 เมตร ขึ้นอยู่กับความยาวของแบบเครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ นอกจากนั้นไม้อัดกาวยังสามารถดัดให้โค้งงอเข้ารูปตามแบบที่กำหนด ถึงแม้จะมีรัศมีที่แคบก็ตาม การนำโครงสร้างไม้อัดกาวมาใช้ในงานอาคารช่วงยาวสำหรับประเทศไทยยังมีไม่กว้างขวางนัก เนื่องจากโครงสร้างไม้ส่วนใหญ่มักนำมาก่อสร้างที่พักอาศัยทั่วไปซึ่งมีช่วงไม่มากนัก อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้ ความนิยมในการนำไม้มาใช้สำหรับโครงสร้างที่มีช่วงเสามากกว่าที่พักอาศัยทั่วไปมีมากขึ้น ทำให้จำเป็นต้องศึกษาถึงการออกแบบหน้าตัดคานไม้ประกอบ หรือคานไม้อัดกาว ซึ่งบทความนี้ได้เรียบเรียงการคำนวณหาค่าหน่วยแรงดัด หน่อยแรงเฉือน และหน่วยการหดตัว จริงที่เกิดขึ้นเอาไว้ เพื่อให้สามารถนำมาใช้ตรวจสอบกับค่าที่ยอมให้ตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมสถาน แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อความปลอดภัยสำหรับการออกแบบและใช้งานจริง

เอกสารอ้างอิง

1. กองเกียรติ ศรีวังสุ. การหาสัดส่วนที่เหมาะสมของหน้าตัดไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็งที่ประกอบเป็นคานไม้อัดกาว [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2549.
2. ต่อพงศ์ ยมนาค. วัสดุและการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2548.
3. สนั่น เจริญเผ่า และ วินิต ช่อวิเชียร. การออกแบบโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2539.
4. Abdy Kermani. Structural timber design. Edinburgh: Blackwell Science; 1999.
5. Forest & Wood Products Australia. [cited 20 November 2015]. from: https://www.woodsolutions.com.au.
6. Fredrika Buddharama Temple. [cited 19 November 2015]. from: http://www.fredrika tempel.se.
7. Glulam-structures. [cited 19 November 2015]. from: http://glulam-structures.com.
8. Holger Gross. Nordic glulam handbook. Stockholm: The Nordic Industrial Fund and the national R&D Organizations; 2001.
9. Home dd4u. [cite 19 November 2015]. from: http://www.homedd4u.com.
10. Nils Olsson. Timber arches structure. Osterund: Tekn lic; 2001.
11. The Engineering Institute of Thailand Under H.M. The King's Patronage (E.I.T.). E.I.T. Standard 1002-16. Bangkok: The Engineering Institute of Thailand; 2517.