

งานไม้ประสานจากไม้ทุเรียนและไม้มะม่วงป่า

GLUE LAMINATED WOOD GIRDER FROM DURIAN AND MANGO WOODS

สุภาวดี บุญยฉัตร
Supawadee Boonyachut

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Faculty of Architecture and Design, King Mongkut's University of Technology Thonburi

สัจจา บุญยฉัตร
Sutja Boonyachut

วินัย อวยพรประเสริฐ
Winai Ouypornprasert

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
Faculty of Engineering, Rangsit University

สุชาติ ไทยเพชร
Suchart Thaipet
สุวรรณ อ่าเผือก
Suwanna Umphauk

จารุณี วงศ์ข้าหลวง
Charunee Vongkaluang
บุญส่ง สมเพาะ
Bounsong Sompoh

กรมป่าไม้
Department of Forestry

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาให้เกิดการใช้เศษ ไม้ที่เหลือจากการแปรรูปมาประกอบเป็นไม้ประสานเพื่อใช้เป็นคานหลักในโครงสร้าง แต่ความน่าเชื่อถือในการใช้ไม้ชนิดใดเป็นองค์ประกอบ โครงสร้างนั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของไม้ชนิดนั้น ๆ แล้ว ความทนทานของไม้ดังกล่าวยังเป็นข้อมูลประกอบที่สำคัญยิ่งซึ่งต้องนำมาพิจารณาร่วมด้วยทุกครั้ง ข้อมูลจากงานวิจัยของกรมป่าไม้ได้แสดงไว้อย่างชัดเจนว่าไม้ที่มีค่าความแข็งแรงสูงนั้นไม่จำเป็นต้องมีความทนทานและอายุใช้งานสูงด้วยเสมอไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้โตเร็วซึ่งส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในขณะที่ไม้เหล่านี้มีอายุไม่ถึง 10 ปี ยังไม่มีสารสกัดสะสมในเนื้อไม้มากพอที่ทำให้เนื้อไม้มีความทนทานต่อศัตรูทำลายไม้ การนำไม้ไปใช้ประโยชน์ไม่ว่าในลักษณะใด ๆ จึงมีความจำเป็นที่ต้องหาวิธีที่ทำให้

ไม้นั้นมีความทนทานต่อศัตรูทำลายไม้ให้ไม่ได้เสียก่อน จึงจะช่วยให้การใช้ไม้เป็นไปอย่างประหยัด และคุ้มค่าที่สุด แต่การศึกษาด้านความทนทาน ตลอดจนคุณสมบัติเชิงกล (mechanical properties) และคุณสมบัติเชิงกายภาพ (physical properties) ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานการใช้ประโยชน์ไม้ประสาน อยาบน้ำยา มีอยู่อย่างจำกัดมาก จึงมีความสำคัญที่ต้องศึกษาวิจัย

ผลการทดสอบความทนทานการใช้งานกลางแจ้งสัมผัสดินตามมาตรฐานกรมป่าไม้ และการรับแรงของคานไม้ประสานด้วยกาว Resorcinol Formaldehyde พบว่า ไม้ทุเรียน, *Durio zibethinus* Murray, 1774 มีความทนทานในการใช้งานกลางแจ้งสัมผัสดิน 1.9 ปี มีโมดูลัสยืดหยุ่นของการรับแรงอัด 83,549 กก./ตร.ซม. ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของการรับแรงอัด 63,168 กก./ตร.ซม. ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของการรับแรงดึง 117,533 กก./ตร.ซม. เมื่อนำมาประกอบเป็นคานไม้ประสาน คานไม้ทุเรียนมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของการรับแรงอัด 76,443 กก./ตร.ซม.

ส่วนไม้มะม่วงป่า, *Mangifera coloneura*, Kurz มีความทนทานในการใช้งานกลางแจ้งสัมผัสดิน 3.6 ปี มีโมดูลัสยืดหยุ่นของการรับแรงอัด 89,444 กก./ตร.ซม. ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของการรับแรงอัด 83,815 กก./ตร.ซม. ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของการรับแรงดึง 89,171 กก./ตร.ซม. เมื่อนำมาประกอบเป็นคานไม้ประสาน คานไม้มะม่วงป่ามีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของการรับแรงอัด 78,347 กก./ตร.ซม.

ABSTRACT

This research is intended to study the possibility of using small pieces of wood as glue laminated girder. The reliability of structural wood elements depends not only on the strength of wood but also its durability. Department of forestry report shows that high strength wood does not necessary have high durability. Most fast growing woods used for commercial purpose are less than ten years old. They do not develop enough preventive against insects. Therefore, it is mandatory to treat the wood in order to gain most economic value. However physical, mechanical, and durability properties of wood are quite scarce, thus intensive study is required.

Durability test result bases on Department of Forestry standard, and mechanical properties of glue laminated girder by Resorcinol Formaldehyde are as follow : Durian (*Durio zibethinus* Murray; BOMBACACEAE) durability is 1.9 year, modulus of elasticity in bending of wood is 83,549 ksc., modulus of elasticity in compression of wood is 63,168 ksc., modulus of elasticity in tension of wood is 117,533 ksc., modulus of elasticity in bending of girder is 76,443 ksc.

Mango (*Mangifera caloneura* Kurz) durability is 3.6 year, modulus of elasticity in bending of wood is 89,444 ksc., modulus of elasticity in compression of wood is 83,815 ksc., modulus of elasticity in tension of wood is 89,171 ksc., modulus of elasticity in bending of girder is 78,347 ksc.

คำนำ

รัฐบาลได้ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ จึงสนับสนุนการปลูกสวนป่า ด้วยการออกพระราชบัญญัติสวนป่าปี พ.ศ. 2535 ซึ่งประกาศใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2535^๕ และกำหนดเป้าหมายในนโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติปี พ.ศ. 2540-2559 ให้มีพื้นที่ป่าเศรษฐกิจร้อยละ 20 เพื่อเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ของประเทศซึ่งลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยในเวลานั้นมีประมาณ 89.76 ล้านไร่ หรือประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ประเทศ ลดลงจากปี พ.ศ. 2504 ซึ่งพื้นที่ป่าของประเทศมีถึง 171.0 ล้านไร่ หรือ 53.33 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ประเทศ^๖ ในขณะที่มีประชากร 27 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2534 พื้นที่ป่าไม้ได้ลดลงเหลือ 85.4 ล้านไร่ หรือ 26.64 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ประเทศ แต่จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นมากถึง 57 ล้านคน ในช่วงเวลาเพียง 2 ปี พื้นที่ป่าไม้ลดลง 1.36 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ประเทศ หรือประมาณ 4.36 ล้านไร่ จวบจนถึงปี พ.ศ. 2536 ข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมปรากฏว่าประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้เหลืออยู่ 83.4 ล้านไร่ หรือ 26.02 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ประเทศในขณะที่จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเป็น 58 ล้านคน (RFD, 1993)

การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ และการที่รัฐบาลปิดป่าในเดือนมกราคมปี พ.ศ. 2532 ทำให้ไม้ชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการก่อสร้างแต่เดิมมีราคาสูงขึ้น ประชาชนตามชนบทใช้ไม้จากสวนป่าและสวนผลไม้ทำประโยชน์ด้านต่าง ๆ ทั้งทางด้านการก่อสร้าง เช่น วงกบ ประตู หน้าต่าง เฟอร์นิเจอร์ และเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ หากนำไม้จากสวนป่าและสวนผลไม้ดังกล่าวมาแปรรูป จะได้ไม้แปรรูปประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ อีก 60 เปอร์เซ็นต์ กลายเป็นเศษไม้หรือไม้ขนาดเล็ก ซึ่งแต่เดิมเศษไม้เหล่านั้นถูกใช้ประโยชน์ในการทำไม้ปาร์เก้หรือทำพื้น ซึ่งไม่เกิดประโยชน์สูงสุดในเชิงพาณิชย์ หากนำเศษไม้ หรือไม้ขนาดเล็กหลาย ๆ แผ่นมาประกบติดกันด้วยกาวเป็นไม้ประสาน โดยให้เส้นไม้เรียงตัวขนานกันและเลือกไม้ที่มีความแข็งแรงเหมาะสมไว้ตามตำแหน่งต่าง ๆ ของไม้ประสานเท่ากับสามารถควบคุมตำหนิในเนื้อไม้ได้ นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมความชื้นและลดตำหนิหรือการบิดงอที่เกิดจากการอบและฝั่งไม้ได้มากขึ้น จึงทำให้ไม้ประสานมีความแข็งแรงกว่าไม้แปรรูปสามารถรับแรงกระแทกได้ดีกว่าไม้แปรรูปโดยทั่วไป โครงสร้างขนาดใหญ่ของไม้ประสานทำให้มีความทนทานต่อไฟมากกว่าคานหรือโครงสร้างชิ้นเดี่ยว นอกจากนี้ความต้านทานต่อความร้อนสูงทำให้การเผาไหม้เกิดช้าลง เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มแก่วัสดุและได้ประโยชน์เชิงพาณิชย์เพิ่มมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไม้ประสานจากไม้โตเร็วอบน้ำยา โดยใช้ไม้ทุเรียน, *Durio zibethinus* Murray. และไม้มะม่วงป่า, *Mangifera coloneura* Kurz

2. ศึกษาคุณสมบัติเชิงกล คุณสมบัติทางกายภาพ และความทนทานของไม้ประสานอบน้ำยาในการนำไปใช้ประโยชน์เป็นคานหลักในโครงสร้าง

ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาวิจัยถึงความทนทาน รวมทั้งคุณสมบัติ 2 ด้าน คือ

1. คุณสมบัติเชิงกล อันประกอบด้วย : แรงดัดประลัย (modulus of rupture), แรงอัด (compression) แรงเฉือน (shear), ความแข็ง (hardness) และแรงดัด (bending)

2. คุณสมบัติเชิงกายภาพ อันประกอบด้วย : ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเลือกไม้ประสานจากไม้โตเร็วอบน้ำยามาใช้เป็นคานหลักในโครงสร้างไม้ได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสม

2. บรรจุข้อมูลที่ได้ในธนาคารข้อมูลทางด้านวิศวกรรม และมาตรฐานการออกแบบทางด้านวิศวกรรมโยธา ซึ่งวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยมีนโยบายจัดตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2543

3. เป็นแนวทางในการพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตร

4. เป็นแนวทางในการส่งเสริมการเพิ่มมูลค่าของไม้โตเร็วในประเทศไทย

5. เป็นแนวทางในการส่งเสริมการเพิ่มพื้นที่ป่าเศรษฐกิจในประเทศตามเป้าหมายให้มีพื้นที่ป่าเศรษฐกิจร้อยละ 20 ในนโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2540-2559

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลการวิจัย ประกอบด้วย

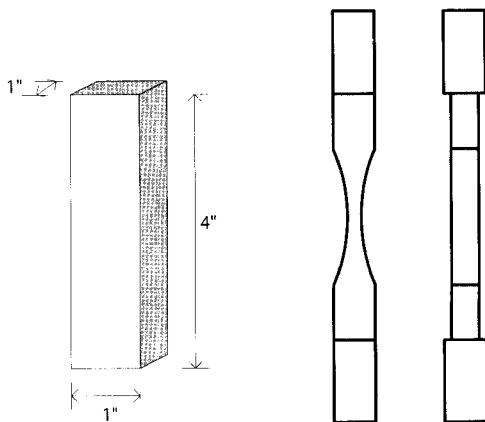
1. ไม้ทุเรียน ไม้มะม่วงป่า โดยไม้ที่เลือกมาทดสอบจะต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นไม่ต่ำกว่า 12 นิ้ว ความสูงไม่ต่ำกว่า 8 เมตร และนำมาแปรรูปตามขนาดที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ASTM และเลือกเฉพาะส่วนที่อยู่ในสภาพที่เรียบร้อย ตรงไม่บิดงอ ไม่มีรอยแตก ไม่มีตำไม้หรือผ่านการใช้งานมาก่อน

2. กาว Resorcinol Formaldehyde ผลิตโดยบริษัท ยูเอสฟลายวู้ด ภายใต้เครื่องหมายการค้า “Welwood”, Proving ring (อุปกรณ์วัดน้ำหนักกระทำ) ขนาด 10 ตัน, Load cell (อุปกรณ์วัดค่าของน้ำหนักกระทำ และแปลงสัญญาณไปที่ Data Logger) ขนาด 10 ตัน, เครื่องอ่านค่าจาก load cell (Data Logger), โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ และเขียนแบบ, เครื่องวัดความชื้นในเนื้อไม้,

เครื่องปกฝานไม้, เครื่องอัดร่อน, เครื่องเลื่อยไม้ไฟฟ้า, เครื่องไสขนาด, เครื่องไสเพลาะ, เครื่องตัดซอยไม้ปรับมุม, เครื่องลอกบัว, เลื่อยวงเดือนมือถือ, ปากกาอัดไม้, แปรงทาขาว, ตาซั้ง, ภาชนะผสมขาว, ประแจอัดแรง, Dial Gauge (1 Div.=0.01 mm.), Hydraulic.

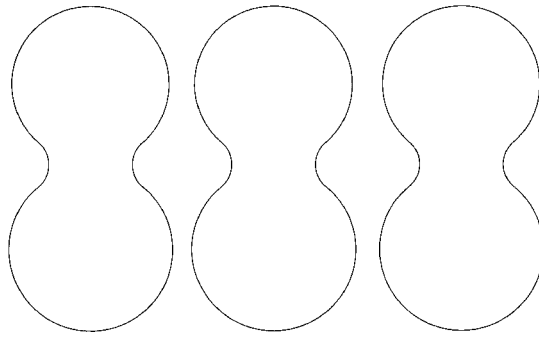
ขั้นตอนและวิธีการ

1. รวบรวม ศึกษาเอกสารและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. สำรวจ-คัดเลือกชนิดสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ ในการวิจัยนี้ใช้ Chromated Copper Arsenate หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า CCA เป็นตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการอาบน้ำยาไม้ที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไป CCA เป็นเกลือเคมีละลายน้ำของทองแดง โครเมียม และสารหนู มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันรักษาเนื้อไม้จากปลวก มอด เพรียง และเห็ดรา ไม่ละลายน้ำ คงทนต่อการชะล้างได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถตรึงเซลลูโลส และลิกนินในเนื้อไม้ในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนที่มีเสถียรภาพสูง
3. ทดสอบคุณสมบัติความทนทานของไม้อาบน้ำยาในการใช้งานกลางแจ้งสัมผัสดินตามมาตรฐานกรมป่าไม้ โดยใช้ไม้ขนาด $\frac{1}{2}$ " x $\frac{1}{2}$ " x 3" ความชื้นไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์ อาบน้ำยา CCA เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ มาทำการทดสอบคุณสมบัติความทนทานสำหรับการใช้งานกลางแจ้งสัมผัสดินตามมาตรฐานของกรมป่าไม้
4. ทดสอบและวิเคราะห์เชิงสถิติเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไม้และไม้ประสาน
 - 4.1 การทดสอบการรับแรงอัดในแนวขนานเสี้ยน ขนาดตัวอย่างที่ใช้สำหรับการทดสอบการรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM คือ 1"x1"x4" จำนวน 10 ตัวอย่างต่อไม้แต่ละชนิด
 - 4.2 การทดสอบการรับแรงดึงในแนวขนานเสี้ยน รูปแบบของตัวอย่างสำหรับการทดสอบการรับแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM (ภาพที่ 1) จำนวน 10 ตัวอย่างต่อไม้แต่ละชนิด



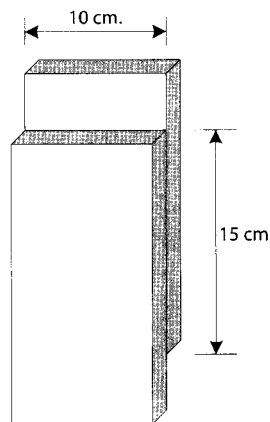
ภาพที่ 1. รูปแบบของตัวอย่างสำหรับทดสอบการรับแรงดึงในแนวขนานเสี้ยน

4.3 การทดสอบคุณสมบัติของกาว Resorcinol Formaldehyde โดยการหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น โดยแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM โดยการผสมกาวที่อัตราส่วน Powder Catalyst : Liquid Resin เท่ากับ 1:7 โดยน้ำหนัก และหล่อกาวให้ได้ขนาดตามแบบหล่อชนิด briquet shape (ภาพที่ 2) และทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 1" x 1" x 1" เพื่อหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นโดยแรงอัด การทดสอบคุณสมบัติของกาวในงานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากสถาบัน AIT (Asian Institute of Technology)



ภาพที่ 2. ตัวอย่างทดสอบชนิด briquet shape

4.4 การทดสอบการรับแรงเฉือนระหว่างไม้กับกาว โดยประกบอัดไม้แผ่นซึ่งมีความยาว 20 ซม. จำนวน 2 ชั้นเข้าด้วยกันโดยให้มีส่วนที่เหลื่อมกัน 5 ซม. หรือมีเนื้อที่ประสานกาว 15 ซม. (ภาพที่ 3) และใช้แรงอัดประสานขนาด 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว ในการทดสอบการรับแรงเฉือน ใช้ตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่างต่อไม้แต่ละชนิด



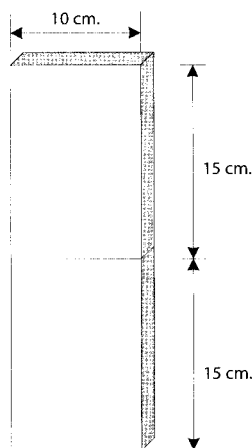
ภาพที่ 3. ตัวอย่างสำหรับการทดสอบการรับแรงเฉือน

เมื่อได้ตัวอย่างสำหรับการทดสอบการรับแรงเฉือนระหว่างไม้กับกาวแล้วให้วัดขนาดของตัวอย่าง และพื้นที่หน้าตัดของไม้บริเวณที่ติดกาว (พื้นที่รับแรงเฉือน) แล้วนำตัวอย่างไปทดสอบด้วยเครื่อง universal testing machine (ภาพที่ 4) บันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้ตัวอย่างเกิดการวิบัติ แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าการรับแรงเฉือนระหว่างไม้กับกาว



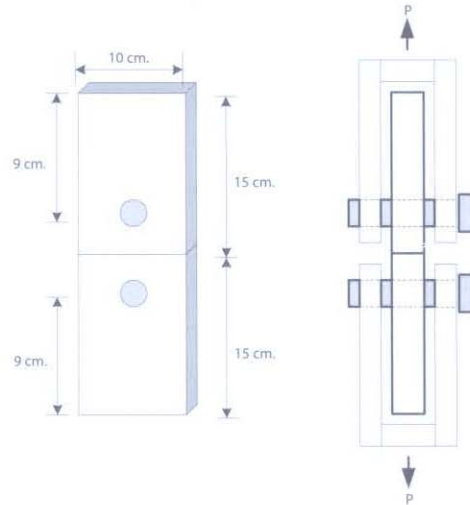
ภาพที่ 4. ลักษณะการทดสอบด้วยเครื่อง universal testing machine

4.5 การทดสอบการรับแรงดึงระหว่างไม้กับกาว โดยต่อชนปลายไม้ซึ่งมีความยาว 15 ซม. จำนวน 2 ชั้นเข้าด้วยกัน (ภาพที่ 5) ด้วยกาวและแรงอัดประสานขนาด 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว ในการทดสอบนี้ใช้ตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่างต่อไม้แต่ละชนิด



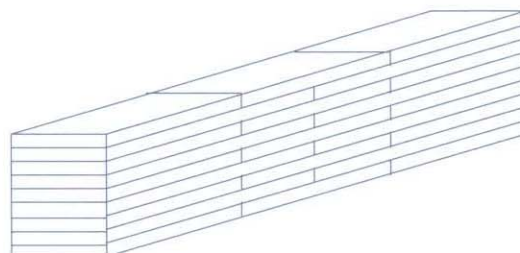
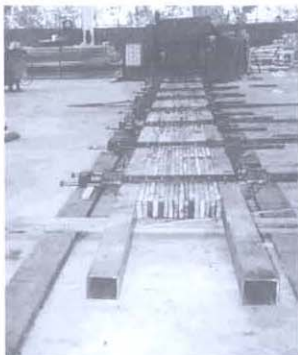
ภาพที่ 5. ตัวอย่างสำหรับการทดสอบการรับแรง

เมื่อได้ตัวอย่างสำหรับการทดสอบการรับแรงดึงระหว่างไม้กับกาวแล้วให้วัดขนาดของตัวอย่าง และพื้นที่หน้าตัดของไม้บริเวณที่ติดกาว (พื้นที่รับแรงดึง) จากนั้นเจาะรูขนาด $\frac{3}{4}$ " จำนวน 2 รู ที่ระยะห่าง 9 ซม. จากปลายไม้ทั้งสองด้านเพื่อร้อยนอตขนาด $\frac{3}{4}$ " สำหรับใช้ในการดึง (ภาพที่ 6) แล้วนำตัวอย่างไปดึงทดสอบด้วยเครื่อง universal testing machine บันทึกค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ตัวอย่างเกิดการวิบัติ แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าการรับแรงดึงระหว่างไม้กับกาว



ภาพที่ 6. ลักษณะการดึงทดสอบด้วยเครื่อง universal testing machine

4.6 การทดสอบคาน โดยอัดประสานไม้ทุเรียน ขนาด 1"x4"x2 ม. จำนวน 16 ชั้น ความยาว 8 เมตร จำนวน 10 คาน และจำนวน 12 ชั้น ความยาว 6 เมตร จำนวน 10 คาน ไม้มะม่วงป่า ขนาด $\frac{3}{4}$ "x4"x2 ม. จำนวน 18 ชั้น ความยาว 8 เมตร จำนวน 10 คาน และจำนวน 14 ชั้น ความยาว 6 เมตร จำนวน 10 คาน ด้วยปากกาวอัดไม้ที่แรงอัดขนาด 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว ด้วยกาว Resorcinol Formaldehyde (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7. ลักษณะการดึงทดสอบด้วยเครื่อง universal testing machine

- 1) วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือเชิงโครงสร้างของคานหลักในโครงสร้างไม้ประสานตัวอย่าง
- 2) เสนอระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้สำหรับองค์ประกอบต่าง ๆ ในโครงสร้างอาคาร และขนาดที่เหมาะสมของไม้ทุเรียน และไม้มะม่วงป่า เพื่อการใช้งานทางสถาปัตยกรรม และวิศวกรรม
- 3) จัดทำรายงานผลการวิจัย และเผยแพร่ผลงานวิจัย

ผลการศึกษา

การวิจัยนี้ทำการทดสอบความทนทานของเนื้อไม้ คุณสมบัติของกาว Resorcinol formaldehyde และท้ายสุดทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของคานไม้ ผลจากการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า ไม้ทุเรียน มีความทนทานของเนื้อไม้ในการใช้งานกลางแจ้งสัมพัสดิน 1.9 ปี ไม้มะม่วงป่า มีความทนทานของเนื้อไม้ในการใช้งานกลางแจ้งสัมพัสดิน 3.6 ปี

กาว Resorcinol formaldehyde มีคุณสมบัติในการรับแรงอัด 633.85 กก./ตร.ซม. การรับแรงดึง 40.46 กก./ตร.ซม. โมดูลัสยืดหยุ่นของการอัด 6,701.92 กก./ตร.ซม. โมดูลัสยืดหยุ่นของการดึง 86,500 กก./ตร.ซม.

การทดสอบคุณสมบัติของไม้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในการแบ่งช่วงความแข็งแรงของไม้ที่กรมป่าไม้กำหนดจากไม้ตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) ที่ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไม้เนื้อแข็ง มีความแข็ง 625 กก. ความแข็งแรงของเนื้อไม้ (โมดูลัสแตกหัก) 1,172 กก./ตร.ซม. สรุปได้ว่าไม้ทุเรียนเป็นไม้เนื้อแข็งปานกลาง มีความแข็ง 389 กก. ความแข็งแรงของเนื้อไม้ 993 กก./ตร.ซม. ไม้มะม่วงป่าเป็นไม้เนื้ออ่อน มีความแข็ง 335 กก. ความแข็งแรงของเนื้อไม้ 471 กก./ตร.ซม.

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของไม้และกาวตามขั้นตอนและวิธีการตามมาตรฐาน ASTM สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ผลการทดสอบคุณสมบัติของไม้ที่ใช้ในการทดสอบคานไม้ประสาน

ชนิดไม้	การรับแรงอัด ในแนวขนาน เฉียง (กก./ตร.ซม.)	การรับแรงดึง ในแนวขนาน เฉียง (กก./ตร.ซม.)	การรับแรง เฉือน (กก./ตร.ซม.)	การรับแรงเฉือน ระหว่าง ไม้กับกาว (กก./ตร.ซม.)	การรับแรงดึง ระหว่างไม้กับ กาว (กก./ตร.ซม.)
ไม้ทุเรียน	427.16	1,038.63	88.51	38.44	21.25
ไม้มะม่วงป่า	349.68	665.05	94.58	24.88	43.32

การทดสอบคานไม้ประสานจากไม้ทุเรียนและไม้มะม่วงป่าใช้กาวย Resorcinol Formaldehyde เป็นกาวยประสานไม้ที่แรงอัดขนาด 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว ด้วยปากกาอัดไม้ ใช้คานไม้ประสานจากไม้ทุเรียน และไม้มะม่วงป่า จำนวนอย่างละ 20 คาน โดยให้น้ำหนักกระทำแบบ 2 จุด โดยแบ่งระยะของคานไม้ประสานจำนวน 10 คานที่มีความยาว 8 เมตร ออกเป็นสามส่วนเพื่อคานน้ำหนักลงที่จุดแบ่งดังกล่าวสองจุด ส่วนคานไม้ประสานจำนวน 10 คานที่มีความยาว 6 เมตร แบ่งระยะออกเป็นส่วนเพื่อคานน้ำหนักลงที่จุดแบ่งด้านปลายสองจุด การทดสอบคานไม้ประสาน ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ผลการทดสอบคานไม้ประสานจากไม้ทุเรียน และไม้มะม่วงป่า

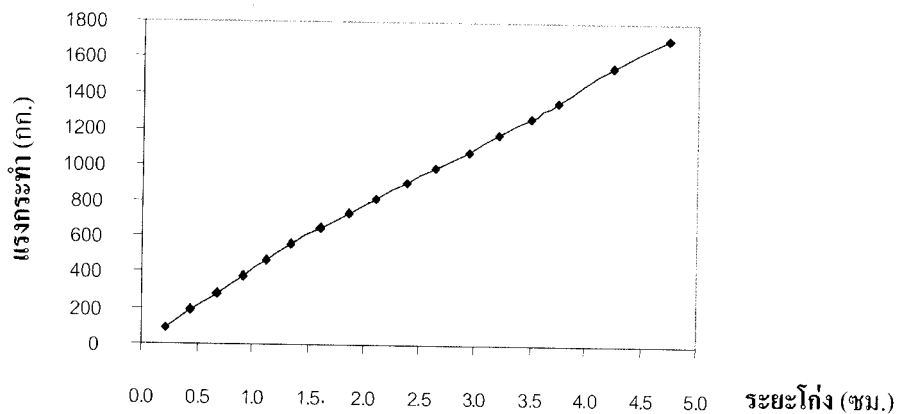
ชนิดไม้	น้ำหนักบรรทุกที่เกิดการวิบัติ เริ่มแรก (First Failure) (กก.)		หน่วยแรงดึงของคานไม้ ประสาน (กก./ตร.ซม.)		โมดูลัสยืดหยุ่นของคานไม้ ประสาน (กก./ตร.ซม.)	
	8 เมตร	6 เมตร	8 เมตร	6 เมตร	8 เมตร	6 เมตร
ไม้ทุเรียน	538.10	497.19	40.23	36.80	76,001.52	76,443.23
ไม้มะม่วงป่า	694.34	709.80	59.14	58.71	78,396.24	78,347.49

คานไม้ประสานจากไม้ทุเรียนและไม้มะม่วงป่าเกิดการวิบัติในช่วงกลางคานระหว่างตำแหน่งของแรงกระทำทั้ง 2 จุด ซึ่งตามทฤษฎีแล้วช่วงดังกล่าวจะไม่เกิดแรงเฉือน (แรงเฉือนมีค่าเท่ากับศูนย์) แต่จะมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุด ดังนั้นการวิบัติที่เกิดขึ้นกับคานไม้ประสานจากไม้ทั้งสองชนิดเกิดจากผลของโมเมนต์โดยไม่มีผลของแรงเฉือนเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งไม่สัมพันธ์กับผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลเบื้องต้นที่การรับแรงดึงในแนวนานเสี้ยนมีค่ามากกว่าการรับแรงอัดในแนวนานเสี้ยน การวิบัติของคานไม้ประสานจากไม้ทั้งสองชนิดจึงเกิดจากการรับแรงดึงระหว่างไม้กับกาวย เหมือนกันทุกคาน ตำแหน่งชั้นที่เกิดการวิบัติของคานไม้ประสานจากไม้ทั้งสองชนิดแต่ละคานไม้เหมือนกัน โดยส่วนมากจะเกิดการวิบัติในชั้นที่ 1, 2, 3 จากผิวคานด้านล่างเป็นส่วนใหญ่

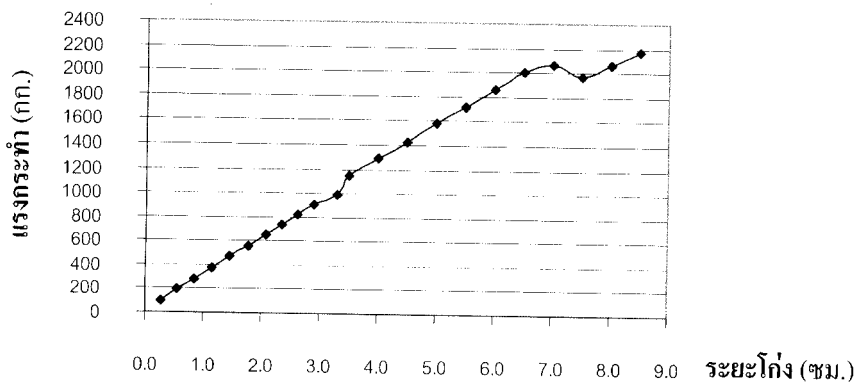
ตามทฤษฎีการรับแรงของคาน การวิบัติจะเกิดขึ้นที่ผิวล่างของคาน ดังนั้นการวิบัติที่ชั้นไม้ในบริเวณผิวล่างของคานไม้ประสาน (ด้านรับแรงดึง) เนื่องจากแนวแกนสะเทิน (Neutral axis) ของคานไม้ประสานจากไม้ทั้งสองชนิดเกิดการเคลื่อนที่ต่ำลงมาจากตำแหน่งกลางคาน (แกนศูนย์ถ่วงของคาน) โดยเคลื่อนเข้าหาตำแหน่งที่รับแรงดึง (ด้านล่างคาน) เหตุผลคือในสภาวะสมดุลแรงอัดรวมบนหน้าตัดคานต้องเท่ากับแรงดึงรวมบนหน้าตัดคาน แต่เนื่องจากกำลังรับแรงดึงมีค่ามากกว่ากำลังรับแรงอัด (ตารางที่ 1) ดังนั้นแกนสะเทินของคานไม้ประสานจึงเคลื่อนต่ำลงเข้าหาตำแหน่งที่รับแรงดึง เพื่อช่วยให้แรงอัดบนหน้าตัดคานมีค่ามากขึ้นเท่ากับแรงดึง

สาเหตุอีกประการหนึ่งของการวิบัติ คือ ขั้นตอนการประกอบคานไม้ประสานไม่ดีพอ จึงทำให้แรงยึดเกาะของกาวในแต่ละชั้นไม่เท่ากัน โดยชั้นที่เกิดการวิบัติอาจมีแรงยึดเกาะของกาวน้อยกว่า หรืออาจเกิดจากอัตราส่วนของกาวที่ใช้ในการทำคานไม้ประสานไม่เหมาะสม (1:7) โดยปกติการผสมกาว จะผสมให้ส่วนผสมชั้นกว่านี้ แต่ในการประกอบคานด้วยมือในสภาพอุณหภูมิห้องปกติ กาวที่ชั้น จะแห้งเร็วจนไม่สามารถทาประสานได้ทัน ผู้วิจัยจึงได้ปรับอัตราส่วนผสมให้สามารถทำงานได้ อย่างมีประสิทธิภาพ

จากภาพที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งของคานไม้ ประสานจากไม้ทุเรียน และภาพที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งของ คานไม้ประสานจากไม้มะม่วงป่า แสดงให้เห็นว่า เมื่อคานไม้ประสานเกิดการวิบัติเริ่มแรก (First Failure) แล้วคานไม้ประสานยังสามารถรับน้ำหนักบรรทุกต่อไปอีกจนกระทั่งคานไม้ประสานไม่สามารถ รับน้ำหนักบรรทุกได้อีกจึงพังในทันที

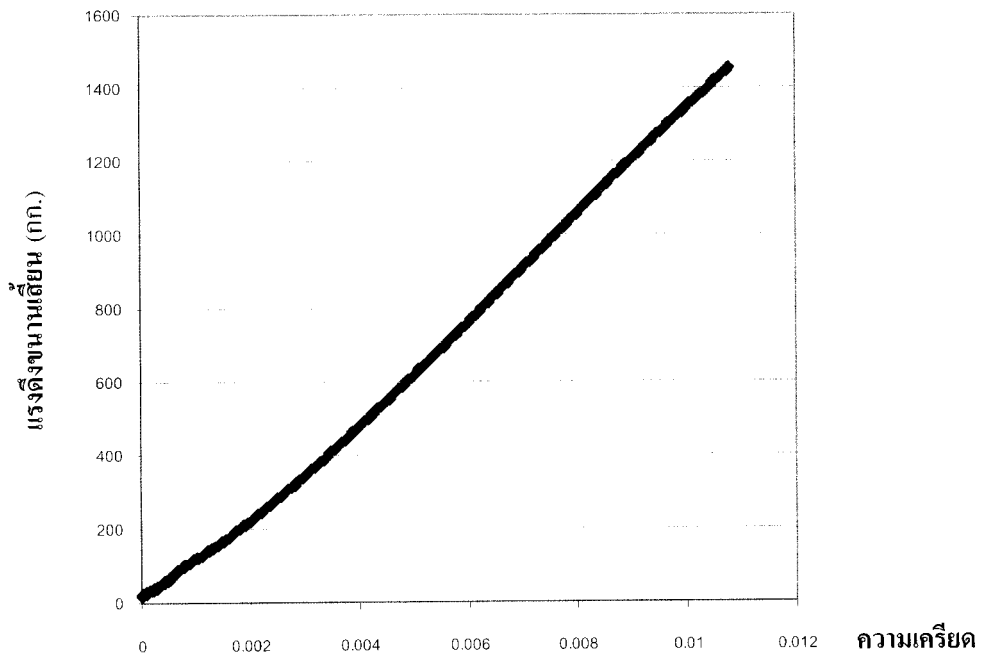


ภาพที่ 8. ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งของคานไม้ประสานจากไม้

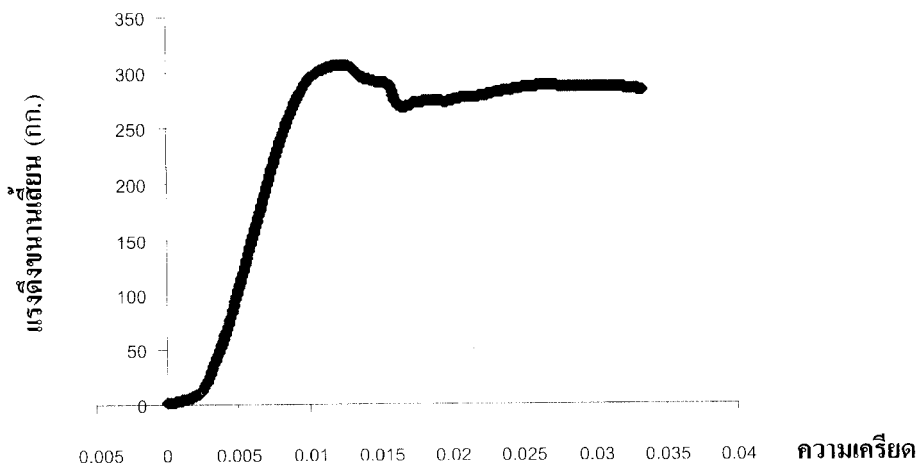


ภาพที่ 9. ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งของคานไม้ประสานจากไม้

จากทฤษฎี การที่กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะการโก่งของคานไม้ประสาณมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรง แสดงให้เห็นว่าคานไม้ประสาณจากไม้ทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นเป็นเส้นตรง (linear elastic material) และเมื่อนำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะการโก่งของคานไม้ประสาณจากไม้แต่ละชนิดไปเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงขนานเส้นไม้กับความเครียด (ภาพที่ 10 และภาพที่ 11) พบว่ามีลักษณะแบบเดียวกัน แสดงว่าการวิบัติของคานไม้ประสาณเกิดจากหน่วยแรงดึงจริง



ภาพที่ 10. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงขนานเส้นไม้กับความเครียดของไม้



ภาพที่ 11. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงขนานเส้นไม้กับความเครียดของไม้

อภิปรายและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบพบว่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคานไม้ประสานจากไม้ชนิดเดียวกันมีค่าใกล้เคียงกับค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ชนิดนั้น ๆ ขนาดที่เหมาะสมในการใช้งานของคานไม้ประสานด้วยซอฟต์แวร์ WCCAL จะได้คานขนาดใหญ่มาก ไม่เหมาะสมในด้านความคุ้มทุนและการออกแบบ เนื่องจากการวิบัติของคานไม้ประสานจากไม้ทุเรียนและไม้มะม่วงป่าเกิดจากการรับแรงดึงในแนวนานเปลี่ยนระหว่างไม้กับกาวโดยไม่ได้เกิดจากการวิบัติที่เนื้อไม้ และน้ำหนักบรรทุกที่ทำให้คานไม้ประสานจากไม้ทุเรียนและไม้มะม่วงป่าเกิดการวิบัติเริ่มแรก (first failure) ค่อนข้างต่ำ

ข้อเสนอแนะ (Recommendation)

การวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมของคานไม้ประสานด้วยกาว Resorcinol Formaldehyde มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. การประกอบคานไม้ประสานในการวิจัยนี้เป็นการประกอบด้วยมือ ซึ่งการทากาวอาจไม่สม่ำเสมอ คานไม้ประสานมีการประกอบขึ้นรูปไม้สมบูรณ์เท่าที่ควร ควรมีการทดสอบโดยการประกอบคานไม้ในโรงงานที่มีอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่มีมาตรฐานสากล
2. การทดสอบใช้ส่วนผสมกาว Resorcinol Formaldehyde จากผงกาว 1 ส่วน กับน้ำกาว 7 ส่วน เนื่องจากเป็นส่วนผสมที่แห้งช้า เหมาะกับการประกอบคานด้วยมือในอุณหภูมิต้องปกติ ส่วนผสมที่แตกต่างกันอาจจะให้คุณสมบัติของกาว Resorcinol Formaldehyde ที่แตกต่างกันด้วย ควรมีการทดสอบด้วยส่วนผสมกาวในอัตราส่วนอื่น ๆ ด้วย
3. ควรมีการทดสอบคุณสมบัติของคานไม้ประสานที่ประกอบด้วยจำนวนชั้นที่แตกต่างกัน เนื่องจากจำนวนชั้นที่แตกต่างกันอาจจะทำให้พฤติกรรมการรับแรงแตกต่างกัน

สรุป

จากการทดสอบการรับแรงดัดของคานไม้ประสานด้วยกาว Resorcinol Formaldehyde ขนาดเท่าจริง (Actual size) ด้วยแรงอัดประสานขนาด 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว โดยให้น้ำหนักบรรทุก 2 จุด บนคานที่ระยะ $L/3$ สำหรับคานยาว 8 เมตร และระยะ $L/4$ สำหรับคานยาว 6 เมตร โดยคานมีจำนวนชั้นและจำนวนคานที่ทดสอบ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3. ขนาดคานไม้ประสานจากไม้ชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบ

ชนิดไม้	ขนาดไม้ ที่นำมาประสาน	จำนวนชั้น	ความยาวคาน (ม.)	จำนวน คาน
ไม้ทุเรียน	1" x 4" x 2 ม.	16	8	10
		12	6	10
ไม้มะม่วงป่า	3/4" x 4" x 2 ม.	16	8	10
		12	6	10

การวิบัติเริ่มแรก (first failure) ของคานไม้ประสานเกิดในตำแหน่งกึ่งกลางคานระหว่างแรงกระทำทั้ง 2 จุด ซึ่งเป็นการวิบัติเนื่องจากการรับแรงดึงในแนวขนานเสี้ยนระหว่างไม้กับกาว โดยแนวแกนสะเทิน (Neutral Axis) ของคานไม้ประสานเคลื่อนที่ต่ำลงมาจากตำแหน่งกลางหน้าตัดคานเหมือนกันทุกคาน แต่ชั้นที่เกิดการวิบัติของคานแต่ละตัวไม้เหมือนกัน โดยส่วนมากจะเกิดการวิบัติในชั้นที่ 1, 2, 3 นับจากด้านล่างของคานสำหรับไม้ทุเรียนและไม้มะม่วงป่า (ตารางที่ 4) จากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะการโก่งของคานไม้ประสานแสดงให้เห็นว่าคานไม้ประสานมีคุณสมบัติเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นเป็นเส้นตรง (linear elastic material)

ตารางที่ 4. สรุปผลการทดสอบหาค่าคุณสมบัติเชิงกลของคานไม้ประสาน

ชนิดไม้	น้ำหนักบรรทุกที่ทำให้เกิดการวิบัติเริ่มแรก (First Failure) (กก.)				หน่วยแรงดึงของคาน ไม้ประสาน (กก./ตร.ซม.)		โมดูลัสยืดหยุ่นของ คานไม้ประสาน (กก./ตร.ซม.)	
	6 เมตร	ชั้นที่ เกิดการ วิบัติ	8 เมตร	ชั้นที่ เกิดการ วิบัติ	6 เมตร	8 เมตร	6 เมตร	8 เมตร
ไม้ทุเรียน	497.19	1, 2, 3	538.10	1, 2, 3	36.80	40.23	76,433.23	76,001.52
ไม้มะม่วงป่า	709.80		694.34		58.71	59.14	78,347.49	78,396.24

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัย ดังนี้ คุณพัชราภรณ์ สรณพงศ์ คุณอัญญา อินทรโกเศศ คุณอัครวิน ระวิโชติ คุณอัปสร จุมพรม

คำนิยาม

ไม้ประสาน (Glued laminated) หมายถึง ไม้ท่อนที่ผลิตขึ้นโดยการนำไม้แผ่นแปรรูปหลาย ๆ แผ่น หรือเศษไม้ขนาดเล็กมาประกบติดกันด้วยกาว ในการประกบแผ่นไม้ต้องให้เส้นไม้เรียงตัวขนานกัน ในจำนวนชั้นตามมาตรฐานการใช้งาน (UBC-Practical Standard)

คานหลัก (Girder) หมายถึง คานหลักที่รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักจรของอาคาร

ไม้ออบน้ำยา (treated wood) หมายถึง ไม้ที่ได้ผ่านกรรมวิธีให้มีสารเคมีในเนื้อไม้ เพื่อเพิ่มความทนทานต่อการเข้าทำลายของแมลงและเชื้อรา

สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ (wood preservative) หมายถึง สารประกอบทางเคมีซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ คือ สารป้องกันแมลง (insecticide agent) สารป้องกันเชื้อรา (fungicides agent) และสารที่ทำให้สารเคมีทั้งสองประเภทข้างต้นติดแน่นอยู่กับเนื้อไม้ (fixing agent)

เอกสารอ้างอิง

1. เกศินี ระมิงค์วงศ์. 2528. ไม้ผลเมืองร้อน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
2. คณะอนุกรรมการการศึกษาความน่าเชื่อถือของโครงสร้าง คณะกรรมการวิชาการสาขา วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. การสัมมนา ทางวิชาการการออกแบบโครงสร้างโดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น.
3. ณรงค์ โทนานนท์, ศิริ เจือวิจิตรจันทร์. 2523. ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย. ฝ่ายวิจัยขั้นพื้นฐาน กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
4. นิสิตวณวัฒน์วิทยา. 2537. ไม้โตเร็วต่างถิ่น. ภาควิชาวนศาสตร์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 312 หน้า.
5. วรธรรม อุ่ณจิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลและกรรมวิธีผลิต. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ ๑.
6. วินัย อวยพรประเสริฐ. ความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยทางโครงสร้าง. เอกสารประกอบการสอนวิชา CEN 618 Structural Safety and Reliability.
7. สมาคมป่าไม้แห่งประเทศไทย. 2527. ไม้และของป่าบางชนิดในประเทศไทย. มะม่วง. จัดพิมพ์ครั้งที่ 3 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม).

8. ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้. สะเดา *Azadirachta indica* A. Juss. rar. *Siamensis* Valetou. 30 หน้า.
9. สุภาวดี บุญยฉัตร, วินัย อวยพรประเสริฐ, สัจจา บุญยฉัตร. 2549. การใช้ไม้เนื้ออ่อนโตเร็วในประเทศไทยเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างไม้. หจก. คงคาการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์, กรุงเทพฯ ฯ.
10. สุริย์ ภูมิภมร และอนันต์ คำคง (บรรณาธิการ). ไม้โตเร็วอเนกประสงค์พื้นเมืองของประเทศไทย. คณะอนุกรรมการประสานงานวิจัยและพัฒนาทรัพยากรป่าไม้และไม้โตเร็วอเนกประสงค์.
11. สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. นโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติปี พ.ศ. 2540-2559. หน้า 22-23.
12. สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าเอกชน กรมป่าไม้. 2535. ระเบียบ กฎกระทรวงและพระราชบัญญัติสวนป่าปี พ.ศ. 2535. กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
13. ASTM Standard. 1998. Annual Book of ASTM Standard: Volume 04.10 (WOOD).