

พฤติกรรมของคานไม้ประกอบร่วมกับแผ่นเหล็กบางภายใต้การดัด

Behavior of Composite Wooden Beams and Thin Steel Plate under Bending

พงศ์ศักดิ์ สุขมณี¹ ทวีศักดิ์ ทองขวัญ^{2,*} นันทชัย ชูศิลป์³ พรนราญณ์ บุญราศรี⁴ และ รจนา คุณพูล⁵

^{1,2,3,4,5} สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา

*Corresponding author; E-mail address: thaweesak.t@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนัก การโก่งตัว และการวิบัติของคานไม้ประกอบจากไม้สะเดาเทียมและไม้ยางพาราภายใต้การดัด โดยคานไม้ประกอบมีขนาดหน้าตัดกว้าง 5 เซนติเมตร ลึก 10 เซนติเมตร ยาว 140 เซนติเมตร เชื่อมติดด้วยกาวร่วมกับตะปูและเสริมด้วยแผ่นเหล็กบางกว้าง 2 เซนติเมตร ตลอดความยาวคาน โดยคานทั้งหมดมี 4 รูปแบบ และทำการทดสอบภายใต้การทดสอบการดัดแบบ 4 จุด บันทึกค่าการโก่งตัวในช่วงที่ยอมให้เท่ากับ $L/156$ ผลการทดสอบพบว่าสมบัติทางกลของไม้สะเดาเทียมและไม้ยางพาราที่นำมาใช้ทดสอบ จัดเป็นไม้เนื้ออ่อนตามมาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) คานไม้ประกอบที่ประกอบจากไม้สะเดาเทียมสามารถรับน้ำหนักภายใต้การดัดได้สูงกว่าคานไม้ประกอบที่ประกอบจากไม้ยางพาราเฉลี่ยเท่ากับ 26.28 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผลคุณสมบัติเชิงกลของไม้สะเดาเทียมมีค่าสูงกว่าไม้ยางพารา เมื่อนำคานไม้ประกอบทั้ง 2 ชนิด มาเสริมแผ่นเหล็กบาง ทำให้สามารถรับน้ำหนักภายใต้การดัดได้เพิ่มมากขึ้นโดยคานไม้ประกอบจากไม้สะเดาเทียมมีค่าเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 9.23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคานไม้ประกอบจากไม้ยางพารามีค่าเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 18.35 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงพฤติกรรมการวิบัติของคานไม้ประกอบพบว่าการวิบัติเกิดขึ้นบริเวณจุดต่อของคานไม้ประกอบโดยมีลักษณะการวิบัติแบบรอยแตกขนานเส้น

คำสำคัญ: คานไม้ประกอบ, ไม้สะเดาเทียม, ไม้ยางพารา, แผ่นเหล็กบาง, การดัด

Abstract

The purpose of this research was to study the load-bearing, deflection and failure behaviors of wooden beams assembled from neem and rubber wood under bending. The assembled wooden beam has a cross-sectional size of 5 centimeters wide, 10 centimeters deep, and 140 centimeters long, connected by glue together with nails and reinforced with thin steel plates 2 centimeters wide along the entire length of the beam. A total of 4 profiles of beams were tested under a 4-point bending test. The deflection in the allowable range was recorded as $L/156$. The

results showed that the mechanical properties of the neem and rubber wood used for the test were classified as softwood according to the standards of the Engineering Institute of Thailand (EIT). Timber beams assembled from neem can bear greater loads under bending than composite beams assembled from rubber wood about 26.28 percent because the effect of mechanical properties of neem wood was higher than that of rubber wood. When the 2 types of composite wooden beams are reinforced with thin steel plates. The average increase in the loading capacity of the neem wood beam was 9.23 percent, while the average increase in the rubber beam was 18.35 percent. When considering the failure behavior of the composite beams, it was found that the failure occurred at the junction of the composite beams with parallel-splinter crack failure characteristics.

Keywords: Composite Wooden Beams, Neem Wood, Rubber Wood, Thin Steel Plate, Bending

1. คำนำ

ไม้เป็นวัสดุประเภทหนึ่งที่นิยมและถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมของประเทศไทยในด้านต่างๆ เพิ่มมากขึ้น รวมถึงอุตสาหกรรมด้านการก่อสร้างที่ใช้ไม้กันอย่างแพร่หลายทั้งในส่วนของการก่อสร้างที่รับน้ำหนักและไม่รับน้ำหนัก ส่งผลให้ความต้องการไม้เพิ่มมากขึ้นไปด้วย ไม้ยางพาราซึ่งเป็นไม้เศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทยและมีพื้นที่การปลูกเพิ่มมากขึ้นจากภาคใต้ไปยังภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันตก ทำให้ปริมาณไม้มีไม่มาก ประกอบกับคุณภาพของไม้ยางพาราที่มีคุณสมบัติหลายประการใกล้เคียงกับไม้สัก มีลวดลายที่สวยงาม ตกแต่งง่าย ย้อมสีได้ น้ำหนักเบา และมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ชนิดอื่น สามารถปลูกทดแทนได้ และหาได้ง่ายในภาคใต้ และมีความคล้ายกับไม้สะเดาเทียม ที่เป็นไม้โตเร็วที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจชนิดหนึ่งจัดอยู่ในประเภทของไม้เอนกประสงค์ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจในภาคใต้และของประเทศเนื่องจากสะเดาเทียมเป็นไม้โตเร็วสูงใหญ่ มีลำต้นปลายตรง เนื้อไม้มีคุณภาพดี มอดและปลวกไม่

ค่อยทำลาย ส่วนของใบและดอกอ่อนสามารถนำมาใช้เป็นอาหารได้ ซึ่งไม้สะเดาเทียมพบขึ้นอยู่ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย เช่นเดียวกัน

ด้วยข้อดีของไม้ยางพาราและไม้สะเดาเทียมดังกล่าวข้างต้น ประกอบกับไม้ขนาดใหญ่ที่มีคุณภาพสูงในระบบธรรมชาติมีปริมาณที่น้อยและหาได้ยากขึ้น การนำไม้ยางพาราและไม้สะเดาเทียมมาใช้ในงานก่อสร้างจึงมีมากขึ้น แต่เนื่องจากไม้ดังกล่าวไม่สามารถใช้เป็นโครงสร้างหลักได้โดยตรง จึงได้มีการศึกษาและพัฒนาการใช้งานไม้ทางด้านวิศวกรรมโยธาในลักษณะต่างๆ มากขึ้นตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน อย่างเช่น Lantos [1] ศึกษาพฤติกรรมของคานไม้ประกอบที่เสริมกำลังด้วยเหล็ก และในปี 1995 และ 1997 Sonti and GangaRao [2] และ GangaRao [3] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของคานไม้ประกอบด้วยการเสริมกำลังด้วยแผ่นเส้นใย (Fiber) ในรูปแบบต่างๆ หรือการศึกษาการเสริมกำลังคานไม้ประกอบที่ยึดด้วยกาวคุณภาพต่ำด้วยแผ่นไฟเบอร์เสริมกำลังด้วยเส้นใย (FRP Plate) โดย Raftery and Harte [4] ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ Gomez et al. [5] ในปี 2019 ที่ใช้ FRP และ เส้นใยเหล็กในการเสริมกำลังคานไม้ประกอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมในการดัดของคานไม้ประกอบ รวมถึงการศึกษาในเรื่องของรูปแบบการวิบัติต่างๆของคานไม้ประกอบ กับวิธีการเสริมหรือพัฒนากำลังของไม้ในหลายวิธี ซึ่งศึกษาโดย Franke et al. [6] และในปี 2016 Soriano et al. [7] ได้ศึกษาประสิทธิภาพเชิงกลของคานไม้ประกอบด้วยกาวและเสริมแรงด้วยเหล็ก เป็นต้น ซึ่งการศึกษาที่กล่าวมาเป็นการศึกษาไม้ประจำภูมิภาคที่แตกต่างกัน สำหรับในประเทศไทย การศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพไม้ยางพาราและไม้สะเดาเทียมก็มีอย่างต่อเนื่อง เช่น การศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของคานไม้ยางพาราประกอบลามิเนตเสริมกำลังด้วยวัสดุพอลิเมอร์ภายใต้การดัดโดย วรพจน์ ประชาเสรี และคณะ [8] เมื่อ พ.ศ.2553 และมีการศึกษาในลักษณะเดียวกันในปี พ.ศ.2563 โดย อาดิศร นิยมเดชา และคณะ [9] และ อิมรอน หะยีโยเซ และคณะ [10] และในปี พ.ศ.2565 อภิสิทธิ์ ชูช่วยคำ และคณะ [11] ได้ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงดัดของคานไม้ยางพาราหน้าตัดประกอบเสริมแรงด้วยไฟเบอร์ ซึ่งในปีเดียวกัน พงศ์ศักดิ์ สุขุมณี และคณะ [12] ได้ศึกษาเสาประกอบจากไม้ยางพาราภายใต้แรงอัดที่ถูกยึดด้วยตะปู เป็นต้น ซึ่งเป็นการศึกษาเพื่อปรับปรุงสมรรถนะและประสิทธิภาพในการนำไม้ยางพาราและไม้สะเดาเทียม เพื่อมาใช้ในงานทางด้านวิศวกรรมโยธา อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด

ดังนั้น จากเหตุผลและตัวอย่างศึกษาวิจัยที่ได้กล่าวถึงข้างต้น คณะผู้วิจัย จึงเล็งเห็นถึงประโยชน์และความสำคัญในการนำไม้ยางพาราและไม้สะเดาเทียมมาใช้ในงานก่อสร้างทางด้านวิศวกรรมโยธา จึงได้ทำการศึกษาไม้ทั้งสองประเภทโดยผ่านกระบวนการทดสอบในรูปแบบของคานไม้ประกอบที่เสริมแรงด้วยแผ่นเหล็กบางภายใต้แรงกระทำแบบดัดและใช้มาตรฐาน ASTM D143 [13] และมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง [14] เป็นมาตรฐานในการทดสอบ และใช้หลักการวิเคราะห์ประเมินผลตามหลักการทางทฤษฎี [17,18] ทั้งนี้การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาคือ เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการรับน้ำหนักและการโก่งตัว รวมถึงการวิบัติของคานไม้ประกอบที่เสริมด้วยแผ่นเหล็กบางภายใต้การดัด โดยไม้ที่ศึกษา ได้แก่ ไม้ยางพารา และไม้สะเดาเทียม

2. การดำเนินการศึกษา

2.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

วัสดุหลักในการศึกษา มี 3 ส่วนด้วยกัน ได้แก่

- 1) ไม้ มี 2 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ ไม้ยางพารา และไม้สะเดาเทียม ซึ่งไม้ทั้งสองชนิดเป็นไม้ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปมาเรียบร้อยแล้วจากโรงงานในพื้นที่จังหวัดสงขลา โดยไม้ทั้งสองชนิดมีขนาดที่เท่ากันคือ มีขนาดของไม้ภายหลังผ่านกระบวนการอบและไสเรียบในห้องปฏิบัติการ หน้าตัดกว้าง 1 นิ้ว ลึก 2 นิ้ว ความยาว 1.00 เมตร (ความยาวนำมาตัดอีกครั้งตามขนาดที่จะใช้งาน) โดยรูปตัวอย่างไม้ในการศึกษา ดังรูปที่ 1
- 2) แผ่นเหล็กบางเคลือบสังกะสีขนาดความหนา 0.20 มิลลิเมตร นำมาตัดให้ได้ความกว้าง 2.00 เซนติเมตร และมีความยาวตามขนาดของตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบ (เสริมแผ่นเหล็กตลอดทั้งความยาวคาน)
- 3) อุปกรณ์ในการเชื่อมยึดไม้ ได้แก่ กาวผงร็อควูด เป็นกาวติดไม้ประเภทพอร์มาติไฮด์ และตะปูหัวแบนขนาด 1.50 นิ้ว

ทั้งนี้วัสดุหลักทั้ง 3 ส่วนจะถูกจัดเตรียมและทำการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นโดยใช้อุปกรณ์และเครื่องมือภายในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมโยธา ของสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย



ไม้ยางพารา

ไม้สะเดาเทียม

รูปที่ 1 ไม้ทั้งสองชนิดที่ใช้ในการศึกษา

2.2 ตัวอย่างในการทดสอบ

การทดสอบแบ่งเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ดังนี้

2.2.1 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ

เป็นการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 2.1 ซึ่งประกอบด้วย ไม้ยางพาราและไม้สะเดาเทียม เพื่อจำแนกประเภทของไม้ทั้งสองตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) โดยขนาดของตัวอย่างและรูปแบบของการทดสอบอยู่ภายใต้มาตรฐาน ASTM D143-94 [13] และมาตรฐานการทดสอบไม้ กรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1221-51 ถึง มยผ.1227-51 [14] และทำการทดสอบแรงดึงของเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี ด้วยมาตรฐาน ASTM A615/A615M-95a [15] ในส่วนของตะปู ทำการทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือน ตามมาตรฐาน ASTM A616 [16] และกาวร็อควูดที่ใช้ ทำการทดสอบประสิทธิภาพของกาวโดยใช้การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของไม้ทั้งสองชนิด ร่วมกับวัสดุเชื่อมประสาน (กาวร็อควูดและตะปู) ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขนาดของไม้สำหรับทดสอบตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยพ.1221-51 ถึง มยพ.1227-51 [14] แผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี และวัสดุเชื่อม

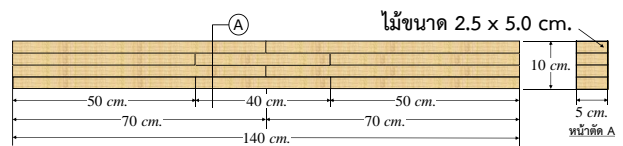
รูปแบบการทดสอบ	ขนาดของตัวอย่าง (กว้าง x ลึก x สูง)	รูปการทดสอบ
ทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด ในแนวตั้งฉากเส้นไม้	5 ซม. x 5 ซม. x 20 ซม.	
ทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด ในแนวตั้งขนานเส้นไม้	5 ซม. x 5 ซม. x 20 ซม.	
ทดสอบความถ่วงจำเพาะ และความชื้นของไม้	5 ซม. x 5 ซม. x 5 ซม.	
ทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้	5 ซม. x 5 ซม. x 71 ซม.	
ทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนในแนวขนานเส้นไม้	5 ซม. x 5 ซม. x 6.3 ซม. (พื้นที่ = 5 ซม. x 5 ซม.)	
ทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี	2 ซม. x 20 ซม. x 0.02 ซม. (ความยาวเกจ 5 ซม.)	
ทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของตะปู	(ตะปูหัวแบนขนาด 1.50 นิ้ว)	
ทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของไม้กับวัสดุเชื่อม	5 ซม. x 5 ซม. x 15 ซม. (จำนวน 3 ชิ้น ติดตั้งรูป)	

2.2.2 การทดสอบคานประกอบ

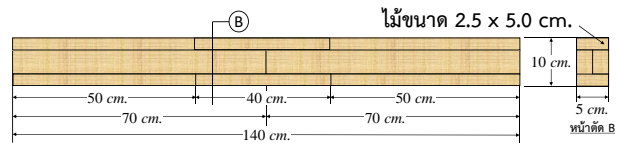
คานไม้ประกอบที่ใช้ในการศึกษามีขนาดหน้าตัดกว้าง 5.0 เซนติเมตร ลึก 10.0 เซนติเมตร ซึ่งได้มาจากการประกอบไม้ที่ได้เตรียมไว้จากข้อ 2.1 (หน้าตัดกว้าง 2.5 เซนติเมตร ลึก 5.0 เซนติเมตร) โดยตัดตามความยาวที่แตกต่างกันและนำมาประกอบกันเพื่อเป็นคานประกอบที่มีความยาว 1.40 เมตร ซึ่งหน้าตัดของคานไม้ประกอบจะมีรูปแบบที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ ขึ้นอยู่กับการจัดเรียงของไม้แต่ละท่อนและการเสริมแผ่นเหล็กบางเคลือบสังกะสี และเนื่องจากไม้ที่ศึกษามี 2 ชนิด ได้แก่ ไม้ยางพารา และไม้สะเดาเทียม จึงทำให้ตัวอย่างจัดเป็น 2 กลุ่มตามชนิดของไม้ แต่ละกลุ่มจะมีหน้าตัด 4 รูปแบบ ทั้งนี้การทดสอบจะทดสอบรูปแบบละ 2 ตัวอย่าง ดังนั้นการศึกษานี้จะมีคานไม้ประกอบทั้งหมด 16 ตัวอย่าง โดยรูปแสดงหน้าตัดและการประกอบตัวอย่าง ดังรูปที่ 2 ถึง 5 และรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดคานไม้ประกอบที่ใช้ในการศึกษา

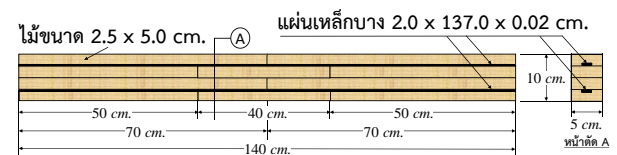
หน้าตัด (รูปแบบ)	เหล็กแผ่น	ชนิดของไม้	สัญลักษณ์	จำนวนคาน
A (รูปแบบที่ 1)	ไม่เสริม	ไม้ยางพารา (Y)	YA	2
		ไม้สะเดาเทียม (T)	TA	2
B (รูปแบบที่ 2)	ไม่เสริม	ไม้ยางพารา (Y)	YB	2
		ไม้สะเดาเทียม (T)	TB	2
A (รูปแบบที่ 3)	เสริม (S)	ไม้ยางพารา (Y)	YA-S	2
		ไม้สะเดาเทียม (T)	TA-S	2
B (รูปแบบที่ 4)	เสริม (S)	ไม้ยางพารา (Y)	YB-S	2
		ไม้สะเดาเทียม (T)	TB-S	2



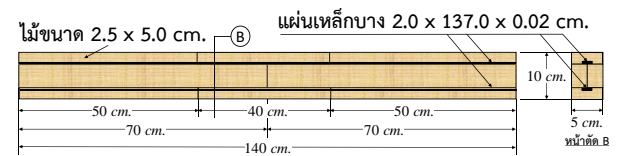
รูปที่ 2 คานประกอบไม้ที่ใช้ในการทดสอบ ไม่เสริมแผ่นเหล็กบาง (รูปแบบที่ 1)



รูปที่ 3 คานประกอบไม้ที่ใช้ในการทดสอบ ไม่เสริมแผ่นเหล็กบาง (รูปแบบที่ 2)



รูปที่ 4 คานประกอบไม้ที่ใช้ในการทดสอบ เสริมแผ่นเหล็กบาง (รูปแบบที่ 3)

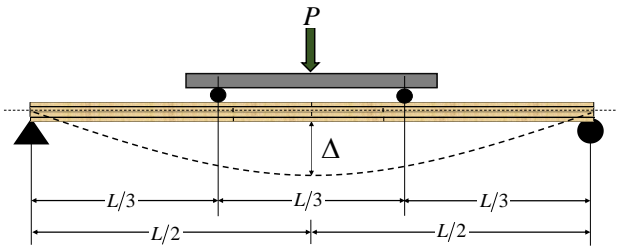


รูปที่ 5 คานประกอบไม้ที่ใช้ในการทดสอบไม่เสริมแผ่นเหล็กบาง (รูปแบบที่ 4)

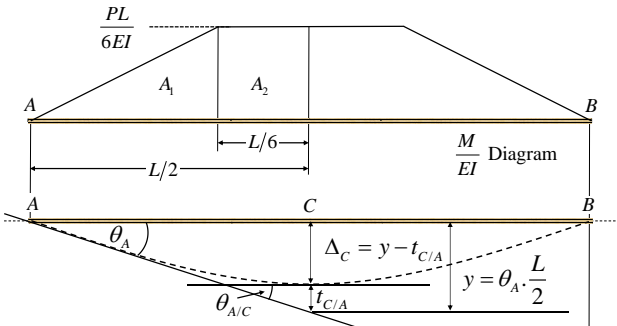
2.3 ขั้นตอนในการทดสอบ

การทดสอบดำเนินการทดสอบภายในห้องปฏิบัติการของสาขา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จะแบ่งกลุ่มการทดสอบเป็น 2 ส่วน ดังกล่าวมาข้างต้นคือ ส่วนแรกทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุหลักในการศึกษา (หัวข้อ 2.2.1) ดังตารางที่ 1 ภายใต้มาตรฐานการทดสอบไม้ กรมโยธาธิการและผังเมือง มยพ.1221-51 ถึง มยพ.1227-51 [14] ซึ่งผลทดสอบคุณสมบัติของไม้ทั้งสองชนิดจะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อจำแนกประเภทของไม้ทั้งสองชนิดที่ใช้ในการศึกษาตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.)

สำหรับในส่วนที่สอง เป็นการทดสอบคานไม้ประกอบทั้ง 16 ตัวอย่างภายใต้การดัด โดยคานตัวอย่างดังกล่าวมาในหัวข้อ 2.2.2 การทดสอบจะจัดวางคานตัวอย่างบนที่รองรับแบบ ที่รองรับอย่างง่าย (Simply Supported Beam) และทำการทดสอบแบบรับแรงกระทำแบบ 4 จุด (Four Points Bending Tests) ด้วยเครื่องมือทดสอบที่มีมาตรฐานขนาด 25 ตัน พร้อมทั้งติดตั้ง Dial Gauge (ค่าความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร) เพื่อวัดค่าการโก่งตัวของคานไม้ประกอบโดยการค่อยๆ เพิ่มแรงกดในอัตรา 1.00 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งตัวอย่างเกิดการวิบัติ ในขณะที่ทดสอบจะทำการบันทึกค่าต่างๆที่ได้จากการทดสอบ เช่น แรงกระทำและการโก่งตัวในช่วงที่ยอมให้ คือ L/156 รวมถึงพฤติกรรมการวิบัติที่เกิดขึ้น และนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การทดสอบแบบแรงกระทำ 4 จุด (Four Points Bending Tests)



รูปที่ 7 แผนภาพ M/EI และการแนวทางตามหลักการพื้นที่ของโมเมนต์

2.4 การประเมินค่าจากการทดสอบ

การประเมินค่าแรงกระทำเนื่องมาจากการโก่งตัว (Deflection) ดำเนินการวิเคราะห์หามาจากค่าการโก่งตัวที่ได้จากการทดสอบ ประกอบกับค่าที่ได้มาจากการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของไม้ทั้ง 2 ชนิด (หัวข้อ 2.2.1) เช่น ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Elastic Modulus, E) ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัด (Moment of Inertia, I) เป็นต้น โดยใช้หลักการในการวิเคราะห์โครงสร้าง วิธีโมเมนต์ของพื้นที่ (Moment Area Method) ดังรูปแสดงในรูปที่ 6 ถึงรูปที่ 7 และสมการที่ (1) ถึงสมการที่ (4) และได้สมการที่ (5) สำหรับการวิเคราะห์

$$\Delta_C = y - t_{C/A} \quad (1)$$

$$\theta_A = \theta_{A/C} = \left(\frac{1}{2} \times \frac{L}{3} \times \frac{PL}{6EI} \right) + \left(\frac{1}{2} \times \frac{L}{3} \times \frac{PL}{6EI} \right) \quad (2)$$

$$y = \theta_A \left(\frac{L}{2} \right) = \frac{PL^2}{18EI} \times \frac{L}{2} \quad (3)$$

$$t_{C/A} = \left[\left(\frac{1}{2} \times \frac{L}{3} \times \frac{PL}{6EI} \right) \left(\left(\frac{1}{3} \times \frac{L}{3} \right) + \frac{L}{6} \right) \right] + \left(\frac{PL^2}{36EI} \times \frac{L}{12} \right) \quad (4)$$

ดังนั้น จากสมการที่ (1) ถึงสมการที่ (4) จะได้สมการที่ (5)

$$\Delta_C = \Delta_{\max} = \frac{23PL^3}{1296EI} \quad (5)$$

เมื่อ P คือแรงกระทำในแนวตั้ง, L คือความยาวคาน, E คือค่าโมดูลัสยืดหยุ่น, I คือค่าโมเมนต์ความเฉื่อย, θ_A คือมุมที่เส้นสัมผัสกับแนวการโก่งตัวที่จุด A กระทำกับแนวเดิมของคาน, $\theta_{A/C}$ คือมุมที่เส้นสัมผัสกับแนวการโก่งตัวที่จุด A กระทำกับแนวสัมผัสกับแนวการโก่งตัวที่จุด C และ Δ_C คือค่าการโก่งตัวที่จุด C

3. ผลการทดสอบและอภิปราย

3.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ

3.1.1 ผลการทดสอบไม้ยางพาราและไม้สะเดาเทียมในห้องปฏิบัติการตามรายละเอียดที่แสดงในหัวข้อ 2.2.1 และตารางที่ 1 ดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพารา และไม้สะเดาเทียมที่ใช้ในการศึกษา

สมบัติทางกายภาพ	ไม้สะเดาเทียม	ไม้ยางพารา	ว.ส.ท.
ความถ่วงจำเพาะสภาพธรรมชาติ	0.75	0.73	0.56
ความถ่วงจำเพาะแห้ง	0.56	0.63	0.53
ความถ่วงจำเพาะเปียก	0.82	0.79	0.62
การดูดซึมน้ำ, (%)	32.40	15.25	20.24
ความชื้น, (%)	34.85	24.43	8.40
สมบัติเชิงกล	ไม้สะเดาเทียม	ไม้ยางพารา	ไม้เนื้ออ่อน (ว.ส.ท.)
หน่วยแรงดัด (N/mm ²)	9.17	7.50	8.00
โมดูลัสยืดหยุ่น (N/mm ²)	19,386	11,836	9,410
หน่วยแรงอัดขนานเสี้ยน (N/mm ²)	5.93	5.08	6.00
หน่วยแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน (N/mm ²)	4.34	3.86	1.60
หน่วยแรงเฉือนขนานเสี้ยน (N/mm ²)	2.41	1.87	0.80

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าค่าความถ่วงจำเพาะสภาพธรรมชาติ ความถ่วงจำเพาะแบบแห้ง และความถ่วงจำเพาะเปียก ของไม้ทั้งสองชนิดมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าของมาตรฐาน ว.ส.ท. ซึ่งเบื้องต้นการจำแนกประเภทไม้ด้วยความถ่วงจำเพาะ ในประเภทไม้เนื้ออ่อนจะมีค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity; G.S.) อยู่ระหว่าง 0.56 – 0.87 นั้นแสดงให้เห็นว่าทั้งไม้สะเดาเทียมและไม้ยางพารา จัดเป็นประเภทไม้เนื้ออ่อน แต่เมื่อพิจารณาค่าการดูดซึมน้ำและความชื้น จะมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่า ซึ่งค่าความชื้นที่เหมาะสมสำหรับงานทางด้านโครงสร้างจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 10 – 14 ดังนั้นในการทดสอบหรือนำไปใช้งานจะต้องมีการปรับความชื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมอีกครั้ง สำหรับสมบัติเชิงกลของไม้ยางพาราและไม้สะเดาเทียมในตารางที่ 3 พบว่าค่าหน่วยแรงทุกประเภท รวมถึงค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ทั้งสอง มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับมาตรฐาน ว.ส.ท. ในการจำแนกประเภทไม้เนื้ออ่อนเช่นเดียวกัน และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างไม้ทั้งสองชนิดจะพบว่าไม้สะเดาเทียมจะมีสมบัติเชิงกลต่างๆ ที่ดีกว่าไม้ยางพารา ดังนั้นเราสามารถสรุปได้ว่าไม้ทั้งสองชนิดที่ศึกษามีคุณสมบัติทั้งทางด้านกายภาพและทางด้านเชิงกล จัดอยู่ในประเภทไม้เนื้ออ่อน และไม้สะเดาเทียมเป็นไม้เนื้ออ่อนที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าไม้ยางพารา

3.1.2 ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของแผ่นเหล็กบางขนาดความหนา 0.20 มิลลิเมตร พบว่ามีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Elastic Modulus) คือ 25,979 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเหล็กแผ่นบาง

ตัวอย่าง	ขีดจำกัดแปรผันตรง (N/mm ²)	กำลังคราก 0.2% Offset (N/mm ²)	กำลังดึง (N/mm ²)	โมดูลัสยืดหยุ่น (N/mm ²)
แผ่นเหล็กบาง	146	186	259	25,979

3.1.3 ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของตะปู ทำการทดสอบด้วยวิธีแรงเฉือนสองระนาบ (Double Shear) ได้ผลการทดสอบคือค่ากำลังรับแรงเฉือน (Shearing Strength) เท่ากับ 0.25 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบตะปู

ตัวอย่าง	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่หน้าตัด (mm ²)	แรงที่จุดแตกหัก (kN)	กำลังรับแรงเฉือน (N/mm ²)
ตะปู	2.60	10.61	2.60	0.25

3.1.4 ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของไม้เสเดาเทียมและไม้ยางพาราร่วมกับวัสดุเชื่อมประสาน (กาวและตะปู) แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของวัสดุเชื่อมประสานกับไม้

ตัวอย่าง	พื้นที่แรงเฉือนเฉลี่ย (mm ²)	แรงกระทำเฉลี่ย (N)	หน่วยแรงเฉือนเฉลี่ย (N/mm ²)
ไม้เสเดาเทียมร่วมกับกาว	5,006	41,633	8.35
ไม้ยางพาราร่วมกับกาว	5,001	35,487	7.11
ไม้เสเดาเทียมร่วมกับตะปู	10.61	12,298	1,159
ไม้ยางพาราร่วมกับตะปู	10.61	10,477	987
ไม้เสเดาเทียมร่วมกับกาวและตะปู	4,771	47,724	9.98
ไม้ยางพาราร่วมกับกาวและตะปู	5,292	38,944	7.41

หมายเหตุ กรณีใช้กาวเป็นวัสดุเชื่อมประสาน พื้นที่รับแรงเฉือน (Shear Area) จะมีค่าเป็น 2 เท่าของพื้นที่หน้าตัด และในกรณีตะปูขนาดยาว 1.50 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.60 มิลลิเมตร จะมีพื้นที่รับแรงเฉือนเท่ากับ $2\pi r^2$

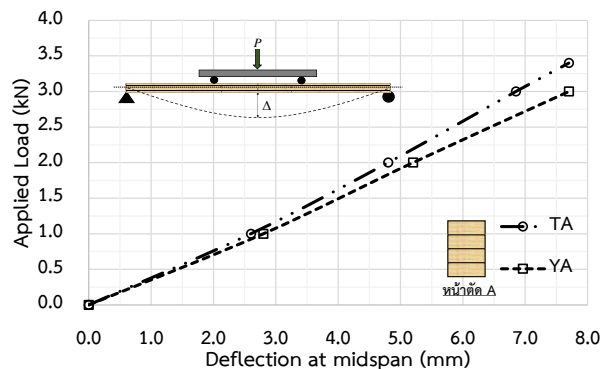
จากตารางที่ 6 จะพบว่าค่าของหน่วยแรงเฉือนเฉลี่ยที่เกิดขึ้นกรณีกับไม้ร่วมกับวัสดุเชื่อมประสานประเภทตะปูมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เมื่อเทียบกับวัสดุเชื่อมประสานกาว และกาวร่วมกับตะปู นั่นด้วยเหตุผลที่ว่าพื้นที่ในการรับแรงเฉือนในกรณีนี้มีค่าน้อย (พื้นที่หน้าตัดของตะปู) เมื่อนำไปหารแรงกระทำจึงทำให้ได้ค่าที่สูง แต่หากพิจารณาแรงกระทำสูงสุดหรือแรงกระทำเฉลี่ย จะเห็นว่าในกรณีนี้จะมีค่าน้อย (12,298 นิวตัน และ 10,477 นิวตัน) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอื่น ซึ่งค่าที่ได้เป็นค่าที่ตะปูรับแรงเฉือนเพียงอย่างเดียว แตกต่างกับในกรณีที่ใช้กาว และกาวร่วมกับตะปูเป็นวัสดุเชื่อมประสาน พื้นที่ในการรับแรงเฉือนจะมีค่ามาก (เป็นพื้นที่ของไม้ที่ถูกหากาว) เมื่อนำไปหาร ทำให้ผลลัพธ์คือค่าหน่วยแรงที่น้อยกว่า เช่นเดียวกันถ้าหากพิจารณาเฉพาะแรงกระทำสูงสุดเพียงอย่างเดียว จะพบว่าการใช้กาวเป็นวัสดุเชื่อมประสานสามารถรับแรงกระทำได้สูงกว่า (สำหรับรูปแบบการ

ทดสอบแบบเดียวกัน) และเมื่อเพิ่มตะปูไปใช้ร่วมกับกาวเพื่อรับแรงกระทำ ก็เป็นการช่วยเพิ่มความสามารถในการรับแรงเฉือนให้มากขึ้นนั่นเอง

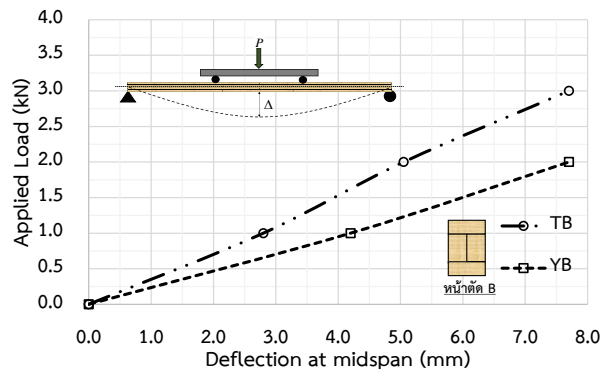
สำหรับผลอันเนื่องมาจากประเภทของไม้ที่แตกต่างกันนั้น จะเห็นว่าในตารางที่ 6 ค่าที่ทดสอบได้จาก การเชื่อมประสานด้วยวัสดุกับไม้เสเดาเทียมเพื่อรับแรงเฉือน ค่าที่ได้จะมีค่าที่สูงกว่าเมื่อเป็นไม้ยางพาราในทุกกรณี อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติโดยรวมของไม้เสเดาเทียมมีค่าที่ต่ำกว่าดังกล่าวข้างต้น (ข้อ 3.1.1) ประกอบกับค่าการดูดซึมน้ำของไม้เสเดาเทียมมีค่ามากกว่าไม้ยางพาราจึงทำให้ดูดซึมน้ำที่ใช้ซึ่งต้องผสมน้ำ ได้ดีกว่าทำให้มีความแข็งแรงที่สูงขึ้นและสามารถรับแรงได้มากขึ้น และด้วยเหตุผลข้างต้นทางผู้วิจัยจึงใช้รูปแบบการเชื่อมประสานไม้ทั้งสองประเภท ในการประกอบเป็นตัวอย่างการประกอบในการศึกษานี้ ด้วยการเชื่อมประสานด้วยทั้งกาวและตะปูร่วมกัน ทั้งในส่วนของไม้กับไม้ และไม้กับแผ่นเหล็กบางซึ่งจะหากาวที่แผ่นเหล็กและเชื่อมติดกับไม้พร้อมทั้งตอกตะปูขนาด 1.50 นิ้ว ทุก ระยะ 15 เซนติเมตร

3.2 ผลการทดสอบคานประกอบ

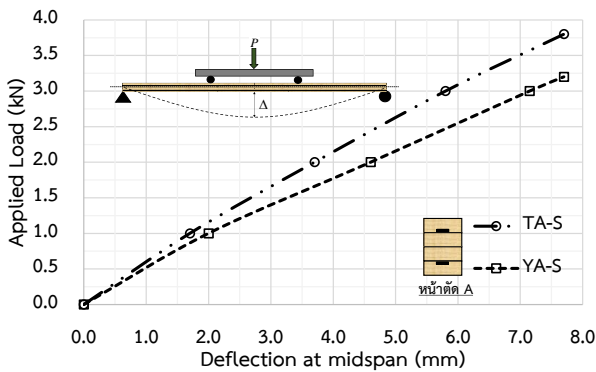
ผลการทดสอบตามรายละเอียดของตัวอย่างในข้อ 2.2.2 และขั้นตอนการทดสอบในข้อ 2.3 นำเสนอในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับการโก่งตัวของคานไม้ประกอบ ซึ่งบันทึกค่าการโก่งตัวในช่วงของการโก่งตัวที่ยอมให้เท่ากับ $\Delta_{all} = (L/156)$ เมื่อ L คือระยะระหว่างที่รองรับเท่ากับ 1,200 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 8 ถึงรูปที่ 11



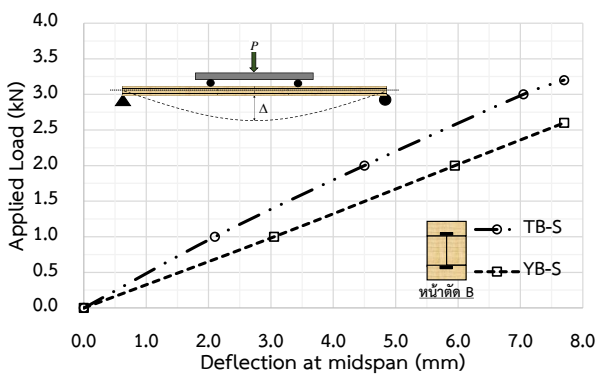
รูปที่ 8 แรงกระทำกับการโก่งตัวของคานประกอบไม้รูปแบบที่ 1 (at L/156)



รูปที่ 9 แรงกระทำกับการโก่งตัวของคานประกอบไม้รูปแบบที่ 2 (at L/156)



รูปที่ 10 แรงกระทำกับการโก่งตัวของคานประกอบไม้รูปแบบที่ 3 (at L/156)

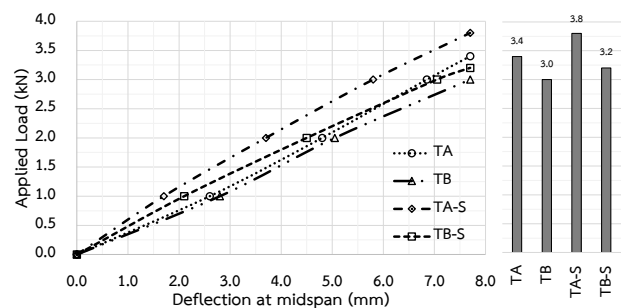


รูปที่ 11 แรงกระทำกับการโก่งตัวของคานประกอบไม้รูปแบบที่ 4 (at L/156)

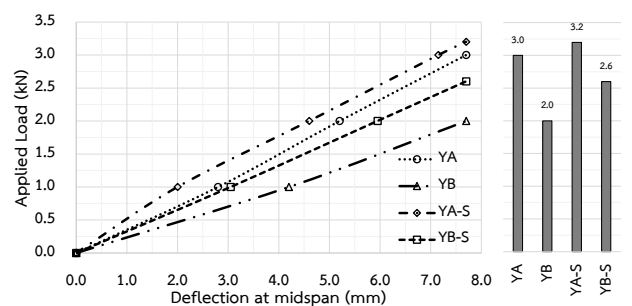
จากรูปที่ 8 ถึงรูปที่ 11 พบว่าในช่วงของค่าการโก่งตัวที่ยอมรับได้ หรือ L/156 นั้น คานไม้ประกอบที่ประกอบมาจากไม้เสเดาเทียมสามารถรับแรงกระทำได้มากกว่าคานไม้ที่ประกอบจากไม้ยางพารา โดยมีความแตกต่างของแรงกระทำที่ตำแหน่งการโก่งตัว L/156 อยู่ที่ร้อยละ 11.76, 33.33, 15.79 และ 18.75 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าไม้เสเดาเทียมมีคุณสมบัติในการนำมาใช้งานที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับไม้ยางพารา ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของไม้เสเดาเทียมและไม้ยางพารา ดังกล่าวข้างต้นในหัวข้อ 3.1.1 (ตารางที่ 3) และเมื่อพิจารณารูปแบบของหน้าตัดต่อความสามารถในการรับแรงกระทำจะพบว่า หน้าตัด A (รูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 3) จะมีแนวโน้มของความชันของความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกันคือเส้นกราฟซ้อนกันในช่วงแรก ในขณะที่หน้าตัด B (รูปแบบที่ 2 และ 4) ลักษณะของความชันจะแตกต่างกันตั้งแต่ช่วงแรกของแรงกระทำ และจะแตกต่างกันมากขึ้นเมื่อแรงกระทำเพิ่มขึ้น แสดงว่านอกจากประเภทไม้ที่มีผลต่อการรับแรงกระทำแล้ว รูปแบบของหน้าตัดก็ยังมีผลเช่นกัน และสามารถเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนยิ่งขึ้นเมื่อพิจารณารูปที่ 12 และรูปที่ 13 พบว่าคานไม้ประกอบหน้าตัดแบบ A มีความสามารถในการรับแรงกระทำได้ดีกว่าคานไม้ประกอบที่มีหน้าตัดแบบ B อย่างเช่นในรูปที่ 12 หน้าตัดที่แตกต่างกันทำให้รับแรงกระทำที่แตกต่างกันร้อยละ 11.76 และ 15.79 สำหรับไม้เสเดาเทียมที่เสริมเหล็กแผ่นและไม่เสริมเหล็กแผ่น ตามลำดับ และในรูปที่ 13 หน้าตัดที่แตกต่างกันทำให้รับแรงกระทำที่แตกต่างกันร้อยละ 33.33 และ 18.75 สำหรับไม้ยางพาราที่เสริมเหล็กแผ่นและไม่เสริมเหล็กแผ่น

ตามลำดับ แสดงว่าการที่หน้าตัดแบบ A มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าหน้าตัดแบบ B ในการรับแรงกระทำในช่วงของการโก่งตัวที่ยอมรับได้ L/156 นั้น อาจเนื่องมาจากหน้าตัดแบบ A มีพื้นที่ในการเชื่อมประสานระหว่างไม้แต่ละท่อนด้วยวัสดุเชื่อมหรือกาวที่ดีกว่าหรืออาจกล่าวได้ว่ากาวที่เชื่อมประสานในหน้าตัดแบบ A เชื่อมประสานอยู่ในแนวระนาบที่ทำให้สามารถรับแรงในแนวขนานกับผิวของรอยต่อที่ใช้กาวได้ดีกว่าหน้าตัดแบบ B ดังได้กล่าวมาในหัวข้อ 3.1.4 และตารางที่ 6

สำหรับผลของการเสริมเหล็กแผ่นบางที่มีต่อความสามารถในการรับแรงกระทำของคานไม้ประกอบในช่วงของระยะการโก่งตัวที่ยอมรับได้ นั้น เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 12 และรูปที่ 13 พบว่าคานไม้ประกอบเมื่อมีการเสริมแผ่นเหล็กบาง (รูปที่ 5 และรูปที่ 6) ทั้งหน้าตัดแบบ A และแบบ B ทำให้สามารถรับแรงกระทำได้เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับคานไม้ประกอบแบบไม่เสริมแผ่นเหล็กบาง สำหรับไม้เสเดาเทียมเมื่อเสริมแผ่นเหล็กบางจะสามารถรับแรงกระทำเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.53 และ 6.25 สำหรับหน้าตัดแบบ A และแบบ B ตามลำดับ ในส่วนของไม้ยางพาราเมื่อเสริมแผ่นเหล็กบางจะสามารถรับแรงกระทำเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.67 และ 23.07 สำหรับหน้าตัดแบบ A และแบบ B ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแผ่นเหล็กบางที่เสริม สามารถเพิ่มความสามารถในการรับแรงของคานไม้ประกอบในด้านการรับแรงดัด ประกอบกับการเชื่อมประสานกันระหว่างไม้กับแผ่นเหล็กด้วยกาวและตะปู ดังกล่าวในหัวข้อ 3.14 (ไม้กับแผ่นเหล็กบางซึ่งจะทากาวที่แผ่นเหล็กและเชื่อมติดกับไม้พร้อมทั้งตอกตะปูขนาด 1.50 นิ้ว ทุกระยะ 15 เซนติเมตร) มีผลต่อการรับแรงกระทำ โดยเฉพาะในกรณีของหน้าตัดแบบ B ที่ตำแหน่งของแผ่นเหล็กบางอยู่เหนือด้านบน และด้านล่างของรอยต่อของไม้ อาจทำให้ประสิทธิภาพของคานไม้ประกอบในการรับแรงกระทำเพิ่มขึ้น



รูปที่ 12 แรงกระทำกับการโก่งตัวของคานประกอบไม้เสเดาเทียม (at L/156)

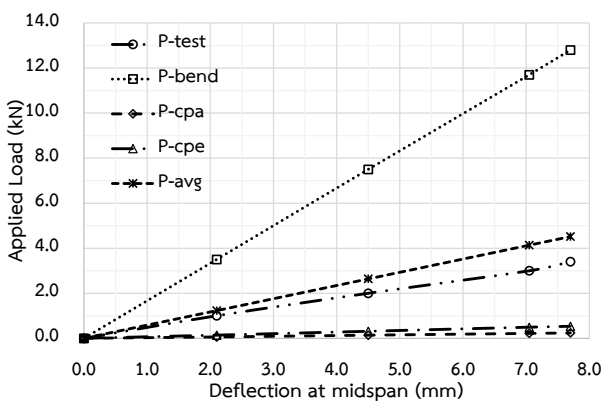


รูปที่ 13 แรงกระทำกับการโก่งตัวของคานประกอบไม้ยางพารา (at L/156)

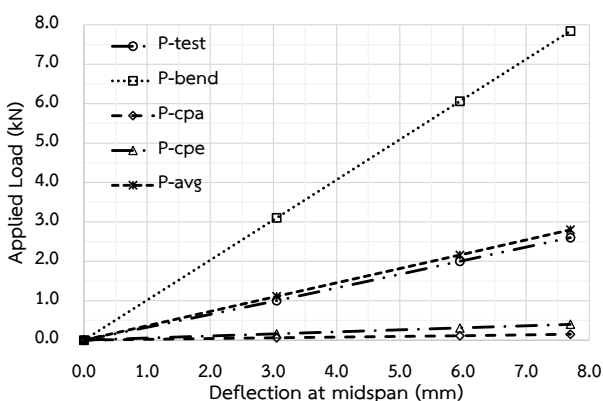
ในการทดสอบคานไม้ประกอบจากไม้สะเดาเทียมและไม้ยางพารา สามารถแสดงในรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับการโก่งตัวที่กึ่งกลางคานที่ยอมให้ ($L/156$) ซึ่งในส่วนใหญ่จะกล่าวถึงการเปรียบเทียบกับการคำนวณในทางทฤษฎี เพื่อแสดงถึงความแตกต่างระหว่างทฤษฎีกับการทดสอบ โดยวิเคราะห์จากค่าคุณสมบัติเชิงกลที่ได้จากการทดสอบจากตารางที่ 3 ที่มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Elastic Modulus, E) ที่แตกต่างกันตามประเภทของการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น ได้แก่ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากการทดสอบแรงดัด, การทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน และการทดสอบแรงอัดขนานเสี้ยน ดังตารางที่ 7 และสมการที่ (5) โดยค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of Inertia, I) ของหน้าตัดเท่ากับ $4.16 \times 10^6 \text{ mm}^4$ และค่าการโก่งตัวที่ยอมให้ $\Delta_{all} = (L/156)$ เท่ากับ 7.69 มิลลิเมตร ได้ความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 14 และรูปที่ 15

ตารางที่ 7 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Elastic Modulus, E) จากการทดสอบ

ตัวอย่าง	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Elastic Modulus, E)			
	แรงดัด (N/mm ²)	แรงอัดตั้งฉาก เสี้ยน (N/mm ²)	แรงอัดขนานเสี้ยน (N/mm ²)	เฉลี่ย (N/mm ²)
ไม้สะเดาเทียม	19,386	358	804	6,849
ไม้ยางพารา	11,863	222	610	4,232



รูปที่ 14 เปรียบเทียบแรงกระทำกับการโก่งตัวของคานประกอบไม้สะเดาเทียม จากค่าโมดูลัสที่ได้จากการทดสอบที่ต่างกันกับค่าทางทฤษฎี (at $L/156$)



รูปที่ 15 เปรียบเทียบแรงกระทำกับการโก่งตัวของคานประกอบไม้ยางพารา จากค่าโมดูลัสที่ได้จากการทดสอบที่ต่างกันกับค่าทางทฤษฎี (at $L/156$)

รูปที่ 14 และรูปที่ 15 เป็นการเปรียบเทียบค่าของแรงกระทำ (P) ที่คำนวณมาจากค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (E) ที่ได้จากการทดสอบไม้ที่แตกต่างกัน กับค่าที่วิเคราะห์มาโดยหลักการพื้นที่โมเมนต์ (หัวข้อ 2.4) สมการที่ (5) โดยสัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปทั้งสอง ดังนี้ P-test คือแรงกระทำที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ, P-bend คือแรงกระทำที่ใช้ค่าโมดูลัสจากการทดสอบแรงดัดในการคำนวณ, P-cpa คือแรงกระทำที่ใช้ค่าโมดูลัสจากการทดสอบแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนในการคำนวณ, P-cpe คือแรงกระทำที่ใช้ค่าโมดูลัสจากการทดสอบแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนในการคำนวณ และ P-avg คือแรงกระทำที่ใช้ค่าโมดูลัสเฉลี่ยในการคำนวณ พบว่าค่าที่ได้จากการทดสอบไม่ว่าจะเป็นการทดสอบคานประกอบจากไม้สะเดาเทียม หรือคานประกอบจากไม้ยางพารา จะมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้โดยสมการที่ (5) โดยใช้ค่าเฉลี่ยของโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้แต่ละชนิด โดยมีความแตกต่างของค่าแรงกระทำที่คำนวณได้ ที่ตำแหน่งการโก่งตัวที่ยอมให้อยู่ประมาณร้อยละ 24.78 และ 7.14 สำหรับไม้สะเดาเทียมและไม้ยางพารา ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ค่าความแข็งแกร่งเนื่องจากการดัดเทียบเท่า (Equivalent Bending Rigidity, EI) ที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการคำนวณ ควรจะได้ออกมาจากค่าเฉลี่ยของค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ซึ่งทำให้ค่าที่ได้อยู่ระหว่างการทดสอบกับค่าจากทฤษฎีอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน

3.3 การวิบัติของคานประกอบ



รูปที่ 16 การวิบัติของคานไม้ประกอบจากไม้ยางพารา



รูปที่ 17 การวิบัติของคานไม้ประกอบจากไม้สะเดาเทียม

จากตัวอย่างของคานไม้ประกอบทั้งหมดจำนวน 16 ตัวอย่าง ได้ทำการทดสอบด้วยการกดแบบ 4 จุด โดยเพิ่มแรงกระทำขึ้นจนกระทั่งคานประกอบเกิดการวิบัติ พบว่าการปริแตกของไม้เริ่มขึ้นเมื่อคานมีค่าการโก่งตัวมากกว่าค่าที่ยอมให้ ($L/156$) โดยส่วนใหญ่ของตัวอย่างจะเริ่มแตกบริเวณผิวด้านล่างอยู่ในพื้นที่ตรงกลางระหว่างแรงกระทำ การแตกของไม้มีทั้งแตกในแนวเอียงทำมุมกับผิวไม้และตั้งฉากกับไม้ บางส่วนจะมีการแตกในแนวของ

กาวที่เชื่อมประสาน และแตกเพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งคานวิบัติ ซึ่งการวิบัติของคานตัวอย่างที่ไม่เสริมเหล็กแผ่นบางจะเป็นในลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นสำหรับตัวอย่างที่มีการเสริมเหล็กแผ่นบาง คานประกอบบางส่วนมีลักษณะการวิบัติจะมีรอยแตกในแนวได้แผ่นเหล็กในแนวยาว แต่โดยรวมการวิบัติจะคล้ายกัน ทั้งไม้เสเดาเทียมและไม้ยางพารา ซึ่งเป็นกรวิบัติเนื่องจากการดัด (Bending Failure) ประกอบกับการวิบัติเนื่องจากแรงดึง (Tension Failure) คือรอยแตกกว้างตามแนวของเส้นไม้ที่ผิวด้านล่างนั่นเอง และการวิบัติเนื่องจากแรงอัด (Compression Failure) ซึ่งมีรอยแตกกว้างของเนื้อไม้ตรงตำแหน่งใต้แรงกระทำ โดยรูปความเสียหายของตัวอย่างคานไม้ประกอบดังในรูปที่ 16 ถึงรูปที่ 17

4. บทสรุป

การศึกษานี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการวิบัติของคานไม้ประกอบร่วมกับแผ่นเหล็กบางภายใต้การดัดของไม้เสเดาเทียมและไม้ยางพารา ถูกทดสอบจนกระทั่งวิบัติ ทั้งนี้ผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ดังนี้

4.1) ไม้เสเดาเทียมและไม้ยางพาราจัดเป็นไม้เนื้ออ่อน ซึ่งตามเกณฑ์การจัดประเภทไม้ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) คุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของไม้เสเดาเทียมและไม้ยางพารา มีค่าใกล้เคียงตามเกณฑ์มาตรฐาน มยผ. 1221-1227

4.2) เมื่อทำการประกอบคานไม้เสเดาเทียมและคานไม้ยางพาราที่หน้าตัดเดียวกัน ขนาดหน้าตัดเท่ากัน วัสดุเชื่อมประสานชนิดเดียวกัน และทำการเสริมแผ่นเหล็กบางในคานไม้ประกอบทั้ง 2 ชนิด นำมาทดสอบและทำการเปรียบเทียบการรับน้ำหนักที่ระยะการโก่งตัวที่ L/156 พบว่าแผ่นเหล็กบางสามารถเสริมประสิทธิภาพของคานไม้ประกอบทั้งสองชนิดได้

4.3) เมื่อทำการประกอบคานไม้เสเดาเทียมและคานไม้ยางพาราที่หน้าตัดเดียวกัน ขนาดหน้าตัดเท่ากัน วัสดุเชื่อมประสานชนิดเดียวกัน นำมาทดสอบและทำการเปรียบเทียบการรับน้ำหนักที่ระยะการโก่งตัวที่ L/156 พบว่าคานไม้ประกอบจากไม้เสเดาเทียมรับน้ำหนักได้ดีกว่าคานไม้ประกอบจากไม้ยางพาราเนื่องจากผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของไม้เสเดาเทียมมีค่าสูงกว่าไม้ยางพาราซึ่งทดสอบมาข้างต้น

4.4) จากการเปรียบเทียบผลที่ได้จากค่าในการคำนวณกับค่าในการทดสอบพบว่าค่า Elastic Modulus ที่นำมาคำนวณแล้วมีค่าใกล้เคียงกับค่าในการทดสอบคือค่า Elastic Modulus ที่เกิดจากการนำค่า Elastic Modulus ที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติของไม้อันได้แก่ การทดสอบกำลังต้านแรงดัดของไม้ การทดสอบกำลังต้านแรงอัดตั้งฉากเส้นของไม้ และการทดสอบกำลังต้านแรงอัดในแนวนอนเส้นของไม้ มาเฉลี่ยแล้วนำมาคำนวณและได้ผลการคำนวณใกล้เคียงกับค่าในการทดสอบ

4.5) การวิบัติของคานประกอบ ทั้งจากไม้เสเดาเทียมและไม้ยางพารา มีรูปแบบที่คล้ายกัน คือ การวิบัติเนื่องมาจากการดัด (Bending Failure), การวิบัติเนื่องมาจากแรงดึง (Tension Failure) จะเห็นได้บริเวณผิวด้านล่างของคานไม้ตัวอย่าง และการวิบัติเนื่องมาจากแรงอัด (Compression Failure) จะเกิดบริเวณใต้แรงกระทำมีลักษณะการยุบตัวและรอบปริแตกเล็กน้อย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา ในการสนับสนุนห้องปฏิบัติการและเครื่องมือในการทดสอบ และขอบคุณนักศึกษาช่วยการวิจัย ได้แก่ นายบรรณวิทย์ ธนกรวิจิตร นายพิศิษฐ์ ช่วยพิชัยเกษม และนายอภิวัฒน์ แววันจิตร

เอกสารอ้างอิง

- [1] Lantos, G. (1970). The Flexural Behaviour of Steel Reinforced Laminated Timber Beams. *Wood Science*, Vol.2, No.3, pp. 136-143.
- [2] Sonti, S.S., and GangaRao, H.V.S. (1995). Banding Timber Crossties Using Composite Fabrics for Improving Their Performance. *Materials for the New Technology*, Washington, D.C., pp.1449-1457.
- [3] GangaRao, H.V.S. (1997). Sawn and Laminated Wood Beams Wrapped with Fiber Reinforced Plastic Composites. *Wood Des. Focus*, pp.13-18
- [4] Raftery, G. M. and Harte, A. M. (2011). Low-Grade Glued Laminated Timber Reinforced with FRP Plate. *Composites: Part B*, 42, pp. 724-735.
- [5] Gomez, E.P., Gonzalez, M.N., Hosokawa, K. and Cobo, A. (2019). Experimental Study of the Flexural Behavior of Timber Beams Reinforced with Different kind of FRP and Metallic Fibers. *Composite Structures*, 213, pp. 308-316.
- [6] Franke, S., Franke, B. and Harte, A. M. (2015). Failure Modes and Reinforcement Techniques for Timber Beams–State of the Art. *Construction and Building Materials*, 97, pp. 2-13.
- [7] Soriano, J., Pellis, B. P. and Mascia, N. T. (2016). Mechanical Performance of Glued-Laminated Timber Beams Symmetrically Reinforced with Steel Bars. *Composite Structures*, 150, pp. 200-207.
- [8] วรพจน์ ประชาเสรี, เอกรัฐ สมศรีรัฐกิจ และ วิริยะ ทองเรือง (2553). การประเมินประสิทธิภาพของคานไม้ยางพาราประกอบลามิเนตเสริมกำลังด้วยวัสดุพอลิเมอร์เสริมเส้นใยภายใต้การดัด. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, ปีที่ 21, ฉบับที่ 1, หน้า 7-16.
- [9] อาดีล นิยมเดชา, นันทชัย ชูศิลป์ และ จริญญา เจริญเนตรกุล (2563). พฤติกรรมการวิบัติของคานไม้ยางพาราประกอบติดกาวเสริมกำลังด้วยเส้นใยพอลิเมอร์. *การประชุมวิชาการระดับชาติสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ ครั้งที่ 7*, นนทบุรี, 29-30 พฤษภาคม 2563, หน้า 60-69.
- [10] อิมรอน หะยีโยเซ, วันชพร แมงสาโม่ง และ ฮาซัน คอเต๊ะ (2563). คานไม้ยางพาราลามิเนตเสริมกำลังด้วยพอลิเมอร์เสริมใยแก้ว.

วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์, ปีที่ 12, ฉบับที่ 2
พฤษภาคม-สิงหาคม, หน้า 67-81.

- [11] อภิสิทธิ์ ชูช่วยคำ, นันทชัย ชูศิลป์ และ มนต์ อนุศิริ (2565).
พฤติกรรมการรับแรงดัดของคานไม้ยางพาราหน้าตัดประกอบ
เสริมแรงด้วยเส้นไฟเบอร์. วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 15, ฉบับที่ 5,
พฤษภาคม-สิงหาคม, หน้า 25-37.
- [12] พงศ์ศักดิ์ สุขมณี, ถาวร เกื้อสกุล และ อรุณ ลูกจันทร์ (2565).
พฤติกรรมการรับแรงอัดของเสาไม้ประกอบไม้ยางพาราที่ถูกยึดด้วย
ตะปู. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27, เชียงราย
, 24-26 สิงหาคม 2565, หน้า MAT01-1 – MAT01-7.
- [13] American Society of Testing Materials ASTM D143. (2000):
*Standard Test Methods for Small Clear Specimens of
Timber*. Drive, 2000.
- [14] กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2551). มยผ.1221-51 ถึง มยผ. 1227-
51 มาตรฐานการทดสอบไม้. สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรม
โยธาธิการและผังเมือง ถนนพระราม 6 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท
กรุงเทพฯ 10400.
- [15] American Society of Testing Materials ASTM A615/A615M-
95a. *Standard Specification for Deformed and Plain Billet-
Steel Bars for Concrete Reinforcement*.
- [16] American Society of Testing Materials ASTM A616. *Standard
Testing Method for Rail-Steel Deformed and Plain Bars*.
- [17] มนต์ อนุศิริ. (2554). *ทฤษฎีและการปฏิบัติการทดสอบวัสดุในงาน
วิศวกรรมโยธา*. ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) อาคารเนชั่นทาวเวอร์
ชั้นที่ 19 เลขที่ 1858/87-90 ถนนบางนาตราด แขวงบางนา เขตบาง
นา กรุงเทพฯ 10260.
- [18] มนต์ อนุศิริ. (2556). *การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก*. ซีเอ็ด
ยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) อาคารเนชั่นทาวเวอร์ ชั้นที่ 19 เลขที่
1858/87-90 ถนนบางนาตราด แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ
10260.