คุณสมบัติในการรับแรงดัดของคานไม้ประกับของไม้แดงและไม้ยาง

นาย เจตน์ ตีระวณิชย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต

แผนกวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2518

000473

The Flexural Behavior of Glue-Laminated Beam of Daeng and Yang Timbers

Mr. Jate Teravanit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1975

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์

ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ .....ประธานกรรมการ

.....กรรมการ

.....กรรมการ

.....กรรมการ

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ศาสตราจารย์ สมัน เจริญเผ่า

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ คุณสมบัติในการรับแรงดัดของคานไม้ประกับของไม้แดงและไม้ยาง

ชื่อ นายเจตน์ ตีระวณิชย์ แผนกวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2518

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

คานไม้ประกับของไม้แดงและไม้ยาง ซึ่งใช้กาวยูเรีย ฟอร์มัลดีไฮด์ ในการประสานไม้เข้าด้วยกันมีขนาดกว้าง 16 ซ.ม. ลึก 23 ซ.ม. ยาว 4.50 เมตร โดยมีแบบต่าง ๆ กันจำนวน 5 แบบและคานไม้ตันขนาดเท่า ๆ กันของไม้แดงและไม้ยาง ได้ถูกนำมาทดสอบโดยแรงดัดแบบ Third point loading ที่ช่วงคานยาว 4.00 เมตร ผลจากการทดลองพบว่า กาวยูเรีย ฟอร์มัลดีไฮด์ สามารถนำมาใช้ทำคานไม้ประกับของไม้แดงและไม้ยางได้เป็นอย่างดี เพราะรับแรงเฉือนได้สูงพอควร และมีราคาถูก และคานไม้ประกับของไม้แดงและไม้ยาง สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปได้ดี เพราะให้ความแข็งแรงในการรับน้ำหนักบรรทุกได้มากกว่าคานไม้ตัน และมีน้ำหนักเบากว่า และราคาก็ประหยัดกว่าคานไม้ตันด้วย คานไม้ประกับของไม้แดงและไม้ยางที่ประหยัดและเหมาะสมนั้น อัตราส่วนของความลึกของชั้นไม้แดงที่ขอบบนและขอบล่างแต่ละแห่งต่อความลึกทั้งหมดของคาน ควรอยู่ในช่วงไม่เกิน 0.33 ($r \leq 0.33$).

Thesis Title The flexural behavior of glue-laminated beam of Daeng and Yang timbers.

Name Mr. JATE TERAVANIT Graduate student in Department of Civil Engineering.

Academic Year 1975

ABSTRACT

Glue-laminated beams of Daeng and Yang timbers which used Urea formadehyde adhesive in fabricating beams, having a section 16 cm. x 23 cm. and 4.50 metre long were used for the investigation. Five types of glue-laminated beams were used for the study. Solid beams of the same section of Daeng and Yang timbers were also tested. The third point loading bending test at 4.00 metre span was introduced in the test. The results of tests indicated that Urea formadehyde adhesive could be used in fabricating glue-laminated beams, since it produce higher shear strength and less expensive. And glue-laminated beams of Daeng and Yang timbers could be used in any timber constructions, since it produced higher flexural strength, lighter weight and cheaper than solid beams. The suitable and economic glue-laminated beams of Daeng and Yang timbers should have the ratio of the depth of each lamination of Daeng timber to total depth of the beam not more than 0.33 ($r \leq 0.33$).

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี โดยมีศาสตราจารย์ สนั่น เจริญเผ่า เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ จึงขอขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คุณรัตน์ พนมขวัญ ป่าไม้เขตจังหวัดแพร่

ศาสตราจารย์ ดร. จงรัก ปรีชานนท์ คณะบดีวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร. นิวัตต์ ดารานันทน์ หัวหน้าแผนกวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อำนวย พานิชกุล แผนกวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร แผนกวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

อาจารย์ ดำรงค์ ศรีอรัญ แผนกวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสงคราม ตรังรัฏฐพิทย์ กองวิจัยผลิตผลป่าไม้

บริษัทไทยเคมีภัณฑ์ จำกัด ในการช่วยเหลือด้านวัสดุกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย ในการช่วยเหลือด้านทุนสำหรับการวิจัย

ท้ายสุดขอขอบคุณเพื่อนทุก ๆ คนที่ให้ความช่วยเหลือจนกระทั่งการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

กิตติกรรมประกาศ

รายการตารางประกอบ

รายการภาพประกอบ

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในสูตรต่าง ๆ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 บทนำ 1

1.2 การสำรวจงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งได้กระทำมาแล้วโดยผู้อื่น 1

1.3 ลักษณะของคานไม้ประกับของไม้ต่างชนิด 4

1.4 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการค้นคว้า 4

1.5 ประโยชน์ที่ได้จากการค้นคว้านี้ 6

บทที่ 2 กำลังในการรับแรงเฉือนของรอยต่อกาว 8

2.1 การดำเนินงาน 8

2.2 คุณสมบัติของกาวและการเลือกชนิดกาว 8

2.3 การใช้กาวยูเรีย ฟอร์มัลดีไฮด์(Urea formaldehyde) 10

2.4 สาเหตุที่มีผลต่อกำลังของรอยต่อกาว 11

2.5 การเตรียมชิ้นตัวอย่างในการทดสอบแรงเฉือน 12

2.6 วิธีการทดลอง 15

2.7 ผลการทดลอง 15

2.8 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 15

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

หน้า

บทที่ 3		ทฤษฎี	22
	3.1	สมมุติฐานเบื้องต้น	22
	3.2	ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดัดและโมเมนต์ภายใน-พิกัดสัดส่วน	22
	3.3	โมดูลัสยืดหยุ่น	25
	3.4	หน่วยแรงดัดและโมดูลัสแตกหัก	26
	3.5	แรงประลัย	27
	3.6	แรงเฉือน	27
บทที่ 4		คุณสมบัติทั่วไปของไม้แดงและไม้ยาง	33
	4.1	มาตรฐานที่ใช้ในการทดลอง	33
	4.2	การทดสอบแรงดัด	33
	4.3	การทดสอบแรงอัดขนานเสี้ยน	33
	4.4	การทดสอบแรงอัดตั้งฉากกับเสี้ยน	34
	4.5	การทดสอบแรงเฉือนขนานเสี้ยน	34
	4.6	การทดสอบหาปริมาณความชื้น	35
	4.7	สรุปผลการทดลอง	35
บทที่ 5		การเตรียมและประกอบคานไม้ประกับ	42
	5.1	การดำเนินงานทั่วไป	42
	5.2	การเตรียมและคัดเลือกวัสดุ	43
	5.3	การเตรียมเครื่องมือ	43
	5.4	การประกอบคานไม้ประกับ	43
บทที่ 6		วิธีดำเนินการทดลองและผลการทดลอง	50
	6.1	การทดลองคานไม้ประกับ	50

หน้า

6.1.1 วิธีดำเนินการทดลอง 50

6.1.2 ผลการทดลอง 50

6.2 การทดลองคานไม้ต้นของไม้แดงและไม้ยาง 67

6.2.1 วิธีดำเนินการทดลอง 67

6.2.2 ผลการทดลอง 67

6.3 ไม้ชิ้นตัวอย่างขนาดเล็ก 67

6.3.1 วิธีดำเนินการทดลอง 67

6.3.2 ผลการทดลอง 75

บทที่ 7 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 83

7.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 83

7.1.1 คานไม้ประกับ 83

7.1.2 คานไม้ต้น 90

7.2 สรุปผลการทดลอง 92

บรรณานุกรม 95

ประวัติการศึกษา 97

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	คำอธิบาย	หน้า
1.	ค่าหน่วยแรงเฉือนของรอยต่อกาวระหว่างไม้ยางกับไม้ยาง	17
2.	ค่าหน่วยแรงเฉือนของรอยต่อกาวระหว่างไม้แดงกับไม้ยาง	18
3.	ค่าหน่วยแรงเฉือนของรอยต่อกาวระหว่างไม้แดงกับไม้แดง	19
4.	ผลการทดลองกลสมบัติทั่วไปของไม้แดง	40
5.	ผลการทดลองกลสมบัติทั่วไปของไม้ยาง	41
6.	ผลการทดลองของคานไม้ประกับต่าง ๆ	53
7.	ผลการทดลองคานไม้ตันของไม้แดงและไม้ยาง	68
8.	ผลการทดลองของคานไม้ประกับตัวอย่างขนาดเล็กของไม้ยาง	76
9.	ผลการทดลองของคานไม้ประกับตัวอย่างขนาดเล็กของไม้แดง	77
10.	ผลการทดลองของคานตัวอย่างขนาดเล็กของไม้ยาง	78
11.	ผลการทดลองของคานตัวอย่างขนาดเล็กของไม้แดง	79
12.	ผลการทดลองของคานตัวอย่างขนาดเล็กของคานไม้ประกับของไม้แดงและไม้ยางอย่างละครึ่ง	80
13.	การเปรียบเทียบค่าโมดูลัสยืดหยุ่น หน่วยแรงดัดที่จุด PL และโมดูลัสแตกหักที่คำนวณได้จากการทดลองและที่คำนวณได้จากสูตร	85
14.	การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ของตัวอย่างขนาดเล็กของคานไม้ประกับและคานไม้ตันของไม้แดงและไม้ยาง	86
15.	การเปรียบเทียบหน่วยแรงดัดที่จุด PL โมดูลัสแตกหัก โมดูลัสยืดหยุ่นของคานไม้ตัน และคานตัวอย่างขนาดเล็ก	91
16.	หน่วยแรงที่ควรใช้ในการคำนวณคานไม้ประกับ	94

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

รายการภาพประกอบ

รูปที่	คำอธิบาย	หน้า
1	เครื่องมืออัดไม้ชิ้นตัวอย่างสำหรับทดลองแรงเฉือน	13
2	ขนาดของไม้ชิ้นตัวอย่างสำหรับทดลองแรงเฉือน	14
3	วิธีชอยไม้ชิ้นตัวอย่างสำหรับทดลองแรงเฉือน	14
4	อุปกรณ์ทดสอบแรงเฉือน	14
5	เครื่องมือทดสอบแรงเฉือน	16
6	กราฟแสดงค่าแรงอัดไม้ประกับกับหน่วยแรงเฉือน	20
7	กราฟเปรียบเทียบแรงอัดของไม้ประกับกับแรงบิดของกุญแจปอนด์	21
8	การกระจายของหน่วยแรงและหน่วยการยืดหดตัวของคานของไม้สองชนิด เนื่องจากโมเมนต์ดัดภายในพิกัดสัดส่วน	23
9	หน่วยแรงเฉือนของคานไม้ประกับของไม้สองชนิดในไม้ชั้นนอก	28
10	หน่วยแรงเฉือนของคานไม้ประกับของไม้สองชนิดในไม้ชั้นใน	30
11	ชิ้นตัวอย่างทดสอบแรงเฉือน	35
12	กราฟแสดงค่าน้ำหนักบรรทุกกับระยะโก่งเนื่องจากแรงดัดของไม้แดงและไม้ยาง	37
13	กราฟแสดงค่าน้ำหนักบรรทุกกับการหดตัว เนื่องจากแรงอัดขนานเสี้ยนของไม้แดงและไม้ยาง	38
14	กราฟแสดงค่าน้ำหนักบรรทุกกับการหดตัว เนื่องจากแรงอัดตั้งฉากกับเสี้ยนของไม้แดงและไม้ยาง	39
15	การจัดเรียงคานไม้ประกับแบบต่าง ๆ	42
16	เครื่องมือสำหรับประกอบคานไม้ประกับ	44
17	การทากาวของคานไม้ประกับ	47
18	การประกอบคานไม้ประกับ	48
19	คานไม้ประกับที่ประกอบเสร็จแล้ว	49

หน้า

รูปที่ คำอธิบาย

20 – 21	แบบการทดสอบคานไม้ประกับ	51
22 – 31	กราฟแสดงค่าน้ำหนักบรรทุกกับระยะโก่งของคานไม้ประกับ	54
32 – 34	แบบการแตกหักของคานไม้ประกับต่าง ๆ	64
35 – 38	กราฟแสดงค่าน้ำหนักบรรทุกกับระยะโก่งของคานไม้ตัน	69
39 – 40	แบบการแตกหักของคานไม้ตันต่าง ๆ	73
41 – 42	แบบการแตกหักของคานตัวอย่างขนาดเล็กต่าง ๆ	81
43	กราฟแสดงค่าโมดูลัสยืดหยุ่นกับค่า x ที่ได้จากการทดลองและจากสูตร	87
44	กราฟแสดงค่าหน่วยแรงดัดที่จุด PL กับค่า x ที่ได้จากการทดลองและจากสูตร	88
45	กราฟแสดงค่าโมดูลัสแตกหักกับค่า x ที่ได้จากการทดลองและจากสูตร	89

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

สัญญลักษณ์ที่ใช้ในสูตรต่าง ๆ

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

A = พื้นที่หน้าตัด

b = ด้านกว้างของหน้าตัดคาน

c = ระยะจากแกนสะเทินถึงผิวนอกสุดของหน้าตัดคาน

d = ความลึกของหน้าตัดคาน

E_e = โมดูลัสยืดหยุ่นเสมือนของหน้าตัดผสม

= Equivalent modulus of elasticity of composite section

E_i = โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้แต่ละชนิด

E_m = โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้บริเวณไส้แกนของหน้าตัดคาน

E_t = โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้บริเวณผิวนอกของหน้าตัดคาน

E_y = โมดูลัสยืดหยุ่นที่ระยะ Y จากแกนสะเทิน

f = หน่วยแรงดัด

g = อัตราส่วนระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้บริเวณผิวนอกกับโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้บริเวณไส้แกน (E_t/E_m)

I = โมเมนต์อินเนอร์เชียรวมรอบแกนสะเทินของหน้าตัดคาน

I_i = โมเมนต์อินเนอร์เชียของไม้แต่ละชนิดรอบแกนสะเทินของหน้าตัดคาน

K_1 = ตัวคงที่ $= 1 - \frac{(1 - 2r)^3 (g - 1)}{g}$

L = ความยาวของช่วงคาน

M = โมเมนต์ต้านทานต่อแรงดัด

r = อัตราส่วนระหว่างความหนาของชั้นไม้ประกับชั้นนอกกับความลึกของหน้าตัดคาน

V = แรงเฉือนทั้งหมดของแต่ละหน้าตัด

Y = ระยะจากแกนสะเทินถึงจุดที่พิจารณา

Zd = ระยะจากผิวนอกสุดของหน้าตัดคานถึงจุดที่พิจารณา

ϵ = หน่วยการยืดหดตัวของไม้

τ = หน่วยแรงเฉือนในแนวขนานเสี้ยน

PL = พิกัดสัดส่วน = Proportional limit

E = โมดูลัสยืดหยุ่น = Modulus of elasticity

R = โมดูลัสแตกหัก = Modulus of rupture