บทที่ 7

การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

7.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

7.1.1 คานไม้ประกับ

เนื่องจากคานไม้ประกับทั้งหมดได้ออกแบบให้แตกหักโดยแรงดัดและจากผลการทดลองปรากฏว่า คาน Ia, Ib, IIa, IIb, IIIa, IIIb, IVb และ Vb แตกหักโดยแรงดัดชนิดแรงดึง ส่วนคาน IVa และ Va แตกหักโดยแรงดัดชนิดแรงดึงขวางเสี้ยน (Cross-grain-Tension) ที่ผิวล่างของคาน ทั้งนี้เนื่องจากความชันของเสี้ยนไม้ของผิวล่างของคานมีค่ามาก จึงทำให้คานแตกหักโดยแรงดัดชนิดแรงดึงขวางเสี้ยน และทำให้คาน IVa และ Va รับน้ำหนักบรรทุกได้น้อยกว่าปรกติ ส่วนคาน IIa ให้ค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับคาน IIb เพราะว่าเนื้อไม้ที่ผิวคานด้านล่างมีรอยแตกและตาไม้อยู่ก่อน จึงทำให้คาน IIa รับน้ำหนักบรรทุกได้น้อยกว่าคาน IIb เล็กน้อย ผลการทดลองทั้งหมดได้แสดงไว้ในตารางที่ 6

การเปรียบเทียบค่าโมดูลัสยืดหยุ่น, หน่วยแรงดัดที่พิกัดสัดส่วน (Proportinal Limit) และโมดูลัสแตกหัก ที่ได้จากการทดลองและจากสูตรแสดงไว้ในตารางที่ 13 ค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองนำมาจากตารางที่ 6 ส่วนค่าจากสูตรที่ได้คำนวณมาจากสูตรต่าง ๆ ในหัวข้อที่ 3.2, 3.3 และ 3.4 ซึ่งนำมาใช้คำนวณกับหน้าตัดของคานไม้ประกับทั้งหมด และกราฟที่แสดงการเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ เหล่านี้ แสดงไว้ในรูปที่ 43, 44 และ 45

จากตารางที่ 13 จะเห็นว่า ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ได้จากการทดลองมีค่ามากกว่าที่ได้จากสูตร ค่าเปอร์เซนแตกต่างนี้มีค่าตั้งแต่ 15 ถึง 39 เปอร์เซนต์ เหตุที่ค่าที่ได้จากการทดลองมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากสูตร เนื่องจากการคัดเลือกไม้ที่มีคุณภาพดีมาประกอบทำคานไม้ประกับ ส่วนค่าหน่วยแรงดัดที่พิกัดสัดส่วน และโมดูลัสแตกหักนั้น นอกจากคาน IIa, IVa และ Va แล้ว ค่าที่ได้จากการทดลองจะมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากสูตร เนื่องจากการนำไม้ที่มีคุณภาพดีมาประกอบทำคานไม้ประกับ ส่วนคาน IIa, IVa และ Va นั้น ให้ค่าหน่วยแรงดัดและโมดูลัสแตกหักที่ได้จากการทดลองน้อยกว่าได้จากสูตร เพราะว่าเนื้อไม้ที่ผิวนอกสุดทางด้านแรงดึงของคาน IIa นั้นมีตาไม้และรอยแตกอยู่เล็กน้อย ส่วนคาน IVa และ Va นั้น คานไม้แตกหักโดยแรงดึงขวางเสี้ยน (Cross-grain - tension) จึงทำให้ค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าน้อยกว่าค่าจากสูตร

การเปรียบเทียบคุณสมบัติในการรับแรงดัดของชิ้นตัวอย่างขนาดเล็กทั้งชนิดคานไม้ประกับและคานไม้ตันของไม้แดงและไม้ยาง แสดงไว้ในตารางที่ 14 จากผลการทดลองจะพบว่าชิ้นตัวอย่างของคานไม้ประกับให้ค่าความแข็งแรงมากกว่าชิ้นตัวอย่างของคานไม้ตัน ทั้งนี้เนื่องจากคานไม้ตันมีตำหนิโดยธรรมชาติอยู่มาก เช่น ตาไม้ รอยแตก และตำหนิโดยแมลง ส่วนคานไม้ประกับเลือกใช้ไม้ที่มีคุณภาพดี จึงทำให้คานไม้ประกับมีความแข็งแรงมากกว่าคานไม้ตัน

ผลการทดลองของคานไม้ประกับตัวอย่างขนาดเล็กของคานผสมไม้แดงกับไม้ยางอย่างละครึ่ง (1. ไม้แดงครึ่งหนึ่งอยู่ด้านบนและไม้ยางครึ่งหนึ่งอยู่ด้านล่าง, 2. ไม้แดงครึ่งหนึ่งอยู่ด้านล่างและไม้ยางครึ่งหนึ่งอยู่ด้านบน) แสดงไว้ในตาราง

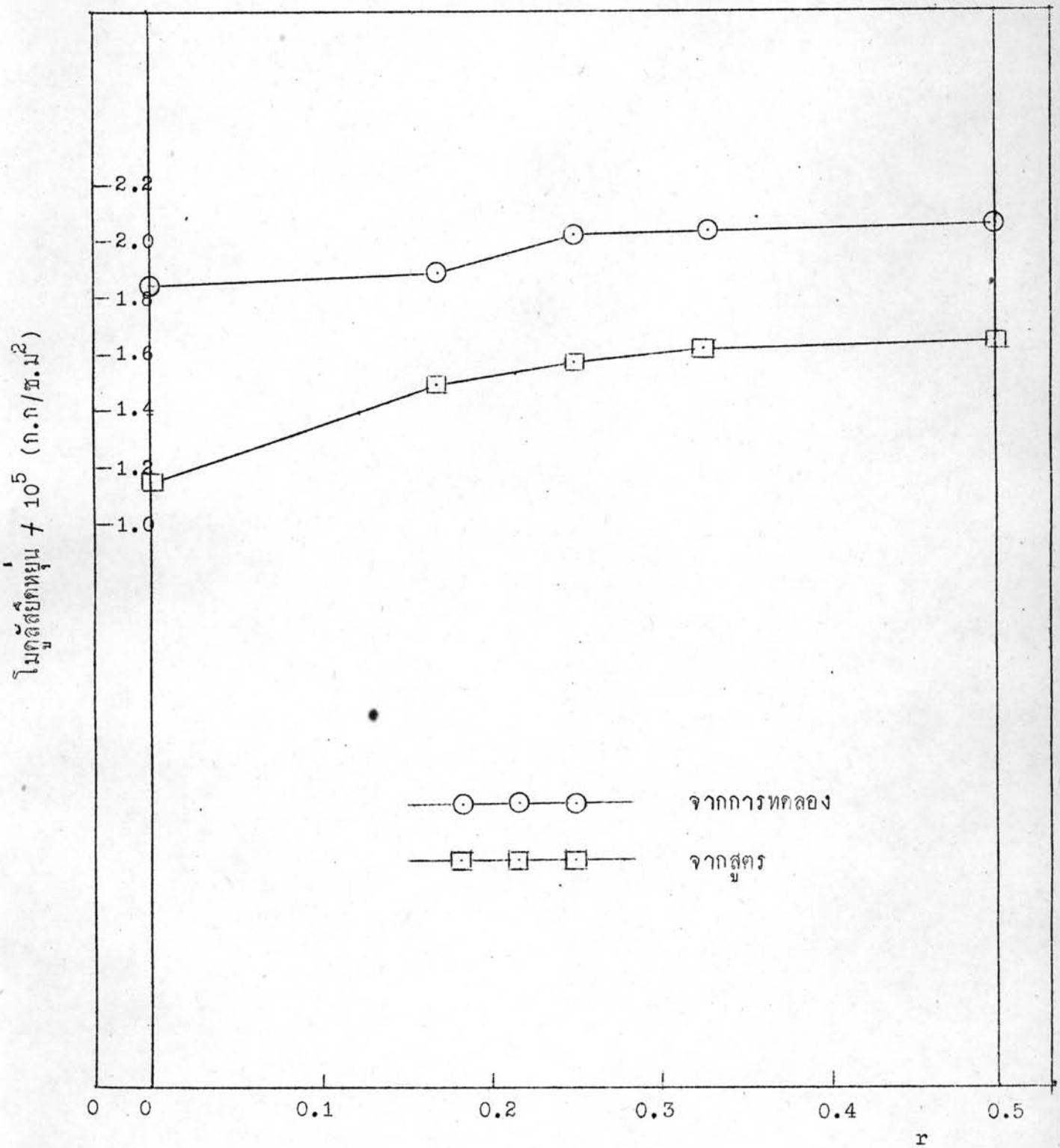
ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบค่าโมดูลัสยืดหยุ่น, หน่วยแรงดัดที่จุด PL และ โมดูลัสแตกหักที่คำนวณได้จากการทดลองและที่คำนวณได้จากสูตร

คาน หมายเลข	โมดูลัสยืดหยุ่น (ก.ก/ซ.ม^2)			หน่วยแรงดัดที่จุด PL (ก.ก/ซ.ม^2)			โมดูลัสแตกหัก (ก.ก/ซ.ม^2)		
	ค่าจากการทดลอง	ค่าจากสูตร	%แตกต่าง	ค่าจากการทดลอง	ค่าจากสูตร	%แตกต่าง	ค่าจากการทดลอง	ค่าจากสูตร	%แตกต่าง
Ia	1.868×10^5	1.132×10^5	+39.40	638	607	+4.85	1042	964	+7.49
Ib	1.785×10^5	1.132×10^5	+36.58	697	607	+12.91	880	964	-9.54
IIa	1.742×10^5	1.480×10^5	+16.04	619	634	-2.42	848	1025	-20.87
IIb	1.990×10^5	1.480×10^5	+25.62	765	634	+12.68	1093	1025	+6.22
IIIa	2.055×10^5	1.557×10^5	+24.23	783	668	+14.69	1175	1079	+8.17
IIIb	1.941×10^5	1.557×10^5	+19.78	745	668	+10.34	1146	1079	+5.84
IVa	1.898×10^5	1.601×10^5	+15.65	681	686	-0.73	945	1110	-17.46
IVb	2.123×10^5	1.601×10^5	+24.59	848	686	+19.10	1261	1110	+11.97
Va	1.967×10^5	1.619×10^5	+17.69	663	694	-4.67	995	1122	-12.76
Vb	2.085×10^5	$1.619.10^5$	+22.35	859	694	+19.21	1324	1122	+15.26

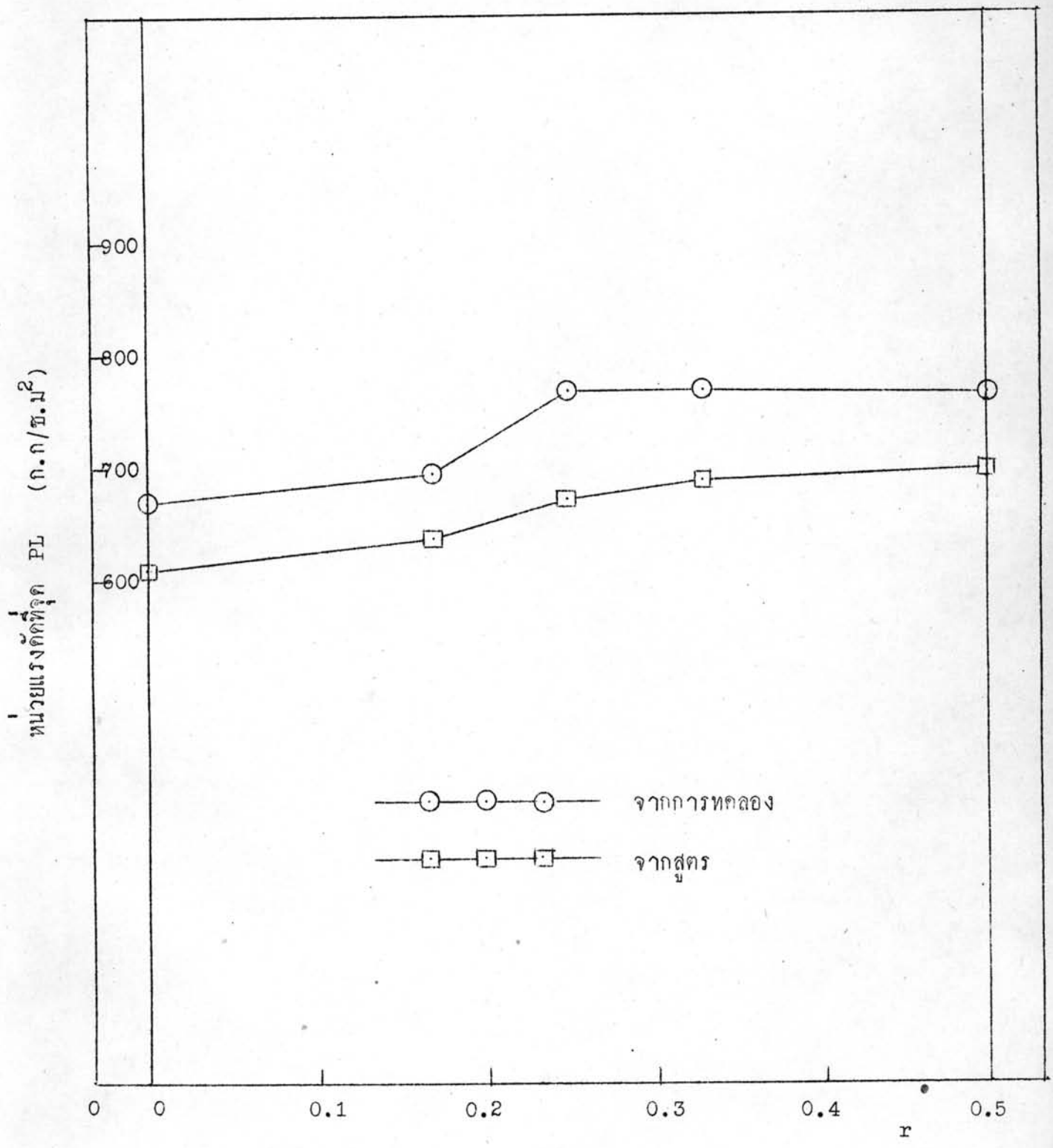
ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ของคานตัวอย่างขนาดเล็ก
ชนิดคานไม้ประกับและคานไม้ตันของไม้แดงและไม้ยาง

คุณสมบัติต่าง ๆ		ชิ้นตัวอย่างไม้แดง			ชิ้นตัวอย่างไม้ยาง		
		ไม้ตัน	ไม้ประกับ	% *	ไม้ตัน	ไม้ประกับ	% *
การทดสอบแรงดัด	หน่วยแรงดัดที่จุด PL. (ก.ก/ซ.ม^2)	610	738	120.98	540	623	115.37
	โมดูลัสแตกหัก (ก.ก/ซ.ม^2)	1190	1375	115.55	1038	1127	108.57
	โมดูลัสยืดหยุ่น (ก.ก/ซ.ม^2)	1.50×10^5	1.651×10^5	110.00	1.415×10^5	1.447×10^5	102.26

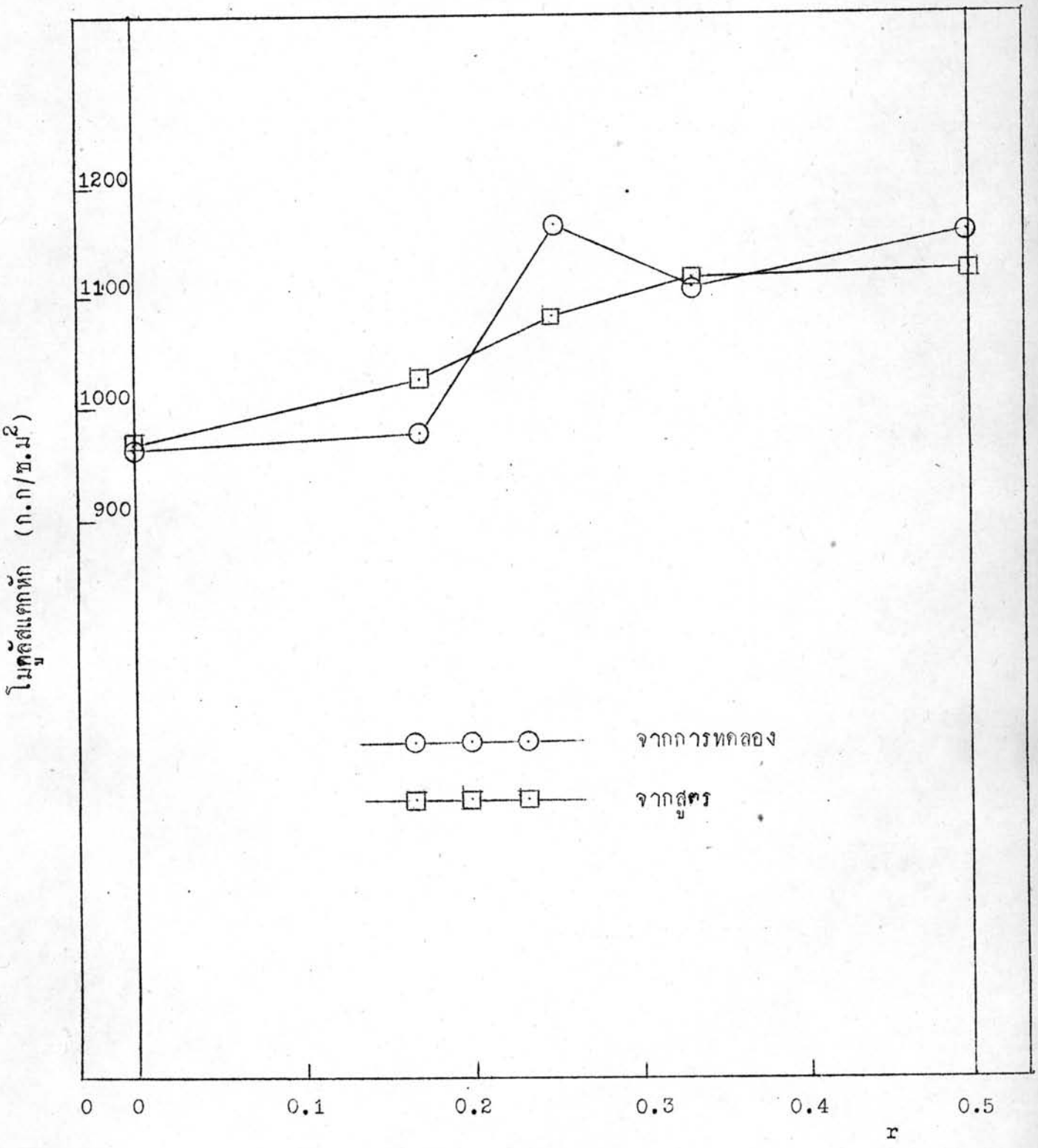
* เปอร์เซนต์ของชิ้นตัวอย่างไม้ประกับต่อไม้ตัน



รูปที่ 43 กราฟแสดงค่าโมดูลัสยืดหยุ่นกับค่า r
ที่ได้จากการทดลองและจากสูตร



รูปที่ 44 กราฟแสดงค่าหน่วยแรงดัดที่จุด PL
กับค่า r ที่ได้จากการทดลองและจากสูตร



รูปที่ 45 กราฟแสดงค่าโมดูลัสแตกหักกับค่า r
ที่ได้จากการทดลองและจากสูตร

ที่ 12 จากผลการทดลองจะพบว่าความแข็งแรงในการรับแรงดัดของคานทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน แต่แบบการแตกหักของคานทั้งสองชนิดไม่เหมือนกัน สำหรับคานที่ไม้แดงอยู่ด้านบนและไม้ยางอยู่ด้านล่างนั้น คานจะแตกหักโดยแรงดัดชนิดแรงดึงที่ผิวนอกสุดของไม้ยางแต่เพียงอย่างเดียว แต่สำหรับคานที่ไม้แดงอยู่ด้านล่างและไม้ยางอยู่ด้านบนนั้น คานจะแตกหักโดยแรงอัดที่ผิวนอกสุดของไม้ยาง และตามมาด้วยแรงดึงที่ผิวนอกสุดของไม้แดง ทั้งนี้เนื่องจากไม้ยางเป็นไม้ที่มีความต้านทานต่อแรงอัดต่ำกว่าไม้แดง ดังนั้นเมื่อวางไม้ยางไว้ทางด้านแรงอัด และไม้แดงทางด้านแรงดึง แล้วไม้ยางจะแตกหักโดยแรงดัดชนิดแรงอัดก่อนและตามมาด้วยแรงดัดชนิดแรงดึงที่ผิวนอกของไม้แดง

7.1.2 คานไม้ตัน

จากผลการทดลองปรากฏว่า คาน VIa, VIIa และ VIIb แตกหักโดยแรงดัดชนิดแรงดึง ส่วนคาน VIb แตกหักโดยแรงดัดชนิดแรงดึงขวางเสี้ยน (Cross-grain-tension) เนื่องจากความชันของเสี้ยนไม้ที่ผิวนอกด้านล่างมีค่ามาก ผลการทดลองทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 7 ตารางที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสยืดหยุ่น, หน่วยแรงดัดที่พิกัดสัดส่วนและโมดูลัสแตกหักของคานไม้ตันและคานตัวอย่างขนาดเล็กชนิดคานไม้ตัน แสดงให้เห็นว่า ค่าหน่วยแรงดัดที่พิกัดสัดส่วนและโมดูลัสแตกหักของคานไม้ตันมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากคานตัวอย่างขนาดเล็ก ทั้งนี้เนื่องจากคานไม้ตันขนาดจริงมีตำหนิโดยธรรมชาติเช่น ตาไม้ รอยแตก และตำหนิโดยแมลงอยู่ภายในเนื้อไม้ จึงทำให้ความแข็งแรงของคานไม้ตันขนาดจริงมีค่าลดน้อยลง ส่วนค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคานทั้งสองชนิดนี้ปรากฏว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบหน่วยแรงดัด, โมดูลัสแตกหัก, โมดูลัสยืดหยุ่น ของคานไม้ตัน, คานตัวอย่างขนาดเล็กชนิดไม้ตัน

	คานหมายเลข	หน่วยแรงดัดที่จุด PL (กก/ซม^2)		โมดูลัสแตกหัก (กก/ซม^2)		โมดูลัสยืดหยุ่น (กก/ซม^2)	
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
ไม้แดง	แดง 1	564	610	932	1190	1.897×10^5	1.501×10^5
	แดง 2	583		980		1.885×10^5	
	ค่าเฉลี่ย	574	610	956	1190	1.891×10^5	1.501×10^5
ไม้ยาง	ยาง 1	466	540	815	1038	1.710×10^5	1.415×10^5
	ยาง 2	495		743		1.397×10^5	
	ค่าเฉลี่ย	481	540	779	1038	1.554×10^5	1.415×10^5

(1) จากคานไม้ตัน

(2) จากค่าเฉลี่ยคานตัวอย่างขนาดเล็กชนิดไม้ตัน

7.2 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองทั้งหมดในการค้นคว้าครั้งนี้สรุปได้ว่า

1. กาวยูเรีย ฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde) ซึ่งเป็นกาวที่ให้ความแข็งแรงในการรับแรงเฉือนของรอยต่อระหว่างเนื้อไม้ด้วยกาวได้สูงพอควร และมีราคาถูก สามารถใช้ในการประกอบทำคานไม้ประกับของไม้แดงและไม้ยางได้ดี โดยใช้แรงดันสำหรับการอัดไม้ 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

2. คานไม้ประกับมีข้อได้เปรียบกว่าคานไม้ตัน เนื่องจากการประกอบทำคานไม้ประกับนั้น เราสามารถคัดเลือกไม้ที่มีคุณภาพดี มีตำหนิโดยธรรมชาติน้อย เช่น ตาไม้ รอยแตก และตำหนิโดยแมลง จึงทำให้คานไม้ประกับมีความแข็งแรงมากกว่าคานไม้ตัน

3. ในคานไม้ประกับของไม้สองชนิดนั้น เราสามารถเลือกไม้ที่มีความแข็งแรงมากไว้ในบริเวณที่มีหน่วยแรงดัดสูง และเลือกไม้ที่มีความแข็งแรงน้อยไว้ในบริเวณที่มีหน่วยแรงดัดต่ำ จึงเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย และน้ำหนักของคานไม้ประกับก็เบากว่าคานไม้ตันด้วย โดยให้มีความแข็งแรงในการรับน้ำหนักได้เท่า ๆ กันกับคานไม้ตัน

4. จากสูตรต่าง ๆ ในบทที่ 3 นั้น เราสามารถคำนวณค่าโมดูลัสยืดหยุ่น หน่วยแรงดัดที่พิกัดสัดส่วน (Proportional limit) โมดูลัสแตกหัก และแรงเฉือนของคานไม้ประกับของไม้แดงกับไม้ยางได้ เนื่องจากค่าที่ได้จากการทดลองสูงกว่าค่าที่ได้จากสูตร

5. ในการประกอบคานไม้ประกับนั้น ควรคัดเลือกไม้แผ่นโดยพยายามหลีกเลี่ยงตำหนิไม้ เช่น ตาไม้ รอยแตก และไม้ที่มีเสี้ยนขวางบริเวณผิวนอกของคานไม้ประกับ ซึ่งจะทำให้ความแข็งแรงของคานไม้ประกับลดลง

6. จากการทดลองพบว่า คานไม้ประกับของไม้ยางชนิดเดียวสามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปได้ดี เพราะให้ความแข็งแรงในการรับน้ำหนักมากกว่าคานไม้ตันมากพอควร ถึงแม้ว่าความแข็งแรงของคานไม้ประกับของไม้ยางจะน้อยกว่าคานไม้ประกับของไม้แดงก็ตาม แต่ไม้ยางก็มีราคาถูกกว่าไม้แดง และให้ความแข็งแรงในการรับแรงเฉือนของรอยต่อระหว่างเนื้อไม้ด้วยกาวมีค่ามากกว่าไม้แดง

7. จากผลการทดลองในตารางที่ 6 ปรากฏว่า คานไม้ประกับของไม้แดงและไม้ยางสามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างได้ดี จากการทดสอบจะเห็นว่าคานไม้ประกับที่ประหยัดและเหมาะสมนั้น อัตราส่วนของความลึกของชั้นไม้แดงต่อความลึกทั้งหมดของคานนั้นควรอยู่ในช่วงมีค่าไม่เกิน 0.33 ($r \leq 0.33$)

8. จากผลการทดลองในตารางที่ 6 หน่วยแรงที่แนะนำให้ใช้ในการคำนวณคานไม้ประกับของไม้แดงและไม้ยาง โดยมีค่า $r = 0, 0.17, 0.25$ 0.33 และ 0.50 อยู่ในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 หน่วยแรงที่ยอมให้ใช้ในการคำนวณคานไม้ประกับ

คาน / คุณสมบัติต่าง ๆ	r = 0 (ยางล้วน)	r = 0.17	r = 0.25	r = 0.33	r = 0.5 (แดงล้วน)
*หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ (ก.ก/ซ.ม^2)	130	140	160	160	165
โมดูลัสยืดหยุ่นที่ยอมให้ (ก.ก/ซ.ม^2)	1.827×10^5	1.866×10^5	1.998×10^5	2.011×10^5	2.026×10^5
**หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ (ก.ก/ซ.ม^2)	14	14	14	14	14

* Factor of safety = 7

** หน่วยแรงเฉือนที่แกนสะเทิน คิด Factor of safety = 3