

บทที่ 4

วิธีวิจัย

4.1 ทัวไป

งานวิจัยเริ่มจาก การศึกษาหาคุณสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราที่ผ่านขบวนการอบและอัดฉีดน้ำยา และไม้ไผ่อัด การทดสอบกำลังรอยต่อของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ออกแบบหน้าตัดของไม้รูปตัวไอแบบหนึ่งมิติโดยใช้ทฤษฎีพื้นฐานเป็นเกณฑ์ ซึ่งจะได้สรุปเลือกตัวแทนขนาดหน้าตัดที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ดังกล่าวนี้มาประกอบเป็นตงไม้รูปตัวไอขนาดต่าง ๆ ในระบบตงพื้นไม้ ระบบคร่าวฝ้าไม้ และระบบแปหลังคา เพื่อทำการทดสอบหาลำกำลังรับน้ำหนักที่รับได้ โดยขั้นตอนการศึกษาย่างละเอียดแสดงในหัวข้อ 4.2 -4.5 ตามลำดับ

4.2 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

คุณสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดที่เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบตงไม้รูปตัวไอจะดำเนินการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D4442-84 และ ASTM D143-83 ดังแสดงในตาราง 4.1 และ 4.2

ตาราง 4.1 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพารา

การทดสอบชุดที่	คุณสมบัติ	มาตรฐานการทดสอบ	จำนวนตัวอย่าง
MCR	ปริมาณความชื้น	ASTM D4442-84	24
CPR	ความเค้นอัดขนานเสี้ยน	ASTM D143-83	24
CPP	ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน	ASTM D143-83	24
T	ความเค้นดึง	ASTM D143-83	24
F	ความเค้นดัด	ASTM D143-83	24

ตาราง 4.2 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของไม้ไผ่อัด

การทดสอบชุดที่	คุณสมบัติ	มาตรฐานการทดสอบ	จำนวนตัวอย่าง
MCB	ปริมาณความชื้น	ASTM D4442-84	24
S	ความเค้นเฉือน	ASTM D143-83	24

4.3 การทดสอบกำลังรอตของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

4.3.1 การทดสอบกำลังดึงของรอตแบบประสานนิ้วในไม้ยางพารา

รอตแบบประสานนิ้วมีการคล้ายกับการขัดประสานกันของนิ้วมือ ซึ่งจะให้ความแข็งแรงบริเวณรอตมากกว่าการต่อแบบทาบ หรือ การต่อแบบชน เนื่องจากในรอตแบบประสานนิ้วจะมีการกระจายตัวของความเค้นอย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งการต่อแบบประสานนิ้วยังให้พื้นที่ประสิทธิผลที่มากกว่าการต่อแบบอื่นๆ แต่การต่อแบบประสานนิ้วจำเป็นต้องใช้กาวเป็นตัวยึดประสานซึ่งจะต้องควบคุมความชื้นรอตของไม้ การทดสอบกำลังดึงของรอตแบบประสานนิ้วแสดงในตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ชุดการทดสอบกำลังดึงของรอตแบบประสานนิ้ว

การทดสอบชุดที่	มาตรฐานการทดสอบ	ชนิดกาว	ประเภท	วิธีการทดสอบ	จำนวนตัวอย่าง
DNA	ASTM D 4688-90	เนชั่นแนล 5001 (National 5001)	ฟีนอลฟอร์มอล ดีไฮด์	แบบแห้ง	40
WNA	ASTM D 4688-90	เนชั่นแนล 5001	ฟีนอลฟอร์มอล ดีไฮด์	แบบแช่น้ำภายใต้ สุญญากาศ - ความดัน	40
BNA	ASTM D 4688-90	เนชั่นแนล 5001	ฟีนอลฟอร์มอล ดีไฮด์	แบบต้มวนรอบ	40
DFJ	ASTM D 4688-90	ลาเทกซ์ เอฟเจ-35 (Latex FJ-35)	ฟีนอลฟอร์มอล ดีไฮด์	แบบแห้ง	40
WFJ	ASTM D 4688-90	ลาเทกซ์ เอฟเจ-35	ฟีนอลฟอร์มอล ดีไฮด์	แบบแช่น้ำภายใต้ สุญญากาศ - ความดัน	40
BFJ	ASTM D 4688-90	ลาเทกซ์ เอฟเจ-35	ฟีนอลฟอร์มอล ดีไฮด์	แบบต้มวนรอบ	40

4.3.2 การทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนของรอตไม้ระหว่างไม้ยางกับไม้ไผ่อัด

ดำเนินการทดสอบเพื่อหาค่ากำลังยึดเหนี่ยวของกาวบริเวณรอตระหว่างไม้ยางกับไม้ไผ่อัด ดังแสดงในตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ชุดการทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนของรอยต่อไม้ยางพารากับไม้ไผ่อัด

การทดสอบชุดที่	ชนิดกาว	จำนวนตัวอย่าง
NJ	เนชั่นแนล 5001	40
PJ	พานาเทกซ์ พี-300 (Panatex P-300)	40
ADJ	พานาเทกซ์ เอดี-15 (Panatex AD-15)	40
HJ	พานาเทกซ์ เอช-125 (Panatex H-125)	40

4.4 การวิเคราะห์ออกแบบหน้าตัดของไม้รูปตัวไอโดยใช้ทฤษฎีพื้นฐานหนึ่งมิติเป็นเกณฑ์

การวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดให้เหมาะสมกับระยะห่าง และระยะช่วงพาดของดงไม้รูปตัวไอในระบบดงพื้นไม้ ระบบคร่าวฟ้าไม้ และระบบแปะหลังคา ซึ่งควบคุมด้วยเงื่อนไขของกำลังรับน้ำหนักคัดปอดกัยของไม้ยางพารา กำลังเฉือนปอดกัยของไม้ไผ่อัด กำลังดึงปอดกัยของรอยต่อประสานนี้ว แรงเฉือนไหลปอดกัยที่รอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด ระยะแ่นตัวปอดกัยขององค์อาคาร กำลังรับการโก่งเคาะของรูปตัดไอในแนวดิ่ง และกำลังรับการโก่งเคาะแบบผสมแรงคัดและแรงบิด โดยนำค่าความเค้นปอดกัยจากการทดสอบกลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด และค่าแรงเฉือนไหลปอดกัยจากการทดสอบกำลังรอยต่อของไม้ยางกับไม้ไผ่อัด ดังแสดงไว้ในตาราง 4.5 มาแทนค่าหน่วยแรงปอดกัยดังกล่าวข้างต้น เพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักบรรทุกจรปอดกัยที่ดงไม้รูปตัวไอสามารถรับได้

ตาราง 4.5 ค่ากำลังปอดกัยของวัสดุที่ประกอบเป็นตงไม้รูปตัวไอ

วัสดุ	ส่วนประกอบ	คุณสมบัติ	ค่ากำลังปอดกัย	ส่วนปอดกัย
ไม้ยางพารา	ปีกคาน	ความเค้นอัดขนาน เฉียง	64 กก./ชม. ²	6.5
ไม้ไผ่อัด	แผ่นเอว	ความเค้นเฉียง	14 กก./ชม. ²	9
กาวฟีนอลฟอร์ มอลดีไฮด์ (เนชั่นแนล 5001)	รอยต่อประสาน นิ้วของปีกคาน	ความเค้นดึง (สภาพแห้ง)	48 กก./ชม. ²	9
	รอยต่อระหว่าง แผ่นปีกและเอว	แรงเฉือนไหล	14 กก./ชม.	9
คานประกอบรูป ตัวไอ	-	โมดูลัสยืดหยุ่น เทียบเท่า	100,000 กก./ชม. ²	-

หมายเหตุ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเทียบเท่าหาได้จากการทดสอบในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัวไอ

สำหรับระบบพื้นอาคารที่พักอาศัยทั่วไประบบตงพื้นไม้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 150 กก./ตร.ม. ฝาไม้ (ความสูงไม่เกิน 10 เมตร) สามารถรับน้ำหนักบรรทุกในแนวตั้งจากกับฝาได้เท่ากับ 50 กก./ตร.ม. และระบบแปหลังคาสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้เท่ากับ 30 กก./ตร.ม.

ขนาดของไม้ยางสำหรับใช้เป็นส่วนปีกคานที่มีจำหน่ายทั่วไปมี 2 ขนาดคือ 1 นิ้ว x 1 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว x 1.5 นิ้ว และไม้ไผ่อัดสำหรับทำในส่วนของแผ่นเอวมีขนาด 4 ฟุต x 8 ฟุต โดยมีความหนา 5 ขนาดได้แก่ 6 8 10 12 และ 15 มม.

4.4.1 ระบบตงพื้นไม้

ก. ขนาดหน้าตัดคานประกอบโดยประมาณ

ก-1 รูปตัดโดยประมาณของตงไม้รูปตัดไอ

จากความสัมพันธ์ของความเค้นและ โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในระบบคานในสมการ(3.12) เมื่อแทนค่าสมการ (3.13)-(3.15) ในสมการ (3.12) ได้ความสัมพันธ์ของมิติต่าง ๆ ของรูปตัดในรูปสมการ (4.1)

$$\frac{\frac{1}{12}bH^3 - \frac{1}{12}(b-t_w)(H-2b)^3}{\frac{H}{2}} = \frac{\frac{1}{8}(w_L + w_D)sL^2}{\sigma_R} \quad (4.1)$$

ก-2 ความลึกของรอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

ค่าความลึกของรอยต่อ d_w ที่ใช้ได้จากการกำหนดค่าที่สัมพันธ์กับขนาดของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด และนำไปตรวจสอบค่าแรงเฉือนไหลจากสมการ (3.24)

ข. การศึกษามิติสัมพันธ์ของรูปตัดไอ

จากสมการ(4.1) เมื่อกำหนดขอบเขตความแปรปรวนของตัวแปรน้ำหนักจรรยาที่ใช้งานในอาคารประเภทต่างๆ ขนาดของชิ้นส่วนไม้ยางพารา ความยาวของช่วงคานที่ใช้และเกณฑ์ระยะห่างของรูปตัดในการใช้ แทนค่าในสมการ (4.1) และตรวจสอบค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดที่ใช้ค่าความลึกของรอยต่อเท่ากับครึ่งหนึ่งของขนาดไม้ยางพาราในสมการ (3.24) จะได้มิติประกอบตงไม้รูปตัวไอ ดังแสดงในตาราง 4.6

ตาราง 4.6 มิติสัมพันธ์ของรูปตัดไอ น้ำหนัก และค่าแรงเหวี่ยงไฮลบริเวนรอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไฟ้อระบบตงพื้นไม้

b (ซม.)	t _w (ซม.)	w _D (กก./ตร.ม.)	w _L (กก./ตร.ม.)	L (ม.)	s (ม.)	H (ซม.)	q (กก./ซม.)	q _j (กก./ซม.)
3.81	0.6	15	150	2	0.3	7.80	9.12	14
					0.6	11.19	11.54	
				5	0.3	22.41	5.73	
					0.6	36.00	6.15	
			300	2	0.3	10.90	11.41	
					0.6	16.32	13.30	
				5	0.3	34.85	6.13	
					0.6	56.56	6.41	
3.81	0.8	15	150	2	0.3	7.80	8.99	14
					0.6	11.17	11.31	
				5	0.3	22.12	5.58	
					0.6	34.98	5.97	
			300	2	0.3	10.90	11.16	
					0.6	16.23	12.97	
				5	0.3	33.91	5.95	
					0.6	53.92	6.21	
3.81	1	15	150	2	0.3	7.80	8.86	14
					0.6	11.16	11.06	
				5	0.3	21.86	5.42	
					0.6	34.10	5.79	
			300	2	0.3	10.89	10.93	
					0.6	16.15	12.62	
				5	0.3	33.08	5.77	
					0.6	51.75	6.02	

ตาราง 4.6(ต่อ) มิติสัมพันธ์ของรูปตัดไอน้ำหนัก และค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดระบบตงพื้นไม้

b (ซม.)	t _w (ซม.)	w _D (กก./ม.)	w _L (กก./ตร.ม.)	L (ม.)	s (ม.)	H (ซม.)	q (กก/ซม.)	q _j (กก./ซม.)
3.81	1.2	15	150	2	0.3	7.80	8.73	14
					0.6	11.15	10.82	
				5	0.3	21.62	5.26	
					0.6	33.32	5.61	
			300	2	0.3	10.88	10.69	
					0.6	16.07	12.29	
				5	0.3	32.36	5.59	
					0.6	49.91	5.83	
3.81	1.5	15	150	2	0.3	7.80	8.54	14
					0.6	11.14	10.45	
				5	0.3	21.29	5.03	
					0.6	32.30	5.35	
			300	2	0.3	10.87	10.33	
					0.6	15.95	11.80	
				5	0.3	31.40	5.34	
					0.6	47.62	5.55	

จากผลในตาราง 4.6 พบว่าระบบตงพื้นไม้รูปไอนี้มีขนาดความสูงระหว่าง 3 นิ้ว–22 นิ้ว โดยความหนาแผ่นเอวที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดความสูงเพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาไม้หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ใช้ทั่วไปมีขนาด 4 นิ้ว–12 นิ้ว และพิจารณาถึงระยะความสูงจากหลังพื้นถึงหลังพื้นซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 3.00 ม. – 3.50 ม. ระยะความสูงจากหลังพื้นถึงท้องฝ้ามีขนาดตั้งแต่ 2.50 ม.– 3.00 ม. และขนาดคานที่ใช้รับตงไม้ต่างๆไปมีขนาดความสูงไม่เกิน 30 ซม. พบว่าตงไม้รูปตัวไอในระบบตงพื้นไม้ควรมีขนาดความสูงตั้งแต่ 8 นิ้ว–12 นิ้ว ฉะนั้นจะให้เหตุผลดังกล่าวขึ้นต้นพิจารณาขนาดหน้าตัดในตาราง 4.6 โดยได้เลือกขนาดความสูงที่จะนำมาวิเคราะห์เป็น 8 นิ้ว 10 นิ้ว และ 12 นิ้ว แต่ละขนาดจะพิจารณาความหนาที่ 8 มม. และ 10 มม. และเนื่องจากอัตราส่วนความลึกหน้า

ตัดต่อความหนาปีกมีค่ามากกว่าสอง ทั้งสามขนาด จึงต้องเพิ่มการค้ำข้างในระยะที่เหมาะสมดังที่จะได้กล่าวในหัวข้อ 4.4.1ง

ค. ขนาดหน้าตัดที่นำมาวิเคราะห์

จากการศึกษามิติสัมพันธ์ของรูปตัดไอที่ได้ในตาราง 4.6 สามารถนำมาใช้กำหนดขนาดหน้าตัดของระบบตงพื้นไม้ที่นำมาวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักแสดงในตาราง 4.7 โดยกำหนดให้แต่ละหน้าตัดใช้ระยะห่าง 0.3 ม. 0.4 ม. 0.5 ม. และ 0.6 ม. และใช้ระยะช่วงพาดเท่ากับ 2 ม. 2.5 ม. 3 ม. 3.5 ม. 4 ม. 4.5 ม. และ 5 ม. ตามลำดับ

ตาราง 4.7 องค์มิติรูปไอในระบบตงพื้นไม้ที่นำมาวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนัก

ขนาดหน้าตัด		
8 นิ้ว	10 นิ้ว	12 นิ้ว
8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม.	10 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม.	12 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม.
8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม.	10 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม.	12 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม.

ง. การวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักของตงไม้ประกอบรูปตัวไอโดยใช้ทฤษฎีพื้นฐานหนึ่งมิติเป็นเกณฑ์

การวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัดไอ แสดงได้ในรูปแบบตารางและกราฟ ซึ่งใช้ค่าหน่วยแรงปลอดภัย ขนาดหน้าตัด ระยะห่าง และระยะช่วงพาดดังกล่าวข้างต้น แทนในสมการหาค่าน้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัยที่ใช้สัญลักษณ์ดังนี้

W_b = น้ำหนักบรรทุกจรหน่วย กก./ตร.ม. โดยใช้กำลังดัดปลอดภัยของไม้ยางพาราเป็นตัวกำหนด (สมการ 3.16)

W_s = น้ำหนักบรรทุกจรหน่วย กก./ตร.ม. โดยใช้กำลังเฉือนปลอดภัยของไม้ไผ่อัดเป็นตัวกำหนด (สมการ 3.21)

W_f = น้ำหนักบรรทุกจรหน่วย กก./ตร.ม. โดยใช้กำลังดัดปลอดภัยของรอยต่อประสานไม้เป็นตัวกำหนด (สมการ 3.23)

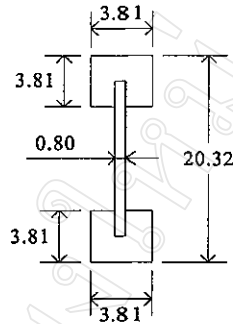
W_q = น้ำหนักบรรทุกจรหน่วย กก./ตร.ม. โดยใช้แรงเฉือนไหลเป็นตัวกำหนด (สมการ 3.25)

W_d = น้ำหนักบรรทุกทุกจหน่วย กก./ตร.ม. โดยใช้ระยะแ่นตัวปลอกภัยเป็นตั
กำหนด (สมการ 3.271)

และรูปแบบตารางและรูปกราฟแสดงตัวอย่างในตาราง 4.8 และรูป 4.1

สำหรับค่าน้ำหนักบรรทุกที่ขึ้นกับกำลังรับการโก่งเคาะแ่นวคิ่งมีค่าสูงมากจึงไม่นำมา
พิจารณา ส่วนกำลังรับการโก่งเคาะแบบผสมแรงคัดและแรงบิดจะใช้ในการคำนวณหาระยะค้ำข้าง
ที่ปลอกภัยในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัวไอตามสมการ (3.32)

ตาราง 4.8 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักบรรทุกจรโดยทฤษฎีพื้นฐาน
ระบบคองพื้น ไม้ขนาด 8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม.

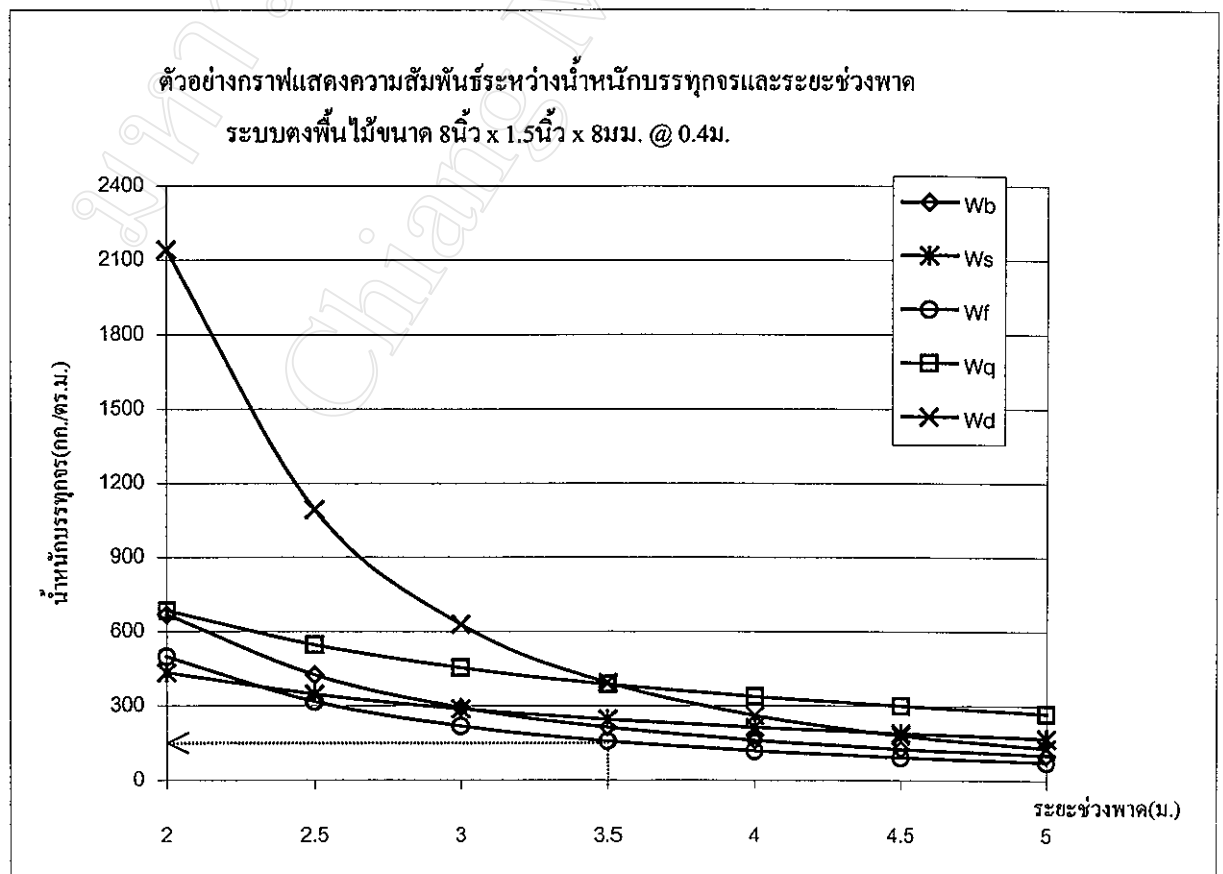
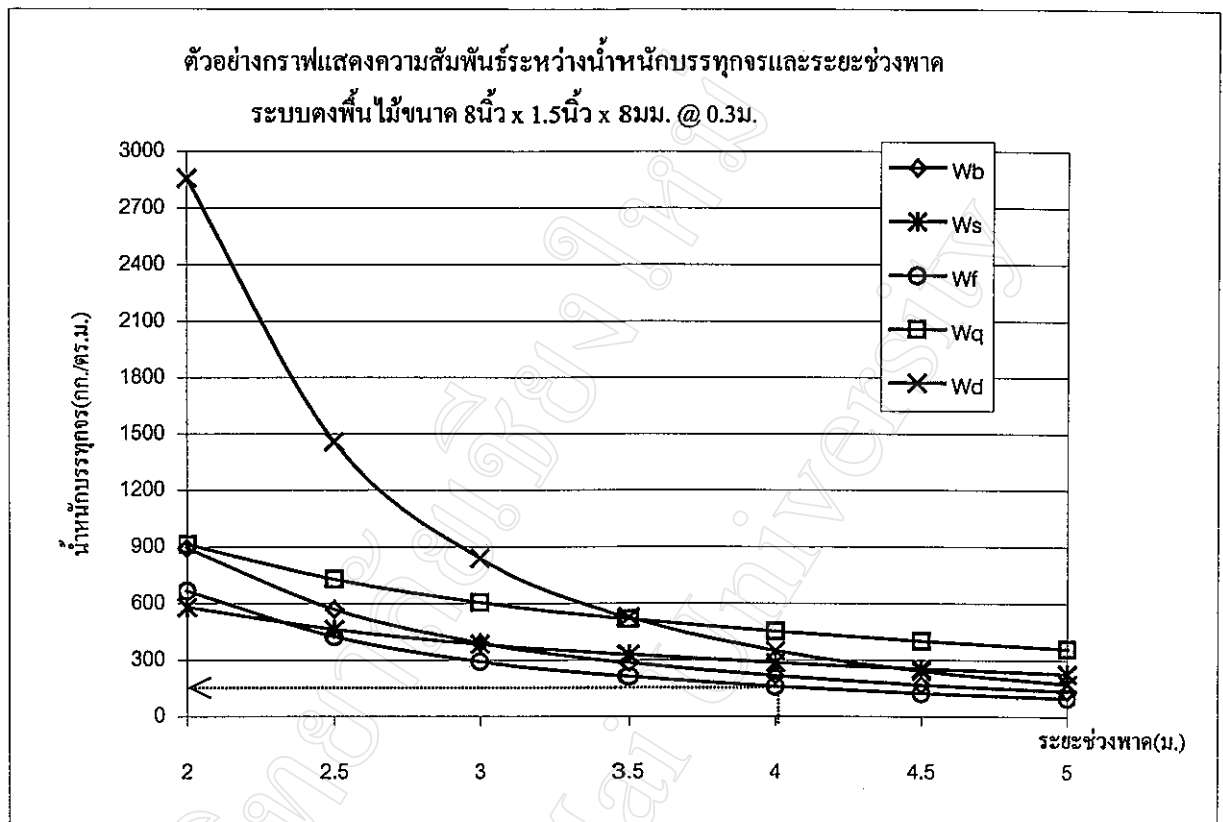


โมเมนต์ความเฉื่อย = 2150 ซม.⁴
น้ำหนักบรรทุกคงที่ = 3 กก./ม.

ระยะห่าง (ม.)	ระยะช่วง พาด (ม.)	Wb (กก./ตร.ม.)	Ws (กก./ตร.ม.)	Wf (กก./ตร.ม.)	Wq (กก./ตร.ม.)	Wd (กก./ตร.ม.)	น้ำหนักบรรทุกจร ปลอดภัย (กก./ตร.ม.)
0.3	2.0	893	580	667	913	2857	580
	2.5	568	462	423	728	1458	423
	3.0	391	384	291	605	839	291
	3.5	285	327	211	517	525	211
	4.0	216	285	159	452	348	159
	4.5	168	252	124	400	242	124
	5.0	134	226	98	359	173	98
0.4	2.0	669	435	500	684	2142	435
	2.5	425	346	317	546	1093	317
	3.0	293	287	218	454	629	218
	3.5	213	245	158	388	393	158
	4.0	161	213	119	338	261	119
	4.5	126	189	92	300	181	92
	5.0	100	169	73	269	130	73
0.5	2.0	536	348	400	548	1714	348
	2.5	341	277	254	437	875	254
	3.0	235	230	175	363	504	175
	3.5	171	196	127	310	315	127
	4.0	129	171	96	271	209	96
	4.5	101	151	74	240	145	74
	5.0	81	136	59	216	104	59
0.6	2.0	446	290	334	457	1428	290
	2.5	284	231	212	364	729	212
	3.0	196	192	145	303	420	145
	3.5	142	164	106	259	262	106
	4.0	108	143	80	226	174	80
	4.5	84	126	62	200	121	62
	5.0	67	113	49	180	87	49

หมายเหตุ :  พื้นที่แรเงาแสดงน้ำหนักบรรทุกจรที่ต่ำกว่า 150 กก./ตร.ม.

รูป 4.1 กราฟตัวอย่างรูปแบบการวิเคราะห์โดยทฤษฎีพื้นฐาน



4.4.2 ระบบคว่ำฝ้าไม้

ขนาดมิติประกอบตงไม้รูปไอในระบบนี้ดำเนินการเหมือนกับระบบตงพื้นไม้ ซึ่งค่าความสูงโดยประมาณของรูปตัดไอและค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดแสดงผลได้ใน ตาราง 4.9

ตาราง 4.9 มิติสัมพันธ์ของรูปตัดไอ น้ำหนัก และค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดระบบคว่ำฝ้าไม้

b (ซม.)	t _w (ซม.)	w _D (กก./ตร.ม.)	w _L (กก./ตร.ม.)	L (ม.)	s (ม.)	H (ซม.)	q (กก/ซม.)	q _j (กก./ซม.)
3.81	0.6	10	50	3	0.3	7.05	5.52	14
					0.6	10.04	7.27	
				5	0.3	12.01	4.77	
					0.6	18.21	5.48	
3.81	0.8	10	50	3	0.3	7.05	5.46	14
					0.6	10.03	7.13	
				5	0.3	11.99	4.67	
					0.6	18.07	5.34	
3.81	1	10	50	3	0.3	7.05	5.40	14
					0.6	10.03	6.99	
				5	0.3	11.97	4.56	
					0.6	17.94	5.19	
3.81	1.2	10	50	3	0.3	7.05	5.33	14
					0.6	10.03	6.84	
				5	0.3	11.96	4.46	
					0.6	17.82	5.05	
3.81	1.5	10	50	3	0.3	7.05	5.24	14
					0.6	10.02	6.64	
				5	0.3	11.93	4.30	
					0.6	17.64	4.84	

จากผลในตาราง 4.9 พบว่าระบบบ่อกว่าฝามีขนาดความสูงระหว่าง 2.7 นิ้ว–7 นิ้ว โดยขนาดความหนาแผ่นเอวที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนขนาดความสูงเพียงเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาถึงขนาดตงไม้ทั่วไป ส่วนใหญ่มีขนาดตั้งแต่ 4 นิ้วขึ้นไป ฉะนั้นจะใช้หน้าตัดดังกล่าวเป็นพื้นฐานพิจารณาขนาดความสูงเป็น 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว แต่ละขนาดจะพิจารณาความหนาที่ 6 มม. และ 8 มม. โดยกำหนดให้แต่ละหน้าตัดใช้ระยะห่าง 0.3 ม. 0.4 ม. 0.5 ม. และ 0.6 ม. และใช้ระยะช่วงพาดเท่ากับ 2 ม. 2.5 ม. 3 ม. 3.5 ม. 4 ม. 4.5 ม. และ 5 ม. ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.10 นำมาวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนัก

ตาราง 4.10 องค์มิติรูปโอในระบบบ่อกว่าฝามิที่นำมาวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนัก

ขนาดหน้าตัด	
4 นิ้ว	6 นิ้ว
4 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 6 มม.	6 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 6 มม.
4 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม.	6 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม.

สำหรับการวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักของตงไม้ประกอบรูปตัวโอ และการคำนวณหาระยะค้ำข้างที่ปลอดภัย ดำเนินการเหมือนระบบตงพื้นไม้

4.4.3 ระบบแปหลังคา

ขนาดมิติประกอบตงไม้รูปโอในระบบแปหลังคาดำเนินการเหมือนกับระบบตงพื้นไม้ ซึ่งค่าความสูงโดยประมาณของรูปตัดโอและค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อไม้ยาวพาราและไม้ไผ่อัดแสดงผลได้ในตาราง 4.11

ตาราง 4.11 มิติสัมพันธ์ของรูปตัดไอ น้ำหนัก และค่าแรงเลื่อนไหลบริเวณรอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดระบบแปะหลังคา

b (ซม.)	t _w (ซม.)	w _D (กก./ตร.ม.)	w _L (กก./ตร.ม.)	L (ม.)	s (ม.)	H (ซม.)	q (กก./ซม.)	q _j (กก./ซม.)
2.54	0.6	7	30	3	0.3	6.83	3.17	14
					0.6	10.08	3.72	
				5	0.3	12.30	2.36	
					0.6	19.17	2.55	
2.54	0.8	7	30	3	0.3	6.82	3.08	14
					0.6	10.02	3.57	
				5	0.3	12.16	2.26	
					0.6	18.65	2.44	
2.54	1	7	30	3	0.3	6.82	2.98	14
					0.6	9.96	3.43	
				5	0.3	12.04	2.16	
					0.6	18.20	2.33	
2.54	1.2	7	30	3	0.3	6.81	2.88	14
					0.6	9.90	3.30	
				5	0.3	11.92	2.07	
					0.6	17.80	2.22	
2.54	1.5	7	30	3	0.3	6.81	2.74	14
					0.6	9.83	3.09	
				5	0.3	11.76	1.93	
					0.6	17.29	2.06	

จากผลในตาราง 4.11 พบว่าระบบแปะหลังคามีขนาดความสูง 2.7 นิ้ว–7.5 นิ้ว โดยขนาดความหนาแผ่นเอวที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนขนาดความสูงเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาขนาดแปะหลักที่ใช้กันทั่วไปมีขนาดไม่เกิน 15 ซม. และขนาดคงไม้ส่วนใหญ่มีขนาดตั้งแต่ 4 นิ้วขึ้นไป ฉะนั้นจะใช้หน้าตัดที่มีขนาดความสูงเป็น 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว แต่ละขนาดจะพิจารณาความหนาที่ 6 มม. และ 8 มม. ซึ่งขนาดหน้าตัดของระบบแปะหลังคาที่นำมาวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักแสดง

ในตาราง 4.12 โดยกำหนดให้แต่ละหน้าตัดใช้ระยะห่าง 0.3 ม. 0.4 ม. 0.5 ม. และ 0.6 ม. และใช้ระยะช่วงพาดเท่ากับ 2 ม. 2.5 ม. 3 ม. 3.5 ม. 4 ม. 4.5 ม. และ 5 ม. ตามลำดับ

ตาราง 4.12 องค์มิติรูปไอในระบบแปะหลังคาที่นำมาวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนัก

ขนาดหน้าตัด	
4 นิ้ว	6 นิ้ว
4 นิ้ว x 1 นิ้ว x 6 มม.	6 นิ้ว x 1 นิ้ว x 6 มม.
4 นิ้ว x 1 นิ้ว x 8 มม.	6 นิ้ว x 1 นิ้ว x 8 มม.

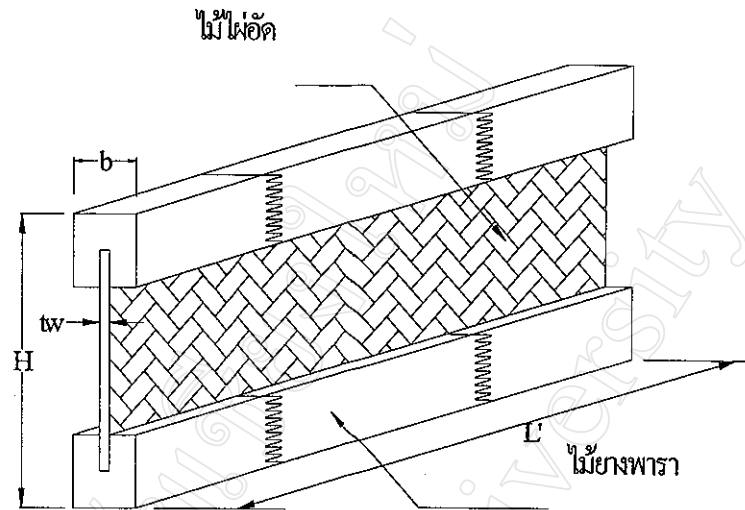
สำหรับการวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักของดงไม้ประกอบรูปตัวไอ และการคำนวณระยะค้ำข้างปลอดภัยดำเนินการเหมือนระบบดงพื้นไม้

4.5 การทดสอบกำลังรับน้ำหนักของดงไม้รูปตัวไอที่ผลิตจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

4.5.1 ระบบการทดสอบหาลังรับน้ำหนักของรูปตัดไอ

การทดสอบกำลังรับน้ำหนักของรูปตัดไอจากไม้ยางและไม้ไผ่อัด ดำเนินการโดยแบ่งเป็น 3 ระบบ คือ ระบบดงพื้นไม้ ระบบคร่าวฝาไม้ และระบบแปะหลังคา

การศึกษาถึงกำลังรับน้ำหนักของระบบดงไม้ที่ใช้ในระบบดงพื้นไม้ ระบบคร่าวฝาไม้ และระบบแปะหลังคา โดยนำข้อมูลจากการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.4 มาทำการประกอบเป็นคานรูปตัวไอ ขนาดต่างๆ จากดงไม้รูปไอ ดังแสดงในรูป 4.2 เนื่องจากการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของรูปตัดไอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด ไม่สามารถทำการวางน้ำหนักทดสอบโดยใช้รูปตัดไอหน้าตัดเดียวได้ จึงทำการทดสอบโดยนำรูปตัดไอสองหน้าตัดมายึดตามระยะห่างที่ทำการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.4 นำมาทำการทดสอบหาลังที่รับได้จริง ทั้งหมด 54 ตัวอย่าง ดังแสดงในตาราง 4.13

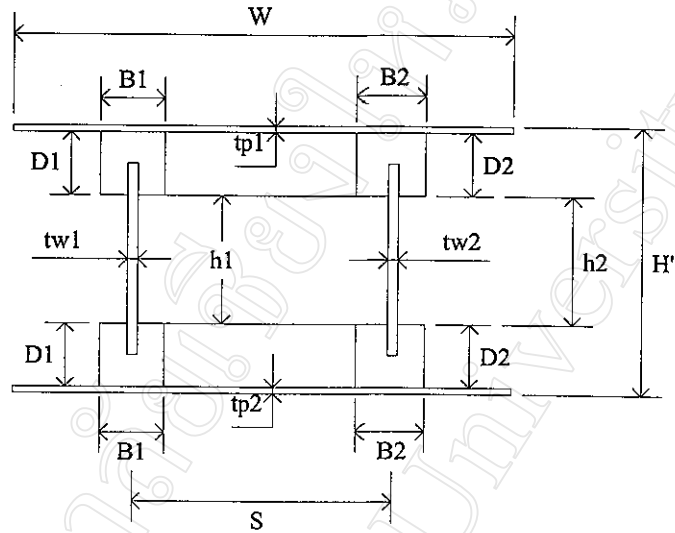


รูป 4.2 ขนาดตงไม้รูปตัวไอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

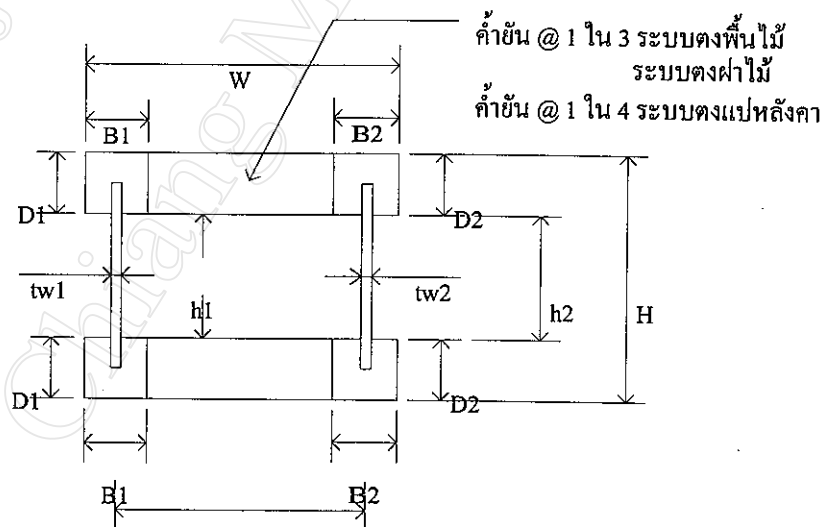
ตาราง 4.13 ขนาดตงไม้รูปตัวไอในระบบทดสอบต่างๆ

ระบบตงไม้	ขนาดรูปตัดไอ (นิ้วxนิ้วxมม.)	ระยะห่าง (เมตร)	ระยะช่วงพาด (เมตร)	จำนวนทดสอบ	
				มีแผ่นไม้ ประกบ	ไม่มีแผ่นไม้ ประกบ
ระบบตงพื้นไม้	8x1.5x8	0.40	3.00	3	3
	10x1.5x10	0.40	4.00	3	3
	12x1.5x8	0.40	4.00	3	3
ระบบคร่าวเสาไม้	4x1.5x6	0.30	3.00	3	3
	4x1.5x6	0.30	3.50	3	3
	6x1.5x6	0.30	4.00	3	3
ระบบแปะหลังคา	4x1x6	0.30	3.00	3	3
	6x1x6	0.30	3.50	3	3
	6x1x8	0.30	4.00	3	3
รวม				27	27

ดงไม้รูปไอที่ประกอบเป็นระบบต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบนั้นมีสัดส่วนของรูปตัดดังปรากฏในรูป 4.3 และ 4.4

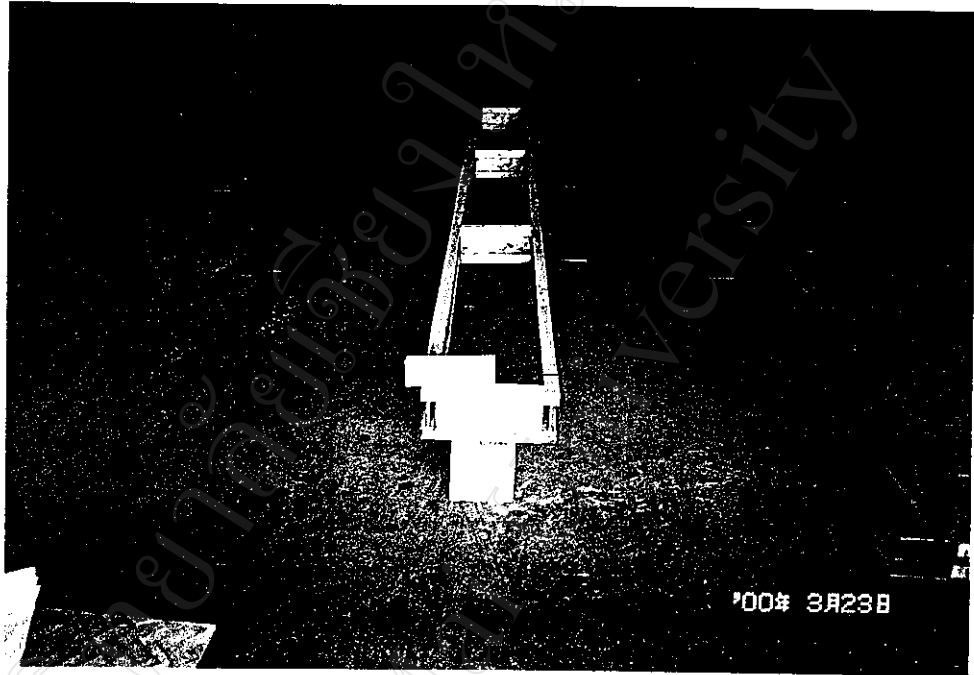


รูป 4.3 สัดส่วนของระบบต่าง ๆ ที่มีแผ่นไม้ไผ่อัดประกบ



รูป 4.4 สัดส่วนของระบบต่าง ๆ ที่ไม่มีแผ่นไม้ไผ่อัดประกบ

ระบบการค้ำยันของตงไม้ระบบต่างๆ แบ่งเป็นสองรูปแบบ คือ การค้ำยันแบบสองจุด (Two point bracing) สำหรับระบบตงพื้นไม้ ระบบคร่าวฝ้าไม้ ดังแสดงในรูป 4.5 และการค้ำยันแบบ สามจุด (Three point bracing) สำหรับระบบแปหลังคา ดังแสดงในรูป 4.6

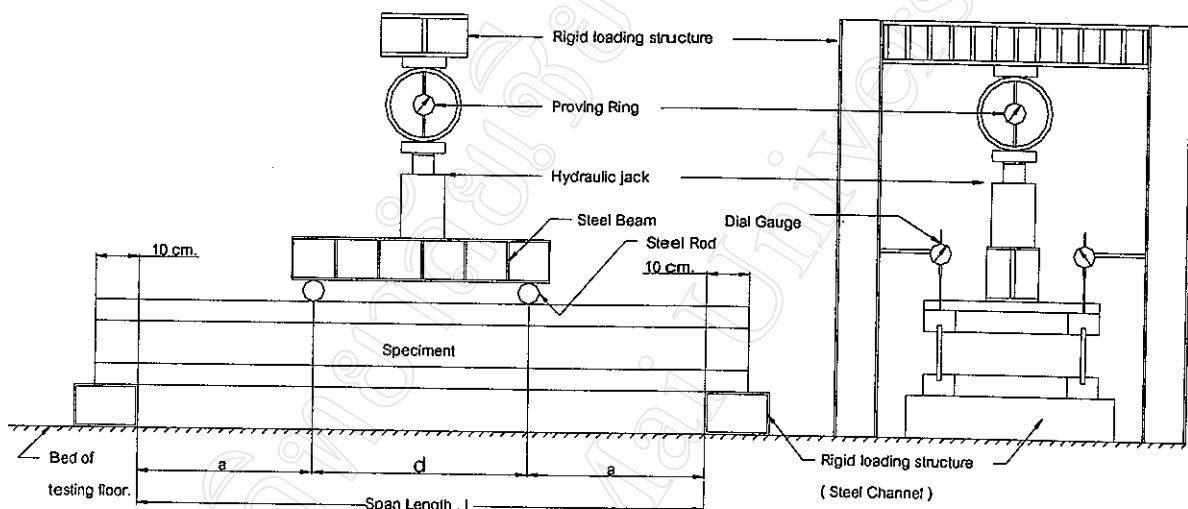


รูป 4.5 แสดงการค้ำยันแบบสองจุดของตงไม้ประกอบรูปตัวไอ

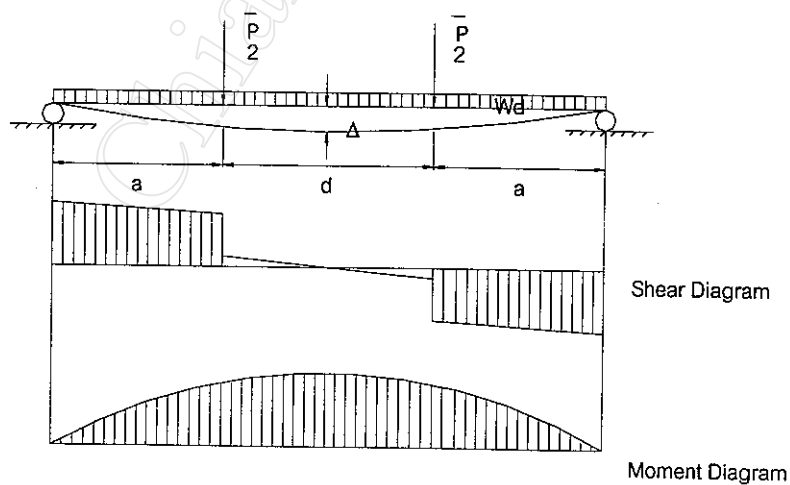


รูป 4.6 แสดงการค้ำยันแบบสามจุดของตงไม้ประกอบรูปตัวไอ

การทดสอบหาค่าลึงรับน้ำหนักของรูปตัดไอประกอบจากไม้ยางและไม้ไผ่อัด ได้เตรียมเครื่องมือทดสอบ ดังแสดงในรูป 4.7 ซึ่งกระทำโดยการกดน้ำหนักแบบแรงกระทำสองจุด บนทีกค่าน้ำหนักที่กระทำต่อตัวอย่างโดยอ่านค่าจากวงแหวนวัดแรง (Proving ring) และค่าระยะการแอ่นตัวของตัวอย่างด้วย Dial gauge ที่ตำแหน่งกึ่งกลางตงไม้ทั้งสองข้าง ซึ่งได้กำหนดระยะ d คงที่เท่ากับ 1.00 เมตร ดังแสดงในรูป 4.8 ถึงรูป 4.10

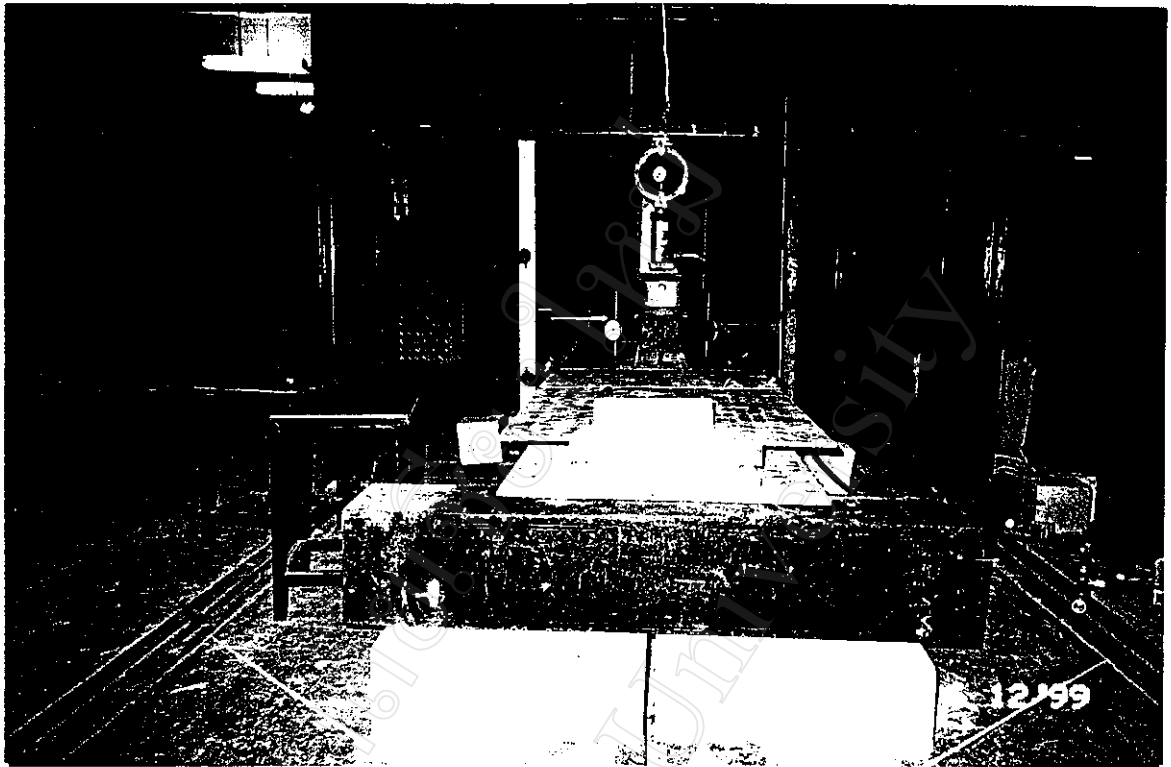


รูป 4.7 การติดตั้งระบบการทดสอบค่าลึงรับน้ำหนักของตงไม้รูปตัวไอ

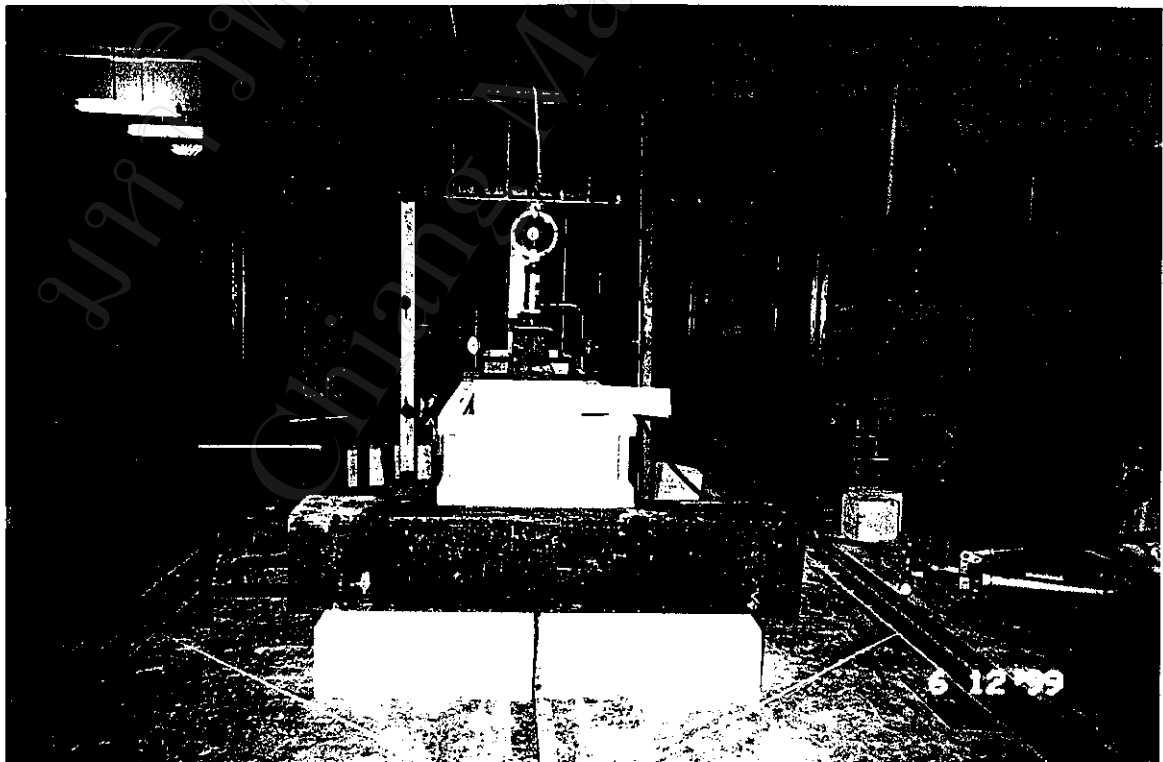


รูป 4.8 แสดง Shear Diagram และ Moment Diagram

ระบบการทดสอบค่าลึงรับน้ำหนักของตงไม้ประกอบรูปตัวไอ



รูป 4.9 การเตรียมการทดสอบกำลังรับน้ำหนักดงไม้ประกอบรูปตัวไอ



รูป 4.10 ตำแหน่งติดตั้ง Dial Gauge ในแนวดงไม้รูปตัวไอ

4.5.2 คำนำน้หนักแผ่กระจาย และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเทียบเท่าของดงไม้ประกอบรูปตัวไอ

จากข้อมูลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของแต่ละระบบ นำมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่กระทำกับระยะแอนตัวของดงไม้ ($P - \Delta$) สามารถหาคำน้หนัก และค่าระยะแอนตัวที่จุดยืดหยุ่น จากค่าสูงสุดของความสัมพันธ์เส้นตรงของกราฟ และค่าน้หนักประลัยจากการรับน้ำหนักสูงสุดของระบบดงไม้ทดสอบ สามารถหาคำน้หนักแผ่กระจายเทียบเท่าได้ จากการเทียบระยะแอนตัวเท่ากันระหว่างระยะแอนตัวเนื่องจากน้ำหนักกระทำแบบสองจุด กับระยะแอนตัวเนื่องจากน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายของค่าน้หนักยืดหยุ่น และค่าน้หนักประลัยจากสมการ(4.2)

$$w = \frac{64P}{5 \times 2Ls} \left[\frac{3a}{4L} - \left(\frac{a}{L} \right)^3 \right] \quad (4.2)$$

โดยที่ w เป็นน้ำหนักแผ่กระจายต่อหน่วยพื้นที่ หน่วยกิโลกรัมต่อตารางเมตร

$\frac{P}{2}$ เป็นแรงกระทำเป็นจุดสองจุด หน่วยกิโลกรัม

L เป็นระยะช่วงพาด หน่วยเมตร

a เป็นระยะที่แรงเป็นจุดห่างจากที่รองรับ หน่วยเมตร

s เป็นระยะห่างระหว่างดงไม้ หน่วยเมตร

ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเทียบเท่า (E_m) ของดงไม้ประกอบ สามารถหาได้จากจากค่าน้หนักและระยะแอนตัวที่จุดใดๆ บนความสัมพันธ์แบบเส้นตรงของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่กระทำกับระยะแอนตัวของดงไม้ประกอบ ($P - \Delta$) ดังสมการ(4.3)

$$E_m = \frac{P_E L^3}{2 \times 6 \Delta I} \left[\frac{3a}{4L} - \left(\frac{a}{L} \right)^3 \right] \quad (4.3)$$

โดยที่ E_m เป็นค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเทียบเท่า หน่วยกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

Δ เป็นค่าการแอนตัวที่ตำแหน่งกึ่งกลางดงไม้ที่จุดสัดส่วน หน่วยเมตร

$\frac{P_E}{2}$ เป็นแรงกระทำเป็นจุดสองจุดที่จุดสัดส่วน หน่วยกิโลกรัม