



สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
THE THAILAND RESEARCH FUND

ฝ่ายสนับสนุนการวิจัยในภาคอุตสาหกรรม

โครงการ ตงไม้รูปไอที่ผลิตจากไม้ยางพารา

Wood I – Joist from Rubber Wood

รายงานฉบับสมบูรณ์

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา เกษมเศรษฐ์

นางสาวหทัยรัตน์ มณีเทศ

นางสาวบุปผเวช พันธุ์ศรี

นายดำรงค์ ปึงสุวรรณ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้เป็นโครงการการที่ได้รับการสนับสนุนเงินทุน ในการดำเนินการวิจัยจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.) ฝ่ายสนับสนุนการวิจัยในภาคอุตสาหกรรม และ บริษัทฟิลิปปินส์อุตสาหกรรมจำกัด ซึ่งให้ความร่วมมือในการนำเสนอรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่จะดำเนินการผลิตเพื่อการค้า และได้ให้ความร่วมมือในการจัดเตรียมชิ้นตัวอย่างต่างๆ ในการทดสอบทางโครงการวิจัยจึงขอขอบพระคุณหน่วยงานทั้งสองมา ณ. ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้สนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย การใช้อุปกรณ์ เครื่องมือทดสอบ ตลอดจนเจ้าหน้าที่และพนักงานในการดำเนินงานต่างๆ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2543

คณะผู้ร่วมวิจัย

รศ.ดร. เจษฎา	เกษมเศรษฐ์
น.ส. หทัยรัตน์	มณีเทศ
น.ส. บุปผเวช	พันธุ์ศรี
นาย ดำรง	ปึงสุวรรณ

บทคัดย่อ

รายงานการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ความสามารถในการรับน้ำหนักของตงไม้ ประกอบรูปตัวไอที่ผลิตจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด ในระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคา การศึกษานี้ได้ดำเนินการทดสอบกลสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด การทดสอบกำลังรอยต่อประสานน๊อตของปีกคานและรอยต่อระหว่างแผ่นปีกและเอว จากนั้นจะทำการวิเคราะห์และออกแบบตงไม้รูปตัวไอที่เหมาะสมโดยทฤษฎีพื้นฐานหนึ่งมิติเป็นเกณฑ์ และการทดสอบกำลังรับน้ำหนักตัวแทนตงไม้ประกอบรูปตัวไอในระบบพื้นไม้ ระบบฝาไม้ และระบบแปหลังคา

การทดสอบกลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดตามมาตรฐาน ASTM D143-83 พบว่าไม้ยางพารามีกำลังอัดขนานเส้นใยปลอดภัย กำลังอัดตั้งฉากเส้นใยปลอดภัย กำลังดึงปลอดภัย และกำลังดัดปลอดภัยเท่ากับ 64 กก./ตร.ซม. 48 กก./ตร.ซม. 89 กก./ตร.ซม. และ 93 กก./ตร.ซม. ที่ค่าส่วนปลอดภัย 5.75 2.5 6.5 และ 6.5 สำหรับกำลังเฉือนปลอดภัยของไม้ไผ่อัดเท่ากับ 14 กก./ตร.ซม. ที่ค่าส่วนปลอดภัย 9 และจากการทดสอบปริมาณความชื้นตามมาตรฐาน ASTM D 4442-84 พบว่าปริมาณความชื้นในไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดมีค่าเท่ากับร้อยละ 12.5 และร้อยละ 9.3

การทดสอบหาลำตัวของรอยต่อประสานน๊อตของปีกคานตามมาตรฐาน ASTM D4688-90 และรอยต่อระหว่างแผ่นปีกและเอวตามมาตรฐาน ASTM D143-83 โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มอลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ได้ค่ากำลังดึงปลอดภัยเท่ากับ 48 กก./ตร.ซม. และค่าแรงเฉือนไหลปลอดภัยเท่ากับ 14 กก./ตร.ซม. ที่ค่าส่วนปลอดภัย 9 ตามลำดับ

การออกแบบและวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดตงไม้รูปตัวไอในระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคา โดยใช้ทฤษฎีพื้นฐาน พบว่าสำหรับระบบตงพื้นไม้รูปไอขนาดความสูง 8 นิ้ว 10 นิ้ว และ 12 นิ้ว ความกว้างหน้าตัด 1.5 นิ้ว ความหนาแผ่นเอว 8 มม. สำหรับระยะห่าง 0.30-0.60 ม. และระยะช่วงพาด 2-5 ม. สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัยได้ตั้งแต่ 150-898 กก./ตร.ม. ระบบตงฝาไม้ขนาดความสูง 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว ความกว้างหน้าตัด 1.5 นิ้ว ความหนาแผ่นเอว 6 มม. สำหรับระยะห่าง 0.30-0.60 ม. และระยะช่วงพาด 2-5 ม. สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัยได้ตั้งแต่ 50-314 กก./ตร.ม. และระบบแปหลังคาขนาดความสูง 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว ความกว้างหน้าตัด 1 นิ้ว และความหนาแผ่นเอว 6 มม. สำหรับระยะห่าง 0.30-0.60 ม. และระยะช่วงพาด 2-5 ม. สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัยได้ตั้งแต่ 31-238 กก./ตร.ม.

การทดสอบกำลังรับน้ำหนักตงไม้ประกอบรูปตัวโอจำนวน 54 ตัวอย่าง ซึ่งแบ่งในระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคาอย่างละ 18 ตัวอย่าง ในระยะช่วงพาด 3.00-4.00 ม. โดยแบ่งเป็นระบบที่มีแผ่นไม้ประกบและระบบที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบ พบว่าตงไม้รูปตัวโอในระบบตงพื้นไม้ขนาดความสูง 8 นิ้ว 10 นิ้ว 12 นิ้ว ที่มีแผ่นไม้ประกบ สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรทุกกรณีกระจายใช้งานได้ตั้งแต่ 178-353 กก./ตร.ม. และ 183-304 กก./ตร.ม. สำหรับที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบ ระบบตงฝาไม้ขนาดความสูง 4 นิ้ว 6 นิ้ว ที่มีแผ่นไม้ประกบสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรทุกกรณีกระจายใช้งานได้ตั้งแต่ 52-140 กก./ตร.ม. และ 63-125 กก./ตร.ม. สำหรับที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบ และระบบแปหลังคาขนาด 4 นิ้ว 6 นิ้ว ที่มีแผ่นไม้ประกบสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรทุกกรณีกระจายใช้งานได้ตั้งแต่ 53-129 กก./ตร.ม. และ 53-88 กก./ตร.ม. สำหรับที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักบรรทุกจรกระจายใช้งานตามทฤษฎีในระบบที่มีแผ่นไม้ประกบ พบว่ามีค่าสูงกว่าอยู่ในเกณฑ์ 1.2-2.1 เท่า และ 1.1-1.5 เท่าสำหรับระบบที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบและที่มีค้ำยันเพียงพอ สำหรับโมดูลัสยืดหยุ่นเทียบเท่าที่ได้จากการทดสอบกำลังรับน้ำหนักปรากฏว่าในระบบตงพื้นไม้ที่ความสูง 8 นิ้ว 10 นิ้ว และ 12 นิ้ว มีค่าประมาณ 75,000-90,000 กก./ตร.ม. ระบบตงฝาไม้ที่ความสูง 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว มีค่าประมาณ 80,000-125,000 กก./ตร.ม. และระบบแปหลังคาที่ความสูง 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว มีค่าประมาณ 75,000-115,000 กก./ตร.ม. ซึ่งผลที่ได้มีค่าสอดคล้องกับโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ยางพารา 100,000 กก./ตร.ม. ที่ใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์โดยทฤษฎีพื้นฐานหนึ่งมิติ

จากการดำเนินศึกษาดังกล่าว ตงไม้รูปตัวโอสามารถนำมาทดแทนไม้เนื้อแข็งในระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคาสำหรับอาคารบ้านพักอาศัย

Abstract

The purpose of this research is to study the load carrying capacity of built up I joists made from rubberwood and bamboo plywood used in floor joists ,wall joists and purlins in the roof system. The study comprises of the determination of the basic mechanical properties of rubberwood and bamboo plywood ,the strength of connections by finger-joints in rubberwood and web to flange connection between rubberwood and bamboo plywood ,the analysis and design of suitable geometric shape of I joist by the one dimensional allowable stress theory and finally the experimental load test of selected samples of wood I joist for floor, wall and purlins systems.

The basic material properties of rubberwood and bamboo plywood are tested in accordance with ASTM D 143-84. Rubberwood gave average allowable stresses in compression parallel and perpendicular to grain ,tension and bending of 64 ksc ,48 ksc ,92 ksc and 94 ksc with a factor of safety of 5.75 ,2.75 ,6.5 and 6.5 respectively. Bamboo plywood gave an average allowable shear stress of 14 ksc with a factor of safety of 9. The study of average moisture content in rubberwood and bamboo plywood indicated a value of 12.3% and 9.3% respectively.

The strength of connection in rubberwood finger-joint and web to flange connection which are bonded with phenolformaldehyde glues and tested in accordance with ASTM D 4688-90 and D 143-83 gave an allowable stress and shear flow of 48 ksc and 14 kg/cm respectively ,with a factor of safety of 9.

The design and analysis of wood I joists by the one dimensional allowable stress theory indicated that for floor joist of 8" 10" and 12" deep with 1.5" wide cross section and 8 mm. thick web with the spacing of joists between 0.30-0.60m. and span between 2-5m. were most appropriate and capable to carry the allowable liveload between 150 - 898 kg/m² . Similarly, for wall joist of 4" and 6" deep with 1.5" wide and 6 mm. thick web with the spacing of joists between 0.30-0.60m. and span between 2-4m. were capable to carry the allowable liveload between 50-314 kg/m² . Finally for purlins of 4" and 6" deep with 1" wide and 6 mm. thick web with the spacing

of joist between 0.30-0.60m. and span between 2-5m. could carry the allowable liveload between 31 - 238 kg/m².

The load carrying capacity tests of 54 samples I-joists ,each of 18 samples for floor, wall, and purlins with span of 3.00m-4.00m. were carried out. These samples were prepared into two systems ,one with covered plate and one without covered plate. The floor joists of 8" 10" and 12" deep showed allowable uniform liveload between 178-353 kg/m² with covered plate and between 183-304 kg/m² without covered plate. Similarly, result for wall joists of 4" and 6" deep provided allowable uniform liveload between 52-140 kg/m² with covered plate and between 63 -125 kg/m² without covered plate and the purlins of 4" and 6" deep gave allowable uniform liveload between 53 -129 kg/m² with covered plate and between 53 - 88 kg/m² without covered plate. Comparative study of this test load versus theoretical working allowable liveload gave a value range between 1.2-2.1 for system with covered plate and 1.1- 1.5 for system without covered plate and sufficient bracing. The study of equivalent modulus of elasticity used deflection calculation gained from this test gave a range between 75,000-90,000 kg/cm² for 8" 10" and 12" deep floor joists , 80,000- 125,000 kg/cm² for 4" and 6" deep wall joists and 75,000 -115,000 kg/cm² for 4" and 6" deep purlins. These indicated good correlation with the modulus of elasticity of rubberwood with 100,000 kg/cm² used in designing and analyzing in the one dimensional allowable stress theory.

From the above study ,wood I joists are proved to be capable of replacing hard wood for its usage in the floor ,wall and purlins system for housing.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อไทย	ข
บทคัดย่ออังกฤษ	ง
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ท
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	5
1.5 การถ่ายทอดผลงานวิจัยสู่ผู้ใช้	5
บทที่ 2 การสำรวจรายงานการวิจัย	
2.1 การใช้งานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	6
2.2 กลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	7
2.3 การยัดไม้และวิธีการทดสอบ	10
2.4 การประยุกต์ใช้งานในต่างประเทศ	10
บทที่ 3 การทดสอบกลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางและไม้ไผ่อัด	
3.1 ทัวไป	12
3.2 ทฤษฎีการทดสอบพื้นฐาน	12
3.3 ผลการทดสอบ	16
3.4 สรุปผลการทดสอบและกลสมบัติไม้สำหรับการออกแบบ	16
บทที่ 4 การทดสอบกำลังรอยต่อของไม้ยางกับไม้ไผ่อัด	
4.1 การทดสอบกำลังดึงของรอยต่อแบบ finger Joint ในไม้ยาง	32
4.2 การทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนของรอยต่อไม้ระหว่างไม้ยางกับไม้ไผ่อัด	34
4.3 สรุปผลการทดสอบและกลสมบัตินรอยต่อของไม้ยางและไม้ไผ่อัด	35

	หน้า
บทที่ 5 ทฤษฎีพื้นฐานและการออกแบบหน้าตัดรูปไอ	
5.1 ทัวไป	64
5.2 กำลังตัดปลอดภัยของไม้ยางพารา	64
5.3 กำลังเฉือนปลอดภัยของไม้ไผ่อัด	65
5.4 กำลังดึงปลอดภัยของรอยต่อประสานนี้ว	65
5.5 แรงเฉือนไหลปลอดภัยที่รอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	66
5.6 ระยะแอ่นตัวปลอดภัย	66
5.7 กำลังรับการโก่งเดาะของรูปตัดไอในแนวตั้ง	67
5.8 กำลังรับการโก่งเดาะแบบผสมแรงดัดและแรงบิด	67
บทที่ 6 การวิเคราะห์หน้าตัดรูปไอจากไม้ยางและไม้ไผ่อัด	
6.1 ทัวไป	69
6.2 ระบบตงพื้นไม้	70
6.3 ระบบตงฝาไม้	80
6.4 ระบบแปหลังคา	87
บทที่ 7 การทดสอบกำลังรับน้ำหนักของรูปตัดไอจากไม้ยางและไม้ไผ่อัด	
7.1 ระบบการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของรูปตัดไอ	94
7.2 คำนํ้าหนักแผ่กระจายและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเทียบเท่าของตงไม้ประกอบ	100
7.3 ผลการทดสอบระบบตงพื้นไม้	101
7.3.1 ระบบตงมีแผ่นไม้ประกบ	
7.3.2 ระบบตงไม่มีแผ่นไม้ประกบ	
7.4 ผลการทดสอบระบบตงฝาไม้	105
7.4.1 ระบบตงมีแผ่นไม้ประกบ	
7.4.2 ระบบตงไม่มีแผ่นไม้ประกบ	
7.5 ผลการทดสอบระบบตงแปหลังคา	108
7.5.1 ระบบแปหลังคา	
7.6 สรุปผลการทดสอบ	111
บทที่ 8 สรุปผลงานวิจัย และข้อเสนอแนะ	
8.1 กลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	118
8.2 กำลังรอยต่อของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	119
8.2.1 รอยต่อแบบประสานนี้ว	119
8.2.2 รอยต่อระหว่างไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	120
8.3 การวิเคราะห์หน้าตัดรูปไอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	121
8.4 การทดสอบกำลังรับน้ำหนักคานประกอบรูปตัดไอ	122
8.5 ข้อเสนอแนะ	134

	หน้า
บรรณานุกรม	135
ภาคผนวก ก ตารางแสดงผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักบรรทุก	138
ภาคผนวก ข กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด	153
ภาคผนวก ค ตารางแสดงข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนัก	182
ภาคผนวก ง กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัว	262
ประวัติคณะวิจัย	317

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 กลสมบัติของไม้ยางพารา (Heavea brasiliensis)	8
2.2 กลสมบัติคัดเลือกของไม้ยางพารา (Grade Stresses') (Rubberwood)	8
2.3 กลสมบัติของไม้ยางพารา (รัฐเกรลา อินเดีย) (Heavea brasiliensis)	9
2.4 กลสมบัติของไม้ไผ่อัดแผ่น (หจก. นอร์ธเิน เอนเตอร์ไพรส์ ลำพูน)	9
3.1 กลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพารา	12
3.2 กลสมบัติพื้นฐานของไม้ไผ่อัด	12
3.3 ปริมาณความชื้นไม้ยางพารา (ASTM D 4442-82)	17
3.4 ความเค้นอัดขนานเสี้ยนของไม้ยางพารา (ASTM D 143-83)	19
3.5 ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนของไม้ยางพารา (ASTM D 143-83)	21
3.6 ความเค้นดึงของไม้ยางพารา (ASTM D 143-83)	23
3.7 ความเค้นดัดของไม้ยางพารา (ASTM D 143-83)	25
3.8 ปริมาณความชื้นไม้ไผ่อัด (ASTM D 4442-82)	27
3.9 ความเค้นเฉือนของไม้ไผ่อัด (ASTM D 2339-82)	29
3.10 ค่าความเค้นปลอดภัยในการใช้งานของไม้ยางและไม้ไผ่อัด	31
4.1 การทดสอบกำลังดึงของรอยต่อแบบ finger joint	32
4.2 การทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนของรอยต่อไม้ยางกับไม้ไผ่อัด	34
4.3 ค่ากำลังดึงของรอยต่อแบบ finger joint ในไม้ยาง (National-5001) Dry Test (ASTM D 4688-90)	36
4.4 ค่ากำลังดึงของรอยต่อแบบ finger joint ในไม้ยาง (National-5001) Cold Water Vacuum-Pressure Soak (ASTM D 4688-90)	39
4.5 ค่ากำลังดึงของรอยต่อแบบ finger joint ในไม้ยาง (FJ-35+catalyst) Dry Test (ASTM D 4688-90)	42
4.6 ค่ากำลังดึงของรอยต่อแบบ finger joint ในไม้ยาง (FJ-35+catalyst) Cold Water Vacuum-Pressure Soak (ASTM D 4688-90)	45
4.7 ค่ากำลังดึงของรอยต่อแบบ finger joint ในไม้ยาง (FJ-35+catalyst) Cyclic Bolt Test (ASTM D 4688-90)	48
4.8 ค่ากำลังเฉือนของรอยต่อไม้ระหว่างไม้ยางกับไม้ไผ่อัด (National-5001)	51
4.9 ค่ากำลังเฉือนของรอยต่อไม้ระหว่างไม้ยางกับไม้ไผ่อัด (Panatex P-300)	54
4.10 ค่ากำลังเฉือนของรอยต่อไม้ระหว่างไม้ยางกับไม้ไผ่อัด (Panatex AD-15)	57
4.11 ค่ากำลังเฉือนของรอยต่อไม้ระหว่างไม้ยางกับไม้ไผ่อัด (Panatex H-125)	60
4.12 ค่ากลสมบัติของรอยต่อไม้ยางกับไม้ไผ่อัดและรอยต่อประสานผิว	63

ตารางที่	หน้า
6.1 แสดงค่าความเค้นปลอดภัยและค่าแรงเฉือนไหลปลอดภัยของวัสดุประกอบเป็น ดงรูปตัวไอ	69
6.2 แสดงค่าความสูงประมาณของรูปตัดไอและค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อ ไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดระบบดงพื้นไม้	72
6.3 แสดงองค์มิติรูปไอในระบบดงพื้นไม้ที่นำมาวิเคราะห์	74
6.4 แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบดงพื้นไม้ 8"x1.5"x8mm (LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 8"x1.5"x8mm)	76
6.5 ระยะค้ำข้างที่เหมาะสมของหน้าตัดคานประกอบรูปตัวไอในระบบพื้นไม้	75
6.6 ความสามารถในการรับน้ำหนักของดงไม้รูปไอในระบบดงพื้นไม้	79
6.7 แสดงค่าความสูงประมาณของรูปตัดไอและค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อ ไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดระบบดงฝาไม้	80
6.8 แสดงองค์มิติรูปไอในระบบดงฝาไม้ที่นำมาวิเคราะห์	81
6.9 แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบดงฝาไม้ 4"x1.5"x6mm (LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 4"x1.5"x6mm)	83
6.10 ระยะค้ำข้างที่เหมาะสมของหน้าตัดคานประกอบรูปตัวไอในระบบฝาไม้	82
6.11 ความสามารถในการรับน้ำหนักของดงไม้รูปไอในระบบดงฝาไม้	86
6.12 แสดงค่าความสูงประมาณของรูปตัดไอและค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อ ไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดระบบแปหลังคา	87
6.13 แสดงองค์มิติรูปไอในระบบแปหลังคาที่นำมาวิเคราะห์	88
6.14 แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบแปหลังคา 4"x1.0"x6mm (LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 4"x1.0"x6mm)	90
6.15 ระยะค้ำข้างที่เหมาะสมของหน้าตัดคานประกอบรูปตัวไอในระบบแปหลังคา	89
6.16 ความสามารถในการรับน้ำหนักของดงไม้รูปไอในระบบแปหลังคา	93
7.1 ขนาดดงไม้รูปตัวไอในระบบทดสอบต่างๆ	95
7.2 รายละเอียด และคุณสมบัติของรูปตัดไอประกอบ	101
7.3 รายละเอียด และคุณสมบัติของรูปตัดไอประกอบ	101
7.4 แสดงตัวอย่างข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้	102
7.5 รายละเอียด และคุณสมบัติของรูปตัดไอประกอบ	105
7.6 รายละเอียด และคุณสมบัติของรูปตัดไอประกอบ	105
7.7 แสดงตัวอย่างข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงฝาไม้	106
7.8 รายละเอียด และคุณสมบัติของรูปตัดไอประกอบ	108
7.9 แสดงตัวอย่างข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงแปหลังคา	109
7.10 ตารางแสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของระบบดงพื้นไม้เปรียบเทียบ	112
7.11 ตารางแสดงค่ากลสมบัติของระบบดงพื้นไม้	113

ตารางที่	หน้า
7.12 ตารางแสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของระบบตงฝาไม้เปรียบเทียบ	114
7.13 ตารางแสดงค่ากลสมบัติของระบบตงฝาไม้	115
7.14 ตารางแสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของระบบแปหลังคาเปรียบเทียบ	116
7.15 ตารางแสดงค่ากลสมบัติของระบบแปหลังคา	117
8.1 กลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	118
8.2 กำลังรอยต่อแบบประสานนิ้วในไม้ยางพารา	119
8.3 กำลังรอยต่อระหว่างไม้ยางพารากับไม้ไผ่อัด	120
8.4 ความสามารถในการรับน้ำหนักของตงไม้รูปตัวไอในระบบตงพื้นไม้ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคา	121
8.5 ตารางแสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของระบบตงพื้นไม้เปรียบเทียบ	123
8.6 ตารางแสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของระบบตงฝาไม้เปรียบเทียบ	124
8.7 ตารางแสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของระบบแปหลังคาเปรียบเทียบ	125
8.8 ตารางแสดงค่ากลสมบัติของระบบตงพื้นไม้	127
8.9 ตารางแสดงค่ากลสมบัติของระบบตงฝาไม้	128
8.10 ตารางแสดงค่ากลสมบัติของระบบแปหลังคา	129
8.11 ความเสียหายของระบบตงพื้นไม้ที่เกิดขึ้นในการทดสอบกำลังรับน้ำหนัก	131
8.12 ความเสียหายของระบบตงฝาไม้ที่เกิดขึ้นในการทดสอบกำลังรับน้ำหนัก	132
8.13 ความเสียหายของระบบแปหลังคาที่เกิดขึ้นในการทดสอบกำลังรับน้ำหนัก	133
ก-1 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm	139
ก-2 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x10mm	140
ก-3 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบตงพื้นไม้ขนาด 10"x1.5"x8mm	141
ก-4 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบตงพื้นไม้ขนาด 10"x1.5"x10mm	142
ก-5 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบตงพื้นไม้ขนาด 12"x1.5"x8mm	143
ก-6 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบตงพื้นไม้ขนาด 12"x1.5"x10mm	144
ก-7 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบตงฝาไม้ขนาด 4"x1.5"x6mm	145
ก-8 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบตงฝาไม้ขนาด 4"x1.5"x8mm	146
ก-9 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบตงฝาไม้ขนาด 6"x1.5"x6mm	147
ก-10 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบตงฝาไม้ขนาด 6"x1.5"x8mm	148
ก-11 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบแปหลังคาขนาด 4"x1"x6mm	149
ก-12 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบแปหลังคาขนาด 4"x1"x8mm	150
ก-13 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบแปหลังคาขนาด 6"x1"x6mm	151
ก-14 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบแปหลังคาขนาด 6"x1"x8mm	152
ค-1 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงพื้นไม้ FB1	183

[illegible]

ตารางที่	หน้า
ค-36 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงฝาไม้ WB18	238
ค-37 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB1	240
ค-38 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB2	241
ค-39 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB3	242
ค-40 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB4	243
ค-41 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB5	244
ค-42 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB6	245
ค-43 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB7	247
ค-44 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB8	248
ค-45 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB9	249
ค-46 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB10	250
ค-47 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB11	251
ค-48 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB12	252
ค-49 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB13	254
ค-50 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB14	256
ค-51 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB15	258
ค-52 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB16	259
ค-53 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB17	260
ค-54 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB18	261

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
3.1 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบหาค่ากำลังดึงขนานเลื่อน	14
3.2 รูปวัสดุตัวอย่างในการทดสอบหาค่าความเค้นเฉือน	15
4.1 ตัวอย่างการทดสอบ finger joint	33
4.2 ตัวอย่างการทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนของรอยต่อไม้ยางกับไม้ไผ่อัด	35
6.1 แสดงหน้าตัดคานไม้ประกอบ	70
6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm@0.3m	77
6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm@0.4m	77
6.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm@0.5m	78
6.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm@0.6m	78
6.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงฝาไม้ขนาด 4"x1.5"x6mm@0.3m	84
6.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงฝาไม้ขนาด 4"x1.5"x6mm@0.4m	84
6.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงฝาไม้ขนาด 4"x1.5"x6mm@0.5m	85
6.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงฝาไม้ขนาด 4"x1.5"x6mm@0.6m	85
6.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบแปหลังคาขนาด 4"x1.0"x6mm@0.3m	91
6.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบแปหลังคาขนาด 4"x1.0"x6mm@0.4m	91
6.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบแปหลังคาขนาด 4"x1.0"x6mm@0.5m	92
6.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบแปหลังคาขนาด 4"x1.0"x6mm@0.6m	92
7.1 แสดงขนาดตงไม้รูปไอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	94
7.2 แสดงรูปตัดไอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	95

รูปที่	หน้า
7.3 แสดงสัดส่วนของระบบต่าง ๆ ที่มีแผ่นไม้ประกบ	96
7.4 แสดงสัดส่วนของระบบต่าง ๆ ที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบ	96
7.5 แสดงการค้ำยันแบบ 2 จุด	97
7.6 แสดงการค้ำยันแบบ 3 จุด	97
7.7 แสดงการติดตั้งการทดสอบตงไม้ระบบต่าง ๆ	98
7.8 แสดง Shear Diagram และ Moment Diagram	98
7.9 แสดงการเตรียมการทดสอบ	99
7.10 แสดงตำแหน่งติดตั้ง Dial Gauge ในแนวตงไม้ รูป I	99
7.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะแอ่นตัวระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm @ 0.30m	104
7.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะแอ่นตัวระบบตงฝาไม้ขนาด 4"x1.5"x6mm @ 0.30m	107
7.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะแอ่นตัวระบบแปหลังคาขนาด 4"x1"x6mm @ 0.30m	110
ข-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาดระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm @ 0.30m	154
ข-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาดระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm @ 0.40m	154
ข-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาดระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm @ 0.50m	155
ข-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาดระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm @ 0.60m	155
ข-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาดระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x10mm @ 0.30m	156
ข-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาดระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x10mm @ 0.40m	156
ข-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาดระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x10mm @ 0.50m	157
ข-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาดระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x10mm @ 0.60m	157
ข-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาดระบบตงพื้นไม้ขนาด 10"x1.5"x8mm @ 0.30m	158
ข-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกจรและระยะช่วงพาดระบบตงพื้นไม้ขนาด 10"x1.5"x8mm @ 0.40m	158

★

[illegible]

[illegible]

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

1.1.1 ความสำคัญของโครงการต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

ปัจจุบันประเทศไทยผลิตยางธรรมชาติได้มากเป็นอันดับ 1 ของโลก หรือประมาณร้อยละ 30 ของผลผลิตโลก ผลผลิตประมาณร้อยละ 90 เป็นผลผลิตมาจากภาคใต้ และอีกประมาณร้อยละ 10 มาจากแหล่งผลิตอื่นๆ แหล่งปลูกยางที่สำคัญอยู่ในจังหวัดทางภาคใต้ และภาคตะวันออกสำหรับปัจจุบันมีการขยายการปลูกยางไปแหล่งใหม่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก และภาคเหนือ

ผลผลิตยางธรรมชาติในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2534-2538) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้อุตสาหกรรมต่างๆ มีความต้องการใช้ยางมากขึ้นรวมทั้งการส่งออกมีแนวโน้มที่จะขยายตัว จึงจูงใจให้เกษตรกรขยายพื้นที่ปลูกยางเพิ่มขึ้น ประกอบกับภาครัฐได้สนับสนุนให้มีการปลูกยางพันธุ์ดี ทั้งในรูปของการปลูกทดแทนในแหล่งผลิตเดิม และการขยายพื้นที่ปลูกใหม่

ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกยางประมาณ 12.3 ล้านไร่ โดยร้อยละ 85 อยู่ในภาคใต้ เมื่ออายุประมาณ 25-30 ปี น้ำยางที่กรีดยังจะมีปริมาณลดลง จึงมีการตัดโค่นต้นยางที่มีอายุมากเพื่อปลูกใหม่ประมาณปีละ 260,000 ไร่ โดยไม้ที่โค่นจะนำมาทำถ่าน ไม้ฟืน เสาเข็มหรือค้ำยันและแปรรูปทำเฟอร์นิเจอร์ส่งออก อย่างไรก็ตามเนื่องจากไม้ที่ได้มีปริมาณมาก จึงควรที่จะนำไม้มาพัฒนาแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านอื่นให้มากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านโครงสร้าง ทางภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จึงได้คิดที่จะทำวิจัยในการทำดงไม้รูปโอที่ผลิตจากไม้ยางพาราขึ้น

โครงการนี้ได้เกิดขึ้นสืบเนื่องจากการที่บริษัท พิสิษฐอุตสาหกรรม จำกัด ภายใต้การนิคมแห่งประเทศไทย สาขาภาคเหนือ จ. ลำพูน ได้ทดลองผลิตระบบดงไม้รูปโอ โดยใช้ไม้เนื้อแข็งมาเลื่อยมาทำเป็นส่วนปีกบนและล่าง (Flange) และได้ใช้ไม้ไผ่อัดเป็นส่วนแฉก (Web) และได้นำตัวอย่างดังกล่าวมาขอให้ทางภาควิชาโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทำการศึกษาความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกทุกการใช้งาน ซึ่งปรากฏผลการทดสอบของระบบดงไม้ดังกล่าวสามารถที่จะรับน้ำหนักบรรทุกทุกตั้งแต่ 200 - 1200 kg/m² ขึ้นกับการจัดระยะห่างของดงไม้รูปโอ และช่วงความยาวการใช้ นอกจากนี้การศึกษาดังกล่าวยังพบว่า ระบบรูปโอดังกล่าวมีปีก (Flange) ซึ่งทำจากไม้เนื้อแข็ง

มีความแข็งแรง (Rigidity) กว่าส่วนของแผ่นเอวที่ทำจากไม้ไผ่อัด ซึ่งผลจากการศึกษาดังกล่าวนำจะใช้ไม้เนื้ออ่อน เช่น ไม้สนหรือไม้ยางแทน จะเข้าได้ดีกับส่วนแกน (Web) ได้ดีกว่า

โครงการนี้จึงได้เริ่มความคิดที่จะผลิตระบบดงไม้รูปโอ โดยใช้ไม้ยางที่ผ่านกระบวนการแล้วมาประกอบเป็นองค์อาคารสำเร็จรูป เช่น ระบบพื้นไม้ ระบบแปหลังคาไม้ ระบบฝาไม้ ตามระบบต่างๆ ดังกล่าวคาดว่าจะผลลัพธ์สุดท้ายสามารถผลิตโครงสร้างส่วนบ้านไม้ส่วนที่อยู่เหนือฐานรากได้ทั้งหมด โดยใช้ระบบดงไม้รูป โอประกอบดังกล่าว

1.1.2 งานที่มีผู้เคยทำมาแล้วหรืองานที่มีผู้กำลังทำอยู่ และความสัมพันธ์ของงานเหล่านั้นกับโครงการที่เสนอ

ณรงค์ (4) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกลสมบัติของไม้ยางพาราพันธุ์ *Heavea brasiliensis* ซึ่งเป็นไม้ยางพาราที่ให้น้ำยางมากและนิยมปลูกในพื้นที่ทั่วไปของภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศไทย ไม้ยางพาราดังกล่าวมีสีเนื้อไม้ขาวนวล และเมื่ออบแห้งที่ความชื้น 12% จะมีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.70 ค่าโมดูลัสการแตกหัก 973 ksc กำลังอัด 478 ksc กำลังเฉือน 162 ksc ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น 96,000 ksc และค่าพลังงานความเหนียว 2.86 kg-m ค่าความแข็งของไม้ 538 kg และค่าความทนทานตามธรรมชาติเมื่อปักลงดินจะมีอายุไม่เกิน 2 ปี โดยค่ากลสมบัติต่างๆ ที่ได้จะมีค่าลดลงตามปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น

Veeraraghavan (33) ได้ศึกษาทดสอบถึงกลสมบัติของไม้ยางในรัฐกามาตา อินเดีย ในสภาพสดและอบแห้ง ได้ค่ากำลังอัดขนานเส้นใย 26 และ 32 N/mm² ค่ากำลังอัดตั้งฉากเส้นใย 3.65 และ 4.69 N/mm² ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น 8,800 และ 9,240 N/mm² ค่าโมดูลัสการแตกหัก 58 และ 66 N/mm² ค่ากำลังเฉือน 9 และ 11 N/mm² ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบกลสมบัติของไม้ยางเทียบกับไม้ beech และ pine ซึ่งจากการทดสอบพบว่า beech จะมีความสามารถในการรับแรงอัดขนานเส้นใย และมีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นสูงสุด รองลงมาคือ pine และไม้ยาง ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบ tangential movement กับ radial movement ของ laminated board ที่ทำจากไม้ยางมีค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับ beech และ pine ดังนั้น boards ที่ทำจากไม้ยางจึงค่อนข้างมีเสถียรภาพมากกว่า ไม้ยางมีสีค่อนข้างขาว มีลักษณะของเนื้อไม้และ grain ที่ดี อีกทั้งยังสะดวกต่อการทำงาน จึงทำให้ laminated board ที่ทำจากไม้ยาง เป็นที่นิยมกว่า board ที่ทำจาก pine และ beech

เกรียงไกรและคณะ (1) ได้ทำการศึกษาขั้นต้นเกี่ยวกับคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของคานประกอบรูปตัว I อันได้แก่ ไม้ยางพารา ไม้ไผ่อัด และกาวย latex และทำการวิเคราะห์ทางด้านมิติเพื่อหาขนาดที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของตัวอย่างคาน ซึ่งเป็นการศึกษาขั้นต้น จำนวนตัวอย่างค่อนข้างน้อย อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่า ความเสียหายที่เกิดขึ้นในคานประกอบรูปตัวโอ จะเกิดบริเวณรอยต่อของส่วนปีก ทำให้คานไม้ประกอบรูปตัวโอ ไม่สามารถที่จะรับน้ำหนักต่อไปได้อีก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อการศึกษาการนำไม้อย่างพารามาผลิตเป็นตงไม้รูปไอ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นตงไม้แทนไม้เนื้อแข็ง ในระบบพื้นไม้ ระบบหลังคา และระบบฝ้าไม้ของอาคารไม้ ซึ่งปัจจุบันรูปแบบไม้ดังกล่าวได้ใช้แพร่หลายในต่างประเทศ ซึ่งคาดว่าจะสามารถส่งออกขายทั้งในและนอกประเทศได้

1. เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยของไม้อย่างในลักษณะการใช้งานต่างๆ โดยเฉพาะการใช้งานในกลุ่มประเทศอาเซียน ซึ่งเป็นผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้อย่าง
2. ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติพื้นฐานของไม้อย่างและไม้ไผ่อัด อัดได้แก่ หน่วยแรงอัดและแรงดึงในไม้อย่าง หน่วยแรงเฉือนในไม้ไผ่อัด
3. ทำให้ทราบถึงความสามารถของรอยต่อในไม้อย่าง ซึ่งจะนำมาใช้ในการรับแรงดึง แรงอัด และรอยต่อในไม้อัด ซึ่งจะนำมาใช้ในการรับแรงเฉือน
4. ทำให้ทราบถึงผลการคำนวณการหาขนาดและระยะห่างที่เหมาะสม เพื่อที่จะนำมาประกอบเป็น composite structural section แล้วนำมาทดสอบในห้องทดลองต่อไป
5. ทำให้ทราบถึงขนาดตงไม้ที่ได้ออกแบบไว้เพื่อใช้ในระบบต่างๆ เช่น ระบบพื้นไม้ พื้นหลังคา และระบบฝ้าไม้ แต่ละขนาดและแต่ละระยะห่าง ตลอดจนการตรวจสอบการรับน้ำหนักจริงของระบบ

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย (Research Methodology)

1. สืบค้นรายงานการวิจัยพื้นฐานในการใช้ไม้อย่างในงานไม้โครงสร้างต่างๆตลอดถึงการประยุกต์ใช้ไม้อย่างในงานอื่น เช่น เฟอร์นิเจอร์ อุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ กรรมวิธีในการรักษาและเพิ่มคุณภาพของไม้อย่าง และทำการศึกษามาตรฐานในการออกแบบจากมาตรฐาน ASTM และ JIS ซึ่งการศึกษาอาจหาข้อมูลได้จากวารสารต่างประเทศ จากหน่วยราชการที่เกี่ยวข้อง และจาก Internet
2. ทำการวิจัยเพื่อหาคุณสมบัติพื้นฐานของไม้อย่างที่ผ่านขบวนการอบและอัดฉีดน้ำยา และไม้ไผ่อัด โดยดำเนินการทดสอบดังนี้

วัสดุ	ส่วนประกอบ	คุณสมบัติ	มาตรฐานการทดสอบ	จำนวนตัวอย่าง
ไม้ยาง	ปีกคาน	ปริมาณความชื้น	ASTM D 4442 - 84	24
		ความเค้นอัดขนานเส้น	ASTM D 143 - 83	24
		ความเค้นอัดตั้งฉากเส้น	ASTM D 143 - 83	24
		ความเค้นดัด	ASTM D 143 - 83	24
		ความเค้นดึง	ASTM D 143 - 83	24
ไม้ไผ่อัด	แผ่นเอว	ปริมาณความชื้น	ASTM D 4442 - 84	24
		ความเค้นเฉือน	ASTM D 4442 - 84	24

3. ศึกษาถึงผลของรอยต่อในไม้ยางที่ต้องรับแรงดึง แรงอัด และรอยต่อในไม้ไผ่อัดที่ต้องรับแรงเฉือน โดยการทดสอบชิ้นรอยต่อของตัวอย่าง โดยดำเนินการทดสอบดังนี้

วัสดุ	ส่วนประกอบ	คุณสมบัติ	มาตรฐานการทดสอบ	จำนวนตัวอย่าง
กาว Phenol Formaldehyde	รอยต่อปีกคาน (FINGER JOINT)	Tensile Strength	ASTM D 4688-90	240
กาว Phenol Formaldehyde	รอยต่อระหว่างแผ่นปีกและเอว	Shear Resistance	-	160

4. ศึกษาถึงองค์ประกอบด้านมิติของรูปแบบตงไม้รูปโอ ระยะห่างที่ควรใช้ในงานระบบพื้นไม้ระบบพื้นหลังคา และระบบฝาไม้ (Load bearing wall) โดยจะเป็นการนำค่า allowable stress ที่ได้ในหัวข้อ 2 และ 3 เป็นเกณฑ์ในการออกแบบ

5. ศึกษาถึงกำลังรับน้ำหนักของระบบตงไม้ที่ใช้ในระบบพื้นไม้ แปะหลังคา และระบบฝาไม้ โดยนำข้อมูลที่ได้จากข้อ 3. มาทำการประกอบเป็น composited structural section ขนาดต่างๆ ตามที่ได้คำนวณไว้ นำมาทำการทดสอบหาลำดับที่รับได้จริงตามมาตรฐาน ASTM D 143-83

6. สรุปผลการศึกษา

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

1. ทำให้ได้รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากไม้ยางพาราที่เหมาะสมที่จะใช้ทดแทนการใช้ไม้เนื้อแข็งบางส่วน
2. ทำให้ผลการวิจัยตงไม้รูปโอเป็นโครงการนำร่องสำหรับโครงการวิจัยอื่นที่จะใช้ประโยชน์จากไม้ยางพาราต่อไป

1.5 การถ่ายทอดผลงานวิจัยไปสู่ผู้ใช้

การศึกษานี้จะได้ทำการศึกษาร่วมกันระหว่างคณะวิจัยของภาควิชาวิศวกรรมโยธาร่วมกับบริษัทพิสิฐอุตสาหกรรมจำกัด ซึ่งคาดว่าจะเป็นผู้ใช้ผลงานวิจัยดังกล่าวในการผลิตตงไม้รูปโอในการก่อสร้างอาคารไม้ ระบบพื้นไม้ ทดแทนการใช้ไม้เนื้อแข็งที่ใช้อยู่ทั่วไป

บทที่ 2

การสำรวจรายงานวิจัย

2.1 การใช้งานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

2.1.1 ไม้ยางพารา

ณรงค์ (4) ได้สำรวจพบว่าประเทศไทยผลิตไม้ยางพาราเป็นอันดับหนึ่งของโลกมีพื้นที่ปลูกยางพาราประมาณ 12.7 ล้านไร่ โดยร้อยละ 90 อยู่ในภาคใต้ไม้ยางพารานี้นิยมปลูกแพร่หลายทั่วไปเป็นพันธุ์ Hevea Brasiliensis ซึ่งให้น้ำยางดีที่สุด มีอายุประมาณ 25-30 ปี น้ำยางที่กรีตได้มีปริมาณลดลง จึงมีการตัดโค่นเพื่อปลูกใหม่ประมาณปีละ 260,000 ไร่ ลักษณะของเนื้อไม้ยางพารามีสีขาวนวล ส่วนที่เป็นแก่นและกระพี้ไม่แตกต่างกัน มีเนื้อไม้ค่อนข้างละเอียด โดยธรรมชาติเป็นไม้ที่ไม่คงทน ฝู่ายและมอดกิน ดังนั้นจึงต้องทำการอบให้แห้งและอาบน้ำยาการรักษาเนื้อไม้จากเชื้อราและแมลง ซึ่งจะต้องดำเนินการ 2 สัปดาห์ก่อนการแปรรูป

Thavornvong (30) ได้พบว่า ไม้ยางพาราที่ตัดโค่นนี้ในระยะแรกจะใช้ในการทำฟืน และต่อมาได้มีการนำไปใช้ในการทำลังไม้สำหรับบรรจุปลาและผลไม้ ภายหลังได้มีการพัฒนาคุณภาพของไม้ยางได้ใช้การอบไม้ระบบสุญญากาศ ซึ่งทำให้ปริมาณความชื้นเหลือเพียง 8-12% ไม้ที่ได้หลังการอบจะมีสีเหลืองนวลและมีลายไม้อย่างชัดเจน ไม้ยางที่แปรรูปที่ได้นั้นมักจะพื้นผิวด้านข้างบางส่วนเป็นขุยขนและมีตำหนิธรรมชาติแบบ Tension Wood ซึ่งทำให้บิดงอ่าย โดยเฉพาะไม้แปรรูปที่มีขนาดบาง ยิ่งกว้างและยาวจะยิ่งบิดงอได้ง่ายมาก การใช้งานในการทำผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ จึงจำต้องมีการคัดเลือกให้ได้ไม้ที่อนลักษณะดีมาใช้

เบญจวรรณ (8) ได้รายงานว่ สินค้าเฟอร์นิเจอร์ปัจจุบันได้ใช้ไม้ยางพาราที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพนี้ทดแทน ไม้เบญจพรรณอื่น เช่น ไม้สัก ไม้ประดู่ ไม้ชิงชัน ซึ่งขาดแคลนและมีราคาสูง เนื่องจากการปิดป่าคิดเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 70 ของมูลค่าการส่งออก ในช่วง 15 ปีที่ผ่านมา (2526-2541) มีอัตราการส่งออกจาก 980.6 ล้านบาท ในปี 2526 เพิ่มขึ้นเป็น 25,973.2 ล้านบาทในปี 2541 ประเทศคู่แข่งที่สำคัญได้แก่ มาเลเซีย อินโดนีเซียและจีน โดยมีลูกค้าหลักของเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราได้แก่ ญี่ปุ่น อเมริกา เยอรมัน ปัจจุบันเฟอร์นิเจอร์ไม้เป็นสินค้าในกลุ่มเร่งลดภาษี (Fastrack) ซึ่งจะมีอัตราภาษีขาเข้าลดลงจาก 15% เหลือ 10% ในปี 2542 และ 5% ในปี 2543

Fortura (20) ได้รายงานการคาดคะเนปริมาณไม้ยางพาราแปรรูปที่ได้จากพื้นที่ปลูกในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีพื้นที่ปลูกไม้ยางพาราประมาณ 31 ล้านไร่ ในปี 2508 และเพิ่มเป็น 41 ล้านไร่ ในปัจจุบัน ประเทศผู้ปลูกสำคัญได้แก่ อินโดนีเซีย ไทย มาเลเซีย เวียดนาม

และกัมพูชา ซึ่งจากพื้นที่ปลูกนี้ร้อยละ 82 เป็นผู้ปลูกรายย่อย ซึ่งอัตราการแปรรูปของไม้ยางจากไม้ที่ตัดโค่นเพื่อปลูกทดแทนใหม่จะมีค่าประมาณ 45% ในไทยไปจนถึงเพียง 10% ในมาเลเซีย ปริมาณไม้แปรรูปต่อปีที่ได้จากพื้นที่ปลูกในเขตนี้มีค่าเท่ากับ 1.62 ล้าน ลบ.ม. ในช่วงปี 2538-2542 และเพิ่มเป็น 2.29 ล้าน ลบ.ม. ในช่วงปี 2558-2562 สำหรับในประเทศไทยคาดว่ามีความผลิตต่อปีเกือบคงที่ระหว่าง 600,000 ถึง 700,000 ลบ.ม.³ ในช่วงปี 2538-2558 คู่แข่งที่สำคัญของไทยคืออินโดนีเซีย ซึ่งคาดว่าจะมีผลผลิตจากปีละ 250,000 ลบ.ม. ในปี 2538 และจะเพิ่มเป็น 900,000 ลบ.ม. ในปี 2558

2.1.2 ไม้ไผ่อัด

ไม้ไผ่อัดเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งของไม้ไผ่ ซึ่งได้แนวคิดจากการผลิตภัณฑ์ไม้ไผ่อัดในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนและไต้หวัน ซึ่งได้นำมาใช้ทำเป็นถาดที่รองแก้ว จาน ชามและที่ใส่ผลไม้ เป็นต้น หจก. นอร์ธเอน เอนเตอร์ไพรส์ ลำพูน (2523) ได้นำเอาไม้ไผ่ซึ่งขึ้นได้ง่ายในพื้นที่ที่มีปริมาณฝนระหว่าง 1270-4050 มม./ปี และมีระยะเวลาการตัดไม้เพียง 3-4 ปี มาใช้ในการผลิตสิ่งไม้สำหรับกิจการใบยาสูบ ต่อมาได้ปรับปรุงโดยทำการอัดเป็นแผ่นขึ้นใช้ในการตกแต่งภายใน ทำฝ้าเพดาน ผนังกันห้อง และเฟอร์นิเจอร์ ตลอดจนการใช้เป็นไม้แบบเสา คาน พื้นในงานก่อสร้างทั่วไป เพื่อใช้ทดแทนไม้เบญจพรรณอื่นที่ใช้ในการทำไม้แบบก่อสร้าง

2.2 กลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

2.2.1 ไม้ยางพารา

ณรงค์ (4) ได้พบว่าไม้ยางพาราที่ได้จากไม้ยางพันธุ์ *Heavea brasiliensis* นี้เมื่อแปรรูปหลังต้นแก้วยางแล้วจะมีขนาดโต 70-100 ซม. หรือเล็กกว่า มีสีขาวนวล มีค่าความถ่วงจำเพาะที่ความชื้นในเนื้อไม้ 12% เท่ากับ 0.70 การหดตัวของไม้ยางหลังผึ่งแห้งใช้เวลาระหว่าง 55-85 วันขึ้นกับความหนาจะลดความชื้นจากสภาพสด 50% ลงมาเหลือ 17% มีค่าการหดตัวด้านรัศมี 0.8% ด้านสัมผัส 1.2% สำหรับไม้ยางพาราที่ใช้การอบแห้งจะใช้เวลา 6 วัน โดยอบจากสภาพสด 50% มาเหลือ 10% ค่ากลสมบัติของไม้ยางพาราพันธุ์นี้แสดงในตารางที่ 2.1

ตาราง 2.1 กลสมบัติของไม้ยางพารา (*Heavea brasiliensis*)

ความชื้น (%)	ความถ่วงจำเพาะ	ความเค้น (กก/ซม ²)			โมดูลัสความยืดหยุ่น (E) กก/ซม ²	ความเหนียว	ความแข็ง กก.
		แรงดัด	แรงอัด	แรงเฉือน			
12%	0.7	973	478	162	96000	2.86	538

Chu และคณะ (17) จาก Forest Research Institute ของมาเลเซียได้รวบรวมกลสมบัติของไม้ชนิดต่างๆ ในประเทศมาเลเซีย ซึ่งไม้ยางพารามีค่ากลสมบัตินี้แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 กลสมบัติคัดเลือกของไม้ยางพารา (Grade Stresses)
(Rubberwood)

สภาพของไม้	ไม้สด			ไม้อบแห้ง			หมายเหตุ
	คัดเลือก	มาตรฐาน	ทั่วไป	คัดเลือก	มาตรฐาน	ทั่วไป	
ความเค้น N/mm ²							
แรงดัดขนานเส้น	12.6	9.9	7.9	13.9	11.0	8.7	ไม้สด
แรงดัดขนานเส้น	7.6	5.9	4.7	8.3	6.6	5.2	ความชื้น >19%
แรงอัดขนานเส้น	9.1	7.2	5.7	10.8	8.5	6.7	ไม้อบแห้ง
แรงอัดตั้งฉากเส้น	1.88	1.77	1.66	2.28	2.14	2.11	ความชื้น <19%
แรงเฉือน	2.20	1.71	1.38	2.57	2.00	1.61	
โมดูลัสความยืดหยุ่น N/mm ² , เฉลี่ย	8,800			9,100			
ต่ำสุด	6,200			6,400			

*Grade stresses ในตารางที่ 2.2 เป็นค่าที่ได้ปรับด้วยส่วนปลอดภัยสำหรับหน่วยแรงในแต่ละชนิด

Veeraraghavan (33) ได้รายงานเกี่ยวกับกลสมบัติของไม้ยางพาราที่ได้จากต้นยางในรัฐเกรลา ประเทศอินเดีย ในสภาพสดและอบแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตาราง 2.3 กลสมบัติของไม้ยางพารา (รัฐเกรลา อินเดีย)
(*Heavea brasiliensis*)

สภาพทดสอบ	ความเค้น N/mm^2			โมดูลัสการแตกหัก N/mm^2	โมดูลัสความยืดหยุ่น N/mm^2
	แรงอัดขนานเส้น	แรงอัดตั้งฉากเส้น	แรงเฉือน		
ไม้สด	26.0	3.65	9.0	58	8800
ไม้ผึ่งแห้ง	32.0	4.89	11.0	66	9240

นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบไม้ยางพาราไม้ beech และไม้สน โดยพบว่า ไม้ยางพารามีความเหมาะสมที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ไม้อัดแผ่น เนื่องจากการหดตัวน้อยกว่าไม้เปรียบเทียบทั้งคู่

2.2.2 ไม้ไผ่อัด

บัญชา (7) ได้ทำการทดสอบกลสมบัติของไม้ไผ่อัดแผ่นที่ผลิตจากโรงงาน หจก. นอร์ธเอน เอนเตอร์ไพรส์ ลำพูน เพื่อใช้ในงานไม้แบบก่อสร้าง ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 กลสมบัติของไม้ไผ่อัดแผ่น (หจก. นอร์ธเอน เอนเตอร์ไพรส์ ลำพูน)

ชิ้นส่วน	ความหนาแน่น $กก/ม^3$	ความชื้น %	การดูดซึม %		การพองตัว %			การดูดซึมที่ผิว 2 ซม.	ความเค้นดัด $กก/ซม^2$	ความเค้นดึงที่ผิว $กก/ซม^2$
			2 ซม.	24 ซม.	กว้าง	ยาว	หนา			
ไม้ไผ่อัดแผ่น	659	11.6	9.1	21.8	0.4	0.8	4.9	6.6	675	14
เกณฑ์มาตรฐาน	500-800	9-15	<40	<80	<5	<5	<12	<9	>100	>3

2.3 กาวยัดไม้และวิธีการทดสอบ

Avent (19) ได้ศึกษาถึงการใช้อาวในงานไม้ชั้นต่างๆ ได้แก่ ไม้ชั้นโครงสร้าง ไม้ชั้นโครงสร้างชั่วคราว ตลอดจนงานไม้ที่ไม่ใช่โครงสร้าง โดยแจกแจงถึงประเภทและชนิดของกาวทั้งประเภทกาวธรรมชาติและกาวสังเคราะห์ วิธีการเลือกใช้อาวชนิดต่างๆ คุณสมบัติของกาวในการยึดชิ้นส่วน วิธีการเตรียมและการใช้อาวชนิดต่างๆ ตลอดจนการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นในกาว

ณรงค์ (5) ได้ศึกษาถึงกาวสังเคราะห์ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในงานไม้ในประเทศไทย ได้แก่ กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ กาวเมลลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ กาวรีซอส ซิโนลฟอร์มาลดีไฮด์ กาวอีพอกซีเรซิน กาวโพลีไอโซไนลแอซิเตท กาวรับเบอร์ ผลสรุปการศึกษาของกาวทั้ง 9 ชนิด ได้เกณฑ์ชั้นสภาพความทนทาน ลักษณะของกาวก่อนและหลังการใช้อาว คุณสมบัติของกาวตลอดจนลักษณะประโยชน์ใช้สอยในสภาพแวดล้อมต่างๆ

2.4 การประยุกต์ใช้งานในต่างประเทศ

APA (The Engineered Wood Association) (31) ได้กำหนดรูปแบบการผลิตดงไม้รูป I สำหรับบ้านพักอาศัย ชื่อ API EWS I Joist PRI-400 ขึ้นในปี 1997 โดยได้พัฒนารูปแบบ I Joist เดิมรุ่น PRP 108 I Joist PRI-400 ประกอบด้วย laminated veneer lumber เป็นส่วนปีก (flanges) และใช้ oriented Strandboard plywood เป็นส่วนเอว (web) โดยมีขนาดผลิต 4 ขนาด คือ 10", 12", 14", และ 16" ข้อดีของระบบดงไม้รูปไอของ APA นี้ประกอบด้วย

1. ดงไม้รูปไอมีความแข็งแรงกว่า ดงไม้รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าธรรมดา ทำให้สามารถใช้งานได้ช่วงพาดยาวกว่า
2. สามารถปรับเข้ากับการใช้งานที่มีช่องเปิดมากและสามารถเลื่อยตัดต่อดงไม้รูปไอได้สะดวกรวดเร็ว ง่ายต่อการติดตั้ง นอกจากนี้ยังใช้วัสดุน้อยกว่าเมื่อเทียบกับดงธรรมดา

จากรูปแบบมาตรฐานนี้ได้มีบริษัทตามที่ได้ทำการผลิต I Joist PR-400 นี้ในหลายท้องที่เช่น Georgia Pacific Corporation, Pacific Wood Tech Corporation เป็นต้น โดยบริษัทเหล่านี้จะได้รับการตรวจสอบคุณภาพและพัฒนาจาก APA ซึ่งในปี ค.ศ.2000 APA คาดว่าจะการใช้ดงไม้รูป I จะเพิ่มเป็น 1,000 ล้านลูกบาศก์ฟุต

CWC (Canadian Wood Council) (16) ในประเทศแคนาดาได้ดำเนินการในลักษณะเดียวกันกับ APA โดยได้กำหนดดงไม้รูปไอขึ้น โดยดงไม้ส่วนปีกและเอวใช้วัสดุเช่นเดียวกับ APA ได้กำหนดเพื่อผลิตดงไม้ที่ใช้ในแคนาดา ตั้งแต่หนา 241-508 มม. (9.5"-20") โดยปกติดงไม้รูปไอมีน้ำหนักตั้งแต่ 3 กก/ม-9 กก/ม การยึดต่อส่วนเอวกับปีกนั้นใช้อาวแบบ phenol - formaldehyde และ phenol - resorcinol เป็นตัวประสาน การผลิตเพื่อใช้ในบ้านพัก

phenol - formaldehyde และ phenol - resorcinol เป็นตัวประสาน การผลิตเพื่อใช้ในบ้านพักอาศัยโดยดงไม้รูปโอ้นี้ดำเนินการโดยกลุ่มบริษัทในประเทศซึ่งประสานโดย The Canadian Construction Materials Centre (CCME)

Trim Joist Coperation (32) ได้ผลิตดงไม้รูปโอ้โดยใช้ laminated veneer lumber ทั้งในส่วนปีกและเอว ขนาดที่ผลิตทั่วไปตั้งแต่ 12"-24" Trim Joist สามารถดัดแต่งปรับสภาพเข้ากับงานต่าง ๆ ได้ดี โดยแผ่นยึดตะปู (Gang Nails) สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ความยาวช่วง 24'-30' การเลือกใช้ขึ้นกับน้ำหนักบรรทุกที่ออกแบบ

บทที่ 3

การทดสอบกลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

3.1 ทัวไป

กลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดที่เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบตงรูปไอ ประกอบด้วยกลสมบัติต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตาราง 3.1 กลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพารา

การทดสอบ ชุดที่	กลสมบัติ	มาตรฐานการ ทดสอบ	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 3.2 กลสมบัติพื้นฐานของไม้ไผ่อัด

การทดสอบ ชุดที่	กลสมบัติ	มาตรฐานการ ทดสอบ	จำนวนตัวอย่าง
MCB	ปริมาณความชื้น	ASTM D4442-84	24
S	ความเค้นเฉือน	ASTM D2339-82	24

3.2 ทฤษฎีการทดสอบพื้นฐาน

3.2.1 ปริมาณความชื้นในไม้

การทดสอบดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D4442-84 โดยใช้ตัวอย่างของไม้ยางพาราหรือไม้ไผ่อัดขนาด 50x50x50 mm นำมาวัดและชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการอบในเตาอบที่อุณหภูมิ $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นในไม้คำนวณได้จาก

$$\text{MC}\% = \frac{W_0 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (3.1)$$

โดยที่ W_0 และ W_1 คือ น้ำหนักของตัวอย่างไม้ก่อนและหลังการอบในเตาอบ

3.2.2 กำลังอัดขนานเสี้ยนไม้

การทดสอบดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D143-83 โดยใช้ตัวอย่างไม้ยางพารา ขนาด 50x50x200 mm มาทำการกดขนานเสี้ยนไม้ในเครื่องทดสอบยูนิเวอร์ซัล โดยทำการติดตั้งชุดวัดการหดตัวของตัวอย่าง บันทึกค่าแรงอัดและค่าการหดตัวในช่วงวัดและทำการวาดรูปความสัมพันธ์ของแรงอัดและค่าการหดตัว ค่ากลสมบัติที่ได้จากการทดสอบประกอบด้วย

ก. ค่าความเค้นที่จุดสัดส่วน

$$\sigma_{PL} = \frac{P_{PL}}{A} \quad (3.2)$$

ข. ค่าความเค้นที่จุดสูงสุด

$$\sigma_{UL} = \frac{P_{UL}}{A} \quad (3.3)$$

ค. ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น

$$E = \frac{P_{PL}L}{A\Delta_{PL}} \quad (3.4)$$

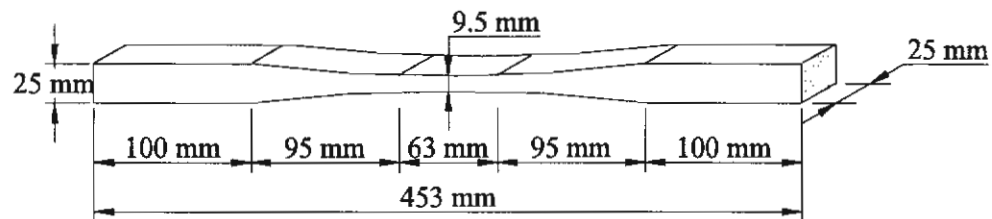
โดยค่า P_{PL} Δ_{PL} และ P_{UL} เป็นค่าแรงอัดและค่าการหดตัวที่จุดสัดส่วน และค่าแรงอัดสูงสุด σ_{PL} σ_{UL} และ E เป็นค่าความเค้นที่จุดสัดส่วน ค่าความเค้นสูงสุด และค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นขนานเสี้ยนของไม้ยางพารา

3.2.3 กำลังอัดตั้งฉากเสี้ยนไม้

การทดสอบดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D143-83 โดยใช้ตัวอย่างไม้ยางพารา ขนาด 50x50x150 mm มาทำการกดในทิศตั้งฉากเสี้ยนไม้ การทดสอบและการบันทึกข้อมูลดำเนินการในลักษณะเดียวกันกับการทดสอบแบบขนานเสี้ยนไม้ ซึ่งค่ากลสมบัติที่ได้สามารถหาค่าตามสมการที่ 3.2 ถึง 3.4 ทำการคำนวณ และค่าที่ได้เป็นค่ากำลังของไม้ในกรณีตั้งฉากเสี้ยน

3.2.4 กำลังดึงขนานเสี้ยนไม้

การทดสอบดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D143-83 โดยใช้ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบหาค่ากำลังดึงขนานเสี้ยน

การทดสอบและการบันทึกข้อมูลดำเนินการเหมือนในหัวข้อ 3.2.2 และใช้สมการที่ 3.2 ถึง 3.4 ในการคำนวณหาค่ากำลังของไม้ในกรณีกำลังดึงขนานเสี้ยนไม้

3.2.5 กำลังดัดของไม้

การทดสอบดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D143-83 ตัวอย่างไม้ยาวพารขนาด 50x50x760 mm โดยทำการกदन้าหนักที่จุดกึ่งกลางคานที่มีช่วงพาด 710 mm ทำการบันทึกค่าน้าหนักและระยะแอ่นตัวของตัวอย่าง และทำการเขียนรูปความสัมพันธ์ของน้าหนักกับการแอ่นตัว

กลสมบัติที่ได้จากการทดสอบประกอบด้วย

ก. ค่าความเค้นที่จุดสัดส่วน

$$\sigma_{PL} = \frac{M_{PL}}{S} \quad (3.5)$$

ข. ค่าโมดูลัสของการแตกหัก

$$R = \frac{M_{MAX}}{S} \quad (3.6)$$

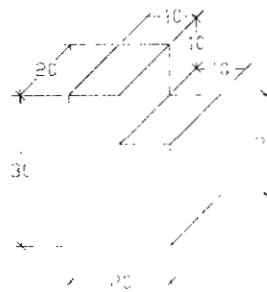
ค. ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น

$$E = \frac{P_{PL} L^3}{48 \delta_{PL} I} \quad (3.7)$$

โดยที่ P_{PL} δ_{PL} และ M_{PL} ค่าน้ำหนักที่หาได้จากกราฟ ค่าการแอ่นตัว และค่าโมเมนต์ดัดที่จุดตัด ส่วน R ค่าโมดูลัสของการแตกหัก E ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น M_{MAX} ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุด

3.2.6 กำลังเฉือนของไม้ไผ่อัด

ไม้ไผ่อัดเป็นวัสดุแปรรูปซึ่งได้จากการนำเอาเสื่อลำแพนมาวางซ้อนกันเป็นชั้นๆ โดยใช้กาวเป็นตัวประสาน และกดอัดด้วยความร้อน ในการนำเอาไม้ไผ่อัดมาเป็นส่วนเอวของคาน ประกอบรูปตัวไอได้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในแผ่นเอวเป็นแรงเฉือนเป็นหลัก ดังนั้นคุณสมบัติทางด้านการรับแรงเฉือนได้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D143-83 โดยมีการจัดเตรียมตัวอย่างดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 รูปวัสดุตัวอย่างในการทดสอบหาค่าความเค้นเฉือน

การทดสอบจะทำการวัดขนาดและบันทึกค่าน้ำหนักที่ใช้ดึงที่ปลายสูงสุด ค่ากำลังเค้นเฉือนสูงสุด คำนวณได้จาก

$$\tau = \frac{P_{MAX}}{A} \quad (3.8)$$

โดยที่ P_{MAX} เป็น ค่าแรงเฉือนที่เกิดในระนาบเฉือนมีหน่วยเป็น kg และ A เป็นพื้นที่รับแรงเฉือน ซึ่งเป็นพื้นที่ระหว่างร่องบากมีหน่วยเป็น cm^2

3.3 ผลการทดสอบ

ค่ากลสมบัติของไม้ยางพาราสำหรับปริมาณความชื้น กำลังอัดขนานเส้นไม้ กำลังอัดตั้งฉากเส้นไม้ กำลังดึง และกำลังดัด ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.3 3.4 3.5 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ ส่วนปริมาณความชื้นและกำลังเฉือนของไม้ไผ่อัดได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.8 และ 3.9

3.4 สรุปผลการทดสอบและกลสมบัติไม้สำหรับการออกแบบ

จากค่ากลสมบัติของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดในตารางที่ 3.3 ถึง 3.9 เมื่อพิจารณาถึงส่วนปลอดภัยสำหรับค่าหน่วยแรง (ความเค้น) แต่ละชนิดและประเภทการใช้งาน ซึ่งสำหรับไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดเหมาะที่จะใช้งานในร่มตลอดเวลา ได้ค่าความเค้นปลอดภัยในการใช้งานดังแสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.3 ปริมาณความชื้นไม้ยางพารา
(ASTM D 4442-82)

ตัวอย่าง	ขนาด กว้างxยาวxสูง (cm)	น้ำหนักก่อนอบ W _o (g)	น้ำหนักหลังอบ W _i (g)	% ความชื้น	หมายเหตุ
MCR1	4.870x5.055x5.030	90	80	12.5	
MCR2	5.000x5.030x5.020	88	80	10.0	
MCR3	4.980x5.020x5.010	78	70	11.4	
MCR4	4.950x5.010x5.030	82	74	10.8	
MCR5	5.045x5.000x4.880	90	79	13.9	
MCR6	5.065x4.900x5.000	91	80	13.8	
MCR7	5.000x4.995x4.900	91	80	13.8	
MCR8	5.030x5.030x5.070	86	76	13.2	
MCR9	5.000x4.890x5.030	90	79	13.9	
MCR10	4.880x5.030x5.050	90	80	12.5	
MCR11	5.010x5.000x5.040	94	82	14.6	
MCR12	5.030x4.930x5.000	78	70	11.4	
MCR13	5.050x5.085x5.060	88	78	12.8	
MCR14	5.000x5.000x6.030	76	67	13.4	
MCR15	5.010x5.010x4.910	90	79	13.9	
MCR16	4.930x5.050x5.080	91	80	13.8	
MCR17	4.990x5.010x5.010	90	79	13.9	

ตาราง 3.3(ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด กว้างxยาวxสูง (cm)	น้ำหนักก่อนอบ W _o (g)	น้ำหนักหลังอบ W ₁ (g)	% ความชื้น	หมายเหตุ
MCR18	5.010x5.040x5.020	79	71	11.3	
MCR19	5.060x4.860x5.030	89	79	12.7	
MCR20	4.990x5.020x5.040	86	78	10.3	
MCR21	5.030x4.860x5.100	91	81	12.3	
MCR22	5.090x5.070x5.000	82	74	10.8	
MCR23	5.070x5.000x5.060	77	69	11.6	
MCR24	4.880x5.020x5.060	91	81	12.3	
ปริมาณความชื้นเฉลี่ย				12.5	

ตารางที่ 3.4 ความเค้นอัดขนานเสี้ยนของไม้ยางพารา
(ASTM D 143-83)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)			น้ำหนักสูงสุด (kg)	พื้นที่รับ แรงอัด (cm ²)	ความเค้นสูงสุด (ksc)	ความเค้นที่จุด สัดส่วน(ksc)	โมดูลัสของ ความยืดหยุ่น (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา	ยาว						
CPR1	4.93	5.00	20.08	7,550	24.65	306	250	166,667	
CPR2	5.00	5.04	20.05	12,770	25.20	507	490	395,161	
CPR3	5.01	5.00	20.11	9,400	25.05	375	335	364,130	
CPR4	5.03	5.01	19.90	9,640	25.20	383	365	271,756	
CPR5	4.92	4.96	20.08	8,260	24.40	338	293	523,214	
CPR6	5.00	4.92	20.10	8,620	24.60	350	304	230,303	
CPR7	5.03	4.92	20.06	11,620	24.75	470	442	337,404	
CPR8	5.00	5.01	20.10	10,080	25.05	402	385	253,289	
CPR9	5.02	4.96	20.00	7,380	24.90	296	272	180,132	
CPR10	5.04	5.05	20.05	9,100	25.45	358	342	166,019	
CPR11	5.01	5.02	20.06	9,410	25.15	374	360	276,923	
CPR12	5.01	5.02	20.07	5,770	25.15	229	206	117,045	
CPR13	4.99	5.03	20.05	9,900	25.10	394	381	247,043	
CPR14	5.06	5.05	19.20	9,680	25.55	379	361	221,472	
CPR15	5.02	5.04	19.80	8,260	25.30	326	-	121,951	ตัวอย่างเกิดการเสียหายที่ต่ำไม่

ตาราง 3.4(ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)			น้ำหนักสูงสุด (kg)	พื้นที่รับ แรงอัด (cm ²)	ความเค้นสูงสุด (ksc)	ความเค้นที่จุด สัณฐาน(ksc)	โมดูลัสของ ความยืดหยุ่น (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา	ยาว						
CPR16	4.96	5.02	20.10	11,390	24.90	457	446	365,574	
CPR17	5.02	5.01	20.00	8,310	25.15	330	320	340,426	
CPR18	4.96	5.00	20.08	9,930	24.80	400	383	327,350	
CPR19	5.04	4.98	20.10	13,760	25.10	548	521	366,901	
CPR20	5.02	5.04	20.03	9,130	25.30	361	342	294,828	
CPR21	5.00	4.94	20.07	11,480	24.70	465	435	375,000	
CPR22	5.04	5.02	20.05	10,140	25.30	401	390	283,090	
CPR23	5.03	5.02	19.99	8,780	25.25	348	330	270,490	
CPR24	5.01	5.00	20.10	11,820	25.05	472	455	367,720	
ค่าเฉลี่ย							366	285,995	

ตารางที่ 3.5 ความเค้นอัดตั้งฉากเสียของไม้ยางพารา
(ASTM D 143-83)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)			น้ำหนักสูงสุด (kg)	พื้นที่รับ แรงอัด (cm ²)	ความเค้นสูงสุด (ksc)	ความเค้นที่จุด ลัดส่วน(ksc)	โมดูลัสของ ความยืดหยุ่น (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา	ยาว						
CPP1	5.02	15.03	5.04	3,600	25.50	141	109	22,710	
CPP2	5.02	15.05	5.00	6,520	25.50	256	209	17,420	
CPP3	5.04	15.08	5.03	4,080	25.60	159	130	21,310	
CPP4	5.01	15.05	5.05	4,120	25.45	162	126	21,720	
CPP5	5.02	15.07	5.04	7,050	25.50	276	192	41,740	
CPP6	4.99	16.06	4.99	3,670	25.35	145	115	17,160	
CPP7	5.02	15.12	5.04	3,640	25.50	143	90	17,650	
CPP8	5.01	15.08	5.02	3,640	25.45	143	86	17,917	
CPP9	5.03	15.10	5.04	3,780	25.55	148	109	19,818	
CPP10	5.05	15.07	5.02	4,090	25.65	159	109	25,952	
CPP11	4.99	15.04	4.99	3,260	25.35	129	90	17,308	
CPP12	4.99	15.00	5.04	3,440	25.35	136	72	16,364	
CPP13	5.05	15.04	5.20	3,410	25.65	133	95	16,379	
CPP14	5.01	15.11	4.99	3,990	25.45	157	105	25,610	
CPP15	4.98	15.00	5.00	3,980	25.30	157	122	19,365	

ตาราง 3.5(ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)			น้ำหนักสูงสุด (kg)	พื้นที่รับ แรงอัด (cm ²)	ความเค้นสูงสุด (ksc)	ความเค้นที่จุด สัดส่วน(ksc)	โมดูลัสของ ความยืดหยุ่น (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา	ยาว						
CPP16	4.99	15.02	4.98	3,000	25.35	118	87	16,111	
CPP17	5.02	15.02	5.02	4,810	25.50	189	125	19,231	
CPP18	5.01	15.08	4.94	3,200	25.45	126	79	14,364	
CPP19	5.00	14.99	5.04	6,050	25.40	238	209	37,321	
CPP20	5.00	15.08	5.00	3,440	25.40	135	89	15,893	
CPP21	5.00	15.02	5.00	4,100	25.40	161	113	22,157	
CPP22	4.98	15.05	4.96	4,600	25.30	182	132	28,085	
CPP23	4.98	15.03	5.02	4,330	25.30	171	117	19,500	
CPP24	5.08	15.08	5.05	7,550	25.81	293	192	17,615	
ค่าเฉลี่ย						169	121	21,196	

ตารางที่ 3.6 ความเค้นดึงของไม้ยางพารา
(ASTM D 143-83)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)			น้ำหนักสูงสุด (kg)	พื้นที่รับ แรงอัด (cm ²)	ความเค้นสูงสุด (ksc)	ความเค้นที่จุด สัดส่วน(ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา	ยาว					
T1	2.480	45.3	0.995	1924	2.47	780	648	
T2	2.545	45.3	1.005	989	2.56	387	352	
T3	2.495	45.2	0.990	2067	2.47	837	708	
T4	2.515	45.8	0.910	544	2.29	238	238	
T5	2.480	45.2	1.015	1666	2.52	662	576	
T6	2.490	45.2	0.950	1436	2.37	607	478	
T7	2.500	45.3	1.000	2265	2.50	906	780	
T8	2.495	45.3	0.935	1650	2.33	707	707	
T9	2.501	45.2	0.960	2050	2.40	854	708	
T10	2.510	45.2	0.950	2086	2.38	875	587	
T11	2.495	45.3	0.930	1903	2.32	820	595	
T12	2.530	45.3	0.970	1412	2.45	575	428	
T13	2.500	45.2	1.000	2162	2.50	865	636	
T14	2.470	45.2	0.915	2170	2.26	960	566	
T15	2.490	45.2	0.920	605	2.29	264	264	

ตาราง 3.6(ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)			น้ำหนักสูงสุด (kg)	พื้นที่รับ แรงอัด (cm ²)	ความเค้นสูงสุด (ksc)	ความเค้นที่จุด ลัดส่วน(ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา	ยาว					
T16	2.510	45.3	0.980	1338	2.46	544	544	
T17	2.485	45.2	0.920	2186	2.29	956	590	
T18	2.500	45.3	0.835	1702	2.09	815	733	
T19	2.500	45.2	0.940	1956	2.35	832	553	
T20	2.480	45.2	0.870	1274	2.16	590	590	
T21	2.490	45.3	1.000	1766	2.49	709	582	
T22	2.490	45.3	0.960	1295	2.39	542	542	
T23	2.500	45.3	1.060	2488	2.65	939	879	
T24	2.510	45.2	0.920	1339	2.31	580	580	
ค่าเฉลี่ย						702	578	

ตารางที่ 3.7 ความเค้นดัดของไม้ยางพารา
(ASTM D 143-83)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		ช่วงพาด (cm)	น้ำหนักที่ จุดยึดส่วน (kg)	น้ำหนักสูง สุด (kg)	ระยะแอนตัว สูงสุด (cm)	โมดูลัสของ หน้าตัด (cm ³)	โมเมนต์ของ ความเฉื่อย (cm ⁴)	ความเค้นที่ จุดยึดส่วน (ksc)	โมดูลัสของ การแตกหัก (ksc)	โมดูลัสของ ความยืดหยุ่น (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	สูง										
F1	4.97	5.00	71.00	680	898	1.21	20.71	51.77	583	770	120,913	
F2	5.06	5.07	71.00	-	1,134	0.81	21.68	54.95	-	929	-	ตัวอย่างเกิดการเสียหายที่ต่ำไม่
F3	5.03	5.10	71.00	758	1,161	2.18	21.81	55.60	617	945	98,689	
F4	5.07	5.10	71.00	840	1,258	1.87	21.98	56.05	678	1016	91,604	
F5	4.99	4.97	71.00	802	1,191	1.68	20.54	51.05	693	1029	104,593	
F6	5.03	5.04	71.00	695	968	2.07	21.30	53.66	579	807	84,710	
F7	5.05	5.00	71.00	-	394	0.82	21.04	52.60	-	332	-	ตัวอย่างเกิดการเสียหายที่ต่ำไม่
F8	5.07	4.95	71.00	720	1,077	1.63	20.70	51.24	617	923	108,007	
F9	4.77	4.90	71.00	780	1,236	1.53	19.09	46.77	725	1149	155,458	
F10	5.03	5.00	71.00	730	1,238	1.61	20.96	52.40	618	1048	106,007	
F11	5.04	5.10	71.00	780	969	2.21	21.85	55.71	634	787	65,245	
F12	5.01	5.05	71.00	680	900	1.52	21.29	53.77	567	750	89,810	
F13	5.06	5.00	71.00	630	919	1.63	21.08	52.71	530	774	78,179	
F14	5.05	4.98	71.00	720	1,174	1.46	20.87	51.98	612	998	120,107	
F15	5.08	5.00	71.00	900	1,201	1.74	21.17	52.92	755	1007	109,327	
F16	4.97	5.01	71.00	580	1,018	1.89	20.79	52.08	495	869	118,625	
F17	5.07	5.00	71.00	740	1,101	2.03	21.13	52.81	622	925	91,648	

ตาราง 3.7(ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		ช่วงพาด (cm)	น้ำหนักที่ จุดตัดส่วน (kg)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ระยะแอนตัว สูงสุด (cm)	โมดูลัสของ หน้าตัด (cm ³)	โมเมนต์ของ ความเฉื่อย (cm ⁴)	ความเค้นที่ จุดตัดส่วน (ksc)	โมดูลัสของ การแตกหัก (ksc)	โมดูลัสของ ความยืดหยุ่น (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	สูง										
F18	5.02	5.02	71.00	295	414	1.13	21.08	52.92	248	349	61,124	
F19	5.04	5.05	71.00	635	1,145	1.58	21.42	54.09	526	949	94,124	
F20	5.12	5.08	71.00	578	1,047	1.82	22.02	55.93	466	844	69,416	
F21	5.07	4.94	71.00	740	1,174	1.36	20.62	50.93	637	1011	106,208	
F22	5.00	5.00	71.00	660	1,048	1.43	20.83	52.08	562	893	101,601	
F23	5.09	5.03	71.00	820	1,415	1.90	21.46	53.98	678	1170	106,857	
F24	5.03	5.04	71.00	1,100	1,380	1.98	21.30	53.66	917	1150	110,756	
ค่าเฉลี่ย												
									607	893	99,683	

ตารางที่ 3.8 ปริมาณความชื้นไม้ผุอัด
(ASTM D 4442-82)

ตัวอย่าง	ขนาด กว้างxยาวxสูง (cm)	น้ำหนักก่อนอบ W _o (g)	น้ำหนักหลังอบ W _i (g)	% ความชื้น	หมายเหตุ
MCB1	10.145x10.160x1.340	128	116	10.3	
MCB2	10.145x10.210x1.340	111	102	8.8	
MCB3	10.135x10.200x1.350	128	117	9.4	
MCB4	10.175x10.140x1.350	120	111	8.1	
MCB5	10.140x10.165x1.360	131	119	10.1	
MCB6	10.175x10.145x1.330	122	112	8.9	
MCB7	10.150x10.165x1.380	133	122	9.0	
MCB8	10.180x10.145x1.380	130	120	8.3	
MCB9	10.150x10.135x1.340	127	115	10.4	
MCB10	10.180x10.165x1.350	120	110	9.1	
MCB11	10.160x10.180x1.330	126	116	8.6	
MCB12	10.170x10.120x1.350	133	121	9.9	
MCB13	10.160x10.165x1.320	126	115	9.6	
MCB14	10.130x10.130x1.350	128	117	9.4	
MCB15	10.160x10.180x1.390	129	119	8.4	
MCB16	10.140x10.185x1.340	123	113	8.8	
MCB17	10.160x10.140x1.360	126	114	10.5	

ตาราง 3.8(ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด กว้างxยาวxสูง (cm)	น้ำหนักก่อนหอบ W_o (g)	น้ำหนักหลังหอบ W_i (g)	% ความชื้น	หมายเหตุ
MCB18	10.130x10.170x1.335	127	115	10.4	
MCB19	10.155x10.170x1.375	128	117	9.4	
MCB20	10.130x10.135x1.360	128	118	8.5	
MCB21	10.140x10.190x1.350	122	111	9.9	
MCB22	10.100x10.145x1.330	120	110	9.1	
MCB23	10.140x10.175x1.350	128	116	10.3	
MCB24	10.150x10.140x1.380	122	113	8.0	
		ปริมาณความชื้นเฉลี่ย		9.3	

ตารางที่ 3.9 ความเค้นเฉือนของไม้ไผ่อัด
(ASTM D 2339-82)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับ แรงเฉือน (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	ยาว				
S1	1.95	1.98	3.86	550	142	
S2	1.98	1.96	3.88	555	143	
S3	1.94	1.97	3.82	545	142	
S4	1.98	1.96	3.88	490	126	
S5	1.94	1.95	3.78	510	135	
S6	1.99	1.96	3.90	425	108	
S7	1.97	1.97	3.88	527	136	
S8	1.94	1.96	3.80	516	136	
S9	1.91	1.98	3.78	442	117	
S10	1.91	1.95	3.72	427	115	
S11	1.99	1.98	3.94	498	126	
S12	1.96	2.04	3.99	515	129	
S13	1.98	1.97	3.90	547	140	
S14	1.96	1.98	3.88	555	143	
S15	1.98	1.95	3.86	395	102	
S16	1.96	1.93	3.78	584	154	
S17	1.98	1.98	3.92	572	146	

ตาราง 3.9(ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับ แรงเฉือน (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	ยาว				
S18	2.00	1.94	3.88	461	119	
S19	2.00	1.98	3.96	461	116	
S20	1.96	1.95	3.82	473	124	
S21	1.95	2.02	3.94	567	144	
S22	1.99	1.99	3.96	486	123	
S23	2.00	1.93	3.86	495	128	
S24	1.96	1.92	3.76	464	123	
ค่าเฉลี่ย					130	

ตารางที่ 3.10 ค่าความแปรปรวนในการใช้งานของไม้ยางและไม้ไผ่

วัสดุ	กลสมบัติ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ช่วงความเชื่อมั่น 95%#	ส่วนปลอดภัย*	ค่ากลสมบัติสภาวะใช้งาน
ไม้ยาง	ความเค้นอัดขนานเส้น	Ksc	366	75	334 – 398	5.75	64
	ความเค้นตึงฉากเส้น	Ksc	121	39	105 – 138	2.5	48
	ความเค้นดึง	Ksc	578	147	519 – 637	6.5	89
	ความเค้นดัด	Ksc	607	123	556 – 658	6.5	93
	โมดูลัสความยืดหยุ่น	Ksc	99,683	20,581	91,082 – 108,283	-	100,000
ไม้ไผ่	ความเค้นเฉือน	Ksc	130	13	125 – 135	9	14

หมายเหตุ: *อ้างอิงจาก มาตรฐานอาคารไม้ คณะกรรมการการสาขาสถาปัตยกรรมโยธา 2515-16 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2517

#เป็นค่าต่ำสุดและสูงสุดที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4

การทดสอบรอยต่อของไม้ยางและไม้ยางกับไม้ไผ่อัด

4.1 การทดสอบกำลังดึงของรอยต่อแบบ finger joint ในไม้ยาง

4.1.1 ทัวไป

รอยต่อแบบประสานนิ้วมีการต่อคล้ายกับการขัดประสานกันของนิ้วมือ ซึ่งจะให้ความแข็งแรงบริเวณรอยต่อมากกว่าการต่อแบบทาบ หรือ การต่อแบบชน เนื่องจากในรอยต่อแบบประสานนิ้วจะมีการกระจายตัวของความเค้นอย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งการต่อแบบประสานนิ้วยังให้พื้นที่ประสิทธิผลที่มากกว่าการต่อแบบอื่นๆ แต่การต่อแบบประสานนิ้วจำเป็นต้องใช้กาบเป็นตัวยึดประสานซึ่งจะต้องควบคุมความชื้นรอยต่อของไม้ โดยทำการทดสอบดังแสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 การทดสอบกำลังดึงของรอยต่อแบบ finger joint

การทดสอบชุดที่	มาตรฐานการทดสอบ	ชนิดกาบ	ประเภท	วิธีการทดสอบ	จำนวนตัวอย่าง
DNA	ASTM D 4688-90	National 5001	Phenol Formaldehyde	Dry	40
WNA	ASTM D 4688-90	National 5001	Phenol Formaldehyde	Cold Water Vacuum - Pressure soak	40
BNA	ASTM D 4688-90	National 5001	Phenol Formaldehyde	Cyclic Boil	40
DFJ	ASTM D 4688-90	Latex FJ -35	Phenol Formaldehyde	Dry	40
WFJ	ASTM D 4688-90	Latex FJ -35	Phenol Formaldehyde	Cold Water Vacuum - Pressure soak	40
BFJ	ASTM D 4688-90	Latex FJ -35	Phenol Formaldehyde	Cyclic Boil	40

4.1.2 ทฤษฎีการทดสอบพื้นฐาน

การทดสอบดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D4688-90 โดยใช้ตัวอย่างของไม้ยางพาราดังรูป 4.1 นำมาทดสอบตามแต่ละวิธีดังนี้

ก. การทดสอบแบบแห้ง (Dry Test)

นำตัวอย่างมาวัดขนาดและทำการตั้งไม้ในเครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดเมื่อตัวอย่างขาดจากกันและทำการคำนวณค่าความเค้นได้จาก

$$\sigma_m = \frac{P_{max}}{A} \quad (4.1)$$

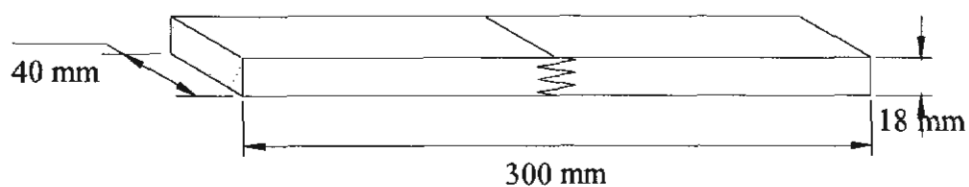
โดยที่ σ_m เป็นค่าความเค้นสูงสุด P_{max} และ A เป็นค่าแรงดึงสูงสุดก่อนไม้จะขาดและพื้นที่หน้าตัดของไม้ยางพารา

ข. การทดสอบแบบแช่น้ำภายใต้สุญญากาศ - ความดัน (Cold Water Vacuum - Pressure Soak Test)

นำตัวอย่างไปแช่ในหม้ออัดความดัน แล้วใส่น้ำโดยให้ระดับน้ำท่วมขึ้นตัวอย่างบนสุดอย่างน้อย 5 ซม. อัดความดันน้ำโดยใช้ความดัน 5 บรรยากาศเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นปรับความดันสู่ภาวะปกติแล้วนำตัวอย่างมาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องแล้วนำตัวอย่างขึ้นจากน้ำเช็ดให้หมาดแล้วทำการทดสอบเหมือนขั้นตอน Dry Test ต่อไป

ค. การทดสอบแบบต้มวนรอบ (Cyclic Boil Test)

นำตัวอย่างใส่หม้อที่เตรียมไว้ โดยเว้นระยะเรียงพอประมาณ เติมน้ำให้ท่วมตัวอย่างขึ้นบนสุดอย่างน้อย 5 ซม. ค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิของน้ำจนกระทั่งน้ำเดือดทิ้งไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วจึงนำตัวอย่างไปอบประมาณ 1 วัน ทำเช่นนี้ 5 ครั้ง หลังจากการอบครั้งสุดท้ายให้นำตัวอย่างแช่น้ำปล่อยไว้ให้เย็น จากนั้นเช็ดผิวให้หมาดก่อนทำการทดสอบตามขั้นตอน Dry test ต่อไป



รูป 4.1 ตัวอย่างการทดสอบ finger joint

4.1.3 ผลการทดสอบ

ค่ากำลังดึงของรอยต่อแบบ finger joint ในไม้อย่างได้แสดงไว้ในตาราง 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ (หมายเหตุ : กาว National 5001, Cyclic Boil Test พบว่าตัวอย่างไม้หลุดออกจากกันหมด)

4.2 การทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนของรอยต่อไม้ระหว่างไมยางกับไม้ไผ่อัด

4.2.1 ทัวไป

การทดสอบเพื่อหาค่ากำลังยึดเหนี่ยวของกาวบริเวณรอยต่อระหว่างไมยางกับไม้ไผ่อัด ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตาราง 4.2 การทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนของรอยต่อไมยางกับไม้ไผ่อัด

การทดสอบชุดที่	ชนิดกาว	จำนวนตัวอย่าง
NJ	National 5001	40
PJ	Panatex P-300	40
ADJ	Panatex AD-15	40
HJ	Panatex H-125	40

4.2.2 ทฤษฎีการทดสอบพื้นฐาน

การทดสอบใช้ตัวอย่างไมยางพารากับไม้ไผ่อัดตามลักษณะการใช้งานดังรูปที่ 4.2 นำมาวัดและชั่งน้ำหนัก และทำการดึงไม้ในเครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซลบันทึกค่าน้ำหนักสูงสุด เมื่อตัวอย่างขาดออกจากกัน ค่าการคำนวณประกอบด้วย

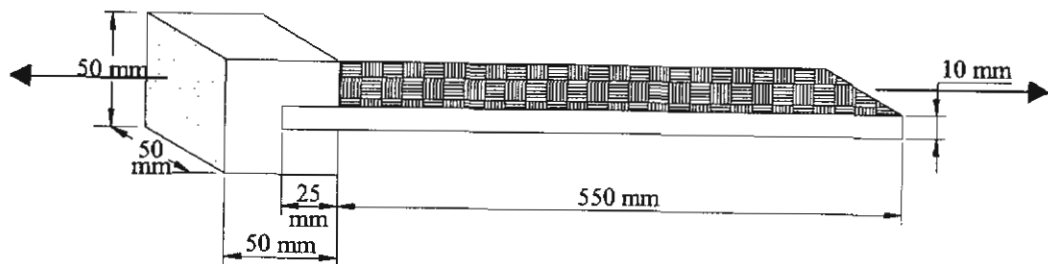
ก. ค่าความเค้นสูงสุด

$$\tau = \frac{Q}{w(2d + t_w)} \quad (4.2)$$

ข. ค่า แรงเฉือนไหล (shear flow)

$$q = \frac{Q}{W} \quad (4.3)$$

โดยค่า τ และ q เป็นค่าความเค้นเฉือน และค่าแรงเฉือนไหล Q , w , d และ t_w เป็นค่าแรงดึงสูงสุด ค่าความกว้างของไม้ยาง ค่าความลึกของรอยต่อ และความหนาของแผ่นเอวตามลำดับ



รูป 4.2 ตัวอย่างการทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนของรอยต่อไม้ยางกับไม้เฝือก

4.2.3 ผลการทดสอบ

ค่าความเค้นเฉือนและ ค่าแรงเฉือนไหล ของรอยต่อไม้ระหว่างไม้ยางกับไม้เฝือก แสดงไว้ในตารางที่ 4.8, 4.9, 4.10, 4.11

4.3 สรุปผลการทดสอบและกลสมบัตินៃรอยต่อของไม้ยางพาราและไม้เฝือก

จากค่ากลสมบัติของรอยต่อไม้ยางและไม้เฝือกในตารางที่ 4.3-4.11 เมื่อพิจารณาถึงส่วนปลอดภัยสำหรับค่าหน่วยแรงของกาวแต่ละชนิดและประเภทการใช้งาน ซึ่งสำหรับไม้ยางพาราและไม้เฝือกเหมาะที่จะใช้งานในร่มตลอดเวลา ได้ค่าหน่วยแรงในการใช้งานดังตารางที่ 4.12 จากผลการทดสอบนี้เห็นว่าค่ากำลังดึงของรอยต่อประสานนี้ที่ใช้กาว National 5001 เป็นตัวยึดประสาน เมื่อเทียบกับกาว Latex FJ-35 จะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่กาว FJ-35 นั้นเหมาะกับการใช้ในงานเฟอร์นิเจอร์ซึ่งมีสภาพการใช้งานที่ต้องผ่านการทดสอบแบบ cold water vacuum-pressure soak และ cyclic boil ซึ่งกำลังดึงที่รอยต่อประสานนี้ในสภาพดังกล่าวนี้มีค่าค่อนข้างต่ำ สำหรับกาว National 5001 เหมาะกับการใช้งานในที่ร่มแห้ง ไม่เปลี่ยนความชื้น และราคาถูกกว่า ทั้งนี้ทางบริษัทผู้ร่วมโครงการคือ บริษัทฟิลิปปินส์อุตสาหกรรม ได้ใช้กาวดังกล่าวเป็นตัวประสานรอยต่อไม้ที่ผลิตจำหน่ายภายในและภายนอกประเทศ

ในการศึกษาทดลองงานวิจัยของโครงการนี้เป็นการศึกษาโครงสร้างไม้ในที่ร่มแห้งจึงได้ใช้กาว National 5001 เป็นตัวประสานรอยต่อประสานนี้ของไม้ยางพาราและรอยต่อระหว่างไม้ยางพาราและไม้เฝือก

ตารางที่ 4.3 ค่ากำลังดึงของรอยต่อแบบ finger joint ในไม้ยาง (National-5001)

Dry Test (ASTM D 4688-90)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
DNA1	4.025	1.815	7.305	3547	486	
DNA2	4.005	1.785	7.149	2818	394	
DNA3	4.020	1.800	7.236	2784	385	
DNA4	4.030	1.820	7.335	2857	390	
DNA5	4.005	1.780	7.129	3517	493	
DNA6	4.400	1.810	7.964	2690	338	
DNA7	4.100	1.800	7.380	3409	462	
DNA8	4.200	1.785	7.497	3172	423	
DNA9	4.300	1.790	7.697	3292	428	
DNA10	4.100	1.770	7.257	3119	430	
DNA11	4.030	1.820	7.335	3113	424	
DNA12	4.030	1.815	7.314	3198	437	
DNA13	4.000	1.625	6.500	2817	433	
DNA14	3.895	1.795	6.992	2613	374	
DNA15	3.955	1.820	7.198	2964	412	
DNA16	3.980	1.825	7.264	2702	372	
DNA17	4.010	1.815	7.278	2778	382	

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
DNA18	4.020	1.805	7.256	2985	411	
DNA19	3.960	1.790	7.088	3032	428	
DNA20	4.005	1.760	7.049	2629	373	
DNA21	4.015	1.815	7.287	3258	447	
DNA22	3.940	1.800	7.092	3511	495	
DNA23	4.015	1.815	7.287	3645	500	
DNA24	4.000	1.790	7.160	2404	336	
DNA25	4.010	1.785	7.158	3219	450	
DNA26	4.010	1.770	7.098	2966	418	
DNA27	3.990	1.815	7.242	3238	447	
DNA28	4.000	1.795	7.180	3515	490	
DNA29	3.985	1.810	7.213	3668	509	
DNA30	3.915	1.805	7.067	2609	369	
DNA31	4.010	1.750	7.018	3512	500	
DNA32	4.030	1.800	7.254	2741	378	
DNA33	3.995	1.800	7.191	2979	414	
DNA34	3.930	1.790	7.035	3111	442	
DNA35	4.025	1.800	7.245	3800	524	

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
DNA36	4.000	1.820	7.280	3245	446	
DNA37	3.825	1.790	6.847	2973	434	
DNA38	4.005	1.815	7.269	4274	588	
DNA39	4.030	1.810	7.294	3034	416	
DNA40	4.020	1.785	7.176	2658	370	
ค่าเฉลี่ย				3110	431	

ตารางที่ 4.4 ค่ากำลังดึงของรอยต่อแบบ finger Joint ในไม้ยาง (National-5001)
Cold Water Vacuum-Pressure Soak (ASTM D 4688-90)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
WNA1	4.080	1.820	7.426	128	17	
WNA2	4.130	1.815	7.496	118	16	
WNA3	4.125	1.850	7.631	153	20	
WNA4	4.160	1.880	7.821	211	27	
WNA5	4.170	1.820	7.589	169	22	
WNA6	4.100	1.825	7.483	194	26	
WNA7	4.140	1.840	7.618	364	48	
WNA8	4.160	1.840	7.654	115	15	
WNA9	4.175	1.855	7.745	289	37	
WNA10	4.200	1.870	7.854	158	20	
WNA11	4.195	1.850	7.761	63	8	
WNA12	4.120	1.875	7.725	93	12	
WNA13	4.010	1.855	7.439	333	45	
WNA14	4.220	1.835	7.744	128	17	
WNA15	4.140	1.860	7.700	91	12	
WNA16	4.160	1.860	7.738	98	13	
WNA17	4.000	1.855	7.420	232	31	

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
WNA18	4.090	1.835	7.505	309	41	
WNA19	4.190	1.860	7.793	157	20	
WNA20	4.100	1.840	7.544	305	40	
WNA21	4.105	1.805	7.410	261	35	
WNA22	4.130	1.840	7.599	136	18	
WNA23	3.920	1.810	7.095	302	43	
WNA24	4.150	1.850	7.678	280	36	
WNA25	4.100	1.835	7.524	149	20	
WNA26	4.060	1.870	7.592	152	20	
WNA27	4.000	1.820	7.280	382	52	
WNA28	4.080	1.815	7.405	270	36	
WNA29	4.260	1.840	7.838	187	24	
WNA30	4.145	1.830	7.585	322	42	
WNA31	4.100	1.865	7.647	300	39	
WNA32	4.170	1.880	7.840	81	10	
WNA33	4.230	1.855	7.847	116	15	
WNA34	4.200	1.825	7.665	132	17	
WNA35	4.190	1.805	7.563	153	20	

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
WNA36	4.170	1.865	7.777	203	26	
WNA37	4.125	1.825	7.528	398	53	
WNA38	4.200	1.800	7.560	312	41	
WNA39	3.895	1.845	7.186	426	59	
WNA40	4.030	1.860	7.496	285	38	
ค่าเฉลี่ย				214	28	

ตารางที่ 4.5 ค่ากำลังดึงของรอยต่อแบบ finger joint ในไม้ยาง (FJ-35 +catalyst)

Dry Test (ASTM D 4688-90)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
DFJ1	4.000	1.795	7.180	3015	420	
DFJ2	3.910	1.765	6.901	2575	373	
DFJ3	4.005	1.830	7.329	3356	458	
DFJ4	4.020	1.800	7.236	3456	478	
DFJ5	3.980	1.825	7.264	2839	391	
DFJ6	4.035	1.830	7.384	2944	399	
DFJ7	4.040	1.790	7.232	3273	453	
DFJ8	4.035	1.825	7.364	2667	362	
DFJ9	4.000	1.790	7.160	2794	390	
DFJ10	3.980	1.780	7.084	2653	374	
DFJ11	3.980	1.765	7.025	4005	570	
DFJ12	4.000	1.765	7.060	3720	527	
DFJ13	4.000	1.760	7.040	2909	413	
DFJ14	4.015	1.825	7.327	3345	457	
DFJ15	4.000	1.780	7.120	3048	428	
DFJ16	4.010	1.790	7.178	2650	369	

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
DFJ17	4.020	1.820	7.316	3291	450	
DFJ18	4.020	1.820	7.316	3072	420	
DFJ19	4.000	1.805	7.220	3378	468	
DFJ20	4.025	1.790	7.205	2904	403	
DFJ21	3.950	1.840	7.268	2783	383	
DFJ22	3.995	1.795	7.171	3604	503	
DFJ23	3.990	1.780	7.102	2831	399	
DFJ24	3.990	1.730	6.903	2733	396	
DFJ25	4.025	1.860	7.487	3360	449	
DFJ26	4.025	1.820	7.326	2563	350	
DFJ27	3.975	1.695	6.738	3429	509	
DFJ28	3.960	1.810	7.168	3392	473	
DFJ29	3.890	1.720	6.691	3070	459	
DFJ30	4.025	1.820	7.326	2701	369	
DFJ31	3.990	1.820	7.262	3221	444	
DFJ32	4.000	1.815	7.260	2946	406	
DFJ33	4.030	1.780	7.173	3286	458	
DFJ34	3.920	1.710	6.703	2903	433	
DFJ35	4.000	1.740	6.960	3767	541	

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
DFJ36	3.990	1.820	7.262	3399	468	
DFJ37	4.000	1.765	7.060	3602	510	
DFJ38	4.000	1.830	7.320	3550	485	
DFJ39	3.970	1.815	7.206	3337	463	
DFJ40	4.000	1.795	7.180	2642	368	
ค่าเฉลี่ย				3125	437	

ตารางที่ 4.6 ค่ากำลังดึงของรอยต่อแบบ finger Joint ในไม้ยาง (FJ-35 +catalyst)
Cold Water Vacuum-Pressure Soak Test (ASTM D 4688-90)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
WFJ1	4.050	1.860	7.533	125	17	
WFJ2	4.080	1.805	7.364	254	34	
WFJ3	4.140	1.830	7.576	440	58	
WFJ4	4.160	1.860	7.738	345	45	
WFJ5	4.170	1.810	7.548	439	58	
WFJ6	4.200	1.820	7.644	374	49	
WFJ7	4.160	1.860	7.738	77	10	
WFJ8	4.155	1.810	7.521	360	48	
WFJ9	4.200	1.860	7.812	402	51	
WFJ10	4.180	1.850	7.733	352	46	
WFJ11	4.200	1.880	7.896	245	31	
WFJ12	4.100	1.825	7.483	222	30	
WFJ13	4.220	1.840	7.765	455	59	
WFJ14	4.080	1.845	7.528	376	50	
WFJ15	4.180	1.750	7.315	376	51	
WFJ16	4.130	1.760	7.269	279	38	
WFJ17	4.240	1.850	7.844	237	30	

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
WFJ18	4.100	1.740	7.134	335	47	
WFJ19	4.250	1.890	8.033	123	15	
WFJ20	4.190	1.890	7.919	416	53	
WFJ21	4.140	1.880	7.783	192	25	
WFJ22	4.100	1.870	7.667	293	38	
WFJ23	4.200	1.765	7.413	335	45	
WFJ24	4.120	1.740	7.169	436	61	
WFJ25	4.200	1.840	7.728	436	56	
WFJ26	4.110	1.860	7.645	212	28	
WFJ27	4.050	1.870	7.574	372	49	
WFJ28	4.070	1.835	7.468	436	58	
WFJ29	4.200	1.765	7.413	436	59	
WFJ30	4.185	1.880	7.868	546	69	
WFJ31	4.150	1.895	7.864	391	50	
WFJ32	4.080	1.805	7.364	463	63	
WFJ33	4.100	1.860	7.626	399	52	
WFJ34	4.185	1.885	7.889	457	58	
WFJ35	4.140	1.870	7.742	205	26	

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
WFJ36	4.165	1.835	7.643	404	53	
WFJ37	4.160	1.720	7.155	444	62	
WFJ38	4.100	1.830	7.503	348	46	
WFJ39	4.090	1.835	7.505	343	46	
WFJ40	4.120	1.750	7.210	283	39	
ค่าเฉลี่ย				342	45	

ตารางที่ 4.7 ค่ากำลังดึงของรอยต่อแบบ finger Joint ในไม้ยาง (FJ-35 + catalyst)

Cyclic Bolt Test (ASTM D 4688-90)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
BFJ1	4.100	1.900	7.790	22	3	
BFJ2	4.100	1.925	7.893	0	0	
BFJ3	4.100	1.880	7.708	121	16	
BFJ4	4.105	1.895	7.779	81	10	
BFJ5	4.090	1.810	7.403	127	17	
BFJ6	4.180	1.800	7.524	120	16	
BFJ7	4.140	1.895	7.845	83	11	
BFJ8	4.000	1.900	7.600	176	23	
BFJ9	4.150	1.850	7.678	168	22	
BFJ10	4.195	1.840	7.719	120	16	
BFJ11	4.070	1.900	7.733	66	9	
BFJ12	4.000	1.880	7.520	47	6	
BFJ13	4.040	1.870	7.555	216	29	
BFJ14	4.050	1.835	7.432	95	13	
BFJ15	4.080	1.700	6.936	155	22	
BFJ16	4.065	1.955	7.947	124	16	
BFJ17	4.050	1.850	7.493	229	31	

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
BFJ18	3.960	1.860	7.366	260	35	
BFJ19	4.090	1.870	7.648	93	12	
BFJ20	4.030	1.850	7.456	59	8	
BFJ21	3.950	1.870	7.387	77	10	
BFJ22	4.060	1.870	7.592	165	22	
BFJ23	4.100	1.850	7.585	85	11	
BFJ24	4.140	1.820	7.535	98	13	
BFJ25	4.180	1.870	7.817	98	13	
BFJ26	4.030	1.860	7.496	202	27	
BFJ27	4.095	1.835	7.514	429	57	
BFJ28	3.995	1.900	7.591	45	6	
BFJ29	4.070	1.830	7.448	242	32	
BFJ30	4.085	1.840	7.516	112	15	
BFJ31	4.085	1.890	7.721	101	13	
BFJ32	3.960	1.915	7.583	276	36	
BFJ33	4.150	1.870	7.761	51	7	
BFJ34	4.100	1.880	7.708	225	29	
BFJ35	4.025	1.915	7.708	157	20	

ตารางที่ 4.7(ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)		พื้นที่รับแรงดึง (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นดึงสูงสุด (ksc)	หมายเหตุ
	กว้าง	หนา				
BFJ36	4.010	1.820	7.298	92	13	
BFJ37	4.075	1.900	7.743	84	11	
BFJ38	4.100	1.825	7.483	136	18	
BFJ39	4.030	1.840	7.415	158	21	
BFJ40	4.080	1.850	7.548	74	10	
ค่าเฉลี่ย				132	17	

ตารางที่ 4.8 ค่ากำลังเฉือนของรอยต่อไม้ระหว่งไผ่ย่างกับไม้ไผ่อัด (National-5001)

ตัวอย่าง	ขนาดรอยต่อ (cm)			พื้นที่รับแรง เฉือน (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นเฉือน (ksc)	Shear Flow (kg/cm)	หมายเหตุ
	ยาว	กว้าง	สูง					
NJ1	2.235	1.000	4.950	27.077	514	19	104	
NJ2	2.320	0.905	4.920	27.281	753	28	153	
NJ3	2.325	1.040	4.925	28.023	638	23	130	
NJ4	2.260	0.910	4.950	26.879	643	24	130	
NJ5	2.210	0.980	4.950	26.730	567	21	115	
NJ6	2.300	0.970	4.980	27.739	650	23	131	
NJ7	2.300	1.000	4.960	27.776	777	28	157	
NJ8	2.385	0.980	4.930	28.348	565	20	115	
NJ9	2.385	0.980	4.910	28.233	722	26	147	
NJ10	2.355	0.975	4.980	28.311	526	19	106	
NJ11	2.380	0.990	4.975	28.606	587	21	118	
NJ12	2.430	1.025	5.035	29.631	612	21	122	
NJ13	2.350	0.975	5.000	28.375	528	19	106	
NJ14	2.400	1.005	4.980	28.909	683	24	137	
NJ15	2.400	1.030	5.110	29.791	582	20	114	

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาดรอยต่อ (cm)			พื้นที่รับแรง เฉือน (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นเฉือน (ksc)	Shear Flow (kg/cm)	หมายเหตุ
	ยาว	กว้าง	สูง					
NJ16	2.330	1.00	4.995	28.272	526	19	105	
NJ17	2.380	1.000	5.020	28.915	596	21	119	
NJ18	2.370	1.010	4.985	28.664	562	20	113	
NJ19	2.375	1.020	5.060	29.196	573	20	113	
NJ20	2.385	1.075	5.005	29.254	605	21	121	
NJ21	2.380	0.995	4.975	28.631	769	27	155	
NJ22	2.335	1.020	5.010	28.507	538	19	107	
NJ23	2.425	0.970	5.045	29.362	608	21	121	
NJ24	2.330	0.945	4.980	27.913	603	22	121	
NJ25	2.375	1.005	4.975	28.631	589	21	118	
NJ26	2.400	1.040	5.055	29.521	708	24	140	
NJ27	2.195	1.005	4.990	26.921	715	27	143	
NJ28	2.300	1.000	5.005	28.028	606	22	121	
NJ29	2.335	0.980	5.000	28.250	530	19	106	
NJ30	2.290	1.000	5.040	28.123	645	23	128	

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาดรอยต่อ (cm)			พื้นที่รับแรง เฉือน (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นเฉือน (ksc)	Shear Flow (kg/cm)	หมายเหตุ
	ยาว	กว้าง	สูง					
NJ31	2.145	0.985	4.980	26.270	543	21	109	
NJ32	2.325	1.080	5.025	28.793	835	29	166	
NJ33	2.335	0.975	5.000	28.225	722	26	144	
NJ34	2.335	0.960	4.995	28.122	758	27	152	
NJ35	2.300	0.980	4.800	26.784	524	20	109	
NJ36	2.325	1.025	4.980	28.262	900	32	181	
NJ37	2.260	1.015	4.965	27.481	703	26	142	
NJ38	2.350	0.960	5.000	28.300	620	22	124	
NJ39	2.300	0.975	5.000	27.875	800	29	160	
NJ40	2.360	0.980	4.985	28.415	788	28	158	
ค่าเฉลี่ย					643	23	129	

ตารางที่ 4.9 ค่ากำลังเฉือนของรอยต่อไม้ระหว่างไม้ยางกับไม้ไผ่อัด (Panatex P-300)

ตัวอย่าง	ขนาดรอยต่อ (cm)			พื้นที่รับแรง เฉือน (cm^2)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นเฉือน (ksc)	Shear Flow (kg/cm)	หมายเหตุ
	ยาว	กว้าง	สูง					
PJ1	2.43	1.09	4.98	29.606	313	11	63	
PJ2	2.45	1.20	5.03	30.683	441	14	88	
PJ3	2.44	1.06	5.06	30.056	359	12	71	
PJ4	2.38	1.06	5.00	29.100	338	12	68	
PJ5	2.44	1.15	5.06	30.487	272	9	54	
PJ6	2.43	1.10	4.99	29.715	188	6	38	
PJ7	2.41	1.02	4.98	29.058	198	7	40	
PJ8	2.49	1.10	5.06	30.714	290	9	57	
PJ9	2.42	1.04	5.01	29.429	224	8	45	
PJ10	2.40	0.93	4.97	28.478	279	10	56	
PJ11	2.40	0.91	4.98	28.411	333	12	67	
PJ12	2.42	1.05	5.00	29.396	278	9	56	
PJ13	2.38	1.03	5.01	29.008	89	3	18	
PJ14	2.48	1.10	5.03	30.376	476	16	95	
PJ15	2.41	1.18	5.05	30.300	353	12	70	

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาดรอยต่อ (cm)			พื้นที่รับแรง เฉือน (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นเฉือน (ksc)	Shear Flow (kg/cm)	หมายเหตุ
	ยาว	กว้าง	สูง					
PJ16	2.49	1.11	4.98	30.328	345	11	69	
PJ17	2.42	1.03	5.04	29.560	147	5	29	
PJ18	2.50	1.01	5.00	30.050	284	9	57	
PJ19	2.45	0.90	5.02	29.037	343	12	68	
PJ20	2.52	1.14	4.99	30.838	581	19	116	
PJ21	2.50	1.12	5.01	30.661	279	9	56	
PJ22	2.39	1.07	5.04	29.484	438	15	87	
PJ23	2.53	1.15	5.03	31.161	374	12	74	
PJ24	2.47	1.03	5.01	29.910	321	11	64	
PJ25	2.43	1.06	4.98	29.407	491	17	99	
PJ26	2.50	1.01	5.00	30.020	450	15	90	
PJ27	2.20	1.09	4.92	27.011	305	11	62	
PJ28	2.50	1.20	5.05	31.310	408	13	81	
PJ29	2.48	1.02	5.03	30.050	417	14	83	
PJ30	2.46	1.06	5.02	30.020	377	13	75	

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาดรอยต่อ (cm)			พื้นที่รับแรง เฉือน (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นเฉือน (ksc)	Shear Flow (kg/cm)	หมายเหตุ
	ยาว	กว้าง	สูง					
PJ31	2.40	1.20	4.98	29.880	504	17	101	
PJ32	2.32	0.94	5.03	28.067	243	9	48	
PJ33	2.45	1.00	5.02	29.618	357	12	71	
PJ34	2.46	0.99	5.07	29.964	440	15	87	
PJ35	2.50	0.98	5.02	30.020	298	10	59	
PJ36	2.50	1.10	5.00	30.500	304	10	61	
PJ37	2.47	1.30	5.00	31.200	222	7	44	
PJ38	2.47	1.20	4.99	30.639	543	18	109	
PJ39	2.48	1.08	5.00	30.200	518	17	104	
PJ40	2.50	1.00	4.99	29.940	420	14	84	
ค่าเฉลี่ย					346	12	69	

ตารางที่ 4.10 ค่ากำลังเฉือนของรอยต่อไม้ระหว่างไม้ยางกับไม้ไผ่อัด (Panatex AD-15)

ตัวอย่าง	ขนาดรอยต่อ (cm)			พื้นที่รับแรง เฉือน (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นเฉือน (ksc)	Shear Flow (kg/cm)	หมายเหตุ
	ยาว	กว้าง	สูง					
ADJ1	2.450	1.160	5.125	31.058	289	9	56	
ADJ2	2.315	1.135	5.000	28.825	384	13	77	
ADJ3	2.405	1.215	5.005	30.155	445	15	89	
ADJ4	2.400	1.180	4.930	29.481	429	15	87	
ADJ5	2.335	1.120	5.050	29.240	293	10	58	
ADJ6	2.450	1.200	4.930	30.073	403	13	82	
ADJ7	2.385	0.935	5.000	28.525	422	15	84	
ADJ8	2.500	0.945	5.000	29.725	138	5	28	
ADJ9	2.400	1.000	4.980	28.884	413	14	83	
ADJ10	2.490	0.900	5.000	29.400	425	14	85	
ADJ11	2.500	1.170	5.020	30.973	341	11	68	
ADJ12	2.480	1.240	5.020	31.124	346	11	69	
ADJ13	2.490	1.000	5.000	29.900	274	9	55	
ADJ14	2.450	1.200	5.025	30.653	325	11	65	
ADJ15	2.385	1.100	5.000	29.350	479	16	96	

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาดรอยต่อ (cm)			พื้นที่รับแรง เฉือน (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นเฉือน (ksc)	Shear Flow (kg/cm)	หมายเหตุ
	ยาว	กว้าง	สูง					
ADJ16	2.480	0.985	4.995	29.695	419	14	84	
ADJ17	2.585	1.180	5.070	32.195	317	10	63	
ADJ18	2.410	1.205	5.040	30.366	444	15	88	
ADJ19	2.470	1.100	5.000	30.200	190	6	38	
ADJ20	2.380	1.200	4.990	29.740	256	9	51	
ADJ21	2.500	1.200	5.045	31.279	448	14	89	
ADJ22	2.460	1.150	4.070	24.705	427	17	105	
ADJ23	2.400	1.200	4.990	29.940	193	6	39	
ADJ24	2.440	1.080	4.945	29.472	225	8	46	
ADJ25	2.400	1.220	4.975	29.950	260	9	52	
ADJ26	2.390	1.110	5.050	29.745	400	13	79	
ADJ27	2.380	1.210	5.000	29.850	288	10	58	
ADJ28	2.415	0.980	5.000	29.050	281	10	56	
ADJ29	2.320	1.010	4.950	27.968	331	12	67	
ADJ30	2.450	1.030	5.000	29.650	340	11	68	

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาดรอยต่อ (cm)			พื้นที่รับแรง เฉือน (cm^2)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นเฉือน (ksc)	Shear Flow (kg/cm)	หมายเหตุ
	ยาว	กว้าง	สูง					
ADJ31	2.390	1.100	4.980	29.282	340	12	68	
ADJ32	2.380	1.100	5.000	29.300	198	7	40	
ADJ33	2.500	0.935	5.000	29.675	263	9	53	
ADJ34	2.500	1.100	5.015	30.592	259	8	52	
ADJ35	2.405	1.105	5.010	29.634	301	10	60	
ADJ36	2.340	1.120	4.930	28.594	301	11	61	
ADJ37	2.450	1.300	5.025	31.155	436	14	87	
ADJ38	2.450	1.055	4.940	29.418	319	11	65	
ADJ39	2.435	1.100	5.000	29.850	385	13	77	
ADJ40	2.350	1.130	5.015	29.237	368	13	73	
ค่าเฉลี่ย					335	11	67	

ตารางที่ 4.11 ค่ากำลังเฉือนของรอยต่อไม้ระหว่างไม้ยางกับไม้แผ่นอัด (Panatex H-125)

ตัวอย่าง	ขนาดรอยต่อ (cm)			พื้นที่รับแรง เฉือน (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นเฉือน (ksc)	Shear Flow (kg/cm)	หมายเหตุ
	ยาว	กว้าง	สูง					
HJ1	2.460	1.270	4.990	30.888	351	11	70	
HJ2	2.475	1.010	5.090	30.336	496	16	97	
HJ3	2.530	1.010	5.020	30.471	321	11	64	
HJ4	2.505	1.090	5.060	30.866	469	15	93	
HJ5	2.500	1.200	5.050	31.310	289	9	57	
HJ6	2.500	1.130	4.970	30.466	221	7	44	
HJ7	2.500	1.000	5.000	30.000	249	8	50	
HJ8	2.460	0.950	5.000	29.350	241	8	48	
HJ9	2.485	0.980	5.045	30.018	341	11	68	
HJ10	2.520	0.980	4.975	29.950	311	10	63	
HJ11	2.345	1.050	4.980	28.585	368	13	74	
HJ12	2.475	0.960	5.015	29.639	366	12	73	
HJ13	2.500	1.000	4.910	29.460	202	7	41	
HJ14	2.445	1.050	5.000	29.700	355	12	71	
HJ15	2.440	1.060	5.050	29.997	373	12	74	

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาดรอยต่อ (cm)			พื้นที่รับแรง เฉือน (cm^2)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นเฉือน (ksc)	Shear Flow (kg/cm)	หมายเหตุ
	ยาว	กว้าง	สูง					
HJ16	2.520	1.210	5.010	31.313	260	8	52	
HJ17	2.430	1.150	5.000	30.050	383	13	77	
HJ18	2.400	1.060	4.975	29.154	275	9	55	
HJ19	2.430	1.280	5.070	31.130	270	9	53	
HJ20	2.490	1.050	5.040	30.391	523	17	104	
HJ21	2.400	1.100	4.980	29.382	433	15	87	
HJ22	2.460	1.070	5.080	30.429	412	14	81	
HJ23	2.450	1.040	4.980	29.581	195	7	39	
HJ24	2.300	1.040	4.990	28.144	439	16	88	
HJ25	2.500	1.250	5.000	31.250	175	6	35	
HJ26	2.480	1.090	5.000	30.250	426	14	85	
HJ27	2.500	1.100	5.060	30.866	330	11	65	
HJ28	2.450	1.060	4.990	29.740	267	9	54	
HJ29	2.450	1.090	5.060	30.309	366	12	72	
HJ30	2.430	0.930	4.980	28.834	412	14	83	

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาดรอยต่อ (cm)			พื้นที่รับแรง เฉือน (cm ²)	น้ำหนักสูงสุด (kg)	ความเค้นเฉือน (ksc)	Shear Flow (kg/cm)	หมายเหตุ
	ยาว	กว้าง	สูง					
HJ31	2.500	1.080	4.985	30.309	287	9	58	
HJ32	2.350	0.940	5.025	28.341	455	16	91	
HJ33	2.500	1.120	5.020	30.722	284	9	57	
HJ34	2.460	0.985	5.000	29.525	331	11	66	
HJ35	2.450	1.100	5.000	30.000	199	7	40	
HJ36	2.500	1.100	5.100	31.110	323	10	63	
HJ37	2.500	1.000	5.000	30.000	348	12	70	
HJ38	2.490	0.975	5.000	29.775	424	14	85	
HJ39	2.430	1.115	5.010	29.935	358	12	71	
HJ40	2.540	1.100	5.000	30.900	453	15	91	
ค่าเฉลี่ย					340	11	68	

ตารางที่ 4.12 ค่ากลสมบัติของรอยต่อไม้ยางกับไม้ไผ่อัดและรอยต่อประสานนิ้ว

รอยต่อ	กลสมบัติ	ชนิดกาว	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ช่วงความเชื่อมั่น 95%#	ส่วนปลอดภัย	ค่ากลสมบัติสถานะใช้งาน
รอยต่อไม้ยางกับไม้ไผ่อัด	แรงเฉือนไหล	National 5001	Kg/cm	129	19	123-135	9	14
		Panatex P-300	Kg/cm	69	22	62-76	9	7
		Panatex AD-15	Kg/cm	67	49	52-82	9	7
		Panatex H-125	Kg/cm	68	17	63-73	9	7
รอยต่อประสานนิ้ว	ความเค้นดึง	National 5001 ¹	Ksc	431	55	414-448	9	48
		Latex FJ-35 ¹	Ksc	437	53	421-453	9	49
		National 5001 ²	Ksc	28	13	24-32	9	3
		Latex FJ-35 ²	Ksc	45	14	41-49	9	5
		National 5001 ³	Ksc	0	0	0	9	0
		Latex FJ-35 ³	Ksc	17	9	14-20	9	2

หมายเหตุ: * อ้างอิงจาก มาตรฐานอาคารไม้ คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา 2515-16 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2517

เป็นค่าต่ำสุดและสูงสุดที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

1 จากผลการทดสอบแบบแห้ง (Dry Test)

2 จากผลการทดสอบแบบแช่น้ำภายใต้สูญญากาศ - ความดัน (Cold Water vacuum - Pressure Soak Test)

3 จากผลการทดสอบแบบต้มวนรอบ (Cyclic Boil Test)

บทที่ 5

ทฤษฎีพื้นฐานและการออกแบบหน้าตัดรูปโอ

5.1 ทัวไป

การออกแบบหน้าตัดรูปโอ ซึ่งประกอบขึ้นจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดจะขึ้นกับกำลังของรูปตัดในการรับความเค้นอัด ดึง และเฉือน การแอ่นตัวขององค์อาคาร การโก่งเดาะของรูปโอในแนวตั้ง และการโก่งเดาะแบบผสมแรงดัดและแรงบิด ซึ่งจะต้องมีค่าไม่เกินหน่วยแรงปลอดภัยดังต่อไปนี้

1. กำลังดัดปลอดภัยของไม้ยางพารา (σ_R)
2. กำลังเฉือนปลอดภัยของไม้ไผ่อัด (τ_b)
3. กำลังดึงปลอดภัยของรอยต่อประสานไม้ (σ_f)
4. แรงเฉือนไหลปลอดภัยที่รอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด (q)
5. ระยะแอ่นตัวปลอดภัยขององค์อาคาร (Δ_a)
6. กำลังรับการโก่งเดาะของรูปตัดโอในแนวตั้ง (σ_a)
7. กำลังรับการโก่งเดาะแบบผสมแรงดัดและแรงบิด

5.2 กำลังดัดปลอดภัยของไม้ยางพารา

ความสามารถรับแรงดัดปลอดภัยของรูปตัดประกอบรูป I คำนวณได้จากสูตร

$$\sigma = \frac{My}{I} \leq \sigma_R \quad (5.1)$$

โดยที่

$$M = w \cdot \frac{sl^2}{8}$$
$$y = H/2$$
$$I = \frac{1}{12}bH^3 - \frac{1}{12}(b - t_w)(H - 2b)^3$$

ในที่นี้ w = ค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยพื้นที่ที่เกิดจากน้ำหนักคงที่ (w_0) และน้ำหนักจร (w_L) ต่อหน่วยเป็น กก/ม² ค่า s เป็นระยะห่างของตงที่ใช้เป็นเมตร สมการ (5.1) เขียนใหม่ในเทอมของน้ำหนักจรรีบได้สูงสุดได้เป็นรูป

$$w_L = \frac{16\sigma_R}{sl^2H} \left[\frac{1}{12}bH^3 - \frac{1}{12}(b - t_w)(H - 2b)^3 \right] - w_0 \quad (5.2)$$

5.3 กำลังเฉือนปกติของไม้ไผ่อัด

ความสามารถในการรับแรงเฉือนของดงไม้รูปไอ คำนวณได้จากสูตร

$$\tau = \frac{VQ}{It_w} \leq \tau_b \quad (5.3)$$

โดยที่ $V = \frac{wsl}{2}$

และ $Q = b^2 \frac{(H-b)}{2} + \frac{(H/2-b)^2 t_w}{2}$

และเมื่อเขียนในรูปของน้ำหนักจรสูงสุดที่รับได้ในรูป

$$w_L = \frac{2\tau_b}{sl} \frac{\left[\frac{1}{12}bH^3 - \frac{1}{12}(b-t_w)(H-2b)^3 \right] t_w}{\left[b^2 \frac{(H-b)}{2} + \frac{(\frac{H}{2}-b)^2}{2} t_w \right]} - w_0 \quad (5.4)$$

5.4 กำลังดึงปกติของรอยต่อประสานไม้

ความสามารถของรอยต่อแบบประสานไม้ในส่วนปีกของรูปตัด I คำนวณโดยสมการที่ 5.1 โดยที่ค่าโมเมนต์ดัดที่ตำแหน่งรอยต่อ คำนวณได้จาก

$$M = \frac{ws}{2}(la - a^2) \quad (5.5)$$

และ $\sigma = \frac{My}{I} \leq \sigma_f \quad (5.6)$

ซึ่งค่า a เป็นตำแหน่งของรอยต่อแบบประสานไม้จากจุดรองรับที่มีค่าสูงสุดในช่วงคาน คำนวณน้ำหนักจรสูงสุดปกติของดงไม้รูปไอจะคำนวณได้ในรูปสมการ

$$w_L = \frac{4\sigma_f}{s(la - a^2)H} \left[\frac{1}{12}bH^3 - \frac{1}{12}(b-t_w)(H-2b)^3 \right] - w_0 \quad (5.7)$$

5.5 แรงเฉือนไหลตลอดภัยที่รอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

จากค่าแรงเฉือนไหลตลอดภัยของรูปตัดประกอบ คำนวณได้จากสูตร

$$q = \frac{VQ}{I} \leq q_j \quad (5.8)$$

โดยที่ค่า V , Q , I ได้จากกรณี 5.2 เราสามารถเขียนค่าน้ำหนักจรตลอดภัยสูงสุดของรูปตัดได้ในรูป

$$w_L = \frac{2q_j}{sl} \left[\frac{\frac{1}{12}bH^3 - \frac{1}{12}(b-t_w)(H-2b)^3}{b^2\left(\frac{H}{2} - \frac{b}{2}\right) - d_w t_w \left(\frac{H}{2} - b + \frac{d_w}{2}\right)} \right] - w_0 \quad (5.9)$$

5.6 ระยะแอ่นตัวตลอดภัย

ค่าระยะแอ่นตัวตลอดภัยของระบบพื้นที่รับน้ำหนักคงที่และน้ำหนักจรมีค่าดังต่อไปนี้

$$\Delta = \frac{5}{384} \frac{wsl^4}{E_m I} < \frac{l}{240} \quad (5.10)$$

ซึ่งจากสมการ (5.10) เราเขียนในรูปของน้ำหนักจรตลอดภัยสูงสุดดังนี้

$$w_L = \frac{384}{1200} \frac{E_m}{l^3} \left[\frac{1}{12}bH^3 - \frac{1}{12}(b-t_w)(H-2b)^3 \right] - w_0 \quad (5.11)$$

โดย E_m คือ ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเทียบเท่าจากการทดสอบระบบตงโดยน้ำหนักกระทำ 2 จุด ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$E_m = \frac{PL^3}{6\Delta I} \left[\frac{3a_0}{4L} - \left(\frac{a_0}{L} \right)^3 \right] \quad (5.12)$$

ค่า P คือแรงกระทำเป็นจุดสองจุดหน่วยเป็นกิโลกรัม Δ เป็นค่าการแอ่นตัวที่ตำแหน่งกึ่งกลางตงไม้รูป I หน่วยเป็นเซนติเมตร ค่า a_0 เป็นระยะที่แรงกระทำเป็นจุดห่างจากที่รองรับหน่วยเป็นเซนติเมตร และค่า L ระยะช่วงพาดหน่วยเป็นเซนติเมตร

5.7 กำลังรับการโก่งเดาะของรูปตัดไอในแนวตั้ง

ค่าความโก่งตลอดภัยของแผ่นเอวภายใต้การกระทำของน้ำหนักจรแผ่ w_L คำนวณได้จาก

$$\sigma_a = \frac{w_L s}{10t_w} = \frac{\pi^2 E_w}{\frac{(kl/r)^2}{F.S.}} \quad (5.13)$$

ในสมการ (5.13) σ_a คือความเค้นโก่งเดาะตลอดภัยของรูปตัดมีหน่วยเป็น กก/ซม² t_w เท่ากับความหนาของแผ่นเอวมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร E_w ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นแผ่นเอวมีหน่วยเป็น กก/ซม² k ค่าสัมประสิทธิ์ความยาวประสิทธิ์ผลในการณิรูปตัดไอใช้ค่า 0.75 ความยาวของแผ่นเอวในการโก่งเดาะมีค่าเท่ากับ $(H-2b)$ รัศมีจเรชั้นต่ำสุดของแผ่นเอวมีค่าเท่ากับ $t_w / \sqrt{12}$ และ $F.S.$ คือ ค่าส่วนปลอดภัยของแผ่นเอวในการรับแรงโก่งเดาะมีค่าเท่ากับ 5.75 ค่าน้ำหนักจรถูรูปตัดไอสามารถรับได้สูงสุดโดยไม่มีการโก่งเดาะจะคำนวณได้จาก

$$w_L = \frac{2.543 E_w t_w}{\left[\frac{H-2b}{t_w} \right]^2 s} \quad (5.14)$$

5.8 กำลังรับการโก่งเดาะแบบผสมแรงดัดและแรงบิด

ค่าหน่วยแรงวิกฤตที่ทำให้คานประกอบรูปตัว I เกิดการโก่งเดาะทางด้านข้างคำนวณได้จาก

$$\sigma_{cr} = \frac{M_{cr}}{S_x} \cong \frac{C_1 \pi}{S_x L_b} \sqrt{EI_y GJ} \quad (5.15)$$

โดยที่ M_{cr} = โมดูลัสดัดวิกฤตที่เกิดการโก่งเดาะทางข้าง
 S_x = ค่าโมดูลัสภาคตัดมีหน่วยเป็น ซม³

C_1 = ค่าคงที่สำหรับการโก่งเดาะสำหรับกรณีน้ำหนักกระทำแบบ 1 จุดกลางคาน
น้ำหนักกระทำแบบ 2 จุด และน้ำหนักแผ่กระจายมีค่าเท่ากับ 1.35 1.04
และ 1.13 ตามลำดับ

L = ระยะค้ำยันข้างมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

I_y = ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดรอบแกน y มีหน่วยเป็น ซม.⁴

J = ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้วของหน้าตัดมีหน่วยเป็น ซม.⁴

E = โมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้ยางพารามีหน่วยเป็น กก/ซม.²

และ G = โมดูลัสความเฉือนของไม้ยางพารามีหน่วยเป็น กก/ซม.²

สมการ (5.15) สามารถเขียนในรูปความสัมพันธ์ของระยะค้ำข้างกับค่าวิกฤติสูงสุดที่มีค่าเท่ากับค่าความเค้นปลอดภัยของไม้ยางพาราได้

$$L_b = \frac{1.04\pi\sqrt{EI_y GJ}}{S_x \cdot \sigma_R \cdot F.S.} \quad (5.16)$$

โดยที่ ค่า σ_R คือค่าความเค้นดัดปลอดภัยของไม้ยางพารา และ F.S. คือค่าส่วนปลอดภัยของความเค้นดัดเท่ากับ 6.5

บทที่ 6

การวิเคราะห์หน้าตัดรูปโอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

6.1 ทัวไป

การวิเคราะห์หาหน้าตัดที่เหมาะสมตงไม้รูปโอที่ประกอบจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด ได้ดำเนินการสำหรับระบบโครงสร้าง 3 ระบบคือ ระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคา

การวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดให้เหมาะสมกับระยะห่าง และระยะช่วงพาดของตงไม้รูปโอในระบบพื้นไม้ ระบบฝาไม้ และระบบแปหลังคา ซึ่งประกอบด้วยกำลังรับน้ำหนักดัดปลอดภัยของไม้ยางพารา กำลังเฉือนปลอดภัยของไม้ไผ่อัด กำลังดึงปลอดภัยของรอยต่อประสานนี้ว แรงเฉือนไหลปลอดภัยที่รอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด ระยะแอ่นตัวปลอดภัยขององค์อาคาร กำลังรับการโก่งเดาะของรูปตัดโอในแนวตั้ง และกำลังรับการโก่งเดาะแบบผสมแรงดัดและแรงบิด โดยนำค่าความเค้นปลอดภัยจากการทดสอบกลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด และค่าแรงเฉือนไหลปลอดภัยจากการทดสอบกำลังรอยต่อของไม้ยางกับไม้ไผ่อัด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.1 แทนค่าหน่วยแรงปลอดภัยดังกล่าวข้างต้น เพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัยที่ตงไม้รูปโอสามารถรับได้ และจะได้เลือกผลดังกล่าวนี้ไปประกอบเป็นคานรูปตัวโอในการผลิต และการทดสอบหาน้ำหนักบรรทุกจรที่รับได้จริงของคานประกอบรูปตัวโอต่อไป

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าความเค้นปลอดภัยและค่าแรงเฉือนไหลปลอดภัยของวัสดุประกอบเป็นตงรูปตัวโอ

วัสดุ	ส่วนประกอบ	คุณสมบัติ	ค่าความเค้นปลอดภัย	ส่วนปลอดภัย
ไม้ยางพารา	ปีกคาน	ความเค้นอัดขนานเสี้ยน	64 กก/ซม ²	6.5
ไม้ไผ่อัด	แผ่นเอว	ความเค้นเฉือน	14 กก/ซม ²	9
กาว Phenol Formaldehyde	รอยต่อประสานนี้วของปีกคาน	ความเค้นดึง (สภาพแห้ง)	48 กก/ซม ²	9
	รอยต่อระหว่างแผ่นปีกและเอว	แรงเฉือนไหล	14 กก/ซม	9
คานประกอบรูปตัวโอ	-	โมดูลัสยืดหยุ่นเทียบเท่า	100,000 กก/ซม ²	-

หมายเหตุ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเทียบเท่าหาได้จากการทดสอบในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัดโอ

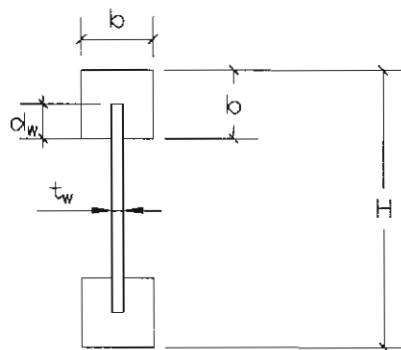
สำหรับระบบพื้นอาคารที่พักอาศัยทั่วไประบบพื้นไม้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 150 กก./ม^2 ฝ้าไม้ (ความสูงไม่เกิน 10 เมตร) สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรในแนวตั้งฉากกับฝ้าได้เท่ากับ 50 กก./ม^2 และระบบแปหลังคาสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรได้เท่ากับ 30 กก./ม^2

ขนาดของไม้อย่างสำหรับใช้เป็นส่วนปีกคานที่มีจำหน่ายทั่วไปมี 2 ขนาดคือ $1" \times 1"$ และ $1.5" \times 1.5"$ และไม้ไผ่อัดสำหรับทำในส่วนของแผ่นเอวมีขนาด $4' \times 8'$ โดยมีความหนา 5 ขนาด ได้แก่ 6 8 10 12 และ 15 มม.

6.2 ระบบดงพื้นไม้

6.2.1 ขนาดหน้าตัดคานประกอบโดยประมาณ

พิจารณาจากคานประกอบรูปไอรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แสดงหน้าตัดคานไม้ประกอบ

โดยในรูป 6.1 ค่า b คือความกว้างปีกดงไม้รูปไอ H ค่าความสูงของดงไม้รูปไอ t_w ค่าความหนาแผ่นเอวของดงไม้รูปไอ และ d_w ค่าความลึกของรอยต่อระหว่างไม้อย่างพาราและไม้ไผ่อัด

ก. รูปตัดโดยประมาณของดงไม้รูปตัดไอ

จากความสัมพันธ์ของความเค้นและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในระบบคานในสมการที่ 6.1

$$\sigma = \frac{My}{I} \leq \sigma_R \quad (6.1)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \text{โดยที่ } I &= \frac{1}{12}bH^3 - \frac{1}{12}(b-t_w)(H-2b)^3 \\
 M &= w \cdot \frac{sl^2}{8} \\
 y &= H/2 \\
 w &= w_D + w_L
 \end{aligned} \right\} (6.2)$$

ซึ่งค่า w คือค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยพื้นที่เกิดจากน้ำหนักคงที่ (w_D) และน้ำหนักจร (w_L) มีหน่วยเป็น กก/ม² σ_R ความเค้นดัดปลอดภัยไม้ยางพารา เมื่อแทนค่าสมการ (6.2) ในสมการ (6.1) ได้ความสัมพันธ์ของมิติต่าง ๆ ของรูปตัดในรูป

$$\frac{\frac{1}{12}bH^3 - \frac{1}{12}(b-t_w)(H-2b)^3}{\frac{H}{2}} = \frac{\frac{1}{8}(w_L + w_D)sL^2}{\sigma_R} \quad (6.3)$$

ข. ความลึกของรอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

ค่าความลึกของรอยต่อ d_w ที่ใช้ได้จากการกำหนดค่าที่สัมพันธ์กับขนาดของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด และนำไปตรวจสอบค่าแรงเฉือนไหลจากสมการ

$$q = \frac{VQ}{I} \leq q_j \quad (6.4)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \text{โดยที่ } Q &= b^2 \left[\frac{H}{2} - \frac{b}{2} \right] - d_w t_w \left[\frac{H}{2} - b + \frac{d_w}{2} \right] \\
 V &= \frac{wsL}{2}
 \end{aligned} \right\} (6.5)$$

และ q_j คือค่าแรงเฉือนไหลปลอดภัยที่รอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดของตงไม้รูปโอหน่วยเป็น กก/ซม.

6.2.2 การศึกษามิติสัมพันธ์ของรูปตัดโอ

จากสมการที่ (6.3) เมื่อกำหนดขอบเขตความแปรปรวนของตัวแปรน้ำหนักจรถูกใช้งานในอาคารประเภทต่างๆ ขนาดของชิ้นส่วนไม้ยางพารา ความยาวของช่วงคานที่ใช้และเกณฑ์ระยะห่าง

ของรูปตัดในการใช้ แทนค่าในสมการ (6.3) และตรวจสอบค่าแรงเฉือนไฮลบริเวนรอยต่อไม้ ยางพาราและไม้ไผ่อัดที่ใช้ค่าความลึกของรอยต่อเท่ากับครึ่งหนึ่งของขนาดไม้ยางพาราในสมการ (6.4) จะได้มิติประกอบตงไม้รูปโอ ดังแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 แสดงค่าความสูงประมาณของรูปตัดโอและค่าแรงเฉือนไฮลบริเวนรอยต่อไม้ ยางพาราและไม้ไผ่อัดระบบตงพื้นไม้

b (cm)	t_w (cm)	w_o (kg/m ²)	w_L (kg/m ²)	L (m)	s (m)	H (cm)	q (kg/cm)	q_s (kg/cm)
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	

ตารางที่ 6.2 (ต่อ)

b (cm)	t _w (cm)	w _o (kg/m ²)	w _L (kg/m ²)	L (m)	s (m)	H (cm)	q (kg/cm)	q _j (kg/cm)
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	
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	

จากผลในตารางที่ 6.2 พบว่าระบบดงพื้นไม้รูปไผ่มีขนาดความสูงระหว่าง 3" - 22" โดยความหนาแผ่นเอวที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดความสูงเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาขนาดของไม้หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ใช้ทั่วไปมีขนาด 4"-12" และถ้าพิจารณาถึงระยะความสูงจากหลังพื้นถึงหลังพื้นซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 3.00ม. - 3.50ม. และระยะความสูงจากหลังพื้นถึงท้องผ้ามีขนาด

ตั้งแต่ 2.50ม.- 3.00ม. ขนาดคานที่ใช้รับตงไม้ทั่วไปมีขนาดความสูงไม่เกิน 30 ซม. ตงไม้รูปโอในระบบพื้นไม้ควรมีขนาดความสูงไม่ต่ำกว่า 8" ฉะนั้นจะใช้เหตุผลดังกล่าวขึ้นต้นพิจารณาขนาดหน้าตัดในตารางที่ 6.2 โดยได้เลือกขนาดความสูงที่จะนำมาวิเคราะห์เป็น 8 นิ้ว 10 นิ้ว และ 12 นิ้ว แต่ละขนาดจะพิจารณาความหนาที่ 8 มม. และ 10 มม. และเนื่องจากอัตราส่วนความลึกหน้าตัดต่อความหนาปีกมีค่ามากกว่า 2 ทั้ง 3 ขนาด จึงต้องเพิ่มการค้ำข้างในระยะที่เหมาะสมดังที่จะได้กล่าวต่อไป

6.2.3 ขนาดหน้าตัดที่นำมาวิเคราะห์

จากการศึกษามิติสัมพันธ์ของรูปตัดโอที่ได้ในตารางที่ 6.2 สามารถนำมาใช้กำหนดขนาดหน้าตัดของระบบตงพื้นไม้ที่นำมาวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 6.3 โดยกำหนดให้แต่ละหน้าตัดใช้ระยะห่าง 0.3ม. , 0.4ม. , 0.5ม. และ 0.6ม. และกำหนดให้แต่ละระยะห่างใช้ระยะช่วงพาดเท่ากับ 2 ม. 2.5ม. , 3ม. , 3.5ม. , 4ม. , 4.5ม. และ 5ม. ตามลำดับ

ตารางที่ 6.3 แสดงองค์มิติรูปโอในระบบตงพื้นไม้ที่นำมาวิเคราะห์

ขนาดหน้าตัด		
8"	10"	12"
8" x 1.5" x 8mm.	10" x 1.5" x 8mm.	12" x 1.5" x 8mm.
8" x 1.5" x 10mm.	10" x 1.5" x 10mm.	12" x 1.5" x 10mm.

6.2.4 การวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัดโอ

การวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัดโอ แสดงได้ในรูปแบบตารางและกราฟ ซึ่งใช้ค่าหน่วยแรงปลอดภัย ขนาดหน้าตัด ระยะห่าง และระยะช่วงพาดดังกล่าวข้างต้น แทนในสมการหาค่าน้ำหนักบรรทุกทุกจุดปลอดภัยที่ใช้สัญลักษณ์ดังนี้

W_b = น้ำหนักบรรทุกทุกจุดหน่วย กก/ม² โดยใช้กำลังดัดปลอดภัยของไม้ยางพาราเป็นตัวกำหนด (สมการ 5.2)

W_s = น้ำหนักบรรทุกทุกจุดหน่วย กก/ม² โดยใช้กำลังเฉือนปลอดภัยของไม้ไผ่อัดเป็นตัว กำหนด (สมการ 5.4)

W_f = น้ำหนักบรรทุกทุกจุดหน่วย กก/ม² โดยใช้กำลังดัดปลอดภัยของรอยต่อประสานน๊อตเป็นตัวกำหนด (สมการ 5.7)

Wq = น้ำหนักบรรทุกทุกจรรยาหน่วย กก/ม² โดยใช้แรงเฉือนไหลเป็นตัวกำหนด (สมการ 5.9)

Wd = น้ำหนักบรรทุกทุกจรรยาหน่วย กก/ม² โดยใช้ระยะแอ่นตัวตลอดภัยเป็นตัวกำหนด (สมการ 5.11)

และรูปแบบตารางและรูปภาพแสดงตัวอย่างในตารางที่ 6.4 และรูปที่ 6.2 – 6.5 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก และ ข

สำหรับค่าน้ำหนักบรรทุกทุกจรรยาที่ขึ้นกับกำลังรับการโก่งเดาะแนวดิ่งมีค่าสูงมากจึงไม่นำมาพิจารณา ส่วนกำลังรับการโก่งเดาะแบบผสมแรงดัดและแรงบิดจะใช้ค่านวณหาระยะค้ำข้างที่ปลอดภัยในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัวไอตามสมการที่ 5.16 ดังแสดงผลในตารางที่ 6.5

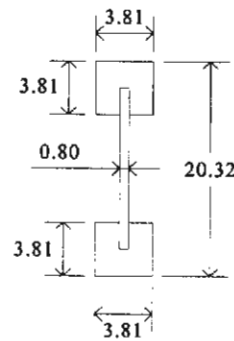
ตารางที่ 6.5 ระยะค้ำข้างที่เหมาะสมของหน้าตัดคานประกอบรูปตัวไอในระบบพื้นไม้

หน้าตัดคานประกอบรูปตัวไอ	ระยะช่วงพาด (m)	ระยะค้ำข้างสูงสุด (cm)	ระยะค้ำข้างที่เหมาะสม (cm)	ระบบค้ำยัน
8" x 1.5" x 8mm 8" x 1.5" x 10mm	2	123	100	แบบ 1 จุด
	3		100	แบบ 2 จุด
	4		100	แบบ 3 จุด
	5		100	แบบ 4 จุด
10" x 1.5" x 8mm 10" x 1.5" x 10mm	2	87	50	แบบ 3 จุด
	3		75	แบบ 3 จุด
	4		80	แบบ 4 จุด
	5		80	แบบ 4 จุด
12" x 1.5" x 8mm 12" x 1.5" x 10mm	2	67	50	แบบ 3 จุด
	3		50	แบบ 5 จุด
	4		50	แบบ 7 จุด
	5		50	แบบ 9 จุด

6.2.5 สรุปผลการวิเคราะห์

ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกทุกจรรยาและระยะช่วงพาดที่เหมาะสมของระบบดงพื้นไม้ในแต่ละขนาดหน้าตัด ระยะห่างแสดงผลดังตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.4 แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบตงพื้นไม้ 8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม.
(LIVELOAD CAPACITY FOR 1 - JOIST 8" x 1.5" x 8mm.)



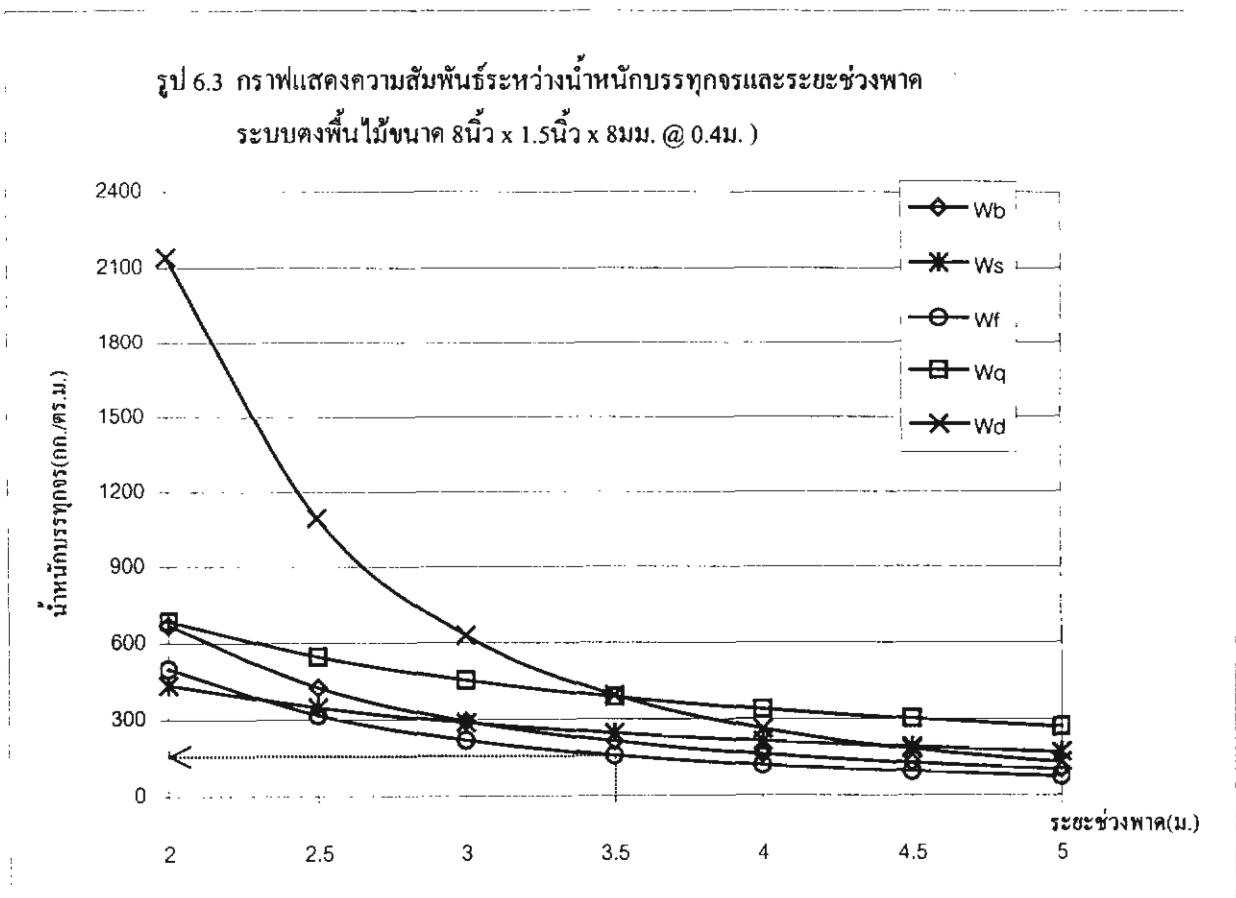
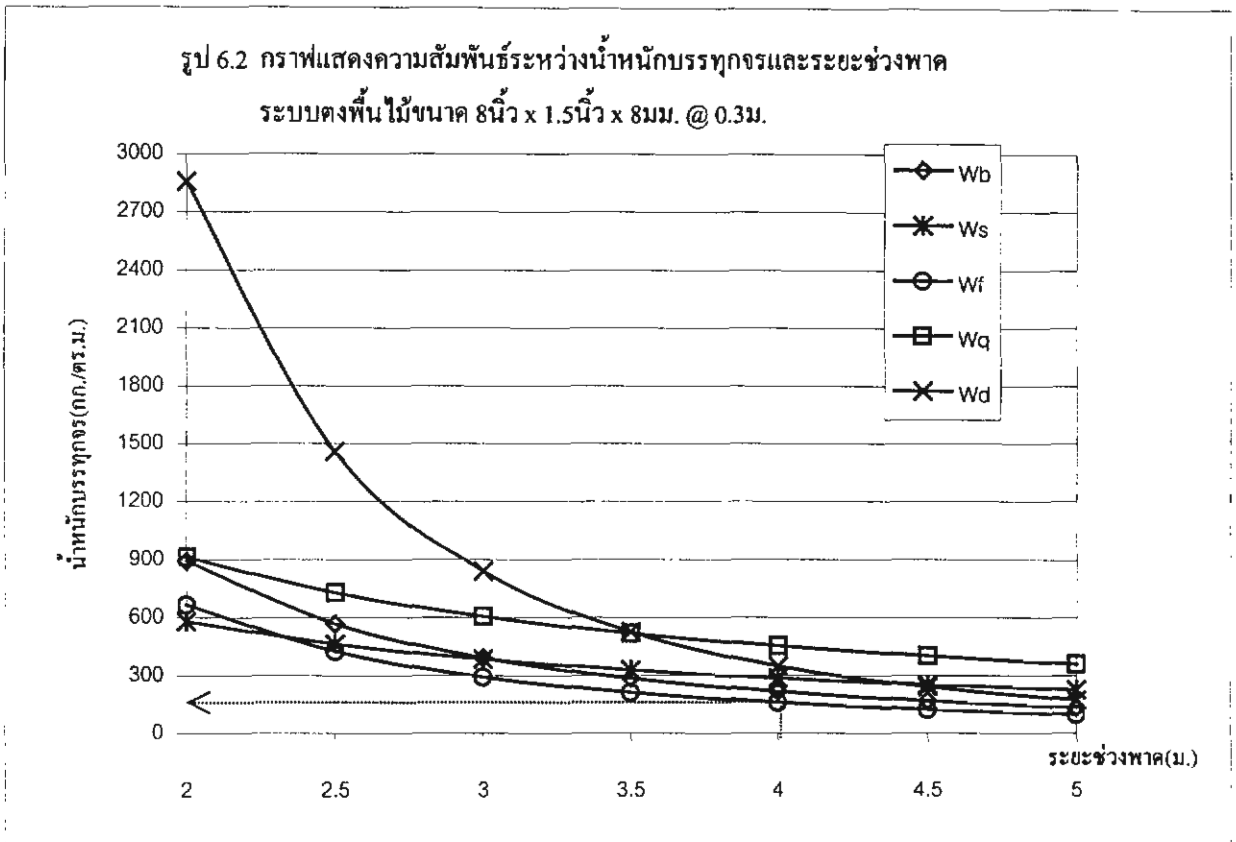
$$I = 2150 \text{ cm}^4$$

$$\text{Dead load} = 3 \text{ kg/m}$$

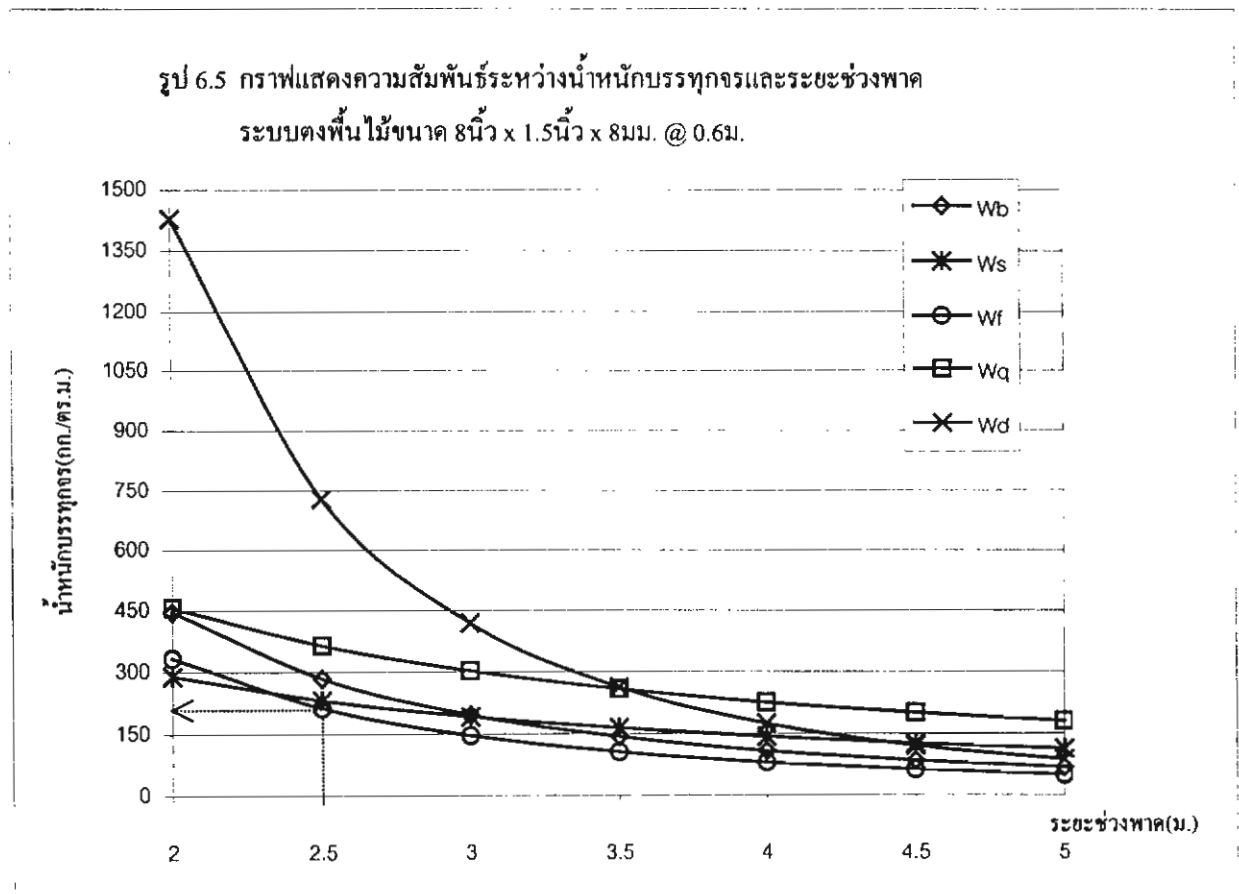
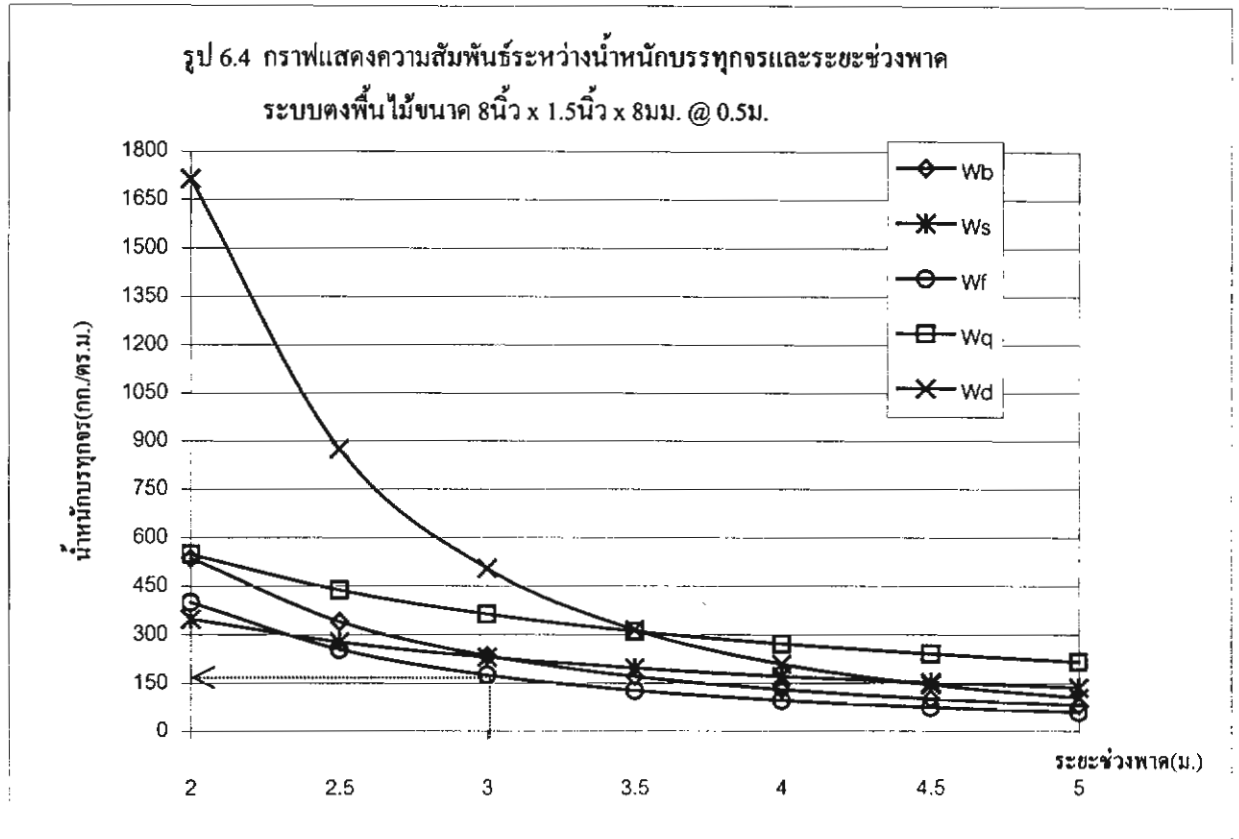
Spacing (m)	Span (m)	Wb (kg/m ²)	Ws (kg/m ²)	Wf (kg/m ²)	Wq (kg/m ²)	Wd (kg/m ²)	Allowable load (kg/m ²)
0.3	2.0	893	580	667	913	2857	580
	2.5	568	462	423	728	1458	423
	3.0	391	384	291	605	839	291
	3.5	285	327	211	517	525	211
	4.0	216	285	159	452	348	159
	4.5	168	252	124	400	242	124
	5.0	134	226	98	359	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

Remark : The shadowy block indicates the liveload under 150 kg/m²

รูปที่ 6.2 - 6.3 แสดงตัวอย่างรูปแบบการวิเคราะห์ระบบดงพื้นไม้



รูปที่ 6.4 - 6.5 แสดงตัวอย่างรูปแบบการวิเคราะห์ระบบตงพื้นไม้



ตารางที่ 6.6 ความสามารถในการรับน้ำหนักของดงไม้รูปไอในระบบดงพื้นไม้

SIZE	SPACING (m.)	max bracing distance(m.)	max span (m.)	max load (kg/m ²)
8" x 1.5" x 8mm.	0.3	1.23	4.0	159
	0.4		3.5	158
	0.5		3.0	175
	0.6		2.5	212
8" x 1.5" x 10mm.	0.3	1.23	4.0	161
	0.4		3.5	160
	0.5		3.0	176
	0.6		2.5	214
10" x 1.5" x 8mm.	0.3	0.87	4.5	178
	0.4		4.0	170
	0.5		3.5	180
	0.6		3.5	150
10" x 1.5" x 10mm.	0.3	0.87	4.5	181
	0.4		4.0	175
	0.5		3.5	184
	0.6		3.5	154
12" x 1.5" x 8mm.	0.3	0.67	5.0	189
	0.4		5.0	177
	0.5		4.0	181
	0.6		4.0	151
12" x 1.5" x 10mm.	0.3	0.67	5.0	194
	0.4		4.5	182
	0.5		4.0	186
	0.6		4.0	156

6.3 ระบบตงฝ่าไม้

6.3.1 การศึกษามิติสัมพันธ์ของรูปตัดไอ

ขนาดมิติประกอบตงไม้รูปไอในระบบนี้ดำเนินการเหมือนกับระบบตงพื้นไม้ ซึ่งค่าความสูงโดยประมาณของรูปตัดไอและค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดแสดงผลได้ในตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 แสดงค่าความสูงประมาณของรูปตัดไอและค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดระบบตงฝ่าไม้

b (cm)	t_w (cm)	w_b (kg/m ²)	w_L (kg/m ²)	L (m)	s (m)	H (cm)	q (kg/cm)	q_j (kg/cm)
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	

จากผลในตารางที่ 6.7 พบว่าระบบตงฝ่ามีขนาดความสูงระหว่าง 2.7"-7" โดยขนาดความหนาแผ่นเอวที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนขนาดความสูงเพียงเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาถึงขนาดตงไม้ทั่วไปส่วนใหญ่มีขนาดเริ่มต้นที่ 4" นอกจากนี้ขนาดอิฐมอญมีความยาวประมาณ 15 ซม. ฉะนั้นจะใช้หน้าตัดดังกล่าวเป็นพื้นฐานมีขนาดความสูงเป็น 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว แต่ละขนาดจะพิจารณาความหนาที่ 6 มม. และ 8 มม. และมีการเพิ่มการค้ำข้างในระยະที่เหมาะสมดังที่จะได้กล่าวต่อไป

6.3.2 ขนาดหน้าตัดที่นำมาวิเคราะห์

ขนาดหน้าตัดของระบบตงฝ่าไม้ที่นำมาวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 6.8 โดยกำหนดให้แต่ละหน้าตัดใช้ระยะห่าง 0.3ม. , 0.4ม. , 0.5ม. และ 0.6ม. และกำหนดให้แต่ละระยะห่างใช้ระยะช่วงพาดเท่ากับ 2ม. 2.5ม. , 3ม. , 3.5ม. , 4ม. , 4.5ม. และ 5ม. ตามลำดับ

ตารางที่ 6.8 แสดงองค์มิติรูปไอในระบบฝ่าไม้ที่นำมาวิเคราะห์

ขนาดหน้าตัด	
4"	6"
4" x 1.5" x 6mm.	6" x 1.5" x 6mm.
4" x 1.5" x 8mm.	6" x 1.5" x 8mm.

6.3.3 การวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัดไอ

การวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัดไอดำเนินการเหมือนระบบตงพื้นไม้ แสดงได้ในรูปแบบตารางและรูปกราฟ ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 6.9 และรูปที่ 6.6 – 6.9 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก และ ข

สำหรับค่าน้ำหนักบรรทุกทุกจรที่ขึ้นกับกำลังรับการโก่งเดาะแนวตั้งมีค่าสูงมากจึงไม่นำมาพิจารณา ส่วนกำลังรับการโก่งเดาะแบบผสมแรงดัดและแรงบิดจะใช้ค่านวณหาระยะค้ำข้างที่ปลอดภัยในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัดไอตามสมการที่ 5.16 ดังแสดงผลในตารางที่ 6.10

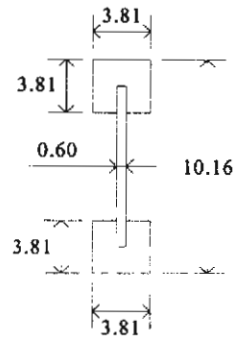
ตารางที่ 6.10 ระยะค่าข้างของหน้าตัดคานประกอบรูปตัวไอในระบบฝามา

หน้าตัดคานประกอบ รูปตัวไอ	ระยะช่วงพาด (m)	ระยะค่าข้าง สูงสุด (cm)	ระยะค่าข้าง ที่เหมาะสม (cm)	ระบบค้ำยัน
4" x 1.5" x 6mm. 4" x 1.5" x 8mm.	2	397	-	-
	3		-	-
	4		-	-
	5		250	แบบ 1 จุด
6" x 1.5" x 6mm. 6" x 1.5" x 8mm.	2	195	100	แบบ 1 จุด
	3		150	แบบ 1 จุด
	4		150	แบบ 3 จุด
	5		150	แบบ 3 จุด

6.3.4 สรุปผลการวิเคราะห์

ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาดที่เหมาะสมของระบบตงฝามา
ในแต่ละขนาดหน้าตัด ระยะห่างแสดงผลดังตารางที่ 6.11

ตารางที่ 6.9 แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบคานไม้ 4 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 6 มม.
(LIVELOAD CAPACITY FOR I - JOIST 4" x 1.5" x 6mm.)



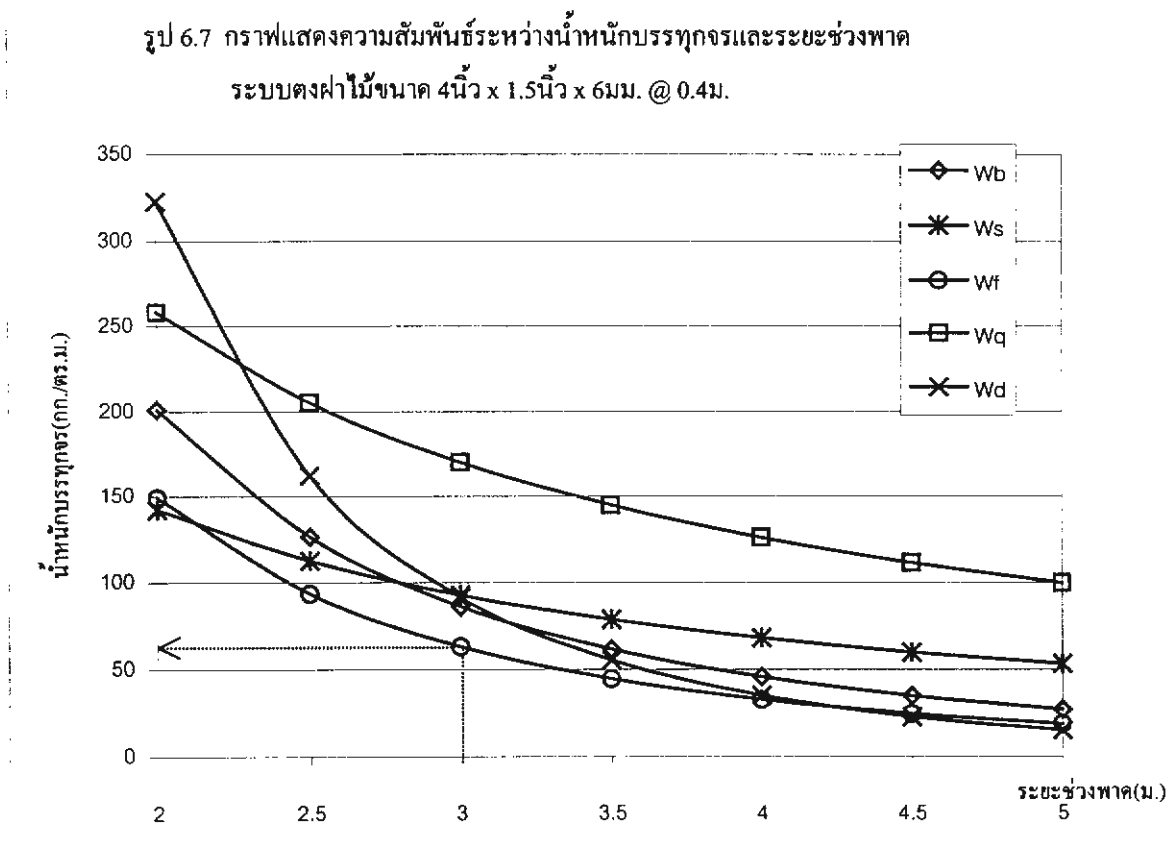
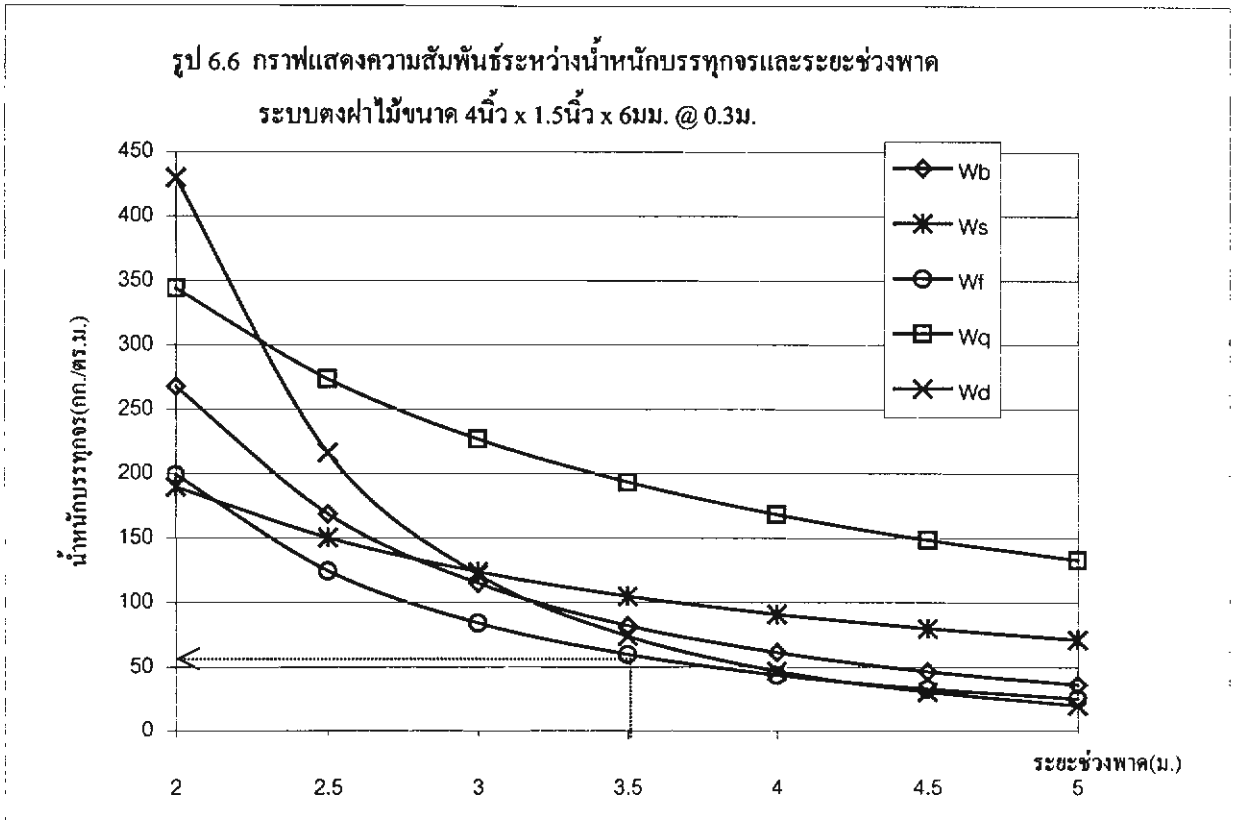
$$I = 328.60 \text{ cm}^4$$

$$\text{Dead load} = 2.15 \text{ kg/m}$$

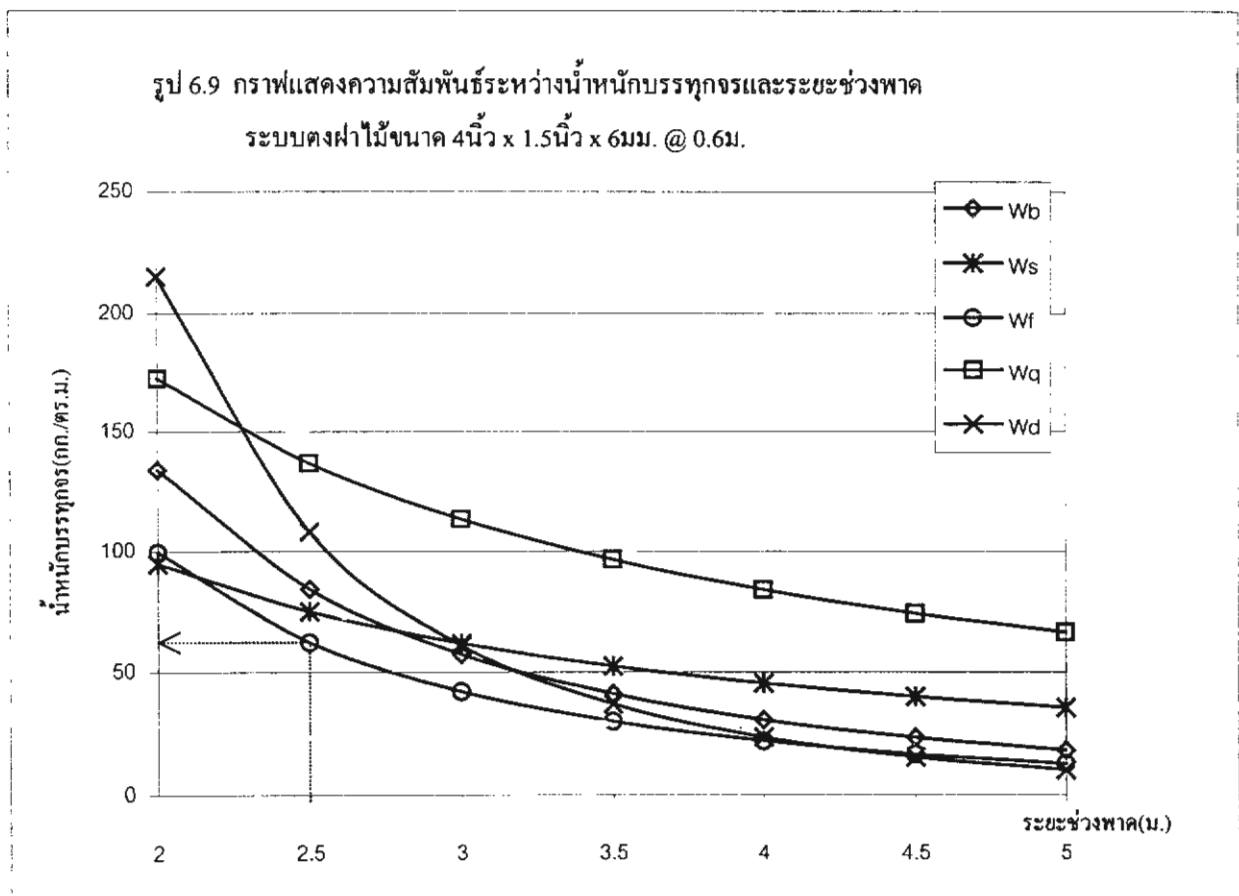
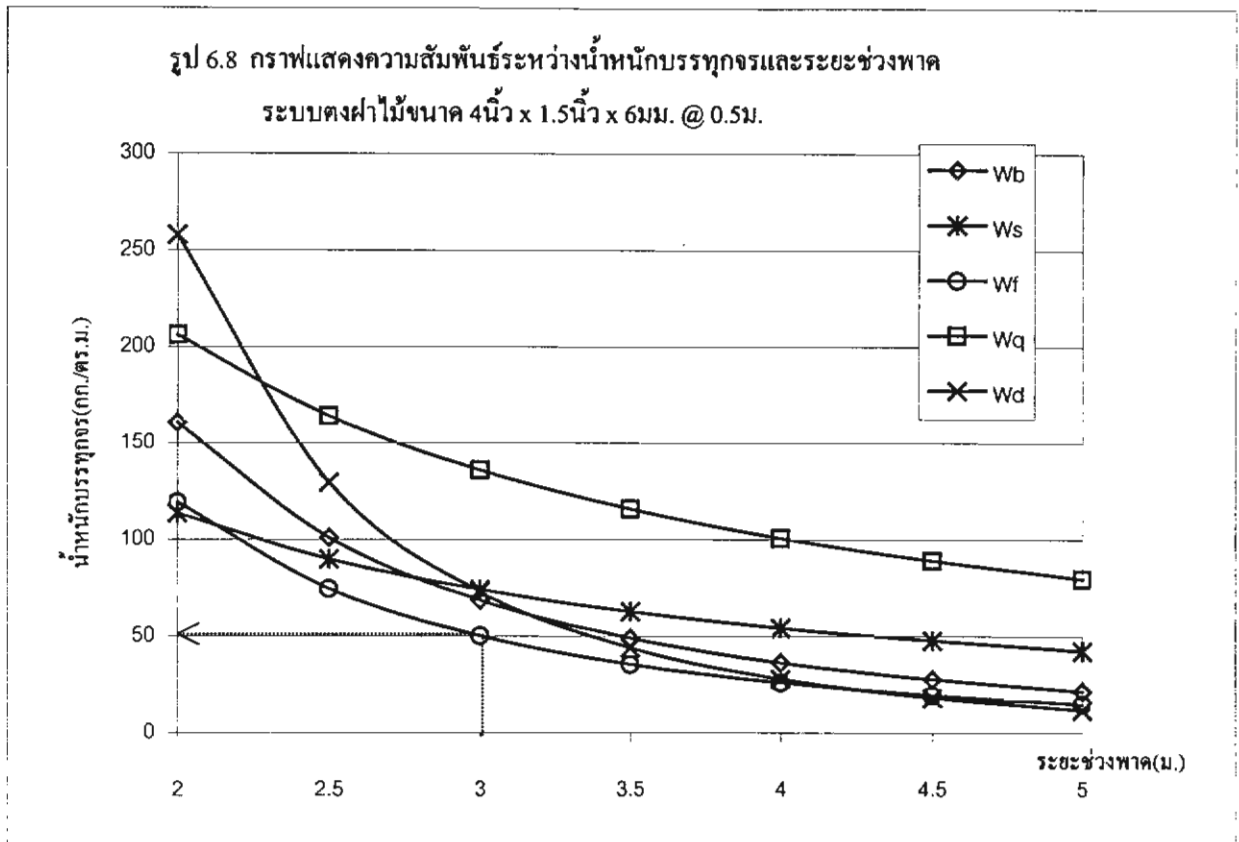
Spacing (m)	Span (m)	Wb (kg/m ²)	Ws (kg/m ²)	Wf (kg/m ²)	Wq (kg/m ²)	Wd (kg/m ²)	Allowable load (kg/m ²)
0.3	2.0	268	190	199	344	430	190
	2.5	169	150	124	274	216	124
	3.0	115	124	84	227	122	84
	3.5	82	105	60	193	74	60
	4.0	61	91	44	168	47	44
	4.5	47	80	33	149	30	30
	5.0	36	71	25	133	20	20
0.4	2.0	201	142	149	258	323	142
	2.5	126	113	93	205	162	93
	3.0	86	93	63	170	91	63
	3.5	62	79	45	145	55	45
	4.0	46	68	33	126	35	33
	4.5	35	60	25	111	23	23
	5.0	27	53	19	100	15	15
0.5	2.0	161	114	119	206	258	114
	2.5	101	90	74	164	130	74
	3.0	69	74	50	136	73	50
	3.5	49	63	36	116	44	36
	4.0	36	54	26	101	28	26
	4.5	28	48	20	89	18	18
	5.0	21	42	15	80	12	12
0.6	2.0	134	95	99	172	215	95
	2.5	84	75	62	137	108	62
	3.0	57	62	42	113	61	42
	3.5	41	52	30	97	37	30
	4.0	30	45	22	84	23	22
	4.5	23	40	16	74	15	15
	5.0	18	36	13	66	10	10

Remark : The shadowy block indicates the liveload under 50 kg/m²

รูปที่ 6.6 - 6.7 แสดงตัวอย่างรูปแบบการวิเคราะห์ระบบตงฝ่าไม้



รูปที่ 6.8 - 6.9 แสดงตัวอย่างรูปแบบการวิเคราะห์ระบบตงฝ่าไม้



ตารางที่ 6.11 ความสามารถในการรับน้ำหนักของดงไม้รูปไอในระบบดงฝาไม้

SIZE	SPACING (m.)	max bracing distance(m.)	max span (m.)	max load (kg/m ²)
4" x 1.5" x 6mm.	0.3	3.97	3.5	60
	0.4		3.0	63
	0.5		3.0	50
	0.6		2.5	62
4" x 1.5" x 8mm.	0.3	3.97	3.5	60
	0.4		3.0	63
	0.5		3.0	50
	0.6		2.5	62
6" x 1.5" x 6mm.	0.3	1.95	5.0	60
	0.4		4.5	57
	0.5		4.0	58
	0.6		3.5	65
6" x 1.5" x 8mm.	0.3	1.95	5.0	59
	0.4		4.5	56
	0.5		4.0	58
	0.6		3.5	64

6.4 ระบบแปหลังคา

6.4.1 การศึกษามิติสัมพันธ์ของรูปตัดไอ

ขนาดมิติประกอบดงไม้รูปไอในระบบนี้ดำเนินการเหมือนกับระบบดงพื้นไม้ ซึ่งค่าความสูงโดยประมาณของรูปตัดไอและค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดแสดงผลได้ในตารางที่ 6.12

ตารางที่ 6.12 แสดงค่าความสูงประมาณของรูปตัดไอและค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดระบบแปหลังคา

b (cm)	t_w (cm)	w_d (kg/m ²)	w_t (kg/m ²)	L (m)	s (m)	H (cm)	q (kg/cm)	q_s (kg/cm)
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	

จากผลในตารางที่ 6.12 พบว่าระบบแปหลังคามีขนาดความสูง 2.7" – 7.5" โดยขนาดความหนาแผ่นเอวที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนขนาดความสูงเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาขนาดแปเหล็กที่ใช้กันทั่วไปมีขนาดไม่เกิน 15 ซม. และขนาดตงไม้ส่วนใหญ่เริ่มต้นที่ 4" ฉะนั้นจะใช้หน้าตัดดั่งกล่าวมีขนาดความสูงเป็น 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว แต่ละขนาดจะพิจารณาความหนาที่ 6 มม. และ 8 มม. และมีการเพิ่มการค้ำข้างในระยะที่เหมาะสมดังที่จะได้กล่าวต่อไป

6.4.2 ขนาดหน้าตัด ระยะห่าง และระยะช่วงพาดที่นำมาวิเคราะห์

ขนาดหน้าตัดของระบบแปไม้ที่นำมาวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 6.13 โดยกำหนดให้แต่ละหน้าตัดใช้ระยะห่าง 0.3ม. , 0.4ม. , 0.5ม. และ 0.6ม. และกำหนดให้แต่ละระยะห่างใช้ระยะช่วงพาดเท่ากับ 2ม. 2.5ม. , 3ม. , 3.5ม. , 4ม. , 4.5ม. และ 5ม. ตามลำดับ

ตารางที่ 6.13 แสดงองค์มิติรูปไอในระบบแปหลังคาที่นำมาวิเคราะห์

ขนาดหน้าตัด	
4"	6"
4" x 1" x 6mm.	6" x 1" x 6mm.
4" x 1" x 8mm.	6" x 1" x 8mm.

6.4.3 การวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัดไอ

การวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัดไอตามสมการในบทที่ 2 แสดงได้ในรูปแบบตารางและรูปภาพ ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 6.14 และรูปที่ 6.10 – 6.13 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก และ ข

สำหรับค่าน้ำหนักบรรทุกที่ขึ้นกับกำลังรับการโก่งเดาะแนวตั้งมีค่าสูงมากจึงไม่นำมาพิจารณา ส่วนกำลังรับการโก่งเดาะแบบผสมแรงดัดและแรงบิดจะใช้ค่านวณหาระยะค้ำข้างที่ปลอดภัยในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัวไอตามสมการที่ 5.16 ดังแสดงผลในตารางที่ 6.15

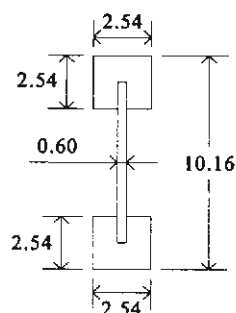
ตารางที่ 6.15 ระยะค้ำข้างของหน้าตัดคานประกอบรูปตัวไอในระบบแปหลังคา

หน้าตัดคานประกอบ รูปตัวไอ	ระยะช่วงพาด (m)	ระยะค้ำข้าง สูงสุด (cm)	ระยะค้ำข้าง ที่เหมาะสม (cm)	ระบบค้ำยัน
4" x 1" x 6mm 4" x 1" x 8mm	2	130	100	แบบ 1 จุด
	3		100	แบบ 2 จุด
	4		100	แบบ 3 จุด
	5		125	แบบ 3 จุด
6" x 1" x 6mm 6" x 1" x 8mm	2	68	50	แบบ 3 จุด
	3		50	แบบ 5 จุด
	4		50	แบบ 7 จุด
	5		50	แบบ 9 จุด

6.4.4 สรุปผลการวิเคราะห์

ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาดที่เหมาะสมของระบบแปหลังคาในแต่ละขนาดหน้าตัด ระยะห่างแสดงผลดังตารางที่ 6.16

ตารางที่ 6.14 แสดงผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบแปหลังคา 4 นิ้ว x 1 นิ้ว x 6 มม.
(LIVELOAD CAPACITY FOR I - JOIST 4" x 1" x 6mm.)



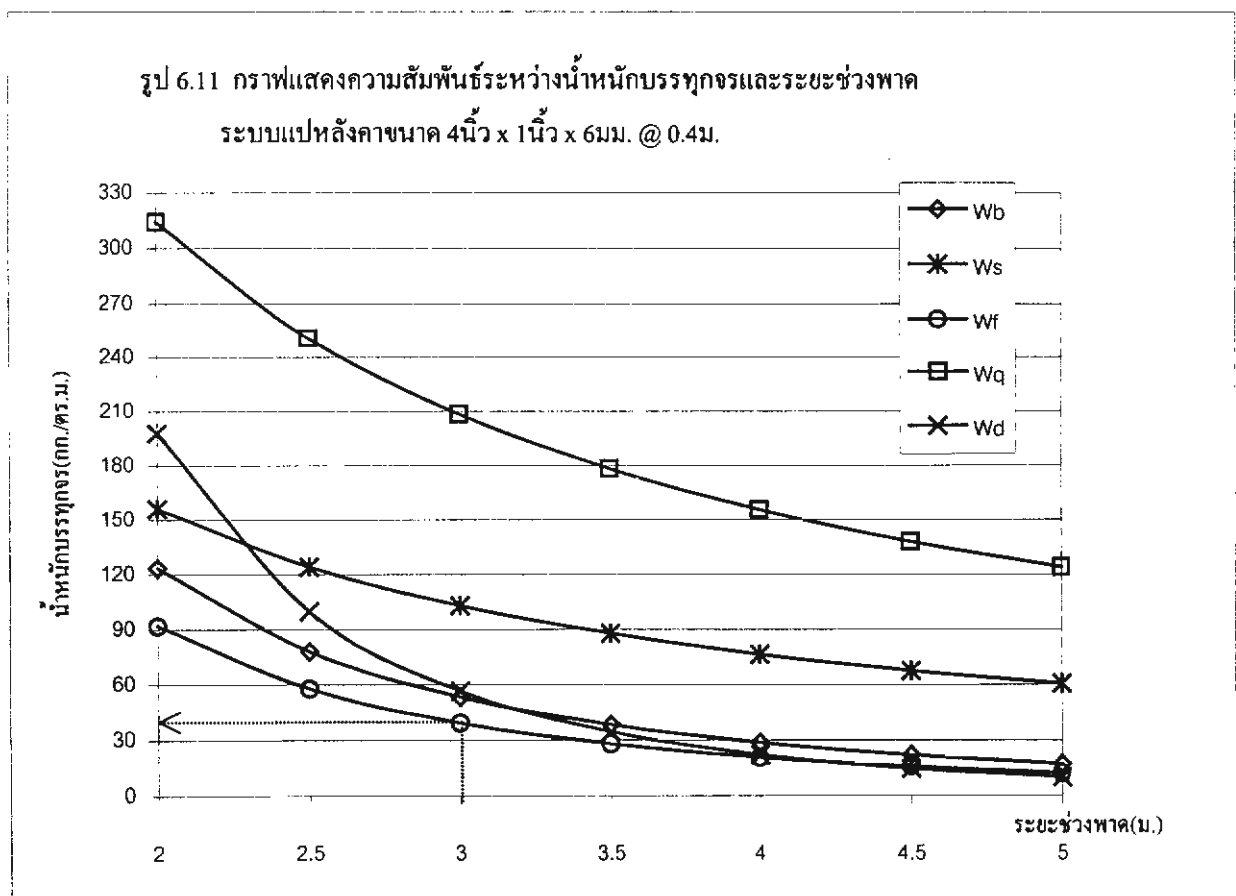
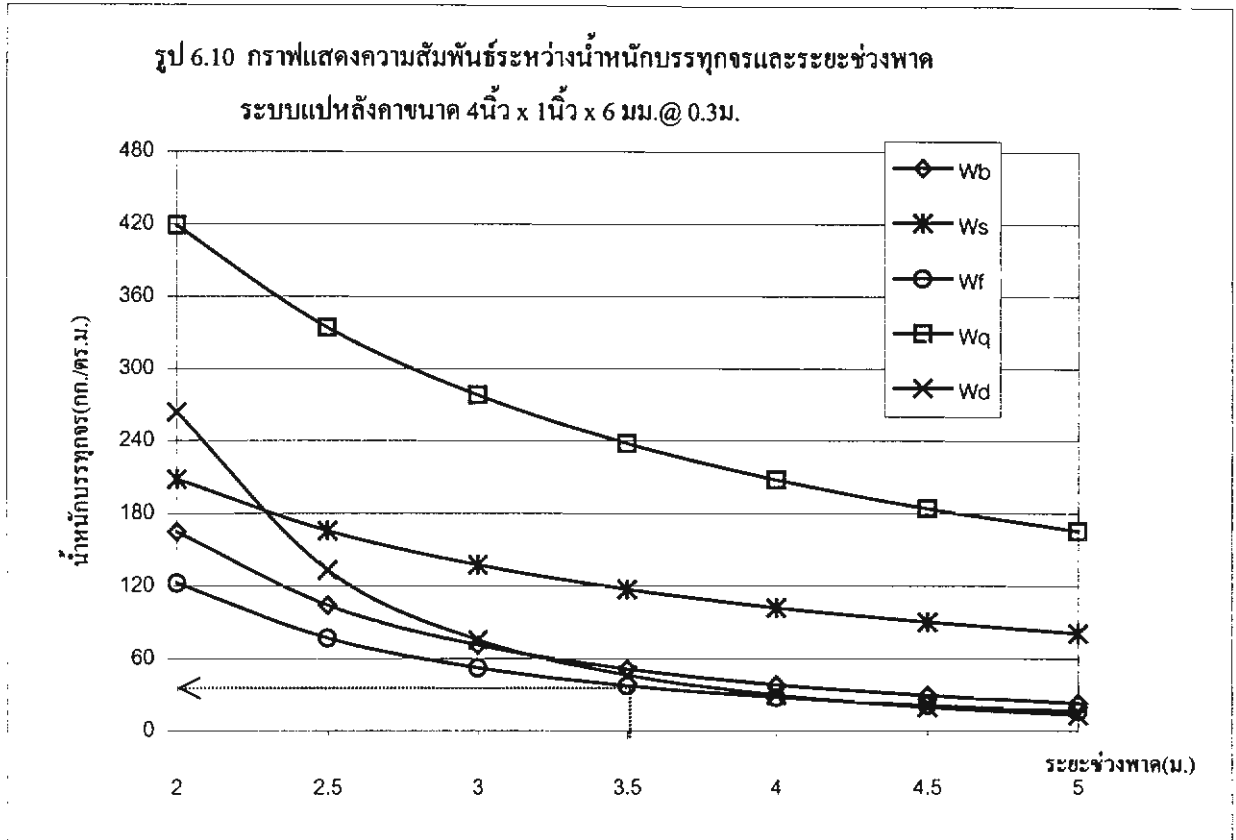
$$I = 200.79 \text{ cm}^4$$

$$\text{Dead load} = 1.20 \text{ kg/m}$$

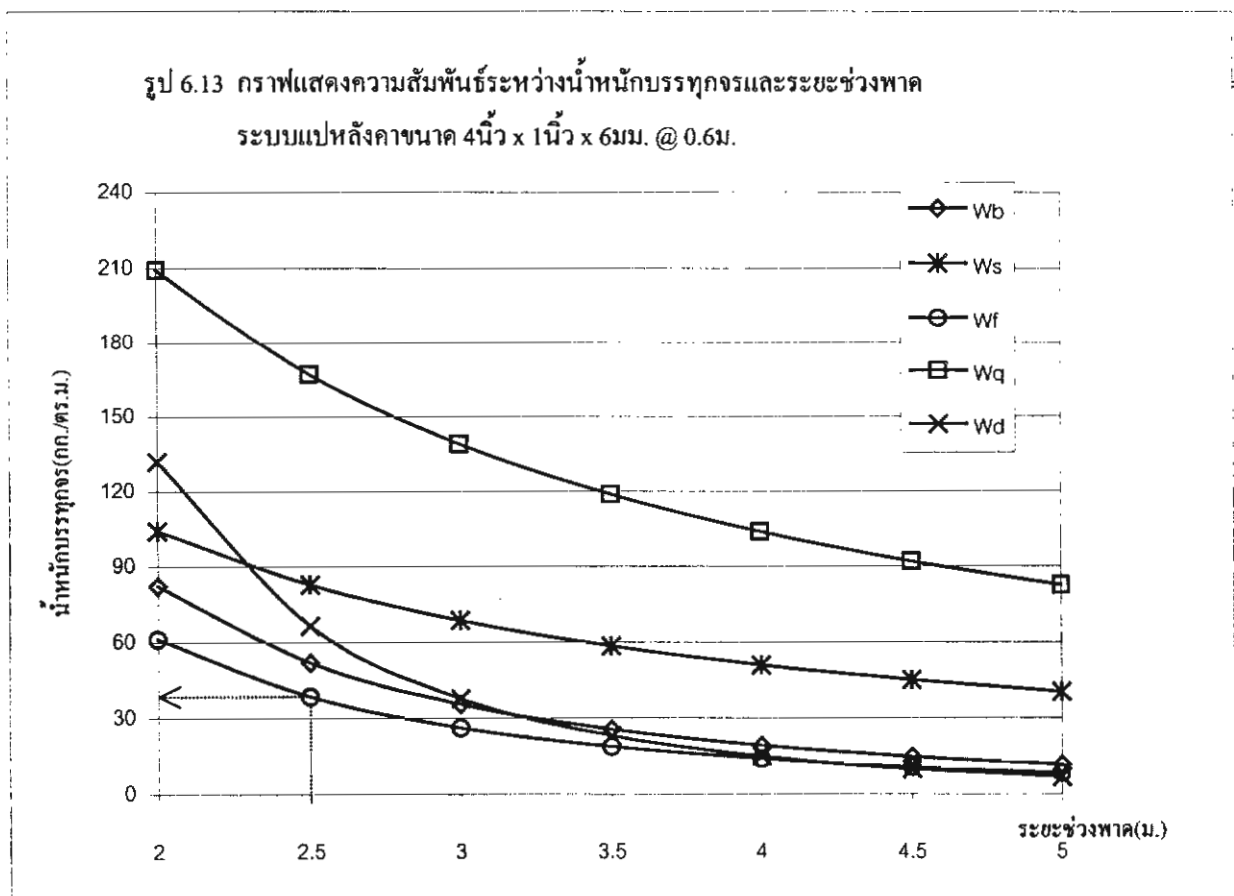
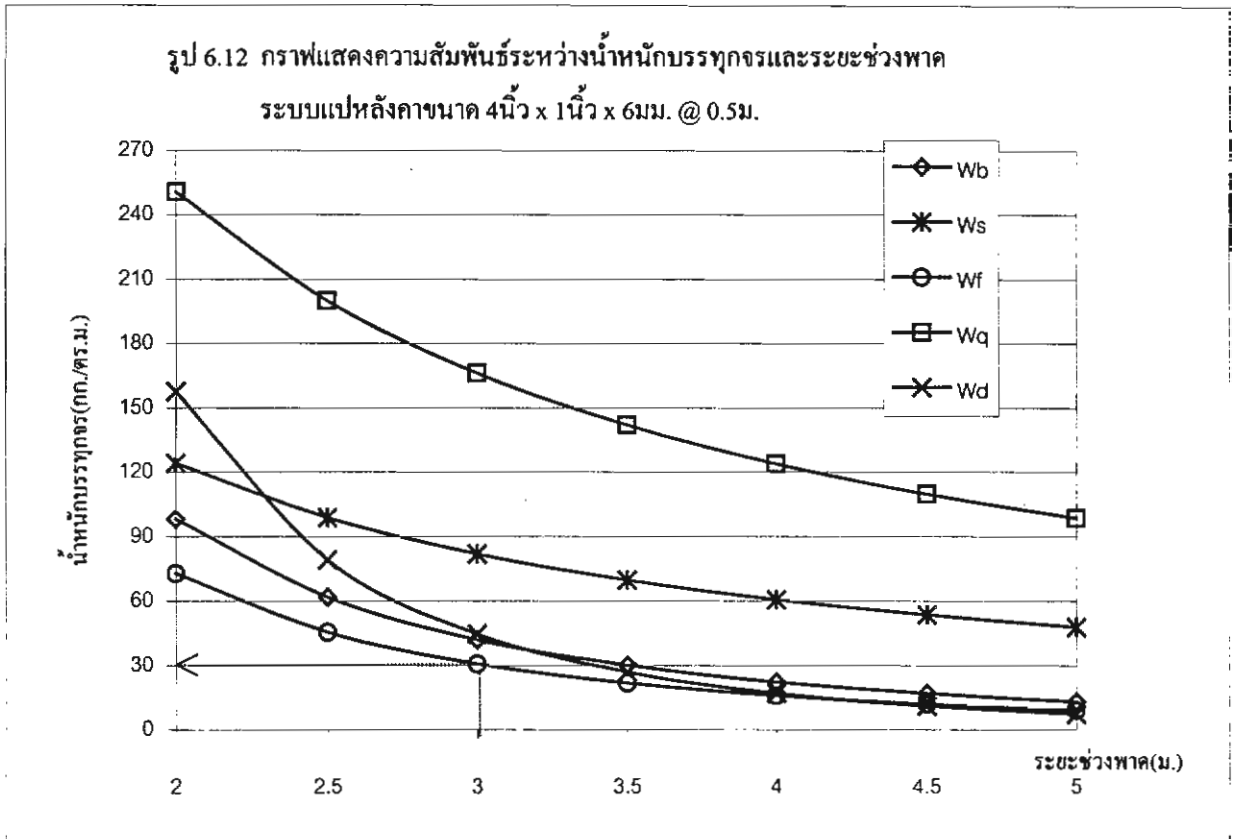
Spacing (m)	Span (m)	Wb (kg/m ²)	Ws (kg/m ²)	Wf (kg/m ²)	Wq (kg/m ²)	Wd (kg/m ²)	Allowable load (kg/m ²)
0.3	2.0	165	208	122	419	264	122
	2.5	104	166	77	334	133	77
	3.0	71	137	52	278	75	52
	3.5	51	117	37	238	46	37
	4.0	38	102	28	207	29	28
	4.5	29	90	21	184	20	20
	5.0	23	81	16	165	13	13
0.4	2.0	123	156	92	314	198	92
	2.5	78	124	58	251	100	58
	3.0	53	103	39	208	56	39
	3.5	38	88	28	178	34	28
	4.0	29	77	21	156	22	21
	4.5	22	68	16	138	15	15
	5.0	17	61	12	124	10	10
0.5	2.0	98	124	73	251	158	73
	2.5	62	99	46	200	79	46
	3.0	42	82	31	166	45	31
	3.5	30	70	22	142	27	22
	4.0	22	61	16	124	17	16
	4.5	17	54	12	110	11	11
	5.0	13	48	9	98	7	7
0.6	2.0	82	104	61	209	132	61
	2.5	52	83	38	167	67	38
	3.0	35	69	26	139	38	26
	3.5	26	59	19	119	23	19
	4.0	19	51	14	104	15	14
	4.5	15	45	10	92	10	10
	5.0	11	40	8	83	7	7

Remark :  The shadowy block indicates the liveload under 30 kg/m²

รูปที่ 6.10 - 6.11 แสดงตัวอย่างรูปแบบการวิเคราะห์ระบบแปหลังคา



รูปที่ 6.12 - 6.13 แสดงตัวอย่างรูปแบบการวิเคราะห์ระบบแปหลังคา



ตารางที่ 6.16 ความสามารถในการรับน้ำหนักของดงไม้รูปโอในระบบแปหลังคา

SIZE	SPACING (m.)	max bracing distance(m.)	max span (m.)	max load (kg/m ²)
4" x 1" x 6mm.	0.3	1.30	3.5	37
	0.4		3.0	39
	0.5		3.0	31
	0.6		2.5	38
4" x 1" x 8mm.	0.3	1.30	3.5	36
	0.4		3.0	38
	0.5		3.0	31
	0.6		2.5	38
6" x 1" x 6mm.	0.3	0.68	5.0	34
	0.4		4.5	32
	0.5		4.0	34
	0.6		3.5	37
6" x 1" x 8mm.	0.3	0.68	5.0	34
	0.4		4.5	32
	0.5		4.0	34
	0.6		3.5	38

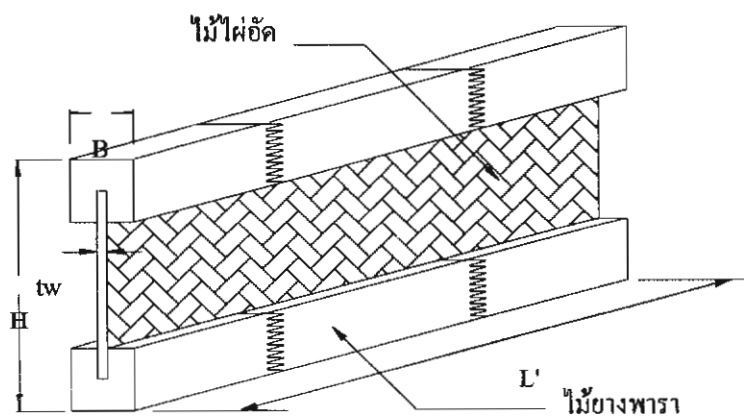
บทที่ 7

การทดสอบกำลังรับน้ำหนักของรูปตัดไอจากไม้ยางและไม้เฝออัด

7.1 ระบบการทดสอบหากลึงรับน้ำหนักของรูปตัดไอ

การทดสอบกำลังรับน้ำหนักของรูปตัดไอจากไม้ยางและไม้เฝออัด ดำเนินการโดยแบ่งเป็น 3 ระบบ คือ ระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคา

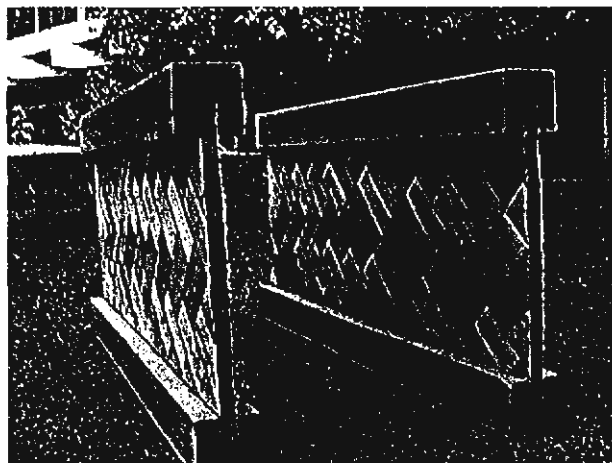
การศึกษาถึงกำลังรับน้ำหนักของระบบตงไม้ที่ใช้ในระบบพื้นไม้ ระบบฝาไม้ และระบบแปหลังคา โดยนำข้อมูลจากการวิเคราะห์ในบทที่ 6 มาทำการประกอบเป็นคานารูปตัวไอ ขนาดต่างๆ จากตงไม้รูปไอ ดังแสดงในรูปที่ 7.1 และ 7.2 เนื่องจากการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของรูปตัดไอจากไม้ยางพาราและไม้เฝออัด ไม่สามารถทำการวางน้ำหนักทดสอบโดยใช้รูปตัดไอหน้าตัดเดียวได้ จึงทำการทดสอบโดยนำรูปตัดไอ สองหน้าตัดมายึดตามระยะห่างที่ทำการวิเคราะห์ในบทที่ 6 นำมาทำการทดสอบหากลึงที่รับได้จริง ทั้งหมด 54 ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 7.1



รูปที่ 7.1 แสดงขนาดตงไม้รูปไอจากไม้ยางพาราและไม้เฝออัด

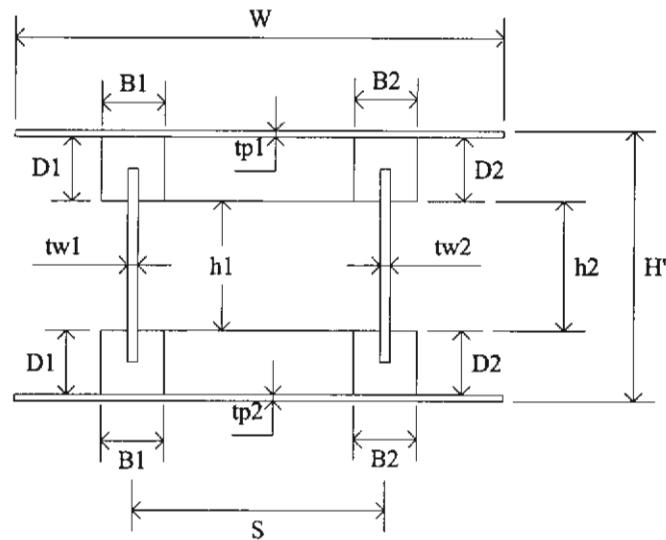
ตารางที่ 7.1 ขนาดตงไม้รูปตัวไอในระบบทดสอบต่างๆ

ระบบตงไม้	ขนาดรูปตัดไอ (H x B x t _w)	ระยะ ห่าง (เมตร)	ระยะช่วง พาด (เมตร)	จำนวนทดสอบ	
				มีแผ่นไม้ ประกบ	ไม่มีแผ่นไม้ ประกบ
ระบบตงพื้นไม้	8"x1.5"x8mm.	0.40	3.00	3	3
	10"x1.5"x10mm.	0.40	4.00	3	3
	12"x1.5"x8mm.	0.40	4.00	3	3
ระบบตงฝาไม้	4"x1.5"x6mm.	0.30	3.00	3	3
	4"x1.5"x6mm.	0.30	3.50	3	3
	6"x1.5"x6mm.	0.30	4.00	3	3
ระบบแปหลังคา	4"x1"x6mm.	0.30	3.00	3	3
	6"x1"x6mm.	0.30	3.50	3	3
	6"x1"x8mm.	0.30	4.00	3	3
รวม				27	27

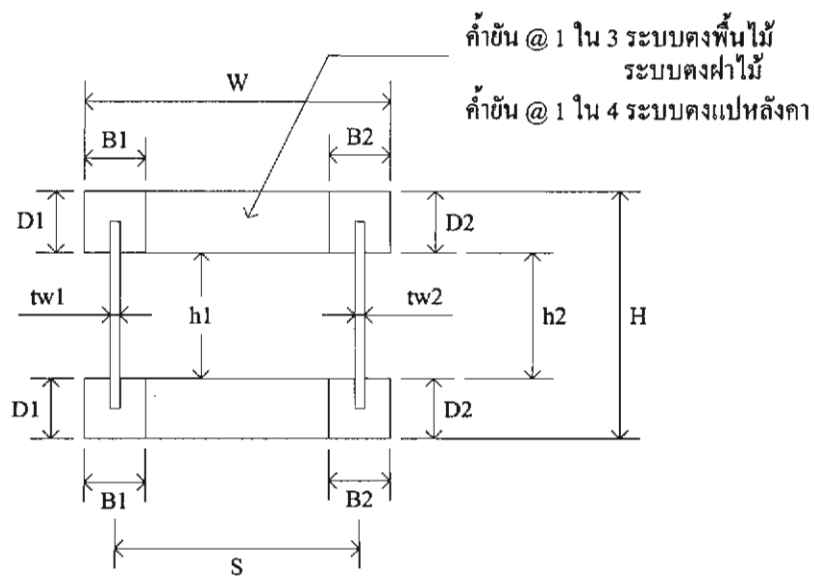


รูปที่ 7.2 แสดงรูปตัดไอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

ตงไม้รูป I ที่ประกอบเป็นระบบต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบนั้นมีสัดส่วนของรูปตัดดังปรากฏในรูปที่ 7.3 และ 7.4

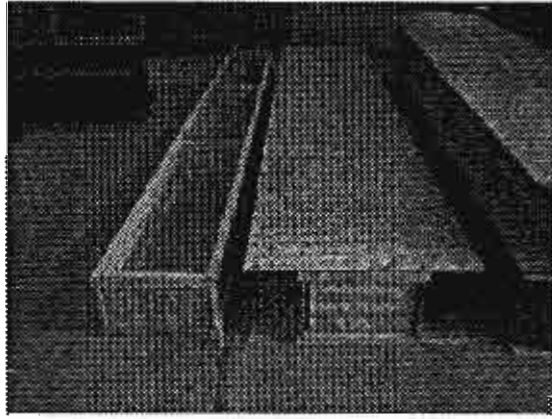


รูปที่ 7.3 แสดงสัดส่วนของระบบต่าง ๆ ที่มีแผ่นไม้ประกบ

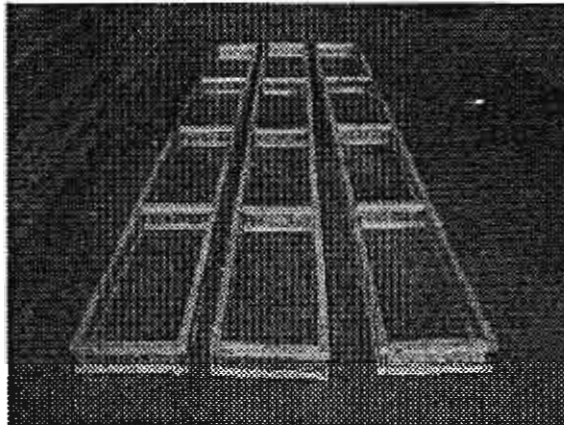


รูปที่ 7.4 แสดงสัดส่วนของระบบต่าง ๆ ที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบ

ระบบการค้ำยันของตงไม้ระบบต่างๆ แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ การค้ำยันแบบ 2 จุด (Two point bracing) สำหรับระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ ดังแสดงในรูปที่ 7.5 และการค้ำยันแบบ 3 จุด (Three point bracing) สำหรับระบบแปหลังคา ดังแสดงในรูปที่ 7.6

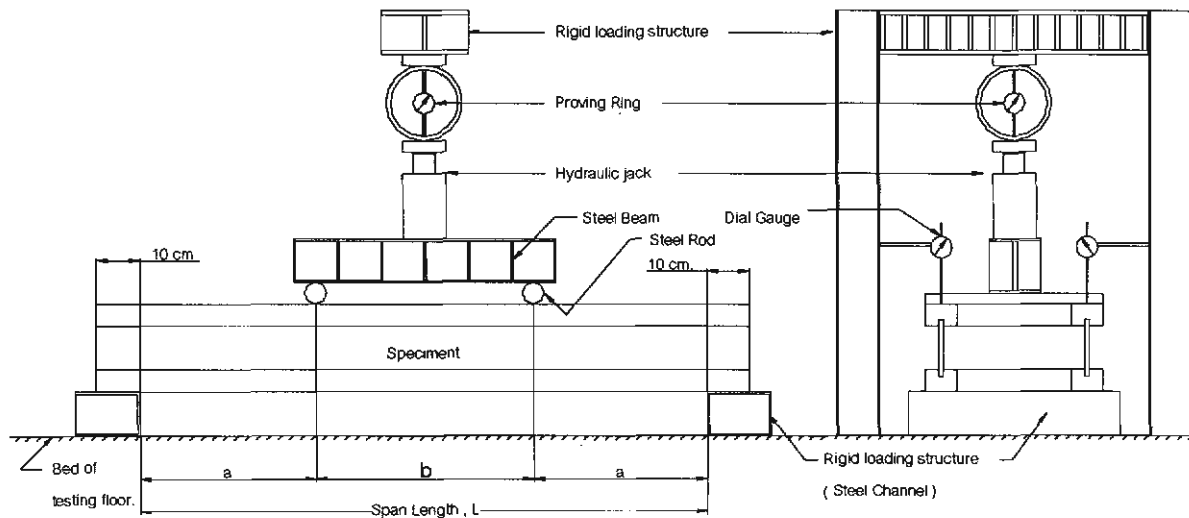


รูปที่ 7.5 แสดงการค้ำยันแบบ 2 จุด

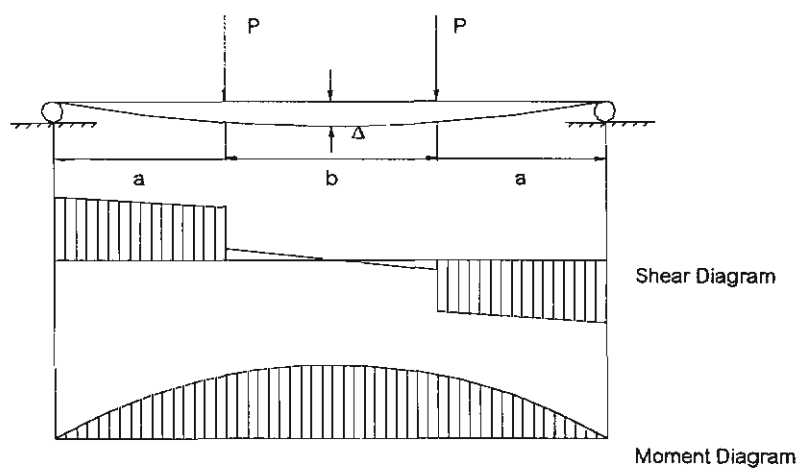


รูปที่ 7.6 แสดงการค้ำยันแบบ 3 จุด

การทดสอบหาค่ารับน้ำหนักของรูปตัดโอประกอบจากไม้ยางและไม้ไผ่อัด ได้เตรียมเครื่องมือทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 7.7 ซึ่งกระทำโดยการกดน้ำหนักแบบแรงกระทำ 2 จุด บันทึกค่าน้ำหนักที่กระทำต่อตัวอย่างโดยอ่านค่าจากวงแหวนวัดแรง (Proving ring) และค่าระยะการแอ่นตัวของตัวอย่างด้วย Dial gauge ที่ตำแหน่งกึ่งกลางตงไม้ทั้งสองข้าง ซึ่งได้กำหนดระยะ b คงที่เท่ากับ 1.00 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 7.8 ถึงรูปที่ 7.10



รูปที่ 7.7 แสดงการติดตั้งการทดสอบตงไม้ระบบต่างๆ



รูปที่ 7.8 แสดง Shear Diagram และ Moment Diagram