



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 และได้ให้ความร่วมมือในการจัดเตรียมขึ้นตัวอย่างต่างๆ 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 พบว่าไม้ยางพารามีกำลังอัดขนานเส้นใยตลอดภัย กำลังอัดตั้งฉากเส้นใยตลอดภัย กำลังดึงตลอดภัย และกำลังดัดตลอดภัยเท่ากับ 64 กก./ตร.ซม. 48 กก./ตร.ซม. 89 กก./ตร.ซม. และ 93 กก./ตร.ซม. ที่ค่าส่วนตลอดภัย 5.75 2.5 6.5 และ 6.5 สำหรับกำลังเฉือนตลอดภัยของไม้ไผ่อัดเท่ากับ 14 กก./ตร.ซม. ที่ค่าส่วนตลอดภัย 9 และจากการทดสอบปริมาณความชื้นตามมาตรฐาน ASTM D 4442-84 พบว่าปริมาณความชื้นในไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดมีค่าเท่ากับร้อยละ 12.5 และร้อยละ 9.3

การทดสอบหาลำกำลังของรอยต่อประสานน๊อตของปีกคานตามมาตรฐาน ASTM D4688-90 และรอยต่อระหว่างแผ่นปีกและเอวตามมาตรฐาน ASTM D143-83 โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มอลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ได้ค่ากำลังดึงตลอดภัยเท่ากับ 48 กก./ตร.ซม. และค่าแรงเฉือนไหลตลอดภัยเท่ากับ 14 กก./ซม. ที่ค่าส่วนตลอดภัย 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. สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรตลอดภัยได้ตั้งแต่ 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. สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรตลอดภัยได้ตั้งแต่ 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. สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรตลอดภัยได้ตั้งแต่ 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 สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรทุกแฉ่กระจายใช้งานได้ตั้งแต่ 178-353 กก./ตร.ม. และ 183-304 กก./ตร.ม. สำหรับที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบ ระบบตงฝาไม้ขนาดความสูง 4 นิ้ว 6 นิ้ว ที่มีแผ่นไม้ประกบสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรทุกแฉ่กระจายใช้งานได้ตั้งแต่ 52-140 กก./ตร.ม. และ 63-125 กก./ตร.ม. สำหรับที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบ และระบบแปหลังคาขนาด 4 นิ้ว 6 นิ้ว ที่มีแผ่นไม้ประกบสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรทุกแฉ่กระจายใช้งานได้ตั้งแต่ 53-129 กก./ตร.ม. และ 53-88 กก./ตร.ม. สำหรับที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักบรรทุกจรแฉ่กระจายใช้งานตามทฤษฎีในระบบที่มีแผ่นไม้ประกบ 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 สรุปผลการทดสอบและกลสมบัตिरอยต่อของไม้ยางและไม้ไผ่อัด	35

	หน้า
บทที่ 5 ทฤษฎีพื้นฐานและการออกแบบหน้าตัดรูปไอ	
5.1 ทัวไป	64
5.2 กำลังดัดตลอดภัยของไม้ยางพารา	64
5.3 กำลังเฉือนตลอดภัยของไม้ไผ่อัด	65
5.4 กำลังดึงตลอดภัยของรอยต่อประสานนิ้ว	65
5.5 แรงเฉือนไหลตลอดภัยที่รอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	66
5.6 ระยะแอ่นตัวตลอดภัย	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 รอยต่อแบบประสานนิ้ว	119
8.2.2 รอยต่อระหว่างไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	120
8.3 การวิเคราะห์หน้าตัดรูปไอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	121
8.4 การทดสอบกำลังรับน้ำหนักคานประกอบรูปตัดไอ	122
8.5 ข้อเสนอแนะ	134

	หน้า
บรรณานุกรม	135
ภาคผนวก ก ตารางแสดงผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักบรรทุกจร	138
ภาคผนวก ข กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด	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 (ทก. นอร์ธเอน 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 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงฝ้าย 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 แสดงขนาดตงไม้รูปโอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	94
7.2 แสดงรูปตัดโอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด	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 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะแอ่นตัว ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm @ 0.30m	104
7.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะแอ่นตัว ระบบตงฝาไม้ขนาด 4"x1.5"x6mm @ 0.30m	107
7.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะแอ่นตัว ระบบแปหลังคาขนาด 4"x1"x6mm @ 0.30m	110
ข-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm @ 0.30m	154
ข-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm @ 0.40m	154
ข-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm @ 0.50m	155
ข-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x8mm @ 0.60m	155
ข-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x10mm @ 0.30m	156
ข-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x10mm @ 0.40m	156
ข-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x10mm @ 0.50m	157
ข-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8"x1.5"x10mm @ 0.60m	157
ข-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงพื้นไม้ขนาด 10"x1.5"x8mm @ 0.30m	158
ข-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด ระบบตงพื้นไม้ขนาด 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 พิลิรัฐอุตสาหกรรม 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 ได้ค่ากำลังอัดขนานเส้น 26 และ 32 N/mm² ค่ากำลังอัดตั้งฉากเส้น 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 จะมีความสามารถในการรับแรงอัดขนานเส้น 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

เพื่อทำการศึกษานำไม้อย่างพารามาผลิตเป็นตงไม้รูปไอ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นตงไม้แทนไม้เนื้อแข็ง ในระบบพื้นไม้ ระบบหลังคา และระบบฝ้าไม้ของอาคารไม้ ซึ่งปัจจุบันรูปแบบไม้ดังกล่าวได้ใช้แพร่หลายในต่างประเทศ ซึ่งคาดว่าจะสามารถส่งออกขายทั้งในและนอกประเทศได้

1. เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยของไม้อย่างในลักษณะการใช้งานต่างๆ โดยเฉพาะการใช้งานในกลุ่มประเทศอาเซียน ซึ่งเป็นผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้อย่าง
2. ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติพื้นฐานของไม้อย่างและไม้ไผ่อัด อันได้แก่ หน่วยแรงอัดและแรงดึงในไม้อย่าง หน่วยแรงเฉือนในไม้ไผ่อัด
3. ทำให้ทราบถึงความสามารถของรอยต่อในไม้อย่าง ซึ่งจะนำมาใช้ในการรับแรงดึง แรงอัด และรอยต่อในไม้ไผ่อัด 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. ทำการวิจัยเพื่อหาคุณสมบัติพื้นฐานของไม้อย่างที่ผ่านกระบวนการอบและอัดฉีดน้ำยา และไม้ไผ่อัด โดยดำเนินการทดสอบดังนี้

วัสดุ	ส่วนประกอบ	คุณสมบัติ	มาตรฐานการทดสอบ	จำนวนตัวอย่าง
ไม้ยาง	ปีกคาน	ปริมาณความชื้น	ASTM D 4442 - 84	24
		ความเค้นอัดขนานเสี้ยน	ASTM D 143 - 83	24
		ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน	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. ศึกษาถึงองค์ประกอบด้านมิติของรูปแบบดงไม้รูปโอ ระยะห่างที่ควรใช้ในงานระบบพื้นไม้ระบบพื้นหลังคา และระบบฝาไม้ (Load bearing wall) โดยจะเป็นการนำค่า allowable stress ที่ได้ในหัวข้อ 2 และ 3 เป็นเกณฑ์ในการออกแบบ

5. ศึกษาถึงกำลังรับน้ำหนักของระบบดงไม้ที่ใช้ในระบบพื้นไม้ แปหลังคา 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 น้ำยางที่กรีดยังมีปริมาณลดลง จึงมีการตัดโค่นเพื่อปลูกใหม่ประมาณปีละ 260,000 ไร่ ลักษณะของเนื้อไม้ยางพารามีสีขาวนวล ส่วนที่เป็นแก่นและกระพี้ไม่แตกต่างกัน มีเนื้อไม้ค่อนข้างละเอียด โดยธรรมชาติเป็นไม้ที่ไม่คงทน ฝุง่ายและมอดกิน ดังนั้นจึงต้องทำการอบให้แห้งและอาบน้ำยาการรักษาเนื้อไม้จากเชื้อราและแมลง ซึ่งจะต้องดำเนินการ 2 สัปดาห์ก่อนการแปรรูป

Thavornvong (30) ได้พบว่า ไม้ยางพาราที่ตัดโค่นนี้ในระยะแรกจะใช้ในการทำฟืน และต่อมาได้มีการนำไปใช้ในการทำลังไม้สำหรับบรรจุปลาและผลไม้ ภายหลังได้มีการพัฒนาคุณภาพของไม้ยางได้ใช้การอบไม้ระบบสุญญากาศ ซึ่งทำให้ปริมาณความชื้นเหลือเพียง 8-12% ไม้ที่ได้หลังการอบจะมีสีเหลืองนวลและมีลายไม้ชัดเจน ไม้ยางที่แปรรูปที่ได้นั้นมักจะพื้นผิวด้านข้างบางส่วนเป็นขุยขนและมีตำหนิธรรมชาติแบบ Tension Wood ซึ่งทำให้บิดงอได้ง่าย โดยเฉพาะไม้แปรรูปที่มีขนาดบาง ยิ่งกว้างและยาวจะยิ่งบิดงอได้ง่ายมาก การใช้งานในการทำผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ จึงจำเป็นต้องมีการคัดเลือกให้ได้ไม้ที่อ่อนลักษณะดีมาใช้

เบญจวรรณ (8) ได้รายงานว่า 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 สำหรับในประเทศไทยคาดว่าจะมีปริมาณผลผลิตต่อปีเกือบคงที่ระหว่าง 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 หก. นอร์ธเอน เอนเตอร์ไพรส์ ลำพูน (2523) ได้นำเอาไม้ไผ่ซึ่งขึ้นได้ง่ายในพื้นที่ที่มีปริมาณฝนระหว่าง 1270-4050 มม./ปี และมีระยะเวลาการตัดไม้เพียง 3-4 ปี มาใช้ในการผลิตลังไม้สำหรับกิจการใบยาสูบ ต่อมาได้ปรับปรุงโดยทำการอัดเป็นแผ่นขึ้นใช้ในการตกแต่งภายใน ทำฝ้าเพดาน ผนังกันห้อง และเฟอร์นิเจอร์ ตลอดจนการใช้เป็นไม้แบบเสาคาน พื้นในงานก่อสร้างทั่วไป เพื่อใช้ทดแทนไม้เบญจพรรณอื่นที่ใช้ในการทำไม้แบบก่อสร้าง

2.2 กลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

2.2.1 ไม้ยางพารา

ณรงค์ (4) ได้พบว่าไม้ยางพาราที่ได้จากไม้ยางพันธุ์ *Heavea brasiliensis* นี้เมื่อแปรรูปหลังต้นแก่ว่ายางแล้วจะมีขนาดโต 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 โดยยอบจากสภาพสด 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
	คัด เลือก	มาตร ฐาน	ทั่วไป	คัด เลือก	มาตร ฐาน	ทั่วไป	
ความเค้น N/mm ²							ไม้สด ความชื้น >19% ไม้อบแห้ง ความชื้น <19%
แรงดัดขนานเส้น	12.6	9.9	7.9	13.9	11.0	8.7	
แรงดัดขนานเส้น	7.6	5.9	4.7	8.3	6.6	5.2	
แรงอัดขนานเส้น	9.1	7.2	5.7	10.8	8.5	6.7	
แรงอัดตั้งฉากเส้น	1.88	1.77	1.66	2.28	2.14	2.11	
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 เนื่องจากมีการหดตัวน้อยกว่าไม้เปรียบเทียบทั้งคู่

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) ได้ศึกษาถึงการใช้อาวในงานไม้ชิ้นต่างๆ ได้แก่ ไม้ชั้นโครงสร้าง ไม้ชั้นโครงสร้างชั่วคราว ตลอดจนงานไม้ที่ไม่ใช่โครงสร้าง โดยแจกแจงถึงประเภทและชนิดของกาวทั้งประเภทกาวธรรมชาติและกาวสังเคราะห์ วิธีการเลือกใช้อาวชนิดต่างๆ คุณสมบัติของกาวในการยึดชิ้นส่วน วิธีการเตรียมและการใช้อาวชนิดต่างๆ ตลอดจนการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นในกาว

ณรงค์ (5) ได้ศึกษาถึงกาวสังเคราะห์ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในงานไม้ในประเทศไทย ได้แก่ กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ กาวเมลลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ กาวรีซอส ซีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ กาวอีพอกซีเรซิน กาวโพลีไอนิลแอซิเตท กาวรับเบอร์ ผลสรุปการศึกษาของกาวทั้ง 9 ชนิด ได้เกณฑ์ชั้นสภาพความทนทาน ลักษณะของกาวก่อนและหลังการใช้ คุณสมบัติของกาวตลอดจนลักษณะประโยชน์ใช้สอยในสภาพแวดล้อมต่างๆ

2.4 การประยุกต์ใช้งานในต่างประเทศ

APA (The Engineered Wood Association) (31) ได้กำหนดรูปแบบการผลิตงไม้รูป 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" ข้อดีของระบบตงไม้รูปไอของ APA นี้ประกอบด้วย

1. ตงไม้รูปไอมีความแข็งแรงกว่า ตงไม้รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าธรรมดา ทำให้สามารถใช้งานได้ช่วงพาดยาวกว่า
2. สามารถปรับเข้ากับการใช้งานที่มีช่องเปิดมากและสามารถเลื่อยตัดต่อตงไม้รูปไอได้สะดวกรวดเร็ว ง่ายต่อการติดตั้ง นอกจากนี้ยังใช้วัสดุน้อยกว่าเมื่อเทียบกับตงธรรมดา

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

CWC (Canadian Wood Council) (16) ในประเทศแคนาดาได้ดำเนินการในลักษณะเดียวกันกับ APA โดยได้กำหนดตงไม้รูปไอขึ้น โดยตงไม้ส่วนปีกและเอวใช้วัสดุเช่นเดียวกับ APA ได้กำหนดเพื่อผลิตตงไม้ที่ใช้ในแคนาดา ตั้งแต่หนา 241-508 มม. (9.5"-20") โดยปกติตงไม้รูปไอมีน้ำหนักตั้งแต่ 3 กก/ม-9 กก/ม การยึดต่อส่วนเอวกับปีกนั้นใช้อาวแบบ phenol - formaldehyde และ phenol - resorcinol เป็นตัวประสาน การผลิตเพื่อใช้ในบ้านพัก

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

Trim Joist Coperation (32) ได้ผลิตดงไม้รูปไอนี้โดยใช้ laminated veneer lumber ทั้งในส่วนปีกและเอว ขนาดที่ผลิตทั่วไปตั้งแต่ 12"-24" Trim Joist สามารถตัดแต่งปรับสภาพเข้ากับงานต่าง ๆ ได้ดี โดยแผ่นยึดตะปู (Gang Nails) สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ความยาวช่วง 24'-30' การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักบรรทุกที่ออกแบบ

บทที่ 3

การทดสอบกลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

3.1 ทัวไป

กลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดที่เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบตงรูปไอ ประกอบด้วยกลสมบัติต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตาราง 3.1 กลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพารา

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

ตาราง 3.2 กลสมบัติพื้นฐานของไม้ไผ่อัด

การทดสอบชุดที่	กลสมบัติ	มาตรฐานการทดสอบ	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 ± 2 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นในไม้คำนวณได้จาก

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

โดยที่ W_0 และ W_1 คือ น้ำหนักของตัวอย่างไม้ก่อนและหลังการอบในเตาอบ

3.2.2 กำลังอัดขนานเสี้ยนไม้

การทดสอบดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D143-83 โดยใช้ตัวอย่างไม้ยางพารา ขนาด 50x50x200 mm มาทำการกดขนานเสี้ยนไม้ในเครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล 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

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

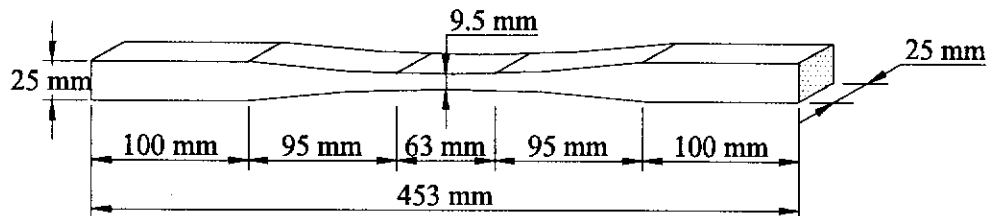
โดยค่า P_{PL} Δ_{PL} และ P_{UL} เป็นค่าแรงอัดและค่าการหดตัวที่จุดสัดส่วน และค่าแรงอัดสูงสุด σ_{PL} σ_{UL} และ E เป็นค่าความเค้นที่จุดสัดส่วน ค่าความเค้นสูงสุด และค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นขนานเสี้ยนของไม้ยางพารา

3.2.3 กำลังอัดตั้งฉากเสี้ยนไม้

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

3.2.4 กำลังดึงขนานเส้นไม้

การทดสอบดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D143-83 โดยใช้ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบหาค่ากำลังดึงขนานเส้น

การทดสอบและการบันทึกข้อมูลดำเนินการเหมือนในหัวข้อ 3.2.2 และใช้สมการที่ 3.2 ถึง 3.4 ในการคำนวณหาค่ากำลังของไม้ในกรณีกำลังดึงขนานเส้นไม้

3.2.5 กำลังดัดของไม้

การทดสอบดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D143-83 ตัวอย่างไม้ยาวพารขนาด 50x50x760 mm โดยทำการกदन้าหนักที่จุดกึ่งกลางคานที่มีช่วงพาด 710 mm ทำการบันทึกค่าน้าหนักและระยะแอนตัวของตัวอย่าง และทำการเขียนรูปความสัมพันธ์ของน้าหนักกับการแอนตัว

กลสมบัตินี้ได้จากการทดสอบประกอบด้วย

ก. ค่าความเค้นที่จุดลัดส่วน

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

ข. ค่าโมดูลัสของการแตกหัก

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

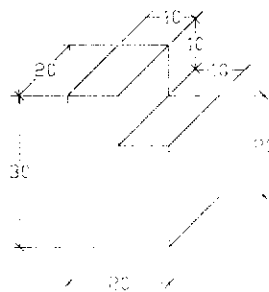
ค. ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น

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

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

3.2.6 กำลังเฉือนของไม้ไผ่อัด

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



รูปที่ 3.2 รูปวัสดุตัวอย่างในการทดสอบหาค่าความเค้นเฉือน

การทดสอบจะทำการวัดขนาดและบันทึกค่าน้ำหนักที่ใช้ดังที่ปลายสูงสุด 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 ₁ (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 ลัดส่วน(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	ตัวอย่างเกิดการเสียหายที่ด้ามไม้

ตาราง 3.4(ต่อ)

ตัวอย่าง	ขนาด (cm)			น้ำหนักสูงสุด (kg)	พื้นที่รับ แรงอัด (cm ²)	ความเค้นสูงสุด (ksc)	ความเค้นที่จุด สัดส่วน(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						386	366	285,995	

ตารางที่ 3.5 ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนของไม้ยางพารา
(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 ความเค้น (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	-	ตัวอย่างเกิดการเสียหายที่ตาไม้
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	-	ตัวอย่างเกิดการเสียหายที่ตาไม้
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 กว้างxยาวสูง (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)	น้ำหนักก่อนอบ W_o (g)	น้ำหนักหลังอบ 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 ค่าความผันผวนในการใช้งานของไม้ยางและไม้ไผ่อัด

วัสดุ	กลสมบัติ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ช่วงความเชื่อมั่น 95%#	ส่วนปลอดภัย*	ค่ากลสมบัติสภาวะใช้งาน
ไม้ยาง	ความเค้นอัดขนานเส้น	Ksc	366	75	334 – 398	5.75	64
	ความเค้นตั้งฉากเส้น	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
ไม้ไผ่อัด	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 ซึ่งจะให้ ความแข็งแรงบริเวณรอยต่อมากกว่าการต่อแบบทาบ หรือ การต่อแบบชน เนื่องจากในรอยต่อ แบบประสานนิ้วจะมีการกระจายตัวของความเค้นอย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งการต่อแบบประสานนิ้ว ยังให้พื้นที่ประสิทธิผลที่มากกว่าการต่อแบบอื่นๆ แต่การต่อแบบประสานนิ้วจำเป็นต้องใช้กาว เป็นตัวยึดประสานซึ่งจะต้องควบคุมความชื้นรอยต่อของไม้ โดยทำการทดสอบดังแสดงใน ตาราง 4.1

ตาราง 4.1 การทดสอบกำลังดึงของรอยต่อแบบ finger joint

การทดสอบ ชุดที่	มาตรฐานการทดสอบ	ชนิดกาว	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 โดยใช้ตัวอย่างของไม้ยางพาราตามรูป 4.1 นำมาทดสอบตามแต่ละวิธีดังนี้

ก. การทดสอบแบบแห้ง (Dry Test)

นำตัวอย่างมาวัดขนาดและทำการติดตั้งในเครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดเมื่อตัวอย่างขาดจากกันและทำการคำนวณค่าความเค้นได้จาก

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

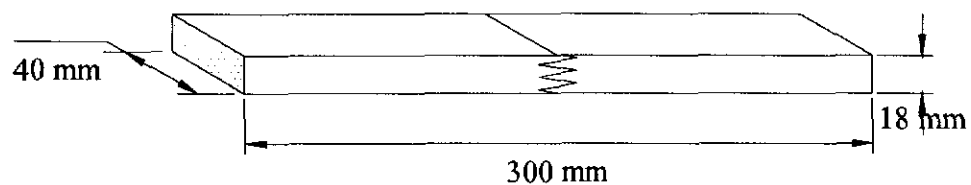
โดยที่ σ_m เป็นค่าความเค้นสูงสุด P_{max} และ A เป็นค่าแรงดึงสูงสุดก่อนไม้จะขาดและพื้นที่หน้าตัดของไม้ยางพารา

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

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

ค. การทดสอบแบบต้มวนรอบ (Cyclic Boil Test)

นำตัวอย่างใส่หม้อที่เตรียมไว้ โดยเว้นระยะเรียงพอประมาณ เติมน้ำให้ท่วม ตัวอย่างขึ้นบนสุดอย่างน้อย 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 การทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนของรอยต่อไม้ระหว่างไม้อย่างกับไม้ไผ่อัด

4.2.1 ทัวไป

การทดสอบเพื่อหาค่ากำลังยึดเหนี่ยวของกาวบริเวณรอยต่อระหว่างไม้อย่างกับไม้ไผ่อัด ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตาราง 4.2 การทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนของรอยต่อไม้อย่างกับไม้ไผ่อัด

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

การทดสอบใช้ตัวอย่างไม้อย่างพารากับไม้ไผ่อัดตามลักษณะการใช้งานดังรูปที่ 4.2 นำมาวัดและชั่งน้ำหนัก และทำการดึงไม้ในเครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซลบันทึกค่าน้ำหนักสูงสุด เมื่อตัวอย่างขาดออกจากกัน ค่าการคำนวณประกอบด้วย

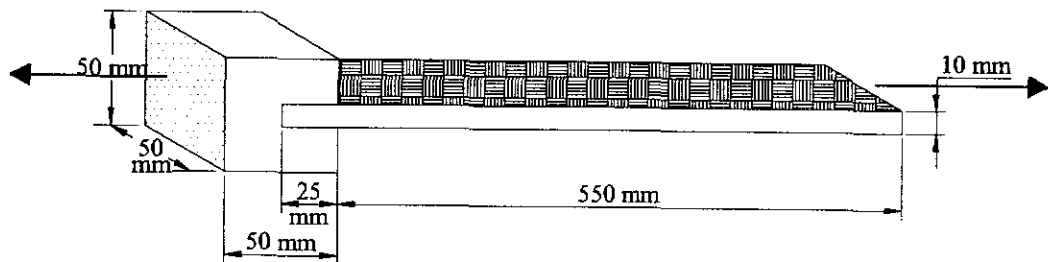
ก. ค่าความเค้นสูงสุด

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

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 ตัวอย่างการทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนของรอยต่อไม้ยางกับไม้ไผ่อัด

4.2.3 ผลการทดสอบ

ค่าความเค้นเฉือนและ ค่าแรงเฉือนไหล ของรอยต่อไม้ระหว่างไม้ยางกับไม้ไผ่อัด แสดงไว้ในตารางที่ 4.8, 4.9, 4.10, 4.11

4.3 สรุปผลการทดสอบและกลสมบัตินៃรอยต่อของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

จากค่ากลสมบัติของรอยต่อไม้ยางและไม้ไผ่อัดในตารางที่ 4.3-4.11 เมื่อพิจารณาถึงส่วนปลอดภัยสำหรับค่าหน่วยแรงของกาวแต่ละชนิดและประเภทการใช้งาน ซึ่งสำหรับไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดเหมาะที่จะใช้งานในร่มตลอดเวลา 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 บริษัทพิสิฐอุตสาหกรรม ได้ใช้กาวดังกล่าวเป็นตัวประสานรอยต่อไม้ที่ผลิตจำหน่ายภายในและภายนอกประเทศ

ในการศึกษาทดลองงานวิจัยของโครงการนี้เป็นการศึกษาโครงสร้างไม้ในที่ร่มแห้งจึงได้ใช้กาว National 5001 เป็นตัวประสานรอยต่อประสานนี้ของไม้ยางพาราและรอยต่อระหว่างไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

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 ค่ากำลังเฉือนของรอยต่อไม้ระหวางไม้ยางกับไม้ไผ่อัด (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 ค่ากำลังเฉือนของรอยต่อไม้ระหว่างไม้ยางกับไม้ไผ่ (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 ค่ากลสมบัติของรอยต่อไม้ยางกับไม้ไผ่อัดและรอยต่อประสานนี้ว

รอยต่อ	กลสมบัติ	ชนิดกาว	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ช่วงความเชื่อมั่น 95%#	ส่วนปลอดภัย	ค่ากลสมบัติสภาวะใช้งาน
รอยต่อไม้ยางกับไม้ไผ่อัด	แรงเฉือนในหลอด	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
รอยต่อประสานนี้ว	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_s)
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) เขียนใหม่ในเทอมของน้ำหนักจรรที่รับได้สูงสุดได้เป็นรูป

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

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 กำลังดัดปกติของรอยต่อประสานนิ้ว

ความสามารถของรอยต่อแบบประสานนิ้วในส่วนปีกของรูปตัด 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 เป็นตำแหน่งของรอยต่อแบบประสานนิ้วจากจุดรองรับที่มีค่าสูงสุดในช่วงคาน 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 แรงเฉือนไหลตลอดก้นที่รอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

จากค่าแรงเฉือนไหลตลอดก้นของรูปตัดประกอบ คำนวณได้จากสูตร

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

โดยที่ค่า V , Q , I ได้จากกรณี 5.2 เราสามารถเขียนค่าน้ำหนักจรตลอดก้นสูงสุดของรูปตัดได้ในรูป

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

5.6 ระยะแอ่นตัวตลอดก้น

ค่าระยะแอ่นตัวตลอดก้นของระบบพื้นที่รับน้ำหนักคงที่และน้ำหนักจรมีค่าดังต่อไปนี้

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

ซึ่งจากสมการ (5.10) เราเขียนในรูปของน้ำหนักจรตลอดก้นสูงสุดดังนี้

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

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 กำลังรับการโก่งเดาะของรูปตัดไอในแนวดิ่ง

ค่าความโก่งปลอดภัยของแผ่นเอวภายใต้การกระทำของน้ำหนักจรแผ่ w_L คำนวณได้จาก

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

ในสมการ (5.13) σ_s คือความเค้นโก่งเดาะปลอดภัยของรูปตัดมีหน่วยเป็น กก/ซม² t_w เท่ากับความหนาของแผ่นเอวมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร E_w ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นแผ่นเอวมีหน่วยเป็น กก/ซม² k ค่าสัมประสิทธิ์ความยาวประสิทธิผลในการนิรูปรูปตัดไอใช้ค่า 0.75 ความยาวของแผ่นเอวในการโก่งเดาะมีค่าเท่ากับ $(H-2b)$ รัศมีจอยเรชันต่ำสุดของแผ่นเอวมีค่าเท่ากับ $t_w/\sqrt{12}$ และ $F.S.$ คือ ค่าส่วนปลอดภัยของแผ่นเอวในการรับแรงโก่งเดาะมีค่าเท่ากับ 5.75 ค่าน้ำหนักจรถูปรูปตัดไอสามารถรับได้สูงสุดโดยไม่มีการโก่งเดาะจะคำนวณได้จาก

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

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

การวิเคราะห์หน้าตัดที่เหมาะสมตงไม้รูปโอที่ประกอบจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด 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

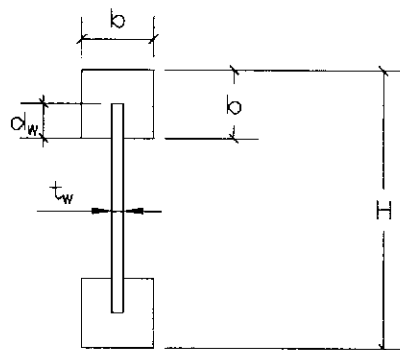
สำหรับระบบพื้นอาคารที่พักอาศัยทั่วไประบบพื้นไม้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 150 กก/ม² ฝ้าไม้ (ความสูงไม่เกิน 10 เมตร) สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรในแนวตั้งฉากกับฝ้าได้เท่ากับ 50 กก/ม² และระบบแปหลังคาสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรได้เท่ากับ 30 กก/ม²

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

6.2 ระบบตงพื้นไม้

6.2.1 ขนาดหน้าตัดคานประกอบโดยประมาณ

พิจารณาจากคานประกอบรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แสดงหน้าตัดคานไม้ประกอบ

โดยในรูป 6.1 ค่า b คือความกว้างปีกตงไม้รูปไอ H ค่าความสูงของตงไม้รูปไอ t_w ค่าความหนาแผ่นเอวของตงไม้รูปไอ และ d_w ค่าความลึกของรอยต่อระหว่างไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

ก. รูปตัดโดยประมาณของตงไม้รูปตัดไอ

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 การศึกษามิติสัมพันธ์ของรูปตัดไอ

จากสมการที่ (6.3) เมื่อกำหนดขอบเขตความแปรปรวนของตัวแปรน้ำหนักจจรที่ใช้งานในอาคารประเภทต่างๆ ขนาดของชิ้นส่วนไม้ยางพารา ความยาวของช่วงคานที่ใช้และเกณฑ์ระยะห่าง

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

ตารางที่ 6.2 แสดงค่าความสูงประมาณของรูปตัดโอและค่าแรงเฉือนไพลบริเวณรอยต่อไม้ ยางพาราและไม้ไผ่อัดระบบตงพื้นไม้

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_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 _D (kg/m ²)	w _L (kg/m ²)	L (m)	s (m)	H (cm)	q (kg/cm)	q _i (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. ตงไม้รูปไอในระบพื้นไม้ควรมีขนาดความสูงไม่ต่ำกว่า 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

จากการศึกษามิติสัมพันธ์ของรูปตัดไอที่ได้ในตารางที่ 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 แสดงองค์มิติรูปไอในระบบตงพื้นไม้ที่นำมาวิเคราะห์

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 การวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัดไอ

การวิเคราะห์หาความสามารถในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัดไอ แสดงได้ในรูปแบบตารางและกราฟ ซึ่งใช้ค่าหน่วยแรงปลอดภัย ขนาดหน้าตัด ระยะห่าง และระยะช่วงพาดดังกล่าวข้างต้น แทนในสมการหาค่าน้ำหนักบรรทุกทุกจรปลอดภัยที่ใช้สัญลักษณ์ดังนี้

W_b = น้ำหนักบรรทุกจรหน่วย กก/ม² โดยใช้กำลังดัดปลอดภัยของไม้ยางพาราเป็นตัวกำหนด (สมการ 5.2)

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

W_f = น้ำหนักบรรทุกจรหน่วย กก/ม² โดยใช้กำลังดัดปลอดภัยของรอยต่อประสานน๊อตเป็นตัวกำหนด (สมการ 5.7)

Wq = น้ำหนักบรรทุกทุกจรรยาหน่วย กก/ม² โดยใช้แรงเฉือนไหลเป็นตัวกำหนด (สมการ 5.9)

Wd = น้ำหนักบรรทุกทุกจรรยาหน่วย กก/ม² โดยใช้ระยะแอ่นตัวปลอดภัยเป็นตัวกำหนด (สมการ 5.11)

และรูปแบบตารางและรูปภาพแสดงตัวอย่างในตารางที่ 6.4 และรูปที่ 6.2 – 6.5 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือนำมาตรวจได้ที่ภาคผนวก ก และ ข

สำหรับค่าน้ำหนักบรรทุกทุกจรรยาที่ขึ้นกับกำลังรับการโก่งเดาะแนวตั้งมีค่าสูงมากจึงไม่นำมาพิจารณา ส่วนกำลังรับการโก่งเดาะแบบผสมแรงดัดและแรงบิดจะใช้ค่านวณหาระยะค้ำข้างที่ปลอดภัยในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัวไอตามสมการที่ 5.16 ดังแสดงผลในตารางที่ 6.5

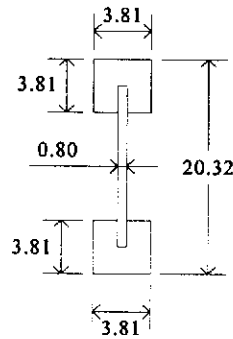
ตารางที่ 6.5 ระยะค้ำข้างที่เหมาะสมของหน้าตัดคานประกอบรูปตัวไอในระบบพื้นไม้

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

ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกทุกจรรยาและระยะช่วงพาดที่เหมาะสมของระบบตงพื้นไม้ในแต่ละขนาดหน้าตัด ระยะห่างแสดงผลดังตารางที่ 6.6

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



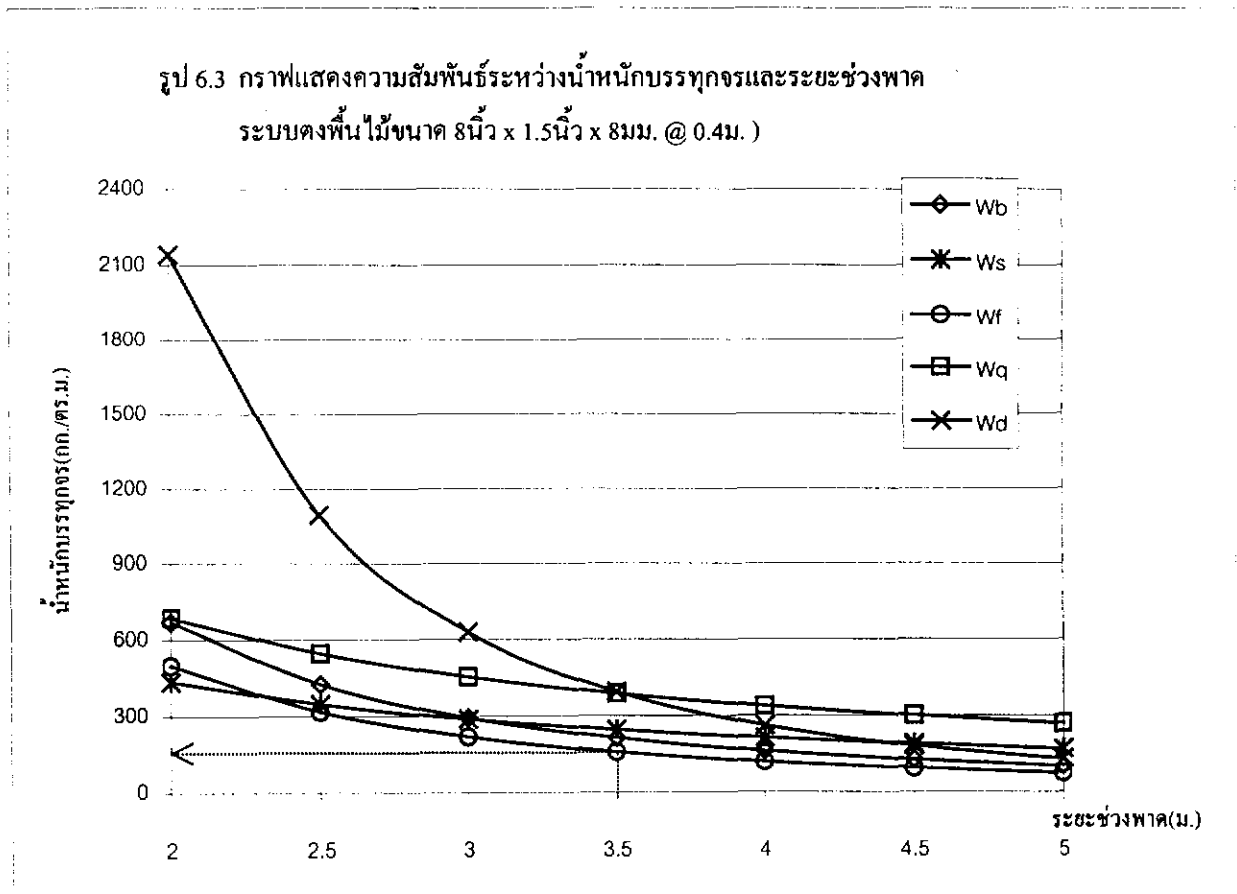
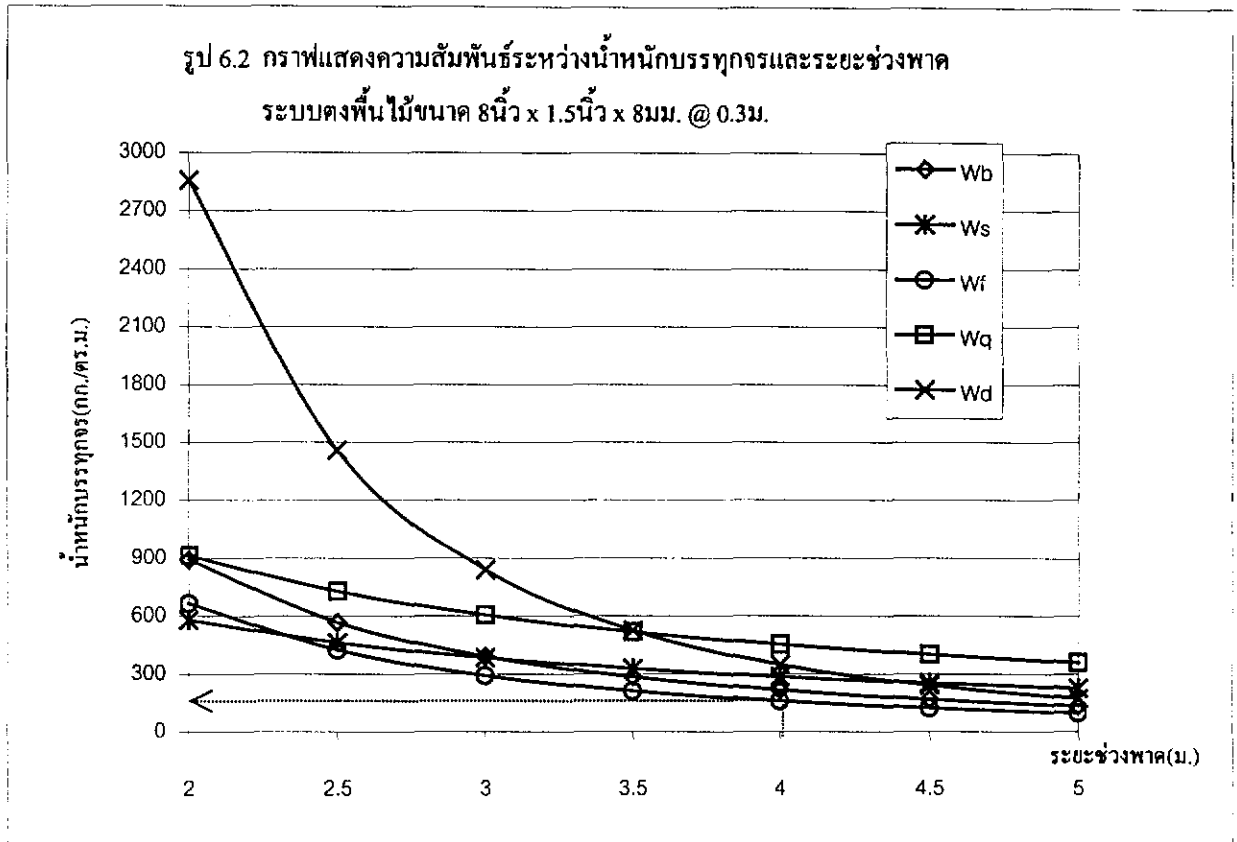
$$I = 2150 \text{ cm}^4$$

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

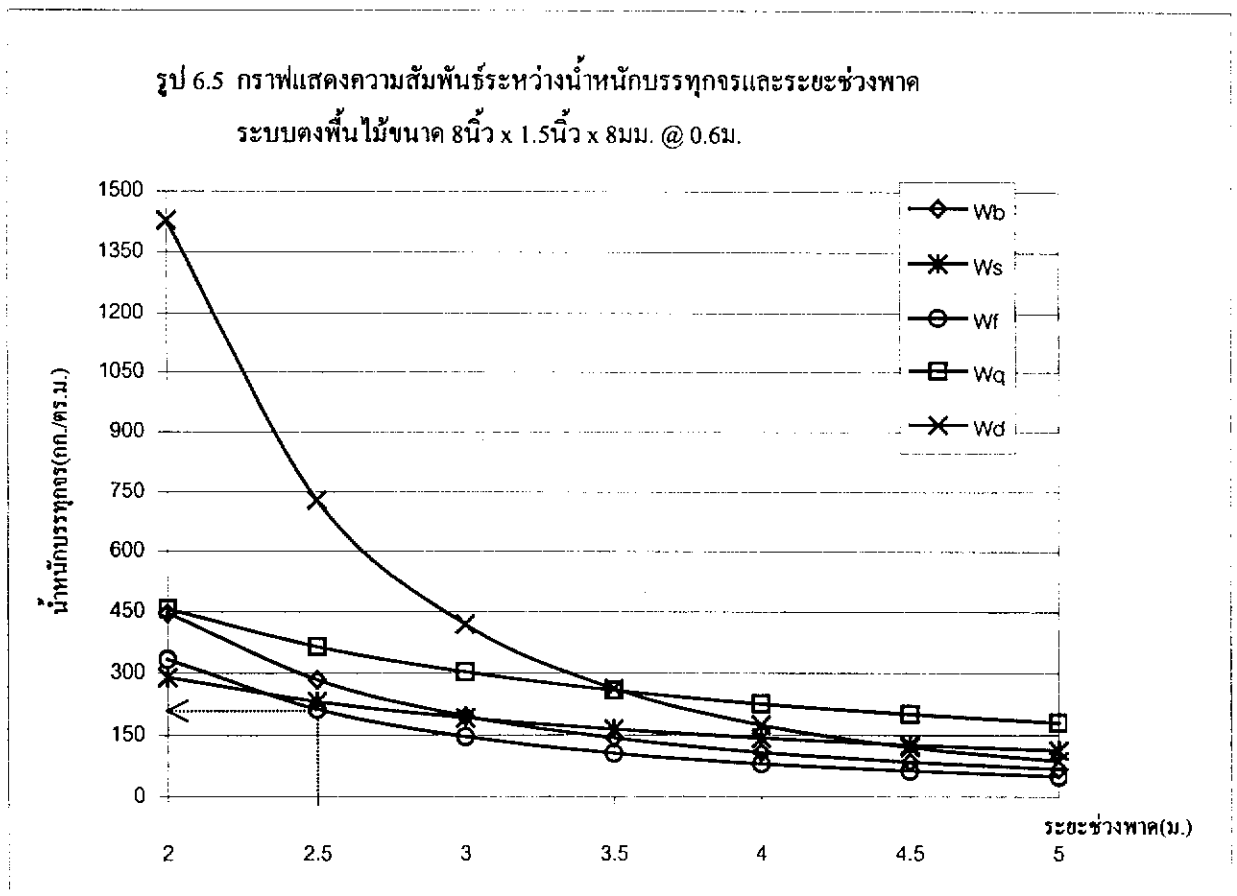
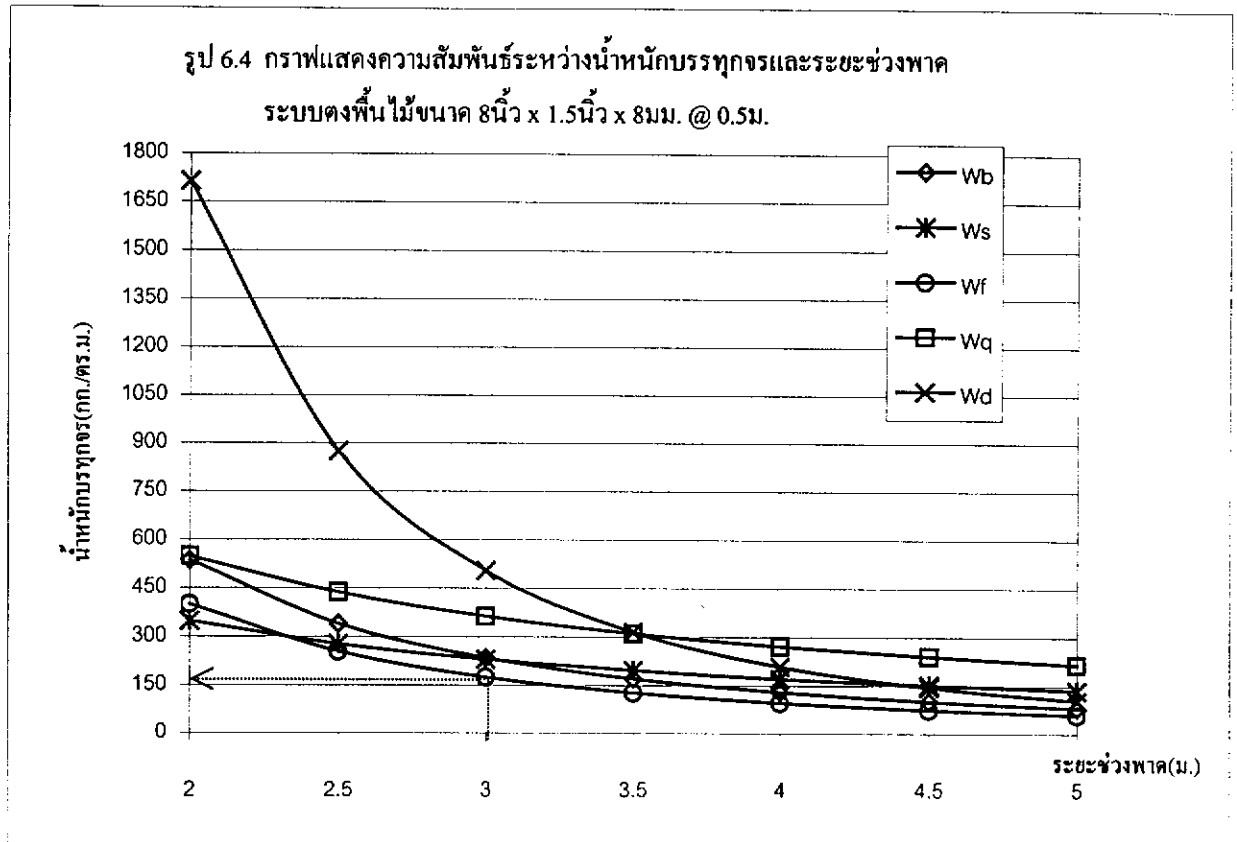
Spacing (m)	Span (m)	Wb (kg/m ²)	Ws (kg/m ²)	Wf (kg/m ²)	Wq (kg/m ²)	Wd (kg/m ²)	Allowable load (kg/m ²)
0.3	2.0	893	580	667	913	2857	580
	2.5	568	462	423	728	1458	423
	3.0	391	384	291	605	839	291
	3.5	285	327	211	517	525	211
	4.0	216	285	159	452	348	159
	4.5	168	252	124	400	242	124
	5.0	134	226	98	359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



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 ระบบดงฝ้าย

6.3.1 การศึกษามิติสัมพันธ์ของรูปตัดไอ

ขนาดมิติประกอบดงฝ้ายรูปไอในระบบนี้ดำเนินการเหมือนกับระบบดงพื้นไม้ ซึ่งค่าความสูงโดยประมาณของรูปตัดไอและค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดแสดงผลได้ในตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 แสดงค่าความสูงประมาณของรูปตัดไอและค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดระบบดงฝ้าย

b (cm)	l_w (cm)	w_b (kg/m ²)	w_L (kg/m ²)	L (m)	s (m)	H (cm)	q (kg/cm)	q_f (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. และมีการเพิ่มการค้ำข้างในระยะที่เหมาะสมดังที่ได้กล่าวต่อไป

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 แสดงได้ในรูปแบบตารางและรูปภาพ ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 6.9 และรูปที่ 6.6 – 6.9 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก และ ข

สำหรับค่าน้ำหนักบรรทุกทุกกรณีที่ขึ้นกับกำลังรับการโก่งเดาะแนวตั้งมีค่าสูงมากจึงไม่นำมาพิจารณา ส่วนกำลังรับการโก่งเดาะแบบผสมแรงดัดและแรงบิดจะใช้ค่านวณหาระยะค้ำข้างที่ปลอดภัยในการรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัวไอตามสมการที่ 5.16 ดังแสดงผลในตารางที่ 6.10

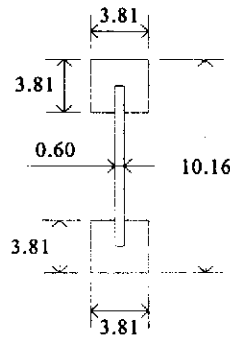
ตารางที่ 6.10 ระยะค่าข้างของหน้าตัดคานประกอบรูปตัวไอในระบบฝามา

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.)



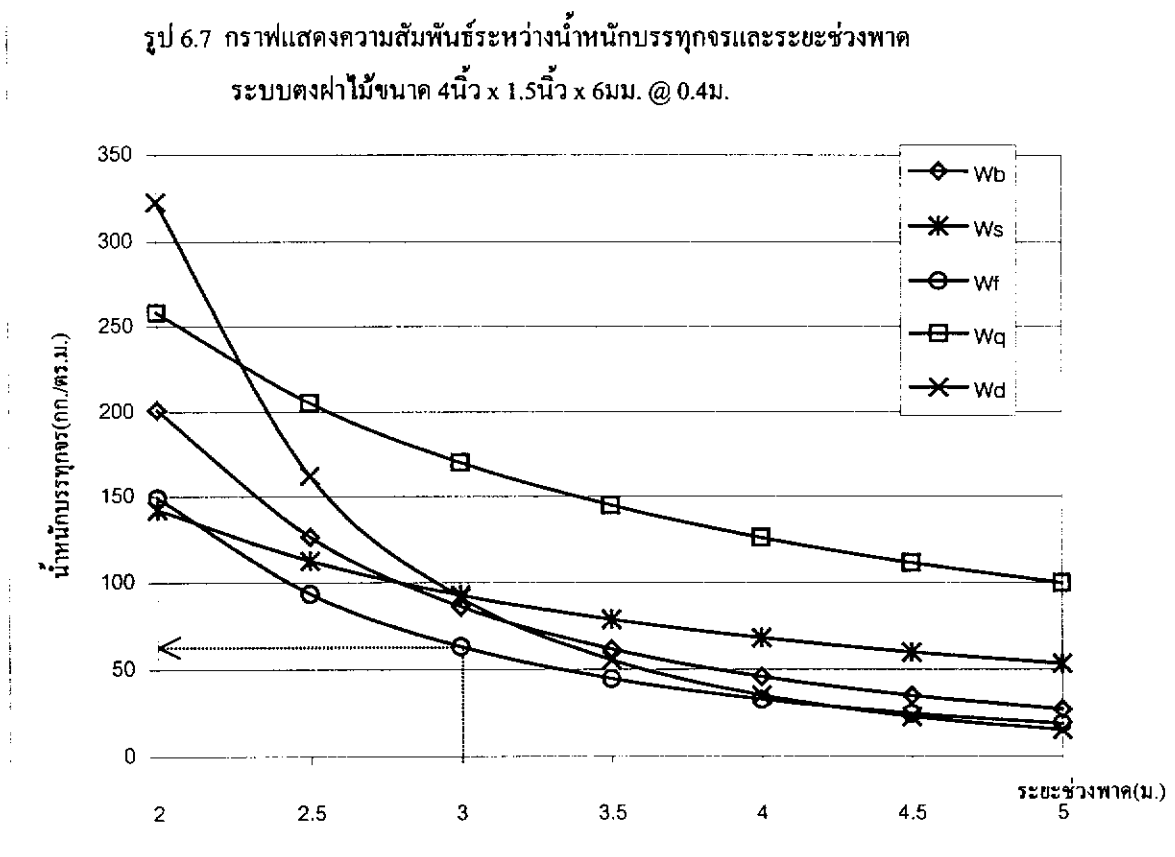
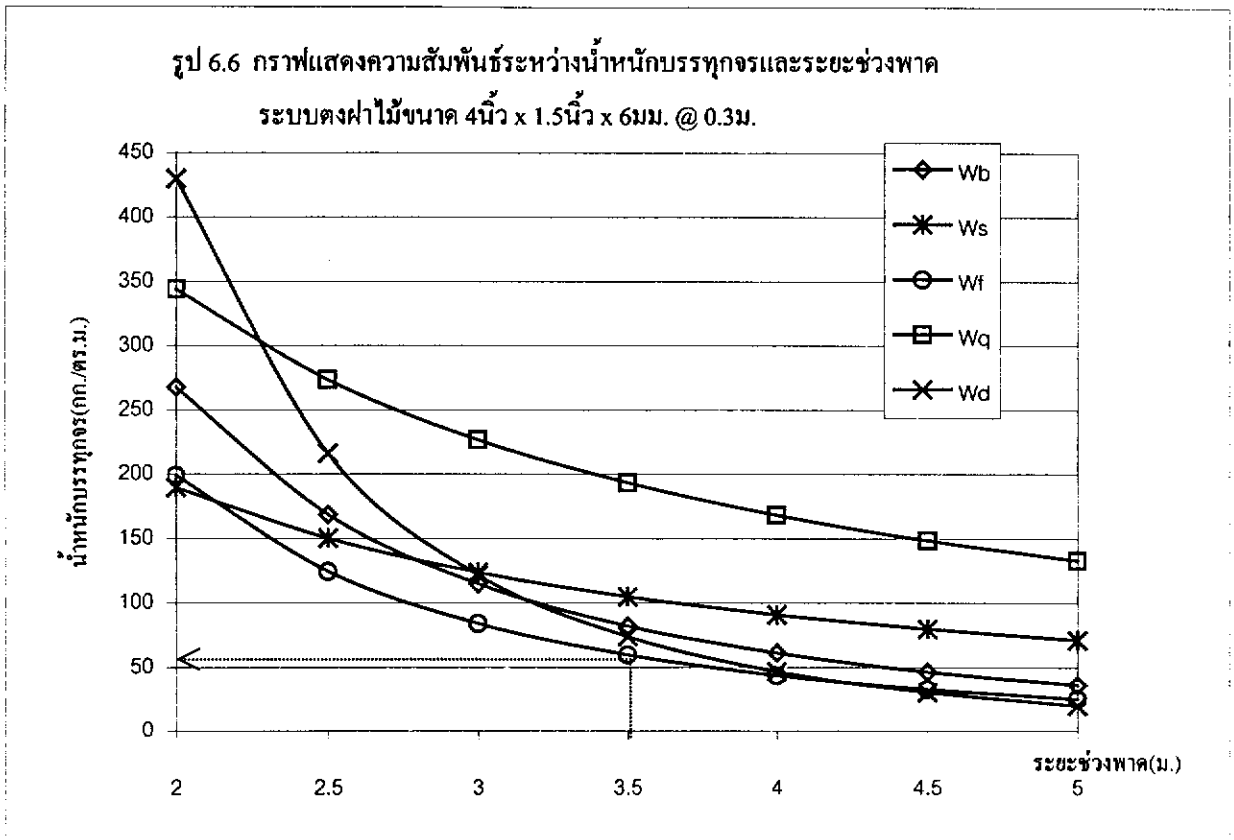
$$I = 328.60 \text{ cm}^4$$

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

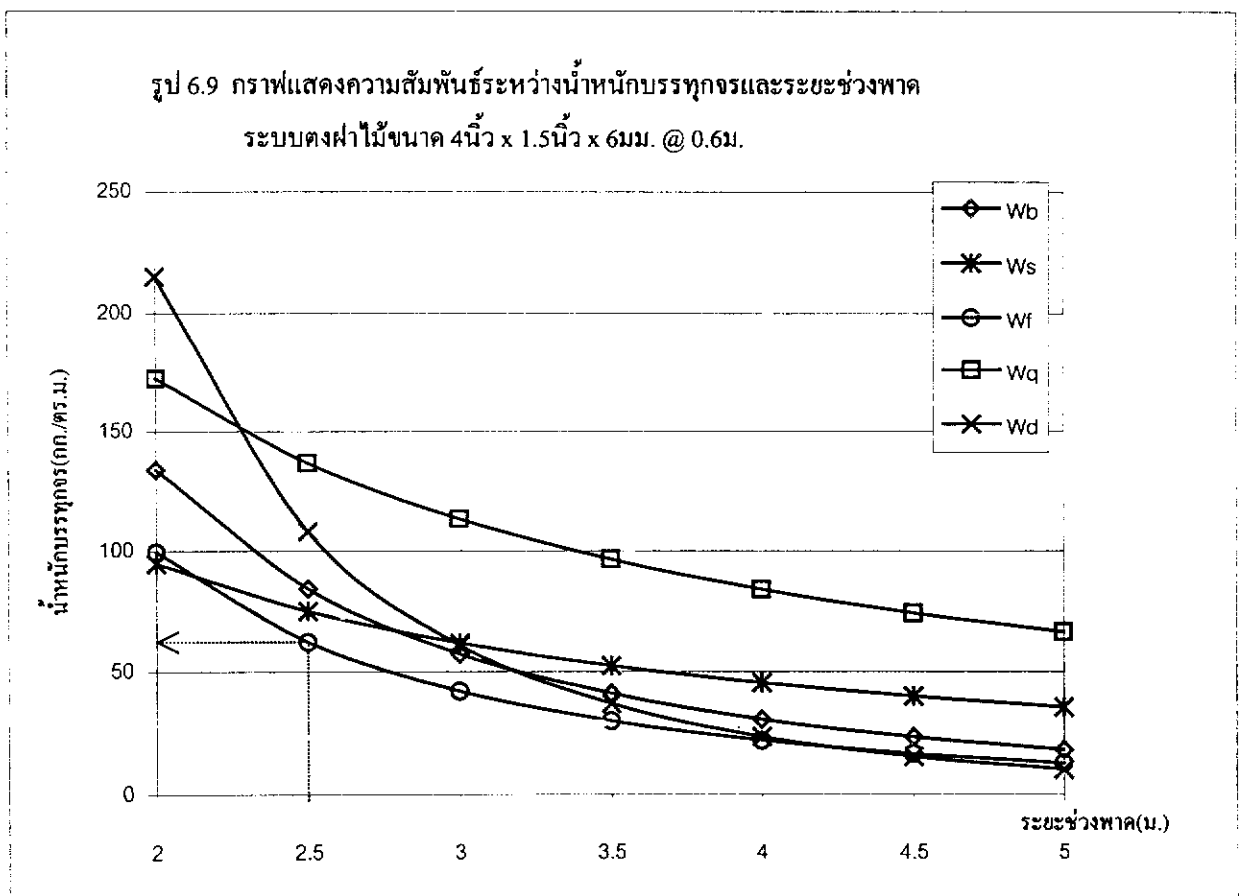
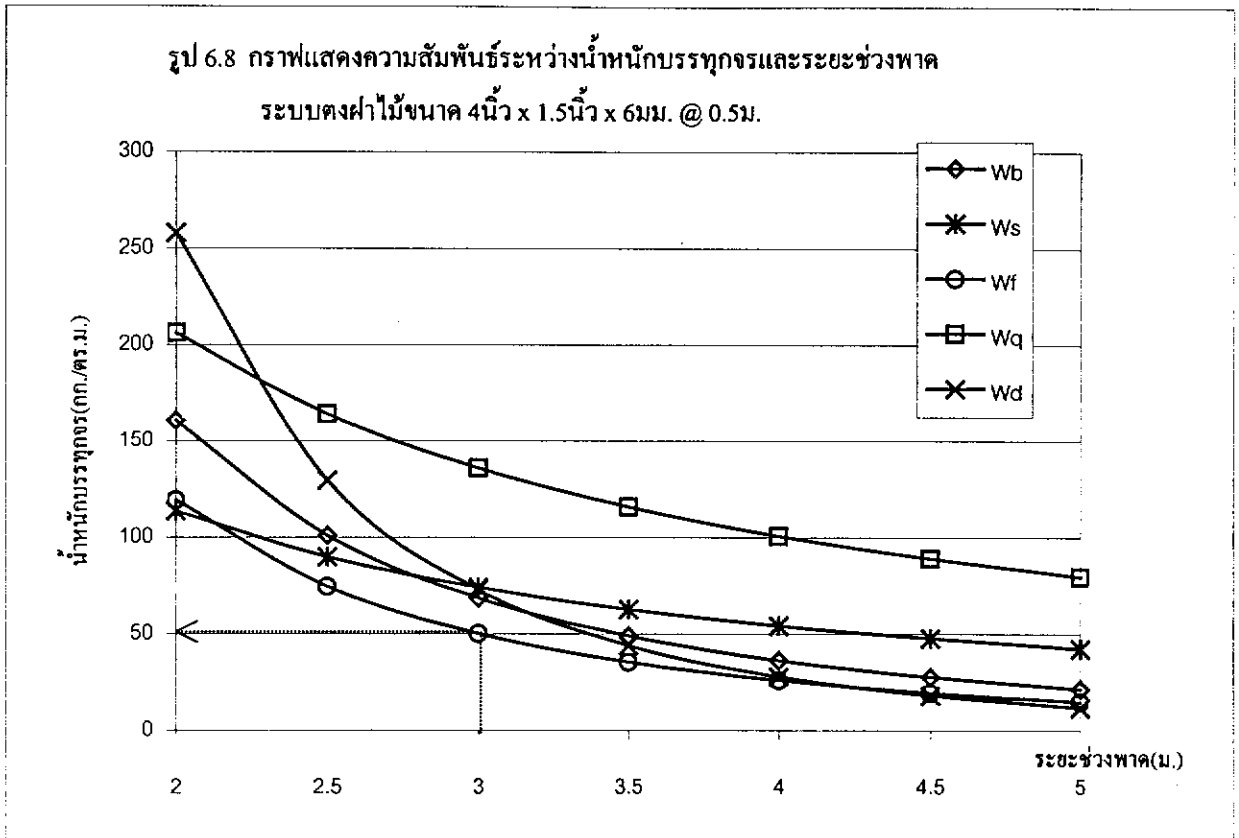
Spacing (m)	Span (m)	Wb (kg/m ²)	Ws (kg/m ²)	Wf (kg/m ²)	Wq (kg/m ²)	Wd (kg/m ²)	Allowable load (kg/m ²)
0.3	2.0	268	190	199	344	430	190
	2.5	169	150	124	274	216	124
	3.0	115	124	84	227	122	84
	3.5	82	105	60	193	74	60
	4.0	61	91	44	168	47	44
	4.5	47	80	33	149	30	30
	5.0	36	71	25	133	20	20
0.4	2.0	201	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 ความสามารถในการรับน้ำหนักของตงไม้รูปไอในระบบตงฝาไม้

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 ซึ่งค่าความสูงโดยประมาณของรูปตัดไอและค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อไม้ยาวพาราและไม้ไผ่อัดแสดงผลได้ในตารางที่ 6.12

ตารางที่ 6.12 แสดงค่าความสูงประมาณของรูปตัดไอและค่าแรงเฉือนไหลบริเวณรอยต่อไม้ยาวพาราและไม้ไผ่อัดระบบแปหลังคา

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" ฉะนั้นจะใช้หน้าตัดดังกล่าวมีขนาดความสูงเป็น 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

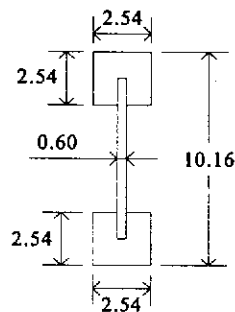
ตารางที่ 6.15 ระยะค้ำข้างของหน้าตัดคานประกอบรูปตัวไอในระบบแปหลังคา

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 แสดงผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักกระดานแป้นหลังคา 4 นิ้ว x 1 นิ้ว x 6 มม.
(LIVELOAD CAPACITY FOR 1 - JOIST 4" x 1" x 6mm.)



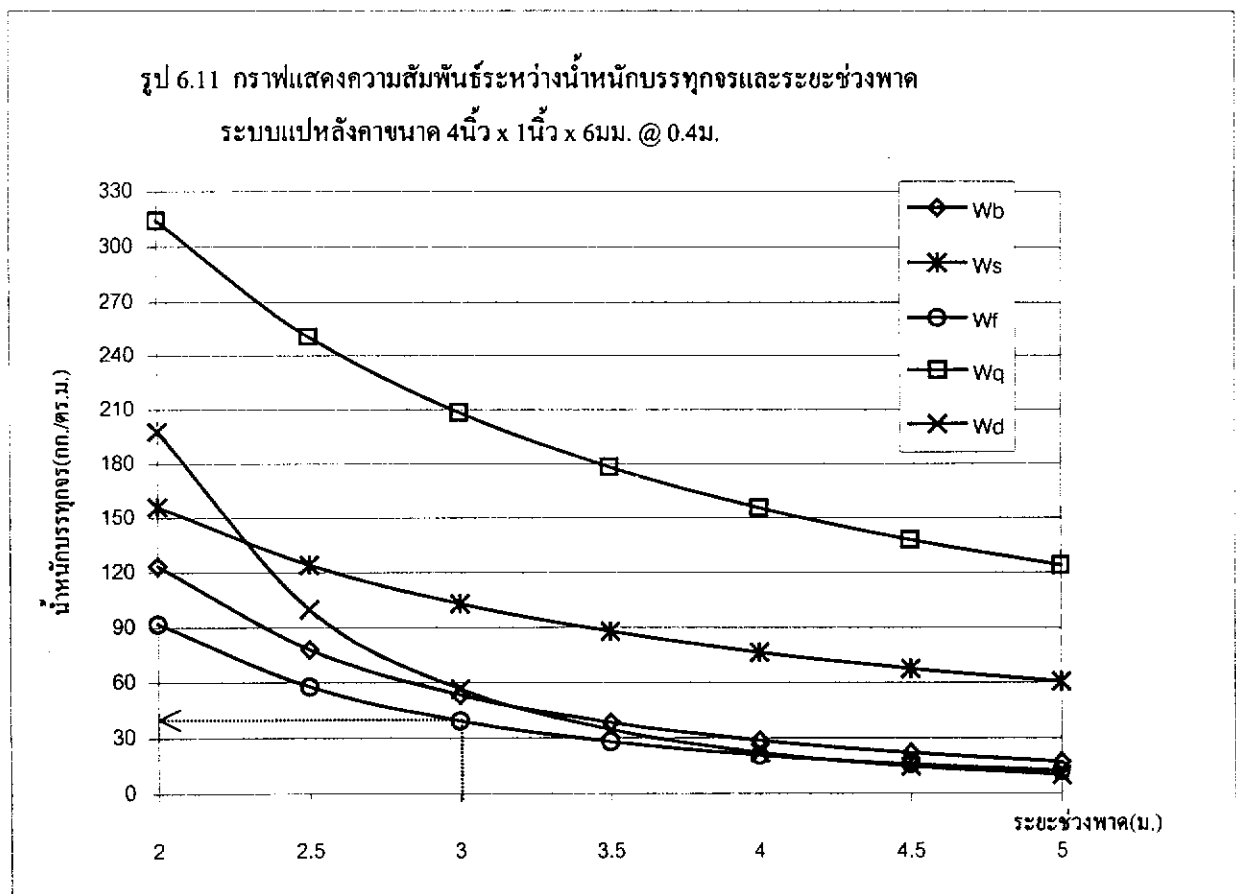
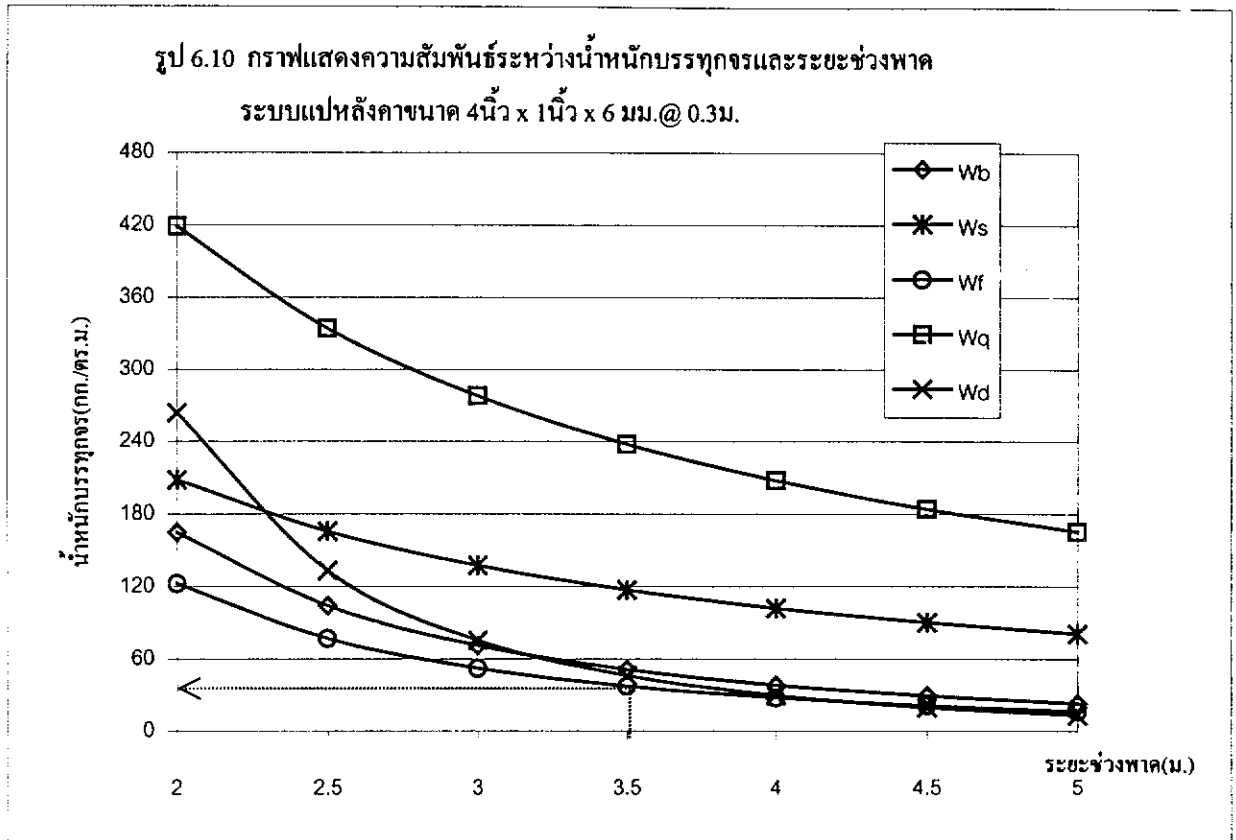
$$I = 200.79 \text{ cm}^4$$

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

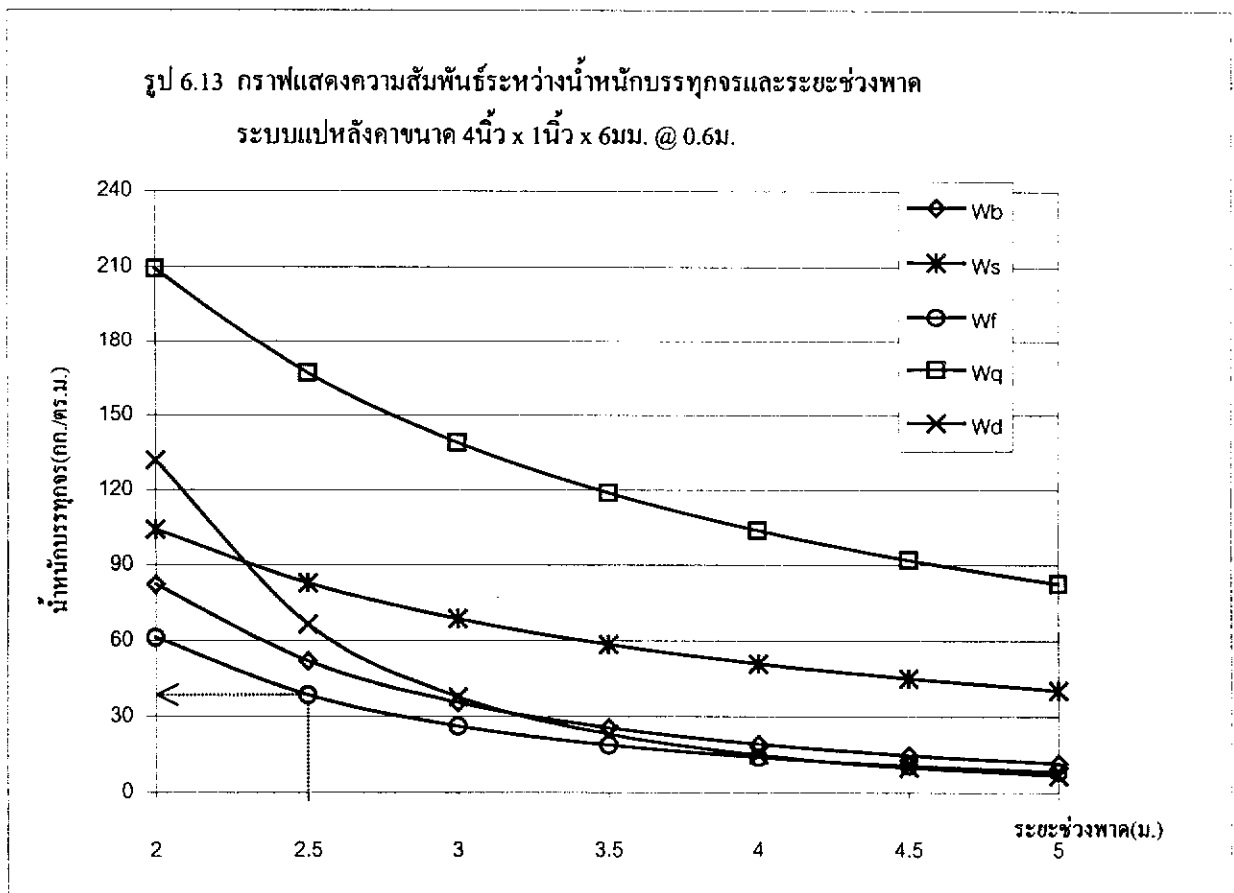
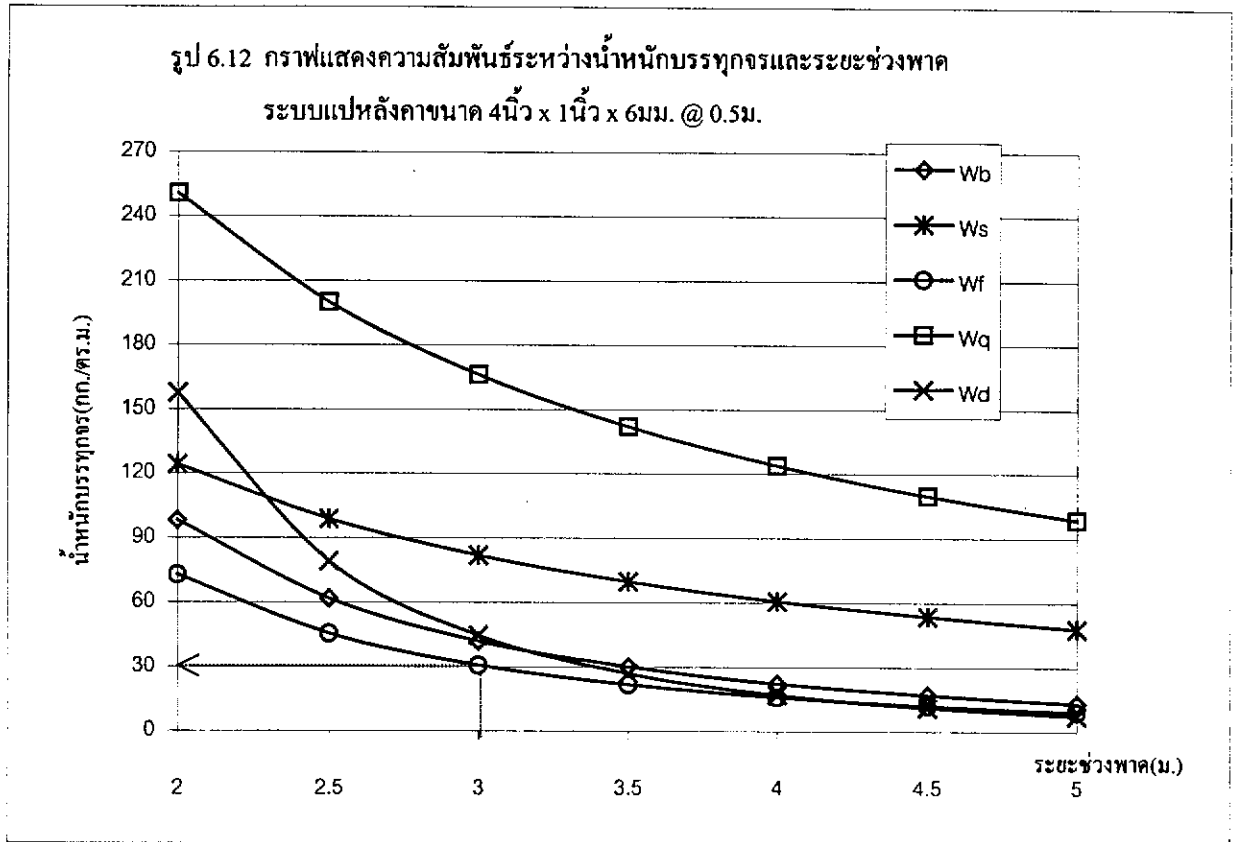
Spacing (m)	Span (m)	Wb (kg/m ²)	Ws (kg/m ²)	Wf (kg/m ²)	Wq (kg/m ²)	Wd (kg/m ²)	Allowable load (kg/m ²)
0.3	2.0	165	208	122	419	264	122
	2.5	104	166	77	334	133	77
	3.0	71	137	52	278	75	52
	3.5	51	117	37	238	46	37
	4.0	38	102	28	207	29	28
	4.5	29	90	21	184	20	20
	5.0	23	81	16	165	13	13
0.4	2.0	123	156	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 แสดงตัวอย่างรูปแบบการวิเคราะห์ระบบแปهلึงคา



รูปที่ 6.12 - 6.13 แสดงตัวอย่างรูปแบบการวิเคราะห์ระบบแปหลังคา



ตารางที่ 6.16 ความสามารถในการรับน้ำหนักของตงไม้รูปไอในระบบแปหลังคา

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

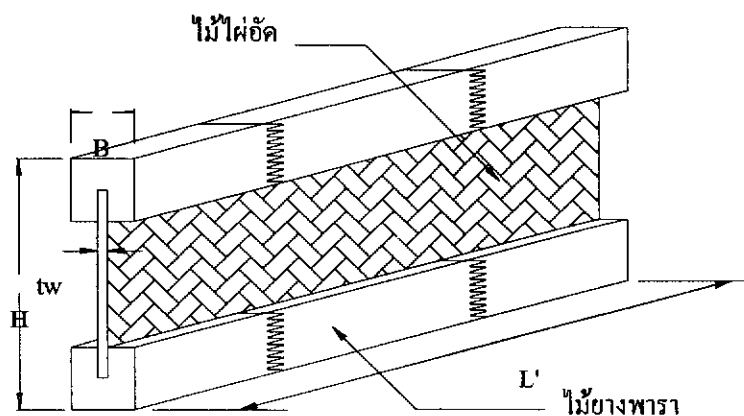
บทที่ 7

การทดสอบกำลังรับน้ำหนักของรูปตัดไอจากไม้ยางและไม้ไผ่อัด

7.1 ระบบการทดสอบหากลึงรับน้ำหนักของรูปตัดไอ

การทดสอบกำลังรับน้ำหนักของรูปตัดไอจากไม้ยางและไม้ไผ่อัด ดำเนินการโดยแบ่งเป็น 3 ระบบ คือ ระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคา

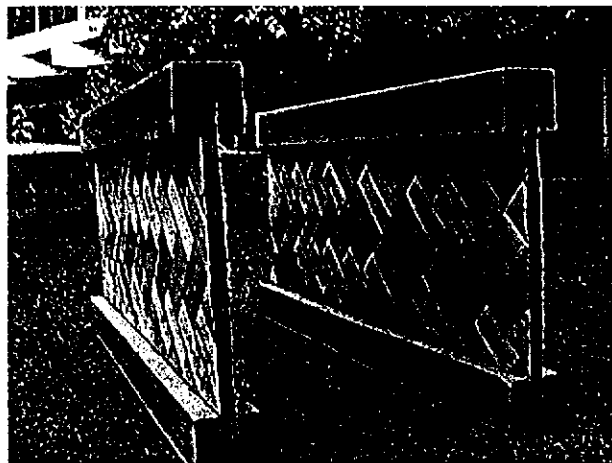
การศึกษาถึงกำลังรับน้ำหนักของระบบตงไม้ที่ใช้ในระบบพื้นไม้ ระบบฝาไม้ และระบบแปหลังคา โดยนำข้อมูลจากการวิเคราะห์ในบทที่ 6 มาทำการประกอบเป็นคานารูปตัวไอ ขนาดต่างๆ จากตงไม้รูปไอ ดังแสดงในรูปที่ 7.1 และ 7.2 เนื่องจากการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของรูปตัดไอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด ไม่สามารถทำการวางน้ำหนักทดสอบโดยใช้รูปตัดไอหน้าตัดเดียวได้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



รูปที่ 7.1 แสดงขนาดตงไม้รูปไอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

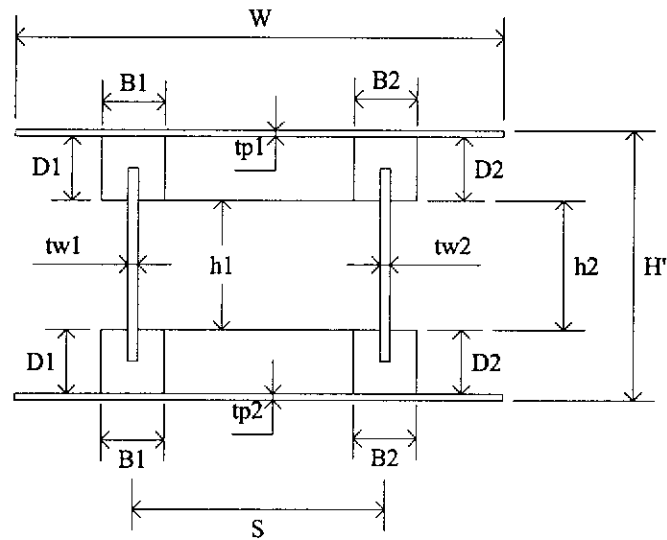
ตารางที่ 7.1 ขนาดตงไม้รูปตัวไอในระบบทดสอบต่างๆ

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

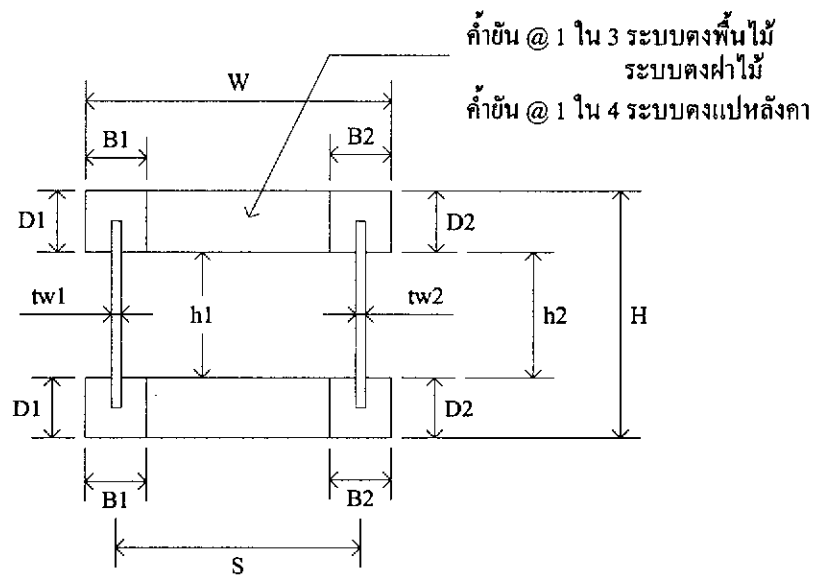


รูปที่ 7.2 แสดงรูปตัดไอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

ตงไม้รูป I ที่ประกอบเป็นระบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบนั้นมีสัดส่วนของรูปตัดดังปรากฏในรูปที่ 7.3 และ 7.4

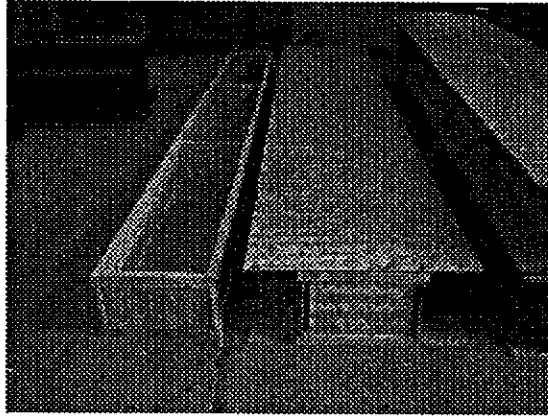


รูปที่ 7.3 แสดงสัดส่วนของระบบต่าง ๆ ที่มีแผ่นไม้ประกบ

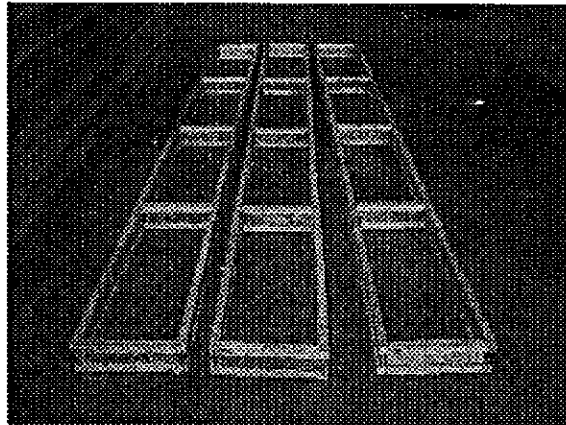


รูปที่ 7.4 แสดงสัดส่วนของระบบต่าง ๆ ที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบ

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

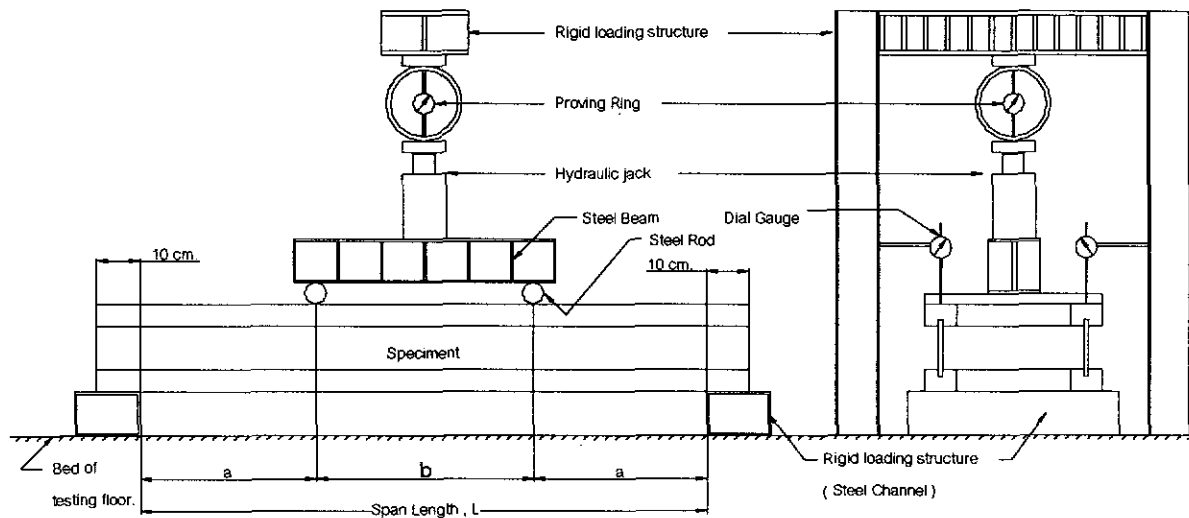


รูปที่ 7.5 แสดงการค้ำยันแบบ 2 จุด

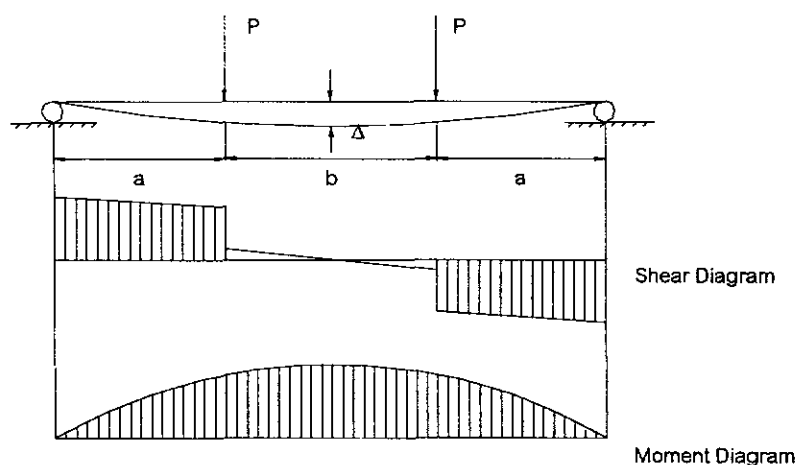


รูปที่ 7.6 แสดงการค้ำยันแบบ 3 จุด

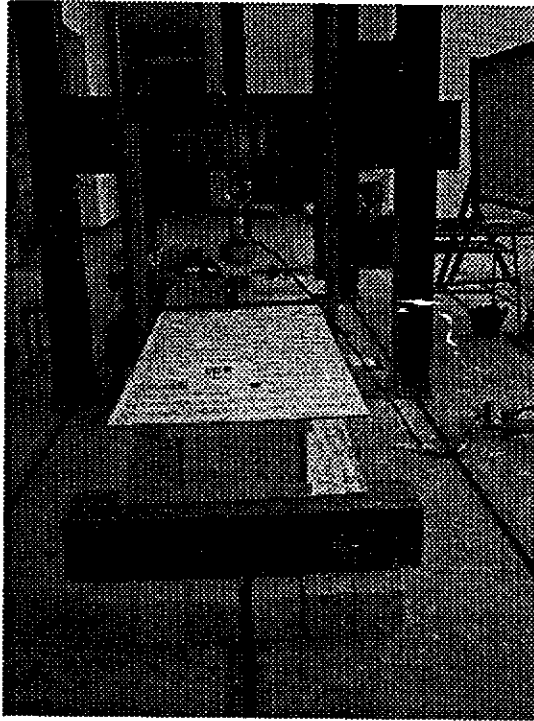
การทดสอบหาค่ารับน้ำหนักของรูปตัดโอประกอบจากไม้ยางและไม้ไผ่อัด ได้เตรียมเครื่องมือทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 7.7 ซึ่งกระทำโดยการกดน้ำหนักแบบแรงกระทำ 2 จุด บันทึกค่าน้ำหนักที่กระทำต่อตัวอย่างโดยอ่านค่าจากวงแหวนวัดแรง (Proving ring) และค่าระยะการแอ่นตัวของตัวอย่างด้วย Dial gauge ที่ตำแหน่งกึ่งกลางตงไม้ทั้งสองข้าง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



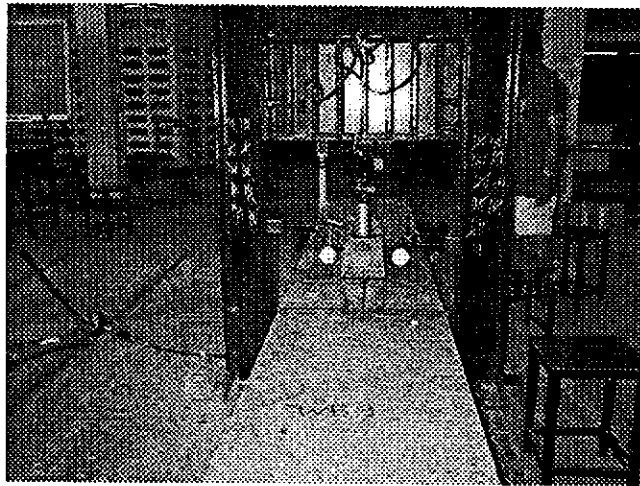
รูปที่ 7.7 แสดงการติดตั้งการทดสอบตงไม้ระบบต่างๆ



รูปที่ 7.8 แสดง Shear Diagram และ Moment Diagram



รูปที่ 7.9 แสดงการเตรียมการทดสอบ



รูปที่ 7.10 แสดงตำแหน่งติดตั้ง Dial Gauge ในแนวตงไม้ รูป I

7.2 คำน้่าน้ำหนักแผ่กระจาย และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเทียบเท่าของดงไม้ประกอบ

จากข้อมูลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของแต่ละระบบ นำมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่กระทำกับระยะแอนตัวของดงไม้ ($P - \Delta$) สามารถหาคำน้่าน้ำหนัก และค่าระยะแอนตัวที่จุดยืดหยุ่น จากค่าสูงสุดของความสัมพันธ์เส้นตรงของกราฟ และค่าน้่าน้ำหนักประลัยจากการรับน้ำหนักสูงสุดของระบบดงไม้ทดสอบ สามารถหาคำน้่าน้ำหนักแผ่กระจายเทียบเท่าได้ จากการเทียบระยะแอนตัวเท่ากันระหว่างระยะแอนตัวเนื่องจากน้ำหนักกระทำแบบ 2 จุด กับระยะแอนตัวเนื่องจากน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจาย ของค่าน้่าน้ำหนักยืดหยุ่น และค่าน้่าน้ำหนักประลัยจากสมการที่ 7.1

$$\omega = \frac{384P}{5 \times 6LS} \left[\frac{3a}{4L} - \left(\frac{a}{L} \right)^3 \right] \quad (7.1)$$

โดยที่ ω เป็นน้ำหนักแผ่กระจายต่อหน่วยพื้นที่, กิโลกรัมต่อตารางเมตร

P เป็นแรงกระทำเป็นจุดสองจุด, กิโลกรัม

L เป็นระยะช่วงพาด, เมตร

a เป็นระยะที่แรงเป็นจุดห่างจากที่รองรับ, เมตร

S เป็นระยะห่างระหว่างดงไม้, เมตร

ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเทียบเท่า (E_m) ของดงไม้ประกอบ สามารถหาได้จากจากค่าน้่าน้ำหนักและระยะแอนตัวที่จุดใดๆ บนความสัมพันธ์แบบเส้นตรงของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่กระทำกับระยะแอนตัวของดงไม้ประกอบ ($P - \Delta$) ดังสมการที่ 7.2

$$E_m = \frac{PL^3}{6\Delta I} \left[\frac{3a}{4L} - \left(\frac{a}{L} \right)^3 \right] \quad (7.2)$$

โดยที่ E_m เป็นค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเทียบเท่า, กิโลกรัมต่อตารางเมตร

Δ เป็นค่าการแอนตัวที่ตำแหน่งกึ่งกลางดงไม้ที่จุดสัดส่วน, เมตร

P เป็นแรงกระทำเป็นจุดสองจุดที่จุดสัดส่วน, กิโลกรัม

L เป็นระยะช่วงพาด, เมตร

a เป็นระยะที่แรงเป็นจุดห่างจากที่รองรับ, เมตร

7.3 ผลการทดสอบระบบตงพื้นไม้

ผลการทดสอบของระบบตงพื้นไม้นี้ ปรากฏตัวอย่างในตารางที่ 7.4 และกราฟรูปที่ 7.11 ส่วนที่เหลือสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ค. และ ง.

7.3.1 ระบบตงมีแผ่นไม้ประกบ ประกอบด้วยรูปตัดดังแสดงในตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 รายละเอียด และคุณสมบัติของรูปตัดไม้ประกอบ

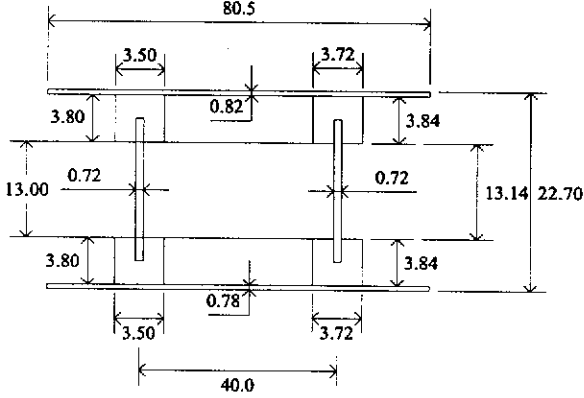
ชุดที่	ตัวอย่าง	รูปตัดประกอบ	Weight (Kg./m.)	L (m.)	A (m.)	I (m. ⁴)
1	FB1	2-8"x1.5"x8mm.	16.20	3.00	1.00	4.27E-05
	FB2	2-8"x1.5"x8mm.	16.30	3.00	1.00	4.37E-05
	FB3	2-8"x1.5"x8mm.	16.32	3.00	1.00	4.27E-05
2	FB4	2-10"x1.5"x10mm.	17.64	4.00	1.50	7.83E-05
	FB5	2-10"x1.5"x10mm.	16.96	4.00	1.50	7.95E-05
	FB6	2-10"x1.5"x10mm.	17.51	4.00	1.50	7.91E-05
3	FB7	2-12"x1.5"x8mm.	17.80	4.00	1.50	1.18E-04
	FB8	2-12"x1.5"x8mm.	17.74	4.00	1.50	1.12E-04
	FB9	2-12"x1.5"x8mm.	18.48	4.00	1.50	1.15E-04

7.3.2 ระบบตงไม่มีแผ่นไม้ประกบ ประกอบด้วยรูปตัดดังแสดงในตารางที่ 7.3

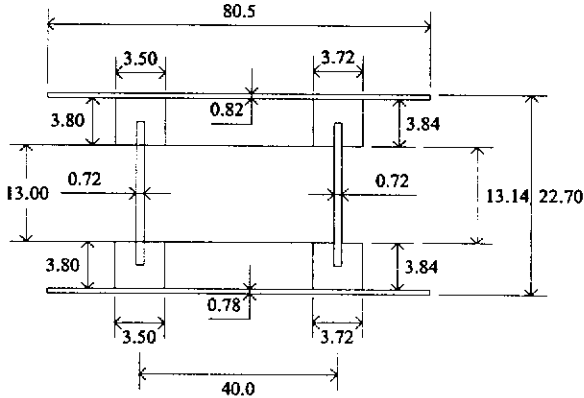
ตารางที่ 7.3 รายละเอียด และคุณสมบัติของรูปตัดประกอบ

ชุดที่	ตัวอย่าง	รูปตัดประกอบ	Weight (Kg./m.)	L (m.)	A (m.)	I (m. ⁴)
1	FB10	2-8"x1.5"x8mm.	6.72	3.00	1.00	4.45E-05
	FB11	2-8"x1.5"x8mm.	6.77	3.00	1.00	4.23E-05
	FB12	2-8"x1.5"x8mm.	6.72	3.00	1.00	4.29E-05
2	FB13	2-10"x1.5"x10mm.	8.02	4.00	1.50	7.55E-05
	FB14	2-10"x1.5"x10mm.	8.07	4.00	1.50	7.64E-05
	FB15	2-10"x1.5"x10mm.	8.02	4.00	1.50	6.98E-05
3	FB16	2-12"x1.5"x8mm.	8.03	4.00	1.50	1.16E-04
	FB17	2-12"x1.5"x8mm.	8.27	4.00	1.50	1.18E-04
	FB18	2-12"x1.5"x8mm.	8.19	4.00	1.50	1.19E-04

ตารางที่ 7.4 แสดงตัวอย่างข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคดพื้นไม้

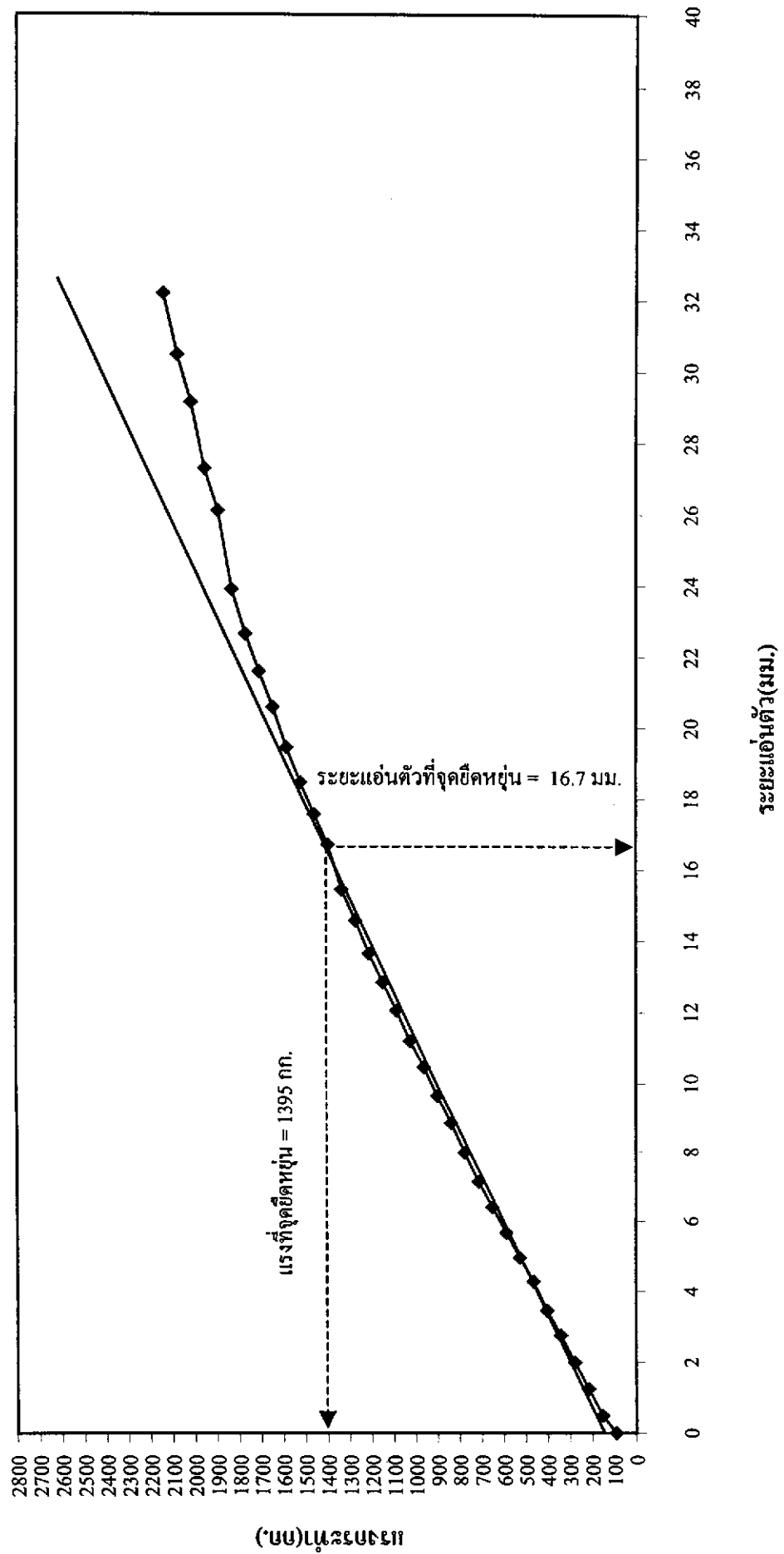
FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE No. : FB1				
		I left	2.041E-05	M ⁴
		I right	2.231E-05	M ⁴
		WEIGHT	51.85	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	91.38	0	0	0.00
5	153.48	49	49	0.49
10	215.58	123	127	1.25
15	277.68	200	199	2.00
20	339.78	276	275	2.76
25	401.88	346	345	3.46
30	463.98	428	426	4.27
35	526.08	495	495	4.95
40	588.18	565	569	5.67
45	650.28	638	643	6.41
50	712.38	710	718	7.14
55	774.48	794	801	7.98
60	836.58	880	888	8.84
65	898.68	961	968	9.65
70	960.78	1044	1051	10.48
75	1022.88	1116	1125	11.21
80	1084.98	1200	1211	12.06
85	1147.08	1279	1289	12.84
90	1209.18	1360	1370	13.65
95	1271.28	1451	1464	14.58
100	1333.38	1535	1554	15.45
105	1395.48	1674	1668	16.71
110	1457.58	1760	1754	17.57
115	1519.68	1851	1844	18.48
120	1581.78	1950	1942	19.46

ตารางที่ 7.4 แสดงตัวอย่างข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE No. : FB1				
		I left 2.041E-05 M ⁴ I right 2.231E-05 M ⁴ WEIGHT 51.85 KG a 1.00 M. L 3.00 M.		
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
125	1643.88	2065	2054	20.60
130	1705.98	2167	2153	21.60
135	1768.08	2274	2257	22.66
140	1830.18	2405	2376	23.91
145	1892.28	2652	2571	26.12
150	1954.38	2773	2688	27.31
155	2016.48	2955	2876	29.16
160	2078.58	3089	3008	30.49
165	2140.68	3261	3179	32.20

รูปที่ 7.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวตรงพินไม้

SAMPLE: FB1 Joist System : 2 - 8"x1.5"x8mm. With plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



7.4 ผลการทดสอบระบบตงฝ่าไม้

ผลการทดสอบของระบบตงฝ่าไม้นี้ ปรากฏตัวอย่างในตารางที่ 7.7 และกราฟรูปที่ 7.12 ส่วนที่เหลือสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ค. และ ง.

7.4.1 ระบบตงมีแผ่นไม้ประกบ ประกอบด้วยรูปตัดดังแสดงในตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 รายละเอียด และคุณสมบัติของรูปตัดประกอบ

ชุดที่	ตัวอย่าง	รูปตัดประกอบ	Weight (Kg./m.)	L (m.)	A (m.)	I (m. ⁴)
1	WB1	2-4"x1.5"x6mm.	12.40	3.00	1.00	6.67E-06
	WB2	2-4"x1.5"x6mm.	12.54	3.00	1.00	7.18E-06
	WB3	2-4"x1.5"x6mm.	12.50	3.00	1.00	6.44E-06
2	WB4	2-4"x1.5"x6mm.	12.07	3.50	1.25	6.52E-06
	WB5	2-4"x1.5"x6mm.	12.28	3.50	1.25	6.02E-06
	WB6	2-4"x1.5"x6mm.	12.19	3.50	1.25	6.32E-06
3	WB7	2-6"x1.5"x6mm.	12.53	4.00	1.50	2.06E-05
	WB8	2-6"x1.5"x6mm.	12.58	4.00	1.50	1.95E-05
	WB9	2-6"x1.5"x6mm.	12.48	4.00	1.50	2.11E-05

7.4.2 ระบบตงไม่มีแผ่นไม้ประกบ ประกอบด้วยรูปตัดดังแสดงในตารางที่ 7.6

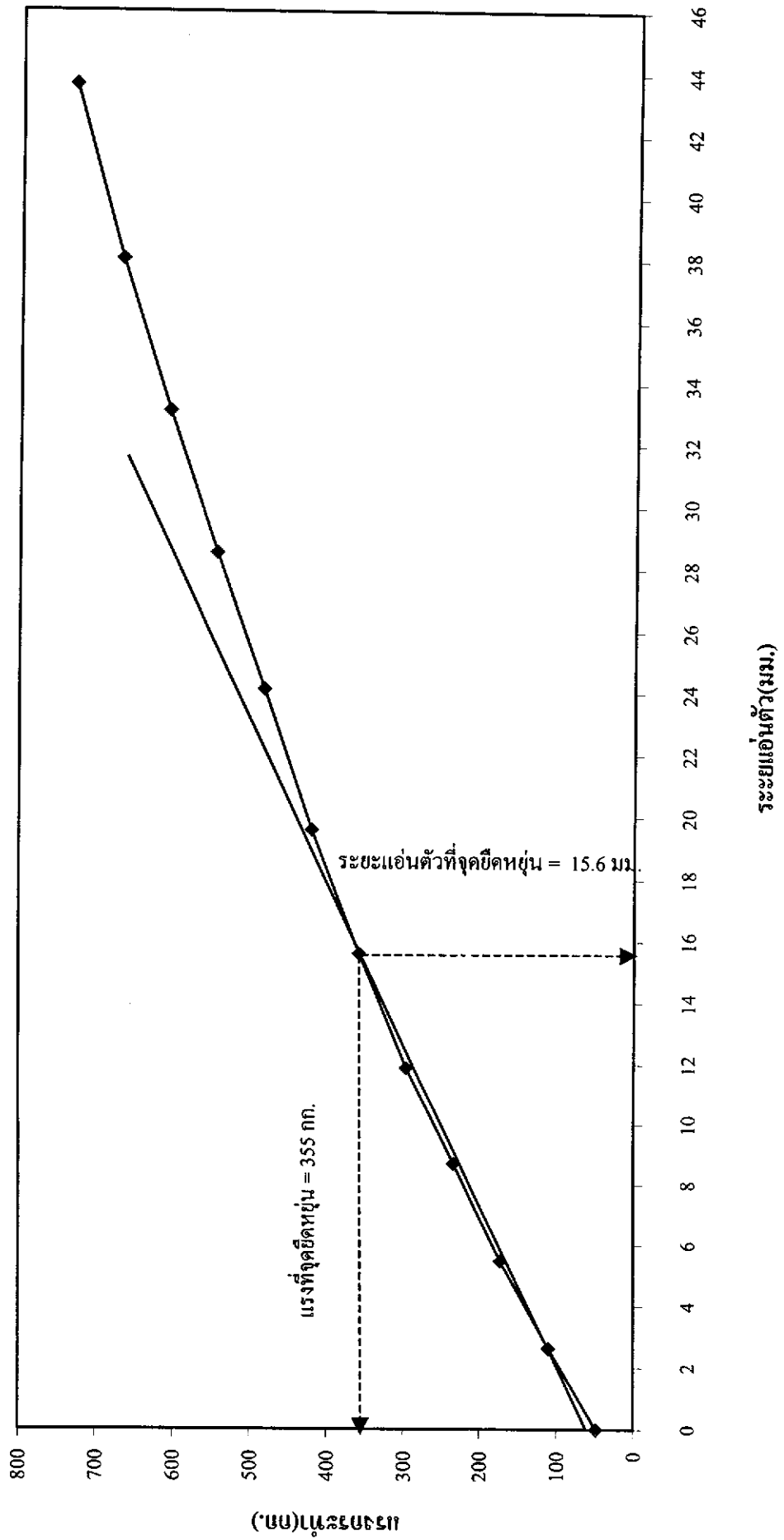
ตารางที่ 7.6 รายละเอียด และคุณสมบัติของรูปตัดประกอบ

ชุดที่	ตัวอย่าง	รูปตัดประกอบ	Weight (Kg./m.)	L (m.)	A (m.)	I (m. ⁴)
1	WB10	2-4"x1.5"x6mm.	4.86	3.00	1.00	6.86E-06
	WB11	2-4"x1.5"x6mm.	4.89	3.00	1.00	6.59E-06
	WB12	2-4"x1.5"x6mm.	5.10	3.00	1.00	6.51E-06
2	WB13	2-4"x1.5"x6mm.	4.84	3.50	1.25	6.67E-06
	WB14	2-4"x1.5"x6mm.	4.96	3.50	1.25	6.86E-06
	WB15	2-4"x1.5"x6mm.	4.84	3.50	1.25	6.66E-06
3	WB16	2-6"x1.5"x6mm.	5.20	4.00	1.50	2.07E-05
	WB17	2-6"x1.5"x6mm.	5.22	4.00	1.50	2.04E-05
	WB18	2-6"x1.5"x6mm.	5.28	4.00	1.50	2.13E-05

ตารางที่ 7.7 แสดงตัวอย่างข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงฝ่าไม้

[illegible]

รูป 7.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงฝ่าไม้
 SAMPLE: WB1 Joist System : 2-4"x1.5"x6mm. With plate L : 3.00 m. a : 1.00 m.



7.5 ผลการทดสอบระบบแปหลังคา

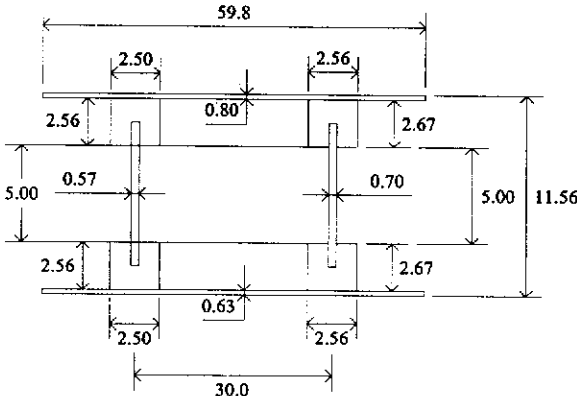
ผลการทดสอบของระบบแปหลังคานี้ ปรากฏตัวอย่างในตารางที่ 7.9 และกราฟรูปที่ 7.13 ส่วนที่เหลือสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ค. และ ง.

7.5.1 ระบบแปหลังคา ประกอบด้วยรูปตัดดังแสดงในตารางที่ 7.8

ตารางที่ 7.8 รายละเอียด และคุณสมบัติของรูปตัดประกอบ

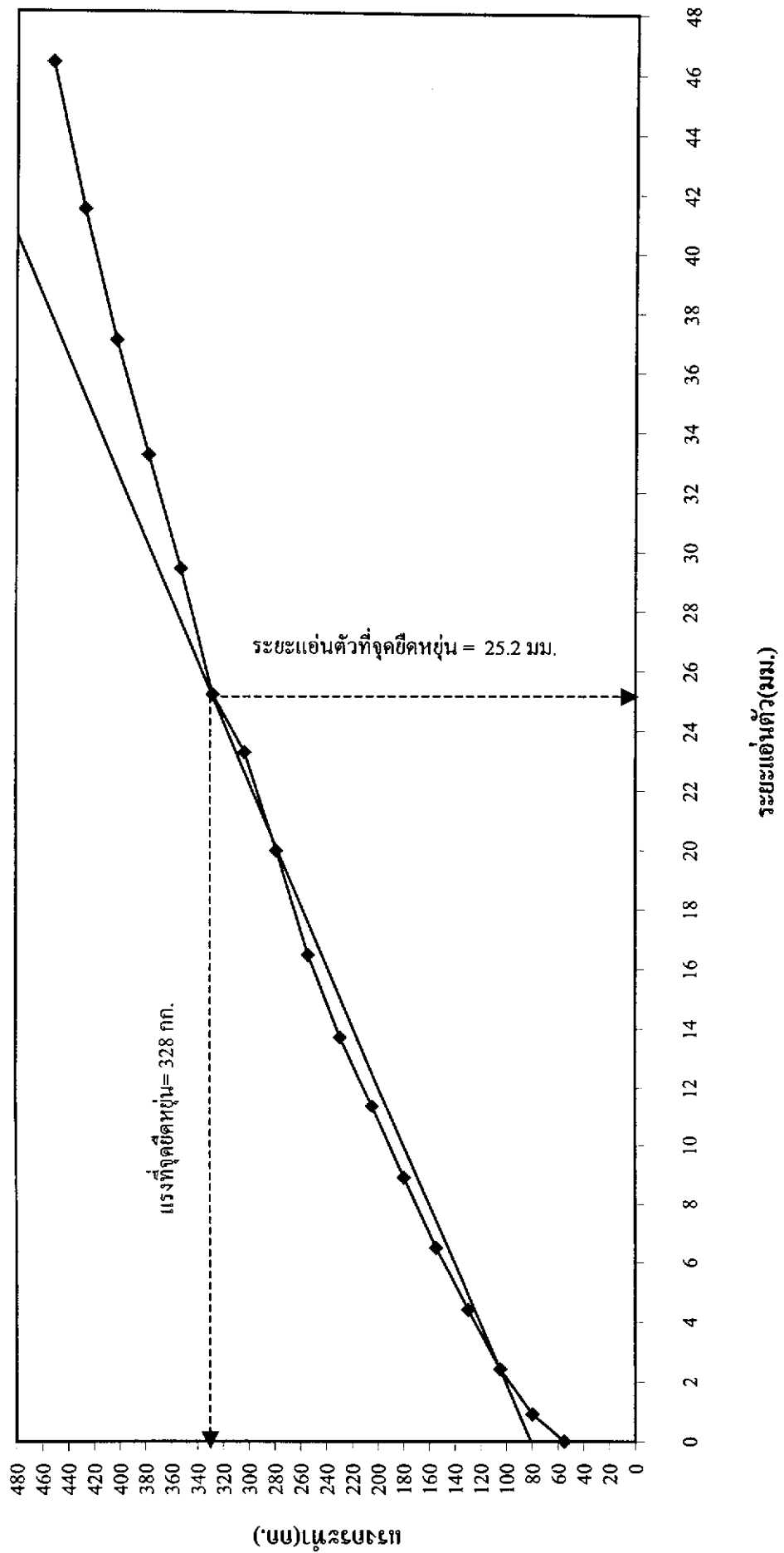
ชุดที่	ตัวอย่าง	รูปตัดประกอบ	Weight (Kg./m.)	L (m.)	A (m.)	I (m. ⁴)
1	PB1	2-4"x1"x6mm.	9.48	3.00	1.00	4.12E-06
	PB2	2-4"x1"x6mm.	10.21	3.00	1.00	4.11E-06
	PB3	2-4"x1"x6mm.	9.78	3.00	1.00	3.72E-06
2	PB4	2-6"x1"x6mm.	10.94	3.50	1.25	1.15E-05
	PB5	2-6"x1"x6mm.	11.06	3.50	1.25	1.21E-05
	PB6	2-6"x1"x6mm.	10.82	3.50	1.25	1.20E-05
3	PB7	2-6"x1"x8mm.	11.30	4.00	1.50	1.19E-05
	PB8	2-6"x1"x8mm.	11.20	4.00	1.50	1.14E-05
	PB9	2-6"x1"x8mm.	10.67	4.00	1.50	1.17E-05
4	PB10	2-4"x1"x6mm.	2.92	3.00	1.00	4.10E-06
	PB11	2-4"x1"x6mm.	2.89	3.00	1.00	4.01E-06
	PB12	2-4"x1"x6mm.	2.86	3.00	1.00	4.00E-06
5	PB13	2-6"x1"x6mm.	3.34	3.50	1.25	1.23E-05
	PB14	2-6"x1"x6mm.	3.45	3.50	1.25	1.22E-05
	PB15	2-6"x1"x6mm.	3.37	3.50	1.25	1.15E-05
6	PB16	2-6"x1"x8mm.	3.62	4.00	1.50	1.20E-05
	PB17	2-6"x1"x8mm.	3.59	4.00	1.50	1.17E-05
	PB18	2-6"x1"x8mm.	3.68	4.00	1.50	1.20E-05

ตารางที่ 7.9 แสดงตัวอย่างข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหัดงคา

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA :		PB1		
		I left1.958E-06M⁴ I right2.165E-06M⁴ WEIGHT30.35KG a1.00M. L3.00M.		
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	54.98	0	0	0.00
2	79.82	104	78	0.91
4	104.56	260	223	2.42
6	129.50	468	413	4.41
8	154.34	686	614	6.50
10	179.18	885	895	8.90
12	204.02	1137	1136	11.37
14	228.86	1373	1366	13.70
16	253.70	1650	1640	16.45
18	278.54	2010	1980	19.95
20	303.38	2342	2308	23.25
22	328.22	2534	2502	25.18
24	353.06	2954	2924	29.39
26	377.90	3335	3307	33.21
28	402.74	3716	3692	37.04
30	427.58	4154	4132	41.43
32	452.42	4641	4625	46.33

รูป 7.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวแปลหลังคา

SAMPLE : PB1 Joist System : 2 - 4"x1"x6mm. With plate $L = 3.00$ m. ; $a = 1.00$ m.



7.6 สรุปผลการทดสอบ

จากข้อมูลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของรูปตัดไอประกอบจากไม้ยางและไม้ไผ่อัดของระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคา ได้ค่ากำลังรับน้ำหนักแผ่กระจายใช้งาน เทียบเท่า (Working Uniform Load) โดยมีส่วนปลอดภัย (Safety Factor) เท่ากับ 6.5 ของกำลังรับน้ำหนักแผ่กระจายที่จุดยึดหย่อน เปรียบเทียบกับกำลังรับน้ำหนักแผ่กระจายใช้งานตามทฤษฎี (Theoretical Working Uniform Load) ในระบบที่มีแผ่นไม้ประกบ พบว่ามีค่าสูงกว่าในเกณฑ์ 1.2-2.1 เท่า และ 1.1-1.5 เท่า ในระบบที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบและมีระยะค้ำข้างเพียงพอ สำหรับระบบที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบและมีระยะค้ำข้างไม่เพียงพอมีค่าในเกณฑ์ 0.8-1.1 ดังแสดงในตารางที่ 7.10 7.12 และ 7.14 ตามลำดับ

สำหรับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของรูปตัดไอประกอบจากไม้ยางและไม้ไผ่อัดของระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคา ที่ได้จากการทดสอบมีค่าใกล้เคียงโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้เนื้ออ่อน โดยที่โมดูลัสความยืดหยุ่นของระบบตงพื้นไม้มีค่าประมาณ 75,000 ถึง 90,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โมดูลัสความยืดหยุ่นของระบบตงฝาไม้มีค่าประมาณ 80,000 ถึง 125,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โมดูลัสความยืดหยุ่นของระบบตงพื้นไม้มีค่าประมาณ 75,000 ถึง 115,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 7.11 7.13 และ 7.15 ตามลำดับ

ตาราง 7.10 ตารางแสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของระบบดงพื้นไม้แปรรูปเทียบ

No.	Size of I-Joist	Span Length L(m.)	Point of Bracing L _b (m.)	Elastic Loads P _e (kg.)	Ultimate Loads P _u (kg.)	Elastic Uniform Loads ω_e (kg./m ²)	Ultimate Uniform Loads ω_u (kg./m ²)	Factor of Safety	Test Working Uniform Loads ω_w (kg./m ²)	Theory Working Uniform Loads ω_T (kg./m ²)	$\omega_T : \omega_w$
FB1	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	3.0	1.00	1395	2141	1584	2432	6.5	244		
FB2	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	3.0	1.00	1209	2016	1373	2290	6.5	211	206	1 : 1.2
FB3	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	3.0	1.00	1519	2762	1725	3137	6.5	265		
FB4	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	4.0	1.30	1268	2287	1159	2090	6.5	178		
FB5	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	4.0	1.30	1690	2808	1545	2567	6.5	238	162	1 : 1.4
FB6	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	4.0	1.30	1752	2621	1601	2396	6.5	246		
FB7	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	4.0	1.30	2228	2476	2036	2263	6.5	313		
FB8	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	4.0	1.30	2509	3118	2293	2850	6.5	353	214	1 : 1.5
FB9	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	4.0	1.30	2261	3379	2067	3089	6.5	318		
FB10	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	3.0	1.00	1543	1729	1976	2215	6.5	304		
FB11	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	3.0	1.00	1591	2063	1807	2343	6.5	278	217	1 : 1.2
FB12	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	3.0	1.00	1218	2274	1383	2583	6.5	213		
FB13	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	4.0	1.30	1330	1379	1216	1260	6.5	187		
FB14	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	4.0	1.30	1502	890	1372	814	6.5	211	174	1 : 1.1
FB15	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	4.0	1.30	1130	1192	1033	1090	6.5	159		
FB16	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	4.0	1.30	1304	1367	1192	1250	6.5	183		
FB17	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	4.0	1.30	1367	1367	1250	1250	6.5	192	226	1 : 0.8
FB18	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	4.0	1.30	1429	1615	1306	1476	6.5	201		

หมายเหตุ : * ดงไม้รูปตัวไอที่มีระยะค้ำข้างมากกว่าเกณฑ์

ตาราง 7.11 ตารางแสดงค่ากลสมบัติของระบบดงพื้นไม้

No.	Size of I-Joist	System	Span Length L(m.)	Moment of Inertia $I \times 10^{-6} (m^4)$	Proportional Limit		Equivalent Modulus of Elasticity $E_m (kg/cm.^2)$	Average Equivalent Modulus of Elasticity $E_m (kg/cm.^2)$
					Elastic Load $P_E (kg.)$	Elastic Deflection $\Delta_E (mm.)$		
FB1	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	3.0	42.7	1395	16.7	93,655	96,274
FB2	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	3.0	43.7	1209	14.2	93,627	
FB3	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	3.0	42.7	1519	16.8	101,541	
FB4	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	With plate	4.0	78.3	1268	18.4	107,111	95,561
FB5	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	With plate	4.0	79.5	1690	26.6	97,394	
FB6	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	With plate	4.0	75.4	1752	34.5	82,179	
FB7	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	4.0	110	2228	25.8	95,814	95,737
FB8	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	4.0	112	2509	30.6	89,398	
FB9	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	4.0	115	2261	23.4	101,999	
FB10	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	3.0	42.3	1543	21.8	90,357	87,201
FB11	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	3.0	42.3	1591	21.7	83,057	
FB12	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	3.0	42.9	1218	15.4	88,189	
FB13	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	Without plate	4.0	75.5	1330	27.9	76,886	79,714
FB14	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	Without plate	4.0	76.4	1502	30.6	78,313	
FB15	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	Without plate	4.0	69.8	1130	23.5	83,942	
FB16	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	4.0	116	1304	18.4	74,265	80,503
FB17	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	4.0	118	1367	17.3	81,811	
FB18	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	4.0	119	1429	17.1	85,432	

ตาราง 7.12 ตารางแสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของระบบดงฝ้าไม้เปรียบเทียบ

No.	Size of I-Joist	Span Length $L(m.)$	Point of Bracing $L_b(m.)$	Elastic Loads $P_e(kg.)$	Ultimate Loads $P_u(kg.)$	Elastic Uniform Loads $\omega_e(kg./m^2)$	Ultimate Uniform Loads $\omega_u(kg./m^2)$	Factor of Safety	Working Uniform Loads $\omega_w(kg./m^2)$	Theory Working Uniform Loads $\omega_T(kg./m^2)$	$\omega_T : \omega_w$
WB1	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	3.0	1.00	355	980	538	1484	6.5	83		
WB2	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	3.0	1.00	601	1073	910	1625	6.5	140	71	1 : 1.6
WB3	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	3.0	1.00	551	800	834	1212	6.5	128		
WB4	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	3.5	1.15	247	520	335	705	6.5	52		
WB5	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	3.5	1.15	297	446	402	604	6.5	62	50	1 : 1.2
WB6	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	3.5	1.15	321	818	435	1109	6.5	67		
WB7	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	4.0	1.30	494	693	602	845	6.5	93		
WB8	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	4.0	1.30	619	880	754	1072	6.5	116	85	1 : 1.2
WB9	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	4.0	1.30	544	718	663	875	6.5	102		
WB10	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	3.0	1.00	528	665	800	1007	6.5	123		
WB11	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	3.0	1.00	379	639	574	968	6.5	88	83	1 : 1.2
WB12	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	3.0	1.00	379	652	574	988	6.5	88		
WB13	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	3.5	1.15	350	574	474	778	6.5	73		
WB14	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	3.5	1.15	304	429	412	581	6.5	63	62	1 : 1.1
WB15	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	3.5	1.15	350	487	474	660	6.5	73		
WB16	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	4.0	1.30	545	620	664	755	6.5	102		
WB17	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	4.0	1.30	520	570	634	695	6.5	98	96	1 : 1.1
WB18	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	4.0	1.30	669	1017	815	1240	6.5	125		

ตาราง 7.13 ตารางแสดงค่ากัลสมบัติของระบบคานไม้

No.	Size of I-Joist	System	Span Length L(m.)	Moment of Inertia $I \times 10^{-6} (m^4)$	Proportional Limit		Equivalent Modulus of Elasticity $E_m (kg./cm.^2)$	Average Equivalent Modulus of Elasticity $E_m (kg./cm.^2)$
					Elastic Load $P_E (kg.)$	Elastic Deflection $\Delta_E (mm.)$		
WB1	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.0	6.67	355	15.6	163,489	155,394
WB2	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.0	5.82	601	34.42	143,825	
WB3	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.0	5.97	551	27.82	158,868	
WB4	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.5	6.52	247	17.8	168,956	158,879
WB5	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.5	6.02	297	25.4	154,169	
WB6	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.5	6.32	321	26.3	153,511	
WB7	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	4.0	20.6	494	30.9	94,815	100,854
WB8	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	4.0	19.5	619	35.2	109,835	
WB9	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	4.0	21.1	544	32.1	97,910	
WB10	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	6.86	528	47.4	77,780	86,658
WB11	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	6.59	379	28.9	95,284	
WB12	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	6.51	379	32.1	86,909	
WB13	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	6.36	350	39.1	111,677	103,847
WB14	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	6.86	304	36.6	96,187	
WB15	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	6.66	350	40.2	103,676	
WB16	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	4.0	20.7	545	33.8	94,769	90,388
WB17	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	4.0	20.4	520	32.5	95,439	
WB18	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	4.0	21.3	669	47.2	80,955	

ตาราง 7.14 ตารางแสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของระบบแปهلหลังคาเปรียบเทียบ

No.	Size of I-Joist	Span Length L(m.)	Point of Bracing $L_b(m.)$	Elastic Loads $P_E(kg.)$	Ultimate Loads $P_U(kg.)$	Elastic Uniform Loads $\omega_E(kg./m^2)$	Ultimate Uniform Loads $\omega_U(kg./m^2)$	Factor of Safety	Working Uniform Loads $\omega_w(kg./m^2)$	Theory Working Uniform Loads $\omega_T(kg./m^2)$	$\omega_T : \omega_w$
PB1	2-4"x1"x6mm.@0.30	3.0	0.75	328	465	500	704	6.5	77		
PB2	2-4"x1"x6mm.@0.30	3.0	0.75	278	688	421	1042	6.5	65	39	1 : 2.0
PB3	2-4"x1"x6mm.@0.30	3.0	0.75	378	614	572	930	6.5	88		
PB4	2-6"x1"x6mm.@0.30	3.5	0.85	619	657	839	890	6.5	129		
PB5	2-6"x1"x6mm.@0.30	3.5	0.85	520	520	705	705	6.5	108	61	1 : 1.8
PB6	2-6"x1"x6mm.@0.30	3.5	0.85	446	980	604	1328	6.5	93		
PB7	2-6"x1"x6mm.@0.30	4.0	1.00	545	682	664	831	6.5	102		
PB8	2-6"x1"x6mm.@0.30	4.0	1.00	520	607	634	740	6.5	98	44	1 : 2.1
PB9	2-6"x1"x6mm.@0.30	4.0	1.00	421	669	513	815	6.5	79		
PB10	2-4"x1"x6mm.@0.30	3.0	0.75	327	501	495	759	6.5	76		
PB11	2-4"x1"x6mm.@0.30	3.0	0.75	265	426	401	645	6.5	62	51	1 : 1.5
PB12	2-4"x1"x6mm.@0.30	3.0	0.75	377	414	571	627	6.5	88		
PB13	2-6"x1"x6mm.@0.30	3.5	0.85	360	385	488	522	6.5	75		
PB14	2-6"x1"x6mm.@0.30	3.5	0.85	360	422	488	572	6.5	75	73	1 : 1.0
PB15	2-6"x1"x6mm.@0.30	3.5	0.85	323	323	438	438	6.5	67		
PB16	2-6"x1"x6mm.@0.30	4.0	1.00	298	298	363	363	6.5	56		
PB17	2-6"x1"x6mm.@0.30	4.0	1.00	310	385	378	469	6.5	58	56	1 : 1.0
PB18	2-6"x1"x6mm.@0.30	4.0	1.00	285	298	347	363	6.5	53		

หมายเหตุ : * ตงไม้รูปตัวโอมีระยะค้ำข้างมากกว่าเกณฑ์

ตาราง 7.15 ตารางแสดงค่าคุณสมบัติของระบบแป้นหลังคา

No.	Size of I-Joist	System	Span Length L(m.)	Moment of Inertia $I \times 10^{-6} (m^4)$	Proportional Limit		Equivalent Modulus of Elasticity $E_m (kg./cm.^2)$	Average Equivalent Modulus of Elasticity $E_m (kg./cm.^2)$
					Elastic Load $P_E (kg.)$	Elastic Deflection $\Delta_E (mm.)$		
PB1	2-4"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.0	4.12	328	25.2	151,393	156,515
PB2	2-4"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.0	4.11	278	19.3	167,801	
PB3	2-4"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.0	3.72	378	32.4	150,351	
PB4	2-6"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.5	11.5	619	35.7	120,134	125,451
PB5	2-6"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.5	12.1	520	29.7	115,280	
PB6	2-6"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.5	12.0	446	20.9	140,938	
PB7	2-6"x1"x6mm.@0.30	With plate	4.0	11.9	545	46.2	120,586	130,595
PB8	2-6"x1"x6mm.@0.30	With plate	4.0	11.4	520	36.5	151,602	
PB9	2-6"x1"x6mm.@0.30	With plate	4.0	11.7	421	36.7	119,596	
PB10	2-4"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	4.10	327	40.0	95,504	102,579
PB11	2-4"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	4.01	265	29.1	108,949	
PB12	2-4"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	4.00	377	43.8	103,283	
PB13	2-6"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	12.3	360	28.1	82,983	89,437
PB14	2-6"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	12.2	360	24.1	97,626	
PB15	2-6"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	11.5	323	25.4	87,703	
PB16	2-6"x1"x6mm.@0.30	Without plate	4.0	12.0	298	31.2	97,306	100,000
PB17	2-6"x1"x6mm.@0.30	Without plate	4.0	11.7	310	33.3	96,819	
PB18	2-6"x1"x6mm.@0.30	Without plate	4.0	12.0	285	27.3	105,875	

บทที่ 8

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

8.1 กลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด ที่ใช้ประกอบเป็นตงไม้รูปตัวไอ ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบกำลังอัดขนานเสี้ยน กำลังอัดตั้งฉากเสี้ยน กำลังดัด และกำลังดึง ของไม้ยางพาราตามมาตรฐาน ASTM D143-83 และการทดสอบกำลังเฉือนของไม้ไผ่อัดตามมาตรฐาน ASTM D143-83 พบว่าสำหรับไม้ยางพารามีกำลังอัดขนานเสี้ยนปลอดภัยเฉลี่ยเท่ากับ 64 กก./ตร.ซม. กำลังอัดตั้งฉากเสี้ยนปลอดภัยเฉลี่ยเท่ากับ 48 กก./ตร.ซม. กำลังดึงปลอดภัยเฉลี่ยเท่ากับ 89 กก./ตร.ซม. กำลังดัดปลอดภัยเฉลี่ยเท่ากับ 93 กก./ตร.ซม. โดยมีค่าส่วนปลอดภัยสำหรับแรงอัดขนานเสี้ยน แรงอัดตั้งฉากเสี้ยน แรงดึง และแรงดัดเท่ากับ 5.75 2.5 6.5 และ 6.5 ตามลำดับ และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 100,000 กก./ตร.ซม. สำหรับไม้ไผ่อัดมีกำลังเฉือนปลอดภัยเฉลี่ยเท่ากับ 14 กก./ตร.ซม. โดยใช้ส่วนปลอดภัยเท่ากับ 9 สำหรับการทดสอบค่าปริมาณความชื้นของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดตามมาตรฐาน ASTM D4442-84 พบว่าปริมาณความชื้นของไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.5% และของไม้ไผ่อัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.3% ค่ากลสมบัติพื้นฐานของแต่ละชิ้นตัวอย่างมีความแปรปรวน ตามลักษณะเฉพาะตัว เช่น อายุ ความชื้น ลักษณะของแนวเสี้ยน และตำแหน่งของไม้แตกต่างกัน ซึ่งค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างและช่วงความเชื่อมั่นได้แสดงในตาราง 8.1 การนำกลสมบัติต่างๆ ของไม้ยางพารา และไม้ไผ่อัดไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงส่วนปลอดภัยที่เหมาะสมกับลักษณะของหน่วยแรงที่เกิดขึ้น ซึ่งควรใช้งานเฉพาะงานในร่มแห้งตลอดเวลา

ตาราง 8.1 กลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

วัสดุ	กลสมบัติ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ช่วงความเชื่อมั่น 95 %		ส่วนปลอดภัย	ค่ากลสมบัติสถานะใช้งาน
					ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด		
ไม้ยางพารา	ความเค้นอัดขนานเสี้ยน	ksc	366	75	334	398	5.75	64
	ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน	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
ไม้ไผ่อัด	ความเค้นเฉือน	ksc	130	13	125	135	9	14

8.2 กำลังรอยต่อของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

รอยต่อที่ใช้ประกอบเป็นตงไม้รูปตัวไอประกอบด้วย รอยต่อแบบประสานนิ้วบริเวณส่วนปีกของตงไม้รูปตัวไอซึ่งได้ทำการทดสอบกำลังดึงตามมาตรฐาน ASTM D4688-90 และรอยต่อระหว่างไม้ยางพารากับไม้ไผ่อัดซึ่งได้ทำการทดสอบกำลังดึงตามมาตรฐาน ASTM D143-83

8.2.1 รอยต่อแบบประสานนิ้ว

รอยต่อแบบประสานนิ้วที่ใช้กาบเป็นตัวยึดประสานบริเวณส่วนปีกของตงไม้ได้ทำการทดสอบกำลังดึงตามมาตรฐาน ASTM D4688-90 โดยเปรียบเทียบกับระหว่างกาบ National 5001 และกาบ Latex FJ-35 ซึ่งกาบทั้งสองชนิดเหมาะกับการต่อแบบประสานนิ้ว เนื่องจากเนื้อกาบมีคุณสมบัติใช้งานได้ง่าย แห้งเร็ว และการยึดเกาะดี พบว่ารอยต่อประสานนิ้วที่ใช้กาบ Latex FJ-35 เป็นตัวยึดประสานมีความแข็งแรงมากกว่าที่ใช้กาบ National 5001 ทั้งสามสภาพการทดสอบ ซึ่งกำลังดึงปลอดภัยเฉลี่ยของรอยต่อประสานนิ้วที่ใช้กาบ Latex FJ-35 เป็นตัวยึดประสานในสภาพแบบแห้ง แบบแช่น้ำภายใต้สภาวะอากาศ-ความดัน และแบบดัดมวนรอบ มีค่าเท่ากับ 49 กก./ตร.ซม. 5 กก./ตร.ซม. และ 2 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ โดยใช้ส่วนปลอดภัยเท่ากับ 9 สำหรับที่ใช้กาบ National 5001 เป็นตัวยึดประสานในสภาพแบบแห้งและแบบแช่น้ำภายใต้สภาวะอากาศ-ความดัน มีค่าเท่ากับ 48 กก./ตร.ซม. และ 3 กก./ตร.ซม. ส่วนการทดสอบแบบดัดมวนรอบไม่สามารถหาค่าความเค้นดึงปลอดภัยได้ เนื่องจากกาบ National 5001 ไม่ทนความชื้น ขึ้นตัวอย่างจึงหลุดออกจากกันหมด อย่างไรก็ตามกำลังดึงของรอยต่อที่รับได้ของแต่ละชิ้นตัวอย่างมีค่าความแปรปรวนสูง เนื่องจากคุณสมบัติของไม้ที่นำมาทำการทดสอบเปลี่ยนแปลงไปตามอายุการเจริญเติบโต และในการอัดกาบบริเวณรอยต่อประสานนิ้วได้ใช้เครื่องกึ่งอัตโนมัติเป็นตัวอัด ซึ่งความแปรปรวนและช่วงความเชื่อมั่นได้แสดงในตาราง 8.2

ตาราง 8.2 กำลังรอยต่อแบบประสานนิ้วในไม้ยางพารา

รอยต่อ	กลสมบัติ	ชนิดกาบ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ช่วงความเชื่อมั่น 95 %		ส่วนปลอดภัย	ค่ากลสมบัติสภาวะใช้งาน
						ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด		
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	0	9	0
		Latex FJ-35 ³	ksc	17	9	14	20	9	2

สำหรับการใช้งานของตงไม้รูปตัวไอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดเหมาะที่จะใช้งานในร่มแห่งตลอดเวลา จึงพิจารณาเลือกใช้กาว National 5001 ซึ่งสามารถหาได้ง่าย และราคาถูกกว่า Latex FJ-35 เป็นตัวยึดประสานรอยต่อแบบประสานนิ้วในตงไม้ประกอบรูปตัวไอ

8.2.2 รอยต่อระหว่างไม้ยางพารากับไม้ไผ่อัด

รอยต่อระหว่างไม้ยางพารากับไม้ไผ่อัดในตงไม้รูปตัวไอที่ใช้กาวเป็นตัวยึดประสานได้ทำการทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนตามมาตรฐาน ASTM D143-83 โดยเปรียบเทียบกันระหว่างกาว 4 ชนิด คือ กาว National 5001 กาว Panatex P-300 กาว Panatex AD-15 และกาว Panatex H-125 ซึ่งกาวทั้ง 4 ชนิดเหมาะสำหรับในการอัดประสานไม้ และการใช้งานไม้ทั่วไป ในสภาวะอุณหภูมิปกติ จึงได้ทำการทดสอบเฉพาะสภาวะแบบแห้ง พบว่า รอยต่อไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดที่ใช้กาว National 5001 เป็นตัวยึดประสาน ให้กำลังรับแรงเฉือนมากกว่ากาวชนิดอื่น ซึ่งมีค่าแรงเฉือนไหลปลอดภัยเฉลี่ยเท่ากับ 14 กก./ชม. ส่วนค่าแรงเฉือนไหลปลอดภัยเฉลี่ยของรอยต่อไม้ที่ใช้กาว Panatex P-300 Panatex AD-15 และ Panatex H-125 มีค่าเท่ากับ 7 กก./ชม. โดยใช้ส่วนปลอดภัยเท่ากับ 9 ซึ่งพิจารณาการใช้งานของตงไม้รูปตัวไอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดเหมาะที่จะใช้งานในร่มแห่งตลอดเวลา และจากผลการทดสอบพบว่ากาวทั้ง 4 ชนิดสามารถยึดรอยต่อระหว่างไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเกิดการเสียหายในเนื้อไม้ยางพาราก่อนเสียหายที่รอยต่อถึง 80% ส่วนอีก 20% เป็นการหลุดของกาวโดยที่ไม้ยังไม่แตกเนื่องจากการติดกาวไม่ดี โดยได้แสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าช่วงความเชื่อมั่นของกำลังรอยต่อที่เปรียบเทียบกาวทั้ง 4 ชนิด ดังแสดงในตาราง 8.3

ตาราง 8.3 กำลังรอยต่อระหว่างไม้ยางพารากับไม้ไผ่อัด

รอยต่อ	กลสมบัติ	ชนิดกาว	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ช่วงความเชื่อมั่น 95 %		ส่วนปลอดภัย	ค่ากลสมบัติสภาวะใช้งาน
						ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด		
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

8.3 การวิเคราะห์หน้าตัดรูปโอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด

จากการออกแบบขนาดหน้าตัดตงไม้รูปตัวโอในระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคา โดยใช้ทฤษฎีพื้นฐานซึ่งใช้กำลังวัสดุเป็นเกณฑ์ พบว่าขนาดของตงไม้รูปโอที่เหมาะสมในระบบตงพื้นไม้ได้แก่ขนาด 8" 10" และ 12" ระบบตงฝาไม้และระบบแปหลังคาได้แก่ขนาด 4" และ 6" และเมื่อได้นำขนาดตงไม้รูปตัวโอดังกล่าวนี มาวิเคราะห์ให้เหมาะสมกับระยะห่างระหว่าง 0.30ม. - 0.60ม. และระยะช่วงพาด 2.00ม. - 5.00ม. ในอาคารบ้านพักอาศัย เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัยมากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ข้อกำหนด พบว่าสำหรับระบบตงพื้นไม้รูปโอขนาด 8" 10" และ 12" ความหนาแผ่นเอดต่ำสุด 8 มม. สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัยได้ระหว่าง 151 กก./ตร.ม.-898 กก./ตร.ม. สำหรับระบบตงฝาไม้ตงไม้รูปตัวโอขนาด 4" และ 6" ความหนาแผ่นเอดต่ำสุด 6 มม. สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัยได้ระหว่าง 50 กก./ตร.ม.-314 กก./ตร.ม. และแปหลังคาขนาด 4" และ 6" ความหนาแผ่นเอดต่ำสุด 6 มม. สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัยได้ระหว่าง 31 กก./ตร.ม.-238 กก./ตร.ม. ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ขนาดหน้าตัด ระยะห่าง และระยะช่วงพาดของตงไม้รูปตัวโอในการรับน้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัยไว้ในตาราง 8.4 โดยน้ำหนักบรรทุกจรมากที่สุดที่ตงไม้รูปตัวโอระบบต่างๆ สามารถรับได้ ถูกกำหนดโดยกำลังดัดปลอดภัยบริเวณรอยต่อประสานนี้ในไม้ยางพารา แต่เนื่องจากผลของค่ากลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดยังมีความแปรปรวนอยู่มาก จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติของไม้เป็นช่วงๆ ให้ได้กลสมบัติพื้นฐานไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ในหัวข้อ 8.1 ก่อนที่จะนำมาประกอบเป็นตงไม้รูปตัวโอ

ตาราง 8.4 ความสามารถในการรับน้ำหนักของตงไม้รูปตัวโอในระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคา

ระบบ	ขนาด (นิ้ว x นิ้ว x มม.)	ระยะห่าง (ม.)	ช่วงพาด(ม.) / น้ำหนักบรรทุกจรมากที่สุด(กก./ตร.ม.)						
			2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
ตงพื้นไม้	8 x 1.5 x 8	0.30	580	423	291	211	159	-	-
		0.40	435	317	218	158	-	-	-
		0.50	348	254	175	-	-	-	-
		0.60	290	212	-	-	-	-	-
ตงพื้นไม้	10 x 1.5 x 8	0.30	741	591	414	301	228	178	-
		0.40	555	442	310	225	170	-	-
		0.50	444	354	248	180	-	-	-
		0.60	370	295	206	150	-	-	-
ตงพื้นไม้	12 x 1.5 x 8	0.30	898	716	547	399	303	237	189
		0.40	674	537	411	299	227	177	-
		0.50	538	429	328	239	181	-	-
		0.60	449	358	274	199	151	-	-

ตาราง 8.4(ต่อ) ความสามารถในการรับน้ำหนักของตงไม้รูปตัวไอในระบบตงพื้นไม้ ระบบตง ฝาไม้ และระบบแปหลังคา

ระบบ	ขนาด (นิ้ว x นิ้ว x มม.)	ระยะห่าง (ม.)	ช่วงพาด(ม.) / น้ำหนักบรรทุกจรมากที่สุด(กก./ตร.ม.)						
			2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
ตงฝาไม้	4 x 1.5 x 6	0.30	190	124	84	60	-	-	-
		0.40	142	93	63	-	-	-	-
		0.50	114	74	50	-	-	-	-
		0.60	95	62	-	-	-	-	-
ตงฝาไม้	6 x 1.5 x 6	0.30	314	250	180	130	98	75	60
		0.40	236	187	135	97	73	57	-
		0.50	188	150	108	78	58	-	-
		0.60	157	125	90	65	-	-	-
แปหลังคา	4 x 1.0 x 6	0.30	122	77	52	37	-	-	-
		0.40	92	58	39	-	-	-	-
		0.50	73	46	31	-	-	-	-
		0.60	61	38	-	-	-	-	-
แปหลังคา	6 x 1.0 x 6	0.30	238	151	103	74	56	43	34
		0.40	179	113	77	56	42	32	-
		0.50	143	90	62	45	34	-	-
		0.60	119	75	51	37	-	-	-

8.4 การทดสอบกำลังรับน้ำหนักคานประกอบรูปตัดไอ

การศึกษาถึงกำลังรับน้ำหนักของระบบตงไม้ ในระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคา ได้เลือกขนาดตัวแทนตงไม้รูปตัวไอจากผลการวิเคราะห์หน้าตัดรูปไอที่ใช้ ทฤษฎีพื้นฐานเป็นเกณฑ์ มาทำการประกอบเป็นคานรูปตัวไอในระบบที่มีแผ่นไม้ประกบด้านบนและด้านล่าง และระบบที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบ รวมจำนวนทั้งสิ้น 54 ตัวอย่าง โดยระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ ใช้รูปแบบการค้ำยันแบบสองจุด และระบบแปหลังคาใช้รูปแบบการค้ำยันแบบสามจุด ซึ่งแสดงผลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของคานประกอบรูปตัวไอดังกล่าว ในตารางที่ 8.5 8.6 และ 8.7

ตาราง 8.5 ตารางแสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของระบบดงพื้นไม้เปรียบเทียบ

No.	Size of I-joist	System	Span Length L(m.)	Point of Bracing L _b (m.)	Elastic Loads P _E (kg.)	Ultimate Loads P _U (kg.)	Elastic Uniform Loads ω_E (kg./m ²)	Ultimate Uniform Loads ω_U (kg./m ²)	Factor of Safety	Average Tested Working Uniform Loads ω_w (kg./m ²)	Theoretical Working Uniform Loads ω_T (kg./m ²) [#]	$\omega_T : \omega_w$
FB1	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	3.0	1.00	1395	2141	1584	2432	6.5			
FB2	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	3.0	1.00	1209	2016	1373	2290	6.5	240	206	1 : 1.2
FB3	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	3.0	1.00	1519	2762	1725	3137	6.5			
FB4	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	With plate	4.0	1.30	1268	2287	1159	2090	6.5			
FB5	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	With plate	4.0	1.30	1690	2808	1545	2567	6.5	221	162	1 : 1.4
FB6	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	With plate	4.0	1.30	1752	2621	1601	2396	6.5			
FB7	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	4.0	1.30	2228	2476	2036	2263	6.5			
FB8	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	4.0	1.30	2509	3118	2293	2850	6.5	328	214	1 : 1.5
FB9	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	4.0	1.30	2261	3379	2067	3089	6.5			
FB10	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	3.0	1.00	1543	1729	1976	2215	6.5			
FB11	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	3.0	1.00	1591	2063	1807	2343	6.5	265	217	1 : 1.2
FB12	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	3.0	1.00	1218	2274	1383	2583	6.5			
FB13	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	Without plate	4.0	1.30	1330	1379	1216	1260	6.5			
FB14	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	Without plate	4.0	1.30	1502	890	1372	814	6.5	186	174	1 : 1.1
FB15	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	Without plate	4.0	1.30	1130	1192	1033	1090	6.5			
FB16	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	4.0	1.30	1304	1367	1192	1250	6.5			
FB17	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	4.0	1.30	1367	1367	1250	1250	6.5	192	226	1 : 0.8
FB18	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	4.0	1.30	1429	1615	1306	1476	6.5			

หมายเหตุ : * ดงไม้รูปตัวไอมีระยะค้ำข้างมากกว่าเกณฑ์

ระบบมีแผ่นไม้ประกบได้ทั้งสองหน้าหนักดงที่ ได้แก่ น้ำหนักดงไม้ แผ่นไม้ประกบ และตัวค้ำยันด้านข้าง ระบบไม่มีแผ่นไม้ประกบได้ทั้งสองหน้าหนักดงที่ ได้แก่ น้ำหนักดงไม้ และตัวค้ำยันด้านข้าง

ตาราง 8.6 ตารางแสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของระบบดงฝาไม้เปรียบเทียบ

No.	Size of I-Joist	System	Span Length L(m.)	Point of Bracing L_b (m.)	Elastic Loads P_e (kg.)	Ultimate Loads P_u (kg.)	Elastic Uniform Loads ω_e (kg./m ²)	Ultimate Uniform Loads ω_u (kg./m ²)	Factor of Safety	Averaged Tested Working Uniform Loads ω_w (kg./m ²)	Theoretical Working Uniform Loads ω_r (kg./m ²) [#]	$\omega_r : \omega_w$
WB1	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.0	1.00	355	980	538	1484	6.5			
WB2	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.0	1.00	601	1073	910	1625	6.5	117	71	1 : 1.6
WB3	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.0	1.00	551	800	834	1212	6.5			
WB4	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.5	1.15	247	520	335	705	6.5			
WB5	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.5	1.15	297	446	402	604	6.5	60	50	1 : 1.2
WB6	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.5	1.15	321	818	435	1109	6.5			
WB7	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	4.0	1.30	494	693	602	845	6.5			
WB8	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	4.0	1.30	619	880	754	1072	6.5	104	85	1 : 1.2
WB9	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	4.0	1.30	544	718	663	875	6.5			
WB10	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	1.00	528	665	800	1007	6.5			
WB11	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	1.00	379	639	574	968	6.5	100	83	1 : 1.2
WB12	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	1.00	379	652	574	988	6.5			
WB13	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	1.15	350	574	474	778	6.5			
WB14	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	1.15	304	429	412	581	6.5	70	62	1 : 1.1
WB15	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	1.15	350	487	474	660	6.5			
WB16	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	4.0	1.30	545	620	664	755	6.5			
WB17	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	4.0	1.30	520	570	634	695	6.5	108	96	1 : 1.1
WB18	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	4.0	1.30	669	1017	815	1240	6.5			

หมายเหตุ : # ระบบมีแผ่นไม้ประกบใต้หัวส่วนน้ำหนักดงที่ ได้แก่ น้ำหนักดงไม้ แผ่นไม้ประกบ และตัวค้ำยันด้านข้าง ระบบไม่มีแผ่นไม้ประกบใต้หัวส่วนน้ำหนักดงที่ ได้แก่ น้ำหนักดงไม้ และตัวค้ำยันด้านข้าง

ตาราง 8.7 ตารางแสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของระบบแปห้ลค่าเปรียบเทียบ

No.	Size of I-Joist	System	Span Length L(m.)	Point of Bracing L _b (m.)	Elastic Loads P _E (kg.)	Ultimate Loads P _U (kg.)	Elastic Uniform Loads ω_E (kg./m ²)	Ultimate Uniform Loads ω_U (kg./m ²)	Factor of Safety	Average Tested Working Loads ω_w (kg./m ²)	Theoretical Working Uniform Loads ω_T (kg./m ²) [#]	$\omega_T : \omega_w$
PB1	2-4"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.0	0.75	328	465	500	704	6.5			
PB2	2-4"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.0	0.75	278	688	421	1042	6.5	77	39	1 : 2.0
PB3	2-4"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.0	0.75	378	614	572	930	6.5			
PB4	2-6"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.5	0.85	619	657	839	890	6.5			
PB5	2-6"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.5	0.85	520	520	705	705	6.5	110	61	1 : 1.8
PB6	2-6"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.5	0.85	446	980	604	1328	6.5			
PB7	2-6"x1"x8mm.@0.30	With plate	4.0	1.00	545	682	664	831	6.5			
PB8	2-6"x1"x8mm.@0.30	With plate	4.0	1.00	520	607	634	740	6.5	93	44	1 : 2.1
PB9	2-6"x1"x8mm.@0.30	With plate	4.0	1.00	421	669	513	815	6.5			
PB10	2-4"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	0.75	327	501	495	759	6.5			
PB11	2-4"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	0.75	265	426	401	645	6.5	75	51	1 : 1.5
PB12	2-4"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	0.75	377	414	571	627	6.5			
PB13	2-6"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	0.85	360	385	488	522	6.5			
PB14	2-6"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	0.85	360	422	488	572	6.5	73	73	1 : 1.0
PB15	2-6"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	0.85	323	323	438	438	6.5			
PB16	2-6"x1"x8mm.@0.30	Without plate	4.0	1.00	298	298	363	363	6.5			
PB17	2-6"x1"x8mm.@0.30	Without plate	4.0	1.00	310	385	378	469	6.5	56	56	1 : 1.0
PB18	2-6"x1"x8mm.@0.30	Without plate	4.0	1.00	285	298	347	363	6.5			

หมายเหตุ : * คงไม่รูปตัวโอมีระยะค่าข้างมากกว่าเกณฑ์

ระบบมีแผ่นไม้ประกบใต้ห้กส่วนน้ำหนักคงที่ ได้แก่ น้ำหนักดงไม้ แผ่นไม้ประกบ และตัวค้ำยันด้านข้าง ระบบไม้มีแผ่นไม้ประกบใต้ห้กส่วนน้ำหนักคงที่ ได้แก่ น้ำหนักดงไม้ และตัวค้ำยันด้านข้าง

จากผลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของตงไม้รูปตัวไอและการเปรียบเทียบกับน้ำหนักแผ่นกระจายใช้งานกับทฤษฎี พบว่าระบบตงพื้นไม้ที่มีระยะค้ำข้างมากกว่าเกณฑ์ทั้งในระบบที่มีแผ่นไม้ประกบและไม่มีแผ่นไม้ประกบสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกใช้งานได้ใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าสูงกว่าน้ำหนักใช้งานตามทฤษฎี 1.2 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นไม้ประกบไม่ได้มีการยึดอย่างต่อเนื่อง ทำให้เป็นเพียงการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกคงที่ต่อตงไม้ประกอบรูปตัวไอ จึงส่งผลให้ระบบที่มีแผ่นไม้ประกบสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้น้อยลง สำหรับตงพื้นไม้ที่มีระยะค้ำข้างน้อยกว่าเกณฑ์ในระบบที่มีแผ่นไม้ประกบและไม่มีแผ่นไม้ประกบ มีค่าสูงกว่าอยู่ในเกณฑ์ 1.4-1.5 เท่า และ 0.8-1.1 เท่า ซึ่งจากผลตงพื้นไม้ที่มีแผ่นไม้ประกบสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้มากกว่าระบบที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบ เนื่องจากแผ่นไม้ประกบจะช่วยเพิ่มเสถียรภาพแก่ตงไม้ประกอบรูปตัวไอ และยังทำหน้าที่ป้องกันการเซด้านข้าง สำหรับในระบบตงฝาไม้ที่มีระยะค้ำข้างมากกว่าเกณฑ์ทั้งระบบที่มีแผ่นไม้ประกบและไม่มีแผ่นไม้ประกบ สามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกใช้งานได้มากกว่าตามทฤษฎี 1.2-1.6 เท่า และ 1.1-1.2 เท่า และในระบบแปหลังคาที่มีระยะค้ำข้างมากกว่าเกณฑ์ในระบบที่มีแผ่นไม้ประกบสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้เท่ากับระบบที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบ โดยมีค่าสูงกว่าทฤษฎี 1.5-2 เท่า สำหรับระบบแปหลังคาที่มีระยะค้ำข้างน้อยกว่าเกณฑ์ในระบบที่มีแผ่นไม้ประกบสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกใช้งานสูงกว่าทฤษฎี 1.8 -2.1 เท่า ซึ่งมากกว่าระบบที่ไม่มีแผ่นไม้ประกบที่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกใช้งานได้เท่ากับน้ำหนักใช้งานตามทฤษฎี

ในการทดสอบกำลังรับน้ำหนักตงไม้ประกอบรูปตัวไอจำเป็นต้องพิจารณาถึงค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเทียบเท่าเนื่องจากตงไม้รูปตัวไอเป็นวัสดุจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด และเพื่อตรวจสอบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเทียบเท่าที่ใช้ในการออกแบบวิเคราะห์ขั้นต้น ซึ่งได้ใช้เท่ากับโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ยางพาราที่มีค่าเฉลี่ย 100,000 กก./ตร.ซม. โดยได้แสดงค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเทียบเท่าจากการทดสอบระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคา ในตาราง 8.8 8.9 และ 8.10 ตามลำดับ

ตาราง 8.8 ตารางแสดงค่าการสมบัติของระบบดงพ่นไม้

No.	Size of I-Joist	System	Span Length L(m.)	Moment of Inertia $I \times 10^{-6} (m^4)$	Proportional Limit		Equivalent Modulus of Elasticity $E_m (kg/cm.^2)$	Average Equivalent Modulus of Elasticity $E_m (kg/cm.^2)$
					Elastic Load $P_E (kg.)$	Elastic Deflection $\Delta_E (mm.)$		
FB1	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	3.0	42.7	1395	16.7	83,584	86,594
FB2	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	3.0	43.7	1209	14.2	82,011	
FB3	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	3.0	42.7	1519	16.8	94,188	
FB4	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	With plate	4.0	78.3	1268	18.4	99,509	89,528
FB5	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	With plate	4.0	79.5	1690	26.6	91,631	
FB6	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	With plate	4.0	75.4	1752	34.5	77,444	
FB7	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	4.0	110	2228	25.8	92,231	92,588
FB8	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	4.0	112	2509	30.6	89,398	
FB9	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	4.0	115	2261	23.4	96,134	
FB10	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	3.0	42.3	1543	21.8	77,492	77,272
FB11	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	3.0	42.3	1591	21.7	76,270	
FB12	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	3.0	42.9	1218	15.4	78,052	
FB13	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	Without plate	4.0	75.5	1330	27.9	71,105	73,820
FB14	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	Without plate	4.0	76.4	1502	30.6	73,099	
FB15	2-10"x1.5"x10mm.@0.40	Without plate	4.0	69.8	1130	23.5	77,257	
FB16	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	4.0	116	1304	18.4	70,848	74,778
FB17	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	4.0	118	1367	17.3	74,031	
FB18	2-12"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	4.0	119	1429	17.1	79,454	

ตาราง 8.9 ตารางแสดงค่าคุณสมบัติของระบบตงฝ้าไม้

No.	Size of I-Joist	System	Span Length L(m.)	Moment of Inertia $I \times 10^{-6} (m^4)$	Proportional Limit		Equivalent Modulus of Elasticity $E_m (kg./cm.^2)$	Average Equivalent Modulus of Elasticity $E_m (kg./cm.^2)$
					Elastic Load $P_E (kg.)$	Elastic Deflection $\Delta_E (mm.)$		
WB1	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.0	6.67	355	15.6	135,857	
WB2	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.0	5.82	601	34.42	119,894	127,634
WB3	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.0	5.97	551	27.82	127,152	
WB4	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.5	6.52	247	17.8	124,494	
WB5	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.5	6.02	297	25.4	125,619	124,180
WB6	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	3.5	6.32	321	26.3	122,426	
WB7	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	4.0	20.6	494	30.9	81,380	
WB8	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	4.0	19.5	619	35.2	93,866	86,852
WB9	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	With plate	4.0	21.1	544	32.1	85,311	
WB10	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	6.86	528	47.4	66,731	
WB11	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	6.59	379	28.9	78,943	72,559
WB12	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	6.51	379	32.1	72,004	
WB13	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	6.36	350	39.1	95,215	
WB14	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	6.86	304	36.6	74,039	85,575
WB15	2-4"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	6.66	350	40.2	87,471	
WB16	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	4.0	20.7	545	33.8	84,336	
WB17	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	4.0	20.4	520	32.5	86,262	81,834
WB18	2-6"x1.5"x6mm.@0.30	Without plate	4.0	21.3	669	47.2	74,905	

ตาราง 8.10 ตารางแสดงค่ากลสมบัติของระบบแปะหลังคา

No.	Size of I-Joist	System	Span Length L(m.)	Moment of Inertia $I \times 10^{-6} (m^4)$	Proportional Limit		Equivalent Modulus of Elasticity $E_m (kg./cm.^2)$	Average Equivalent Modulus of Elasticity $E_m (kg./cm.^2)$
					Elastic Load $P_E (kg.)$	Elastic Deflection $\Delta_E (mm.)$		
PB1	2-4"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.0	4.12	328	25.2	114,468	119,516
PB2	2-4"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.0	4.11	278	19.3	125,549	
PB3	2-4"x1"x6mm.@0.30	With plate	3.0	3.72	378	32.4	118,531	
PB4	2-6"x1"x8mm.@0.30	With plate	3.5	11.5	619	35.7	104,608	105,937
PB5	2-6"x1"x8mm.@0.30	With plate	3.5	12.1	520	29.7	97,545	
PB6	2-6"x1"x8mm.@0.30	With plate	3.5	12.0	446	20.9	115,658	
PB7	2-6"x1"x6mm.@0.30	With plate	4.0	11.9	545	46.2	105,098	113,920
PB8	2-6"x1"x6mm.@0.30	With plate	4.0	11.4	520	36.5	134,110	
PB9	2-6"x1"x6mm.@0.30	With plate	4.0	11.7	421	36.7	102,551	
PB10	2-4"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	4.10	327	40.0	77,980	79,839
PB11	2-4"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	4.01	265	29.1	84,821	
PB12	2-4"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.0	4.00	377	43.8	77,257	
PB13	2-6"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	12.3	360	28.1	71,458	74,740
PB14	2-6"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	12.2	360	24.1	84,067	
PB15	2-6"x1"x6mm.@0.30	Without plate	3.5	11.5	323	25.4	68,696	
PB16	2-6"x1"x8mm.@0.30	Without plate	4.0	12.0	298	31.2	72,816	79,821
PB17	2-6"x1"x8mm.@0.30	Without plate	4.0	11.7	310	33.3	81,203	
PB18	2-6"x1"x8mm.@0.30	Without plate	4.0	12.0	285	27.3	85,443	

จากการทดสอบพบว่าค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเทียบเท่าขึ้นกับความลึกและการประกอบของหน้าตัด โดยมีค่าใกล้เคียงกับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้ยางพาราซึ่งในระบบตงพื้นไม้มีค่าระหว่าง 75,000 กก./ตร.ซม. ถึง 90,000 กก./ตร.ซม. โมดูลัสความยืดหยุ่นเทียบเท่าของระบบตงฝาไม้มีค่าระหว่าง 80,000 กก./ตร.ซม. ถึง 125,000 กก./ตร.ซม. โมดูลัสความยืดหยุ่นเทียบเท่าของระบบแปหลังคามีค่าระหว่าง 75,000 กก./ตร.ซม. ถึง 115,000 กก./ตร.ซม.

สำหรับความเสียหายที่จุดประลัยที่เกิดขึ้นกับตงไม้ประกอบรูปตัวไอในการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกจำนวน 54 ตัวอย่าง พบว่าเกิดการวิบัติเนื่องจากแรงดัด (Bending Failure) ที่บริเวณรอยต่อประสานหัว 17 ตัวอย่าง ที่ตาไม้ 10 ตัวอย่าง และทั้งสองบริเวณพร้อมกัน 1 ตัวอย่าง การวิบัติเนื่องจากแรงเฉือน (Shear Failure) ที่บริเวณรอยต่อระหว่างไม้แฝดในส่วนเอว 2 ตัวอย่าง การวิบัติเนื่องจากแรงดัดและแรงเฉือน (Bending and Shear Failure) เป็นจำนวน 5 ตัวอย่าง และเกิดการวิบัติเนื่องจากการโก่งเดาะด้านข้าง (Lateral Bulking Failure) เป็นจำนวน 19 ตัวอย่าง ซึ่งรายละเอียดลักษณะการประลัยในระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคา ได้แสดงไว้ในตาราง 8.11 8.12 และ 8.13

ตาราง 8.11 ความเสียหายของระบบตงพนักไม้ที่เกิดขึ้นในการทดสอบกำลังรับน้ำหนัก

No.	Size of I-Joist	System	Span (m.)	Moment of inertia $\times 10^{-6} (m^4)$	Mode of failure	Position	Remark
FB1	2-8" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.	with plate	3.0	42.7	Bending failure	Finger joint	
FB2	2-8" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.		3.0	43.7	Bending and Shear failure	Knot, web	
FB3	2-8" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.		3.0	42.7	Bending failure	Knot	
FB4	2-10" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.	with plate	4.0	78.3	Bending failure	Knot	
FB5	2-10" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.		4.0	79.5	Bending failure	Finger joint	
FB6	2-10" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.		4.0	75.4	Bending failure	Finger joint	
FB7	2-12" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.	with plate	4.0	110	Bending and Shear failure	Finger joint, web	
FB8	2-12" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.		4.0	112	Shear failure	Web	
FB9	2-12" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.		4.0	115	Bending failure	Finger joint	
FB10	2-8" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.	without plate	3.0	42.3	Bending failure	Knot	
FB11	2-8" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.		3.0	42.3	Lateral bulking failure	-	
FB12	2-8" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.		3.0	42.9	Lateral bulking failure	-	
FB13	2-10" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.	without plate	4.0	75.5	Lateral bulking failure	-	
FB14	2-10" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.		4.0	76.4	Lateral bulking failure	-	
FB15	2-10" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.		4.0	69.8	Lateral bulking failure	-	
FB16	2-12" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.	without plate	4.0	116	Bending failure	Knot	
FB17	2-12" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.		4.0	118	Lateral bulking failure	-	
FB18	2-12" x 1.5" x 8mm @ 0.40m.		4.0	119	Lateral bulking failure	-	

ตาราง 8.12 ความเสียหายของระบบดงฝ้าไม้ที่เกิดขึ้นในการทดสอบกำลังรับน้ำหนัก

No.	Size of I-Joist	System	Span (m.)	Moment of inertia $\times 10^{-6} (m^4)$	Mode of failure	Position	Remark
WB1	2-4" x 1.5" x 6mm. @0.30m.	with plate	3.0	6.67	Bending failure	Finger joint	
WB2	2-4" x 1.5" x 6mm. @0.30m.		3.0	5.82	Bending failure	Finger joint	
WB3	2-4" x 1.5" x 6mm. @0.30m.		3.0	5.97	Bending failure	Knot	
WB4	2-4" x 1.5" x 6mm. @0.30m.	with plate	3.5	6.52	Bending failure	Knot	
WB5	2-4" x 1.5" x 6mm. @0.30m.		3.5	6.02	Bending failure	Finger joint	
WB6	2-4" x 1.5" x 6mm. @0.30m.		3.5	6.32	Bending failure	Knot	
WB7	2-6" x 1.5" x 6mm. @0.30m.	with plate	4.0	20.6	Bending failure	Finger joint	
WB8	2-6" x 1.5" x 6mm. @0.30m.		4.0	19.5	Bending failure	Finger joint	
WB9	2-6" x 1.5" x 6mm. @0.30m.		4.0	21.1	Bending and Shear failure	Finger joint , web	
WB10	2-4" x 1.5" x 6mm. @0.30m.	without plate	3.0	6.86	Bending failure	Finger joint	
WB11	2-4" x 1.5" x 6mm. @0.30m.		3.0	6.59	Bending failure	Finger joint	
WB12	2-4" x 1.5" x 6mm. @0.30m.		3.0	6.51	Bending failure	Finger joint	
WB13	2-4" x 1.5" x 6mm. @0.30m.	without plate	3.5	6.36	Lateral bulking failure	-	
WB14	2-4" x 1.5" x 6mm. @0.30m.		3.5	6.86	Lateral bulking failure	-	
WB15	2-4" x 1.5" x 6mm. @0.30m.		3.5	6.66	Bending failure	Finger joint	
WB16	2-6" x 1.5" x 6mm. @0.30m.	without plate	4.0	20.7	Shear failure	Web	
WB17	2-6" x 1.5" x 6mm. @0.30m.		4.0	20.4	Lateral bulking failure	-	
WB18	2-6" x 1.5" x 6mm. @0.30m.		4.0	21.3	Bending failure	Finger joint	

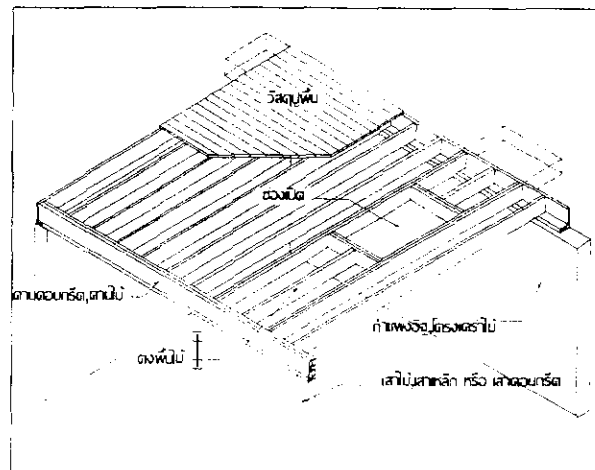
ตาราง 8.13 ความเสียหายของระบบแปะหลังคาที่เกิดขึ้นในการทดสอบกำลังรับน้ำหนัก

No.	Size of I-Joist	System	Span (m.)	Moment of inertia $\times 10^{-6} (m^4)$	Mode of failure	Position	Remark
PB1	2-4" x 1" x 6mm. @ 0.30m.	with plate	3.0	4.12	Bending failure	Knot	
PB2	2-4" x 1" x 6mm. @ 0.30m.		3.0	4.11	Bending failure	Finger joint	
PB3	2-4" x 1" x 6mm. @ 0.30m.		3.0	3.72	Bending failure	Finger joint	
PB4	2-6" x 1" x 6mm. @ 0.30m.	with plate	3.5	11.5	Bending failure	Finger joint, Knot	
PB5	2-6" x 1" x 6mm. @ 0.30m.		3.5	12.1	Bending and Shear failure	Finger joint, Knot, Web	
PB6	2-6" x 1" x 6mm. @ 0.30m.		3.5	12.0	Bending and Shear failure	Finger joint, Web	
PB7	2-6" x 1" x 8mm. @ 0.30m.	with plate	4.0	11.9	Bending failure	Knot	
PB8	2-6" x 1" x 8mm. @ 0.30m.		4.0	11.4	Bending failure	Knot	
PB9	2-6" x 1" x 8mm. @ 0.30m.		4.0	11.7	Bending failure	Finger joint	
PB10	2-4" x 1" x 6mm. @ 0.30m.	without plate	3.0	4.10	Lateral bulking failure	-	
PB11	2-4" x 1" x 6mm. @ 0.30m.		3.0	4.01	Lateral bulking failure	-	
PB12	2-4" x 1" x 6mm. @ 0.30m.		3.0	4.00	Lateral bulking failure	-	
PB13	2-6" x 1" x 6mm. @ 0.30m.	without plate	3.5	12.3	Lateral bulking failure	-	
PB14	2-6" x 1" x 6mm. @ 0.30m.		3.5	12.2	Lateral bulking failure	-	
PB15	2-6" x 1" x 6mm. @ 0.30m.		3.5	11.5	Lateral bulking failure	-	
PB16	2-6" x 1" x 8mm. @ 0.30m.	without plate	4.0	12.0	Lateral bulking failure	-	
PB17	2-6" x 1" x 8mm. @ 0.30m.		4.0	11.7	Lateral bulking failure	-	
PB18	2-6" x 1" x 8mm. @ 0.30m.		4.0	12.0	Lateral bulking failure	-	

8.5 การประยุกต์ใช้งานอุตสาหกรรม

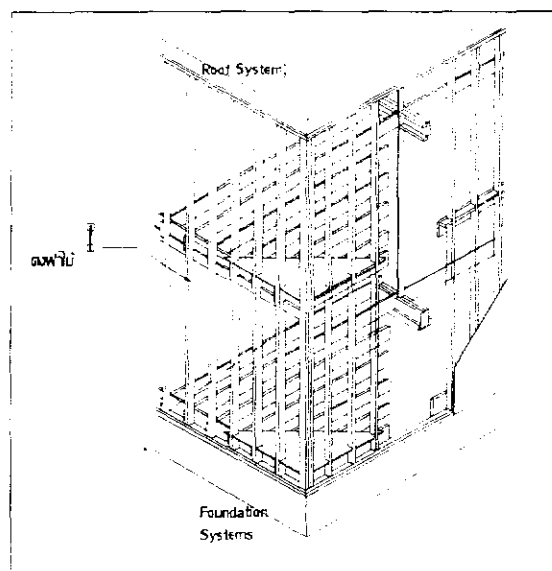
ดงไม้รูปตัวไอที่ผลิตจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด สามารถนำมาใช้ทดแทนไม้เนื้อแข็ง ในระบบ ดงพื้นไม้ ระบบดงฝาไม้ และระบบแปหลังคา ในงานอุตสาหกรรมก่อสร้างภายในประเทศ

ดงพื้นไม้เป็นระบบโครงสร้างหลักอันหนึ่งของอาคาร ซึ่งระบบนี้จะเบาและราคาประหยัดกว่า โครงสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก สามารถใช้เป็นพื้นตกแต่ง ไปด้วยปาเก้ ดังแสดงในรูป 8.1



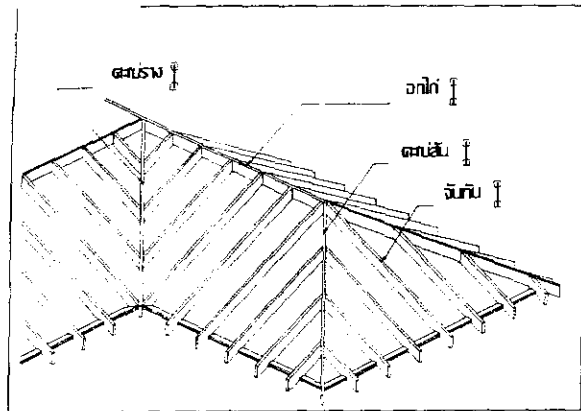
รูป 8.1 การใช้งานในระบบดงพื้นไม้

ระบบคร่าวฝาไม้ทำหน้าที่คล้ายไม้คร่าวทั่วไปในแนวยืน สำหรับประกอบเข้ากับฝาผนังไม้อัด แผ่นเรียบ หรือยิปซัม ดังแสดงในรูป 8.2



รูป 8.2 การใช้งานในระบบคร่าวฝาไม้

การใช้งานแปหลังคารูปตัดไอ เหมาะสำหรับประกอบเป็นนอกไก่ จันทัน ตะเฝ้าน ตะเฝาราง และแปไม้หลังคา ซึ่งวัสดุหลังคาสามารถเลือกใช้ตามการรับน้ำหนักบรรทุกของแปไม้



รูป 8.3 การใช้งานในระบบแปหลังคา

สำหรับข้อมูลขนาดหน้าตัดรูปไอในระบบตงพื้นไม้ ระบบคร่าวฝ้าไม้ และระบบแปหลังคา ปรากฏในภาคผนวกหน้า 316/1 นอกจากนี้โครงการวิจัยได้ทำการทดสอบความเหมาะสมของไม้อัดในการแทนที่ไม้ไผ่อัด โดยได้ทำการทดสอบเป็นจำนวน 6 ตัวอย่าง ซึ่งผลการทดสอบที่เพิ่มเติม ได้แสดงถึงความสามารถในการรับน้ำหนักของตงไม้รูปไอที่ผลิตร่วมกับไม้อัดดังรายละเอียดปรากฏในตาราง 8.14 และ 8.15 ที่แสดงไว้ในภาคผนวกหน้า 316/2

8.6 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาความสามารถในการรับน้ำหนักของตงไม้รูปตัวไอที่ผลิตจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด ในงานวิจัยนี้ ยังมีอุปสรรคในการดำเนินการซึ่งควรศึกษาเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

8.6.1 กลสมบัติพื้นฐานของไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัดยังมีความแปรปรวนอยู่ค่อนข้างมาก ซึ่งในการผลิตจริงควรมีหน่วยงานคัดเลือกไม้ที่นำมาผลิต และมีการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบกลสมบัติพื้นฐานตามช่วงเวลาในการผลิตและกลุ่มโดยเฉพาะ

8.6.2 ในการใช้งานจริงของตงไม้ประกอบรูปตัวไอระบบพื้นไม้ ระบบฝ้าไม้ และแปหลังคา ควรใช้ระบบค้ำยันตามระยะห่างไม่เกินเกณฑ์การโก่งเดาะด้านข้างที่ได้จากการวิเคราะห์และออกแบบตงไม้ประกอบรูปตัวไอ อย่างไรก็ตามแผ่นพื้นไม้ไผ่อัดที่เสริมด้านบนและด้านล่างช่วยเพิ่มเสถียรภาพรูปตัดไอในการค้ำข้าง และถ้ามีการปูแผ่นไม้อย่างต่อเนื่องจะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจริงได้มากยิ่งขึ้น

8.6.3 การใช้งานและการบำรุงรักษาตงไม้รูปไอจากไม้ยางพาราและไม้ไผ่อัด ควรใช้งานในที่ร่มแห้งตลอดเวลา ซึ่งควรมีการดูแลรักษา การอัดฉีดน้ำยากันปลวกลงในเนื้อไม้ในขั้นตอนการผลิต และเคลือบรูปตัดด้วยวัสดุกันความชื้น แผลง เช่น ยูรีเทน ซึ่งจะช่วยให้ระบบตงไม้ทำหน้าที่ดียิ่งขึ้น

8.6.4 ในการผลิตตงไม้รูปไอดังกล่าวที่ใช้ควรมีการตรวจสอบคุณภาพอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งถ้าเป็นไปได้ ควรมีการทดสอบในแง่ความทนทานระยะยาว

บรรณานุกรม

1. เกรัมย์ไกร และคณะ Load Carrying Capacity of I-Joist Floor System made from Composite Rubber Wood-Bamboo Plywood รายงานการวิจัยในกระบวนวิชา 251499 โครงการที่ 23/2540 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. เจษฎา เกษมเศรษฐ์ และสุรเดช ชันทอง Structural Materials and Testing เอกสารประกอบคำสอน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2532
3. ฐานันดรศักดิ์ เทพญา ข้อกำหนดเทคนิคที่ดีในการอบไม้ยางพาราแปรรูป โครงการวิจัยนำร่อง ชุดโครงการการพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ยางพารา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
4. ณรงค์ โทณานนท์ ไม้ยางพารา เอกสารเลขที่ 249 กรมป่าไม้ 2527
5. ณรงค์ เพ็งปรีชา กาวติดไม้ กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ 2517
6. นพรัตน์ บำรุงรัตน์ ยางพารา : พืชหลักปักษ์ใต้ กรมป่าไม้ 2536
7. บัญชา สุปรินายก กลสมบัติของไม้ไผ่อัดลำพูน เอกสารแนะนำผลิตภัณฑ์ Bamboo Plywood หจก. นอร์ธเิน เอนเตอร์ไพรส์ ลำพูน 2523
8. เบญจวรรณ อุกฤษ การค้าและการตลาดผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราในปี 2000 เอกสารประกอบสัมมนาเรื่อง อุตสาหกรรมไม้ยางพารา กรมส่งเสริมการค้าส่งออก 2542
9. รัศมี ด้านสกุลผล แนวทางการปรับปรุงพันธุ์ยางที่เจริญเติบโตดี เพื่ออุตสาหกรรมไม้แปรรูป ศูนย์วิจัยยางสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร
10. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ มาตรฐานสำหรับอาคารไม้ คณะกรรมการวิศวกรรมโยธา 2515-16 มาตรฐาน วสท. 1002-16 มิถุนายน 2517
11. สมยศ สีนุระหัส ระยะเวลาและจำนวนต้นปลูกเพื่อผลิตไม้ยางและไม้ยางพารา ศูนย์วิจัยยางสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร
12. American Society for Testing and Materials, "Test Method for Strength Properties of Adhesives in Two-Ply Wood Construction in Shear by Tension Loading", ASTM D2339-82, Annual Book of ASTM Standards, 1990.

13. American Society for Testing and Materials, "Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber", ASTM D143-83, Annual Book of ASTM Standards, 1990.
14. American Society for Testing and Materials, "Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Based Materials", ASTM D4442-84, Annual Book of ASTM Standards, 1990.
15. American Society for Testing and Materials, "Standard Test Methods for Evaluating Structural Adhesives for Finger Jointing Lumber", ASTM D4688-90, Annual Book of ASTM Standards, 1990.
16. Canadian Wood Council, "Wood Design: Wood Products, I-Joist Product Info" 1994-98, <http://www.cwc.ca/english/wood-design/wood-products>.
17. Chu. H.P., Ho., K.S., Mohd. S.M., and Abbul Rashid A.M., Timber Design Handbook, Malayan. Forest Records No.42, Forest Research Institute. Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, August 1997.
18. Eng, T.Y., Othman, J., and Nordin, K., "Bonding Requirements for Non-Structural Glued-Laminated Products", FRIM Technical Information No.39, Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, March, 1993.
19. Faherty, K., Wood Engineering and Construction Handbook, McGraw-Hill, New York, 1999.
20. Fortura, S., "Rubber wood: Mixed outlook for Rubber wood Supplies in Southeast Asia", Logging and Resources, Asia Pacific Forest Industries, March, 1993.
21. Hartshorn, Structural Adhesives: Chemistry and Technology, Plenum Press, New York, 1986.
22. Ho., K.S., "Some Defects in Veeneer and Plywood", Timber Technology Bulletin No.7, Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, 1998.
23. Leon, M., "Rubber wood: Dip Diffusion Treatment", Sawn Milling and Woodworking, Asia Pacific Forest Industries, September, 1992.
24. Leon, M., "Rubber wood: Kiln Drying Recommendation", Sawn Milling and Woodworking, Asia Pacific Forest Industries, November, 1992.

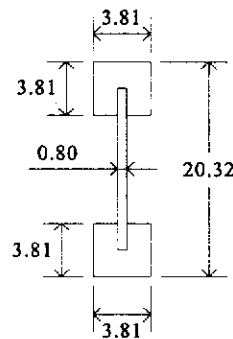
25. Leon, M. "Rubberwood: Rubber wood as a Flexible Panel Resource", Wood-Based Panels, Asia Pacific Forest Industries, March, 1993.
26. Midon, M.S., Chu, Y.P., Tahir, HM, Kasby, N.A.M., "Construction Manual of Prefabricated Timber House", FRIM Technical Information Handbook No.5, Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, 1996.
27. Moldrup, S., "Rubber wood: Preventing Rubber wood Degradation", Timber Treatment, Asia Pacific Forest Industries, September, 1991.
28. Seman, A.S.M. "Finishing of Rubberwood Products" FRIM Technical Information No.31, Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, December, 1991.
29. Stalnaker, J. and Harris, E., Structural Design in Wood, Structural Engineering, Van Nostrand Reinhold, New York, 1989.
30. Thavornvong, S., "Parawood: Thailand's economy wood", Logging & Resources, Asia Pacific Forest Industries, April, 1992.
31. The Engineered Wood Association, "Performance Standard for APA/EWS-I Joist: PRI-400" July, 1997, <http://www.apawood.org/i-joist.html>.
32. Trim Joistm Corporation, "Trim Joist: Trimmable Floor Truss", November, 1997, <http://www.trimjoist.com>.
33. Veeraraghavan, T.G., "Realising Rubberwood Potential", Wood Working, India, Asia Pacific Forest Industries, February, 1991.

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักบรรทุกจร

ตาราง ก-1 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักของระบบคานพื้นไม้ขนาด 8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม.

(LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 8" x 1.5" x 8mm.)



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

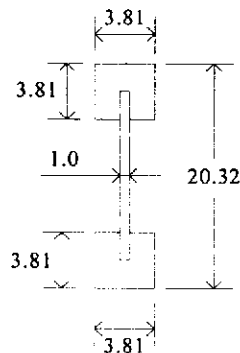
Dead load = 3 kg/m

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

ตาราง ก-2 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ขนาด 8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม.

(LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 8" x 1.5" x 10mm.)



$$I = 2184 \text{ cm}^4$$

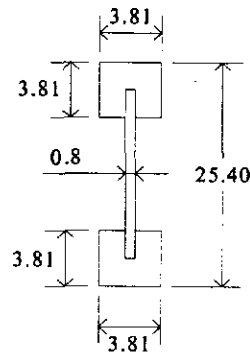
$$\text{Dead load} = 3.15 \text{ kg/m}$$

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	906	717	677	951	2901	677
	2.5	576	571	429	759	1480	429
	3.0	397	474	295	631	852	295
	3.5	289	405	214	539	532	214
	4.0	218	353	161	470	353	161
	4.5	170	313	125	417	245	125
	5.0	136	280	99	374	175	99
0.4	2.0	680	538	508	714	2176	508
	2.5	432	429	322	569	1110	322
	3.0	298	356	221	473	639	221
	3.5	217	304	160	404	400	160
	4.0	164	265	121	353	265	121
	4.5	128	235	94	313	184	94
	5.0	102	210	75	281	132	75
0.5	2.0	543	430	406	570	1740	406
	2.5	345	342	257	455	888	257
	3.0	238	284	176	378	511	176
	3.5	173	243	128	323	319	128
	4.0	131	211	96	282	211	96
	4.5	102	187	75	250	146	75
	5.0	81	168	59	224	105	59
0.6	2.0	453	358	338	475	1450	338
	2.5	288	285	214	379	740	214
	3.0	198	237	147	315	425	147
	3.5	144	202	106	269	266	106
	4.0	109	176	80	235	176	80
	4.5	85	156	62	208	122	62
	5.0	67	140	49	186	87	49

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

ตาราง ก-3 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักของระบบคานพื้นไม้ขนาด 10 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม.

(LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 10" x 1.5" x 8mm.)



$$I = 3793 \text{ cm}^4$$

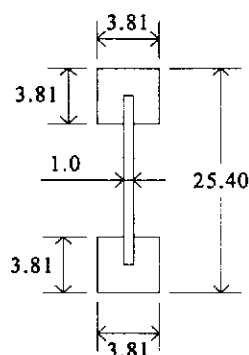
Dead load = 3.3 kg/m

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	1263	741	945	1238	5046	741
	2.5	805	591	601	988	2578	591
	3.0	555	490	414	822	1487	414
	3.5	405	419	301	703	933	301
	4.0	308	365	228	614	621	228
	4.5	241	323	178	544	433	178
	5.0	193	290	142	489	313	142
0.4	2.0	947	555	708	928	3784	555
	2.5	603	442	450	740	1933	442
	3.0	416	367	310	616	1115	310
	3.5	303	313	225	526	699	225
	4.0	230	273	170	459	465	170
	4.5	180	242	133	407	324	133
	5.0	144	217	106	366	234	106
0.5	2.0	758	444	566	742	3027	444
	2.5	482	354	360	593	1547	354
	3.0	333	294	248	493	892	248
	3.5	243	251	180	421	559	180
	4.0	184	219	136	368	372	136
	4.5	144	194	106	326	259	106
	5.0	115	173	85	293	187	85
0.6	2.0	631	370	472	619	2523	370
	2.5	402	295	300	494	1289	295
	3.0	277	245	206	410	743	206
	3.5	202	209	150	351	466	150
	4.0	153	182	113	306	310	113
	4.5	120	161	88	272	216	88
	5.0	96	144	70	244	156	70

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

ตาราง ก-4 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักกระบบตงพื้นไม้ขนาด 10 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม.

(LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 10" x 1.5" x 10mm.)



$$I = 3887 \text{ cm}^4$$

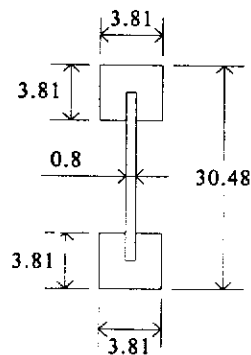
Dead load = 3.60 kg/m

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	1294	912	967	1303	5170	912
	2.5	824	728	615	1040	2641	615
	3.0	568	604	423	865	1523	423
	3.5	414	516	308	739	955	308
	4.0	314	450	233	645	636	233
	4.5	246	399	181	572	443	181
	5.0	197	358	145	514	320	145
0.4	2.0	970	684	725	977	3878	684
	2.5	618	546	461	780	1981	461
	3.0	426	453	317	648	1143	317
	3.5	311	387	231	554	716	231
	4.0	236	338	175	484	477	175
	4.5	184	299	136	429	332	136
	5.0	148	268	109	385	240	109
0.5	2.0	775	547	580	781	3101	547
	2.5	493	436	368	623	1584	368
	3.0	340	362	253	518	913	253
	3.5	248	309	184	443	572	184
	4.0	188	269	139	386	381	139
	4.5	147	239	108	343	265	108
	5.0	117	214	86	308	191	86
0.6	2.0	647	456	484	651	2585	456
	2.5	412	364	307	520	1321	307
	3.0	284	302	212	432	762	212
	3.5	207	258	154	370	477	154
	4.0	157	225	116	323	318	116
	4.5	123	199	91	286	221	91
	5.0	98	179	72	257	160	72

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

ตาราง ก-5 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักกระบบตงพื้นไม้ขนาด 12 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม.

(LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 12" x 1.5" x 8mm.)



$$I = 5994 \text{ cm}^4$$

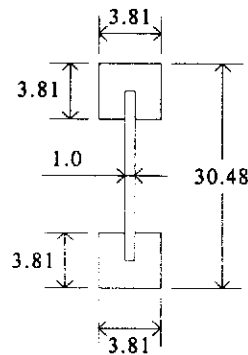
$$\text{Dead load} = 3.65 \text{ kg/m}$$

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	1666	898	1247	1589	7980	898
	2.5	1062	716	794	1269	4080	716
	3.0	734	595	547	1055	2356	547
	3.5	536	508	399	903	1479	399
	4.0	408	443	303	789	987	303
	4.5	319	393	237	700	690	237
	5.0	257	352	189	628	499	189
0.4	2.0	1250	674	935	1192	5985	674
	2.5	797	537	595	952	3060	537
	3.0	550	446	411	792	1767	411
	3.5	402	381	299	677	1109	299
	4.0	306	332	227	591	740	227
	4.5	240	294	177	525	517	177
	5.0	192	264	142	471	375	142
0.5	2.0	999	538	747	953	4787	538
	2.5	636	429	475	761	2447	429
	3.0	440	356	328	632	1413	328
	3.5	321	304	239	541	887	239
	4.0	244	265	181	472	591	181
	4.5	191	235	141	419	413	141
	5.0	153	210	113	376	299	113
0.6	2.0	833	449	623	795	3990	449
	2.5	531	358	397	634	2040	358
	3.0	367	297	274	528	1178	274
	3.5	268	254	199	451	740	199
	4.0	204	222	151	394	494	151
	4.5	160	196	118	350	345	118
	5.0	128	176	95	314	250	95

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

ตาราง ก-6 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักกระบบคานพื้นไม้ขนาด 12 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม.

(LIVELOAD CAPACITY FOR I - JOIST 12" x 1.5" x 10mm.)



$$I = 6193 \text{ cm}^4$$

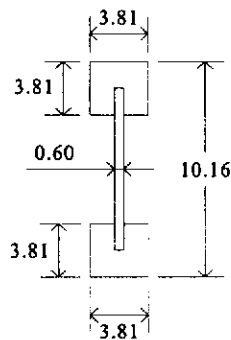
Dead load = 4.10 kg/m

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	1720	1102	1286	1686	8244	1102
	2.5	1096	879	818	1346	4214	818
	3.0	757	730	564	1120	2433	564
	3.5	552	624	411	958	1527	411
	4.0	419	544	311	836	1018	311
	4.5	328	482	243	742	711	243
	5.0	263	433	194	666	514	194
0.4	2.0	1289	826	964	1264	6182	826
	2.5	821	659	613	1009	3160	613
	3.0	567	547	422	839	1824	422
	3.5	414	467	307	718	1145	307
	4.0	314	408	233	627	763	233
	4.5	246	361	182	556	533	182
	5.0	197	324	145	499	385	145
0.5	2.0	1031	661	771	1011	4946	661
	2.5	657	527	490	807	2528	490
	3.0	453	438	338	671	1459	338
	3.5	331	374	246	574	915	246
	4.0	251	326	186	501	610	186
	4.5	196	289	145	444	426	145
	5.0	157	259	116	399	308	116
0.6	2.0	860	551	643	843	4122	551
	2.5	548	440	409	673	2107	409
	3.0	378	365	282	560	1216	282
	3.5	276	312	205	479	763	205
	4.0	210	272	156	418	509	156
	4.5	164	241	121	371	355	121
	5.0	132	216	97	333	257	97

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

ตาราง ก-7 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักกระบบตงฝ้าไม้ขนาด 4 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 6 มม.

(LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 4" x 1.5" x 6mm.)



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

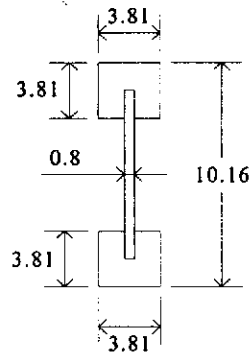
$$\text{Dead load} = 2.15 \text{ kg/m}$$

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

ตาราง ก-8 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจรระบบตงฝ้าไม้ขนาด 4 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม.

(LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 4" x 1.5" x 8mm.)



$$I = 329 \text{ cm}^4$$

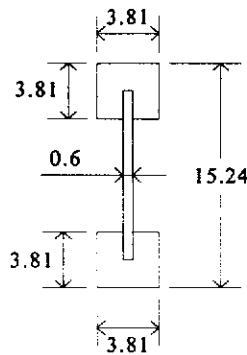
Dead load = 1.25 kg/m

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	255	199	351	430	199
	2.5	169	202	125	280	217	125
	3.0	115	167	84	232	122	84
	3.5	82	142	60	197	74	60
	4.0	61	123	44	172	47	44
	4.5	47	109	33	152	30	30
	5.0	36	97	25	136	20	20
0.4	2.0	201	191	149	264	323	149
	2.5	127	152	93	210	162	93
	3.0	86	125	63	174	91	63
	3.5	62	107	45	148	55	45
	4.0	46	93	33	129	35	33
	4.5	35	82	25	114	23	23
	5.0	27	73	19	102	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

ตาราง ก-9 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักจระบบคานาไม้ขนาด 6 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 6 มม.

(LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 6" x 1.5" x 6mm.)



$$I = 1005 \text{ cm}^4$$

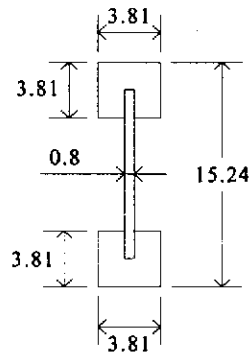
$$\text{Dead load} = 2.40 \text{ kg/m}$$

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	555	314	414	597	1333	314
	2.5	352	250	262	476	678	250
	3.0	242	207	180	396	389	180
	3.5	176	176	130	338	242	130
	4.0	133	153	98	295	160	98
	4.5	103	135	75	261	110	75
	5.0	82	121	60	234	78	60
0.4	2.0	416	236	311	448	999	236
	2.5	264	187	197	357	509	187
	3.0	182	155	135	297	292	135
	3.5	132	132	97	253	182	97
	4.0	100	115	73	221	120	73
	4.5	77	101	57	196	82	57
	5.0	62	91	45	176	58	45
0.5	2.0	333	188	248	358	799	188
	2.5	211	150	157	286	407	150
	3.0	145	124	108	237	233	108
	3.5	105	106	78	203	145	78
	4.0	79	92	58	177	96	58
	4.5	62	81	45	156	66	45
	5.0	49	72	36	140	46	36
0.6	2.0	277	157	207	299	666	157
	2.5	176	125	131	238	339	125
	3.0	121	103	90	198	195	90
	3.5	88	88	65	169	121	65
	4.0	66	77	49	147	80	49
	4.5	52	68	38	131	55	38
	5.0	41	60	30	117	39	30

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

ตาราง ก-10 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักกระบบคานาไม้ขนาด 6 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม.

(LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 6" x 1.5" x 8mm.)



$$I = 1013 \text{ cm}^4$$

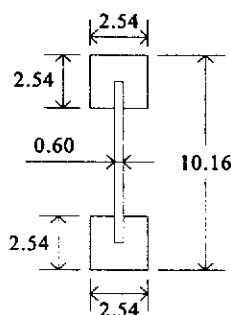
Dead load = 2.55 kg/m

Spacing (m)	Span (m)	Wb (kg/m ¹)	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	558	417	416	615	1341	416
	2.5	354	332	263	490	682	263
	3.0	243	275	180	407	391	180
	3.5	176	234	130	348	243	130
	4.0	133	204	97	303	160	97
	4.5	103	180	75	268	110	75
	5.0	82	161	59	241	77	59
0.4	2.0	418	312	312	461	1006	312
	2.5	265	249	197	368	512	197
	3.0	182	206	135	305	293	135
	3.5	132	176	97	261	182	97
	4.0	99	153	73	227	120	73
	4.5	77	135	56	201	82	56
	5.0	61	121	44	180	58	44
0.5	2.0	334	250	249	369	804	249
	2.5	212	198	157	294	409	157
	3.0	145	164	107	244	234	107
	3.5	105	140	77	208	145	77
	4.0	79	122	58	181	95	58
	4.5	61	108	44	160	65	44
	5.0	48	96	35	144	46	35
0.6	2.0	279	208	208	307	670	208
	2.5	176	165	131	245	341	131
	3.0	121	137	90	203	195	90
	3.5	88	117	64	173	121	64
	4.0	66	101	48	151	79	48
	4.5	51	90	37	134	54	37
	5.0	40	80	29	120	38	29

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

ตาราง ก-11 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักกระบวนแป้หลังคาขนาด 4 นิ้ว x 1 นิ้ว x 6 มม.

(LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 4" x 1" x 6mm.)



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

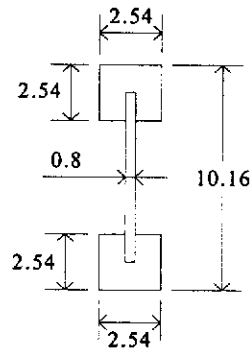
$$\text{Dead load} = 1.20 \text{ kg/m}$$

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

ตาราง ก-12 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักกระบบแปลหลังคาขนาด 4 นิ้ว x 1 นิ้ว x 8 มม.

(LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 4" x 1" x 8mm.)



$$I = 203 \text{ cm}^4$$

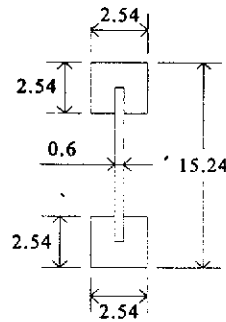
Dead load = 1.25 kg/m

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	164	207	121	418	263	121
	2.5	103	165	76	333	132	76
	3.0	70	136	51	277	74	51
	3.5	50	116	36	237	45	36
	4.0	37	101	27	206	28	27
	4.5	28	89	20	183	19	19
	5.0	22	80	15	164	12	12
0.4	2.0	122	155	91	313	197	91
	2.5	77	123	57	250	99	57
	3.0	52	102	38	207	55	38
	3.5	37	87	27	177	33	27
	4.0	28	76	20	155	21	20
	4.5	21	67	15	137	14	14
	5.0	16	60	11	123	9	9
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

ตาราง ก-13 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักกระบบแปหลังคาขนาด 6 นิ้ว x 1 นิ้ว x 6 มม.

(LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 6" x 1" x 6mm.)



$$I = 579 \text{ cm}^4$$

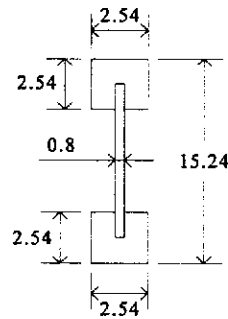
Dead load = 1.45 kg/m

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	320	328	238	734	768	238
	2.5	203	262	151	586	391	151
	3.0	139	217	103	488	224	103
	3.5	101	185	74	417	139	74
	4.0	76	162	56	364	92	56
	4.5	59	143	43	323	63	43
	5.0	47	128	34	291	44	34
0.4	2.0	239	246	179	550	576	179
	2.5	152	196	113	439	293	113
	3.0	104	163	77	365	168	77
	3.5	75	139	56	313	104	56
	4.0	57	121	42	273	68	42
	4.5	44	107	32	242	47	32
	5.0	35	96	25	218	33	25
0.5	2.0	192	197	143	440	461	143
	2.5	122	157	90	352	234	90
	3.0	84	130	62	293	134	62
	3.5	61	111	45	250	84	45
	4.0	46	97	34	219	55	34
	4.5	35	86	26	194	38	26
	5.0	28	77	20	174	27	20
0.6	2.0	159	164	119	366	383	119
	2.5	101	130	75	293	195	75
	3.0	69	108	51	243	112	51
	3.5	50	92	37	208	69	37
	4.0	38	80	27	182	45	27
	4.5	29	71	21	161	31	21
	5.0	23	64	16	145	22	16

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

ตาราง ก-14 ผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักกระบบแปหลังคาขนาด 6 นิ้ว x 1 นิ้ว x 8 มม.

(LIVELOAD CAPACITY FOR I-JOIST 6" x 1" x 8mm.)



$$I = 597 \text{ cm}^4$$

Dead load = 1.65 kg/m

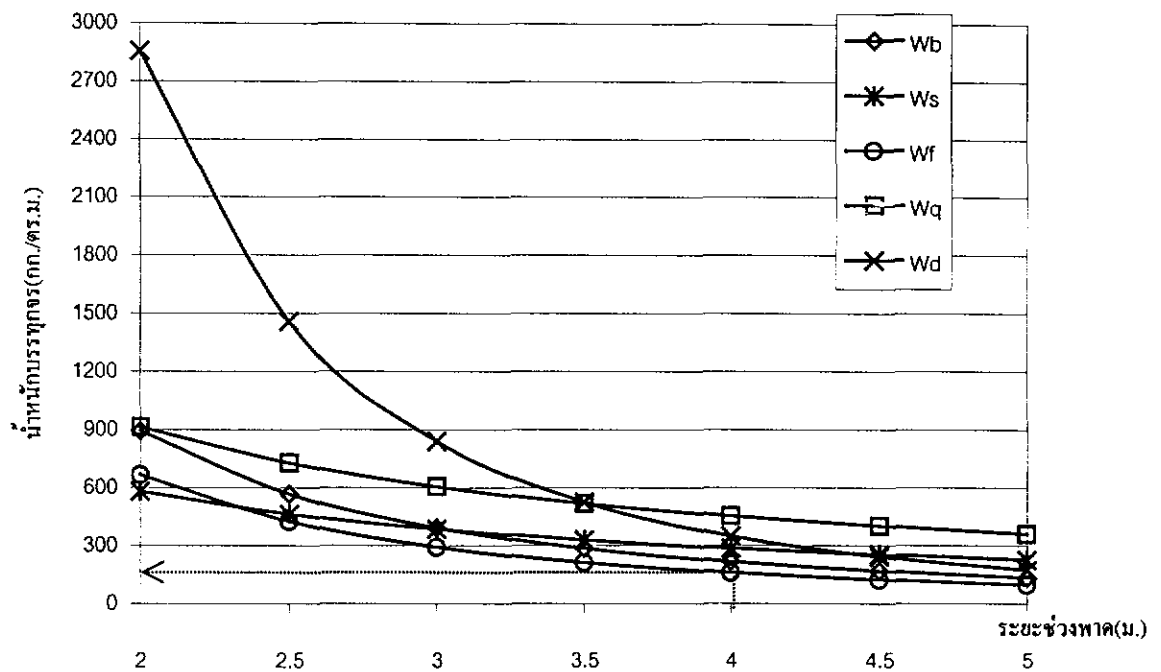
Spacing (m)	Span (m)	Wb (kg/m ²)	Ws (kg/m ²)	Wf (kg/m ²)	Wq (kg/m ²)	Wd (kg/m ²)	Allowable load (kg/m ²)
0.3	2.0	328	429	245	787	790	245
	2.5	208	342	154	628	402	154
	3.0	143	284	105	522	230	105
	3.5	103	242	76	447	143	76
	4.0	78	211	57	390	94	57
	4.5	60	187	44	346	64	44
	5.0	47	168	34	311	45	34
0.4	2.0	246	321	183	589	592	183
	2.5	155	256	115	471	301	115
	3.0	106	212	79	391	172	79
	3.5	77	181	56	335	106	56
	4.0	58	158	42	292	70	42
	4.5	45	140	32	259	47	32
	5.0	35	125	25	233	33	25
0.5	2.0	197	257	146	472	474	146
	2.5	124	205	92	376	241	92
	3.0	85	170	63	313	138	63
	3.5	62	145	45	268	85	45
	4.0	46	126	34	234	56	34
	4.5	36	112	26	207	38	26
	5.0	28	100	20	186	27	20
0.6	2.0	164	214	122	393	395	122
	2.5	104	171	77	314	201	77
	3.0	71	142	53	261	115	53
	3.5	52	121	38	223	71	38
	4.0	39	106	28	195	47	28
	4.5	30	94	22	173	32	22
	5.0	24	84	17	156	22	17

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

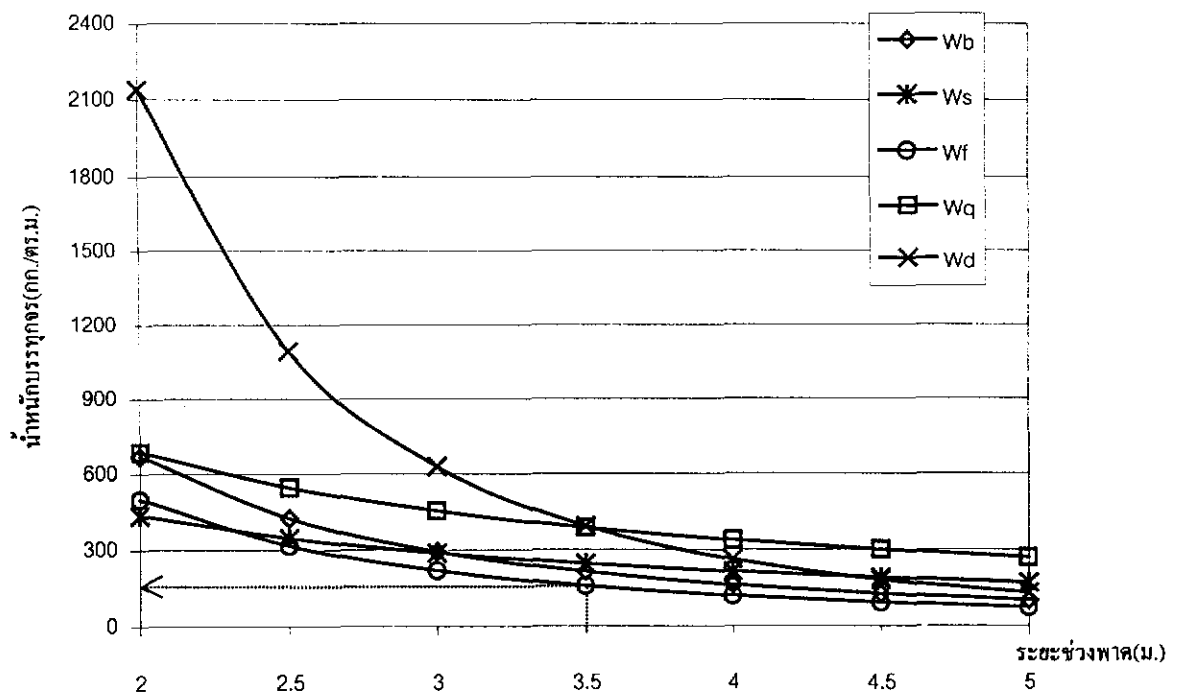
ภาคผนวก ข

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด

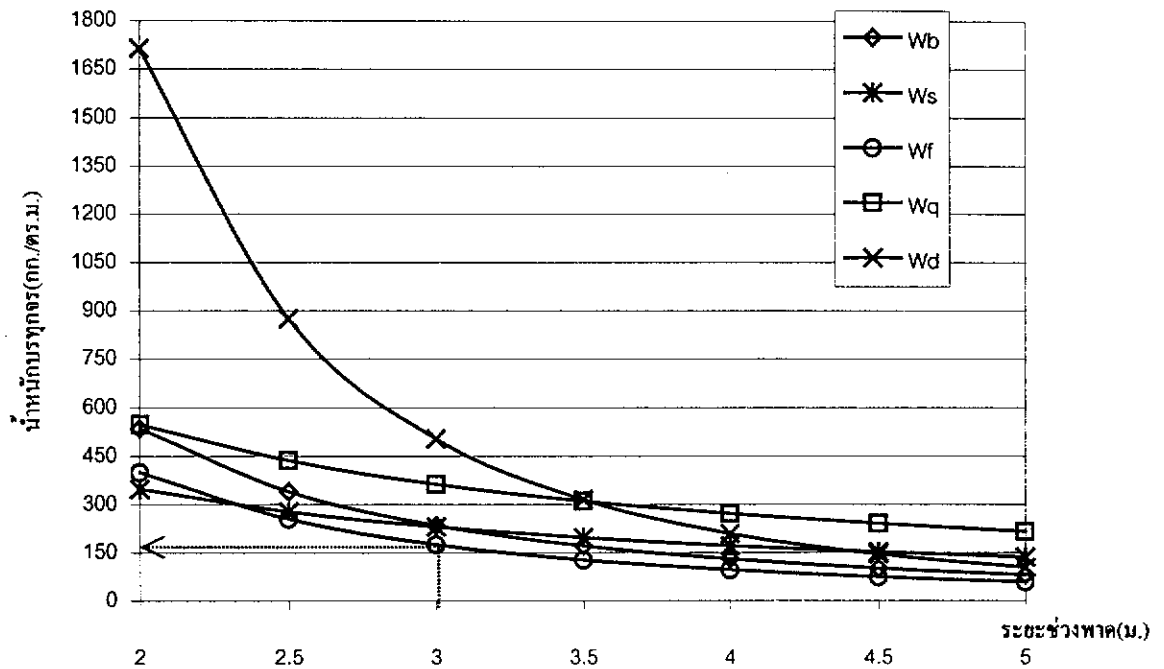
รูป ข-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบคงพื้นไม้ขนาด 8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.3ม.



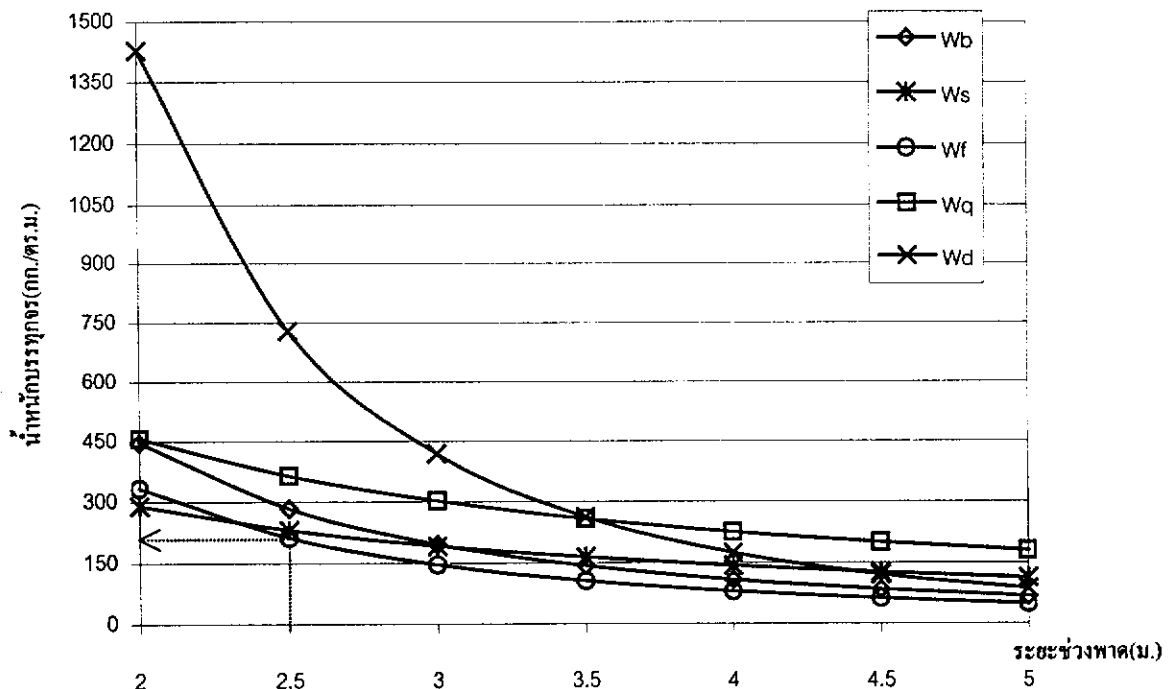
รูป ข-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบคงพื้นไม้ขนาด 8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.4ม.)



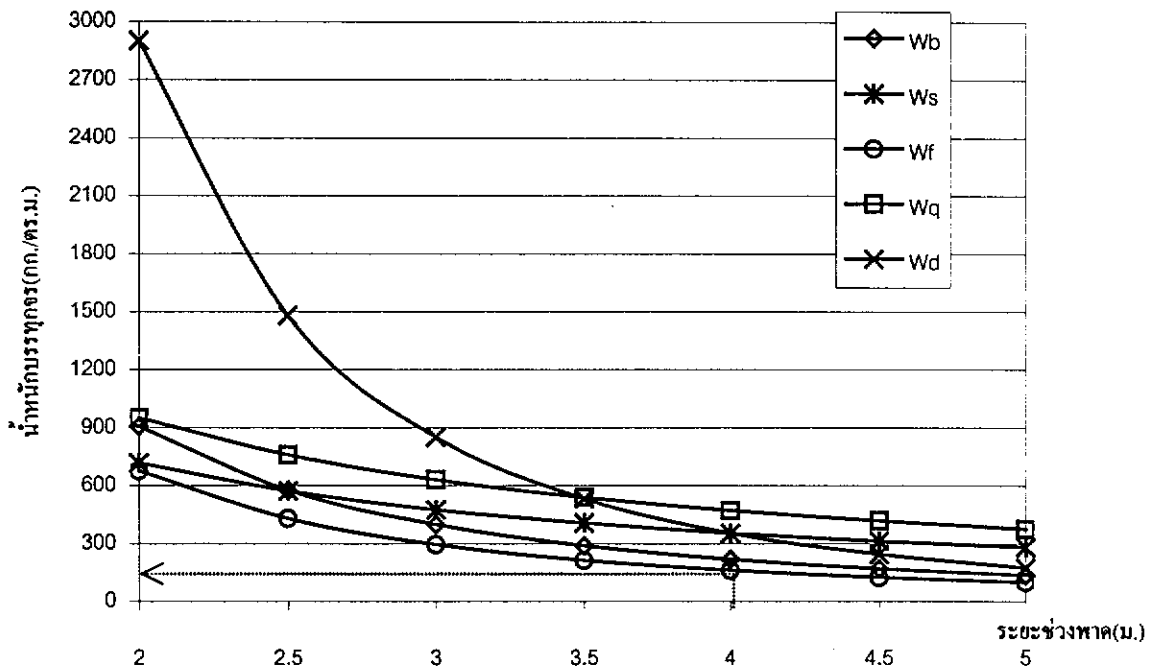
รูป ข-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.5 ม.



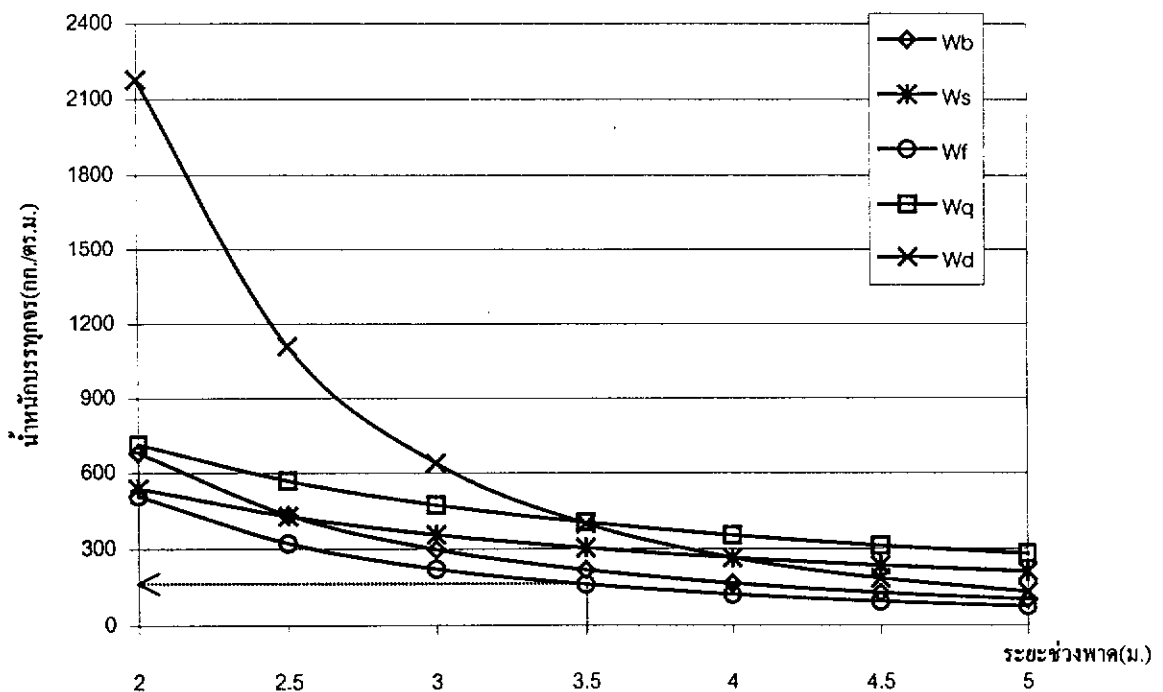
รูป ข-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.6 ม.



รูป ข-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด
ระบบคองพื้น ไม้ขนาด 8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม. @ 0.3 ม.

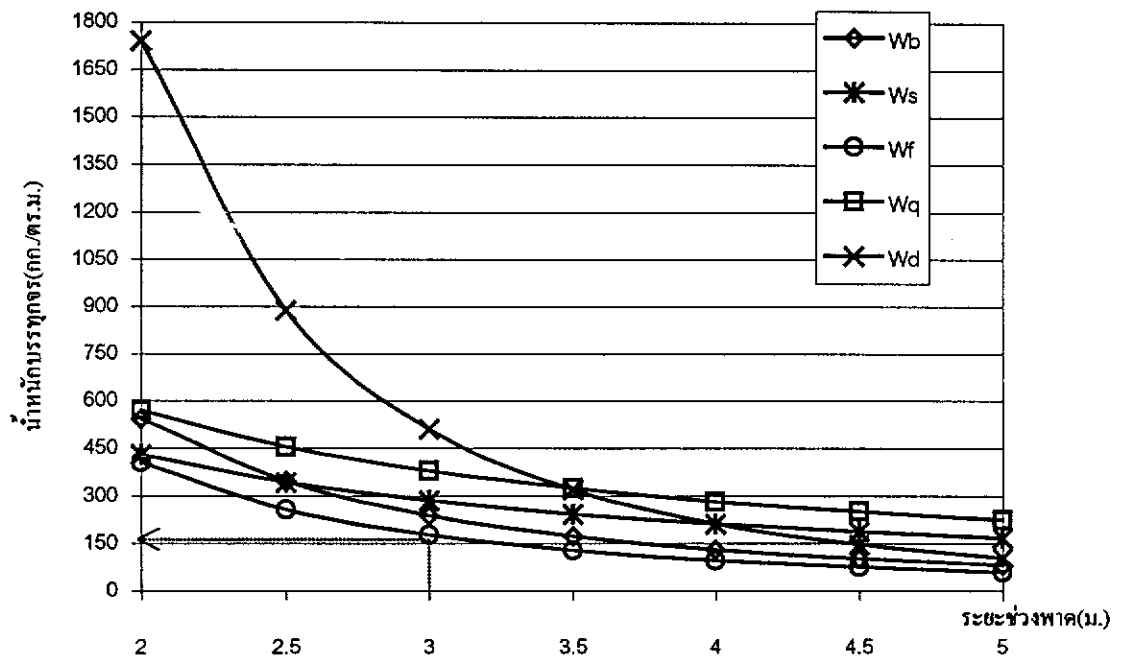


รูป ข-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด
ระบบคองพื้น ไม้ขนาด 8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม. @ 0.4 ม.



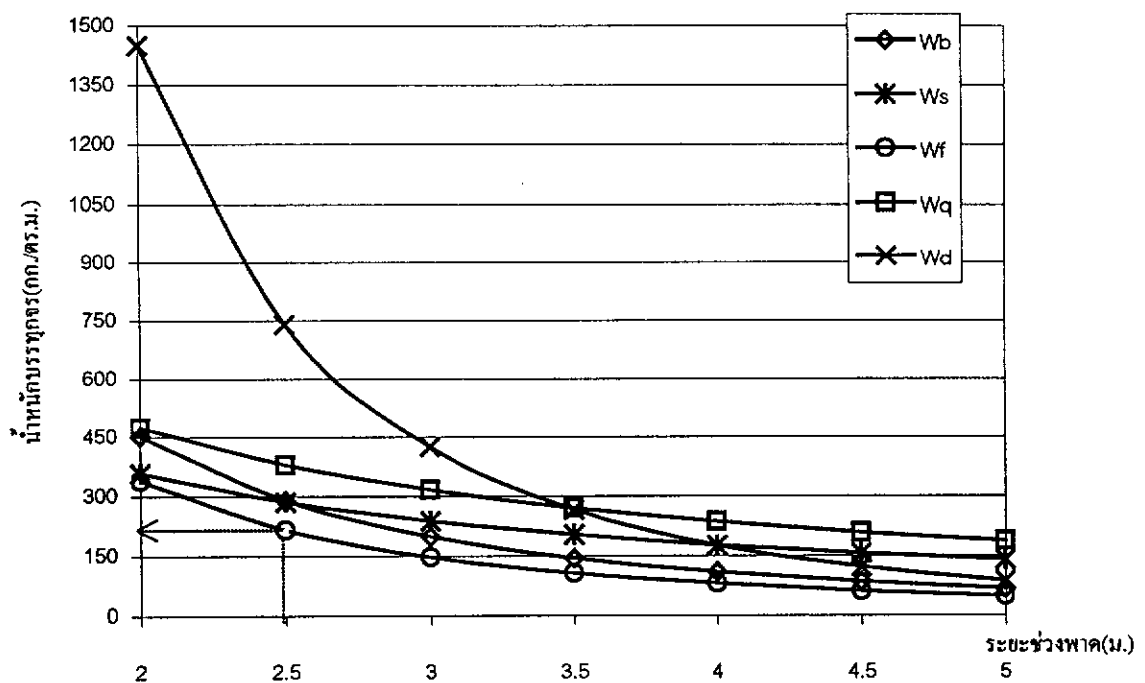
รูป ข-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทกจรและระยะช่วงพาด

ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม. @ 0.5 ม.

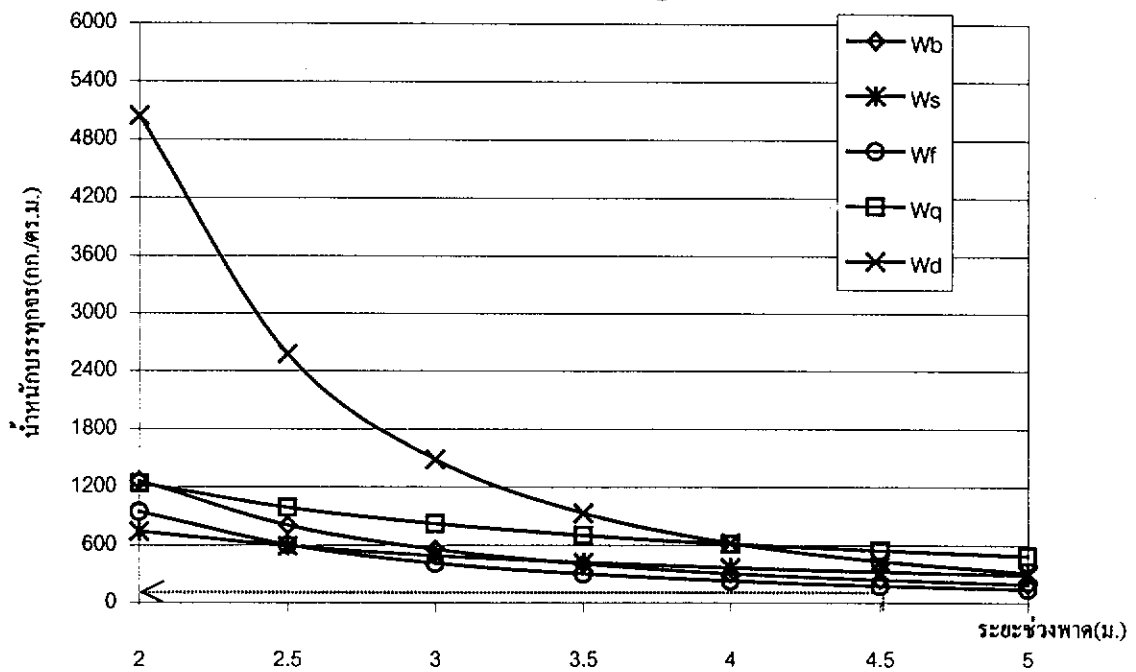


รูป ข-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทกจรและระยะช่วงพาด

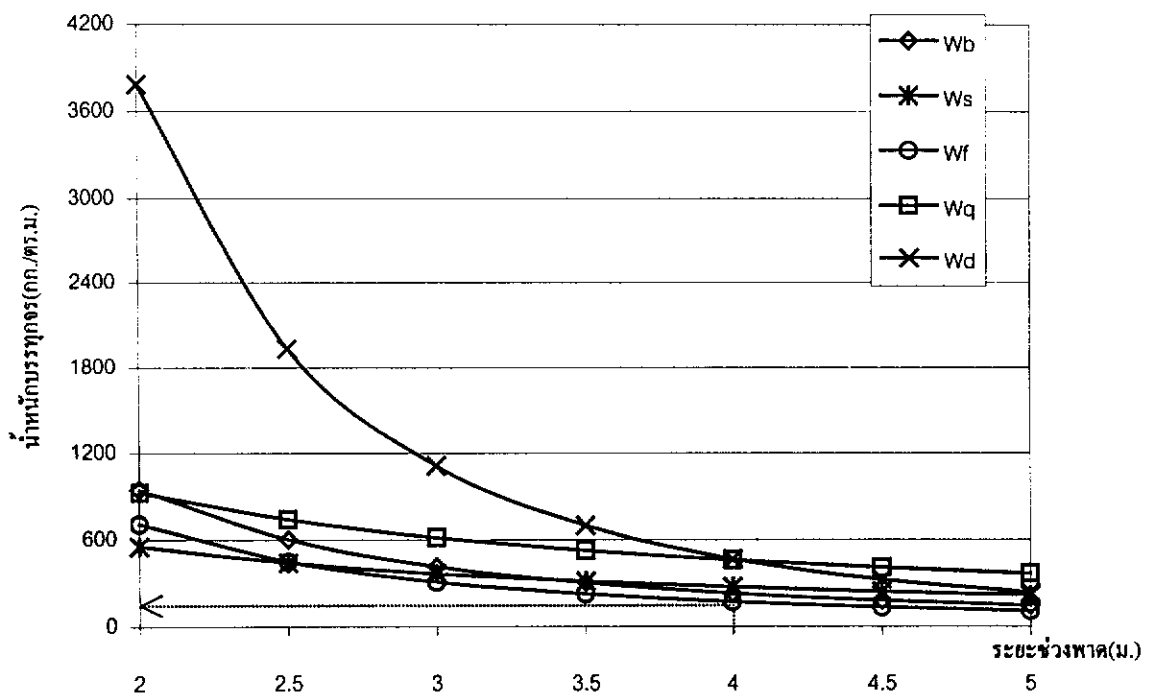
ระบบตงพื้นไม้ขนาด 8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม. @ 0.6 ม.



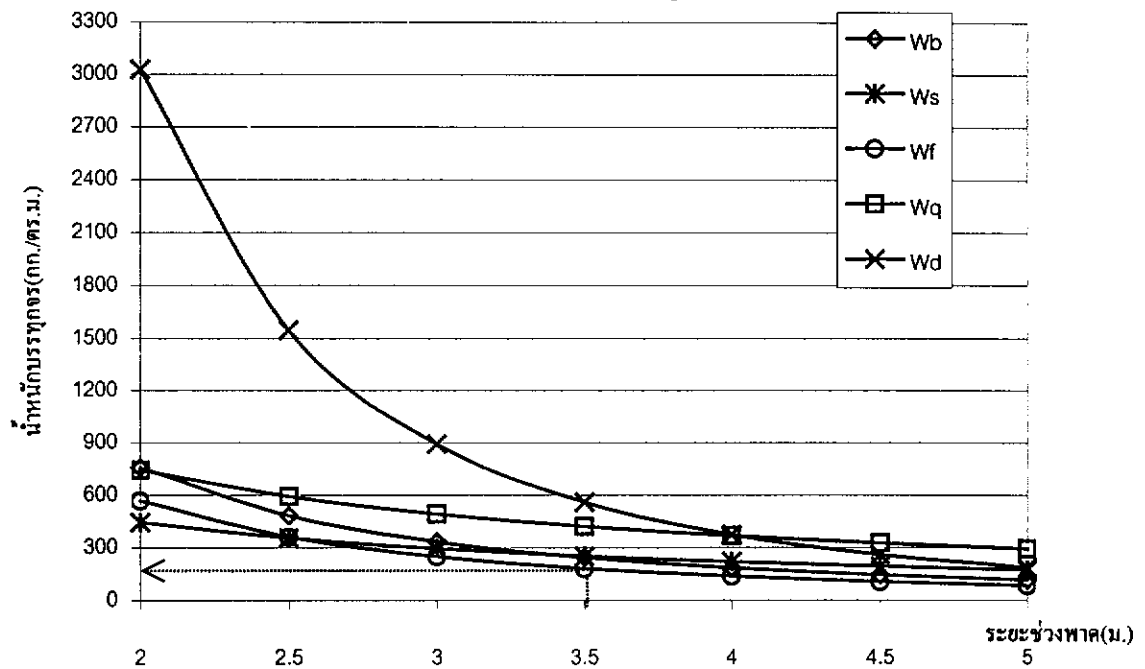
รูป ข-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด
ระบบตงพื้น ไม้ขนาด 10 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.3 ม.



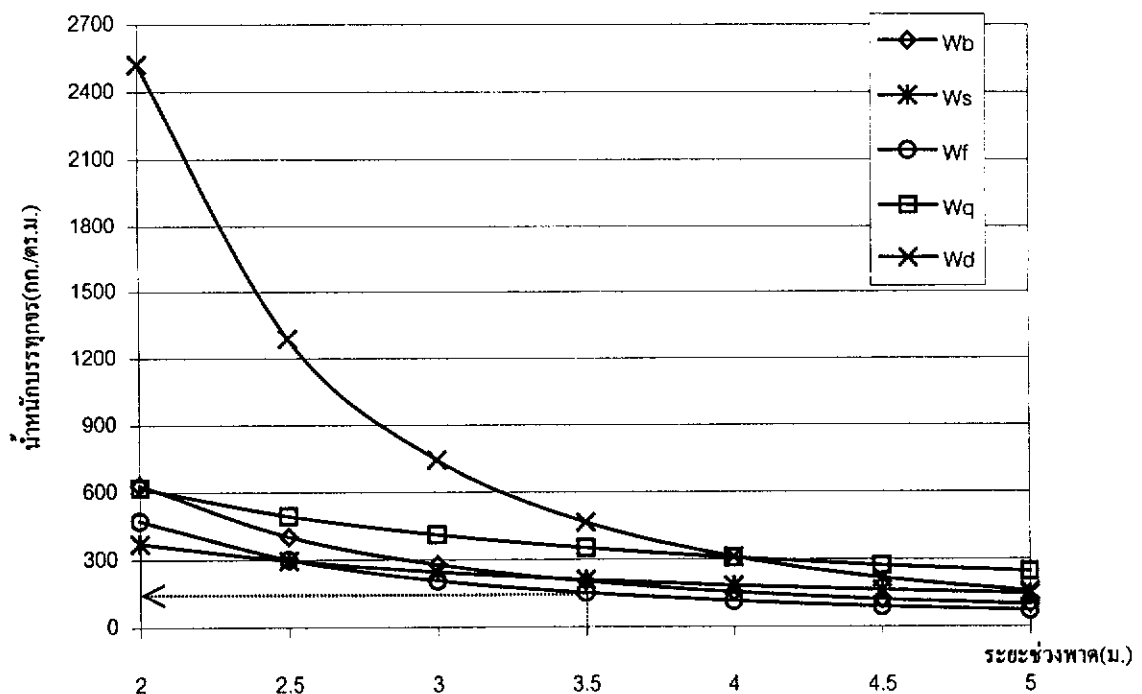
รูป ข-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด
ระบบตงพื้น ไม้ขนาด 10 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.4 ม.



รูป ข-11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบดงพื้นไม้ขนาด 10 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.5 ม.

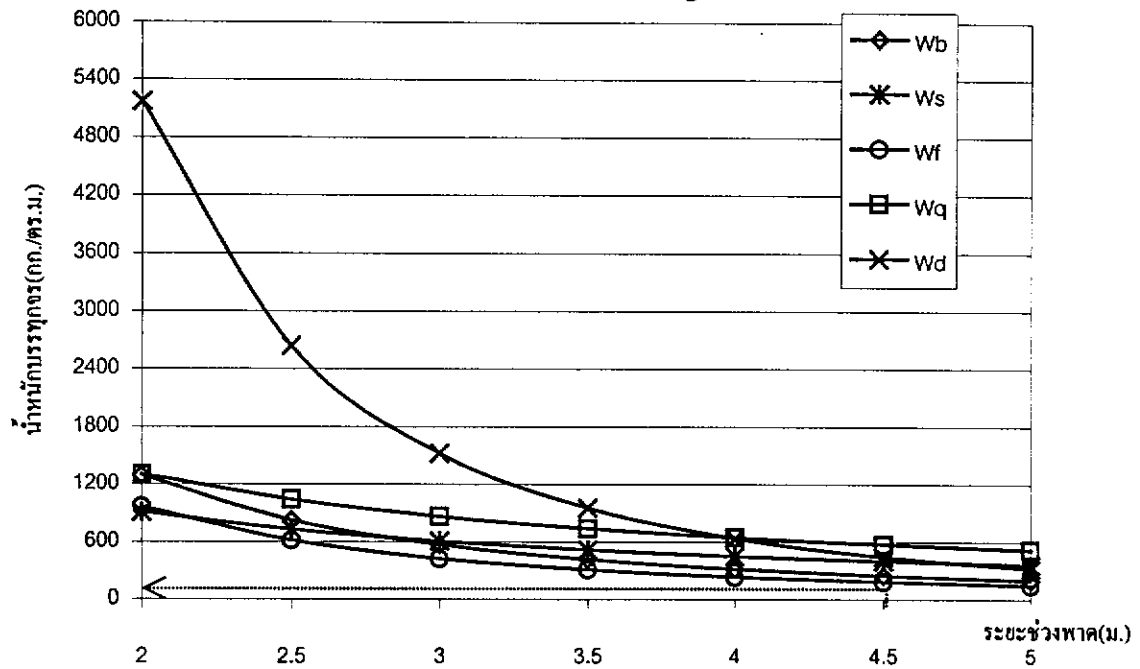


รูป ข-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบดงพื้นไม้ขนาด 10 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.6 ม.



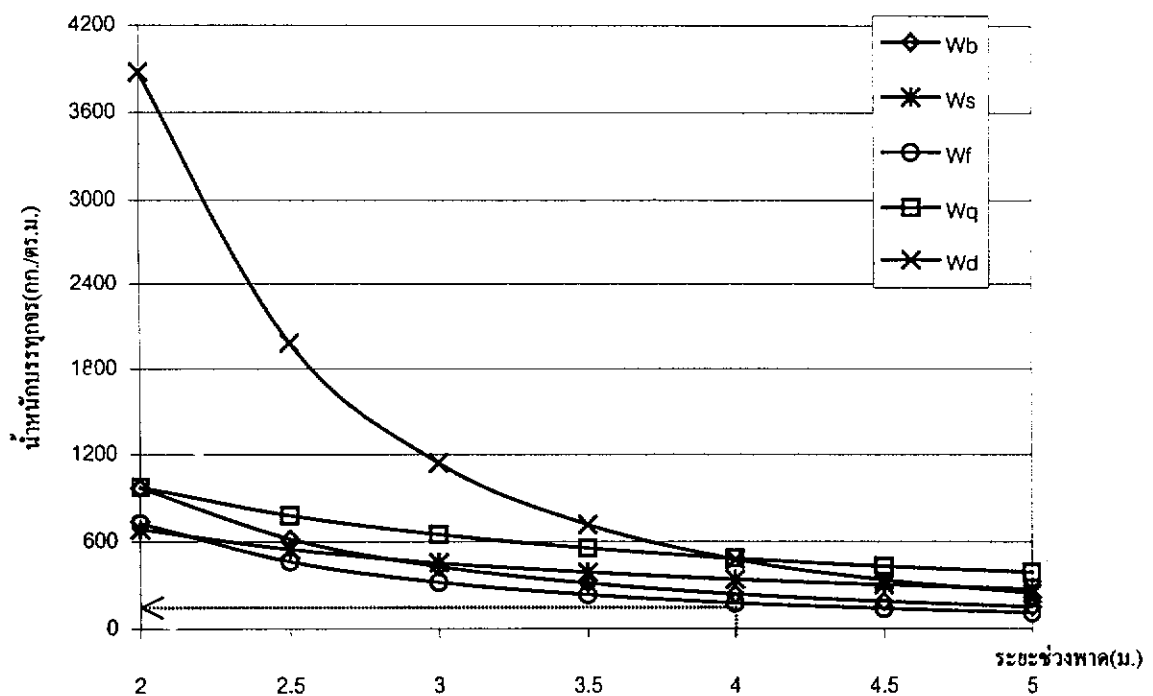
รูป ข-13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด

ระบบคงพื้นไม้ขนาด 10 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม. @ 0.3 ม.

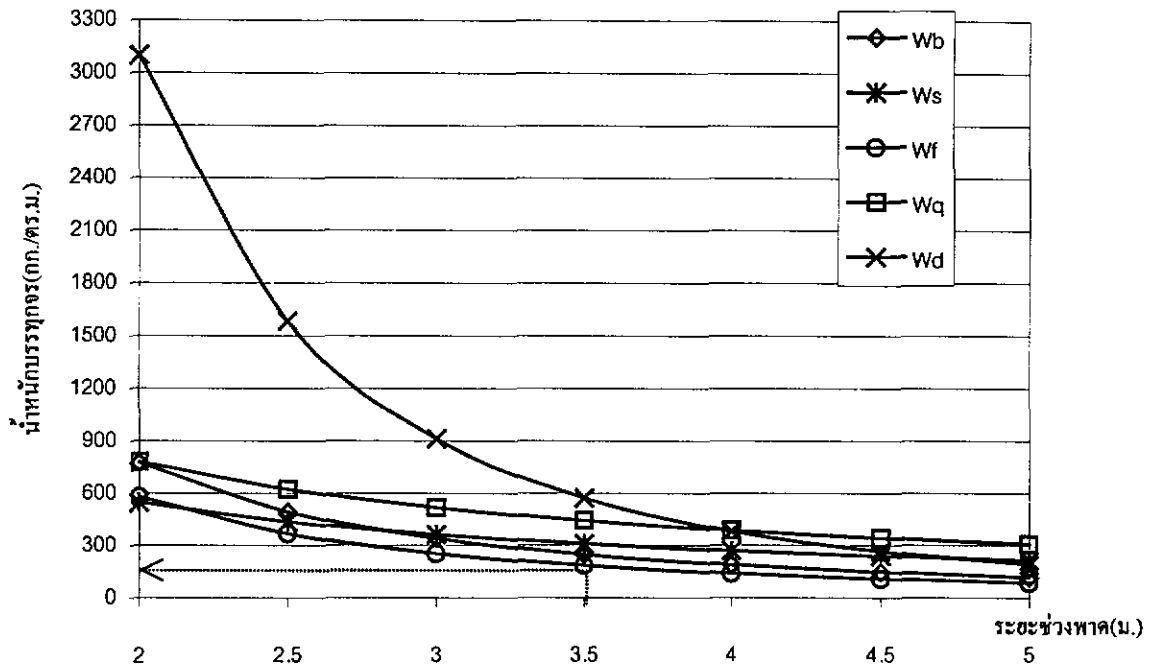


รูป ข-14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด

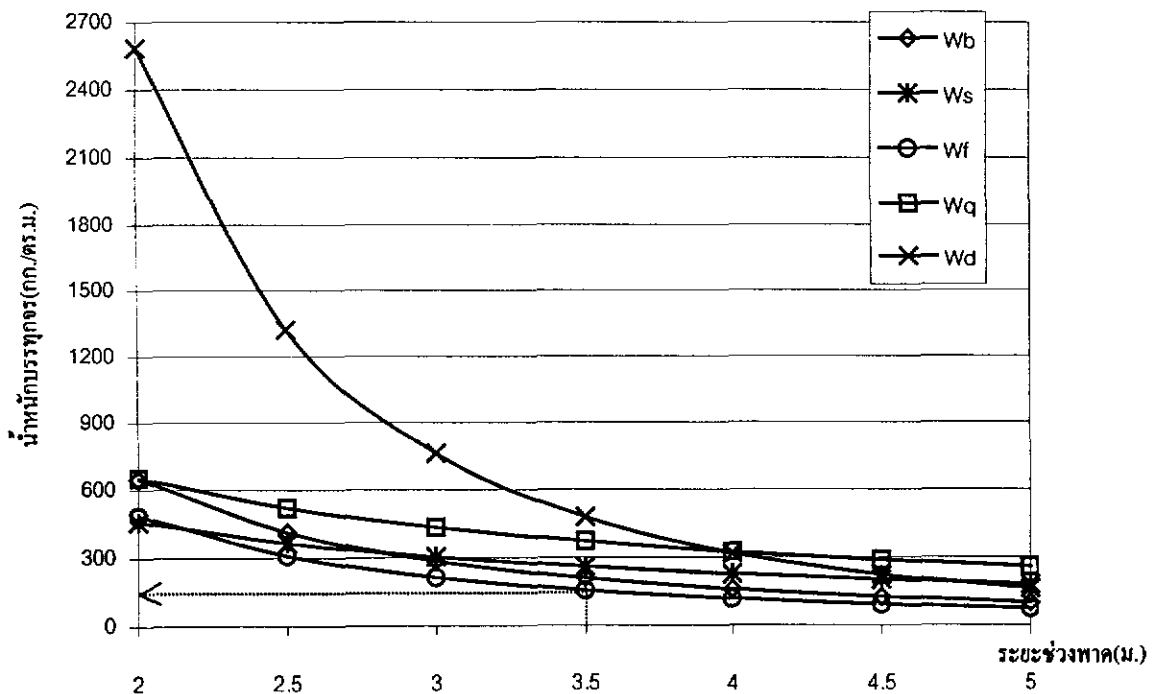
ระบบคงพื้นไม้ขนาด 10 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม. @ 0.4 ม.



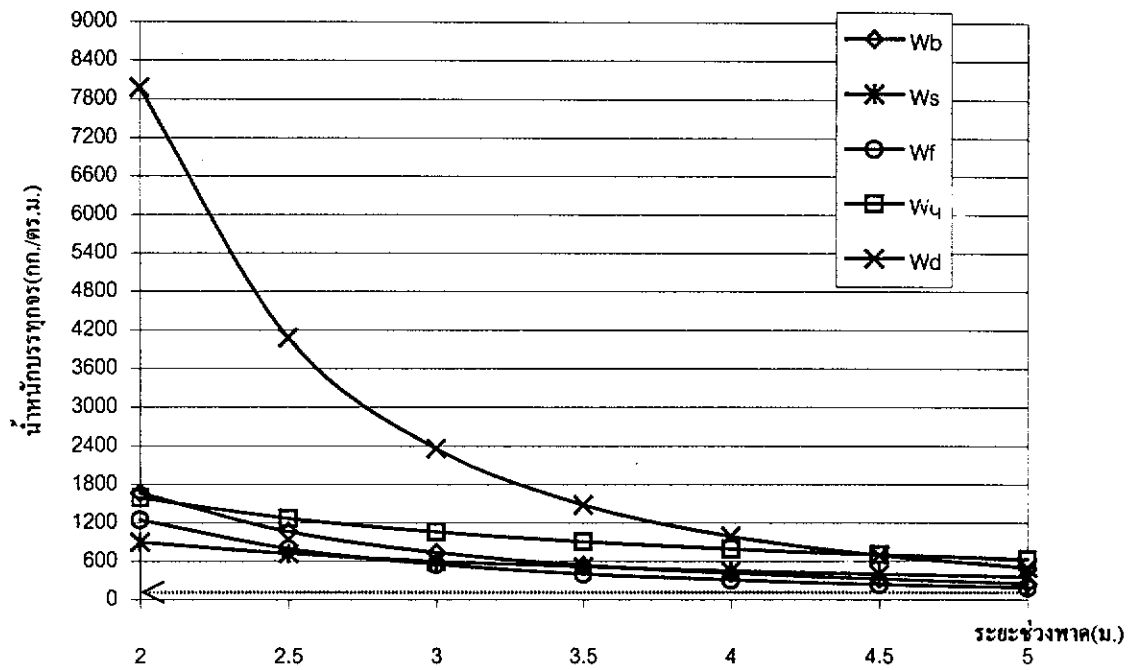
รูป ข-15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด
ระบบคาน้ำหน้าขนาด 10 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม. @ 0.5 ม.



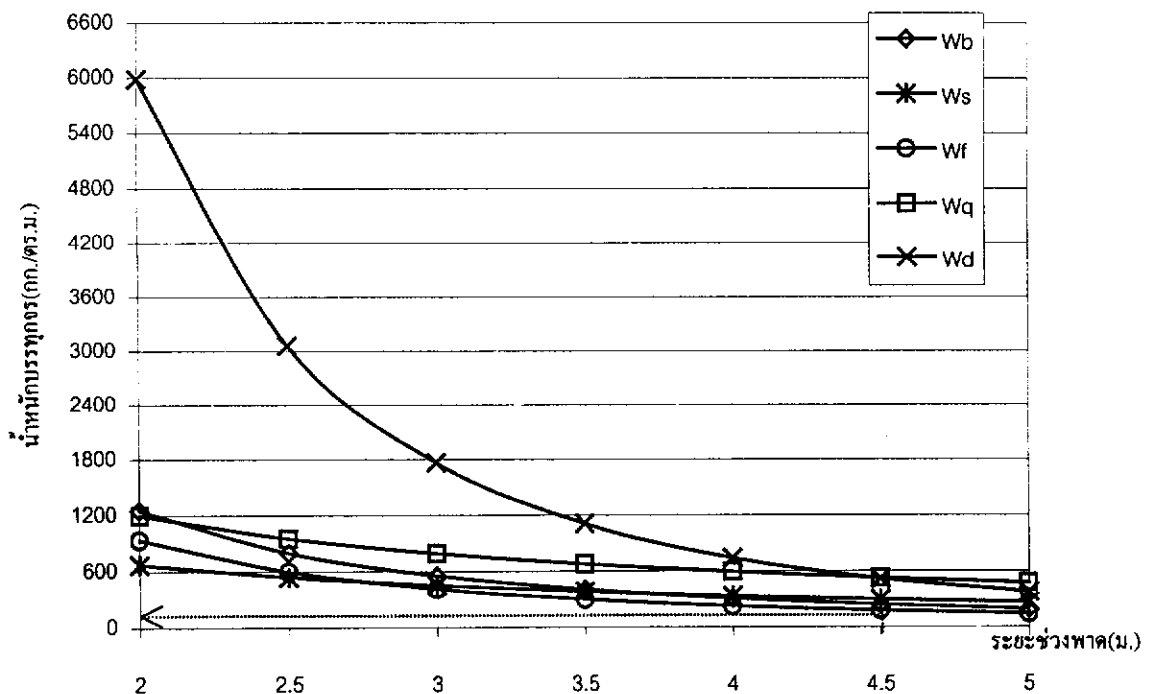
รูป ข-16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด
ระบบคาน้ำหน้าขนาด 10 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม. @ 0.6 ม.



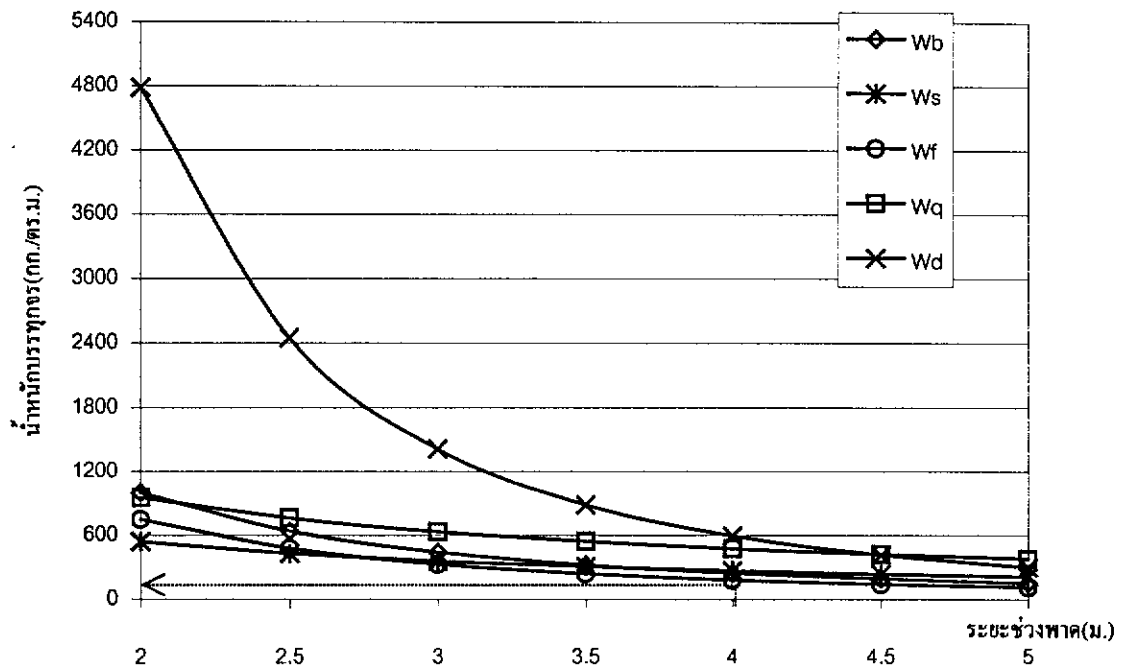
รูป ข-17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบตงพื้นไม้ขนาด 12 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.3ม.



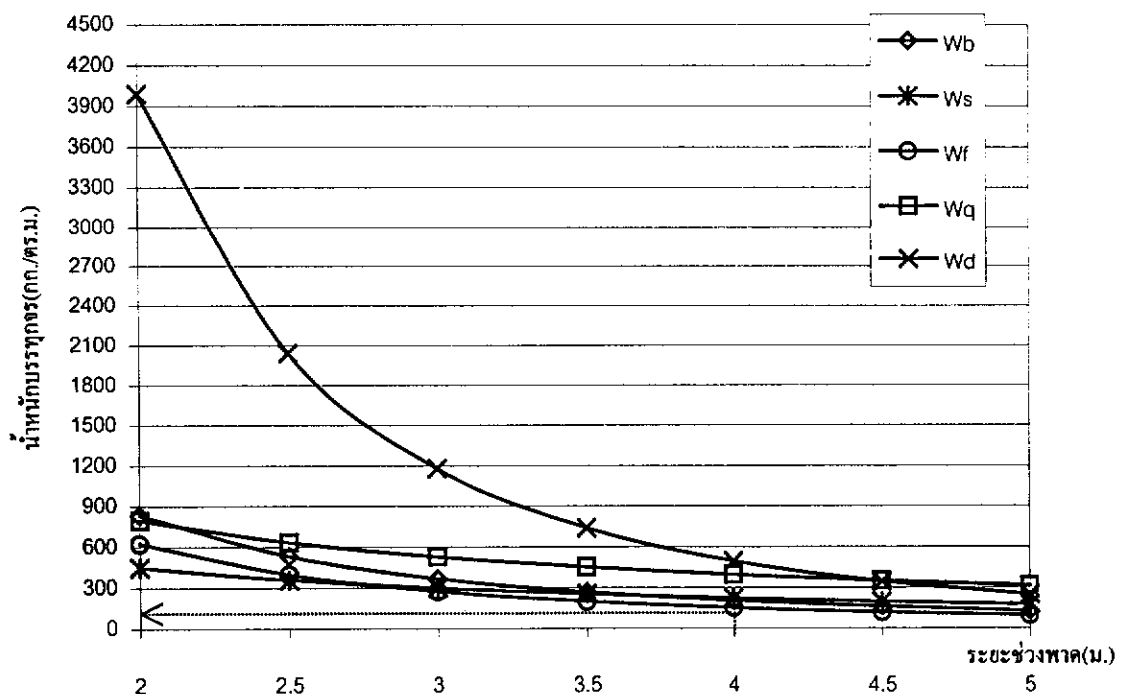
รูป ข-18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบตงพื้นไม้ขนาด 12 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.4ม.



รูป ข-19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบคดพื้น ไม้ขนาด 8 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.5ม.

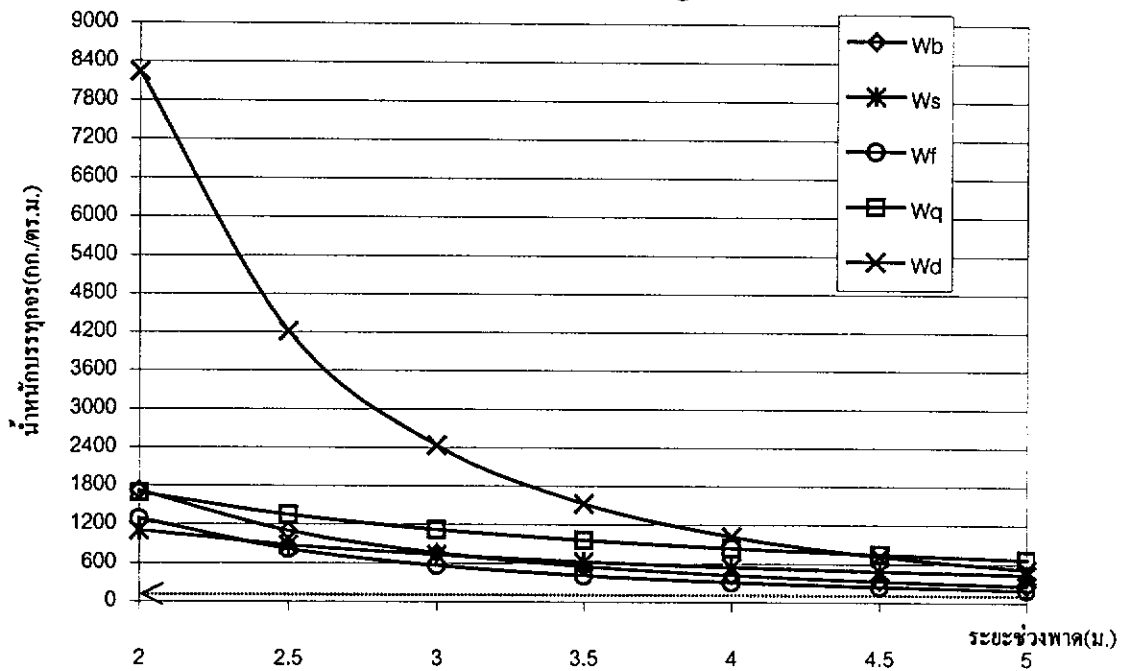


รูป ข-20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบคดพื้น ไม้ขนาด 12 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.6ม.



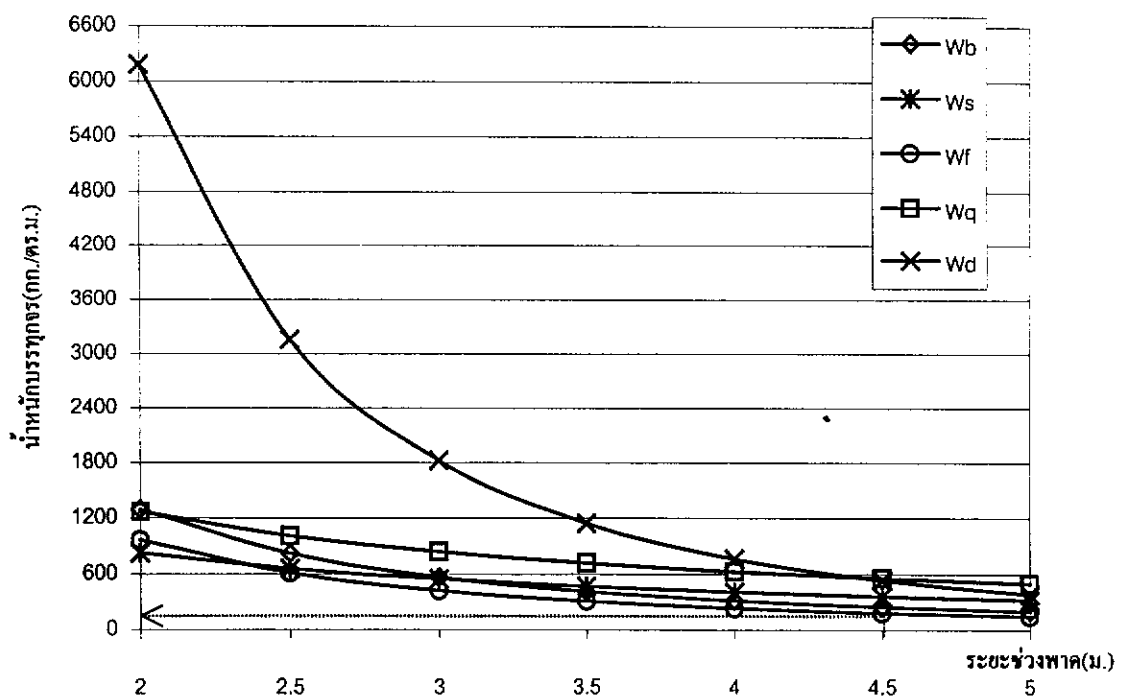
รูป ข-21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทกจรและระยะช่วงพาด

ระบบดงพื้นไม้ขนาด 12 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม. @ 0.3 ม.

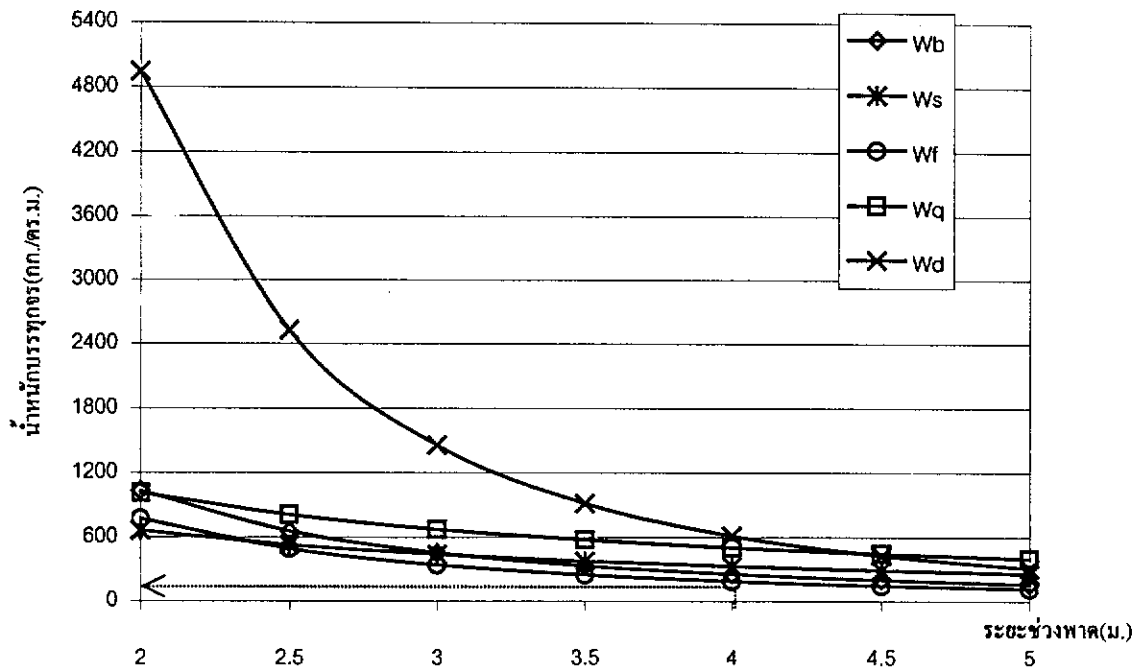


รูป ข-22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทกจรและระยะช่วงพาด

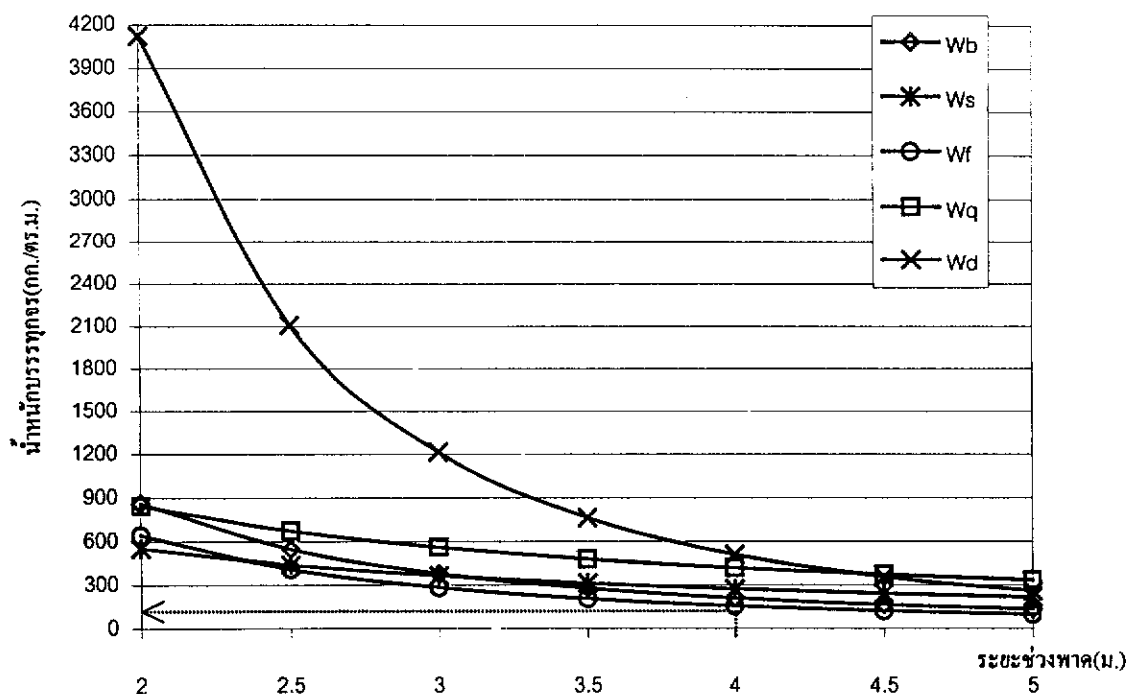
ระบบดงพื้นไม้ขนาด 12 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม. @ 0.4 ม.



รูป ข-23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบคานพื้นไม้ขนาด 12 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม. @ 0.5 ม.

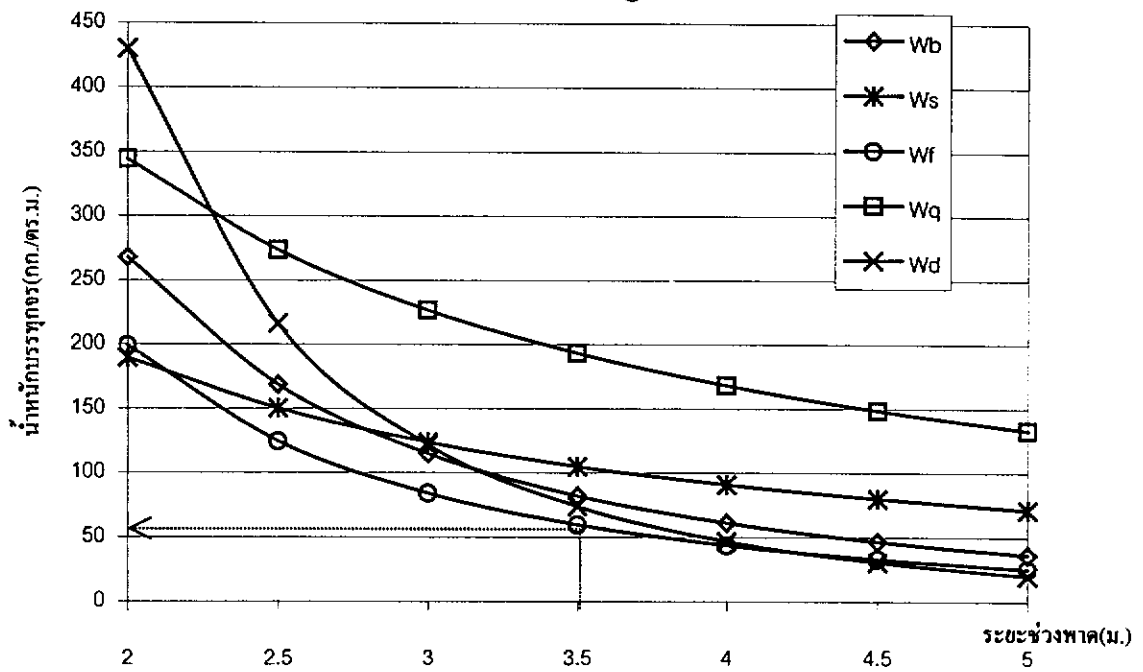


รูป ข-24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบคานพื้นไม้ขนาด 12 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 10 มม. @ 0.6 ม.



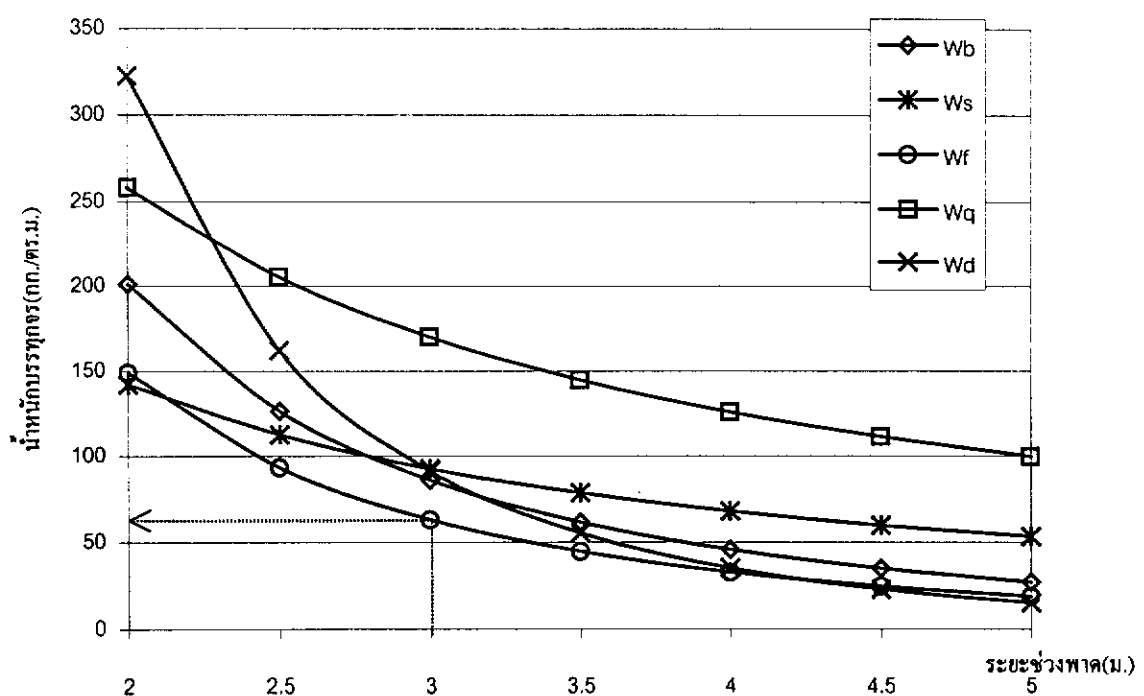
รูป ข-25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด

ระบบตงฝ่าไม้ขนาด 4 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 6 มม. @ 0.3 ม.

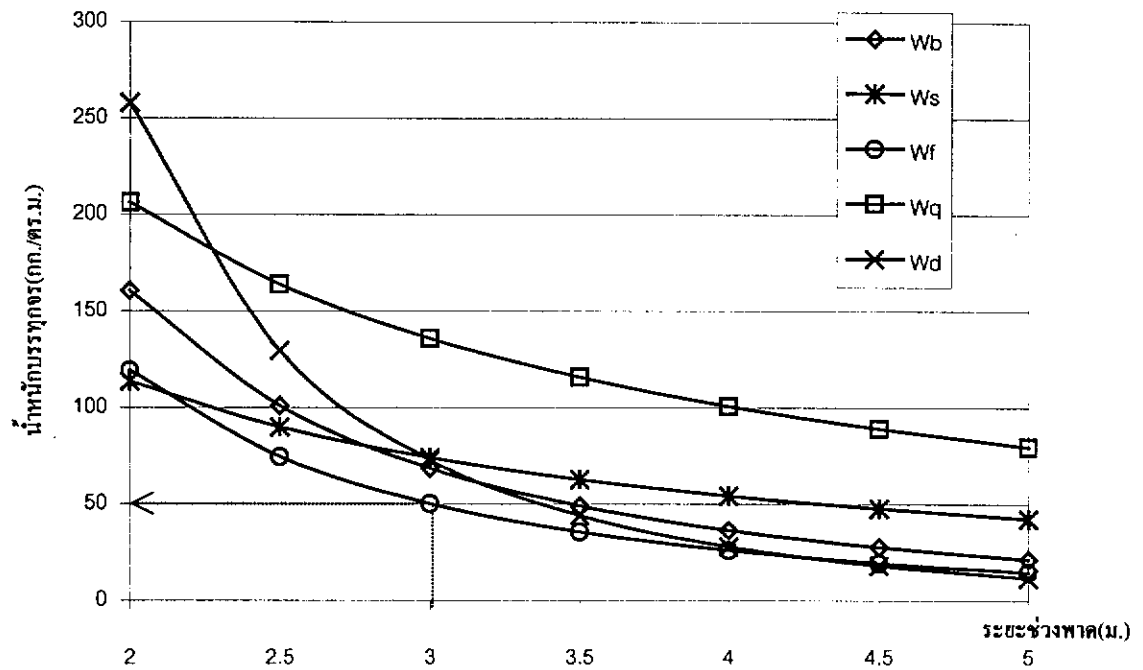


รูป ข-26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด

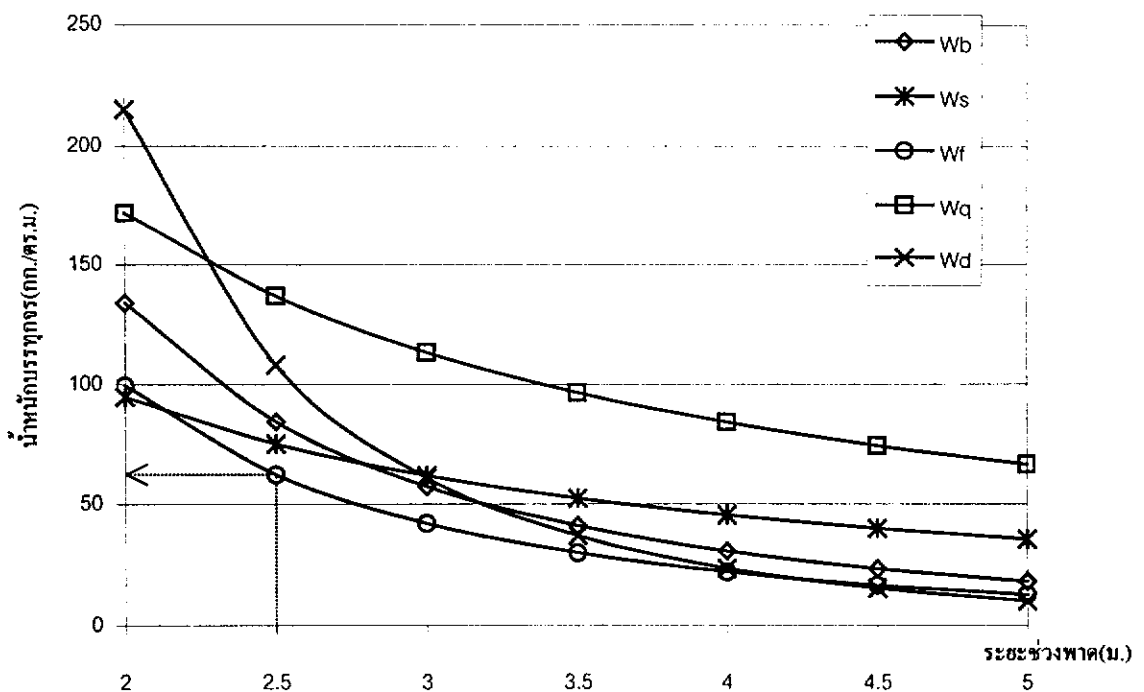
ระบบตงฝ่าไม้ขนาด 4 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 6 มม. @ 0.4 ม.



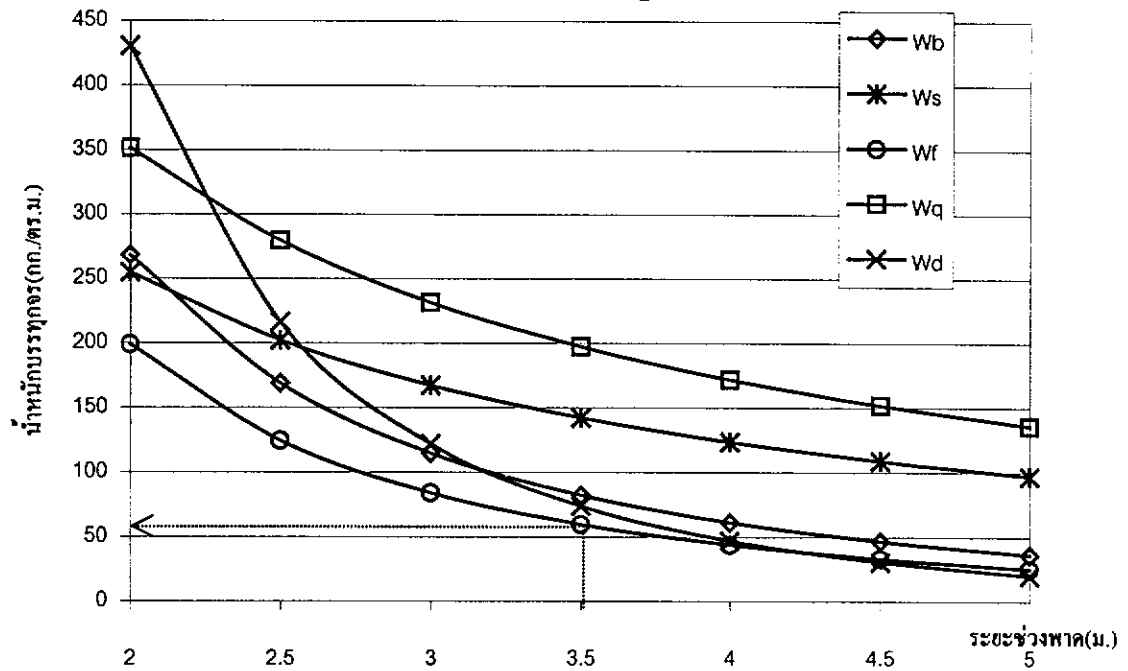
รูป ข-27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบตงฝ่าไม้ขนาด 4 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 6 มม. @ 0.5 ม.



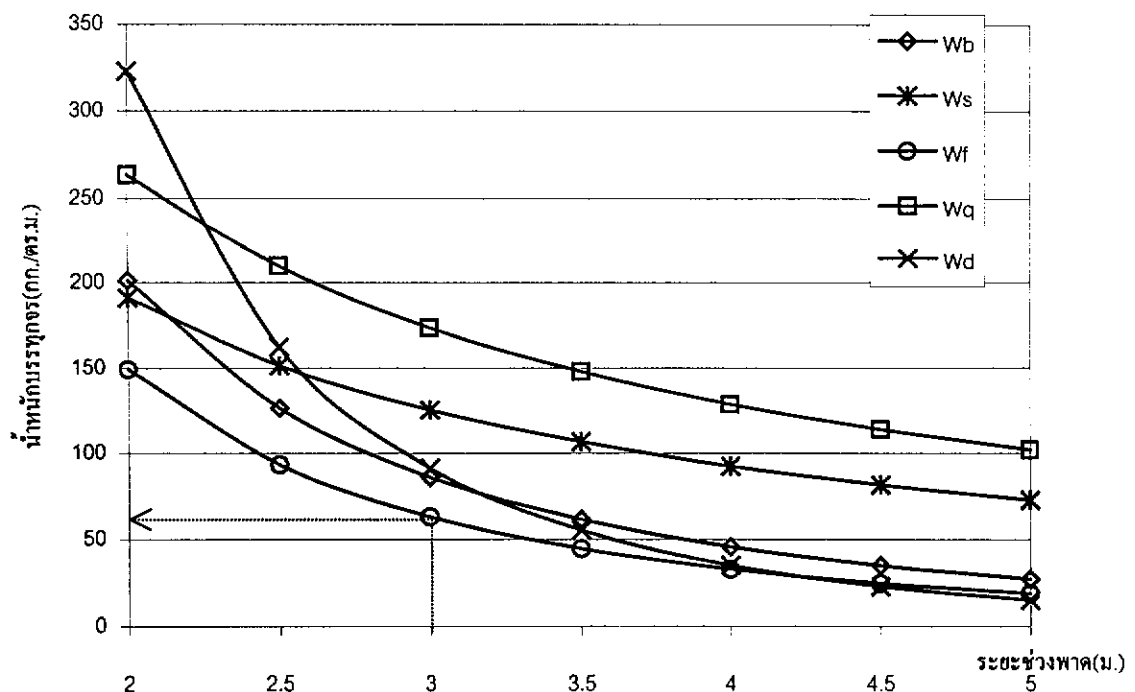
รูป ข-28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบตงฝ่าไม้ขนาด 4 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 6 มม. @ 0.6 ม.



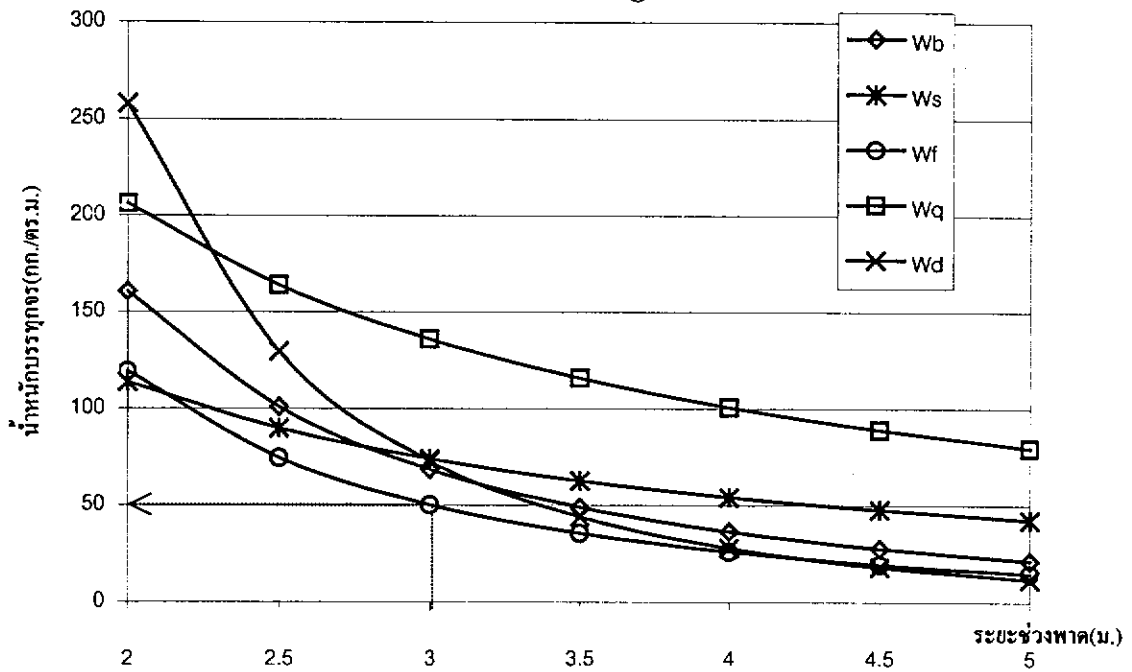
รูป ข-29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบตงเสาไม้ขนาด 4 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.3 ม.



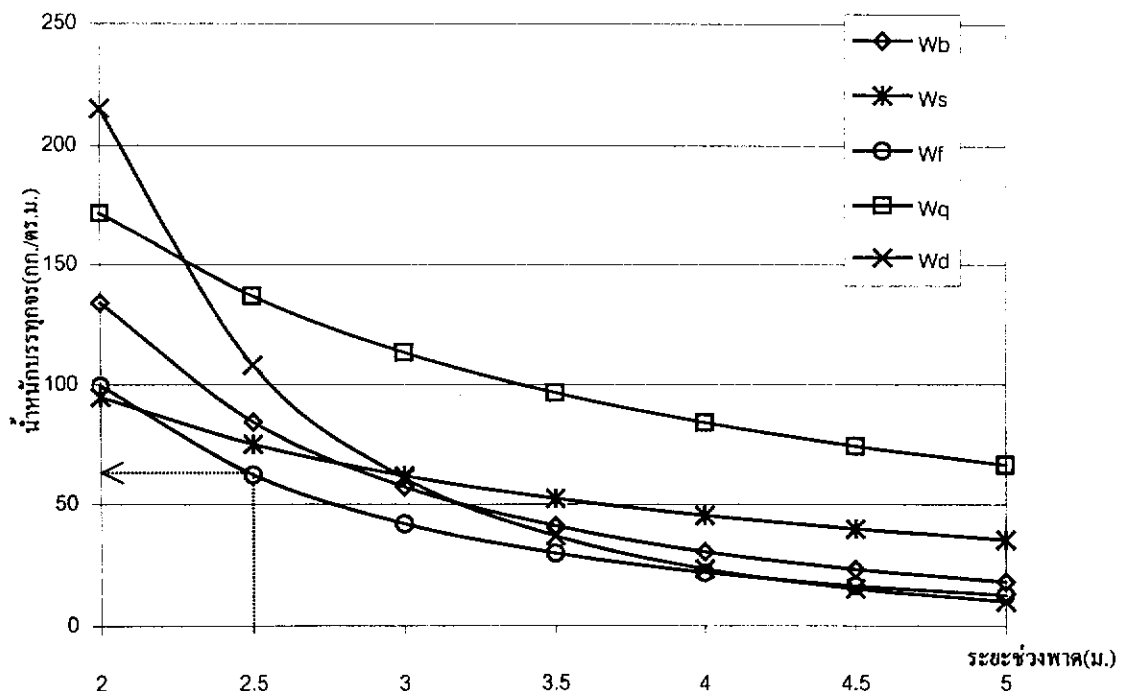
รูป ข-30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบตงเสาไม้ขนาด 4 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.4 ม.



รูป ข-31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบดงฝ้ายไม้ขนาด 4 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.5ม.

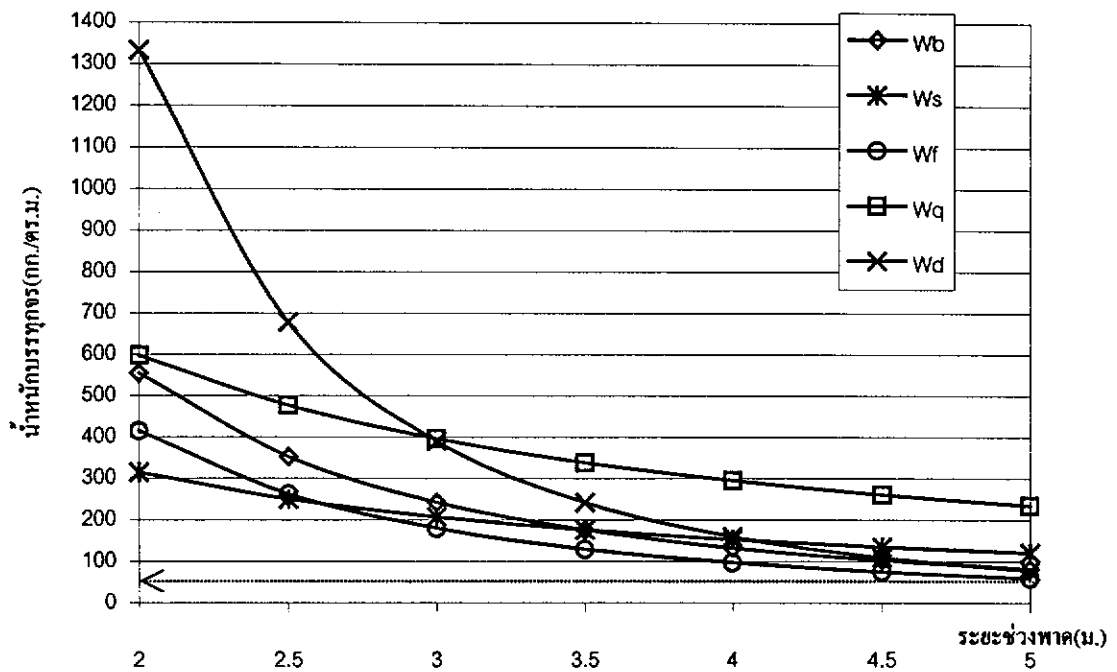


รูป ข-32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบดงฝ้ายไม้ขนาด 4 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.6ม.



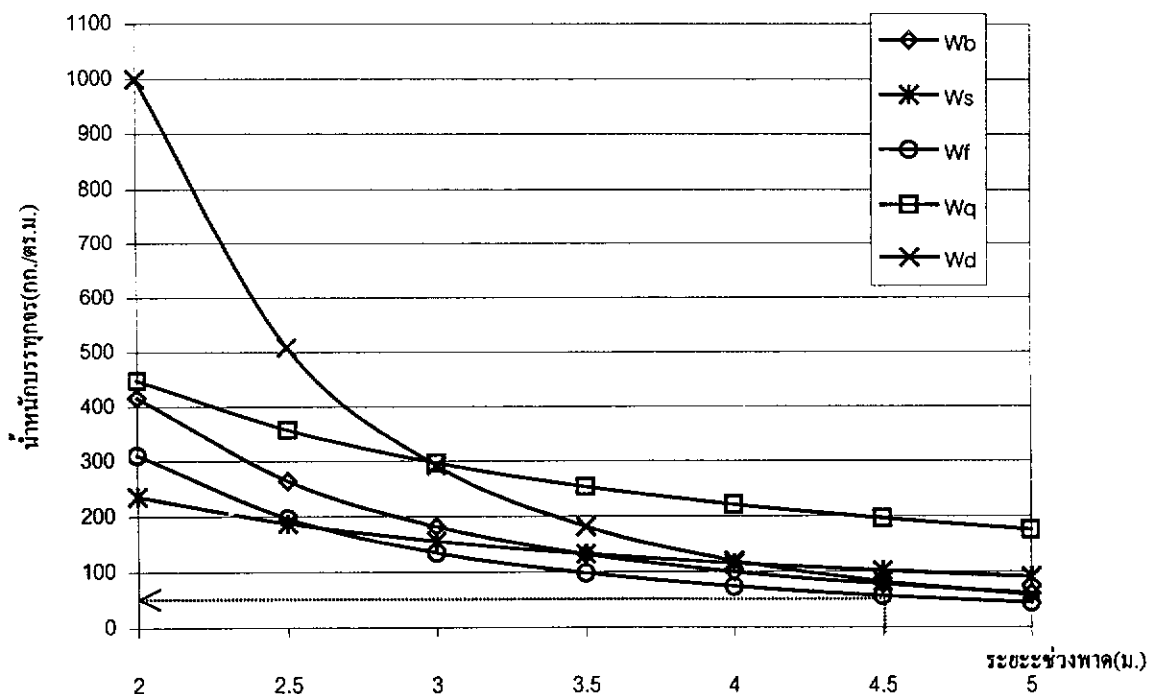
รูป ข-33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด

ระบบตงฝ่าไม้ขนาด 6 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 6 มม. @ 0.3ม.



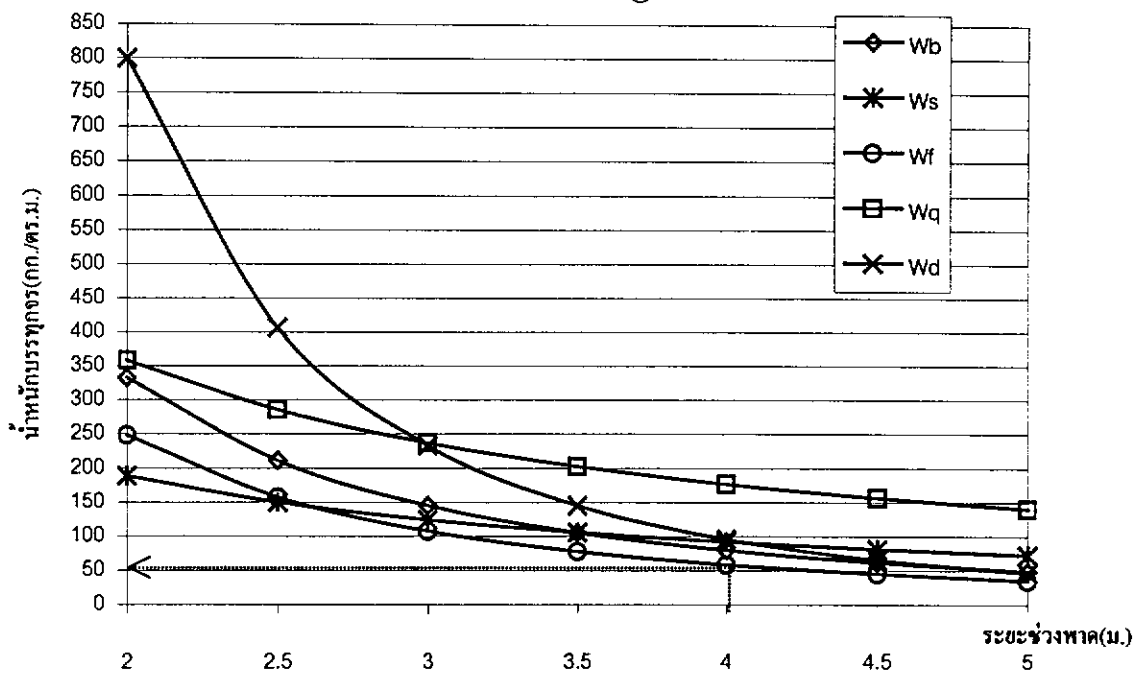
รูป ข-34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด

ระบบตงฝ่าไม้ขนาด 6 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 6 มม. @ 0.4ม.



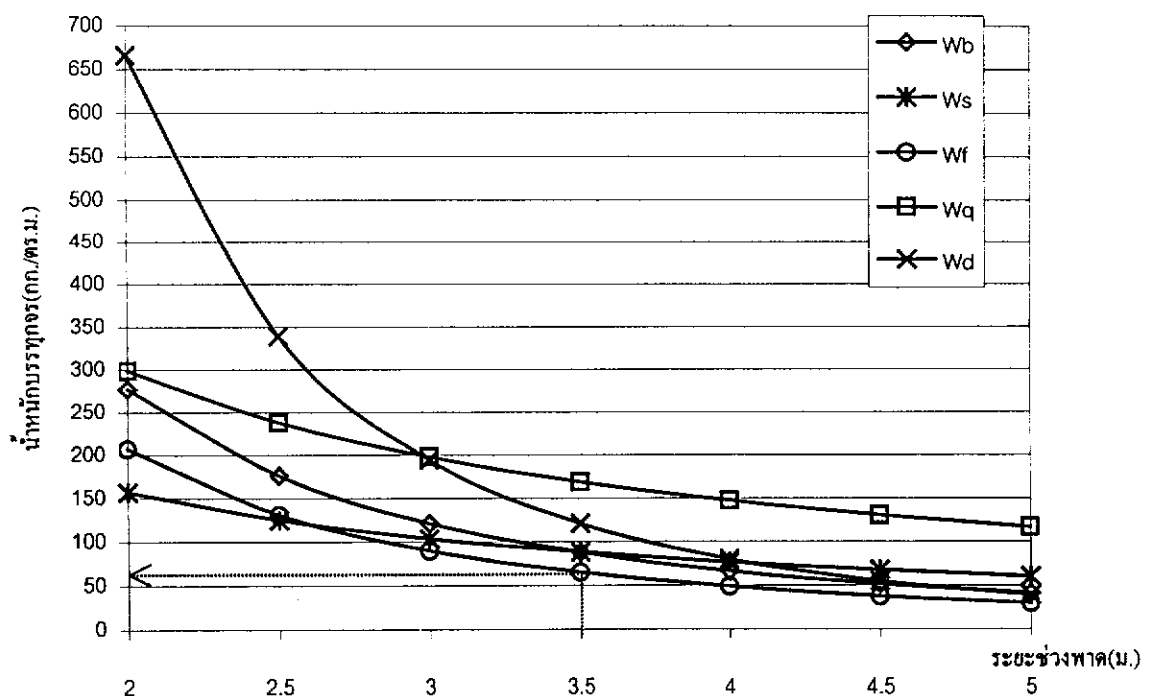
รูป ข-35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด

ระบบตงฝ่าไม้ขนาด 6 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 6 มม. @ 0.5ม.



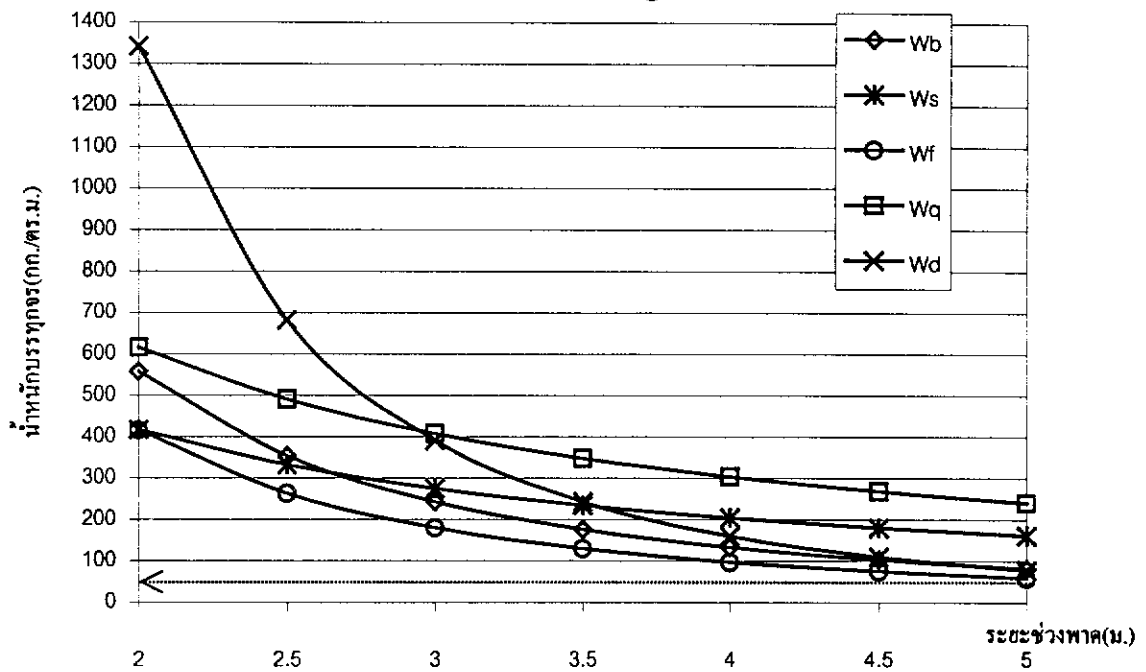
รูป ข-36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด

ระบบตงฝ่าไม้ขนาด 6 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 6 มม. @ 0.6ม.



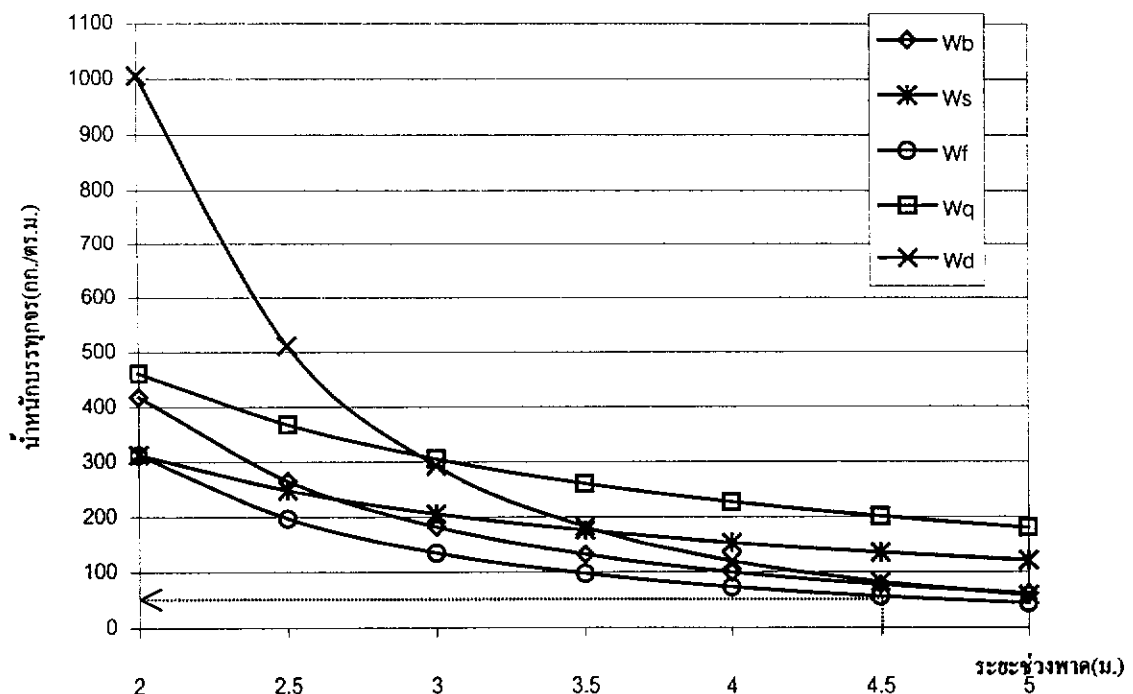
รูป ข-37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด

ระบบคาน้ำไม้ขนาด 6 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.3ม.



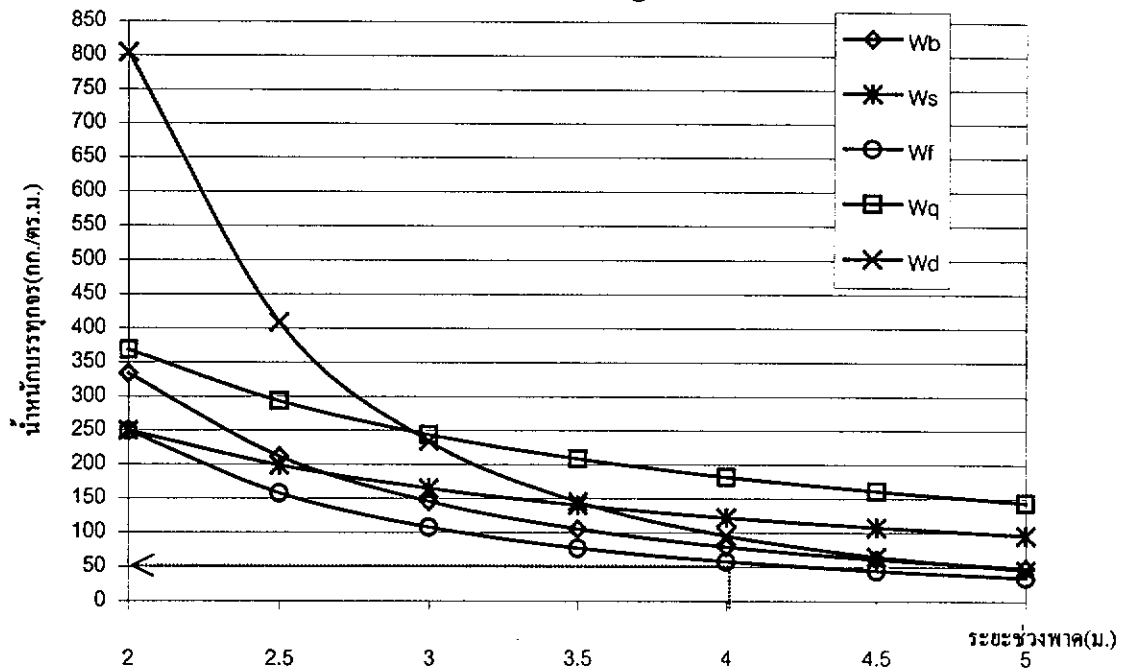
รูป ข-38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด

ระบบคาน้ำไม้ขนาด 6 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.4ม.



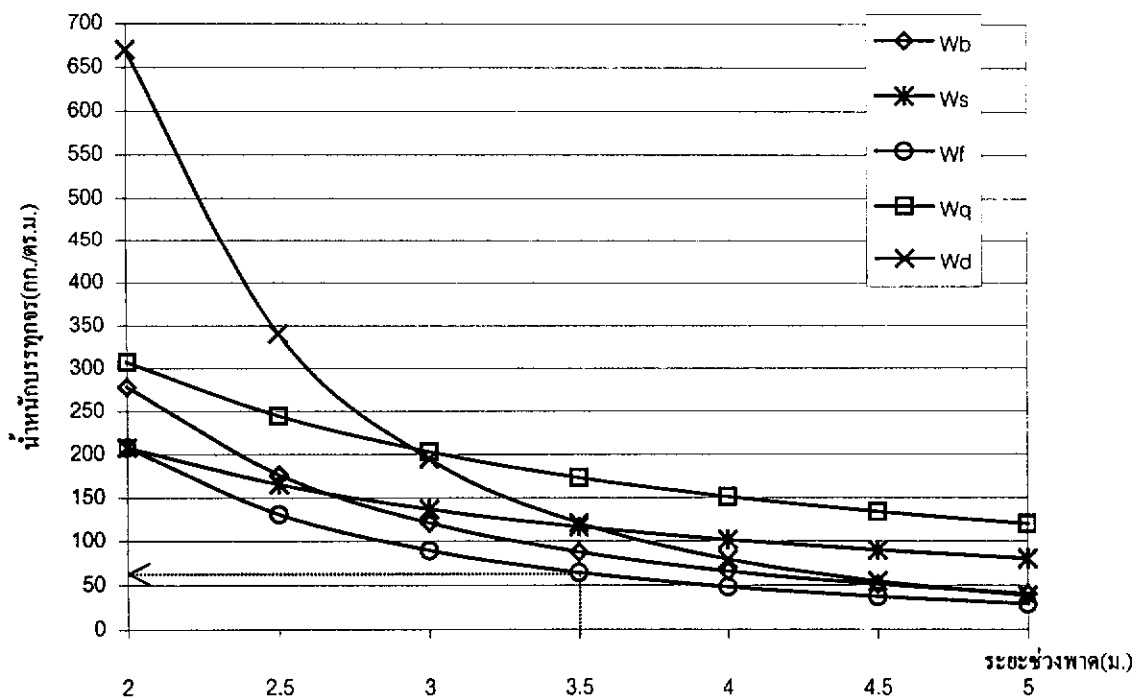
รูป ข-39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด

ระบบตงฝ่าไม้ขนาด 6 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.5ม.



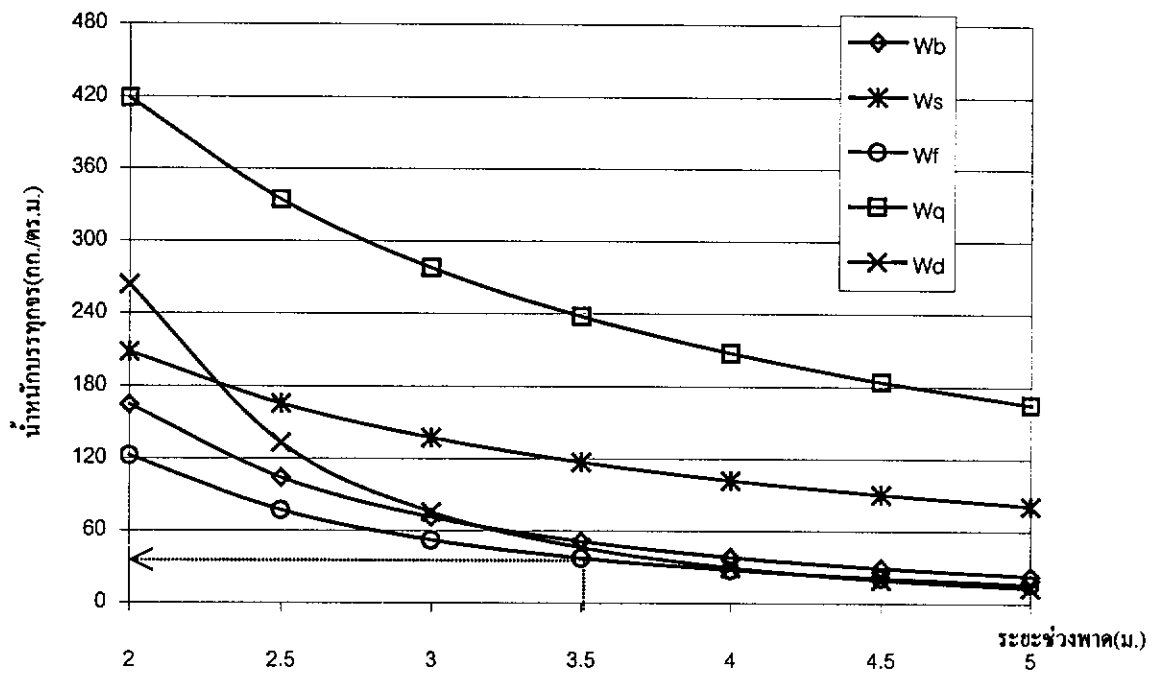
รูป ข-40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด

ระบบตงฝ่าไม้ขนาด 6 นิ้ว x 1.5 นิ้ว x 8 มม. @ 0.6ม.



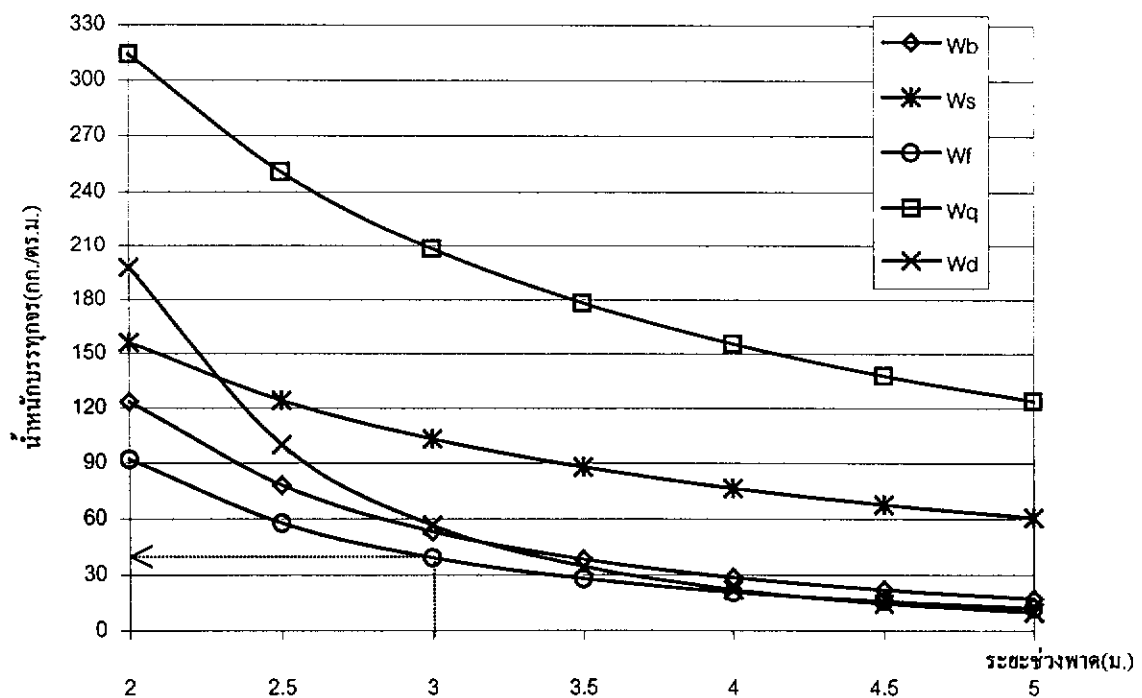
รูป ข-41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด

ระบบแป้หลังคาขนาด 4 นิ้ว x 1 นิ้ว x 6 มม. @ 0.3ม.



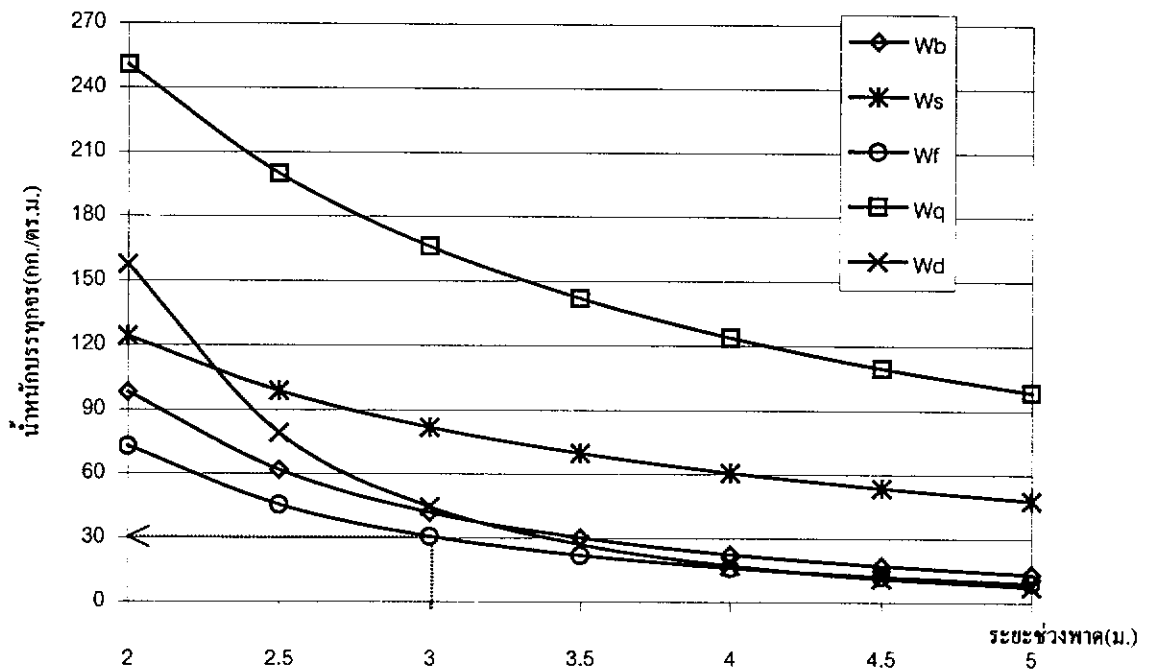
รูป ข-42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด

ระบบแป้หลังคาขนาด 4 นิ้ว x 1 นิ้ว x 6 มม. @ 0.4ม.



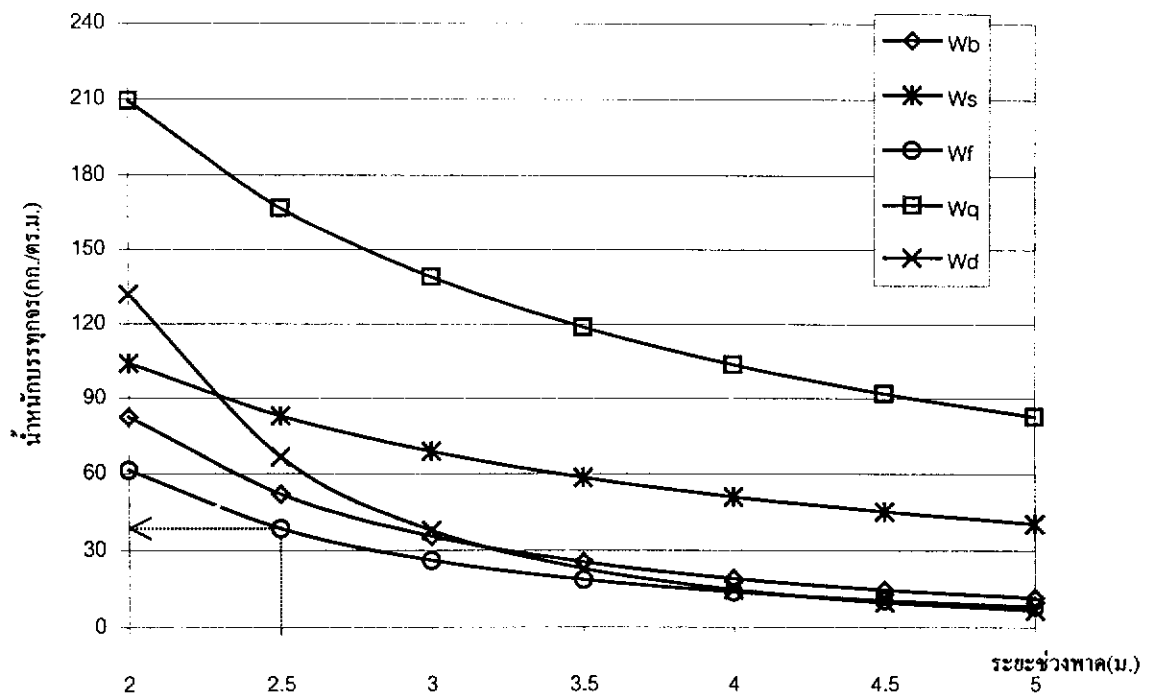
รูป ข-43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด

ระบบแปหลังคาขนาด 4 นิ้ว x 1 นิ้ว x 6 มม. @ 0.5ม.



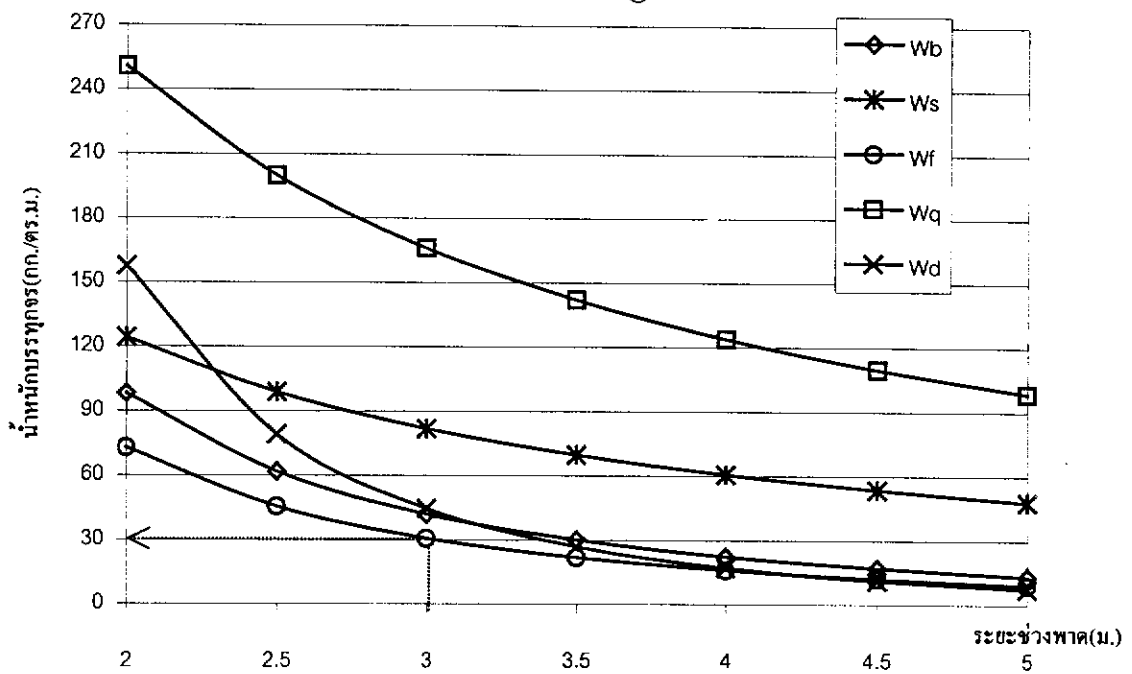
รูป ข-44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด

ระบบแปหลังคาขนาด 4 นิ้ว x 1 นิ้ว x 6 มม. @ 0.6ม.



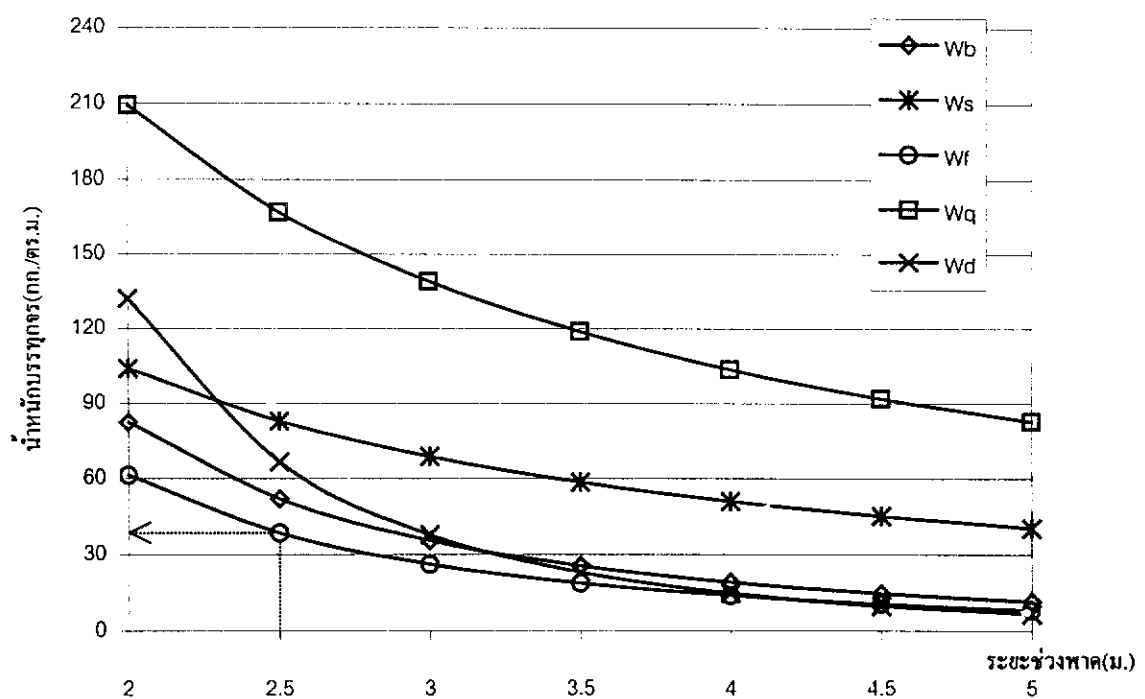
รูป ข-47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทกจรและระยะช่วงพาด

ระบบแปะหลังคาขนาด 4 นิ้ว x 1 นิ้ว x 8 มม. @ 0.5ม.



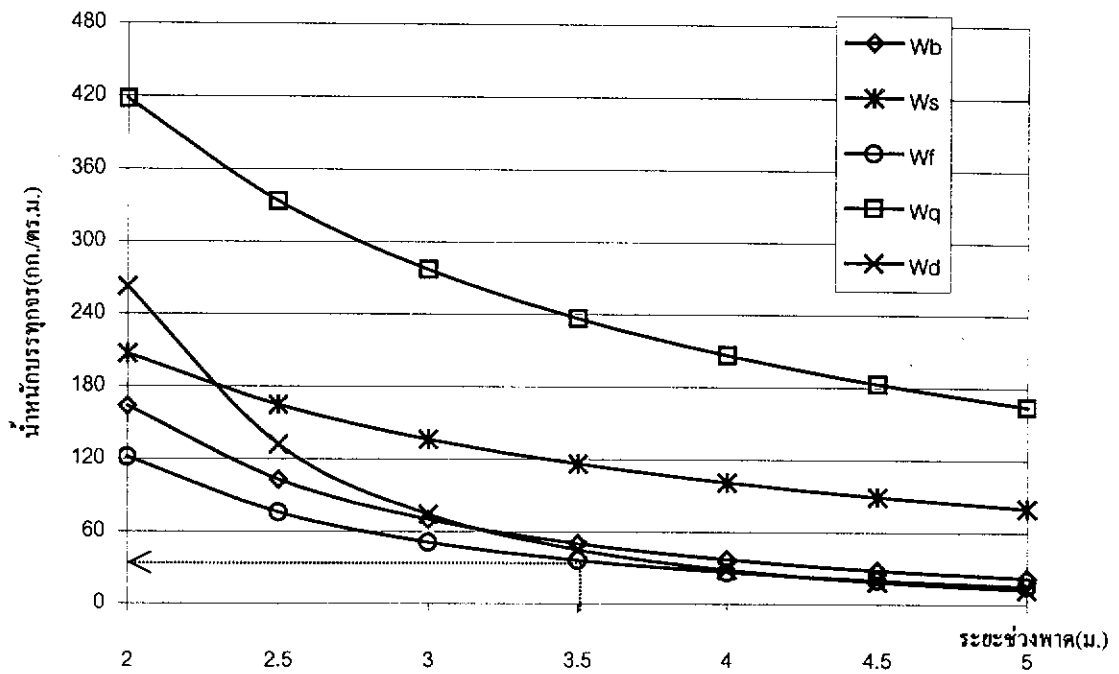
รูป ข-48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทกจรและระยะช่วงพาด

ระบบแปะหลังคาขนาด 4 นิ้ว x 1 นิ้ว x 8 มม. @ 0.6ม.



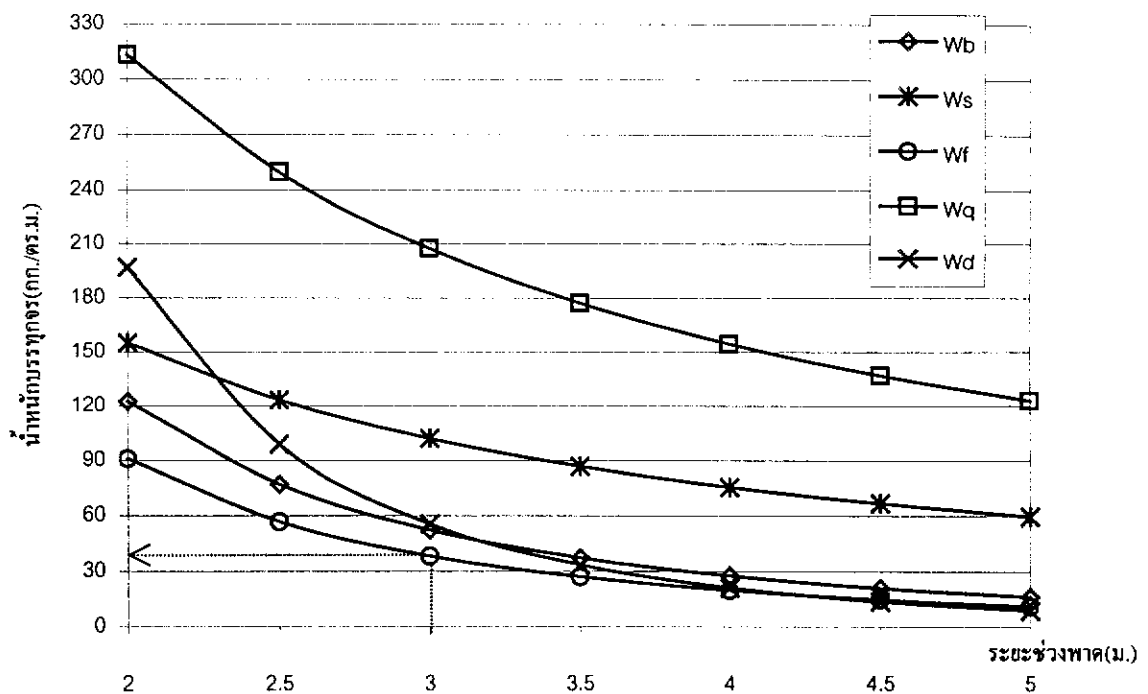
รูป ข-45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด

ระบบแป้หลังคาขนาด 4 นิ้ว x 1 นิ้ว x 8 มม. @ 0.3ม.



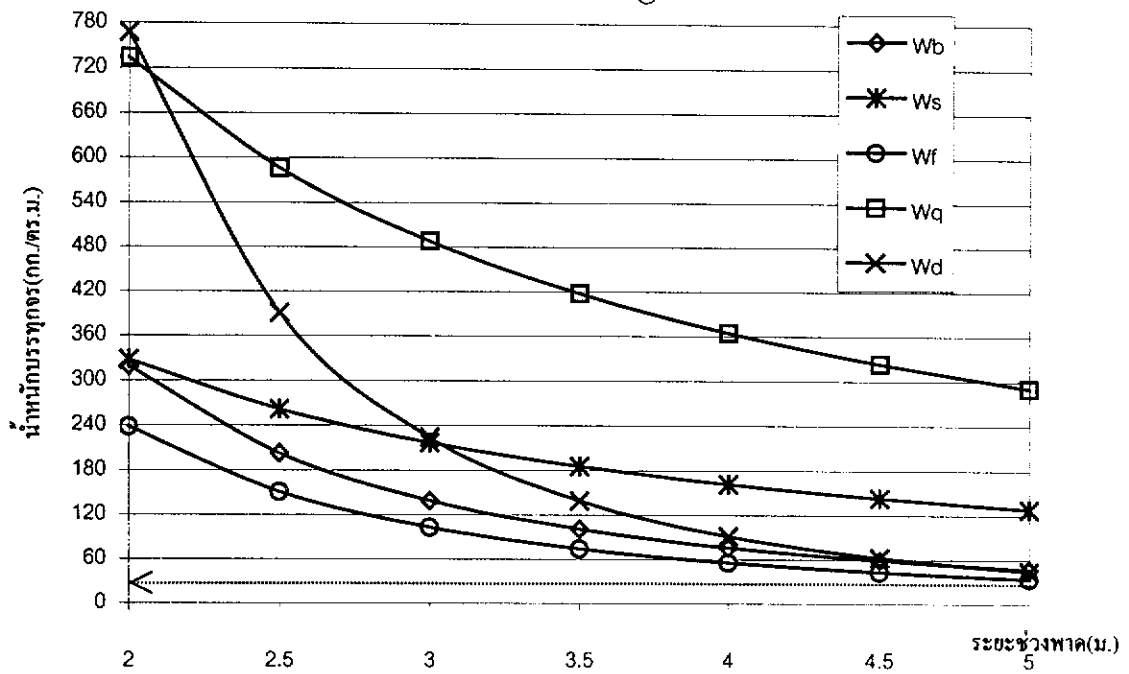
รูป ข-46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะช่วงพาด

ระบบแป้หลังคาขนาด 4 นิ้ว x 1 นิ้ว x 8 มม. @ 0.4ม.



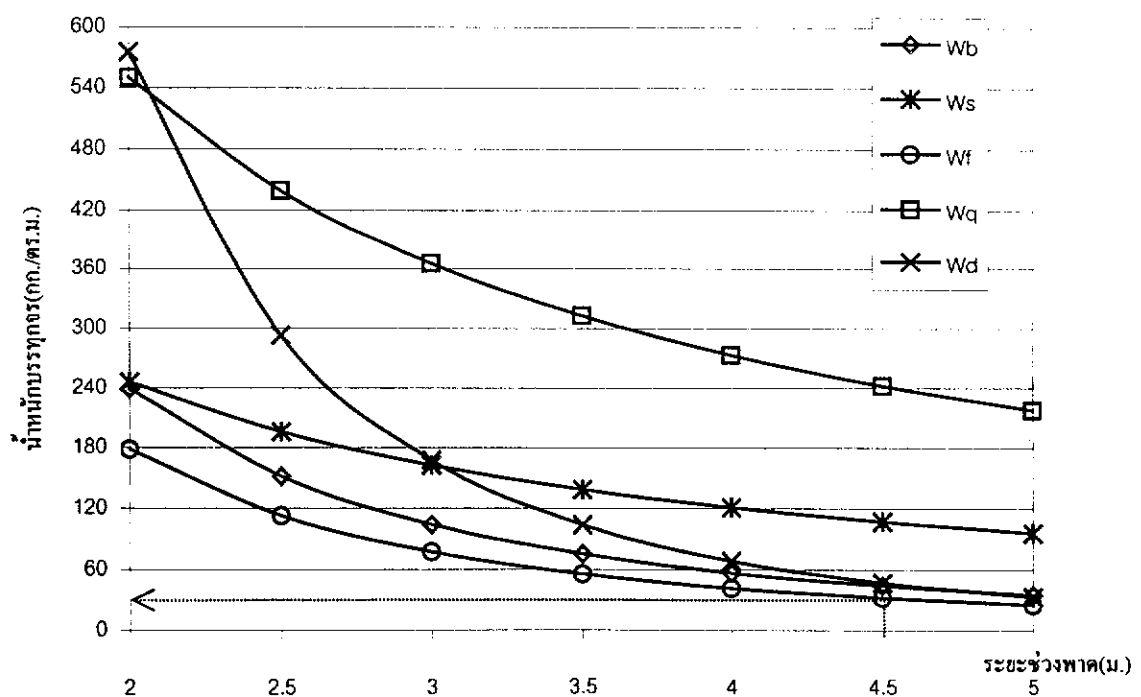
รูป ข-49 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด

ระบบแปะหลังคาขนาด 6 นิ้ว x 1 นิ้ว x 6 มม. @ 0.3ม.

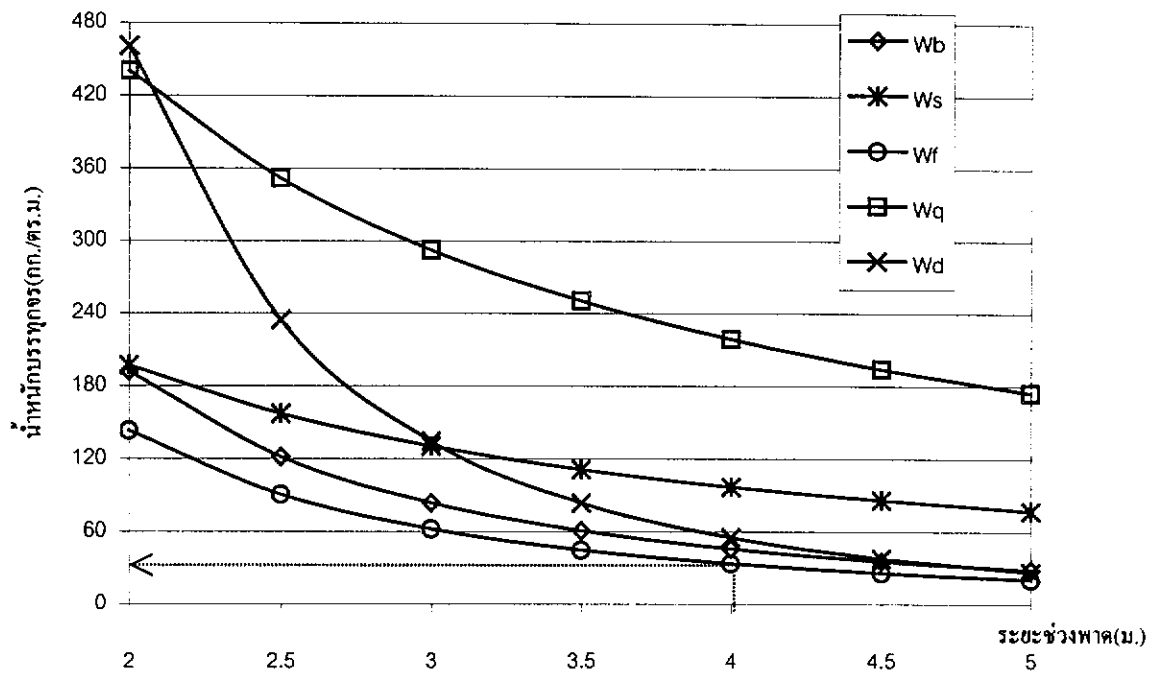


รูป ข-50 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกจรและระยะช่วงพาด

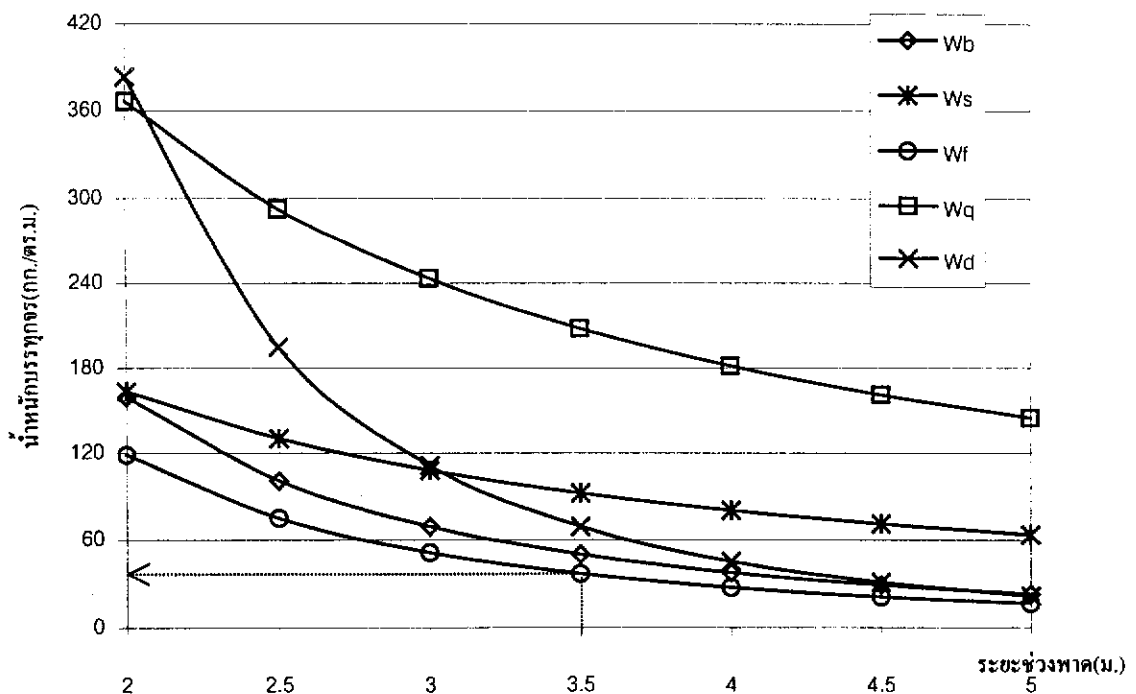
ระบบแปะหลังคาขนาด 6 นิ้ว x 1 นิ้ว x 6 มม. @ 0.4ม.



รูป ข-51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบแปะหลังคาขนาด 6 นิ้ว x 1 นิ้ว x 6 มม. @ 0.5ม.

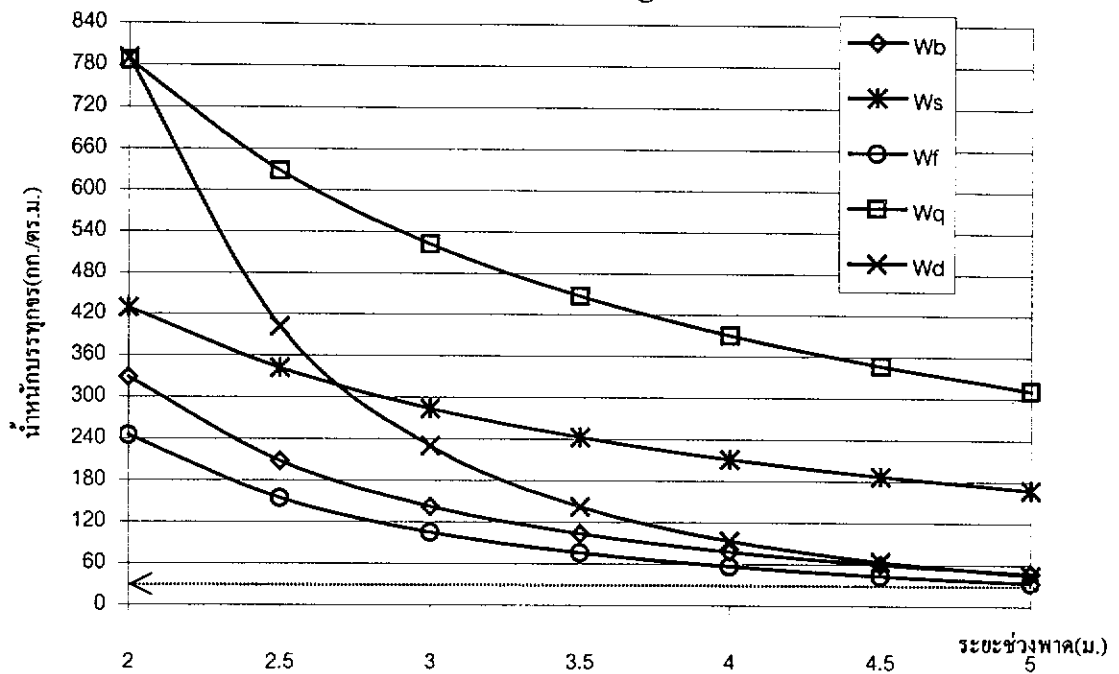


รูป ข-52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรและระยะช่วงพาด
ระบบแปะหลังคาขนาด 6 นิ้ว x 1 นิ้ว x 6 มม. @ 0.6ม.



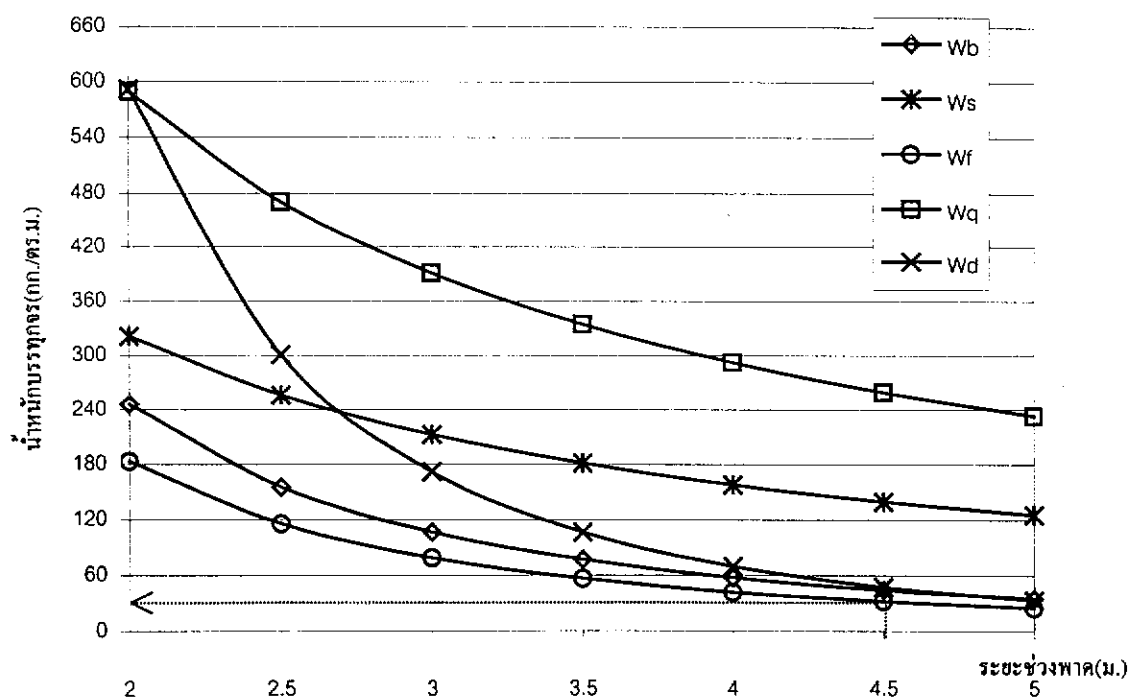
รูป ข-53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทกจรและระยะช่วงพาด

ระบบแปหลังคาขนาด 6 นิ้ว x 1 นิ้ว x 8 มม. @ 0.3ม.

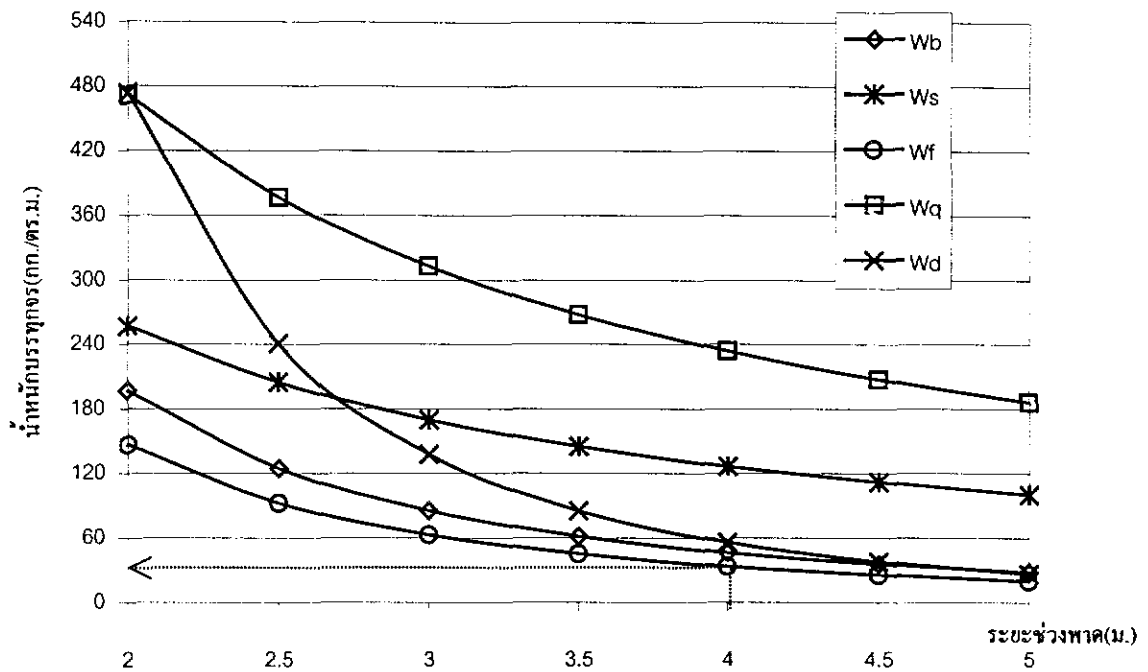


รูป ข-54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทกจรและระยะช่วงพาด

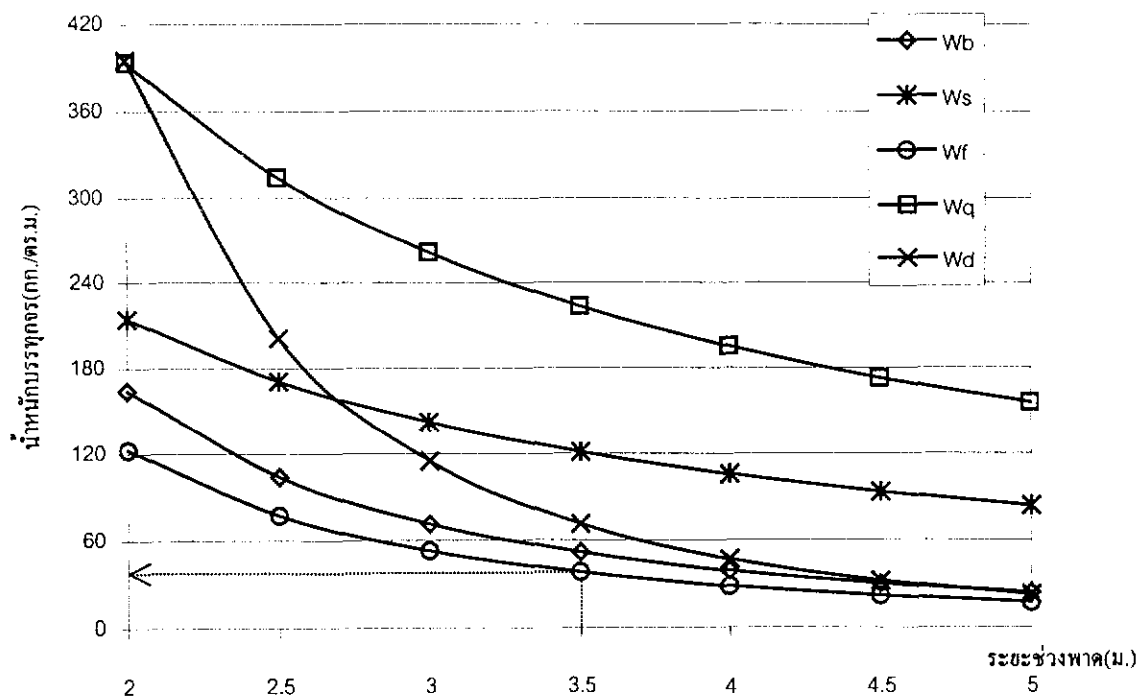
ระบบแปหลังคาขนาด 6 นิ้ว x 1 นิ้ว x 8 มม. @ 0.4ม.



รูป ข-55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทกจรและระยะช่วงพาด
ระบบแปหลังคาขนาด 6 นิ้ว x 1 นิ้ว x 8 มม. @ 0.5ม.

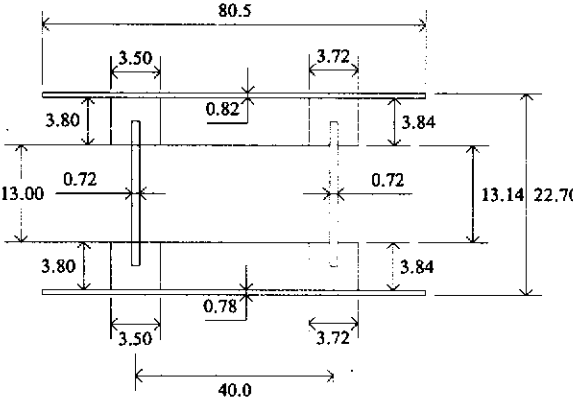


รูป ข-56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทกจรและระยะช่วงพาด
ระบบแปหลังคาขนาด 6 นิ้ว x 1 นิ้ว x 8 มม. @ 0.6ม.



ภาคผนวก ค
ตารางแสดงข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนัก

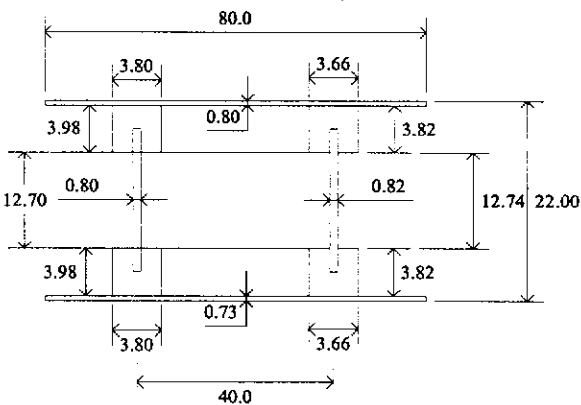
ตาราง ก-1 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB1

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE No. : FB1				
		I left	2.041E-05	M ⁴
		I right	2.231E-05	M ⁴
		WEIGHT	51.85	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	91.38	0	0	0.00
5	153.48	49	49	0.49
10	215.58	123	127	1.25
15	277.68	200	199	2.00
20	339.78	276	275	2.76
25	401.88	346	345	3.46
30	463.98	428	426	4.27
35	526.08	495	495	4.95
40	588.18	565	569	5.67
45	650.28	638	643	6.41
50	712.38	710	718	7.14
55	774.48	794	801	7.98
60	836.58	880	888	8.84
65	898.68	961	968	9.65
70	960.78	1044	1051	10.48
75	1022.88	1116	1125	11.21
80	1084.98	1200	1211	12.06
85	1147.08	1279	1289	12.84
90	1209.18	1360	1370	13.65
95	1271.28	1451	1464	14.58
100	1333.38	1535	1554	15.45
105	1395.48	1674	1668	16.71
110	1457.58	1760	1754	17.57
115	1519.68	1851	1844	18.48
120	1581.78	1950	1942	19.46

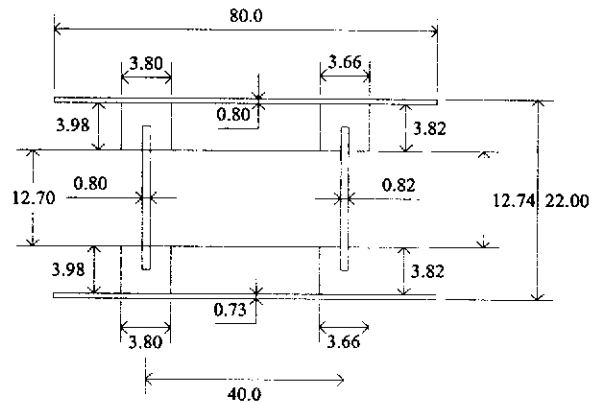
ตาราง ค-1(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB1

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE No. : FB1				
		I left	2.041E-05	M ⁴
		I right	2.231E-05	M ⁴
		WEIGHT	51.85	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
125	1643.88	2065	2054	20.60
130	1705.98	2167	2153	21.60
135	1768.08	2274	2257	22.66
140	1830.18	2405	2376	23.91
145	1892.28	2652	2571	26.12
150	1954.38	2773	2688	27.31
155	2016.48	2955	2876	29.16
160	2078.58	3089	3008	30.49
165	2140.68	3261	3179	32.20

ตาราง ค-2 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงพื้นไม้ FB2

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE No. FB2				
		I left	2.28E-05	M ⁴
		I right	2.092E-05	M ⁴
		WEIGHT	52.15	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	91.38	0	0	0.00
5	153.48	57	34	0.46
10	215.58	121	102	1.12
15	277.68	193	175	1.84
20	339.78	266	249	2.58
25	401.88	350	334	3.42
30	463.98	418	402	4.10
35	526.08	493	476	4.85
40	588.18	564	552	5.58
45	650.28	644	633	6.39
50	712.38	715	708	7.12
55	774.48	800	794	7.97
60	836.58	881	879	8.80
65	898.68	970	969	9.70
70	960.78	1058	1059	10.59
75	1022.88	1146	1149	11.48
80	1084.98	1232	1241	12.37
85	1147.08	1330	1341	13.36
90	1209.18	1405	1424	14.15
95	1271.28	1506	1525	15.16
100	1333.38	1591	1611	16.01
105	1395.48	1680	1700	16.90
110	1457.58	1782	1802	17.92
115	1519.68	1891	1911	19.01
120	1581.78	1990	2008	19.99

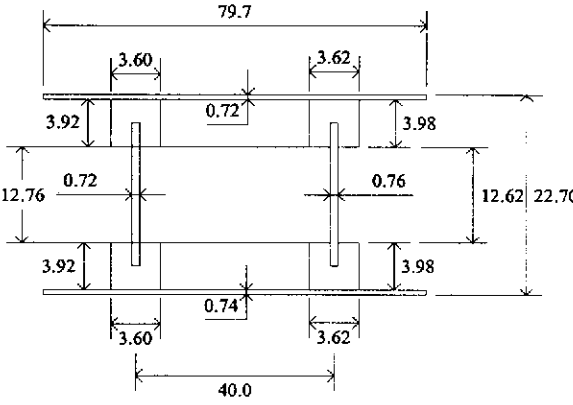
SAMPLE No. **FB2**



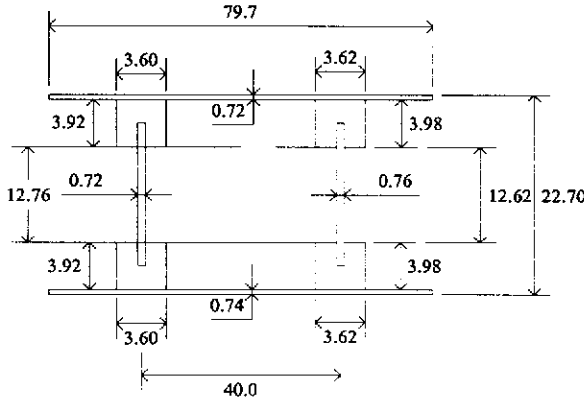
I left	2.28E-05	M ⁴
I right	2.092E-05	M ⁴
WEIGHT	52.15	KG
a	1.00	M.
L	3.00	M.

PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
125	1643.88	2088	2108	20.98
130	1705.98	2193	2213	22.03
135	1768.08	2288	2307	22.98
140	1830.18	2397	2417	24.07
145	1892.28	2502	2524	25.13
150	1954.38	2624	2643	26.34
155	2016.48	2752	2778	27.65

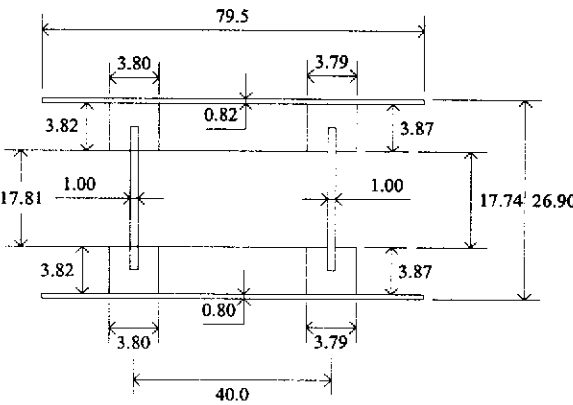
ตาราง ค-3 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงพื้นไม้ FB3

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB3				
		I left	2.124E-05	M ⁴
		I right	2.15E-05	M ⁴
		WEIGHT	52.24	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	91.38	0	0	0.00
5	153.48	71	78	0.75
10	215.58	140	145	1.43
15	277.68	210	213	2.12
20	339.78	285	286	2.86
25	401.88	351	350	3.51
30	463.98	420	418	4.19
35	526.08	493	492	4.93
40	588.18	551	562	5.57
45	650.28	625	640	6.33
50	712.38	683	702	6.93
55	774.48	755	775	7.65
60	836.58	825	847	8.36
65	898.68	900	925	9.13
70	960.78	972	997	9.85
75	1022.88	1054	1080	10.67
80	1084.98	1116	1145	11.31
85	1147.08	1184	1213	11.99
90	1209.18	1256	1288	12.72
95	1271.28	1340	1373	13.57
100	1333.38	1416	1450	14.33
105	1395.48	1486	1522	15.04
110	1457.58	1580	1614	15.97
115	1519.68	1660	1693	16.77
120	1581.78	1745	1778	17.62

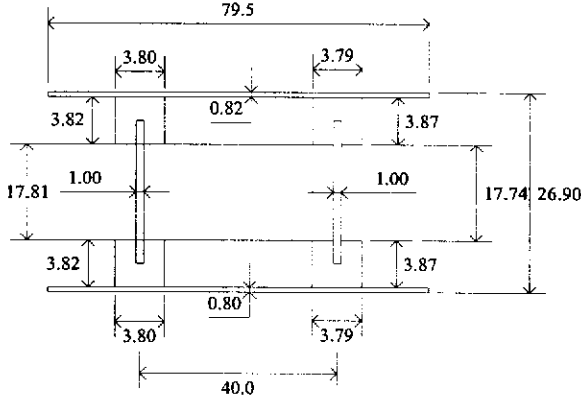
ตาราง ค-3(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงพื้นไม้ FB3

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB3				
			I left 2.124E-05 M ⁴ I right 2.15E-05 M ⁴ WEIGHT 52.24 KG a 1.00 M. L 3.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
125	1643.88	1829	1862	18.46
130	1705.98	1921	1952	19.37
135	1768.08	2005	2038	20.22
140	1830.18	2078	2111	20.95
145	1892.28	2170	2205	21.88
150	1954.38	2257	2291	22.74
155	2016.48	2340	2374	23.57
160	2078.58	2450	2485	24.68
165	2140.68	2542	2577	25.60
170	2202.78	2650	2679	26.65
175	2264.88	2743	2774	27.59
180	2326.98	2844	2874	28.59
185	2389.08	2956	2987	29.72
190	2451.18	3062	3091	30.77
195	2513.28	3194	3223	32.09
200	2575.38	3343	3360	33.52
205	2637.48	3518	3519	35.19
210	2699.58	3772	3750	37.61
215	2761.68	3994	3970	39.82

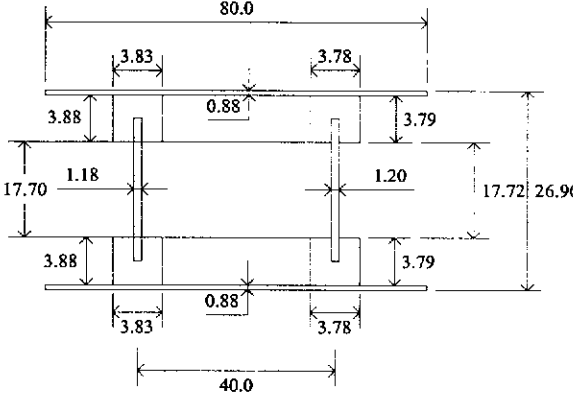
ตาราง ค-4 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงพื้นไม้ FB4

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB4				
		I left 3.902E-05 M ⁴ I right 3.927E-05 M ⁴ WEIGHT 74.08 KG a 1.50 M. L 3.50 M.		
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	76.17	0	0	0.00
4	125.85	55	60	0.58
8	175.53	129	140	1.35
12	225.21	193	210	2.02
16	274.89	264	288	2.76
20	324.57	345	381	3.63
24	374.25	408	451	4.30
28	423.93	497	550	5.24
32	473.61	577	636	6.07
36	523.29	651	716	6.84
40	572.97	738	812	7.75
44	622.65	809	892	8.51
48	672.33	891	982	9.37
52	722.01	958	1057	10.08
56	771.69	1028	1138	10.83
60	821.37	1109	1226	11.68
64	871.05	1168	1298	12.33
68	920.73	1243	1384	13.14
72	970.41	1315	1467	13.91
76	1020.09	1387	1557	14.72
80	1069.77	1467	1651	15.59
84	1119.45	1534	1744	16.39
88	1169.13	1593	1840	17.17
92	1218.81	1629	1930	17.80

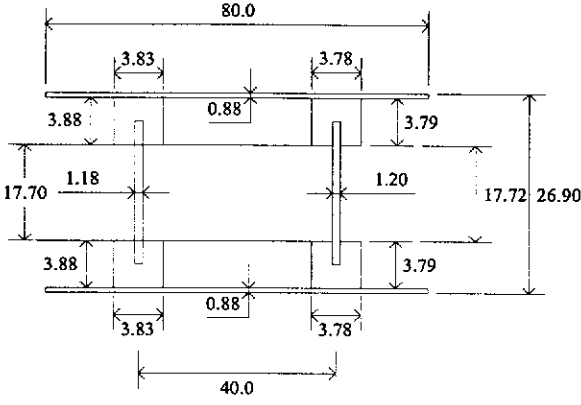
ตาราง ค-4(ต่อ) ข้อมูลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงพื้นไม้ FB4

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB4				
			I left 3.902E-05 M ⁴ I right 3.927E-05 M ⁴ WEIGHT 74.08 KG a 1.50 M. L 3.50 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
96	1268.49	1668	2018	18.43
100	1318.17	1672	2108	18.90
104	1367.85	1660	2194	19.27
108	1417.53	1640	2315	19.78
112	1467.21	1639	2404	20.22
116	1516.89	1630	2488	20.59
120	1566.57	1625	2594	21.10
124	1616.25	1627	2685	21.56
128	1665.93	1629	2797	22.13
132	1715.61	1658	2425	20.42
136	1765.29	1660	2500	20.80
140	1814.97	1670	3110	23.90
144	1864.65	1681	3192	24.37
148	1914.33	1710	3325	25.18
152	1964.01	1726	3415	25.71

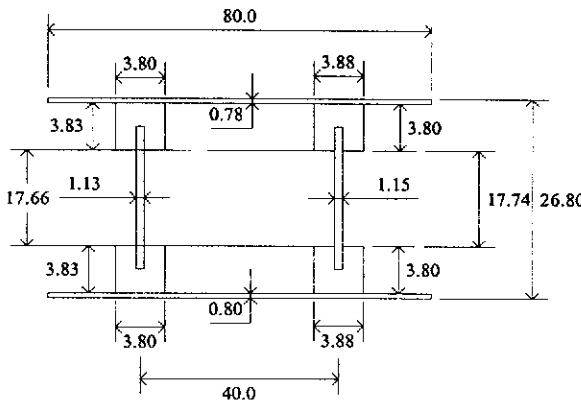
ตาราง ก-5 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคาน้ำไม้ FB5

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA :		FB5		
		I left	4.043E-05	M ⁴
		I right	3.908E-05	M ⁴
		WEIGHT	71.24	KG
		a	1.50	M.
		L	4.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	76.17	0	0	0.00
5	138.27	99	89	0.94
10	200.37	190	170	1.80
15	262.47	293	265	2.79
20	324.57	398	367	3.83
25	386.67	500	465	4.83
30	448.77	607	569	5.88
35	510.87	702	665	6.84
40	572.97	809	770	7.90
45	635.07	902	864	8.83
50	697.17	994	955	9.75
55	759.27	1086	1049	10.68
60	821.37	1186	1148	11.67
65	883.47	1288	1250	12.69
70	945.57	1386	1346	13.66
75	1007.67	1496	1452	14.74
80	1069.77	1596	1551	15.74
85	1131.87	1704	1658	16.81
90	1193.97	1810	1765	17.88
95	1256.07	1904	1860	18.82
100	1318.17	2010	1967	19.89
105	1380.27	2110	2070	20.90
110	1442.37	2211	2180	21.96
115	1504.47	2323	2293	23.08

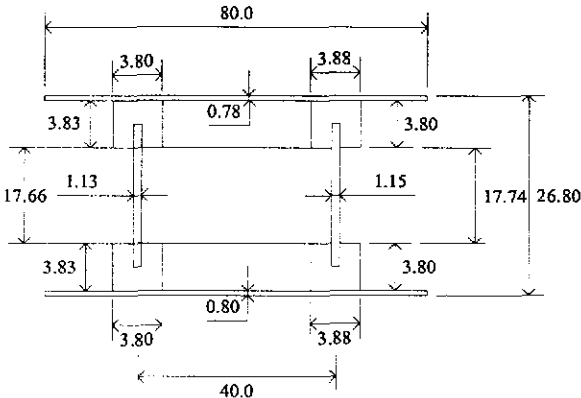
ตาราง ค-5(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคานไม้ FB5

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA :		FB5		
		I left	4.043E-05	M ⁴
		I right	3.908E-05	M ⁴
		WEIGHT	71.24	KG
		a	1.50	M.
		L	4.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
120	1566.57	2449	2430	24.40
125	1628.67	2553	2544	25.49
130	1690.77	2660	2659	26.60
135	1752.87	2786	2788	27.87
140	1814.97	2894	2908	29.01
145	1877.07	3008	3025	30.17
150	1939.17	3124	3148	31.36
155	2001.27	3238	3260	32.49
160	2063.37	3363	3391	33.77
165	2125.47	3470	3500	34.85
170	2187.57	3603	3640	36.22
175	2249.67	3960	3928	39.44
180	2311.77	4068	4045	40.57
185	2373.87	4204	4191	41.98
190	2435.97	4324	4318	43.21
195	2498.07	4461	4472	44.67
200	2560.17	4608	4632	46.20
205	2622.27	4738	4780	47.59

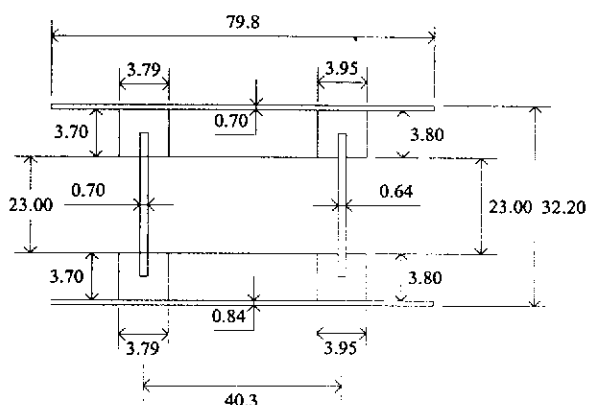
ตาราง ก-6 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB6

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB6				
		I left 3.915E-05 M ⁴ I right 3.991E-05 M ⁴ WEIGHT 73.54 KG a 1.50 M. L 4.00 M.		
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	75.02	0	0	0.00
5	137.12	70	95	0.83
10	199.22	215	229	2.22
15	261.32	331	333	3.32
20	323.42	504	481	4.93
25	385.52	639	602	6.21
30	447.62	782	734	7.58
35	509.72	920	860	8.90
40	571.82	1065	995	10.30
45	633.92	1205	1126	11.66
50	696.02	1330	1245	12.88
55	758.12	1448	1362	14.05
60	820.22	1580	1490	15.35
65	882.32	1702	1610	16.56
70	944.42	1825	1728	17.77
75	1006.52	1945	1845	18.95
80	1068.62	2065	1960	20.13
85	1130.72	2180	2068	21.24
90	1192.82	2320	2203	22.62
95	1254.92	2440	2315	23.78
100	1317.02	2580	2450	25.15
105	1379.12	2695	2560	26.28
110	1441.22	2820	2680	27.50
115	1503.32	2946	2805	28.76

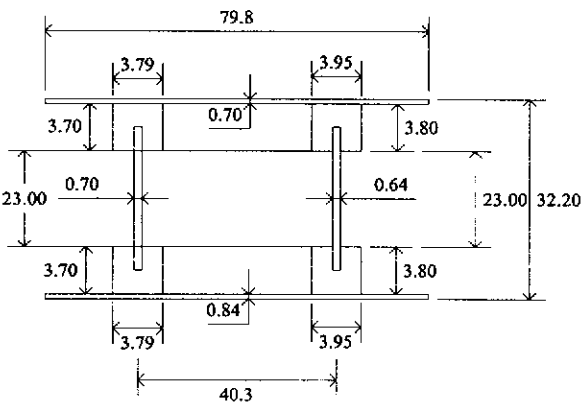
ตาราง ก-6 (ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB6

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB6				
			I left 3.915E-05 M ⁴ I right 3.991E-05 M ⁴ WEIGHT 73.54 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
120	1565.42	3100	2955	30.28
125	1627.52	3230	3080	31.55
130	1689.62	3395	3235	33.15
135	1751.72	3527	3369	34.48
140	1813.82	3680	3520	36.00
145	1875.92	3931	3800	38.66
205	2621.12			

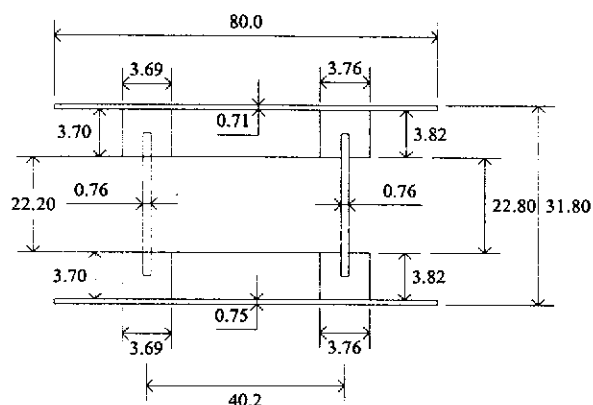
ตาราง ก-7 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงพื้นไม้ FB7

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB7				
		I left 5.74E-05 M ⁴ I right 6.075E-05 M ⁴ WEIGHT 74.77 KG a 1.50 M. L 4.00 M.		
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	54.39	0	0	0.00
5	116.49	58	59	0.59
10	178.59	132	130	1.31
15	240.69	207	198	2.03
20	302.79	279	265	2.72
25	364.89	365	350	3.58
30	426.99	441	425	4.33
35	489.09	530	509	5.20
40	551.19	600	576	5.88
45	613.29	677	652	6.65
50	675.39	745	718	7.32
55	737.49	811	782	7.97
60	799.59	884	856	8.70
65	861.69	949	921	9.35
70	923.79	1014	985	10.00
75	985.89	1091	1057	10.74
80	1047.99	1157	1125	11.41
85	1110.09	1231	1192	12.12
90	1172.19	1300	1259	12.80
95	1234.29	1375	1334	13.55
100	1296.39	1444	1406	14.25
105	1358.49	1515	1471	14.93
110	1420.59	1577	1533	15.55

ตาราง ก-7(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB7

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB7				
			I left 5.74E-05 M ⁴ I right 6.075E-05 M ⁴ WEIGHT 74.77 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
115	1482.69	1648	1600	16.24
120	1544.79	1718	1666	16.92
125	1606.89	1800	1744	17.72
130	1668.99	1880	1818	18.49
135	1731.09	1960	1896	19.28
140	1793.19	2041	1975	20.08
145	1855.29	2135	2063	20.99
150	1917.39	2210	2130	21.70
155	1979.49	2295	2212	22.54
160	2041.59	2357	2273	23.15
165	2103.69	2435	2351	23.93
170	2165.79	2540	2460	25.00
175	2227.89	2615	2536	25.76
180	2289.99	2707	2621	26.64
185	2352.09	2800	2705	27.53
190	2414.19	2891	2786	28.39
195	2476.29	3000	2880	29.40

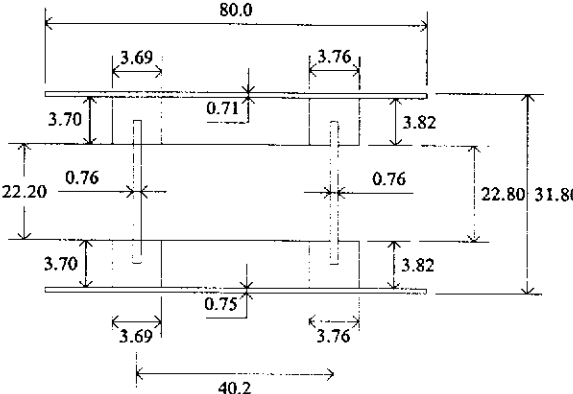
SAMPLE DATA: FB8



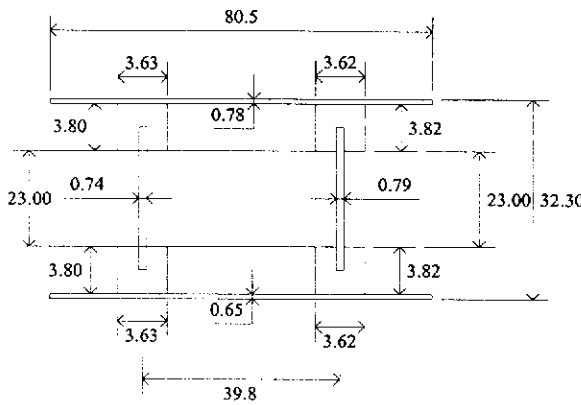
I left	5.303E-05	M ⁴
I right	5.875E-05	M ⁴
WEIGHT	74.49	KG
a	1.50	M.
L	4.00	M.

PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	52.11	0	0	0.00
5	114.21	72	82	0.77
10	176.31	181	200	1.91
15	238.41	296	289	2.93
20	300.51	409	376	3.93
25	362.61	515	466	4.91
30	424.71	608	520	5.64
35	486.81	693	598	6.46
40	548.91	763	669	7.16
45	611.01	826	735	7.81
50	673.11	897	807	8.52
55	735.21	961	877	9.19
60	797.31	1030	951	9.91
65	859.41	1105	1034	10.70
70	921.51	1165	1103	11.34
75	983.61	1238	1185	12.12
80	1045.71	1315	1278	12.97
85	1107.81	1374	1350	13.62
90	1169.91	1446	1438	14.42
95	1232.01	1508	1517	15.13
100	1294.11	1576	1600	15.88
105	1391.65	1635	1677	16.56
110	1453.75	1698	1760	17.29

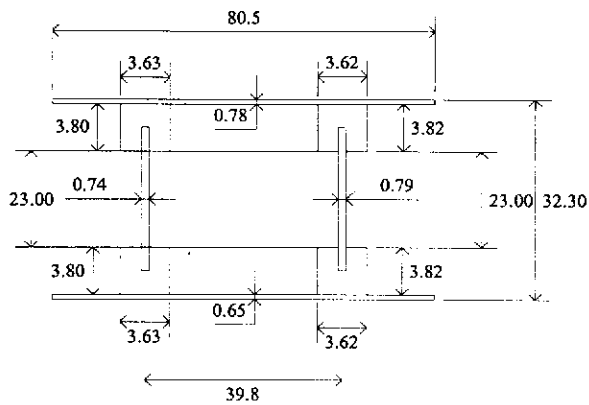
ตาราง ก-8(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB8

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB8				
		I left 5.303E-05 M ⁴ I right 5.875E-05 M ⁴ WEIGHT 74.49 KG a 1.50 M. L 4.00 M.		
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
115	1515.85	1759	1844	18.02
120	1577.95	1822	1930	18.76
125	1640.05	1888	2017	19.53
130	1702.15	1955	2108	20.32
135	1764.25	2025	2202	21.14
140	1826.35	2098	2298	21.98
145	1888.45	2170	2393	22.82
150	1950.55	2238	2476	23.57
155	2012.65	2290	2548	24.19
160	2074.75	2365	2645	25.05
165	2136.85	2425	2728	25.77
170	2198.95	2510	2824	26.67
175	2261.05	2582	2922	27.52
180	2323.15	2649	3010	28.30
185	2385.25	2698	3084	28.91
190	2447.35	2782	3190	29.86
195	2509.45	2815	3298	30.57
200	2571.55	2965	3422	31.94
205	2633.65	3033	3510	32.72
210	2695.75	3120	3635	33.78
215	2757.85	3260	3800	35.30
220	2819.95	3405	3984	36.95

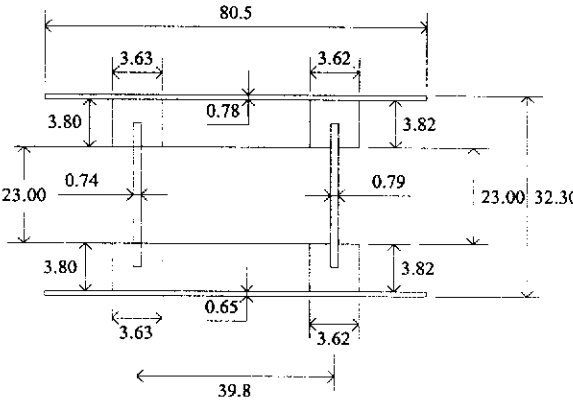
ตาราง ก-9 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB9

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB9				
		I left	5.737E-05	M ⁴
		I right	5.808E-05	M ⁴
		WEIGHT	77.62	KG
		a	1.50	M.
		L	4.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	52.11	0	0	0.00
5	114.21	48	52	0.50
10	176.31	110	108	1.09
15	238.41	177	174	1.76
20	300.51	239	234	2.37
25	362.61	305	300	3.03
30	424.71	376	360	3.68
35	486.81	434	419	4.27
40	548.91	500	485	4.93
45	611.01	553	543	5.48
50	673.11	614	607	6.11
55	735.21	677	672	6.75
60	797.31	739	734	7.37
65	859.41	792	789	7.91
70	921.51	850	848	8.49
75	983.61	917	915	9.16
80	1045.71	982	979	9.81
85	1107.81	1048	1045	10.47
90	1169.91	1113	1112	11.13
95	1232.01	1184	1182	11.83
100	1294.11	1245	1244	12.45
105	1391.65	1307	1305	13.06
110	1453.75	1371	1370	13.71

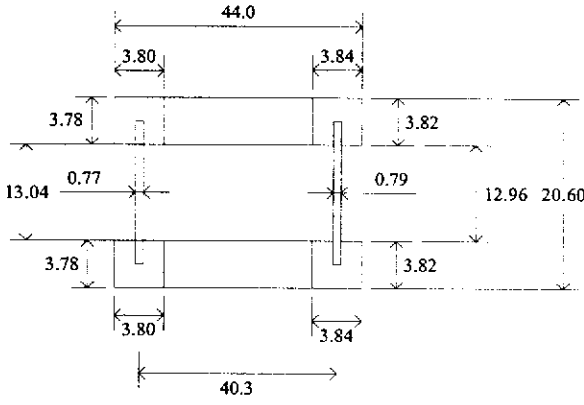
ตาราง ก-9(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB9

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA :		FB9		
		I left	5.737E-05	M ⁴
		I right	5.808E-05	M ⁴
		WEIGHT	77.62	KG
		a	1.50	M.
		L	4.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
115	1515.85	1448	1446	14.47
120	1577.95	1510	1508	15.09
125	1640.05	1583	1580	15.82
130	1702.15	1666	1660	16.63
135	1764.25	1730	1724	17.27
140	1826.35	1802	1798	18.00
145	1888.45	1895	1888	18.92
150	1950.55	1959	1952	19.56
155	2012.65	2034	2025	20.30
160	2074.75	2115	2110	21.13
165	2136.85	2202	2193	21.98
170	2198.95	2270	2252	22.61
175	2261.05	2342	2330	23.36
180	2323.15	2445	2430	24.38
185	2385.25	2523	2505	25.14
190	2447.35	2620	2592	26.06
195	2509.45	2709	2682	26.96
200	2571.55	2810	2782	27.96
205	2633.65	2928	2893	29.11
210	2695.75	3013	2970	29.92
215	2757.85	3090	3048	30.69
220	2819.95	3192	3145	31.69
225	2882.05	3274	3215	32.45

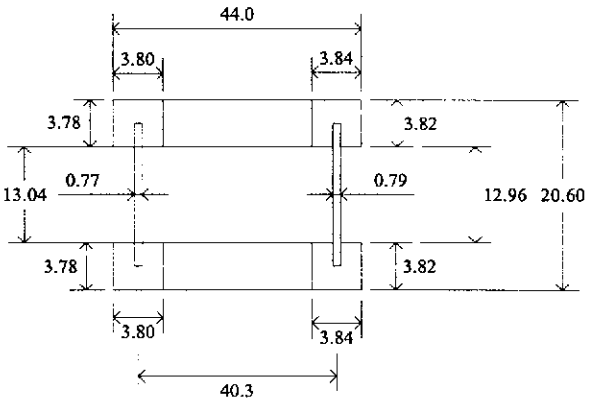
ตาราง ก-9 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคานพื้นไม้ FB9(ต่อ)

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB9				
			I left 5.737E-05 M ⁴ I right 5.808E-05 M ⁴ WEIGHT 77.62 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
230	2944.15	3372	3310	33.41
235	3006.25	3502	3440	34.71
240	3068.35	3623	3550	35.87
245	3130.45	3719	3650	36.85
250	3192.55	3833	3755	37.94
255	3254.65	3990	3890	39.40
260	3316.75	4005	3978	39.92

ตาราง ค-10 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB10

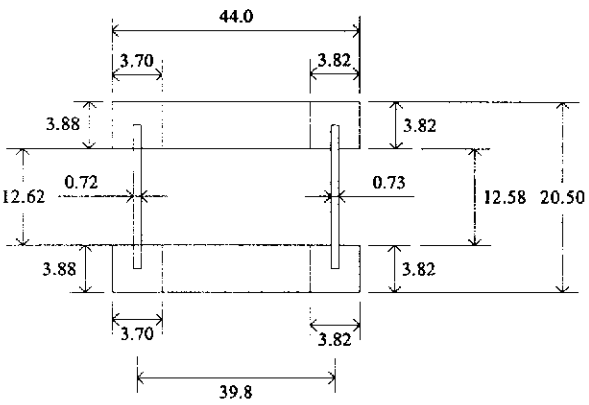
FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA :		FB10		
		I left	2.208E-05	M ⁴
		I right	2.244E-05	M ⁴
		WEIGHT	21.50	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	52.50	0	0	0.00
5	114.60	96	88	0.92
10	176.70	195	170	1.83
15	238.80	295	265	2.80
20	300.90	387	355	3.71
25	363.00	470	445	4.58
30	425.10	552	537	5.45
35	487.20	630	621	6.26
40	549.30	713	713	7.13
45	611.40	794	805	8.00
50	673.50	885	903	8.94
55	735.60	960	988	9.74
60	797.70	1048	1093	10.71
65	859.80	1130	1186	11.58
70	921.90	1210	1277	12.44
75	984.00	1288	1371	13.30
80	1046.10	1377	1472	14.25
85	1108.20	1463	1572	15.18
90	1170.30	1530	1655	15.93
95	1232.40	1614	1762	16.88
100	1294.50	1688	1853	17.71
105	1356.60	1775	1962	18.69
110	1418.70	1872	2085	19.79
115	1480.80	1958	2191	20.75
120	1542.90	2048	2310	21.79

ตาราง ค-10(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคงพื้นไม้ FB10

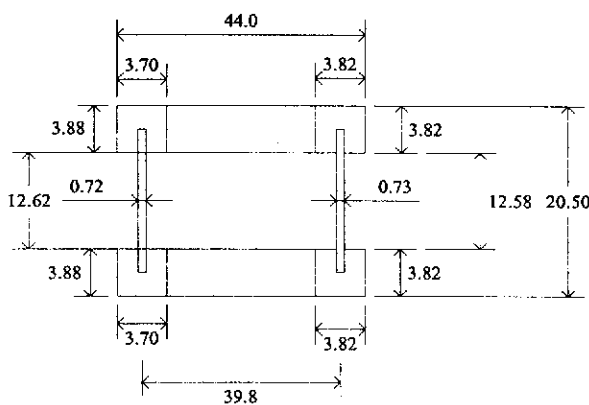
FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB10				
				
I left	2.208E-05	M ⁴		
I right	2.244E-05	M ⁴		
WEIGHT	21.50	KG		
a	1.00	M.		
L	3.00	M.		

PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
125	1605.00	2145	2436	22.91
130	1667.10	2230	2540	23.85
135	1729.20	2344	2720	25.32

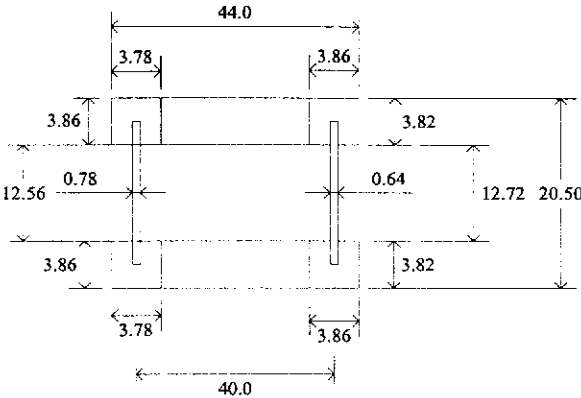
ตาราง ค-11 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคานไม้ FB11

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA :		FB11		
		I left	2.111E-05	M ⁴
		I right	2.119E-05	M ⁴
		WEIGHT	21.66	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	100.81	0	0	0.00
5	162.91	98	65	0.82
10	225.01	187	137	1.62
15	287.11	275	215	2.45
20	349.21	362	296	3.29
25	411.31	452	384	4.18
30	473.41	540	471	5.06
35	535.51	629	561	5.95
40	597.61	721	676	6.99
45	659.71	808	769	7.89
50	721.81	886	858	8.72
55	783.91	971	950	9.61
60	846.01	1055	1043	10.49
65	908.11	1142	1141	11.42
70	970.21	1228	1230	12.29
75	1032.31	1318	1321	13.20
80	1094.41	1404	1404	14.04
85	1156.51	1510	1507	15.09
90	1218.61	1595	1590	15.93
95	1280.71	1702	1690	16.96
100	1342.81	1790	1772	17.81
105	1404.91	1902	1868	18.85
110	1467.01	1992	1953	19.73
115	1529.11	2103	2055	20.79
120	1591.21	2197	2143	21.70

ตาราง ค-11(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB11

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB11				
			I left 2.111E-05 M ⁴ I right 2.119E-05 M ⁴ WEIGHT 21.66 KG a 1.00 M. L 3.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
125	1653.31	2315	2248	22.82
130	1715.41	2435	2359	23.97
135	1777.51	2558	2468	25.13
140	1839.61	2654	2552	26.03
145	1901.71	2809	2673	27.41
150	1963.81	2958	2792	28.75
155	2025.91	3147	2915	30.31

ตาราง ค-12 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคดพื้นไม้ FB12

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB12				
			I left 2.132E-05 M ⁴ I right 2.163E-05 M ⁴ WEIGHT 21.51 KG a 1.00 M. L 3.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	100.81	0	0	0.00
5	162.91	80	74	0.77
10	225.01	146	137	1.42
15	287.11	227	217	2.22
20	349.21	302	290	2.96
25	411.31	388	375	3.82
30	473.41	470	456	4.63
35	535.51	555	553	5.54
40	597.61	638	639	6.39
45	659.71	732	729	7.31
50	721.81	813	810	8.12
55	783.91	903	897	9.00
60	846.01	982	974	9.78
65	908.11	1078	1067	10.73
70	970.21	1162	1147	11.55
75	1032.31	1262	1241	12.52
80	1094.41	1353	1326	13.40
85	1156.51	1462	1429	14.46
90	1218.61	1560	1522	15.41
95	1280.71	1672	1633	16.53
100	1342.81	1774	1736	17.55
105	1404.91	1887	1850	18.69
110	1467.01	1967	1930	19.49

ตาราง ค-12(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB12

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM

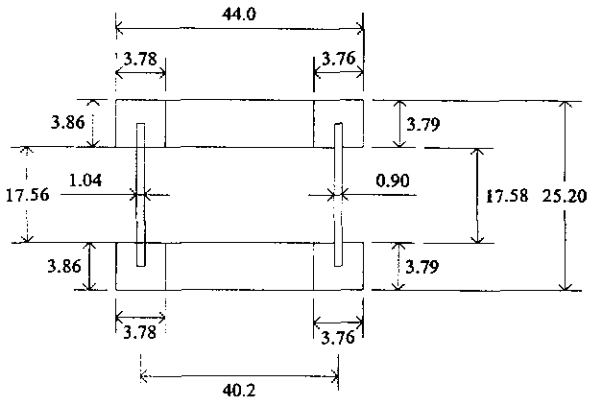
SAMPLE DATA : FB12

The diagram illustrates the cross-section and geometry of an I-joist floor system. Key dimensions include:

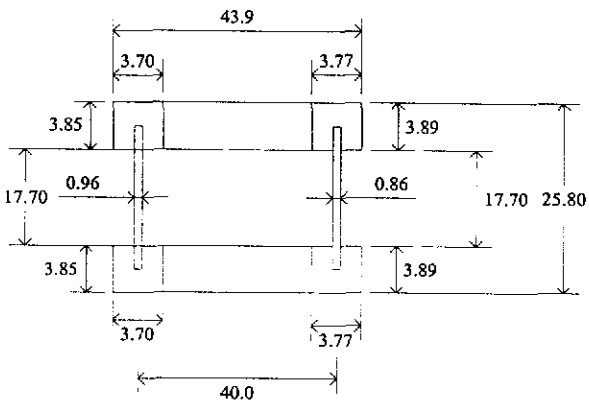
- Total width: 44.0
- Top flange width: 3.78
- Bottom flange width: 3.86
- Web height: 3.82
- Top flange thickness: 0.78
- Bottom flange thickness: 0.64
- Overall depth: 12.56
- Clearance from top flange to web: 3.86
- Clearance from bottom flange to web: 3.86
- Distance from left end to first support: 12.72
- Distance between supports: 20.50
- Distance from second support to right end: 12.72
- Overall length: 40.0

Property	Value	Unit
I left	2.132E-05	M ⁴
I right	2.163E-05	M ⁴
WEIGHT	21.51	KG
a	1.00	M.
L	3.00	M.

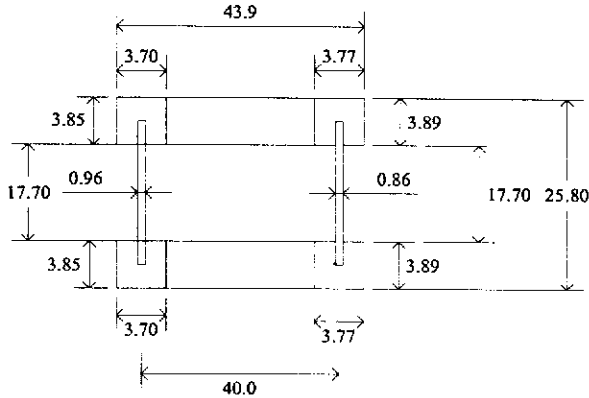
ตาราง ค-13 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB13

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB13				
			I left 3.853E-05 M ⁴ I right 3.696E-05 M ⁴ WEIGHT 33.70 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	87.55	0	0	0.00
5	149.65	141	140	1.41
10	211.75	278	255	2.67
15	273.85	417	373	3.95
20	335.95	544	478	5.11
25	398.05	694	605	6.50
30	460.15	820	715	7.68
35	522.25	967	845	9.06
40	584.35	1092	963	10.28
45	646.45	1321	1216	12.69
50	708.55	1447	1335	13.91
55	770.65	1591	1481	15.36
60	832.75	1707	1600	16.54
65	894.85	1838	1731	17.85
70	956.95	1972	1868	19.20
75	1019.05	2112	2009	20.61
80	1081.15	2240	2135	21.88
85	1143.25	2400	2293	23.47
90	1205.35	2539	2439	24.89
95	1267.45	2680	2577	26.29
100	1329.55	2845	2740	27.93

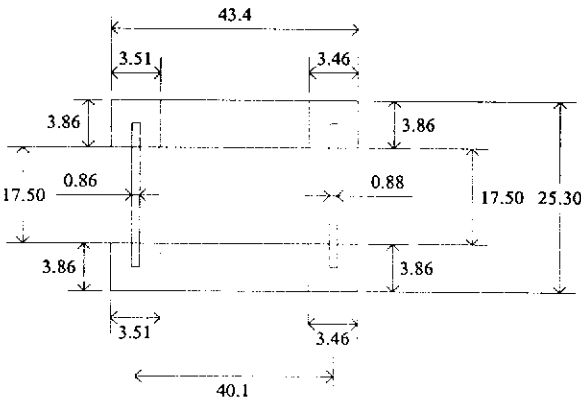
ตาราง ก-14 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงพื้นไม้ FB14

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB14				
			I left 3.787E-05 M ⁴ I right 3.852E-05 M ⁴ WEIGHT 33.89 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	74.18	0	0	0.00
5	136.28	119	122	1.21
10	198.38	236	242	2.39
15	260.48	368	380	3.74
20	322.58	493	513	5.03
25	384.68	618	650	6.34
30	446.78	747	790	7.69
35	508.88	860	907	8.84
40	570.98	1114	1075	10.95
45	633.08	1222	1143	11.83
50	695.18	1338	1255	12.97
55	757.28	1446	1362	14.04
60	819.38	1570	1480	15.25
65	881.48	1696	1600	16.48
70	943.58	1828	1724	17.76
75	1005.68	1949	1842	18.96
80	1067.78	2077	1967	20.22
85	1129.88	2207	2193	22.00
90	1191.98	2430	2379	24.05
95	1254.08	2549	2499	25.24
100	1316.18	2669	2622	26.46
105	1378.28	2792	2744	27.68
110	1440.38	2937	2899	29.18

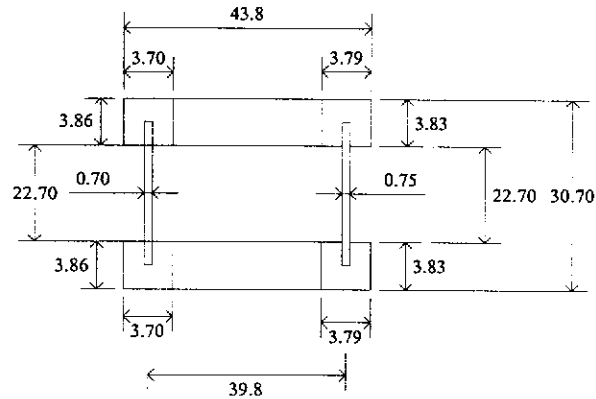
ตาราง ค-14(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB14

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB14				
			I left 3.787E-05 M ⁴ I right 3.852E-05 M ⁴ WEIGHT 33.89 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
115	1502.48	3072	3038	30.55
120	1564.58	3233	3200	32.17

ตาราง ก-15 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคงพื้นไม้ FB15

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA :		FB15		
			I left 3.509E-05 M ⁴ I right 3.473E-05 M ⁴ WEIGHT 33.69 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	74.18	0	0	0.00
5	136.28	118	144	1.31
10	198.38	223	274	2.49
15	260.48	355	430	3.93
20	322.58	465	562	5.14
25	384.68	605	725	6.65
30	446.78	722	858	7.90
35	508.88	962	992	9.77
40	570.98	1072	1118	10.95
45	633.08	1189	1245	12.17
50	695.18	1302	1368	13.35
55	757.28	1433	1511	14.72
60	819.38	1544	1636	15.90
65	881.48	1685	1795	17.40
70	943.58	1813	1938	18.76
75	1005.68	1952	2090	20.21
80	1067.78	2096	2252	21.74
85	1129.88	2262	2434	23.48
90	1191.98	2518	2730	26.24

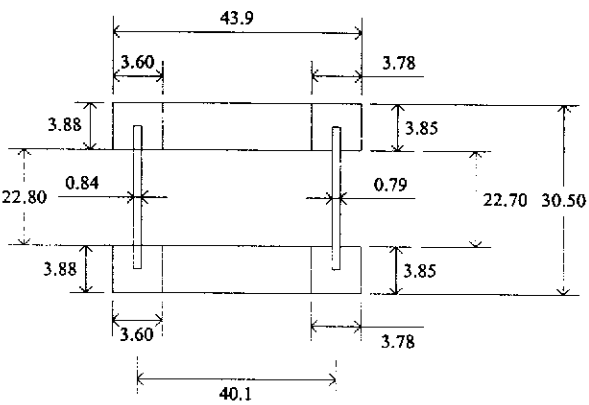
SAMPLE DATA: FB16



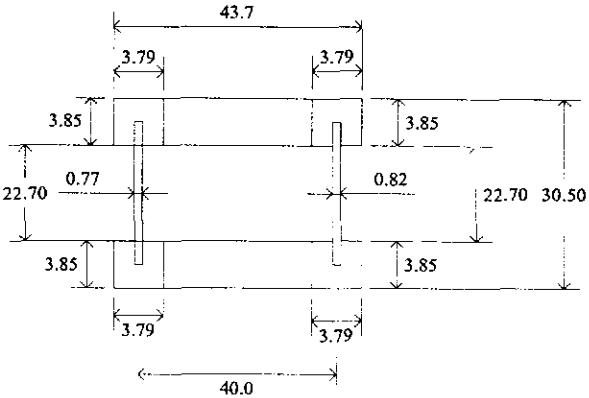
I left	5.755E-05	M ⁴
I right	5.875E-05	M ⁴
WEIGHT	34.48	KG
a	1.50	M.
L	4.00	M.

PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE		
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	DEFLECTION		
				***	MM.	***
0	62.59	0	0	0.00		
5	124.69	63	74	0.74		
10	186.79	150	170	1.70		
15	248.89	230	265	2.65		
20	310.99	323	371	3.71		
25	373.09	403	471	4.71		
30	435.19	485	568	5.68		
35	497.29	579	653	6.53		
40	559.39	668	755	7.55		
45	621.49	683	836	8.36		
50	683.59		935	9.35		
55	745.69		1022	10.22		
60	807.79		1100	11.00		
65	869.89		1188	11.88		
70	931.99		1275	12.75		
75	994.09		1358	13.58		
80	1056.19		1456	14.56		
85	1118.29		1535	15.35		
90	1180.39		1635	16.35		
95	1242.49		1718	17.18		
100	1304.59		1845	18.45		

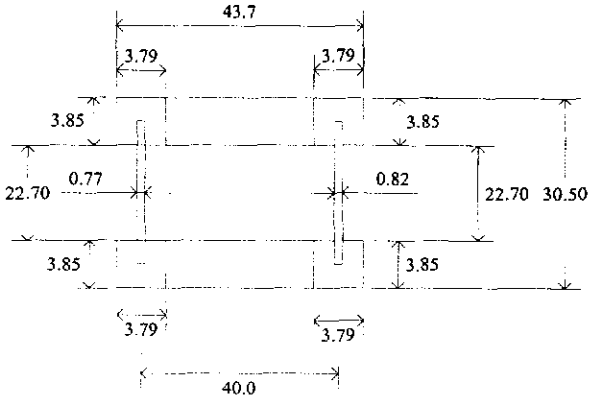
ตาราง ค-17 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงพื้นไม้ FB17

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB17				
		I left 5.836E-05 M ⁴ I right 5.935E-05 M ⁴ WEIGHT 34.73 KG a 1.50 M. L 4.00 M.		
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	62.59	0	0	0.00
5	124.69	68	107	0.88
10	186.79	114	174	1.44
15	248.89	179	264	2.22
20	310.99	252	364	3.08
25	373.09	318	455	3.87
30	435.19	395	550	4.73
35	497.29	473	632	5.53
40	559.39	547	714	6.31
45	621.49	610	782	6.96
50	683.59	680	862	7.71
55	745.69	745	935	8.40
60	807.79	825	1023	9.24
65	869.89	893	1096	9.95
70	931.99	976	1188	10.82
75	994.09	1045	1265	11.55
80	1056.19	1135	1365	12.50
85	1118.29	1213	1452	13.33
90	1180.39	1295	1547	14.21
95	1242.49	1372	1732	15.52
100	1304.59	1460	1829	16.45
105	1366.69	1540	1918	17.29

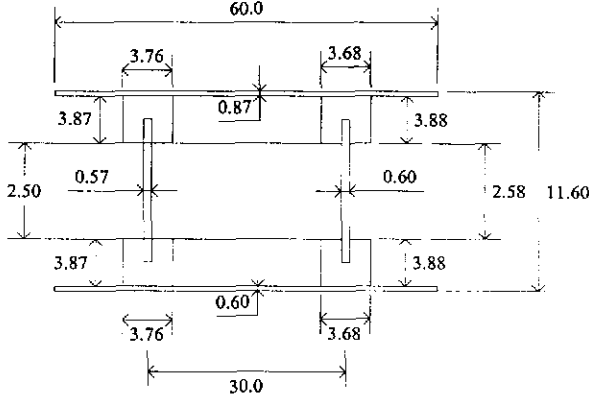
ตาราง ก-18 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB18

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB18				
			I left 5.929E-05 M ⁴ I right 5.978E-05 M ⁴ WEIGHT 34.38 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	62.59	0	0	0.00
5	124.69	58	58	0.58
10	186.79	139	123	1.31
15	248.89	215	195	2.05
20	310.99	293	264	2.79
25	373.09	365	335	3.50
30	435.19	447	414	4.31
35	497.29	532	485	5.09
40	559.39	617	565	5.91
45	621.49	674	625	6.50
50	683.59	755	702	7.29
55	745.69	825	775	8.00
60	807.79	900	851	8.76
65	869.89	965	917	9.41
70	931.99	1053	1005	10.29
75	994.09	1136	1087	11.12
80	1056.19	1216	1169	11.93
85	1118.29	1300	1250	12.75
90	1180.39	1392	1350	13.71
95	1242.49	1472	1434	14.53
100	1304.59	1553	1517	15.35
105	1366.69	1636	1604	16.20
110	1428.79	1732	1692	17.12

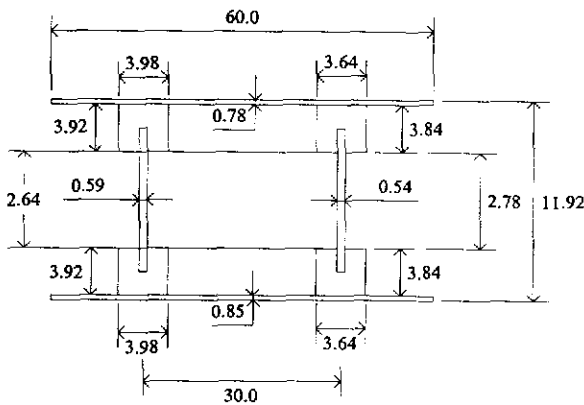
ตาราง ก-18(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงพื้นไม้ FB18

FLEXURE TEST OF I-JOIST FLOOR SYSTEM				
SAMPLE DATA : FB18				
			I left 5.929E-05 M ⁴ I right 5.978E-05 M ⁴ WEIGHT 34.38 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
115	1490.89	1825	1790	18.08
120	1552.99	1920	1888	19.04
125	1615.09	2008	1975	19.92

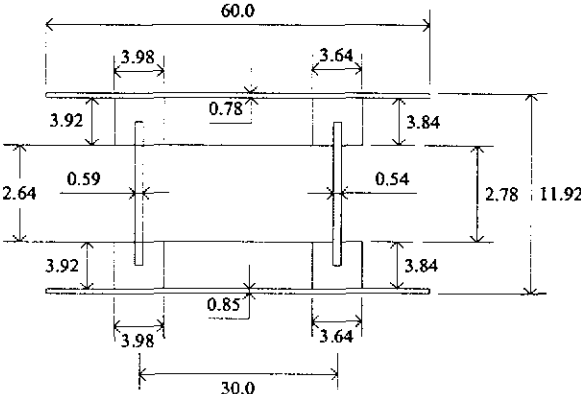
ตาราง ค-19 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงฝาไม้ WB1

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB1				
			I left 3.324E-06 M ⁴ I right 3.346E-06 M ⁴ WEIGHT 39.69 KG a 1.00 M. L 3.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	48.19	0	0	0.00
5	110.29	265	260	2.63
10	172.39	550	545	5.48
15	234.49	875	865	8.70
20	296.59	1190	1185	11.88
25	358.69	1560	1555	15.58
30	420.79	1960	1955	19.58
35	482.89	2413	2410	24.12
40	544.99	2850	2855	28.53
45	607.09	3303	3320	33.12
50	669.19	3790	3815	38.03
55	731.29	4348	4380	43.64

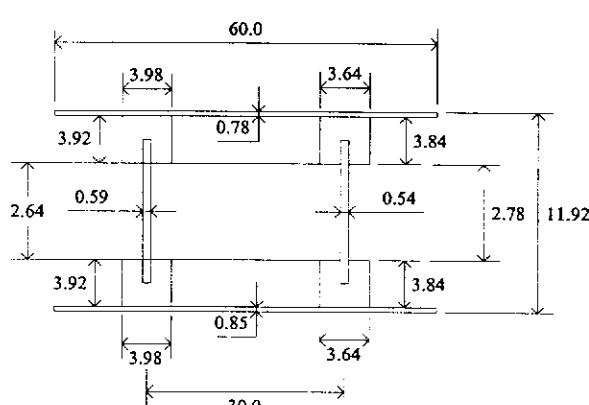
ตาราง ก-20 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงฝาไม้ WB2

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE No. WB2				
		I left	3.766E-06	M ⁴
		I right	3.416E-06	M ⁴
		WEIGHT	39.69	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	79.38	0	0	0.00
2	104.22	128	140	1.34
4	129.06	290	305	2.98
6	153.90	420	450	4.35
8	178.74	552	591	5.72
10	203.58	707	748	7.28
12	228.42	865	915	8.90
14	253.26	1040	1097	10.69
16	278.10	1204	1266	12.35
18	302.94	1341	1408	13.75
20	327.78	1486	1558	15.22
22	352.62	1645	1725	16.85
24	377.46	1838	1924	18.81
26	402.30	1985	2081	20.33
28	427.14	2135	2233	21.84
30	451.98	2300	2400	23.50
32	476.82	2500	2613	25.57
34	501.66	2682	2797	27.40
36	526.50	2832	2950	28.91
38	551.34	2998	3121	30.60
40	576.18	3200	3335	32.68
42	601.02	3375	3508	34.42
44	625.86	3582	3725	36.54

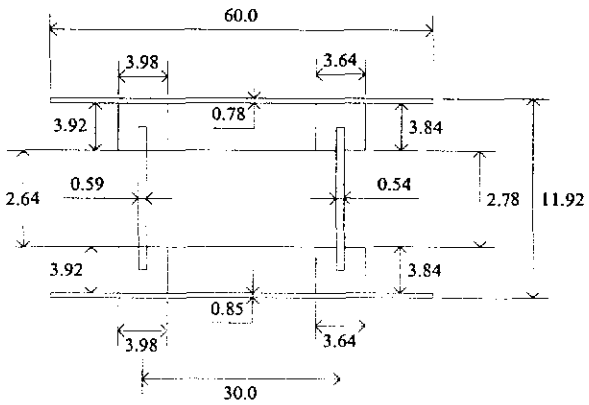
ตาราง ก-20(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคาน้ำไม้ WB2

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE No. WB2				
		I left	3.766E-06	M ⁴
		I right	3.416E-06	M ⁴
		WEIGHT	39.69	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
46	650.70	3760	3907	38.34
48	675.54	3950	4102	40.26
50	700.38	4132	4292	42.12
52	725.22	4350	4515	44.33
54	750.06	4575	4743	46.59
80	1072.98			

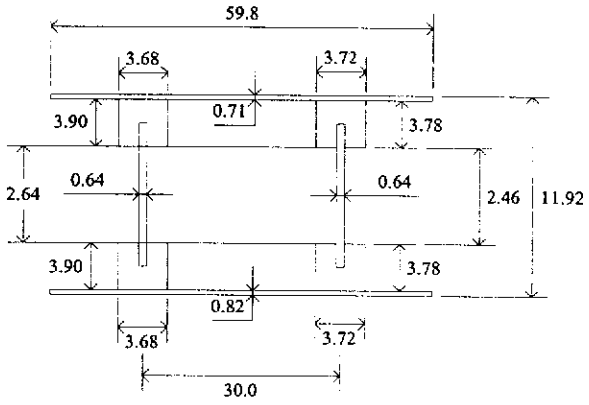
ตาราง ก-21 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบผนังไม้ WB3

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE No. WB3				
		I left	3.766E-06	M ⁴
		I right	3.416E-06	M ⁴
		WEIGHT	39.69	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	79.38	0	0	0.00
2	104.22	140	149	1.45
4	129.06	260	275	2.68
6	153.90	361	385	3.73
8	178.74	473	505	4.89
10	203.58	600	650	6.25
12	228.42	735	790	7.63
14	253.26	882	949	9.16
16	278.10	991	1065	10.28
18	302.94	1135	1118	11.27
20	327.78	1275	1268	12.72
22	352.62	1457	1467	14.62
24	377.46	1650	1670	16.60
26	402.30	1766	1798	17.82
28	427.14	1891	1932	19.12
30	451.98	2065	2118	20.92
32	476.82	2265	2330	22.98
34	501.66	2425	2500	24.63
36	526.50	2574	2660	26.17
38	551.34	2733	2830	27.82
40	576.18	2950	3060	30.05
42	601.02	3163	3287	32.25
44	625.86	3340	3476	34.08

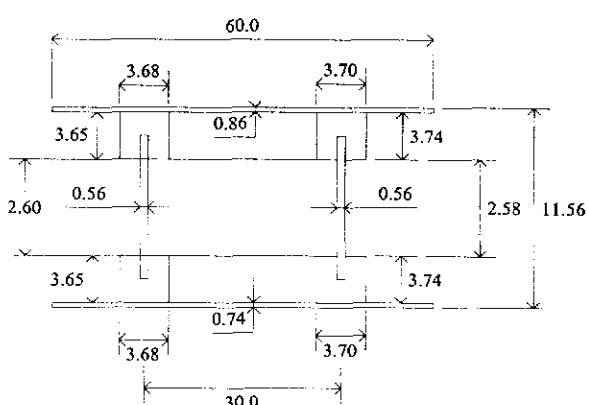
ตาราง ก-21(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงฝาไม้ WB3

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE No. WB3				
		I left 3.766E-06 M ⁴ I right 3.416E-06 M ⁴ WEIGHT 39.69 KG a 1.00 M. L 3.00 M.		
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
46	650.70	3533	3675	36.04
48	675.54	3731	3882	38.07
50	700.38	3915	4072	39.94
52	725.22	4141	4307	42.24
54	750.06	4325	4494	44.10
56	774.90	4505	4682	45.94
58	799.74	4785	4818	48.02
80				

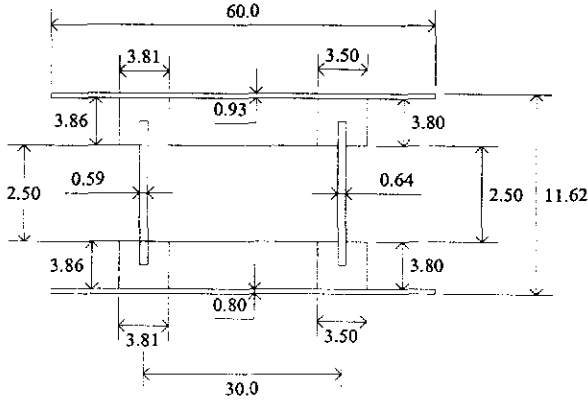
ตาราง ก-22 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงฝาไม้ WB4

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA :		WB4		
		I left	3.443E-06	M ⁴
		I right	3.080E-06	M ⁴
		WEIGHT	44.67	KG
		a	1.25	M.
		L	3.50	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	48.19	0	0	0.00
2	73.03	138	148	1.43
4	97.87	335	359	3.47
6	122.71	512	549	5.31
8	147.55	699	746	7.23
10	172.39	918	983	9.51
12	197.23	1177	1259	12.18
14	222.07	1485	1584	15.35
16	246.91	1711	1824	17.68
18	271.75	1980	2104	20.42
20	296.59	2288	2420	23.54
22	321.43	2680	2831	27.56
24	346.27	3006	3168	30.87
26	371.11	3292	3463	33.78
28	395.95	3628	3808	37.18
30	420.79	4000	4184	40.92
32	445.63	4467	4557	45.12
34	470.47	4908	4790	48.49

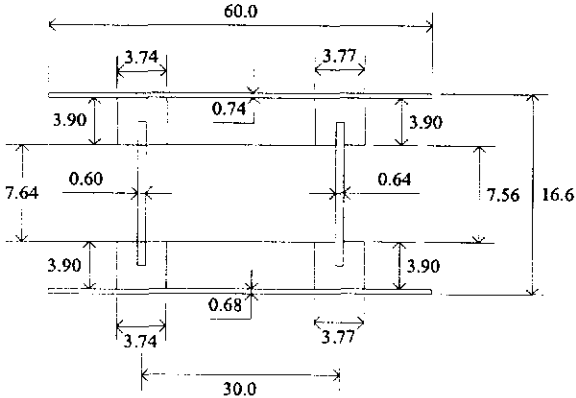
ตาราง ก-23 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงฝาไม้ WB5

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB5				
			I left 2.930E-06 M ⁴ I right 3.094E-06 M ⁴ WEIGHT 45.42 KG a 1.25 M. L 3.50 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	48.19	0	0	0.00
2	73.03	207	189	1.98
4	97.87	475	442	4.59
6	122.71	750	704	7.27
8	147.55	975	917	9.46
10	172.39	1215	1133	11.74
12	197.23	1475	1367	14.21
14	222.07	1768	1632	17.00
16	246.91	2098	1936	20.17
18	271.75	2365	2179	22.72
20	296.59	2640	2440	25.40
22	321.43	2955	2740	28.48
24	346.27	3425	3188	33.07
26	371.11	3788	3540	36.64
28	395.95	4340	4084	42.12
30	420.79	4995	4640	48.18

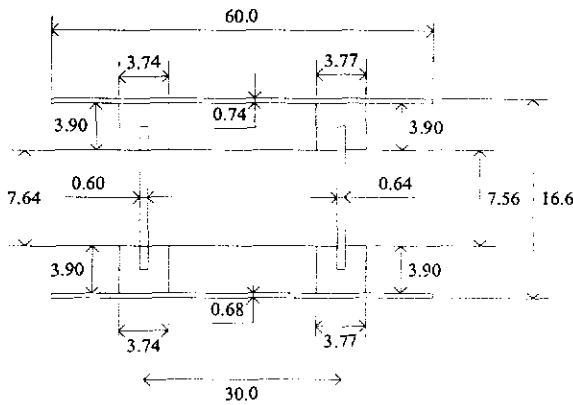
ตาราง ก-24 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคงฝ้าไม้ WB6

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB6				
			I left 3.347E-06 M ⁴ I right 2.968E-06 M ⁴ WEIGHT 45.09 KG a 1.25 M. L 3.50 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	48.19	0	0	0.00
2	73.03	160	165	1.63
4	97.87	355	368	3.62
6	122.71	595	623	6.09
8	147.55	825	859	8.42
10	172.39	1048	1089	10.69
12	197.23	1280	1332	13.06
14	222.07	1530	1590	15.60
16	246.91	1833	1907	18.70
18	271.75	2082	2165	21.24
20	296.59	2350	2444	23.97
22	321.43	2580	2679	26.30
24	346.27	2896	3008	29.52
26	371.11	3226	3351	32.89
28	395.95	3548	3688	36.18
30	420.79	3857	4007	39.32
32	445.63	4174	4335	42.55
34	470.47	4482	4655	45.69

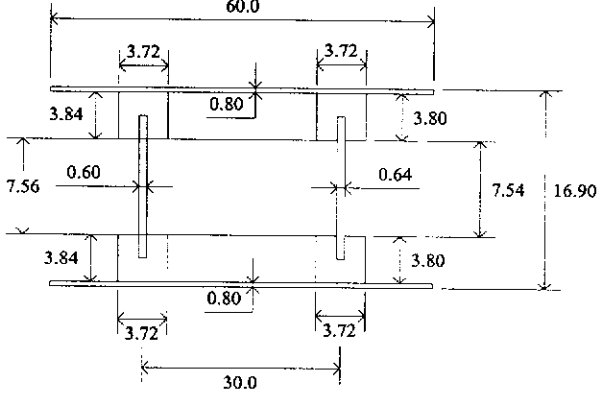
ตาราง ก-25 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงฝาไม้ WB7

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA :		WB7		
		I left	1.030E-05	M ⁴
		I right	1.026E-05	M ⁴
		WEIGHT	52.63	KG
		a	1.50	M.
		L	4.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	47.46	0	0	0.00
2	72.30	180	161	1.71
4	97.14	210	275	2.43
6	121.98	355	399	3.77
8	146.82	508	533	5.21
10	171.66	709	712	7.11
12	196.50	915	896	9.06
14	221.34	1065	1032	10.49
16	246.18	1215	1164	11.90
18	271.02	1400	1328	13.64
20	295.86	1610	1516	15.63
22	320.70	1815	1706	17.61
24	345.54	1978	1857	19.18
26	370.38	2142	2010	20.76
28	395.22	2338	2192	22.65
30	420.06	2565	2408	24.87
32	444.90	2773	2605	26.89
34	469.74	2936	2762	28.49
36	494.58	3177	2998	30.88
38	519.42	3410	3226	33.18
40	544.26	3625	3442	35.34
42	569.10	3866	3679	37.73
44	593.94	4060	3869	39.65

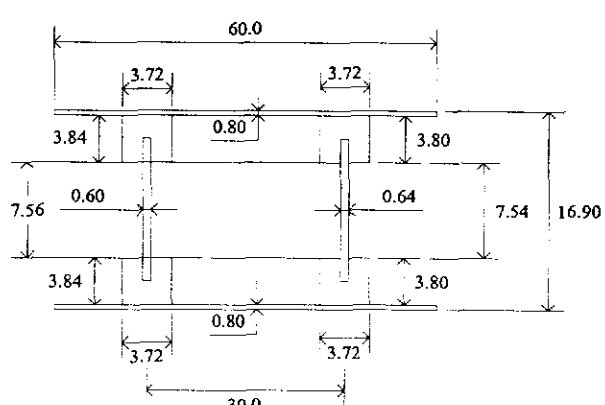
ตาราง ก-25(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคาน้ำไม้ WB7

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB7				
				
	I left	1.030E-05	M ⁴	
	I right	1.026E-05	M ⁴	
	WEIGHT	52.63	KG	
	a	1.50	M.	
	L	4.00	M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
46	618.78	4248	4050	41.49
48	643.62	4470	4270	43.70
50	668.46	4710	4507	46.09

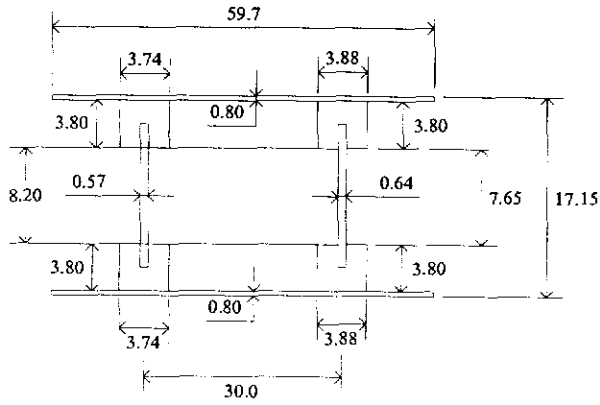
ตาราง ก-26 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคงฝ้าไม้ WB8

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB8				
		I left 9.849E-06 M ⁴ I right 9.658E-06 M ⁴ WEIGHT 52.85 KG a 1.50 M. L 4.00 M.		
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	47.46	0	0	0.00
2	72.30	102	107	1.05
4	97.14	183	188	1.86
6	121.98	290	300	2.95
8	146.82	415	431	4.23
10	171.66	550	575	5.63
12	196.50	692	715	7.04
14	221.34	820	846	8.33
16	246.18	950	978	9.64
18	271.02	1095	1127	11.11
20	295.86	1285	1316	13.01
22	320.70	1420	1453	14.37
24	345.54	1565	1597	15.81
26	370.38	1730	1761	17.46
28	395.22	1905	1935	19.20
30	420.06	2105	2132	21.19
32	444.90	2264	2285	22.75
34	469.74	2430	2445	24.38
36	494.58	2600	2613	26.07
38	519.42	2800	2804	28.02
40	544.26	3025	3016	30.21
42	569.10	3188	3147	31.68
44	593.94	3388	3344	33.66

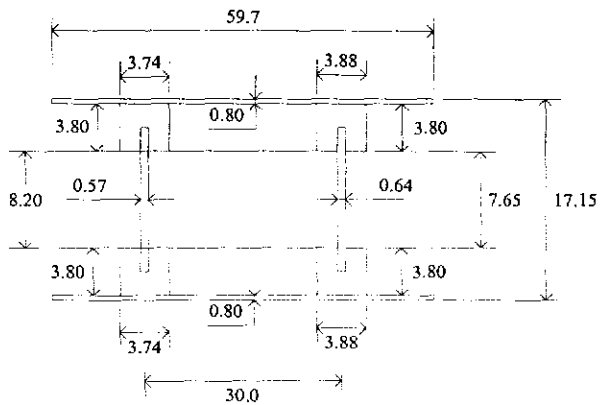
ตาราง ค-26(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคานาไม้ WB8

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA :		WB8		
		I left	9.849E-06	M ⁴
		I right	9.658E-06	M ⁴
		WEIGHT	52.85	KG
		a	1.50	M.
		L	4.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
46	618.78	3550	3491	35.21
48	643.62	3790	3698	37.44
50	668.46	3970	3859	39.15
52	693.30	4163	4028	40.96
54	718.14	4394	4233	43.14
56	742.98	4644	4450	45.47
58	767.82	4968	4730	48.49

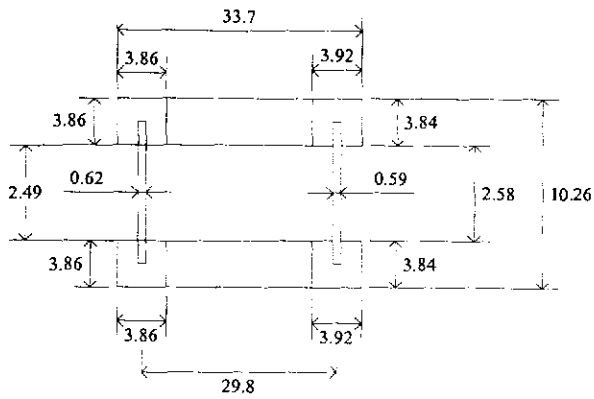
ตาราง ก-27 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงฝาไม้ WB9

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB9				
			I left 1.084E-05 M ⁴ I right 1.026E-05 M ⁴ WEIGHT 52.43 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	47.46	0	0	0.00
2	72.30	123	141	1.32
4	97.14	242	274	2.58
6	121.98	372	419	3.96
8	146.82	485	544	5.15
10	171.66	618	686	6.52
12	196.50	750	831	7.91
14	221.34	907	998	9.53
16	246.18	1055	1155	11.05
18	271.02	1190	1303	12.47
20	295.86	1332	1449	13.91
22	320.70	1510	1634	15.72
24	345.54	1690	1820	17.55
26	370.38	1762	2002	18.82
28	395.22	2018	2162	20.90
30	420.06	2174	2325	22.50
32	444.90	2378	2538	24.58
34	469.74	2577	2747	26.62
36	494.58	2775	2951	28.63
38	519.42	2932	3112	30.22
40	544.26	3115	3302	32.09
42	569.10	3316	3514	34.15
44	593.94	3548	3752	36.50

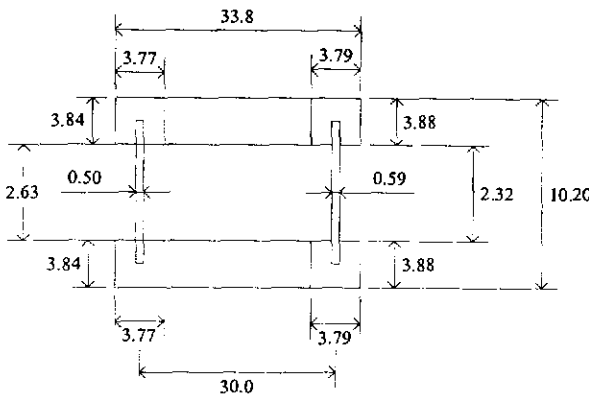
ตาราง ก-27(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงฝาไม้ WB9

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB9				
			I left 1.084E-05 M ⁴ I right 1.026E-05 M ⁴ WEIGHT 52.43 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
46	618.78	3752	3967	38.60
48	643.62	3931	4154	40.43
50	668.46	4140	4380	42.60
52	693.30	4374	4633	45.04

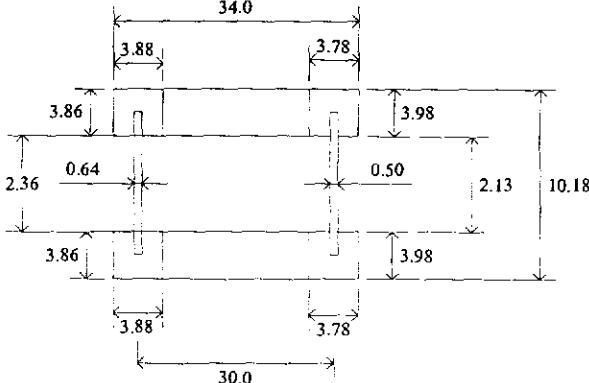
ตาราง ก-28 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงฝาไม้ WB10

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB10				
			I left 3.382E-06 M ⁴ I right 3.48E-06 M ⁴ WEIGHT 15.57 KG a 1.00 M. L 3.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	56.15	0	0	0.00
2	80.99	250	234	2.42
4	105.83	433	406	4.20
6	130.67	635	598	6.17
8	155.51	870	817	8.44
10	180.35	1118	1046	10.82
12	205.19	1411	1299	13.55
14	230.03	1623	1486	15.55
16	254.87	1863	1707	17.85
18	279.71	2108	1934	20.21
20	304.55	2390	2195	22.93
22	329.39	2716	2500	26.08
24	354.23	2955	2724	28.40
26	379.07	3205	2959	30.82
28	403.91	3488	3223	33.56
30	428.75	3810	3525	36.68
32	453.59	4134	3833	39.84
34	478.43	4368	4056	42.12
36	503.27	4635	4312	44.74
38	528.11	4908	4578	47.43

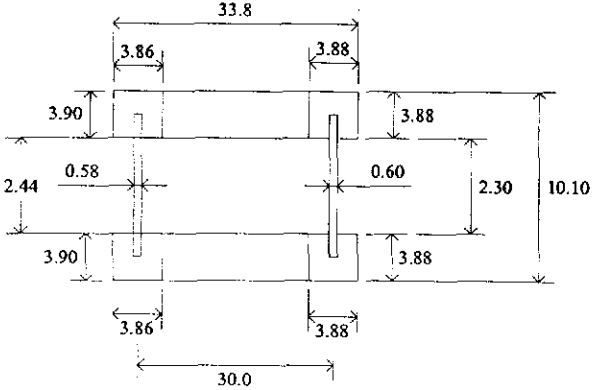
ตาราง ค-29 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงฝาไม้ WB11

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB11				
			I left 3.393E-06 M ⁴ I right 3.201E-06 M ⁴ WEIGHT 15.64 KG a 1.00 M. L 3.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	56.16	0	0	0.00
2	81.00	212	216	2.14
4	105.84	360	373	3.67
6	130.68	545	560	5.53
8	155.52	769	753	7.61
10	180.36	1015	985	10.00
12	205.20	1190	1155	11.73
14	230.04	1395	1359	13.77
16	254.88	1653	1622	16.38
18	279.72	1915	1895	19.05
20	304.56	2145	2138	21.42
22	329.40	2380	2385	23.83
24	354.24	2607	2627	26.17
26	379.08	2875	2913	28.94
28	403.92	3170	3228	31.99
30	428.76	3465	3554	35.10
32	453.60	3733	3853	37.93
34	478.44	4016	4176	40.96
36	503.28	4347	4553	44.50
38	528.12	4745	4863	48.04

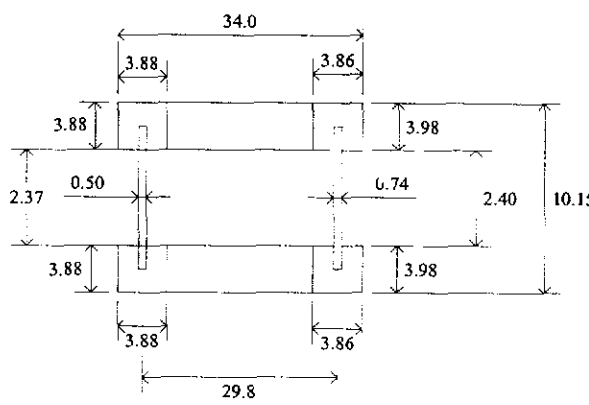
ตาราง ก-30 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคงฝ้าไม้ WB12

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB12				
			I left 3.276E-06 M ⁴ I right 3.234E-06 M ⁴ WEIGHT 16.33 KG a 1.00 M. L 3.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	56.16	0	0	0.00
2	81.00	277	248	2.63
4	105.84	490	455	4.73
6	130.68	704	685	6.95
8	155.52	938	932	9.35
10	180.36	1181	1178	11.80
12	205.20	1375	1379	13.77
14	230.04	1622	1653	16.38
16	254.88	1846	1871	18.59
18	279.72	2139	2175	21.57
20	304.56	2415	2464	24.40
22	329.40	2640	2699	26.70
24	354.24	2909	2972	29.41
26	379.08	3179	3248	32.14
28	403.92	3506	3588	35.47
30	428.76	3820	3921	38.71
32	453.60	4080	4190	41.35
34	478.44	4379	4499	44.39
36	503.28	4720	4850	47.85

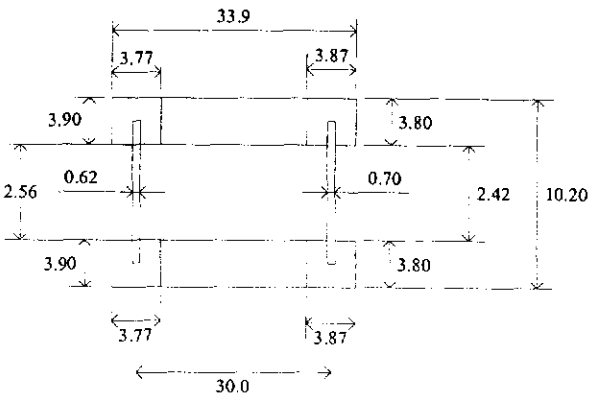
ตาราง ก-31 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงฝ้าไม้ WB13

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB13				
			I left 3.414E-06 M ⁴ I right 3.259E-06 M ⁴ WEIGHT 17.92 KG a 1.25 M. L 3.50 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	52.15	0	0	0.00
2	76.99	284	265	2.75
4	101.83	573	543	5.58
6	126.67	880	840	8.60
8	151.51	1235	1176	12.06
10	176.35	1576	1511	15.44
12	201.19	1827	1849	18.38
14	226.03	2015	2134	20.75
16	250.87	2430	2450	24.40
18	275.71	2745	2774	27.60
20	300.55	3132	3166	31.49
22	325.39	3530	3576	35.53
24	350.23	3888	3937	39.13
26	375.07	4260	4317	42.89
28	399.91	4630	4688	46.59
42	573.79			

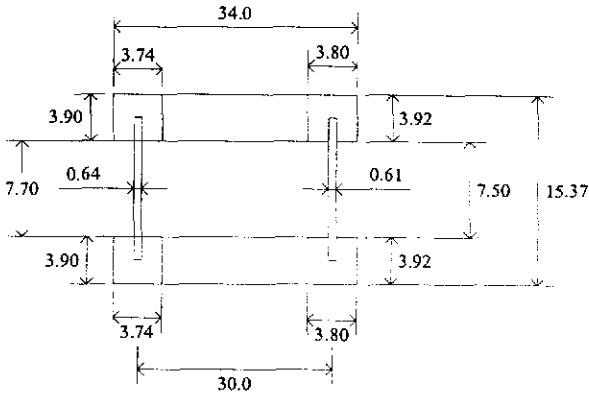
ตาราง ค-32 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงฝาไม้ WB14

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB14				
			I left 3.324E-06 M ⁴ I right 3.541E-06 M ⁴ WEIGHT 18.37 KG a 1.25 M. L 3.50 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	56.16	0	0	0.00
2	81.00	370	418	3.94
4	105.84	605	672	6.39
6	130.68	871	942	9.07
8	155.52	1184	1271	12.28
10	180.36	1604	1709	16.57
12	205.20	2000	2119	20.60
14	230.04	2312	2445	23.79
16	254.88	2666	2815	27.41
18	279.72	3088	3256	31.72
20	304.56	3564	3750	36.57
22	329.40	3993	4205	40.99
24	354.24	4409	4640	45.25

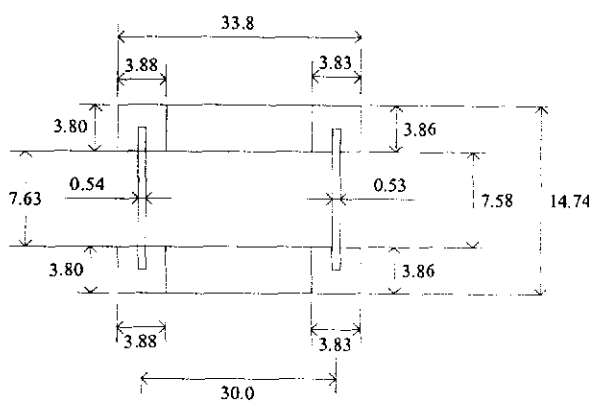
ตาราง ค-33 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงฝาไม้ WB15

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB15				
			I left 3.449E-06 M ⁴ I right 3.207E-06 M ⁴ WEIGHT 17.89 KG a 1.25 M. L 3.50 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	52.15	0	0	0.00
2	76.99	317	340	3.29
4	101.83	635	664	6.50
6	126.67	938	962	9.50
8	151.51	1267	1289	12.78
10	176.35	1575	1613	15.94
12	201.19	1872	1930	19.01
14	226.03	2059	2228	21.44
16	250.87	2334	2573	24.54
18	275.71	2714	3033	28.74
20	300.55	3120	3468	32.94
22	325.39	3462	3842	36.52
24	350.23	3820	4228	40.24
26	375.07	4298	4631	44.65
28	399.91	4712	4947	48.30
35	486.85			

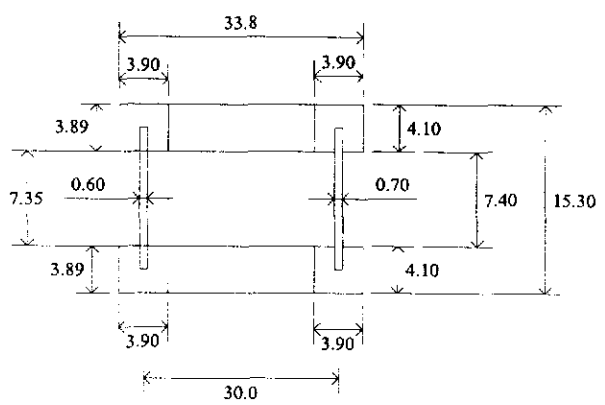
ตาราง ก-34 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบคานาไม้ WB16

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB16				
			I left 1.043E-05 M ⁴ I right 1.031E-05 M ⁴ WEIGHT 21.84 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	48.46	0	0	0.00
2	73.3	152	138	1.45
4	98.14	318	287	3.03
6	122.98	500	453	4.77
8	147.82	670	603	6.37
10	172.66	818	735	7.77
12	197.5	1000	902	9.51
14	222.34	1153	1047	11.00
16	247.18	1332	1224	12.78
18	272.02	1487	1369	14.28
20	296.86	1630	1506	15.68
22	321.7	1800	1672	17.36
24	346.54	1981	1842	19.12
26	371.38	2190	2037	21.14
28	396.22	2376	2214	22.95
30	421.06	2535	2364	24.50
32	445.9	2705	2532	26.19
34	470.74	2900	2727	28.14
36	495.58	3120	2934	30.27
38	520.42	3293	3106	32.00
40	545.26	3465	3295	33.80
42	570.1	3860	3847	38.54
44	594.94	4095	4142	41.19
46	619.78	4340	4425	43.83

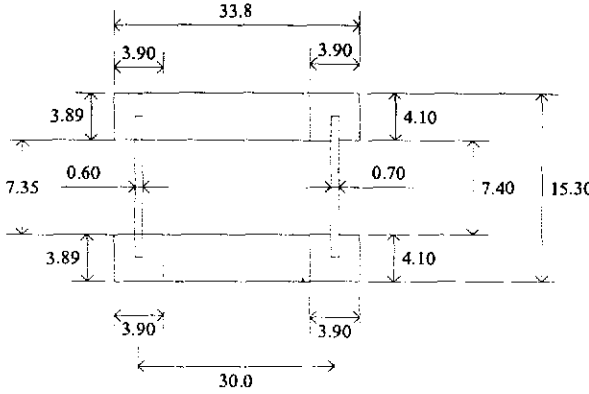
ตาราง ค-35 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบตงฝาไม้ WB17

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA :		WB17		
			I left 1.019E-05 M ⁴ I right 1.023E-05 M ⁴ WEIGHT 21.93 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	48.46	0	0	0.00
2	73.30	218	181	2.00
4	98.14	382	337	3.60
6	122.98	535	482	5.09
8	147.82	705	639	6.72
10	172.66	880	805	8.43
12	197.50	1079	1002	10.41
14	222.34	1218	1144	11.81
16	247.18	1362	1292	13.27
18	272.02	1520	1462	14.91
20	296.86	1700	1650	16.75
22	321.70	1893	1859	18.76
24	346.54	2030	2015	20.23
26	371.38	2170	2160	21.65
28	396.22	2325	2317	23.21
30	421.06	2518	2521	25.20
32	445.90	2735	2752	27.44
34	470.74	2870	2897	28.84
36	495.58	3025	3059	30.42
38	520.42	3225	3278	32.52
40	545.26	3440	3520	34.80
42	570.10	3718	3858	37.88

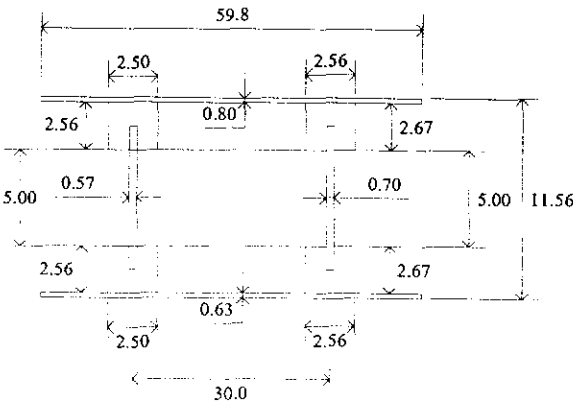
ตาราง ค-36 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงฟ้าไม้ WB18

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA :		WB18		
		I left	1.016E-05	M ⁴
		I right	1.117E-05	M ⁴
		WEIGHT	15.57	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	48.46	0	0	0.00
2	73.30	190	213	2.02
4	98.14	340	378	3.59
6	122.98	514	580	5.47
8	147.82	680	782	7.31
10	172.66	883	1023	9.53
12	197.50	1050	1215	11.33
14	222.34	1218	1389	13.04
16	247.18	1400	1575	14.88
18	272.02	1610	1789	17.00
20	296.86	1825	2003	19.14
22	321.70	2012	2182	20.97
24	346.54	2175	2342	22.59
26	371.38	2390	2555	24.73
28	396.22	2600	2765	26.83
30	421.06	2790	2957	28.74
32	445.90	2951	3120	30.36
34	470.74	3125	3295	32.10
36	495.58	3288	3458	33.73
38	520.42	3500	3673	35.87
40	545.25	3710	3880	37.95
42	570.10	3858	4031	39.45
44	594.94	4050	4228	41.39

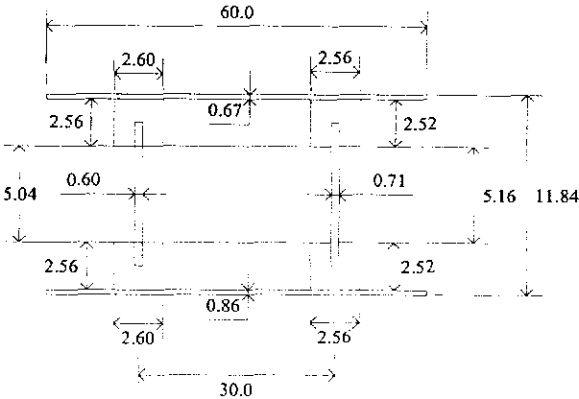
ตาราง ก-36(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงฝ้าไม้ WB18

FLEXURE TEST OF I-JOIST WALL SYSTEM				
SAMPLE DATA : WB18				
			I left	1.016E-05 M ⁴
			I right	1.117E-05 M ⁴
			WEIGHT	15.57 KG
			a	1.00 M.
			L	3.00 M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
46	619.78	4211	4390	43.01
48	644.62	4420	4606	45.13
50	669.46	4628	4824	47.26

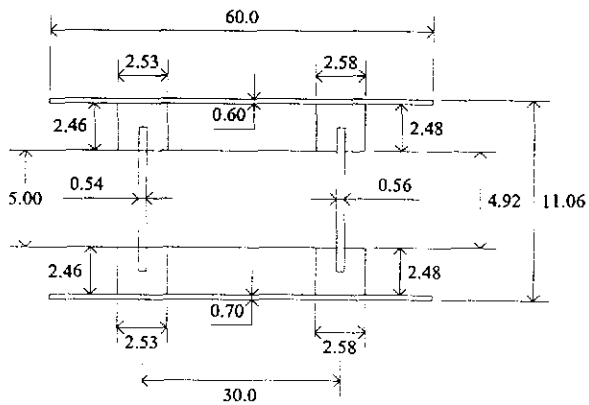
ตาราง ก-37 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB1

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA :		PB1		
		I left	1.958E-06	M ⁴
		I right	2.165E-06	M ⁴
		WEIGHT	30.35	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	54.98	0	0	0.00
2	79.82	104	78	0.91
4	104.66	260	223	2.42
6	129.50	468	413	4.41
8	154.34	686	614	6.50
10	179.18	885	895	8.90
12	204.02	1137	1136	11.37
14	228.86	1373	1366	13.70
16	253.70	1650	1640	16.45
18	278.54	2010	1980	19.95
20	303.38	2342	2308	23.25
22	328.22	2534	2502	25.18
24	353.06	2954	2924	29.39
26	377.90	3335	3307	33.21
28	402.74	3716	3692	37.04
30	427.58	4154	4132	41.43
32	452.42	4641	4625	46.33

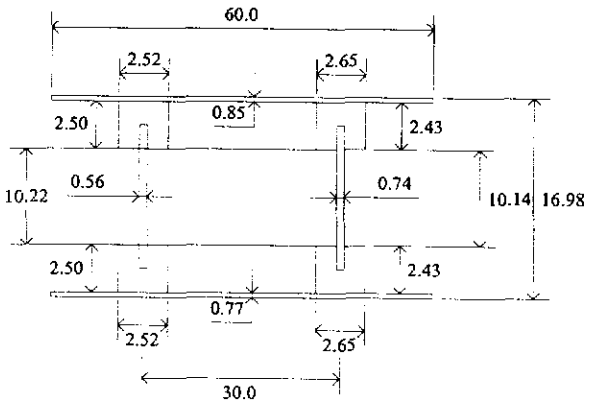
ตาราง ค-38 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปهلึงคา PB2

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA :		PB2		
		I left	2.059E-06	M ⁴
		I right	2.052E-06	M ⁴
		WEIGHT	32.67	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	54.98	0	0	0.00
2	79.82	146	163	1.55
4	104.66	295	328	3.12
6	129.50	458	517	4.88
8	154.34	672	763	7.18
10	179.18	910	1028	9.69
12	204.02	1162	1309	12.36
14	228.86	1355	1522	14.39
16	253.70	1596	1785	16.91
18	278.54	1822	2040	19.31
20	303.38	2135	2394	22.65
22	328.22	2440	2734	25.87
24	353.06	2678	2995	28.37
26	377.90	3030	3379	32.05
28	402.74	3375	3763	35.69
30	427.58	3818	4240	40.29
32	452.42	4155	4610	43.83

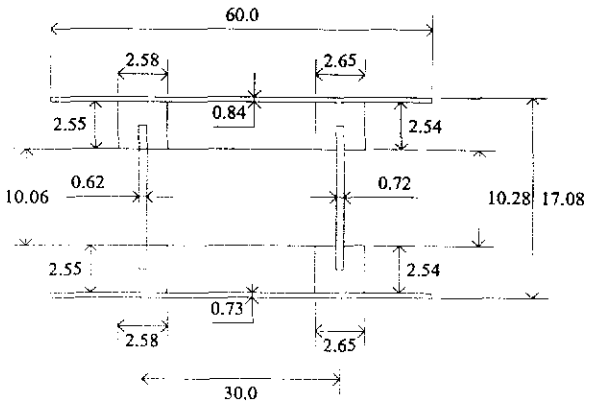
ตาราง ค-39 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแป้นหลังคา PB3

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA : PB3				
			I left 1.851E-06 M ⁴ I right 1.873E-06 M ⁴ WEIGHT 31.28 KG a 1.00 M. L 3.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	54.98	0	0	0.00
2	79.82	168	154	1.61
4	104.66	360	329	3.45
6	129.50	612	570	5.91
8	154.34	774	721	7.48
10	179.18	1045	966	10.06
12	204.02	1312	1229	12.71
14	228.86	1585	1496	15.41
16	253.70	1866	1775	18.21
18	278.54	2094	1996	20.45
20	303.38	2352	2257	23.05
22	328.22	2650	2564	26.07
24	353.06	2976	2906	29.41
26	377.90	3212	3257	32.35
28	402.74	3520	3574	35.47
30	427.58	3862	3929	38.96
32	452.42	4179	4248	42.14
34	477.26	4592	4665	46.29

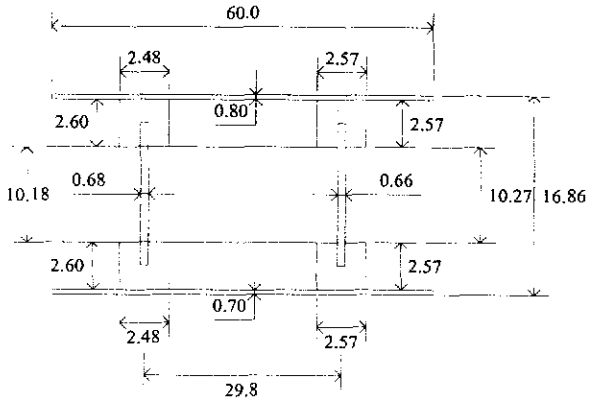
ตาราง ค-40 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปهلึงคา PB4

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA :		PB4		
			I left	5.660E-06 M ⁴
			I right	5.794E-06 M ⁴
			WEIGHT	40.92 KG
			a	1.25 M.
			L	3.50 M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	48.08	0	0	0.00
2	72.92	141	110	1.26
4	97.76	317	260	2.89
6	122.60	450	394	4.22
8	147.44	555	505	5.30
10	172.28	674	627	6.51
12	197.12	800	766	7.83
14	221.96	959	934	9.47
16	246.80	1106	1087	10.97
18	271.64	1232	1225	12.29
20	296.48	1365	1365	13.65
22	321.32	1523	1532	15.28
24	346.16	1690	1708	16.99
26	371.00	1850	1878	18.64
28	395.84	1985	2022	20.04
30	420.68	2142	2185	21.64
32	445.52	2325	2376	23.51
34	470.36	2506	2562	25.34
36	495.20	2669	2729	26.99
38	520.04	2825	2885	28.55
40	544.88	2982	3040	30.11
42	569.72	3192	3253	32.23
44	594.56	3358	3418	33.88
46	619.40	3545	3601	35.73
48	644.24	4352	4313	43.33

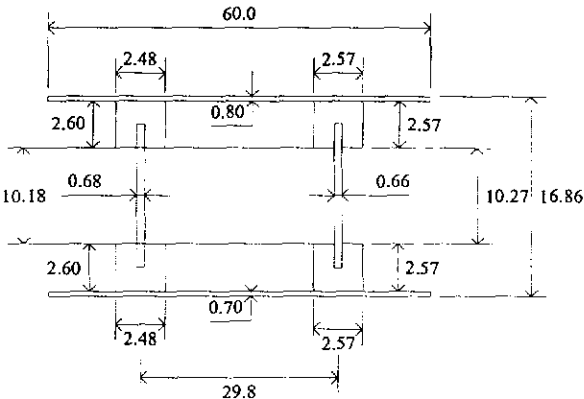
ตาราง ค-41 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB5

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA :		PB5		
			I left 5.828E-06 M ⁴ I right 6.255E-06 M ⁴ WEIGHT 40.92 KG a 1.25 M. L 3.50 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	48.08	0	0	0.00
2	72.92	114	108	1.11
4	97.76	235	220	2.28
6	122.60	365	344	3.55
8	147.44	511	483	4.97
10	172.28	663	633	6.48
12	197.12	818	785	8.02
14	221.96	953	915	9.34
16	246.80	1098	1055	10.77
18	271.64	1242	1200	12.21
20	296.48	1410	1363	13.87
22	321.32	1574	1526	15.50
24	346.16	1746	1698	17.22
26	371.00	1908	1862	18.85
28	395.84	2070	2030	20.50
30	420.68	2297	2245	22.71
32	445.52	2456	2410	24.33
34	470.36	2619	2582	26.01
36	495.20	2793	2763	27.78
38	520.04	2975	2955	29.65

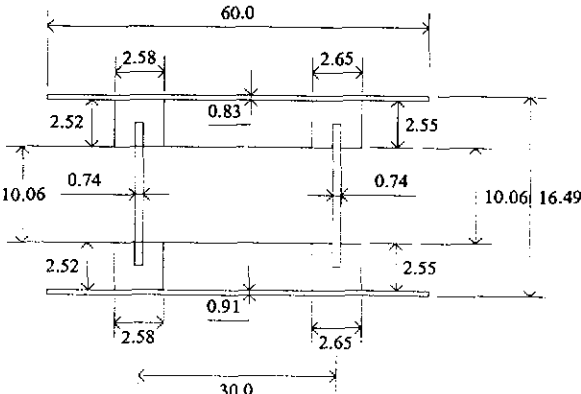
ตาราง ค-42 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปهلึงคา PB6

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA : PB6				
			I left 5.936E-06 M ⁴ I right 6.113E-06 M ⁴ WEIGHT 40.05 KG a 1.25 M. L 3.50 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	48.08	0	0	0.00
2	72.92	91	83	0.87
4	97.76	203	195	1.99
6	122.60	320	315	3.18
8	147.44	415	408	4.12
10	172.28	510	500	5.05
12	197.12	627	612	6.20
14	221.96	750	732	7.41
16	246.80	900	880	8.90
18	271.64	1022	1000	10.11
20	296.48	1145	1120	11.33
22	321.32	1287	1261	12.74
24	346.16	1422	1392	14.07
26	371.00	1604	1670	16.37
28	395.84	1754	1817	17.86
30	420.68	1880	1943	19.12
32	445.52	2055	2116	20.86
34	470.36	2250	2312	22.81
36	495.20	2434	2495	24.65
38	520.04	2605	2675	26.40
40	544.88	2780	2855	28.18
42	569.72	2964	3040	30.02
44	594.56	3185	3264	32.25
46	619.40	3443	3522	34.83
48	644.24	3620	3705	36.63

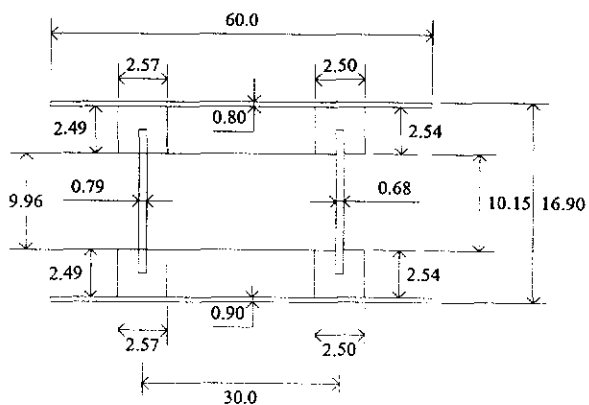
ตาราง ค-42(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB6

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA :		PB6		
			I left	5.936E-06 M ⁴
			I right	6.113E-06 M ⁴
			WEIGHT	40.05 KG
			a	1.25 M.
			L	3.50 M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
50	669.08	3830	3924	38.77
52	693.92	4040	4140	40.90
54	718.76	4286	4395	43.41
56	743.60	4530	4545	45.38
58	768.44	4771	4790	47.81

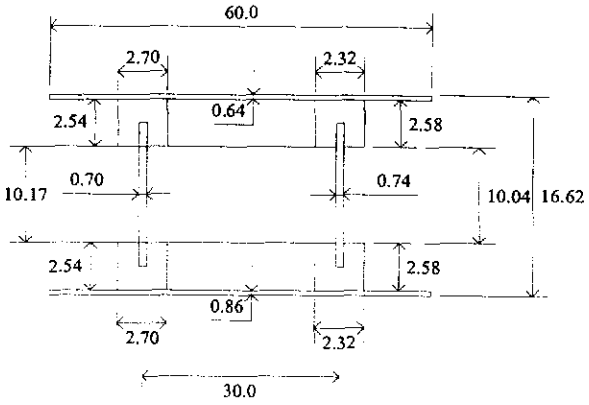
ตาราง ค-43 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB7

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA :		PB7		
			I left	5.841E-06 M ⁴
			I right	6.074E-06 M ⁴
			WEIGHT	47.45 KG
			a	1.50 M.
			L	4.00 M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	48.08	0	0	0.00
2	72.92	165	172	1.69
4	97.76	372	385	3.79
6	122.60	584	614	5.99
8	147.44	775	814	7.95
10	172.28	979	1028	10.04
12	197.12	1180	1231	12.06
14	221.96	1435	1495	14.65
16	246.80	1690	1754	17.22
18	271.64	1892	1955	19.24
20	296.48	2094	2155	21.25
22	321.32	2331	2392	23.62
24	346.16	2598	2656	26.27
26	371.00	2829	2883	28.56
28	395.84	3075	3128	31.02
30	420.68	3315	3370	33.43
32	445.52	3564	3615	35.90
34	470.36	3857	3908	38.83
36	495.20	4122	4170	41.46
38	520.04	4360	4445	44.03
40	544.88	4600	4645	46.23

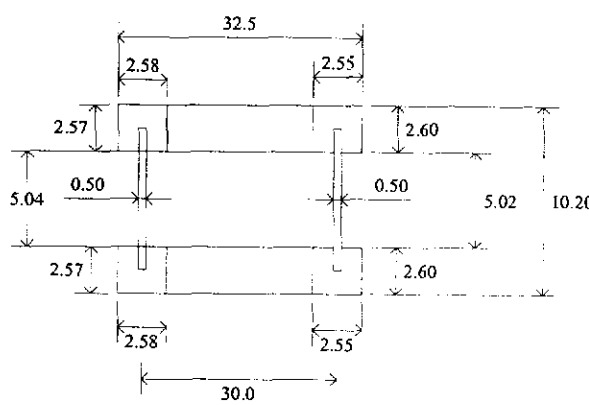
ตาราง ก-44 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแป้หลังคา PB8

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA : PB8				
		I left	5.676E-06	M ⁴
		I right	5.774E-06	M ⁴
		WEIGHT	47.03	KG
		a	1.50	M.
		L	4.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	48.08	0	0	0.00
2	72.92	139	184	1.62
4	97.76	295	346	3.21
6	122.60	453	509	4.81
8	147.44	620	682	6.51
10	172.28	799	870	8.35
12	197.12	990	1070	10.30
14	221.96	1155	1248	12.02
16	246.80	1290	1423	13.57
18	271.64	1474	1625	15.50
20	296.48	1680	1843	17.62
22	321.32	1885	2065	19.75
24	346.16	2083	2275	21.79
26	371.00	2248	2452	23.50
28	395.84	2435	2669	25.52
30	420.68	2640	2897	27.69
32	445.52	2871	3158	30.15
34	470.36	3097	3399	32.48
36	495.20	3248	3576	34.12
38	520.04	3482	3820	36.51
40	544.88	3770	4120	39.45
42	569.72	4059	4414	42.37
44	594.56	4320	4681	45.01

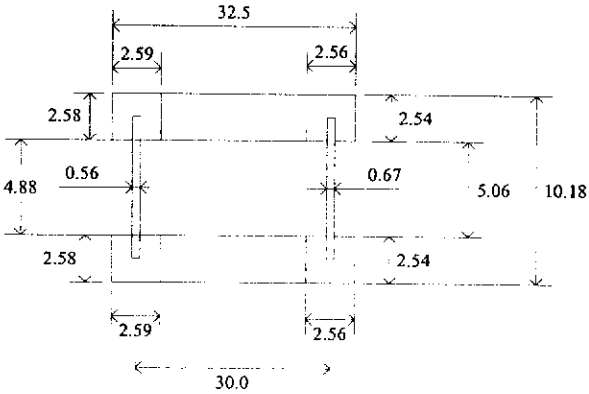
ตาราง ก-45 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB9

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA :		PB9		
		I left	6.227E-06	M ⁴
		I right	5.457E-06	M ⁴
		WEIGHT	44.82	KG
		a	1.50	M.
		L	4.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	48.08	0	0	0.00
2	72.92	155	166	1.61
4	97.76	359	378	3.69
6	122.60	565	597	5.81
8	147.44	823	768	7.96
10	172.28	1068	1022	10.45
12	197.12	1292	1250	12.71
14	221.96	1545	1512	15.29
16	246.80	1825	1802	18.14
18	271.64	2132	2115	21.24
20	296.48	2387	2377	23.82
22	321.32	2600	2598	25.99
24	346.16	2837	2844	28.41
26	371.00	3069	3092	30.81
28	395.84	3367	3403	33.85
30	420.68	3642	3702	36.72
32	445.52	4158	4257	42.08
34	470.36	4511	4642	45.77

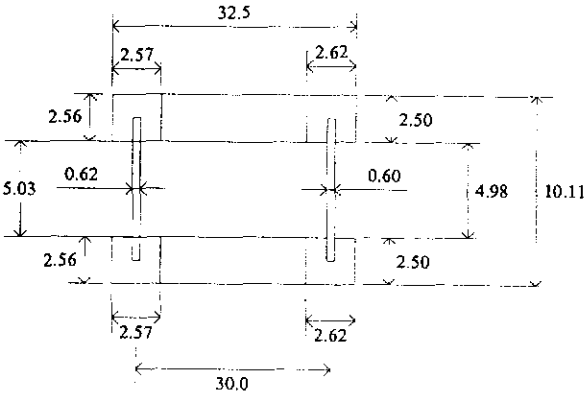
ตาราง ค-46 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB10

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA		SAMPLE: PB10		
			I left	2.0463E-06 M ⁴
			I right	2.0522E-06 M ⁴
			WEIGHT	9.35 KG
			a	1.00 M.
			L	3.00 M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	53.68	0	0	0.00
1	66.10	218	218	2.18
2	78.52	390	392	3.91
3	90.94	550	574	5.62
4	103.36	685	743	7.14
5	115.78	832	938	8.85
6	128.20	974	1110	10.42
7	140.62	1102	1268	11.85
8	153.04	1234	1430	13.32
9	165.46	1366	1582	14.74
10	177.88	1526	1760	16.43
11	190.30	1699	1948	18.24
12	202.72	1885	2151	20.18
13	215.14	2088	2368	22.28
14	227.56	2290	2584	24.37
15	239.98	2512	2817	26.65
16	252.40	2715	2998	28.57
17	264.82	2877	3170	30.24
18	277.24	3042	3346	31.94
19	289.66	3245	3558	34.02
20	302.08	3427	3748	35.88
21	314.50	3637	3968	38.03
22	326.92	3834	4172	40.03
23	339.34	4055	4406	42.31
24	351.76	4315	4682	44.99
25	364.18	4585	4966	47.76

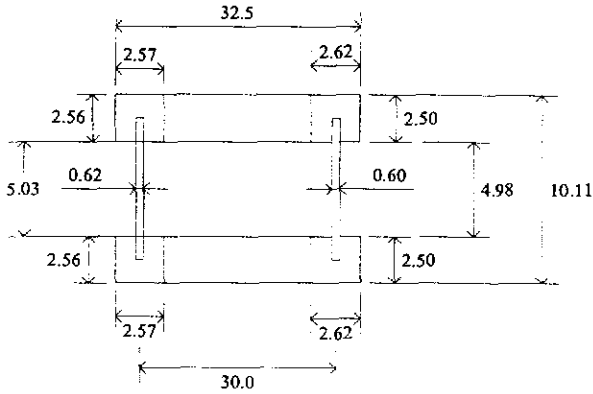
ตาราง ก-47 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบดงฝ้าไม้ PB11

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA : PB11				
		I left	1.988E-06	M ⁴
		I right	2.020E-06	M ⁴
		WEIGHT	9.24	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	53.68	0	0	0.00
1	66.10	200	206	2.03
2	78.52	325	329	3.27
3	90.94	482	480	4.81
4	103.36	618	621	6.20
5	115.78	765	758	7.62
6	128.20	910	907	9.09
7	140.62	1113	1020	10.67
8	153.04	1273	1182	12.28
9	165.46	1491	1400	14.46
10	177.88	1660	1580	16.20
11	190.30	1783	1705	17.44
12	202.72	1955	1875	19.15
13	215.14	2096	2015	20.56
14	227.56	2300	2202	22.51
15	239.98	2490	2387	24.39
16	252.40	2709	2602	26.56
17	264.82	2964	2851	29.08
18	277.24	3237	3113	31.75
19	289.66	3502	3380	34.41
20	302.08	3677	3557	36.17
21	314.50	3885	3786	38.36
22	326.92	4128	4046	40.87
23	339.34	4368	4295	43.32

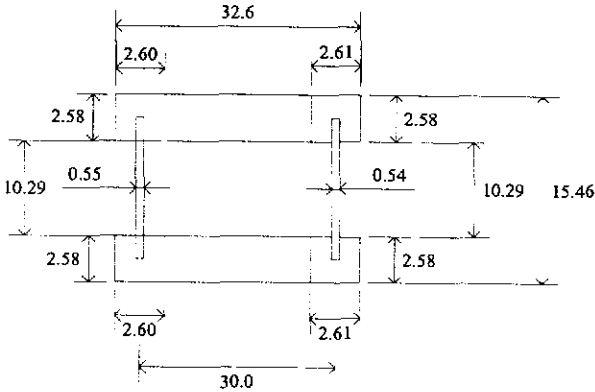
ตาราง ก-48 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปهلึงตา PB12

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA : PB12				
		I left	2.033E-06	M ⁴
		I right	1.962E-06	M ⁴
		WEIGHT	9.16	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	53.68	0	0	0.00
1	66.10	162	141	1.52
2	78.52	280	240	2.60
3	90.94	435	370	4.03
4	103.36	590	503	5.47
5	115.78	727	618	6.73
6	128.20	898	760	8.29
7	140.62	1109	945	10.27
8	153.04	1290	1105	11.98
9	165.46	1415	1302	13.59
10	177.88	1567	1436	15.02
11	190.30	1720	1572	16.46
12	202.72	1852	1690	17.71
13	215.14	2027	1842	19.35
14	227.56	2190	1985	20.88
15	239.98	2369	2144	22.57
16	252.40	2594	2342	24.68
17	264.82	2806	2527	26.67
18	277.24	3035	2720	28.78
19	289.66	3298	2942	31.20
20	302.08	3462	2985	32.24
21	314.50	3715	3202	34.59
22	326.92	3896	3360	36.28
23	339.34	4082	3524	38.03
24	351.76	4192	3708	39.50

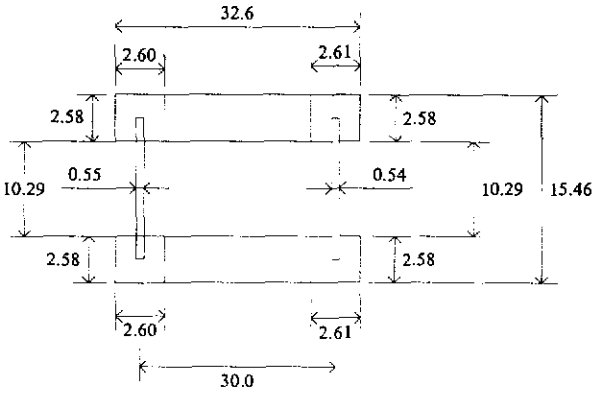
ตาราง ค-48(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปหลังคา PB12

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA :		PB12		
		I left	2.033E-06	M ⁴
		I right	1.962E-06	M ⁴
		WEIGHT	9.16	KG
		a	1.00	M.
		L	3.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
25	364.18	4407	3900	41.54
26	376.60	4648	4108	43.78

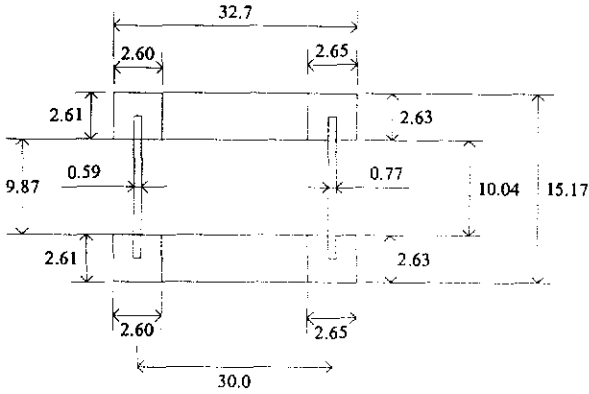
ตาราง ค-49 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปهلึงคา PB13

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA : PB13				
		I left	6.129E-06	M ⁴
		I right	6.142E-06	M ⁴
		WEIGHT	12.34	KG
		a	1.25	M.
		L	3.50	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	49.38	0	0	0.00
1	61.80	138	123	1.31
2	74.22	230	210	2.20
3	86.64	328	295	3.12
4	99.06	445	398	4.22
5	111.48	575	508	5.42
6	123.90	690	607	6.49
7	136.32	844	745	7.95
8	148.74	938	829	8.84
9	161.16	1048	925	9.87
10	173.58	1140	1006	10.73
11	186.00	1250	1110	11.80
12	198.42	1368	1220	12.94
13	210.84	1480	1325	14.03
14	223.26	1610	1445	15.28
15	235.68	1740	1565	16.53
16	248.10	1885	1695	17.90
17	260.52	2015	1810	19.13
18	272.94	2132	1913	20.23
19	285.36	2208	1979	20.94
20	297.78	2340	2092	22.16
21	310.20	2447	2183	23.15
22	322.62	2594	2310	24.52
23	335.04	2688	2390	25.39

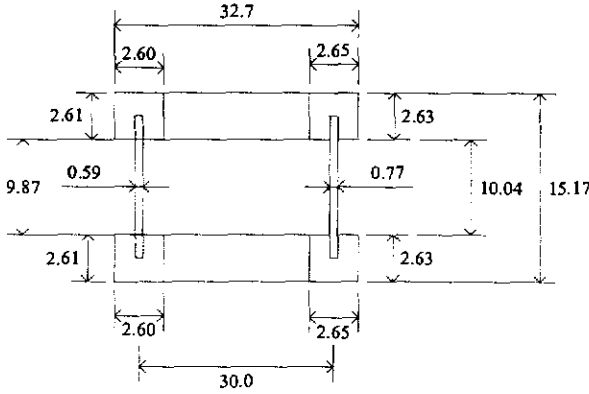
ตาราง ค-49(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปะหลังคา PB13

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA :		PB13		
		I left	6.129E-06	M ⁴
		I right	6.142E-06	M ⁴
		WEIGHT	12.34	KG
		a	1.25	M.
		L	3.50	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
24	347.46	2831	2515	26.73
25	359.88	2977	2639	28.08
26	372.30	3151	2788	29.70
27	384.72	3347	2950	31.49

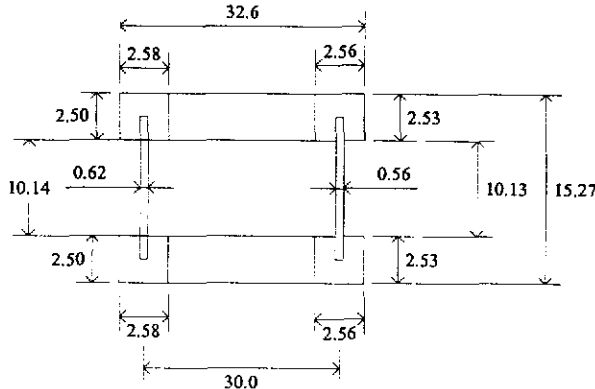
ตาราง ค-50 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปهلึงคา PB14

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA :		PB14		
		I left	5.834E-06	M ⁴
		I right	6.324E-06	M ⁴
		WEIGHT	12.76	KG
		a	1.25	M.
		L	3.50	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	49.38	0	0	0.00
1	61.80	105	105	1.05
2	74.22	195	185	1.90
3	86.64	255	252	2.54
4	99.06	348	345	3.47
5	111.48	452	400	4.26
6	123.90	560	553	5.57
7	136.32	645	638	6.42
8	148.74	712	705	7.09
9	161.16	786	779	7.83
10	173.58	875	865	8.70
11	186.00	975	966	9.71
12	198.42	1048	1038	10.43
13	210.84	1161	1150	11.56
14	223.26	1248	1238	12.43
15	235.68	1358	1348	13.53
16	248.10	1515	1512	15.14
17	260.52	1605	1603	16.04
18	272.94	1692	1692	16.92
19	285.36	1770	1772	17.71
20	297.78	1853	1857	18.55
21	310.20	1948	1954	19.51
22	322.62	2052	2059	20.56
23	335.04	2157	2165	21.61
24	347.46	2286	2297	22.92

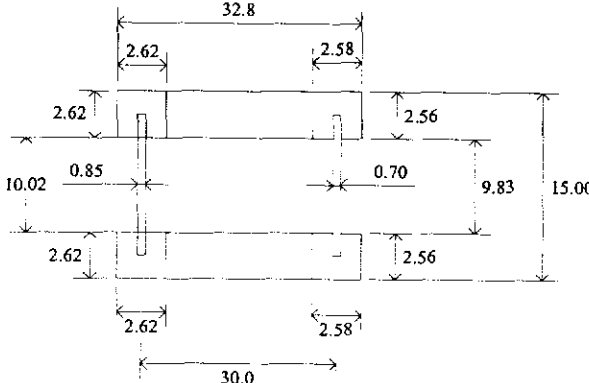
ตาราง ก-50(ต่อ) ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปะหลังคา PB14

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA :		PB14		
		I left	5.834E-06	M ⁴
		I right	6.324E-06	M ⁴
		WEIGHT	12.76	KG
		a	1.25	M.
		L	3.50	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
25	359.88	2404	2413	24.09
26	372.30	2555	2569	25.62
27	384.72	2670	2685	26.78
28	397.14	2804	2820	28.12
29	409.56	2945	2930	29.38
30	421.98	3112	3106	31.09

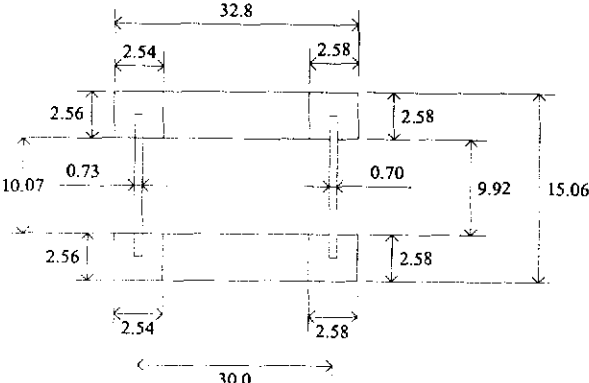
ตาราง ค-51 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังน้ำหนักระบบแป้นหลังคา PB15

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM																			
SAMPLE DATA : PB15																			
		<table><tr><td>I left</td><td>5.758E-06</td><td>M⁴</td></tr><tr><td>I right</td><td>5.745E-06</td><td>M⁴</td></tr><tr><td>WEIGHT</td><td>12.42</td><td>KG</td></tr><tr><td>a</td><td>1.25</td><td>M.</td></tr><tr><td>L</td><td>3.50</td><td>M.</td></tr></table>			I left	5.758E-06	M ⁴	I right	5.745E-06	M ⁴	WEIGHT	12.42	KG	a	1.25	M.	L	3.50	M.
I left	5.758E-06	M ⁴																	
I right	5.745E-06	M ⁴																	
WEIGHT	12.42	KG																	
a	1.25	M.																	
L	3.50	M.																	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.															
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.																
0	49.38	0	0	0.00															
1	61.80	120	129	1.25															
2	74.22	200	223	2.12															
3	86.64	295	329	3.12															
4	99.06	388	433	4.11															
5	111.48	480	535	5.08															
6	123.90	565	627	5.96															
7	136.32	692	758	7.25															
8	148.74	807	880	8.44															
9	161.16	938	1023	9.81															
10	173.58	1030	1122	10.76															
11	186.00	1108	1208	11.58															
12	198.42	1197	1305	12.51															
13	210.84	1316	1435	13.76															
14	223.26	1426	1563	14.95															
15	235.68	1525	1678	16.02															
16	248.10	1640	1807	17.24															
17	260.52	1773	1953	18.63															
18	272.94	1908	2106	20.07															
19	285.36	2054	2252	21.53															
20	297.78	2144	2358	22.51															
21	310.20	2275	2498	23.87															
22	322.62	2438	2647	25.43															

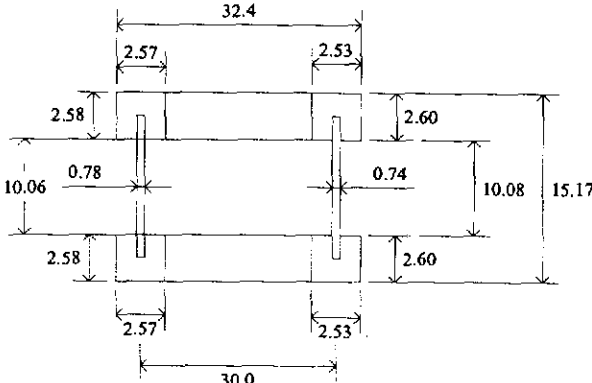
ตาราง ค-52 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปهلึงคา PB16

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA :		PB16		
		I left	6.275E-06	M ⁴
		I right	5.696E-06	M ⁴
		WEIGHT	15.21	KG
		a	1.50	M.
		L	4.00	M.
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	49.38	0	0	0.00
1	61.80	222	205	2.14
2	74.22	371	345	3.58
3	86.64	485	458	4.72
4	99.06	615	590	6.03
5	111.48	740	718	7.29
6	123.90	870	833	8.52
7	136.32	1010	948	9.79
8	148.74	1172	1078	11.25
9	161.16	1330	1230	12.80
10	173.58	1510	1406	14.58
11	186.00	1695	1585	16.40
12	198.42	1858	1733	17.96
13	210.84	1998	1862	19.30
14	223.26	2128	1985	20.57
15	235.68	2290	2134	22.12
16	248.10	2446	2282	23.64
17	260.52	2615	2437	25.26
18	272.94	2818	2624	27.21
19	285.36	3020	2806	29.13
20	297.78	3265	2970	31.18

ตาราง ก-53 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปهلึงคา PB17

FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA : PB17				
			I left 5.878E-06 M ⁴ I right 5.844E-06 M ⁴ WEIGHT 15.06 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	49.38	0	0	0.00
1	61.80	220	205	2.13
2	74.22	365	340	3.53
3	86.64	500	467	4.84
4	99.06	618	580	5.99
5	111.48	745	700	7.23
6	123.90	875	825	8.50
7	136.32	1032	978	10.05
8	148.74	1180	1125	11.53
9	161.16	1470	1313	13.92
10	173.58	1624	1467	15.46
11	186.00	1850	1700	17.75
12	198.42	1985	1836	19.11
13	210.84	2110	1973	20.42
14	223.26	2240	2105	21.73
15	235.68	2355	2230	22.93
16	248.10	2505	2386	24.46
17	260.52	2675	2564	26.20
18	272.94	2738	2730	27.34
19	285.36	2916	2917	29.17
20	297.78	3095	3090	30.93
21	310.20	3373	3285	33.29

ตาราง ก-54 ข้อมูลบันทึกการทดสอบกำลังรับน้ำหนักระบบแปهلึงคา PB18

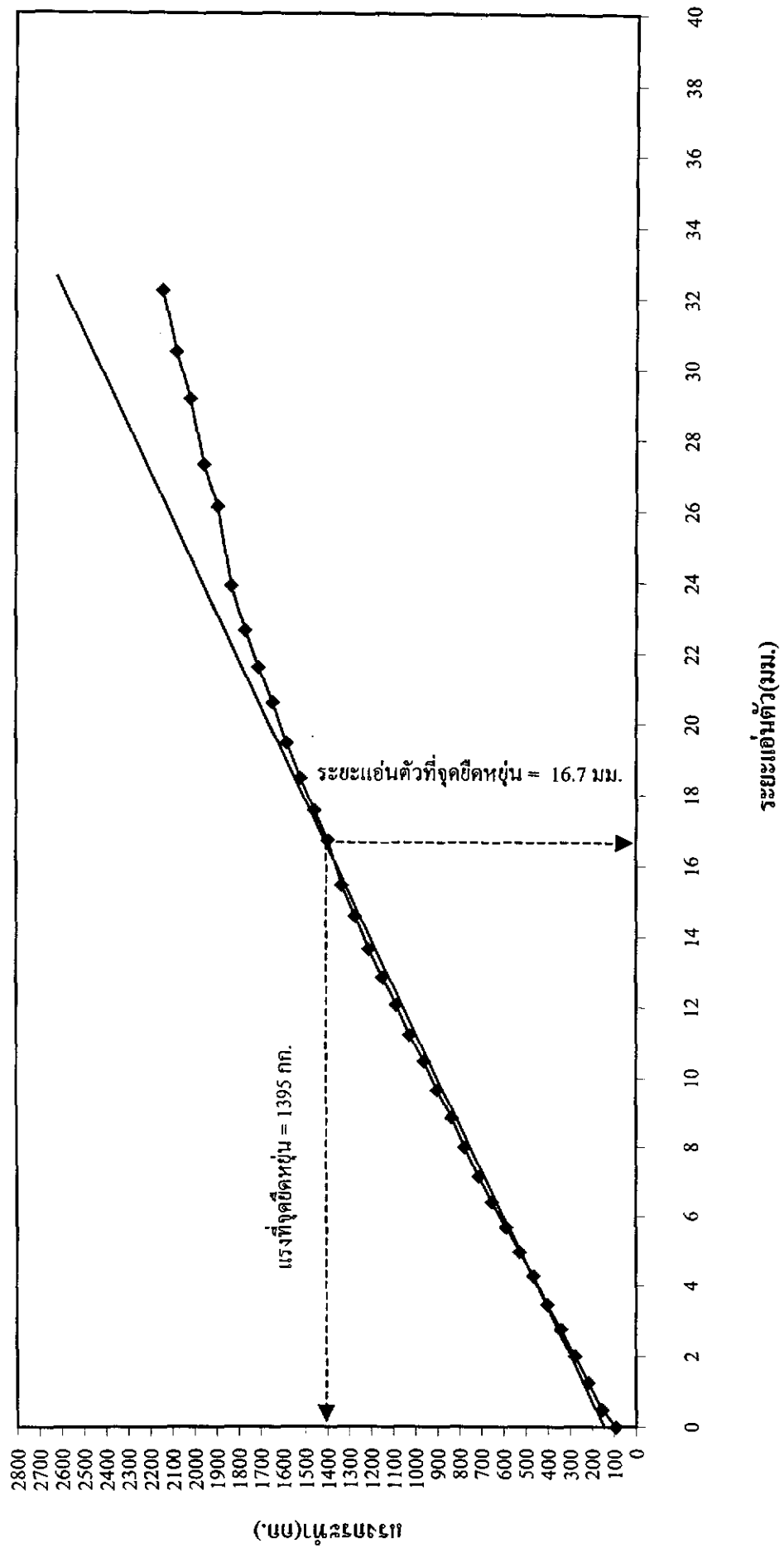
FLEXURE TEST OF I-JOIST PURLIN SYSTEM				
SAMPLE DATA : PB18				
			I left 6.032E-06 M ⁴ I right 5.994E-06 M ⁴ WEIGHT 15.45 KG a 1.50 M. L 4.00 M.	
PROVING RING RDG. DIV.	APPLIE FORCE KG.	DEFLECTION		AVERAGE DEFLECTION MM.
		1ST DIAL x0.01 MM.	2ND DIAL x0.01 MM.	
0	49.38	0	0	0.00
1	61.80	178	191	1.85
2	74.22	343	368	3.56
3	86.64	450	483	4.67
4	99.06	555	598	5.77
5	111.48	656	707	6.82
6	123.90	765	825	7.95
7	136.32	900	968	9.34
8	148.74	1035	1115	10.75
9	161.16	1159	1242	12.01
10	173.58	1346	1445	13.96
11	186.00	1476	1590	15.33
12	198.42	1655	1783	17.19
13	210.84	1764	1902	18.33
14	223.26	1882	2031	19.57
15	235.68	2009	2170	20.90
16	248.10	2159	2332	22.46
17	260.52	2312	2498	24.05
18	272.94	2465	2660	25.63
19	285.36	2624	2832	27.28
20	297.78	2855	3075	29.65

ภาคผนวก ง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัว

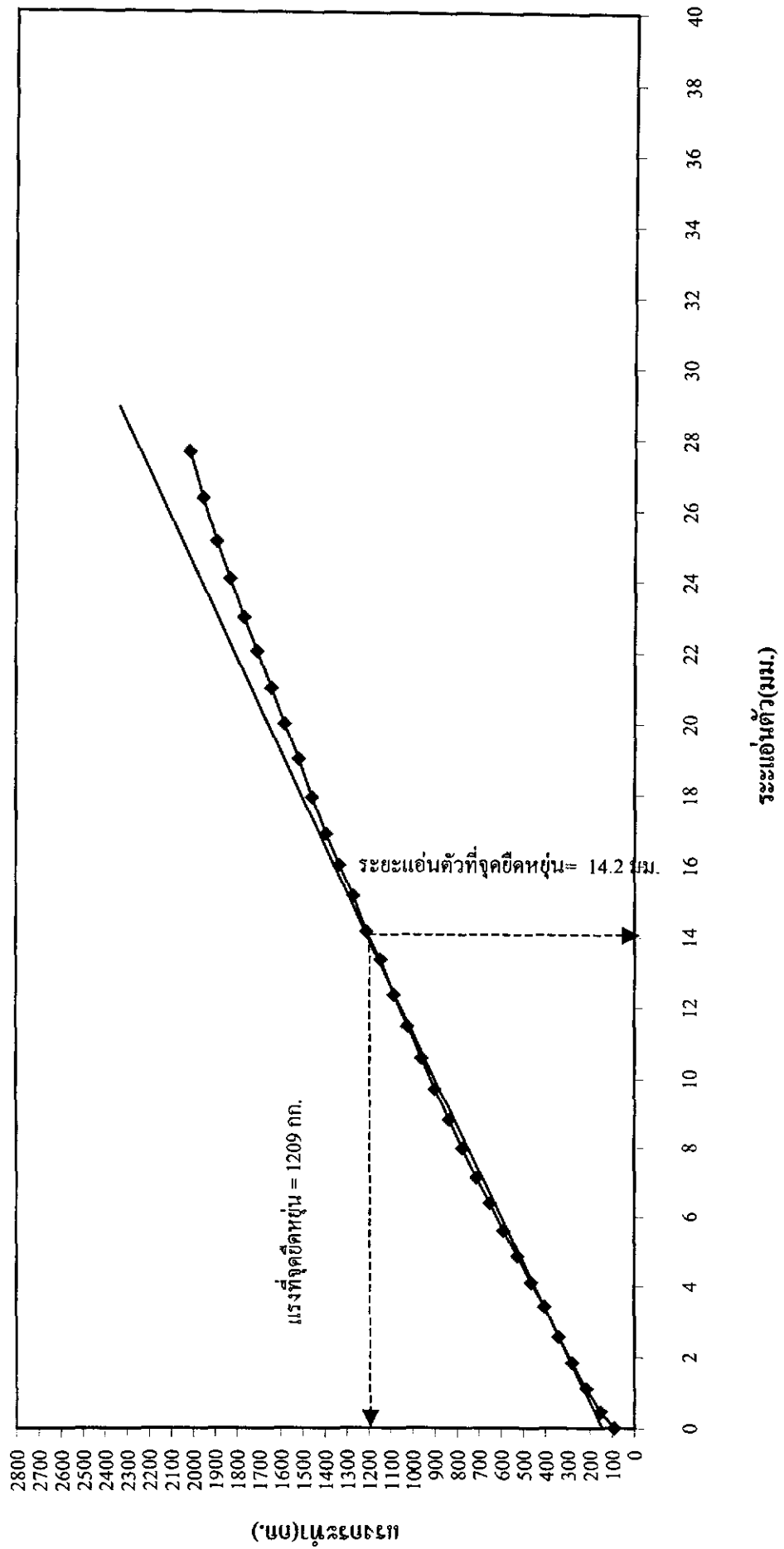
รูป ง-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงพื้นไม้ FBI

SAMPLE : FBI Joist System : 2 - 8"x1.5"x8mm. With plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



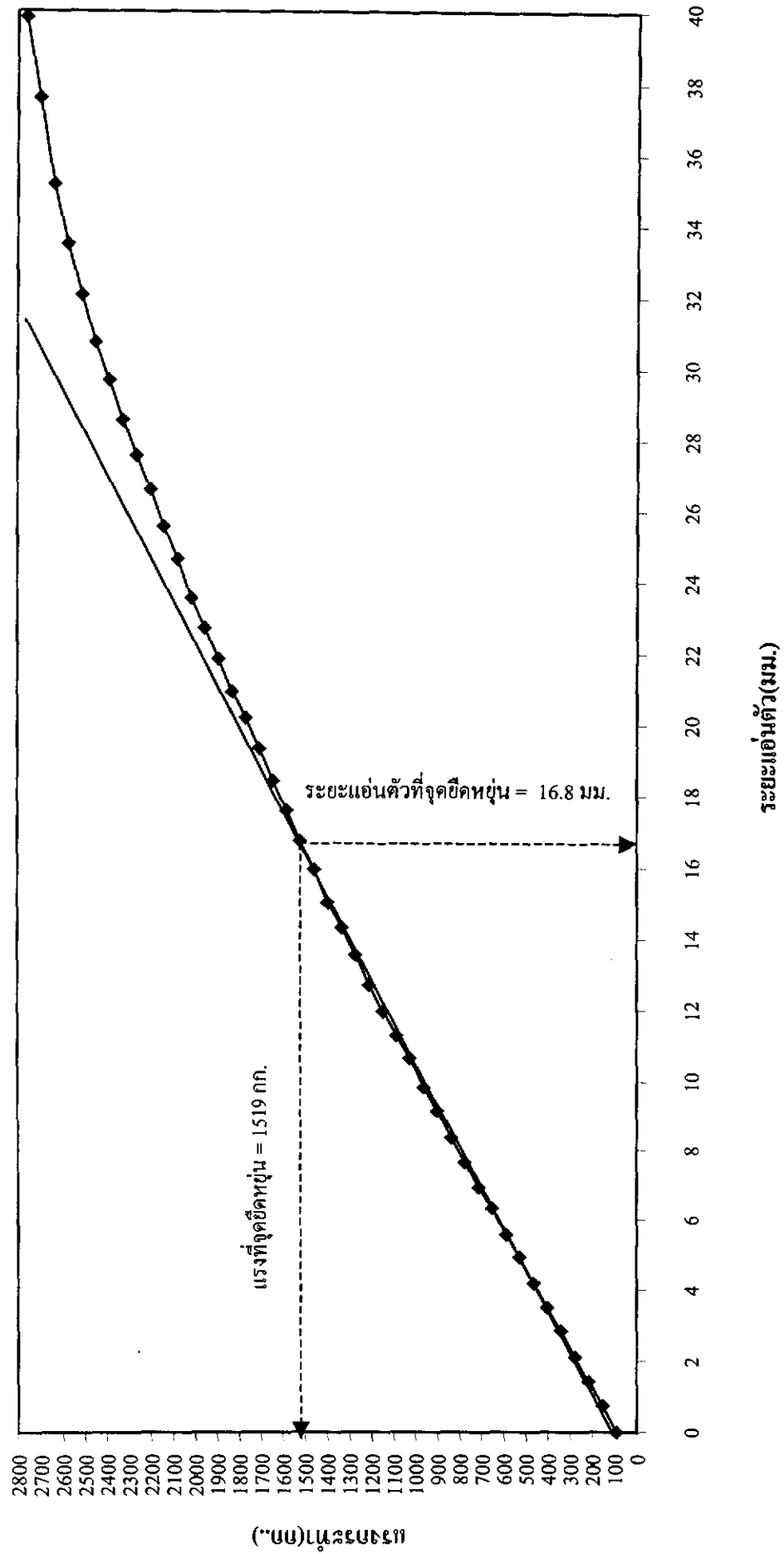
รูป ง-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงพื้นไม้ FB2

SAMPLE : FB2 Joist System : 2 - 8"x1.5"x8mm. With plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



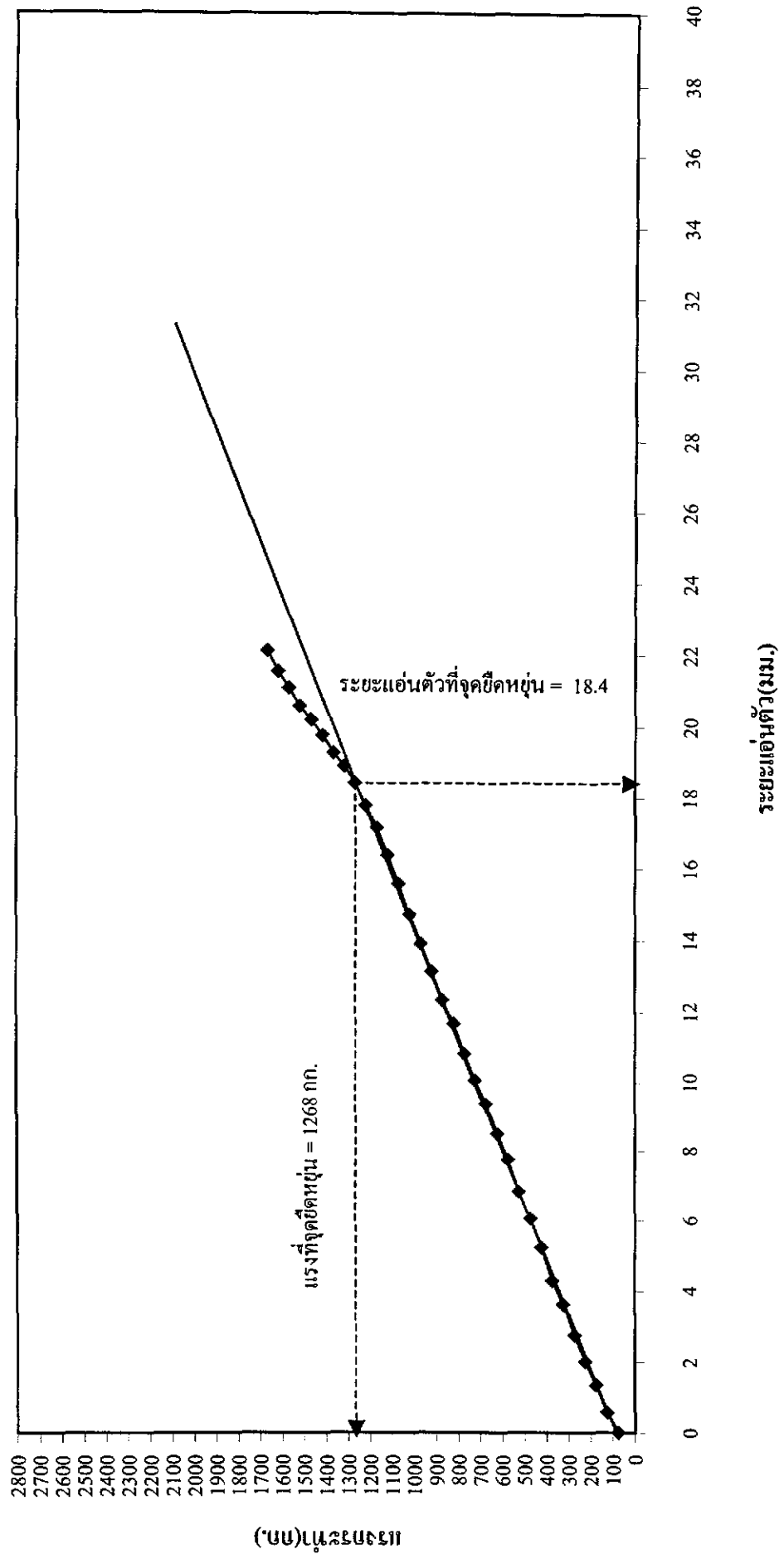
รูป ง-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงพื้นไม้ FB3

SAMPLE : FB3 Joist System : 2 - 8"x1.5"x8mm. With plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



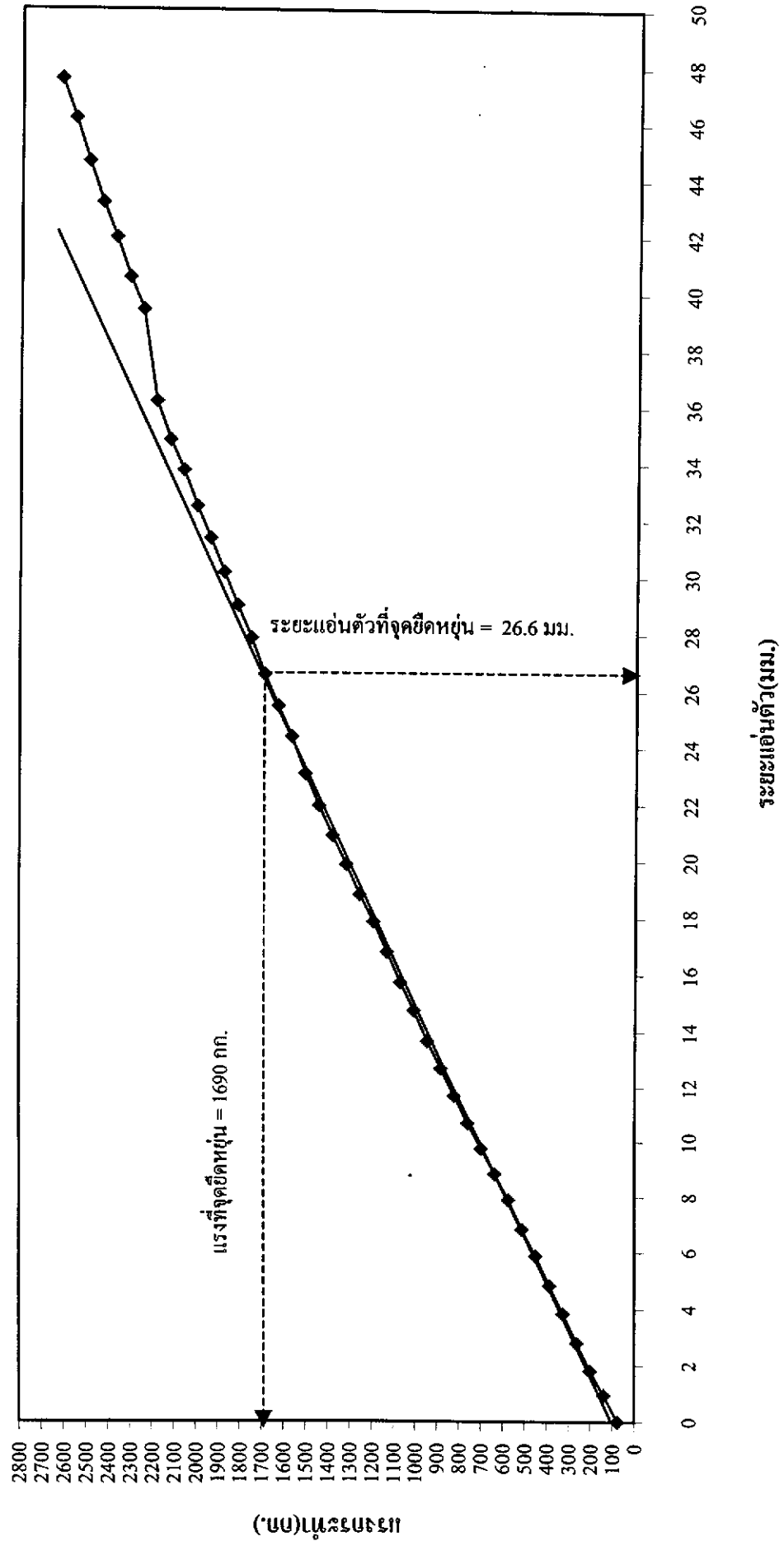
รูป ง-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวของแผ่นไม้ FB4

SAMPLE : FB4 Joist System : 2 - 10"x1.5"x10mm. With plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



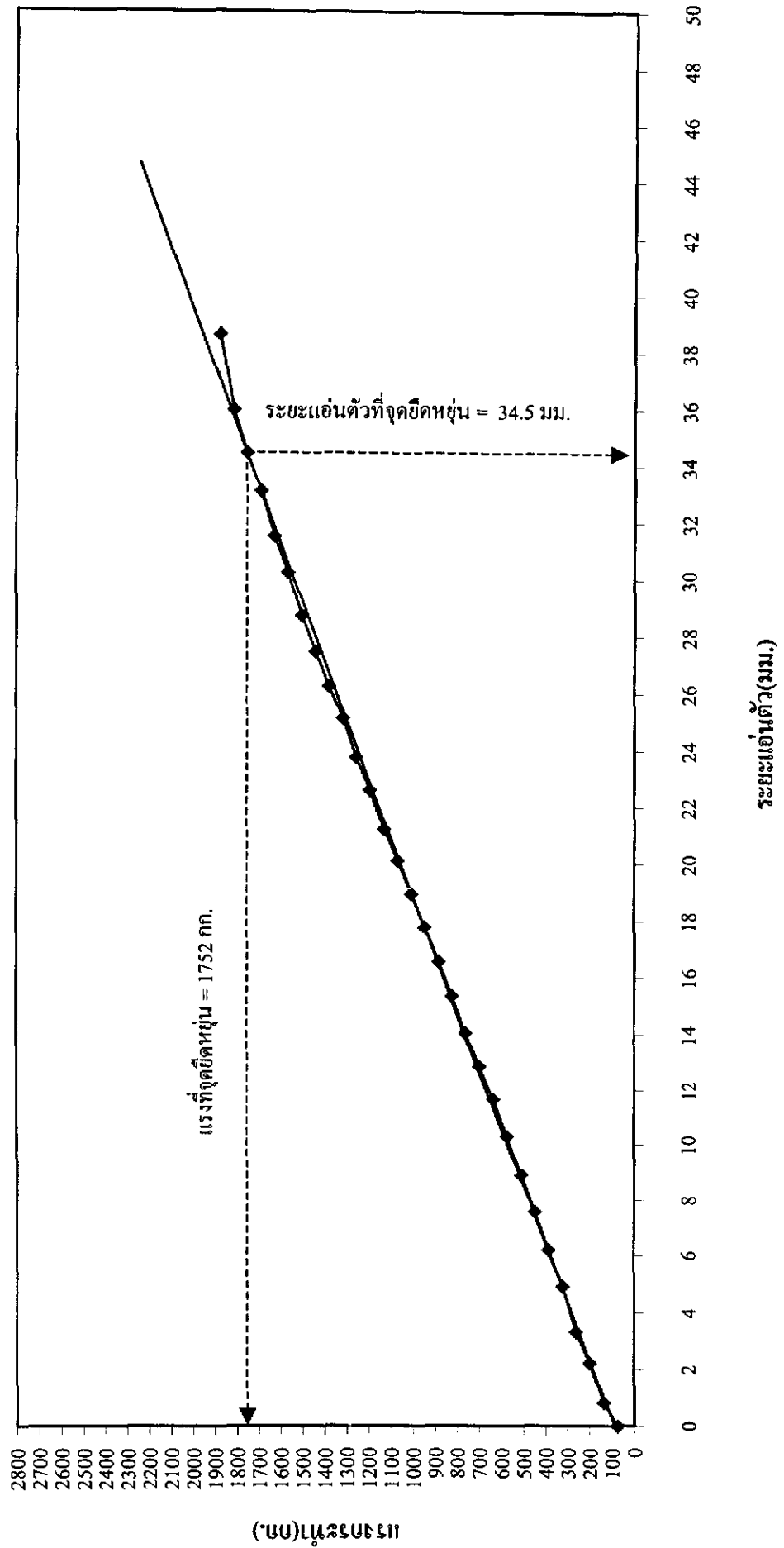
รูป ง-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะเอนตัวของแผ่น FB5

SAMPLE : FB5 Joist System : 2 - 10"x1.5"x10mm. With plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



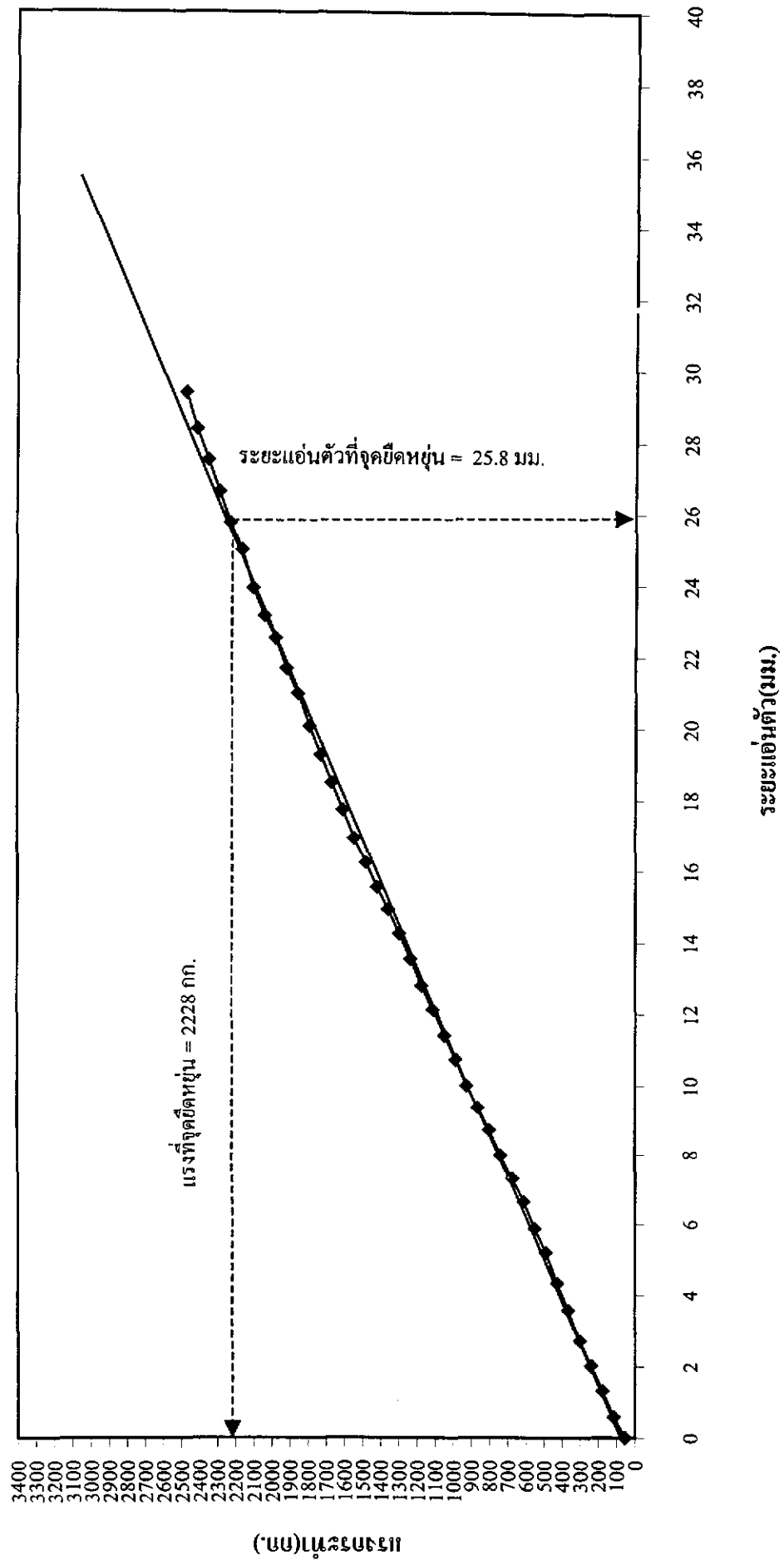
รูป ง-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงพใน FB6

SAMPLE : FB6R Joist System : 2 - 10"x1.5"x10mm. With plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



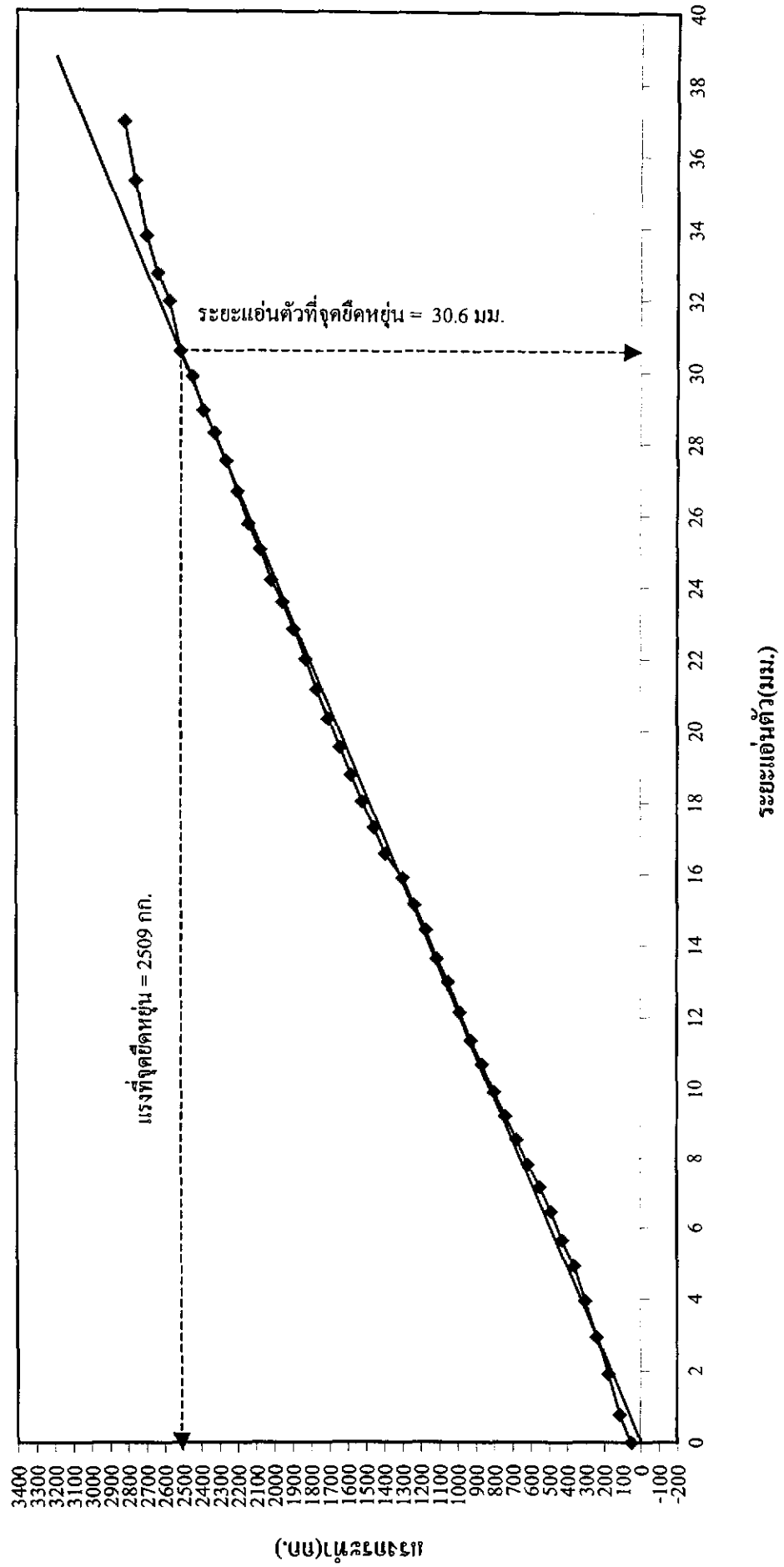
รูป ง-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงพินไม้ FB7

SAMPLE : FB7 Joist System : 2 - 12"x1.5"x8mm. With plate; L =: 4.00 m.; a = 1.50 m.



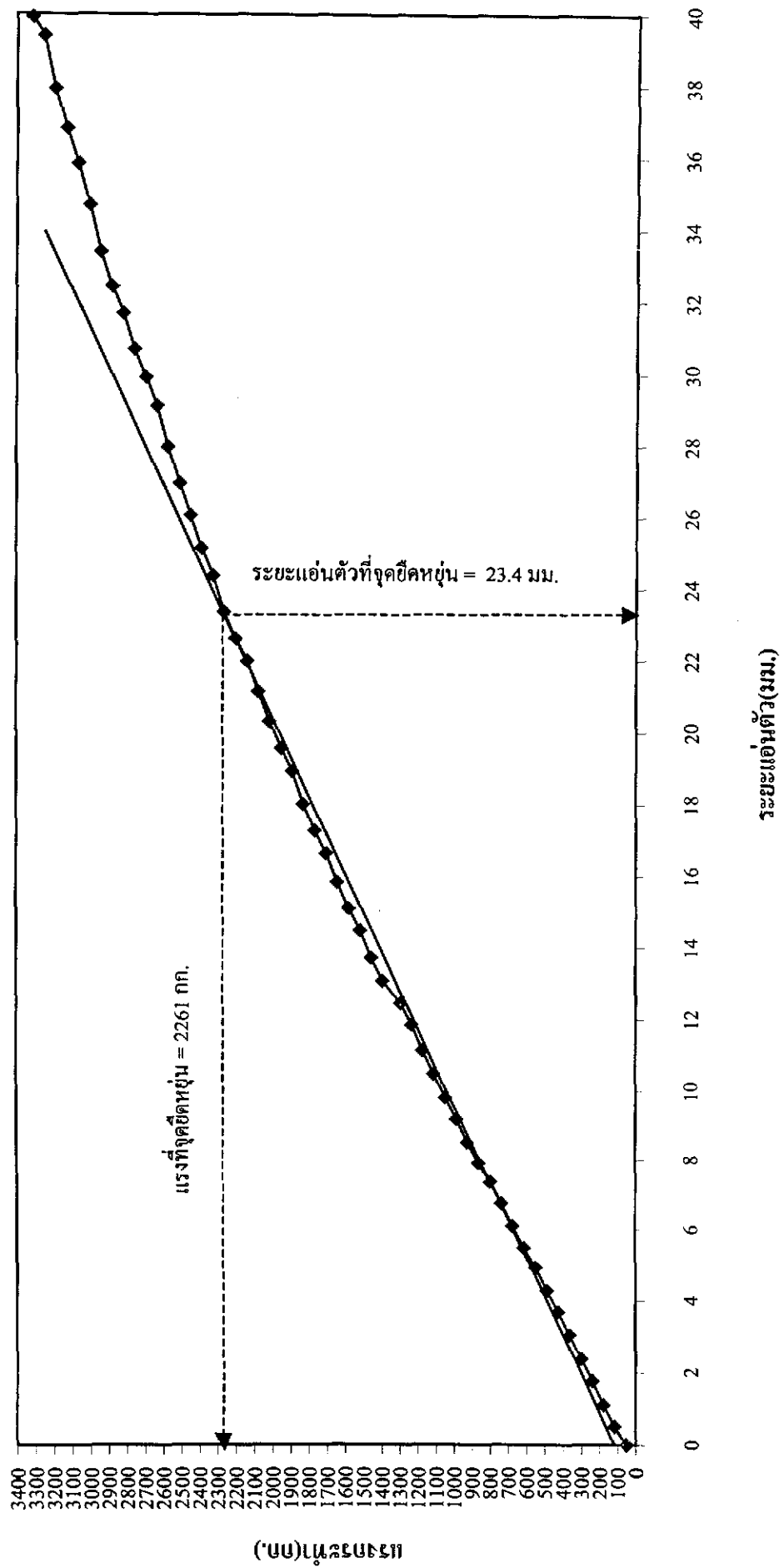
รูป ง-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงพื้นไม้ FB8

SAMPLE : FB8 Joist System : 2 - 12"x1.5"x8mm. With plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



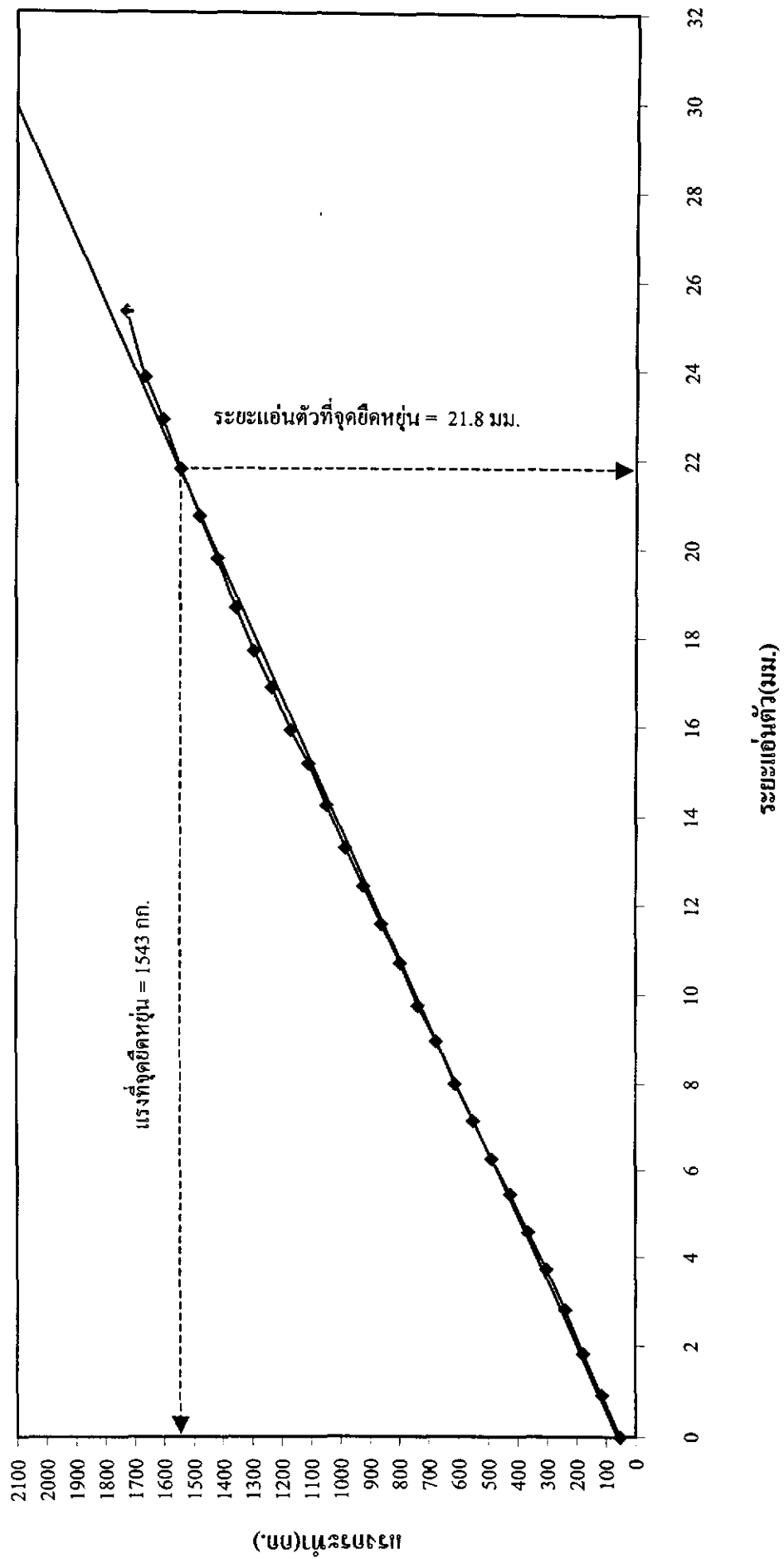
รูป ง-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวของแผ่นไม้ FB9

SAMPLE : FB9 Joist System : 2 - 12"x1.5"x8mm. With plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



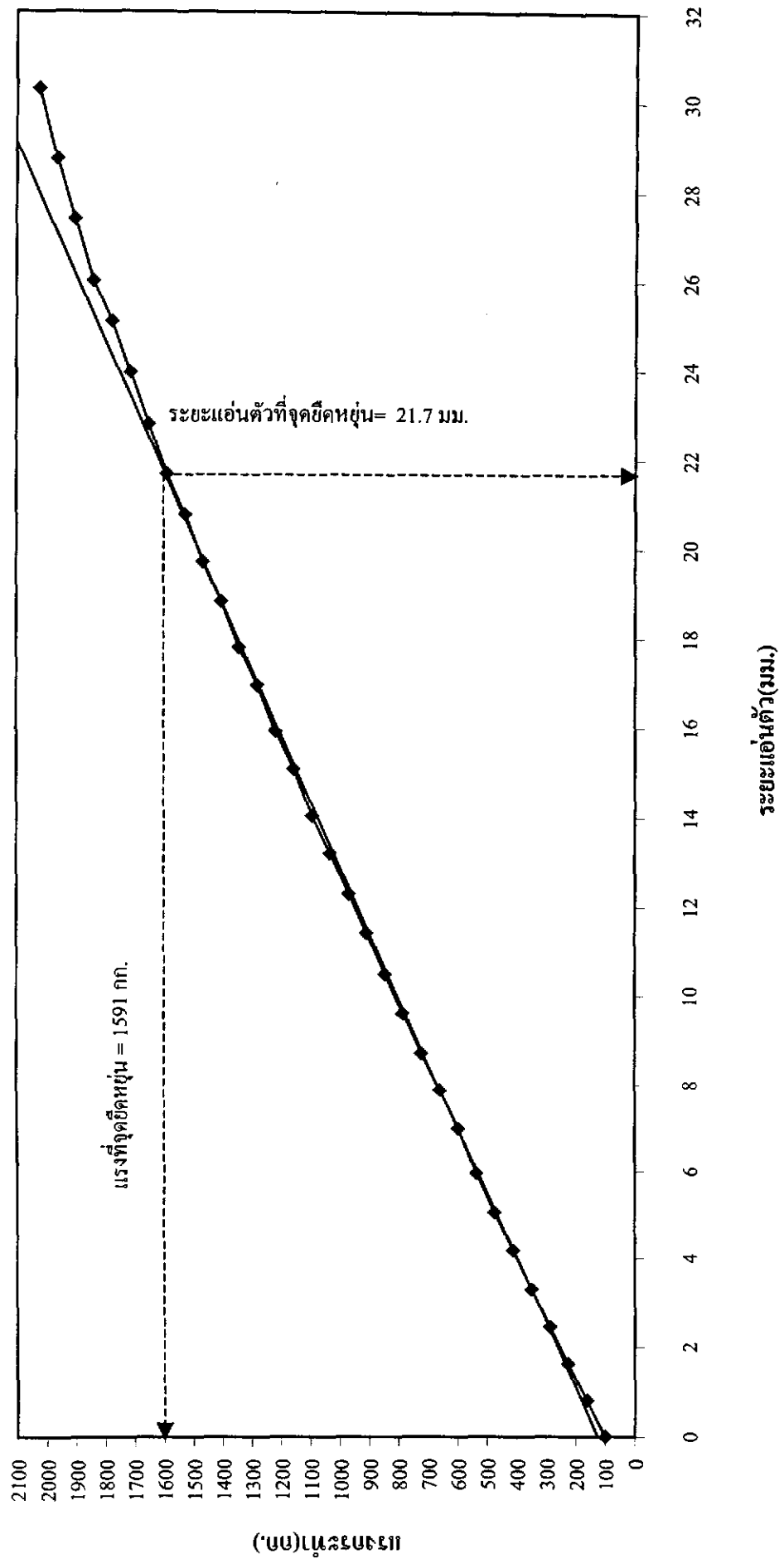
รูป ง-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวตงพใน FB10

SAMPLE : FB10 Joist System : 2 - 8"x1.5"x8mm. Without plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



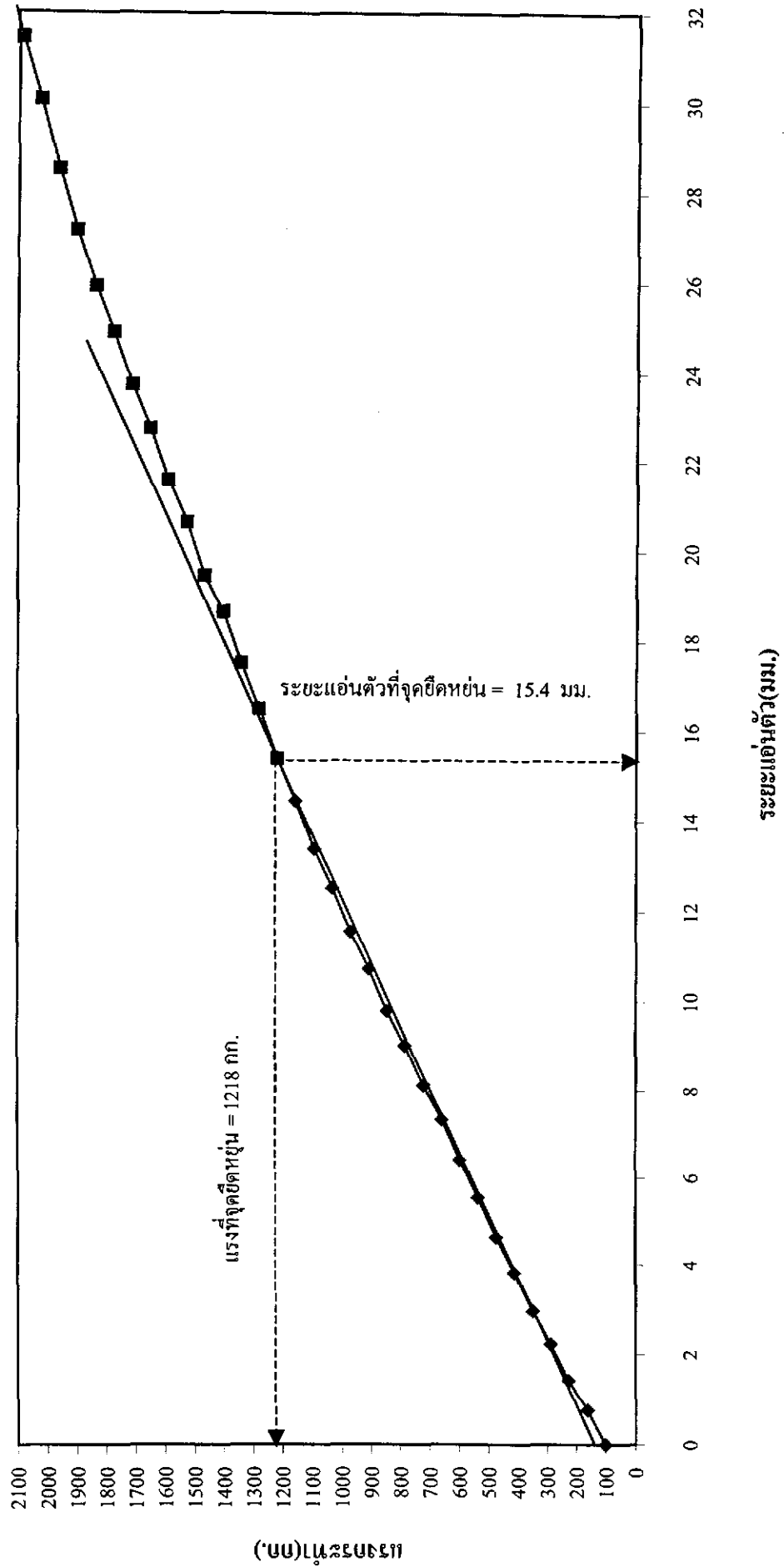
รูป จ-11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวของแผ่น FB11

SAMPLE : FB11 Joist System : 2 - 8"x1.5"x8mm. Without plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



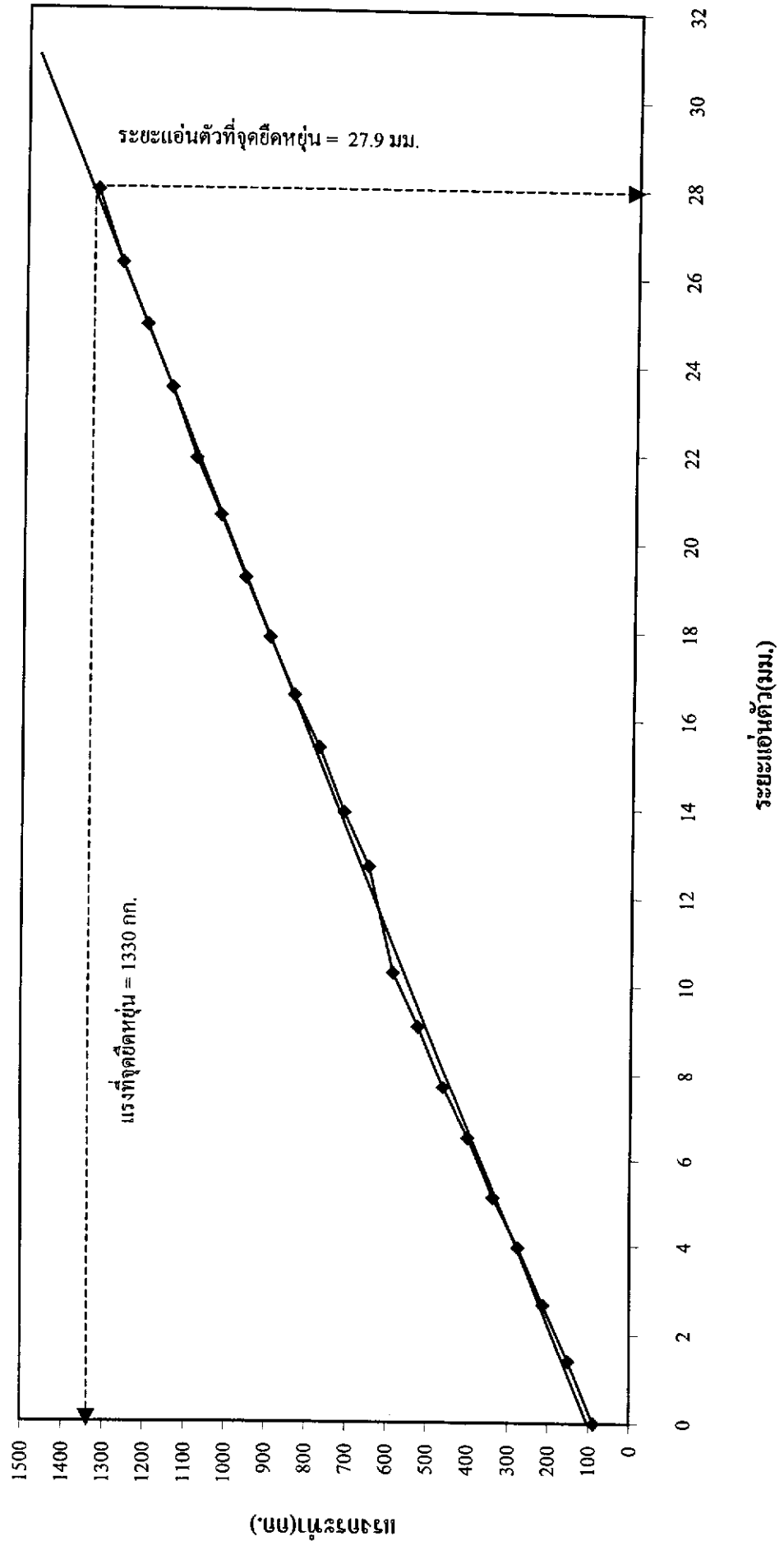
รูป ง-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวของแผ่น FB12

SAMPLE : FB12 Joist System : 2 - 8"x1.5"x8mm. Without plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



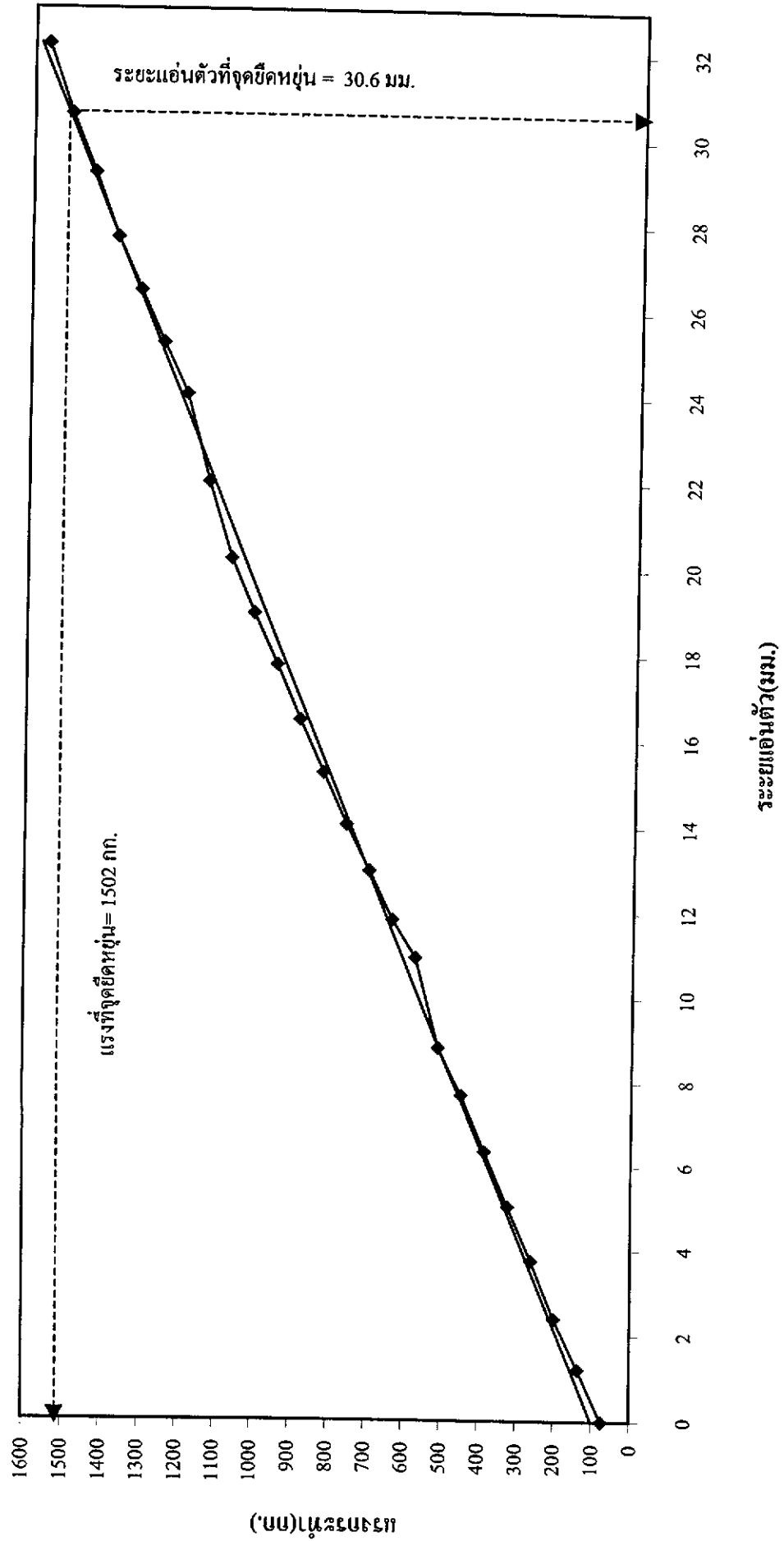
รูป ง-13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงพื้นไม้ FB13

SAMPLE : FB13 Joist System : 2 - 10"x1.5"x10mm. Without plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



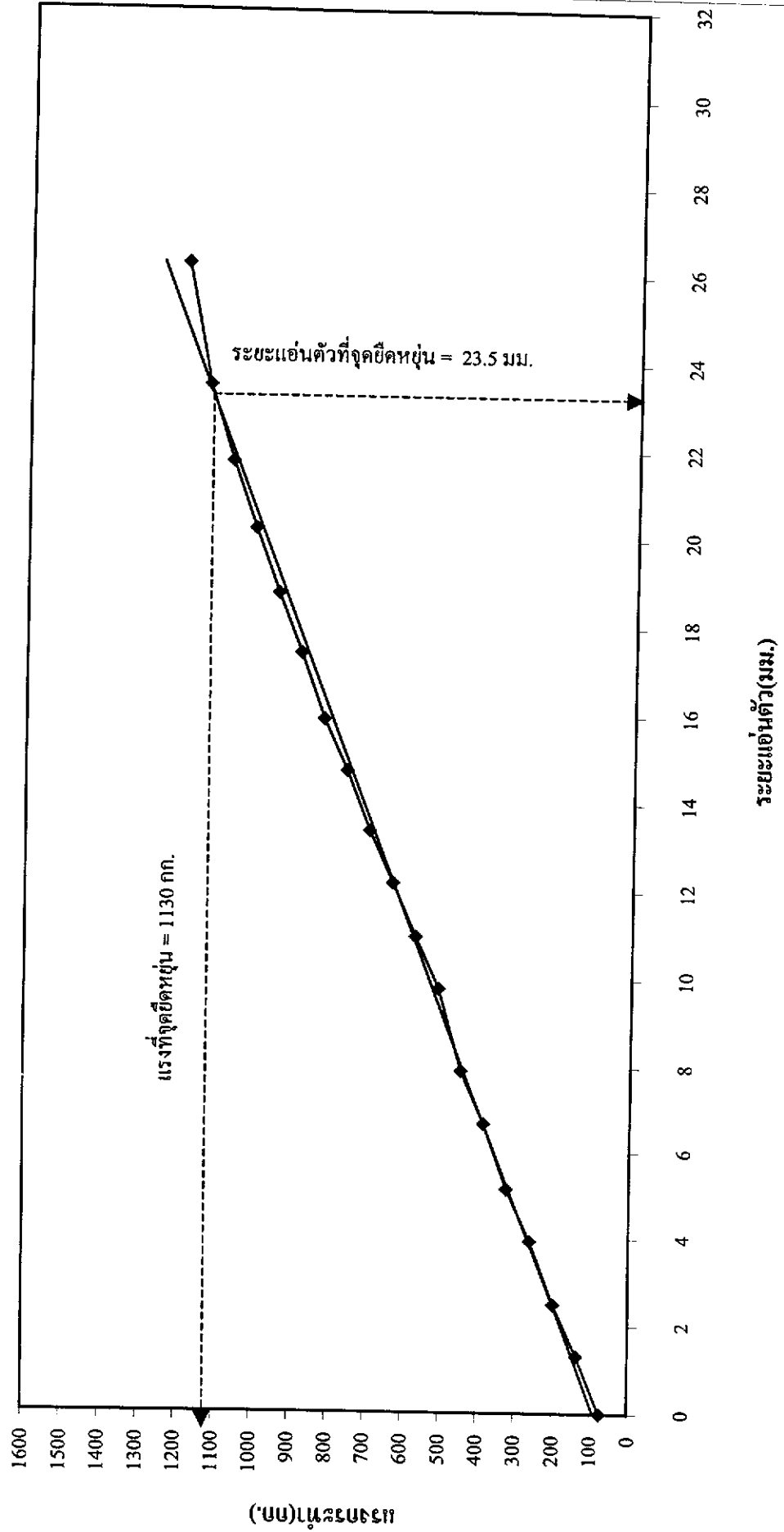
รูป ง-14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงพื้นไม้ FB14

SAMPLE: FB14 Joist System : 2 - 10"x1.5"x10mm. Without plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



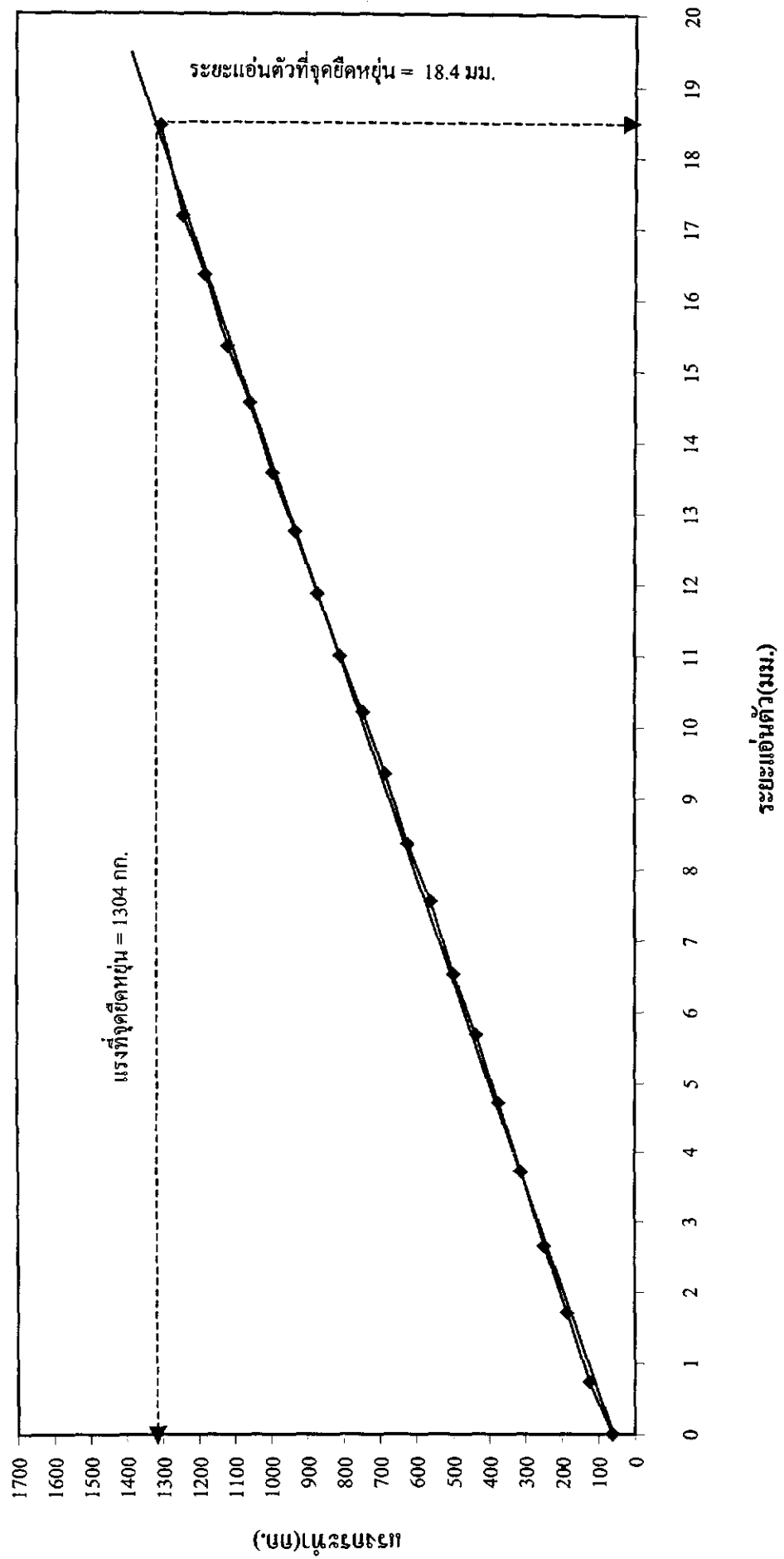
รูป ง-15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวของแผ่น FB15

SAMPLE : FB15 Joist System : 2 - 10"x1.5"x10mm. Without plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



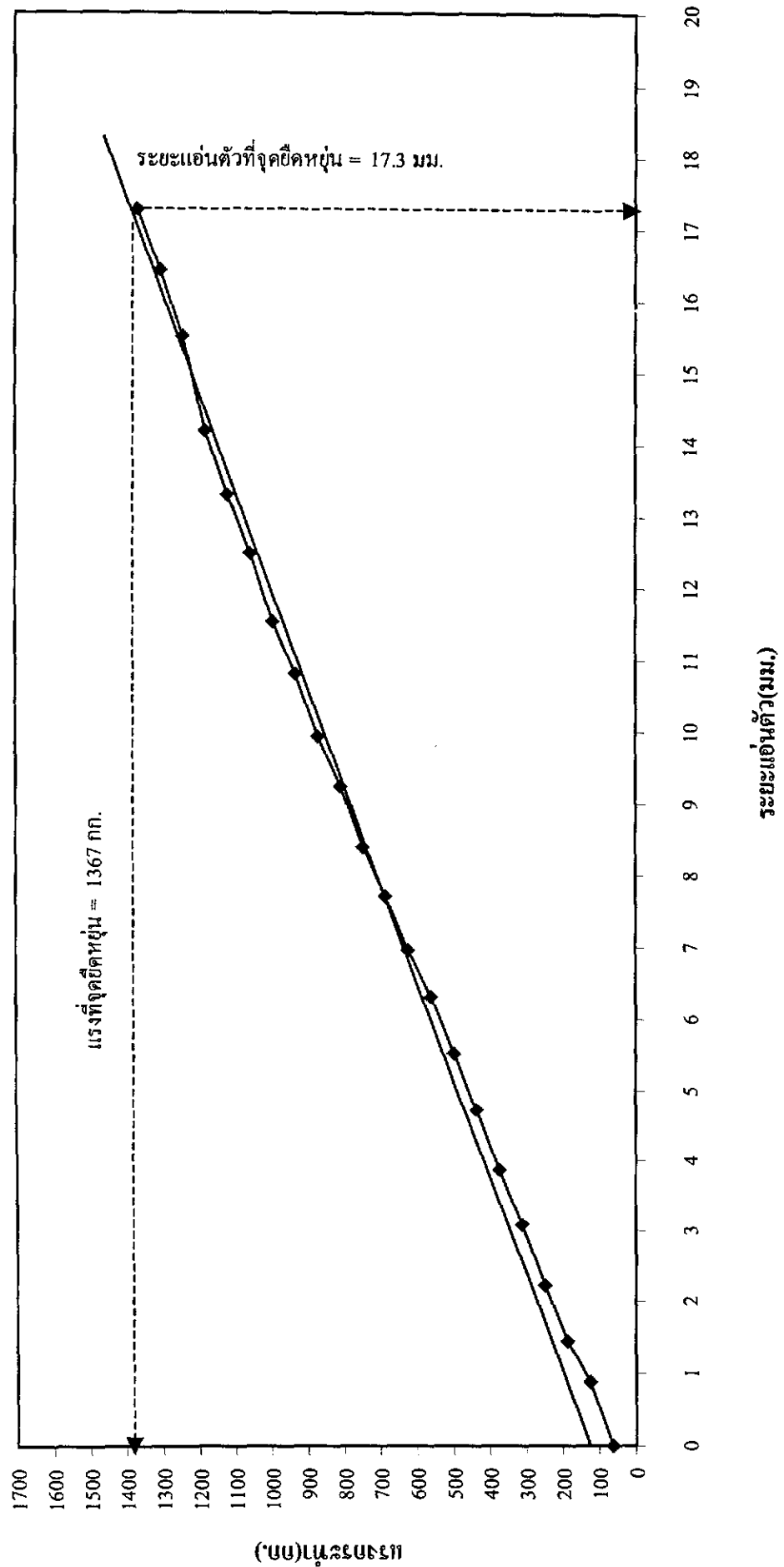
รูป ง-16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงพื้นไม้ FB16

SAMPLE : FB16 Joist System : 2 - 12"x1.5"x8mm. Without plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



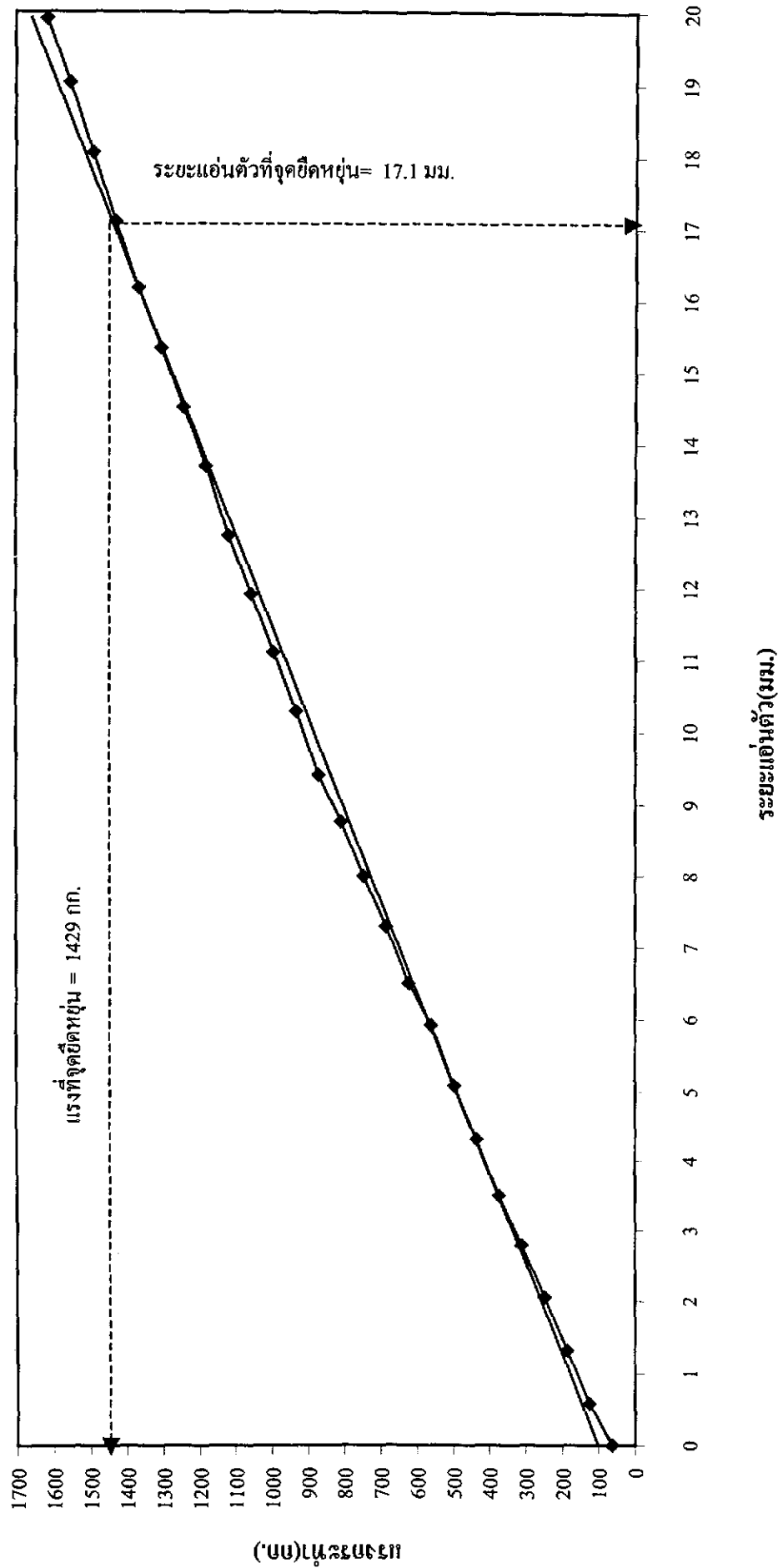
รูป ง-17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงพไน้ FB17

SAMPLE : FB17 Joist System : 2 - 12"x1.5"x8mm. Without plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



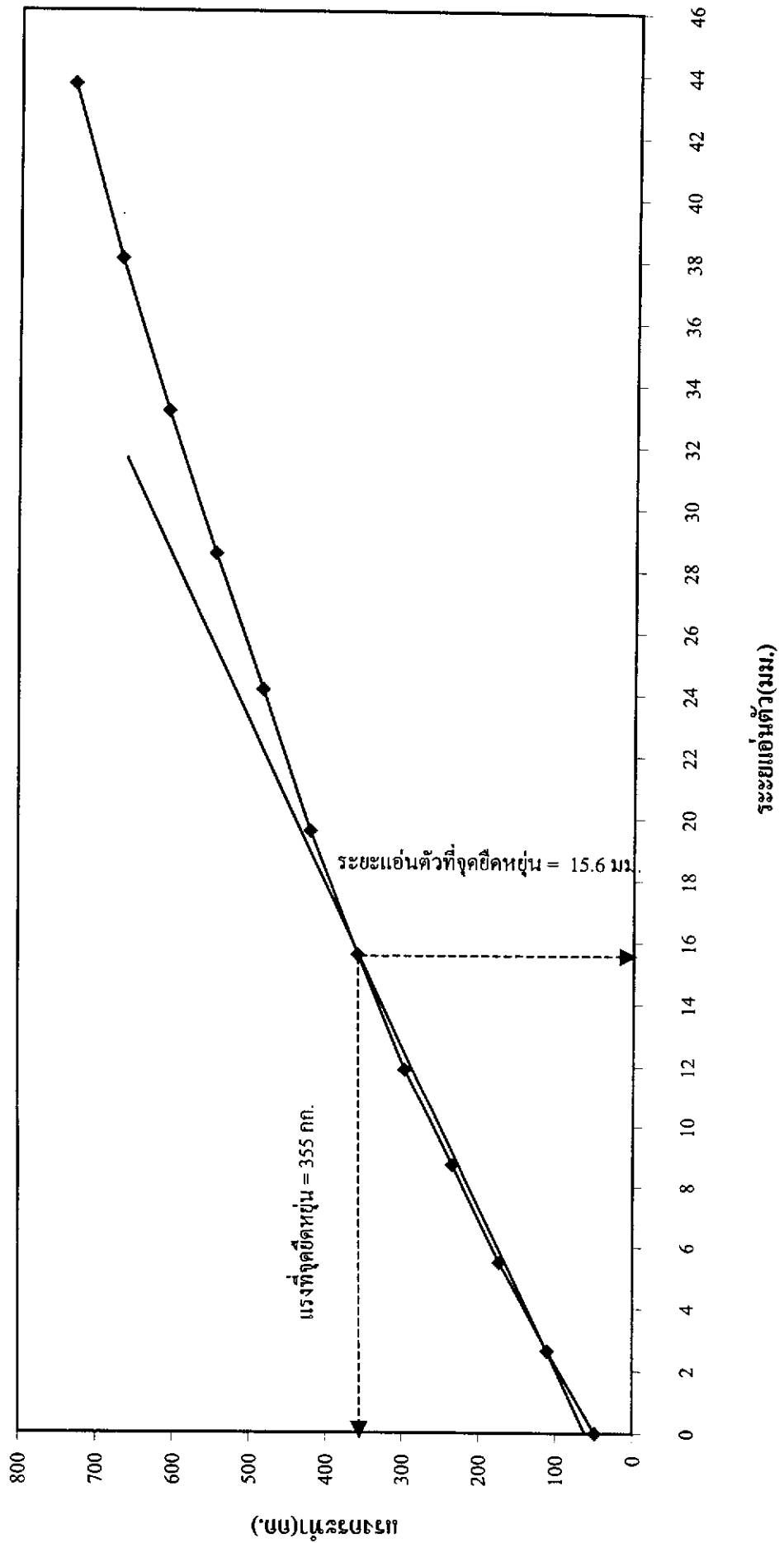
รูป ง-18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวของแผ่นไม้ FB18

SAMPLE: FB18 Joist System : 2 - 12"x1.5"x8mm. Without plate; L = 4.00 m.; a = 1.50 m.

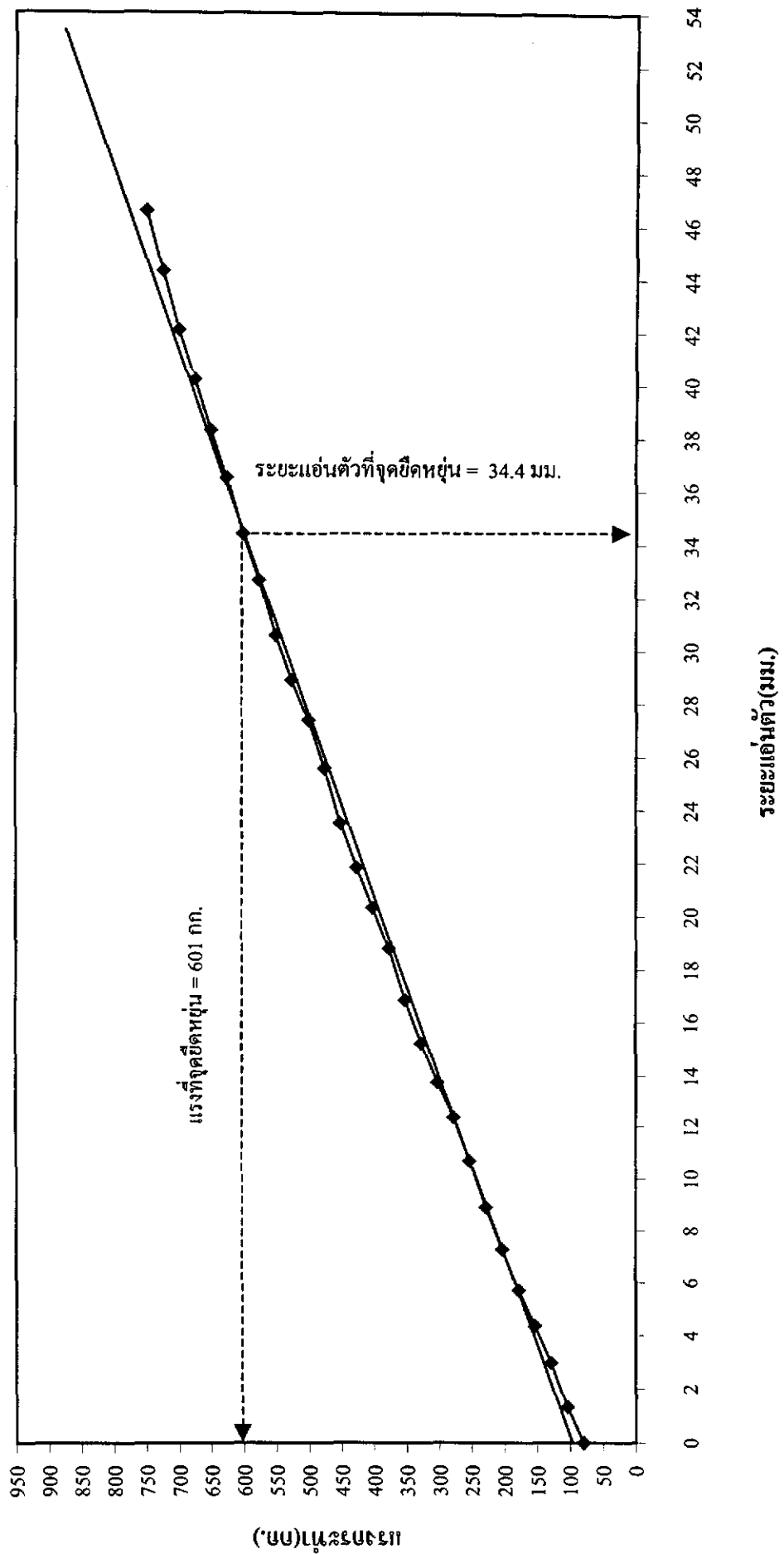


รูป ง-19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวของแผ่น WB1

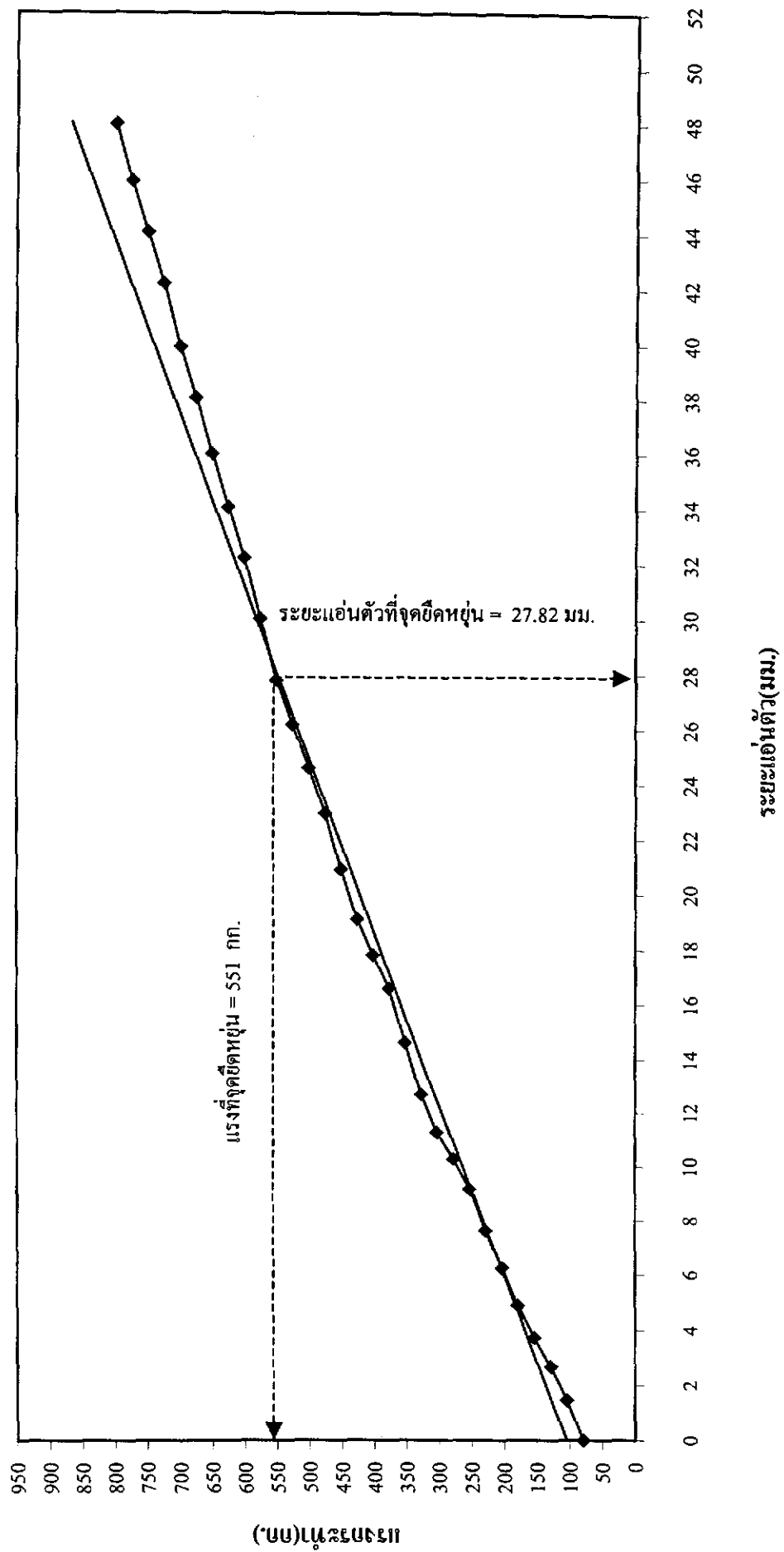
SAMPLE : WB1 Joist System : 2 - 4"x1.5"x6mm. With plate L : 3.00 m. a : 1.00 m.



รูป ง-20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแฉกตัวต่งฟ้าไม้ WB2
 SAMPLE : WB2 Joist System : 2 - 4"x1.5"x6mm. With plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.

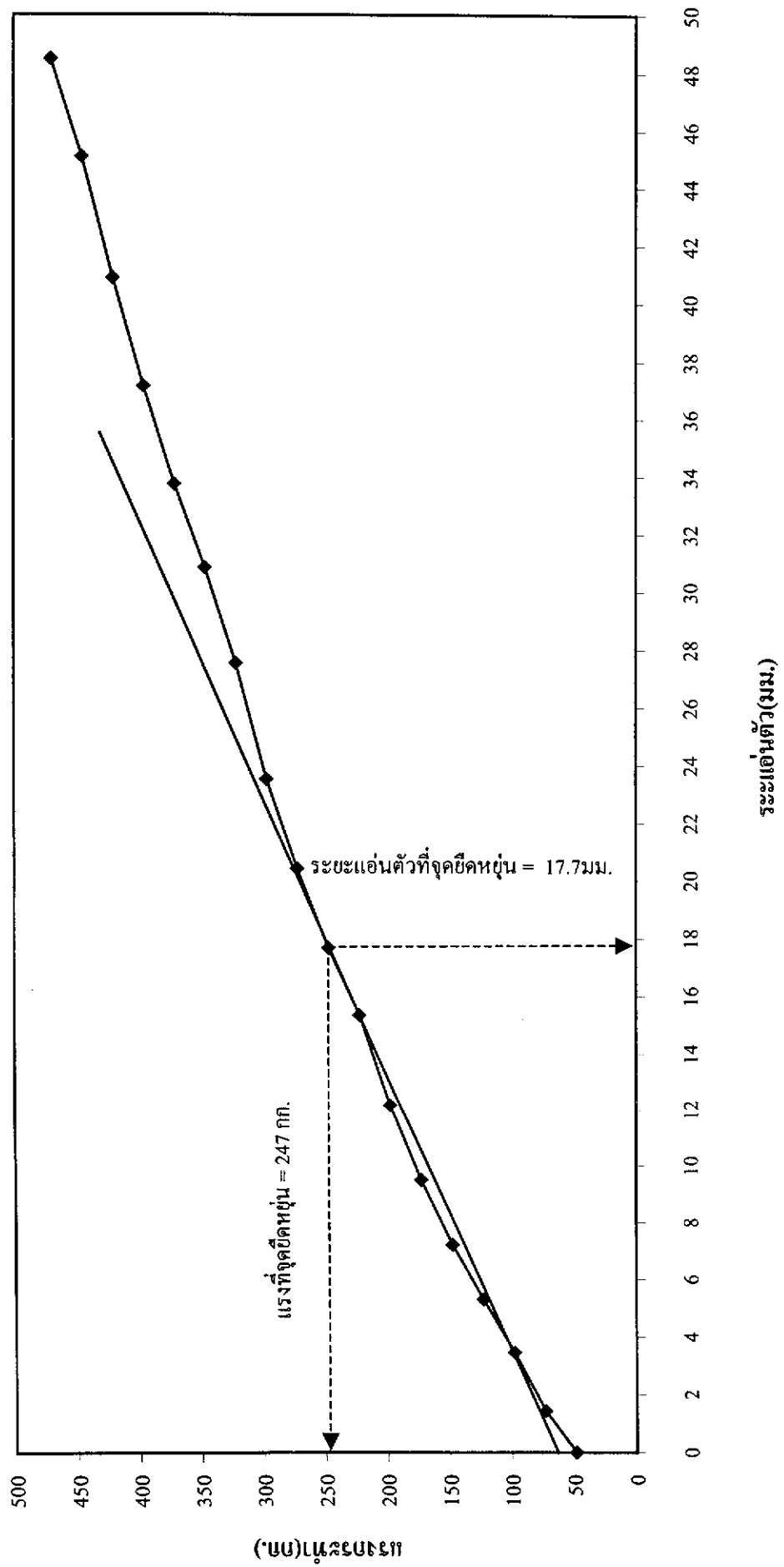


รูป ง-21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวของแผ่น WB3
 SAMPLE: WB3 Joist System : 2 - 4"x1.5"x6mm. With plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



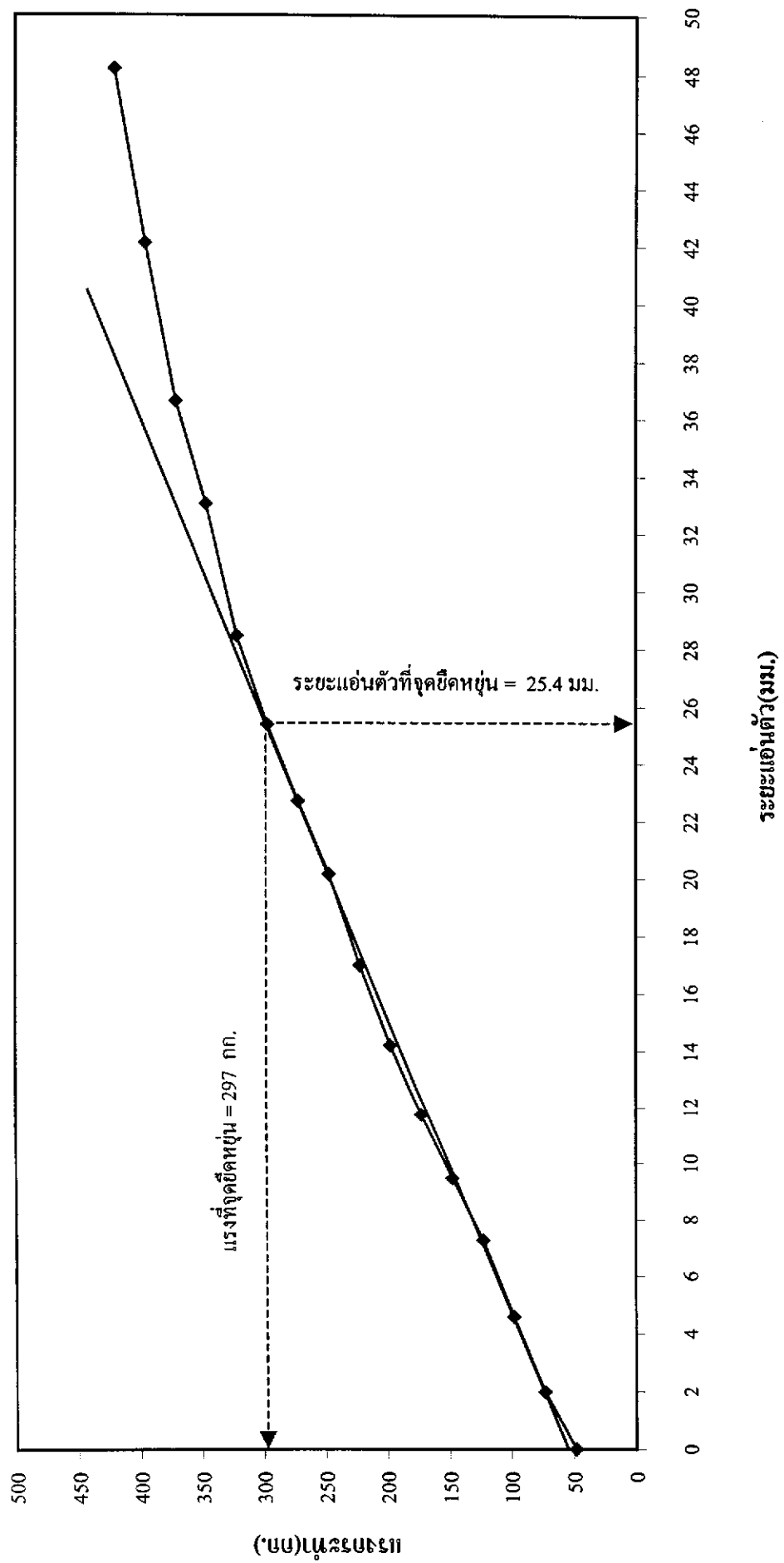
รูป ง-22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงไม้ WB4

SAMPLE : WB4 Joist System : 2 - 4"x1.5"x6mm. With plate ; L = 3.50 m. ; a = 1.25 m.



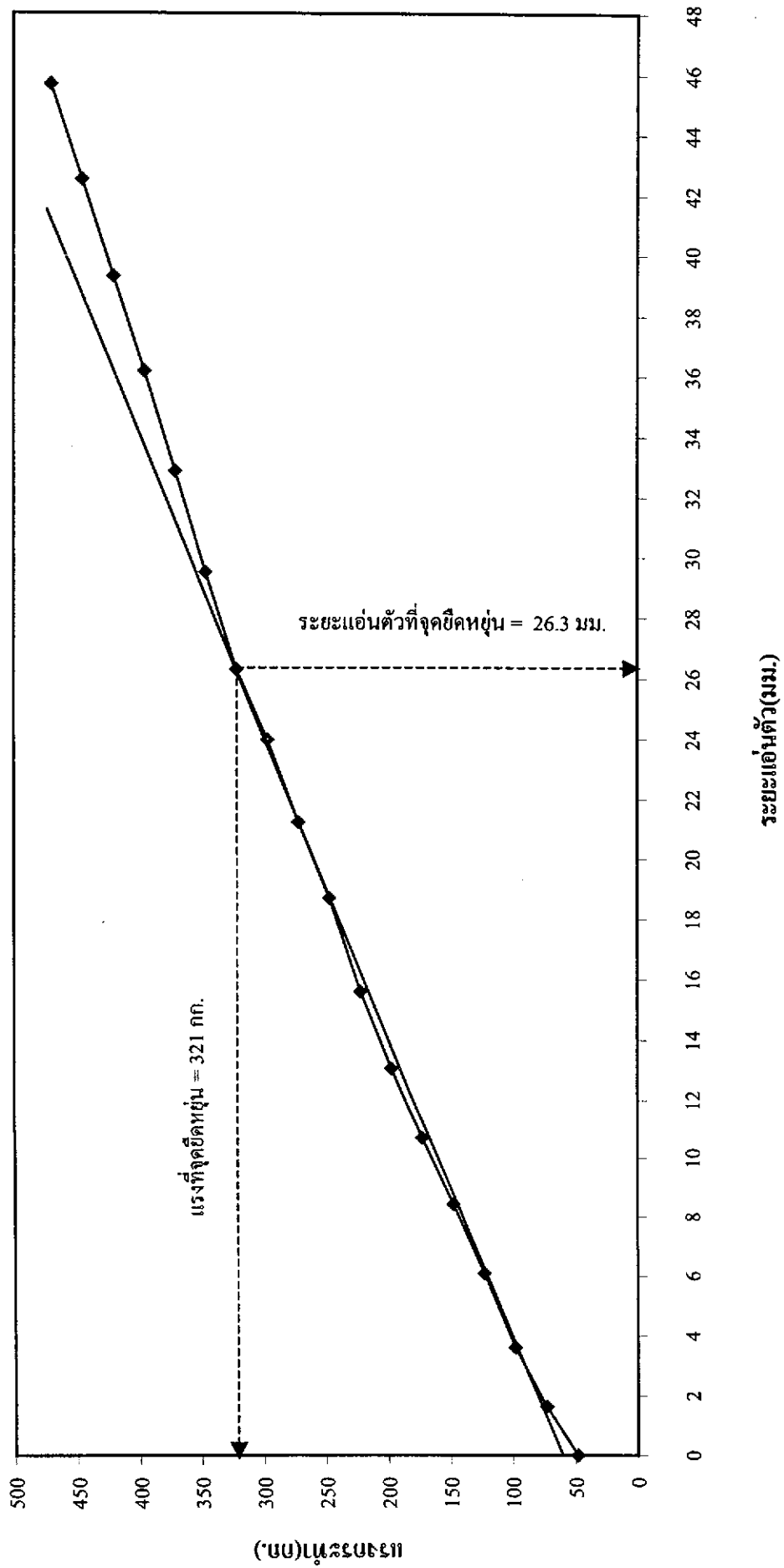
รูป ง-23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวงาไม้ WB5

SAMPLE : WB5 Joist System : 2 - 4"x1.5"x6mm. With plate ; L = 3.50 m. ; a = 1.25 m.



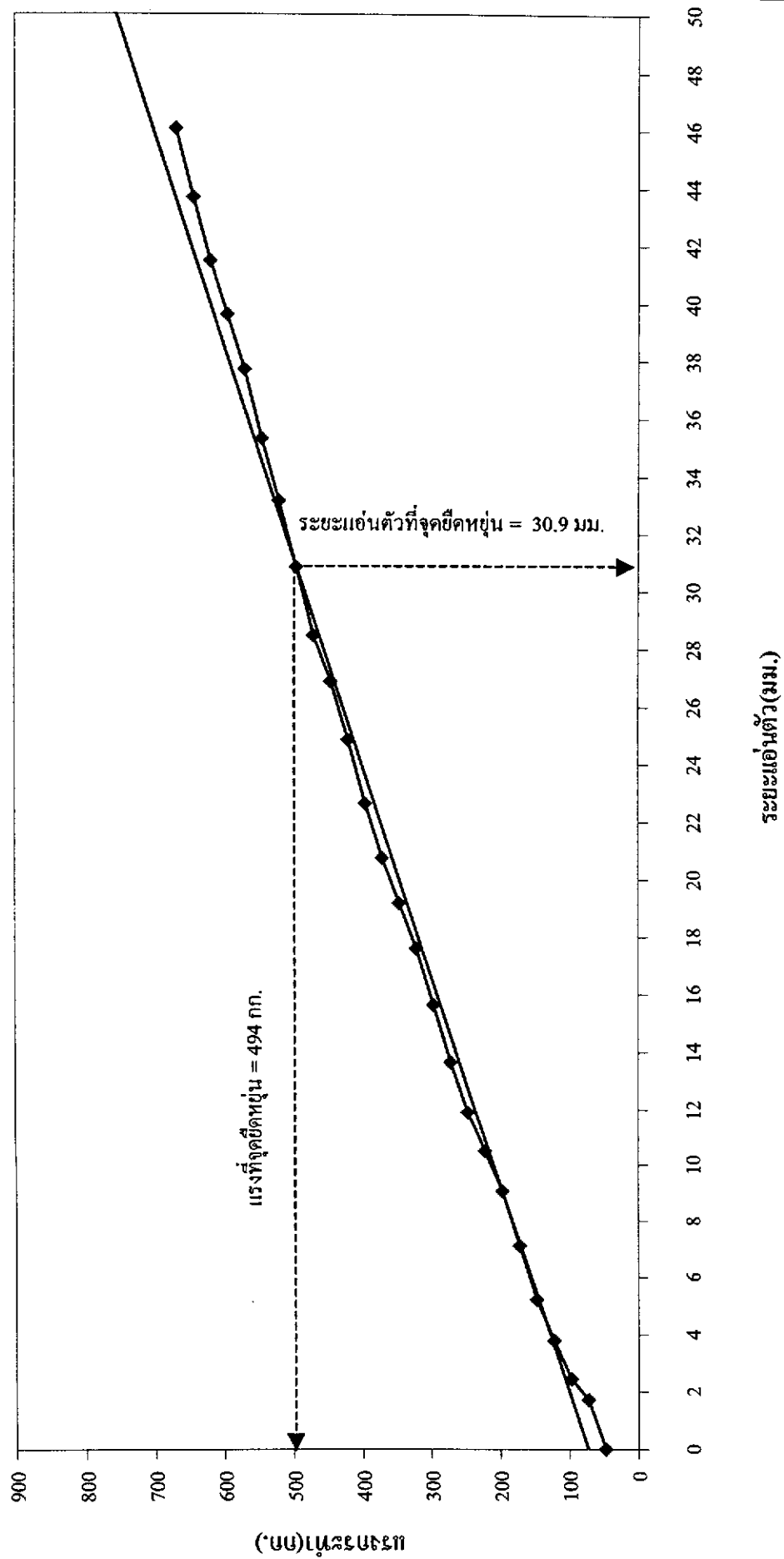
รูป ง-24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวของฟาย์ WB6

SAMPLE : WB6 Joist System : 2 - 4"x1.5"x6mm. With plate ; L = 3.50 m. ; a = 1.25 m.



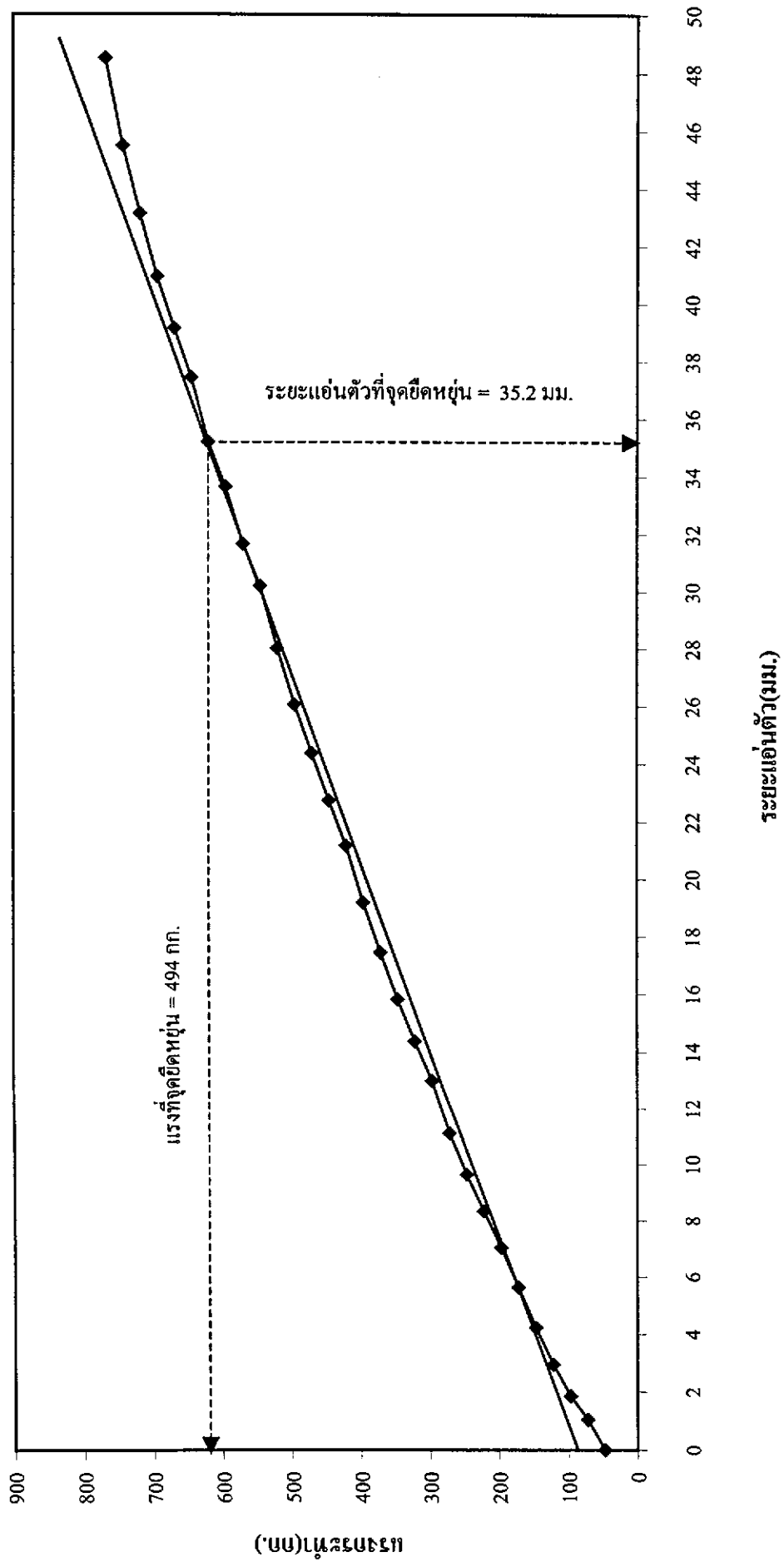
รูป ง-25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวของไม้ WB7

SAMPLE : WB7 Joist System : 2 - 6"x1.5"x6mm. With plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



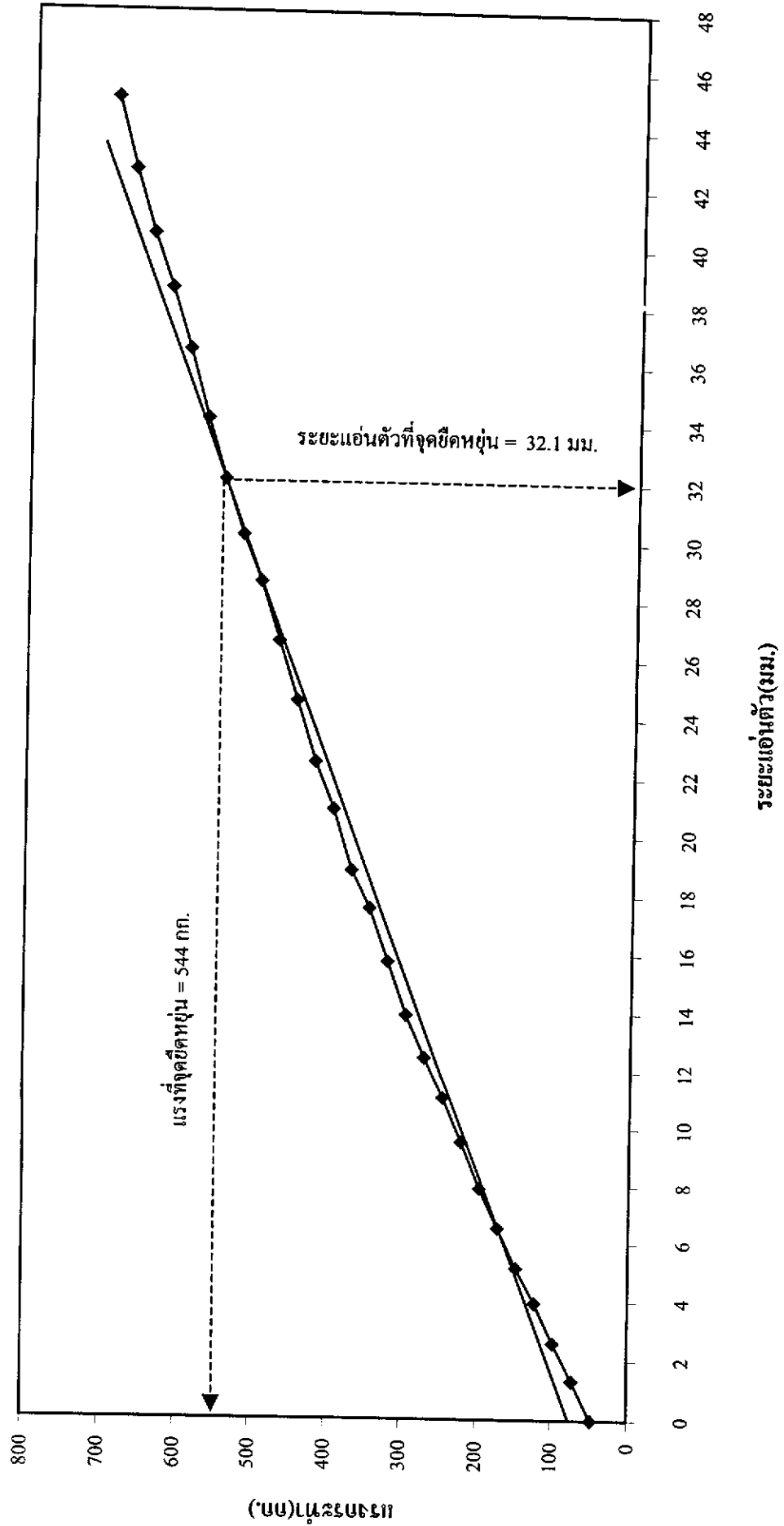
รูป ง-26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงฝาไม้ WB8

SAMPLE : WB8 Joist System : 2 - 6"x1.5"x6mm. With plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



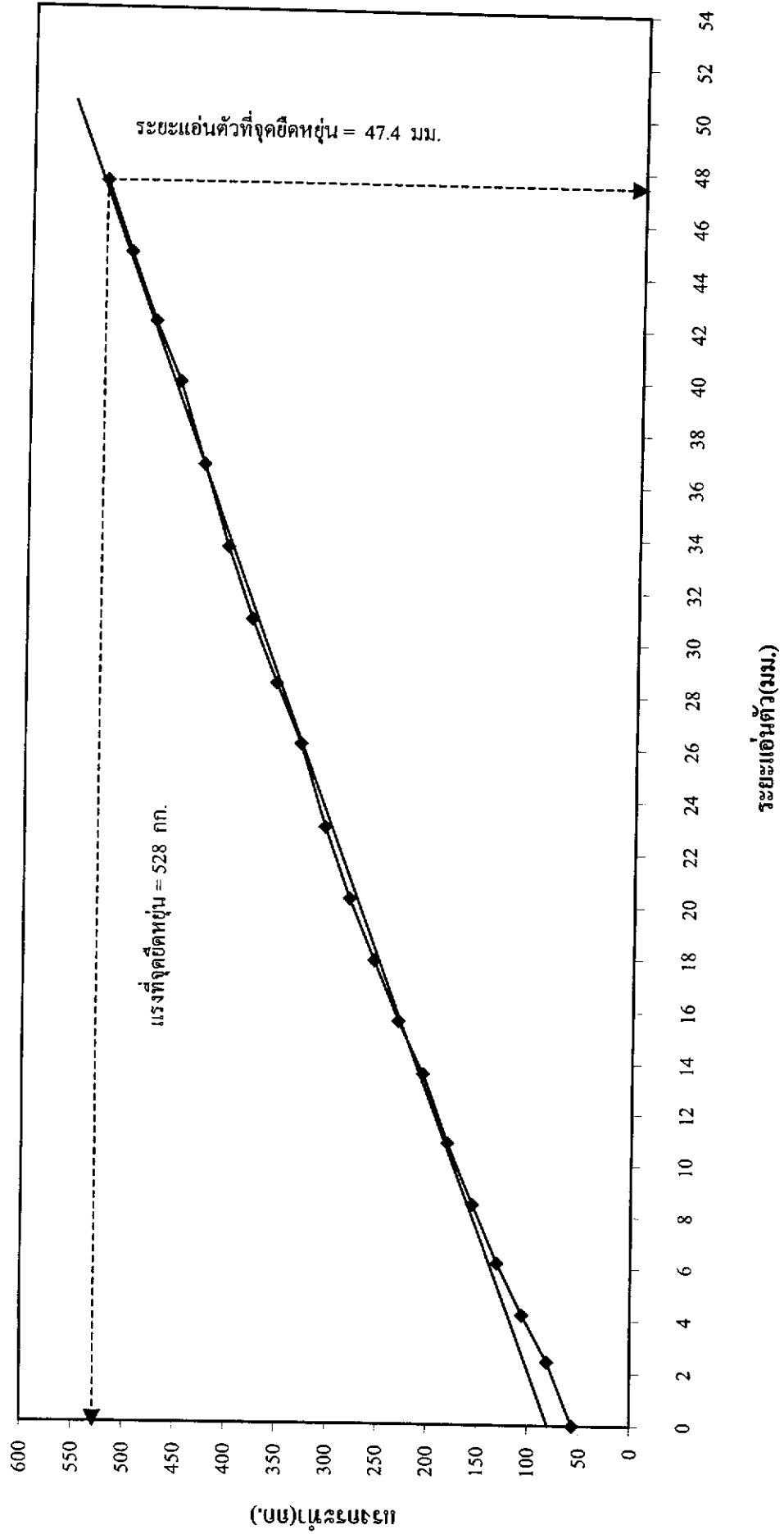
รูป ง-27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงไฟไม้ WB9

SAMPLE : WB9 Joist System : 2 - 6"x1.5"x6mm. With plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



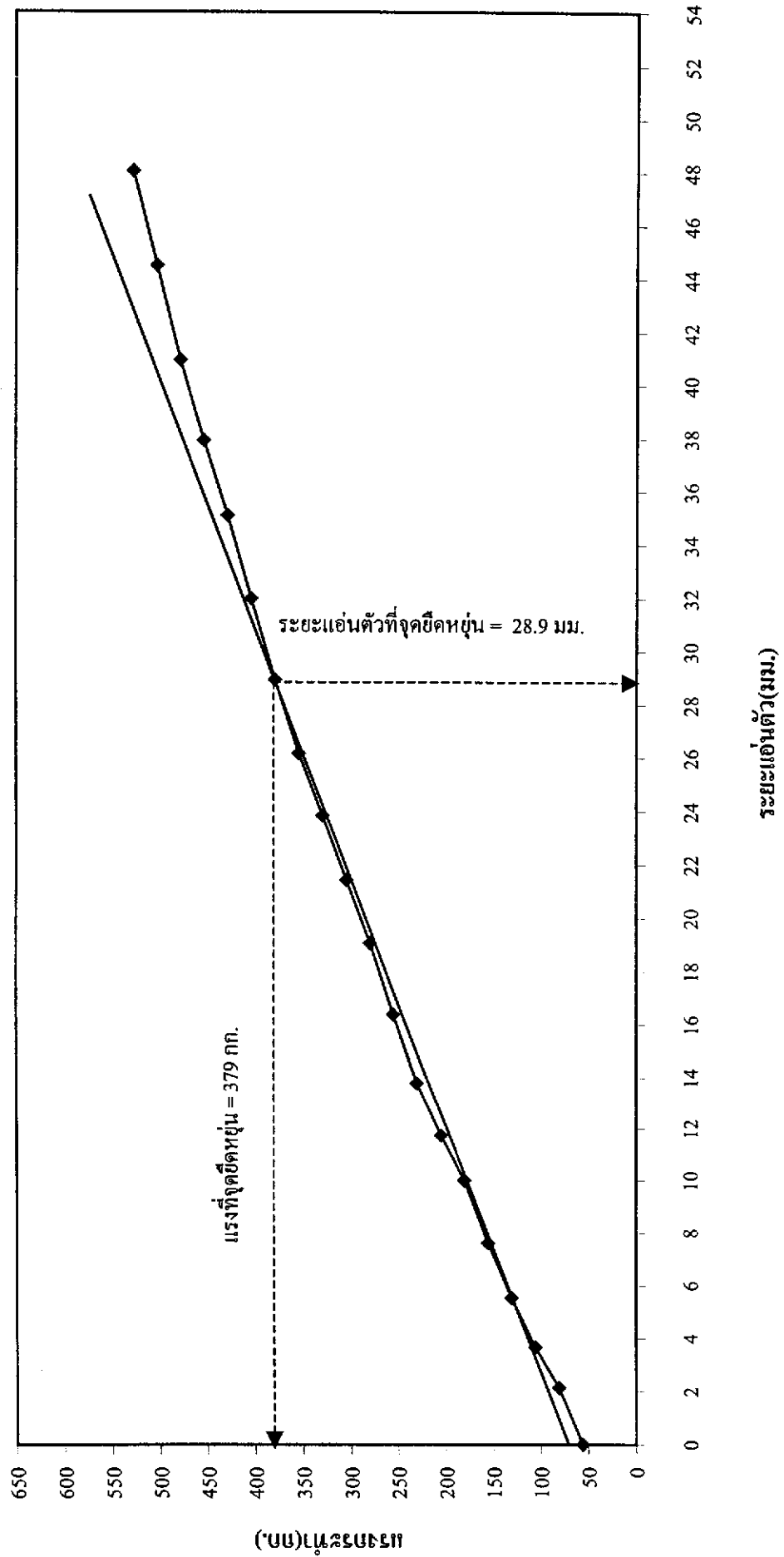
รูป ง-28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงไฟไม้ WB10

SAMPLE : WB10 Joist System : 2 - 4"x1.5"x6mm. Without plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



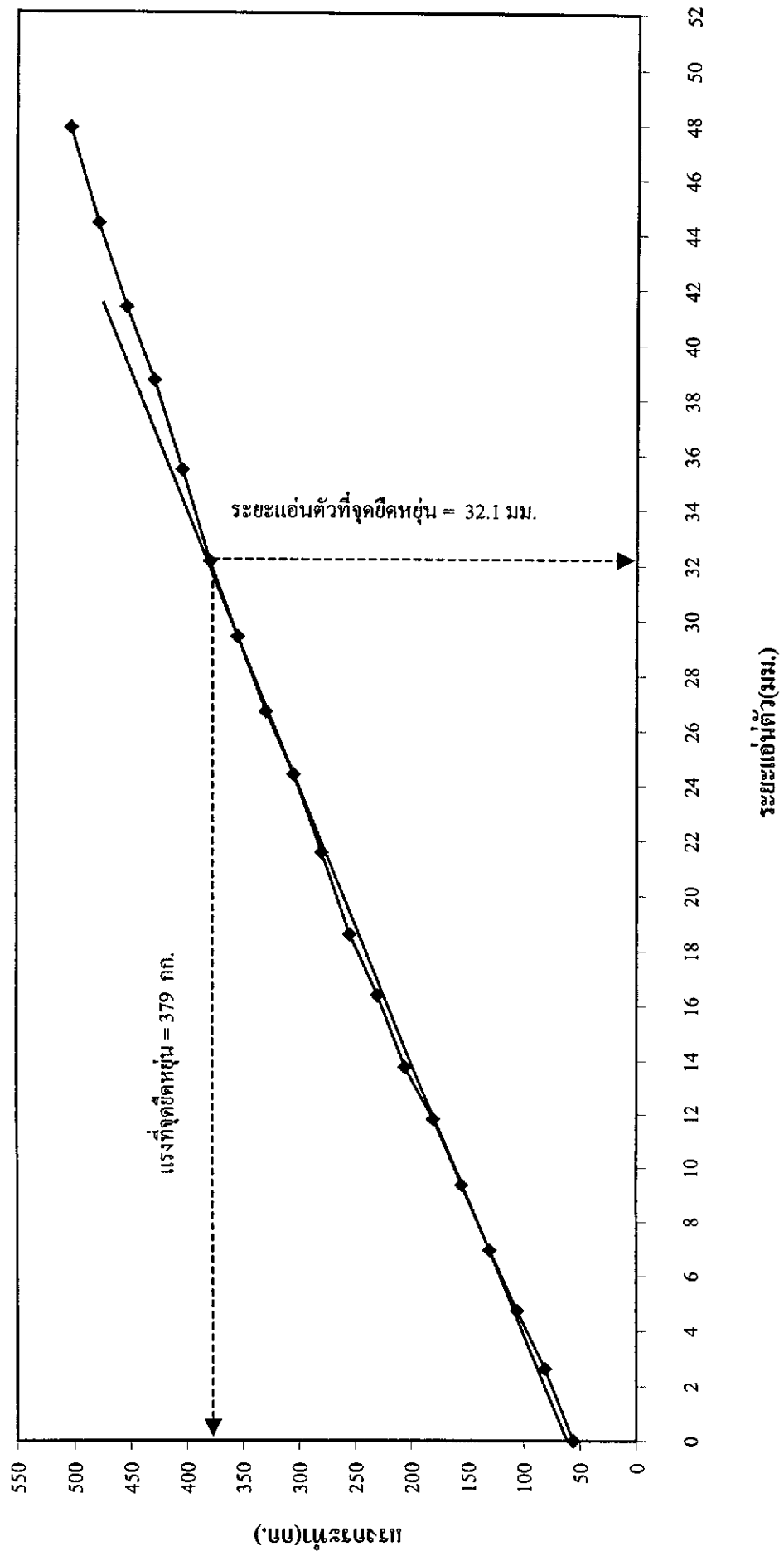
รูป ง-29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวดงไม้ WB11

SAMPLE: WB11 Joist System : 2 - 4"x1.5"x6mm. Without plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



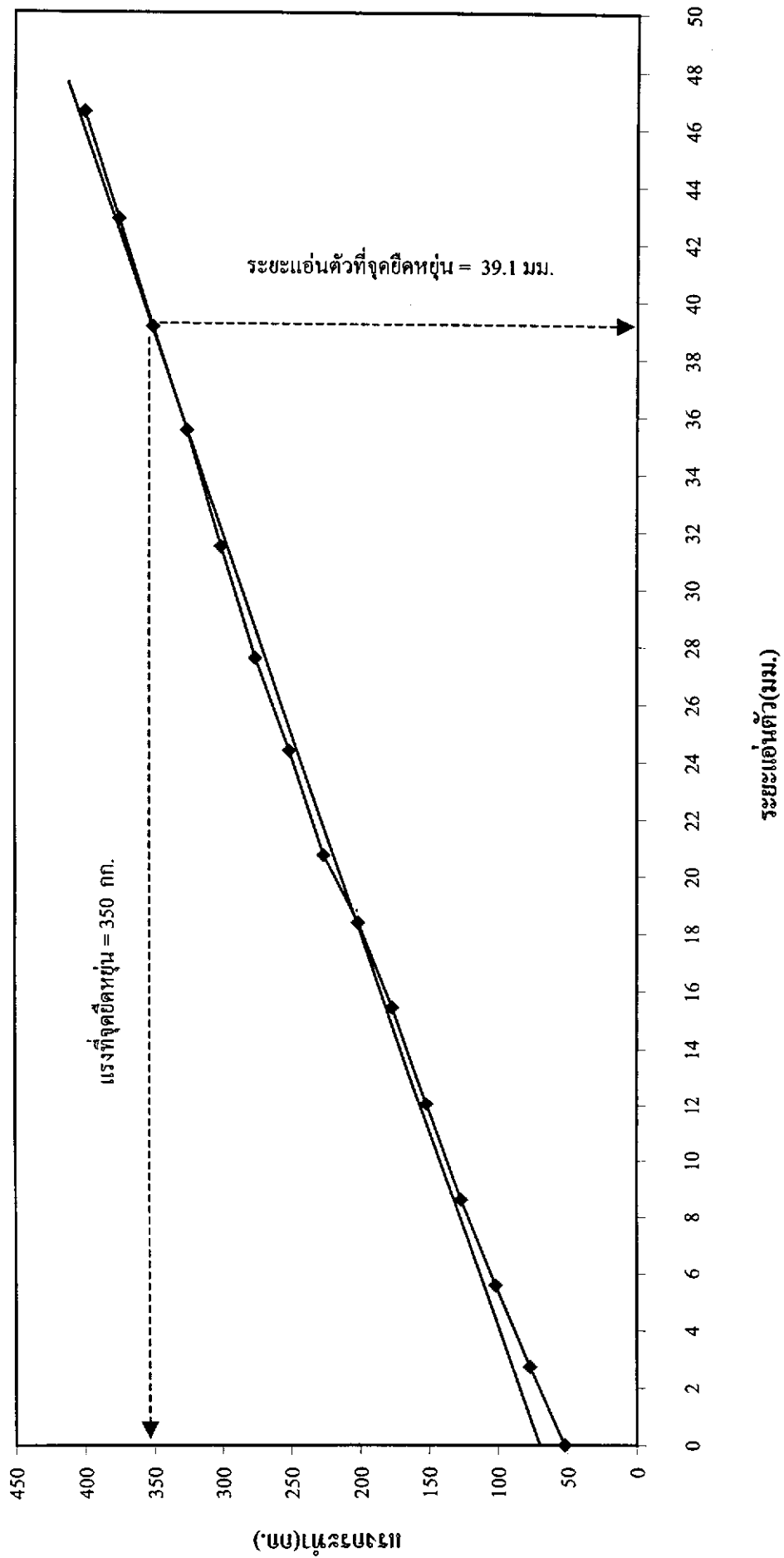
รูป ง-30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวของฝาไม้ WB12

SAMPLE : WB12 Joist System : 2 - 4"x1.5"x6mm. Without plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



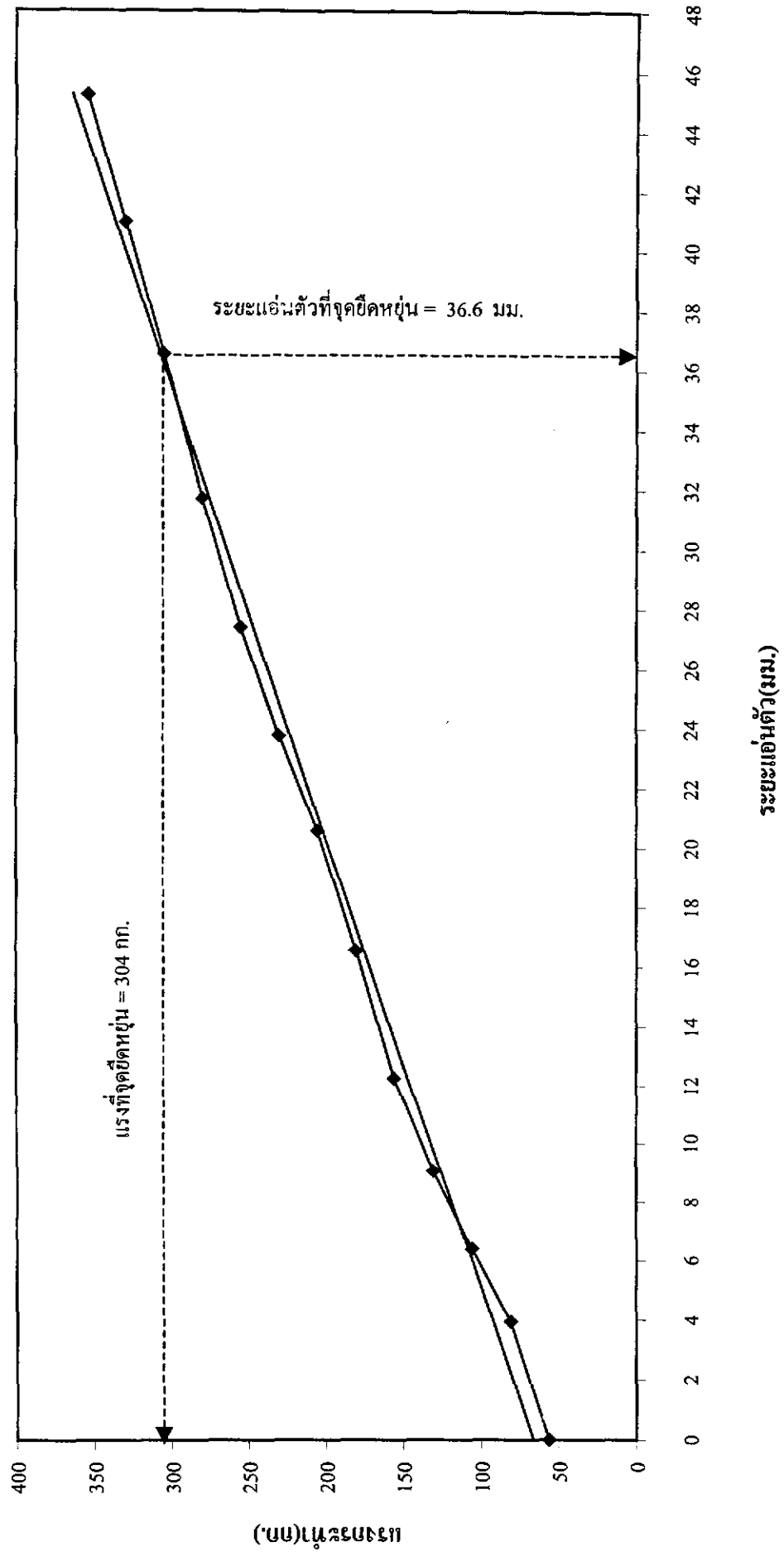
รูป ง-31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวตงแผ่น WB13

SAMPLE: WB13 Joist System : 2 - 4"x1.5"x6mm. Without plate ; L = 3.50 m. ; a = 1.25 m.



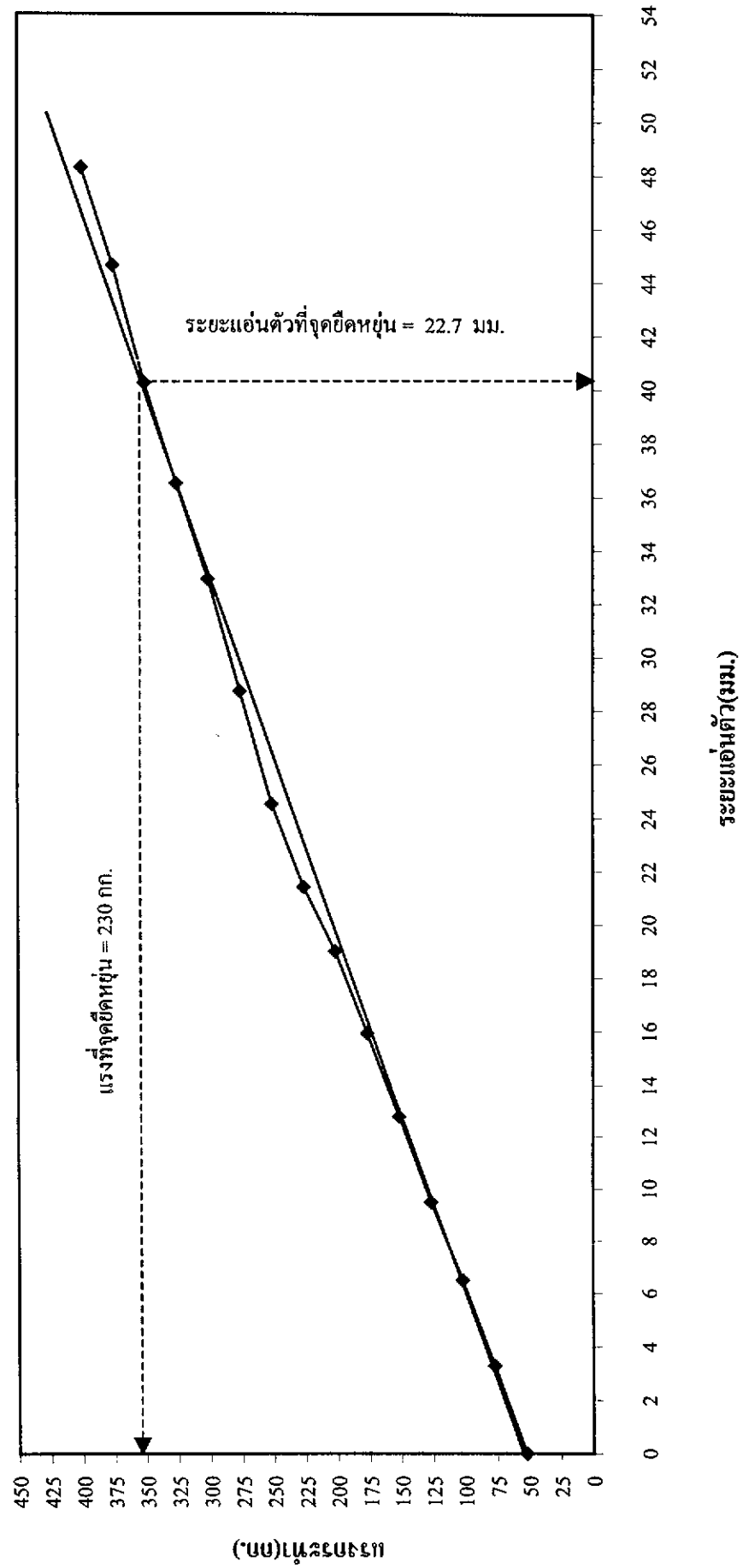
รูป ง-32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวของไม้ WB14

SAMPLE: WB14 Joist System : 2 - 4"x1.5"x6mm. Without plate ; L = 3.50 m. ; a = 1.25 m.



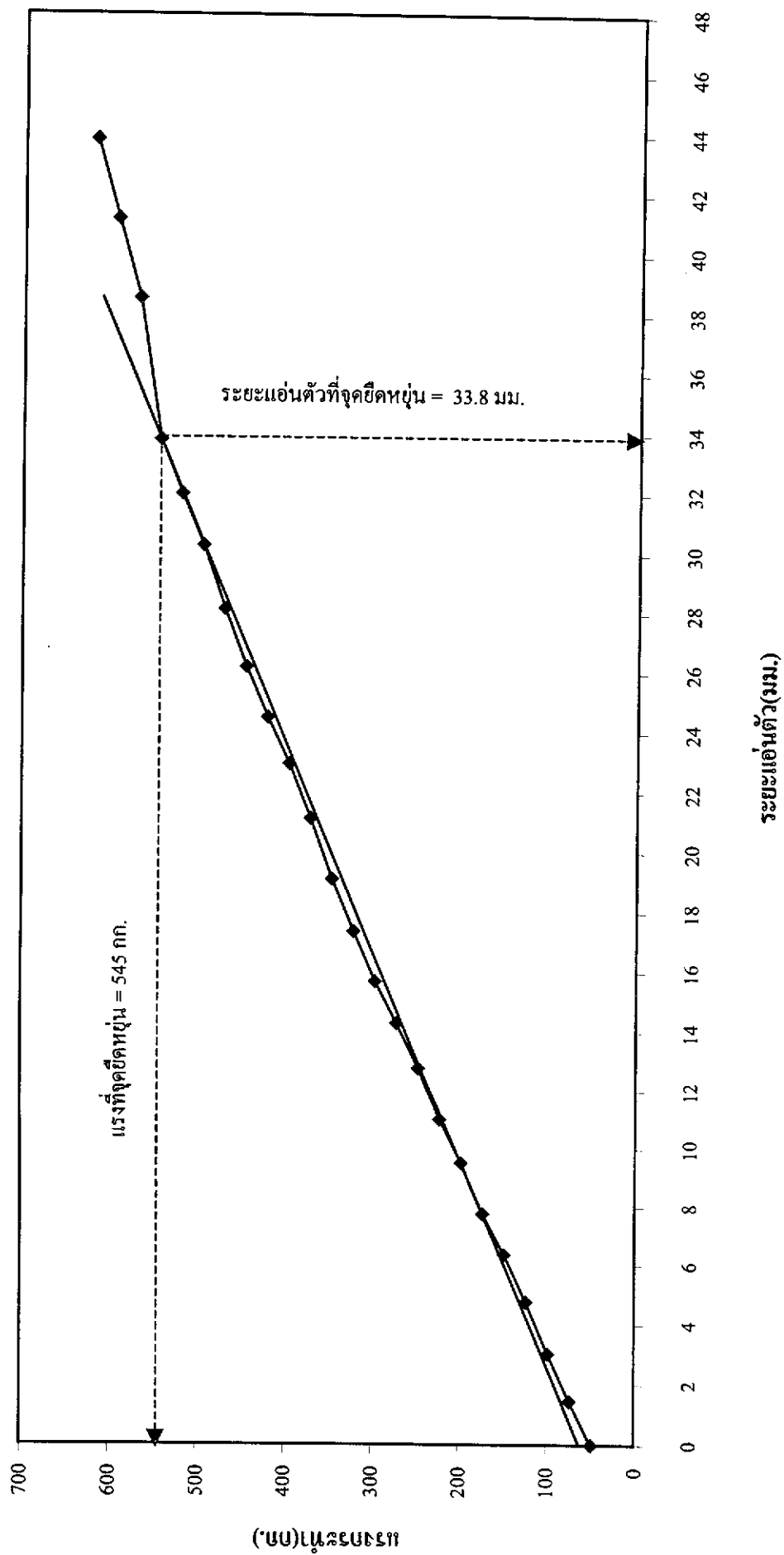
รูป ง-33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวของไฟเบอร์ WB15

SAMPLE : WB15 Joist System : 2 - 4"x1.5"x6mm. Without plate ; L = 3.50 m. ; a = 1.25 m.



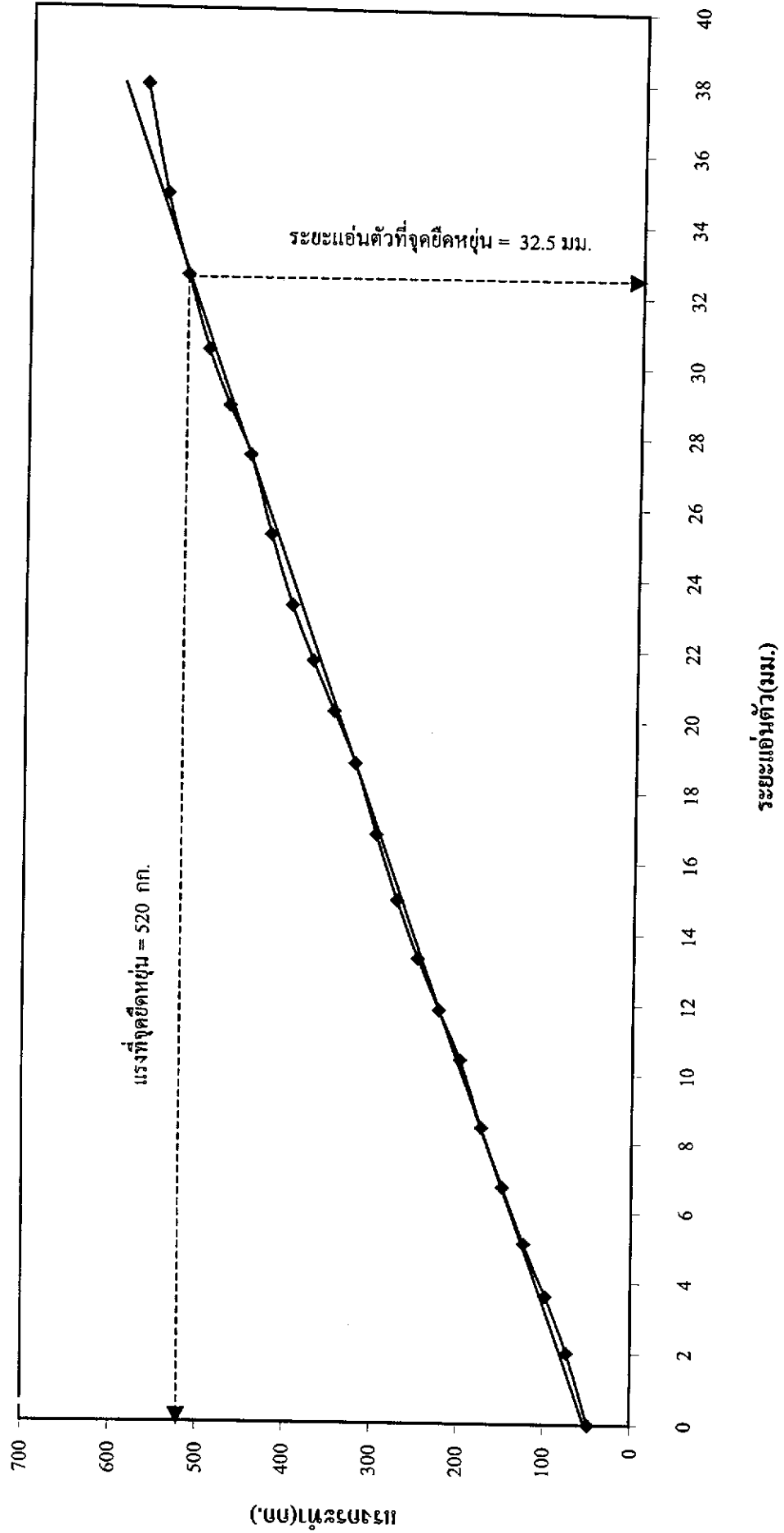
รูป ง-34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวของแผ่น WB16

SAMPLE: WB16 Joist System : 2 - 6"x1.5"x6mm. Without plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



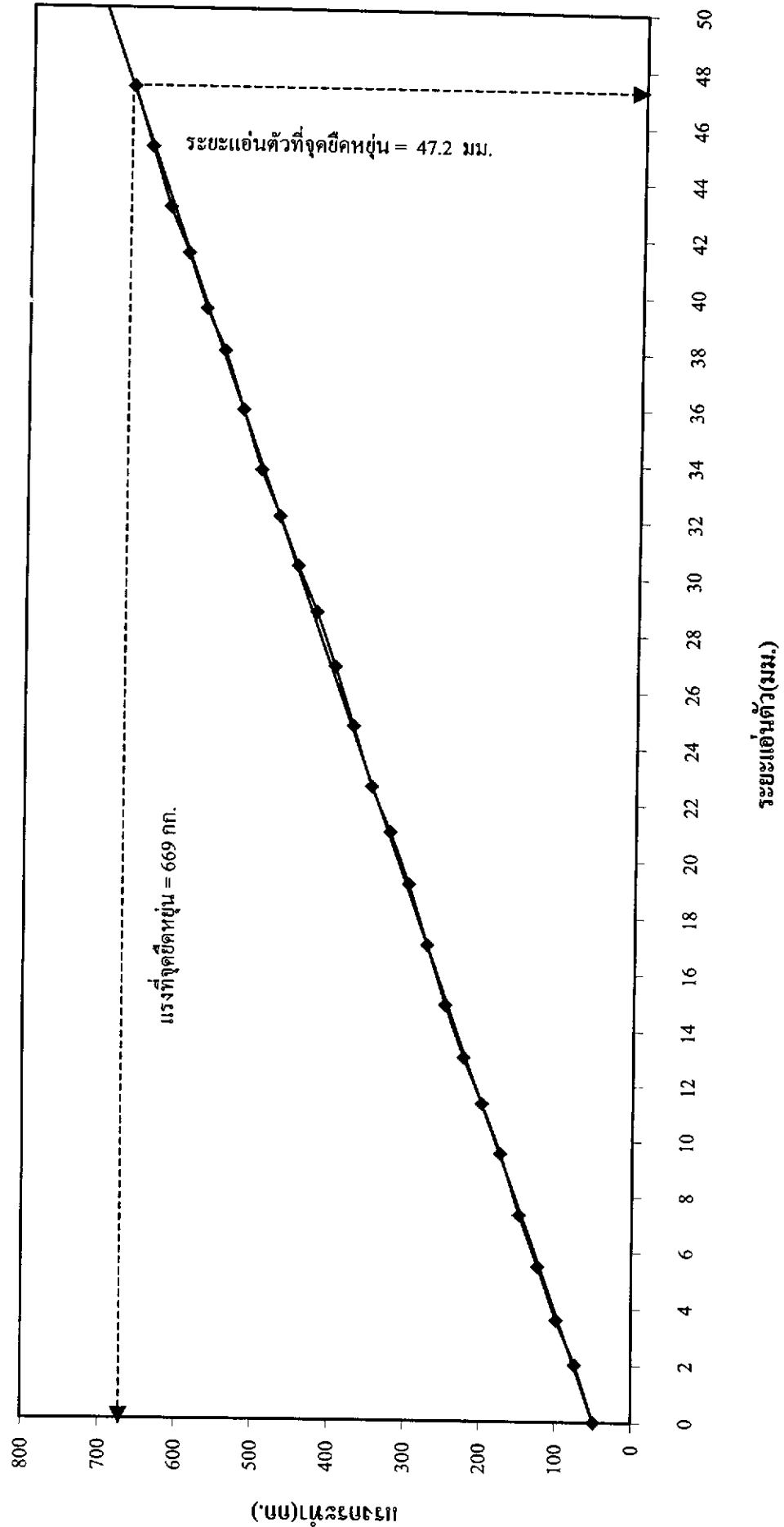
รูป ง-35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงไฟ WB17

SAMPLE : WB17 Joist System : 2 - 6"x1.5"x6mm. Without plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



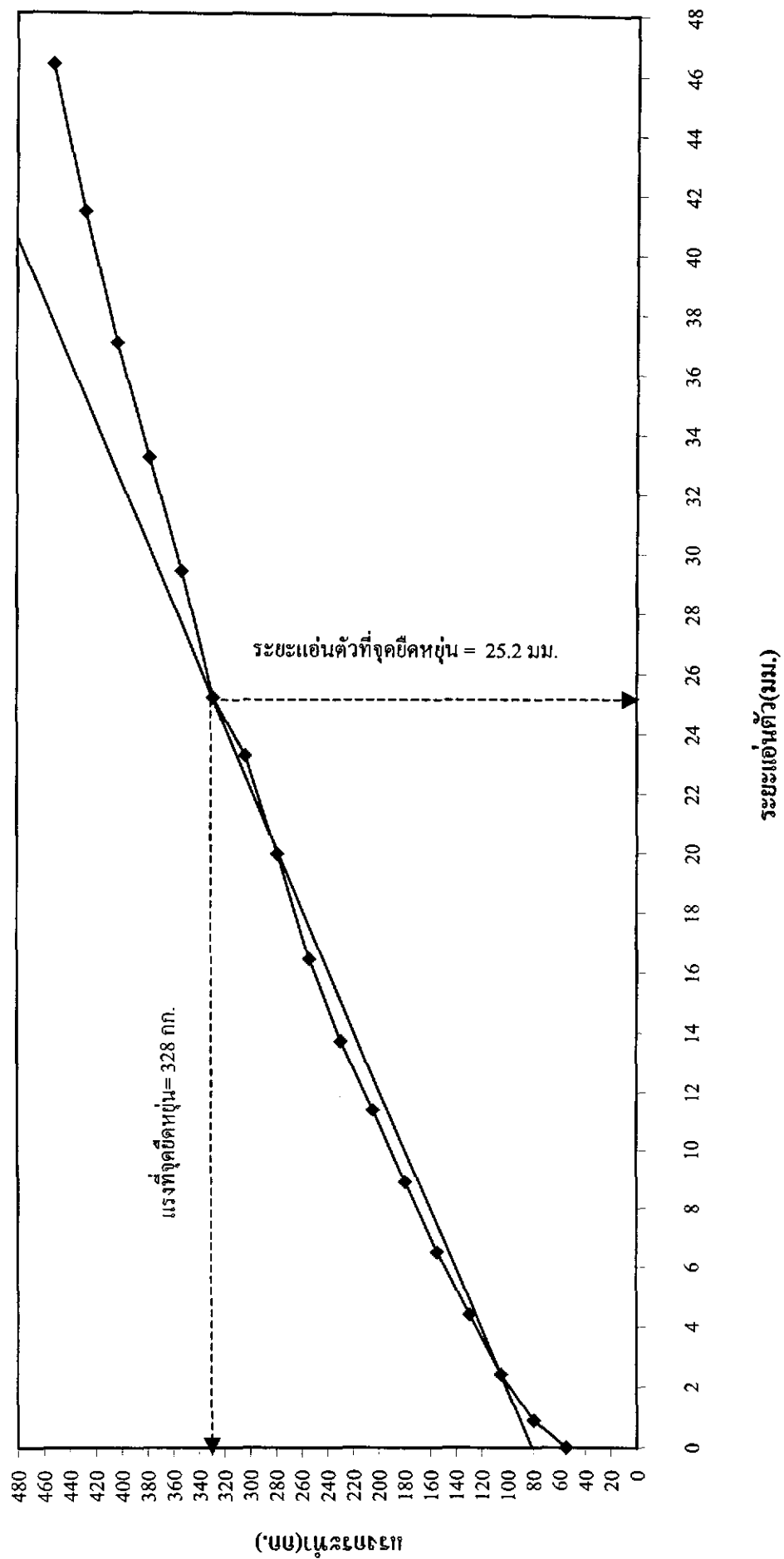
รูป ง-36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวตงฟ้าไม้

SAMPLE : WB18 Joist System : 2 - 6"x1.5"x6mm. Without plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



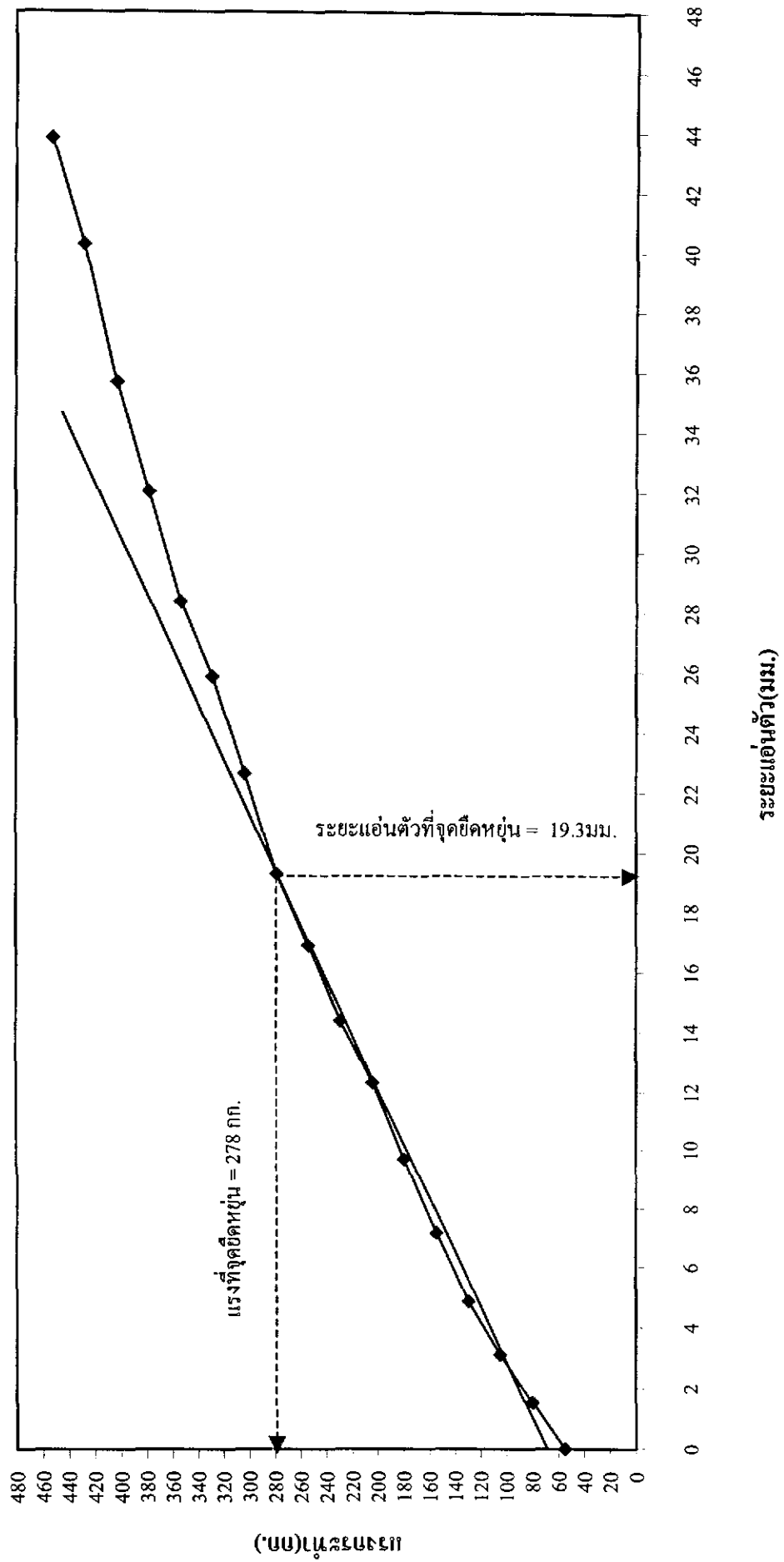
รูป ง-37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวแผ่นเหล็ก PB1

SAMPLE: PB1 Joist System : 2 - 4"x1"x6mm. With plate $L = 3.00$ m. ; $a = 1.00$ m.



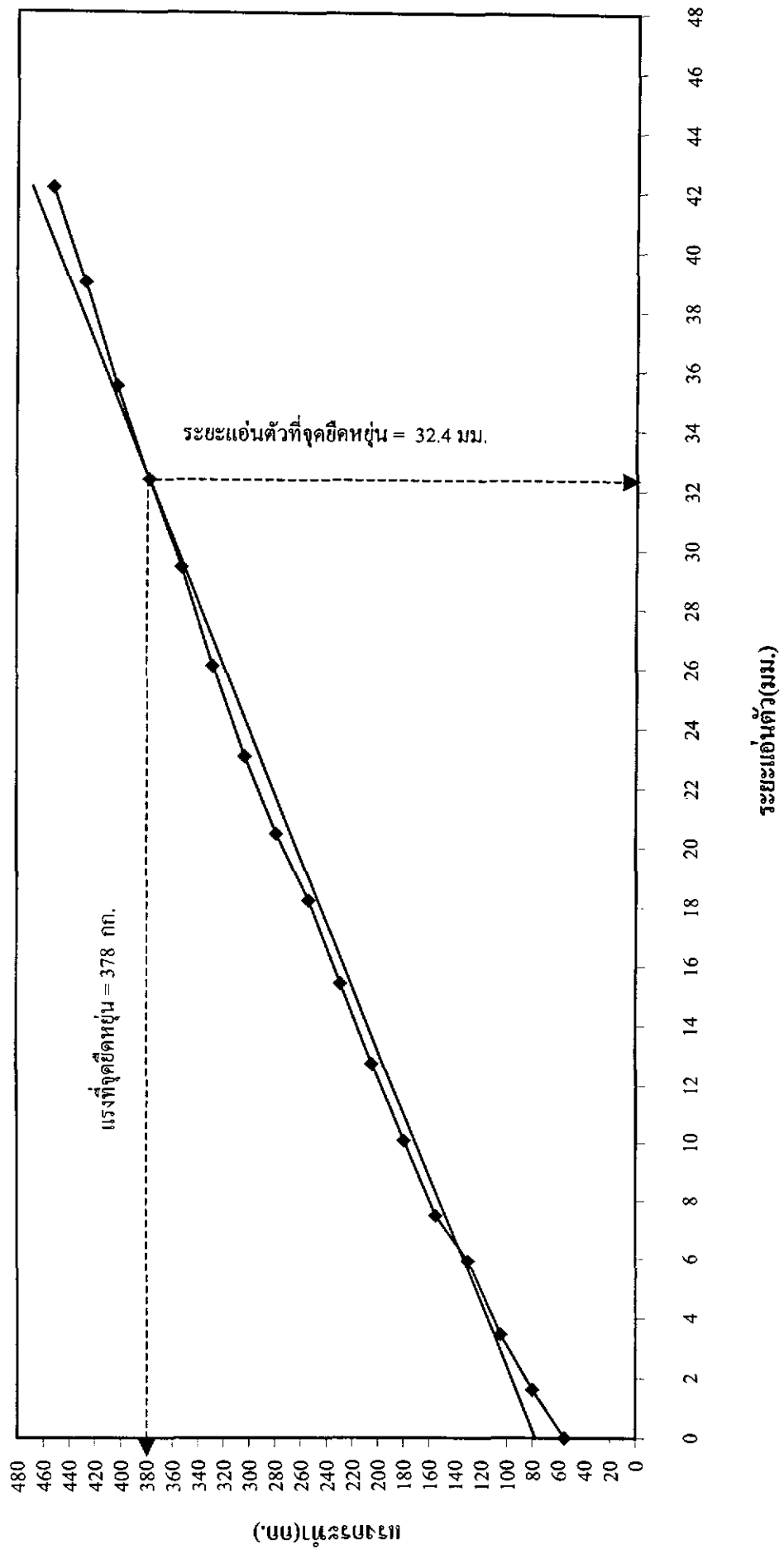
รูป ง-38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแ่นตัวแปหลังคา PB2

SAMPLE : PB2 Joist System : 2 - 4"x1"x6mm. With plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



รูป จ-39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวดงแปเหล็ก PB3

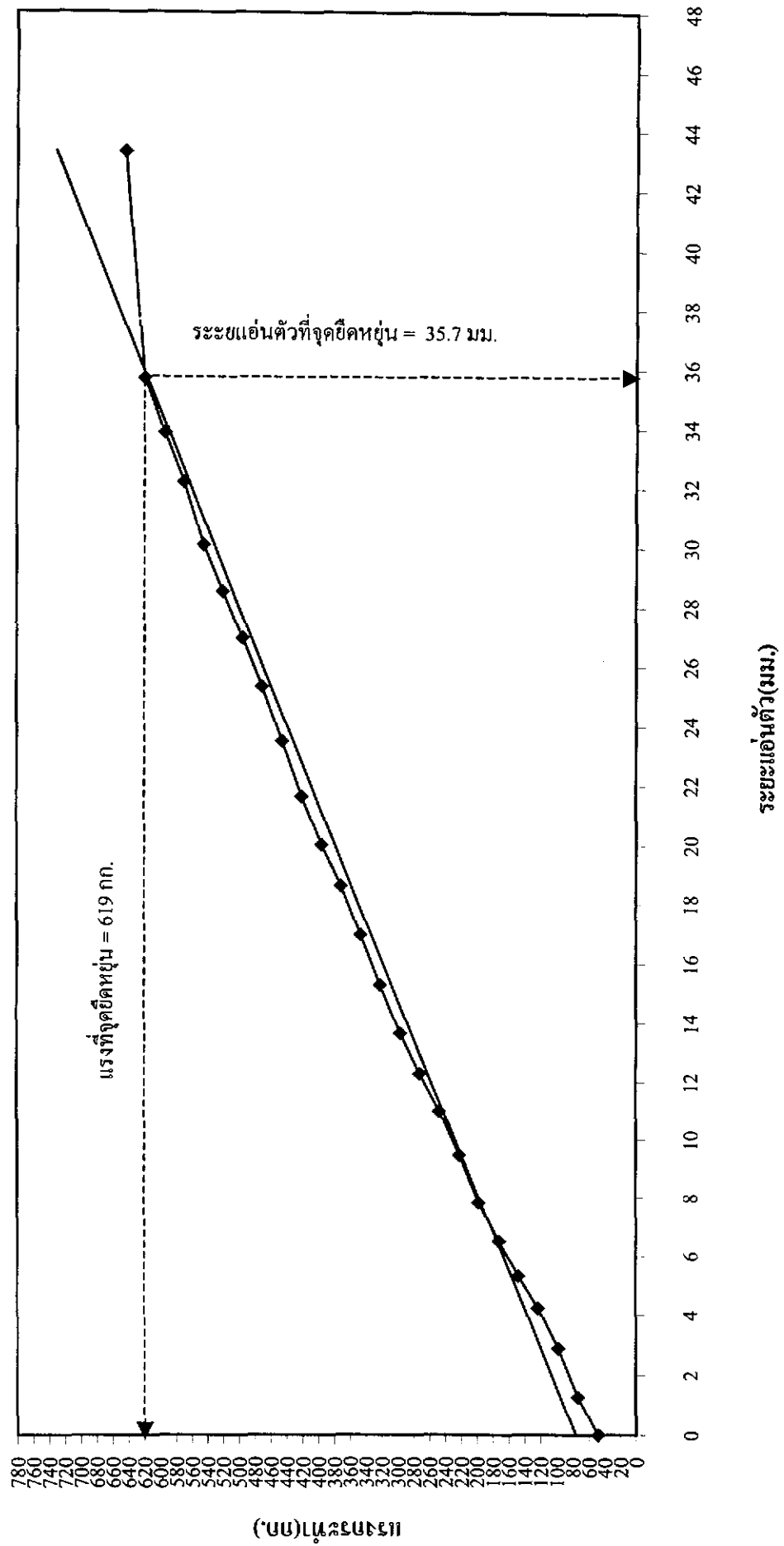
SAMPLE : PB3 Joist System : 2 - 4"x1"x6mm. With plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



(กก.)และเบดง

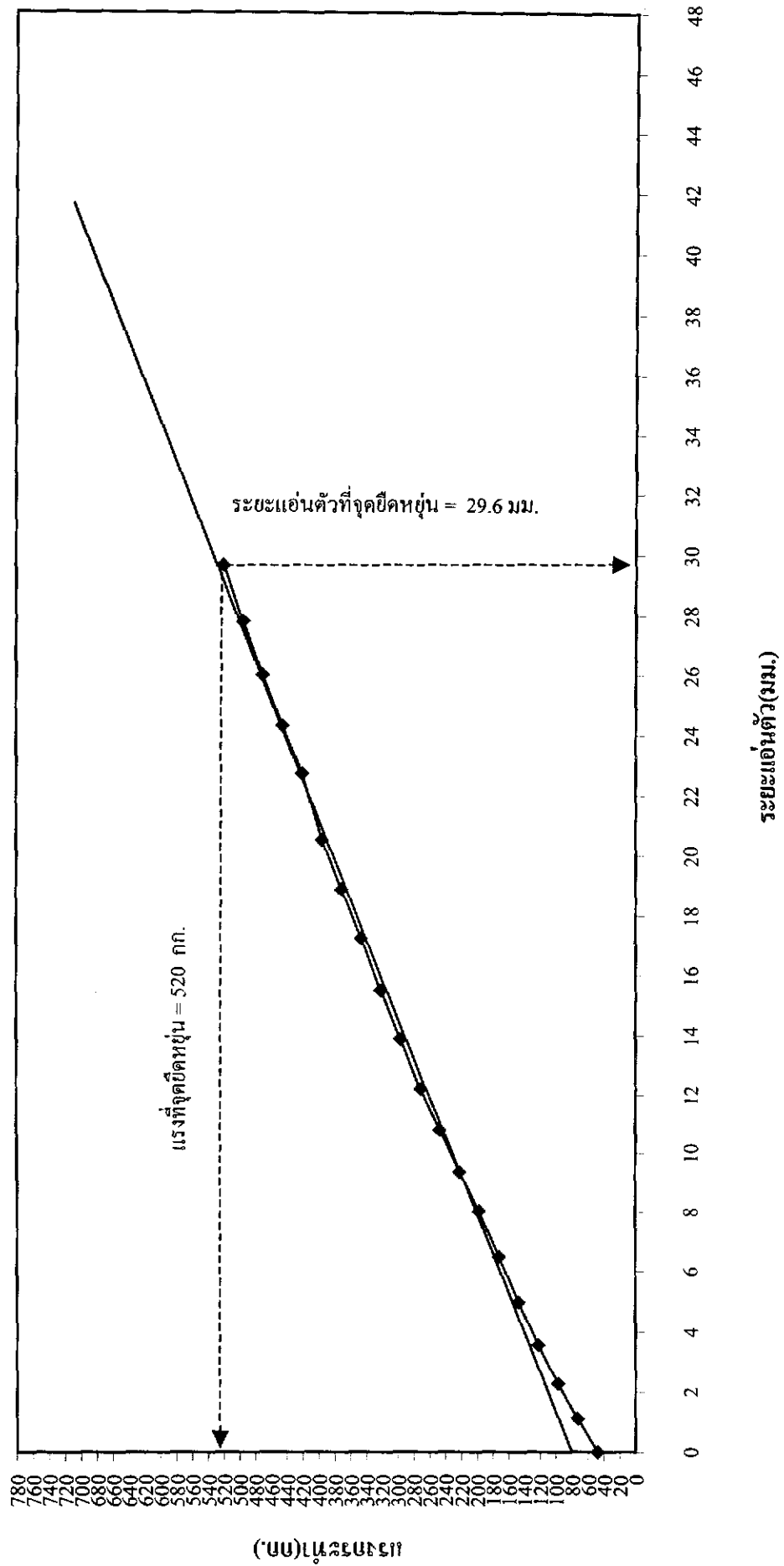
รูป ง-40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวหลังคา PB4

SAMPLE : PB4 Joist System : 2 - 6"x1"x6mm. With plate ; L = 3.50 m. ; a = 1.25 m.



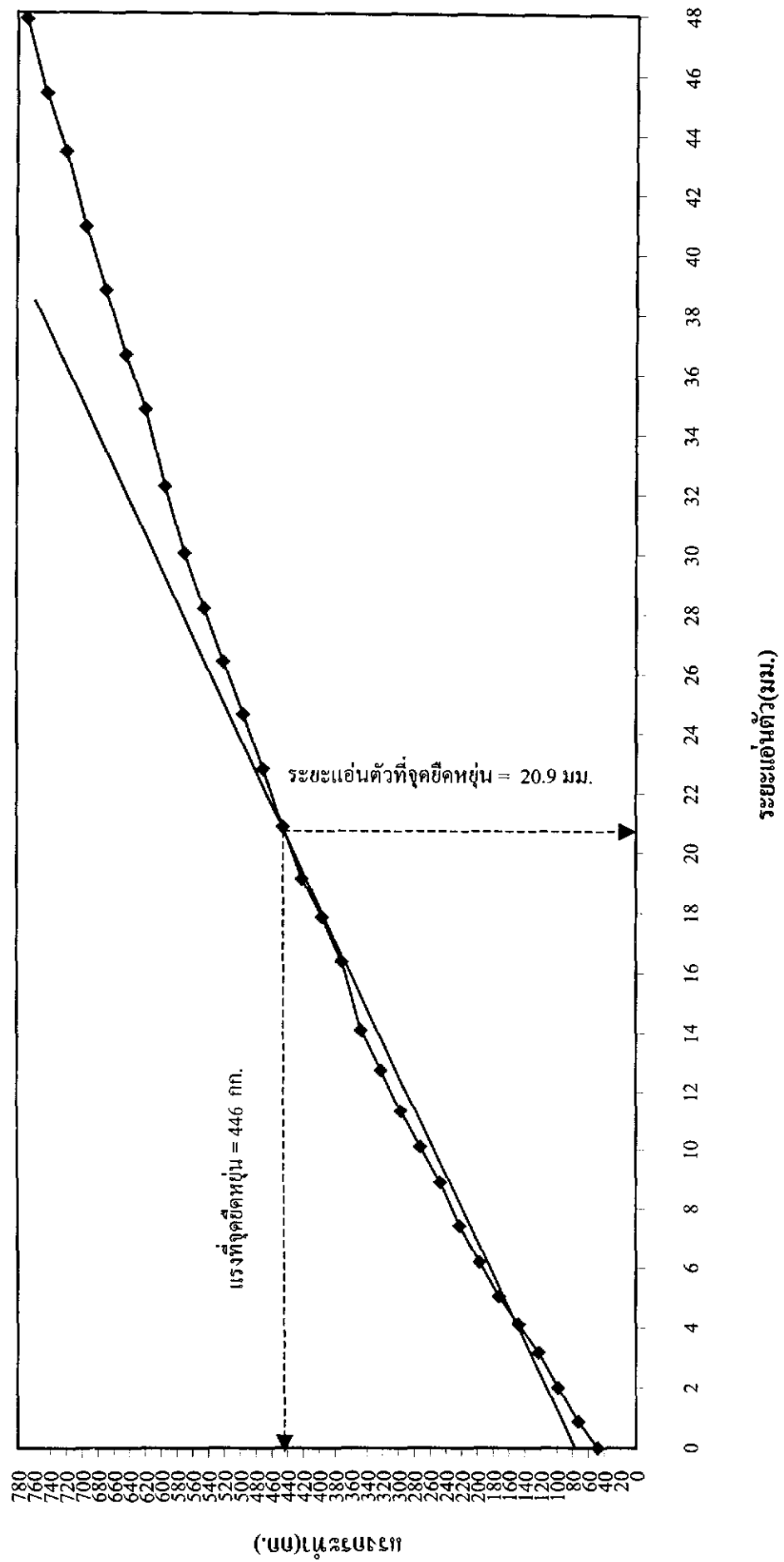
รูป ง-41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวแปหังดา PB5

SAMPLE : PB5 Joist System : 2 - 6"x1"x6mm. With plate ; L = 3.50 m. ; a = 1.25 m.



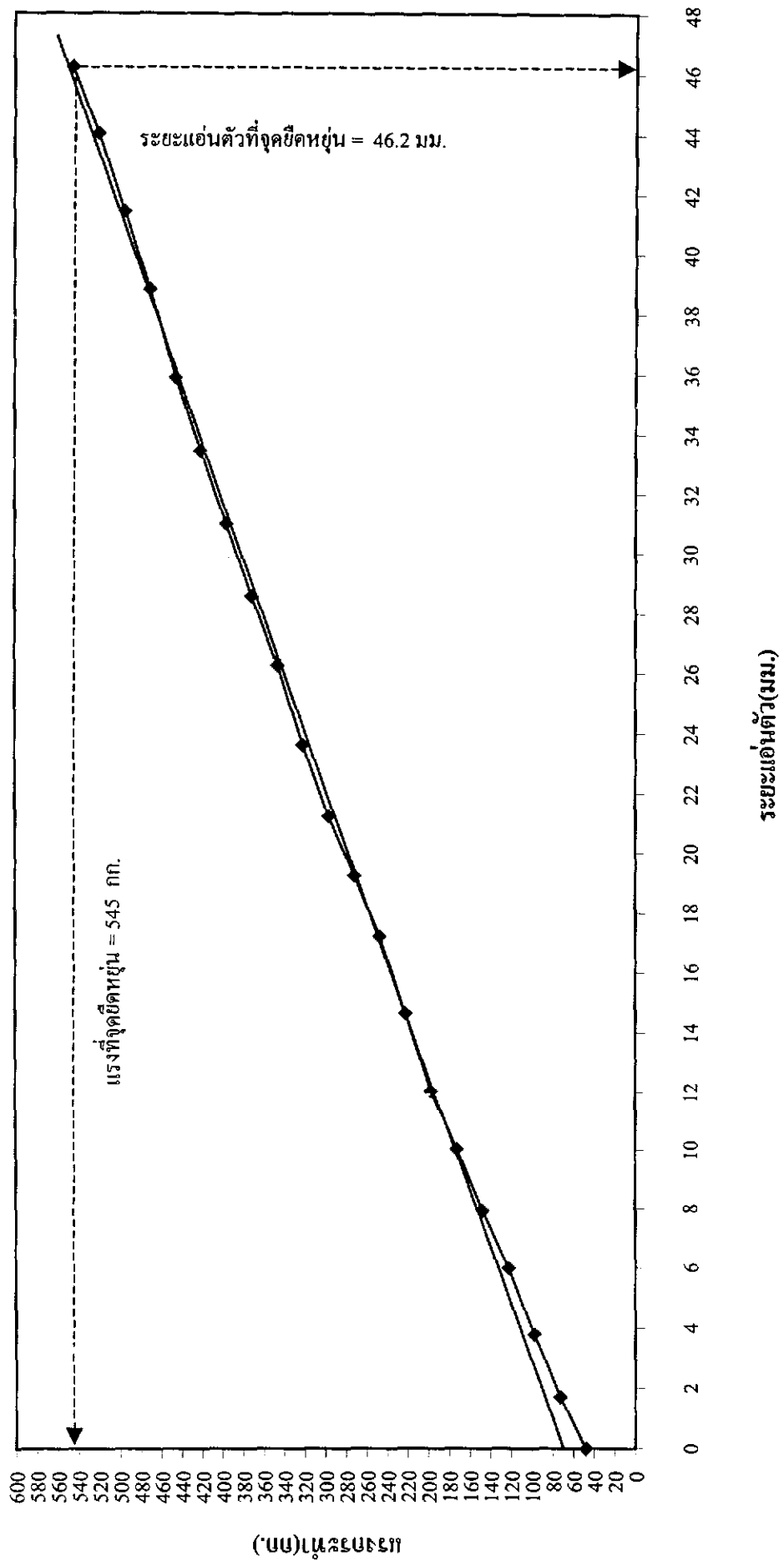
รูป ง-42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวแปลงคา PB6

SAMPLE : PB6 Joist System : 2 - 6"x1"x6mm. With plate ; L = 3.50 m. ; a = 1.25 m.



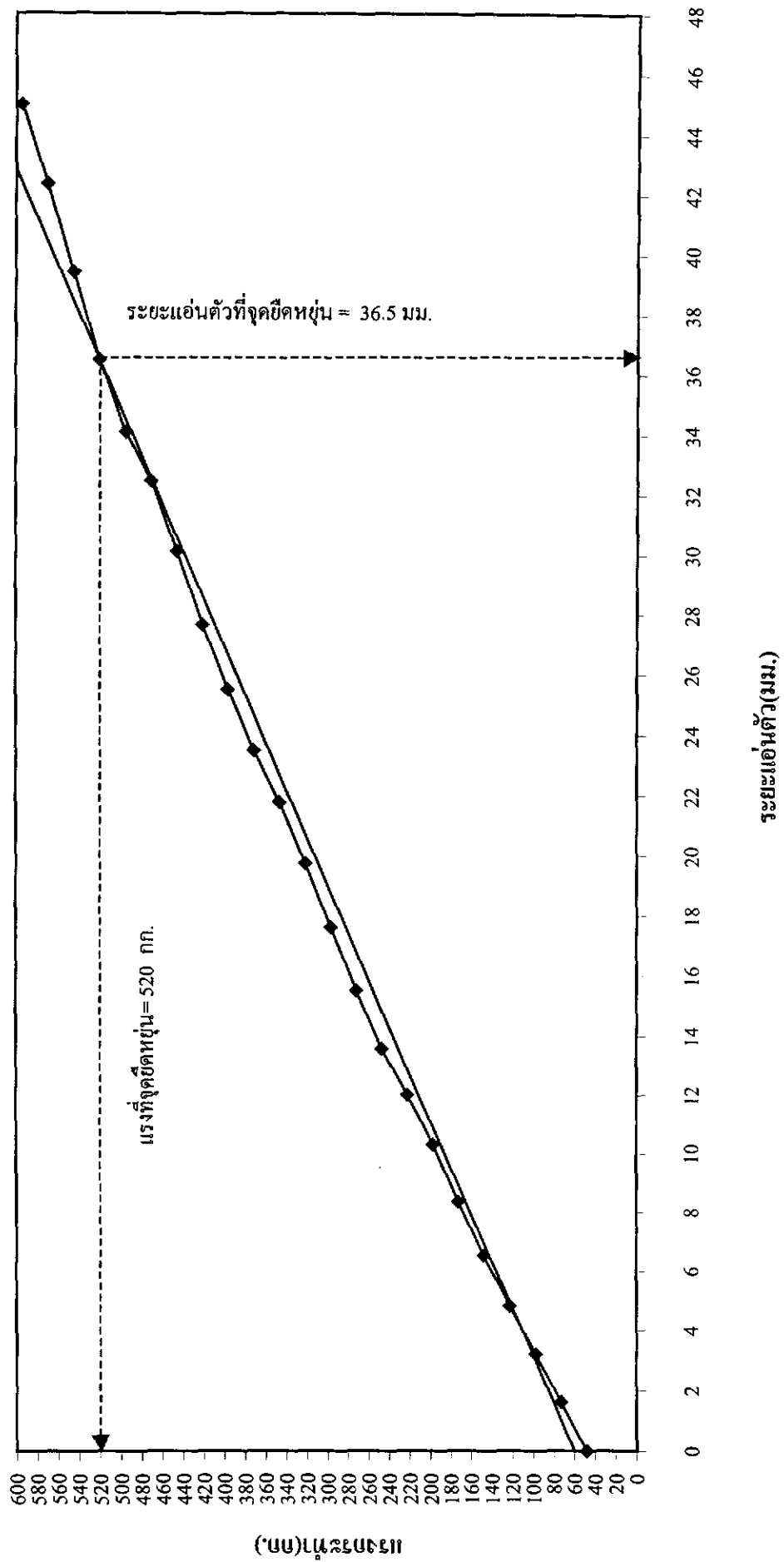
รูป ง-43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวแปหลังคา PB7

SAMPLE : PB7 Joist System : 2 - 6"x1"x8mm. With plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



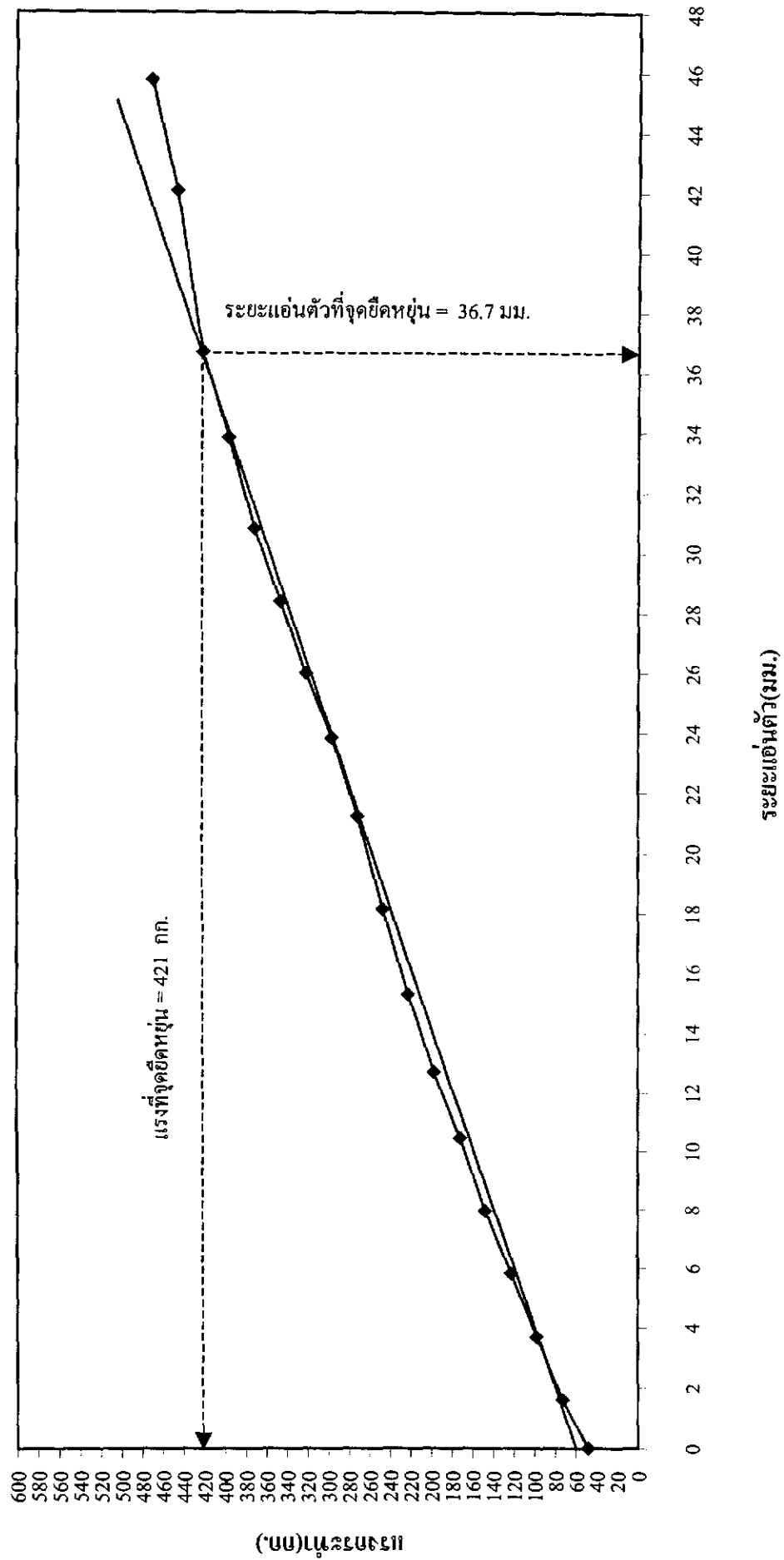
รูป ง-44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัว PB8

SAMPLE : PB8 Joist System : 2 - 6"x1"x8mm. With plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



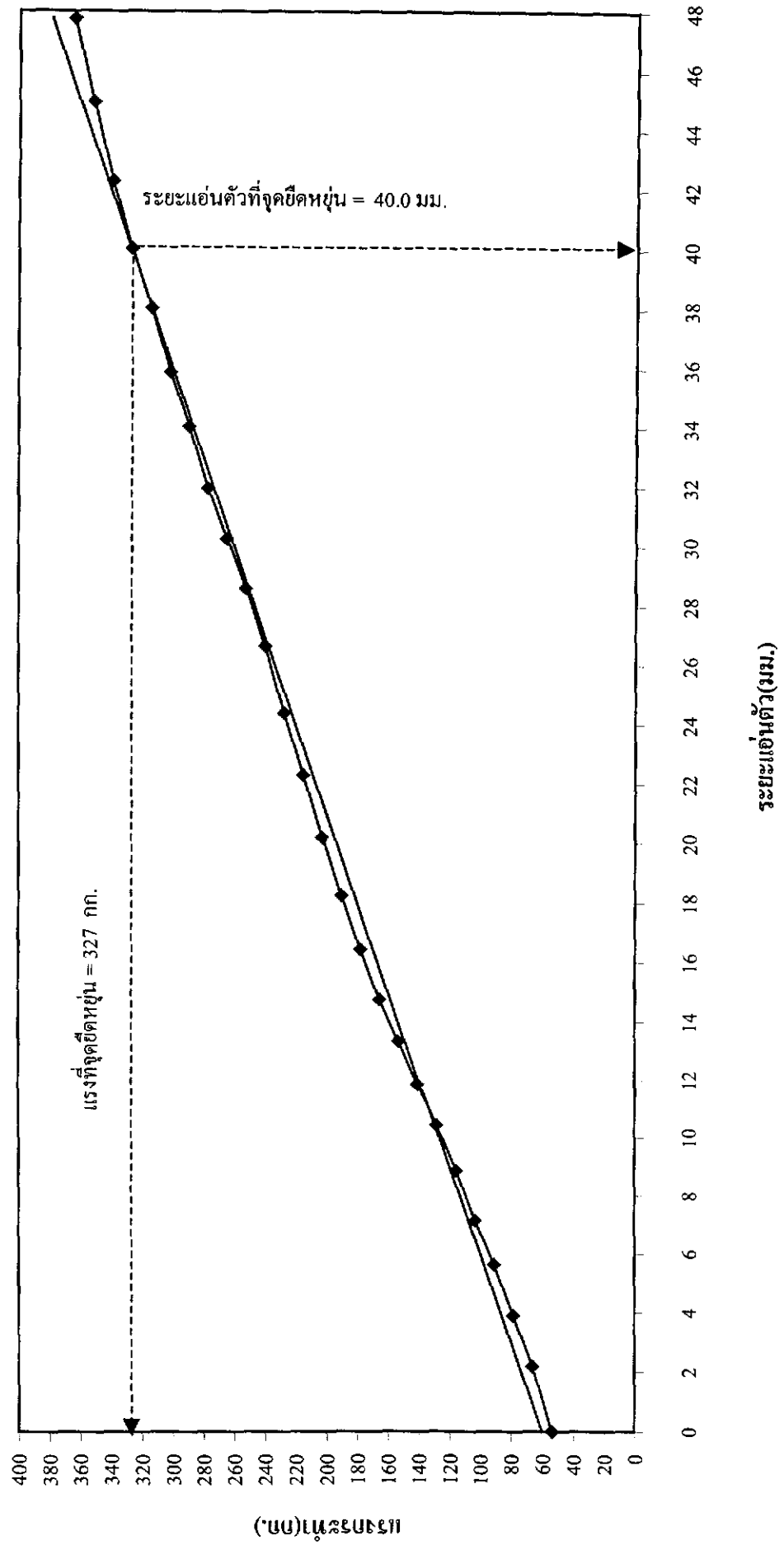
รูป ง-45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแ่นตัวแปลหลังคา PB9

SAMPLE : PB9 Joist System : 2 - 6"x1"x8mm. With plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



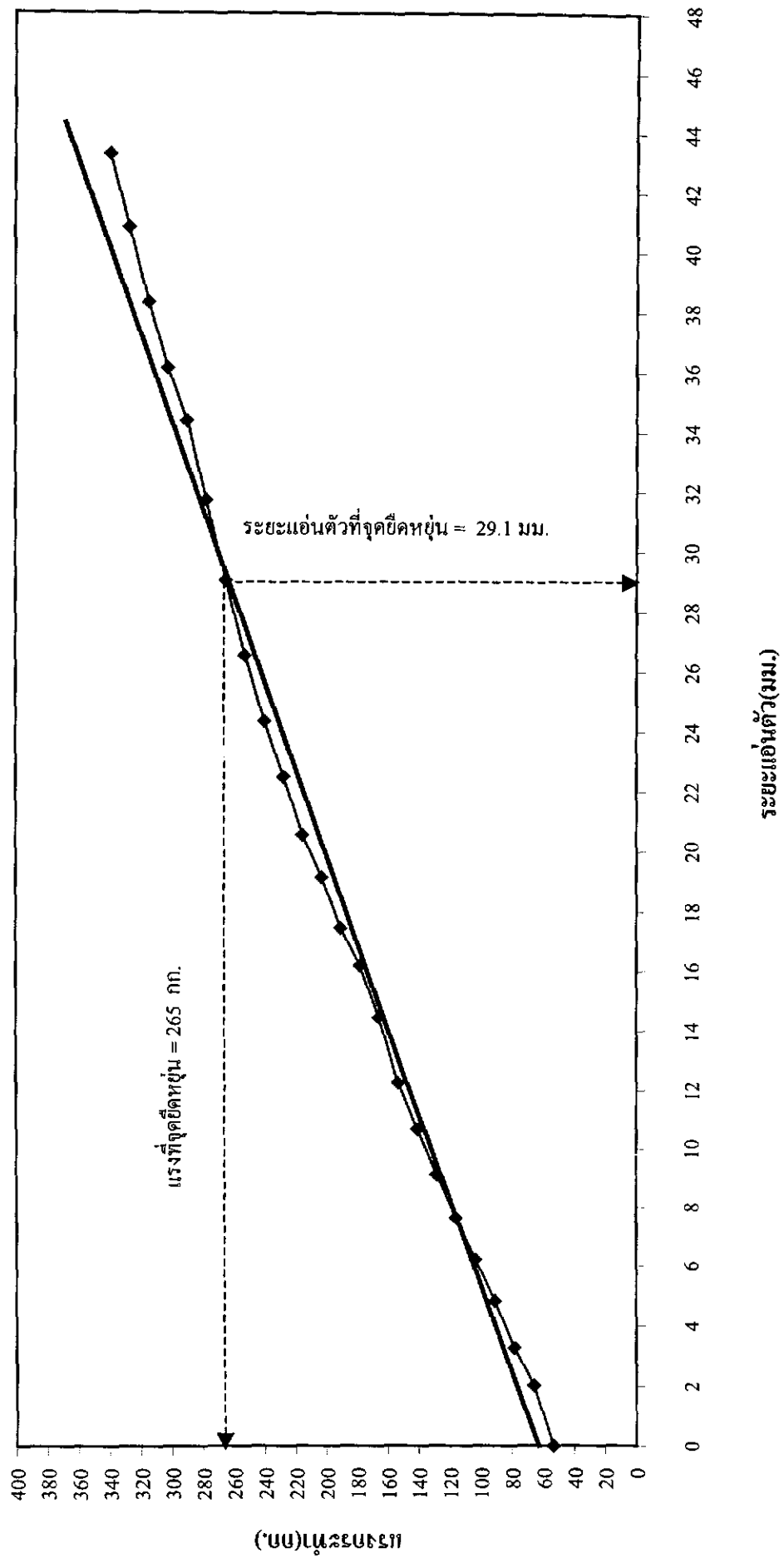
รูป ง-46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแ่นตัวแปหลังคา PB10

SAMPLE : PB10 Joist System : 2 - 4"x1"x6mm. without plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



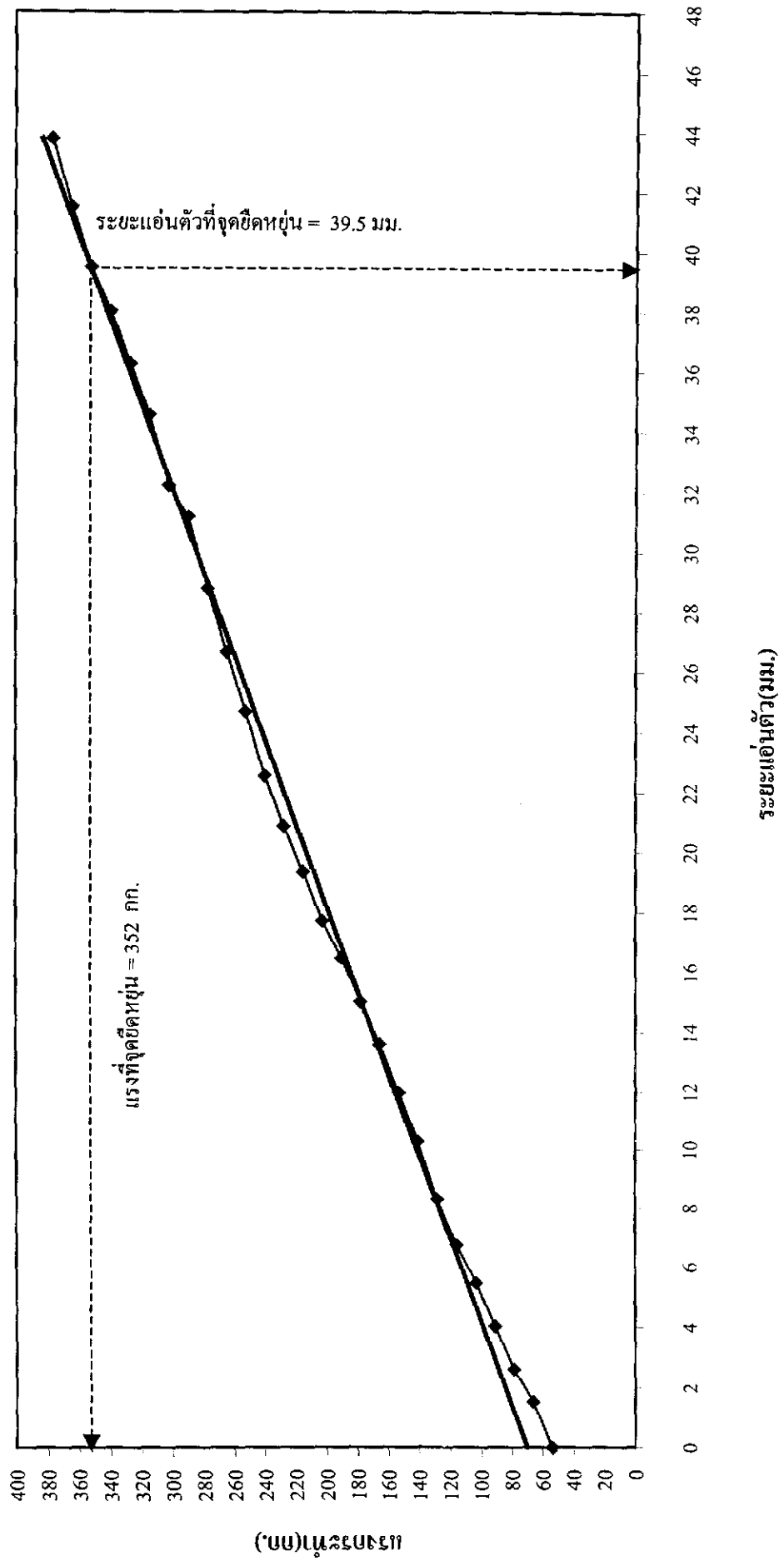
รูป จ-47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวแปลหลังคา PB11

SAMPLE : PB11 Joist System : 2 - 4"x1"x6mm. without plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



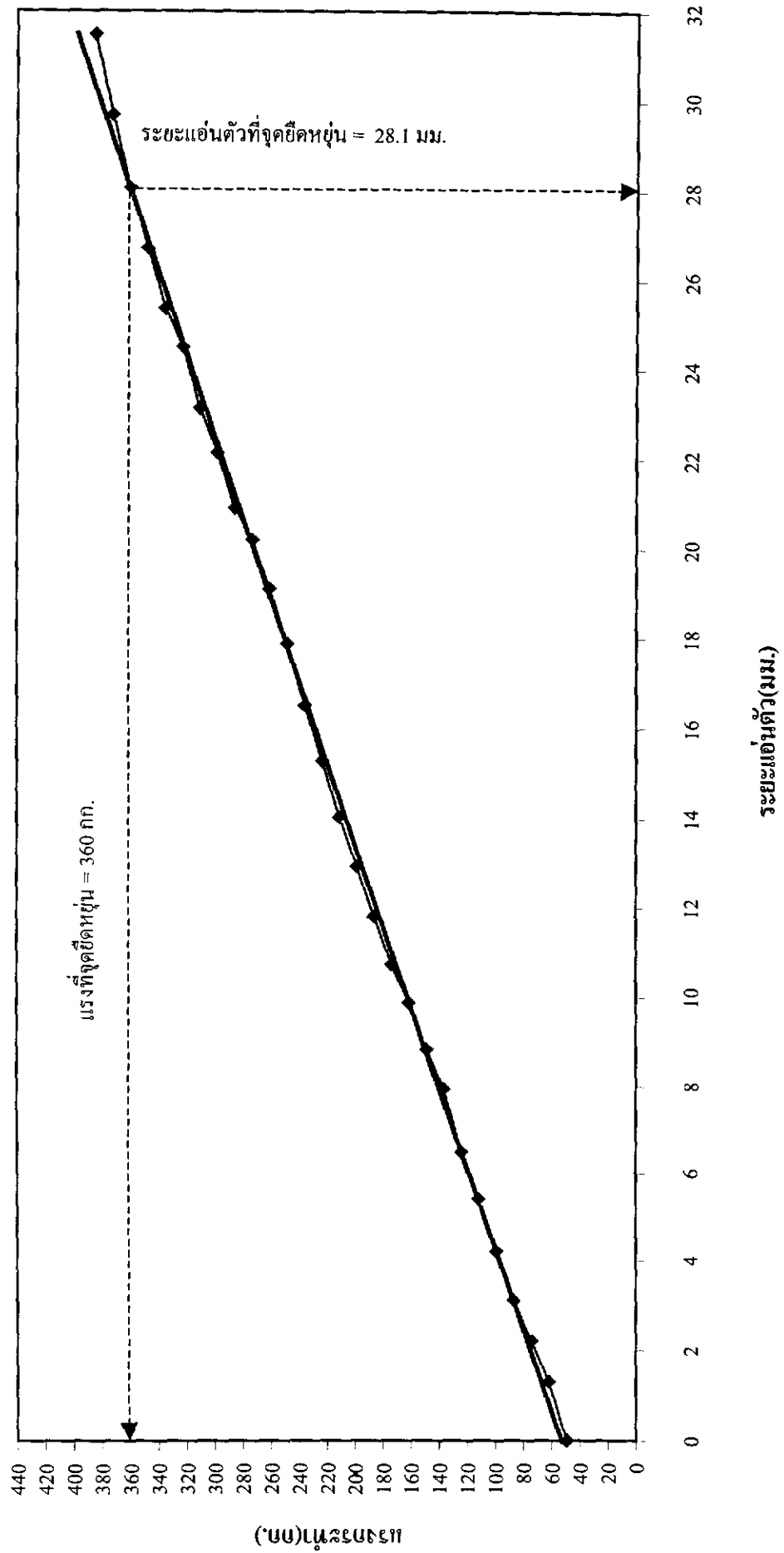
รูป ง-48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวแปหัดงคา PB12

SAMPLE: PB12 Joist System : 2 - 4"x1"x6mm. without plate ; L = 3.00 m. ; a = 1.00 m.



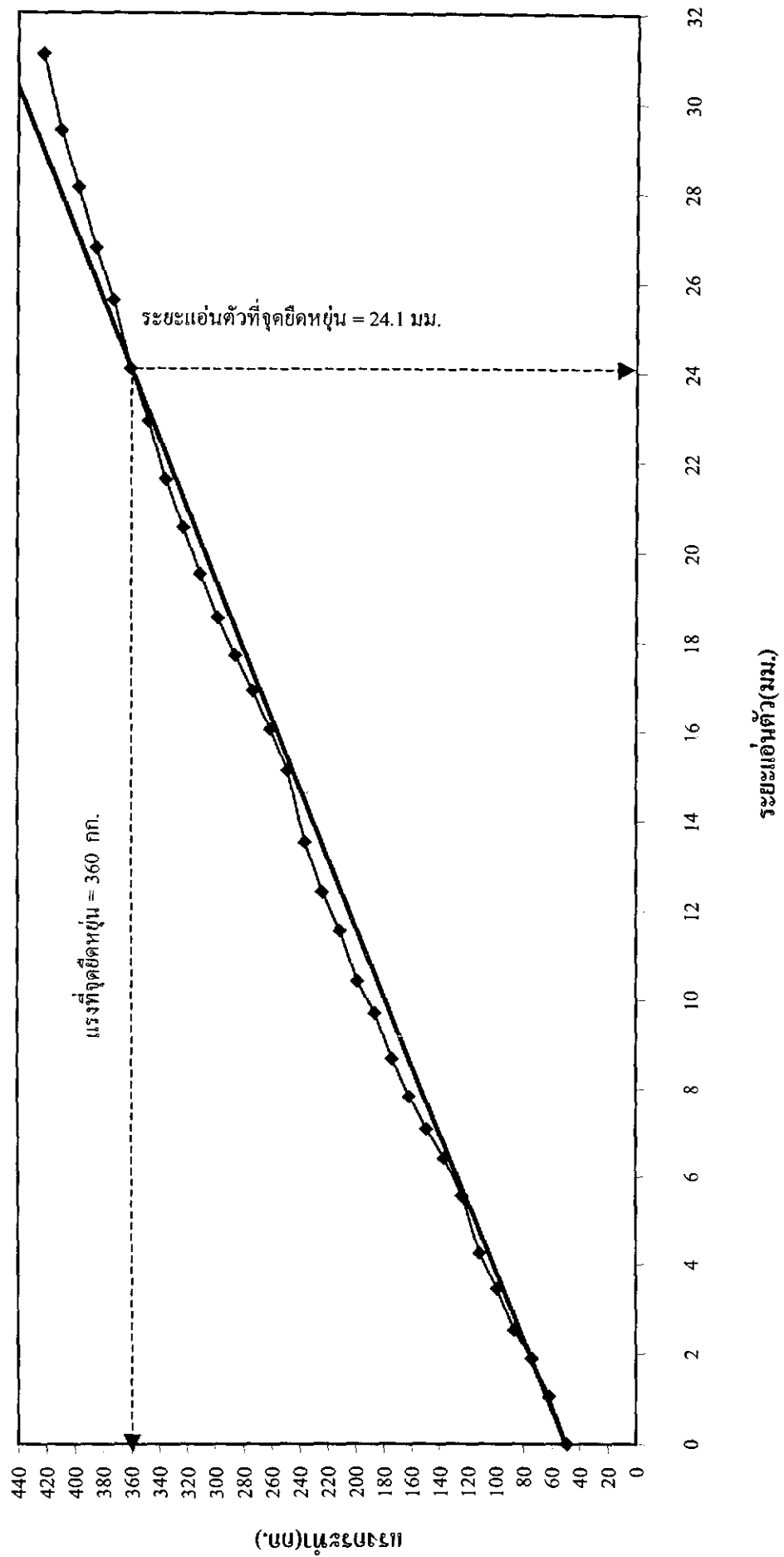
รูป ง-49 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวแปลงคา PB13

SAMPLE : PB13 Joist System : 2 - 6"x1"x6mm. without plate ; $L = 3.50$ m. ; $a = 1.25$ m.

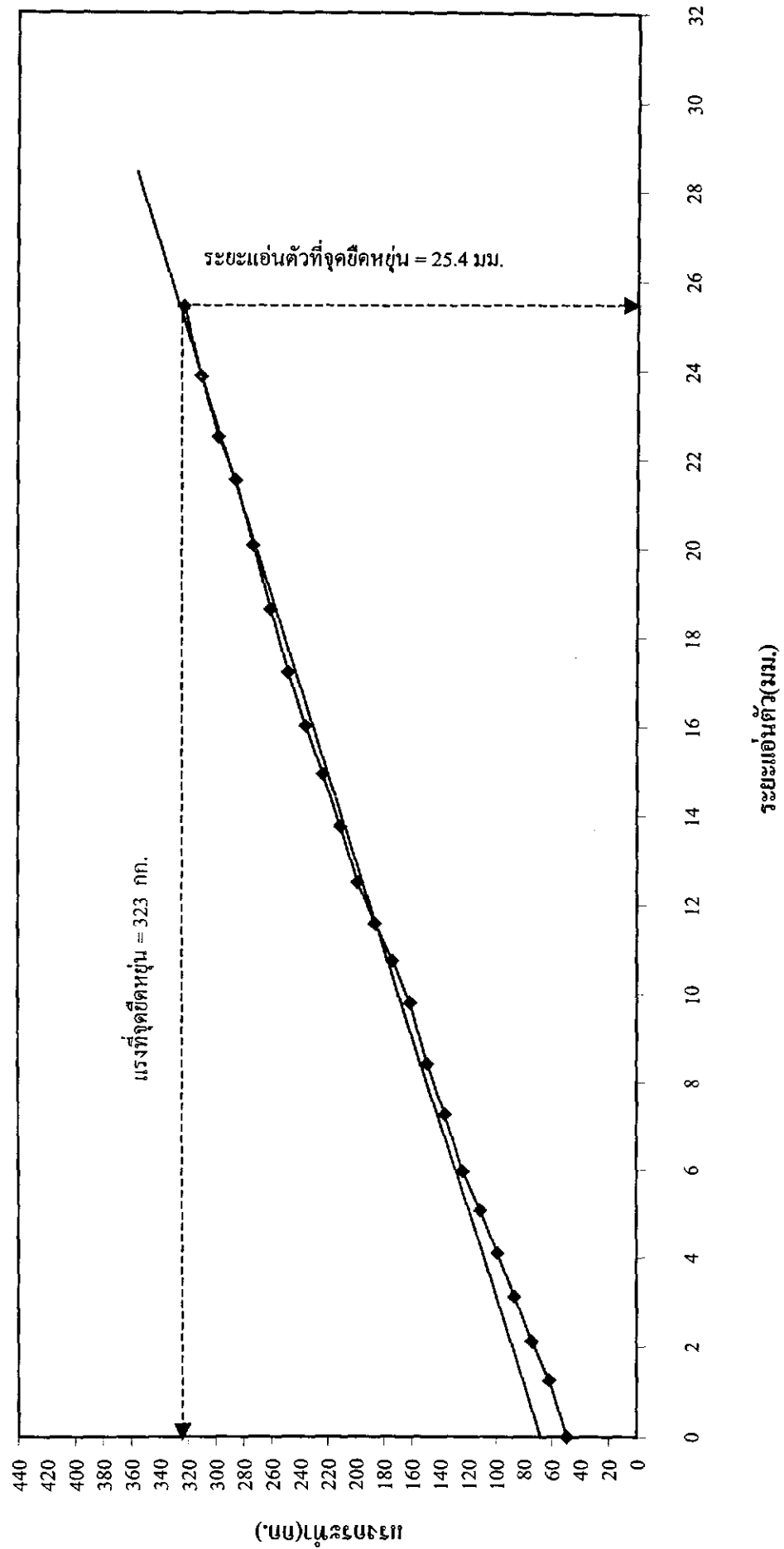


รูป ง-50 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวแปลหลังคา PB14

SAMPLE : PB14 Joist System : 2 - 6"x1"x6mm. without plate ; L = 3.50 m. ; a = 1.25 m.

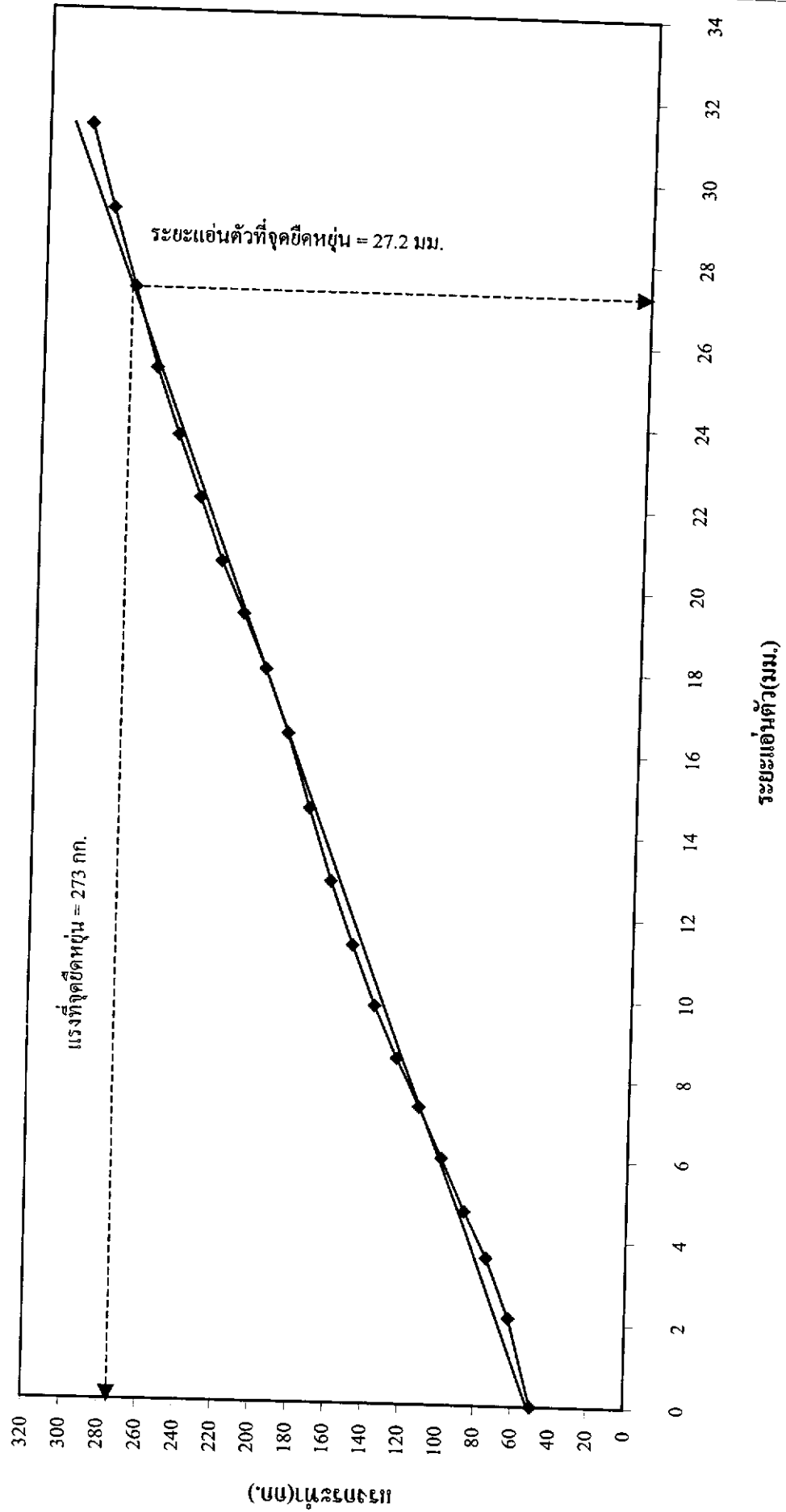


รูป ง-51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวแปลงคา PB15
 SAMPLE : PB15 Joist System : 2 - 6"x1"x6mm. without plate ; L = 3.50 m.; a = 1.25 m.



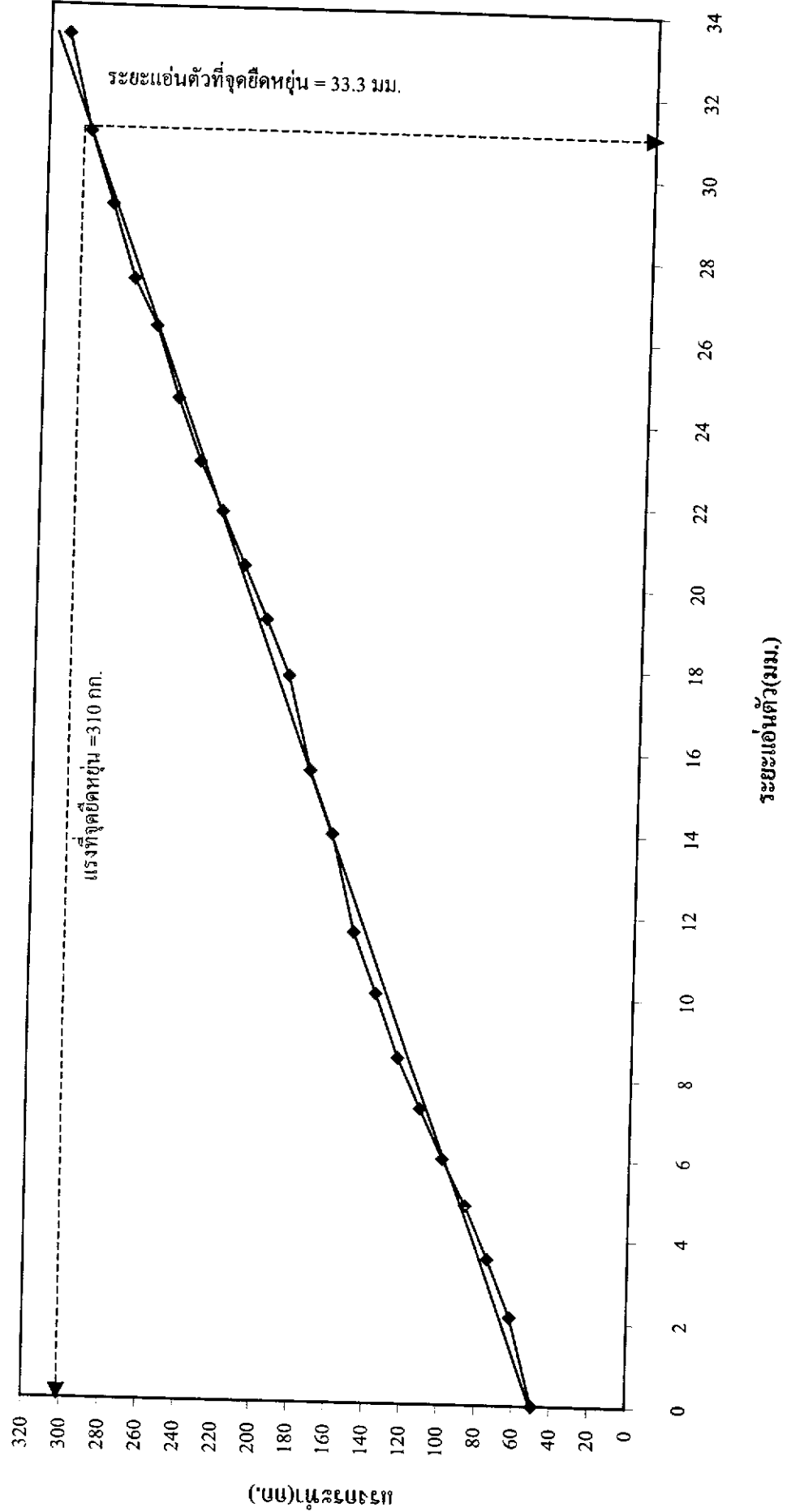
รูป ง-52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวแปลงคา PB16

SAMPLE : PB16 Joist System : 2 - 6"x1"x8mm. without plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



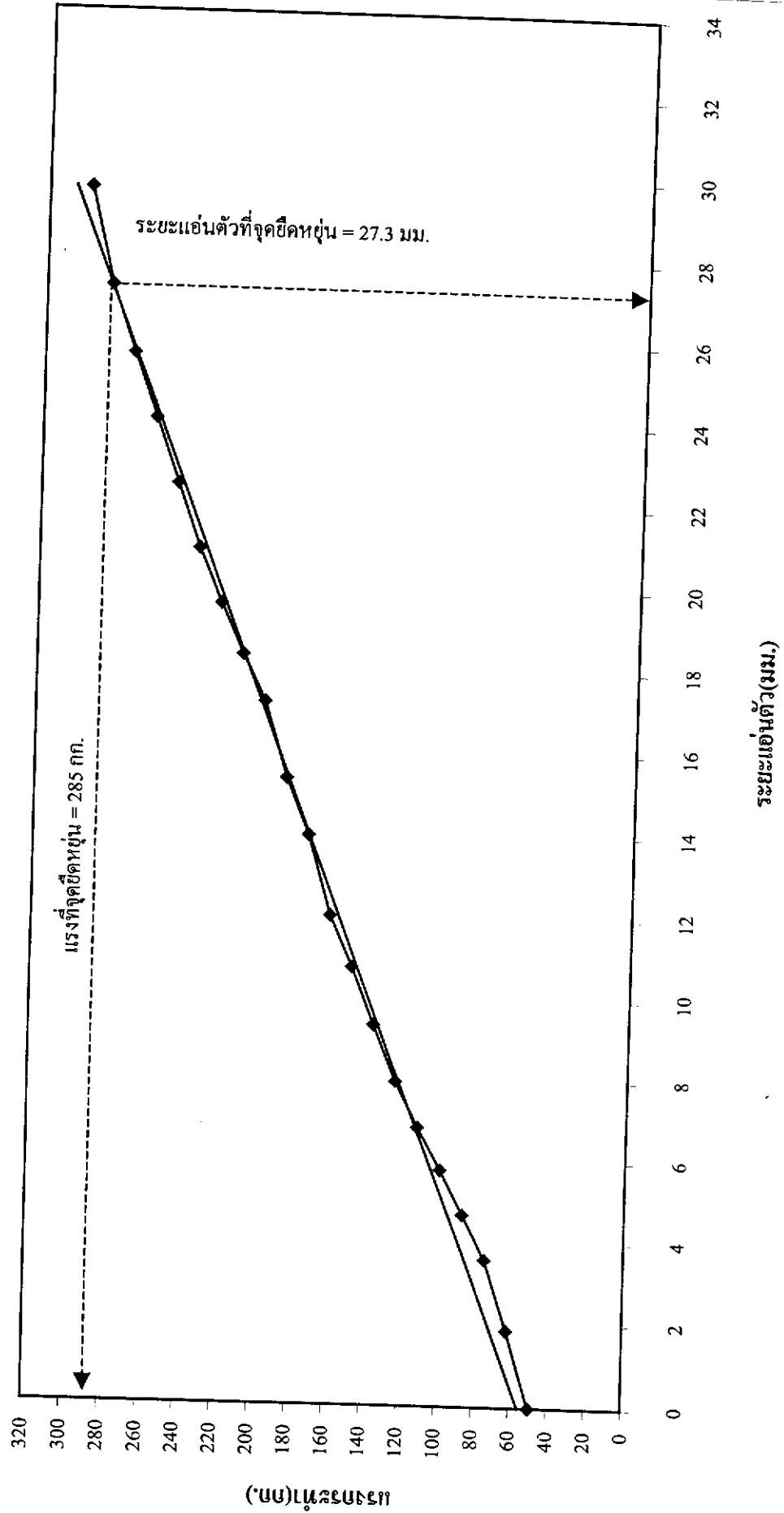
รูป ง-53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอ่นตัวแปลหลังคา PB17

SAMPLE : PB17 Joist System : 2 - 6"x1"x8mm. without plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



รูป ง-54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับระยะแอนตัวแปหลังคา PB18

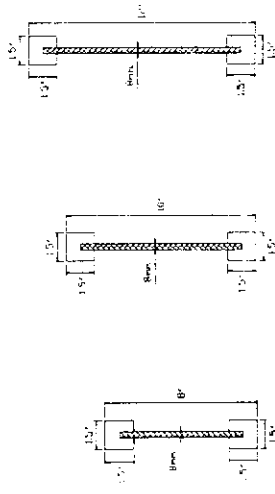
SAMPLE : PB18 Joist System : 2 - 6"x1"x8mm. without plate ; L = 4.00 m. ; a = 1.50 m.



วิศวกรผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ขนาดหน้าตัดรูปไอตามความเหมาะสม ซึ่งมีให้เลือกใช้งานได้ 7 ขนาด ดังนี้

● ขนาดหน้าตัดดงไม้พื้น

8"x1.5"x8mm, 10"x1.5"x8mm, 12"x1.5"x8mm.



ขนาดหน้าตัดไม้ (mm)	ระยะเชิง (m)	ช่วงพาด (m) / น้ำหนักบรรทุก (kg/m ²)							
		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
4"x1.5"x8mm	0.3	560	423	211	139				
	0.4	435	317	148					
	0.5	342	254						
	0.6	290	212						
10"x1.5"x8mm	0.3	743	561	414	303	228	178		
	0.4	555	442	310	225	170			
	0.5	444	354	248	180				
	0.6	370	295	206	150				
12"x1.5"x8mm	0.3	898	616	547	399	303	237	189	
	0.4	674	517	411	299	227	177		
	0.5	536	429	328	236	181			
	0.6	449	358	274	199	151			

● ขนาดหน้าตัดดงไม้

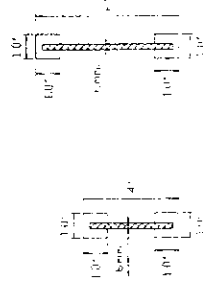
4"x1.5"x6mm, 6"x1.5"x6mm.



ขนาดหน้าตัดไม้ (mm)	ระยะเชิง (m)	ช่วงพาด (m) / น้ำหนักบรรทุก (kg/m ²)							
		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
4"x1.5"x6mm	0.3	190	124	84	60				
	0.4	142	93	63					
	0.5	114	74	50					
	0.6	95	62						
6"x1.5"x6mm	0.3	314	250	180	130	96	75	60	
	0.4	236	187	133	97	71	57		
	0.5	188	140	106	78	58			
	0.6	152	123	90	67				

● ขนาดหน้าตัดค้อคารหลังคา (แปหลังคา)

4"x1.0"x6mm, 6"x1.0"x6mm.



ขนาดหน้าตัดไม้ (mm)	ระยะเชิง (m)	ช่วงพาด (m) / น้ำหนักบรรทุก (kg/m ²)							
		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
4"x1.0"x6mm	0.3	122	77	52	37				
	0.4	92	58	39					
	0.5	73	46	31					
	0.6	61	38						
6"x1.0"x6mm	0.3	238	151	103	74	56	43	34	
	0.4	179	113	77	56	42	32		
	0.5	143	90	62	45	34			
	0.6	119	75	53	37				

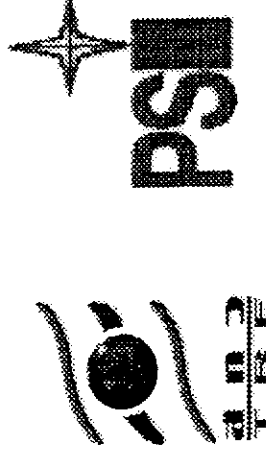
สนใจสอบถามเพิ่มเติม

รศ.ดร.เจนจุฑา แกมตเศรษฐ์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

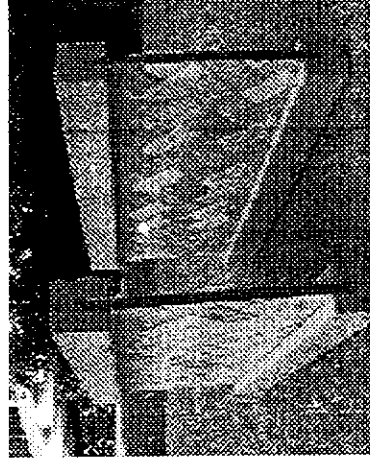
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีใหม่

โทรศัพท์ (053)944155-9 โทรสาร (053)8923/6

<http://www.geocities.com/yangjoist>



ดงไม้รูปไอที่ผลิตจากไม้ยางพารา
(Wood – I Joist from Rubber Wood)



นวัตกรรมใหม่ของไม้ก่อสร้างไทย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายสนับสนุนการวิจัย ในภาคอุตสาหกรรม และบริษัทพิสิฐอุตสาหกรรมจำกัด ร่วมโครงการวิจัยตั้งไม้รูปโอที่ผลิตจากไม้ยางพาราชุดโครงการวิจัยการพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ยางพารา

อุตสาหกรรมไม้ยางพาราเป็นอุตสาหกรรมที่มีส่วนในการพัฒนาประเทศเป็นอย่างมาก ไม้ยางพาราเป็นผลพลอยได้ของเกษตรกรรมยาง ดังนั้นยางพารามีการปลูกประมาณ 12 ล้านไร่ การตัดโค่นต้นยางมีประมาณ 2.4 แสนไร่ต่อปีน้อยกว่าที่ปริมาณควรเป็น 3.1 แสนไร่ต่อปี เป็นโอกาสที่เราจะสามารถขยายอุตสาหกรรมไม้ยาง โดยเฉพาะการนำมาใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้าง

ผลิตภัณฑ์ตั้งไม้รูปโอที่ผลิตจากไม้ยางพาราเป็นนวัตกรรมใหม่ด้านวัสดุก่อสร้างในเมืองไทย เหมาะสำหรับการประกอบเป็น ระบบตงพื้นไม้ ระบบตงฝาไม้ และระบบแปหลังคา สำหรับอาคารที่อยู่อาศัยทั้งบ้านและอาคารคอนกรีต



ผลิตภัณฑ์ตั้งไม้รูปโอที่ผลิตจากไม้ยางพารามีคุณสมบัติพิเศษคือ นำหนักเบา สะดวกต่อการติดตั้งใช้งาน

BASIC MECHANICAL PROPERTIES RUBBER WOOD

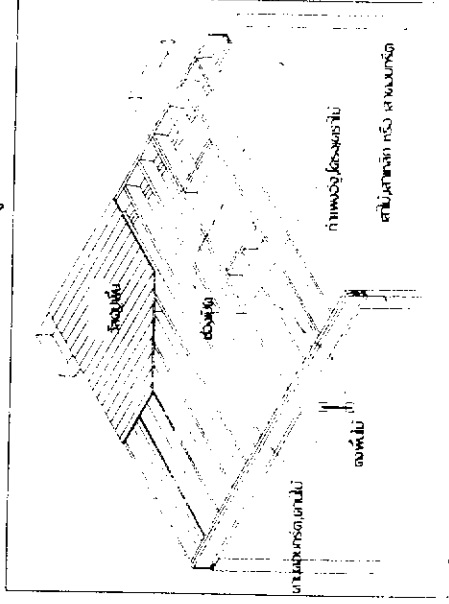
Density $kg\ m^{-3}$	687
Moisture Content	12.5 %
Density at 12.5% m.c.	$610\ kg/m^3$
Specific Gravity	0.50-0.74
Compression Strength Allowable (Parallel to Grain)	$64\ kg/cm^2$
(Perpendicular to Grain)	$48\ kg/cm^2$
Bending Strength Allowable	$93\ kg/cm^2$
Tensile Strength Allowable	$89\ kg/cm^2$
Modulus of Elasticity	$100,000\ kg/cm^2$

BAMBOO PLYWOOD

Density	$899\ kg/m^3$
Moisture Content	9.3 %
Density at 9.3 % m.c.	$825\ kg\ m^3$
Specific Gravity	0.86-0.92
Shear Strength Allowable	$14\ kg\ cm^2$

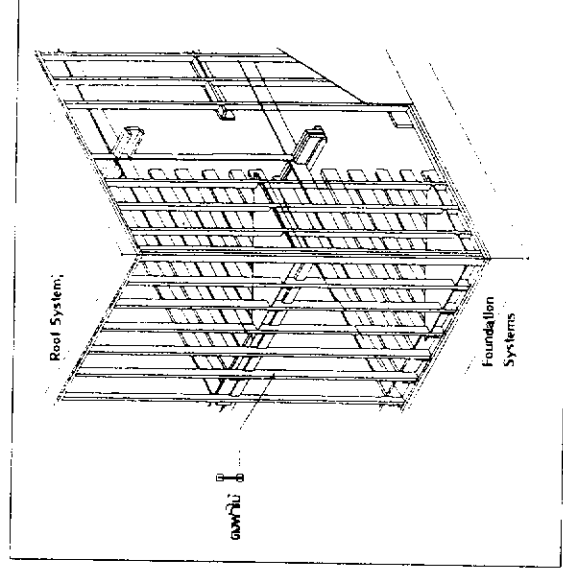
การใช้งานในระบบตงไม้พื้น ****

ตงไม้พื้นเป็นระบบโครงสร้างหลักอันหนึ่งของอาคาร ซึ่งระบบนี้จะเบาและราคาประหยัดกว่าโครงสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก สามารถใช้เป็นพื้นตกแต่ง ปูด้วยปาเก้



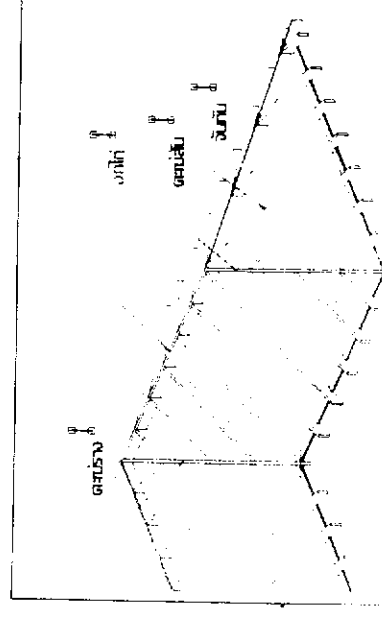
การใช้งานในระบบตงฝาไม้ ****

ระบบตงฝาไม้ทำหน้าที่คล้ายไม้โครงทั่วไปในแนวนอน สำหรับประกอบเข้ากับฝายผนังไม้โอ๊ค แผ่นเรียบ หรือยิปซัม



การใช้งานในระบบแปหลังคา ****

การใช้งานแปหลังคาปูดีโอ เหมาะสำหรับการประกอบเป็นอกไก่ จันทัน ตะเข้สัน ตะเข้ราง และแปไม้หลังคา วัสดุนี้ยังสามารถเลือกใช้ตามการรับน้ำหนักบรรทุกของแปไม้



ตารางที่ 8.14 แสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของระบบดงไม้เปรียบเทียบ(ตัวอย่างไม้ยาง-ไม้ดัดทั่วไป)

No.	Size of I-Joist	Span Length L(m.)	Elastic Loads P_E (kg.)	Ultimate Loads P_U (kg.)	Elastic Uniform Loads ω_E (kg./m ²)	Ultimate Uniform Loads ω_U (kg./m ²)	Factor of Safety	Test Working Uniform Loads ω_w (kg./m ²)	Theory Working Uniform Loads ω_r (kg./m ²)	$\omega_T : \omega_w$
YPW1	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	3.0	2113	2237	2400	2541	6.5	369		1:2.0
YPW2	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	3.0	2237	2485	2541	2823	6.5	391	186	1:2.1
YPW3	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	3.0	1121	1121	1273	1273	6.5	196		1:1.0
YPW4	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	3.0	2176	3107	2417	3529	6.5	372		1:2.0
YPW5	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	3.0	2114	2114	2401	2401	6.5	325	186	1:1.7
YPW6	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	3.0	1928	1928	2189	2189	6.5	337		1:1.8

ตารางที่ 8.15 แสดงค่ากลสมบัติของระบบดงไม้(ตัวอย่างไม้ยาง-ไม้ดัดทั่วไป)

No.	Size of I-Joist	System	Span Length I(m.)	Moment of Inertia $I \times 10^6$ (m ⁴)	Proportional Limit		Equivalent Modulus of Elasticity E_m (kg./cm. ²)	Average Equivalent Modulus of Elasticity E_m (kg./cm. ²)
					Elastic Load P_E (kg.)	Elastic Deflection Δ_n (mm)		
YPW1	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	3.0	44.1	2113	30.5	75,192	
YPW2	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	3.0	43.8	2237	30.2	81,016	79,248
YPW3	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	Without plate	3.0	43.4	1121	15.2	81,536	
YPW4	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	3.0	41.3	2176	27.8	90,764	
YPW5	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	3.0	41.6	2114	25.6	95,214	91,362
YPW6	2-8"x1.5"x8mm.@0.40	With plate	3.0	44.0	1928	23.8	88,107	

ประวัติหัวหน้าวิจัย

ามสกุล รศ.ดร. เจษฎา เกษมเศรษฐ์

แห่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์ ระดับ 9

งาน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

พท์ 053-944155-59 โทรสาร 053-892376

ติการศึกษา

2503 - สำเร็จชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประสานอักษร กรุงเทพมหานคร

2506 - ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ม3, ม6 สัมครสอบ

2508 - สำเร็จชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มศ.5 สัมครสอบ

2512 - ปริญญาตรี วิศวกรรมโยธา (ขนส่ง) (เกียรตินิยม อันดับสอง) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2514 - ปริญญาโท วิศวกรรมโครงสร้างและกลศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

2516 - ปริญญาเอก วิศวกรรมโครงสร้างและกลศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

วัติการทำงาน

2516 - อาจารย์โท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2518 - อาจารย์เอก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2519 - ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2520-23 หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2523-26 รองคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2538-42 หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

2523-ปัจจุบัน รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ะสบบการณั้

Kasemset, C., "Finite Element Analysis of Plates on Elastic Foundation Considering Separation of Contact Surface", M.Eng. Thesis, No.352, Asian Institute of Technology, Bangkok, 1971.

Kasemset, C., "Inelastic Lateral Stability of Wide Flange Beams under Biaxial End Moments", D.Eng. Dissertations, No.D8, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 1973.

Nishino, F., Kasemset, C., and Lee, S.L., "Variational formulation of Stability Problems for Thin-walled Members", Ingenier-Archiv, Vol.43, December 1973, pp.58-68.

Kasemset, C., Nishino, F., and Lee, S.L., "Inelastic Stability of Beams under Biaxial Bending", Journal of the Engineering Mechanics Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol.100, No.EM5, October, 1974, pp.965-989.

5. Kasemset, C., and Cheung, Y.K., "Axisymmetric Vibration of Multilayer sandwich Plates and Shells", Proceedings, International Conference of Finite Element Method in Civil Engineering, The University of Adelaide, December, 1976.
6. Cheung, Y.K. and Kasemset, C., "Approximate Frequency Analysis of Shear Wall Frame Structures", Research Report, Department of Civil Engineering, The University of Adelaide, December, 1976.
7. Kasemset, C., Cheung, Y.K., and Khatua, T.P., "Curved Multilayer Element for Axisymmetric Shells", Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol.103, No.EM1, Proc. Paper 12730, February, 1977, pp.139-151.
8. Cheung, Y.K., Hutton, S.G., and Kasemset, C., "Frequency Analysis of Coupled Shear Wall Assemblies", International Journal for Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.5, April-June 1977, pp.191-201.
9. Cheung, Y.K., Kasemset, C., and Swaddhiwudhipong, S., "Vibration and Stability of Tall Framed Structures", International Conference on Computer Application in Developing Countries, Bangkok, Thailand, August 22-25, 1977.
10. Kasemset, C., Structural Timber Design, Faculty of Engineering, Chiangmai University, November, 1981 (in Thai).
11. Kasemset, C., Structural Steel Design, Faculty of Engineering, Chiangmai University May, 1984. (in Thai).
12. Kasemset, C. "Design Wind Velocities and Wind Loads for Building in Northern Thailand, Faculty of Engineering, Chiangmai University, 1988 (in Thai)
13. Kasemset, C., Sangsomchai pipat, W., Khathong, S., and Kammawan. U., "High Performance Concrete Using Gravel as Coarse Aggregate". Proceedings of the Third National Convention on Civil Engineering, Hat Yai, Songkla, January, 1997.
14. Kasemset, C., Keetavet, V., Ucharatana, C., and Chaiyat. S., "Comparison of Concrete Strengths Before and After Fire Burning For a Certain Period of Time". Proceedings of the Fourth National Convention on Civil Engineering, Phuket, November, 1997.
15. Kasemset, C., Bhumiwatn, K., Palakawong Na Ayudhaya, J., Patiyatane, S., "Bond Strength between Reinforcement and Concrete after Fire Burning". Submitted for publication in the Proceedings of the Sixth National Convention on Civil Engineering, Saum, Rayong, May, 2000.
16. Kasemset, C., Pungsuwan, D., "Structural Analysis of Hariphunchai Pagoda". Submitted for publication in the Proceedings of the Sixth National Convention on Civil Engineering, Saum, Rayong, May, 2000.

เครื่องราชอิสริยาภรณ์

ตม., ทม., ทช., ปม., ปช., มวม.

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ-นามสกุล นางสาวหทัยรัตน์ มณีเทศ

เกิด 19 กุมภาพันธ์ 2520

อายุ 22 ปี

ประวัติการศึกษา

2531 - จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา ร.ร.บำรุงวิทยา จ.นครปฐม

2536 - จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษา ร.ร.สาธิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2540 - ปริญญาตรี วิศวกรรมโยธา (เกียรตินิยม อันดับสอง) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติการทำงาน

2540 - วิศวกรโยธา โครงการก่อสร้าง โรงแรมดวงตะวัน จ.เชียงใหม่

2541 - เจ้าหน้าที่วิจัย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ-นามสกุล นางสาวบุณเวช พันธุ์ศรี

เกิด 23 มิถุนายน 2517

อายุ 26 ปี

ตำแหน่งปัจจุบัน นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เชียงใหม่

ประวัติการศึกษา

2532 - จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นร.ร. เรยีนาเซลิวิทยาลัย จ.เชียงใหม่

2535 - จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปลาย ร.ร.มงฟอร์ตวิทยาลัย จ.เชียงใหม่

2538 - ปริญญาตรี วิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติการทำงาน

2538 - วิศวกรประมาณราคา บริษัทร่มฉัตร ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด

- วิศวกรสนาม ร.พ.เชียงใหม่ราม 2 บริษัทร่มฉัตร ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด

2539 - วิศวกรสนาม ร.พ.เฉลิมวงค์นครราม จ.ลำปาง บริษัทร่มฉัตร ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ-นามสกุล นายดำรงค์ ปึงสุวรรณ

เกิด 9 กรกฎาคม 2519

อายุ 23 ปี

ประวัติการศึกษา

2528 - ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ร.ร.ศีลวิ จ.เชียงใหม่

2532 - จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา ร.ร.บ้านสันพระเนตร จ.เชียงใหม่

2535 - จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ร.ร.ยุพราชวิทยาลัย จ.เชียงใหม่

2538 - จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปลาย ร.ร.ยุพราชวิทยาลัย จ.เชียงใหม่

2542 - ปริญญาตรี วิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติการทำงาน

2541 - นักศึกษาฝึกงาน บริษัทฤทธาจำกัด อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 8 ชั้น 3 ชั้นใต้ดิน

2542 - นักวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประสบการณ์

1. ดำรงค์ ปึงสุวรรณ และคณะ “การวิเคราะห์โครงสร้างพระธาตุหริภุญชัยเนื่องจากน้ำหนักองค์พระธาตุ แรงลม และแรงแผ่นดินไหว” รายงานการวิจัยในกระบวนวิชา 251499 โครงการลำดับที่ 13/2541 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2541
2. เจษฎา เกษมเศรษฐ์ และดำรงค์ ปึงสุวรรณ “การวิเคราะห์โครงสร้างพระธาตุหริภุญชัย” กำลังตีพิมพ์ใน การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 6 พฤษภาคม 2543