

กำลังรับแรงอัดของเสาไม้ที่เสริมกำลังด้วยเส้นใยไฟเบอร์กลาส

COMPRESSIVE STRENGTH OF FIBER GLASS

REINFORCED TIMBER COLUMN

ยิ่งยศ มิ่งมณี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

กำลังรับแรงอัดของเสาไม้ที่เสริมกำลังด้วยเส้นใยไฟเบอร์กลาส

ยิ่งยศ มิ่งมณี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

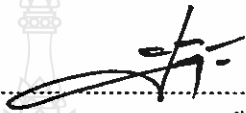
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี


ปีการศึกษา 2561

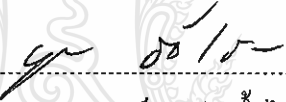
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี


หัวข้อวิทยานิพนธ์ กำลังรับแรงอัดของเสาไม้ที่เสริมกำลังด้วยเส้นใยไฟเบอร์กลาส
Compressive Strength of Fiber Glass Reinforced Timber Column
ชื่อ – นามสกุล นายยิ่งยศ มิ่งมณี
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์จตุพล ตั้งปกาศิต, ปร.ด.
ปีการศึกษา 2561

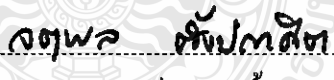
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ปิติสานต์ กร้ามาตร, ปร.ด.)

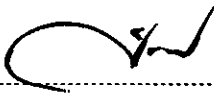
 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัควัฒน์ แสนเจริญ, Ph.D.)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญชัย ผึ้งไผ่งาม, ปร.ด.)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วีระศักดิ์ ละอองจันทร์, D-Ing.)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จตุพล ตั้งปกาศิต, ปร.ด.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

 คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกกร อ่างทอง, Ph.D.)

วันที่ 20 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2562

หัวข้อวิทยานิพนธ์	กำลังรับแรงอัดของเสาไม้ที่เสริมกำลังด้วยเส้นใยไฟเบอร์กลาส
ชื่อ - นามสกุล	นายยิ่งยศ มิ่งมณี
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์จตุพล ตั้งปกาศิต, ปร.ค.
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการเสริมกำลังการรับน้ำหนักของเสาไม้ด้วยวิธีเสริมด้วยไฟเบอร์กลาส ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีในเรื่องของสามารถทนต่อการรับแรงได้สูง อีกทั้งยังมีน้ำหนักเบา ใช้งานสะดวก และเข้ากับรูปทรงของเสาไม้ได้เป็นอย่างดี

ตัวอย่างวัสดุเป็นเสาไม้ตั้งขนาด 10x10 ซม. ยาว 30 ซม. แบ่งออกเป็น 5 ลักษณะ ได้แก่ (1) เสาไม้รับแรงอัดยังไม่มีการเสริมกำลังและทำตัวอย่างให้มีความเสียหายที่ร้อยละ 25 และ 50 (2) เสาไม้รับแรงอัดเสริมกำลังด้วยแผ่นไฟเบอร์กลาสพันรอบเคลือบทับด้วยเรซินความหนาเฉลี่ยที่ 4 มม. และทำตัวอย่างให้มีความเสียหายที่ร้อยละ 25 และ 50 (3) เสาไม้รับแรงอัดเสริมกำลังด้วยการพันเส้นใยไฟเบอร์กลาสเคลือบทับด้วยเรซินความหนาเฉลี่ยที่ 4 มม. และทำตัวอย่างให้มีความเสียหายที่ร้อยละ 25 และ 50 (4) ทดสอบคุณสมบัติความสามารถของเนื้อไม้ในการรับแรงดึงตามแนวนานเส้นและแนวตั้งฉากเส้น (5) ทดสอบคุณสมบัติความสามารถการรับแรงดึงสูงสุดของไฟเบอร์กลาสที่ความหนา 4 มม. โดยการสร้างแผ่นตัวอย่างขึ้นมา

จากการทดสอบพบว่า กรณีเสาไม้ทดสอบกำลังตามแนวแกนที่ยังไม่เสริมกำลัง เสริมด้วยเส้นใยไฟเบอร์กลาสและแผ่นไฟเบอร์กลาสทั้งสภาพที่ยังไม่เสียหาย เสียหายที่ร้อยละ 25 และร้อยละ 50 นั้น ได้ค่าความเค้นเฉลี่ยที่ 40.89 เมกะปาสกาล, 47.95 เมกะปาสกาล และ 47.14 เมกะปาสกาล ตามลำดับ แนวโน้มผลทดสอบ เมื่อทำการเสริมกำลังด้วยเส้นใยไฟเบอร์กลาสจะเพิ่มค่าความเค้นเฉลี่ยที่ร้อยละ 17.25 และที่ทำการเสริมกำลังด้วยแผ่นไฟเบอร์กลาสจะเพิ่มค่าความเค้นเฉลี่ยที่ร้อยละ 15.27 สำหรับกรณีเสาไม้ทดสอบกำลังตามแนวเอียงศูนย์ที่ยังไม่เสริมกำลัง เสริมด้วยเส้นใยไฟเบอร์กลาสและแผ่นไฟเบอร์กลาสทั้งสภาพที่ยังไม่เสียหาย เสียหายที่ร้อยละ 25 และร้อยละ 50 นั้น ได้ค่าความเค้นเฉลี่ยที่ 7.94 เมกะปาสกาล, 8.42 เมกะปาสกาล และ 9.16 เมกะปาสกาล ตามลำดับ แนวโน้มผลทดสอบ เมื่อทำการเสริมกำลังด้วยเส้นใยไฟเบอร์กลาสจะเพิ่มค่าความเค้นเฉลี่ยที่ร้อยละ 6.01 และที่ทำการเสริมกำลังด้วยแผ่นไฟเบอร์กลาสจะเพิ่มค่าความเค้นเฉลี่ยที่ร้อยละ 15.32

คำสำคัญ: เส้นใยไฟเบอร์กลาส กำลังรับแรงอัดของเสาไม้ แผ่นไฟเบอร์กลาส

Thesis Title	Compressive Strength of Fiber Glass Reinforced Timber Column
Name - Surname	Mr. Yingyos Mingmanee
Program	Civil Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Jatuphon Tangpagasit, Ph.D.
Academic Year	2018

ABSTRACT

This study aims to test the timber columns with fiber glass reinforcement, which is highly strong, lightweight, and also well adaptive to the shape of timber columns.

The timber column specimen used for compressive stress was made into size of 10x10 cm and 30 cm in length. They were divided into 5 features including (1) the timber columns without reinforcement and the sample ones with damage rates of 25% and 50%, (2) the timber columns reinforced with fiber glass sheets coating resin with average thickness of 4.0 mm and the sample ones with damage rates of 25% and 50%, (3) the timber columns reinforced with fiber glass coating resin with average thickness of 4.0 mm and the sample ones with damage rates of 25% and 50%, (4) the timber for testing the compressive strength along the parallel axis to and perpendicular axis against the grain, and (5) the timber, which was built up as the sample sheet for testing the maximum compressive strength of the fiber glass with thickness of 4.0 mm

The results of testing revealed that in case of axial load testing of the non-reinforcement timber columns and the ones reinforced with undamaged fiber glass and fiber glass sheet and the ones at the damage rate of 25% and 50%, the average stress values were at 40.89 MPa, 47.95 MPa and 47.14 MPa respectively. The stress value of the timber column reinforced with fiber glass could be, on average, increased by 17.25%, and the stress value of the one reinforced with fiber glass sheet could be, on average, increased by 15.27%. For the axial load testing of the timber column without reinforcement, the one reinforced with fiber glass and undamaged fiber glass sheet at the damage rate of 25% and 50%, the average stress values were at 7.94 MPa, 8.42 MPa and 9.16 MPa respectively. Regarding the value trend of the timber column reinforced with fiber glass, the average stress value increased by 6.01%. Also, the one reinforced with fiber glass sheet could increase the average stress value by 15.32%

Keywords: fiber glass, compressive strength of timber column, fiber glass sheet

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากการอนุเคราะห์ และให้คำแนะนำต่างๆ พร้อมทั้งการให้ความสนับสนุนเป็นอย่างดีจากหลายฝ่าย ดังที่จะกล่าวต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุพล ตั้งปกาศิต ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้แนะนำความรู้ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปิตินันต์ กร้ามาตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญชัย ผึ้งไผ่งาม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิระศักดิ์ ละอองจันทร์และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวิวัฒน์ แสนเจริญ ที่เสียสละเวลาเพื่อเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์แก่ข้าพเจ้าในครั้งนี้ รวมถึงการให้ข้อเสนอแนะแนวทางในการศึกษาวิจัยตลอดมา อีกทั้งรองศาสตราจารย์ ดร.หมิง จิ่ง ที่ชี้แนะและชี้แนะแนวทางขั้นตอนที่ดีกับงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านเครื่องมือและขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่อบรมสั่งสอนและให้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมโยธา ซึ่งส่งผลให้วิทยานิพนธ์บรรลุตามจุดประสงค์และเป้าหมายที่ตั้งไว้ อีกทั้งปลูกฝังแนวคิดแนวทางปฏิบัติตน เพื่อให้เป็นบุคลากรที่ดีของสังคมต่อไป

ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่อบรมสั่งสอนและอนุเคราะห์อุปถัมภ์การศึกษา ทั้งยังเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

ยิ่งยศ มิ่งมณี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญรูป.....	(10)
บทที่ 1 บทนำ.....	13
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	13
1.2 วัตถุประสงค์.....	15
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	15
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	16
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	17
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการออกแบบเสาไม้.....	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน.....	30
3.1 วัสดุการทดสอบ.....	30
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	35
3.3 การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ.....	36
3.4 การจำแนกลักษณะของเสาไม้ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ.....	41
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์.....	43
4.1 ผลทดสอบกำลังของวัสดุ.....	43
4.2 การทดสอบและเปรียบเทียบค่ากำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสา.....	45
4.3 รูปแบบการวิบัติของเสาไม้.....	56

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	64
5.1 สรุปผลการศึกษา	64
5.2 ข้อเสนอแนะ	65
บรรณานุกรม	66
ภาคผนวก ก.	68
ภาคผนวก ก.	69
ภาคผนวก ข	144
ภาคผนวก ค	163
ประวัติผู้เขียน.....	188



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงความแข็งแรงของไม้และความต้านทานของไม้	26
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของแผ่น GFRP (1)	31
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของแผ่น GFRP (2)	32
ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของเส้นใย GFRP	32
ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของ Resins (1)	33
ตารางที่ 3.5 คุณสมบัติของ Resins (2)	34
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าทดสอบรับแรงดึงของไม้ขนานเส้นใย	43
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าทดสอบรับแรงดึงของไม้ตั้งฉากเส้นใย.....	44
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าทดสอบรับแรงดึงของแผ่นตัวอย่างกลาสไฟเบอร์แบบพื้นเส้นใย.....	44
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าทดสอบรับแรงดึงของแผ่นตัวอย่าง GFRP แบบแผ่นผ้า	45
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการทดสอบกำลังรับแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้ปกติไม่เสียหาย.....	46
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการทดสอบแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25	47
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการทดสอบแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50	48
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบเยื้องศูนย์กลางของเสาไม้ปกติไม่เสา.....	49
ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดเยื้องศูนย์กลางของเสาเสียหายร้อยละ 25.....	50
ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดเยื้องศูนย์กลางของเสาเสียหายร้อยละ 50.....	51
ตารางที่ 4.11 แสดงค่ากลุ่มที่ 1 ความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียดของเสาไม้ปกติไม่เสียหายที่ทดสอบแรงอัดตามแนวแกน	52
ตารางที่ 4.12 แสดงค่ากลุ่มที่ 2 ความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 ที่ทดสอบแรงอัดตามแนวแกน	53
ตารางที่ 4.13 แสดงค่ากลุ่มที่ 3 ความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 ที่ทดสอบแรงอัดตามแนวแกน	53
ตารางที่ 4.14 แสดงค่ากลุ่มที่ 4 ความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียดของเสาไม้ปกติไม่เสียหายที่ทดสอบแรงอัดเยื้องศูนย์กลางเสา	54

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.15 แสดงค่ากลุ่มที่ 5 ความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียดของเสาไม้เสียบางร้อยละ ที่ทดสอบแรงอัดเชิงศูนย์กลางเสา	25 54
ตารางที่ 4.16 แสดงค่ากลุ่มที่ 6 ความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียดของเสาไม้เสียบางร้อยละ ที่ทดสอบแรงอัดเชิงศูนย์กลางเสา	50 55



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1.1 ภาพตัวอย่างอาคารที่เป็นโครงสร้างไม้	13
รูปที่ 1.2 ภาพศาลาทงหลวงและบ้านพักข้าราชการ	14
รูปที่ 2.1 แสดงภาพตัดของไม้ที่ใช้ในการทดลอง	17
รูปที่ 2.2 แสดงภาพจำลองการทดลอง	18
รูปที่ 2.3 แสดงแผนภูมิค่าของแรงที่ทำให้ไม้ถึงจุดแตกหัก	18
รูปที่ 2.4 แสดงไม้ที่ใช้ในการทดลอง	19
รูปที่ 2.5 สรุปผลการทดลอง	19
รูปที่ 2.6 (ก) แสดงรูปแบบของไม้ที่ใช้ทำการทดสอบ (ข) แสดงการทดสอบ	20
รูปที่ 2.7 แสดงผลการทดลองงานวิจัยการประเมินประสิทธิภาพของไม้พาราประสานซึ่งเสริมแรงด้วยแผ่นเสริมแรง	21
รูปที่ 2.8 แสดงการเสื่อมสภาพของเสาไม้ที่เป็นองค์อาคารในลักษณะต่างๆ	21
รูปที่ 2.9 ความเสียหายของเสาไม้ในแต่ละลักษณะที่มีการเสริมกำลัง	22
รูปที่ 2.10 เสาไม้ประกบกลางที่มี GFRP เคลือบทับและแกนไม้ (a) การกำหนดค่าและ (b) ส่วนตัดขวาง	23
รูปที่ 2.11 สรุปผลการทดลอง	23
รูปที่ 2.12 เสาไม้ที่มีส่วนล่างที่เสียหายก่อนและหลังการติดตั้งเพิ่มเติม: (a) การกัดกร่อนและรอยแตกที่ด้านล่างของเสาและ (b) สภาพการตัดแปลงเพิ่มเติม	24
รูปที่ 2.13 รูปแบบความเสียหายของเสาที่ทดสอบ: (a) เสา (กลุ่ม R ตัวอย่าง CR-1, CR-2 และ CR-3, ตามลำดับ), (b) กลุ่ม J-I (ข้อต่อแบบดั้งเดิม), (c) กลุ่ม J-II และ J-III (ข้อต่อแบบเจ็คเก็ตที่ไม่มีกรณีคาว) และ (d) กลุ่ม J-IV (ข้อต่อ CFRP หนึ่งและสองแนวตั้งชั้นของแผ่นไฟเบอร์ตามลำดับ).....	25
รูปที่ 2.14 แสดงเสา คาน ตง และพื้นไม้เสาไม้	27
รูปที่ 3.1 ไม้ไผ่เรียบ ขนาด หน้าตัดกว้าง 10x10 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร	30
รูปที่ 3.2 ไม้ที่ใช้ในการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึง.....	30
รูปที่ 3.3 GFRP ที่ใช้ในการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึง	31

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.4 แผ่น GFRP CTGTM SINOMA Taishan Fiberglass INC.	32
รูปที่ 3.5 เส้นใย GFRP ชื่อทางการค้าว่า JUSHI 180.....	33
รูปที่ 3.6 Resins Polynt Composites HI001	34
รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine ขนาด 100 ตัน.....	35
รูปที่ 3.8 เครื่องอ่านค่าการยืดหดตัวและระยะ โกงตัว (Data Logger)	35
รูปที่ 3.9 Strain Gauge รุ่น PL-60-11-1L	35
รูปที่ 3.10 การจัดเตรียมเสาไม้ตัวอย่างทุกส่วนทั้งหมดที่ต้องใช้ทดสอบ	36
รูปที่ 3.11 การเตรียมเสาไม้ตัวอย่างส่วนที่ต้องทำให้เสาไม้มีความเสียหายร้อยละ 25 และร้อยละ 50	37
รูปที่ 3.12 การซ่อมคืนสภาพผิวเสาไม้ด้วยซีเมนต์ผสมควอลาเท็กซ์	37
รูปที่ 3.13 การเตรียมตัวอย่างเสาไม้เสริมด้วยแผ่น GFRP Sheet	37
รูปที่ 3.14 การเตรียมตัวอย่างเสาไม้เสริมด้วยการพันเส้นใย GFRP	38
รูปที่ 3.15 ลักษณะการติดตั้งเสาไม้ที่ทดสอบแรงกระทำแบบเยื้องศูนย์กลางเสา.....	38
รูปที่ 3.16 การติดตั้ง Strain Gauge	39
รูปที่ 3.17 การทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวนอนของไม้โดยเครื่อง Universal Testing Machine	39
รูปที่ 3.18 การขึ้นรูปแผ่น GFRP ทั้งแบบ แผ่นผ้า (Sheet) และแบบเส้นใย (Sprayed).....	40
รูปที่ 3.19 การทดสอบแรงดึงของ GFRP	40
รูปที่ 3.20 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงไม้	41
รูปที่ 3.21 การจำแนกของเสาไม้ตัวอย่างทดสอบ.....	42
รูปที่ 4.1 ค่าผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้ปกติไม่เสียหาย	46
รูปที่ 4.2 ค่าผลการทดสอบแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25.....	47
รูปที่ 4.3 ค่าผลการทดสอบแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50.....	48
รูปที่ 4.4 ค่าผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบเยื้องศูนย์กลางของเสาไม้ปกติไม่เสียหาย	49
รูปที่ 4.5 ค่าการทดสอบกำลังรับแรงอัดเยื้องศูนย์กลางของเสาเสียหายร้อยละ 25.....	50
รูปที่ 4.6 ค่าการทดสอบกำลังรับแรงอัดเยื้องศูนย์กลางของเสาเสียหายร้อยละ 50.....	51

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.7 การวัดของเสาไม้สมบูรณ์ไม่มีการเสริมแรงแบบกดตามแนวแกน	56
รูปที่ 4.8 การวัดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 ไม่มีการเสริมแรงกดตามแนวแกน	57
รูปที่ 4.9 การวัดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 ไม่มีการเสริมแรงกดตามแนวแกน	57
รูปที่ 4.10 (ก) การวัดของเสาไม้สมบูรณ์ มีการเสริมกำลังแบบพันๆ กดตามแนวแกน (ข) การวัดของเสาไม้สมบูรณ์ มีการเสริมกำลังแบบพันๆ กดตามแนวแกน	58
รูปที่ 4.11 (ก) การวัดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 มีการเสริมกำลังแบบพันๆ กดตามแนวแกน (ข) การวัดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 มีการเสริมกำลังแบบพันๆ กดตามแนวแกน...	58
รูปที่ 4.12 (ก) การวัดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 มีการเสริมกำลังแบบพันๆ กดตามแนวแกน (ข) การวัดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 มีการเสริมกำลังแบบพันๆ กดตามแนวแกน....	59
รูปที่ 4.13 การวัดของเสาไม้สมบูรณ์ไม่มีการเสริมแรง กดเชิงศูนย์.....	59
รูปที่ 4.14 การวัดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 ไม่มีการเสริมแรง กดเชิงศูนย์	60
รูปที่ 4.15 การวัดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 ไม่มีการเสริมแรง กดเชิงศูนย์	60
รูปที่ 4.16 (ก) การวัดของเสาไม้สมบูรณ์ มีการเสริมกำลังแบบพันๆ กดเชิงศูนย์ (ข) การวัดของเสาไม้สมบูรณ์ มีการเสริมกำลังแบบพันๆ กดเชิงศูนย์.....	61
รูปที่ 4.17 (ก) การวัดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 มีการเสริมกำลังแบบพันๆ กดเชิงศูนย์ (ข) การวัดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 มีการเสริมกำลังแบบพันๆ กดเชิงศูนย์	61
รูปที่ 4.18 (ก) การวัดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 มีการเสริมกำลังแบบพันๆ กดเชิงศูนย์ (ข) การวัดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 มีการเสริมกำลังแบบพันๆ กดเชิงศูนย์	62
รูปที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุด	63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

กล่าวถึงการก่อสร้างอาคารในสมัยอดีตของประเทศไทยโดยเฉพาะอาคารบ้านพักอาศัยที่นิยมใช้ไม้เป็นวัสดุหลักในการก่อสร้างทุกส่วนของอาคาร อาทิเช่น บ้านทรงไทยโบราณ กุฏิของพระภิกษุสงฆ์ สามเณร ศาลาการเปรียญวัด บ้านพักข้าราชการ โบราณสถาน โรงเรียน เป็นต้น ไม้จึงเป็นวัสดุทางธรรมชาติที่มีค่าจัดว่าเป็นวัสดุที่มีความสำคัญในการก่อสร้างมากเพราะมีน้ำหนักน้อย ตัดกลึงหรือเปลี่ยนรูปได้ง่ายมีความสวยงาม ตลอดจนสามารถปรับปรุงคุณภาพโครงสร้างให้ดีขึ้นได้ แต่ข้อเสียของไม้ก็คือความแข็งแรงต่ำและมีคุณภาพไม่ค่อยสม่ำเสมอซึ่งมีปัญหาหลายด้านเป็นตัวกำหนดและเนื่องจากในสมัยก่อนนั้นไม้เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายมีราคาถูก สามารถทำการก่อสร้างได้อย่างรวดเร็วและยังสามารถรีดถอนนำไปประกอบใช้ใหม่ตามที่ต้องการ เพราะฉะนั้นปัจจุบันไม้ก็ยังคงเป็นวัสดุที่นิยมใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างอาคารอยู่ไม่เสื่อมคลาย แต่อาจจะเน้นหนักไปในด้านการใช้เป็นวัสดุในการตกแต่งมากกว่าที่จะใช้เป็น โครงสร้างหลักของอาคารทั้งหมด[1]



รูปที่ 1.1 ภาพตัวอย่างอาคารที่เป็น โครงสร้างไม้

เนื่องจากยุคสมัยที่เปลี่ยนแปลงไป วิวัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีในการก่อสร้างมีมากขึ้น จึงมีวัสดุชนิดอื่นเข้ามาทดแทนโครงสร้างไม้มากขึ้น เช่น โครงสร้างที่ทำจากคอนกรีต โครงสร้างที่ทำจากเหล็กรูปพรรณ ทั้งสองประเภทนี้ล้วนเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในปัจจุบันและยังสามารถรับกำลังได้สูงกว่าโครงสร้างที่เป็นไม้มากกว่าหลายเท่า หนึ่งในปัจจุบันไม้เป็นวัสดุที่หายากและมีราคาที่สูงขึ้นเพราะทรัพยากรธรรมชาติมีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่นๆที่นิยมใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้าง โครงสร้างหลักของอาคาร ไม้จึงมิใช่ตัวเลือกหลักที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างอีกต่อไป แต่อย่างไรก็ดีแล้วแต่ ยังมีอาคารทั้งที่เป็นอาคารบ้านพักอาศัย วัด โรงเรียน (บวร) โบราณสถานต่างๆ

บ้านพักข้าราชการอีกมากมายที่ยังคงสภาพโครงสร้างไม้ทั้งอาคาร และมีอายุการใช้งานมาแล้วหลายสิบปีบางที่อาจมีอายุถึงร้อยปีทำให้โครงสร้างบางส่วนเกิดการชำรุดเสียหายจากหลายๆสาเหตุ โดยอาคารเหล่านี้ก็น่าจะเป็นอาคารที่ควรค่าแก่การอนุรักษ์ ทั้งในแง่สถาปัตยกรรม ศิลปะ วัฒนธรรม เพราะฉะนั้นการบำรุงรักษาซ่อมแซมอาคารที่ก่อสร้างจากโครงสร้างไม้จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญอย่างมาก โดยการปรับปรุงซ่อมแซมโครงสร้างไม้ด้วยการเสริมความแข็งแรงเพื่อยืดอายุการใช้งานก็ถือว่าเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจเมื่อเปรียบเทียบกับการที่จะต้องเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ทั้งหมด ซึ่งจะลดปัญหาทางด้านงบประมาณลงไปได้ค่อนข้างมาก



รูปที่ 1.2 ภาพศาลาทางหลวงและบ้านพักข้าราชการ

ในงานทดสอบนี้จะศึกษาในส่วนของโครงสร้างเสาไม้ของอาคาร เนื่องจากเสาเป็นชิ้นส่วนองค์อาคารหลักที่ทำให้อาคารมีความมั่นคงทั้งหลัง หากเสาต้นใดต้นหนึ่งเกิดการวิบัติชำรุดก็อาจทำให้อาคารทั้งหลังเสียหายได้ ยิ่งไปกว่านั้นเสาของอาคารไม้บริเวณจุดที่อยู่ใกล้กับพื้นดินหรือจุดที่มีความชื้นสลับกับแห้งเป็นประจำจะเกิดการพุงงเสียหายได้โดยง่าย ในปัจจุบันจึงได้มีการนำวัสดุแผ่นกลาสไฟเบอร์ (Glass Fiber Sheet) และเส้นใยกลาสไฟเบอร์ (Sprayed Glass Sprayed) มาใช้ในการเสริมกำลัง โดยแพร่หลายมากที่สุดในการซ่อมเสริมกำลังกับวัสดุโครงสร้างที่เป็นคอนกรีตและวัสดุที่เป็นเหล็ก ซึ่งข้อดีของวัสดุกลาสไฟเบอร์นั้น คือมีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงสูง มีขั้นตอนการทำงานที่สะดวก มีความทนทานที่ดีและไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ซึ่งเทคโนโลยีที่ใช้ในการเสริมโครงสร้างที่กำลังจะดำเนินงานทดสอบนี้จะป็นข้อมูลและเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีด้านงานก่อสร้างที่สำคัญ และเป็นทางเลือกหนึ่งในการบูรณะซ่อมแซมบ้านพักอาศัย วัด โรงเรียนและโบราณสถานี่สถานที่ที่เป็นสมบัติทางราชการที่เป็นอาคาร ไม้ให้มีความมั่นคงแข็งแรง ยืดอายุการใช้งานอาคารไม้ให้ยาวนานยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีความสามารถในการรับน้ำหนักไปมากยิ่งขึ้นด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาและเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสาไม้สี่เหลี่ยมตันที่เสริมความแข็งแรงด้วยกลาสไฟเบอร์เส้นใยแบบพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) และกลาสไฟเบอร์แบบแผ่นผ้า (GFRP Sheet)

1.2.2 ศึกษาความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดสูงสุดของเสาไม้สี่เหลี่ยมตันที่เสริมความแข็งแรงด้วยกลาสไฟเบอร์เส้นใยแบบพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) และกลาสไฟเบอร์แบบแผ่นผ้า (GFRP Sheet)

1.2.3 ศึกษาลักษณะการวิบัติของเสาไม้สี่เหลี่ยมตันที่เสริมความแข็งแรงด้วยกลาสไฟเบอร์เส้นใยแบบพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) และกลาสไฟเบอร์แบบแผ่นผ้า (GFRP Sheet)

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ตัวอย่างเสาไม้ที่ใช้ในการทดสอบนี้กำหนดให้ใช้ไม้เนื้อแข็ง ชนิดไม้เต็งขนาด 4x4 นิ้ว ยาว 30 เซนติเมตร ในทุกๆตัวอย่างที่ทดสอบ

1.3.2 วัสดุที่นำมาใช้เสริมกำลังให้กับเสาไม้ ได้แก่ GFRP และ Resins กำหนดให้ใช้วัสดุที่เป็นคุณภาพเดียวกันและปริมาณการผสมเท่ากันทั้งหมดในทุกๆตัวอย่างที่ทดสอบตามรายการ

1.3.3 ทดสอบพฤติกรรมการรับน้ำหนักของเสาไม้ที่เสริมด้วยกลาสไฟเบอร์ (GFRP) ในลักษณะที่เสาไม้สมบูรณ์ไม่มีความเสียหาย

1.3.4 ทดสอบพฤติกรรมการรับน้ำหนักของเสาไม้ที่เสริมด้วยกลาสไฟเบอร์ (GFRP) ในลักษณะที่เสาไม้ไม่สมบูรณ์ มีความเสียหายที่ 25% ของเนื้อไม้

1.3.5 ทดสอบพฤติกรรมการรับน้ำหนักของเสาไม้ที่เสริมด้วยกลาสไฟเบอร์ (GFRP) ในลักษณะที่เสาไม้ไม่สมบูรณ์ มีความเสียหายที่ 50% ของเนื้อไม้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสาไม้สี่เหลี่ยมตันที่เสริมความแข็งแรงด้วยกลาสไฟเบอร์แบบพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) และกลาสไฟเบอร์แบบพ่นแผ่นผ้า (GFRP Sheet)

1.4.2 ทราบถึงความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดสูงสุดของเสาไม้สี่เหลี่ยมตันที่เสริมความแข็งแรงด้วยกลาสไฟเบอร์แบบพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) และกลาสไฟเบอร์แบบพ่นแผ่นผ้า (GFRP Sheet)

1.4.3 ทราบถึงลักษณะการวิบัติของเสาไม้สี่เหลี่ยมตันที่เสริมความแข็งแรงด้วยกลาสไฟเบอร์แบบพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) และกลาสไฟเบอร์แบบพ่นแผ่นผ้า (GFRP Sheet)

1.4.4 เพื่อนำข้อมูลไปพัฒนาวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมโครงสร้างไม้ที่มีประสิทธิภาพและความเหมาะสมกับการทำงานมากยิ่งขึ้น



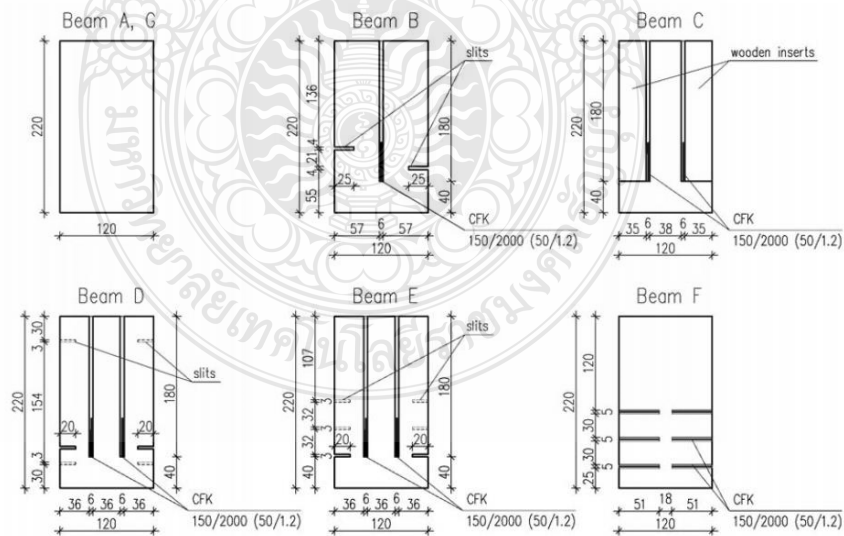
บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในงานการทดสอบกำลังรับแรงอัดของเสาไม้ที่เสริมกำลังด้วยเส้นใยกลาสไฟเบอร์นี้ ได้ทำการศึกษาสืบค้นงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นที่มาของปัญหา แนวทางการดำเนินงาน ศึกษา และผลการทดสอบของแต่ละงานวิจัยต่างๆ ที่ได้ให้ความสำคัญในการนำวัสดุเสริมกำลัง เช่น CFRP และ GFRP ที่กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการนำมาศึกษาและนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ทั้งนี้ผู้ทดสอบได้สรุปรายละเอียดงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามที่ได้ทำการสืบค้นมา ดังนี้

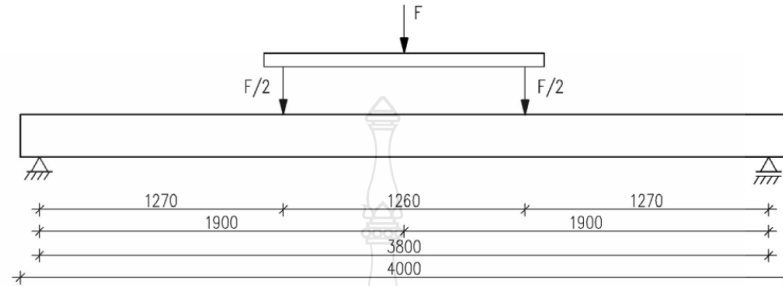
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jerzy Jasienko และ Tomasz Nowak [2] จาก Wroclaw University of Technology ได้ทดลองการเสริมสร้างความแข็งแรงในการโค้งงอของไม้โบราณ (Strengthening of Bent Timber Beams in Historical Object) โดย Beam A, B, C, D และ E เป็นไม้สน 100 ปี จำนวน 18 ท่อนมาทำให้แตกต่างกัน 6 แบบ แบบละ 3 ท่อน ดังรูปที่ 2.1 และ Beam G เป็นไม้ใหม่จำนวน 3 ท่อน มาทำการทดลองซึ่งไม้ที่บากจะมีการแทรกแผ่น CFRP ในตำแหน่งที่โดนบาก โดย Beam B ใ้ 1 แผ่น Beam C, D, E, และ F ใ้สองแผ่น

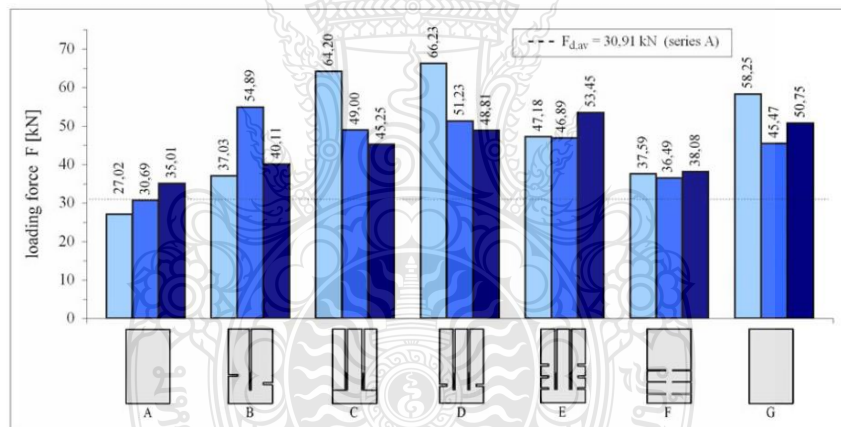


รูปที่ 2.1 แสดงภาพตัดของไม้ที่ใช้ในการทดลอง [2]

ทดลองโดยการกดไม้ตรงกลางท่อนไม้ซึ่งจะเพิ่มขนาดแรงกดมากขึ้นเรื่อยๆตามรูปที่ 2.2 และวัดความโค้งของไม้จะได้แรงที่ทำให้ไม้ถึงจุดแตกหักแสดงในรูปที่ 2.3 จากผลการทดลองพบว่าการเสริมสร้างความแข็งแรงของไม้โดยการแทรกแผ่น CFRP จะได้ผลดีเมื่อแทรกแผ่นในแนวตั้ง

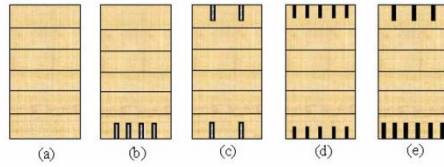


รูปที่ 2.2 แสดงภาพจำลองการทดลอง [2]



รูปที่ 2.3 แสดงแผนภูมิค่าของแรงที่ทำให้ไม้ถึงจุดแตกหัก [2]

Jobin Jacob, Olga Lucia และ GarzonBarragan [3] Flexural Strengthening of Glued Laminated Timber Beams with Steel and Carbon Fiber Reinforced Polymers “การเสริมความแข็งแรงดัดของคานไม้ลามิเนตติดด้วยเหล็กและโพลีเมอร์เสริมแรงด้วยเส้นใยคาร์บอน” โดยกดแรงบนไม้ประสาน ซึ่งมีลักษณะการเสริมแรงที่ต่างกันดังรูป โดยไม้ (a) เป็นไม้มาตรฐาน (b) และ (c) เสริมแรงด้วยแผ่นเหล็กเสริมแรง และ (d) และ (e) เสริมแรงด้วยแผ่นเสริมแรงชนิดคาร์บอนไฟเบอร์(CFRP) ตามรูปที่ 2.4

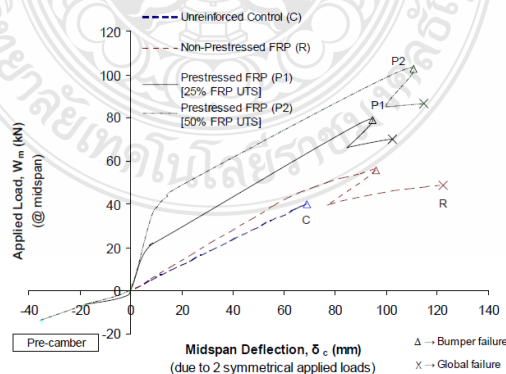


รูปที่ 2.4 แสดงไม้ที่ใช้ในการทดลอง [3]

จากผลการทดลองดังรูปที่ 2.4 คาน ไม้ที่เสริมแรงด้วยเหล็กมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 88 และร้อยละ 57 ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 107 และร้อยละ 85 ส่วนคานไม้ที่เสริมแรงด้วย CFRP มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 72 และร้อยละ 96 ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 109 และร้อยละ 87 ซึ่งการเสริมแรงทั้งสองเป็นการช่วยเพิ่มความแข็งแรงของไม้ได้มาก ซึ่งการเลือกใช้วัสดุแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับเงื่อนไขและสภาวะแวดล้อมต่างๆประกอบกัน

James F. Brady และ Annette M. Harte [5] ได้ทำวิจัยเรื่อง “Prestressed FRP Flexural Strengthening of Softwood Glue – Laminated Timber Beams” ศึกษาเกี่ยวกับการเสริมแรงในไม้ประกอบด้วยแผ่นเสริมแรง FRP แบบอัดแรง ซึ่งจะทดลองโดยใช้ไม้ตัวอย่าง 4 ตัวอย่าง คือ ไม้ที่ไม่มีการเสริมแรง ไม้ที่เสริมแรงแบบไม่อัดแรง ไม้ที่เสริมแรงแบบอัดแรงร้อยละ 25 ของ Ultimate tensile strength ของแผ่น FRP และ ไม้ที่เสริมแรงแบบอัดแรงร้อยละ 50 ของ Ultimate tensile strength ของแผ่น FRP

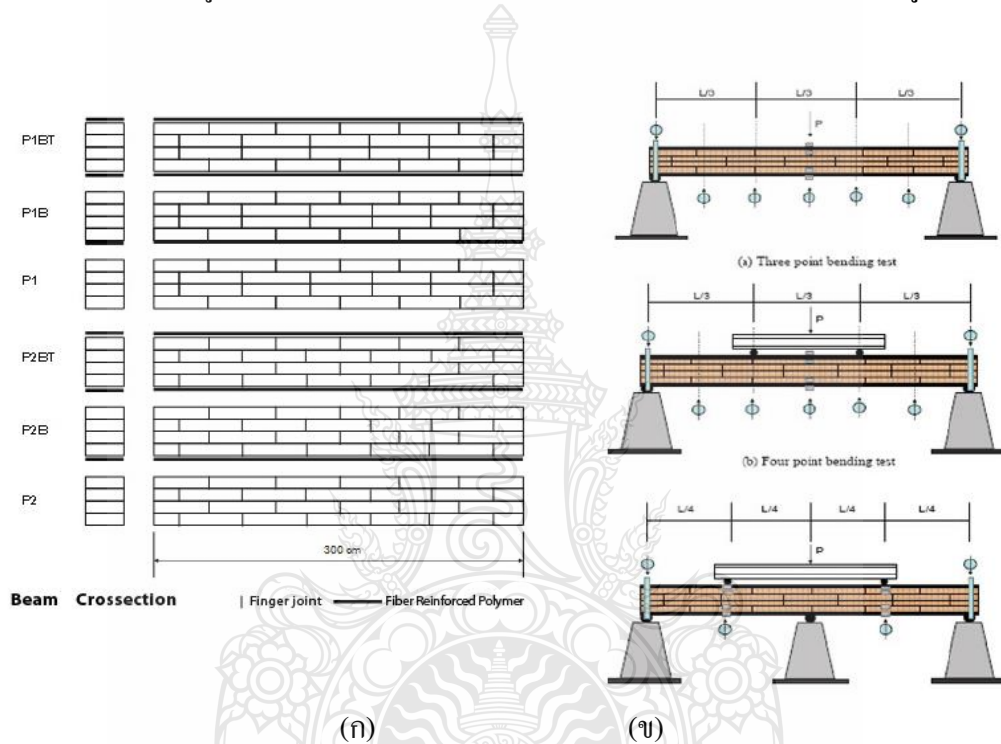
จากการทดลองพบว่า การเสริมแรงด้วย FRP สามารถเพิ่มความแข็งแรงได้ร้อยละ 15 และมีความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นในไม้ที่มีการเสริมแรงแบบอัดแรงร้อยละ 25 และไม้เสริมแรงแบบอัดแรงร้อยละ 50 ซึ่งผลการทดลองสามารถสรุปเป็นกราฟดังในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 สรุปผลการทดลอง [5]

ดังนั้น การเสริมแรงด้วย GFRP สามารถเพิ่มความแข็งแรง ความเหนียว และความยืดหยุ่นของไม้ได้ และจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเสริมแรงแบบอัดแรง

ศุชาติ ลิ้มกัตัญญ และ วรพจน์ ประชาเสวี[6] การประเมินประสิทธิภาพของไม้พาราประสานซึ่งเสริมแรงด้วยแผ่นเสริมแรงไฟเบอร์ โดยที่ติดตั้ง GFRP ที่ไม้พาราประสานที่มีรูปแบบโครงสร้างต่างกันสองรูปแบบ (P1 และ P2) และทำการทดลองโดยกดแรงลงบนไม้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 (ก) แสดงรูปแบบของไม้ที่ใช้ทำการทดสอบ (ข) แสดงการทดสอบไม้ [5]

ซึ่งการทดลองนี้ได้แสดงถึงความแข็งแรงของการเสริมแรงในแบบต่างๆ ซึ่งสามารถใช้ในการคำนวณการลงทุนเพื่อใช้ในการเสริมแรงได้ จากการทดลองพบว่ากรณีที่คานไม้มีโครงสร้างต่างกัน ส่งผลให้ความแข็งแรงในตัวไม้ต่างกัน และแผ่นเสริมแรงสามารถเพิ่มความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของไม้ได้ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 2.7

Beam	4 Points				5 Points		3 Points	
	Avg.max.load		Strein @ max.		Avg.EI	Avg.max.		
	(kN)		load(10^{-6})		(MN.m ²)	load(kN)	Avg.KGA	
	Exp.	Theor.	Top	Bottom		Exp.	(MN)	
P1	33.4	29.3	1585.0	1715.0	0.5	41.5	24.7	31.5
P2	31.1	24.8	1592.0	2015.0	0.5	47.1	29.5	41.1
P1B	50.8	44.7	2139.0	1801.0	0.8	66.2	48.8	42.5
P2B	49.0	42.6	2072.0	1878.0	0.7	53.0	86.5	70.7
P1BT	60.1	66.7	2021.0	3729.0	0.9	72.6	93.4	99.8
P2BT	55.6	56.5	1704.0	2875.0	0.8	70.6	143.5	131.0

รูปที่ 2.7 แสดงผลการทดลองงานวิจัยการประเมินประสิทธิภาพของไม้พาราประสานซึ่งเสริมแรงด้วยแผ่นเสริมแรง [6]

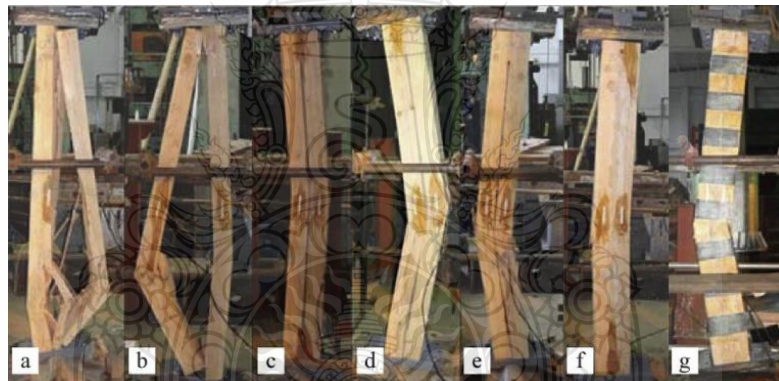
Wen-Shao Chang [13] ได้ทำวิจัยเรื่อง “Repair and reinforcement of timber columns and shear walls” การซ่อมแซมและเสริมแรงเสาไม้และผนังรับแรง ศึกษาเกี่ยวกับภาพรวมของเทคนิคการซ่อมและเสริมกำลังที่ทันสมัยบนเสาไม้และแรงเฉือนผนังทั้งในการวิจัยและการปฏิบัติ ทั้งโครงการวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการและมีการตรวจสอบ โครงการซ่อมแซมเสริมแรงขององค์ประกอบไม้ มุ่งเน้นไปที่องค์ประกอบที่เสียหายและหลังมุ่งเน้นไปที่เพิ่มคุณสมบัติเชิงกลขององค์ประกอบ ประการแรกจำเป็นต้องเสริมกำลังและซ่อมแซมเสาไม้



รูปที่ 2.8 แสดงการเสื่อมสภาพของเสาไม้ที่เป็นองค์อาคารในลักษณะต่างๆ[13]

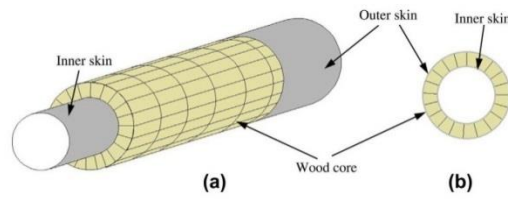
เสาไม้เมื่อสัมผัสพื้นดินโดยไม่มีกำบังใดๆจะได้รับความชื้นมีแนวโน้มที่จะนำไปสู่การเสื่อมสภาพทางชีวภาพเนื่องจากแมลง (เช่นปลวก) และการทำลายของเชื้อรา นี่คือรูปแบบทั่วไปของความเสียหายที่สามารถพบได้ที่เสาไม้สัมผัสกับพื้น

การเพิ่มส่วนพื้นที่หน้าตัดขวางของเสาไม้จะช่วยลดความเครียดภายในเสาไม้ ลดโอกาสในการโก่งงอ และแรงต้านวัสดุในการรับแรงอัด ในโครงสร้างเช่น วัดที่ในประเทศญี่ปุ่นเสาไม้ส่วนใหญ่ขนาดเสาไม้ที่ใหญ่เพื่อต่อต้านโหลดด้านข้างโดยให้การเสริมกำลัง เพื่อเพิ่มกำลัง ซึ่งจะช่วยให้เสาไม้แข็งแรงมากขึ้น จากการทดสอบการให้แรงสั่นสะเทือนถูกดำเนินการเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของวิธีการเสริมแรงที่เสนอ เสาไม้ที่เสริมกำลังทำให้เห็นถึงกำลังการต้านทานที่สูงกว่าในการเปลี่ยนรูปแบบเดียวกันใช้เสาไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 300 มม. และเสาไม้เพิ่มขึ้นเป็น 400 และ 500 มม. ตามการเสริมแรง มันแสดงให้เห็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 200 และร้อยละ 300 ตามลำดับ ซึ่งเห็นว่าทำให้โครงสร้างทั้งหมดแรงต้านทานด้านข้างดีกว่า



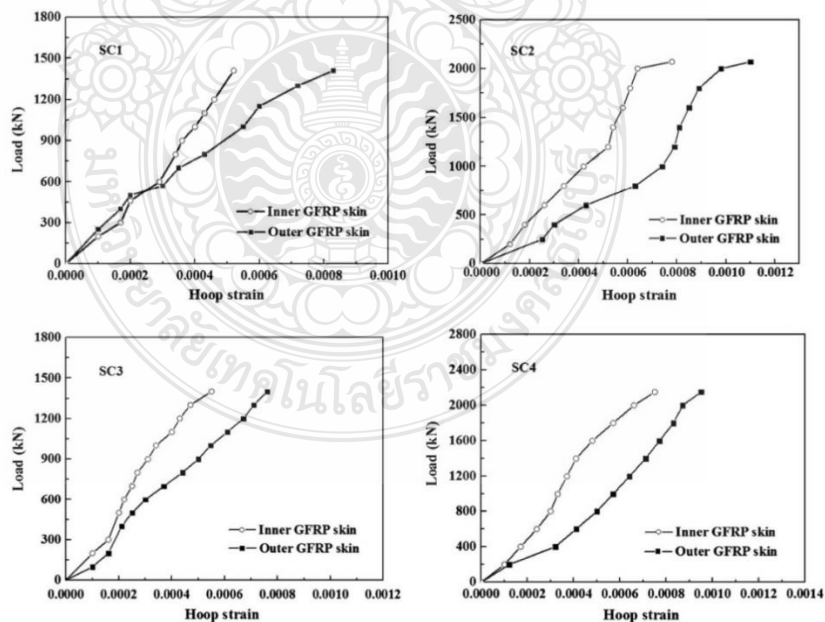
รูปที่ 2.9 ความเสียหายของเสาไม้ในแต่ละลักษณะที่มีการเสริมกำลัง[13]

Lu Wanga, Weiqing Liu a, David Hui[13] ได้ทำวิจัยเรื่อง “Compression strength of hollow sandwich columns with GFRP skins and a paulownia wood core” บทความนี้ได้นำเสนอตัวอย่างและนวัตกรรมของการทำเสาไม้กลวงประกบกันโดยวัสดุกลาสไฟเบอร์กับแกนไม้เพาโลเนียที่มีกระบวนการผลิตด้วยระบบสุญญากาศและเรซินเป็นวัสดุช่วยยึดประสาน ทำการทดสอบภายใต้การให้กำลังกดตามแนวแกนเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของเสาไม้นี้ ไม่ว่าจะเป็น กำลังรับแรงอัดตามแนวแกนสูงสุด บิดจำกัดความอ่อนตัว ลักษณะความเสียหาย และการกระจายตัวของแรงตามแนวแกนระหว่าง กลาสไฟเบอร์ที่ผิวของเสาและแกนไม้



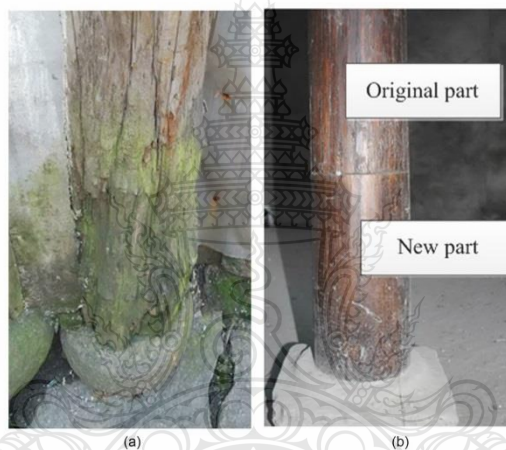
รูปที่ 2.10 เสาไม้ประกบกลางที่มี GFRP เคลือบทับและแกนไม้ (a)การกำหนดค่าและ (b)ส่วนตัดขวาง [13]

ซึ่งการทดลองนี้ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่กระทำกับของพื้นผิว GFRP ในตัวอย่างแต่ละอันนั้นสามารถพบได้ว่าพื้นผิวของ GFRP ด้านนอกมีมากใหญ่กว่าพื้นผิวของ GFRP ด้านใน เปรียบเทียบกับตัวอย่าง SC1 และ SC2 ($t_s = 1.2$ มม.) ความเครียดของพื้นผิวชั้นนอก GFRP ในตัวอย่าง SC3 และ SC4 ($t_s = 3.5$ มม.) คือ 0.00076 และ 0.00095 ซึ่งลดลงร้อยละ 8.4 และร้อยละ 13.6 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับตัวอย่าง SC1 และ SC3 ($t_c = 50$ มม.) ซึ่งเป็นชั้นงานนอก GFRP พื้นผิวใน ชั้นงานทดสอบ SC2 และ SC4 ($t_c = 80$ มม.) คือ 0.0011 และ 0.00095 ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 32.5 และร้อยละ 25.0 ตามลำดับ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าความเครียดที่พื้นผิวชั้นนอก GFRP ลดลงด้วยการเพิ่มขึ้นของความหนาผิวด้านนอกด้ผลการทดลองดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 สรุปผลการทดลอง [13]

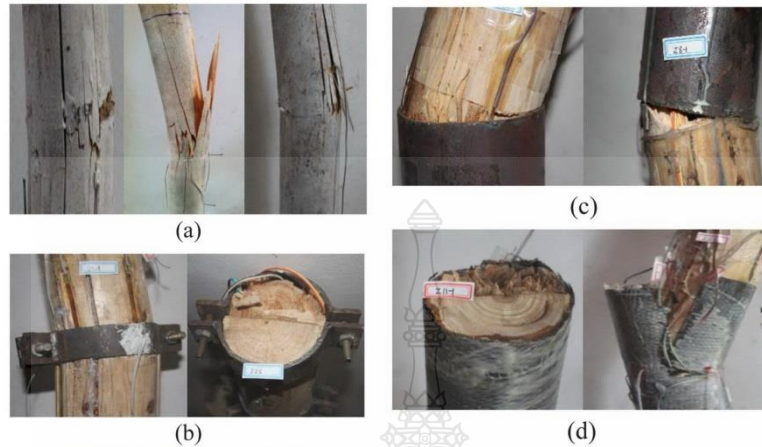
Hongmin Li, Hongxing Qiu, Zhe Zhao and Yong Lu [11] ได้ทำวิจัยเรื่อง “Axial compression behaviour of retrofitted long timber columns” บทความนี้ได้ทำการศึกษาวิจัยถึงการต่อเสาไม้แบบประกบซึ่งถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการดัดแปลงโครงสร้างไม้แบบดั้งเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการอนุรักษ์มรดกที่วัสดุตั้งเดิมมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้จะต้องมีการเก็บรักษาไว้ อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติวิธีการนี้ส่วนใหญ่จะใช้บนพื้นฐานของประสบการณ์และมีการขาดความเข้าใจและปริมาณของพฤติกรรมเชิงกลของสมาชิกไม้ดัดแปลง บทความนี้นำเสนอการศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับพฤติกรรมการอัดตามแนวแกนของเสาไม้ต่อรอย ข้อต่อรอยต่อเสริมด้วยเหล็กเกิดเหล็กเกิดเหล็กพร้อมกาวหุ้มและพันหุ้มด้วยคาร์บอนไฟเบอร์



รูปที่ 2.12 เสาไม้ที่มีส่วนล่างที่เสียหายก่อนและหลังการติดตั้งเพิ่มเติม: (a) การกัดกร่อนและรอยแตกที่ด้านล่างของเสาและ (b) สภาพการดัดแปลงเพิ่มเติม [11]

ซึ่งการทดลองนี้ได้แสดงถึงลักษณะพฤติกรรมและความเสียหายทั่วไปสำหรับเสาตัวอย่างแรงอัดที่กระทำตามแนวแกนโดยทั่วไปจนกระทั่งแรงอัดถึงประมาณร้อยละ 80 ถึง ร้อยละ 90 ของแรงอัดสูงสุด ที่ทำให้เกิดความเสียหายที่เริ่มเด่นชัด รูปแบบความเสียหายในกลุ่ม J-I, II, III นั้นคล้ายคลึงกับกลุ่ม R ก่อนกำลังอัดสูงสุด สำหรับกลุ่ม J-I ด้วยที่มีข้อต่อประกบกันแบบเหน็บหุเหล็กหุ้มแบบดั้งเดิมที่จุดสูงสุดการกระจายแรงที่เห็นได้ชัดเจนเกิดขึ้นระหว่างรอยต่อรอยต่อและหุ้มที่ด้านบนของเสา ความเสียหายเกิดขึ้นในระยะสั้นๆหลังจากผ่านช่วงแรงอัดสูงสุด (ที่ประมาณร้อยละ 90 ของแรงอัดสูงสุด) และเป็นโดดเด่นด้วยการแตกหักของเส้นใยไม้ที่ด้านบนขอบของหุ้มหุแบบดั้งเดิมแสดงในรูปที่ 2.13 (b) สำหรับกลุ่ม J-II ด้วยข้อต่อรอยต่อที่หุ้มด้วยเหล็กปลอก แต่ไม่มีการฉีดกาวที่จุดโหลดช่องว่างที่เห็นได้ชัดเจนระหว่างขอบเหล็กเกิดเหล็กเกิดเหล็กและไม้ในด้านบนของเสาเนื่องจากการ

เปลี่ยนรูปร่างที่แตกต่างกันระหว่างไม้กับเหล็กเกิดเหล็ก ตามด้วยการค่อยๆดึงออกมารอยต่อรอยจากเหล็กเกิดเหล็กที่ด้านข้างนูนในขณะที่ด้านเว้าเหล็กเกิดเหล็กก็ถูกตัดเข้าไปในแนวนอน รูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 รูปแบบความเสียหายของเสาที่ทดสอบ: (a) เสา (กลุ่ม R ตัวอย่าง CR-1, CR-2 และ CR-3, ตามลำดับ), (b) กลุ่ม J-I (ข้อต่อแบบคั้งเดิม), (c) กลุ่ม J-II และ J-III (ข้อต่อแบบเหล็กเกิดเหล็กไม่มีการฉีกขาด) และ (d) กลุ่ม J-IV (ข้อต่อ CFRP หนึ่งและสองแนวตั้งชั้นของแผ่นไฟเบอร์ตามลำดับ) [11]

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการออกแบบเสาไม้

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไม้

www.tatc.ac.th/ [10] ไม้ เป็นวัสดุแข็งที่ทำจากแก่นลำต้นของต้นไม้ ส่วนใหญ่เป็นไม้ยืนต้น โดยนิยามแล้วไม้จะหมายถึงเนื้อเยื่อไซเล็มชั้นที่สอง (Xylem) ของต้นไม้ แต่ในความเข้าใจไม้ อาจหมายรวมไปถึงวัสดุใดๆ ที่มีส่วนประกอบทำมาจากไม้ด้วย ไม้สามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ประโยชน์อย่างหนึ่งคือ ใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น ถ่านหรือฟืน บางครั้งก็ใช้ในงานศิลปะ ทำเฟอร์นิเจอร์ ทำอาวุธ หรือเป็นวัสดุก่อสร้าง ไม้ยังคงเป็นส่วนประกอบสำคัญในการก่อสร้าง ตั้งแต่มนุษย์เริ่มสามารถสร้างบ้านที่อยู่อาศัย หรือเรือ โดยเรือแทบทุกลำในช่วงปี 80 ทำมาจากไม้แทบทั้งสิ้น ซึ่งในปัจจุบันบ้านหรือเรือที่ทำจากไม้ เริ่มมีจำนวนลดลง โดยปัจจุบันมีการนำวัสดุอื่นมาใช้ในการสร้างแทน แต่ที่ไม้ยังคงมีส่วนสำคัญในด้านการเสริมโครงสร้าง หรือเป็นวัสดุเสริม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสร้างหลังคา และของประดับนอกบ้านไม้จัดเป็นอินทรีย์สารชนิดหนึ่งประกอบด้วย

ประเภทของไม้

ไม้อาจจำแนกแบ่งเป็นไม้เนื้ออ่อน (softwood) ซึ่งปกติจะเป็นไม้ใบแคบและไม้เนื้อแข็ง (hardwood) ซึ่งเป็นไม้จากต้นไม้ใบกว้างอย่างไรก็ตามในปัจจุบัน เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันจึงแยกประเภทของไม้ตามหนังสือของกรมป่าไม้ที่ กส.0702/6679 ลงวันที่ 3 พฤษภาคม 2517 ดังนี้คือให้แบ่งไม้ออกเป็น 3 ประเภท โดยถือเอาค่าความแข็งแรงในการตัดของไม้แข็งและความทนทานตามธรรมชาติของไม้นั้นๆ เป็นเกณฑ์ตามตาราง ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงความแข็งแรงของไม้และความต้านทานของไม้ [6]

ประเภทไม้	ความแข็งแรง (kg.cm^2)	ความทนทาน (ปี)
ไม้เนื้อแข็ง	> 1000	> 10
ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	600 - 1000	2 - 10
ไม้เนื้ออ่อน	< 600	< 2

คุณสมบัติและประโยชน์ของไม้เต็ง

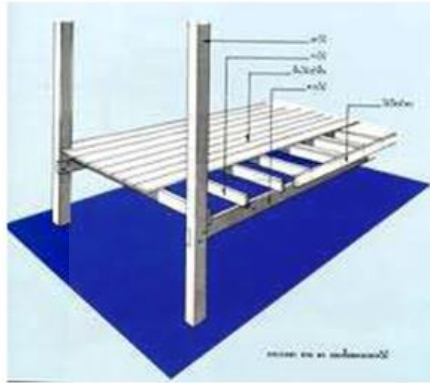
ในที่นี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติและประโยชน์ของไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้อแข็งปานกลาง และไม้เนื้ออ่อนที่ควรทราบตามลำดับ ดังนี้

ไม้เต็ง เป็นต้นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ขึ้นเป็นหมู่ตามป่าแดดทั่วไปยกเว้นภาคใต้ ลักษณะเนื้อไม้เป็นสีน้ำตาลอ่อนเมื่อแรกตัดทิ้งไว้นานจะเป็นสีน้ำตาลแก่แกมแดง เสี้ยนสับสน เนื้อหยาบแต่สม่ำเสมอแข็งแรงเหนียวแข็งแรงและทนทานมากแห้งแล้วเลื่อยไสกบตกแต่งได้ยาก น้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 1,040 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ทำหมอนรางรถไฟเครื่องมือกลกรรม โครงสร้างอาคาร เช่น ตง คาน วงกบ ประตูหน้าต่าง โครงหลังคาเสา

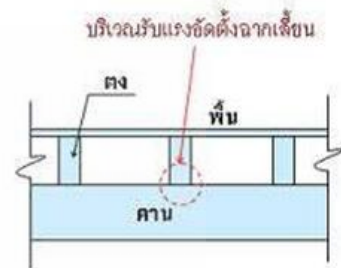
โครงสร้างไม้

โครงสร้างของอาคารเป็นสิ่งที่กำหนดรูปร่าง เค้าโครง ขนาด รวมทั้งความมั่นคงแข็งแรงของตัวอาคารซึ่งนับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญมาก อาคารที่เกิดความบกพร่องด้านการตกแต่งอาจแก้ไขในภายหลังได้โดยไม่ยาก แต่สำหรับอาคารที่เกิดความบกพร่องด้านโครงสร้างจะทำการแก้ไขได้ยากหรืออาจทำการแก้ไขไม่ได้เลยเพราะการแก้ไขด้านโครงสร้างมักจะต้องใช้วิธีรื้อถอนหรือทุบทำลายแล้วค่อยสร้างขึ้นมาใหม่ ไม่ใช่เป็นแก้ไขที่เปลือกนอกหรือผิวนอก โครงสร้างของอาคารที่ดีจะต้องทำอย่างถูกต้อง เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ ตลอดจนถึงกรรมวิธีการ

ปลูกสร้างโครงสร้างของอาคารหลายๆ ประกอบด้วยโครงสร้างเสา โครงสร้างคาน โครงสร้างพื้น และโครงสร้างหลังคา



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.14 แสดงเสา คาน ตง และพื้นไม้เสาไม้

คานและตงไม้ เป็นองค์อาคารที่มีการถ่ายน้ำหนักจากพื้นซึ่งต้องเป็นไม้ลงมายังตง และจากตงส่งมายังคาน เนื่องจากพื้นไม้จะรับน้ำหนักทางด้านแบน หากตงห่างกันมากเกินไปจะทำให้พื้นแอ่นดังนั้นตงจึงต้องมีขนาดและวิธีการรับแรงทางแนวตั้ง และมีขนาดและระยะห่างตามที่ผู้ออกแบบกำหนดและปลายตงทั้งสองด้านจะวางอยู่บนคานเพื่อถ่ายน้ำหนักลงไปยังเสา ขนาดของคานจึงมีขนาดหน้าตัดมากกว่าตง และวางรับแรงทางแนวตั้งเหมือนกันหรือวางคานคู่ในกรณีที่มีการรับน้ำหนักมาก

พื้นไม้ ลักษณะของการปูพื้นไม้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน ถ้าเป็นพื้นไม้ที่อยู่ภายนอกอาคาร เช่น ระเบียง ทำน้ำ สะพานไม้ เพื่อจัดเป็นที่พักผ่อนจะเป็นพื้นไม้ที่ต้องตีเว้นช่องเพื่อป้องกันการยัดตัวเมื่อเวลาไม้โดนความชื้น ส่วนพื้นที่อยู่ภายในบ้านจะเป็นไม้รางลิ้นซึ่งอบแห้งมาอย่างดี อัดกันสนิทดีค่อนหัวตะปูและขัดผิวเรียบ ทำน้ำ มันเคลือบเงา การรองรับน้ำหนักจากพื้นได้นั้นตงจะเป็นตัวรองรับ ตงที่รองรับอาจจะเป็นตงไม้ที่ถ่ายน้ำหนักไปยังคานหรือเป็นตงที่ฝังลงในเนื้อคอนกรีต ซึ่งเป็นการปูพื้นไม้ปิดทับคอนกรีตอีกทีหนึ่ง การควบคุมงานปูพื้นไม้ การสร้างพื้นไม้

สาเหตุการเสื่อมสภาพของไม้และผลิตภัณฑ์ไม้

การผุพังหรือการเสื่อมสภาพของไม้ และผลิตภัณฑ์ไม้ มีสาเหตุหลายประการ ลักษณะความเสียหายจะแตกต่างกัน ขึ้นกับกลไกของปฏิกิริยานั้นๆ

1. ปฏิกริยากรด เนื่องจากไม้ถูกแรงอัดและกระทบกระเทือนต่างๆ ทำให้ไม้เสียสมดุล บิด และแตกในที่สุด พบว่าไม้แต่ละชนิด มีความสามารถทนทานต่อแรงกดต่างกัน คุณสมบัตินี้จึงเป็น ข้อสำคัญ ในการตัดสินใจว่าควรเลือกไม้นั้นเป็นส่วนประกอบ โครงสร้างของอาคารหรือไม่

2. ปฏิกริยาทางฟิสิกส์ ในสภาพที่ไม้ได้รับความร้อนสูง เป็นเวลานานไม้จะ เสื่อมสภาพได้เนื่องจากความร้อนที่สะสมอยู่ในไม้ ทำให้ เซลลูโลสถูกทำลาย ไม้จึงมีความแข็งแรง น้อยลง นอกจากนี้จะมีลักษณะเปื่อย ยุ่ย สีซีด คล้ายการทำลายของเห็ดรา

3. ปฏิกริยาทางเคมี ปัญหาของไม้ที่เสื่อมสภาพโดย กรด - ด่าง จะทำให้ไม่มีสีซีดจาง บางครั้งจะมีลักษณะการผุพังคล้ายถูกทำลายโดยเชื้อเห็ดหรือแบคทีเรีย

4. ปฏิกริยาทางชีววิทยา เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสารประกอบของไม้ เช่น เซลลูโลส และลิกนิน โดยเชื้อเห็ดราต่างๆ เข้าไปมีบทบาทในการย่อยสลายให้สารประกอบ โมเลกุล ใหญ่เปลี่ยนเป็น โมเลกุลเล็ก สภาพของไม้ที่ปรากฏออกมามีสีซีดหรือเข้มกว่าปกติ นอกจากนี้ เนื้อไม้ จะเปื่อยยุ่ยหรือแตกเป็นตามขวางของเส้น

2.2.6 วัสดุอัดแรง

วัสดุอัดแรงที่ใช้ในงานอัดแรงในปัจจุบันสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. เหล็กเสริมอัดแรงที่ใช้ในการอัดแรงเป็นเหล็กกำลังสูงมี 3 ชนิด ด้วยกัน คือ ลวดอัดแรง ลวดตีเกลียวอัดแรง และเหล็กเส้นอัดแรง

2. Fiber Reinforced Plastic Tendons (FRP Tendons) แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ Aramid, Glass และ Carbon รูปทรงของ FRP Tendons สามารถผลิตรูปทรงได้เหมือนเหล็กเสริมอัดแรง

1.1.7 กลาสไฟเบอร์ (Glass Fiber)

GFRP เป็นสารประกอบออลูมิเนียมอนินทรีย์และอนินทรีย์ที่ไม่ใช่โลหะผสม ประกอบกับชิ้นส่วนวัสดุและเสริมสร้างความแข็งแรงของชิ้นส่วน GFRP มีประสิทธิภาพการฉนวน กันความร้อนที่ดีและประสิทธิภาพพันธะความแข็งแรงเชิงกลสูงและความต้านทานความร้อนมีความ แข็งแรงมากขึ้นและการขึ้นรูปอัดรายการหดตัวมีขนาดเล็กน้ำหนักเบาการก่อสร้างจะสะดวก

คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส

- Corrosion Resistance: ไม่เป็นสนิม และทนต่อการกัดกร่อน
- Temperature Resistance: ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสทนความร้อนได้ดีมาก สามารถทนอุณหภูมิ ตั้งแต่ -30 ถึง +120 ขึ้นอยู่กับชนิดของเรซินที่เลือกใช้

- Lightweight: น้ำหนักเบาประหยัดค่าก่อสร้าง ด้วยน้ำหนักที่เบากว่าเหล็กถึง 4 เท่า ทำให้สะดวกต่อการยก ประกอบและติดตั้ง ช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย
- Flexural Strength: โครงสร้างแข็งแรงให้ตัวได้ ป้องกันการร้าวซึมหรือร้าว
- Long-lasting: ไม่น้ำเปื่อยหรือผุกร่อนทนทุกสภาวะสิ่งแวดล้อมคงรูปเดิมได้ดี ไม่มีการหด
- Low coefficient of friction: ผิวเรียบเนียนทำให้แรงเสียดทานต่ำ
- Insulation: เป็นฉนวนไฟฟ้าและไม่นำความร้อน
- Repair: ในกรณีอุบัติเหตุ เมื่อเกิดการชำรุดเสียหายสามารถซ่อมได้
- Engineering Design: การออกแบบและคำนวณตามมาตรฐานของ ASTM ,JIS,BS และ DIN
- UV-Resistance and Glossy: สีสวยสดใส ทนต่อแสงแดดและแสงยูวี

2.2.8 สรุปการค้นคว้างานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้างานวิจัยต่างๆที่ผ่านมารวมไปถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องแล้วนั้นพบว่า ในการศึกษาวิจัยทดสอบการซ่อมเสริมกำลังรับแรงของไม้ด้วยวัสดุไฟเบอร์นั้นส่วนใหญ่ยังคงเป็นการใช้วัสดุคาร์บอนไฟเบอร์เป็นวัสดุหลัก และจะเป็นการทดสอบกับคานไม้เป็นส่วนมาก โดยหากเป็นงานที่ทำการศึกษาวิจัยในส่วนของเสาไม้นั้นจะเป็นลักษณะการพัฒนาวิธีการเพิ่มแรงรับกำลังให้เสาไม้ในรูปแบบเสาไม้ที่เป็นปกติหรืออาจเป็นการสร้างรูปแบบของเสาไม้ในรูปแบบใหม่ๆเช่น งานศึกษาการทำเสาไม้กลวงประกบกันโดยวัสดุกลาสไฟเบอร์กับแกนไม้เพาโลเนีย เป็นต้น ซึ่งในการวิจัยที่นำวัสดุกลาสไฟเบอร์มาทำการซ่อมเสริมกำลังของเสาไม้ โดยเฉพาะเสาไม้ที่ได้รับความเสียหายจากอาการใช้งานนั้น ยังไม่พบรูปแบบที่ได้ทำการศึกษาวิจัยกันให้ทราบถึงประสิทธิภาพเท่าที่ควร จึงทำให้เป็นสาเหตุหรือเหตุผลปัจจัยความเหมาะสมในการทำการศึกษา กำลังรับแรงอัดของเสาไม้ที่เสริมกำลังด้วยเส้นใยกลาสไฟเบอร์ เพื่อให้เป็นข้อมูลในการพัฒนาความสามารถในการใช้วัสดุกลาสไฟเบอร์ซ่อมเสาไม้ให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

วัสดุการทดสอบ

ชิ้นงานที่ประกอบขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงอัด และการทดสอบแบบการรับน้ำหนักแบบเต็มกำลัง ประกอบด้วยวัสดุ 4 ชนิดและมีขนาดดังนี้

วัสดุทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดในแนวขนานเส้นของไม้

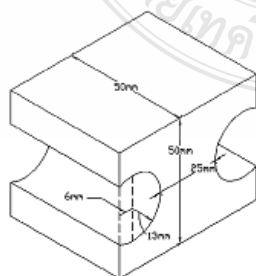
เสาไม้ไผ่เรียบ ขนาด หน้าตัดกว้าง 10x10 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร โดยเป็นอัตราส่วนตามหลักเกณฑ์การคำนวณหาหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของเสา กรณีเสาสั้น ($L/d < 12$, $F_a = F_c$) ดังในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ไม้ไผ่เรียบ ขนาด หน้าตัดกว้าง 10x10 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร

ไม้ที่ใช้ในการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึง

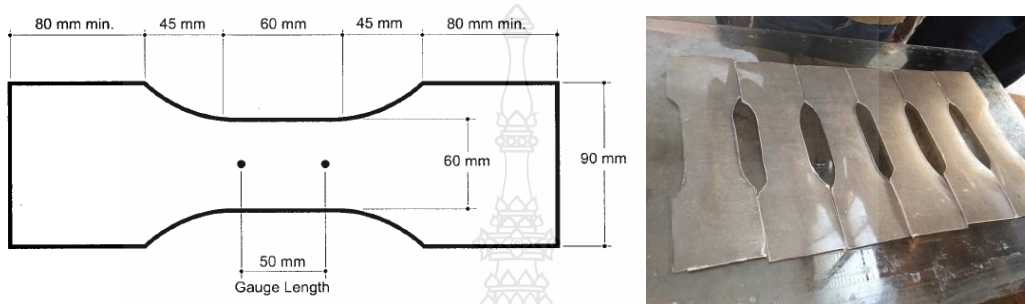
ไม้ไผ่เรียบ ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร (กว้างxหนาxยาว) ตามมาตรฐาน (มยผ.) 1225-51 ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ไม้ที่ใช้ในการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึง

3.1.3 GFRP ที่ใช้ในการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึง

ชิ้นงานตัวอย่างทดสอบรับแรงดึงที่มีความหนา 4 มิลลิเมตร ตามรูปแบบงานวิจัย Rehabilitation of Reinforced Concrete Beams With Sprayed Glass Fiber Reinforced Polymers By Andrew James Boyd, 2000 จำนวน 6 ชั้นสำหรับ GFRP Sheet และจำนวน 6 ชั้นสำหรับ GFRP Sprayed ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 GFRP ที่ใช้ในการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึง

แผ่น GFRP ชื่อทางการค้าว่า CTG™ SINOMA Taishan Fiberglass INC. ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของแผ่น GFRP (1)

Characteristics	Product Code
CTG™ SINOMA	
-	ERS240 - T984T
Fast Wet-out	E-glass
Consistent and Uniform Lay-down	RS Multi-end roving
Good Chop-ability and Even Distribution	240 - 2400 Tex
Optimum Transparency and High Laminate Strength	T984T- Sizing code

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของแผ่น GFRP (2)

Technical Data	
Test Item	Standard Value
Moisture (%)	≤ 0.20
LOI (%)	0.75+/-0.15
Tensile density (tex)	2400



รูปที่ 3.4 แผ่น GFRP CTG™ SINOMA Taishan Fiberglass INC.

3.1.5 เส้นใย GFRP ชื่อทางการค้าว่า JUSHI 180 ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังนี้

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของเส้นใย GFRP

Technical Parameters		
JUSHI 180		
Linear Density (%)	(ISO 1889)	± 5
Moisture Content (%)	(ISO 3344)	≤ 0.15
Size Content (%)	(ISO 1887)	1.00 ± 0.15
Stiffness (mm)	(ISO 3375)	135 ± 15



รูปที่ 3.5 เส้นใย GFRP ชื่อทางการค้าว่า JUSHI 180

1.1.6 Resins ชื่อทางการค้าว่า Polynt Composites HI001 ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังนี้

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของ Resins (1)

Polynt Composites HI001	
CURED RESIN PROPERTIES AS NON-REINFORCED	
<u>LIQUID RESIN PROPERTIES</u>	
Specific gravity at 25°C	:1.12
Solid content	:56 – 64 %
Acid value	: 17 – 29 mg KOH/g
Flash point	: 31.8°C
Stability in the dark at 25°C	: 6 months
Thixo index at 25°C	: Minimum 2.0
Viscosity at 25°C (LVT/Sp 3/60rpm)	: 650-750 cps
<u>MECHENICAL PROPERTIES</u>	
Barcol hardness	: 45
Water absorption 7 days at 25°C	: 43.1 mg
Tensile strength	: 65 MPa
Tensile Modulus	: 3600 MPa
Elongation at break	: 3.3 %
Deflection Temperature under load (1.8 MPa)	: 63 °C

ตารางที่ 3.5 คุณสมบัติของ Resins (2)

Polynt Composites HI001

CURED RESIN PROPERTIES AS LAMINATES WITH CHOPPED STRAND MAT

MECHENICAL PROPERTIES

Glass content	: 32 %
Tensile strength	: 122 MPa
Tensile Modulus	: 8500 MPa
Elongation at break	: 1.7%
Flexural strength	: 183 MPa
Flexural modulus	: 6300 MPa



รูปที่ 3.6 Resins Polynt Composites HI001

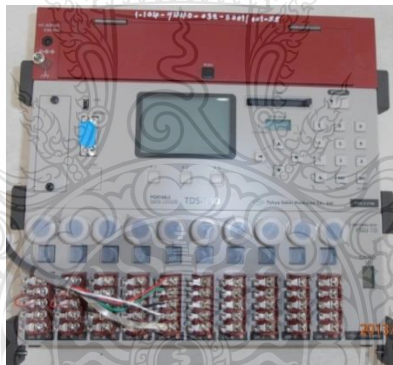
เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดสอบแรงอัดและแรงดึง ดังรูปที่ 3.7



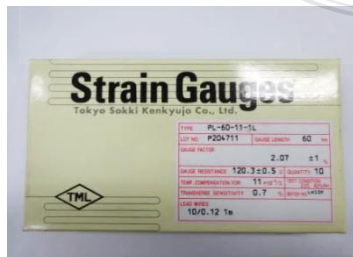
รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine ขนาด 100 ตัน

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลของการทดสอบการรับน้ำหนัก ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 เครื่องอ่านค่าการยืดหดตัวและระยะ โกงตัว (Data Logger)

Strain Gauge รุ่น PL-60-11-1L ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 Strain Gauge รุ่น PL-60-11-1L

การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ

3.3.1 การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดในแนวขนานเส้นของเสาไม้ (Test Method for Compression Parallel to Grain)

วัดขนาดหน้าตัดและความยาวของไม้ตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.10(ก) โดยยอมให้ผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 0.3 ของขนาดที่วัดและหามวลโดยการชั่งให้มีหน่วยเป็นกรัม ดังรูปที่ 3.10(ข) มีความคลาดเคลื่อนในการชั่งได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.2 ของมวลตัวอย่าง จากนั้นทำการไสและกลึงผิวลบบวมของเสาไม้ตัวอย่างเพื่อให้พื้นผิวไม้เหมาะสมในการปิดทับด้วยกลาสไฟเบอร์ที่มีความสม่ำเสมอขณะทำการเสริมกำลังเข้ากับผิวไม้ ดังรูปที่ 3.10(ค) ในส่วนของตัวอย่างไม้ที่ต้องทำการทำให้ไม้มีลักษณะเสียหายจะดำเนินการผ่าเป็นร่องเข้าไปที่เนื้อไม้โดยมีระยะร่องเท่าๆกัน ดังรูปที่ 3.11(ก) ทำไม้ให้เสียหายร้อยละ 25 โดยปริมาตรโดยการผ่าไม้ลึกลงไป 3 ซม. ระยะห่างรอยผ่า 2.5 ซม. ระยะความกว้าง 25 ซม. ดังรูปที่ 3.11 (ข) การทำไม้ให้เสียหายร้อยละ 50 โดยปริมาตรโดยการผ่าไม้ลึกลงไป 6 ซม. ระยะห่างรอยผ่า 2.5 ซม. ระยะความกว้าง 25 ซม. ดังรูปที่ 3.11 (ค) หลังจากนั้นดำเนินการซ่อมคืนสภาพผิวเสาไม้บริเวณร่องที่ทำการผ่าให้เสียหายด้วยผงซีเมนต์ผสมกาวลาเท็กซ์ ดังรูปที่ 3.12 เพื่อให้ผิวเสาไม้มีความเรียบเต็มเหมาะสมในการปิดทับเสริมกำลังด้วยกลาสไฟเบอร์ต่อไป

นำเสาไม้ตัวอย่างมาทำการจัดทำให้เป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดในแต่ละการทดสอบที่วางแผนการดำเนินการไว้ แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบลักษณะของตัวอย่างเสาไม้ ดังนี้

เสาไม้ลักษณะปกติสมบูรณ์

เสาไม้ที่มีความเสียหายของตัวเนื้อไม้ที่ 25%

เสาไม้ที่มีความเสียหายของตัวเนื้อไม้ที่ 50%



(ก)

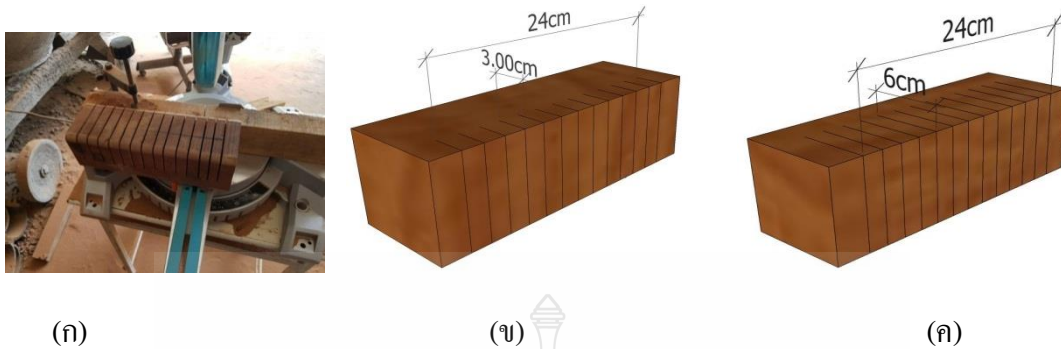


(ข)



(ค)

รูปที่ 3.10 การจัดเตรียมเสาไม้ตัวอย่างทุกส่วนทั้งหมดที่ต้องใช้ทดสอบ

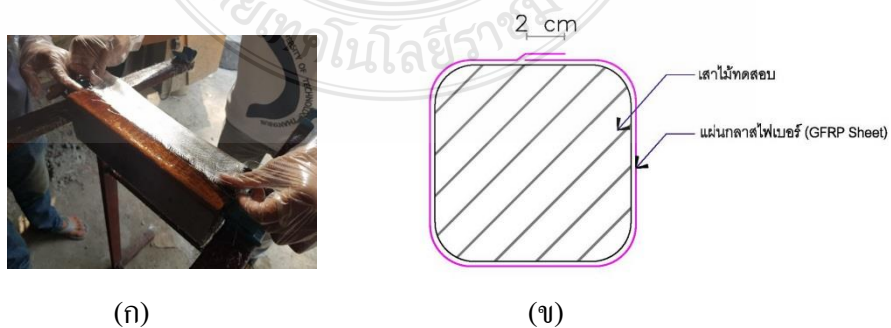


รูปที่ 3.11 การเตรียมเสาไม้ตัวอย่างส่วนที่ต้องทำให้เสาไม้มีความเสียหายร้อยละ 25 และร้อยละ 50



รูปที่ 3.12 การซ่อมคืนสภาพผิวเสาไม้ด้วยซีเมนต์ผสมกาวลาเท็กซ์

นำเสาไม้ตัวอย่างที่เตรียมไว้สำหรับเสริมกำลังด้วยแผ่นกลาสไฟเบอร์มาทำการเสริมด้วยแผ่น GFRP Sheet จำนวน 1 ชั้น และเคลือบทับด้วย Resins ให้ได้ความหนาเฉลี่ยที่ 4 มม. ดังรูปที่ 3.10 (ก) โดยมีการซ้อนทับประมาณ 2 ซม. ดังรูปที่ 3.11 (ข)



รูปที่ 3.13 การเตรียมตัวอย่างเสาไม้เสริมด้วยแผ่น GFRP Sheet

4. นำเสาไม้ตัวอย่างที่เตรียมไว้สำหรับเสริมกำลังด้วยเส้นใยกลาสไฟเบอร์มาทำการเสริมด้วยแผ่น GFRP Sprayed จำนวน 1 ชั้น ประมาณการการฉีดพ่นด้วยความสม่ำเสมอและทั่วถึงพื้นที่ผิวเสาไม้ และเคลือบทับด้วย Resins ให้ได้ความหนาเฉลี่ยที่ 4 มม. ดังรูปที่ 3.14



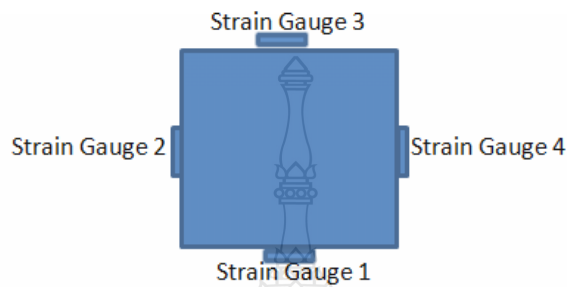
รูปที่ 3.14 การเตรียมตัวอย่างเสาไม้เสริมด้วยการพ่นเส้นใย GFRP

5. เมื่อทำการเตรียมตัวอย่างเสาไม้สำหรับทดสอบครบทุกชนิดที่จะทดสอบแล้ว ให้ดำเนินการในขั้นตอนการติดตั้งเสาไม้ทดสอบกับเครื่องทดสอบ โดยในการทดสอบนี้ได้แยกลักษณะไว้ 2 ลักษณะดังนี้ ลักษณะแรกให้หน้าหน้ากระทำตามแนวแกนของเสาไม้ที่ศูนย์กลางเสาซึ่งลักษณะนี้เป็นการทดสอบแบบปกติทั่วไป แต่ลักษณะที่สองของการทดสอบนี้ จะมีการเพิ่มเติมการทดสอบแบบให้แรงกระทำเยื้องศูนย์กลางเสา โดยทำการติดตั้งเสาไม้เข้ากับเครื่องทดสอบ ให้ด้านหน้าเสาไม้ที่เสียหายอยู่ด้านหน้าเครื่องทดสอบแล้วนำแผ่นเหล็กขนาด กว้าง 5x5 ซม. สูง 1 ซม. วางไว้มุมด้านขวาหน้า ดังรูปที่ 3.15 แล้วตัดโฟมให้มีขนาดเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของไม้ส่วนที่ไม่มีเหล็กวางอยู่ จากนั้นให้กดตามปกติแรงกดอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอด้วยความเร็วประมาณ 0.6 มม./นาที



รูปที่ 3.15 ลักษณะการติดตั้งเสาไม้ที่ทดสอบแรงกระทำแบบเยื้องศูนย์กลางเสา

6. การติดตั้ง Strain Gauge โดยที่ตำแหน่งการติด strain Gauge 01 คือตำแหน่งด้านบนของ ผิวด้านข้างเสาไม้ strain Gauge 02 คือตำแหน่งตรงกลางของผิวด้านข้างเสาไม้วนซ้ายจาก 01 , strain Gauge 03 คือตำแหน่งตรงกลางของผิวด้านข้างเสาไม้วนซ้ายจาก 02 และ strain Gauge 04 คือตำแหน่ง ตรงกลางของผิวด้านข้างเสาไม้วนซ้ายจาก 03 ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การติดตั้ง Strain Gauge

7. กำหนดการตั้งค่าของเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ให้มีการบันทึกค่ากำลัง ด้านแรงกดทุกๆ 2 วินาที จนถึงจุดวิบัติพร้อมทั้งบันทึกค่าของแรงที่เกิดสูงสุด ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวนอนเส้นของไม้โดยเครื่อง Universal Testing Machine

3.3.2 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงแผ่นตัวอย่าง GFRP (Test Method for Tensile Strength of GFRP)

1. นำวัสดุที่ใช้ในการเสริมกำลังให้กับเสาไม้มาทำการขึ้นรูปแบบอิสระ เพื่อใช้ทดสอบ กำลังต้านแรงดึง หลังจากขึ้นรูปเสร็จทำการวัดขนาดของ GFRP ตัวอย่าง โดยยอมให้มีความ

คลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 0.3 ของขนาดที่วัดและทำการชั่ง หามวล โดยยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของมวลตัวอย่าง โดยแบ่งชิ้นตัวอย่างออกเป็น 2 ลักษณะดังนี้

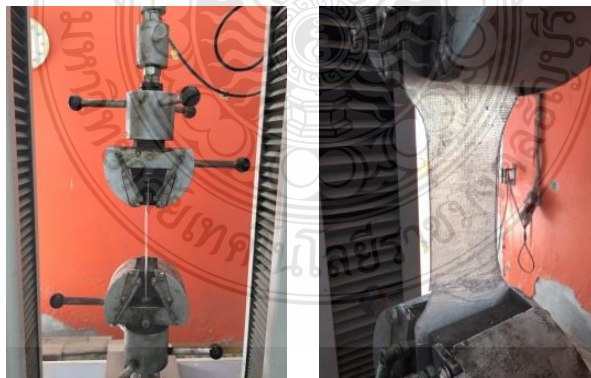
(1) ทำการขึ้นรูปตามแบบ GFRP Sheet กับ Resins ที่ความหนา 4 ม.ม. จำนวน 6 ชิ้นตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.18

(2) ทำการขึ้นรูปตามแบบ GFRP Sprayed กับ Resins ที่ความหนา 4 ม.ม. จำนวน 6 ชิ้นตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การขึ้นรูปแผ่น GFRP ทั้งแบบ แผ่นผ้า (Sheet) และแบบเส้นใย (Sprayed)

2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงชิ้นงานตัวอย่างของ GFRP ให้วางตัวอย่างโดยใช้อุปกรณ์ยึด ดังรูปที่ 3.19 หลังจากนั้นให้แรงดึงกระทำอย่างต่อเนื่องด้วยความเร็วประมาณ 2.5 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งชิ้นงานทดสอบของ GFRP เริ่มแตก ให้ทำการบันทึกค่าแรงดึงสูงสุดแล้วคำนวณหาค่ากำลังต้านทานแรงดึงของชิ้นงานตัวอย่างโดยนำค่าของแรงกระทำสูงสุดที่อ่านได้หารด้วยพื้นที่หน้าตัดบริเวณที่เล็กที่สุดของตัวอย่าง GFRP



รูปที่ 3.19 การทดสอบแรงดึงของ GFRP

1.1.3 การทดสอบแรงดึงของไม้ (Standard Test Method for Tensile Strength of Timber)

วัดขนาดของไม้ตัวอย่าง โดยยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 0.3 ของขนาดที่วัดและทำการชั่ง หามวลโดยยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของมวลตัวอย่าง

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของไม้ให้วางไม้ตัวอย่างโดยใช้อุปกรณ์ยึด ดังรูปที่ 3.15 หลังจากนั้นให้แรงดึงกระทำอย่างต่อเนื่องด้วยความเร็วประมาณ 2.5 มิลลิเมตรต่อนาทีจนกระทั่งไม้ตัวอย่างเริ่มแตกบันทึกค่าแรงดึงสูงสุดคำนวณหาค่ากำลังต้านทานแรงดึงของไม้โดยนำค่าของแรงกระทำสูงสุดที่อ่านได้หารด้วยพื้นที่หน้าตัดบริเวณที่เล็กที่สุด



รูปที่ 3.20 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงไม้

การจำแนกลักษณะของเสาไม้ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

แบบตัวอย่างการทดลองมีทั้งหมด 9 แบบดังนี้

เสาธรรมดาไม่เสียหาย จำนวน 3 ตัวอย่าง

เสาธรรมดาเสียหาย 25% จำนวน 3 ตัวอย่าง

เสาธรรมดาเสียหาย 50% จำนวน 3 ตัวอย่าง

เสาเสริมกำลังแบบแผ่นไม่เสียหาย จำนวน 3 ตัวอย่าง

เสาเสริมกำลังแบบแผ่นเสียหาย 25% จำนวน 3 ตัวอย่าง

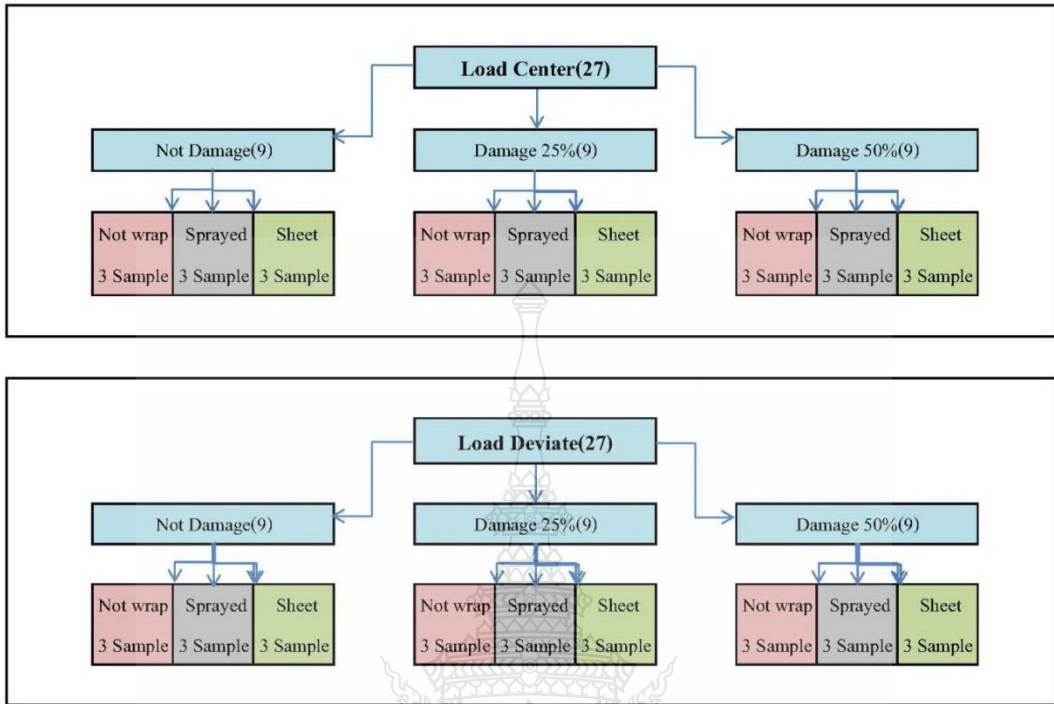
เสาเสริมกำลังแบบแผ่นเสียหาย 50% จำนวน 3 ตัวอย่าง

เสาเสริมกำลังแบบพ่นเส้นใยไม่เสียหาย จำนวน 3 ตัวอย่าง

เสาเสริมกำลังแบบพ่นเส้นใยเสียหาย 25% จำนวน 3 ตัวอย่าง

3.4.9 เสาเสริมกำลังแบบพ่นเส้นใยเสียหาย 50% จำนวน 3 ตัวอย่าง

โดยทุกลักษณะตัวอย่างทั้ง 9 นี้ ให้ทำการทดสอบแรงกระทำศูนย์กลางเสาและเอียงศูนย์กลางไม้ด้วย ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การจำแนกของเสาไม้ตัวอย่างทดสอบ



บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

การทดสอบชิ้นตัวอย่างของกำลังต้านแรงดึงของไม้ (Standard Test Method for Tensile Strength of Timber) การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงชิ้นงานตัวอย่างของวัสดุกลาสไฟเบอร์ (GFRP) การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดในแนวนอนเสี้ยนของเสาไม้ (Test Method for Compression Parallel to Grain) เสาไม้ที่สมบูรณ์ไม่เสริมแรงด้วยวัสดุกลาสไฟเบอร์ เสาไม้ที่เสริมแรงโดยวิธีพันด้วยแผ่นกลาสไฟเบอร์ (GFRP Sheet) เสาไม้ที่เสริมแรงโดยวิธีพ่นด้วยเส้นใยกลาสไฟเบอร์ (GFRP Sprayed) เสาไม้ที่มีความเสียหายเนื้อไม้โดยยังไม่เสริมกำลังด้วยกลาสไฟเบอร์ เสาไม้ที่มีความเสียหายเนื้อไม้โดยเสริมกำลังด้วยแผ่นกลาสไฟเบอร์ และเสาไม้ที่มีความเสียหายเนื้อไม้โดยเสริมกำลังด้วยเส้นใยกลาสไฟเบอร์ ได้ผลการทดสอบค่าแรงต้านทาน ความเค้น (Stress) และ ความเครียด (Strain) มีผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

4.1 ผลทดสอบกำลังของวัสดุ

4.1.1 ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของไม้ ตามมาตรฐาน (มยผ.) 1225-51 (Standard Test Method for Tensile Strength of Timber)

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าทดสอบรับแรงดึงของไม้ขนานเสี้ยน

Load (kgf)	Elon.(mm)	Stress (MPa)	Strain (%)	ค่าเฉลี่ย Stress (MPa)
72	1.34	1.239	1.345	
276	2.09	4.754	2.09	
179	3.5	3.088	3.505	
247	2.58	4.241	2.585	2.674
226	3.34	3.881	3.342	
170	3.17	2.923	3.175	

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าทดสอบรับแรงดึงของไม้ตั้งฉากเสี้ยน

Load (kgf)	Elon.(mm)	Stress (MPa)	Strain (%)	ค่าเฉลี่ย Stress (MPa)
504	3.75	8.676	3.755	4.571
1154	7.82	19.859	7.815	
1500	4.33	25.811	4.327	
387	2.67	6.663	2.675	
822	5.41	14.138	5.41	
460	3.44	7.92	3.445	

4.1.2 ผลการวิเคราะห์กำลังรับแรงดึงของเสาไม้

จากผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้นั้น พบว่าค่ารับแรงดึงของไม้ขนานเสี้ยนได้ค่าเฉลี่ยที่ 2.674 MPa และค่ารับแรงดึงของไม้ตั้งฉากเสี้ยนได้ค่าเฉลี่ยที่ 4.571 MPa จะสังเกตว่าการดึงแบบขนานเสี้ยนจะได้กำลังเฉลี่ยน้อยกว่าตั้งฉากเสี้ยนเนื่องจากบริเวณปีกไม้ที่เป็นจุดจับของอุปกรณ์ดึงนั้นไม้มีขนาดเสียหายเร็วมาก

4.2.3 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงชิ้นงานตัวอย่างของวัสดุกลาสไฟเบอร์ (GFRP)

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าทดสอบรับแรงดึงของแผ่นตัวอย่างกลาสไฟเบอร์แบบพันเส้นใย

Load (N)	Elon.(mm)	Stress (MPa)	Strain (%)	ค่าเฉลี่ย Stress (Mpa)
1920	1.01	10.668	0.325	0.806
3416	2.35	18.976	0.759	
1767	1.52	8.818	0.492	
3843	4.59	21.352	1.48	
3718	2.95	20.656	0.952	
2759	2.57	15.325	0.83	

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าทดสอบรับแรงดึงของแผ่นตัวอย่าง GFRP แบบแผ่นผ้า

Load (N)	Elon.(mm)	Stress (MPa)	Strain (%)	ค่าเฉลี่ย Stress (Mpa)
4017	2.53	22.317	0.815	1.069
5224	4.99	29.019	1.61	
2891	2.74	16.059	0.883	
2324	1.93	12.91	0.622	
6791	4.47	37.726	1.444	
4080	3.21	22.665	1.037	

4.1.4 ผลการวิเคราะห์กำลังรับแรงดึงของ GFRP

จากผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของแผ่นตัวอย่าง GFRP นั้น พบว่าค่ารับแรงดึงของ GFRP แบบพันเส้นใยได้ค่าเฉลี่ยที่ 0.806 MPa และค่ารับแรงดึงของ GFRP แบบพันผ้าได้ค่าเฉลี่ยที่ 1.069 MPa จะสังเกตว่าการดึงกลาสไฟเบอร์แบบแผ่นผ้าจะได้กำลังเฉลี่ยมากกว่าดึงกลาสไฟเบอร์แบบพันเส้นใยเนื่องจากการพันด้วยเส้นใยไม่สามารถควบคุมปริมาณการพันเส้นใยและความหนาให้ออกมาสม่ำเสมอได้

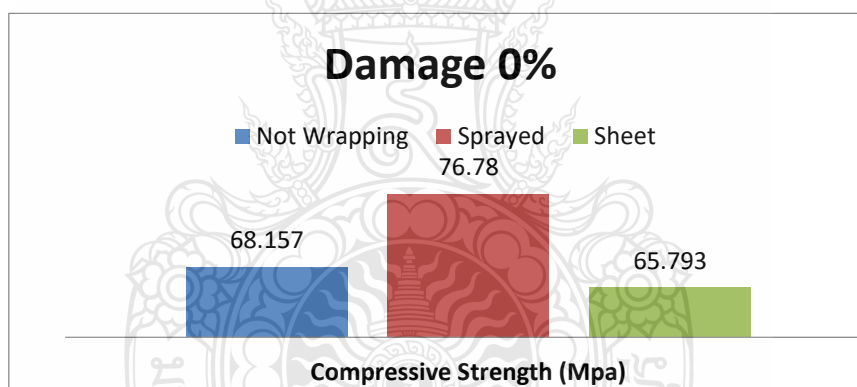
4.2 การทดสอบและเปรียบเทียบค่ากำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสาไม้

4.2.1 การทดสอบแบ่งเสาไม้ตัวอย่างเพื่อทดสอบหาค่าแรงอัด โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างของเสาไม้ทั้งหมด 6 แบบดังนี้

- ทดสอบกำลังรับแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้ปกติไม่เสียหาย ดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.1
- ทดสอบแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 ดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.2
- ทดสอบแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 ดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.3
- ทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบเอียงศูนย์กลางของเสาไม้ปกติไม่เสียหาย ดังตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.4
- ทดสอบกำลังรับแรงอัดเอียงศูนย์กลางของเสาเสียหายร้อยละ 25 ดังตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.5
- ทดสอบกำลังรับแรงอัดเอียงศูนย์กลางของเสาเสียหายร้อยละ 50 ดังตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการทดสอบกำลังรับแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้ปกติไม่เสียหาย

No.	Load (kN)	Contraction (mm)	Strain (%)	Stress (MPa)	ค่าเฉลี่ย Stress (MPa)	รูปแบบการทดสอบชิ้นงาน
1	718	3.58	1.19	71.792	68.157	FNOA
2	690	6.21	2.07	68.984		
3	637	4.08	1.93	63.695		
1	744	4.36	1.45	74.412	76.780	FSPA
2	762	4.59	1.53	76.217		
3	797	3.37	1.12	79.710		
1	658	5.80	1.93	65.793	65.793	FSHA
2	658	5.80	1.93	65.793		
3	0	0	0	0		

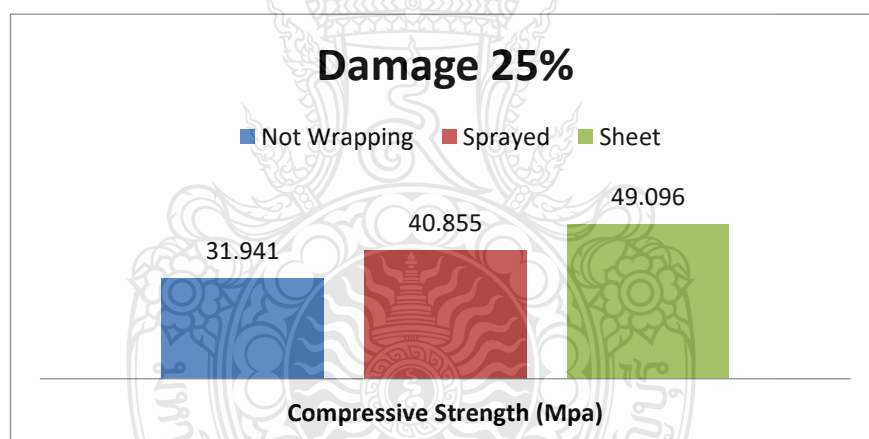


รูปที่ 4.1 ค่าผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้ปกติไม่เสียหาย

เปรียบเทียบค่ากำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสาไม้รับแรงอัดตามแนวแกนเสาไม้ปกติไม่เสียหาย พบว่าการเสริมกำลังด้วยวิธีพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) ได้กำลังรับน้ำหนักสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 76.780 Mpa และการเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้า (GFRP Sheet) ได้กำลังรับแรงอัดสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 65.793 Mpa จะได้ว่า การเสริมกำลังด้วยวิธีพ่นเส้นใยได้กำลังรับน้ำหนักสูงกว่าแบบพันแผ่นผ้าที่ร้อยละ 16.699

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการทดสอบแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้เสี้ยนหายร้อยละ 25

No.	Load (kN)	Contraction (mm)	Strain (%)	Stress (MPa)	ค่าเฉลี่ย Stress (MPa)	รูปแบบการทดสอบชิ้นงาน
1	349	2.41	0.8	34.864		QNOA
2	395	3.88	1.29	39.518	31.941	
3	214	2.94	1.22	21.443		
1	608	4.55	1.52	60.822		QSPA
2	202	3.54	1.18	20.188	40.855	
3	416	4.73	1.58	41.557		
1	372	4.97	1.66	37.240		QSHA
2	573	2.91	0.97	57.275	49.096	
3	528	3.35	1.12	52.775		

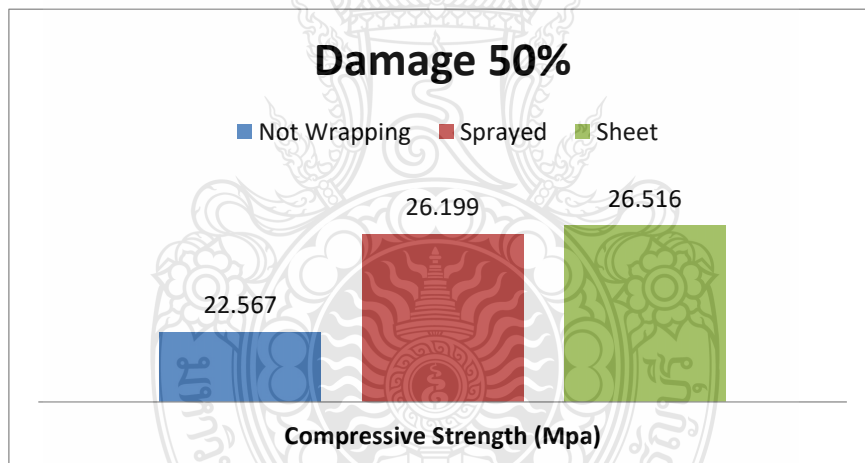


รูปที่ 4.2 ค่าผลการทดสอบแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้เสี้ยนหายร้อยละ 25

เปรียบเทียบค่ากำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสาไม้แรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้เสี้ยนหายร้อยละ 25 พบว่าการเสริมกำลังด้วยวิธีพันเส้นใย (GFRP Sprayed) ได้กำลังรับน้ำหนักสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 40.855 Mpa และการเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้า (GFRP Sheet) ได้กำลังรับแรงอัดสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 49.096 Mpa จะได้ว่า การเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้าได้กำลังรับน้ำหนักสูงกว่าแบบพันเส้นใยที่ร้อยละ 8.241

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการทดสอบแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50

No.	Load (kN)	Contraction (mm)	Strain (%)	Stress (MPa)	ค่าเฉลี่ย Stress (MPa)	รูปแบบการทดสอบชิ้นงาน
1	0	0	0	0		HNOA
2	228	3.76	1.25	22.842	22.567	
3	223	3.46	1.15	22.291		
1	263	4.87	1.62	26.300		HSPA
2	254	7.68	2.56	25.437	26.199	
3	269	6.05	2.02	26.861		
1	0	0	0	0		HSHA
2	256	5.51	1.84	25.616	26.516	
3	274	4.22	1.41	27.417		

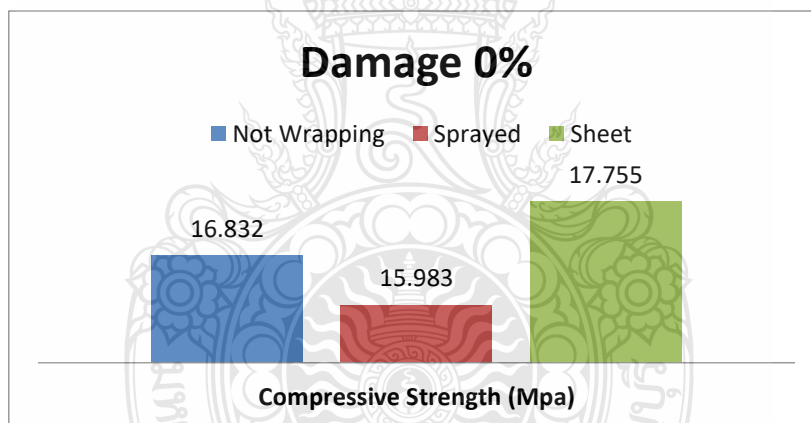


รูปที่ 4.3 ค่าผลการทดสอบแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50

เปรียบเทียบค่ากำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสาไม้แรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 พบว่าการเสริมกำลังด้วยวิธีพันเส้นใย (GFRP Sprayed) ได้กำลังรับน้ำหนักสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 26.199 Mpa และการเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้า (GFRP Sheet) ได้กำลังรับแรงอัดสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 26.516 Mpa จะได้ว่า การเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้าได้กำลังรับน้ำหนักสูงกว่าแบบพันเส้นใยที่ร้อยละ 1.21

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบเชิงศูนย์กลางของเสาไม้ปกติไม่เสียหาย

No.	Load (kN)	Contraction (mm)	Strain (%)	Stress (MPa)	ค่าเฉลี่ย Stress (MPa)	รูปแบบการทดสอบชิ้นงาน
1	153	3.05	1.02	15.345		FNOB
2	164	2.39	0.80	16.353	16.832	
3	188	2.46	0.82	18.800		
1	151	2.79	0.93	15.070		FSPB
2	169	0.74	0.74	16.900	15.985	
3	0	0	0	0		
1	176	3.00	1	17.642		FSHB
2	173	2.50	0.83	17.270	17.755	
3	184	2.40	0.8	18.352		

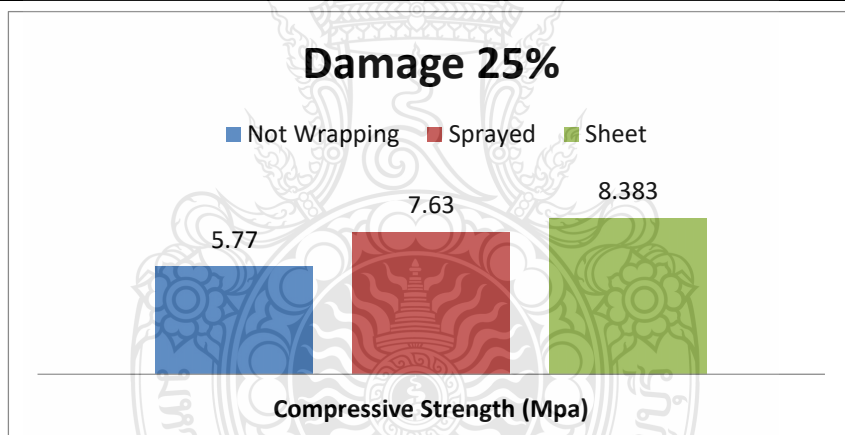


รูปที่ 4.4 ค่าผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบเชิงศูนย์กลางของเสาไม้ปกติไม่เสียหาย

เปรียบเทียบค่ากำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสาไม้แรงอัดแบบเชิงศูนย์กลางของเสาไม้ไม่เสียหาย พบว่าการเสริมกำลังด้วยวิธีพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) ได้กำลังรับน้ำหนักสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 15.983 Mpa และการเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้า (GFRP Sheet) ได้กำลังรับแรงอัดสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 17.755 Mpa จะได้ว่า การเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้าได้กำลังรับน้ำหนักสูงกว่าแบบพ่นเส้นใยที่ร้อยละ 11.086

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดเชิงศูนย์กลางของเสาเหลี่ยมร้อยละ 25

No.	Load (kN)	Contraction (mm)	Strain (%)	Stress (kPa)	ค่าเฉลี่ย Stress (kPa)	รูปแบบการทดสอบชิ้นงาน
1	46	1.43	0.48	4.590		QNOB
2	47	1.64	0.55	4.698	5.770	
3	80	2.85	0.95	8.022		
1	70	1.75	0.58	7.138		QSPB
2	90	1.65	0.55	8.960	7.630	
3	67	1.43	0.48	6.792		
1	96	1.57	0.52	9.590		QSHB
2	78	2.01	0.67	7.779	8.383	
3	78	2.01	0.67	7.779		

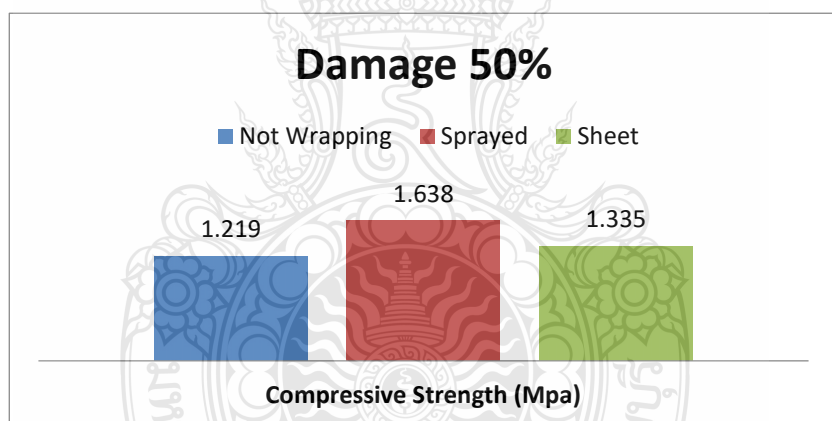


รูปที่ 4.5 ค่าการทดสอบกำลังรับแรงอัดเชิงศูนย์กลางของเสาเหลี่ยมร้อยละ 25

เปรียบเทียบค่ากำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสาไม้แรงแบบเชิงศูนย์กลางของเสาไม้เหลี่ยมร้อยละ 25 พบว่าการเสริมกำลังด้วยวิธีพันเส้นใย (GFRP Sprayed) ได้กำลังรับน้ำหนักสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 7.63 Mpa และการเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้า (GFRP Sheet) ได้กำลังรับแรงอัดสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 8.383 Mpa จะได้ว่าการเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้าได้กำลังรับน้ำหนักสูงกว่าแบบพันเส้นใยที่ร้อยละ 9.868

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดเชิงศูนย์กลางของเสาเหลี่ยมร้อยละ 50

No.	Load (kN)	Contraction (mm)	Strain (%)	Stress (MPa)	ค่าเฉลี่ย Stress (MPa)	รูปแบบการทดสอบชิ้นงาน
1	13	1.28	0.43	1.316		HNOB
2	12	2.61	0.87	1.151	1.219	
3	12	1.61	0.54	1.190		
1	16	3.41	1.14	1.632		HSPB
2	19	2.92	0.97	1.948	1.638	
3	13	3.93	1.31	1.336		
1	13	8.77	1.35	1.310		HSHB
2	14	3.98	0.55	1.360	1.335	
3	0	0	0	0		



รูปที่ 4.6 ค่าการทดสอบกำลังรับแรงอัดเชิงศูนย์กลางของเสาเหลี่ยมร้อยละ 50

เปรียบเทียบค่ากำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสาไม่แรงแบบเชิงศูนย์กลางของเสาไม่เหลี่ยมร้อยละ 50 พบว่าการเสริมกำลังด้วยวิธีพันเส้นใย (GFRP Sprayed) ได้กำลังรับน้ำหนักสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 1.638 Mpa และการเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้า (GFRP Sheet) ได้กำลังรับแรงอัดสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 1.335 Mpa จะได้ว่า การเสริมกำลังด้วยวิธีพันเส้นใยได้กำลังรับน้ำหนักสูงกว่าแบบพันแผ่นผ้าที่ร้อยละ 22.696

4.2.2 ความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดสูงสุดของเสาไม้

จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดสูงสุดของเสาไม้แล้วนั้น สามารถสรุปความสัมพันธ์ผลการทดสอบระหว่างค่าความเค้น (Stress) และค่าความเครียด (Strain) นำมาพิจารณาหาค่าความสามารถรับกำลังในรูปแบบของค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity หรือ E) จากสมการดังนี้

$$\text{โมดูลัสยืดหยุ่น (E)} = [\text{ค่าความเค้น } (\sigma) / \text{ค่าความเครียด } (\epsilon)]$$

โดยได้นำผลทดสอบที่ได้สรุปความสัมพันธ์เปรียบเทียบให้ทราบความแตกต่างโดยเฉพาะค่า E ที่เกิดขึ้นระหว่างการเสริมกำลังเสาไม้ด้วยกลาสไฟเบอร์แบบพ่นเส้นใยกับการเสริมกำลังเสาไม้ด้วยแผ่นผ้า ซึ่งข้อมูลจะถูกแบ่งเป็นกลุ่ม ได้จำนวน 6 กลุ่ม มีผลแสดงให้ทราบตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.11 แสดงค่ากลุ่มที่ 1 ความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียดของเสาไม้ปกติไม่เสียหายที่ทดสอบแรงอัดตามแนวแกน

ประเภทของตัวอย่างทดสอบ	ค่าความเครียดเฉลี่ย	ค่าความเค้นเฉลี่ย (Mpa)	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (E)
เสาไม้ปกติ	1.73	68.157	39.397
เสาไม้เสริมกำลัง GFRP Sprayed	1.36	76.78	56.456
เสาไม้เสริมกำลัง GFRP Sheet	1.93	65.793	34.090

ตารางที่ 4.12 แสดงค่ากลุ่มที่ 2 ความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียดของเสาไม้เสี้ยนหายร้อยละ 25 ที่ทดสอบแรงอัดตามแนวแกน

ประเภทของตัวอย่างทดสอบ	ค่าความเครียด เฉลี่ย	ค่าความเค้นเฉลี่ย (Mpa)	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น(€)
เสาไม้ปกติ	1.10	31.941	29.037
เสาไม้เสริมกำลัง GFRP Sprayed	1.43	40.855	28.570
เสาไม้เสริมกำลัง GFRP Sheet	1.25	49.096	39.277

ตารางที่ 4.13 แสดงค่ากลุ่มที่ 3 ความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียดของเสาไม้เสี้ยนหายร้อยละ 50 ที่ทดสอบแรงอัดตามแนวแกน

ประเภทของตัวอย่างทดสอบ	ค่าความเครียด เฉลี่ย	ค่าความเค้นเฉลี่ย (Mpa)	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น(€)
เสาไม้ปกติ	1.20	22.567	18.806
เสาไม้เสริมกำลัง GFRP Sprayed	2.07	26.199	12.657
เสาไม้เสริมกำลัง GFRP Sheet	1.62	26.516	16.368

ตารางที่ 4.14 แสดงค่ากลุ่มที่ 4 ความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียดของเสาไม้ปกติไม่เสียหายที่ทดสอบแรงอัดเชิงศูนย์กลางเสา

ประเภทของตัวอย่างทดสอบ	ค่าความเครียดเฉลี่ย	ค่าความเค้นเฉลี่ย (Mpa)	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น(€)
เสาไม้ปกติ	0.88	16.832	19.127
เสาไม้เสริมกำลัง GFRP Sprayed	0.83	15.985	19.259
เสาไม้เสริมกำลัง GFRP Sheet	0.88	17.755	20.176

ตารางที่ 4.15 แสดงค่ากลุ่มที่ 5 ความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 ที่ทดสอบแรงอัดเชิงศูนย์กลางเสา

ประเภทของตัวอย่างทดสอบ	ค่าความเครียดเฉลี่ย	ค่าความเค้นเฉลี่ย (Mpa)	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น(€)
เสาไม้ปกติ	0.66	5.770	8.742
เสาไม้เสริมกำลัง GFRP Sprayed	0.54	7.630	14.130
เสาไม้เสริมกำลัง GFRP Sheet	0.62	8.383	13.521

ตารางที่ 4.16 แสดงค่ากลุ่มที่ 6 ความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียดของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 ที่ทดสอบแรงอัดเชิงศูนย์กลางเสา

ประเภทของตัวอย่างทดสอบ	ค่าความเครียด เฉลี่ย	ค่าความเค้นเฉลี่ย (Mpa)	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น(E)
เสาไม้ปกติ	0.61	1.219	1,998
เสาไม้เสริมกำลัง GFRP Sprayed	1.14	1.638	1,437
เสาไม้เสริมกำลัง GFRP Sheet	0.95	1.335	1,413

4.2.3 จากผลการพิจารณาค่าโมดูลัส (E) มีผลสรุป ดังนี้

ส่วนที่ 1

เสาไม้รับแรงอัดตามแนวแกนเสาไม้ปกติไม่เสียหาย พบว่าการเสริมกำลังด้วยวิธีพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) ได้ค่า (E) โดยเฉลี่ยที่ 56.456 Mpa และการเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้า (GFRP Sheet) ได้ค่า (E) โดยเฉลี่ยที่ 34.090 Mpa จะได้ว่าความแข็งแรงของเสาไม้ด้วยวิธีพ่นเส้นใยได้สูงกว่าแบบพันแผ่นผ้าที่ร้อยละ 65.601 ดังตารางที่ 4.11

ส่วนที่ 2

เสาไม้รับแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 พบว่าการเสริมกำลังด้วยวิธีพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) ได้ค่า (E) โดยเฉลี่ยที่ 28.570 Mpa และการเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้า (GFRP Sheet) ได้ค่า (E) โดยเฉลี่ยที่ 39.277 Mpa จะได้ว่าความแข็งแรงของเสาไม้ด้วยวิธีพันแผ่นผ้าได้สูงกว่าแบบพ่นเส้นใยที่ร้อยละ 37.476 ดังตารางที่ 4.12

ส่วนที่ 3

เสาไม้รับแรงอัดตามแนวแกนของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 พบว่าการเสริมกำลังด้วยวิธีพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) ได้ค่า (E) โดยเฉลี่ยที่ 12.657 Mpa และการเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้า (GFRP Sheet) ได้ค่า (E) โดยเฉลี่ยที่ 16.368 Mpa จะได้ว่าความแข็งแรงของเสาไม้ด้วยวิธีพันแผ่นผ้าได้สูงกว่าแบบพ่นเส้นใยที่ร้อยละ 29.319 ดังตารางที่ 4.13

ส่วนที่ 4

เสาไม้แรงอัดแบบเยื้องศูนย์กลางของเสาไม้ไม่เสียหาย พบว่าการเสริมกำลังด้วยวิธีพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) ได้ค่า (E) โดยเฉลี่ยที่ 19.259 Mpa และการเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้า (GFRP Sheet) ได้ค่า (E) โดยเฉลี่ยที่ 20.179 Mpa จะได้ว่าความแข็งแรงของเสาไม้ด้วยวิธีพันแผ่นผ้าได้กว่าแบบพ่นเส้นใยที่ร้อยละ 4.776 ดังตารางที่ 4.14

ส่วนที่ 5

เสาไม้แรงแบบเยื้องศูนย์กลางของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 พบว่าการเสริมกำลังด้วยวิธีพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) ได้ค่า (E) โดยเฉลี่ยที่ 14.130 Mpa และการเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้า (GFRP Sheet) ได้ค่า (E) โดยเฉลี่ยที่ 13.521 Mpa จะได้ว่าความแข็งแรงของเสาไม้ด้วยวิธีพ่นเส้นใยได้สูงกว่าแบบพันแผ่นผ้าที่ร้อยละ 4.504 ดังตารางที่ 4.15

ส่วนที่ 6

เสาไม้แรงแบบเยื้องศูนย์กลางของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 พบว่าการเสริมกำลังด้วยวิธีพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) ได้ค่า (E) โดยเฉลี่ยที่ 1.437 Mpa และการเสริมกำลังด้วยวิธีพันแผ่นผ้า (GFRP Sheet) ได้ค่า (E) โดยเฉลี่ยที่ 1.413 Mpa จะได้ว่าความแข็งแรงของเสาไม้ด้วยวิธีพ่นเส้นใยได้สูงกว่าแบบพันแผ่นผ้าที่ร้อยละ 1.698 ดังตารางที่ 4.16

4.3 รูปแบบการวิบัติของเสาไม้

เมื่อได้ทำการทดสอบเสาไม้ตัวอย่างเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ได้ทำการบันทึกวิเคราะห์ความเสียหายและลักษณะการวิบัติพร้อมทั้งเขียนภาพรอยแตกของไม้ตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

4.3.1 รูปแบบการวิบัติของเสาไม้สมบูรณ์ปกติยังไม่มีเสริมกำลังกลาสไฟเบอร์ ให้แรงกดตามแนวแกน เสาไม้ในรูปแบบดังกล่าว มีการวิบัติเป็นรอยแตกแบบแรงเฉือน (Shearing) โดยที่การแตกหักจะชัดเจนบริเวณกึ่งกลางเสา ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การวิบัติของเสาไม้สมบูรณ์ ไม่มีการเสริมแรงแบบกดตามแนวแกน

4.3.2 รูปแบบการวิบัติของเสาไม้ที่เสียหายร้อยละ 25 ยังไม่มีการเสริมกำลังกลาสไฟเบอร์ ให้กคตามแนวแกน เสาไม้ในรูปแบบดังกล่าว มีการวิบัติเป็นรอยแตกแบบแรงเฉือน (Shearing) โดยที่ การแตกหักจะชัดเจนบริเวณกึ่งกลางเสา ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การวิบัติของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 ไม่มีการเสริมแรงกคตามแนวแกน

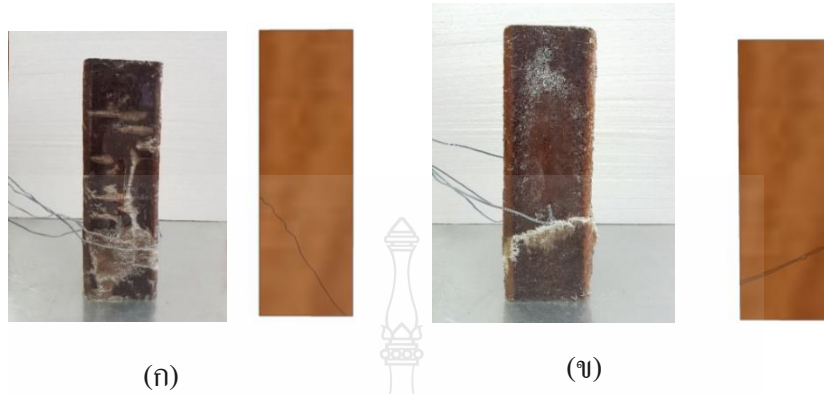
4.3.3 รูปแบบการวิบัติของเสาไม้ที่เสียหายร้อยละ 50 ยังไม่มีการเสริมกำลังกลาสไฟเบอร์ ให้กคตามแนวแกน เสาไม้รูปแบบดังกล่าว มีการวิบัติเป็นรอยแตกแบบบดขยี้ (Crushing) โดยมีการ วิบัติช่วงปลายด้านล่างของเสา ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การวิบัติของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 ไม่มีการเสริมแรงกคตามแนวแกน

4.3.4 รูปแบบการวิบัติของเสาไม้สมบูรณ์ มีการเสริมกำลังกลาสไฟเบอร์ ให้กคตาม แนวแกน เสาไม้รูปแบบดังกล่าว มีการวิบัติเป็นรอยแตกแบบ แรงเฉือน (Shearing) ทั้งการเสริมกำลัง

แบบพ่นเส้นใยและแบบพ่นแผ่นผ้า โดยที่การแตกหักจะชัดเจนช่วงบริเวณกึ่งกลางเสาจนถึงบริเวณด้านล่างปลายเสาไม้ ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 (ก) การวิบัติของเสาไม้สมบูรณ์ มีการเสริมกำลังแบบพ่น กดตามแนวแกน
(ข) การวิบัติของเสาไม้สมบูรณ์ มีการเสริมกำลังแบบพ่น กดตามแนวแกน

4.3.5 รูปแบบการวิบัติของเสาไม้ที่เสียหายร้อยละ 25 มีการเสริมกำลังกลาสไฟเบอร์ ให้กดตามแนวแกน เสาไม้รูปแบบดังกล่าว มีการวิบัติเป็นรอยแตกแบบแรงเฉือน (Shearing) ทั้งการเสริมกำลังแบบพ่นเส้นใย และแบบพ่นแผ่นผ้า โดยที่การแตกหักจะชัดเจนช่วงบริเวณกึ่งกลางเสาเป็นแนวยาวจากบนถึงโคนของเสาไม้ ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 11 (ก) การวิบัติของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 มีการเสริมกำลังแบบพ่น กดตามแนวแกน
(ข) การวิบัติของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 มีการเสริมกำลังแบบพ่น กดตามแนวแกน

4.3.6 รูปแบบการวิบัติของเสาไม้ที่เสียหายร้อยละ 50 มีการเสริมกำลังกลาสไฟเบอร์ ให้กดตามแนวแกน เสาไม้รูปแบบดังกล่าว มีการวิบัติเป็นรอยแตกแบบแรงเฉือน (Shearing) ทั้งการเสริมกำลังแบบพันเส้นใย และแบบพันแผ่นผ้า โดยที่การแตกหักจะชัดเจนช่วงบริเวณกึ่งกลางเสาเป็นแนวยาว ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 (ก) การวิบัติของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 มีการเสริมกำลังแบบพัน กดตามแนวแกน
 (ข) การวิบัติของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 มีการเสริมกำลังแบบพัน กดตามแนวแกน

4.3.7 รูปแบบการวิบัติของเสาไม้สมบูรณ์ยังไม่มีมีการเสริมกำลังกลาสไฟเบอร์ ให้กดเฉียง ศูนย์กลาง เสาไม้รูปแบบดังกล่าว มีการวิบัติเป็นรอยแตกแบบแรงเฉือน (Shearing) โดยที่การแตกหักจะชัดเจนบริเวณกึ่งกลางถึงช่วงบนของเสาไม้ ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 การวิบัติของเสาไม้สมบูรณ์ ยังไม่มีมีการเสริมแรงกดเฉียงศูนย์

4.3.8 รูปแบบการวิบัติของเสาไม้ที่เสียหายร้อยละ 25 ยังไม่มีการเสริมกำลังกลาสไฟเบอร์ให้กคเฉียงศูนย์กลาง เสาไม้รูปแบบดังกล่าว มีการวิบัติเป็นรอยแตกแบบฉีกปลาย (Splitting) เกิดขึ้นเนื่องจากการทำให้ไม้เกิดความเสียหายก่อนการทดสอบ ดังรูปที่ 4.14



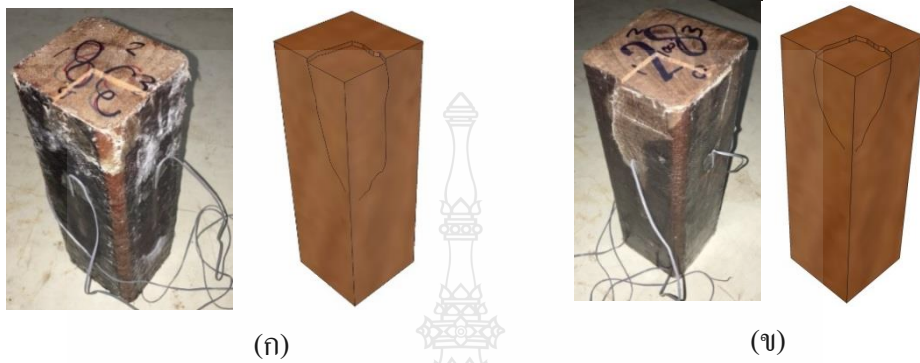
รูปที่ 4.14 การวิบัติของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 ไม่มีการเสริมแรงกคเฉียงศูนย์กลาง

4.3.9 รูปแบบการวิบัติของเสาไม้ที่เสียหายร้อยละ 50 ยังไม่มีการเสริมกำลังกลาสไฟเบอร์ให้กคเฉียงศูนย์กลาง เสาไม้รูปแบบดังกล่าว มีการวิบัติเป็นรอยแตกแบบฉีกปลาย (Splitting) เกิดขึ้นเนื่องจากการทำให้ไม้เกิดความเสียหายก่อนการทดสอบ ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 การวิบัติของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 ไม่มีการเสริมแรงกคเฉียงศูนย์กลาง

4.3.10 รูปแบบการวิบัติของเสาไม้สมบูรณ์ปกติ มีการเสริมกำลังกลาสไฟเบอร์ ให้กดเฉียง ศูนย์กลาง เสาไม้รูปแบบดังกล่าว มีการวิบัติเป็นรอยแตกแบบแรงเฉือน (Shearing) ทั้งการเสริมกำลังแบบพันเส้นใย และแบบพันแผ่นผ้า โดยที่การแตกหักจะชัดเจนช่วงบริเวณกึ่งกลางเสาจนถึงบริเวณด้านล่าง โคนเสาไม้ ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 (ก) การวิบัติของเสาไม้สมบูรณ์ มีการเสริมกำลังแบบพัน กดเฉียงศูนย์
(ข) การวิบัติของเสาไม้สมบูรณ์ มีการเสริมกำลังแบบพัน กดเฉียงศูนย์

4.3.11 รูปแบบการวิบัติของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 มีการเสริมกำลัง กดเฉียงศูนย์ เสาไม้รูปแบบดังกล่าว มีการวิบัติเป็นรอยแตกแบบฉีกปลาย (Splitting) เกิดขึ้นเนื่องจากการทำให้ไม่เกิดความเสียหายก่อนการทดสอบ ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 (ก) การวิบัติของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 มีการเสริมกำลังแบบพัน กดเฉียงศูนย์
(ข) การวิบัติของเสาไม้เสียหายร้อยละ 25 มีการเสริมกำลังแบบพัน กดเฉียงศูนย์

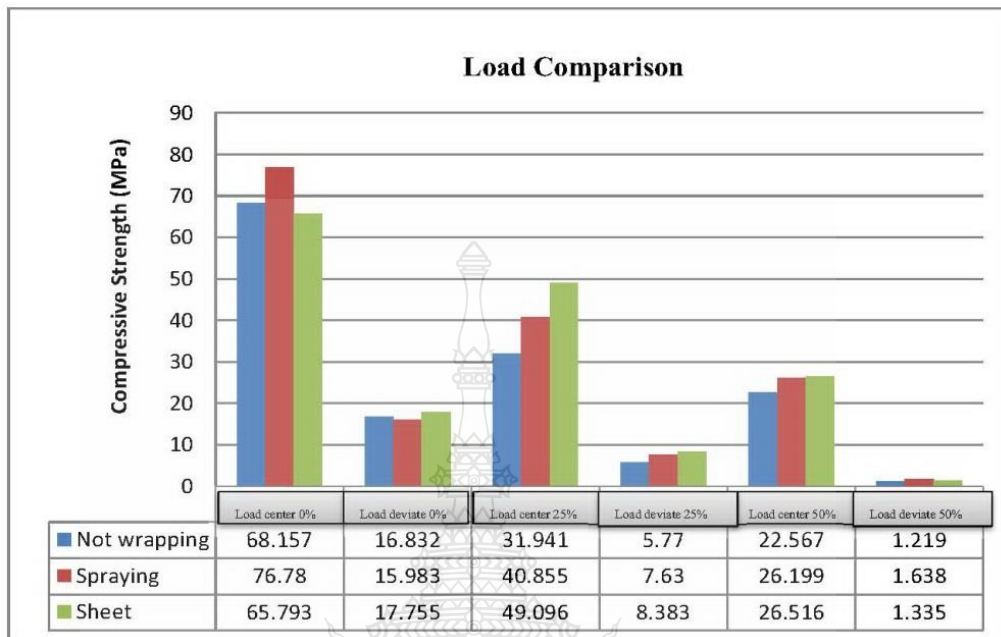
4.3.12 รูปแบบการวิบัติของเสาไม้ที่เสียหายร้อยละ 50 มีการเสริมกำลังกลาสไฟเบอร์ ให้ กดเยื้องศูนย์กลาง เสาไม้รูปแบบดังกล่าว มีการวิบัติเป็นรอยแตกแบบฉีกปลาย (Splitting) เกิดขึ้น เนื่องจากการทำให้ไม่เกิดความเสียหายก่อนการทดสอบ ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 (ก) การวิบัติของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 มีการเสริมกำลังแบบพัน กดเยื้องศูนย์กลาง
(ข) การวิบัติของเสาไม้เสียหายร้อยละ 50 มีการเสริมกำลังแบบพัน กดเยื้องศูนย์กลาง

4.3.13 วิเคราะห์การวิบัติของเสาไม้

จากผลการทดสอบพบว่า รูปแบบการวิบัติของเสาไม้ตามรูปที่ 4.19 มีรูปแบบที่ไม่ต่างกันมากนัก ไม่ว่าจะแบบเสาไม้ที่เสริมกำลังกลาสไฟเบอร์และเสาไม้ที่ไม่เสริมกำลังกลาสไฟเบอร์ โดยรูปแบบการวิบัติที่พบมากที่สุดคือ แบบแรงเฉือน (Shearing) รองลงมาคือแบบฉีกปลาย (Splitting) และแบบบดขยี้ (Crushing) ตามลำดับ โดยสิ่งที่น่าสนใจมีประเด็นเรื่องการวิบัติที่รวดเร็วมากในกรณีที่เป็นลักษณะแบบทำการทดสอบให้กำลังแรงกดเยื้องศูนย์กลาง โดยเฉพาะใน ส่วนของตัวอย่างของเสาไม้ที่มีความเสียหาย ร้อยละ 25 และร้อยละ 50 คือเมื่อเสาไม้เมื่อได้รับแรงกด เสาจะเสียหายวิบัติทันที โดยที่วัสดุเสริมกำลังไม่มีความสามารถในการรับแรงอัด เนื่องจากลักษณะของกลาสไฟเบอร์ที่ Wrapping ใวนั้นมีความบางมาก จึงเสียรูปเป็นลักษณะแบบขุ่นและยุบตัวลง พฤติกรรมความเสียหายหรือความสามารถในการเสริมกำลังจากวัสดุกลาสไฟเบอร์แบบพันแผ่นผ้า ทั้ง เสาแบบสภาพปกติและแบบที่มีความเสียหายบางส่วน มีประสิทธิภาพดีที่สุด



รูปที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุด



บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาทดสอบกำลังรับแรงอัดของเสาไม้ที่เสริมกำลังด้วยเส้นใยกลาสไฟเบอร์ โดยแบ่งการสรุปผลออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ ก. ลักษณะแรงกดทดสอบ จัดแบ่งเป็นกลุ่มที่ ก.1 ทดสอบแบบกดให้แรงกระทำตามแนวแกน และกลุ่มที่ ก.2 ทดสอบแบบกดให้แรงกระทำเอียงศูนย์กลาง มีผลสรุปดังนี้

กลุ่มที่ ก.1 (กำลังอัดตามแนวแกน)

การเสริมกำลังเสาไม้ด้วยวิธีพันเส้นใยกลาสไฟเบอร์และวิธีพันแผ่นผ้ากลาสไฟเบอร์จะได้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของวัสดุ (E) ที่ร้อยละ 31.236 และ เมื่อเปรียบเทียบกับเสาไม้ที่ได้ทำการเสริมกำลังด้วยกลาสไฟเบอร์ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของวัสดุ (E) ที่ร้อยละ 29.08 เพราะฉะนั้น การนำวัสดุกลาสไฟเบอร์มาทำการเสริมกำลังเสาไม้นั้นสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพ โดยมีความสามารถของความแข็งแรงเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 7.41

กลุ่มที่ ก.2 (กำลังอัดแนวเอียงศูนย์กลาง)

การเสริมกำลังเสาไม้ด้วยวิธีพันเส้นใยกลาสไฟเบอร์และวิธีพันแผ่นผ้ากลาสไฟเบอร์จะได้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของวัสดุ (E) ที่ร้อยละ 11.656 และ เมื่อเปรียบเทียบกับเสาไม้ที่ได้ทำการเสริมกำลังด้วยกลาสไฟเบอร์ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของวัสดุ (E) ที่ร้อยละ 9.955 เพราะฉะนั้น การนำวัสดุกลาสไฟเบอร์มาทำการเสริมกำลังเสาไม้นั้น สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพ โดยมีความสามารถของความแข็งแรงเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 17.086

ประเภทที่ ข. ลักษณะกายภาพของเสาไม้ จัดแบ่งเป็นกลุ่มที่ ข.1 เสาไม้สภาพสมบูรณ์ปกติ และกลุ่มที่ ข.2 เสาไม้สภาพมีความเสียหาย มีผลสรุปดังนี้

กลุ่มที่ ข1 (เสาไม้สภาพสมบูรณ์ปกติ)

การเสริมกำลังเสาไม้สมบูรณ์ปกติด้วยวิธีพันเส้นใยกลาสไฟเบอร์และวิธีพันแผ่นผ้ากลาสไฟเบอร์จะได้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของวัสดุ (E) ที่ร้อยละ 32.495 และ เมื่อเปรียบเทียบกับเสาไม้ปกติที่ไม่เสริมกำลัง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของวัสดุ (E) ที่ร้อยละ 29.262 เพราะฉะนั้น การนำวัสดุกลาสไฟเบอร์มาทำการเสริมกำลังเสาไม้แบบสมบูรณ์ปกตินั้น สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี

ประสิทธิภาพทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมาก โดยมีความสามารถของความแข็งแรงเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 11.048

กลุ่มที่ ข.2 (เสาไม้สภาพเสียหาย)

การเสริมกำลังเสาไม้มีสภาพเสียหายด้วยวิธีพันเส้นใยกลาสไฟเบอร์และวิธีพันแผ่นผ้า กลาสไฟเบอร์จะได้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของวัสดุ (E) ที่ร้อยละ 15.92 และ เมื่อเปรียบเทียบกับเสา ไม้ที่มีความเสียหายโดยไม่เสริมกำลัง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของวัสดุ (E) ที่ร้อยละ 14.645 เพราะฉะนั้น การนำวัสดุกลาสไฟเบอร์มาทำการเสริมกำลังเสาไม้ที่มีความเสียหายนั้น สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นได้ โดยมีความสามารถของความแข็งแรง เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 8.706

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาทดสอบกำลังรับแรงอัดของเสาไม้ที่เสริมกำลังด้วยเส้นใยกลาสไฟเบอร์นี้ ผู้วิจัยได้พบว่า ในการซ่อมเสริมกำลังของเสาไม้ที่เป็นแบบสมบูรณ์ปกตินั้นจะได้ประสิทธิภาพ เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก แต่ในส่วนของเสาไม้ที่มีความเสียหายนั้น ผลลัพธ์ของประสิทธิภาพยังมีปริมาณ ที่ไม่มากนัก สิ่งนี้อาจมาจากที่วิธีการทำตัวอย่างทดสอบของผู้วิจัยในการซ่อมสภาพความเสียหาย ของเสาไม้ด้วยซีเมนต์กับกาวลาเท็กซ์นั้นอาจไม่เหมาะสมกับการใช้งาน ผู้วิจัยจึงเสนอว่าหากมีการ ทดสอบในงานต่อๆไปนั้น ควรพิจารณาหาวิธีการซ่อมคืนสภาพเสาไม้ให้มีสภาพที่ใกล้เคียงกับการใช้ งานจริงเพื่อที่เมื่อเสริมกำลังแล้วจะได้ค่าผลการทดสอบที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

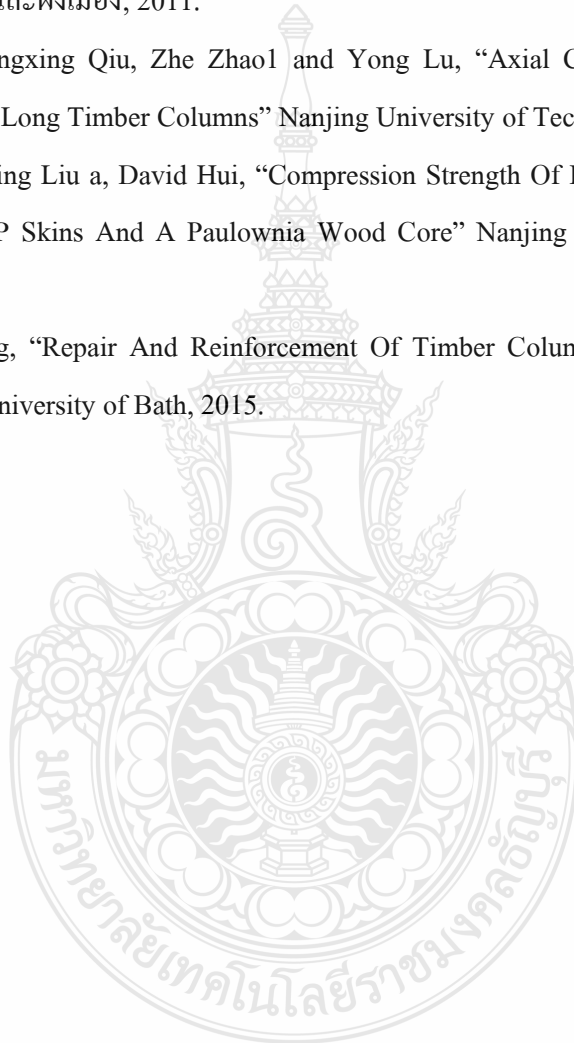
อีกประเด็นหนึ่งในการเสนอแนะ สำหรับการซ่อมแซมเสริมกำลังของเสาไม้ด้วยวิธี GFRP Wrapping นั้น ควรพิจารณาปรับเพิ่มขึ้นความหนาของวัสดุกลาสไฟเบอร์และปริมาณของเรซินที่ใช้ เคลือบทับให้มีความหนาที่เพิ่มขึ้นและแตกต่างกันไป ซึ่งอาจทำให้ทราบถึงปริมาณที่เหมาะสมในการ นำวัสดุกลาสไฟเบอร์ที่จะนำมาใช้ได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] นายพงษ์พิชญ์ สุวรรณศรี, การศึกษาวิธีการบูรณะอาคาร โบราณสถาน : กรณีศึกษา อาคารประวัติศาสตร์สมัยรัตนโกสินทร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555
- [2] Jerzy Jasienko , Tomasz Nowak, “Strengthening of Bent Timber Beams in Historical Object” Wroclaw University of Technology, 2007.
- [3] Jobin Jacob, Olga Lucia , GarzonBarragan, “Flexural Strengthening of Glued Laminated Timber Beams with Steel and Carbon Fiber Reinforced Polymers” Chalmers University of Technology, 2007.
- [4] จ่านง พงษ์วัน ,จักรพล นาจวง , สุชาติ ลี้มกตัญญู และกิตติศักดิ์ ชันติยวิชัย, “จุดเหมาะสมของการเสริมกำลังคานคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวัสดุคอมโพสิต” งานวิจัยในการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 16, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี กับมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2007.
- [5] James F. Brady และ Annette M. Harte, “Prestressed FRP Flexural Strengthening of Softwood Glue – Laminated Timber Beams” National University of Ireland, Galway (NUIG).2007.
- [6] รศ.ดร.สุชาติ ลี้มกตัญญู และ ผศ.ดร.วรพจน์ ประชาเสรี, “การประเมินประสิทธิภาพของไม้พาราประสานซึ่งเสริมแรงด้วยแผ่นเสริมแรงไฟเบอร์” มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2012.
- [7] A. Yusof and A.L. Saleh, “Flexural Strengthening of Timber Beams Using Glass Fiber Reinforced Polymer” UniversitiTeknologi Malaysia (UTM).2009
- [8] กองทัพเรือ, “การสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.navy.mi.th/>, [สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2556]

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [9]วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ. 2556. “การสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.tatc.ac.th/>, [สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2556]
- [10]กรมโยธาธิการและผังเมือง, “มาตรฐานการทดสอบไม้” สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคารกรมโยธาธิการและผังเมือง, 2011.
- [11]Hongmin Li, Hongxing Qiu, Zhe Zhao and Yong Lu, “Axial Compression Behaviour Of Retrofitted Long Timber Columns” Nanjing University of Technology, 2017.
- [12]Lu Wanga, Weiqing Liu a, David Hui, “Compression Strength Of Hollow Sandwich Columns With GFRP Skins And A Paulownia Wood Core” Nanjing University of Technology, 2013.
- [13]Wen-Shao Chang, “Repair And Reinforcement Of Timber Columns And Shear Walls – A Review” University of Bath, 2015.





ภาคผนวก ก.

ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด แรงดึงของไม้และแรงดึง

วัสดุกลาสไฟเบอร์

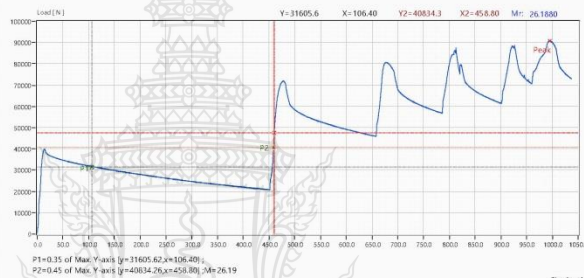


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนเฉลิมพระราม ๖, ธัญบุรี กรุงเทพมหานคร 12110

Testing Report

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1.Customer : โยธา | 9.Specimen : timber |
| 2.Operator : lucky | 10.Spec.Length : 50.00mm |
| 3.Lot No. : 0001 แผลงัดจากชิ้น | 11.Spec.WxT : 50.00x50.00mm |
| 4.Date : 2018/2/5 | 12.Spec.Area : 2500.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 329.31J |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 692.462MPa |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw :50.00mm |
| 8.Speed :Single Speed V1= 0.30mm/min, | 16.FileName: C:\compression\System@test-1.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 56.11 mm,Strain=12.21% |

	Load(N)	Compress(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	90848	6.01	36.34	12.03
Break	72986	6.11	29.19	12.21
Yield _{0.2s}	47560	2.28	19.02	4.57

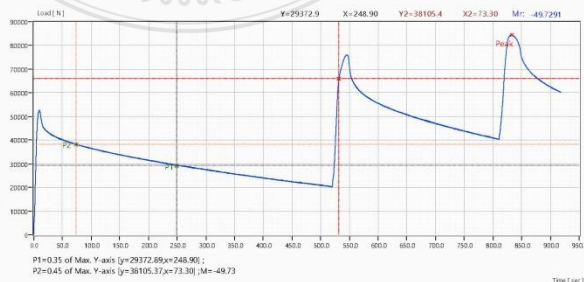


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนเฉลิมพระราม ๖, ธัญบุรี กรุงเทพมหานคร 12110

Testing Report

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1.Customer : โยธา | 9.Specimen : timber |
| 2.Operator : lucky | 10.Spec.Length : 50.00mm |
| 3.Lot No. : 0002 แผลงัดจากชิ้น | 11.Spec.WxT : 50.00x50.00mm |
| 4.Date : 2018/2/5 | 12.Spec.Area : 2500.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 294.751J |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 587.856MPa |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw :50.00mm |
| 8.Speed :Single Speed V1= 0.30mm/min, | 16.FileName: C:\compression\System@test-2.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 55.54 mm,Strain=11.08% |

	Load(N)	Compress(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	84497	5.22	33.80	10.44
Break	60234	5.54	24.09	11.08
Yield _{0.2s}	66051	2.95	26.42	5.90

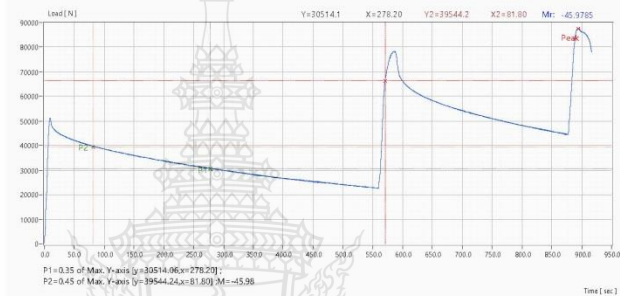


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนวิภาวดีรังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
2.Operator : lucky
3.Lot No. : 0003 แนวตั้งฉากเคียน
4.Date : 2018/2/5
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed :Single Speed V1= 0.30mm/min,
9.Specimen : timber
10.Spec.Length : 50.00mm
11.Spec. WxT : 50.00x50.00mm
12.Spec.Area : 2500.0000mm²
13.Total Energy: 311.217J
14.Young's Modu. : 607.611MPa
15.Jaw-Jaw :50.00mm
16.Filename: C:\compression\System\@test-3.tst
17.Spec.Length of Break : 56.03 mm,Strain= 12.05%

	Load(N)	Compress(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	87672	5.44	35.07	10.88
Break	78245	6.03	31.30	12.05
Yield _{0.2s}	66187	3.25	26.47	6.50



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนวิภาวดีรังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
2.Operator : lucky
3.Lot No. : 0004 แนวทแยงเคียน
4.Date : 2018/2/5
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : timber
10.Spec.Length : 200.00mm
11.Spec. WxT : 50.00x50.00mm
12.Spec.Area : 2500.0000mm²
13.Total Energy: 415.901J
14.Young's Modu. : 4641.211MPa
15.Jaw-Jaw :200.00mm
16.Filename: C:\compression\System\@test-4.tst
17.Spec.Length of Break : 204.60 mm,Strain=2.30%

	Load(N)	Compress(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	150685	3.90	60.27	1.95
Break	97595	4.60	39.04	2.30
Yield _{0.2s}	30137	0.78	12.05	0.39

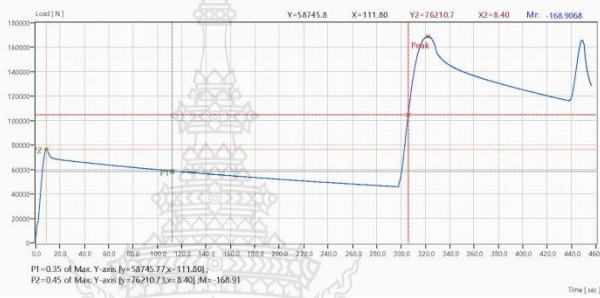


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1.Customer : โยธา | 9.Specimen : timber |
| 2.Operator : lucky | 10.Spec.Length : 200.00mm |
| 3.Lot No. : 0005 แก้วชานาเอ็นเอ็น | 11.Spec.WxT : 50.00x50.00mm |
| 4.Date : 2018/2/5 | 12.Spec.Area : 2500.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 515.587J |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 4527.578MPa |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw :200.00mm |
| 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min, | 16.FileName: C:\compression(System)\@test-5.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 205.37 mm,Strain=2.68% |

	Load(N)	Compress(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	168894	4.21	67.56	2.10
Break	128854	5.37	51.54	2.68
Yield _{0.2s}	105007	2.68	42.00	1.34



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1.Customer : โยธา | 9.Specimen : timber |
| 2.Operator : lucky | 10.Spec.Length : 200.00mm |
| 3.Lot No. : 0006 แก้วชานาเอ็นเอ็น | 11.Spec.WxT : 50.00x50.00mm |
| 4.Date : 2018/2/5 | 12.Spec.Area : 2500.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 439.526J |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 4595.174MPa |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw :200.00mm |
| 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min, | 16.FileName: C:\compression(System)\@test-6.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 204.88 mm,Strain=2.44% |

	Load(N)	Compress(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	151330	4.30	60.53	2.15
Break	75615	4.88	30.25	2.44
Yield _{0.2s}	30266	0.86	12.11	0.43

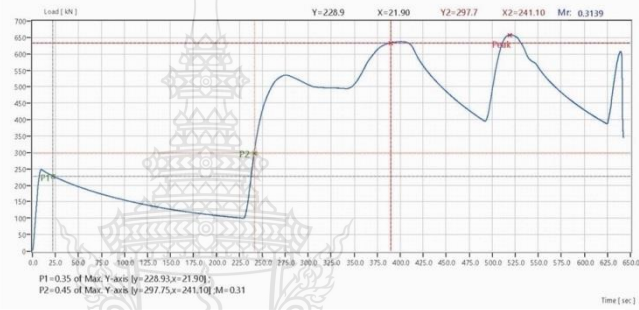


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนพหลโยธิน-นวมินทร์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : ใสธา 2.Operator : Lucky 3.Lot No. : ไส้สมุทร No55 4.Date : 2017/12/22 5.Temperature: 25 6.Test Style : 2. Compression 7.Standard : astm 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,	9.Specimen : wood 10.Spec.Length : 300.00mm 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm 12.Spec.Area : 10000.0000mm ² 13.Total Energy: 3140.4693 14.Young's Modu. : 484075.170N/cm ² 15.Jaw-Jaw : 300.00mm 16.FileName: C:\compression\System\@test-5.tst 17.Spec.Length of Break : 307.39 mm,Strain=2.46%
--	---

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	658	5.80	6579.39	1.93
Break	348	7.39	3476.49	2.46
Yield _{0.5}	634	4.64	6340.34	1.55

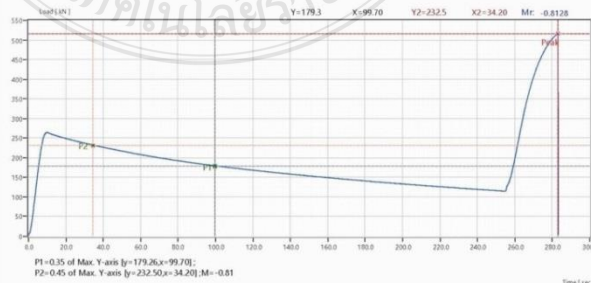


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนพหลโยธิน-นวมินทร์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : ใสธา 2.Operator : Lucky 3.Lot No. : ไส้สมุทร No 56 4.Date : 2017/12/22 5.Temperature: 25 6.Test Style : 2. Compression 7.Standard : astm 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,	9.Specimen : wood 10.Spec.Length : 300.00mm 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm 12.Spec.Area : 10000.0000mm ² 13.Total Energy: 860.1273 14.Young's Modu. : 562550.356N/cm ² 15.Jaw-Jaw : 300.00mm 16.FileName: C:\compression\System\@test-7.tst 17.Spec.Length of Break : 303.74 mm,Strain=1.25%
---	--

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	515	3.74	5152.97	1.25
Break	515	3.74	5151.88	1.25
Yield _{0.5}	515	3.74	5152.97	1.25

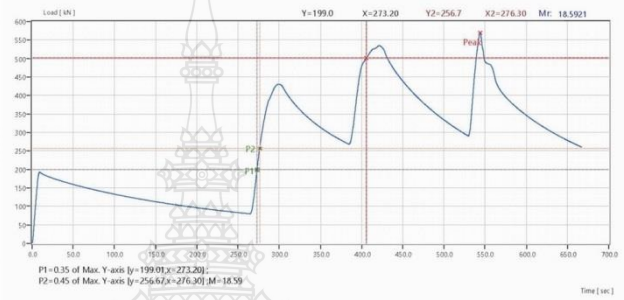


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ถ.วิภาวดี-รังสิต นนทบุรี จ.นนทบุรี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
 2.Operator : Lucky
 3.Lot No. : โธธานนท์ No65
 4.Date : 2017/12/22
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2, Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : wood
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy: 2281.093J
 14.Young's Modu. : 496947.504N/cm²
 15.Jaw-Jaw : 300.00mm
 16.FileName: C:\compression\System\@test-6.tst
 17.Spec.Length of Break : 306.83 mm,Strain=2.28%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	570	5.79	5699.23	1.93
Break	260	6.83	2604.77	2.28
YieldYs	502	4.69	5014.98	1.56

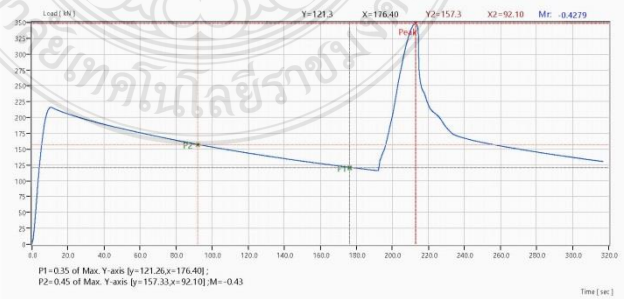


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ถ.วิภาวดี-รังสิต นนทบุรี จ.นนทบุรี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
 2.Operator : Lucky
 3.Lot No. : โธธเสนาบ 25% No58
 4.Date : 2017/12/22
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2, Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : wood
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy: 596.900J
 14.Young's Modu. : 549210.306N/cm²
 15.Jaw-Jaw : 300.00mm
 16.FileName: C:\compression\System\@test-8.tst
 17.Spec.Length of Break : 303.20 mm,Strain=1.07%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	349	2.41	3486.42	0.80
Break	130	3.20	1303.87	1.07
YieldYs	349	2.41	3486.42	0.80

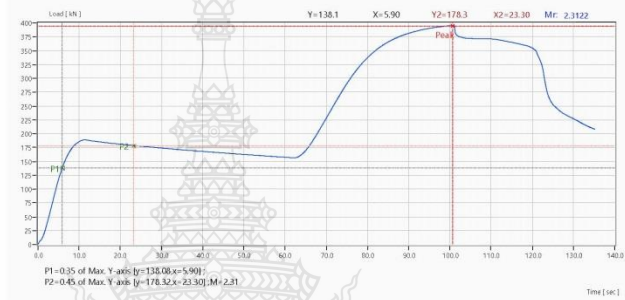


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ก.รังสิต-นครนายก ส.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1.Customer : โยธา | 9.Specimen : wood |
| 2.Operator : Lucky | 10.Spec.Length : 300.00mm |
| 3.Lot No. : ไม้เสี้ยนนา 25% No60 | 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm |
| 4.Date : 2017/12/22 | 12.Spec.Area : 10000.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 1209.8823 |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 512837.853N/cm ² |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw :300.00mm |
| 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min, | 16.FileName: C:\(compression\System)\@test-7.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 305.25 mm,Strain=1.75% |

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	395	3.88	3951.80	1.29
Break	208	5.25	2083.81	1.75
YieldYs	395	3.88	3951.80	1.29



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ก.รังสิต-นครนายก ส.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1.Customer : โยธา | 9.Specimen : wood |
| 2.Operator : Lucky | 10.Spec.Length : 300.00mm |
| 3.Lot No. : ไม้เสี้ยนนา 25% No67 | 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm |
| 4.Date : 2017/12/22 | 12.Spec.Area : 10000.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 1134.1193 |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 436408.785N/cm ² |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw :300.00mm |
| 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min, | 16.FileName: C:\(compression\System)\@test-6.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 305.05 mm,Strain=1.68% |

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	452	3.65	4520.39	1.22
Break	135	5.05	1348.03	1.68
YieldYs	452	3.65	4520.39	1.22

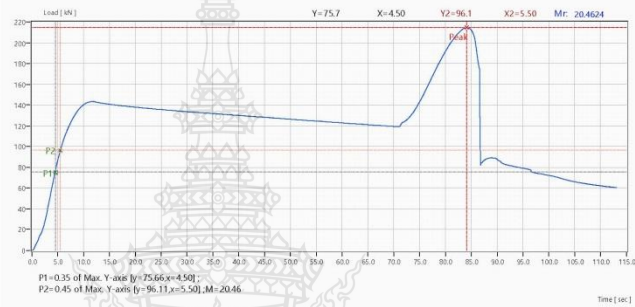


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนวิภาวดีรังสิต นนทบุรี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา	9.Specimen : wood
2.Operator : Lucky	10.Spec.Length : 300.00mm
3.Lot No. : โธสีขนาน 50% No62	11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
4.Date : 2017/12/22	12.Spec.Area : 10000.0000mm ²
5.Temperature: 25	13.Total Energy: 439.780J
6.Test Style : 2. Compression	14.Young's Modu. : 338863.349N/cm ²
7.Standard : astm	15.Jaw-Jaw :300.00mm
8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,	16.Filename: C:\compression\System\@test-5.tst
	17.Spec.Length of Break : 304.48 mm,Strain=1.49%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	214	2.94	2144.34	0.98
Break	61	4.48	605.30	1.49
YieldYs	214	2.94	2144.34	0.98

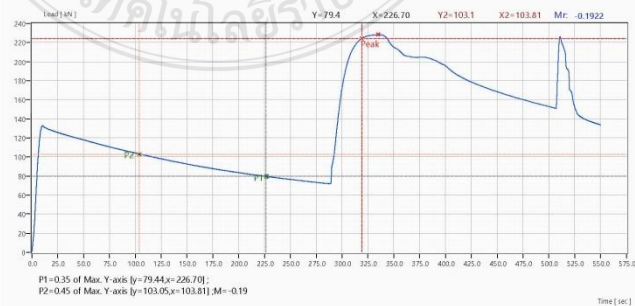


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนวิภาวดีรังสิต นนทบุรี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา	9.Specimen : wood
2.Operator : Lucky	10.Spec.Length : 300.00mm
3.Lot No. : โธสีขนาน 50% No70	11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
4.Date : 2017/12/22	12.Spec.Area : 10000.0000mm ²
5.Temperature: 25	13.Total Energy: 1239.079J
6.Test Style : 2. Compression	14.Young's Modu. : 303380.242N/cm ²
7.Standard : astm	15.Jaw-Jaw :300.00mm
8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,	16.Filename: C:\compression\System\@test-1.tst
	17.Spec.Length of Break ; 307.69 mm,Strain=2.56%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	228	3.76	2284.26	1.25
Break	134	7.69	1336.12	2.56
YieldYs	224	3.33	2241.57	1.11

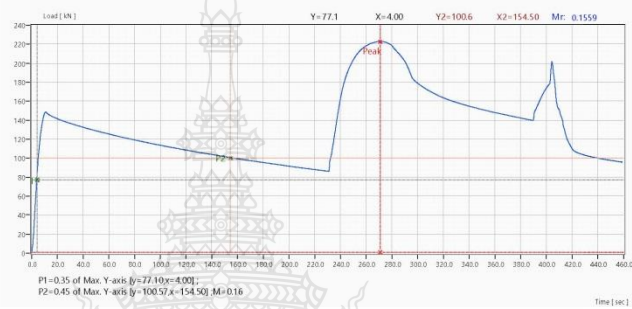


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนพหลโยธิน-นารายณ์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1.Customer : โธธา | 9.Specimen : wood |
| 2.Operator : LucKy | 10.Spec.Length : 300.00mm |
| 3.Lot No. : โดสนานว 50% No71 | 11.Spec.WxT : 100.00x100.00mm |
| 4.Date : 2017/12/22 | 12.Spec.Area : 10000.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 883.427J |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 308817.596N/cm ² |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw :300.00mm |
| 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min, | 16.Filename: C:\compression\System\@test-9.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 306.03 mm,Strain=2.01% |

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	223	3.46	2229.18	1.15
Break	96	6.03	958.06	2.01
YieldYs	1	0.02	11.15	0.01

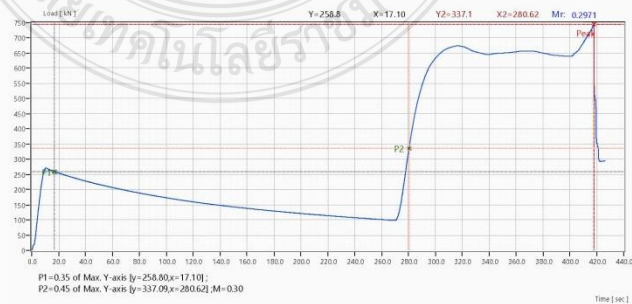


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนพหลโยธิน-นารายณ์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1.Customer : โธธา | 9.Specimen : wood |
| 2.Operator : LucKy | 10.Spec.Length : 300.00mm |
| 3.Lot No. : โดสนFRP สมบูรณ์ No 39 | 11.Spec.WxT : 100.00x100.00mm |
| 4.Date : 2017/12/23 | 12.Spec.Area : 10000.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 2247.764J |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 681387.711N/cm ² |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw :300.00mm |
| 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min, | 16.Filename: C:\compression\System\@test-4.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 306.83 mm,Strain=2.28% |

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	744	4.36	7441.20	1.45
Break	294	6.83	2940.16	2.28
YieldYs	744	4.36	7441.20	1.45

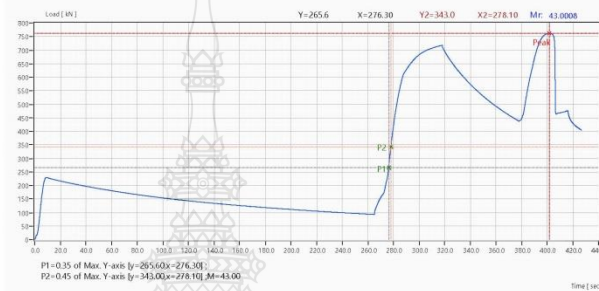


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ก.จ.ตล.-นพรัตนราชธานีกรุงฯ กรุงเทพมหานคร 12110

Testing Report

- | | |
|--|--|
| 1.Customer : โยธา | 9.Specimen : wood |
| 2.Operator : Lucky | 10.Spec.Length : 300.00mm |
| 3.Lot No. : ไม้พ่นFRP สมบูรณ์ No 46 | 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm |
| 4.Date : 2017/12/23 | 12.Spec.Area : 10000.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 2499.4553 |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 826188.700N/cm ² |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw : 300.00mm |
| 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min, | 16.FileName: C:\compression\System@\test-2.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 306.53 mm,Strain=2.18% |

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	762	4.59	7621.79	1.53
Break	405	6.53	4049.05	2.18
Yield _{ys}	762	4.59	7621.79	1.53



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ก.จ.ตล.-นพรัตนราชธานีกรุงฯ กรุงเทพมหานคร 12110

Testing Report

- | | |
|--|--|
| 1.Customer : โยธา | 9.Specimen : wood |
| 2.Operator : Lucky | 10.Spec.Length : 300.00mm |
| 3.Lot No. : ไม้พ่นFRP สมบูรณ์ No 47 | 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm |
| 4.Date : 2017/12/23 | 12.Spec.Area : 10000.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 1828.6063 |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 1009511.069N/cm ² |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw : 300.00mm |
| 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min, | 16.FileName: C:\compression\System@\test-3.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 304.07 mm,Strain=1.36% |

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	797	3.37	7971.08	1.12
Break	310	4.07	3105.89	1.36
Yield _{ys}	797	3.37	7971.08	1.12

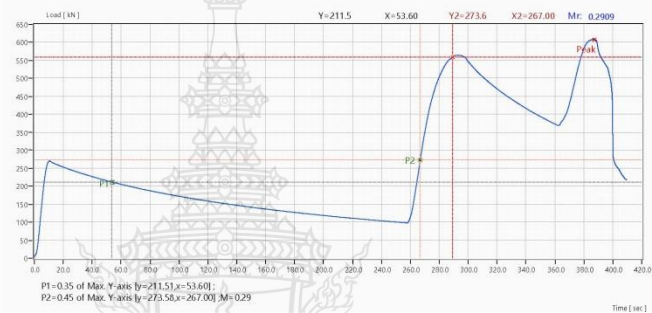


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถ.วงแหวนรอบนอก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

- | | |
|---|--|
| 1.Customer : โบบ่า | 9.Specimen : wood |
| 2.Operator : Lucky | 10.Spec.Length : 300.00mm |
| 3.Lot No. : ไม้พ่น FRP เสริมแนว 25% No 40 | 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm |
| 4.Date : 2017/12/23 | 12.Spec.Area : 10000.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 2058.390J |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 578838.419N/cm ² |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw : 300.00mm |
| 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min, | 16.Filename: C:\compression\System\@test-5.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 306.17 mm,Strain=2.06% |

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	608	4.55	6082.25	1.52
Break	218	6.17	2178.08	2.06
YieldYs	560	3.88	5596.37	1.29

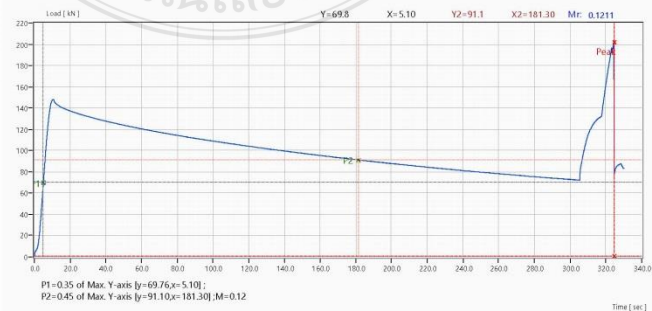


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถ.วงแหวนรอบนอก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

- | | |
|---|--|
| 1.Customer : โบบ่า | 9.Specimen : wood |
| 2.Operator : Lucky | 10.Spec.Length : 300.00mm |
| 3.Lot No. : ไม้พ่น FRP เสริมแนว 25% No 42 | 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm |
| 4.Date : 2017/12/23 | 12.Spec.Area : 10000.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 397.904J |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 252881.468N/cm ² |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw : 300.00mm |
| 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min, | 16.Filename: C:\compression\System\@test-7.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 304.81 mm,Strain=1.60% |

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	202	3.54	2018.82	1.18
Break	83	4.81	832.53	1.60
YieldYs	1	0.02	10.09	0.01

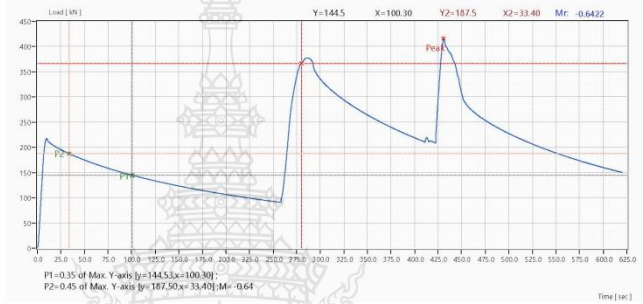


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนมิตรภาพ-นวมานน อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : ไม้พื้FRP เส้นผ่าน 25% No 49
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : wood
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm^2
13.Total Energy: 1588.4071
14.Young's Modu. : 431067.903N/cm^2
15.Jaw-Jaw :300.00mm
16.FileName: C:\compression\System@test-6.tst
17.Spec.Length of Break : 305.93 mm,Strain=1.98%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	416	4.73	4155.72	1.58
Break	150	5.93	1499.85	1.98
YieldYs	367	3.69	3673.70	1.23

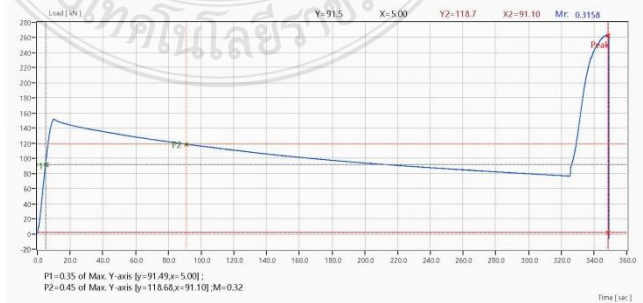


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนมิตรภาพ-นวมานน อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : ไม้พื้FRP เส้นผ่าน 50% No 7
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : wood
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm^2
13.Total Energy: 733.6241
14.Young's Modu. : 258889.517N/cm^2
15.Jaw-Jaw :300.00mm
16.FileName: C:\compression\System@test-8.tst
17.Spec.Length of Break : 304.91 mm,Strain=1.64%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	263	4.87	2630.07	1.62
Break	262	4.91	2622.63	1.64
YieldYs	1	0.02	13.15	0.01

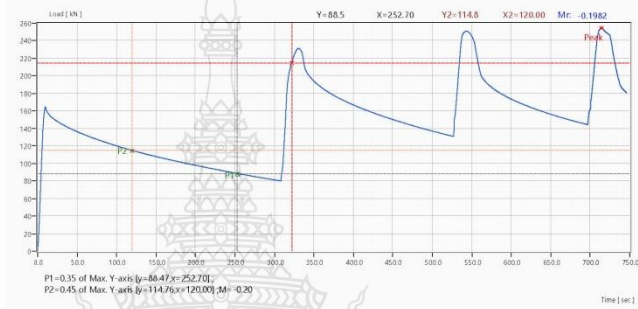


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ก.จ.รังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : โฉม FRP เหนียว 50% No 43
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : wood
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy: 1642.677J
14.Young's Modu. : 297186.703N/cm²
15.Jaw-Jaw :300.00mm
16.FileName: C:\compression\System@test-1.tst
17.Spec.Length of Break : 308.61 mm,Strain=2.87%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	254	7.68	2543.74	2.56
Break	181	8.61	1806.96	2.87
YieldYs	215	3.48	2148.91	1.16



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ก.จ.รังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : โฉม FRP เหนียว 50% No 45
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : wood
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy: 1828.911J
14.Young's Modu. : 343958.014N/cm²
15.Jaw-Jaw :300.00mm
16.FileName: C:\compression\System@test-9.tst
17.Spec.Length of Break : 309.81 mm,Strain=3.27%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	269	6.05	2686.13	2.02
Break	228	9.81	2276.32	3.27
YieldYs	266	4.02	2660.89	1.34

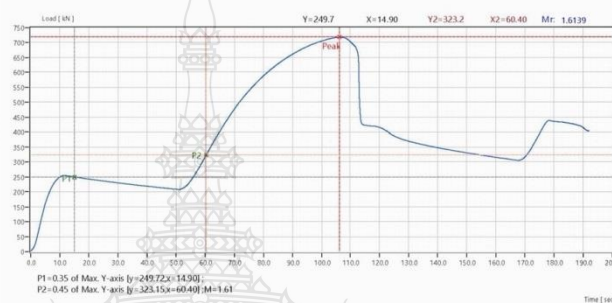


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ก.รังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : ไม้พื้FRP No19
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature : 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : wood
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy : 2689.131J
14.Young's Modu. : 878770.032N/cm²
15.Jaw-Jaw : 300.00mm
16.Filename: C:\compression\System\@test-4.tst
17.Spec.Length of Break : 306.85 mm,Strain=2.28%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	718	3.58	7179.23	1.19
Break	404	6.85	4044.08	2.28
YieldYs	718	3.58	7179.23	1.19



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ก.รังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : ไม้พื้FRP No 21
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature : 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : wood
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy : 5351.677J
14.Young's Modu. : 822848.530N/cm²
15.Jaw-Jaw : 300.00mm
16.Filename: C:\compression\System\@test-1.tst
17.Spec.Length of Break : 312.74 mm,Strain=4.25%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	690	6.21	6898.41	2.07
Break	336	12.74	3357.42	4.25
YieldYs	651	4.51	6514.02	1.50

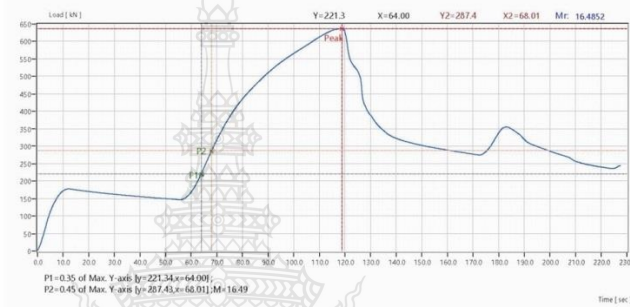


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ก.รังสิต-นครนายก 5.8กม.รังสิต ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
 2.Operator : Lucky
 3.Lot No. : โยธาFRP No 29
 4.Date : 2017/12/23
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2. Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : wood
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy : 2515.838J
 14.Young's Modu. : 706414.283N/cm²
 15.Jaw-Jaw : 300.00mm
 16.FileName: C:\compression\System\@test-2.tst
 17.Spec.Length of Break : 307.52 mm,Strain=2.51%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	637	4.08	6369.52	1.36
Break	244	7.52	2441.04	2.51
YieldYs	637	4.08	6369.52	1.36



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ก.รังสิต-นครนายก 5.8กม.รังสิต ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
 2.Operator : Lucky
 3.Lot No. : โยธาFRPชิ้นงาน 25% No24
 4.Date : 2017/12/23
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2. Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : wood
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy : 1694.047J
 14.Young's Modu. : 411094.732N/cm²
 15.Jaw-Jaw : 300.00mm
 16.FileName: C:\compression\System\@test-4.tst
 17.Spec.Length of Break : 307.30 mm,Strain=2.43%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	372	4.97	3724.07	1.66
Break	241	7.30	2409.28	2.43
YieldYs	334	3.61	3341.15	1.20

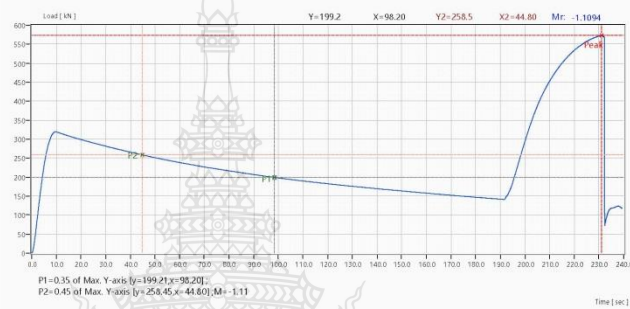


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 น.จ.รังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธษา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : ไม้ท่อนFRPขนาด 25% No31
4.Date : 2017/12/22
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : wood
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy: 949.249J
14.Young's Modu. : 703779.351N/cm²
15.Jaw-Jaw :300.00mm
16.FileName: C:\compression\System\@test-2.tst
17.Spec.Length of Break : 304.35 mm,Strain=1.45%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	573	2.91	5727.51	0.97
Break	118	4.35	1176.86	1.45
YieldYs	573	2.91	5727.51	0.97



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 น.จ.รังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธษา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : ไม้ท่อนFRPขนาด 25% No50
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : wood
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy: 1478.885J
14.Young's Modu. : 992383.056N/cm²
15.Jaw-Jaw :300.00mm
16.FileName: C:\compression\System\@test-3.tst
17.Spec.Length of Break : 305.67 mm,Strain=1.89%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	528	3.35	5277.50	1.12
Break	246	5.67	2458.90	1.89
YieldYs	518	3.22	5184.66	1.07

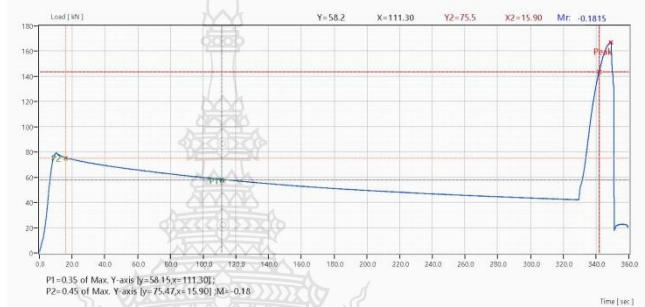


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถ.วิภาวดี-รังสิต-นารายณ์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : โยพื้FRP เหนียว 50 % No 25
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : wood
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec.WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy: 405.228J
14.Young's Modu. : 156581.066N/cm²
15.Jaw-Jaw :300.00mm
16.FileName: C:\compression\System\@test-1.tst
17.Spec.Length of Break : 306.25 mm,Strain=2.08%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	167	4.78	1672.51	1.59
Break	21	6.25	205.40	2.08
YieldYs	144	3.96	1437.69	1.32



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถ.วิภาวดี-รังสิต-นารายณ์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : โยพื้FRP เหนียว 50 % No 27
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : wood
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec.WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy: 1362.252J
14.Young's Modu. : 295949.489N/cm²
15.Jaw-Jaw :300.00mm
16.FileName: C:\compression\System\@test-8.tst
17.Spec.Length of Break : 308.07 mm,Strain=2.69%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	256	5.51	2561.60	1.84
Break	134	8.07	1335.13	2.69
YieldYs	226	3.95	2263.21	1.18

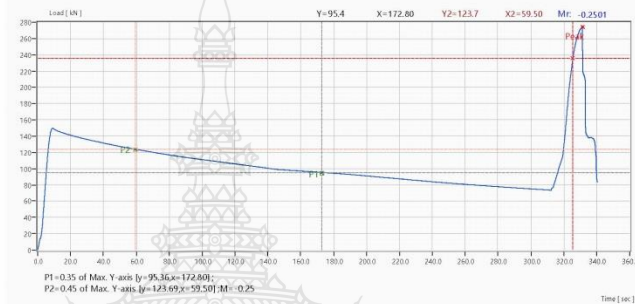


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ถ.วงแหวนรอบนอก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
 2.Operator : Lucky
 3.Lot No. : ไม้ต้นFRP เล่มหนว 50 % No 35
 4.Date : 2017/12/23
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2. Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : wood
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec.WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy: 758.4031
 14.Young's Modu. : 330110.509N/cm²
 15.Jaw-Jaw :300.00mm
 16.Filename: C:\compression\System\@test-9.tst
 17.Spec.Length of Break : 305.66 mm,Strain=1.89%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	274	4.22	2741.70	1.41
Break	85	5.66	849.40	1.89
Yield _{0.2s}	236	3.34	2358.83	1.11

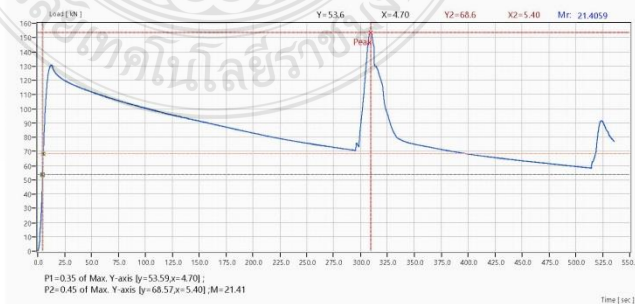


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ถ.วงแหวนรอบนอก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
 2.Operator : Big
 3.Lot No. : กัดปลงศูนย์ ไม้ปลงรูป No57
 4.Date : 2017/12/23
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2. Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : Timber
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec.WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy: 580.8053
 14.Young's Modu. : 278603.374N/cm²
 15.Jaw-Jaw :300.00mm
 16.Filename: C:\compression\System\@test-3.tst
 17.Spec.Length of Break : 306.53 mm,Strain=2.18%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	153	3.05	1534.58	1.02
Break	77	6.53	769.52	2.18
Yield _{0.2s}	153	3.05	1534.58	1.02

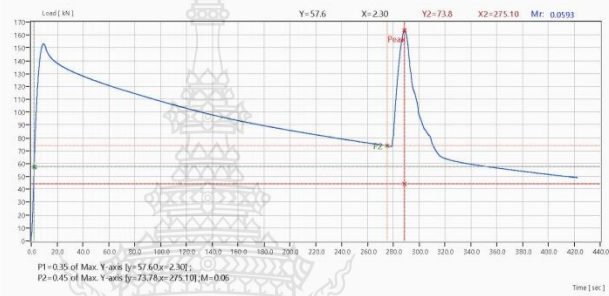


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ถนนธนะรัชต์-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

- | | |
|--|--|
| 1.Customer : โธธา | 9.Specimen : Timber |
| 2.Operator : Big | 10.Spec.Length : 300.00mm |
| 3.Lot No. : คลังอู่ศูนย์ ไม้สนรุ่นที่ No64 | 11.Spec.WxT : 100.00x100.00mm |
| 4.Date : 2017/12/23 | 12.Spec.Area : 10000.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 510.981J |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 307806.218N/cm ² |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw :300.00mm |
| 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min, | 16.FileName: C:\compression\System\@test-4.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 304.99 mm,Strain=1.66% |

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	164	2.39	1635.30	0.80
Break	49	4.99	490.19	1.66
YieldYs	44	0.64	441.53	0.21



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ถนนธนะรัชต์-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

- | | |
|--|--|
| 1.Customer : โธธา | 9.Specimen : Timber |
| 2.Operator : Lucky | 10.Spec.Length : 300.00mm |
| 3.Lot No. : คลังอู่ศูนย์ ไม้สนรุ่นที่ No66 | 11.Spec.WxT : 100.00x100.00mm |
| 4.Date : 2017/12/23 | 12.Spec.Area : 10000.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 541.468J |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 3102.024N/mm ² |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw :300.00mm |
| 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min, | 16.FileName: C:\compression\System\@test-1.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 304.68 mm,Strain=1.56% |

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	188	2.46	18,80	0.82
Break	68	4.68	6.83	1.56
YieldYs	36	0.47	3.57	0.16

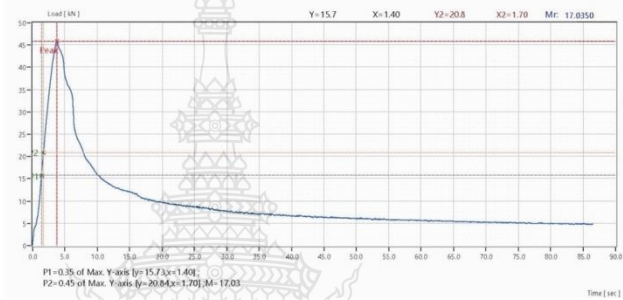


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ถนนลาดพร้าว-นวมินทร์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
 2.Operator : Lucky
 3.Lot No. : ละเอียดสมบูรณ์ ไม่เกินขนาด 25% No59
 4.Date : 2017/12/23
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2. Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : Timber
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy: 69.389J
 14.Young's Modu. : 1340.826N/mm²
 15.Jaw-Jaw :300.00mm
 16.Filename: C:\compression\System\test-7.tst
 17.Spec.Length of Break : 302.51 mm,Strain=0.84%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	46	1.43	4.59	0.48
Break	5	2.51	0.47	0.84
YieldYs	46	1.43	4.59	0.48

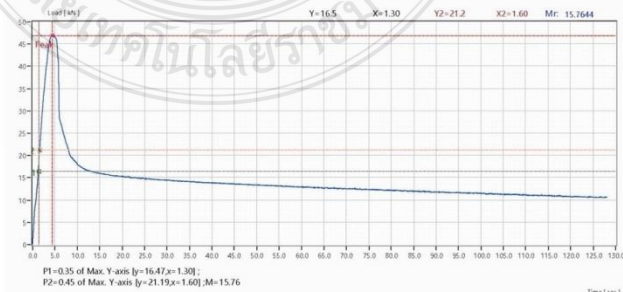


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ถนนลาดพร้าว-นวมินทร์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
 2.Operator : Lucky
 3.Lot No. : ละเอียดสมบูรณ์ ไม่เกินขนาด 25% No68
 4.Date : 2017/12/23
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2. Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : Timber
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy: 71.912J
 14.Young's Modu. : 116377.390N/cm²
 15.Jaw-Jaw :300.00mm
 16.Filename: C:\compression\System\test-5.tst
 17.Spec.Length of Break : 302.46 mm,Strain=0.82%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	47	1.64	469.85	0.55
Break	11	2.46	106.18	0.82
YieldYs	47	1.64	469.85	0.55

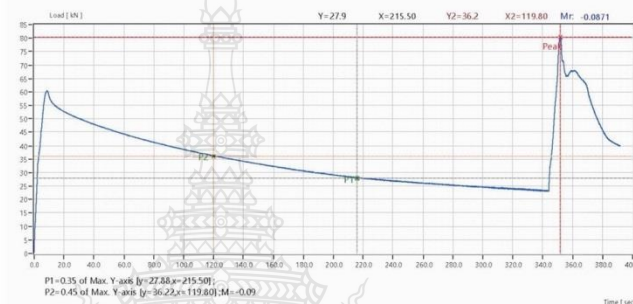


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถ.รัชดาภิเษก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
2.Operator : Big
3.Lot No. : ทดลองศูนย์ ไม่สื่อนาน 25% No69
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : Timber
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy: 289.1553
14.Young's Modu. : 48340.571N/cm²
15.Jaw-Jaw :300.00mm
16.FileName: C:\compression\System\@test-3.tst
17.Spec.Length of Break : 305.46 mm,Strain=1.82%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	80	2.85	802.27	0.95
Break	40	5.46	398.40	1.82
YieldYs	80	2.85	802.27	0.95

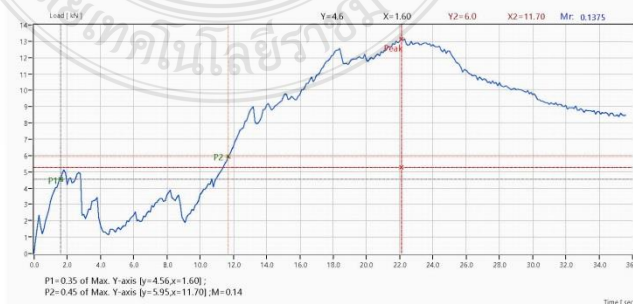


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถ.รัชดาภิเษก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : ทดลองศูนย์ ไม่สื่อนาน 50% No61
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : Timber
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy: 56.3933
14.Young's Modu. : 11,159N/mm²
15.Jaw-Jaw :300.00mm
16.FileName: C:\compression\System\@test-9.tst
17.Spec.Length of Break : 309.01 mm,Strain=3.00%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	13	8.77	1.31	2.92
Break	8	9.01	0.84	3.00
YieldYs	5	3.51	0.53	1.17

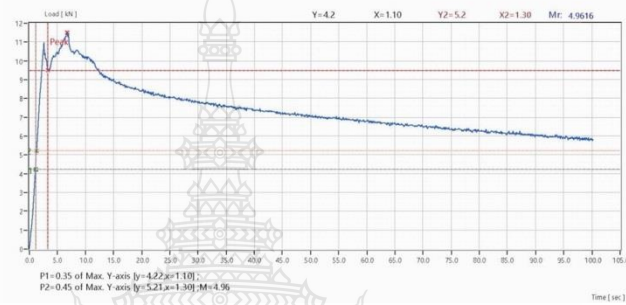


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ถ.วิภาวดีรังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
 2.Operator : Lucky
 3.Lot No. : คัดเลือกพบไม้เส้นผ่าน 50 % No63
 4.Date : 2017/12/23
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2. Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : Timber
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy: 27.3193
 14.Young's Modu. : 34956.095N/cm²
 15.Jaw-Jaw :300.00mm
 16.FileName: C:\compression\System\@test-6.tst
 17.Spec.Length of Break : 303.17 mm,Strain=1.06%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	12	2.61	115.11	0.87
Break	6	3.17	57.55	1.06
YieldYs	10	1.49	95.09	0.50



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ถ.วิภาวดีรังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
 2.Operator : Lucky
 3.Lot No. : คัดเลือกพบไม้เส้นผ่าน 50% No72
 4.Date : 2017/12/23
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2. Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : Timber
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy: 60.2363
 14.Young's Modu. : 72.884N/mm²
 15.Jaw-Jaw :300.00mm
 16.FileName: C:\compression\System\@test-5.tst
 17.Spec.Length of Break : 308.79 mm,Strain=2.93%

	Load(N)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	10668	6.81	1.07	2.27
Break	6103	8.79	0.61	2.93
YieldYs	7802	3.40	0.78	1.13

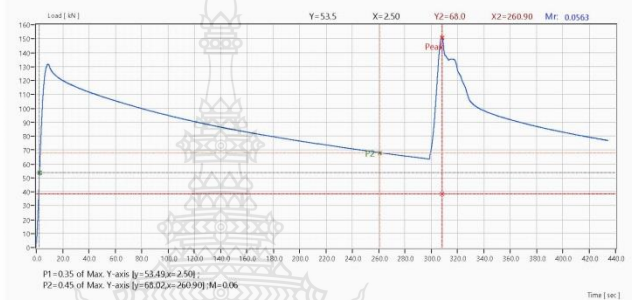


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 น.รังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : คอลีองคูปูน โยธา FRP สมบูรณ์ No37
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : Timber
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy: 492.317J
14.Young's Modu. : 2127.247N/mm²
15.Jaw-Jaw : 300.00mm
16.FileName: C:\compression\System\@test-9.tst
17.Spec.Length of Break : 304.71 mm,Strain=1.57%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	151	2.79	15.07	0.93
Break	77	4.71	7.68	1.57
YieldYs	38	0.71	3.84	0.24

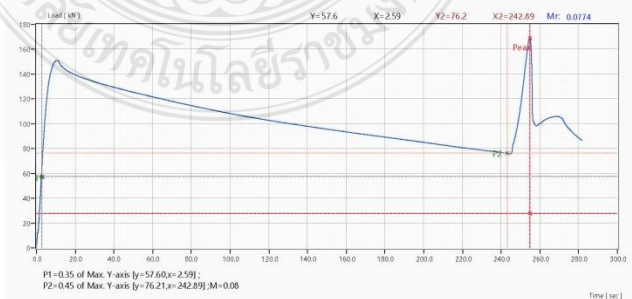


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 น.รังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : คอลีองคูปูน โยธา FRP No38
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : Timber
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy: 392.821J
14.Young's Modu. : 3336.045N/mm²
15.Jaw-Jaw : 300.00mm
16.FileName: C:\compression\System\@test-2.tst
17.Spec.Length of Break : 304.15 mm,Strain=1.38%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	169	2.23	16.90	0.74
Break	87	4.15	8.66	1.38
YieldYs	28	0.37	2.79	0.12

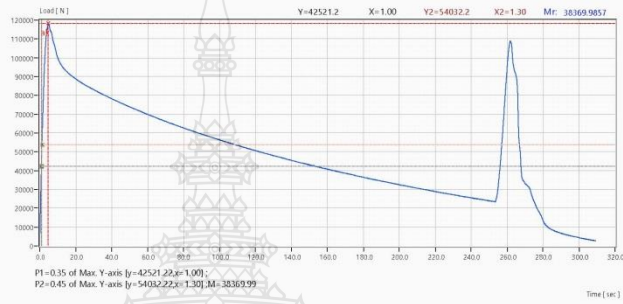


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ก.รังสิต-นารายณ์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : ทดเบี่ยงทงนย โนนพFRP สมบูรณ์ No48
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : Timber
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy: 308.137J
14.Young's Modu. : 3067.985N/mm²
15.Jaw-Jaw :300.00mm
16.FileName: C:\compression(System)\test-6.tst
17.Spec.Length of Break : 304.41 mm,Strain= 1.47%

	Load(N)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	118285	1.58	11.83	0.53
Break	2679	4.41	0.27	1.47
YieldYs	118285	1.58	11.83	0.53

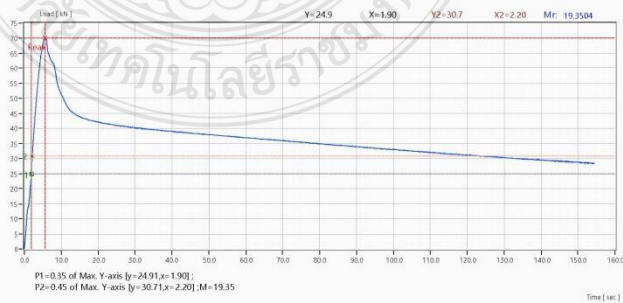


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ก.รังสิต-นารายณ์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : ทดเบี่ยงทงนย โนนพFRP เสีนทงนย 25 % No41
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : Timber
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy: 95.902J
14.Young's Modu. : 1580.488N/mm²
15.Jaw-Jaw :300.00mm
16.FileName: C:\compression(System)\test-3.tst
17.Spec.Length of Break : 302.31 mm,Strain=0.77%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	70	1.75	7.00	0.58
Break	28	2.31	2.83	0.77
YieldYs	70	1.75	7.00	0.58

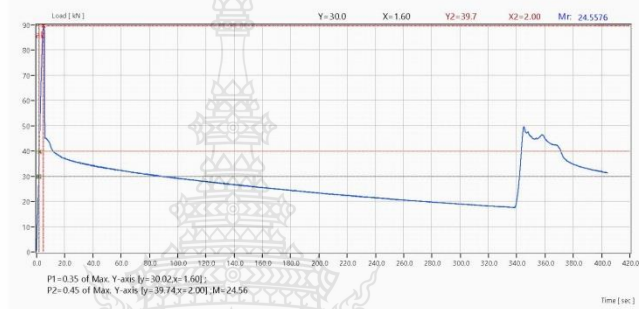


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ถนนเฉลิมพระราม 2, ธัญบุรี, กรุงเทพมหานคร 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
 2.Operator : Lucky
 3.Lot No. : กล้องส่องผ่าน โปทอนFRP เสริมหนา 25% No51
 4.Date : 2017/12/23
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2. Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : Timber
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy: 244.5213
 14.Young's Modu. : 2132.350N/mm²
 15.Jaw-Jaw :300.00mm
 16.FileName: C:\compression\System@test-8.tst
 17.Spec.Length of Break : 305.26 mm,Strain=1.75%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	90	1.65	8.96	0.55
Break	31	5.26	3.13	1.75
Yield _{0.5}	90	1.65	8.96	0.55

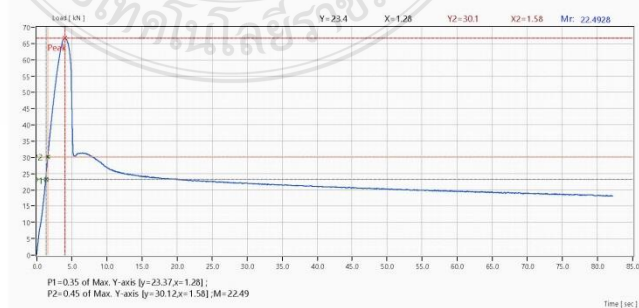


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ถนนเฉลิมพระราม 2, ธัญบุรี, กรุงเทพมหานคร 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
 2.Operator : Lucky
 3.Lot No. : กล้องส่องผ่าน โปทอนFRP เสริมหนา 25% No53
 4.Date : 2017/12/23
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2. Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : Timber
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy: 89.9163
 14.Young's Modu. : 1686.988N/mm²
 15.Jaw-Jaw :300.00mm
 16.FileName: C:\compression\System@test-7.tst
 17.Spec.Length of Break : 302.37 mm,Strain=0.79%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	67	1.43	6.66	0.48
Break	18	2.37	1.82	0.79
Yield _{0.5}	67	1.43	6.66	0.48

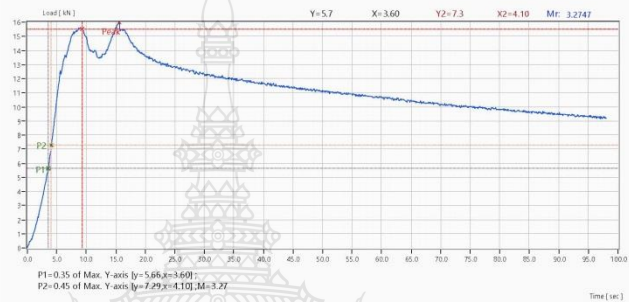


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : คอลีเอ็งกุงนุข ไม้ท่อนFRP เส้นผ่าน 50 % No44
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : Timber
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy: 37.324J
14.Young's Modu. : 435.002N/mm²
15.Jaw.Jaw :300.00mm
16.Filename: C:\compression\System\test-4.tst
17.Spec.Length of Break : 303.48 mm,Strain=1.16%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	16	3.41	1.60	1.14
Break	9	3.48	0.92	1.16
YieldYs	15	2.17	1.55	0.72

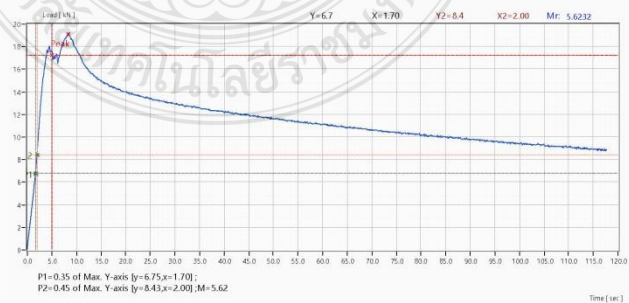


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โยธา
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : คอลีเอ็งกุงนุข ไม้ท่อนFRP เส้นผ่าน 50% No52
4.Date : 2017/12/23
5.Temperature: 25
6.Test Style : 2. Compression
7.Standard : astm
8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
9.Specimen : Timber
10.Spec.Length : 300.00mm
11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
12.Spec.Area : 10000.0000mm²
13.Total Energy: 39.765J
14.Young's Modu. : 431.173N/mm²
15.Jaw.Jaw :300.00mm
16.Filename: C:\compression\System\test-1.tst
17.Spec.Length of Break : 303.05 mm,Strain=1.02%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	19	2.92	1.91	0.97
Break	9	3.05	0.88	1.02
YieldYs	17	2.12	1.73	0.71

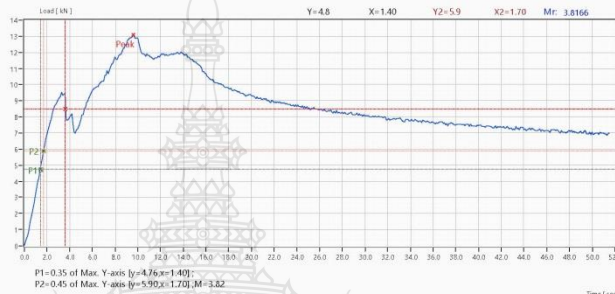


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ก.รังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
 2.Operator : Big
 3.Lot No. : กตเชิงตงคูนย โปพันFRP เสี้ยนหว 50% No54
 4.Date : 2017/12/23
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2. Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : Timber
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy: 43.305J
 14.Young's Modu. : 25171.016N/cm²
 15.Jaw-Jaw : 300.00mm
 16.Filename: C:\compression\System@test-1.tst
 17.Spec.Length of Break : 304.81 mm,Strain=1.60%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	13	3.93	130.98	1.31
Break	7	4.81	69.46	1.60
YieldYs	9	1.55	85.06	0.52

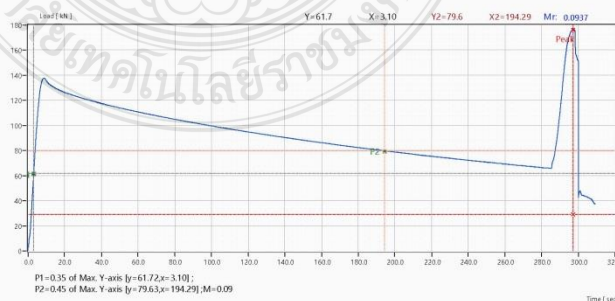


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ก.รังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
 2.Operator : Big
 3.Lot No. : กตเชิงตงคูนย โปพันFRP สนนยท No20
 4.Date : 2017/12/23
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2. Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : Timber
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy: 402.223J
 14.Young's Modu. : 251605.145N/cm²
 15.Jaw-Jaw : 300.00mm
 16.Filename: C:\compression\System@test-2.tst
 17.Spec.Length of Break : 304.85 mm,Strain=1.62%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	176	3.00	1764.29	1.00
Break	37	4.85	374.09	1.62
YieldYs	29	0.49	291.11	0.16

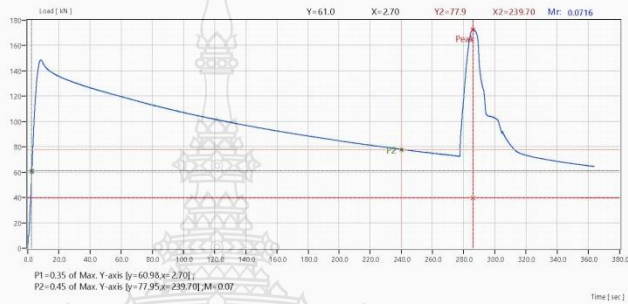


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ก.จ.รังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

- | | |
|---|--|
| 1.Customer : โธธา | 9.Specimen : Timber |
| 2.Operator : LucKy | 10.Spec.Length : 300.00mm |
| 3.Lot No. : ทดลองศูนย์ ไม้พื้FRP สมบูรณ์ No28 | 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm |
| 4.Date : 2017/12/23 | 12.Spec.Area : 10000.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 451.281J |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 2794.234N/mm ² |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw :300.00mm |
| 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min, | 16.Filename: C:\compression\System\@test-5.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 304.38 mm,Strain=1.46% |

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	173	2.50	17.27	0.83
Break	64	4.38	6.44	1.46
Yield _{0.2}	40	0.58	3.97	0.19

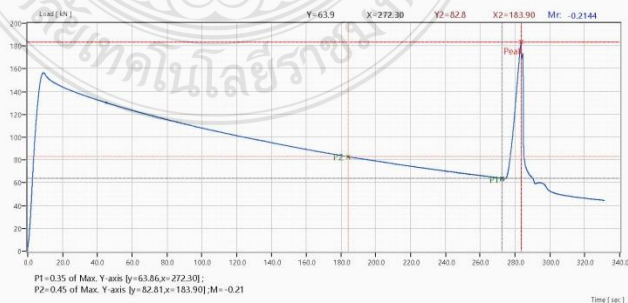


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ก.จ.รังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

- | | |
|---|--|
| 1.Customer : โธธา | 9.Specimen : Timber |
| 2.Operator : Big | 10.Spec.Length : 300.00mm |
| 3.Lot No. : ทดลองศูนย์ ไม้พื้FRP สมบูรณ์ No30 | 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm |
| 4.Date : 2017/12/23 | 12.Spec.Area : 10000.0000mm ² |
| 5.Temperature: 25 | 13.Total Energy: 380.661J |
| 6.Test Style : 2. Compression | 14.Young's Modu. : 270123.155N/cm ² |
| 7.Standard : astm | 15.Jaw-Jaw :300.00mm |
| 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min, | 16.Filename: C:\compression\System\@test-1.tst |
| | 17.Spec.Length of Break : 304.64 mm,Strain=1.55% |

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	184	2.40	1835.24	0.80
Break	44	4.64	444.55	1.55
Yield _{0.2}	184	2.40	1835.24	0.80

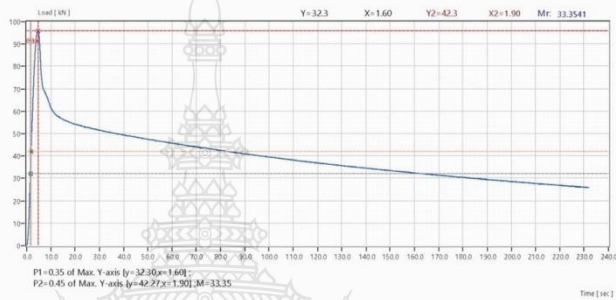


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ก.จ.จล-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
 2.Operator : Lucky
 3.Lot No. : คอลีอองทูป ไม่นับFRP เหนียว 25% No22
 4.Date : 2017/12/23
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2. Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : Timber
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy: 131.517J
 14.Young's Modu. : 3122.560N/mm²
 15.Jaw-Jaw :300.00mm
 16.Filename: C:\(compression\System)\test-2.tst
 17.Spec.Length of Break : 302.15 mm,Strain=0.72%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	96	1.57	9.59	0.52
Break	26	2.15	2.58	0.72
YieldYs	96	1.57	9.59	0.52

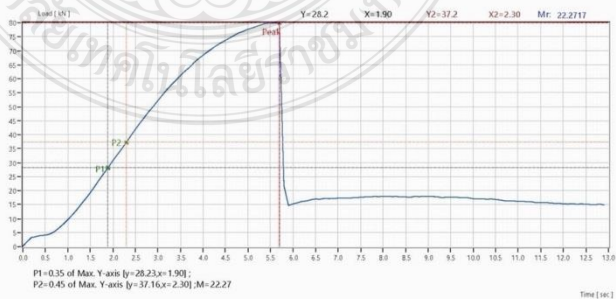


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ก.จ.จล-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โธธา
 2.Operator : Big
 3.Lot No. : คอลีอองทูป ไม่นับFRP เหนียว 25% No23
 4.Date : 2017/12/23
 5.Temperature: 25
 6.Test Style : 2. Compression
 7.Standard : astm
 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min,
 9.Specimen : Timber
 10.Spec.Length : 300.00mm
 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 13.Total Energy: 88.950J
 14.Young's Modu. : 2209.179N/mm²
 15.Jaw-Jaw :300.00mm
 16.Filename: C:\(compression\System)\test-8.tst
 17.Spec.Length of Break : 302.57 mm,Strain=0.86%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	80	1.93	7.99	0.64
Break	15	2.57	1.51	0.86
YieldYs	80	1.93	7.99	0.64

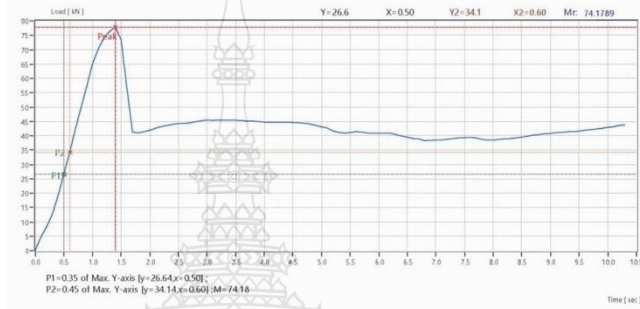


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ก.จ.รังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โอบรา 9.Specimen : Timber
 2.Operator : Big 10.Spec.Length : 300.00mm
 3.Lot No. : คอลเลกชันไม้พื้นFRP เสี้ยนหนา 25% No32 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 4.Date : 2017/12/23 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 5.Temperature: 25 13.Total Energy: 496.336J
 6.Test Style : 2. Compression 14.Young's Modu. : 156809.704N/cm²
 7.Standard : astm 15.Jaw-Jaw : 300.00mm
 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min, 16.Filename: C:\compression\System\@test-5.tst
 17.Spec.Length of Break : 311.66 mm,Strain=3.89%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	78	2.01	777.96	0.67
Break	44	11.66	435.62	3.89
Yield _{0.2s}	78	2.01	777.96	0.67

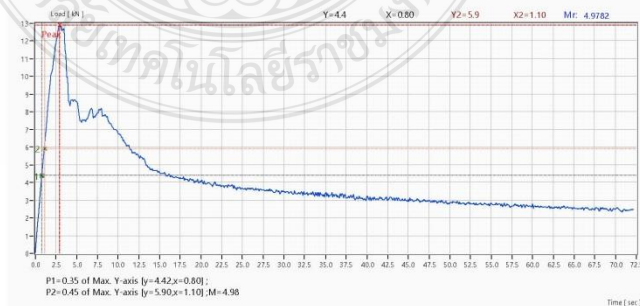


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
 39 หมู่ 1 ก.จ.รังสิต-นครนายก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : โอบรา 9.Specimen : Timber
 2.Operator : Big 10.Spec.Length : 300.00mm
 3.Lot No. : คอลเลกชันไม้พื้นFRP เสี้ยนหนา 50% No26 11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
 4.Date : 2017/12/23 12.Spec.Area : 10000.0000mm²
 5.Temperature: 25 13.Total Energy: 24.857J
 6.Test Style : 2. Compression 14.Young's Modu. : 34605.899N/cm²
 7.Standard : astm 15.Jaw-Jaw : 300.00mm
 8.Speed :Single Speed V1= 0.60mm/min, 16.Filename: D:\Report\Compression\คอลเลกชันไม้พื้น FRP
 เสี้ยนหนา 50% No26
 17.Spec.Length of Break : 302.97 mm,Strain=0.99%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/cm ²)	Strain(%)
Peak	13	1.28	129.00	0.43
Break	2	2.97	24.81	0.99
Yield _{0.2s}	13	1.28	129.00	0.43

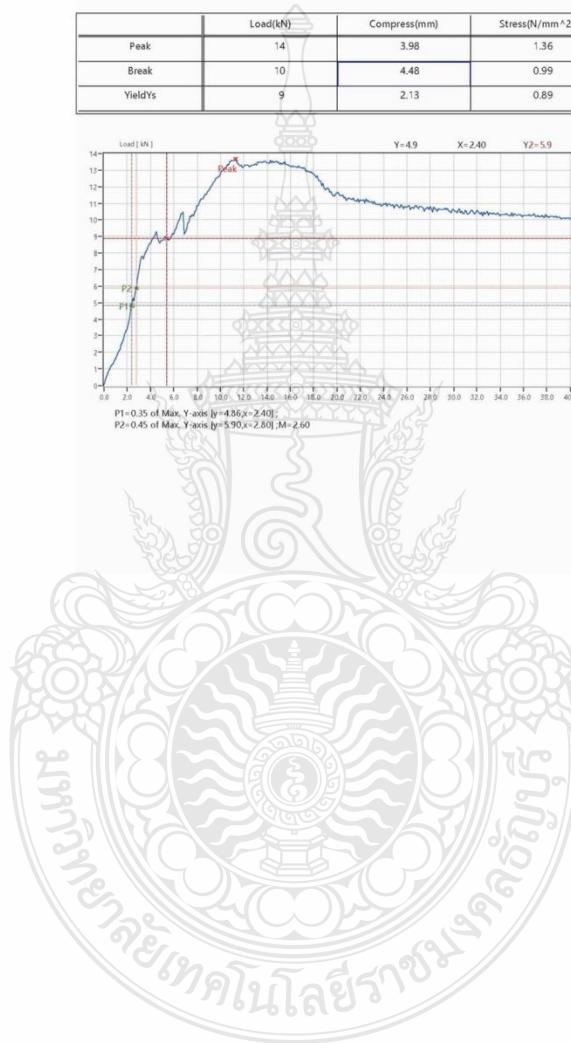
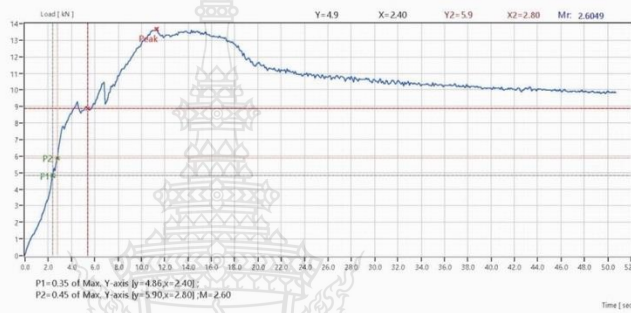


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
39 หมู่ 1 ถนนพหลโยธิน-ถนนพหลโยธิน อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12110

Testing Report

1.Customer : ใสรา	9.Specimen : Timber
2.Operator : Big	10.Spec.Length : 300.00mm
3.Lot No. : กลเบื้องคุดไม้พื้น FRP เส้นหนา 50% No34	11.Spec. WxT : 100.00x100.00mm
4.Date : 2017/12/23	12.Spec.Area : 10000.0000mm ²
5.Temperature: 25	13.Total Energy: 38.586J
6.Test Style : 2. Compression	14.Young's Modu. : 292.132N/mm ²
7.Standard : astm	15.Jaw-Jaw : 300.00mm
8.Speed : Single Speed V1= 0.60mm/min,	16.FileName: C:\compression\System\@test-1.tst
	17.Spec.Length of Break : 304.48 mm,Strain=1.49%

	Load(kN)	Compress(mm)	Stress(N/mm ²)	Strain(%)
Peak	14	3.98	1.36	1.33
Break	10	4.48	0.99	1.49
Yield _{0.2}	9	2.13	0.89	0.71



มทร.ธัญบุรี

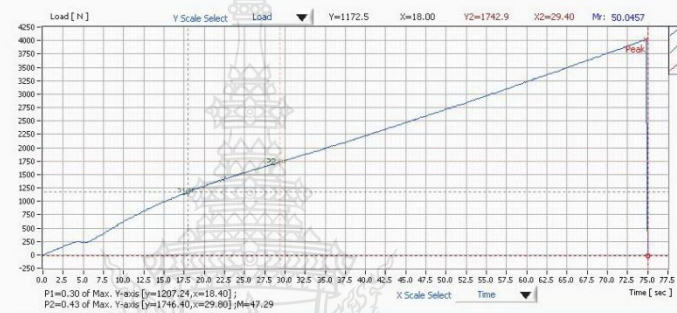
11

คณะวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : พัน 1
2.Operator : Lucky
3.Lot.No. : Test12
4.Date : 2017/12/16
5.Speed : Single Speed V1= 2.00mm/min,
6.Temperature: 25
7.Test Style : 1. Tension
8.Standard :
9.Specimen : PF12mm#1
10.Spec.Length : 310.00mm
11.Spec.Area : 180.0000mm²
12.Total Energy: 5.1473
13.Young's Modu. : 2752.212MPa
14.Notice :
15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst

	Load(N)	Elon.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	4017	2.53	22.317	0.815
Break	4014	2.54	22.298	0.819
YieldYs	20	0.01	0.112	0.004
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000



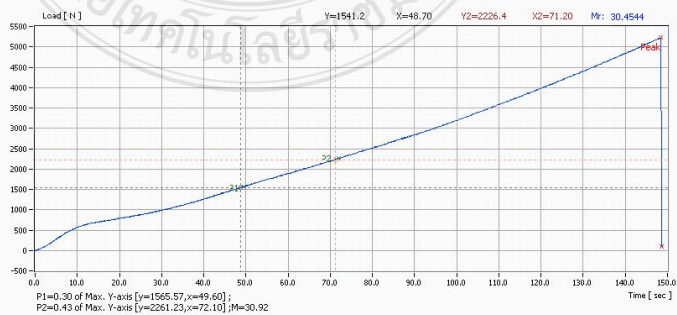
มทร.ธัญบุรี

คณะวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : พัน 2
2.Operator : Lucky
3.Lot.No. : Test12
4.Date : 2017/12/16
5.Speed : Single Speed V1= 2.00mm/min,
6.Temperature: 25
7.Test Style : 1. Tension
8.Standard :
9.Specimen : PF12mm#1
10.Spec.Length : 310.00mm
11.Spec.Area : 180.0000mm²
12.Total Energy: 12.1443
13.Young's Modu. : 1555.428MPa
14.Notice :
15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst

	Load(N)	Elon.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	5224	4.99	29.019	1.610
Break	97	5.00	0.541	1.614
YieldYs	26	0.02	0.145	0.008
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000



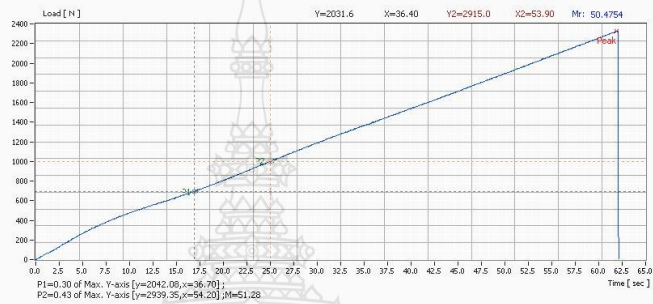
มทร.ธัญบุรี

คณะวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : พู 5
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : Test12
4.Date : 2017/12/16
5.Speed : Single Speed V1= 2.00mm/min,
6.Temperature: 25
7.Test Style : 1. Tension
8.Standard :
9.Specimen : PF12mm#1
10.Spec.Length : 310.00mm
11.Spec.Area : 180.0000mm²
12.Total Energy: 15.614J
13.Young's Modu. : 2626.318MPa
14.Noise :
15.Filename: D:\Manoch\PF_1.tst

	Load(N)	Elong.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	6791	4.47	37.726	1.444
Break	6787	4.49	37.707	1.450
YieldYs	6791	4.47	37.726	1.444
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000



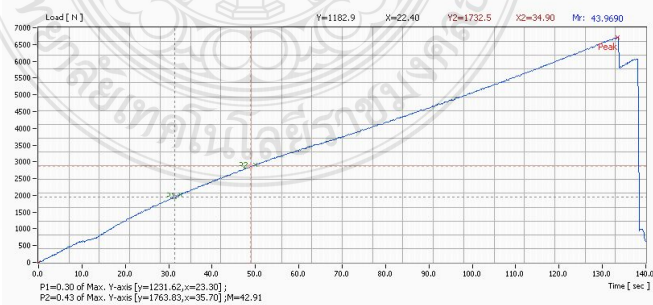
มทร.ธัญบุรี

คณะวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : พู 6
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : Test12
4.Date : 2017/12/16
5.Speed : Single Speed V1= 2.00mm/min,
6.Temperature: 25
7.Test Style : 1. Tension
8.Standard :
9.Specimen : PF12mm#1
10.Spec.Length : 310.00mm
11.Spec.Area : 180.0000mm²
12.Total Energy: 6.764J
13.Young's Modu. : 2453.826MPa
14.Noise :
15.Filename: D:\Manoch\PF_1.tst

	Load(N)	Elong.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	4080	3.21	22.665	1.037
Break	2699	3.37	14.996	1.089
YieldYs	4080	3.21	22.665	1.037
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000



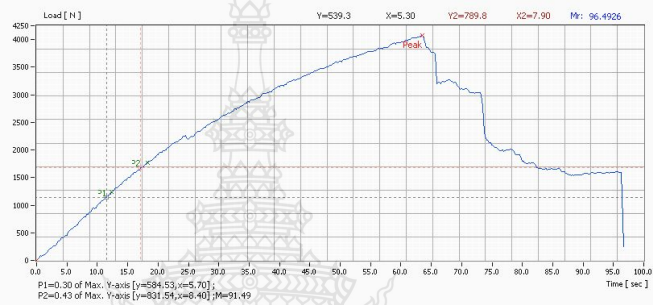
มทร.ธัญบุรี

คณะวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : พิณ 1
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : Test12
4.Date : 2017/12/16
5.Speed : Single Speed V1= 2.00mm/min,
6.Temperature: 25
7.Test Style : 1. Tension
8.Standard :
9.Specimen : PF12mm#1
10.Spec.Length : 310.00mm
11.Spec.Area : 180.0000mm²
12.Total Energy: 1.0863
13.Young's Modu. : 4019.804MPa
14.Notice :
15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst

	Load(N)	Elon.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	1920	1.01	10.668	0.325
Break	752	1.50	4.175	0.483
YieldYs	1920	1.01	10.668	0.325
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000



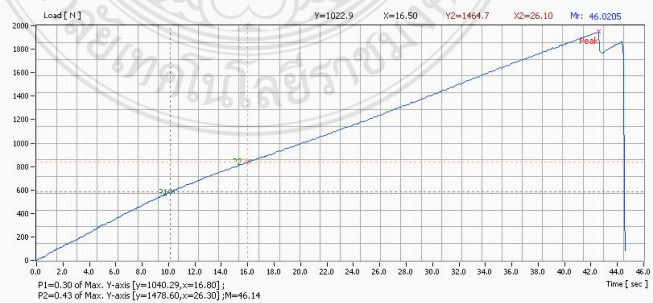
มทร.ธัญบุรี

คณะวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : พิณ 2
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : Test12
4.Date : 2017/12/16
5.Speed : Single Speed V1= 2.00mm/min,
6.Temperature: 25
7.Test Style : 1. Tension
8.Standard :
9.Specimen : PF12mm#1
10.Spec.Length : 310.00mm
11.Spec.Area : 180.0000mm²
12.Total Energy: 4.1701
13.Young's Modu. : 2617.595MPa
14.Notice :
15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst

	Load(N)	Elon.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	3416	2.35	18.976	0.759
Break	3016	2.46	16.754	0.795
YieldYs	3416	2.35	18.976	0.759
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000



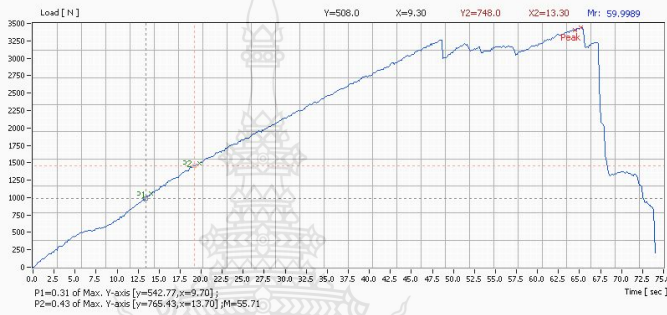
มทร.ธัญบุรี

คณะวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : wiu 3
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : Test12
4.Date : 2017/12/16
5.Speed : Single Speed V1= 2.00mm/min,
6.Temperature: 25
7.Test Style : 1. Tension
8.Standard :
9.Specimen : PF12mm#1
10.Spec.Length : 310.00mm
11.Spec.Area : 180.0000mm²
12.Total Energy: 1.560J
13.Young's Modu. : 2737.152MPa
14.Notice :
15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst

	Load(N)	Elong.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	1767	1.52	9.818	0.492
Break	1649	1.73	9.161	0.559
Yield _{0.2}	1767	1.52	9.818	0.492
Modulus _{0.0%}	0	0.00	0.000	0.000
Modulus _{0.0%}	0	0.00	0.000	0.000



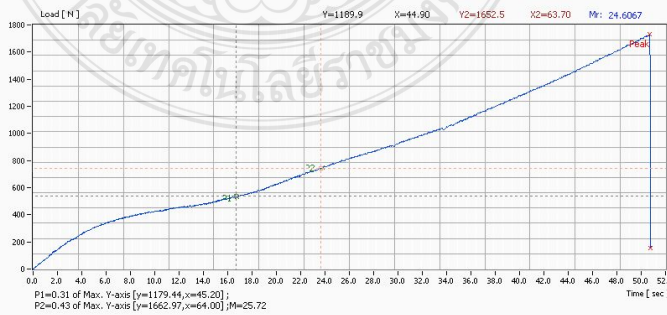
มทร.ธัญบุรี

คณะวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : wiu 4
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : Test12
4.Date : 2017/12/16
5.Speed : Single Speed V1= 2.00mm/min,
6.Temperature: 25
7.Test Style : 1. Tension
8.Standard :
9.Specimen : PF12mm#1
10.Spec.Length : 310.00mm
11.Spec.Area : 180.0000mm²
12.Total Energy: 8.456J
13.Young's Modu. : 1260.273MPa
14.Notice :
15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst

	Load(N)	Elong.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	3843	4.59	21.352	1.480
Break	3176	4.60	17.643	1.484
Yield _{0.2}	19	0.02	0.107	0.007
Modulus _{0.0%}	0	0.00	0.000	0.000
Modulus _{0.0%}	0	0.00	0.000	0.000



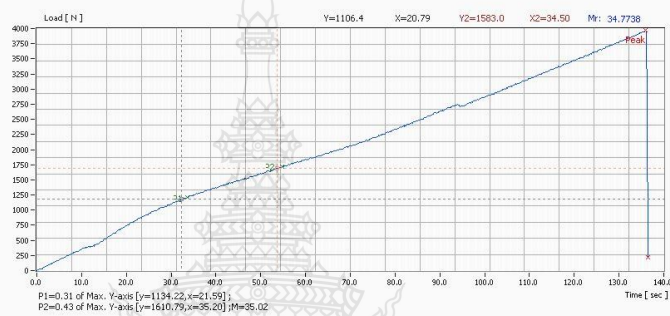
มทร.ธัญบุรี

คณะวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : พิว 5
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : Test12
4.Date : 2017/12/16
5.Speed : Single Speed V1= 2.00mm/min,
6.Temperature: 25
7.Test Style : 1. Tension
8.Standard :
9.Specimen : PF12mm#1
10.Spec.Length : 310.00mm
11.Spec.Area : 180.0000mm²
12.Total Energy: 5.5271
13.Young's Modu. : 1961.698MPa
14.Notice :
15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst

	Load(N)	Elong.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	3718	2.95	20.656	0.952
Break	3715	2.97	20.637	0.957
YieldYs	19	0.01	0.103	0.005
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000



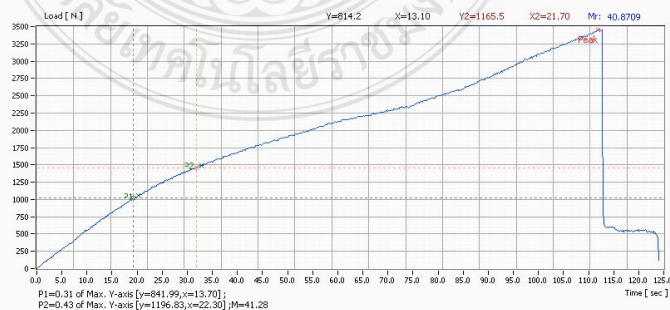
มทร.ธัญบุรี

คณะวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : พิว 6
2.Operator : Lucky
3.Lot No. : Test12
4.Date : 2017/12/16
5.Speed : Single Speed V1= 2.00mm/min,
6.Temperature: 25
7.Test Style : 1. Tension
8.Standard :
9.Specimen : PF12mm#1
10.Spec.Length : 310.00mm
11.Spec.Area : 180.0000mm²
12.Total Energy: 3.9131
13.Young's Modu. : 2216.576MPa
14.Notice :
15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst

	Load(N)	Elong.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	2759	2.57	15.325	0.830
Break	1910	2.84	10.610	0.917
YieldYs	2759	2.57	15.325	0.830
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000

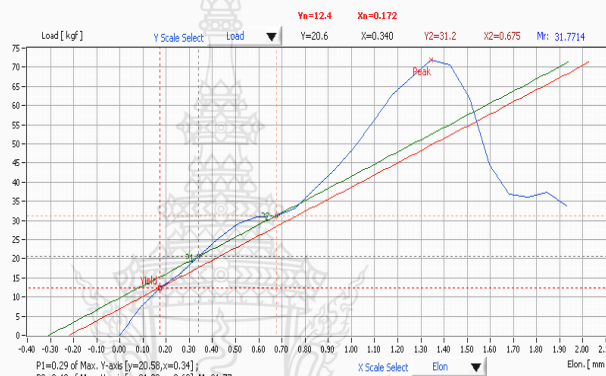


คณะวิศวกรรมศา

Report

1.Customer : 10.Spec.Length : 100.00mm
 2.Operator : MR 11.Spec.Area : 570.0000mm²
 3.Lot No. : Test12 12.Total Energy: 0.4301
 4.Date : 2017/10/17 13.Young's Modu. : 72.151MPa
 5.Speed : Single Speed V1= 49.61mm/min, 14.Notice :
 6.Temperature: 25 15.Filename: D:\Manoch\PF_1.tst
 7.Test Style : 1. Tension
 8.Standard :
 9.Specimen : PF12mm#1

	Load(kgf)	Elon.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	72	1.34	1.239	1.345
Break	62	1.93	1.062	1.930
Yield _{1s}	8	0.15	0.142	0.155
Modulus _{0.0%}	0	0.00	0.000	0.000
Modulus _{0.0%}	0	0.00	0.000	0.000



มทร.ธัญบุรี

คณะวิศวกรรมศา

Report

1.Customer : 10.Spec.Length : 100.00mm
 2.Operator : MR 11.Spec.Area : 570.0000mm²
 3.Lot No. : Test12 12.Total Energy: 2.4563
 4.Date : 2017/10/17 13.Young's Modu. : 365.216MPa
 5.Speed : Single Speed V1= 49.61mm/min, 14.Notice :
 6.Temperature: 25 15.Filename: D:\Manoch\PF_1.tst
 7.Test Style : 1. Tension
 8.Standard :
 9.Specimen : PF12mm#1

	Load(kgf)	Elon.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	276	2.09	4.754	2.090
Break	264	2.34	4.034	2.343
Yield _{1s}	255	1.92	4.386	1.917
Modulus _{0.0%}	0	0.00	0.000	0.000
Modulus _{0.0%}	0	0.00	0.000	0.000



มทร.ธัญบุรี

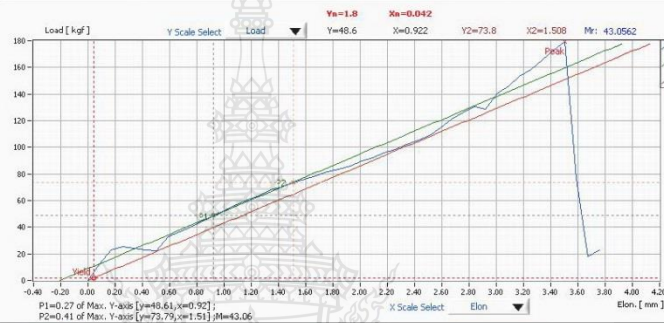
1.04

คณะวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer :
 2.Operator : MR
 3.Lot No. : Test12
 4.Date : 2017/10/17
 5.Speed : Single Speed V1= 49.61mm/min,
 6.Temperature: 25
 7.Test Style : 1. Tension
 8.Standard :
 9.Specimen : PF12mm#1
 10.Spec.Length : 100.00mm
 11.Spec.Area : 570.000mm²
 12.Total Energy: 2.802J
 13.Young's Modu. : 65.051MPa
 14.Notice :
 15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst

	Load(kgf)	Elon.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	179	3.50	3.088	3.505
Break	23	3.76	0.391	3.757
Yield _{0.2}	2	0.04	0.031	0.035
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000



มทร.ธัญบุรี

1.04

คณะวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer :
 2.Operator : MR
 3.Lot No. : Test12
 4.Date : 2017/10/17
 5.Speed : Single Speed V1= 49.61mm/min,
 6.Temperature: 25
 7.Test Style : 1. Tension
 8.Standard :
 9.Specimen : PF12mm#1
 10.Spec.Length : 100.00mm
 11.Spec.Area : 570.000mm²
 12.Total Energy: 2.599J
 13.Young's Modu. : 78.166MPa
 14.Notice :
 15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst

	Load(kgf)	Elon.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	247	2.58	4.241	2.585
Break	108	3.34	1.855	3.338
Yield _{0.2}	246	2.56	4.239	2.555
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000



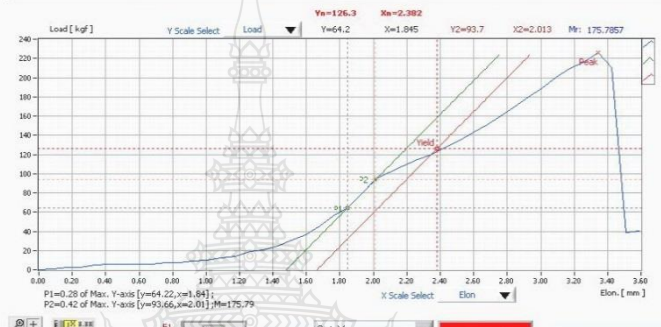
มทร.ธัญบุรี

คณะวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : 10.Spec.Length : 100.00mm
2.Operator : MR 11.Spec.Area : 570.0000mm²
3.Lot.No. : Test12 12.Total Energy : 2.3601
4.Date : 2017/10/17 13.Young's Modu. : 168.971MPa
5.Speed :Single Speed V1= 49.61mm/min, 14.No.booce :
6.Temperature: 25 15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst
7.Test Style : 1. Tension
8.Standard :
9.Specimen : PF12mm#1

	Load(kgf)	Elon.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	226	3.34	3.881	3.342
Break	211	3.59	3.625	3.593
Yield _{0.2}	123	2.38	2.114	2.379
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000



มทร.ธัญบุรี

คณะวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : 10.Spec.Length : 100.00mm
2.Operator : MR 11.Spec.Area : 570.0000mm²
3.Lot.No. : Test12 12.Total Energy : 2.4211
4.Date : 2017/10/17 13.Young's Modu. : 163.531MPa
5.Speed :Single Speed V1= 49.61mm/min, 14.No.booce :
6.Temperature: 25 15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst
7.Test Style : 1. Tension
8.Standard :
9.Specimen : PF12mm#1

	Load(kgf)	Elon.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	170	3.17	2.923	3.175
Break	12	3.43	0.208	3.427
Yield _{0.2}	170	3.17	2.923	3.175
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000



มทร.ธัญบุรี

คณวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : 10.Spec.Length : 100.00mm
2.Operator : MR 11.Spec.Area : 570.0000mm²
3.Lot No. : Test12 12.Total Energy: 7.241J
4.Date : 2017/10/17 13.Young's Modu. : 266.506MPa
5.Speed : Single Speed V1= 49.61mm/min, 14.Notice :
6.Temperature: 25 15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst
7.Test Style : 1. Tension
8.Standard :
9.Specimen : PF12mm#1

	Load(kgf)	Elong.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	504	3.75	8.676	3.755
Break	453	4.01	7.786	4.007
Yield's	3	0.02	0.043	0.019
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000



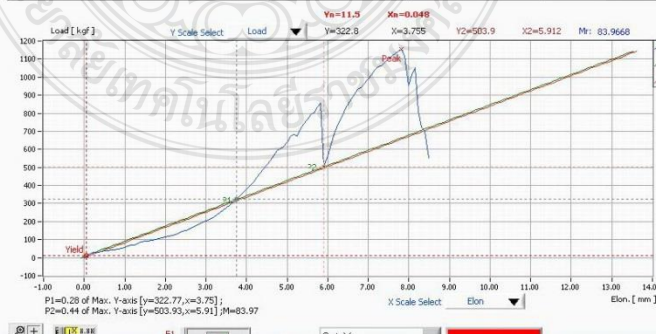
มทร.ธัญบุรี

คณวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : 10.Spec.Length : 100.00mm
2.Operator : MR 11.Spec.Area : 570.0000mm²
3.Lot No. : Test12 12.Total Energy: 33.779J
4.Date : 2017/10/17 13.Young's Modu. : 471.002MPa
5.Speed : Single Speed V1= 49.61mm/min, 14.Notice :
6.Temperature: 25 15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst
7.Test Style : 1. Tension
8.Standard :
9.Specimen : PF12mm#1

	Load(kgf)	Elong.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	1154	7.82	19.859	7.815
Break	553	8.48	9.511	8.480
Yield's	6	0.04	0.099	0.039
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000

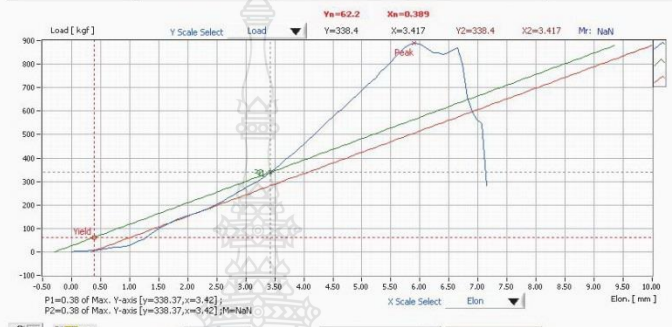


คณวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer :
 2.Operator : MR
 3.Lot No. : Test12
 4.Date : 2017/10/17
 5.Speed : Single Speed V1= 49.61mm/min,
 6.Temperature: 25
 7.Test Style : 1. Tension
 8.Standard :
 9.Specimen : PF12mm#1
 10.Spec.Length : 100.00mm
 11.Spec.Area : 570.0000mm²
 12.Total Energy: 18.8963
 13.Young's Modu. : 352.664MPa
 14.Notice :
 15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst

	Load(kgf)	Elon.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	888	5.90	15.278	5.902
Break	799	7.15	13.742	7.150
Yield _{0.2s}	58	0.38	0.993	0.384
Modulus _{0.0%}	0	0.00	0.000	0.000
Modulus _{0.0%}	0	0.00	0.000	0.000



มทร.ธัญบุรี

คณวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer :
 2.Operator : MR
 3.Lot No. : Test12
 4.Date : 2017/10/27
 5.Speed : Single Speed V1= 49.61mm/min,
 6.Temperature: 25
 7.Test Style : 1. Tension
 8.Standard :
 9.Specimen : PF12mm#1
 10.Spec.Length : 100.00mm
 11.Spec.Area : 570.0000mm²
 12.Total Energy: 3.0221
 13.Young's Modu. : 437.809MPa
 14.Notice :
 15.FileName: D:\Manoch\PF_1.tst

	Load(kgf)	Elon.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	387	2.67	6.663	2.675
Break	60	3.09	1.032	3.093
Yield _{0.2s}	387	2.67	6.663	2.675
Modulus _{0.0%}	0	0.00	0.000	0.000
Modulus _{0.0%}	0	0.00	0.000	0.000



มทร.ธัญบุรี

1.18K

คณวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : 10.Spec.Length : 100.00mm
 2.Operator : MR 11.Spec.Area : 570.0000mm²
 3.Lot No. : Test12 12.Total Energy: 16.775J
 4.Date : 2017/10/27 13.Young's Modu. : 241.242MPa
 5.Speed :Single Speed V1= 49.61mm/min, 14.Notice :
 6.Temperature: 25 15.FileName: D:\Manoch\VF_1.tst
 7.Test Style : 1. Tension
 8.Standard :
 9.Specimen : PF12mm#1

	Load(kgf)	Elon.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	822	5.41	14.138	5.410
Break	458	5.66	7.877	5.662
YieldYs	210	1.38	3.605	1.380
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000



มทร.ธัญบุรี

1.18K

คณวิศวกรรมโยธา

Report

1.Customer : 10.Spec.Length : 100.00mm
 2.Operator : MR 11.Spec.Area : 570.0000mm²
 3.Lot No. : Test12 12.Total Energy: 6.056J
 4.Date : 2017/10/27 13.Young's Modu. : 227.058MPa
 5.Speed :Single Speed V1= 49.61mm/min, 14.Notice :
 6.Temperature: 25 15.FileName: D:\Manoch\VF_1.tst
 7.Test Style : 1. Tension
 8.Standard :
 9.Specimen : PF12mm#1

	Load(kgf)	Elon.(mm)	Stress(MPa)	Strain(%)
Peak	460	3.44	7.920	3.445
Break	205	3.70	3.522	3.698
YieldYs	2	0.02	0.040	0.017
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000
Modulus0.0%	0	0.00	0.000	0.000



ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้ไม่เสียหาย ไม้เสริม GFRP No.55

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	2.898	9.66	1.932	4.83
10	250	-994.014	-1939.728	-1191.078	-112.056
20	248	-989.184	-1927.17	-1177.554	-102.396
30	240	-907.074	-1874.04	-1138.914	-32.844
40	225	-862.638	-1825.74	-1079.022	-4.83
50	210	-841.386	-1754.256	-1027.824	-2.898
60	325	-1284.78	-2281.692	-1464.456	-341.964
70	475	-2027.634	-3063.186	-2125.2	-970.83
80	580	-2648.772	-3928.722	-2658.432	-1521.45
90	660	-3280.536	-4038.846	-3239.964	-2051.784
100	700	-3846.612	-3647.616	-4013.73	-2554.104
108	718	-4058.166	-3737.454	-5346.81	-3123.078
110	700	-3654.378	-3782.856	-6464.472	-3393.558

ตารางที่ ก.2 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้ไม่เสียหาย ไม้เสริม GFRP No.56

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	7.728	8.694	-17.388	0
20	195	-829.794	-329.406	-1416.156	-1797.726
40	175	-778.596	-238.602	-1301.202	-1703.058
60	245	-1142.778	-560.28	-1733.004	-2218.902
80	495	-2551.206	-1757.154	-3385.83	-4062.03
100	600	-3761.604	-2718.324	-4978.764	-6147.624
120	660	-5439.546	-4013.73	-7427.574	-8947.092
140	680	-7369.614	-5232.822	-10085.04	-12004.48
160	680	-8778.042	-5976.642	-12602.44	-14817.47
162	690	-8901.69	-5994.03	-12881.61	-15120.8
180	680	-9696.708	-5367.096	-15373.89	-18078.69

ตารางที่ ก.3 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้ไม่เสียหาย ไม้เสริม GFRP No.65

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-31.878	35.742	-17.388	-115.92
10	175	-1094.478	131.376	-836.556	-2264.304
20	170	-1054.872	115.92	-837.522	-2228.562
30	160	-1004.64	138.138	-799.848	-2170.602
40	155	-964.068	143.934	-755.412	-2118.438
50	150	-950.544	159.39	-714.84	-2085.594
60	160	-1084.818	141.036	-832.692	-2273.964
70	310	-2011.212	-466.578	-1661.52	-3326.904
80	440	-2745.372	-1150.506	-2348.346	-4245.57
90	505	-3394.524	-1711.752	-2864.19	-5232.822
100	560	-4008.9	-2270.1	-3298.89	-6333.096
110	610	-4733.4	-2859.36	-3651.48	-6976.452
119	637	-5341.98	-3437.994	-3727.794	-7069.188
120	630	-5623.086	-3822.462	-3528.798	-7057.596

ตารางที่ ก.4 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสียหายร้อยละ 25 ไม้เสริม GFRP No.58

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	12.558	-46.368	-28.98	-51.198
20	210	-1731.072	-2080.764	-1315.692	-4348.932
40	185	-1626.744	-1946.49	-1213.296	-4169.256
60	175	-1563.954	-1820.91	-1117.662	-4041.744
80	160	-1474.116	-1745.562	-1053.906	-3895.878
100	155	-1421.952	-1656.69	-978.558	-3793.482
120	145	-1368.822	-1559.124	-936.054	-3696.882
140	135	-1299.27	-1499.232	-897.414	-3588.69
160	126	-1244.208	-1449	-841.386	-3496.92
180	121	-1223.922	-1378.482	-779.562	-3442.824
200	200	-1742.664	-2011.212	-1321.488	-4408.824
216	349	-1451.898	-3016.818	-1477.98	-5998.86
220	220	-1719.48	-2724.12	-1233.582	-6419.07

ตารางที่ ก.5 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสียบหรือยลละ 25 ไม้เสริม GFRP No.60

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	29.109	-43.194	-129.582	-41.316
10	200	-1386.903	-1758.747	-1575.642	-1103.325
20	195	-1400.988	-1751.235	-1584.093	-1112.715
30	180	-1375.635	-1685.505	-1514.607	-1078.911
40	175	-1302.393	-1635.738	-1474.23	-1007.547
50	170	-1288.308	-1583.154	-1398.171	-982.194
60	160	-1223.517	-1528.692	-1376.574	-921.159
70	230	-1624.47	-1996.314	-1886.451	-1408.5
80	360	-2670.516	-3060.201	-3143.772	-2658.309
90	440	-3652.71	-3916.569	-4151.319	-3802.011
94	452	-4002.957	-4252.731	-4300.62	-4069.626
100	445	-4363.533	-4821.765	-4375.74	-2665.821

ตารางที่ ก.6 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสียบหรือยลละ 25 ไม้เสริม GFRP No.62

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-60.858	-20.286	68.586	-3.864
10	182	-1182.384	-1675.044	-2823.618	-2180.262
20	177	-1176.588	-1701.126	-2813.958	-2131.962
30	175	-1103.172	-1647.03	-2768.556	-2047.92
40	170	-1048.11	-1592.934	-2712.528	-1988.994
50	160	-994.014	-1559.124	-2631.384	-1932
60	155	-958.272	-1492.47	-2585.982	-1896.258
70	210	-1708.854	-1818.012	-3372.306	-2683.548
80	220	-3480.498	-2851.632	-5597.97	-4426.212
90	380	-4987.458	-3564.54	-7803.348	-5796.966
100	390	-6002.724	-3966.396	-9412.704	-6572.664
102	395	-5852.028	-3655.344	-11076.16	-6790.98
110	372	-6228.768	-3810.87	-14056.27	-6394.92

ตารางที่ ก.7 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสียบร้อยละ 50 ไม่เสริม GFRP No.67

0	0	4.83	-13.524	-56.994	-36.708
10	140	-1429.68	-1817.046	-2625.588	-2030.532
20	138	-1468.32	-1806.42	-2755.032	-2185.092
30	135	-1440.306	-1750.392	-2704.8	-2177.364
40	130	-1407.462	-1707.888	-2651.67	-2150.316
50	125	-1367.856	-1692.432	-2592.744	-2108.778
60	122	-1353.366	-1652.826	-2530.92	-2092.356
70	120	-1314.726	-1605.492	-2503.872	-2045.988
80	190	-2214.072	-2381.19	-3967.362	-3504.648
84	214	-2800.434	-2565.696	-4612.65	-4306.428

ตารางที่ ก.8 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสียบร้อยละ 50 ไม่เสริม GFRP No.70

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-109.158	-62.79	27.048	-105.294
50	118	-2019.906	-2438.184	-1452.864	-1747.494
100	106	-1816.08	-2263.338	-1300.236	-1560.09
150	92	-1655.724	-2135.826	-1194.942	-1393.938
200	82	-1520.484	-2022.804	-1125.39	-1250.004
250	78	-1441.272	-1915.578	-1032.654	-1175.622
300	170	-2605.302	-3209.052	-2007.348	-2617.86
320	228	-3602.214	-5485.914	-3511.41	-5058.942
350	215	-3651.48	-5372.892	-3712.338	-5784.408

ตารางที่ ก.9 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสียบร้อยละ 50 ไม่เสริม GFRP No.71

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	26.082	-21.252	-21.252	-3.864
20	140	-2525.124	-3387.762	-2176.398	-2040.192
40	132	-2389.884	-3270.876	-2059.512	-1934.898
60	125	-2286.522	-3167.514	-1956.15	-1842.162
80	120	-2200.548	-3057.39	-1882.734	-1758.12
100	115	-2133.894	-2976.246	-1783.236	-1697.262
120	110	-2075.934	-2885.442	-1714.65	-1638.336
140	105	-2017.974	-2812.992	-1648.962	-1577.478
160	100	-1963.878	-2747.304	-1587.138	-1520.484
180	95	-1913.646	-2682.582	-1531.11	-1467.354
200	90	-1869.21	-2618.826	-1488.606	-1417.122
220	88	-1825.74	-2565.696	-1430.646	-1370.754
240	160	-2804.298	-3732.624	-2449.776	-2382.156
260	220	-3639.888	-5722.584	-4402.062	-3338.496
270	222	-4004.07	-6303.15	-4887.96	-3529.764
280	219	-4190.508	-6457.71	-4966.206	-3575.166

ตารางที่ ก.10 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้ไม่เสียบ พ่นเส้นใย GFRP No.39

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-1.878	1.878	-3.756	-4.695
40	230	-2147.49	-1015.06	-1251.69	-118.314
80	190	-1887.39	-794.394	-1056.38	17.841
120	160	-1684.57	-628.191	-939.939	103.29
160	140	-1518.36	-538.047	-809.418	142.728
200	120	-1387.84	-459.171	-713.64	153.057
240	110	-1283.61	-388.746	-638.52	148.362
280	340	-2743.76	-1512.73	-1697.71	-511.755
320	675	-6182.38	-4149.44	-4130.66	-2376.61
360	652	-6366.42	-4203.9	-4286.54	-2433.89
400	640	-6434.97	-4244.28	-4385.13	-2441.4

ตารางที่ ก. 11 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้ไม่เสียหาย พันเส้นใย GFRP No.46

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	21.597	-16.902	-4.695	25.353
40	196	-1348.404	-1506.156	-619.74	-410.343
80	165	-1188.774	-1328.685	-477.012	-297.663
120	145	-1044.168	-1211.31	-400.014	-183.105
160	130	-970.926	-1096.752	-319.26	-146.484
200	115	-868.575	-1015.998	-285.456	-71.364
240	100	-797.211	-948.39	-234.75	-30.048
280	345	-2162.517	-2404.779	-1294.881	-1149.336
320	700	-5253.705	-5163.561	-3515.616	-3907.179
360	499	-4097.796	-4008.591	-2609.481	-2767.233
400	759	-5951.382	-5710.998	-3922.203	-4446.165
402	762	-6213.363	-5865.933	-4052.724	-4630.209

ตารางที่ ก. 12 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้ไม่เสียหาย พันเส้นใย GFRP No.47

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-7.512	12.207	-44.133	-92.961
30	335	-1139.946	-965.292	-1325.868	-1746.54
60	285	-940.878	-739.932	-1085.484	-1505.217
90	235	-780.309	-590.631	-930.549	-1305.21
120	205	-653.544	-492.036	-800.967	-1134.312
150	175	-566.217	-402.831	-696.738	-1015.059
180	155	-488.28	-359.637	-600.021	-904.257
210	140	-718.335	-547.437	-889.233	-1248.87
240	700	-2470.509	-2284.587	-2767.233	-3546.603
270	740	-2669.577	-2631.078	-2986.02	-4042.395
300	750	-2768.172	-2749.392	-3104.334	-4522.224
314	797	-2940.009	-3098.7	-3364.437	-8717.676

ตารางที่ ก. 13 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสี้ยนใยร้อยละ 25 พันเส้นใย GFRP No.40

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	16.902	-24.414	-156.813	-79.815
40	230	-134.277	-1270.47	-3664.92	-1820.72
80	185	-16.902	-1008.49	-3268.66	-1614.14
120	160	79.815	-841.344	-2945.64	-1425.4
160	135	125.826	-683.592	-2684.6	-1288.31
200	120	149.301	-586.875	-2423.56	-1173.75
240	102	173.715	-478.89	-2236.7	-1063.89
280	500	-1569.07	-3454.58	-7158.94	-3509.04
320	475	-2200.08	-4576.69	-7086.63	-4101.55
360	375	-1759.69	-3889.34	-6324.17	-3582.29
388	608	-3524.07	-6678.17	-5349.48	-4267.76

ตารางที่ ก. 14 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสี้ยนใยร้อยละ 25 พันเส้นใย GFRP No.42

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	16.902	15.024	-15.024	41.316
30	130	-1866.7	-4064.9	-1440.4	-316.44
60	120	-1738.1	-3816.1	-1351.2	-226.3
90	113	-1647.9	-3616.1	-1278.9	-162.45
120	105	-1555	-3471.5	-1206.6	-93.9
150	96	-1479.9	-3342.8	-1138.1	-41.316
180	90	-1423.5	-3224.5	-1069.5	-10.329
210	85	-1359.7	-3112.8	-1023.5	26.292
240	81	-1302.4	-2999.2	-994.4	58.218
270	77	-1259.2	-2885.5	-962.48	75.12
300	72	-1209.4	-2811.4	-903.32	97.656
327	202	-3203.9	-2711.8	-1002.9	-2144.7

ตารางที่ ก. 15 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสียบร้อยระยะ 25 ฟันเส้นใย GFRP No.49

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-28.17	-5.634	-15.963	0
40	183	-3709.99	-2832.96	584.058	-672.324
80	153	-3309.98	-2601.03	577.485	-526.779
120	140	-2996.35	-2390.69	547.437	-427.245
160	115	-2752.21	-2191.63	506.121	-365.271
200	109	-2546.57	-2048.9	492.975	-313.626
240	97	-2338.11	-1914.62	443.208	-249.774
280	365	-5091.26	-5062.15	-797.211	-1734.33
320	300	-3862.11	-4353.2	-1149.34	-1899.6
360	253	-3436.74	-4057.42	-942.756	-1569.07
400	224	-3145.65	-3858.35	-751.2	-1327.75
433	416	-4593.59	-4906.28	-1647.95	-2834.84
440	350	-4176.67	-4866.84	-1571.89	-2826.39

ตารางที่ ก. 16 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสียบร้อยระยะ 50 ฟันเส้นใย GFRP No.7

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	101.412	57.279	-223.482	-37.56
30	140	-1333.38	-1487.376	-3406.692	-2657.37
60	128	-1145.58	-1342.77	-3261.147	-2471.448
90	120	-972.804	-1219.761	-3132.504	-2307.123
120	112	-826.32	-1100.508	-3020.763	-2171.907
150	105	-706.128	-1014.12	-2891.181	-2062.044
180	98	-582.18	-941.817	-2807.61	-1939.974
210	92	-478.89	-859.185	-2734.368	-1840.44
240	88	-388.746	-776.553	-2664.882	-1754.052
270	84	-308.931	-706.128	-2594.457	-1677.054
300	80	-222.543	-668.568	-2511.825	-1588.788
330	130	-1167.177	-1416.951	-3363.498	-2590.701
348	263	-4715.658	-4695.939	-8274.468	-9181.542

ตารางที่ ก. 17 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสี้ยนใย GFRP No.43

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-127.704	-109.863	64.791	11.268
50	136	-4017.042	-2603.847	-1764.381	-1929.645
100	120	-3726.891	-2338.11	-1478.925	-1697.712
150	110	-3488.385	-2126.835	-1310.844	-1522.119
200	99	-3315.609	-1956.876	-1145.58	-1425.402
250	89	-3159.735	-1812.27	-1004.73	-1336.197
300	81	-3012.312	-1675.176	-896.745	-1252.626
350	195	-7375.845	-8016.243	-6123.219	-825.381
400	167	-6911.979	-6981.465	-5694.096	-375.6
450	150	-6624.645	-6636.852	-5402.067	-116.436
500	137	-6395.529	-6394.59	-5164.5	68.547
550	243	-5709.12		-5280.936	-2125.896
600	173	-2535.3		-2366.28	-752.139
650	157	-2167.212		-2268.624	-448.842
700	160	-2001.948		-2202.894	-257.286
715	254	-2114.628		-2293.038	-2424.498

ตารางที่ ก. 18 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสี้ยนใย GFRP No.45

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-31.926	-94.839	-52.584	-12.207
50	126	-559.644	-3365.376	-4162.587	-1315.539
100	110	-406.587	-3057.384	-3897.789	-1179.384
150	98	-296.724	-2833.902	-3665.856	-1081.728
200	88	-205.641	-2632.956	-3478.056	-993.462
250	80	-122.07	-2455.485	-3317.487	-906.135
300	73	-55.401	-2302.428	-3166.308	-832.893
350	220	-3585.102	-5525.076	-2497.74	-3140.016
400	178	-2914.656	-4801.107	-2158.761	-2823.573
450	158	-2572.86	-4378.557	-1967.205	-2633.895
500	142	-2297.733	-4038.639	-1835.745	-2462.997
545	269	-3676.185	-5769.216	-2528.727	-3379.461
550	250	-4098.735	-5937.297	-2542.812	-3571.956

ตารางที่ ก. 19 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้ไม่เสียหาย พันแผ่นผ้า GFRP No.19

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	20.286	0	-30.912	-37.674
50	199	-1385.244	-252.126	-1592.934	-2458.47
100	152	-1070.328	-90.804	-1300.236	-2120.37
150	135	-856.842	4.83	-1103.172	-1873.074
200	110	-710.01	48.3	-946.68	-1687.602
250	425	-3248.658	-1727.208	-3538.458	-4109.364
300	503	-4899.552	-3259.284	-5490.744	-5318.796
350	505	-4972.002	-3352.02	-5591.208	-5363.232
400	640	-8267.028	-6541.752	-8883.336	-7446.894
450	487	-7559.916	-6724.326	-7138.74	-6247.122
500	500	-7565.712	-6702.108	-7088.508	-6276.102
519	658	-9058.183	-8574.216	-8439.942	-7142.604
550	560	-7014.126	-10709.08	-8375.22	-5707.128

ตารางที่ ก. 20 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้ไม่เสียหาย พันแผ่นผ้า GFRP No.21

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	0.966	0	1.932	13.524
20	235	-2188.956	-1585.206	-2187.024	-3409.014
40	228	-1986.096	-1410.36	-2010.246	-3183.936
60	210	-1849.89	-1246.14	-1842.162	-3021.648
80	190	-1720.446	-1093.512	-1716.582	-2870.952
100	180	-1605.492	-978.558	-1592.934	-2742.474
120	170	-1498.266	-878.094	-1505.028	-2626.554
140	158	-1417.122	-770.868	-1431.612	-2534.784
160	149	-1341.774	-699.384	-1348.536	-2446.878
180	140	-1287.678	-610.512	-1278.984	-2378.292
200	130	-1216.194	-562.212	-1202.67	-2295.216
220	125	-1166.928	-495.558	-1137.948	-2232.426
240	119	-1109.934	-443.394	-1079.988	-2161.908
260	197	-1645.098	-1050.042	-1693.398	-2842.938
280	500	-4796.19	-5417.328	-5180.658	-6812.232
282	515	-4922.736	-5770.884	-5431.818	-7079.814

ตารางที่ ก. 21 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้ไม่เสียหาย พื้นแผ่นผ้า GFRP No.21

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	11.592	14.49	-8.694	-1.932
50	160	-2404.374	-784.392	280.14	-790.188
100	132	-2048.886	-658.812	245.364	-633.696
150	114	-1797.726	-562.212	241.5	-537.096
200	98	-1572.648	-469.476	211.554	-449.19
250	79	-1399.734	-388.332	190.302	-391.23
300	430	-4659.984	-2552.172	-724.5	-3304.686
350	319	-3649.548	-1928.136	-490.728	-2684.514
400	475	-4589.466	-2900.898	-1153.404	-3685.29
450	440	-3920.994	-3039.036	-3432.198	-3892.014
500	335	-3404.184	-2455.572	-2754.066	-3316.278
543	570	-4429.11	-3589.656	-4138.344	-4460.988
550	500	-3801.21	-3608.01	-5331.354	-4573.044

ตารางที่ ก. 22 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสียหายร้อยละ 25 พื้นแผ่นผ้า GFRP No.24

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	8.694	43.47	4.83	0
50	163	-3412.878	-4034.982	-1972.572	-1011.402
100	138	-3114.384	-3695.916	-1653.792	-757.344
150	120	-2855.496	-3423.504	-1412.292	-547.722
200	107	-2649.738	-3171.378	-1228.752	-389.298
250	96	-2475.858	-2983.008	-1042.314	-267.582
300	334	-7805.28	-6314.742	-6030.738	-4186.644
350	288	-8501.767	-4195.338	-7604.352	-4571.112
400	247	-7890.288	-3872.694	-6997.704	-4025.322
427	372	-9911.16	-5235.72	-10447.29	-6257.748
450	312	-8499.834	-4089.078	-13331.77	-5177.76

ตารางที่ ก. 23 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสียบใยร้อยละ 25 พื้นผิว GFRP No.31

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-17.388	-17.388	16.422	-35.742
20	300	-1518.552	-1574.58	-1821.876	-1768.746
40	265	-1363.992	-1397.802	-1620.948	-1581.342
60	240	-1231.65	-1256.766	-1449	-1426.782
80	219	-1147.608	-1134.084	-1291.542	-1312.794
100	199	-1054.872	-1035.552	-1181.418	-1198.806
120	183	-988.218	-962.136	-1069.362	-1106.07
140	170	-925.428	-908.04	-980.4901	-1026.858
160	160	-872.298	-847.182	-906.108	-959.238
180	148	-803.712	-792.12	-856.842	-884.856
200	300	-1453.83	-1514.688	-1789.998	-1733.004
220	535	-2877.714	-2803.332	-3593.52	-3459.246
232	573	-3538.458	-2899.932	-4363.422	-4312.224

ตารางที่ ก. 24 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสียบใยร้อยละ 25 พื้นผิว GFRP No.50

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	3.864	10.626	-12.558	8.694
20	220	-874.23	-670.404	-1637.37	-1927.17
40	197	-732.228	-513.912	-1495.368	-1813.182
60	180	-605.682	-395.094	-1378.482	-1706.922
80	165	-506.184	-281.106	-1280.916	-1619.016
100	149	-402.822	-190.302	-1204.602	-1521.45
120	130	-340.998	-118.818	-1108.002	-1459.626
140	125	-279.174	-58.926	-1033.62	-1391.04
160	120	-225.078	-15.456	-965.034	-1328.25
180	115	-161.322	22.218	-911.904	-1250.97
200	105	-124.614	73.416	-868.434	-1200.738
220	98	-109.158	106.26	-797.916	-1174.656
240	240	-739.956	-579.6	-1546.566	-1824.774
260	520	-3389.694	-3092.166	-3554.88	-3316.278

ตารางที่ ก. 25 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสียบใยร้อยละ 50 พันแผ่นผ้า GFRP No.25

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	70.518	42.504	-14.49	-9.66
30	73	-4274.55	-2453.64	-1579.41	-2196.684
60	66	-3784.788	-2309.706	-1471.218	-2061.444
90	63	-3571.302	-2204.412	-1402.632	-1940.694
120	58	-3457.314	-2115.54	-1317.624	-1877.904
150	54	-3341.394	-2043.09	-1256.766	-1802.556
180	51	-3228.372	-1987.062	-1205.568	-1715.616
210	48	-3141.432	-1906.884	-1173.69	-1653.792
240	46	-3050.628	-1860.516	-1126.356	-1583.274
270	45	-2973.348	-1812.216	-1081.92	-1525.314
300	44	-2904.762	-1751.358	-1045.212	-1476.048
330	42	-2838.108	-1707.888	-1010.436	-1429.68
342	167	-5277.258	-3181.038	-4168.29	-5546.772

ตารางที่ ก. 26 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสียบใยร้อยละ 50 พันแผ่นผ้า GFRP No.27

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	40.572	-110.124	-425.04	-306.222
50	125	-2114.574	-1368.822	-1329.216	-3693.018
100	112	-1910.748	-1168.86	-1015.266	-3392.592
150	100	-1774.542	-1002.708	-842.352	-3182.004
200	92	-1654.758	-899.346	-697.452	-3006.192
250	85	-1561.056	-780.528	-589.26	-2863.224
300	77	-1479.912	-693.588	-473.34	-2732.814
350	192	-5838.504	-2751.168	-1183.35	-2554.104
400	168	-5556.432	-2418.864	-808.542	-2025.702
450	150	-5352.606	-2246.916	-568.974	-1742.664
500	140	-5165.202	-2107.812	-420.21	-1516.62
542	256	-6196.89	-2798.502	-1366.89	-2759.862
550	200	-4484.172	-1567.818	-1751.358	-3749.046

ตารางที่ ก. 27 ผลการทดสอบกำลังตามแนวแกน ไม้เสียหายร้อยละ 50 พื้นแผ่นผ้า GFRP No.35

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-109.158	-60.858	25.116	-154.56
30	135	-3414.81	-2694.174	-2118.438	-3001.362
60	125	-3150.126	-2433.354	-1961.946	-2784.978
90	115	-2940.504	-2255.61	-1807.386	-2610.132
120	105	-2809.128	-2075.934	-1697.262	-2494.212
150	98	-2685.48	-1977.402	-1589.07	-2385.054
180	95	-2608.2	-1842.162	-1507.926	-2329.992
210	90	-2516.43	-1746.528	-1426.782	-2259.474
240	85	-2424.66	-1650.894	-1366.89	-2183.16
270	80	-2326.128	-1570.716	-1309.896	-2098.152
300	75	-2251.746	-1509.858	-1227.786	-2035.362
330	270	-4560.486	-5931.24	-5381.586	-4943.988
332	274	-4759.482	-4183.746	-5852.028	-3038.07

ตารางที่ ก. 28 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม้ไม่เสียหาย ไม้เสริม GFRP No.57

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	47.334	-12.558	16.422	30.912
25	119	-1465.422	450.156	59.892	-2009.28
50	111	-1383.312	414.414	56.028	-1865.346
75	105	-954.963	96.717	155.874	-1000.974
100	101	-1218.126	411.516	53.13	-1716.582
125	96	-1177.554	378.672	68.586	-1633.506
150	92	-1123.458	371.91	67.62	-1575.546
175	88	-1076.124	357.42	67.62	-1513.722
200	83	-1024.926	360.318	40.572	-1443.204
225	78	-988.218	347.76	39.606	-1390.074
250	76	-946.68	344.862	63.756	-1376.55
275	73	-936.054	312.984	66.654	-1315.692
300	90	-949.578	357.42	47.334	-1392.972
310	153	-1824.774	526.47	36.708	-2483.586
325	97	-1591.002	184.506	93.702	-1435.476

ตารางที่ ก. 29 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ไม้ไม่เสียหาย ไม่เสริม GFRP No.64

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-46.368	-27.048	2.898	-54.096
20	138	-1925.238	201.894	216.384	-1905.918
40	128	-1815.114	172.914	248.262	-1798.692
60	121	-1719.48	169.05	235.704	-1701.126
80	116	-1643.166	166.152	237.636	-1624.812
100	109	-1591.968	187.404	237.636	-1572.648
120	103	-1526.28	181.608	234.738	-1507.926
140	97	-1483.776	169.05	255.99	-1468.32
160	93	-1408.428	139.104	251.16	-1394.904
180	89	-1362.06	133.308	255.024	-1352.4
200	86	-1337.91	169.05	248.262	-1329.216
220	82	-1281.882	126.546	258.888	-1274.154
240	79	-1250.004	125.58	262.752	-1242.276
260	77	-1213.296	157.458	238.602	-1204.602
280	85	-1200.738	148.764	255.99	-1200.738
289	164	-2245.95	213.003	275.31	-2182.677
300	98	-1509.858	137.172	212.52	-1204.602

ตารางที่ ก. 30 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ไม้ไม่เสียหาย ไม่เสริม GFRP No.66

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-61.824	61.824	-18.354	-108.192
20	156	-2197.65	85.974	107.226	-1818.012
40	145	-2083.662	89.83801	142.968	-1704.024
60	134	-1962.912	85.974	115.92	-1583.274
80	127	-1865.346	83.076	119.784	-1492.47
100	120	-1789.032	97.566	118.818	-1420.986
120	114	-1707.888	90.804	123.648	-1347.57
140	109	-1663.452	95.634	156.492	-1309.896
160	103	-1597.764	107.226	158.424	-1250.97
180	97	-1525.314	100.464	156.492	-1186.248
200	93	-1470.252	114.954	155.526	-1137.948

220	89	-1399.734	117.852	146.832	-1075.158
240	84	-1361.094	131.376	152.628	-1040.382
260	70	-1319.556	142.968	154.56	-1004.64
273	188	-2630.418	89.355	128.478	-1941.177
280	133	137.172	-370.944	-342.93	-105.294

ตารางที่ ก. 31 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม่เสียหายร้อยละ 25 ไม่เสริม GFRP No.59

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-27.048	-3.864	-8.694	-5.796
2	20	-998.844	-158.424	89.83801	-644.322
4	96	-1752.324	-78.246	200.928	-1500.198
6	74	-1446.102	-55.062	161.322	-1291.542
8	68	-1275.12	-59.892	125.58	-1236.48
10	61	-1157.268	-54.096	113.022	-1167.894

ตารางที่ ก. 32 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม่เสียหายร้อยละ 25 ไม่เสริม GFRP No.68

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-55.062	0.966	10.626	-227.01
2	32	-881.958	-18.354	51.198	-1540.77
4	68	-1925.238	-96.6	197.064	-3060.288
6	80	-685.86	-142.968	61.824	-634.662
8	17	-718.704	-176.778	49.266	-656.88

ตารางที่ ก. 33 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม่เสียหายร้อยละ 25 ไม่เสริม GFRP No.69

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-606.648	-186.438	168.084	-868.434
2	78	-1996.722	140.07	146.832	-1544.634
4	45	-4824.204	212.52	-18.354	-1384.278

ตารางที่ ก. 34 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม่เสียหายร้อยละ 50 ไม่เสริม GFRP No.61

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-425.04	-137.172	59.892	-348.726
2	4.3	-1221.02	-420.21	182.574	-838.488
4	1.7	-1092.55	-227.01	5.796	-292.698
6	2.3	-1824.77	-461.748	134.274	-464.646
8	3.6	-3390.66	-667.506	216.384	-832.692
10	3.6	-5852.99	-385.434	-0.966	-1514.69
12	6.7	-8627.35	-1304.1	0.966	-4193.41
14	9.1	-11385.3	-3251.56	-99.498	-6200.75
16	9.8	-12294.3	-6191.09	-163.254	-7522.24
18	12.2	-12019	-7616.91	-187.404	-7991.72
20	11.8	-11622.9	-8634.11	-261.786	-8473.75
22	13	-11545.6	-9689.95	-321.678	-7969.5
24	12.8	-11295.4	-10116.9	-262.752	-7500.99

ตารางที่ ก. 35 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม่เสียหายร้อยละ 50 ไม่เสริม GFRP No.63

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-44.436	-56.028	41.538	-60.858
2	3.5	-826.896	-301.392	171.948	-376.74
4	8.7	-1103.172	-397.026	147.798	-514.878
6	9.2	-1455.762	-423.108	121.716	-484.932
8	10.9	-2187.99	-420.21	91.77	-526.47
10	12.9	-3023.58	-483	28.98	-565.11
11	14	-3031.308	-533.232	-2.898	-593.607
12	13.3	-3039.036	-583.464	-34.776	-622.104

ตารางที่ ก. 36 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม้เสียหายร้อยละ 50 ไม้เสริม GFRP No.72

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	1474.116	608.58	-261.786	727.398
2	2.8	835.59	459.816	-206.724	476.238
4	4.8	-164.22	255.99	-129.444	152.628
6	7	-1488.606	190.302	-148.764	-87.906
8	6.4	-3701.712	-174.846	-24.15	-554.484
10	5.8	-6067.446	-383.502	-169.05	-1412.292
12	7.1	-9690.912	-2712.528	-372.876	-6311.844
14	9	-11711.78	-5664.624	-366.114	-10572.87
16	10.67	-11556.26	-6584.256	-311.052	-12943.43
18	8.9	-11220.09	-7867.104	-362.25	-14178.95

ตารางที่ ก. 37 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม้ไม่เสียหาย พ้นเส้นโย GFRP No.37

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-239.445	-11.268	57.279	-135.216
20	119	-2082.702	229.116	282.639	-2287.404
40	112	-1954.998	238.506	281.7	-2181.297
60	106	-1859.22	261.981	259.164	-2089.275
80	100	-1780.344	262.92	266.676	-2013.216
100	95	-1687.383	244.14	267.615	-1921.194
120	91	-1636.677	259.164	274.188	-1874.244
140	87	-1562.496	272.31	247.896	-1801.002
160	83	-1520.241	271.371	268.554	-1760.625
180	80	-1469.535	273.249	268.554	-1710.858
200	78	-1412.256	259.164	272.31	-1652.64
220	72	-1357.794	257.286	258.225	-1595.361
240	70	-1333.38	269.493	266.676	-1570.947
260	68	-1287.369	259.164	266.676	-1522.119
280	66	-1232.907	252.591	250.713	-1463.901
300	70	-1285.491	265.737	257.286	-1538.082
308	150	-2630.139	328.65	360.576	-2892.12
320	127	-1488.315	305.175	-430.062	-3111.846

ตารางที่ ก. 38 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ไม้ไม่เสียหาย พันเส้นใย GFRP No.38

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	3.756	15.963	-13.146	-26.292
20	139	-1504.278	289.212	149.301	-1657.335
40	129	-1422.585	295.785	144.606	-1557.801
60	121	-1346.526	285.456	140.85	-1471.413
80	113	-1290.186	281.7	140.85	-1404.744
100	150	-1223.517	253.53	153.057	-1328.685
120	102	-1183.14	267.615	138.033	-1278.918
140	99	-1122.105	239.445	144.606	-1212.249
160	92	-1082.667	254.469	123.948	-1167.177
180	89	-1053.558	247.896	137.094	-1133.373
200	83	-1005.669	229.116	139.911	-1085.484
220	80	-962.475	231.933	116.436	-1039.473
240	78	-930.549	215.97	123.948	-1006.608
255	169	-1510.851	271.371	147.423	-1216.944
260	100	-1015.998	211.275	94.839	-1104.264

ตารางที่ ก. 39 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ไม้ไม่เสียหาย พันเส้นใย GFRP No.48

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-21.597	-14.085	-26.292	-69.486
5	117	-1320.234	281.7	-37.56	-874.209
20	88	-1175.628	239.445	-148.362	-442.269
40	77	-1086.423	236.628	-140.85	-360.576
60	70	-1004.73	240.384	-151.179	-283.578
80	62	-958.719	246.957	-125.826	-255.408
100	56	-883.599	246.018	-145.545	-180.28
140	45	-780.309	231.933	-117.375	-97.656
160	41	-738.054	231.933	-109.863	-67.608
180	36	-692.043	239.445	-127.704	-30.048
200	32	-657.3	245.079	-127.704	-7.512
220	29	-633.825	241.323	-101.412	-2.817
240	25	-580.302	226.299	-106.107	46.95
260	95	-1213.188	232.872	-169.02	-489.219
280	13	-771.858	-3.756	-145.545	161.508
300	5	-454.476	12.207	-112.68	179.349

ตารางที่ ก. 40 .ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม่เสียหายร้อยละ 25 พ่นเส้นใย GFRP No.41

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	15.024	4.695	-20.658	-3.756
6	70	-1850.769	110.802	349.308	-2152.188
10	51	-1465.779	52.584	271.371	-1724.004
20	42.5	-1127.739	31.926	200.946	-1404.744
30	40	-1090.179	24.414	215.97	-1369.062
40	38	-1046.046	27.231	188.739	-1318.356
50	37.5	-1031.961	26.292	198.129	-1304.271
60	37	-1012.242	15.963	206.58	-1283.613
70	36	-982.194	2.817	199.068	-1248.87
80	35	-968.109	2.817	197.19	-1231.968
90	34	-959.658	22.536	179.349	-1223.517
100	32.5	-948.39	21.597	181.227	-1211.31
110	32	-932.427	20.658	174.654	-1190.652
120	31	-921.159	0.939	193.434	-1179.384
130	30	-905.196	6.573	176.532	-1158.726
140	29	-898.623	13.146	170.898	-1149.336
150	27.5	-892.989	0	190.617	-1146.519

ตารางที่ ก. 41 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ไม้เสียหายร้อยละ 25 พันเส้นใย GFRP No.51

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-138.972	12.207	2.817	-169.02
5	90	-1527.753	293.907	-0.939	-899.562
20	37	-1030.083	182.166	-14.085	-708.006
40	42.5	-955.902	163.386	11.268	-668.568
60	34	-908.952	163.386	12.207	-639.459
80	31	-851.673	155.874	-16.902	-594.387
100	29	-817.869	141.789	4.695	-570.912
120	28	-797.211	150.24	9.39	-561.522
140	26	-768.102	149.301	5.634	-539.925
160	25	-734.298	149.301	-12.207	-513.633
180	24	-710.823	142.728	-0.939	-498.609
200	23	-684.531	138.972	0	-478.89
220	22	-649.788	115.497	1.878	-447.903
240	21.5	-640.398	128.643	4.695	-446.025
260	21	-612.228	115.497	7.512	-424.428
280	20	-580.302	113.619	-16.902	-395.319
300	19	-565.278	123.009	-27.231	-385.929
320	18.5	-543.681	113.619	-24.414	-369.966
340	20	-584.058	126.765	-10.329	-413.16
360	45	-1415.073	107.985	-14.085	-789.699
380	35	-1172.811	63.852	-10.329	-605.655

ตารางที่ ก. 42 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม้เสียบร้อยละ 25 พันเส้นใย GFRP No.53

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-138.033	-25.353	15.024	-154.935
4	66	-2009.46	-107.046	413.16	-1463.901
5	40	-1041.351	-99.534	208.458	-694.86
10	26	-841.344	-87.327	166.203	-587.814
15	24	-775.614	-78.876	151.179	-546.498
20	23	-738.054	-74.181	144.606	-522.084
25	22.5	-714.579	-75.12	141.789	-504.243
30	22	-702.372	-74.181	139.911	-494.853
35	21.5	-687.348	-76.059	138.972	-483.585
40	21	-677.019	-76.059	137.094	-476.073
45	20.52	-664.812	-75.12	135.216	-465.744
50	20.025	-657.3	-74.181	135.216	-458.232
55	20	-645.093	-75.12	134.277	-449.781
60	19	-637.581	-75.12	133.338	-443.208
65	18.5	-627.252	-75.12	131.46	-434.757
70	18	-620.679	-75.12	131.46	-429.123
75	17	-611.289	-76.998	131.46	-421.611
80	16	-604.716	-78.876	133.338	-416.916
82	15.5	-601.899	-79.815	133.338	-219.726

ตารางที่ ก. 43 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม้เสียหายร้อยละ 50 พ่นเส้นใย GFRP No.44

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	1.878	-7.512	2.817	2.817
5	10.5	-528.657	-110.802	76.998	-292.029
9	14.95	-2594.457	-685.47	346.491	-1226.334
15	15.5	-3421.716	-783.126	330.528	-1499.583
20	13.6	-3623.601	-841.344	295.785	-1563.435
25	12.75	-3466.788	-769.98	246.018	-1388.781
30	12.25	-3372.888	-748.383	242.262	-1342.77
35	12	-3286.5	-731.481	240.384	-1297.698
40	11.6	-3238.611	-723.03	236.628	-1274.223
45	11.3	-3162.552	-716.457	233.811	-1238.541
50	11	-3111.846	-712.701	228.177	-1213.188
55	10.97	-3051.75	-685.47	203.763	-1191.591
60	10.7	-3023.58	-680.775	210.336	-1183.14
65	10.3	-2945.643	-680.775	198.129	-1149.336
70	10.2	-2886.486	-664.812	190.617	-1139.007
75	10	-2833.902	-651.666	190.617	-1129.617
80	9.8	-2808.549	-649.788	197.19	-1124.922
85	9.6	-2759.721	-658.239	201.885	-1103.325
90	9.5	-2730.612	-648.849	184.983	-1086.423
95	9.3	-2713.71	-635.703	196.251	-1091.118
98	9.15	-2695.869	-644.154	197.19	-1077.972

ตารางที่ ก. 44 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม้เสียหายร้อยละ 50 พันเส้นใย GFRP No.52

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-388.746	-78.876	46.95	-240.384
5	17.2	-3841.449	-753.078	252.591	-1483.62
10	17.7	-4262.121	-933.366	287.334	-1584.093
15	15	-3921.264	-894.867	243.201	-1325.868
20	14	-3821.73	-864.819	221.604	-1277.979
25	13.45	-3725.952	-847.917	213.153	-1230.09
30	13	-3677.124	-848.856	219.726	-1204.737
35	12.7	-3632.052	-826.32	224.421	-1203.798
40	12.2	-3589.797	-824.442	222.543	-1182.201
45	12	-3540.969	-803.784	207.519	-1163.421
50	11.7	-3494.019	-798.15	190.617	-1132.434
55	11.4	-3446.13	-809.418	208.458	-1113.654
60	11.2	-3429.228	-798.15	211.275	-1117.41
65	10.9	-3394.485	-780.309	205.641	-1110.837
70	10.7	-3368.193	-774.675	200.946	-1100.508
75	10.3	-3331.572	-769.98	201.885	-1088.301
80	10.2	-3304.341	-774.675	203.763	-1073.277
85	10	-3255.513	-777.492	192.495	-1042.29
90	9.8	-3232.977	-762.468	176.532	-1034.778
95	9.5	-3212.319	-746.505	177.471	-1040.412
100	9.3	-3197.295	-746.505	188.739	-1042.29

ตารางที่ ก. 45 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม้เสียบร้อยละ 50 พันเส้นใย GFRP No.54

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-9.39	0	19.719	-69.486
2	6.8	-1491.132	-297.663	185.922	-795.333
4	8	-2826.39	-577.485	281.7	-969.987
6	9.7	-2752.209	-646.032	269.493	-1008.486
8	11.65	-3328.755	-798.15	312.687	-1132.434
9.6	13.1	-3875.253	-900.501	345.552	-1251.687
10	12.9	-3875.253	-900.501	345.552	-1251.687
12	11.8	-3894.972	-932.427	304.236	-959.658
14	11.7	-4077.138	-948.39	306.114	-964.353
16	10.7	-3947.556	-914.586	289.212	-867.636
18	9.8	-3742.854	-881.721	275.127	-805.662
20	9.3	-3614.211	-862.002	265.737	-765.285
22	8.9	-3517.494	-846.978	257.286	-734.298
24	8.7	-3443.313	-833.832	247.896	-708.006
26	8.5	-3381.339	-823.503	241.323	-686.409
28	8.25	-3327.816	-812.235	232.872	-669.507
30	8	-3284.622	-800.028	224.421	-656.361
32	7.8	-3248.001	-788.76	218.787	-646.032
34	7.8	-3215.136	-776.553	214.092	-636.642
36	7.7	-3187.905	-766.224	209.397	-628.191
38	7.5	-3164.43	-758.712	207.519	-621.618

ตารางที่ ก. 46 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม่เสียหาย พื้นแผ่นผ้า GFRP No.20

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-82.632	3.756	-40.377	-202.824
20	124	-2091.153	209.397	34.743	-2530.605
40	118	-1979.412	228.177	43.194	-2403.84
60	111	-1865.793	210.336	53.523	-2284.587
80	105	-1785.978	215.97	65.73	-2198.199
100	100	-1707.102	227.238	62.913	-2112.75
120	95	-1656.396	249.774	73.242	-2056.41
140	91	-1581.276	254.469	64.791	-1976.595
160	87	-1534.326	251.652	86.388	-1924.95
180	82	-1473.291	258.225	76.998	-1857.342
200	79	-1418.829	259.164	78.876	-1798.185
220	78	-1364.367	257.286	77.937	-1740.906
240	77	-1318.356	256.347	80.754	-1688.322
260	70	-1275.162	256.347	83.571	-1641.372
280	67	-1227.273	237.567	92.961	-1587.849
298	177	-3123.114	247.896	169.02	-3439.557
300	152	-3151.284	-0.939	133.338	-1055.436
308	43	-1043.229	-346.491	157.752	-1170.933

ตารางที่ ก. 47 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม้ไม่เสียหาย พื้นแผ่นผ้า GFRP No.28

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-108.924	-59.157	12.207	-1.878
20	137	-1523.997	-1676.115	134.277	169.959
40	128	-1441.365	-1575.642	131.46	159.63
60	120	-1356.855	-1515.546	124.887	176.532
80	112	-1310.844	-1427.28	108.924	163.386
120	108	-1220.7	-1320.234	109.863	161.508
140	98	-1177.506	-1277.04	106.107	164.325
160	92	-1139.007	-1241.358	107.985	165.264
180	89	-1113.654	-1192.53	109.863	153.996
200	82	-1086.423	-1154.97	116.436	148.362
220	81	-1044.168	-1124.922	104.229	157.752
240	79	-1026.327	-1085.484	113.619	144.606
260	77	-985.011	-1078.911	122.07	158.691
280	118	-1312.722	-1463.901	96.717	169.959
287	172	-1812.27	-2116.506	146.484	240.384
300	112	-1178.445	-759.651	-149.301	78.876
320	73	-1092.996	-313.626	-207.519	6.573
340	69	-1042.29	-246.957	-206.58	15.024
360	63	-1010.364	-205.641	-197.19	12.207

ตารางที่ ก. 48 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ไม้ไม่เสียหาย พื้นแผ่นผ้า GFRP No.30

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-8.451	-25.353	-3.756	-6.573
20	143	-1885.512	201.885	104.229	-1636.677
40	132	-1789.734	205.641	123.009	-1545.594
60	122	-1683.627	187.8	127.704	-1445.121
80	117	-1581.276	188.739	107.046	-1345.587
100	109	-1503.339	173.715	117.375	-1271.406
120	101	-1443.243	178.41	121.131	-1214.127
140	95	-1355.916	168.081	105.168	-1130.556
160	89	-1307.088	185.922	96.717	-1082.667
180	82	-1234.785	180.288	82.632	-1014.12
200	79	-1181.262	177.471	81.693	-961.536
220	74	-1135.251	170.898	88.266	-917.403
240	70	-1079.85	169.02	77.937	-864.819
260	67	-1025.388	163.386	67.608	-813.174
280	128	-1754.052	188.739	112.68	-1535.265
283	184	-4614.246	179.349	204.702	-1647.945
300	48	-1142.763	61.035	-23.475	-453.537
320	47	-1051.68	46.011	-1.878	-403.77
330	44	-1014.12	32.865	-7.512	-369.027

ตารางที่ ก. 49 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม่เสียหายร้อยละ 25 พื้นแผ่นผ้า GFRP No.22

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-102.396	0	19.32	-181.608
4	46	-2293.284	-34.776	209.622	-1917.51
5	38	-1944.558	39.606	174.846	-1549.464
10	16	-1636.404	41.538	107.226	-727.398
15	13	-1242.276	31.878	102.396	-579.6
20	9.9	-1086.75	35.742	84.042	-509.082
25	8	-978.558	53.13	56.028	-461.748
30	7.7	-945.7141	66.654	58.926	-452.088
35	7.5	-890.652	48.3	74.382	-429.87
40	7	-850.08	38.64	66.654	-400.89
45	6.5	-818.202	61.824	45.402	-389.298
50	6.2	-815.304	63.756	58.926	-398.958
55	6	-779.562	39.606	64.722	-371.91
60	5.9	-759.276	48.3	49.266	-358.386
65	5.6	-751.548	67.62	43.47	-364.182
70	5.4	-748.65	63.756	56.994	-369.978
75	5	-723.534	42.504	62.79	-348.726
80	5	-704.214	44.436	49.266	-334.236
85	4.9	-704.214	45.402	62.79	-343.896

ตารางที่ ก. 50 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม้เสียวร้อยละ 25 พื้นแผ่นผ้า GFRP No.23

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-289.212	-97.656	65.73	-276.066
4.5	47	-2617.932	-206.58	305.175	-2139.981
5	46.5	-1858.281	-170.898	230.055	-1191.591
10	17	-1324.929	-131.46	170.898	-796.272
15	16	-1142.763	-125.826	159.63	-715.518
20	15	-1105.203	-116.436	158.691	-706.128
25	14.95	-1065.765	-97.656	143.667	-691.104
30	14.8	-1036.656	-93.9	130.521	-672.324
35	14	-999.096	-103.29	131.46	-647.91
40	14	-987.828	-107.046	142.728	-646.032
45	13.8	-975.621	-87.327	132.399	-644.154
50	13.4	-952.146	-88.266	120.192	-624.435
55	13.2	-933.366	-104.229	136.155	-615.984
60	13	-935.244	-92.022	138.033	-623.496
65	12.85	-912.708	-81.693	119.253	-605.655
70	12.7	-896.745	-82.632	115.497	-592.509
75	12.5	-884.538	-82.632	113.619	-584.058
80	12	-876.087	-79.815	112.68	-581.241
85	11.8	-872.331	-78.876	123.009	-583.119
90	11.6	-858.246	-93.9	132.399	-570.912
95	11.5	-837.588	-93.9	121.131	-552.132

ตารางที่ ก. 51 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม่เสียหายร้อยละ 25 พื้นแผ่นผ้า GFRP No.32

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-178.41	-18.78	48.828	-115.497
20	53	-1093.935	84.51	161.508	-1086.423
40	47	-1001.913	93.9	139.911	-1027.266
60	44	-954.963	96.717	155.874	-1000.974
80	42	-882.66	80.754	139.911	-937.122
100	38	-837.588	90.144	120.192	-900.501
120	36	-807.54	100.473	108.924	-878.904
140	34	-764.346	85.449	109.863	-837.588
160	33	-745.566	99.534	106.107	-827.259
180	31	-704.25	74.181	116.436	-786.882
200	29	-678.897	73.242	108.924	-763.407
220	28	-673.263	86.388	115.497	-765.285
240	27	-648.849	82.632	114.558	-741.81
260	26	-628.191	89.205	99.534	-721.152
280	25	-609.411	84.51	104.229	-705.189
300	24	-570.912	81.693	76.059	-665.751
320	23.5	-567.156	76.998	102.351	-666.69
340	23	-537.108	65.73	94.839	-637.581
352	80	-1611.324	129.582	235.689	-1526.814
360	67	-1239.48	80.754	217.848	-1492.071

ตารางที่ ก. 52 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ ไม่เสียหายร้อยละ 50 พื้นแผ่นผ้า GFRP No.26

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	68.547	-16.902	-2.817	-83.571
2.5	13	-2685.54	-903.318	403.77	-1635.738
5	8.5	-2684.601	-922.098	379.356	-1429.158

ตารางที่ ก. 53 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ไม้เสียวร้อยละ 50 พันแผ่นผ้า GFRP No.34

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-349.308	-90.144	76.998	-242.262
2.5	10.5	-1831.989	-459.171	285.456	-980.316
5	10.4	-3237.672	-763.407	374.661	-1381.269
7.5	12	-3281.805	-779.37	353.064	-1322.112
10	10.1	-3335.328	-806.601	330.528	-1232.907

ตารางที่ ก. 54 ผลการทดสอบกำลังเชิงศูนย์ไม้เสียวร้อยละ 50 พันแผ่นผ้า GFRP No.36

เวลา (S)	แรง (kN)	Strain Gauge			
		Ch1	Ch2	Ch3	Ch4
0	0	-117.375	-61.974	17.841	-168.081
1	6.7	-1140.4155	-368.088	168.5505	-642.7455
2	10	-2163.456	-674.202	319.26	-1117.41
3	12	-2385.999	-723.03	307.053	-1028.6745
4	10.5	-2608.542	-771.858	294.846	-939.939



ภาคผนวก ข
มาตรฐานการทดสอบ

UYW. 1104-52

มาตรฐานงานไม้

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานนี้ครอบคลุมเฉพาะไม้แปรรูปสำหรับงานก่อสร้างโครงสร้างหลัก ได้แก่ เสา คาน ดง จันทัน แป๊ะ และอื่นๆ ที่นำไปใช้ในลักษณะเดียวกัน ทั้งนี้ยกเว้น ไม้แบบ ไม้บานประตู ไม้ประสานทากาว (Glue-Laminated Timber) และ ไม้อัดประเภทต่างๆ
- 1.2 มาตรฐานนี้ระบุไว้เพื่อให้การก่อสร้างอาคารและส่วนต่างๆ ของอาคารไม้เป็นไปตามหลักวิชาการ ประหยัด ปลอดภัย และคงทน
- 1.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 9.806 นิวตัน

2. นิยาม

“**กระพี้ (Sapwood)**” หมายถึง ส่วนของเนื้อไม้ซึ่งอยู่ระหว่างเปลือกชั้นในกับแกน ปกติมีสีจางกว่าแก่นซึ่งลึกเข้าไป และมักมีขอบเขตแบ่งกันเห็นได้ชัด แต่ไม้บางชนิดอาจมีกระพี้กับแก่นแบ่งขอบเขตกันเห็นไม่ชัดเจนก็ได้

“**ความต้านแรงดัดสูงสุด**” หมายถึง หน่วยแรงที่ได้จากการคำนวณสูตรแรงดัดของคานภายใต้น้ำหนักบรรทุกที่ทำให้คานเกิดการวิบัติในลักษณะการดัด ซึ่งเป็นค่าเดียวกับ โมดูลัสแตกหัก (Modulus of Rupture)

“**ความต้านแรงอัดขนานเสี้ยนสูงสุด**” หมายถึง กำลังต้านทานของไม้ต่อแรงอัดที่ขนานกับแนวแกน หรือความยาวของไม้

“**ความทนทานตามธรรมชาติ**” หมายถึง ความทนทานของ ไม้ที่มีต่อสภาวะธรรมชาติของดินฟ้าอากาศ ซึ่งได้มาจากการทดสอบตามกรรมวิธีของกรมป่าไม้

“**ตา (Knot)**” หมายถึง ส่วนของกิ่งที่ติดอยู่ในไม้แปรรูป

“**ตาคานาม (Spike Knot)**” หมายถึง ตาซึ่งมีลักษณะปลายแหลมเสี้ยนเข้าไปสู่ใจของไม้ มักพบในไม้ที่ซอตามแนวรัศมี ทำให้กิ่งถูกผ่าไปตามแนวยาว

“**บ่า (Wane)**” หมายถึง พื้นผิวส่วนกลมเดิมของต้นไม้ที่ยังคงอยู่บนชิ้นไม้แปรรูป ปรากฏว่าอยู่ตรงส่วนที่ควรเป็นเหลี่ยมของไม้

“**ปริมาณความชื้น (Moisture Content)**” หมายถึง ปริมาณความชื้นที่มีในไม้ คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักไม้ที่อบแห้งจนน้ำหนักคงที่

“**ไม้เนื้อแข็ง (Hard Wood)**” หมายถึง ไม้ที่มีความต้านแรงดัดสูงสุดมากกว่า 98 เมกาปาสกาล (1,000 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ในสภาพที่เป็นไม้แห้ง และมีความทนทานตามธรรมชาติมากกว่า 6 ปี

“ไม้เนื้อแข็งปานกลาง (Medium Hard Wood)” หมายถึง ไม้ที่มีความต้านแรงตัดสูงสุดระหว่าง 59 ถึง 98 เมกาปาสกาล (600 ถึง 1,000 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ในสภาพที่เป็นไม้แห้ง และมีความทนทานตามธรรมชาติมากกว่า 2 ปี

“ไม้เนื้ออ่อน (Soft Wood)” หมายถึง ไม้ที่มีความต้านแรงตัดสูงสุดต่ำกว่า 59 เมกาปาสกาล (600 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ในสภาพที่เป็นไม้แห้ง และมีความทนทานตามธรรมชาติต่ำกว่า 2 ปี

“รอยปริ (Check)” หมายถึง รอยแยกเล็กๆ ตามแนวเสี้ยนและตามแนวรัศมีของไม้แปรรูป แต่ไม่ลึกจนถึงด้านตรงกันข้ามหรือด้านข้างเคียง

“เสี้ยนลาด (Sloping Grain)” หมายถึง เสี้ยนที่ไม้ทอดไปตามแนวยาวของไม้แปรรูป

3. มาตรฐานอ้างอิง

3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงประกอบด้วย

3.1.1 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยศ. 1221 ถึง มยศ. 1227 มาตรฐานการทดสอบงานไม้ของกรมโยธาธิการและผังเมือง

3.1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 421: ไม้แปรรูป-ข้อกำหนดทั่วไป

3.1.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 424: ไม้แปรรูปสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

3.1.4 มาตรฐานการอบน้ำยาของกรมป่าไม้

3.1.5 มาตรฐานสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ วสท. 1002: มาตรฐานสำหรับอาคารไม้

3.2 หากจะนำมาตรฐานอื่นมาใช้ นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ 3.1 มาตรฐานดังกล่าวต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคารหรือสภาวิศวกร

3.3 หากข้อกำหนดในมาตรฐานนี้มีความขัดแย้งกับมาตรฐานที่อ้างอิงในแต่ละส่วน ให้ถือข้อกำหนดในมาตรฐานนี้เป็นสำคัญ

4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง

4.1 ชนิดและชั้นคุณภาพของไม้

4.1.1 ไม้ที่ใช้เป็นโครงสร้างหลักของอาคารต้องเป็น ไม้เนื้อแข็งที่มีความต้านแรงตัดสูงสุด ไม่น้อยกว่า 98 เมกาปาสกาล (1,000 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ความต้านแรงอัดขนานเสี้ยนสูงสุด ไม่น้อยกว่า 51 เมกาปาสกาล (520 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ปริมาณความชื้นร้อยละ 10 ถึง 14 และมีความทนทานตามธรรมชาติมากกว่า 6 ปี ตามผนวก ก

4.1.2 หากจำเป็นต้องใช้ไม้นอกเหนือจากที่ระบุไว้ในผนวก ก ไม้ที่ใช้ต้องมีกลสมบัติและความทนทานตามที่ระบุในข้อ 4.1.1 โดยจะต้องทำการทดสอบตัวอย่างไม้ตามขนาดและจำนวนที่ระบุในข้อ 5 ก่อนดำเนินการก่อสร้าง

4.1.3 ไม้ที่มีกลสมบัติตามข้อ 4.1.1 แต่มีความทนทานตามธรรมชาติระหว่าง 3 ถึง 6 ปี สามารถให้นำมาใช้เป็นโครงสร้างหลักของอาคารได้ แต่ทั้งนี้ต้องได้รับการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ตามมาตรฐานอาบน้ำยาของกรมป่าไม้ ดังแสดงในตารางที่ 1 ก่อนนำไปใช้ ตัวอย่างของไม้ที่เลื่อนชั้นเป็นไม้เนื้อแข็งได้โดยการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้แสดงไว้ในผนวก ข.

ตารางที่ 1 ปริมาณของน้ำยาแห้งที่เข้าไปในเนื้อไม้

(ข้อ 4.1.3)

หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การก่อสร้าง	ยาประเภทน้ำมัน	ยาประเภทเกลือละลายน้ำมัน	ยาประเภทเกลือละลายน้ำ
1) ใช้ในร่ม	—	—	5.6
2) ใช้กลางแจ้ง	96.0	4.8	8.0
3) ใช้ที่แฉะชื้น	128.0	6.4	12.0
4) ใช้ในน้ำจืด	192.0	10.0	16.0
5) ใช้ในน้ำทะเล	320.0	—	24.0

ที่มา: ฝ่ายวิจัยไม้ชั้นพื้นฐาน กองวิจัยผลิตภัณฑ์ไม้ กรมป่าไม้ “ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย”

4.1.4 ไม้ที่ใช้เป็นส่วนประกอบอื่นที่มีใช้โครงสร้างหลัก เช่น ไม้สำหรับทำ คร่าวฝา คร่าวเพดาน เป็นต้น ให้ใช้ไม้เนื้อแข็งปานกลาง หรือไม้เนื้ออ่อนได้

4.2 ขนาดของไม้

4.2.1 ขนาดของโครงสร้างไม้ที่กำหนดในแบบรายละเอียดหรือในรายการเป็นขนาดระบุที่ยังมิได้แต่งไส ให้เรียกตามที่ใช้เรียกกันอยู่ในท้องตลาด

4.2.2 ไม้ต่างๆ ที่นำมาใช้ทั้งโดยที่ยังไม่ไสหรือไสเรียบแล้ว จะต้องมีความหนาหรือความกว้างน้อยกว่าขนาดระบุได้ไม่เกินค่าในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความหนาหรือความกว้างที่ยอมให้น้อยกว่าขนาดระบุ

(ข้อ 4.2.2)

ความหนาหรือความกว้างของขนาดระบุ	ไม้ที่ไม่ไส	ไม้ไสเรียบ
น้อยกว่า 25 มม. (1 นิ้ว)	1.5 มม. (1/16 นิ้ว)	6.0 มม. (1/4 นิ้ว)
ตั้งแต่ 25 มม. (1 นิ้ว) ถึง 75 มม. (3 นิ้ว)	4.5 มม. (3/16 นิ้ว)	7.5 มม. (5/16 นิ้ว)
ตั้งแต่ 88 มม. (3-1/2 นิ้ว) ถึง 137 มม. (5-1/2 นิ้ว)	6.0 มม. (1/4 นิ้ว)	9.0 มม. (3/8 นิ้ว)
ตั้งแต่ 150 มม. (6 นิ้ว) ขึ้นไป	9.0 มม. (3/8 นิ้ว)	12.5 มม. (1/2 นิ้ว)

4.3 ชั้นคุณภาพของไม้ ชั้นคุณภาพของไม้สำหรับงานโครงสร้าง ประกอบด้วย

4.3.1 ไม้แปรรูปชั้นหนึ่ง คือ ไม้ที่มีความต้านแรงอัดหรือต้านแรงดึงไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของไม้ชนิดเดียวกันที่ปราศจากตำหนิ

4.3.2 ไม้แปรรูปชั้นสอง คือ ไม้ที่มีความต้านแรงอัดหรือต้านแรงดึงไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของไม้ชนิดเดียวกันที่ปราศจากตำหนิ

4.3.3 ไม้แปรรูปชั้นสาม คือ ไม้ที่มีความต้านแรงอัดหรือต้านแรงดึงไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของไม้ชนิดเดียวกันที่ปราศจากตำหนิ

หากแบบและรายการประกอบแบบเฉพาะงานไม่ได้กำหนด ให้ถือว่าเป็นไม้แปรรูปชั้นสอง

4.4 เกณฑ์จำกัดข้อบกพร่องในเนื้อไม้

ไม้ต่างๆ ที่นำมาใช้งาน นอกจากจะมีคุณภาพและได้มาตรฐานตามข้อกำหนดต่างๆ ดังกล่าวมาแล้ว จะต้องมีความเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด ดังต่อไปนี้

4.4.1 ตาขนาดสูงสุดของตาที่ยอมให้เป็นไปตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ขนาดสูงสุดของตาที่ยอมให้

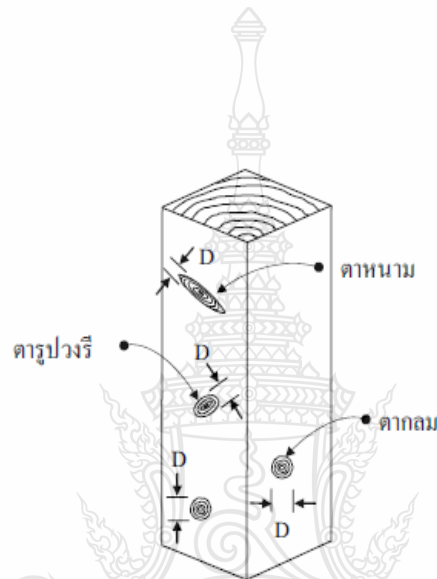
(ข้อ 4.4.1)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร (นิ้ว)

หน้าไม้	องค์อาคารรับแรงคด									องค์อาคารรับแรงอัด		
	หน้าแคบ			ขอบของหน้ากว้าง			ช่วงกลางของหน้ากว้าง			ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3
	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3			
76 (3)	9 ($\frac{3}{8}$)	22 ($\frac{7}{8}$)	32 (1 $\frac{1}{4}$)	6 ($\frac{1}{4}$)	13 ($\frac{1}{2}$)	18 ($\frac{3}{4}$)	9 ($\frac{3}{8}$)	22 ($\frac{7}{8}$)	32 (1 $\frac{1}{4}$)	9 ($\frac{3}{8}$)	22 ($\frac{7}{8}$)	32 (1 $\frac{1}{4}$)
102 (4)	13 ($\frac{1}{2}$)	28 (1 $\frac{1}{8}$)	41 (1 $\frac{5}{8}$)	6 ($\frac{1}{4}$)	16 ($\frac{5}{8}$)	22 ($\frac{7}{8}$)	13 ($\frac{1}{2}$)	28 (1 $\frac{1}{8}$)	41 (1 $\frac{5}{8}$)	13 ($\frac{1}{2}$)	28 (1 $\frac{1}{8}$)	41 (1 $\frac{5}{8}$)
127 (5)	16 ($\frac{5}{8}$)	35 (1 $\frac{3}{8}$)	50 (2)	9 ($\frac{3}{8}$)	19 ($\frac{3}{4}$)	28 (1 $\frac{1}{8}$)	13 ($\frac{1}{2}$)	35 (1 $\frac{3}{8}$)	50 (2)	13 ($\frac{1}{2}$)	35 (1 $\frac{3}{8}$)	50 (2)
152 (6)	19 ($\frac{3}{4}$)	41 (1 $\frac{5}{8}$)	57 (2 $\frac{1}{4}$)	9 ($\frac{3}{8}$)	22 ($\frac{7}{8}$)	32 (1 $\frac{1}{4}$)	19 ($\frac{3}{4}$)	44 (1 $\frac{3}{4}$)	57 (2 $\frac{1}{4}$)	19 ($\frac{3}{4}$)	44 (1 $\frac{3}{4}$)	57 (2 $\frac{1}{4}$)
203 (8)	19 ($\frac{3}{4}$)	48 (1 $\frac{7}{8}$)	64 (2 $\frac{1}{2}$)	13 ($\frac{1}{2}$)	32 (1 $\frac{1}{4}$)	44 (1 $\frac{3}{4}$)	25 (1)	54 (2 $\frac{1}{8}$)	76 (3)	25 (1)	54 (2 $\frac{1}{8}$)	76 (3)
254 (10)	22 ($\frac{7}{8}$)	51 (2)	73 (2 $\frac{7}{8}$)	13 ($\frac{1}{2}$)	38 (1 $\frac{1}{2}$)	50 (2)	28 (1 $\frac{1}{8}$)	70 (2 $\frac{3}{4}$)	95 (3 $\frac{3}{4}$)	28 (1 $\frac{1}{8}$)	70 (2 $\frac{3}{4}$)	95 (3 $\frac{3}{4}$)
305 (12)	25 (1)	57 (2 $\frac{1}{4}$)	76 (3)	19 ($\frac{3}{4}$)	44 (1 $\frac{3}{4}$)	64 (2 $\frac{1}{2}$)	32 (1 $\frac{1}{4}$)	79 (3 $\frac{1}{8}$)	111 (4 $\frac{3}{8}$)	32 (1 $\frac{1}{4}$)	79 (3 $\frac{1}{8}$)	111 (4 $\frac{3}{8}$)
356 (14)	25 (1)	60 (2 $\frac{3}{8}$)	83 (3 $\frac{1}{4}$)	19 ($\frac{3}{4}$)	44 (1 $\frac{3}{4}$)	66 (2 $\frac{5}{8}$)	34 (1 $\frac{3}{8}$)	86 (3 $\frac{3}{8}$)	117 (4 $\frac{5}{8}$)	34 (1 $\frac{3}{8}$)	86 (3 $\frac{3}{8}$)	117 (4 $\frac{5}{8}$)
406 (16)	25 (1)	64 (2 $\frac{1}{2}$)	89 (3 $\frac{1}{2}$)	19 ($\frac{3}{4}$)	50 (2)	70 (2 $\frac{3}{4}$)	38 (1 $\frac{1}{2}$)	89 (3 $\frac{1}{2}$)	127 (5)	38 (1 $\frac{1}{2}$)	89 (3 $\frac{1}{2}$)	127 (5)

4.4.1.2 ขนาดของตาสำหรับองค์อาคารรับแรงอัด

ขนาดของตาบนหน้าไม้ใดๆ ขององค์อาคารรับแรงอัด ในกรณีเป็นตากลม (Round Knot) ให้วัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางของตา ในกรณีเป็นตารูปวงรี (Oval Knot) ให้วัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางที่น้อยกว่า หรือในกรณีเป็นตาหนาม (Spike Knot) ให้วัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางที่มากที่สุดและตั้งฉากกับความยาวตา ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การวัดขนาดตาในองค์อาคารรับแรงอัด

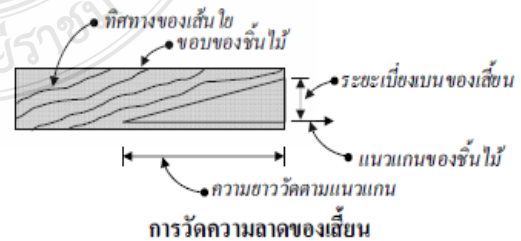
(ข้อ 4.4.1.2)

4.4.2 เสี้ยนลาต ความลาดของเสี้ยนต้องไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความลาดของเสี้ยนที่ยอมให้

(ข้อ 4.4.2)

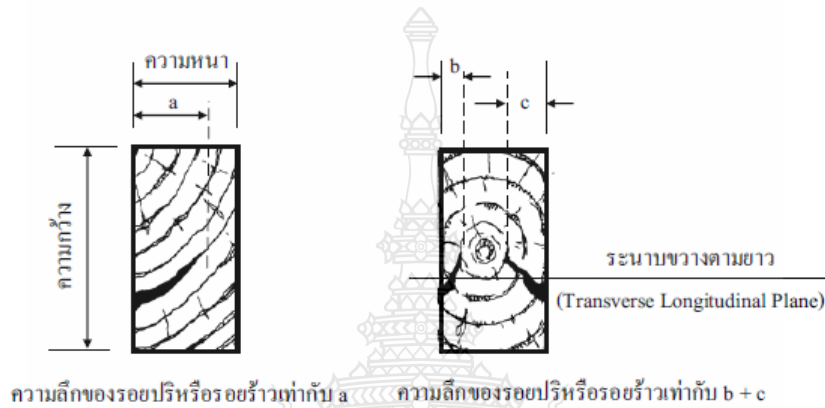
ชั้นคุณภาพของไม้	รับแรงค้ำ หรือแรงดึงขนาน เสี้ยน	รับแรงอัดขนาน เสี้ยน
ชั้นหนึ่ง	1 ต่อ 20	1 ต่อ 15
ชั้นสอง	1 ต่อ 15	1 ต่อ 11
ชั้นสาม	1 ต่อ 11	1 ต่อ 8



4.4.3 รอยปริหรือรอยร้าว รอยปริหรือรอยร้าวที่ปลายไม้จะลึกได้ไม่เกินกว่าค่าดังนี้

- (1) 1 ใน 5 ของความหนาไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นหนึ่ง
- (2) 1 ใน 3 ของความหนาไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นสอง
- (3) 1 ใน 2 ของความหนาไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นสาม

หากต้องการใช้ไม้ที่มีรอยปริหรือรอยร้าวเกินกว่าค่าที่กำหนด จะต้องดำเนินการทดสอบหรือประเมินทางวิศวกรรมที่สามารถแสดงได้ว่า รอยร้าวดังกล่าวไม่มีผลต่อกำลังของ โครงสร้าง

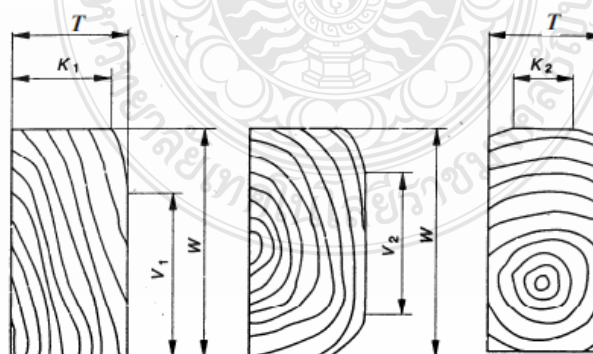


รูปที่ 5 การวัดความลึกของรอยปริหรือรอยร้าว

(ข้อ 4.4.3)

4.4.4 ไม้ ต้องมีขนาดกว้าง ไม่เกินกว่าค่าดังต่อไปนี้

- (1) 1 ใน 8 ของความหนาหรือความกว้างไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นหนึ่ง
- (2) 1 ใน 5 ของความหนาหรือความกว้างไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นสอง
- (3) 1 ใน 4 ของความหนาหรือความกว้างไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นสาม



ผนวก ก: บัญชีรายชื่อไม้เนื้อแข็งมาตรฐาน

ลำดับ	ชนิดไม้	ชื่อพฤกษศาสตร์	ความต้านแรงตัด สูงสุด (MPa)	ความต้านแรงอัด ขนานเสี้ยนสูงสุด (MPa)	ความทนทานตาม ธรรมชาติ (ปี)
1	กะโดน	Careya arborea Roxb.	108	51	7
2	กะพี้เขากวาย	Dalbergia cultrata Graham	175	60	6.8
3	กระทั่งหัน	Calophyllum floribundum Hk.f.	118	64	7.1
4	กั้นเกรา	Fagraea fragrans Roxb.	142	64	7.6
5	ขานาง	Homalium tomentosum Benth.	134	66	6.2
6	เขลง	Dialium cochinchinense Pierre	166	90	13.5
7	เคี่ยม	Cotylelobium lanceolatum Craib	146	69	15
8	เคี่ยมกะนอง	Shorea sericeiflora Fisch. & Hutch.	141	59	14.4
9	แคทราย	Stereospermum neuranthum Kurz	128	64	22.9
10	ชัน หรือ เต็งตานี	Shorea thorelii Pierre ex Laness.	131	61	15
11	ชิงชัน	Dalbergia oliveri Gamble	174	126	15
12	ซาก	Erythrophleum teysmannii Craib	189	73	8.8
13	แดง	Xylia kerrii Craib & Hutch.	128	68	15.9
14	ตะเคียนชันตาแมว	Balanocarpus heimii King	172	74	26.1
15	ตะเคียนทอง	Hopea odorata Roxb.	115	51	16
16	ตะเคียนราก	Hopea avellanea F. Heim	114	57	6.1
17	ตะเคียนหิน	Hopea ferrea Pierre	157	66	10.5
18	ตะแบกเลือด	Terminalia mucronata Craib & Hutch.	176	70	8.8
19	ตะแบกใหญ่	Lagerstroemia calyculata Kurz	119	52	9.4
20	ตีนนก	Vitex spp.	159	69	10.6

ผนวก ก: บัญชีรายชื่อไม้เนื้อแข็งมาตรฐาน (ต่อ)

ลำดับ	ชนิดไม้	ชื่อพฤกษศาสตร์	ความต้านแรงตัด สูงสุด (MPa)	ความต้านแรงอัด ขนานเสี้ยนสูงสุด (MPa)	ความทนทานตาม ธรรมชาติ (ปี)
21	เต็ง	<i>Shorea obtusa</i> Wall.	169	71	17.7
22	บุนนาค	<i>Mesua ferrea</i> Linn.	224	62	12.4
23	ประดู่	<i>Pterocarpus</i> spp.	130	70	19.1
24	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	127	54	7.1
25	พะยอม	<i>Shorea talura</i> Roxb.	114	66	11.7
26	พะยุง	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> Pierre	171	117	15
27	พะวา	<i>Garcinia comea</i> Linn.	121	80	7.7
28	พินจ่า	<i>Vatica cinerea</i> King	192	85	9.9
29	มะเกลือ	<i>Diospyros mollis</i> Griff.	175	95	15
30	มะค่าเต้	<i>Sindora</i> spp.	119	74	10.5
31	มะค่าโมง	<i>Azelia xylocarpa</i> Craib	120	63	10.7
32	มะขาง	<i>Madhuca pierreii</i> H.J. Lam.	111	62	7.6
33	มะฮ้านแดง	<i>Amoora cucullata</i> Roxb.	74 ⁽¹⁾	32	8.5
34	มังคะ	<i>Cynometra</i> spp.	136	67	11.1
35	ยมหิน	<i>Chukrasia velutina</i> Wight & Am.	109	51	11.9
36	รกฟ้า	<i>Terminalia alata</i> Heyne	120	56	10.8
37	รัง	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	132	61	17.3
38	เลียงมัน	<i>Berrya mollis</i> Wall.	143	62	25.4
39	สะเดา	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	147	81	6.0
40	สะทิต	<i>Phoebe</i> spp.	116	56	6
41	สัก	<i>Tectona grandis</i> Linn.f	100	49	19.4
42	สาหร หรือ ขะเจี๊ยะ	<i>Millettia leucantha</i> Kurz	148	76	23.4
43	เสลา	<i>Lagerstroemia tomentosa</i> Presl	132	56	14.4

ผนวก ก: บัญชีรายชื่อไม้เนื้อแข็งมาตรฐาน (ต่อ)

ลำดับ	ชนิดไม้	ชื่อพฤกษศาสตร์	ความต้านแรงตัด สูงสุด (MPa)	ความต้านแรงอัด ขนานเส้นสูงสุด (MPa)	ความทนทานตาม ธรรมชาติ (ปี)
44	หลุมพอ	<i>Intsia bakeri</i> Prain	159	70	17.8
45	ยางเหียง หรือ เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Tejssm. Ex Miq.	117	56	8.8
46	แอ๊ก	<i>Shorea glauca</i> King	146	52	7

หมายเหตุ ¹⁾ เป็นค่าของไม้ในสภาพสด ไม้แห้งจะมีความแข็งแรงในการตัดประมาณ 1.5 เท่าของไม้เปียก

ที่มา : ส่วนพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ กรมป่าไม้ “คุณลักษณะของไม้ไทย”



ผนวก ข: บัญชีรายชื่อไม้ที่เลื่อนชั้นเป็นไม้เนื้อแข็งได้โดยการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้

ลำดับ	ชนิดไม้	ชื่อพฤกษศาสตร์	ความต้านแรงคัดสูงสุด (MPa)	ความต้านแรงอัดขนานเสี้ยนสูงสุด (MPa)	ความทนทานตามธรรมชาติ (ปี)
1	กระถินณรงค์	<i>Acacia auriculaeformis</i> Cunn. ex Benth.	109	67	ยังไม่แล้วเสร็จ ¹⁾
2	กระถินเทพา	<i>Acacia mangium</i> Willd.	107	57	ยังไม่แล้วเสร็จ ¹⁾
3	กระบกกรัง	<i>Hopea helferi</i> (Dyer) Brandis	114	51	ยังไม่แล้วเสร็จ ¹⁾
4	กระบก	(<i>Irvingia malayana</i> Oliver)	147	58	4
5	กะเจียน	<i>Polyalthia</i> spp.	145	67	4.4
6	ตะคร้อ	<i>Schleichera oleosa</i>	163	56	3.8
7	ตะเคียนทราย	<i>Shorea gratisima</i> (Wall. Ex Kurz) Dyer	121	55	3.2
8	ตะบูนดำ	<i>Xylocarpus moluccensis</i> (Lam.) M. Roem.	128	56	5.5
9	ตั้งहन	<i>Calophyllum pulcherrimum</i> Wall.	144	67	3
10	ตานคำ หรือคำแดง	<i>Diospyros transitoria</i> Bakh.	158	69	ยังไม่แล้วเสร็จ ¹⁾
11	ทองบั้ง	<i>Koompassia malaccensis</i> Maingay ex Benth.	189	99	ยังไม่แล้วเสร็จ ¹⁾
12	พญา	<i>Albizzia lebbek</i> (Linn.) Benth.	113	54	5
13	พิกุลป่า	<i>Mimusops elengi</i> Linn.	162	69	3.9
14	มะแฟน	<i>Protium serratum</i> Engl.	123	55	4.7
15	มะหาด	<i>Artocarpus lakoocha</i> Roxb.	110	58	ยังไม่แล้วเสร็จ ¹⁾
16	ยุง	<i>Dipterocarpus grandifloru</i> Blanco	112	48	3.9
17	สนประดิพัทธ์	<i>Casuarina junghuhnina</i> Miq.	149	63	4.6
18	สมอไทย	<i>Terminalia chebula</i> Retz.	113	53	3
19	สมอพิเภก	<i>Terminalia bellerica</i> (Gaertn.) Roxb.	113	53	4.9
20	โอบ	<i>Homalium grandiflorum</i> Benth.	167	66	5.6
21	ซากเหลียง	<i>Kokoona reflexa</i> Ding Hou	196	103	ยังไม่แล้วเสร็จ ¹⁾

หมายเหตุ ¹⁾ ยังอยู่ในขั้นตอนการดำเนินการของกรมป่าไม้ หากกรมป่าไม้ระบุว่า ไม้มีความทนทานตามธรรมชาติมากกว่า 6 ปีให้จัดไม้ดังกล่าวอยู่ในผนวก ก

ที่มา: ส่วนพัฒนาผลผลิตป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลผลิตป่าไม้ กรมป่าไม้ “คุณลักษณะของไม้ไทย”

มยผ. 1222-51

มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดในแนวขนานเส้นของไม้
(Standard Test Method for Compression Parallel to Grain)

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานการทดสอบนี้ ครอบคลุมถึงการศึกษาลักษณะและหาคุณสมบัติทางกลของไม้ภายใต้การรับแรงอัดในแนวขนานเส้น เพื่อหาค่าที่ต้องการ คือ โมดูลัสยืดหยุ่น กำลังยืดหยุ่น ณ ขีดปฏิบัติการ กำลังครากของไม้ ที่ระยะออฟเซต 0.05% และกำลังอัดประลัยของไม้ ตลอดจนการศึกษาลักษณะการแตกของไม้เมื่อถึงจุดวิบัติ
- 1.2 ความหมายของคำ ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์ ที่ใช้ในมาตรฐานการทดสอบนี้ให้เป็นไปตาม มยผ. 1104 มาตรฐานงานไม้
- 1.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรง เท่ากับ 9.806 นิวตัน

2. นิยาม

“โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)” หมายถึง ค่าคุณสมบัติทางกลที่วัดพิถีพิถันความแข็งแรง (Stiffness) ของไม้ เมื่อมีแรงกระทำโดยหาได้จากอัตราส่วนของหน่วยแรง (Stress) ต่อความเครียด (Strain)
“กำลังยืดหยุ่น ณ ขีดปฏิบัติการ (Elastic Strength at Proportional Limit)” หมายถึง หน่วยแรงที่จุดสูงสุดของส่วนที่เป็นเส้นตรงของเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียด
“กำลังประลัย” หมายถึง หน่วยแรงสูงสุดที่เกิดจากแรงกดในแนวแกนสูงสุดแล้วทำให้ตัวอย่างไม้วิบัติ (Failure)
“กำลังคราก ที่ระยะออฟเซต 0.05% (Yielding Strength at 0.05% Offset)” หมายถึง ค่าหน่วยแรงของไม้ ณ ระดับจุดตัดกันระหว่างเส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดและเส้นตรงที่มีค่าความเครียดเท่ากับ 0.0005 ลากขนานกับความชันเริ่มแรกของเส้นโค้งข้างต้น

3. มาตรฐานอ้างอิง

มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงในมาตรฐานนี้ ประกอบด้วย

- 3.1 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1104 : มาตรฐานงานไม้
- 3.2 มาตรฐาน ASTM D 143 Standards Test Method for Small Clear Specimens of Timber

4. เครื่องมือ

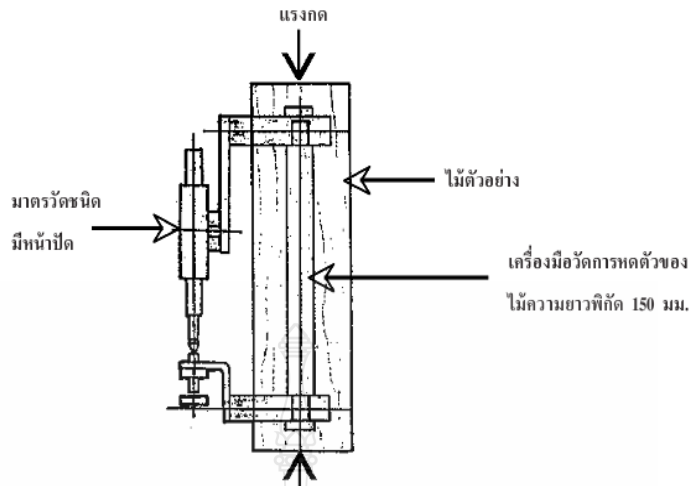
- 4.1 เครื่องทดสอบ (Universal Testing Machine)
- 4.2 มาตรวัด (Dial Gauge) การยุบตัวที่วัดได้ละเอียดถึง 0.002 มม.
- 4.3 อุปกรณ์วัดการหดตัวของไม้ชนิดที่มีความยาวพิกัด (Gauge Length) 150 มิลลิเมตร
- 4.4 เวอร์เนีย (Vernier)
- 4.5 เครื่องชั่ง ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม และมีความถูกต้องในการชั่งน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 0.2 ของมวลตัวอย่าง

5. การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมไม้ตัวอย่างที่เสเรียบ (Dressed Timber) ขนาด 50X50X200 มิลลิเมตร จำนวน 3 ท่อน โดยไม้ต้องอยู่ในสภาพเรียบร้อยไม่มีรอยแตกตลอดความยาวและหน้าตัดจะต้องตั้งฉากเพื่อให้แรงกดกระจายบนหน้าตัดอย่างสม่ำเสมอ

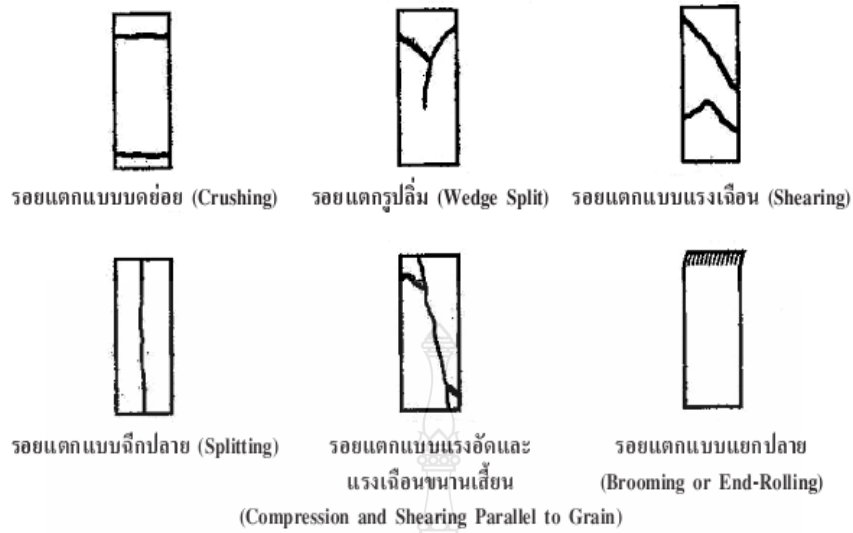
6. การทดสอบ

- 6.1 วัดขนาดหน้าตัดและความยาวของไม้ตัวอย่างโดยยอมให้ผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 0.3 ของขนาดที่วัด และหามวลโดยการชั่งให้มีหน่วยเป็นกรัม มีความถูกต้องในการชั่งได้ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 0.2 ของมวลตัวอย่าง หากตัวอย่างไม้มีรอยตำหนิให้ทำเครื่องไว้ให้เห็นชัดเจน บันทึกค่าความยาวพิกัด (Gauge Length)
- 6.2 ติดตั้งมาตรวัดการยุบตัวของไม้เข้ากับไม้ตัวอย่างโดยวางไม้ตัวอย่างให้ได้ศูนย์กลางกับเครื่องมือทดสอบ ปรับเข็มที่หน้าปัดของเครื่องทดสอบและมาตรวัดการยุบตัวของไม้ให้ชี้ที่ขีดศูนย์



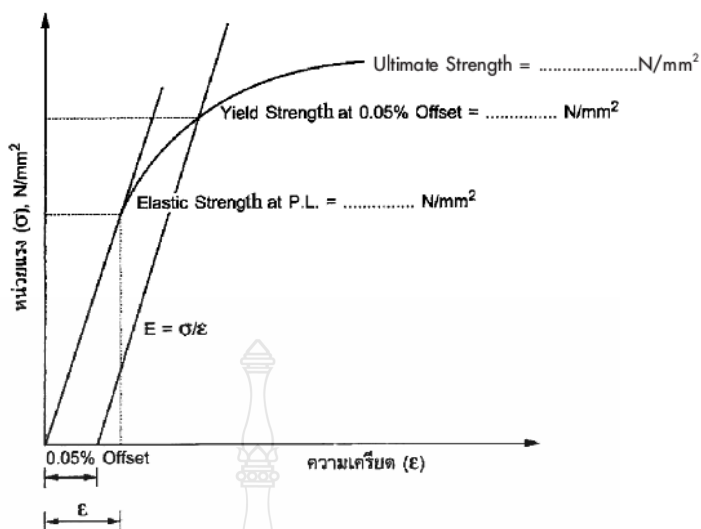
รูปที่ 1 การทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้
(ข้อ 6.2)

- 6.3 ให้แรงกด (Load) อย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ ด้วยความเร็วประมาณ 0.6 มม./นาที
- 6.4 บันทึกแรงที่กดและอัตราการยุบตัว (Deformation) ของไม้ตัวอย่างทุกๆ 2,000 นิวตัน ของแรงที่กดจนกระทั่งเกินช่วงของขีดปฏิบัติการ หลังจากนั้นให้ถอดเครื่องมือวัดการยุบตัวของไม้ ออกแล้ววัดไม้ตัวอย่างไปจนถึงจุดวิบัติ พร้อมทั้งบันทึกค่าของแรงที่กดสูงสุด
- 6.5 บันทึกลักษณะการวิบัติ พร้อมทั้งเขียนภาพรอยแตกของไม้ตัวอย่างแต่ละชิ้นตามรูปแบบการแตก ดังนี้
 - 6.5.1 รอยแตกแบบบดขยี้ เกิดขึ้นเมื่อรอยแตกอยู่ในแนวขนานเสี้ยน
 - 6.5.2 รอยแตกรูปลิ้ม เกิดขึ้นเมื่อลักษณะการแตกคล้ายรูปลิ้ม โดยเส้นที่ถูกผ่าอาจเป็นได้ทั้งในแนวเส้นวงปี หรือแนวเส้นสัมผัสวงปี
 - 6.5.3 รอยแตกแบบแรงเฉือนเกิดขึ้นเมื่อรอยแตกทำมุมมากกว่า 45 องศา กับด้านบนของตัวอย่างไม้
 - 6.5.4 รอยแตกแบบฉีกปลาย เกิดขึ้นเมื่อไม้ตัวอย่างมีตำหนิภายในมาก่อน
 - 6.5.5 รอยแตกแบบแรงอัดและรอยแตกแบบแรงเฉือนขนานเสี้ยนเกิดขึ้นเมื่อมีรอยแตกปรากฏในแนวขวางเสี้ยน
 - 6.5.6 รอยแตกแบบแยกปลาย เกิดขึ้นเนื่องจากบริเวณส่วนปลายของเนื้อไม้มีความชื้นมากเกินไป หรือเกิดจากการตัดไม้ตัวอย่างมาไม่ดีพอ



รูปที่ 2 รูปแบบการวิบัติของตัวอย่างไม้
(ข้อ 6.5)

6.6 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียด (Stress-Strain Curve) โดยให้หน่วยแรง (Stress) อยู่บนแกนตั้งและความเครียด (Strain) อยู่บนแกนนอน และให้แสดงค่า กำลังยึดหยุ่น σ จีดีพีภาค และกำลังครากของไม้ที่ระยะออฟเซต 0.05% และกำลังประลัย หากเส้นกราฟไม่ผ่านจุดเริ่มต้นให้ปรับแก้ใหม่ให้ผ่านจุดเริ่มต้นและให้มีแนวขนานกันกับแนวเดิม



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียด
(ข้อ 6.6)

7. การคำนวณ

ให้ดำเนินการคำนวณตามวิธีที่กำหนดไว้ในแบบฟอร์ม บพ.มยผ. 1222-2 การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้

8. การรายงานผล

ให้รายงานตามแบบฟอร์ม บพ.มยผ. 1222-1 และ บพ.มยผ. 1222-2 การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้

9. เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับ

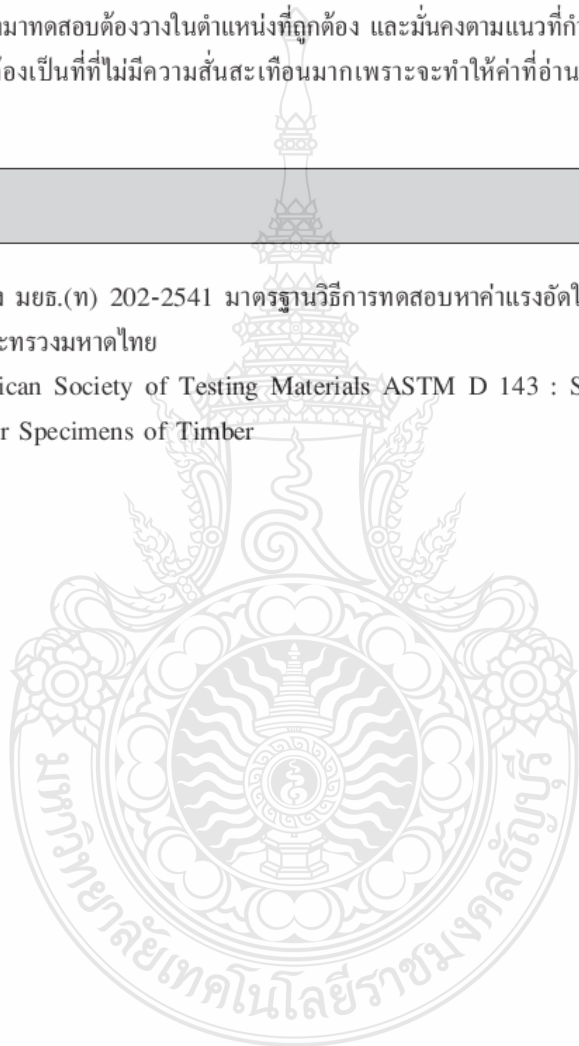
ค่าคุณสมบัติทางกลต่างๆ ของไม้ ให้เป็นไปตาม มยผ.1104 : มาตรฐานงานไม้

10. ข้อควรระวัง

- 10.1 เครื่องมือทดสอบจะต้องได้รับการสอบเทียบและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ค่าที่ได้จากการทดสอบมีความถูกต้อง
- 10.2 ไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบต้องอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์เรียบร้อย มีขนาดตามที่กำหนดเท่านั้นตลอดทั้งท่อน และต้องไม่มีตำหนิในเนื้อไม้
- 10.3 ไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบต้องวางในตำแหน่งที่ถูกต้อง และมั่นคงตามแนวที่กำหนด
- 10.4 สถานที่ทดสอบต้องเป็นที่ที่ไม่มีความสั่นสะเทือนมากเพราะจะทำให้ค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบมีความผิดพลาดได้ง่าย

11. เอกสารอ้างอิง

- 11.1 มาตรฐานงานช่าง มยธ.(ท) 202-2541 มาตรฐานวิธีการทดสอบหาค่าแรงอัดในแนวนานเส้นของไม้ กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย
- 11.2 มาตรฐาน American Society of Testing Materials ASTM D 143 : Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber



โครงการ..... สถานที่ก่อสร้าง..... ตำแหน่งโครงสร้างที่เก็บตัวอย่าง..... วันที่ทดสอบ..... แผ่นที่.....	บพ.มยผ. 1222-1						ทะเบียนทดสอบ.....			
	(หน่วยงานที่ทำกรทดสอบ)						ผู้ทดสอบ			
	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด ในแนวขนานเส้นของไม้						ผู้ตรวจสอบ			
							อนุมัติ			
แรงกด P (นิวตัน)	ชนิดไม้ตัวอย่าง.....									
	ค่าการยุบตัวของไม้ (มม.)			หน่วยแรง (Stress, เมก้าปาสกาล) ¹⁾			ความเครียด (Strain) ²⁾			
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	
0										
2,000										
4,000										
6,000										
8,000										
10,000										
12,000										
14,000										
16,000										
18,000										
20,000										
22,000										
24,000										
.....										
หมายเหตุ 1) ค่าหน่วยแรง หาได้จาก อัตราส่วนของแรงกดต่อพื้นที่หน้าตัดที่รับแรง 2) ค่าความเครียด หาได้จาก อัตราส่วนของค่าการยุบตัวต่อขนาดความยาวเดิมของไม้ในแนวรับแรง										

โครงการ.....	บพ.มยผ. 1222-2		ทะเบียนทดสอบ.....		
สถานที่ก่อสร้าง.....	(หน่วยงานที่ทำการทดสอบ) การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด ในแนวขนานเส้นของไม้		ผู้ทดสอบ		
ตำแหน่งโครงสร้างที่เก็บตัวอย่าง.....			ผู้ตรวจสอบ		
วันที่ทดสอบ.....			อนุมัติ		
แผ่นที่.....					
รายละเอียด		ชนิดไม้ตัวอย่าง.....			
		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย
1. มิติของไม้ตัวอย่าง	พื้นที่หน้าตัดของไม้ (A) (ตร.มม.)				
	ความยาวของไม้ (L) (มม.)				
2. ความยาวพิกัด	(มม.)				
3. มวลของไม้ตัวอย่าง (M)	(กรัม)				
4. กำลังยึดหยุ่น ณ ชีดปฏิกภาค (S_p)	(เมก้าปาสกาล)				
5. กำลังครากที่ระยะออฟเซต 0.05% (S_y)	(เมก้าปาสกาล)				
6. กำลังอัดประลัยของไม้ (S_{Max})	(เมก้าปาสกาล)				
7. แรงกด ณ จุดวิบัติ (P_{Max})	(นิวตัน)				
8. แรงกด ณ จุดคราก ที่ระยะออฟเซต 0.05% (P_y) ($P_y = S_y * A$)	(นิวตัน)				
9. แรงกด ณ ชีดปฏิกภาค ($P_p = S_p * A$)	(นิวตัน)				
10. โมดูลัสยึดหยุ่น (E) ณ ชีดปฏิกภาค ($E = S_p / \epsilon_p$)					
ลักษณะการแตกของตัวอย่าง					
ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3	
<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 50px; margin: 0 auto;"></div>		<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 50px; margin: 0 auto;"></div>		<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 50px; margin: 0 auto;"></div>	
ชนิดการแตก.....		ชนิดการแตก.....		ชนิดการแตก.....	



ภาคผนวก ค

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

SEMINAR GUIDE
ANNUAL CONCRETE CONFERENCE 14
Concrete in Sustainable Development



ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น



18 กุมภาพันธ์ 2562

เรื่อง คอรับบทความฉบับสมบูรณ์
เรียน ผู้นำเสนอบทความ REP-006

ด้วยสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย ได้จัดงานประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 14 (Annual Concrete Conference 14) ร่วมกับ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในหัวข้อ “คอนกรีตในการพัฒนาอย่างยั่งยืน” ระหว่างวันที่ 6-7-8 มีนาคม 2562 ณ โรงแรมรามา หัวหิน ไฮเทล แอนด์ คอนเวนชัน หัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 14 มีวัตถุประสงค์เพื่อเปิดโอกาสให้วิศวกร และบุคคลทั่วไปทั้งภาครัฐและเอกชนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และเสนอผลงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีทางด้านคอนกรีตวัสดุทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ พร้อมยกระดับฐานงานวิจัย บทความทางวิชาการ และเทคโนโลยีทางด้านคอนกรีตวัสดุ ให้มีความทัดเทียมกับนานาชาติ

ซึ่งจากการที่ท่าน ได้ให้ความสนใจส่งบทความวิชาการ เรื่อง “COMPARISON OF ABILITIES TO STRENGTHENING OF TIMBER COLUMN WITH FIBERGLASS BETWEEN REINFORCE WITH SHEET WRAPPING AND REINFORCE WITH SPRAYING” เพื่อเข้าร่วมเสนอบทความในการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 14 นั้น ซึ่งคณะกรรมการจัดการประชุม ได้พิจารณาแล้วเห็นสมควรให้นำเสนอบทความวิจัยของท่านเข้าร่วมในการประชุมวิชาการครั้งนี้ ทั้งนี้ท่านสามารถดูรายละเอียดกำหนดการจัดงานได้ทาง Website ของสมาคมฯ www.thaitca.or.th

จึงเรียนมาเพื่อทราบ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
ชัชวาล พิระพันธ์
นาวาอากาศเอก
(รองศาสตราจารย์ ธานีกร พิระพันธ์)
นายกสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ
การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 14
Annual Concrete Conference 14 (ACC14)

บทความ

- บทความโดยองค์ปาฐก (Keynote)
- บทความวิจัยรับเชิญ (IVT)
- บทความวิจัย สาขาคอนกรีตและวัสดุ (MAT)
- บทความวิจัย สาขาโครงสร้างคอนกรีต (STR)
- บทความวิจัย สาขามำรุงรักษา ซ่อมแซม และเสริมกำลังคอนกรีต (REP)
- บทความวิจัย สาขาคอนกรีตเพื่อสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงาน (ENV)
- บทความวิจัย สาขาการปรับปรุงคุณสมบัติของดินด้วยวัสดุซีเมนต์ (GTE)
- บทความวิจัย สาขาผลงานและนวัตกรรมงานคอนกรีตของผู้ประกอบการ (ICM)

6 - 8 มีนาคม 2562

โรงแรม วรนา หัวหิน ไฮเทลแอนด์คอนเวนชั่น
จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

จัดทำโดย

- สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

ร่วมกับ

- ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สงวนลิขสิทธิ์ © ตาม พรบ.ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2521

โดยสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2562 จำนวน 300 เล่ม

คำนำ

การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 14 เป็นความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (สคท.) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น จัดขึ้นระหว่างวันที่ 6-8 มีนาคม 2562 ณ โรงแรม วรนา ห้วยหิน โฮเต็ลแอนด์คอนเวนชั่น จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ภายใต้หัวข้อ “คอนกรีตในการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Concrete in Sustainable Development)” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเวทีให้นักวิชาการ ผู้ประกอบการ นักวิจัย วิศวกร และผู้ปฏิบัติงานด้านคอนกรีตทุกท่าน ได้ร่วมแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ทำงานด้านคอนกรีต นอกจากนี้ยังเป็นช่องทางในการสร้างโอกาสในการพัฒนาความรู้ในงานด้านคอนกรีตที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับผู้ที่เข้าร่วมงานได้ตระหนักถึงความสำคัญของการสร้างนวัตกรรมจากคอนกรีตเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศไทยต่อไป

ในการประชุมครั้งนี้ สมาคมฯ ได้รับเกียรติจาก American Concrete Institute (ACI) ในการสนับสนุนองค์ปาฐกในโครงการ ACI Ambassador Speaker Program เป็นปีที่ 2 ติดต่อกัน โดยในปีนี้ องค์ปาฐกรับเชิญที่สำคัญมีดังนี้คือ ACI President อดีตนายกสคท. ผู้อำนวยการสถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมถนนและระบบราง มหาวิทยาลัยขอนแก่น ผู้แทนจากการรถไฟแห่งประเทศไทย อีกทั้งยังมี วิทยากรรับเชิญจากประเทศจีน ที่เชี่ยวชาญด้าน Ultra High Performance Concrete วิทยากรจากหน่วยงานภาครัฐ บริษัทเอกชน และบริษัทก่อสร้างที่สำคัญในประเทศ ที่มี

อ
า
ะ
น
ค
า
ก
น
น
ง
ย

e
r
น
ย
ร
น
า
ปี

การทำงานที่เกี่ยวข้องกับงานด้านคอนกรีตและมอร์ตาร์ ซึ่งเชื่อว่าผู้เข้าร่วม
ประชุมจะได้รับประโยชน์จากการประชุมครั้งนี้อย่างมาก นอกเหนือจากการ
นำเสนอเนื้อหาของงานวิจัยทางด้านคอนกรีตและวัสดุก่อสร้างที่มีการใช้
ปูนซีเมนต์ สูดท้ายแล้วยังมีการนำเสนองานที่น่าสนใจที่ได้รับรางวัล TCA
Concrete Practice award ระดับ Gold medal จากสถาบันเทคโนโลยี
นานาชาติลิตินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ในฐานะของคณะผู้จัดการประชุมครั้งนี้ ขอขอบคุณ องค์ปาฐกรับเชิญ
วิทยากรรับเชิญ ผู้เขียนบทความ ผู้นำเสนอบทความ ผู้เข้าร่วมประชุม บริษัท
และห้างร้านต่างๆ ที่ได้สนับสนุนการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปีครั้งที่ 14
เป็นอย่างดียิ่ง ทำให้การประชุมครั้งนี้ ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์
ที่ตั้งไว้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

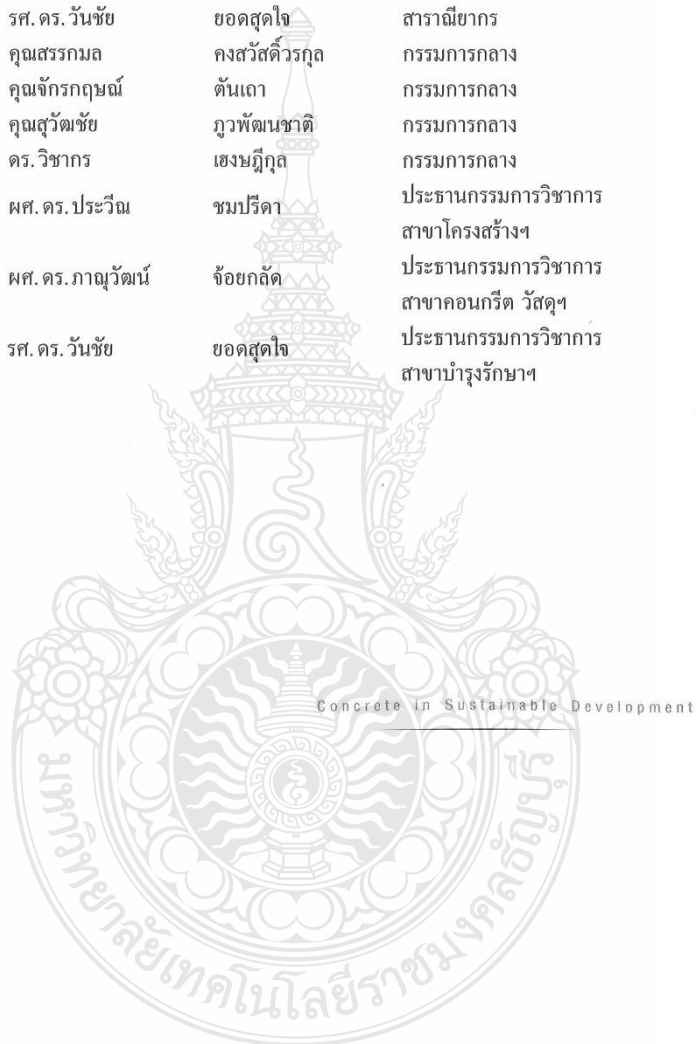


**คณะกรรมการที่ปรึกษา
สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย ประจำปี 2561 - 2562**

รศ. ดร. พิชัย	นิมิตยงสกุล	ที่ปรึกษา
ศ. ดร. สมนึก	ตั้งเต็มสิริกกุล	ที่ปรึกษา
ศ. ดร. ชัย	จาดูรพิทักษ์กุล	ที่ปรึกษา
ศ. ดร. เอกสิทธิ์	ลัฒสุวรรณ	ที่ปรึกษา
ศ. ดร. เป็นหนึ่ง	วานิชชัย	ที่ปรึกษา
ศ. ดร. ปริญญา	จินดาประเสริฐ	ที่ปรึกษา
ศ. ดร. บุญไชย	สถิตมั่นในธรรม	ที่ปรึกษา
รศ. เอนก	ศิริพานิชกร	ที่ปรึกษา
รศ. ดร. กาญจนา	จันทรางศู	ที่ปรึกษา
ดร. ธเนศ	วีระศิริ	ที่ปรึกษา
คุณชัยรัตน์	อมาตยกุล	ที่ปรึกษา
คุณณรงค์	ทัศนนิพันธ์	ที่ปรึกษา
คุณปริญญา	ยมะสมิต	ที่ปรึกษา
คุณมณฑล	สุดประเสริฐ	ที่ปรึกษา
คุณชงยุทธ	สง่างาม	ที่ปรึกษา
คุณวรัช	กุศลมน้อย	ที่ปรึกษา
คุณสมชาย	เมธวัฒน์ธรากุล	ที่ปรึกษา
คุณสรณีย์	ดีพันธุ์พงษ์	ที่ปรึกษา
คุณสุวัฒน์	เชาว์ปรีชา	ที่ปรึกษา
คุณอังสุรัตน์	อารีกุล	ที่ปรึกษา

คณะกรรมการอำนวยการ ประจำปี 2561 - 2562

น.อ. รศ. ดร. ธนากร	พีระพันธุ์	นายกสมาคม
รศ. ดร. สมิตร์	ส่งพิริยะกิจ	อุปนายก ฝ่ายวิชาการ
คุณอนุชิต	เจริญศุกกุล	อุปนายก ฝ่ายวิชาชีพ
ผศ. ดร. ณัฐพงษ์	มกระรัช	เลขาธิการ
คุณบุญรอด	กูปัตทัฬหิ	เหรียญก
ผศ. ดร. รัฐภูมิ	ปรีชาตปรีชา	นายทะเบียน
ดร. นนทพัฒน์	นิมิตยสกุล	ปฏิคม และประชาสัมพันธ์
รศ. ดร. วันชัย	ยอดสุดใจ	สารานุกรม
คุณสรกรมล	คงสวัสดิ์วรกุล	กรรมการกลาง
คุณจักรกฤษณ์	ตันเถา	กรรมการกลาง
คุณสุวิมลชัย	ภูวพัฒนาชาติ	กรรมการกลาง
ดร. วิชากร	เฮงษฎ์กุล	กรรมการกลาง
ผศ. ดร. ประวีณ	ชมปรีดา	ประธานกรรมการวิชาการ
		สาขาโครงสร้างฯ
ผศ. ดร. ภาณุวัฒน์	ชัยกัลต์	ประธานกรรมการวิชาการ
		สาขาคอนกรีต วัสดุฯ
รศ. ดร. วันชัย	ยอดสุดใจ	ประธานกรรมการวิชาการ
		สาขาบำรุงรักษาฯ



**คณะกรรมการวิชาการและกรรมการสมทบ
สาขาโครงสร้างคอนกรีต ประจำปี 2561 - 2562**

ศ. อรุณ	ชัยเสรี	ที่ปรึกษา
ศ. ดร. เอกสิทธิ์	ลิมสุวรรณ	ที่ปรึกษา
รศ. เอนก	ศิริพานิชกร	ที่ปรึกษา
รศ. ดร. สถาพร	โกคา	ที่ปรึกษา
ดร. เสถียร	เจริญเหรียญ	ที่ปรึกษา
คุณอนุชิต	เจริญศุกกุล	ที่ปรึกษา
คุณณรงค์	ทัศนนิพันธ์	ที่ปรึกษา
Mr. Gan	Cheng Chian	ที่ปรึกษา
ผศ. ดร. ชูชัย	สุจิรวงศ์	ที่ปรึกษา
ผศ. ดร. ประวีณ	ชมปรีดา	ประธานกรรมการวิชาการ
รศ. ดร. สุทัศน์	ลีลาทวิวัฒน์	กรรมการวิชาการ
รศ. ดร. วิทิต	ปานสุข	กรรมการวิชาการ
ผศ. นัฐวุฒิ	ทิพย์โยธา	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. วิรัช	เลิศไพฑูรย์พันธ์	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. เกรียงศักดิ์	แก้วกุลชัย	กรรมการวิชาการ
ดร. วรศักดิ์	จักราปิยะนันท์	กรรมการวิชาการ
ดร. ปิ่นเจตน์	ธรรมรักษ์	กรรมการวิชาการ
ดร. ธิดารัตน์	จิระวัฒนาสมกุล	กรรมการวิชาการ
คุณสุเมธ	เกียรติเมธา	กรรมการวิชาการ
คุณปรีดี	งามสันติกุล	กรรมการวิชาการ
คุณชนบดี	หฤทัยถาวร	กรรมการวิชาการ
คุณจรัส	คงศิริ	กรรมการวิชาการ
คุณคมกฤษ	สุทธิไวยกิจ	กรรมการวิชาการ

คุณวิเชียร	แก้วคำปา	กรรมการวิชาการ และเลขานุการ
รศ. ดร. สิทธิชัย	แสงอาทิตย์	กรรมการวิชาการสมทบ
ดร. สุรัชชัย	อำนาจพรเลิศ	กรรมการวิชาการสมทบ
คุณศิริชัย	วรรณบูรณ์	กรรมการวิชาการสมทบ
ดร. นิพนธ์	จงพิทักษ์ศิลป์	กรรมการวิชาการสมทบ
คุณกมล	สิงห์โตแก้ว	กรรมการวิชาการสมทบ

คณะกรรมการวิชาการและกรรมการสมทบ
สาขาคอนกรีต วัสดุและการก่อสร้าง ประจำปี 2561 - 2562

รศ. ดร. พิชัย	นิมิตยงสกุล	ที่ปรึกษา
ศ. ดร. สมนึก	ตั้งเต็มสิริกุล	ที่ปรึกษา
ศ. ดร. ชัย	จาดุรพิทักษ์กุล	ที่ปรึกษา และกรรมการกลุ่มมอริตาร์
น.อ. รศ. ดร. ธนากร	พีระพันธุ์	ที่ปรึกษา และกรรมการกลุ่มมอริตาร์
ศ. ดร. ปิติ	สุคนธ์สุขกุล	ที่ปรึกษา
รศ. ดร. อุดมวิทย์	ไชยสกุลเกียรติ	ที่ปรึกษา
คุณวารภรณ์	คุณวานากิจ	ที่ปรึกษา
คุณวิมลศรี	รัตนะคุณชัย	ที่ปรึกษา และกรรมการกลุ่มมอริตาร์
คุณสุรเชษฐ์	จิงเกษมโชคชัย	ที่ปรึกษา
คุณสุรพล	พฤกษานุกุล	ที่ปรึกษา
ผศ.ดร.ภาณุวัฒน์	จ้อยถัด	ประธานกรรมการวิชาการ
รศ.ดร.สมิตร	สงพิริยะกิจ	รองประธานกรรมการวิชาการ
คุณบุญรอด	คุปดีทัฬหี	รองประธานกรรมการวิชาการ

**คณะกรรมการวิชาการและกรรมการสมทบ
สาขาคอนกรีต วัสดุและการก่อสร้าง ประจำปี 2561-2562 (ต่อ)**

รศ. ดร. วิทิต	ปานสุข	กรรมการวิชาการ
รศ. ดร. มาโนช	สรรพกิจพิทากร	กรรมการวิชาการ
รศ. ดร. บวร	อิศรางกูร ณ อยุธยา	กรรมการวิชาการ
รศ. ดร. ณัฐพงศ์	ดำรงวิริยานุภาพ	กรรมการวิชาการ
รศ. ดร. ชยานนท์	หรรษภิญโญ	กรรมการวิชาการ
รศ. ดร. กิตติภูมิ	รอดสิน	กรรมการวิชาการ
รศ. จรูญ	เจริญเนตรกุล	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. วีระชาติ	ตั้งจิรภัทร	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. วัจน์วงศ์	กรีพละ	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. วรางคณา	แสงสร้อย	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. พงษ์ธร	จุฬพันธ์ทอง	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. ปิติศักดิ์	กรรามาตร	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. ทวีชัย	สำราญวานิช	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. ณัฐพงศ์	มกระธัช	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. กริสน์	ชัยมุล	กรรมการวิชาการ
น.อ. ณัษฎ์	ลิมสุวรรณ์	กรรมการวิชาการ
ดร. อาภามาศ	จันทร์เมฆา	กรรมการวิชาการ
ดร. อนุวัฒน์	อรรถไชยวุฒิ	กรรมการวิชาการ
ดร. สนธยา	ทองอรุณศรี	กรรมการวิชาการ
ดร. ปัทมา	ปานถาวร	กรรมการวิชาการ
ดร. ปวีณา	จริยัฐติพงศ์	กรรมการวิชาการ
ดร. นนทพัฒน์	นิมิตยสกุล	กรรมการวิชาการ
ดร. ธิดาพร	เชื้อสวัสดิ์	กรรมการวิชาการ
ดร. ทนงค์ศักดิ์	อัมใจ	กรรมการวิชาการ

ดร. ชวิศ	ทองโยธี	กรรมการวิชาการ
ดร. จักรพันธ์	วงษ์พา	กรรมการวิชาการ
ดร. กันต์ไชย	ธนาพรรวีกิตต์	กรรมการวิชาการ
ดร. กฤติยา	แก้วมณี	กรรมการวิชาการ
คุณจีรภัทร์	เดชะสกุลชัยนันท์	กรรมการวิชาการ
คุณเฉลิมวุฒิ	สงวนญาติ	กรรมการวิชาการ
คุณนรินทร์	สายันต์วิสุทธิคาม	กรรมการวิชาการ
คุณวุฒินันท์	เจียวิทย์นันท์	กรรมการวิชาการ และกรรมการกลุ่มมอริตาร์
คุณศุภกร	เมาลีกุล	กรรมการวิชาการ
คุณเสกสรรค์	ชุทับทิม	กรรมการวิชาการ
คุณสรภมม	คงสวัสดิ์วรกุล	กรรมการวิชาการ
คุณสุรชัย	สุทธิธรรมมา	กรรมการวิชาการ
คุณสุรศักดิ์	ภูสันติพงษ์	กรรมการวิชาการ
คุณสุวัฒน์ชัย	ภูวพัฒน์ชาติ	กรรมการวิชาการ
คุณอรัญ	ทวีคุณพูนทรัพย์	กรรมการวิชาการ
คุณอ้อมใจ	ปิ่นชะแพทย์	กรรมการวิชาการ และกรรมการกลุ่มมอริตาร์
คุณณัฐวุฒิ	วัชรานูเคราะห์	กรรมการวิชาการ และเลขานุการ
ผศ. ดร. รัฐภูมิ	ปรีชาตปรีชา	กรรมการวิชาการสมทบ
ดร. ปานเทพ	จูลนิพิฐวงษ์	กรรมการวิชาการสมทบ

คณะกรรมการวิชาการและกรรมการสมทบ
สาขาบำรุงรักษา ซ่อมแซม และเสริมกำลังคอนกรีต ประจำปี 2561 - 2562

รศ. ดร. พิชัย	นิมิตยสกุล	ที่ปรึกษา
ศ. ดร. สมนึก	ตั้งเต็มสิริกุล	ที่ปรึกษา
รศ. ดร. สุวิมล	ัจฉาฉวีชัย	ที่ปรึกษา
ดร. ธเนศ	วีระศิริ	ที่ปรึกษา
ศ. ดร. บุญไชย	สถิตมั่นในธรรม	ที่ปรึกษา
รศ. ดร. วันชัย	ยอดสุดใจ	ประธานกรรมการวิชาการ
คุณมนตรี	เชื้อคัลยวรรณา	รองประธานกรรมการวิชาการ
รศ. ดร. ทวีช	พลเงิน	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. สรัณกร	เหมะวิบูลย์	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. รักติพงษ์	สหมิตรมงคล	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. ภัควัฒน์	แสนเจริญ	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. ปิติวัฒน์	วัฒนชัย	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. นนทวัฒน์	ขมหวาน	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. รัชวีร์	ลีละวัฒน์	กรรมการวิชาการ
ผศ. ดร. ชยานนท์	หรรษาภิญโญ	กรรมการวิชาการ
ดร. สันธยา	ทองอรุณศรี	กรรมการวิชาการ
ดร. เมธี	เชื้อวณิชย์กร	กรรมการวิชาการ
ดร. ฟองจันทร์	จิราสิต	กรรมการวิชาการ
ดร. พุทธิพงศ์	หะสิทธิ์ต้นวัฒนา	กรรมการวิชาการ
ดร. นรินทร์	เผ่าณิช	กรรมการวิชาการ
ดร. ณัฐวัฒน์	จุฑารัตน์	กรรมการวิชาการ
คุณเกียรติ	นิติโชติ	กรรมการวิชาการ
คุณชาติรี	พานิชอุตม	กรรมการวิชาการ
คุณณเรศ	ทักษพาณิชย์	กรรมการวิชาการ

	คุณณัฐมนต์	กัมปนาทนันท	กรรมการวิชาการ
562	คุณชนนวรรณ	มาประจง	กรรมการวิชาการ
	คุณธรรมชาติ	กุลประภา	กรรมการวิชาการ
	คุณนันทภัตร	กุลประภา	กรรมการวิชาการ
	คุณยุทธ	ปณิธานวงศ์	กรรมการวิชาการ
	คุณศุภสิทธิ์	ศิริศักดิ์	กรรมการวิชาการ
	คุณสดสวย	สุจิตธรรมกุล	กรรมการวิชาการ
	คุณสมหมาย	คำมิ่งษ์	กรรมการวิชาการ
การ	ผศ. ดร. จักรพันธ์	เทือกดี	กรรมการวิชาการ และเลขานุการ
	รศ.ดร.ทวิช	พูลเงิน	กรรมการวิชาการสมทบ

สำนักเลขาธิการสมาคมฯ

ศ. ดร. ชัย	จาดุรพิทักษ์กุล	ที่ปรึกษาสำนักเลขาธิการสมาคมฯ
รศ. ดร. การุญ	จันทรางศุ	ที่ปรึกษาสำนักเลขาธิการสมาคมฯ
รศ. ดร. สมิตร	สงัทธิระกิจ	ที่ปรึกษาสำนักเลขาธิการสมาคมฯ
ผศ. ดร. ณัฐพงษ์	มกระชัย	เลขาธิการสมาคมฯ
ว่าที่ร้อยตรีเมธา	ไชยโย	กรรมการในสำนักเลขาธิการสมาคมฯ
ผศ. ดร. รุ่งโรจน์	ปิยะภาณุวัฒน์	กรรมการในสำนักเลขาธิการสมาคมฯ
ดร. อานาจ	คำพานิช	กรรมการในสำนักเลขาธิการสมาคมฯ
ดร. ฐิติกร	โพธิ์ศรีมิ่ง	กรรมการในสำนักเลขาธิการสมาคมฯ
ดร. กนกพัฒน์	ชาญไวยวิทย์	กรรมการในสำนักเลขาธิการสมาคมฯ
คุณประภิต	แก้วเคารพ	กรรมการในสำนักเลขาธิการสมาคมฯ
คุณยศพงษ์	วงศ์ระวีกุล	กรรมการในสำนักเลขาธิการสมาคมฯ
คุณสมภพ	พนัฟิ่ง	กรรมการในสำนักเลขาธิการสมาคมฯ

**คณะกรรมการอำนวยการจัดประชุมวิชาการ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

รศ. ดร. สุวิมล	ลัจจวาณิชย์	ที่ปรึกษา
รศ. ดร. วันชัย	ยอดสุดใจ	ประธานกรรมการ
ผศ. ดร. นันทวัฒน์	ชมหวาน	กรรมการฝ่ายวิชาการ
ผศ. ดร. จักรพันธ์	เทือกตะ	กรรมการฝ่ายวิชาการ
ผศ. ดร. วัจนวงศ์	กริพละ	กรรมการฝ่ายวิชาการ
ดร. อนุวัฒน์	อรรถไชยวุฒิ	กรรมการฝ่ายวิชาการ
อาจารย์พลพันธ์	เศรษฐพิทยากุล	กรรมการฝ่ายวิชาการ

**คณะกรรมการผู้พิจารณาบทความ
การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 14**

รศ. ดร. บุรณิตร	นัทรวิระ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รศ. ดร. วันชัย	ยอดสุดใจ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ. ดร. วิเชียร	ชาติ	มหาวิทยาลัยบูรพา
รศ. ดร. อุบลลักษณ์	รัตนศักดิ์	มหาวิทยาลัยบูรพา
รศ. เอนก	ศิริพานิชกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ. ดร. เกียรติศักดิ์	แก้วกุลชัย	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ. ดร. เกียรติสุดา	สมนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลอีสาน
ผศ. ดร. ชูชัย	สุจิวิกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ. ดร. ณิชูพงศ์	มกระชัช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผศ. ดร. ธนากร	ภูเงินขำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลอีสาน
ผศ. ดร. นันทชัย	ชูศิลป์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลศรีวิชัย
ผศ. ดร. นันทวัฒน์	ขมหวาน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ. ดร. นิพนธ์	ตันไพบุลย์กุล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ. ดร. ภัทวดี	แสนเจริญ	ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการก่อสร้าง และบำรุงรักษา (CONTEC)
ผศ. ดร. รักติพงษ์	สหมิตรมงคล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ. ดร. รัฐพล	สมนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลอีสาน
ผศ. ดร. รุ่งโรจน์	ปิยะภานุวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ. ดร. วรางคณา	แสงสร้อย	ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการก่อสร้าง และบำรุงรักษา (CONTEC)
ผศ. ดร. วีรชาติ	ตั้งจิรภัทร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ. นัฐวุฒิ	ทิพย์โยธา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลอีสาน
ดร. กนกพัฒน์	ชาญไวยุทธ์	บริษัท บวิก-ไทย จำกัด
ดร. กิตติพงศ์	คุณจริยกุล	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ดร. จักรดา	ขำรงวุฒิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลอีสาน
ดร. เฉลิมชัย	วาณิชย์ล้ำเลิศ	

ร

อ

คณะกรรมการผู้พิจารณาบทความ
การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 14 (ต่อ)

ดร. เชิดศักดิ์	สุขศิริพัฒน์พงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลอีสาน	
ดร. ชูติกร	โพธิ์ศรีบึง	สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท	
ดร. ณัฐวัฒน์	จุฑารัตน์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	
ดร. วีรพันธุ์	เจียมมีปรีชา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลอีสาน	10.30
ดร. ศักดิ์สิทธิ์	พันธ์ทวี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลอีสาน	13.00



Download บทความ
 การบรรยายพิเศษ (Keynote Speaker)

13.4
 13.4
 14.3
 15.1

วันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2562
ห้องนันทธอสส์ (NONSI HALL)
เวลา 10.30 – 12.15 น.
การนำเสนอบทความวิจัย

ประธานภาค : ผศ.ดร.ชูชัย สุจิวรกุล
รองประธานภาค : ผศ.ดร.จักรพันธ์ เทือกดี



Download บทความวิจัย

REP-001

- สมรรถภาพการตัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่เสริมกำลังโดยการฝังเส้นคอมโพสิตบริเวณด้านข้าง

Navapadol Khumthong

REP-003

- การศึกษาเสาไฟฟ้าโดยเพิ่มแผ่นเหล็กเสริมกึ่งภายในเพื่อช่วยลดการหักโค่นของเสาไฟฟ้าลัดต่ำ

Nattapong Chanhananon, อัญญวิทย์ สุจริตพงศ์

REP-004

- ELECTRICAL VOLTAGE AND CONCENTRATION OF ELECTROLYZE AFFECTING THE REMOVAL OF CHLORIDE FROM CONCRETE

Nutchapon Srina, Thatchavee Leelawat

REP-005

- Chloride Penetration of Concrete Coated with Glass Fiber and Polymer Mortar

April Kyaw, Thatchavee Leelawat

REP-006

- COMPARISON OF ABILITIES TO STRENGTHENING OF TIMBER COLUMN WITH FIBERGLASS BETWEEN REINFORCE WITH SHEET WRAPPING AND REINFORCE WITHSPRAYING

Yingyos Mingmanee

REP-010

- การเสริมกำลังคอนกรีตรับแรงอัดโดยใช้ระบบแผ่นเหล็กโอบรัดรอบภายหลัง

Kornrit Keerathanikkul

REP-011

- การศึกษาประสิทธิภาพการเสริมกำลังคอนกรีตรับแรงอัดโดยใช้ระบบแผ่นเหล็กอัดแรงรัดรอบภายหลัง

Kornrit Keerathanikkul



ย

รฝั่ง

ong

การ

พงศ์

OF
DE

wat

and

wat

การเปรียบเทียบความสามารถในการเสริมกำลังรับแรงอัดของเสาไม้ด้วยไฟเบอร์กลาสระหว่างการเสริม
กำลังด้วยชนิดแผ่นผ้าพันรอบกับชนิดพ่นด้วยเส้นใย

COMPARISON OF ABILITIES TO STRENGTHENING OF TIMBER COLUMN WITH FIBERGLASS BETWEEN REINFORCE WITH SHEET WRAPPING AND REINFORCE WITH SPRAYING

ยิ่งยศ มิ่งมณี¹ (Yingyos Mingmanee)¹

ดร.จาดุพล ตั้งปกาศิต² (Jatuphon Tangpagasit)²

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี yingyos_m@mail.mutt.ac.th

²อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี jatuphon.t@en.mutt.ac.th

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดสอบวัสดุเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการรับกำลังของเสาไม้หลังทำการเสริมกำลังด้วยไฟเบอร์กลาสแบบแผ่นผ้ากับแบบเส้นใยโดยใช้เสาไม้ขนาด 10x10x30 ซม. เป็นชิ้นตัวอย่าง ซึ่งการทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ (1) การทดสอบเสาไม้รับแรงอัดตามแนวแกนที่เสาไม้ปกติและพื้นที่หน้าตัดเสาไม้เสียหายที่ร้อยละ 25 และ 50 ทำการเสริมกำลังด้วยไฟเบอร์กลาสแบบแผ่นผ้าพันรอบความหนาเฉลี่ยที่ 4 มม. (2) การทดสอบเสาไม้รับแรงอัดตามแนวแกนที่เสาไม้ปกติและพื้นที่หน้าตัดเสาไม้เสียหายที่ร้อยละ 25 และ 50 ทำการเสริมกำลังด้วยไฟเบอร์กลาสแบบเส้นใยโดยวิธีการพ่นให้ความหนาของไฟเบอร์กลาสเฉลี่ยที่ 4 มม. (3) ทดสอบความสามารถการรับแรงดึงของไฟเบอร์กลาสทั้งในส่วนของแบบแผ่นผ้าและในส่วนของเส้นใยที่ความหนาเฉลี่ย 4 มม. โดยได้ทำการสร้างแผ่นตัวอย่างขึ้นมา เมื่อทำการทดสอบตัวอย่างวัสดุทั้งหมดแล้ว จะสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกำลังต่างๆได้ ไม่ว่าจะเป็นความเค้นและความเครียดของตัววัสดุตัวอย่าง และความสามารถในการเสริมกำลังของทั้งสองรูปแบบที่แสดงไว้ข้างต้น ผลการวิเคราะห์พบว่าความแตกต่างระหว่างการเสริมกำลังด้วยไฟเบอร์กลาสแผ่นผ้าพันรอบกับแบบพ่นเส้นใยไฟเบอร์กลาสนั้น มีความสามารถเสริมกำลังที่ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ภาพรวมก็สามารถนำมาเสริมกำลังให้กับเสาไม้ได้ดี ขึ้นอยู่กับการเลือกนำไปใช้ให้เหมาะสมกับงานและต่อสถานการณ์

ABSTRACT: This research is an experimental research to analysis its ability to strengthen of timber column with glass fibers. The sample material is timber column size 10x10x30 cm. The test is divided into 3 varieties. (1)Testing stiltis compression axial pattern is reinforce with glass fibers form a sheet wrapped around an average thickness of 4 mm and made for example of the corruption of the cross-sectional area of the damaged timber column at 25% and 50%. (2)Test stiltis compression axial pattern is reinforce with glass fibers by spraying the thickness of the glass fiber average of 4 mm and made for example, the cross-sectional area of the damaged timber column at 25% and 50 %. (3)The ability to test the tensile strength of the fibers, glass fibers at a thickness of 4 mm by creating a sample sheet up. When the test material samples are then taken to a comparative analysis are given the stress and strain on the material and the ability to reinforce the glass fibers. The analysis indicated that for example. The difference between reinforce with a sheet wrapped around the fiber coating. GFRP has the ability to strengthen, not much different, but overall, it can be added to the timber column as well. It's a choice that applies to the job and the situation.

KEYWORDS: Glass fiber reinforce polymer sheet, Reinforced with glass fibers, Fibers by spraying

1. บทนำ

ตั้งแต่เริ่มมีการถือกำเนิดสิ่งมีชีวิตบนโลกใบนี้ก็ได้มีการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่ทรงปัญญาที่เรียกว่ามนุษย์มาพร้อมด้วยแล้วนั้นย่อมหนีไม่พ้นขององค์ประกอบที่เอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิตได้แก่ปัจจัย 4 ไม่ว่าจะเป็นอาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค ทั้งหมดนี้ล้วนแล้วแต่เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิต ซึ่งในทีนี้สิ่งที่กำลังจะกล่าวถึงที่อยู่ในหนึ่งอย่างของปัจจัย 4 ที่กล่าวไปแล้วนั้นคือ ที่อยู่อาศัยนั่นเอง กล่าวคือการก่อสร้างอาคารหรือที่พักอาศัยตั้งแต่ในสมัยอดีตทั้งของประเทศไทยและประเทศต่างๆ ทั่วโลก ไม่ถือเป็นวัสดุหลักในการก่อสร้างทุกๆ ส่วนของอาคาร ไม้เป็นวัสดุทางธรรมชาติที่มีค่า จัดว่าเป็นวัสดุที่มีความสำคัญในการก่อสร้างมากเพราะมีน้ำหนักน้อยตัดกึ่งหรือเปลี่ยนรูปได้ง่าย มีความสวยงามตลอดจนสามารถปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นได้ แต่ข้อเสียของไม้ก็คือความแข็งแรงต่ำและมีคุณภาพไม่ค่อยสม่ำเสมอ เนื่องจากในสมัยก่อนนั้นไม้เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายมีราคาถูก สามารถทำการก่อสร้างได้อย่างรวดเร็วและยังสามารถรื้อถอนนำไปประกอบใช้ใหม่ตามที่ต้องการ และในปัจจุบันไม้ก็ยังคงเป็นวัสดุที่นิยมใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างอาคารอยู่ไม่เสื่อมคลาย แต่เนื่องจากยุคสมัยที่เปลี่ยนแปลงไป เทคโนโลยีในการก่อสร้างมีมากขึ้นจึงมีวัสดุชนิดอื่นเข้ามาทดแทนโครงสร้างไม้ เช่น โครงสร้างคอนกรีต โครงสร้างเหล็กรูปพรรณล้วนเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายและสามารถรับกำลังได้สูงกว่าโครงสร้างที่เป็นไม้ ซึ่งแข็งแรงกว่าหลายเท่า อนึ่งปัจจุบันไม้เป็นวัสดุที่หายากและมีราคาที่สูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่นที่นิยมใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างโครงสร้างหลักของอาคาร ไม้จึงมิใช่ตัวเลือกหลักที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างอีกต่อไป แต่ก็ยังพบว่ายังมีอาคารทั้งที่เป็นอาคารบ้านพักอาศัย วัด โรงเรียน โบราณสถานต่างๆ บ้านพักข้าราชการ สถานที่ราชการที่ต้องการคงสภาพเพื่ออนุรักษ์สถาปัตยกรรมและสิ่งปลูกสร้างอีกมากมาย ที่ยังคงสภาพโครงสร้างไม้ทั้งอาคารและมีอายุการใช้งาน

มาแล้วหลายสิบปีหรือถึงร้อยปี ทำให้โครงสร้างบางส่วนเกิดการชำรุดเสียหายจากหลายๆ สาเหตุ เพราะฉะนั้นการบำรุงรักษาซ่อมแซมอาคารไม้ทั่วไปนี้ จึงเป็นสิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญอย่างมาก โดยการปรับปรุงซ่อมแซมโครงสร้างที่เป็นไม้ด้วยการเสริมความแข็งแรงก็ถือว่าเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจ เมื่อเปรียบเทียบกับการที่จะต้องเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ซึ่งจะลดปัญหาทางด้านงบประมาณลงไปได้ค่อนข้างมาก ในงานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาในส่วนของ การนำเส้นใยคาร์บอนที่นำมาใช้ในการเสริมกำลังของโครงสร้างไม้คือไฟเบอร์กลาส ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวัสดุและวิธีการขั้นตอนในการนำมาเสริมกำลังกันหลายวิธี โดยในแง่ของการเสริมกำลังเพื่อซ่อมแซมไม้ นั้น จะพบมากในรูปแบบของแบบเสริมด้วยแผ่นผ้าไฟเบอร์กลาส (Glass Fiber Reinforced Polymer sheets or GFRP sheets) และอีกวิธีคือแบบไฟเบอร์กลาสที่เป็นเส้นใย (Sprayed Fiber Reinforced Polymers or SFRP) โดยต้องทำการฉีดพ่น ซึ่งแน่นอนว่าทั้งสองวิธีก็จะมีลักษณะเฉพาะในการนำไปใช้งานแตกต่างกันไป แต่ในแง่ของกำลังรับน้ำหนักหรือประสิทธิภาพในการเสริมกำลังวิธีการใดให้ผลเป็นอย่างดีไรนั้นคือสิ่งที่น่าสนใจและจะทำการวิจัยศึกษากันต่อจากนี้

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการรับกำลังอัดสูงสุดระหว่างการเสริมความแข็งแรงด้วยไฟเบอร์กลาสเส้นใยวิธีฉีดพ่นเคลือบทับด้วยเรซิน (GFRP Sprayed) และการเสริมความแข็งแรงด้วยแผ่นผ้าไฟเบอร์กลาสวิธีพันรอบเคลือบทับด้วยเรซิน (GFRP Sheet)

2.2 เพื่อศึกษากำลังรับแรงดึงสูงสุดของชิ้นตัวอย่างวัสดุไฟเบอร์กลาสหนา 4 มม. ที่ขึ้นรูปทรงตามแบบที่กำหนดอ้างอิงลักษณะจากเอกสารงานวิจัยของ Andrew James Boyd (M.A.Sc., University of Toronto, 1995)

3.วิธีการศึกษา

3.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

สำหรับวัสดุที่ใช้ในการศึกษานี้ได้แก่

3.1.1 ไม้เนื้อแข็งหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10x10 ซม. ยาว 30 ซม. กลึงผิวเรียบ กลสมบัติตามมาตรฐาน วสท.1002-16

3.1.2 ไฟเบอร์กลาสแบบแผ่นผ้า (GFRP Sheet) เหมาะสำหรับงานที่ต้องการรับแรงและเป็นฉนวนป้องกันกระแสไฟฟ้า

3.1.3 ไฟเบอร์กลาสแบบเส้นใย (GFRP Sprayed) เหมาะสำหรับงานที่ต้องการรับแรง และเป็นฉนวนป้องกันกระแสไฟฟ้า

3.1.4 เรซิน (resin) เกรด Orthophthalic type คือชนิดเกรดใช้งานได้ทั่วไป

3.1.5 ฮาร์ดเดนเนอร์สารเร่งปฏิกิริยา(Hardener หรือ Catalyst) เป็นสารเคมีที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันทำให้เรซินแข็งตัว

3.2 รายละเอียดวิธีการศึกษา

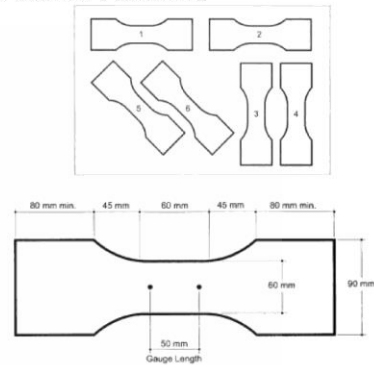
3.2.1 เสामีเนื้อแข็ง ขนาด 10x10 ซม. ยาว 30 ซม. เสामีตัวอย่างที่ใช้ทดสอบจัดเตรียมไว้ 3 ลักษณะดังนี้

1) เสामีเนื้อแข็ง 10x10 ซม. แบบไม่เสียหาย
2) เสामีเนื้อแข็ง 10x10 ซม. กำหนดความเสียหายของเนื้อไม้ที่ร้อยละ 25 ของเนื้อไม้แต่ละชั้นโดยการบากเนื้อไม้ให้เกิดความเสียหายที่สม่ำเสมอเท่ากันทุกชั้นตัวอย่าง

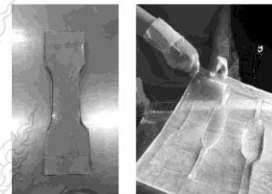
3) เสामีเนื้อแข็ง 10x10 ซม. กำหนดความเสียหายของเนื้อไม้ที่ร้อยละ 50 ของไม้แต่ละชั้นโดยการบากเนื้อไม้ให้เกิดความเสียหายที่สม่ำเสมอเท่ากันทุกชั้นตัวอย่าง

3.2.2 วัสดุเสริมกำลัง

1) นำวัสดุในการใช้ทดสอบเสริมกำลัง GFRP และ Resin มาทำชิ้นงานตัวอย่างทดสอบรับแรงดึงที่มีความหนา 4 มม. ตามภาพที่ 1 และภาพที่ 2



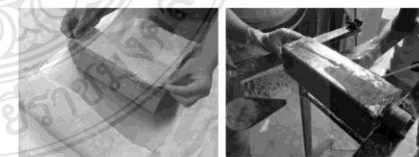
ภาพที่1 GFRP tensile strength specimen dimension



ภาพที่ 2 GFRP ชิ้นตัวอย่างที่เตรียมไว้

2) นำเสามีสตัวอย่างที่เตรียมไว้มาดำเนินการเสริมกำลังด้วย GFRP ในรูปแบบดังต่อไปนี้

2.1) เสริมกำลังด้วย GFRP แบบแผ่นผ้าพันรอบผิวเสามีส 1 ชั้น แล้วเคลือบทับด้วย Resin ความหนาเฉลี่ยที่ 4 มม. และทำให้ตัวอย่างเสามีสเสียหายร้อยละ 25 และร้อยละ 50 อย่างละ 3 ตัวอย่าง ตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 เสริมกำลังด้วย GFRP Sheet

2.2) เสริมกำลังด้วย GFRP แบบเส้นใยพันรอบ ผิวไม้ 1 ชั้น แล้วพ่นทับด้วย Resin ความหนาเฉลี่ยที่ 4 มม. และทำให้ตัวอย่างเสาเสียหายที่เนื้อไม้ร้อยละ 25 และร้อยละ 50 อย่างละ 3 ตัวอย่าง ตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เสริมกำลังด้วย GFRP Sprayed

ให้แรงกระทำ (Compressive Load) สม่่าเสมอด้วยความเร็วประมาณ 0.6 มม./นาที กำหนดเครื่องอ่านค่ากำลังทุกๆ 2 วินาที ตามภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การดำเนินการทดสอบ

3.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine ขนาด 100 ตัน

3.3 การทดสอบกำลังวัสดุ

3.3.1 นำเสาไม้ตัวอย่างทั้งหมดที่เตรียมมา ดำเนินการติดตั้งบนเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine โดยการทดสอบนั้นจะมีการกดในลักษณะให้แรงกดกระทำที่ศูนย์กลางเสา ในทุกประเภทของตัวอย่าง ชิ้นงานทดสอบ ซึ่งแบ่งแยกไว้ดังนี้

- เสาไม้ไม่เสียหายเสริมกำลังแบบ GFRP Sheet จำนวน 3 ตัวอย่าง
- เสาไม้เสียหายร้อยละ 25 เสริมกำลังแบบ GFRP Sheet จำนวน 3 ตัวอย่าง
- เสาไม้เสียหายร้อยละ 50 เสริมกำลังแบบ GFRP Sheet จำนวน 3 ตัวอย่าง
- เสาไม้ไม่เสียหายเสริมกำลังแบบ GFRP Sprayed จำนวน 3 ตัวอย่าง
- เสาไม้เสียหายร้อยละ 25 เสริมกำลังแบบ GFRP Sprayed จำนวน 3 ตัวอย่าง
- เสาไม้เสียหายร้อยละ 50 เสริมกำลังแบบ GFRP Sprayed จำนวน 3 ตัวอย่าง

3.3.2 ทดสอบตัวอย่างวัสดุรับแรงดึง

1) ทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของแผ่นตัวอย่าง GFRP ตามภาพที่ 6

- เสริมด้วย GFRP Sheet 6 ตัวอย่าง
- เสริมด้วย GFRP Sprayed 6 ตัวอย่าง



ภาพที่ 6 การดำเนินการทดสอบแรงดึง GFRP

4. ผลการศึกษาและวิเคราะห์

4.1 ผลการทดสอบชิ้นตัวอย่างความสามารถในการรับกำลังต้านทานแรงอัดของเสาไม้ในรูปแบบต่างๆที่ได้ทำการเสริมกำลังด้วยวัสดุ GFRP ทั้งส่วนที่เสาไม้มีความเสียหายและเป็นแบบปกติ ได้ผลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสาไม้ กำลังต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น

ตัวอย่าง GFRP และค่าความเค้นความเครียดของวัสดุที่ทำการทดสอบซึ่งมีการผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลดังต่อไปนี้

4.1.1 เสาไม้ไม่เสียหายเสริมกำลังด้วย GFRP Sheet และแบบเสริมกำลังด้วย GFRP Sprayed ค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างทดสอบ 3 ตัวอย่างในแต่ละประเภทแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เสาไม้ไม่เสียหายเสริม GFRP Sheet และ GFRP Sprayed

Description	Data			
	Load (kN)	Contraction (mm)	Strength (N/mm ²)	Strain (%)
GFRP Sheet	581.00	5.11	58.10	1.70
GFRP Sprayed	767.66	4.11	76.78	1.37

4.1.2 เสาไม้เสียหายร้อยละ 25 เสริมกำลังด้วย GFRP Sheet และแบบเสริมกำลังด้วย GFRP Sprayed ค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างทดสอบ 3 ตัวอย่างในแต่ละประเภทแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เสาไม้เสียหายร้อยละ 25 เสริม GFRP Sheet , GFRP Sprayed

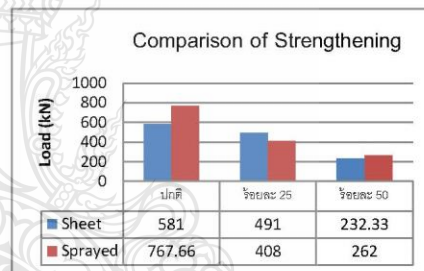
Description	Data			
	Load (kN)	Contraction (mm)	Strength (N/mm ²)	Strain (%)
GFRP Sheet	491.00	3.74	49.09	1.25
GFRP Sprayed	408.00	4.27	40.85	1.43

4.1.3 เสาไม้เสียหายร้อยละ 50 เสริมกำลังด้วย GFRP Sheet และแบบเสริมกำลังด้วย GFRP Sprayed ค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างทดสอบ 3 ตัวอย่างในแต่ละประเภทแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เสาไม้เสียหายร้อยละ 50 เสริม GFRP Sheet , GFRP Sprayed

Description	Data			
	Load (kN)	Contraction (mm)	Strength (N/mm ²)	Strain (%)
GFRP Sheet	232.33	4.84	23.25	1.61
GFRP Sprayed	262.00	6.20	26.19	2.07

จากการพิจารณาผลทดสอบที่ได้ใน 3 ตารางข้างต้นแล้วนั้นสามารถสรุปภาพรวมได้ว่า สำหรับเสาไม้ตัวอย่างที่ได้รับการเสริมกำลังด้วย GFRP Sheet และ GFRP Sprayed สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรับกำลังอัดได้ดีขึ้นและจากกลุ่มการทดสอบทั้ง 3 ตารางนี้สามารถนำมาเปรียบเทียบในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบผลของกำลังอัดในแต่ละกลุ่มทดสอบ

5. สรุปผล

5.1 ประเด็นของความต่างของการผลทดสอบ

5.1.1 การควบคุมคุณภาพและปริมาณของวัสดุในการฉีตพ่นเส้นใย (GFRP Sprayed) ลงบนผิวไม้ นั้นทำให้ไม้ดีดงและไม่สม่ำเสมอ เป็นเหตุผลที่ทำให้ค่า Strength ของตัวอย่างเสาเสริมกำลังที่ทดสอบนั้นเกิดความแกว่งตัวของค่าต่างๆ การทดสอบแรงอัด ซึ่งผู้วิจัยคิดว่าหากมีการ

ทำการทดสอบในครั้งต่อไปควรจะต้องทำการปรับปรุง และควบคุมปริมาณวัสดุให้ดีกว่านี้

5.1.2 การควบคุมคุณภาพและปริมาณของวัสดุในวิธีพันด้วยแผ่นผ้าไฟเบอร์กลาส (GFRP Sheet) จะทำการควบคุมได้ดีกว่า

5.2 ในการนำวัสดุ GFRP มาเสริมกำลังให้กับเสาไม้ นั้น สามารถใช้ได้ทั้งสองรูปแบบ ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ให้เหมาะสมกับสภาพงานซึ่งจะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า โดยวัสดุ GFRP Sheet นั้นจะควบคุมคุณภาพได้ดีการเสริมกำลังจะให้ค่าที่สม่ำเสมอ แต่หากต้องนำไปใช้ในสภาพที่แคบๆ และจำกัดก็ประสบปัญหาขณะทำงาน ซึ่งการฉีดพ่นเส้นใย GFRP Sprayed นั้นจะใช้งานได้หลากหลายของสภาพพื้นผิวหน้างานมากกว่า เพราะหัวฉีดพ่นสามารถปรับแต่งให้ใช้งานได้หลายแบบ

สิ่งที่พบน่าสนใจคือ ประเมินจากผลทดสอบการเสริมกำลังแบบฉีดพ่น GFRP Sprayed หากผู้ใช้งานได้ฝึกใช้อุปกรณ์การทำงานจนเกิดความชำนาญและทำการเพิ่มความหนาของการฉีดพ่นเส้นใยพร้อมเคลือบทับด้วยเรซินที่มากขึ้น คาดการณ์ว่าจะมีความแข็งแรงสูงกว่าแบบ GFRP Sheet และทางเลือกในการนำไปใช้งานที่เข้าถึงพื้นที่ได้มากกว่า ผู้ทำวิจัยคิดว่าแบบฉีดพ่นจะมีคุณสมบัติที่ดีเหมาะสมมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

[1] นายกฤษดา ดันทองคำ, (2007). การทดสอบและวิเคราะห์การเสริมสร้างกำลังคานเหล็กโดยการอัดแรงด้วยแผ่น Carbon Fiber Laminates (CFRP) แบบ Multidirectional Carbon Fiber Laminate (CFRP), มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] Maurice Brunner และ Marco Schnueriger, (2005). การเสริมความแข็งแรงของคานไม้ด้วยการติดแผ่น CFRP แบบอัดแรงโดยใช้อุปกรณ์ยึดแบบ Gradient, University of Applied Science Berm.

[3] Jerzy Jasienkou และ Tomasz Nowak, (2007). การเสริมสร้างความแข็งแรงในการโค้งงอของไม้โบราณ (Strengthening of Bent Timber Beams in Historical Object), Wroclaw University of Technology.

[4] Jobin Jacob, Olga Lucia และ GarzonBarragan, (2007). Flexural Strengthening of Glued Laminated Timber Beams with Steel and Carbon Fiber Reinforced Polymers, Chalmers University of Technology.

[5] จ่านง พงษ์วัน และจักรพล นาจวง กับ สุชาติ ลิมกัตัญญ และกิตติศักดิ์ ชันติวิชัย, (2011) .จุดเหมาะสมของการเสริมกำลังคานคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวัสดุคอมโพสิต”, งานวิจัยในการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่16, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี กับ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[6] James F. Brady และ Annette M. Harte, (2007).

“Prestressed FRP Flexural Strengthening of Softwood Glue – Laminated Timber Beams”

[7] รศ.ดร.สุชาติ ลิมกัตัญญ และ ผศ.ดร.วรพจน์ ประชา

เสรี, (2012). “การประเมินประสิทธิภาพของไม้พาราประสานซึ่งเสริมแรงด้วยแผ่นเสริมแรงไฟเบอร์ :

Performance Evaluation of FRP Reinforced Para Wood Glued Laminated Beams”,

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,

[8] A. Yusof and A.L. Saleh, (2009). “Flexural Strengthening of Timber Beams Using Glass Fiber Reinforced Polymer”, Universiti Teknologi Malaysia (UTM)

[9] กองทัพเรือ. 2556. “การสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต”, [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.navy.mi.th/>,

[สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2556] [11] Neville, A.M.

Properties of Concrete. Pitmen Book Limited, London. 1981.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายยิ่งยศ มิ่งมณี
วัน เดือน ปีเกิด	6 มกราคม 2522
ที่อยู่	55/225 ม.2 ถ.รังสิต-นครนายก ต.ลำผักกูด อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประสบการณ์การทำงาน	นายช่างโยธาชำนาญงาน กองทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง กรมทางหลวง พ.ศ. 2551 ถึงปัจจุบัน
เบอร์โทรศัพท์	092-476-1249
อีเมล	yingyos_m@mail.rmutt.ac.th

