การศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รับแรงดัดในแนวแกน

THE STUDY OF BEHAVIOR OF BAMBOO-REINFORCED CONCRETE SLAB TO FLEXURAL LOAD

นายอิทธิวัฒน์ ยอดเยี่ยม
นายนคร วีระโพธิ์ประสิทธิ์

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

โครงงานทางวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
ปีการศึกษา 2550

THE STUDY OF BEHAVIOR OF BAMBOO-REINFORCED CONCRETE SLAB TO FLEXURAL LOAD

Mr. Itthiwat Yordyiam

Mr. Nakorn Weeraphoprasit

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

An Engineering Project Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for the Degree of Bachelor of Engineering

Department of Civil Engineering

Burapha University

2007

หัวข้อโครงงาน	การศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รับแรงดัดในแนวแกน
โดย	นายอิทธิวัฒน์ ยอดเยี่ยม
	นายนคร วีระโพธิ์ประสิทธิ์
ปีการศึกษา	2550
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์เอนก ชมวงษ์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติโครงงานทางวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

..... หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
(ผศ.ดร.อานนท์ วงษ์แก้ว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์เอนก ชมวงษ์)

คณะกรรมการสอบโครงงาน

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์เอนก ชมวงษ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทคัดย่อ

อิทธิวัฒน์ ยอดเยี่ยม, นคร วีระโพธิ์ประสิทธิ์ : การศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รับแรงดัดในแนวแกน
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์เอนก ชมวงษ์

คอนกรีตเสริมไม้ไผ่เป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการก่อสร้างถ้าไม่ใช้เหล็กเสริม เพราะว่าไม้ไผ่เป็นวัสดุทางธรรมชาติ ราคาถูก หาได้ง่ายในท้องถิ่น และไม่เกิดปัญหาจากการทำลายโดยเกลือคลอไรด์ เหมาะกับการก่อสร้างที่ใช้เงินลงทุนต่ำ และใช้กับการก่อสร้างบริเวณที่เจอปัญหาเกลือคลอไรด์ เช่น บ้านของผู้มีรายได้ต่ำ โรงเก็บเกลือ บ้านที่ประสบปัญหาดินเค็ม เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รับแรงดัดในแนวแกน สำหรับไม้ไผ่ที่ใช้ คือ ไม้ไผ่ป่า ซึ่งมีคุณสมบัติทางกล คือ กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่มีค่าเท่ากับ 2,520.95 กก./ซม.^{2} มีโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 432,142.7 กก./ซม.^{2} มีความหนาแน่นแห้งเท่ากับ 0.47 กรัม/ซม.^{3} และได้ทำการปรับปรุงผิวไม้ไผ่ก่อนทำการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยว โดยปรับปรุงผิวด้วยน้ำมันวานิช แลกเกอร์ และไม่ได้ปรับปรุงผิว ซึ่งจากการทดสอบน้ำมันวานิชจะมีค่ามากที่สุด สำหรับการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ จะใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดเท่ากับ 210, 240 และ 280 กก./ซม.^{2} จำนวนชนิดละ 5 ตัวอย่าง ซึ่งติดตั้งอุปกรณ์วัดระยะยืด-หดตัวอิเล็กทรอนิกส์ ชนิดละ 3 ตัวอย่าง ติดไว้กับไม้ไผ่ที่รับแรงดึง จากการทดสอบจะพบว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่นำไปทดสอบจะมีค่าคลาดเคลื่อนจากทฤษฎี ประมาณ 20.05% และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ไม้ไผ่จะมีการยืดตัวมากกว่าเหล็ก และมีค่าตัวคูณลดกำลัง (ϕ) จะมีค่าเท่ากับ 0.60

สำหรับการนำพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ไปพิจารณาเพื่อนำไปใช้จริง จะพบว่าสามารถนำไปใช้ได้กับโครงสร้างที่รับน้ำหนักไม่มากนัก และที่มีสภาวะแวดล้อมใกล้ทะเล เช่น บ้านขนาดเล็ก ถนนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เป็นต้น และเมื่อเปรียบเทียบราคาระหว่างไม้ไผ่ป่า และเหล็กที่นำมาเสริม จะพบว่าพื้นคอนกรีตที่เสริมไม้ไผ่จะมีราคาถูกกว่าเหล็กเสริม จึงเหมาะที่จะนำมาใช้กับบ้านของผู้มีรายได้ต่ำ

คำสำคัญ: พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่, คุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่, หน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Abstract

Itthiwat Yordyiam, Nakhorn Weeraphoprasit: The study of Behavior of Bamboo-Reinforce Concrete Slab to flexural load.

Advisor: Anake Chomwong.

Bamboo reinforced concrete is alternative choice to construction. The bamboo is natural materials, cheap price, facilitate to find in local and non-problem of ruining by chloride salt suited with any construction which capitalized in low investment. It also is used for construction in some area where found the chloride problem. For example, house owner's low income, salt warehouse, houses facing alkaline soil, etc. The research is to study the behavior of bamboo reinforced concrete slab to flexural load. For the selected bamboo is Bambusa Arundinacea Willd, which mechanical properties is that tensile strength at 2,520.95 kg/cm^2, modulus of elasticity at 432,142.7 kg/cm^2, dry density at 0.47 g/cm^3. Additionally, there is improved the surface of these bamboos before testing on a bonding strength by vanish, lacquers and another case is no improved the surface of these bamboo. From testing, these vanish would have the most point. For testing bamboo reinforced concrete would use a concrete which has strength of concrete 210, 240 and 280 kg/cm^2 of 5 samples in each. Through calibrated electronics strain-gauge of 3 samples in each embedded with bamboo which served tensile strength. The results have found that bamboo reinforced concrete slab; there are theoretical errors at 20.05% approximately. When it compared with steel reinforced concrete slab, the bamboo would have more elasticity than steel and factor (ϕ) were 0.60.

For using the bamboo reinforced concrete slab in real, it found that able to use with a structure that is able to load at low weight and near ocean. For example, small house , bamboo reinforced concrete ground slab was cheaper price than steel. Therefore, it is suitable with for use house owner's low income.

Keyword: bamboo reinforce concrete slab, mechanical property of bamboo, bonding strength between bamboo and concrete

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานทางวิศวกรรมฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากคณาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณคณาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน และอาจารย์เอนก ชมวงษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาได้สละเวลาช่วยเหลือให้คำปรึกษา และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับโครงงานเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ ซึ่งได้เป็นกรรมการในโครงงานนี้ และคุณยิ่งใหญ่ สามารถ ที่คอยช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำโครงงาน

นอกจากนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำโครงงาน ตลอดจนเพื่อนๆ และครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจ และช่วยเหลือในการทำโครงงานตลอดมา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
สารบัญสัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไม้ไผ่	3
2.2 การเลือกใช้ไม้ไผ่เพื่อใช้เสริมในคอนกรีต	6
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายของไม้ไผ่	6
2.4 การถนอมรักษาไม้ไผ่	10
2.5 คอนกรีต	14
2.6 พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ป่า	15
2.7 การคำนวณหาคุณสมบัติทางกล	19
2.8 งานวิจัยผลกระทบของเชื้อรา และวิธีป้องกัน	22
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวกับคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	26

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	27
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	32
3.4 การเตรียมวัสดุที่ใช้การทดสอบ	33
3.5 การทดสอบวัสดุ	38
3.6 แผนการดำเนินงาน	48
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	
4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุ	49
4.1.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่	49
4.1.2 ผลการทดสอบความหนาแน่นของไม้ไผ่	49
4.1.3 ผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่	50
4.1.4 ผลการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต	52
4.1.5 ผลการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต	52
4.2 ผลการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	53
4.2.1 การวิบัติของพื้นคอนกรีต	53
4.2.2 พฤติกรรมของพื้นคอนกรีต	54
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดสอบวัสดุ	63
5.1.1 สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่	63
5.1.2 สรุปผลการทดสอบความหนาแน่นของไม้ไผ่	63
5.1.3 สรุปผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่	63
5.1.4 สรุปผลการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต	64
5.1.5 สรุปผลการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต	64
5.2 สรุปผลการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	64
5.2.1 พฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	64

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2.2 การนำไปใช้งาน	65
5.2.3 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	66
5.3 ข้อเสนอแนะจากการทดลอง	66

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตารางบันทึกผลการทดลอง

ภาคผนวก ข รูปและกราฟแสดงผลการทดลอง

ภาคผนวก ค การคำนวณหากำลังต้านทานโมเมนต์ดัด

ประวัติผู้แต่ง

บทความ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

		หน้า
3.1	ขนาดคละของหิน	28
3.2	ขนาดคละของทราย	30
3.3	จำนวนตัวอย่างสำหรับหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่	33
3.4	จำนวนตัวอย่างหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่	36
3.5	จำนวนตัวอย่างแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และเหล็ก	37
3.6	แผนการดำเนินงาน	48
ก-1	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึง	69
ก-2	แสดงผลการทดสอบหาความหนาแน่นแห้งของไม้ไผ่	69
ก-3	แสดงผลการทดสอบหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ที่คอนกรีตมีกำลังอัด 210 กก./ซม.^{2}	70
ก-4	แสดงผลการทดสอบหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ที่คอนกรีตมีกำลังอัด 240 กก./ซม.^{2}	71
ก-5	แสดงผลการทดสอบหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ที่คอนกรีตมีกำลังอัด 280 กก./ซม.^{2}	72
ก-6	แสดงผลการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต	73
ก-7	แสดงผลการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต	73
ก-8	แสดงผลการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	74
ก-9	แสดงผลหน่วยแรงดึงในไม้ไผ่ที่เสริมในคอนกรีต	75
ก-10	แสดงผลการเปรียบเทียบราคาระหว่างพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และเหล็ก	76
ก-11	แสดงผลการเปรียบเทียบความกว้างรอยร้าว ของพื้น SB8	76

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป

		หน้า
2.1	ไม้ไผ่ป่า	5
2.2	พฤติกรรมของคานคอนกรีตเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก	16
2.3	พฤติกรรมการต้านทานโมเมนต์ดัด	17
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน	26
3.2	ไม้ไผ่ป่า หรือไม้ไผ่หนาม	27
3.3	ร้อยละสะสมที่ผ่านบนตะแกรงขนาดต่าง ๆ ของหิน เทียบกับขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C 33 (หลังจากคัดขนาดคละของหินแล้ว)	29
3.4	ร้อยละสะสมที่ผ่านบนตะแกรงขนาดต่าง ๆ ของทราย เทียบกับขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C 33 (หลังจากคัดขนาดคละของหินแล้ว)	30
3.5	น้ำมันวานิช และแลกเกอร์ชนิดด้าน	31
3.6	ตัวอย่างไม้ไผ่สำหรับหากำลังรับแรงดึง	33
3.7	ตัวอย่างสำหรับทดสอบหาความหนาแน่นของไม้ไผ่	34
3.8	ตัวอย่างสำหรับทดสอบหากำลังของคอนกรีต	35
3.9	ตัวอย่างไม้ไผ่สำหรับหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยว	36
3.10	แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	37
3.11	การทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่	38
3.12	การทดสอบหาความหนาแน่นของไม้ไผ่	39
3.13	การทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่	39
3.14	การทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต	40
3.15	การทดสอบหากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต	41
3.16	การติดตั้งอุปกรณ์ ที่ใช้ในการทดสอบของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	42
3.17	แรงเฉือนที่เกิดขึ้นบนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	42
3.18	โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	42
3.19	แสดงการติดตั้ง Stain Gauge ที่ด้านบน และด้านล่างผิวคอนกรีต	44
3.20	แสดงการติดตั้งแผ่นพื้นก่อนการทดสอบ	45
3.21	แสดงการบันทึกค่าจากเครื่อง Data Logger	45
3.22	แสดงการขีดบอกแรงที่ทำให้คอนกรีตแตกร้าว	46

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
3.23	แสดงลักษณะการวิบัติ	46
3.24	แสดงลักษณะการวิบัติใต้ท้องพื้น	47
3.25	แสดงลักษณะการโก่ง	47
4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและกำลังรับแรงดึง ของไม้ไผ่ชนิดไม่มีข้อ	50
4.2	กราฟแสดงหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ชนิดมีข้อและไม่มีข้อ ที่ปรับปรุงผิวด้วยน้ำมันวานิช,แลกเกอร์ และชนิดที่ไม่ได้ปรับปรุงผิว ที่อายุคอนกรีต 14 วัน	50
4.3	กราฟแสดงหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ชนิดมีข้อและไม่มีข้อ ที่ปรับปรุงผิวด้วยน้ำมันวานิช, แลกเกอร์ และชนิดที่ไม่ได้ปรับปรุงผิว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน	51
4.4	แผนภูมิแสดงค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต	52
4.5	แผนภูมิแสดงค่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต	53
4.6	แสดงการแตกของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จากผิวด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน	54
4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และระยะโก่ง ของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB1,SB2,SB3,SB4,SB5 ที่กำลังคอนกรีต 210 ksc	54
4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และระยะโก่ง ของพื้นคอนกรีต เสริมไม้ไผ่ SB6,SB7,SB8,SB9,SB10 และเสริมเหล็ก SS16 ที่กำลังคอนกรีต 240 ksc	55
4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และระยะโก่ง ของพื้นคอนกรีต เสริมไม้ไผ่ SB11,SB12,SB13,SB14,SB15 ที่กำลังคอนกรีต 280 ksc	55
4.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และความเครียด ของพื้นคอนกรีต เสริมไม้ไผ่ SB1,SB2,SB3,SB4,SB5 ที่กำลังคอนกรีต 210 ksc	56
4.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และความเครียด ของพื้นคอนกรีต เสริมไม้ไผ่ SB6,SB7,SB8,SB9,SB10 และเสริมเหล็ก SS16 ที่กำลังคอนกรีต 240 ksc	56
4.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และความเครียด ของพื้นคอนกรีต เสริมไม้ไผ่ SB11,SB12,SB13,SB14,SB15 ที่กำลังคอนกรีต 280 ksc	57

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับความเครียด ของไม้ไผ่และคอนกรีต ที่เกิดขึ้นกับพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB3 ที่กำลังคอนกรีต 210 ksc	58
4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับความเครียด ของไม้ไผ่และคอนกรีต ที่เกิดขึ้นกับพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB8 ที่กำลังคอนกรีต 240 ksc	58
4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับความเครียด ของไม้ไผ่และคอนกรีต ที่เกิดขึ้นกับพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB11 ที่กำลังคอนกรีต 280 ksc	59
4.16 แสดงแผนภาพค่าความเครียด ที่น้ำหนักบรรทุกต่างๆกัน ที่ผิวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB8	60
4.17 กราฟแสดงกำลังรับแรงดึงที่ความแปรปรวนที่ 60%	61
ข-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดไม่มีข้อ ตัวอย่างที่ 1	77
ข-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดไม่มีข้อ ตัวอย่างที่ 2	77
ข-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดไม่มีข้อ ตัวอย่างที่ 3	78
ข-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดไม่มีข้อ ตัวอย่างที่ 4	78
ข-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดไม่มีข้อ ตัวอย่างที่ 5	79
ข-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดไม่มีข้อ ตัวอย่างที่ 6	79
ข-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดมีข้อ ตัวอย่างที่ 7	80
ข-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดมีข้อ ตัวอย่างที่ 8	80
ข-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดมีข้อ ตัวอย่างที่ 9	81
ข-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดมีข้อ ตัวอย่างที่ 10	81
ข-11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดมีข้อ ตัวอย่างที่ 11	82
ข-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดมีข้อ ตัวอย่างที่ 12	82
ข-13 แสดงการแช่ไม้ไผ่ในน้ำเพื่อป้องกันรักษาเนื้อไม้ไผ่	83
ข-14 แสดงตัวอย่างชิ้นไม้ไผ่ที่ทาด้วยน้ำมันวานิช	83
ข-15 แสดงชิ้นไม้ไผ่ที่นำไปเสริมพื้นคอนกรีต	84
ข-16 ตัวอย่างชิ้นไม้ไผ่ก่อนนำไปทดสอบหากำลังรับแรงดึง	84
ข-17 แสดงการดึงไม้ไผ่เพื่อหากำลังรับแรงดึง	85

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
ข-18 ตัวอย่างการวิบัติของชิ้นไม้ไผ่หลังการทดสอบหากำลังรับแรงดึง	85
ข-19 แสดงการทดสอบหาความหนาแน่นของไม้ไผ่	86
ข-20 แสดงตัวอย่างทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่	86
ข-21 แสดงการบ่มคอนกรีตเพื่อนำไปหาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่	87
ข-22 แสดงการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่	87
ข-23 แสดงตัวอย่างหลังการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่	88
ข-24 แสดงลูกปูนสำหรับเผื่อระยะ Covering ของไม้ไผ่ที่เสริมในพื้นคอนกรีต	88
ข-25 แสดง Strain Gauge ที่ใช้ติดไม้ไผ่สำหรับทดสอบหาระยะยืดของไม้ไผ่	89
ข-26 แสดงการเช็ค Slum คอนกรีต	89
ข-27 แสดงโครงไม้ไผ่ที่นำไปเสริมพื้นคอนกรีต	90
ข-28 แสดงพื้นคอนกรีตที่เพิ่งเทลงแบบหล่อเสร็จ	90
ข-29 แสดงการบ่มแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	91
ข-30 แสดงพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	91
ข-31 แสดงการติดตั้งเครื่องทดสอบ	92
ข-32 แสดงการติดตั้ง Strain Gauge ที่ด้านบน และล่างของพื้น	92
ข-33 แสดงวิธีการใช้เครื่อง Data Logger ขณะทำการทดสอบ	93
ข-34 แสดงการแอ่นตัว และวิบัติขณะที่กำลังทดสอบ	93
ข-35 แสดงลักษณะการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ (1 รอย)	94
ข-36 แสดงลักษณะการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ (2 รอย)	94
ข-37 แสดงลักษณะการวิบัติบริเวณใต้ท้องพื้น	95
ข-38 แสดงลักษณะการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	95
ข-39 แสดงการทดสอบหากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต	96
ข-40 แสดงการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต	96

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญสัญลักษณ์

A	=	เนื้อที่ของคอนกรีตที่หุ้มไม้ไผ่เสริมรับแรงดึงหนึ่งเส้น
A_b	=	พื้นที่หน้าตัดของไม้ไผ่ที่ใช้เสริมคอนกรีต
A_s	=	พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมที่ใช้เสริมคอนกรีต
A_c	=	พื้นที่หน้าตัดของคอนกรีต
a	=	เป็นระยะความลึกของการกระจายหน่วยแรงอัดเทียบเท่า ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\beta_1 c$ หรือเท่ากับ $\beta_1 k_u d$
α	=	แฟคเตอร์ ใช้กับความกว้างรอยร้าว
b	=	ความกว้างของหน้าตัดแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่
β	=	อัตราส่วนระหว่างระยะจากขอบรับแรงดึงถึงแกนสะเทินต่อจากระยะจากศูนย์ถ่วงของไม้ไผ่เสริมรับแรงดึงถึงแกนสะเทิน
C	=	แรงอัด
d	=	ความลึกประสิทธิผล คือ ระยะจากผิวนอกสุดด้านรับแรงอัดไปยังจุดศูนย์ถ่วงของเหล็กเสริมรับแรงดึง
d_c	=	ระยะจากขอบรับแรงดึงถึงจุดศูนย์ถ่วงของไม้ไผ่เสริมแถวแรก
E_b	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่
E_c	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต
f_b	=	กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่
f_{by}	=	กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ที่จุด yield
f_b'	=	กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ป่าที่คูณลดค่าแฟคเตอร์แล้ว
f_c	=	กำลังหรือหน่วยแรงใช้งานของคอนกรีต
f_c'	=	กำลังอัดประลัยของคอนกรีต
f_y	=	หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมที่จุดคราก
h	=	ความหนาของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่
I	=	โมเมนต์อินเนอร์เชียของหน้าตัดแปลง
j	=	ตัวคูณแขนโมเมนต์ของแรงคู่ควบระหว่างแรงอัดในคอนกรีตและแรงดึงในเหล็กเสริม
k	=	ตัวคูณระยะระหว่างศูนย์ถ่วงแรงอัดในคอนกรีตถึงแกนสะเทิน
L	=	ความยาวของไม้ไผ่ส่วนที่ฝังในคอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

l	=	ความยาวของแผ่นพื้น
M	=	โมเมนต์ดัด
M_u'	=	โมเมนต์ดัดแตกร้าว
M_u''	=	โมเมนต์ดัดประลัยสูงสุด
n	=	อัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ต่อคอนกรีต ($n = E_b / E_c$)
P	=	แรงที่กระทำ
ϕ	=	Free Factor
ε_c	=	ความเครียดของคอนกรีต
ε_b	=	ความเครียดของไม้ไผ่
T	=	แรงดึง
w	=	น้ำหนักแผ่ที่กระทำ
w	=	ความกว้างของรอยร้าว
y	=	ระยะจากแกนสะเทินของรูปตัวถึงผิวล่างของท้องคาน
Z	=	ดัชนีความกว้างของรอยร้าว (Index of crack width)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

เหล็กกับงานคอนกรีตเป็นสิ่งที่ควบคู่กันในวงการก่อสร้างมานานแล้ว เนื่องจากคอนกรีตมีคุณสมบัติที่ดีในด้านการรับแรงอัด แต่คุณสมบัติด้อยในด้านการรับแรงดึง กล่าวคือคอนกรีตมีคุณสมบัติในด้านการรับแรงดึงเพียง 10% ของแรงอัดเท่านั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีวัสดุที่ใช้ช่วยในการรับแรงดึง และวัสดุนั้นก็คือ เหล็ก แต่ในปัจจุบันเหล็กมีราคาสูง และมีแนวโน้มว่าราคาจะขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการผลิตเหล็กต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศซึ่งมีราคานำเข้าสูงมาก จึงได้มีการคิดค้นหาวัสดุราคาถูกที่จะนำมาใช้แทนเหล็ก ซึ่งวัสดุที่จะนำมาใช้แทนเหล็กนั้นก็คือ ไม้-ไผ่

ไม้ไผ่ เป็นวัสดุตามธรรมชาติที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น มีราคาถูก มีอยู่ทั่วทุกภาคในประเทศ-ไทย และที่สำคัญสามารถปลูกทดแทนได้ ซึ่งไม้ไผ่มีคุณสมบัติในด้านการรับแรงดึงได้ จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเสริมในคอนกรีตแทนเหล็กได้

สำหรับการศึกษาเรื่องคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ได้มีผู้ได้ทำการศึกษาวิจัยมานานแล้ว ซึ่งจากการวิจัยพบว่า ไม้ไผ่สามารถนำมาใช้ในการเสริมในคอนกรีตในเหล็กได้ แต่อาจจะไม่ดีเท่ากับเหล็ก เนื่องจากปัญหาเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ การเปลี่ยนแปลงปริมาตร (การหดตัว) ตลอดจนการผุพังของไม้ไผ่ เนื่องจากไม้ไผ่เป็นวัสดุธรรมชาติ แต่ถ้าได้ทำการศึกษาอย่างจริงจังที่จะนำไม้ไผ่มาใช้เสริมแทนเหล็กในคอนกรีตแล้ว อาจทำให้ประหยัดงบประมาณในการซื้อเหล็ก และยังช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้างได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาคุณสมบัติของไม้ไผ่ป่า ในด้านของกำลังดึงของไม้ไผ่ป่า และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้ไผ่ป่า

1.2.2 เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาคุณสมบัติของคอนกรีต ในด้านกำลังอัดของคอนกรีต กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ป่า

1.2.3 ศึกษาการรับกำลังของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ป่า

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่ป่า

1.3.2 ทำการปรับปรุงผิวไม้ไผ่ เพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำระหว่างการเทคอนกรีตหรือสูญเสียน้ำของไม้ไผ่ หลังจากคอนกรีตแข็งตัวซึ่งมีผลต่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

1.3.3 พิจารณาความเป็นไปได้ในการนำมาประยุกต์ใช้ในโครงสร้างที่รับน้ำหนักไม่มาก เช่น บ้านชั้นเดียว และโครงสร้างโรงเก็บเกลือ

1.3.4 ทำการศึกษาและออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ในรูปของพื้นทางเดียว (One-Way Slab)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการหาแนวทาง และความเป็นไปได้ในการนำมาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างจริงที่รับน้ำหนักไม่มากนัก

1.4.2 ทำให้ทราบถึงวิธีปรับปรุงการยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่ป่ากับคอนกรีต

1.4.3 ไม้ไผ่ป่าเป็นวัสดุตามธรรมชาติซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กแล้วนั้นย่อมมีความสามารถในการรับแรงได้ไม่ดีเท่ากับเหล็ก แต่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานที่รับน้ำหนักไม่มาก เช่น บ้านชั้นเดียว บ้านราคาประหยัด พื้นลานกีฬา เป็นต้น

1.4.4 เพื่อให้ได้มีการศึกษาพัฒนานำไม้ไผ่ป่าไปใช้ในส่วนประกอบอื่นๆ ต่อไป เช่น โครงสร้างที่ทนต่อการกัดกร่อนของคลอไรด์ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไม้ไผ่

ไม้ไผ่

ไม้ไผ่เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในวงศ์ Gramineae เช่นเดียวกับหญ้าแต่เป็นพืชตระกูลหญ้าที่สูงที่สุดในโลก และเป็นพืชเมืองร้อน ไม้ไผ่เป็นพืชสารพัดประโยชน์ที่มีคุณสมบัติดีเด่นหลายประการ เช่น ปลูกง่าย โตเร็ว สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในระยะสั้น ขยายพันธุ์ได้จากทุกส่วนของลำต้น เช่น จากเหง้า ลำต้น แขนง หรือเมล็ด สามารถปลูกขึ้นได้ดีในดินทั่วไป ที่สำคัญยังมีอย่างมากมายทั้งในประเทศไทยและประเทศอื่นๆ นอกจากนี้ไม้ไผ่ยังมีคุณประโยชน์ทางอ้อมอีกนานัปการ ไม้ไผ่ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ในการก่อสร้างไม้นั่งร้านทาสีฉาบปูน ใช้จักสานภาชนะต่าง ๆ ใช้ทำเครื่องดนตรี ใช้เป็นเยื่อกระดาษในอุตสาหกรรมทำกระดาษ ทำเครื่องกีฬา ใช้เป็นอาวุธ เช่น คันธนู หอก หลาว ใช้เป็นเครื่องอุปกรณ์การประมง เช่น ทำเสาโป๊ะ ทำเครื่องมือในการเกษตร นอกจากนั้นใบยังใช้ห่อขนม หน่อไผ่ใช้เป็นอาหารอย่างวิเศษ และกอไผ่ยังใช้ประดับสวนได้งดงาม ไม้ไผ่ทั่วโลกที่รู้จักกันมีประมาณ 75 สกุล ที่ได้สำรวจพบในเมืองไทยมีประมาณ 15 สกุล แยกเป็นชนิดประมาณ 82 ชนิด (รุ่งนภา และคณะ, 2544)

ลักษณะโดยทั่วไปของไม้ไผ่

ไม้ไผ่เป็นพืชยืนต้น ที่พบทั่วไปมีลำต้นกลมและกลวงตรงกลาง มีข้อกระจายอยู่ทั่วไปเพื่อเสริมให้ลำต้นเหนียวขึ้น ทำให้สามารถผ่าทางยาวให้มีขนาดเล็กได้เท่าที่ต้องการ เปลือกหรือผิวของลำไม้ไผ่แข็งและเรียบเป็นมัน โดยปราศจากการตกแต่ง ไม้ไผ่บางชนิดมีสีดำ หรือมีสีสันต่างๆกัน รวมทั้งเป็นจุดๆ ทำให้ดูสวยงามยิ่งขึ้น มีกาบหุ้มลำตามข้อซึ่งกาบนี้จะหลุดไปเมื่อลำไม้ไผ่เริ่มมีอายุ ลักษณะที่ปรากฏภายนอกที่เห็นชัดเหล่านี้จะแตกต่างกันไปไม้ไผ่แต่ละชนิด จึงสามารถนำมาใช้ในการจำแนกพันธุ์ไม้ไผ่ได้

ชนิดของไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้างที่ควรทราบ ไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้างนั้นมีดังต่อไปนี้

1.ไผ่ตง (D.asper) เป็นไผ่ในสกุล Dendrocalamus นิยมปลูกกันในภาคกลางโดยเฉพาะที่จังหวัดปราจีนบุรีปลูกกันมาก เป็นไผ่ขนาดใหญ่ ลำต้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6-12 เซนติเมตร ไม่มีหนามปล้องยาวประมาณ 20 เซนติเมตร โคนต้นมีลายขาวสลับเทา มีขนเล็ก ๆ อยู่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ทั่วไปของลำ มีหลายพันธุ์ เช่นไผ่ตงหม้อ ไผ่ตงดำ ไผ่ตงเขียว ไผ่ตงหนู เป็นต้น หน่อใช้รับประทานได้ ลำต้นใช้สร้างอาคาร เช่น เป็นเสา โครงหลังคา เพราะแข็งแรงดี ไผ่ตงมีต้นกำเนิดจากประเทศจีน ชาวจีนนำมาปลูกในประเทศไทยประมาณปี พ.ศ. 2450 ปลูกครั้งแรกที่ตำบลพระราม จังหวัดปราจีนบุรี

2.ไผ่สีสุก (B.flaxuosa) อยู่ในสกุล Bambusa ไผ่ชนิดนี้มีอยู่ทั่วไปและมีมากในภาคกลางและภาคใต้ลำต้นเขียวสดเป็นไผ่ขนาดสูงใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นประมาณ7-10 เซนติเมตร ปล้องยาวประมาณ 4-10 เซนติเมตร บริเวณข้อมีกิ่งเหมือนหนาม ลำต้นเนื้อหนา ทนทานดี ใช้ทำนั่งร้านในการก่อสร้าง เช่น นั่งร้านทาสี นั่งร้านฉาบปูน

3.ไผ่ลำมะลอก (D.longispathus) อยู่ในสกุล Dendrocalamus มีทั่วทุกภาคแต่ในภาคใต้จะมีน้อยมาก ลำต้นสีเขียวแก่ไม่มีหนาม ข้อเรียบ จะแตกใบสูงจากพื้นดินประมาณ 6-7 เมตร ปล้องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7-10 เซนติเมตร ลำต้นสูงประมาณ 10-15 เมตร ลำต้นใช้ทำนั่งร้านในงานก่อสร้างได้ดี

4.ไผ่ป่าหรือไผ่หนาม (B.arumdinacea) อยู่ในสกุล Bambusa มีทั่วทุกภาคของประเทศต้นแก่มีสีเขียวเหลือง เป็นไผ่ขนาดใหญ่ มีหนามและแขนง ปล้องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 -15 เซนติเมตร ใช้ทำโครงบ้าน ใช้ทำนั่งร้าน

5.ไผ่ดำหรือไผ่ตาดำ (B.sp.) อยู่ในสกุล Bambusa มีในป่าทึบแถบจังหวัดกาญจนบุรีและจันทบุรี ลำต้นสีเขียวแก่ ค่อนข้างดำ ไม่มีหนาม ขนาดเส้นผ่านเส้นศูนย์กลางของปล้องประมาณ 7-10 เซนติเมตรปล้องยาว 30-40 เซนติเมตร เนื้อหนา ลำต้นสูง 10-12 เมตร เหมาะจะใช้ในการก่อสร้าง จักสาน

6.ไผ่เฮียะ (C.Virgatum) อยู่ในสกุล Cephalastachyum มีทางภาคเหนือ ลำต้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5-10 เซนติเมตร ปล้องยาวขนาด 50-70 เซนติเมตร ข้อเรียบ มีกิ่งก้านเล็กน้อย เนื้อหนา 1-2 เซนติเมตร ลำต้นสูงประมาณ 10-18 เมตร ลำต้นใช้ทำโครงสร้างอาคาร เช่น เสา โครงคลังคา คาน

7.ไผ่รวก (T. siamensis) อยู่ในสกุล Thyrsostachys มีมากทางจังหวัดกาญจนบุรี ลำต้นเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.7 เซนติเมตร สูงประมาณ 5-10 เมตร ลักษณะเป็นกอ ลำต้นใช้ทำรั้ว ทำเยื่อกระดาษ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สำหรับไม้ไผ่ที่ใช้ในการทำโครงงานนี้เป็นไผ่ป่า (กาญจนบุรี) สาเหตุที่ได้เลือกนำมาใช้ก็คือ โดยทั่วไปคนนิยมใช้ไผ่ป่าในการก่อสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำนั่งร้าน มีความแข็งแรงและหาได้ง่ายในเขตพื้นที่ เพราะเป็นไม้ไผ่ที่นิยมนำมาใช้ทำข้าวหลามในเขตจังหวัดชลบุรี

รูปที่ 2.1 ไม้ไผ่ป่า

ชื่อพื้นเมือง ไผ่ป่า ไผ่หนาม ไผ่ (กาญจนบุรี)

ชื่อทางวิทยาศาสตร์ Bambusa Arundinacea Willd

การกระจายพันธุ์

ไผ่ป่าพบได้ทุกภาคของประเทศไทยทั้งในป่าธรรมชาติ และในเขตชุมชนเมืองหรือตามหัวไร่ปลายนา

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่น่าสังเกต

ในป่าธรรมชาติที่สมบูรณ์ไผ่ป่าจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางโตถึง 20 ซม. แต่โดยทั่วๆไป จะมีขนาดโตปานกลางประมาณ 5 – 10 ซม. ไผ่ป่าจะขึ้นเป็นกอแน่นและมีการแตกกิ่งย่อยเป็นจำนวนมากบริเวณก้านของกอ บริเวณตามข้อของกิ่งย่อยจะมีหนามที่มีขนาดเล็กงอกแทบทุกข้อ เป็นที่น่าสังเกตส่วนของข้อบริเวณเหนือโคนจะไม่มีการแตกกิ่ง จะมีบ้างก็เป็นกิ่งย่อยที่มีขนาดเล็ก ไปจนถึงปลายยอด และจะออกดอกเกือบทุกปีกระจายไปตามพื้นที่ต่างๆ

การใช้ประโยชน์

โดยทั่วไปคนนิยมใช้ไผ่ป่าในการก่อสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำนั่งร้าน ส่วนในชนบทใช้ในการสร้างบ้านเรือน โดยเฉพาะในส่วนที่ต้องรับน้ำหนักมากๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2 การเลือกใช้ไม้ไผ่เพื่อใช้เสริมในคอนกรีต

1) เลือกไม้ไผ่แตกกอแข็งแรง มีอายุระหว่าง 2-4 ปี โดยปกติไม้ไผ่จะแก่เต็มที่เมื่ออายุประมาณ 3 ปี
2) เลือกลำต้นที่ตรง ไม่คดงอ
3) ไม่เลือกไม้ที่มีตำหนิ เนื่องจากโดนมอดกัดกิน (ถ้ามีมอดจะมองเห็นที่ข้อต่อ)
4) หลีกเลี่ยงใช้ไม้ไผ่ที่แตก
5) เลือกใช้ไม้ไผ่ที่มีขนาดความหนาเท่าๆกัน

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายของไม้ไผ่

การนำไม่ไผ่มาใช้ประโยชน์ มักประสบปัญหาด้านแมลงและเชื้อราทำลายไม้เนื่องจากไม้ไผ่มีปริมาณแป้งและน้ำตาลค่อนข้างสูง ปริมาณแป้งในลำเป็นอาหารอันโอชะของแมลง การป้องกันรักษาไม้ไผ่จึงเป็นสิ่งจำเป็นซึ่งได้มีการคิดค้นหาวิธีป้องกันรักษาไม้ไผ่สารพัดวิธี บางวิธีก็ทำกันมาตั้งแต่โบราณเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งสามารถป้องกันแมลงได้ในระดับหนึ่ง บางวิธีทำกันโดยขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องเกี่ยวกับสารเคมีที่ใช้ป้องกันกำจัดแมลงและเห็ดราทำลายไม้

ดังนั้นการนำไม้ไผ่มาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการใช่สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลงและเชื่อราทำลายไม้รวมทั้งศัตรูทำลายไม้พอสมควร ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานของไม้ไผ่ให้นานขึ้น เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างประหยัด มีประสิทธิภาพ และเป็นการช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติอีกทางหนึ่งด้วย

ความทนทานตามธรรมชาติของไม้ไผ่ ไม้ไผ่เป็นที่มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำ มีอายุการใช่งานเพียงไม่กี่ปี เนื่องจากไม้ไผ่มีปริมาณแป้งมาก จึงเหมาะแก่การทำลายของแมลงและเชื้อรา การทำลายเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ตัดฟันใหม่ๆ ภายในเวลา 24 ชม. ขณะผึ่งไม้ ช่วงเก็บรักษา และขณะใช้งาน ปัญหาจากศัตรูทำลายไม้จึงเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ถ้ามีความรู้เกี่ยวกับไม้ไผ่ ศัตรูของไม้ไผ่ สาเหตุของการเข้าทำลาย วิธีป้องกันและการใช้สารเคมีอย่างถูกต้อง จะช่วยแก้ปัญหาการผุของไผ่ได้

ไม้ไผ่ที่ถูกแมลงเจาะเข้าไปหลังตัดฟันใหม่ๆ ทำให้ไม้ผุได้ในเวลา 3-6 เดือน แต่การผุที่เกิดจากเชื้อราทำลายไม้เป็นไปได้ช้ากว่า แม้ว่าจะเข้าทำลายในเวลาไล่เลี่ยกัน การทำลายที่รุนแรงขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มีความชื้นเป็นส่วนสำคัญ ไม้ไผ่ที่ไม่ได้ผ่านกรรมวิธีป้องกันรักษาเนื้อไม้ไผ่ มีอายุการใช้งานเมื่อใช้กลางแจ้งสัมผัสดิน 1-3 ปี ใช้ในร่มสัมผัสดิน 4-7 ปี ในสภาพแวดล้อมที่แห้งในร่มใช้ได้นานกว่า 15 ปี ใช้ในน้ำทะเลที่มีเพรียงทำลายไม้ไม่เกิน 1 ปี ไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่มีการจัดการที่ถูกต้องและผ่านกรรมวิธีป้องกันรักษาเนื้อไม้ ทำให้ไม้ไผ่มีความทนทานเพิ่มขึ้น ใช้ได้นาน 15-25 ปี

2.3.1 ความชื้นในไม้ไผ่

ความชื้นในลำไผ่ขึ้นอยู่กับอายุ ชนิด ฤดูกาล พื้นที่ปลูก และความยาวของลำ ไผ่อายุ 1 ปีมีความชื้นในลำสูงมากกว่า 100% ส่วนไผ่แก่มีประมาณ 60-90% ส่วนโคนของลำมีความชื้นสูงกว่าปลาย ความชื้นในลำไผ่ที่ยังไม่ตัดออกจากกอประมาณ 70-140%

ความชื้นของไผ่มีความสำคัญต่อการเข้าทำลายของแมลงและเชื้อราอย่างยิ่งและมีความสำคัญต่อวิธีการป้องกันรักษาไม้ไผ่ที่ต้องการความชื้นในลำช่วยให้น้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ผ่านเข้าไปในลำไผ่ได้ดีขึ้น ไม้ไผ่มีความชื้น 15-20% ไม่เหมาะกับการเจริญของเชื้อรา ถ้าสูงกว่า 20% เชื้อราจะเข้าทำลายได้ง่าย การนำไผ่อ่อนมาใช้ถ้าเป็นไผ่ที่มีแป้งมากกว่าความชื้นสูง เมื่อไม้แห้งลงจะเกิดการยุบตัวและแตกเป็นทาง ไม้ที่ผ่านการป้องกันรักษาเนื้อไม้โดยการแช่นานๆควรอบด้วยอุณหภูมิต่ำ การผึ่งไว้ในร่มให้ความชื้นค่อยๆระเหยออกไปจะทำให้แตกน้อยลง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่แตกต่างกันจะทำให้ไม้แตกมากขึ้น การผึ่งไม้ไผ่กลางแดดจัด ทำให้ไม้ไผ่แตกได้

2.3.2 เชื้อราทำลายไม้ไผ่

สาเหตุการผุของไม้ไผ่จากการเข้าทำลายของเชื้อราทำลายไม้ คือ ความชื้นอากาศ (ออกซิเจน) อาหาร(แป้งและน้ำตาลในเนื้อไม้) และสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมทำให้เชื้อราทำลายไม้ที่มีอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งมีขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เจริญเติบโตบนผิวไม้และเนื้อไม้ได้ดี เชื้อราสามารถเข้าทำลายไม้ไผ่ได้ภายในเวลา 24 ชม.หลังจากตัดฟัน การใช้ไม้ไผ่โดยได้รับความชื้นหรือดูดซึมน้ำเป็นเวลานานๆทำให้ผุเปื่อยจากเชื้อรา ปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของเชื้อราโดยทั่วไปประมาณ 35-50% แต่เชื้อราบางชนิดต้องการความชื้นสูงกว่านี้ ความชื้นของไม้ไผ่ที่เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ควรต่ำกว่า 20% อากาศ (ออกซิเจน) มีส่วนสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราทำลายไม้ การแช่ไม้ไผ่ในน้ำจะทำให้ไม้ไผ่มีความชื้นในเนื้อไม้สูงและอากาศน้อย ทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ไม้ที่แช่น้ำตั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไปทำให้ปริมาณแป้งในเนื้อไม้ลดลง ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อการลดลงของการเกิดราเสียสีและการเข้าทำลายของแมลง

อุณหภูมิและความชื้นมีความสัมพันธ์ต่อการดำรงชีวิตของเชื้อรา ความชื้นในอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราประมาณ 60-70% และอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 23-32 องศา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เซลเซียส แต่อุณหภูมิ 3-39 องศาเซลเซียส เชื้อราบางชนิดก็สามารถมีชีวิตอยู่ได้เมื่อความชื้นต่ำเชื้อราจะยังมีชีวิตอยู่เติบโตได้น้อย ในสภาพอากาศที่ร้อนขึ้นสามารถเจริญเติบโตได้ดี แต่อุณหภูมิสูงเกินจะตาย เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ในที่มืดแสงสว่างจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตต่อการสร้างดอกเห็ดของเชื้อราบางชนิด

ลักษณะและการทำลายไม้ของเชื้อรา

ราผิวไม้ (Mold) เป็นเชื้อราที่เจริญเติบโตบนผิวไม้ที่ชื้นเท่านั้น พอสังเกตได้จากสีของเชื้อราที่ขึ้นฟูบนไม้ ไม่เจริญเข้าไปในเนื้อไม้ จะสร้างสปอร์ขึ้นบนผิวไม้สีต่างๆ เช่น สีดำ สีเขียว และสีอื่นๆไม่มีผลต่อความแข็งแกร่งของไม้ แต่ทำให้ไม้สกปรก ไม้ไผ่ที่ไม่ได้เคลือบผิวไม้หรือเคลือบบางๆ และไม้ไผ่ที่แห้งแล้ว เก็บรักษาโดยอากาศถ่ายเทไม่ได้ สามารถดูดความชื้นในอากาศทำให้เชื้อราชนิดนี้เจริญได้บนผิวไม้ในสภาพที่อับและอากาศมีความชื้น

การผึ่งแดด การอบหรือย่างด้วยความร้อน การรมควัน การลดความชื้นและระบายอากาศดีช่วยแก้ปัญหาได้ การเช็ดออก ไสออก หรือขัดออกทำได้ง่ายแต่ควรทำภายหลังจากการแก้ไขแล้ว ควรระวังเรื่องสปอร์ที่ฟุ้งกระจายจากการสัมผัสหรือหายใจ และล้างมือให้สะอาดทุกครั้งหลังจากการสัมผัสไม้ที่มีราขึ้นที่ผิวไม้ การทาเคลือบผิวไม้หลายๆชั้นสามารถป้องกันเชื้อราชนิดนี้ได้

ราเสียสี (Blue Stain) เกิดขึ้นกับไม้ไผ่สดได้ง่ายภายในเวลา 24 ชั่วโมงหลังจากตัดฟัน ทำให้เกิดสีเข้มในเนื้อไม้ การเข้าทำลายจะเข้าไปทางด้านหน้าตัดของไม้ไผ่ทั้ง 2 ข้าง และเข้าทางด้านรอยตัดของกิ่งตรงข้อ ไม่ทำลายเนื้อไม้ จึงไม่ได้ทำให้ความแข็งแรงเปลี่ยนแปลง แต่มีตำหนิทำให้เสียราคา ราเสียสีต้องการความชื้นสูงและเจริญเติบโตที่อุณหภูมิ 23-35 องศาเซลเซียส ทำให้เนื้อไม้มีสีน้ำเงิน สีดำ เป็นส่วนใหญ่ เชื้อราสามารถเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ไม้เปลี่ยนสีภายใน 2-3 วัน ราที่เกิดขึ้นในไม้จะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อสภาวะไม่เหมาะสม และเจริญเติบโตไปได้อีกเมื่อได้รับความชื้นเพิ่มขึ้น เมื่อเกิดสีบนเนื้อไม้แล้ว ไม่สามารถแก้ไขได้นอกจากใช้วิธีการฟอกสีให้ขาวด้วยสารเคมี โดยการแช่หรือต้มด้วย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ราผุอ่อน (Soft Rot) เข้าทำลายไม้ที่มีความชื้นสูงมากติดต่อกันนาน ส่วนมากเป็นไม้ที่ใช้งานในลักษณะที่สัมผัสกับน้ำหรือได้รับความชื้นอยู่เสมอ ไม้ที่ถูกทำลายเห็นไม่ชัด แต่เนื้อไม้อ่อนนุ่มลง ไม้ที่ผุเมื่อแห้งจะเปราะ ถ้าหักไม้จะหักออกได้โดยไม่มีเสี้ยน

ราผุขาว (White Rot) ทำลายไม้ที่ได้รับความชื้นอยู่เสมอ โดยเชื้อราเจริญเข้าไปในเนื้อไม้ ระยะแรกที่ถูกทำลายเนื้อไม้มีสีเข้มขึ้น แต่ภายหลังจะจางลงจนสีอ่อนกว่าเนื้อไม้ แต่ไม้ไผ่จะเห็นไม่ชัด เพราะเนื้อไม้สีขาว เมื่อการเข้าทำลายรุนแรงขึ้น จะเป็นแถบหรือจุดขาวเห็นได้ชัด ไม้ไผ่ที่ถูกทำลายมากเนื้อไม้จะอ่อนนุ่มคล้ายฟองน้ำ และมีสีจางลง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ราผุสีน้ำตาล (Brown Rot) ทำลายไม้ที่ได้รับความชื้นอยู่เสมอ เช่นไม้ที่ใช้ภายนอกอาคาร รั้วไม้ เป็นต้น เนื้อไม้จะมีสีน้ำตาลเข้ม ยุบตัว และหักง่าย เมื่อมีการทำลายที่รุนแรง เนื้อไม้จะหักร่วนเป็นผงสีน้ำตาลเข้ม

ไม้ที่ถูกเชื้อราทั้ง 3 ชนิดเข้าทำลายมักเกิดขึ้นกับไม้ไผ่ที่ใช้งานหรือเก็บรักษาไม่ถูกต้อง การเก็บไม่ไผ่ไว้นานๆกองทับถมกันไว้ ไม่มีการระบายอากาศที่ดี ทำให้ผุด้วยเชื้อราผุขาวและราผุสีน้ำตาล สิ่งก่อสร้างไม้ไผ่ไม่ควรสัมผัสดินหรือใช้ในสภาพที่มีความชื้นอยู่เสมอ การเก็บรักษาไม้ไผ่ควรยกให้สูงจากพื้นดินไม่น้อยกว่า 30 ซม. ไม้ที่ผุจนไม่สามารถใช้งานได้ ควรเผาทิ้งเพื่อป้องกันการแพร่ของเชื้อรา การป้องกันในระยะยาว ควรใช้สารเคมีที่สามารถป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อรา บ้านไม้ไผ่หรือโครงสร้างไม้ไผ่ ควรมีการออกแบบที่คำนึงถึงเรื่องความชื้น การระบายน้ำ และการถ่ายเทของอากาศ ควรดูแลรักษาขณะใช้งาน จะทำให้ใช้ประโยชน์ไม้ไผ่ได้นานขึ้น

2.3.3 แมลงทำลายไม้ไผ่

การเข้าทำลายของแมลงทำลายไม้ไผ่ ขึ้นอยู่กับปริมาณแป้งในไม้ไผ่และความชื้นของไม้ ขณะที่กำลังแห้ง ไม้ไผ่ที่ตัดมาภายใน 24 ชม. มอดเจาะเข้าไปวางไข่ได้ตามรอยตัดขวางของลำทั้งด้านโคนและปลาย เข้าตามรอยแผลที่ถูกมีดฟันเจาะเห็นเนื้อไม้มอดจะไม่เจาะที่ผิวลำโดยตรง เนื่องจากส่วนผิวมีซิลิก้าและไขอยู่มาก แมลงชอบเข้าทำลายไม้ไผ่ด้านในมากกว่าด้านนอก ส่วนผนังด้านนอกซึ่งมีไฟเบอร์มากกว่าจะพบแต่รูทางออกของแมลงเท่านั้น

การเข้าทำลายของแมลงในไผ่ทั่วไป จะพบว่าส่วนปลายถูกแมลงเข้าทำลายมากกว่าโคน เนื่องจากมีแป้งสะสมอยู่ที่ส่วนปลายมากกว่าส่วนโคน ไม้ไผ่ที่ยังไม่ได้ตัดออกจากกอ มีชีวิตอยู่และความชื้นสูงจะ ไม่ถูกทำลาย ไม้ไผ่ผ่าซีกมอดจะชอบมาก จึงควรอบหรือผึ่งแดดให้แห้งโดยเร็วหรือจุ่มสารเคมีป้องกันมอด ไม่ควรวางทับซ้อนกัน แมลงที่ชอบเข้าทำลายไม้ไผ่ได้แก่

- มอดไม้ไผ่แห้ง (Minthea Rugicollis และ Lyctus Spp) เป็นมอดไม้ไผ่ขนาดเล็กทำให้ไม้ที่ถูกทำลายเป็นรูขนาด 1-3 มม. อยู่ในวงศ์ Lyctidae ตัวแก่มีขนาด 2.0-6.0 มม. ลำตัวค่อนข้างแบนสีน้ำตาลพบในไม้ไผ่แห้ง เข้าทำลายขณะที่ไม้ไผ่กำลังแห้งและมีความชื้นต่ำกว่า 30% มอดชนิดนี้ต่างจากมอดไม้ไผ่อื่นๆเพราะจะไม่เจาะเข้าไปในเนื้อไม้แต่จะแทงอวัยวะวางไข่ในเซลล์ของไม้ ถ้าเซลล์ของเนื้อไม้เล็กกว่าอวัยวะวางไข่ จะวางไข่ไม่ได้ชอบวางวางไข่ในเนื้อไม้ผ่าซีก เป็นแมลงที่ชอบไม้แห้ง ดังนั้นไม้ไผ่ที่ถูกทำลายแล้วจึงทำลายต่อไปได้อีกจนผุมากขึ้น วงจรชีวิตประมาณ 2-3 เดือนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ สามารถทำลายอยู่ในเนื้อไม้เดิมต่อไปได้เกินกว่า 1 ปี จนพรุน

- มอดไม้ไผ่ (Dinoderus Minutus) ความเสียหายของไม้ไผ่ที่เกิดจากแมลง ส่วนใหญ่เป็นมอดไม้ไผ่ วงศ์ bostrychidae ขนาดรูเจาะประมาณ 1.5 มม. เจาะไม้สดหรือไม้ที่กำลังแห้ง ระยะแรก

พบรอยเจาะด้านโคนและปลายเพียงไม่กี่รู เป็นรูที่มอดเจาะเข้าไปวางไข่ เจาะบริเวณตา และตามรอยตัดของข้อ รอยแผล ในช่วงที่ไม้สดหลังจากตัดใหม่ๆ ภายใน 24 ชม. ควรฉีดพ่นหรือจุ่มสารเคมีกำจัดแมลง

2.4 การถนอมรักษาไม้ไผ่

ไม้ไผ่ที่นำมาใช้ในการก่อสร้างทั่ว ๆ ไปนั้น ตัดมาใช้ได้เมื่อไม้ไผ่อายุ 3-5 ปี แต่ถ้าไม่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขกำจัดแมลงและเชื้อราแล้ว ไม้ไผ่ที่อยู่ติดดินอาจมีอายุใช้งานประมาณ 1-2 ปี เท่านั้น แต่ถ้าใช้ในที่ร่มและห่างจากดินอายุอาจจะใช้งานถึง 5 ปี ไม้ไผ่อาจถูกรบกวนทำลายโดยมอดและปลวก เพราะมีอาหารในเนื้อไม้ นอกจากนั้นอาจถูกทำลายโดยเชื้อรา และถ้าใช้ในน้ำทะเลก็อาจถูกทำลายโดยเพรียงได้ การรักษาให้ไม้ไผ่มีอายุยืนนานนั้นอาจทำได้ต่าง ๆ กันดังนี้

2.4.1 การถนอมรักษาไม้ไผ่ด้วยวิธีธรรมชาติ

สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การแช่น้ำและการใช้ความร้อน ทั้งนี้เพื่อทำลายสารต่าง ๆ ในเนื้อไม้ที่อาจเป็นอาหารของแมลงต่าง ๆ เช่น แป้งและน้ำตาลให้หมดไป แต่วิธีดังกล่าวนี้เป็นเพียงการรักษาเนื้อไม้เพียงชั่วคราวเท่านั้น เพราะสารอาหารต่าง ๆ ในเนื้อไม้มิได้ถูกขจัดออกไปจนหมดสิ้น จึงอาจถูกทำลายจากแมลงต่าง ๆ ได้อีก โดยแต่ละวิธีสามารถปฏิบัติได้ดังนี้

1) การแช่น้ำ

เป็นการถนอมรักษาไม้ไผ่อย่างง่าย ๆ แต่ได้ผลดีพอสมควร เนื่องจากน้ำจะชะล้างแป้ง น้ำตาล และสารละลายอื่น ๆ จนแมลงไม่สนใจใช้เป็นอาหาร สามารถใช้ได้ทั้งไม้ไผ่สด และไม้ไผ่แห้ง โดยนำไม้ไผ่ไปแช่น้ำจนมิด ถ้าเป็นน้ำไหลยิ่งดี หรือในน้ำเค็มบริเวณที่ไม่มีเพรียงอยู่ก็ได้ น้ำที่ไม่สะอาดจะทำให้ไม้ไผ่สกปรกตามไปด้วย ระยะเวลาแช่น้ำสำหรับไม้ไผ่สดนั้น ตั้งแต่สามวันจนถึงสามเดือน แต่ถ้าเป็นไม้ไผ่แห้งต้องเพิ่มเวลาอีกไม่น้อยกว่าสิบห้าวันจึงจะได้ผลดีที่สุด

2) การใช้ความร้อนหรือการสกัดน้ำมันจากไม้ไผ่

มีลักษณะเช่นเดียวกับการนำไม้ไผ่ไปแช่น้ำ เพื่อทำลายสารประกอบในเนื้อไม้ไผ่ที่อาจเป็นแหล่งอาหารของแมลงและเชื้อราต่าง ๆ ได้ ทำให้เนื้อไม้แห้งและมีความแข็งแรงทนทานขึ้น น้ำมันของไม้ไผ่จะถูกสกัดออก ก่อนที่จะนำไปอาบน้ำยาป้องกันแมลง ฟอกขาว และย้อมสี ทั้งนี้เพื่อให้การอาบน้ำยาได้ผลจริง ๆ ยิ่งกว่านั้นจะได้ประโยชน์จากการสกัดน้ำมันจากไม้ไผ่ คือทำให้ไม้ไผ่แข็งแรงทนทาน ทำให้ผิวภายนอกสวยงามและยังเป็นการรักษาเนื้อไม้ไผ่ไม่ให้เสียหายจากแมลงและทำให้มีความแห้งมากขึ้น หรือเป็นการทำให้สารประกอบในเนื้อไม้ไผ่ที่จะเกิดการเน่าได้กลับกลายเป็นกลางไปเสีย ไม้ไผ่ที่ตัดมาแล้วก่อนนำมาสกัดน้ำมัน ควรตั้งพิงเอาโคนขึ้นข้างบนหรือวาง

กองบนร้านในที่ร่ม เพื่อป้องกันมิให้เหี่ยวแห้งเร็วเกินไป และควรผึ่งไว้ประมาณหนึ่งเดือนหลังจากที่ได้ตัดมาแล้ว จึงเอามาอาบน้ำยาเพื่อลบรอยจุดต่าง ๆ ที่ปรากฏบนผิวภายนอกของลำ การสกัดน้ำมันออกจากไม้ไผ่ สามารทำได้ 2 วิธี คือให้ความร้อนด้วยไฟ และด้วยการต้ม หรือเรียกว่าวิธีแห้งและวิธีเปียก ไม้ไผ่ที่สกัดน้ำมันออกแล้วเรียกกันว่า "ไม้ไผ่สุก" มีประโยชน์ที่จะใช้ในการก่อสร้างและอุตสาหกรรมประเภทศิลปะ และเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกันไปตามวิธีการสกัดน้ำมัน วิธีให้ความร้อนด้วยไฟทำให้เนื้อไม้แข็งแรงและแกร่ง ส่วนการให้ความร้อนด้วยการต้มทำให้เนื้อไม้อ่อนนุ่ม ดังนั้นจะสกัดน้ำมันด้วยวิธีใดนั้น จึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานเป็นสำคัญ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- การสกัดน้ำมันด้วยไฟ วิธีนี้เอาไม้ไผ่เข้าปิ้งในเตาไฟ ซึ่งอาจจะใช้ถ่านไม้หรือถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงก็ได้ ระวังอย่าให้ไหม้ไฟ และรีบเช็ดน้ำมันที่เยิ้มออกมาจากผิวไม้ไผ่ทั้งหมด เพราะเมื่อเย็นลงแล้วจะเช็ดไม่ออก ส่วนอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนนั้นแตกต่างกันไปตามชนิดและความหนาของไม้ไผ่ แต่โดยทั่วไปแล้วใช้เวลาประมาณ 20 นาที และมีอุณหภูมิประมาณ 120-130 องศาเซลเซียส การให้ความร้อนนั้น อาจกระทำซ้ำอีกครั้งได้เพื่อให้ความร้อนกระจายอย่างทั่วถึง เพราะการให้ความร้อนครั้งเดียวมาก ๆ อาจทำให้ไม้แตกได้

- การสกัดน้ำมันด้วยการต้ม วิธีนี้ต้มในน้ำธรรมชาติเท่านั้น ใช้เวลาประมาณ 1 - 2 ชั่วโมง เนื่องจากวิธีนี้ความร้อนต่ำกว่าการสกัดความร้อนด้วยไฟ แต่ถ้าผลที่ได้ไม่เป็นที่พอใจ ก็อาจใช้สารเคมีเข้าช่วยด้วย โดยใช้โซดาไฟหรือโซเดียมคาร์บอเนตจำนวน 10.3 กรัม หรือ 15 กรัม ตามลำดับละลายในน้ำ 18.05 ลิตร ใช้เวลาต้องประมาณ 15 นาที หลังจากต้มเสร็จแล้วให้รีบเช็ดน้ำมันที่ซึมออกมาจากผิวไม้ไผ่ก่อนที่จะแห้ง เพราะถ้าเย็นลงแล้วจะเช็ดไม่ออก และนำไม้ไผ่ที่สกัดน้ำมันออกแล้วไปล้างน้ำให้สะอาด และทำให้แห้งต่อไป

2.4.2 การถนอมรักษาไม้ไผ่ด้วยวิธีเคมี

เป็นการใช้สารเคมีอาบ หรืออัดเข้าไปในเนื้อไม้ไผ่ เป็นวิธีที่สามารถรักษาเนื้อไม้ให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าวิธีธรรมชาติ ซึ่งสามารถปฏิบัติได้ดังนี้คือ

1) การชุบ จุ่ม และทา

วิธีการเหล่านี้เป็นการป้องกันผิวนอกของไม้ไผ่ซึ่งเป็นการป้องกันชั่วคราวก่อนนำไปทำการป้องกันอย่างจริงจังอีกครั้ง หรือใช้กับไม้ไผ่ที่ใช้ในสถานที่ที่ไม่มีอันตรายจากแมลงมากนัก เช่น ทำของใช้ภายในบ้าน ก็สามารถรักษาเนื้อไม้ได้นานพอสมควร ตัวยาที่ใช้มีหลายชนิด เช่น ดีลดรินร้อยละ 0.05 หรืออัลดรินร้อยละ 0.15 ละลายในน้ำ จะสามารถรักษาเนื้อไม้ได้นานกว่า 1 ปี ดีดีทีร้อยละ 7 – 10 ละลายในน้ำมันก๊าด ก็สามารถใช้ได้ผลดีเช่นกัน ในการจุ่มนั้น ปกติจะใช้เวลาสั้น ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เพียงไม่กี่นาที ซึ่งดีกว่าวิธีพ่นที่สิ้นเปลืองน้อยกว่า ในเปอร์โตริโก ใช้ไม้ไผ่สดและไผ่แห้งจุ่มในน้ำยาดีดีทีความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมในน้ำมันก๊าดนานประมาณ 10 นาที จะป้องกันเนื้อไม้ได้นานถึง 1 ปี แต่ถ้าแช่ให้นานขึ้นจะสามารถทนทานได้นานถึง 2 – $2^{1}/_{2}$ ปี ส่วนในอินเดียวมีการใช้ตัว 3 สูตรเปรียบเทียบกัน คือ โซเดียมเพนตาคอลโรพิเนต ร้อยละ 1 ละลายน้ำบอแรกซ์ กรดบอริก อัตราส่วน 1:1 ร้อยละ 2 ละลายน้ำ และแอลิค คิวปริก โครเมต (ACC) ร้อยละ 5 ละลายน้ำ ปรากฏว่าสูตรแรกสามารถกันมอดได้ดีที่สุดเรียงตามลำดับถึงสูตรที่สาม การแช่น้ำ ปกตินานเป็นชั่วโมงหรือเป็นวันขึ้นไป วิธีการนี้ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่มีข้อเสียคือเสียเวลานาน ไม้ไผ่สดถ้าแช่น้ำยาจะใช้เวลาประมาณ 5 สัปดาห์ในการดูดซึมน้ำยาซึ่งจะมากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ อายุ และความหนาของไม้ ถ้าเป็นไม้ที่ผ่าแล้ว จะลดเวลาลงได้ครึ่งหนึ่ง นอกจากนี้ การอุ่นน้ำยาให้ร้อนขึ้น การทุบข้อหรือการทะลวงปล้อง ก็ทำให้ลดเวลาในการแช่ลงได้เช่นกัน และจากการทดลอง ปรากฏว่าไม้สั้นน้ำยาจะเข้าทางปลายไม้ได้ดี ส่วนไม้ยาวการผ่าจะได้ผลดีกว่าไม้ที่ไม่ผ่า

2) การอัดน้ำยา

เป็นวิธีการรักษาเนื้อไม้ที่ดีที่สุด เนื่องจากตัวยาสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดีกว่าวิธีอื่น ซึ่งสามารถปฏิบัติได้หลายวิธีคือ

2.1) การอาบโคน (Stepping) เหมาะสำหรับกรณีที่มีไม้ไผ่จำนวนไม่มากนักแต่ต้องเป็นไม้ไผ่สด ตัดใหม่ ๆ ยังมีกิ่งก้านและใบติดอยู่ ซึ่งเหมาะสำหรับการอาบน้ำยาไม้ในสถานที่ตัด มีวิธีปฏิบัติโดยนำน้ำยารักษาเนื้อไม้ใสภาชนะที่มีความลึก 30 – 60 เซนติเมตร ไม้ไผ่จะดูดน้ำยาเข้ามาแทนที่ ระยะเวลาการอาบน้ำยาวิธีนี้จะมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ไผ่ ความยาว ดินฟ้าอากาศ และชนิดของน้ำยาที่ใช้

2.2) การสวมปลอกหัวไม้ (Capping) เป็นการอัดน้ำยาไม้ไผ่สด ที่ตัดกิ่งก้านออกแล้ว สามารถทำได้ง่ายโดยใช้ยางในจักรยานยาวพอใส่น้ำยาได้ ข้างหนึ่งสวมเข้าที่โคนไม้ไผ่ใช้เชือกรัดกันน้ำยาซึมออก ส่วนยางในด้านที่เหลือใช้กรอกน้ำยาเข้าไป แล้วนำไปแขวนให้ส่วนโคนสูงกว่าด้านปลาย วิธีนี้ใช้ได้ผลดีกับไม้ไผ่สดมากกว่าไม้ไผ่แห้ง เพราะน้ำธรรมชาติในไม้ไผ่เมื่อซึมออกจะดูดน้ำยาเข้าแทนที่

2.3) วิธีการอาบน้ำยาร้อน-เย็น (Hot and Cold Bath) สามารถทำได้ 2 วิธี คือ ใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันคือ การใช้ความดัน สามารถทำได้รวดเร็วและเป็นจำนวนมาก แต่ก็เสียค่าใช้จ่ายมาก ส่วนวิธีหลังนั้นเสียค่าใช้จ่ายต่ำ แต่ใช้ระยะเวลานานกว่าวิธีแรก โดยการอาบน้ำยาที่ไม่ใช้แรงดันนั้น ใช้วิธีการใส่ไม้ไผ่ที่แห้งแล้วในน้ำยาที่มีอุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส ประมาณ 6 ชั่วโมง ความร้อนจะไล่อากาศออกมา แล้วปล่อยให้เย็นลง อากาศที่หดตัวในเนื้อไม้จะดูดน้ำยาเข้าไปแทนที่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.4) วิธีบูเชรี (Bucherie Process) เป็นวิธีง่าย ๆ อาศัยแรงดันของน้ำตามธรรมชาติ หรือแรงโน้มถ่วงของโลกนำน้ำยาเข้าไปในเนื้อไม้ โดยตั้งถังน้ำยาสูงประมาณ 10 เมตร แล้วต่อท่อสวมที่โคนไม้สดด้วยท่อ รัดรอบโคนไม้ แรงดันของน้ำยาสูง 10 เมตรจะช่วยดันน้ำยาจากโคนถึงปลายไม้ในเวลาไม่นานนัก วิธีนี้อาจดัดแปลงมาใช้ถังน้ำยาที่อัดลมก็ได้

2.5) วิธีใช้แรงอัด (Pressure Treatment) เหมาะสำหรับไม้ไผ่แห้ง จะผ่าหรือไม่ผ่าก็ได้ จะให้ผลดีที่สุดเมื่อไม้ไผ่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 20 ไม้ไผ่ที่ไม่ได้ผ่าเมื่อนำมาอัดน้ำยาอาจจะแตกหรือระเบิดออกได้ ซึ่งอาจแก้ไขโดยการเจาะรูระหว่างปล้องก่อน ซึ่งนอกจากจะไม่แตกแล้ว ยังทำให้อัดน้ำยาได้ทั่วถึงด้วย วิธีนี้ต้องขนไม้ไผ่ไปยังโรงงาน แรงดันนั้นไม่ควรจะสูงเกินไปเพื่อป้องกันไม้ไผ่แตก ซึ่งจากการทดลองของผจญ สินทธิกัน (2527) อัดน้ำยาไม้ไผ่บง ความยาว 1.70 เมตร ใช้แรงดัน 1.4 – 1.8 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ใน 2 – 5 นาที ก็สามารถป้องกันการแตกได้

2.4.3 การทำให้ไม้ไผ่แห้ง

ในกรณีที่จะเก็บไม้ไผ่ในปริมาณมากมายรวมกันไว้ในที่แห่งเดียวกัน จะทำให้ไม้ไผ่และผลผลิตทั้งหมดน้อยที่สุด และไม้ไผ่ที่ตากแห้งสนิทดีภายหลังจากที่ต้มในน้ำร้อน10 นาที จะทนไปได้นานหลายเท่าของไม้ไผ่ธรรมดาที่เก็บโดยไม่ต้ม การทำให้ไม้ไผ่แห้งมี 2 วิธี ดังนี้

1) การตากให้แห้งตามธรรมชาติ ให้เอาลำไม้ไผ่ทิ้งไว้ในที่ร่มอากาศปลอดโปร่งถ่ายเทได้ดี เอาโคนกลับขึ้นไว้ทางด้านบน ผึ่งไว้ประมาณ 3 – 4 เดือน สำหรับไม้ซีกให้เอามาวางเรียงบนกระดานให้มีช่องว่าโปร่ง และผึ่งไว้ประมาณ 10 – 20 วัน

2) การทำให้แห้งด้วยเครื่อง การตากไม้ไผ่ให้แห้งตามธรรมชาตินั้น ได้นิยมใช้กันมาอย่างกว้างขวางแล้ว แต่วิธีนี้ไม่สามารถควบคุมอัตราของน้ำที่มีอยู่ในเนื้อไม้ไผ่ให้แน่นอนได้ และหากไม้ไผ่มีเป็นจำนวนมากแล้วจำเป็นต้องทำให้แห้งด้วยเครื่องซึ่งทำงานได้ดีกว่าวิธีธรรมชาติ บางทีแม้จะผลิตได้จำนวนน้อย ก็จำเป็นต้องทำให้แห้งด้วยเครื่อง เนื่องจากเป็นกรรมวิธีบังคับเพื่อให้ได้ประโยชน์และคุณภาพไม้ไผ่เป็นพิเศษ

อย่างไรก็ดี การทำให้แห้งด้วยเครื่องนั้นจำเป็นต้องใช้เมื่อต้องการความสะดวกรวดเร็วซึ่งต้องเปลืองค่าใช้จ่ายมากดังนั้นวิธีนี้จึงไม่ได้นำมาใช้เสมอไป เว้นแต่เมื่อเห็นว่าคุ้มค่าทางเศรษฐกิจเมื่อต้องการให้แห้งทันใจในเวลาอันสั้น หรือต้องการให้ผลิตภัณฑ์นั้นแห้งสนิทดีจริง ๆ วิธีการทำให้แห้งนั้น อาจทำการอบไม้ไผ่ให้แห้งโดยการนำเข้าห้องอบ ให้ความร้อนต่ออากาศโดยใช้เปลวไฟหรือด้วยการเป่าลมร้อนเข้าไปในห้องอบ อีกวิธีหนึ่งคือทำให้แห้งด้วยเครื่องความร้อนสูงและทำให้มีความกดอากาศหรือทำให้แห้งด้วยวิธีสุญญากาศ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.4.4 การเคลือบผิวไม้ไผ่

การเคลือบผิวไม้ไผ่เป็นการป้องกันความชื้นและแมลง โดยการใช้วัสดุที่สามารถกันน้ำหรือความชื้นได้ เช่น ยางรัก สีเคลือบ ชัน แลกเกอร์ น้ำมันวานิช แชลแล็ก เป็นต้น ใช้ทาลงบนผิวของไม้ไผ่ การเคลือบไม้นอกจากจะช่วยป้องกันความชื้นและแมลงแล้วยังช่วยป้องกันการดูดซึมหรือการสูญเสียน้ำของไม้ไผ่เมื่อใช้เสริมในคอนกรีต โดยจะช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไม้ไผ่ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการแตกร้าวในคอนกรีตได้

2.5 คอนกรีต

คอนกรีต เป็นวัสดุเปรียบเสมือน หินที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมาใช้เป็นงานโครงสร้าง นำมาใช้เป็นวัสดุโครงสร้างได้ดีกว่าวัสดุอื่นๆ เพราะสามารถสร้างให้มีรูปร่างลักษณะและขนาดได้ตามต้องการ ไม่ต้องถูกจำกัดเหมือนวัสดุอื่น ซึ่งเนื้อคอนกรีตอาจแยกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ วัสดุผสม และซีเมนต์เพสท์ (Cement paste) และวัสดุผสม (Aggregates) ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ผสมเป็นคอนกรีต คอนกรีตที่ดีต้องมีคุณสมบัติในการรับแรงอัดได้ดี และวัสดุผสมต้องสะอาด ปราศจากสิ่งเจือปน เพื่อที่จะทำให้คอนกรีตสามารถรับแรงอัดได้ตามที่ต้องการ

คอนกรีตในโครงสร้างอาจแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

1) คอนกรีตล้วน (Plain Concrete) ใช้แต่คอนกรีตอย่างเดียวล้วนๆ ไม่มีวัสดุอื่นๆมาเสริมหรือร่วมด้วย ได้แก่ โครงสร้างที่มีแต่แรงอัดกระทำอย่างเดียว เช่น ฐานเครื่องจักรที่มีความหนามากๆ หรือเขื่อนกันดินแบบที่ใช้น้ำหนักของตัวเขื่อนต้านทานแรงดินของดิน ที่สูงไม่เกิน 1 เมตร เป็นต้น

2) คอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete) ใช้เหล็กเส้นเสริมร่วมกับคอนกรีตโดยหล่ออยู่ในเนื้อคอนกรีต เป็นโครงสร้างที่มีแรงอัดและแรงดึงกระทำซึ่งเกิดจากโมเมนต์ดัด ส่วนใดของรูปตัดที่ต้องรับแรงอัดก็ให้คอนกรีตทำน้าที่ต้านทานแรงอัด และส่วนใดที่ต้องรับแรงดึงก็ใช้เหล็กเสริมทำหน้าที่ต้านทานแรงดึง ทั้งนี้เพราะคอนกรีตมีคุณสมบัติต้านทานแรงอัดได้ดีมากแต่มีคุณสมบัติด้อยในด้านการรับแรงดึง ส่วนเหล็กเสริมมีคุณสมบัติต้านทานทั้งแรงดึงและแรงอัดได้ดี โครงสร้างแบบคอนกรีตเสริมเหล็กจึงมีความแข็งแรงมากกว่าโครงสร้างแบบ คอนกรีตล้วน จึงเป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบัน

3) คอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรง (Prestressed Concrete) เป็นคอนกรีตที่อัดแรงก่อนใช้ งานโดยใช้ลวดเหล็กที่ทนแรงดึงสูง เป็นแบบที่เอาคอนกรีตมาใช้ประโยชน์หมดทั้งรูปตัดดีกว่าคอนกรีตเสริมเหล็กช่วยให้ประหยัดขึ้นใช้กับงานสะพาน และอาคาร เช่นในระบบพื้น เป็นต้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.6 พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ป่า

การออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress Design)

การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมโดนทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน (Working stress) เป็นการออกแบบให้หน่วยแรงที่กำหนดเลือกใช้บรรทุกบนโครงสร้างนั้นต้องมีค่าไม่เกินกว่าหน่วยแรงใช้งานที่ยอมให้ (Allowable Working Stress) ซึ่งจะเป็นค่าที่อยู่ในช่วงของกราฟที่ยังเป็นเส้นตรง กล่าวคือเป็นช่วงที่วัสดุยังมีความยืดหยุ่นและมีอัตราส่วนของหน่วยแรงการยืดหดตัวที่เป็นปฏิภาคกัน

การออกแบบโดยทฤษฎีหน่วยแรงใช้งานมีสมมติฐาน ดังนี้

1) กำหนดให้คอนกรีตและไม้ไผ่เกิดการยืดหยุ่นตัวร่วมกัน ซึ่งเป็นไปตามกฎของฮุค (Hook's Law) กล่าวคือ ความเค้นกับความเครียดจะเป็นสัดส่วนกันโดยตรงกับระยะจากแกนสะเทิน (Neutral Axis)

2) เมื่อเกิดแรงดัดขึ้นกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ระนาบรูปตัดเดิมจะยังคงอยู่ในแนวตั้งฉากกับแนวแกนนอน

3) แรงยึดเหนี่ยว (Bonding) ระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมจะเกิดขึ้นร่วมกันอย่างสมบูรณ์ เนื่องจากสัมประสิทธิ์การขยายตัวของคอนกรีตและไม้ไผ่มีค่าใกล้เคียงกัน

4) คอนกรีตที่อยู่ใต้แนวแกนสะเทินจะไม่คิดกำลังต้านทานแรงดึงเลย แต่จะใช้ไม้ไผ่ทำหน้าที่ต้านทานแรงดึง

5) กำหนดให้โครงสร้างคอนกรีตเสริมไม้ไผ่มีคุณภาพสม่ำเสมอตลอดทั้งหน้าตัด มีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกคงที่

6) กำหนดให้ค่าอัตราส่วนโมดูลัส (n) คืออัตราส่วนโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้ไผ่(E_b) ต่อโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีต (E_c)

การดัดและวิธีใช้หน่วยแรงงาน

การคำนวณออกแบบองค์อาคารรับแรงดัดโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน หรือทฤษฎีอีลาสติก (Elastic Theory) มีสมมติฐานเบื้องต้น คือ

1) ระนาบของหน้าตัด ยังคงเป็นระนาบทั้งก่อนหรือหลังการดัด

2) ขณะที่บรรทุกน้ำหนักใช้งาน และหน่วยแรงที่เกิดขึ้นไม่เกินหน่วยแรงที่ใช้งานที่ยอมให้ ความสัมพันธ์ระหว่าง หน่วยแรง (ความเค้น) และความเครียดของคอนกรีตให้ถือว่าเป็นเส้นตรง กล่าวคือหน่วยแรงแปรผันโดยตรงกับระยะจากแกนสะเทิน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3) ให้ไม้ไผ่ต้านทานแรงดึงทั้งหมดที่เกิดจากการดัด แม้ปกติคอนกรีตจะต้านทานแรงดึงน้อยมากเมื่อเทียบกับกำลังต้านทานแรงอัด

4) ในการคำนวณออกแบบให้แทนที่หน้าตัดของไม้ไผ่รับแรงดึงด้วยหน้าตัดคอนกรีตซึ่งมีเนื้อที่ n เท่าของหน้าตัดไม้ไผ่นั้น และด้วยเหตุนี้จึงควรกล่าวเพิ่มเติมว่า โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต เหล็กเสริม หรือค่าอัตราส่วนโมดูลัส n คงที่สม่ำเสมอตลอดความยาวคาน

การวิเคราะห์คานคอนกรีตด้วยทฤษฎีอีลาสติก

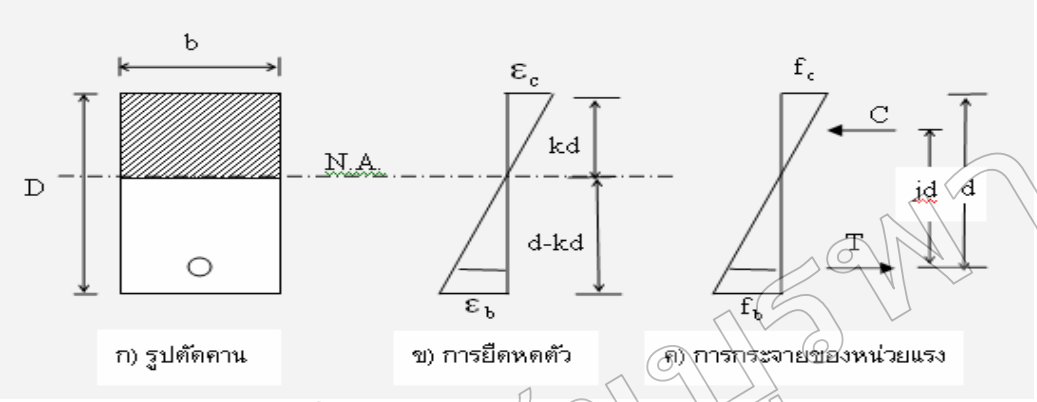
เมื่อพิจารณาคานตามรูปที่ 2.1 (ก) เป็นคานคอนกรีตที่ยังไม่ได้แบกรับน้ำหนักบรรทุกใดๆ และอยู่ในสภาพปกติ เมื่อคานคอนกรีตนี้เริ่มแบกรับน้ำหนักบรรทุกเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ คานก็จะเริ่มแอ่นตัวจนเกินค่าโมดูลัสการแตกร้าวที่จะต้านทานไว้ได้ คานก็จะเริ่มแตกร้าวดังแสดงในรูปที่ 2.2 (ข)

รูปที่ 2.2 พฤติกรรมของคานคอนกรีตเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก

ดังนั้นการวิเคราะห์ออกแบบคานคอนกรีตจึงกำหนดให้คอนกรีตเหนือแนวแกนสะเทิน (Neutral Axis; NA) ทำหน้าที่รับแรงอัด ส่วนคอนกรีตที่อยู่ต่ำกว่าแนวสะเทิน ให้เหล็กเสริมทำหน้าทำหน้าที่รับแรงดึง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การคำนวณหาโมเมนต์ต้านทานของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รับแรงดึงอย่างเดียว



รูปที่ 2.3 พฤติกรรมการต้านทานโมเมนต์ดัด

กำหนด b : ความกว้างคาน

d : ความลึกประสิทธิผล

E_c : โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต

E_b : โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่

f_c' : กำลังอัดประลัยของคอนกรีต

f_c : กำลังหรือหน่วยแรงใช้งานของคอนกรีต

f_b : หน่วยแรงใช้งานของไม้ไผ่ต้านทานแรงดึง

j : ตัวคูณแขนโมเมนต์ของแรงคู่ควบระหว่างแรงอัดในคอนกรีตและแรงดึงในเหล็กเสริม

k : ตัวคูณระยะระหว่างศูนย์ถ่วงแรงอัดในคอนกรีตถึงแกนสะเทิน

n : อัตราส่วนระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่

จะได้

$$n = \frac{E_b}{E_c} \qquad (2.1)$$

$$k = \sqrt{2n\rho + (n\rho)^2} - n\rho \qquad (2.2)$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} \qquad (2.3)$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

$$\rho = \frac{A_b}{bd} \qquad (2.4)$$

แรงอัดในคอนกรีต คำนวณจาก

$$C = \frac{1}{2} f_c bkd \qquad (2.5)$$

แรงดึงในไม้ไผ่เสริม คำนวณจาก

$$T = A_b f_b \qquad (2.6)$$

โมเมนต์ต้านทานในคอนกรีต

กำหนด $$R = \frac{1}{2} f_c jk \qquad (2.7)$$

$$M_n = Rbd^2 \qquad (2.8)$$

โมเมนต์ต้านทานในไม้ไผ่

$$M_n = A_b f_b jd \qquad (2.9)$$

กรณีคานเสริมเฉพาะไม้ไผ่ต้านทานแรงดึงนี้ โมเมนต์ดัดในสมการ (2.9) นี้จะต้องมีค่าไม่เกินโมเมนต์ต้านทานของคอนกรีต ($M \le M_c$) หากโมเมนต์ดัดมีค่ามากกว่าโมเมนต์ต้านทานของคอนกรีต หน้าตัดคานดังกล่าวก็จะต้องเสริมไม้ไผ่ต้านทานแรงอัด เพื่อต้านทานโมเมนต์ดัดส่วนเกิน ($M - M_r$) และพร้อมๆกัน ก็จะต้องเสริมไม้ไผ่ต้านทานแรงดึงเพิ่มเติมจากที่คำนวณได้ตามสมการที่ (2.9) เพื่อรักษาสมดุลระหว่างแรงดึง และแรงอัด

พิกัดควบคุมรอยร้าว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เมื่อคำนวณออกแบบโดยวิธีกำลังเพื่อหาขนาดตัดของรูปส่วนโครงสร้างที่รับแรงดัดทางเดียว โดยใช้กำลังจุดครากของเหล็กเสริมเกินกว่า 3000 กก.ซม.^{2} แต่ไม่เกินกว่า 5600 กก.ซม.^{2} จะพบว่าหน่วยการยืดตัวของเหล็กเสริมในสภาวะใช้งานมีค่าสูงมาก ซึ่งมีผลทำให้รอยร้าวกว้างมากขึ้น ดังนั้นเพื่อควบคุมความกว้างของรอยร้าวในบริเวณที่รับโมเมนต์บวกและลบสูงสุด มาตรฐาน ACI หรือ ว.ส.ท. จึงกำหนดให้คำนวณหาดัชนีความกว้างของรอยร้าว (Index of Crack Width: Z) สำหรับคาน คสล. โดยพิจารณาจากสมการ 2.10 ค่า Z ที่คำนวณได้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของการกระจายเหล็กเสริมที่รับแรงดัด

สำหรับคาน คสล. : $$Z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \quad \text{กก.ซม.}^2 \qquad (2.10)$$

ทั้งนี้ ค่า Z สำหรับคานภายนอกต้องไม่เกิน 26000 กก.ซม.^{2} (นั่นคือความกว้างของรอยร้าวต้องไม่เกิน 0.34 มม.) ค่า Z สำหรับคานภายในต้องไม่เกิน 31000 กก.ซม.^{2} (นั่นคือความกว้างของรอยร้าวต้องไม่เกิน 0.41 มม.)

2.7 การคำนวณหาคุณสมบัติทางกล

2.7.1 การหาหน่วยแรงดึงของไม้ไผ่

จากผลการทดสอบแรงดึงของตัวอย่างไม้ไผ่โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง สามารถหาหน่วยแรงดึงของไม้ไผ่ได้จาก

$$f_b = \frac{T}{A} \qquad (2.11)$$

โดยที่ f_b = หน่วยแรงดึงของไม้ไผ่, กก./ซม.^{2}

T = แรงดึง, กก.

A = พื้นที่รับแรงดึงของตัวอย่าง, ซม.^{2}

2.7.2 การหาความหนาแน่นแห้งของไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากผลการทดสอบหาความหนาแน่นแห้งของไม้ไผ่ สามารถหาค่าความหนาแน่นแห้งของไม้ไผ่ ได้จาก

$$D_b = \frac{w_4}{w_2 - (w_3 + w_1)} \tag{2.12}$$

โดยที่ D_b = ความหนาแน่นแห้งของไม้ไผ่, กรัม/ซม.^{3}

w_1 = น้ำหนักของไม้อิ่มตัวด้วยน้ำผิวแห้ง, กรัม

w_2 = น้ำหนักของบีกเกอร์และน้ำกลั่นที่เติมจนถึงขีดที่กำหนด, กรัม

w_3 = น้ำหนักของตัวอย่างไม้ไผ่รวมบีกเกอร์และน้ำกลั่นที่เติมจนถึงขีดที่กำหนด, กรัม

w_4 = น้ำหนักของตัวอย่างไม้ไผ่หลังจากอบแห้ง, กรัม

2.7.3 การหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่

จากการทดสอบแรงดึงตัวอย่างไม้ไผ่ สามารถหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ได้จาก

$$E_b = \frac{f_b}{\varepsilon_b} \tag{2.13}$$

โดยที่ E_b = โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่, กก./ซม.^{2}

f_b = หน่วยแรงดึงของไม้ไผ่, กก./ซม.^{2}

ε_b = ความเครียดของไม้ไผ่, ($\varepsilon_b = \frac{\Delta L}{L}$)

ΔL = ระยะยืดของไม้ไผ่, ซม.

L = ระยะระหว่างจุดยึดตัวอย่างไม้ไผ่, ซม.

2.7.4 การหาหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากผลการทดสอบแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกขนาด โดยใช้เครื่องทดสอบแรงอัด สามารถหาหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตได้จาก

$$f'_c = \frac{C_{\max}}{A_c} \tag{2.14}$$

โดยที่ f'_c = หน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต, กก./ซม.^{2}

$C_{\max}$ = แรงอัดสูงสุด, กก.

A_c = พื้นที่รับแรงอัดของตัวอย่าง, ซม.^{2}

2.7.5 การหาค่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

จากผลการทดสอบแรงดึงของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกขนาด 10x20 ซม. โดยใช้เครื่องทดสอบแรงอัด สามารถหาหน่วยแรงดึงของคอนกรีตได้จาก

$$T_c = \frac{2P}{\pi dl} \tag{2.15}$$

โดยที่ T_c = กำลังรับแรงดึงของคอนกรีต, กก/ซม.^{2}

P = แรงผ่าประลัย, กก.

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งคอนกรีต, ซม.

l = ความยาวของแท่งคอนกรีต, ซม.

2.7.6 การหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่โดยวิธีดึงออก (Pull-Out-Test) สามารถหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวได้จาก

$$u = \frac{T_{\max}}{\Sigma_0 L} \tag{2.16}$$

โดยที่ u = หน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่, กก./ซม.^{2}

$T_{\max}$ = แรงดึงสูงสุดที่ทำให้ไม้ไผ่หลุดออกจากคอนกรีต, กก.

Σ_0 = เส้นรอบรูปของไม้ไผ่, ซม.

L = ความยาวของไม้ไผ่ส่วนที่ฝังในคอนกรีต, ซม.

2.8 งานวิจัยผลกระทบของเชื้อรา และวิธีป้องกัน

ยศนันท์ พรหมโชติกุล (2531) ; ผลกระทบของไม้ไผ่ชนิดต่างๆ ต่อการเข้าทำลายไม้โดยเชื้อรา white rot ปรากฏในรูปการสูญเสียน้ำหนักของไม้ ภายหลังถูกทำลายไม้สภาพเปื่อยยุ่ย พบว่าไม้ไผ่ทดลอง 9 ชนิด คือ ไผ่บงใหญ่ ไผ่ซาง ไผ่โร่ ไผ่ผากมัน ไผ่ป่า ไผ่มันหมู ไผ่ข้าวหลาม ไผ่เฮี้ยะ และไผ่รวก ต่อเชื้อรา P.sanguineus, D.concentrica, T.lactinea และ Lentinus sp. ไผ่ป่า ไผ่มันหมู และไผ่รวก สูญเสียน้ำหนักเนื่องจากถูกทำลายในช่วง 25 - 40% โดยเชื้อรา P.sanguineus, D.concentrica และ T.lactinea การทำลายระดับนี้มีผลให้ไม้มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ไผ่ชนิดอื่น ไผ่ซาง ไผ่โร่ และไผ่ผากมันจะอ่อนแอต่อการถูกทำลายโดยเชื้อราทั้ง 4 ชนิด คือ มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า 40% ขึ้นไป ทำให้ไม้ไม่มีความทนทานตามธรรมชาติเลย ทั้งนี้ย่อมขึ้นกับชนิดของไม้และชนิดของเชื้อราจะต้องมีกิจกรรมในการตอบสนองการถูกทำลายและการเข้าทำลายร่วมกัน ซึ่งเชื้อรา Lentinus sp. มีความรุนแรงต่อการทำลายไม้ไผ่ทุกชนิดได้ดี รองลงมา คือ P.sanguineus , T.lactinea และ D.concentrica ปรากฏในรูปการสูญเสียน้ำหนักของไม้โดยเฉลี่ยคือ 62.20%, 53.82%, 47.23% และ 35.86% โดยลำดับ

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวกับคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การใช้ไม้ไผ่เสริมคอนกรีตแทนเหล็กไม่ใช่เรื่องใหม่ ได้พบว่าในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 เหล็กเสริมคอนกรีตขาดแคลนจึงได้มีผู้นำไม้ไผ่มาผ่าเป็นซีกเล็ก ๆ แล้วใช้เสริมคอนกรีตแทนเหล็ก แม้ในปัจจุบันก็ยังมีผู้ใช้วิธีนี้อยู่ และได้มีผู้ทำการศึกษาทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้มานานแล้ว ทั้งในประเทศไทยละต่างประเทศ การศึกษา วิจัยทำให้สามารถที่จะนำมาใช้เสริมในคอนกรีตได้ แต่ว่าจะได้ผลดีไม่เท่ากับเหล็ก เนื่องจากปัญหาเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยว การเปลี่ยนแปลงปริมาตรตลอดจนการผุพังของไม้ไผ่ ซึ่งจากการศึกษาของวิศวกรของกองกำลังทหารสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับการใช้ไม้ไผ่เสริมในคอนกรีตได้พบปัญหา คือ เมื่อใช้ไม้ไผ่สดเสริมในคอนกรีตไม้ไผ่จะเกิดการหดตัวในเวลาต่อมา และที่สำคัญก็คือจะทำให้สูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ในทางกลับกันเมื่อใช้ไม้ไผ่แห้ง ไม้ไผ่จะดูดซึมน้ำจากคอนกรีตสด ทำให้เกิดการบวมตัว และจะส่งผลให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าว พวกเขาแนะนำว่าการป้องกันการสูญเสียน้ำ และการดูดซึมน้ำของไม้ไผ่เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการใช้โครงสร้างคอนกรีตเสิมไม้ไผ่

จากข้อมูลในอินเตอร์เน็ต พบว่า ไม้ไผ่นั้นมีค่าพิกัดแห่งความยืดหยุ่นต่ำ และเป็นวัสดุที่ยืดตัวมากกว่าเหล็กถึงประมาณ 14 เท่า เมื่อรับแรงเท่ากัน ไม้ไผ่ต้านแรงดึงได้ 13,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ข้อและต้านแรงดึงได้ 17,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรที่ปล้อง เพราะเหตุที่ไม้ไผ่ดูดน้ำมาก เมื่อนำมาเสริมคอนกรีตแทนเหล็กเสริม ทำให้การยึดเกาะกับคอนกรีตต่ำ ถ้านำไม้ไผ่มาเสริมคอนกรีตขณะที่เทคอนกรีตซึ่งมีน้ำผสมอยู่ ไม้ไผ่จะพองตัว และต่อมาไม้ไผ่หดตัวลง เนื่องจากน้ำระเหยไป จะทำให้ไม้ไผ่ที่เสริมแยกตัวกับคอนกรีตที่หุ้มอยู่ ไม้ไผ่จึงไม่เหมาะสำหรับมาเสริมคอนกรีตโครงสร้าง แต่อาจใช้ได้สำหรับเสริมพื้นคอนกรีตที่ติดกับดินและไม่ได้รับน้ำหนักมากนัก

Cox and Geymayer (1969) ; ได้สรุปรายละเอียดคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ดังนี้

การขยายและหดตัวของไม้ไผ่มีผลต่อแรงยึดเหนี่ยว

ปัญหาสำคัญในการใช้ไม้ไผ่เสริมไม่ได้อยู่ที่กำลัง และการเปลี่ยนรูปของมันเมื่อรับแรงดึง แต่อยู่ที่การเปลี่ยนแปลงปริมาตรและแรงยึดเหนี่ยว ไม้ไผ่สามารถเปลี่ยนแปลงทางด้านรัศมีได้ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ และทางด้านความยาวสามารถเปลี่ยนแปลงได้ถึง 0.05 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความชื้นของมันเปลี่ยนแปลง การที่เส้นผ่านศูนย์กลางเปลี่ยนแปลงได้ถึงขนาดนี้ จะมีผลทำให้เกิดรอยแตกในคอนกรีตที่หุ้ม จากการขยายตัวของไม้ไผ่ และจะทำให้สูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่จากการหดตัวของไม้ไผ่ นอกจากนี้การสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิของไม้ไผ่ทางด้านยาวมีค่าต่ำประมาณ 1/3 เท่าของคอนกรีต และทางด้านรัศมีสูงประมาณ 10 เท่า ของ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

คอนกรีต ความแตกต่างนี้ก็จะมีผลทำเกิดรอยแตกในคอนกรีตหุ้ม และจะทำให้สูญเสียแรงยึดเหนี่ยว

คำรณ พานิชลาน และชีวะ วรมงคลชัยกุล (2547) ; การใช้คอนกรีตเสริมเหล็กเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย เนื่องจากเหล็กที่ใช้เป็นวัสดุที่ใช้เสริมในคอนกรีตมีราคาแพงและต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ดังนั้นโครงงานนี้จึงประยุกต์ใช้ไม้ไผ่เป็นวัสดุเสริมรับแรงในเสาคอนกรีต ไม้ไผ่ที่ใช้ คือ ไผ่ตง ซึ่งเลือกมาจากไม้ไผ่ 3 ชนิด ได้แก่ ไผ่รวก ไผ่ตง และไผ่เลี้ยง จากการทดสอบพบว่าไผ่ตง มีคุณสมบัติเชิงกลเหมาะสมที่สุด โดยมีค่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยของไม้ไผ่ตงประมาณ 600 กก./ ซม.^{2} และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นประมาณ 1.46×10^5 กก./ซม.^{2} ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย 0.607 กรัม/ ซม.^{2} และหน่วยแรงยึดเหนี่ยวเมื่อได้ปรับปรุงผิวด้วยชันแล้ว 3.97 กก./ ซม.^{2}

ในการหล่อเสาตัวอย่างทดสอบใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัด 230, 246 และ 268 กก./ซม.^{2} ทำการหล่อตัวอย่างทดสอบรวมทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ซึ่งรวมด้วยตัวอย่างทดสอบ 8 ตัวอย่าง ที่มีการติดอุปกรณ์วัดระยะยืด-หดตัวอิเล็คทรอนิคส์ จำนวน 2 อัน ต่อตัวอย่าง โดยได้ติดไว้กับตัวไม้ไผ่รับแรงในแนวดิ่งและไม้ไผ่ปลอก ในการทดสอบการยึดเหนี่ยว พบว่ากำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตมีค่าประมาณร้อยละ 25 ของกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต เพื่อเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวจึงใช้วิธีการเคลือบผิวไม้ไผ่ด้วยชัน น้ำมันวานิช และแลกเกอร์ จากผลการทดสอบพบว่าการใช้วิธีการเคลือบผิวไม้ไผ่ด้วยชัน สามารถเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่ขึ้นเป็นประมาณร้อยละ 50 และจากการทดสอบตัวอย่างเสาทดสอบจะได้ค่า Composite Factor, $\psi_c = 0.80$ สำหรับสูตรสมการเชิงประจักษ์ ค่า Composite Factor, ψ_c ได้มาจากการแก้สมการที่ได้จากข้อมูลทดสอบเสาหลายๆ ต้น เสาเป็นโครงสร้างที่สำคัญของอาคารจึงจำเป็นที่จะต้องมีตัวคุณลดกำลังซึ่งแนะนำให้ใช้ได้ไม่เกิน 0.60 เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน สมการที่เสนอในโครงงานนี้สำหรับการคำนวณหากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ตงเท่านั้น ถ้าจะนำไปใช้กับไม้ไผ่ชนิดอื่นๆ ก็จะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติม

วรนาฏ เข็มม่วง และศุลีพร เนื่องจำนงค์ (2546) ; ในการก่อสร้างปัจจุบันนิยมใช้องค์อาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กเพราะสะดวกในการก่อสร้าง และมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แต่ในบางกรณีที่ที่มีการกัดกร่อนแทนเหล็กเสริมในกรณีดังกล่าวจึงได้เลือกที่จะทำการศึกษาพฤติกรรมคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ โดยเน้นที่พฤติกรรมการดัดของคาน (Flexural Behavior) เป็นหลักพร้อมกันนี้ก็ได้ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุในด้านต่างๆ วัสดุที่เสริมรับแรงดึง คือ ไม้ไผ่รวก มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ ว่า Bambusa Siamensis Kurz

ผลการศึกษาคุณสมบัติของไม้ไผ่ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่รวกที่นำมาทดสอบมีค่าเฉลี่ยประมาณ $1.44x10^5$ กก./ซม.^{2} สำหรับหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ที่มีข้อมีค่าประมาณ 12.20-20.20 กก./ซม.^{2} และสำหรับหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ที่ไม่มีข้อมีค่าประมาณ 4.35-8.03 กก./ซม.^{2} ค่าแรงดึงประลัยไม้ไผ่มีค่าประมาณ 1400 กก./ ซม.^{2}

ผลการทดสอบคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ คานที่เสริมไม้ไผ่ที่ไม่ผ่านขั้นตอนใดๆ กับคานที่เสริมด้วยไม้ไผ่แช่น้ำ 1 วัน มีพฤติกรรมที่คล้ายกัน เช่น ลักษณะรอยแตกร้าว คานคอนกรีตเสริมด้วยไม้ไผ่แช่น้ำ 1 วัน รับน้ำหนักประลัยได้มากกว่าคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่ไม่ผ่านขั้นตอนใดๆ ประมาณ 14.60 %

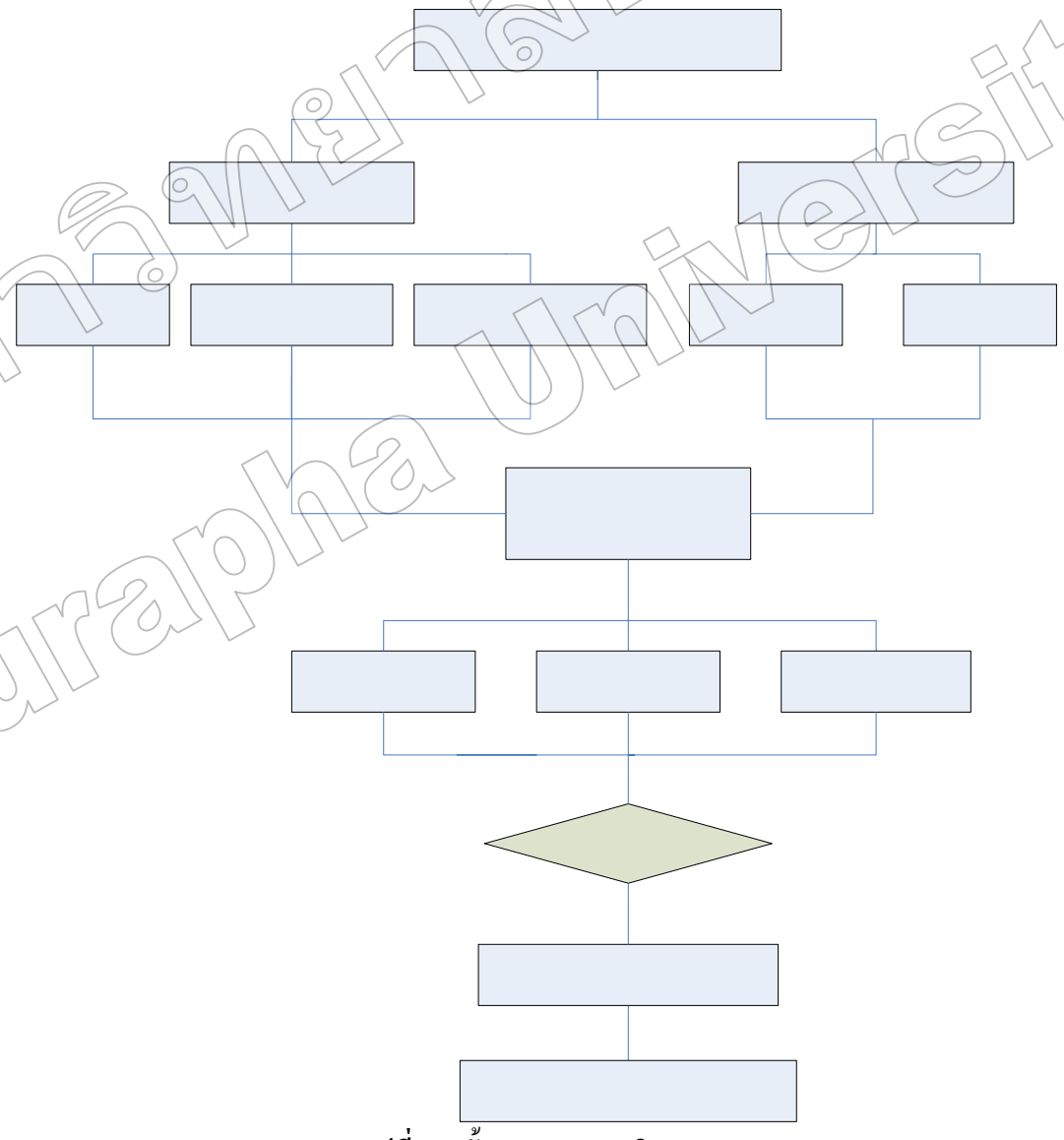
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

จากการศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ (Bamboo Reinforced Concrete Slab) และทดสอบหาคุณสมบัติของไม้ไผ่ และคอนกรีต มีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การศึกษ

ทดสอบคุณสมบัติไม้ไผ่ป่า

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.2 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

จากการศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ (Bamboo Reinforced Concrete Slab) มีวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ มีดังนี้

3.2.1 ไม้ไผ่

ไม้ไผ่ที่ได้นำมาใช้ในการทดสอบ คือ ไม้ไผ่ป่า หรือไผ่หนาม เป็นไม้ไผ่ชนิดหนึ่งที่มีคนส่วนมากนิยมใช้ในการก่อสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำนั่งร้าน ส่วนในชนบทใช้ในการสร้างบ้านเรือน โดยเฉพาะในส่วนที่ต้องรับน้ำหนักมากๆ จึงเหมาะสมที่จะใช้ในพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ไม่ไผ่ที่นำมาทดสอบจะต้องมีอายุประมาณ 2-3 ปี เพราะไม้ไผ่จะโตเต็มที่ ไม่แก่หรืออ่อนเกินไป และมีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ ก่อนทำการทดสอบต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของไม้ไผ่ โดยนำไผ่มาผึ่งในบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวกเป็นเวลา 2-4 สัปดาห์ เพื่อจะทำให้ไม้ไผ่มีความชื้นลดลง และอาหารของแมลงจำพวกแป้งและน้ำตาลลดลง ไม่ควรที่จะเก็บไม้ไผ่ไว้ในที่อับชื้น เพราะจะทำให้เกิดการขึ้นรา จากนั้นจึงนำไม้ไผ่ไปแช่น้ำเป็นเวลาประมาณ 3-10 วัน เพื่อให้ไม้ไผ่อิ่มตัวด้วยน้ำ จากนั้นจึงนำไม้ไผ่ไปทดสอบหาคุณสมบัติต่างๆ เช่น หากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ หาความหนาแน่นของไม้ไผ่ หาโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ และหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต

รูปที่ 3.2 ไม้ไผ่ป่า หรือไม้ไผ่หนาม

3.2.2 เหล็กเสริม

เหล็กที่นำมาใช้ในการทดสอบเป็นเหล็กกลมผิวเรียบ (Round Bar) เป็นเหล็กเส้นที่มีหน้าตัดกลม มีผิวเรียบตลอดความยาวเหล็ก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน มอก. 20 มีชั้นคุณภาพ คือ SR 24

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.2.3 คอนกรีต

ส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

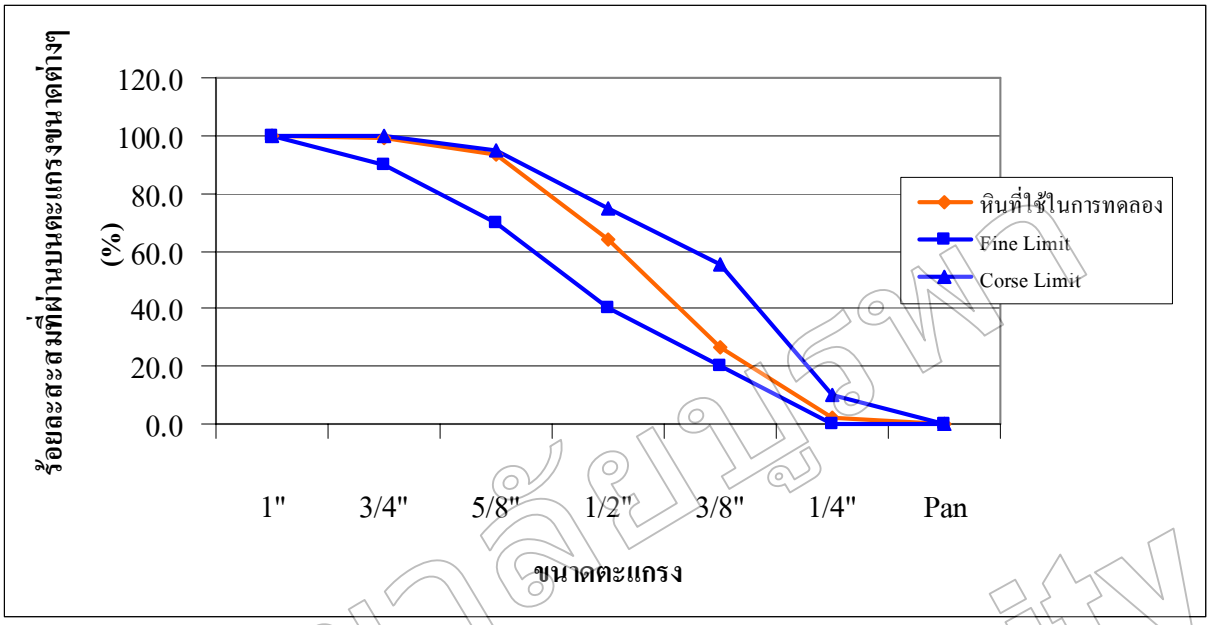
1) ปูนซีเมนต์ (Cement) ที่ใช้ในการทดสอบเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 (ตราช้าง)

2) หิน (Coarse Aggregate) ที่ใช้ในการทดสอบเป็นหินปูน โดยมีขนาดคละดังแสดงในตารางที่ 3.1 และจากรูปที่ 3.3 เป็นกราฟแสดงร้อยละสะสมที่ผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ ของหินเทียบกับมาตรฐาน จะเห็นว่าหินที่นำมาทดสอบมีขนาดคละอยู่ในช่วงมาตรฐาน ASTM C33 (Coarse Aggregate)

ตารางที่ 3.1 ขนาดคละของหิน

ขนาดตะแกรง (ins)	ขนาดตะแกรง (mm.)	ปริมาณที่ค้างบนตะแกรง (kg.)	ร้อยละที่ค้างบนตะแกรง (%)	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรงขนาดต่างๆ (%)	ร้อยละสะสมที่ผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ (%)	ร้อยละสะสมที่ผ่านบนตะแกรงขนาดต่างๆ (ASTM) (%)	
						Fine Limit	Coarse Limit
1"	25.000	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/4"	19.000	45.7	0.9	0.9	99.1	90	100
5/8"	15.875	280.1	5.6	6.5	93.5	N/A	N/A
1/2"	12.500	1483	29.7	36.2	63.8	N/A	N/A
3/8"	9.500	1870.2	37.4	73.6	26.4	20	55
1/4"	4.750	1196.9	23.9	97.5	2.5	0	10
Pan	-	123.7	2.5	100.0	0.0	-	-
รวม		4999.6	100.0	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



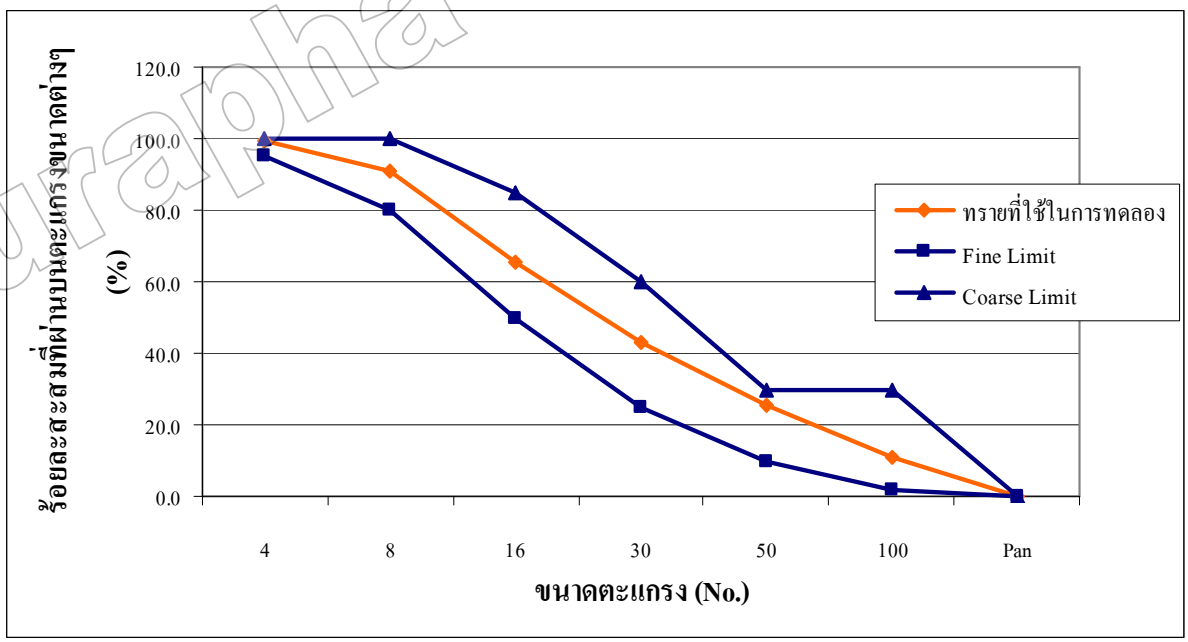
รูปที่ 3.3 ร้อยละสะสมที่ผ่านบนตะแกรงขนาดต่าง ๆ ของหิน เทียบกับขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C 33 (หลังจากคัดขนาดคละของหินแล้ว)

3) ทราย (Fine Aggregate) ที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดคละดังแสดงในตารางที่ 3.2 และจากรูปที่ 3.4 เป็นกราฟแสดงร้อยละสะสมที่ผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ ของทรายเทียบกับมาตรฐาน จะเห็นว่าทรายที่นำมาทดสอบมีขนาดคละอยู่ในช่วงมาตรฐาน ASTM C33 (Fine Aggregate)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 3.2 ขนาดคละของทราย

ขนาดตะแกรง (No.)	ขนาดตะแกรง (mm.)	ปริมาณที่ค้างบนตะแกรง (kg.)	ร้อยละที่ค้างบนตะแกรง (%)	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรงขนาดต่างๆ (%)	ร้อยละสะสมที่ผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ (%)	ร้อยละสะสมที่ผ่านบนตะแกรงขนาดต่างๆ (ASTM) (%)	
						Fine Limit	Coarse Limit
4	0.6350	8.6	0.9	0.9	99.1	95	100
8	0.3175	79.3	7.9	8.8	91.2	80	100
16	0.1588	257.5	25.8	34.5	65.5	50	85
30	0.0847	222.3	22.2	56.8	43.2	25	60
50	0.0508	180.1	18.0	74.8	25.2	10	30
100	0.0254	143.5	14.4	89.1	10.9	2	30
Pan	-	108.4	10.8	100.0	0.0	-	-
รวม	-	999.7	100.0	-	-	-	-



รูปที่ 3.4 ร้อยละสะสมที่ผ่านบนตะแกรงขนาดต่าง ๆ ของทราย เทียบกับขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C33 (หลังจากคัดขนาดคละของหินแล้ว)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4) น้ำ (Water) น้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ใช้ในการผสมคอนกรีต โดยที่น้ำจะทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ ทำให้เกิดการก่อตัวของคอนกรีต ทำให้มีความข้นเหลวในการเทคอนกรีตลงแบบหล่อได้ สำหรับน้ำที่ใช้ในการทดสอบเป็นน้ำประปา ในห้องปฏิบัติการคอนกรีตภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

3.2.4 สารเคมีและวัสดุผสมเพิ่มเพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของไม้ใผ่

1) น้ำมันวานิช (Varnish)

เป็นน้ำมันวานิชชนิดด้าน ปราศจากความเงา ผลิตจากเรซิ่นสังเคราะห์พิเศษ เหมาะกับงานตกแต่งไม้ วิธีใช้ต้องนำมาผสมกับทินเนอร์ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน ทาได้งานขึ้น

2) แลกเกอร์ (Lacquar)

เป็นน้ำมันชนิดด้าน ปราศจากความเงา ใช้สำหรับทาไม้ การนำมาใช้งานต้องใช้เจือจางด้วยทินเนอร์ เพื่อพ่นหรือทาได้สะดวก มีคุณสมบัติในการเคลือบผิวไม้เพื่อป้องกันน้ำ และเชื้อรา

รูปที่ 3.5 น้ำมันวานิช และแลกเกอร์ชนิดด้าน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.3.1 แบบหล่อชิ้นตัวอย่างทดสอบ ประกอบด้วย

1) แบบหล่อชิ้นตัวอย่างทรงลูกบาศก์ขนาด 15x15x15 ซม. ใช้สำหรับหล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีต เพื่อใช้ในการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

2) แบบหล่อตัวอย่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10x20 ซม. ใช้สำหรับหล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีต ใช้ในการทดสอบหากำลังรับแรงอัด และกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

3) แบบหล่อชิ้นตัวอย่างพื้นทดสอบขนาด 50x150x15 ซม. ใช้สำหรับหล่อตัวอย่างแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

3.3.2 เครื่องผสมคอนกรีต (Concrete Mixing Machine) ใช้สำหรับผสมหิน ทราย ปูนซีเมนต์ และน้ำคลุกเคล้าให้เข้าจนเป็นเนื้อเดียวกัน

3.3.3 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (Digital Balance) ใช้สำหรับชั่งไม้ไผ่ ก้อนคอนกรีตตัวอย่างก่อนการทดสอบ และชั่งส่วนผสมคอนกรีต

3.3.5 เครื่องทดสอบแรงอัด (Compression Testing Machine) ใช้สำหรับทดสอบกำลังอัดของก้อนคอนกรีตตัวอย่าง

3.3.6 เครื่อง UTM (Universal Testing Machine) ขนาด 150 ตัน ทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ และทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

3.3.7 เครื่องบันทึกข้อมูล “Portable Data Logger รุ่น TDS-303” ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลการโก่งตัวของพื้น หน่วยการยืดหดตัวของคอนกรีต, ไม้ไผ่ และเหล็กเสริม

3.3.8 อุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัว (Displacement Transducer) ใช้วัดการเคลื่อนตัวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ขณะทดสอบ

3.3.9 อุปกรณ์วัดระยะยืด-หดตัวอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical Strain Gauge) ใช้สำหรับติดตั้งเพื่อใช้วัดหน่วยการยืดหดของไม้ไผ่ในพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ในขณะทดสอบ

3.3.10 อุปกรณ์วัดหน่วยการยืดหดของคอนกรีต (Electrical Strain Gauge of Steel) ใช้สำหรับวัดหน่วยการยืดหดของคอนกรีตที่พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ในขณะทดสอบ

3.3.11 อุปกรณ์ทดสอบหาค่าความยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) ใช้สำหรับวัดค่ายุบตัวของคอนกรีต

3.312 ชุดอุปกรณ์กด Hydraulic Jack ขนาด 50 ตัน ใช้สำหรับทดสอบกำลังรับแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.4 การเตรียมวัสดุที่ใช้การทดสอบ

การเตรียมวัสดุเพื่อใช้ในการทดสอบมีดังนี้

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

การทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ จะใช้ตัวอย่างไม้ไผ่สำหรับการหากำลังรับแรงดึง 2 แบบ คือ ไม้ไผ่แบบชนิดมีข้อ จำนวน 6 ตัวอย่าง และไม้ไผ่แบบชนิดไม่มีข้อ จำนวน 6 ตัวอย่าง มีรูปร่างลักษณะตรงกลางเป็นคอคอด มีหน้าตัดกลม ขนาดของตัวอย่างไม้ไผ่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.7 – 1.0 ซม. มีความยาว 70 ซม. ดังรูปที่ 3.6 ปลายทั้งสองข้างของไม้ไผ่ใช้ตะไบถูผิวโดยรอบให้หยาบเพื่อกันลื่นขณะที่ทำการทดสอบ นำมาทดสอบกับเครื่อง UTM (Universal Testing Machine) ซึ่งจำนวนตัวอย่างของไม้ไผ่แต่ละชนิดได้แสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 จำนวนตัวอย่างสำหรับหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

ชนิดของไม้ไผ่	ลักษณะไม้ไผ่	
	มีข้อ	ไม่มีข้อ
ไผ่ป่า	6	6

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างไม้ไผ่สำหรับหากำลังรับแรงดึง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.4.2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับหาความหนาแน่นของไม้ไผ่

การทดสอบความหนาแน่นของไม้ไผ่ ก็จะทำการทดสอบไม้ไผ่ มีจำนวน 6 ตัวอย่าง ซึ่งความหนาแน่นนี้สามารถบอกถึงความแข็งแรงของไม้ไผ่โดยประมาณ

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างสำหรับทดสอบหาความหนาแน่นของไม้ไผ่

ตัวอย่างสำหรับหาความหนาแน่นของไม้ไผ่มีจำนวน 6 ตัวอย่าง ซึ่งได้จากไม้ไผ่ และได้ทำการปรับปรุงคุณภาพแล้ว ซึ่งตัวอย่างมีความกว้างประมาณ 2.0 ซม. ความยาวประมาณ 10.0 ซม. และมีขนาดความหนา 0.5-1.0 ซม. ความหนาแน่นของไม้ไผ่ โดยหาได้จากมวลส่วนปริมาตร ซึ่งมวลจะหาโดยการชั่ง ส่วนปริมาตรจะหาโดยการแทนที่ด้วยน้ำ

3.4.3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับหาโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ป่า

การหาโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ป่าจากแรงดึง จะทำการทดสอบและใช้ตัวอย่างเดียวกับการทดสอบกำลังรับแรงดึง นำไปทดสอบรับแรงดึงโดยจะทำการอ่านค่าจากเครื่อง UTM (Universal Testing Machine) จะได้ค่าความยืดตัวของไม้ไผ่ ทำให้ทราบค่าหน่วยการยืดตัว(Strain) และหน่วยแรงดึง(Tensile Stress) นำมาคำนวณหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ป่าจากแรงดึงได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.4.4 การเตรียมตัวอย่างสำหรับหากำลังอัด และกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

ตัวอย่างสำหรับหากำลังอัด และกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตซึ่งเป็นแบบหล่อคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10×20 ซม. ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ใช้หินและทรายหยาบ มีส่วนขนาดคละดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2 ตลอดการทดลอง กำลังอัดคอนกรีตที่ 210, 240 และ280 ksc ตามลำดับ คอนกรีตหล่อและถอดแบบหลังจากเวลาผ่านไป 24 ชม. แล้วบ่มในกระบะใส่น้ำ บ่มไว้นาน 14 และ28 วัน ก่อนทำการทดสอบ

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างสำหรับทดสอบหากำลังของคอนกรีต

3.4.5 การเตรียมตัวอย่างสำหรับหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

ตัวอย่างไม่ไผ่ที่ใช้หาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่มี 2 แบบ คือ มีข้อและไม่มีข้อ มีข้อมีจำนวน 24 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นการหาค่าแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยระหว่างไม้ไผ่มีข้อและไม่มีข้อ ดังที่แสดงในตารางที่ 3.4

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างไม้ไผ่สำหรับหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยว

ตารางที่ 3.4 จำนวนตัวอย่างหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

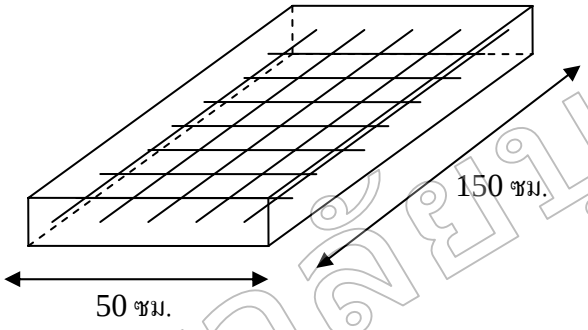
แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่	จำนวนตัวอย่างไม้ไผ่	
	มีข้อ	ไม่มีข้อ
ไม่ผ่านขั้นตอนใดๆ	18	18
ทาน้ำมันวานิช	18	18
ทาแลกเกอร์	18	18
รวม	54	54

ตัวอย่างไม้ไผ่สำหรับหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.8-1.0 ซม. และมีความยาว 30 ซม. ความยาวฝังลึกของไม้ไผ่ลงไปในคอนกรีตเท่ากับ 10 ซม. ใช้กำลังอัดคอนกรีตที่ 210, 240 และ280 ksc การปรับปรุงผิวของไม้ไผ่โดยการทาน้ำมันวานิช และทาแลก-เกอร์ จะต้องทาทิ้งไว้ให้แห้งก่อนไปใช้ทดลอง รวมทั้งทำตัวอย่างที่ไม่มีการปรับปรุงใดๆด้วยเพื่อในการเปรียบเทียบค่าความยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.4.6 การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบพื้นคอนกรีต

ตัวอย่างสำหรับทดสอบมีขนาด 50x150x15 ซม. ซึ่งใช้เป็นแบบหล่อแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ดังรูปที่ 3.10 โดยใช้คอนกรีตที่มีกำลัง เท่ากับ 210, 240 และ280 บ่มไว้นาน 28 วันก่อนการทดสอบ จำนวนตัวอย่างของพื้นคอนกรีตแต่ละชนิดได้แสดงในตารางที่ 3.5



รูปที่ 3.10 แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ตารางที่ 3.5 จำนวนตัวอย่างแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และเหล็ก

ชนิดของพื้น	กำลัง Strength of Concrete (ksc)	จำนวนตัวอย่าง
พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	210	5
พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	240	5
พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	280	5
พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	240	1
รวม		16

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.5 การทดสอบวัสดุ

3.5.1 การทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

การทดลองรับแรงดึงของไม้ไผ่กระทำโดยการใช้เครื่อง UTM (Universal Testing Machine) นำตัวอย่างไม้ไผ่ มาติดตั้งบนเครื่อง UTM (Universal Testing Machine) ยึดให้แน่นโดยมีระยะระหว่างหัวยึดประมาณ 20 ซม. ปรับเครื่องให้มีแรงดึง จนเกิดการวิบัติที่ได้เขียนกราฟและคำนวณค่าหน่วยการยืดตัว (Tensile Strain) และหน่วยแรงดึง (Tensile Stress) ก็จะสามารถคำนวณหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่เนื่องจากแรงดึงที่ได้จากสมการที่ 2.21

รูปที่ 3.11 การทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

3.5.2 การทดสอบความหนาแน่นของไม้ไผ่

ความหนาแน่นของไม้ไผ่เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความแข็งแรงของไม้ไผ่อย่างหนึ่ง ถ้าไม้ไผ่มีความหนาแน่นมากความแข็งแรงก็จะสูงด้วย การหาความหนาแน่นของไม้ไผ่นั้นหาได้จากมวลของไม้ไผ่ต่อปริมาตรของไม้ไผ่ ซึ่งน้ำหนักของไม้ไผ่นั้นเราสามารถชั่งได้โดยตรง แต่ปัญหาอยู่ที่การหาปริมาตรของไม้ไผ่ เนื่องจากไม้ไผ่มีรูปร่างที่ไม่แน่นอนไม่สามารถวัดปริมาตรได้โดยตรง แต่เราก็สามารถหาปริมาตรของไม้ไผ่ได้โดยใช้วิธีการแทนที่น้ำ

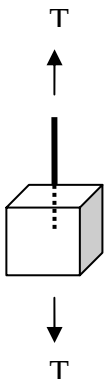
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ 3.12 การทดสอบหาความหนาแน่นของไม้ไผ่

โดยมีขั้นตอนการหาความหนาแน่นมีดังนี้ นำตัวอย่างไม้ไผ่ไปแช่น้ำไว้ประมาณ 2-3 วัน แล้วนำขึ้นจากน้ำเช็ดด้วยผ้าให้แห้งเพื่อให้อยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยผิวแห้งชั่งน้ำหนัก (w_1) เตรียมบีกเกอร์ขนาด 1000 มล. เทน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์จนถึงขีด แล้วชั่งน้ำหนัก (w_2) นำตัวอย่างไม่ไผ่อิ่มตัวผิวแห้งใส่ในบีกเกอร์ 1000 มล. แล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีด ชั่งน้ำหนัก(w_3) จากนั้นนำตัวอย่างไม้ไผ่ไปอบ 24 ชม. แล้วชั่งน้ำหนัก (w_4) คำนวณหาค่าความหนาแน่นของไม้ไผ่ (Dry Density of Bamboo) จากสมการที่ 2.22

3.5.3 การทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

การทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ หาโดยวิธี Pull-Out-Test ตามมาตรฐาน ASTM C235 นำคอนกรีตทรงลูกบาศก์วางบนแท่นด้านล่างของเครื่อง ให้ไม้ไผ่ชี้ลงล่างและยึดจับปลายไม้ให้แน่น แล้วดึงจนไม้ไผ่หลุดออกจากคอนกรีตอย่างสมบูรณ์ไม่สามารถรับแรงดึงได้อีก จากนั้นนำค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ไม้ไผ่หลุดออกจากคอนกรีตไปทำการคำนวณหาค่ากำลังยึดเหนี่ยวจากสมการที่ 2.26



รูปที่ 3.13 การทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.5.4 การทดสอบหาโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่

การทดลองหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่จากแรงดึง จะทำการทดสอบและใช้ตัวอย่างเดียวกับการทดสอบแรงดึง จากการทดสอบจะทราบค่าหน่วยการยืดตัว (Tensile) และหน่วยแรงดึง (Tensile Stress) นำมาคำนวณหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่จากแรงดึงได้

3.5.5 การทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต

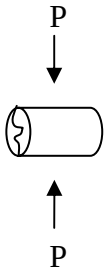
การทดลองหากำลังอัดของคอนกรีตทรง กระบอกโดยนำก้อนคอนกรีตตัวอย่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10x20 ซม. ที่อายุ 28 วัน วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อนำไปคำนวณพื้นที่หน้าตัด และขนาดความยาวแล้วจึงนำไปทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต โดยใช้เครื่องทดสอบแรงอัด (Compression Testing Machine) โดยวางแนวตั้ง แล้วค่อยเพิ่มแรงกดจนกระทั่งก้อนคอนกรีตแตก จดบันทึกค่าแรงสูงสุด แล้วนำไปคำนวณหาค่ากำลังรับแรงอัด

รูปที่ 3.14 การทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต

3.5.6 การทดสอบหากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

การทดสอบหากำลังรับแรงดึงของคอนกรีตทรงกระบอก โดยนำก้อนคอนกรีตตัวอย่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10x20 ซม. ที่อายุ 28 วัน ไปทดสอบสอบหากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต โดยใช้เครื่องทดสอบแรงอัด (Compression Testing Machine) โดยวางแนวนอน แล้วค่อยเพิ่มแรงกดจนกระทั่งก้อนคอนกรีตแตก จดบันทึกค่าแรงสูงสุด แล้วนำไปคำนวณหาค่ากำลังรับแรงดึง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 3.15 การทดสอบหากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

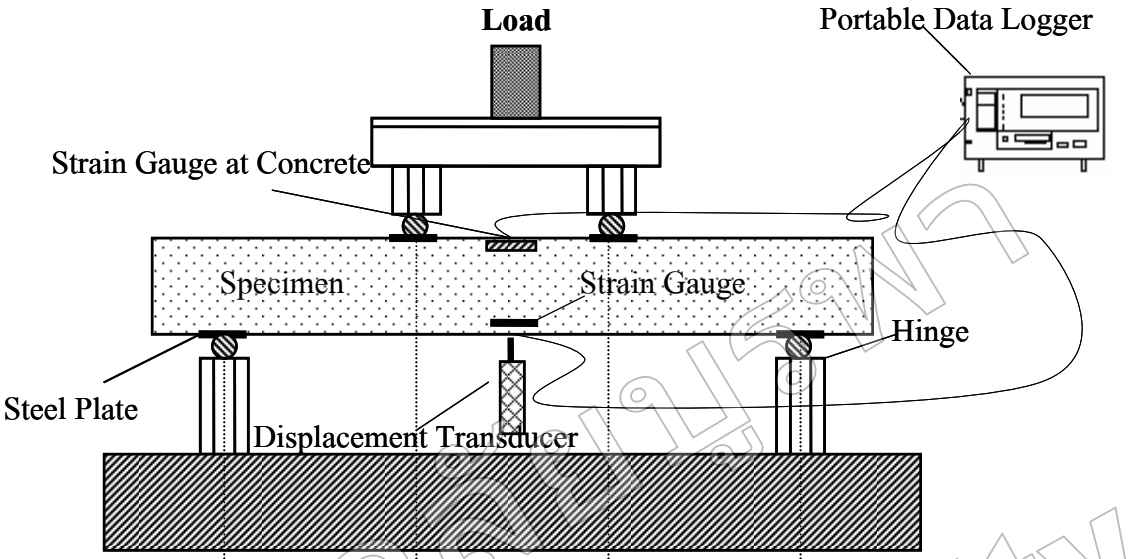
3.5.7 การทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

วิธีการทดลองทดสอบ กำลังแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่อัตราส่วนต่างๆ ใช้วิธีการทำสอบแบบแรงกระทำ 4 จุด

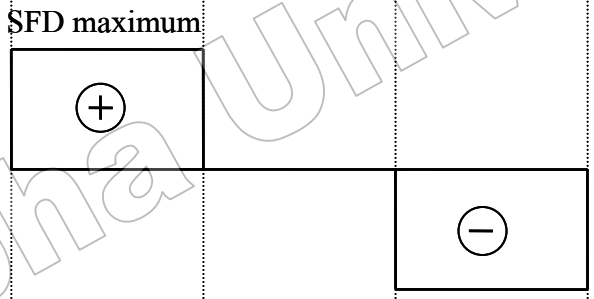
1) วิธีการทดสอบ

การทดสอบหากำลังรับแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ จะใช้วิธีการทดสอบแบบ แรง-กระทำ 4 จุด การทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่แบบแรงกระทำ 4 จุดนั้น จะมีการเตรียมการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบคาน และการติดตั้ง "Electrical - Strain Gauge" นั้นจะติดตั้งบนผิวของไม้ไผ่ที่ฝังอยู่ในคอนกรีต เพื่อใช้ในการวัดระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ภายในพื้นคอนกรีต และติดตั้งที่ผิวด้านบนของพื้นคอนกรีตเพื่อใช้ในการวัดระยะการหดตัวของคอนกรีตด้านที่รับแรงอัด ขณะที่มีแรงกระทำกับพื้นคอนกรีต รูปที่ 3.16 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ ก่อนการทดสอบ และเมื่อทดสอบจะเกิดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด ดั้งรูปที่ 3.17 และ3.18 ตามลำดับ

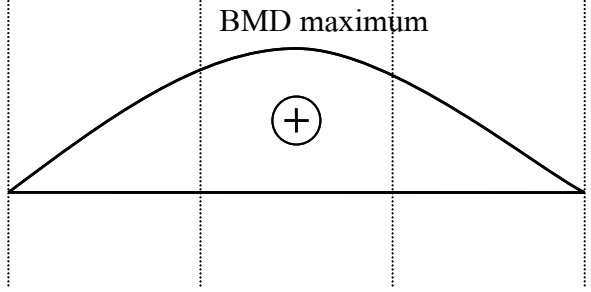
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 3.16 การติดตั้งอุปกรณ์ ที่ใช้ในการทดสอบของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่



รูปที่ 3.17 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นบนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่



รูปที่ 3.18 โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2) การติดตั้งอุปกรณ์

1. นำแท่นทดสอบตัวอย่างรูปพื้น โดยที่จุดที่รองรับพื้นที่ใช้ในการทดสอบและแรงที่จะกระทำบนพื้นนั้น เป็นแบบ Hinge Support และมีแผ่นยางรองอยู่ระหว่างพื้นกับจุดที่รองรับพื้น เพื่อให้ผิวสัมผัสของพื้นกับจุดรองรับสนิทโดยตลอดความกว้างของพื้น ติดเข้ากับเครื่องทดสอบ

2. แบ่งก้อนตัวอย่างตามยาว โดยระยะห่างระหว่างจุดที่รองรับพื้น (Gauge Length) มีระยะเท่ากับ 120 เซนติเมตร ส่วนภายในที่เหลือแบ่งเป็น 3 ส่วนเท่าๆกันเท่ากับช่วงละ 40 เซนติเมตร

3. วางตัวอย่างแผ่นพื้นลงบนแท่น โดยให้รอยขีดอยู่ตรงกับฐานของแท่น

4. ปรับแท่นกดด้านบนมาวางบนก้อนตัวอย่างให้ตรงรอยขีดเช่นกัน

5. ตั้งน้ำหนักกดให้คงที่ อัตราที่ใช้คือ 0.14-0.20 กก./ซม.^{2}/วินาที

6. เปิดเครื่องกดน้ำหนัก จนก้อนตัวอย่างหัก บันทึกค่า

3) การใช้แรงที่จะกระทำบนพื้น

พื้นที่ใช้ในการทดสอบนั้นจะเป็นพื้นที่เป็นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ดังรูปที่ 3.23 ซึ่งการทดสอบนี้จะสนใจศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพื้นก่อนเกิดการแตกร้าว และระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ภายในพื้นคอนกรีต ซึ่งแรงที่จะกระทำบนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่นี้ใช้อุปกรณ์ที่ เรียกว่า Hydraulic Jack ให้แรงไปกระทำบนแผ่นพื้น

4) การวัดการโก่งตัวของพื้น

การทดสอบในส่วนนี้จะใช้ อุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 1 ชุด ติดตั้งที่กึ่งกลางระหว่างจุดรองรับทั้งสอง ดังรูปที่ 3.22 เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงที่กึ่งกลางพื้น ความละเอียดของอุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่นี้ เท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร

5) การวัดระยะการยืดตัวของไม้ไผ่เสริมภายในพื้นคอนกรีตไม้ไผ่

ใช้ Electrical - strain gauge ในการวัดระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ภายในพื้นคอนกรีต ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีความยาว 10±5 มิลลิเมตร ในการใช้งานจะติดตั้งอุปกรณ์นี้บนไม้ไผ่ ก่อนหล่อพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่นี้ขึ้น ดังนั้น Electrical - Strain Gauge นี้จะฝังอยู่ในพื้นคอนกรีตในระหว่างการทดสอบต่างๆ ที่เกิดขึ้น ค่าความละเอียดของ Electrical - Strain Gauge เท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

6) การวัดระยะการหดตัวของผิวด้านบนของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ใช้ Electrical - Strain Gauge ชนิดที่ใช้ติดบนคอนกรีต ในการวัดระยะการหดตัวของผิวด้านบนของพื้นคอนกรีต โดยจะติดอุปกรณ์นี้ที่ผิวด้านบนของคอนกรีตบริเวณกึ่งกลางพื้นซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีความยาว 20±5 มิลลิเมตรค่าความละเอียดของ Electrical - Strain Gauge เท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร

7) การบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูล แรงที่กระทำบนพื้น และการทรุดตัวของพื้น ใช้ Portable Data Logger รุ่น TDS-301 ในการเก็บข้อมูล ข้อมูลจากเครื่อง Data logger นั้นสามารถบันทึกในแผ่นดิสก์ (Floppy Disk) ของเครื่อง หรือพิมพ์ออกมาจาก Data Logger เครื่อง Data Logger นั้นสามารถตั้งให้บันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติ หรือ แบบควบคุมด้วยตนเองได้ ซึ่งในการทดสอบนี้ใช้การพิมพ์ออกมา โดยการควบคุมด้วยตนเอง

8) แผนภาพการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

รูปที่ 3.19 แสดงการติดตั้ง Strain Gauge ที่ด้านบน และด้านล่างผิวคอนกรีต

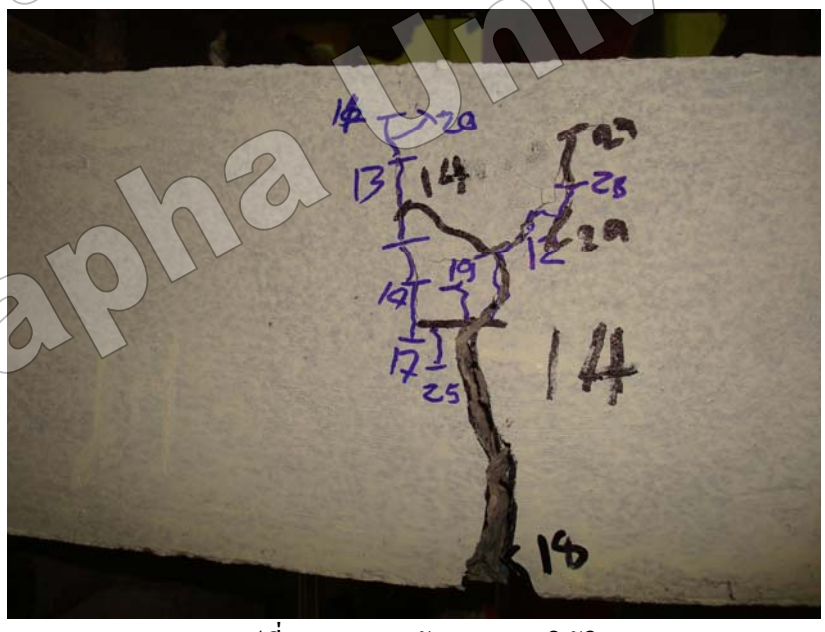
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ 3.20 แสดงการติดตั้งแผ่นพื้นก่อนการทดสอบ

รูปที่ 3.21 แสดงการบันทึกค่าจากเครื่อง Data Logger

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ 3.22 แสดงการขีดบอกแรงที่ทำให้คอนกรีตแตกร้าว



รูปที่ 3.23 แสดงลักษณะการวิบัติ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

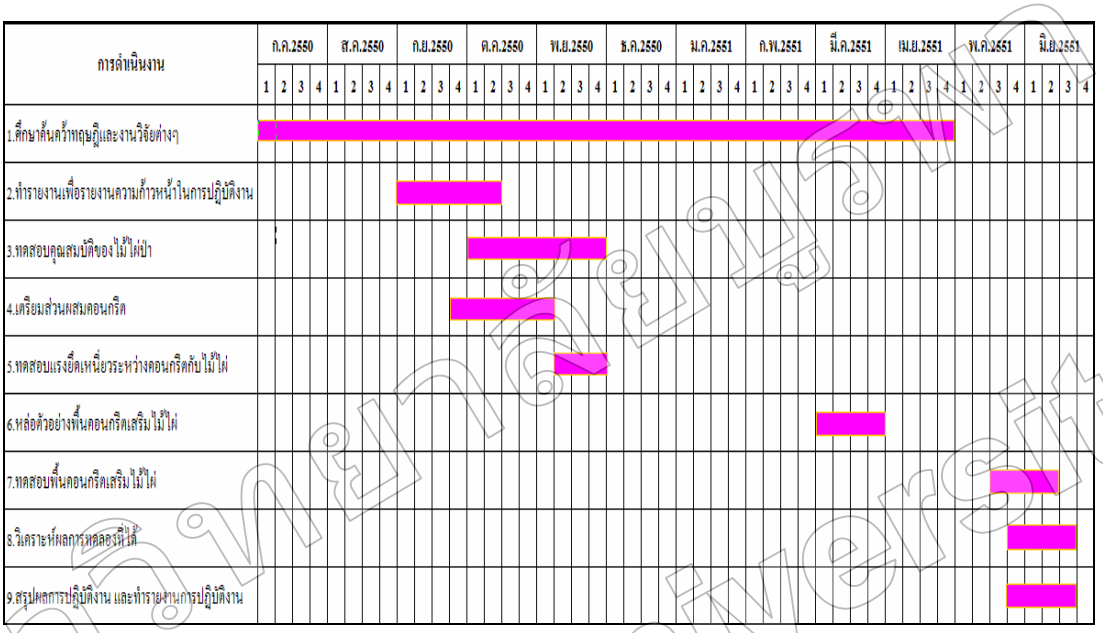
รูปที่ 3.24 แสดงลักษณะการวิบัติใต้ท้องพื้น

รูปที่ 3.25 แสดงลักษณะการโก่ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.6 แผนการดำเนินงาน



มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 4

ผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุ

4.1.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ ซึ่งมีแบบชนิดที่มีข้อและไม่มีข้อ จำนวนชนิดละ 6 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่อง UTM (Universal Testing Machine) ดึงด้วยความเร็ว 5 มม./นาที ความยาวของไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดสอบยาวประมาณ 70 ซม. ทั้งแบบชนิดมีข้อ และแบบชนิดที่ไม่มีข้อ จะทำให้ทราบกำลังรับแรงดึง ซึ่งมีผลการทดลองดังตารางที่ ก-1 ซึ่งจะสามารถหาค่ากำลังเฉลี่ย ดังนี้

- กำลังรับแรงดึงสูงสุดของไม้ไผ่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2520.95 kg/cm^2
- กำลังรับแรงดึงที่yield ของไม้ไผ่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1927.58 kg/cm^2

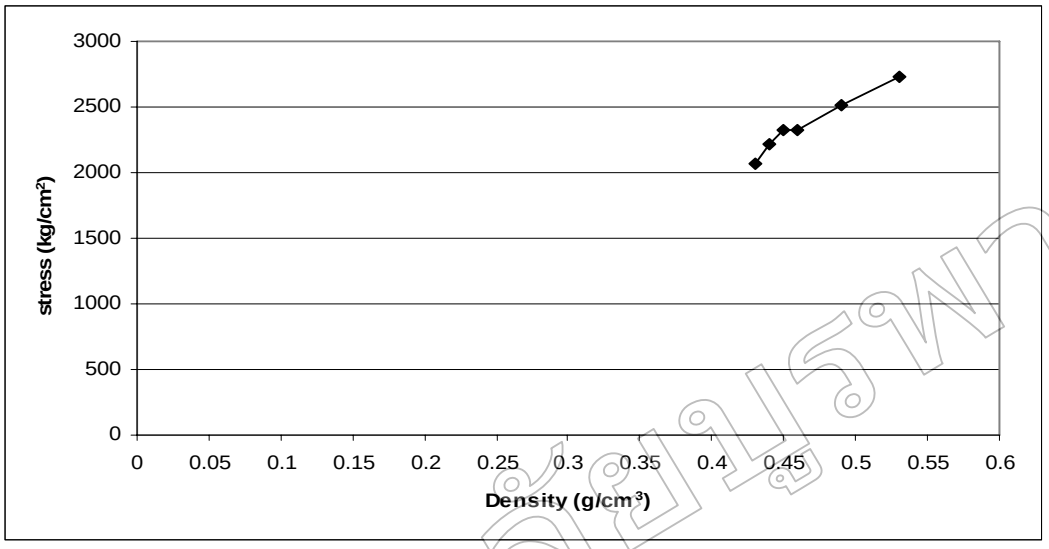
และเมื่อนำค่ากำลังรับแรงดึง (Stress) และค่าระยะยืด (Strain) นำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ เพื่อใช้ในการหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ จะสามารถเขียนกราฟของไม้ไผ่ชนิดไม่มีข้อ และของไม้ไผ่ชนิดมีข้อ ดังกราฟรูปที่ ข-1 ถึง ข-12

เมื่อพิจารณาจากการทดลองจะทำให้ทราบว่า ขณะที่เริ่มทำการดึงไม้ไผ่ ไม้ไผ่จะเริ่มยืดตัวออกเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มแรงขึ้นเรื่อยๆจนถึงจุดหนึ่ง ไม้ไผ่ก็จะเริ่มแตกจนกระทั่งไม่สามารถรับแรงดึงได้อีก ซึ่งลักษณะการวิบัติไม้ไผ่ชนิดที่ไม่มีข้อจะเกิดการวิบัติบริเวณใกล้กับที่ยึดจับ และแตกในแนวขนานเสี้ยน ส่วนไม้ไผ่ชนิดที่มีข้อจะเกิดการวิบัติบริเวณข้อของไม้ไผ่ สำหรับกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ ไม้ไผ่ชนิดมีข้อจะมีค่ากำลังรับแรงดึงมากกว่าชนิดที่ไม่มีข้อ ส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นจะมีค่าใกล้เคียงกัน

4.1.2 ผลการทดสอบความหนาแน่นของไม้ไผ่

ผลการทดสอบหาความหนาแน่นแห้งของไม้ไผ่ จากการทดสอบไม้ไผ่ทั้งหมด 6 ตัวอย่าง จะได้ผลการทดสอบดังตารางที่ ก-2 คือ ไม้ไผ่ป่า จะมีค่าความหนาแน่นแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 0.47 g/cm^3 ซึ่งเมื่อนำค่าความหนาแน่นแห้งมาวิเคราะห์กับผลการทดสอบแรงดึงไม้ไผ่ ความหนาแน่นแห้งจะมีผลต่อกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ ยิ่งถ้าไม้ไผ่มีความหนาแน่นแห้งมาก กำลังของไม้ไผ่ก็จะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4.1

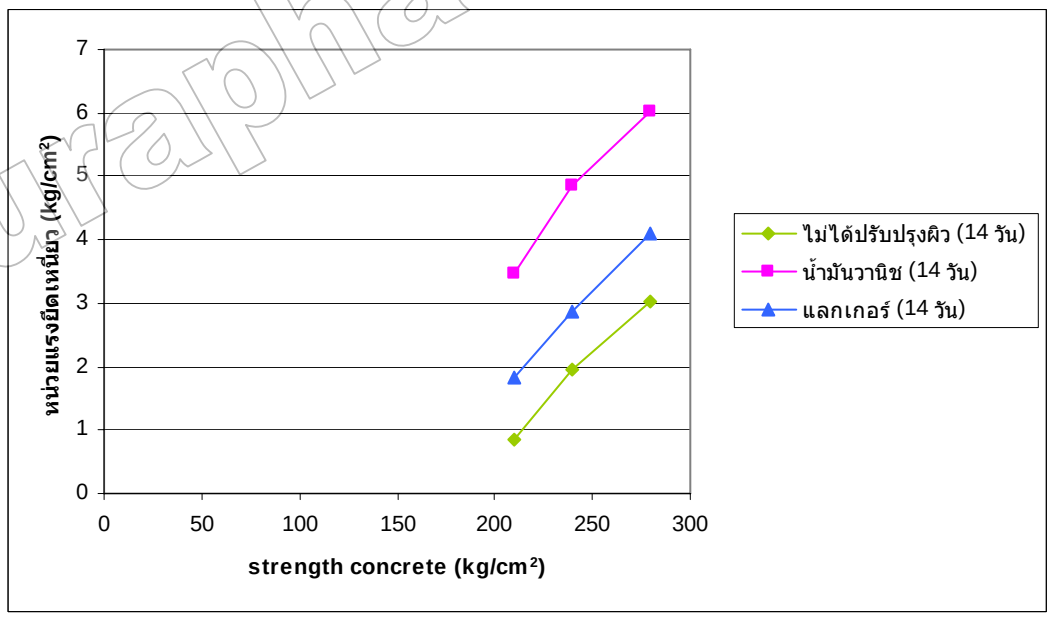
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและกำลังรับแรงดึง ของไม้ไผ่ชนิดไม่มีข้อ

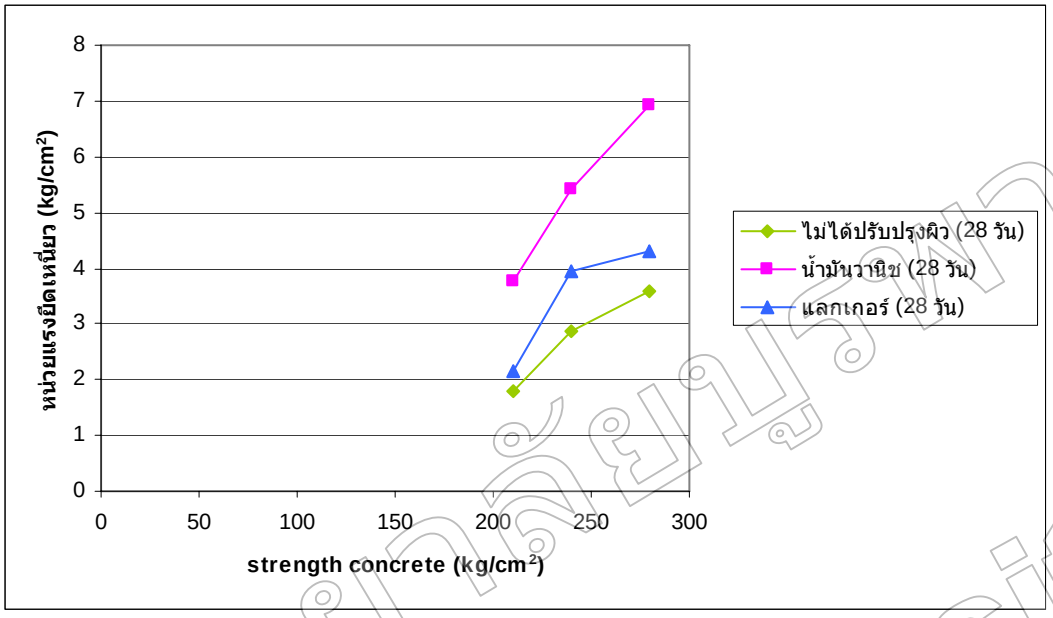
4.1.3 ผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

จากการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ซึ่งจากการทดลองจะใช้วิธีการปรับปรุงผิวไม้ไผ่ 3 วิธี คือ น้ำมันวานิช แลกเกอร์ และไม่ปรับปรุงผิวไม้ไผ่ และจะใช้คอนกรีตตามกำลังอัด 3 กำลังอัด คือ 210, 240, และ 280 kg/cm^2 ซึ่งจากการทดลองจะทำให้ทราบดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 ดังนี้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ชนิดมีข้อและไม่มีข้อที่ปรับปรุงผิวด้วยน้ำมันวานิช, แลกเกอร์ และชนิดที่ไม่ได้ปรับปรุงผิว ที่อายุคอนกรีต 14 วัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ชนิดมีข้อและไม่มีข้อ ที่ปรับปรุงผิวด้วยน้ำมันวานิช, แลกเกอร์ และชนิดที่ไม่ได้ปรับปรุงผิว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน

จากการทดสอบเพื่อหาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ จะทำให้พบว่าเมื่อคอนกรีตมีกำลังเพิ่มขึ้น หน่วยแรงยึดเหนี่ยวก็จะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย อาจจะทำให้คาดว่าเมื่อคอนกรีตมีกำลังมากขึ้น การยึดประสานระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ก็จะดีขึ้นด้วย

ส่วนการปรับปรุงผิวไม้ไผ่โดยใช้น้ำยาเคลือบผิว คือ น้ำมันวานิช และแลกเกอร์ ก่อนที่จะทำการทดสอบ จะทำให้ทราบว่าน้ำมันวานิชสามารถช่วยป้องกันการหดตัว และขยายตัวของไม้ไผ่ได้ดีที่สุด แลกเกอร์มีค่ารองลงมา ส่วนไม้ไผ่ที่ไม่ได้ปรับปรุงผิวเมื่อทำการทดสอบจะได้ค่าแรงยึดเหนี่ยวที่น้อยที่สุด ฉะนั้นวัสดุเคลือบผิวจึงมีส่วนที่จะช่วยให้ลดการยืด-หดตัวของไม้ไผ่ได้

เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริม (Bond Pull Out Test) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มีผลการทดสอบ คือ

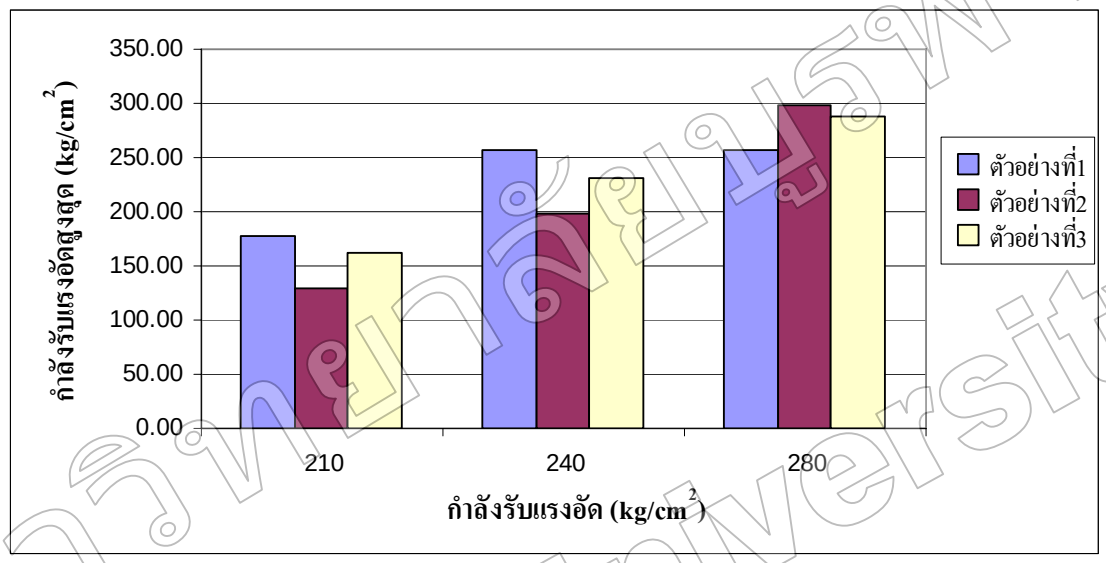
- เหล็กเสริมเส้นกลม RB 12 มีแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 30.24 kg/cm^2
- เหล็กเสริมข้ออ้อย DB 12 มีแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 87.45 kg/cm^2

จะเห็นได้ว่าเหล็กเสริมทั้งชนิดเส้นกลม และข้ออ้อยจะมีแรงยึดเหนี่ยวมากกว่าไม้ไผ่มาก ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี เพราะว่าไม้ไผ่จะมีการหดตัวมาก จึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างผิวคอนกรีตและไม้ไผ่ จึงทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่น้อย ส่วนเหล็กจะเกิดการหดตัวน้อยมาก จึงไม่มีผลต่อแรงยึดเหนี่ยว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.1.4 ผลการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต

จากการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต ซึ่งจะใช้คอนกรีตทั้งหมด 3 ชนิด คือ 210, 240, และ 280 kg/cm^2 หล่อในแบบหล่อคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm. สูง 20 cm. ซึ่งจากการทดสอบจะทำให้ทราบผลดังรูปที่ 4.4 ดังนี้



รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

จากการทดสอบหากำลังรับแรงอัดจะได้ค่ากำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณไว้ดังนี้

-จากการคำนวณที่ 210 kg/cm^2 จะมีค่ากำลังรับแรงอัดจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 156.77 kg/cm^2

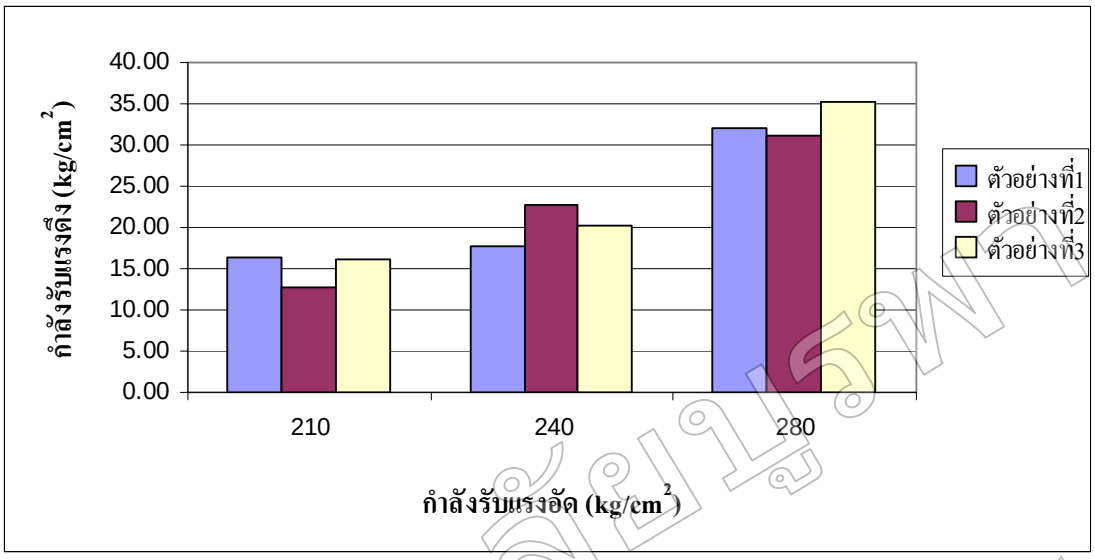
-จากการคำนวณที่ 240 kg/cm^2 จะมีค่ากำลังรับแรงอัดจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 228.68 kg/cm^2

-จากการคำนวณที่ 280 kg/cm^2 จะมีค่ากำลังรับแรงอัดจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 280.79 kg/cm^2

4.1.5 ผลการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

จากการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต ซึ่งจะใช้คอนกรีตทั้งหมด 3 ชนิด คือ 210, 240, และ280 kg/cm^2 หล่อในแบบหล่อคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm. สูง 20 cm. ซึ่งจากการทดสอบจะทำให้ทราบผลดังรูปที่ 4.5 ดังนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.5 แผนภูมิแสดงค่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

จากการทดสอบหากำลังรับแรงดึงจะได้ค่ากำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณไว้ดังนี้

-จากการคำนวณที่ 210 kg/cm^2 จะมีค่ากำลังรับแรงดึงจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 15.06 kg/cm^2

-จากการคำนวณที่ 240 kg/cm^2 จะมีค่ากำลังรับแรงดึงจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 20.22 kg/cm^2

-จากการคำนวณที่ 280 kg/cm^2 จะมีค่ากำลังรับแรงดึงจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 32.83 kg/cm^2

4.2 ผลการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

4.2.1 การวิบัติของพื้นคอนกรีต

พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เมื่อได้รับน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นที่ผิวใต้ท้องแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะเริ่มแตก และเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกไปเรื่อยๆรอยแตกก็จะเพิ่มขึ้นจากด้านล่างพื้นคอนกรีตไปสู่ด้านบน ดังรูปที่ 4.6 และรอยแตกก็จะเริ่มขยายขึ้นจนวิบัติ จากการสังเกตจะพบว่าเมื่อคอนกรีตเริ่มแตกที่ใต้ท้องพื้น น้ำหนักบรรทุกก็จะลดลง แต่เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นก็จะสามารถรับแรงได้อีก เนื่องจากไม้ไผ่ป้าจะเป็นตัวช่วยในการรับแรงดึง ทำให้สามารถรับแรงได้อีกจนพื้นคอนกรีตวิบัติก็จะไม่สามารถรับแรงได้ จะเห็นได้ว่าพื้นคอนกรีตจะเริ่มแตกจากด้านล่างและแตกเรื่อยๆจนวิบัติ ทำให้เมื่อนำไปใช้จริงสามารถสังเกตเห็นการวิบัติที่เกิดขึ้น ทำให้สามารถเตรียมพร้อมก่อนการวิบัติได้ทัน สำหรับรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นบริเวณกลางแผ่นพื้นคอนกรีต เพราะว่าบริเวณกลางแผ่นพื้นคอนกรีตจะเป็นช่วงที่ทำให้เกิดโมเมนต์ดัดมากที่สุดสำหรับพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะเกิดรอยแตกประมาณ 1-2 รอย

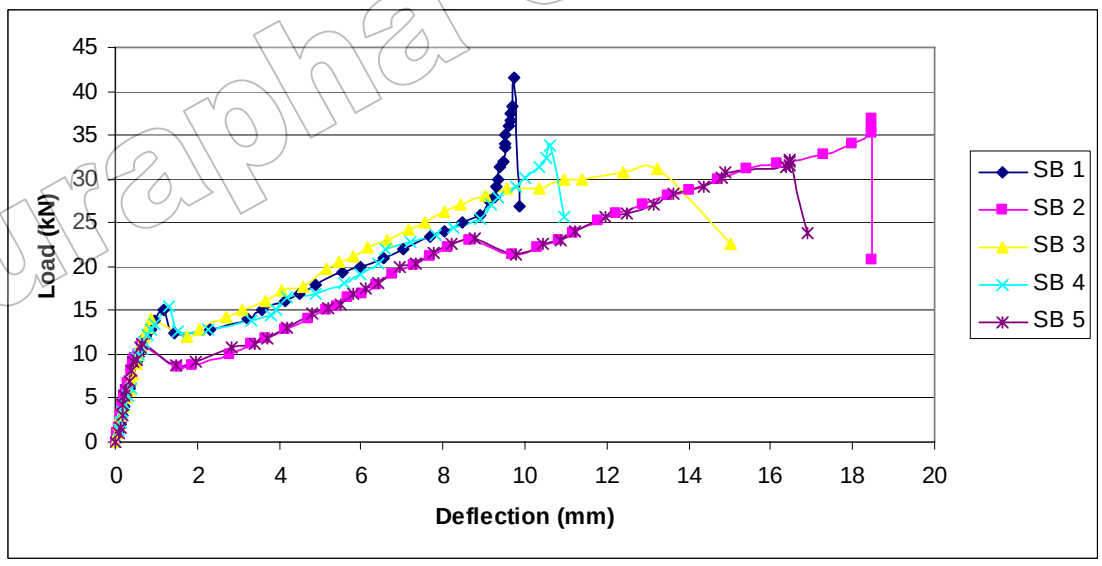
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ 4.6 แสดงการแตกของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จากผิวด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน

4.2.2 พฤติกรรมของพื้นคอนกรีต

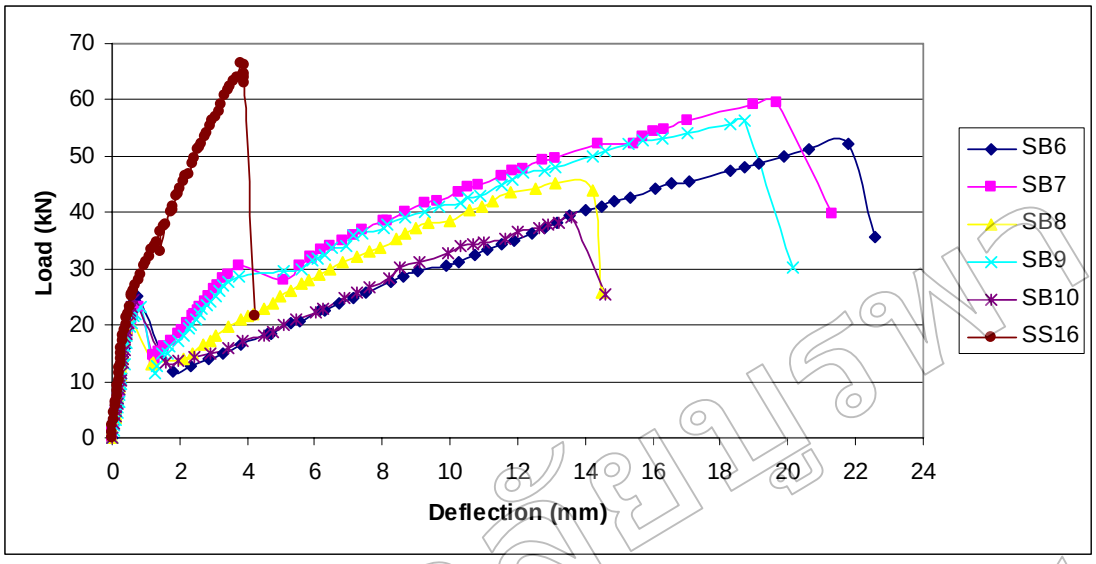
จากการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ โดยการนำพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่มาทดสอบการรับกำลังด้วยวิธีการทดสอบแบบแรงกระทำ 4 จุด จะทำให้ทราบค่าระหว่างแรงที่กระทำ, ระยะการโก่งตัว, ค่าหน่วยการยืดหดตัวของไม้ไผ่ และคอนกรีต ของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ซึ่งเราสามารถพิจารณาได้ดังนี้

1) ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และระยะโก่งของพื้นคอนกรีต

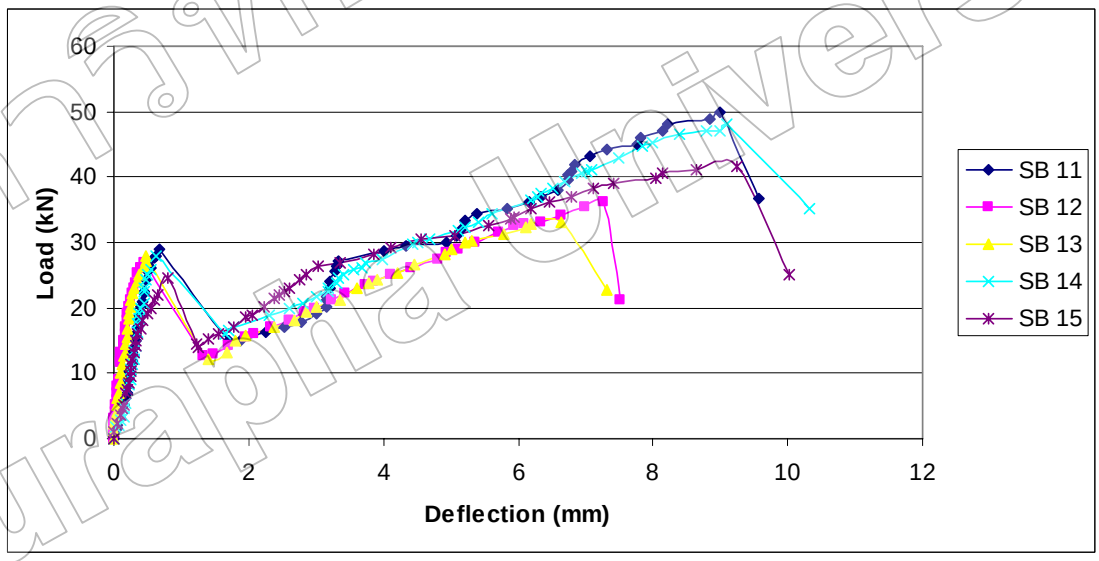


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และระยะโก่ง ของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่SB1,SB2,SB3,SB4,SB5 ที่กำลังคอนกรีต 210 ksc

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และระยะโก่ง ของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB6,SB7,SB8,SB9,SB10 และเสริมเหล็ก SS16 ที่กำลังคอนกรีต 240 ksc



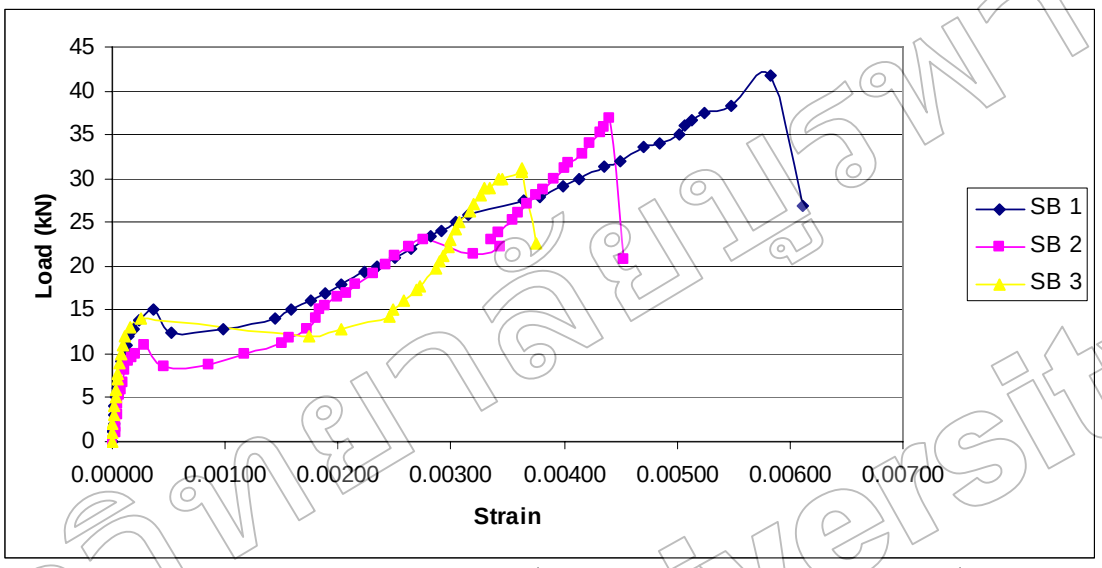
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และระยะโก่ง ของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่SB11,SB12,SB13,SB14,SB15 ที่กำลังคอนกรีต 280 ksc

จากรูปที่ 4.7-4.9 ข้างต้น จะทำให้ทราบพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เริ่มจากขณะที่เพิ่มน้ำหนักบรรทุกไปจนถึงวิบัติ จะสังเกตุพบว่าเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกพื้นคอนกรีตก็จะเริ่มเกิดการโก่ง จนเมื่อได้รับแรงกระทำไปจนถึงจุดหนึ่ง เริ่มเกิดการแตกที่ผิวคอนกรีตจากด้านล่าง ทำให้แรงจะตกลงมาเล็กน้อย หลังจากนั้นก็จะเริ่มรับแรงเพิ่มขึ้นจนถึงวิบัติ เมื่อนำพื้นคอนกรีต

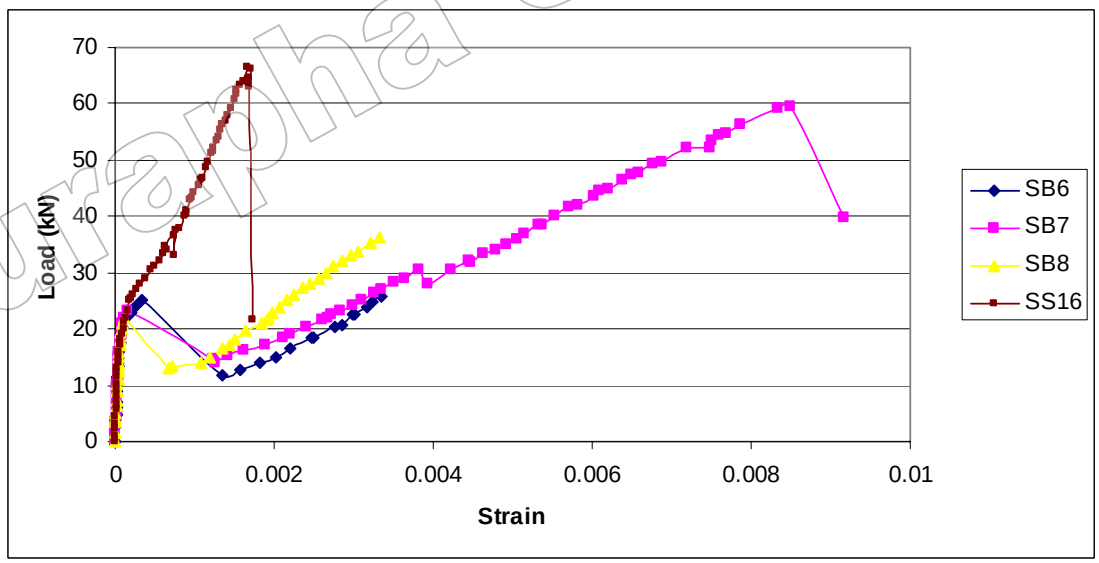
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เสริมเหล็กมาเปรียบเทียบ จากรูปที่ 4.8 จะเห็นว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะมีระยะโก่งมากกว่าพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก สามารถพิจารณาได้ว่าไม้ไผ่จะมีการยืดตัวมากกว่าเหล็กเสริม

2) ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และความเครียด ของพื้นคอนกรีต

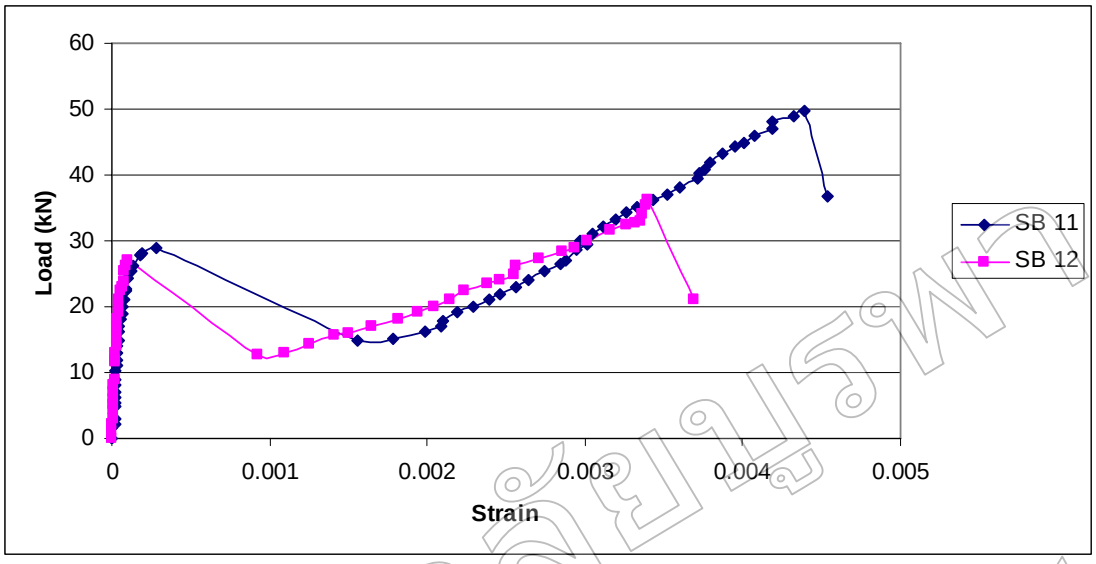


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และความเครียด ของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่SB1,SB2,SB3,SB4,SB5 ที่กำลังคอนกรีต 210 ksc



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และความเครียด ของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB6,SB7,SB8,SB9,SB10 และเสริมเหล็ก SS16 ที่กำลังคอนกรีต 240 ksc

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

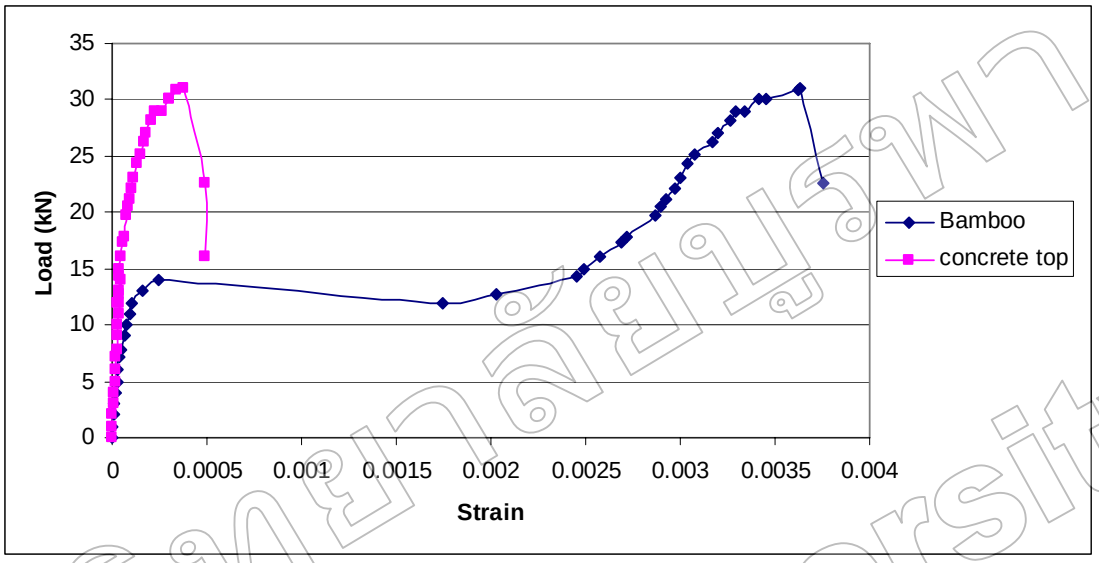


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และความเครียด ของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่SB11,SB12,SB13,SB14,SB15 ที่กำลังคอนกรีต 280 ksc

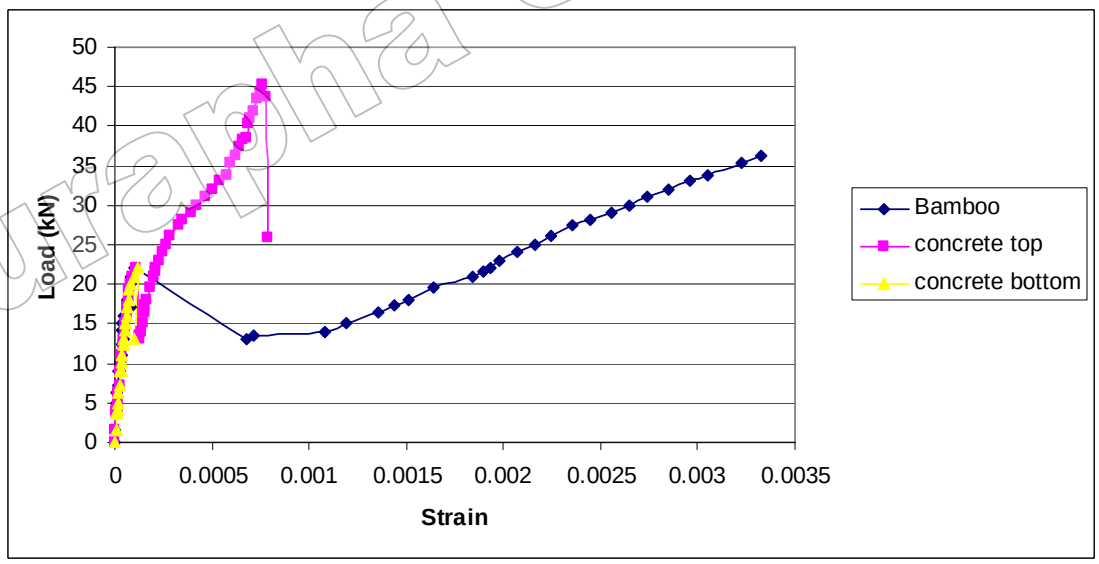
จากรูปที่ 4.10-4.12 จะพบว่าเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นค่า Strain ของไม้ไผ่ และเหล็กเสริม ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเมื่อพื้นคอนกรีตเริ่มแตกแรงกระทำก็ตกลง ทำให้เกิดความเครียด มีระยะมากดังเส้นกราฟ หลังจากนั้นน้ำหนักบรรทุกก็จะเพิ่มขึ้น และ Strain ก็เพิ่มขึ้นตามปกติจนวิบัติ จากการเปรียบเทียบระหว่างไม้ไผ่กับเหล็กเสริมที่กำลังอัดคอนกรีตที่ 240 ksc จะพบว่าว่าไม้ไผ่จะมีค่าความเครียดมากกว่าเหล็กเสริม และเมื่อผิวคอนกรีตในท้องพื้นเริ่มแตกเหล็กเสริมจะไม่มีระยะของ Strain มากเหมือนกับไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3) ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับความเครียด ของไม้ไผ่ และคอนกรีต ที่เกิดขึ้นกับพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

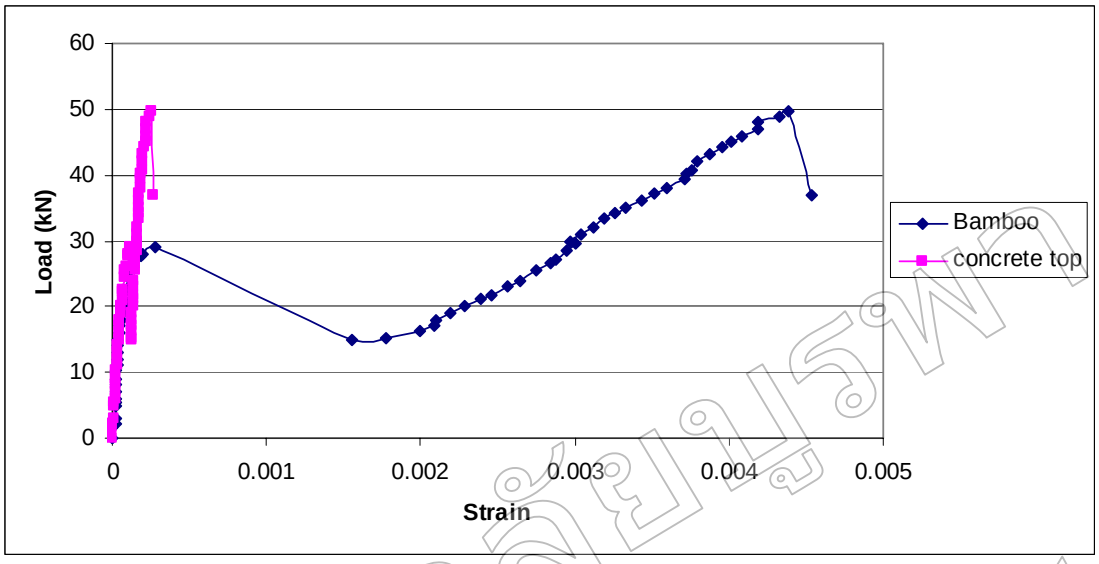


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับความเครียด ของไม้ไผ่ และคอนกรีต ที่เกิดขึ้นกับพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB3 ที่กำลังคอนกรีต 210 ksc



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับความเครียด ของไม้ไผ่ และคอนกรีต ที่เกิดขึ้นกับพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB8 ที่กำลังคอนกรีต 240 ksc

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

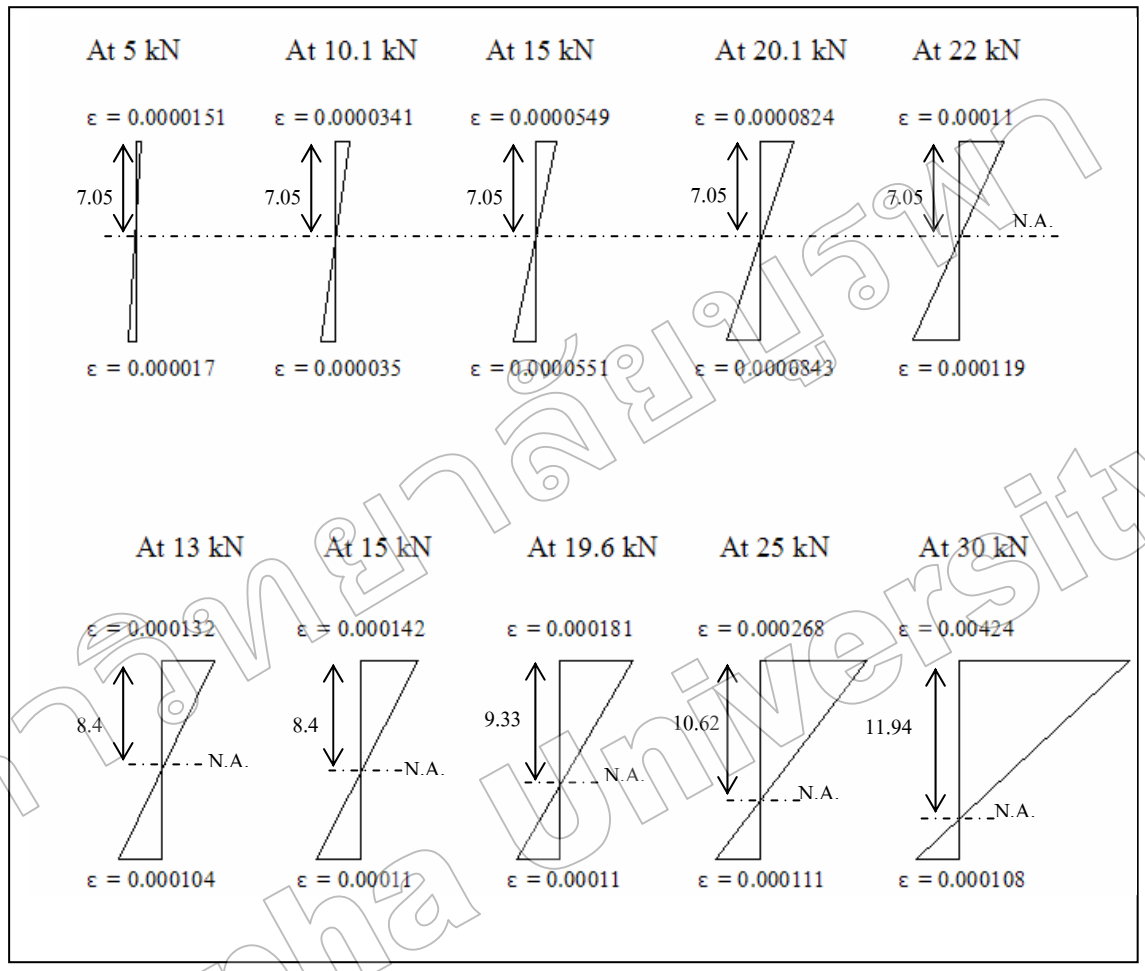


รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก กับความเครียด ของไม้ไผ่ และคอนกรีต ที่เกิดขึ้นกับพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB11 ที่กำลังคอนกรีต 280 ksc

จากรูปที่ 4.13-4.15 จะเห็นได้ว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และความเครียดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ที่เกิดขึ้นในไม้ไผ่ที่เสริมในพื้นคอนกรีต และที่ผิวคอนกรีต จะทำให้เห็นว่าก่อนคอนกรีตแตกตัวที่ด้านล่างใต้ท้องพื้นเส้นกราฟจะแตกต่างกันเล็กน้อย และเมื่อหลังจากคอนกรีตด้านล่างแตกแล้วไม้ไผ่จะมีค่าความเครียดมาก แต่สำหรับที่ผิวคอนกรีตด้านบนจะมีค่า Strain น้อยกว่ามาก และจากการพิจารณาที่พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB 8 ได้ทำการติด Strain Gauge ทั้งที่ผิวด้านบนและด้านล่างของพื้นคอนกรีต จากรูปที่ 4.14 ทำให้เห็นว่าก่อนคอนกรีตแตกตัวที่ด้านล่างใต้ท้องพื้นเส้นกราฟจะแตกต่างกันเล็กน้อย แล้วหลังจากนั้นค่าความเครียดที่ผิวด้านล่างก็จะเริ่มคงที่ เนื่องจากที่ผิวด้านล่างเกิดการวิบัติไปแล้ว ส่วนด้านบนที่ยังเป็นปกติ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4) พฤติกรรมที่ผิวคอนกรีต



รูปที่ 4.16 แสดงแผนภาพค่าความครียด ที่น้ำหนักบรรทุก ต่างๆกัน
ที่ผิวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB8

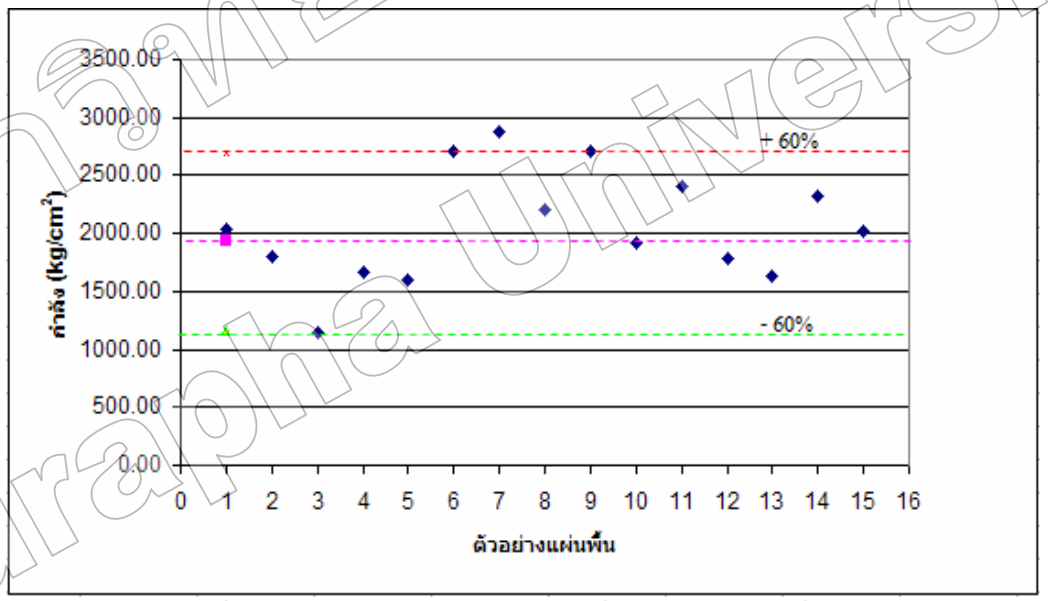
จากรูปด้านบนเป็นการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB8 ขณะทำการทดสอบได้ทำการติดตั้ง Strain Gauge ชนิดติดคอนกรีต ติดด้านบนและด้านล่างของแผ่นพื้น SB8 ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาจะพบว่า ค่าความเครียดจะเริ่มสูงขึ้นเมื่อได้รับน้ำหนักบรรทุก และด้านล่างจะมีค่าความเครียด มากกว่าด้านบน แต่หลังจากคอนกรีตเริ่มวิบัติที่ 22 kN ค่าความเครียดที่ด้านล่างจะอยู่คงที่ ส่วนด้านบนก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนคงที่เมื่อเกิดการวิบัติ และเมื่อสังเกตจากแกนสะเทินจะเห็นว่าช่วงก่อนการแตกที่ผิวด้านล่าง ที่แรง 22 kN ระยะแกนสะเทินจะอยู่ที่ระยะเท่าๆกัน คือ 7.05 cm ห่างจากผิวคอนกรีตด้านบน ส่วนแรงหลังจาก 22 kN ระยะแกนสะเทินก็จะเพิ่มขึ้นดังรูป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5) ค่าคูณลดกำลัง (ϕ)

จากการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ จะพบว่ามีพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่บางตัวอย่างสามารถรับแรงได้น้อยกว่าทฤษฎี น่าจะมีสาเหตุมาจากไม้ไผ่ที่ได้นำมาเสริมในแผ่นพื้น มีค่ากำลังรับแรงดึงน้อยกว่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยที่ได้ทดสอบไว้ด้วยเครื่อง UTM (Universal Testing Machine) เนื่องจากไม้ไผ่เป็นวัสดุตามธรรมชาติ จึงทำให้ไม่สามารถหาคุณสมบัติที่แน่นอนได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ Factor (ϕ) มาใช้ในการคูณลดกำลังของไม้ไผ่ที่ได้จากการทดสอบกำลังรับแรงดึง และสามารถหาค่า Factor (ϕ) จากกราฟรูปที่ 4.17 จะเห็นว่า เมื่อดูการคลาดเคลื่อนของกำลังรับแรงดึงที่ –60 % จะพบว่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ป่าที่เสริมในแผ่นพื้นที่มีค่าน้อยที่สุด มีค่ามากกว่าเส้นความคลาดเคลื่อนที่ –60 % ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่า Factor (ϕ) ได้เท่ากับ 0.60

$$\phi = 0.60$$



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงกำลังรับแรงดึงที่ความแปรปรวนที่ 60%

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

6) **พิกัดควบคุมรอยร้าว**

เมื่อคำนวณออกแบบโดยวิธีกำลังเพื่อหาขนาดตัดของรูปส่วนโครงสร้างที่รับแรงดัดทางเดียว จะพบว่าหน่วยการยืดตัวของเหล็กเสริมในสภาวะใช้งานมีค่าสูงมาก ซึ่งมีผลทำให้รอยร้าวกว้างมากขึ้น ดังนั้นเพื่อควบคุมความกว้างของรอยร้าวในบริเวณที่รับโมเมนต์สูงสุด จึงต้องคำนวณหาดัชนีความกว้างของรอยร้าว (Index of Crack Width: Z) สำหรับคาน คสล. โดยพิจารณาจากสมการ

$$Z = \phi \cdot f_{by} \sqrt[3]{d_c A}$$

ซึ่งจากการคำนวณหาดัชนีความกว้างของรอยร้าวจะพบว่า ค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการ จะมีค่าเท่ากับ 5,169 kg/cm^2 ซึ่งจะมีค่าไม่เกินมาตรฐาน ACI หรือ ว.ส.ท.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบวัสดุ

5.1.1 สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

จากการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้ไม้ไผ่ในการทดสอบ เนื่องจากหาได้ง่ายให้ท้องถิ่น โดยแบ่งทดสอบไม้ไผ่ 2 รูปแบบ คือ แบบมีข้อ และแบบไม่มีข้อ เมื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ จะได้กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่มีค่าเท่ากับ 2,520.95 kg/cm^2 และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 432,142.70 kg/cm^2 ส่วนลักษณะการวิบัติของไม้ไผ่ที่ได้ทำการทดสอบ จะมีการวิบัติที่บริเวณข้อ และแตกตามแนวขนานเสี้ยน

5.1.2 สรุปผลการทดสอบความหนาแน่นของไม้ไผ่

จากการทดสอบหาความหนาแน่นของไม้ไผ่ ซึ่งการทดสอบนี้จะใช้ไม้ไผ่ชิ้นเดียวกับการทดสอบกำลังรับแรงดึงชนิดไม่มีข้อ จะได้ค่าความหนาแน่นของไม้ไผ่มีค่าเท่ากับ 0.47 g/cm^3 ซึ่งค่าความหนาแน่นจะมีผลต่อกำลังของไม้ไผ่ ถ้ามีความหนาแน่นมากกำลังของไม้ไผ่ก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

5.1.3 สรุปผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

จากการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัด 210, 240 และ 280 kg/cm^2 โดยการแบ่งตัวอย่างเป็น 2 แบบ คือ แบบทำการปรับปรุงผิวด้วยน้ำมันวานิชและแลกเกอร์ และแบบไม่ได้ทำการปรับปรุงผิว จะได้ผลการทดสอบคือ จากการปรับปรุงผิวด้วยน้ำมันวานิช จะมีค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่มากที่สุด ซึ่งจะได้ค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ดังนี้

- ที่กำลังอัดคอนกรีต 210 kg/cm^2 ที่อายุ 14 วัน เท่ากับ 3.46 kg/cm^2
  ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 3.76 kg/cm^2
- ที่กำลังอัดคอนกรีต 240 kg/cm^2 ที่อายุ 14 วัน เท่ากับ 4.85 kg/cm^2
  ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 5.42 kg/cm^2
- ที่กำลังอัดคอนกรีต 280 kg/cm^2 ที่อายุ 14 วัน เท่ากับ 6.01 kg/cm^2
  ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 6.94 kg/cm^2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ส่วนการปรับปรุงผิวไม้ไผ่ด้วยแลกเกอร์ จะมีค่าน้อยกว่าปรับปรุงผิวด้วยน้ำมันวานิช และสำหรับไม้ไผ่ที่ไม่ได้ปรับปรุงผิวจะมีค่าน้อยที่สุด

5.1.4 สรุปผลการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต

จากการทดสอบหากำลังรับแรงอัดจะได้ค่ากำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณไว้ดังนี้

-จากการคำนวณที่ 210 kg/cm^2 จะมีค่ากำลังรับแรงอัดจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 156.77 kg/cm^2

-จากการคำนวณที่ 240 kg/cm^2 จะมีค่ากำลังรับแรงอัดจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 228.68 kg/cm^2

-จากการคำนวณที่ 280 kg/cm^2 จะมีค่ากำลังรับแรงอัดจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 280.79 kg/cm^2

5.1.5 สรุปผลการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

จากการทดสอบหากำลังรับแรงดึงจะได้ค่ากำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณไว้ดังนี้

-จากการคำนวณที่ 210 kg/cm^2 จะมีค่ากำลังรับแรงดึงจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 15.06 kg/cm^2

-จากการคำนวณที่ 240 kg/cm^2 จะมีค่ากำลังรับแรงดึงจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 20.22 kg/cm^2

-จากการคำนวณที่ 280 kg/cm^2 จะมีค่ากำลังรับแรงดึงจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 32.83 kg/cm^2

5.2 สรุปผลการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

5.2.1 พฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

การวิบัติพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เมื่อได้รับแรงมากระทำพื้นคอนกรีตก็จะเริ่มโก่งตัว จนเกิดการแตกที่ผิวคอนกรีตที่ล่าง ขณะที่คอนกรีตเริ่มแตกแรงกระทำก็จะตกลงมา หลังจากนั้นไม้ไผ่ก็จะเริ่มรับแรงเพียงชนิดเดียว ทำให้แรงกระทำเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดการวิบัติจนไม่สามารถรับแรงได้ต่อไป จากการทดสอบจะสังเกตได้ว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ทำให้เราสามารถสังเกตพบรอยแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ก่อนที่จะเกิดการวิบัติ และทำให้สามารถเตรียมพร้อมก่อนที่พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะวิบัติได้

สำหรับจากการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ จะพบว่าเมื่อนำค่ากำลังที่ได้จากการทดสอบไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากทฤษฎี จะพบว่าจะมีค่าคลาดเคลื่อนประมาณ 20.05% น่าจะมีสาเหตุมาจากไม้ไผ่ เพราะว่าไม้ไผ่เป็นวัสดุตามธรรมชาติ จึงให้ค่ากำลังรับแรงดึงได้เท่ากันทุกเส้นก็เป็นไปไม่ได้ จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการคลาดเคลื่อน เพื่อความปลอดภัยในการนำไปใช้ผู้ศึกษาโครงงานขอแนะนำให้ใช้ ค่า Factor (ϕ) เท่ากับ 0.60 เพื่อนำไปใช้ในการลดกำลังของไม้ไผ่ที่นำมาใช้เสริมในแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ดังสมการ

$$f_{by}{}' = \phi \cdot (f_{by}) \qquad ; \quad \phi = 0.60$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สำหรับพิกัดควบคุมรอยร้าว จากการคำนวณหาดัชนีความกว้างของรอยร้าวจะพบว่า ค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการ $Z = \phi \cdot f_{by} \sqrt[3]{d_c A}$ จะมีค่าเท่ากับ 5,169 kg/cm^2 ซึ่งจะมีค่าไม่เกินมาตรฐาน ACI หรือ ว.ส.ท.

สำหรับการหาความกว้างของรอยร้าว (Crack Width) ซึ่งจะสามารถหาได้จากสมการ $w = 0.011\beta \cdot \phi \cdot f_{by} \cdot \sqrt[3]{d_c A} \times 10^{-3}$ และหาค่าความกว้างของรอยร้าวที่ $f_{by} = 1927.58$ kg/cm^2 จะมีค่าเท่ากับ 0.077 mm. ซึ่งอยู่ในค่ามาตรฐานของ ACI และเมื่อนำค่าจากมาตรฐาน ACI คณะที่ 224 กำหนดให้ความกว้างสูงสุดของรอยร้าวที่สภาวะอยู่ในที่ร่ม จะมีความกว้างสูงสุดของรอยร้าวเท่ากับ 0.41 mm. จะทำให้ทราบค่าแรงกระทำสูงสุด คือ 66 ton แต่เนื่องจากค่าที่ได้จากการคำนวณหาความกว้างรอยร้าวในทฤษฎีเมื่อเทียบกับการทดลอง จะทำให้เห็นว่ามีความแตกต่างกันมากดังนั้น จึงนำมาเปรียบเทียบดังตารางที่ ก-11 จะทำให้ให้ทราบค่ารอยแตกร้าวที่ยอมรับได้คือ 0.15 mm. เพราะว่าหลังจากคอนกรีตเริ่มแตกร้าว จะทำให้ความกว้างของรอยร้าวเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนด และที่ความกว้างของรอยร้าวที่ 0.15 mm. ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบที่น้ำหนักบรรทุก 22 kN จะพบว่าค่ารอยแตกร้าวของการทดลองจะมีค่ามากกว่าทฤษฎีถึง 3 เท่า ดังนั้นจึงใช้ค่า $\alpha = 3.5$ เข้าไปแทนในสมการ ดังนี้ $w = \alpha\,(0.011\beta\phi \cdot f_b \cdot \sqrt[3]{d_c A} \times 10^{-3})$ จะทำให้ได้ค่าความกว้างรอยร้าวจากทฤษฎีใกล้เคียงกับการทดลอง

5.2.2 การนำไปใช้งาน

จากการทดสอบที่ได้พบว่าแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่สามารถรับแรงที่กระทำได้มากกว่าค่าที่คำนวณไว้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการปรับปรุงที่ผิวไม้ไผ่และชนิดของไม้ไผ่ที่นำมางาน เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าไม้ไผ่ที่นำมาเสริมคอนกรีตจะมีคุณสมบัติพอกับเหล็กที่ใช้เสริมคอนกรีตสามารถนำไม้ไผ่มาเสริมแทนเหล็กได้เช่นกัน แต่ไม้ไผ่จะมีจะเกิดการยืดตัวมากกว่าเหล็ก ซึ่งจากการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะพบว่ามีระยะโก่งมากกว่าที่คำนวณในทฤษฎี ดังนั้นจึงควรใช้ไม้ไผ่กับโครงสร้างคอนกรีตที่มีขนาดเล็ก เช่น บ้านชั้นเดียว ลานกีฬา ถนนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และโครงสร้างขนาดเล็กที่ได้รับผลกระทบของคลอไรด์ เป็นต้น และสำหรับการนำไม้ไผ่ไปเสริมในคอนกรีตควรใช้ไม้ไผ่บริเวณข้อ มาเสริมบริเวณที่รับโมเมนต์มากที่สุด เพราะว่าบริเวณข้อจะมีหน่วยแรงดึงของไม้ไผ่มากที่สุด

การใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจ อาจจะเป็นไปได้แต่จะต้องมีการพัฒนาคุณภาพของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ให้มีมาตรฐาน เพื่อที่จะเพิ่มความมั่นใจในการใช้แผ่นพื้นคอนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ดังนั้นผู้จัดทำขอสรุป ดังนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1. ควรที่จะมีการพัฒนาสายพันธุ์ไม้ไผ่ให้มีคุณภาพเท่าเทียมกัน และมีกำลังรับแรงดึงมากขึ้น เพื่อที่จะทำให้แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่สามารถรับกำลังได้มากขึ้น

2. ควรที่จะมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอายุการใช้งาน เนื่องจากไม้ไผ่อาจจะเกิดการผุ ทำให้โครงสร้างเสียหายได้

3. ควรที่จะมีการศึกษาในด้านความยาวของแผ่นพื้นตัวอย่าง เพราะว่าไม้ไผ่มีการโก่งตัวมาก ถ้าใช้ความยาวมากเกินไปอาจทำให้เกิดการโก่งตัวได้

5.2.3 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ข้อดี

1. ราคา เมื่อเปรียบเทียบราคาระหว่างเหล็กและไม้ไผ่ที่ใช้ในการเสริมในพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก จะเห็นได้ว่าไม้ไผ่จะมีปริมาณราคาถูกกว่าเหล็กมาก ดังตารางที่ 5.1 จะช่วยทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึง 30.17%

2. คลอไรด์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเหล็กและไม้ไผ่ จะเห็นได้ว่าไม้ไผ่จะไม่ได้รับผลกระทบของคลอไรด์ ส่วนเหล็กเมื่อโดนผลกระทบของคลอไรด์ก็จะเกิดสนิม จนทำให้เหล็กเกิดการขยายตัวทำให้คอนกรีตแตกร้าวได้

ข้อเสีย

1. ไม้ไผ่ป่าจะรับแรงกระทำได้ไม่มาก เพราะไม้ไผ่ป่าจะมีการยืดตัวมากเมื่อได้รับแรงกระทำ จึงไม่เหมาะกับอาคารหลายชั้น

2. จากการทดสอบนี้พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ยังไม่มีการทดลองแบบระยะยาว เมื่อผ่านการใช้งานไปนานๆ ดังนั้นควรที่จะมีการทดสอบเพื่อศึกษาเกี่ยวกับอายุการใช้งานของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ด้วย

3. ไม้ไผ่ที่นำมาทดสอบจะมีกำลังรับแรงดึงไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากเป็นวัสดุตามธรรมชาติจึงไม่สามารถที่จะกำหนดกำลังรับแรงดึงให้เท่ากัน จึงต้องใช้ Factor (ϕ)= 0.60 มาใช้ในการคูณลดกำลังของไม้ไผ่

5.3 ข้อเสนอแนะจากการทดลอง

1. ไม้ไผ่ที่นำมาใช้เสริมในคอนกรีต ควรนำมาจากแหล่งเดียวกัน และเลือกที่มีอายุใกล้เคียงกันประมาณ 3-5 ปี เพราะว่าถ้ามาจากต่างที่กัน ถึงแม้จะเป็นชนิดเดียวกัน ก็จะเกิดค่าคลาดเคลื่อนขณะทำการทดลองมากตามไปด้วย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. ควรจะมีการใช้เครื่องเหลาไม้ไผ่แทนการเหลาด้วยมือ เพราะว่าเมื่อใช้เครื่องเหลาไม้ไผ่จะทำให้ได้ไม้ไผ่ที่มีขนาดเท่ากันทุกเส้น แต่สำหรับเหลาด้วยมือจะยากต่อการควบคุมขนาดของไม้ไผ่

3. ก่อนที่จะทาน้ำมันวานิช หรือแลกเกอร์ ควรที่จะทำความสะอาดผิวไม้ไผ่ และตากแดดให้แห้งสนิทเสียก่อน เพราะว่าถ้าอาจทำให้ทาได้ไม่ติดดีเมื่อแห้งแล้วอาจหลุดลอกได้

4. ควรที่จะมีการศึกษาต่อไปถึงเรื่องอายุการใช้งานของโครงสร้างคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เพื่อที่ดูเรื่องความปลอดภัย

5. ไม้ไผ่เป็นวัสดุจากธรรมชาติ เราไม่สามารถกำหนดค่าหรือจำกัดค่าคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ได้อย่างแน่นอน ดังนั้นผู้ทำโครงการของเสนอแนะให้มีการควบคุมคุณภาพดังต่อไปนี้

1) ควรมีการวิจัยพันธุกรรมของไม้ไผ่ชนิดต่างๆ ศึกษาสายพันธุ์ว่าพันธุ์ไม้ไผ่ชนิดไหนให้คุณสมบัติเชิงกลดีที่สุด หรือว่ามีการผสมพันธุ์ข้ามสายพันธุ์เกิดเป็นสายพันธุ์ใหม่ และมีการศึกษาพันธุกรรมเพื่อให้ได้พันธุ์ไม้ไผ่ที่ดีและแข็งแรงที่สุด

2) ไม้ไผ่ที่นำมาประยุกต์ใช้กับโครงสร้างควรมีการควบคุมแหล่งที่มา ไม้ไผ่ต้องมาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน ควบคุมอายุของไม้ไผ่ ตลอดจนควบคุมไม้ไผ่หลังจากที่ตัดออกมาจากต้นแล้ว เช่น นำไปแช่น้ำหรือฉีดสารเคมีเพื่อป้องกันการกัดกินของมอดแมลงและรา หรือมีการป้องกันโดยการทาน้ำมัน,วานิช,แลกเกอร์,ชันหรือสารเคมีอื่นๆที่สามารถป้องกันความชื้นจากสภาพแวดล้อมได้

6. ไม้ไผ่เป็นไม้ที่ปลูกทดแทนได้ มีแหล่งกำเนิดอยู่ทั่วไป การนำไปใช้ถ้าเราไม่ควบคุมเรื่องแหล่งกำเนิดหรือแหล่งเพาะปลูกแล้ว อาจจะได้ไม้ไผ่ที่มีความสามารถแตกต่างกันไปได้ในแต่ละต้น ถ้านำไปใช้ในโครงสร้างที่รับน้ำหนัก อาจจะทำให้โครงสร้างนั้นโก่งงอหรือเกิดการวิบัติได้ง่าย ไม่เป็นไปตามแบบแผนที่กำหนดไว้ ฉะนั้นควรมีการควบคุมแหล่งที่มา ต้องมาจากแหล่งเดียวกัน สภาพแวดล้อมเดียวกันและต้องใช้พันธุ์ชนิดเดียวกัน เพราะว่าแต่ละพันธุ์จะมีความสามารถด้านการรับกำลังแตกต่างกันไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บรรณานุกรม

กวี หวังนิเวศน์กุล, การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2549

ณรงค์ กุหลาบ, การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Design), ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น : หน่วยสารบัญงานบริหารและธุรการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, 2538

ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์, เทคนิคการก่อสร้างไม้ไผ่ วิทยานิพนธ์ ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525

วินิต ช่อวิเชียร,การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง (Reinforced Concrete Design), พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ, 2545

วินิต ช่อวิเชียร, เทคโนโลยีคอนกรีต (Concrete Technology), พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพฯ,2539

สถาพร โภคา, การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Design), กรุงเทพฯ : รุ่งแสงการพิมพ์, 2544

สนไชย ฤทธิโชติ, เครื่องไม้ไผ่-หวาย, กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2539

เทวินทร์ ผาติอุตมภาพ, การนำคอนกรีตเสริมไม้ไผ่มาใช้สร้างบ้านราคาถูก วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2521

ไพวรรณ เล็กอุทัย, มยุรี จิตต์แก้ว และอรุณี วิณิน, การป้องกันรักษาไม้ไผ่ (Bamboo Protection), กรุงเทพฯ : หจก.อักษรสยามการพิมพ์, 2547

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ก

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ ก-1 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึง

ลำดับที่	ชนิด	พื้นที่หน้าตัด cm^2	ความยาว cm	Max Load kN	f_b kg/cm^2	f_{by} kg/cm^2	E_b
1	ไม่มีข้อ	0.42	70	8.51	2066.52	1834.87	381540.98
2	ไม่มีข้อ	0.38	70	10.31	2735.81	1919.59	479371.49
3	ไม่มีข้อ	0.34	70	7.85	2323.48	1978.16	454080.71
4	ไม่มีข้อ	0.42	70	9.47	2324.49	1799.37	455252.37
5	ไม่มีข้อ	0.39	70	9.63	2512.19	2081.04	468538.43
6	ไม่มีข้อ	0.42	70	9.16	2214.95	1862.23	413783.35
7	มีข้อ	0.41	70	11.20	2782.85	2025.52	436645.92
8	มีข้อ	0.35	70	9.16	2657.91	1979.06	428791.44
9	มีข้อ	0.38	70	10.25	2754.03	1867.99	422241.05
10	มีข้อ	0.36	70	10.66	3012.21	2067.59	453987.26
11	มีข้อ	0.44	70	11.02	2574.92	1705.43	439266.73
12	มีข้อ	0.40	70	9.08	2292.06	2010.13	352212.70
ค่าเฉลี่ยรวม					2520.95	1927.58	432142.70

ตารางที่ ก-2 แสดงผลการทดสอบหาความหนาแน่นแห้งของไม้ไผ่

ตัวอย่างที่	น้ำหนักไม้อิ่มตัวผิวแห้ง W_1 (กรัม)	น้ำหนักบีกเกอร์+น้ำกลั่น W_2 (กรัม)	น้ำหนักบีกเกอร์+น้ำกลั่น+ไม้ไผ่ W_3 (กรัม)	น้ำหนักไม้ไผ่หลังอบแห้ง W_4 (กรัม)	ความหนาแน่นของไม้ไผ่ D_b (กรัม/ซม.$^{3)}$)	ค่าเฉลี่ย
1	25.2	1198.1	1198.3	10.80	0.43	0.47
2	24.4	1198.1	1202.3	10.80	0.53	
3	22.3	1198.1	1198.7	9.80	0.45	
4	22.0	1198.1	1198.4	10.00	0.46	
5	23.8	1198.1	1199.9	10.70	0.49	
6	23.3	1198.1	1199.2	9.80	0.44	

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-3 แสดงผลการทดสอบหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ที่คอนกรีตมีกำลังอัด 210 กก./ซม.^{2}

อายุ	วิธีการปรับปรุง	ชนิด	ตัวอย่างที่	พื้นที่ผิว cm^2	แรงดึง kg	หน่วยแรงยึดเหนี่ยว kg/cm^2	ค่าเฉลี่ย kg/cm^2
14 วัน	ไม่ได้ปรับปรุง	มีข้อ	1	7.16	3.14	1.40	0.86
			2	8.78	4.06	1.47	
			3	7.80	2.23	0.91	
		ไม่มีข้อ	1	7.83	0.70	0.28	
			2	7.58	0.19	0.08	
			3	7.43	2.43	1.04	
	ทาวานิช	มีข้อ	1	8.55	17.31	6.45	3.46
			2	8.41	15.38	5.82	
			3	8.03	14.05	5.58	
		ไม่มีข้อ	1	7.42	1.21	0.52	
			2	7.94	4.06	1.63	
			3	7.16	1.72	0.76	
	ทาแลกเกอร์	มีข้อ	1	8.56	7.63	2.84	1.82
			2	8.63	8.45	3.12	
			3	8.29	6.92	2.66	
		ไม่มีข้อ	1	7.49	2.02	0.86	
			2	7.11	0.29	0.13	
			3	7.19	2.94	1.30	
28 วัน	ไม่ได้ปรับปรุง	มีข้อ	1	7.70	8.55	3.54	1.81
			2	7.58	1.92	0.81	
			3	7.86	8.75	3.54	
		ไม่มีข้อ	1	8.03	1.21	0.48	
			2	6.94	2.13	0.98	
			3	7.34	3.45	1.50	
	ทาวานิช	มีข้อ	1	8.90	15.48	5.54	3.76
			2	7.49	13.34	5.67	
			3	8.05	16.50	6.53	
		ไม่มีข้อ	1	7.96	4.47	1.79	
			2	8.05	3.04	1.20	
			3	7.91	4.47	1.80	
	ทาแลกเกอร์	มีข้อ	1	8.03	10.48	4.16	2.26
			2	8.16	9.36	3.65	
			3	7.83	5.49	2.23	
		ไม่มีข้อ	1	8.06	2.33	0.92	
			2	6.74	5.18	2.45	
			3	7.36	0.29	0.13	

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-4 แสดงผลการทดสอบหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ที่คอนกรีตมีกำลังอัด 240 กก./ซม.^{2}

อายุ	วิธีการปรับปรุง	ชนิด	ตัวอย่างที่	พื้นที่ผิว cm^2	แรงดึง kg	หน่วยแรงยึดเหนี่ยว kg/cm^2	ค่าเฉลี่ย kg/cm^2
14 วัน	ไม่ได้ปรับปรุง	มีข้อ	1	7.18	8.96	3.97	1.94
			2	7.44	4.27	1.83	
			3	7.88	9.16	3.70	
		ไม่มีข้อ	1	7.45	0.49	0.21	
			2	7.28	2.84	1.24	
			3	7.39	1.51	0.65	
	ทาวานิช	มีข้อ	1	8.43	17.72	6.70	4.85
			2	7.83	15.58	6.34	
			3	8.34	18.13	6.92	
		ไม่มีข้อ	1	7.48	7.22	3.08	
			2	6.93	5.90	2.71	
			3	7.80	8.24	3.37	
	ทาแลกเกอร์	มีข้อ	1	7.80	13.34	5.45	2.87
			2	7.61	11.10	4.64	
			3	7.78	6.92	2.83	
		ไม่มีข้อ	1	7.33	4.88	2.12	
			2	7.40	2.94	1.27	
			3	7.66	2.13	0.88	
28 วัน	ไม่ได้ปรับปรุง	มีข้อ	1	7.41	5.39	2.31	2.88
			2	7.85	14.26	5.78	
			3	7.73	8.75	3.61	
		ไม่มีข้อ	1	7.04	4.16	1.88	
			2	7.75	3.25	1.33	
			3	7.10	5.29	2.37	
	ทาวานิช	มีข้อ	1	7.33	15.68	6.82	5.42
			2	7.70	15.58	6.44	
			3	6.85	17.11	7.95	
		ไม่มีข้อ	1	7.19	6.92	3.06	
			2	7.28	8.85	3.88	
			3	7.61	10.38	4.34	
	ทาแลกเกอร์	มีข้อ	1	6.66	15.58	7.45	3.95
			2	7.55	13.34	5.63	
			3	8.09	5.39	2.12	
		ไม่มีข้อ	1	7.94	6.51	2.61	
			2	7.16	5.29	2.35	
			3	6.91	7.63	3.52	

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-5 แสดงผลการทดสอบหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ที่คอนกรีตมีกำลังอัด 280 กก./ซม.^{2}

อายุ	วิธีการปรับปรุง	ชนิด	ตัวอย่างที่	พื้นที่ผิว cm^2	แรงดึง kg	หน่วยแรงยึดเหนี่ยว kg/cm^2	ค่าเฉลี่ย kg/cm^2
14 วัน	ไม่ได้ปรับปรุง	มีข้อ	1	7.85	13.34	5.41	3.02
			2	7.51	10.48	4.44	
			3	7.91	11.40	4.59	
		ไม่มีข้อ	1	6.90	4.27	1.97	
			2	7.05	2.53	1.14	
			3	7.06	1.21	0.54	
	ทาวานิช	มีข้อ	1	7.38	18.94	8.18	6.01
			2	7.13	15.68	7.01	
			3	7.83	19.05	7.75	
		ไม่มีข้อ	1	7.86	10.48	4.25	
			2	7.54	10.89	4.60	
			3	7.40	9.87	4.25	
	ทาแลกเกอร์	มีข้อ	1	7.28	14.26	6.24	4.11
			2	7.70	15.38	6.36	
			3	7.16	12.42	5.52	
		ไม่มีข้อ	1	7.23	5.39	2.37	
			2	6.99	5.29	2.41	
			3	7.54	4.16	1.76	
28 วัน	ไม่ได้ปรับปรุง	มีข้อ	1	7.60	13.34	5.59	3.59
			2	8.13	10.08	3.95	
			3	7.33	6.61	2.87	
		ไม่มีข้อ	1	7.73	5.29	2.18	
			2	7.61	7.73	3.23	
			3	8.05	9.36	3.70	
	ทาวานิช	มีข้อ	1	7.53	19.76	8.36	6.94
			2	7.43	26.28	11.27	
			3	7.80	17.72	7.24	
		ไม่มีข้อ	1	7.19	8.96	3.97	
			2	7.41	14.26	6.12	
			3	7.54	11.10	4.69	
	ทาแลกเกอร์	มีข้อ	1	7.44	16.50	7.06	4.32
			2	7.13	13.34	5.96	
			3	6.99	5.39	2.46	
		ไม่มีข้อ	1	7.05	9.57	4.32	
			2	7.34	5.29	2.29	
			3	7.28	8.75	3.83	

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-6 แสดงผลการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

กำลังอัดคำนวณ (kg/cm^2)	ตัวอย่างที่	อายุ (Days)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด kN	แรงอัดสูงสุด (kg)	กำลังรับแรงอัดสูงสุด (kg/cm^2)	ค่าเฉลี่ย (kg/cm^2)
210	1	68	10.10	80.08	140.00	14271.15	178.22	156.77
	2	68	10.05	79.29	100.80	10275.23	129.60	
	3	68	9.95	77.72	123.90	12629.97	162.51	
240	1	48	10.00	78.50	198.30	20214.07	257.50	228.68
	2	48	10.15	80.87	156.90	15993.88	197.77	
	3	48	10.05	79.29	179.50	18297.66	230.78	
280	1	60	10.15	80.87	203.90	20784.91	257.01	280.79
	2	60	9.80	75.39	220.00	22426.10	297.46	
	3	60	9.95	77.72	219.50	22375.13	287.91	

ตารางที่ ก-7 แสดงผลการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

กำลังอัด (kg/cm^2)	ตัวอย่างที่	อายุ (Days)	ความยาว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	แรงผ่าประลัย kN	แรงผ่าประลัย (kg)	กำลังรับแรงดึง (kg/cm^2)	ค่าเฉลี่ย (kg/cm^2)
210	1	68	20.05	10.00	50.30	5127.42	16.29	15.06
	2	68	19.75	9.85	38.10	3883.79	12.72	
	3	68	19.95	10.10	50.20	5117.23	16.18	
240	1	48	20.00	9.95	54.30	5535.17	17.72	20.22
	2	48	20.10	10.05	70.80	7217.13	22.76	
	3	48	19.80	10.00	61.60	6279.31	20.20	
280	1	60	19.85	10.05	98.70	10061.16	32.12	32.83
	2	60	20.00	10.15	97.60	9949.03	31.22	
	3	60	20.15	10.00	109.10	11121.30	35.15	

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-8 แสดงผลการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ตัวอย่างที่	กำลังอัดคอนกรีต kg/cm^2	อายุ day	แรงสูงสุด		ค่าคลาดเคลื่อน %
			คำนวณ kg	ทดลอง kg	
sb1	210	68	3927.1	4071.15	3.54
sb2		68	3927.1	3610.08	-8.78
sb3		68	3927.1	2217.06	-77.13
sb4		68	3927.1	3305.97	-18.79
sb5		68	3927.1	3158.82	-24.32
sb6	240	48	3943	5111.01	22.85
sb7		48	3943	5836.95	32.45
sb8		48	3943	4443.93	11.27
sb9		48	3943	5513.22	28.48
sb10		48	3943	3845.52	-2.53
sb11	280	60	3958.95	4885.38	18.96
sb12		60	3958.95	3561.03	-11.17
sb13		60	3958.95	3256.92	-21.56
sb14		60	3958.95	4708.80	15.92
sb15		60	3958.95	4080.96	2.99
ค่าเฉลี่ยรวม					20.05
ss16	240	48	5326	6288.21	15.30

หมายเหตุ ค่าคลาดเคลื่อนที่ติดลบเป็นค่าคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่าค่าที่คำนวณ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-9 แสดงผลหน่วยแรงดึงในไม้ไผ่ป่าที่เสริมในคอนกรีต

ตัวอย่างที่	กำลังอัดคอนกรีต kg/cm^2	อายุ day	หน่วยแรงดึงในไม้ไผ่ (fb)		ค่าคลาดเคลื่อน %
			คำนวณ kg/cm^2	ทดลอง kg/cm^2	
sb1	210	68	1927.58	2028.18	4.96
sb2		68	1927.58	1807.27	-6.66
sb3		68	1927.58	1139.85	-69.11
sb4		68	1927.58	1661.56	-16.01
sb5		68	1927.58	1591.06	-21.15
sb6	240	48	1927.58	2713.95	28.98
sb7		48	1927.58	2869.88	32.83
sb8		48	1927.58	2203.46	12.52
sb9		48	1927.58	2715.01	29.00
sb10		48	1927.58	1917.19	-0.54
sb11	280	60	1927.58	2410.88	20.05
sb12		60	1927.58	1778.30	-8.39
sb13		60	1927.58	1633.04	-18.04
sb14		60	1927.58	2326.53	17.15
sb15		60	1927.58	2026.65	4.89
ค่าเฉลี่ยรวม					0.19

หมายเหตุ 1.ค่าคลาดเคลื่อนตัวอย่างที่ติดลบจะมีหน่วยแรงดึงในไม้ไผ่ป่าจากการทดลองน้อยกว่าทฤษฎี

2.ค่า Factor (ϕ) จะใช้ค่าที่คลาดเคลื่อนที่ตัวอย่างติดลบมากที่สุด และสามารถหาค่า Factor (ϕ) ได้เท่ากับ 0.60

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-10 แสดงผลการเปรียบเทียบราคาระหว่างพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และเหล็ก

ชนิด	ปริมาณ คอนกรีต	ราคา ต่อหน่วย	ระยะ เวลา	ค่าแรง	ปริมาณ วัสดุ เสริม	ราคา ต่อ หน่วย	ระยะ เวลา	ค่าแรง	รวม
	ม.^{3}	บาท/ ม.^{3}	ชม.	บ./ชม.	ม.	บ./ม.	ชม.	บ./ชม.	บาท
เสริมไม้ไผ่	0.09	2300	0.5	25	10.2	0.25	2	25	249.05
เสริมเหล็ก	0.09	2300	0.5	25	6.6	12	0.5	25	324.2
ผลต่างราคา %									30.17

ตารางที่ ก-11 แสดงผลการเปรียบเทียบความกว้างรอยร้าว ของพื้น SB8

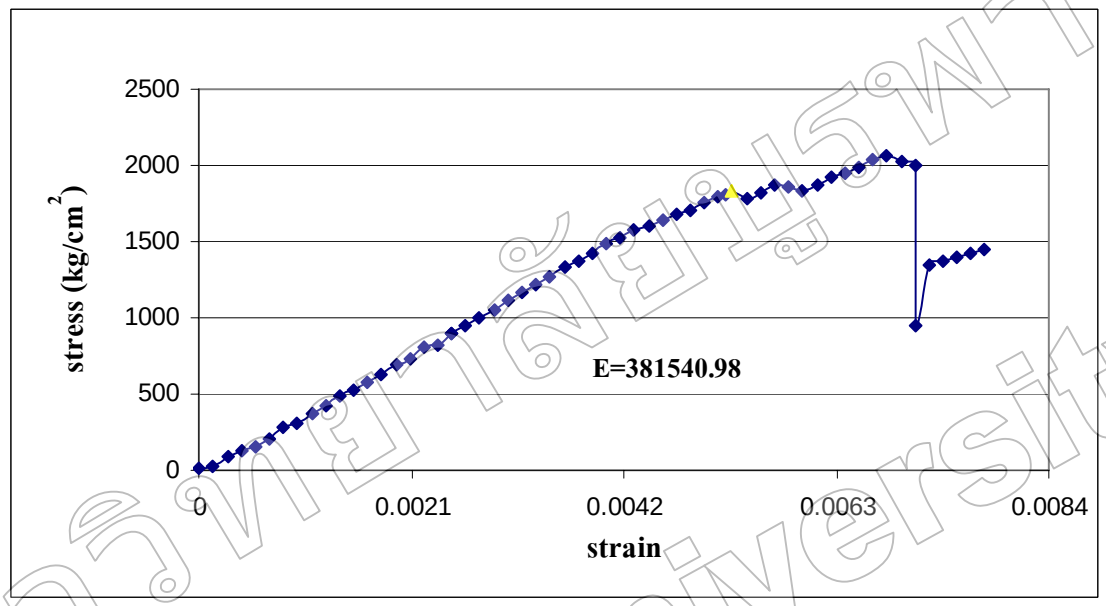
load kN	load kg	M kg-m	fb kg/cm^2	w (ทฤษฎี) mm.	strain	L cm	w (ทดลอง) mm	ค่า คลาดเคลื่อน %
5	509.68	134.3	323.22	0.05	0.0000104	145	0.02	-198.73
10.1	1029.56	238.3	573.38	0.08	0.0000246	145	0.04	-124.04
15	1529.05	338.2	813.74	0.11	0.0000388	145	0.06	-101.59
20.1	2048.93	442.2	1063.91	0.15	0.0000862	145	0.12	-18.64
22	2242.61	480.9	1157.11	0.16	0.0001010	145	0.15	-10.12
13	1325.18	297.4	715.63	0.10	0.0006800	145	0.99	89.88
15	1529.05	338.2	813.74	0.11	0.0011890	145	1.72	93.42
19.6	1997.96	432.0	1039.38	0.14	0.0018390	145	2.67	94.57
25	2548.42	542.1	1304.26	0.18	0.0021580	145	3.13	94.19
30	3058.10	644.0	1549.52	0.22	0.0026520	145	3.85	94.38

หมายเหตุ ค่าแตกร้าวที่ยอมรับได้ เท่ากับ 0.15 mm. ซึ่งเมื่อนำนำไปเปรียบเทียบที่น้ำหนักบรรทุก 22 kN จะพบว่าค่ารอยแตกร้าวของการทดลองจะมีค่ามากกว่าทฤษฎีถึง 3 เท่า ดังนั้นจึงใช้ค่า $\alpha = 3.5$ เข้าไปแทนในสมการ ดังนี้ $w = \alpha\,(0.011\beta\phi \cdot f_b \cdot \sqrt[3]{d_c A} \times 10^{-3})$

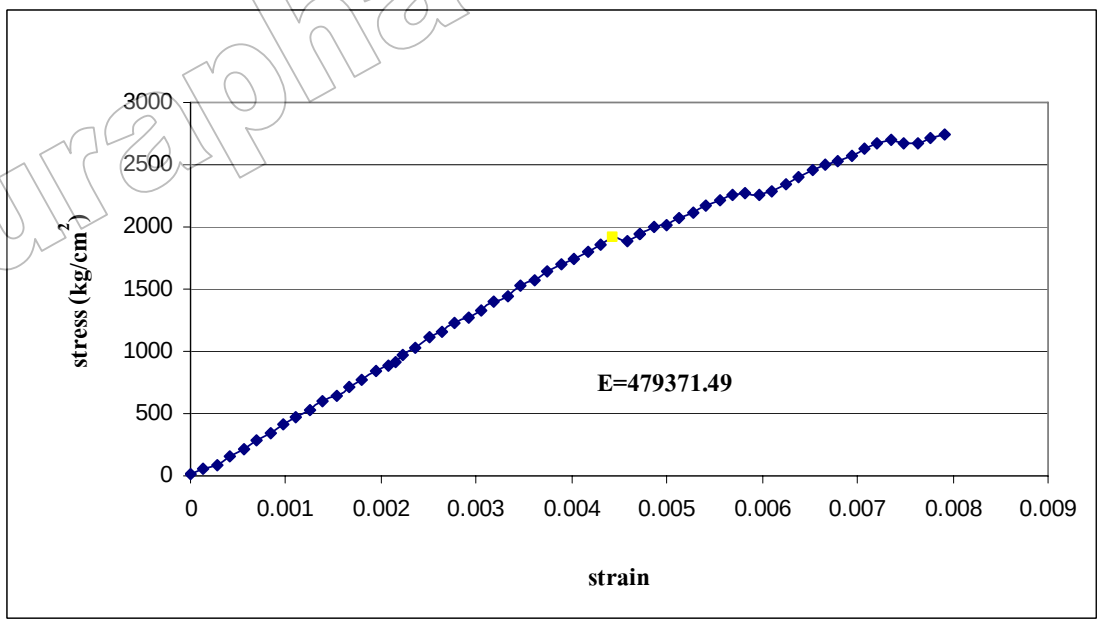
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ข

รูปและกราฟแสดงผลการทดลอง

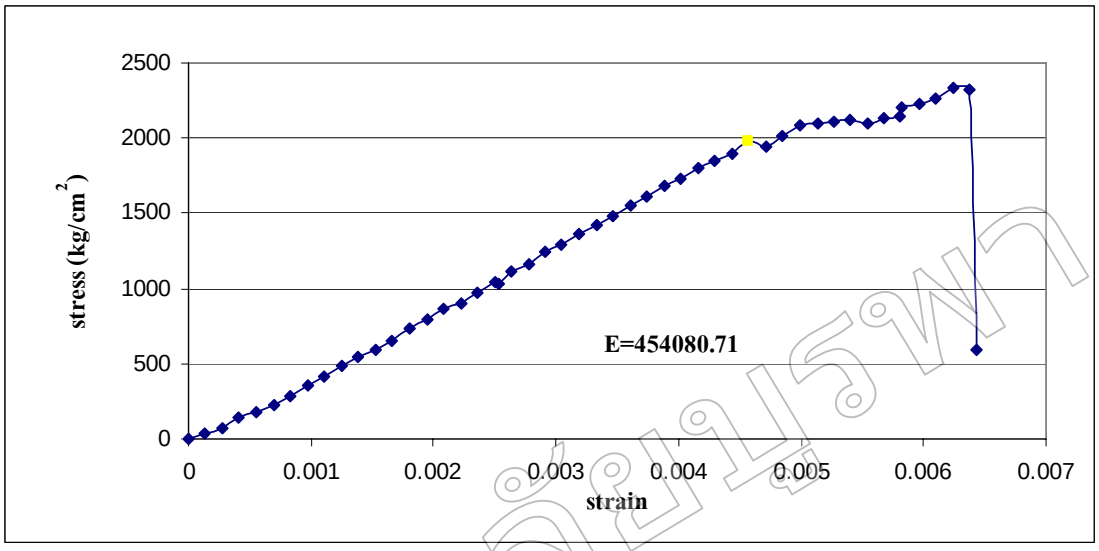


รูปที่ ข-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดไม่มีข้อ ตัวอย่างที่ 1

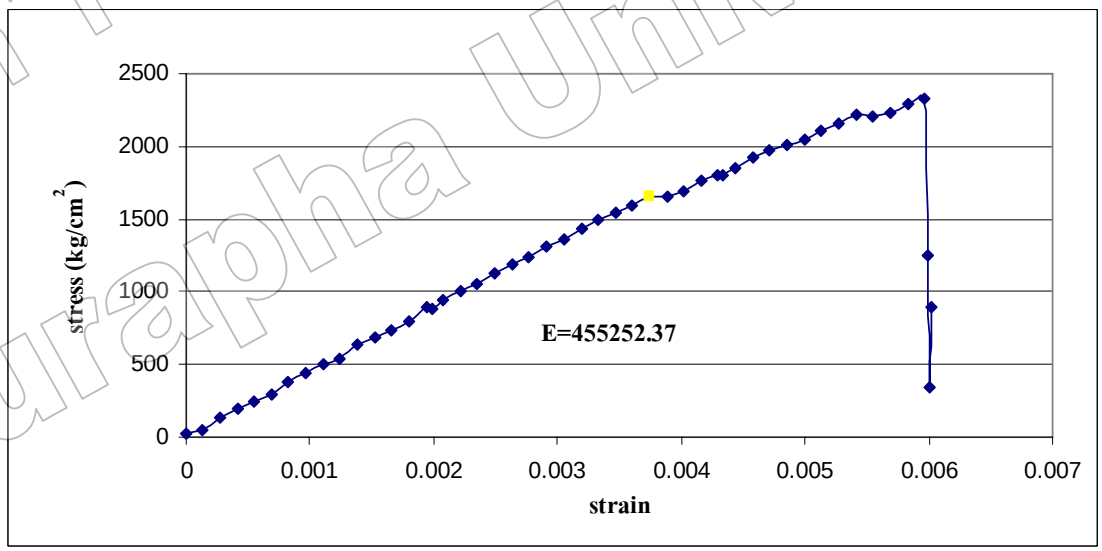


รูปที่ ข-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดไม่มีข้อ ตัวอย่างที่ 2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

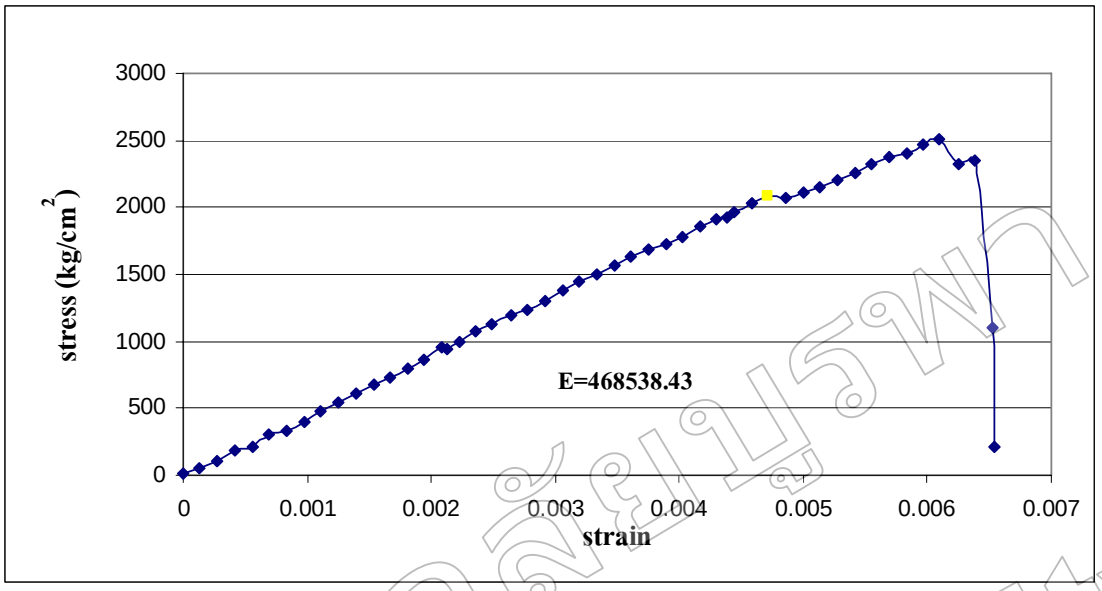


รูปที่ ข-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดไม่มีข้อ ตัวอย่างที่ 3

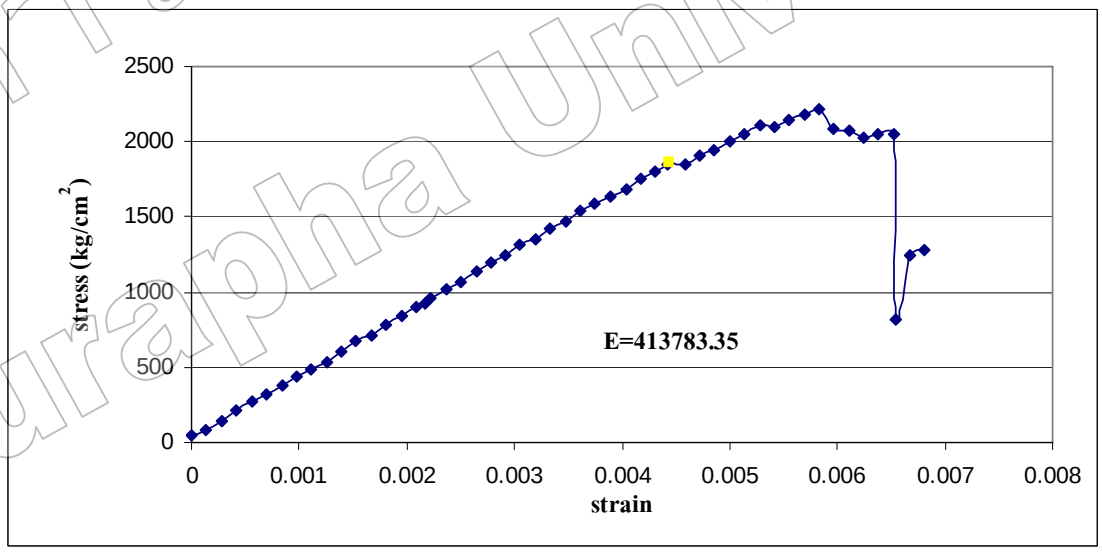


รูปที่ ข-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดไม่มีข้อ ตัวอย่างที่ 4

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

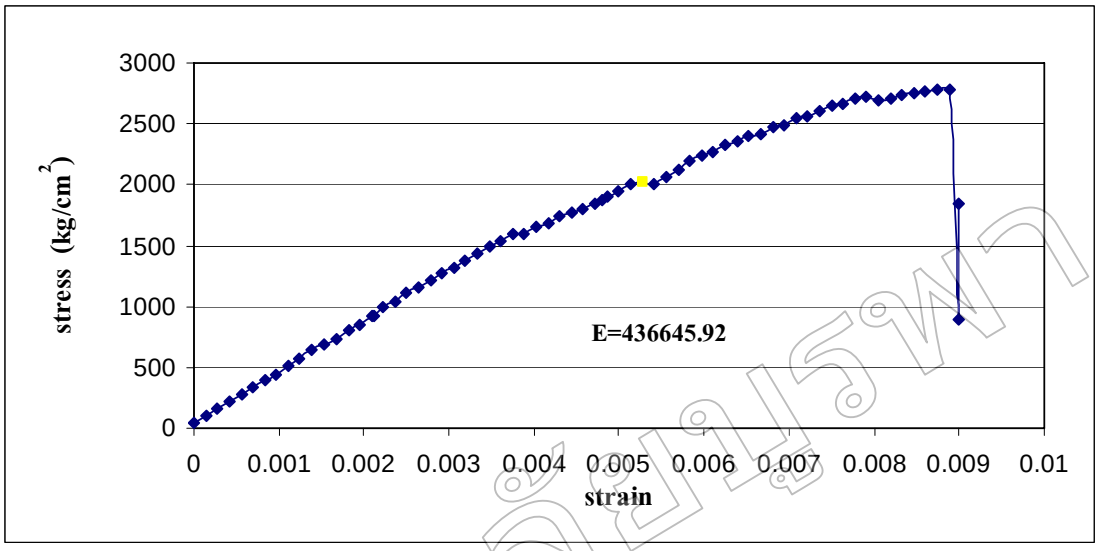


รูปที่ ข-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดไม่มีข้อ ตัวอย่างที่ 5

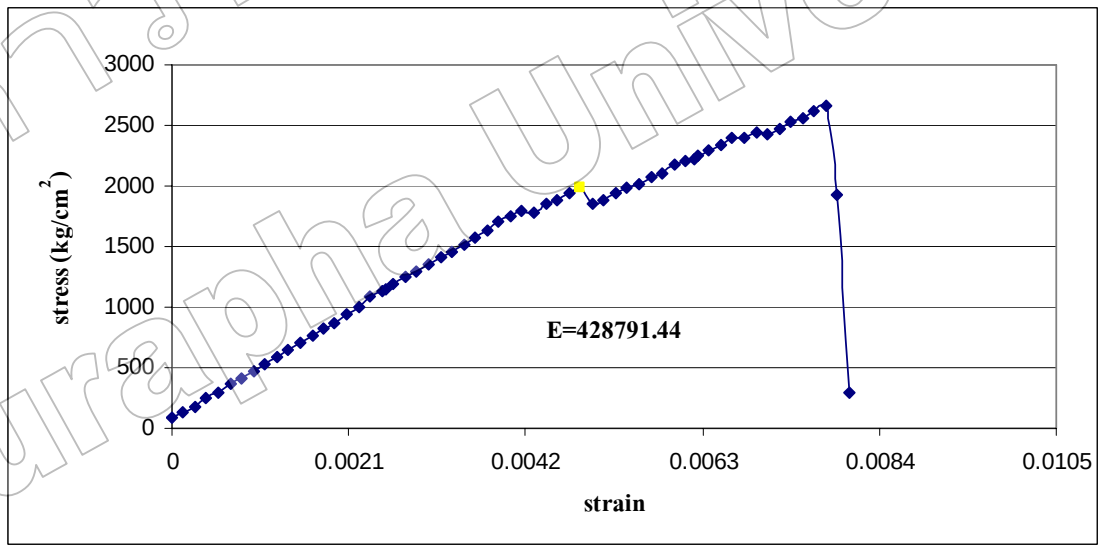


รูปที่ ข-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดไม่มีข้อ ตัวอย่างที่ 6

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

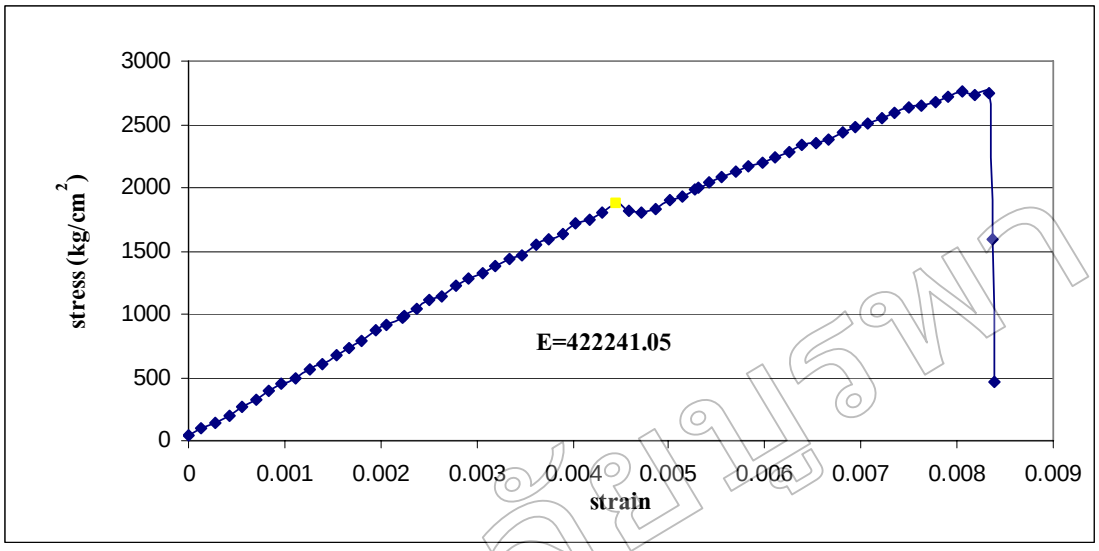


รูปที่ ข-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดมีข้อ ตัวอย่างที่ 7

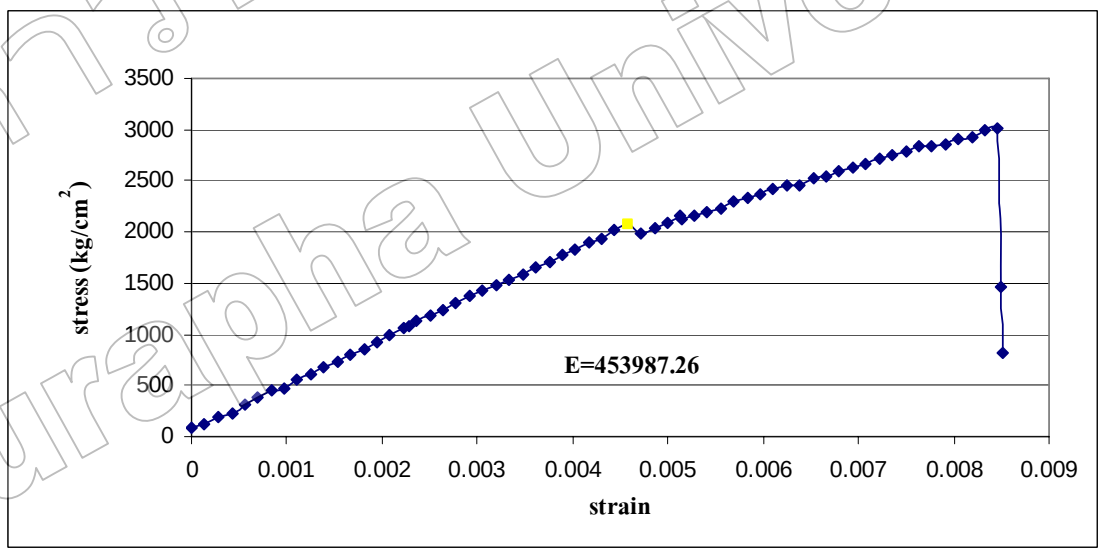


รูปที่ ข-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดมีข้อ ตัวอย่างที่ 8

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

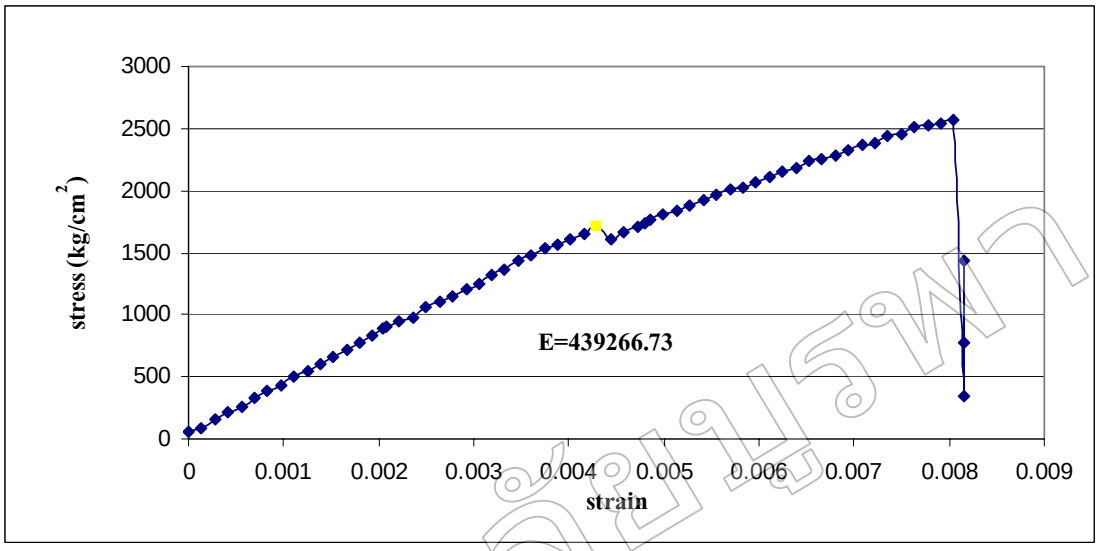


รูปที่ ข-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดมีข้อ ตัวอย่างที่ 9

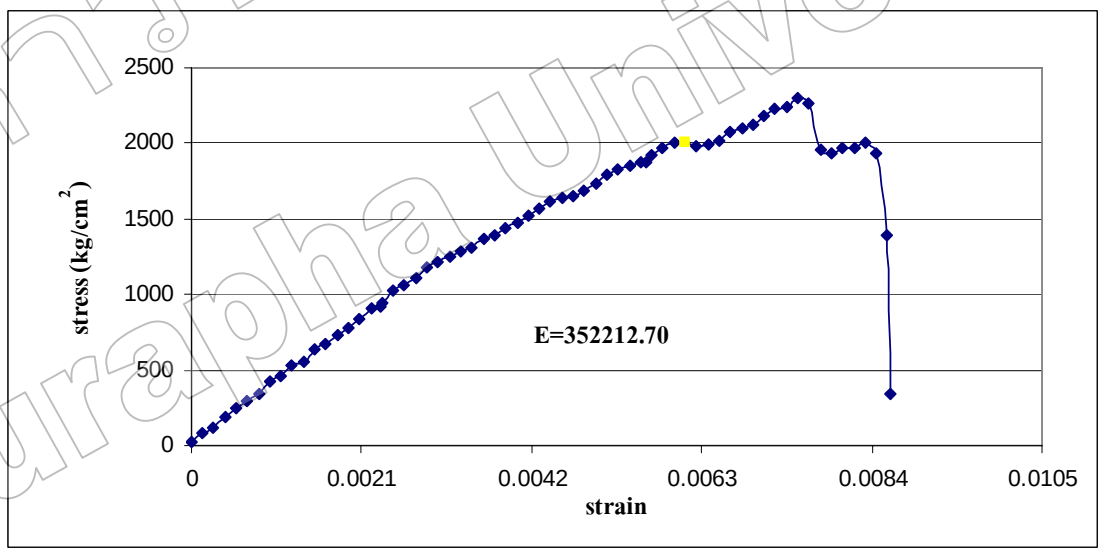


รูปที่ ข-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดมีข้อ ตัวอย่างที่ 10

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ ข-11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดมีข้อ ตัวอย่างที่ 11



รูปที่ ข-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง stress และ strain ชนิดมีข้อ ตัวอย่างที่ 12

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ข-13 แสดงการแช่ไม้ไผ่ในน้ำเพื่อป้องกันรักษาเนื้อไม้ไผ่

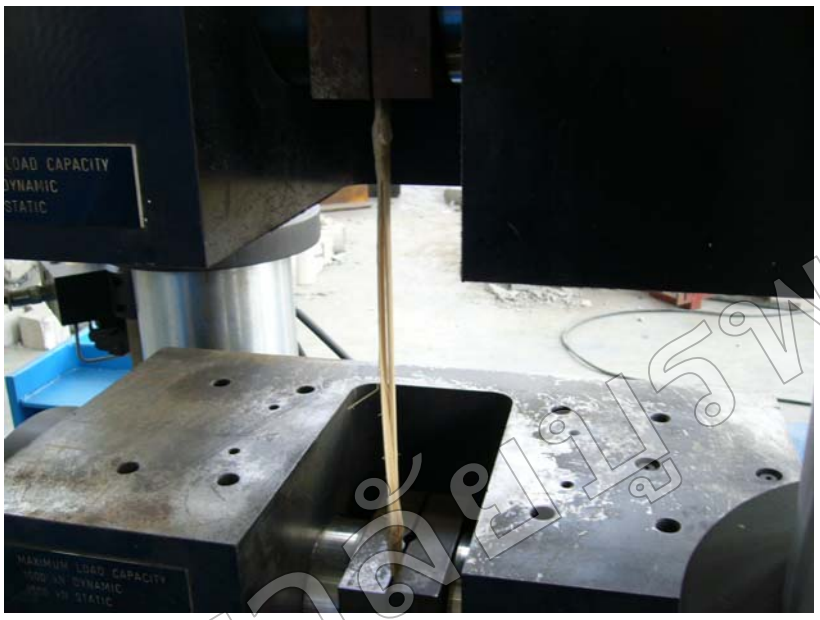
รูปที่ ข-14 แสดงตัวอย่างชิ้นไม้ไผ่ที่ทาด้วยน้ำมันวานิช

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ข-15 แสดงชิ้นไม้ไผ่ที่นำไปเสริมพื้นคอนกรีต

รูปที่ ข-16 ตัวอย่างชิ้นไม้ไผ่ก่อนนำไปทดสอบหากำลังรับแรงดึง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ ข-17 แสดงการดึงไม้ไผ่เพื่อหากำลังรับแรงดึง

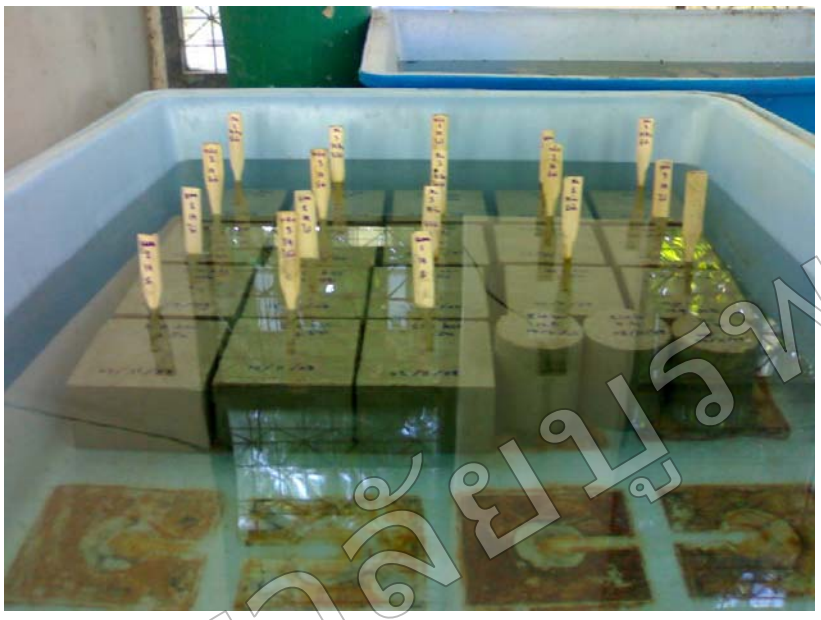
รูปที่ ข-18 ตัวอย่างการวิบัติของชิ้นไม้ไผ่หลังการทดสอบหากำลังรับแรงดึง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ข-19 แสดงการทดสอบหาความหนาแน่นของไม้ไผ่

รูปที่ ข-20 แสดงตัวอย่างทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ ข-21 แสดงการบ่มคอนกรีตเพื่อนำไปหาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

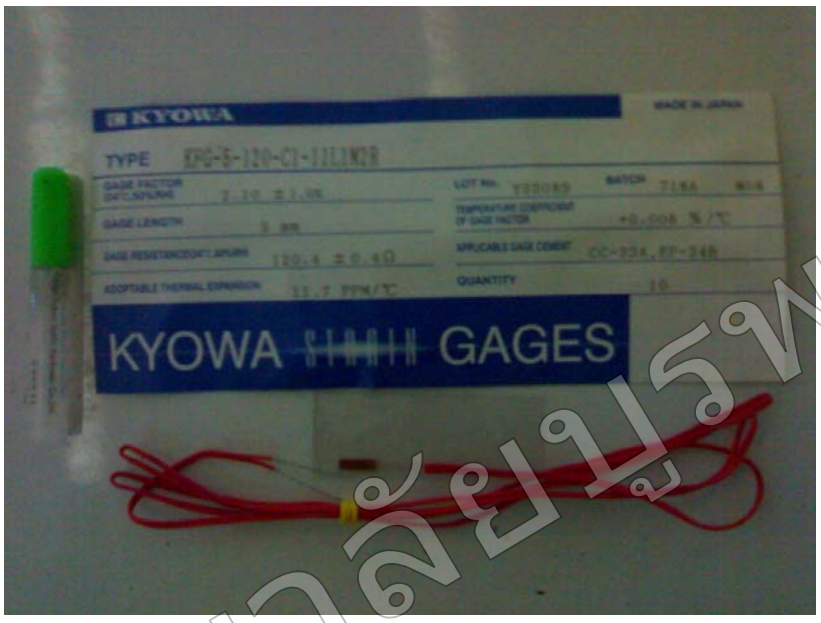
รูปที่ ข-22 แสดงการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ข-23 แสดงตัวอย่างหลังการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

รูปที่ ข-24 แสดงลูกปูนสำหรับเผื่อระยะ Covering ของไม้ไผ่ที่เสริมในพื้นคอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ ข-25 แสดงStrain Gauge ที่ใช้ติดไม้ไผ่สำหรับทดสอบหาระยะยืดของไม้ไผ่

รูปที่ ข-26 แสดงการเช็ค Slum คอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ข-27 แสดงโครงไม้ไผ่ที่นำไปเสริมพื้นคอนกรีต

รูปที่ ข-28 แสดงพื้นคอนกรีตที่เพิ่งเทลงแบบหล่อเสร็จ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ข-29 แสดงการบ่มแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

รูปที่ ข-30 แสดงพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ข-31 แสดงการติดตั้งเครื่องทดสอบ

รูปที่ ข-32 แสดงการติดตั้ง Strain Gauge ที่ด้านบน และล่างของพื้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ข-33 แสดงวิธีการใช้เครื่อง Data Logger ขณะทำการทดสอบ

รูปที่ ข-34 แสดงการแอ่นตัว และวิบัติขณะที่กำลังทดสอบ

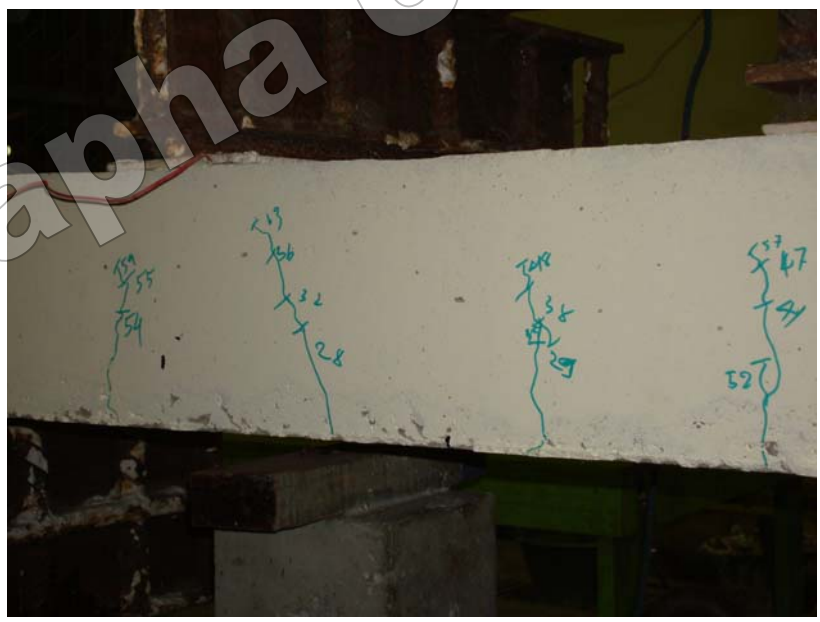
มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

รูปที่ ข-35 แสดงลักษณะการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ (1 รอย)

รูปที่ ข-36 แสดงลักษณะการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ (2 รอย)

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

รูปที่ ข-37 แสดงลักษณะการวิบัติบริเวณใต้ท้องพื้น



รูปที่ ข-38 แสดงลักษณะการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ข-39 แสดงการทดสอบหากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

รูปที่ ข-40 แสดงการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณ

1. การคำนวณหารับแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

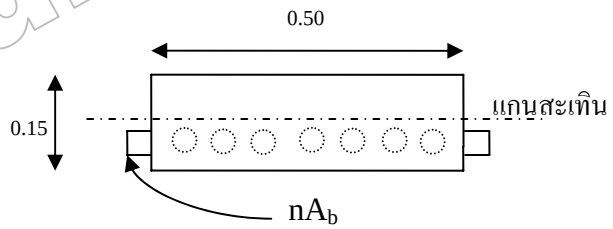
1.1 การคำนวณหารับแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB1,SB2,SB3,SB4,SB5

f_c' = 210 *ksc* , ระยะหุ้ม = 2.5 cm.

A_b	3.5	cm^2		*d*	12.5	*cm*
h	15	*cm*		b	50	*cm*
n	1.96	*dimensionless*		f_c'	210	*ksc*
				f_{by}	1927.58	kg/cm^2

การคำนวณหากำลังรับแรงดัดที่สภาวะหน้าตัดเริ่มแตกร้าว (*Mu'*)

แปลงเนื้อที่หน้าตัดของไม้ไผ่เป็นเนื้อที่หน้าตัดของคอนกรีตเทียบเท่า แล้วหาตำแหน่งแนวแกนสะเทินของหน้าตัดแปลง (ไม่ร้าว) ที่อยู่ห่างจากท้องพื้น



$$n = \frac{E_b}{E_c} = 1.96$$

$$y = \frac{(bh)(h/2) + nA_b(2.5)}{(bh) + nA_b}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

$$y = \frac{(15\times 50)(7.5) + (1.96)(3.5)(2.5)}{(15x50) + (1.96x3.5)}$$

$y = 7.45$ cm

โมเมนต์อินเนอร์เชียของหน้าตัดแปลง (ไม่ร้าว)

$$I = \frac{bh^3}{12} + (bh)((h/2) - y)^2 + nA_b(y - 2.5)^2$$

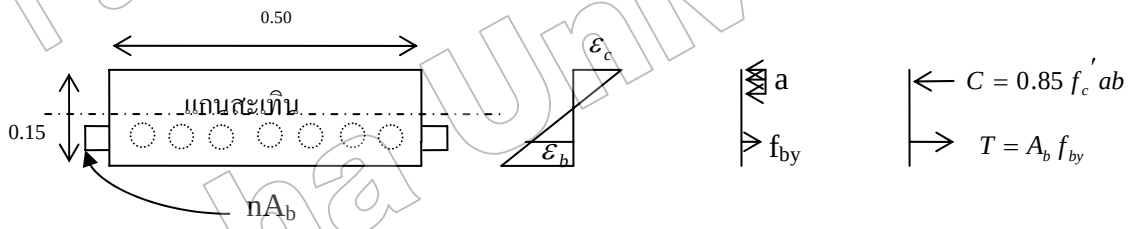
$$I = \frac{(50)(15^3)}{12} + (50\times 15)((15/2) - 7.45)^2 + (1.96)(3.5)(7.45 - 2.5)^2$$

$I = 14268.1$ cm^4

โมเมนต์ดัดแตกร้าว

$$Mu' = \frac{f_c I}{y} = \frac{(2.0\sqrt{f_c'})I}{y} = \frac{(2.0\sqrt{210})(14268.1)}{(7.45)(100)} = 555.07 \text{ kg-m}$$

กำลังต้านทานโมเมนต์ดัดสูงสุด (Mu'')



$$Mu'' = T(d - \frac{a}{2}) = A_b f_{by}\left[d - (\frac{A_b f_{by}}{2(0.85 f_c' b)})\right] = (3.5)(1927.58)\left[12.5 - (\frac{(3.5x1927.58)}{(2x0.85x210x50)})\right]$$

$Mu'' = 81781.72$ kg-cm

$Mu'' = 817.82$ kg-m

หาน้ำหนักสูงสุด

$$M = \frac{wl^2}{8} + \frac{Pl}{6}$$

$$817.82 = \frac{(180)(1.20^2)}{8} + \frac{P(1.2)}{6}$$

$P = 3927.1$ kg

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

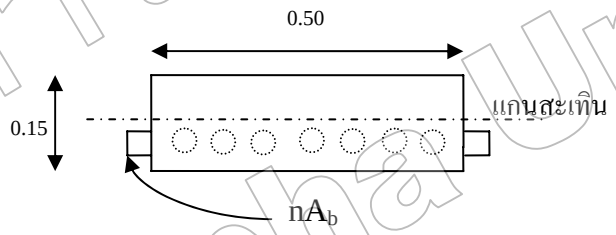
1.2 การคำนวณหารับแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB6,SB7,SB8,SB9,SB10

f_c' = 240 *ksc* , ระยะหุ้ม = 2.5 cm.

A_b	3.5	cm^2		*d*	12.5	*cm*
h	15	*cm*		b	50	*cm*
n	1.83	*dimensionless*		f_c'	240	*ksc*
				f_{by}	1927.58	kg/cm^2

การคำนวณหากำลังรับแรงดัดที่สภาวะหน้าตัดเริ่มแตกร้าว (Mu')

แปลงเนื้อที่หน้าตัดของไม้ไผ่เป็นเนื้อที่หน้าตัดของคอนกรีตเทียบเท่า แล้วหาตำแหน่งแนวแกนสะเทินของหน้าตัดแปลง (ไม่ร้าว) ที่อยู่ห่างจากท้องพื้น



$$n = \frac{E_b}{E_c} = 1.83$$

$$y = \frac{(bh)(h/2) + nA_b(2.5)}{(bh) + nA_b}$$

$$y = \frac{(15 \times 50)(7.5) + (1.83)(3.5)(2.5)}{(15x50) + (1.83x3.5)}$$

$$y = 7.46 \text{ cm}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

โมเมนต์อินเนอร์เชียของหน้าตัดแปลง (ไม่ร้าว)

$$I = \frac{bh^3}{12} + (bh)((h/2) - y)^2 + nA_b(y - 2.5)^2$$

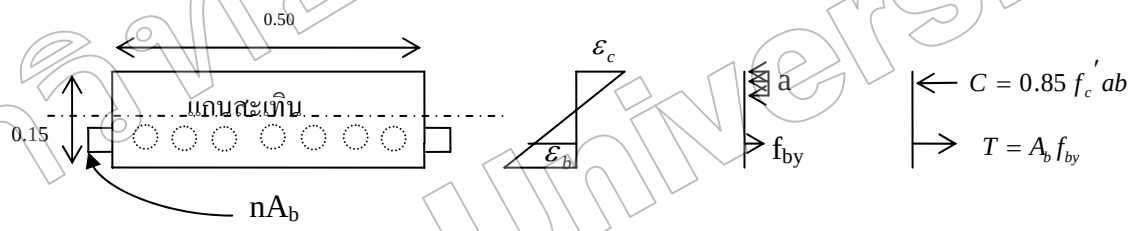
$$I = \frac{(50)(15^3)}{12} + (50 \times 15)((15/2) - 7.46)^2 + (1.83)(3.5)(7.46 - 2.5)^2$$

$$I = 14221.27 \ \text{cm}^4$$

โมเมนต์ดัดแตกร้าว

$$Mu' = \frac{f_c I}{y} = \frac{(2.0\sqrt{f_c'})I}{y} = \frac{(2.0\sqrt{240})(14221.27)}{(7.46)(100)} = 590.66 \ \text{kg-m}$$

กำลังต้านทานโมเมนต์ดัดสูงสุด (Mu'')



$$Mu'' = T(d - \frac{a}{2}) = A_b f_{by}\left[d - (\frac{A_b f_{by}}{2(0.85 f_c' b)})\right] = (3.5)(1927.58)\left[12.5 - (\frac{(3.5x1927.58)}{(2x0.85x240x50)})\right]$$

$$Mu'' = 82100.46 \ \text{kg-cm}$$

$$Mu'' = 821 \ \text{kg-m}$$

หาน้ำหนักสูงสุด

$$M = \frac{wl^2}{8} + \frac{Pl}{6}$$

$$821 = \frac{(180)(1.20^2)}{8} + \frac{P(1.2)}{6}$$

$$P = 3943 \ \text{kg}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

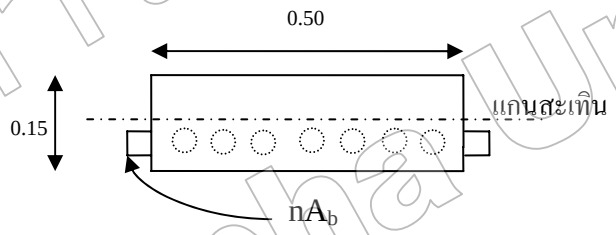
1.3 การคำนวณหารับแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB11,SB12,SB13,SB14,SB15

f_c' = 280 *ksc* , ระยะหุ้ม = 2.5 cm.

A_b	3.5	cm^2		*d*	12.5	*cm*
h	15	*cm*		b	50	*cm*
n	1.70	*dimensionless*		f_c'	280	*ksc*
				f_{by}	1927.58	kg/cm^2

การคำนวณหากำลังรับแรงดัดที่สภาวะหน้าตัดเริ่มแตกร้าว (Mu')

แปลงเนื้อที่หน้าตัดของไม้ไผ่เป็นเนื้อที่หน้าตัดของคอนกรีตเทียบเท่า แล้วหาตำแหน่งแนวแกนสะเทินของหน้าตัดแปลง (ไม่ร้าว) ที่อยู่ห่างจากท้องพื้น



$$n = \frac{E_b}{E_c} = 1.70$$

$$y = \frac{(bh)(h/2) + nA_b(2.5)}{(bh) + nA_b}$$

$$y = \frac{(15 \times 50)(7.5) + (1.70)(3.5)(2.5)}{(15x50) + (1.70x3.5)}$$

$$y = 7.46 \text{ cm}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

โมเมนต์อินเนอร์เชียของหน้าตัดแปลง (ไม่ร้าว)

$$I = \frac{bh^3}{12} + (bh)((h/2) - y)^2 + nA_b(y - 2.5)^2$$

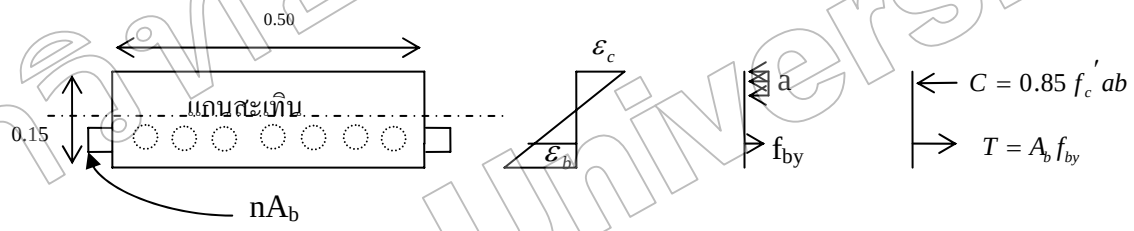
$$I = \frac{(50)(15^3)}{12} + (50 \times 15)((15/2) - 7.46)^2 + (1.70)(3.5)(7.46 - 2.5)^2$$

$$I = 14958.88 \quad \text{cm}^4$$

โมเมนต์ดัดแตกร้าว

$$Mu' = \frac{f_c I}{y} = \frac{(2.0\sqrt{f_c'})I}{y} = \frac{(2.0\sqrt{280})(14958.88)}{(7.46)(100)} = 671.07 \quad \text{kg-m}$$

กำลังต้านทานโมเมนต์ดัดสูงสุด (Mu'')



$$Mu'' = T(d - \frac{a}{2}) = A_b f_{by}\left[d - (\frac{A_b f_{by}}{2(0.85 f_c' b)})\right] = (3.5)(1927.58)\left[12.5 - (\frac{(3.5x1927.58)}{(2x0.85x280x50)})\right]$$

$$Mu'' = 82419.20 \quad \text{kg-cm}$$

$$Mu'' = 824.19 \quad \text{kg-m}$$

หาน้ำหนักสูงสุด

$$M = \frac{wl^2}{8} + \frac{Pl}{6}$$

$$824 = .19\frac{(180)(1.20^2)}{8} + \frac{P(1.2)}{6}$$

$$P = 3958.95 \quad \text{kg}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

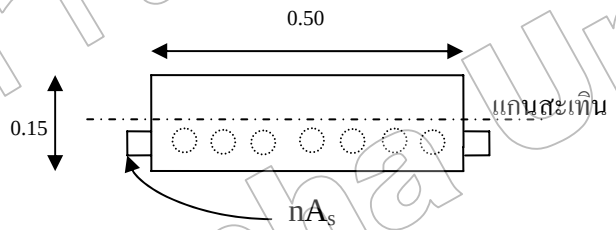
1.3 การคำนวณหารับแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก SS16

f_c' = 240 *ksc* , ระยะหุ้ม = 2.5 cm.

A_s	3.82	cm^2		*d*	12.5	*cm*
h	15	*cm*		b	50	*cm*
n	8.66	*dimensionless*		f_c'	280	*ksc*
				f_y	2400	kg/cm^2

การคำนวณหากำลังรับแรงดัดที่สภาวะหน้าตัดเริ่มแตกร้าว (Mu')

แปลงเนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเป็นเนื้อที่หน้าตัดของคอนกรีตเทียบเท่า แล้วหาตำแหน่งแนวแกนสะเทินของหน้าตัดแปลง (ไม่ร้าว) ที่อยู่ห่างจากท้องพื้น



$$n = \frac{E_s}{E_c} = 8.66$$

$$y = \frac{(bh)(h/2) + (n-1)A_s(2.5)}{(bh) + (n-1)A_s}$$

$$y = \frac{(15 \times 50)(7.5) + (8.66-1)(3.82)(2.5)}{(15x50) + ((8.66-1)x3.82)}$$

$$y = 7.31 \text{ cm}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

โมเมนต์อินเนอร์เชียของหน้าตัดแปลง (ไม่ร้าว)

$$I = \frac{bh^3}{12} + (bh)((h/2) - y)^2 + (n-1)A_b(y - 2.5)^2$$

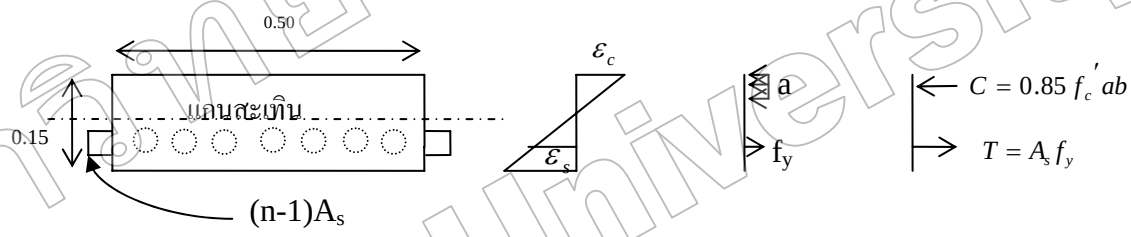
$$I = \frac{(50)(15^3)}{12} + (50 \times 15)((15/2) - 7.31)^2 + (8.66 - 1)(3.82)(7.31 - 2.5)^2$$

$$I = 14766.57 \ \text{cm}^4$$

โมเมนต์ดัดแตกร้าว

$$Mu' = \frac{f_c I}{y} = \frac{(2.0\sqrt{f_c'})I}{y} = \frac{(2.0\sqrt{240})(14766.57)}{(7.31)(100)} = 625.89 \ \text{kg-m}$$

กำลังต้านทานโมเมนต์ดัดสูงสุด (Mu'')



$$Mu'' = T(d - \frac{a}{2}) = A_s f_y \left[d - (\frac{A_s f_y}{2(0.85 f_c' b)}) \right] = (3.82)(2400) \left[12.5 - (\frac{(3.82x2400)}{(2x0.85x240x50)}) \right]$$

$$Mu'' = 110479.79 \ \text{kg-cm}$$

$$Mu'' = 1104.80 \ \text{kg-m}$$

หาน้ำหนักสูงสุด

$$M = \frac{wl^2}{8} + \frac{Pl}{6}$$

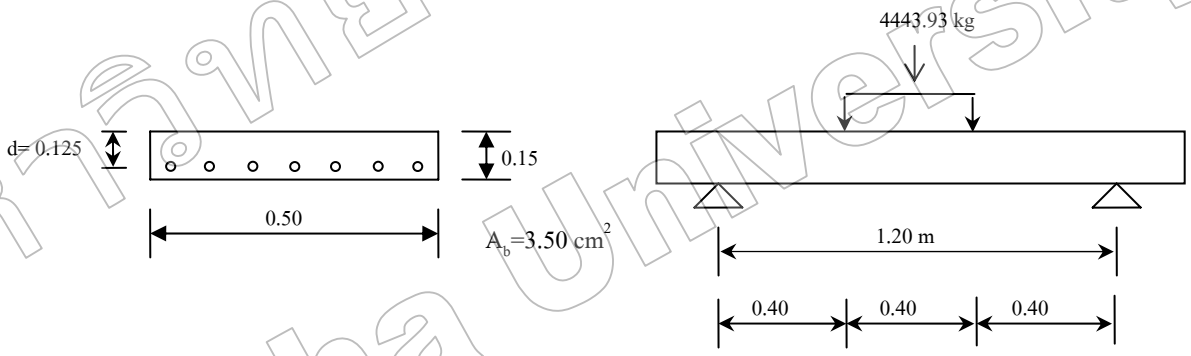
$$1104.80 = . \frac{(180)(1.20^2)}{8} + \frac{P(1.2)}{6}$$

$$P = 5362 \ \text{kg}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. ตัวอย่างการคำนวณหาโมเมนต์ดัดสูงสุด และหน่วยแรงดึงในไม้ไผ่ในพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ จากผลการทดสอบ SB1

A_b	3.50	cm^2		d	12.5	cm
h	15	cm		b	50	cm
$f_c^{'}$	210	ksc		f_{by}	1927.58	kg/cm^2
P	4701.15	kg		w	180	kg/m
n	1.96	$dimensionless$				



โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เกิดกับพื้น

$$M = \frac{wl^2}{8} + \frac{Pl}{6}$$

$$M = \frac{(180)(1.20)^2}{8} + \frac{(4701.15)(1.20)}{6}$$

$$M = 846.63 \text{ kg-m}$$

จาก $$\rho = \frac{A_b}{bd}$$

$$\rho = \frac{3.50}{(50)(12.5)}$$

$$\rho = 0.0056$$

$$n\rho = 1.96x0.0056 = 0.01098$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

$$\therefore k = \sqrt{2n\rho + (n\rho)^2} - n\rho$$

$$k = \sqrt{(2x0.01098) + (0.01098)^2} - 0.01098$$

$$k = 0.138$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - (\frac{0.138}{3}) = 0.95$$

หน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นในไม้ไผ่

จากสมการ $A_s = \frac{M}{f_b.j.d}$

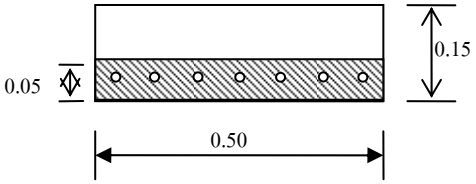
$$f_b = \frac{M}{A_b.j.d}$$

$$f_b = \frac{(846.63x100)}{(3.5x0.95x12.5)}$$

$$f_b = 2028.18 \text{ kg/cm}^2$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.พิกัดควบคุมรอยร้าว



กำหนด

A_b	3.50	cm^2		b	50	cm
h	15	cm		f_{by}	1927.58	kg/cm^2
ϕ	0.60					

เนื่อที่หน้าตัดประสิทธิผลของคอนกรีตที่ใช้คำนวณหาพิกัดรอยแตกร้าว

$A_c = 2.5 \times 2 \times 50 = 250 \text{ cm}^2$

เนื้อที่ของคอนกรีตหุ้มรอบไม้ไผ่หนึ่งเส้น

$A = \frac{250}{7} = 35.71 \text{ cm}^2$

ดัชนีความกว้างรอยร้าว

$Z = \phi \cdot f_{by} \cdot \sqrt[3]{d_c A}$

$Z = (0.60)(1927.58) \cdot \sqrt[3]{(2.5)(35.71)}$

$Z = 5169 \text{ kg/cm}^2$

ซึ่งปรากฏว่ามีค่าน้อยกว่าค่าที่ยอมให้ทั้งของคานภายนอกและภายใน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. การคำนวณหาความกว้างรอยร้าว

ความกว้างรอยร้าว

$$w = 0.011\beta \cdot \phi \cdot f_{by} \cdot \sqrt[3]{d_c A} \times 10^{-3}$$

$$w = 0.011(1.35)(0.60)(1927.58) \cdot \sqrt[3]{(2.5)(35.71)} \times 10^{-3}$$

$$w = 0.077 \text{ mm.}$$

จากมาตรฐาน ACI กำหนดให้ความกว้างสูงสุดของรอยร้าวที่สภาวะอยู่ในที่ร่ม จะมีความกว้างสูงสุดของรอยร้าว เท่ากับ 0.41 mm.

จะสามารถหากำลังดึงสูงสุดได้เท่ากับ

$$w = 0.011\beta \cdot \phi \cdot f_b \cdot \sqrt[3]{d_c A} \times 10^{-3}$$

$$0.41 = 0.011(1.35)(0.60)(f_{by}) \cdot \sqrt[3]{(2.5)(35.71)} \times 10^{-3}$$

$$f_b = \frac{(0.41)}{0.011(1.35)(0.60) \cdot \sqrt[3]{(2.5)(35.71)} \times 10^{-3}}$$

$$f_b = 10{,}295.87 \text{ kg/cm}^2$$

จะหาโมเมนต์สูงสุด

จาก

$$M = A_b f_b jd$$

$$M = (3.5)(10{,}295.87)(0.95)(12.5)$$

$$M = 427922 \text{ kg-cm}$$

$$M = 4279.22 \text{ kg-m}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

หา P

$$M = \frac{wl^2}{8} + \frac{Pl}{6}$$

$$4279.22 = \frac{(180)(1.20)^2}{8} + \frac{P(1.20)}{6}$$

$$P = 66037.35 \text{ kg}$$

$$P = 66 \text{ ton}$$

จะทำให้ทราบว่า ที่ ACI กำหนดระยะความกว้างสูงสุดของรอยร้าวที่ 0.41 mm. จะได้แรงกระทำสูงสุดที่ทำต่อพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เท่ากับ 66 ตัน

การคำนวณหารอยแตกร้าวเมื่อเทียบกับรอยแตกร้าวจริง

ที่ Load 22 kN

จากทฤษฎี

$$P = 2242.61 \text{ kg}$$

$$M = \frac{wl^2}{8} + \frac{Pl}{6}$$

$$M = \frac{180(1.2)^2}{8} + \frac{(2242.61)(1.2)}{6}$$

$$M = 480.6 \text{ kg-m}$$

Find f_y

$$f_y = \frac{M}{A_b jb}$$

$$f_y = \frac{(480.9)(100)}{(3.5)(0.95)(12.5)}$$

$$f_y = 1157.11 \text{ kg/cm}^2$$

Find w

$$w = 0.011\beta\phi \cdot f_b \cdot \sqrt[3]{d_c A} \times 10^{-3}$$

$$= 0.001(1.35)(0.6)(1157.11)(4.47)(10^{-3})$$

$$= 0.05 \text{ mm.}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากการทดลอง

Strain = 0.0001010

L = 145 cm

$w = (0.0001010 \times 1450)$

w = 0.15 mm.

จากข้างต้นจะเห็นว่า เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับจะทำให้ทราบว่ามีค่าต่างกัน 3 เท่า จึง กำหนดค่า $\alpha = 3.5$ จึงสามารถกำหนดสมการใหม่ได้ คือ

$$w = \alpha\,(0.011\beta\phi \cdot f_b \cdot \sqrt[3]{d_c A} \times 10^{-3})$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประวัติผู้ทำโครงงาน

นายอิทธิวัฒน์ ยอดเยี่ยม ปัจจุบันศึกษา ณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนตาพระยา จังหวัดสระแก้ว มีความสนใจในงานวิศวกรรมโยธาทางด้าน วิศวกรรมโครงสร้าง และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางด้านวิศวกรรมโยธา สนใจการออกแบบโครงสร้างทุกชนิด และวิชาปฏิบัติการทั้งหมด เพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการพัฒนาท้องถิ่นให้เจริญยิ่งขึ้น

นายนคร วีระโพธิ์ประสิทธิ์ ปัจจุบันศึกษา ณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรม-ศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จบการศึกษาชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพจาก วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี มีความสนใจในด้านการออกแบบงานโครงสร้าง เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรม นำความรู้ไปพัฒนาชนบทและประเทศชาติต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รับแรงดัดในแนวแกน

THE STUDY OF BEHAVIOR OF BAMBOO-REINFORCED CONCRETE SLAB TO FLEXURAL LOAD

อิทธิวัฒน์ ยอดเยี่ยม และนคร วีระโพธิ์ประสิทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.เอนก ชมวงษ์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

คอนกรีตเสริมไม้ไผ่เป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการก่อสร้าง ถ้าไม่ใช้เหล็กเสริม เพราะว่าไม้ไผ่เป็นวัสดุทางธรรมชาติ ราคาถูก หาได้ง่ายในท้องถิ่น และไม่เกิดปัญหาจากการทำลายโดยเกลือคลอไรด์ เหมาะกับการก่อสร้างที่ใช้เงินลงทุนต่ำ และใช้กับการก่อสร้างบริเวณที่เจอปัญหาเกลือคลอไรด์ เช่น บ้านของผู้มีรายได้ต่ำ โรงเก็บเกลือ บ้านที่ประสบปัญหาดินเค็ม เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รับแรงดัดในแนวแกน สำหรับไม้ไผ่ที่ใช้ คือ ไม้ไผ่ป่า ซึ่งมีคุณสมบัติทางกล คือ กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่มีค่าเท่ากับ 2520.95 กก./ซม.^{2} มีโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 432142.7 กก./ซม.^{2} มีความหนาแน่นแห้งเท่ากับ 0.47 กรัม/ซม.^{3} และได้ทำการปรับปรุงผิวไม้ไผ่ก่อนทำการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยว โดยปรับปรุงผิวด้วยน้ำมันวานิช แลกเกอร์ และไม่ได้ปรับปรุงผิว ซึ่งจากการทดสอบน้ำมันวานิชจะมีค่ามากที่สุด สำหรับการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ จะใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดเท่ากับ 210, 240 และ 280 กก./ซม.^{2} จำนวนชนิดละ 5 ตัวอย่าง ซึ่งติดตั้งอุปกรณ์วัดระยะยืด-หดตัวอิเล็กทรอนิกส์ ชนิดละ 3 ตัวอย่าง ติดไว้กับไม้ไผ่ที่รับแรงดึง จากการทดสอบจะพบว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่นำไปทดสอบจะมีค่าคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีประมาณ 20.05% และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ไม้ไผ่จะมีการยืดตัวมากกว่าเหล็ก และมีค่าตัวคูณลดกำลัง (ϕ) จะมีค่าเท่ากับ 0.60

สำหรับการนำพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ไปพิจารณาเพื่อนำไปใช้จริง จะพบว่าสามารถนำไปใช้ได้กับโครงสร้างที่รับน้ำหนักไม่มากนัก และที่มีสภาวะแวดล้อมใกล้ทะเล เช่น บ้านขนาดเล็ก ถนนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เป็นต้น และเมื่อเปรียบเทียบราคาระหว่างไม้ไผ่ และเหล็กที่นำมาเสริม จะพบว่าพื้นคอนกรีตที่เสริมไม้ไผ่ป่าจะมีราคาถูกกว่าเหล็กเสริม จึงเหมาะที่จะนำมาใช้กับบ้านของผู้มีรายได้ต่ำ

คำสำคัญ: พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่, คุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่, หน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Abstract

Bamboo reinforced concrete is alternative choice to construction. The bamboo is natural materials, cheap price, facilitate to find in local and non-problem of ruining by chloride salt suited with any construction which capitalized in low investment. It also is used for construction in some area where found the chloride problem. For example, house owner's low income, salt warehouse, houses facing alkaline soil, etc. The research is to study the behavior of bamboo reinforced concrete slab to flexural load. For the selected bamboo is Bambusa Arundinacea Willd, which mechanical properties is that tensile strength at 2,520.95 kg/cm^2, modulus of elasticity at 432,142.7 kg/cm^2, dry density at 0.47 g/cm^3. Additionally, there is improved the surface of these bamboos before testing on a bonding strength by vanish, lacquers and another case is no improved the surface of these bamboo. From testing, these vanish would have the most point. For testing bamboo reinforced concrete would use a concrete which has strength of concrete 210, 240 and 280 kg/cm^2 of 5 samples in each. Through calibrated electronics strain-gauge of 3 samples in each embedded with bamboo which served tensile strength. The results have found that bamboo reinforced concrete slab; there are theoretical errors at 20.05% approximately. When it compared with steel reinforced concrete slab, the bamboo would have more elasticity than steel and factor (ϕ) were 0.60.

For using the bamboo reinforced concrete slab in real, it found that able to use with a structure that is able to load at low weight and near ocean. For example, small house , bamboo reinforced concrete ground slab was cheaper price than steel. Therefore, it is suitable with for use house owner's low income.

Keyword: bamboo reinforce concrete slab, mechanical property of bamboo, bonding strength between bamboo and concrete

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1. บทนำ

เหล็กกับงานคอนกรีตเป็นสิ่งที่ควบคู่กันในวงการก่อสร้างมานานแล้ว เนื่องจากคอนกรีตมีคุณสมบัติที่ดีในด้านการรับแรงอัด แต่คุณสมบัติด้อยในด้านการรับแรงดึง กล่าวคือคอนกรีตมีคุณสมบัติในด้านการรับแรงดึงเพียง 10% ของแรงอัดเท่านั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีวัสดุที่ใช้ช่วยในการรับแรงดึง และวัสดุนั้นก็คือ เหล็ก แต่ในปัจจุบันเหล็กมีราคาสูง และมีแนวโน้มว่าราคาจะขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการผลิตเหล็กต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคานำเข้าสูงมาก จึงได้มีการคิดค้นหาวัสดุราคาถูกที่จะนำมาใช้แทนเหล็ก ซึ่งวัสดุที่จะนำมาใช้แทนเหล็กนั้นก็คือ ไม้ไผ่

สำหรับการศึกษาเรื่องคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ได้มีผู้ได้ทำการศึกษาวิจัยมานานแล้ว ซึ่งจากการวิจัยพบว่า ไม้ไผ่สามารถนำมาใช้ในการเสริมในคอนกรีตในเหล็กได้ แต่อาจจะไม่ดีเท่ากับเหล็ก เนื่องจากปัญหาเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ การเปลี่ยนแปลงปริมาตร (การหดตัว) ตลอดจนการผุพังของไม้ไผ่ เนื่องจากไม้ไผ่เป็นวัสดุธรรมชาติ แต่ถ้าได้ทำการศึกษาอย่างจริงจังที่จะนำไม้ไผ่มาใช้เสริมแทนเหล็กในคอนกรีตแล้ว อาจทำให้ประหยัดงบประมาณในการซื้อเหล็ก และยังช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้างได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของบทความนี้ก็เพื่อ

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาคุณสมบัติของไม้ไผ่ป่า ในด้านของกำลังดึงของไม้ไผ่ป่า และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้ไผ่ป่า
2. เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาคุณสมบัติของคอนกรีต ในด้านกำลังอัดของคอนกรีต กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่
3. ศึกษาการรับกำลังของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

2. อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

2.1 อุปกรณ์

ไม้ไผ่ที่ได้นำมาใช้ในการทดสอบ คือ ไม้ไผ่ป่า หรือไผ่หนาม เป็นไม้ไผ่ชนิดหนึ่งที่มีคนส่วนมากนิยมใช้ในการก่อสร้าง โดยเฉพาะในส่วนที่ต้องรับน้ำหนักมากๆ จึงเหมาะสมที่จะใช้ในพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ไม้ไผ่ที่นำมาทดสอบจะต้องมีอายุประมาณ 2-3 ปี เพราะไม้ไผ่จะโตเต็มที่ ไม่แก่หรืออ่อนเกินไป และมีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ ก่อนทำการทดสอบต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของไม้ไผ่ โดยนำไผ่มาผึ่งในบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวกเป็นเวลา 2-4 สัปดาห์ เพื่อจะทำให้ไม้ไผ่มีความชื้นลดลง และอาหารของแมลงจำพวกแป้งและน้ำตาลลดลง ไม่ควรที่จะเก็บไม้ไผ่ไว้ในที่อับชื้น เพราะจะทำให้เกิดการขึ้นรา จากนั้นจึงนำไม้ไผ่ไปแช่น้ำเป็นเวลาประมาณ 3-10 วัน เพื่อให้ไม้ไผ่อิ่มตัวด้วยน้ำ จากนั้นจึงนำไม้ไผ่ไปทดสอบหาคุณสมบัติต่างๆ

2.2 วิธีการทดสอบ

2.2.1 การทดสอบคุณสมบัติวัสดุ

1) การทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

การทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่จะใช้ตัวอย่างไม้ไผ่ป่าสำหรับการหากำลังรับแรงดึง 2 แบบ คือ ไม้ไผ่แบบชนิดมีข้อ จำนวน 6 ตัวอย่าง และไม้ไผ่แบบชนิดไม่มีข้อ จำนวน 6 ตัวอย่าง มีรูปร่างลักษณะตรงกลางเป็นคอคอด มีหน้าตัดกลม ขนาดของตัวอย่างไม้ไผ่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.7 - 1.0 ซม. มีความยาว 70 ซม. นำมาทดสอบกับเครื่อง UTM (Universal Testing Machine)

2) การหาความหนาแน่นของไม้ไผ่

ตัวอย่างสำหรับหาความหนาแน่นของไม้ไผ่มีจำนวน 6 ตัวอย่าง ซึ่งได้จากไม้ไผ่ และได้ทำการปรับปรุงคุณภาพแล้ว ซึ่งตัวอย่างมีความกว้าง

ประมาณ 2.0 ซม. ความยาวประมาณ 10.0 ซม. และมีขนาดความหนา 0.5-1.0 ซม. ความหนาแน่นของไม้ไผ่ โดยหาได้จากมวลส่วนปริมาตร ซึ่งมวลจะหาโดยการชั่ง ส่วนปริมาตรจะหาโดยการแทนที่ด้วยน้ำ

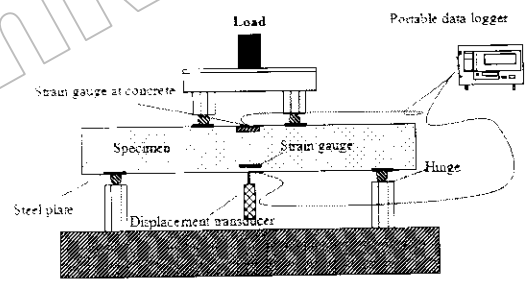
3) การหาโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ป่า จะทำการทดสอบและใช้ตัวอย่างเดียวกับการทดสอบกำลังรับแรงดึง นำไปทดสอบรับแรงดึงโดยจะทำการอ่านค่าจากเครื่อง UTM (Universal Testing Machine) จะได้ค่าความยืดตัวของไม้ไผ่ ทำให้ทราบค่าหน่วยการยืดตัว(Strain) และหน่วยแรงดึง (Tensile Stress) นำมาคำนวณหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ป่าจากแรงดึงได้

4) ตัวอย่างไม้ไผ่ที่ใช้หาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่มี 2 แบบ คือ มีข้อและไม่มีข้อ มีข้อมีจำนวน 24 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นการหาค่าแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยระหว่างไม้ไผ่มีข้อและไม่มีข้อ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.8-1.0 ซม. และมีความยาว 30 ซม. ความยาวฝังลึกของไม้ไผ่ลงไปในคอนกรีตเท่ากับ 10 ซม. ใช้กำลังคอนกรีตเท่ากับ 210, 240 และ280 การปรับปรุงผิวของไม้ไผ่โดยการทาน้ำมันวานิช และทาแลกเกอร์ สำหรับการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่หาโดยวิธี Pull-Out-Test ตามมาตรฐาน ASTM C235 นำคอนกรีตทรงลูกบาศก์วางบนแท่นด้านล่างของเครื่อง ให้ไม้ไผ่ชี้ลงล่างและยึดจับปลายไม้ให้แน่น แล้วดึงจนไม้ไผ่หลุดออกจากคอนกรีตอย่างสมบูรณ์ไม่สามารถรับแรงดึงได้อีก จากนั้นนำค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ไม้ไผ่หลุดออกจากคอนกรีตไปทำการคำนวณหาค่ากำลังยึดเหนี่ยว

2.2.2 การทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ตัวอย่างสำหรับทดสอบมีขนาด 50x150x15 ซม. ซึ่งใช้เป็นแบบหล่อแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ดังรูปที่ 3.10 โดยใช้คอนกรีตที่มีกำลัง เท่ากับ 210, 240 และ280 ksc บ่มไว้นาน 28 วันก่อนการทดสอบ

การทดสอบหากำลังรับแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ จะใช้วิธีการทดสอบแบบแรงกระทำ 4 จุด การทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่แบบแรงกระทำ 4 จุดนั้น จะมีการเตรียมการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบคาน และการติดตั้ง "Electrical - Strain Gauge" นั้นจะติดตั้งบนผิวของไม้ไผ่ที่ฝังอยู่ในคอนกรีต เพื่อใช้ในการวัดระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ภายในพื้นคอนกรีต และ ติดตั้งที่ผิวด้านบนของพื้นคอนกรีตเพื่อใช้ในการวัดระยะการหดตัวของคอนกรีตด้านที่รับแรงอัด ขณะที่มีแรงกระทำกับพื้นคอนกรีต รูปที่ 1 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ ก่อนการทดสอบโดยการกดโดยใช้เครื่อง Hydraulic Jack



รูปที่ 1 การทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

3. ผลการทดสอบและอภิปรายผลการทดสอบ

3.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุ

1) ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ซึ่งมีแบบชนิดที่มีข้อและไม่มีข้อ จำนวนชนิดละ 6 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่อง UTM (Universal Testing Machine) ดึงด้วยความเร็ว 5 มม./นาที ความยาวของไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดสอบยาวประมาณ 70 ซม.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ทั้งแบบชนิดมีข้อ และแบบชนิดที่ไม่มีข้อ จะทำให้ทราบกำลังรับแรงดึง ซึ่งมีผลการทดลองดังตารางที่ ก-1 ซึ่งจะสามารถหาค่ากำลังเฉลี่ย ดังนี้

- กำลังรับแรงดึงสูงสุดของไม้ไผ่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,520.95 kg/cm^2
- กำลังรับแรงดึงที่yield ของไม้ไผ่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,927.58 kg/cm^2

เมื่อพิจารณาจากการทดลองจะทำให้ทราบว่า ขณะที่เริ่มทำการดึงไม้ไผ่ ไม้ไผ่จะเริ่มยืดตัวออกเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มแรงขึ้นเรื่อยๆจนถึงจุดหนึ่ง ไม้ไผ่ก็จะเริ่มแตกจนกระทั่งไม้ไผ่ไม่สามารถรับแรงดึงได้อีก ซึ่งลักษณะการวิบัติไม้ไผ่ชนิดที่ไม่มีข้อจะเกิดการวิบัติบริเวณใกล้กับที่ยึดจับ และแตกในแนวขนานเสี้ยน ส่วนไม้ไผ่ชนิดที่มีข้อจะเกิดการวิบัติบริเวณข้อของไม้ไผ่ สำหรับกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ ไม้ไผ่ชนิดมีข้อจะมีค่ากำลังรับแรงดึงมากกว่าชนิดที่ไม่มีข้อ ส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นจะมีค่าใกล้เคียงกัน

2) ผลการทดสอบความหนาแน่นของไม้ไผ่

ผลการทดสอบหาความหนาแน่นแห้งของไม้ไผ่ จากการทดสอบไม้ไผ่ป่าทั้งหมด 6 ตัวอย่าง จะได้ผลการทดสอบ คือ ไม้ไผ่จะมีค่าความหนาแน่นแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 0.47 กรัม/ซม.^{3} ซึ่งเมื่อนำค่าความหนาแน่นแห้งมาวิเคราะห์กับผลการทดสอบแรงดึงไม้ไผ่ ความหนาแน่นแห้งจะมีผลต่อกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ ยิ่งถ้าไม้ไผ่มีความหนาแน่นแห้งมาก กำลังของไม้ไผ่ก็จะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย

3) ผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

จากการทดสอบเพื่อหาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ จะทำให้พบว่าเมื่อคอนกรีตมีกำลังเพิ่มขึ้น หน่วยแรงยึดเหนี่ยวก็จะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย อาจจะทำให้คาดว่าเมื่อคอนกรีตมีกำลังมากขึ้น การยึดประสานระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ก็จะดีขึ้นด้วย

ส่วนการปรับปรุงผิวไม้ไผ่โดยใช้น้ำยาเคลือบผิว คือ น้ำมันวานิช และแลกเกอร์ ก่อนที่จะทำการทดสอบ จะทำให้ทราบว่าน้ำมันวานิชสามารถช่วยป้องกันการหดตัว และขยายตัวของไม้ไผ่ได้ดีที่สุด แลกเกอร์มีค่ารองลงมา ส่วนไม้ไผ่ที่ไม่ได้ปรับปรุงผิวเมื่อทำการทดสอบจะได้ค่าแรงยึดเหนี่ยวที่น้อยที่สุด ฉะนั้นวัสดุเคลือบผิวจึงมีส่วนที่จะช่วยให้ลดการยึด-หดตัวของไม้ไผ่ได้ จากการปรับปรุงผิวด้วยน้ำมันวานิช จะมีค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่มากที่สุด

3.2 การทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

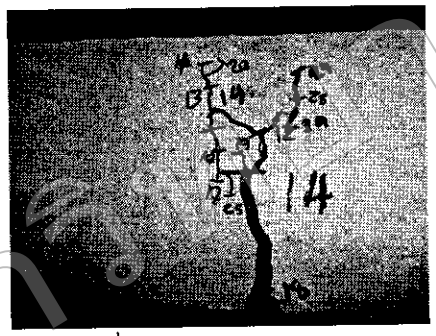
1) การวิบัติของพื้นคอนกรีต

พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เมื่อได้รับแรงกระทำเพิ่มขึ้นที่ผิวใต้ท้องแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะเริ่มแตก และเมื่อเพิ่มแรงกระทำไปเรื่อยๆรอยแตกก็จะเพิ่มขึ้นจากด้านล่างพื้นคอนกรีตไปสู่ด้านบน ดังรูปที่ 2 และรอยแตกก็จะเริ่มขยายขึ้นจนวิบัติ จากการสังเกตจะพบว่าเมื่อคอนกรีตเริ่มแตกที่ใต้ท้องพื้น แรงกระทำก็จะลดลง แต่เมื่อเพิ่มแรงกระทำเพิ่มขึ้นก็จะสามารถรับแรงได้อีก เนื่องจากไม้ไผ่จะเป็นตัวช่วยในการรับแรงดึง ทำให้สามารถรับแรงได้อีกจนพื้นคอนกรีตวิบัติก็จะไม่สามารถรับแรงได้ จะเห็นได้ว่าพื้นคอนกรีตจะเริ่มแตกจากด้านล่างและแตกเรื่อยๆจนวิบัติ ทำให้เมื่อนำไปใช้จริงสามารถสังเกตเห็นการวิบัติที่เกิดขึ้น ทำให้สามารถเตรียมพร้อมก่อนการวิบัติได้ทัน สำหรับรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นบริเวณกลางแผ่นพื้นคอนกรีต เพราะว่าบริเวณกลางแผ่นพื้นคอนกรีตจะเป็นช่วงที่ทำให้เกิดโมเมนต์ดัดมาก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่สุดสำหรับพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะเกิดรอยแตกประมาณ 1-2 รอย

รูปที่ 2 แสดงการแตกของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จากผิวด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน

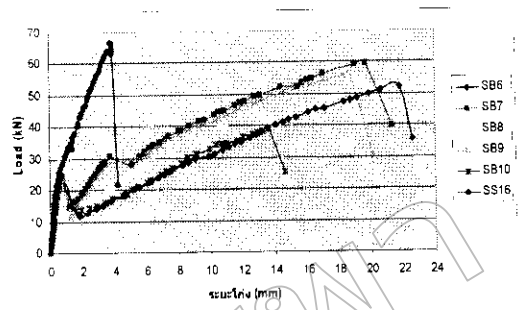


รูปที่ 3 แสดงลักษณะการวิบัติ

2) พฤติกรรมของพื้นคอนกรีต

จากการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ โดยการนำพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่มาทดสอบการรับกำลังด้วยวิธีการทดสอบแบบแรงกระทำ 4 จุด จะทำให้ทราบค่าระหว่างแรงที่กระทำ, ระยะการโก่งตัว, ค่าหน่วยการยืดหดตัวของไม้ไผ่ และคอนกรีต ของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ซึ่งเราสามารถพิจารณาได้ดังนี้

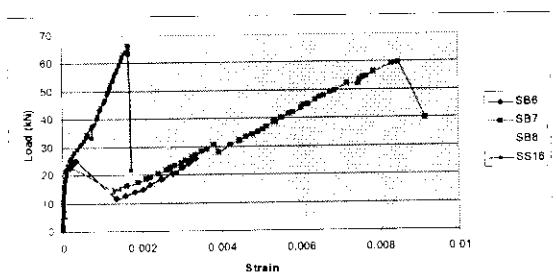
- ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำ และระยะโก่งของพื้นคอนกรีต



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำและระยะโก่ง ของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB6,SB7,SB8,SB9,SB10 และเสริมเหล็ก SS16 ที่กำลังคอนกรีต 240 ksc

จะทำให้ทราบพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เริ่มจากขณะที่เพิ่มแรงกระทำไปจนถึงวิบัติ จะสังเกตุพบว่าเมื่อเพิ่มแรงกระทำพื้นคอนกรีตก็จะเริ่มเกิดการโก่ง จนเมื่อได้รับแรงกระทำไปจนถึงจุดหนึ่ง เริ่มเกิดการแตกที่ผิวคอนกรีตจากด้านล่าง ทำให้แรงจะตกลงมาเล็กน้อย หลังจากนั้นก็จะเริ่มรับแรงเพิ่มขึ้นจนถึงวิบัติ เมื่อนำพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กมาเปรียบเทียบ จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะมีระยะโก่งมากกว่าพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก สามารถพิจารณาได้ว่าไม้ไผ่จะมีการยืดตัวมากกว่าเหล็กเสริม

- ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำ และ Strain ของพื้นคอนกรีต

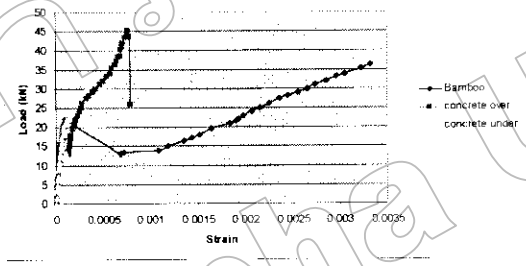


รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำและStrain ของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB6,SB7,SB8,SB9,SB10 และเสริมเหล็ก SS16 ที่กำลังคอนกรีต 240 ksc

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากรูปที่จะพบว่าเมื่อเพิ่มแรงกระทำขึ้นค่า Strain ของไม้ไผ่ และเหล็กเสริม ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเมื่อพื้นคอนกรีตเริ่มแตกแรงกระทำก็ตกลง ทำให้เกิด Strain มีระยะมากดังเส้นกราฟ หลังจากนั้นแรงกระทำก็จะเพิ่มขึ้น และ Strain ก็เพิ่มขึ้นตามปกติจนวิบัติ จากการเปรียบเทียบระหว่างไม้ไผ่กับเหล็กเสริมที่กำลังอัดคอนกรีตที่ 240 ksc จะพบว่าว่าไม้ไผ่จะมีค่า Strain มากกว่าเหล็กเสริม และเมื่อผิวคอนกรีตในท้องพื้นเริ่มแตก เหล็กเสริมจะไม่มีระยะของ Strain มากเหมือนกับไม้ไผ่

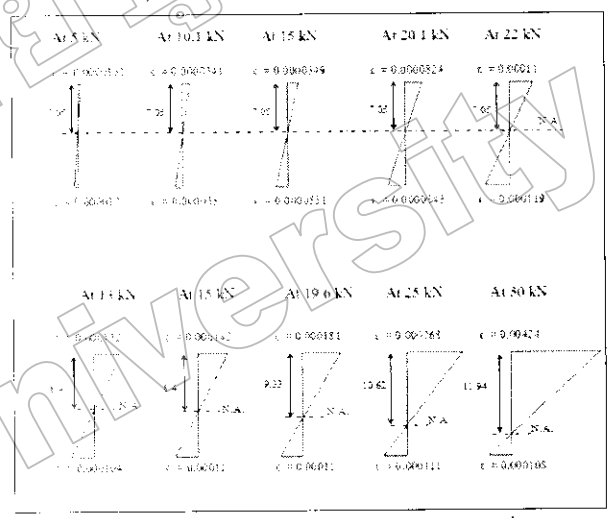
- ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำ กับ Strain ของไม้ไผ่ป่า และคอนกรีต ที่เกิดขึ้นกับพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำ กับ Strain ของไม้ไผ่ป่า และคอนกรีต ที่เกิดขึ้นกับพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB8 ที่กำลังคอนกรีต 240 ksc

จากรูปที่จะเห็นได้ว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำ และStrain ของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ป่า ที่เกิดขึ้นในไม้ไผ่ป่าที่เสริมในพื้นคอนกรีต และที่ผิวคอนกรีต จะทำให้เห็นว่าก่อนคอนกรีตแตกตัวที่ด้านล่างใต้ท้องพื้นเส้นกราฟจะแตกต่างกันเล็กน้อย และเมื่อหลังจากคอนกรีตด้านล่างแตกแล้วไม้ไผ่จะมีค่า Strain มาก แต่สำหรับที่ผิวคอนกรีตด้านบนจะมีค่า Strain น้อยกว่ามาก และจากการพิจารณาที่พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB 8 ได้ทำการติด Strain Gauge ทั้งที่ผิวด้านบนและด้านล่างของพื้นคอนกรีต จากรูปที่ 5 ทำให้เห็นว่าก่อนคอนกรีตแตกตัวที่ด้านล่างใต้ท้องพื้นเส้นกราฟจะแตกต่างกันเล็กน้อย แล้วหลังจากนั้นค่า Strain ที่ผิวด้านล่างก็จะเริ่มคงที่ เนื่องจากที่ผิวด้านล่างเกิดการวิบัติไปแล้ว ส่วนด้านบนที่ยังเป็นปกติ

- พฤติกรรมที่ผิวคอนกรีต



รูปที่ 7 แสดงแผนภาพค่า Strain ที่ Load ต่างๆกันที่ผิวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB8

จากรูปด้านบนเป็นการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ SB8 ขณะทำการทดสอบได้ทำการติดตั้ง Strain Gauge ชนิดติดคอนกรีต ติดด้านบนและด้านล่างของแผ่นพื้น SB8 ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาจะพบว่า ค่า Strain จะเริ่มสูงขึ้นเมื่อได้รับแรงกระทำ และด้านล่างจะมีค่า Strain มากกว่าด้านบน แต่หลังจากคอนกรีตเริ่มวิบัติที่ 22 kN ค่า Strain ที่ด้านล่างจะอยู่คงที่ ส่วนด้านบนก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนคงที่เมื่อเกิดการวิบัติ และเมื่อสังเกตจากแกนสะเทินจะเห็นว่าช่วงก่อนการแตกที่ผิวด้านล่าง ที่แรง 22 kN ระยะแกนสะเทินจะอยู่ที่ระยะเท่าๆกัน คือ 7.05 cm ห่างจากผิวคอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ด้านบน ส่วนแรงหลังจาก 22 kN ระยะแกนสะเทินก็จะเพิ่มขึ้นดังรูป

- ค่าคูณลดกำลัง (ϕ)

จากการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเริมไม้ไผ่ จะพบว่ามีพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่บางตัวอย่างสามารถรับแรงได้น้อยกว่าทฤษฎี น่าจะมีสาเหตุมาจากไม้ไผ่ที่ได้นำมาเสริมในแผ่นพื้น มีค่ากำลังรับแรงดึงน้อยกว่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยที่ได้ทดสอบไว้ด้วยเครื่อง UTM (Universal Testing Machine) เนื่องจากไม้ไผ่เป็นวัสดุตามธรรมชาติ จึงทำให้ไม่สามารถหาคุณสมบัติที่แน่นอนได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ Factor (ϕ) มาใช้ในการคูณลดกำลังของไม้ไผ่ที่ได้จากการทดสอบกำลังรับแรงดึง และจะได้ค่า Factor (ϕ) จะใช้ค่าที่คลาดเคลื่อนที่ตัวอย่างติดลบมากที่สุด และสามารถ หาค่า Factor (ϕ) ได้เท่ากับ 0.60

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 สรุปผลการทดสอบวัสดุ

1. สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

จากการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้ไม้ไผ่ป่าในการทดสอบ เนื่องจากหาได้ง่ายให้ท้องถิ่น โดยแบ่งทดสอบไม้ไผ่ 2 รูปแบบ คือ แบบมีข้อ และแบบไม่มีข้อ เมื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ จะได้กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ป่ามีค่าเท่ากับ 2520.95 kg/cm^2 และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 432142.70 kg/cm^2 ส่วนลักษณะการวิบัติของไม้ไผ่ที่ได้ทำการทดสอบ จะมีการวิบัติที่บริเวณข้อ และแตกตามแนวขนานเสี้ยน

2. สรุปผลการทดสอบความหนาแน่นของไม้ไผ่

จากการทดสอบหาความหนาแน่นของไม้ไผ่ ซึ่งการทดสอบนี้จะใช้ไม้ไผ่ชิ้นเดียวกับการทดสอบกำลังรับแรงดึงชนิดไม่มีข้อ จะได้ค่าความหนาแน่นของไม้ไผ่มีค่าเท่ากับ 0.47 g/cm^3 ซึ่งค่าความหนาแน่นจะมีผลต่อกำลังของไม้ไผ่ ถ้ามีความหนาแน่นมากกำลังของไม้ไผ่ก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

3. สรุปผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

จากการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัด 210, 240 และ 280 kg/cm^2 โดยการแบ่งตัวอย่างเป็น 2 แบบ คือ แบบทำการปรับปรุงผิวด้วยน้ำมันวานิชและแลกเกอร์ และแบบไม่ได้ทำการปรับปรุงผิว จะได้ผลการทดสอบคือ จากการปรับปรุงผิวด้วยน้ำมันวานิช จะมีค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่มากที่สุด ซึ่งจะได้ค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ดังนี้

- ที่กำลังอัดคอนกรีต 210 kg/cm^2 ที่อายุ 14 วัน เท่ากับ 3.46 kg/cm^2, ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 3.76 kg/cm^2
- ที่กำลังอัดคอนกรีต 240 kg/cm^2 ที่อายุ 14 วัน เท่ากับ 4.85 kg/cm^2, ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 5.42 kg/cm^2
- ที่กำลังอัดคอนกรีต 280 kg/cm^2 ที่อายุ 14 วัน เท่ากับ 6.01 kg/cm^2, ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 6.94 kg/cm^2

ส่วนการปรับปรุงผิวไม้ไผ่ด้วยแลกเกอร์จะมีค่าน้อยกว่าปรับปรุงผิวด้วยน้ำมันวานิช และสำหรับไม้ไผ่ที่ไม่ได้ปรับปรุงผิวจะมีค่าน้อยที่สุด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.2 สรุปผลการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

- พฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

การวิบัติพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เมื่อได้รับแรงมากระทำพื้นคอนกรีตก็จะเริ่มโก่งตัว จนเกิดการแตกที่ผิวคอนกรีตที่ล่าง ขณะที่คอนกรีตเริ่มแตกแรงกระทำก็จะตกลงมา หลังจากนั้นไม้ไผ่ก็จะเริ่มรับแรงเพียงชนิดเดียว ทำให้แรงกระทำเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดการวิบัติจนไม่สามารถรับแรงได้ต่อไป จากการทดสอบจะสังเกตได้ว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ทำให้เราสามารถสังเกตพบรอยแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ก่อนที่จะเกิดการวิบัติ และทำให้สามารถเตรียมพร้อมก่อนที่พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะวิบัติได้

สำหรับจากการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ จะพบว่าเมื่อนำค่ากำลังที่ได้จากการทดสอบไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากทฤษฎี จะพบว่าจะมีค่าคลาดเคลื่อนประมาณ 20.05% น่าจะมีสาเหตุมาจากไม้ไผ่เพราะว่าไม้ไผ่เป็นวัสดุตามธรรมชาติ จึงให้ค่ากำลังรับแรงดึงได้เท่ากันทุกเส้นก็เป็นไปไม่ได้ จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการคลาดเคลื่อน เพื่อความปลอดภัยในการนำไปใช้ผู้ศึกษาโครงงานขอแนะนำให้ใช้ ค่า Factor (ϕ) เท่ากับ 0.60 เพื่อนำไปใช้ในการลดกำลังของไม้ไผ่ที่นำมาใช้เสริมในแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ดังสมการ

$$f_{bv}{}' = \phi \cdot \left(f_{bv}\right) \quad ; \phi = 0.60$$

สำหรับพิกัดควบคุมรอยร้าว จากการคำนวณหาดัชนีความกว้างของรอยร้าวจะพบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการ

$$Z = \phi \cdot f_{bv} \sqrt[3]{d_c A}$$

ซึ่งจากการคำนวณจากสมการ จะมีค่าพิกัดควบคุมรอยร้าว เท่ากับ 5,169 kg/cm^2 ซึ่งจะมีค่าไม่เกินมาตรฐาน ACI หรือ ว.ส.ท.

สำหรับการหาความกว้างของรอยร้าว (Crack Width) ซึ่งจะหาได้จากสมการ $w = 0.011\beta \cdot \phi \cdot f_{bv} \cdot \sqrt[3]{d_c A} \times 10^{-3}$ และหาค่าความกว้างของรอยร้าวที่ $f_{bv} = 1927.58$ kg/cm^2 จะมีค่าเท่ากับ 0.077 mm. ซึ่งอยู่ในค่ามาตรฐานของ ACI และเมื่อนำค่าจากมาตรฐาน ACI คณะที่ 224 กำหนดให้ความกว้างสูงสุดของรอยร้าวที่สภาวะอยู่ในที่ร่ม จะมีความกว้างสูงสุดของรอยร้าว เท่ากับ 0.41 mm. จะทำให้ทราบค่าแรงกระทำสูงสุด คือ 66 ton แต่เนื่องจากค่าที่ได้จากการคำนวณหาความกว้างรอยร้าวในทฤษฎีเมื่อเทียบกับการทดลอง จะทำให้เห็นว่ามีความแตกต่างกันมากดังนั้น จึงนำมาเปรียบเทียบดังตารางที่ ก-11 จะทำให้ให้ทราบค่ารอยแตกร้าวที่ยอมรับได้คือ 0.15 mm. เพราะว่าหลังจากคอนกรีตเริ่มแตกร้าว จะทำให้ความกว้างของรอยร้าวเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนด และที่ความกว้างของรอยร้าวที่ 0.15 mm. ซึ่งเมื่อนำนำไปเปรียบเทียบที่น้ำหนักบรรทุก 22 kN จะพบว่าค่ารอยแตกร้าวของการทดลองจะมีค่ามากกว่าทฤษฎีถึง 3 เท่า ดังนั้นจึงใช้ค่า $\alpha = 3.5$ เข้าไปแทนในสมการ จะทำให้ได้ค่าความกว้างรอยร้าวจากทฤษฎีใกล้เคียงกับการทดลอง ดังนี้ $w = \alpha\,(0.011\beta\phi \cdot f_b \cdot \sqrt[3]{d_c A} \times 10^{-3})$

- การนำไปใช้งาน

จากการทดสอบที่ได้พบว่าแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่สามารถรับแรงที่กระทำได้มากกว่าค่าที่คำนวณไว้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการปรับปรุงที่ผิวไม้ไผ่และชนิดของไม้ไผ่ที่นำมางาน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าไม้ไผ่ที่นำมาเสริมคอนกรีตจะมีคุณสมบัติพอกับเหล็กที่ใช้เสริมคอนกรีตสามารถนำไม้ไผ่มาเสริมแทนเหล็กได้เช่นกัน แต่ไม้ไผ่จะมีจะเกิดการยืดตัวมากกว่าเหล็ก ดังนั้นจึงควรใช้ไม้ไผ่กับโครงสร้างคอนกรีตที่มีขนาดเล็ก เช่น บ้านชั้นเดียว ลานกีฬา ถนนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และโครงสร้างขนาดเล็กที่ได้รับผลกระทบของคลอไรด์ เป็นต้น

การใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจ อาจจะเป็นไปได้แต่จะต้องมีการพัฒนาคุณภาพของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ให้มีมาตรฐาน เพื่อที่จะเพิ่มความมั่นใจในการใช้แผ่นพื้นคอนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ดังนั้นผู้จัดทำขอสรุป ดังนี้

1. ควรที่จะมีการพัฒนาสายพันธุ์ไม้ไผ่ให้มีคุณภาพเท่าเทียมกัน และมีกำลังรับแรงดึงมากขึ้น เพื่อที่จะทำให้แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่สามารถรับกำลังได้มากขึ้น

2. ควรที่จะมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอายุการใช้งาน เนื่องจากไม้ไผ่อาจจะเกิดการผุ ทำให้โครงสร้างเสียหายได้

3. ควรที่จะมีการศึกษาในด้านความยาวของแผ่นพื้นตัวอย่าง เพราะว่าไม้ไผ่มีการโก่งตัวมาก ถ้าใช้ความยาวมากเกินไปอาจทำให้เกิดการโก่งตัวได้

-เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ข้อดี

1. ราคา เมื่อเปรียบเทียบราคาระหว่างเหล็กและไม้ไผ่ที่ใช้ในการเสริมในพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก จะเห็นได้ว่าไม้ไผ่จะมีปริมาณราคาถูกกว่าเหล็กมาก ดังตารางที่ 5.1 จะช่วยทำให้ประหยัดค่าวัสดุได้ถึง 36.58%

2. คลอไรด์ เมื่อเปรียบเทียบกับจะเห็นได้ว่าไม้ไผ่จะไม่ได้รับผลกระทบของคลอไรด์ ส่วนเหล็กจะเมื่อโดนผลกระทบของคลอไรด์ก็จะเกิดสนิม จนทำให้เหล็กเกิดการขยายตัวทำให้คอนกรีตแตกร้าวได้

ข้อเสีย

1. ไม้ไผ่จะแรงกระทำได้ไม่มาก เพราะไม้ไผ่จะมีการยืดตัวมากเมื่อได้รับแรงกระทำ จึงไม่เหมาะกับอาคารหลายชั้น

2. จากการทดสอบนี้พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ยังไม่มีการทดลองแบบระยะยาว เมื่อผ่านการใช้งานไปนานๆ ดังนั้นควรที่จะมีการทดสอบเพื่อศึกษาเรื่องอายุการใช้งานด้วย

3. ไม้ไผ่ที่นำมาทดสอบจะมีกำลังรับแรงดึงไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากเป็นวัสดุตามธรรมชาติ จึงไม่สามารถที่จะกำหนดกำลังให้เท่ากัน จึงต้องใช้ Factor (ϕ) 0.60 มาใช้ในการคูณลดกำลังของไม้ไผ่

5.3 ข้อเสนอแนะจากการทดลอง

1. ไม้ไผ่ที่นำมาใช้เสริมในคอนกรีต ควรนำมาจากแหล่งเดียวกัน และเลือกที่มีอายุใกล้เคียงกันประมาณ 3-5 ปี เพราะว่าถ้ามาจากต่างที่กัน ถึงแม้จะเป็นชนิดเดียวกัน ก็จะเกิดค่าคลาดเคลื่อนขณะทำการทดลองมากตามไปด้วย

2. ควรจะมีการใช้เครื่องเหลาไม้ไผ่แทนการเหลาด้วยมือ เพราะว่าเมื่อใช้เครื่องเหลาไม้ไผ่จะทำให้ได้ไม้ไผ่ที่มีขนาดเท่ากันทุกเส้น แต่สำหรับเหลาด้วยมือจะยากต่อการควบคุมขนาดของไม้ไผ่

3. ก่อนที่จะทาน้ำมันวานิช หรือแลกเกอร์ ควรที่จะทำความสะอาดผิวไม้ไผ่ และตากแดดให้แห้งสนิทเสียก่อน เพราะว่าถ้าอาจทำให้ทาได้ไม่ติด ดีเมื่อแห้งแล้วอาจหลุดลอกได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. ควรที่จะมีการศึกษาต่อไปถึงเรื่องอายุการใช้งานของโครงสร้างคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เพื่อที่ดูเรื่องความปลอดภัย

5. ไม้ไผ่เป็นวัสดุจากธรรมชาติ เราไม่สามารถกำหนดค่าหรือจำกัดค่าคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ได้อย่างแน่นอน ดังนั้นผู้ทำโครงการของเสนอแนะให้มีการควบคุมคุณภาพดังต่อไปนี้

1) ควรมีการวิจัยพันธุกรรมของไม้ไผ่ชนิดต่างๆ ศึกษาสายพันธุ์ว่าพันธุ์ไม้ไผ่ชนิดไหนให้คุณสมบัติเชิงกลดีที่สุด หรือว่ามีการผสมพันธุ์ข้ามสายพันธุ์เกิดเป็นสายพันธุ์ใหม่ และมีการศึกษาพันธุกรรมเพื่อให้ได้พันธุ์ไม้ไผ่ที่ดีและแข็งแรงที่สุด

2) ไม้ไผ่ที่นำมาประยุกต์ใช้กับโครงสร้างควรมีการควบคุมแหล่งที่มา ไม้ไผ่ต้องมาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน ควบคุมอายุของไม้ไผ่ตลอดจนควบคุมไม้ไผ่หลังจากที่ตัดออกมาจากต้นแล้ว เช่น นำไปแช่น้ำหรือฉีดสารเคมีเพื่อป้องกันการกัดกินของมอดแมลงและรา หรือมีการป้องกันโดยการทาน้ำมัน,วานิช,แลกเกอร์,ชันหรือสารเคมีอื่นๆที่สามารถป้องกันความชื้นจากสภาพแวดล้อมได้

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานทางวิศวกรรมฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากคณาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณคณาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน และอาจารย์เอนก ชมวงษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาได้สละเวลาช่วยเหลือให้คำปรึกษาและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับโครงงานเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ ซึ่งได้เป็นกรรมการในโครงงานนี้ และคุณยิ่งใหญ่ สามารถ ที่คอยช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำโครงงาน

7. เอกสารอ้างอิง

1. กวี หวังนิเวศน์กุล, การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2549

2. ณรงค์ กุหลาบ, การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Design), ภาควิชาวิศวกรรม โยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น : หน่วยสารบัญ งานบริหารและธุรการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, 2538

3. ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์, เทคนิคการก่อสร้างไม้ไผ่ วิทยานิพนธ์ ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525

4. วินิต ช่อวิเชียร,การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง (Reinforced Concrete Design), พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ, 2545

5. วินิต ช่อวิเชียร, เทคโนโลยีคอนกรีต (Concrete Technology), พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพฯ,2539

6. สถาพร โภคา, การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Design), กรุงเทพฯ : รุ่งแสงการพิมพ์, 2544

7. สนไชย ฤทธิโชติ, เครื่องไม้ไผ่-หวาย,กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2539

8. เทวินทร์ ผาติอุตมภาพ, การนำคอนกรีตเสริมไม้ไผ่มาใช้สร้างบ้านราคาถูก วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2521

9. ไพวรรณ เล็กอุทัย, มยุรี จิตต์แก้ว และอรุณี วิณิน, การป้องกันรักษาไม้ไผ่ (Bamboo Protection),

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University