คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชันภายใต้การดัด : พฤติกรรมและการคำนวณ

Dammar-coated bamboo reinforced concrete beam under bending : behavior and calculation

นายกิตติภณ ฟองแพร่

นายฉัตรกาญจน์ บุญฉ่ำ

โครงงานทางวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศกรรมโยธา

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

ปีการศึกษา 2560

Dammar-coated bamboo reinforced concrete beam under bending : behavior and calculation

Mr.Kittipon Phongprae

Mr.Chattrakarn Booncham

An Engineering Project Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

For the Degree of Bachelor of Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Burapha University 2017

หัวข้อโครงงาน คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชันภายใต้การดัด : พฤติกรรมและการคำนวณ

โดย นาย กิตติภณ ฟองแพร่

นาย ฉัตรกาญจน์ บุญฉ่ำ

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์เอนก ชมวงษ์

จำนวน 102 หน้า

ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาบูรพา อนุมัติโครงงานวิศวกรรมโยธานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

.....หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

(ดร.ชาญยุทธ กาฬกาญจน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์เอนก ชมวงษ์)

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์เอนก ชมวงษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวีชัย สำราญวานิช)

.....กรรมการ

(ดร.ธิดาพร เชื้อสวัสดิ์)

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มุ่งศึกษากำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมด้วยไม้ไผ่รวกทั้งลำที่เคลือบผิวด้วยชัน โดยการใช้ไม้ไผ่รวกทั้งลำ โดยใช้กำลังอัดของคอนกรีต 180 และ 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พร้อมทั้งศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ ได้แก่ กำลังดึง โมดูลัสยืดหยุ่น และกำลังยืดเหนี่ยวโดยไม้ไผ่ที่ใช้ศึกษาคือไผ่รวก

จากผลการศึกษาพบว่าไม้ไผ่รวกมีกำลังดึง 1,355 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และโมดูลัสยืดหยุ่น 62,751 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยเมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพผิวไม้ไผ่ด้วยการเคลือบผิวชัน และทำการบั้งไม้ไผ่ พบว่าไม้ไผ่ที่บั้งและไม่บั้งส่งผลต่อกำลังยืดเหนี่ยวไม่แตกต่างกัน และจากผลทดสอบกำลังดัดของคานพบว่ากำลังอัดคอนกรีตที่สูงขึ้นช่วยเพิ่มกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ 26.8%

คำสำคัญ : คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่, ชัน, คอนกรีต, กำลังดัด, กำลังยืดเหนี่ยว

Abstract

This project aims to study the flexural strength of dammar-coated bamboo trunk reinforced concrete beam with compressive strength of concrete at 180 and 280 kg/cm^2. The mechanical properties of bamboo which are tensile strength, modulus of elastic and bonding strength were also investigated. The bamboo was thyrsostschys siamensis.

From the experimental results, it was found that the tensile strength of thyrsostschys siamensis bamboo was 1,355 kg/cm^2. The modulus of elasticity of bamboo was 62,751 kg/cm^2, It was not seen the significant difference in bending strength between grooved bamboo and no-grooved bamboo. However, the flexural strength of dammar-coated bamboo reinfored concrete beam was increased as the increase of compressive strength of concrete. This increment was about 26.8 % when compressive strength increased from 180 to 280 kg/cm^2 .

Keyword : Bamboo reinforced concrete beam, dammar, concrete, flexural strength, bonding strength

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงงานนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ทางกลุ่มผู้จัดทำขอกราบขอบคุณอาจารย์ผู้ควบคุมการทำโครงงานวิศวกรรมฉบับนี้ คือ อาจารย์เอนก ชมวงษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวีชัย สำราญวานิช และ ดร.ธิดาพร เชื้อสวัสดิ์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า ช่วยเหลือให้แนวคิด คำแนะนำและแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงงานโดยตลอด ตั้งแต่ต้นจนกระทั่งโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ทางกลุ่มผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณ คณาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ภาควิศวกรรมโยธา บุคลากร เพื่อนนิสิต ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำทั้งความช่วยเหลือในลักษณะต่างๆ แก่กลุ่มผู้จัดทำตลอดจนกระทั่งโครงงานทางวิศวกรรมฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดีตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ครบถ้วนทุกประการ

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจับ	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไม้ไผ่	3
2.2 การเลือกใช้ไม้ไผ่เพื่อใช้เสริมในคอนกรีต	5
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายของไม้ไผ่	5
2.4 การถนอมรักษาไม้ไผ่	10
2.5 ทฤษฎีคอนกรีตเสริมเหล็ก	15
2.6 การคำนวณหาคุณสมบัติทางกล	20
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	22
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	27
3.2 รายละเอียดส่วนผสมคอนกรีต	33
3.3 การเตรียมตัวอย่างไม้ไผ่	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
3.4 การทดสอบกำลังดึงและโมดูลัสยืดหยุ่น	41
3.5 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่	42
3.6 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต	43
3.7 การทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	44
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 กำลังดึงของไม้ไผ่	46
4.2 โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่รวก	48
4.3 กำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่และคอนกรีต	49
4.4 กำลังดัดคานคอนกรีต	50
4.5 แนวทางการนำไปใช้งาน	61
บทที่ 5 สรุปผล	
5.1 สรุปผล	62
5.2 ข้อเสนอแนะ	63
บรรณานุกรม	64
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตารางบันทึกผลการทดลอง	66
ภาคผนวก ข รูปการทดลอง	88
ภาคผนวก ค รายการคำนวณ	93

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
3.1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตโดยน้ำหนัก	33
4.1 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่รวก	48
4.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่	49
4.3 การเปรียบเทียบกำลังดึง,โมดูลัสยืดหยุ่นและกำลังยึดเหนี่ยวจากงานวิจัยที่ผ่านมา	49
4.4 โมเมนต์ดัดสูงสุดจากทฤษฎีการคำนวณกับผลการทดสอบ	55
4.5 กำลังดึงตามทฤษฎีการคำนวณกับผลการทดสอบ	56
4.6 โมเมนตด์ดัดที่เกิดขึ้นจริงกับโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงจากกำลังยึดเหนี่ยว	58
4.7 กำลังดึงจริงของไม้ไผ่คำนวณจาก Momentกับ กำลังดึงจริงของไม้ไผ่ คำนวณจากกำลังยึดเหนี่ยว	59
4.8 โมเมนต์แตกร้าว จากทฤษฎีการคำนวณกับผลการทดสอบ	60
ก-1 กำลังดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่รวก	67
ก-2 การแอ่นตัวที่จุดกึ่งกลางคาน ที่โมเมนต์ดัดสูงสุดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	68
ก-3 กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต ที่กำลังอัด 180 (kg/cm^2) และไม้ไผ่บั้งเคลือบผิวด้วยชัน	69
ก-4 กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต ที่กำลังอัด 280 (kg/cm^2) และไม้ไผ่บั้งเคลือบผิวด้วยชัน	70
ก-5 กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต ที่กำลังอัด 180 (kg/cm^2) และไม้ไผ่ไม่บั้งเคลือบผิวด้วยชัน	71
ก-6 กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต ที่กำลังอัด 280 (kg/cm^2) และไม้ไผ่ไม่บั้งเคลือบผิวด้วยชัน	72
ก-7 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B2 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 280 (kg/cm^2)	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้าที่**

ก-8 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B3 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 280 (kg/cm^2) 75

ก-9 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B4 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 280 (kg/cm^2) 77

ก-10 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B5 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 180 (kg/cm^2) 79

ก-11 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B6 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 180 (kg/cm^2) 80

ก-12 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B7 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 180 (kg/cm^2) 82

ก-13 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B8 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 180 (kg/cm^2) 84

สารบัญรูป

รูปที่	หน้าที่
2.1 มอดไม้ไผ่แห้ง	9
2.2 มอดไม้ไผ่สด	10
2.3 พฤติกรรมคานเสริมเหล็กรับแรงดึง	16
3.1 ไม้ไผ่รวก	27
3.2 ชันผงและน้ำมันยาง	28
3.3 แบบหล่อชิ้นตัวอย่างทรงลูกบาศก์ ขนาด 15 x 15 x 15 ซม^3	28
3.4 แบบหล่อชิ้นตัวอย่างทรงกระบอกขนาด Ø15 x 30 ซม^2	29
3.5 แบบหล่อคาน ขนาดหน้าตัด 20 x 30 ซม^2 ความยาว 1.2 ม	29
3.6 เครื่องผสมคอนกรีต (Concrete mixing machine)	30
3.7 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (Digital balance)	30
3.8 เครื่องทดสอบแรงอัด (Compression testing machine) ขนาด 300 ตัน	31
3.9 เครื่องทดสอบ UTM (Universal testing machine) ขนาด 150 ตัน	31
3.10 อุปกรณ์วัดระยะยืด-หด (Electrical strain gauge)	32
3.11 อุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัว (Displacement transducer)	32
3.12 อุปกรณ์ทดสอบหาค่าการยุบตัว (Slump test)	33
3.13 ตัวอย่างทดสอบการรับแรงดึงของไม้ไผ่	34
3.14 ติดตั้งอุปกรณ์วัดระยะยืด-หด (Electrical strain gauge)	35
3.15 การเคลือบผิวไม้ไผ่ด้วยชัน	36
3.16 ตัวอย่างทดสอบทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อไม้ไผ่	37
3.17 ตัวอย่างทดสอบกำลังอัด	38
3.18 ตัวอย่างไม้ที่ใช้เสริมในคานคอนกรีตซึ่งเคลือบผิวด้วยชัน	39
3.19 การเทคอนกรีตใส่แบบหล่อ	40
3.20 ตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน	40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
3.21 การทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่	41
3.22 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อไม้ไผ่	42
3.23 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต	43
3.24 การจัดวางตำแหน่งแรงกระทำกับคานตัวอย่างแบบ four-point bending test	44
3.25 การรับแรงเฉือน	45
3.26 การรับโมเมนต์	45
3.27 การทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่เคลือบผิวด้วยชัน	45
4.1 กำลังดึงของไม้ไผ่รวก	46
4.2 ก)แนวขาดตั้งฉากกับแรงดึง(ซ้าย), ข)แนวขาดทำมุมเฉียงกับแรงดึง(ขวา)	47
4.3 การเปรียบเทียบโมเมนต์ดัดสูงสุด ของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัดคอนกรีตต่างกัน	50
4.4 การวิบัติของคาน B2	51
4.5 การวิบัติของคาน B3	51
4.6 การวิบัติของคาน B5	52
4.7 การวิบัติของคาน B6	52
4.8 กราฟเปรียบเทียบโมเมนต์ดัดที่ได้จากการคำนวณ กับโมเมนต์ดัดจากการทดสอบ	53
4.9 การสกัดผิวหน้าคานเพื่อตรวจสอบการรูดของไม้ไผ่กับคอนกรีต	54
4.10 การรูดของไม้ไผ่กับคอนกรีตเนื่องจาก Bonding	54
4.11 กราฟเปรียบเทียบโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงจาก bonding กับโมเมนต์ดัดจากการทดสอบ	57
ก-1 แรงกระทำและการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัด 280 (kg/cm^2)	86
ก-2 แรงกระทำและการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัด 180 (kg/cm^2)	86
ก-3 ความสัมพันธ์ ความเค้นและความเครียดของไม้ไผ่	87
ข-1 รูปการอบไม้ไผ่ให้แห้งสนิท	89
ข-2 รูปผูกไม้ในการหล่อตัวอย่างทดสอบแรงยึดเหนี่ยวเพื่อให้ไม้ไผ่ตั้งตรง	89
ข-3 รูปการทดสอบการรับกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ทั้งลำ	90

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังอยู่ในช่วงพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอย่างต่อเนื่องซึ่งส่งผลให้ความต้องการใช้เหล็กในประเทศอย่างสูง ทำให้ต้องนำเข้าเหล็กจากต่างประเทศเป็นจำนวนมหาศาล รวมไปถึงต้นทุนที่ใช้ในการผลิตเหล็กที่เพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ราคาเหล็กสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องหาวัสดุมาทดแทนเหล็กในงานก่อสร้างที่หาได้จากในประเทศซึ่งวัสดุที่เหมาะสม คือ ไม้ไผ่

และจากการศึกษาพบว่าในอดีตมนุษย์เคยนำไม้ไผ่ มาใช้เสริมคอนกรีตในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งเหล็กเสริมคอนกรีตขาดแคลน จึงได้มีผู้นำไม้ไผ่มาผ่าเป็นซีกเล็กๆ แล้วใช้เสริมคอนกรีตแทนเหล็ก ในประเทศไทยไม้ไผ่เป็นพืชสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทยและข้อดีของไม้ไผ่มี คือ รองรับแรงดึงได้ดี มีความแข็งแรงแต่ข้อเสียของไม้ไผ่ ก็คือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่จะน้อย และการหดตัวของไม้ไผ่ ตลอดจนการผุผังของไม้ไผ่ เนื่องจากเป็นวัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากคุณสมบัติของไม้ไผ่ ก็สามารถแก้ไขได้หากทำการศึกษาอย่างจริงจัง ไม้ไผ่ก็สามารถนำมาเสริมในคอนกรีตได้และนำไปใช้ในการก่อสร้างจริงในที่สุด ทำให้ประหยัดและสามารถช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้างได้อีกด้วย ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้ก็สามารถแก้ไขได้ โดยการทาผิวไม้ไผ่ด้วยวัสดุที่เหมาะสม เช่น ชัน อีพอกซี่ ฯลฯ ความเหมาะสมในการเลือกวัสดุมาเคลือบผิวไม้ไผ่จำเป็นจะต้องทำการศึกษาทดลองอย่างจริงจัง จะทำให้สามารถนำไม้ไผ่ไปประยุกค์ใช้ในการก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัยอีกทั้งยังช่วยให้สามารถลดต้นทุนในการก่อสร้างได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติการรับการดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รวกซึ่งเคลือบผิวด้วยชัน

2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่ ในด้านของกำลังดึง โมดูลัสยืดหยุ่นและกำลังยืดเหนี่ยวของไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยชัน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยชันภายใต้การดัด โดยใช้คอนกรีตกำลังอัดประลัยที่ 180 และ 280 ksc และศึกษาคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่รวก ด้านกำลังดึง โมดูลัสยืดหยุ่นและกำลังยืดเหนี่ยวของไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยชัน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. นำผลการวิจัยทั้งในข้อดีและข้อเสียมาปรับใช้ โดยให้สามารถนำมาใช้ในการก่อสร้างจริง และมีข้อมูลไว้ใช้ปรับปรุงใช้ในงานวิจัยต่อไป

2. ทำให้ทราบถึงกำลังดึง โมดูลัสยืดหยุ่นและกำลังยืดเหนี่ยวของไม้ไผ่เคลือบผิดด้วยชัน

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไม้ไผ่

ในปัจจุบัน ไม้ไผ่ถือเป็นพืชที่มนุษย์รู้จักและนำวัตถุดิบจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการอุปโภคและบริโภค และสามารถในการก่อสร้างที่อยู่อาศัย ไผ่ยังมีความแข็งแรงคงทนและคุณสมบัติยืดหยุ่นและดัดงอได้ง่ายจึงสามารถนำไปใประโยชน์ในงานได้หลากหลายประเภท ด้วยเรื่องที่ว่าไผ่โตเร็วสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ภายในเวลา 1–4 ปี และใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน ตั้งแต่รากไผ่เป็นสมุนไพรอย่างหนึ่งที่ใช้เป็นยารักษาโรคได้ หน่อไผ่หรือหน่อไม้ใช้ทำอาหาร กาบหรือใบไผ่ใช้ห่ออาหารหรือหมักปุ๋ย กิ่งและแขนงใช้ทำรั้ว ลำต้นใช้ประโยชน์ได้สารพัดอย่าง

ไผ่เป็นชื่อพันธุ์ไม้จำพวกหนึ่ง เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในวงศ์ Gramineae เช่นเดียวกับหญ้าแต่เป็นพืชตระกูลหญ้าที่มีความสูงที่สุดในโลก และเป็นพืชเมืองร้อน เป็นพืชที่ขยายพันธุ์ได้ง่าย ไม้ไผ่ทั่วโลกที่รู้จักกันมีประมาณ 75 สกุล ที่ได้สำรวจพบในเมืองไทยมีประมาณ 15 สกุล แยกเป็นชนิดประมาณ 82 ชนิด โดย รุ่งนภา พัฒนวิบูลย์, บุญฤทธิ์ ภูริยากร และวลัย พร สถิตวิบูรณ์, (พ.ศ.2544) และไม้ไผ่แต่ละชนิดก็ไม่คุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการใช้งานที่ต่างกัน

ชนิดของไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้างที่ควรทราบ ไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้างนั้นมีดังต่อไปนี้

รุ่งนภา พัฒนวิบูลย์, บุญฤทธิ์ ภูริยากร และวลัยพร สถิตวิบูรณ์, (พ.ศ.2544) ได้ทำการแบ่งชนิดของไม้ไผ่ที่เหมาะกับการใช้งานในการก่อสร้าง ตามนี้

1.ไผ่ตง (Dendrocalamus asper) นิยมปลูกกันในภาคกลางโดยเฉพาะที่จังหวัดปราจีนบุรีปลูกกันมาก เป็นไผ่ขนาดใหญ่ ลำต้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6-12 เซนติเมตร ไม่มีหนามปล้องยาวประมาณ 20 เซนติเมตร โคนต้นมีลายขาวสลับเทา มีขนเล็กๆ อยู่ทั่วไปของลำ มีหลายพันธุ์ เช่นไผ่ตงหม้อ ไผ่ตงดำ ไผ่ตงเขียว ไผ่ตงหนู เป็นต้น หน่อใช้รับประทานได้ ลำต้นใช้สร้างอาคาร เช่น เป็นเสา โครงหลังคา เพราะแข็งแรงดี ไผ่ตงมีต้นกำเนิดจากประเทศจีน ชาวจีนนำมาปลูกในประเทศไทยประมาณปี พ.ศ. 2450 ปลูกครั้งแรกที่ตำบลพระราม จังหวัดปราจีนบุรี

2.ไผ่สีสุก (Bambusa flaxuosa) ไผ่ชนิดนี้มีอยู่ทั่วไปและมีมากในภาคกลางและภาคใต้ลำต้นเขียวสดเป็นไผ่ขนาดสูงใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นประมาณ 7-10 เซนติเมตร ปล้องยาวประมาณ 4-10 เซนติเมตร บริเวณข้อมีกิ่งเหมือนหนาม ลำต้นเนื้อหนา ทนทานดี ใช้ทำนั่งร้านในการก่อสร้าง เช่น นั่งร้านทาสี นั่งร้านฉาบปูน

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

4.ไผ่ป่าหรือไผ่หนาม (Bambusa arumdinacea) มีทั่วทุกภาคของประเทศต้นแก่มีสีเขียวเหลือง เป็นไผ่ขนาดใหญ่ มีหนามและแขนง ปล้องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-15 เซนติเมตร ใช้ทำโครงบ้านใช้ทำนั่งร้าน

5.ไผ่ดำหรือไผ่ตาดำ (Bambusa Vulgaris Schrad) มีในป่าทึบแถบจังหวัดกาญจนบุรีและจันทบุรี ลำต้นสีเขียวแก่ ค่อนข้างดำ ไม่มีหนาม ขนาดเส้นผ่านเส้นศูนย์กลางของปล้องประมาณ 7-10 เซนติเมตรปล้องยาว 30-40 เซนติเมตร เนื้อหนาลำต้นสูง 10-12 เมตร เหมาะจะใช้ในการก่อสร้างจักสาน

6.ไผ่เฮียะ (Cephalastachyum Virgatum) 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 (Thyrsostachys siamensis) มีมากทางจังหวัดกาญจนบุรี ลำต้นเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.7 เซนติเมตร สูงประมาณ 5-10 เมตร ลักษณะเป็นกอ ลำต้นใช้ทำรั้ว ทำเยื่อกระดาษ ไม้รวกที่ส่งออกขายต่างประเทศ เมื่อทำให้แห้งดีแล้ว จะนำไปจุ่มลงในน้ำมันโซลาเพื่อกันแมลง น้ำมันโซลา 20 ลิตร จะอาบไม้รวกได้ประมาณ 40,000 ลำ

8.ไผ่นวล (Dendrocalamus membranaceus) มีทางภาคเหนือ สูง 10-25 เมตร เกิดลำห่างๆ เส้นผ่าศูนย์กลางลำ 5-12 ซม. ปล้อง ยาว 20-40 เซนติเมตร ลำหนา 0.5-1 เซนติเมตร ลำอ่อนมีไขสีขาวปกคลุมตลอดลำ แต่ละข้อมี 3-7 กิ่ง กิ่งเด่น 1 กิ่ง ข้อล่างๆของลำโดยทั่วไปไม่มีรากอากาศ แผ่นใบ รูปแถบแกมรูปใบหอก กว้าง 0.82 เซนติเมตร ยาว 5-20 เซนติเมตร กาบหุ้มลำสีเหลืองอมส้มหรือสีส้ม มีไข

และขนปกคลุมใบยอด กาบรูปใบหอกแคบสีน้ำตาลอมม่วง กางออกถึงพับลง ลิ้นกาบเป็นแถบ ขอบจักซี่ฟัน หูกาบ จีบพับ เป็นคลื่น มีขนยาวปกคลุม ลำต้นใช้ทำเฟอร์นิเจอร์,เครื่องจักรสาน,ไม้ระแนง,ทำโรงเรือนเป็น วัตถุดิบหลักใช้ผลิตก้านธูป,ไม้จิ้มฟัน,ตะเกียบ,ไม้เสียบลูกชิ้น เป็นต้น

2.2 การเลือกใช้ไม้ไผ่เพื่อใช้เสริมในคอนกรีต

กิตติยะ พลเทพ และ พุทธิพงศ์ หมายสุข (พ.ศ.2556) ได้สรุปผลกล่าวถึงการเลือกไม้ไผ่เพื่อใช้เสริมในคอนกรีตให้ได้ผลทดลองที่ดี ดังนี้

1) เลือกไม้ไผ่ที่แข็งแรงมีอายุระหว่าง 2-4 ปี ปกติไม้ไผ่จะแก่เต็มที่เมื่ออายุประมาณ 3 ปี

2) เลือกใช้ไม้ไผ่ที่มีขนาดความหนาเท่าๆกัน

3) เลือกลำต้นที่ตรงและไม่คดงอ

4) ไม่เลือกไม้ที่มีตำหนิ เพราะอาจเกิดจากมอดกิน (ถ้ามีมอดจะมองเห็นที่ข้อต่อ)

5) ไม่ใช้ไม้ไผ่ที่แตก

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายของไม้ไผ่

วรวิทย์ คำมีทอง และ ภัคณัฐ ศรีปาน (พ.ศ.2551) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายของไม้ไผ่ ก่อนนำไม้ไผ่มาใช้เสริมในคอนกรีตเพื่อให้สามารถยืดอายุการใช้งานของไม้ไผ่ การนำไม้ไผ่มาใช้ประโยชน์มักประสบปัญหาด้านแมลงและเชื้อราทำลายไม้เนื่องจากไม้ไผ่มี ปริมาณแป้งและน้ำตาลค่อนข้างสูง ปริมาณแป้งในลำเป็นอาหารอันโอชะของแมลง การป้องกันรักษาไม้ไผ่จึงเป็นสิ่งจำเป็นซึ่งได้มีการคิดค้นหาวิธีป้องกันรักษาไม้ไผ่สารพัดวิธี บางวิธีก็ทำกันมาตั้งแต่โบราณเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งสามารถป้องกันแมลงได้ในระดับหนึ่ง บางวิธีทำกันโดยขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องเกี่ยวกับสารเคมีที่ใช้ป้องกันกำจัดแมลงและเห็ดราทำลายไม้ดังนั้นการนำไม้ไผ่มาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการใช่สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลงและเชื่อราทำลายไม้รวมทั้งศัตรูทำลายไม้พอสมควร ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานของไม้ไผ่ให้นานขึ้นเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างประหยัด มีประสิทธิภาพและเป็นการช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติอีกทางหนึ่งด้วย ความทนทานตามธรรมชาติของไม้ไผ่ ไม้ไผ่เป็นที่มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำมีอายุการใช้งานเพียงไม่กี่ปี เนื่องจากไม้ไผ่มีปริมาณแป้งมาก จึงเหมาะแก่ การ

ทำลายของแมลงและเชื้อราการทำลายเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ตัดฟันใหม่ๆภายในเวลา 24 ชม. ขณะผึ่งไม้ช่วงเก็บรักษาและขณะใช้งานปัญหาจากศัตรูทำลายไม้จึงเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาถ้ามีความรู้เกี่ยวกับศัตรูของไม้ไผ่ สาเหตุของการเข้าทำลาย วิธีป้องกันและการใช้สารเคมีอย่างถูกต้องจะช่วยแก้ปัญหาการผุของไม้ไผ่ได้ ไม้ไผ่ที่ถูกแมลงเจาะเข้าไปหลังตัดฟันใหม่ๆ ทำให้ไม้ผุได้ในเวลา 3-6 เดือน แต่การผุที่เกิดจากเชื้อราทำลายไม้เป็นไปได้ช้ากว่า แม้ว่าจะเข้าทำลายในเวลาไล่เลี่ยกัน การทำลายที่รุนแรง ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มีความชื้นเป็นส่วนสำคัญ ไม้ไผ่ที่ไม่ได้ผ่านกรรมวิธีป้องกันรักษาเนื้อไม้ไผ่ มีอายุการใช้งานเมื่อใช้กลางแจ้งสัมผัสดิน 1-3 ปี ใช้ในร่มสัมผัสดิน 4-7 ปี ในสภาพแวดล้อมที่แห้งในร่มใช้ได้นานกว่า 15 ปี ใช้ในน้ำทะเลที่มีเพรียงทำลายไม้ไม่เกิน 1 ปี ไม้ไผ่ ที่มีการจัดการที่ถูกต้องและผ่านกรรมวิธีป้องกันรักษาเนื้อไม้ ทำให้ไม้ไผ่มีความทนทานเพิ่มขึ้นใช้ได้นาน 15-25 ปี

2.3.1 ความชื้นในไม้ไผ่

ความชื้นในลำไม้ไผ่ขึ้นอยู่กับอายุ ชนิด ฤดูกาล พื้นที่ปลูก และความยาวของลำไผ่อายุ 1 ปีมีความชื้นในลำสูงมากกว่า 100% ส่วนไผ่แก่มีประมาณ 60-90% ส่วนโคนของลำมีความชื้นสูงกว่าปลาย ความชื้นในลำไผ่ที่ยังไม่ตัดออกจากกอประมาณ 70-140% ความชื้นของไผ่มีความสำคัญต่อการเข้าทำลายของแมลงและเชื้อราอย่างยิ่งและมีความสำคัญต่อวิธีการป้องกันรักษาไม้ไผ่ที่ต้องการ ความชื้นในลำช่วยให้น้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ผ่านเข้าไปในลำไผ่ได้ดีขึ้นไม้ไผ่มีความชื้น 15-20% ไม่เหมาะกับการเจริญของเชื้อราถ้าสูงกว่า 20% เชื้อราจะเข้าทำลายได้ง่าย การนำไผ่อ่อนมาใช้ถ้า เป็นไผ่ที่มีแป้งมากกว่าความชื้นสูง เมื่อไม้แห้งลงจะเกิดการยุบตัวและแตกเป็นทาง ไม้ที่ผ่านการป้องกันรักษาเนื้อไม้โดยการแช่นานๆ ควรอบด้วยอุณหภูมิต่ำ การผึ่งไว้ในร่มให้ความชื้นค่อยๆระเหยออกไปจะทำให้แตกน้อยลง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่แตกต่างกันจะทำให้ไม้แตกมาก ขึ้นการผึ่งไม้ไผ่กลางแดดจะทำให้ไม้ไผ่แตกได้

2.3.2 เชื้อราทำลายไม้ไผ่

สาเหตุการผุของไม้ไผ่จากกการทำลายของเชื้อราทำลายไม้ คือ ความชื้นอากาศ (ออกซิเจน) อาหาร(แป้งและน้ำตาลในเนื้อไม้) และสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมทำให้เชื้อราทำลาย ไม้ที่มีอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งมีขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เจริญเติบโตบนผิวไม้และเนื้อไม้ได้ดี เชื้อราสามารถเข้าทำลายไม้ไผ่ได้ภายในเวลา 24 ชม.หลังจากตัดฟัน การใช้ไม้ไผ่โดยได้รับความชื้นหรือดูดซึมน้ำเป็นเวลานานๆ ทำให้ผุเปื่อยจากเชื้อรา ปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ที่เหมาะสม แก่การเจริญ เติบโตของเชื้อรา

โดยทั่วไปประมาณ 35-50% แต่เชื้อราบางชนิดต้องการความชื้นสูง ความชื้นของไม้ไผ่ที่เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ควรต่ำกว่า 20% อากาศ(ออกซิเจน) มี ส่วนสำคัญต่อการเจริญ เติบโตของเชื้อราทำลายไม้ การแช่ไม้ไผ่ในน้ำจะทำให้ไม้ไผ่มีความชื้นในเนื้อไม้สูงและอากาศน้อยทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ไม้ที่แช่น้ำตั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไปทำให้ปริมาณแป้งในเนื้อไม้ลดลง ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อการลดลงของการเกิดราเสียสีและการเข้าทำลายของแมลงอุณหภูมิและความชื้นมีความสัมพันธ์ต่อการดำรงชีวิตของเชื้อรา ความชื้นในอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราประมาณ 60-70% และอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 23-32 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิ 33-39 องศาเซลเซียส เชื้อราบางชนิดก็สามารถมีชีวิตอยู่ได้เมื่อ ความชื้นต่ำเชื้อราจะยังมีชีวิตอยู่เติบโตได้น้อย ในสภาพอากาศที่ร้อนขึ้นสามารถเจริญเติบโตได้ดี แต่อุณหภูมิสูงเกินจะตาย เชื้อราสามารถเติบโตได้ในที่มืดแสงสว่างจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตต่อการสร้างดอกเห็ดของเชื้อราบางชนิด

ลักษณะและการทำลายไม้ของเชื้อรา

ราผิวไม้ (Mold)

เป็นเชื้อราที่เจริญเติบโตบนผิวไม้ที่ชื้นเท่านั้น พอสังเกตได้จากสีของเชื้อราที่ขึ้นฟูบนไม้ ไม่เจริญเข้าไปในเนื้อไม้จะสร้างสปอร์ขึ้นบนผิวไม้สีต่างๆ เช่น สีดำ สีเขียว และสีอื่นๆ ไม่มีผลต่อความแข็งแกร่งของไม้ แต่ทำให้ไม้สกปรก ไม้ไผ่ที่ไม่ได้เคลือบผิวไม้หรือเคลือบบางๆ และไม้ไผ่ที่แห้งแล้ว เก็บรักษาโดยอากาศถ่ายเทไม่ได้สามารถดูดความชื้นในอากาศทำให้เชื้อราชนิดนี้เจริญได้บนผิวไม้ในสภาพที่อับและอากาศมีความชื้นการผึ่งแดดการอบหรือย่างด้วย ความร้อน การรมควัน การลดความชื้นและระบายอากาศดีช่วยแก้ปัญหาได้ การเช็ดออก ไสออก หรือขัดออกทำได้ง่ายแต่ควรทำภายหลังจากการแก้ไขแล้ว ควรระวังเรื่องสปอร์ที่ฟุ้งกระจายจากการสัมผัสหรือหายใจและล้างมือให้สะอาดทุกครั้งหลังจากการสัมผัสไม้ที่มีราขึ้นที่ผิวไม้ การทำเคลือบผิวไม้หลายๆชั้นสามารถป้องกันเชื้อราชนิดนี้ได้

ราเสียสี (Blue Stain)

เกิดขึ้นกับไม้ไผ่สดได้ง่ายภายในเวลา 24 ชั่วโมงหลังจากตัดแล้วทำให้เกิดสีเข้มในเนื้อไม้การเข้าทำลายจะเข้าไปทางด้านหน้าตัดของไม้ไผ่ทั้ง 2 ข้าง และเข้าทางด้านรอยตัดของกิ่งตรงข้อ ไม่ทำลายเนื้อไม้ จึงไม่ได้ทำให้ความแข็งแรงเปลี่ยนแปลงแต่มีตำหนิทำให้เสียราคาราเสียสีต้องการความชื้นสูงและ

เจริญเติบโตที่อุณหภูมิ 23-35 องศาเซลเซียส ทำให้เนื้อไม้มีสีน้ำเงิน สีดำ เป็นส่วนใหญ่ เชื้อราสามารถเติบโตได้อย่างรวดเร็วทำให้ไม้เปลี่ยนสีภายใน 2-3 วันราที่เกิดขึ้นในไม้จะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อสภาวะไม่เหมาะสมและเจริญเติบโตไปได้อีกเมื่อได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อเกิดสีบนเนื้อไม้แล้วไม่สามารถแก้ไขได้ นอกจากใช้วิธีการฟอกสีให้ขาวด้วยสารเคมีโดยการแช่หรือต้มด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ราผุอ่อน (Soft Rot)

เข้าทำลายไม้ที่มีความชื้นสูงมากติดต่อกันนาน ส่วนมากเป็นไม้ที่ใช้งานในลักษณะที่สัมผัสกับน้ำหรือได้รับความชื้นอยู่เสมอไม้ที่ถูกทำลายเห็นไม่ชัด แต่เนื้อไม้อ่อน นุ่มลง ไม้ที่ผุเมื่อแห้งจะเปราะ ถ้าหักไม้จะหักออกได้โดยไม่มีเสี้ยน

ราผุขาว (White Rot)

ทำลายไม้ที่ได้รับความชื้นอยู่เสมอโดยเชื้อราเจริญเข้าไปในเนื้อไม้ระยะแรกที่ถูกทำลายเนื้อไม้มีสีเข้มขึ้นแต่ภายหลังจะจางลงจนสีอ่อนกว่าเนื้อไม้ แต่ไม้ไผ่จะเห็นไม่ชัดเพราะเนื้อไม้สีขาว เมื่อการเข้าทำลายรุนแรงขึ้นจะเป็นแถบหรือจุดขาวเห็นได้ชัดไม้ไผ่ที่ถูกทำลายมากเนื้อไม้จะอ่อนนุ่มคล้ายฟองน้ำและมีสีจางลง

ราผุสีน้ำตาล (Brown Rot)

ทำลายไม้ที่ได้รับความชื้นอยู่เสมอ เช่นไม้ที่ใช้ภายนอกอาคารรั้วไม้ เป็นต้น เนื้อไม้จะมีสีน้ำตาลเข้ม ยุบตัวและหักง่ายเมื่อมีการทำลายที่รุนแรงเนื้อไม้จะหักร่วนเป็นผงสีน้ำตาลเข้มไม้ที่ถูกเชื้อราทั้ง 3 ชนิดเข้าทำลายมักเกิดขึ้นกับไม้ไผ่ที่ใช้งานหรือเก็บรักษาไม่ถูกต้องการเก็บไม้ไผ่ไว้นานๆ กองทับถมกันไว้ไม่มีการระบายอากาศที่ดีทำให้ผุด้วยเชื้อราผุขาวและราผุสีน้ำตาล สิ่งก่อสร้างไม้ไผ่ไม่ควรสัมผัสดินหรือใช้ในสภาพที่มีความชื้นอยู่เสมอการเก็บรักษาไม้ไผ่ควรยกให้สูงจากพื้นดินไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร ไม้ที่ผุจนไม่สามารถใช้งานได้ควรเผาทิ้งเพื่อป้องกันการแพร่ของเชื้อราการป้องกันในระยะยาวควรใช้สารเคมีที่สามารถป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราบ้านไม้ไผ่หรือโครงสร้างไม้ไผ่ควรมีการออกแบบที่คำนึงถึงเรื่องความชื้นการระบายน้ำและการถ่ายเทของอากาศควรดูแลรักษาขณะใช้งานจะทำให้ใช้ประโยชน์ไม้ไผ่ได้นานขึ้น

2.3.3 แมลงทำลายไม้ไผ่

การเข้าทำลายของแมลงทำลายไม้ไผ่ขึ้นอยู่กับปริมาณแป้งในไม้ไผ่และความชื้นของไม้ขณะที่กำลังแห้งไม้ไผ่ที่ตัดมาภายใน 24 ชั่วโมง มอดเจาะเข้าไปวางไข่ได้ตามรอยตัดขวางของลำทั้งด้านโคนและปลาย เข้าตามรอยแผลที่ถูกมีดฟันเจาะเห็นเนื้อไม้มอดจะไม่เจาะที่ผิวลำโดยตรง เนื่องจากส่วนผิวมีซิลิก้าและไขอยู่มาก แมลงชอบเข้าทำลายไม้ไผ่ด้านในมากกว่าด้านนอก ส่วนผนังด้านนอกซึ่งมีไฟเบอร์มากกว่าจะพบแต่รูทางออกของแมลงเท่านั้น

การเข้าทำลายของแมลงในไผ่ทั่วไป จะพบว่าส่วนปลายถูกแมลงเข้าทำลายมากกว่าโคน เนื่องจากมีแป้งสะสมอยู่ที่ส่วนปลายมากกว่าส่วนโคน ไม้ไผ่ที่ยังไม่ได้ตัดออกจากกอมีชีวิตอยู่และความชื้นสูงจะไม่ถูกทำลาย ไม้ไผ่ผ่าซีกมอดจะชอบมาก จึงควรอบหรือผึ่งแดดให้แห้งโดยเร็วหรือจุ่มสารเคมีป้องกันมอดไม่ควรวางทับซ้อนกัน แมลงที่ชอบเข้าทำลายไม้ไผ่ได้แก่

รูปที่ 2.1 มอดไม้ไผ่แห้ง

มอดไม้ไผ่แห้ง (Minthea Rugicollis และ Lyctus Spp)

เป็นมอดไม้ไผ่ขนาดเล็กทำให้ไม้ที่ ถูกทำลายเป็นรูขนาด 1-3 มิลลิเมตร อยู่ในวงศ์ Lyctidae ตัวแก่มีขนาด 2.0-6.0 มิลลิเมตร ลำตัวค่อนข้างแบนสีน้ำตาลพบในไม้ไผ่แห้งเข้าทำลายขณะที่ไม้ไผ่กำลังแห้งและมีความชื้นต่ำกว่า 30% มอดชนิดนี้ต่างจากมอดไม้ไผ่อื่นๆ เพราะจะไม่เจาะเข้าไปในเนื้อไม้แต่จะแทง

อวัยวะวางไข่ในเซลล์ของไม้ ถ้าเซลล์ของเนื้อไม้เล็กกว่าอวัยวะวางไข่ จะวางไข่ไม่ได้ จะชอบวางไข่ในเนื้อไม้ผ่าซีกเป็นแมลงที่ชอบไม้แห้ง ดังนั้นไม้ไผ่ที่ถูกทำลายแล้วจึงทำลายต่อไปได้อีกจนผุมากขึ้น

รูปที่ 2.2 มอดไม้ไผ่สด

มอดไม้ไผ่สด (Dinoderus Minutus)

ความเสียหายของไม้ไผ่ที่เกิดจากแมลง ส่วนใหญ่เป็น มอดไม้ไผ่ วงศ์ bostrychidae ขนาดรูเจาะประมาณ 1.5 มิลลิเมตร เจาะไม้สดหรือไม้ที่กำลังแห้ง ระยะแรกพบรอยเจาะด้านโคนและปลายเพียงไม่กี่รู เป็นรูที่มอดเจาะเข้าไปวางไข่ เจาะบริเวณตาและตามรอยตัดของข้อรอยแผลในช่วงที่ไม้สดหลังจากตัดใหม่ๆ ภายใน 24 ชั่วโมง ควรฉีดพ่น หรือจุ่มสารเคมีกำจัดแมลง

2.4 การถนอมรักษาไม้ไผ่

Ghavami (พ.ศ.2547) ได้ศึกษาถึงการที่ไม้ไผ่สามารถดูดซึมน้ำได้และส่งผลเสียกับกำลังของไม้ไผ่ ไม้ไผ่ที่นำมาใช้ในการก่อสร้างทั่วๆไปนั้น ตัดมาใช้ได้เมื่อไม้ไผ่อายุ 3-5 ปี แต่ถ้าไม่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขกำจัดแมลงและเชื้อราแล้ว ไม้ไผ่ที่อยู่ติดดินอาจมีอายุใช้งานประมาณ 1-2 ปี เท่านั้น แต่ถ้าใช้ในที่ร่มและห่างจากดินอายุอาจจะใช้งานถึง 5 ปี ไม้ไผ่อาจถูกรบกวนทำลายโดยมอดและปลวกเพราะมีอาหารในเนื้อไม้ นอกจากนั้นอาจถูกทำลายโดยเชื้อราและถ้าใช้ในน้ำทะเล ก็อาจถูกทำลายโดยเพรียงได้การรักษาให้ไม้ไผ่มีอายุยืนนานนั้นอาจทำได้ต่างๆ กันดังนี้

2.4.1 การถนอมรักษาไม้ไผ่ด้วยวิธีธรรมชาติ

สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การแช่น้ำและการใช้ความร้อนทั้งนี้เพื่อทำลายสารต่างๆ ในเนื้อไม้ที่อาจเป็นอาหารของแมลงต่างๆ เช่น แป้งและน้ำตาลให้หมดไปแต่วิธีดังกล่าวนี้เป็นเพียงการรักษาเนื้อไม้เพียงชั่วคราวเท่านั้นเพราะสารอาหารต่างๆ ในเนื้อไม้มิได้ถูกขจัดออกไปจนหมดสิ้น จึงอาจถูกทลายจากแมลงต่างๆ ได้อีก โดยแต่ละวิธีสามารถปฏิบัติได้ดังนี้

1. การแช่น้ำเป็นการถนอมรักษาไม้ไผ่อย่างง่ายๆ แต่ได้ผลดีพอสมควร เนื่องจากน้ำจะชะล้างแป้ง น้ำตาลและสารละลายอื่นๆ จนแมลงไม่สนใจใช้เป็นอาหารสามารถใช้ได้ทั้งไม้ไผ่สดและไม้ไผ่ แห้ง โดยนำไม้ไผ่ไปแช่น้ำจนมิด ถ้าเป็นน้ำไหลยิ่งดีหรือในน้ำเค็มบริเวณที่ไม่มีเพรียงอยู่ก็ได้ น้ำที่ไม่สะอาดจะทำให้ไม้ไผ่สกปรกตามไปด้วย ระยะเวลาแช่น้ำสำหรับไม้ไผ่สดนั้น ตั้งแต่สามวันจนถึงสามเดือน แต่ถ้าเป็นไม้ไผ่แห้งต้องเพิ่มเวลาอีกไม่น้อยกว่าสิบห้าวันจึงจะได้ผลดีที่สุด

2. การใช้ความร้อนหรือการสกัดน้ำมันจากไม้ไผ่ มีลักษณะเช่นเดียวกับการนำไม้ไผ่ไปแช่น้ำ เพื่อทำลายสารประกอบในเนื้อไม้ไผ่ที่อาจเป็นแหล่งอาหารของแมลงและเชื้อราต่างๆ ได้ทำให้เนื้อไม้แห้งและมีความแข็งแรงทนทานขึ้น น้ำมันของไม้ไผ่จะถูกสกัดออกก่อนที่จะนำไปอาบน้ำยาป้องกันแมลง ฟอกขาว และย้อมสี ทั้งนี้เพื่อให้ การอาบน้ำยาได้ผลจริงๆ ยิ่งกว่านั้นจะได้ประโยชน์จากการสกัดน้ำมันจากไม้ไผ่คือทำให้ไม้ไผ่แข็งแรงทนทาน ทำให้ผิวภายนอกสวยงามและยังเป็นการรักษาเนื้อไม้ไผ่ไม่ให้เสียหายจากแมลง และทำให้มีความแห้งมากขึ้นหรือเป็นการทำให้สารประกอบในเนื้อไม้ไผ่ที่จะเกิดการเน่าได้กลับกลายเป็นกลางไปเสีย ไม้ไผ่ที่ตัดมาแล้วก่อนนำมาสกัดน้ำมันควรตั้งพิงเอาโคนขึ้นข้างบนหรือวางกองบนร้านในที่ร่ม เพื่อป้องกันมิให้เหี่ยวแห้งเร็วเกินไปและควรผึ่งไว้ประมาณหนึ่งเดือนหลังจากที่ได้ตัดมาแล้วจึงเอามาอาบน้ำยาเพื่อลบรอยจุดต่างๆ ที่ปรากฏบนผิวภายนอกของลำการสกัดน้ำมันออกจากไม้ไผ่ สามารถทำได้ 2 วิธี คือให้ความร้อนด้วยไฟและด้วยการต้มหรือเรียกว่าวิธีแห้งและวิธีเปียก ไม้ไผ่ที่สกัดน้ำมันออกแล้วเรียกกันว่า "ไม้ไผ่สุก" มีประโยชน์ที่จะใช้ในการก่อสร้างและอุตสาหกรรมประเภทศิลปะและเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกันไปตามวิธีการสกัดน้ำมัน วิธีให้ความร้อนด้วยไฟทำให้เนื้อไม้แข็งแรงและแกร่ง ส่วนการให้ความร้อนด้วยการต้มทำให้เนื้อ ไม้อ่อนนุ่ม ดังนั้นจะสกัดน้ำมันด้วยวิธีใดนั้น จึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานเป็นสำคัญซึ่งมีดังนี้

2.1 การสกัดน้ำมันด้วยไฟ วิธีนี้เอาไม้ไผ่เข้าปิ้งในเตาไฟ ซึ่งอาจจะใช้ถ่านไม้หรือถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงก็ได้ ระวังอย่าให้ไหม้ไฟและรีบเช็ดน้ำมันที่เยิ้มออกมาจากผิวไม้ไผ่ทั้งหมดเพราะเมื่อเย็นลงแล้วจะเช็ดไม่ออก ส่วนอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนนั้นแตกต่างกันไปตามชนิดและความหนาของไม้ไผ่ แต่โดยทั่วไปแล้วใช้เวลาประมาณ 20 นาที และมีอุณหภูมิประมาณ 120-130 องศาเซลเซียส การให้ความร้อนนั้น อาจกระทำซ้ำอีกครั้งได้เพื่อให้ความร้อนกระจายอย่างทั่วถึง เพราะการให้ความร้อนครั้งเดียวมากๆ อาจทำให้ไม้แตกได้

2.2 การสกัดน้ำมันด้วยการต้ม วิธีนี้ต้มในน้ำธรรมชาติเท่านั้น ใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง เนื่องจากวิธีนี้ความร้อนต่ำกว่าการสกัดความร้อนด้วยไฟ แต่ถ้าผลที่ได้ไม่เป็นที่พอใจ ก็อาจใช้สารเคมีเข้าช่วยด้วย โดยใช้โซดาไฟหรือโซเดียมคาร์บอเนตจำนวน 10.3 กรัม หรือ 15 กรัม ตามลำดับละลายในน้ำ 18.05 ลิตร ใช้เวลาต้องประมาณ 15 นาที หลังจากต้มเสร็จแล้วให้รีบเช็ดน้ำมันที่ซึมออกมาจากผิวไม้ไผ่ก่อนที่จะแห้งเพราะถ้าเย็นลงแล้วจะเช็ดไม่ออกและนำไม้ไผ่ที่สกัดน้ำมันออกแล้วไปล้างน้ำให้สะอาดและทำให้แห้งต่อไป

2.4.2 การถนอมรักษาไม้ไผ่ด้วยวิธีเคมี

เป็นการใช้สารเคมีอาบหรืออัดเข้าไปในเนื้อไม้ไผ่ เป็นวิธีที่สามารถรักษาเนื้อไม้ให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าวิธีธรรมชาติ ซึ่งสามารถปฏิบัติได้ดังนี้คือ

1. การชุบ จุ่ม และทา วิธีการเหล่านี้เป็นการป้องกันผิวนอกของไม้ไผ่ซึ่งเป็นการป้องกันชั่วคราวก่อนนำไปทำการป้องกันอย่างจริงจังอีกครั้งหรือใช้กับไม้ไผ่ที่ใช้ในสถานที่ที่ไม่มีอันตรายจากแมลงมากนัก เช่น ทำของใช้ภายในบ้านก็สามารถรักษาเนื้อไม้ได้นานพอสมควร ตัวยาที่ใช้มีหลายชนิด เช่น ดีลคริน ร้อยละ 0.05 หรืออัลคริน ร้อยละ 0.15 ละลายในน้ำจะสามารถรักษาเนื้อไม้ได้นานกว่า 1 ปี ดีดีที ร้อยละ 7–10 ละลายในน้ำมันก๊าดก็สามารถใช้ได้ผลดีเช่นกัน ในการจุ่มนั้นปกติจะใช้เวลาสั้นๆ เพียงไม่กี่นาที ซึ่งดีกว่าวิธีพ่นที่สิ้นเปลืองน้อยกว่าในเปอร์โตริโก ใช้ไม้ไผ่สดและไผ่แห้งจุ่มในน้ำยาดีดีทีความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมในน้ำมันก๊าดนานประมาณ 10 นาที จะป้องกันเนื้อไม้ได้นานถึง 1 ปี แต่ถ้าแช่ให้นานขึ้นจะสามารถทนทานได้นานถึง 2–2 ปีครึ่ง ส่วนในอินเดียวมีการใช้ตัว 3 สูตรเปรียบเทียบกันคือโซเดียมเพนตาคอลโรพิเนต ร้อยละ 1 ละลายน้ำบอแรกซ์ กรดบอริก อัตราส่วน 1:1 ร้อยละ 2 ละลายน้ำและแอลิคคิวปริก โครเมต (ACC) ร้อยละ 5 ละลายน้ำ ปรากฏว่าสูตรแรกสามารถกันมอดได้ดีที่สุดเรียงตามลำดับถึงสูตรที่สาม

การแช่น้ำปกตินานเป็นชั่วโมงหรือเป็นวันขึ้นไป วิธีการนี้ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดแต่มีข้อเสียคือเสียเวลานานไม้ไผ่สดถ้าแช่น้ำยาจะใช้เวลาประมาณ 5 สัปดาห์ในการดูดซึมน้ำยาซึ่งจะมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของ ไม้ อายุ และความหนาของไม้ ถ้าเป็นไม้ที่ผ่าแล้ว จะลดเวลาลงได้ครึ่งหนึ่ง นอกจากนี้การอุ่นน้ำยาให้ร้อนขึ้นการทุบข้อหรือการทะลวงปล้อง ก็ทำให้ลดเวลาในการแช่ลงได้เช่นกัน และจากการทดลองปรากฏว่าไม้สั้นน้ำยาจะเข้าทางปลายไม้ได้ดี ส่วนไม้ยาวการผ่าจะได้ผลดีกว่าไม้ที่ไม่ผ่า

2. การอัดน้ำยา เป็นวิธีการรักษาเนื้อไม้ที่ดีที่สุด เนื่องจากตัวยาสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดีกว่า วิธีอื่น ซึ่งสามารถปฏิบัติได้หลายวิธีคือ

2.1 การอาบโคน (Stepping) เหมาะสำหรับกรณีที่มีไม้ไผ่จำนวนไม่มากนักแต่ต้องเป็นไม้ ไผ่สดตัดใหม่ๆ ยังมีกิ่งก้านและใบติดอยู่ ซึ่งเหมาะสำหรับการอาบน้ำยาไม้ในสถานที่ตัด มีวิธีปฏิบัติโดยนำน้ำยารักษาเนื้อไม้ใสภาชนะที่มีความลึก 30–60 เซนติเมตร ไม้ไผ่จะดูดน้ำยาเข้ามาแทนที่ระยะเวลาการอาบน้ำยาวิธีนี้จะมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ไผ่ ความยาว ดิน ฟ้าอากาศ และชนิดของน้ำยาที่ใช้

2.2 การสวมปลอกหัวไม้ (Capping) เป็นการอัดน้ำยาไม้ไผ่สด ที่ตัดกิ่งก้านออกแล้ว สามารถทำได้ง่ายโดยใช้ยางในจักรยานยาวพอใส่น้ำยาได้ ข้างหนึ่งสวมเข้าที่โคนไม้ไผใช้เชือกรัดกันน้ำยาซึมออกส่วนยางในด้านที่เหลือใช้กรอกน้ำยาเข้าไป แล้วนำไปแขวนให้ส่วนโคนสูงกว่าด้านปลาย วิธีนี้ใช้ได้ผลดีกับไม้ไผ่สดมากกว่าไม้ไผ่แห้ง เพราะน้ำธรรมชาติในไม้ไผ่เมื่อซึมออกจะดูดน้ำยาเข้าแทนที่

2.3 วิธีการอาบน้ำยาร้อน-เย็น (Hot and Cold Bath) สามารถทำได้ 2 วิธี คือใช้ความดันและไม่ใช้ความดัน ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันคือการใช้ความดัน สามารถทำได้รวดเร็วและเป็นจำนวนมาก แต่ก็เสียค่าใช้จ่ายมาก ส่วนวิธีหลังนั้นเสียค่าใช้จ่ายต่ำ แต่ใช้ระยะเวลานานกว่าวิธีแรก โดยการอาบน้ำยาที่ไม่ใช้แรงดันนั้น ใช้วิธีการใส่ไม้ไผ่ที่แห้งแล้วในน้ำยาที่มีอุณหภูมิ ประมาณ 90 องศาเซลเซียส ประมาณ 6ชั่วโมง ความร้อนจะไล่อากาศออกมา แล้วปล่อยให้เย็นลง อากาศที่หดตัวในเนื้อไม้จะดูดน้ำยาเข้าไปแทนที่

2.4 วิธีบูเชรี (Bucherie Process) เป็นวิธีง่ายๆ อาศัยแรงดันของน้ำตามธรรมชาติหรือแรงโน้มถ่วงของโลกนำน้ำยาเข้าไปในเนื้อไม้ โดยตั้งถังน้ำยาสูงประมาณ 10 เมตร แล้วต่อท่อสวมที่โคนไม้สดด้วยท่อรัดรอบโคนไม้ แรงดันของน้ำยาสูง 10 เมตรจะช่วยดันน้ำยาจากโคนถึงปลายไม้

2.5 วิธีใช้แรงอัด (Pressure Treatment) เหมาะสำหรับไม้ไผ่แห้งจะผ่าหรือไม่ผ่าก็ได้ จะให้ผลดีที่สุดเมื่อไม้ไผ่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 20 ไม้ไผ่ที่ไม่ได้ผ่าเมื่อนำมาอัดน้ำยาอาจจะแตกหรือระเบิดออกได้ ซึ่งอาจแก้ไขโดยการเจาะรูระหว่างปล้องก่อน ซึ่งนอกจากจะไม่แตกแล้วยังทำให้อัดน้ำยาได้ทั่วถึงด้วยวิธีนี้ต้องขนไม้ไผ่ไปยังโรงงานแรงดันนั้นไม่ควรจะสูงเกินไปเพื่อป้องกันไม้ไผ่แตก 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 จะทำให้ไม้ไผ่และผลผลิตทั้งหมดน้อยที่สุดและไม้ไผ่ที่ตากแห้งสนิทดีภายหลังจากที่ต้มในน้ำร้อน 10 นาที จะทนไปได้นานหลายเท่าของไม้ไผ่ธรรมดาที่เก็บโดยไม่ต้ม การทำให้ไม้ไผ่แห้งมี 2 วิธี ดังนี้

1. การตากให้แห้งตามธรรมชาติ ให้เอาลำไม้ไผ่ทิ้งไว้ในที่ร่มอากาศปลอดโปร่งถ่ายเทได้ดี เอาโคนกลับขึ้นไว้ทางด้านบน ผึ่งไว้ประมาณ 3–4 เดือน สำหรับไม้ซีกให้เอามาวางเรียงบน กระดานให้มีช่องว่างโปร่ง และผึ่งไว้ประมาณ 10–20 วัน

2. การทำให้แห้งด้วยเครื่อง การตากไม้ไผ่ให้แห้งตามธรรมชาตินั้น ได้นิยมใช้กันมาอย่างกว้างขวางแล้ว แต่วิธีนี้ไม่สามารถควบคุมอัตราของน้ำที่มีอยู่ในเนื้อไม้ไผ่ให้แน่นอนได้ และหากไม้ไผ่มีเป็นจำนวนมากแล้วจำเป็นต้องทำให้แห้งด้วยเครื่องซึ่งทำงานได้ดีกว่าวิธีธรรมชาติ บางทีแม้จะผลิตได้จำนวนน้อย ก็จำเป็นต้องทำให้แห้งด้วยเครื่อง เนื่องจากเป็นกรรมวิธีบังคับเพื่อให้ได้ ประโยชน์และคุณภาพไม้ไผ่เป็นพิเศษ

อย่างไรก็ดี การทำให้แห้งด้วยเครื่องนั้นจำเป็นต้องใช้เมื่อต้องการความสะดวกรวดเร็วซึ่งต้องเปลือง ค่าใช้จ่ายมากดังนั้นวิธีนี้จึงไม่ได้นำมาใช้เสมอไป เว้นแต่เมื่อเห็นว่าคุ้มค่าทางเศรษฐกิจเมื่อต้องการให้แห้งทันใจในเวลาอันสั้น หรือต้องการให้ผลิตภัณฑ์นั้นแห้งสนิทดีจริงๆ วิธีการทำให้แห้งนั้นอาจทำการอบไม้ไผ่ให้แห้งโดยการนำเข้าห้องอบ ให้ความร้อนต่ออากาศโดยใช้เปลวไฟหรือด้วยการเป่าลมร้อนเข้าไปในห้องอบอีกวิธีหนึ่งคือทำให้แห้งด้วยเครื่องความร้อนสูงและทำให้มีความกดอากาศหรือทำให้แห้งด้วยวิธีสุญญากาศ

2.4.4 การเคลือบผิวไม้ไผ่

การเคลือบผิวไม้ไผ่เป็นการป้องกันความชื้นและแมลง โดยการใช้วัสดุที่สามารถกันน้ำหรือความชื้นได้ เช่น ยางรัก สีเคลือบ ชัน แลกเกอร์ น้ำมันวานิช ชะแลค เป็นต้น ใช้ทาลงบนผิว ของไม้ไผ่ การเคลือบไม้นอกจากจะช่วยป้องกันความชื้นและแมลงแล้วยังช่วยป้องกันการดูดซึม หรือการสูญเสียน้ำของไม้ไผ่เมื่อใช้เสริมในคอนกรีต โดยจะช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ของไม้ไผ่ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการแตกร้าวในคอนกรีตได้ ในการเคลือบผิวไม้ไผ่

2.5 ทฤษฎีคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

2.5.1 การวิเคราะห์และคำนวณออกแบบคานด้วยวิธีกำลัง

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดสมมติฐานในการออกแบบไว้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ออกแบบโดยวิธีกำลังจะต้องสอดคล้องกับภาวะสมดุลและความเครียด

2. ให้สมมติความเครียดในเหล็กเสริมและคอนกรีตเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับระยะทางจาก แกนสะเทิน ยกเว้นกรณีที่องค์อาคารรับแรงอัด ที่มีความลึกมาก

3. ให้สมมติความเครียดสูงสุดที่ขอบนอกสุดด้านรับแรงอัดของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 0.003

4. หน่วยแรงในเหล็กเสริมที่มีค่าต่ำกว่ากำลังคราก f_y กำหนด หาจากผลคูณของ $\boldsymbol{\varepsilon_u}$ กับความเครียดของเหล็กเสริม สำหรับความเครียดที่มีค่ามากกว่าความเครียดคราก ให้ใช้ หน่วยแรงในเหล็กเสริมที่มีค่าเท่ากับ f_y

5. ในการคำนวณหากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเสริมเหล็ก ต้องไม่คิดกำลังดึงของคอนกรีต

6. ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายหน่วยแรงอัดของคานคอนกรีต กับความเครียดของคอนกรีตอาจสมมติให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมเพื่อสะดวกในการคำนวณออกแบบ

7. การกระจายหน่วยแรงของคอนกรีตเป็นรูปสี่เหลี่ยมต้องถือเกณฑ์ดังต่อไปนี้

7.1 ให้สมมติหน่วยแรงของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 0.85 f_c' กระจายตัวสม่ำเสมอทั่วบริเวณรับ แรงอัดเทียบเท่าที่ลิอมรอบด้วยขอบหน้าตัดและเส้นตรงที่ขนานกับแกนสะเทิน ซึ่งมีระยะห่างจากขอบที่มีความเครียดอัดสูงเป็นระยะ a = $\beta_1 c$

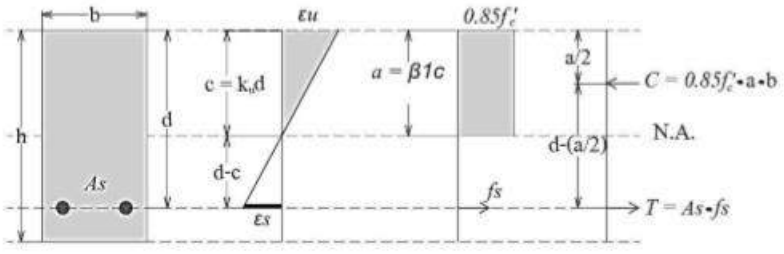
7.2 ให้วัดระยะ c จากขอบที่มีความเครียดอัดสูงสุดถึงแกนสะเทินในทิศทางตั้งฉากกับแนว สะเทินนั้น

7.3 ให้หาค่าตัวประกอบ β_1 เท่ากับ 0.85 สำหรับคอนกรีต fc' น้อยกว่าหรือเท่ากับ 280 (kg/cm^2) และค่า β_1 ลดลงอย่างต่อเนื่องด้วยอัตรา 0.05 ต่อทุกๆ 70 (kg/cm^2) สำหรับกำลังคอนกรีตสูงกว่า 280 (kg/cm^2) แต่ β_1 ต้องไม่ต่ำกว่า 0.65 ดังสมการนี้

$$\beta_1 = 0.85\text{-}0.05\left(\frac{fc'-280}{70}\right) \geq 0.65$$

2.5.2 การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงดึง

คานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความลึกสม่ำเสมอตลอดความยาวช่วงคานที่เกิดภายใต้แรงดัดจะ เกิดแรงอัดและแรงดึงซึ่งเป็นแรงคู่ควบที่สมดุลขึ้นในหน้าตัดคาน ดังรูป



รูปที่ 2.3 พฤติกรรมคานเสริมเหล็กรับแรงดึง

พิจารณาหน่วยแรง เมื่อหน้าตัดอยู่ในสภาวะสมดุล จะได้

$$C = T$$

$$0.85f_c'ab = A_sf_s \quad (2.1)$$

$$a = \frac{A_sf_s}{0.85f_c'b} \quad (2.2)$$

$\sum M_c = 0$ คำนวณหากำลังต้านทานโมเมนตด์ดัดสูงสุด (M_n)ได้ดังนี้

$$M_n = T\left(d - \frac{a}{2}\right) = A_sf_s\left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (2.3)$$

$\sum M_T = 0$ คำนวณหากำลังต้านทานโมเมนต์ดัดสูงสุด (M_n)ได้ดังนี้

$$M_n = c\left(d - \frac{a}{2}\right) = 0.85f_c'ab\left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (2.4)$$

แทนค่า $a = \frac{A_sf_s}{0.85f_c'b}$ จากสมการ 2.2 ลงในสมการ 2.3 จะได้

$$M_n = A_sf_s\left(d - \frac{A_sf_s}{2\times0.85f_c'b}\right)$$

$$M_n = A_sf_s\left(d - \frac{A_sf_s}{1.7f_c'b}\right) = A_sf_s\left(d - 0.59\frac{A_sf_s}{f_c'b}\right) \quad (2.5)$$

จากมาตรฐาน ว.ส.ท. $\rho = \frac{A_s}{bd}$ (2.6)

แทนค่า $\frac{A_s}{b} = \rho d$ จากสมการ (2.6) ลงในสมการ (2.5) จะได้

$$M_n = A_sf_s\left(d - 0.59\rho d\frac{f_s}{f_c'}\right)$$

$$M_n = A_sf_s\, d\left(1 - 0.59\rho d\frac{f_s}{f_c}\right) \quad (2.7)$$

แทนค่า $a = \frac{A_s f_s}{0.85 f_c' b}$ จากสมการ (2.2) ลงในสมการ (2.4) จะได้

$$M_n = 0.85 f_c' \times \frac{A_s f_s}{0.85 f_c' b} \times b \times \left(d - \frac{A_s f_s}{2 \times 0.85 f_c' b}\right)$$

$$M_n = 0.85 f_c' \times \frac{A_s f_s}{0.85 f_c' b} \times b \times \left(d - 0.59 \frac{A_s f_s}{f_c' b}\right)$$

$$M_n = A_s f_s \left(d - 0.59 \frac{A_s f_s}{f_c' b}\right) \quad (2.8)$$

จากมาตรฐาน ว.ส.ท. $\rho = \frac{A_s}{bd}$ หรือ $A_s = \rho bd$

แทนค่า $A_s = \rho bd$ จากสมการ (2.6) ลงในสมการ (2.8) จะได้

$$M_n = \rho bd f_s \left(d - 0.59 \rho d \frac{f_s}{f_c'}\right)$$

$$M_n = \rho bd^2 f_s \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_s}{f_c'}\right) \quad (2.9)$$

ดังนั้น สมการกำลังต้านทานโมเมนต์ดัดสูงสุด (M_n)ได้เป็นดังนี้

$$M_n = A_s f_s d \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_s}{f_c'}\right) \quad (2.10)$$

$$M_n = \rho bd^2 f_s \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_s}{f_c'}\right) \quad (2.11)$$

ออกแบบคานโดยการวิบัติเนื่องจากแรงดึงเป็นหลัก (Tension failure) เมื่อปริมาณเหล็กเสริมในคอนกรีตน้อย ส่งผลให้หน่วยแรงในเหล็กเสริมถึงจุดคราก (Yield strength) ก่อน ส่งผลให้เหล็กเกิดการยืดตัวออกไปมากเนื่องจากอยู่ในสภาวะพลาสติก ทำให้ขนาดรอยร้าวในคอนกรีตใหญ่ขึ้น และขยายอย่างเห็นได้ชัด สภาวะนี้จะได้ $f_s = f_y$

ดังนั้น สมการกำลังต้านทานโมเมนต์ดัดสูงสุด (M_n) เมื่อคานคอนกรีตเสริมเหล็กวิบัติเนื่องจากแรงดึงเป็นหลัก (Tension failure)

$$M_n = A_s f_s d \left(1 - 0.59\frac{f_s}{f_c'}\right) \quad (2.12)$$

$$M_n = \rho b d^2 f_s \left(1 - 0.59\rho\frac{f_s}{f_c'}\right) \quad (2.13)$$

2.5.3 เหล็กเสริมที่มากที่สุด

มาตรฐาน ACI 10.3.3 กำหนดไว้ว่า ในองค์อาคารรับแรงดัด ปริมาณเหล็กเสริมจะต้องไม่ เกินกว่าร้อยละ 75 ของปริมาณเหล็กเสริมสมดุล $\rho_{max} \leq 0.75\rho_b$ ที่ได้จากสมดุลความเครียด ภายใต้แรงดัดเพียงอย่างเดียว

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดไว้ว่า อาคารรับแรงดัดปริมาณเหล็กเสริมต้องไม่เกินร้อยละ 75 ของปริมาณเหล็กเสริมสมดุลที่ได้จากสมดุลความเครียด

$$\rho_{max} \leq 0.75\rho_b \quad (2.14)$$

2.5.4 เหล็กเสริมที่น้อยที่สุด

สำหรับมาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดไว้ว่า หน้าตัดองค์อาคารใดๆรับแรงดึง ซึ่งเหล็กเสริมรับแรงโมเมนต์บวกที่ได้จากการวิเคราะห์ ต้องมีอัตราส่วน ρ ไม่น้อยกว่า

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y}$$

ดังนั้น สมการคำนวณอัตราส่วนเหล็กเสริม(ρ)ในการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก จะได้

$$\frac{14}{f_y} \leq \rho \leq 0.75\rho_b$$

2.6 การคำนวณหาคุณสมบัติทางกล

2.6.1 กำลังดึงของไม้ไผ่

จากการทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่ สามารถคำนวณกำลังดึงของไม้ไผ่ ดังนี้

จาก $f_b = \frac{T}{A}$ (2.15)

กำหนด f_b = กำลังดึงของไม้ไผ่ กก/ซม^2

T = ค่าแรงดึงสูงสุด กก

A = พื้นที่รับแรงดึงเฉลี่ย ซม^2

2.6.2 โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่

จากการทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่ สามารถหคำนวณค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ ดังนี้

จาก $E_b = \frac{f_b}{\varepsilon_b}$ (2.16)

กำหนด E_b = โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ กก/ซม^2

f_b = หน่วยกำลังดึงของไม้ไผ่ กก/ซม^2

ε_b = ความเครียดของไม้ไผ่ $(\varepsilon_b = \Delta L/L)$

ΔL = ระยะยืดของไม้ไผ่ ซม

L = ระยะเริ่มต้นความยาวไม้ไผ่ ซม

2.6.3 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต

จากการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตทสามารถคำนวณหากำลังอัดประลัยของคอนกรีต ดังนี้

จาก $$fc' = \frac{C_{max}}{A_c} \quad (2.17)$$

กำหนด fc' = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต กก/ซม^2

C_{max} = ค่ากำลังอัดสูงสุด กก

A_c = พื้นที่รับแรงอัดเฉลี่ย ซม^2

2.6.4 กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

จากผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่โดยวิธีดึงออก (*Pull-Out-Test*) สามารถหากำลังยึดเหนี่ยวได้

จาก $$u = \frac{T_{max}}{\sum_0 L} \quad (2.18)$$

กำหนด u = กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ กก/ซม^2

T_{max} = กำลังดึงสูงสุดที่ทำให้ไม้ไผ่หลุดออกจากคอนกรีต กก

$\sum_0$ = เส้นรอบรูปของไม้ไผ่ ซม

L = ความยาวของไม้ไผ่ส่วนที่ฝังในคอนกรีต ซม

2.6.5 การหากำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน

จากการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ สามารถคำนวณหากำลังดัดหรือโมดูลัสการแตกหัก (σ_f) ดังนี้

จาก $$\sigma_f = \frac{\mathrm{MC}}{\mathrm{I}} \qquad (2.19)$$

กำหนด σ_f = กำลังดัดของคอนกรีต กก/ซม^2

M = โมเมนต์ดัดสูงสุดที่กระทำ กก − ซม

C = ระยะห่างจากแกนสะเทินถึงขอบนอกของคอนกรีต ซม

I = โมเมนต์อินเนอเชียรอบแกนสะเทิน ซม^4

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวกับคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ไม้ไผ่ถูกนำมาใช้ในงานก่อสร้างมาเป็นเวลานานแล้ว ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันยังคงมีการนำไม้ไผ่มาสร้างที่พักอาศัยเป็นนั่งร้านสำหรับงานก่อสร้างและนำมาใช้ในการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เนื่องจากไม้ไผ่มีกำลังดึงสูงแต่มีน้ำหนักเบา ไม้ไผ่ปลูกได้ง่ายโตเร็วและสามารถนำไม้ไผ่มาใช้หลังจากปลูกได้เพียง 1-2 ปี เมื่อเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการผลิตเหล็กเสริมกับไม้ไผ่ต่อหน่วย พบว่าเหล็กเสริมต้องใช้พลังงานในการผลิตมากกว่าไม้ไผ่ถึง 50 เท่า (*Khare,* 2005) ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะนำไม้ไผ่มาใช้ในงานคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างจริงจัง ที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับการนำไม้ไผ่มาใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งสามารถสรุปงานวิจัยต่างๆ ได้ดังนี้

Ghavami (พ.ศ.2547) ศึกษาสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ 6 ชนิด พร้อมทั้งศึกษาการเคลือบผิว ของไม้ไผ่เพื่อป้องกันความชื้น เนื่องจากไม้ไผ่มีข้อเสียคือสามารถดูดซึมน้ำได้ จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนระหว่างกำลังต่อน้ำหนักของไม้ไผ่มีค่ามากกว่าเหล็กถึง 6 เท่า ปริมาณไม้ไผ่ที่เสริมในคานคอนกรีตและทำให้คานรับน้ำหนักสูงสุดคือ 3% ของหน้าตัดคาน และควรมีการใช้น้ำยาป้องกันการดูดน้ำเคลือบผิวไม้ไผ่

Cox and Geymayer (พ.ศ.2512) พบว่าการรับแรงดึงมีค่าตั้งแต่ 485 - 1,760 กก/ตร.ซม. ค่าเฉลี่ยของการรับแรงดึงมีค่าเท่ากับ 1,083 กก/ตร.ซม. โมดูลัสยืดหยุ่นมีค่าตั้งแต่ 88,590 ถึง 281,930 กก/ตร.ซม. ค่าเฉลี่ยของโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากัน 184,200 กก/ตร.ซม. ส่วนใหญ่ของตัวอย่างที่มีโมดูลัสยืดหยุ่นสูงจะมีการรับแรงดึงสูงด้วยและความสัมพันธ์ระหว่างการรับแรงดึงกับความเครียดจะเป็นเส้นตรงจนถึงจุดวิบัติ

พรไพจิตร์ พงษ์สุภาพ, สุชนินท์ ตั้งมั่นสุจริต และ สุปัญญา บุญประสิทธิ์ (พ.ศ.2545) โครงงานนี้ได้ทำการปรับปรุงแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตโดยใช้สารเคมีประเภทอีพ็อกซี่และยูรีเทนมาเคลือบผิวไม้ รวมทั้งใช้ทรายและผงเหล็กมาเคลือบซ้ำเพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวให้มากขึ้น โดยในการเคลือบผิวไม้ไผ่จะมีการแบ่งวัสดุผสมเป็น 6 ชนิด ได้แก่ เคลือบยูรีเทน, เคลือบยูรีเทนและทราย, เคลือบยูรีเทนและผงเหล็ก, เคลือบอีพ็อกซี่, เคลือบอีพ็อกซี่และทรายและเคลือบอีพ็อกซี่และผงเหล็กโดยทำการทดสอบที่เวลา 7, 28, และ 90 วัน โดยผลการทดสอบจะเห็นว่าไม้ไผ่ที่เคลือบผิวด้วยยูรีเทนและผงเหล็กมีค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงที่สุดและไม้ไผ่ที่ทำการปรับปรุงผิวจะมีแรงยึดเหนี่ยวที่สูงกว่าไม้ไผ่ที่ไม่มีการปรับปรุงผิว

บุญธรรม เทศาราช และ พงศ์รัช โรจน์ตระกูล (พ.ศ.2548) ศึกษากำลังรับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์มอร์ตาร์กับไม้ไผ่ที่เคลือบผิวสัมผัส จากผลารทดลองพบว่า ตัวอย่างไม้ไผ่ที่เคลือบผิวด้วยแลคเกอร์เพียงอย่างเดียว สามารถรับแรงยึดเหนี่ยวได้ในระดับหนึ่ง แต่ถ้าเคลือบผิวด้วยน้ำยาแลคเกอร์กับทราย จะได้ผลที่ดีกว่าประมาณ 7.06 -9.69 เท่า เมื่อพิจารณาขนาดพื้นที่หน้าตัดพบว่า หน้าตัดขนาดใหญ่จะรับแรงยึดเหนี่ยวได้ดีกว่าขนาดเล็กประมาณ 0.25-3.42 เท่า ซึ่งไม้ไผ่ที่มีข้อปล้องฝังอยู่ในซีเมนต์มอร์ตาร์ จะมีความสามารถรับแรงยึดเหนี่ยวได้ดีกว่าไม้ไผ่ที่ไม่มีข้อปล้องฝังอยู่ประมาณ 1.16-2.62 เท่าและในระยะฝังที่มากกว่าจะส่งผลให้มีแรงยึดเหนี่ยวมากกว่า ประมาณ 2.32 เท่า

ขนิษฐ์ มาคุ้ม (พ.ศ.2549) โครงงานนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะในการรับโมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่มีการปรับปรุงแรงยึด เหนี่ยวของไม้ไผ่ โดยมีการปรับปรุงแรงยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่ด้วยการเคลือบกาวอีพ็อกซี่ แลกเกอร์ และสีย้อมไม้ จากการทดสอบไม้ไผ่ที่มีการปรับปรุงผิวจะให้ยึดค่าแรงเหนี่ยวที่สูงกว่าไม้ไผ่ที่ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพโดยไม้ที่มีการเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่จะให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงสุด แลกเกอร์ และสีย้อมไม้ตามลำดับและในการทดสอบคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่พบว่า คานคอนกรีตที่มีการเสริมไม้ไผ่ที่มีการปรับปรุงผิวจะให้ค่าความต้านทานโมเมนต์ดัดที่สูงกว่าคานที่เสริมด้วยไม้ที่ไม่มีการ

ปรับปรุงผิว แต่จะให้ค่าความต้านทานการดัดต่ำกว่าคานที่เสริมด้วยเหล็กเสริม ทั้งนี้เนื่องจากไม้มีการชะลูดออก

ธนพงษ์ ตริพงษา, ศุภวัฒน์ ตุงเย และ กวิน จรูญทอง (พ.ศ.2549) โครงงานนี้เป็นการปรับปรุงกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผโดยใช้เทคนิคการเคลือบผิวไม้ไผ่ด้วยสารเคลือบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นได้แก่การเคลือบผิวไม้ไผ่ด้วยซีเมนต์เพสท์และแชล็คจากการทดสอบพบว่าไม้ไผ่ที่ปรับปรุงผิวจะมีค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงกว่าไม้ไผ่ที่ไม่มีการปรับปรุงผิวและการใช้กำลังอัดของคอนกรีตที่สูงจะทำให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงตามด้วยและจากการทดสอบคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่พบว่าคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่มีการปรับปรุงผิวจะรับกำลังดัดได้ดีกว่าคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่ไม่มีการปรับปรุงผิว

วิชาญ ดนัยสวัสดิ์ (พ.ศ. 2550) โครงงานนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของปริมาณไม้ไผ่และกำลังอัดคอนกรีตที่มีผลต่อกำลังและพฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ในการศึกษานี้แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ โดยส่วนที่ 1 ทำการทดสอบวัสดุผสมคอนกรีตเพื่อออกแบบคอนกรีตรับแรงอัด ส่วนที่ 2 ทำการทดสอบแรงอัดของคานคอนกรีตเพื่อหล่อตัวอย่างคานที่เสริมไม้ไผ่และส่วนที่ 3 ทำการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่โดยวิธีการทดสอบการดัดแบบ 4 จุดจากทดสอบพบว่ากำลังอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นและปริมาณไม้ไผ่ส่งผลต่อการรับแรงอัดของคอนกรีต เมื่อปริมาณไม้ไผ่เพิ่มขึ้นจะช่วยให้คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่สามารถรับแรงอัดได้มากขึ้นและมีความต้านทานโมเมนต์ดัดที่เพิ่มขึ้นด้วย

วรวิทย์ คำมีทอง และ ภัคณัฐ ศรีปาน (พ.ศ.2551) แรงดึงประลัยของไม้ไผ่สีสุกส่วนที่ไม่ผ่านขั้นตอนใดๆ มีค่าเฉลี่ยประมาณ 2,086 กก/ตร.ซม. และไม้ไผ่ที่ผ่านการแช่น้ำ 1 วัน มีค่าเฉลี่ยประมาณ 2,135 กก/ตร.ซม. โดยไม้ไผ่ที่ผ่านการแช่น้ำจะมีแรงดึงประลัยของไม้ไผ่ที่สูงกว่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่สีสุกมีค่า 1.61x105 กก/ตร.ซม. หน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่แปรผกผันกับความชื้น (ความชื้นของไม้ไผ่ที่จมอยู่ในคอนกรีต) พฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่คานคอนกรีตที่เสริมหน้าตัดวางตั้งจะสามารถรับแรงได้มากกว่าคานที่เสริมไม้ไผ่ที่วางราบเพราะหน้าตัดวางตั้งจะเกิดฟองอากาศที่น้อยกว่าหน้าตัดที่วางราบและไม้ไผ่เป็นวัสดุธรรมชาติซึ่งเมื่อเกิดการยืดตัวแล้วจะหดตัวกลับไม่หมดซึ่งต่างจากเหล็ก ดังนั้นควรเลือกใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัยอยู่ในระดับกลาง เช่น 210 กก/ตร.ซม. ซึ่งจะมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นใกล้เคียงกับไม้และควรใช้กับโครงสร้างที่รับกำลังไม่มากนัก เช่น บ้านชั้นเดียว เป็นต้น

กิตติยะ พลเทพ และ พุทธิพงศ์ หมายสุข (พ.ศ.2556)แรงดึงเฉลี่ยของไม้ไผ่ประมาณ 2,072.34 กก/ตร.ซม. และโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่เท่ากับ 121,233.9 กก/ตร.ซม. หน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่เท่ากับ 9.03 กก/ตร.ซม. และ ต่อมาได้ทำการปรับปรุงคุณสมบัติของไม้ไผโดยการเคลือบไม้ไผ่ด้วยไฟเบอร์กลาสได้แรงดึงเฉลี่ยของไม้ไผ่ประมาณ 2,740.50 กก/ตร.ซม. เพิ่มขึ้นจากกรณีที่ไม่มีการเคลือบผิว 32.24% และโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่เท่ากับ 144,873 กก/ตร.ซม. หน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่เท่ากับ 18.85 กก/ตร.ซม. ไม้ไผ่ที่เคลือบผิวด้วยไฟเบอร์กลาสที่นำมาเสริมในคอนกรีตจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเหล็กเสริมกลมจึงสามารถนำไม้ไผ่มาเสริมแทนเหล็กได้เช่นกัน ควรใช้ไม้ไผ่กับโครงสร้างคอนกรีตที่มีขนาดเล็ก เช่น บ้านชั้นเดียว ลานกีฬา ถนนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และโครงสร้างขนาดเล็กที่ได้รับผลกระทบของเกลือคลอไรด์ ควรใช้กำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ประมาณ 210 กก/ ตร.ซม.

เจ เนื่องจำนงค์ และ ยศกร เผือกประดิษฐ์ (พ.ศ.2558) ผลการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ 3 ชนิดคือ ไม้ไผ่สีสุก, ไม้ไผ่รวก และไม้ไผ่ ลำมะลอก พบว่าไม้ไผ่ลำมะลอกสามารถรับแรงดึงได้สูงสุด โดยมีหน่วยแรงดึงประลัย 5,373 กก./ตร.ซม. และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1.24x105 กก./ตร.ซม. สำหรับวัสดุประสานที่ให้กำลังยึดเหนี่ยวที่ทำการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับคอนกรีตมากที่สุด คือ อีพ็อกซี่ “บอสนี่ พัตตี้” ซึ่ง มีกำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ย 24.07 กก./ตร.ซม. ซึ่งมากกว่าไม้ไผ่ที่ไม่ได้ทำการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสอยู่ที่ 12.56% ผลการทดสอบพบว่าคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่และทำการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของไม้ไผ่รับโมเมนต์ดัดได้มากกว่าที่ออกแบบไว้เฉลี่ย 3.62% และขณะทำการทดสอบไม้ไผ่ที่เสริมในคานคอนกรีตไม่เกิดการรูด ส่งผลให้คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่สามารถรับแรงได้เต็มประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยในการนำไปประยุกต์ใช้งาน

พัชรีวัลย์ อ่วมดีเจียม และ วิมลรัตน์ บุตรดี (พ.ศ.2559) โครงงานนี้เลือกใช้ “ชัน”ในการเคลือบผิวของไม้ไผ่และใช้ “ไม้ไผ่เลี้ยง”ได้ค่าความชื้นที่ 2.26 % ไม้ไผ่มีค่าแรงดึงเฉลี่ย เท่ากับ 1,682 กก./ซม.2 และมีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเท่ากับ 92,308 กก./ซม.2 ต่อมาทำการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต และปรับปรุงคุณภาพของไม้ไผ่เพื่อให้มีความสามารถในการยึดเหนี่ยวที่ดีขึ้น จึงได้มีการทำลายบั้งที่ไม้ไผ่และเคลือบผิวด้วยชันที่ใช้ในการทดสอบขึ้นมา ทั้งหมด 5 รูปแบบ ให้ได้ค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงที่สุด คือลายบั้งตรง นำไม้ไผ่รูปแบบดังกล่าว มาทดสอบแรงยึดเหนี่ยวเพื่อตรวจสอบอีกครั้ง โดยในครั้งนี้จะทำการปรับปรุง คุณภาพของไม้ไผ่ด้วยการทำลายไม้ตามรูปแบบที่เลือกไว้ และแบ่งชุดตัวอย่างการ

ทดสอบเป็นไม้ไผ่ที่ทำการปรับปรุงผิวและอบก่อนนำมาเคลือบผิวด้วยชันและไม้ไผ่ที่ทำการปรับปรุงผิวและอบแต่ไม่มีการเคลือบผิวด้วยชัน จากการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวได้ค่าแรงยึดเหนี่ยว เท่ากับ 11.99 กก./ซม.^{2}และ 6.59 กก./ซม.^{2}ตามลำดับไม้ไผ่ที่เคลือบผิวด้วยชันนั้นส่งผลให้มีแรงยึดเหนี่ยวที่เพิ่มขึ้นถึง 1.82 เท่าของไม้ไผ่ที่ ไม่ได้เคลือบผิวด้วยชัน

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 ไม้ไผ่

ในงานวิจัยนี้มุ่งใช้ไม้ไผ่ทั้งลำในการนำไปเสริมรับแรงดึงในคานคอนกรีต เพื่อให้ได้ความสะดวกในการก่อสร้างและประหยัดเวลา ชนิดไม้ไผ่ในการศึกษา คือ ไผ่รวก มีลักษณะลำต้นตั้งตรง กลมเป็นทรงกระบอกกลวง ผิวเกลี้ยง สีเขียวอมเทา ไม่มีหนาม เนื้อแข็ง มีข้อปล้องชัดเจนแต่ละปล้องจะยาว 15-30 ซม. โดยเลือกใช้ไผ่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5-3.5 ซม. ซึ่งมีขนาดเหมาะสมแก่การนำไปเสริมแรงในคานคอนกรีตแบบเสริมทั้งลำต้น ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ไม้ไผ่รวก

3.1.2 ชันป่น

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ชันซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีราคาถูก เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ในการเคลือบผิวของไม้ไผ่เพื่อช่วยกับความชื้นเข้าสู่ไม้ไผ่ในขณะที่เทคอนกรีตลงแบบหล่อและยังช่วยในเรื่องของกำลังยึดเหนี่ยวให้กับไม้ไผ่และคอนกรีต โดยมีผงชันและน้ำมันยางเป็นองค์ประกอบสำคัญ ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 ชันผงและน้ำมันยาง

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1) แบบหล่อชิ้นตัวอย่างทดสอบ ประกอบด้วย

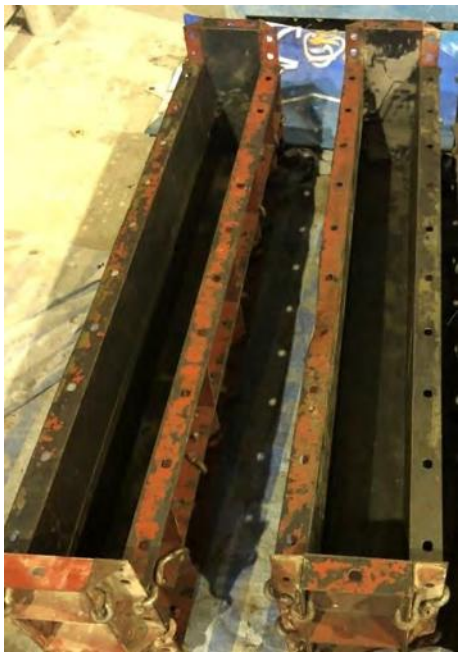
1.1 แบบหล่อชิ้นตัวอย่างทรงลูกบาศก์ ขนาด 15 x 15 x 15 ซม^3 ดังแสดงในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 แบบหล่อชิ้นตัวอย่างทรงลูกบาศก์ ขนาด 15 x 15 x 15 ซม^3

1.2 แบบหล่อชิ้นตัวอย่างทรงกระบอกขนาด Ø15 x 30 ซม^2 ดังแสดงในรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 แบบหล่อชิ้นตัวอย่างทรงกระบอกขนาด Ø15 x 30 ซม^2

1.3 แบบหล่อคาน ขนาดหน้าตัด 20 x 30 ซม^2 ความยาว 1.2 ม ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แบบหล่อคาน ขนาดหน้าตัด 20 x 30 ซม^2 ความยาว 1.2 ม

2) เครื่องผสมคอนกรีต (Concrete mixing machine) ดังแสดงในรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 เครื่องผสมคอนกรีต (Concrete mixing machine)

3) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (Digital balance) ดังแสดงในรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (Digital balance)

4) เครื่องทดสอบแรงอัด(Compression testing machine) ขนาด 300 ตัน ดังแสดงในรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบแรงอัด (Compression testing machine) ขนาด 300 ตัน

5) เครื่องทดสอบ UTM (Universal testing machine) ขนาด 150 ตัน ดังแสดงในรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 เครื่องทดสอบ UTM (Universal testing machine) ขนาด 150 ตัน

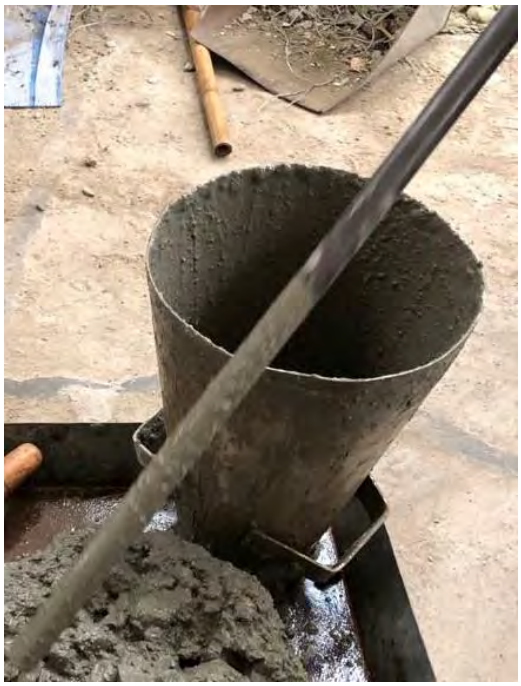
6) อุปกรณ์วัดระยะยืด-หด (Electrical strain gauge) ดังแสดงในรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 อุปกรณ์วัดระยะยืด-หด (Electrical strain gauge)

7) อุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัว (Displacement transducer) ดังแสดงในรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 อุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัว (Displacement transducer)

8) อุปกรณ์ทดสอบหาค่าการยุบตัว (Slump test) ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 อุปกรณ์ทดสอบหาค่าการยุบตัว (Slump test)

3.2 รายละเอียดส่วนผสมคอนกรีต

โครงงานนี้ใช้การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตตามมาตรฐาน ACI มวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบต้องอยู่ในสภาพ oven dry มีค่า slump test อยู่ที่ 10 ± 2.5 cm. และใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของคอนกรีต

กำลังอัด ($kg./cm.^2$)	ส่วนผสมคอนกรีต ($kg./m.^3$)					
	ปูนซีเมนต์ (kg.)	น้ำ (kg.)	มวลรวมละเอียด SSD (kg.)	มวลรวมหยาบ SSD (kg.)	w/c	slump test (cm.)
180	285.8	184.6	869.6	999.2	0.74	9
280	363.6	187.2	800.4	1002	0.58	11

3.3 การเตรียมตัวอย่างไม้ไผ่

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่

การเตรียมตัวอย่างไม้ไผ่เพื่อใช้ในการทกสอบกำลังดึงของไม้ไผ่ดังรูปที่ 3.13 มีขั้นตอนดังนี้

1.นำไม้ไผ่มาแบ่งไม้ไผ่ให้ได้ 2-3 ซีกแล้วเหลาไม้ไผ่ให้มีลักษณะคอคอดตรงกลาง ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3-0.4 ซม. และความยาวประมาณ 70 ซม.

2. ทำความสะอาดไม้ไผ่ และปล่อยแห้งสนิทไม่น้อยกว่า 3-4 วัน

3. บากไม้ไผ่บริเวณปลายเล็กน้อยแล้วพันด้วยยางรถและลวดเหล็กบริเวณปลายของไม้ไผ่เพื่อป้องกันการชะลูดตัวของไม้ไผ่ ออกจากตัวยึดขณะทำการทดสอบด้วยเครื่อง UTM (Universal Testing Machine)

รูปที่ 3.13 ตัวอย่างทดสอบการรับแรงดึงของไม้ไผ่

3.3.2 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบหาโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่

ใช้ตัวอย่างเดียวกับการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ อ่านค่าจากเครื่อง UTM (Universal Testing Machine) จะได้ค่าความยืดตัวของไม้ไผ่ทำให้ทราบค่าหน่วยการยืดตัว(Strain) และหน่วยแรงดึง (Tensile Stress) นำมาคำนวณหาค่า โมดูลัสยืดหยุ่น และเพื่อให้ค่าที่ได้ระเอียดจึงทำการติดอุปกรณ์วัดระยะยืด-หด (Electrical strain gauge) ไว้บริเวณกึ่งกลางไม้ไผ่ที่เหลาเป็นคอคอด ดังรูปที่ 3.14 มีขั้นตอนการติดตั้งดังนี้

1. ทำการขัดผิวบริเวณกึ่งกลางคอคอดไม้ไผ่ให้เรียบ

2. นำกาวสำหรับติดไม้ทาอุปกรณ์วัดระยะยืด-หด (Electrical strain gauge) และแปะลงไม้ไผ่กดไว้รอจนกาวแห้ง

รูปที่ 3.14 ติดตั้งอุปกรณ์วัดระยะยืด-หด (Electrical strain gauge)

3.3.3 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่และคอนกรีต

การเตรียมตัวอย่างไม้ไผ่เพื่อใช้ในการทกสอบกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่และคอนกรีต โดยใช้ตัวอย่างไม้ไผ่ทั้งลำ มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมไม้ไผ่ความยาวประมาน 60 ซม. ใช้ไม้ไผ๋ให้ขนาดความกว้างประมาณ 2.5-3.5 ซม. ความหนาประมาณ

2.ทำความสะอาดไม้ไผ่ และปล่อยแห้งสนิทไม่น้อยกว่า 3-4 วัน และทำการเคลือบผิวด้วยชันดังรูปที่ 3.15

3. หล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 ซม. แล้วฝังไม้ไผ่บริเวณกึ่งกลางแบบหล่อความลึกประมาณ 15 ซม. จะได้ดังรูปที่ 3.16

4. บากไม้ไผ่บริเวณปลายเล็กน้อยแล้วพันด้วยยางรถและลวดเหล็กบริเวณปลายของไม้ไผ่เพื่อป้องกันการชะลูดตัวของไม้ไผ่ ออกจากตัวยึดขณะทำการทดสอบด้วยเครื่อง UTM (Universal Testing Machine)

รูปที่ 3.15 การเคลือบผิวไม้ไผ่ด้วยชัน

รูปที่ 3.16 ตัวอย่างทดสอบทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อไม้ไผ่

ตัวอย่างที่ทำการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่และคอนกรีต 4 รูปแบบดังนี้

1. รูปแบบที่ปรับปรุงคุณภาพผิวด้วยซันและทำบั้ง ฝังไม้ลงในคอนกรีต 180 กก./ซม.^{2} จำนวน 8 ตัวอย่าง

2. รูปแบบที่ปรับปรุงคุณภาพผิวด้วยซันและทำบั้ง ฝังไม้ลงในคอนกรีต 280 กก./ซม.^{2} จำนวน 8 ตัวอย่าง

3. รูปแบบที่ปรับปรุงคุณภาพผิวด้วยซันและไม่ทำบั้ง ฝังไม้ลงในคอนกรีต 180 กก./ซม.^{2} จำนวน 8 ตัวอย่าง

4. รูปแบบที่ปรับปรุงคุณภาพผิวด้วยซันและไม่ทำบั้ง ฝังไม้ลงในคอนกรีต 280 กก./ซม.^{2} จำนวน 8 ตัวอย่าง

3.3.4 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

การเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตดังรูปที่ 3.17 มีขั้นตอนดังนี้

1. ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตโดยใช้วิธี ACI (American Concrete Institute) สำหรับงาน คาน คอนกรีตเสริมเหล็ก ใช้ค่ายุบตัว 10 ± 2.5 ซม. ที่มีกำลังอัด 180 กก./ซม.^{2} และ 280 กก./ซม.^{2}

2. ผสมคอนกรีตในโม่ผสม โดยค่อยใส่ทรายและหินไปก่อนตามด้วยน้ำบางส่วนลงในโม่ผสมแล้ว จากนั้นจึงเติมปูนซีเมนต์และน้ำที่เหลืออยู่ จนหมดคอยสังเกตดูให้คอนกรีตเนื้อเดียวกันแล้วจึงเทคอนกรีตสดในกระบะ

3.เทคอนกรีตสดลงในแบบหล่อทรงกระบอกขนาด Ø15x30 ซม.โดยแบ่งเทเป็น 3 ชั้น กระทุ้งชั้นละ 25 ครั้ง หลังจากเทเสร็จให้ทำการปาดผิวหน้าให้เรียบ

4. ถอดแบบหลังจาก 24 ชม. แล้วบ่มคอนกรีตเพื่อรอการทดสอบที่ 28 วัน

รูปที่ 3.17 ตัวอย่างทดสอบกำลังอัด

3.3.5 การเตรียมตัวอย่างทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่เคลือบผิวด้วยชัน

การเตรียมตัวอย่างทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่เคลือบผิวด้วยชัน เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่ดี มีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกแบบหล่อคานขนาด 15x30 ซม. ยาว 1.5 ม.

2. เลือกไม้ไผ่ที่มีขนาดใกล้เคียงกันโดยไม่ต้องผ่าซีกใช้ทั้งลำ นำมาทำบั้งและเคลือบผิวด้วยชัน

3. ทำการผูกเหล็กปลอกดังรูปที่ 3.18 กับลำไม้ไผ่และจัดเรียงลงแบบหล่อ

รูปที่ 3.18 ตัวอย่างไม้ที่ใช้เสริมในคานคอนกรีตซึ่งเคลือบผิวด้วยชัน

4. เทคอนกรีตสดที่ออกแบบไว้ให้มีกำลังอัด 180 กก./ซม.^{2} และ 280 กก./ซม.^{2} ในแบบหล่อคาน แล้วทำการกระทุ้งให้แน่นดังรูปที่ 3.19

5. ทิ้งคานตัวอย่างไว้ 24 ชม. จึงทำการถอดแบบ และบ่มตัวอย่างรอการทดสอบที่ 28 วัน ทาสีเพื่อให้มองเห็น first crack ได้ชัดเจนจะได้ตัวอย่างดังรูปที่ 3.20

รูปที่ 3.19 การเทคอนกรีตใส่แบบหล่อ

รูปที่ 3.20 ตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน

3.4 การทดสอบกำลังดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่

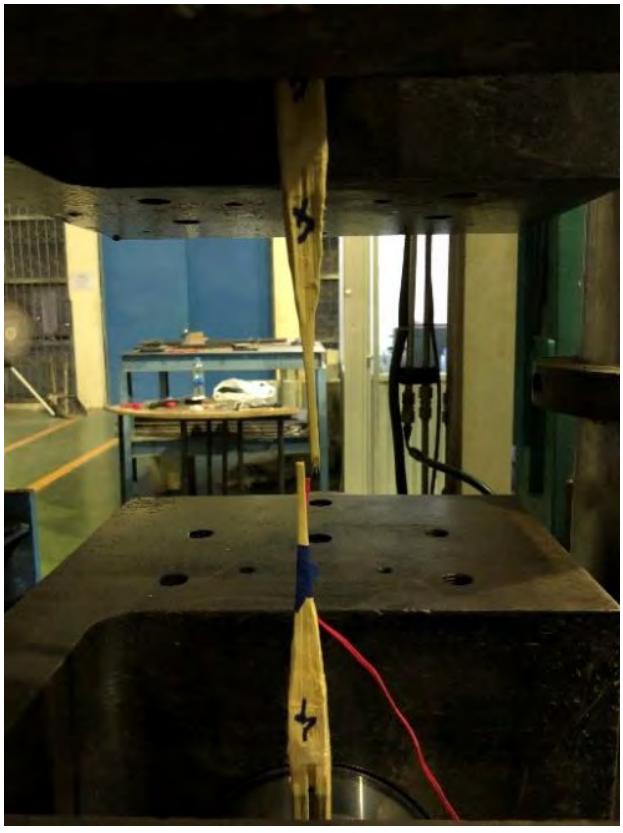
การทดสอบกำลังดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่นั้น ต้องใช้ความละเอียดรอบครอบในการทดสอบ มีขั้นตอนดังนี้

1. นำไม้ไผ่ที่เตรียมไว้มาติดตั้งที่เครื่องทดสอบ UTM (Universal Testing Machine)

2. ติดตั้งเกจวัดระยะการเคลื่อนตัว

3. ทำการทดสอบด้วยอัตราการดึงที่ 30 มม./นาที จนกระทั่งตัวอย่างเกิดการวิบัติดังรูปที่ 3.21

4. บันทึกผลการทดสอบ



รูปที่ 3.21 การทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่

การทดสอบหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ สามารถทดสอบพร้อมกับการทดสอบการรับ แรงดึงของไม้ไผ่ โดยนำค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นมาเขียนกราฟความสัมพันธ์เพื่อหา โมดูลัสยืดหยุ่น

3.5 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่

การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่ เกิดปัญหาเรื่องการรูดเนื่องจากไม้ไผ่ทั้งลำมีรูและต้องแก้ปัญหาโดยการใช้เหล็ดเส้นใส่ตอกใส่รูไม้ไผ่และในการทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. วัดขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ไผ่ที่ใช้ ก่อนทำการทดสอบ

2. ติดตั้งตัวอย่างที่เตรียมไว้ในเครื่อง UTM เพื่อทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ พร้อมทั้งติดตั้งเกจวัดระยะ

3. ทำการทดสอบ โดยควบคุมอัตราการดึงที่ 5 มม./นาที

4. บันทึกแรงดึงและระยะเคลื่อนตัวของไม้ไผ่ทุก 0.02 มม.

5. ทำการทดสอบจนกว่าไม้ไผ่จะหลุดออกจากก่อนคอนกรีต ดังรูปที่ 3.22 และบันทึกผลการทดสอบ

รูปที่ 3.22 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อไม้ไผ่

3.6 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

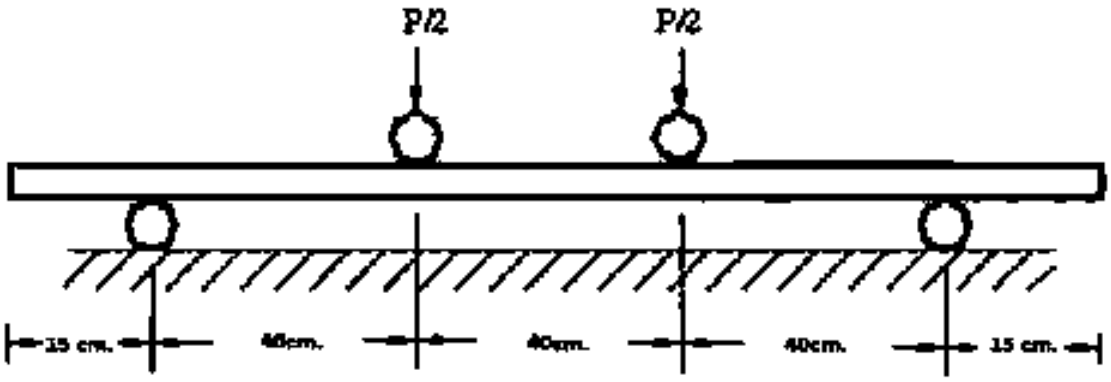
การทดสอบกำลังดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่นั้น ต้องใช้ความละเอียดรอบครอบในการทดสอบ มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำ ความสะอาดผิวหน้าของคอนกรีตรับแรงกดให้เรียบ
2. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนตัวอย่าทดสอบ
3. ติดตั้งก้อนตัวอย่างทดสอบที่เครื่องทดสอบแรงอัด (Compression Testing Machine) โดยให้ก้อนตัวอย่างทดสอบอยู่ในแนวศูนย์กลางแรงกด
4. ทดสอบตัวอย่างโดยที่เครื่องทดสอบเพิ่มน้ำหนักกดในอัตราคงที่ประมาณ 150 กก./ซมต่อนาที
5. ทดสอบจนกระทั่งก้อนตัวอย่างเกิดการวิบัติ ดังรูปที่ 3.23
6. บันทึกค่าโหลดสูงสุดที่ก้อนตัวอย่างสามารถรับได้

รูปที่ 3.23 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

3.7 การทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ทำการทดสอบกำลังรับแรงดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่เคลือบผิวด้วยชัน เมื่อ อายุครบ 28 วัน ตามมาตรฐาน ASTM แบบ four-point bending test ดังรูปที่ 3.24 มีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.24 การจัดวางตำแหน่งแรงกระทำกับคานตัวอย่างแบบ four-point bending test

1. วัดขนาดความกว้าง ความยาว ความลึก และชั่งน้ำหนักคานก่อนการทดสอบ

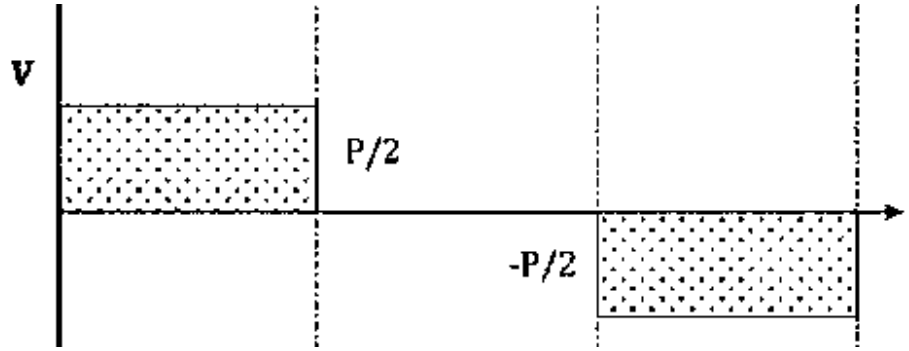
2. นำตัวอย่างคานทดสอบวางบนตำแหน่งเครื่องทดสอบ UTM และให้อยู่ในแนวตำแหน่งกึ่งกลางของฐานรองรับ โดยที่ช่วงความยาวต้องไม่น้อยกว่าสามเท่าของความลึกคาน

3. ติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัว (Displacement Transducer) ของคาน และอุปกรณ์วัดการยืดหดตัว (strain gauge) ของไม้ไผ่

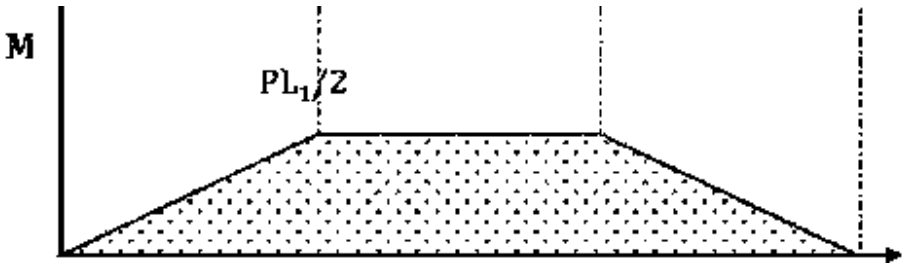
4. จัดวางจุดแรงกระทำกับคานตัวอย่างแบบ four-point bending test

5. ค่อยๆเพิ่มแรงกดช้าๆบันทึกความยาวรอยแตกให้สัมพันธ์กับน้ำหนักที่กด จนกระทั่งคาน วิบัติ

6. บันทึกผลการทดสอบ



รูปที่ 3.25 การรับแรงเฉือน



รูปที่ 3.26 การรับโมเมนต์

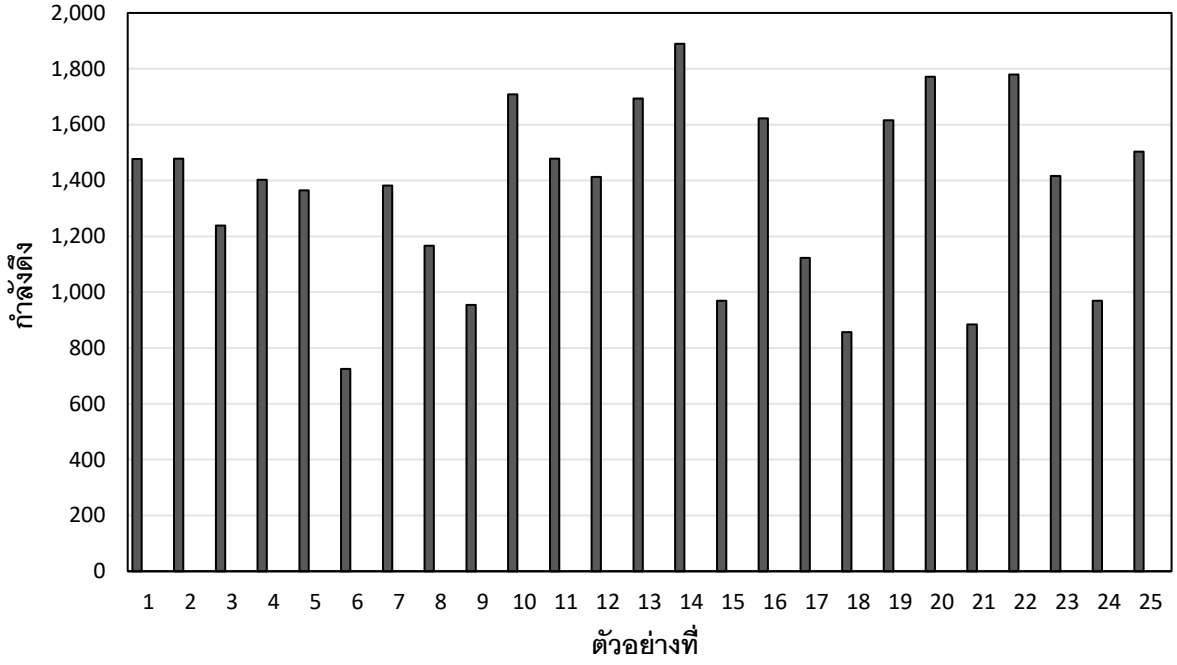
รูปที่ 3.27 การทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่เคลือบผิวด้วยชัน

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 กำลังดึงของไม้ไผ่

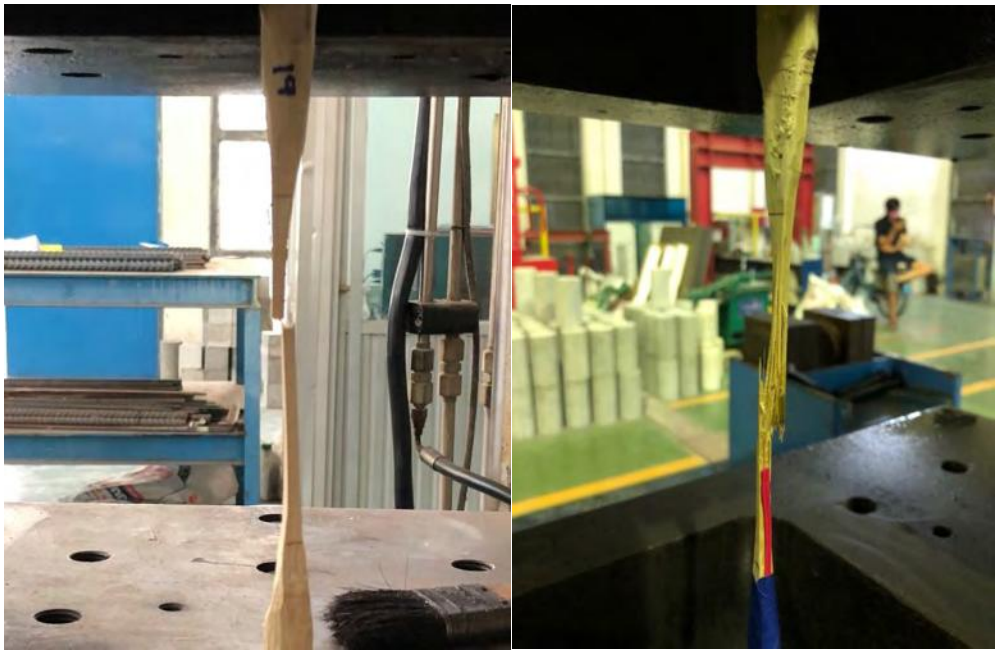
ผลการทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่รวก จำนวน 25 ตัวอย่าง ความยาวตัวอย่างขนาด 70 ซม. โดยด้วยเครื่องทดสอบUTM (Universal Testing Machine)ดึงด้วยอัตราเร็ว 5 มม./นาที จากการทดสอบทำให้ทราบกำลังการรับแรงดึงของไม้ไผ่รวก ซึ่งมีผลการทดสอบดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กำลังดึงของไม้ไผ่รวก

จากการทดสอบพบว่า เมื่อเพิ่มแรงดึงขึ้นเรื่อย ๆ ไม้ไผ่จะเกิดการยืดตัวเล็กน้อยก่อนที่จะขาดออกจากกัน ซึ่ง การขาดของไม้ไผ่ที่ดีจะต้องมีรอยขาดที่เรียบสนิท จะทำให้ไม้ไผ่สามารถรับกำลังดึงได้ดี การขาดของไม้ไผ่ที่ไม่ดีจะขาดแบบ มีเสี้ยนของไม้ไผ่หลุดออกมาเส้น จะทำให้ค่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ลดน้อยลง ดังรูปที่ 4.2

- กำลังดึงสูงสุดของไม้ไผ่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,355 (kg/cm^2)



รูปที่ 4.2 ก)แนวขาดตั้งฉากกับแรงดึง(ซ้าย), ข)แนวขาดทำมุมเฉียงกับแรงดึง(ขวา)

อย่างไรก็ตามกำลังของไม้ไผ่ที่แตกต่างกันอาจขึ้นอยู่กับไม้ไผ่ซึ่ง กำลังรับแรงของไม้ไผ่ที่โคนต้นและที่ปลายต้นมีความสามารถในการรับแรงที่แต่ต่างกันจึงได้ทำการวิเคราะห์หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานของกำลังดึงไม้ไผ่เท่ากับ 324

4.2 โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่รวก

จากการทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่ ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้ไผ่หาจากความสัมพันธ์ของกราฟ Stress กับ Strain จำนวน 6 ตัวอย่าง

ตารางที่ 4.1 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่รวก

ตัวอย่างที่	กำลังดึง (kg/cm^2)	โมดูลัสยืดหยุ่น (kg/cm^2)
1	1,476	63,187
2	1,477	67,173
4	1,402	46,113
11	1,478	59,890
12	1,412	71,743
14	1,890	68,398
Mean	1,523	62,751

เมื่อนำข้อมูลจากราฟมาหาความชัน ระหว่างความเค้น (Stress) และความเครียด (Strain) ของไม้ไผ่รวก ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่มีค่าต่างกันไม่มาก ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.1

- ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่รวก เท่ากับ 62,751 kg/cm^2

การที่ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ที่แตกต่างกันมากอาจเกิดจากไม้ไผ่เป็นวัสดุธรรมชาติจึงทำให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่จึงมีค่าที่ไม่เสถียร และได้ทำการวิเคราะห์หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงดึงไม้ไผ่เท่ากับ 9,137

4.3 กำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่และคอนกรีต

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

กำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่และคอนกรีต (กก./ซม.^{2})		
	กำลังอัด180 (กก./ซม.^{2})	กำลังอัด 280 (กก./ซม.^{2})
ไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชันแบบไม่บั้ง	7.82	8.6
ไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชันแบบบั้ง	8.03	8.81

จากการทดสอบเพื่อหากำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อไม้ไผ่ ด้วย Pull-Out-Test พบว่าไม้ไผ่ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพผิวและเคลือบผิวด้วยชันโดยมีการบั้งลายบนไม้ไผ่เป็นแนวขวาง ได้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยมากที่สุดคือแบบบั้งที่กำลังอัด 280 กก./ซม.^{2} รองลงมาคือแบบไม่บั้งที่กำลังอัด 280 กก./ซม.^{2}, แบบบั้งที่กำลังอัด 180 กก./ซม.^{2}, แบบไม่บั้งที่กำลังอัด 180 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากกำลังยึดเหนี่ยวที่ได้พบว่าไม่แตกต่างกันมากระหว่างบั้งและไม่บั้งแต่กำลังคอนกรีตมีผลทำให้กำลังยึดเหนี่ยวเพิ่มมากขึ้น เพื่อเลือกรูปแบบไม้ไผ่ใส่คานคอนกรีต จึงทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบกำลังยึดเหนี่ยว พบว่าไม้ไผ่ที่บั้งมีกำลังมากกว่าไม้ไผ่ที่ไม่บั้ง 0.21กก./ซม.^{2}

<u>เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาของ วรนาฏ เข็มม่วง และศุลีพร เนื่องจำนงค์ (2546)</u>

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบกำลังดึง โมดูลัสยืดหยุ่นและกำลังยึดเหนี่ยวจากงานวิจัยที่ผ่านมา

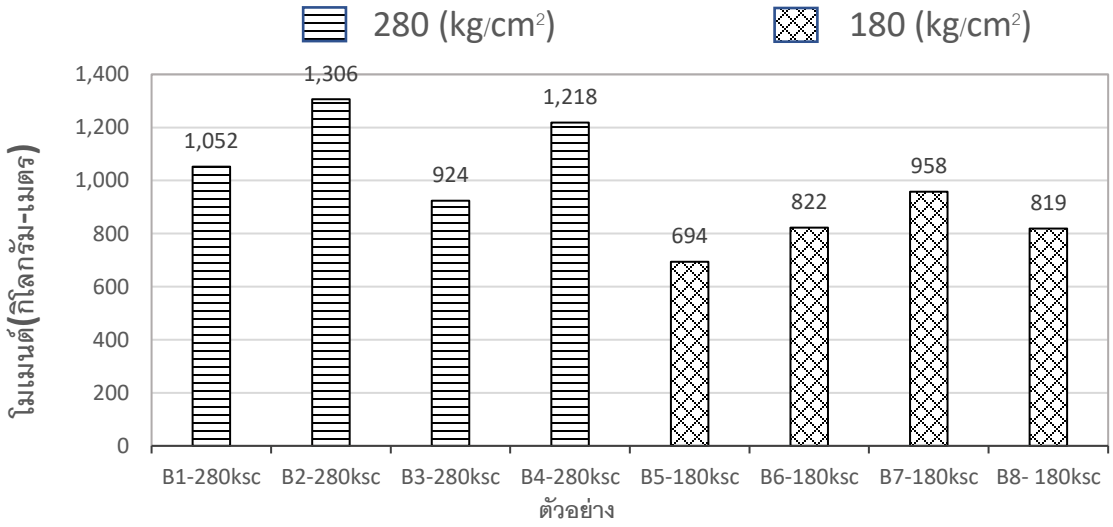
ผู้วิจัย	ชนิดไม้ไผ่	การปรับปรุงผิวไม้ไผ่	กำลังดึง (กก./ซม.^{2})	โมดูลัสยืดหยุ่น (กก./ซม.^{2})	กำลังยึดเหนี่ยว (กก./ซม.^{2})
วรนาฏ เข็มม่วง และศุลีพร เนื่องจำนงค์	ไม้ไผ่รวก	เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่	1,400	$1.44x10^5$	12.20-20.20
กิตติภณ ฟองแพร่ และฉัตรกาญจน์ บุญฉ่ำ	ไม้ไผ่รวก	เคลือบผิวด้วยชัน	1,355	$6.3 x10^4$	7.82-8.81

เนื่องจากการเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่มากขึ้นต่างจากการเคลือบผิวด้วยชันที่จะเคลือบแค่ผิวสัมผัสของไม้ไผ่เท่านั้น จึงทำให้กำลังยึดเหนี่ยวต่างกัน

4.4 กำลังดัดคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

4.4.1 โมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

จากการทดสอบพบว่ากำลังอัดคอนกรีตที่ออกแบบไว้ต่างกันมีผลกับการรับโมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ในปริมาณของไม้ไผ่ที่เท่ากัน โดยกำลังอัดคอนกรีตที่ออกแบบไว้ต่างกัน 100 กก./ซม^2 ส่งผลให้คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ สามารถรับการต้านทานโมเมนต์ดัดได้เพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบโมเมนต์ดัดสูงสุด ของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัดคอนกรีตต่างกัน

เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการรับโมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัดต่างกัน พบว่าคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัดคอนกรีต 280 กก./ซม^2 สามารถรับโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย 1,125.2 กิโลกรัม-เมตร คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ที่กำลังอัดคอนกรีต 180 กก./ซม^2 สามารถรับโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย 823 กิโลกรัม-เมตร

จากกราฟรูปที่ 4.3 เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความ สามารถ ในการรับโมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ที่กำลังคอนกรีตต่างกัน คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัดคอนกรีต 280 กก./ซม^2 สามารถรับโมนต์ดัดสูงสุดได้สูงกว่าคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ที่กำลังอัดคอนกรีต 180 กก./ซม^2 มีค่าเท่ากับ 26.8 %

4.4.2 การวิบัติของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

จากการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ขนาด 0.15×0.30×1.50m โดยวิธีการดัดแบบ 4 จุด (Four points bending test) ที่กำลังอัดคอนกรีตออกแบบไว้ต่างกัน

รูปที่ 4.4 การวิบัติของคาน B2

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ B2 พบว่ารอยแตกที่เกิดขึ้นมีลักษณะการแตกแบบตั้งฉากและรอยแตกเกิดในบริเวณที่โหลดP/2 กดลงมาซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดโมเมนต์ดัดสูงสุดตามทฤษฎี และเกิดรอยแตกจากแรงเฉือนเล็กน้อยบริเวณใกล้ๆกับรอยแตกจากโมเมนต์

รูปที่ 4.5 การวิบัติของคาน B3

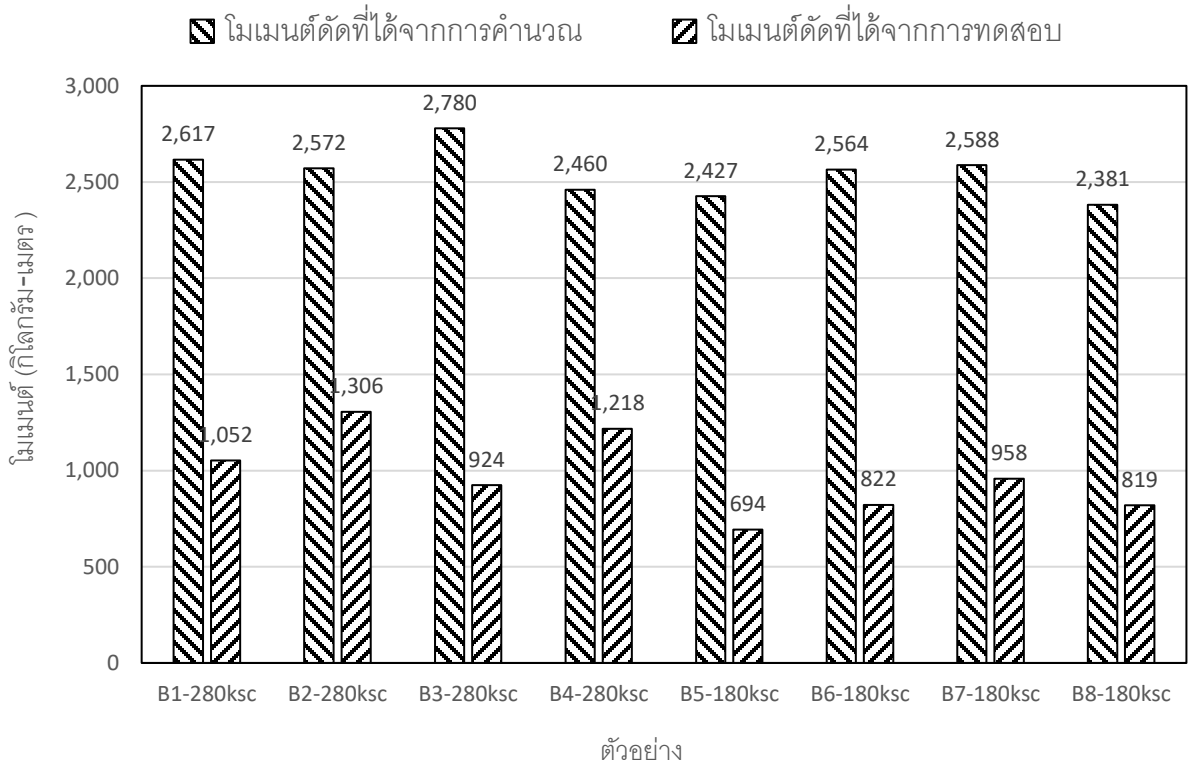
ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ B3 พบว่ารอยแตกที่เกิดขึ้นมีลักษณะการแตกแบบตั้งฉากและรอยแตกเกิดในบริเวณที่โหลดP/2 กดลงมาซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดโมเมนต์ดัดสูงสุดตามทฤษฎี และไม่พบรอยแตกจากแรงเฉือน

รูปที่ 4.6 การวิบัติของคาน B5

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ B5 พบว่ารอยแตกที่เกิดขึ้นมีลักษณะการแตกแบบตั้งฉากและรอยแตกเกิดในบริเวณที่โหลดP/2 กดลงมาซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดโมเมนต์ดัดสูงสุดตามทฤษฎี และเกิดรอยแตกจากแรงเฉือนเล็กน้อยบริเวณใกล้ๆกับรอยแตกจากโมเมนต์

รูปที่ 4.7 การวิบัติของคาน B6

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ B6 พบว่ารอยแตกที่เกิดขึ้นมีลักษณะการแตกแบบตั้งฉากและรอยแตกเกิดในบริเวณที่โหลดP/2 กดลงมาซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดโมเมนต์ดัดสูงสุดตามทฤษฎี และเกิดรอยแตกจากแรงเฉือนเล็กน้อยบริเวณใกล้ๆกับรอยแตกจากโมเมนต์



รูปที่ 4.8 โมเมนต์ดัดที่ได้จากการคำนวณกับโมเมนต์ดัดจากการทดสอบ

จากกราฟที่ 4.8 เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วพบว่าความแตกต่างของโมเมนต์จากการทดสอบกับโมเมนต์จากการคำนวณค่อนข้างมาก จึงทำการวิเคราะห์หาเหตุผลถึงสาเหตุที่ คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ถึงสามารถรับโมเมนต์ดัดได้น้อยกว่าทฤษฎีแล้ว พบว่าไม้ไผ่เกิดการรูดตัวกับคอนกรีต

รูปที่ 4.9 การสกัดผิวเนื้อคานเพื่อตรวจสอบการยึดเหนี่ยวไม้ไผ่กับคอนกรีต

รูปที่ 4.10 การรูดของไม้ไผ่กับคอนกรีตเนื่องจากกำลังยึดเหนี่ยวไม่เพียงพอ

เมื่อทำการทดสอบ พบว่าไม้ไผ่รูดออกจากคอนกรีตเพราะกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่จากการเคลือบผิวด้วยชันและทำการบั้งไม่เพียงพอ และประกอบกับการใช้ไม้ไผ่ทั้งลำจะมีรูช่องว่างภายในไม้ไผ่ที่ทำให้ไม้ไผ่สามารถหดตัวได้ ส่งผลให้ผิวไม้ไผ่ที่ติดกับคอนกรีตมีแรงยึดเหนี่ยวที่ลดน้อยลง และส่งผลให้โมเมนต์ที่เกิดขึ้นจริงมีค่าที่น้อยกว่าทฤษฎีที่ควรจะเป็น

ตารางที่ 4.4 โมเมนต์ดัดสูงสุดจากทฤษฎีการคำนวณกับผลการทดสอบ

ตัวอย่าง	กำลังอัดของคอนกรีต	พื้นที่หน้าตัดไม้ไผ่	โมเมนต์ดัดที่ได้จากการคำนวณ (Mn)	โมเมนต์ดัดจากการทดสอบ
	(กก./ซม.^{2})	(ซม.^{2})	(กก.-ม.)	(กก.-ม.)
B1	280	9.86	2,617	1,052
B2		9.68	2,572	1,306
B3		10.42	2,780	924
B4		9.23	2,460	1,218
ค่าเฉลี่ย		9.79	2,607	1,125
B5	180	9.50	2,427	694
B6		10.04	2,564	822
B7		10.14	2,588	958
B8		9.31	2,381	819
ค่าเฉลี่ย		9.75	2,490	823

*หมายเหตุไม่สามารถเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างได้ เนื่องจากคานวิบัติจาก Bond failure

จากการทดสอบคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัดคอนกรีต 280 ksc สามารถรับโมเมนต์ดัดระบุเฉลี่ย 1,125 กก.-ม. โดยมี พื้นที่หน้าตัดรับแรงดึงเฉลี่ย 9.79 ซม^2. และการทดสอบคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัดคอนกรีต 180 ksc สามารถรับโมเมนต์ดัดระบุเฉลี่ย 823 กก.-ม. โดยมี พื้นที่หน้าตัดรับแรงดึงเฉลี่ย 9.75 ซม^2. เมื่อเปรียบเทียบโมเมนต์ที่ได้จากการคำนวณกับโมเมนต์ดัดจากการทดสอบพบว่า มีค่าความแตกต่างค่อนข้างมากเนื่องจาก ไม้ไผ่ที่อยู่ในคานยังรับกำลังดึงไม่ถึงจุดสูงสุดตามทฤษฎี แต่คานวิบัติจากกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่กับคอนกรีตก่อน เมื่อทำการทดสอบโดยเพิ่มโหลดที่กระทำต่อคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ขึ้นเรื่อย ๆ จะสังเกตพบว่า คาน B1 ถึง B4 และ B5 ถึง B8 จะเกิด First Crack บริเวณช่วงกลางคาน เป็นบริเวณที่เกิด โมเมนตด์ดัดสูงสุด ตรงตามทฤษฎีและรอยแตกเป็นรอยแตกแบบตั้งฉากในแนวดิ่ง และรอยร้าวที่เกิดขึ้นในแนวดิ่ง จะขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งคานเกิดการวิบัติด้วย Bond failure

4.4.3 พฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ระหว่างผลการทดสอบกับทางทฤษฎี

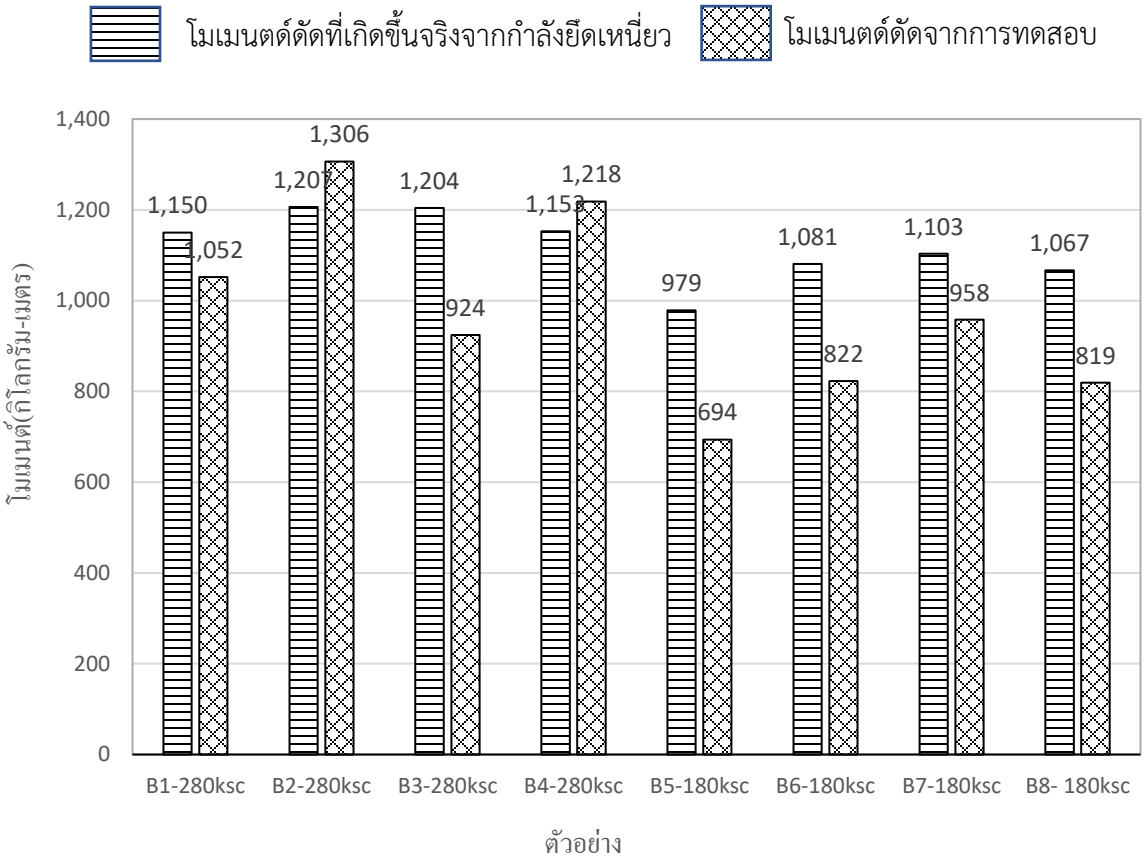
1.) ศึกษาการวิบัติเกิดจากการรูดของไม้ไผ่ออกจากคอนกรีต

ตารางที่ 4.5 แรงดึงตามทฤษฎีการคำนวณกับผลการทดสอบ

ตัวอย่าง	กำลังอัด	กำลังยึดเหนี่ยว	พื้นที่หน้าตัดไม้ไผ่	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ระยะไม้รูด	พื้นที่ผิวไม้ไผ่	แรงดึงจากการคำนวณการยึดเหนี่ยว	แรงดึงสูงสุดของไม้ไผ่
	(กก./ซม.^{2})	(กก./ซม.^{2})	(ซม.^{2})	(ซม.)	(ซม.)	(ซม.^{2})	(กก.)	(กก.)
B1	280	8.81	9.86	2.92	31.20	286.21	5,043	13,360
B2		8.81	9.68	2.90	33.00	300.65	5,297	13,112
B3		8.81	10.42	2.98	32.10	300.52	5,295	14,114
B4		8.81	9.23	2.85	32.00	286.51	5,048	12,501
เฉลี่ย		8.81	9.79	2.91	32.08	293.47	5,171	13,272
B5	180	8.03	9.50	2.88	29.80	269.62	4,330	12,867
B6		8.03	10.04	2.94	32.40	299.26	4,806	13,610
B7		8.03	10.14	2.95	33.00	305.83	4,912	13,736
B8		8.03	9.31	2.86	32.80	294.71	4,733	12,622
เฉลี่ย		8.03	9.75	2.91	32.00	292.36	4,695	13,209

จากการทดสอบคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ที่คอนกรีตกำลัง 280 กก./ซม.^{2} ได้กำลังดึงจริงคำนวณจาก bonding เฉลี่ย 5,171 กก. แรงดึงจากทฤษฎีเฉลี่ย 13,272 กก. และคอนกรีตกำลัง 180 กก./ซม.^{2} ได้แรงดึงจริงคำนวณจาก bonding เฉลี่ย 4,695 กก. แรงดึงจากทฤษฎีเฉลี่ย 13,209 กก. พบว่ากำลังดึงจริงคำนวณจาก bonding เฉลี่ยที่ได้ต่ำกว่ากำลังดึงจากทฤษฎีเฉลี่ยที่คำนวณ แสดงว่าเกิดจากการรูดของไม้ไผ่กับคอนกรีต เนื่องจากกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่กับคอนกรีตไม่เพียงพอ

2.) โมเมนตด์ดัดจากการทดสอบกับโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงจากกำลังยืดเหนี่ยว



รูปที่ 4.11 โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงจากกำลังยืดเหนี่ยวกับโมเมนต์ดัดจากการทดสอบ

จากการนำข้อมูลกำลังดึงของไม้ไผ่ที่คำนวณจากกำลังยืดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นจริง มาใช้ในการคำนวณตามสูตรจากทฤษฎีพบว่า คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัดคอนกรีต 280 กก./ซม.^{2} ได้ค่าโมเมนต์ดัดจากการทดสอบน้อยกว่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงจากกำลังยืดเหนี่ยว อยู่ที่ 4.69% และที่กำลังอัดคอนกรีต 180 กก./ซม.^{2} ได้ค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงที่น้อยกว่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงจากกำลังยืดเหนี่ยวอยู่ที่ 22.35%ซึ่งผลความแตกต่างระหว่างโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงจากกำลังยืดเหนี่ยวกับโมเมนต์ดัดจากการทดสอบของคานคอนกรีตทั้ง 2 กำลังอัดมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างลดลงเนื่องจากเป็นการคำนวณโดย ใช้กำลังดึงของไม้ไผ่ที่เกิดขึ้นจริง มาใช้ในการคำนวน ซึ่งเป็นค่าที่เกิดขึ้นจริงจากการทดสอบ

ตารางที่ 4.6 โมเมนตด์ดัดที่เกิดขึ้นจริงกับโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงจากกำลังยืดเหนี่ยว

ตัวอย่าง	กำลังอัดคอนกรีต	กำลังดึงจากการคำนวณการยืดเหนี่ยว	พื้นที่หน้าตัดไม้ไผ่	กำลังดึงที่ได้จากคำนวณ bonding	โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงจาก bonding	โมเมนต์ดัดจากการทดสอบ	ร้อยละความคลาดเคลื่อน
	(กก./ซม.^{2})	(กก.)	(ซม.^{2})	(กก./ซม.^{2})	(กก.-ม.)	(กก.-ม.)	(%)
B1	280	5,043	9.86	512	1,150	1,052	-8.51
B2		5,297	9.68	547	1,207	1,306	8.27
B3		5,295	10.42	508	1,204	924	-23.03
B4		5,048	9.23	547	1,153	1,218	5.18
เฉลี่ย		5,171	9.79	529	1,179	1,125	-4.69
B5	180	4,330	9.50	456	979	694	-29.12
B6		4,806	10.04	479	1,081	822	-23.89
B7		4,912	10.14	485	1,103	958	-13.17
B8		4,733	9.31	508	1,067	819	-23.22
เฉลี่ย		4,695	9.75	482	1,058	823	-22.35

ตารางที่ 4.7 กำลังดึงจริงของไม้ไผ่คำนวณจาก Momentกับ กำลังดึงจริงของไม้ไผ่ คำนวณจากกำลังยืดเหนี่ยว

ตัวอย่าง	กำลังอัดคอนกรีต	กำลังดึงจริงของไม้ไผ่คำนวณจากกำลังยืดเหนี่ยว	กำลังดึงจริงของไม้ไผ่คำนวณจาก Moment	ร้อยละความคลาดเคลื่อน
	(กก./ซม.^{2})	(กก./ซม.^{2})	(กก./ซม.^{2})	(%)
B1	280	512	436	-14.77
B2		547	551	0.59
B3		508	360	-29.10
B4		547	537	-1.87
เฉลี่ย		529	471	-10.90
B5	180	456	310	-32.04
B6		479	348	-27.34
B7		485	401	-17.20
B8		508	373	-26.62
เฉลี่ย		482	358	-26.33

3.) โมเมนต์แตกร้าว จากทฤษฎีการคำนวณกับผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.8 โมเมนต์แตกร้าว จากทฤษฎีการคำนวณกับผลการทดสอบ

ตัวอย่าง	กำลังอัดคอนกรีต	พื้นที่หน้าตัดไม้ไผ่	โมเมนต์		ร้อยละความคลาดเคลื่อน
			คำนวณตามทฤษฎี (Mcr)	การทดสอบ	
	(กก./ซม.^{2})	(ซม.)	(กก.-ม.)	(กก.-ม.)	(%)
B1	280	19.72	648	625	-3.54
B2		19.35	648	538	-17.03
B3		20.83	646	531	-17.73
B4		18.45	650	575	-11.50
เฉลี่ย		19.59	648	568	-12.45
B5	180	18.99	520	484	-7.01
B6		20.09	519	440	-15.21
B7		20.27	519	460	-11.23
B8		18.63	521	410	-21.38
เฉลี่ย		19.49	520	449	-13.71

จากการทดสอบคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชันทั้งสองรูปแบบ จะเกิด Moment crack ก่อนทฤษฎี โดยที่ คานคอนกรีตกำลังอัดประลัย 280 (กก./ซม.^{2}) ค่าเฉลี่ยของ Moment crackจากการทดสอบ 568 กก.-ม. ซึ่งผลการทดสอบต่ำกว่าทฤษฎีการคำนวณ 12.45 % และคานคอนกรีตกำลังอัดประลัย 180 (กก./ซม.^{2}) ค่าเฉลี่ยของ Moment crackจากการทดสอบ เท่ากับ 449 กก.-ม. ซึ่งผลการทดสอบต่ำกว่าทฤษฎีการคำนวณ 13.71 % สาเหตุอาจเกิดจากคานคอนกรีตที่ ทดสอบอาจเกิดความพรุนข้างใน เนื่องจากการเทคอนกรีตสดลงแบบหล่อ

4.5 แนวทางการนำไปใช้งาน

จากการทดสอบการนำไม้ไผ่ทั้งลำเสริมในคานคอนกรีตนี้พบว่า การเคลือบผิวไม้ไผ่ทั้งลำด้วยชันไม่สามารถเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่กับคอนกรีต ต้องปรับปรุงแก้ไขปัญหาการรูดของไม้ไผ่กับคอนกรีตก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งจากงานวิจัยของ เจ เนื่องจำนงค์ และยศกร เผือกประดิษฐ์ (2558) พบว่า การปรับปรุงผิวไม้ไผ่ที่ทำให้กำลังยึดเหนี่ยวเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับคอนกรีตมากที่สุด คือการใช้ อีพ็อกซี่ “บอสนี่ พัตตี้” โดยการทดสอบพบว่า คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่และทำการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของไม้ไผ่รับโมเมนต์ดัดได้มากกว่าที่ออกแบบไว้เฉลี่ย 3.62% และขณะทำการทดสอบไม้ไผ่ที่เสริมในคานคอนกรีตไม่เกิดการรูด ส่งผลให้คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่สามารถรับแรงได้เต็มประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยในการนำไปประยุกต์ใช้งาน และจากงานวิจัยของขนิษฐ์ มาคุ้ม (2549) พบว่าการปรับปรุงผิวไม้ไผ่ด้วยการเคลือบกาวอีพ็อกซี่ สามารถเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่กับคอนกรีตได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับแลคเกอร์และสีย้อมไม้

ดังนั้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน และคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ทั้งลำนี้จึงเหมาะสำหรับ การก่อสร้างที่เป็นโครงสร้างชั่วคราวขนาดเล็ก ซึ่งไม่เผชิญกับสภาพแสดล้อมที่รุนแรงมากนัก เช่น บ้านชั้นเดียว ถนนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และโครงสร้างบริเวณที่ติดกับทะเล เพื่อจะได้ไม่มีปัญหาการเกิดสนิมที่จะเกิดขึ้น แต่ควรทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริงและเกิดประโยชน์ต่อไป

บทที่ 5

สรุปผล

5.1 สรุปผล

1. ไม้ไผ่รวก ที่มีอายุประมาณ 2-4 ปี มีกำลังดึงเฉลี่ยของไม้ไผ่เท่ากับ 1,355 กก./ซม.^{2} และโมดูลัสยืดหยุ่นเฉยเท่ากับ 62,751 กก./ซม.^{2}

2. กำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่ที่ทำการเคลือบผิวด้วยชัน มีค่าอยู่ที่ 7.82-8.81 กก./ซม.^{2} และเมื่อเปรียบเทียบกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่ที่บั้งกับไม่บั้ง พบว่าส่งผลต่อกำลังยึดเหนี่ยวน้อยมาก ซึ่งแสดงว่าการทำลายบั้งไม้ไผ่ไม่ช่วยให้กำลังยึดเหนี่ยวเพิ่มสูงขึ้น จึงต้องหาวัสดุที่จะนำมาเคลือบผิวไม้ไผ่ใหม่แทน เช่น การเคลือบอีพ็อกซี่

3. การรับการดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยชัน มี ผลการทดสอบโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจริง ต่ำกว่าโมเมนต์ที่คำนวณจากทฤษฎีอยู่มาก ซึ่งเกิดจากการที่กำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่และคอนกรีตไม่เพียงพอส่งผลให้ไม้ไผ่ที่ใช้เสริมในคอนกรีตยังไม่ได้รับกำลังดึงที่สูงสุดตามทฤษฎีที่คำนวณทำให้คานไม่ได้วิบัติจากโมเมนต์ที่กระทำสูงสุด จึงจำเป็นต้องหาวิธีหรือแนวทางการเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวให้มากขึ้น จะทำให้ผลการทดสอบที่ได้ถูกต้องตามทฤษฎี

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากเกิดการรูดของไม้ไผ่ออกจากคอนกรีตจึงควรนำไปปรับปรุงกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่กับคอนกรีต โดยการเคลือบ epoxy เพื่อช่วยกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่และคอนกรีตหรือใช้ไม้ไผ่ลำเล็กๆ หรือแบบผ่าซีกเล็กๆ เสียบทะลุบริเวณปลายทั้ง 2 ด้าน เพื่อช่วยการยึดรั้งที่บริเวณปลายไม้ไผ่ ของลำไม้ไผ่กับคอนกรีต

2. ควรศึกษาผลกระทบของการเลือกใช้วัสดุในการปรับปรุงกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่กับคอนกรีต โดยการประมวลผลการศึกษาต่างๆ ที่ผ่านมาจากงานวิจัยของนิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

3. ควรศึกษาแนวทางในการควบคุมคุณภาพไม้ไผ่ที่นำมาใช้เสริมในคอนกรีต ควรนำมาจากแหล่งเดียวกัน และเลือกที่มีอายุใกล้เคียงกัน ประมาณ 2-4 ปี เพราะว่าถ้ามาจากต่างที่กัน ถึงแม้จะเป็นชนิดเดียวกัน ก็จะเกิดค่าคลาดเคลื่อนขณะทำการทดลองมากตามไปด้วย

บรรณานุกรม

รุ่งนภา พัฒนวิบูลย์, บุญฤทธิ์ ภูริยากร และวลัยพร สถิตวิบูรณ์. (2544). ไม้ไผ่ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์.

วิเชียร ชาลี. (2555). การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Khosrow G. (2004). Ultimate Load Behaviour of Bamboo-Reinforced Lightweight Concrete Beams. Civil Engineering Department. PUC-Rio. Rio de Janeiro. Brazil

Cox and Geymayer. (1969). Expedient Reinforcement for Concrete for Use in South East Asia. US Army Corps of Engineers

พรไพจิตร์ พงษ์สุภาพ, สุชนินท์ ตั้งมั่นสุจริต และ สุปัญญา บุญประสิทธิ์. 2545. การปรับปรุงผิวไม้ไผ่เพื่อเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์. กรุงเทพฯ

บุญธรรม เทศาราช และ พงศ์รัช โรจน์ตระกูล. 2548. การศึกษาผลกระทบของความชื้นในเนื้อไม้ไผ่ต่อแรงยึดเหนี่ยวและการทดสอบพฤติกรรมการดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ

ขนิษฐ์ มาคุ้ม. 2549. การศึกษาสมรรถนะในการรับโมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ที่มีการปรับปรุงแรงยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ

ธนพงษ์ ตริพงษา, ศุภวัฒน์ ตุงเย และกวิน จรูญทอง. 2549. การศึกษาผลกระทบของความชื้นในเนื้อไม้ไผ่ต่อแรงยึดเหนี่ยวและการทดสอบพฤติกรรมการดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ

วิชาญ ดนัยสวัสดิ์. 2550. อิทธิพลของปริมาณไม้ไผ่และกำลังอัดคอนกรีตที่มีต่อกำลังและพฤติกรรมการดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ

วรวิทย์ คำมีทองและภัคณัฐ ศรีปาน. 2551. ศึกษาพฤติกรรมคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี

กิตติยะ พลเทพ และพุทธิพงศ์ หมายสุข. 2556. คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยไฟเบอร์กลาสรับการดัด.ปริญญานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี

เจ เนื่องจำนงค์ และยศกร เผือกประดิษฐ์. 2558. พฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่เพื่อรับการดัด. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี

พัชรีวัลย์ อ่วมดีเจียม และ วิมลรัตน์ บุตรดี. 2559. คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยซันเพื่อรับการดัด. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี

วรนาฏ เข็มม่วง และศุลีพร เนื่องจำนงค์. 2546. คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่รับการดัด . ปริญญานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี

ภาคผนวก ก

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ ก-1 กำลังดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่รวก

ตัวอย่างที่	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงดึงสูงสุด (kg)	กำลังดึง (kg/cm^2)	โมดูลัสยืดหยุ่น (kg/cm^2)
1	0.104	153	1,477	63,188
2	0.101	149	1,478	67,173
3	0.115	142	1,238	-
4	0.172	241	1,402	46,113
5	0.124	169	1,365	-
6	0.141	102	725	-
7	0.148	205	1,382	-
8	0.133	155	1,166	-
9	0.107	102	954	-
10	0.123	210	1,708	-
11	0.131	194	1,478	59,891
12	0.163	230	1,413	71,744
13	0.152	257	1,693	-
14	0.156	302	1,890	68,399
15	0.122	118	969	-
16	0.115	187	1,623	-
17	0.104	116	1,122	-
18	0.108	93	857	-
19	0.099	160	1,615	-
20	0.105	187	1,771	-
21	0.084	74	885	-
22	0.070	125	1,779	-
23	0.062	88	1,416	-
24	0.072	70	969	-
25	0.096	144	1,503	-

ตารางที่ ก-2 การแอ่นตัวที่จุดกึ่งกลางคาน ที่โมเมนต์ดัดสูงสุดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ตัวอย่าง	โมเมนต์ดัดสูงสุด (kg-m)	ค่าการแอ่นตัวที่จุดกึ่งกลางคาน (mm)
B1	1,052	5.91
B2	1,306	4.30
B3	924	6.28
B4	1,218	6.74
B5	694	3.38
B6	822	4.89
B7	958	3.88
B8	819	4.26

ตารางที่ ก-3 กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต ที่กำลังอัด 180 kg/cm^2 และไม้ไผ่บั้งเคลือบผิวด้วยชัน

คอนกรีตกำลังอัด 180 kg/cm^2	กำลังไม้ไผ่บั้ง (kg)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงยึดเหนี่ยว (kg/cm^2)
1	1280	2.87	135.3	9.46
2	900	2.70	127.2	7.07
3	999	2.80	131.8	7.58
4	974	2.63	123.9	7.86
5	1153	2.70	127.4	9.05
6	921	2.68	126.4	7.29
7	1122	2.74	129.1	8.69
8	857	2.52	118.8	7.22
เฉลี่ย	1026	2.71	127.5	8.03

ตารางที่ ก-4 กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต ที่กำลังอัด 280 kg/cm^2 และไม้ไผ่บั้งเคลือบผิวด้วยชัน

คอนกรีตกำลังอัด 280 kg/cm^2	กำลังไม้ไผ่บั้ง (kg)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงยึดเหนี่ยว (kg/cm^2)
1	1417	3.02	142.5	9.94
2	997	2.66	125.4	7.95
3	1359	2.91	137.0	9.92
4	1157	2.80	131.8	8.78
5	772	2.63	123.9	6.23
6	939	2.82	132.9	7.07
7	1392	2.93	138.2	10.07
8	1326	2.69	126.6	10.48
เฉลี่ย	1170	2.81	132.3	8.81

ตารางที่ ก-5 กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต ที่กำลังอัด 180 kg/cm^2 และไม้ไผ่ไม่บั้งเคลือบผิวด้วยชัน

คอนกรีตกำลังอัด 180 kg/cm^2	กำลังไม้ไผ่ไม่บั้ง (kg)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงยึดเหนี่ยว (kg/cm^2)
1	706	2.34	110.4	6.39
2	1169	2.25	106.2	11.01
3	974	2.55	120.3	8.10
4	597	2.39	112.7	5.29
5	653	2.53	119.0	5.49
6	1068	2.56	120.7	8.84
7	1068	2.76	130.2	8.20
8	1089	2.52	118.6	9.18
เฉลี่ย	779	2.49	117.3	7.81

ตารางที่ ก-6 กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต ที่กำลังอัด 280 kg/cm^2 และไม้ไผ่ไม่บั้งเคลือบผิวด้วยชัน

คอนกรีตกำลังอัด 280 kg/cm^2	กำลังไม้ไผ่ไม่บั้ง (kg)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงยึดเหนี่ยว (kg/cm^2)
1	1228	2.80	131.9	9.31
2	1154	2.40	113.3	10.19
3	807	2.31	109.0	7.41
4	966	2.37	111.5	8.66
5	1023	2.47	116.3	8.80
6	756	2.32	109.2	6.92
7	1179	2.82	132.7	8.89
8	1183	2.92	137.6	8.60
เฉลี่ย	822	2.55	120.2	8.60

ตารางที่ ก-7 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B2 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 280 kg/cm^2

น้ำหนักบรรทุก (kN)	ระยะโก่งตัวด้านล่าง (mm)	ระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ (μm)
0	0	0
1.1	0.02	5
1.7	0.04	16
2.3	0.08	21
3.5	0.15	24
4.6	0.21	39
7.8	0.28	53
9.3	0.35	81
11.6	0.44	104
12.9	0.49	142
14.1	0.53	158
15.3	0.58	193
18.1	0.69	294
19.9	0.78	415
23.2	0.94	637
26.4	1.12	855
28.9	1.36	1003
31.5	1.51	1168
33.7	1.73	1317
31.4	1.92	1342
33.2	2.09	1552
35.9	2.25	1680
40.5	2.42	1686

ตารางที่ ก-7 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B2 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 280 kg/cm^2 (ต่อ)

น้ำหนักบรรทุก (kN)	ระยะโก่งตัวด้านล่าง (mm)	ระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ (μm)
43.0	2.59	1686
46.7	2.78	2055
55.8	2.99	2187
58.3	3.16	2299
60.3	3.40	2382
62.1	3.60	2442
63.1	3.85	2478
64.1	4.30	2517

ตารางที่ ก-8 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B3 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 280 kg/cm^2

น้ำหนักบรรทุก (kN)	ระยะโก่งตัวด้านล่าง (mm)	ระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ (μm)
0	0	0
1.5	0.08	10
2.8	0.14	18
4.8	0.23	24
7.0	0.32	33
9.3	0.42	44
11.8	0.52	62
14.4	0.62	84
17.3	0.73	111
20.4	0.85	130
23.9	1.02	163
26.1	1.54	441
22.6	1.80	1498
24.4	2.02	1662
26.9	2.27	1786
28.2	2.47	1914
29.5	2.85	1976
30.9	3.00	2043
32.7	3.20	2153
34.9	3.44	2273
36.5	3.70	2383
38.2	3.97	2458
38.7	4.24	2500

ตารางที่ ก-8 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B3 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 280 kg/cm^2 (ต่อ)

น้ำหนักบรรทุก (kN)	ระยะโก่งตัวด้านล่าง (mm)	ระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ (μm)
39.2	4.52	2515
40.8	4.72	2594
42.3	4.99	2663
43.3	5.24	2721
42.8	5.50	2706
43.3	5.77	2738
44.2	5.99	2763
45.3	6.28	2815

ตารางที่ ก-9 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B4 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 280 kg/cm^2

น้ำหนักบรรทุก (kN)	ระยะโก่งตัวด้านล่าง (mm)	ระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ (μm)
0	0	0
1.5	0.10	4
2.5	0.12	10
3.8	0.24	18
5.2	0.33	24
7.1	0.44	33
9.6	0.56	44
11.8	0.68	60
14.6	0.80	85
17.4	0.91	118
20.2	1.05	132
22.9	1.22	167
24.9	1.45	446
26.2	1.63	552
28.2	1.82	668
30.9	2.02	777
33.2	2.23	1497
34.9	2.41	1662
36.7	2.60	1758
38.2	2.75	1851
37.4	2.80	1856
39.5	2.94	1952
42.5	3.14	2075

ตารางที่ ก-9 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B4 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 280 kg/cm^2 (ต่อ)

น้ำหนักบรรทุก (kN)	ระยะโก่งตัวด้านล่าง (mm)	ระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ (μm)
45.2	3.42	2169
47.0	3.68	2263
46.5	3.85	2251
48.8	4.06	2336
50.5	4.27	2408
52.1	4.49	2477
53.8	4.78	2540
55.1	5.06	2604
55.3	5.32	2629
55.6	5.71	2670
56.6	5.97	2722
55.6	6.14	2691
57.9	6.40	2779
59.8	6.74	2842
58.8	7.17	2858

ตารางที่ ก-10 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B5 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 180 kg/cm^2

น้ำหนักบรรทุก (kN)	ระยะโก่งตัวด้านล่าง (mm)	ระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ (μm)
0	0	0
0.5	0.05	3
2.2	0.14	9
3.2	0.18	16
4.3	0.24	26
5.8	0.32	36
7.6	0.42	51
10.1	0.54	70
12.8	0.67	117
15.6	0.80	158
18.6	0.92	200
21.6	1.17	364
22.2	1.39	1075
23.7	1.63	1475
25.7	1.90	1690
27.9	2.12	1903
29.5	2.37	2116
31.7	2.60	2313
32.7	2.88	2432
34.0	3.38	2549
26.2	3.67	2153
26.9	3.90	2175

ตารางที่ ก-11 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B6 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 180 kg/cm^2

น้ำหนักบรรทุก (kN)	ระยะโก่งตัวด้านล่าง (mm)	ระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ (μm)
0	0	0
0.5	0.02	11
0.8	0.04	15
1.3	0.06	17
2.0	0.09	22
2.8	0.14	24
4.0	0.19	29
5.3	0.25	35
6.8	0.32	42
8.6	0.40	51
10.9	0.49	63
13.6	0.62	97
16.6	0.76	291
19.1	0.92	675
21.6	1.00	1097
24.6	1.32	1371
26.7	1.50	1550
28.2	1.78	1691
28.9	2.00	1863
30.7	2.23	2026
32.4	2.49	2202
34.4	2.74	2359
36.0	3.00	2505

ตารางที่ ก-11 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B6 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 180 kg/cm^2 (ต่อ)

น้ำหนักบรรทุก (kN)	ระยะโก่งตัวด้านล่าง (mm)	ระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ (μm)
37.4	3.20	2622
39.0	3.47	2742
39.7	3.78	2788
39.7	4.08	2797
39.2	4.32	2800
39.5	4.63	2809
40.3	4.88	2834

ตารางที่ ก-12 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B7 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 180 kg/cm^2

น้ำหนักบรรทุก (kN)	ระยะโก่งตัวด้านล่าง (mm)	ระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ (μm)
0	0	0
0.5	0.04	2
1.1	0.06	4
2.0	0.10	6
3.2	0.18	9
4.5	0.28	15
6.1	0.38	25
7.9	0.47	35
10.1	0.58	58
12.6	0.68	94
15.3	0.80	156
18.1	1.01	300
19.9	1.20	796
22.6	1.38	1029
25.1	1.56	1225
27.6	1.72	1380
30.0	1.89	1502
32.7	2.08	1625
34.2	2.27	1811
36.4	2.48	1958
38.7	2.70	2098
40.5	2.90	2211
41.8	3.10	2325

ตารางที่ ก-12 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B7 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 180 kg/cm^2 (ต่อ)

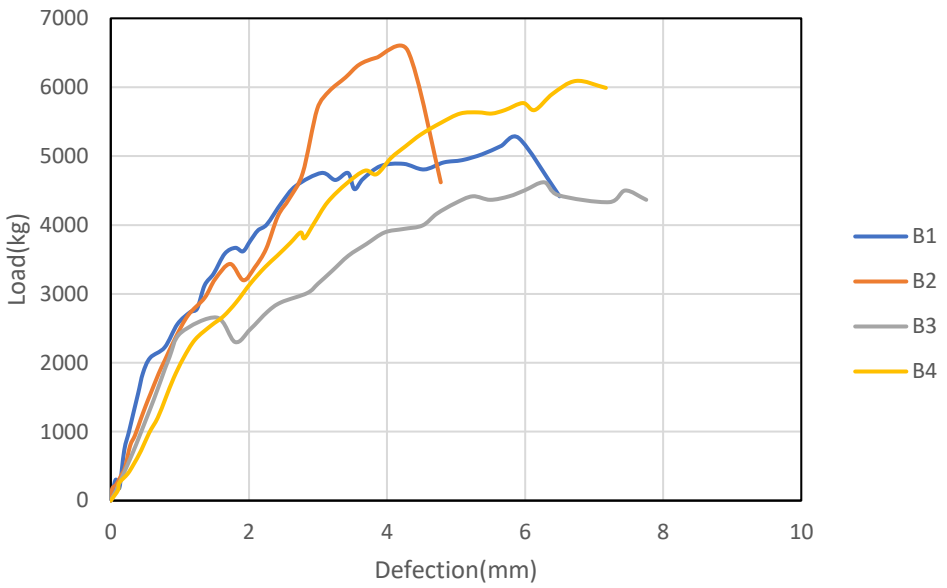
น้ำหนักบรรทุก (kN)	ระยะโก่งตัวด้านล่าง (mm)	ระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ (μm)
44.0	3.35	2455
45.8	3.62	2549
46.9	3.88	2641
46.8	4.20	2668
42.4	4.56	2515
41.4	4.86	2455

ตารางที่ ก-13 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B8 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 180 kg/cm^2

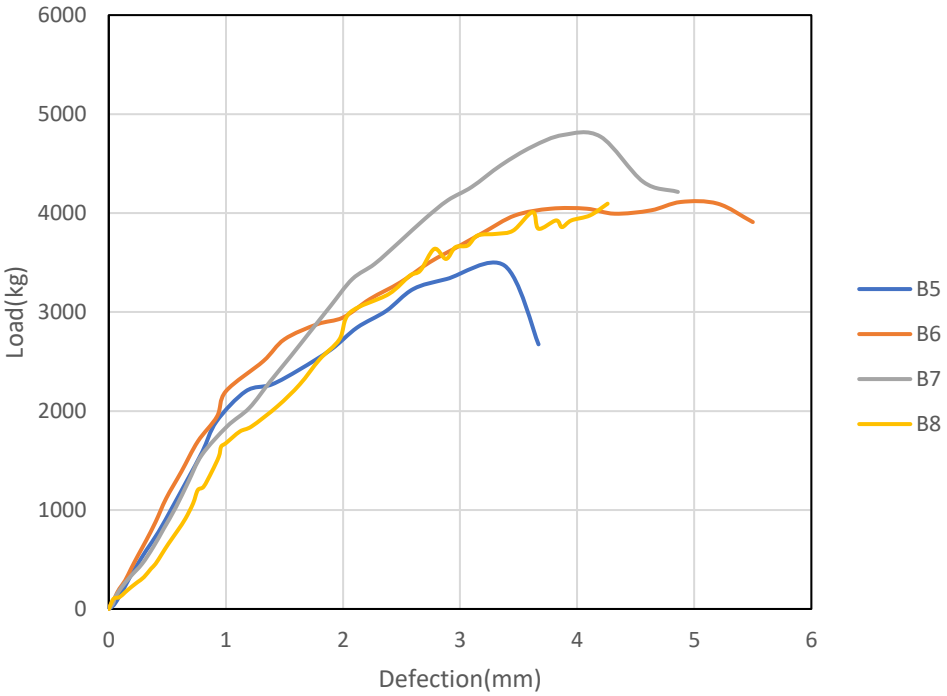
น้ำหนักบรรทุก (kN)	ระยะโก่งตัวด้านล่าง (mm)	ระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ (μm)
0	0	0
1.0	0.04	0
1.2	0.09	3
1.7	0.14	7
2.2	0.19	8
2.7	0.24	12
3.2	0.30	16
4.0	0.36	19
4.5	0.40	23
5.5	0.46	26
6.5	0.51	32
7.8	0.59	57
9.0	0.66	68
10.5	0.72	80
11.8	0.76	104
12.1	0.81	112
13.6	0.88	130
15.1	0.94	150
16.1	0.96	170
16.4	1.00	192
17.6	1.12	239
18.1	1.22	751
20.1	1.44	1001

ตารางที่ ก-13 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับระยะการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชัน B8 กำลังอัดประลัยคอนกรีต 180 kg/cm^2 (ต่อ)

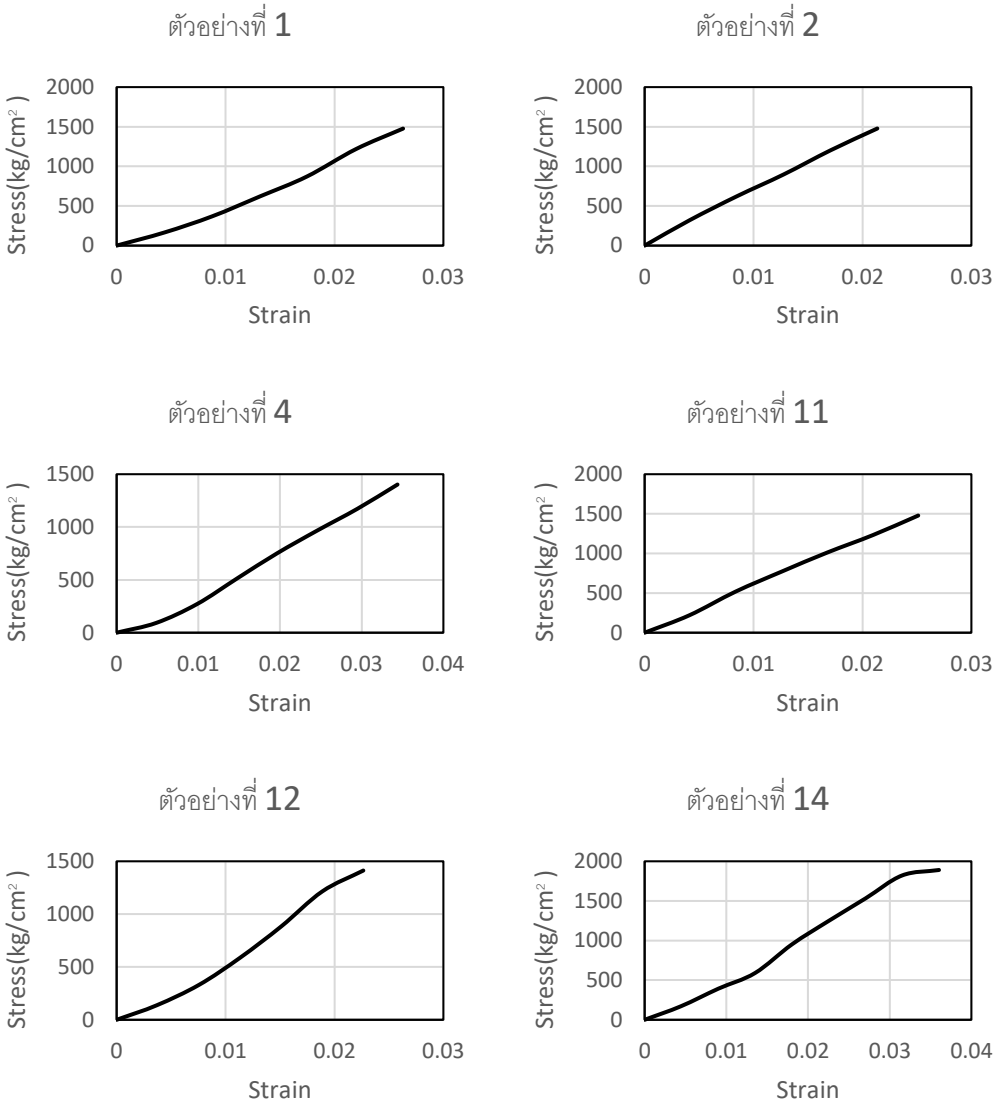
น้ำหนักบรรทุก (kN)	ระยะโก่งตัวด้านล่าง (mm)	ระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ (μm)
22.2	1.63	1192
24.7	1.80	1371
26.7	1.97	1515.
29.4	2.06	1674
31.2	2.39	1807
33.0	2.57	1925
33.5	2.66	1961
35.7	2.78	2067
34.7	2.88	2058
35.8	2.96	2115
36.0	3.06	2141
37.0	3.15	2173
37.2	3.32	2197
37.5	3.46	2209
39.3	3.62	2285
37.7	3.67	2246
38.5	3.82	2297
37.8	3.87	2277
38.5	3.95	2310
39.0	4.11	2346
40.2	4.26	2396



รูปที่ ก-1 แรงกระทำและการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัด 280 (kg/cm^2)



รูปที่ ก-2 แรงกระทำและการโก่งตัวของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัด 180 (kg/cm^2)



รูปที่ ก-3 ความสัมพันธ์ ความเค้นและความเครียดของไม้ไผ่

ภาคผนวก ข

รูปการทดลอง

รูปที่ ข-1 รูปการอบไม้ไผ่ให้แห้งสนิท

รูปที่ ข-2 รูปผูกไม้ในการหล่อตัวอย่างทดสอบแรงยึดเหนี่ยวเพื่อให้ไม้ไผ่ตั้งตรง

รูปที่ ข-3 รูปการทดสอบการรับกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ทั้งลำ

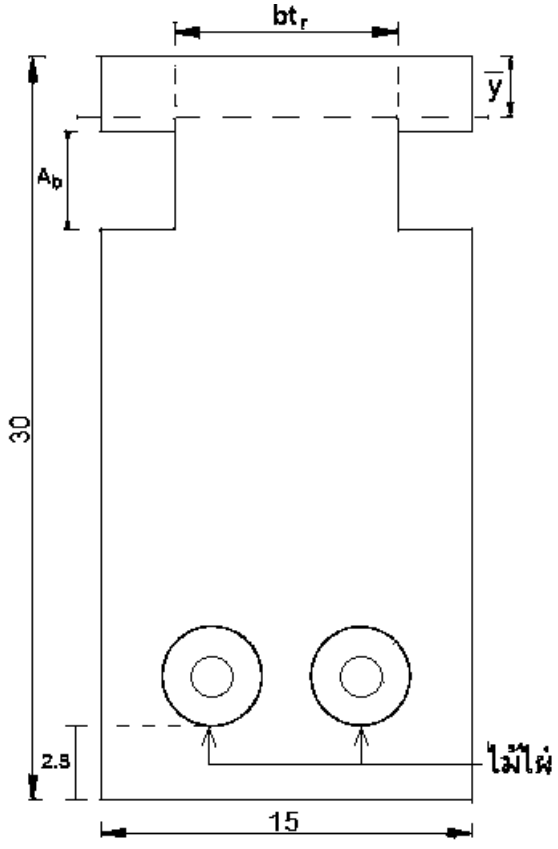
ภาคผนวก ค

รายการคำนวณ

ค-1 การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ของคาน B1 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 280 ksc

ขนาดหน้าตัด 15×30 cm , A_b=9.859 cm^2, f_c'=280 ksc, b=15 cm , d= 26 cm

f_b=1355.14×0.8=1084.11 ksc, (ใช้กำลังดึงที่ 80%),E_b=62751.23 , E_c=15200$\sqrt{280}$



ทำการ transform ไม้ไผ่เป็นคอนกรีต

$$n = \frac{Eb}{Ec} = \frac{62751.23}{15200\sqrt{280}} = 0.25$$

bt_r = 15–2(2.92)+(2(2.92-1.5)×0.25) = 9.87 cm

จาก C=T ; $0.85f_c'ab = A_b f_b$

$$\text{หา a} = \frac{A_b f_b}{0.85f_c'b} = \frac{9.859\times1084.11}{0.85\times280\times15} = 2.994 \text{ cm}$$

ค่า a มากกว่าระยะ covering (covering 2.5cm)

15×2.994 = 44.91 cm^2 , 2.5×15 = 37.5 cm^2

44.91-37.5 =7.41 cm^2

7.41 = 9.87y ; y= 0.75 cm

a = 2.5+0.75 = 3.25 cm

$$\text{หา a /2 ใหม่} = \bar{y} = \frac{(2.5\times15\times1.25)+(0.75\times9.87\times2.875)}{(2.5\times15)+(9.87\times0.75)} = 1.519 \text{ cm}$$

$$M_n = T\left(d - \frac{a}{2}\right) = A_b f_b \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

M_n = 9.859×1084.11×(26-1.519) = 261,658.81 kg-cm = 2,616.58 kg-m

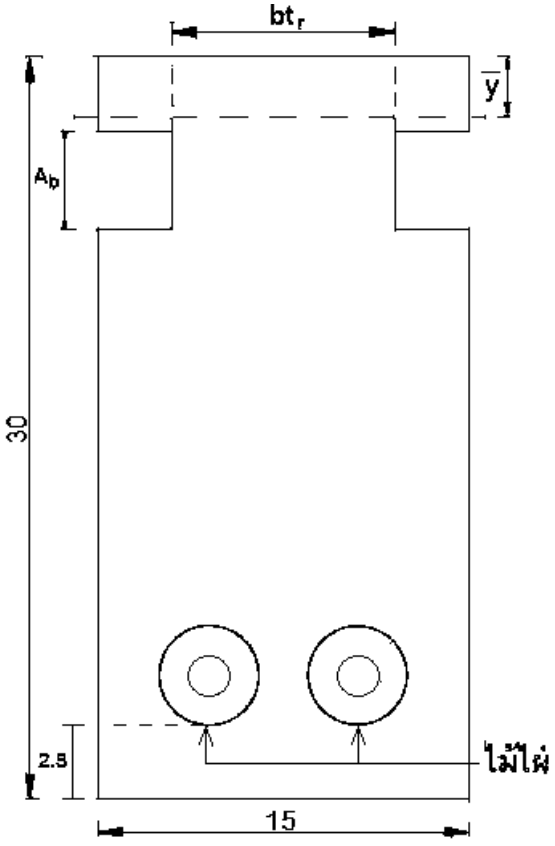
M_n = 2,616.58 kg-m

*หมายเหตุ เป็นการคำนวณโดยสมมุติให้ stress ของคอนกรีตถึงจุดสูงสุด ซึ่งตามจริงแล้ว คอนกรีตยังไม่ถึงกำลังอัดสูงสุด แต่คานวิบัติก่อนเนื่องจาก เกิดการรูดของไม้ไผ่ (bond failure)

ค-2 การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ของคาน B2 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 280 ksc

ขนาดหน้าตัด 15×30 cm , A_b=9.676 cm^2, f_c'=280 ksc , b=15 cm , d= 26 cm

f_b=1355.14×0.8=1084.11 ksc, (ใช้กำลังดึงที่ 80%),E_b=62751.23 , E_c=15200$\sqrt{280}$



ทำการ transform ไม้ไผ่เป็นคอนกรีต

$$n = \frac{Eb}{Ec} = \frac{62751.23}{15200\sqrt{280}} = 0.25$$

bt_r= 15–2(2.90)+(2(2.90-1.5)×0.25) = 9.9 cm

จาก C=T ; $0.85f_c'ab = A_b f_b$

$$\text{หา a} = \frac{A_b f_b}{0.85 f_c' b} = \frac{9.676\times1084.11}{0.85\times280\times15} = 2.938 \text{ cm}$$

ค่า a มากกว่าระยะ covering (covering 2.5cm)

15×2.938 = 44.07 cm^2 , 2.5×15 = 37.5 cm^2

44.07-37.5 =6.57 cm^2

6.57 = 9.9y ; y= 0.66 cm

a = 2.5+0.66 = 3.16 cm

$$\text{หา a /2 ใหม่} = \bar{y} = \frac{(2.5\times15\times1.25)+(0.66\times9.9\times2.83)}{(2.5\times15)+(9.9\times0.66)} = 1.484 \text{ cm}$$

$$M_n = T\left(d - \frac{a}{2}\right) = A_b f_b \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

M_n = 9.676×1084.11×(26-1.484) = 257,169.12 kg-cm = 2,571.69 kg-m

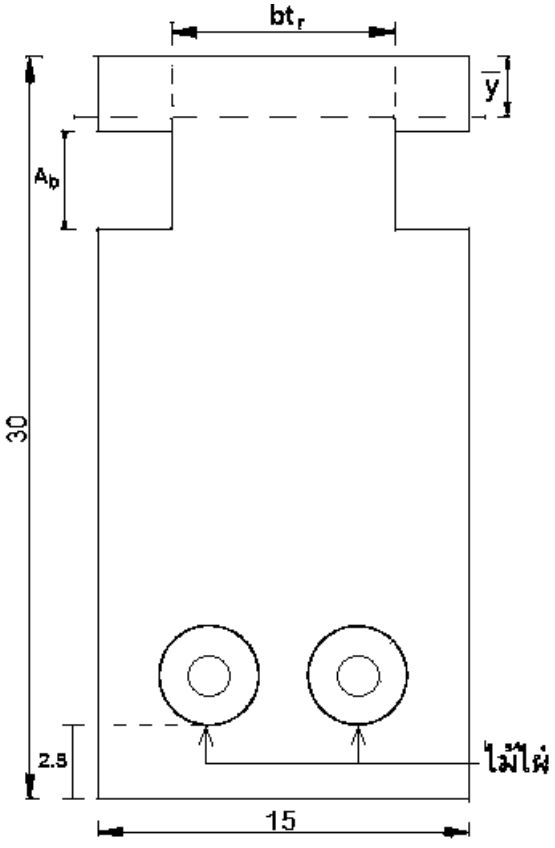
M_n = 2,571.69 kg-m

*หมายเหตุ เป็นการคำนวณโดยสมมุติให้ stress ของคอนกรีตถึงจุดสูงสุด ซึ่งตามจริงแล้ว คอนกรีตยังไม่ถึงกำลังอัดสูงสุด แต่คานวิบัติก่อนเนื่องจาก เกิดการรูดของไม้ไผ่ (bond failure)

ค-3 การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ของคาน B3 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 280 ksc

ขนาดหน้าตัด 15×30 cm , A_b=10.415 cm^2, f_c'=280 ksc , b=15 cm , d= 26 cm

f_b=1355.14×0.8=1084.11 ksc, (ใช้กำลังดึงที่ 80%),E_b=62751.23 , E_c=15200$\sqrt{280}$



ทำการ transform ไม้ไผ่เป็นคอนกรีต

$$n = \frac{Eb}{Ec} = \frac{62751.23}{15200\sqrt{280}} = 0.25$$

bt_r= 15–2(2.98)+(2(2.98-1.5)×0.25) = 9.78 cm

จาก C=T ; $0.85f_c'ab = A_b f_b$

$$a = \frac{A_b f_b}{0.85f_c'b} = \frac{10.415\times1084.11}{0.85\times280\times15} = 3.162 \text{ cm}$$

ค่า a มากกว่าระยะ covering (covering 2.5cm)

15×3.162 = 47.43 cm^2 , 2.5×15 = 37.5 cm^2

47.43 -37.5 =9.93 cm^2

9.93 = 9.78y ; y= 1.015 cm

a = 2.5+1.015 = 3.515 cm

หา a /2 ใหม่ = $\bar{y} = \frac{(2.5\times15\times1.25)+(1.015\times9.78\times3.007)}{(2.5\times15)+(9.78\times1.015)}$ = 1.378 cm

$$M_n = T\left(d - \frac{a}{2}\right) = A_b f_b \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

M_n = 10.415×1084.11×(26-1.378) = 278,007.14 kg-cm = 2,780.07 kg-m

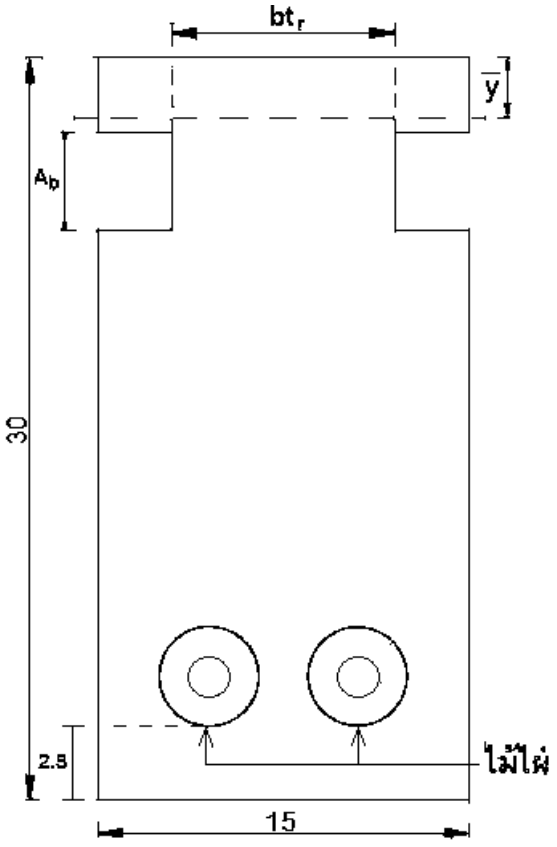
M_n = 2,780.07 kg-m

*หมายเหตุ เป็นการคำนวณโดยสมมุติให้ stress ของคอนกรีตถึงจุดสูงสุด ซึ่งตามจริงแล้ว คอนกรีตยังไม่ถึงกำลังอัดสูงสุด แต่คานวิบัติก่อนเนื่องจาก เกิดการรูดของไม้ไผ่ (bond failure)

ค-4 การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ของคาน B4 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 280 ksc

ขนาดหน้าตัด 15×30 cm , A_b=9.225 cm^2, f_c'=280 ksc , b=15 cm , d= 26 cm

f_b=1355.14×0.8=1084.11 ksc, (ใช้กำลังดึงที่ 80%) ,E_b=62751.23 , E_c=15200$\sqrt{280}$



ทำการ transform ไม้ไผ่เป็นคอนกรีต

$$n = \frac{Eb}{Ec} = \frac{62751.23}{15200\sqrt{280}} = 0.25$$

bt_r=15–2(2.85)+(2(2.85-1.5)×0.25) = 9.975 cm

จาก C=T ; $0.85f_c'ab = A_b f_b$

$$\text{หา a} = \frac{A_b f_b}{0.85f_c'b} = \frac{9.225\times1084.11}{0.85\times280\times15} = 2.801 \text{ cm}$$

ค่า a มากกว่าระยะ covering (covering 2.5cm)

15×2.801 = 42.015 cm^2 , 2.5×15 = 37.5 cm^2

42.015 -37.5 =4.515 cm^2

4.515 = 9.975y ; y= 0.45 cm

a = 2.5+0.45 = 2.95 cm

$$\text{หา a /2 ใหม่} = \bar{y} = \frac{(2.5\times15\times1.25)+(0.45\times9.975\times2.725)}{(2.5\times15)+(9.975\times0.45)} = 1.407 \text{ cm}$$

$$M_n = T\left(d - \frac{a}{2}\right) = A_b f_b \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

M_n = 9.225×1084.11×(26-1.407) = 245,952.49 kg-cm = 2,459.52 kg-m

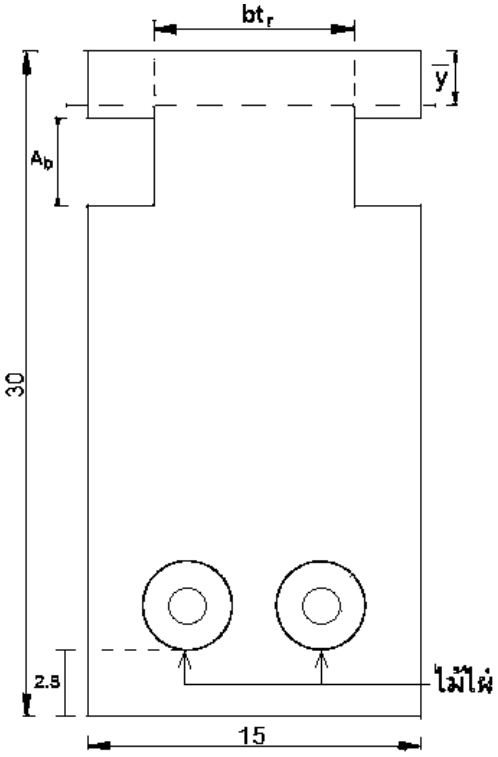
M_n = 2,459.52 kg-m

*หมายเหตุ เป็นการคำนวณโดยสมมุติให้ stress ของคอนกรีตถึงจุดสูงสุด ซึ่งตามจริงแล้ว คอนกรีตยังไม่ถึงกำลังอัดสูงสุด แต่คานวิบัติก่อนเนื่องจาก เกิดการรูดของไม้ไผ่ (bond failure)

ค-5 การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ของคาน B5 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 280 ksc

ขนาดหน้าตัด 15×30 cm , A_b=9.495 cm^2, f_c'=180 ksc , b=15 cm , d= 26 cm

f_b=1355.14×0.8=1084.11 ksc, (ใช้กำลังดึงที่ 80%) ,E_b=62751.23 , E_c=15200$\sqrt{180}$



ทำการ transform ไม้ไผ่เป็นคอนกรีต

$$n = \frac{Eb}{Ec} = \frac{62751.23}{15200\sqrt{180}} = 0.31$$

bt_r= 15–2(2.88)+(2(2.88-1.5)×0.31)=10.096 cm

จาก C=T ; $0.85f_c'ab = A_b f_b$

หา $a = \frac{A_b f_b}{0.85 f_c' b}$

$$a = \frac{9.495\times1084.11}{0.85\times280\times15} = 4.485 \text{ cm}$$

ค่า a มากกว่าระยะ covering (covering 2.5cm)

หา a/2 ใหม่ = $\bar{y} = \frac{(2.5\times15\times1.25)+(2.88\times10.096\times3.94)}{(2.5\times15)+(2.88\times10.096)}$ = 2.425 cm

$$M_n = T\left(d - \frac{a}{2}\right) = A_b f_b \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

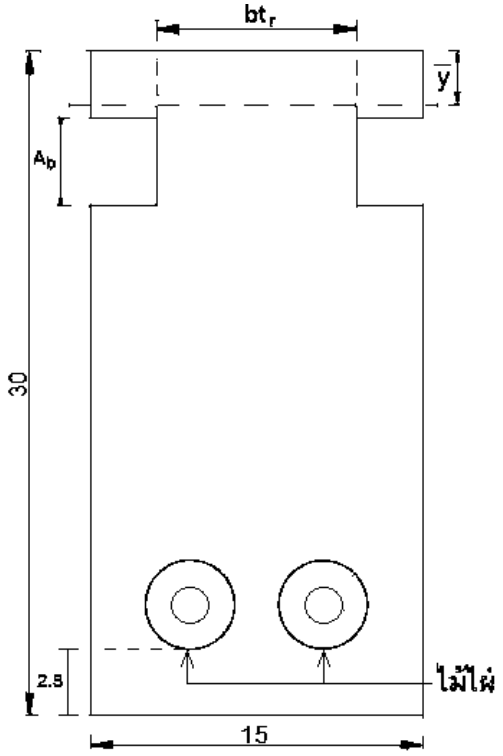
M_n = 2,426.72 kg-m

*หมายเหตุ เป็นการคำนวณโดยสมมุติให้ stress ของคอนกรีตถึงจุดสูงสุด ซึ่งตามจริงแล้ว คอนกรีตยังไม่ถึงกำลังอัดสูงสุด แต่คานวิบัติก่อนเนื่องจาก เกิดการรูดของไม้ไผ่ (bond failure)

ค-6 การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ของคาน B6 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 180 ksc

ขนาดหน้าตัด 15×30 cm , A_b=10.043 cm^2, f_c'=180 ksc , b=15 cm , d= 26 cm

f_b=1355.14×0.8=1084.11 ksc ,(ใช้กำลังดึงที่ 80%),E_b=62751.23 , E_c=15200$\sqrt{180}$



ทำการ transform ไม้ไผ่เป็นคอนกรีต

$$n = \frac{Eb}{Ec} = \frac{62751.23}{15200\sqrt{180}} = 0.31$$

bt_r=15–2(2.94)+(2(2.94-1.5)×0.31)=10.0128 cm

จาก C=T ; $0.85f_c'ab = A_b f_b$

$$\text{หา } a = \frac{A_b f_b}{0.85 f_c' b}$$

$$a = \frac{10.043\times1084.11}{0.85\times180\times15} = 4.75 \text{ cm}$$

ค่า a มากกว่าระยะ covering (covering 2.5cm)

$$\text{หา a/2 ใหม่} = \bar{y} = \frac{(2.5\times15\times1.25)+(2.94\times10.0128\times3.97)}{(2.5\times15)+(2.94\times10.0128)} = 2.45 \text{ cm}$$

$$M_n = T\left(d - \frac{a}{2}\right) = A_b f_b \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

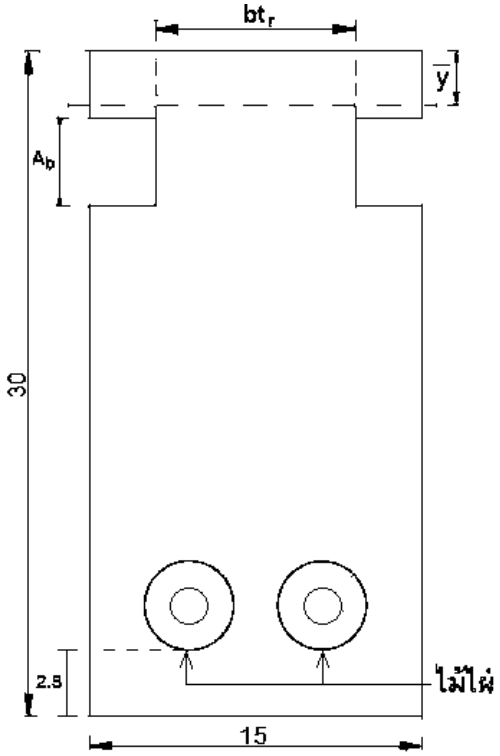
M_n = 2,564.05 kg-m

*หมายเหตุ เป็นการคำนวณโดยสมมุติให้ stress ของคอนกรีตถึงจุดสูงสุด ซึ่งตามจริงแล้ว คอนกรีตยังไม่ถึงกำลังอัดสูงสุด แต่คานวิบัติก่อนเนื่องจาก เกิดการรูดของไม้ไผ่ (bond failure)

ค-7 การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ของคาน B7 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 180 ksc

ขนาดหน้าตัด 15×30 cm , A_b=10.136 cm^2, f_c'=180 ksc , b=15 cm , d= 26 cm

f_b=1355.14×0.8=1084.11 ksc, (ใช้กำลังดึงที่ 80%),E_b=62751.23 , E_c=15200$\sqrt{180}$



ทำการ transform ไม้ไผ่เป็นคอนกรีต

$$n = \frac{Eb}{Ec} = \frac{62751.23}{15200\sqrt{180}} = 0.31$$

bt_r= 15–2(2.95)+(2(2.95-1.5)×0.31) = 9.999 cm

จาก C=T ; $0.85f_c'ab = A_b f_b$

$$a = \frac{A_b f_b}{0.85 f_c' b}$$

$$a = \frac{10.136\times1084.11}{0.85\times180\times15} = 4.788 \text{ cm}$$

ค่า a มากกว่าระยะ covering (covering 2.5cm)

หา a/2 ใหม่ = $\bar{y} = \frac{(2.5\times15\times1.25)+(2.95\times9.999\times3.975)}{(2.5\times15)+(2.95\times9.999)}$ = 2.45 cm

$$M_n = T\left(d - \frac{a}{2}\right) = A_b f_b \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

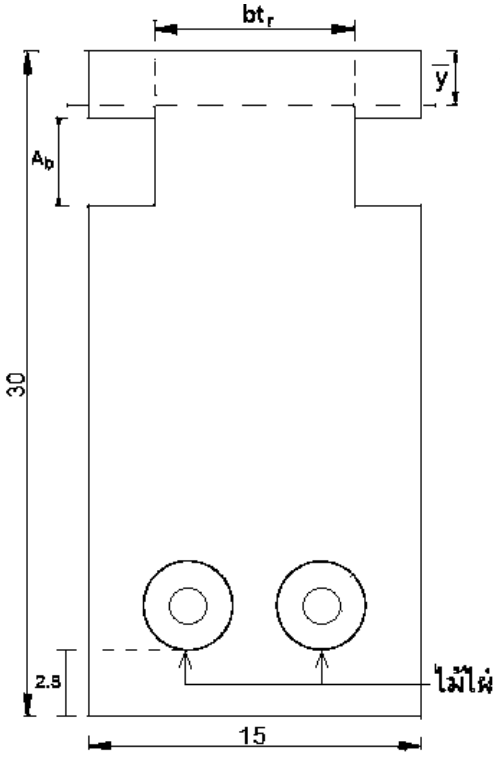
M_n = 2,587.8 kg-m

*หมายเหตุ เป็นการคำนวณโดยสมมุติให้ stress ของคอนกรีตถึงจุดสูงสุด ซึ่งตามจริงแล้ว คอนกรีตยังไม่ถึงกำลังอัดสูงสุด แต่คานวิบัติก่อนเนื่องจาก เกิดการรูดของไม้ไผ่ (bond failure)

ค-8 การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ของคาน B8 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 180 ksc

ขนาดหน้าตัด 15×30 cm , A_b=9.314 cm^2, f_c'=180 ksc , b=15 cm , d= 26 cm

f_b=1355.14×0.8=1084.11 ksc, (ใช้กำลังดึงที่ 80%) ,E_b=62751.23 , E_c=15200$\sqrt{180}$



ทำการ transform ไม้ไผ่เป็นคอนกรีต

$$n = \frac{Eb}{Ec} = \frac{62751.23}{15200\sqrt{180}} = 0.31$$

bt_r= 15–2(2.86)+(2(2.86-1.5)×0.31) = 10.13 cm

จาก C=T ; $0.85f_c'ab = A_b f_b$

$$a = \frac{A_b f_b}{0.85 f_c' b}$$

$$a = \frac{9.314\times1084.11}{0.85\times180\times15} = 4.4 \text{ cm}$$

ค่า a มากกว่าระยะ covering (covering 2.5cm)

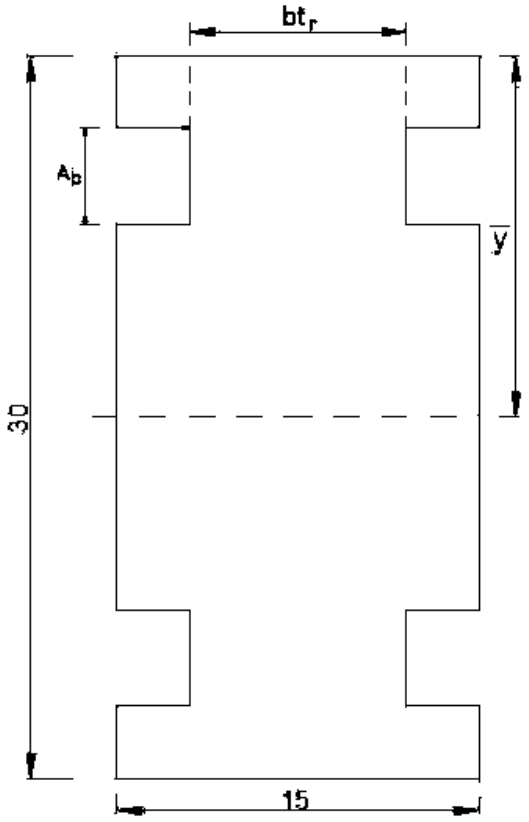
หา a/2 ใหม่ = $\bar{y} = \frac{(2.5\times15\times1.25)+(2.86\times10.13\times3.93)}{(2.5\times15)+(2.86\times10.13)}$ = 2.42 cm

$$M_n = T\left(d - \frac{a}{2}\right) = A_b f_b \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

M_n = 2,380.97 kg-m

*หมายเหตุ เป็นการคำนวณโดยสมมุติให้ stress ของคอนกรีตถึงจุดสูงสุด ซึ่งตามจริงแล้ว คอนกรีตยังไม่ถึงกำลังอัดสูงสุด แต่คานวิบัติก่อนเนื่องจาก เกิดการรูดของไม้ไผ่ (bond failure)

ค-9 คำนวณหาโมเมนต์ดัดแตกร้าว



จาก $M_{cr} = \dfrac{F_r \text{ x } I_t}{Y}$

$$F_r = 2\sqrt{f_c'} = 2\sqrt{280}$$

หา n แปลงหน้าตัดไม้ไผ่เป็นคอนกรีต

$$n = 36.775$$

$$= \frac{62,751.23}{15200\sqrt{280}}$$

$$= 0.246717$$

$$A_C = A_b \text{ x } (n-1)$$

$$= 9.859x(0.246717-1) \text{ x } 4$$

$$= -29.7065 \text{ cm}^2$$

พื้นที่รูในไม้ไผ่ $= 1.5^2 \text{ x } \pi$

$= 7.0686 \text{ cm}^2$

พื้นที่หายไป $= 7.0686+29.7065$

$= 36.775 \text{ cm}^2$

ระยะที่หายไป $= \dfrac{36.775}{2.92x4}$

$= 3.149 \text{ cm}$

หาค่า I_t = $\left[\left(\frac{15}{12}x2.5^3\right)+(15x2.5x12.5^2)\right]+$

$\left[\left(\frac{11.8515}{12}x2.92^3\right)+(11.8515x2.92x11.04)\right]+$

$\left[\left(\frac{15}{12}x2.5^3\right)+(15x2.5x0^2)\right]+$

$\left[\left(\frac{11.8515}{12}\right)x2.92^3)+(11.8515x2.92x11.04^2)\right]+$

$\left[\left(\frac{15}{12}x2.5^3\right)+(15x2.5x12.5^2)\right]=29034.9$

$$M_{cr} = \frac{F_r \text{ x } I_t}{Y}$$

$$M_{cr} = \frac{29034.9x2\sqrt{280}}{15x100} = 647.8 \text{ kg-m.}$$

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน

ชื่อ-นามสกุล นายฉัตรกาญจน์ บุญฉ่ำ

วันเดือนปีเกิด 5 พฤษภาคม 2539

สถานที่เกิด โรงพยาบาลกรุงเทพพัทยา

ที่อยู่ปัจจุบัน 386/53 ม.9 ต.หนองปรือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20150

ประวัติการศึกษา - ระดับประถมศึกษา

โรงเรียนมารีวิทย์ พัทยา

- ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนมารีวิทย์ พัทยา

- ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนสาธิต"พิบูลบำเพ็ญ"มหาวิทยาลัยบูรพา

กำลังศึกษาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อ-นามสกุล นายกิตติภณ ฟองแพร่

วันเดือนปีเกิด 2 กันยายน 2537

สถานที่เกิด โรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา

ที่อยู่ปัจจุบัน 600/214 หมู่บ้านอรินสิริ@สุขุมวิท ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20130

ประวัติการศึกษา - ระดับประถมศึกษา

โรงเรียนสาธิต"พิบูลบำเพ็ญ"มหาวิทยาลัยบูรพา

- ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนสาธิต"พิบูลบำเพ็ญ"มหาวิทยาลัยบูรพา

- ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนสาธิต"พิบูลบำเพ็ญ"มหาวิทยาลัยบูรพา

กำลังศึกษาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยชันภายใต้การดัด : พฤติกรรมและการคำนวณ

Dammar-coated bamboo reinforced concrete beam under bending : behavior and calculation

นายกิตติภณ ฟองแพร่
นายฉัตรกาญจน์ บุญฉ่ำ

อาจารย์ที่ปรึกษาอาจารย์เอนก ชมวงษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวีชัย สำราญวานิช
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาบูรพา

บทคัดย่อ : โครงงานนี้มุ่งศึกษากำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมด้วยไม้ไผ่รวกทั้งลำที่เคลือบผิวด้วยชัน โดยการใช้ไม้ไผ่รวกทั้งลำ โดยใช้กำลังอัดของคอนกรีต 180 และ 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พร้อมทั้งศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ ได้แก่ กำลังดึง โมดูลัสยืดหยุ่น และกำลังยึดเหนี่ยวโดยไม้ไผ่ที่ใช้ศึกษาคือ ไผ่รวก

จากผลการศึกษาพบว่าไม้ไผ่รวกมีกำลังดึง 1,355 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และโมดูลัสยืดหยุ่น 62,751 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยเมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพผิวไม้ไผ่ด้วยการเคลือบผิวชัน และทำการบั้งไม้ไผ่ พบว่าไม้ไผ่ที่บั้งและไม่บั้งส่งผลต่อกำลังยึดเหนี่ยวไม่แตกต่างกัน และจากผลทดสอบกำลังดัดของคานพบว่ากำลังอัดคอนกรีตที่สูงขึ้นช่วยเพิ่มกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ 26.8%

คำสำคัญ : คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่, ชัน, คอนกรีต, กำลังดัด, กำลังยึดเหนี่ยว

Abstract : This project aims to study the flexural strength of dammar-coated bamboo trunk reinforced concrete beam with compressive strength of concrete at 180 and 280 kg/cm^2. The mechanical properties of bamboo which are tensile strength, modulus of elastic and bonding strength were also investigated. The bamboo was thyrsostschys siamensis.

From the experimental results, it was found that the tensile strength of thyrsostschys siamensis bamboo was 1,355 kg/cm^2. The modulus of elasticity of bamboo was 62,751 kg/cm^2, It was not seen the significant difference in bending strength between grooved bamboo and no-grooved bamboo. However, the flexural strength of dammar-coated bamboo reinfored concrete beam was increased as the increase of compressive strength of concrete. This increment was about 26.8 % when compressive strength increased from 180 to 280 kg/cm^2. was about 26.8 % .When compressive strength increased from 180 to 280 kg/cm^2 .

Keyword : Bamboo reinforced concrete beam, dammar, concrete, flexural strength, bonding strength

1.บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังอยู่ในช่วงพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอย่างต่อเนื่องซึ่งส่งผลให้ความต้องการใช้เหล็กในประเทศอย่างสูง ทำให้ต้องนำเข้าเหล็กจากต่างประเทศเป็นจำนวนมหาศาล รวมไปถึงต้นทุนที่ใช้ในการผลิตเหล็กที่เพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ราคาเหล็กสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องหาวัสดุมาทดแทนเหล็กในงานก่อสร้างที่หาได้จากในประเทศซึ่งวัสดุที่เหมาะสม คือ ไม้ไผ่

และจากการศึกษาพบว่าในอดีตมนุษย์เคยนำไม้ไผ่ มาใช้เสริมคอนกรีตในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งเหล็กเสริมคอนกรีตขาดแคลน จึงได้มีผู้นำไม้ไผ่มาผ่าเป็นซีกเล็กๆ แล้วใช้เสริมคอนกรีตแทนเหล็ก ในประเทศไทยไม้ไผ่เป็นพืชสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย และข้อดีของไม้ไผ่มีคือ รองรับแรงดึงได้ดี มีความแข็งแรง แต่ข้อเสียของไม้ไผ่ ก็คือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่จะน้อย และการหดตัวของไม้ไผ่ ตลอดจนการผุผังของไม้ไผ่ เนื่องจากเป็นวัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากคุณสมบัติของไม้ไผ่ ก็สามารถแก้ไขได้หากทำการศึกษาอย่างจริงจัง ไม้ไผ่ก็สามารถนำมาเสริมในคอนกรีตได้และนำไปใช้ในการก่อสร้างจริงในที่สุด ทำให้ประหยัดและสามารถช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้างได้อีกด้วย ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้ก็สามารถแก้ไขได้ โดยการทาผิวไม้ไผ่ด้วยวัสดุที่เหมาะสม เช่น ชัน อีพอกซี่ ฯลฯ ความเหมาะสมในการเลือกวัสดุมาเคลือบผิวไม้ไผ่จำเป็นจะต้องทำการศึกษาทดลองอย่างจริงจัง จะทำให้สามารถนำไม้ไผ่ไปประยุกค์ใช้ในการก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัยอีกทั้งยังช่วยให้สามารถลดต้นทุนในการก่อสร้างได้อีกด้วย

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติการรับการดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รวกซึ่งเคลือบผิวด้วยชัน
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่ ในด้านของกำลังดึง โมดูลัสยืดหยุ่นและกำลังยืดเหนี่ยวของไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยชัน

2.วัสดุและอุปกรณ์

2.1 ไม้ไผ่

ในงานวิจัยนี้มุ่งใช้ไม้ไผ่ทั้งลำในการนำไปเสริมรับแรงดึงในคานคอนกรีต เพื่อให้ได้ความสะดวกในการก่อสร้างและประหยัดเวลา ชนิดไม้ไผ่ในการศึกษา คือ ไผ่รวก มีลักษณะลำต้นตั้งตรง กลมเป็นทรงกระบอกกลวง ผิวเกลี้ยง สีเขียวอมเทา ไม่มีหนาม เนื้อแข็ง มีข้อปล้องชัดเจนแต่ละปล้องจะยาว 15-30 ซม. โดยเลือกใช้ไผ่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5-3.5 ซม. ซึ่งมีขนาดเหมาะสมแก่การนำไปเสริมแรงในคานคอนกรีตแบบเสริมทั้งลำต้น

2.2 ชันป่น

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ชันซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีราคาถูก เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ในการเคลือบผิวของไม้ไผ่เพื่อช่วยกับความชื้นเข้าสู่ไม้ไผ่ ในขณะที่เทคอนกรีตลงแบบหล่อและยังช่วยในเรื่องของกำลังยึดเหนี่ยวให้กับไม้ไผ่และคอนกรีต โดยมีผงชันและน้ำมันยางเป็นองค์ประกอบสำคัญ

2.3 อุปกรณ์

1. แบบหล่อชิ้นตัวอย่างทดสอบ ประกอบด้วย

1.1 แบบหล่อชิ้นตัวอย่างทรงลูกบาศก์ ขนาด 15 x 15 x 15 ซม^3

1.2 แบบหล่อชิ้นตัวอย่างทรงกระบอกขนาด Ø15 x 30 ซม^2

1.3 แบบหล่อคาน ขนาดหน้าตัด 20 x 30 ซม^2 ความยาว 1.2 ม

2. เครื่องผสมคอนกรีต (Concrete mixing machine)

3. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (Digital balance)

4. เครื่องทดสอบแรงอัด (Compression testing machine) ขนาด 300 ตัน

5. เครื่องทดสอบ UTM (Universal testing machine) ขนาด 150 ตัน

6. อุปกรณ์วัดระยะยืด-หด (Electrical strain gauge)

7. อุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัว (Displacement transducer)

8. อุปกรณ์ทดสอบหาค่าการยุบตัว (Slump test)

3.การทดสอบ

3.1 การทดสอบกำลังดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่

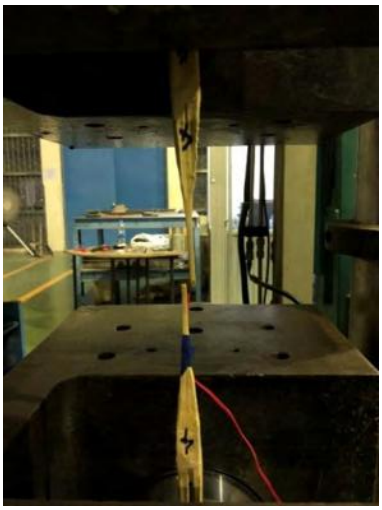
การทดสอบกำลังดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่นั้น ต้องใช้ความละเอียดรอบครอบในการทดสอบ มีขั้นตอนดังนี้

1. นำไม้ไผ่ที่เตรียมไว้มาติดตั้งที่เครื่องทดสอบ UTM (Universal Testing Machine)

2. ติดตั้งเกจวัดระยะการเคลื่อนตัว

3. ทำการทดสอบด้วยอัตราการดึงที่ 30 มม./นาที จนกระทั่งตัวอย่างเกิดการวิบัติ

4. บันทึกผลการทดสอบ



การทดสอบหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่สามารถทดสอบพร้อมกับการทดสอบการรับ แรงดึงของไม้ไผ่ โดยนำค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นมาเขียนกราฟความสัมพันธ์เพื่อหาโมดูลัสยืดหยุ่น

3.2 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่

การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่ เกิดปัญหาเรื่องการรูดเนื่องจากไม้ไผ่ทั้งลำมีรูและต้องแก้ปัญหาโดยการใช้เหล็ดเส้นใส่ตอกใส่รูไม้ไผ่ และในการทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. วัดขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ไผ่ที่ใช้ ก่อนทำการทดสอบ
2. ติดตั้งตัวอย่างที่เตรียมไว้ในเครื่อง UTM เพื่อทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ พร้อมทั้งติดตั้งเกจวัดระยะ
3. ทำการทดสอบ โดยควบคุมอัตราการดึงที่ 5 มม./นาที
4. บันทึกแรงดึงและระยะเคลื่อนตัวของไม้ไผ่ทุก 0.02 มม.
5. ทำการทดสอบจนกว่าไม้ไผ่จะหลุดออกจากก่อนคอนกรีตและบันทึกผลการทดสอบ

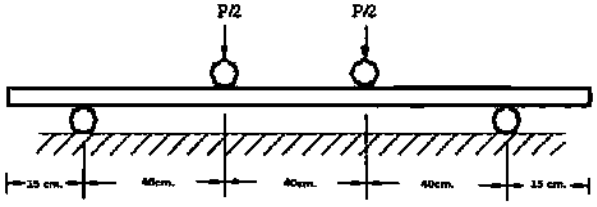
3.3 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

การทดสอบกำลังดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่นั้น ต้องใช้ความละเอียดรอบครอบในการทดสอบ มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำ ความสะอาดผิวหน้าของคอนกรีตรับแรงกดให้เรียบ
2. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนตัวอย่าทดสอบ
3. ติดตั้งก้อนตัวอย่างทดสอบที่เครื่องทดสอบแรงอัด (Compression Testing Machine) โดยให้ก้อนตัวอย่างทดสอบอยู่ในแนวศูนย์กลางแรงกด
4. ทดสอบตัวอย่างโดยที่เครื่องทดสอบเพิ่มน้ำหนักกดในอัตราคงที่ประมาณ 150 กก./ซมต่อนาที
5. ทดสอบจนกระทั่งก้อนตัวอย่างเกิดการวิบัติ ดังรูปที่ 3.23
6. บันทึกค่าโหลดสูงสุดที่ก้อนตัวอย่างสามารถรับได้

3.3 การทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ทำการทดสอบกำลังรับแรงดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่เคลือบผิวด้วยซัน เมื่อ อายุครบ 28 วัน ตามมาตรฐาน ASTM แบบ four-point bending test



1. วัดขนาดความกว้าง ความยาว ความลึก และชั่งน้ำหนักคานก่อนการทดสอบ

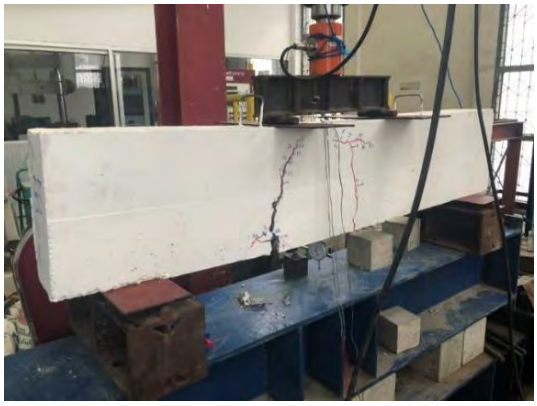
2. นำตัวอย่างคานทดสอบวางบนตำแหน่งเครื่องทดสอบ UTM และให้อยู่ในแนวตำแหน่งกึ่งกลางของฐานรองรับ โดยที่ช่วงความยาวต้องไม่น้อยกว่าสามเท่าของความลึกคาน

3. ติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัว (Displacement Transducer) ของคานและอุปกรณ์วัดการยืดหดตัว(strain gauge)ของไม้ไผ่

4. จัดวางจุดแรงกระทำกับคานตัวอย่างแบบ four-point bending test

5. ค่อยๆเพิ่มแรงกดช้าๆบันทึกความยาวรอยแตกให้สัมพันธ์กับน้ำหนักที่กด จนกระทั่งคาน วิบัติ

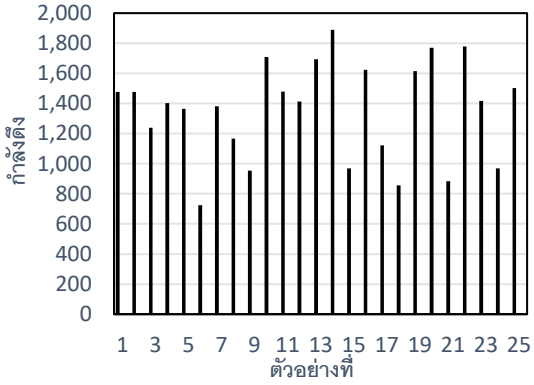
6. บันทึกผลการทดสอบ



4.ผลการทดสอบและอภิปรายผล

4.1 กำลังดึงของไม้ไผ่

ผลการทดสอบกำลังการรับแรงดึงของไม้ไผ่รวก จำนวน 25 ตัวอย่าง ความยาวตัวอย่างขนาด 70 ซม. โดยเครื่องทดสอบUTM (Universal Testing Machine) ดึงด้วยอัตราเร็ว 5 มม./นาที จากการทดสอบทำให้ทราบกำลังการรับแรงดึงของไม้ไผ่รวก

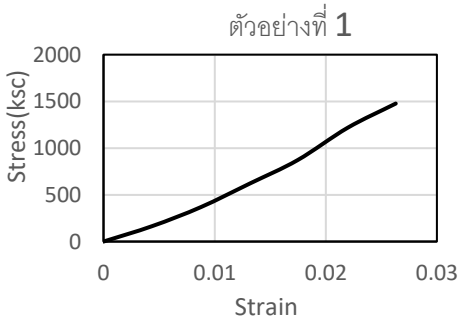


จากการทดสอบพบว่า เมื่อเพิ่มแรงดึงขึ้นเรื่อย ๆ ไม้ไผ่จะเกิดการยืดตัวเล็กน้อยก่อนที่จะขาดออกจากกัน ซึ่ง การขาดของไม้ไผ่ที่ดีจะต้องมีรอยขาดที่เรียบสนิท จะทำให้ไม้ไผ่สามารถรับกำลังดึงได้ดี การขาดของไม้ไผ่ที่ไม่ดีจะขาดแบบ มีเสี้ยนของไม้ไผ่หลุดออกมาเส้น จะทำให้ค่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ลดน้อยลง

กำลังรับแรงดึงสูงสุดของไม้ไผ่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,355.14 (Kg/cm^2)

4.2 โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่รวก

จากการทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่ ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้ไผ่หาจากความสัมพันธ์ของ กราฟ Stress กับ Strain จำนวน 6 ตัวอย่าง



เมื่อนำข้อมูลจากกราฟมาหาความชัน ระหว่างความเค้น (Stress) และความเครียด (Strain) ของไม้ไผ่รวก ค่าโมดูลัส

ยืดหยุ่นของไม้ไผ่มีค่าต่างกันไม่มากค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่รวก เท่ากับ 62,751.23 (Kg/cm^2)

4.3 กำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่และคอนกรีต

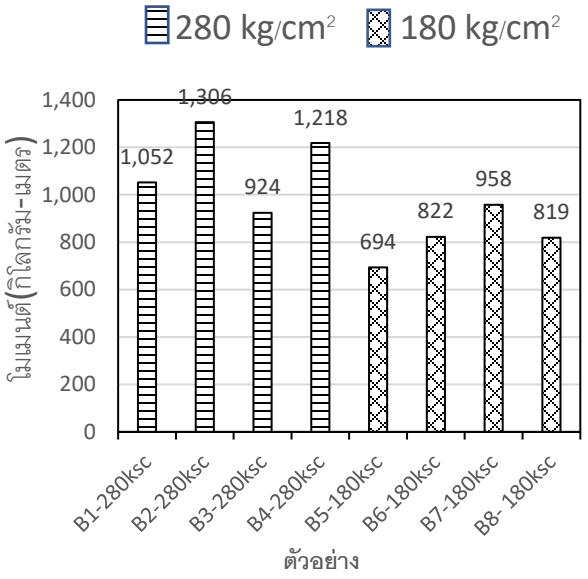
แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต		
	กำลัง 180 กก./ซม.^{2}	กำลัง 280 กก./ซม.^{2}
ไม้ไผ่ไม่บั้ง	7.82 กก./ซม.^{2}	8.6 กก./ซม.^{2}
ไม้ไผ่บั้ง	8.03 กก./ซม.^{2}	8.81 กก./ซม.^{2}

จากการทดสอบเพื่อหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อไม้ไผ่ ด้วย Pull-Out-Test พบว่าไม้ไผ่ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพผิวและเคลือบผิวด้วยชัน โดยมีการบั้งลายบนไม้ไผ่เป็นแนวขวาง ได้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยมากที่สุดแบบกำลัง 280 กก./ซม.^{2} และบั้ง รองลงมาคือ แบบกำลัง 280 กก./ซม.^{2} และไม่บั้ง, แบบกำลัง 180 กก./ซม.^{2} และบั้ง, แบบกำลัง 180 กก./ซม.^{2} และไม่บั้ง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากแรงยึดเหนี่ยวที่ได้พบว่าไม่แตกต่างกันมากระหว่างบั้งและไม่บั้งแต่กำลังคอนกรีตมีมีผลกับแรงยึดเหนี่ยวที่มากขึ้น

4.4 กำลังดัดคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

4.4.1 โมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

จากการทดสอบพบว่ากำลังอัดคอนกรีตที่ออกแบบไว้ต่างกันมีผลกับการรับโมเมนต์ดัดของคาน คอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ในปริมาณของไม้ไผ่ที่เท่ากัน โดยกำลังอัดคอนกรีตที่ออกแบบไว้ต่างกัน 100 กก./ซม^{2}ส่งผลให้คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ สามารถรับการต้านทานโมเมนต์ดัดได้เพิ่มขึ้น



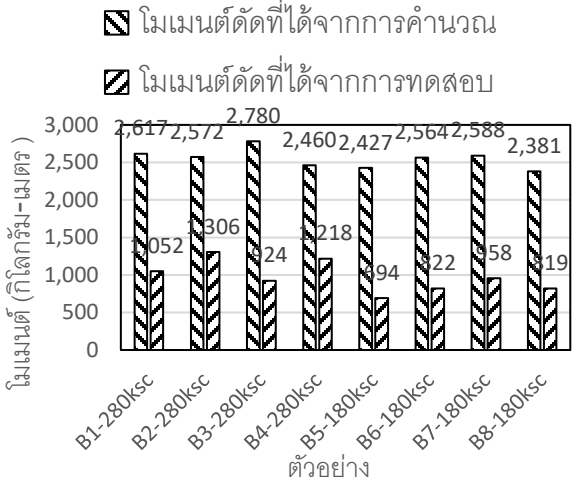
เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการรับโมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัดต่างกัน พบว่าคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัดคอนกรีต 280 กก./ซม^2 สามารถรับโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย 1,125.2 กิโลกรัม-เมตร คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ที่กำลังอัดคอนกรีต 180 กก./ซม^2 สามารถรับโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย 823 กิโลกรัม-เมตร

จากกราฟเมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความ สามารถ ในการรับโมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ที่กำลังคอนกรีตต่างกัน คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัดคอนกรีต 280 กก./ซม^2 สามารถรับโมนต์ดัดสูงสุดได้สูงกว่าคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ที่กำลังอัดคอนกรีต 180 กก./ซม^2 มีค่าเท่ากับ 26.8 %

4.4.2 การวิบัติของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

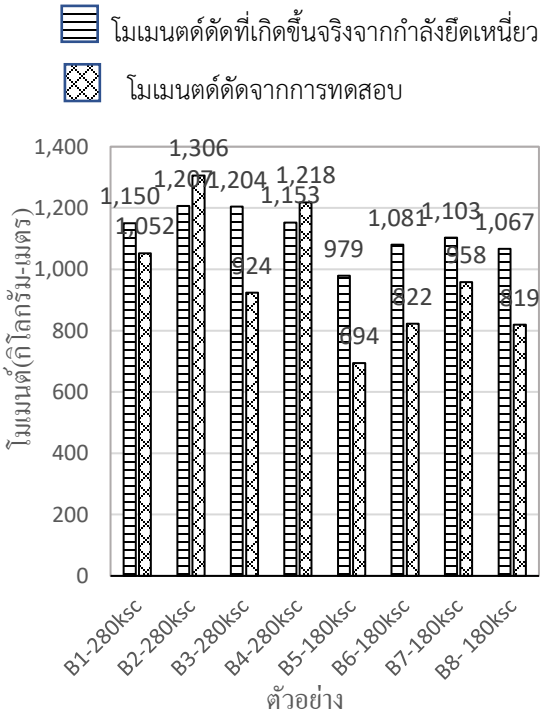
จากการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ 0.15×0.30×1.50m โดยวิธีการดัดแบบ 4 จุด (Four points bending test) ที่กำลังอัดคอนกรีตออกแบบไว้ต่างกัน

ผลการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ พบว่ารอยแตกที่เกิดขึ้นมีลักษณะการแตกแบบตั้งฉากและรอยแตกเกิดในบริเวณที่โหลด P/2 กดลงมาซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดโมเมนต์ดัดสูงสุดตามทฤษฎี และเกิดรอยแตกจากแรงเฉือนเล็กน้อยบริเวณใกล้ๆกับรอยแตกจากโมเมนต์



4.4.3 พฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ระหว่างผลการทอสอบกับทางทฤษฎี

จากการทดสอบคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ที่คอนกรีตกำลัง 280 กก./ซม.^{2} ได้กำลังดึงจริงคำนวณจาก bonding เฉลี่ย 5,171 กก. แรงดึงจากทฤษฎีเฉลี่ย 13,272 กก. และคอนกรีตกำลัง 180 กก./ซม.^{2} ได้แรงดึงจริงคำนวณจาก bonding เฉลี่ย 4,695 กก. แรงดึงจากทฤษฎีเฉลี่ย 13,209 กก. พบว่ากำลังดึงจริงคำนวณจาก bonding เฉลี่ยที่ได้ต่ำกว่ากำลังดึงจากทฤษฎีเฉลี่ยที่คำนวณ แสดงว่าเกิดจากการรูดของไม้ไผ่กับคอนกรีต เนื่องจากกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่กับคอนกรีตไม่เพียงพอ



จากการนำข้อมูลกำลังดึงของไม้ไผ่ที่คำนวณจากกำลังยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นจริง มาใช้ในการคำนวณตามสูตรจากทฤษฎีพบว่า คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่กำลังอัดคอนกรีต 280 กก./ซม.^{2} ได้ค่าโมเมนต์ดัดจากการทดสอบน้อยกว่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงจากกำลังยึดเหนี่ยว อยู่ที่ 4.69% และที่กำลังอัดคอนกรีต 180 กก./ซม.^{2} ได้ค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงที่น้อยกว่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงจากกำลังยึดเหนี่ยวอยู่ที่ 22.35%ซึ่งผลความแตกต่างระหว่างโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงจากกำลังยึดเหนี่ยวกับโมเมนต์ดัดจากการทดสอบของคานคอนกรีตทั้ง 2 กำลังอัดมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างลดลง เนื่องจากเป็นการคำนวณโดย ใช้กำลังดึงของไม้ไผ่ที่เกิดขึ้นจริง มาใช้ในการคำนวน ซึ่งเป็นค่าที่เกิดขึ้นจริงจากการทดสอบ

4.4 แนวทางการนำไปใช้งาน

จากการทดสอบการนำไม้ไผ่ทั้งลำเสริมในคานคอนกรีตนี้พบว่า การเคลือบผิวไม้ไผ่ทั้งลำด้วยซัน ไม่สามารถเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่กับคอนกรีต ต้องปรับปรุงแก้ไขปัญหาการรูดของไม้ไผ่กับคอนกรีตก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งจากงานวิจัยของ เจ เนื่องจำนงค์ และยศกร เผือกประดิษฐ์ (2558) พบว่า การปรับปรุงผิวไม้ไผ่ที่ทำให้กำลังยึดเหนี่ยวเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับคอนกรีตมากที่สุด คือการใช้ อีพ็อกซี่ “บอสนี่ พัตตี้” โดยการทดสอบพบว่า คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่และทำการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของไม้ไผ่รับโมเมนต์ดัดได้มากกว่าที่ออกแบบไว้เฉลี่ย 3.62% และขณะทำการทดสอบไม้ไผ่ที่เสริมในคานคอนกรีตไม่เกิดการรูดส่งผลให้คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่สามารถรับแรงได้เต็มประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยในการนำไปประยุกต์ใช้งาน และจากงานวิจัยของขนิษฐ์ มาคุ้ม (2549) พบว่าการปรับปรุงผิวไม้ไผ่ด้วยการเคลือบกาวอีพ็อกซี่ สามารถเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่กับคอนกรีตได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับแลคเกอร์และสีย้อมไม้

ดังนั้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน และคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ทั้งลำนี้จึงเหมาะสำหรับ การก่อสร้างที่เป็นโครงสร้างชั่วคราวขนาดเล็ก ซึ่งไม่เผชิญกับสภาพแสดล้อมที่รุนแรงมากนัก เช่น บ้านชั้นเดียว ถนนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และโครงสร้างบริเวณที่ติดกับทะเล เพื่อจะได้ไม่มีปัญหาการเกิดสนิมที่จะเกิดขึ้น แต่ควรทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง และเกิดประโยชน์ต่อไป

5.สรุปผล

5.1 สรุปผล

1. ไม้ไผ่รวก ที่มีอายุประมาณ 2-4 ปี มีกำลังดึงเฉลี่ยของไม้ไผ่เท่ากับ 1,355 กก./ซม.^{2} และโมดูลัสยืดหยุ่นเฉยเท่ากับ 62,751 กก./ซม.^{2}
2. กำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่ที่ทำการเคลือบผิวด้วยซัน มีค่าอยู่ที่ 7.82-8.81 กก./ซม.^{2} และเมื่อเปรียบเทียบกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่ที่บั้งกับไม่บั้ง พบว่าส่งผลต่อกำลังยึดเหนี่ยวน้อยมาก ซึ่ง

แสดงว่าการทำลายบั้งไม้ไผ่ไม่ช่วยให้กำลังยึดเหนี่ยวเพิ่มสูงขึ้น จึงต้องหาวัสดุที่จะนำมาเคลือบผิวไม้ไผ่ใหม่แทน เช่น การเคลือบอีพ็อกซี่

3. การรับการดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยชัน มี ผลการทดสอบโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจริง ต่ำกว่าโมเมนต์ที่คำนวณจากทฤษฎีอยู่มาก ซึ่งเกิดจากการที่กำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่และคอนกรีตไม่เพียงพอส่งผลให้ไม้ไผ่ที่ใช้เสริมในคอนกรีตยังไม่ได้รับกำลังดึงที่สูงสุดตามทฤษฎีที่คำนวณทำให้คานไม่ได้วิบัติจากโมเมนต์ที่กระทำสูงสุด จึงจำเป็นต้องหาวิธีหรือแนวทางการเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวให้มากขึ้น จะทำให้ผลการทดสอบที่ได้ถูกต้องตามทฤษฎี

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากเกิดการรูดของไม้ไผ่ออกจากคอนกรีตจึงควรนำไปปรับปรุงกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่กับคอนกรีต โดยการเคลือบ epoxy เพื่อช่วยกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่และคอนกรีต หรือใช้ไม้ไผ่ลำเล็กๆหรือแบบผ่าซีกเล็กๆ เสียบทะลุบริเวณปลายทั้ง 2 ด้าน เพื่อช่วยการยึดรั้งที่บริเวณปลายไม้ไผ่ ของลำไม้ไผ่กับคอนกรีต
2. ควรศึกษาผลกระทบของการเลือกใช้วัสดุในการปรับปรุงกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่กับคอนกรีต โดยการประมวลผลการศึกษาต่างๆ ที่ผ่านมาจากงานวิจัยของนิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ควรศึกษาแนวทางในการควบคุมคุณภาพไม้ไผ่ที่นำมาใช้เสริมในคอนกรีต ควรนำมาจากแหล่งเดียวกัน และเลือกที่มีอายุใกล้เคียงกัน ประมาณ 2-4 ปี เพราะว่าถ้ามาจากต่างที่กัน ถึงแม้จะเป็นชนิดเดียวกัน ก็จะเกิดค่าคลาดเคลื่อนขณะทำการทดลองมากตามไปด้วย