พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่รับการดัด

CONCRETE SLAB REINFORCED WITH EPOXY COATED BAMBOO SUBJECTED TO BENDING

นายศุภกฤษฎิ์ สดใส

นายอดิศักดิ์ ช่องบุญ

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

โครงงานทางวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา ปีการศึกษา 2556

CONCRETE SLAB REINFORCED WITH EPOXY COATED BAMBOO SUBJECTED TO BENDING

Mr.Suppakit Sodsai

Mr.Adisak Chongboon

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

An Engineering Project Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for the Degree of Bachelor of Engineering

Department of Civil Engineering

Burapha University 2013

หัวข้อโครงงาน	พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่รับการดัด
โดย	นายศุภกฤษฎิ์ สดใส
	นายอดิศักดิ์ ช่องบุญ
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์เอนก ชมวงษ์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติโครงงานทางวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

..... หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

(อาจารย์ ดร.พัทรพงษ์ อาสนจินดา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์เอนก ชมวงษ์)

คณะกรรมการสอบโครงงาน

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์เอนก ชมวงษ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ รัสมีมาสเมือง)

..... กรรมการ

(ดร.ปิยะฉัตร ฉัตรตันใจ)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการรับกำลังดัดของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ โดยใช้ไม้ไผ่ป่าซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นแทนการใช้เหล็กเสริม และทำการปรับปรุงคุณสมบัติการยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่กับคอนกรีต โดยใช้วิธีการเคลือบผิวไม้ไผ่ด้วยอีพ็อกซี่ 3 ชนิด คือ อีพ็อกซี่ธรรมดา, อีพ็อกซี่พ่นทราย และอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก ซึ่งคอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยคอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัย 180 กก./ซม.^{2} , 240 กก./ซม.^{2} และ 280 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ จำนวนตัวอย่างแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ขนาด 60x150x15 ซม. สำหรับคอนกรีตกำลังอัดประลัย 180 กก./ซม.^{2} และ 240 กก./ซม.^{2} อย่างละ 5 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต พบว่าค่าเฉลี่ยของกำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 16.26 กก./ซม.^{2} ส่วนการทดสอบกำลังดัดของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งใช้กำลังอัดประลัยของคอนกรีตเท่ากับ 240 กก./ซม.^{2} ให้ค่าเฉลี่ยของโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ 775.27 กก.-ม. ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎีร้อยละ 16.49 ส่วนผลการทดสอบของแผ่นพื้นกรณีใช้กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 180 กก./ซม.^{2} ให้ค่าเฉลี่ยของโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ 628.07 กก.-ม. ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎีร้อยละ 8.03

คำสำคัญ : พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่, คุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่, หน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Abstract

The aim of this project is to study flexural strength of bamboo-reinforced concrete slabs; using local wild bamboo (Bambusa bambos (L.) Voss) as reinforcement instead of steel reinforcement. To improve bonding strength between bamboo and concrete by using 3 types of epoxy-coatings consists of ordinary epoxy; epoxy with sand grain sprayed; epoxy with steel-powder sprayed .Using concrete strengths of 180 ksc; 240 ksc; and 280 ksc respectively. And the 10 bamboo-reinforced concrete test slabs with concrete of 60 x150x15 cm. strengths of 180 ksc and 240 ksc for 5 specimens each.

From the tests revealed that the bonding tests the bamboo with epoxy with sand grain sprayed yielded the maximum average bonding strength of 16.26 ksc. And the flexural tests of 5 bamboo-reinforced concrete slabs with concrete strengths of 240 ksc yielded the average maximum flexural strength of 775.27 kg-m. Which less than the calculated value by 16.49 percents. And the other 5 specimens with concrete strengths of 180 ksc yielded the average value of 628.07 kg-m. which is less than the calculated value by 8.03 percents.

Keywords : Bamboo reinforced concrete epoxy coatings; Mechanical properties of bamboo; Bonding strengths between bamboo and concrete.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานทางวิศวกรรมฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากคณาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณคณาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน และอาจารย์เอนก ชมวงษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาได้สละเวลาช่วยเหลือให้คำ ปรึกษา และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับโครงงานเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธรรมนูญ รัสมีมาสเมือง และดร.ปิยฉัตร ฉัตรตันใจ ซึ่งได้เป็นกรรมการในโครงงานนี้ และ คุณยิ่งใหญ่ สามารถ ที่คอยช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำโครงงาน

นอกจากนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำโครงงาน ตลอดจนเพื่อนๆ และครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจ และช่วยเหลือในการทำโครงงานตลอดมา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฌ
สารบัญสัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไม้ไผ่	4
2.2 การเลือกใช้ไม้ไผ่เพื่อใช้เสริมในคอนกรีต	7
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายของไม้ไผ่	7
2.3.1 ความชื้นในไม้ไผ่	8
2.3.2 เชื้อราทำลายไม้ไผ่	8
2.3.3 แมลงทำลายไม้ไผ่	10
2.4 การถนอมรักษาไม้ไผ่	11
2.4.1 การถนอมรักษาไม้ไผ่ด้วยวิธีธรรมชาติ	11
2.4.2 การถนอมรักษาไม้ไผ่ด้วยวิธีเคมี	12
2.4.3 การทำให้ไม้ไผ่แห้ง	14
2.4.4 การเคลือบผิวไม้ไผ่	15

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5 อีพ็อกซี่	15
2.6 คอนกรีต	16
2.7 ทฤษฎีคอนกรีตเสริมเหล็ก	17
2.7.1 การวิเคราะห์และคำนวณออกแบบพื้น โดยวิธีกำลัง	17
2.7.2 การออกแบบพื้นที่เหล็กเสริมรับแรงดึง	18
2.7.3 เหล็กเสริมที่มากที่สุด	20
2.7.4 เหล็กเสริมที่น้อยที่สุด	20
2.8 การคำนวณหาคุณสมบัติทางกล	21
2.8.1 การหาหน่วยแรงดึงของไม้ไผ่	21
2.8.2 การหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่	21
2.8.3 การหาหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต	21
2.8.4 การหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่	22
2.9 งานวิจัยผลกระทบของเชื้อรา และวิธีป้องกัน	22
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวกับคอนกรีตเสริมไม้ไผ่	23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	
3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	28
3.1.1 ไม้ไผ่	28
3.1.2 คอนกรีต	29
3.1.3 สารเคมีและวัสดุผสมเพิ่มเพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของไม้ไผ่	29
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ	30
3.3 ตารางออกแบบส่วนผสมคอนกรีต	31

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4 การเตรียมวัสดุที่ใช้การทดสอบ 31

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างไม้ไผ่ 31

3.4.2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ 31

3.4.3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับหาโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ป่า 32

3.4.4 การเตรียมตัวอย่างสำหรับหากำลังอัดของคอนกรีต 32

3.4.5 การเตรียมตัวอย่างสำหรับหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ 33

3.4.6 การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบพื้นคอนกรีต 34

3.5 การทดสอบวัสดุ 35

3.5.1 การทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ 35

3.5.2 การทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ 36

3.5.3 การทดสอบหาโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ 36

3.5.4 การทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต 36

3.5.5 การทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ 37

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุ 40

4.1.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ 40

4.1.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ 41

4.1.3 ผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ 41

4.1.4 ผลการทดสอบหากำลังอัดประลัยของคอนกรีต 43

4.2 ผลการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย 44

4.2.1 การวิบัติของพื้นคอนกรีต 44

4.2.2 พฤติกรรมของพื้นคอนกรีต 46

4.3 ค่าคูณลดกำลัง 48

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบวัสดุ 49

5.1.1 สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ 49

5.1.2 สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ 51

5.1.3 สรุปผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ 51

5.1.4 สรุปผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีต
กับไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่ 53

5.1.5 สรุปผลการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต 54

5.2 สรุปผลการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ 54

5.2.1 พฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ 54

5.2.2 การนำไปใช้งาน 55

5.2.3 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ 55

5.3 ข้อเสนอแนะจากการทดลอง 56

บรรณานุกรม 58

ภาคผนวก ก ตารางบันทึกผลการทดลอง 59

ภาคผนวก ข รูปและกราฟแสดงผลการทดลอง 74

ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณ 80

ประวัติผู้แต่ง

บทความ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

หน้า

3.1 การออกแบบส่วนผสมกำลังอัดคอนกรีต 31

3.2 ตัวอย่างทดสอบไม้ไผ่ 32

3.3 จำนวนตัวอย่างหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ 34

3.4 จำนวนตัวอย่างแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ 35

ก-1 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงไม้ไผ่ 59

ก-2 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตรา sika 62

ก-3 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตรา จระเข้ 63

ก-4 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตรา Dr.fixit 64

ก-5 แสดงผลการทดสอบหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่
ที่คอนกรีตกำลังอัด 180 ksc 65

ก-6 แสดงผลการทดสอบหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่
ที่คอนกรีตกำลังอัด 240 ksc 66

ก-7 แสดงผลการทดสอบหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่
ที่คอนกรีตกำลังอัด 280 ksc 67

ก-8 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่,ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย
และไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็กที่คอนกรีตกำลังอัด 180 ksc 68

ก-9 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่,ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย
และไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็กที่คอนกรีตกำลังอัด 240 ksc 69

ก-10 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่,ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย
และไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็กที่คอนกรีตกำลังอัด 280 ksc 70

ก-11 แสดงผลการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต 71

ก-12 แสดงผลการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ 72

ก-13 แสดงการเปรียบเทียบโมเมนต์ดัดเริ่มแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ 73

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป

หน้า

2.1 ไม้ไผ่ป่า 6

2.2 การแผ่กระจายของหน่วยแรง 18

3.1 ไม้ไผ่ป่า 28

3.2 ชนิดของอีพ็อกซี่ 29

3.3 ตัวอย่างไม้ไผ่สำหรับหากำลังรับแรงดึง 32

3.4 ตัวอย่างสำหรับทดสอบหากำลังของคอนกรีต 33

3.5 ตัวอย่างไม้ไผ่สำหรับหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยว 33

3.6 แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ 34

3.7 การทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ 35

3.8 การทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ 36

3.9 การทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต 37

3.10 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ 38

3.11 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นบนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ 38

3.12 โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ 38

4.1 การวิบัติของไม้ไผ่ 40

4.2 กราฟแสดงหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่, คอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย และคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก ที่อายุคอนกรีต 28 วัน 42

4.3 แผนภูมิแสดงค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตอายุ 28 วัน 43

4.4 การแตกของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายจากผิวด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน 45

4.5 การวิบัติของไม้ไผ่เสริมในพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย 45

4.6 การทดสอบพื้น 46

4.7 เปรียบเทียบกำลังรับแรงดัดสูงสุดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ 180 ksc 47

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

4.8 เปรียบเทียบกำลังรับแรงดัดสูงสุดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ 240 ksc 47
4.9 กราฟแสดงกำลังรับแรงดึงที่ความแปรปรวนที่ 15% 48
5.1 วิบัติบริเวณที่จับยึดของเครื่อง UTM ก่อนจะวิบัติบริเวณรอยคอด 49
5.2 วิบัติที่บริเวณตรงกลางรอยคอด โดยไม้ไผ่จะแตกตามแนวขนานเสี้ยน 50
5.3 วิบัติบริเวณรอยต่อระหว่างที่จับยึดของเครื่อง UTM กับรอยคอด 50
5.4 ไม้ไผ่รูดออกจากคอนกรีต 52
5.5 ไม้ไผ่วิบัติบริเวณที่จับยึดของเครื่อง UTM ก่อนเกิดการรูดออกจากคอนกรีต 52
ข-1 ตัวอย่างชิ้นไม้ไผ่ก่อนนำไปทดสอบหากำลังรับแรงดึง 74
ข-2 การดึงไม้ไผ่เพื่อหากำลังรับแรงดึง 74
ข-3 การทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ 75
ข-4 ตัวอย่างชิ้นไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ก่อนนำไปทดสอบหากำลังรับแรงดึง 75
ข-5 ชิ้นไม้ไผ่ที่จะนำไปปรับปรุงผิวและเสริมในพื้นคอนกรีต 76
ข-6 โครงไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ที่นำไปเสริมในพื้นคอนกรีตและการเทแผ่นพื้นคอนกรีต 76
ข-7 การบ่มแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ 77
ข-8 การทดสอบ Strain Gauge ที่ฝังอยู่ในพื้นคอนกรีต 77
ข-9 การติดตั้งเครื่องทดสอบแผ่นพื้น 78
ข-10 การติดตั้ง Displacement Transducer 78
ข-11 วิธีการใช้เครื่อง Data Logger ขณะทำการทดสอบ 79
ข-12 ลักษณะการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ 79

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญสัญลักษณ์

A	=	พื้นที่รับแรงดึงของตัวอย่างไม้ไผ่
A_c	=	พื้นที่รับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีต
a	=	ความลึกของกล่องความเค้นอัด
C_{max}	=	แรงอัดสูงสุด
c	=	ระยะระหว่างขอบบนของคอนกรีตถึงแกนสะเทิน
d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งคอนกรีต
E_b	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่
f_b	=	หน่วยแรงดึงของไม้ไผ่
$f'c$	=	หน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต
jd	=	ระยะระหว่างแรงอัด (C) และแรงดึง (T)
k1	=	ตัวคูณลดกำลัง 0.85 สำหรับคอนกรีตกำลังอัดประลัยเท่ากับหรือน้อยกว่า 280 ksc
ΔL	=	ระยะยืดของไม้ไผ่
l	=	ความยาวของแท่งคอนกรีต
M_{cr}	=	กำลังรับโมเมนต์ดัดที่สภาวะหน้าตัดเริ่มแตกร้าว
P	=	แรงผ่าประลัย
T	=	แรงดึง
T_c	=	กำลังรับแรงดึงของคอนกรีต
T_{max}	=	แรงดึงสูงสุดที่ทำให้ไมไผ่หลุดออกจากคอนกรีต
u	=	หน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่
ε_b	=	ความเครียดของไม้ไผ่
ε_{by}	=	ความเครียดของไม้ไผ่ที่จุดคราก
$\sum_0$	=	เส้นรอบรูปของไม้ไผ่
φ_b	=	ตัวคูณลดกำลัง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

พื้นคอนกรีตในปัจจุบันมีหลายรูปแบบ เช่น พื้นทางเดียว พื้นสองทาง พื้นวางบนดิน พื้นไร้คาน พื้นPost tension เป็นต้น ซึ่งพื้นแต่ละประเภทก็จะใช้ในงานที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับการออกแบบ และความเหมาะสมของงาน แต่พื้นทุกประเภทจะต้องมีการใส่เหล็กเสริมด้านในเพื่อใช้รับแรงดึง เนื่องจากคอนกรีตมีคุณสมบัติในด้านการรับแรงดึงเพียง 10% ของแรงอัดเท่านั้น

สำหรับโครงสร้างที่มีขนาดเล็กและรับน้ำหนักน้อยสามารถลดต้นทุนในการก่อสร้างได้โดยใช้วัสดุอื่นๆมาใช้แทนเหล็กเสริมได้ ซึ่งวัสดุที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเหล็กและสามารถใช้แทนเหล็กเสริมได้คือไม้ไผ่ เนื่องจากไม้ไผ่มีคุณสมบัติในด้านการรับแรงดึงได้ดี จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการเสริมในคอนกรีตแทนการเสริมเหล็ก อีกทั้งไม้ไผ่ยังเป็นวัสดุตามธรรมชาติที่พบได้ทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งข้อดีของไม้ไผ่มีคือไม่เกิดปัญหาเรื่องการกัดกร่อนของคลอไรด์ และการเกิดสนิม แต่ไม้ไผ่จะมีข้อเสียเมื่อเทียบกับเหล็ก คือไม้ไผ่จะมีปัญหาเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ การเปลี่ยนแปลงปริมาตร(การหดตัว) ตลอดจนการผุพังของไม้ไผ่ ซึ่งในการทดสอบนี้จะเป็นการทดลองใช้อีพ็อกซี่เคลือบผิวไม้ไผ่ เพื่อช่วยเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต และป้องกันการสูญเสียน้ำของไม้

แต่อย่างไรก็ตาม ข้อสำคัญของการนำไม้ไผ่มาใช้แทนเหล็กเสริมในคอนกรีตนั้นจะต้องใช้ในโครงสร้างที่มีขนาดเล็ก และรับน้ำหนักไม่มาก หรือใช้ในสถานที่ที่มีโอกาสเกิดการกัดกร่อนสูง เช่น บริเวณชายทะเล บริเวณที่มีดินเค็ม เป็นต้น ซึ่งถ้าได้ทำการศึกษาอย่างจริงจังเพื่อที่จะนำไม้ไผ่มาใช้เสริมแทนเหล็กในคอนกรีตแล้ว อาจทำให้ประหยัดงบประมาณในการซื้อเหล็ก และยังช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้างได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่ในด้านกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่ และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้ไผ่

1.2.2 เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาคุณสมบัติของคอนกรีต ในด้านกำลังอัดของคอนกรีต และกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ โดยใช้อีพ็อกซี่เป็นวัสดุประสานระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ และศึกษาการเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างผิวอีพ็อกซี่กับเนื้อคอนกรีตด้วยวัสดุต่อไปนี้

- อีพ็อกซี่
- อีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก
- อีพ็อกซี่พ่นทราย

1.2.3 ศึกษากำลังรับแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่โดยใช้อีพ็อกซี่เป็นวัสดุประสานระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่

1.3.2 ศึกษาและเปรียบเทียบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ และไม้ไผ่ที่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่

1.3.3 ทำการศึกษาและออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่ ในรูปของพื้นทางเดียว (One-Way Slab) และทำการทดสอบหากำลังรับแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่

1.3.4 พิจารณาความเป็นไปได้ในการนำมาประยุกต์ใช้ เช่น พื้นคอนกรีตบริเวณชายทะเล หรือพื้นคอนกรีตบริเวณที่มีดินเค็ม หรือโครงสร้างที่รับน้ำหนักไม่มาก เป็นต้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการหาแนวทาง และความเป็นไปได้ในการนำมาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างจริงที่รับน้ำหนักไม่มากนัก

1.4.2 ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติการยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่ที่เคลือบผิวด้วยกาวอีพ็อกซี่ กับคอนกรีต

1.4.3 ไม้ไผ่เป็นวัสดุตามธรรมชาติซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กแล้ว ย่อมมีความสามารถในการรับแรงได้ไม่ดีเท่ากับเหล็ก แต่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานที่รับน้ำหนักไม่มาก เช่น พื้นลานกีฬา เป็นต้น

1.4.4 เพื่อให้ได้มีการศึกษาพัฒนานำไม้ไผ่ไปใช้ในส่วนประกอบอื่นๆ ต่อไป เช่นโครงสร้างที่ทนต่อการกัดกร่อนของคลอไรด์ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แผนการดำเนินงาน

ลำดับ	แผนรายละเอียด	ปี 2556							ปี 2557				
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.	ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง												
2.	กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำโครงงาน												
3.	ศึกษารายละเอียดของเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง												
4.	ปฏิบัติการทดลอง												
	-ศึกษาคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่												
	-ทดสอบการรับแรงดึงของไม้ไผ่และไผ่ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่												
	-ทดสอบหากำลังของคอนกรีตทรงกระบอก												
	-ทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่												
5.	วิเคราะห์ผลการทดลอง												
6.	สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง												
7.	จัดทำรายงานและนำเสนอโครงการ												

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไม้ไผ่

ไม้ไผ่

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

ลักษณะโดยทั่วไปของไม้ไผ่

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

1.ไผ่ตง นิยมปลูกกันในภาคกลางโดยเฉพาะที่จังหวัดปราจีนบุรีปลูกกันมาก เป็นไผ่ขนาดใหญ่ ลำต้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6-12 เซนติเมตร ไม่มีหนามปล้องยาวประมาณ 20 เซนติเมตร โคนต้นมีลายขาวสลับเทา มีขนเล็ก ๆ อยู่ทั่วไปของลำ มีหลายพันธุ์ เช่นไผ่ตงหม้อ ไผ่ตงดำ ไผ่ตงเขียว ไผ่ตงหนู เป็นต้น หน่อใช้รับประทานได้ ลำต้นใช้สร้างอาคาร เช่น เป็นเสา โครง

หลังคา เพราะแข็งแรงดี ไผ่ตงมีต้นกำเนิดจากประเทศจีนชาวจีนนำมาปลูกในประเทศไทยประมาณปี พ.ศ. 2450 ปลูกครั้งแรกที่ตำบลพระราม จังหวัดปราจีนบุรี

2.ไผ่สีสุก ไผ่ชนิดนี้มีอยู่ทั่วไปและมีมากในภาคกลางและภาคใต้ลำต้นเขียวสดเป็นไผ่ขนาดสูงใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นประมาณ 7-10 เซนติเมตรปล้องยาวประมาณ 4-10 เซนติเมตร บริเวณข้อมีกิ่งเหมือนหนาม ลำต้นเนื้อหนา ทนทานดี ใช้ทำนั่งร้านในการก่อสร้าง เช่น นั่งร้านทาสี นั่งร้านฉาบปูน

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

4.ไผ่ป่าหรือไผ่หนาม มีทั่วทุกภาคของประเทศต้นแก่มีสีเขียวเหลือง เป็นไผ่ขนาดใหญ่ มีหนามและแขนง ปล้องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 -15 เซนติเมตร ใช้ทำโครงบ้าน ใช้ทำนั่งร้าน

5.ไผ่ดำหรือไผ่ตาดำ มีในป่าทึบแถบจังหวัดกาญจนบุรีและจันทบุรี ลำต้นสีเขียวแก่ค่อนข้างดำ ไม่มีหนาม ขนาดเส้นผ่านเส้นศูนย์กลางของปล้องประมาณ 7-10 เซนติเมตรปล้องยาว 30-40 เซนติเมตร เนื้อหนา ลำต้นสูง 10-12 เมตร เหมาะจะใช้ในการก่อสร้าง จักสาน

6.ไผ่เฮียะ 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 มีมากทางจังหวัดกาญจนบุรี ลำต้นเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.7 เซนติเมตร สูงประมาณ 5-10 เมตร ลักษณะเป็นกอ ลำต้นใช้ทำรั้ว ทำเยื่อกระดาษ

8.ไผ่นวล มีทางภาคเหนือ สูง 10-25 เมตร เกิดลำห่างๆ เส้นผ่าศูนย์กลางลำ 5-12 ซม. ปล้องยาว 20-40 เซนติเมตร ลำหนา 0.5-1 เซนติเมตร ลำอ่อนมีไขสีขาวปกคลุมตลอดลำ แต่ละข้อมี 3-7 กิ่ง กิ่งเด่น 1 กิ่ง ข้อล่างๆของลำโดยทั่วไปไม่มีรากอากาศ แผ่นใบ รูปแถบแกมรูปใบหอก กว้าง 0.8-2 เซนติเมตร ยาว 5-20 เซนติเมตร กาบหุ้มลำสีเหลืองอมส้มหรือสีส้ม มีไขและขนปกคลุมใบยอดกาบรูปใบหอกแคบสีน้ำตาลอมม่วง กางออกถึงพับลง ลิ้นกาบเป็นแถบ ขอบจักซี่ฟัน หูกาบ จีบพับเป็นคลื่น มีขนยาวปกคลุม ลำต้นใช้ทำเฟอร์นิเจอร์,เครื่องจักรสาน,ไม้ระแนง,ทำโรงเรือนเป็นวัตถุดิบหลักใช้ผลิตก้านธูป,ไม้จิ้มฟัน,ตะเกียบ,ไม้เสียบลูกชิ้น เป็นต้น

สำหรับไม้ไผ่ที่ใช้ในการทำโครงงานนี้เป็นไผ่ป่า สาเหตุที่ได้เลือกนำมาใช้ก็คือ มีความแข็งแรง รับแรงดึงได้ดี และมีขายในเขตพื้นที่ สะดวกต่อการใช้งาน

รูปที่ 2.1 ไม้ไผ่ป่า

ชื่อ : ไผ่ป่า

ชื่อพฤกษศาสตร์ : Bambusa bambos (L.) Voss

วงศ์ : POACEAE (GRAMINEAE)

ชื่ออื่นๆ : ไผ่หนาม, (ภาคกลาง), ซางหนาม, ชาน (ภาคเหนือ), ชารอง (นครพนม), ทะงาน, ชอง (ตราด), ไผ่รวก (กาญจนบุรี), วาคะยู (กะเหรี่ยง), ระไซ (เขมร สุรินทร์)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่น่าสังเกต

ไผ่ป่า เป็นไผ่ขนาดใหญ่ กอแน่น มีหนาม และมีแขนงรกแน่น โดยเฉพาะตรงบริเวณโคนลำ สูงประมาณ 10-24 เซนติเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15-18 เซนติเมตร ปล้องยาวประมาณ 20-40 เซนติเมตร เนื้อหนา 1-5 เซนติเมตร ลำอ่อนมีสีเขียว ลำแก่จะมีสีเขียวเหลือง กาบหุ้มลำลักษณะแข็งเหมือนหนัง ร่วงหลุดได้ง่าย ยาว 30-40 เซนติเมตร กว้าง 20-30 เซนติเมตร ตอนปลายกลม ขอบเรียบและมีขนสีทอง ลำใหญ่กว้าง กระจับกาบหุ้มลำแคบ ใบยอดกาบเป็นรูปสามเหลี่ยม

ใบ ปลายใบเรียวแหลม โคนใบป้าน ท้องใบมีขน เส้นกลางใบข้างบนแบน ก้านใบสั้น 0.5 เซนติเมตร ครีบใบเล็ก ขอบใบมีหนามเล็กๆ กาบใบแคบไม่มีขนนอกจากขอบจะมีขนอ่อน

ดอก จะออกดอกเป็นกลุ่ม(Gregariour flowering)ไม้ไผ่ที่ออกดอกประเภทนี้ จะออกดอกพร้อมๆ กัน ครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง

หน่อ หน่อใต้ดินรับประทานได้เหมือนหน่อไผ่ซาง หน่อขึ้นมาพ้นดินนิยมนำไปทำหน่อไม้ดอง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2 การเลือกใช้ไม้ไผ่เพื่อใช้เสริมในคอนกรีต

1) เลือกไม้ไผ่แตกกอแข็งแรง มีอายุระหว่าง 2-4 ปี โดยปกติไม้ไผ่จะแก่เต็มที่เมื่ออายุประมาณ 3 ปี

2) เลือกลำต้นที่ตรง ไม่คดงอ

3) ไม่เลือกไม้ที่มีตำหนิ เนื่องจากโดนมอดกัดกิน (ถ้ามีมอดจะมองเห็นที่ข้อต่อ)

4) หลีกเลี่ยงใช้ไม้ไผ่ที่แตก

5) เลือกใช้ไม้ไผ่ที่มีขนาดความหนาเท่าๆกัน

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายของไม้ไผ่

การนำไม่ไผ่มาใช้ประโยชน์ มักประสบปัญหาด้านแมลงและเชื้อราทำลายไม้เนื่องจากไม้ไผ่มีปริมาณแป้งและน้ำตาลค่อนข้างสูง ปริมาณแป้งในลำเป็นอาหารอันโอชะของแมลง การป้องกันรักษาไม้ไผ่จึงเป็นสิ่งจำเป็นซึ่งได้มีการคิดค้นหาวิธีป้องกันรักษาไม้ไผ่สารพัดวิธี บางวิธีก็ทำกันมาตั้งแต่โบราณเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งสามารถป้องกันแมลงได้ในระดับหนึ่ง บางวิธีทำกันโดยขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องเกี่ยวกับสารเคมีที่ใช้ป้องกันกำจัดแมลงและเห็ดราทำลายไม้ ดังนั้นการนำไม้ไผ่มาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการใช่สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลงและเชื่อราทำลายไม้รวมทั้งศัตรูทำลายไม้พอสมควร ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานของไม้ไผ่ให้นานขึ้น เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างประหยัด มีประสิทธิภาพ และเป็นการช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติอีกทางหนึ่งด้วยความทนทานตามธรรมชาติของไม้ไผ่ ไม้ไผ่เป็นที่มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำ มีอายุการใช่งานเพียงไม่กี่ปี เนื่องจากไม้ไผ่มีปริมาณแป้งมาก จึงเหมาะแก่การทำลายของแมลงและเชื้อราการทำลายเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ตัดฟันใหม่ๆ ภายในเวลา 24 ชม. ขณะผึ่งไม้ ช่วงเก็บรักษา และขณะใช้งาน ปัญหาจากศัตรูทำลายไม้จึงเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ถ้ามีความรู้เกี่ยวกับไม้ไผ่ ศัตรูของไม้ไผ่สาเหตุของการเข้าทำลาย วิธีป้องกันและการใช้สารเคมีอย่างถูกต้อง จะช่วยแก้ปัญหาการผุของไผ่ได้ ไม้ไผ่ที่ถูกแมลงเจาะเข้าไปหลังตัดฟันใหม่ๆ ทำให้ไม้ผุได้ในเวลา 3-6 เดือน แต่การผุที่เกิดจากเชื้อราทำลายไม้เป็นไปได้ช้ากว่า แม้ว่าจะเข้าทำลายในเวลาไล่เลี่ยกัน การทำลายที่รุนแรงขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มีความชื้นเป็นส่วนสำคัญ ไม้ไผ่ที่ไม่ได้ผ่านกรรมวิธีป้องกันรักษาเนื้อไม้ไผ่ มีอายุการใช้งานเมื่อใช้กลางแจ้งสัมผัสดิน 1-3 ปี ใช้ในร่มสัมผัสดิน 4-7 ปี ในสภาพแวดล้อมที่แห้งในร่มใช้ได้นานกว่า 15 ปี ใช้ในน้ำทะเลที่มีเพรียงทำลายไม้ไม่เกิน 1 ปี ไม้ไผ่ที่มีการจัดการที่ถูกต้องและผ่านกรรมวิธีป้องกันรักษาเนื้อไม้ ทำให้ไม้ไผ่มีความทนทานเพิ่มขึ้นใช้ได้นาน 15-25 ปี

2.3.1 ความชื้นในไม้ไผ่

ความชื้นในลำไผ่ขึ้นอยู่กับอายุ ชนิด ฤดูกาล พื้นที่ปลูก และความยาวของลำ ไผ่อายุ 1 ปีมีความชื้นในลำสูงมากกว่า 100 % ส่วนไผ่แก่มีประมาณ 60-90 % ส่วนโคนของลำมีความชื้นสูงกว่าปลาย ความชื้นในลำไผ่ที่ยังไม่ตัดออกจากกอประมาณ 70-140 % ความชื้นของไผ่มีความสำคัญต่อการเข้าทำลายของแมลงและเชื้อราอย่างยิ่งและมีความสำคัญต่อวิธีการป้องกันรักษาไม้ไผ่ที่ต้องการความชื้นในลำช่วยให้น้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ผ่านเข้าไปในลำไผ่ได้ดีขึ้น ไม้ไผ่มีความชื้น 15-20 % ไม่เหมาะกับการเจริญของเชื้อรา ถ้าสูงกว่า 20% เชื้อราจะเข้าทำลายได้ง่าย การนำไผ่อ่อนมาใช้ถ้าเป็นไผ่ที่มีแป้งมากกว่าความชื้นสูง เมื่อไม้แห้งลงจะเกิดการยุบตัวและแตกเป็นทาง ไม้ที่ผ่านการป้องกันรักษาเนื้อไม้โดยการแช่นานๆควรอบด้วยอุณหภูมิต่ำ การผึ่งไว้ในร่มให้ความชื้นค่อยๆ ระเหยออกไปจะทำให้แตกน้อยลง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่แตกต่างกันจะทำให้ไม้แตกมากขึ้น การผึ่งไม้ไผ่กลางแดดจัด ทำให้ไม้ไผ่แตกได้

2.3.2 เชื้อราทำลายไม้ไผ่

สาเหตุการผุของไม้ไผ่จากกการเข้าทำลายของเชื้อราทำลายไม้ คือ ความชื้นอากาศ (ออกซิเจน)อาหาร(แป้งและน้ำตาลในเนื้อไม้) และสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมทำให้เชื้อราทำลายไม้ที่มีอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งมีขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เจริญเติบโตบนผิวไม้และเนื้อไม้ได้ดี เชื้อราสามารถเข้าทำลายไม้ไผ่ได้ภายในเวลา 24 ชม.หลังจากตัดฟัน การใช้ไม้ไผ่โดยได้รับความชื้นหรือดูดซึมน้ำเป็นเวลานานๆทำให้ผุเปื่อยจากเชื้อรา ปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของเชื้อราโดยทั่วไปประมาณ 35-50 % แต่เชื้อราบางชนิดต้องการความชื้นสูงกว่านี้ ความชื้นของไม้ไผ่ที่เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ควรต่ำกว่า 20 % อากาศ(ออกซิเจน) มีส่วนสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราทำลายไม้ การแช่ไม้ไผ่ในน้ำจะทำให้ไม้ไผ่มีความชื้นในเนื้อไม้สูงและอากาศน้อย ทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ไม้ที่แช่น้ำตั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไปทำให้ปริมาณแป้งในเนื้อไม้ลดลง ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อการลดลงของการเกิดราเสียสีและการเข้าทำลายของแมลงอุณหภูมิและความชื้นมีความสัมพันธ์ต่อการดำรงชีวิตของเชื้อรา ความชื้นในอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราประมาณ 60-70 % และอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 23-32 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิ 3-39 องศาเซลเซียส เชื้อราบางชนิดก็สามารถมีชีวิตอยู่ได้เมื่อความชื้นต่ำเชื้อราจะยังมีชีวิตอยู่เติบโตได้น้อย ในสภาพอากาศที่ร้อนขึ้นสามารถเจริญเติบโตได้ดี แต่อุณหภูมิสูงเกินจะตาย เชื้อราสามารถเติบโตได้ในที่มืดแสงสว่างจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตต่อการสร้างดอกเห็ดของเชื้อราบางชนิด

ลักษณะและการทำลายไม้ของเชื้อรา

ราผิวไม้ (Mold) เป็นเชื้อราที่เจริญเติบโตบนผิวไม้ที่ชื้นเท่านั้น พอสังเกตได้จากสีของเชื้อราที่ขึ้นฟูบนไม้ ไม่เจริญเข้าไปในเนื้อไม้ จะสร้างสปอร์ขึ้นบนผิวไม้สีต่างๆ เช่น สีดำ สีเขียว และสีอื่นๆ ไม่มีผลต่อความแข็งแกร่งของไม้ แต่ทำให้ไม้สกปรก ไม้ไผ่ที่ไม่ได้เคลือบผิวไม้หรือเคลือบบางๆ และไม้ไผ่ที่แห้งแล้ว เก็บรักษาโดยอากาศถ่ายเทไม่ได้ สามารถดูดความชื้นในอากาศทำให้เชื้อราชนิดนี้เจริญได้บนผิวไม้ในสภาพที่อับและอากาศมีความชื้นการผึ่งแดด การอบหรือย่างด้วยความร้อน การรมควัน การลดความชื้นและระบายอากาศดีช่วยแก้ปัญหาได้ การเช็ดออก ไสออกหรือขัดออกทำได้ง่ายแต่ควรทำภายหลังจากการแก้ไขแล้วควรระวังเรื่องสปอร์ที่ฟุ้งกระจายจากการสัมผัสหรือหายใจ และล้างมือให้สะอาดทุกครั้งหลังจากการสัมผัสไม้ที่มีราขึ้นที่ผิวไม้ การทาเคลือบผิวไม้หลายๆชั้นสามารถป้องกันเชื้อราชนิดนี้ได้

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

ราผุอ่อน (Soft Rot) เข้าทำลายไม้ที่มีความชื้นสูงมากติดต่อกันนาน ส่วนมากเป็นไม้ที่ใช้งานในลักษณะที่สัมผัสกับน้ำหรือได้รับความชื้นอยู่เสมอ ไม้ที่ถูกทำลายเห็นไม่ชัด แต่เนื้อไม้อ่อนนุ่มลง ไม้ที่ผุเมื่อแห้งจะเปราะ ถ้าหักไม้จะหักออกได้โดยไม่มีเสี้ยน

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

ราผุสีน้ำตาล (Brown Rot) ทำลายไม้ที่ได้รับความชื้นอยู่เสมอ เช่นไม้ที่ใช้ภายนอกอาคาร รั้วไม้ เป็นต้น เนื้อไม้จะมีสีน้ำตาลเข้ม ยุบตัว และหักง่าย เมื่อมีการทำลายที่รุนแรง เนื้อไม้จะหักร่วนเป็นผงสีน้ำตาลเข้มไม้ที่ถูกเชื้อราทั้ง 3 ชนิดเข้าทำลายมักเกิดขึ้นกับไม้ไผ่ที่ใช้งานหรือเก็บรักษาไม่ถูกต้อง การเก็บไม่ไผ่ไว้นานๆกองทับถมกันไว้ ไม่มีการระบายอากาศที่ดี ทำให้ผุด้วยเชื้อราผุขาวและราผุสีน้ำตาล สิ่งก่อสร้างไม้ไผ่ไม่ควรสัมผัสดินหรือใช้ในสภาพที่มีความชื้นอยู่เสมอ

การเก็บรักษาไม้ไผ่ควรยกให้สูงจากพื้นดินไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร ไม้ที่ผุจนไม่สามารถใช้งานได้ ควรเผาทิ้งเพื่อป้องกันการแพร่ของเชื้อรา การป้องกันในระยะยาว ควรใช้สารเคมีที่สามารถป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อรา บ้านไม้ไผ่หรือโครงสร้างไม้ไผ่ ควรมีการออกแบบที่คำนึงถึงเรื่องความชื้น การระบายน้ำ และการถ่ายเทของอากาศ ควรดูแลรักษาขณะใช้งาน จะทำให้ใช้ประโยชน์ไม้ไผ่ได้นานขึ้น

2.3.3 แมลงทำลายไม้ไผ่

การเข้าทำลายของแมลงทำลายไม้ไผ่ ขึ้นอยู่กับปริมาณแป้งในไม้ไผ่และความชื้นของไม้ ขณะที่กำลังแห้ง ไม้ไผ่ที่ตัดมาภายใน 24 ชั่วโมง มอดเจาะเข้าไปวางไข่ได้ตามรอยตัดขวางของลำทั้งด้านโคนและปลาย เข้าตามรอยแผลที่ถูกมีดฟันเจาะเห็นเนื้อไม้มอดจะไม่เจาะที่ผิวลำโดยตรง เนื่องจากส่วนผิวมีซิลิก้าและไขอยู่มาก แมลงชอบเข้าทำลายไม้ไผ่ด้านในมากกว่าด้านนอก ส่วนผนังด้านนอกซึ่งมีไฟเบอร์มากกว่าจะพบแต่รูทางออกของแมลงเท่านั้น

การเข้าทำลายของแมลงในไผ่ทั่วไป จะพบว่าส่วนปลายถูกแมลงเข้าทำลายมากกว่าโคน เนื่องจากมีแป้งสะสมอยู่ที่ส่วนปลายมากกว่าส่วนโคน ไม้ไผ่ที่ยังไม่ได้ตัดออกจากกอ มีชีวิตอยู่และความชื้นสูงจะไม่ถูกทำลาย ไม้ไผ่ผ่าซีกมอดจะชอบมาก จึงควรอบหรือผึ่งแดดให้แห้งโดยเร็วหรือจุ่มสารเคมีป้องกันมอด ไม่ควรวางทับซ้อนกัน แมลงที่ชอบเข้าทำลายไม้ไผ่ได้แก่

- มอดไม้ไผ่แห้ง (Minthea Rugicollis และ Lyctus Spp) เป็นมอดไม้ไผ่ขนาดเล็กทำให้ไม้ที่ถูกทำลายเป็นรูขนาด 1-3 มิลลิเมตร อยู่ในวงศ์ Lyctidae ตัวแก่มีขนาด 2.0-6.0 มิลลิเมตร ลำตัวค่อนข้างแบนสีน้ำตาลพบในไม้ไผ่แห้ง เข้าทำลายขณะที่ไม้ไผ่กำลังแห้งและมีความชื้นต่ำกว่า 30% มอดชนิดนี้ต่างจากมอดไม้ไผ่อื่นๆเพราะจะไม่เจาะเข้าไปในเนื้อไม้แต่จะแทงอวัยวะวางไข่ในเซลล์ของไม้ ถ้าเซลล์ของเนื้อไม้เล็กกว่าอวัยวะวางไข่ จะวางไข่ไม่ได้ชอบวางวางไข่ในเนื้อไม้ผ่าซีก เป็นแมลงที่ชอบไม้แห้ง ดังนั้นไม้ไผ่ที่ถูกทำลายแล้วจึงทำลายต่อไปได้อีกจนผุมากขึ้น

- มอดไม้ไผ่ (Dinoderus Minutus) ความเสียหายของไม้ไผ่ที่เกิดจากแมลง ส่วนใหญ่เป็นมอดไม้ไผ่ วงศ์ bostrychidae ขนาดรูเจาะประมาณ 1.5 มิลลิเมตร เจาะไม้สดหรือไม้ที่กำลังแห้ง ระยะแรกพบรอยเจาะด้านโคนและปลายเพียงไม่กี่รู เป็นรูที่มอดเจาะเข้าไปวางไข่ เจาะบริเวณตาและตามรอยตัดของข้อ รอยแผล ในช่วงที่ไม้สดหลังจากตัดใหม่ๆ ภายใน 24 ชั่วโมง ควรฉีดพ่นหรือจุ่มสารเคมีกำจัดแมลง

2.4 การถนอมรักษาไม้ไผ่

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

2.4.1 การถนอมรักษาไม้ไผ่ด้วยวิธีธรรมชาติ

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

1) การแช่น้ำ

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

2) การใช้ความร้อนหรือการสกัดน้ำมันจากไม้ไผ่

มีลักษณะเช่นเดียวกับการนำไม้ไผ่ไปแช่น้ำ เพื่อทำลายสารประกอบในเนื้อไม้ไผ่ที่อาจเป็นแหล่งอาหารของแมลงและเชื้อราต่าง ๆ ได้ ทำให้เนื้อไม้แห้งและมีความแข็งแรงทนทานขึ้น น้ำมันของไม้ไผ่จะถูกสกัดออก ก่อนที่จะนำไปอาบน้ำยาป้องกันแมลง ฟอกขาว และย้อมสี ทั้งนี้เพื่อให้การอาบน้ำยาได้ผลจริง ๆ ยิ่งกว่านั้นจะได้ประโยชน์จากการสกัดน้ำมันจากไม้ไผ่ คือทำให้ไม้ไผ่แข็งแรงทนทาน ทำให้ผิวภายนอกสวยงามและยังเป็นการรักษาเนื้อไม้ไผ่ไม่ให้เสียหายจากแมลง และทำให้มีความแห้งมากขึ้น หรือเป็นการทำให้สารประกอบในเนื้อไม้ไผ่ที่จะเกิดการเน่าได้กลับกลายเป็นกลางไปเสีย ไม้ไผ่ที่ตัดมาแล้วก่อนนำมาสกัดน้ำมัน ควรตั้งพิงเอาโคนขึ้นข้างบนหรือวางกองบนร้านในที่ร่ม เพื่อป้องกันมิให้เหี่ยวแห้งเร็วเกินไป และควรผึ่งไว้ประมาณหนึ่งเดือนหลังจากที่ได้ตัดมาแล้ว จึงเอามาอาบน้ำยาเพื่อลบรอยจุดต่าง ๆ ที่ปรากฏบนผิวภายนอกของลำ การสกัดน้ำมันออกจากไม้ไผ่ สามารถทำได้ 2 วิธี คือให้ความร้อนด้วยไฟ และด้วยการต้ม หรือเรียกว่าวิธีแห้งและวิธีเปียก ไม้ไผ่ที่สกัดน้ำมันออกแล้วเรียกกันว่า "ไม้ไผ่สุก" มีประโยชน์ที่จะใช้ในการก่อสร้าง

และอุตสาหกรรมประเภทศิลปะ และเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกันไปตามวิธีการสกัดน้ำมัน วิธีให้ความร้อนด้วยไฟทำให้เนื้อไม้แข็งแรงและแกร่ง ส่วนการให้ความร้อนด้วยการต้มทำให้เนื้อไม้อ่อนนุ่ม ดังนั้นจะสกัดน้ำมันด้วยวิธีใดนั้น จึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานเป็นสำคัญซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- การสกัดน้ำมันด้วยไฟ วิธีนี้เอาไม้ไผ่เข้าปิ้งในเตาไฟ ซึ่งอาจจะใช้ถ่านไม้หรือถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงก็ได้ ระวังอย่าให้ไหม้ไฟ และรีบเช็ดน้ำมันที่เยิ้มออกมาจากผิวไม้ไผ่ทั้งหมด เพราะเมื่อเย็นลงแล้วจะเช็ดไม่ออก ส่วนอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนนั้นแตกต่างกันไปตามชนิดและความหนาของไม้ไผ่ แต่โดยทั่วไปแล้วใช้เวลาประมาณ 20 นาที และมีอุณหภูมิประมาณ120-130 องศาเซลเซียส การให้ความร้อนนั้น อาจกระทำซ้ำอีกครั้งได้เพื่อให้ความร้อนกระจายอย่างทั่วถึง เพราะการให้ความร้อนครั้งเดียวมาก ๆ อาจทำให้ไม้แตกได้

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

2.4.2 การถนอมรักษาไม้ไผ่ด้วยวิธีเคมี

เป็นการใช้สารเคมีอาบ หรืออัดเข้าไปในเนื้อไม้ไผ่ เป็นวิธีที่สามารถรักษาเนื้อไม้ให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าวิธีธรรมชาติ ซึ่งสามารถปฏิบัติได้ดังนี้คือ

1) การชุบ จุ่ม และทา

วิธีการเหล่านี้เป็นการป้องกันผิวนอกของไม้ไผ่ซึ่งเป็นการป้องกันชั่วคราวก่อนนำไปทำการป้องกันอย่างจริงจังอีกครั้ง หรือใช้กับไม้ไผ่ที่ใช้ในสถานที่ที่ไม่มีอันตรายจากแมลงมากนัก เช่น ทำของใช้ภายในบ้าน ก็สามารถรักษาเนื้อไม้ได้นานพอสมควร ตัวยาที่ใช้มีหลายชนิด เช่น ดีลดริน ร้อยละ 0.05 หรืออัลดริน ร้อยละ 0.15 ละลายในน้ำ จะสามารถรักษาเนื้อไม้ได้นานกว่า 1 ปี ดีดีที ร้อยละ 7 – 10 ละลายในน้ำมันก๊าด ก็สามารถใช้ได้ผลดีเช่นกัน ในการจุ่มนั้น ปกติจะใช้เวลาสั้น ๆ เพียงไม่กี่นาที ซึ่งดีกว่าวิธีพ่นที่สิ้นเปลืองน้อยกว่า ในเปอร์โตริโก ใช้ไม้ไผ่สดและไผ่แห้งจุ่มในน้ำยาดีดีทีความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมในน้ำมันก๊าดนานประมาณ 10 นาที จะป้องกันเนื้อไม้ได้นานถึง 1 ปี แต่ถ้าแช่ให้นานขึ้นจะสามารถทนทานได้นานถึง 2 – 2 ปีครึ่ง ส่วนในอินเดียวมีการใช้ตัว 3 สูตรเปรียบเทียบกัน คือ โซเดียมเพนตาคอลโรพิเนต ร้อยละ 1 ละลายน้ำบอแรกซ์ กรดบอริก

อัตราส่วน 1:1 ร้อยละ 2 ละลายน้ำ และแอลิคคิวปริก โครเมต (ACC) ร้อยละ 5 ละลายน้ำ ปรากฏว่าสูตรแรกสามารถกันมอดได้ดีที่สุดเรียงตามลำดับถึงสูตรที่สาม การแช่น้ำ ปกตินานเป็นชั่วโมงหรือเป็นวันขึ้นไป วิธีการนี้ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่มีข้อเสียคือเสียเวลานาน ไม้ไผ่สดถ้าแช่น้ำยาจะใช้เวลาประมาณ 5 สัปดาห์ในการดูดซึมน้ำยาซึ่งจะมากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ อายุ และความหนาของไม้ ถ้าเป็นไม้ที่ผ่าแล้ว จะลดเวลาลงได้ครึ่งหนึ่ง นอกจากนี้ การอุ่นน้ำยาให้ร้อนขึ้น การทุบข้อหรือการทะลวงปล้อง ก็ทำให้ลดเวลาในการแช่ลงได้เช่นกัน และจากการทดลอง ปรากฏว่าไม้สั้นน้ำยาจะเข้าทางปลายไม้ได้ดี ส่วนไม้ยาวการผ่าจะได้ผลดีกว่าไม้ที่ไม่ผ่า

2) การอัดน้ำยา

เป็นวิธีการรักษาเนื้อไม้ที่ดีที่สุด เนื่องจากตัวยาสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดีกว่าวิธีอื่น ซึ่งสามารถปฏิบัติได้หลายวิธีคือ

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

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

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

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

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

2.4.3 การทำให้ไม้ไผ่แห้ง

ในกรณีที่จะเก็บไม้ไผ่ในปริมาณมากมายรวมกันไว้ในที่แห่งเดียวกัน จะทำให้ไม้ไผ่และผลผลิตทั้งหมดน้อยที่สุด และไม้ไผ่ที่ตากแห้งสนิทดีภายหลังจากที่ต้มในน้ำร้อน 10 นาที จะทนไปได้นานหลายเท่าของไม้ไผ่ธรรมดาที่เก็บโดยไม่ต้ม การทำให้ไม้ไผ่แห้งมี 2 วิธี ดังนี้

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

2) การทำให้แห้งด้วยเครื่อง การตากไม้ไผ่ให้แห้งตามธรรมชาตินั้น ได้นิยมใช้กันมาอย่างกว้างขวางแล้ว แต่วิธีนี้ไม่สามารถควบคุมอัตราของน้ำที่มีอยู่ในเนื้อไม้ไผ่ให้แน่นอนได้ และหากไม้ไผ่มีเป็นจำนวนมากแล้วจำเป็นต้องทำให้แห้งด้วยเครื่องซึ่งทำงานได้ดีกว่าวิธีธรรมชาติ บางทีแม้จะผลิตได้จำนวนน้อย ก็จำเป็นต้องทำให้แห้งด้วยเครื่อง เนื่องจากเป็นกรรมวิธีบังคับเพื่อให้ได้ประโยชน์และคุณภาพไม้ไผ่เป็นพิเศษ

อย่างไรก็ดี การทำให้แห้งด้วยเครื่องนั้นจำเป็นต้องใช้เมื่อต้องการความสะดวกรวดเร็วซึ่งต้องเปลืองค่าใช้จ่ายมากดังนั้นวิธีนี้จึงไม่ได้นำมาใช้เสมอไป เว้นแต่เมื่อเห็นว่าคุ้มค่าทางเศรษฐกิจเมื่อต้องการให้แห้งทันใจในเวลาอันสั้น หรือต้องการให้ผลิตภัณฑ์นั้นแห้งสนิทดีจริง ๆ วิธีการทำให้แห้งนั้นอาจทำการอบไม้ไผ่ให้แห้งโดยการนำเข้าห้องอบ ให้ความร้อนต่ออากาศโดยใช้เปลวไฟหรือด้วยการเป่าลมร้อนเข้าไปในห้องอบ อีกวิธีหนึ่งคือทำให้แห้งด้วยเครื่องความร้อนสูงและทำให้มีความกดอากาศหรือทำให้แห้งด้วยวิธีสุญญากาศ

2.4.4 การเคลือบผิวไม้ไผ่

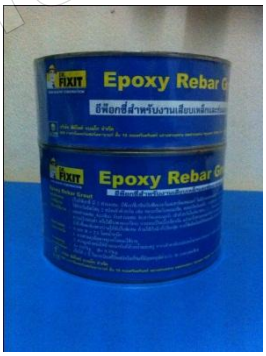
การเคลือบผิวไม้ไผ่เป็นการป้องกันความชื้นและแมลง โดยการใช้วัสดุที่สามารถกันน้ำหรือความชื้นได้ เช่น ยางรัก สีเคลือบ ชัน แลกเกอร์ น้ำมันวานิช แชลแล็ก เป็นต้น ใช้ทาลงบนผิวของไม้ไผ่ การเคลือบไม้นอกจากจะช่วยป้องกันความชื้นและแมลงแล้วยังช่วยป้องกันการดูดซึมหรือการสูญเสียน้ำของไม้ไผ่เมื่อใช้เสริมในคอนกรีต โดยจะช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไม้ไผ่ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการแตกร้าวในคอนกรีตได้ แต่ในการทำการทดลองนี้จะใช้อีพ๊อกซี่ (Epoxy) ในการเคลือบผิวไม้ไผ่

2.5 อีพ็อกซี่

กาวอีพ็อกซี่มีหลายชนิดให้เลือกใช้งานแล้วแต่ประเภทของงานและความเหมาะสม ซึ่งในการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบด้วยอีพ็อกซี่ จะใช้อีพ็อกซี่เป็นวัสดุประสานระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต โดยจะนำอีพ็อกซี่มาทดสอบประสิทธิภาพ และแรงยึดเหนี่ยวด้วยกัน 3 ยี่ห้อ ได้แก่

Sika

จระเข้



DR.FIXIT

ซึ่งหลังจากการทดลอบจะนำอีพ็อกซี่ยี่ห้อที่มีประสิทธิภาพสูงสุดมาใช้เป็นวัสดุประสานระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต โดยจะมีการเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวคือมีการใช้ทรายและผงเหล็กโรยบริเวณผิวของอีพ็อกซี่ และนำไปทดสอบหาอันที่มีแรงยึดเกาะดีที่สุดมาใช้ในการทำพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ และนำไปทดสอบกำลังต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

คุณสมบัติพิเศษของอีพ็อกซี่

- ใช้เป็นวัสดุประสานหรือเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวได้ดี
- ราคาประหยัด เหมาะสำหรับพื้นที่การใช้งานไม่หนัก สะดวกต่อการใช้งาน
- ไม่เกิดการหดตัวเมื่อแห้ง และมีความทนทานต่อสารกัดกร่อนสูง
- เคลือบทำความหนาได้ 300-600 ไมครอน

ความปลอดภัย

การใช้อีพ็อกซี่อาจเกิดอาการแพ้ต่อสารเพิ่มความแข็งที่เป็นส่วนผสมในการผลิตอีพอกซี่ นอกจากนี้ยังพบอาการหอบหืดเหมือนเช่นที่พบในคนที่แพ้พลาสติกสำหรับบิสฟีนอล-เอ ที่เป็นส่วนผสมหนึ่งในอีพ็อกซี่อาจทำให้เกิดอาการข้างเคียงของต่อมไร้ท่อได้

ความเป็นพิษ

ไอที่เกิดจากการทำให้วัสดุร้อนหรือฝุ่นผงที่เกิดจากการตัด เลื่อย อาจทำให้เกิดการระคายเคืองตาผิวหนัง และระบบหายใจ

- ตา : ตาแดง บวม มองเห็นไม่ชัด
- ผิวหนัง : อาจทำให้ผิวแห้ง แดง บวม คัน
- การสูดดม : ทำให้เกิดการไอ จาม ปวดศีรษะ เจ็บคอ
- การกลืน : ทำให้ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย

2.6 คอนกรีต

คอนกรีต เป็นวัสดุเปรียบเสมือน หินที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมาใช้เป็นงานโครงสร้างนำมาใช้เป็นวัสดุโครงสร้างได้ดีกว่าวัสดุอื่นๆ เพราะสามารถสร้างให้มีรูปร่างลักษณะและขนาดได้ตามต้องการ ไม่ต้องถูกจำกัดเหมือนวัสดุอื่น ซึ่งเนื้อคอนกรีตอาจแยกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ วัสดุผสมและซีเมนต์เพสท์ (Cement paste) และวัสดุผสม (Aggregates) ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ผสมเป็นคอนกรีต คอนกรีตที่ดีต้องมีคุณสมบัติในการรับแรงอัดได้ดี และวัสดุผสมต้องสะอาด ปราศจากสิ่งเจือปน เพื่อที่จะทำให้คอนกรีตสามารถรับแรงอัดได้ตามที่ต้องการคอนกรีตในโครงสร้างอาจแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

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

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

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

2.7 ทฤษฎีคอนกรีตเสริมเหล็ก

2.7.1 การวิเคราะห์และคำนวณออกแบบพื้นโดยวิธีกำลัง

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดสมมติฐานในการออกแบบไว้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ออกแบบโดยวิธีกำลังจะต้องสอดคล้องกับภาวะสมดุลและความเครียด
2. ให้สมมติความเครียดในเหล็กเสริมและคอนกรีตเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับระยะทางจากแกนสะเทิน ยกเว้นกรณีที่องค์อาคารรับแรงอัด ที่มีความลึกมาก
3. ให้สมมติความเครียดสูงสุดที่ขอบนอกสุดด้านรับแรงอัดของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 0.003
4. หน่วยแรงในเหล็กเสริมที่มีค่าต่ำกว่ากำลังคราก f_y ที่กำหนด หาจากผลคูณของ ε_u กับความเครียดของเหล็กเสริม สำหรับความเครียดที่มีค่ามากกว่าความเครียดคราก ให้ใช้หน่วยแรงในเหล็กเสริมที่มีค่าเท่ากับ f_y
5. ในการคำนวณหากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเสริมเหล็ก ต้องไม่คิดกำลังดึงของคอนกรีต
6. ความสันพันธ์ระหว่างการกระจายหน่วยแรงอัดของพื้นคอนกรีต กับความเครียดของคอนกรีต อาจสมมติให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมเพื่อสะดวกในการคำนวณออกแบบ
7. การกระจายหน่วยแรงของคอนกรีตเป็นรูปสี่เหลี่ยมต้องถือเกณฑ์ดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

7.1 ให้สมมติหน่วยแรงของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 0.85 f_c' กระจายตัวสม่ำเสมอทั่วบริเวณรับแรงอัดเทียบเท่าที่ลิอมรอบด้วยขอบหน้าตัดและเส้นตรงที่ขนานกับแกนสะเทิน ซึ่งมีระยะห่างจากขอบที่มีความเครียดอัดสูงเป็นระยะ a = β_1c

7.2 ให้วัดระยะ c จากขอบที่มีความเครียดอัดสูงสุดถึงแกนสะเทินในทิศทางตั้งฉากกับแนวสะเทินนั้น

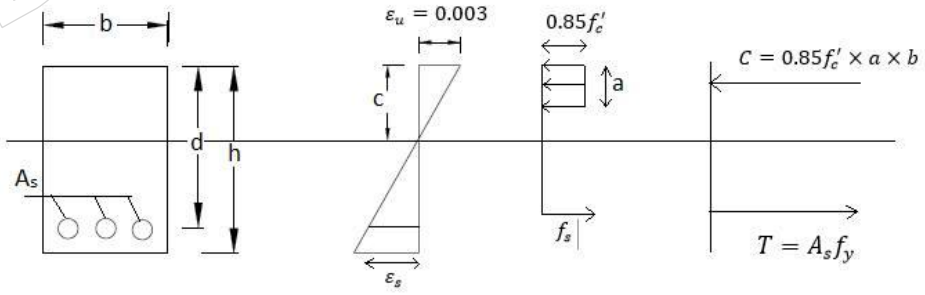
7.3 ให้หาค่าตัวประกอบ β_1 เท่ากับ 0.85 สำหรับคอนกรีต f_c' น้อยกว่าหรือเท่ากับ 280 ksc และค่า β_1 ลดลงอย่างต่อเนื่องด้วยอัตรา 0.05 ต่อทุกๆ 70 ksc สำหรับคอนกรีตสูงกว่าเท่ากับ 280 ksc แต่ β_1 ต้องไม่ต่ำกว่า 0.65 ดังสมการต่อไปนี้

$$\beta_1 = 0.85\text{-}0.05\left(\frac{f_c'-280}{70}\right) \geq 0.6 \qquad (2.1)$$

2.7.2 การออกแบบพื้นที่เหล็กเสริมรับแรงดึง

ในขั้นตอนการออกแบบพื้นหน้าตัดสี่เหลี่ยมเสริมเหล็กรับแรงดึง เกิดความเสียหายเนื่องจากแรงดึง เป็นพื้นคอนกรีตที่มีการเสริมเหล็กน้อยกว่าสภาวะสมดุลเพราะ

1. เหล็กเสริมถึงจุดครากอย่างช้าๆและต่อเนื่อง
2. การแอ่นตัวมากและคอนกรีตมีรอยร้าวกว้าง ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ก่อนจะเกิดการพังทลาย
3. พื้นมีกำลังสะสมไว้มาก เพราะเหล็กเสริมจะมีพฤติกรรมความเครียดแข็งตัว ซึ่งสามารถทำให้รับแรงได้เพิ่มขึ้น



ก.หน้าตัดคาน ข.การกระจายความเครียด ค.การกระจายตัว ง.แรงภายในบนหน้าตัด

รูปที่ 2.2 การแผ่กระจายของหน่วยแรง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การกระจายหน่วยแรงในสภาวะสมดุลของแรงคือ

C = T

$0.85 f_c'$ba = $A_s f_y$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85\, fc' b} \tag{2.2}$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) \tag{2.3}$$

แทน a ลงในสมการ (2.2) ลงในสมการ (2.3) จะได้

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

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{A_s f_y}{f_c' bd}\right)$$

แทน $A_s = \rho$bd ในสมการจะได้

$$M_n = \rho f_y bd^2 \left(1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f_c'}\right) \tag{2.4}$$

หมายเหตุ ค่า f_y จะเปลี่ยนไปตามวัสดุที่ใช้ในการเสริมในคอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.7.3 เหล็กเสริมที่มากที่สุด

ในทางปฏิบัติจริงในการออกแบบ อัตราส่วนของเหล็กเสริม ρ ในพิกัดสูงควรจะต่ำกว่า ρ_b ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

1) สำหรับพื้นที่มีอัตราส่วนเหล็กเสริม ρ เท่ากับ ρ_b พอดี คอนกรีตจะถึงจุดความเครียดประลัยพร้อมๆกับเหล็กเสริมถึงจุดคราก พื้นจะแตกหักโดยไม่มีสัญญาณเตือนก่อนล่วงหน้า
2) ถึงแม้จะคำนวณออกแบบพื้นให้มีอัตราส่วนเหล็กเสริม ρ น้อยกว่า ρ_b เพียงเล็กน้อย แต่ความเครียดแข็งตัว (Strain hardening) ของเหล็กเสริมจะทำให้คอนกรีตเกิดความเสียหายเนื่องจากแรงอัด
3) เหล็กเสริมที่เสริมจริงมักจะมีเนื้อที่หน้าตัดเท่ากับเนื้อที่ระบุหรือมากกว่าเนื้อที่ระบุ
4) คุณภาพของวัสดุมักจะมีค่าแม้จะมีการควบคุมคุณภาพเนื่องจากเหตุผลดังกว่าไว้ข้างต้น มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดเอาไว้ว่า อาคารรับแรงดัดอัตราส่วนของเหล็กเสริม ที่ใส่ต้องไม่เกิน 0.75 ของอัตราส่วน ρ_b ที่ทำให้หน้าตัดเกิดสภาวความเครียดสมดุล $\rho_{max} = 0.75\ \rho_b$

2.7.4 เหล็กเสริมที่น้อยที่สุด

สำหรับพื้นที่เสริมเหล็กน้อยมากนี้จะเกิดความเสียหายอย่างทันทีทันใดโดยไม่มีสัญญาณเตือนล่วงหน้า เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นมาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดไว้ดังนี้

พื้นขององค์อาคารรับแรงดึงซึ่งเสริมเหล็กรับแรงโมเมนต์บวกที่ได้จากการวิเคราะห์ ต้องมีอัตราส่วน ρ ไม่น้อยกว่า $\rho_b = \frac{14}{f_y}$

ดังนั้นในการคำนวณออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงดึง อัตราส่วนของเหล็กเสริม ρ จะต้องเป็นไปตามสมการ $\frac{14}{f_y} \leq \rho \leq 0.75\,\rho_b$

2.8 การคำนวณหาคุณสมบัติทางกล

2.8.1 การหาหน่วยแรงดึงของไม้ไผ่

จากผลการทดสอบแรงดึงของตัวอย่างไม้ไผ่โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง สามารถหาหน่วยแรงดึงของไม้ไผ่ได้จาก

$$f_b = \frac{T}{A} \tag{2.5}$$

โดยที่

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

T = แรงดึง, กก.

A = พื้นที่รับแรงดึงของตัวอย่าง, ซม.^{2}

2.8.2 การหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่

จากการทดสอบแรงดึงตัวอย่างไม้ไผ่ สามารถหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ได้จาก

$$E_b = \frac{f_b}{\varepsilon_b} \tag{2.6}$$

โดยที่

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

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

ε_b = ความเครียดของไม้ไผ่

ΔL = ระยะยืดของไม้ไผ่, ซม.

L = ระยะระหว่างจุดยึดตัวอย่างไม้ไผ่, ซม.

2.8.3 การหาหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต

จากผลการทดสอบแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกขนาด โดยใช้เครื่องทดสอบแรงอัด สามารถหาหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตได้จาก

$$f'c = \frac{C_{max}}{A_c} \tag{2.7}$$

โดยที่

$f'c$ = หน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต, กก./ซม.^{2}

C_{max} = แรงอัดสูงสุด, กก.

A_c = พื้นที่รับแรงอัดของตัวอย่าง, ซม.^{2}

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.8.4 การหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

จากผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่โดยวิธีดึงออก (Pull-Out-Test) สามารถหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวได้จาก

$$u = \frac{T_{max}}{\Sigma_0 L} \quad (2.8)$$

โดยที่

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

T_{max} = แรงดึงสูงสุดที่ทำให้ไมไผ่หลุดออกจากคอนกรีต, กก.

Σ_0 = เส้นรอบรูปของไม้ไผ่, ซม.

L = ความยาวของไม้ไผ่ส่วนที่ฝังในคอนกรีต, ซม.

2.9 งานวิจัยผลกระทบของเชื้อรา และวิธีป้องกัน

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

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวกับคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

การใช้ไม้ไผ่เสริมคอนกรีตแทนเหล็กไม่ใช่เรื่องใหม่ ได้พบว่าในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 เหล็กเสริมคอนกรีตขาดแคลนจึงได้มีผู้นำไม้ไผ่มาผ่าเป็นซีกเล็ก ๆ แล้วใช้เสริมคอนกรีตแทนเหล็ก แม้ในปัจจุบันก็ยังมีผู้ใช้วิธีนี้อยู่ และได้มีผู้ทำการศึกษาทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้มานานแล้ว ทั้งในประเทศไทยละต่างประเทศ การศึกษา วิจัยทำให้สามารถที่จะนำมาใช้เสริมในคอนกรีตได้ แต่ว่าจะได้ผลดีไม่เท่ากับเหล็ก เนื่องจากปัญหาเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยว การเปลี่ยนแปลงปริมาตรตลอดจนการผุพังของไม้ไผ่ ซึ่งจากการศึกษาของวิศวกรของกองกำลังทหารสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับการใช้ไม้ไผ่เสริมในคอนกรีตได้พบปัญหา คือ เมื่อใช้ไม้ไผ่สดเสริมในคอนกรีตไม้ไผ่จะเกิดการหดตัวในเวลาต่อมา และที่สำคัญก็คือจะทำให้สูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ในทางกลับกันเมื่อใช้ไม้ไผ่แห้ง ไม้ไผ่จะดูดซึมน้ำจากคอนกรีตสด ทำให้เกิดการบวมตัว และจะส่งผลให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าว พวกเขาแนะนำว่าการป้องกันการสูญเสียน้ำ และการดูดซึมน้ำของไม้ไผ่เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการใช้โครงสร้างคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จากข้อมูลในอินเตอร์เน็ต พบว่า ไม้ไผ่นั้นมีค่าพิกัดแห่งความยืดหยุ่นต่ำ และเป็นวัสดุที่ยืดตัวมากกว่าเหล็กถึงประมาณ 14 เท่า เมื่อรับแรงเท่ากัน ไม้ไผ่ต้านแรงดึงได้ 13,000 กก./ซม.^{2} ที่ข้อและต้านแรงดึงได้ 17,000 กก./ซม.^{2} ที่ปล้อง เพราะเหตุที่ไม้ไผ่ดูดน้ำมาก เมื่อนำมาเสริมคอนกรีตแทนเหล็กเสริม ทำให้การยึดเกาะกับคอนกรีตต่ำ ถ้านำไม้ไผ่มาเสริมคอนกรีตขณะที่เทคอนกรีตซึ่งมีน้ำผลมอยู่ ไม้ไผ่จะพองตัว และต่อมาไม้ไผ่หดตัวลงเนื่องจากน้ำระเหยไป จะทำให้ไม้ไผ่ที่เสริมแยกตัวกับคอนกรีตที่หุ้มอยู่ ไม้ไผ่จึงไม่เหมาะสำหรับมาเสริมคอนกรีตโครงสร้าง แต่อาจใช้ได้สำหรับเสริมพื้นคอนกรีตที่ติดกับดินและไม่ได้รับน้ำหนักมากนัก

Cox and Geymayer (1969) ; ได้สรุปรายละเอียดคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ดังนี้

การขยายและหดตัวของไม้ไผ่มีผลต่อแรงยึดเหนี่ยวปัญหาสำคัญในการใช้ไม้ไผ่เสริมไม่ได้อยู่ที่กำลัง และการเปลี่ยนรูปของมันเมื่อรับแรงดึงแต่อยู่ที่การเปลี่ยนแปลงปริมาตรและแรงยึดเหนี่ยว ไม้ไผ่สามารถเปลี่ยนแปลงทางด้านรัศมีได้ถึง 5 % และทางด้านความยาวสามารถเปลี่ยนแปลงได้ถึง 0.05 % เมื่อความชื้นของมันเปลี่ยนแปลง การที่เส้นผ่านศูนย์กลางเปลี่ยนแปลงได้ถึงขนาดนี้ จะมีผลทำให้เกิดรอยแตกในคอนกรีตที่หุ้ม จากการขยายตัวของไม้ไผ่ และจะทำให้สูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่จากการหดตัวของไม้ไผ่ นอกจากนี้การสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิของไม้ไผ่ทางด้านยาวมีค่าต่ำประมาณ 1/3 เท่าของคอนกรีต และทางด้านรัศมีสูงประมาณ 10 เท่า ของคอนกรีต ความแตกต่างนี้ก็จะมีผลทำเกิดรอยแตกในคอนกรีตหุ้ม และจะทำให้สูญเสียแรงยึดเหนี่ยว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

คำรณ พานิชลาน และชีวะ วรมงคลชัยกุล (2547) ; การใช้คอนกรีตเสริมเหล็กเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย เนื่องจากเหล็กที่ใช้เป็นวัสดุที่ใช้เสริมในคอนกรีตมีราคาแพงและต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ดังนั้นโครงงานนี้จึงประยุกต์ใช้ไม้ไผ่เป็นวัสดุเสริมรับแรงในเสาคอนกรีต ไม้ไผ่ที่ใช้ คือ ไผ่ตง ซึ่งเลือกมาจากไม้ไผ่ 3 ชนิด ได้แก่ ไผ่รวกไผ่ตง และไผ่เลี้ยง จากการทดสอบพบว่าไผ่ตง มีคุณสมบัติเชิงกลเหมาะสมที่สุด โดยมีค่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยของไม้ไผ่ตงประมาณ 600 กก./ซม.^{2} และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นประมาณ 1.46 กก./ซม.$\times 10^5$ ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย 0.607 กรัม/ ซม.^{2} และหน่วยแรงยึดเหนี่ยวเมื่อได้ปรับปรุงผิวด้วยชันแล้ว 3.97 กก./ซม.^{2} ในการหล่อเสาตัวอย่างทดสอบใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัด 230, 246 และ 268 กก./ซม.^{2} ทำการหล่อตัวอย่างทดสอบรวมทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ซึ่งรวมด้วยตัวอย่างทดสอบ 8 ตัวอย่าง ที่มีการติดอุปกรณ์วัดระยะยืด-หดตัวอิเล็คทรอนิคส์ จำนวน 2 อัน ต่อตัวอย่าง โดยได้ติดไว้กับตัวไม้ไผ่รับแรงในแนวดิ่งและไม้ไผ่ปลอก ในการทดสอบการยึดเหนี่ยว พบว่ากำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตมีค่าประมาณร้อยละ 25 ของกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต เพื่อเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวจึงใช้วิธีการเคลือบผิวไม้ไผ่ด้วยชัน น้ำมันวานิช และแลกเกอร์ จากผลการทดสอบพบว่าการใช้วิธีการเคลือบผิวไม้ไผ่ด้วยชัน สามารถเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่ขึ้นเป็นประมาณ
ร้อยละ 50 และจากการทดสอบตัวอย่างเสาทดสอบจะได้ค่า Composite Factor, $\psi_c = 0.80$ สำหรับสูตรสมการเชิงประจักษ์ ค่า Composite Factor, ψ_c ได้มาจากการแก้สมการที่ได้จากข้อมูลทดสอบเสาหลายๆ ต้น เสาเป็นโครงสร้างที่สำคัญของอาคารจึงจำเป็นที่จะต้องมีตัวคุณลดกำลังซึ่งแนะนำให้ใช้ได้ไม่เกิน 0.60 เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน สมการที่เสนอในโครงงานนี้สำหรับการคำนวณหากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ตงเท่านั้น ถ้าจะนำไปใช้กับไม้ไผ่ชนิดอื่นๆ ก็จะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติม

วรนาฏ เข็มม่วง และศุลีพร เนื่องจำนงค์ (2546) ; ในการก่อสร้างปัจจุบันนิยมใช้องค์อาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กเพราะสะดวกในการก่อสร้าง และมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำแต่ในบางกรณีที่ที่มีการกัดกร่อนแทนเหล็กเสริมในกรณีดังกล่าวจึงได้เลือกที่จะทำการศึกษาพฤติกรรมคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ โดยเน้นที่พฤติกรรมการดัดของคาน (Flexural Behavior) เป็นหลักพร้อมกันนี้ก็ได้ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุในด้านต่างๆ วัสดุที่เสริมรับแรงดึง คือ ไม้ไผ่รวก มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ ว่า Bambusa Siamensis Kurz
ผลการศึกษาคุณสมบัติของไม้ไผ่ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่รวกที่นำมาทดสอบมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1.44×10^5 กก./ซม.^{2} สำหรับหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ที่มีข้อมีค่าประมาณ 12.20-20.20 กก./ซม.^{2} และสำหรับหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ที่ไม่มี

ข้อมีค่าประมาณ 4.35-8.03 กก./ซม.^{2} ค่าแรงดึงประลัยไม้ไผ่มีค่าประมาณ 1400 กก./ซม.^{2}ผลการทดสอบคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ คานที่เสริมไม้ไผ่ที่ไม่ผ่านขั้นตอนใดๆ กับคานที่เสริมด้วยไม้ไผ่แช่น้ำ 1 วัน มีพฤติกรรมที่คล้ายกัน เช่น ลักษณะรอยแตกร้าว คานคอนกรีตเสริมด้วยไม้ไผ่แช่น้ำ 1 วัน รับน้ำหนักประลัยได้มากกว่าคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่ไม่ผ่านขั้นตอนใดๆประมาณ 14.60 %

เกลล์ (Glenn) ; ทดลองได้ว่า โมดูลัสยืดหยุ่นมีค่าตั้งแต่ 1.4×10^5 ถึง 3.2×10^5 กก./ซม.^{2} การรับแรงดึงมีค่าตั้งแต่ 1,828 ถึง 3,515 กก./ซม.^{2} โดยขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ไผ่ และข้อมีความสามารถในการับแรงดึงน้อยกว่าปล้อง

ซอสเชียร์ (Saucier) ; ทดลองได้ผลว่าค่าเฉลี่ยของการับแรงดึงมีค่าเท่ากับ 670 กก./ซม.^{2} และโมดูลัสยืดหยุ่นมีค่าเท่ากับ 1.3×10^5 กก./ซม.^{2}

คอกส์และเกย์เมเยอร์ (Cox and Geymayer) ; พบว่าการรับแรงดึงมีค่าตั้งแต่ 485 - 1,760 กก./ซม.^{2} ค่าเฉลี่ยของการรับแรงดึงมีค่าเท่ากับ 1,083 กก./ซม.^{2} โมดูลัสยืดหยุ่นมีค่าตั้งแต่ 88,590 ถึง 281,930 กก./ซม.^{2} ค่าเฉลี่ยของโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากัน 184,200 กก./ซม.^{2} ส่วนใหญ่ของตัวอย่างที่มีโมดูลัสยืดหยุ่นสูงจะมีการับแรงดึงสูงด้วย และความสัมพันธ์ระหว่างการรับแรงดึงกับความเครียดจะเป็นเส้นตรงจนถึงจุดวิบัติ

ซาฮิด อาลี (Zahid Ali) ; ทดลองได้ว่าค่าเฉลี่ยของการรับแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 2,400 และ 2.5×10^5 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ

ถาวร อโณทยานนท์ ; พบว่าค่าเฉลี่ยการรับแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 1,710 และ 187,500 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ และทดลองได้ว่าไม้ไผ่แห้งตามธรรมชาตินั้นมีความสามารถในการรับแรงดึงได้มากกว่า แต่โมดูลัสยืดหยุ่นน้อยกว่าไม้ไผ่ที่แช่น้ำก่อนทำการทดสอบ 1 หรือ 2 อาทิตย์

จัน ดูรานี (Jan Durrani) ; พบว่าการขยายตัวของไม้ไผ่ด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมีค่า 5% และด้านยาวมีค่า 0.05% ดังนั้นการที่ใช้เสริมด้วยไม้ไผ่ที่มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ อาจทำให้เกิดการแตกร้าวกับคอนกรีตที่หุ้มอยู่และทำให้เสียแรงยึดเหนี่ยวไปเกือบหมด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จัน ดูรานี (Jan Durrani) ; ทดลองพบว่าเพียง 24 ชั่วโมงแรกของการแช่ไม้ไผ่ในน้ำ ไม้ไผ่สามารถดูดน้ำได้เกือบ 50% ของน้ำหนักตัวมันเองที่แห้ง และมีการขยายตัวด้านรัศมี ด้านสัมผัส และด้านยาวประมาณ 8.25 6.25 และ 0.05% ตามลำดับ

จัน ดูรานี (Jan Durrani) ; ทดลองได้ว่าค่าเฉลี่ยการรับแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 1,500 และ 1.48×10^5 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยของการับแรงดึงของตัวอย่างที่แช่น้ำไว้ 1 วัน ดีกว่าที่แช่น้ำไว้ 2 ,3, 4 และ 5 วันตามลำดับ

ฟางและเฟย์ (Fang and Fay) ; ได้ทดลองเพื่อลดการถ่ายเทความชื้นระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต ทำการปรับปรุงผิวไม้ไผ่โดยวิธี Sand blasting เพื่อขจัดผิวไม้ไผ่ที่เรียบออกไป แล้วนำไปแช่ในกำมะถันเหลว 1 ชั่วโมง และโรยทับด้วยทรายอีก 1 ขั้น ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วนำมาทดสอบได้ผลดังนี้คือ อัตราการดูดซึมน้ำเมื่อแช่ในน้ำ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 9% ในขณะที่ไม้ไผ่ไม่ได้ปรับปรุงผิวจะมีอัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับ 20% และในช่วงเวลาที่บ่มหน่วยความเครียดของไม้ไผ่ที่ไม่ได้ปรับปรุงผิวมากขึ้นเรื่อยๆ ตลอด 28 วัน แต่ไม้ไผ่ที่ปรับปรุงผิวมากขึ้นในช่วง 4 วันแรก แล้วก็รักษาระดับนั้นไปตลอด 28 วัน

Glenn (1950) ; สรุปว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตมีค่าสูงสุด จากประมาณ 24.6 กก./ซม^2. ถึงค่าต่ำสุด คือไม่มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเลย ในกรณีของไม้ไผ่ทั้งลำค่าแรงยึดเหนี่ยวทั้งหมดขึ้นอยู่กับส่วนยื่นนูนออกมาจากข้อ ความเรียว และความคดงอของลำไม้ไผ่ ค่าแรงยึดเหนี่ยวมีค่าสูงกว่าในไม้ไผ่ที่ตากแห้งแล้ว ไม้ไผ่ที่มีการกระทำที่ผิวเพิ่มเติม การใช้ปูนซีเมนต์แข็งตัวเร็วสามารถป้องกันการแตกร้าว เนื่องจากการบวม (Swlling) ของไม้ไผ่ได้

Mehra , Uppal and chadda (1950) ; แนะนำว่าการใช้ทรายละเอียดโรยไปทั่วผิวของไม้ไผ่ที่ชุบน้ำยาไว้ จะช่วยให้ไม้ไผ่ยึดเกาะคอนกรีตดีขึ้นและจากค่าที่ไม่เท่ากันของสัมประสิทธิ์แห่งการขยายตัวของไม้ไผ่กับคอนกรีต รวมทั้งการบวมของไม้ไผ่เนื่องจากการดูดน้ำจากคอนกรีตที่เทใหม่ อาจเป็นผลกระทบกระเทือนถึงค่าแรงยึดเหนี่ยวด้วย เขาได้ให้ค่าเฉลี่ย ของแรงยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่แห้งที่ได้โรยทรายละเอียดไว้ทั่วผิวเท่ากับ 6.39 กก./ซม.^{2}

Mentzinger and Plourde (1966) ; เน้นถึงการใช้สารป้องกันน้ำมาใช้กับไม้ไผ่รวมทั้งกล่าวถึงประโยชน์ของส่วนยื่นที่ข้อที่ทำให้แรงยึดเหนี่ยวเพิ่มขึ้น เขาได้ให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวไว้ในช่วง 0.90 ถึง 3.2 กก./ซม.^{2} และให้ค่าเฉลี่ยไว้เท่ากับ 2.46 กก./ซม.^{2} สำหรับไม้ไผ่ตากแห้งทั่วๆไป

Shimada ; ได้รายงานเกี่ยวกับไม้ไผ่ในประเทศญี่ปุ่นไว้ว่า

1) ลำต้นของไม้ไผ่ในตระกูลเดียวกัน อาจจะมีค่าแรงดึงต่างกันได้ เนื่องจากอายุ รูปร่างลักษณะของไม้ไผ่ ถิ่นที่ไม้ไผ่เจริญเติบโตอยู่

2) โดยทั่วไปแรงดึงของไม้ไผ่แต่ละต้นมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจากโคนต้นไปถึงช่วงกลางต้น จากนั้นค่าแรงดึงลดลงจากส่วนกลางลำต้นไปจนถึงปลายลำต้น

3) เกือบทุกกรณีในด้านความแข็งแรง จุดอ่อนที่สุดของลำต้นไม้ไผ่คือ ข้อจากผลการทดสอบค่าแรงดึงแปรผันจาก 390 -3,789 กก./ซม.^{2} ค่าแรงดึงโดยเฉลี่ยที่ระหว่างข้อและที่มีข้อมีค่า 2,907 กก./ซม.^{2} และ 1,839 กก/ซม.^{2} ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.1 ไม้ไผ่

ไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดสอบคือ **ไผ่ป่า** เป็นไผ่ขนาดใหญ่ กอแน่น มีหนาม และมีแขนงรกแน่น โดยเฉพาะตรงบริเวณโคนลำ สูงประมาณ 10-24 เซนติเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15-18 เซนติเมตร ปล้องยาวประมาณ 20-40 เซนติเมตร เนื้อหนา 1-5 เซนติเมตร ลำอ่อนมีสีเขียว ลำแก่จะมีสีเขียวเหลือง ข้อมีลักษณะบวมเล็กน้อย รูกระบอกเล็ก กาบหุ้มลำลักษณะแข็งเหมือนหนัง ร่วงหลุดได้ง่าย ยาว 30-40 เซนติเมตร กว้าง 20-30 เซนติเมตร ตอนปลายกลม ขอบเรียบและมีขนสีทอง ลำใหญ่กว้าง กระจับกาบหุ้มลำแคบ ใบยอดกาบเป็นรูปสามเหลี่ยม

ใบ ปลายใบเรียวแหลม โคนใบป้าน ท้องใบมีขน เส้นกลางใบข้างบนแบน ก้านใบสั้น 0.5 เซนติเมตร ครีบใบเล็ก ขอบใบมีหนามเล็กๆ กาบใบแคบไม่มีขนนอกจากขอบอาจจะมีขนอ่อน

ดอก จะออกดอกเป็นกลุ่ม(Gregarious flowering)ไม้ไผ่ที่ออกดอกประเภทนี้ จะออกดอกพร้อมๆ กัน และครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง

หน่อ หน่อใต้ดินรับประทานได้เหมือนหน่อไผ่ซาง หน่อขึ้นมาพ้นดินนิยมนำไปทำหน่อไม้ดอง

สำหรับไม้ไผ่ที่ใช้ในการทำโครงงานนี้เป็นไผ่ป่า สาเหตุที่ได้เลือกนำมาใช้ก็คือ มีความแข็งแรง รับแรงดึงได้ดี และมีขายในเขตพื้นที่ สะดวกต่อการใช้งาน

รูปที่ 3.1 ไม้ไผ่ป่า

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.1.2 คอนกรีต

ส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

1) ปูนซีเมนต์ (Cement) ที่ใช้ในการทดสอบเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 กำลังอัดประลัย 180 ksc, 240 ksc และ280 ksc

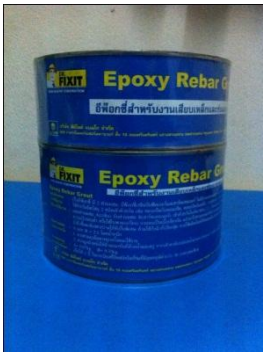
2) หิน (Coarse Aggregate) ใช้หินที่ค้างตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 และขนาดใหญ่สุดไม่เกิน 3/8 นิ้ว

3) ทราย (Fine Aggregate) ทรายที่ใช้เป็นทรายปกจากจังหวัดชลบุรี ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ไม่เล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร

4) น้ำ (Water) น้ำที่ใช้นำมาทดสอบ เป็นน้ำประปาที่สะอาด ปราศจากสิ่งเจือปน

3.1.3 สารเคมีและวัสดุผสมเพิ่มเพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของไม้ไผ่

อีพ็อกซี่มีหลายชนิดให้เลือกใช้งานแล้วแต่ประเภทของงานและความเหมาะสม ซึ่งในการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบด้วยอีพ็อกซี่ จะใช้อีพ็อกซี่เป็นวัสดุประสานระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต โดยจะนำอีพ็อกซี่มาทดสอบประสิทธิภาพ และแรงยึดเหนี่ยวด้วยกัน 3 ยี่ห้อ ได้แก่



Sika จระเข้ DR.FIXIT

รูปที่ 3.2 ชนิดของอีพ็อกซี่

ซึ่งหลังจากการทดลอบจะนำอีพ็อกซี่ยี่ห้อที่มีประสิทธิภาพสูงสุดมาใช้เป็นวัสดุประสานระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต โดยจะมีการเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวคือมีการใช้ทรายและผงเหล็กโรยบริเวณผิวของอีพ็อกซี่ และนำไปทดสอบหาอันที่มีแรงยึดเกาะดีที่สุดมาใช้ในการทำพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ และนำไปทดสอบกำลังต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1 แบบหล่อชิ้นตัวอย่างทดสอบ ประกอบด้วย

1) แบบหล่อชิ้นตัวอย่างทรงลูกบาศก์ขนาด 15x15x15 เซนติเมตร ใช้สำหรับหล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีต เพื่อใช้ในการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

2) แบบหล่อตัวอย่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10x20 เซนติเมตร ใช้สำหรับหล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีต ใช้ในการทดสอบหากำลังรับแรงอัด และกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

3) แบบหล่อชิ้นตัวอย่างพื้นทดสอบขนาด 50x150x15 เซนติเมตร ใช้สำหรับหล่อตัวอย่างแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

3.2.2 เครื่องผสมคอนกรีต (Concrete Mixing Machine) ใช้สำหรับผสมหิน ทรายปูนซีเมนต์ และน้ำคลุกเคล้าให้เข้าจนเป็นเนื้อเดียวกัน

3.3.3 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (Digital Balance) ใช้สำหรับชั่งไม้ไผ่ ก้อนคอนกรีตตัวอย่างก่อนการทดสอบ และชั่งส่วนผสมคอนกรีต

3.2.4 เครื่องทดสอบแรงอัด (Compression Testing Machine) ใช้สำหรับทดสอบกำลังอัดของก้อนคอนกรีตตัวอย่าง

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

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

3.2.7 อุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัว (Displacement Transducer) ใช้วัดการเคลื่อนตัวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ขณะทดสอบ

3.2.8 อุปกรณ์วัดระยะยืด-หดตัวอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical Strain Gauge) ใช้สำหรับติดตั้งเพื่อใช้วัดหน่วยการยืดหดของไม้ไผ่ในพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ในขณะทดสอบ

3.2.9 อุปกรณ์ทดสอบหาค่าความยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) ใช้สำหรับวัดค่ายุบตัวของคอนกรีต

3.2.10 ชุดอุปกรณ์กด Hydraulic Jack ขนาด 50 ตัน ใช้สำหรับทดสอบกำลังรับแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.3 ตารางออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยวิธีสถาบันตอนกรีตอเมริกา (American Concrete ; ACI) โดยกำหนดค่าการยุบตัว 10 ± 2.5 เซนติเมตร กำลังอัดของคอนกรีต 180 ksc, 240 ksc และ280 ksc

ตารางที่ 3.1 ตารางการออกแบบส่วนผสมกำลังอัดคอนกรีต

ค่ากำลังของคอนกรีต	อัตราส่วนผสมคอนกรีต (kg/m^3)			
	ซีเมนต์	ทราย	หิน	น้ำ
180 (ksc)	290	775	1160	175
240 (ksc)	350	730	1160	180
280 (ksc)	390	690	1160	180

3.4 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

การเตรียมวัสดุเพื่อใช้ในการทดสอบมีดังนี้

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างไม้ไผ่

ไม้ไผ่ที่จะนำมาแปรรูปใช้งานต้องเป็นไม้ไผ่แก่ที่มีอายุ 2-4 ปี โดยจะนำไม้ไผ่มาผ่าตามแนวยาวให้มีความกว้างประมาณ 2 เซนติเมตร และยาวประมาณ 2 เมตร จากนั้นนำไม้ไผ่ที่ผ่าแล้วไปแช่น้ำอย่างน้อย 3 วัน เพื่อให้น้ำชะล้างแป้งน้ำตาล และสารละลายอื่นๆออกจากไม้ไผ่ จนแมลงไม่สนใจใช้เป็นอาหาร เมื่อแช่น้ำจนครบกำหนดจึงนำไม้ไผ่มาใช้งานได้

3.4.2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

การทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ จะใช้ตัวอย่างไม้ไผ่สำหรับหากำลังรับแรงดึง 4 แบบ คือ

1. ไม้ไผ่ไม่มีการปรับปรุงผิว
2. ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ยี่ห้อ Sika
3. ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ยี่ห้อ จระเข้
4. ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ยี่ห้อ DR.FIXIT

ขนาดของตัวอย่างไม้ไผ่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.3 – 0.5 เซนติเมตร มีความยาว 60 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.3 ปลายทั้งสองข้างของไม้ไผ่ใช้ตะไบถูผิวโดยรอบให้หยาบเพื่อกันลื่นขณะที่ทำการทดสอบ นำมาทดสอบกับเครื่อง UTM (Universal Testing Machine) ซึ่งจำนวนตัวอย่างของไม้ไผ่แต่ละชนิดได้แสดงในตารางที่ 3.2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 3.2 ตารางตัวอย่างการทดสอบไม้ไผ่

ชนิดไม้ไผ่	จำนวน
ไม้ไผ่ไม่มีการปรับปรุงผิว	50
ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ยี่ห้อ Sika	10
ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ยี่ห้อ จระเข้	10
ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ยี่ห้อ DR.FIXIT	10

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างไม้ไผ่สำหรับหากำลังรับแรงดึง

3.4.3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับหาโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ป่า

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

3.4.4 การเตรียมตัวอย่างสำหรับหากำลังอัดของคอนกรีต

ตัวอย่างสำหรับหากำลังอัดของคอนกรีตซึ่งเป็นแบบหล่อคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10× 20 เซนติเมตร ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ใช้หินและทรายหยาบ มีส่วนขนาดคละดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 ตลอดการทดลอง กำลังอัดคอนกรีตที่ 180 ksc, 240 ksc และ280 ksc ตามลำดับ คอนกรีตหล่อและถอดแบบหลังจากเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง แล้วบ่มในกระบะใส่น้ำ บ่มไว้นาน 28 วัน ก่อนทำการทดสอบ

รูปที่ 3.4 ตัวอย่างสำหรับทดสอบหากำลังของคอนกรีต

3.4.5 การเตรียมตัวอย่างสำหรับหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

ตัวอย่างไม่ไผ่ที่ใช้หาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่มี 4 แบบ คือ ไม้ไผ่ผิวตามธรรมชาติ 30ไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่ ไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก และไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย มีชนิดละ 15 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 75 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นการหาค่าแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยระหว่างไม้ไผ่ที่ใช้วัสดุเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวชนิดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.3

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างไม้ไผ่สำหรับหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

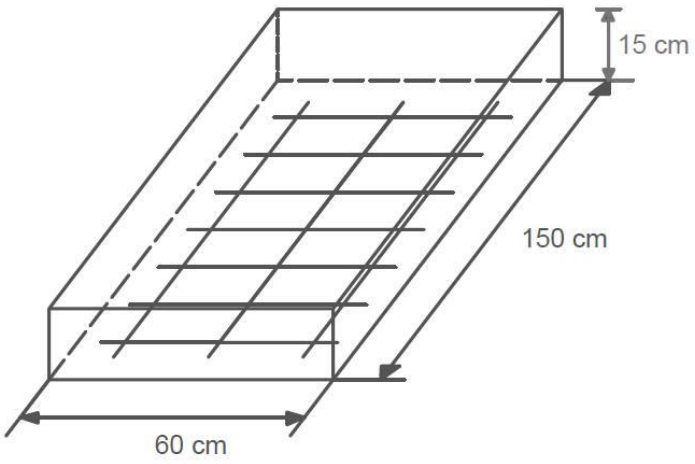
ตารางที่ 3.3 จำนวนตัวอย่างหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

แรงยึดเหนียวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่	จำนวนตัวอย่าง
คอนกรีตกับไม้ไผ่ที่ไม่การปรับปรุงผิว	30
คอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่	15
คอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย	15
คอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นเหล็ก	15

ตัวอย่างไม้ไผ่สำหรับหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.8-1.0 เซนติเมตร และมีความยาว 50 เซนติเมตร ความยาวฝังลึกของไม้ไผ่ลงไปในคอนกรีตเท่ากับ 15 เซนติเมตร ใช้กำลังอังคอนกรีตที่ 180, 240 และ280 ksc การปรับปรุงผิวของไม้ไผ่โดยการเคลือบอีพ็อกซี่ จะต้องทาทิ้งไว้ให้แห้งก่อนนำไปใช้ทดลอง รวมทั้งทำตัวอย่างที่ไม่มีการปรับปรุงใดๆด้วย เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าความยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

3.4.6 การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบพื้นคอนกรีต

ตัวอย่างสำหรับทดสอบมีขนาด 60x150x15 เซนติเมตร ซึ่งใช้เป็นแบบหล่อแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย ดังรูปที่ 3.6 โดยใช้คอนกรีตที่มีกำลัง เท่ากับ 180, 240 และ 280 บ่มไว้นาน 28 วันก่อนการทดสอบ จำนวนตัวอย่างของพื้นคอนกรีตแต่ละชนิดได้แสดงในตารางที่ 3.4



รูปที่ 3.6 แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 3.4 จำนวนตัวอย่างแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ชนิดของพื้น	กำลังอัดคอนกรีต (ksc)	จำนวนตัวอย่าง (แผ่น)
พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย	180	5
พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย	240	5
รวม		10

3.5 การทดสอบวัสดุ

3.5.1 การทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

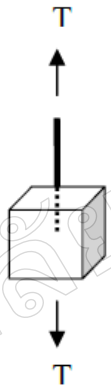
การทดลองรับแรงดึงของไม้ไผ่กระทำโดยการใช้เครื่อง UTM (Universal Testing Machine) นำตัวอย่างไม้ไผ่ มาติดตั้งบนเครื่อง UTM (Universal Testing Machine) ยึดให้แน่นโดยมีระยะระหว่างหัวยึดประมาณ 20 เซนติเมตร ปรับเครื่องให้มีแรงดึง จนเกิดการวิบัติที่ได้เขียนกราฟและคำนวณค่าหน่วยการยืดตัว (Tensile Strain) และหน่วยแรงดึง (Tensile Stress) ก็จะสามารถคำนวณหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่เนื่องจากแรงดึงที่ได้จากสมการที่ (2.5)

รูปที่ 3.7 การทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.5.2 การทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

การทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ หาโดยวิธี Pull-Out-Test ตามมาตรฐาน ASTM C235 นำคอนกรีตทรงลูกบาศก์วางบนแท่นด้านล่างของเครื่อง ให้ไม้ไผ่ชี้ลงล่างและยึดจับปลายไม้ให้แน่น แล้วดึงจนไม้ไผ่หลุดออกจากคอนกรีตอย่างสมบูรณ์ไม่สามารถรับแรงดึงได้อีก จากนั้นนำค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ไม้ไผ่หลุดออกจากคอนกรีตไปทำการคำนวณหาค่ากำลังยึดเหนี่ยวจากสมการที่ (2.8)



รูปที่ 3.8 การทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

3.5.3 การทดสอบหาโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่

การทดลองหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่จากแรงดึง จะทำการทดสอบและใช้ตัวอย่างเดียวกับการทดสอบแรงดึง จากการทดสอบจะทราบค่าหน่วยการยืดตัว (Tensile) และหน่วยแรงดึง (Tensile Stress) นำมาคำนวณหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่จากแรงดึงได้ ดังสมการ (2.6)

3.5.4 การทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต

การทดลองหากำลังอัดของคอนกรีตทรง กระบอกโดยนำก้อนคอนกรีตตัวอย่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10x20 เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อนำไปคำนวณพื้นที่หน้าตัด และขนาดความยาวแล้วจึงนำไปทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีตโดยใช้เครื่องทดสอบแรงอัด(Compression Testing Machine) โดยวางแนวตั้ง แล้วค่อยเพิ่มแรงกดจนกระทั่งก้อนคอนกรีตแตก จดบันทึกค่าแรงสูงสุด แล้วนำไปคำนวณหาค่ากำลังรับแรงอัด ดังสมการ (2.7)

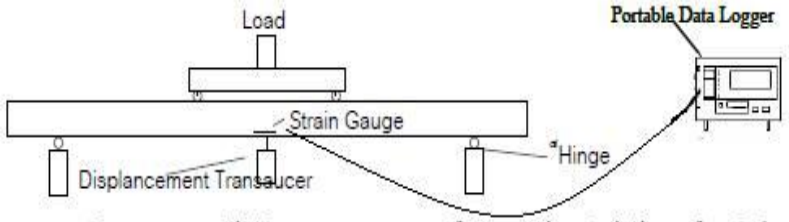
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ 3.9 การทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต

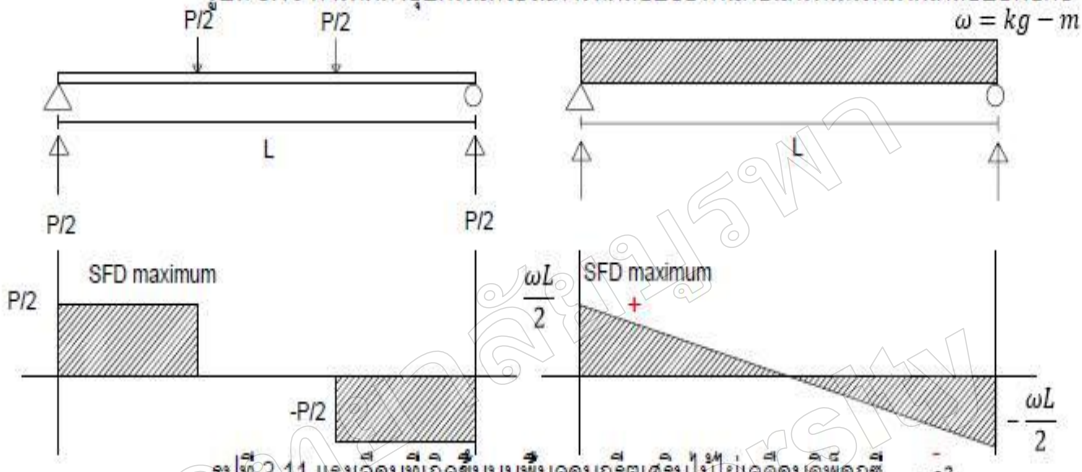
3.5.5 การทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

1) วิธีการทดสอบการทดสอบหากำลังรับแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

จะใช้วิธีการทดสอบแบบ แรงกระทำ 4 จุด การทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่แบบแรงกระทำ 4 จุดนั้น จะมีการเตรียมการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบคาน และการติดตั้ง “Electrical - Strain Gauge” นั้นจะติดตั้งบนผิวของไม้ไผ่ที่ฝังอยู่ในคอนกรีต เพื่อใช้ในการวัดระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ภายในพื้นคอนกรีต และติดตั้งที่ผิวด้านบนของพื้นคอนกรีตเพื่อใช้ในการวัดระยะการหดตัวของคอนกรีตด้านที่รับแรงอัดขณะที่มีแรงกระทำกับพื้นคอนกรีต รูปที่ 3.10 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ ก่อนการทดสอบ และเมื่อทดสอบจะเกิดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด ดั้งรูปที่ 3.11 และ3.12 ตามลำดับ



รูปที่ 3.10 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอิพ็อกซี



รูปที่ 3.11 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นบนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอิพ็อกซี

รูปที่ 3.12 โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอิพ็อกซี

2) การติดตั้งอุปกรณ์

1. นำแผ่นพื้นวางบนแท่นทดสอบตัวอย่างพื้น โดยที่จุดที่รองรับพื้นที่ใช้ในการทดสอบและแรงที่จะกระทำบนพื้นนั้น เป็นแบบ Hinge Support และมีแผ่นยางรองอยู่ระหว่างพื้นกับจุดที่รองรับพื้น เพื่อให้ผิวสัมผัสของพื้นกับจุดรองรับสนิทโดยตลอดความกว้างของพื้น ติดเข้ากับเครื่องทดสอบ
2. แบ่งความยาวของแผ่นพื้นตามยาว โดยระยะห่างระหว่างจุดที่รองรับพื้น (Gauge Length) มีระยะเท่ากับ 120 เซนติเมตร ส่วนภายในที่เหลือแบ่งเป็น 3 ส่วนเท่าๆกันเท่ากับช่วงละ 40 เซนติเมตร
3. ปรับแท่นกดด้านบนมาวางบนแผ่นพื้นให้ตรงรอยขีดเช่นกัน
4. ตั้งน้ำหนักกดให้คงที่ อัตราที่ใช้คือ 0.14-0.20 kg/cm² /วินาที
5. เปิดเครื่องกดน้ำหนัก จนแผ่นพื้นเกิดรอยแตกร้าวและบันทึกค่าจนแผ่นพื้นเกิดการวิบัติ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3) การให้แรงที่จะกระทำบนพื้น

พื้นที่ใช้ในการทดสอบนั้นจะเป็นพื้นที่เป็นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ซึ่งการทดสอบนี้จะสนใจศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพื้นก่อนเกิดการแตกร้าว และระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ภายในพื้นคอนกรีต ซึ่งแรงที่จะกระทำบนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่นี้ใช้อุปกรณ์ที่ เรียกว่า Hydraulic Jack ให้แรงไปกระทำบนแผ่นพื้น

4) การวัดการโก่งตัวของพื้น

การทดสอบในส่วนนี้จะใช้ อุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 2 ชุด ติดตั้งที่กึ่งกลางระหว่างจุดรองรับทั้งสอง ทั้งด้านบนและด้านล่างของแผ่นพื้น เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงที่กึ่งกลางพื้นความละเอียดของอุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่นี้ เท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร

5) การวัดระยะการยืดตัวของไม้ไผ่เสริมภายในพื้นคอนกรีตไม้ไผ่

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

6) การบันทึกข้อมูล

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

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 4
ผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุ

4.1.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ 50 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่อง UTM (Universal Testing Machine) ดึงด้วยความเร็ว 5 มม./นาที ความยาวของไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดสอบยาวประมาณ 60 cm. จะทำให้ทราบกำลังรับแรงดึง ซึ่งมีผลการทดลองดังตารางที่ ก-1 ซึ่งจะสามารถหาค่ากำลังเฉลี่ยกำลังรับแรงดึงสูงสุดของไม้ไผ่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2011.52 ksc

เมื่อพิจารณาจากการทดลองจะทำให้ทราบว่า ขณะที่เริ่มทำการดึงไม้ไผ่ ไม้ไผ่จะเริ่มยืดตัวออกเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มแรงขึ้นเรื่อยๆจนถึงจุดหนึ่ง ไม้ไผ่ก็จะเริ่มแตกจนกระทั่งไม่สามารถรับแรงดึงได้อีก ซึ่งลักษณะการวิบัติไม้ไผ่ส่วนใหญ่จะเกิดการวิบัติในแนวขนานเสี้ยนดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 การวิบัติของไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.1.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่

จากการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ซึ่งการทดสอบนี้จะใช้ไม้ไผ่ป่าในการทดสอบ เนื่องจากหาได้ง่ายให้ท้องถิ่น และเมื่อทำการทดสอบแล้วนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าเฉลี่ยดังตาราง ก-2 ก-3 และ ก-4 จะได้กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่มีค่า ดังนี้

1) กำลังรับแรงดึงของไม่ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตรา sika มีค่าเท่ากับ 2507.35 ksc

2) กำลังรับแรงดึงของไม่ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตรา จระเข้ มีค่าเท่ากับ 2743.13 ksc

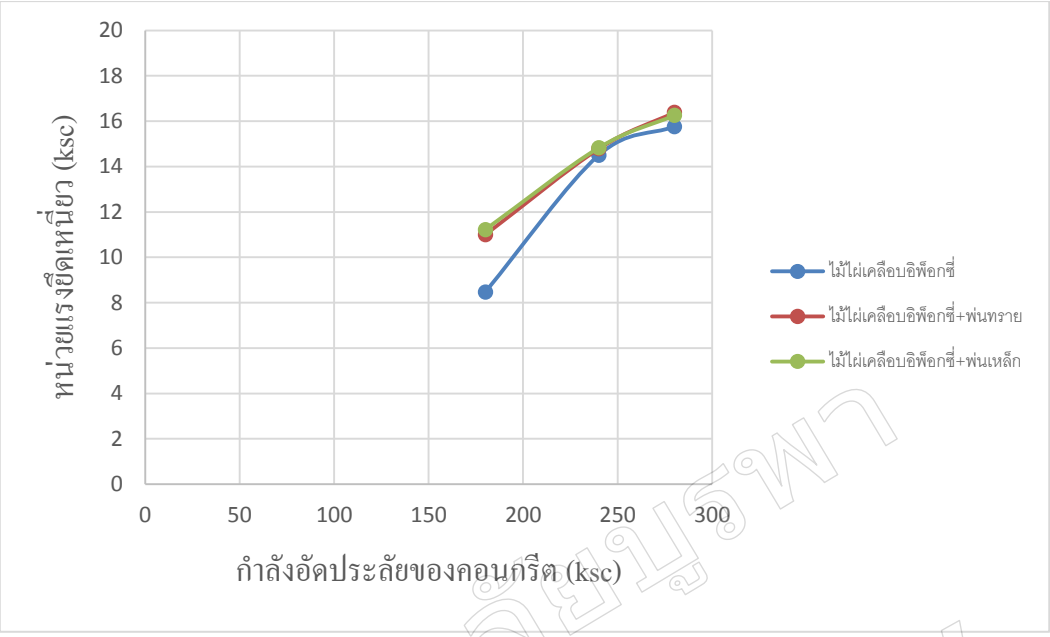
3) กำลังรับแรงดึงของไม่ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตรา Dr.Fixit มีค่าเท่ากับ 2631.52 ksc

ซึ่งจากการทดลองหากำลังรับแรงดึงไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงดึงของไม่ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตราจระเข้มีค่ามากที่สุดคือ 2743.13 ksc ดังตาราง ก-3 จึงเลือกอีพ็อกซี่ตราจระเข้มาใช้เคลือบไม้ไผ่เพื่อทำการหล่อแผ่นพื้น

4.1.3 ผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

จากการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ซึ่งจากการทดลองจะใช้วิธีการปรับปรุงผิวไม้ไผ่ 3 วิธี คือ ไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่, ไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย และไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก และจะใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัย 3 กำลังอัด คือ 180,240,และ280 ksc ซึ่งจากการทดลองจะทำให้ทราบดังรูปที่ 4.2 ดังนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

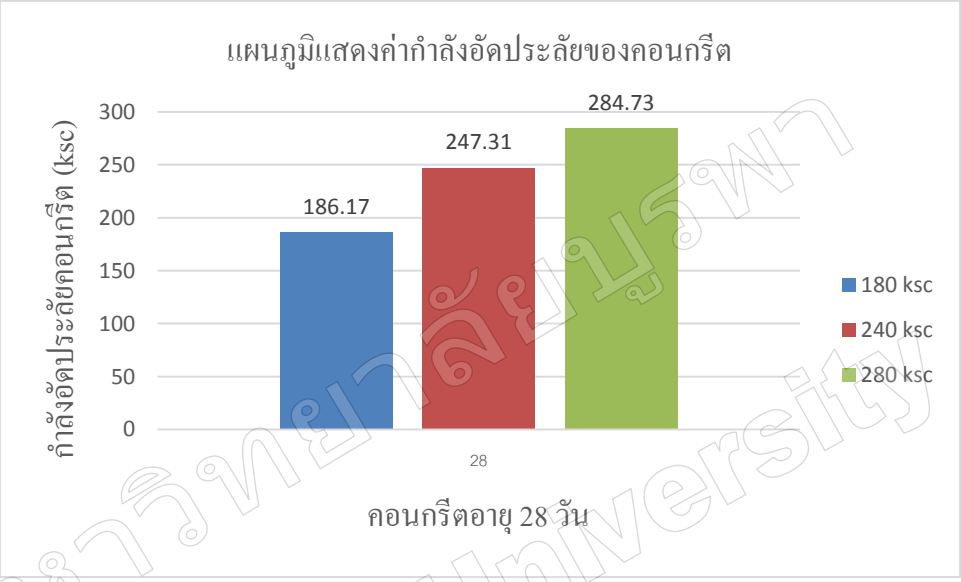


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่,คอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย และคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก ที่อายุคอนกรีต 28 วัน

จากการทดสอบเพื่อหาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่, คอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย และคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก ที่อายุคอนกรีต 28 วัน ทำให้พบว่าคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็กได้ค่าแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยมากที่สุด คือ 11.22 ksc , 14.83 ksc และ16.26 ksc ที่คอนกรีตกำลังอัดประลัย 180 ksc , 240 ksc และ280 ksc ตามลำดับ รองลงมาคือคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย คือ 11.00 ksc , 14.79 ksc และ16.39 ksc ที่คอนกรีตกำลังอัดประลัย 180 ksc , 240 ksc และ 280 ksc ตามลำดับ และคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่ได้ค่าแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 8.47 ksc , 14.50 ksc และ15.76 ksc ที่คอนกรีตกำลังอัดประลัย 180 ksc , 240 ksc และ280 ksc ตามลำดับ ดังตารางที่ ก-8 ก-9 และ ก-10 แต่ในการทำแผ่นพื้นไปใช้ในการทดสอบหรือใช้งานจริงจะทำเป็นแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย เมื่อเทียบกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็กนั้น ค่าที่ได้จะมีค่าแรงยึดเหนี่ยวที่ใกล้เคียงกัน แต่ทรายสามารถหาได้ง่ายกว่าผงเหล็กมาก จึงควรเลือกทรายมาเป็นวัสดุเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว

4.1.4 ผลการทดสอบหากำลังอัดประลัยของคอนกรีต

จากการทดสอบหากำลังอัดประลัยของคอนกรีต ซึ่งจะใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัยทั้งหมด 3 ชนิด คือ 180, 240 และ 280 ksc หล่อในแบบหล่อคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm. สูง 20 cm. ซึ่งจากการทดสอบจะทำให้ทราบผลดังรูปที่ 4.3 ดังนี้



รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตอายุ 28 วัน

จากการทดสอบหากำลังรับแรงอัดจะได้ค่ากำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณไว้ดังนี้

-จากการคำนวณที่ 180 ksc จะมีค่ากำลังรับแรงอัดประลัยจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 186.17 ksc

-จากการคำนวณที่ 240 ksc จะมีค่ากำลังรับแรงอัดประลัยจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 247.31 ksc

-จากการคำนวณที่ 280 ksc จะมีค่ากำลังรับแรงอัดประลัยจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 284.73 ksc

ซึ่งคอนกรีตที่นำไปทดสอบนั้นมีค่ากำลังอัดประลัยสูงสุดใกล้เคียงกับกำลังอัดประลัยที่กำหนดไว้ คือ 180 ksc , 240 ksc และ280 ksc ตามลำดับ ดังตารางที่ ก-11

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.2 ผลการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย

4.2.1 การวิบัติของพื้นคอนกรีต

พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เมื่อได้รับน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าบริเวณผิวใต้ท้องแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะเริ่มแตกร้าว และเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกไปเรื่อยๆรอยแตกก็จะเพิ่มขึ้นจากด้านล่างของแผ่นพื้นไปสู่ด้านบน ดังรูปที่ 4.4 และจากการสังเกตจะพบว่าเมื่อคอนกรีตเริ่มแตกที่บริเวณใต้ท้องของแผ่นพื้น น้ำหนักบรรทุกจะลดลง แต่เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเข้าไปอีก แผ่นพื้นก็จะสามารถรับแรงได้อีก เนื่องจากไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทรายจะเป็นตัวช่วยในการรับแรงดึง ทำให้สามารถรับแรงได้อีกจนพื้นคอนกรีตเกิดการวิบัติ และจากการทดสอบจะเห็นได้ว่าพื้นคอนกรีตจะเริ่มแตกจากด้านล่างและแตกเรื่อยๆจนวิบัติ ทำให้เมื่อนำไปใช้งานจริงจะสามารถสังเกตเห็นรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นก่อนการวิบัติ ทำให้สามารถเตรียมพร้อมก่อนการวิบัติได้ทัน สำหรับรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นบริเวณกลางแผ่นพื้นคอนกรีต เพราะว่าบริเวณกลางแผ่นพื้นคอนกรีตจะเป็นช่วงที่ทำให้เกิดโมเมนต์ดัดมากที่สุด และเมื่อทำการทุบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ที่ทำการทดสอบแล้ว พบว่าเนื้ออีพ็อกซี่ที่ใช้เคลือบไม้ไผ่ไม่แข็งตัวและมีลักษณะเป็นยางที่สามารถยืดหยุ่นได้ ซึ่งจะส่งผลให้อีพ็อกซี่ที่ใช้เคลือบไม้ไผ่เกิดการหลุดร่อนออกจากผิวไม้ไผ่และบางส่วนสามารถรูดออกจากไม้ไผ่ได้ และสาเหตุอีกประการคือผิวของไม้ไผ่โดยธรรมชาติแล้วมีความเรียบและมันวาว จึงสรุปได้ว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับอีพ็อกซี่ มีน้อยกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวอีพ็อกซี่พ่นทรายกับเนื้อคอนกรีต ดังรูปที่ 4.5

อีพ็อกซี่ที่ใช้ในการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่เป็นอีพ็อกซี่ตราจระเข้ ซึ่งโดยปกติจะใช้ในงานเสียบเหล็กโดยเป็นวัสดุประสานระหว่างเหล็กกับเนื้อคอนกรีต และใช้ในงานซ่อมแซมรอยแตกร้าวของคอนกรีต แต่ในการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ จะใช้อีพ็อกซี่เป็นวัสดุประสานระหว่างไม้ไผ่กับเนื้อคอนกรีต ซึ่งหลังการทดสอบพบว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ไม่สามารถรับกำลังดัดได้ตามทฤษฎีโดยมีสาเหตุดังนี้

อีพ็อกซี่เมื่อนำไปทดสอบกำลังรับแรงดึงโดยเคลือบผิวไม้ไผ่ พบว่ามีกำลังรับแรงดึงที่ดีกว่าไม้ไผ่ที่ไม่ได้ปรับปรุงผิว เนื่องจากเป็นการรับแรงในแนวแกน แต่การทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่จะเป็นการทดสอบรับกำลังดัด และพบว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่สามารถรับกำลังดัดได้น้อยกว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่ไม่มีการปรับปรุงผิว เนื่องจากอีพ็อกซี่ไม่เหมาะสำหรับนำมาเคลือบไม้ไผ่ ซึ่งไม้ไผ่เป็นวัสดุตามธรรมชาติที่มีผิวมันวาว ซึ่งเมื่อแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ได้รับกำลังดัดจะทำให้เกิดการรูดออกระหว่างผิวไม้ไผ่กับอีพ็อกซี่ จึงส่งผลให้แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่เกิดการวิบัติเร็วกว่าที่คำนวณไว้

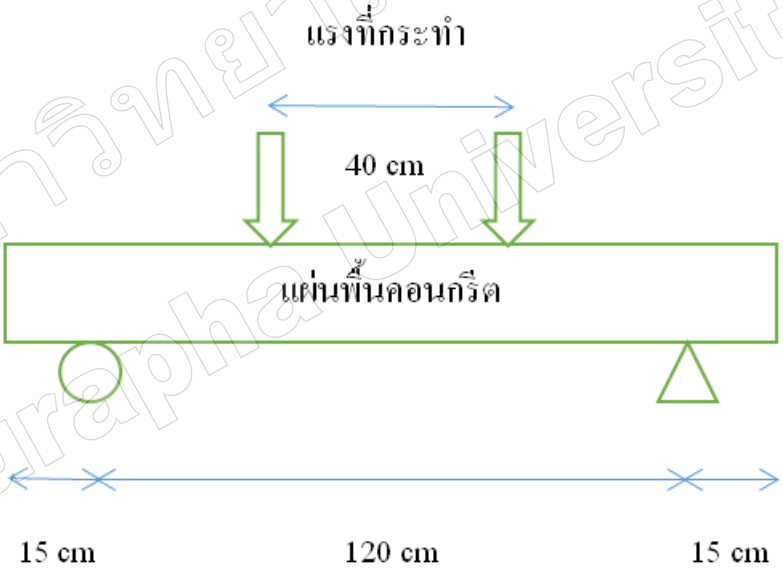
รูปที่ 4.4 การแตกของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายจากผิวด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน

รูป 4.5 การวิบัติของไม้ไผ่เสริมในพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

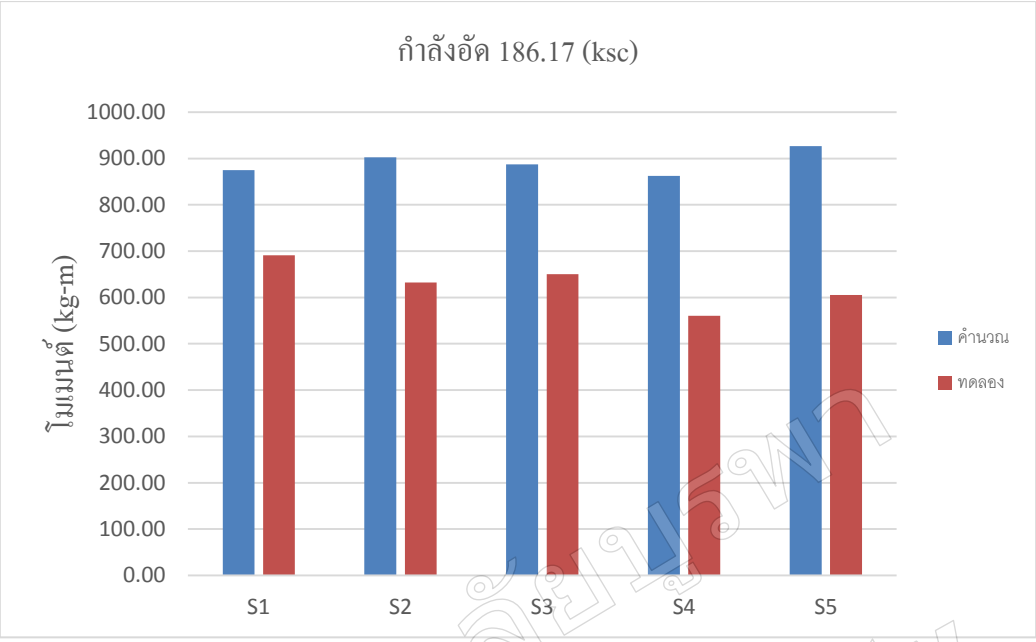
4.2.2 พฤติกรรมของพื้นคอนกรีต

จากการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย โดยการนำพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายมาทดสอบการรับกำลังดัด ด้วยวิธีการทดสอบแบบแรงกระทำ 4 จุด ดังรูปที่ 4.6 ซึ่งจะทำให้ทราบค่าแรงที่กระทำ, ระยะการโก่งตัว และค่าหน่วยการยืดหดตัวของไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย ซึ่งระยะโก่งตัวจะใช้ Displacement Transducer ในการวัดระยะการโก่งตัวทั้งด้านบน และด้านล่างของแผ่นพื้น และการวัดค่าหน่วยการยืดหดตัวของไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทรายจะใช้ Electrical - Strain Gauge ในการวัด โดย Electrical - Strain Gauge จะฝังติดอยู่กับผิวไม้ไผ่ในแผ่นพื้นคอนกรีต ซึ่งในการคำนวณจะนำค่าของแรงที่กระทำลงบนแผ่นพื้นคอนกรีตมาคำนวณหาค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุดของแต่ละแผ่นพื้น โดยแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดสูงสุดที่ได้จากกราคำนวณเปรียบเทียบกับกำลังรับแรงดัดที่ได้จากการทดลองของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ดังรูปที่ 4.7-4.8 ดังนี้

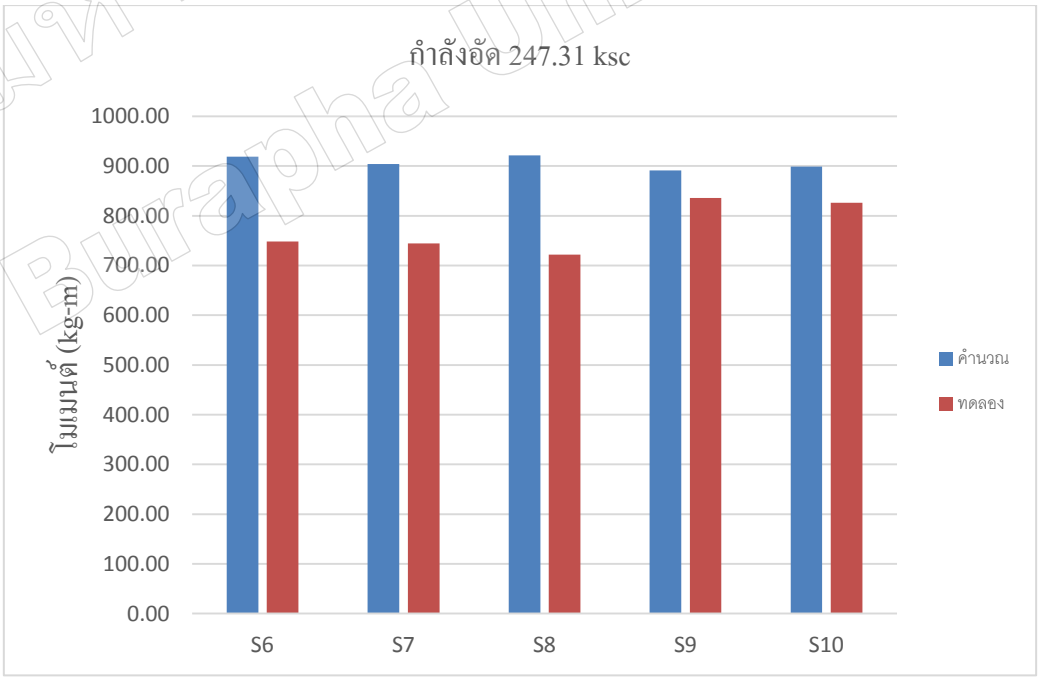


รูปที่ 4.6 การทดสอบพื้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบกำลังรับแรงดัดสูงสุดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ 186.17 ksc



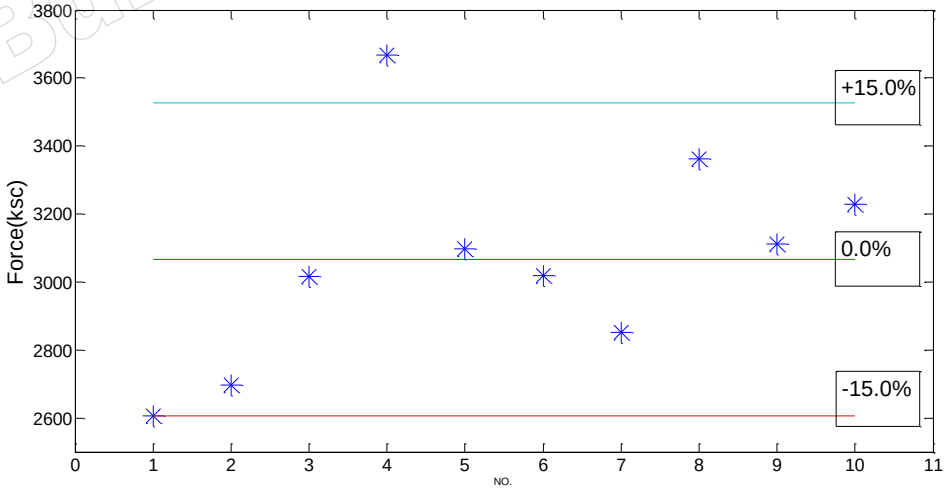
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบกำลังรับแรงดัดสูงสุดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ 247.31 ksc

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.3 ค่าคูณลดกำลัง

จากการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย พบว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายทุกตัวอย่างรับแรงได้น้อยกว่าทฤษฎี ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากไม้ไผ่ที่ได้นำมาเสริมในแผ่นพื้น มีค่ากำลังรับแรงดึงน้อยกว่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยที่ได้ทดสอบไว้ด้วยเครื่อง UTM (Universal Testing Machine) เนื่องจากไม้ไผ่เป็นวัสดุตามธรรมชาติ จึงทำให้ไม่สามารถหาคุณสมบัติที่แน่นอนได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ Factor (φ_b) มาใช้ในการคูณลดกำลังของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายที่ได้จากการทดสอบกำลังรับแรงดึง และสามารถหาค่า Factor (φ_b) จากกราฟรูปที่ 4.9 จะเห็นว่าเมื่อดูความคลาดเคลื่อนของกำลังรับแรงดึงที่ ±15 % จากค่าเฉลี่ยจะพบว่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายที่เสริมในแผ่นพื้นที่มีค่าน้อยที่สุด มีค่ามากกว่าเส้นความคลาดเคลื่อนที่ ±15 % จากค่าเฉลี่ย ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่า Factor (φ_b) ได้เท่ากับ 0.85 ซึ่งการนำไปใช้งานจริง ถึงแม้ว่าจะมีตัวคูณลดกำลังที่ใช้ในการออกแบบอยู่แล้ว แต่ค่าที่ได้จากการทดสอบไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่มีความแปรปรวนมากกว่าเหล็กมาก จึงต้องมีตัวคูณลดกำลังอีกค่าหนึ่งซึ่งได้จากการทดสอบไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ โดยจะทำให้ค่าที่คำนวณได้เกิดความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากการทดสอบไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่นั้นสามารถคำนวณค่าตัวคูณลดกำลังได้เท่ากับ 0.85

$$\varphi_b = 0.85$$



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงกำลังรับแรงดึงที่ความแปรปรวนที่ ± 15%

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบวัสดุ

5.1.1 สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ที่ไม่มีการปรับปรุงผิว

จากการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ที่ไม่มีการปรับปรุงผิว ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้ไม้ไผ่ป่าในการทดสอบ เนื่องจากหาได้ง่ายให้ท้องถิ่น และเมื่อทำการทดสอบพบว่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยของไม้ไผ่ที่ไม่มีการปรับปรุงผิวมีค่าเท่ากับ 2,011.52 ksc และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 121,937.04 ksc ส่วนลักษณะการวิบัติของไม้ไผ่ที่ได้ทำการทดสอบ 3 ลักษณะ คือ

1. วิบัติบริเวณที่จับยึดของเครื่อง UTM ก่อนจะวิบัติบริเวณรอยคอด ดังรูปที่ 5.1
2. วิบัติที่บริเวณตรงกลางรอยคอด โดยไม้ไผ่จะแตกตามแนวขนานเสี้ยน ดังรูปที่ 5.2
3. วิบัติบริเวณรอยต่อระหว่างที่จับยึดของเครื่อง UTM กับรอยคอด ดังรูปที่ 5.3

โดยลักษณะการวิบัติที่ดี คือการวิบัติที่บริเวณตรงกลางรอยคอดโดยไม้ไผ่จะแตกตามแนวขนานเสี้ยน เพราะจะได้ค่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ที่มีค่าความแปรปรวนน้อย

รูปที่ 5.1 วิบัติบริเวณที่จับยึดของเครื่อง UTM ก่อนจะวิบัติบริเวณรอยคอด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ 5.2 วิบัติที่บริเวณตรงกลางรอยคอด โดยไม้ไผ่จะแตกตามแนวขนานเสี้ยน

รูปที่ 5.3 วิบัติบริเวณรอยต่อระหว่างที่จับยึดของเครื่อง UTM กับรอยคอด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5.1.2 สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่

จากการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้ไม้ไผ่ป่าในการทดสอบ เนื่องจากหาได้ง่ายในท้องถิ่น โดยใช้ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ อีพ็อกซี่ตราจระเข้, อีพ็อกซี่ตรา sika และอีพ็อกซี่ตรา Dr.Fixit และเมื่อทำการทดสอบพบว่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตราจระเข้มีค่ากำลังรับแรงดึงสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 2,743.13 ksc ซึ่งเมื่อจะนำไปใช้งานจริงต้องคูณตัวคูณลดกำลัง (φ_b) = 0.85 ดังนั้นค่า F_b ที่นำไปใช้งานจริงได้คือ 2,331.66 ksc และไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตราจระเข้มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 183,158.60 ksc ส่วนลักษณะการวิบัติของไม้ไผ่ที่ได้ทำการทดสอบ จะมีการวิบัติบริเวณตรงกลางรอยคอด และแตกแบบขาดออกจากกัน

5.1.3 สรุปผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ที่ไม่มีการปรับปรุงผิว

จากการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้ไม้ไผ่ยาว 50 ซม. และฝังลึกลงไปในเนื้อคอนกรีต 15 ซม. ในคอนกรีตที่มีกำลังอัด 180, 240 และ 280 ksc ซึ่งได้ค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ดังนี้

- ที่กำลังอัดคอนกรีต 180 ksc ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 8.27 ksc
- ที่กำลังอัดคอนกรีต 240 ksc ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 11.11 ksc
- ที่กำลังอัดคอนกรีต 280 ksc ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 16.68 ksc

ซึ่งจากการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่พบว่าไม้ไผ่ที่ฝังลงไปในคอนกรีตเกิดการวิบัติ 2 ลักษณะ คือ

1. ไม้ไผ่รูดออกจากคอนกรีต ดังรูปที่ 5.4
2. ไม้ไผ่วิบัติบริเวณที่จับยึดของเครื่อง UTM ก่อนเกิดการรูดออกจากคอนกรีต ดังรูปที่ 5.5

โดยลักษณะการวิบัติที่ดี คือไม้ไผ่รูดออกจากคอนกรีต เพราะจะทำให้ทราบค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตได้อย่างถูกต้อง และมีค่าความแปรปรวนน้อย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ 5.4 ไม้ไผ่รูดออกจากคอนกรีต

รูปที่ 5.5 ไม้ไผ่วิบัติบริเวณที่จับยึดของเครื่อง UTM ก่อนเกิดการรูดออกจากคอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5.1.4 สรุปผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่

จากการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่ จะทำการทดสอบด้วยวัสดุ 3 ชนิดได้แก่ ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่, ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นทราย และไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้ไม้ไผ่ยาว 50 ซม.และเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่, อีพ็อกซี่พ่นทราย และอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก โดยจะฝังลึกลงไปในเนื้อคอนกรีต 15 ซม. และทำการทดสอบได้ค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวดังนี้

คอนกรีตกำลังอัดประลัย 180 ksc

1. ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่ มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 8.47 ksc
2. ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นทราย มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 11.00 ksc
3. ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 11.22 ksc

คอนกรีตกำลังอัดประลัย 240 ksc

1. ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่ มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 14.50 ksc
2. ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นทราย มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 14.79 ksc
3. ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 14.83 ksc

คอนกรีตกำลังอัดประลัย 280 ksc

1. ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่ มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 15.76 ksc
2. ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นทราย มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 16.39 ksc
3. ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 16.26 ksc

จากรูป 4.2 จะสังเกตเห็นว่า เมื่อกำลังอัดประลัยของคอนกรีตเพิ่มขึ้น แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่มีแนวโน้มที่จะคงที่ เพราะฉะนั้นเมื่อเพิ่มกำลังอัดประลัยของคอนกรีตก็ไม่ส่งผลต่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ และยังเป็นการสิ้นเปลืองโดยไม่เกิดประโยชน์ จึงควรเลือกกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5.1.5 สรุปผลการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต

จากการทดสอบหากำลังรับแรงอัดจะได้ค่ากำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณไว้ดังนี้

-จากการคำนวณคอนกรีตที่กำลังอัด 180 ksc

มีค่ากำลังรับแรงอัดจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 186.17 ksc

-จากการคำนวณคอนกรีตที่กำลังอัด 240 ksc

มีค่ากำลังรับแรงอัดจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 247.31 ksc

-จากการคำนวณคอนกรีตที่กำลังอัด 280 ksc

มีค่ากำลังรับแรงอัดจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 284.73 ksc

5.2 สรุปผลการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

5.2.1 พฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะทำการทดสอบโดยใส่แรงกระทำด้านบนของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ก็จะเริ่มโก่งตัว จนเกิดการแตกร้าวที่ผิวคอนกรีตด้านล่างของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ (First Crack) ซึ่งในขณะที่คอนกรีตเริ่มแตกออกจากกัน แรงกระทำก็จะลดน้อยลง และเมื่อเพิ่มแรงกระทำเพิ่มเข้าไปเรื่อยๆพบว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ยังสามารถรับแรงกระทำได้อยู่ โดยไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายที่เสริมในคอนกรีตจะทำหน้าที่รับแรงดึงเพียงชนิดเดียวจนแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เกิดการวิบัติและไม่สามารถรับแรงกระทำได้อีกต่อไป ซึ่งจากการทดสอบจะเห็นได้ว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ก่อนเกิดการวิบัติ จะมีรอยแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เกิดขึ้นก่อนที่พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะเกิดการวิบัติ ซึ่งจะมีความปลอดภัยในการใช้งานมากขึ้น และสามารถเตรียมความพร้อมด้านความปลอดภัยก่อนที่พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะเกิดการวิบัติ

สำหรับการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ จะพบว่าเมื่อนำค่ากำลังที่ได้จากการทดสอบไปเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากทฤษฎี พบว่าจะมีค่าคลาดเคลื่อนประมาณ 22% ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนนี้มีสาเหตุมาจากไม้ไผ่และอีพ็อกซี่ เนื่องจากไม้ไผ่เป็นวัสดุตามธรรมชาติ จึงมีค่ากำลังรับแรงดึงแตกต่างกันไป และไม้ไผ่มีค่าความแปรปรวนค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กเส้นผิวกลม และเมื่อนำผลที่ได้จากการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่ากำลังรับโมเมนต์ดัดที่ได้จากการทดลองพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่มีค่าน้อยกว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่ไม่มีการ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ปรับปรุงผิว เนื่องจากผิวอีพ็อกซี่เคลือบทรายมีแรงยึดเหนี่ยวกับคอนกรีต มากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวไม้ไผ่กับอีพ็อกซี่ ประกอบกับผิวไม้ไผ่ที่มีความมันและมีแรงยึดเหนี่ยวน้อยจึงทำให้อีพ็อกซี่ที่เคลือบไม้ไผ่เกิดการรูดออกจากผิวไม้ไผ่ แต่เมื่อพิจารณาการเริ่มแตกร้าวของพื้นคอนกรีต พบว่า โมเมนต์ดัดของหน้าตัดเริ่มแตกร้าวจากการทดลองและทฤษฎีมีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าเมื่อคอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัยสูงขึ้น ความคลาดเคลื่อนก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

5.2.2 การนำไปใช้งาน

จากการทดสอบที่ได้พบว่าแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายสามารถรับแรงที่กระทำได้น้อยกว่าค่าที่คำนวณไว้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการปรับปรุงที่ผิวไม้ไผ่และชนิดของไม้ไผ่ที่นำมาใช้งาน เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าไม้ไผ่ที่นำมาเสริมคอนกรีตจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเหล็กเสริมผิวกลมที่ใช้เสริมในคอนกรีต ซึ่งงานบางชนิดสามารถนำไม้ไผ่มาเสริมแทนเหล็กได้เช่นกัน แต่ไม้ไผ่จะเกิดการยืดตัวมากกว่าเหล็ก ซึ่งจากการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะพบว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่มีระยะโก่งมากกว่าที่คำนวณในทฤษฎี ดังนั้นจึงควรใช้ไม้ไผ่กับโครงสร้างคอนกรีตที่มีขนาดเล็ก เช่น บ้านชั้นเดียว ลานกีฬา ถนนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และโครงสร้างขนาดเล็กที่ได้รับผลกระทบของคลอไรด์ เป็นต้น และสำหรับการนำไม้ไผ่ไปเสริมในคอนกรีตควรใช้ไม้ไผ่ทีมีอายุที่เหมาะสมและทำการปรับปรุงผิวไม้ไผ่เป็นอย่างดีเพื่อเป็นประโยชน์สูงสุด และสามารถใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจได้ แต่จะต้องมีการพัฒนาคุณภาพของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายให้มีมาตรฐาน เพื่อที่จะเพิ่มความมั่นใจในการใช้แผ่นพื้นคอนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย

5.2.3 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ข้อดี

1. คลอไรด์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเหล็กและไม้ไผ่ จะเห็นได้ว่าไม้ไผ่จะไม่ได้รับผลกระทบของคลอไรด์ ส่วนเหล็กเมื่อโดนผลกระทบของคลอไรด์ก็จะเกิดสนิม จนทำให้เหล็กเกิดการขยายตัวทำให้คอนกรีตแตกร้าวได้ ดังนั้นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่จึงเหมาะกับงานที่อยู่บริเวณชายฝั่งทะเล
2. เป็นการใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติให้เกิดประโยชน์

ข้อเสีย

1. ไม้ไผ่ป่าจะรับแรงกระทำได้ไม่มาก เพราะไม้ไผ่ป่าจะมีการยืดตัวมากเมื่อได้รับแรงกระทำ จึงไม่เหมาะกับงานโครงสร้างขนาดใหญ่
2. จากการทดสอบนี้พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ยังไม่มีข้อมูลเกี่ยงกับอายุการใช้งาน ดังนั้นควรที่จะมีการทดสอบเพื่อศึกษาเกี่ยวกับอายุการใช้งานของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ด้วย
3. ไม้ไผ่ที่นำมาทดสอบจะมีกำลังรับแรงดึงไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากเป็นวัสดุตามธรรมชาติจึงไม่สามารถที่จะกำหนดกำลังรับแรงดึงให้เท่ากันได้
4. อีพ็อกซี่มีราคาแพง และเหมาะสำหรับงานซ่อมคอนกรีต งานเสียบเหล็ก เป็นต้น

5.3 ข้อเสนอแนะจากการทดลอง

1. ไม้ไผ่ที่นำมาใช้เสริมในคอนกรีต ควรนำมาจากแหล่งเดียวกัน และเลือกที่มีอายุใกล้เคียงกัน ประมาณ 2-4 ปี เพราะว่าถ้ามาจากต่างที่กัน ถึงแม้จะเป็นชนิดเดียวกัน ก็จะเกิดค่าคลาดเคลื่อนขณะทำการทดลองมากตามไปด้วย
2. ควรจะมีการใช้เครื่องเหลาไม้ไผ่แทนการเหลาด้วยมือ เพราะว่าเมื่อใช้เครื่องเหลาไม้ไผ่จะทำให้ได้ไม้ไผ่ที่มีขนาดเท่ากันทุกเส้น แต่สำหรับเหลาด้วยมือจะยากต่อการควบคุมขนาดของไม้ไผ่
3. ก่อนที่จะทำการเคลือบอีพ็อกซี่และพ่นทราย ควรที่จะทำความสะอาดผิวไม้ไผ่ และตากแดดให้แห้งสนิทเสียก่อน เพราะว่าถ้าผิวไม้ไผ่ชื้นหรือยังสกปรกอยู่อาจทำให้อีพ็อกซี่ที่เคลือบติดได้ไม่ดีเมื่อแห้งแล้วอาจหลุดลอกได้
4. ควรที่จะมีการศึกษาต่อไปถึงเรื่องอายุการใช้งานของโครงสร้างคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เพื่อ ที่ดูเรื่องความปลอดภัย
5. ไม้ไผ่เป็นวัสดุจากธรรมชาติ เราไม่สามารถกำหนดค่าหรือจำกัดค่าคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ได้อย่างแน่นอน ดังนั้นผู้ทำโครงการของเสนอแนะให้มีการควบคุมคุณภาพดังต่อไปนี้

- ควรมีการศึกษาวิจัยพันธุกรรมของไม้ไผ่ชนิดต่างๆ หรือปรับปรุงสายพันธุ์ไม้ไผ่ให้ได้พันธุ์ไม้ไผ่ที่ดีและแข็งแรง และพัฒนาสายพันธุ์ให้มีคุณสมบัติเชิงกลดีที่สุด โดยเน้นคุณสมบัติที่สามารถนำไปใช้งานในด้านงานก่อสร้างเพียงอย่างเดียว
- ไม้ไผ่ที่นำมาประยุกต์ใช้กับโครงสร้างควรมีการควบคุมแหล่งที่มา ไม้ไผ่ต้องมาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน ควบคุมอายุของไม้ไผ่ ตลอดจนควบคุมไม้ไผ่หลังจากที่ตัดออกมาจากต้นแล้ว เช่น นำไปแช่น้ำหรือฉีดสารเคมีเพื่อป้องกันการกัดกินของมอดแมลงและรา หรือมีการป้องกันโดยการทาน้ำมัน,วานิช,แลกเกอร์,ชันหรือสารเคมีอื่นๆที่สามารถป้องกันความชื้นจากสภาพแวดล้อมได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

6. ไม้ไผ่เป็นไม้ที่ปลูกทดแทนได้ มีแหล่งกำเนิดอยู่ทั่วไป การนำไปใช้ถ้าเราไม่ควบคุมเรื่องแหล่งกำเนิดหรือแหล่งเพาะปลูกแล้ว อาจจะได้ไม้ไผ่ที่มีความสามารถแตกต่างกันไปได้ในแต่ละต้น ถ้านำไปใช้ในโครงสร้างที่รับน้ำหนัก อาจจะทำให้โครงสร้างนั้นเกิดการวิบัติได้ง่าย ไม่เป็นไปตามแบบแผนที่กำหนดไว้ ฉะนั้นควรมีการควบคุมแหล่งที่มา ต้องมาจากแหล่งเดียวกันและต้องใช้พันธุ์ชนิดเดียวกัน เพราะว่าแต่ละพันธุ์จะมีความสามารถด้านการรับกำลังแตกต่างกันไป

7. เนื่องจากไม้ไผ่เป็นวัสดุตามธรรมชาติ ดังนั้นการทดสอบไม้ไผ่ควรทดสอบตัวอย่างไม้ไผ่ในปริมาณที่ทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) คงที่

8. การเตรียมไม้ไผ่ก่อนนำมาแปรรูป ควรเลือกไม้ไผ่ที่มีความสมบูรณ์ ไม่มีการรบกวนของแมลงทำลายไม้ไผ่ หรือไม่เกิดเชื้อราบริเวณผิวไม้ไผ่

9. ควรมีการศึกษาคุณสมบัติของอีพ็อกซี่แต่ละชนิดก่อนนำมาใช้งาน เนื่องจากอีพ็อกซี่แต่ละชนิดใช้งานได้กับวัสดุต่างชนิดกัน และคุณสมบัติของอีพ็อกซี่บางชนิดมีการแปรสภาพได้ ซึ่งขณะใช้งานจะส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของชิ้นงาน ดังนั้นในการเลือกใช้อีพ็อกซี่ต้องพิจารณาผลที่เกิดจากการแปรสภาพของอีพ็อกซี่ด้วย เนื่องจากอีพ็อกซี่ที่เกิดการแปรสภาพจะส่งผลต่อแรงยึดเหนี่ยวของวัสดุ และส่งผลให้พื้นเกิดการวิบัติได้ง่าย หากใช้งานอีพ็อกซี่ผิดประเภท

10. เพื่อให้โครงสร้างมีความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น ควรใช้ตัวคุณลดกำลังให้ต่ำลงมาอีก เช่น 0.6 หรือ 0.65 เป็นต้น ตามความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บรรณานุกรม

[1] ดร.วิเชียร ชาลี,การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Design), ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ,พิมพ์ครั้งที่2,2557

[2] ไพวรรณ เล็กอุทัย, มยุรี จิตต์แก้ว และอรุณี วิฉิน, การป้องกันรักษาไม้ไผ่ (Bamboo Protection),กรุงเทพฯ : หจก.อักษรสยามการพิมพ์, 2547

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

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

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

[6] อิทธิวัฒน์ ยอดเยี่ยม, นคร วีระโพธิ์ประสิทธิ์, การศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รับแรงดัดในแนวแกน (THE STUDY OF BEHAVIOR OF BAMBOO-REINFORCED CONCRETE SLAB TO FLEXURAL LOAD), ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2550

[7] สัญชัย แซ่อึ้ง, หยาดพิรุณ วานิชานันท์, พฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบด้วยอีพ็อกซี่ (BEHAVIOR OF BAMBOO REINFORCED CONCRETE BEAM COATED WITH EPOXY),ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2555

[8] โปรเฟสชั่นแนล ฟลอริ่ง (ประเทศไทย) จำกัด, วิธีสืบค้นวัสดุสารสนเทศ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http : //www.pro-floor.net, (วันที่ค้นข้อมูล : 16 กันยายน 2556).

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ก

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ ก-1 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงไม้ไผ่

ตัวอย่างที่	พื้นที่ (cm^2)	แรงดึงสูงสุด (kN)	หน่วยแรงดึง (ksc)	โมดูลัสยืดหยุ่น (ksc)
1	0.12	2.47	2098.19	101193.90
2	0.12	2.85	2420.99	143047.00
3	0.12	2.12	1800.88	83395.04
4	0.12	1.09	925.92	129645.30
5	0.09	2.12	2401.17	75659.22
6	0.12	2.56	2174.65	78601.67
7	0.16	1.75	1114.93	92064.16
8	0.09	1.62	1834.86	83461.20
9	0.16	3.67	2338.17	110418.40
10	0.16	2.19	1395.25	103078.10
11	0.09	0.58	656.92	132080.7
12	0.16	2.88	1834.86	130395.60
13	0.09	2.84	3216.67	121062.00
14	0.12	3.28	2786.27	88331.84
15	0.12	2.41	2047.23	117031.10
16	0.12	3.53	2998.64	78613.90
17	0.12	1.83	1554.53	66066.79
18	0.12	2.23	1894.32	169328.90
19	0.09	2.16	2446.48	110364.60
20	0.16	3.58	2280.83	95384.16

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-1 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงไม้ไผ่ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	พื้นที่ (cm^2)	แรงดึงสูงสุด (kN)	หน่วยแรงดึง (ksc)	โมดูลัสยืดหยุ่น (ksc)
21	0.12	3.03	2573.90	174902.90
22	0.12	3.17	2692.83	133222.40
23	0.16	4.45	2835.11	130228.10
24	0.16	3.97	2529.30	129221.80
25	0.12	2.23	1894.32	96486.80
26	0.16	4.03	2567.53	116215.80
27	0.16	3.56	2268.09	160163.40
28	0.16	1.26	802.75	147616.20
29	0.15	2.32	1576.62	169328.90
30	0.09	1.71	1936.79	110364.60
31	0.16	2.47	1573.64	116215.80
32	0.09	2.85	3227.99	160163.40
33	0.16	2.12	1350.66	147616.20
34	0.12	1.09	925.92	169328.90
35	0.12	2.12	1800.88	110364.60
37	0.16	1.75	1114.93	116215.80
38	0.09	1.62	1834.86	160163.40
39	0.16	3.67	2338.17	147616.20
40	0.16	2.19	1395.29	169328.90

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-1 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงไม้ไผ่ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	พื้นที่ (cm^2)	แรงดึงสูงสุด (kN)	หน่วยแรงดึง (ksc)	โมดูลัสยืดหยุ่น (ksc)
41	0.09	0.58	656.92	110364.60
42	0.16	2.88	1834.86	116215.80
43	0.09	2.84	3216.67	116215.80
44	0.12	3.28	2786.27	160163.40
45	0.16	2.41	1535.42	147616.20
46	0.12	3.53	2998.64	169328.90
47	0.09	1.83	2072.71	110364.60
48	0.09	2.23	2525.76	116215.80
49	0.09	2.16	2446.48	116215.80
50	0.12	3.58	3041.11	160163.40
ค่าเฉลี่ย	0.12	2.45	2011.52	121937.04
SD			696.05	29511.65

***** หมายเหตุ *****

จากข้อมูลหน่วยแรงดึงไม้ไผ่พบว่าข้อมูลที่ทดสอบได้เกิดความแปรปรวนค่อนข้างมาก เนื่องจากตัวอย่างไม้ไผ่ที่นำมาทดสอบบางตัวอย่างเกิดการวิบัติบริเวณใกล้กับที่จับยึดของเครื่อง UTM ที่ใช้ทำการทดสอบไม้ไผ่ ก่อนที่ไม้ไผ่จะวิบัติบริเวณรอยคอด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-2 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตรา sika

ไม่ไผ่เคลือบ Epoxy ตรา sika								
ตัวอย่างที่	A	L	Δ_L	ε_b	Max Load		F_b	E_b
	(cm^2)	(mm)	(mm)		(kN)	(kg)	(ksc)	(ksc)
1	0.36	200	3.8	0.019	9.40	959.18	2664.38	140230.41
2	0.37	200	2.6	0.013	8.28	844.89	2283.49	175653.06
3	0.38	200	4.2	0.021	10.32	1053.05	2771.19	131961.50
4	0.36	200	3.2	0.016	9.40	959.18	2664.38	166523.61
5	0.39	200	3.3	0.017	8.23	839.79	2153.31	130503.37
6	0.39	200	3.5	0.018	9.60	979.58	2511.75	143528.79
7	0.37	200	3.9	0.020	10.08	1028.56	2779.90	142559.00
8	0.38	200	4.1	0.021	10.22	1042.85	2744.34	133870.19
9	0.38	200	3.7	0.019	9.90	1010.20	2658.41	143697.87
10	0.39	200	3.6	0.018	9.70	989.79	2537.92	140995.44
ค่าเฉลี่ย					9.13	931.22	2507.35	148974.39
SD							210.88	14740.29

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-3 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตราจระเข้

ไม่ไผ่เคลือบ Epoxy ตราจระเข้								
ตัวอย่างที่	A	L	ΔL	ε_b	Max Load		F_b	E_b
	(cm^2)	(mm)	(mm)		(kN)	(kg)	(ksc)	(ksc)
1	0.37	200	2.8	0.014	9.45	964.28	2606.16	186154.05
2	0.39	200	3.3	0.017	10.31	1052.03	2697.52	163486.00
3	0.39	200	4.2	0.021	11.53	1176.52	3016.72	143653.38
4	0.36	200	4.2	0.021	12.94	1320.40	3667.77	174655.77
5	0.36	200	2.5	0.013	10.93	1115.30	3098.05	247843.82
6	0.39	200	2.9	0.015	11.54	1177.54	3019.34	208230.17
7	0.37	200	3.4	0.017	10.34	1055.09	2851.60	167741.43
8	0.38	200	3.5	0.018	12.52	1277.54	3361.95	192111.40
9	0.38	200	3.1	0.016	11.59	1182.64	3112.22	200788.39
10	0.39	200	3.9	0.020	12.34	1259.17	3228.65	165571.81
ค่าเฉลี่ย					11.032	1125.71	2743.13	183158.60
SD							312.19	29334.98

***** หมายเหตุ *****

ค่า F_b ของไม่ไผ่เคลือบ Epoxy ตราจระเข้ มีค่าเท่ากับ 2743.13 ksc ซึ่งการนำไปใช้งานจริงต้องคูณตัวคูณลดกำลัง (φ_b) = 0.85 ดังนั้นค่า F_b ที่นำไปใช้งานจริงได้คือ 2331.66 ksc

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-4 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตรา Dr.fixit

ไม่ไผ่เคลือบ Epoxy ตรา Dr.fixit								
ตัวอย่างที่	A	L	ΔL	ε_b	Max Load		F_b	E_b
	(cm^2)	(mm)	(mm)		(kN)	(kg)	(ksc)	(ksc)
1	0.36	200	3	0.015	9.84	1004.07	2789.09	185939.56
2	0.36	200	2.6	0.013	10.29	1049.99	2916.64	224357.18
3	0.37	200	1.7	0.009	9.70	989.79	2675.10	314717.97
4	0.36	200	1.7	0.009	9.16	934.69	2596.35	305453.07
5	0.38	200	3.3	0.017	8.12	828.56	2180.43	132147.50
6	0.39	200	1.9	0.010	9.65	984.69	2524.84	265772.20
7	0.37	200	2.7	0.014	10.43	1064.28	2876.42	213068.51
8	0.38	200	2.9	0.015	9.98	1018.36	2679.89	184820.18
9	0.39	200	2.4	0.012	8.49	866.32	2221.33	185111.03
10	0.38	200	2.8	0.014	8.81	898.97	2365.72	168979.77
ค่าเฉลี่ย					9.42	961.42	2631.52	232523.05
SD							258.50	59938.30

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-5 แสดงผลการทดสอบหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ที่คอนกรีตกำลังอัดประลัย 180 ksc

ตัวอย่างที่	เส้นรอบรูป (cm)	พื้นที่ผิว (cm^2)	แรงดึง (kg)	หน่วยแรงยึดเหนี่ยว (ksc)
1	3.4	51	356.78	7.58
2	3.6	54	407.75	7.55
3	3.8	57	438.33	7.69
4	3.2	48	458.72	9.56
5	3.6	54	489.3	9.06
6	3.4	51	438.33	8.59
7	4	60	499.49	8.32
8	3	45	499.49	11.1
9	3.4	51	489.3	9.59
10	3.2	48	540.27	11.26
ค่าเฉลี่ย	3.46	51.9	461.77	9.03
SD			40.81	1.34

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-6 แสดงผลการทดสอบหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ที่คอนกรีตกำลังอัดประลัย 240 ksc

ตัวอย่างที่	เส้นรอบรูป (cm)	พื้นที่ผิว (cm^2)	แรงดึง (kg)	หน่วยแรงยึดเหนี่ยว (ksc)
1	3.8	57	509.68	8.94
2	4.2	63	560.65	8.9
3	3.8	57	601.42	10.55
4	4.2	63	611.62	9.71
5	3.4	51	713.55	13.99
6	3.6	54	733.94	13.59
7	3.8	57	560.65	9.84
8	3.6	54	611.62	11.33
9	3	45	601.42	13.37
10	3.6	54	591.23	10.95
ค่าเฉลี่ย	3.7	55.5	609.58	11.12
SD			67.92	1.92

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-7 แสดงผลการทดสอบหาค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ที่คอนกรีตกำลังอัดประลัย 280 ksc

ตัวอย่างที่	เส้นรอบรูป (cm)	พื้นที่ผิว (cm^2)	แรงดึง (kg)	หน่วยแรงยึดเหนี่ยว (ksc)
1	3.8	57	815.48	14.306
2	3.6	54	937.81	17.367
3	3.8	57	1019.36	17.883
4	3.8	57	927.62	16.274
5	3.8	57	1121.3	19.672
6	3	45	917.43	20.387
7	4.2	63	815.43	12.944
8	4	60	998.98	16.649
9	3.6	54	774.71	14.346
10	3.2	48	815.49	16.989
ค่าเฉลี่ย	3.68	55.2	914.36	16.68
SD			110.85	2.36

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-8 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่, ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย และไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็กที่คอนกรีตกำลังอัดประลัย 180 ksc

คอนกรีตกำลังอัด 180 ksc					
ตัวอย่างที่	T_{max} (kN)	L (cm)	Σ_0 (cm)	T_{max} (kg)	u (ksc)
ไม้ไผ่เคลือบ Epoxy					
1	9.66	15	7	985.71	9.39
2	4.83	15	7	492.85	4.69
3	8.55	15	7	872.44	8.31
4	9.4	15	7	959.18	9.14
5	11.14	15	7	1136.73	10.83
ค่าเฉลี่ย				889.38	8.47
ไม้ไผ่เคลือบ Epoxy พ่นทราย					
1	8.57	15	7	874.48	8.33
2	12.07	15	7	1231.62	11.73
3	13.01	15	7	1327.54	12.64
4	12.33	15	7	1258.15	11.98
5	10.62	15	7	1083.66	10.32
ค่าเฉลี่ย				1155.09	11.00
ไม้ไผ่เคลือบ Epoxy พ่นผงเหล็ก					
1	10.59	15	7	1080.60	10.29
2	9.85	15	7	1005.09	9.57
3	12.34	15	7	1259.17	11.99
4	9.97	15	7	1017.34	9.69
5	14.96	15	7	1526.52	14.54
ค่าเฉลี่ย				1177.75	11.22

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-9 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่, ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย และไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็กที่คอนกรีตกำลังอัดประลัย 240 ksc

คอนกรีตกำลังอัด 240 ksc					
ตัวอย่างที่	T_{max} (kN)	L (cm)	Σ_0 (cm)	T_{max} (kg)	u (ksc)
ไม้ไผ่เคลือบ Epoxy					
1	13.93	15	7	1421.42	13.54
2	15.98	15	7	1630.60	15.53
3	15.35	15	7	1566.31	14.92
4	14.48	15	7	1477.54	14.07
5	14.88	15	7	1518.36	14.46
ค่าเฉลี่ย				1522.84	14.50
ไม้ไผ่เคลือบ Epoxy พ่นทราย					
1	15.47	15	7	1578.56	15.03
2	15.61	15	7	1592.84	15.17
3	17.65	15	7	1801.01	17.15
4	14.32	15	7	1461.21	13.92
5	13.07	15	7	1333.66	12.70
ค่าเฉลี่ย				1553.46	14.79
ไม้ไผ่เคลือบ Epoxy พ่นผงเหล็ก					
1	18.44	15	7	1881.62	17.92
2	14.07	15	7	1435.70	13.67
3	13.55	15	7	1382.64	13.17
4	15.03	15	7	1533.66	14.61
5	15.21	15	7	1552.03	14.78
ค่าเฉลี่ย				1557.13	14.83

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-10 แสดงผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่, ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย และไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็กที่คอนกรีตกำลังอัดประลัย 280 ksc

คอนกรีตกำลังอัด 280 ksc					
ลำดับที่	T_{max} (kN)	L (cm)	Σ_0 (cm)	T_{max} (kg)	u (ksc)
ไม้ไผ่เคลือบ Epoxy					
1	14.83	15	7	1513.25	14.41
2	17.04	15	7	1738.76	16.56
3	17.11	15	7	1745.90	16.63
4	15.96	15	7	1628.56	15.51
5	16.15	15	7	1647.95	15.69
ค่าเฉลี่ย				1654.88	15.76
ไม้ไผ่เคลือบ Epoxy พ่นทราย					
1	14.56	15	7	1485.70	14.15
2	16.55	15	7	1688.76	16.08
3	19.63	15	7	2003.05	19.08
4	16.34	15	7	1667.33	15.88
5	17.23	15	7	1758.15	16.74
ค่าเฉลี่ย				1720.60	16.39
ไม้ไผ่เคลือบ Epoxy พ่นผงเหล็ก					
1	14.16	15	7	1444.89	13.76
2	17.25	15	7	1760.19	16.76
3	16.13	15	7	1645.91	15.68
4	17.9	15	7	1826.52	17.40
5	18.2	15	7	1857.13	17.69
ค่าเฉลี่ย				1706.93	16.26

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-11 แสดงผลการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

ตัวอย่างที่	กำลังอัดคอนกรีต (ksc)	กำลังอัดสูงสุด (ksc)	ค่าเฉลี่ยกำลังอัดสูงสุด (ksc)
1	180	187.55	186.17
2		172.44	
3		198.51	
4	240	248.34	247.31
5		250.33	
6		243.26	
7	280	275.59	284.73
8		291.25	
9		287.35	

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-12 แสดงผลการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ตัวอย่างที่	กำลังอัดคอนกรีต (ksc)	อายุ (day)	โมเมนต์			ค่าคลาดเคลื่อน (%)
			คำนวณ (kg-m)	คำนวณ(φ_b) (kg-m)	ทดลอง (kg-m)	
S1	186.17	28	1023.75	876.01	691.27	21.09
S2		28	1055.44	903.33	632.15	30.02
S3		28	1038.19	888.45	650.5	26.78
S4		28	1009.30	863.55	560.79	35.06
S5		28	1084.21	928.14	605.64	34.75
ค่าเฉลี่ย			1042.18	891.90	628.07	29.54
S6	247.31	28	1076.33	919.63	748.36	18.62
S7		28	1058.68	904.63	744.28	17.73
S8		28	1079.23	922.13	721.85	21.72
S9		28	1043.92	891.79	836.02	6.25
S10		28	1052.72	899.33	825.83	8.17
ค่าเฉลี่ย			1062.18	907.50	775.27	14.50

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก-13 แสดงการเปรียบเทียบโมเมนต์ดัดเริ่มแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

ตัวอย่างที่	กำลังอัดคอนกรีต (ksc)	อายุ (day)	โมเมนต์ดัดหน้าตัดเริ่มแตกร้าว		ค่าคลาดเคลื่อน (%)
			คำนวณ (kg-m)	ทดลอง (kg-m)	
S1	186.17	28	613.78	581.18	5.31
S2		28	613.77	554.68	9.63
S3		28	613.78	562.83	8.30
S4		28	613.78	575.06	6.31
S5		28	613.77	548.56	10.62
ค่าเฉลี่ย			601.16	564.46	8.03
S6	247.31	28	707.13	564.87	20.12
S7		28	707.16	577.10	18.39
S8		28	707.15	611.76	13.49
S9		28	707.17	599.53	15.22
S10		28	707.13	599.53	15.22
ค่าเฉลี่ย			695.14	590.56	16.49

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ข

รูปและกราฟแสดงผลการทดลอง

รูปที่ ข-1 ตัวอย่างชิ้นไม้ไผ่ก่อนนำไปทดสอบหากำลังรับแรงดึง

รูปที่ ข-2 การดึงไม้ไผ่เพื่อหากำลังรับแรงดึง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ข-3 การทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

รูปที่ ข-4 ตัวอย่างชิ้นไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ก่อนนำไปทดสอบหากำลังรับแรงดึง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ข-5 ชิ้นไม้ไผ่ที่จะนำไปปรับปรุงผิวและเสริมในพื้นคอนกรีต

รูปที่ ข-6 โครงไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ที่นำไปเสริมในพื้นคอนกรีตและการเทแผ่นพื้นคอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ข-7 การบ่มแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่

รูปที่ ข-8 การทดสอบ Strain Gauge ที่ฝังอยู่ในพื้นคอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ข-9 การติดตั้งเครื่องทดสอบแผ่นพื้น

รูปที่ ข-10 การติดตั้ง Displacement Transducer

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ ข-11 วิธีการใช้เครื่อง Data Logger ขณะทำการทดสอบ

รูปที่ ข-12 ลักษณะการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่

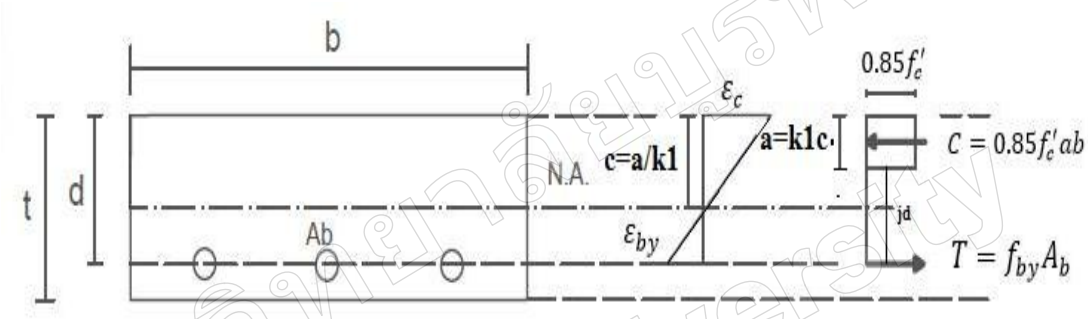
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างการคำนวณ

คำนวณกำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย

<u>กำลังต้านทานโมเมนต์สูงสุด</u>

จากกรณีการวิบัติเนื่องจากเหล็กเสริมรับแรงดึงถึงจุดครากก่อน (yielding failure)



$$M_n = Tjd = A_b f_{by}(d - \frac{a}{2}) \quad (1)$$

$$a = \frac{A_b f_{by}}{0.85\, f_c' b} = \frac{\rho f_{by}}{0.85 f_c'} d \quad (2)$$

$$\rho = \frac{A_b}{bd}$$

แทน(2)ลงใน(1)

$$M_n = A_b f_{by}(d - \frac{\rho f_{by}}{2 \times 0.85 f_c'})$$

$$M_n = A_b f_{by} d(1 - 0.59\rho \frac{f_{by}}{f_c'})$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ตัวอย่างพื้น S1 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 186.17 ksc ขนาดหน้าตัด 60x150 cm.

$$A_b = 3.39\ cm^2,\ f_{by} = 2331.66\ ksc,\ f_c' = 186.17\ ksc, b = 60\ cm, d = 11.5\ cm$$

$$\rho = \frac{A_b}{bd}$$

$$\rho = \frac{3.39}{60 \times 11.5}$$

$$\rho = \quad 0.00491$$

$$M_n = A_b f_{by} d(1 - 0.59\rho \frac{f_{by}}{f_c'})$$

$$Mn = \ 3.39 \times 2331.66 \times 11.5[1 - 0.59 \times 0.00491 \times \frac{2331.66}{186.17}]$$

กำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ $M_n = 874.88\ kg - m$

การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ตัวอย่างพื้น S2 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 186.17 ksc ขนาดหน้าตัด 60x150 cm.

$$A_b = 3.50\ cm^2,\ f_{by} = 2331.66\ ksc, f_c' = 186.17\ ksc, b = 60\ cm, d = 11.5\ cm$$

$$\rho = \frac{A_b}{bd}$$

$$\rho = \frac{3.50}{60 \times 11.5}$$

$$\rho = \quad 0.00507$$

$$M_n = A_b f_{by} d(1 - 0.59\rho \frac{f_{by}}{f_c'})$$

$$Mn = 3.50 \times 2331.66 \times 11.5[1 - 0.59 \times 0.00507 \times \frac{2331.66}{186.17}]$$

กำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ $M_n = 902.12\ kg - m$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ตัวอย่างพื้น S3 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 186.17 ksc ขนาดหน้าตัด 60x150 cm.

$$A_b = 3.44\ cm^2,\ f_{by} = 2331.66\ ksc,\ f_c' = 186.17\ ksc,\ b = 60\ cm, d = 11.5\ cm$$

$$\rho = \frac{A_b}{bd}$$

$$\rho = \frac{3.44}{60 \times 11.5}$$

$$\rho = \quad 0.00498$$

$$M_n = A_b f_{by} d(1 - 0.59\rho \frac{f_{by}}{f_c'})$$

$$M_n = 3.44 \times 2331.66 \times 11.5[1 - 0.59 \times 0.00498 \times \frac{2331.66}{186.17}]$$

กำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ $M_n = 887.29\ kg - m$

การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ตัวอย่างพื้น S4 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 186.17 ksc ขนาดหน้าตัด 60x150 cm.

$$A_b = 3.34\ cm^2,\ f_{by} = 2331.66\ ksc,\ f_c' = 186.17\ ksc,\ b = 60\ cm, d = 11.5\ cm$$

$$\rho = \frac{A_b}{bd}$$

$$\rho = \frac{3.34}{60 \times 11.5}$$

$$\rho = \quad 0.00484$$

$$M_n = A_b f_{by} d(1 - 0.59\rho \frac{f_{by}}{f_c'})$$

$$Mn = 3.34 \times 2331.66 \times 11.5[1 - 0.59 \times 0.00484 \times \frac{2331.66}{186.17}]$$

กำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ $M_n = 862.46\ kg - m$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ตัวอย่างพื้น S5 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 186.17 ksc ขนาดหน้าตัด 60x150 cm.

$$A_b = 3.60\ cm^2,\ f_{by} = 2331.66\ ksc,\ f_c' = 186.17\ ksc,\ b = 60\ cm, d = 11.5\ cm$$

$$\rho = \frac{A_b}{bd}$$

$$\rho = \frac{3.60}{60 \times 11.5}$$

$$\rho = \quad 0.00521$$

$$M_n = A_b f_{by} d(1 - 0.59\rho \frac{f_{by}}{f_c'})$$

$$M_n = 3.60 \times 2331.66 \times 11.5[1 - 0.59 \times 0.00521 \times \frac{2331.66}{186.17}]$$

กำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ $M_n = 926.89\ kg - m$

การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ตัวอย่างพื้น S6 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 247.31 ksc ขนาดหน้าตัด 60x150 cm.

$$A_b = 3.53\ cm^2,\ f_{by} = 2331.66\ ksc,\ f_c' = 247.31\ ksc,\ b = 60\ cm, d = 11.5\ cm$$

$$\rho = \frac{A_b}{bd}$$

$$\rho = \frac{3.53}{60 \times 11.5}$$

$$\rho = \quad 0.00511$$

$$M_n = A_b f_{by} d(1 - 0.59\rho \frac{f_{by}}{f_c'})$$

$$M_n = 3.53 \times 2331.66 \times 11.5[1 - 0.59 \times 0.00511 \times \frac{2331.66}{247.31}]$$

กำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ $M_n = 918.81\ kg - m$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ตัวอย่างพื้น S7 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 247.31 ksc ขนาดหน้าตัด 60x150 cm.

$$A_b = 3.47\ cm^2,\ f_{by} = 2331.66\ ksc,\ f_c' = 247.31\ ksc, b = 60\ cm, d = 11.5\ cm$$

$$\rho = \frac{A_b}{bd}$$

$$\rho = \frac{3.47}{60 \times 11.5}$$

$$\rho = \quad 0.00502$$

$$M_n = A_b f_{by} d(1 - 0.59\rho \frac{f_{by}}{f_c'})$$

$$M_n = 3.47 \times 2331.66 \times 11.5[1 - 0.59 \times 0.00502 \times \frac{2331.66}{247.31}]$$

กำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ $M_n = 903.67\ kg - m$

การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ตัวอย่างพื้น S8 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 247.31 ksc ขนาดหน้าตัด 60x150 cm.

$$A_b = 3.54\ cm^2, f_{by} = 2331.66\ ksc, f_c' = 247.31\ ksc, b = 60\ cm, d = 11.5\ cm$$

$$\rho = \frac{A_b}{bd}$$

$$\rho = \frac{3.54}{60 \times 11.5}$$

$$\rho = \quad 0.00513$$

$$M_n = A_b f_{by} d(1 - 0.59\rho \frac{f_{by}}{f_c'})$$

$$M_n = 3.54 \times 2331.66 \times 11.5[1 - 0.59 \times 0.00513 \times \frac{2331.66}{247.31}]$$

กำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ $M_n = 921.30\ kg - m$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ตัวอย่างพื้น S9 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 247.31 ksc ขนาดหน้าตัด 60x150 cm.

$$A_b = 3.42\ cm^2,\ f_{by} = 2331.66\ ksc,\ f_c' = 247.31\ ksc, b = 60\ cm, d = 11.5\ cm$$

$$\rho = \frac{A_b}{bd}$$

$$\rho = \frac{3.42}{60 \times 11.5}$$

$$\rho = \quad 0.00495$$

$$M_n = A_b f_{by} d(1 - 0.59\rho \frac{f_{by}}{f_c'})$$

$$Mn = 3.42 \times 2331.66 \times 11.5[1 - 0.59 \times 0.00495 \times \frac{2331.66}{247.31}]$$

กำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ $M_n = 891.02\ kg - m$

การวิเคราะห์กำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุด ตัวอย่างพื้น S10 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 247.31 ksc ขนาดหน้าตัด 60x150 cm.

$$A_b = 3.45\ cm^2,\ f_{by} = 2331.66\ ksc,\ f_c' = 247.31\ ksc, b = 60\ cm, d = 11.5\ cm$$

$$\rho = \frac{A_b}{bd}$$

$$\rho = \frac{3.45}{60 \times 11.5}$$

$$\rho = \quad 0.00500$$

$$M_n = A_b f_{by} d(1 - 0.59\rho \frac{f_{by}}{f_c'})$$

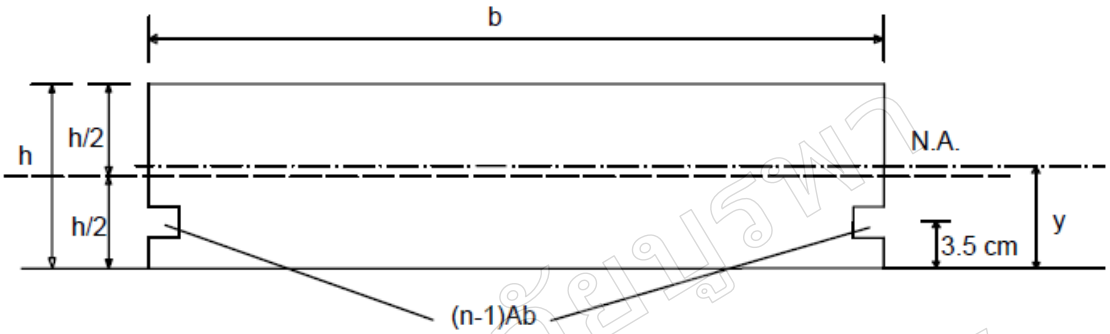
$$Mn = 3.45 \times 2331.66 \times 11.5[1 - 0.59 \times 0.00500 \times \frac{2331.66}{247.31}]$$

กำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ $M_n = 898.57\ kg - m$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตัวอย่างการคำนวณหากำลังรับแรงดัดที่สภาวะหน้า ตัดเริ่มแตกร้าว (M_{cr}) ของพื้น S1

แปลงเนื้อที่หน้าตัดของไม้ไผ่เป็นเนื้อที่หน้าตัดของคอนกรีตเทียบเท่า แล้วหาตำแหน่งแนวแกนสะเทิน ของหน้าตัดแปลง(ไม่ร้าว) ที่อยู่ห่างจากท้องพื้น f_c' = 186.17 ksc



b = 60 cm, h = 15 cm, $A_b = 3.39\ cm^2$ n = $\frac{E_b}{E_c} = \frac{183158.60}{202856.08} = 0.90$

$$y = \frac{(bh)\left(\frac{h}{2}\right) + (n-1)A_b(3.5)}{(bh) + (n-1)A_b}$$

$$y = \frac{(60 \times 15)(7.5) + (0.9-1)(3.39)(3.5)}{(60 \times 15) + (0.9-1) \times 3.39}$$

$$y = 7.50\ cm$$

โมเมนต์อินเนอร์เชียของหน้าตัดแปลง (ไม่ร้าว)

$$I = \frac{bh^3}{12} + [(bh)(y - \left(\frac{h}{2}\right))^2] + [(n-1)A_b(y-3.5)^2]$$

$$I = \frac{(60)(15)^3}{12} + [(60 \times 15)(7.50 - \frac{15}{2})^2] + [(0.9-1)(3.39)(7.50-3.5)^2]$$

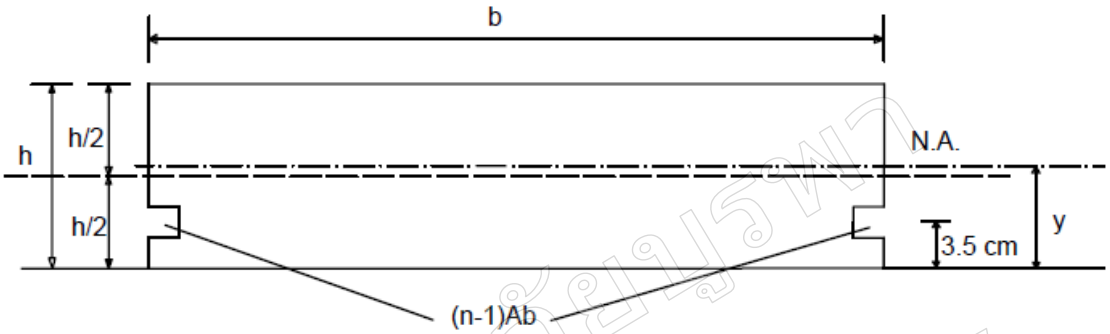
$$I = 16869.57\ \ cm^4$$

โมเมนต์ดัดแตกร้าว

$$M_{cr} = \frac{f_c I}{y} = \frac{(2.0\sqrt{f_c'})I}{y} = \frac{(2.0\sqrt{186.17})(16869.57)}{(7.50)(100)} = 613.78\ kg-m$$

ตัวอย่างการคำนวณหากำลังรับแรงดัดที่สภาวะหน้า ตัดเริ่มแตกร้าว (M_{cr}) ของพื้น S6

แปลงเนื้อที่หน้าตัดของไม้ไผ่เป็นเนื้อที่หน้าตัดของคอนกรีตเทียบเท่า แล้วหาตำแหน่งแนวแกนสะเทิน ของหน้าตัดแปลง(ไม่ร้าว) ที่อยู่ห่างจากท้องพื้น f_c' = 247.31 ksc



b = 60 cm, h = 15 cm, $A_b = 3.53\ cm^2$ n = $\frac{E_b}{E_c} = \frac{183158.60}{234238.03} = 0.78$

$$y = \frac{(bh)\left(\frac{h}{2}\right) + (n-1)A_b(3.5)}{(bh) + (n-1)A_b}$$

$$y = \frac{(60 \times 15)(7.5) + (0.78-1)(3.53)(3.5)}{(60 \times 15) + (0.78-1) \times 3.53}$$

$$y = 7.50\ cm$$

โมเมนต์อินเนอร์เชียของหน้าตัดแปลง (ไม่ร้าว)

$$I = \frac{bh^3}{12} + [(bh)(y - \left(\frac{h}{2}\right))^2] + [(n-1)A_b(y-3.5)^2]$$

$$I = \frac{(60)(15)^3}{12} + [(60 \times 15)(7.5 - \frac{15}{2})^2] + [(0.78-1)(3.53)(7.50-3.5)^2]$$

$$I = 16862.54\ cm^4$$

โมเมนต์ดัดแตกร้าว

$$M_{cr} = \frac{f_c I}{y} = \frac{(2.0\sqrt{f_c'})I}{y} = \frac{(2.0\sqrt{247.31})(16862.54)}{(7.50)(100)} = 707.13\ kg-m$$

ประวัติผู้ทำโครงงาน

นายศุภกฤษฎิ์ สดใส จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนระยองวิทยาคมปากน้ำ จังหวัดระยอง มีความสนใจในงานด้านการก่อสร้าง จึงได้เข้ารับการศึกษาต่อที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยบูรพา เมื่อ พ.ศ. 2553 อนาคตตั้งใจจะนำความรู้ที่ได้ศึกษามานำไปประกอบอาชีพที่สุจริต และนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาท้องถิ่นให้เจริญยิ่งขึ้น

นายอดิศักดิ์ ช่องบุญ จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนโคกสำโรงวิทยา จังหวัดลพบุรี มีความสนใจในงานด้านการก่อสร้าง จึงได้เข้ารับการศึกษาต่อที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยบูรพา เมื่อ พ.ศ. 2553 อนาคตตั้งใจจะนำความรู้ที่ได้ศึกษามานำไปประกอบอาชีพที่สุจริต และนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาท้องถิ่นให้เจริญยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่รับการดัด

CONCRETE SLAB REINFORCED WITH EPOXY COATED BAMBOO SUBJECTED TO BENDING

นายศุภกฤษฎิ์ สดใส และนายอดิศักดิ์ ช่องบุญ

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์เอนก ชมวงษ์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการรับกำลังดัดของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ โดยใช้ไม้ไผ่ป่าซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นแทนการใช้เหล็กเสริม และทำการปรับปรุงคุณสมบัติการยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่กับคอนกรีต โดยใช้วิธีการเคลือบผิวไม้ไผ่ด้วยอีพ็อกซี่ 3 ชนิด คือ อีพ็อกซี่ธรรมดา, อีพ็อกซี่พ่นทราย และอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก ซึ่งคอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยคอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัย 180 กก./ซม.^{2} , 240 กก./ซม.^{2} และ 280 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ จำนวนตัวอย่างแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ขนาด 60x150x15 ซม. สำหรับคอนกรีตกำลังอัดประลัย 180 กก./ซม.^{2} และ 240 กก./ซม.^{2} อย่างละ 5 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต พบว่าค่าเฉลี่ยของกำลังยึดเหนี่ยวเฉลี่ยของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 16.26 กก./ซม.^{2} ส่วนการทดสอบกำลังดัดของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งใช้กำลังอัดประลัยของคอนกรีตเท่ากับ 240 กก./ซม.^{2} ให้ค่าเฉลี่ยของโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ 775.27 กก.-ม. ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎีร้อยละ 16.49 ส่วนผลการทดสอบของแผ่นพื้นกรณีใช้กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 180 กก./ซม.^{2} ให้ค่าเฉลี่ยของโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ 628.07 กก.-ม. ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎีร้อยละ 8.03

คำสำคัญ : พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่, คุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่, หน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Abstract

The aim of this project is to study flexural strength of bamboo-reinforced concrete slabs; using local wild bamboo (Bambusa bambos (L.) Voss) as reinforcement instead of steel reinforcement. To improve bonding strength between bamboo and concrete by using 3 types of epoxy-coatings consists of ordinary epoxy; epoxy with sand grain sprayed; epoxy with steel-powder sprayed .Using concrete strengths of 180 ksc; 240 ksc; and 280 ksc respectively. And the 10 bamboo-reinforced concrete test slabs with concrete of 60 x150x15 cm. strengths of 180 ksc and 240 ksc for 5 specimens each.

From the tests revealed that the bonding tests the bamboo with epoxy with sand grain sprayed yielded the maximum average bonding strength of 16.26 ksc. And the flexural tests of 5 bamboo-reinforced concrete slabs with concrete strengths of 240 ksc yielded the average maximum flexural strength of 775.27 kg-m. Which less than the calculated value by 16.49 percents. And the other 5 specimens with concrete strengths of 180 ksc yielded the average value of 628.07 kg-m. which is less than the calculated value by 8.03 percents.

Keywords: Bamboo reinforced concrete epoxy coatings; Mechanical properties of bamboo; Bonding strengths between bamboo and concrete.

Burapha University มหาวิทยาลัยบูรพา

1. บทนำ

พื้นคอนกรีตในปัจจุบันมีหลายรูปแบบ เช่น พื้นทางเดียว พื้นสองทาง พื้นวางบนดิน พื้นไร้คาน พื้นPost tension เป็นต้น ซึ่งพื้นแต่ละประเภทก็จะใช้ในงานที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับการออกแบบ และความเหมาะสมของงาน แต่พื้นทุกประเภทจะต้องมีการใส่เหล็กเสริมด้านในเพื่อใช้รับแรงดึง เนื่องจากคอนกรีตมีคุณสมบัติในด้านการรับแรงดึงเพียง 10% ของแรงอัดเท่านั้น

สำหรับโครงสร้างที่มีขนาดเล็กและรับน้ำหนักน้อยสามารถลดต้นทุนในการก่อสร้างได้ โดยใช้วัสดุอื่นๆมาใช้แทนเหล็กเสริมได้ ซึ่งวัสดุที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเหล็กและสามารถใช้แทนเหล็กเสริมได้คือไม้ไผ่ เนื่องจากไม้ไผ่มีคุณสมบัติในด้านการรับแรงดึงได้ดี จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการเสริมในคอนกรีตแทนการเสริมเหล็ก อีกทั้งไม้ไผ่ยังเป็นวัสดุตามธรรมชาติที่พบได้ทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งข้อดีของไม้ไผ่มีคือไม่เกิดปัญหาเรื่องการกัดกร่อนของคลอไรด์ และการเกิดสนิม แต่ไม้ไผ่จะมีข้อเสียเมื่อเทียบกับเหล็ก คือไม้ไผ่จะมีปัญหาเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ การเปลี่ยนแปลงปริมาตร(การหดตัว) ตลอดจนการผุพังของไม้ไผ่ ซึ่งในการทดสอบนี้จะเป็นการทดลองใช้อีพ็อกซี่เคลือบผิวไม้ไผ่ เพื่อช่วยเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต และป้องกันการสูญเสียน้ำของไม้

แต่อย่างไรก็ตาม ข้อสำคัญของการนำไม้ไผ่มาใช้แทนเหล็กเสริมในคอนกรีตนั้นจะต้องใช้ในโครงสร้างที่มีขนาดเล็ก และรับน้ำหนักไม่มากหรือใช้ในสถานที่ที่มีโอกาสเกิดการกัดกร่อนสูง เช่น บริเวณชายทะเล บริเวณที่มีดินเค็ม เป็นต้น ซึ่งถ้าได้ทำการศึกษาอย่างจริงจังเพื่อที่จะนำไม้ไผ่มาใช้เสริมแทนเหล็กในคอนกรีตแล้ว อาจทำให้ประหยัดงบประมาณในการซื้อเหล็ก และยังช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้างได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่ในด้านกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่ และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้ไผ่
2. เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาคุณสมบัติของคอนกรีต ในด้านกำลังอัดของคอนกรีต และกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ โดยใช้อีพ็อกซี่เป็นวัสดุประสานระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ และศึกษาการเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างผิวอีพ็อกซี่กับเนื้อคอนกรีตด้วยวัสดุต่อไปนี้
   - อีพ็อกซี่
   - อีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก
   - อีพ็อกซี่พ่นทราย
3. ศึกษากำลังรับแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ โดยใช้อีพ็อกซี่เป็นวัสดุประสานระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

2. อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

การเตรียมตัวอย่างไม้ไผ่

ไม้ไผ่ที่จะนำมาแปรรูปใช้งานต้องเป็นไม้ไผ่แก่ที่มีอายุ 2-4 ปี โดยจะนำไม้ไผ่มาผ่าตามแนวยาวให้มีความกว้างประมาณ 2 เซนติเมตร และยาวประมาณ 2 เมตร จากนั้นนำไม้ไผ่ที่ผ่าแล้วไปแช่น้ำอย่างน้อย 3 วัน เพื่อให้น้ำชะล้างแป้งน้ำตาล และสารละลายอื่นๆออกจากไม้ไผ่ จนแมลงไม่สนใจใช้เป็นอาหาร เมื่อแช่น้ำจนครบกำหนดจึงนำไม้ไผ่มาใช้งานได้

การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

ขนาดของตัวอย่างไม้ไผ่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.3 – 0.5 เซนติเมตร มีความยาว 60 เซนติเมตร ปลายทั้งสองข้างของไม้ไผ่ใช้ตะไบถู

ผิวโดยรอบให้หยาบหรือนำยางมาพันโดยรอบเพื่อกันลื่นขณะที่ทำการทดสอบกับเครื่อง UTM (Universal Testing Machine) ซึ่งจำนวนตัวอย่างของไม้ไผ่แต่ละชนิดได้แสดงในตาราง

ตารางตัวอย่างการทดสอบไม้ไผ่

ชนิดไม้ไผ่	จำนวน
ไม้ไผ่ไม่มีการปรับปรุงผิว	50
ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ยี่ห้อ Sika	10
ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ยี่ห้อ จระเข้	10
ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ยี่ห้อ DR.FIXIT	10

การเตรียมตัวอย่างสำหรับหาโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ป่า

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

การเตรียมตัวอย่างสำหรับหากำลังอัดของคอนกรีต

ตัวอย่างสำหรับหากำลังอัดของคอนกรีต ซึ่งเป็นแบบหล่อคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10× 20 เซนติเมตร ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ใช้หินและทรายหยาบ ตลอดการทดลอง กำลังอัดคอนกรีตที่ 180 ksc, 240 ksc และ280 ksc ตามลำดับ คอนกรีตหล่อและถอดแบบหลังจากเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง แล้วบ่มในกระบะใส่น้ำ บ่มไว้นาน 28 วัน ก่อนทำการทดสอบ

การเตรียมตัวอย่างสำหรับหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

ตัวอย่างไม่ไผ่ที่ใช้หาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่มี 4 แบบ คือ ไม้ไผ่ผิวตามธรรมชาติ 30ไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่ ไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก และไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย มีชนิดละ 15 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 75 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นการหาค่าแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยระหว่างไม้ไผ่ที่ใช้วัสดุเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวชนิดต่างๆ ดังแสดงในตาราง

ตารางแสดงจำนวนตัวอย่างหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

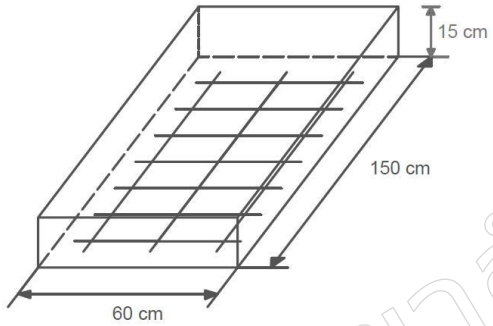
แรงยึดเหนียวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่	จำนวนตัวอย่าง
คอนกรีตกับไม้ไผ่ไม่ผ่านขั้นตอนใดๆ	30
คอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่	15
คอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย	15
คอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นเหล็ก	15

ตัวอย่างไม้ไผ่สำหรับหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.8-1.0 เซนติเมตร และมีความยาว 50 เซนติเมตร ความยาวฝังลึกของไม้ไผ่ลงไปในคอนกรีตเท่ากับ 15 เซนติเมตร ใช้กำลังอังคอนกรีตที่ 180, 240 และ280 ksc การปรับปรุงผิวของไม้ไผ่โดยการเคลือบอีพ็อกซี่จะต้องทาทิ้งไว้ให้แห้งก่อนนำไปใช้ทดลอง รวมทั้งทำตัวอย่างที่ไม่มีการปรับปรุงใดๆด้วยเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าความยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบพื้นคอนกรีต

ตัวอย่างสำหรับทดสอบมีขนาด 60x150x15 เซนติเมตร ซึ่งใช้เป็นแบบหล่อแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย โดยใช้คอนกรีตที่มีกำลัง เท่ากับ 180, 240 และ 280 บ่มไว้นาน 28 วันก่อนการทดสอบ



แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

3. การทดสอบวัสดุและแผ่นพื้น

การทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

การทดลองรับแรงดึงของไม้ไผ่กระทำโดยการใช้เครื่อง UTM (Universal Testing Machine) นำตัวอย่างไม้ไผ่ มาติดตั้งบนเครื่องUTM (Universal Testing Machine) ยึดให้แน่นโดยมีระยะระหว่างหัวยึดประมาณ 20 เซนติเมตร ปรับเครื่องให้มีแรงดึง จนเกิดการวิบัติที่ได้เขียนกราฟและคำนวณค่าหน่วยการยืดตัว (Tensile Strain) และหน่วยแรงดึง (Tensile Stress) ก็จะสามารถคำนวณหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่เนื่องจากแรงดึงที่ได้จากสมการที่ (2.5)

การทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่าคอนกรีตกับไม้ไผ่

การทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ หาโดยวิธี Pull-Out-Test ตามมาตรฐาน ASTM C235 นำคอนกรีตทรงลูกบาศก์วางบนแท่นด้านล่างของเครื่อง ให้ไม้ไผ่ชี้ลงล่างและยึดจับปลายไม้ให้แน่น แล้วดึงจนไม้ไผ่หลุดออกจากคอนกรีตอย่างสมบูรณ์ไม่สามารถรับแรงดึงได้อีก จากนั้นนำค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ไม้ไผ่หลุดออกจากคอนกรีตไปทำการคำนวณหาค่ากำลังยึดเหนี่ยวจากสมการที่ (2.8)

การทดสอบหาโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่

การทดลองหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่จากแรงดึง จะทำการทดสอบและใช้ตัวอย่างเดียวกับการทดสอบแรงดึง จากการทดสอบจะทราบค่าหน่วยการยืดตัว (Tensile) และหน่วยแรงดึง(Tensile Stress) นำมาคำนวณหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่จากแรงดึงได้ ดังสมการที่ (2.6)

การทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต

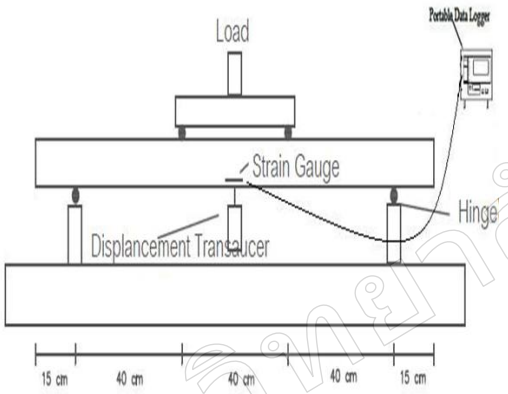
การทดลองหากำลังอัดของคอนกรีตทรงกระบอกโดยนำก้อนคอนกรีตตัวอย่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10x20 เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อนำไปคำนวณพื้นที่หน้าตัด และขนาดความยาวแล้วจึงนำไปทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต โดยใช้เครื่องทดสอบแรงอัด(Compression Testing Machine) โดยวางแนวตั้ง แล้วค่อยเพิ่มแรงกดจนกระทั่งก้อนคอนกรีตแตก จดบันทึกค่าแรงสูงสุด แล้วนำไปคำนวณหาค่ากำลังรับแรงอัด ดังสมการที่ (2.7)

การทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

1) วิธีการทดสอบการทดสอบหากำลังรับแรงดัดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ จะใช้วิธีการทดสอบแบบ แรงกระทำ 4 จุด การทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่แบบแรงกระทำ 4 จุดนั้น จะมีการเตรียมการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบคานและการติดตั้ง “Electrical - Strain Gauge” นั้นจะ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ติดตั้งบนผิวของไม้ไผ่ที่ฝังอยู่ในคอนกรีต เพื่อใช้ในการวัดระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ภายในพื้นคอนกรีต และติดตั้งที่ผิวด้านบนของพื้นคอนกรีตเพื่อใช้ในการวัดระยะการหดตัวของคอนกรีตด้านที่รับแรงอัด ขณะที่มีแรงกระทำกับพื้นคอนกรีต แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ ก่อนการทดสอบ และเมื่อทดสอบจะเกิดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด



2) การติดตั้งอุปกรณ์

1. นำแผ่นพื้นวางบนแท่นทดสอบตัวอย่างพื้น โดยที่จุดที่รองรับพื้นที่ใช้ในการทดสอบและแรงที่จะกระทำบนพื้นนั้น เป็นแบบ Hinge Support และมีแผ่นยางรองอยู่ระหว่างพื้นกับจุดที่รองรับพื้น เพื่อให้ผิวสัมผัสของพื้นกับจุดรองรับสนิทโดยตลอดความกว้างของพื้น ติดเข้ากับเครื่องทดสอบ

2. แบ่งความยาวของแผ่นพื้นตามยาว โดยระยะห่างระหว่างจุดที่รองรับพื้น (Gauge Length) มีระยะเท่ากับ 120 เซนติเมตร ส่วนภายในที่เหลือแบ่งเป็น 3 ส่วนเท่าๆกัน เท่ากับช่วงละ 40 เซนติเมตร

3. ปรับแท่นกดด้านบนมาวางบนแผ่นพื้นให้ตรงรอยขีดเช่นกัน

4. ตั้งน้ำหนักกดให้คงที่ อัตราที่ใช้คือ 0.14-0.20 kg/cm² /วินาที

5. เปิดเครื่องกดน้ำหนัก จนแผ่นพื้นเกิดรอยแตกร้าว และบันทึกค่าจนแผ่นพื้นเกิดการวิบัติ

การให้แรงที่จะกระทำบนพื้น

พื้นที่ใช้ในการทดสอบนั้นจะเป็นพื้นที่เป็นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ซึ่งการทดสอบนี้จะสนใจศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพื้นก่อนเกิดการแตกร้าว และระยะการยืดตัวของไม้ไผ่ภายในพื้นคอนกรีต ซึ่งแรงที่จะกระทำบนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่นี้ใช้อุปกรณ์ที่ เรียกว่า Hydraulic Jack ให้แรงไปกระทำบนแผ่นพื้น

การวัดการโก่งตัวของพื้น

การทดสอบในส่วนนี้จะใช้ อุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 2 ชุด ติดตั้งที่กึ่งกลางระหว่างจุดรองรับทั้งสอง ทั้งด้านบนและด้านล่างของแผ่นพื้น เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงที่กึ่งกลางพื้นความละเอียดของอุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่นี้ เท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร

การวัดระยะการยืดตัวของไม้ไผ่เสริมภายในพื้นคอนกรีตไม้ไผ่

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

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การบันทึกข้อมูล

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

4. ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุและแผ่นพื้น

ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ 50 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่อง UTM (Universal Testing Machine) ดึงด้วยความเร็ว 5 มม./นาที ความยาวของไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดสอบยาวประมาณ 60 cm. จะทำให้ทราบกำลังรับแรงดึง ซึ่งมีผลการทดลองดังตารางที่ ก-1 ซึ่งจะสามารถหาค่ากำลังเฉลี่ยกำลังรับแรงดึงสูงสุดของไม้ไผ่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2011.52 ksc

เมื่อพิจารณาจากการทดลองจะทำให้ทราบว่า ขณะที่เริ่มทำการดึงไม้ไผ่ ไม้ไผ่จะเริ่มยืดตัวออกเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มแรงขึ้นเรื่อยๆจนถึงจุดหนึ่ง ไม้ไผ่ก็จะเริ่มแตกจนกระทั่งไม่สามารถรับแรงดึงได้อีก ซึ่งลักษณะการวิบัติไม้ไผ่จะเกิดการวิบัติในแนวขนานเสี้ยนดังรูป

รูปการวิบัติของไม้ไผ่

ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่

จากการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้ไม้ไผ่ป่าในการทดสอบ เนื่องจากหาได้ง่ายให้ท้องถิ่น ซึ่งเมื่อทำการทดสอบและนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าเฉลี่ยดังตาราง ก-2 ก-3 และ ก-4 จะได้กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่มีค่า ดังนี้

1) กำลังรับแรงดึงของไม่ไผ่เคลือบ Epoxy ตรา sika มีค่าเท่ากับ 2507.35 ksc

2) กำลังรับแรงดึงของไม่ไผ่เคลือบ Epoxy ตราจระเข้ มีค่าเท่ากับ 2743.13 ksc

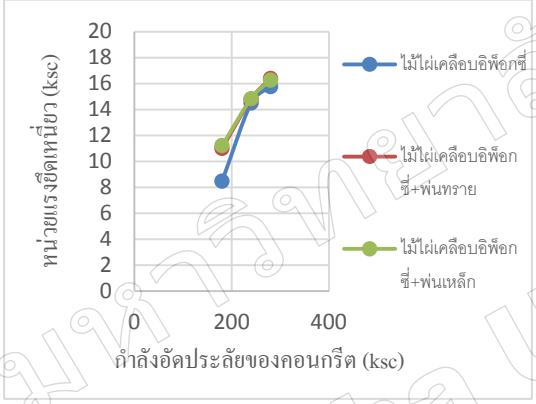
3) กำลังรับแรงดึงของไม่ไผ่เคลือบ Epoxy ตรา Dr.Fixit มีค่าเท่ากับ 2631.52 ksc

ซึ่งจากการทดลองหากำลังรับแรงดึงไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงดึงของไม่ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตราจระเข้มีค่ามากที่สุดคือ 2743.13 ksc ดังตาราง ก-3 จึงเลือกอีพ็อกซี่ตราจระเข้ มาใช้เคลือบไม้ไผ่เพื่อทำการหล่อแผ่นพื้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

จากการทดสอบหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ ซึ่งจากการทดลองจะใช้วิธีการปรับปรุงผิวไม้ไผ่ 3 วิธี คือ ไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่, ไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นผงทราย และไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก และจะใช้คอนกรีตตามกำลังอัด 3 กำลังอัด คือ 180,240,และ280 ksc ซึ่งจากการทดลองจะทำให้ทราบดังรูปดังนี้



กราฟแสดงหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่,คอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย และคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็กที่อายุคอนกรีต 28 วัน

จากการทดสอบเพื่อหาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ เคลือบผิวด้วย อีพ็อกซี่, คอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วย อีพ็อกซี่พ่นทรายและคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก ที่อายุคอนกรีต 28 วัน ทำให้พบว่าคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็กได้ค่าแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยมากที่สุด คือ 11.22 ksc, 14.83 ksc และ16.26 ksc ที่คอนกรีตกำลังอัดประลัย 180 ksc , 240 ksc และ280 ksc ตามลำดับ รองลงมาคือคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย คือ 11.00 ksc , 14.79 ksc และ16.39 ksc ที่คอนกรีตกำลังอัดประลัย 180 ksc , 240 ksc และ280 ksc ตามลำดับ และคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่ได้ค่าแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 8.47 ksc , 14.50 ksc และ15.76 ksc ที่คอนกรีตกำลังอัดประลัย 180 ksc , 240 ksc และ280 ksc ตามลำดับ ดังตารางที่ ก-8 ก-9 และ ก-10 แต่ในการทำแผ่นพื้นไปใช้ในการทดสอบหรือใช้งานจริงจะทำเป็นแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย เมื่อเทียบกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็กนั้น ค่าที่ได้จะมีค่าแรงยึดเหนี่ยวที่ใกล้เคียงกัน แต่ทรายสามารถหาได้ง่ายกว่าผงเหล็กมาก จึงควรเลือกทรายมาเป็นวัสดุเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว

ผลการทดสอบหากำลังอัดประลัยของคอนกรีต

จากการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต ซึ่งจะใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดทั้งหมด 3 ชนิด คือ 180, 240 และ 280 ksc หล่อในแบบหล่อคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm. สูง 20 cm. ซึ่งจากการทดสอบจะทำให้ทราบผลดังนี้

จากการทดสอบหากำลังรับแรงอัดจะได้ค่ากำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณไว้ดังนี้

-จากการคำนวณที่ 180 ksc จะมีค่ากำลังรับแรงอัดประลัยจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 186.16 ksc

-จากการคำนวณที่ 240 ksc จะมีค่ากำลังรับแรงอัดประลัยจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 247.31 ksc

-จากการคำนวณที่ 280 ksc จะมีค่ากำลังรับแรงอัดประลัยจากการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 284.73 ksc

ผลการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย

- **การวิบัติของพื้นคอนกรีต**

พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เมื่อได้รับน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าบริเวณผิวใต้ท้องแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะเริ่มแตกร้าว และเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกไปเรื่อยๆรอยแตกก็จะเพิ่มขึ้นจากด้านล่างของแผ่นพื้นไปสู่ด้านบน ดังรูปที่ 4.4 และจากการสังเกตจะพบว่าเมื่อคอนกรีตเริ่มแตกที่บริเวณใต้ท้องของแผ่นพื้น น้ำหนักบรรทุกจะลดลง แต่เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเข้าไปอีก แผ่นพื้นก็จะสามารถรับแรงได้อีก เนื่องจากไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทรายจะเป็นตัวช่วยในการรับแรงดึง ทำให้สามารถรับแรงได้อีกจนพื้นคอนกรีตเกิดการวิบัติ และจากการทดสอบจะเห็นได้ว่าพื้นคอนกรีตจะเริ่มแตกจากด้านล่างและแตกเรื่อยๆจนวิบัติ ทำให้เมื่อนำไปใช้งานจริงจะสามารถสังเกตเห็นรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นก่อนการวิบัติ ทำให้สามารถเตรียมพร้อมก่อนการวิบัติได้ทัน สำหรับรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นบริเวณกลางแผ่นพื้นคอนกรีต เพราะว่าบริเวณกลางแผ่นพื้นคอนกรีตจะเป็นช่วงที่ทำให้เกิดโมเมนต์ดัดมากที่สุด และเมื่อทำการทุบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ที่ทำการทดสอบแล้ว พบว่าเนื้ออีพ็อกซี่ที่ใช้เคลือบไม้ไผ่ไม่แข็งตัวและมีลักษณะเป็นยางที่สามารถยืดหยุ่นได้ ซึ่งจะส่งผลให้อีพ็อกซี่ที่ใช้เคลือบไม้ไผ่เกิดการหลุดร่อนออกจากผิวไม้ไผ่และบางส่วนสามารถรูดออกจากไม้ไผ่ได้ และสาเหตุอีกประการคือผิวของไม้ไผ่โดยธรรมชาติแล้วมีความเรียบและมันวาว จึงสรุปได้ว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับอีพ็อกซี่ มีน้อยกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวอีพ็อกซี่พ่นทรายกับเนื้อคอนกรีต ดังรูปที่ 4.5

อีพ็อกซี่ที่ใช้ในการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่เป็นอีพ็อกซี่ตราจระเข้ ซึ่งโดยปกติจะใช้ในงานเสียบเหล็กโดยเป็นวัสดุประสานระหว่างเหล็กกับเนื้อคอนกรีต และใช้ในงานซ่อมแซมรอยแตกร้าวของคอนกรีต แต่ในการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ จะใช้อีพ็อกซี่เป็นวัสดุประสานระหว่างไม้ไผ่กับเนื้อคอนกรีต ซึ่งหลังการทดสอบพบว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ไม่สามารถรับกำลังดัดได้ตามทฤษฎีโดยมีสาเหตุดังนี้

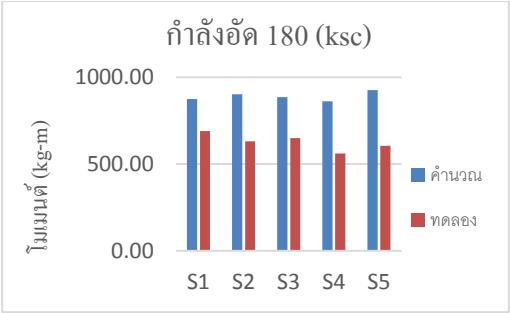
อีพ็อกซี่เมื่อนำไปทดสอบกำลังรับแรงดึงโดยเคลือบผิวไม้ไผ่ พบว่ามีกำลังรับแรงดึงที่ดีกว่าไม้ไผ่ที่ไม่ได้ปรับปรุงผิว เนื่องจากเป็นการรับแรงในแนวแกน แต่การทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่จะเป็นการทดสอบรับกำลังดัด และพบว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่สามารถรับกำลังดัดได้น้อยกว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่ไม่มีการปรับปรุงผิว เนื่องจากอีพ็อกซี่ไม่เหมาะสำหรับนำมาเคลือบไม้ไผ่ ซึ่งไม้ไผ่เป็นวัสดุตามธรรมชาติที่มีผิวมันวาว ซึ่งเมื่อแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ได้รับกำลังดัดจะทำให้เกิดการรูดออกระหว่างผิวไม้ไผ่กับอีพ็อกซี่ จึงส่งผลให้แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่เกิดการวิบัติเร็วกว่าที่คำนวณไว้

การแตกของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายจากผิวด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน

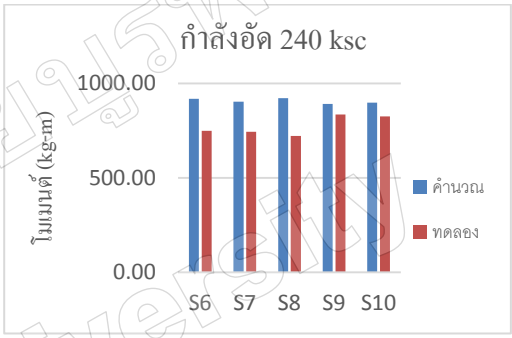
การวิบัติของไม้ไผ่เสริมในพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย

- **พฤติกรรมของพื้นคอนกรีต**

จากการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย โดยการนำพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายมาทดสอบการรับกำลังดัด ด้วยวิธีการทดสอบแบบแรงกระทำ 4 จุด ดังรูปที่ 4.6 ซึ่งจะทำให้ทราบค่าแรงที่กระทำ, ระยะการโก่งตัว และค่าหน่วยการยืดหดตัวของไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทราย ซึ่งระยะโก่งตัวจะใช้ Displacement Transducer ในการวัดระยะการโก่งตัวทั้งด้านบน และด้านล่างของแผ่นพื้น และการวัดค่าหน่วยการยืดหดตัวของไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่พ่นทรายจะใช้ Electrical - Strain Gauge ในการวัด โดย Electrical - Strain Gauge จะฝังติดอยู่กับผิวไม้ไผ่ในแผ่นพื้นคอนกรีต ซึ่งในการคำนวณจะนำค่าของแรงที่กระทำลงบนแผ่นพื้นคอนกรีตมาคำนวณหาค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุดของแต่ละแผ่นพื้น โดยแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดสูงสุดที่ได้จากกราคำนวณเปรียบเทียบกับกำลังรับแรงดัดที่ได้จากการทดลองของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ดังรูป



เปรียบเทียบกำลังรับแรงดัดสูงสุดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ 180 ksc



เปรียบเทียบกำลังรับแรงดัดสูงสุดของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ 240 ksc

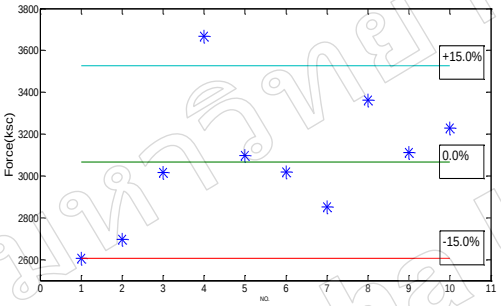
ค่าคูณลดกำลัง

จากการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายพบว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายทุกตัวอย่างรับแรงได้น้อยกว่าทฤษฎี ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากไม้ไผ่ที่ได้นำมาเสริมในแผ่นพื้น มีค่ากำลังรับแรงดึงน้อยกว่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยที่ได้ทดสอบไว้ด้วยเครื่อง UTM (Universal Testing Machine) เนื่องจากไม้ไผ่เป็นวัสดุตามธรรมชาติ จึงทำให้ไม่สามารถหาคุณสมบัติที่แน่นอนได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ Factor (φ_b) มาใช้ในการคูณลดกำลังของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายที่ได้จากการทดสอบกำลังรับแรงดึง และสามารถหาค่า Factor (φ_b) จากกราฟรูปที่ 4.9 จะเห็นว่าเมื่อดูความคลาดเคลื่อนของกำลังรับแรงดึงที่ ±15 % จากค่าเฉลี่ยจะพบว่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายที่เสริมใน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แผ่พื้นที่มีค่าน้อยที่สุด มีค่ามากกว่าเส้นความคลาดเคลื่อนที่ ±15 % จากค่าเฉลี่ย ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่า Factor (φ_b) ได้เท่ากับ 0.85 ซึ่งการนำไปใช้งานจริงถึงแม้ว่าจะมีตัวคูณลดกำลังที่ใช้ในการออกแบบอยู่แล้ว แต่ค่าที่ได้จากการทดสอบไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่มีความแปรปรวนมากกว่าเหล็กมาก จึงต้องมีตัวคูณลดกำลังอีกค่าหนึ่ง ซึ่งได้จากการทดสอบไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ โดยจะทำให้ค่าที่คำนวณได้เกิดความแปรปรวนลดน้อยลง ซึ่งจากการทดสอบไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่นั้นสามารถคำนวณค่าตัวคูณลดกำลังได้เท่ากับ 0.85

$$\varphi_b = 0.85$$



5. สรุปผลการทดสอบวัสดุและพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่

สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

จากการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ที่ไม่มีการปรับปรุงผิว ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้ไม้ไผ่ป่าในการทดสอบ เนื่องจากหาได้ง่ายให้ท้องถิ่น และเมื่อทำการทดสอบพบว่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยของไม้ไผ่ที่ไม่มีการปรับปรุงผิวมีค่าเท่ากับ 2,011.52 ksc และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 121,937.04 ksc ส่วนลักษณะการวิบัติของไม้ไผ่ที่ได้ทำการทดสอบ 3 ลักษณะ คือ

1.วิบัติบริเวณที่จับยึดของเครื่อง UTM ก่อนจะวิบัติบริเวณรอยคอด
2.วิบัติที่บริเวณตรงกลางรอยคอด โดยไม้ไผ่จะแตกตามแนวขนานเสี้ยน
3.วิบัติบริเวณรอยต่อระหว่างที่จับยึดของเครื่อง UTM กับรอยคอด

โดยลักษณะการวิบัติที่ดี คือการวิบัติที่บริเวณตรงกลางรอยคอดโดยไม้ไผ่จะแตกตามแนวขนานเสี้ยน เพราะจะได้ค่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ที่มีค่าความแปรปรวนน้อย

สรุปผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย

จากการทดสอบหากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้ไม้ไผ่ป่าในการทดสอบ เนื่องจากหาได้ง่ายในท้องถิ่น โดยใช้ไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ อีพ็อกซี่ตราจระเข้, อีพ็อกซี่ตรา sika และอีพ็อกซี่ตรา Dr.Fixit และเมื่อทำการทดสอบพบว่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตราจระเข้มีค่ากำลังรับแรงดึงสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 2,743.13 ksc ซึ่งเมื่อจะนำไปใช้งานจริงต้องคูณตัวคูณลดกำลัง (φ_b) = 0.85 ดังนั้นค่า F_b ที่นำไปใช้งานจริงได้คือ 2,331.66 ksc และไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ตราจระเข้มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 183,158.60 ksc ส่วนลักษณะการวิบัติของไม้ไผ่ที่ได้ทำการทดสอบจะมีการวิบัติบริเวณตรงกลางรอยคอด และแตกแบบขาดออกจากกัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สรุปผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่

จากการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่ จะทำการทดสอบด้วยวัสดุ 3 ชนิดได้แก่ ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่, ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นทราย และไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้ไม้ไผ่ยาว 50 ซม.และเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่, อีพ็อกซี่พ่นทราย และอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก โดยจะฝังลึกลงไปในเนื้อคอนกรีต 15 ซม. และทำการทดสอบได้ค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวดังนี้

คอนกรีตกำลังอัดประลัย 180 ksc

- ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่ มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 8.47 ksc
- ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นทราย มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 11.00 ksc
- ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 11.22 ksc

คอนกรีตกำลังอัดประลัย 240 ksc

- ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่ มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 14.50 ksc
- ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นทราย มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 14.79 ksc
- ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 14.83 ksc

คอนกรีตกำลังอัดประลัย 280 ksc

- ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่ มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 15.76 ksc
- ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นทราย มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 16.39 ksc
- ไม้ไผ่เคลือบผิวอีพ็อกซี่พ่นผงเหล็ก มีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 16.26 ksc

สรุปผลการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

พฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะทำการทดสอบโดยใส่แรงกระทำด้านบนของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ก็จะเริ่มโก่งตัว จนเกิดการแตกร้าวที่ผิวคอนกรีตด้านล่างของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ (First Crack) ซึ่งในขณะที่คอนกรีตเริ่มแตกออกจากกันแรงกระทำก็จะลดน้อยลง และเมื่อเพิ่มแรงกระทำเพิ่มเข้าไปเรื่อยๆพบว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ยังสามารถรับแรงกระทำได้อยู่ โดยไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายที่เสริมในคอนกรีตจะทำหน้าที่รับแรงดึงเพียงชนิดเดียวจนแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เกิดการวิบัติและไม่สามารถรับแรงกระทำได้อีกต่อไป ซึ่งจากการทดสอบจะเห็นได้ว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ก่อนเกิดการวิบัติ จะมีรอยแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เกิดขึ้นก่อนที่พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะเกิดการวิบัติ ซึ่งจะมีความปลอดภัยในการใช้งานมากขึ้น และสามารถเตรียมความพร้อมด้านความปลอดภัยก่อนที่พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะเกิดการวิบัติ

สำหรับการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ จะพบว่าเมื่อนำค่ากำลังที่ได้จากการทดสอบไปเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากทฤษฎี พบว่าจะมีค่าคลาดเคลื่อนประมาณ 22% ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนนี้มีสาเหตุมาจากไม้ไผ่และอีพ็อกซี่ เนื่องจากไม้ไผ่เป็นวัสดุตามธรรมชาติ จึงมีค่ากำลังรับแรงดึงแตกต่างกันไป และไม้ไผ่มีค่าความแปรปรวนค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กเส้นผิวกลม และเมื่อนำผลที่ได้จากการทดสอบพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่ ไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่ากำลังรับโมเมนต์ดัดที่ได้จากการทดลองพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่มีค่าน้อยกว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่ไม่มีการปรับปรุงผิว เนื่องจาก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผิวอีพ็อกซี่เคลือบทรายมีแรงยึดเหนี่ยวกับคอนกรีตมากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวไม้ไผ่กับอีพ็อกซี่ประกอบกับผิวไม้ไผ่ที่มีความมันและมีแรงยึดเหนี่ยวน้อยจึงทำให้อีพ็อกซี่ที่เคลือบไม้ไผ่เกิดการรูดออกจากผิวไม้ไผ่ แต่เมื่อพิจารณาการเริ่มแตกร้าวของพื้นคอนกรีตพบว่า โมเมนต์ดัดของหน้าตัดเริ่มแตกร้าวจากการทดลองและทฤษฎีมีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตว่าเมื่อคอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัยสูงขึ้น ความคลาดเคลื่อนก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

การนำไปใช้งาน

จากการทดสอบที่ได้พบว่าแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายสามารถรับแรงที่กระทำได้น้อยกว่าค่าที่คำนวณไว้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการปรับปรุงที่ผิวไม้ไผ่และชนิดของไม้ไผ่ที่นำมาใช้งาน เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าไม้ไผ่ที่นำมาเสริมคอนกรีตจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเหล็กเสริมผิวกลมที่ใช้เสริมในคอนกรีต ซึ่งงานบางชนิดสามารถนำไม้ไผ่มาเสริมแทนเหล็กได้เช่นกัน แต่ไม้ไผ่จะเกิดการยืดตัวมากกว่าเหล็ก ซึ่งจากการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะพบว่าพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่มีระยะ โก่งมากกว่าที่คำนวณในทฤษฎี ดังนั้นจึงควรใช้ไม้ไผ่กับโครงสร้างคอนกรีตที่มีขนาดเล็ก เช่น บ้านชั้นเดียว ลานกีฬา ถนนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ และโครงสร้างขนาดเล็กที่ได้รับผลกระทบของคลอไรด์ เป็นต้น และสำหรับการนำไม้ไผ่ไปเสริมในคอนกรีตควรใช้ไม้ไผ่ที่มีอายุที่เหมาะสมและทำการปรับปรุงผิวไม้ไผ่เป็นอย่างดีเพื่อเป็นประโยชน์สูงสุด และสามารถใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจได้ แต่จะต้องมีการพัฒนาคุณภาพของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทรายให้มีมาตรฐาน เพื่อที่จะเพิ่มความมั่นใจในการใช้แผ่นพื้นคอนพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่พ่นทราย

เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่

ข้อดี

1. คลอไรด์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเหล็กและไม้ไผ่จะเห็นได้ว่าไม้ไผ่จะไม่ได้รับผลกระทบของคลอไรด์ ส่วนเหล็กเมื่อโดนผลกระทบของคลอไรด์ก็จะเกิดสนิม จนทำให้เหล็กเกิดการขยายตัวทำให้คอนกรีตแตกร้าวได้ ดังนั้นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซี่จึงเหมาะกับงานที่อยู่บริเวณชายฝั่งทะเล
2. เป็นการใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติให้เกิดประโยชน์

ข้อเสีย

1. ไม้ไผ่ป่าจะรับแรงกระทำได้ไม่มาก เพราะไม้ไผ่ป่าจะมีการยืดตัวมากเมื่อได้รับแรงกระทำ จึงไม่เหมาะกับงานโครงสร้างขนาดใหญ่
2. จากการทดสอบนี้พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ยังไม่มีข้อมูลเกี่ยงกับอายุการใช้งาน ดังนั้นควรที่จะมีการทดสอบเพื่อศึกษาเกี่ยวกับอายุการใช้งานของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ด้วย
3. ไม้ไผ่ที่นำมาทดสอบจะมีกำลังรับแรงดึงไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากเป็นวัสดุตามธรรมชาติจึงไม่สามารถที่จะกำหนดกำลังรับแรงดึงให้เท่ากันได้
4. อีพ็อกซี่มีราคาแพง และเหมาะสำหรับงานซ่อมคอนกรีต งานเสียบเหล็ก เป็นต้น

ข้อเสนอแนะจากการทดลอง

1. ไม้ไผ่ที่นำมาใช้เสริมในคอนกรีต ควรนำมาจากแหล่งเดียวกัน และเลือกที่มีอายุใกล้เคียงกัน ประมาณ 2-4 ปี เพราะว่าถ้ามาจากต่างที่กัน ถึงแม้จะเป็นชนิดเดียวกัน ก็จะเกิดค่าคลาดเคลื่อนขณะทำการทดลองมากตามไปด้วย
2. ควรจะมีการใช้เครื่องเหลาไม้ไผ่แทนการเหลาด้วยมือ เพราะว่าเมื่อใช้เครื่องเหลาไม้ไผ่จะทำให้ได้

ไม้ไผ่ที่มีขนาดเท่ากันทุกเส้น แต่สำหรับเหลาด้วยมือจะยากต่อการควบคุมขนาดของไม้ไผ่

3. ก่อนที่จะทำการเคลือบอีพ็อกซี่และพ่นทราย ควรที่จะทำความสะอาดผิวไม้ไผ่ และตากแดดให้แห้งสนิทเสียก่อน เพราะว่าถ้าผิวไม้ไผ่ชื้นหรือยังสกปรกอยู่อาจทำให้อีพ็อกซี่ที่เคลือบติดได้ไม่ดีเมื่อแห้งแล้วอาจหลุดลอกได้

4. ควรที่จะมีการศึกษาต่อไปถึงเรื่องอายุการใช้งานของโครงสร้างคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เพื่อที่ดูเรื่องความปลอดภัย

5. ไม้ไผ่เป็นวัสดุจากธรรมชาติ เราไม่สามารถกำหนดค่าหรือจำกัดค่าคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ได้อย่างแน่นอน ดังนั้นผู้ทำโครงการของเสนอแนะให้มีการควบคุมคุณภาพดังต่อไปนี้

- ควรมีการศึกษาวิจัยพันธุกรรมของไม้ไผ่ชนิดต่างๆ หรือปรับปรุงสายพันธุ์ไม้ไผ่ให้ได้พันธุ์ไม้ไผ่ที่ดีและแข็งแรง และพัฒนาสายพันธุ์ให้มีคุณสมบัติเชิงกลดีที่สุด โดยเน้นคุณสมบัติที่สามารถนำไปใช้งานในด้านงานก่อสร้างเพียงอย่างเดียว
- ไม้ไผ่ที่นำมาประยุกต์ใช้กับโครงสร้างควรมีการควบคุมแหล่งที่มา ไม้ไผ่ต้องมาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน ควบคุมอายุของไม้ไผ่ ตลอดจนควบคุมไม้ไผ่หลังจากที่ตัดออกมาจากต้นแล้ว เช่น นำไปแช่น้ำหรือฉีดสารเคมีเพื่อป้องกันการกัดกินของมอดแมลงและรา หรือมีการป้องกันโดยการทาน้ำมัน,วานิช,แลกเกอร์,ชันหรือสารเคมีอื่นๆที่สามารถป้องกันความชื้นจากสภาพแวดล้อมได้

6. ไม้ไผ่เป็นไม้ที่ปลูกทดแทนได้ มีแหล่งกำเนิดอยู่ทั่วไป การนำไปใช้ถ้าเราไม่ควบคุมเรื่องแหล่งกำเนิดหรือแหล่งเพาะปลูกแล้ว อาจจะได้ไม้ไผ่ที่มีความสามารถแตกต่างกันไปได้ในแต่ละต้น ถ้านำไปใช้ในโครงสร้างที่รับน้ำหนัก อาจจะทำให้โครงสร้างนั้นเกิดการวิบัติได้ง่าย ไม่เป็นไปตามแบบแผนที่กำหนดไว้ ฉะนั้นควรมีการควบคุมแหล่งที่มา ต้องมาจากแหล่งเดียวกันและต้องใช้พันธุ์ชนิดเดียวกัน เพราะว่าแต่ละพันธุ์จะมีความสามารถด้านการรับกำลังแตกต่างกันไป

7. เนื่องจากไม้ไผ่เป็นวัสดุตามธรรมชาติ ดังนั้นการทดสอบไม้ไผ่ควรทดสอบตัวอย่างไม้ไผ่ในปริมาณที่ทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) คงที่

8. การเตรียมไม้ไผ่ก่อนนำมาแปรรูป ควรเลือกไม้ไผ่ที่มีความสมบูรณ์ ไม่มีการรบกวนของแมลงทำลายไม้ไผ่ หรือไม่เกิดเชื้อราบริเวณผิวไม้ไผ่

9. ควรมีการศึกษาคุณสมบัติของอีพ็อกซี่แต่ละชนิดก่อนนำมาใช้งาน เนื่องจากอีพ็อกซี่แต่ละชนิดใช้งานได้กับวัสดุต่างชนิดกัน และคุณสมบัติของอีพ็อกซี่บางชนิดมีการแปรสภาพได้ ซึ่งขณะใช้งานจะส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของชิ้นงาน ดังนั้นในการเลือกใช้อีพ็อกซี่ต้องพิจารณาผลที่เกิดจากการแปรสภาพของอีพ็อกซี่ด้วย เนื่องจากอีพ็อกซี่ที่เกิดการแปรสภาพจะส่งผลต่อแรงยึดเหนี่ยวของวัสดุและส่งผลให้พื้นเกิดการวิบัติได้ง่าย หากใช้งานอีพ็อกซี่ผิดประเภท

10. เพื่อให้โครงสร้างมีความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น ควรใช้ตัวคุณลดกำลังให้ต่ำลงมาอีก เช่น 0.6 หรือ 0.65 เป็นต้น หรือตามความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน

<u>6. กิตติกรรมประกาศ</u>

โครงงานทางวิศวกรรมฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จากคณาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณคณาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน และอาจารย์เอนก ชมวงษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาได้สละเวลาช่วยเหลือให้คำ ปรึกษา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับโครงงานเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธรรมนูญ รัสมีมาสเมือง และดร.ปิยฉัตร ฉัตรตันใจ ซึ่งได้เป็นกรรมการในโครงงานนี้ และคุณยิ่งใหญ่ สามารถ ที่คอยช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำโครงงาน

นอกจากนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำโครงงาน ตลอดจนเพื่อนและครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจ และช่วยเหลือในการทำโครงงานตลอดมา

7. บรรณานุกรม

ดร.วิเชียร ชาลี, การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Design), ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ,พิมพ์ครั้งที่2,2557

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

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

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

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

อิทธิวัฒน์ ยอดเยี่ยม, นคร วีระโพธิ์ประสิทธิ์, การศึกษาพฤติกรรมของพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รับแรงดัดในแนวแกน (THE STUDY OF BEHAVIOR OF BAMBOO-REINFORCED CONCRETE SLAB TO FLEXURAL LOAD), ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา,2550

สัญชัย แซ่อึ้ง, หยาดพิรุณ วานิชานันท์, พฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่ (BEHAVIOR OF BAMBOO REINFORCED CONCRETE BEAM COATED WITH EPOXY), ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2555

โปรเฟสชั่นแนล ฟลอริ่ง (ประเทศไทย) จำกัด, วิธีสืบค้นวัสดุสารสนเทศ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http : //www.pro-floor.net, (วันที่ค้นข้อมูล : 16 กันยายน 2556).

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University