การปรับปรุงผิวไม้ไผ่เพื่อเพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต

IMPROVEMENT OF BOND STRENGTH BETWEEN BAMBOO AND CONCRETE

พรไพจิตร์ พงษ์สุภาพ
สุชนินท์ ตั้งมั่นสุจริต
สุปัญญา บุญประสิทธิ์
นิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PORNPIJIT PONGSUPAP
SUCHANIN TANGMANSUJARIT
SUPANYA BOONPASIT
Undergraduate Students, Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

ดร.วัฒนชัย สมิทธากร
อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

DR. WATANACHAI SMITTAKORN
Lecturer, Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Project Advisor

บทคัดย่อ

คอนกรีตเสริมไม้ไผ่มีข้อดีคือ ไม้ไผ่เป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาถูก มีความสามารถรับแรงดึงได้ดี แต่ปัญหาที่สำคัญของการใช้งานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่คือ การสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีตเมื่อเวลาผ่านไป ทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่ไม้ไผ่เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำสูง ดังนั้นในช่วงแรกที่เทคอนกรีต ไม้ไผ่จะดูดน้ำทำให้ตัวมันเองพองตัวขึ้น แต่เมื่อเวลาผ่านไปคอนกรีตจะดูดน้ำจากไม้ไผ่กลับเข้าไป ทำให้ไม้ไผ่หดตัว และเกิดช่องว่างระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตขึ้น เป็นเหตุให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีตลดน้อยลงไป

โครงงานนี้ ได้ทำการปรับปรุงแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต โดยใช้สารเคมีประเภทอีพ็อกซี่และยูรีเทนมาเคลือบผิวไม้ไผ่ รวมทั้งการใช้ทรายและผงเหล็กมาเคลือบซ้ำเพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวให้มากขึ้น การปรับปรุงผิวไม้ไผ่ด้วยสารเคมีและวัสดุผสมเพิ่มต่าง ๆกันแบ่งออกเป็น 6 ชนิดได้แก่ ประเภทเคลือบยูรีเทน, เคลือบยูรีเทนและทราย, เคลือบยูรีเทนและผงเหล็ก, เคลือบอีพ็อกซี่, เคลือบอีพ็อกซี่และทราย, และเคลือบอีพ็อกซี่และผงเหล็ก โดยทำการหล่อตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบที่เวลา 7, 28, และ 90 วัน จากการทดลองพบว่าการเคลือบไม้ไผ่ด้วยอีพ็อกซี่และยูรีเทนจะช่วยเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีตให้สูงขึ้นได้อย่างมาก

ABSTRACT

Bamboo reinforced concrete has many advantages; bamboo is easy to find, cheap, and good at tension. However, the major problem in using bamboo reinforced concrete is that the bond between bamboo and concrete deteriorates with time.

The purpose of this project is to study the improvement of bond strength between bamboo and concrete by the use of urethane, epoxy and/or sand and metal powder. The bamboo sticks are coated with six different types of coatings: urethane, urethane/sand, urethane/metal powder, epoxy, epoxy/sand, and epoxy/metal powder. The specimens are cast and tested at the ages of 7, 28, and 90 days. Results from the experiments showed that urethane and epoxy coatings can improve the bond strength between bamboo and concrete to a remarkable degree.

บทนำ

ไม้ไผ่เป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่ได้ถูกนำมาทดลองใช้เสริมแทนเหล็ก เนื่องจากมีราคาถูก หาง่าย และยังมีความสามารถในการรับแรงดึงได้ดีอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม คอนกรีตเสริมไม้ไผ่ก็ไม่สามารถนำไปใช้ได้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากไม้ไผ่มีความสามารถในการดูดน้ำสูง ดั้งนั้นในช่วงแรกที่เทคอนกรีต ไม้ไผ่จะดูดน้ำทำให้ตัวมันเองพองขึ้น แม้ในช่วงเวลาที่บ่ม ไม้ไผ่ จะดูดน้ำจากคอนกรีตเช่นกัน และหากการขยายตัวของไม้ไผ่มีมากก็จะดันคอนกรีตที่อยู่ด้านนอกให้แตกออกไป ภายหลังเมื่อหยุดให้ความชื้นกับคอนกรีต ไม้ไผ่จะค่อย ๆคายน้ำที่สะสมอยู่ในตัวของมันออกมาเรื่อย ๆ และในขณะเดียวกันจะหดตัวตามไปด้วย ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต เป็นเหตุให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตลดน้อยลงไปเรื่อย ๆ โครงสร้างคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ในลักษณะธรรมชาติจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นโครงสร้างถาวร อาจใช้ได้ก็เพียงแต่โครงสร้างชั่วคราวเท่านั้น ดังนั้นจึงสมควรที่จะทำการค้นคว้า และทดลองเพื่อลดปัญหาของการสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวนี้ เพื่อที่โครงสร้างคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะมีประสิทธิภาพการใช้งานได้ยาวนานขึ้นและดีขึ้นกว่าเดิม

วัตถุประสงค์และขอบเขต

1. เพื่อปรับปรุงพื้นผิวไม้ไผ่เพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต เพื่อที่จะทำให้โครงสร้างคอนกรีตเสริมไม้ไผ่มีอายุการใช้งานได้นานขึ้น

2. ในการวิจัย กำหนดให้ระยะเวลาในการพัฒนากำลังของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีตของตัวอย่างทดลอง ในช่วงเวลา 7 วัน ถึง 90 วัน

3. การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวใช้วิธีการทดสอบแบบ Pull Out Test ตามมาตรฐาน ASTM Designation C 234

4. ในการทดลอง ไม่คำนึงถึงผลของข้อ/ปล้องของไม้ไผ่ที่มีต่อแรงยึดเหนี่ยว

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีแรงยึดเหนี่ยวในคอนกรีต

ในคอนกรีตเสริมเหล็ก ความต้านทานต่อการลื่นไถลของเหล็กเสริมที่อยู่ภายในคอนกรีตมีความสำคัญมาก เนื่องจากจะช่วยให้คอนกรีตและเหล็กเสริมสามารถทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม เกิดจากการยึดเกาะทางเคมี เมื่อคอนกรีตแข็งตัว การยึดเกาะโดยอาศัยแรงฝืดระหว่างผิวเหล็กและคอนกรีต และการยึดรั้งทางกล [1] ในคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีตก็มีความสำคัญเช่นเดียวกันกับคอนกรีตเสริมเหล็ก ในโครงงานนี้ จะศึกษาการปรับปรุงแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต โดยจะนำทฤษฎีแรงยึดเหนี่ยวในคอนกรีตเสริมเหล็กมาเป็นแม่แบบ และจะทำการปรับปรุงพื้นผิวไม้ไผ่ด้วยการทำให้ผิวของไม้ไผ่ไม่ซึมน้ำ และเพิ่มแรงฝืดระหว่างผิวไม้ไผ่และคอนกรีต โดยการเคลือบวัสดุผสมเพิ่มที่ทำให้ผิวของไม้ไผ่ขรุขระขึ้น ทั้งนี้ โครงงานนี้จะสนใจแต่การปรับปรุงผิวของไม้ไผ่เท่านั้น โดยไม่คำนึงถึงผลของข้อ/ปล้องที่มีต่อแรงยึดเหนี่ยว

วิธีทดสอบ Pull Out Test เพื่อหาแรงยึดเหนี่ยวในคอนกรีต

ในการทดสอบหาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต ทางผู้วิจัยได้ใช้วิธีการทดสอบแบบ Pull Out Test ตามมาตรฐาน ASTM Designation C 234 โดยใช้ Mold ที่มีขนาด 15 x15 x15 cm. ที่ทำด้วยโลหะ เป็นแบบหล่อ เมื่อหล่อคอนกรีตและชิ้นส่วนไม้ไผ่ลงไปใน Mold และนำไปทดสอบด้วยเครื่อง Amsler ขนาด 20 ตัน เพื่อทดสอบแรงดึง และทำการดึงจนกระทั่งไม้ไผ่หลุดออกจากก้อนคอนกรีตอย่างสมบูรณ์ และนำค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ไม้ไผ่หลุดออกจากคอนกรีตไปทำการคำนวณหาค่ากำลังยึดเหนี่ยว

การคำนวณเพื่อหาค่ากำลังยึดเหนี่ยว

สมมติให้หน้าตัดของไม้ไผ่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยให้ b และ t คือค่าเฉลี่ยของความกว้างและความหนาของไม้ไผ่ตามลำดับ และให้ L คือความยาวของไม้ไผ่ที่อยู่ในคอนกรีต ดังนั้นจะสามารถหาพื้นที่ผิวของไม้ไผ่ที่อยู่ในคอนกรีตได้ ดังนี้

$$A = 2(b+t)L \qquad (1)$$

เมื่อ A คือพื้นที่ผิวของไม้ไผ่ที่อยู่ในคอนกรีต และสามารถหาค่ากำลังยึดเหนี่ยวได้โดย

$$\text{Bond Strength} = \text{Maximum Load}/A \qquad (2)$$

ทั้งนี้ เนื่องจากเครื่องมือมีจำกัด จึงไม่สามารถทำการหล่อคอนกรีตได้พร้อมกันทั้งหมด ค่ากำลังยึดเหนี่ยวที่ได้นี้จึงมีผลเนื่องจากกำลังของคอนกรีตที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงทำการปรับแก้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวให้อยู่ในรูปที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ โดยขจัดผลกระทบเนื่องจากค่าของกำลังคอนกรีตที่ไม่เท่ากันออกไปดังนี้

กำหนดให้ตัวแปร u คือ ค่าเฉลี่ยของกำลังยึดเหนี่ยวในแต่ละประเภทของตัวอย่าง และให้

$$K = u/(f_c')^{1/2} \qquad (3)$$

เมื่อ f_c' คือกำลังอัดประลัยของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน ในที่นี้ ค่า K คือสัมประสิทธิ์ของกำลังยึดเหนี่ยวหลังจากการขจัดผลของ f_c' ออกไป ทั้งนี้จากการอ้างอิงมาตรฐานของ ACI และ ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวแปรผันตามรากที่สองของ f_c'

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ไม้ไผ่ ทางผู้วิจัยได้ใช้ไม้ไผ่พันธุ์ สีสุก ชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ Bambusa blumeana Schultes และมีชื่อพ้องทางพฤกษศาสตร์ คือ Bambusa spinosa Kutz Slume และ Ischurochloa spinosa Buse ไม้ไผ่ที่ใช้เป็นไม้ไผ่ผ่าซีก โดยจะมีความกว้างประมาณ 2 – 2.5 cm. และ ตัดให้มีความยาว 50 cm.

ยูรีเทน ใช้ โพลียูรีเทนภายใน (Polyurethane Clear Gloss For Interior) เป็นผลิตภัณฑ์ของ บริษัท TOA

อีพ็อกซี่ ประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ชนิด คือ

Nitobond – AR (Acrylic based concrete bonding agent) ใช้ทาที่พื้นผิวไม้ไผ่เพื่อเตรียมสภาพผิว

Nitobond EP Slowset Type A

Nitobond EP Slowset Type B

ทาไม้ไผ่ด้วย Nitobond AR แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง หลังจากนั้น ผสม Nitobond EP Slowset Type A และ B ด้วยอัตราส่วน 4 : 1 ตามน้ำหนัก แล้วจึงนำไปทาซ้ำ

ทราย ทรายที่ใช้ในการเคลือบไม้ไผ่นั้น ใช้ทรายละเอียด ผ่านตะแกรงเบอร์ 50 ไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 30

ผงเหล็ก ผงเหล็กที่ใช้เคลือบ ใช้ผงเหล็กที่เหลือจากงานกลึง มีขนาดประมาณ 0.2 – 0.5 cm.

วิธีดำเนินการทดลอง

นำตัวอย่างไม้ไผ่มาทำการคัดเลือก พิจารณาไม้ไผ่ที่มีลักษณะดี ไม่มีรอยแตก รอยแมลงกัดแทะ และรูปทรงไม่คดงอจนเกินไป นำมาตัดให้ได้ขนาดความยาว 50 cm. ตากแดดไว้เป็นเวลา 14 วัน และเก็บไว้ในที่แห้ง และนำมาทำการปรับปรุงผิวแบ่งออกได้เป็น 6 ประเภทดังนี้

ประเภทเคลือบยูรีเทน (U – Type) ทำการเคลือบยูรีเทนให้ทั่วในช่วงไม้ไผ่ที่จะอยู่ในคอนกรีต (15 cm.) และทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 1 วัน

ประเภทเคลือบยูรีเทนและทราย (Usa – Type) ทำเช่นเดียวกับข้อ U – Type แต่ทำการเคลือบทรายละเอียดลงไปหลังจากทายูรีเทนแล้ว และทิ้งให้แห้งประมาณ 1 วัน

ประเภทเคลือบยูรีเทนและผงเหล็ก (Ust – Type) ทำเช่นเดียวกับข้อ U – Type แต่ทำการเคลือบผงเหล็กลงไปหลังจากทายูรีเทนแล้ว และทิ้งให้แห้งประมาณ 1 วัน

ประเภทเคลือบอีพ็อกซี่ (E – Type) ทาไม้ไผ่ด้วย Nitobond – AR (Acrylic based concrete bonding agent) แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นผสม Nitobond EP Slowset Type A และ B เข้าด้วยกัน ด้วยอัตราส่วน 4 ต่อ 1 ส่วน ตามน้ำหนัก คนให้เข้ากัน จากนั้นนำไปทาไม้ไผ่ซ้ำ ทิ้งไว้ให้แห้ง 1 วัน

ประเภทเคลือบอีพ็อกซี่และทราย (Esa – Type) ทำเช่นเดียวกับข้อ E – Type แต่ทำการเคลือบทรายละเอียดลงไปหลัง จากทาอีพ็อกซี่แล้ว และทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 1 วัน

ประเภทเคลือบอีพ็อกซี่และผงเหล็ก (Est – Type) ทำเช่นเดียวกับข้อ E – Type แต่ทำการเคลือบผงเหล็กลงไปหลังจากทาอีพ็อกซี่แล้ว และทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 1 วัน

เมื่อทำการเตรียมตัวอย่างไม้ไผ่ที่ปรับปรุงพื้นผิวเสร็จเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจึงทำการผสมคอนกรีต โดยคำนวณปฏิภาคส่วนผสม ตามมาตรฐานของ ACI 211.1 – 70 [2] เมื่อทำผสมคอนกรีตแล้ว หล่อใส่ใน Mold ที่มีไม้ไผ่ที่ปรับปรุงพื้นผิวใส่ไว้ ทำการกระทุ้ง ให้คอนกรีตแน่น เช่นเดียวกับแบบหล่อลูกปูนที่ใช้ในการทดสอบหาค่า Strength ของ คอนกรีต ทิ้งตัวอย่างคอนกรีตให้ก่อตัวเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นจึงถอดแบบออก นำตัวอย่างลูกปูนไปบ่มด้วยน้ำ ทิ้งไว้ 28 วันเพื่อทดสอบ ส่วนตัวอย่างทดสอบแรงยึดเหนี่ยว ไม่บ่มน้ำ แต่นำไปเก็บไว้ในที่แห้งเพื่อรอการทดสอบ ที่ระยะเวลา 7, 28, และ 90 วัน

ผลการทดลอง

ผลการทดลองได้ค่ากำลังยึดเหนี่ยวตามตารางที่ 1, 2, และ 3

ความหมายของรหัสประเภท

ตัวอย่าง U – 2 – 7 หมายถึง ตัวอย่างอันที่ 2 ของคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่ปรับปรุงด้วยการเคลือบยูรีเทน ที่อายุ 7 วัน

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองที่ 7 วัน

อายุของตัวอย่างที่ 7 วัน						
ประเภท	Max. Load (kg)	Area (cm^2)	Stress (ksc)	Average Bond Stress,u (ksc)	fc' (ksc)	K ($ksc^{1/2}$)
N – 1 – 7	130.00	62.40	2.083	3.342	299.96	0.193
N – 2 – 7	310.00	67.39	4.600			
U – 1 –7	460.00	60.90	7.553	12.343	273.04	0.747
U – 2 –7	780.00	45.53	17.132			
Usa – 1 – 7	660.00	69.90	9.442	9.671	278.81	0.579
Usa – 2 – 7	830.00	83.85	9.899			
Ust – 1 – 7	880.00	61.43	14.325	14.133	284.58	0.838
Ust – 2 – 7	860.00	61.69	13.941			
E – 1 – 7	580.00	56.63	10.242	9.444	267.27	0.578
E – 2 – 7	510.00	58.99	8.646			
Esa – 1 – 7	520.00	63.83	8.147	10.250	257.66	0.639
Esa – 2 – 7	720.00	58.28	12.354			
Est – 1 – 7	580.00	53.85	10.771	10.193	265.35	0.626
Est – 2 – 7	520.00	54.08	9.615			

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองที่ 28 วัน

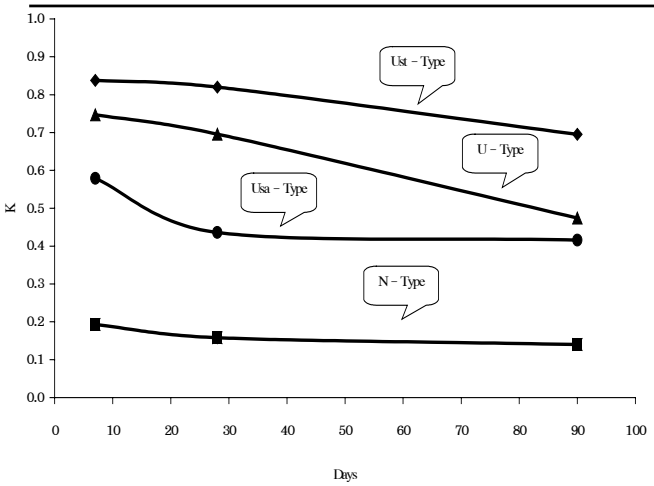
อายุของตัวอย่างที่ 28 วัน						
ประเภท	Max. Load (kg)	Area (cm^2)	Stress (ksc)	Average Bond Stress,u (ksc)	fc' (ksc)	K ($ksc^{1/2}$)
N – 1 – 28	190.00	61.13	3.108	2.737	299.96	0.158
N – 2 – 28	130.00	54.95	2.366			
U – 1 –28	510.00	57.00	8.947	11.499	273.04	0.696
U – 2 –28	950.00	67.61	14.051			
Usa – 1 – 28	590.00	60.60	9.736	7.285	278.81	0.436
Usa – 2 – 28	310.00	64.13	4.834			
Ust – 1 – 28	1220.00	71.55	17.051	13.825	284.58	0.820
Ust – 2 – 28	680.00	64.16	10.599			
E – 1 – 28	480.00	63.15	7.601	9.444	267.27	0.578
E – 2 – 28	965.00	63.00	15.318			
Esa – 1 – 28	540.00	56.25	9.600	10.250	257.66	0.639
Esa – 2 – 28	535.00	58.16	9.199			
Est – 1 – 28	625.00	58.09	10.759	10.193	265.35	0.626
Est – 2 – 28	625.00	62.21	10.047			

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดลองที่ 90 วัน

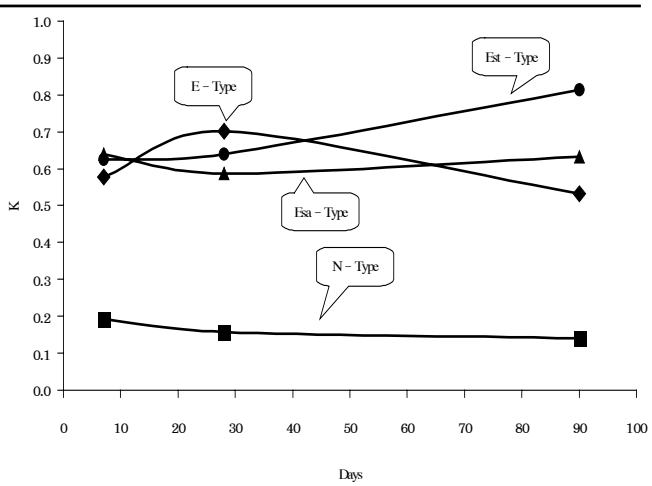
อายุของตัวอย่างที่ 90 วัน						
ประเภท	Max. Load (kg)	Area (cm^2)	Stress (ksc)	Average Bond Stress,u (ksc)	fc' (ksc)	K ($ksc^{1/2}$)
N – 1 – 90	160.00	62.78	2.549	2.428	299.96	0.140
N – 2 – 90	165.00	71.51	2.307			
U – 1 – 90	510.00	59.59	8.559	7.840	273.04	0.474
U – 2 – 90	435.00	61.09	7.121			
Usa – 1 – 90	425.00	65.24	6.515	6.942	278.81	0.416
Usa – 2 – 90	495.00	67.16	7.370			
Ust – 1 – 90	680.00	56.89	11.953	11.718	284.58	0.695
Ust – 2 – 90	630.00	54.86	11.483			
E – 1 – 90	435.00	52.58	8.274	8.714	267.27	0.533
E – 2 – 90	495.00	54.08	9.154			
Esa – 1 – 90	550.00	57.21	9.614	10.150	257.66	0.632
Esa – 2 – 90	575.00	53.81	10.687			
Est – 1 – 90	935.00	61.58	15.185	13.244	265.35	0.813
Est – 2 – 90	710.00	62.81	11.303			

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบหาค่ากำลังยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีต ระหว่างไม้ไผ่ที่ทำการปรับปรุงผิวแล้ว และ ไม้ไผ่ที่ไม่ได้รับการปรับปรุงผิว จะเห็นว่า ไม้ไผ่ที่ได้รับการปรับปรุงผิว จะมีค่ากำลังยึดเหนี่ยว (Bond Strength) สูงกว่าไม้ไผ่ที่ไม่ได้รับการปรับปรุงผิวมาก เมื่อนำผลการทดสอบใน ตารางที่ 1, 2, และ 3 มาเขียนแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า K กับอายุของตัวอย่างทดสอบ จะได้แผนภูมิดังรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ค่า K และ อายุของชิ้นส่วนตัวอย่าง
(เปรียบเทียบระหว่าง N, U, Usa และ Ust)



รูปที่ 2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ค่า K และ อายุของชิ้นส่วนตัวอย่าง
(เปรียบเทียบระหว่าง N, E, Esa และ Est)

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบที่อายุ 7, 28, และ 90 วัน พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป ค่ากำลังยึดเหนี่ยวที่ทดสอบได้ มีแนวโน้มที่ลดลง เกือบทุกชิ้นตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่า การปรับปรุงผิวไม้ไผ่ก็ยังไม่สามารถป้องกันการสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีตอันเนื่องมาจากการซึมผ่านเข้า – ออก ของน้ำได้ทั้งหมด อาจกล่าวได้ว่า ยิ่งเวลาผ่านไปนานเท่าใด แรงยึดเหนี่ยวระหว่าง ไม้ไผ่กับสารเคมีหรืออนุภาคที่เคลือบจะมีค่าลดลงตาม ซึ่งการปรับปรุงผิวโดยการเคลือบสารเคมีนั้นอาจจะช่วยป้องกันการซึม – ผ่าน น้ำได้ในระยะแรก แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป การป้องกันการซึมด้วยสารเคมีอาจจะด้อยลง เราอาจจะเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวประเภทนี้ได้โดย การทาซ้ำสารเคมีที่ไม้ไผ่ให้มากขึ้น

ผลการทดลองที่ได้อาจมีข้อผิดพลาดได้เนื่องจากจำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบน้อย คือ 2 ตัวอย่าง ต่อการเคลือบหนึ่งๆ และเวลาการทดสอบที่มีจำกัด เพียง 90 วัน ซึ่งผลการทดสอบก็ให้ผลเป็นที่น่าพอใจว่าสามารถเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีตให้สำหรับโครงสร้างชั่วคราวได้ แต่ผลการวิจัยนี้อาจจะยังไม่สามารถยืนยันว่า เมื่อเวลาที่นานกว่าถึงนับเป็นปีขึ้นไป การปรับปรุงผิวไม้ไผ่ด้วยวิธีนี้จะสามารถช่วยเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวเมื่อระยะเวลาผ่านไปนานๆ สำหรับโครงสร้างถาวรได้หรือไม่ จึงควรที่จะศึกษาต่อในเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่และคอนกรีตเมื่อระยะเวลาผ่านไปนานๆ และวิธีปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพแรงยึดเหนี่ยวต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้จะสำเร็จไม่ได้ ถ้าหากปราศจากความช่วยเหลือ ของบุคคลที่ผู้วิจัยจะขอเอ่ยนามดังต่อไปนี้ อาจารย์ ดร. วัฒนชัย สมิทธากร ที่ให้ความกรุณา คอยให้คำปรึกษา แนะนำ เป็นอย่างดี แก่ผู้วิจัย ตลอดระยะเวลาของโครงงาน และ คุณ มนตรี เชื้อคล้อยวรรณา และ บริษัท Fosroc (ประเทศไทย) จำกัด ที่กรุณาให้ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ อีพ็อกซี่ มาให้ผู้วิจัยใช้ในโครงงานนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านทั้งสองเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. วินิต ช่อวิเชียร, การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน, พิมพ์ครั้งที่2, ป.สัมพันธ์พานิชย์, พ.ศ. 2545.

2. ACI Committee 211, “Recommended Practice for Selecting Proportions for Normal Weight Concrete (ACI 211.1-70)” American Concrete Institute, Detroit, 1970