บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันเหล็กที่ใช้เสริมในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไปมีราคาแพงขึ้นทุกวัน และหาได้ยากในชนบท จึงได้มีการค้นหาวัสดุที่หาง่ายและราคาถูกมาใช้แทนเหล็ก ไม้ไผ่เป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่ได้ถูกนำมาทดลองใช้เสริมแทนเหล็ก เนื่องจากมีราคาถูก หาง่าย ทำการปลูกขยายพันธุ์ง่ายและยังมีความสามารถในการรับแรงดึงได้ดีอีกด้วย

แต่อย่างไรก็ตาม แม้จะได้ทำการวิจัยมาแล้วกว่า 50 ปี (จากเอกสารอ้างอิงของคอกส์และเกย์เมเยอร์[9] (Cox and Geymayer)) ก็ยังไม่สามารถนำไปใช้ได้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากไม้ไผ่มีความสามารถในการดูดน้ำสูง ดังนั้นในช่วงแรกที่เทคอนกรีต ไม้ไผ่จะดูดน้ำจากคอนกรีตทำให้ตัวมันเองพองขึ้น แม้ในช่วงเวลาที่บ่ม ไม้ไผ่จะดูดน้ำจากคอนกรีตเช่นกันและหากกำลังการขยายในชั้นส่วนภายในของไม้ไผ่มีมากพอก็จะดันคอนกรีตที่อยู่ด้านข้างออกไป ภายหลังเมื่อหยุดให้ความชื้นกับคอนกรีต ไม้ไผ่จะค่อย ๆ คายน้ำที่สะสมอยู่ในตัวของมันออกมาเรื่อย ๆ และในขณะเดียวกันจะหดตัวตามไปด้วย ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตรอบด้าน เป็นเหตุทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตลดน้อยลงไปเรื่อย ๆ จากการทดลองของ ถาวร อโณทยานนท์[1] พบว่าการใช้ไม้ไผ่ในลักษณะธรรมชาติไม่ว่าจะแห้งหรือชุ่มน้ำในการเสริมในคานคอนกรีตนั้นเมื่ออายุของคานเกินกว่า 1 ปีแล้วแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตจะลดไปเกือบหมด โครงสร้างคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ในลักษณะธรรมชาติจึงไม่สามารถใช้เป็นโครงสร้างถาวร อาจใช้ได้ก็เพียงแต่โครงสร้างชั่วคราวเท่านั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการค้นคว้าและทดลองเพื่อบรรเทาปัญหาอันเนื่องมาจากการถ่ายเทน้ำระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ของการสลายตัวของแรงยึดเหนี่ยวให้น้อยลงมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อที่โครงสร้างคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะมีประสิทธิภาพการใช้งานในช่วงเวลายาว

นานได้ดียิ่งกว่าเท่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบันนี้ อันเป็นหนทางหนึ่งที่จะนำไม้ไผ่มาใช้เสริมในโครงสร้างถาวรต่อไป

1.2 การสำรวจการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งได้กระทำมาแล้ว

ไม้ไผ่เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในตระกูลหญ้าชนิดหนึ่งที่มีอยู่ทั่วไปเกือบทุกเขตในโลก คอกส์และเกย์เมเยอร์[9] (Cox and Geymayer) กล่าวไว้ว่า ไม้ไผ่มีประมาณ 550 ชนิด ที่ถูกบันทึกไว้ โดยทั่วไปแล้วลำต้นของไม้ไผ่จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 5 ถึง 10 ซ.ม. และสูง 15 - 20 ม. แต่บางชนิดลำต้นอาจใหญ่ถึง 30 ซ.ม. และสูง 45 ม. หรือกว่านั้น ลำต้นของไม้ไผ่ภายในกลวงผิวนอกแข็งมัน แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ข้อ (Node) และปล้อง (Internode) ส่วนใหญ่แล้วพบว่าเนื้อเยื่อเจริญ (Meristematic tissue) จะอยู่บริเวณเหนือข้อขึ้นไป ดังนั้นข้อหรือยื่นส่วนของไม้ไผ่ที่อยู่สูงขึ้นไปจะเป็นส่วนที่อ่อนแอของลำต้น

ได้มีการทดลองอย่างมากเกี่ยวกับกลสมบัติของไม้ไผ่ทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย ในต่างประเทศมี เกลนน์[10] (Glenn) ซอลเซียร์[11] (Saucier) คอกส์และเกย์เมเยอร์[9] (Cox and Geymayer) ได้ใช้ไม้ไผ่ชนิดอะรันดินาเรีย เท็คตา (Arundinaria tecta) ในการทดลอง สำหรับในประเทศไทย มีผู้วิจัยในด้านนี้ คือ ซาฮิด อาลี[12] (Zahid Ali) อาบู ซาเดค[13] (Abu Sadeque) จัน ดูรานี[14] (Jan Durrani) และเทวินทร์ ผาติอุตมภาพ[2] ซึ่งใช้ไผ่รวกที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ไทโซสเตชิส โอลิเวอรี แกมเบิล (Thyrsostachys Oliveri Gamble) เช่นเดียวกับที่ใช้ในงานวิจัยนี้ และก็ยังมี ถาวร อโณทยานนท์[1] ใช้ไผ่บงใหญ่ที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า เดนโดรคาลามัส บรันไดไซ (Dendrocalamus brandisii) ในการทดลอง

1.2.1 กลสมบัติของไม้ไผ่

ก. การรับแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่น

เกลนน์[10] (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 และข้อมีความสามารถในการรับแรงดึงน้อยกว่าปล้อง

ซอล์เซียร์[11] (Saucier) ทดลองได้ผลว่าค่าเฉลี่ยของการรับแรงดึงมีค่าเท่ากับ 670 กก./ซม.^{2} และโมดูลัสยืดหยุ่นมีค่าเท่ากับ 1.3×10^5 กก./ซม.^{2}

คอกส์และเกย์เมเยอร์[9] (Cox and Geymayer) พบว่าการรับแรงดึงมีค่าตั้งแต่ 485 ถึง 1,760 กก./ซม.^{2} ค่าเฉลี่ยของการรับแรงดึงมีค่าเท่ากับ 1,083 กก./ซม.^{2} โมดูลัสยืดหยุ่นมีค่าตั้งแต่ 88,590 ถึง 281,930 กก./ซม.^{2} ค่าเฉลี่ยของโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 184,200 กก./ซม.^{2} ส่วนใหญ่ของตัวอย่างที่มีโมดูลัสยืดหยุ่นสูงจะมีการรับแรงดึงสูงด้วย และความสัมพันธ์ระหว่างการรับแรงดึงกับความเครียดจะเป็นเส้นตรงจนถึงจุดวิบัติ

ซาฮิด อาลี[12] (Zahid Ali) ทดลองได้ว่าค่าเฉลี่ยของการรับแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 2,400 และ 2.5×10^5 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ

อาบู ซาเดค[13] (Abu Sadeque) พบว่าค่าเฉลี่ยของการรับแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 1,810 และ 3.1×10^5 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ

จัน ดูรานี[14] (Jan Durrani) ทดลองได้ว่าค่าเฉลี่ยการรับแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 1,500 และ 1.48×10^5 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยของการรับแรงดึงของตัวอย่างที่แช่น้ำไว้ 1 วัน ดีกว่าที่แช่น้ำไว้ 2 3 4 และ 5 วัน ตามลำดับ

ถาวร อโณทยานนท์[1] พบว่าค่าเฉลี่ยของการรับแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 1,710 และ 187,500 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ และทดลองได้ว่าไม้ไผ่แห้งตามธรรมชาตินั้นมีความสามารถในการรับแรงดึงได้มากกว่าแต่โมดูลัสยืดหยุ่นน้อยกว่าไม้ไผ่ที่แช่น้ำก่อนทำการทดสอบ 1 หรือ 2 อาทิตย์

เทวินทร์ ผาติอุตมภาพ[2] หาได้ว่าค่าเฉลี่ยของการรับแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 1,704 และ 2.29×10^5 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ

ข. อัตราการดูดซึมน้ำและการขยายตัวของไม้ไผ่เมื่อดูดซึมน้ำ

คอกส์และเกย์เมเยอร์[9] (Cox and Geymayer) พบว่าการขยายตัวของไม้ไผ่ด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมีค่า 5% และด้านยาวมีค่า 0.05% ดังนั้นการที่ใช้เสริมด้วยไม้ไผ่ที่มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ อาจทำให้เกิดการแตกร้าวกับคอนกรีตที่หุ้มอยู่และทำให้เสียแรงยึดเหนี่ยวไปเกือบหมด

จัน ดูรานี[14] (Jan Durrani) ทดลองพบว่าเพียง 24 ชั่วโมงแรกของการแช่ไม้ไผ่ในน้ำ ไม้ไผ่สามารถดูดน้ำได้เกือบ 50% ของน้ำหนักตัวมันเองที่แห้ง และมีการขยายตัวด้านรัศมี ด้านสัมผัสและด้านยาวประมาณ 8.25 6.25 และ 0.05% ตามลำดับ

ฟางและเฟย์[15] (Fang and Fay) ได้ทดลองเพื่อลดการถ่ายเทความชื้นระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต ทำการปรับปรุงผิวไม้ไผ่โดยใช้วิธี Sand blasting เพื่อขจัดผิวไม้ไผ่ที่เรียบออกไป แล้วนำไปแช่ในกำมะถันเหลว 1 ชั่วโมง และโรยทับด้วยทรายอีก 1 ชั้น ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วนำมาทดสอบได้ผลดังนี้คือ อัตราการดูดซึมน้ำเมื่อแช่ในน้ำ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 9% ในขณะที่ไม้ไผ่ไม่ได้ปรับปรุงผิวจะมีอัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับ 20% และในช่วงเวลาที่บ่มหน่วยความเครียดของไม้ไผ่ที่ไม่ได้ปรับปรุงผิวมากขึ้นเรื่อย ๆ ตลอด 28 วัน แต่ไม้ไผ่ที่ปรับปรุงผิวมากขึ้นในช่วง 4 วันแรก แล้วก็รักษาระดับนั้นไปตลอด 28 วัน

ค. แรงยึดเหนี่ยวตัวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต

ปัญหาเรื่องความเพียงพอของแรงยึดเหนี่ยวนี้เป็นสิ่งแรกที่ต้องปรับปรุงแก้ไข สำหรับการเสริมไม้ไผ่ในโครงสร้างคอนกรีต

คอกส์และเกย์เมเยอร์[9] (Cox and Geymayer) ได้ทำการทดลองหาแรงยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่ลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. ก้อนคอนกรีตเสริมด้วยไม้ไผ่ทั้งลำทั้งตากแห้งและสดที่ไม่ได้ปรับปรุงผิว เมื่อเวลา 7 และ 28 วัน

2. ก้อนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ผ่าซีกทั้งตากแห้งและสดที่ไม่ได้ปรับปรุงผิว ทดสอบเมื่อคอนกรีตมีอายุ 7 28 และ 90 วัน โดยบ่มไว้ 7 14 และ 14 วัน ตามลำดับ สำหรับกรณี 90 วัน ก่อนทำการหล่อ ได้นำไม้ไผ่ไปแช่น้ำก่อน 3 วัน ด้วย

3. ก้อนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ผ่าซีกที่ปรับปรุงผิวโดยนำไปแช่ในสารละลายซุปเปอร์พรีเมียม เพนตะ คอนเซ่นเตรท (Super Premium Penta Concentrate) ซึ่งเป็นสารผสมของเพนตะคลอโรฟีนอล (Penta Chlorophenol) อันเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Vulcan material ในอเมริกา เมื่อเวลา 7 28 และ 90 วัน โดยที่เมื่อเวลา 28 และ 90 วัน บ่ม 14 วัน สำหรับกรณี 90 วัน ก่อนทำการหล่อได้นำไม้ไผ่ไปแช่สารผสมก่อน 3 วันด้วย

4. ไม้ไผ่ผ่าซีกทั้งที่ขูดผิว อุดปลายด้วยเรซิน (Resin) พันลวดขนาดเล็กรอบไม้ไผ่และทาผิวด้วยอีฟอกซี (Epoxy) เมื่อเวลา 28 วัน

จากการทดลองได้แนะวิธีการเพื่อลดการเสื่อมสูญของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตดังนี้

1. ควรใช้ปูนซีเมนต์ชนิดแข็งตัวเร็ว ใช้ไม้ไผ่ที่มีขนาดเล็ก ให้คอนกรีตที่หุ้มมีความหนาพอสมควร ให้ระยะเรียงกว้างพอ

2. เคลือบผิวไม้ไผ่ที่แห้งแล้วด้วยสารกันความชื้นบางชนิด เช่น สียางมะตอย (Asphalt) เป็นต้น เพื่อลดการถ่ายเทความชื้นของไม้ไผ่ แต่ต้องไม่มากเกินไปจนทำให้ไม้ไผ่ลื่น และควรแช่น้ำก่อนเทคอนกรีต 2-3 วัน

3. เคลือบผิวไม้ไผ่ที่แห้งด้วยอีฟอกซีหรือโพลีเอสเตอร์เรซิน แล้วโรยทรายเพื่อให้ผิวขรุขระ

4. ดัดแปลงไม้ไผ่ให้มีส่วนยื่นเพื่อทำให้เกิดการยึดกันระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต

จัน ดูรานี[14] (Jan Durrani) ค้นพบว่า

1. ข้อของไม้ไผ่ผ่าซีกทำให้เกิดการยึดกันระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต และสรุปผลได้ว่าแรงยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่ที่มีข้อมีค่าสูงกว่าไม้ไผ่ที่ไม่มีข้อประมาณ 50%

2. การโรยทรายบนผิวของไม้ไผ่ที่เคลือบด้วย resin จะทำให้ค่าของแรงยึดเหนี่ยวเพิ่มขึ้นประมาณ 100% ของไม้ไผ่ผ่าซีกที่แช่น้ำก่อนเทตัวอย่าง 1 วัน

3. เมื่อแช่ไม้ไผ่ผ่าซีกในน้ำหรือสารละลาย 1 2 และ 3 วันตามลำดับ ก่อนเทตัวอย่างทดลองหาแรงยึดเหนี่ยว ปรากฏว่าแรงยึดเหนี่ยวจะลดลงเมื่อแช่ในน้ำหรือสารละลายเกิน 1 วัน และการปรับปรุงเพื่อเพิ่มค่าของแรงยึดเหนี่ยวโดยแช่ใน 2% ของสารละลายสังกะสีคลอไรด์ (Zinc Chloride) 1 วัน ได้ผลดีกว่าไม้ไผ่ที่แช่ในน้ำ 1 วัน ประมาณ 14% เมื่อทำการทดลองหาค่าแรงยึดเหนี่ยวที่เวลา 7 วัน

ค่าเฉลี่ยของแรงยึดเหนี่ยวประลัยระหว่างไม้ไผ่ผ่าซีกกับคอนกรีต เท่ากับ 5:60 กก./ซม.^{2} เมื่อเวลา 7 วัน

ถาวร อโณทยานนท์[1] ได้ทำการทดลองโดยเคลือบผิวของไม้ไผ่ด้วยน้ำยาคอนเซอร์เวกส์ (Conservex) ได้ผลดังนี้

1. ไม้ไผ่ที่ไม่เคลือบน้ำยา ค่าของแรงยึดเหนี่ยวลดลงเกือบ 50% หลังจากทิ้งไว้ประมาณ 1 ปี

2. ไม้ไผ่ที่เคลือบน้ำยา ค่าของแรงยึดเหนี่ยวเมื่อทิ้งไว้ 1 ปี เกือบเท่ากับไม้ไผ่ที่ไม่เคลือบน้ำยาเมื่อ 28 วัน

ค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวประลัยของไม้ไผ่ผ่าซีกที่ไม่เคลือบน้ำยากับคอนกรีตเมื่อ 28 วัน

สำหรับไม้ไผ่ไม่มีข้อ เท่ากับ 2.06 กก./ซม.^{2}

สำหรับไม้ไผ่มีข้อ เท่ากับ 5.75 กก./ซม.^{2}

ง. การรับแรงดึงและการยืดหดของไม้ไผ่เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกค้างไว้

คอกส์และเกย์เมเยอร์[9] (Cox and Geymayer) ได้นำเอาไม้

ไผ่ทั้งลำที่ตากแห้งในห้องทดลอง 109 วัน ก่อนทำการทดลองและไม่ได้ปรับปรุงผิวที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.91 ซ.ม. ยาว 1.22 ม. นำมาบรรทุกน้ำหนักค้างไว้โดยใช้เครื่องดึงแบบจีน (Chinese Pullers) ถ่ายน้ำหนักให้กับตัวอย่างแล้วใช้เกจวัดความเครียดแบบกล (Mechanical Strain gage) ที่มีระยะเกจเท่ากับ 20 ซ.ม. วัดตรงกึ่งกลางตัวอย่างตามยาว แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 บรรทุกน้ำหนักค้างไว้ 580.0 กก./ซม.^{2} ปรากฏว่า 4 ใน 9 ตัวอย่างวิบัติภายใน 1 ชั่วโมงแรก อีก 2 ตัวอย่างวิบัติภายใน 188 วัน 3 ตัวอย่างที่เหลืออยู่ได้ถึง 1 ปี โดยไม่วิบัติ เห็นได้ว่าการรับแรงดึงของไม้ไผ่ที่ถูกน้ำหนักบรรทุกค้างไว้น้อยกว่าที่ถูกน้ำหนักบรรทุกในช่วงเวลาสั้น (Short term loading)

ชุดที่ 2 บรรทุกน้ำหนักค้างไว้ 281.2 กก./ซม.^{2} 3 ตัวอย่าง ปรากฏว่าตัวอย่างทั้งหมดสามารถอยู่ได้ถึง 1 ปี โดยไม่วิบัติ

หลังจากบรรทุกน้ำหนักค้างไว้ 1 ปี แล้วปรากฏว่าเกิดความเครียดจากการคืบ (Creep) ประมาณ 1.71 ถึง 2.00×10^{-6} (ซม./ซม.)/(กก./ซม.^{2})

จ. คานและแผ่นพื้น

เกลนน์[10] (Glenn) ได้ทดลองคานในช่วงเวลาสั้น (Short term loading) และให้คำแนะนำดังนี้

1. คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะเกิดการแตกร้าวเริ่มแรก ด้วยน้ำหนักบรรทุกที่เท่า ๆ กับคานคอนกรีตที่ไม่เสริมอะไรเลย

2. คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกประลัยเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มค่าเปอร์เซนต์ของไม้ไผ่เสริม จนถึงเปอร์เซนต์ไม้ไผ่เสริมที่ได้ผลดีที่สุดคือ 2-3 เปอร์เซนต์ สำหรับกรณีคานหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

3. คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ตามยาวอาจออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกได้มากกว่าคานคอนกรีตไม่เสริมอะไรเลยที่มีหน้าตัดเหมือนกัน 2-3 เท่า

4. ควรใช้ปูนซีเมนต์ชนิดแข็งตัวเร็วเพื่อลดรอยแตกตามยาว

5. ในการออกแบบอาจใช้ค่าที่ยอมให้ของการรับแรงดึงของไม้ไผ่เท่ากับ 352-422 กก./ซม.^{2}

6. ไม้ไผ่ที่ปรับปรุงผิวโดยการทาผิวด้วยยางมะตอย (Asphalt) จะเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของคาน แต่ต้องไม่ทามากเกินไปจนลื่น เพราะจะทำให้แรงยึดเหนี่ยวลดน้อยลง

7. รอยแตกตามแนวยาวของคานจะลดความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของคาน

8. การใช้ไม้ไผ่ผ่าซีกแทนที่จะใช้ไม้ไผ่ทั้งลำจะช่วยเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของคาน

9. คานรูป ไอ (I) หรือ ที (T) นั้นจะมีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกเท่ากับคานสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความกว้างเท่ากับปีกของคานรูป ไอ (I) หรือ ที (T) และมีความลึกประสิทธิผลเท่ากัน

คอกส์และเกย์เมเยอร์[9] (Cox and Geymayer) ได้ทดลองคาน 26 ตัวอย่าง ในช่วงเวลาสั้นพบว่ารอยแตกร้าวในคอนกรีตซึ่งมักเกิดขึ้น เนื่องมาจากการหดตัวสามารถขจัดไปได้โดยการแช่ไม้ไผ่เสริมผ่าซีกในน้ำหรือสารประกอบซุปเปอร์ปรีเมียม 4 ปอนด์ เพนตะ (Super premium 4 lb penta compound) 72 ชั่วโมง ก่อนเทคอนกรีต ในการทดลองบรรทุกน้ำหนักคานซึ่งเสริมด้วยไม้ไผ่ที่ผ่านกรรมวิธีดังกล่าว เมื่ออายุ 90 วัน ผู้วิจัยพบว่า กำลังรับแรงดัดดีกว่าเมื่อเวลา 28 วัน ประมาณ 10-20%

ซอสเซียร์[11] (Saucier) ได้ทดลองบรรทุกน้ำหนักค้างไว้ 1,000 ชั่วโมง บนคานรูปรางน้ำยู (U) ความกว้าง 15 ซ.ม. สูง 7.5 ซ.ม. และยาว 2.40 ม. แบ่งเป็น 3 ชุด ๆ ละ 4 ตัวอย่าง โดยเสริมด้วยไม้ไผ่ 3 ตัวอย่าง และเสริมด้วยเหล็กกลม 1 ตัวอย่าง แล้วทำการทดลองดังนี้

ชุดที่ 1 บรรทุกน้ำหนักค้างไว้ 14.86 กก./ม. น้ำหนักบรรทุกกระทำล่ำเล่มอ

ชุดที่ 2 บรรทุกน้ำหนักค้างไว้ 44.58 กก./ม. น้ำหนักบรรทุกกระทำล่ำเล่มอ

ชุดที่ 3 บรรทุกน้ำหนักค้างไว้รวม 45.4 กก. น้ำหนักบรรทุกกระทำที่จุดแบ่งสาม

ผลปรากฏว่าระยะโก่งไม่ต่างกันมากนัก แม้ว่าน้ำหนักบรรทุกค้างจะต่างกัน (ชุดที่ 1 และชุดที่ 2) ยกเว้นคานที่เกิดการแตกร้าวก่อนครบ 1,000 ชั่วโมง

ส่วนชุดที่ 3 เกิดการแตกร้าวก่อนครบ 1,000 ชั่วโมง ทุกตัวอย่าง ระยะโก่งที่ 1,000 ชั่วโมง เท่ากับ 12.5 10.0 7.5 มม. (เสริมด้วยไม้ไผ่) และ 7.5 มม. (เสริมเหล็ก)

และอัตราส่วนระหว่างระยะโก่งที่ 1,000 ชั่วโมง กับระยะโก่งที่เกิดขึ้นทันทีทันใดเมื่อเริ่มบรรทุกน้ำหนักค้างไว้ ของ

ชุดที่ 1 เท่ากับ 12.5 12.5และ 24.8 (เสริมไม้ไผ่) และ 11.1 (เสริมเหล็ก)

ชุดที่ 2 เท่ากับ 4.3 6.0และ 9.1 (เสริมไม้ไผ่) และ 4.3 (เสริมเหล็ก)

ชุดที่ 3 เท่ากับ 7.5 10.0 และ 12.5 (เสริมไม้ไผ่) และ 7.5 (เสริมเหล็ก)

ถาวร อโณทยานนท์[1] ได้ทำการทดลองคาน 15 ตัว ซึ่งมี 3 ตัว ประกอบด้วยไม้ไผ่เสริมพันด้วยเส้นลวดขนาดเล็กโดยรอบและเคลือบน้ำยาคอนเซอร์เวกส์ (Conservex) ขนาดของคาน 15x15x75 ซ.ม. แต่ใช้ความยาวประสิทธิผลของช่วงคานเท่ากับ 60 ซ.ม. ค่าเฉลี่ยกำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกเท่ากับ 400 กก./ซม.^{2} การทดลองแบ่งคานออกเป็น 2 ชุด โดยทำการทดลองในช่วงเวลาสั้น (28 วัน) 6 ตัว อีก 9 ตัวที่เหลือนำไปทดลองเมื่อทิ้งไว้ได้ 14 เดือน

ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. ในการทดลองคาน 6 ตัวแรก คานที่เสริมด้วยไม้ไผ่ที่พันด้วยเส้นลวด

และทาน้ำยาสามารถรับแรงดัดได้ดีขึ้นประมาณ 6.5 เปอร์เซ็นต์ ของคานที่เสริมด้วยไม้ไผ่ที่ไม่ได้ปรับปรุงผิว

2. คานที่หล่อไว้ทดลองเมื่อ 14 เดือน จำนวน 9 ตัว ปรากฏว่าคาน 8 ตัว ที่เสริมด้วยไม้ไผ่ที่ไม่ได้ปรับปรุงผิว เมื่อมีการแตกเริ่มแรกแล้วก็เกิดการเคลื่อนตัวของไม้ไผ่กับคอนกรีตทำให้ไม่สามารถรับแรงดัดได้อีกเนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตได้เสื่อมไปหมดแล้ว ส่วนคานที่เสริมด้วยไม้ไผ่ที่มีเส้นลวดพันและทาน้ำยาสามารถรับแรงดัด ต่อไปได้หลังจากเกิดการแตกร้าวเริ่มแรกแล้ว แต่ก็ลดลงจากที่ทดลองเมื่อ 28 วัน ประมาณ 39 เปอร์เซ็นต์

1.3 <u>วัตถุประสงค์และขอบข่ายของการวิจัย</u>

1.3.1 เพื่อวิจัยทดลองระบบพื้นที่ประหยัด ใช้วัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่น และใช้แรงงานให้มากที่สุด ซึ่งจะเหมาะสำหรับการใช้งานในชนบท

1.3.2 เพื่อปรับปรุงวิธีการใช้ไม้ไผ่เป็นวัสดุเสริมแทนเหล็กเสริมให้ได้ผลดียิ่งขึ้นในระยะยาว โดยการศึกษาถึง

ก. คุณสมบัติโดยทั่วไปของไม้ไผ่ เช่น การรับแรงดึง แรงยึดเหนี่ยวตัวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตในช่วงระยะเวลา 2 สัปดาห์ 2 เดือน และ 4 เดือน

ข. การดูดซึมน้ำของไม้ไผ่ทั้งที่ไม่ได้ปรับปรุงผิวและที่ปรับปรุงผิวต่างกัน เช่น ทาด้วยเซลลัฟลินท์โคทเบอร์ 3 และเบอร์ 16 ทั้งผสมทรายและไม่ผสมทรายเมื่อแช่อยู่ในน้ำ

ค. คุณสมบัติของตงและแผ่นพื้นที่หล่อไว้ทดลอง เช่น การรับแรงดัด การรับน้ำหนักบรรทุกในช่วงสั้น (Short term loading) และการรับน้ำหนักบรรทุกค้างไว้ (Sustained loading) ของแผ่นพื้นและตงเป็นเวลา 2 เดือน และ 4 เดือน ตามลำดับ

ซึ่งตงและแผ่นพื้นที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดเป็นคานธรรมดาช่วงเดียว (Simply supported beam) และการใส่น้ำหนักบรรทุกกระทำอย่างสถิต (Static - loading)

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1.4.1 เป็นระบบพื้นที่เหมาะในการประยุกต์ใช้ในชนบทมากกว่าระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก เนื่องจากไม้ไผ่มีราคาถูก หาง่ายและทำการเพาะปลูกขยายพันธุ์ได้ง่าย ต่างกับเหล็กที่มีราคาแพงและหาได้ยากในชนบท

1.4.2 ทำให้รู้พฤติกรรมของชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รับแรงดัดในช่วงระยะเวลานานได้ดีขึ้นจากการทดลอง

1.4.3 สามารถนำชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รับแรงดัดไปใช้งานได้ดีขึ้นกว่าเดิม เพราะได้แก้ไขปัญหาการเลื่อมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตโดยการปรับปรุงผิวของไม้ไผ่ เช่นทาด้วยเซลล์ฟลินท์โคทเบอร์ 3 และเบอร์ 16 ทั้งผสมทรายและไม่ผสมทราย ซึ่งโดยปกติแล้วไม้ไผ่ตามธรรมชาติเมื่อนำมาใช้เป็นชิ้นส่วนรับแรงดัดแล้วจะใช้ได้เพียงชั่วคราวเท่านั้น เนื่องจากปัญหาการเลื่อมของแรงยึดเหนี่ยวกันระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1.5.1 สำรวจงานวิจัยที่ได้ทำมาแล้วในด้านนี้

1.5.2 ทดลองหาค่ากลสมบัติของไม้ไผ่และคอนกรีต เช่น การรับแรงดึง และโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ การรับแรงอัดและโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต

1.5.3 ปรับปรุงผิวของไม้ไผ่ เช่นทาด้วยเซลล์ฟลินท์โคทเบอร์ 3 และเบอร์ 16 ทั้งผสมทรายและไม่ผสมทราย แล้วทดลองหาอัตราการดูดซึมน้ำของไม้ไผ่และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตในช่วงเวลา 2 สัปดาห์ 2 เดือน และ 4 เดือน

1.5.4 เลือกวิธีการปรับปรุงผิวไม้ไผ่ที่ได้ผลดีมาใช้กับไม้ไผ่ที่เสริมในแผ่นพื้น-ตงคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

1.5.5 สร้างและทำการทดลองหาการรับน้ำหนักของแผ่นพื้นและตง คอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ศึกษาพฤติกรรมทางด้านรับแรงดัดทั้งการรับน้ำหนักบรรทุกในช่วงสั้นและการรับน้ำหนักบรรทุกค้างไว้เป็นเวลา 2 เดือน และ 4 เดือน