บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

เนื่องจากทุกวันนี้เหล็กเสริมมีราคาแพงประกอบกับต้องสั่งนำเข้าจากต่างประเทศทำให้สูญเสียเงินตราปีหนึ่ง ๆ เป็นจำนวนมาก ไม้ไผ่เป็นวัสดุที่ทนแรงดึงได้สูง ราคาถูก เป็นทรัพยากรที่มีอยู่ภายในประเทศ หาได้โดยทั่วไปและสามารถปลูกทดแทนได้ ซึ่งถ้านำมาใช้เสริมในส่วนของโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุกไม่มากนัก เช่น แผ่นพื้นของบ้านพักอาศัยและตึกแถว ก็จะช่วยในการประหยัดเหล็กเสริมซึ่งนับวันจะหาได้ยากและมีราคาแพงยิ่งขึ้น

1.2 การสำรวจงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งได้กระทำมาแล้ว

ในการนำไม้ไผ่มาเสริมคอนกรีตแทนเหล็กเสริม ได้มีความพยายามทำกันในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา อินเดีย ไทย ฯ มีการนำมาทดลองเสริมในส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้าง เช่น พื้น คาน เสา ตลอดจนฐานรากและได้ข้อสรุปผลออกมาต่าง ๆ กัน

Glenn (2493) ได้ทำการทดลองนำไม้ไผ่มาเสริมในคานคอนกรีต โดยได้ศึกษาถึงคุณสมบัติของไม้ไผ่ ผลของปริมาณการเสริมไม้ไผ่ในคานคอนกรีต การใช้ไม้ไผ่ดิบ การใช้ไม้ไผ่แห้งและการใช้ไม้ไผ่เคลือบสารกันการดูดซึมมาเสริมในคานคอนกรีต และได้สรุปผลการทดลองไว้ดังนี้

1) ไม้ไผ่มีคุณสมบัติขึ้นกับชนิดของไม้ไผ่ มีหน่วยแรงดึงประลัยบริเวณข้อเฉลี่ย 2285 กก./ซม.^{2} หน่วยแรงดึงประลัยบริเวณปล้องเฉลี่ย 2636 กก./ซม.^{2} ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเมื่อรับแรงดึงอยู่ระหว่าง 1.41×10^5 ถึง 3.16×10^5 กก./ซม.^{2}

2) คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะเริ่มแตกร้าวที่น้ำหนักบรรทุกเกือบอันเดียวกันกับน้ำหนักบรรทุกที่จุดแตกร้าวของคานคอนกรีตที่ไม่ได้เสริมอะไร

3) กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ

ปริมาณไม้ไผ่เสริมในคาน จนกระทั่งถึงจุดดีที่สุดเมื่อปริมาณไม้ไผ่เสริมในคานมีค่า 3 ถึง 4%

4) กำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่มีค่า 4 ถึง 5 เท่าของกำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของคานคอนกรีตที่ไม่ได้เสริมอะไร

5) ไม้ไผ่ที่ไม่ได้ตากแห้งและไม่ได้เคลือบสารกันการดูดซึมน้ำ จะทำให้เกิดรอยแตกร้าวตามแนวยาวของไม้ไผ่ เนื่องจากการดูดซึมน้ำของไม้ไผ่จากคอนกรีตสดและไม้ไผ่เกิดการพองตัวขึ้น

6) การใช้ปูนซีเมนต์ชนิดแข็งตัวเร็ว (ชนิด III) จะช่วยลดการแตกร้าว เนื่องจากการดูดซึมน้ำจากคอนกรีตสดและการพองตัวของไม้ไผ่

7) กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่ผ่าซีกจะสูงกว่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของคานคอนกรีตที่เสริมไม้ไผ่ทั้งลำ

8) ค่าหน่วยแรงดึงที่ปลอดภัยของไม้ไผ่ที่ใช้ในการคำนวณออกแบบคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่อยู่ระหว่าง 352 ถึง 422 กก./ซม.^{2}

9) กราฟระหว่างน้ำหนักบรรทุกและการโก่งของคานจะเป็นลักษณะเส้นตรง จนกระทั่งเกิดรอยแตกร้าว กราฟจะมีความชันน้อยลงแต่ยังเป็นลักษณะเส้นตรงจนกระทั่งถึงจุดพิบัติของคาน

Cox and Geymayer (2512) ได้ทำการทดลองคานและแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ เพื่อศึกษาถึงกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของคานและแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เมื่อไม้ไผ่ไม่ได้ตากแห้ง และไม้ไผ่ตากแห้งและหาวิธีการในการควบคุมไม่ให้เกิดรอยแตกร้าวเนื่องมาจากการดูดซึมน้ำจากคอนกรีตสดและการพองตัวของไม้ไผ่ พร้อมกับหาวิธีการในการเพิ่มหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต หาคุณสมบัติของไม้ไผ่ และได้สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1) ไม้ไผ่มีหน่วยแรงดึงประลัยอยู่ระหว่าง 485 ถึง 1760 กก./ซม.^{2} ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่อยู่ระหว่าง 0.88×10^5 ถึง 2.82×10^5 กก./ซม.^{2} ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงและความเครียดเป็นเส้นตรงและแสดงคุณสมบัติเป็นวัสดุเปราะ (Brittle Type of - Failure)

2) ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามแนวขวางเฉลี่ยมีค่าเฉลี่ย 26.0×10^{-6}/°F และ

ตามแนวเสี้ยนมีค่าเฉลี่ย $2.0 \times 10^{-6}/_{F}$ ซึ่งมีค่าเป็น 4 เท่าของคอนกรีตกรณีตามแนวขวางเสี้ยน และประมาณ $\frac{1}{3}$ เท่าของคอนกรีตกรณีตามแนวเสี้ยน

3) ใช้ปูนซีเมนต์ชนิดแข็งตัวเร็ว (ชนิด III) ใช้ไม้ไผ่ลำเล็ก มีระยะหุ้มที่หนาพอแช่ไม้ไผ่ในน้ำ 2 ถึง 3 วัน และวางไม้ไผ่เสริมให้ห่างกัน จะช่วยลดการแตกร้าวของคอนกรีต และทำให้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตดีขึ้น

4) ใช้ไม้ไผ่ผ่าซีกดีกว่าใช้ไม้ไผ่ทั้งลำ เพราะได้พื้นที่สัมผัสมากขึ้น

5) ผ่าบริเวณปลายทั้ง 2 ข้างของไม้ไผ่ยาวประมาณ 8" เพื่อให้เกิดสมอยึดที่ปลาย (End Enchorage) ซึ่งจะทำให้คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รับน้ำหนักบรรทุกได้มากขึ้น

Amad Jan Durrani (2518) ได้ศึกษาคุณสมบัติของไม้ไผ่ แล้วนำไม้ไผ่มาเสริมคอนกรีตสำหรับทำแผ่นพื้นถนน ได้สรุปผลการทดลองไว้ดังนี้

1) ไม้ไผ่มีหน่วยแรงดึงประลัยบริเวณข้อเฉลี่ย 1,335 กก./ซม.^{2} มีหน่วยแรงดึงประลัยบริเวณปล้องเฉลี่ย 1,687 กก./ซม.^{2} มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย 1.47×10^5 กก./ซม.^{2}

2) หน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตมีค่าน้อยมาก แรงยึดเหนี่ยวส่วนมากเกิดจากความเสียดทานระหว่างผิวไม้ไผ่กับคอนกรีต ข้อของไม้ไผ่ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวเพิ่มขึ้น ในกรณีไม้ไผ่ไม่ได้แช่น้ำบริเวณที่มีข้อจะทำให้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวเพิ่มขึ้นประมาณ 50%

3) เมื่อแช่ไม้ไผ่ในน้ำนานจะทำให้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวลดลง

4) การใช้อีป็อกซี่ (Epoxy) เคลือบผิวไม้ไผ่แล้วใช้ทรายพ่นจะทำให้ได้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวเพิ่มขึ้น

5) เมื่อแช่ไม้ไผ่ในน้ำ 24 ชั่วโมง ไม้ไผ่จะดูดซึมน้ำได้เกือบ 50% ของน้ำหนักของไม้ไผ่

6) การพองตัวของไม้ไผ่เนื่องจากการดูดซึมน้ำใน 24 ชั่วโมง จะเป็นประมาณ 80% ของการพองตัวทั้งหมด การขยายตัวตามรัศมีเกิดขึ้น 8.25% การขยายตัวตามเส้นสัมผัสเกิดขึ้น 6.25% และการขยายตัวตามยาวเกิดขึ้น 0.05%

สุทัศน์ จันทร์แสงเพชร์ (2519) ได้ศึกษาถึงความเหมาะสมในการนำไม้ไผ่มาทำเป็นยุ้งข้าวโครงรูปกรวยฉาบด้วยปูนทราย พร้อมทั้งหาคุณสมบัติของไม้ไผ่ที่ใช้ทำยุ้งข้าว และได้สรุปผลการทดลอง

ได้ดังนี้

1) ไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลองใช้ไม้ไผ่รวก มีหน่วยแรงดึงประลัยเฉลี่ย 1,973 กก./ซม.^{2} ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย 2.64×10^5 กก./ซม.^{2} ค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับปูนทรายเฉลี่ย 8.35 กก./ซม.^{2}

2) ไม้ไผ่เหมาะสมที่จะใช้เสริมสำหรับทำยุ้งข้าว เพราะราคาถูก หาได้ง่ายในทุกภาคของประเทศ และอาจจะพิสูจน์ได้ว่าใช้แทนเหล็กได้ดี เพราะมีแรงดึงสูง

<u>เทวินทร์ ผาติอุตมภาพ (2521)</u> ได้ศึกษาและออกแบบบ้านพักราคาถูกสำหรับผู้มีรายได้น้อย เป็นลักษณะบ้านชั้นเดียวโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ทั้งหลัง และได้สรุปผลการวิจัยไว้ดังนี้

1) ไม้ไผ่สามารถที่จะใช้เป็นเข็มฐานรากแทนเข็มไม้เบญจพรรณได้อย่างดี ราคาถูกกว่ากันมาก นอกจากนี้ไม้ไผ่ยังสามารถปลูกขยายพันธ์ได้ง่ายและเจริญเติบโตแพร่พันธุ์ได้รวดเร็วกว่าไม้ชนิดอื่น

2) การใช้ไม้ไผ่แทนเหล็กเสริมในองค์อาคารที่ไม่รับน้ำหนักมากและช่วงระยะระหว่างที่รองรับไม่ยาวเกินไปก็ให้ผลดีพอเพียง ทั้งราคาไม้ไผ่เมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กก็ถูกกว่ากันมาก นอกจากนี้ยังเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ภายในประเทศและหาได้ง่าย เป็นการทดแทนการนำเข้าของเหล็กเสริม

3) ไม้ไผ่รวกเป็นไม้ไผ่ที่มีอยู่มากมายในประเทศ จากผลการทดลองได้ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงดึงประลัยไม้ไผ่เท่ากับ 1,705 กก./ซม.^{2} ค่าเฉลี่ยโมดูลัสยืดหยุ่นเมื่อรับแรงดึงเท่ากับ 2.29×10^5 กก./ซม.^{2} ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีตเท่ากับ 6.31 กก./ซม.^{2}

4) ใช้ไม้ไผ่ผ่าซีกหันด้านผิวในของไม้ไผ่ขึ้นข้างบน หรือหันเข้าด้านใน เพื่อไม่ให้อากาศซึ่งอยู่ระหว่างเทคอนกรีต วางไม้ไผ่สลับโคนกับปลายเพื่อให้ได้พื้นที่หน้าตัดไม้ไผ่เฉลี่ยเท่ากัน ขนาดหินใหญ่สุดไม่ควรโตกว่า $3/8$" แช่ไม้ไผ่ในน้ำเป็นเวลา 2 ถึง 3 วัน ก่อนเทคอนกรีต

<u>วิจารณ์ คงคา (2520)</u> ได้แสดงวิธีการคำนวณหาแรงและระยะโก่งต่าง ๆ ของระบบพื้นรูปรางน้ำควำภายใต้น้ำหนักกระจายสม่ำเสมอ ซึ่งไม่ยึดรั้งกับที่รองรับ การแก้ปัญหาใช้ทฤษฎีของแผ่นบางโดยมีสมมุติฐานว่าแผ่นพื้นในแนวดิ่งและแผ่นพื้นในแนวราบถูกกระทำโดยแรงร่วมระหว่างแรงดัดและแรงภายในระนาบของแผ่นพื้น

จากการวิจัยพบว่า ผลจากการวิเคราะห์การโก่งของแผ่นพื้นรูปรางน้ำคว่ำภายใต้น้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอซึ่งไม่ยึดรั้งกับที่รองรับโดยทฤษฎีของแผ่นบาง เมื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎีแรงดัดธรรมดา(The Simple Bending Theory) ในกรณีที่ค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความหนาของแผ่นบางในแนวนอนมีค่าน้อย ผลลัพธ์ที่ได้จะใกล้เคียงกัน แต่ในกรณีที่อัตราส่วนความกว้างต่อความหนาของแผ่นบางในแนวนอนมีค่าสูงการโก่งที่ได้จากการวิเคราะห์โดยทฤษฎีของแผ่นบางจะได้มากกว่าการโก่งที่ได้จากทฤษฎีแรงดัดธรรมดา

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไม้ไผ่ซึ่งเป็นวัสดุที่มีราคาถูกและหาได้โดยทั่วไป มาใช้ในงานก่อสร้างแผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำคว่ำ เพื่อใช้สำหรับอาคารขนาดเบา เช่น แผ่นพื้นของอาคารบ้านพักอาศัยและตึกแถว

1.3.2 เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักบรรทุก การโก่งและความเครียดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำคว่ำ

1.3.3 เพื่อนำความรู้จากข้อ 1.3.2 มาใช้ประโยชน์ในการคำนวณออกแบบแผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำคว่ำ โดยควบคุมดังนี้

1.3.3.1 ควบคุมหน่วยแรงที่เกิดขึ้นไม่ให้เกินหน่วยแรงที่ยอมให้

1.3.3.2 ควบคุมระยะโก่งของแผ่นพื้นไม่ให้เกินระยะโก่งตามพิกัดที่กำหนดให้

1.3.4 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบในเชิงเศรษฐกิจของแผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำคว่ำ กับแผ่นพื้นระบบอื่น ๆ

1.4 ขอบข่ายของการวิจัย

ขอบข่ายของการวิจัยครั้งนี้มีดังต่อไปนี้

1.4.1 ศึกษาคุณสมบัติในเชิงฟิสิกส์ของคอนกรีตและไม้ไผ่

1.4.2 สร้างแผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำคว่ำ ขนาดความกว้าง 60 ซม. และ 80 ซม. โดยแต่ละความกว้างมีความยาว 3.00 ม. 3.50 ม. และ 4.00 ม.

1.4.3 หาขนาดหน้าตัดและปริมาณไม้ไผ่ที่เหมาะสม ที่จะทำให้แผ่นพื้นสามารถรับน้ำหนักบรรทุกใช้งานโดยมีส่วนปลอดภัยพอสมควร โดยที่วัสดุยังอยู่ในช่วงพิกัดยืดหยุ่นและเกิดระยะโก่งไม่เกินพิกัดการโก่ง ($\frac{L}{360}$) ที่กำหนดให้

1.4.4 ทำการทดลองแผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำควั่ว เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักบรรทุก การโก่งและความเครียดที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้น

1.4.5 เปรียบเทียบในเชิงเศรษฐกิจของแผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำควั่ว กับแผ่นพื้นระบบอื่น ๆ

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

ปกติในงานก่อสร้างแผ่นพื้นของอาคารบ้านพักอาศัยและตึกแถวโดยทั่วไปจะใช้ระบบพื้นหล่อกับที่คอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งต้องใช้ไม้แบบและเหล็กเสริมทำให้ค่าก่อสร้างมีราคาแพง จากการวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการนำไม้ไผ่ซึ่งมีราคาถูก หาได้โดยทั่วไปและสามารถปลูกทดแทนได้มาใช้กับระบบพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำควั่ว เพื่อใช้กับอาคารขนาดเบา เช่น แผ่นพื้นของอาคารบ้านพักอาศัยและตึกแถว ซึ่งจะช่วยในการประหยัดเหล็กเสริมและไม้แบบซึ่งนับวันจะหาได้ยากและมีราคาแพงยิ่งขึ้น

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

1.6.1 ศึกษาและเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1.6.2 ทดลองหาคุณสมบัติของวัสดุดังนี้

1.6.2.1 ทดลองหาหน่วยแรงอัดประลัยและโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต

1.6.2.2 ทดลองหาหน่วยแรงดึงประลัยและโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่

1.6.2.3 ทดลองหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต

1.6.2.4 ทดลองหาการดูดซึมน้ำของไม้ไผ่

1.6.3 คำนวณออกแบบแผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำควั่ว

1.6.4 สร้างแผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำควั่ว ติดเกจวัดความ

เครียด (Strain Gages) ที่ไม้ไผ่เสริมเอกตัวล่างสุดตรงกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับ ติดเกจวัดความเครียดที่ไม้ไผ่ตะแกรงทางยาวและที่ผิวคอนกรีตด้านบนตรงกึ่งกลางของแผ่นพื้นในแนวนอน

1.6.5 ทดลองการรับน้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้น วัดความเครียดของไม้ไผ่เสริมและคอนกรีตตามข้อ 1.6.4 วัดระยะโก่งตรงกึ่งกลางระหว่างฐานรองรับตรงด้านล่างของแผ่นพื้นในแนวดิ่ง

1.6.6 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองตามข้อ 1.6.5

1.6.7 เปรียบเทียบในเชิงเศรษฐกิจของแผ่นพื้นสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ รูปรางน้ำคว่ำ กับแผ่นพื้นระบบอื่น ๆ

1.6.8 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.7 นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้ในภาษาเทคนิค

การโก่งตัว ระยะโก่ง	Deflection
การเคลื่อนที่ ระยะเคลื่อนที่	Displacement
การดูดซึม	Absorbtion
การพิบัติ	Failure
การวิเคราะห์	Analysis
การแยกด้วยตะแกรงร่อน	Sieve Analysis
การเลื่อนตัว การรูด	Slip
เกจวัดความเครียด	Strain Gage, Mechanical Strain Gage
เกจวัดระยะโก่ง เกจวัดระยะยืดหด	Dial Gage
แกน	Axis
แกนสะเทิน	Neutral Axis
คานช่วงเดียว	Simple Beam
ความเค้น หน่วยแรง	Stress

ความเครียด	Strain
ค่าเผื่อความปลอดภัย	Factor of Safety
จุดกำเนิด	Origin
แตกร้าว	Crack
น้ำหนักบรรทุก แรง	Load
น้ำหนักบรรทุกจร	Live Load
น้ำหนักบรรทุกคงที่	Dead Load
น้ำหนักบรรทุกใช้งาน	Service Load, Allowable Load
น้ำหนักบรรทุกประลัย	Ultimate Load
พิกัดการโก่ง	Allowable Deflection
โมดูลัสยืดหยุ่น	Modulus of Elasticity
โมเมนต์ โมเมนต์ดัด	Moment
โมเมนต์อินเนอร์เชีย	Moment of Inertia
ระยะช่วงฐานรองรับ	Span
ระนาบ	Plane
แรงเฉือน	Shear Foece
หน่วยแรง	Stress
หน่วยแรงดึง	Tensile Stress
หน่วยแรงอัด	Compressive Stress
หน่วยแรงยึดเหนี่ยว	Bond Stress
หน่วยแรงเฉือน	Shear Stress