บทที่ 5

การทดลอง

5.1 วัสดุที่ใช้ทดลอง

5.1.1 ไม้ไผ่ที่ใช้เป็นชนิดที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Thyrsostachys Oliveri Gamble ซึ่งเรียกตามภาษาท้องถิ่นในประเทศไทยว่า ไม้ไผ่รวก มีความยาวระหว่างปล้องประมาณ 24.0-35.0 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.00 ซม.ถึง 4 ซม. และมีความหนา .50 ถึง 1.20 ซม. ไม้ไผ่ที่ใช้ทดลองเป็นแบบผ่าซีกทั้งหมด ซึ่งไม่ไผ่ลำหนึ่ง ๆ ผ่าออกได้ 4-6 ซีก

5.1.2 คุณสมบัติการรับแรงดึงของไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลองหาได้โดยใช้ไม่ไผ่ที่มีขนาดรูปร่างตามรูป 7ก.แสดงไว้ในตารางที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของหน่วยแรงดึงสูงสุด 1659 กก/ซม^2.

5.1.3 โมดูลัสยืดหยุ่น ได้จากการดึงไม้ไผ่ โดยติดเกจวัดความเครียด (Mechanical Strain Gage) ได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงของไม้ไผ่กับความเครียดแสดงไว้ในรูป 7ข.ได้ค่าเฉลี่ยโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่เป็น 1.74×10^5 กก/ซม^2.

5.1.4 คอนกรีตใช้อัตราส่วนผสม ปูนซีเมนต์ ทราย หิน= 1:2:4 โดยปริมาตรและใช้อัตราส่วนน้ำ ซีเมนต์ .60 โดยน้ำหนัก และจากการเก็บแท่งคอนกรีตตัวอย่างลูกบาศก์ขนาด .15x.15x.15 ซม. ทดสอบหาค่าแรงอัดประลัยที่ 28 วัน ได้ค่าแรงอัดประลัยของคอนกรีตเฉลี่ย 242.14 กก/ซม. แสดงไว้ในรูปที่ 8ก,ข และตารางที่ 4

5.1.5 ท่อที่หล่อขึ้นเพื่อทำการทดสอบมี 4 ขนาดด้วยกัน คือ ขนาด ø 30 ซม. ø 60 ซม. ø 80 ซม. และ ø 100 ซม. ขนาดละ 2 ตัวอย่าง มีความหนาเท่ากับความหนาของท่อมาตรฐาน การทดสอบใช้วิธีทรีเอจแบริ่ง (Three-edge bearing) ตามข้อกำหนดของ

ASTM C76-72 หรือตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 128-2518 ทุกอย่าง การทดสอบท่อขนาดต่าง ๆ กันได้แสดงไว้ตามรูปที่

5.1.6 ก่อนทำการหล่อท่อคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ได้ติดเกจวัดความเครียดไฟฟ้า (Electrical Strain gage) ชนิด KFW-5-C_1-11L100 (water proof) มีระยะเกจ 5 มม. ความต้านทาน 120±0.3 โอห์มและเกจแฟคเตอร์ (Gage factor) 2.08±1 % ที่ผิวไม้ไผ่ 2 จุดด้วยกัน คือ จุดที่เกิดโมเมนต์สูงสุดทั้งทางบวกและทางลบ ที่ $\phi = 0^\circ$ และ $\phi = 90^\circ$ (โมเมนต์บวก) ติดเกจที่ผิวไม้ไผ่วงในและที่ $\phi = 0^\circ$ (โมเมนต์ลบ) ติดเกจที่ผิวไผ่วงนอก การติดเกจทั้ง 2 จุดนี้ ให้เลือกเอาไม้ไผ่เส้นที่อยู่ประมาณกึ่งกลางท่อ

5.1.7 ท่อที่ทำการหล่อแล้ว ได้บ่มด้วยน้ำติดต่อกันอย่างน้อย 3 วัน และต้องระวังทำเครื่องหมายตำแหน่งที่ติดเกจวัดความเครียดไฟฟ้าไว้ด้วย แล้วทิ้งท่อไว้ให้มีอายุครบ 28 วัน จึงนำเอามาทดลอง การทดลองหาน้ำหนักบรรทุกของท่อขนาดต่าง ๆ แสดงไว้ตามรูปที่10.2-10.8 การทดลองท่อ ได้ติดเกจวัดความเครียดไฟฟ้าบนผิวคอนกรีต โดยติดให้สอดคล้องกับเกจที่ได้ติดไว้กับไม้ไผ่ โดยติดผิวคอนกรีตด้านที่เกิดแรงอัดขึ้นทั้งคู่ (ที่ $\phi = 90^\circ$ติดที่ผนังภายนอกของท่อ, ที่ $\phi = 0^\circ$ ติดที่ผิวภายในของท่อ) เพื่อวัดค่าความเครียดของไม้ไผ่และของคอนกรีตขณะมีน้ำหนักบรรทุกกระทำ

5.2 <u>ผลการทดลอง</u>

5.2.1 ได้บันทึกค่าของน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อท่อและอ่านค่าความเครียดจากเกจที่ติดไว้ทั้งที่ไม้ไผ่และที่ผิวคอนกรีตไปด้วย ซึ่งสามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเปลี่ยนเครียด (Strain) ของไม้ไผ่และของคอนกรีตกับน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อท่อได้ ตามรูปที่ 11.1-11.4 จากกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าว จะเห็นได้ว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดทั้งของไม้ไผ่ และของคอนกรีตกับน้ำหนักบรรทุกก่อนที่ท่อจะเกิดรอยแตกร้าวขึ้นนั้น มีลักษณะเป็นเส้นตรง (Linear) แต่เมื่อท่อเกิดการแตกร้าวขึ้นแล้วค่าความสัมพันธ์เปลี่ยนไป โดยที่ความเครียดของไม้ไผ่และคอนกรีตจะเปลี่ยนมากขึ้นจากเดิมมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักบรรทุก

และความเครียดของไม้ไผ่จะมากกว่าของคอนกรีต อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงของค่าความเครียดในช่วงก่อนท่อจะแตกร้าวกับภายหลังจากท่อแตกร้าวแล้ว ค่าที่เกิดขึ้นในไม้ไผ่มีความแตกต่างกันมากกว่าของคอนกรีตอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่า ไม้ไผ่เริ่มรับแรงมากขึ้น เมื่อท่อแตกร้าวแล้ว

5.2.2 ท่อขนาดต่าง ๆ สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ดังนี้ (เมื่อคอนกรีตเริ่มมีการแตกร้าวครั้งแรก)

ท่อ ø 30 ซม. ตัวอย่างที่ 1 998.20 กก. ตัวอย่างที่ 2 998.20 กก.

ท่อ ø 60 ซม. ตัวอย่างที่ 1 1905.60 กก. ตัวอย่างที่ 2 1,270.40 กก.

ท่อ ø 80 ซม. ตัวอย่างที่ 1 2903.80 กก. ตัวอย่างที่ 2 2813.10 กก.

ท่อ ø 100 ซม. ตัวอย่างที่ 1 3357.50 กก. ตัวอย่างที่ 2 3448.30 กก.

ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักบรรทุกเหล่านี้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 8

5.2.3 เปรียบเทียบค่าการรับน้ำหนักบรรทุกของท่อที่ได้ทำการทดลองกับน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ออกแบบ

ท่อ ø 30 ซม. รับน้ำหนักบรรทุกได้ 9.98 กก/ซม.ซม. ต่ำกว่าที่คำนวณไว้ 2.73 %

ท่อ ø 60 ซม. รับน้ำหนักบรรทุกได้ 15.90 กก/ซม.ซม. ต่ำกว่าที่คำนวณไว้ 22.64 %

ท่อ ø 80 ซม. รับน้ำหนักบรรทุกได้ 28.58 กก/ซม.ซม. สูงกว่าที่คำนวณไว้ 4.46 %

ท่อ ø 100 ซม. รับน้ำหนักบรรทุกได้ 34.03 กก/ซม.ซม. ต่ำกว่าที่คำนวณไว้ .51 %

จากการเปรียบเทียบค่าการรับน้ำหนักบรรทุกของท่อข้างต้นนี้อยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้จะมีก็เฉพาะท่อขนาด ø 60 ซม. ซึ่งให้ค่าต่ำกว่าข้อกำหนดมาก แต่ถ้าดูการรับน้ำหนักบรรทุกของแต่ละตัวอย่างแล้วพบว่า มีค่าสูงค่าหนึ่งและต่ำค่าหนึ่ง ซึ่งไม่ได้ต่ำมากทั้ง 2 ตัวอย่าง ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เช่นกัน

5.2.4 น้ำหนักบรรทุกที่ได้จากการทดสอบท่อซึ่งต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในการออกแบบเล็กน้อยนี้มีสาเหตุในทางปฏิบัติที่เป็นไปได้อยู่ 2 กรณี คือ การกระทุ้งคอนกรีตไม่แน่นดีพอเป็นเหตุให้ค่ากำลังรับ

น้ำหนักของคอนกรีตลดลงได้ อีกประการหนึ่งก็คือการขนส่ง จากแหล่งที่หล่อมายังที่ทดสอบ ถ้าไม่ระมัดระวังให้ดีแล้ว ท่อจะเกิดการกระแทกหรือกระเทือน แม้จะไม่ถึงขั้นแตกร้าวแต่ก็มีผลต่อกำลังของท่อเช่นเดียวกัน

5.3 ข้อเปรียบเทียบระหว่างท่อน้ำคอนกรีตเสริมไม้ไผ่กับท่อคอนกรีตเสริมเหล็กในเชิงเศรษฐกิจ

5.3.1 แบบหล่อ ท่อน้ำทั้งท่อคอนกรีตเสริมเหล็กและไม้ไผ่ต้องใช้แบบหล่อเพื่อหล่อท่อให้ได้ขนาดและความหนาตามที่กำหนด แบบหล่อที่ใช้กันทั่วไปเป็นแบบเหล็กซึ่งมีขายสำเร็จรูป ราคาลงทุนในครั้งแรกสูง แต่สามารถใช้ได้นานไม่น้อยกว่า 5 ปี อีกแบบหนึ่งก็คือ สร้างแบบเป็นโครงไม้ขึ้นมาเองแล้วใช้ไม้อัดบุภายใน ซึ่งราคาถูกกว่าแบบเหล็กเล็กน้อย แต่อายุการใช้งาน ความสะดวกในการทำงานสู้แบบเหล็กไม่ได้ ถ้าคิดถึงการใช้งานไปนาน ๆ แล้ว แบบเหล็กจะถูกกว่าแบบที่ทำด้วยไม้ซึ่งแบบหล่อไม้เมื่อใช้หล่อแต่ละครั้งต้องรื้อออก ทำให้ชำรุดเสียหายได้ ดังนั้น ถ้าจะทำการหล่อท่อเพื่อใช้เพียงไม่กี่ท่อน ใช้เพียงชั่วคราวก็น่าจะทำแบบไม้ขึ้นหล่อเอง จะประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าการลงทุนซื้อแบบเหล็ก เว้นแต่ว่า สามารถเช่าแบบเหล็กมาหล่อได้ ซึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้อีก

ราคาแบบหล่อเหล็กสำเร็จรูปขนาดต่าง ๆ กัน

ท่อ ø 30 ซม. หนา 5 ซม. ราคาแบบหล่อทำด้วยเหล็ก 2,000 บาท
ท่อ ø 60 ซม. หนา 7.5 ซม. ราคาแบบหล่อทำด้วยเหล็ก 3,300 บาท
ท่อ ø 80 ซม. หนา 9.5 ซม. ราคาแบบหล่อทำด้วยเหล็ก 3,700 บาท
ท่อ ø 100 ซม. หนา 11 ซม. ราคาแบบท่อทำด้วยเหล็ก 4,200 บาท

5.3.2 คอนกรีต คอนกรีตที่ใช้มีส่วนผสมเป็นแบบเดียวกับที่ใช้ในโครงสร้างทั่ว ๆ ไป เพียงแต่ใช้หินขนาดเล็กลงเท่านั้นเอง ราคาของคอนกรีตที่ใช้รวมทั้งค่าแรงในการเทคอนกรีตมีดังนี้

ท่อ ø 30 ซม. คอนกรีต .055 ม^3. ราคา 60.50 บาท

ท่อ ø 60 ซม. คอนกรีต .159 ม^3. ราคา 175 บาท

ท่อ ø 80 ซม. คอนกรีต .267 ม^3. ราคา 293 บาท

ท่อ ø 100 ซม. คอนกรีต .384 ม^3. ราคา 422 บาท

5.3.3 เหล็กเสริมและไม้ไผ่ จากการเปรียบเทียบ จำนวนไม้ไผ่และเหล็กเสริมในท่อแต่ละขนาดที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกเท่ากัน ตามตารางที่ 9 ได้ราคาของไม้ไผ่และเหล็กเสริม ดังนี้

ท่อ ø 30 ซม. ราคาไม้ไผ่ 8 บาท ราคาเหล็ก 20 บาท

ค่าแรงงาน 3 บาท ค่าแรงงาน 6 บาท

รวม 11 บาท รวม 26 บาท

ท่อ ø 60 ซม. ราคาไม้ไผ่วงใน 14 บาท ราคาเหล็ก 80 บาท

วงนอก 8 บาท ค่าแรงงาน 15 บาท

ค่าแรงงาน 8 รวม 95 บาท

รวม 30 บาท

ท่อ ø 80 ซม. ราคาไม้ไผ่ วงใน 27 บาท ราคาเหล็ก 160 บาท

วงนอก 15 บาท ค่าแรง 35 บาท

ค่าแรงงาน 12 บาท รวม 195 บาท

รวม 54 บาท

ท่อ ø 100 ซม. ราคาไม้ไผ่วงใน 42 บาท ราคาเหล็ก 240 บาท

วงนอก 24 บาท ค่าแรง 50 บาท

ค่าแรงงาน 18 บาท รวม 290 บาท

รวม 84 บาท

ราคารวม

ท่อ ø 30 ซม. เสริมไม้ไผ่ ราคา 71.50 บาท เสริมเหล็กราคา 86.50 บาทต่างกัน 20.98 %

ท่อ ø 60 ซม. เสริมไม้ไผ่ ราคา 205.00บาท เสริมเหล็กราคา270.00 บาทต่างกัน 31.71 %

ท่อ ø 80 ซม. เสริมไม้ไผ่ ราคา 347.00บาท เสริมเหล็กราคา488.00 บาทต่างกัน 40.63 %

ท่อ ø 100ซม. เสริมไม้ไผ่ ราคา 506.00บาท เสริมเหล็กราคา712.00 บาทต่างกัน 40.71 %

ราคาท่อระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็กมาตรฐาน

ø 30 ซม. ราคา 120 บาท สูงกว่าท่อเสริมไม้ไผ่ 68 %

ø 60 ซม. ราคา 315 บาท สูงกว่าท่อเสริมไม้ไผ่ 54 %

ø 80 ซม. ราคา 510 บาท สูงกว่าท่อเสริมไม่ไผ่ 48 %

ø 100 ซม. ราคา 750 บาท สูงกว่าท่อเสริมไม่ไผ่ 48 %