

ทอทำด้วยปูนทราย เสริมไม้ไผ่



นายโชคชัย พยัคดิกุล

007196

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-561-424-6

T ๑๓๘๒๒๖๓๖

Bamboo Reinforced Cement Mortar Pipes

Mr. Chokchai Payattikul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

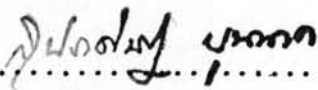
Chulalongkorn University

1982

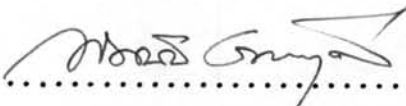
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ท่อทำด้วยปูนทรายเสริมไม้ไผ่
โดย นายโชคชัย พยัคติกุล
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ มานะ วงศ์พิวัฒน์





บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

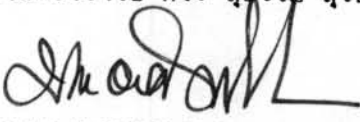

.....คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุญภาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วินิจ ช่อวีเชียร)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม สุริยะมงคล)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ มานะ วงศ์พิวัฒน์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ท่อทำด้วยปูนทรายเสริมไม้ไผ่
ชื่อนิสิต	นายโชคชัย พยัคติกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ มานะ วงศ์พิวัฒน์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2524



บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของการศึกษาเรื่องนี้ เพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมของการนำเอาไม้ไผ่ซีกมาทำเป็นโครงสานรูปวงกลม ท่อ เป็นท่อน้ำคอนกรีตเสริมไม้ไผ่แทนการใช้เหล็กเสริม โดยกำหนดให้ค่าแรงกระทำต่อท่อน้ำเสริมด้วยไม้ไผ่นี้ เท่ากับ 70 % ของค่าแรงกระทำตามข้อกำหนดของ ASTM C76-72 ชั้น 2 A หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 128-2518 ชั้น 4 ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานตามชนบทที่ไม่ต้องใช้เทคนิคในการ ลิตหรือเครื่องจักรเข้าช่วย และอีกประการหนึ่ง จากการนำเอาท่อคอนกรีตเสริมเหล็กไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งมีการผลิตและจำหน่ายอยู่มากมายในขณะนี้ และยังใช้งานได้ดีด้วย เอามาทดสอบหาการรับน้ำหนักบรรทุกปรากฏว่า โดยเฉลี่ยแล้วท่อเหล่านี้รับน้ำหนักบรรทุกได้ประมาณ 60-70 % ของค่าที่กำหนดไว้สำหรับท่อมาตรฐานดังกล่าวข้างต้นเท่านั้น

ไม้ไผ่เป็นวัสดุที่มีมากมายและหาได้ง่ายในทุกภาคของประเทศไทย ราคาถูกซึ่งนำเอามาใช้ประโยชน์แทนเหล็กเสริมได้ในกรณีของท่อน้ำนี้ ไม้ไผ่ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นชนิดหนึ่งที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Thyrsostachys Oliveri* Gamble ซึ่งเรียกตามภาษาท้องถิ่นในประเทศไทยว่า ไม้ไผ่รวก จากผลการทดลองพบว่า ไม้ไผ่ชนิดนี้ให้ค่าเฉลี่ยแรงดึงประลัย โมดูลัสยืดหยุ่นและแรงยึดเหนี่ยวเป็น 1659 กก/ซม^2 $1.74 \times 10^5 \text{ กก/ซม}^2$ และ 4.71 กก/ซม^2 ตามลำดับ

ทฤษฎีที่ใช้หาค่าหน่วยแรงต่าง ๆ สำหรับออกแบบคำนวณหาความหนาของท่อและจำนวนไม้ไผ่ที่จะเสริม วิเคราะห์หาได้จากทฤษฎีของเซลล์สี่เหลี่ยมรูปทรงกระบอก พฤติกรรมของคอนกรีตเสริมด้วยไม้ไผ่ ยังคงเหมือนกับคอนกรีตเสริมเหล็ก คือจัดเป็นวัสดุประเภท Non-

Homogeneous Material ด้วยกัน สมมติฐานการออกแบบคำนวณจึงเหมือนกัน ต่างกันเฉพาะคุณสมบัติของวัสดุเสริม คือไม้ไผ่และเหล็กเท่านั้น ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการหล่อท่อน้ำเสริมด้วยไม้ไผ่ ขนาดต่าง ๆ กันดังนี้ คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 30 ซม. 60 ซม. 80 ซม. และ 100 ซม. ตามค่าความหนาและจำนวนไม้ไผ่ที่ได้ออกแบบคำนวณไว้ขึ้นทำการทดสอบ พบว่าท่อน้ำเสริมด้วยไม้ไผ่เหล่านี้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ตามที่ได้วิเคราะห์ไว้จริง

จากการเปรียบเทียบราคาท่อน้ำที่เสริมด้วยไม้ไผ่จะถูกกว่าท่อน้ำคอนกรีตเสริมเหล็กโดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 34 % (ที่น้ำหนักบรรทุกเดียวกัน) และท่อน้ำคอนกรีตเสริมไม้ไผ่นี้จะถูกกว่าท่อน้ำคอนกรีตเสริมเหล็กมาตรฐาน ASTM C76-72 ชั้น 2 A หรือ มอก. 128-2518 ชั้น 4 ถึง 80 % เพราะฉะนั้น ถึงแม้ว่าท่อน้ำเสริมด้วยไม้ไผ่จะรับน้ำหนักบรรทุกได้ต่ำกว่า 30 % ของท่อมาตรฐานเมื่อคิดถึงด้านราคาแล้ว นับว่า การนำเอาไม้ไผ่มาใช้ในกรณีนี้เหมาะสมและใช้ได้ดีทีเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งหมู่บ้านคามชนบท ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้อีก ทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้รู้จักการใช้ทรัพยากรของชาติที่มีอยู่ให้เป็นประโยชน์อีกด้วย

2

Thesis Title Bamboo Reinforced Cement Mortar Pipes
Name Mr. Chokchai Payattikul
Thesis Advisor Associate Professor Mana Wongpivat
Department Civil Engineering
Academic 1981

ABSTRACT

The objective of this study is to find out the possibility of having bamboo as reinforcing bars in concrete pipes. The design load is set at 70 % of the load specified in ASTM C76-72 Class II A. or Thai Industrial Standard Institute UDC 691-.328 Class 4. The substitution of bamboo would be of benefits to the rural areas where technology and suitable equipments may not be available. Simultaneously, on-the-market concrete pipe products have been found to be of sub-standards. Tests show that those products can carry load only 60-70 % of the standardized ones.

The cylindrical thin shell theory has been applied to figure out the resultant stresses. Then the thickness of concrete and the area of bamboo bars can be calculated accordingly. The behavior of bamboo reinforced concrete is similar to steel reinforced which is classified as non-homogeneous. So that the calculations are assumed to be the same. Only the properties of reinforced materials have been different. Various sizes of studied bamboo reinforced concrete pipes were casted to 30, 60, 80, 100 cm. diameter (I.D.), then tested. It has been found that they can take a load in accordance with the design criteria.

Comparison made to the costs have been found that the bamboo version are about 34 % cheaper than sub-standard steel reinforced pipes. They are cheaper by 50 % than the standardized to ASTM C76-72 Class II A or UDC 691-.328 Class 4. Though, the design load of bamboo one is 30 % less than the standard ones less technology and equipment required in conjunction with considerable cost saved will be found to be more economical.



กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์
มานะ วงศ์ศิวัฒน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำความรู้ทั้งทางภาค
ทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนจบ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. วินิต
ช่อวิเชียร รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม สุริยะมงคล
ที่กรุณาตรวจวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรม
ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือสำหรับการทดลอง คุณรัชฎาภรณ์ พยัคติกุล
ที่ติดต่อสถานที่หล่อท่อ แบบหล่อท่อและการจัดรูปเล่มวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรม
โยธาและเพื่อน ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้

นายไชคชัย พยัคติกุล

สารบัญ



หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ณ
รายการตารางประกอบ	ฉ
รายการรูปประกอบ	ฉ
สัญลักษณ์	ท

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย	3
2. / ไม้ไม่คุณสมบัติและพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ควรทราบ	5
3. THEORETICAL CONSIDERATION	15
4. การออกแบบคำนวณท่อน้ำเสริมไม้ไผ่	26
4.1 น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ออกแบบคำนวณ	26
4.2 ความหนาของท่อน้ำเสริมไม้ไผ่	27
4.3 หน่วยแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่	27
4.4 ค่าแรงอัดประลัยของแท่งคอนกรีตลูกบาศก์ .15x.15x.15 ที่ 28 วัน (fc)	28
4.5 สมมติฐานการคำนวณ	28
4.6 เปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของไม้ไผ่กับ เหล็กเสริมที่ออกแบบด้วยน้ำหนักบรรทุก เท่ากัน	28

บทที่	หน้า
5. การทดลองและสรุปผล	30
5.1 วัสดุที่ใช้ทดลอง	30
5.2 ผลการทดลอง	31
5.3 ข้อเปรียบเทียบระหว่างท่อน้ำคอนกรีตเสริมไม้อัดกับท่อน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก ในเชิงเศรษฐกิจ	33
6. สรุปผลการวิจัย	36
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	40
ประวัติ	78

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1.	แรงดึงของไม้ไผ่	42
2.	ความชื้นในไม้ไผ่	43
3.	การดูดซึมน้ำของไม้ไผ่	43
4.	แรงอัดสูงสุดของแท่งคอนกรีตลูกบาศก์มาตรฐาน	44
5.	แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและไม้ไผ่	44
6.	ค่าโมเมนต์ค้ำและแรงแนวแกนที่ $\phi = 0$ และ $\phi = 90^{\circ}$	45
7.	พื้นที่หน้าตัดของไม้ไผ่และเหล็กเสริมในท่อน้ำ	46
8.	ผลการทดลองการรับน้ำหนักของท่อน้ำ	47
9.	การเปรียบเทียบราคาระหว่างท่อน้ำเสริมไม้ไผ่กับท่อน้ำเสริมเหล็ก	48
10.	ผลการทดลองการรับน้ำหนักของท่อน้ำเสริมเหล็กไม่มาตรฐาน	51

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1. แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง (u, v, w ทิศทางบวก) ค่าความเค้นลัพธ์ และน้ำหนักบรรทุก 49	49
2. น้ำหนักบรรทุกกระทำที่ต่อน้ำ 50	50
3. แสดงไดอะแกรมของโมเมนต์คัตและแรงแนวแกนของท่อ ϕ 60 ซม. 51	51
ก. ไดอะแกรมโมเมนต์คัต 51	51
ข. ไดอะแกรมแรงแนวแกน 51	51
4.1 แสดงการตัดไม้ไผ่ 52	52
4.2 แสดงการผ่าไม้ไผ่ 52	52
4.3 แสดงการฉีกไม้ไผ่ 53	53
4.4 การเหลาไม้ไผ่ 53	53
4.5 ไม้ไผ่ที่เตรียมไว้แล้ว 54	54
4.6 แสดงการขุดไม้ไผ่ให้เป็นวงกลม 54	54
4.7 ไม้ไผ่ที่ขุด เป็นวงกลมเสร็จแล้ว 55	55
4.8 การประกอบยึดโครงไม้ไผ่ 55	55
4.9 การผูกมัดยึดโครงไม้ไผ่ 56	56
4.10 โครงไม้ไผ่ที่เตรียมเสร็จแล้ว 56	56
5.1 การนำโครงไม้ไผ่เข้าประกอบแบบภายใน 57	57
5.2 การประกอบแบบภายนอก 57	57
5.3 โครงไม้ไผ่ที่ประกอบแบบเสร็จแล้ว 58	58
6.1 การเทคอนกรีตหล่อท่อ 58	58
6.2 การกระทุ้งคอนกรีตให้แน่น 59	59
6.3 ท่อ เมื่อถอดแบบออกแล้ว 60	60

รูปที่	หน้า
7. (ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงกับความเครียดของไม้ไผ่ ...	51
(ข) ตัวอย่างไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลองหาการรับแรงดึงของไม้ไผ่	52
8. (ก)-(ข) การทดลองหาค่าการอัดสูงสุดในแท่งคอนกรีตมาตรฐาน .15x.15x.15 ม.	63
9. (ก),(ข) การทดลองหาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต	64
10.1 ท่อที่เตรียมพร้อมที่จะทดสอบ	65
10.2 แสดงการทดลองการรับน้ำหนักบรรทุกท่อขนาด ϕ 30 ซม.	65
10.3 แสดงการแตกร้าวของท่อขนาด ϕ 60 ซม. ภายใต้น้ำหนักบรรทุก	66
10.4 แสดงการแตกร้าวของท่อขนาด ϕ 80 ซม. ภายใต้น้ำหนักบรรทุก	66
10.5 (ก), (ข) แสดงการแตกร้าวของท่อขนาด ϕ 80 ซม. ภายใต้น้ำหนักบรรทุก	67
10.6 (ก), (ข) แสดงการแตกร้าวของท่อขนาด ϕ 100 ซม.....	68
10.7 แสดงการแตกร้าวของท่อ ค.ส.ล. ที่ทั่วไปที่ไม่ได้มาตรฐาน ขนาด ϕ 100 ซม. ภายใต้น้ำหนักบรรทุก	69
10.8 แสดงการวิบัติของท่อท้องตลาดทั่วไปที่ไม่ได้มาตรฐานขนาด ϕ 30 ซม.	70
11.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับค่าความเครียดของท่อ ขนาด ϕ 30 ซม.	71
11.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับค่าความเครียดของท่อ ขนาด ϕ 60 ซม.	72
11.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับค่าความเครียดของท่อ ขนาด ϕ 80 ซม.	73
11.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับค่าความเครียดของท่อ ขนาด ϕ 100 ซม.	74

สัญลักษณ์

a	=	รัศมีของ เซลล์รูปทรงกระบอก
A_S	=	พื้นที่หน้าตัดของ เหล็ก เสริมตามขวางของท่อคือความยาว 1 เมตร
b	=	$\frac{1-c^2}{1+c^2}$
D	=	$\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$
E	=	โมดูลัสยืดหยุ่น
f_c	=	กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีต
h	=	ความหนาของ เซลล์
H	=	แรงปฏิกิริยาในแนวราบที่จุดรองรับ
K	=	$\frac{Eh}{(1-\nu^2)}$
M	=	โมเมนต์ตัดต่อหน่วยความยาว
M_V	=	โมเมนต์สูงสุด
M_x M_x^-	=	โมเมนต์ตัดตามแนวยาวของท่อนหน้าตัดที่ตั้งฉากกับแกน x
M_ϕ M_ϕ^-	=	โมเมนต์ตัดตามแนวสัมผัสของท่อนหน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทางของ ϕ
$M_{\phi x}$ $M_{x\phi}$	=	โมเมนต์บิดบนหน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทางของ ϕ และแกน x ตามลำดับ
N_x N_x^-	=	แรงแนวแกนบนหน้าตัดที่ตั้งฉากกับแกน x
N_ϕ N_ϕ^-	=	แรงดึงฉากบนหน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทางของ ϕ
$N_{\phi x}$ $N_{x\phi}$	=	แรงเฉือนในแนวตามยาวท่อและแนวสัมผัสท่อ
P	=	น้ำหนักบรรทุกทุกสมำเสมอกระทำบนหลังท่อตลอดความยาว
Q_x Q_x^-	=	แรงเฉือนตัดขวางบนหน้าตัดที่ตั้งฉากกับแกน x
Q_ϕ Q_ϕ^-	=	แรงเฉือนตัดขวางบนหน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทาง ϕ
u	=	การเปลี่ยนแปลงในทิศทาง x, มีค่าเป็นบวกในทิศทางที่ค่า x เพิ่มขึ้น

- v, v_1, v_2 = การเปลี่ยนแปลงในทิศทางสัมผัส, เป็นบวกในทิศทางที่ค่า ϕ เพิ่มขึ้น
 w, w_1, w_2 = การเปลี่ยนแปลงในทิศทางรัศมีของท่อ, เป็นบวกที่เกิดขึ้นภายในท่อ
 x, y, z = แกนออร์ติ เนทที่ตั้งฉากซึ่งกันและกัน
 X, Y, Z = แรงกระทำภายนอกต่อหน่วยพื้นที่ของกึ่งกลางผิวท่อ ในทิศทาง x, y และ Z ตามลำดับ
 γ_{xy} = ความเครียดเฉือนในกึ่งกลางผิวท่อ
 ϵ_x = ความเครียดที่กึ่งกลางผิวท่อในทิศทาง x
 ϵ_ϕ = ความเครียดที่กึ่งกลางผิวท่อในทิศทาง ϕ
 K_x = การเปลี่ยนแปลงของรัศมีโค้งในทิศทาง x
 K_ϕ = การเปลี่ยนแปลงของรัศมีโค้งในทิศทาง ϕ
 K_{xy} = การบิดของกึ่งกลางผิวท่อ
 $\phi, \bar{\phi}$ = มุมที่วัดทวนเข็มนาฬิกาและตามเข็มนาฬิกาจากระนาบที่สมมาตร ตามลำดับ
 ψ_1, ψ_2 = การหมุน (rotation) ของเส้นสัมผัสที่สัมผัสกับท่อในช่วงขอบเขต AB และ BC ตามลำดับ เป็นบวกในทิศทางของการเพิ่มขึ้นของค่า ϕ และ $\bar{\phi}$ ตามลำดับ