ต้นฉบับ หน้าขาดหาย

A STUDY OF HYDRAULIC PROPERTIES OF BAMBOO PIPE

Mr. Somkiat Piriyagagul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1983

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาคุณสมบัติทางด้านชลศาสตร์ของท่อไม้ไผ่
โดย	นายสมเกียรติ ภิริยะกากูล
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. นิวัตต์ ดารานันทน์)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จักรี จัตุทะศรี)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุพงศ์ นิ่มกุลรัตน์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาคุณสมบัติทางด้านชลศาสตร์ของท่อไม้ไผ่
ชื่อนิสิต นายสมเกียรติ ภิริยะกาญจน์
อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ชำรง เปรมปรีดิ์
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2525

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางด้านชลศาสตร์ของท่อไม้ไผ่ โดยมีจุดประสงค์เพื่อ ศึกษาถึงการสูญเสียหัวความดัน(Head loss) ในท่อไม้ไผ่ การหาค่าความเร็วของคลื่นความดันน้ำ(Pressure wave velocity) เนื่องจากเกิดวอร์เตอร์ แฮมเมอร์(Water hammer) ในท่อไม้ไผ่ การหาค่าพิกัดยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ในแนวรัศมีของท่อไม้ไผ่ และการหาค่าความดันน้ำสูงสุดที่ท่อไม้ไผ่สามารถรับได้

ตัวอย่างท่อไม้ไผ่ที่นำมาทดลองในครั้งนี้ ได้แก่ไม้ไผ่ป่า (Bambusa arundinacea) ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4 – 8 ซม. โดยได้ทำการทดลองและเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ จากผลการทดลองพบว่า การสูญเสียหัวความดันในท่อไม้ไผ่มีค่าสูงมาก โดยที่การสูญเสียหัวความดันที่ขอบล่อง จะสูงกว่าการสูญเสียหัวความดันเนื่องจากความขรุขระของผิวภายในท่อ ส่วนความเร็วของคลื่นความดันน้ำเนื่องจากเกิดวอร์เตอร์ แฮมเมอร์ ในท่อไม้ไผ่ จะมีค่าประมาณ 263 เมตร/วินาที สำหรับค่าพิกัดยืดหยุ่นในแนวรัศมีของท่อไม้ไผ่จะมีค่าประมาณ 4.04×10^4 นิวตัน/ตร.ซม. (58590 ปอนด์/ตร.นิ้ว) และสามารถทนต่อความดันน้ำภายในได้มากกว่า 20.7 นิวตัน/ตร.ซม. (30 ปอนด์/ตร.นิ้ว)

จากการศึกษาครั้งนี้กล่าวได้ว่า เราสามารถนำลำไม้ไผ่ไปใช้เป็นท่อส่งน้ำเพื่อการเกษตรได้ แต่ควรนำไปใช้เฉพาะงานที่ต้องการอัตราการใช้น้ำต่ำๆ เท่านั้น

Thesis Title A Study of Hydraulic Properties of Bamboo Pipe

Name Mr. Somkiat Piriyagagul

Thesis Advisor Professor Thamrong Prempridi

Department Civil Engineering

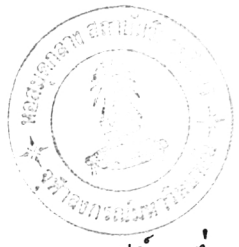
Academic Year 1982

ABSTRACT

This study was aimed at studying of hydraulic properties of bamboo pipe. The experiments were carried out with Pai Pah (Bambusa arundinacea) 4 - 8 cm. in diameter. The head loss in bamboo pipe, a value of pressure wave velocity due to water hammer in bamboo pipe, a radial modulus of elasticity of bamboo pipes and a value of maximum inside pressure that the bamboo pipes could be used were measured in the laboratory.

From the experiment, the head loss in bamboo pipes were very high and the head loss at the nodal section were higher than the head loss due to friction. For the velocity of pressure wave due to water hammer in bamboo pipe, it was found to be approximately 263 m/sec. For the radial modulas of elasticity of bamboo pipes, it was found to be approximately 4.04×10^4 newton/sq.cm. (58590 lb/sq.in) and could be stretched under inside pressure of water more than 20.7 newton/sq.cm.(30 lb/sq.in)

It can be concluded that the bamboo pipes can be used as a conduit for transporting irrigation water but it should be used in the case where small amount of water is required.



กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ชำรง เปรมปรีดิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยได้ให้ ความรู้ คำแนะนำต่างๆ ตลอดจนชี้แนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างทำการทดลอง

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.นิวัตต์ คารานันทน์ รองศาสตราจารย์ จักรี จัตุทะศรี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุพงศ์ นิ่มกุลรัตน์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ เป็นผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ และสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้ ผู้เขียนขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้มอบทุนอุดหนุนในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือจัดเตรียมเครื่องมือในการทดลองเป็นอย่างดี

ประโยชน์ที่มีอยู่บ้างในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบให้ผู้อ่านที่สนใจทุกท่าน

สมเกียรติ ภิริยะกากูล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

รายการตารางประกอบ ..... ฌ

รายการรูปประกอบ ..... ญ

ความหมายของสัญญลักษณ์ ..... ฏ

รายการคำจำกัดความ ..... ฐ

ตารางเปรียบเทียบหน่วย ..... ฑ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความสำคัญของปัญหา 1

1.2 แนวความคิดในการนำต้นไผ่มาดัดแปลงเป็นท่อส่งน้ำ 2

1.3 วัตถุประสงค์ในการศึกษา 6

1.4 ขอบเขตการศึกษา 6

1.5 การดำเนินการศึกษา 7

1.6 การศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษานี้ 8

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา 9

2. ทฤษฎีเบื้องต้น 10

2.1 การไหลสม่ำเสมอ (Steady flow) 10

2.2 การไหลไม่สม่ำเสมอ (Unsteady flow) 17

2.3 พิกัดยืดหยุ่นในแนวรัศมีของท่อทรงกระบอก 24

3. การดำเนินการวิจัย 27

3.1 การคัดเลือกตัวอย่างท่อไม้ไผ่ 27

บทที่ หน้า

3.2 การเตรียมการทดลอง 28
4. การสูญเสียหัวความดันในท่อไม้ไผ่ 30
4.1 เครื่องมือในการทดลอง 30
4.2 วิธีทดลอง 31
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล 33
4.4 ผลการทดลอง และการวิจารณ์ผลการทดลอง 34
5. พิกัดยืดหยุ่นของท่อไม้ไผ่ 38
5.1 เครื่องมือในการทดลอง 38
5.2 วิธีทดลอง 41
5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล 44
5.4 ผลการทดลอง และการวิจารณ์ผลการทดลอง 50
6. วอร์เตอร์ แฮมเมอร์ (Water hammer) 51
6.1 เครื่องมือในการทดลอง 51
6.2 วิธีทดลอง 53
6.3 ผลการทดลอง 57
6.4 การวิเคราะห์ และวิจารณ์ผลการทดลอง 66
7. สรุปและข้อเสนอแนะ 68
7.1 สรุปผลการทดลอง 68
7.2 ข้อเสนอแนะ 70
เอกสารอ้างอิง 71
ภาคผนวก 73
ประวัติผู้เขียน 111

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

5–1 ผลการทดลอง แสดงถึงค่าพิกัดยืดหยุ่นในแนวรัศมีของท่อไม้ไผ่ 48

5–2 ผลการทดลอง แสดงถึงความดันน้ำสูงสุดที่ท่อไม้ไผ่ สามารถรับได้ 49

6–1 ข้อมูลการวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อไม้ไผ่ 57

6–2 การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาค่าความเร็วของคลื่นความดันน้ำ และขนาดความดันที่เพิ่มขึ้นที่ประตูน้ำของท่อไม้ไผ่ 65

ก–1 ชนิดของไม้ไผ่ในประเทศไทย 74

ข–1 ข้อมูลจากการทดลอง เพื่อหาค่าการสูญเสียหัวความดัน เนื่องจากการไหลของน้ำในท่อไม้ไผ่ 77

ค–1 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียหัวความดันของข้อไม้ไผ่ขนาดต่างๆ . 96

ง–1 ค่าของตัวประกอบความฝืดของตัวอย่างท่อไม้ไผ่ขนาดต่างๆ ..100

จ–1 ข้อมูลจากการทดลอง เพื่อหาค่าพิกัดยืดหยุ่นในแนวรัศมี ของท่อไม้ไผ่ขนาดต่างๆ 103

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1-1	การเจาะข้อปล้องไม้ไผ่ด้วยเหล็กเส้น	4
1-2	การเจาะข้อปล้องไม้ไผ่ด้วยเครื่องเจาะ	4
1-3	การต่อท่อไผ่ โดยการใช้ยางในรถจักรยาน	5
1-4	ตัวอย่างลำไม้ไผ่ ที่นำมาใช้ในการทดลอง	7
2-1	เครื่องมือสำหรับศึกษาลักษณะการไหลของของเหลวในท่อ	11
2-2	การเปลี่ยนลักษณะการไหลของน้ำในหลอดแก้ว	11
2-3	การสูญเสียหัวความดัน ขณะที่ของเหลวไหลในท่อ	13
2-4	**Moody Diagram**	16
2-5	ลำดับการเปลี่ยนขนาดความดันในหนึ่งรอบ ของการเกิดวอร์เตอร์ แฮมเมอร์	17
2-6	แสดงถึงการที่ของเหลวถูกอัดและดันท่อให้ขยายตัวขึ้น หลังจากปิดประตูน้ำอย่างรวดเร็ว	19
2-7	การเปลี่ยนขนาดของความดัน หลังจากปิดประตูน้ำอย่างรวดเร็ว (ไม่คิดการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากความเสียดทาน)	21
2-8	การเปลี่ยนแปลงขนาดของความดัน ในช่วงเวลาต่างๆ (ไม่คิดการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากความเสียดทาน).....	22
2-9	การเปลี่ยนขนาดของความดันหลังจากปิดประตูน้ำอย่างรวดเร็ว .	23
2-10	การเปลี่ยนแปลงขนาดของความดัน ในช่วงเวลาต่างๆ	23
2-11	แสดงถึงความดันที่กระทำต่อผนังภายในของท่อทรงกระบอก	24
4-1	การติด **Pressure Tap** บนท่อไม้ไผ่	31
4-2	การทดลอง เพื่อหาค่าการสูญเสียหัวความดันในท่อไม้ไผ่	32
4-3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เรย์โนนัมเบอร์ และตัวประกอบความฝืดของท่อไม้ไผ่	36

รูปที่ หน้า

5-1 ตัวอย่างท่อไม้ไผ่ที่นำมาทดลอง เพื่อหาค่าพิกัดยืดหยุ่น และความดันน้ำสูงสุดที่ลำไม้ไผ่สามารถรับได้ 39
5-2 แท่นคอนกรีต สำหรับใช้ยึดปลายทั้งสองของลำไม้ไผ่ 39
5-3 การต่อท่อยาง เข้ากับท่อส่งน้ำของเครื่องสูบน้ำหอยโข่ง 40
5-4 การต่อท่อยาง เข้ากับเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบ 40
5-5 ภาพแสดงการติดตั้งท่อไม้ไผ่ เพื่อทำการทดลองหาค่าพิกัดยืดหยุ่นและความดันน้ำสูงสุดที่ท่อไม้ไผ่สามารถรับได้ 41
5-6 การทดลอง เพื่อหาค่าพิกัดยืดหยุ่นในแนวรัศมีของท่อไม้ไผ่ 41
5-7 การอ่านค่าการขยายตัว ของท่อไม้ไผ่ในแนวรัศมี 42
5-8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันภายในท่อไม้ไผ่ และการขยายตัวของท่อไม้ไผ่ในแนวรัศมี 45
6-1 ชุดเครื่องมือ สำหรับวัดความดันภายใน เมื่อเกิดวอร์เตอร์ แฮมเมอร์ 52
6-2 การต่อท่อ เพื่อทำการทดลองการเกิด วอร์เตอร์ แฮมเมอร์ ในท่อไม้ไผ่ 53
6-3 การต่อวงจรไฟฟ้า และติดตั้งชุดเครื่องมือวัดความดัน 54
6-4 กราฟแสดงการ **Calibration of pressure transducer** .. 56
6-5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันไฟฟ้า และ ความดัน 56
6-6 การเปลี่ยนแปลงขนาดของแรงดันไฟฟ้า ณ เวลาต่างๆ หลังจากปิดประตูน้ำอย่างรวดเร็ว 58
6-7 การเปลี่ยนแปลงขนาดของความดัน ณ เวลาต่างๆ หลังจากปิดประตูน้ำอย่างรวดเร็ว 63

สัญญลักษณ์และความหมาย

สัญญลักษณ์		ความหมาย
A	=	พื้นที่หน้าตัดภายในของท่อไม้ไผ่
C	=	ความเร็วของคลื่นความดันน้ำในท่อไม้ไผ่
$D_{av.}$	=	เส้นผ่าศูนย์กลางภายในเฉลี่ยของท่อไม้ไผ่
$D_{eq.}$	=	เส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า (Equivalent diameter) ของท่อไม้ไผ่
E_w	=	Bulk modulus of elasticity ของน้ำ
E_p	=	พิกัดยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ในแนวรัศมีของท่อไม้ไผ่
f	=	ตัวประกอบความฝืด (Friction factor) ของผนังท่อ
g	=	อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก
$h_L, \Delta h$	=	การสูญเสียหัวความดัน (Head loss)
H	=	หัวความดันรวม (Total Head) ในการไหลของน้ำในท่อ
K	=	สัมประสิทธิ์การสูญเสียหัวความดัน (Loss coefficient) ของข้อไม้ไผ่
L	=	ความยาวของท่อไม้ไผ่
P	=	ความดันน้ำในท่อ
ΔP	=	ขนาดของความดันน้ำในท่อ ที่เพิ่มขึ้น
Q	=	อัตราการไหลของน้ำในท่อ
R	=	รัศมีภายในของท่อไม้ไผ่
dR	=	รัศมีภายในที่เพิ่มขึ้นของท่อไม้ไผ่
$R_e, \mathbb{R}$	=	เรย์โน นัมเบอร์
t	=	ความหนาของผนังท่อไม้ไผ่
T	=	เวลา
V	=	ความเร็วของน้ำที่ไหลในท่อ
Z	=	ความสูงของท่อ จากระดับอ้างอิง

สัญญลักษณ์		ความหมาย
ρ	=	ความหนาแน่นของน้ำ
γ	=	น้ำหนักจำเพาะของน้ำ
μ	=	ความหนืดสัมบูรณ์ของน้ำ
ν	=	ความหนืดจลน์ของน้ำ

รายการคำจำกัดความ

mm.	=	มม.	=	มิลลิเมตร
cm.	=	ซม.	=	เซนติเมตร
$cm.^2$	=	ตร.ซม.	=	ตารางเซนติเมตร
$in.^2$	=	ตร.นิ้ว	=	ตารางนิ้ว
kg.	=	กก.	=	กิโลกรัม
gm.	=	ก.	=	กรัม
psi	=	$lb/in.^2$	=	ปอนด์ ต่อ ตารางนิ้ว
$cm.^3/sec$	=	ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อ วินาที		
$in.^3/sec$	=	ลูกบาศก์นิ้ว ต่อ วินาที		
ft^3/sec	=	ลูกบาศก์ฟุต ต่อ วินาที		

ตารางเปรียบเทียบหน่วย

ความยาว

1	เมตร	=	3.2808	ฟุต
0.3048	เมตร	=	1	ฟุต
2.54	เซนติเมตร	=	1	นิ้ว

พื้นที่

1	ตร.ซม.	=	0.1550	ตร.นิ้ว
1	ตร.เมตร	=	10.764	ตร.ฟุต

อัตราการไหล

1	ลบ.ซม. ต่อ วินาที	=	0.0610	ลบ.นิ้ว ต่อ วินาที
1	ลบ.เมตร ต่อ วินาที	=	35.314	ลบ.ฟุต ต่อ วินาที

แรง

1	กิโลกรัม	=	2.205	ปอนด์
1	กิโลกรัม	=	9.807	นิวตัน

ความดัน

1	ปอนด์ ต่อ ตร.นิ้ว	=	0.07031	กก. ต่อ ตร.ซม.
1	กก. ต่อ ตร.ซม.	=	9.807	นิวตัน ต่อ ตร.ซม.