บทที่ 5

พิกัดยืดหยุ่นของท่อไม้ไผ่

ในบทนี้จะกล่าวถึง การทดลองเพื่อหาค่าพิกัดยืดหยุ่น (**Modulus of elasticity**) ในแนวรัศมี และความดันน้ำสูงสุดที่ท่อไผ่สามารถรับได้ โดยทำการทดลองจากตัวอย่างท่อไผ่ขนาดต่างๆ จำนวน 32 ตัวอย่าง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 เครื่องมือในการทดลอง

เครื่องมือในการทดลอง ประกอบด้วย

1 ตัวอย่างท่อไม้ไผ่ซึ่งมีอายุหลังจากตัดแล้ว 3 วัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 – 8 ซม. จำนวน 32 ตัวอย่าง (รูปที่ 5–1)

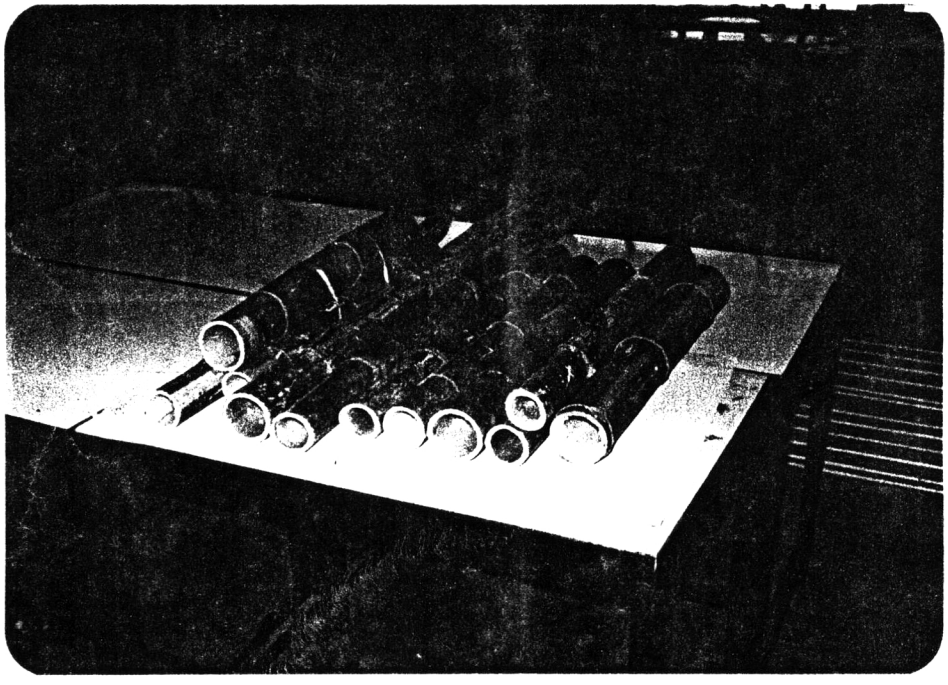
2 แท่นคอนกรีต ขนาด 20×30×30 ซม. จำนวน 2 แท่น สำหรับใช้ยึดปลายทั้งสองของท่อไผ่ ไม่ให้ขยับเขยื่อน ในระหว่างทดลอง (รูปที่ 5–2)

3 เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง ขนาด 1.5และ 3 แรงม้า สำหรับใช้ในการเพิ่มความดันน้ำในท่อไผ่ เพื่อหาค่าพิกัดยืดหยุ่น (รูปที่ 5–3)

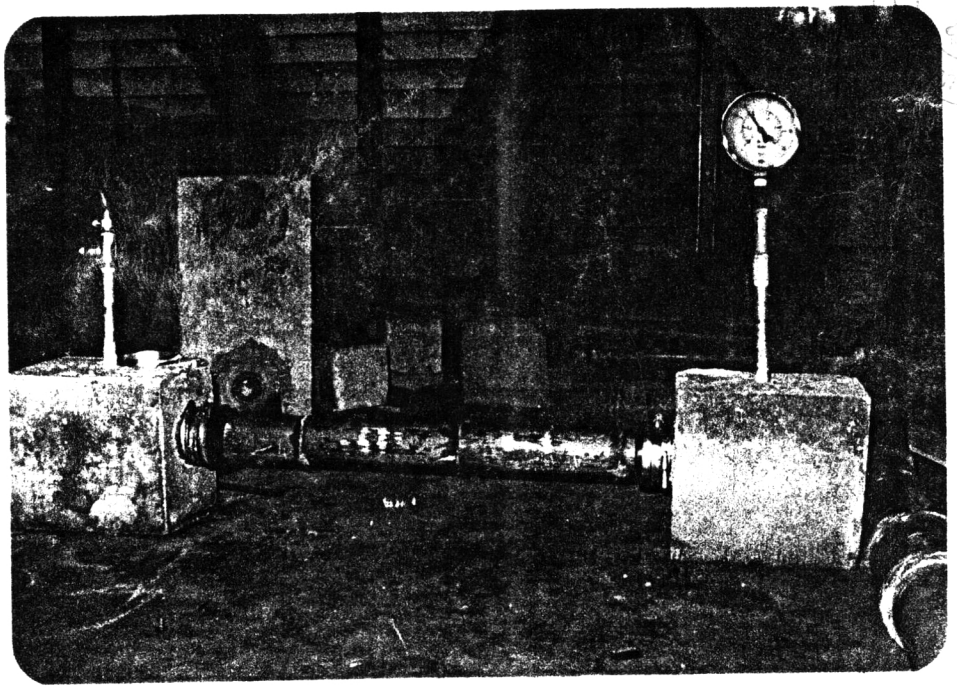
4 เครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบ สำหรับใช้ในการ เพิ่มความดันน้ำในท่อไผ่ให้สูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งท่อไม้ไผ่แตก เพื่อหาค่า ความดันน้ำสูงสุดที่ท่อไผ่สามารถรับได้ (รูปที่ 5–4)

5 มาตรวัดความดัน (**Pressure gauge**) ขนาด 35 และ 150 ปอนด์/ตร.นิ้ว สำหรับใช้วัดความดันน้ำในท่อไม้ไผ่

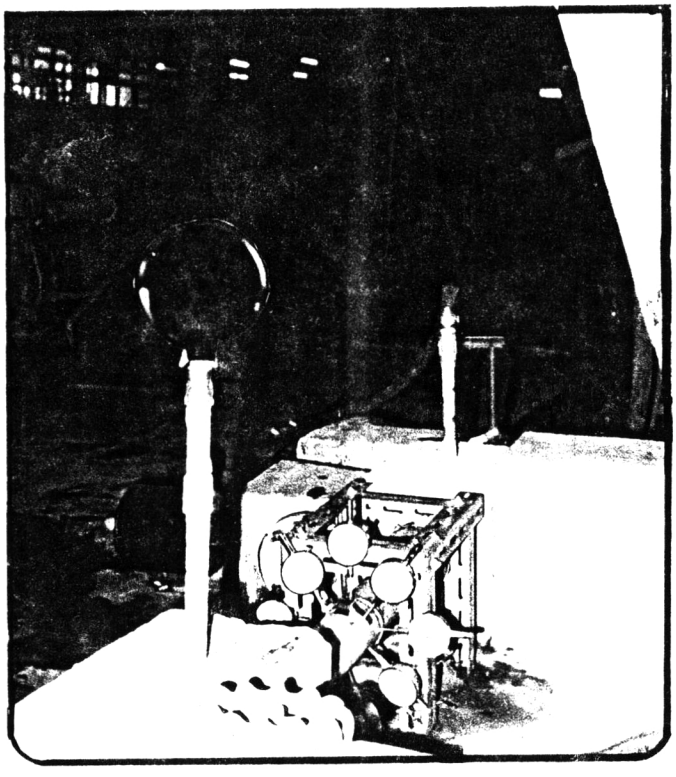
6 มาตรวัดการขยายตัว (**Dial gage**) จำนวน 5 ตัว สำหรับใช้วัดการขยายตัวของท่อไม้ไผ่ในแนวรัศมี



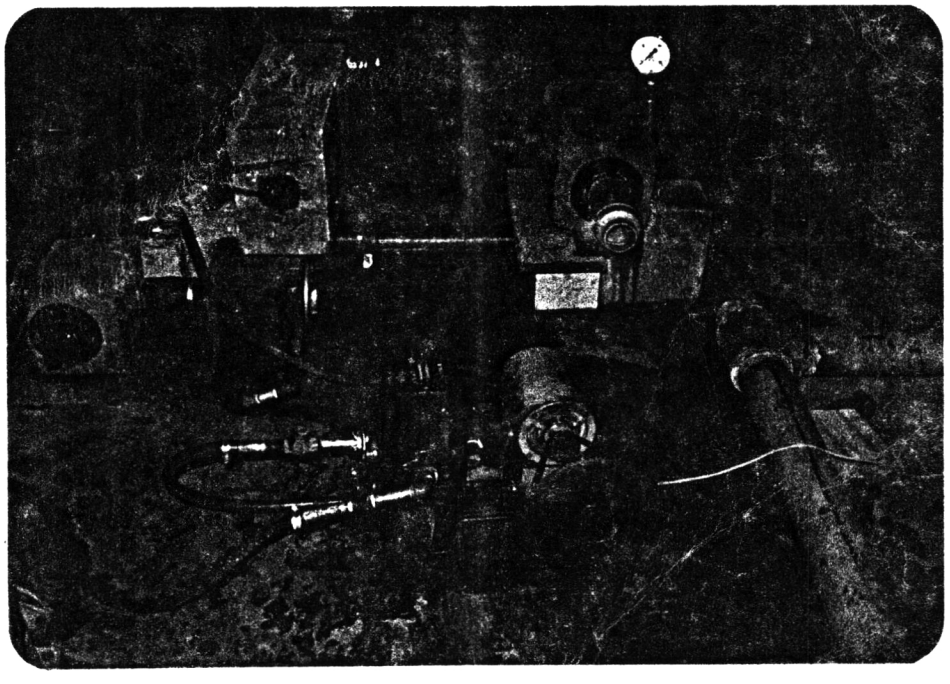
รูปที่ 5–1 ตัวอย่างลำไผ่ ที่นำมาทดลอง เพื่อหาค่าพิกัดยืดหยุ่น และความดันน้ำสูงสุดที่ลำไผ่สามารถรับได้



รูปที่ 5–2 แท่นยึดคอนกรีต สำหรับใช้ยึดปลายทั้งสองของลำไผ่



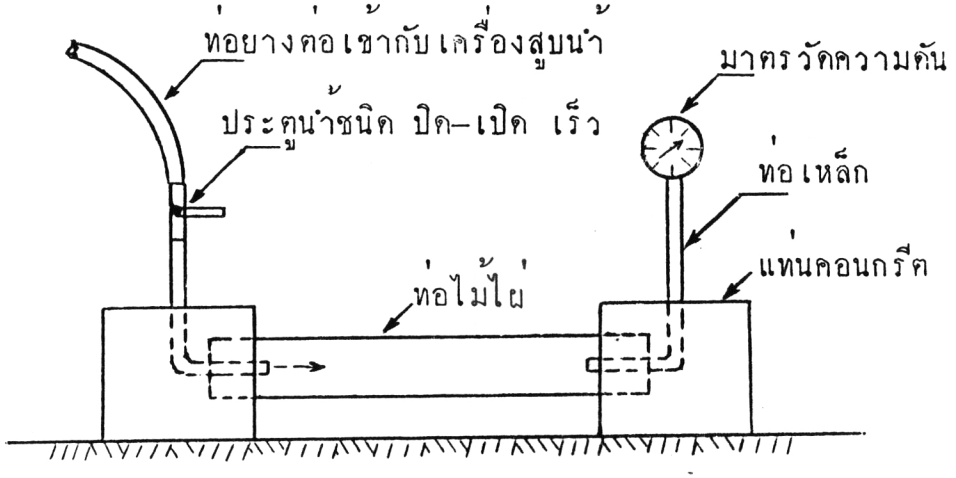
รูปที่ 5–3 การต่อท่อยาง เข้ากับท่อส่งน้ำของเครื่องสูบน้ำหอยโข่ง



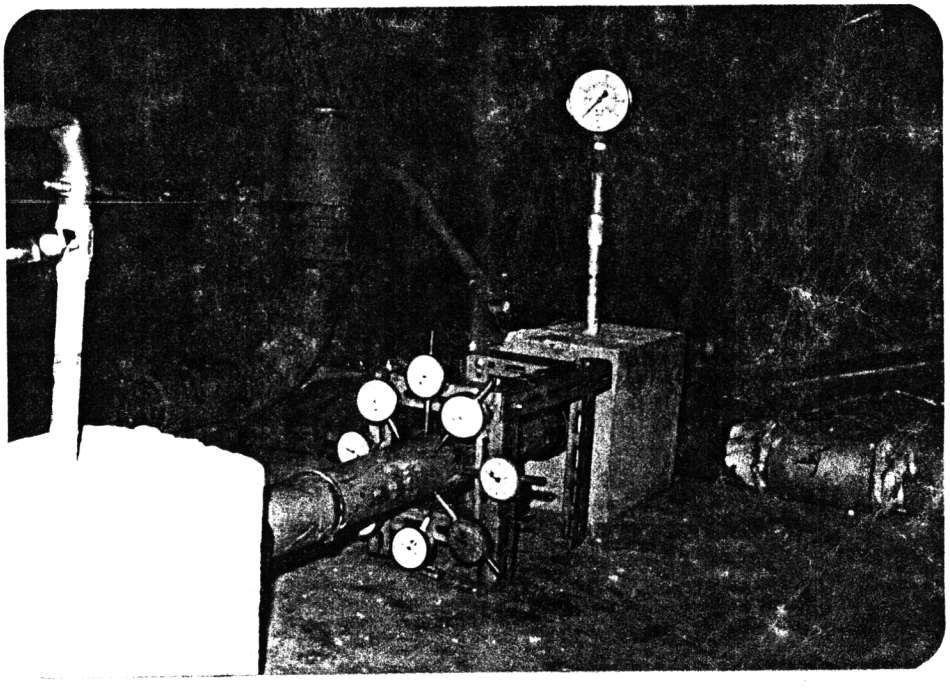
รูปที่ 5–4 การต่อท่อยาง เข้ากับเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบ

5.2 วิธีทดลอง

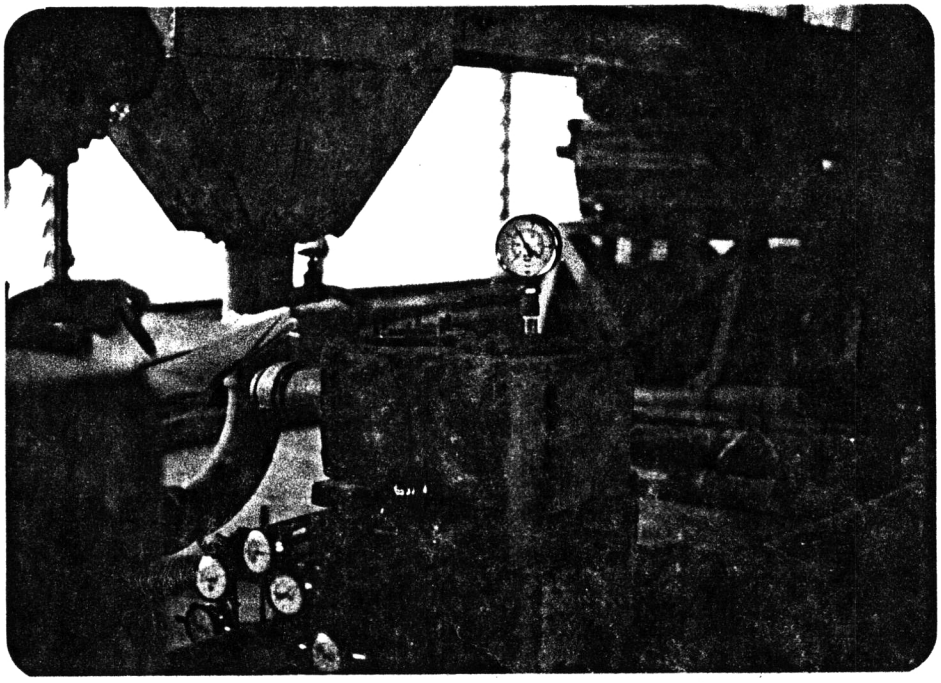
ปลายทั้งสองของตัวอย่างท่อไผ่ ที่จะนำมาทดลอง จะถูกหล่อติดกับแท่นคอนกรีตขนาด 20 × 30 × 30 ซม. เพื่อยึดท่อไผ่ไม่ให้ขยับเขยื่อน ในระหว่างทำการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 5–5 และรูปที่ 5–6



รูปที่ 5–5 ภาพแสดงการติดตั้งท่อไม้ไผ่เพื่อทำการทดลอง



รูปที่ 5–6 การทดลอง เพื่อหาค่าพิกัดยืดหยุ่นในแนวรัศมีของท่อไม้ไผ่



รูปที่ 5–7 การอ่านค่า การขยายตัวของท่อไม้ไผ่ในแนวรัศมี

ที่แท่นคอนกรีตทั้งสอง จะถูกยึดด้วยท่อเหล็กทะลุถึงกัน โดยที่ปลายท่อเหล็กของแท่นคอนกรีตแท่นหนึ่ง จะถูกติดด้วย มาตรวัดความดัน เพื่อใช้อ่านความดันน้ำในท่อไผ่ ส่วนปลายท่อเหล็กของอีกแท่นหนึ่ง จะเป็นทางให้น้ำไหลเข้าสู่ท่อไผ่ ที่ปลายท่อเหล็กข้างนี้ จะต่อด้วยท่อยาง ซึ่งจะโยงไปต่อกับท่อส่งน้ำอีกทีหนึ่ง (รูปที่ 5-5) ท่อส่งน้ำนี้ ต่อโดยตรงกับเครื่องสูบน้ำหอยโข่ง ขนาด 1.5 และ 3 แรงม้า โดยมีประตูน้ำ ติดอยู่ที่ปลายท่อส่งน้ำ สำหรับควบคุมปริมาณการไหลของน้ำ (รูปที่ 5-3) ซึ่งทำให้สามารถควบคุมขนาดของความดันน้ำในท่อไผ่ได้ หลังจากที่ต่อท่อเรียบร้อยแล้ว จึงนำมาตรวัดการขยายตัว จำนวน 5 ตัว มาติดรอบผิวของท่อไผ่ โดยให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของช่วงความยาวของท่อไผ่ เพื่อใช้วัดการขยายตัวในแนวรัศมี ดังแสดงในรูปที่ 5-6

สำหรับขั้นตอนการทดลองต่อไปมีดังนี้

1 เดินเครื่องสูบน้ำหอยโข่ง เพื่อสูบน้ำเข้าสู่ตัวอย่างท่อไผ่ โดยควบคุมปริมาณการไหลของน้ำด้วยประตูน้ำ ซึ่งทำให้สามารถ ควบคุมขนาดของความดันน้ำในท่อไผ่ได้

2 เมื่อความดันน้ำในท่อไผ่คงที่ จึงบันทึกค่า การขยายตัวของท่อไผ่ในแนวรัศมี ซึ่งอ่านค่านี้ได้จากมาตรวัดการขยายตัว (รูปที่ 5-7)

3 เพิ่มขนาดความดันน้ำในท่อไผ่ให้สูงขึ้น โดยการปรับที่ประตูน้ำ และบันทึกค่าการขยายตัว ณ ความดันใหม่นั้น สำหรับการทดลองครั้งนี้ จะเพิ่มค่าความดันให้สูงขึ้นเรื่อยๆ จำนวน 6 ค่าด้วยกัน

4 หลังจากบันทึกค่าการขยายตัวของท่อไผ่ ที่ความดันต่างๆแล้ว ขั้นต่อไปก็คือ หยุดเดินเครื่องสูบน้ำหอยโข่ง แล้วใช้เครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบแทน ทั้งนี้เนื่องจาก เครื่องสูบน้ำหอยโข่งสามารถเพิ่มความดันน้ำในท่อไผ่ได้เพียง 30 ปอนด์/ตร.นิ้ว

5 เดินเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบ เพื่อเพิ่มความดันน้ำในท่อไผ่ให้สูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งท่อไผ่แตก และบันทึกค่าความดันสูงสุดนั้น (รูปที่ 5-4)

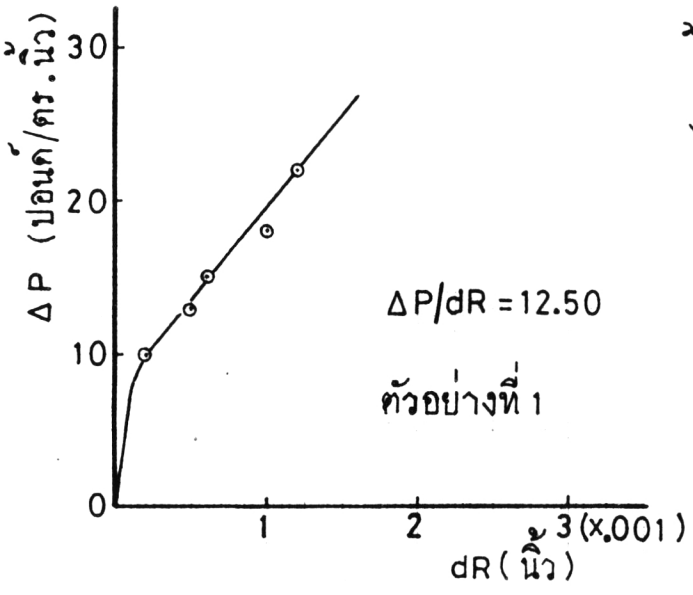
6 นำข้อมูลต่างๆ ที่ได้ มาหาความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดของความดันที่เพิ่มขึ้นและการขยายตัวของท่อไผ่ในแนวรัศมี

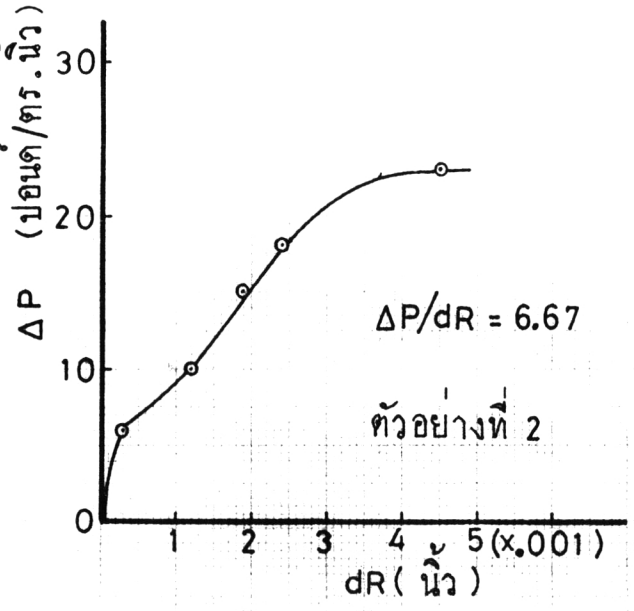
5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

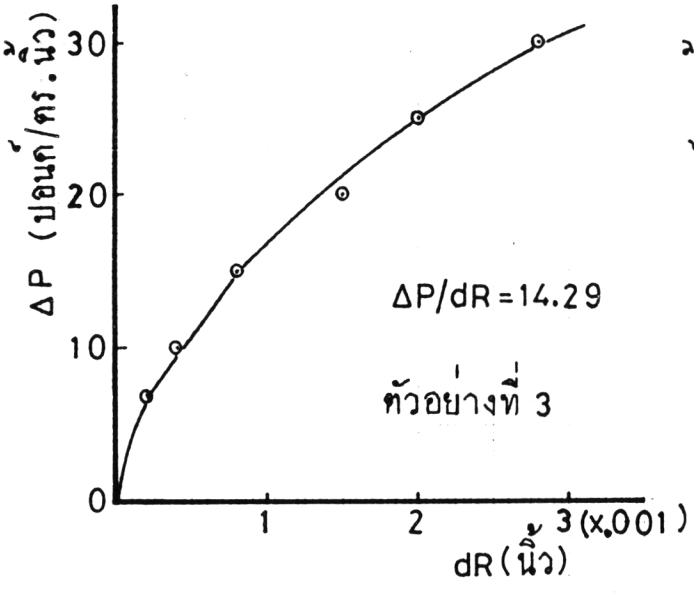
ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ ได้แก่ค่าความดันน้ำสูงสุด ที่ท่อไผ่แต่ละตัวอย่างสามารถจะรับได้ และค่าการขยายตัวของท่อไผ่ในแนวรัศมี ที่ความดันต่างๆ ได้แสดงในภาคผนวก จ

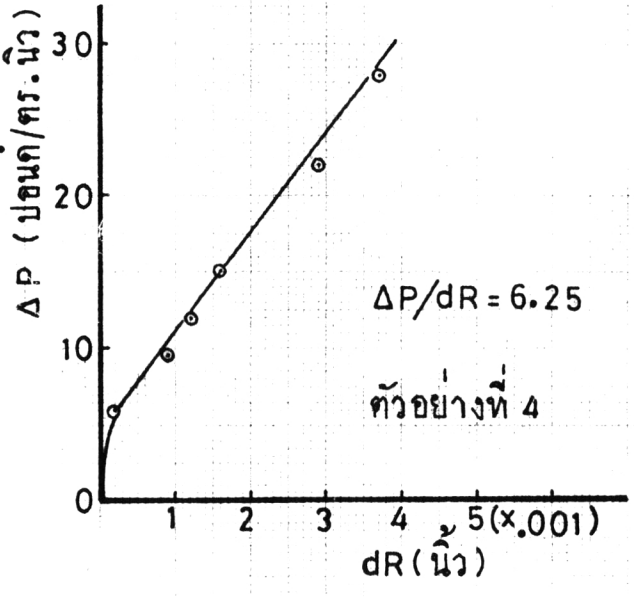
เมื่อนำค่าขนาดของความดันที่เพิ่มขึ้น และค่าการขยายตัวของท่อไผ่ในแนวรัศมีของแต่ละตัวอย่าง ไปพล็อตลงในกระดาษกราฟ จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันที่เพิ่มขึ้น และ การขยายตัวของท่อไผ่ในแนวรัศมี ดังแสดงในรูปที่ 5-8 เมื่อพิจารณากราฟจากรูปที่ 5--8 จะเห็นว่า อัตราส่วนระหว่างขนาดของความดันที่เพิ่มขึ้น และค่าการขยายตัวในแนวรัศมีของท่อไผ่ ค่อนข้างคงที่ ดังนั้นเมื่อนำอัตราส่วนนี้ไปแทนค่าลงในสมการ 2-22 ($E_p = PR^2/tdR$) ก็จะสามารถหาค่าพิกัดยืดหยุ่นของท่อไผ่ในแนวรัศมี ได้ ดังแสดงในตารางที่ 5-1

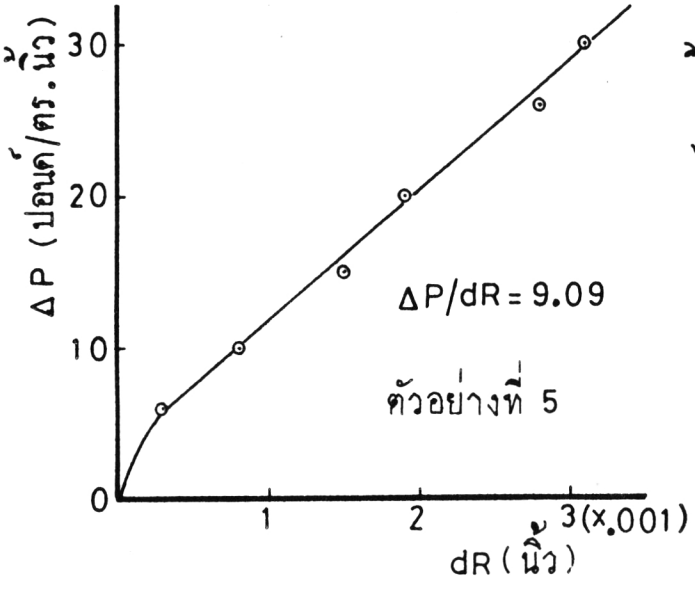
สำหรับความดันสูงสุด ที่ท่อไผ่สามารถรับได้ ซึ่งหาได้จากการทดลองโดยการเพิ่ม ความดันน้ำในท่อไผ่ให้สูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งท่อไผ่แตก จะแสดงในตารางที่ 5-2

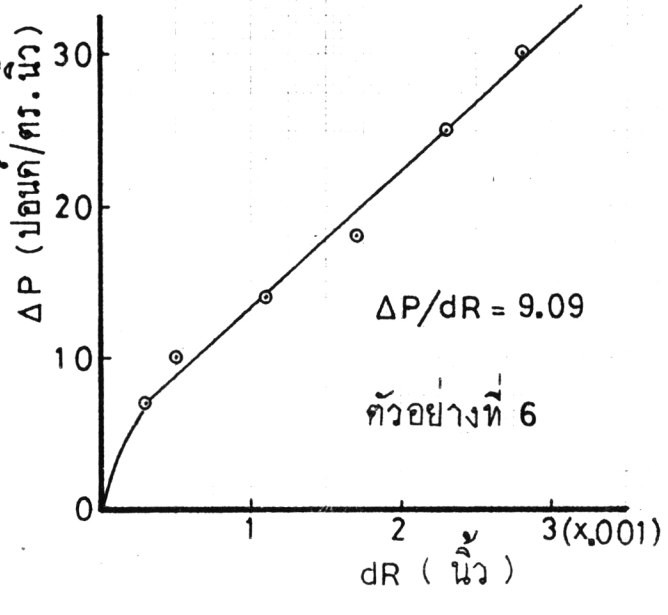

ΔP (ปอนด์/ตร.นิ้ว)
30
20
10
0
1
2
3 (x.001)
dR (นิ้ว)
ΔP/dR = 12.50
ตัวอย่างที่ 1

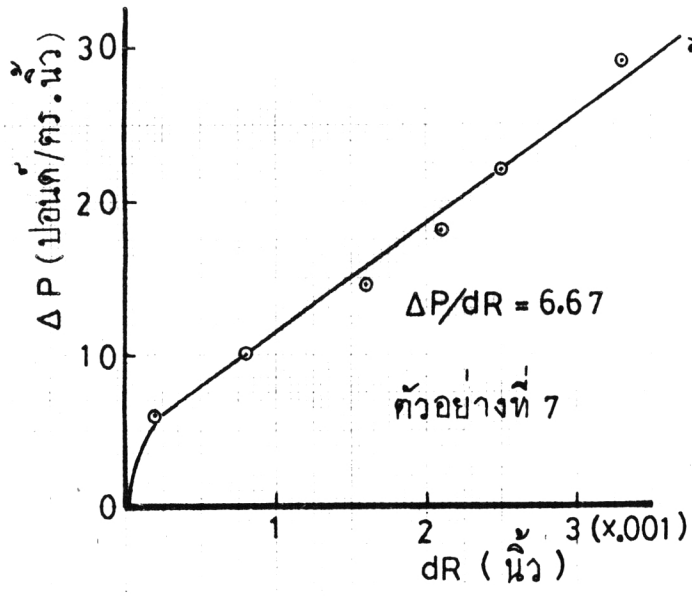

ΔP (ปอนด์/ตร.นิ้ว)
30
20
10
0
1
2
3
4
5 (x.001)
dR (นิ้ว)
ΔP/dR = 6.67
ตัวอย่างที่ 2

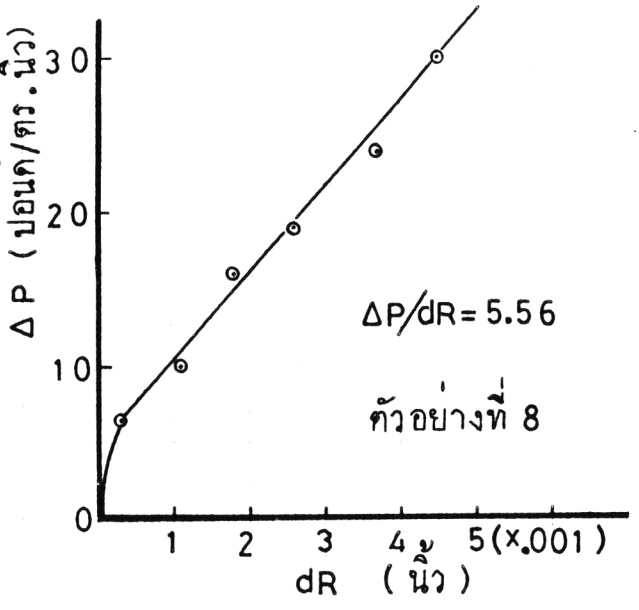

ΔP (ปอนด์/ตร.นิ้ว)
30
20
10
0
1
2
3 (x.001)
dR (นิ้ว)
ΔP/dR = 14.29
ตัวอย่างที่ 3

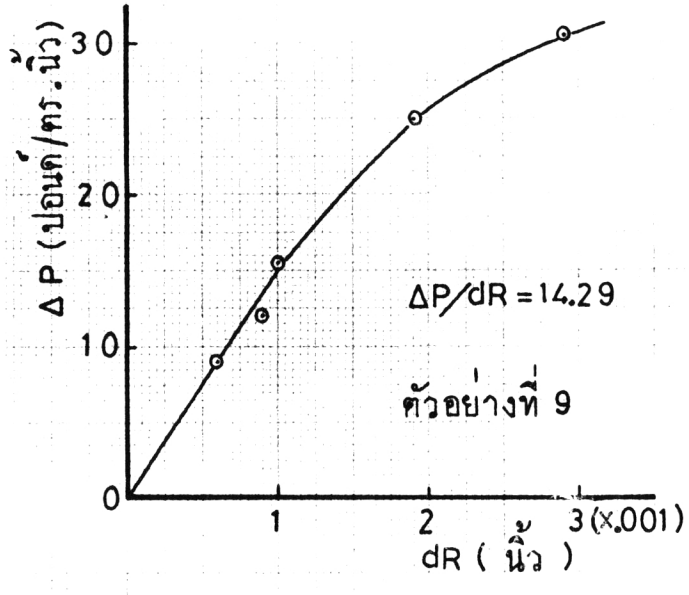

ΔP (ปอนด์/ตร.นิ้ว)
30
20
10
0
1
2
3
4
5 (x.001)
dR (นิ้ว)
ΔP/dR = 6.25
ตัวอย่างที่ 4

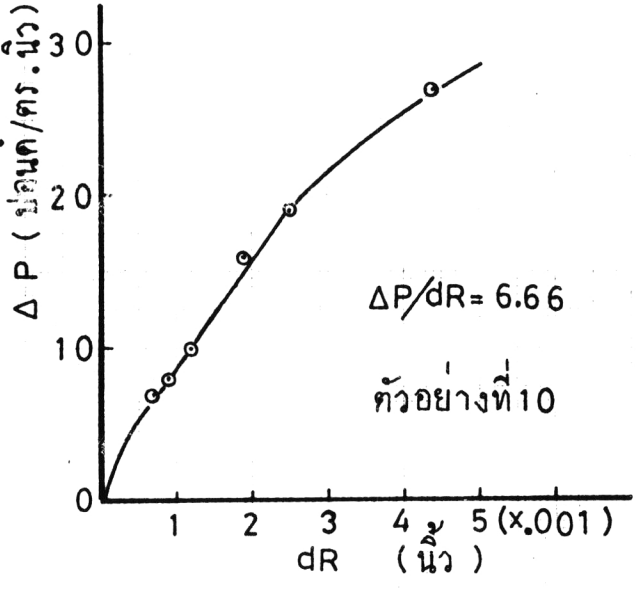

ΔP (ปอนด์/ตร.นิ้ว)
30
20
10
0
1
2
3 (x.001)
dR (นิ้ว)
ΔP/dR = 9.09
ตัวอย่างที่ 5

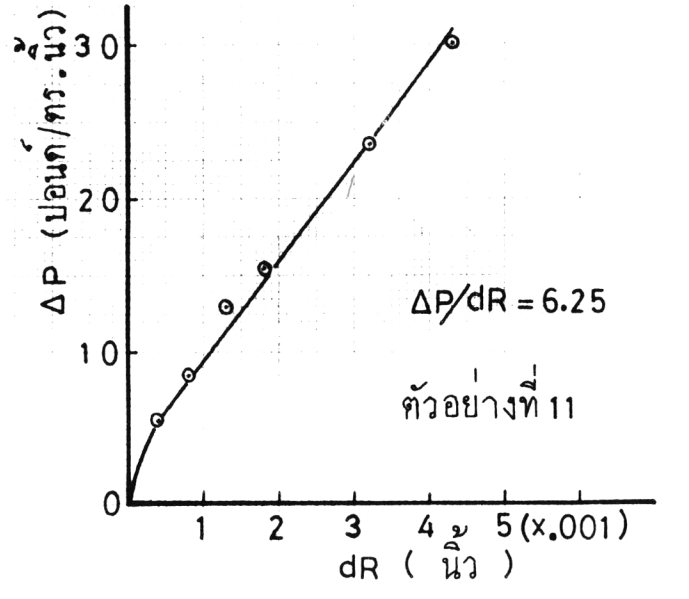

ΔP (ปอนด์/ตร.นิ้ว)
30
20
10
0
1
2
3 (x.001)
dR (นิ้ว)
ΔP/dR = 9.09
ตัวอย่างที่ 6

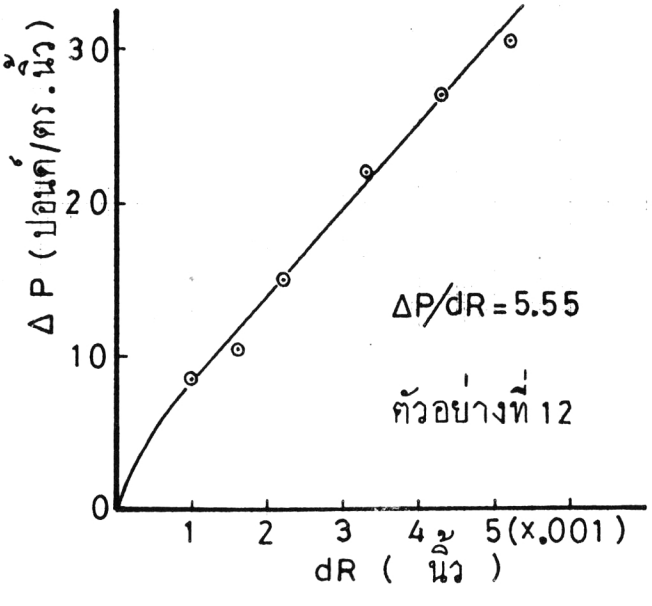

ΔP (ปอนด์/ตร.นิ้ว)
30
20
10
0
1
2
3 (x.001)
dR (นิ้ว)
ΔP/dR = 6.67
ตัวอย่างที่ 7

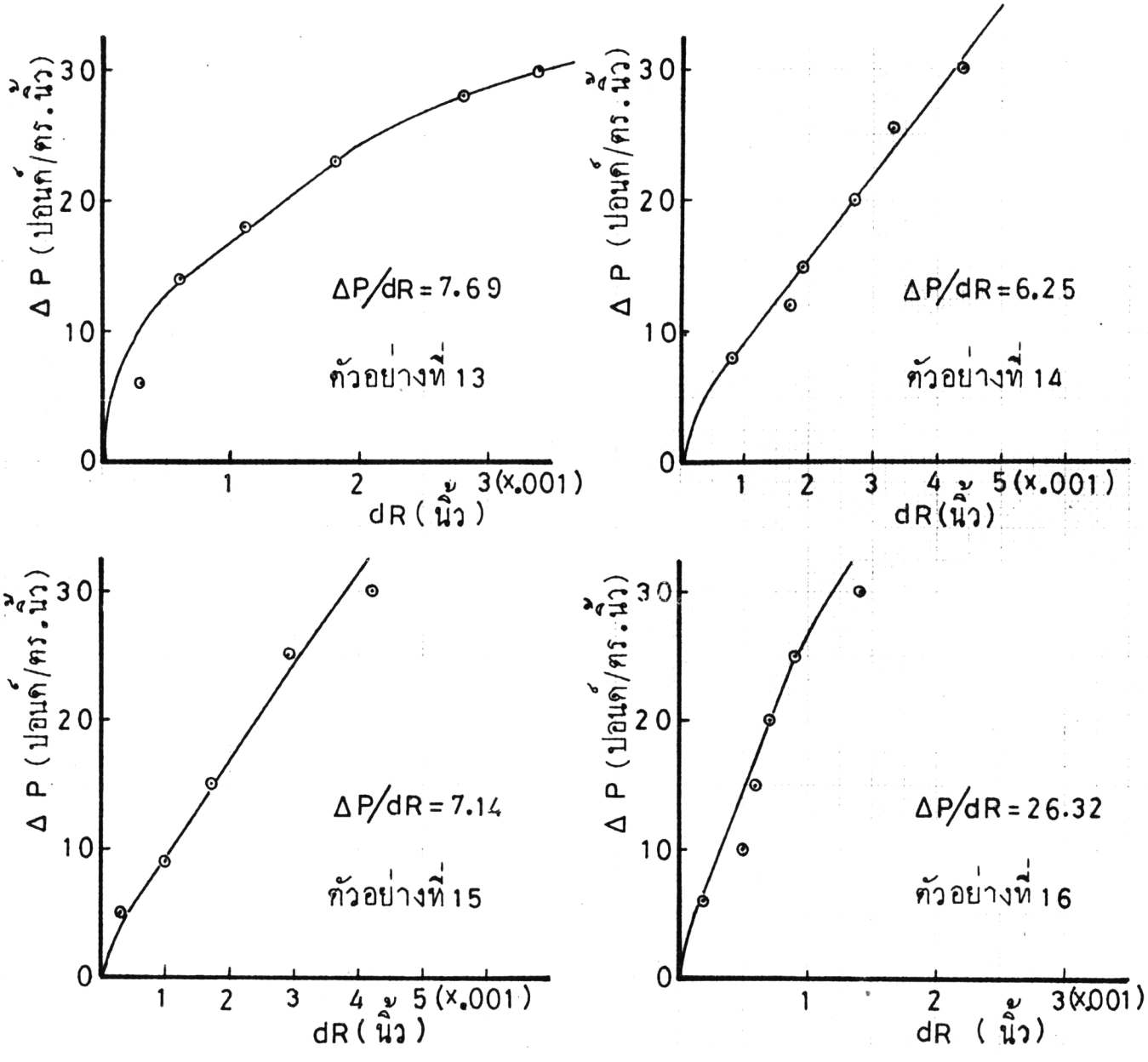

ΔP (ปอนด์/ตร.นิ้ว)
30
20
10
0
1
2
3
4
5 (x.001)
dR (นิ้ว)
ΔP/dR = 5.56
ตัวอย่างที่ 8


ΔP (ปอนด์/ตร.นิ้ว)
30
20
10
0
1
2
3 (x.001)
dR (นิ้ว)
ΔP/dR = 14.29
ตัวอย่างที่ 9


ΔP (ปอนด์/ตร.นิ้ว)
30
20
10
0
1
2
3
4
5 (x.001)
dR (นิ้ว)
ΔP/dR = 6.66
ตัวอย่างที่ 10


ΔP (ปอนด์/ตร.นิ้ว)
30
20
10
0
1
2
3
4
5 (x.001)
dR (นิ้ว)
ΔP/dR = 6.25
ตัวอย่างที่ 11


ΔP (ปอนด์/ตร.นิ้ว)
30
20
10
0
1
2
3
4
5 (x.001)
dR (นิ้ว)
ΔP/dR = 5.55
ตัวอย่างที่ 12



รูปที่ 5-8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันภายในท่อไม้ไผ่ และการขยายตัวของท่อไม้ไผ่ในแนวรัศมี

ตารางที่ 5-1 ผลการทดลอง แสดงถึงค่าพิกัดยืดหยุ่นของท่อไม้ไผ่

ตัวอย่างที่	$D_{av.}$ ซม.	$t_{av.}$ ซม.	L ซม.	พิกัดยืดหยุ่น ของท่อไม้ไผ่	
				ปอนด์/ตร.นิ้ว	นิวตัน/ตร.ซม.
1	5.19	0.61	65.0	54,327	37,460
2	6.31	0.50	65.0	52,278	36,047
3	5.17	0.62	65.0	60,635	41,809
4	7.80	0.63	65.0	59,406	40,962
5	6.52	0.56	95.0	67,920	46,833
6	6.79	0.61	95.0	67,620	46,626
7	7.15	0.55	65.0	61,021	42,076
8	7.10	0.50	65.0	55,171	38,042
9	5.48	0.62	65.0	68,125	46,974
10	6.22	0.50	90.0	50,721	34,974
11	7.83	0.57	80.0	66,166	45,623
12	8.04	0.62	90.0	56,953	39,271
13	6.40	0.63	65.0	49,209	33,931
14	6.24	0.51	65.0	46,966	32,384
15	7.48	0.68	65.0	57,822	39,870
16	4.41	0.79	65.0	63,763	43,966

ตารางที่ 5-2 ผลการทดลอง แสดงถึงความดันน้ำสูงสุดที่ท่อไม้ไผ่สามารถรับได้

ตัวอย่างที่	$D_{av.}$ ซม.	$t_{av.}$ ซม.	L ซม.	ความดันน้ำสูงสุดที่ท่อไม้ไผ่รับได้	
				ปอนด์/ตร.นิ้ว	นิวตัน/ตร.ซม.
1	6.30	0.50	65.0	80	55.2
2	5.20	0.61	65.0	150	103.4
3	5.18	0.62	65.0	80	55.2
4	6.24	0.65	95.0	150	103.4
5	6.40	0.60	95.0	120	82.7
6	6.81	0.62	95.0	60	41.4
7	6.23	0.51	60.0	30	20.7
8	5.10	0.60	65.0	125	86.2
9	5.09	0.61	65.0	120	82.7
10	6.50	0.56	67.0	55	37.9
11	6.80	0.62	90.0	35	24.1
12	7.44	0.67	55.0	52	35.9
13	7.15	0.56	65.0	42	28.9
14	7.11	0.50	65.0	50	34.5
15	5.45	0.62	65.0	75	51.7
16	6.23	0.50	65.0	60	41.4

5.4 ผลการทดลอง และการวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้พบว่า พิกัดยืดหยุ่นในแนวรัศมี ของท่อไผ่ขนาดต่างๆ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 3.24×10^{4} – 4.69×10^{4} นิวตัน/ตร.ซม. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.04×10^{4} นิวตัน/ตร.ซม. ดังแสดงในตารางที่ 5–1 สำหรับความดันน้ำสูงสุดที่ท่อไผ่ สามารถรับได้ จะมีค่าอยู่ในช่วง 20.7 – 103.4 นิวตัน/ตร.ซม. หรือ มีค่าอยู่ในช่วง 30 – 150 ปอนด์/ตร.นิ้ว ดังแสดงในตารางที่ 5–2

จากตารางที่ 5–1 และ 5–2 จะเห็นว่า ความดันน้ำสูงสุดที่ท่อไม้ไผ่สามารถรับได้ และค่าพิกัดยืดหยุ่นในแนวรัศมี ของท่อไม้ไผ่ขนาดต่างๆ มีค่าต่างกัน โดยเฉพาะค่าความดันน้ำสูงสุด ที่ท่อไผ่สามารถรับได้ จะมีช่วงแตกต่างกันมาก อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองครั้งนี้ ก็มีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลอง ของผู้อื่นที่ผ่านมา (ดูรายละเอียดหัวข้อ 1.6 ในบทที่ 1) ดังนั้น จึงสามารถกล่าวได้ว่า ท่อไม้ไผ่สวนมากสามารถทนต่อแรงดันของน้ำภายในท่อ ได้มากกว่า 30 ปอนด์/ตร.นิ้ว ซึ่งมีค่าสูงพอสำหรับนำไปใช้เป็นท่อส่งน้ำทั่วๆไปได้