

เครื่องสาธิตการทดสอบตะบันน้ำขนาดเล็ก

Small Hydraulic Ram Pump

สุธรรม โรจนเมฆา¹, พิทยา สุขจินดา², สันติ ไทยยืนวงษ์³ และ รณกร เทพวงษ์^{4*}

^{1, 2, 3, 4}สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหลักการตะบันน้ำโดยออกแบบเครื่องสาธิตการทดสอบตะบันน้ำขนาดเล็ก ซึ่งใช้หลักการของค้อนน้ำในการทำให้เกิดแรงดันเพื่อส่งน้ำขึ้นไปตามท่อส่งสู่ถังเก็บน้ำ โดยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสาธิตการทดสอบตะบันน้ำขนาดเล็กเพื่อใช้สำหรับการให้ผู้สนใจได้ศึกษาและทดลองหลักการตะบันน้ำ

จากผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสาธิตการทดสอบตะบันน้ำแปรผกผันกับระดับความสูงของน้ำที่ส่งขึ้นตามท่อส่งสู่ถังเก็บน้ำ เครื่องสาธิตการทดสอบตะบันน้ำที่สร้างขึ้นสามารถส่งน้ำได้ด้วยอัตราการไหลเฉลี่ย 936 ลิตรต่อวัน ที่ระดับความสูง 2 เมตร จากระดับแหล่งน้ำต้นทุนที่ 1.5 เมตร ประสิทธิภาพของเครื่องสาธิตการตะบันน้ำสูงสุดที่สามารถทำได้อยู่ที่ 50.32% โดยใช้ถังอัดอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้วงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหลักการตะบันน้ำโดยออกแบบเครื่องสาธิตการทดสอบตะบันน้ำขนาดเล็ก ซึ่งใช้หลักการของค้อนน้ำในการทำให้เกิดแรงดันเพื่อส่งน้ำขึ้นไปตามท่อส่งสู่ถังเก็บน้ำ โดยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสาธิตการทดสอบตะบันน้ำขนาดเล็กเพื่อใช้สำหรับการให้ผู้สนใจได้ศึกษาและทดลองหลักการตะบันน้ำ

คำสำคัญ : ตะบันน้ำ ประสิทธิภาพ ค้อนน้ำ

* Corresponding author, e-mail: suthamr@yahoo.com

Abstract

The objective of this research aim study the principle of impulse pump by designing a small scale of hydraulic ram pump for demonstration. This equipment uses the principle of water hammer to generate pressure to send water up the pipe to the water tank. In the experiment, efficiency of hydraulic ram pump was measured to demonstrate who are interested in studying and experimenting with the principle of impulse pump.

From the study, it was found that the efficiency of hydraulic ram pump demonstration was inversely proportional to the height of the water up the pipeline to the water tank. This equipment can deliver water with an average flow rate of 936 liters per day at 2 meters water height from the water source level of 1.5 meters. The highest achievable water pumping demonstration was 50.32% using a 1.5" diameter compressed air tank.

Keywords: Hydraulic ram, Efficiency, Water hammer

1. ที่มาและความสำคัญ

การตะบันน้ำคือปรากฏการณ์ที่ความดันภายในท่อมีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ทำให้โมเมนตัมของการไหลเปลี่ยนไปกลายเป็นแรงกระแทก ซึ่งหลักการนี้มีมานานกว่า 200 ปี มาแล้ว และถูกพัฒนาขึ้นโดยพี่น้องตระกูล Montgofier ซึ่งได้ทำการสร้างเครื่องสูบน้ำพลังงานน้ำขึ้น แต่ไม่เป็นนิยม เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น ประสิทธิภาพของการทำงานที่ได้ต่ำมาก และ มีการสูญเสียน้ำในกระบวนมากกว่าน้ำที่สูบได้

จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเบื้องต้นพบว่าเครื่องตะบันน้ำที่จะถูกพัฒนาเพื่อใช้ในการศึกษาส่วนใหญ่จะเป็นระบบที่ต้องใช้สปริงซึ่งจำเป็นต้องมีน้ำหนักถ่วงที่ต้องอาศัยความชำนาญในการตั้งค่าน้ำหนัก ทำให้ยากต่อการมาทำเป็นเครื่องทดสอบเพื่อการศึกษาสำหรับผู้ศึกษาที่ไม่คุ้นเคยกับตัวเครื่องตะบันน้ำ เนื่องจากทุกๆ การเปลี่ยนแปลงของแหล่งจ่ายน้ำจำเป็นที่จะต้องตั้งน้ำหนักถ่วงใหม่ตลอด สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการออกแบบเครื่องตะบันน้ำโดยปรับเปลี่ยนมาใช้เชือกควาล์วแบบลื่นและไม่จำเป็นต้องตั้งน้ำหนักถ่วงจึงสามารถใช้งานได้ง่าย

เครื่องทดสอบการตะบันน้ำขนาดเล็กนี้จัดทำขึ้นโดยการย่อขนาดของเครื่องตะบันน้ำด้วยระบบเชือกควาล์วแบบลื่นเพื่อนำมาศึกษาในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ผู้ที่สนใจได้ศึกษาหลักการของเครื่องตะบันน้ำและทดลองการเกิดการตะบันน้ำในรูปแบบต่างๆ ที่ทำให้เครื่องตะบันน้ำที่ใช้งานจริงมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและนำความรู้หรือหลักการที่ได้จากการศึกษาเครื่องทดสอบการตะบันน้ำ นำไปปรับใช้ในการแก้ไขปัญหาหรือพัฒนานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบเครื่องตะบันน้ำขนาดเล็กโดยใช้ใช้ควาล์วแบบลิ้นเพื่อใช้ในการสาธิตให้ผู้สนใจได้ศึกษาหลักการของเครื่องตะบันน้ำ

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องตะบันน้ำ (Hydraulic ram pump) คือ อุปกรณ์ส่งน้ำที่สามารถทำงานด้วยพลังงานของตัวมันเอง โดยไม่ต้องอาศัยแหล่งพลังงานจากที่อื่น เช่น เครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องจักรไอน้ำ เข้ามาเป็นตัวช่วยให้กำลังงานแก่เครื่องนี้เลย จึงมองเห็นประโยชน์ของมันและนำมาเป็นหัวข้อในการศึกษาครั้งนี้ และเพื่อพัฒนาให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (วิบูลย์, 2529)

3.1 ทฤษฎีของ Hydraulic Ram

- ประสิทธิภาพของการตะบันน้ำ

จากการวิจัยของ สุนทร วงศ์เสน (2559) ได้รวบรวมการประเมินประสิทธิภาพตลอดจนความสามารถในการสูบน้ำ ของไฮดรอลิคแรมสามารถ คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ (D' Abuisson's)} = \frac{q(H+h)}{(q+Q)h} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{ประสิทธิภาพ (Rankine)} = \frac{qH}{Qh} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ q = ปริมาณน้ำที่สูบได้ (L/s)

Q = ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากการผลัดดัน (L/s)

h = ความสูงของหัวน้ำที่ส่งเข้าเครื่อง (m)

H = ความสูงของหัวน้ำที่ส่งขึ้นไปใช้งาน (m)

- การคำนวณหาปริมาณน้ำ

สมมติให้ Q_w คือ ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านลิ้นทั้งน้ำ หาได้จากสมการ

$$Q_w = 0.785d^2 \times \frac{V_m}{2} \times t_1 \times \frac{60}{t_1+t_2} \quad (3)$$

เมื่อ Q_w = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านลิ้นทั้ง (m³/s)

d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อส่งน้ำ (m)

V_m = ความเร็วไหลผ่านของน้ำสูงสุดที่ไหลในเส้นท่อ (m/s)

t_1 = ระยะเวลาที่ทำให้เกิด V_m (s)

t_2 = ระยะเวลาที่ล้นจ่ายน้ำยังเปิดอยู่ (s)

สมมติให้ q คือ ปริมาณน้ำที่สูบได้ส่งไปใช้งานบนที่สูง หาได้จากสมการ

$$q = 0.785d^2 \times \frac{V_m}{2} \times t_1 \times \frac{60}{t_1+t_2} \quad (4)$$

เมื่อ q = ปริมาณน้ำที่สูบได้ส่งไปใช้งานบนที่สูง (m^3/s)

d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อส่งน้ำ (m)

V_m = ความเร็วไหลแล่นของน้ำสูงสุดที่ไหลในเส้นท่อ (m/s)

t_1 = ระยะเวลาที่ทำให้เกิด V_m (s)

t_2 = ระยะเวลาที่ล้นจ่ายน้ำยังเปิดอยู่ (s)

สมมติให้ V_m คือ ความเร็วไหลแล่นของน้ำสูงสุดที่ไหลในเส้นท่อ (Drive Pipe) ที่ Supply Head (h) หาได้จากสมการ

$$V_m = \frac{A_w}{A_d} \times V_0 \quad (5)$$

เมื่อ V_m = ความเร็วไหลแล่นของน้ำสูงสุดที่ไหลในเส้นท่อ (m/s)

A_w = พื้นที่หน้าตัดของล้นทิ้งน้ำขณะเปิด (cm^2)

A_d = พื้นที่หน้าตัดของท่อส่งน้ำ (Drive Pipe, cm^2)

สมมติให้ V_0 คือ ความเร็วไหลแล่นของน้ำ ในเส้นท่อแล้วไหลผ่านล้นทิ้งน้ำก่อนที่จะปิดที่ Supply head (h) หาได้จากสมการ

$$V_0 = \sqrt{\frac{2gh}{1+0.024(\frac{L}{D})}} \quad (6)$$

เมื่อ V_0 = ความเร็วไหลแล่นของน้ำในเส้นท่อ (m/s)

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ($9.81 m/s^2$)

h = ความสูงของหัวจ่ายน้ำ (Supply head) (m)

L = ความยาวของท่อส่งน้ำ (Drive pipe) (m)

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อส่งน้ำ (m)

สมมติให้ t_1 เป็นระยะเวลาที่ทำให้เกิดความเร็วไหลแล่นของน้ำสูงสุด V_m หาได้จากสมการ

$$t_1 = \frac{LV_m}{gh} \quad (7)$$

เมื่อ t_1 = ระยะเวลาที่ทำให้เกิด V_m (s)

L = ความยาวของท่อส่งน้ำ (Drive pipe) (m)

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.81 m/s^2)

h = ความสูงของหัวจ่ายน้ำ (Supply head) (m)

สมมติให้ t_2 เป็นระยะเวลาที่ลิ้นจ่ายน้ำยังเปิดอยู่ หาได้จากสมการ

$$t_2 = \frac{LV_m}{gh} \quad (8)$$

$t_1 + t_2$ คือระยะเวลาที่ไฮดรอลิคแรมทำงานครบจังหวะ คือ ลิ้นทิ้งน้ำ (Waste valve) ปิดแล้วลิ้นจ่ายน้ำ (Delivery valve) เปิด จำนวนครั้งที่ไฮดรอลิคแรม ทำงานในหนึ่งนาที หาได้จากสมการ

$$\text{Number of Beat per minute} = \frac{60}{t_1 + t_2} \quad (9)$$

3.2 วอเตอร์แฮมเมอร์ (Water hammer)

วอเตอร์แฮมเมอร์ (Water hammer) เป็นปรากฏการณ์ที่ความดันในท่อมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงและฉับพลัน โดยมีความดันเพิ่มขึ้นและลดลงจากความดันเดิมในลักษณะเป็นคลื่นขึ้นลงสลับกันไปเป็นอนุกรม

สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดวอเตอร์แฮมเมอร์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลในท่ออย่างกะทันหัน เช่น ปิดประตูน้ำอย่างกะทันหัน เป็นต้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วในลักษณะดังกล่าว โมเมนตัมของของเหลวจะถูกเปลี่ยนไปกลายเป็นแรงกระแทกบนประตูน้ำและผนังของท่อ แรงกระแทกที่เกิดขึ้นถ้าหากมากเกินไปความสามารถของท่อจะรับได้ก็จะทำให้ท่อระเบิดหรือทำให้ระบบท่อและอุปกรณ์เสียหายอย่างรุนแรงขึ้นได้ ระดับความเสียหายเนื่องจากวอเตอร์แฮมเมอร์ ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงและความยืดหยุ่น (Elasticity) ของท่อ ความเร็วของการไหล อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วการไหล ลักษณะการยึดท่อให้อยู่กับที่ และ ระบบป้องกันวอเตอร์แฮมเมอร์ที่ติดตั้งไว้ เป็นต้น (ศิริเชษฐ์ กองแก้ว, 2558)

ความดันในเส้นท่อสูงสุดที่เพิ่มขึ้นจากความดันเดิมโดยมีสาเหตุจากวอเตอร์แฮมเมอร์คำนวณได้จากสูตร

$$P = 1485pv \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{K}{E} \times \frac{d}{t}\right)}} \quad (10)$$

- เมื่อ P = ความดันในสูงสุดที่เพิ่มขึ้นจากความดันเดิม โดยมีสาเหตุจากกาวเตอร์แฮมเมอร์ (N/m^2)
 p = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)
 V = ความเร็วของการไหลในท่อ (m/s)
 K = โมดูลัสของความยืดหยุ่นของน้ำ (N/m^2)
 d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (mm)
 E = โมดูลัสของความยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้ทำท่อ (N/m^2)
 t = ความหนาของผนังท่อ (mm)

ความเร็วของคลื่นความดัน (Pressure wave) หน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) ที่เกิดขึ้นภายในท่อ คำนวณได้จากสูตร

$$V_w = 1485pv \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{Kd}{Et}\right)}} \quad (11)$$

- เมื่อ V_w = ความเร็วของคลื่นความดัน (m/s)
 V = ความเร็วของการไหลในท่อ (m/s)
 K = โมดูลัสของความยืดหยุ่นของน้ำ (N/m^2)
 D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (mm)
 E = โมดูลัสของความยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้ทำท่อ (N/m^2)
 t = ความหนาของผนังท่อ (mm)

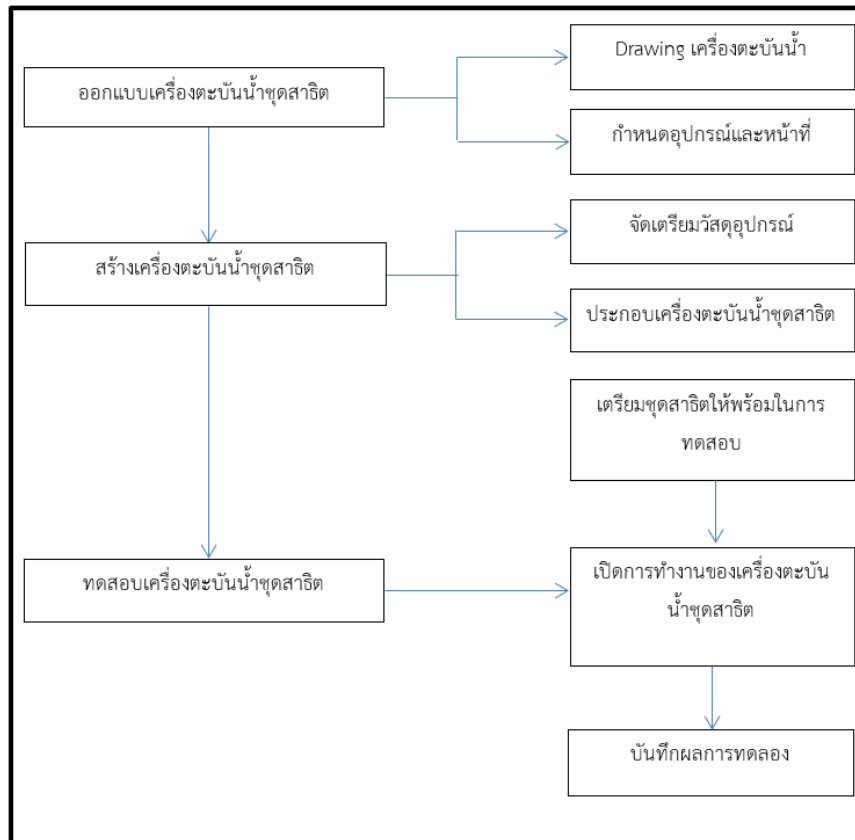
เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด (Stress – Strain) ของคอนกรีตไม่ได้เป็นเส้นตรง ดังนั้นการใช้สมการทั้งสองข้างบนกับท่อคอนกรีตจึงให้ค่าโดยประมาณเท่านั้น

4. วิธีดำเนินการวิจัย

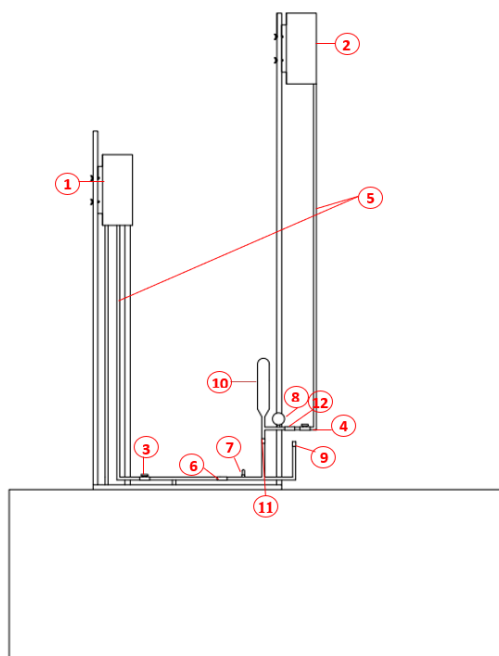
วิธีการดำเนินงานของโครงการเรื่อง เครื่องสาธิตการทดสอบตะบันน้ำขนาดเล็ก แบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการออกแบบเครื่องตะบันน้ำชุดสาธิต สร้างเครื่องตะบันน้ำชุดสาธิตและ ทดสอบเครื่อง ตะบันน้ำชุดสาธิตตามลำดับ ดังภาพที่ 1

4.1 ออกแบบและสร้างเครื่องสาธิตการทดสอบตะบันน้ำขนาดเล็ก

เครื่องสาธิตการทดสอบตะบันน้ำขนาดเล็กที่ใช้ในการศึกษา มีถังเก็บน้ำสูง 2 เมตร และถังปล่อยน้ำ สามารถปรับระดับได้ 3 ระดับคือ 0.7 เมตร 1 เมตร และ 1.5 เมตร ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงาน



1. ถังปล่อยน้ำ
2. ถังเก็บน้ำ
3. บอลวาล์ว
4. วาล์ว
5. สายยาง
6. เซนเซอร์วัดอัตราการไหล
7. เซนเซอร์วัดแรงดัน
8. เกจวัดแรงดัน
9. เช็ควาล์วลิ้น
10. ถังอากาศ
11. เช็ควาล์วลิ้น
12. เซนเซอร์วัดอัตราการไหล

ภาพที่ 2 Drawing เครื่องตบ่น้ำ

4.2 ทดสอบเครื่องตะบันน้ำชุดสาธิต

ดำเนินการติดตั้งถังปล่อยน้ำที่ระดับ 0.7 เมตร เติมน้ำเข้าถังเก็บน้ำจนถึงระดับน้ำล้น เปิดวาล์วเพื่อให้ น้ำไหลเข้าระบบและไล่ฟองอากาศ ไล่อากาศด้วยวิธีการปิดเช็ควาล์วไม่ให้น้ำไหลออก ปรับน้ำหนักเช็ควาล์วให้ เหมาะสมกับแรงดันเพื่อให้เครื่องเริ่มทำงาน เปิดวาล์วให้น้ำไหลออกจากระบบให้ไปเติมในถังเก็บน้ำจนถึงระดับน้ำ ล้น เมื่อถึงจุดน้ำล้นจับเวลา 1 นาที ทำการเก็บค่าของน้ำที่ส่งขึ้นไปได้และน้ำที่สูญเสียโดยใช้กระบอกตวงรอง แล้วนำน้ำไปชั่งน้ำหนักหาปริมาตร นับการตะบันโดยการดูจังหวะที่ใช้วาล์วกระแทกน้ำออกมาแล้วจับเวลา 1 นาที บันทึกผลและทำการทดลองซ้ำอีก 6 รอบ

ทำการทดสอบซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่สองแต่เปลี่ยนขนาดของถังอากาศโดยถังอากาศจะมีอยู่ 2 ขนาด ได้แก่ 1.5" และ 3" ทำการทดสอบซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนแรกแต่เปลี่ยนระดับของถังปล่อยน้ำเป็น 1.00 m และ 1.50 m ตามลำดับ

5. ผลและวิจารณ์

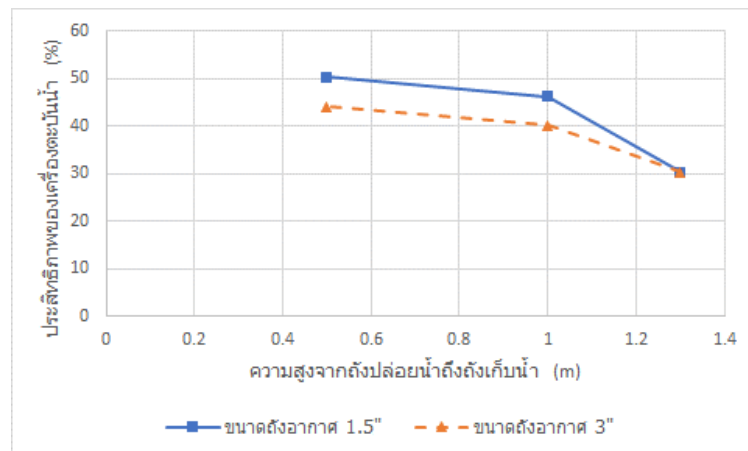
จากการทดสอบเครื่องสาธิตการตะบันน้ำทำให้ทราบว่าประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบการตะบันน้ำที่มี ขนาดของท่อ 0.5" ที่ความสูงของถังจ่ายน้ำเข้าระบบ 0.7 m ของขนาดถังอัดอากาศ เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5" สามารถส่งมวลน้ำขึ้นไปได้สูง 2.38 m ได้ปริมาณน้ำ 0.240 lpm ประสิทธิภาพของเครื่อง 30.26% และ ของ ขนาดถังอัดอากาศ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3" สามารถส่งมวลน้ำขึ้นไปได้สูง 2.27 m ได้ปริมาณน้ำ 0.261 lpm ประสิทธิภาพของเครื่อง 30.34%

ที่ความสูงของถังจ่ายน้ำเข้าระบบ 1.0 เมตร ของขนาดถังอัดอากาศ เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5"สามารถส่ง มวลน้ำขึ้นไปได้สูง 2.52 m ได้ปริมาณน้ำ 0.512 lpm ประสิทธิภาพของเครื่อง 46.21% และ ของขนาดถังอัด อากาศ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3" สามารถส่งมวลน้ำขึ้นไปได้สูง 3.35 m ได้ปริมาณน้ำ 0.451 lpm ประสิทธิภาพ ของเครื่อง 40.15%

ที่ความสูงของถังจ่ายน้ำเข้าระบบ 1.5 m ของขนาดถังอัดอากาศ เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5" สามารถส่ง มวลน้ำขึ้นไปได้สูง 2.67 m ได้ปริมาณน้ำ 0.786 lpm ประสิทธิภาพของเครื่อง 50.32% และ ของขนาดถังอัด อากาศ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3" สามารถส่งมวลน้ำขึ้นไปได้สูง 3.50 m ได้ปริมาณน้ำ 0.679 lpm ประสิทธิภาพ ของเครื่อง 44.04%

จะเห็นว่าถังอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5" จะมีความเหมาะสมกว่าถังอากาศที่มีเส้นผ่าน ศูนย์กลาง 3" หากพื้นที่ใช้น้ำสูงไม่เกิน 2.00 m เนื่องจากในการทดสอบถังอากาศที่มีขนาด 3" ในช่วงแรกที่ ระดับน้ำถูกสูบสูงขึ้นไม่มากจะสูญเสียแรงดันในถังอากาศเป็นจำนวนมากกว่าถังแรงดันที่มีขนาด 1.5" แล้ว ค่อยๆ สูญเสียแรงดันในถังอากาศน้อยลงเมื่อความสูงของน้ำที่ถูกสูบขึ้นไปสูงขึ้นและเพื่อรักษาระดับแรงดันใน ถังอากาศที่จะพอให้เครื่องสามารถทำงานต่อไปได้จึงต้องลดขนาดของทางออกลงโดยการเปิดวาล์วน้ำก่อนส่งไป ถังเก็บน้ำให้น้อยลงกว่าปกติซึ่งถังอากาศที่มีขนาด 1.5" ไม่จำเป็นต้องรักษาแรงดันเอาไว้เพราะสูญเสียแรงดัน น้อยอยู่กว่าอยู่แล้วจึงทำให้สามารถเปิดวาล์วน้ำก่อนส่งไปยังถังเก็บน้ำได้อย่างเต็มที่ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่อง สาธิตการตะบันน้ำที่มีขนาดถังอากาศที่มีขนาด 1.5" มีมากกว่าถังอากาศที่มีขนาด 3"

จากภาพที่ 3 ทำให้ทราบได้ว่าเมื่อความแตกต่างของความสูงระหว่างถังปล่อยน้ำกับถังเก็บน้ำเพิ่มมากขึ้นประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำจะลดลงซึ่งเครื่องที่มีขนาดถังอากาศที่มีขนาด 1.5" จะมีการลดลงของประสิทธิภาพมากกว่า เครื่องที่มีขนาดถังอากาศที่มีขนาด 3"



ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับความสูงระหว่างถังปล่อยน้ำกับถังเก็บน้ำ

6. สรุปผล

จากการทดสอบเครื่องสูบน้ำพบว่าที่ขนาดถังอากาศต่างกัน โดยความสูงของถังปล่อยน้ำไม่เกิน 1.50 m และถังเก็บน้ำสูงไม่เกิน 2.00 m ถังอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3" สามารถส่งมวลน้ำขึ้นไปได้สูงกว่าถังอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5" แต่ปริมาณน้ำที่ได้จะน้อยกว่าและยังทำให้ประสิทธิภาพเครื่องลดลงด้วย ดังนั้นถังอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5" จะมีความเหมาะสมกว่าถังอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3" หากพื้นที่ใช้น้ำสูงไม่เกิน 2.00 m

สำหรับประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำนั้น มีประสิทธิภาพในการสูบน้ำสูงสุดที่สามารถทำได้อยู่ที่ 50.32% โดยใช้ถังอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5"

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณนายณัฐพงษ์ นาไผ่ผล นายณัฐวุฒิ สุดาปัน และนางสาวณัฐวดี หอมนวน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] วิบูลย์ บุญยธโรกุล, ปัมและระบบสูบน้ำ, ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2529.
- [2] ศิริเจษฎ์ กองแก้ว, ปัมสูบน้ำอัตโนมัติโดยใช้พลังงานธรรมชาติจากน้ำ, สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 2558
- [3] สุนทร วงศ์เสน, การศึกษาประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันรัชต์ภาคย์, 2559