การทดลองที่ 5

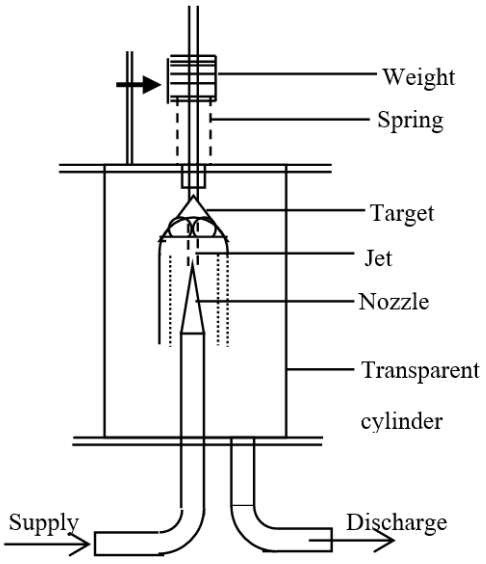
เรื่อง การหาแรงกระแทกของลำน้ำ (Impact of Jet)

วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาหาวิธีการหาแรงกระแทกของลำน้ำ
2) เพื่อหาแรงกระแทกของลำน้ำ เมื่อลำน้ำวิ่งชนแผ่นวัตถุรูปต่างๆ คือ แผ่นแบน 90 องศา, แผ่นกรวย 120 องศาและแบบกึ่งทรงกลม 180 องศา
3) เปรียบเทียบขนาดของแรงที่วัดได้ในข้อ (2) กับการคำนวณจากทฤษฎีโมเมนตัม

อุปกรณ์การทดลอง

1) โต๊ะชลศาสตร์ที่มีถังวัดปริมาตรและมีที่วัดอัตราการไหลแบบ Rotameter
2) ชุดทดสอบแรงกระแทกของลำน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดของเครื่องมือดังนี้
    2.1) หัวฉีดน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม.
    2.2) ท่ออะคริลิคใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มม. ด้านบนมีฝาปิดอยู่
    2.3) น้ำที่ฉีดออกจากหัวฉีดจะวิ่งเข้าชนแผ่นกั้น 3 แบบ เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 36 มม. คือ แบบแบน, แบบกรวยและแบบกึ่งทรงกลม แผ่นกั้นนี้จะออกแบบให้ เมื่อขันเข้ากับแกนเลื่อนแล้วจะอยู่ห่างจากปลายหัวฉีดเท่ากันทุกตัว
    2.4) แผ่นกั้นนี้จะต่อเข้ากับก้านซึ่งสามารถเลื่อนขึ้นลงได้ตามแรงกระแทกของน้ำ ปลายด้านบนของก้านแผ่นกั้นจะมีแป้นรองรับน้ำหนัก โดยมีสปริงรองรับไว้
    2.5) เมื่อน้ำยังไม่ฉีด แป้นรับน้ำหนักนี้จะมีความสูงอันหนึ่ง ซึ่งมีเข็มเครื่องหมายแสดง
    2.6) ตำแหน่งความสูงไว้ดังรูป



รูปที่ 5.1 เครื่องมือทดสอบ Impact of Jet

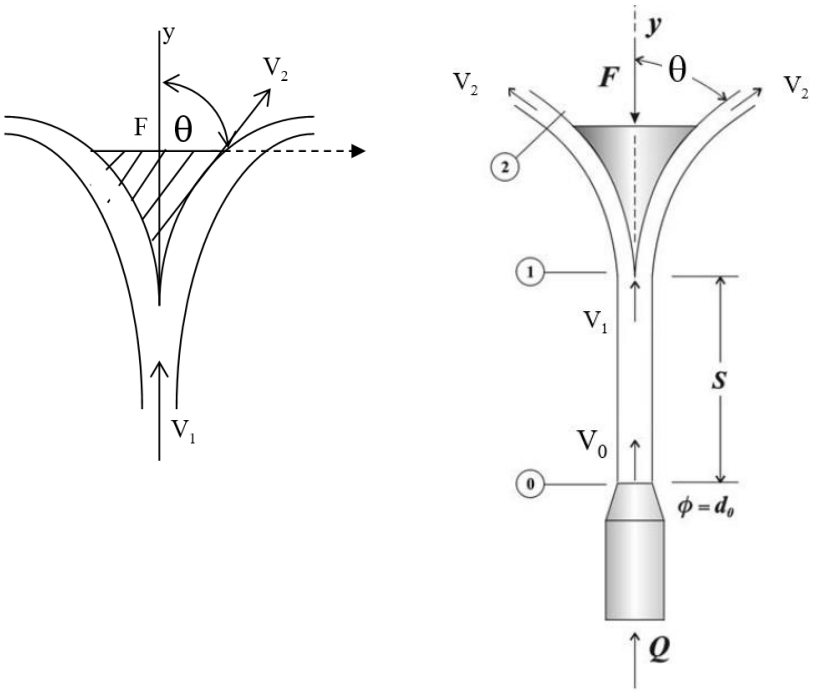
2.7) เมื่อน้ำถูกฉีดเข้าแผ่นกั้น แรงกระแทกของน้ำจะดันแผ่นกั้นและแป้นรับน้ำหนักให้ลอยขึ้น ขณะเดียวกันเราจะวางก้อนน้ำหนักลงบนแป้นรับน้ำหนัก เพื่อให้แป้นรับน้ำหนักกลับเข้าสู่ตำแหน่งเดิม น้ำหนักที่วางลงไปนี้จะเท่ากับแรงกระแทกของลำน้ำ

3) ตุ้มน้ำหนักหลายๆ ขนาด

4) นาฬิกาจับเวลา

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เมื่อลำน้ำวิ่งเข้าชนแผ่นขวางกั้น ลำน้ำจะเฉออก (รวมทั้งแยกตัวด้วย) ตามมุมของวัตถุที่ขวางกั้นดังรูป



รูปที่ 5.2 การพุ่งกระแทก Target

จากสมการโมเมนตัม $$\sum \vec{F} = \rho Q(\vec{V}_{out} - \vec{V}_{in}) \quad \text{(Eq. 1)}$$

หากพิจารณาโมเมนตัมเชิงเส้นในแนวดิ่ง ของลำน้ำในปริมาตรควบคุม (Control Volume, CV) สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$+\uparrow \sum F_y = \rho Q(V_{y,out} - V_{y,in})$$

$$-F_{Jet} = \rho Q(V_1 \cos \text{Ø} - V_0) \quad \text{(Eq. 2)}$$

สมมุติน้ำไหลด้วยอัตรา W ลิตร/วินาที (ρQ) ตามแนวแกน y หรือแนวดิ่ง ด้วยความเร็ว v_0 เมตร/วินาที ระยะห่างจากหัวฉีดถึงหน้าตัดที่ 1 เท่ากับ S เมตร ซึ่งมีความเร็วเท่ากับ V_1 เมื่อกระทบแผ่นกั้นแล้ว จะเฉออกเป็นมุม θ การสูญเสียพลังงานหลังออกจากหัวฉีดจนไปชนแผ่นกั้นถือว่าน้อยมาก เพราะระยะทางสั้น จึงไม่นำมาพิจารณา

โมเมนตัมของน้ำก่อนชนแผ่นกั้นตามแนวแกน y = $W v_1$

โมเมนตัมของน้ำหลังชนแผ่นกั้นตามแนวแกน y = $W v_2 (\cos \theta)$

แรงที่เกิดขึ้นตามแนวแกน y F' = โมเมนตัมที่เปลี่ยนไป

F' = $W v_2 (\cos \theta) - W v_1$

แต่แรงที่เกิดจากน้ำกระแทกวัตถุ (แรงปฏิกิริยา) จะมีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม นั่นคือแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ F จะมีขนาดเท่ากับ F′ หรือ

$$F = -F'$$

$$F = -\{Wv_2(\cos\theta) - Wv_1\}$$

$$F = Wv_1 - Wv_2(\cos\theta)$$

$$F = W\{v_1 - v_2(\cos\theta)\}$$

สำหรับแผ่นกั้นแบบแบน

$\theta = 90^\circ$ และ $\cos 90^\circ = 0$ การสูญเสียพลังงานก่อนชนและหลังชนมีค่าน้อยมากจะได้ $v_1 = v_2$

$$\therefore \quad F = W v_1 \qquad \text{(Eq. 3)}$$

สำหรับแผ่นกั้นรูปกรวย

$\theta = 120^\circ$ และ $\cos 120^\circ = -0.5$, การสูญเสียพลังงานก่อนชนและหลังชนมีค่าน้อยมากจะได้ $v_1 = v_2$

$$\therefore \quad F = W v_1\{1 - (-0.5)\}$$

$$F = 1.5\, W v_1 \qquad \text{(Eq. 4)}$$

สำหรับแผ่นกั้นรูปกึ่งทรงกลม

$\theta = 180^\circ$ และ $\cos 180^\circ = -1$ การสูญเสียพลังงานก่อนชนและหลังชนมีค่าน้อยมากจะได้ $v_1 = v_2$

$$\therefore \quad F = W v_1\{1-(-1)\}$$

$$F = 2W v_1 \qquad \text{(Eq. 5)}$$

<u>วิธีทดลอง</u>

1) ปรับชุดทดลองให้อยู่ในแนวระดับเพื่อให้น้ำวิ่งขึ้นในแนวดิ่ง
2) ใส่แผ่นกั้นแบบที่ต้องการแล้วปรับเข็มวัดระดับของแป้นรองน้ำหนักให้ตรงกับระดับอ้างอิง (datum) ซึ่งวางอยู่บน Weight pan
3) วางก้อนน้ำหนักบน Weight pan แล้วปล่อยให้สายน้ำพุ่งชนเป้าหมายโดยใช้วาล์วควบคุมของ Bench
4) ปรับน้ำให้ฉีดหาแผ่นกั้น จนกระทั่งแป้นรองรับน้ำหนักเลื่อนขึ้นมาอยู่ที่ระดับอ้างอิงของ Weight pan
5) เมื่ออัตราการไหลคงที่แล้ว วัดอัตราการไหลโดยการวัดปริมาตรแล้วจับเวลา
6) จดมวลของก้อนน้ำหนัก ที่อยู่บน Weight pan (M)
7) ทำการทดลองข้อ 3 ถึงข้อ 6 ซ้ำ โดยการเพิ่มน้ำหนัก จนได้ข้อมูล 5 – 8 ค่า

8) เปลี่ยนแผ่นกั้นเป็นแบบอื่นๆ และบันทึกผล แผ่นกั้นได้ออกแบบให้เมื่อขันให้เข้าที่แล้ว จะอยู่สูงจากหัวฉีดเท่ากันทุกรูป

9) คำนวณผลการทดลอง และเขียนกราฟระหว่าง Momentum flow rate ($W^* V_0$) กับ F_y (measured) และกราฟ F_y (measured) กับ F_y (calculated)

<u>การคำนวณ</u>

เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีด	$\varnothing$	=	8	มม.
พื้นที่หน้าตัดของหัวฉีด	A_0	=	$\frac{\pi(8)^2}{4}$	มม^2.
	A_0	=	5.026×10^{-5}	ม^2.
ความสูงของแผ่นกั้นเหนือหัวฉีด	S	=	30	มม. (ปรับได้)
อัตราการไหลของน้ำ	Q	=	W	ลิตร/วินาที
	Q	=	W	กก./วินาที
	Q	=	$W \times 10^{-3}$	ม^3./วินาที
ความเร็วน้ำที่ออกจากหัวฉีด (v_0) หาจาก	Q	=	$v_0 A_0$	
	v_0A_0	=	$W \times 10^{-3}$	
	v_0	=	$\frac{W \times 10^{-3}}{5.026 \times 10^{-5}}$	
	V_0	=	19.89W	ม./วินาที
ความเร็วน้ำขณะชนแผ่นกั้น (v_1) หาจาก	v_1^2	=	$v_0^2 - 2gS$	
	v_1^2	=	$v_0^2 - 2\ (9.81)\ (0.03)$	
	v_1^2	=	$v_0^2 - 0.5886$	
	v_1^2	=	$\sqrt{v_0^2 - 0.5886}$	m/s

เมื่อไม่มีการสูญเสียพลังงาน ความเร็วน้ำหลังชนแผ่นกั้นจะเท่ากับความเร็วน้ำก่อนชนแผ่นกั้น นั่นคือ $v_2 = v_1$

<u>ตารางบันทึกผลการทดลอง</u>

ชนิดของแผ่นกั้นแบบแบน……Flat Target (90°)…

Mass m, (g)	Volume V, (l)	Time t, (s)	Flow rate Q = W, (l/s)	Velocity (jet) V_0 (m/s)	Velocity (target) V_1 (m/s)	Momentum flow rate (N) (W* V_0)	Force, F_y (N)	
							calculated (Eq. 3)	Measured (mg)

ชนิดของแผ่นกั้นแบบกรวย…120° …

Mass m, (g)	Volume V, (l)	Time t, (s)	Flow rate Q =W, (l/s)	Velocity (jet) V_0 (m/s)	Velocity (target) V_1 (m/s)	Momentum flow rate (N) (W* V_0)	Force, F_y (N)	
							calculated (Eq. 4)	Measured (mg)

ชนิดของแผ่นกั้นแบบกึ่งทรงกลม ……Hemispherical Target (180°)……..

Mass m, (g)	Volume V, (l)	Time t, (s)	Flow rate Q =W, (l/s)	Velocity (jet) V_0 (m/s)	Velocity (target) V_1 (m/s)	Momentum flow rate (N) (W* V_0)	Force, F_y (N)	
							calculated (Eq. 5)	Measured (mg)