Lesson 10 Flow measurement-1

Sucharit Koontanakulvong

Hydraulics 1

2560

บทที่ 10 การวัดการไหล 1
(Flow Measurement 1)

การวัดการไหล จะมี 2 ตอน

ตอนแรก อธิบายการหาสมการสำหรับการวัด และ
ตอนที่ 2 เป็นการอธิบายอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัด

เนื้อหา

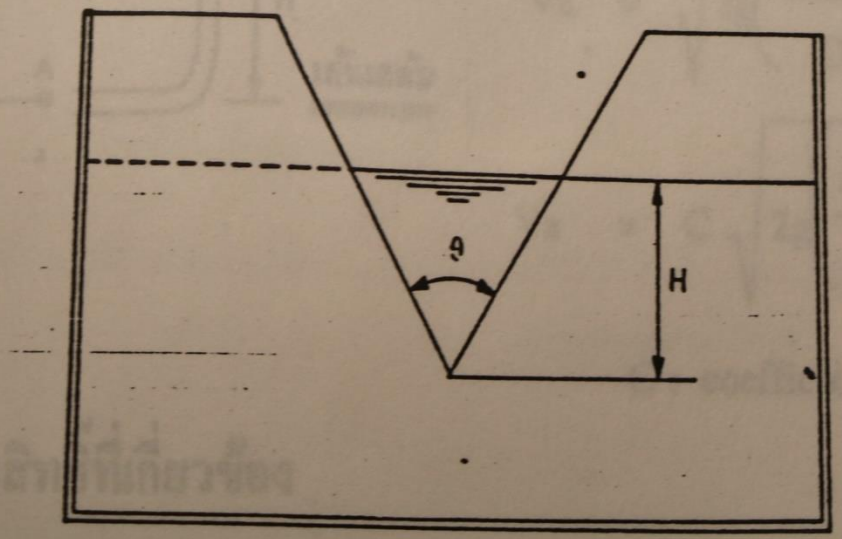
1. ประเภทของการวัด
2. สมการวัดความเร็ว
3. สัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้อง
4. สมการวัดอัตราการไหล

การวัดการไหล 1 (*Flow Measurement 1*)

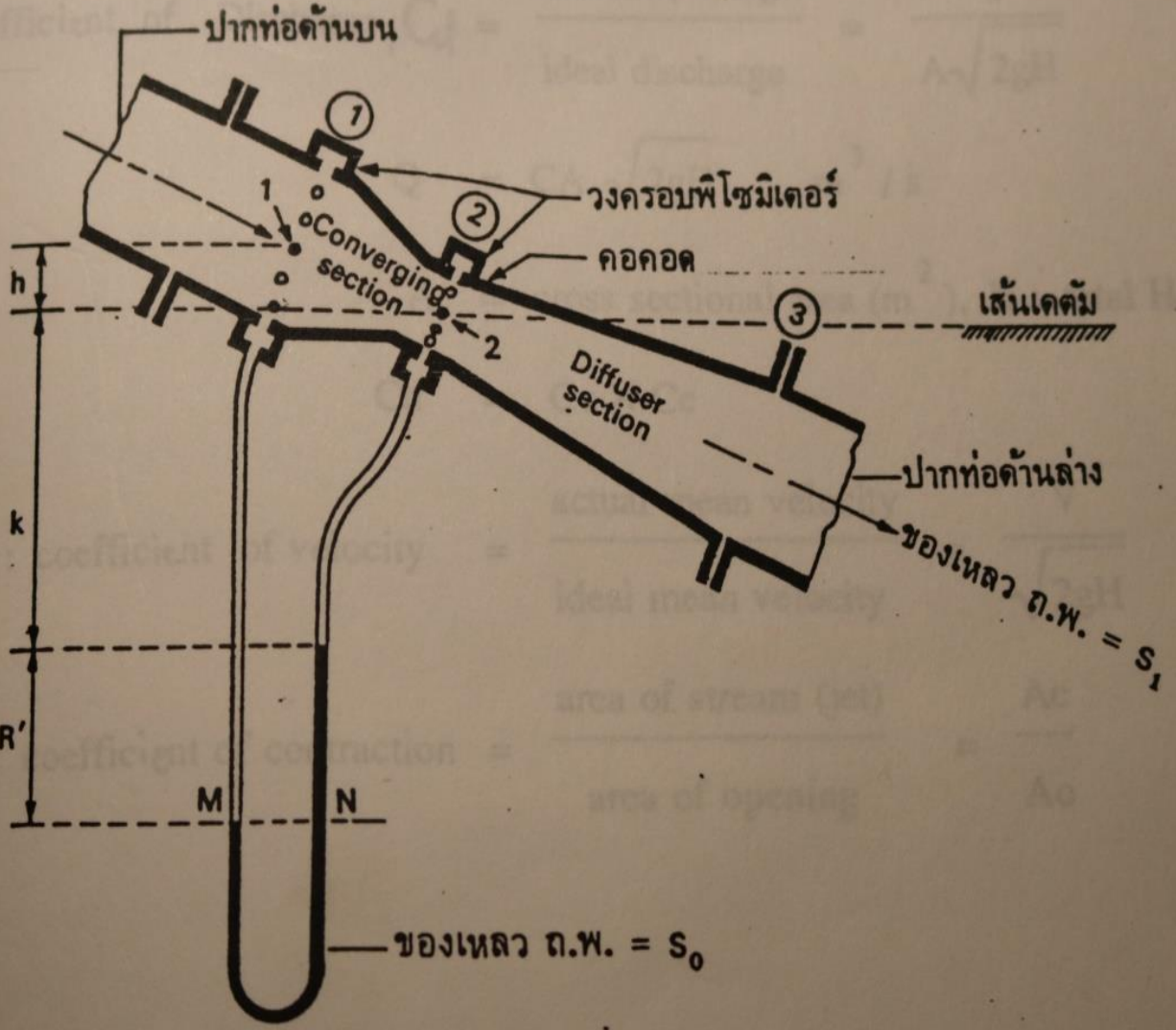
1. ประเภทของการวัด

1. การวัด velocity เช่น Pitot tubes, current meters, rotating and hot - wire anemometer
2. การวัด Quantity เช่น orifice, tube, nozzle, venturimeter, flume, elbow meter, weir

การใช้อุปกรณ์วัดจะประยุกต์ใช้ - สมการ Bernoulle เพื่อหาสมการ
- จากรูปร่างของเครื่องมือ จะหาตัว สปส. ของอุปกรณ์ โดยการ calibration



ฝาย (weir)

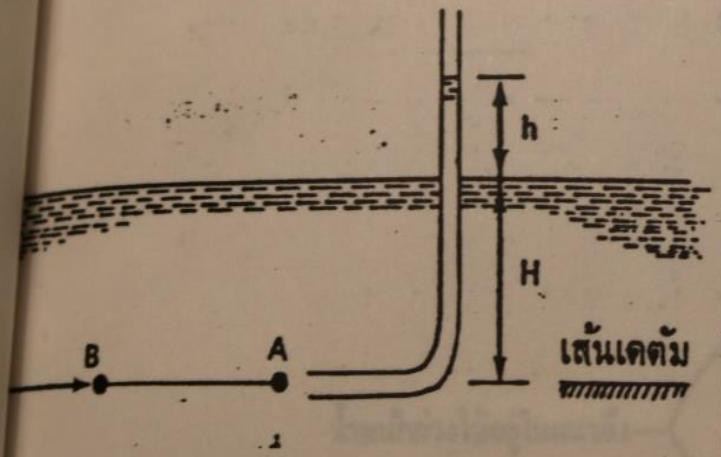


Venturi Meter

2. สมการวัดความเร็ว

ดูตัวอย่างจากอุปกรณ์ Pitot Tube ที่ใช้วัดความเร็ว

$$\frac{Pa}{\rho g} + \frac{Va^2}{2g} + 0 = \frac{Pb}{\rho g} + 0 + 0 + h_L \Rightarrow 0$$



$$\frac{Va^2}{2g} = \frac{Pb}{\rho g} - \frac{Pa}{\rho g}$$

$$Va = \sqrt{2g\left(\frac{Pb - Pa}{\rho g}\right)}$$

$$Va = C\sqrt{2g\left(\frac{\Delta P}{\rho g}\right)} \quad \text{.....*}$$

C : coefficient

3. สัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้อง

$$Va = C\sqrt{2g\left(\frac{\Delta P}{\rho g}\right)} \quad \text{.....*}$$

C : coefficient

3. สัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้อง

3.1 coefficient of Discharge, $Cd = \dfrac{\text{actual discharge}}{\text{ideal discharge}} = \dfrac{Q}{A\sqrt{2gH}}$

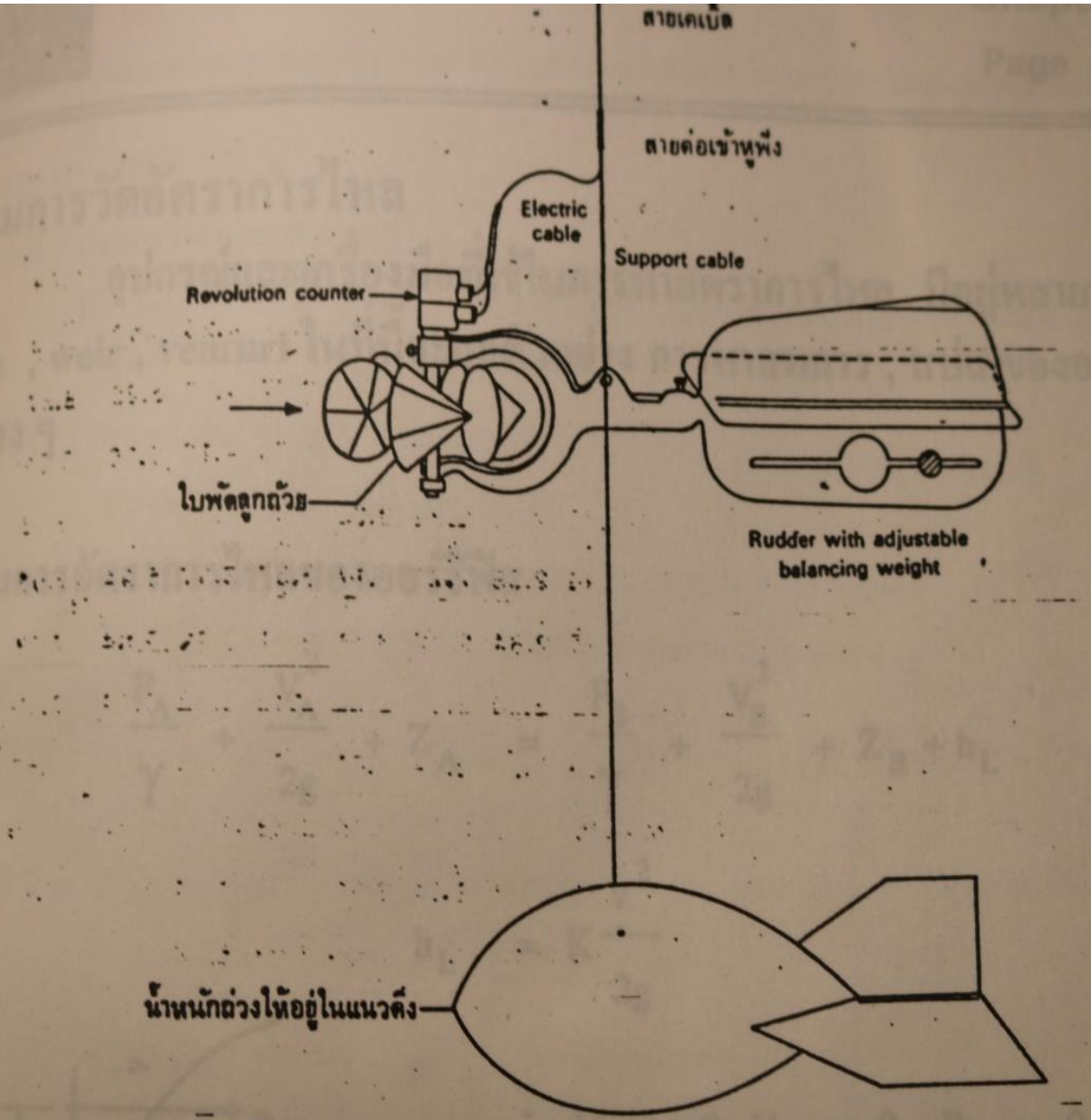
$$Q = CA\sqrt{2gH} \quad m^3/s$$

A = cross sectional area (m^2), H : total Head (m)

$$Cd = Cv \times Cc$$

3.2 Cv : coefficient of velocity $= \dfrac{\text{actual mean velocity}}{\text{ideal mean velocity}} = \dfrac{V}{\sqrt{2gH}}$

3.3 Cc : coefficient of contraction $= \dfrac{\text{area of stream (jet)}}{\text{area of opening}} = \dfrac{Ac}{Ao}$



เครื่องวัดกระแสน้ำไพรซ์

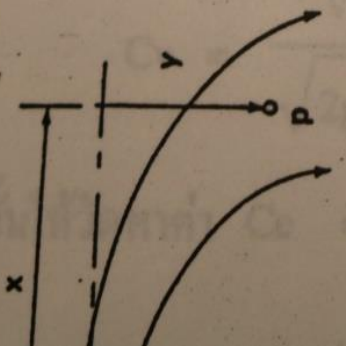
4. สมการวัดอัตราการไหล

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการหาอัตราการไหล มีอยู่หลายประเภท เช่น orifice , weir , venturi ในที่นี้จะยกตัวอย่าง การหาสมการ , สปส.ของออร์ริฟิส ในกรณีต่าง ๆ

4.1 สมการอัตราการไหลของออร์ริฟิส

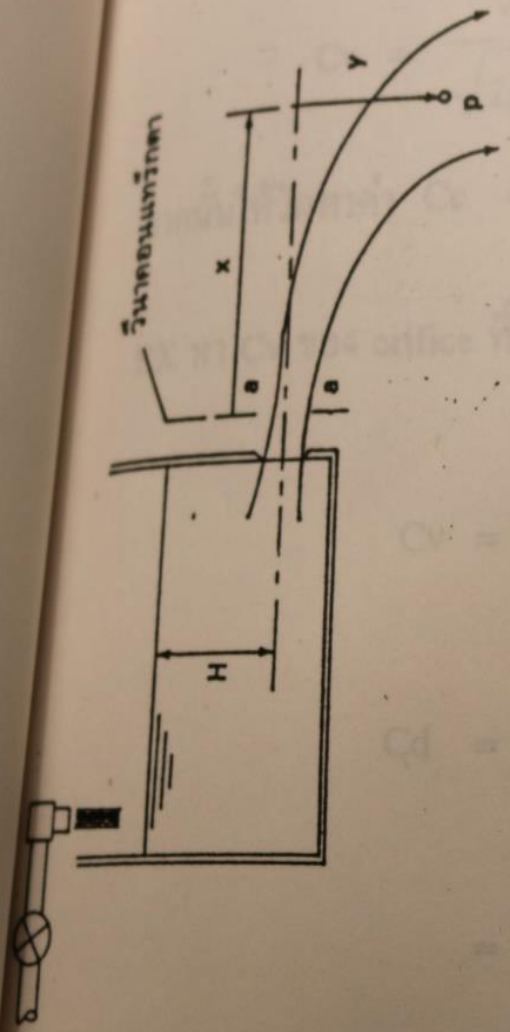
$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B + h_L$$

$$h_L = K\frac{V^2}{2g}$$



$$\therefore V_A = 0, V_B = 0, P_B = 0, \frac{P_A}{\gamma} = h$$

$$\frac{V_B^2}{2g} = \frac{V_B^2}{2g}$$



$$\therefore V_A = 0, V_B = 0, P_B = 0, \frac{P_A}{\gamma} = h$$

$$h = \frac{V_B^2}{2g} + K\frac{V_B^2}{2g}$$

$$h = (1+K)\frac{V_B^2}{2g}$$

$$V_B = \sqrt{\frac{2g}{(1+K)}}\,h$$

$$V_B = C_V\sqrt{2gh} \qquad C_V = \frac{1}{\sqrt{1+K}}$$

$$Q = V_B A_C = V_B C_C A_o$$

$$Q = C_V C_C A_O \sqrt{2gh} \quad m^3/S$$

$$= C_d A_O \sqrt{2gh}$$

เมื่อ A_o : พื้นที่หน้าตัดของรระบาย , $Cd = C_v C_c$

4.2 การหาสัมประสิทธิ์

วิธีที่ 1 direct measurement

ค่า $C_v = V/\sqrt{2gH}$ หาได้จากการทดลอง แล้วแต่รูปร่างและ head

ปรกติ $C_v \simeq 0.97$

วิธีที่ 2 Projectile theory Application

อาจหาได้จากทฤษฎี prcjectile ... (ดูต่อหน้า 5/12 ประกอบ) ดังนี้

กำหนดให้ x: ระยะทางตามแนวราบของ P จาก a-a

y: ระยะทางตามแนวดิ่งของ P จาก a-a

$$x = vt \rightarrow t^2 = (x/V)^2 \quad \ldots(1)$$

อัตราเร่ง g ; $y = \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow t^2 = 2y/g \quad \ldots..(2)$

$$\Big\} \; x^2/v^2 = 2y/g$$

$$V = \sqrt{gx^2/2y}$$

$$Cv = \frac{v}{\sqrt{2gH}} = \sqrt{\frac{gx^2}{2y}} \times \frac{1}{\sqrt{2gH}} = \sqrt{\frac{x^2}{4yH}}$$

จากนั้นให้วัดหาค่า $Cc = \frac{A_C}{A_O}$ และนำมาคำนวณหาค่า Cd โดยคูณ Cc และ Cv

$$Cv = \frac{v}{\sqrt{2gH}} = \sqrt{\frac{g\,x^2}{2y}} \times \frac{1}{\sqrt{2gH}} = \sqrt{\frac{x^2}{4\,yH}}$$

จากนั้นให้วัดหาค่า $Cc = \frac{A_C}{A_O}$ และนำมาคำนวณหาค่า Cd โดยอูณ์ Cc และ Cv

EX หา Cv ของ orifice ที่มี head 8 cm วัด x = 32.5 cm y = 33.7 cm คำนวณหาค่า Cv

$$Cv = \sqrt{\frac{x^2}{4yH}} = \sqrt{\frac{(32.7/100)^2}{4(53.7/100)(8/100)}} = 0.495$$

$$Cd = \frac{\text{ปริมาณการไหลออกที่แท้จริง}}{\text{ปริมาณการไหลตามทฤษฎี}}$$

$$= \frac{(CcAo)(Cv\sqrt{2gH})}{Ao\sqrt{2gH}} = Cc\,Cv \quad \text{.....*}$$

อิทธิพลของความลึก , ความกว้าง และขนาดของอุปกรณ์วัด

มีผลต่อค่า Cd และ Cc เช่นกัน ดูได้จากตาราง (Fig)

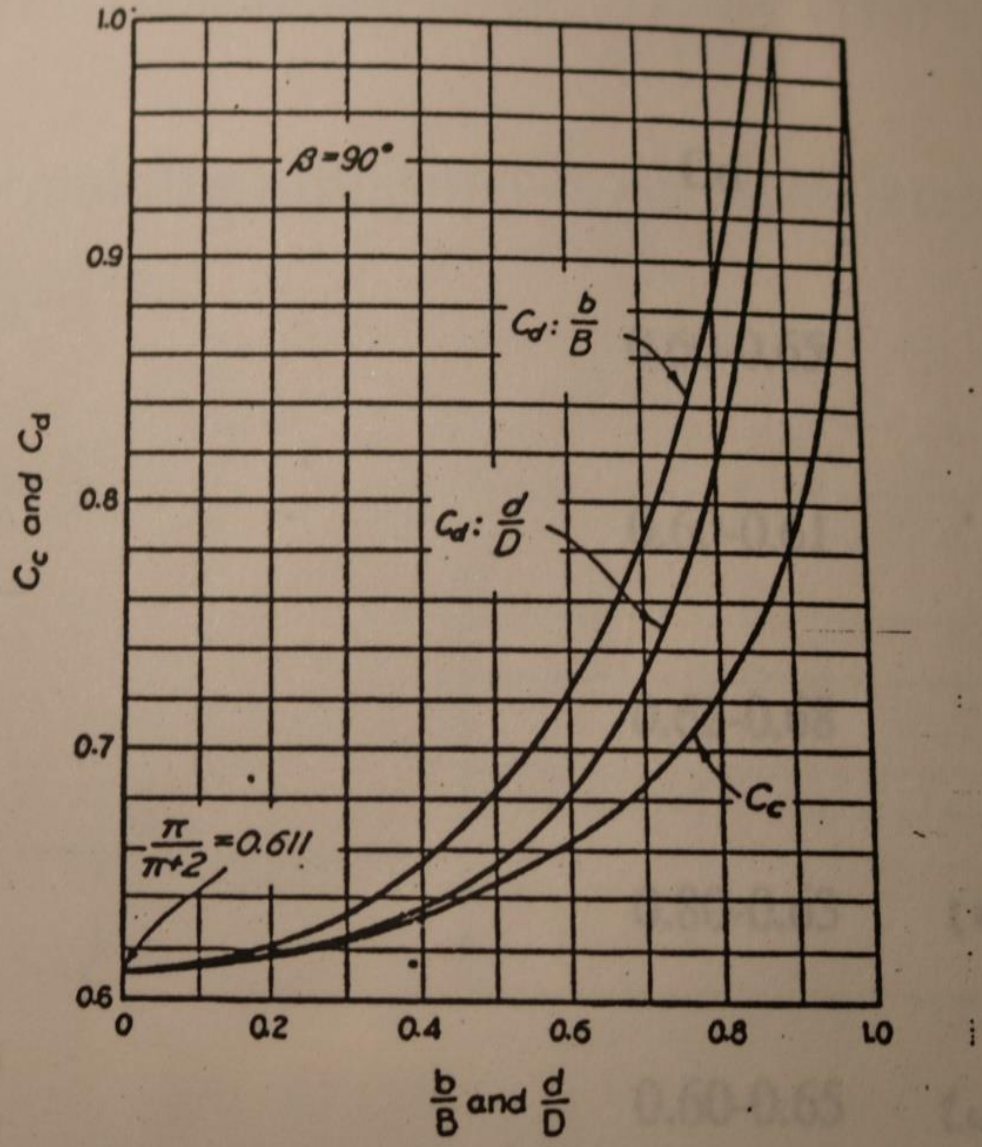
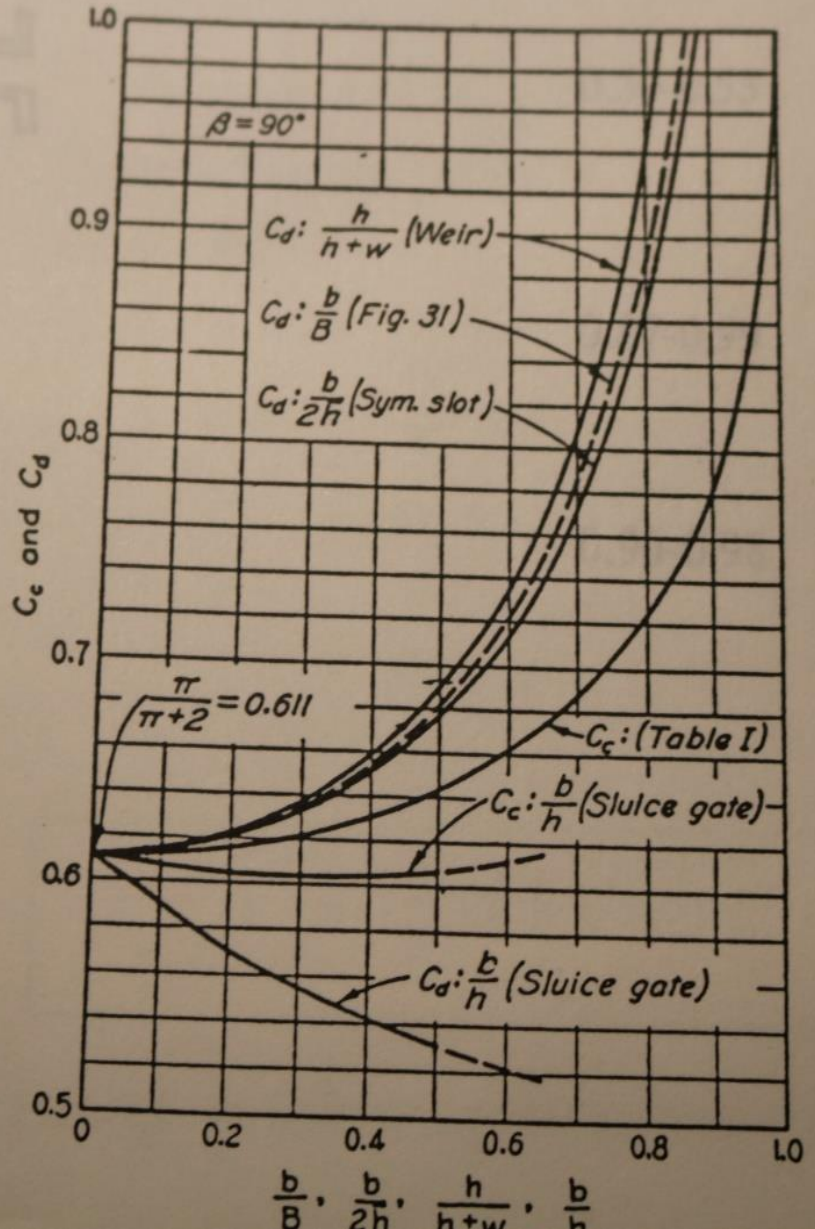


FIG. Variation of orifice coefficients with boundary proportions.

Variation of orifice coefficients with boundary proportions.

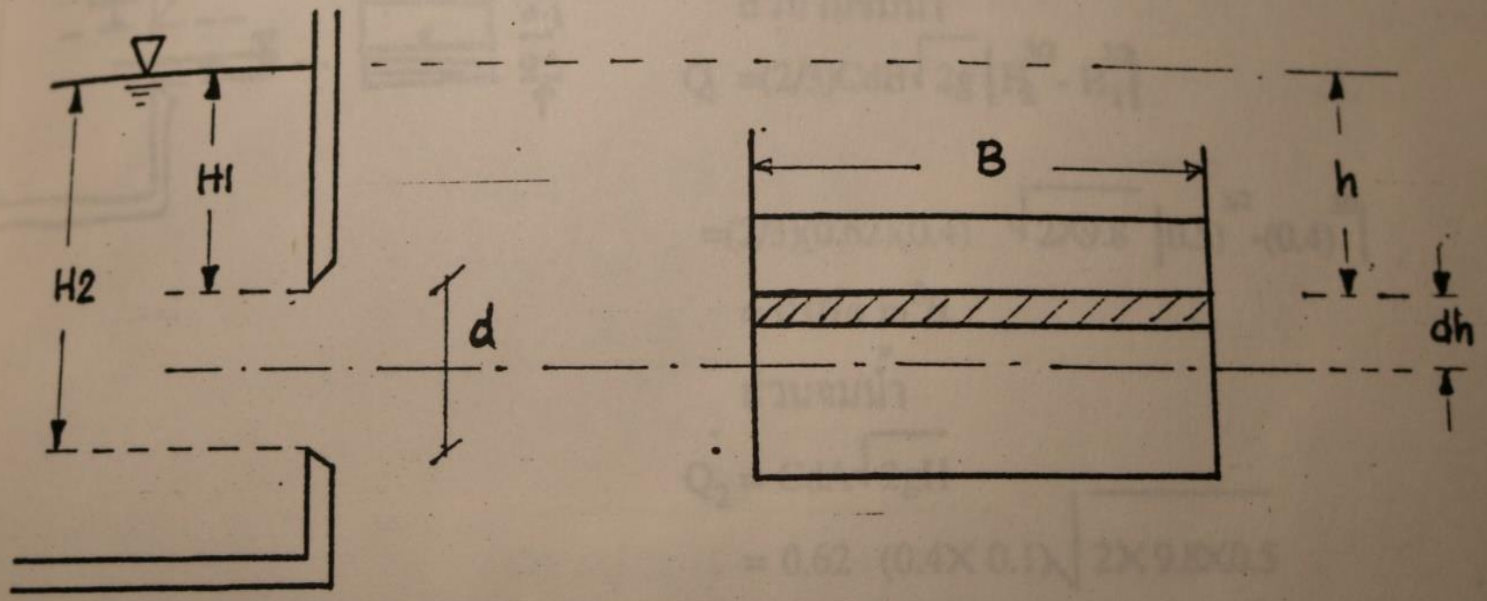


ค่า Cd ของออร์ริฟิสที่ใช้

ลักษณะ	Cd	
○	0.60-0.65	
□	0.60-0.61	
○	0.62-0.68	
○	0.80-0.63	(no loss)
□	0.60-0.65	(with loss)
○	0.60-0.80	
○	0.50-0.53	
○	0.87-0.99	
○	0.96-0.98	nozzle

4.8 การหาสูตรอัตราการไหลของออร์ริฟิส กรณีออร์ริฟิสขนาดใหญ่

เนื่องจากความเร็วไม่คงที่ในหน้าตัดเดียวกัน จึงให้พิจารณาจากขอบบนถึงขอบล่างของรูระบาย



ค่า H1 , H2 , B

พิจารณาในพื้นที่เล็ก B × dh

ความเร็วเท่ากับ $\sqrt{2gh}$

$$dQ = Cd\ A.\ V.$$

$$= Cd\ B\ dh\ \sqrt{2gh}$$

$$Q = \int_{H_1}^{H_2} Cd\ B\ dh\ \sqrt{2gh}$$

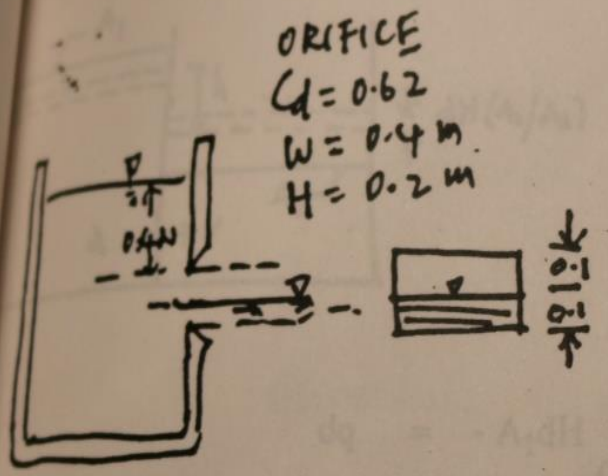
$$= Cd\ B\ \sqrt{2g}\ \int_{H_1}^{H_2} \sqrt{h}\ dh$$

$$= Cd\ B\ \sqrt{2g}\ \left| \frac{2}{3}\ h^{3/2} \right|_{H1}^{H2}$$

$$\boxed{Q = \frac{2}{3}\ Cd\ B\ \sqrt{2g}\ \left| H_2^{3/2} - H_1^{3/2} \right|}$$

สูตรหาอัตราการไหลผ่านรูระบาย กรณีที่ขนาดรูระบายมีขนาดใหญ่ เมื่อเทียบกับ head (d/h)

2.4 กรณี orifice จมบางส่วน



แยกพิจารณาเป็น 2 ส่วน คือ
- ไม่จมน้ำ
- จมน้ำ

Cd= 0.62

ส่วนไม่จมน้ำ

$$Q_1 = (2/3)CdB\sqrt{2g}\left|H_2^{3/2} - H_1^{3/2}\right|$$

$$= (2/3)(0.62)(0.4)\sqrt{2\times 9.8}\left|0.5)^{3/2} - (0.4)^{3/2}\right|$$

$$= 0.074\ m^3/s$$

ส่วนจมน้ำ

$$Q_2 = CdA\sqrt{2gH}$$

$$= 0.62\ (0.4\times 0.1)\sqrt{2\times 9.8\times 0.5}$$

$$= 0.077\ m^3/s$$

ปริมาณน้ำที่ไหลออกทั้งหมด $Q = Q_1 + Q_2$

$= 0.151$ ลบม/ว

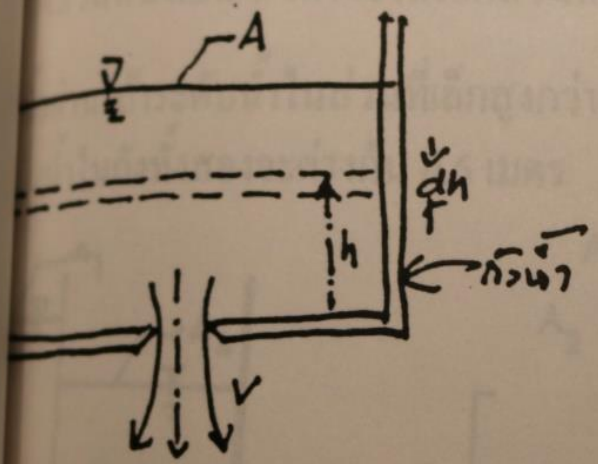
$= 0.62 \quad (0.4 \times 0.1)\sqrt{2 \times 9.8 \times 0.5}$

$= 0.077 \ m^3/s$

ปริมาณน้ำที่ไหลออกทั้งหมด $Q = Q_1 + Q_2$

$= 0.151$ ลบม/ว

กรณีหาเวลาน้ำไหลออกจากถัง



$$dq = -Adh = Cd.aVdt$$

$$dt = -Adh / (Cd\ a.\ \nabla)$$

$$\nabla = \sqrt{2gh}$$

$$dt = -Adh / (Cda\sqrt{2gh})$$

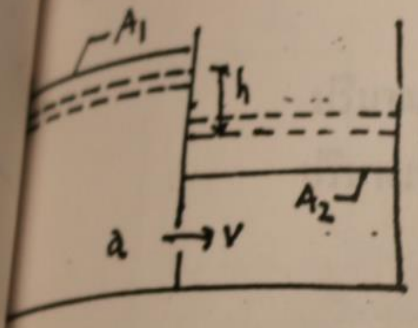
$$\int_0^T dt = -\frac{A}{Cd\ a\sqrt{2g}} \int_{H_1}^{H_2} h^{-1/2}\, dh$$

$$T = \frac{-A\ (1/2)\ |2h|_{H_1}^{H_2}}{Cd\ a\sqrt{2g}} = \frac{-2A}{Cd\ a\sqrt{2g}} (H_2^{1/2} - H_1^{1/2}) \ .....*$$

กรณีค่า $H_2 = 0$ คือหลังหมดถัง

$$T = \frac{2A\ H_1^{1/2}}{Cd\ a\sqrt{2g}} \ .....*$$

4.6 กรณีหาเวลาที่น้ำไหลจากถังหนึ่งไปสู่ถังหนึ่งที่มีผนังกั้น



$\frac{1}{2}\, dH(A_1/A_2)$

$$A_1\, dH_1 = A_2\, dH_2 \quad \text{.....(1)}$$

จะได้ $dH_1 = dH_2(A_1/A_2)$

ระดับน้ำที่เปลี่ยนไป $= h - dH_1 - dH_2$

$= h - dH_1 - dH_1/(A_1/A_2)$

$= h - dH_1(1 + A_1/A_2)$

$$dh = dH(1 + A_1/A_2) \quad \text{.....(2)}$$

$$dq = -A_1 dH = Cd.\, a \nabla\, dt$$

$$= Cd.\, a\sqrt{2gh}\, dt$$

$$dt = -\frac{A_1\, dh}{Cd.\, a\sqrt{2g \times a}}$$

$$= -\frac{A_1 dH}{Cd.\, a\sqrt{2g}\,(1 + A_1/A_2)h^{1/2}}$$

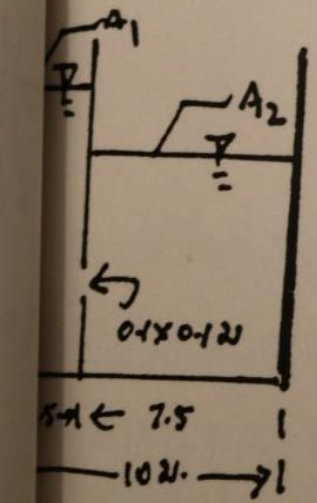
$$\int_0^T dt = -\frac{A_1}{Cd.\, a\sqrt{2g}\left(1 + A_1/A_2\right)} \int_{H_1}^{H_2} h^{-1/2} dh$$

$$T = \frac{2A_1}{Cd.\, a\sqrt{2g}\,(1 + A_1/A_2)} \left[H_1^{1/2} - H_2^{1/2}\right] \quad \text{.....*}$$

$$\int_0^T dt = -\frac{}{Cd.\, a\sqrt{2g}\left(1 + A_1 / A_2\right)} \int_{H_1}^{} h^{} \, dh$$

$$T = \frac{2A_1}{Cd.\, a\sqrt{2g}\,(1 + A_1 / A_2)} \left[H_1^{1/2} - H_2^{1/2}\right] \quad \text{.....*}$$

EX ถัง บรรจุน้ำใบหนึ่งกว้าง 15 เมตร ยาว 10 เมตร ภายในแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยพื้นที่ส่วนหนึ่งเป็น 3 เท่าของถังอีกส่วนหนึ่ง ผนังที่ใช้กั้นมีออริฟิส ขนาด 0.1 ม. เจาะเอาไว้ ให้น้ำผ่าน ถ้าระดับน้ำในส่วนที่เล็กสูงกว่าระดับน้ำในถังส่วนใหญ่อยู่ 3 เมตร จงคำนวณหาเวลาที่น้ำในถังทั้งสองจะต่างกัน 0.6 เมตร กำหนดให้ Cd = 0.62



$A_1 = 2.5 \times 5 = 12.5$ ตร.ม. $a = 0.1 \times 0.1 = 0.01$ ม

$A_2 = 7.5 \times 5 = 37.5$ ตร.ม. $H_1 = 3$ เมตร, $H_2 = 0.6$ เมตร

$$T = \left[\frac{2 \times 12.5}{0.62 \times 0.01\sqrt{2 \times 98} \times \left[1 + (12.5 / 37.5)\right]}\right]\left(3^{1/2} - 0.6^{1/2}\right)$$

$= 6{,}540.30$ sec

$= 1.82$ hr

$= 6{,}540.30$ sec

$= 1.82$ hr

4.7 กรณีมีปริมาณน้ำไหลออกจากถังและมีน้ำไหลเข้าด้วย

ปริมาณน้ำไหลเข้า = Qdt

ปริมาณน้ำไหลออก = qdt

$= Cda\sqrt{2gh}\,dt$

$= kh\,dt$ เมื่อ $k = Cd.a\sqrt{2g}$

ปริมาณน้ำเพิ่ม = $Adh = Qdt - kh^{1/2}dt$

$= (Q - kh^{1/2})\,dt$ .....*

ให้ $Z = Q - kh^{1/2}$

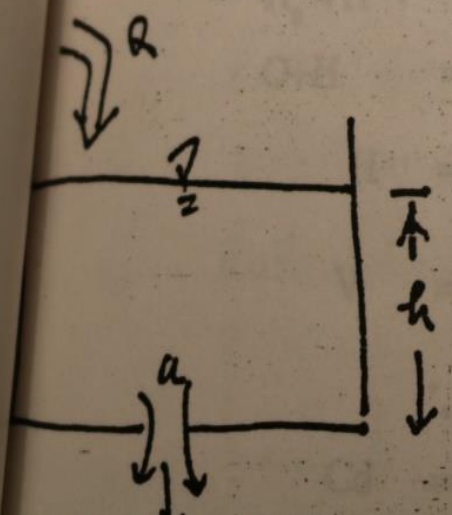
$h^{1/2} = (Q - Z) / k$

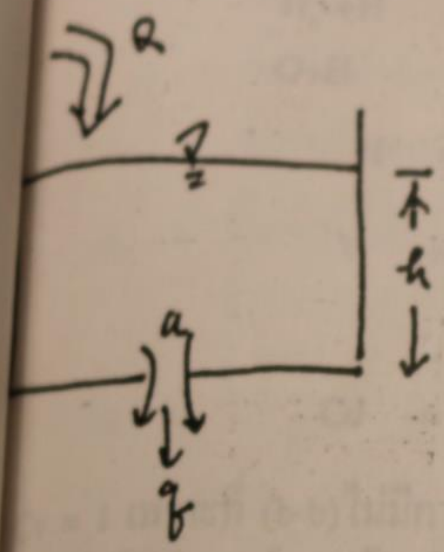
$h = (Q - Z)^2 / k^2$

$\frac{dh}{dz} = \frac{-2(Q-Z)}{k^2}$

$dh = \frac{-2(Q-Z)\,dz}{k^2}$

$dt = Adh / (Q - kh^{1/2})$





$$h^{1/2} = (Q - Z) / k$$

$$h = (Q - Z)^2 / k^2$$

$$\frac{dh}{dz} = \frac{-2(Q - Z)}{k^2}$$

$$dh = \frac{-2(Q - Z)\,dz}{k^2}$$

$$dt = Adh / (Q - kh^{1/2})$$

$$dt = \frac{-2A(Q - Z)\,dz}{z\,k^2}$$

$$= \frac{-2A}{k^2} \frac{(Q - 1)\,dz}{z}$$

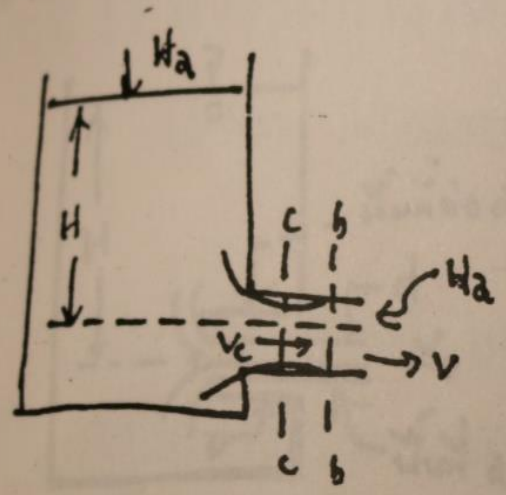
Intergrate $$T = \frac{-2A \left| Q \ln z - z \right|}{k^2}$$

$$= \frac{-2A}{k^2} \left| Q \ln(Q - kh^{1/2}) - (Q - kh^{1/2}) \right|$$

เวลาที่น้ำลด / เพิ่มจาก H_1 ไปเป็น H_2

$$T = \frac{-2A}{k^2} \left| Q \ln \left[\frac{Q - kH_2^{1/2}}{Q - kH_1^{1/2}} \right] + k(H_2^{1/2} - H_1^{1/2}) \right|$$

4.8 กรณีท่อที่ติดตั้งท่อเพิ่มเติมภายนอกปากรู (External mouthpiece)



a : พื้นที่หน้าตัดของท่อ

a_c : พื้นที่หน้าตัดของ Vena Contracta

V : ความเร็วของน้ำที่ปลายท่อ

V_c : ความเร็วของน้ำที่ Vena Contracta

H_c : ความดันสมบูรณ์ เมื่อเทียบกับสูญญากาศที่ Vena Contracta

$C_c = 0.62$, $a_c = 0.62\ a$, $v_c = 0.62/v$

head lose $H_L = (v_c - v)/2g = 0.375v/2g$

สมการ Bernoulli ระหว่าง A และ (b-b)

$$H_a + H = H_L + (V^2/2g) + H_a$$

$$O + H = 0.375(V^2/2g) + (V^2/2g) + o$$

$$H = 1.375\ V^2 / 2g$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{1.375}}\sqrt{2gH} = 0.855\sqrt{2gH}$$

$$\because\ V = Cv\sqrt{2gH} \quad \therefore\ Cv = 0.855 \quad .....*$$

$$Cd = Cv \times Cv = 1 \times 0.855 = 0.855$$

$$= \frac{}{\sqrt{1.375}}\sqrt{2gH} = 0.855\sqrt{2gH}$$

$$\because V = Cv\sqrt{2gH} \quad \therefore Cv = 0.855 \quad .....*$$

$$Cd = Cv \times Cv = 1 \times 0.855 = 0.855$$

Cv = 1 เพราะที่ (b-b) ไม่มีการลดขนาดของลำน้ำ จะเห็นว่า สัมประสิทธิ์แห่งการไหล จะเพิ่ม ขึ้นเมื่อติดตั้งท่อสั้นเพิ่มเติมที่ปากรู (cf .Cd ≈ 0.6)

ความดันที่ Vena Contracta A กับ (c-c)

$$H_a + H = H_c + V_c^2/2g$$

$$V_c = V/0.62 \quad \text{และ} \quad H = 1.375\,V^2/2g$$

จะได้ $H_a + 1.375V^2/2g = H + V^2/(0.3844 \times 2g)$

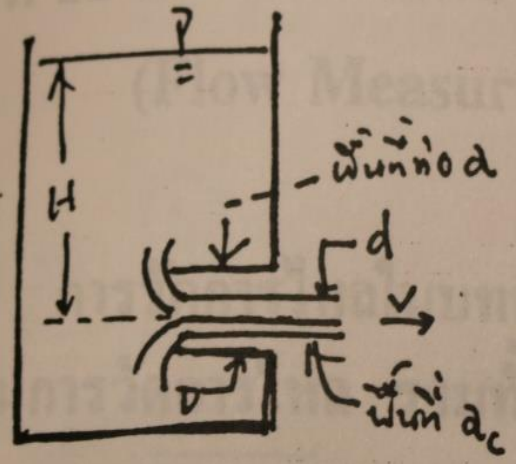
$$H_c = H_a - (1.225)\,V^2/2g$$

$$= H_a - 1.225 \times (H/1.375)$$

$$H_c = H_a - 0.89\,H$$

ความกดดันที่ Vena Contracta จะน้อยกว่าความกดดันบรรยากาศ 0.89 H ผลการเพิ่มท่อน้ำไหลที่ปากรู จะเป็นการลดความดันที่ Vena Contracta และเพิ่มเฮดที่ทำให้น้ำไหล จากการทดลองพบว่า แรงต้านทานความฝืดที่ปากทางเข้าส่วนที่ต่อเติมที่ปากรูจะทำให้ Cv ลดจาก 0.855 เป็น 0.813 เมื่อเป็นเช่นนั้น Hc = 0.74 H เท่ากับ 10.4 เมตร ของ ความสูงท่อน้ำที่ติดตั้งเพิ่มในลักษณะนี้ จะมีความยาวประมาณ 3 Φ เป็นอย่างน้อย

4.9 ท่อน้ำไหลที่ปากรูแบบบอร์ดา (Borda mouthpiece Reentrant)



A : การไหลอิสระ

H = ความสูง

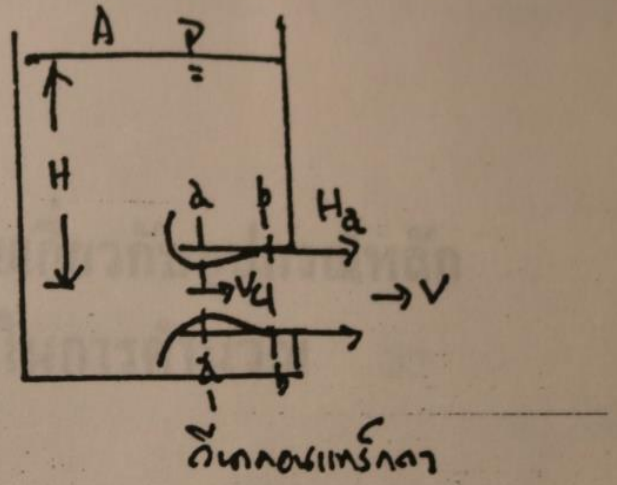
a = พื้นที่หน้าตัดของท่อ

v = ความเร็วของกระแสน้ำในท่อ

a_c = พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ

$\because F = mv$

$$pa = \frac{(\gamma V a_c)}{} V$$



B : การไหลเติมท่อ

ระหว่าง section (a - a) และ (b - b)

$$H_L = \frac{(V_c - V)^2}{2g}$$

$\because a_c v_c = av$

$$V_c = \frac{aV}{a_c} = Cc\ v$$

$$\left(\frac{V}{} - V^2\right)$$

a = พื้นที่หน้าตัดของท่อ

v = ความเร็วของกระแสน้ำในท่อ

a_c = พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ

$\because F = mv$

$$pa = \frac{(\gamma V a_c)}{g} V$$

$$\gamma Ha = \frac{\gamma V a_c V}{g}$$

แต่ $H = \frac{V^2}{2g}$

$$\frac{\gamma V^2 a}{2g} = \gamma V a_c V$$

$$\frac{a}{2} = a_c$$

$$\therefore Cv = \frac{a_c}{a} = \frac{1}{2}$$

$$Q = a_c v$$

$$Q_1 = 0.5\, a \sqrt{2gH} \quad \ldots\ldots (1)$$

$$H_L = \frac{(V_c - V)^2}{2g}$$

$\because a_c v_c = av$

$$V_c = \frac{aV}{a_c} = Cc\, v$$

$$H_L = \frac{\left(\frac{V}{Cc} - V^2\right)}{2g} = \left(\frac{1}{Cc} - 1\right)\frac{V^2}{2g}$$

Cc ของลำน้ำทึกบ 1/2

$$H_L = \frac{V^2}{2g}$$

จาก Bernoulli

$$H_a + H = Ha + \frac{V^2}{2g} + H_L$$

$$H = \frac{V^2}{2g} + \frac{V^2}{2g} = \frac{2V^2}{2g}$$

$$V = \sqrt{gH}$$

$$Q = aV$$

$$Q_2 = a\sqrt{gH} \quad \ldots\ldots (2)$$

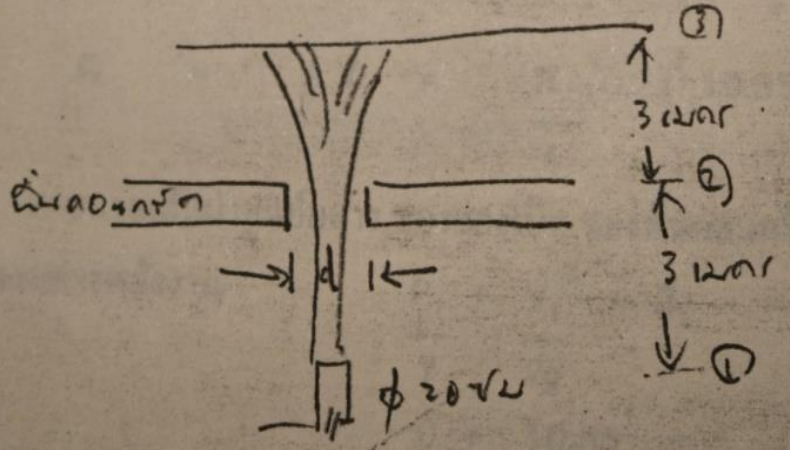
$$Cd = \frac{Q_1}{Q_2} = 0.5\sqrt{2} = 0.707$$

Home work Hydraulic.

#19

1. การต่อท่อเพื่อส่งน้ำจากบ่อลึก 3 เมตร
ลงไปยังบ่อน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม
ซึ่งน้ำในบ่อต่ำกว่าระดับพื้นดินธรรมชาติ 3 เมตร ดังรูป

ก) จงหาอัตราการไหลของน้ำ
ข) จงออกแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องเปิด
ของพื้นดินธรรมชาติที่น้อยที่สุด



2. ปั๊มหอยโข่งต่อกับท่อดูดและท่อส่ง ดังรูป ถ้าต้องการปั๊มน้ำ

Solution

1. ก) หาอัตราการไหลของน้ำพุ

จากสมการพลังงาน $\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$

$0 + \frac{V_1^2}{2g} + 0 = 0 + 0 + Z_2$

$V_1 = \sqrt{2 \times 9.81 \times 6}$

$= 10.85$ m/s

$Q = AV = \frac{\pi}{4}(0.2)^2 10.85 = 0.34$ m^3/s

ข) หาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ของช่องเปิด ของพื้นคอนกรีตที่น้อยที่สุด

จากสมการพลังงาน $\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$

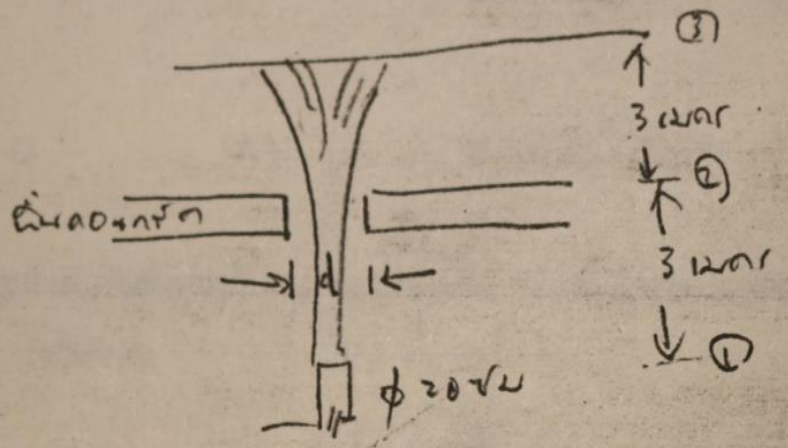
$0 + \frac{10.85^2}{2 \times 9.81} + 0 = 0 + \frac{V_2^2}{2g} + 3$

$V_2 = 7.87$ m/s

จากสมการการไหลต่อเนื่อง $Q = A_2V_2$

$0.34 = \frac{\pi d_2^2}{4} \times 7.87$

$d_2 = 0.238$ m.



2. มีแท่งใบต่อกันติดตั้งบนหัวร่วม มีรูเชื่อมต่อกันมีขนาด 0.023 ตร.ม. มีอัตราส่วนเท่ากับ 0.8 เท่าของ กว้าง A เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด 2.44 ม มีน้ำรูปการรูเชื่อม 3.05 ม. ปากท่อกว้างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด 3.05 เมตร มีน้ำหนักมากกว่ารูเชื่อม 0.1 เมตร ถามว่าก่อสร้างรูเชื่อมในน้ำในแม่น้ำใช้เวลาเท่าไรให้น้ำหนักสองด้านเท่ากัน

3. น้ำในแม่น้ำฝนมีรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 1 เมตร วัดระดับได้ความลึกฝน 0.2 เมตร ถามพื้นที่ตะแกรงจะใช้งานต่อ

จากสมการการไหลต่อเนื่อง

$$0.34 = \frac{\pi d_2^{\,2}}{4} \times 7.87$$

$$d_2 = 0.238 \text{ m.}$$

2.

จากสูตร $$T = \frac{2A_1}{C_d\, a \sqrt{2g}\,\left(1 + \frac{A_1}{A_2}\right)}$$

$A_1 = 2.44 \times 2.44 \text{ m}^2$

$A_2 = 3.05 \times 3.05 \text{ m}^2$

$a = 0.023 \text{ m}^2$

$C_d = 0.8$

แทนค่า จะได้ $T = 130.16$ sec.

$= 2.17$ min.

3.05 ม. หมายถึง เป็นสัดส่วนมีอัตราส่วนต่อ 3.05 เมตร
สัดส่วนมากกว่าหรือเท่ากับ อัตราส่วน ตามว่าถ้าเป็นรูปเรขาคณิต
ที่ใช้เลขเท่าไร ให้นำหน้าหรือหลังถ้ามีเครื่องหมาย

3 หน้าในแผ่นฟาดสัดส่วนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 1 เมตร หรือสัดส่วน
ได้สูงกว่าสัดส่วน 0.2 เมตร ถ้าสัดส่วนกระแสน้ำจะไหลต่างต่อ
เนื่องผ่านฟาดสัดส่วนรูปสี่เหลี่ยมมุมอับ ของความยาวของ
ระดับน้ำเหนือสัดส่วนรูปสี่เหลี่ยมนี้ ให้กำหนดให้ ปร.
หรือของฟาดสัดส่วนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และรูปสี่เหลี่ยม
เท่ากับ 0.62 และ 0.6 ตามลำดับ.

L 10

3.

สมการฝายสันคม รูปสี่เหลี่ยม

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g}\ L H^{3/2}$$

$$= \frac{2}{3} 0.62 \sqrt{2 \times 9.81} \times 10 \times 0.2^{3/2}$$

$$= 0.164 \quad m^3/s$$

สมการฝายสันคม รูปสามเหลี่ยม

$$Q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \tan\frac{\theta}{2} H^{5/2}$$

$$0.164 = \frac{8}{15} \times 0.6 \sqrt{2 \times 9.81} \times \tan\frac{45}{2} \times H^{5/2}$$

$$H = 0.42 \quad m.$$