

Hydraulics 1 (2112-346)

Lecture Note (L 5)

Sucharit Koontanakulvong
Water Resources Engineering

ห้อง ๓๓๐๖
January 2017

เนื้อหา

- แรงลอยตัว/พยุง
- ไฮโดรมิเตอร์

บทที่ 5 แรงลอยตัว/พยุง

จะกล่าวถึงทฤษฎีแรงลอยตัวอันเนื่องมาจากความกดดันของของเหลว

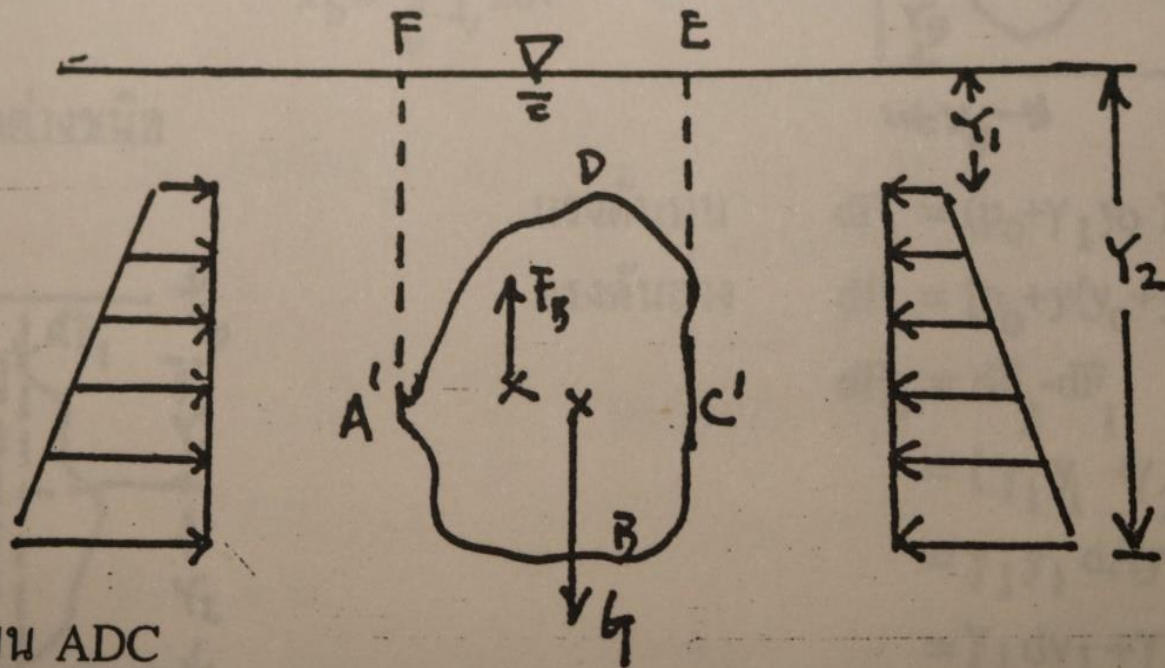
หา

1. แรงลอยตัว/พยุงตัว

2. ไฮโดรมิเตอร์

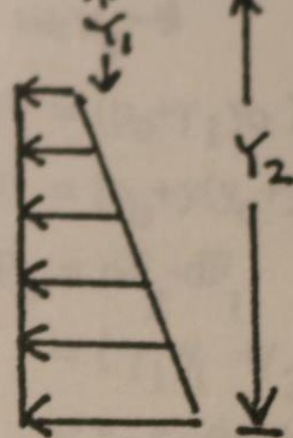
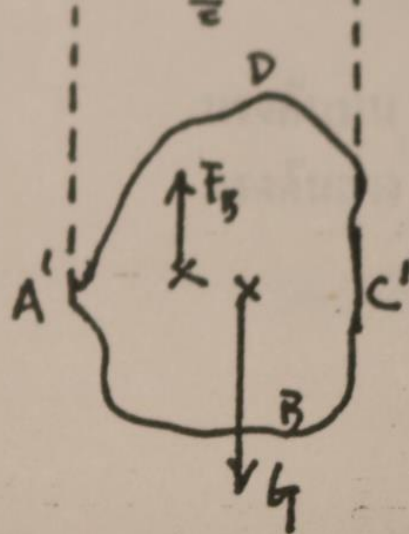
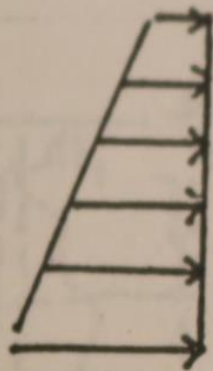
แรงลอยตัว/พยุ (Buoyancy Force)

แรงลอยตัว คือ แรงปฏิกิริยารวมที่ดันขึ้น อันสืบเนื่องมาจากความกดดันของของเหลวที่กระทำต่อวัตถุที่ลอยตัวขึ้น มีค่าเท่ากับ น้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่ด้วยวัตถุนั้น
จุดที่แรงพยุกระทำ เรียกว่า จุดรวมของแรงพยุ



บนพื้นผิวด้านบน ADC

แรงประกอบรวมในแนวดิ่ง = F_y



บนพื้นผิวด้านบน ADC

แรงประกอบรวมในแนวตั้ง = F_y

= น้ำหนักของของเหลวด้านบน ADCEFA

= V

บนพื้นผิวด้านล่าง ABC

แรงประกอบรวมในแนวตั้ง = F'_y

= น้ำหนักของของเหลว ABCEFA

แรงพุงของของเหลว = F_b และมีทิศทางคั่นขึ้น

$$F_b = F'_y - F_y$$

$$\gamma = \gamma V' - \gamma V = \gamma(v - v) = \gamma (\text{ปริมาตร ABCD})$$

$$= V$$

บนพื้นผิวด้านล่าง ABC

แรงประกอบรวมในแนวตั้ง = $F'y$

= น้ำหนักของของเหลว ABCEFA

แรงพยุงของของเหลว = F_b และมีทิศทางคั่นขึ้น

$$F_b = F'y - F_y$$

$$\gamma = \gamma V' - \gamma V = \gamma(v - v) = \gamma \text{ (ปริมาตร ABCD)}$$

$$\gamma = \text{(ปริมาตรที่ถูกแทนที่)} \dots\dots\dots (1)$$

ตามหลักการของ Archimedy

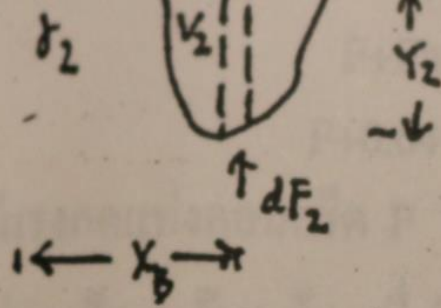
แรงพยุง = น้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่

= น้ำหนักของวัตถุที่หายไปเมื่อจมอยู่ในของเหลว

ถ้า $G = F_b$ ความหนาแน่นของวัตถุเท่ากับของของเหลว

$G > F_b$ จม

$G < F_b$ ลอยถึงระดับที่วัตถุและของเหลวมีความหนาแน่นเท่ากัน



$$= \gamma_1 y_1 dA y + \gamma_2 y_2 dA y$$

$$= \gamma_1 dv_1 + \gamma_2 dv_2$$

$$F_b = \int dF_B$$

$$= \iiint_V \gamma_1 dv_1 + \iiint_V \gamma_2 dv_2$$

$$= \gamma_1 v_1 + \gamma_2 v_2$$

ผลรวมของน้ำหนักของของไหลด้านบนและด้านล่างที่มีปริมาตรเท่ากับ วัตถุส่วนที่อยู่ด้านบน และด้านล่างตามลำดับ

ที่ตำแหน่ง

$$X_b F_b = \iiint x \gamma_1 dv + \iiint x \gamma_2 dv$$

$$X_b = \frac{\gamma_1 \iiint x dv + \gamma_2 \iiint x dv}{\gamma_1 v + \gamma_2 v}$$

$$X_b = \frac{\gamma_1 \bar{x}_1 v_1 + \gamma_2 \bar{x}_2 v_2}{\gamma_1 v_1 + \gamma_2 v_2}$$

x_1 และ x_2 = ระยะจากแกนถึงจุดศูนย์กลางของปริมาตรด้านบนและด้านล่าง

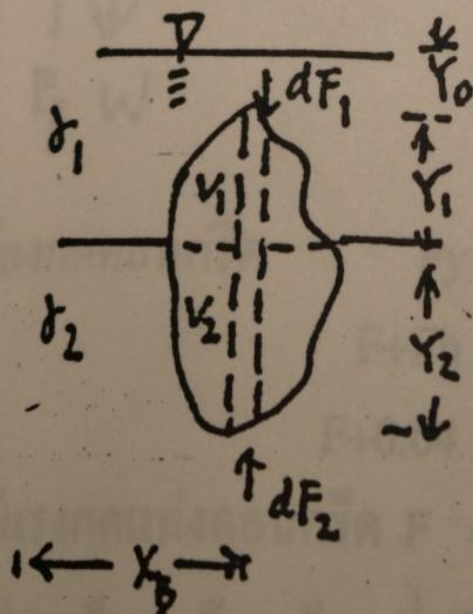
หน้าที่แรงลอยตัวกระทำ คือ จุดศูนย์กลางของแรงลอยตัว (center of buoyancy)
 กรณีของเหลวชนิดเดียวกัน

$$dF_b = \gamma dv$$

$$\int_V x dF_b = F_b x_b$$

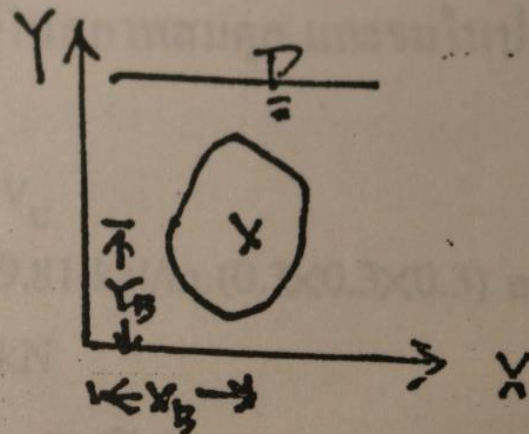
$$x_b = \frac{1}{V} \int_V x dv$$

กรณีของเหลวต่างชนิด



แรงดันบน

แรงดันล่าง



$$dF_1 = (p_0 + \gamma_1 y_0) dA_y$$

$$dF_2 = [p_0 + \gamma(y_0 + y_1) + \gamma_2 y_2] dA_y$$

$$dF_B = dF_2 - dF_1$$

$$= (\gamma_1 y_1 + \gamma_2 y_2) dA_y$$

$$= \gamma_1 y_1 dA_y + \gamma_2 y_2 dA_y$$

$$= \gamma_1 dv_1 + \gamma_2 dv_2$$

$$F_b = \int dF_B$$

$$= \iiint_V \gamma_1 dv_1 + \iiint_V \gamma_2 dv_2$$

$$= \gamma_1 v_1 + \gamma_2 v_2$$

แท่งคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ยาวด้านละ 0.3 ม. มีความถ่วงจำเพาะ 2.4

จงหาขนาดและทิศทางของแรงที่จะทำให้คอนกรีตอยู่ในสภาพสมดุล และจมในปรอทที่

น้ำหนักคอนกรีต $W = \gamma_c V_c$

$$= s \gamma_w V_c$$

$$= 2.4 \times 9.81 \text{ kN/m} (0.3 \times 0.3 \times 0.3) \text{ m}^3$$

$$= 0.64 \text{ kN}$$

แรงลอยตัว

$$F_b = \gamma_m V_c = s \gamma_w V_c$$

$$= 13.6 \times 9.81 \text{ kN/m} (0.3 \times 0.3 \times 0.3) \text{ m}^3$$

$$= 3.60 \text{ kN}$$

$$F_b > W$$

จะได้

จะต้องกดคอนกรีต

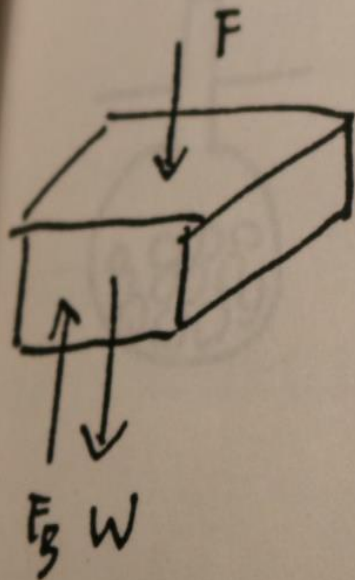
$$F_y = 0$$

$$F + F_b = W$$

$$F + 0.64 = 3.60$$

จะได้แรงกดแท่งคอนกรีต $F = 2.96 \text{ kN}$ (ทิศทางลง)

ข้อที่เหลือส่งท้ายเส้นหนึ่งก็เส้นยาวสมมุติว่า



$$F+0.64 = 3.60$$

จะได้แรงกดแท่งคอนกรีต $F = 2.96 \text{ kN}$ (ทิศทางลง)

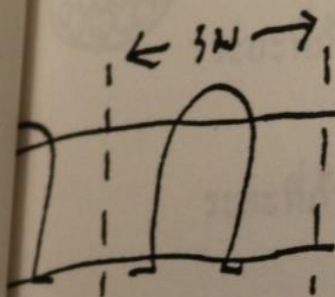
ท่อเหล็กส่งก๊าซเส้นหนึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ 120 ซม. และ 125 ซม. ตามลำดับ วาล์วต้องมน้ำยัดด้วยเหล็กรัดท่อ ที่ทุกความยาวท่อ 3 ม. จงหาแรงลอยตัวของท่อต่อความยาว 1 เมตร และแรงดึงในเหล็กรัดท่อ กำหนดให้ความหนาแน่นของท่อเหล็ก $7,900 \text{ kg/m}^3$ และความหนาแน่นของน้ำ $1,000 \text{ kg/m}^3$

วิธีทำ

พิจารณาที่ความยาวท่อ 1 เมตร

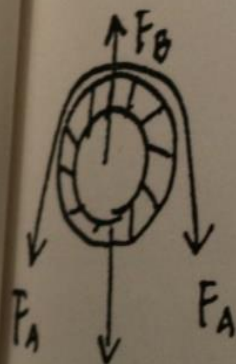
$$\text{แรงลอยตัว } F_b = W_w = \gamma v_s = \frac{\rho g \pi d^2}{4} \dots\dots\dots (1).$$

$$= 1,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2} + \frac{\pi (1.25 \text{ m}^2)}{4} \times 1 \text{ m} = 12,038.68 \text{ N/m}$$



โจทย์กำหนดให้ยัดท่อทุก ๆ 3 เมตร

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักของท่อในช่วง 3 เมตร} &= \rho_s g v_s \\ &= 7,900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \frac{\pi (1.25^2 - 1^2)}{4} \times 3 \\ &= 22,368.83 \text{ N} \end{aligned}$$



$$\text{แรงลอยตัวในช่วง 3 เมตร} = 3 \times 12,038.68 \text{ N}$$

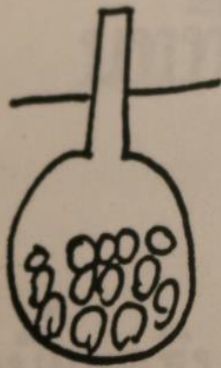
แรงดึง

$$2 F_A = F_b - W$$

$$= 36,116.04 - 22,368.83$$

ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)

เป็นเครื่องมือสำหรับวัดความถ่วงจำเพาะของของไหล



น้ำที่มีความถ่วงจำเพาะ=1
กรณีน้ำ

$$F_b = W$$

$$\gamma_w v_o = W$$

กรณีของไหลที่มีความถ่วงจำเพาะ S

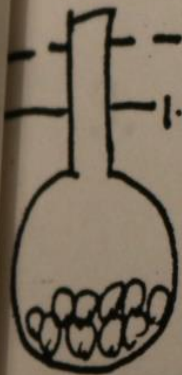
$$S \gamma_w (v_o - \Delta v) = W$$

$$S \gamma_w (v_o - a \Delta h) = W \Rightarrow \gamma_w v_o$$

กำหนดสเกลบนก้านไฮโดรมิเตอร์ $\Delta h = \frac{(S-1) v_o}{sa}$

กำหนดสเกลบนก้านไฮโดรมิเตอร์ $\Delta h = \frac{(S-1) v_0}{s_a}$

ไฮโดรมิเตอร์อันหนึ่งมีมวล 0.045 kg และพื้นที่หน้าตัดของแท่งแก้ว 320 มม²
จงหาระยะที่ก้านไฮโดรมิเตอร์จมอยู่ใต้ผิวของของไหลที่มีความถ่วงจำเพาะ 0.90



ปริมาตรของไฮโดรมิเตอร์ที่จมใต้ผิวน้ำ $v_0 = W/\gamma_w$

$$= \frac{0.045 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2}{1,000 \times 9.81 \text{ N/m}^3}$$

$$= 4.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

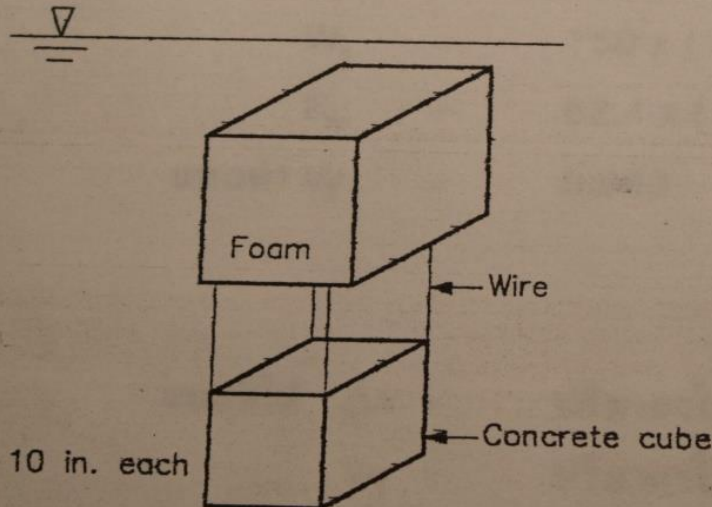
ระยะที่ก้านไฮโดรมิเตอร์ $\Delta h = \frac{(S-1) v_0}{s_a} = \frac{(0.9-1)(4.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3)}{0.9(320 \times 10^{-6} \text{ m}^2)}$

ระยะที่ก้านไฮโดรมิเตอร์อยู่ด้านบนของขีด 1 เท่ากับ $-0.0156 \text{ m} = 1.56 \text{ cm}$

quiz

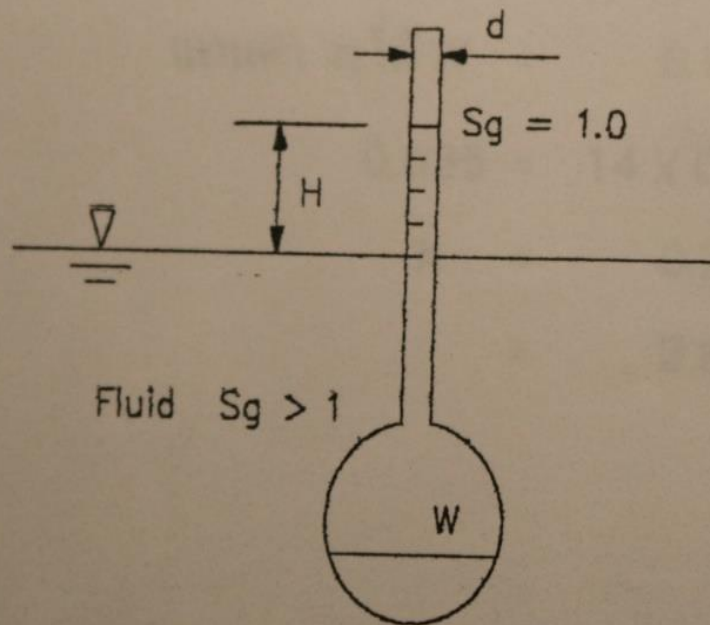
Assignment Lesson 5

1. A concrete cube 10 in. on each side is held in equilibrium under water by attaching a light weight foam buoy to it as shown in the figure. (In theory, the attached foam buoy and concrete cube, when placed under water, will neither rise nor sink) If specific weight of concrete and foam are 250 lb/ft^3 and 5.0 lb/ft^3 respectively, what minimum volume of foam is required.



2. If the total weight of the buoy and concrete cube is 10 lb, what is the weight of the concrete cube?

2. If the total weight of the hydrometer in the figure is 0.035 lb. and the stem diameter is 0.35 in., compute the elevation "H" for a fluid of specific gravity 1.4



Solution Assignment Lesson 5

1.

หา Minimum volume ของ Foam

$$\sum F_y = 0 \quad W_f - F_{bf} + W_c - F_{bc} = 0$$

$$W_f = 5.0 V_f$$

$$F_{bf} = 62.4 V_f$$

$$W_c = 150 \times (10/12)^3$$

$$F_{bc} = 62.4 \times (10/12)^3$$

$$\text{แทนค่า } V_f = 0.883 \text{ ft}^3$$

2.

สมมติให้ $\Delta V =$ ปริมาตรไฮโดรเจนที่ลดลง

$$\text{แทนค่า } V_f = 0.883 \text{ ft}^3$$

2.

สมมติให้ $\Delta V =$ ปริมาตรไฮโดรมิเตอร์ ระหว่าง $S_g = 1$ ถึง $S_g 1.4$

$V_o =$ ปริมาตรไฮโดรมิเตอร์ ที่จม ที่ $S_g = 1$

$\gamma =$ S_g ของน้ำ

$W =$ น้ำหนักของไฮโดรมิเตอร์

$$W = \gamma V_o = S \times \gamma \times (V_o - \Delta V)$$

$$= S \gamma V_o - S \gamma \Delta V$$

เนื่องจาก $\gamma V_o = W$ และ $\Delta V = h A$

$$\text{แทนค่า จะได้ } W = S W - S \gamma h A$$

$$0.035 = 14 \times 0.035 - 14 \times 62.4 \times h \times (\pi/4) \times (0.35/12)^2$$

$$h = 0.24 \text{ ft.}$$

$$= 2.88 \text{ in.}$$