

水理学演習 中間小テスト

■注意■

1. 水の密度 $\rho=1000\text{kg/m}^3$, 重力加速度 $g=9.8\text{m/s}^2$, 水の単位体積重量 $\gamma=\rho g=9800\text{N/m}^3=9.8\text{kN/m}^3$ とする.
2. 圧力はすべてゲージ圧 (大気圧=0) とし, 単位はパスカル $\text{Pa}=\text{N/m}^2$ で答えよ.
3. 1000 倍を表す k (キロ) を使用して良い.

問題 1 側圧管

図-1 のような側圧管がある. 図中の記号および, 水の単位体積重量 γ を用いて, A 点での圧力 p_A を, 式で表せ.

また, $h_1=0.5\text{m}$, $h=0.4\text{m}$ とし, 図中の比重 $s=1.2$ であるとき, 圧力 p_A の値はいくらになるか求めよ.

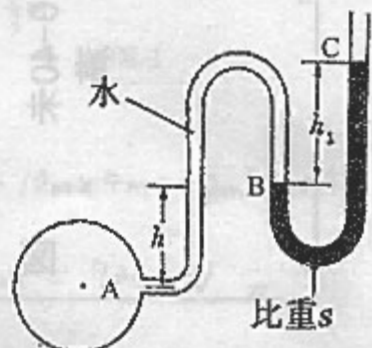


図-1

単位体積重量

- B での圧力を p_B とする.
 C での圧力は大気圧でゼロ $p_C=0$ である.
- $C \rightarrow B$ 間で p_B の圧力は, $C \rightarrow B$ 間の単位体積重量が $s\gamma$ (水の γ の s 倍) で, 高さの差が h_1 だから, (低い点の圧力 = 高い点の圧力 + その間の $\gamma \times$ 高さの差) のルールにより,

$$p_B = p_C + s\gamma h_1 = s\gamma h_1 \quad \dots \textcircled{1}$$

- $B \rightarrow A$ 間で, p_A は, 同じルールにより, $\sqrt{A-B}$ 間の高さの差は h で, 水の γ を用いると,

$$p_A = p_B + \gamma h \quad \dots \textcircled{2}$$

式②に式①を代入すると,

$$p_A = s\gamma h_1 + \gamma h = \gamma(s h_1 + h) \quad \dots \textcircled{3} \quad \text{(式の答え)}$$

20

- 式③に, 諸量の値を代入する,

$$p_A = 9800 \text{ N/m}^3 \times (1.2 \times 0.5 \text{ m} + 0.4 \text{ m})$$

$$= 9800 \text{ N/m}^3 \times 1.0 \text{ m}$$

$$= 9800 \text{ N/m}^2 = 9.8 \text{ kPa} //$$

p_A

20

問題3 曲面に作用する全水圧 (テンターゲート, 下向き作用, 作用位置)

図-3のような, 奥行き $b=10\text{m}$, 半径 $R=4\text{m}$, 中心角 $\theta=90^\circ$ のテンターゲートがある。

これに作用する, 全水圧 P の大きさと, その分圧 P_x, P_y , 作用線の角度 β を求めよ。

また, その作用位置 H_c および a を求めよ。

P_x は, ゲートの鉛直投影面に。

水面に作用する全水圧に等しい。

(図-1, 左図に作用する力)

重心 G での水圧 $p_G = \gamma \times H_G$ は,

$$H_G = \frac{H}{2} = \frac{R}{2} = \frac{4\text{m}}{2} = 2\text{m}$$

と γ の積であり, P_x は p_G と, 投影面積 $A_x = bH = 10\text{m} \times 4\text{m} = 40\text{m}^2$ との積である。

$$P_x = p_G \cdot A = \gamma H_G \cdot A = 9800\text{N/m}^3 \times 2\text{m} \times 40\text{m}^2 = 784\text{kN} //$$

[5] P_x

その作用位置 $H_c (= \frac{2}{3}H) = \frac{2}{3} \times 4\text{m} = 2.67\text{m}$ 。

となり, $H_c' = H - H_c = \frac{1}{3}R = 1.33\text{m} //$

[3] H_c'

となる。(水面から高さ開きであるため。)

[別解] $y_c = H_c, y_G = H_G$ (全鉛直面分の H_c は H_G と一致) により,

$$y_c (= H_c) = y_G + \frac{\gamma_G}{\gamma} A_x = y_G + \frac{\frac{1}{2} b H^3}{\gamma_G b H} = y_G + \frac{H^2}{12 \gamma_G}$$

$$\leftarrow y_G = \frac{R}{2}, H = R \text{ を代入}$$

$$= \frac{R}{2} + \frac{1}{12} \frac{R^2}{(\gamma \times 2)} = \frac{R}{2} + \frac{R}{6} = \frac{2}{3} R$$

$$= 2.67\text{m}$$

P_y は, 曲面と水面の間の立体の水重量である。図中の ∇ (ABE) 内の体積に γ をかけたものとなる。 ∇ の面積を A' とすると, $P_y = \gamma \cdot V = \gamma \cdot b \cdot A'$ である。

A' は, $\nabla = \square$ (正方形, $A_1 = R^2$) - $\cap$ (扇形, $A_2 = \pi R^2 \times \frac{1}{4}$) であるから,

$$A' = R^2 - \frac{\pi}{4} R^2 = R^2 (1 - \frac{\pi}{4}) = (4\text{m})^2 \times (1 - \frac{3.14}{4}) = 16\text{m}^2 \times 0.215 = 3.44\text{m}^2$$

となる。よって,

$$P_y = \gamma b A' = 9800\text{N/m}^3 \times 10\text{m} \times 3.44\text{m}^2 = 337000\text{N} = 337\text{kN} //$$

[5] P_y

$$\text{角度 } \tan \beta = \frac{P_y}{P_x} = \frac{337\text{kN}}{784\text{kN}} = 0.430 //$$

(ちなみに $\beta = 23.3^\circ$)

$$P_x, P_y \text{ の合力: } P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} = \sqrt{784^2 + 337^2} = 853\text{kN}$$

これは, O 点を通るので, 右回りのモーメントの合計がゼロとなる。

$$P_x \times H_c' - P_y \times a = 0$$

$$a = \frac{P_x}{P_y} \times H_c' = \frac{H_c'}{\tan \beta} = \frac{1.33\text{m}}{0.430} = 3.09\text{m} //$$

[2] a

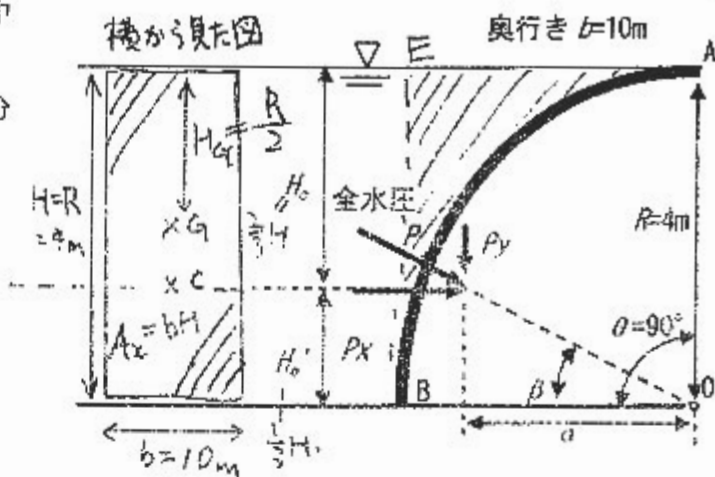


図-3