

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。
4. 整数となる場合を除き, 有効桁数は, 3 桁程度が望ましい。

問題1 側圧管(20点)

図-1 のように, 水と比重 s の流体による側圧管がある。 $h=1.0\text{m}$, $h_1=1.25\text{m}$ とし, 図中の比重 $s=0.8$ であるとき, 圧力 p_A の値はいくらになるか求めよ。途中経過も記し, 単位もつけること。

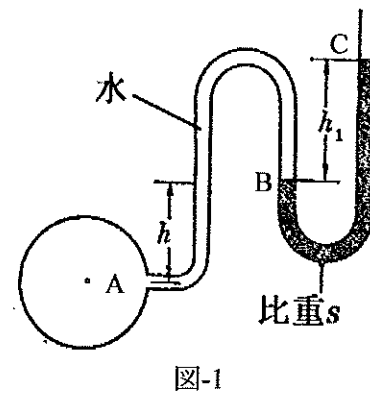


図-1

1つの流体をはさんだ2点間の圧力は,

$$P(\text{下の点}) = P(\text{上の点}) + (\text{その流体の}\rho g) \times \text{高さの差}$$

である。その流体の ρg は, 比重 s を使えば,

$s \times (\text{水の}\rho g)$ となる。つまり, BとC間の ρg は,

$s\rho g$ となる。これから,

$$P_A = P_B + \underbrace{\rho g h}_{\text{水の}\rho g} \quad \dots (1)$$

$$P_B = P_C + \underbrace{s\rho g h_1}_{\substack{\text{BとC間の}\rho g \\ \text{大気圧 } P_C = 0}} \quad \dots (2)$$

(2)式を(1)式に代入する。

$$P_A = s\rho g h_1 + \rho g h = \rho g (sh_1 + h)$$

$$= 9.8\text{kN/m}^3 \times (0.8 \times 1.25\text{m} + 1.0\text{m})$$

$$= 19.6\text{kN/m}^2 = 19.6\text{kPa} //$$

問題2 平面に作用する水圧, 水没長方形(50点)

図-2 のように, 水没した長方形板がある。この上面に作用する全水圧 P の大きさ(力)と, 作用線の位置 s_c および, H_c を求めよ。ただし, 幅 B , 高さ H の長方形の重心周りの断面2次モーメントは, $I_G = BH^3/12$ であることを利用してよい。

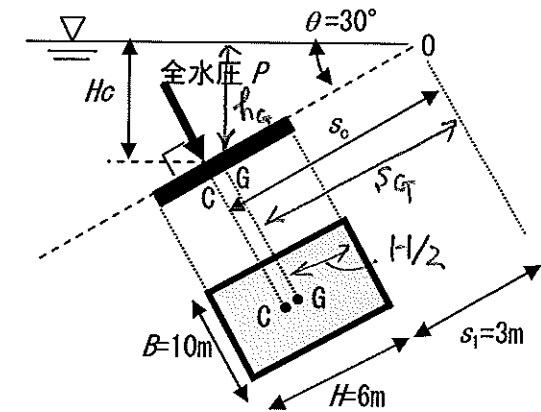


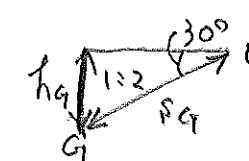
図-2

重心 G について,

$$s_g = s_1 + H/2 = 3\text{m} + 6\text{m}/2 = 6\text{m}$$

s_g と h_g の関係は,

$$\frac{h_g}{s_g} = \sin 30^\circ = \frac{1}{2}$$



$$\text{よって, } h_g = \frac{1}{2} s_g = 3\text{m}$$

$$\text{板の面積 } A = BH = 10\text{m} \times 6\text{m} = 60\text{m}^2$$

よって, 全水圧 P は,

$$P = \rho g h_g A = 9.8\text{kN/m}^3 \times 3\text{m} \times 60\text{m}^2 = 1764\text{kN} //$$

作用点の位置については, まず, 公式より, s_c について,

$$\begin{aligned} s_c &= s_g + \frac{I_G}{s_g A} \\ &= 6\text{m} + \frac{180\text{m}^4}{6\text{m} \times 60\text{m}^2} \\ &= 6.5\text{m} \end{aligned}$$

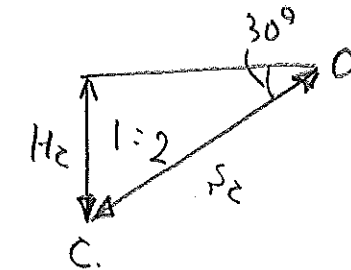
$$\begin{aligned} I_G &= \frac{1}{12} BH^3 = \frac{1}{12} \times 10\text{m} \times (6\text{m})^3 \\ &= 180\text{m}^4 \end{aligned}$$

s_c と H_c の関係は,

$$\frac{H_c}{s_c} = \sin 30^\circ = \frac{1}{2}$$

よって,

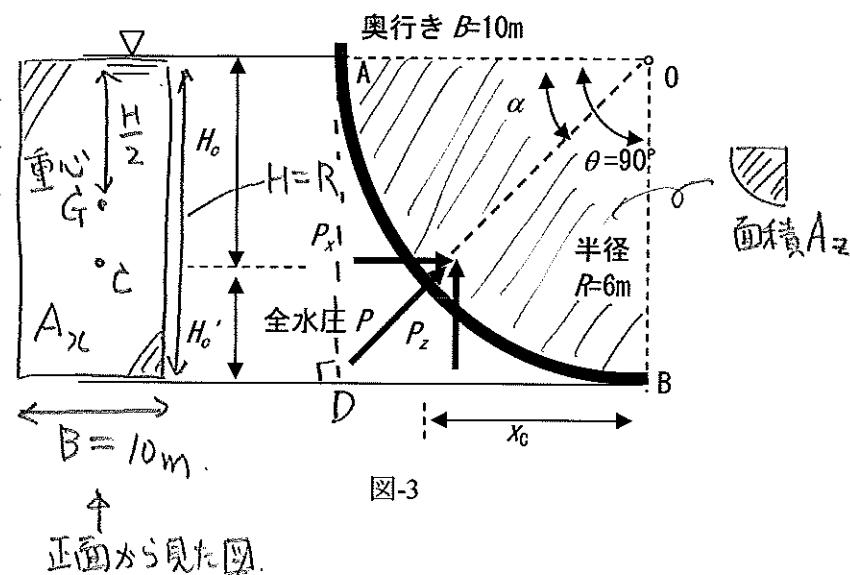
$$H_c = \frac{1}{2} s_c = \frac{1}{2} \times 6.5\text{m} = 3.25\text{m} //$$



問題3 曲面に作用する全水圧 (テンターゲート, 上向き作用, 作用位置) (30点)

図-3 のような, 奥行き $B=10\text{m}$, 半径 $R=6\text{m}$, 中心角 $\theta=90^\circ$ のゲートがある.

これに作用する、全水圧 P の大きさと、その分圧 P_x, P_z を求めよ。また、 P の作用線の角度 α を求めよ。さらに、作用位置 Hc, Hc' および x_c を求めよ。



P_x は、曲面A-Bを鉛直面ADに投影した図カク(左図)に作用する、全水圧である。その高さHはOB間つまり半径Rに等しい。

中心角は 90° だから

左図、つまり AD 面での面積 A_x は、

$$A_x = BH = BR = 10\text{ m} \times 6\text{ m} = 60\text{ m}^2.$$

であり、その重心の深さ h_G は、

$$h_G = H/2 = 6\text{m}/2 = 3\text{m}$$

である。よって、 P_{α} は、

$$P_x = \underline{\rho g} h_G A_x = 9,8 \text{ kN/m}^3 \times 3 \text{ m} \times 60 \text{ m}^2$$

$$= 1764 \text{ kN.} //$$

となる。板の作用点の高さは、AD面が、水面からの長さ分なので、
上から $\frac{2}{3}$ 、下から $\frac{1}{3}$ の高さとなる。

$$H_c = \frac{2}{3} H = \frac{2}{3} \times 6 = \frac{2}{3} \times 6 \text{ m} = 4 \text{ m}, //$$

$$H_2' = \frac{1}{3}H = \frac{1}{3}R = \frac{1}{3} \times 6m = 2m.$$

一方、 P_z は、 $\wedge$ AB面と、仮想の水面上Aとの間にはさまれた立体図形の重さ、つまり、 $P_z = \rho \times (\underbrace{\square OAB}_{A_z \text{ とある}} \times B)$ となる、
 $\square OAB = A_z$ とすると、
 A_z とある 幅 $\times$ 図形の体積、

$\odot OAB = A_2$ とすると、

 A_2 とある幅の図形の体積。

これは、円の $\frac{1}{4}$ であるから、

$$A_z = \frac{1}{4} \times \pi R^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (6 \text{ m})^2 = 28,26 \text{ m}^2.$$

۷۷۷۱)

$$P_2 = \rho g \times (A_2 \times B) = 9.8 \text{ kN/m}^3 \times (28.26 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m})$$

$$= 2769. \text{ kN}$$

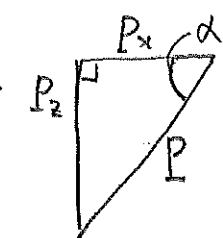
۷۷۳۰

P_x と P_z から, P のみがわかる。三平方の定理から,

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$$

$$= \sqrt{(1764 \text{ kN})^2 + (2769 \text{ kN})^2}$$

$$= 3284 \text{ kN} //$$

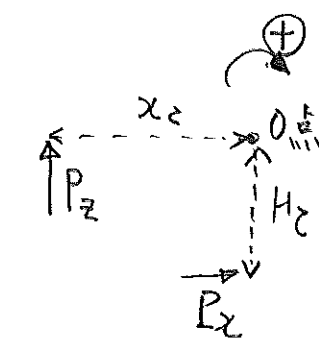

$$\text{c(7)}, \tan \delta = P_z / P_x = 2769 / 1764 = 1.57.$$

より、

$$\alpha = \tan^{-1}(1.57) = 57.5^\circ //$$

すとは、 P_L と P_R の0点まわりのモーメントの合計が"ゼロ"なることから求める。右回り正とすると

$$P_z \times X_c - P_x \times H_c = 0.$$



$$x_c = P_x H_c / P_z = \frac{H_c}{P_z / P_x} = \frac{4 \text{ m}}{1.57} = 2.55 \text{ m} //$$

۷۲۵۰