

流体力学及び演習 I 期末試験解答例(2019)

1. 水中の平板に作用する全圧力は、板の図心に作用する圧力 p に板の面積 S を乗じたものとして求まる。図心はプールの底から 1.00 m (水面から 5.00 m) [途中点 5 点] の位置にあるから、この点の水圧 (ゲージ圧) は

$$1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.807 \text{ m/s}^2 \times 5.00 \text{ m} = 4.90 \times 10^4 \text{ Pa} \text{ [+5 点]} \text{ (有効桁数 3 桁として計算)}$$

したがって、全圧力は

$$P = p \cdot S = 4.90 \times 10^4 \text{ Pa} \times (\pi/4) \times (2.00 \text{ m})^2 = 1.54 \times 10^5 \text{ N} \text{ [+10 点]} \text{ (単位を Pa とした人は 5 点減点)}$$

圧力中心 C の深さ y_C は、公式に代入して

$$y_C = 5.00 \text{ m} + (2.00 \text{ m})^2 / (16 \times 5.00 \text{ m}) = 5.05 \text{ m} \text{ [+5 点]}$$

2. 毎分 0.100 m^3 の流量を毎秒に換算すると、

$$Q = 0.100 \text{ m}^3 / (60 \text{ s}) = 1.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \text{ [+5 点]}$$

管内平均流速 v は断面積と流量の関係より、

$$v = 4Q/(\pi d^2) = 0.212 \text{ m/s} \text{ [+10 点]}$$

※ 一番簡単なのに不思議と出来は良くなかった。流量と流速を取り違えているように見える人がいました。

3. A 点, C 点, D 点の或る基準点からの高度を h_A , h_C , h_D とおく。C 点のゲージ圧 p_C は $p_C = p_D + \rho_{\text{Hg}}g(h_D - h_C) = \rho_{\text{Hg}}g(h_D - h_C) = 13.59 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.807 \text{ m/s}^2 \times (12.65 - 10.00) \times 10^{-2} \text{ m} = 3.532 \times 10^3 \text{ Pa} = 3.532 \text{ kPa}$ となる[10 点]。これは同一高度の B 点におけるゲージ圧 p_B に等しい。これより、 $p_A = p_B - \rho_w g(h_A - h_B) = 3.532 \times 10^3 \text{ Pa} - 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.807 \text{ m/s}^2 \times (12.00 - 10.00) \times 10^{-2} \text{ m} = 3.336 \times 10^3 \text{ Pa} = 3.336 \text{ kPa}$ [10 点]

4. (1) くびれ部分と出口の間に連続の式を適用すると

$$\frac{\pi d^2}{4} v = \frac{\pi D^2}{4} V \text{ [10 点]}$$

(2) 中心軸を通る流線上のくびれ部分と出口でベルヌーイの定理を適用すると

$$p + \frac{1}{2} \rho_a v^2 = p_a + \frac{1}{2} \rho_a V^2 \text{ [10 点]}$$

(3) 空気の高度差による圧力差を無視すれば、中心軸上の圧力がそのまま水面の圧力になる。したがって、 $p_a = p + \rho_w gh$ [10 点]

(4) (1)より $v = \left(\frac{D}{d}\right)^2 V$ 。これをベルヌーイの式に代入して v を消去し、(3)を用いて圧力差を消去する。

$$p_a - p = \frac{1}{2} \rho_a v^2 - \frac{1}{2} \rho_a V^2 = \frac{1}{2} \rho_a V^2 \left\{ \left(\frac{D}{d}\right)^4 - 1 \right\} = \rho_w gh \quad \text{より } V = \sqrt{\frac{2\rho_w gh}{\rho_a \left\{ \left(\frac{D}{d}\right)^4 - 1 \right\}}} \text{ [10 点]}$$