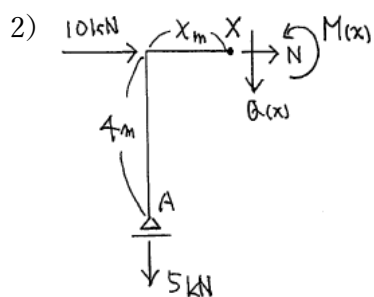


【解答例】

第 1 問

(1)

$$\begin{aligned}
 1) \quad \sum H = 0 \text{ 方向} \\
 10 + H_B = 0 \quad \underline{H_B = -10 \text{ kN}} \\
 \sum M_A = 0 \text{ 方向} \\
 10 \times 4 + 2H_B - 4R_B = 0 \\
 4R_B = 20 \quad \underline{R_B = 5 \text{ kN}} \\
 \sum V = 0 \text{ 方向} \\
 R_A + R_B = 0 \\
 R_A = -5 \quad \underline{R_A = -5 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \sum V = 0 \text{ 方向} \\
 Q(x) + 5 = 0 \\
 \underline{Q(x) = -5 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum M_x = 0 \text{ 方向} \\
 M(x) + 5x = 0 \\
 \underline{M(x) = -5x \text{ kN}\cdot\text{m}}
 \end{aligned}$$

(2)

$$1) \sum H = 0 \text{ f.y.} \quad \underline{H_B = 0}$$

$$\sum M_C = 0 \text{ f.y.}$$

$$7R_A - 28 \times \frac{7}{2} = 0$$

$$R_A = 14 \quad \underline{R_A = 14 \text{ kN}}$$

$$\sum V = 0 \text{ f.y.}$$

$$R_A + R_B - 40 = 0$$

$$14 + R_B - 40 = 0$$

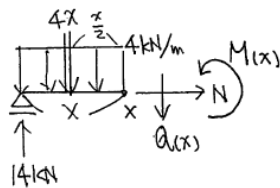
$$\sum M_B = 0 \text{ f.y.} \quad \underline{R_B = 26 \text{ kN}}$$

$$M_B - 40 \cdot 5 + 10R_A = 0$$

$$M_B - 200 + 140 = 0$$

$$\underline{M_B = 60 \text{ kN} \cdot \text{m}}$$

2)



$$\sum V = 0 \text{ f.y.}$$

$$14 - 4x - Q(x) = 0$$

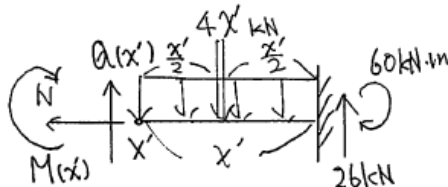
$$\underline{Q(x) = -4x + 14 \text{ kN}}$$

$$\sum M_x = 0 \text{ f.y.}$$

$$M(x) + 4x \cdot \frac{x}{2} - 14x = 0$$

$$\underline{M(x) = -2x^2 + 14x \text{ kN} \cdot \text{m}}$$

3)



$$\sum V = 0 \text{ f.y.}$$

$$Q(x') + 26 - 4x' = 0$$

$$\underline{Q(x') = 4x' - 26 \text{ kN}}$$

$$\sum M_{x'} = 0 \text{ f.y.}$$

$$M(x') + 4x' \cdot \frac{x'}{2} - 26x' + 60 = 0$$

$$M(x') = -2x'^2 + 26x' - 60$$

$$\underline{M(x') = -2x'^2 + 26x' - 60 \text{ kN} \cdot \text{m}}$$

【出題意図】

土木工学専攻において専門知識の修得が可能か否について、静定構造物の構造解析の基礎（反力、断面力の算定）の到達度を確認することを出題意図とした問題です。

第2問

(1)

$$1) \quad \rho Q v_2 - \rho Q v_1 = p_1 A_1 - p_2 A_2 - F$$

$$2) \quad v_1 = \frac{0.03}{\frac{\pi \times 0.06^2}{4}} = 10.61 \text{ m/s},$$
$$v_2 = \frac{0.03}{\frac{\pi \times 0.03^2}{4}} = 42.44 \text{ m/s}$$

$$3) \quad F = (p_1 A_1 - p_2 A_2) - (\rho Q v_2 - \rho Q v_1) = (p_1 A_1 - p_2 A_2) - \rho Q (v_2 - v_1)$$
$$= \left(850000 \cdot \frac{\pi \cdot 0.06^2}{4} \right) - 1000 \cdot 0.03 (42.44 - 10.61)$$
$$= 1448.42 \text{ N}$$

(2)

$$1) \quad P_x = \rho g h_{Gx} A_x$$
$$h_{Gx} = \frac{h}{2} = \frac{5}{2} \text{ (m)}, \quad A_x = 5 \times 1 = 5 \text{ (m}^2\text{)}$$
$$P_x = 1000 \times 9.8 \times \frac{5}{2} \times 5 = 122500 \text{ (N)}$$

$$2) \quad h_{Cx} = h_{Gx} + \frac{I_{0x}}{h_{Gx} A_x} = \frac{h}{2} + \frac{B h^3}{12} \frac{2}{B h^2} = \frac{2}{3} h$$
$$= \frac{2}{3} \times 5 = 3.3 \text{ (m)}$$

$$3) \quad P_z = \rho g V$$
$$V = \pi \times 5^2 \times \frac{90}{360} = 19.6 \text{ (m}^3\text{)}$$
$$P_z = 1000 \times 9.8 \times 19.6 = 192080 \text{ (N)}$$

$$4) \quad P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} = \sqrt{122500^2 + 192080^2} = 227817.9 \text{ (N)}$$

(3)

- 1) 点 A と点 B にベルヌーイの定理を適用すると

$$\frac{v_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\rho g} + Z_A = \frac{v_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\rho g} + Z_B$$

$$H = \frac{v_B^2}{2g} + H - h_d$$

$$v = v_B = \sqrt{2gh_d}$$

ここで、 h_d を任意の水深 h に置き換えても上式は成立するので

$$v = \sqrt{2gh} \text{ と書ける}$$

- 2) よって図の微小部分(グレーの塗りつぶし) の断面積($dA = Bdh$)を通過する流れの流量 dQ は

$$dQ = \sqrt{2gh} dA = \sqrt{2gh} B dh \text{ となる}$$

従って、堰からの全流量 Q は断面内積分によって

$$Q = \int_A dQ = \int \sqrt{2gh} dA = \int_0^H \sqrt{2gh} B dh$$

$$= B\sqrt{2g} \int_0^H h^{\frac{1}{2}} dh = \frac{2}{3} B\sqrt{2g} |h|^{\frac{3}{2}} \Big|_0^H$$

$$= \frac{2}{3} B\sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}}$$

【出題意図】

土木工学を基盤とする都市工学が担う範囲は多岐にわたるが、その基礎となる分野の一つである水理学について基本原理の理解度を計るため、管水路、静水圧、開水路について問うています。これらの問題は水理学の基礎的な知識を必要とするものの、都市工学分野における専門的な研究を遂行するにあたり必要な能力・知識となるものです。

第3問

(1)

1) 粘土中央部の全応力

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \gamma_t \times 4.6m + \gamma_{sat_s} \times 6.0m + \gamma_{sat_c} \times (7.6m/2) \\ &= 17.6kN/m^3 \times 4.6m + 20.4kN/m^3 \times 6.0m + 18.1kN/m^3 \times 3.8m \\ &= 272.14kN/m^2\end{aligned}$$

粘土中央部の間隙水圧

$$u = \gamma_w \times \left(6.0m + \frac{7.6m}{2} \right) = 9.81kN/m^3 \times 9.8m = 96.14kN/m^2$$

粘土層の中央部の有効応力

$$\sigma'_c = \sigma_c - u = (272.14 - 96.14)kN/m^2 = 176kN/m^2$$

2) 粘土層の中央部の有効応力

$$p_0 = \sigma'_c = 176kN/m^2$$

地表面に荷重が作用されたときの有効応力

$$p_1 = \sigma'_c + q = 176 + 120 = 296kN/m^2$$

正規圧密粘土層の圧密沈下量

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \left(\frac{p_1}{p_0} \right) = \frac{0.32 \times 7.6m}{1 + 1.11} \log \left(\frac{296}{176} \right) = 0.26m$$

(2)

1) $\sigma_1 - \sigma_3 = 280kPa$

$$\sigma_3 = 200kPa$$

$$\sigma_1 = 280kPa + \sigma_3 = 280 + 200 = 480kPa$$

$$\begin{aligned}\sigma_{57^\circ} &= \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \right) + \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right) \cos 2\theta \\ &= \left(\frac{480 + 200}{2} \right) + \left(\frac{480 - 200}{2} \right) \cos(2 \times 57) = 283kPa\end{aligned}$$

2) $\tau_{57^\circ} = \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right) \sin 2\theta$

$$= \left(\frac{480 - 200}{2} \right) \sin(2 \times 57) = 128kPa$$

$$3) \quad \tau_{\max} = \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right) = \left(\frac{480 - 200}{2} \right) = 140 \text{ kPa}$$

$$\tau_{\max} = \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right) \sin 2\theta = 140 \text{ kPa}$$

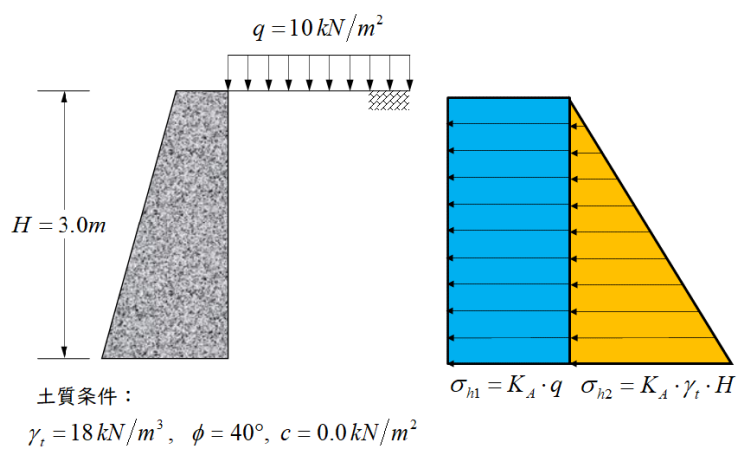
$$\sin 2\theta = 1$$

$$2\theta = 90^\circ$$

$$\theta = 45^\circ$$

(3)

1)



2) 主働土圧(上載荷重、四角分布)

$$P_{A1} = \sigma_{h1} \cdot H = K_A \cdot q \cdot H = 0.217 \times 10 \times 3 = 6.51 \text{ kN/n}$$

主働土圧(地盤、三角分布)

$$P_{A2} = \frac{1}{2} \sigma_{h2} \cdot H = \frac{1}{2} \cdot K_A \cdot \gamma_t \cdot H^2 = \frac{1}{2} \times 0.217 \times 18 \times 3^2 = 17.58 \text{ kN/n}$$

主働土圧の合力

$$P_A = P_{A1} + P_{A2} = 6.51 + 11.58 = 24.09 \text{ kN/m}$$

3) モーメントのつり合いによって、

$$P_A \times h_A = P_{A1} \times h_{A1} + P_{A2} \times h_{A2}$$

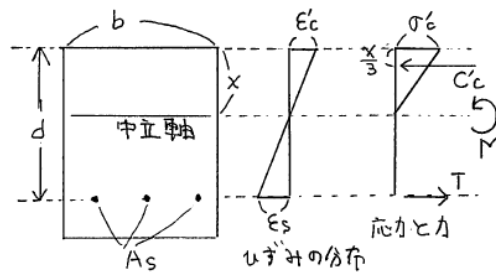
$$\therefore h_A = \frac{P_{A1} \times h_{A1} + P_{A2} \times h_{A2}}{P_A} = \frac{6.51 \times \frac{3}{2} + 17.58 \times \frac{3}{3}}{24.09} = 1.135 \text{ m}$$

【出題意図】

地盤工学における基礎現象に対する理解度を確認することを目的として、圧密、せん断、土圧の3分野から問題を出題した。これらの問題は、地盤の変形特性や強度特性、ならびに土中における応力状態といった基本概念の理解を必要とするものであり、地盤材料の力学的挙動を適切に把握・解釈するための基礎的な能力を評価することを意図している。

第4問

(1)



$$\frac{\epsilon'_c}{x} = \frac{\epsilon_s}{d-x}, \quad \sigma'_c = E_c \epsilon'_c, \quad \sigma_s = E_s \epsilon_s$$

$$\frac{1}{x} \cdot \frac{\sigma'_c}{E_c} = \frac{1}{d-x} \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\sigma_s = \frac{d-x}{x} \cdot \frac{E_s}{E_c} \sigma'_c = 8 \cdot \frac{d-x}{x} \sigma'_c$$

$$C'_c = \frac{1}{2} \sigma'_c b x, \quad T = \sigma_s A_s$$

$$C'_c = T$$

$$\frac{1}{2} \sigma'_c b x = 8 \cdot \frac{d-x}{x} A_s$$

$$b x^2 = 16(d-x) A_s$$

$$b x^2 + 16 A_s x - 16 d A_s = 0$$

$$x = \frac{-8 A_s + \sqrt{8^2 A_s^2 + b \cdot 16 d A_s}}{b}$$

$$x_{(mm)} = \frac{-8 \times 2000 + \sqrt{64 \cdot (2000)^2 + 16 \cdot 500 \cdot 800 \cdot 2000}}{500}$$

$$\approx 197 \text{ mm}$$

답 197 mm

$$(2) \quad M = \sigma_s A_s \left(d - \frac{x}{3} \right) \quad \sigma_s$$

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s \left(d - \frac{x}{3} \right)} = \frac{60,000,000}{2000 \times \left(800 - \frac{197}{3} \right)} \doteq 40.9$$

$$\frac{1}{2} \sigma'_c b x = \sigma_s A_s$$

$$\sigma'_c = \frac{2 \sigma_s A_s}{b x} = \frac{2 \times 40.9 \times 2000}{500 \times 197} \doteq 1.7$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \sigma'_c = 1.7 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \sigma_s = 40.9 \text{ N/mm}^2$$

$$(3) \quad \varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} = \frac{40.9}{200,000} \doteq 0.000205$$

$$\frac{\text{mm}}{\text{mm}} \quad 205 \times 10^{-6}$$

【出題意図】

土木工学専攻において専門知識の修得が可能か否について、曲げが作用する鉄筋コンクリート断面の弾性域でのコンクリート及び鉄筋の応力、ひずみに関する理解度の確認を出題意図とした問題です。