

専門 (社会基盤工学専攻)

受験番号

氏名

解答

総得点

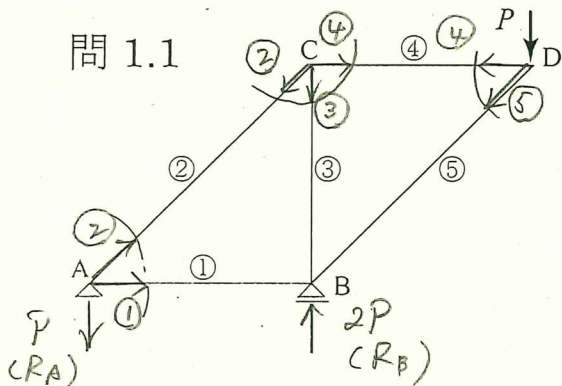
100

/ 100

問 1. 構造力学 (1 / 1)

注意 解答は解答欄に記入すること。また、解答に至るまでの過程も示すこと。

問 1.1



反力の計算

$$\sum M_B = R_A \times a + P \times a = 0 \text{ より } R_A = -P$$

$$\sum V = R_A + R_B - P = 0 \text{ より } R_B = 2P$$

格点 A

$$\sum V = -P + ② \frac{1}{\sqrt{2}} = 0 \text{ より}$$

$$② = \sqrt{2}P \text{ (3/3張)}$$

$$\sum H = ① + ② \frac{1}{\sqrt{2}} = 0 \text{ より}$$

$$① = -P \text{ (圧縮)}$$

格点 C

$$\sum V = -② \frac{1}{\sqrt{2}} - ③ = 0 \text{ より}$$

$$③ = -P \text{ (圧縮)}$$

格点法による軸力の計算

格点 B

$$\sum V = -P - ⑤ \frac{1}{\sqrt{2}} = 0 \text{ より}$$

$$⑤ = -\sqrt{2}P \text{ (圧縮)}$$

$$\sum H = -④ - ⑤ \frac{1}{\sqrt{2}} = 0$$

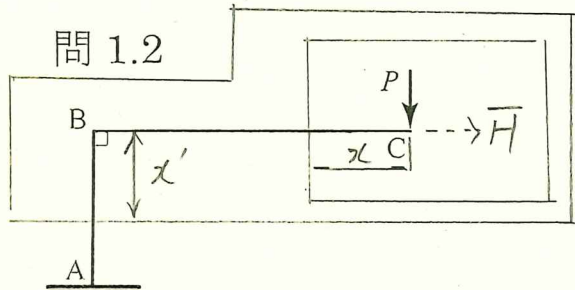
$$④ = P \text{ (3/3張)}$$

解答

答え

解答	得点
① $-P$ (圧縮)	10
② $\sqrt{2}P$ (3/3張)	10
③ $-P$ (圧縮)	10
④ P (3/3張)	10
⑤ $-\sqrt{2}P$ (圧縮)	10

問 1.2



yc

$$M_x = -Px, \quad M_{x'} = -2Pa$$

仮想変位法による

$$\delta U_M = \delta \int \frac{M^2}{2EI} dx$$

$$= \frac{1}{2EI} \left\{ \int_0^{2a} (Px)^2 dx + \int_0^a (2Pa)^2 dx' \right\}$$

カスツリヤの第2定理より

$$y_c = \frac{\partial U_M}{\partial P}$$

$$= \frac{1}{EI} \left\{ \int_0^{2a} x(Px) dx + \int_0^a (2Pa) 2a dx' \right\}$$

$$= \frac{P}{EI} \left\{ \left[\frac{x^3}{3} \right]_0^{2a} + 4a^2 [x]_0^a \right\}$$

$$= \frac{20Pa^3}{3EI} \text{ (鉛直下向き)}$$

xc C点の左向きに仮想荷重Hを作用させた。

$$M_x = -Px, \quad M_{x'} = -(2Pa + Hx')$$

仮想変位法による

$$\delta U_M = \frac{1}{2EI} \left\{ \int_0^{2a} (Px)^2 dx + \int_0^a (2Pa + Hx')^2 dx' \right\}$$

第2定理より

$$x_c = \frac{\partial U_M}{\partial H} = \frac{1}{EI} \int_0^a (2Pa + Hx') x' dx'$$

∴ 2, H = 0 と仮定

$$x_c = \frac{2Pa}{EI} \left[\frac{x'^2}{2} \right]_0^a$$

$$= \frac{Pa^3}{EI} \text{ (右向き)}$$

解答

得点

yc	$\frac{20Pa^3}{3EI}$ (下向き)	25
xc	$\frac{Pa^3}{EI}$ (右向き)	25

専門（社会基盤工学専攻）

受験番号		氏名	
------	--	----	--

総得点	／ 1 0 0
-----	---------

問 2. 水理学（1／2）

注意 解答は解答欄に記入すること。解答が数値の場合は、有効数字 3 桁で表示すること。
また、解答に至るまでの過程も示すこと。単位を[]の中に記入しなさい。

問 2.1

(1)

図中の力のつり合い式を立式すると、

$$\left\{-\tau + \left(\tau + \frac{\partial \tau}{\partial z} dz\right)\right\} dx + W \sin \theta = 0$$

$$\frac{\partial \tau}{\partial z} = -\rho g \sin \theta$$

但し、 $W = \rho g dx dz$ であり、 $g < 0$ とする。

題意より、せん断応力は Newton 流体に従うので、

$$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = -\frac{g}{\nu} \sin \theta$$

積分すると、

$$\frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{g}{\nu} z \sin \theta + C$$

題意より、境界条件($z = ah$ のとき、 $\partial u / \partial z = 0$)から定数を定めると、

$$C = \frac{g}{\nu} \alpha h \sin \theta$$

代入して更に積分すると、

$$u = \frac{g}{\nu} \sin \theta \left(\alpha h z - \frac{z^2}{2} \right) + D$$

題意より、境界条件($z = 0$ のとき、 $u = 0$)を適用して定数を定めると、

$$D = 0$$

以上により流速分布は以下のようになる。

$$u = \frac{g}{\nu} \sin \theta \left(\alpha h z - \frac{z^2}{2} \right)$$

但し、 $W = -\rho g dx dz$ とした場合、以下も正解とする。

$$u = -\frac{g}{\nu} \sin \theta \left(\alpha h z - \frac{z^2}{2} \right)$$

(2)

水面での流速は、(1)の流速分布式に $z = h$ 、 $\alpha = 0.2$ を代入すると、

$$u = \frac{g}{\nu} \sin \theta (0.2 h^2 - 0.5 h^2)$$

$$u = -0.3 \frac{g}{\nu} h^2 \sin \theta$$

一方、最大流速は、同式に $z = ah$ 、 $\alpha = 0.2$ を代入すると、

$$u_{max} = \frac{g}{\nu} \sin \theta (0.04 h^2 - 0.5 h^2)$$

$$u_{max} = -0.46 \frac{g}{\nu} h^2 \sin \theta$$

よって、

$$\frac{u}{u_{max}} = \frac{-0.3}{-0.46} = 0.6521$$

問題 番号	解答	得点
(1)	$u = \frac{g}{\nu} \sin \theta \left(\alpha h z - \frac{z^2}{2} \right)$	25
(2)	0.652	25

専門（社会基盤工学専攻）

受験番号		氏名	
------	--	----	--

問 2. 水理学（2／2）

注意 解答は解答欄に記入すること。解答が数値の場合は、有効数字 3 桁で表示すること。
 また、解答に至るまでの過程も示すこと。単位を[]の中に記入しなさい。

問 2.2

- (1) 同一高度上に①断面の水槽内流速を $u_1=0$ 、③断面は大気と接している
 ので、 $p_3=0$ になることを考慮して、

$$\frac{p_1}{\rho g} = \frac{u_3^2}{2g}$$

$$u_3 = \sqrt{\frac{2p_1}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \times 3,000}{1,000}} = 2.449(m/s)$$

- (2) 連続式から、
- $$Q = u_3 \times A_3 = 2.449 \times \frac{\pi}{4} \times 0.01^2 = 0.1924 \times 10^{-3}(m^3/s)$$

- (3) 連続式から、
- $$u_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.1924 \times 10^{-3}}{\pi/4 \times 0.03^2} = 0.2722(m/s)$$
- ①・②断面のベルヌーイの式から、
- $$\frac{p_1}{\rho g} = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g}$$
- $$p_2 = \rho g(\frac{p_1}{\rho g} - \frac{u_2^2}{2g}) = 1000 \times 9.8 \times (\frac{3,000}{1,000 \times 9.8} - \frac{0.2722^2}{2 \times 9.8}) = 2.963(kPa)$$

問題 番号	解答		得点
(1)	$u_3=$	2.45[m/s]	15
(2)	$Q=$	$0.192 \times 10^{-3}[m^3/s]$	15
(3)	$u_2=$	0.272[m/s]	10
	$p_2=$	2.96[kPa]	10

専門（社会基盤工学専攻）

受験番号		氏名	
------	--	----	--

問 3. 土質工学（1／2）

総得点	／100
-----	------

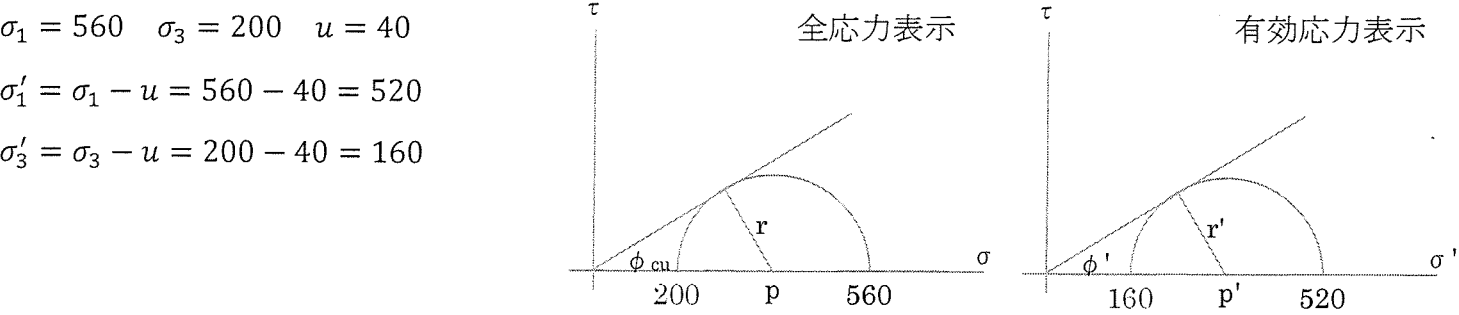
注意 解答は解答欄に記入すること。また、解答に至るまでの過程も示すこと。
単位がある場合は、[]の中に記入しなさい。

問 3.1

(1) 諸量は以下のように求めることができる。

$$S_r = \frac{w \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} = 100 \text{より、} e = \frac{w \cdot \rho_s}{100 \cdot \rho_w} = \frac{45.20 \times 2.65}{100 \times 1.00} = 1.1978 \approx 1.20$$
$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 \text{より、} \rho_d = \frac{\rho_s}{e+1} = \frac{2.65}{1.1978+1} = 1.2058 \approx 1.21 \text{ g/cm}^3$$
$$\rho_t = \rho_d \times (1 + w/100) = 1.2058 \times (1 + 0.452) = 1.7508 \approx 1.75 \text{ g/cm}^3$$

(2) 問題から以下の値が得られ、図のようにモールの応力円と破壊規準線が描ける（粘着力 $c=0$ ）。



左図において $p = \frac{560+200}{2} = 380$ 、 $r = \frac{560-200}{2} = 180$
図中の三角形にて $\sin \varphi_{cu} = \frac{180}{380}$ が成り立つ。よって、 $\varphi_{cu} = \sin^{-1} \frac{180}{380} = 28.27^\circ$
右図において $p' = \frac{520+160}{2} = 340$ 、 $r' = \frac{520-160}{2} = 180$
図中の三角形にて $\sin \varphi' = \frac{180}{340}$ が成り立つ。
よって、 $\varphi' = \sin^{-1} \frac{180}{340} = 31.97^\circ$

問題 番号	解答			得点
(1)	$e =$	1.20	[]	10
	$\rho_d =$	1.21	[g/cm ³]	10
	$\rho_t =$	1.75	[g/cm ³]	10
(2)	$\varphi_{cu} =$	28.27	[°]	10
	$\varphi' =$	31.97	[°]	10

専門（社会基盤工学専攻）

受験番号		氏名	
------	--	----	--

問 3. 土質工学（2／2）

問 3.2

(1) 水の単位体積重量 γ_w は $\rho_w \times g$ で得られる。また水中単位体積重量は

$\gamma' = (\gamma_{sat} - \gamma_w) = (\rho_{sat} - \rho_w) \times g = \left(\frac{\rho_s + e \cdot \rho_w}{1 + e} - \rho_w\right) \times g = \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e}\right) \times g$ と得られる。限界動水勾配 i_c はこれらを用いて次のように求めることができる。

$$i_c = \frac{\gamma'}{\gamma_w} = \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e}\right) \times \frac{g}{\rho_w \times g} = \left(\frac{2.70 - 1.00}{1 + 0.50}\right) \times \frac{9.8}{1.00 \times 9.8} = 1.1333 \approx 1.13$$

(2) 深さ $z = 0.3 \text{ m}$ における有効応力 σ' は、水頭差によってもたらされる単位体積あたりの浸透力 j を用いて、以下のように表される。

$$\sigma' = (\gamma' - j) \times z + q$$

ここで j は、動水勾配 i を用いて $j = \gamma_w \times i$ と表せる。なお、 $i = \frac{h}{30}$ となる。以上より、この式は

$$\sigma' = \left[\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e}\right) \times g - \gamma_w \times i\right] \times z + q = \left(1.1333 \times 9.8 - 9.8 \times \frac{40}{30}\right) \times 0.3 + q = -0.588 + q$$

と変形できる。これが正の値を取るとき、クイックサンドが生じないと考えられるため、

$$q \geq 0.588 \approx 0.59 \text{ kN/m}^2$$

が q の条件となる。

問題 番号	解答	得点
(1)	1.13 []	20
(2)	$q \geq 0.59$ [kN/m ²]	20

問 3.3

問題 番号	解答	得点
(1)	硬い砂杭を造成することで、 <u>地盤の密度が高まり、液状化抵抗が向上する。</u>	5
(2)	地下水位を低下させ地盤内の有効応力を増加させることで、 <u>液状化しにくい状態とする。</u>	5