■出題の意図■

専門科目（受験区分コード：56）

建設環境系専攻の社会建設工学コース及び国際建設技術コースに関わる学問分野である構造力学、土質力学、水理学に関して、理解度を測る。

専門科目【構造力学】 問題・解答用紙（6枚の内の第1枚）

受験番号	

1．以下の問いにそれぞれ答えよ．なお，解答に際しては有効数字 3 桁で答えよ．（配点 25 点）

1) 幅 200 mm，厚さ 40 mm のフランジと，幅 40 mm、高さ 100 mm のウェブからなる T 字形断面について，(a) 中立軸（重心）位置 $\bar{y}$（z 軸からの距離，上向きを正），(b) z 軸に平行な中立軸周りの断面二次モーメント I_G を求めよ．

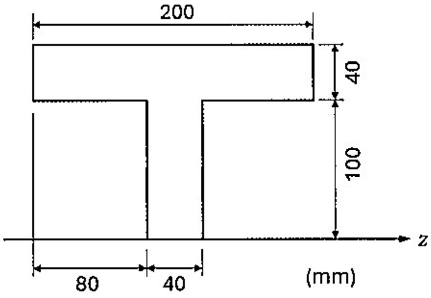


図-1

(b) 中立軸まわりの断面二次モーメント

・フランジ

自重心まわり：$I_{c1} = \dfrac{b_1 h_1^3}{12} = \dfrac{1}{12} \cdot 200 \cdot 40^3$
$= 1.0667 \times 10^6\ \mathrm{mm}^4$

中立軸周り　：$A_1 d_1^2 = 8000 \cdot (23.33)^2 \approx 4.355 \times 10^6\ \mathrm{mm}^4$

・ウェブ

自重心まわり：$I_{c2} = \dfrac{b_2 h_2^3}{12} = \dfrac{1}{12} \cdot 40 \cdot 100^3 = 3.333 \times 10^6\ \mathrm{mm}^4$

中立軸周り：$A_2 d_2^2 = 4000 \cdot (46.67)^2 \approx 8.712 \times 10^6\ \mathrm{mm}^4$

合計：重心軸まわりの断面二次モーメント I_G

$I_G = I_{c1} + A_1 d_1^2 + I_{c2} + A_2 d_2^2$

$I_G = (1.067 + 4.355 + 3.333 + 8.712) \times 10^6$

$I_G = 1.747 \times 10^7\ \mathrm{mm}^4$

解答欄（単位も記入すること）

$\bar{y} = 96.7\ \mathrm{mm}$

$I_G = 1.75 \times 10^7\ \mathrm{mm}^4$

2) 下図に示す断面は，外形が幅 200 mm，高さ 150 mm の矩形であり，内部に高さ 50 mm，幅 150 mm の中空部を有する非対称断面である．この断面について，(a)中立軸（重心）位置 $\bar{y}$（z 軸からの距離，上向きを正），(b) z 軸に平行な中立軸周りの断面二次モーメント I_G を求めよ．

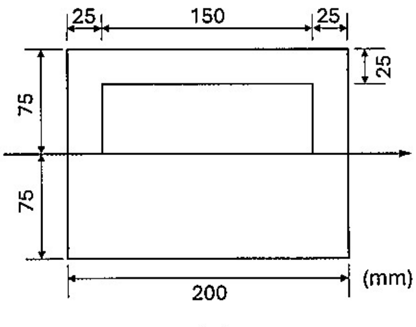


図-2

(a) 中立軸の位置

$$\hat{y} = \frac{y_{void,g} \times A_{void}}{A_{rect} - A_{void}} = \frac{-25 \times (150 \times 50)}{200 \times 150 - 150 \times 50} = -\frac{25}{3}$$

$\hat{y} = -8.333\ \mathrm{mm}$

(b) 中立軸まわりの断面二次モーメント

・外形

自重心周り：$I_{c1} = \dfrac{b_1 h_1^3}{12} = \dfrac{1}{12} \cdot 200 \cdot 150^3 = 56.25 \times 10^6\ \mathrm{mm}^4$

中立軸周り：$A_1 d_1^2 = 30000 \cdot 8.333^2 \approx 2.083 \times 10^6\ \mathrm{mm}^4$

合計　　　：$I_1 = I_{c1} + A_1 d_1^2 = 58.33 \times 10^6\ \mathrm{mm}^4$

・中空部

自重心まわり：$I_{c2} = \dfrac{b_2 h_2^3}{12} = \dfrac{1}{12} \cdot 150 \cdot 50^3$
$= 1.5625 \times 10^6\ \mathrm{mm}^4$

中立軸周り　：$A_2 d_2^2 \approx 7500 = 7500 \cdot 33.333^2$
$= 8.333 \times 10^6\ \mathrm{mm}^4$

合計　　　：$I_2 = I_{c2} + A_2 d_2^2 = 9.896 \times 10^6\ \mathrm{mm}^4$

・合成断面の重心軸まわり断面二次モーメント

$I_G = I_1 - I_2 = (58.33 - 9.896) \times 10^6 = 48.43 \times 10^6$
$= 4.84 \times 10^7\ \mathrm{mm}^4$

解答欄（単位も記入すること）

$\bar{y} =$ -8.333 (mm)

$I_G =$ 4.84×10^7 (mm4)

専門科目【構造力学】 問題・解答用紙（6枚の内の第2枚）

受験番号	

2．以下の図に示すように，長さ $3L$ のはり AB があり，左端 A および中間点 C（位置 x=$2L$）で単純支持されている．はり全体には，一定の鉛直下向き等分布荷重 q が作用している．このとき，以下の問いに答えよ．（配点 25 点）

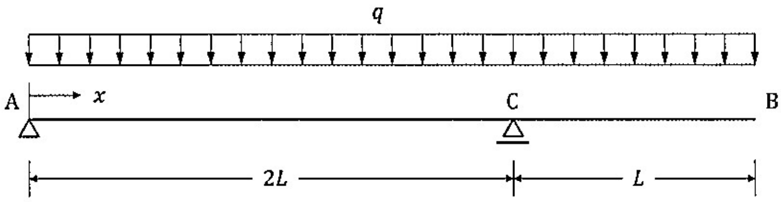


図-3

(1) 支持点 A および支持点 C における鉛直反力R_AおよびR_Cを求めよ．

全荷重：$W = q \cdot 3L$

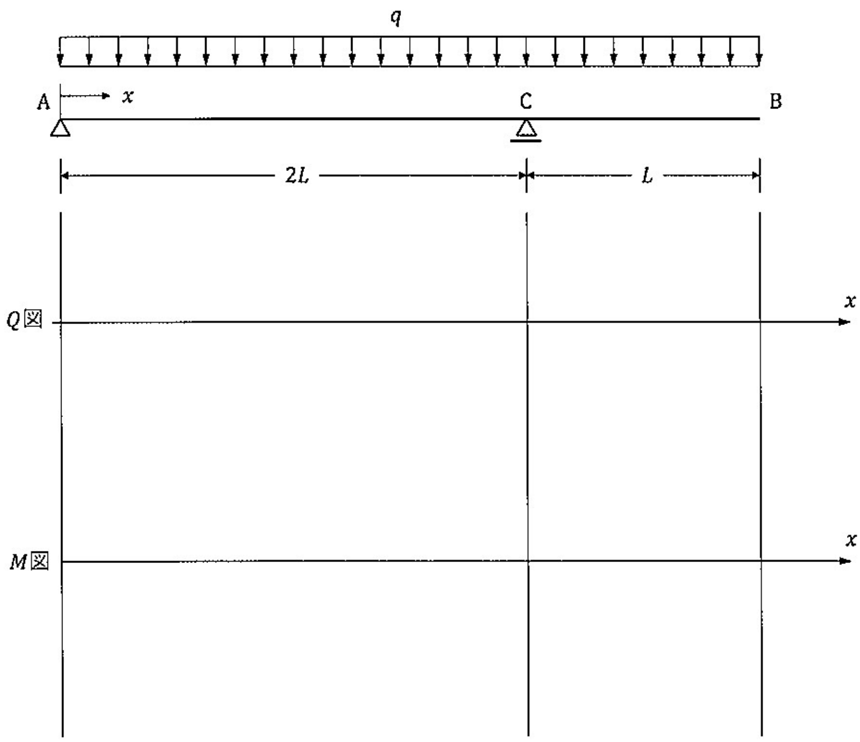
モーメントのつり合い（支点 C まわり）：

$$\sum M_C = -q \cdot 3L \cdot \left(\frac{L}{2}\right) + R_A \cdot 2L = 0 \;\Rightarrow\; R_C = \frac{3}{4}qL = 0.75\,qL \quad \therefore R_A = 3qL - R_C = \frac{9qL}{4}$$

解答欄

$R_A = 0.75\,qL$	$R_C = 2.25\,qL$

(2) はり AB におけるせん断力図（Q 図）および曲げモーメント図（M 図）を作成せよ．



専門科目【構造力学】 問題・解答用紙（6枚の内の第3枚）

受験番号	

2．（つづき）

（2）

AC 区間

$$V(x)=\frac{3}{4}qL-qx=\frac{3q}{4}\left(L-\frac{4}{3}x\right) \qquad \Rightarrow V(x\to 2L)=-\frac{5}{4}qL$$

$$M(x)=R_Ax-\frac{q}{2}x^2=\frac{3}{4}qLx-\frac{q}{2}x^2=\frac{3}{4}qx\left(L-\frac{2}{3}x\right)\Rightarrow M(x\to 2L)=\frac{1}{2}qL^2$$

$$M\left(\frac{3}{4}L\right)=\frac{3}{4}q\cdot\frac{3}{4}L\left(L-\frac{2}{3}\cdot\frac{3}{4}L\right)=\frac{9qL^2}{32}$$

CB 区間

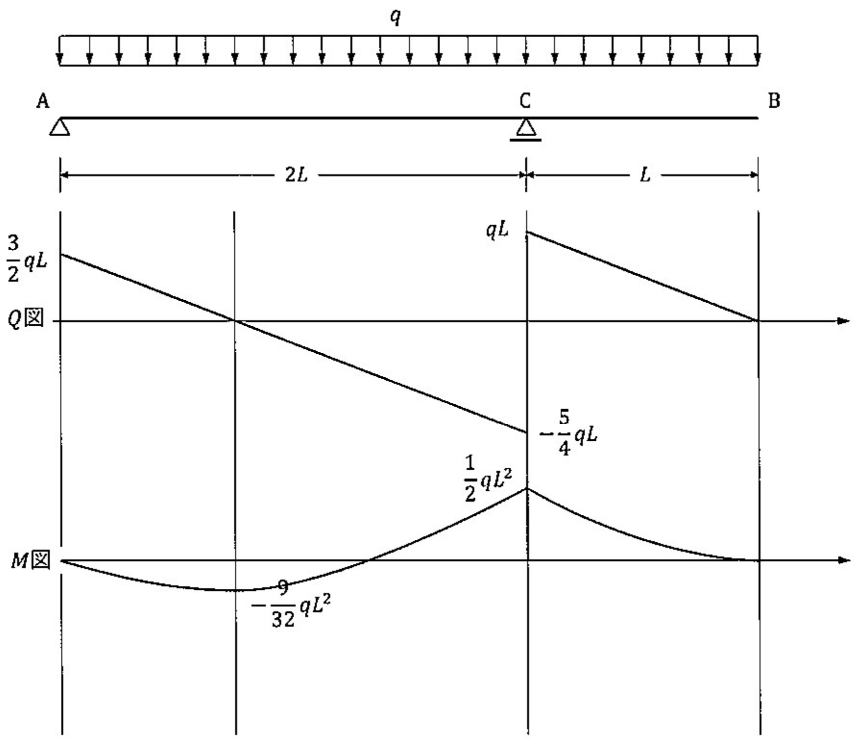
$$V(x)=V(x\to 2L)+R_C-q(x-2L)=-\frac{5}{4}qL+\frac{9}{4}qL-qx+2qL$$

$$V(x)=q(3L-x)$$

$$M(x)=M_C+\int_{2L}^{x}V(x)\,dx=\frac{q}{2}L^2+\left[3qLx-\frac{q}{2}x^2\right]_{2L}^{x}=\frac{q}{2}L^2+3qLx-\frac{q}{2}x^2-\left(3qL\cdot 2L-\frac{q}{2}\cdot 4L^2\right)$$

$$M(x)=-\frac{9q}{2}L^2+3qLx-\frac{q}{2}x^2=-\frac{q}{2}(9L^2-6Lx+x^2)$$

$$M(3L)=-\frac{q}{2}(9L^2-6L\cdot 3L+9L^2)=0$$



専門科目【構造力学】問題・解答用紙（6枚の内の第4枚）

受験番号	

３．下図に示すように，長さLのはり AB があり，端点 A は固定端，端点 B は自由端である．はりの中間点 C で鉛直支持されている．端点 B に集中荷重Pが作用するとき，支点 C に生じる鉛直反力R_Cを求めよ．なお，はりの曲げ剛性EIは全長にわたり一定とする．（配点 25 点）

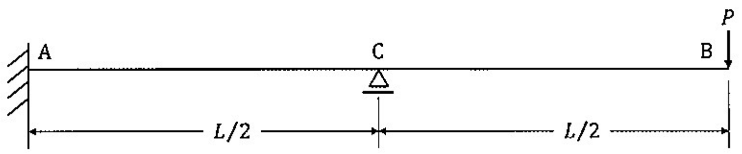


図-4

解答欄

$$R_C = \frac{5}{2}P$$

1)　0 系：　支点 C を除外して片持ちはりを考えた場合

$$M_0(x) = -P(L-x)$$

C 点でのたわみは

$$\theta(x) = \theta(0) + \int_0^x \frac{P}{EI}(L-x)dx = \frac{P}{2EI}x(2L-x)$$

$$\delta(x) = \delta(0) + \frac{P}{2EI}\int_0^x (2Lx - x^2)dx = -\frac{P}{6EI}x^3 + \frac{PL}{2EI}x^2 \ \rightarrow\ \delta_{c0} = \delta\left(\frac{L}{2}\right) = -\frac{PL^3}{48EI} + \frac{PL}{2EI}\cdot\frac{L^2}{4} = \frac{5PL^3}{48EI}$$

2)　1 系：　支点 C を除外して，片持ちはりの中央上向きに単位荷重$X_1 = 1$を与えた場合

$$M_1(x) = \begin{cases} 1\left(\dfrac{L}{2} - x\right) & x < L/2 \\ 0 & x \geq L/2 \end{cases}$$

$$\theta_1(x) = \theta_1(0) - \frac{1}{2EI}\int_0^x (L-2x)dx = \frac{1}{2EI}[x^2 - Lx]_0^x \quad \left(x < \frac{L}{2}\right)$$

$$\delta_1(x) = \delta_1(0) + \frac{1}{2EI}\int_0^x (x^2 - Lx)\,dx = \frac{1}{2EI}\left[\frac{x^3}{3} - \frac{Lx^2}{2}\right]_0^x \quad \left(x < \frac{L}{2}\right)$$

$$\delta_{c1} = \delta_1\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{1}{2EI}\left(\frac{L^3}{24} - \frac{L^3}{8}\right) = \frac{L^3}{24EI}$$

$$X_1 = -\frac{\delta_{C0}}{\delta_{C1}} = \frac{5PL^3}{48EI} \times \frac{24EI}{L^3} = \frac{5}{2}P$$

専門科目【構造力学】 問題・解答用紙（6枚の内の第5枚）

受験番号	

4．以下の図に示すトラスの節点Cに鉛直下向きの集中荷重 P が作用している．このトラスについて，以下の問いに答えよ．ただし，各部材の軸方向剛性はEAで一定とする．（配点 25 点）

1)　支点反力V_{A}，H_{A}，V_{D}を求めよ．

2)　部材力N_{AB}，N_{AC}，N_{BC}，N_{BD}，N_{CD}を求めよ．ただし部材力は引張力を正とする．

3)　節点Ｃの鉛直変位v_{C}（下向きを正とする）を求めよ．

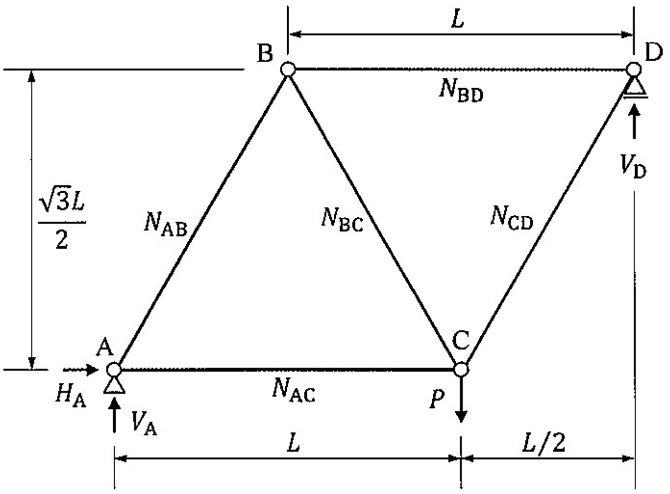


図-5

1) 解答欄

V_{A}	$P/3$
H_{A}	0
V_{D}	$2P/3$

2) 解答欄

N_{AB}	$-2\sqrt{3}P/9$ (圧縮)	N_{BD}	$-2\sqrt{3}P/9$ (圧縮)
N_{AC}	$\sqrt{3}P/9$ (引張)	N_{CD}	$4\sqrt{3}P/9$ (引張)
N_{BC}	$2\sqrt{3}P/9$ (引張)		

3) 解答欄

v_C	$\dfrac{29PL}{27EA}$

専門科目【構造力学】 問題・解答用紙（6枚の内の第6枚）

受験番号	

4．［計算用］

1)

水平方向の力のつり合い

$$\sum H = H_{\mathrm{A}} = 0$$

鉛直方向の力のつり合い

$$\sum V = V_{\mathrm{A}} - P + V_{\mathrm{D}} = 0 \quad \Rightarrow \quad V_{\mathrm{A}} = P - V_{\mathrm{D}}$$

A 点まわりのモーメントのつり合い

$$\sum M_{\mathrm{A}} = P \times L - V_{\mathrm{D}} \times \frac{3}{2} L = 0 \;\Rightarrow\; V_{\mathrm{D}} = \frac{2}{3} P$$

$$\therefore V_{\mathrm{A}} = P - V_{\mathrm{D}} = \frac{1}{3} P$$

2)

点 A での力のつり合い

（鉛直方向）

$$N_{\mathrm{AB}} \times \frac{\sqrt{3}}{2} + V_{\mathrm{A}} = 0 \Rightarrow N_{\mathrm{AB}} = -\frac{2\sqrt{3}}{9} P \;(\text{圧縮})$$

（水平方向）

$$N_{\mathrm{AB}} \times \frac{1}{2} + N_{\mathrm{AC}} = 0 \Rightarrow N_{\mathrm{AC}} = \frac{\sqrt{3}}{9} P \;(\text{引張})$$

点 B での力のつり合い

（鉛直方向）

$$-N_{\mathrm{AB}} \times \frac{\sqrt{3}}{2} - N_{\mathrm{BC}} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 0 \Rightarrow N_{\mathrm{BC}} = \frac{2\sqrt{3}}{9} P \;(\text{引張})$$

（水平方向）

$$-N_{\mathrm{AB}} \times \frac{1}{2} + N_{\mathrm{BC}} \times \frac{1}{2} + N_{\mathrm{BD}} = 0$$

$$\Rightarrow N_{\mathrm{BD}} = -\frac{2\sqrt{3}}{9} P \;(\text{圧縮})$$

点 C での力のつり合い

（水平方向）

$$-N_{AC} - N_{BC} \times \frac{1}{2} + N_{CD} \times \frac{1}{2} = 0 \;\Rightarrow\; N_{CD} = \frac{4\sqrt{3}}{9} P \;(\text{引張})$$

	N_i	l_i	$U_i = N_i^2 l_i / 2EA$
N_{AB}	$-2\sqrt{3}P/9$	L	$4P^2L/54EA$
N_{AC}	$\sqrt{3}P/9$	L	$1P^2L/54EA$
N_{BC}	$2\sqrt{3}P/9$	L	$4P^2L/54EA$
N_{BD}	$-2\sqrt{3}P/9$	L	$4P^2L/54EA$
N_{CD}	$4\sqrt{3}P/9$	L	$16P^2L/54EA$
$\sum$			$29P^2L/54EA$

したがって，点 C における変位v_Cはカスティリアーノの定理により，以下の通りとなる．

$$v_C = \frac{\partial U}{\partial P_C} = \frac{29PL}{27EA}$$

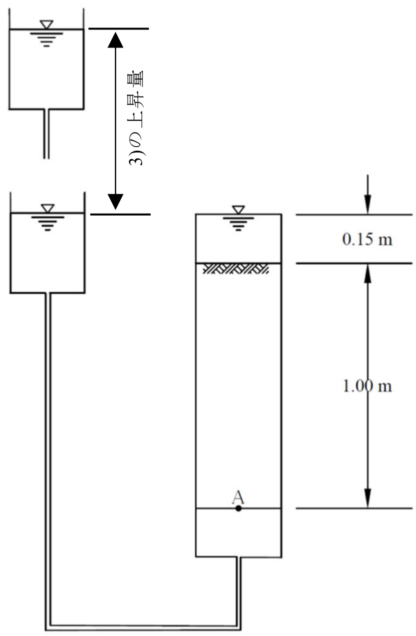
「令和７年 10 月入学，令和８年４月入学（第１回）山口大学大学院創成科学研究科（工学系）
博士前期課程入学試験」受験区分コード５６

専門科目【土質力学】 問題・解答用紙（3枚の内の第1枚）

受験番号	

1． 図−1 のような，左側に水のタンク，右側に土供試体が設置できる内径 0.10 m の円柱容器がある模型装置を用いて，土の浸透現象を調べる．土は，A 点を通る面から 1.00 m の高さの間に，乾燥密度 1.335 g/cm^3 の一様で，飽和状態である．ここで，水の密度は 1.000 g/cm^3，土粒子の密度は 2.680 g/cm^3，重力加速度は 9.800 m/s^2 である．以下の問いに答えよ．（配点 40 点）

1) この土の飽和単位体積重量を求めよ．
2) A 点における有効応力を求めよ．
3) 左側の水位を上昇させると，クイックサンドが発生する．この発生機構を，「上昇，間隙水圧，有効応力」を用いて説明せよ．また，クイックサンドが発生するために必要な水位の上昇量を求めよ．



図−1

1) 解答欄（単位も記入すること）

飽和単位体積重量	$18.00\,kN/m^3$

2) 解答欄（単位も記入すること）

有効応力	$8.20\,kN/m^2$

3) 解答欄（単位も記入すること）

発生条件の説明	タンクの上昇によって，土には浸透力が作用し，間隙水圧が増加する．これによって，有効応力が減少し，0 になることで，クイックサンドが発生する．
上昇量	$0.837m$

「令和７年 10 月入学，令和８年４月入学（第１回）山口大学大学院創成科学研究科（工学系）
博士前期課程入学試験」受験区分コード５６

専門科目【土質力学】 問題・解答用紙（3枚の内の第2枚）

受験番号	

２． **図-2** のような，下層に砂層があり，10.00 m の正規圧密粘土層で構成された地盤がある．この粘土層から採取した試料を用いて試験を行ったところ, 初期応力 55.0 kN/m^2, 間隙比 2.100, 圧縮指数 0.800, 膨張指数 0.130, 圧密係数 1.15×10^{-6} m^2/s であることがわかった．この粘土層の圧密現象に対して以下の問いに答えよ．（配点 30 点）

1) 上記の試験結果を得るために行った土質試験を三つ記せ．
2) 地表面に 4 m の盛土することで，粘土層中央には，72.0 kN/m^2 の応力が増加した．この時，粘土層から，砂層と盛土の両方に排水する．粘土層の圧密度が 90％に達するまでの日数を求めよ．ただし，圧密度 90％に対する時間係数T_Vは 0.848 である．
3) 2)の 4 m の盛土の建設に対し，最終的な粘土層の間隙比を求めよ．

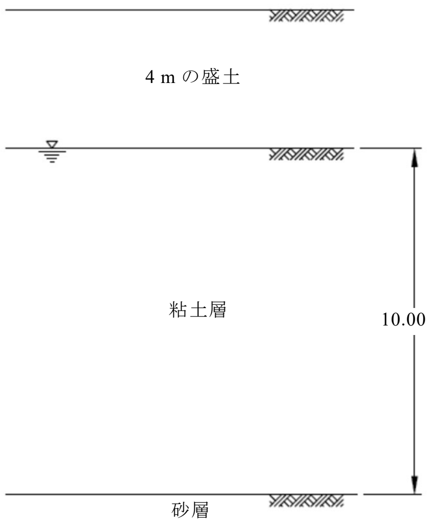


図-2

1) 解答欄

土質試験	土粒子の密度試験
	土の湿潤密度試験
	土の圧密試験

2) 解答欄（単位も記入すること）

圧密時間	213日

3) 解答欄

間隙比	1.81

専門科目【土質力学】 問題・解答用紙（3枚の内の第3枚）

受験番号	

３． **図-3** のような，勾配β 一定の無限長斜面がある．斜面の地盤調査により，湿潤単位体積重量γ_t，せん断抵抗角ϕ，粘着力c がわかった．この斜面には深さz で斜面に平行にすべり面が存在する．この斜面から斜面長さ 1.00 m のブロック ABCD を取り出して，安定解析を行う．以下の問いに答えよ．（配点 30 点）

1) この斜面がすべり面に沿ってすべりを起こそうとしている．このブロック ABCD に対し，ブロックが滑動しようとする力T，ブロックのすべりに抵抗する力S を，矢印を用いて**図-3** に記入せよ．ただし，各々の矢印には，区別できるようにT あるいはS を記しなさい．
2) 安定解析を行うため，T，S を用いた安全率と，β，γ_t，ϕ，c，z を用いた安全率を記せ．ただし，奥行きを 1.00 m とする．
3) $\phi = 0.0°$ の場合，すべりを起こす深さ条件を示せ．

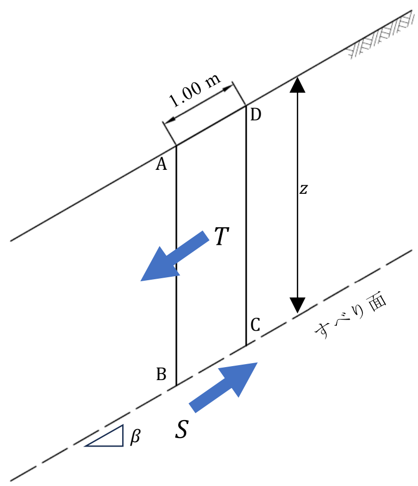


図-3

1) 解答は**図-3** に記せ

2) 解答欄

安全率(T,S)	$\dfrac{S}{T}$
安全率 $(\beta,\gamma_t,\phi,c,z)$	$\dfrac{c+\gamma_t \cdot z \cdot cos^2\beta \times \tan\phi}{\gamma_t \cdot z \cdot \cos\beta \times \sin\beta}$

3) 解答欄

深さ条件	$z \geqq \dfrac{c}{\gamma_t \cdot \cos\beta \times \sin\beta}$

専門科目【水理学】 問題・解答用紙（4枚の内の第1枚）

受験番号	

1．図-1 に示すような水槽にサイフォンが設置されている．このとき，サイフォンが有効に機能するための水槽の水位 H の条件を求めよ．ただし，形状損失は無視し，摩擦損失係数は 0.025 とする．キャビテーションが発生しないための限界の圧力水頭は-8 m とする．なお，重力加速度は 9.80 m/s^2，エネルギー補正係数は 1 とする．（配点 25 点）

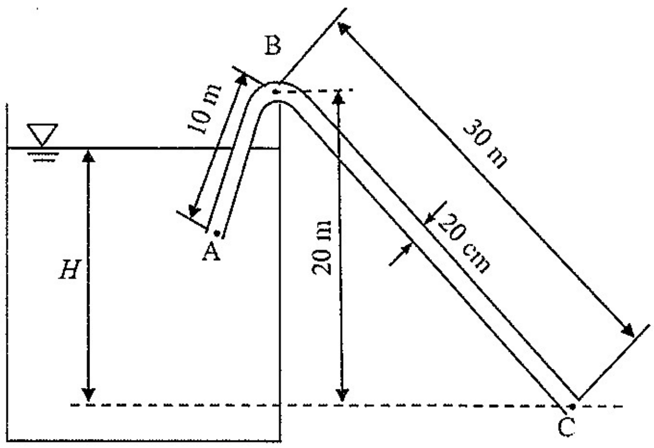


図-1

水槽水表面と管路末端の間でベルヌーイの定理を適用すると，

$$H = \left(0.025 \times \frac{10+30}{0.2} + 1\right)\frac{v^2}{2g} = 6 \times \frac{v^2}{2g} \qquad (1)$$

水槽水表面と B 点でベルヌーイの定理を適用すると，

$$H - 20 = \left(0.025 \times \frac{10}{0.2} + 1\right)\frac{v^2}{2g} + \frac{p_B}{\rho g} = 2.25 \times \frac{v^2}{2g} + \frac{p_B}{\rho g} \qquad (2)$$

式(1)，(2)から

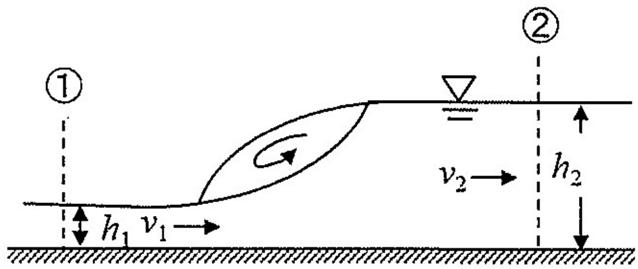
$$\frac{p_B}{\rho g} = H - 20 - 2.25 \times \frac{H}{6} > -8$$

$$H > 19.2\,m$$

専門科目【水理学】 問題・解答用紙（4枚の内の第2枚）

受験番号	

2．図−2 に示すように水平な水路の途中で跳水が生じている．断面①における流速，水深を v_1, h_1，断面②における流速，水深を v_2, h_2 とする．このとき，跳水前後の水深 h_1, h_2 の関係を求めよ．なお，水の密度を ρ，重力加速度を g とする．（配点 25 点）



図−2

単位幅あたりの流量を q として，断面①，②の間で運動量方程式を考えると

$$\rho q(v_2 - v_1) = \rho g\left(\frac{h_1^{\,2}}{2} - \frac{h_2^{\,2}}{2}\right) \qquad (1)$$

が成り立つ．また，連続式より

$$q = h_1 v_1 = h_2 v_2 \qquad (2)$$

式(1)，(2)より、v_1，v_2 を消去すると

$$(h_1 - h_2)\left\{\frac{1}{2}(h_1 + h_2) - \frac{q^2}{g h_1 h_2}\right\} = 0 \qquad (3)$$

となる．したがって、$h_1{=}h_2$（連続解）のほかに，不連続解として跳水前後の水深の間には以下の関係が得られる．

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{8F_{r1}^2 + 1} - 1\right) \quad F_{r1} = \frac{v_1}{\sqrt{g h_1}}$$
$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{8F_{r2}^2 + 1} - 1\right) \quad F_{r2} = \frac{v_2}{\sqrt{g h_2}} \qquad (4)$$

専門科目【水理学】 問題・解答用紙（4枚の内の第3枚）

受験番号	

3．以下に示す 1)～5)の語句を説明せよ．（配点 25 点）

1) レイノルズ数

流体運動の慣性力と粘性力の比を表す無次元パラメーターである．臨界レイノルズ数（流れ場によって異なる）よりも小さければ層流，大きければ乱流となる．

2) 支配断面

常流から射流に遷移するところで発生する断面．ここでは水深は限界水深となる．水面形方程式において境界条件を与える位置である．

3) マニングの式

平均流速（あるいは流量）を与える経験的な公式で，次式で与えられる．

$$Q=\frac{A}{n}R^{2/3}I^{1/2}$$

ここでは Q は流量，A は流積，n はマニングの粗度係数，R は径深，I は動水勾配（開水路では水路床勾配）である．等流状態で適用可能な式であるため，等流水深を求めるときなどにも利用される．

4) 水理学的に有利な断面

断面積，粗度係数，水路床勾配が与えられたときに，流量を最も多く流しうる断面のこと．

5) 粘性底層

壁面近くの分子粘性の卓越する薄い層．

専門科目【水理学】 問題・解答用紙（4枚の内の第4枚）

受験番号	

4． 図-3 のような縦断勾配を持つ水路に一定流量の水を流すとき可能な水面形の概略を図-3 中に示せ．水路の各勾配区間は十分長いものとする．ただし，i は水路床勾配，i_c は限界勾配，h_0 は等流水深，h_c は限界水深である．（配点 25 点）

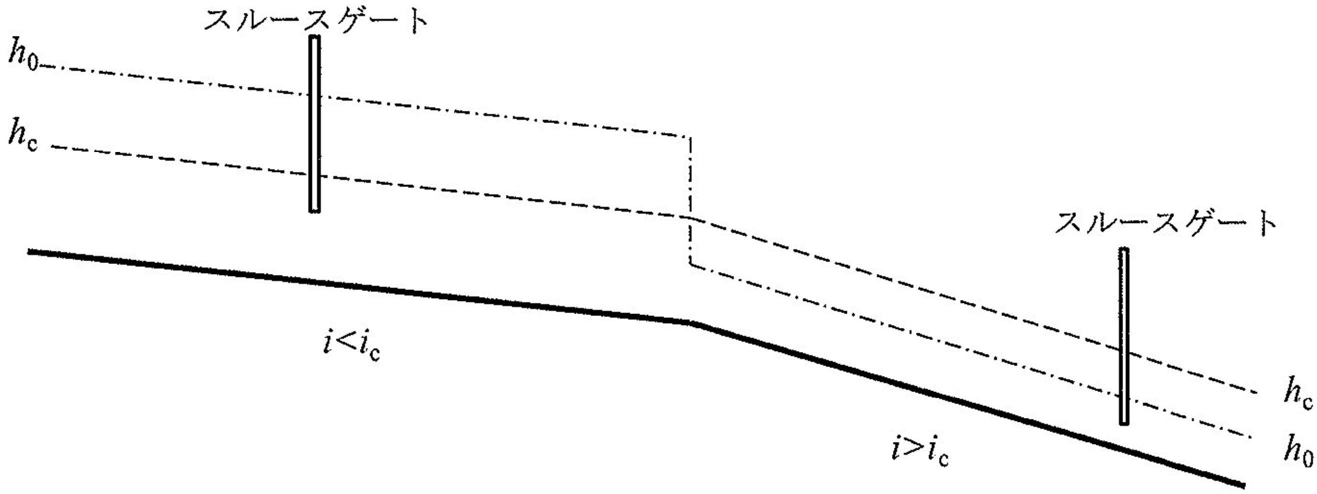


図-3