

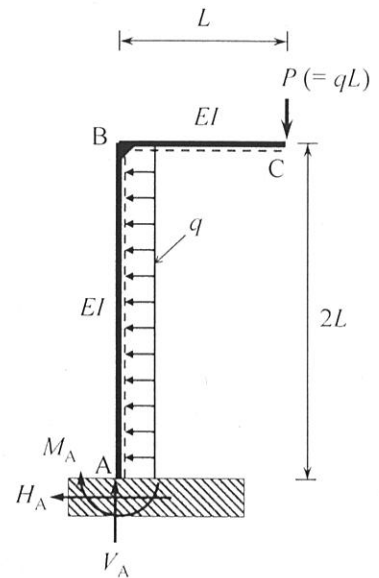
問題用紙

専攻名 地球社会基盤学専攻（社会基盤工学コース）（一般選抜，外国人留学生特別選抜）

試験科目名 専門科目
①構造力学

P. 1 / 10

- I 図①-1 に示す柱と梁が剛結合された構造物の AB 間に等分布荷重（単位長さ当りの荷重 q ）が水平左向きに作用し、点 C に集中荷重 $P (= qL)$ が鉛直下向きに作用している。このとき、以下の問いに答えなさい。ただし、この構造物は部材軸方向に一様であり、曲げ剛性は EI とする。また、点 A は剛床に固定されている。

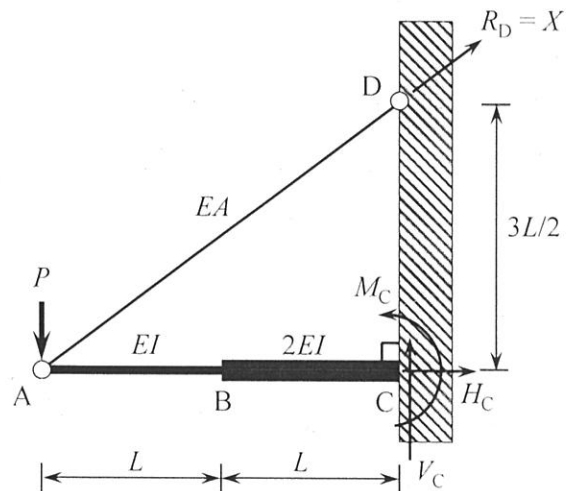


図①-1

- 問1 すべての支点反力を求めなさい。
 問2 曲げモーメント図を描きなさい。なお、曲げモーメントは図①-1の破線側が引張となる状態を正とする。
 問3 点 C のたわみ v_C を求めなさい。軸方向力およびせん断力の影響は無視してよい。

- II 図①-2 に示すように、曲げ剛性の異なる片持ち梁 ABC の先端部点 A が壁面の点 D とケーブル AD でピン結合されている。また、集中荷重 P が点 A に鉛直下向きに作用している。このとき、以下の問いに答えなさい。なお、片持ち梁の曲げ剛性は AB 間が EI 、BC 間が $2EI$ であり、軸方向力およびせん断力の影響は無視してよい。また、ケーブル AD の軸方向剛性は EA であり、曲げモーメントおよびせん断力の影響は無視してよい。

- 問1 点 D の反力 R_D を図①-2 に示すように X と仮定し、 X と P を用いて他のすべての支点反力を求めなさい。
 問2 ひずみエネルギーを用い、最小仕事の原理から X を求め、すべての支点反力を求めなさい。このとき、ケーブル AD の断面積 A を $A = \frac{25I}{L^2}$ に置き換えて計算しなさい。
 問3 ケーブル AD の伸び量を求めなさい。



図①-2

令和4年度（10月期入学）及び令和5年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験

問題用紙

専攻名 地球社会基盤学専攻（社会基盤工学コース）（一般選抜，外国人留学生特別選抜）

試験科目名 専門科目
②水理学

P. 2 / 10

注意：I～IIIの全てに回答しなさい。I～IIIそれぞれにつき，答案用紙1枚を使用しなさい。

I 以下に示す各項目について内容や定義を説明しなさい。

問1 粘性応力とニュートン流体

問2 静止した直線壁面に沿う層流と乱流の流速分布

問3 矩形断面水路の比エネルギーと限界水深

問4 開水路の径深と平均流速

問題用紙

専攻名	地球社会基盤学専攻(社会基盤工学コース)(一般選抜, 外国人留学生特別選抜)	
試験科目名	専門科目 ②水理学	P. 3/10

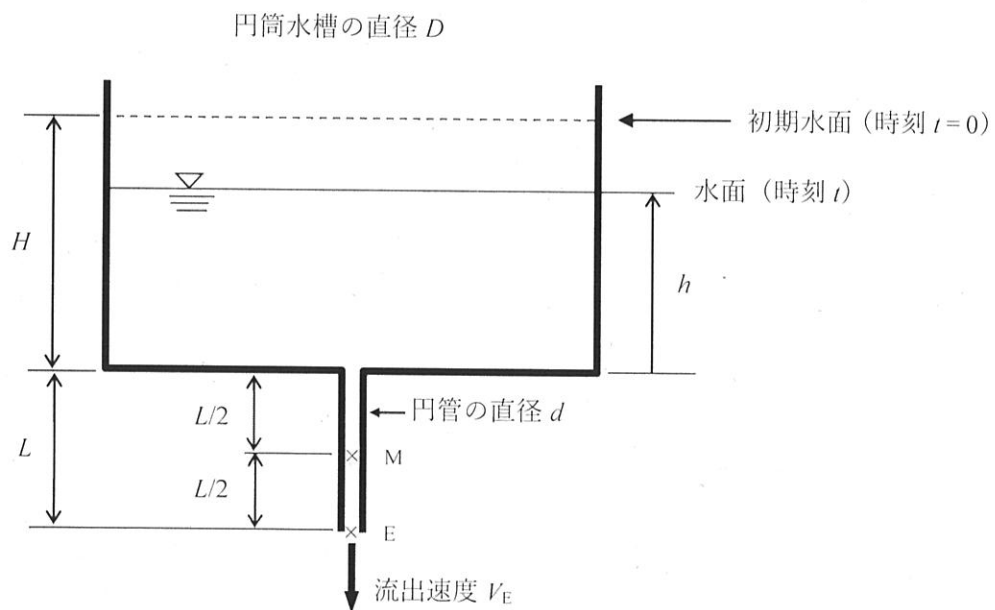
II 図②-1に示すように、直径 D の円筒水槽から直径 d の円管により排水する。水槽内の水深 h は水槽の底を基準とする。時刻 t における水深は h であり、初期状態($t=0$)の水深は H である。円管の長さを L 、水の密度 ρ 、重力加速度を g とする。 D は d に比べて十分大きく、円管出口のE点における流速 V_E に比べて、水槽内の水面の低下速度は無視できるほど小さい。流れのエネルギー損失はないと仮定し、流れの剥離や流出水の縮脈も発生しないとして、以下の問いに答えなさい。

問1 水深 h の時、管出口の流速 V_E および円管の中間点Mの圧力水頭をそれぞれ求めなさい。

問2 水面の低下速度 $-dh/dt$ を h, L, D, d および g を用いて表しなさい。

問3 時刻 t と水深 h の関係式を求めよ。ただし、左辺は t のみ、右辺はその他の変数で書きなさい。

問4 $L=H/2$ の場合、水槽の水が初期の半分になる時刻を求めなさい。



図②-1 円筒水槽と鉛直円管

問題用紙

専攻名 地球社会基盤学専攻（社会基盤工学コース）（一般選抜，外国人留学生特別選抜）

試験科目名 専門科目
②水理学

P. 4 / 10

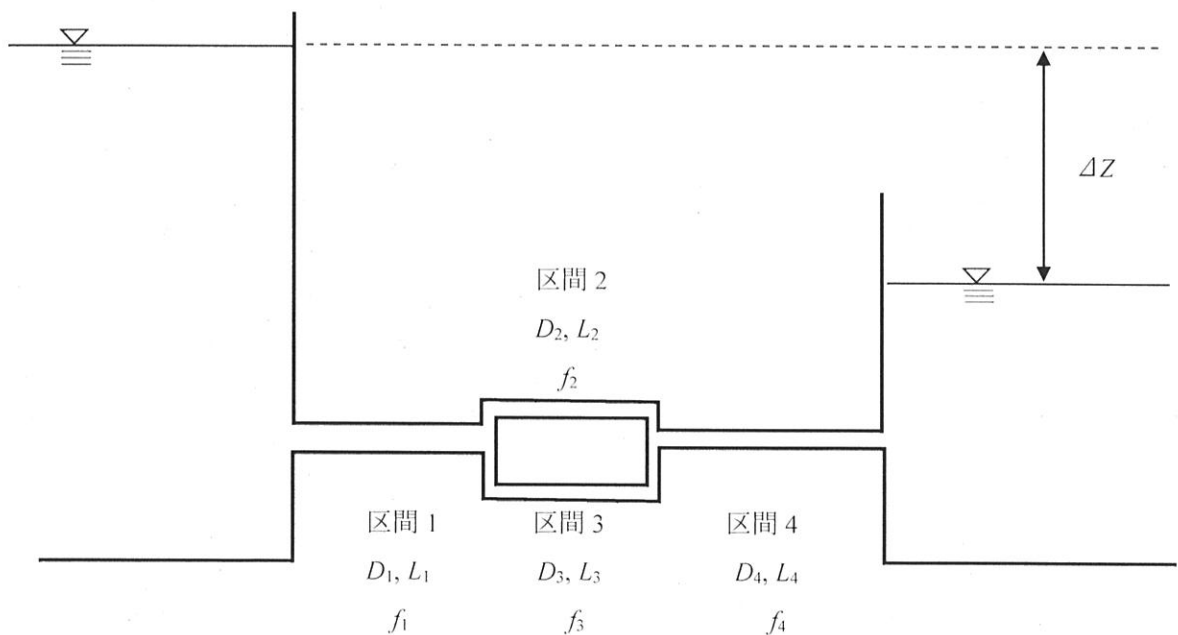
III 図②-2 に示すように、水位差 ΔZ の2つの貯水池を結ぶバイパス区間のある管水路を水が一定流量で流れている。管の断面は円形で、各区間の直径 D_i 、長さ L_i 、摩擦損失係数 f_i ($i=1\sim 4$) は図に示す通りである。貯水池は非常に大きく、水位は一定で、重力加速度は g とする。管水路の摩擦損失のみ考慮し、その他のエネルギー損失は無視できるとして、以下の問いに答えなさい。

問1 区間1・2・4を通過する流れの摩擦損失水頭の合計 H_f を各区間の流速 (V_1, V_2, V_4) 等を用いて表しなさい。

問2 区間2と3のバイパス区間の摩擦損失水頭は等しいことを利用して、両区間の流速の比 V_2/V_3 を求めなさい。ここで V_3 は区間3の流速とする。

問3 問1の H_f は水位差 ΔZ と等しいことを利用して、流速 V_1 を求めなさい。ただし、最終解答の左辺は V_1 のみ、右辺は流速以外の変数を用いて書きなさい。

問4 区間2と3の摩擦損失係数と直径は等しく、長さは $L_3=2L_2$ である場合、流量比 Q_2/Q_3 を求めなさい。



図②-2 2つの貯水池とバイパス区間のある管水路

問題用紙

専攻名 地球社会基盤学専攻（社会基盤工学コース）（一般選抜，外国人留学生特別選抜）

試験科目名 専門科目
③土質力学

P. 5 / 10

I 一次元圧密理論を用いて以下の問いに答えなさい。

【粘土の材料挙動】 標準圧密試験機を用いて土質試験を行い，粘土の材料挙動について調べた。

- 問1 間隙比 $e_A = 2.4$ ，圧密降伏応力 $\sigma'_y = 100$ kPa の正規圧密粘土がある（状態 A）。この粘土に荷重を行い，圧密応力 $\sigma'_v = 200$ kPa で十分に時間が経過したところ間隙比が $e_B = 2.3$ になった（状態 B）。この粘土の圧縮指数 C_c を求めなさい（有効数字3桁）。
- 問2 状態 B から除荷を行い，圧密応力 $\sigma'_v = 100$ kPa で十分に時間が経過したところ間隙比が $e_C = 2.35$ になった（状態 C）。この粘土の膨潤指数 C_s を求めなさい（有効数字3桁）。また状態 C における粘土の過圧密比 OCR_C を求めなさい（有効数字3桁）。
- 問3 状態 C から再荷重を行い，圧密応力 $\sigma'_v = 400$ kPa で十分に時間が経過したところ間隙比は e_D となった（状態 D）。状態 D における粘土の過圧密比は OCR_D である。 e_D および OCR_D の値を計算しなさい（いずれも有効数字3桁）。
- 問4 状態 D から再除荷を行い，圧密応力 $\sigma'_v = 200$ kPa で十分に時間が経過したところ間隙比は e_E となった（状態 E）。状態 E における粘土の過圧密比は OCR_E である。 e_E および OCR_E の値を計算しなさい（いずれも有効数字3桁）。

【粘土層の圧密沈下】 上記の土質試験で調べた粘土が堆積している粘土層の挙動を考える。状態 A での粘土層厚は $D_A = 2.00$ m，またこの粘土層の挙動は上記の材料試験結果で代表できるとして，以下を計算しなさい。

- 問5 状態 B における粘土層の厚さ D_B を計算しなさい（有効数字3桁）。
- 問6 状態 C における粘土層の厚さ D_C を計算しなさい（有効数字3桁）。
- 問7 この粘土の圧密係数を $c_v = 1.0$ m²/year とするとき，90%圧密に必要な時間を求めなさい（有効数字3桁）。ただし90%の時間係数 T_v は0.848，また粘土層厚は D_A で両面排水条件と考えてよい。

問題用紙

専攻名 地球社会基盤学専攻（社会基盤工学コース）（一般選抜，外国人留学生特別選抜）

試験科目名 専門科目
③土質力学

P. 6 / 10

II 下記の問1～問3から2つを選択して解答しなさい。解答用紙には選択した小問の問題番号を明示すること。※3つ全てを解答してはいけません。

問1 ある砂の最大間隙比は $e_{max} = 0.900$ 、最小間隙比は $e_{min} = 0.500$ である。また土粒子の密度は $\rho_s = 2.70 \text{ ton/m}^3$ である。この砂を使って相対密度が $Dr = 90\%$ で締め固めた体積 $V = 10000 \text{ m}^3$ の盛土を建設したい。必要となる砂の重量を求めなさい（有効数字3桁）。ただし重力加速度は $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ 、また砂の状態は含水比 $w = 20\%$ の湿潤状態であるとする。

問2 モール・クーロンの破壊規準に従う、粘着力 $c' = 0 \text{ kPa}$ 、内部摩擦角 $\phi' = 30^\circ$ の土を用いた土質試験を考える。

(1) 実験1：有効応力 $\sigma'_0 = 120 \text{ kPa}$ まで等方的に圧密した後、排水条件で三軸圧縮試験を実施したところ、最小圧縮有効応力 $\sigma'_{min} = 120 \text{ kPa}$ 、最大圧縮有効応力 σ'_{max} で破壊した。破壊時の最大圧縮有効応力 σ'_{max} を求めなさい（有効数字3桁）。

(2) 実験2：有効応力 $\sigma'_0 = 120 \text{ kPa}$ まで等方的に圧密した後、排水条件で三軸伸張試験を実施したところ、最小圧縮有効応力 σ'_{min} 、最大圧縮有効応力 $\sigma'_{max} = 120 \text{ kPa}$ で破壊した。破壊時の最小圧縮有効応力 σ'_{min} を求めなさい（有効数字3桁）。

問3 軸が鉛直方向に一致するように設置された、高さ $h = 1.00 \text{ m}$ 、断面積 $A = 0.500 \text{ m}^2$ の円筒形状の容器の内部を、飽和密度 $\rho_{sat} = 2.00 \text{ ton/m}^3$ の均一な飽和土で満たす。この容器の下端部が全水頭 $h_B \text{ m}$ 、また上端部が全水頭 $h_A \text{ m}$ となるように水頭差を与え、土の中に浸透流を生じさせる。

(1) 実験1：下端部の全水頭を $h_B = 1.00 \text{ m}$ 、上端部の全水頭を $h_A = 1.50 \text{ m}$ に保ち、定常浸透流を生じさせた。この土の透水係数が $k = 1.00 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ であるとき、浸透流の向きと1分間に容器断面を通過する浸透流量を求めなさい（有効数字3桁）。

(2) 実験2：上端部の全水頭を $h_A = 1.50 \text{ m}$ に保ち、下端部の全水頭を $h_B = 1.50 \text{ m}$ からゆっくりと増加させたところ、ボーリングが発生した。ボーリング発生時の下端部の全水頭 h_B^* を求めなさい（有効数字3桁）。ただし、水の密度は $\rho_w = 1.00 \text{ ton/m}^3$ 、重力加速度は $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ とする。

問題用紙

専攻名 地球社会基盤学専攻（社会基盤工学コース）（一般選抜，外国人留学生特別選抜）

試験科目名 専門科目
④計画数理学

P. 7 / 10

I 次の非線形計画問題を解きなさい。

問1

$$\begin{aligned} & \underset{x_1, x_2}{\text{minimize}} && -\ln x_1 - 2 \ln x_2 \\ & \text{subject to} && x_1 + x_2 = 1 \end{aligned}$$

問2

$$\begin{aligned} & \underset{x_1, x_2}{\text{minimize}} && (x_1 - 1)^2 + (x_2 - 2)^2 \\ & \text{subject to} && x_1^2 + x_2^2 \leq 2, \quad x_1 \geq x_2 \end{aligned}$$

問3

$$\begin{aligned} & \underset{x_1, x_2, x_3}{\text{minimize}} && x_1(x_1 + 13) + x_2(2x_2 + 4) + x_3(x_3 + 4) \\ & \text{subject to} && x_1 + x_2 + x_3 = 6, \quad x_1, x_2, x_3 \geq 0 \end{aligned}$$

令和4年度(10月期入学)及び令和5年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験
問題用紙

専攻名	地球社会基盤学専攻(社会基盤工学コース)(一般選抜, 外国人留学生特別選抜)	
試験科目名	専門科目 ④計画数理学	P. 8 / 10

II わが国では, 高度経済成長期に建設されたインフラ構造物の劣化対策が急務である。莫大な数のインフラ構造物の点検に対応するためには, 多くの人員やコストを伴うため, すべてのインフラ構造物を今後, 継続的に同一の基準(点検の質・頻度)で点検することは難しい状況にある。そこで, インフラ構造物の点検業務に, AI(Artificial Intelligence)やICT(Information and Communication Technology), IoT(Internet of Things)を用いたセンシングといった最先端技術を援用することが肝要である。このような状況を踏まえて, 以下の問に答えなさい。

問1 インフラ構造物の点検業務における3つの不足について列挙しなさい。

問2 インフラ構造物の点検にAIを用いるメリットとデメリットを答えなさい。

問3 インフラ構造物の点検におけるICT, IoTを用いたセンシング技術について事例を挙げて簡潔に説明しなさい。

III インフラ構造物の維持管理は「予防保全的維持管理」が原則とされています。予防保全的維持管理について簡潔に説明しなさい。

問題用紙

専攻名 地球社会基盤学専攻(社会基盤工学コース)(一般選抜, 外国人留学生特別選抜)

試験科目名 専門科目
⑤環境工学

P. 9 / 10

I 水環境工学に関わる以下の問いに答えなさい。

問1 水質指標に関わる下記の問いに答えなさい。

(1) 水質指標である COD および BOD の英語表記と日本語表記を答えなさい。

(2) 300 mg/L の酢酸 (CH_3COOH) 水溶液の TOC 濃度 [mg/L] は理論上いくらか答えなさい。(なお, 原子量は $\text{C}=12$, $\text{O}=16$, $\text{H}=1$ とする)

問2 下水処理に関わる下記の問いに答えなさい。

(1) ある下水処理場の流入下水の流量は, 32,000 $\text{m}^3/\text{日}$ である。幅 10 m, 長さ 20 m, 深さ 2 m の最初沈殿池で, 水面積負荷を 40 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ の条件で処理を行うには, 沈殿池は何槽必要か計算しなさい。

(2) 生物処理である反応槽に BOD 濃度 180 mg/L の初沈越流水が流入した。反応槽の BOD 除去率は 92% であった。この処理水の BOD 濃度 [mg/L] を計算しなさい。

(3) 最終沈殿池から発生した余剰汚泥 700 m^3 (含水率 0.995) には, 水と乾燥汚泥はそれぞれ何 kg ずつ含まれるか計算しなさい。ただし, 汚泥, 水の密度はいずれも $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ とする。

問題用紙

専攻名	地球社会基盤学専攻(社会基盤工学コース)(一般選抜, 外国人留学生特別選抜)	
試験科目名	専門科目 ⑤環境工学	P. 10 / 10

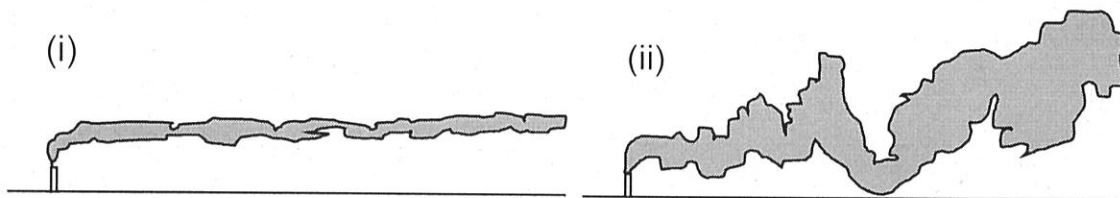
II 大気環境工学に関わる下記の問いに答えなさい。

問1 密閉された容積 V [m^3]の室内に人が数人おり, 合計 k [m^3/h]の二酸化炭素(CO_2)を定常的に発生していると同時に流量 Q [m^3/h]の換気設備が稼働している。室内の空気が常時一様に混合されており, 人間が占める体積, 室内空気総量の変化が無視できるものと仮定して, 以下の各問に答えなさい。単位と計算過程を明記し, 新しい記号を使用する際にはその定義も記述すること。

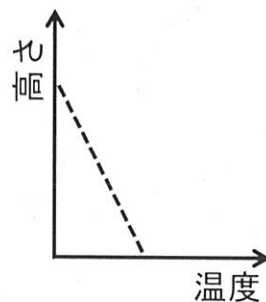
- (1) 時刻 t [h]のときの室内の CO_2 濃度を p [m^3/m^3], 外気中の濃度は一定値 p_{out} [m^3/m^3]であるものとする。室内の CO_2 量の収支を示し, 微分方程式を作りなさい。
- (2) 室内の CO_2 量の初期濃度を $0 \text{ m}^3/\text{m}^3$ として, 室内の CO_2 濃度の経時変化を表す式を作りなさい。
- (3) 外気濃度が 400 ppm , $k = 0.10 \text{ m}^3/\text{h}$ とするとき, 室内の CO_2 濃度を 1000 ppm 以下に維持するために必要となる最小の換気流量は毎分何リットルになるか答えなさい。

問2 図⑤-1 は, 地表に沿う風が吹いている時の地表面近くにある煙突から煙が拡散する様子の例を示したものである。以下の各問に答えなさい。

- (1) (i), (ii)の場合, 地表付近の大気温度分布はどのようになっていると考えられるか。図⑤-2の破線は乾燥空気が断熱変化する時の温度分布を示している。図⑤-2を解答用紙に転写し, 実際の温度分布を加えて(i), (ii)の違いがわかるように解答用紙に図示しなさい。
- (2) (i), (ii)の各場合について, そのような拡散が生ずる理由を, 大気安定度に関連付けて説明しなさい。



図⑤-1 煙突から煙が拡散する様子の例



図⑤-2 地表面付近の大気温度分布(破線:乾燥空気の断熱変化時の分布)