

問題用紙

専攻名 環境デザイン学専攻(一般選抜)

試験科目名 専門科目  
①構造力学

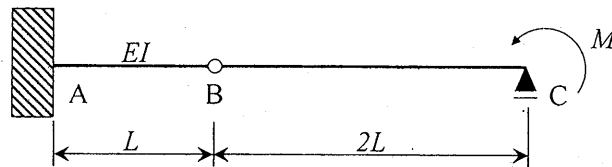
P.(1/10)

I 図①-1に示すゲルバー梁の点Cにモーメント荷重  $M$  が反時計まわりに作用している。このとき、以下の問いに答えなさい。ただし、この梁は部材軸方向に一様であり、自重は無視する。また、梁部材の曲げ剛性はすべて  $EI$  とする。

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、曲げモーメントは梁の下縁側が引張となる状態を正とする。

問3 点Bのたわみ  $v_B$  を求めなさい。



図①-1

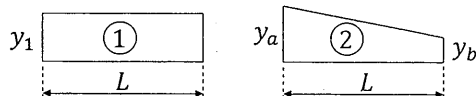
II 図①-2に示すように、逆L型ラーメン部材(A-B-C部材)の点Cに両端ヒンジの柱部材(C-D部材)が接合されている構造がある。いま、点Cに鉛直荷重  $P$  が下向きに作用している。このとき、以下の問いに答えなさい。A-B-C部材の曲げ剛性は  $EI$  であり、軸方向力およびせん断力の影響は無視してよい。また、C-D部材の軸方向剛性は  $EA$  であり、曲げモーメントおよびせん断力の影響は無視してよい。各部材は軸方向に一様であり、自重は無視する。なお、必要に応じて以下の積分表を用いてもよい。

問1 支点反力  $V_D$  を  $X$  と仮定し、 $X$  を用いて他のすべての支点反力を求めなさい。

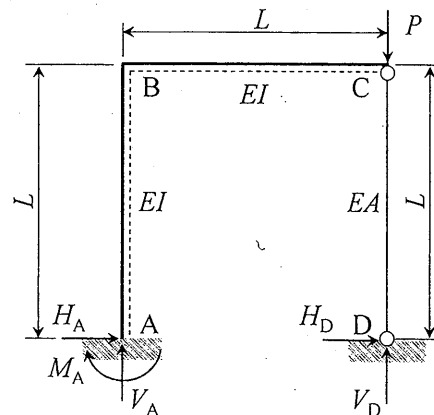
問2 ひずみエネルギーを用い、最小仕事の原理から支点反力  $V_D$  を求めなさい。ただし、C-D部材の断面積  $A$  は  $l/L^2$  として計算しなさい。

問3 曲げモーメント図を描きなさい。なお、曲げモーメントは、破線側が引張となる状態を正とする。

積分表  $J = \int_0^L \bar{M} M dx = \int_0^L (i)(j) dx$



$(i)(j)$	$J = \int_0^L (i)(j) dx$
$(1)(1)$	$y_1 y_1' L$
$(2)(2)$	$[y_a(2y_a' + y_b) + y_b(2y_b' + y_a')]L/6$



図①-2

問題用紙

専攻名	環境デザイン学専攻（一般選抜）	
試験科目名	専門科目 ②水理学	P. (2 / 10)

注意：I～IIIのすべてに解答しなさい。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説明しなさい。

問1 絶対圧とゲージ圧

問2 二次元非圧縮性流れの流れ関数と速度ベクトル、流線、流量の関係

問3 レイノルズの相似則

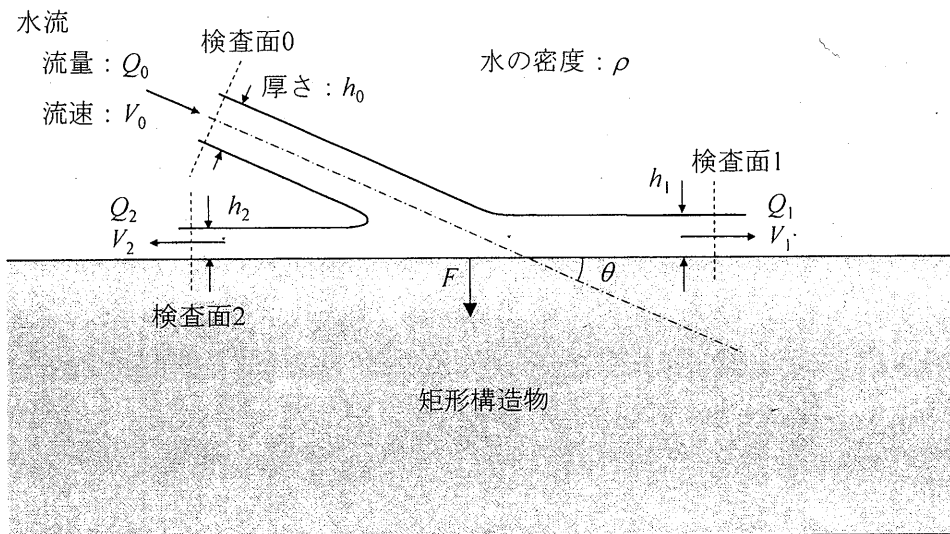
問4 管水路流れの摩擦損失水頭

問題用紙

専攻名	環境デザイン学専攻（一般選抜）	
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、流量  $Q_0$ 、流速  $V_0$ 、厚さ  $h_0$  の水流が大気中に置かれた矩形構造物の壁面に角度  $\theta$  で斜めに衝突し、二方向に分流している。流れは水平面内で生じていて二次元的であり、重力の作用は無視できるとする（奥行き方向には単位長さで考えれば良い）。構造物は静止しており、摩擦およびエネルギー損失は無視できるとする。構造物は分流の方向に十分な長さを有しており、図中の各検査面内では、圧力や流速は一様である。また、流速および流量は、図に示す矢印の方向を正と定義する。密度  $\rho$  は一定である。この時、以下の問いに答えなさい。

- 問1 噴流が構造物におよぼす力  $F$  の大きさを求めなさい。
- 問2 検査面 1,2 において、構造物壁面に沿う分流の流速  $V_1$ 、 $V_2$  を求めなさい。
- 問3 検査面 1,2 において、構造物壁面に沿う分流の流量  $Q_1$ 、 $Q_2$  を求めなさい。
- 問4 検査面 1,2 において、構造物壁面に沿う分流の厚さ  $h_1$ 、 $h_2$  を求めなさい。



図②-1 矩形構造物壁面に衝突して分流する噴流（平面図、 $0 < \theta < \pi$ ）

問題用紙

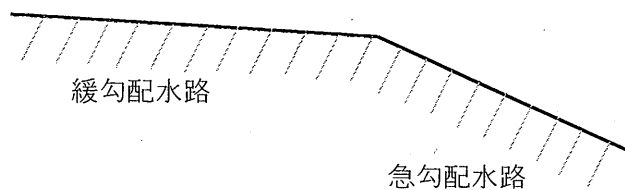
専攻名	環境デザイン学専攻（一般選抜）	
試験科目名	専門科目 ②水理学	P.（4 / 10）

III 幅広矩形一定幅開水路に一定流量を流す場合に発生する水面形状について考える。流れ方向座標を  $x$ 、水深を  $h$ 、等流水深を  $h_0$ 、限界水深を  $h_c$ 、底面勾配を  $i_0$  とする時、流れ方向の水深変化を表わす微分方程式は式①のように表される。

$$\frac{dh}{dx} = i_0 \frac{1-(h_0/h)^3}{1-(h_c/h)^3} \quad \text{①}$$

順勾配水路を考えることとし、以下の問いに答えなさい。

- 問1 等流水深、限界水深という用語を用いて、緩勾配水路および急勾配水路の分類について説明しなさい。
- 問2 緩勾配水路で生じ得る水深変化（増減）や水面形の特徴、対応する流れの状態（常流・射流）について、式①を参照する形で、簡単な図と文章を組み合わせて説明しなさい。なお、図示にあたっては、 $h$ 、 $h_0$ 、 $h_c$  の大小関係により場合分けを行って、それぞれの場合に生じ得る水面形を描きなさい。
- 問3 急勾配水路で生じ得る水深変化（増減）や水面形の特徴、対応する流れの状態（常流・射流）について、式①を参照する形で、簡単な図と文章を組み合わせて説明しなさい。なお、図示にあたっては、 $h$ 、 $h_0$ 、 $h_c$  の大小関係により場合分けを行って、それぞれの場合に生じ得る水面形を描きなさい。
- 問4 図②-2 に示すように、緩勾配水路の下流側に急勾配水路が接続する場合に発生する水面形の概要について簡単な図と文章を組み合わせて説明しなさい。ここで、緩勾配区間、急勾配区間は十分長いものとし、緩勾配から急勾配に変化する地点では、限界水深が生じるという条件を使用できる。図中には、両区間における等流水深および限界水深を示す線を合わせて描きなさい。



図②-2 緩勾配水路から急勾配水路への接続

令和3年度（10月期入学）及び令和4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	環境デザイン学専攻（一般選抜）	
試験科目名	専門科目 ③土質力学	P. (5 / 10)

I 下記の問1～問7から5つを選択して解答しなさい。単に数値を答えるだけでなく、計算の考え方や単位を付けて解答すること。また解答用紙には選択した小問の問題番号を明示すること。

※6つ以上の問を解答した者は、Iの全ての解答を無効とする。

問1 最小間隙比 0.50, 最大間隙比 1.00 の土がある。この土を使って埋立地を造成したところ層厚は  $H_0 = 5.00$  m, 相対密度は  $Dr = 40$  %となった。このままでは液状化リスクが高いことから間隙比 0.60 になるよう締固めを行うことにした。締固め後のこの土の層厚  $H_1$  を計算しなさい。

問2 ある地点は地層表面から深さ 5.00 m の地点まで飽和単位体積重量  $20 \text{ kN/m}^3$  の土で構成されている。この地点が水没し、水深が 5.00 m になった。このとき、地層表面から深さ 5.00 m の地点における全土被り圧と有効土被り圧を計算しなさい。ただし簡単のため、水の単位体積重量を  $10 \text{ kN/m}^3$  としてよい。

問3 ある正規圧密粘土の圧密応力と間隙比の関係を調べたところ、圧密応力が  $10 \text{ kPa}$  のときに間隙比は 2.40 であり、圧密応力が  $40 \text{ kPa}$  のときに間隙比は 2.10 であった。では、間隙比が 1.80 となる圧密応力を求めなさい。ただしこれらの値は、いずれも載荷後十分に時間が経過したときの値であると考へなさい。

問4 排水層と考へてよい砂地盤に挟まれた厚さ 4.00 m の均質な正規圧密粘土地盤がある。テルツァーギの圧密理論に基づいて計算すれば、この粘土地盤 50 % 圧密するのに必要な時間は 1 年であるという。では、この粘土地盤が 90 % 圧密するのに要する時間を求めなさい。ただし 50 % 圧密, 90 % 圧密に対応する時間係数はそれぞれ 0.197, 0.848 である。

問5 矢板周りの 2 次元定常浸透流問題を解くためにフローネットを作図したところ、等ポテンシャル線で囲まれる領域の数は 8 個、流線で囲まれる領域の数は 12 個となった。この地盤の透水係数を  $1.0 \text{ m/day}$ , 矢板の上流側と下流側の水位差を 1.2 m とするとき、20 日間に上流側から下流側に浸透する奥行き 1 m 当たりの浸透流量を計算しなさい。

問6 強度定数が粘着力ゼロ、内部摩擦角  $30^\circ$  のモール・クーロンの破壊規準に従う土を考へる。この土が最小圧縮主応力（全応力） $\sigma_{\min} = 100 \text{ kPa}$ , 最大圧縮主応力（全応力） $\sigma_{\max} = 200 \text{ kPa}$ , また間隙水圧は  $u = 20 \text{ kPa}$  で完全に飽和した状態であったとする。ここから非排水条件のもとで、全応力を一定に保ったまま間隙水圧だけを増加させていったところ、間隙水圧が  $y \text{ [kPa]}$  に達したとき土が破壊した。 $y$  の値を求めなさい。

問7 三軸圧縮試験機を用いてある粘土のせん断挙動を調べる。等方圧密で状態 A（間隙比  $e_A = 2.20$ , 平

令和3年度（10月期入学）及び令和4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 環境デザイン学専攻（一般選抜）

試験科目名 専門科目  
③土質力学 P. (6 / 10)

均有効応力 $p'_A = 120$  kPa) に調整した正規圧密粘土がある。状態 A から非排水条件でせん断試験 (CU 試験) を行うと、状態 B (間隙比 $e_B = 2.20$ , 平均有効応力 $p'_B = 100$  kPa, 軸差応力 $q_B = 120$  kPa) で限界状態に達した。さて、同じ粘土を排水条件下で等方的な載荷と除荷の履歴を与え、状態 C (間隙比 $e_C = 2.20$ , 平均有効応力  $p'_C = 60$  kPa) の過圧密状態となるように調整した。状態 C から非排水条件でせん断試験 (CU 試験) を行うと、状態 D (間隙比 $e_D = 2.20$ , 平均有効応力 $p'_D = x$  [kPa], 軸差応力 $q_D = y$  [kPa]) で限界状態に達した。 $x, y$  の値を求めなさい。ただし土の挙動は限界状態理論によって説明できるものとする。

II 軟弱地盤の対策工法について以下の問いに答えなさい。

問1 プレローディング工法について、その原理や見込まれる効果を80字～150字で説明しなさい。

問2 バーチカルドレーン工法について、その原理や見込まれる効果を80字～150字で説明しなさい。

## 問題用紙

専攻名	環境デザイン学専攻(一般選抜)	
試験科目名	専門科目 ④計画数理学	P.(7/10)

I 次の線形計画問題を解きなさい。

問1

$$\begin{aligned} & \underset{x_1, x_2}{\text{maximize}} && x_1 + 2x_2 \\ & \text{subject to} && -2x_1 + x_2 \leq 2, \\ & && -x_1 + 2x_2 \leq 7, \\ & && x_1 \leq 3, \\ & && x_1, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

問2

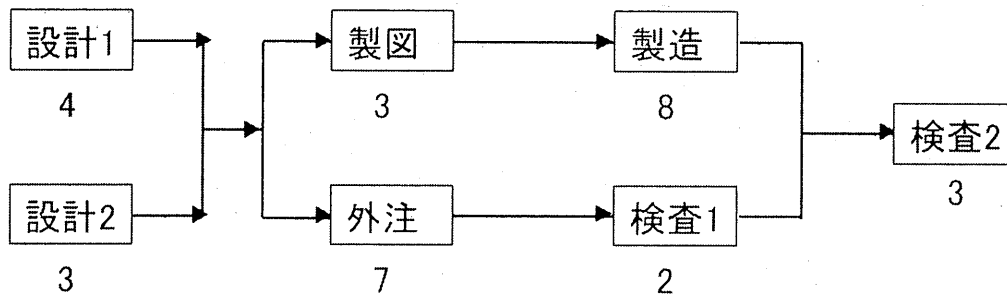
$$\begin{aligned} & \underset{x_1, x_2, x_3}{\text{maximize}} && x_1 + x_2 + 2x_3 \\ & \text{subject to} && x_2 + 2x_3 \leq 3, \\ & && -x_1 + 3x_3 \leq 2, \\ & && 2x_1 + x_2 + x_3 \leq 1, \\ & && x_1, x_2, x_3 \geq 0 \end{aligned}$$

令和3年度（10月期入学）及び令和4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	環境デザイン学専攻（一般選抜）	
試験科目名	専門科目 ④計画数学	P.（8 / 10）

II

- 問1 図④-1に示した「流れ図」を「ネットワーク・グラフ」に示しなさい。図に添えられた数字は作業時間である。
- 問2 各ノードの最早結合点時刻・最遅結合点時刻  $t_i^E, t_i^L$  ( $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ )を求めなさい。
- 問3 クリティカルパスを求めなさい。



図④-1

- III インフラ構造物の維持管理手法には「事後保全」と「予防保全」の2種類の管理手法がありますが、それぞれの管理手法について簡潔に説明しなさい。



令和3年度（10月期入学）及び令和4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 環境デザイン学専攻（一般選抜）

試験科目名 専門科目  
⑤環境工学

P. (9 / 10)

I 水環境に関わる下記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) 1気圧の大気、20℃の水中の酸素濃度 [mg/L]はいくらになるか計算しなさい。ただし、1気圧の大気、20℃における酸素の水に対する溶解度は43.4 mg/L、大気中の酸素濃度は21%である。
- (2) 河川水を500 mL採取し、BOD希釈水を用いて1000 mLに希釈した。これを100 mLのDO瓶2本に分注し、そのうち1本は最初のDO<sub>0</sub>を測定したところ、8.0 mg/Lであった。残り1本を20℃で5日間培養した後、DO<sub>5</sub>濃度を測定した結果、5.6 mg/Lであった。この河川水のBOD濃度はいくらになるか計算しなさい。

問2 排水処理に関わる下記の問いに答えなさい。

- (1) 排水処理の方式の一つである標準活性汚泥法の反応槽の役割について説明しなさい。ただし、以下の語句を使用すること。（微生物、異化、同化、フロック）
- (2) BOD 400 mg/L、水量 1,200 m<sup>3</sup>/日の排水を活性汚泥法で処理するとき、BOD容積負荷を0.5 kg/m<sup>3</sup>/日で計算すれば、反応槽の容積 [m<sup>3</sup>]はいくらになるか計算しなさい。
- (3) 上記(2)の反応槽の流出BOD濃度が8 mg/Lのとき、反応槽のBOD除去率 [%]はいくらになるか計算しなさい。

令和3年度(10月期入学)及び令和4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	環境デザイン学専攻(一般選抜)	
試験科目名	専門科目 ⑤環境工学	P.(10/10)

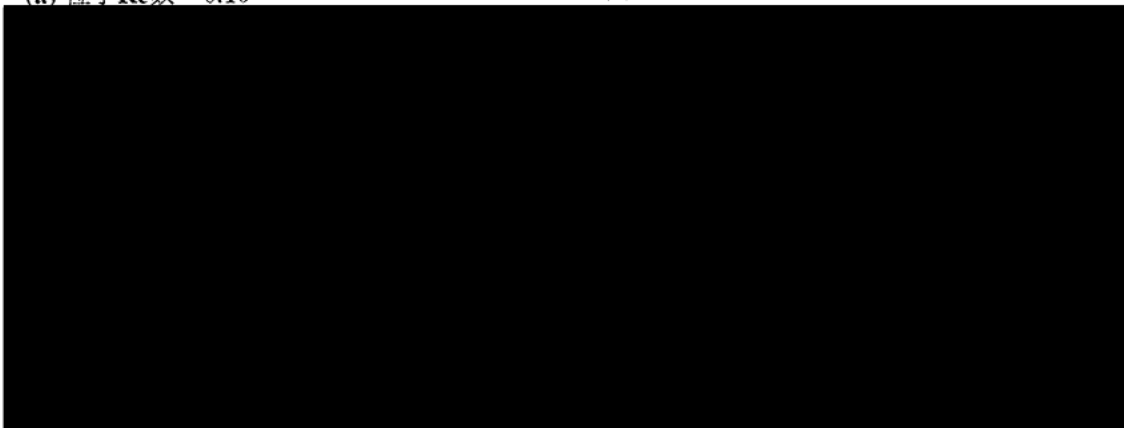
II 環境中の流れに関わる下記の問いに答えなさい。

問1 図⑤-1(a)(b)は、静止流体中を矢印方向へ移動する球形粒子の周りの流線(球の中心を通り流れに平行な断面上の流体分子の軌跡)を、異なる球形粒子の直径を代表寸法、球形粒子と流体の平均相対速度を代表速度として定義する粒子レイノルズ数(粒子Re数)に対して示したものである。

- (1) 図の右側、空白部分の流線はどのようになると考えられるか。それぞれ図示しなさい。
- (2) (a)と(b)の違いを、レイノルズ数を構成する2つの力の比と関連付けて説明しなさい。

(a) 粒子Re数 = 0.10

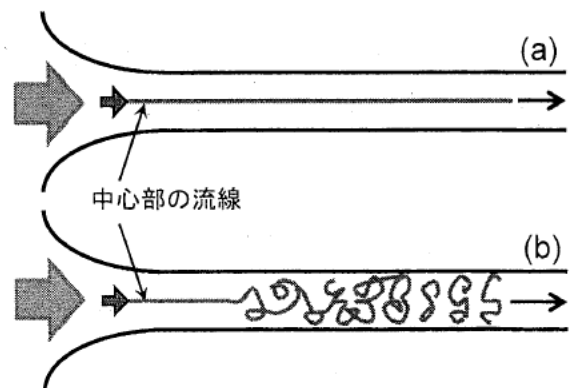
(b) 粒子Re数 = 250



図⑤-1 球形粒子周囲の流れ (Hinds, W.C., Aerosol Technology 中の図を一部改変)

問2 図⑤-2は、円管内の流れの状態を調べるためにレイノルズが実施した実験を模したものである。ここで、20℃の水の密度が $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、粘度が $1.0 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 、1気圧20℃の空気の密度が $1.2 \text{ kg/m}^3$ 、粘度が $1.8 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ とする。以下の問いに答えなさい。

- (1) (a)と(b)の流れの状態を、何と呼ぶか。それぞれ日本語と英語の両方で答えなさい。
- (2) 体積流量2 L/minで内径1 cmの円管内の定常的な流れを考える。流れの状態は(a)と(b)のどちらに近くなると考えられるか。① 20℃の水と② 1気圧20℃の空気の場合に分けて、理由とともに答えなさい。



図⑤-2 円管内の流れ