

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)

試験科目名 専門科目
①構造力学

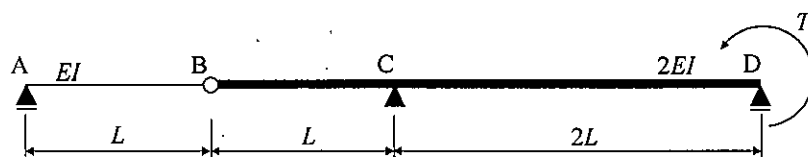
P. 1 / 10

I 図①-1に示すように、点Bにヒンジを有する2径間のはりがある。いま、このはりの支点Dにモーメント荷重 T 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、このはりの曲げ剛性は、支点A-ヒンジ点Bの間が EI 、ヒンジ点B-支点Dの間が $2EI$ である。

問1 すべての支点反力を求めなさい。

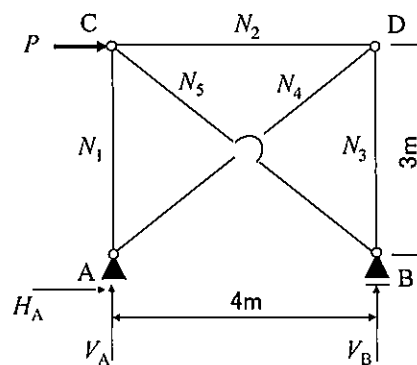
問2 曲げモーメント図を描きなさい。なお、はりの断面における下縁側が引張となる状態を正の曲げモーメントとする。

問3 ヒンジ点Bのたわみ(下向き:正)および支点Dのたわみ角(時計回り:正)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。なお、必要に応じて下の積分表を用いてもよい。



図①-1

II 図①-2に示す単純支持されたトラス構造物において、格点Cに集中荷重 P が水平(右向き)に作用している。このとき、以下の問いに答えなさい。なお、各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。

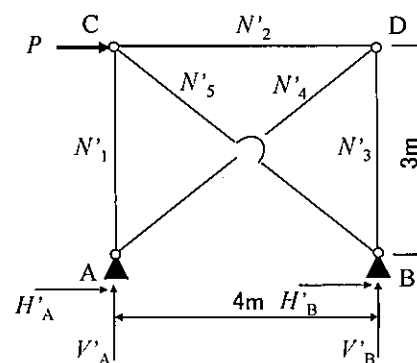


図①-2

問1 すべての支点反力と部材力を求めなさい。

問2 支点Bの水平変位(右向き:正)を求めなさい。

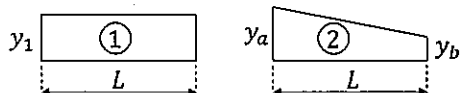
問3 図①-2に示すトラス構造物における可動支点Bの可動を拘束して図①-3のように回転支点に変更し、外的1次不静定トラス構造物とした。このとき、支点Aおよび支点Bの水平反力(右向き:正) H'_A および H'_B を求めなさい。



図①-3

<積分表>

$$\int_0^L \bar{M} M dx = \int_0^L \textcircled{i} \textcircled{j} dx$$



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

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）	
試験科目名	専門科目 ②水理学	P. 2 / 10

I 一定幅の矩形断面（長方形断面）水路において、図②-1に示すように一定流量の水がスルースゲートを通過している。紙面奥行方向の水路幅は単位幅1で考え、重力加速度は g とする。ゲートの上流と下流の比エネルギーは等しいと仮定して、以下の問いに答えなさい。

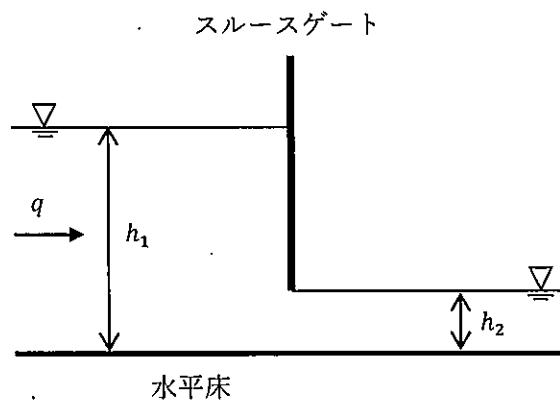
問1 単位幅流量 q で水深 h の矩形断面水路の流れの比エネルギー E および比力 F を表す式をそれぞれ書きなさい。

問2 q が一定の条件において、 E と h の関係を表す曲線の概略図を描きなさい。図の横軸は E 、縦軸は h とする。ただし、図にはゲートの上下流の水深 h_1 、 h_2 および限界水深 h_c を示すとともに、各水深に対応する比エネルギー E_1 、 E_2 および E_c の大小関係がわかるように図示しなさい。

問3 ゲートを通る流量を求めなさい。ただし、解は h_1 、 h_2 と g だけを用いて表しなさい。

問4 q が一定の条件において、 F と h の関係を表す曲線の概略図を描きなさい。図の横軸は F 、縦軸は h とする。ただし、図には h_1 、 h_2 および h_c を示すとともに、各水深に対応する比力 F_1 、 F_2 および F_c の大小関係がわかるように図示しなさい。

問5 ゲートに作用する力の大きさを求めなさい。ただし、解は h_1 、 h_2 と水の単位体積重量 ρg だけを用いて表しなさい。

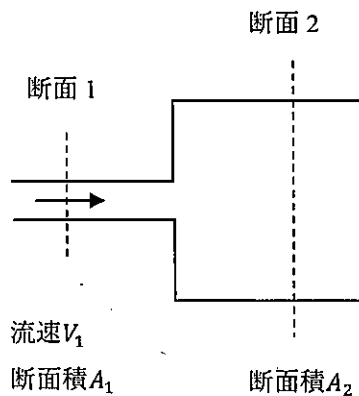


図②-1 スルースゲート周辺の水深変化

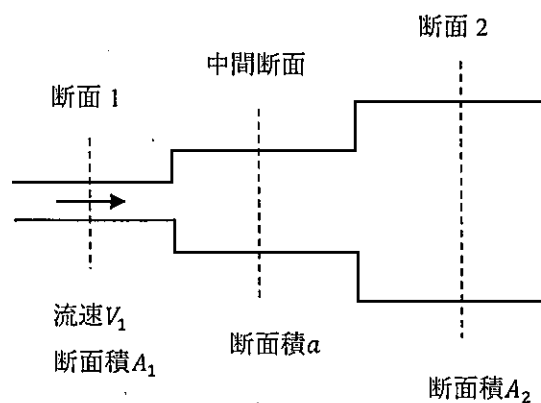
専攻名	地球社会基盤学専攻(社会基盤工学コース)(一般選抜)	
試験科目名	専門科目 ②水理学	P. 3 / 10

II 管水路の断面積が急拡大する部分では渦によるエネルギー損失が局所的に発生する。また、急拡大部の水流の運動量について、 $\rho Q(V_d - V_u) = p_u A_d - p_d A_d$ の関係式が成り立つとする(ρ :水の密度、 Q :流量、 V_u, V_d :急拡大部の上流・下流断面の流速、 p_u, p_d :急拡大部の上流・下流断面の圧力、 A_d :急拡大部の下流断面の断面積)。重力加速度を g とし、壁面摩擦によるエネルギー損失は無視できると仮定して、以下の問いに答えなさい。

- 問1 図②-2に示す管水路1の断面1と断面2の間の損失水頭 h_{L1} を求めなさい。ただし、連続式やベルヌーイの定理を利用した導出過程を示すとともに、 h_{L1} の解は同図中の記号と g だけを用いて表しなさい。
- 問2 図②-3に示す管水路2の断面1と断面2の間の損失水頭 h_{L2} を求めなさい。ただし、 h_{L2} の解は同図中の記号と g だけを用いて表しなさい。
- 問3 管水路2の V_1, A_1 および A_2 が一定の条件において、 h_{L2} を最小にする断面積 a を求めなさい。ただし、 h_{L2} に対応する損失係数 f_{L2} を明記するとともに、その微分を利用した a の導出過程も示しなさい。
- 問4 管水路2の断面積が $A_2 = 4A_1$ である場合、 h_{L2} を最小にする a は A_1 の何倍になるか求めなさい。また、その場合の f_{L2} を計算しなさい。
- 問5 問4と同じ条件で、管水路1と2の V_1, A_1 および A_2 がそれぞれ等しい場合、 h_{L2} は h_{L1} の何倍になるか求めなさい。



図②-2 管水路1



図②-3 管水路2

令和5年度(10月期入学)及び令和6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)	
試験科目名	専門科目 ③土質力学	P. 4 / 10

I

問1 土質力学に関する下記の用語について、それぞれ50字以内で説明しなさい。

- (1) 液性限界
- (2) 限界動水勾配
- (3) 最適含水比
- (4) 圧縮指数
- (5) サンドドレーン工法

II

問1 ある現場で採取した土に対し、室内試験を行った結果、表のような結果を得た。この土について以下の物性値をそれぞれ求めなさい(有効数字3桁)。なお土粒子と水の密度はそれぞれ $\rho_s = 2.70 \text{ g/cm}^3$, $\rho_w = 1.00 \text{ g/cm}^3$ とする。

- (1) 湿潤密度 ρ_t [g/cm^3]
- (2) 乾燥密度 ρ_d [g/cm^3]
- (3) 含水比 w [%]
- (4) 間隙比 e [-]
- (5) 飽和度 S_r [%]

試料	測定項目	測定値
採取した土	体積 V	26.6 cm^3
	質量 M	45.3 g
炉乾燥した土	質量 M'	38.2 g

令和5年度(10月期入学)及び令和6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)	
試験科目名	専門科目 ③土質力学	P. 5 / 10

III

- 問1 厚さ H が5.0 mの粘土層が分布する地盤の上に $P=30 \text{ kN/m}^2$ で一様に载荷した結果、粘土層が圧密沈下し、間隙比が $e=2.0$ から $e'=1.5$ へ減少することが分かった。この粘土層について以下の値をそれぞれ求めなさい(有効数字2桁、ただし(2)、(3)は指数表記)。なお粘土は正規圧密粘土とし、上下面が砂層に接している。
- (1) 最終沈下量 S [cm]
 - (2) 体積圧縮係数 m_v [m^2/kN]
 - (3) 圧密係数 C_v [m^2/s]、なお粘土の透水係数を $1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ 、水の単位体積重量を $\gamma_w = 9.81 \text{ kN/m}^3$ とする。
 - (4) 圧密度90%に達する時間 t_{90} [d]、なお圧密度 $U=90\%$ の時間係数は $T_v=0.848$ である。

IV

- 問1 ある砂試料に側圧($\sigma_h=400 \text{ kN/m}^2$)、間隙水圧($u=200 \text{ kN/m}^2$)一定の排水三軸試験を行ったところ、軸差応力 σ_q が 800 kN/m^2 にてせん断破壊に達した。モール・クーロンの破壊基準に従ったとして、この実験および砂試料に関する次の値をそれぞれ求めなさい(小数点以下四捨五入)。ただし三角関数の値は必要に応じて下記の表を利用し、最も近い角度を選んでよい。
- (1) 試料にかかる有効拘束圧 σ_3' [kN/m^2]
 - (2) 破壊時の最大有効主応力 σ_1' [kN/m^2]
 - (3) せん断抵抗角 ϕ' [$^\circ$]
 - (4) 間隙水圧 u は変えず側圧を $\sigma_h=300 \text{ kN/m}^2$ に減らした場合のせん断破壊に至る軸差応力 σ_q [kN/m^2]

ϕ' [deg]	$\sin \phi'$	$\cos \phi'$		ϕ' [deg]	$\sin \phi'$	$\cos \phi'$
26	0.44	0.90		36	0.59	0.81
28	0.47	0.88		38	0.62	0.79
30	0.50	0.87		40	0.64	0.77
32	0.53	0.85		42	0.67	0.74
34	0.56	0.83		44	0.69	0.72

令和5年度(10月期入学)及び令和6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)	
試験科目名	専門科目 ④計画数理学	P. 6 / 10

I ある都市内の5つの道路a, b, c, d, eで, 歩行者通行量 x [人/分] と道路沿いの店舗数 y との関係を調査したところ, 下記の表④-1に示す結果が得られた。このとき, 以下の間に答えなさい。

問1 線形回帰 $y = ax + \beta$ を考える。最小二乗法で α と β の推定量を求めなさい。

問2 問1の結果を用いて, $x = 44$ のときの y の予測値を求めなさい。

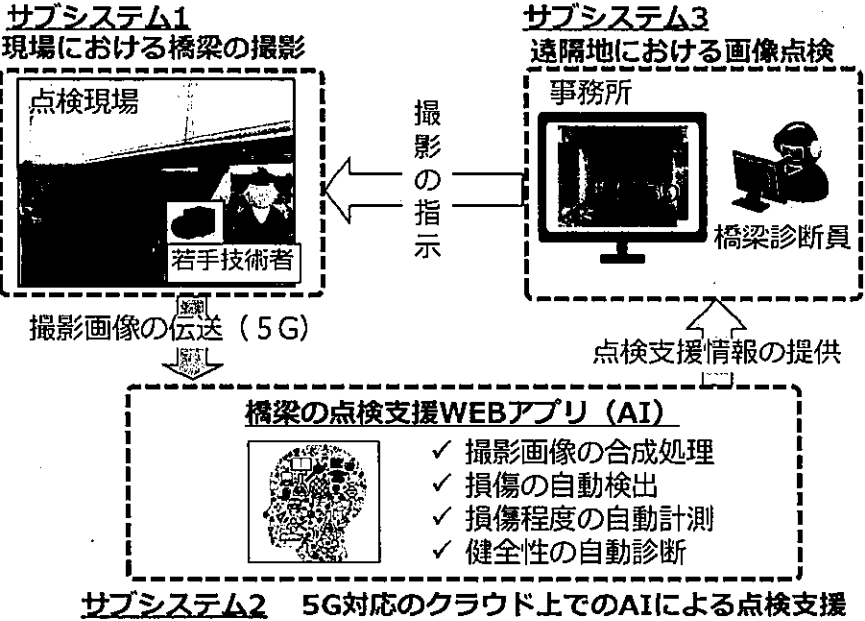
問3 問1とは異なる線形回帰 $y = \gamma\sqrt{x} + \delta$ を考える。2つの線形回帰式 $y = ax + \beta$ と $y = \gamma\sqrt{x} + \delta$ の精度を比較する方法を説明しなさい。 γ や δ の推定量を求める必要はない。

表④-1

道路	歩行者通行量 x [人/分]	道路沿いの店舗数 y
a	1	0
b	3	2
c	9	4
d	5	3
e	2	1

令和5年度（10月期入学）及び令和6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）	
試験科目名	専門科目 ④計画数理学	P. 7 / 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やICT、IoTを用いた新しい仕組みの導入が必要である。そこで、以下のようなシステムを構築することを考える。図④-1を参考にして、以下の間に答えなさい。



図④-1 インフラメンテナンスシステム

- 問1 サブシステム1で撮影した橋梁の画像を、サブシステム3を用いて遠隔地にいる橋梁診断員が点検することのメリットとデメリットを簡潔に答えなさい。
- 問2 サブシステム2では、AIを用いて点検の支援を行う。この際、損傷の自動検出や健全性の自動診断を行うが、これは、橋梁診断員の点検支援のための仕組みである。本システムを用いた橋梁の点検において、AIを用いた最終診断を行わず、点検支援とした理由を簡潔に答えなさい。
- 問3 図④-1に示すインフラメンテナンスシステムは、橋梁点検を事例に挙げているが、このシステムを拡張して利用するとした場合、どのような場面で利用できるか簡潔に答えなさい。

令和5年度（10月期入学）及び令和6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）	
試験科目名	専門科目 ④計画数理学	P. 8 / 10

- 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つの考え方がある。それぞれの管理手法について簡潔に説明しなさい。また、近年の維持管理では、「予防保全的維持管理」が原則とされている。この維持管理手法が原則である理由について、「事後保全」、「劣化」、「財源」の3つの言葉を必ず用いて簡潔に説明しなさい。

令和5年度(10月期入学)及び令和6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)	
試験科目名	専門科目 ⑤環境工学	P. 9/10

I 下表は、公共用水域における生活環境の保全に関する環境基準を示している。

- 問1 ①, ②に該当する公共用水域をそれぞれ答えなさい。
- 問2 アの水域ではBODの基準値が設けられているのに対して、イの水域ではCODの基準値が設けられているのはなぜか。BODとCODの違いに言及しながら、それぞれの理由を答えなさい。
- 問3 「水道2級」で想定されている浄水プロセスについてプロセスフロー図を描きなさい。なお、フロー図の各池で行われる処理操作についても簡潔に説明を付すこと。
- 問4 湖沼や海域において、窒素・リンについて基準値が設けられているのはなぜか。理由を述べなさい。
- 問5 下水処理において窒素・リンを除去する目的で行われる生物学的な高度処理法を一つ挙げ、その名称と原理を説明しなさい。

ア ①

項目 類型	利用目的の適応性	基準値				
		pH	BOD	SS	DO	大腸菌数
AA	水道1級, 自然環境保全 及びA以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1 mg/L 以下	25 mg/L 以下	7.5 mg/L 以上	20 CFU/ 100mL 以下
A	水道2級, 水産1級, 水浴 及びB以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	2 mg/L 以下	25 mg/L 以下	7.5 mg/L 以上	300 CFU/ 100mL 以下
B	水道3級, 水産2級 及びC以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	3 mg/L 以下	25 mg/L 以下	5 mg/L 以上	1,000 CFU/ 100mL 以下
C	水産3級, 工業用水1級 及びD以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	5 mg/L 以下	50 mg/L 以下	5 mg/L 以上	-
D	工業用水2級, 農業用水 及びEの欄に掲げるもの	6.0以上 8.5以下	8 mg/L 以下	100 mg/L 以下	2 mg/L 以上	-
E	工業用水3級, 環境保全	6.0以上 8.5以下	10 mg/L 以下	ごみ等の浮遊が認められないこと。	2 mg/L 以上	-

イ ②

項目 類型	利用目的の適応性	基準値				
		pH	COD	SS	DO	大腸菌数
AA	水道1級, 水産1級, 自然環境保全 及びA以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1 mg/L 以下	1 mg/L 以下	7.5 mg/L 以上	20 CFU/ 100mL 以下
A	水道2, 3級, 水産2級, 水浴 及びB以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	3 mg/L 以下	5 mg/L 以下	7.5 mg/L 以上	300 CFU/ 100mL 以下
B	水産3級, 工業用水1級, 農業用水 及びCの欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	5 mg/L 以下	15 mg/L 以下	5 mg/L 以上	-
C	工業用水2級, 環境保全	6.0以上 8.5以下	8 mg/L 以下	ごみ等の浮遊が認められないこと。	2 mg/L 以上	-

令和5年度（10月期入学）及び令和6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）	
試験科目名	専門科目 ⑤環境工学	P. 10 / 10

II 環境中に浮遊する粒子の重力沈降に関する下記の問題に答えなさい。

問1 粒子の重力沈降に関する下記の説明について、①～⑧に相当する語句または式を答えなさい。

静止した流体中を鉛直下向きに重力沈降する球形粒子を想定する。この粒子には、主な力として、鉛直下向きに（①）、これと逆向きに（②）と流体抗力が作用する。流体抗力は、流体の粘性のために物体表面に速度が減少した（③）層が形成されることが原因となっており、物体表面に沿う方向に作用する（④）力（またはせん断力）に由来した（④）抗力と、流れが物体を回り込む際に（③）層が物体表面からはがれて生ずる流れ方向の（⑤）分布の非対称性が原因となった（⑤）抗力がある。ここで、流体抗力 F_D は以下の式で定義される。

$$F_D = C_D \frac{\rho_f v^2}{2} A$$

C_D は（⑥）、 ρ_f は流体の密度、 v は粒子と流体の相対速度、 A は（⑦）であり、直径 d_p の球形粒子に対応する A の値は（⑧）（式で表現すること）となる。

問2 粒子と流体の相対速度 v が小さい場合、直径 d_p の球形粒子に働く流体抗力を式 $F_D = 3\pi\mu d_p v$ で表すことができる（ μ は流体の粘度）。このとき、 C_D と Re_p （球形粒子の直径 d_p を代表寸法とし、その周囲を流れる流体の状態を表すレイノルズ数）の関係を求めなさい。

問3 重力加速度を g として問1で挙げた力①と②の大きさをそれぞれ式で書きなさい。

問4 流体抗力 F_D について、問2に示した関係が成り立つとする。密度 ρ_f 、粘度 μ の静止した流体中を速度 v で重力沈降する球形粒子（密度 ρ_p ）の運動方程式を作りなさい。必要に応じて、新しく定義した記号については説明を記述すること。

問5 問4から、粒子が最終的に到達する沈降速度（終末沈降速度） v_t を求めなさい。

問6 問5から、粒子の終末沈降速度と粒子の大きさの間には、一般にどのような関係があると言えるか。