

環境創生工学専攻土木工学コース 2025 年度大学院博士前期課程二次入試問題 構造力学
【1/4】

受験番号

1. 一辺 a の正方形断面の棒の一部が、図 1 に示すように幅が半減されている状態を考える。この棒の軸方向力 P による $m-m$ 断面の最大引張応力 $\sigma_{\max}$ を求めよ。なお、軸方向力 P は棒の正方形断面 ($n-n$ 断面) の図心に作用しているものとする。

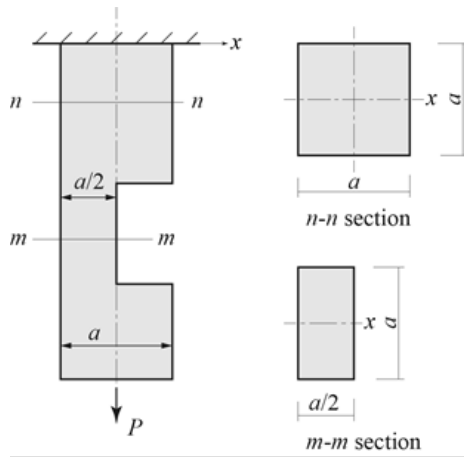


図 1

環境創生工学専攻土木工学コース 2025 年度大学院博士前期課程二次入試問題 構造力学
【2/4】

受験番号

2. 図 2 に示す張り出しばりに関して、以下の問いに答えよ。
- (1) 曲げモーメント(M)図とせん断力(Q)図を描け。
 - (2) はりの断面が矩形断面（幅 b 、高さ $2b$ ）とすると、B 点におけるはり断面上縁の曲げ応力度 σ_{uB} を求めよ。
ただし、引張を正とする。
 - (3) C 点の回転角 θ_C および A 点のたわみ δ_A を求めよ。ただし、弾性係数 E と一定とする。

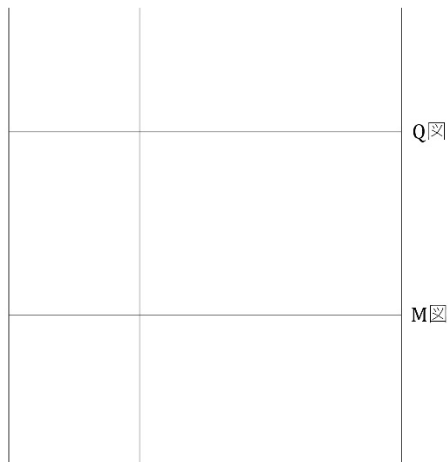
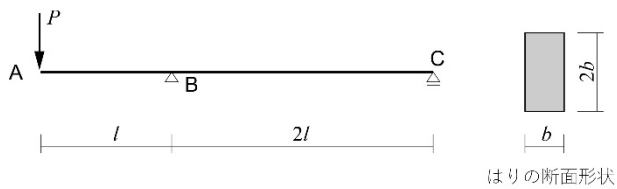


図 2

環境創生工学専攻土木工学コース 2025 年度大学院博士前期課程二次入試問題 構造力学
【3/4】

受験番号

3. 図 3 に示すはり構造に関して、各支点の鉛直方向反力（上向きを正） V_A, V_B, V_C 、D 点および E 点のせん断力 Q_D, Q_E および曲げモーメント M_D, M_E の影響線を示せ。また、各影響線における代表的な値を示せ。符号 (+, -) を明確にすること。

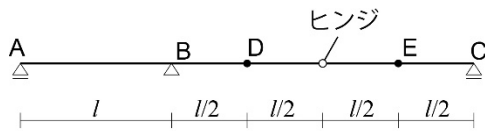


図 3

					V_A
					V_B
					V_C
					Q_D
					M_D
					Q_E
					M_E

環境創生工学専攻土木工学コース 2025 年度大学院博士前期課程二次入試問題 構造力学
【4/4】

受験番号

4. 図 4 に示す構造において、以下の問に答えよ。ただし、曲げ剛性 EI は一定とする。
- (1) 図 4 に反力の方向が分かるように矢印を示したうえで、すべての支点反力を求めよ。
 - (2) 曲げモーメント(M)図とせん断力(Q)図を描け。

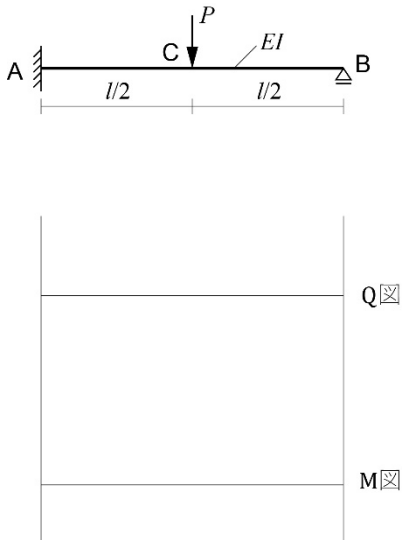
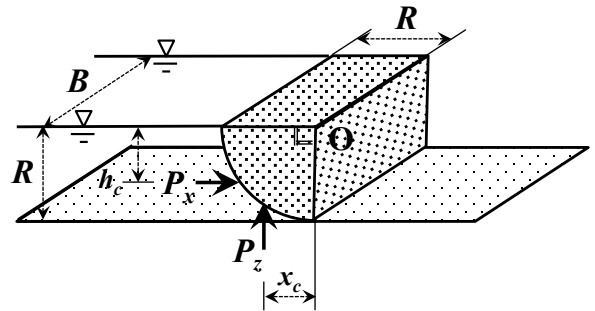


図 4

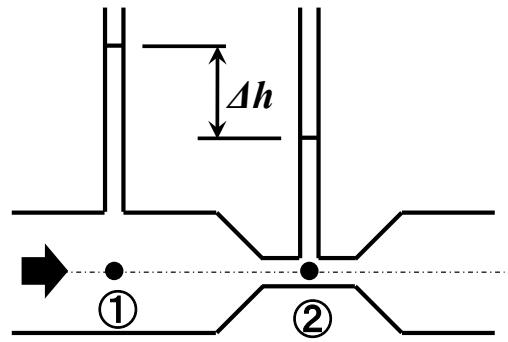
受験番号：

1. 右図に示すような幅 B (m), 中心角 90° , 高さ R (m) のラジアルゲートによって, 満水状態で水がせき止められている. ゲートに作用する静水圧について以下の問いに答えよ. 以下の問いに答えよ. なお, 重力加速度 g (m/s^2), 水の密度 ρ (kg/m^3), 円周率 π とする.



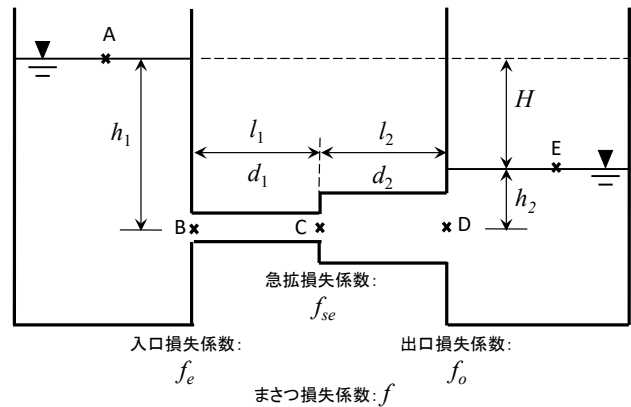
- (1) ゲート面に作用する全水圧の水平方向成分 P_x (N) および鉛直方向成分 P_z (N) を, 問題文中で与えられている諸量で表わせ.
- (2) ゲートの中心点 O から P_x の作用点までの鉛直距離 h_c (m) および P_z の作用点までの水平距離 x_c (m) を, 問題文中で与えられている諸量で表わせ.

2. 右図のように水平に置かれたベンチュリ管の右方向への水流を考え、断面①、②にマンノメータを取り付ける。以下の問いに答えよ。なお、水流に伴うエネルギー損失は一切無視できると考える。



- (1) 断面①の圧力 p_1 (N/m²), 断面②の圧力 p_2 (N/m²), 水の密度 ρ (kg/m³) および重力加速度を g (m/s²) とするとき、マンノメータの水位差 Δh (m) をそれらの諸量で表わせ。
- (2) 右図ベンチュリ管の流量 Q (m³/s) を、マンノメータの水位差 Δh (m), 断面①の管径 d_1 (m), 断面②の管径 d_2 (m), 重力加速度 g (m/s²) および円周率 π で表わせ。

3. 右図に示すように水槽間に水平に管路が敷設されており、途中で急拡大している。水槽間の水位差が H (m) であるとき、以下の問いに答えよ。なお、図中の B 点～C 点間の細い管の管径を d_1 (m)、長さを l_1 (m)、C 点～D 点間の太い管の管径を d_2 (m)、長さを l_2 (m) とし、入口損失係数を f_e 、急拡大損失係数を f_{se} 、出口損失係数を f_o 、まさつ損失係数を f 、重力加速度を g (m/s²)、円周率を π とする。

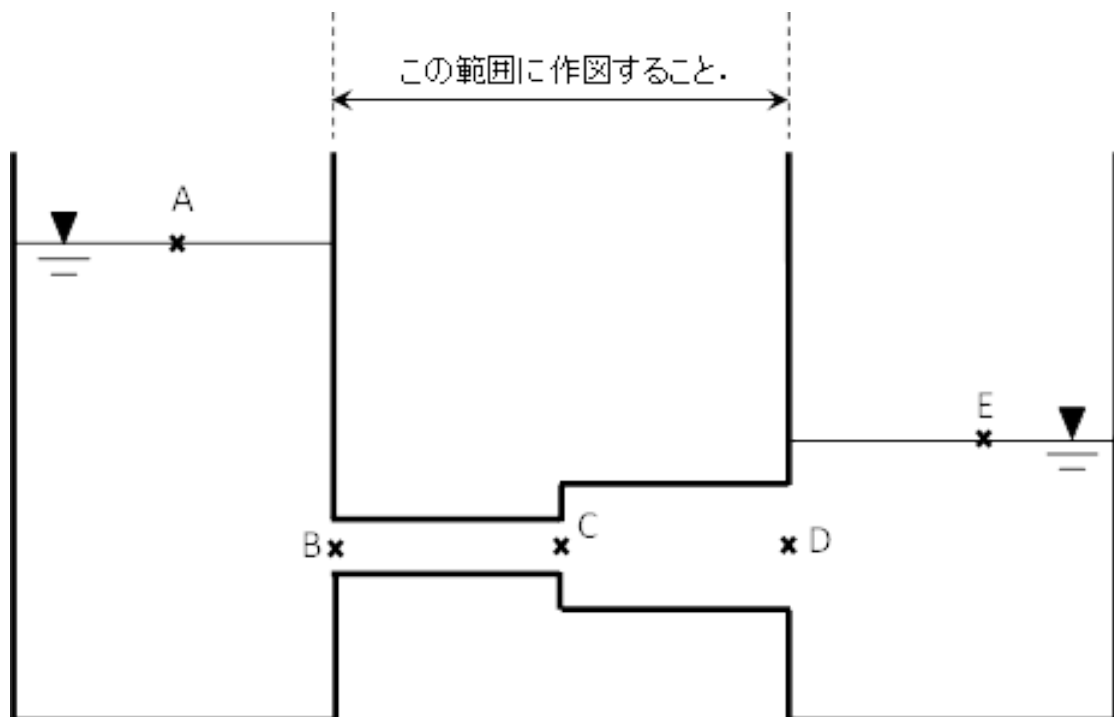


- (1) 細い管の管内平均流速を u_{m1} (m/s)、太い管の管内平均流速を u_{m2} (m/s) としたとき、水位差 H (m) を、管内のまさつ損失、形状損失をすべて考慮して u_{m1} 、 u_{m2} および問題文中で与えられている諸量で表わせ。
- (2) 図の通り水槽間の水位差が H (m) であるとき、管に流しうる流量 Q (m³/s) を問題文中で与えられている諸量で表わせ。
- (3) 次頁の図中にエネルギー線（エネルギー水頭）を実線、動水勾配線（ピエゾ水頭）を点線でその概形を描け。定性的なイメージ図でよいが、水理学的な妥当性を説明できるように、また、定規等を用いてきれいに作図すること。

解答を書ききれない場合は次頁に続けて書いてもよい。

つづき

図 エネルギー線（エネルギー水頭）、動水勾配線（ピエゾ水頭）の概形



4. エネルギー損失が無視できる幅一定の矩形断面河川の水面形を考える。その際、下式に示す全エネルギー H (m) は一定として考える。

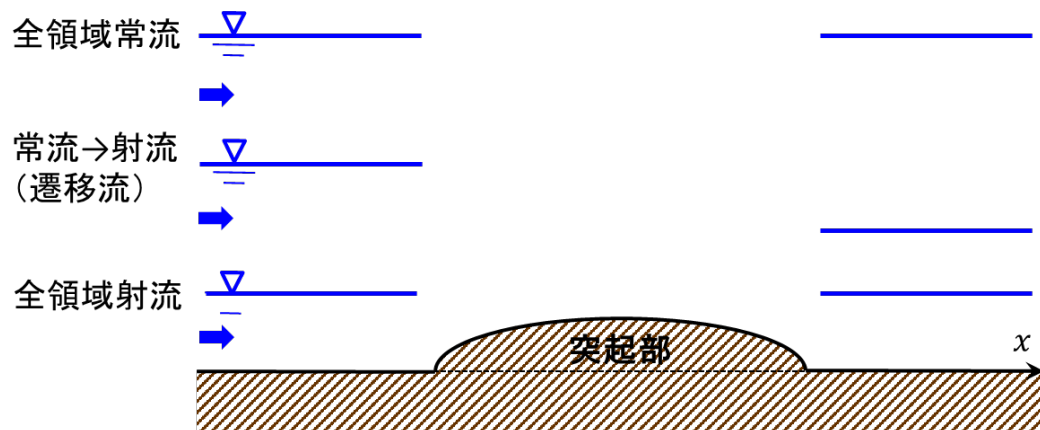
$$H = \frac{v^2}{2g} + h + h_b = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{Bh} \right)^2 + h + h_b = \text{一定}$$

ここで、 Q は流量 (m^3/s)、 g は重力加速度 (m/s^2)、 B は川幅 (m)、 h は水深 (m)、 h_b は河床高さ (m) である。以下の問いに答えよ。

- (1) フルード数 Fr を、流量 Q 、重力加速度 g 、川幅 B および水深 h で表わせ。
- (2) 全エネルギー H の流下方向 x に関する変化が一定 ($dH/dx = 0$) とし、水深の変化 (水面形) dh/dx を、水路勾配 $i (= -dh_b/dx)$ およびフルード数 Fr で表わせ。
- (3) 小問(2)から得られた結果より、水平河床にある突起部の水面形を①全領域常流、②常流から射流への遷移流、③全領域射流の場合について滑らかな線となるように下図内に作図せよ。水理学的根拠が明確でない不自然な水面とならないようにすること。

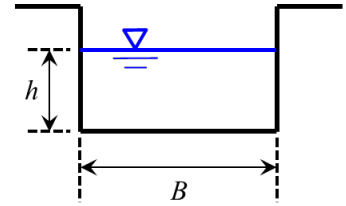
図 突起部の水面形 (水面が空白となっている領域に作図すること)

水面形の縦断図



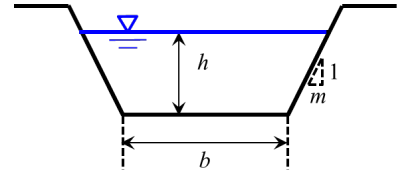
5. 等流計算に関する以下の問いに答えよ.

- (1) 右図のように幅 B (m), 水深 h (m), 勾配 i , マニングの粗度係数 n をもつ矩形断面をもつ水路を考え, 等流条件の流量 Q (m³/s) を問題文中の諸量を用いてマニング式で表わせ. 数式は変数をまとめるなど極力整理して示すこと.



- (2) 矩形断面の中で, 幅が水深に比べてかなり大きい ($B \gg h$) ものを広矩形断面と称する. 幅 B (m), 勾配 i , マニングの粗度係数 n をもつ「広矩形断面水路」に流量 Q (m³/s) が流れる場合, 等流水深 h_0 (m) を求める式を問題文中の諸量を用いて表わせ.

- (3) 右図のように底幅 b (m), 側壁の法勾配 $m:1$, 水深 h (m), 水路勾配 i , マニングの粗度係数 n をもつ台形断面をもつ水路を考え, 等流条件の流量 Q (m³/s) を問題文中の諸量を用いてマニング式で表わせ. 数式は変数をまとめるなど極力整理して示すこと.



電卓は使用不可，解答欄が不足する場合には，ウラ面に記述しても良い。

【問題 1】体積 200 cm^3 の湿潤したままの乱さない土がある。その質量は 300 g で，この試料を炉乾燥したときの質量が 200 g であった。この土の湿潤密度，乾燥密度，含水比，間隙比，飽和度を求めよ。
ただし，この土の土粒子の密度を 2.70 g/cm^3 とする。

- ①湿潤密度：
- ②乾燥密度：
- ③含水比：
- ④間隙比：
- ⑤飽和度：

【問題 2】以下の用語を説明せよ。

(1) 相対密度

(2) 塑性指数

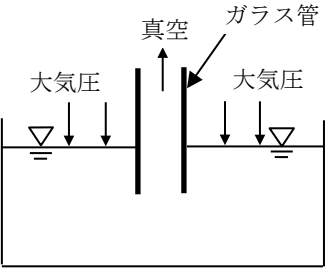
(3) 最適含水比

(4) ダイレイタンシー

【問題 3】以下の設問に答えなさい。

(1) ダルシーの法則について説明せよ。

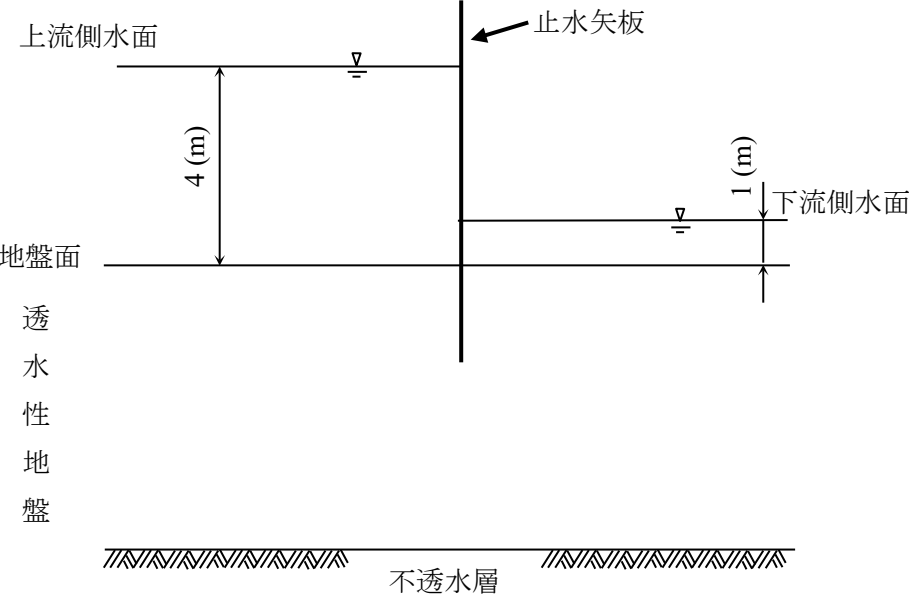
(2) 右図に示すように，水の入った容器に 1 気圧 （ $= 101325\text{ Pa}$ ）の大気圧が作用しているところに，ガラス管を立て管内を真空（ゼロ気圧）にした場合に，重力加速度 g を 10 m/s^2 として，ガラス管内の水位が容器水面よりどれだけ上昇するかを求めよ。なお，水の密度 ρ_w は $1.0\text{ g/cm}^3 = 1.0\text{ t/m}^3$ として計算せよ。



(3) 図に示すような透水性の地盤に止水矢板が打ち込まれている。

- ①この透水性地盤における流線網を描け。ただし，流線を実線，等ポテンシャル線を破線として区別して描くこと。
- ②上記①で描いた流線網に基づいて，単位奥行き(1 m)，1 日あたりの透水量 Q ($\text{m}^3/(\text{day} \cdot \text{m})$)を求めよ。
ただし，透水性地盤の透水係数は， $2.0 \times 10^{-5}\text{ m/s}$ とする。

① 流線網



②透水量 Q ($\text{m}^3/(\text{day} \cdot \text{m})$)

【問題 4】以下の設問に答えよ。

(1) Terzaghi の一次元圧密理論では、土の特性についていくつかの仮定を行っている。この基本仮定を箇条書きに列挙せよ。

(2) Terzaghi の一次元圧密理論における圧密の微分方程式 $\frac{\partial u}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$ を誘導せよ。

なお、式中、 u は過剰間隙水圧、 t は圧密時間、 z は粘土層の下端を原点として上向きに z 軸を取った場合の土の微小要素の位置、 c_v は圧密係数をそれぞれ表す。

【問題 5】右図は無限長の直線斜面における斜面安定について説明した図である。この図を参考にして下記の設問に答えよ。

無限の長さを持つ直線斜面では、想定されるすべり面は表面に平行であると考えられる。このすべり面の傾斜角を α 、深さを H とすると、任意の幅 b を持つ土塊 ABCD の安定性を考えれば、斜面全体の挙動を代表していることになる。この土塊 ABCD の安定を考えるときには、土塊の底面に作用する垂直力 P とせん断力 S 、安定率 F を考えると良い。ただし、右図において、土のせん断抵抗角を ϕ 、粘着力を c 、土塊 ABCD の重量を W およびすべり面に沿う長さを l 、単位体積重量を γ_t 、斜面内の土要素の側面に働く応力を E する。

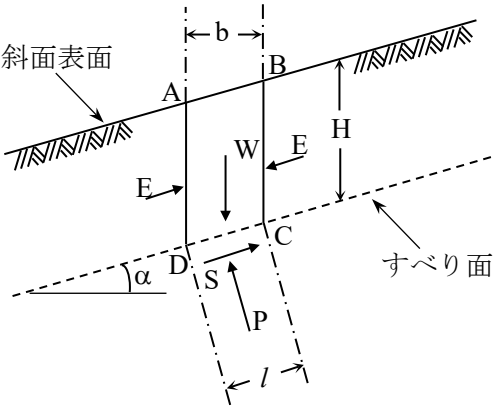
(1) すべり面の垂直方向の力の釣合式を、 $P=$ の形で W を用いて表せ。

(2) すべり面方向の力の釣合式を、 $S=$ の形で W を用いて表せ。

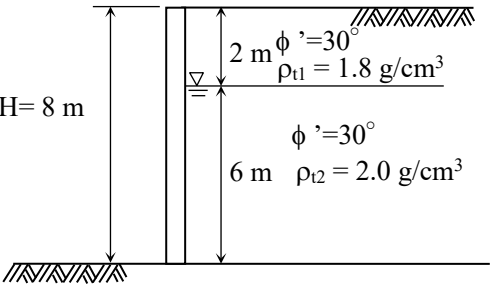
(3) 破壊条件式を $F=$ の形で、 P, S を用いて表せ。

(4) W に γ_t を、 b に l を用いて、それぞれ表した後、(1)～(3)を解いて、安全率を $F=$ の形で表せ。

(5)斜面が砂質土の場合の安全率を求めよ。



【問題 6】右図に示す地盤条件におけるランキンの主働土圧合力と地下水位以下の水圧を求め、壁面に作用する全圧力を求めよ。ただし、重力加速度 g は 10 m/s^2 として計算すること。なお、図中、 ρ_{t1} 、 ρ_{t2} は各層の湿潤密度、 ϕ' はせん断抵抗角である。



2025 年 2 月 28 日

令和 7 年度大学院博士前期課程
環境創生工学系専攻（土木工学コース）入学試験
確率統計

受験番号：_____

※問題を解くにあたっては、解を求めるまでの導出や計算の過程を丁寧に記述してください。

問 1

あるゲームを 5 回行い、それぞれ得られた点数の結果を以下に示す。

この結果から各種記述統計量を求めよ。【5 点×4＝20 点】

回	1	2	3	4	5
点数	7	6	10	7	5

(1) 平均値

解答：()

(2) 中央値

解答：()

(3) 標本分散

解答：()

(4) 不偏分散

解答：()

問2

以下の変量 x , y について、次の問いに答えよ。【15 点×2=30 点】

変量 x	x_1	x_2	x_3
変量 y	y_1	y_2	y_3

(1) x , y の共分散 s_{xy} を求める式を以下から選びなさい。

①
$$s_{xy} = \frac{(x_1 - \bar{y}) + (x_2 - \bar{y}) + (x_3 - \bar{y})}{n}$$

②
$$s_{xy} = \frac{(x_1 - \bar{x})(x_2 - \bar{x})(x_3 - \bar{x}) + (y_1 - \bar{y})(y_2 - \bar{y})(y_3 - \bar{y})}{2n}$$

③
$$s_{xy} = \frac{(x_1 - y_1)(x_2 - y_2)(x_3 - y_3) - 2\bar{x}\bar{y}}{n}$$

④
$$s_{xy} = \frac{(x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y}) + (x_2 - \bar{x})(y_2 - \bar{y}) + (x_3 - \bar{x})(y_3 - \bar{y})}{n}$$

解答：()

(2) 変量 x , y について具体のデータが得られた。計算したところ、 s_{xy} が -0.4、 x の標準偏差 s_x が 0.8、 y の標準偏差 s_y が 1.6 であった。この変量 x , y の相関係数を求めよ。

解答：()

問3

下記の設問に対して、適切な検定方法を選択せよ。【10点×2=20点】

- (1) ある製品の生産ラインでは、不良品の発生率が 5%とされている。生産ラインに問題が生じていないか調べるため、3000 個を無作為抽出して検査を行ったところ、97 個の不良品が含まれていた。不良品発生率を p として、帰無仮説 $H_0: p = 0.05$ 、対立仮説 $H_1: p > 0.05$ の下で検定せよ。

選択肢 ① 右側検定 ② 左側検定 ③ 中央検定 ④ 両側検定

解答：()

- (2) あるコインを 300 回投げたとき、142 回表が出た。このコインは、表が偏って出るとみなせるのか、検定を行う。コインの表がでる確率を p として、帰無仮説 $H_0: p=0.5$ 、対立仮説 $H_1: p \neq 0.5$ の下で検定せよ。

選択肢 ① 右側検定 ② 左側検定 ③ 中央検定 ④ 両側検定

解答：()

問4

以下の例に当てはまる尺度水準について、それぞれ選択肢①～⑤から正しいものを選びなさい。

【5点×4=20点】

選択肢 ①比例尺度 ②順序尺度 ③名義尺度 ④間隔尺度 ⑤相関尺度

- (1) 北海道[1]～沖縄[47]などのように、区別するためだけに数値を用いる。

解答：()

- (2) 原点（0）の決め方が定まり、間隔や比率に意味がある。

解答：()

- (3) 間隔に意味はあるが、比率には意味がない。

解答：()

- (4) 不満[1]，普通[2]，満足[3]のように，順序に意味はあるが間隔に意味はない。

解答：()

問 5

ある地域では、病気 D が流行っており、罹患者はその地域の全人口の 5%である．この病気を診断する検査 T について、以下が知られている．

- ・罹患者に検査 T を行うと、その 60%の人が陽性と 正しく 診断される．
- ・非罹患者に検査 T を行うと、その 20%の人が陽性と 誤って 診断される．

このとき、無作為に選ばれた A さんが検査 T を受け、陽性と診断された．A さんが本当に病気 D に罹患している確率をベイズの定理を用いて求めよ．【30 点】

解答：(%)

問 6

中心極限定理について説明しなさい．【30 点】

解答：

2025 年度室蘭工業大学大学院一般（2 次）入試問題の出題意図・評価ポイント

構造力学

【出題の意図・評価ポイント】

構造力学に関する標準的な問題を出題することで、力のつり合い、断面の性質、断面力、影響線およびエネルギー法に関する理解度を把握し、計算を行う力を見ることを意図した。

1. 力のつりあいと応力に関する理解度と計算能力をみる。
2. 断面力、曲げ応力およびたわみに関する計算能力をみる。
3. 影響線に関する理解度をみる。
4. エネルギー法に関する理解度と計算能力を見る。

受験番号

1. 一辺 a の正方形断面の棒の一部が、図 1 に示すように幅が半減されている状態を考える。この棒の軸方向力 P による $m-m$ 断面の最大引張応力 $\sigma_{\max}$ を求めよ。なお、軸方向力 P は棒の正方形断面（ $n-n$ 断面）の図心に作用しているものとする。

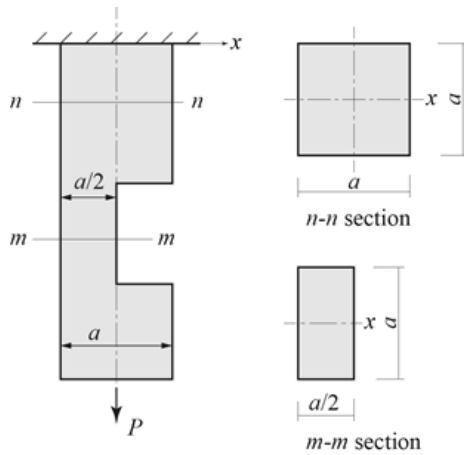


図 1

$$\sigma_{\max} = \frac{8P}{a^2}$$

環境創生工学専攻土木工学コース 2025 年度大学院博士前期課程二次入試問題 構造力学
【2/4】

受験番号

2. 図 2 に示す張り出しばりに関して、以下の問いに答えよ。

- (1) 曲げモーメント(M)図とせん断力(Q)図を描け。
- (2) はりの断面が矩形断面(幅 b , 高さ $2b$)とすると、B 点におけるはり断面上縁の曲げ応力度 σ_{uB} を求めよ。
ただし、引張を正とする。
- (3) C 点の回転角 θ_C および A 点のたわみ δ_A を求めよ。ただし、弾性係数 E と一定とする。

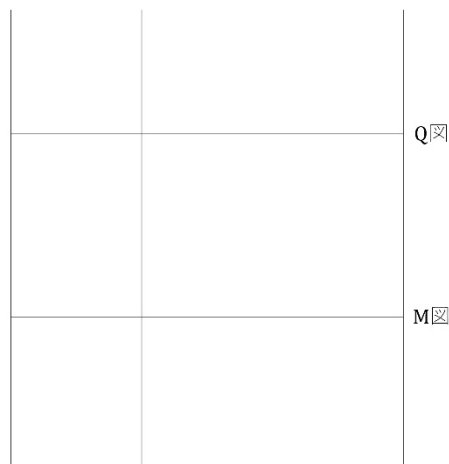
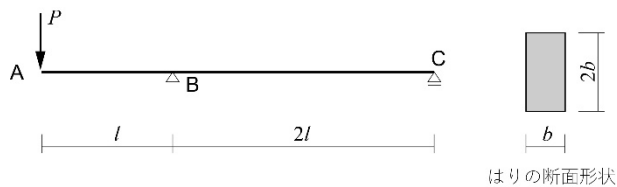
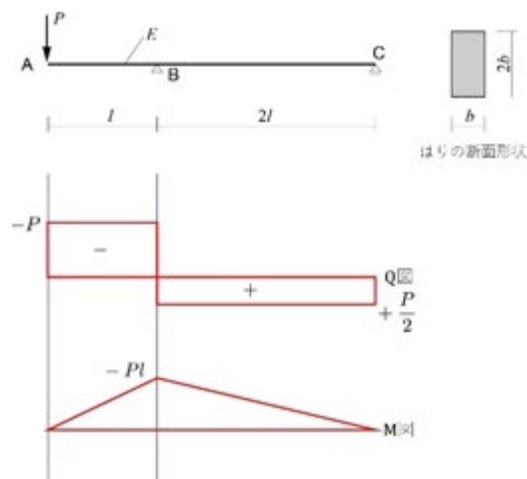


図 2

(1)

右図に示す通り。



(2)

$$I = \frac{b \cdot (2b)^3}{12} = \frac{8b^4}{12} = \frac{2}{3}b^4, \quad \sigma_{uB} = \frac{M}{I}y = (-Pl) \times \frac{3}{2b^4} \times (-b) = \frac{3Pl}{2b^3}$$

(3)

弾性荷重法あるいはエネルギー法などを用いて計算する。

$$y_A = \frac{Pl^3}{EI} = \frac{3Pl^3}{2Eb^4}, \quad \theta_C = \frac{Pl^2}{3EI} = \frac{Pl^2}{2Eb^4}$$

環境創生工学専攻土木工学コース 2025 年度大学院博士前期課程二次入試問題 構造力学
【3/4】

受験番号

3. 図 3 に示すはり構造に関して、各支点の鉛直方向反力（上向きを正） V_A, V_B, V_C 、D 点および E 点のせん断力 Q_D, Q_E および曲げモーメント M_D, M_E の影響線を示せ。また、各影響線における代表的な値を示せ。符号 (+, -) を明確にすること。

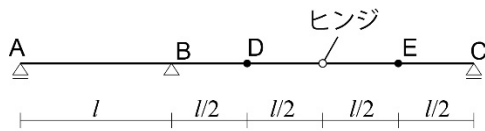
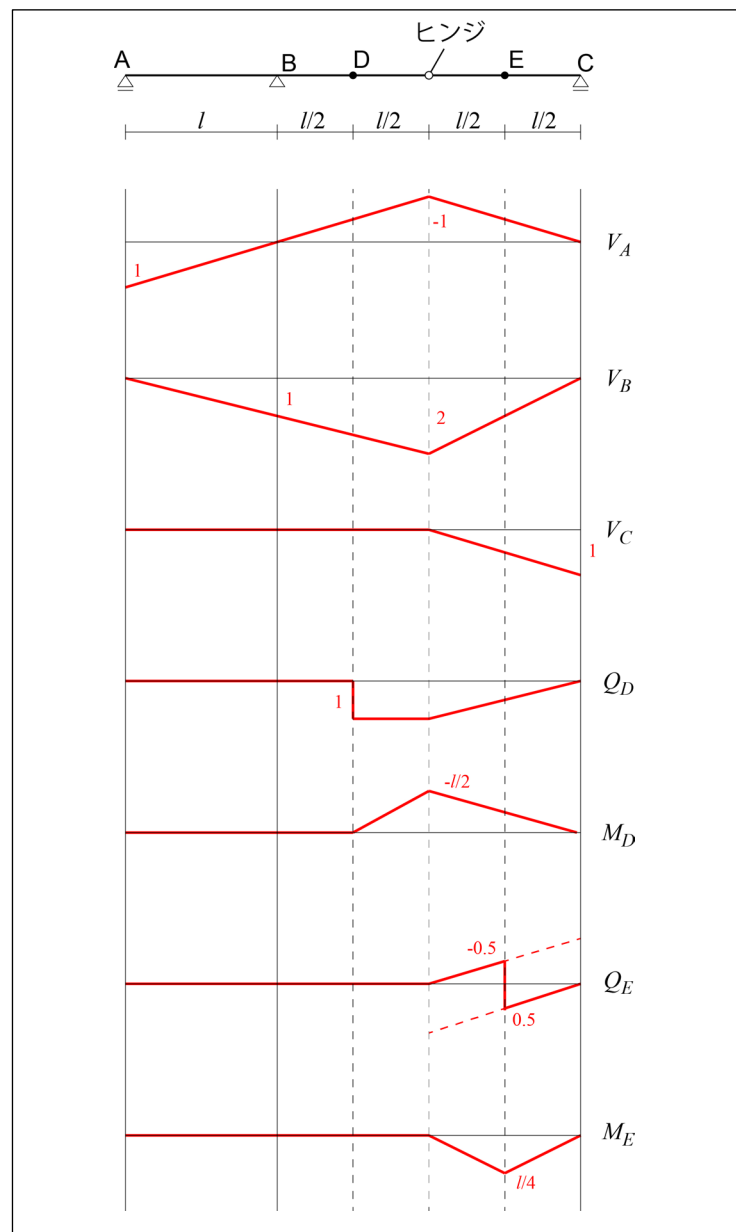
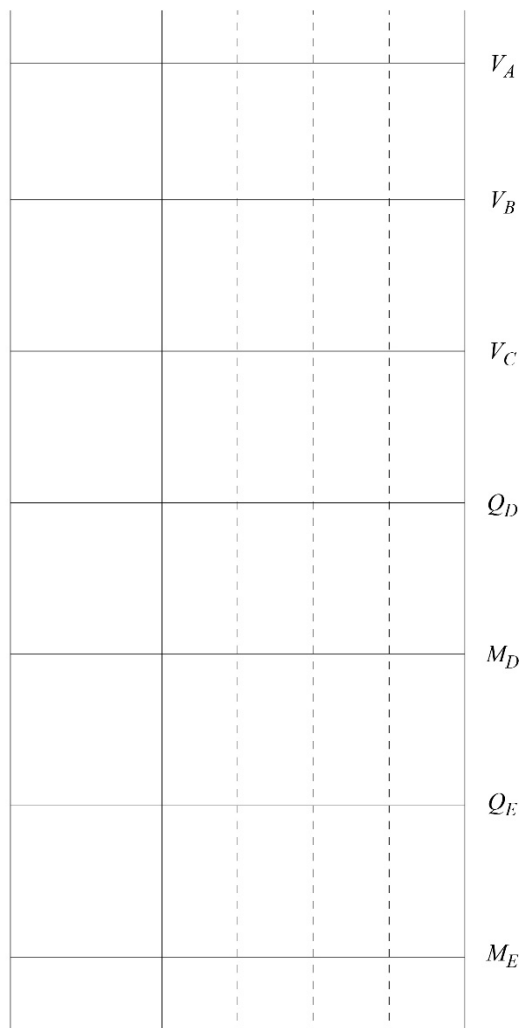
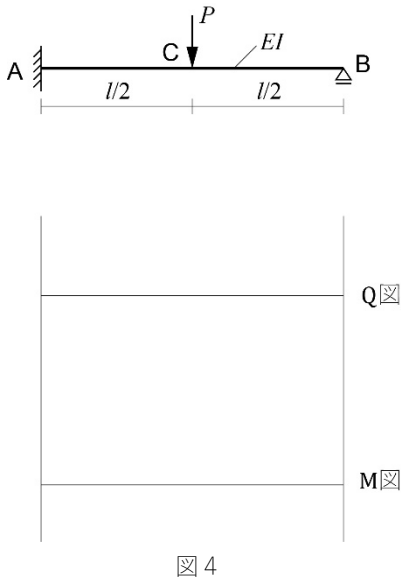


図 3



受験番号

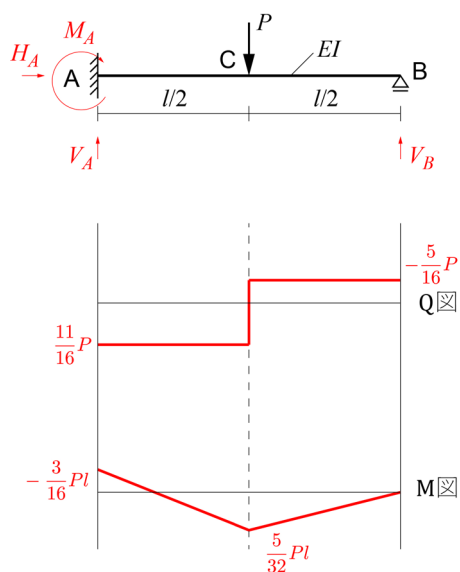
4. 図4に示す構造において、以下の問に答えよ。ただし、曲げ剛性 EI は一定とする。
- (1) 図4に反力方向が分かるように矢印を示したうえで、すべての支点反力を求めよ。
 - (2) 曲げモーメント(M)図とせん断力(Q)図を描け。



(1) 下図のように反力を取ると、エネルギー法などにより、各反力は以下ようになる。

$$H_A = 0, \quad V_A = \frac{11}{16}P, \quad V_B = \frac{5}{16}P, \quad M_A = -\frac{3}{16}Pl$$

(2) 断面力図は以下の通り。



2025 年度 室蘭工業大学大学院 博士前期課程 一般入試（2 次）（2025 年 2 月 27 日実施）
問題の「出題意図・評価ポイント」

水理学

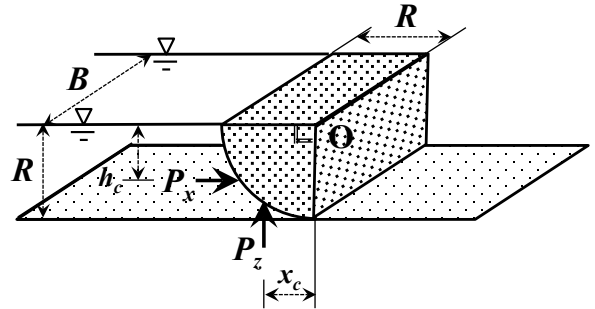
【出題の意図・評価ポイント】

水理学の標準的な問題を出題することで、静水力学、連続の式、ベルヌーイの式、管水路の流れ、開水路の流れに関する理解度を把握し、また計算能力を評価することを意図した。

1. 水中に置かれた物体に作用する静水圧算定のための理解度と計算能力を評価する。
2. 連続の式やベルヌーイの式の理解度と計算能力を評価する。
3. エネルギー損失を考慮した管水路の流れに関する理解度と計算能力を評価する。
4. 常流、射流の条件に応じた水面形の変化といった開水路の流れに関する理解度と計算能力を評価する。
5. マニング式による任意断面の流量の推算といった開水路の流れに関する理解度と計算能力を評価する。

受験番号：

1. 右図に示すような幅 B (m), 中心角 90° , 高さ R (m) のラジアルゲートによって, 満水状態で水がせき止められている. ゲートに作用する静水圧について以下の問いに答えよ. 以下の問いに答えよ. なお, 重力加速度 g (m/s²), 水の密度 ρ (kg/m³), 円周率 π とする.



- (1) ゲート面に作用する全水圧の水平方向成分 P_x (N) および鉛直方向成分 P_z (N) を, 問題文中で与えられている諸量で表わせ.
- (2) ゲートの中心点 O から P_x の作用点までの鉛直距離 h_c (m) および P_z の作用点までの水平距離 x_c (m) を, 問題文中で与えられている諸量で表わせ.

解答

(1)

全静水圧 P の x 方向成分 P_x は,

$$P_x = \rho g h_G A_x = \rho g \frac{1}{2} R \cdot BR = \frac{1}{2} \rho g B R^2$$

全静水圧 P の z 方向成分（浮力） P_z は, ゲートが排除している体積にかかる. よって, その排除容積 V から,

$$P_z = \rho g V = \rho g \left(\frac{\pi R^2}{4} \right) B = \frac{\pi}{4} \rho g B R^2$$

(2)

作用点の位置 h_c は,

$$x \text{ 方向への投影面での図心までの水深は, } h_G = \frac{1}{2} R$$

$$x \text{ 方向への投影面での断面 2 次モーメントは, } I_0 = \frac{1}{12} B R^3$$

$$h_c = h_G + \frac{I_0}{h_G A} = \frac{1}{2} R + \frac{\frac{1}{12} B R^3}{\frac{1}{2} R \cdot B R} = \frac{1}{2} R + \frac{1}{6} R = \frac{2}{3} R$$

作用点の位置 x_c は, ゲート中心点まわりのモーメントを考えると,

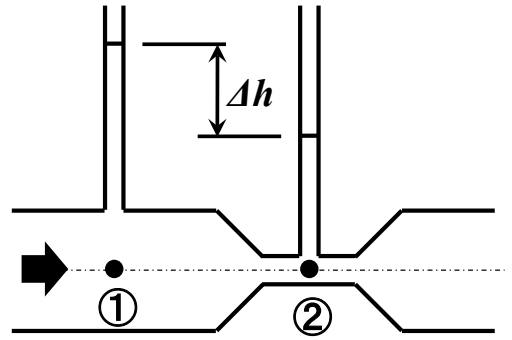
$$x_c P_z - h_c P_x = 0$$

$$x_c = \frac{P_x}{P_z} h_c = \frac{\frac{1}{2} \rho g B R^2}{\frac{\pi}{4} \rho g B R^2} \cdot \frac{2}{3} R = \frac{4}{3\pi} R$$

環境創生工学専攻 土木工学コース

2025 年度大学院博士前期課程二次入試問題 水理学 （解答例）

2. 右図のように水平に置かれたベンチュリ管の右方向への水流を考え、断面①、②にマンノメータを取り付ける。以下の問いに答えよ。なお、水流に伴うエネルギー損失は一切無視できると考える。



- (1) 断面①の圧力 p_1 (N/m²), 断面②の圧力 p_2 (N/m²), 水の密度 ρ (kg/m³) および重力加速度を g (m/s²) とするとき、マンノメータの水位差 Δh (m) をそれらの諸量で表わせ。
- (2) 右図ベンチュリ管の流量 Q (m³/s) を、マンノメータの水位差 Δh (m), 断面①の管径 d_1 (m), 断面②の管径 d_2 (m), 重力加速度 g (m/s²) および円周率 π で表わせ。

解答

(1)

マンノメータの水位差 Δh は,

$$\Delta h = \frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g}$$

(2)

ベルヌーイの定理より, $\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g}$

マンノメータの水位差 Δh は、断面①の流速を v_1 (m/s), 断面②の流速を v_2 (m/s) とすると,

$$\Delta h = \frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left[\left(\frac{Q}{\pi d_2^2/4} \right)^2 - \left(\frac{Q}{\pi d_1^2/4} \right)^2 \right] = \frac{8Q^2}{\pi^2 g} \left[\frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right]$$

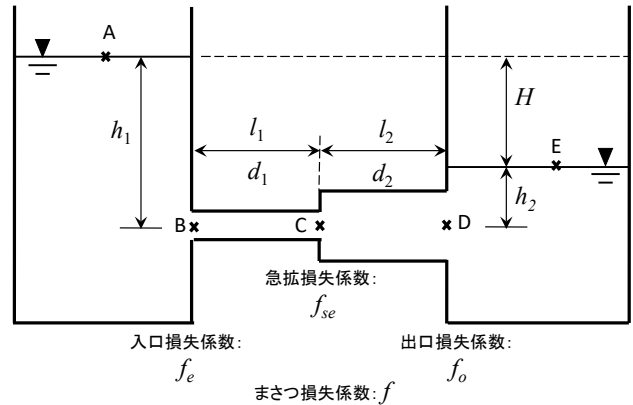
よって、流量 Q は,

$$Q = \pi \sqrt{\frac{g\Delta h}{8 \left[\frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right]}} = \pi \frac{\pi d_1^2 d_2^2}{4} \sqrt{\frac{2g\Delta h}{d_1^4 - d_2^4}}$$

環境創生工学専攻 土木工学コース

2025 年度大学院博士前期課程二次入試問題 水理学（解答例）

3. 右図に示すように水槽間に水平に管路が敷設されており，途中で急拡している．水槽間の水位差が H (m) であるとき，以下の問いに答えよ．なお，図中の B 点～C 点間の細い管の管径を d_1 (m)，長さを l_1 (m)，C 点～D 点間の太い管の管径を d_2 (m)，長さを l_2 (m) とし，入口損失係数を f_e ，急拡損失係数を f_{se} ，出口損失係数を f_o ，まさつ損失係数を f ，重力加速度を g (m/s²)，円周率を π とする．



- (1) 細い管の管内平均流速を u_{m1} (m/s)，太い管の管内平均流速を u_{m2} (m/s) としたとき，水位差 H (m) を，管内のまさつ損失，形状損失をすべて考慮して u_{m1} ， u_{m2} および問題文中で与えられている諸量で表わせ．
- (2) 図の通り水槽間の水位差が H (m) であるとき，管に流しうる流量 Q (m³/s) を問題文中で与えられている諸量で表わせ．
- (3) 次頁の図中にエネルギー線（エネルギー水頭）を実線，動水勾配線（ピエゾ水頭）を点線でその概形を描け．定性的なイメージ図でよいが，水理学的な妥当性を説明できるように，また，定規等を用いてきれいに作図すること．

解答

(1)

$$H = f \frac{l_1}{d_1} \frac{u_{m1}^2}{2g} + f \frac{l_2}{d_2} \frac{u_{m2}^2}{2g} + f_e \frac{u_{m1}^2}{2g} + f_{se} \frac{u_{m1}^2}{2g} + f_o \frac{u_{m2}^2}{2g}$$

(注) 急拡損失の流速は細い管の流速， u_{m1} となることに注意

(2)

$$H = f \frac{l_1}{d_1} \frac{1}{2g} \left(\frac{4Q}{\pi d_1^2} \right)^2 + f \frac{l_2}{d_2} \frac{1}{2g} \left(\frac{4Q}{\pi d_2^2} \right)^2 + f_e \frac{1}{2g} \left(\frac{4Q}{\pi d_1^2} \right)^2 + f_{se} \frac{1}{2g} \left(\frac{4Q}{\pi d_1^2} \right)^2 + f_o \frac{1}{2g} \left(\frac{4Q}{\pi d_2^2} \right)^2 = \left[\left(f \frac{l_1}{d_1} + f_e + f_{se} \right) \frac{1}{d_1^4} + \right.$$

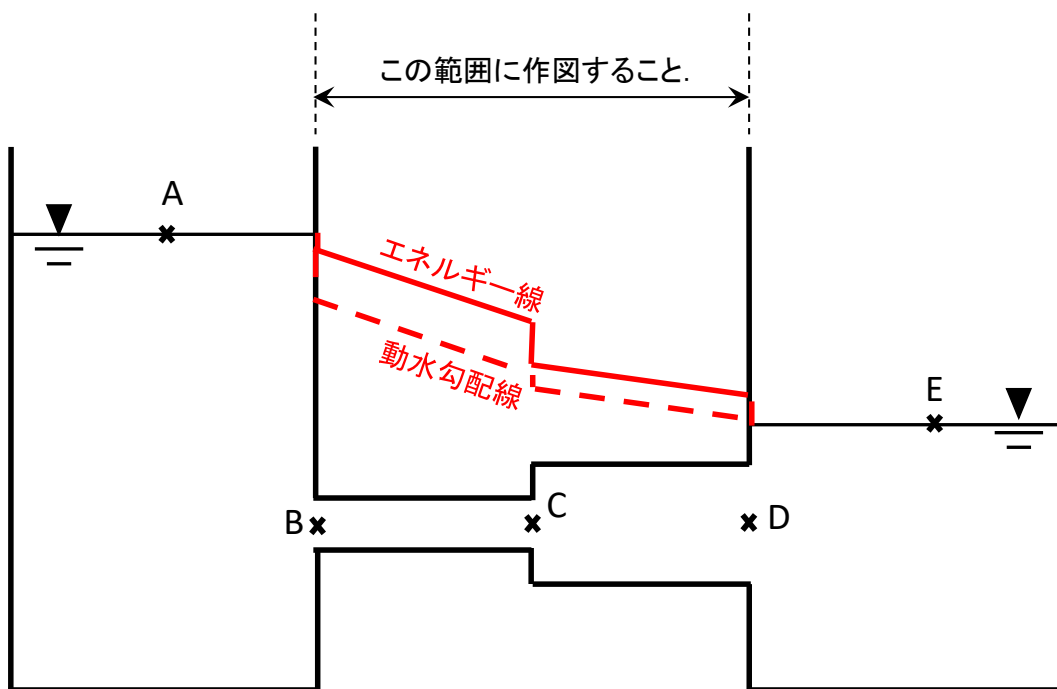
$$\left. \left(f \frac{l_2}{d_2} + f_o \right) \frac{1}{d_2^4} \right] \frac{8}{g\pi^2} Q^2 \text{ より,}$$

$$Q = \frac{\pi}{\sqrt{8}} \sqrt{\frac{gH}{\left(f \frac{l_1}{d_1} + f_e + f_{se} \right) \frac{1}{d_1^4} + \left(f \frac{l_2}{d_2} + f_o \right) \frac{1}{d_2^4}}}$$

解答を書ききれない場合は次頁に続けて書いてもよい。

つづき

図 エネルギー線（エネルギー水頭）、動水勾配線（ピエゾ水頭）の概形



環境創生工学専攻 土木工学コース

2025 年度大学院博士前期課程二次入試問題 水理学（解答例）

4. エネルギー損失が無視できる幅一定の矩形断面河川の水面形を考える。その際、下式に示す全エネルギー H (m) は一定として考える。

$$H = \frac{v^2}{2g} + h + h_b = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{Bh} \right)^2 + h + h_b = \text{一定}$$

ここで、 Q は流量 (m^3/s)、 g は重力加速度 (m/s^2)、 B は川幅 (m)、 h は水深 (m)、 h_b は河床高さ (m) である。以下の問いに答えよ。

- (1) フルード数 Fr を、流量 Q 、重力加速度 g 、川幅 B および水深 h で表わせ。
- (2) 全エネルギー H の流下方向 x に関する変化が一定 ($dH/dx = 0$) とし、水深の変化（水面形） dh/dx を、水路勾配 $i (= -dh_b/dx)$ およびフルード数 Fr で表わせ。
- (3) 小問(2) から得られた結果より、水平河床にある突起部の水面形を①全領域常流、②常流から射流への遷移流、③全領域射流の場合について滑らかな線となるように下図内に作図せよ。水理学的根拠が明確でない不自然な水面とならないようにすること。

解答

(1)

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}} = \frac{Q}{Bh\sqrt{gh}}$$

(2)

上式において、全エネルギー H を x に関して微分すると、下式が得られる。

$$\frac{dH}{dx} = \frac{1}{2g} \frac{d}{dx} \left(\frac{Q}{Bh} \right)^2 + \frac{dh}{dx} + \frac{dh_b}{dx} = -\frac{Q^2}{gB^2h^3} \frac{dh}{dx} + \frac{dh}{dx} + \frac{dh_b}{dx} = -Fr^2 \frac{dh}{dx} + \frac{dh}{dx} - i = 0$$

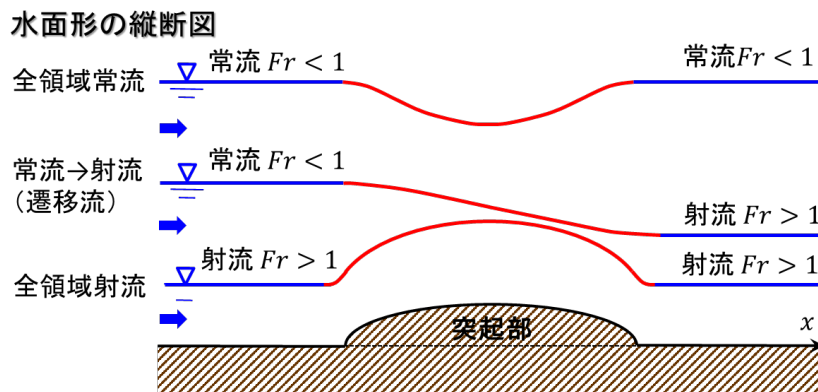
$\therefore$ フルード数の2乗は、 $Fr^2 = v^2/(gh) = Q^2/(gB^2h^3)$

dh/dx について整理すると、下記のとおりとなる。

$$\frac{dh}{dx} = \frac{i}{1 - Fr^2}$$

(3)

図 突起部の水面形（水面が空白となっている領域に作図すること）

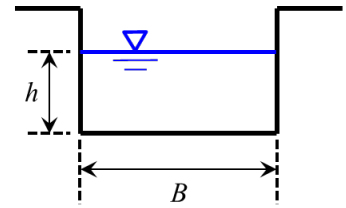


環境創生工学専攻 土木工学コース

2025 年度大学院博士前期課程二次入試問題 水理学（解答例）

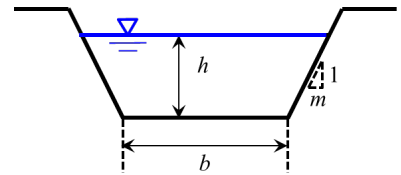
5. 等流計算に関する以下の問いに答えよ.

- (1) 右図のように幅 B (m), 水深 h (m), 勾配 i , マニングの粗度係数 n をもつ矩形断面をもつ水路を考え, 等流条件の流量 Q (m³/s) を問題文中の諸量を用いてマニング式で表わせ. 数式は変数をまとめるなど極力整理して示すこと.



- (2) 矩形断面の中で, 幅が水深に比べてかなり大きい ($B \gg h$) ものを広矩形断面と称する. 幅 B (m), 勾配 i , マニングの粗度係数 n をもつ「広矩形断面水路」に流量 Q (m³/s) が流れる場合, 等流水深 h_0 (m) を求める式を問題文中の諸量を用いて表わせ.

- (3) 右図のように底幅 b (m), 側壁の法勾配 $m:1$, 水深 h (m), 水路勾配 i , マニングの粗度係数 n をもつ台形断面をもつ水路を考え, 等流条件の流量 Q (m³/s) を問題文中の諸量を用いてマニング式で表わせ. 数式は変数をまとめるなど極力整理して示すこと.



解答

(1)

径深; $R = \frac{A}{S} = \frac{Bh}{B+2h}$ より,

$$Q = Av = Bh \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} = \frac{1}{n} \frac{B^{5/3} h^{5/3}}{(B+2h)^{2/3}} i^{1/2}$$

(2)

広矩形断面では径深は水深にほぼ一致するとみなせる ($R \sim h$) ので, マニング式より,

$$Q = Av = Bh \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} = \frac{1}{n} B h^{5/3} i^{1/2}$$

$$h_0 = \left(\frac{nQ}{B i^{1/2}} \right)^{3/5}$$

(3)

径深; $R = \frac{A}{S} = \frac{(b+mh)h}{b+2h\sqrt{1+m^2}}$ より,

$$Q = Av = A \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} = \frac{1}{n} \frac{(b+mh)^{5/3} h^{5/3}}{(b+2h\sqrt{1+m^2})^{2/3}} i^{1/2}$$

2025 年度室蘭工業大学大学院一般入試問題（第 2 次募集）の出題意図・評価ポイント

土質力学

【出題の意図・評価ポイント】

土質力学に関する標準的な問題を出題することで、土の物理的性質、土中の水の流れ（透水）、土の圧密、地盤の安定問題（斜面安定）、地盤の安定問題（土圧）に関する理解度を把握し、計算を行う力をみることを意図した。

1. 土の物理的性質に関する理解度と計算能力をみる。
2. 土質力学における基本的な用語に関する理解度をみる。
3. 土中の水の流れについて透水に関する理解度と計算能力をみる。
4. 土の圧密理論の骨格をなす Terzaghi の一次元圧密理論に関する理解度をみる。
5. 地盤の安定問題に関して、斜面安定に関する理解度をみる。
6. 地盤の安定問題に関して、土圧に関する理解度と計算能力をみる。

電卓は使用不可，解答欄が不足する場合には，ウラ面に記述しても良い。

【問題 1】体積 200 cm^3 の湿潤したままの乱さない土がある。その質量は 300 g で，この試料を炉乾燥したときの質量が 200 g であった。この土の湿潤密度，乾燥密度，含水比，間隙比，飽和度を求めよ。
ただし，この土の土粒子の密度を 2.70 g/cm^3 とする。

（解答例）

湿潤密度 $\rho_t = \frac{m_t}{V} = 300/200 = 1.5\text{ g/cm}^3$ 含水比 $w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{300 - 200}{200} \times 100 = 100/200 \times 100 = 50.0\%$

乾燥密度 $\rho_d = \frac{\rho_t}{1 + w/100} = 1.5 / 1.5 = 1.0\text{ g/cm}^3$

間隙比 $e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = 2.70 / 1.0 - 1 = 1.7$ 飽和度 $S_r = \frac{w\rho_s}{e} = \frac{50 \times 2.7}{1.7} = 79.4\%$

①湿潤密度 (g/cm³) : 1.5 ②乾燥密度 (g/cm³) : 1.0 ③含水比 (%) : 50

④間隙比 : 1.7 ⑤飽和度 (%) : 79.4

【問題 2】以下の用語を説明せよ。

(1) 相対密度

（解答例）

粗粒材料(砂や礫)の締め具合を表す指標であり，最大間隙比 $e_{\max}$ ，最小間隙比 $e_{\min}$ ，現在の間隙比 e を用いて， $D_r = (e_{\max} - e) / (e_{\max} - e_{\min}) \times 100\%$ で表される。

(2) 塑性指数

（解答例）

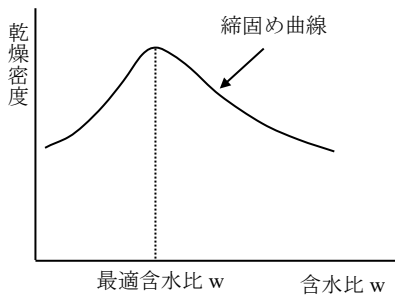
土の液性限界と塑性限界の差で I_p で表される。 $I_p = w_L - w_P$

これは，その土の塑性の範囲の大小を示す指標である。

(3) 最適含水比

（解答例）

ある与えられた土について，含水比を変えて，ある一定のエネルギーのもとで締め固めを行った際に，含水比～乾燥密度関係として得られる締め固め曲線上の最大乾燥密度に対する含水比を最適含水比と定義する。



(4) ダイレイタンスー

（解答例）

せん断力によって体積変化が生じる現象。体積が増加（膨張）する場合を正のダイレイタンスー，体積が減少（収縮）する場合を負のダイレイタンスーと呼んでいる。排水せん断では，一般に，正規圧密粘土や緩い砂で負のダイレイタンスーを示し，過圧密粘土や密な砂で正のダイレイタンスーを示す。

【問題 3】以下の設問に答えなさい。

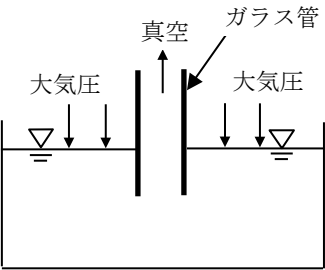
(1) ダルシーの法則について説明せよ。

（解答例）

水の流速は，動水勾配に比例するという法則であり，次式で表される。

$v = ki$ ，ここで， v ：水の流速， k ：透水係数， i ：動水勾配

(2) 右図に示すように，水の入った容器に 1 気圧（ $= 101325\text{ Pa}$ ）の大気圧が作用しているところに，ガラス管を立て管内を真空（ゼロ気圧）にした場合に，重力加速度 g を 10 m/s^2 として，ガラス管内の水位が容器水面よりどれだけ上昇するかを求めよ。なお，水の密度 ρ_w は $1.0\text{ g/cm}^3 = 1.0\text{ t/m}^3$ として計算せよ。



（解答例）

$$\begin{aligned} \gamma_w &= \rho_w \times g = 1.0\text{ t/m}^3 \times 10\text{ m/s}^2 \\ &= 10 \times 10^3\text{ (kg} \cdot \text{m/s}^2) / \text{m}^3 \\ &= 10 \times 10^3\text{ N/m}^3 \end{aligned}$$

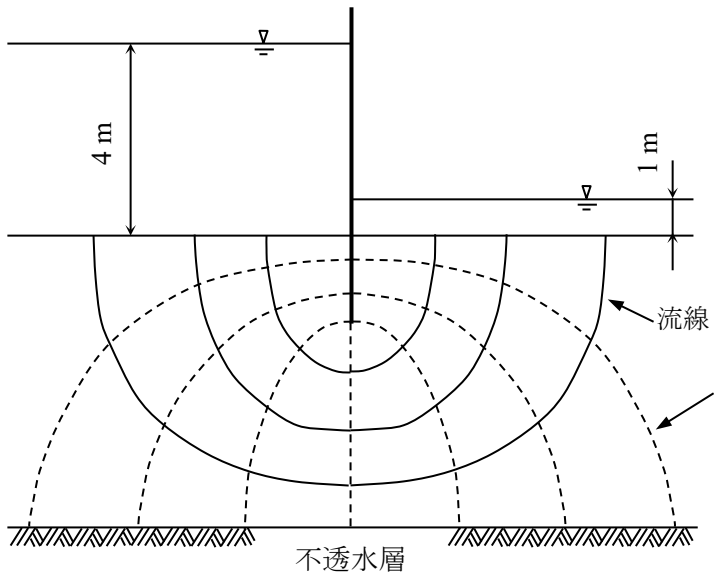
よって， $h_p = u / \gamma_w = 101325\text{ (N/m}^2) / (10 \times 10^3\text{ (N/m}^3)) = 10.1\text{ m}$

(3) 図に示すような透水性の地盤に止水矢板が打ち込まれている。

- ①この透水性地盤における流線網を描け。ただし，流線を実線，等ポテンシャル線を破線として区別して描くこと。
- ②上記①で描いた流線網に基づいて，単位奥行き(1 m)，1 日あたりの透水量 $Q\text{ (m}^3/(\text{day} \cdot \text{m}))$ を求めよ。ただし，透水性地盤の透水係数は， $2.0 \times 10^{-5}\text{ m/s}$ とする。

① 流線網

（解答例）



②透水量 $Q\text{ (m}^3/(\text{day} \cdot \text{m}))$

（解答例）

$Q = kH \times N_f / N_d$

N_f ：流線に挟まれた部分の数

N_d ：等ポテンシャル線に挟まれた部分の数

$$\begin{aligned} Q &= k \times (4 - 1) \times 4/8 \\ &= 2.0 \times 3 \times 0.5 \end{aligned}$$

【問題 4】以下の設問に答えよ。

(1) Terzaghi の一次元圧密理論では、土の特性についていくつかの仮定を行っている。この基本仮定を箇条書きに列挙せよ。

(解答例)

- ①.粘土は均質、②.粘土は完全飽和、③.粘土粒子および間隙水は非圧縮性
- ④.粘土に加わる圧密荷重は、圧密期間中、または、全粘土層中、どこでも一定値。ただし、粘土の自重による応力は無視。
- ⑤.粘土の骨格構造の圧縮方向は荷重方向と同じで一次的に作用。
- ⑥.間隙水の流れは、荷重方向と同じで一次的に生じる。
- ⑦.間隙水の流れは Darcy の法則に従う。
- ⑧.有効圧密応力 σ' と圧縮ひずみ ϵ は直線関係、⑨.透水係数 k 及び圧密係数 c_v は、圧密期間中、一定。
- ⑩.圧密による粘土層の厚さ変化による影響は無視する。

(2) Terzaghi の一次元圧密理論における圧密の微分方程式 $\frac{\partial u}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$ を誘導せよ。

なお、式中、 u は過剰間隙水圧、 t は圧密時間、 z は粘土層の下端を原点として上向きに z 軸を取った場合の土の微小要素の位置、 c_v は圧密係数をそれぞれ表す。

(解答例)

まず、断面積 A 、厚さ Δz の微小要素について考える。

Δt 時間における土要素からの排水量 Δq は、 $\Delta q = (v + \partial v / \partial z \Delta t) A \Delta t - v A \Delta t = \partial v / \partial z \Delta z A \Delta t$ ——— ①

荷重 p による過剰間隙水圧を u とすると全水頭は、 $h = z + (H_D - z) + u / \gamma_w = H_D + u / \gamma_w$ ——— ②

z における動水勾配 i は、 $i = - \partial h / \partial z$ であるから、ダルシーの法則および②式より、

$$v = ki = -k \partial h / \partial z = -k 1 / \gamma_w \partial u / \partial z$$

これを①式に代入すると、 $\Delta q = -1 / \gamma_w \partial / \partial z (k \partial u / \partial z) \Delta z A \Delta t$ となる。

次に、排水によって生じる土要素の骨格の収縮を考える。

排水によって土の微小要素に生じる体積収縮量 ΔV_v は、単位面積で $(1 + e_0) V_s = \Delta z$ と置き換えて考えると、 $\Delta V_v = \Delta e V_s = (\Delta e \Delta z A) / (1 + e_0)$ 、単位時間当たりの体積収縮量 ΔV は、 $\Delta e / \Delta t V_s = \Delta z / (1 + e_0) \Delta e / \Delta t A$

故に、 $\Delta V = -1 / (1 + e_0) \partial e / \partial t \Delta z A \Delta t$

いま、間隙水の排水量と体積収縮量は等しいので、 $\Delta q = \Delta V$ 、

よって、 $1 / \gamma_w \partial / \partial z (k \partial u / \partial z) = 1 / (1 + e_0) \partial e / \partial t$ ——— ③

外荷重 p は時間的に変化しないことから、間隙水圧の減少分だけ有効応力が増加するので、 $\Delta u = - \Delta \sigma'$

一方、 $\Delta \sigma'$ は鉛直ひずみの変化 $\Delta \epsilon$ をもたらすので、 $\Delta \epsilon = m_v \Delta \sigma'$ (m_v は体積圧縮係数)、

これを③式に代入して、 $\Delta u = -1 / m_v \Delta \epsilon$

ここで、 $\Delta \epsilon = \Delta V_v / V = \Delta V_v / (V_s + V_v) = (\Delta V_v / V_s) / (1 + V_v / V_s) = - \Delta e / (1 + e_0)$ 、

よって、 $\Delta u = 1 / m_v \Delta e / (1 + e_0)$ 、ゆえに、単位時間当たりの変化量は、 $\partial u / \partial t = 1 / m_v 1 / (1 + e_0) \partial e / \partial t$

これを、③式に代入し、 $k =$ 一定であることから、

$$\partial u / \partial t = 1 / (m_v \gamma_w) (\partial / \partial z) (k \partial u / \partial z) = k / (m_v \gamma_w) \partial^2 u / \partial z^2$$

ここで、 $c_v = k / (m_v \gamma_w)$ (圧密係数) より、 $\partial u / \partial t = c_v \partial^2 u / \partial z^2$ を得る。

【問題 5】右図は無限長の直線斜面における斜面安定について説明した図である。この図を参考にして下記の設問に答えよ。

無限の長さを持つ直線斜面では、想定されるすべり面は表面に平行であると考えられる。このすべり面の傾斜角を α 、深さを H とすると、任意の幅 b を持つ土塊 $ABCD$ の安定性を考えれば、斜面全体の挙動を代表していることになる。この土塊 $ABCD$ の安定を考えるときには、土塊の底面に作用する垂直力 P とせん断力 S 、安定率 F を考えると良い。ただし、右図において、土のせん断抵抗角を ϕ 、粘着力を c 、土塊 $ABCD$ の重量を W およびすべり面に沿う長さを l 、単位体積重量を γ_t 、斜面内の土要素の側面に働く応力を E する。

(1) すべり面の垂直方向の力の釣合式を、 $P =$ の形で W を用いて表せ。

(解答例) $P = W \cos \alpha$

(2) すべり面方向の力の釣合式を、 $S =$ の形で W を用いて表せ。

(解答例) $S = W \sin \alpha$

(3) 破壊条件式を $F =$ の形で、 P, S を用いて表せ。

(解答例)
$$F = \frac{P \tan \phi + cl}{S}$$

(4) W に γ_t を、 b に l を用いて、それぞれ表した後、(1)～(3)を解いて、安全率を $F =$ の形で表せ。

(解答例) $W = \gamma_t b h$ 、 $b = l \cos \alpha$ なので、
$$F = \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} + \frac{c}{\gamma_t H \cos \alpha \sin \alpha}$$

(5) 斜面が砂質土の場合の安全率を求めよ。

(解答例) 砂質土の場合、 $c = 0$ と考えてよいので、 $c = 0$ を上式に代入して、安全率 $F = \frac{\tan \phi}{\tan \alpha}$ となる。

【問題 6】右図に示す地盤条件におけるランキンの主働土圧合力と地下水位以下の水圧を求め、壁面に作用する全圧力を求めよ。ただし、重力加速度 g は 10 m/s^2 として計算すること。なお、図中、 ρ_{t1} 、 ρ_{t2} は各層の湿潤密度、 ϕ' はせん断抵抗角である。

(解答例) Rankin の主働土圧係数 $K_a = \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} = \frac{0.5}{1.5} = 1/3$ である。

$h_1 = 2 \text{ m}$ 部分に作用する主働土圧 P_{A1} を求めると、

$$P_{A1} = ((1.8 \times 10 \times 2) \times 1/3) \times 2 \times 1/2 = 12.0 \text{ kN/m}$$

$h_2 = 6 \text{ m}$ 部分に作用する主働土圧のうち、地表面から

2 m の位置の鉛直応力によって生じる主働土圧 P_{A2} を求めると、

$$P_{A2} = ((1.8 \times 10 \times 2) \times 1/3) \times 6 = 72.0 \text{ kN/m}$$

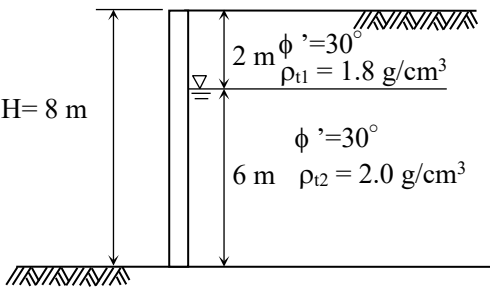
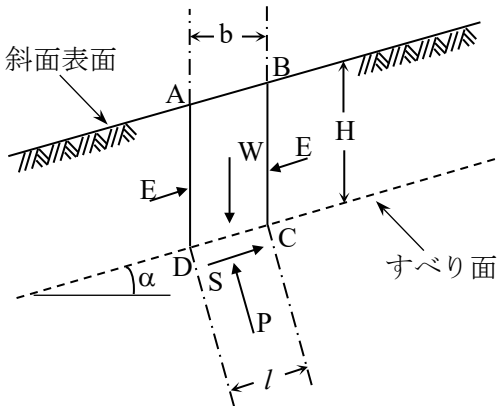
$h_2 = 6 \text{ m}$ 部分に作用する主働土圧のうち、鉛直有効応力によって生じる主働土圧 P_{A3} を求めると、

$$P_{A3} = (((2.0 - 1.0) \times 10 \times 6) \times 1/3) \times 6 \times 1/2 = 60.0 \text{ kN/m}$$

よって、主働土圧合力 P_A として、 $P_A = 12.0 + 72.0 + 60.0 = 144.0 \text{ kN/m}$ を得る。

一方、地下水位以下の水圧 P_w は、 $P_w = (1 \times 10 \times 6) \times 1 \times 6/2 = 180.0 \text{ kN/m}$ と求められるので、

ゆえに、全圧力 P は、 $P + P_w = 144.0 + 180.0 = 324.0 \text{ kN/m}$ となる。



2025 年度室蘭工業大学大学院一般（2 次）入試問題の出題意図・評価ポイント

確率統計

【出題の意図・評価ポイント】

確率統計に関する標準的な問題を出題することで、記述統計量、相関係数、ベイズの定理および統計的仮説検定に関する理解度を把握し、計算を行う力をみることを意図した。

1. 得られているデータに対して、基本的な記述統計量の理解度と計算能力をみる。
2. 共分散と相関係数の理解度と計算能力をみる。
3. 確率の基本として、検定方法に関する理解度をみる。
4. 確率の基本として、尺度水準に関する理解度をみる。
5. ベイズの定理に関する計算能力を見る。
6. 中心極限定理に関する理解度をみる。

2025 年 2 月 28 日

令和 7 年度大学院博士前期課程
環境創生工学系専攻（土木工学コース）入学試験
確率統計（解答例）

受験番号：_____

※問題を解くにあたっては、解を求めるまでの導出や計算の過程を丁寧に記述してください。

問 1

あるゲームを 5 回行い、それぞれ得られた点数の結果を以下に示す。

この結果から各種記述統計量を求めよ。【5 点×4=20 点】

回	1	2	3	4	5
点数	7	6	10	7	5

(1) 平均値

解答：(7.0)

n 個の観測値があるとき、平均値は観測値の合計を n で割った値である。

(2) 中央値

解答：(7.0)

中央値は、観測値を大きい順に並べたとき、その中央に位置する値（の平均値）である。

この場合、10, 7, 7, 6, 5 の順であり、中央に位置する 7 が中央値となる。

(3) 標本分散

解答：(2.8)

n 個の観測値とその平均値 $\bar{x}$ があるとき、標本分散 S^2 を求める式は、 $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ である。

(4) 不偏分散

解答：(3.5)

n 個の観測値とその平均値 $\bar{x}$ があるとき、不偏分散 S^2 を求める式は、 $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ である。

問2

以下の変数 x , y について、次の問いに答えよ。【15 点×2=30 点】

変数 x	x_1	x_2	x_3
変数 y	y_1	y_2	y_3

(1) x , y の共分散 s_{xy} を求める式を以下から選びなさい。

- ① $s_{xy} = \frac{(x_1 - \bar{y}) + (x_2 - \bar{y}) + (x_3 - \bar{y})}{n}$
- ② $s_{xy} = \frac{(x_1 - \bar{x})(x_2 - \bar{x})(x_3 - \bar{x}) + (y_1 - \bar{y})(y_2 - \bar{y})(y_3 - \bar{y})}{2n}$
- ③ $s_{xy} = \frac{(x_1 - y_1)(x_2 - y_2)(x_3 - y_3) - 2\bar{x}\bar{y}}{n}$
- ④ $s_{xy} = \frac{(x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y}) + (x_2 - \bar{x})(y_2 - \bar{y}) + (x_3 - \bar{x})(y_3 - \bar{y})}{n}$

解答：(④)

(2) 変数 x , y について具体のデータが得られた。計算したところ、 s_{xy} が -0.4、 x の標準偏差 s_x が 0.8、 y の標準偏差 s_y が 1.6 であった。この変数 x , y の相関係数を求めよ。

解答：(-0.31)

相関係数 r を求める式は共分散 s_{xy} を標準偏差の積 $s_x s_y$ で除したものである。

問3

下記の設問に対して、適切な検定方法を選択せよ。【10 点×2=20 点】

(1) ある製品の生産ラインでは、不良品の発生率が 5% とされている。生産ラインに問題が生じていないか調べるため、3000 個を無作為抽出して検査を行ったところ、97 個の不良品が含まれていた。不良品発生率を p として、帰無仮説 $H_0: p = 0.05$ 、対立仮説 $H_1: p > 0.05$ の下で検定せよ。

選択肢 ① 右側検定 ② 左側検定 ③ 中央検定 ④ 両側検定

解答：(①)

- 帰無仮説 (H_0) **: $p = 0.05$ (不良品率は 5% で変わらない)
- 対立仮説 (H_1) **: $p > 0.05$ (不良品率が 5% より大きい)

「 p が 5% より大きいかどうか」を調べるので、右側 (大きい方向) を確認する検定が適切。

① 右側検定が正解。

- (2) あるコインを 300 回投げたとき、142 回表が出た。このコインは、表が偏って出るとみなせるのか、検定を行う。コインの表が出る確率を p として、帰無仮説 $H_0: p=0.5$ 、対立仮説 $H_1: p \neq 0.5$ の下で検定せよ。

選択肢 ① 右側検定 ② 左側検定 ③ 中央検定 ④ 両側検定

解答：(④)

- 帰無仮説 (H_0) : $p = 0.5$ (コインは公平である)
- 対立仮説 (H_1) : $p \neq 0.5$ (コインは偏っている)

コインの偏りがどちらの方向 (表に偏る or 裏に偏る) かを特定せず、単に偏りがあるかどうかを検定するため、両側検定を行うのが適切である。

④ 両側検定が正解

問 4

以下の例に当てはまる尺度水準について、それぞれ選択肢①～⑤から正しいものを選びなさい。

【5 点×4=20 点】

選択肢 ① 比例尺度 ② 順序尺度 ③ 名義尺度 ④ 間隔尺度 ⑤ 相関尺度

- (1) 北海道[1]～沖縄[47]などのように、区別するためだけに数値を用いる。

解答：(③)

- (2) 原点 (0) の決め方が定まり、間隔や比率に意味がある。

解答：(①)

- (3) 間隔に意味はあるが、比率には意味がない。

解答：(④)

- (4) 不満[1]、普通[2]、満足[3]のように、順序に意味はあるが間隔に意味はない。

解答：(②)

問 5

ある地域では、病気 D が流行っており、罹患者はその地域の全人口の 5% である。この病気を診断する検査 T について、以下が知られている。

- ・罹患者に検査 T を行くと、その 60% の人が陽性と 正しく 診断される。
- ・非罹患者に検査 T を行くと、その 20% の人が陽性と 誤って 診断される。

このとき、無作為に選ばれた A さんが検査 T を受け、陽性と診断された。A さんが本当に病気 D に罹患している確率をベイズの定理を用いて求めよ。【30 点】

解答：(14 %)

$P(D) = 0.05$ (病気 D に罹患している確率)

$P(\neg D) = 1 - P(D) = 0.95$ (病気 D に罹患していない確率)

$P(T | D) = 0.60$ (罹患者が検査 T で陽性と診断される確率)

$P(T | \neg D) = 0.20$ (非罹患者が検査 T で陽性と診断される確率)

求めたい確率は、A さんが陽性と診断されたときに罹患者である確率 $P(D | T)$

ベイズの定理は以下の公式で表される。

$$P(D | T) = (P(T | D) \cdot P(D)) / P(T)$$

ここで、

$$P(T) = P(T | D) P(D) + P(T | \neg D) P(\neg D)$$

$$P(T) = (0.60 \times 0.05) + (0.20 \times 0.95)$$

$$P(T) = 0.03 + 0.19 = 0.22$$

ゆえに、

$$P(D | T) = (0.60 \times 0.05) / 0.22 = 0.03 / 0.22 \approx 0.14$$

問 6

中心極限定理について説明しなさい。【30 点】

解答：

解答例 1：いかなる分布でも、その標本平均を標準化した $z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$ は、標本サイズ n が大きくなるにつれて、標準正規分布に近づく。

解答例 2：いかなる分布でも、その標本平均を標準化した Z は、標本サイズが大きくなるにつれて、標準正規分布に近づく。