

2025 年度

神戸大学大学院工学研究科 博士課程前期課程入学試験

市民工学専攻

専門科目(一)： 数学

	問題用紙の枚数	ページ番号
数学	2 枚	1, 2

	解答用紙の枚数
数学	4 枚

ただし，計算用紙を 1 枚配付

試験日時：2024 年 8 月 22 日（木） 13:00～14:00

[数学]

1. 行列 $\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ について、以下の問に答えなさい.

- (1) 固有値および固有ベクトルを求めなさい.
- (2) $\mathbf{A}^n$ を求めなさい.

2. 次の常微分方程式の解を求めなさい.

(1) $x \frac{dy}{dx} + (1 + 2x)y = e^{2x}$

(2) $x \frac{dy}{dx} + y - 2x\sqrt{y} = 0$

3. 確率変数 X, Y が次式に示す同時確率密度 $f(X = x, Y = y)$

$$f(X = x, Y = y) = \begin{cases} axy & (0 \leq x \leq 1 \text{ かつ } 0 \leq y \leq 1) \\ 0 & (\text{それ以外}) \end{cases}$$

を持つとき，次の問に答えなさい．ただし， a は定数である．

- (1) a を求めなさい．
 (2) 確率 $P(X + Y \leq 1)$ を求めなさい． $P(\)$ は $(\)$ 内の条件を満たす確率である．

4. 次の問に答えなさい．

- (1) 関数 $g(x)$ は， $x = x_0$ のまわりでテイラー展開可能なとき，

$$g(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{g^{(n)}(x_0)}{n!} (x - x_0)^n$$

と近似できる．ただし， $g^{(n)}$ は n 次導関数を示す． $\tan x$ を $x = x_0 = 0$ のまわりでテイラー展開し，3 次の項までの近似式を求めなさい．ただし解答では，計算の途中の式を示した上で， $\tan x \cong A + Bx + Cx^2 + Dx^3$ における定数 A, B, C, D にあてはまる値を答えなさい．

- (2) 今，地球を半径 R の球と考える．図-1 において球面上の点 P を点 A に接する平面に投影した位置が P' であるとき，平面距離を $\overline{AP'} = s$ ，球面距離を $\overline{AP} = t$ ， $\angle AOP = x(\text{rad})$ とする．このとき，距離の差異 $\Delta s = s - t$ を t と R の関数として求めなさい．ただし， $2\pi(\text{rad}) = 360^\circ$ であり，(1) の結果から， $\tan x$ の 3 次の項までの近似式を用いることとしなさい．

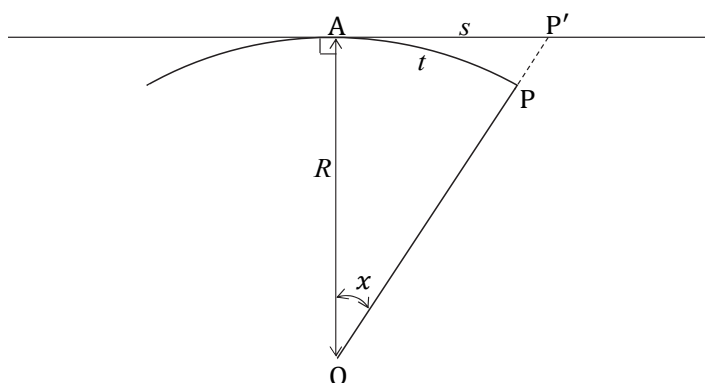


図-1 球面距離と平面距離

2025 年度

神戸大学大学院工学研究科 博士課程前期課程入学試験

市民工学専攻

専門科目(二)： 構造力学

	問題用紙の枚数	ページ番号
構造力学	3 枚	1, 2, 3

	解答用紙の枚数
構造力学	4 枚

ただし，計算用紙を 1 枚配付

試験日時：2024 年 8 月 22 日（木） 9:30～10:30

[構造力学]

1. 図-1.1 に示すはり構造において、以下の問に答えなさい。ただし、はり部材 AC の断面は、図-1.2 に示す長方形断面とする。ただし、はりの変形は微小であると仮定し、応力度は引張を正とする。

- (1) $P_V = 0$ で、 P_H のみが作用している場合、はり部材 AC の B 点における断面下縁（断面内 E 点）の応力度を求めなさい。
- (2) $P_V = P_H/2$ 、 $L = 4h$ のとき、はり部材 AC の B 点における断面上縁（断面内 G 点）の応力度を求めなさい。
- (3) $P_H = 0$ で、 P_V のみが作用している場合、部材 AC の B 点における断面中心（断面内 F 点）の最大主応力度を求めなさい。

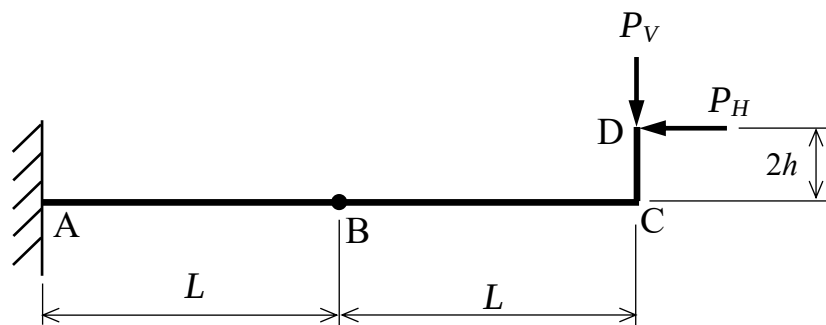


図-1.1 はり構造

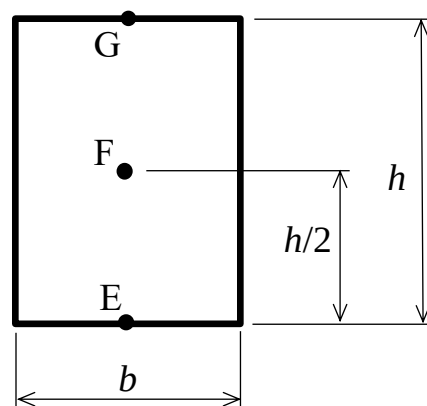


図-1.2 はり部材 AC の断面

2. 図-2 に示すゲルバーはり構造において、以下の問に答えなさい。ただし、作図問題においては、図中に正負を明示しなさい。

- (1) $P_0 = 0$, $P_1 = 1$ （単位荷重）, $P_2 = 2P_1$ のとき、鉛直反力 R_A, R_B, R_C を求めなさい。
- (2) (1)のときの曲げモーメント図を描きなさい。
- (3) (1)のときのせん断力図を描きなさい。
- (4) $P_1 = P_2 = 0$ で、 $P_0 = 1$ （単位荷重）が $x = 0$ から $2L$ まで移動する場合の R_B の影響線を描きなさい。
- (5) $P_1 = P_2 = 0$ で、 $P_0 = 1$ （単位荷重）が $x = 0$ から $2L$ まで移動する場合の D 点における曲げモーメント M_D の影響線を描きなさい。

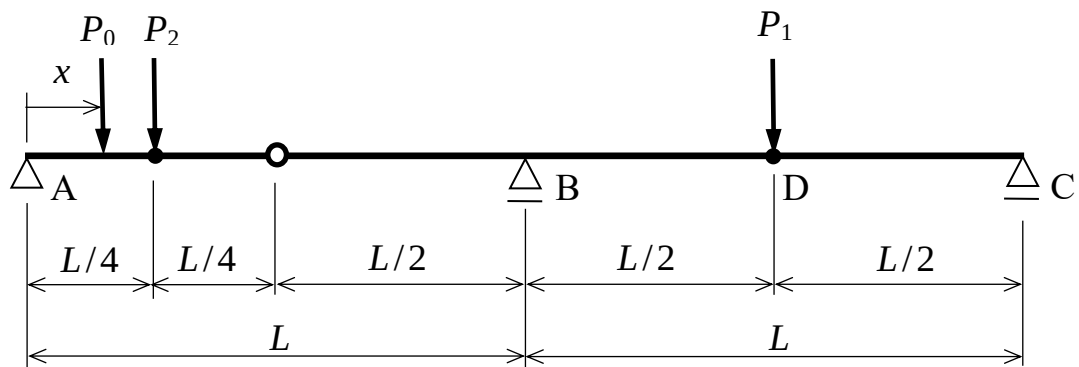


図-2 ゲルバーはり構造

3. 不静定構造に関する以下の問に答えなさい。

- (1) 図-3.1 に示すはり構造に単位荷重 $P=1$ が任意の点 x に作用するとき、点 B の鉛直反力、点 A の鉛直反力およびモーメント反力を x の関数で表しなさい。

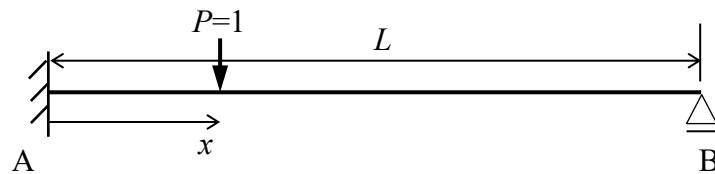


図-3.1 単位荷重が作用するはり構造

- (2) (1)で求めた関数（影響線）を利用して、以下の図-3.2 のように(1)のはり構造の C 点、D 点に集中荷重 $P=qL$ ，および AC 区間に等分布荷重 q が作用するとき、点 B の鉛直反力、点 A の鉛直反力およびモーメント反力を求めなさい。

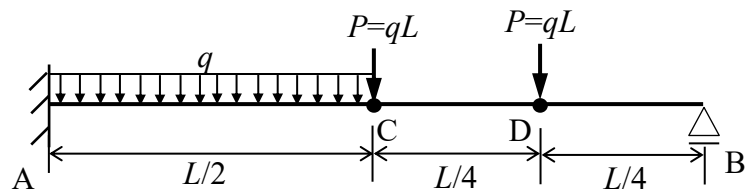


図-3.2 等分布荷重および集中荷重が作用するはり構造

2025 年度

神戸大学大学院工学研究科 博士課程前期課程入学試験

市民工学専攻

専門科目(二)：水理学

	問題用紙の枚数	ページ番号
水理学	4 枚	1, 2, 3, 4

	解答用紙の枚数
水理学	4 枚

ただし，計算用紙を 1 枚配付

試験日時：2024 年 8 月 22 日（木） 11:00～12:00

[水理学]

1. 図-1 のように密度が異なる流体が無限大の面積を持つタンクに入っている．面 A では密度が小さい流体（以下，軽い流体）が大気（大気圧は無視する）と接し，面 B では密度が大きい流体（以下，重い流体）が軽い流体と接していて，軽い流体と重い流体は混ざり合わない．出口 C からは重い流体が流出している．軽い流体の密度は $\rho_1(\text{kg/m}^3)$ ，重い流体の密度は $\rho_2(\text{kg/m}^3)$ である．軽い流体の深さは $h_1(\text{m})$ ，重い流体の深さは $h_2(\text{m})$ である．流出口の長さは $L(\text{m})$ であり，直径は $d(\text{m})$ であるとして，以下の間に答えなさい．ただし， h_1 および h_2 は一定で，エネルギー損失を無視できるとする．重力加速度を $g(\text{m/s}^2)$ とする．
- (1) A を基準にして鉛直下向きに座標 $z(\text{m})$ をとったとき，圧力 $p(\text{Pa})$ を z の関数として求めなさい．
- (2) 重い流体が出口 C から流出する流速 $V(\text{m/s})$ を求めなさい．
- (3) 重い流体が出口 C から流出する流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ を求めなさい．

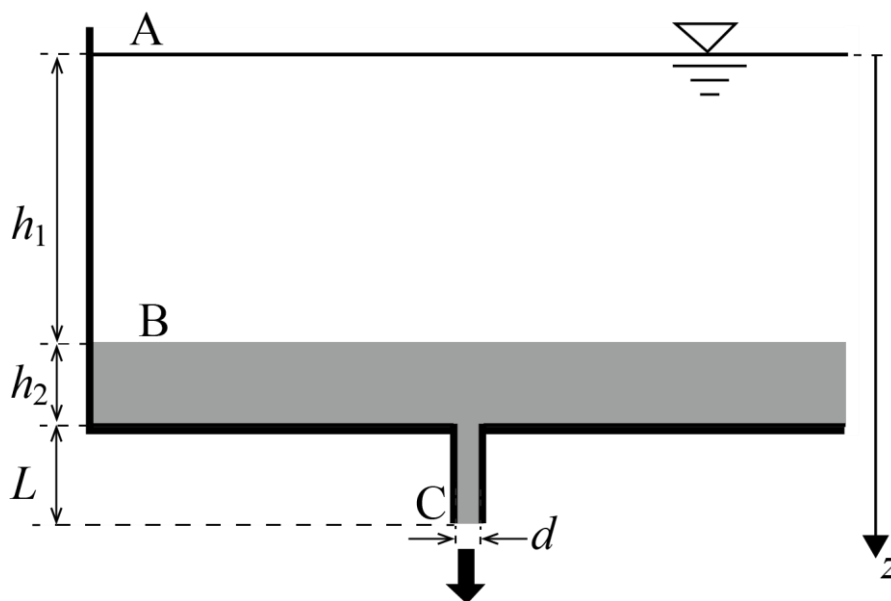


図-1 タンクに入った密度が異なる流体の図

2. 図-2 に示すように、階段状の壁をもつ貯水池がある。階段状の壁のうち上の垂直壁を A、水平な壁を B、下の垂直壁を C、C が地面と交わっている点を D とする。階段状の壁の左側には水があり、右側は中空である。C の高さ、B の幅、B から水面までの高さは 3.0m である。D に働く単位奥行きあたりのモーメントを求めなさい。ただし、水の密度を $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度を $g = 10 \text{ m/s}^2$ とする。

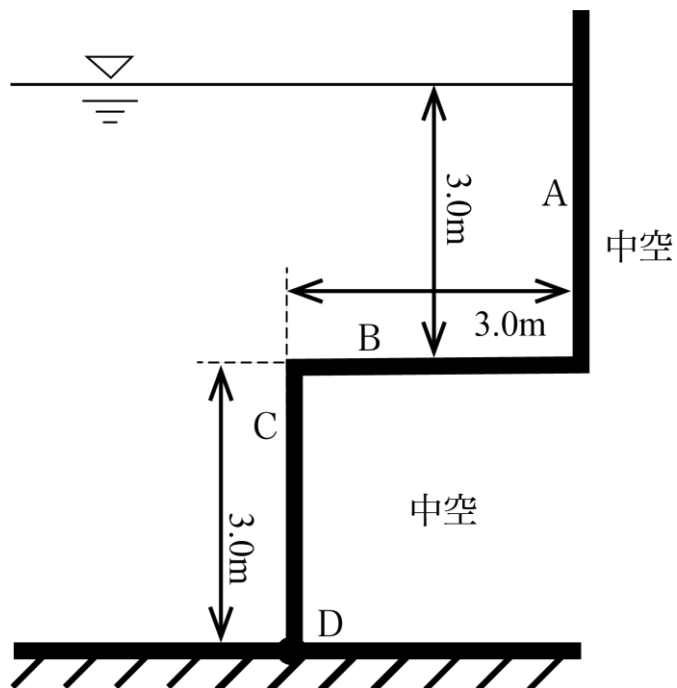


図-2 階段状の壁を持つ貯水池の図

3. 図-3 のような水平に設置された円管内の定常流を考える．損失としては Darcy-Weisbach 式にしたがう摩擦損失のみを考慮する．円管には 2 本のマノメータが取り付けられており，両者の間隔は L ，水柱の高さはそれぞれ h_1 ， h_2 である．円管の直径を d ，断面平均流速を $\bar{u}$ ，圧力を p ，重力加速度を g ，流体密度を ρ ，粘性係数を μ ，Darcy-Weisbach の摩擦損失係数を f とする．このとき，次の間に答えなさい．

(1) Darcy-Weisbach 式を用いて x 方向の摩擦損失水頭 H_l の勾配 $\frac{dH_l}{dx}$ を表しなさい．

(2) h_1 ， h_2 を用いて x 方向の圧力水頭勾配 $\frac{1}{\rho g} \frac{dp}{dx}$ を表しなさい．

(3) h_1 ， h_2 を用いて f を表しなさい．

(4) 流れが層流であるなら，Poiseuille の法則により $\bar{u}$ は次式で表現される．

$$\bar{u} = -\frac{dp}{dx} \cdot \frac{1}{8\mu} \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

このとき， $f = 64/R_e$ となることを示しなさい．ただし， R_e は Reynolds 数である．

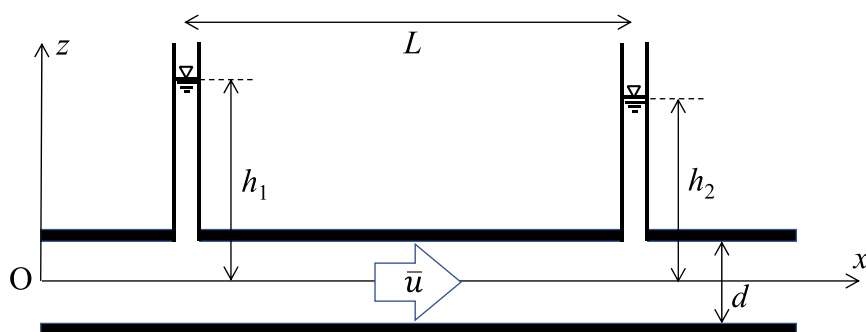


図-3 水平に設置された円管路内の定常流

4. 図-4 のような奥行き（幅）が一定で水平な長方形断面開水路に設置された広頂堰を越える段落ち流れを考える．堰の高さを d ，単位幅流量を q ，重力加速度を g ，流体密度を ρ ，検査断面 I，II における流速を u_1 ， u_2 ，水位を h_1 ， h_2 ，段落ち部の側面に作用する単位幅あたりの全圧力を P_w ，水圧は静水圧分布とする．段落ち部の上流側では跳水が発生している．底面や壁面での摩擦損失は無視できるとする．このとき，次の間に答えなさい．

- (1) P_w を求めなさい．
- (2) 検査断面 I，II 間の運動量保存式を示しなさい．
- (3) q を求めなさい．

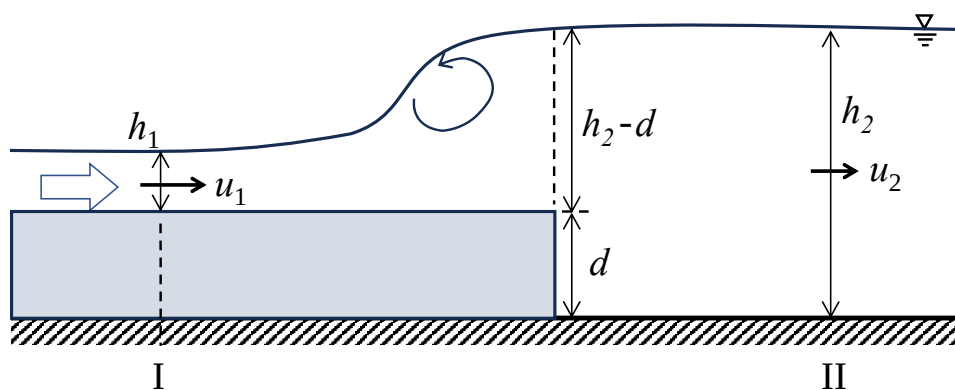


図-4 跳水を伴う開水路段落ち流れ

2025 年度

神戸大学大学院工学研究科 博士課程前期課程入学試験

市民工学専攻

専門科目(二)：土質力学

	問題用紙の枚数	ページ番号
土質力学	3 枚	1, 2, 3

	解答用紙の枚数
土質力学	4 枚

ただし，計算用紙を 1 枚配付

試験日時：2024 年 8 月 22 日（木） 14:30～15:30

[土質力学]

1. ある粘土供試体の状態量を算出するために次の諸量を得た.

- ・ 供試体の体積 V
- ・ 供試体の質量 m
- ・ 炉乾燥後の供試体の乾燥質量 m_s
- ・ 供試体を構成する粘土の土粒子比重 G_s

以下の問に答えなさい. ただし, 水の密度は記号 ρ_w を用いて表示する.

- (1) V , m , m_s , G_s , ρ_w のうち, 必要な記号を用いて, 供試体の含水比 w を算出する式を示しなさい.
- (2) V , m , m_s , G_s , ρ_w のうち, 必要な記号を用いて, 供試体の間隙率 n を算出する式を示しなさい.
- (3) 供試体を炉乾燥する時間が短く, 十分に供試体が乾燥しないまま, 質量 m_s を測定したとする. この測定値をもとに算出した間隙比 e は, 真の値より大きくなるか小さくなるか, 理由とともに答えなさい.
- (4) 理論上, 飽和度 S_r は 100% を上回らないが, 得られた諸量の値を用いて算出したところ, S_r が 100% を上回ったとする. その原因が供試体の体積 V の測定値にあるとすれば, V の測定値は真の値より大きい小さいか, 理由とともに答えなさい.

2. 図-1 に示す試験装置の土試料の透水問題を考える．土試料 A, B, C の透水係数はそれぞれ 1.0×10^{-6} m/s, 4.0×10^{-6} m/s, 6.0×10^{-6} m/s である．また，どの土試料も断面積は 0.01 m^2 である．次の問に答えなさい．

- (1) 排水コック②を閉じた状態で排水コック①を開き，図中の水位が保たれるような定常状態にあるとき，点 b における全水頭と圧力水頭を答えなさい．ただし，点 a の位置水頭を 0 m とする．
- (2) 排水コック①を閉じた状態で排水コック②を開き，図中の水位が保たれるような定常状態にあるとき，点 d における全水頭と圧力水頭を答えなさい．ただし，点 c の位置水頭を 0 m とする．
- (3) 排水コック①と排水コック②を開き，図中の水位が保たれるような定常状態にあるとき，土試料 A, B, C 中を流れる水の流速を全て答えなさい．
- (4) 排水コック①と排水コック②を開き，図中の水位が保たれるような定常状態を維持しようとするとき，中央の水槽に最低限供給すべき単位時間当たりの水の供給量を答えなさい．

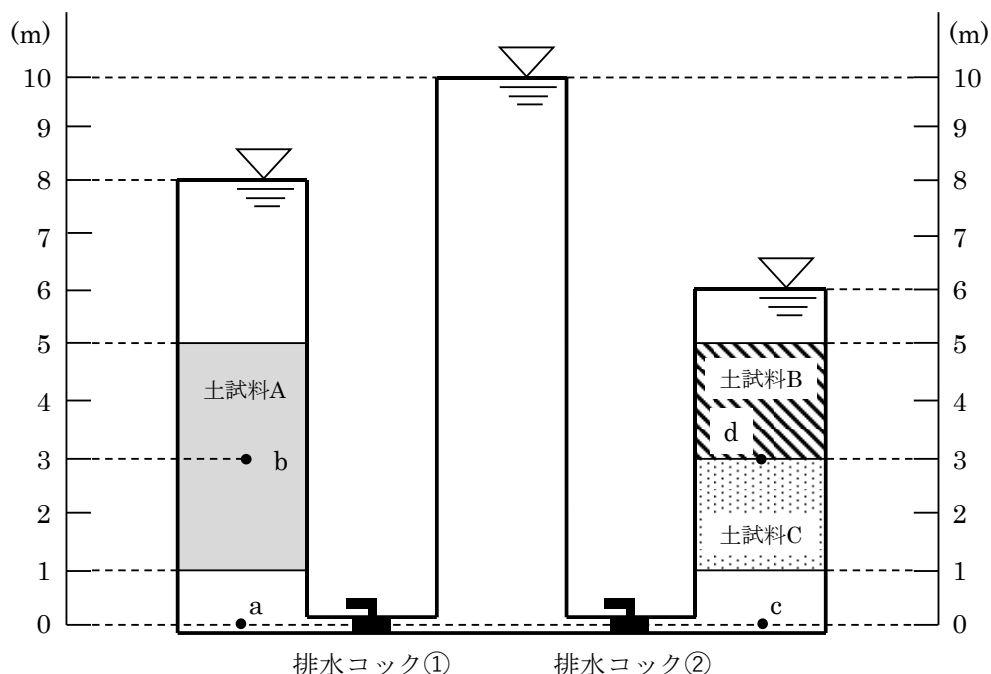


図-1 透水試験装置

3. 拘束圧 160 kPa で等方圧密された正規圧密粘土を用いて、側圧を一定に保った状態で非排水三軸圧縮試験を行った。非排水せん断強度 c_u は 50 kPa であり、破壊時の間隙水圧は 110 kPa であった。以下の間に答えなさい。ただし、有効粘着力 c' はゼロとし、応力状態がモール・クーロンの破壊規準を満足するとき破壊状態に至るとする。

- (1) 有効内部摩擦角 ϕ' を求めなさい。
- (2) すべり面と水平面とのなす角を求めなさい。ただし、理由を示すこと。
- (3) 破壊時の間隙水圧係数を求めなさい。
- (4) この試料を用いて、側圧を一定に保った状態で排水三軸圧縮試験を行ったときの排水せん断強度は非排水せん断強度の何倍となるか答えなさい。ただし、拘束圧、有効内部摩擦角は非排水せん断時の値と同じであるとする。

2025 年度

神戸大学大学院工学研究科 博士課程前期課程入学試験

市民工学専攻

専門科目(二): 土木計画学

	問題用紙の枚数	ページ番号
土木計画学	5 枚	1, 2, 3, 4, 5

	解答用紙の枚数
土木計画学	4 枚

ただし、計算用紙を 1 枚配付

試験日時：2024 年 8 月 22 日（木） 16:00～17:00

[土木計画学]

1. 以下の線形計画問題を考える.

$$\begin{aligned} \max_{x_1, x_2, x_3} \quad & 3x_1 + x_2 + 4x_3 \\ \text{s.t.} \quad & x_1 + x_3 \leq 5 \\ & 3x_1 + 4x_2 + 5x_3 \leq 17 \\ & x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0 \end{aligned}$$

この線形計画問題に関する以下の問に答えなさい.

- (1) x_1, x_2, x_3 の最適値を求めなさい.
- (2) 目的関数の x_2 の係数が Δc だけ変化して $1 + \Delta c$ になった状況を考える. このとき, x_1, x_2, x_3 の最適値が(1)で求めたものから変化しないような, Δc の範囲を求めなさい.

2. ある都市は図-1 に示すように、CBD（中心業務地区）と、住民が居住可能な二つの地区（地区 1，地区 2）から構成されている．図中の点線は地区の間を結ぶ交通インフラを表している．全ての住民は交通インフラを利用して CBD に通勤する．都市内の総人口を L (千人)で表す．この都市の居住の最適化に関する以下の問に答えなさい．

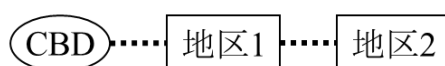


図-1 都市の構造

- (1) 地区 i の人口を x_i (千人)で表す．このとき，地区 i ($i = 1, 2$)の住民千人当たりの生活コスト c_i は， $c_1 = 2 + 0.01x_1$ ， $c_2 = 4 + 0.01x_2$ と表せると考える．ここで，定数項の 2 と 4 は通勤費用を表す． $0.01x_i$ は人口密度の増加に伴う住居費の増加（地価・家賃の上昇）を表す． c_i を用いると，この都市の住民の生活コストの総和 C は， $C = c_1x_1 + c_2x_2$ と表せる．都市内の総人口は L ($x_1 + x_2 = L$)，地区 1 と地区 2 の人口は 0 以上 ($x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$)という制約条件の下で， C を最小化する最適化問題を定式化しなさい．ただし，目的関数は x_1, x_2 についての二次関数として表すこと．
- (2) (1)で定式化した最適化問題の Karush-Kuhn-Tucker (KKT)条件を求めなさい．
- (3) (1)で定式化した最適化問題の解 x_1^*, x_2^* は， $L > 100$ のときは $x_1^* > 0, x_2^* > 0$ を満たし， $L \leq 100$ のときは $x_1^* > 0, x_2^* = 0$ を満たす．すなわち，都市内の総人口が 100×1000 人以下のときには，地区 2 の居住を認めないことにより，住民の総生活コストを最小化できる．この結果を，(2)で求めた KKT 条件を用いて示しなさい．なお，この問題の KKT 条件を満たす x_1^*, x_2^* は，大域的最適解と見なして良い．
- (4) 地区 2 の災害リスクは高いことが判明した．被災時に住民が被る損失を地区 2 の生活コストに反映させると， $c_2 = 4 + 0.01x_2 + 1$ となった．一方，地区 1 の災害リスクは低く，生活コストは従前と同じく $c_1 = 2 + 0.01x_1$ と評価された．このとき，住民の生活コストの総和 C を最小化する地区 2 の人口 x_2^* が 0 となるような最大の L を求めなさい．

3. 平均 μ , 分散 σ^2 の分布をもつ母集団から大きさ n の標本 $X_1, X_2, \dots, X_n$ を無作為に抽出した. 以下の問に答えなさい.

(1) $X_i (i = 1, \dots, n)$ を用いて, 標本平均 $\bar{X}$ および不偏分散 $\hat{\sigma}^2$ を表しなさい.

(2) 標本平均 $\bar{X}$ および不偏分散 $\hat{\sigma}^2$ がそれぞれ不偏性を満たすことを示しなさい.

4. 都市高速道路のある区間を対象に交通量調査を実施した. 調査では, 平日朝のラッシュ時間帯に都心方向へ向かう交通量を 8 日間にわたって計測した. 調査結果は, 表-1 の通りである.

表-1 交通量調査の結果

調査日	1	2	3	4	5	6	7	8
交通量 (pcu)	727	633	754	721	653	596	742	774

[単位: 乗用車換算台数 (passenger car unit; pcu)]

交通量の母集団は平均 μ , 分散 σ^2 の正規分布に従うものとして, 以下の問に答えなさい. なお, 必要に応じて, 表-2 及び表-3 を用いなさい.

(1) 交通量の母平均 μ の信頼区間を信頼係数 95% で推定しなさい.

(2) 交通量の分散が大きいと, 所要時間信頼性が損なわれる可能性がある. そのため, 道路管理者は, 交通量の分散 σ^2 を $(45)^2 = 2025$ 以下に抑えるように流入管理を行なっている. 交通量の分散が適切に管理されているか, 有意水準 5% で検定しなさい.

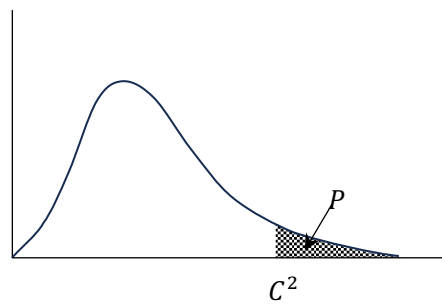
表-2 両側確率 t 分布表 ($\int_t^\infty f(x)dx = \frac{\alpha}{2}$ となる t の値)

df は自由度を示す.

df	α			
	0.1	0.05	0.02	0.01
1	6.314	12.710	31.820	63.660
2	2.920	4.303	6.965	9.925
3	2.353	3.182	4.541	5.841
4	2.132	2.776	3.747	4.604
5	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.708	2.060	2.485	2.787

表-3 修正 χ^2 分布表

df	P			
	0.10	0.05	0.025	0.01
1	2.71	3.84	5.02	6.63
2	2.30	3.00	3.69	4.61
3	2.08	2.60	3.12	3.78
4	1.94	2.37	2.79	3.32
5	1.85	2.21	2.57	3.02
6	1.77	2.10	2.41	2.80
7	1.72	2.01	2.29	2.64
8	1.67	1.94	2.19	2.51
9	1.63	1.88	2.11	2.41
10	1.60	1.83	2.05	2.32



カゲの部分の確率 P に対する $C^2 = \chi^2/df$ の値を示す．ただし， df は自由度を表す．