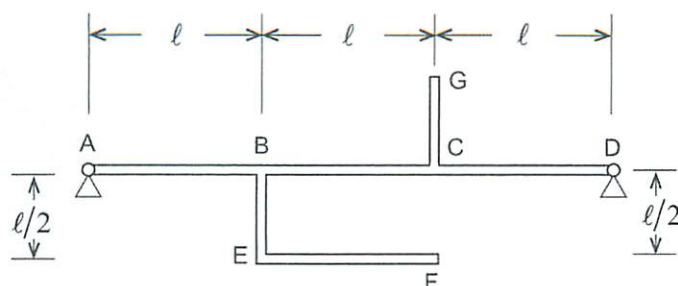


専門科目：社会基盤デザイン学

A1 構造工学

下に示すような、高さ h 、幅 b の長方形断面で、ヤング率 E の等方線形弾性材料からなる骨組み構造について、以下の問に答えなさい。ただし、すべての部材の断面積と材料は同一とする。また、せん断応力およびせん断変形の影響は考慮しないものとする。



- (1) 点 F に、反時計回りのモーメント $M_1 = 1$ を作用させたときの曲げモーメント図を描きなさい。
- (2) 問 (1) の荷重条件のとき、点 C に生じる最大応力を求めなさい。ただし、長方形断面の断面二次モーメントは $bh^3/12$ である。
- (3) 問 (1) のモーメント荷重を 2 倍にすると、点 C に生じる最大応力が問 (2) の値と同じになるためには部材の高さを何倍にすれば良いか答えなさい。
- (4) 問 (1) の荷重条件のとき、点 G の水平変位を求めなさい。
- (5) 問 (1) のモーメント荷重を取り除き、点 G に水平右向きの荷重 $P_1 = 1$ を与えるときの点 F の回転角を求めなさい。
- (6) 問 (5) の荷重条件で、点 F が回転しないように固定したときの点 F のモーメント反力を求めなさい。

専門科目：社会基盤デザイン学

A2 コンクリート工学

1. コンクリート用混和材について、以下の問に答えよ。
 - (1) フライアッシュをセメントに置換して使用したときに起こる反応の名称を答え、その反応の特徴を説明せよ。
 - (2) 高炉スラグ微粉末をセメントに置換して使用したときに起こる反応の名称を答え、その反応の特徴を説明せよ。
 - (3) (1)と(2)で答えた二つの反応の違いを説明せよ。

2. 表 - 1 は3種類のセメントに含まれるクリンカー鉱物の組成と化学組成を示している。表中の(a), (b), (c)は普通ポルトランドセメント, 早強ポルトランドセメント, 中熱ポルトランドセメントのいずれかである。(a), (b), (c)がそれぞれどのセメントであるか答え、そのように選択した理由を答えよ。

表 - 1

セメント の種別	クリンカー鉱物組成 (%)				化学組成 (%)			
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO
(a)	67	9	8	8	20.8	4.5	2.8	64.9
(b)	48	30	5	11	23.3	3.9	4.0	63.5
(c)	50	26	9	9	22.0	5.1	3.0	63.8

3. RC はり部材の代表的なせん断破壊形式を二つ答え、それぞれの破壊形式の特徴を説明せよ。

専門科目：社会基盤デザイン学

A3 地盤工学

1. 矢板を打設して川底を掘削する場合について考える. 図 1 は掘削現場の断面と地盤内の 2 次元定常流れを表した正方形フローネットを表している. 実線と破線はそれぞれ流線と等ポテンシャル線を表している. 地盤の透水係数は $k=2.0 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$, 水の密度は $\rho_w=1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 重力加速度は $g=9.8 \text{ m/sec}^2$ である. 以下の問に答えよ.

- (1) 図 1 の定常浸透流れを保つためには, 掘削底面でポンプにより浸出する水を汲み上げる必要がある. 奥行を 1m として, 1 日当たりの汲み上げ量を求めよ.
- (2) 点 A の間隙水圧を求めよ.
- (3) 掘削前に安定計算を実施したところ, ボイリングが発生する危険性が判明したとする. 考え得る対策工法 of 具体例を一つ挙げよ.

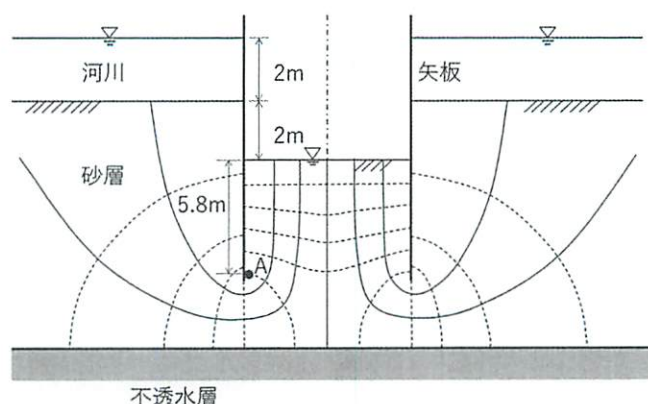


図 1

2. 飽和正規圧密粘土の排水および非排水三軸圧縮試験について考える. セン断開始時の有効拘束圧は p_0 であり, セン断中のセル圧は一定とする. 飽和正規圧密粘土の有効応力に関する粘着力と内部摩擦角は, 排水条件に依らず, $c'=0$ と ϕ' とする. また, 鉛直応力 σ_v と側方応力 σ_h の差を軸差応力 $q = \sigma_v - \sigma_h$ とする. 以下の問に答えよ.

- (1) 排水三軸圧縮試験の破壊時の軸差応力 q_d を p_0 と ϕ' を用いて表せ.
- (2) 非排水三軸圧縮試験の破壊時の軸差応力 q_u を破壊時の過剰間隙水圧 u_f と p_0 , ϕ' を用いて表せ.
- (3) u_f を m と p_0 によって表せ. ただし, $m = q_u/q_d$ である.

専門科目：水環境デザイン学

B1 水理学

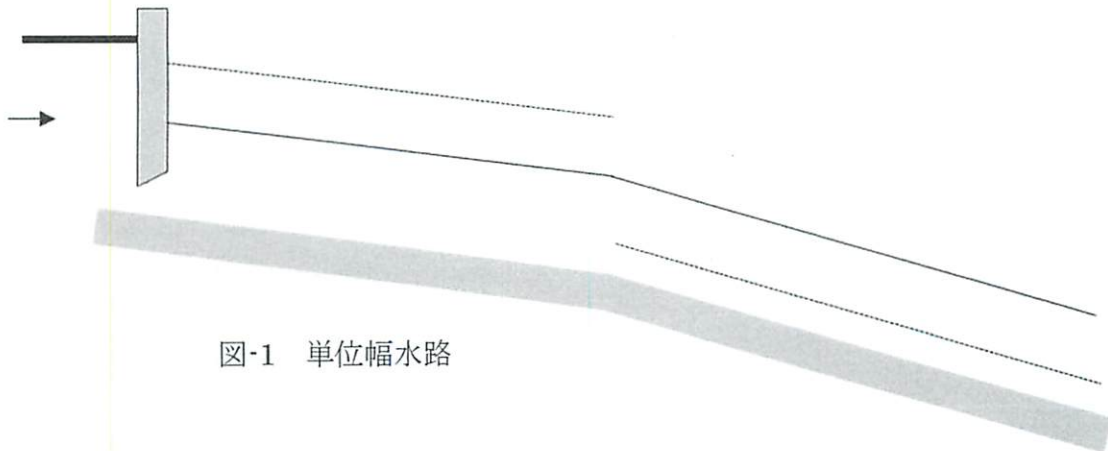
円管内を水が層流状態で流れている。このときの円管内の流速分布 $u(r)$ (r は円管中心からの距離) を、円管の半径 a 、流れ方向の圧力勾配 dp/dx 、ならびに粘性係数 μ を用いて導出過程とともに示せ。

専門科目：水環境デザイン学

B2 河川工学

幅広長方形水路に単位幅流量 q の水が流れている。スルースゲートを通過した後の流れについて以下の問に答えよ。エネルギー損失は無視でき、重力加速度は g とする。

1. 限界水深を求めよ。
2. 下図（図-1）のように実線が限界水深、点線が等流水深を表す場合の水面形を解答用紙に図-1 とともに描け。水路は十分長いものとする。
3. 限界水深と等流水深を説明せよ。



専門科目：水環境デザイン学

B3 水質工学

1. ある家庭排水の生物化学的酸素要求量 (BOD_5) を測定するため、家庭排水試料を植種希釈水で 10 倍に薄めたところ、希釈直後の溶存酸素は 12.0 mg/L 、 20°C で 5 日間培養後の溶存酸素は 6.0 mg/L であった。また、植種希釈水は BOD_5 10 mg/L の河川水を 5% 含み、植種水の希釈に用いた水（蒸留水）の 20°C 、5 日間での溶存酸素消費量は 0.2 mg/L であった。
 - (1) 植種希釈水の 20°C 、5 日間の溶存酸素消費量を求めよ。
 - (2) この家庭排水の BOD_5 を算出せよ。
 - (3) BOD_5 測定における硝化反応の影響について考察せよ。
2. ダム湖における藻類異常発生の原因を 2 つ挙げ、それらの解決策を説明せよ。

専門科目：水環境デザイン学

B4 環境計画

1. 代表的な大気汚染物質である窒素酸化物の発生メカニズムと環境影響を説明して、その汚染防止対策を考察せよ。
2. 下水システムに関する次の設問に答えよ。
 - (1) 下水システムの基本的役割は何か。
 - (2) 標準活性汚泥法のフローを書いて各ユニットの機能を示せ。
 - (3) 標準活性汚泥法反応タンクの代表的な水理学的滞留時間と BOD-SS 負荷は何か。
3. ある工場排水に 1000 mg-N/L のアンモニア態窒素が含まれる。この排水 1 m^3 を生物学的脱窒法で処理する場合に、硝化に必要な酸素量を計算せよ。
ただし、窒素と酸素の原子量をそれぞれ 14 と 16 とする。

専門科目：都市システム計画学

C1 計画数理

1. 次の非線形計画問題(NP)を考える. ただし, c_1, c_2 は $c_1^2 + c_2^2 = 1$ を満たす正の実数である.

$$\begin{aligned} \text{(NP)} \max_{x_1, x_2} & c_1 x_1 + c_2 x_2 \\ \text{s.t.} & x_1^2 + x_2^2 \leq 1 \\ & x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

- (1) 問題(NP)の実行可能領域を図示せよ.
- (2) 問題(NP)に対する Karush-Kuhn-Tucker 条件を示せ.
- (3) 問題(NP)の最適解 $(x_1^{\text{NP}}, x_2^{\text{NP}})$ を求めよ.

2. 次の線形計画問題(LP)を考える. ただし, c_1, c_2, a_1, a_2 は $c_1^2 + c_2^2 = 1$ ならびに $a_1^2 + a_2^2 = 1$ を満たす正の実数である.

$$\begin{aligned} \text{(LP)} \max_{x_1, x_2} & c_1 x_1 + c_2 x_2 \\ \text{s.t.} & a_1 x_1 + a_2 x_2 \leq 1 \\ & x_1 \leq 1, x_2 \leq 1 \\ & x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

- (1) 問題(LP)の実行可能領域を図示せよ.
- (2) 問題(LP)の最適解 $(x_1^{\text{LP}}, x_2^{\text{LP}})$ と 1. の問題(NP)の最適解 $(x_1^{\text{NP}}, x_2^{\text{NP}})$ は $c_1 x_1^{\text{LP}} + c_2 x_2^{\text{LP}} \geq c_1 x_1^{\text{NP}} + c_2 x_2^{\text{NP}}$ を満たす. この不等式が成り立つ理由を(LP)と(NP)の実行可能領域の包含関係に基づいて 150 字以内で説明せよ.
- (3) $c_1 x_1^{\text{LP}} + c_2 x_2^{\text{LP}} = c_1 x_1^{\text{NP}} + c_2 x_2^{\text{NP}}$ が成り立つための必要十分条件を求めよ.

専門科目：都市システム計画学

C2 交通計画

ランダム効用理論に基づく交通手段選択モデルを考える．任意の個人 i は交通手段 a ，交通手段 b の2種類が利用可能である．個人 i の各交通手段の確定効用項は $V_{i,a} = \beta_a \cdot x_{i,a}$ ， $V_{i,b} = \beta_b \cdot x_{i,b}$ で表されたとする．ここで， β_a, β_b はモデルパラメータ， $x_{i,a}, x_{i,b}$ は説明変数である．個人 i の交通手段 a, b の選択確率を $P_{i,a}, P_{i,b}$ と定義する． N 人の交通手段選択結果データから最尤推定法を用いてパラメータの推定を行う．以下の問いに答えよ．

- (1) 個人 i の交通手段選択確率を二項ロジットモデルで表現する．個人 i の交通手段選択確率 $P_{i,a}$ を $\beta_a, \beta_b, x_{i,a}, x_{i,b}$ を用いて記述せよ．
- (2) $N = 5$ のとき，5人の選択結果が (a, a, a, b, b) であった．このとき，尤度関数及び対数尤度関数の式を各個人 i の交通手段選択確率 $P_{i,a}, P_{i,b}$ を用いて記述せよ．
- (3) (2)と同じ条件を考える．上記の二項ロジットモデルに，あるパラメータ $\beta_1 = (\beta_a^*, \beta_b^*)$ を設定したとき，5人の交通手段選択確率 $P_{i,a}$ がそれぞれ $(0.8, 0.7, 0.8, 0.1, 0.2)$ と計算された．別のパラメータ $\beta_2 = (\beta_a^{**}, \beta_b^{**})$ を設定したとき， $P_{i,a}$ はそれぞれ $(0.9, 0.6, 0.9, 0.2, 0.3)$ と計算された．このとき，パラメータ β_1, β_2 のどちらが最尤推定法の観点から望ましいか，その理由とともに説明せよ．
(必要であれば， $\log_e 2 \approx 0.693, \log_e 3 \approx 1.099$ を用いてよい．)

専門科目：都市システム計画学

C3 交通工学

図1のように、ノードOとノードDが、2本の並行するリンクであるリンク1とリンク2で結ばれている道路ネットワークがある。自由流旅行時間はいずれのリンクにおいても30分である。リンク1にはボトルネックが1個あり、その容量は a 台/時である(a は正の実数)。リンク2にもボトルネックが1個あり、その容量は b 台/時である(b は正の実数)。この道路ネットワークに関する以下の問いに答えよ。計算過程も簡単に示せ。計算の際は交通流を連続体とみなすこと。リンク上のボトルネックで発生する渋滞列は、常に、そのボトルネックのあるリンク内に収まっているとせよ。

- (1) ある日において、午前8時から9時までの1時間の時間帯のあいだ、ノードOからリンク1に1000台/時の交通流率の交通流が継続して流入した。午前8時より前、または午前9時より後にリンク1に流入した交通流はなかった。 $a = 500$ であるとき、リンク1上のボトルネックにおけるすべての車両の総遅れ時間を答えよ。
- (2) (1)とは異なる日に、午前8時から9時までの1時間の時間帯のあいだ、ノードOからリンク1に1000台/時の交通流率の交通流が、ノードOからリンク2に2000台/時の交通流率の交通流が継続して流入した。いずれのリンクにも、午前8時より前、または午前9時より後に流入した交通流はなかった。午前8時30分にリンク1に流入した車両のノードOからノードDまでの旅行時間を答えよ。
- (3) (2)の状況において、 $a = 500$ で、かつ、リンク1の旅行時間とリンク2の旅行時間がどの流入時刻においても等しいときの b の値を答えよ。もしそのような b がなければ「問題の条件を満たす b の値は存在しない」と解答せよ。
- (4) (2)の状況において、 $0 < a < 1000$ かつ $0 < b < 2000$ のとき、全車両のノードOからノードDまでの総旅行時間を答えよ。

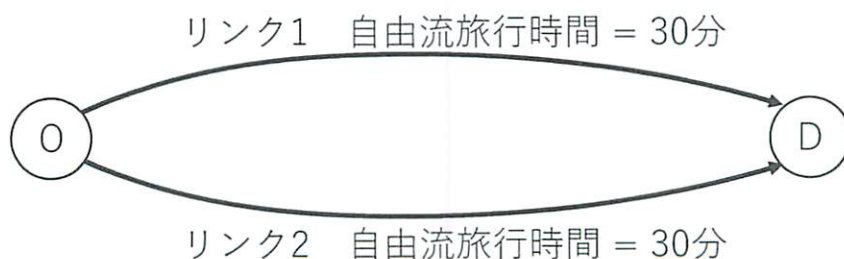


図1 道路ネットワーク