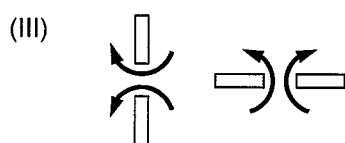
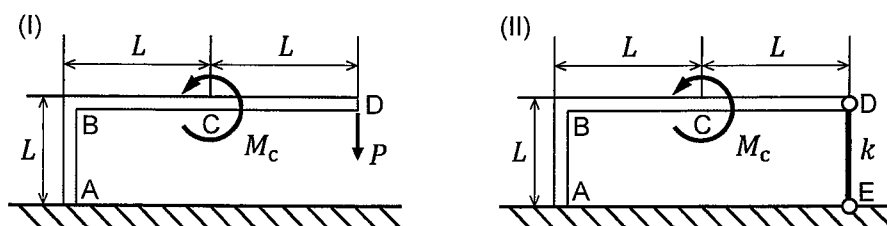


専門科目：社会基盤デザイン学

A1 構造工学

静的つり合い状態にある長さ $2L$ 、高さ L のラーメン構造を図(I)と図(II)に示す。ラーメン構造は2つの部材をB点で剛接した構造であり、A点で固定支持され、C点に反時計回りの定曲げモーメント $M_c > 2PL$ が作用している。また、図(I)ではD点に鉛直下向きの集中荷重 P が作用し、図(II)ではD点とE点にはばね定数 k のケーブルがヒンジで固定されている。以下の問いに答えよ。なお、はりの断面曲げ剛性を EI とし、はりの軸力とせん断力による変形は考慮しなくてもよい。

- (1) 図(I)に示すラーメン構造の曲げモーメント分布を描け。ただし、曲げモーメントは図(III)に示す方向を正とする。
- (2) 図(I)に示すラーメン構造について、D点でのたわみ w_D を求めよ。
- (3) 図(I)に示すラーメン構造について、C点でのたわみ w_C を求めよ。
- (4) 図(II)に示すラーメン構造について、ケーブルに作用する軸力 R を求めよ。
- (5) 図(II)に示すラーメン構造について、B点でのたわみ角がゼロとなるために必要なケーブルのばね定数 k を求めよ。



図(I), (II) ラーメン構造

図(III) 正の曲げモーメントの定義

専門科目：社会基盤デザイン学

A2 コンクリート工学

- クリンカーを構成する主要 4 鉱物の名称を答え、それらの特徴をそれぞれ 100 字程度で説明せよ。
- 図-1 に示す T 型単鉄筋コンクリート断面に上側を圧縮、下側を引張とする曲げモーメント M が作用している場合を考えて、以下の問いに答えよ。ここで、引張鉄筋の総断面積： A_s 、コンクリートのヤング係数： E_c 、鉄筋のヤング係数： E_s 、ヤング係数比： $n=E_s/E_c$ 、断面の有効高さ： d 、フランジ幅： b 、ウェブ幅： b_w とする。また、中立軸の圧縮縁からの距離を x とする。なお、この断面の平面保持の仮定と鉄筋とコンクリート間の完全付着の仮定が成立するものとする。さらには、コンクリートの引張応力は考慮しないものとする。

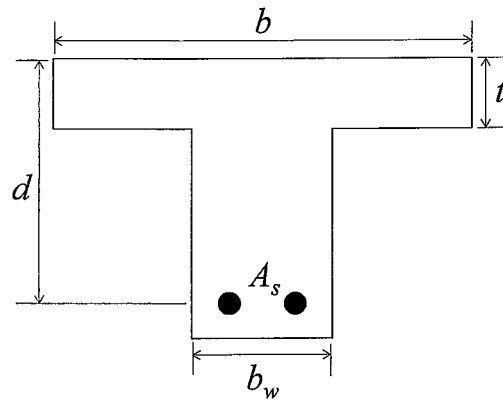


図-1

- T 型単鉄筋コンクリート断面は、中立軸 x の位置によって圧縮側の断面形を長方形断面として応力計算する場合と、T 型断面として応力計算する場合に分けられる。この x の条件を述べ、その理由も記述せよ。
- 長方形断面として応力計算する場合の x の値と中立軸まわりの断面二次モーメントを求めよ。
- T 型断面として応力計算する場合の x の値と中立軸まわりの断面二次モーメントを求めよ。

専門科目：社会基盤デザイン学

A3 地盤工学

1. 図-1 に示すように、土の供試体の上下面と側面に、それぞれ垂直応力が作用している。このとき、次の各問いに答えなさい。ただし、 $\sqrt{3}$ は 1.73 として計算せよ。

- (1) 図の応力状態を表現するモールの応力円を図示せよ。
- (2) 断面 AB に作用する垂直応力 σ とせん断応力 τ を求めよ。
- (3) この土の内部摩擦角が 0 度の場合、せん断破壊が生じる粘着力の条件を答えよ。
- (4) この土の内部摩擦角が 0 度でせん断破壊が生じる場合、せん断面は x 軸から反時計回りに何度傾くかを答えよ。

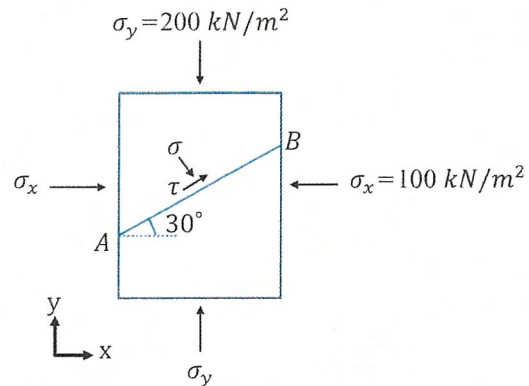


図-1

2. 図-2 に示すように、左右の高さの異なる水平地盤を挟んで剛板が設置されている。剛板の底面にはヒンジがあり、剛板はこのヒンジを中心として回転可能である。土の単位体積重量は 20 kN/m^3 、内部摩擦角は 30° 、粘着力は 0 kN/m^2 とする。ランキンの土圧理論に基づき、次の問いに答えよ。

- (1) この土の主動土圧係数と受動土圧係数を求めよ。
- (2) 剛板が回転するとき、剛板の左側と右側に作用する土圧が、主動土圧または受動土圧のどちらかの状態になると仮定する。このとき、剛板が回転して転倒する条件を H_1 と H_2 を用いて表現せよ。

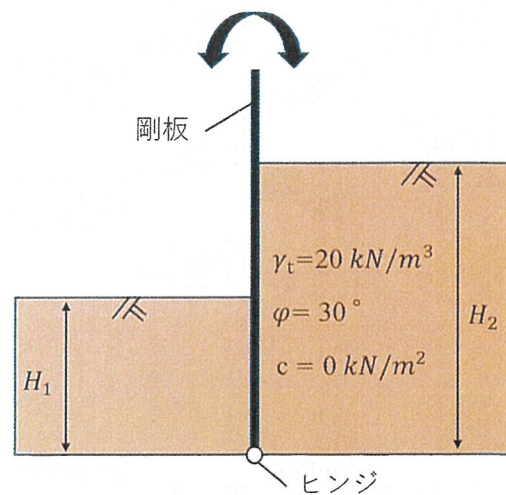


図-2

専門科目：水環境デザイン学

B1 水理学

図-1 のような直径 D の円筒形のタンクに直径 d の小さな穴を開け、排水する。穴の中心からタンクの初期水面までの高さを h_0 、重力加速度は g とする。損失は考慮しないものとし、以下の問いに答えよ。

- (1) 排水し始めてから t 秒後のタンクの水面高さ h と排水流速 v を式で表せ。
- (2) 穴の中心からタンクの水面までの高さが $h_0/4$ になるまでにかかる時間 t と、このときの排水流速 v を求めよ。

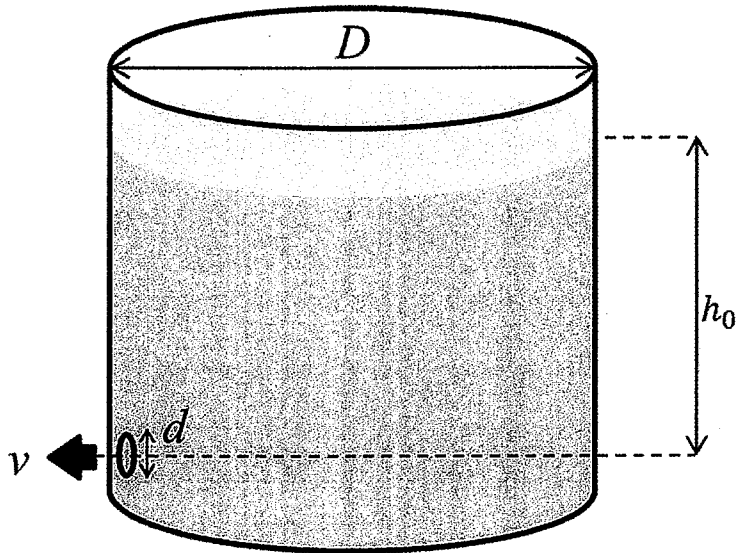


図-1

専門科目：水環境デザイン学

B2 河川工学

図-1 に示す断面の開水路を，水が等流状態で流れている．以下の問いに答えよ．なお，水路勾配を S ，マンニングの粗度係数を n とする．

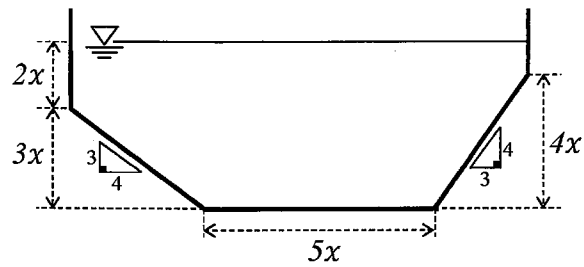


図-1

1. 径深と水理水深を求めよ．
2. 平均流速を求めよ．
3. マンニングの粗度係数 $n=3^{-2/3} \times 10^{-1}$ ， $S=g \times 10^{-4}$ (g ：重力加速度)， $x=1$ m の場合，流れの状態を求めよ．
4. 与えられた断面が，水理学的に最も有利な断面であることを説明しなさい．

専門科目：水環境デザイン学

B3 水質工学

1. 水環境における有機汚濁指標である BOD, COD, および TOC について, 以下の問いに答えよ.
 - (1) 各指標が測定対象としている有機物の「性質」を説明せよ.
 - (2) 同じ試料を測定した場合, 一般的に BOD と COD の値の大きさはどのような大小関係になるか, 不等号を用いて記述せよ.
 - (3) 未処理の生活排水を評価する場合には, どの指標を用いるのが最も適切か, その理由とともに述べよ.

2. 浄水処理における凝集操作について, 以下の問いに答えよ.
 - (1) 電気二重層と架橋作用の 2 語を用いて, 凝集のメカニズムを簡潔に説明せよ.
 - (2) ジャーテストを行う目的と, その操作 (急速攪拌・緩速攪拌) の役割について述べよ.

専門科目：水環境デザイン学

B4 環境計画

1. 都市下水の処理プロセスとして嫌気好気 (A/O) 活性汚泥法がよく用いられる。
 - (1) 同プロセスの基本構成を図示せよ。また、その主な処理対象となる汚染物質と水質目標値を説明せよ。
 - (2) 同プロセスの好気タンクと嫌気タンクの役割を説明せよ。
 - (3) 同プロセスにおけるリン蓄積細菌の反応機構について説明せよ。
 - (4) 下水処理に適用する同プロセスの水理学的滞留時間の範囲について説明せよ。

2. ある工場排水に 1000 mg /L の DMF (分子式 C_3H_7ON) が含まれる。
 - (1) この排水の全有機炭素 (TOC) と窒素 (TN) 濃度を計算せよ。
 - (2) この DMF を好気性生物学的酸化により CO_2 、水および NH_3 に酸化する反応式を書け。また、この反応式に基づき、排水 1L を生物学的に酸化するのに必要な酸素量を計算せよ。
 - (3) この排水をメタン発酵法で処理する場合の反応式を書き、また生成するバイオガス中のメタン含有率を求めよ。
 - (4) この排水に含まれる窒素を除去するためのプロセスを一つ提案し、その基本構成を図示せよ。

ただし、水素、炭素、酸素および窒素の原子量をそれぞれ 1、12、16 および 14 とする。

専門科目：都市システム計画学

C1 計画数理

ある工場は2種類の製品 X, Y を生産しており, それぞれの生産量を非負の連続変数 x, y で表す. 式 (1) は製品 X, Y の追加1単位の生産に要する費用, すなわち限界費用 MC_X, MC_Y を表す. 両製品の生産に固定費用はかからない.

$$\begin{aligned} MC_X(x) &= 2x \\ MC_Y(y) &= 2y + 8 \end{aligned} \tag{1}$$

また, 製品 X, Y の1単位の販売価格はそれぞれ 12, 16 である. 製品に対する需要は十分に大きく, 販売価格は生産量の影響を受けない.

ここで, 生産費用の予算上限 B の下で両製品を製造・販売し, 売上高 (生産量×販売価格) から生産費用を引いた粗利 π を最大化したい.

- (1) 製品 X, Y の生産に要する費用関数 C_X, C_Y を示せ.
- (2) 粗利 π を最大化する問題を定式化せよ.
- (3) (2) の最大化問題の Karush-Kuhn-Tucker 条件を示せ.
- (4) 生産費用に関する制約が効かなくなる B の条件を (3) の解答を用いて求め, その条件下での最適解 (x^*, y^*) を示せ.
- (5) $B = 4$ の場合の最適解 (x^*, y^*) を求めよ.

専門科目：都市システム計画学

C2 交通計画

標高差のある2地点間の交通機関選択を考える。当初（期間Ⅰ），リフト($i=1$)とケーブルカー($i=2$)が同一の運賃 $p_1=p_2=400$ [円]，所要時間 $t_1=t_2=10$ [分]で運行され，それぞれの選択率は $P_1=\frac{2}{3}$ ， $P_2=\frac{1}{3}$ であった。ケーブルカーを運休し改修工事を行う間（期間Ⅱ），バス($i=3$)が運賃 $p_3=200$ [円]，所要時間 $t_3=15$ [分]で運行され，その間のリフトとバスの選択率は $P_1=\frac{2}{3}$ ， $P_3=\frac{1}{3}$ であった。今後，ケーブルカーの改修工事終了後もバスを運行して3つの手段が利用できる場合（期間Ⅲ）の交通機関選択率を予測したい。

以下の問いに答えよ。

- (1) 以下のような多項ロジットモデルを用いて交通機関選択率を分析する。

$$P_i = \frac{\exp(\mu V_i)}{\sum_{j=1}^n \exp(\mu V_j)}, \quad i = (1, \dots, n),$$

ここで P_i は選択肢 i の選択率， V_i は選択肢 i の確定効用項である。また μ は誤差項の分布を決めるスケールパラメータである。期間Ⅰと期間Ⅱの選択率に基づいて，3つの選択肢の確定効用の間の関係を示せ。

- (2) (1)における確定効用項 V_i が運賃 p_i ，所要時間 t_i および選択肢固有定数 α_i の線形関数 $V_i = \alpha_i - p_i - \beta t_i$ であると仮定する。ケーブルカーとバスには乗合式という共通性がある。これらに対して連続的に運行されるリフトは待ち時間が極めて短いという利点があると考えて，選択肢固有定数を $\alpha_1 > 0$ ， $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$ と設定する。(1)の結果に基づき，リフトの選択肢固有定数 α_1 と未知パラメータ β の値を求めよ。
- (3) (1)のモデルを用いて期間Ⅲの交通機関選択率を予測せよ。
- (4) (2)で述べたような選択肢間の共通性がある場合，効用項間の独立性が成立せず，(3)の予測があてはまらないことが多い。このような場合に用いられる別の構造のモデルと，予測される交通機関選択率の違いについて述べよ。

専門科目：都市システム計画学

C3 交通工学

1. ある道路区間における定常的な交通流の空間平均速度 v [km/hr] と交通密度 k [pcu/km] の関係は,

$$v = \begin{cases} 80 & \text{for } 0 \leq k \leq 25 \\ (2500/k) - 20 & \text{for } 25 \leq k \leq 125 \end{cases}$$

で与えられる.

- (1) この道路区間の交通容量を求め、交通量 q と密度 k の関係を図示せよ.
- (2) この道路区間の下流地点 A と上流地点 B の交通密度は、各々、 $k_A = 100$, $k_B = 20$ であった. a) A と B での密度波速度、および、b) A と B の間で発生する衝撃波の速度を求めよ.
2. 東西方向 (東→西の一方通行) と南北方向 (南→北の一方通行) の道路が交差する交差点 A を考える. この交差点の信号現示は、各道路の直進交通に対応した 2 種類 (現示 1 : 東西通行, 現示 2 : 南北通行) のみ (つまり、右折・左折は不可) であり、信号 1 サイクル当りの損失時間 L は 10 秒である. また、この交差点の各方向の飽和交通流率は、

$$\text{東西方向} : \mu_1 = 3600 \text{ [pcu /hr]}, \quad \text{南北方向} : \mu_2 = 1800 \text{ [pcu /hr]} \quad (1)$$

であり、流入交通流率は、

$$\text{東西方向} : \lambda_1 = 900 \text{ [pcu /hr]}, \quad \text{南北方向} : \lambda_2 = 450 \text{ [pcu /hr]} \quad (2)$$

と仮定する.

- (1) 上記の条件下で交差点 A が飽和しないために各現示の有効青時間 G_1 と G_2 が満たすべき不等式を書け.
- (2) 交差点 A が飽和しない最小サイクル長を求めよ.

交差点 A の東西方向 1 km 下流に隣接する交差点 B の系統制御を考える. 交差点 B の構造および各方向の飽和交通流率は、交差点 A と全く同じである (すなわち、式 (1) で与えられる). 両交差点の信号現示は上記 2 つ (すなわち、現示 1 : 東西, 現示 2 : 南北) のみで、現示 1 の有効青時間 G_1 は 40 秒、サイクル長 C は 80 秒と (両交差点で共通の値に) 設定されている. 交差点間の車両走行速度は 45 km/hr, 系統制御のオフセット時間は 20 秒とする.

- (3) 交差点 A, B での東西方向の累積流入・流出曲線を (1 つの累積図上に) 描け.
- (4) 交差点 A, B の東西方向を通過する車の平均遅れ時間を求めよ.