

専門科目：社会基盤デザイン学

A1 構造工学

図-1 に示す長さが L ，断面形状が幅 b ，高さ h の長方形であるヤング率 E のはりを考える．はりは支点 A でローラー支持，支点 B で固定支持され，鉛直下向きの等分布荷重 q が全体に作用している．支点 A に原点を有し， x 軸が固定端に向かって伸びる xyz 座標系を設定するとき，以下の問いに答えよ．ただし，はりには断面保持の仮定が成り立ち，せん断力によるひずみエネルギーは無視できるほど小さいと仮定する．なお，はりの断面二次モーメントは $I = \frac{bh^3}{12}$ であり，各問の解答では I を消去せよ．

- (1) 支点 A における鉛直上向きの反力を R_A とするとき，はりの曲げモーメント分布 $M(x)$ を求めよ．
- (2) 支点 A における鉛直上向きの反力 R_A を求めよ．
- (3) 支点 A における時計回りのたわみ角 θ_A を求めよ．
- (4) 曲げモーメント分布が最大となる点で x 軸に垂直な断面を考える．この断面内で最大の引張応力 $\sigma_{\max}$ を求めよ．
- (5) x 軸と y 軸をそれぞれ反時計回りに 30° 回転した X 軸と Y 軸を有する XYZ 座標系を設定する．問(4)の $\sigma_{\max}$ が生じた点の応力を XYZ 座標系で観察するとき，それぞれの応力成分 $\sigma_X, \sigma_Y, \tau_{XY}$ を求めよ．ただし， τ_{XY} は絶対値でよい．
- (6) 問(4)の $\sigma_{\max}$ が生じた点のせん断応力強度を τ_s とするとき，主せん断応力が τ_s 以下となるために必要な幅 b の条件を求めよ．

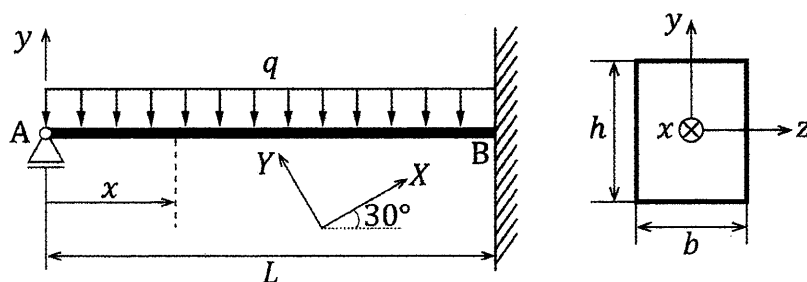


図-1 等分布荷重が作用するはりの全体構造と断面形状

専門科目：社会基盤デザイン学

A2 コンクリート工学

1. 以下に示すコンクリートの示方配合表の中の①, ②, ③の数値を求めよ. ここで, 水, セメント, 細骨材および粗骨材の密度は, それぞれ, $d_w = 1.00\text{g/cm}^3$, $d_c = 3.00\text{g/cm}^3$, $d_s = 2.60\text{g/cm}^3$, $d_g = 2.70\text{g/cm}^3$ とする.

水セメント比(%)	細骨材率(%)	空気量(%)	単位質量 (kg/m^3)		単位容量 (ℓ/m^3)	
			水	セメント	細骨材	粗骨材
55.0	40.0	6.0	165	①	②	③

2. 単鉄筋長方形断面を有する鉄筋コンクリート梁が曲げモーメントを受けて引張破壊を起こす場合について以下の問いに答えよ. ここで, b : 断面幅, d : 有効高さ, A_s : 引張鉄筋の断面積, f'_{cd} : コンクリートの設計圧縮強度, ϵ'_{cu} : 圧縮破壊時のコンクリートのひずみ, f_{yd} : 鉄筋の設計引張降伏強度, ϵ_{sy} : 鉄筋の降伏ひずみ, とする.
- (1) 引張破壊とはどのような破壊か 100 字程度で説明せよ.
 - (2) 等価応力ブロックを適用して断面の曲げ耐力を求める. 等価応力ブロックの応力度を $k_1 \cdot f'_{cd}$ (k_1 : 既知の定数), 圧縮縁からの高さを $a (= \beta x)$ (β : 既知の定数, x : 圧縮縁から中立軸までの高さ) とすると, 力の釣合条件に基づき破壊時の等価応力ブロックの高さ a と曲げ耐力 M_u を求めよ.
 - (3) (2)に続いて, この断面の釣合鉄筋比 $p_b \left(= \frac{A_{sb}}{bd} \right)$ (A_{sb} : 釣合断面に対応する鉄筋の断面積) を求める. 破壊時の力の釣合条件に基づき中立軸位置 x_b と A_{sb} の関係式を求めよ. ひずみの適合条件: $\frac{x_b}{d-x_b} = \frac{\epsilon'_{cu}}{\epsilon_{sy}}$ を用いて, 釣合鉄筋比 p_b をコンクリートと鉄筋の強度とひずみの関係式として求めよ.
3. コンクリート構造物の代表的な設計法である許容応力度設計法と終局強度設計法について, それぞれの設計法の特徴を説明するとともに, 両設計法における安全率の考え方に関する相違点を説明せよ (いずれも 100 字程度とする).

専門科目：社会基盤デザイン学

A3 地盤工学

- ランキンの土圧論に基づき，以下の問いに答えよ．
 - 主働土圧状態および受働土圧状態をモールの応力円を用いて図示せよ．鉛直有効応力を σ'_v ，主働土圧係数を K_a ，受働土圧係数を K_p とし，破壊規準線も描くこと．なお，破壊規準線の情報として，土の有効応力表示の強度定数である粘着力 c' と内部摩擦角 ϕ' を明記すること．
 - 問い(1)で描いた図を用いて，主働破壊面と受働破壊面の方向を求めよ．
 - 主働土圧と受働土圧の大小関係から，自立式土留壁の安定問題を考えるとき，土留壁の変位量に注意する必要がある．それはなぜか説明せよ．
- 図-1 に示すように，浸透流を有する飽和した半無限傾斜地盤がある．この傾斜地盤の安定性について，想定されるすべり面上の土塊 ABCD を考えるとき，以下の問いに答えよ．なお，地盤は均質であり，土の飽和単位体積重量を γ_{sat} ，水の単位体積重量を γ_w ，土の水中単位体積重量を γ_b とする．土の有効応力表示の強度定数は，粘着力を c' ，内部摩擦角を ϕ' とする．
 - BC 面に沿ってすべりを生じさせる力 S を求めよ．
 - BC 面上の垂直有効応力 σ' を求めよ．
 - BC 面上ですべりに抵抗する力 R を求めよ．
 - この傾斜地盤のすべり安全率 F_s を求める式を示せ．
 - この傾斜地盤から土を採取して CU 試験を実施したところ，粘着力 $c' = 0 \text{ kN/m}^2$ ，内部摩擦角 $\phi' = 30^\circ$ であった．傾斜角 $\theta = 30^\circ$ のとき，この傾斜地盤の安定性を評価せよ．

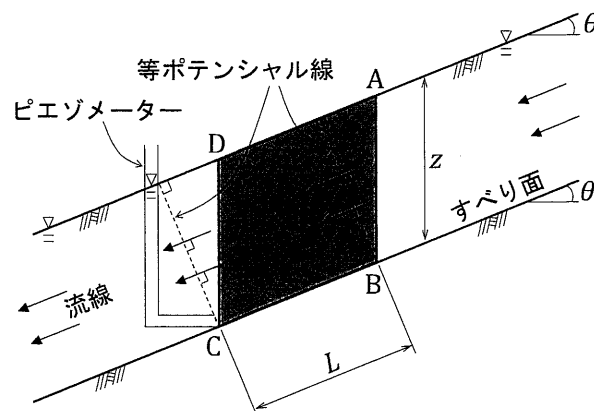
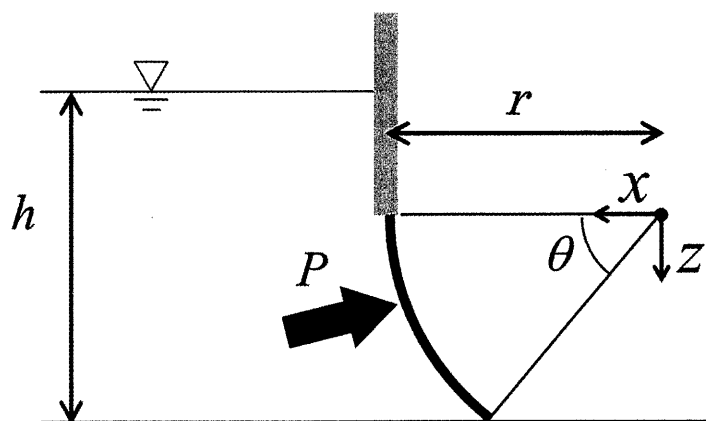


図-1 浸透流のある飽和した半無限傾斜地盤

専門科目：水環境デザイン学

B1 水理学

図のように水路に円弧状のゲートが設置されている。水深を h ，ゲート円弧の半径を r ，ゲート円弧の角度を θ ，水の密度を ρ ，重力加速度を g とするとき，このゲートに作用する単位幅当たりの全水圧 P とその作用点の位置 (x_c, z_c) を求めよ。ここで，ゲートは水面下にあり， $z_c > 0$ であるものとする。



専門科目：水環境デザイン学

B2 河川工学

水路幅が十分広い長方形断面の開水路流れにおける水深 h , 単位幅流量 q と比エネルギー E の関係を考える. 重力加速度は g とする. なお比エネルギーとは, 水路床を基準とした時の水面の位置水頭と速度水頭の和で表される.

- (1) E の式を q と h を用いて書きなさい.
- (2) q を一定とした場合の E と h の関係を図示しなさい.
- (3) (2) から E が最小となる h_c を求めなさい. またこのときの流速 v_c を求めなさい.
- (4) (3) のときの E と h_c の関係を求めなさい.
- (5) (2) で作成した図から, ある比エネルギー E が与えられたときの水深は2通り存在しうることがわかる. それぞれの場合の流れの特徴について記述しなさい.

専門科目：水環境デザイン学

B3 水質工学

1. 「水質汚濁に係る環境基準」の「生活環境の保全に関する環境基準」において、河川（湖沼を除く）では生物化学的酸素要求量、湖沼では化学的酸素要求量が水質項目の1つとして設定されている。河川と湖沼で異なる水質項目が用いられている理由について、水環境問題との関連を含めて説明せよ。

2. BOD 150mg/L の工場排水が河川に放流され、河川水によって 10 倍希釈された後、水温 20℃を保って流下している。以下の問いに答えよ。

- (1) この放流点のすぐ上流の河川水の BOD は 3 mg/L であるとき、工場排水と河川水の混合直後の BOD を求めよ。

- (2) 放流点から 4 日間流下したところにある観測点の BOD を求めよ。ただし、放流点から観測点までは河川水の流入と流出はなく、河川の流下に伴う BOD の減少は次式で与えられる。

$$L_t = L_0(1 - 10^{-kt})$$

ここで、 L_t は t 日間で減少した BOD [mg/L] , L_0 は放流点における BOD [mg/L] , k は自浄係数であり、 k の値は 0.2 [1/日]とする。

- (3) BOD 測定の際には、水中の窒素濃度に注意する必要がある。その理由を述べよ。

専門科目：水環境デザイン学

B4 環境計画

1. 排水から窒素を除去する技術として生物学的硝化脱窒法が広く用いられる。
 - (1) 硝化における窒素代謝反応と細菌群集の関わりを説明せよ。
 - (2) 脱窒に及ぼす COD/N 比の影響を論じよ。
 - (3) 硝化脱窒を用いた代表的生物学的窒素除去法を取り上げてそのフローを図示せよ。また、それぞれの反応タンクの処理機能について説明せよ。
 - (4) 硝化脱窒法で発生する温室効果ガスおよびその抑止対策について説明せよ。

2. 都市環境保全のために固形廃棄物の適正処理は重要な問題となっている。メタン発酵を用いた生ごみの資源回収処理が近年注目されている。
 - (1) 都市固形廃棄物処理システムの基本的構成を図示せよ。また、それぞれの構成ユニットの主な目的について説明せよ。
 - (2) 生ごみのメタン発酵を用いたエネルギー回収システムについて説明せよ。
 - (3) メタン発酵槽の主な運転管理パラメータを説明せよ。

専門科目：都市システム計画学

C1 計画数理

図-1 に示す有向グラフで表されたネットワークのノード S から T に、合計 1 のフローを流すことを考える．図中の数字はリンク番号を表し，リンク番号 i のフローは連続変数 x_i ($i=1, \dots, 5$) で表記する．表-1 は，リンクに 1 単位のフローを流すときに要する費用（単位費用）とリンク容量を示す．なお，フローは有向リンクの方向のみに流せるとする．

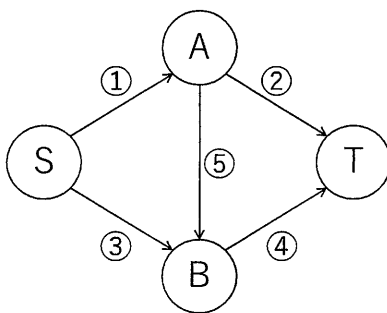


図-1 ネットワーク

表-1 リンクの単位費用と容量

リンク番号	単位費用	容量
①	1	0.6
②	2	0.4
③	3	0.8
④	2	0.8
⑤	1	0.8

- (1) ノード A，ノード B それぞれにおけるフロー保存則を示せ．
- (2) 総費用を最小化するフローを求める問題を， x_i ($i=1, \dots, 5$) を用いて定式化せよ．
- (3) (2) の問題を， x_1, x_2 のみを変数とする式で示せ．
- (4) (3) の問題の実行可能領域を x_1, x_2 平面上に示し，最適解 (x_1^*, x_2^*) と総費用の最小値を求めよ．
- (5) (3) の問題に対する Karush-Kuhn-Tucker 条件を導け．
- (6) (4) で作成した図を用いて，Karush-Kuhn-Tucker 条件が示唆する，最適解 (x_1^*, x_2^*) における目的関数の勾配ベクトルと実行可能領域との幾何学的関係を説明せよ．

専門科目：都市システム計画学

C2 交通計画

起終点間の交通需要 y [トリップ] が一般化費用 c [円] の一次関数 $y = 8400 - 2c$ で与えられている。この OD 間には道路による経路 ($i=1$) と鉄道による経路 ($i=2$) があり、それぞれの経路の一般化費用 c_i [円] は各経路の所要時間 t_i [分]、金銭運賃 p_i [円]、および時間価値 $a=50$ [円/分] を用いて $c_i = at_i + p_i$ で与えられる。道路経路は無料で $p_1=0$ 、所要時間は経路交通量 x_1 [トリップ] の関数として $t_1 = 20 + 0.01 x_1$ で与えられる。鉄道経路の所要時間は交通量には依存せず $t_2 = 10$ である。鉄道の総運行費用 E_2 [円] は経路交通量 x_2 [トリップ] の関数として $E_2 = 0.1 x_2^2$ で与えられる。

以下の問いに答えよ。

- (1) どの利用者也自分の経路の変更によってトリップの一般化費用が改善できないという利用者均衡状態にあると仮定する。このとき 2 つの経路 ($i=1, 2$) の均衡交通量 x_i を、鉄道運賃 p_2 の関数として表せ。
- (2) 鉄道会社の利潤を鉄道運賃 p_2 の関数として表し、それを最大にする運賃を求めよ。またそのときの全利用者の総消費者余剰の値を求めよ。
- (3) 全利用者の総消費者余剰と鉄道会社の利潤の和として定義される社会的総余剰を最大にする運賃を求めよ。なおこの運賃における鉄道会社の利潤と総消費者余剰は表-1 の通りである。
- (4) (2)と(3)の結果から、利潤最大化と社会的余剰最大化の 2 つの運賃設定方式を、利潤や消費者余剰の観点から比較せよ。

表-1

運賃設定方式	利潤最大化	社会的余剰最大化
鉄道会社の利潤 [円]	3,150,000	1,688,468
総消費者余剰 [円]	(2)の解	8,184,575

専門科目：都市システム計画学

C3 交通工学

1. 信号交差点における、ある1つの進行方向での待ち時間（遅れ）を考えたい。この進行方向への車の流入率は一定値 1800 [台/時] であり、信号が青の間は、車は一定の流出率 3000 [台/時] で通過できる。信号のサイクル時間 c は 180 秒、有効青時間 g は 120 秒、赤時間（損失時間を含む） r は 60 秒とする。このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) この進行方向への累積流入交通量および累積流出交通量の時間変化を図示せよ。
 (2) 累積図を利用し、各サイクルにおける総遅れ時間を求めよ。

2. 合流・分流の無い1本の道路の交通流を考える。この道路の進行方向に沿った各地点の位置は、ある基準地点を原点とする1次元空間上の座標 x として表わされる。この1次元空間を長さ Δx ごとの“セル”に分割し、セルの番号と両端座標を図1の様に表す。また、道路状態の変化を離散的な時間刻み Δt 毎に考え（適当な時間単位系 $\Delta t=1$ ）、時刻 t にセル i に存在する車両数を $n_i(t)$ 、時刻 t から $t+1$ の間にセル $i-1$ から i に流入する車両数を $y_{i-1,i}(t)$ と書く。各セル内の交通密度は均質と仮定し、交通量(q)と密度(k)の関係は図2の台形型 $q-k$ 図で与えられる。ここで、 k_{jam} , q_{max} は、各々、最大交通密度、交通容量を表す。このとき、以下の問いに答えよ。

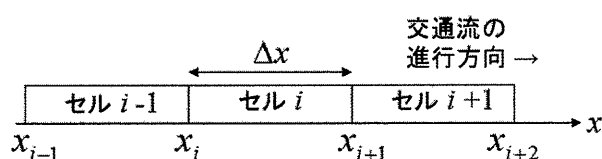
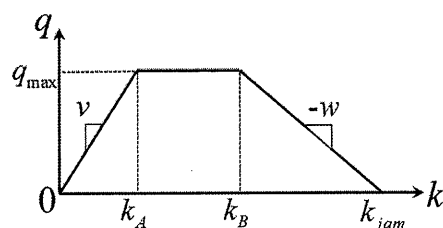


図1 セルの番号と座標系

図2 $q-k$ 図

- (1) 車両数の保存則を $\{y_{i-1,i}(t)\}$ と $\{n_i(t)\}$ を用いて定式化せよ。
 (2) 以下の3種類の交通流速度の定義を述べ、 $q-k$ 図上に各々の具体例を描け：
 a) 空間平均速度, b) 密度波速度, c) 衝撃波速度。
 (3) 図2の台形型 $q-k$ 図に対応する $\{y_{i-1,i}(t)\}$ と $\{n_i(t)\}$ が満たすべき関係式を示し、セル伝播 (cell transmission) モデルを定式化せよ。
 (4) 時刻 t にセル i の上流端 x_i を通過した累積車両台数を $A_i(t)$ と書く。 $\{y_{i-1,i}(t)\}$, $\{n_i(t)\}$ と $\{A_i(t)\}$ の関係を表す式を示せ。
 (5) 累積車両台数 $\{A_i(t)\}$ を用いてセル伝播モデルを表現せよ。