

専門科目：社会基盤デザイン学

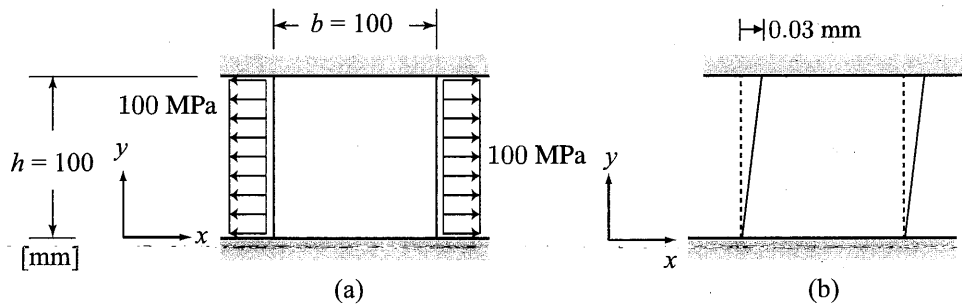
A1 構造工学

下図のように、ヤング率 $E = 240$ [GPa]、ポアソン比 $\nu = 0.20$ の等方線形弾性材料からなる 100 [mm] $\times$ 100 [mm] の正方形平板が上下端を y 方向に固定されている（高さ h 一定）。平面応力状態を仮定して、以下の問いに答えなさい。なお、応力とひずみの間には以下の関係式があるものとする。

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \nu \frac{\sigma_y}{E}, \quad \varepsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} - \nu \frac{\sigma_x}{E}, \quad \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$$

ここで、 $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ は、それぞれ x と y 方向の垂直ひずみ、および γ_{xy} はせん断ひずみである。また、 σ_x, σ_y は、それぞれ x と y 方向の垂直応力、および τ_{xy} はせん断応力である。なお、 G はせん断弾性係数で $G = E / \{2(1 + \nu)\}$ で与えられる。

- (1) 下図 (a) に示すように、高さ h を固定し、板の上下端と左右端を平行に保ったまま x 方向垂直応力が一様に $\sigma_x = 100$ [MPa] になるように負荷したときの、 y 方向垂直応力 σ_y を求めよ。
- (2) 問 (1) の状態で、 x 方向垂直ひずみ ε_x と、変形後の板の幅（ x 方向長さ）を求めよ。
- (3) 下図 (b) に示すように、高さ h を固定し、板の上下端を平行に保ったまま上端を x 方向に 0.03 [mm] 動かしたときのせん断ひずみ γ_{xy} とせん断応力 τ_{xy} を求めよ。
- (4) 問 (1) から問 (3) の応力が同時に作用するとき、最大および最小主応力を求めよ。
- (5) 問 (4) で求めた最大主応力が作用する面の方向角 θ を x 軸から反時計回りにとるとき、 $\tan \theta$ もしくは $\tan 2\theta$ を求めよ。



専門科目：社会基盤デザイン学

A2 コンクリート工学

1. 普通ポルトランドセメントのクリンカー鉱物の含有比率や比表面積を考慮して、以下に示すポルトランドセメントの特徴をそれぞれ 100 字程度で説明せよ。
 - (1) 早強ポルトランドセメント
 - (2) 耐硫酸塩ポルトランドセメント
 - (3) 低熱ポルトランドセメント
2. 図-1 に示す鉄筋コンクリートの断面に上側を圧縮，下側を引張とする曲げモーメントが作用している。コンクリート圧縮縁のひずみ，圧縮鉄筋のひずみ，引張鉄筋のひずみがそれぞれ ϵ'_c ， ϵ'_s ， ϵ_s であったとして以下の問いに答えよ。ここで，圧縮鉄筋の総断面積： A'_s ，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： $n=E_s/E_c$ ，引張鉄筋の有効高さ： d ，圧縮鉄筋の有効高さ： d' ，鉄筋コンクリート断面の幅： b ，鉄筋コンクリート断面の高さ： h とする。また，中立軸の圧縮縁からの距離を x とする。なお，図-1 について，コンクリートと鉄筋はともに線形弾性体と仮定し，平面保持と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。

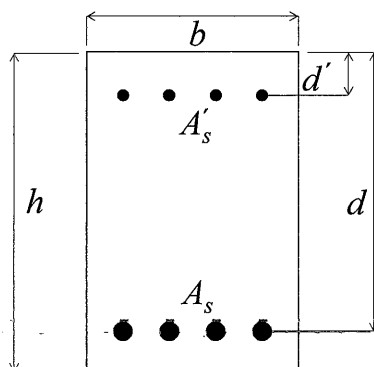


図-1 鉄筋コンクリートの断面

- (1) ひずみ ϵ'_c ， ϵ'_s ， ϵ_s の間の関係式を答えよ。
- (2) コンクリートの圧縮合力と鉄筋の圧縮力，鉄筋の引張力をそれぞれ求めよ。
- (3) 問(2)の答えを用いて中立軸 x を求めよ。
- (4) 換算断面積と圧縮縁回りの換算断面一次モーメントを答えよ。
- (5) 問(4)の答えを用いて中立軸 x を求めよ。

専門科目：社会基盤デザイン学

A3 地盤工学

- ある飽和粘土の一軸圧縮試験を行ったところ、軸圧縮応力 $\sigma_1 = 100 \text{ kN/m}^2$ のときに破壊した。同じ粘土に対して、側方応力 $\sigma_3 = 150 \text{ kN/m}^2$ で非圧密非排水三軸圧縮試験（UU 試験）を行ったとき、破壊時の軸圧縮応力 σ_1 を求めなさい。
- 図-1 に示すように、粘性土層の上を砂で 2 m 埋め立てた飽和地盤を考える。粘性土層の上端と下端にピエゾメーターを立てたところ、水頭差 Δh は 1.5 m であった。このとき以下の問いに答えよ。なお、水の単位体積重量は 10 kN/m^3 としてよい。
 - 図-1 に示す 3 つの各層について、飽和単位体積重量 γ_{sat} を求めよ。
 - 地表面から 2 m の深さにおける①全応力、②間隙水圧、③有効応力の各値を求めよ。
 - 地表面から 6 m の深さにおける①全応力、②間隙水圧、③有効応力の各値を求めよ。
 - 問い(2), (3)の結果に基づき、この地盤の地表面から深さ 6 m までの範囲について、①全応力、②間隙水圧、③有効応力の各分布を値と共に図示しなさい。なお、各層内は直線分布を仮定してよい。
 - 問い(4)までの結果に基づき、粘性土層における間隙水圧および有効応力は、時間の経過とともにどのような変化が生じると考えられるか、地盤工学的な理由と共に述べよ。

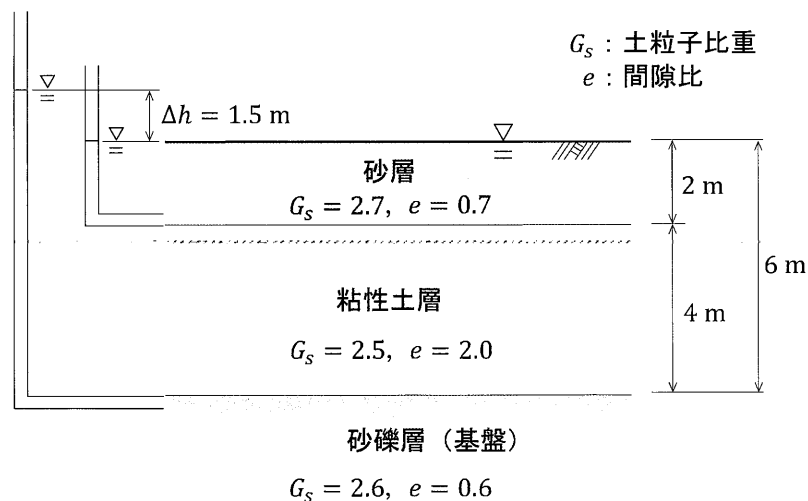


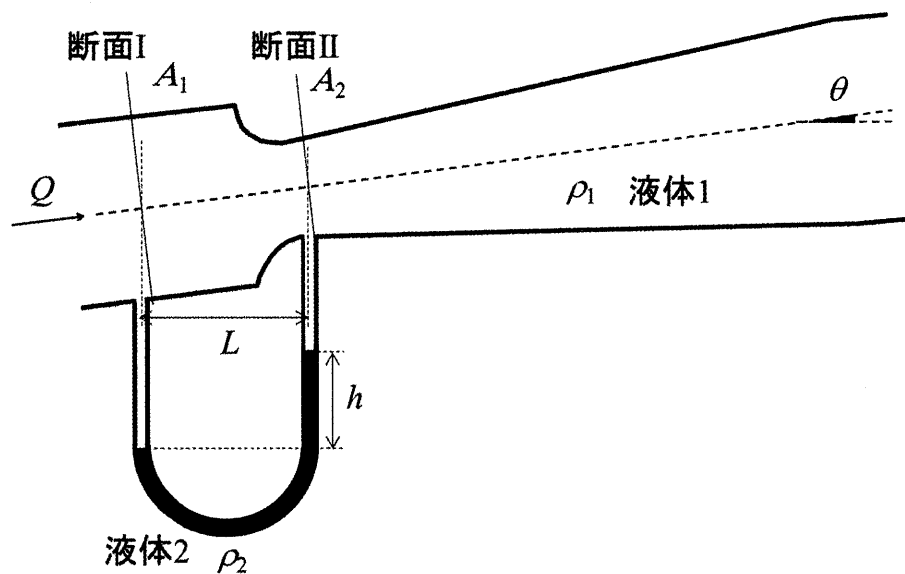
図-1

専門科目：水環境デザイン学

B1 水理学

図のような器具を用いて流量計測を行う。断面ⅠとⅡの断面積 A_1 および A_2 ，管の傾斜角 θ ，細管間の距離 L ，液体 1 と 2 の密度 ρ_1 および ρ_2 ($\rho_1 < \rho_2$)，液面差 h ，ならびに重力加速度 g として，以下の問いに答えよ。ただし，損失は無視できるものとする。

- (1) 上記の変数の中から必要なものを用いて，流量 Q を求める式を導け。
- (2) Q および L を一定として θ を変化させた場合の h の変化について答えよ。ただし， $\sin \theta \ll 1$ とする。



専門科目：水環境デザイン学

B2 河川工学

単位幅広矩形断面水路に設置された図 1 のような堰を通過する流れに関して以下の問に答えよ。なお、重力加速度は g とし、摩擦損失や流れの遠心力は無視できるものとする。

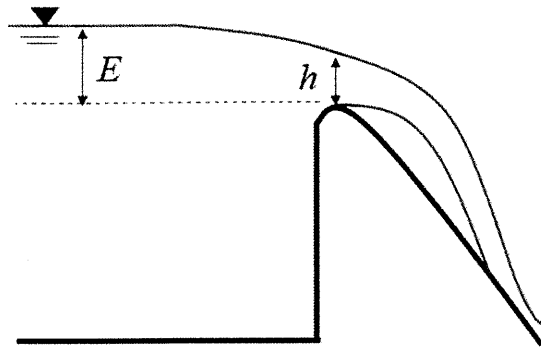


図 1 堰を通過する流れ

1. 堤頂部の水位 h を単位幅流量 q より求めよ。
2. 比エネルギー E を用いて単位幅流量 q を求めよ。
3. この堤体表面に生じる複数の問題を説明し、それを避ける方法を述べよ。

専門科目：水環境デザイン学

B3 水質工学

1. 活性炭へのある物質の吸着量を測定し、以下の結果を得た。ここで、 C は平衡状態でのある物質の濃度、 q はその時のある物質の活性炭への吸着量である。

C (mol/m ³)	0.02	0.05	0.20
q (mol/kg)	0.50	1.0	2.0

ある物質の濃度 C と吸着量 q の関係は、以下に示すラングミュア型吸着等温式によって表現できるかを説明せよ。

$$q = \frac{q_m KC}{1 + KC}$$

ただし、式中の K は吸着平衡定数、 q_m は飽和吸着量である。

2. 水道に関する以下の問いに答えよ。
- (1) 凝集処理において、微細粒子が大きなフロックを形成するのはなぜか。
 - (2) 急速砂ろ過処理において、砂層に形成される間隙のサイズよりもかなり小さな濁りの成分が除去されるのはなぜか。
 - (3) 消毒処理において、残留塩素の基準が定められているのはなぜか。
3. 湖沼の底層溶存酸素量が低下する要因は、底層への酸素供給が抑制される要因と、底層の酸素消費が増大する要因の2つに分けられる。
- (1) 底層に酸素が供給されなくなる要因の一つを挙げ、そのメカニズムおよび対策について説明せよ。
 - (2) 底層の酸素消費が増大する要因の一つを挙げ、そのメカニズムおよび対策について説明せよ。

専門科目：水環境デザイン学

B4 環境計画

1. 硝化と脱窒は排水処理に用いられる生物学的窒素除去法の重要な反応である。
 - (1) 硝化と硝化細菌を簡潔に説明せよ。
 - (2) 脱窒と脱窒細菌を簡潔に説明せよ。
 - (3) 1g のアンモニア態窒素を亜硝酸と硝酸まで酸化するのに必要な酸素要求量をそれぞれ計算せよ。細胞増殖を無視してよいとする。
 - (4) 1g の硝酸態窒素を脱窒するのに必要な有機物の理論的酸素要求量を計算せよ。細胞増殖を無視してよいとする。ただし、酸素および窒素の原子量をそれぞれ 16 および 14 とする。

2. 酸性雨は代表的地球環境問題の一つである。
 - (1) 酸性雨の定義を示せ。
 - (2) 酸性雨関連の大気汚染物質を 2 種類挙げ、それぞれの発生源を説明せよ。
 - (3) 酸性雨の pH と大気汚染物質濃度との関係を化学平衡の観点から説明せよ。
 - (4) 酸性雨による水環境と土壌環境への影響について説明せよ。

専門科目：都市システム計画学

C1 計画数理

次の整数計画問題(IP)を考える.

$$\begin{aligned} \text{(IP)} \quad & \max_{z_1, z_2} z_1 + 2z_2 \\ & \text{subject to} \quad -2z_1 + 4z_2 \leq 3 \\ & \quad \quad \quad z_1 + z_2 \leq 6 \\ & \quad \quad \quad z_1 \geq 0, z_2 \geq 0 \\ & \quad \quad \quad z_1, z_2 \in \mathbb{Z} \end{aligned}$$

- (1) (IP)の整数変数 z_1, z_2 を実数変数 x_1, x_2 に連続緩和した線型計画問題(LP)を定式化せよ.
- (2) (LP)の双対問題(DP)を定式化せよ.
- (3) (LP)の最適解は $(x_1, x_2) = (\frac{7}{2}, \frac{5}{2})$ であり, (IP)の整数制約を満たさない. そこで(IP)の厳密解を求めるために, (IP)に $z_1 \geq 4$ の制約を加えた整数計画問題(IP1)と, (IP)に $z_1 \leq 3$ の制約を加えた整数計画問題(IP2)を考え, それぞれを連続緩和した線形計画問題(LP1), (LP2)を解く. 線形計画問題(LP1), (LP2)を定式化せよ.
- (4) (LP1)の最適解は $(x_1, x_2) = (4, 2)$ である. これより(IP1)の最適解と, そのときの目的関数の値を求めよ.
- (5) 任意の方法で, (LP2)の最適解と, そのときの目的関数の値を求めよ.
- (6) (4),(5)の結果を用いて, (IP)の厳密解を求める手順を説明せよ.
- (7) (6)の手順は, 組合せ最適化問題において厳密解を求めるための代表的な手順とされている. その名称を答えよ.

専門科目：都市システム計画学

C2 交通計画

図 1 に示される道路ネットワークがある．全ての交通需要の出発ノードはノード A のみであり，到着ノードはノード D のみである．総交通需要は 1000 とする．リンク i の交通量を x_i ，リンク i の旅行時間を t_i とする．各リンクの旅行時間と交通量の関係は図中に記載されており， $\alpha > 0$ とする．以下の問いに答えよ．解の導出過程も示せ．問(5)以外は解に α が含まれても良い．

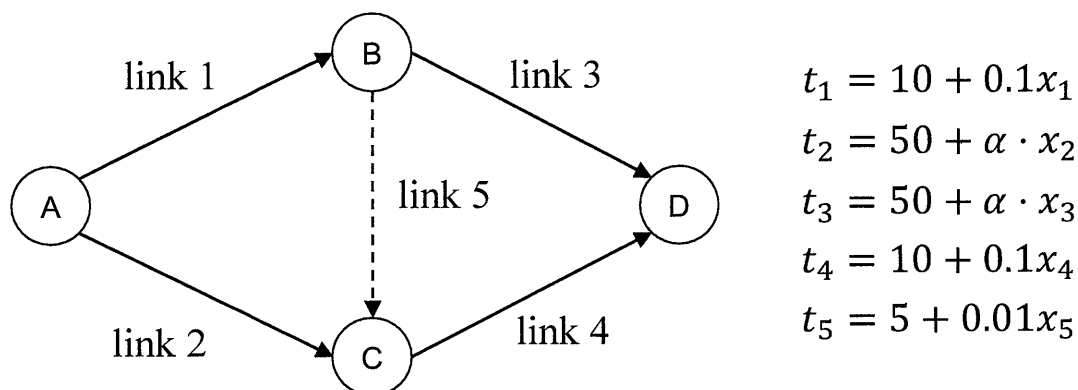


図 1 道路ネットワーク

- (1) リンク 1, 2, 3, 4 からなる道路ネットワークの利用者均衡状態において，全てのリンク交通量は正であった．このとき，全てのリンク交通量を求めよ．
- (2) (1)におけるノード A からノード D までの経路旅行時間を求めよ．
- (3) リンク 1, 2, 3, 4 からなる道路ネットワークにリンク 5 を追加する．利用者均衡状態において，全てのリンク交通量は正であった．全てのリンク交通量を求めよ．
- (4) (3)におけるノード A からノード D までの経路旅行時間を求めよ．
- (5) リンク 5 を追加したにもかかわらず，均衡時の経路旅行時間が増加することを **Braess** のパラドクスと呼ぶ．このとき，**Braess** のパラドクスが生じる α の条件を求めよ．

専門科目：都市システム計画学

C3 交通工学

車の交通流率を連続的に観測するセンサーを図 1 で示す単路上の地点 A と B に設置した。各地点での時刻 t における観測結果はそれぞれ $q_A(t)$, $q_B(t)$ として記録される。基本ダイアグラムはこの単路のどの地点でも同一であり、交通流率が 1000 台/時かつ自由流のときの交通密度は 20 台/km, 最大密度は 120 台/km, 交通容量は 2000 台/時, かつ, 自由流における速度は交通密度に関わらず一定である。このとき以下の問いに答えよ。解の導出過程も示せ。計算の際は交通流を連続体とみなすこと。

- ある日の観測をしたところ観測後にセンサーの故障が判明した。そのためこの日の地点 A のセンサーの記録は一切使用できず、地点 B についても、この日は午前 10 時 ($t=10$) から午後 2 時 ($t=14$) の間の記録のみが使用可能であった。この単路ではこの日は常に自由流が維持されていた。故障がないときにこの日に得られたはずの $q_A(t)$ を、 $10 \leq t \leq 14$ を満たす任意の t について $q_B(t)$ を用いて正確に計算することは可能か否かをその理由と共に答えよ。可能と答えた場合は計算方法も明記せよ。
- 翌日、この単路の上流端から 1000 台/時の交通流率を持つ自由流が連続して流入していた。図 1 の地点 C において午前 10 時 ($t=10$) に通行止めが発生した。この通行止めは午前 11 時 ($t=11$) まで続いた。
 - 通行止め発生から 12 分後における渋滞の長さを示せ。
 - $q_A(t)$ と $q_B(t)$ の値を、 $9 \leq t \leq 11$ の範囲で、横軸を時刻、縦軸を交通流率としたグラフ上に図示せよ。
- 別の日に地点 A と地点 B のあいだの区間の交通密度は午前 4 時までは 0 台/km であった。ある時刻 ($t > 4$) において交通密度がこの区間のどの場所でも同じだったとしよう。このとき各センサーの記録を用いて、その時刻にこの区間の交通流が自由流か渋滞流であるかを判定する方法を説明せよ。交通密度が臨界密度と等しいときは自由流とみなすこと。

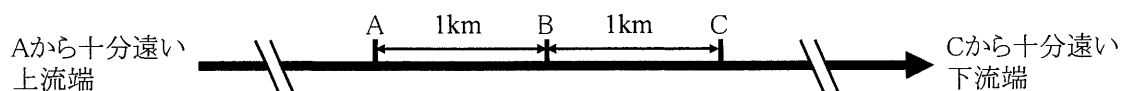


図 1 単路と各地点の位置