

専門科目：社会基盤デザイン学

A1 構造工学

図-1 に示す骨組構造に関して以下の問いに答えよ。ただし、骨組の曲げ剛性は EI で一定であり、軸の伸び縮みは無視できるものとする。たわみは下向き、水平変位は右向きを正とする。図-2~4 における P は集中荷重である。図-2 における B 点の水平変位 u_{B2} は $\frac{P\ell^3}{2EI}$ 、図-3 における B 点の水平変位 u_{B3} は $\frac{P\ell^3}{3EI}$ である。

1. 図-2 における曲げモーメントを求め、曲げモーメント図を示せ。
2. 図-2 における D 点のたわみ w_{D2} を求めよ。
3. 図-3 における D 点のたわみ w_{D3} を求めよ。
4. 図-4 に示すように、図-1 の構造に両端ヒンジのトラス部材 BE を追加した。部材 BE の軸力 N_{BE} を求めよ。ただし、部材 BE の軸の伸び縮みは無視できるものとする。
5. 図-4 における D 点のたわみ w_{D4} を求めよ。

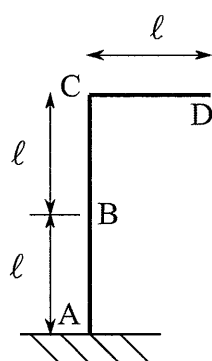


図-1

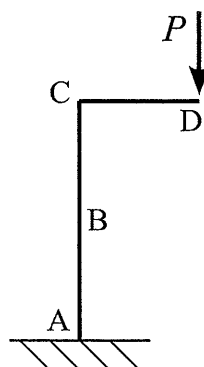


図-2

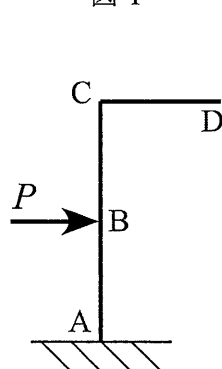


図-3

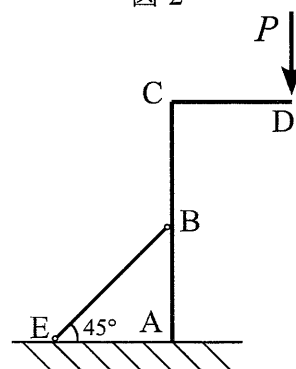


図-4

専門科目：社会基盤デザイン学

A2 コンクリート工学

- 鉄筋コンクリート構造物の鋼材の腐食を進展させ、性能低下を引き起こす要因を2つ挙げ、それらのメカニズムと腐食の進行に伴って生じる損傷状況を説明せよ。
- 図-1 に示すように、梁下縁から高さ a の位置に軸方向力 P が作用する一様断面の無筋コンクリート製梁において、梁断面の下縁ひずみが 0 、上縁ひずみが終局ひずみ ε_{cu} になる時、以下の問いに答えよ。ここで、平面保持の仮定が成立するものとし、 b ：断面幅、 h ：断面高さ、 L ：梁長さ、 ε_x ：高さ x のひずみ、とする。
 - 無筋コンクリート製梁の曲げモーメント図、せん断力図、軸力図を描くとともに、それぞれの大きさを図-1 中の記号を用いて示せ。
 - コンクリートの圧縮応力 σ_c - 圧縮ひずみ ε_c の関係を $\sigma_c = f_c(\varepsilon_c)$ ($f_c(\)$ ：任意の連続関数) とし、 P と ε_{cu} の関係式を示せ。
 - 無筋コンクリート製梁が弾性範囲にあると仮定し、 $\sigma_c = E_c \cdot \varepsilon_c$ (E_c ：コンクリートの弾性係数) が成立する場合、 P と ε_{cu} の関係式を示せ。

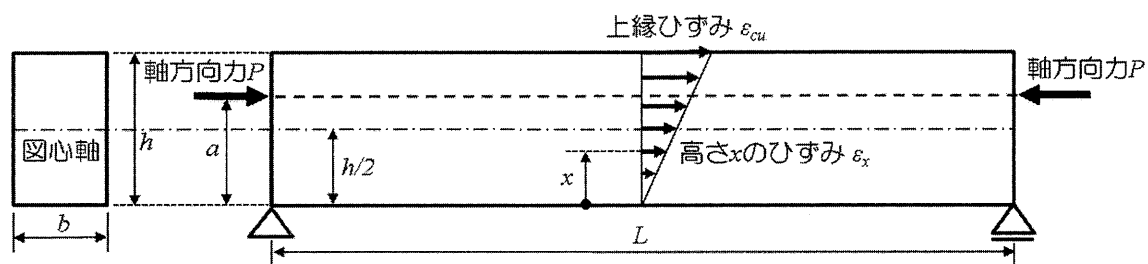


図-1 無筋コンクリート製梁

- 以下に示すコンクリート構造物の材料・設計・施工に関する事項について、それぞれ、100 字程度で説明せよ。
 - 限界状態設計法
 - コンシステンシー
 - 増粘剤

専門科目：社会基盤デザイン学

A3 地盤工学

- ある細粒土の液性限界試験をした結果、液性限界 w_L は 47.0% であった。このとき、以下の問いに答えよ。
 - この土の塑性限界状態において含水比試験を実施したところ、乾燥前の土と容器の質量は 54.4 [g]、乾燥後の土と容器の質量は 48.2 [g]、容器の質量は 28.2 [g] であった。塑性限界 w_P および塑性指数 I_P を求めよ。
 - この土の自然含水比 w_n は 45.0% であった。液性指数 I_L を求め、この土の状態を述べよ。
- 図-1 (a) に示すように、川から 20.0 [m] 離れた位置にため池を構築した。ため池と川の間には不透水層に挟まれた砂層が存在しており、この砂層を経路として、ため池から川へ漏水している。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、問い(1)、(2)ともに図中のため池と川の水位は常に一定で、漏水による水位変動は無いものとし、漏水量は単位奥行き (1[m]) あたりの値として示すこと。
 - 地盤調査の結果、砂層の透水係数 k は、砂層の上面からの深さ z の関数として、 $k = a - bz$ [m/s] と近似できることが分かった。ここに、定数 a, b はそれぞれ $a = 4.0 \times 10^{-4}$ [m/s]、 $b = 1.0 \times 10^{-4}$ [1/s] であるとき、1 時間あたりの漏水量を求めよ。
 - 長期間の経過観察中に砂層の粒度分布が変化したことで、図-1 (b) に示すように、砂層は砂層 A と砂層 B の 2 層に分類された。砂層 A の透水係数 k_A は 5.0×10^{-5} [m/s]、砂層 B の透水係数 k_B は 2.0×10^{-5} [m/s] であるとき、1 時間あたりの漏水量を求めよ。ここで、透水係数は各層内で均一であるとする。

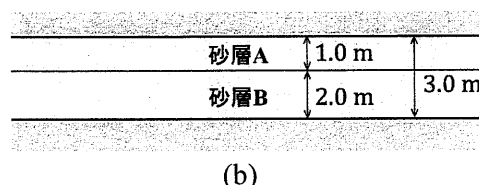
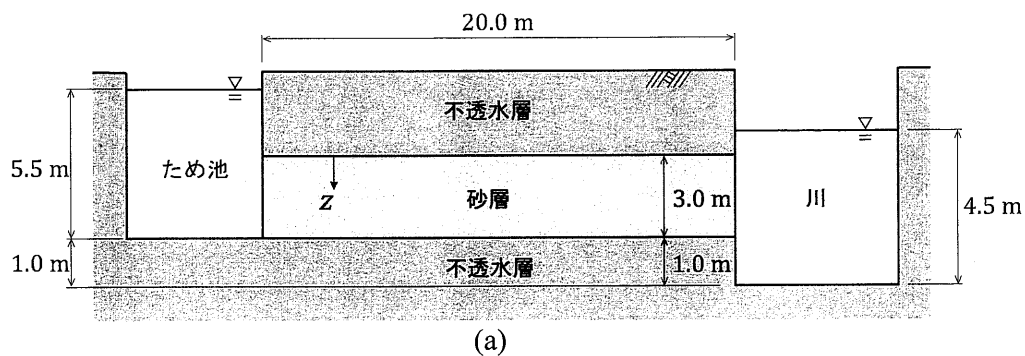


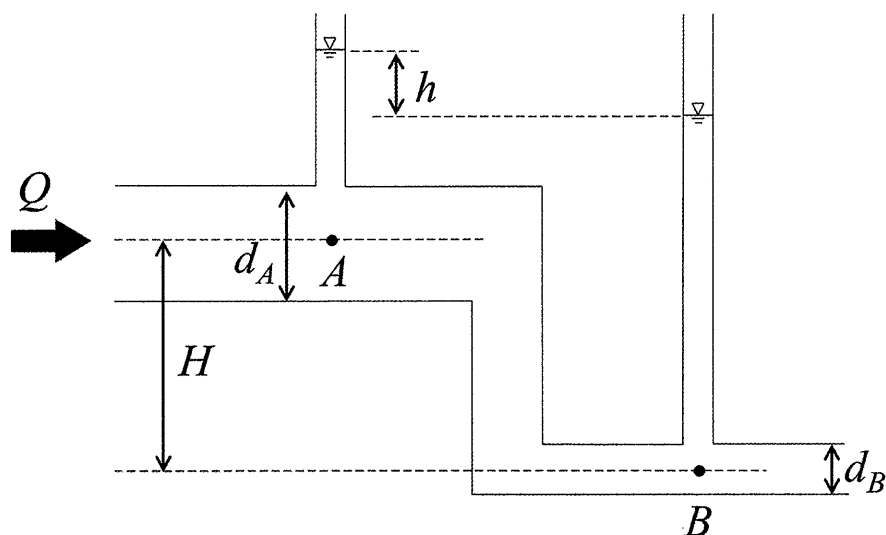
図-1 ため池と川の間地の断面の模式図

専門科目：水環境デザイン学

B1 水理学

図のように管路を設置し、A 点および B 点にマンノメータを取り付ける。管路内を定常状態で流れる水の流量を Q 、A 点および B 点における管径を d_A および d_B 、A 点と B 点の管路中心の高さの差を H 、A 点および B 点におけるマンノメータの水位差を h 、水の密度を ρ 、重力加速度を g として、以下の問いに答えよ。

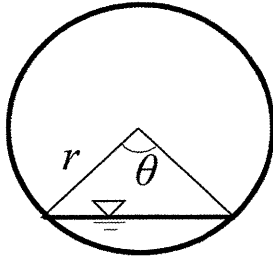
- (1) A 点から B 点までに生じる管路内のすべての損失水頭の和を h_L とした場合に、 h を求める式を導け。
- (2) Q を変化させた場合の h の変化について述べよ。
- (3) 管路内で生じる損失水頭を小さくするための方策を複数挙げよ。



専門科目：水環境デザイン学

B2 河川工学

下図の半径 r の円管の中を開水路の等流状態で水が流れている。水面両端が円管中心と成す角は θ である。この場合についての以下の問に答えよ。但し、円管の勾配は I 、開水路の摩擦損失係数は f' である。



1. 上図の径深を答えよ。
2. このときの流量を求めよ。
3. マニングの粗度係数 n を用いた場合の流量を求めよ。

専門科目：水環境デザイン学

B3 水質工学

1. 水道水質が満たすべき要件として, WHO や世界各国で水質基準が定められている.
 - (1) 病原生物による汚染の指標として大腸菌が一般的に用いられている. なぜ大腸菌が病原生物の指標になるのか説明せよ.
 - (2) 急性中毒, あるいは慢性中毒を起こす可能性があることから定められている水質基準項目を一つあげ, それによって生じる可能性のある障害を述べよ.
 - (3) 水質基準項目に定められている消毒副生成物を一つあげ, その物質を生成する反応を述べよ.

2. 理想的長方形水平流沈殿池において沈殿効率 E は, 粒子の沈降速度 ω と表面負荷率 (Q/A) により表される. ここで, Q は流量, A は沈殿池の表面積である. また, 沈殿池の長さは L , 水深は h , 幅は B とし, 水平流速は v とする.
 - (1) 沈殿帯の出口でちょうど池底に到達する粒子の沈降速度 ω_0 を表す式を求めよ.
 - (2) 沈殿効率 E を表す式を求めよ.
 - (3) 沈殿効率を上げる対策を一つあげて説明せよ.

3. 水源において増殖した藻類が引き起こす浄水障害を二つあげ, それぞれの対策を説明せよ.

専門科目：水環境デザイン学

B4 環境計画

1. 下水処理場は一般的に水質浄化のための施設（メインストリーム）と汚泥処理のための施設によって構成される。
 - (1) 水質浄化によく用いられる標準活性汚泥法のプロセス構成を図示せよ。また、その主な水質浄化目標を説明せよ。
 - (2) 汚泥処理の目的を説明せよ。
 - (3) 代表的汚泥処理システムのユニット構成を図示せよ。また、それぞれのユニットプロセスの処理機能について説明せよ。
 - (4) 脱炭素社会の実現のために下水処理場の変革課題を論じよ。

2. 下水汚泥と生ごみからのエネルギー回収にメタン発酵法がよく用いられる。
 - (1) メタン発酵の主要な生成物を化学式で示せ。
 - (2) メタン発酵の二相理論に関して主要な中間代謝産物を3つ以上挙げよ。
 - (3) グルコースと酢酸のメタン発酵反応式を示せ。
 - (4) なぜメタン発酵槽の維持管理において pH とアルカリ度が重要なのかを説明せよ。

専門科目：都市システム計画学

C1 計画数理

1. 実数変数 x_1, x_2 に関する次の非線形計画問題について、以下の問いに答えよ.

$$\begin{aligned} \max_{x_1, x_2} \quad & x_1 + x_2 \\ \text{subject to} \quad & x_1^2 + 4x_2^2 \leq 4 \\ & x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

- (1) 実行可能領域を図示せよ.
- (2) Karush-Kuhn-Tucker 条件を示せ.
- (3) 最適解 (x_1^*, x_2^*) を求めよ.

2. 図-1 のグラフで表される 3 つの状態間の遷移を考える. 時点 $t (t=0, 1, \dots)$ から $t+1$ に変化する際に同じ状態が続く確率は, 状態 1・2・3 でそれぞれ $1/2, 1/3, 1/3$ である. 状態が変化する場合, 隣接する他の状態のいずれかに等確率で遷移する.

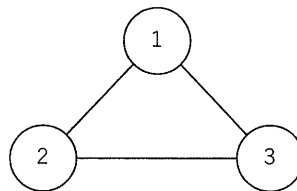


図-1

- (1) 時点が t から $t+1$ に変化する際に状態 i から状態 j に変化する確率を p_{ij} とする. 遷移行列 $\mathbf{P} (= [p_{ij}])$ を記せ.
- (2) 時点 t に状態 i が実現する確率を π_i^t とし, $\boldsymbol{\pi}^t = (\pi_1^t, \pi_2^t, \pi_3^t)$ と定義する. $\boldsymbol{\pi}^{t+1}$ を $\boldsymbol{\pi}^t$ と $\mathbf{P}$ を用いて表せ.
- (3) $t \rightarrow \infty$ では, $\boldsymbol{\pi}^t$ は定常確率分布 $\boldsymbol{\pi}^* = (\pi_1^*, \pi_2^*, \pi_3^*)$ に収束する. $\boldsymbol{\pi}^*$ を求めよ.

専門科目：都市システム計画学

C2 交通計画

出発ノードから到着ノードまで、経路 1, 2 の 2 つの独立した経路が存在する道路ネットワークがある。全ての交通需要は出発ノードから発生し、到着ノードへと向かう。経路 1, 2 の交通量をそれぞれ x_1 (台), x_2 (台) とし、経路 1, 2 の旅行時間をそれぞれ t_1 (分), t_2 (分) とする。交通量と旅行時間の関係は $t_1 = 0.1x_1 + 10$, $t_2 = 0.05x_2 + 30$ である。実現する交通状態は確定的利用者均衡状態とする。以下の問いに答えよ。解の導出過程も示せ。

1. 出発ノードからの交通需要 $d = 100$ (台) のとき、確定的利用者均衡状態における交通量 x_1, x_2 とそのときの旅行時間 t_1, t_2 を求めよ。
2. 出発ノードからの交通需要 $d = 200$ (台) のとき、確定的利用者均衡状態における交通量 x_1, x_2 とそのときの旅行時間 t_1, t_2 を求めよ。
3. 出発ノードからの交通需要 $d = 500$ (台) のとき、確定的利用者均衡状態における交通量 x_1, x_2 とそのときの旅行時間 t_1, t_2 を求めよ。
4. 経路 1, 2 とは独立した経路 3 が新たに建設された。経路 3 の旅行時間 t_3 は交通量 x_3 にかかわらず、常に $t_3 = 60$ (分) とする。このとき、確定的利用者均衡状態において、経路 3 が利用される (すなわち $x_3 > 0$) ための交通需要 d の条件を求めよ。
5. 経路 1, 2, 3 が存在する場合を考える。確定的利用者均衡状態において、利用される経路の旅行時間を t^* , そのときの交通需要を d とする。 t^* を d の関数として表せ。ただし、交通需要 d で場合分けしてもよい。
6. 経路 1, 2 のみが存在する場合を考える。すべての車両の旅行時間の総和を最小化する交通状態をシステム最適状態と呼ぶ。交通需要 $d = 500$ (台) のとき、システム最適状態における x_1, x_2 を求めよ。

専門科目：都市システム計画学

C3 交通工学

十分な長さを持つ単路における自動車の交通流に関する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。

1. この単路のどの部分においても交通密度が k (台/km) であるとしよう。この単路の平均速度 v (km/時) が単路のどの地点であっても $v = 72 - 0.6k$ であるとき、この単路の交通容量を計算せよ。ただし k は 120 以下の非負の実数である。
2. この単路のどの部分においても交通密度が k (台/km) であるとしよう。この単路の交通流率 q (台/時) が、単路のどの地点であっても $k < 40$ のときには $q = 50k$ 、そうでないときには $q = 3000 - 25k$ であるとき、この単路における交通流の平均速度を k の関数として示せ。ただし k は 120 以下の非負の実数である。
3. 2.で示した関係式が交通密度と交通流率のあいだに成立しているとする。時刻 t において、単路の上流端から十分に遠い地点 A においてショックウェーブが存在していた。地点 A の上流側の交通密度は k_1 (台/km)、地点 A の下流側の交通密度は k_2 (台/km) であった。このとき、時刻 t におけるショックウェーブの移動速度を k_1 と k_2 の関数として示せ。ただし k_1 と k_2 は 120 以下の非負の実数 (ただし 40 以外の値) であり、かつ $k_1 < k_2$ であるとせよ。速度の符号は下流方向への移動を正とすること。
4. 2.で示した関係式が交通密度と交通流率のあいだに成立しているとする。単路の上流端から十分に遠い地点 B において、2 つの時間帯、すなわち、午前 9 時から午前 10 時までの 1 時間と、午前 10 時 30 分から午前 11 時までの 30 分間において、交通容量が 0 となる通行止めが発生した。単路の上流端からは、常に 1000 (台/時) の交通流率で交通流が流入していた。これらの通行止めにより発生した遅れ時間の合計を答えよ。