

筆答専門試験科目(午前)

2024 大修

土木・環境工学系(基礎科目)

時間 10:00~11:30

注意事項

1. 問題は全部で 4 題ある。すべての問題に解答せよ。
2. 解答は問題 1 題ごとに別々の答案用紙に記入せよ。
3. 各答案用紙の受験番号欄に受験番号、試験科目名欄に解答した問題の問題番号を記入せよ。
4. 問題冊子・下書き用紙は答案用紙とともに試験終了後回収する。
5. 各問題の配点はそれぞれ 25 点、合計 100 点満点とする。

筆答専門試験科目(午前)

2024 大修

土木・環境工学系(基礎科目)

時間 10:00~11:30

1. 次の常微分方程式の一般解を求めよ.

(1)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x^2 + 3y^2}{6xy}$$

(2)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y}{x} + 3x^3 + x + 1$$

(3)

$$\frac{d^2y}{dx^2} - 4\frac{dy}{dx} + 3y = 3x^3 + x - 1$$

2. 行列 $A = \begin{pmatrix} p & q \\ r & s \end{pmatrix}$ について, 以下の間に答えよ. なお, p, q, r, s は 0 でない実数であり, $p \neq q$ ならびに $r \neq s$ とする.

(1) 行列 A の逆行列 A^{-1} が存在するとき, A^{-1} を求めよ.

(2) 線形変換 $f: \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ により, 直線 $l: x + y + 1 = 0$ がどのような式に変換されるか, x' と y' を用いて示せ.

(3) 2 変数(x, y)と(u, v)の間に $x = x(u, v)$, $y = y(u, v)$ なる関係があり, x と y が共に u と v で偏微分可能であるとする. このとき, 全微分 dx, dy はそれぞれ下記のように表される.

$$dx = \frac{\partial x}{\partial u} du + \frac{\partial x}{\partial v} dv, \quad dy = \frac{\partial y}{\partial u} du + \frac{\partial y}{\partial v} dv$$

ここで, $p = \frac{\partial x}{\partial u}, q = \frac{\partial x}{\partial v}, r = \frac{\partial y}{\partial u}, s = \frac{\partial y}{\partial v}$ とおく. 微小面積要素 $dudv$ を微小面積要素 $dxdy$ に写像するとき, $dxdy$ を $dudv$ を用いて表せ. なお, 逆行列 A^{-1} が存在すると仮定し, 導出過程を示すこと.

3. 長さ L の細い棒(周囲は完全に断熱)の温度分布 $u(x, t)$ が以下の一次元熱伝導方程式で表されるとする. ここで x は棒の一端からの距離, t は時刻とする. これを変数分離法で解くことを考える.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (0 < x < L, \quad 0 < t) \quad (a \text{は正の定数}) \quad (1)$$

$$u(x, 0) = \begin{cases} T_0 & \left(\frac{L}{3} \leq x \leq \frac{2}{3}L\right) \quad (T_0 \text{は正の定数}) \\ 0 & \left(0 \leq x < \frac{L}{3}, \quad \frac{2}{3}L < x \leq L\right) \end{cases} \quad (2)$$

$$u(0, t) = u(L, t) = 0 \quad (3)$$

このとき, 以下の間に答えよ. ただし(2)式は 2 階微分可能であるものと仮定する.

(1) 式(2)および式(3)の物理的な意味をそれぞれ1~2行程度で説明せよ.

(2) $u(x, t) = X(x)T(t)$ とおけるものとする. (ただし $X(x)$ と $T(t)$ はそれぞれ x, t の 1 変数関数). このとき, 式(1)から以下の二つの方程式が導けることを示せ.

$$\begin{aligned} \frac{d^2X(x)}{dx^2} &= CX(x) \\ \frac{dT(t)}{dt} &= aCT(t) \\ \text{ただし } C &\text{は定数} \end{aligned}$$

(3) $C \geqq 0$ のとき, 式(1), (2), (3)をすべて満たす解 $u(x, t)$ が存在しないことを示せ.

(4) $C < 0$ として, 上記の変数分離を利用し, 式(1), (2), (3)をすべて満たす一次元熱伝導方程式の解 $u(x, t)$ を求めよ.

4. 以下の文章を読んで間に答えよ。

A_i ($i = 1, 2, \dots, k$, $k \in \mathbb{N}$) を互いに排反でその和が全標本空間であるような k 個の試行結果とし、それぞれの確率を $\theta_i > 0$ ($i = 1, 2, \dots, k$) とする。このとき、 $\sum_{i=1}^k \theta_i = 1$ である。

この実験(試行)を n 回独立に実施した結果、 A_i が起こる回数を f_i とすると、 f_i ($i = 1, 2, \dots, k$) は次式で表わされる多項分布に従う確率変数になる。

$$n! \prod_{i=1}^k \frac{\theta_i^{f_i}}{f_i!} \quad (1)$$

ただし、 $\sum_{i=1}^n f_i = n$ で、 f_i の期待値は $E[f_i] = \boxed{\text{(ア)}}$ である。

θ_i ($i = 1, 2, \dots, k$) は既知とし、「標本(観測値)が確率 $P(A_i) = \theta_i$ ($i = 1, 2, \dots, k$) なる母集団からとられた」という帰無仮説 H_0 を検定したいならば、検定の統計量として、

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - n\theta_i)^2}{n\theta_i} \quad (2)$$

を用いる。式(2)より、 χ^2 の値が大きければ H_0 は $\boxed{\text{(イ)}}$ 、小さければ $\boxed{\text{(ウ)}}$ と考えられる。

n の値が大きいとき、式(2)で与えられる統計量 χ^2 の確率分布は近似的に自由度 $\boxed{\text{(エ)}}$ のカイ2乗分布とみなせる。

100 α %有意水準で検定を行いたいときは、自由度 $\boxed{\text{(エ)}}$ のカイ2乗分布の適切な有意点を χ_α^2 として、 $\chi^2 > \chi_\alpha^2$ ならば、帰無仮説 H_0 を $\boxed{\text{(オ)}}$ する。

- (1) 上記文中の空白(ア), (エ)にそれぞれあてはまる適切な数式(または変数)を答えよ。
 (2) 上記文中の空白(イ), (ウ), (オ)にあてはまる語の組み合わせとしてもっとも適切な組合せを下の(a)~(e)から選択せよ。

- | | | |
|-------------------------|-------|-----|
| (イ) | (ウ) | (オ) |
| (a) 確からしく | 疑わしい | 採択 |
| (b) 疑わしく | 確からしい | 採択 |
| (c) 確からしく | 疑わしい | 棄却 |
| (d) 疑わしく | 確からしい | 棄却 |
| (e) (a)~(d) のいずれも該当しない。 | | |

- (3) 正6面体のさいころの各面に、1から6までの整数がそれぞれ記されている。このさいころを120回投げたところ、表1に示す結果を得た。このさいころが「正しいさいころ」である(どの数字も等しい確率で出る)、という帰無仮説を5%有意水準のもとで検定せよ。なお、解答にあたっては表2に示すカイ2乗分布のパーセント点を用いてよい。

表1：正6面体のさいころを120回投げて得た数字の回数

値	1	2	3	4	5	6	合計
回数	17	19	26	18	17	23	120

表2：カイ²乗分布のパーセント点†

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha = 0.950$	0.004	0.103	0.352	0.711	1.145	1.635	2.167	2.733	3.325	3.940
$\alpha = 0.050$	3.841	5.991	7.815	9.488	11.071	12.592	14.067	15.507	16.919	18.307

† 自由度 m のカイ²乗分布の確率密度関数を $f(x; m)$ で表わしたとき、次式を満足する $\chi^2_{m,\alpha}$ の値を示す。

$$\int_0^{\chi^2_{m,\alpha}} f(x; m) dx = 1 - \alpha$$

筆答専門試験科目(午後)

2024 大修

土木・環境工学系(専門科目)

時間 13:30~15:30

注意事項

- 問題は構造力学, 水理学, 土質力学, コンクリート工学, 土木計画学の全部で 5 題ある. この中から 3 題を選択して解答せよ.
- 解答は問題 1 題ごとに別々の答案用紙に記入せよ. なお, 一部の問題には解答に関するさらなる注意事項が書かれているので, それに従って解答すること.
- 各答案用紙の受験番号欄に受験番号, 試験科目名欄に解答した問題の分野名(「構造力学」, 「土質力学」など)と必要に応じて小問の問題番号を記入せよ.
- 貸与した電卓を使用してもよい.
- 問題冊子・下書き用紙は答案用紙とともに試験終了後回収する.
- 各問題の配点はそれぞれ 100 点, 合計 300 点満点とする.

筆答専門試験科目(午後)

2024 大修

土木・環境工学系(専門科目)

時間 13:30~15:30

構造力学

1. 等方性線形弾性体からなる薄板を考える。座標系として、板の面内に x 軸および y 軸を取り、板厚方向に z 軸を設定しているものとする。このとき、フックの法則から、垂直ひずみが以下のように垂直応力により表されるとする。

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \nu \sigma_y - \nu \sigma_z)$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E} (\sigma_y - \nu \sigma_z - \nu \sigma_x)$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} (\sigma_z - \nu \sigma_x - \nu \sigma_y)$$

ここで、 E, ν はそれぞれ薄板材料のヤング係数、ポアソン比を表しており、 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ は添え字が示す軸方向の垂直応力、 $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ は添え字が示す軸方向の垂直ひずみを表す。

以下の問い合わせに答えよ。

- (1) 薄板の応力状態を平面応力状態($x-y$ 面を平面とする)と仮定できるとして、その場合に垂直ひずみは、垂直応力によりどのように表されるか示せ。
- (2) (1)の結果を用いて、垂直ひずみ($\varepsilon_x, \varepsilon_y$)から垂直応力(σ_x, σ_y)を求める式を示せ。
- (3) 薄板の表面に、垂直ひずみを計測できるひずみゲージ 3 つを図 1-1 のように配置した。この際、計測されたひずみから主応力を求める手順を説明せよ。
- (4) (3)のひずみゲージを用いて、計測を行ったところ、計測されたひずみ値がそれぞれ $\varepsilon_a = 500\mu, \varepsilon_b = 400\mu, \varepsilon_c = 100\mu$ ($\mu: \times 10^{-6}$)であった。このとき、計測位置における最大主応力を求めよ。 $E = 200\text{GPa}, \nu = 0.3$ であったとする。

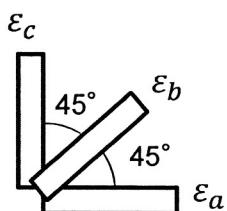


図1-1 ひずみゲージの配置

(各ひずみゲージの計測値を、 $\varepsilon_a, \varepsilon_b, \varepsilon_c$ と表している。)

構造力学 (続き)

2. 以下の問い合わせに答えよ.

図 2-1 に示すように、集中荷重 P が A 点から ξ の位置に作用している片持ちばり(長さ $2L$)を考える。片持ちばりの曲げ剛性は一様に EI であるとする。なお、せん断力の変形への影響は考えなくてよいものとする。

- (1) $\xi = L$ のとき、片持ちばりに生じる、曲げモーメント、せん断力の分布を求め、図示しなさい。
- (2) $\xi = L$ のとき、 C 点の鉛直変位を求めなさい。
- (3) ξ が $L \leq \xi \leq 2L$ の範囲にあるとき、 C 点の鉛直変位を、 ξ を用いて表しなさい。

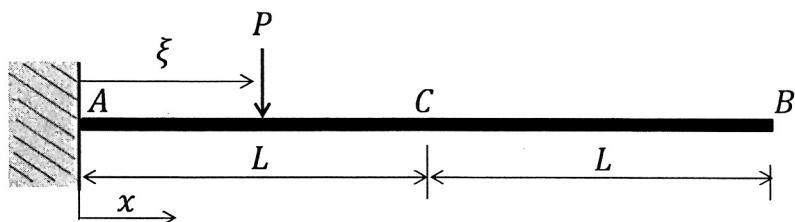


図 2-1 移動荷重を受ける片持ちばり

次に、図 2-2 のように、図 2-1 と同じ片持ちばりに、 BC 間で等分布荷重 q が作用している状況を考える。このとき、

- (4) C 点の鉛直変位を求めなさい。

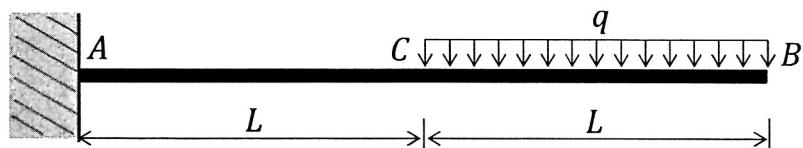


図 2-2 分布荷重を受ける片持ちばり

図 2-2 に示す荷重を受ける片持ちばりに、図 2-3 のように、曲げ剛性 $2EI$ の片持ちばりが追加設置され、 C 点で支持されている状況を考える。2 つの片持ちばりは、接合されておらず、 C 点でのみで接しているものとする。追加設置された片持ちばりは、無荷重状態で設置されたものとする。このとき、

- (5) C 点の鉛直変位を求めなさい。

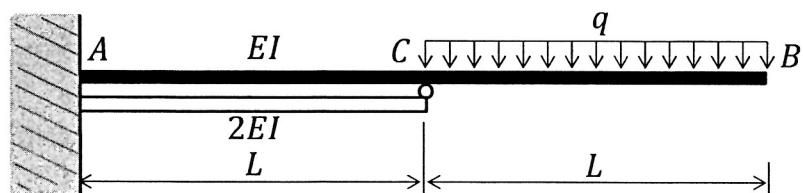


図 2-3 片持ちばりを追加設置した構造

筆答専門試験科目(午後)

2024 大修

土木・環境工学系(専門科目)

時間 13:30~15:30

水力学

問題 1.と 2.はそれぞれ別の解答用紙に解答せよ。

1. 開水路の流れについて以下の間に解答せよ。問題文中に記載されている以外に必要な変数等がある場合は、追加して構わない。重力加速度は g とする。

- (1) 十分に幅の広い一様断面の矩形開水路における漸変流の水面形について、①②に答えなさい。

ここで、漸変流の水面形は $\frac{dh}{dx} = i_0 \frac{1-(h_0/h)^3}{1-(h_c/h)^3}$ に従うとする (h は水深, h_0 は等流水深, h_c は限界

水深, i_0 は水路勾配)。図示の際には、 h_0 および h_c も図中に明示すること。

① 緩勾配水路の 3 種類の水面形 M_1, M_2, M_3 および急勾配水路の 3 種類の水面形 S_1, S_2, S_3 について、それらの概形を図示しなさい。

② 図 1 のように緩勾配から急勾配へと水路床勾配が変化する場合、2 種類以上の水面形を考えることが可能である。考えられる水面形のうち、2 種類について図示しなさい。ただし、緩勾配水路の左端側や急勾配水路の右端側は十分長いが、等流となっているとは限らない。また、図中に急変流を含んでも構わない。

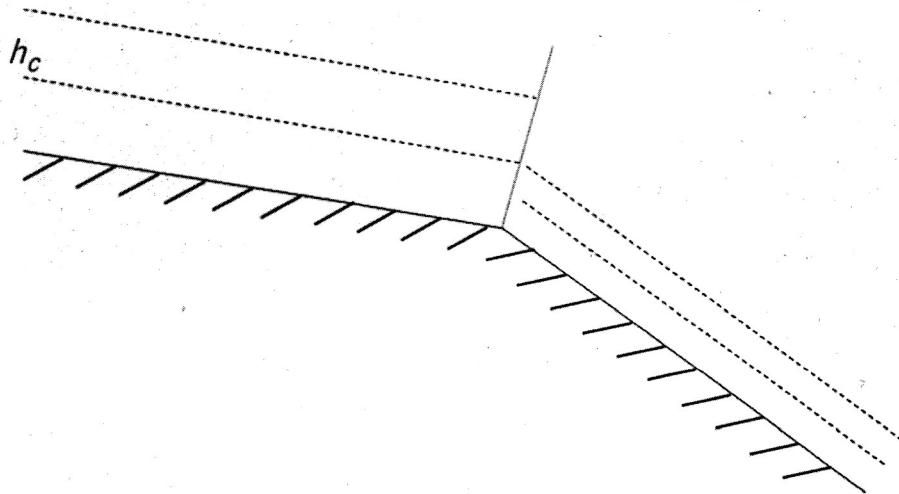


図 1 水路の変化(緩勾配から急勾配)

- (2) 十分に幅の広い一様断面の矩形開水路における共役水深の比を導出しなさい。ここで、単位幅流量は q で一定とし、変化前の水深を h_1 とする。

水力学 (続き)

単位質量あたりに働く

2. 以下の式(1)は流れ場を表現する方程式の1つで、ナビエ・ストークス方程式と呼ばれる。
 F_x, F_y, F_z は外力、 ρ は密度、 p は圧力、 ν は動粘性係数、 t は時間、 u, v, w はそれぞれ x, y, z 方向の流速成分を表す。 x, y は水平方向、 z は鉛直方向を表す。この方程式に関して、以下の間に答えよ。なお、重力加速度は g とし、解答に必要な変数や条件がある場合は追加して構わない。

$$\begin{aligned}\frac{Du}{Dt} &= F_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \\ \frac{Dv}{Dt} &= F_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \\ \frac{Dw}{Dt} &= F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right)\end{aligned}\quad (1)$$

- (1) このナビエ・ストークス方程式が対象としている流体の特徴および方程式の物理的意味を100文字以内で説明せよ。
- (2) 水槽内に水が静止しており、その水面は大気に接している。この場合の水中的圧力分布を表す式を式(1)より導出せよ。
- (3) 2枚の平板が水平に固定されており、平板間が水で満たされ、その水が x 軸方向に定常状態で流れている。平板間の流れの流速分布をできるだけ単純に表現する式を式(1)より導出せよ。
- (4) (3)の流れは水力学では何と呼ばれるか。その名称を答えよ。
- (5) 層流と乱流の特徴をそれぞれ40文字程度で説明せよ。なお、式(1)と流れの特徴の対応関係を説明の中で明確にすること。

筆答専門試験科目(午後)

2024 大修

土木・環境工学系(専門科目)

時間 13:30~15:30

土質力学

地盤の圧密、支持力に関する以下の問い合わせよ。

十分広い範囲に、図1(a)に示すように水面より2m下に1m厚の砂質土層が、その下に10m厚の正規圧密された粘性土層が存在し、粘性土層より下には不透水の堅固な土層が存在していた(状態1)。その後、当該地盤には以下のような改変が行われた：

- ・図1(b)に示すように埋立土(既存の砂質土層と同じ材料・密度)によって埋め立てが行われた(状態2)。
- ・十分な時間の経過後、図1(c)に示す状態で粘性土層の圧密は完了した(状態3)。
- ・当該地盤の周囲に遮水構造を有する護岸が建設され、埋立土は掘削された。
- ・その後十分な時間が経過して、地下水位が地表と一致した状態で粘性土層の圧密(膨潤)は完了し、図1(d)に示すような状態となった(状態4)。
- ・図1(e)に示すように表層の砂質土層の一部を掘削し、幅2mの鉄筋コンクリート製の帯基礎(奥行方向に十分長い基礎)が構築され、単位奥行き当たり P の荷重が付与された(状態5)。

なお、解答にあたっては図1に示された物性値を用いること。また、地盤内の間隙比は土の自重によって深さ方向に変化する等、実際の地盤状況は複雑であるが、ここでは以下のように仮定してよい：(1) 粘性土層は、その中央深さでの値を代表値とする一様な土層とする。また圧密において、2次圧縮(クリープ等)は無視できる。(2) 砂質土層(埋立土含む)の密度は除荷・載荷によって変化しない。

1. 状態1における、粘性土層中央での鉛直全応力と鉛直有効応力はいくらか。
2. 状態2において、埋立土の間隙比が地下水位の上と下で同じとき、地下水位以浅の不飽和領域(水で飽和はしていないが、湿潤している領域)における含水比はいくらか。
3. 状態3における、粘性土層中央での鉛直全応力と鉛直有効応力はいくらか。
4. 状態2から3の間に発生する粘性土層の圧密圧縮量はいくらか。また、圧密度90%になるまでに要する時間はいくらか。なお、埋め立てに要する時間は無視できるほど短く、Terzaghiの圧密方程式における圧密度90%に対応する時間係数は0.848とする。
5. 状態4における、粘性土層中央での鉛直有効応力はいくらか。また、状態1～4の過程における粘性土層中央の状態の変化と正規圧縮曲線を間隙比-鉛直圧密圧力($e-\log p$)空間に図示せよ。

土質力学 (続き)

6. 状態4における、粘性土層中央での等価圧密圧力 p_e はいくらか。また、等価圧密圧力から粘性土層中央での非排水強度 ($c_u > 0, \phi_u = 0$) を推定せよ。なお、等価圧密圧力とは過圧密土と同じ間隙比を有する正規圧密土の圧密圧力のことである。また、飽和粘性土の強度は間隙比(密度)によって決まり、正規圧密土の鉛直圧密圧力 p に対する非排水強度 c_u の比である非排水強度増加率は、 $c_u/p = c_u/p_e = (\text{一定})$ であるため、過圧密土においても適用可能である。
7. 粘性土層全域が6で求めた粘性土層中央での非排水強度を有するとき、状態5において、中央に鉛直荷重が作用する基礎底面での非排水条件における支持力はいくらか。また、破壊時の単位奥行き当たり作用荷重 P はいくらか。

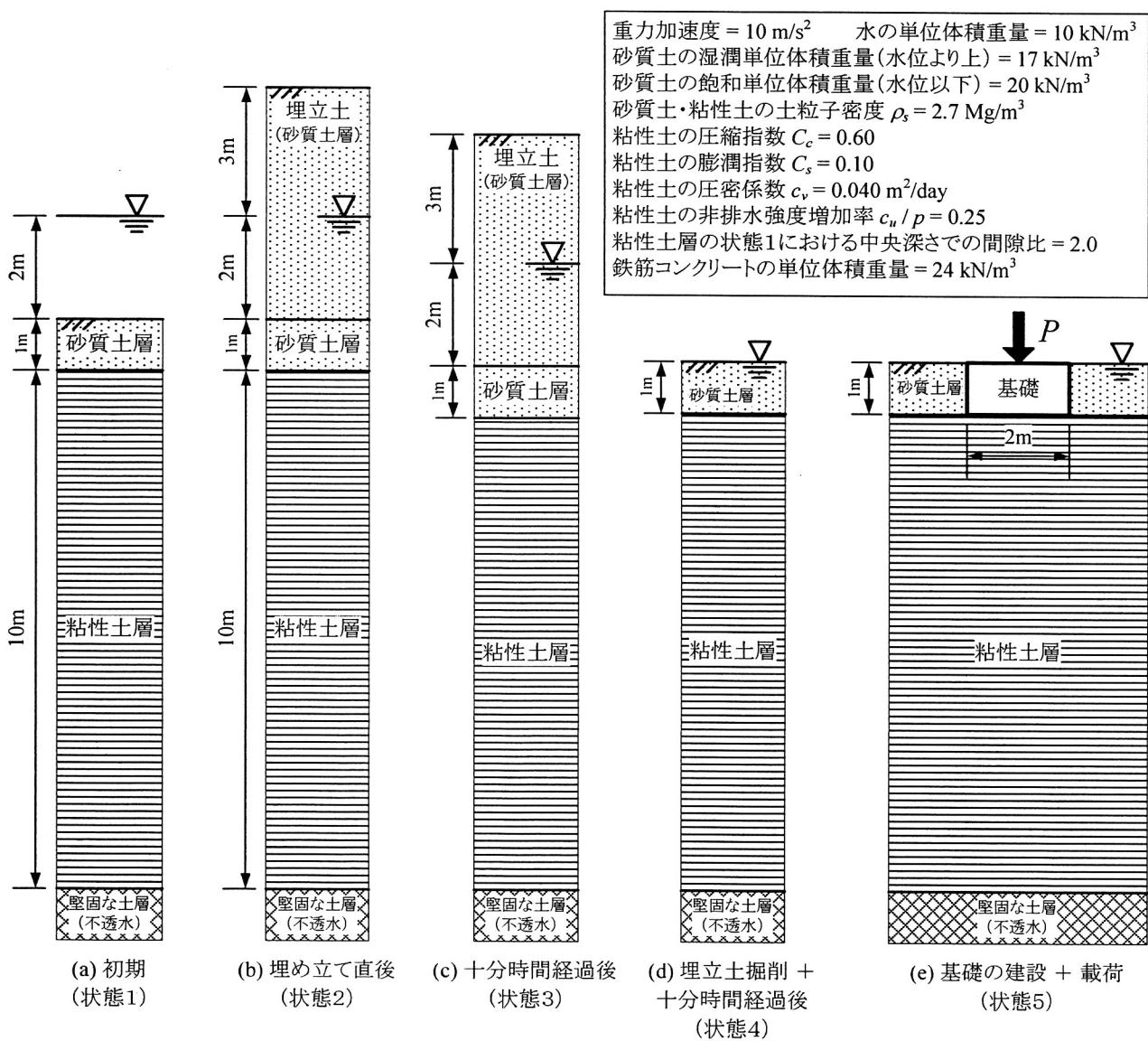


図1 各状態における地盤の状況

筆答専門試験科目(午後)

2024 大修

土木・環境工学系(専門科目)

時間 13:30~15:30

コンクリート工学

図1に示すように単純支持された鉄筋コンクリートはりが、荷重 P (kN) を受けている。断面の諸元は同図に示すように、有効高さ $d = 400$ mm、幅 $b = 300$ mm、かぶり $c = 50.0$ mm である。鉄筋は、ヤング係数 $E_s = 200$ kN/mm²、降伏強度 $f_y = 400$ N/mm² の完全弾塑性体とする。またコンクリートの圧縮強度 $f'_c = 40.0$ N/mm²、ヤング係数 $E_c = 25.0$ kN/mm² とし、鉄筋コンクリートはりの曲げ破壊時のコンクリートの終局ひずみ $\varepsilon_c = 0.0035$ とする。

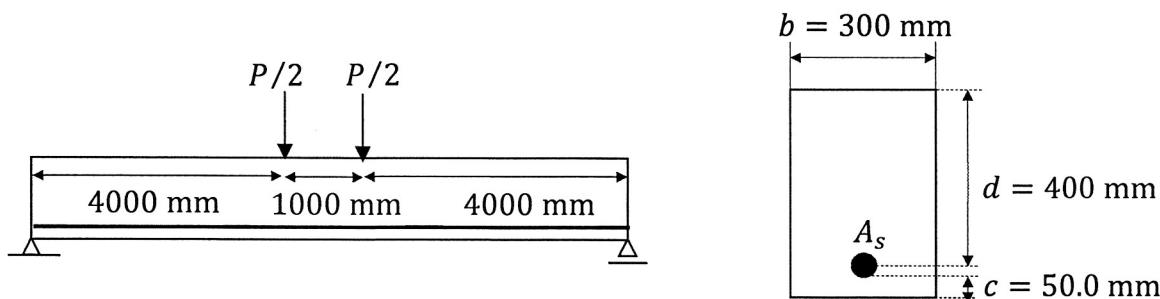


図1 曲げを受ける鉄筋コンクリートはり

1. 荷重 P (kN) が作用したときに部材内に生じる最大曲げモーメント M_m (kN-m) を、記号 P を使って示せ。
2. この鉄筋コンクリートはりが釣合破壊する状態を考える。
 - (1) このときの鉄筋断面積 A_s (mm²) を求めよ。ただし、破壊時のコンクリートの圧縮合力の計算には $0.85f'_c \times 0.8x$ の等価応力ブロックを用いてよい。なお x は圧縮縁から中立軸までの距離 (mm) を示す。
 - (2) 釣合破壊荷重 P_b (kN) を求めよ。
3. 2.で算定された鉄筋が断面に配置され、荷重として釣合破壊荷重 P_b の 30%が作用している場合を考える。このときコンクリートは圧縮に対して弾性挙動し、引張には抵抗しないものとする。
 - (1) 等曲げモーメント区間において鉄筋に生じている応力の平均値 σ_s (N/mm²) を求めよ。
 - (2) 平均ひび割れ間隔が $l = 5.4c$ (mm) で与えられ、許容ひび割れ幅が $w_a = 0.005c$ (mm) で与えられるとき、ひび割れ幅 w に関する要求性能を満足するか照査せよ。なお c はかぶり (mm) を表すものとする。ひび割れ幅の算定にあたっては、コンクリートの収縮やクリープによる影響はないものとしてよい。

コンクリート工学（続き）

4. 設計耐用期間を 20 年として、塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に対する性能照査を行う。なお鋼材位置におけるコンクリート中の塩化物イオン濃度は、以下に示す設計式(1)～(4)を用いて算定するものとする。
- (1)コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数 D_k を求めよ。コンクリートの 1 軸圧縮強度 f'_c (N/mm^2) とセメント水比 C/W の間には $f'_c = -29 + 33 \cdot (C/W)$ の関係があるものとする。
- (2)20 年経過時の鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d (kg/m^3) を求めよ。
- (3)塩化物イオン濃度の限界値 C_{lim} (kg/m^3) が $C_{lim} = 3.4 - 3.0 \cdot (W/C)$ によって与えられた時、塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に対する要求性能を満足するか照査せよ。なお W/C は水セメント比を表す。
- (4)この鉄筋コンクリートはりにおいて、鋼材腐食に対する抵抗性を高める上で有効と考えられる方法を 3 つ挙げ、それらの機構を簡単に説明せよ。

[鋼材位置における塩化物イオン濃度に関する設計式]

C_d : 鋼材位置における塩化物イオン濃度 (kg/m^3) の設計値で、以下の式(1)から算定される。

$$C_d = \frac{13.0}{(1 + 0.278393y + 0.230389y^2 + 0.000972y^3 + 0.078108y^4)^4} + 0.3 \quad (1)$$

ここに y は以下の式(2)で与えられるものとする。

$$y = \frac{0.1c}{2\sqrt{D_d t}} \quad (2)$$

t : 塩化物イオンの侵入に対する耐用年数 (年)

c : かぶり (mm)

D_d : 塩化物イオンに対する設計拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$) であり、以下の式(3)から算定される。

$$D_d = 1.3D_k + 19.5 \left(\frac{w}{l} \right) \quad (3)$$

D_k : コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$) であり、以下の式(4)から算定される。

$$D_k = 10^{3.0(W/C)-1.8} \quad (4)$$

$\frac{w}{l}$: 平均曲げひび割れ幅と平均ひび割れ間隔の比

W/C : 水セメント比

筆答専門試験科目(午後)

2024 大修

土木・環境工学系(専門科目)

時間 13:30～15:30

土木計画学

問題 1.と、問題 2.と 3.は別の解答用紙に解答せよ。

- 図 1 のように、ある出発地と目的地が 2 本のリンクでつながっている道路ネットワークでの静的交通量配分を考える。リンク a ($a = 1, 2$) の旅行時間 t_a (単位: 分) はその交通量 x_a (単位: 千台) に依存して図に示されたリンクコスト関数により決まる。出発地から目的地への車両トリップ数を Q (単位: 千台) で表す。このとき、以下の問い合わせに答えよ。

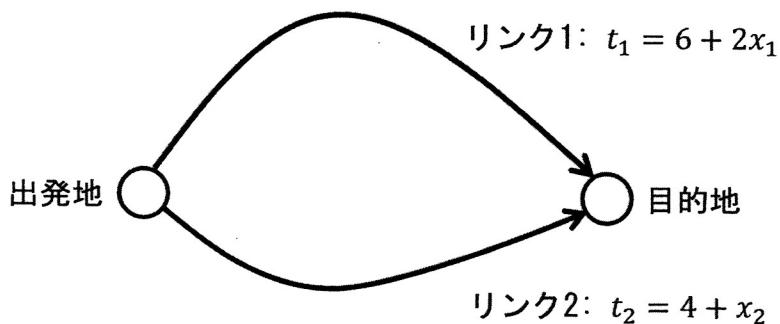


図 1 道路ネットワーク

- (1) $Q = 5$ のとき、利用者均衡状態(UE)とシステム最適状態(SO)それぞれにおける各リンクの交通量を求めよ。
- (2) $Q = 1$ のとき、UE と SO それぞれにおける各リンクの交通量を求めよ。
- (3) SO は旅行者にとってある意味で不公平な場合がある。言い換えると、旅行者の自由な選択に任せると SO は実現しない場合がある。どのような意味で不公平なのか一般的に述べたのち、その不公平性が(1)と(2)の事例でどのように表れているか具体的・定量的に述べよ。200 字程度で述べよ。
- (4) (3)のような不公平が生じないように SO を実現する方策(言い換えると、旅行者の自由な選択に任せて SO を実現させる方策)を一つ、100 字程度で説明せよ。

土木計画学（続き）

2. 住宅地における道路計画について考慮すべき点を 200 字程度で説明せよ.
3. M 市と N 市との間は、現在、車でのみトリップが行われているが、新たに鉄道を整備するプロジェクトを検討している。新たな鉄道は M 市と N 市を直接結び、途中駅は無いものとする。 (1)～(4) に答えよ。

(1) M 市と N 市との間は、新たな鉄道では総所要時間 30 分、費用 500 円となる。車では総所要時間 40 分、費用 300 円で、鉄道供用前後で変化しないものとする。車と新たな鉄道の効用関数が以下の $U_{\text{車}}$, $U_{\text{鉄道}}$ で表される場合、離散選択ロジットモデルを用いて鉄道の選択割合を求めよ。 $\alpha = -0.05$, $\beta = -0.001$, スケールパラメータは 1 とする。また、計算過程も示すこと。

$$U_{\text{車}} = \alpha \times T_{\text{車の総所要時間 (分)}} + \beta \times C_{\text{車の費用 (円)}} + 1.3$$
$$U_{\text{鉄道}} = \alpha \times T_{\text{鉄道の総所要時間 (分)}} + \beta \times C_{\text{鉄道の費用 (円)}}$$

(2) M 市は、新たな鉄道の整備前後で M 市と N 市との間の年間総トリップ数 $Q=0.3$ 億トリップは変わらないとして、鉄道供用後の新たな鉄道の整備により発生する年間の便益 B を、

$$B = Q \times (\text{鉄道無しの場合のログサム} - \text{鉄道有りの場合のログサム}) / \beta$$

として算定した。(1)の離散選択ロジットモデルを用いて B を計算せよ。

(3) (2) で示した M 市による便益 B の算定法の課題を 100 字程度で説明せよ。

(4) 新たな鉄道の整備計画では、プロジェクトを開始する着工年を $(X+1)$ 年とすると、
 $(X+4)$ 年に竣工し、その間、毎年 1000 億円の費用が生じる。また、(2)の値を精査した結果、 $(X+5)$ 年に供用を開始した後、 $(X+44)$ 年まで毎年 100 億円の便益が生じることがわかつた。残存価値等その他の費用や便益項目は無視できるものとする。プロジェクトライフを $(X+1) \sim (X+44)$ 年とした場合、本プロジェクトの費用便益比が 1 を上回るかどうか、その理由と共に 100 字程度で示せ。