

土木・環境工学系 過去問題

※注意点

午前の共通科目は建築学系が問題 I, III, IV を出題しています。土木・環境工学系からは問題 II (土木・数理学) のみを出題しています。そのため、ページ番号が 5, 6 となっています (乱丁ではありません)。問題 II 以外の共通科目の問題については建築学系の過去問を参照してください。

午後の問題は、「C : 土木・環境工学科目」(13 枚) です。

「M : 数理学科目」については、B 日程での受験者がいなかったため、実施していません。

問題II (土木・数理学)

【注意事項(問題II)】

- ・ 問題は, II-1~II-4 の4問から構成されている。すべての問題に解答し, 導出の過程を明示すること。
- ・ 解答にあたっては, II-1~II-4 のそれぞれに異なる解答用紙を用いること。
- ・ 各答案用紙の受験番号欄に受験番号を, 試験科目名欄に筆頭試験科目名及び問題番号(問題II (土木・数理学))を記入すること。
- ・ II-1~II-4 の配点はそれぞれ 25 点, 合計 100 点満点とする。

II-1 次の常微分方程式の一般解を求めよ。

$$(1) \frac{dy}{dx} = xy + x + y + 1$$

$$(2) \frac{d^2y}{dx^2} - 4\frac{dy}{dx} + 5y = 0$$

$$(3) 9\frac{d^2y}{dx^2} + 6\frac{dy}{dx} - 8y = e^{2x}$$

II-2 3×3 の行列 $\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 6 & -3 & -7 \\ -1 & 2 & 1 \\ 5 & -3 & -6 \end{bmatrix}$ を対角化する変換行列 \mathbf{P} を求めよ。なお, 変換行列 \mathbf{P} に

よる行列 \mathbf{A} の対角化とは, $\mathbf{P}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix}$ のような操作を指す。

(次のページに続く)

II-3 店への客の到着という事象が定常ポアソン過程であり, t 時間内に k 人来客する確率が

$$P(N_t = k) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \text{ と表せたとする } (t \geq 0, k = 0, 1, 2, \dots, \lambda \text{ は正の定数}). \text{ このとき, 以下}$$

の問いに答えよ.

- (1) 単位時間当たりの来客数の期待値を求めよ.
- (2) t 時間内に一人も客が来ない確率を求めよ.
- (3) 来客時間間隔 (ある客の到着から次の客の到着までの時間間隔) が t 以下である確率を求めよ.
- (4) 来客時間間隔が t となる確率を求めよ.

II-4 内半径 r_1 , 外半径 r_2 の円環がある (図 1 参照). 定常状態 (時間による変化がない状態) において, 内縁と外縁の温度分布が式 (1) のように与えられていたときの円環内の温度 $T(r, \theta)$ を求めることを考える. この時, 以下の問いに答えよ.

$$T(r_1, \theta) = f_1(\theta), \quad T(r_2, \theta) = f_2(\theta) \tag{1}$$

(1) 円環内の任意の点 (r, θ) の温度 T は, 極座標表示した以下のラプラス方程式で表現される.

$$\nabla^2 T = \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} = 0 \tag{2}$$

$T(r, \theta) = R(r)\Theta(\theta)$ と表されるとき, 式 (2) から, $R(r)$ の常微分方程式と $\Theta(\theta)$ の常微分方程式を導け.

- (2) 式 (2) の偏微分方程式の一般解を求めよ.
- (3) 下記の条件が与えられたとき, 式 (1) に示す境界値を満足する式 (2) の偏微分方程式の解を求めよ.

$$r_1 = 10, r_2 = 20, f_1(\theta) = 15 \cos \theta, f_2(\theta) = 30 \sin \theta$$

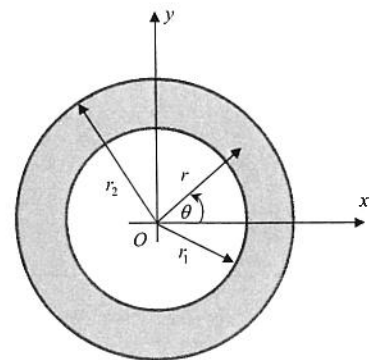


図 1 対象の円環

筆答専門試験科目(午後)

31 大修

土木・環境工学系(C:土木・環境工学科目)

時間 13:30~16:30

注 意 事 項

1. 問題は全部で10題ある。この中から5題を選択して解答せよ。
2. 解答は問題1題ごとに別々の解答用紙に記入せよ。1題につき2枚まで用いてよい。
3. 各解答用紙には必ず受験番号および選択した問題名を記入せよ。
4. 貸与した電卓を使用してもよい。
5. 問題冊子・下書き用紙は持ち帰ってよい。
6. 各問題の配点はそれぞれ50点, 合計250点満点とする。

(以下, 余白)

構造力学 1

1. 以下の文は、図 1(a)に示す単純ばりの点 C での鉛直断面内のせん断応力の求め方を説明したものである。はり、線形弾性で微小変形状態にあり、左右対称で一様な断面 A を持つとする。座標の原点は断面の図心と一致させている。以下のア)からキ)の□に入る数式を記しなさい。

図 1(b)に示すように、点 D を点 C から微小な距離 Δx だけ離れた点とし、点 C と点 D を含むそれぞれの鉛直断面における直応力を σ_C 、 σ_D とする。また、 $y = y'$ に位置する薄墨部上面に作用する x 方向の水平力を ΔH とする。図 1(b)の薄墨部分の x 方向の力のつり合いを考えると次式を得る。

$$\Delta H + \int_{A'} (\text{ア}) dA = 0 \quad (1)$$

ここに A' は、図 1(b)右図に示すように、点 C を含む鉛直断面の内、 $y < y'$ の部分の断面である。

点 C を含む鉛直断面での曲げモーメントとせん断力をそれぞれ M 、 V とし、全断面 A の断面二次モーメントを I_z とすると、直応力 σ_C は $\sigma_C = \text{イ}$ のように、座標 y の関数として表される。このとき、 Δx だけ離れた点 D を含む鉛直断面に作用する直応力 σ_D の第一次近似は $\sigma_D = \text{ウ}$ と表すことができる。

直応力 σ_C 、 σ_D を式(1)に代入し、曲げモーメント M とせん断力 V の関係式 エ を用いると、次のようにせん断力 V を用いて ΔH を表すことができる。 $\Delta H = (\text{オ}) \times Q$ 。ここに、 $Q = \int_{A'} y dA$ で定義される断面 A' の断面一次モーメントである。

$C'-\bar{C}'$ 間の幅を t とすると、図 1(c)に示す、 $C'-\bar{C}'$ 間に作用する水平面内における平均せん断応力 τ_{yx} は $\tau_{yx} = VQ/(I_z t)$ となる。一方、鉛直断面内の $C'-\bar{C}'$ 間に作用する平均せん断応力を τ_{xy} とすると、 τ_{xy} と τ_{yx} には カ なる関係があるので、 τ_{xy} は、 $\tau_{xy} = \text{キ}$ と得られる。

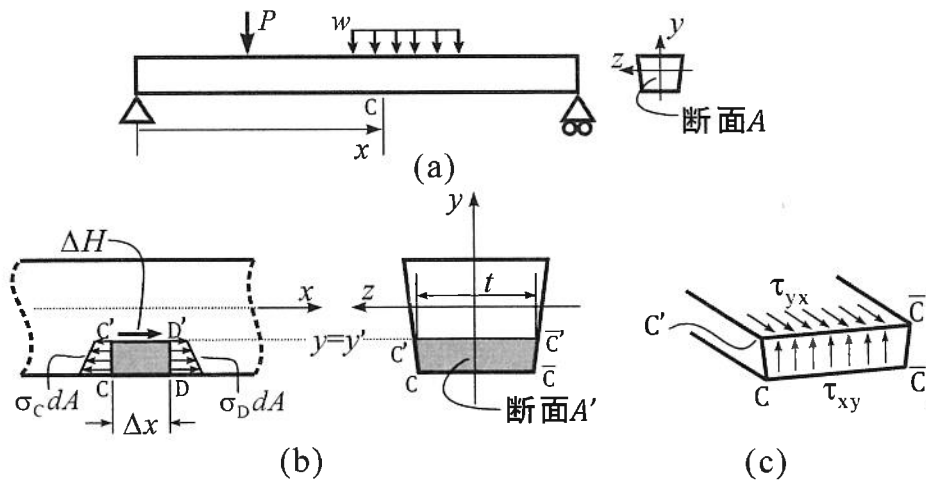


図 1 単純ばりとその断面に作用する応力

(次ページにつづく)

構造力学 1 (続き)

2. 図2に示すI型断面を持つはりのある断面に, 曲げモーメント $M = 45\text{kNm}$ とせん断力 $V = 75\text{kN}$ が作用しているとする. 以下の問に答えなさい. ただし, せん断遅れの影響は考慮しないとする.

- (1) I型断面のウェブの最下点 a に作用する直応力とせん断応力を求めなさい.
- (2) 点 a における最大主応力と最大せん断応力を求めなさい.
- (3) 点 a とフランジ下端における点 b での応力状態を比較して, I型断面を持つはりの設計において留意すべき点を簡潔に述べなさい.

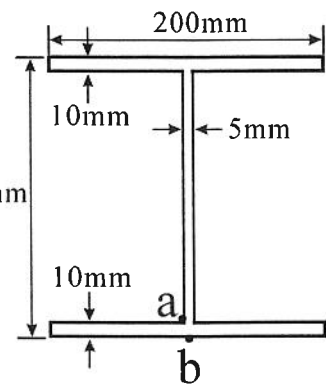


図2 I型断面

構造力学 2

1. 図1に示す片持ちばりラーメンを考える. B 点に水平荷重 P が作用している. ラーメンを構成する各部材は, いずれも同じ諸元を有しており, ヤング率 E_0 , 断面積 A_0 , 断面 2 次モーメント I_0 , 長さ L となっている. 座屈は発生しないものとする. 以下の問いに答えなさい.
 - (1) 支点反力を求めなさい.
 - (2) 曲げモーメント分布を求め, 図示しなさい.
 - (3) D 点の鉛直変位を求めなさい. 下方向への変位を正とする.

2. 図2のように図1の片持ちばりラーメンの D 点に垂直変位を拘束するローラー支点を設置したとする. D 点は水平への移動は可能である. 図1と同じく, B 点に水平荷重 P が作用しており, 各部材の諸元も図1に示されたものと同じである. また, 座屈は発生しないものとする. 以下の問いに答えなさい.
 - (1) 図2で示される構造の不静定次数を答えなさい.
 - (2) D 点における支点反力を求めなさい.

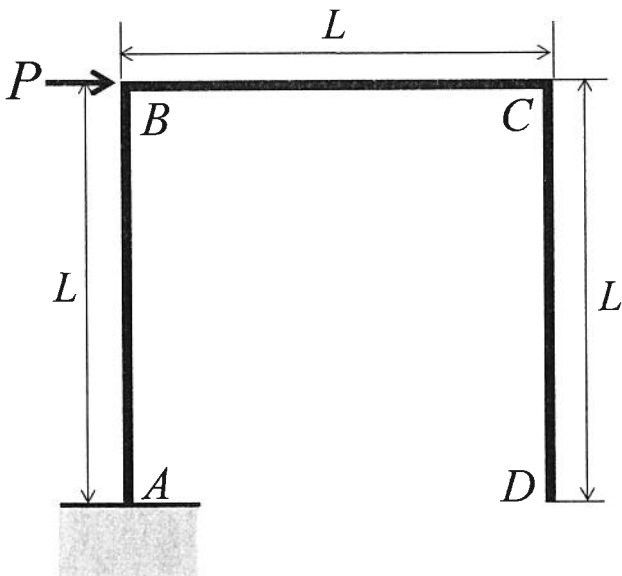


図1 片持ちばりラーメン

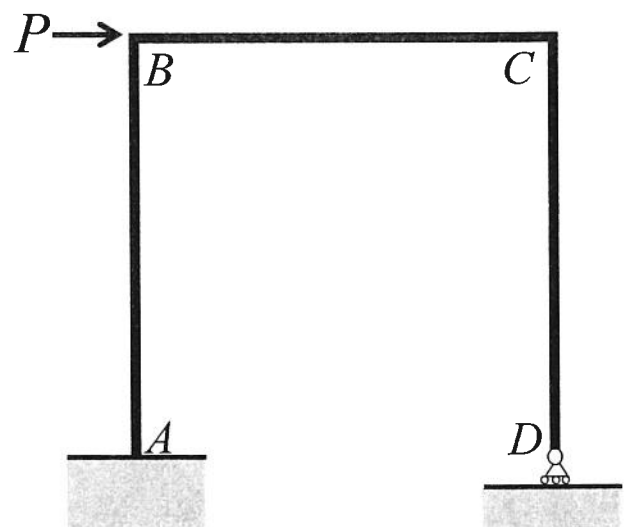


図2 ローラー支点を設置したラーメン

水理学 1

1. 図 1 は、奥行きのある障害物が局所的に設置された幅広矩形開水路を横から見た図である。流れは左から右で、最も上の線が水面、最も下の線が水路床を表す。流量は一定で、定常流である。この図に関して、以下の (1)~(4)のそれぞれの正誤について、2 行以内の理由とともに記しなさい。
- (1) h_2 に微小な変化を与えると、 h_1 にも変化が伝播する。
 - (2) 流れの一部は射流である。
 - (3) 障害物にさしかかる前(h_1 のあたり)を基準としたとき、障害物の上では比エネルギーが減少する。
 - (4) 障害物にさしかかる前(h_1 のあたり)を基準としたとき、障害物の上では流速が減少する。

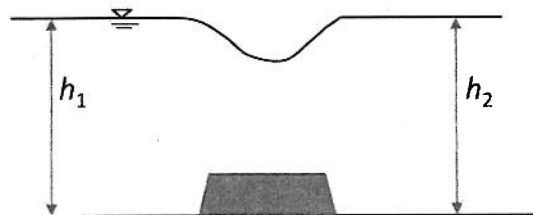


図 1 障害物(図中の塗りつぶした部分)が設置された開水路

2. 幅 10.0(m)の矩形開水路に 20.0(m³/s)の流量で水が流れている。水深は 100(cm)で一定とする。この流れが常流か射流か判定し、比エネルギーと限界水深も計算せよ。開水路幅は有限ではあるが水深と比べて十分に大きいと考えて構わないとし、重力加速度は 9.80(m/s²)とする。
3. 図 2 のような左右対称な三角形断面水路(流れ方向の傾斜や粗度係数は一定)を水が流れている。流れはマニング式で表せる等流とする。水流部の断面積 A が一定という条件の下で、流量を最大にするための頂点の角度 θ を求めよ。

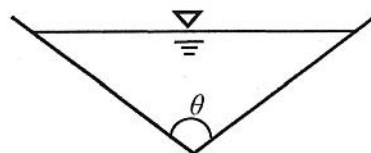


図 2 左右対称な三角形断面水路

4. 幅が水深に比べて十分に大きい矩形開水路における漸変流(定常流であり、空間方向に緩やかに変化する不等流で、一次元の式で表現できるもの)の基礎方程式を記せ。水路勾配は一定としてよく、必要な記号は各自定義せよ。また、等流と漸変流との違いが式中のどこで表されているかについても記せ。

水理学 2

1. 円管内の流れに関して、次の文章の空欄(A~H)に最も適切な用語を記入せよ。

水のような粘性流体が形成する流れには、時間的にも空間的にも不規則な変動を伴う乱流、および不規則な変動を伴わない層流という異なる状態が存在する。このような流れの状態は A という無次元数によって表すことができ、乱流状態が存在し得る下限値を B という。また、粘性により壁面の影響を強く受ける層を一般に C と呼び、主流と区別することができる。

次に管径が一様な直円管内の流れを考える。層流の場合、流れ方向の力の釣り合いは流れ方向の圧力差と断面流速分布から生じる D で表現でき、このような流れを E という。一方、乱流の場合、流体の不規則な運動によって流れ方向の運動量が断面方向に輸送されるため、F が発生する。そして、壁面付近の流速変動の大きさは平均流速の空間的な勾配に比例すると考えるプラントルの G 仮説(あるいは理論)が提唱されており、この仮説に摩擦速度を導入すると、断面方向の流速分布を表す H が導かれる。

2. 円管内の水の流れに関して以下の特徴をグラフにより記述せよ。なお、グラフには軸の定義および補足説明などを記入して、特徴を明確にすること。なお、乱流については滑面を持つとする。

- (1) 層流と乱流の断面流速分布の違い(流速は断面最大流速で標準化して示すこと)
- (2) 粘性底層を持つ乱流の断面流速分布

3. 管径が一様な直円管内に生じる定常流に関して、実験によって摩擦の影響を調べたい。この実験で測定すべき項目(変数)をすべて明記した上で、(1)摩擦によるエネルギー損失、および(2)摩擦損失係数を求めるまでの手順を簡潔に記述せよ。

土質力学 1

図1に示すような上下を不透水層で挟まれた帯水層からの揚水に関する以下の問いに答えよ。
 なお、各層は一様な特性を持ち、揚水前の地下水流はゼロである。

(1) 以下の説明文の□に入る適切な用語を答えよ。

「図のように地表面付近に不透水層が存在し、その下の帯水層からの水のくみ上げを目的で掘られた揚水井戸を①と呼ぶ。下部不透水層まで井戸孔を掘り、単位時間当り一定量(揚水速度:Q)の水をくみ上げ続けると、帯水層の揚水井戸周りのピエゾ水頭面が徐々に低下し、最終的に水頭面形状が変化しない②に達する。この時、地下水の流れは『土中の流速 v は③に比例する』とした④の法則に従い、その比例定数を透水係数(k)と呼ぶ。土質材料の透水係数は土粒子径が小さいほど小さく、粗粒土では半経験的に代表粒径の⑤乗に比例する。この代表粒径として⑥%通過粒径が用いられる。」

(2) 揚水井戸からの距離が異なる 2 地点に観測井戸を設置し、その観測結果を用いて帯水層の透水係数を求める。この時、帯水層内では流速は深さ方向に一定で揚水井戸からの水平距離 r のみの関数($v(r)$)として与えられる軸対称流れが生じているとして、以下の問いに答えよ。

- 1) 帯水層の厚さを D 、揚水速度を Q として、距離 r における流速を与える式を求めよ。
- 2) 距離 r の地点のピエゾ水頭の r 方向の勾配を dh/dr 、帯水層の透水係数を k として、その地点での流速を与える式を求めよ。
- 3) 1),2)の流速が等しいとして、距離 r_1 と r_2 地点での観測井戸の基準面(DL)からの水位がそれぞれ h_1 と h_2 である場合の透水係数 k の式を求めよ。
- 4) 厚さ $D=5.0\text{m}$ の帯水層から $Q=1.0\text{L/sec}$ でくみ上げを行った時、 $r_1=5.0\text{m}$ 、 $r_2=10.0\text{m}$ で、それぞれ $h_1=9.80\text{m}$ 、 $h_2=10.00\text{m}$ となった。この時の透水係数をいくらか。
- 5) 4)の条件における $r=20.0\text{m}$ のピエゾ水頭 h はいくらか。

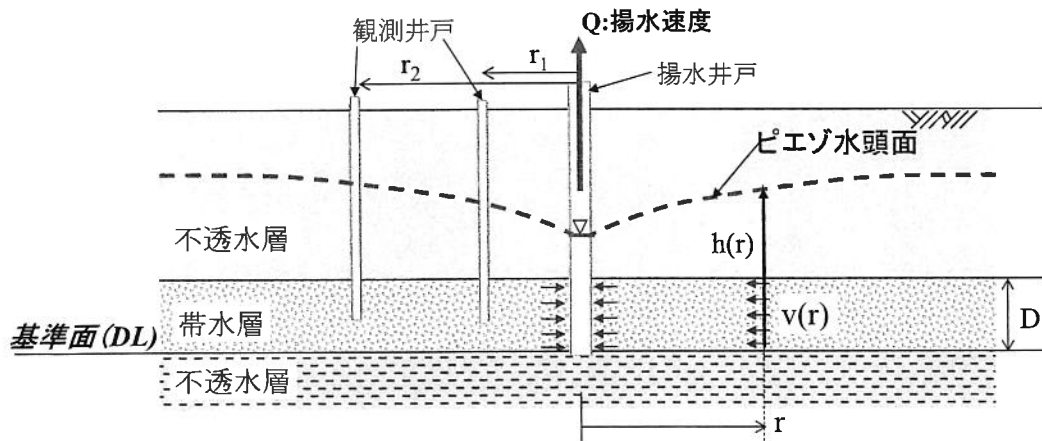


図1 不透水層に挟まれた帯水層からの揚水

土質力学 2

1. 厚さ 10m の砂質土の下に厚さ 10m の粘土層が広範囲に堆積している。砂質土と粘土の条件は、図 1 に示す通りである。当初地表面にあった地下水位が、砂層内の地下水をくみ上げたことによって、図 1 に示すように粘土層の上面まで低下し、結果として砂層の飽和度 S_r が 100% から 25% まで低下した。

- (1) 砂層の間隙比 e は地下水位が低下しても変わらないとしたとき、地下水面より上にある砂層の湿潤単位体積重量 γ が 17.5kN/m^3 となることを示し、含水比 $w(\%)$ についても計算せよ。
- (2) 地下水位の低下による粘土層中央部における鉛直方向の有効応力の変化量を計算し、さらにその有効応力の変化量を用いて粘土層の最終圧密沈下量 S_f が 75cm になることを示しなさい。
- (3) 地下水位の低下による粘土層の最終圧密沈下量 S_f が 75cm の場合に、粘土層が 30cm 圧密沈下するのに要する日数を表 1 を参考にして計算せよ。ただし、基盤層は透水層として考える。

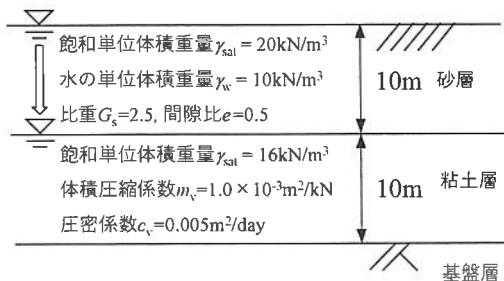


図1 地盤条件

表1 圧密度 U と時間係数 T_v の関係

圧密度 $U(\%)$	時間係数 T_v	圧密度 $U(\%)$	時間係数 T_v
20	0.031	55	0.242
25	0.049	60	0.287
30	0.071	65	0.343
35	0.096	70	0.403
40	0.126	75	0.484
45	0.151	80	0.567
50	0.197	90	0.848

2. 図 2 に示すように傾斜角 i で高さ H の斜面が、水平面となす角が α の BC 面をすべり面として、直線状にすべる場合の安定性を考える。なお、地下水位は無く、土の単位体積重量を γ 、粘着力を c 、内部摩擦角を ϕ とする。

- (1) 土塊 ABC の単位奥行き当たりの鉛直下向きの重量 W を H, i, α, γ を用いて表せ。
- (2) 土塊の BC 面に作用する土塊を滑らそうとする力 F と BC 面に作用する単位奥行き当たりの抵抗力 R を $H, i, \alpha, \gamma, c, \phi$ を用いて表せ。なお、土塊 ABC の重量 W を解答に用いてもよい。
- (3) $c = 20\text{kN/m}^2, \phi = 0, \gamma = 18.0\text{kN/m}^3, H = 5\text{m}, i = 80\text{deg}$ および $\alpha = 60\text{deg}$ のとき、すべり面 BC における安全率 $F_s = R/F$ の値を計算せよ。

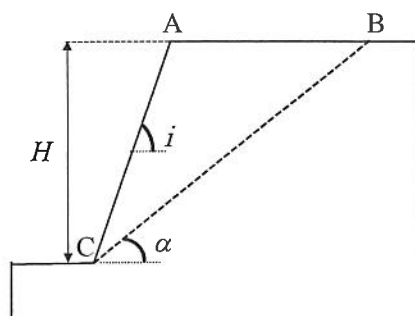


図2 斜面およびすべり面の形状

コンクリート工学 1

1. セメントの化学成分や水和反応に関する次の設問に答えよ。

- (1) セメントの主要な組成化合物には、鉄アルミン酸四カルシウム(C₄AF)などの4つがある。鉄アルミン酸四カルシウム以外の3つの主要な組成化合物の名称を挙げよ。
- (2) (1)の4つの主要な組成化合物のうち、早強セメントにもっとも多く用いられているものは何か。
- (3) (1)の4つの主要な組成化合物のうち、水和反応がもっとも遅いものは何か。
- (4) セメントの主要な水和物を2つ挙げよ。
- (5) セメントの水和反応における石膏の役割を挙げよ。

2. 次の設問に、それぞれ100字程度で答えよ。

- (1) コンクリートのブリーディングがもたらす良い面と悪い面をそれぞれ述べよ。
- (2) コンクリートの静弾性係数を求める方法を述べよ。
- (3) コンクリートの温度ひび割れの発生メカニズムを「内部拘束」と「外部拘束」の用語を用いて説明せよ。
- (4) コンクリートの配合設計における割増係数について述べよ。
- (5) アルカリシリカ反応によるコンクリートの劣化メカニズムを説明せよ。

3. 竣工後25年が経過した既存コンクリート構造物で、コンクリートの中性化深さを調べたところ、表面から20mmまで中性化が進行していた。このとき、次の設問に答えよ。

- (1) 中性化の進行がルートt則に従うとしたとき、中性化速度係数を求めよ。
- (2) かぶりが50mmの位置に鉄筋が配置されている場合、中性化により鉄筋が腐食するのは現在から何年後か。ただし、中性化残りが10mmになると、鉄筋は腐食するものとする。
- (3) 中性化によるコンクリート構造物の劣化を抑制するための方策を3つ挙げよ。

4. 次に示すコンクリートの施工に関する記述には誤りがある。誤っている箇所を正すとともに、その理由を述べよ。

- (1) 練混ぜに用いる材料の計量は体積で行う。
- (2) レディーミクストコンクリートの受入検査の際にスランプが許容範囲を下回ったときは、現場で水を加えてスランプを大きくする。
- (3) ポンプを用いて軽量コンクリートを圧送すると、スランプは大きくなる。
- (4) 床版と柱からなるコンクリート構造物へのコンクリートの打込みは、床版→柱の順序とする。
- (5) 普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートよりも、高炉セメントを用いた場合の方が所定の強度発現に必要な養生期間は短い。

コンクリート工学2

図1に示すように単純支持され、2点対称荷重を受ける、単鉄筋長方形断面RCはりを考える。作用する荷重を P 、せん断スパンを a 、等モーメント区間を $2a$ 、はりの高さを h 、幅を b 、有効高さを d 、鉄筋の総断面積を A_s とする。このとき、以下の各問に答えよ。

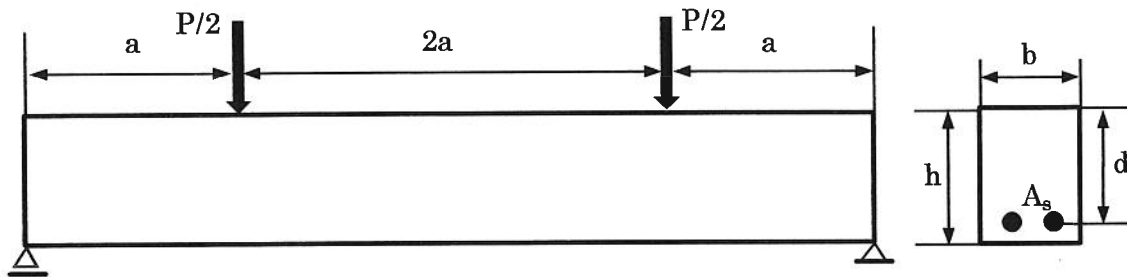


図1 2点対称荷重を受ける長方形断面RCはり

- (1) このはりの等モーメント区間に、初めて曲げひび割れが発生する際の荷重 P_{cr} を a , b , h , f_b を用いて表せ。ただし、 f_b はコンクリートの曲げ強度である。なお、鉄筋の影響は無視してよい。
- (2) $a=1000\text{mm}$, $b=200\text{mm}$, $h=500\text{mm}$, $f_b=4.5\text{ N/mm}^2$ である。このとき、 P_{cr} を計算し、 kN 単位で表せ。
- (3) 曲げひび割れ発生後、引張側の鉄筋が降伏するまでの段階の中立軸位置 (はりの圧縮縁から中立軸までの距離) x を n , A_s , b , d を用いて表せ。鉄筋はヤング係数 E_s の弾性体としてよい。また、コンクリートの引張抵抗は無視し、圧縮を受けるコンクリートはヤング係数 E_c の弾性体としてよい。なお、 n はヤング係数比 ($=E_s/E_c$) である。
- (4) $n=8$, $A_s=1600\text{mm}^2$, $d=400\text{mm}$ である。このときの x を計算し、 mm 単位で表せ。
- (5) 荷重 $P=160\text{kN}$ のときの等モーメント区間における引張鉄筋の平均応力 σ_s を計算し、 N/mm^2 単位で表せ。ただし、この荷重は上記(3)の段階にあるものとする。
- (6) このRCはり断面の曲げ引張側の詳細は図2に示す通りであり、鉄筋の直径は 32mm である。この場合の曲げひび割れ間隔 l が $l=5.4c$ で与えられるとき、等モーメント区間に発生する曲げひび割れの本数は何本程度となるか予測せよ。ただし、 c はかぶりである (図2)。

(次ページにつづく)

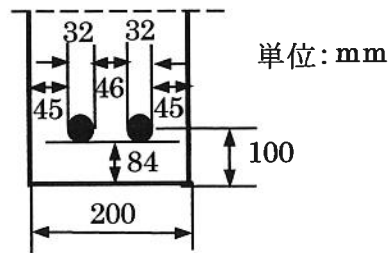


図2 RCはり断面の曲げ引張側の詳細

- (7) 荷重 $P=160\text{kN}$ の時の等モーメント区間における曲げひび割れ幅 w_{cr} が $w_{cr} = \varepsilon_s l$ で与えられるものとするとき、曲げひび割れ幅を計算し、 mm 単位で表せ。ただし、 ε_s は等モーメント区間における引張鉄筋の平均ひずみであり、鉄筋のヤング係数は $E_s=200\text{kN/mm}^2$ とする。
- (8) 実際に観察される曲げひび割れ幅は、(7)で求めたものよりも大きい場合がある。その相違をもたらす主たる要因は何か、10字程度で示せ。
- (9) この断面の曲げ破壊荷重 P_u を求め、 kN 単位で表せ。ただし、鉄筋は降伏強度 $f_y=400\text{N/mm}^2$ の完全弾塑性体とする。コンクリートの破壊ひずみは $\varepsilon'_{cu}=0.0035$ とする。コンクリートの圧縮強度は $f'_c=30\text{N/mm}^2$ とし、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。

土木計画学 1

1. A から F の 6 つの作業のリストが表 1 のように与えられている。

表 1 作業リスト

作業	先行作業	標準所要日数	特急所要日数	費用勾配 (万円/日)
A	なし	5	4	12
B	なし	7	5	8
C	A	3	2	18
D	A	4	3	10
E	B, C	9	8	13
F	D	6	4	7

- (1) 全体工程のアローダイヤグラムを作成し、標準所要日数のもとでのクリティカルパスと最短工期を求めよ。
- (2) より安い費用で、(1)で求めた最短工期よりさらに2日間の工期短縮を行いたい。そのときの追加費用を求めよ。

2. 費用便益分析に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 30年後に得られる50億円の便益を現在の価値に換算するといくらか。社会的割引率を年3%とした上で求めよ。なお、近似式 $(1+x)^n \approx 1+nx$ ($|x| \ll 1$ のとき) を用いて良い。
- (2) プロジェクトの開始から t 年目の1年間に生じる費用を c_t 、便益を b_t で表す。プロジェクト・ライフを T 年、社会的割引率(年)を r とし、プロジェクトの費用と便益の流列 c_1, c_2, \dots, c_T 及び b_1, b_2, \dots, b_T が与えられたとき、このプロジェクトの純現在価値と費用便益比をそれぞれ導出せよ。なお、(1)で示した近似は行わないこと。
- (3) 現実の土木計画において、費用便益分析を用いる際の課題を二つ挙げよ。また、それぞれの課題に対する対処方法を述べよ。(300字程度)

土木計画学 2

1. 単回帰分析について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 二つの確率変数 X, Y について、観測データ (x_n, y_n) が N 組($n = 1, 2, \dots, N$)得られているとする。
 X, Y に線形関係 $Y = \alpha + \beta X$ が仮定できるとき、パラメータ α, β を推定する方法を説明すること。
- (2) 地価と駅からの距離について、5 地点の観測データが表-1 のように得られたとき、地価を駅からの距離によって説明する線形モデルを推定すること。
- (3) 推定したモデルの妥当性を評価するための方法を説明すること。実際に計算する必要はない。

表-1 地価と駅からの距離の観測データ

観測地点	1	2	3	4	5
地価(万円/㎡)	4	5	1	2	3
駅からの距離(km)	3	1	5	4	2

- 2. システム最適配分について、以下の問いに答えなさい。ネットワーク構造は図-1 に示すように、単一の OD が重複のない K 本($k = 1, 2, \dots, K$)の平行経路で連結されているとし、経路 k の走行時間は当該経路の交通量 x_k の単調増加関数 $t_k(x_k)$ で表現できるとする。
- (1) ネットワーク全体の総走行時間を最小にするように OD 交通量 Q を経路に配分する最適化問題を定式化すること。
- (2) この最適化問題の解が満たすべき必要条件を述べること。
- (3) 経路数が 2 本で、それらの経路の走行時間関数がそれぞれ $t_1(x_1) = 1 + 2x_1, t_2(x_2) = 2 + x_2$ であるとする。OD 交通量が $Q = 5$ のとき、総走行時間を最小にする経路交通量を求めなさい。

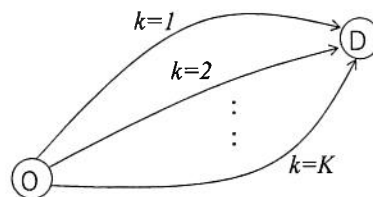


図-1 ネットワーク構造