

問題 2 1 離散数学 設問すべてについて解答すること。

I p, q, r を命題変数とする。論理式に関する次の (1), (2) の問いについて答えよ。

- (1) $\neg(p \wedge q) \wedge (p \rightarrow q)$ が充足可能であることを証明せよ。
- (2) $((p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow r)) \rightarrow (p \rightarrow r)$ がトートロジー (恒真) であることを証明せよ。

II 整数の集合 Z , ある正の整数 m (ただし $m > 1$) および任意の整数 $x, y \in Z$ について, $x - y$ が m で割り切れるとき, 「 x と y は m を法として合同」という。 Z における m を法とする合同関係を R_m とするとき, 次の (1) ~ (3) の問いについて答えよ。

- (1) 関係 R_m が同値関係であることを証明せよ。
- (2) 関係 R_m における同値類はいくつあるか答えよ。
- (3) 任意の二項関係 R について, $R^{-1} = \{(b, a) | (a, b) \in R\}$ と定義する。このとき, $R_m = R_m^{-1}$ であることを示せ。

III 木 (グラフ) に関する以下の全ての問いについて答えよ。

- (1) 木の定義「閉路を持たない単純で連結な無向グラフ」に基づき, 木 (頂点数 $n \geq 2$ とする) から辺を 1 本取り除くとグラフが連結でなくなることを証明せよ。
- (2) 頂点数 $n (n \geq 1)$ の木の辺の本数がちょうど $n - 1$ 本であることを証明せよ。
- (3) 次の条件 (i), (ii) のいずれかを満たす根付き木 T を 2 分木という。
 - (i) T はまったく頂点を持っていない。
 - (ii) T は, 根と, その子として左部分木と呼ばれる 2 分木, 右部分木と呼ばれる 2 分木を持つ。

次の (a) ~ (c) の問いについて答えよ。

- (a) 頂点数 $n (n \geq 1)$ の 2 分木の葉の最小数を答えよ。
- (b) 頂点数 $n (n \geq 1)$ の 2 分木の高さの最大値を答えよ。また, $n = 5$ の場合の高さが最大となる例を 3 つ図示せよ。
- (c) 頂点数 $n (n \geq 1)$ の 2 分木の高さの最小値を (漸近的記法 (オーダー記法) を用いずに) 答えよ。また, $n = 5$ の場合の高さが最小となる例を 3 つ図示せよ。

問題 2 2 情報科学 設問すべてについて解答すること。

I $g(n)$, $h(n)$, $j(n)$ をある非負関数とし, $g(n) = \Omega(n^2)$, $h(n) = \Theta(n^3)$, $j(n) = O(n^2)$ であるとする。
いま, 自然数上の関数 $f_1(n) \sim f_4(n)$ を以下のように定める。

1. $f_1(n) = 2^n$
2. $f_2(n) = n^2 + (\log n)^{10} + 1$
3. $f_3(n) = g(n) + h(n)$
4. $f_4(n) = g(n)/j(n)$

このとき, 以下の (1) ~ (3) は成立するか。各 $i \in \{1, 2, 3, 4\}$ について, 成立する, 成立しない, どちらともいえないの 3 通りから答えよ。ただし, どちらともいえないを選択した場合, その理由も述べること。

- (1) $f_i(n) = O(1)$
- (2) $f_i(n) = \Omega(n^3)$
- (3) $f_i(n) = \Theta(n^2)$

II 高々 N 個の整数値を格納するヒープを配列を用いて実現する。そのときの擬似コードを以下に示す。

<pre> int H[1..N]; int n=0; Heapify1(i) { if (i ≤ 1) { exit; } j = floor(i/2); if (H[i] > H[j]) { swap(H[i], H[j]); Heapify1(j); } } Heapify2(i) { if (2*i > n) { exit; } if (2*i < n) { j = max(H[2*i], H[2*i+1]); } else { j = 2*i; } if (H[j] > H[i]) { swap(H[i], H[j]); Heapify2(j); } } </pre>	<pre> Insert(v) { if (n ≥ N) { exit; } n = n + 1; (a) } Delete() { if (n == 0) { exit; } (b) n = n - 1; } Changekey(i, v) { if (i > n) { exit; } (c) } </pre>
--	--

なお, 上記の擬似コードで使われている関数 floor , max , swap はそれぞれ以下のような処理を行うものとする。

- $\text{floor}(x)$: 実数値 x の小数点以下を切り捨てた値を返す。
- $\text{max}(H[i], H[j])$: $H[i], H[j]$ のうち、大きい方に対応する添字を返す。
- $\text{swap}(x, y)$: 2 つの変数 x, y の値を入れ替える。

このとき、次の (1) ~ (3) の問いについて答えよ。

- (1) $H[1]$ にはどのような値が格納されているか説明せよ。
- (2) 手続き $\text{Insert}(v)$, $\text{Delete}()$, $\text{Changekey}(i, v)$ はそれぞれ以下の処理を行う。
 - $\text{Insert}(v)$: 値 v をヒープに追加する。
 - $\text{Delete}()$: $H[1]$ の値を削除し、ヒープを再構成する。
 - $\text{Changekey}(i, v)$: 配列 H 中の i 番目の要素を v に変更し、ヒープを再構成する。

上記の処理を実現するように、擬似コード中の空欄(a), (b), (c)を埋めよ。ただし、各欄に埋める命令は一文とは限らない。

- (3) $x \leq n$ であるような x について $\text{Heapify1}(x)$ を実行した場合の最悪時実行時間を、 x の関数としてオーダ記法 (漸近的記法) を用いて書け。答だけではなく、導出理由も併せて述べること。

III 次の (1) ~ (4) の問いについて答えよ。

- (1) $\Sigma = \{a, b\}$ 上の正規表現 $(a+b)^*(ab)(ab)^*$ により表現される言語を L とする。以下の語のうち、 L に属するものをすべて列挙せよ。

abaab ababba aaaab abbbb ab

- (2) (1) で定義した言語 L を受理する、 ϵ 規則を含まない非決定性有限オートマトンを図示せよ。
- (3) (1) で定義した言語 L を受理する正規文法を書け。
- (4) L_1, L_2 をアルファベット $\Sigma = \{a, b\}$ 上の任意の正規言語とし、 $M_1 = (Q_1, \Sigma, \delta_1, q_1, F_1)$, $M_2 = (Q_2, \Sigma, \delta_2, q_2, F_2)$ をそれぞれ L_1, L_2 を受理する決定性有限オートマトンとする。今、言語 $L_1 \cap L_2$ を受理する決定性有限オートマトン M を構成することを考える。 $M = (Q, \Sigma, \delta, q, F)$ としたとき、 Q, δ, q, F はどのように定めれば良いか示せ。なお、 Q_1, Q_2, Q は状態集合、 $\delta_1, \delta_2, \delta$ は遷移関数、 q_1, q_2, q は初期状態、 F_1, F_2, F は終了状態の集合をそれぞれ表す。

問題 2 3 情報理論 設問すべてについて解答すること。

I X は $\{0,1,2\}$, Y は $\{0,1\}$ の値を取る確率変数であり, その同時分布 $P_{XY}(x,y)$ は次の関係を満たすものとする。

$$P_{XY}(1,0) = P_{XY}(1,1) = \frac{1}{6}$$

$$P_{XY}(0,0) = 2P_{XY}(0,1) = 4P_{XY}(2,1)$$

$$P_{XY}(2,0) = 5P_{XY}(2,1)$$

このとき次の (1) ~ (5) の問いについて答えよ。導出過程も簡潔に示すこと。ただし, 解答においては最も簡約化した形で答えを示すこと。ここで簡約化とは, 分数に関しては既約形, 対数に関しては最も簡単な形 (例: $\log_2 6 \rightarrow 1 + \log_2 3$) に変形することを指す。

- (1) $P_{XY}(0,0)$ を求めよ。
- (2) エントロピー $H(X)$ を求めよ。
- (3) X の実現値が与えられたときのエントロピー $H(Y|X=0)$, $H(Y|X=1)$, $H(Y|X=2)$ をそれぞれ求めよ。
- (4) 条件付エントロピー $H(Y|X)$ を求めよ。
- (5) 相互情報量 (平均相互情報量) $I(X;Y)$ を求めよ。

II 定常無記憶情報源 S の情報源アルファベットは $A = \{1, 2, \dots, n\}$ である。ここで, n は 2 以上の整数である。以下では, 情報源 S からの出力を確率変数 X で表す。情報源シンボルの生起確率 (確率変数 X の確率分布) は

$$P_X(i) = \begin{cases} \frac{1}{2} + \alpha(n), & i=1 \\ 2^{-i}, & i \in \{2, 3, \dots, n\} \end{cases}$$

と与えられる。ここで $\alpha(n)$ は n の関数である。次の (1) ~ (4) の問いについて答えよ。導出過程も簡潔に示すこと。

- (1) $\alpha(n)$ を具体的に求めよ。
- (2) シンボル $i \in A$ に対して, 関数 $\ell(i)$ を $\ell(i) = \lceil -\log_2 P_X(i) \rceil$ と定める。ここで, 天井記号 $\lceil x \rceil$ は実数値 x 以上の最小の整数を意味する。 $\ell(1)$ の値 (整数) を求めよ。
- (3) 前問 (2) で与えられた $\ell(i)$ をシンボル $i \in A$ に対応する符号語長とする語頭符号 (プレフィックス符号) が存在することを示せ。
- (4) 前問 (3) で存在が保証された語頭符号の任意のひとつを C とする。情報源 S (または, 確率変数 X) のエントロピーを H とし, C の平均符号語長を L とするとき, $\lim_{n \rightarrow \infty} (L - H)$ を求めよ。

III 確率変数 X は送信シンボルを, 確率変数 Y は受信シンボルを表す。また, X と Y は, アルファベット $A = \{1, 2, 3\}$ に含まれる値を実現値として取る。通信路行列 W は

$$W = \begin{pmatrix} 1-p & p & 0 \\ 0 & 1-p & p \\ p & 0 & 1-p \end{pmatrix}.$$

と定義される。ここで, p は $0 \leq p \leq 1$ を満たす実数である。なお, 通信路行列 W の i 行 j 列成分 $W_{i,j}$ は, $W_{i,j} = P_{Y|X}(j|i)$ ($i, j \in A$) であり条件付確率を表す。通信路行列 W により定義される 3 元入力 3 元出力の定常無記憶通信路について次の (1) ~ (3) の問いについて答えよ。導出過程も簡潔に示すこと。

- (1) 送信シンボルの生起確率 (確率変数 X の周辺分布) を $P_X(i) = 1/3$ ($i \in A$) とする。そのときの Y のエントロピー $H(Y)$ を求めよ。
- (2) 送信シンボルが i ($i \in A$) であったときの Y のエントロピー $H(Y|X=i)$ を求めよ。
- (3) この通信路の通信路容量 $C(W)$ を求めよ。

問題 2 4 A [情報ネットワーク], B [知能科学], C [メディア情報処理]

A, B または C の設問のいずれかを選択して解答し, 解答用紙の選択記号欄に, 選択した A, B または C の記号を記入すること。

A [情報ネットワーク] 設問すべてについて解答すること。

I 送信端末が生成した 3000 バイトのユーザデータを UDP で送信する場合を考える。送信端末の UDP モジュールは 3000 バイトのペイロードを持つ UDP ユーザデータグラムを生成し, IP モジュールに渡す。IP モジュールでは, この UDP ユーザデータグラムをペイロードとした一つの IP データグラムを生成する。IP は version 4 (IPv4) である。この IP データグラムが, 様々なネットワークを経由して宛先アドレスを持つ端末まで届けられる。UDP ヘッダ長は 8 バイト, IP ヘッダ長は 20 バイトであり, ヘッダオプションは用いない。このとき, 次の (1) ~ (3) の問いについて答えよ。

(1) 送信端末が生成する IP データグラムについて, IP ヘッダに含まれる Total Length (TL), Identification (ID), More Fragment (MF), Fragment Offset (FO) の値を, 下記の例に従って記述すること。ただし, ID の値は自由に割り当ててよい。なお, IPv4 では, FO は 8 バイト単位で記述されることに留意すること。

(記述例) 第 n 番目の IP データグラム (TL=100, ID=50, MF=1, FO=10)

(2) 上記 (1) の IP データグラムが最大 IP データグラム長 1020 バイトのネットワークを経由したとする。このネットワーク上で IP データグラムはどのように分割されるか。上記 (1) での記述例にしたがって, 生じるすべての IP データグラムを記せ。

(3) 上記 (2) で生じた IP データグラムが, さらに最大 IP データグラム長が 824 バイトであるネットワークを経由する場合, このネットワーク上で IP データグラムはどのように分割されるか。上記 (1) での記述例にしたがって, 生じるすべての IP データグラムを記せ。

II 伝送速度 128kbps (bps: bit/second) の全二重通信回線を用いて, 端末 A から端末 B へデータを 1 方向に伝送する。端末 A と端末 B との間の片道伝搬遅延を 270msec とする。データは 1440 バイト毎に分割されて伝送される。この分割されたデータをフレームと呼ぶ。データの伝送において, 誤り制御として ARQ 方式が, フロー制御としてウィンドウフロー制御方式が用いられる。ARQ 方式における受信側より返される送達確認 (ACK) の大きさを 160 バイトとし, ACK の作成にかかる時間は無視できるものとする。また, 通信回線上では誤りが発生しないものとする。このとき, 次の (1) ~ (3) の問いについて答えよ。ただし, 1 バイトは 8 ビットであるとする。

(1) 端末 A において 1 フレームの送出にかかる時間を求めよ。

(2) 端末 A が一つのフレームを送信開始してから, そのフレームに対する ACK を受信完了するまでにかかる時間を求めよ。

(3) ウィンドウサイズ 1, 5, 10 (単位はフレーム) に対する, 端末 A から端末 B へ送られるデータの最大スループットは何 kbps となるか求めよ。

Ⅲ 次の(1)～(3)の問いについて答えよ。

- (1) MAC プロトコルの種類として、固定割当方式、ランダムアクセス方式、要求割当方式がある。
これらの方式がそれぞれどのようなものであるかを説明せよ。また、固定割当方式、ランダムアクセス方式が用いられているプロトコルの例を、各方式一つずつ挙げよ。
- (2) 入力および出力インタフェースを一つずつ持ち、一つの処理装置と十分大きな処理待ちのためのバッファを持つルータに、1秒あたり100000個のパケットがランダムに到着する。このルータにおけるパケットの平均遅延（ルータに入力されてから出力されるまでの時間の平均）が10マイクロ秒、ルータの処理装置での平均パケット処理時間が5マイクロ秒であったときに、このルータでパケット処理待ちにより発生している行列の平均長を求めよ。
- (3) 長さ32ビットのIPv4アドレスとして、クラスCのグローバルアドレスが割り当てられたネットワークがあるときに、次の(ア)、(イ)の問いについて答えよ。
 - (ア) クラスCのIPv4アドレスにおけるネットワーク番号部、ホスト番号部の長さはそれぞれ何ビットであるか答えよ。ただし、クラスを識別するためのビット列は、ネットワーク番号部には含まない。
 - (イ) このネットワーク内に6個のサブネットワークを作り、一つのサブネットワークあたり28台のホスト（IP端末）を接続したい。このとき、サブネットマスク値をどのように設定すればよいか示せ。なお、サブネットマスクの値は、8ビットずつ四つに区切り、それぞれを10進数表示し、各数字の間にピリオドを入れる表記法（例：192.168.10.1）で示すこと。

B [知能科学] 設問すべてについて解答すること。

I 次の(1)～(5)の問いについて答えよ。

覆面算とは、与えられた式を満たすように各記号に値を割当てて問題である。各記号には0～9の整数値を割当て、異なる記号には異なる数を割当てなければならない。

例えば、以下の例における左側の問が式として成立するような記号への値の割当は、例の右側の解のようにすればよい。

例	問)	A	解)	1
	+	B	+	9
		AC		10

ここで、以下の覆面算を解くための探索手法について考える。

SEND
+ MORE

MONEY

- (1) 横型探索(幅優先探索)、および、縦型探索(深さ優先探索)のそれぞれの長所を合計100文字程度で答えよ。
- (2) 与えられた覆面算を探索問題として定式化すること、および、定式化された探索問題を高速に解くための方策について、300文字程度で論じよ。
- (3) 分岐数10、深さ8の探索木を考える。ここでは、ルートの深さを0とする。この探索木を横型探索(幅優先探索)で探索する際のオープンリストの最大長を答えよ。
- (4) この覆面算を解くのに横型探索、もしくは、縦型探索のどちらが適切かをその理由と共に100文字程度で答えよ。
- (5) AアルゴリズムおよびA*アルゴリズムについて200文字程度で説明せよ。
特に、AアルゴリズムとA*アルゴリズムの差異について説明すること。

II 次の(1)～(2)の問いについて答えよ。

次のようなゲームについて考える。2人のプレイヤーが、5個の石からいくつかの石を交互に取り合い、最後に残った石を取ったプレイヤーを負けとする。ただし、各プレイヤーが、一度に取ることが可能な石の数は、1個以上3個以下とする。

(1) このゲームの完全ゲーム木を図示せよ。

ただし、AND ノードを□で表し、OR ノードを○で表すこと。

(2) 互いが最善の選択を行い続けた場合、このゲームが次のいずれに該当するかを証明せよ。

先手必勝	後手必勝	引き分け	わからない
------	------	------	-------

III 次の(1)～(3)の問いについて答えよ。

次の制約充足問題について考える。

$$V = \{x, y, z\}$$

$$D(x) = D(y) = D(z) = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$C = \{x < y, y < z, z > x\}$$

ただし、 V は変数の集合、 D は各変数の領域、 C は制約の集合を表すものとする。

(1) バックトラック法による探索木を図示せよ。ノードには訪問順序を記すこと。

ここで、変数の探索順を x, y, z とし、値の割当て順を $1, 2, 3, 4$ とする。

また、最初の解が見つかった時点で探索を停止するものとする。

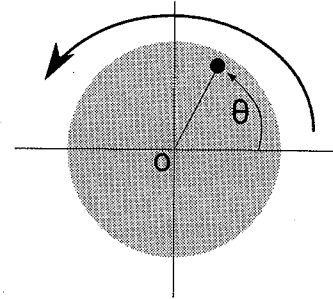
(2) この制約充足問題の制約ネットワークを図示せよ。

(3) (2) で答えた制約ネットワークをアーク無矛盾に変換せよ。

ただし、変換の過程を示すこと。

C [メディア情報処理] 設問すべてについて解答すること。

- I 右図のように縁に目印のある円盤を、反時計回りに自転させる装置がある。この円盤を止めたり、時計回りに回転させたりすることはできないが、反時計回りの回転速度を遅くしたり速くしたりすることはできる。この円盤が回転する様子を、固定ビデオカメラで、時刻 $t=0$ から毎秒 30 枚の速度で写真に記録する。時刻 t における目印の位置は、円盤の回転中心を原点とする極座標系の角度 $\theta(t)$ [ラジアン] で表す。撮影された画像を用



いると、各撮影時刻における目印の位置 $\theta(t)$ は、 $0 \leq \theta(t) < 2\pi$ の範囲で反時計回りに正確に計測できると仮定する。写真が撮影される時間間隔は $\Delta=1/30$ [秒] で表し、連続する 2 枚のビデオ画像を用いて観測される円盤の位置の変化量を $\delta_\theta(t)=\theta(t)-\theta(t-\Delta)$ [ラジアン] で表す。円盤の実際の回転速度を、1 秒間に何回転しているかを表す量 $r(>0)$ [回転/秒] で表すことにし、以下の問いに答えよ。

- (1) 周期 $1/30$ 秒のサンプリングに対するナイキスト周波数を答えよ。
- (2) 円盤が実際には一定の速度 $r>0$ [回転/秒] で回転していたにも関わらず、連続する 2 枚の画像で観測された目印の位置の変化量は、常に $\delta_\theta(t)=0$ [ラジアン] であった。このとき、ビデオ画像中では、円盤は止まって見えることになる。 $\delta_\theta(t)=0$ となる $r>0$ [回転/秒] を一般に求めよ。
- (3) 円盤が一定の速度 r [回転/秒] で回転している。ある時刻 $t=t_0$ に観測された目印の位置の変化量は $\delta_\theta(t_0)=\pi/5$ [ラジアン] であった。このときの、ビデオ画像で観測される、円盤の見かけの回転速度 \hat{r} [回転/秒] を記せ。ところで、ビデオ画像上の見かけの回転速度が同一になるような、実際の円盤の回転速度は複数存在する。 $\delta_\theta(t_0)=\pi/5$ [ラジアン] となる、円盤の実際の回転速度 r [回転/秒] を一般に求めよ。
- (4) 円盤が一定の回転速度 r [回転/秒] で回転している。ある時刻 $t=t_0$ に円盤の目印の変化速度を、ビデオ画像を用いて観測したところ、 $\delta_\theta(t_0)=9\pi/5$ [ラジアン] であった。このとき、ビデオ画像では円盤は時計回りに回転しているように観測される。ビデオ画像で観測される円盤の見かけの回転速度 \hat{r} [回転/秒] を記せ。ただし、観測される回転が時計回りのとき、 \hat{r} の値は負であるとする。
- (5) 円盤が一定の速度 r [回転/秒] で回転している。ビデオ画像で円盤が時計回りに観測される、円盤の実際の回転速度 $r(>0)$ [回転/秒] に関する条件を一般に明示せよ。

- II サンプリング周波数が 40kHz の離散時間線形システムの入力を $x[n]$ 、出力を $y[n]$ で表す。入力される信号の周波数はナイキスト周波数より高い成分を含まないとする。今、入出力の関係は非負の実係数 a を用いて、 $y[n]=x[n]-a \cdot x[n-1]+x[n-2]$ で表されている。このシステムについて以下の問いに答えよ。

- (1) このシステムの伝達関数 $H(z)$ を求めよ。

- (2) $a=0$ のときのインパルス応答 $y_0[n]$ を $n=0,1,2,3,4,5$ の範囲で、グラフで表示せよ。ただし、インパルス信号 $x_0[n]$ の値は $n=0$ のときに 1 であり、それ以外で 0 である。
- (3) $a=0$ のとき、十分大きな n に対して出力が一定値 $y[n]=0$ となった。入力信号 $x[n]$ が正弦波であったとして、その周波数を求めよ。ただし、周波数の値は正とする。
- (4) このシステムに 5kHz の正弦波を入力したとき、十分大きな n に対して出力が一定値 $y[n]=0$ となった。係数 a を求めよ。

III 次式で与えられる関数 $\phi(t)$ がある。

$$\phi(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t < 1, \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

整数 $n (n \geq 0)$ と j を添え字とする関数 $\phi_{n,j}(t)$ は、上記関数 $\phi(t)$ を用いて次式のように定義される。

$$\phi_{n,j}(t) = a_n^{-1/2} \phi\left(\frac{t - b_{n,j}}{a_n}\right).$$

ここで、 $a_n = 2^n$ 、 $b_n = 2^n j$ である。連続な入力信号 $f(t)$ に対して、 $F(n, j) = f(t) * \phi_{n,j}(t)$ を定める。ただし、記号「 $*$ 」は畳み込みを表す。また、 $G(n+1, j) = 2^{-1/2} [F(n, 2j) - F(n, 2j+1)]$ とする。以下の問いに答えよ。

- (1) $\phi_{n,j}(t)$ 、 $\phi_{n,j+1}(t)$ 、 $\phi_{n+1,j}(t)$ のグラフを、それぞれ描け。
- (2) $\phi_{n+1,j}(t)$ を $\phi_{n,2j}(t)$ と $\phi_{n,2j+1}(t)$ を用いて表せ。また、 $F(n+1, j)$ を $F(n, 2j)$ と $F(n, 2j+1)$ を用いて表せ。
- (3) $n=0$ で、 $F(0,0)$ から $F(0,7)$ の値が順に 4, 3, 2, 1, 1, 2, 3, 4 である。 $F(3,0)$ と $G(3,0)$ を求めよ。

問題 25 A[建築構造学], B[土木構造力学]

AまたはBの設問のどちらかを選択して解答し、解答用紙の選択記号欄に、選択したAまたはBの記号を記入すること。

A[建築構造学] 設問すべてについて解答すること。

I 図1に示す剛棒と軸ばねによる構造物を考える。図に示すように、節点Bはピン接合で、そこに軸ばねが連結されている。軸ばねのばね定数は K_S である。支点Cに作用する外力 P が P_{cr} に達すると、構造物は図2に示すように座屈する。座屈荷重 P_{cr} について調べるために、支点Aで剛棒が θ だけ回転したときの力の釣合いを考える。なお、この θ は $\sin\theta \cong \theta$ が成立する程度に小さい。以下の各問に答えなさい。

- (1) 図2の状態のとき、軸ばねに生じる力 F_S を求めなさい。
- (2) 図2の状態のとき、支点A, Cの鉛直反力 V_A, V_C を θ, K_S, L を用いて求めなさい。符号は上向きを+とする。
- (3) 座屈荷重 P_{cr} を求めなさい。

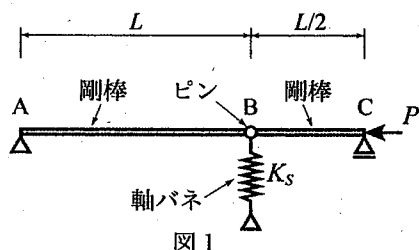


図1

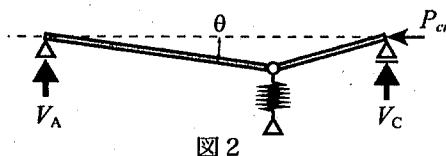


図2

II 図3(a), (b)に示す材料によって構成された梁を考える。図4(a)に梁の断面図を示す。曲げモーメントが作用する梁において、鉄筋がコンクリートより先に短期許容応力度に達し、短期許容曲げモーメント M に到達した。このとき、短期許容曲げモーメントに達した断面の歪度分布は図4(b)に示す状態であった。なお、鉄筋1本の断面積は 500mm^2 である。以下の各問に答えなさい。

- (1) 短期許容曲げモーメントに達したときの鉄筋に生じる引張力の合計 T_S を求めなさい。
- (2) 圧縮縁のコンクリートの応力度 σ_c を求めなさい。
- (3) 短期許容曲げモーメント M を求めなさい。

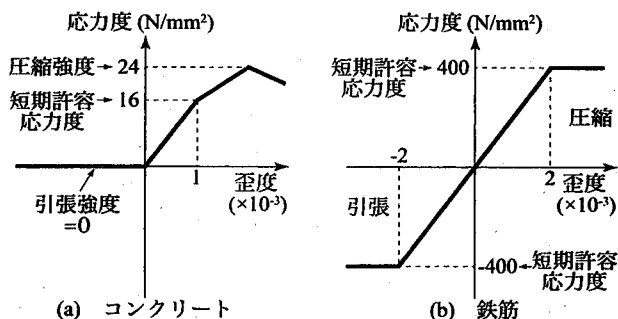


図3

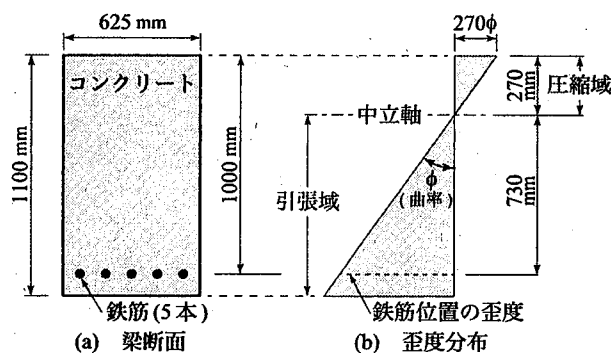


図4

B[土木構造力学] 設問すべてについて解答すること。

I 次の(1)～(4)の問いについて答えよ。

(1) 図1のようなスパン L の単純支持はり AB を考える。左の支承から $L/3$ 離れたはり上の点 C の曲げモーメントとせん断力の影響線を求めよ。なお、曲げモーメント、せん断力については図2の矢印の方向を正とする。

(2) 等分布移動荷重 q を載荷する場合、点 C の曲げモーメントとせん断力がそれぞれ最大となる載荷状態(等分布移動荷重 q の載荷範囲)を求めるとともに、曲げモーメントとせん断力の最大値を計算せよ。

(3) 等分布移動荷重 q と1個の集中移動荷重 $Q(=qL)$ が作用する場合において、点 C に最大たわみが生じる場合の載荷状態(等分布移動荷重 q の載荷範囲と集中移動荷重 Q の載荷位置)とたわみの最大値を、点 C に関する次式で表されるたわみの影響線 $v(x)$ を用いて求めよ。なお、たわみは下向きを正とする。

$$0 \leq x \leq \frac{L}{3} \text{ のとき } v(x) = \frac{1}{9EI} x \left(\frac{5}{9} L^2 - x^2 \right)$$

$$\frac{L}{3} \leq x \leq L \text{ のとき } v(x) = \frac{1}{6EI} \frac{L}{3} \left(1 - \frac{x}{L} \right) \left(2xL - x^2 - \frac{L^2}{9} \right)$$

(4) 図3のように単純支持はり AB の点 C に可動ヒンジ支承を追加することを考える。このときの可動ヒンジ支承の反力の影響線を(3)で示したたわみの影響線を利用して求めよ。

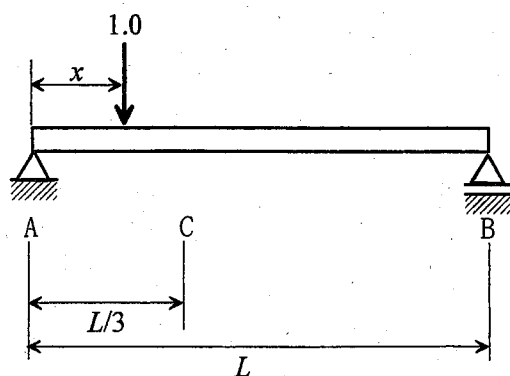


図1

【次ページに続く】

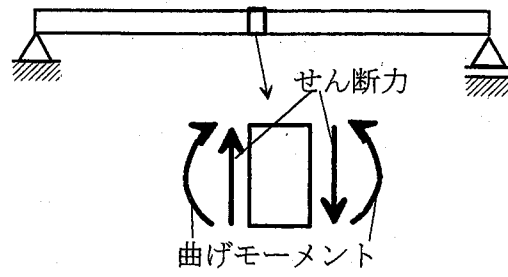


図 2

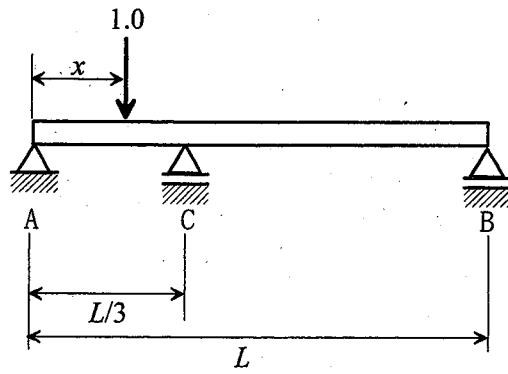


図 3

問題 26 A[建築環境・設備], B[環境水理学]

AまたはBの設問のどちらかを選択して解答し、解答用紙の選択記号欄に、選択したAまたはBの記号を記入すること。

A[建築環境・設備] 設問すべてについて解答すること。

I (1)～(4)の光源について、(a)～(d)の発光原理、および、(ア)～(エ)の関連項目を各1回使用して最も適当な組合せを作りなさい。

なお、解答は(1)－(a)－(ア)のように記述しなさい。

光源	発光原理	関連項目
(1) LED	(a) 放電発光	(ア) 演色性が高い・短寿命
(2) ハロゲンランプ	(b) 放電発光・フォトリミネセンス	(イ) 高効率・演色性が低い
(3) 高圧ナトリウムランプ	(c) 電界発光	(ウ) 全般照明・高周波点灯
(4) Hf蛍光ランプ	(d) 熱放射	(エ) 長寿命・指向性が強い

II 次の(1)～(3)の問いに答えなさい。なお、必要な物理量は定義して用いること。

(1) ある部屋の比エンタルピー h をこの部屋の室温 t [°C] と絶対湿度 x [kg/kg(DA)] を用いて記述し、その単位も示しなさい。

(2) ある部屋の壁を透過する音の強さのレベル PL_t を壁の音響エネルギー透過率 τ と入射音の強さ I [W/m²] を用いて記述し、その単位も示しなさい。

(3) 日本のある地点の真太陽時 T を日本標準時 T_s を用いて記述しなさい。

III 建築環境・設備に関する(1)～(10)の測定量、特性値などの単位を記しなさい。

(1) 色温度	(6) ラウドネスレベル
(2) 光度	(7) 等価騒音レベル
(3) 熱貫流率	(8) 残響時間
(4) 容積比熱	(9) 夜間放射
(5) 湿気貫流率	(10) PAL

B[環境水理学] 設問すべてについて解答すること。

I 下記の文中の〔 〕に共通して入る漢字2文字は何か? 答えよ。

パナマ運河は、1914年に開通し、もうすぐ100年を迎える。太平洋とカリブ海を結ぶ開門式の運河である。また、パナマ運河を航行できる船の最大のサイズをパナマックスと名付けられている点からも、世界の物流の要であることがわかる。現在、運河拡張工事が行われ、2014年の竣工を予定している。なお、2014年は、〔 〕学会(Japan Society of Civil Engineers)の100周年にもあたり、それぞれの歴史がちょうど重なる。また、米国〔 〕学会(American Society of Civil Engineers)により、パナマ運河は20世紀の10大プロジェクトの1つとして選ばれている。パナマ運河建設に携わった技術者の1人である青山士(あおやま あきら)氏は、帰国後、信濃川大河津分水路の改修工事を完成。その後、内務技監および第23代〔 〕学会会長を務めた。太平洋戦争中に、パナマ運河の破壊計画を海軍から相談された時、「私は造ることは知っているが、壊し方は知らない」と青山氏が答えたと伝えられる。〔 〕技術者としての青山氏の気丈さがわかる逸話であろう。

II パナマ運河の実際の構造は複雑である。図-1のように簡略化した水槽を考える。

水槽AおよびBの間の隔壁にオリフィスが開口している。それぞれの水槽の水面の面積をAおよびBとし、オリフィスの断面積をSとする。また、それぞれの水槽の水面の高さを x_A および x_B と表せば、水位差 $h(=x_B-x_A \geq 0)$ となる。以下の問いに答えよ。

- 1) オリフィスを通過する流量 Q は、水位差 h の時、いくらとなるか? ただし、流量係数を C とする。
- 2) 水槽Aにおける水位の上昇速度 dx_A/dt を流量 Q を用いて表せ。また、同様に、水槽Bにおける水位の上昇速度 dx_B/dt を流量 Q を用いて表せ(符号の正負に注意せよ)。
- 3) 水位差の変化速度 $dh/dt(=dx_B/dt-dx_A/dt)$ を積分することにより、水位差が $h=9\text{m}$ から $h=0\text{m}$ (水位差無し)となるまでに必要な時間を求めよ。なお、それぞれの水槽は、幅 $W=35\text{m}$ で共通であり、水槽Aの長さは $l_A=300\text{m}$ 、水槽Bの長さは $l_B=500\text{m}$ とし、オリフィスの断面積 $S=5\text{m}^2$ 、流量係数 $C=0.6$ とする。なお、 $\sqrt{2g} \approx 4.43$ とせよ(g は重力加速度)。

III 下記の文中の〔 〕に共通する漢字3文字を答えよ。また、図-2の斜面上に現れる水面形を描け。

日本には多くの水の都があり、堀川、新堀川、中川を有する〔 〕市もその1つと知られる。堀川および新堀川は、潮の干満の影響を受けるため、満潮時に橋の下を通過できなくなり、物流に支障が生じた。1931年に開通した中川運河は、パナマ運河と同様、開門で〔 〕港と仕切られるため、潮の影響を受けないことが利点である。その後、松重開門が完成し、堀川との連絡も可能になると物流の利便性は飛躍的に向上した。その後30余年、物流の形態が船舶からトラック輸送へと移行し、1968年に使用を停止した。松重開門は〔 〕の名所として市民に親しまれており、市指定有形文化財として永久保存されることになった。新幹線の車窓からも眺めることができる。

ゲートを通過する流れを考えよう。勾配 $I=0.01$ 、粗度係数 $n=0.02$ の斜面上に、図-2に示すとおり、ゲートの先端が斜面上0.6mの高さにある。この時、単位幅流量 $q=3.375\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ の水量が流れている場合に、どのような水面形となるか? その概略図を示せ。斜面は十分に長いものとし、斜面の下手に、高さ1.7mの堰が設けられている。また、限界水深を求める際には、エネルギー補正係数は $\alpha=1$ とせよ。なお、解答にあたっては、どのように水面形が求められたのかがわかるように、説明を付すこと。計算にあたって、以下の値を用いてよい。

$$g^{1/3} \approx 2.14, 3.375 = (1.5)^3, (0.675)^{-5/3} \approx 1.925, (0.675)^{3/5} \approx 0.790, (0.675)^{5/3} \approx 0.519$$

【次ページに続く】

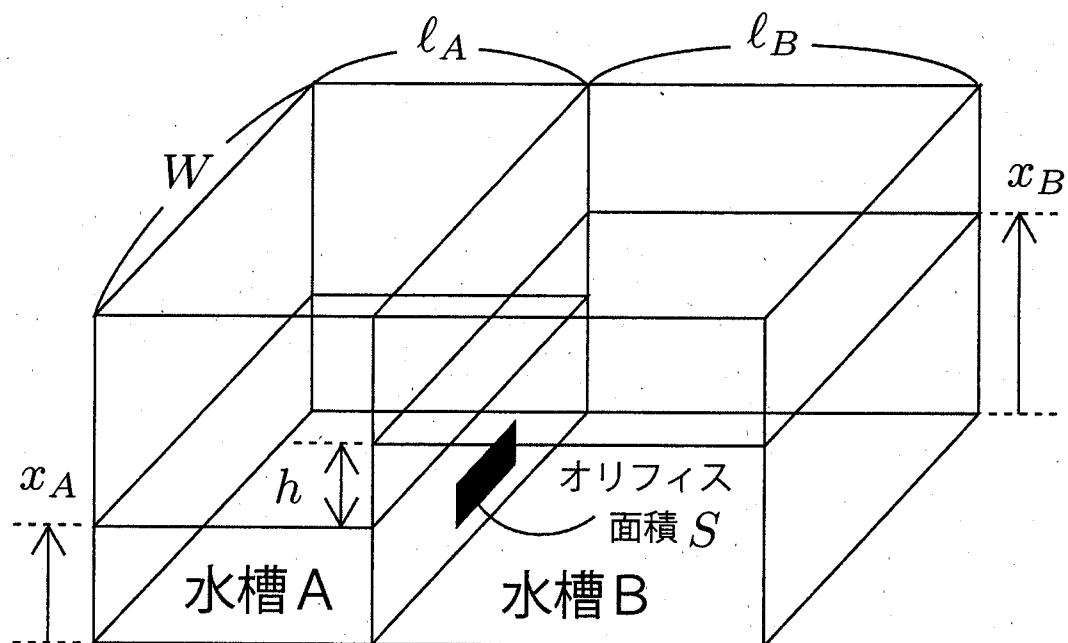


図-1 簡略した水槽

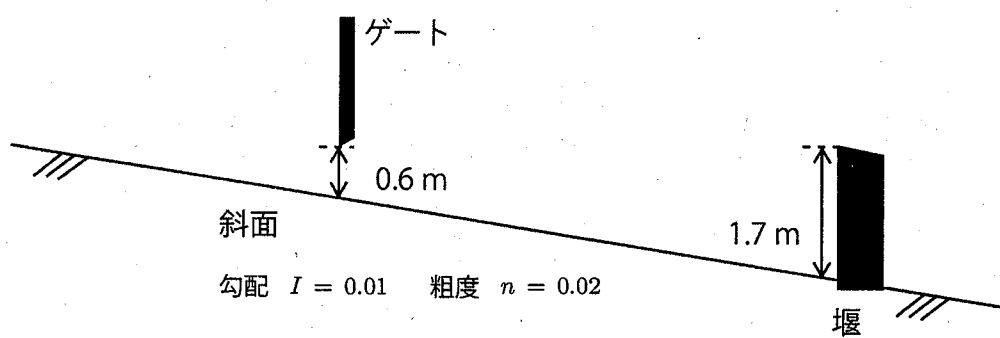


図-2 ゲート，斜面および堰

問題 27 A[建築・都市計画], B[社会基盤計画]

AまたはBの設問のどちらかを選択して解答し、解答用紙の選択記号欄に、選択したAまたはBの記号を記入すること。

A[建築・都市計画] Iについては設問すべてについて解答せよ。IIについては(1), (2)のどちらか一つについて解答せよ。その際、Iには解答用紙の表面に(1)～(6)の間番号を記入し、IIには解答用紙の裏面に(1)または(2)の記号を記入せよ。なお、(2)では(a)～(h)のすべての問いについて解答せよ。

I

(1) ①群の各語句に対応する②群の人名を一つ選び、その記号対を記しなさい。

①群

1. 「工業都市」
2. ワシントンDC
3. シャンディガール
4. ハムステッド田園郊外

②群

- a. ル・コルビュジエ
- b. ルシオ・コスタとオスカー・ニーマイヤー
- c. エベネザー・ハワード
- d. トニー・ガルニエ
- e. レイモンド・アンウィンとバリー・パーカー
- f. ピエール・シャルル・ランファン

(2) 集合住宅計画において「隣棟間隔」はどのような観点で重要か、2～3行で説明しなさい。

(3) 施設利用の予測モデルである「重力モデル」とはいかなるものか、2～3行で説明しなさい。

(4) 建築・都市計画の研究でよく用いられる「ブレインストーミング」とは何か、2～3行で説明しなさい。

(5) 建築計画における「食寝分離」とは何か、2～3行で説明しなさい。

(6) ①群の各建築に対応する②群の設計者を一つ選び、その記号対を記しなさい。②群に正しい設計者がなければ、正しい設計者の名前を記しなさい。

①群

1. ボストンのMITペーカーハウス (アメリカ)
2. リヨンのTGVリヨン空港駅 (フランス)
3. 東京の東京カテドラル聖マリア大聖堂 (日本)
4. オハイオのオハイオ州立大学・ウェクスナー芸術センター (アメリカ)
5. 三重の海の博物館 (日本)

②群

- | | |
|------------------|----------------|
| a. アルヴァ・アアルト | d. ピーター・アイゼンマン |
| b. 丹下健三 | e. 内藤廣 |
| c. サンティアゴ・カラトラヴァ | |

II

- (1) 次の条件による、週末住宅の略設計を行い、解答用紙の裏面に、1階平面図兼配置図、2階平面図（それぞれ縮尺約100分の1）を描きなさい。

敷地：東西が14m、南北が20m、西辺に幅員6mの隣接道路をもつ平坦な敷地。周辺は風光明媚な別荘地で、西側の隣接道路越しに海が広がる。駐車スペース2台分は敷地外に借りるので計画する必要はなし。

家族構成：40代後半の夫婦、長女8才、二女5才、三女3才。

延床面積：100㎡前後（建蔽率60%、容積率100%）。

構造：木造、または鉄筋コンクリート壁構造、2階建て。

図面：作図はフリーハンドとし、スケールは使わない。原則として鉛筆仕上げ、部分的な色鉛筆、インキングも認めるが大きな採点対象ではない。木造の場合、柱の位置がわかるようにする。コンクリート壁は塗りつぶさない（薄塗りは可）。基本寸法、室名、家具、樹木等の描き込みをできるだけする。

採点の基本方針：基礎的な計画力、技術力、表現力を見るのが基本であるが、独創性を付加的なものとして評価する。

- (2) 次の文章の内容が正しければ○、誤りがあれば×を記すとともに、下線部を変更して正しい内容の文にしなさい。

(a) 関東大震災では、本所被服廠跡地において約4万人の焼死者を出した。

(b) わが国の世帯数は、2005年から2010年にかけて減少した。

(c) 中央業務地区の略称をCIAと称する。

(d) 近隣公園の誘致距離は、500mとされる。

(e) バージェスの同心円モデルに対して、扇形モデルを論じたのはホワイトである。

(f) 1964年、ローリーはピッツバーグ都市圏を対象として人口変動のシミュレーションモデルを開発した。

(g) 事業採算リスクを考慮して容積率を使い切らない再開発プロジェクトは、「身の上」の再開発と呼ばれることがある。

(h) 面積1ヘクタールは、1:2500の地図上では15平方センチメートルとなる。

B [社会基盤計画] 設問すべてについて解答すること。

I OD 交通量 (分布交通量) の将来 OD 表が与えられている。以下の問いに答えよ。

- 1) 表中の A, B, C, D 欄の交通量の数値を求めよ。
- 2) D は何交通量と呼ばれているか。またその意味を説明せよ。また OD 交通量の予測計算においてこれはどのような役割をするか答えよ。
- 3) このような OD 交通量を求める方法として次式で示す重力モデルがよく使われる。

将来 OD 表 (単位: 万トリップ)

		到着地ゾーン			将来発生交通量
		1	2	3	
出発地ゾーン	1	30	50	20	100
	2	40	60	30	A
	3	10	20	B	50
将来集中交通量		80	C	70	D

$$X_{ij} = K \frac{U_i^\alpha V_j^\beta}{D_{ij}^\gamma}$$

ここに, K, α , β , γ : パラメータ

X_{ij} : i ゾーンからの j ゾーンへの将来 OD 交通量

U_i : i ゾーンからの将来発生交通量

V_j : j ゾーンへの将来集中交通量

D_{ij} : ij 間の将来所要時間 (分)

この式の X_{ij} , U_i , V_j , D_{ij} の変数間で仮定されている重要な比例 (または反比例) 関係を説明せよ。また, 他の OD 交通量予測モデルである現在パターン法と比較して, 重力モデルを利用した方がよい場合はどのような場合か簡単に説明せよ。

4) 表の出発地ゾーン 1 から到着地ゾーン 3 への将来所要時間は 36 分になるとして仮定されていた。しかし, 計画が変更されて, この OD 間の将来所要時間は 25 分に短縮されることになった。OD 交通量予測における収束計算は考慮せず, この重力モデルを単純に 1 回だけ利用するとき, この計画変更後のゾーン 1 から 3 への OD 交通量はいくらになるか求めよ。このとき, 重力モデルの右辺のパラメータは計画変更前後で変わらないとし, パラメータ $\gamma = 1/2$ とする。また, 将来発生交通量と将来集中交通量も表の値で計画変更前後で変わらないとする。解答には計算式を明記すること。

II 料金所の一つの窓口で, 5 分間に平均 15 台の車の流入に対応できる都市高速道路の入口料金所がある。この窓口一つの状態で車が 5 分間に平均 12 台到着する時, 下記の問いに答えよ。なお, このシステムは, ポアソン到着, 指数サービスで, 待ち行列の長さは無制限な定常状態にある。計算は分単位で行い, 小数点第 3 位以下は切り捨てすること。解答には計算式を明記すること。

- i) 到着率 λ (台/分), サービス率 μ (台/分), 待たずにすむ確率 をそれぞれ求めよ。
- ii) 平均行列長さ (サービス中を含まず) を求めよ。
- iii) 平均待ち時間 (サービス中を含まず) を求めよ。
- iv) 行列中の車 1 台がとるスペースを 4m とする。料金所に入る道路からはみ出して一般道路の方へ待ち行列が影響を与えないようにするために, 料金所からの平均行列長さ (サービス中を含む) の距離は 12m 以内に抑えたいとすると, 平均サービス率はいくら以上にする必要があるか答えよ。

問題 28 土質力学・地盤工学 設問すべてについて解答すること。

I 図-1のようにコンクリートダムの上流側と下流側の水頭の差は 7m、コンクリートダムの幅は 9.0m、飽和地盤の高さは 8.5m、地盤の透水係数は $2 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ に関して以下の問いに答えなさい。

- (1) この地盤のフローネットに対して 1 時間あたりの透水量を求めよ。
- (2) AB 面にかかる水圧分布はどうなるか図示せよ。
- (3) 地盤の飽和単位体積重量 $\gamma_{\text{sat}} = 1.6 \text{tf/m}^3$ であるときパイピングが起こるかどうか答えよ。

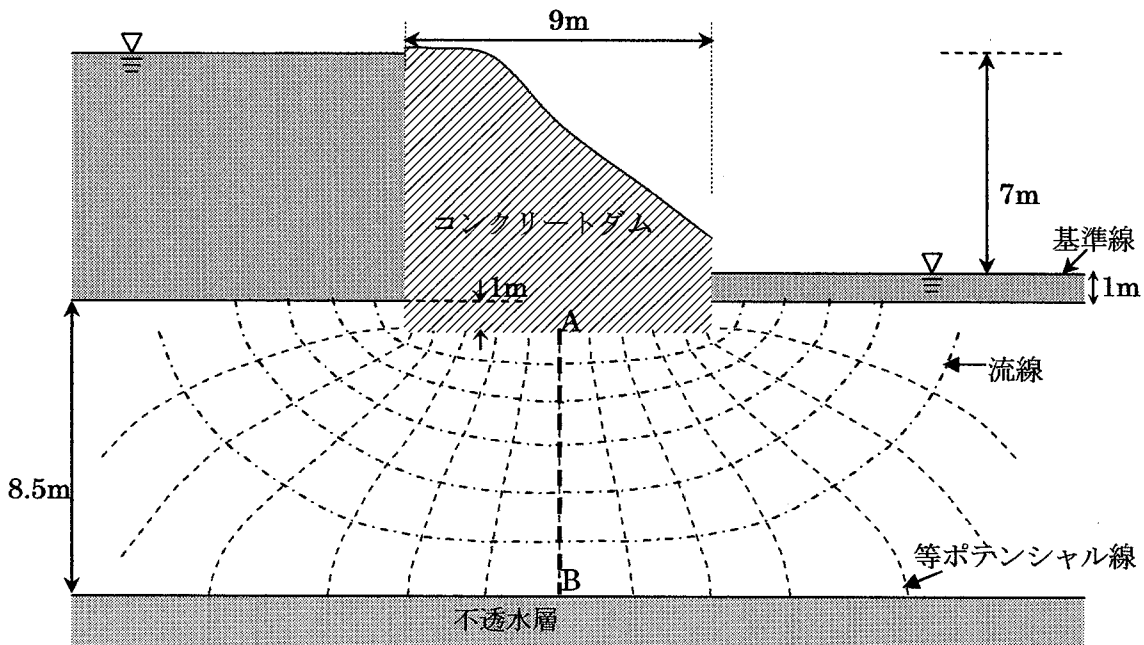


図-1

II 図-2に示す飽和正規圧密粘土地盤の圧密について考える。粘土の $G_s = 2.60$ 、初期間隙比 e_0 は 1.0、圧縮指数 C_c は 0.5、体積圧縮係数 $m_v = 0.1 \text{m}^2/\text{tf}$ 、透水係数 $k = 1.0 \times 10^{-3} \text{m/day}$ 、水の単位体積重量 1.0tf/m^3 とする。また、圧密度 95%のときの時間係数 T_v は 1.129 である。粘土層の透水係数が一定と粘土層の厚さは 10.0m とする。

- (1) 粘土層の飽和単位体積重量 γ_{sat} を求めよ。この粘土層の圧密係数 c_v はいくらになるか答えよ。
- (2) 図 2(a) に等分布荷重 4.0tf/m^2 を急速载荷した (図 2(b))。粘土層の最終圧密沈下量を求めよ。
また、圧密度 95%のときの沈下量とそれに要する時間 t_{95} を求めよ。
- (3) 図 2(c) のように粘土層の下に厚さ 5.0m の砂層がある。粘土層下部の砂層から地下水を瞬時に揚水する。揚水によって砂層の水頭は 4m 下がる。このときの、圧密度が 95%のときの粘土層の沈下量とそれに達するまでの時間はいくらか答えよ。ただし、砂層の透水係数は粘土層に比べて十分大きいとする。

※ 必要ならば $\log 2 = 0.30$ 、 $\log 3 = 0.48$ を用いよ。

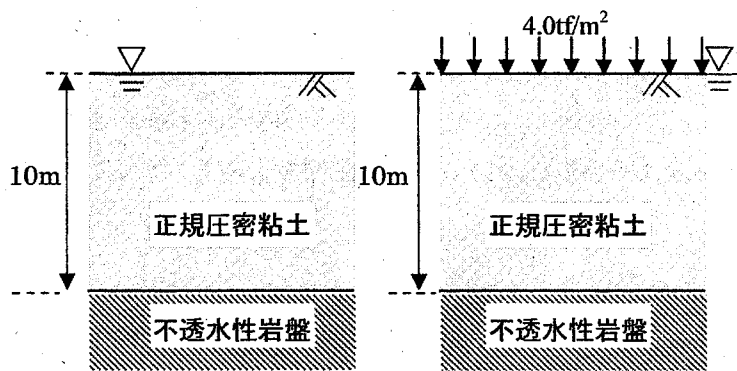


図-2 (a)

図-2 (b)

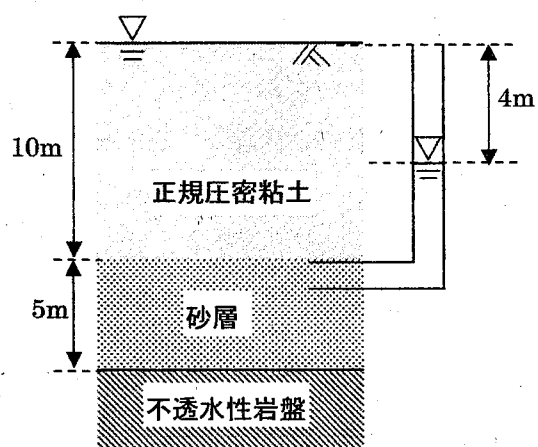


図-2 (c)

問題 2 9 建築歴史・意匠 設問すべてについて解答すること。

次の(1)～(3)の問いについて答えよ。

- (1) 下の建築の中から3つを選び、それぞれの建築について、建築年代(時代)・様式的あるいは歴史的特質について論述せよ。なお様式的特質については図示説明を併用してもよい。

- a : 平等院鳳凰堂
- b : 永保寺開山堂
- c : 妙喜庵待庵
- d : 三菱一号館
- e : サン・マルコ(ヴェネチア)
- f : 落水荘(カウフマン邸)

- (2) 次の建築用語について、図示説明せよ。

- 1 : 六葉
- 2 : エンタシス

- (3) 次の建築用語にフリガナをつけよ。

- 1. 藁座
- 2. 頭貫
- 3. 檜皮
- 4. 粽
- 5. 法堂

問題30 A[建築生産], B[コンクリート工学]

AまたはBの設問のどちらかを選択して解答し、解答用紙の選択記号欄に、選択したAまたはBの記号を記入すること。

A[建築生産] 設問すべてについて解答すること。

I 次の鉄筋コンクリート工事に関する記述の①～④の()内に最も適当な用語を、下記の選択肢のア)からシ)の中から記号で選べ。

(1) 耐久設計基準強度が 24 N/mm^2 の時の計画供用期間の級は (①) である。

(2) 砂利の吸水率は (②) %以下とする。

(3) 非晶質の二酸化ケイ素を主成分とする球状の超微粒子を (③) という。

(4) スランプ試験はフレッシュコンクリートの (④) を調べる試験である。

選択肢	ア) 標準	イ) 長期	ウ) 超長期
	エ) 3.0	オ) 13.0	カ) 23.0
	キ) シリカフューム	ク) 高炉スラグ	ケ) 都市ごみ焼却灰
	コ) 流動性	サ) 空気量	シ) レイタンス

II 次の(1)～(4)の単語を英語に訳せ。

(1) 応力 (2) ひずみ (3) ヤング係数 (4) 煉瓦

III 山留工事の「逆打ち工法」のメリットを2つ述べよ。

IV 建築工事の設計図書間に相違がある場合、次の4つの用語を一般的な優先順位(高→低)に並べよ。

①標準仕様書 ②特記仕様書 ③設計図 ④現場説明書

V 煉瓦の積み方のうち「イギリス積み」を、端部を含む立面図と文章の両方で説明せよ。

VI 高さ 50mm, 断面積 50mm^2 の角柱試験体がある。この下端を固定して上端に 100kN の圧縮荷重を加えた。ヤング係数を 100kN/mm^2 とした時、次の(1)と(2)の値を答えよ。ただし、単位はそれぞれの()内とする。

(1) 圧縮応力 (kN/mm^2) (2) 上端の変位 (mm)

B[コンクリート工学] 設問すべてについて解答すること。

I 次の括弧内に最も適当な用語を記入しなさい。

- (1) JISに定められているセメントのうち、ポルトランドセメントの代表的なものは(1), (2), (3), 混合セメントの代表的なものは, (4), (5)である。
- (2) コンクリート練混ぜ時にモルタルに閉じこめられた比較的大きな空気泡を(6)と言い, (7)を用いて計画的にコンクリート中に均等に分布させた微少な空気泡を, (8)と言う。打込み後のコンクリートでは, 骨材やセメント粒子などの密度の大きな粒子が沈降し, 水は比較的小さい微細な物質を伴って上昇する。この水が上昇する現象を(9)と言う。浮上した微細な物質は, その後, コンクリート表面に薄層をなして沈積する。この沈積物を(10)と言う。

II 海岸に鉄筋コンクリート構造物を建設する際に, 耐久性について考慮すべき事柄(2項目)について述べよ。

III 下図に示す単鉄筋長方形断面の鉄筋コンクリートはり(長方形断面の高さを h , 有効高さを d , 幅を b とし, 鉄筋の断面積を A_s とする)において, コンクリートにひび割れが生じるときの曲げモーメント M_t , および鉄筋が降伏する時の曲げモーメント M_y , 終局時の曲げモーメント M_u を求めよ。ひび割れ時のコンクリートの引張強度を f_t , 鉄筋の降伏強度を f_y , コンクリートの圧縮強度 f_c , 鉄筋とコンクリートのヤング係数比を $n=E_s/E_c$ とする。なお, 終局時の曲げモーメントを求める際には, コンクリートの等価応力ブロックを用いること。

