

## 平成 25 年度 九州大学大学院 工学府

### 地球環境工学専攻群（建設都市系）

#### 修士課程入学試験 問題冊子

#### 土木基礎

##### 注意事項

1. 「始め」の合図があるまでは、試験問題冊子、解答冊子の中身を見てはいけません。
2. 試験問題は【問題 1】から【問題 11】の計 11 問です。試験問題冊子は、20 ページ目まであります。
3. 問題は、A 群（問題 1～問題 6）および B 群（問題 7～問題 11）から構成されます。A 群から少なくとも 3 問、A 群および B 群あわせて計 6 問となるよう選択しなさい。

A 群		B 群	
問題 1	構造力学	問題 7	コンクリート工学
問題 2	構造力学	問題 8	計画学
問題 3	水理学	問題 9	計画学
問題 4	水理学	問題 10	環境工学
問題 5	地盤力学	問題 11	環境工学
問題 6	地盤力学		

4. 机の上に置ける物は、時計（携帯電話は不可）、シャープペンシル（鉛筆でも可）、消しゴム、受験票だけです。これら以外のものを机の上に置きたい場合は試験監督者の許可を得てください。許可無く机の上に置いた場合は、不正行為と見なし、退出を命じます。
5. 携帯電話は必ず電源を切って、鞆の中などにしまってください。
6. 試験問題冊子のホッチキスはずしてはいけません。
7. 「始め」の合図があったら、ただちにページの不足および印刷の不鮮明なところが無いことを確かめてください。もしあったら取り替えますから、手を挙げて申し出てください。
8. 「解答止め」の合図があったら、ただちに解答の作成を止め、試験問題冊子および解答冊子を回収するまでそのまま待っていてください。

【問題 1】（構造力学）

図 1(a) に示すように、等分布荷重  $q$  が载荷されたヒンジ F を 1 つ有するラーメン構造 ACFDB について、以下の設問に答えよ。なお、図 1(a) の部材は、図 1(b) に示す断面を有している。

- (1) 支点 A および支点 B の反力を求めよ。
- (2) 軸力図 (N-図)、せん断力図 (Q-図) および曲げモーメント図 (M-図) を描け。
- (3) 点 E における曲げモーメントを求めよ。
- (4) 点 E における部材断面の曲げによる応力分布を以下の手順にしたがって図示せよ。
  - 1) 図心軸 G-G に関する断面 2 次モーメントを求めよ。
  - 2) 点 E における部材断面の曲げによる応力分布を図示せよ。図中に応力値も示せ。

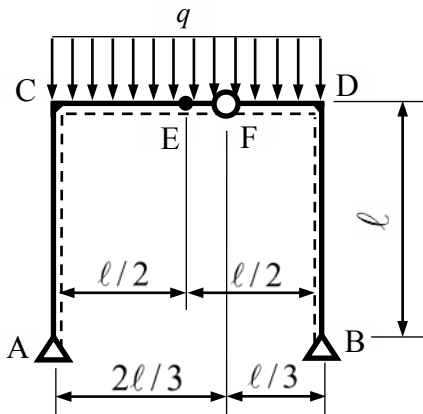


図 1(a)

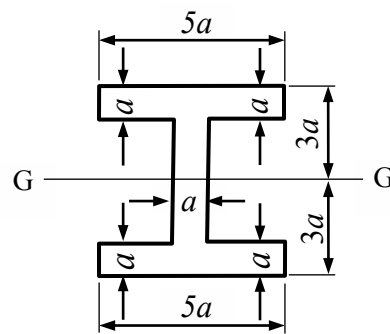


図 1(b)

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 2】（構造力学）

図 2(a)に示すように、単純ばり AB と単純ばり CD が水平面で直角に交差して、両はりの中央点 O で結合している。集中荷重  $P$  がはり AB の  $1/4$  である点 F および点 G に鉛直下向きに作用するとき、以下の設問に答えよ。ただし、両はりの曲げ剛性は、はり AB が  $EI$ 、はり CD が  $kEI$  ( $k$  は正の定数) とする。

- (1) 上記の問題を解く前に、図 2(b)に示すように単純ばり AB が 2 つの集中荷重  $P$  を受ける場合の、はり AB の M-図と中央点 O のたわみを求めよ。
- (2) 図 2(a)の状態での、中央点 O における両はりの結合力  $X$  を求めよ。
- (3) また、そのときの中央点 O のたわみを求めよ。
- (4) (3)で求めた中央点 O のたわみが、(1)で求めた点 O のたわみの  $1/2$  となるときの  $k$  の値を求めよ。

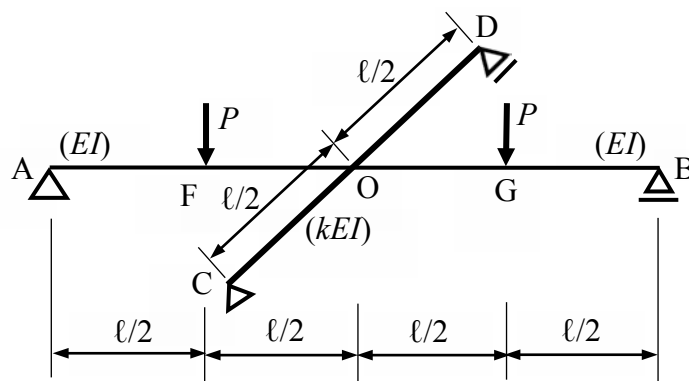


図 2(a)

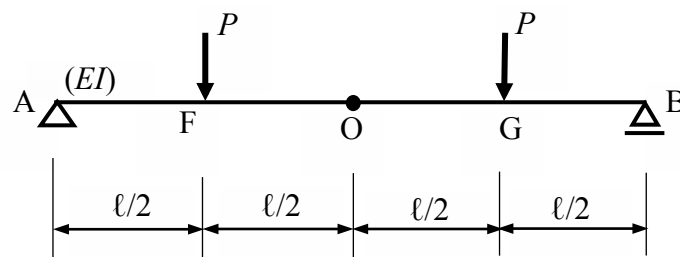


図 2(b)

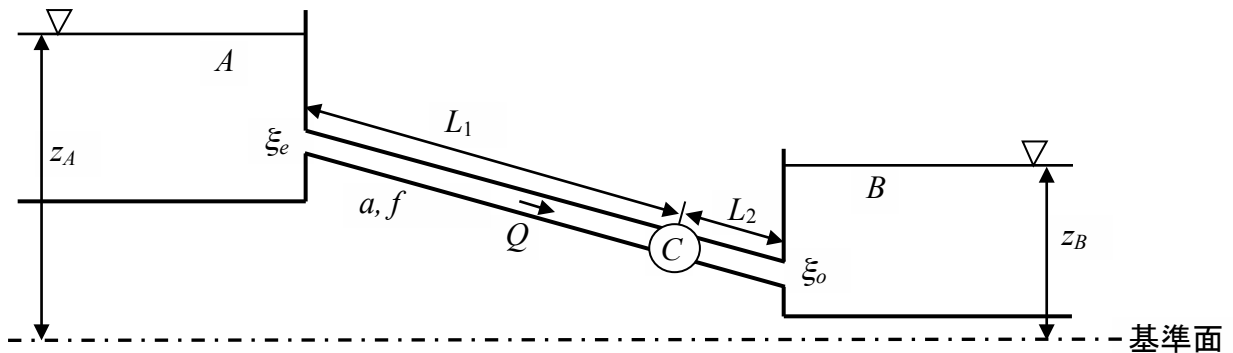
計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 3】（水理学）

- (1) 6 つの物理量  $X_1 \sim X_6$  が、下記のような次元を持っている。このとき、これらの物理量の間にある関係式を次元解析により求めよ。ただし、 $X_1, X_2, X_3$  がそれぞれ幾何学的物理量、運動学的物理量、流体特性量を表すものとして、 Buckingham の  $\pi$  定理を用いること。

$$X_1 : [L], X_2 : [LT^{-1}], X_3 : [L^{-3}M], X_4 : [L^2T^{-1}], X_5 : [L^{-1}MT^{-2}], X_6 : [T^{-1}]$$

- (2) 下図に示すように、大きな貯水池 A から貯水池 B まで円管路で接続されている。このとき、C 地点で水車を使って水力発電を行った。このとき、この水車の理論水力（単位時間当たりには流れる水によりなされる仕事、すなわち単位時間当たりには水車で消費されたエネルギー） $L_0$  を求めよ。ここで、管路を流れる流量を  $Q$ 、水の密度を  $\rho$ 、重力加速度を  $g$ 、管路の直径を  $a$ 、貯水池 A の出口から水車までの管路の長さを  $L_1$ 、水車から貯水池 B の入り口までの管路の長さを  $L_2$ 、摩擦損失係数を  $f$ 、ならびに形状損失係数  $\xi$  は図中に示す通りとする。また、エネルギー補正係数は 1.0 であり、両方の貯水池の水位は時間的に一定とする。



計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 4】（水理学）

- (1) 図 4(a) に示すような断面積  $A$  をもつタンクにおいて、その表面に、単位面積、単位時間当たり  $r(t)$  の降雨があり、下方の流出孔からは  $Q(t)$  の流出流量がある場合の、タンクの貯留高  $s(t)$  を求める式を導け。ここに、 $r(t)$  は深さの次元をもつものとする。

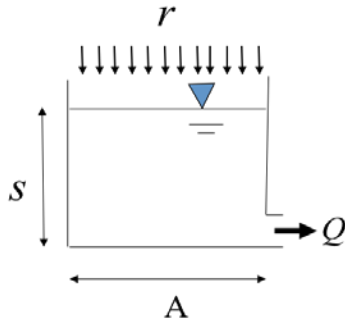


図 4(a) タンクの模式図

- (2) 図 4(b) に示すような傾斜角  $\theta$  の長方形断面水路において跳水が発生している場合を考える。跳水区間において運動量の定理、連続の式を適用し、跳水前後の水深を規定する式を導け。ここに、流れは定常とし、底面摩擦は無視し、圧力は静水圧分布に従うものとする。また、単位幅当たりの流量を  $q$ 、跳水区間の流れの単位幅当たりの体積を  $V$ 、跳水前後の水深を  $h_1$ 、 $h_2$  とする。

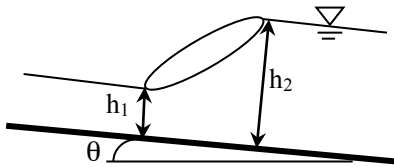


図 4(b) 跳水の模式図



計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

**【問題 5】（地盤力学）**

次の文章中の〔 〕内を埋めよ（解答欄に記入せよ）。ただし、解答は、数値と記述を除いて、文中および図中に記されている記号だけを用いること（独自の記号を用いないこと）。

- (1) 土は粒子の集合体であり、その集合体を三相図（空気、水、固体）でモデル化して、多くの重要なパラメーターを用いている。三相図では、 $V_a, V_w, V_s$ を空気の体積、水の体積、固体の体積とし、そして $W_a, W_w, W_s$ を空気の重量、水の重量、固体の重量と定義し、全体積と総重量は、 $V$ と $W$ とそれぞれ表される。これにより全土量の体積が $V=1.0$ であったとすると、土の間隙率 $n=$ 〔①〕、空気量 $A_v=$ 〔②〕、含水比 $w$  (%) = 〔③〕および飽和度 $S_r$  (%) = 〔④〕と表される。土取り場の土の湿潤単位体積重量を $\gamma_t$ とすると、この土取り場の土の乾燥単位体積重量 $\gamma_d$ は、 $\gamma_t$ と $w$ によって、 $\gamma_d=$ 〔⑤〕と求まる。また、土粒子比重を $G_s$ 、水の単位体積重量を $\gamma_w$ とすると、 $\gamma_t$ は、 $G_s, \gamma_w, n, S_r$ によって、 $\gamma_t=$ 〔⑥〕で与えられる。

この土取り場で採取された試料に対して $w=10.0\%$ が得られた。その後、一夜の大雨により、飽和度 $S_r$ が $S_r=S_{r0}+10\%$ となった（ここで $S_{r0}$ は初期飽和度である）。水の単位体積重量を $\gamma_w=10\text{ kN/m}^3$ とし、 $S_{r0}, A_v, w, G_s, \gamma_t$ および土の間隙比 $e$ によって、この土の大雨後の含水比は $w_{ar}=$ 〔⑦〕と求まる。

- (2) 図 5(a) に示されたようにある建設現場の地盤において上下を砂質土層ではさまれた粘土層が存在する。この地盤のそれぞれの単位体積重量(単位:  $\text{kN/m}^3$ )は図中に表示されている値とすると、粘土層の中間点での初期有効応力 $\sigma'_0$ 〔⑧〕である。新しい基礎が地表面に築かれ、その等分布荷重による地中の粘土層内の中間点での平均鉛直応力が $\Delta\sigma_v=40\text{ kN/m}^2$ だけ増加して均等に圧密された。この粘土は、正規圧密されていると仮定し、粘土層の最終圧密沈下量 $S_f$ 〔⑨〕を計算せよ。ただし、粘土層の体積圧縮係数 $m_v$ は $0.00250\text{ m}^2/\text{kN}$ である。

また、現場の粘土層の90%の圧密度における一次圧密沈下量 $S_t$ 〔⑩〕を求めよ。

- (3) 地盤中のある点における応力状態を調べたところ、最大主応力は $\sigma_1=100\text{ kN/m}^2$ 、最小主応力は $\sigma_3=40\text{ kN/m}^2$ であり図 5(b) に示すようなモールの応力円を描くことができる。図中の点 P は応力が作用している面の方向の極を示す。地盤中の点における最大主応力面に作用するせん断応力は〔⑪〕 $\text{kN/m}^2$ であり、最大主応力面から $30^\circ$ 傾いた面に作用する応力は点 A で示すことができ、垂直応力は〔⑫〕 $\text{kN/m}^2$ 、せん断応力は〔⑬〕 $\text{kN/m}^2$ と求まる。

また、最大せん断応力面と最大主応力面がなす角度 $BPC$ は〔⑭〕 $^\circ$ であり、その最大せん断応力面に作用するせん断応力は〔⑮〕 $\text{kN/m}^2$ 、垂直応力は〔⑯〕 $\text{kN/m}^2$ である。

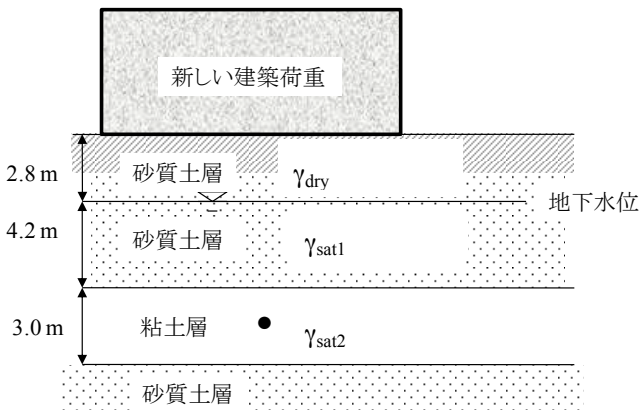


図 5(a)

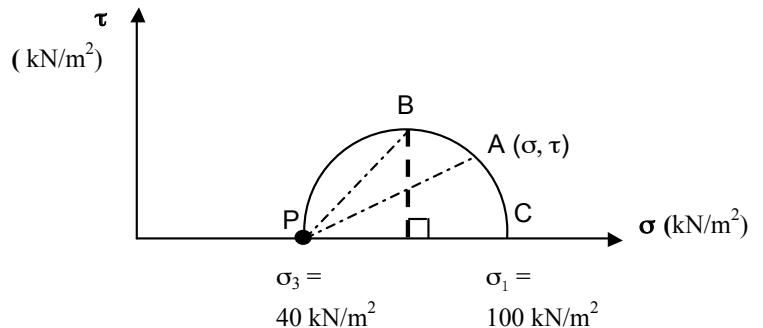


図 5(b)

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 6】（地盤力学）

次の文章中の〔 〕内を埋めよ（解答欄に記入せよ）。ただし、解答は、数値と記述を除いて、文中および図中に記されている記号だけを用いること（独自の記号を用いないこと）。

- (1) わが国では自然斜面の崩壊の 70%以上が表層での崩壊であるとされる。表層での崩壊を想定した無限長斜面の安定について考える。まず、粘着力のない均一な乾燥状態の砂質土が傾斜角 $\theta$ で斜面をつくっている。図 6(a)に示すように表面から任意の深さ  $z$  において表面に平行な面を考えると、この面の単位幅に働く鉛直力  $W$  は、土の単位体積重量を $\gamma$ とすると、 $\gamma z \cos \theta$  であるから、その面に垂直な分力  $N$  は、〔①〕で与えられ、また、その面に沿う方向の分力、つまり、すべらせようとする力  $T$  は〔②〕となる。一方、土のせん断抵抗角を $\phi$ とすれば、すべり面に沿って作用する単位幅当たりの有効せん断抵抗力  $S$  は〔③〕である。したがって、この斜面が安定であるためには、すべらせようとする力  $T$ 、すべりに抵抗する力  $S$  の間に、 $T \leq S$  の条件が必要であるので、結果として傾斜角とせん断抵抗角には  $\tan \theta \leq$ 〔④〕の条件が必要である。
- (2) 次に図 6(b)に示すように、斜面の表層まで飽和し、地表面に平行な浸透流があるときを考える。この場合、流線は斜面に平行で、等ポテンシャル線は地表面に対して垂直である。まず、水の単位体積重量を $\gamma_w$ とすると、 $AB$ 面に作用する間隙水圧  $u$  は、〔⑤〕で与えられる。また、飽和状態にある土の単位体積重量を $\gamma_{sat}$ とすると  $AB$ 面に働く垂直応力 $\sigma$ は、〔⑥〕となる。これらより、 $AB$ 面に働く有効垂直応力 $\sigma'$ は、〔⑦〕と求められる。ここで、〔⑦〕中の $\gamma'$ は土の水中単位体積重量である。一方、 $AB$ 面に作用するせん断応力 $\tau$ は〔⑧〕であるので、この斜面が崩壊しないためには、傾斜角 $\theta$ とせん断抵抗角 $\phi'$ には、 $\tan \theta \leq$ 〔⑨〕の条件が満足される必要がある。
- (3) さて、図 6(b)のように連続降雨によって飽和した砂質土の斜面の単位体積重量 $\gamma_{sat}$ が  $20\text{kN/m}^3$  であり、その有効せん断抵抗角 $\phi'$ は  $45^\circ$ 、粘着力  $c'$ は  $0$  であったとする。水の単位体積重量 $\gamma_w$ を  $10\text{kN/m}^3$  とおくと、この土による斜面の最急勾配 $\theta_{max}$ は、 $\theta_{max} =$ 〔⑩〕となる。
- (4) 斜面の安定性を評価する方法に、円弧状のすべり面を仮定した分割法による方法がある。その代表的なものとして、フェレニウス法とビショップ法が挙げられる。これらは、土塊を〔⑪〕と仮定し、すべり面での土の破壊条件式、および力とモーメントのつり合い式を立てて解析するものである。これらの二つの方法の特色を簡潔に記せ〔⑫〕。特に、静定化のための仮定、つりあいの立て方、計算過程における特色などについて言及すること。

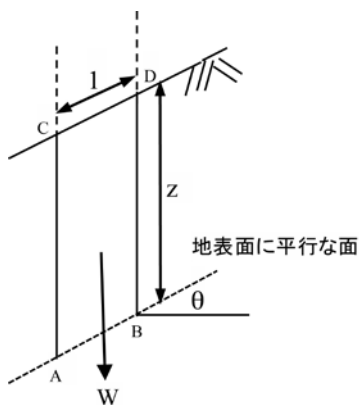


図 6(a) 乾燥した状態の無限長斜面

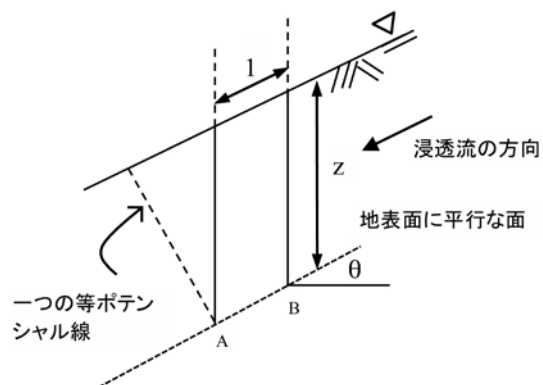


図 6(b) 表層まで飽和し、浸透流のある状態の無限長斜面

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 7】（コンクリート工学[2 枚のうち 1 枚目]）

(1) フレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの試験方法に関する以下の問題に答えよ。

[問 1] 下の文章は、フレッシュコンクリートのスランプ試験の試験手順を示している。文章中の下線部①～⑩の記述について、正しい記述であれば解答用紙に「○」を、誤りがあれば正しい記述を解答用紙に示せ。

- 手順 1 : スランプコーンの内面を①湿った布でふき、水平に設置した水密性平板上の中央にスランプコーンの②大きな開口を上にした状態で置き、動かないように押さえる。
- 手順 2 : コンクリートをスランプコーンの③容積の④約 1/2 ずつ 2 層に分けて詰め、各層を突き棒でならしたのち⑤ 20 回一様に突く。各層を突くときの突き入れ深さは⑥前層に達しない程度とする。
- 手順 3 : ⑦ 2 層目を突き終わった後、上面がスランプコーンから⑧ 1 cm ほど盛り上がるようにならす。
- 手順 4 : スランプコーンを鉛直に⑨ 2 ～ 3 秒で引き上げ、⑩コンクリート頂面中央部の下がり測定器によって測り、これをスランプとする。
- 手順 5 : スランプコーンにコンクリートを充てんし始めてから、試験を終了するまで⑪ 3 分以内とする。

[問 2] 日本工業規格（JIS）で規定されている、コンクリートの圧縮強度、静弾性係数、引張強度および曲げ強度の試験方法に関する、以下の問いに答えよ。

- ① 圧縮強度試験に用いる、供試体の形状および寸法を説明せよ。
- ② 引張強度試験の方法を説明せよ。（図を記述して説明してよい）
- ③ 曲げ試験において、断面幅  $b(\text{mm})$ 、断面高さ  $h(\text{mm})$  の供試体を用い、載荷スパン  $L(\text{mm})$  を 3 等分する 2 点載荷を行ったところ、最大荷重は  $P(\text{N})$  であった。曲げ強度  $f_b(\text{N/mm}^2)$  を求める式を示せ。（求め方も示すこと。）

(2) コンクリートに用いる骨材に関して述べた以下の文章中のカッコに当てはまる言葉および式を答えよ。なお、同じ番号は、同じ言葉が入ることを表す。

骨材の単位容積質量とは、( ① ) 状態における骨材を容器に詰め込んだ場合における、容器  $1\text{m}^3$  あたりの骨材の ( ② ) である。また、骨材の ( ③ ) とは、骨材を満たした容器の容積に対する骨材の絶対容積の百分率である。一般的に、( ③ ) の値が ( ④ ) いほど、骨材の粒形が丸みを帯びていることを表す。骨材の単位容積質量、( ③ )、絶対密度の 3 つの値の間には、関係式 ( ⑤ ) が成り立つ。

(次ページに続く)

【問題 7】（コンクリート工学[2枚のうち2枚目]）

- (3) コンクリート中の鉄筋の腐食による RC 構造物の劣化に関する次の文章を読み、1)～5)の設問に答えよ。

コンクリート中の鉄筋は、コンクリートの強いアルカリ性により、厚さ 20～60Å の①緻密な酸化物により覆われているため、腐食から保護されている。しかし、コンクリート中の塩化物イオンの濃度がある②限界値に達すると、上述の酸化物が破壊され、との存在のもとで鉄筋の腐食が始まる。さらに腐食が進行すると、ひび割れやかぶりコンクリートの剥落が生じる。このような劣化現象は塩害と呼ばれている。

新設構造物に対する塩害の抑制方法には、⑤コンクリート中の塩化物イオンの侵入速度（拡散係数）を小さくする方法や、かぶりを大きくする方法、⑥耐食性の高い鉄筋を用いる方法などがある。

近年では⑦海岸部から離れているにも関わらず、山間部の道路橋で、コンクリート中の鉄筋が塩化物イオンにより腐食する現象が報告されている。

- 1) 下線部①について、この緻密な酸化物の名称を答えよ。
- 2) 下線部②について、土木学会コンクリート標準示方書では、この限界値を設定することにより構造物の劣化予測を行っている。この限界値について正しいものを、以下の(A)～(E)の中から選べ。  
 (A) 0.3 kg/m<sup>3</sup>    (B) 0.6 kg/m<sup>3</sup>    (C) 1.2 kg/m<sup>3</sup>    (D) 2.4 kg/m<sup>3</sup>    (E) 4.8 kg/m<sup>3</sup>
- 3) 空欄およびに当てはまる物質の名称を答えよ。
- 4) 下線部⑤について、コンクリートの塩化物イオンの拡散係数を小さくする方法を、コンクリートの使用材料および配合の観点から2項目（1項目ずつ）述べよ。
- 5) 下線部⑥に示す鉄筋に分類されるものの名称を1つ答えよ。
- 6) 下線部⑦について、なぜこのような現象が生じていると考えられるか、理由を簡潔に述べよ。

- (4) 図7はコンクリートの耐久性にかかわる重要な性質を示している。以下の問に答えなさい。

- ① グラフの横軸は何を示しているか答えよ。ただし、数値の単位はパーセントである。
- ② このグラフの意味を簡潔に説明せよ。
- ③ このグラフに関連する事項として、コンクリートの配合設計における留意点を述べよ。

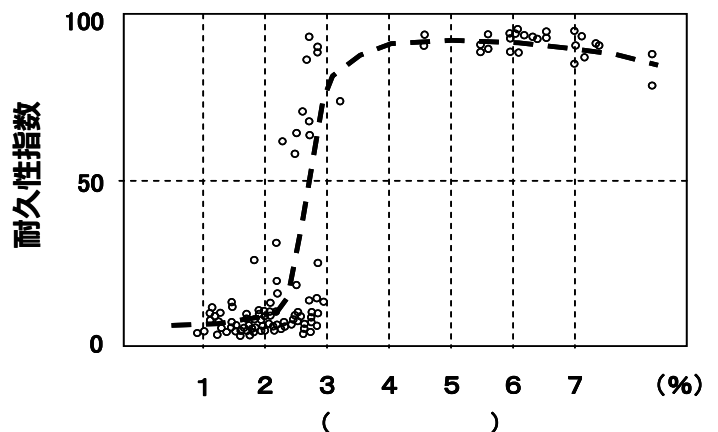


図 7

**【問題 8】（計画学）**

以下の問いに答えよ。

- (1) 有料道路の利用に関して料金所においてインタビュー調査を行い、次の内容を知りたい。  
（ア）利用目的，（イ）交通量の集中と変動，（ウ）実質利用人員，（エ）道路の勢力圏  
調査用紙を作成する時，調査項目として何を取り上げたらよいか。
  
- (2) 自動車交通流を表す 3 つの指標，速度  $V(\text{km/h})$ ，交通量  $Q(\text{台/h})$ ，密度  $K(\text{台/km})$ がある。  
今，速度  $V$  と密度  $K$  の関係が， $V = A - BK$  ( $A, B$  は正のパラメーター) であらわされるとすると， $V$  と  $Q$  の関係を表す図を描き，図の内容を自動車交通流の状態を示すものとして説明せよ。
  
- (3) 4 段階推定法を説明せよ。



**【問題 9】（計画学）**

以下の問いに答えよ。

- (1) コンパクトシティについて概要を説明し、その効果について、都市経営、市民生活、地球環境の観点から説明せよ。
- (2) 田園都市論について、その概要を説明し、それに基づいて建設された都市名（1つで可）を挙げよ。
- (3) 以下の用語を説明せよ。
  - (a) 日本の都市計画制度における土地利用
  - (b) 日本の都市計画制度における都市施設
  - (c) 日本の都市計画制度における都市開発事業
  - (d) 開発許可
  - (e) 換地と権利変換
- (4) 従来公共事業の計画策定プロセスは、事業者により単一に絞り込まれた代替案に対し、政策決定者や市民が評価を行うものであった。一方、近年、事業者以外の視点を代替案に反映するべきであるとの意見がある。この観点から「計画段階評価」、「戦略的環境アセスメント」それぞれについて、事業者以外の視点をどのように代替案に反映させているかを述べよ。

【問題 10】（環境工学）

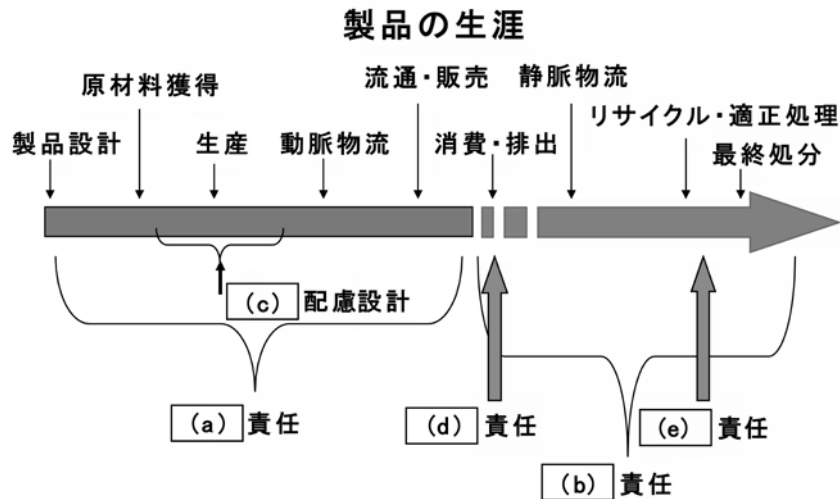
1. 「拡大生産者責任（EPR）」に関する問題である。

(1) 文章中の空欄を埋めよ。

OECD は、EPR を製品に対する製造業者の [ ① ] および (もしくは) [ ② ] 責任が、製品ライフサイクルの [ ③ ] の段階にまで拡大される環境政策アプローチと定義する。

(2) EPR 政策の目的を 2 つ記せ。

(3) 図中の(a)~(e)を埋めよ。



2. 経済から見た環境に関する問題である。

(1) 文章中の空欄を埋めよ。

市場で価格のつかないものは、それを利用したとして認識されないため [ ① ] しがちである。水や大気という [ ② ] をその再生能力を超えて過剰に利用すれば資源枯渇や [ ③ ] につながる。無料で無限に利用できる財を経済学で [ ④ ] と呼んでいる。水や空気は、本当は [ ④ ] でないが、多くの経済活動ではあたかも [ ④ ] として利用してきたため、地下水を過剰に採取し地盤沈下を引き起こし、二酸化炭素を放出し続けて地球の温暖化を進めてしまう。

(2) 社会的費用について述べよ。

3. 事業の影響、または効果の分析に関する問題である。

(1) 文章中の空欄を埋めよ。

事業の実施が社会経済に及ぼす全ての影響を重複することなく貨幣単位で算出（これを [ ① ] という）し、事業に係る費用との大小関係によって評価する分析を [ ② ] という。評価は、 [ ① ] が [ ③ ] を上回れば、当該事業は妥当であると判断される。

(2) 環境の貨幣的価値を計測する方法として、ヘドニック法 (HPM)、トラベルコスト法 (TCM)、仮想評価法 (CVM) が知られている。これらの3つの方法について述べよ。

【問題 11】（環境工学）

(1)下記の [ 1 ]～[ 6 ] に入る語句を解答欄に書きなさい。

- ・ [ 1 ] は水の実際の pH 値と理論的 pH 値との差をいう。正で絶対値が大きいほど炭酸カルシウムの [ 2 ] が起こりやすく、ゼロであれば平衡状態にあり、負であれば炭酸カルシウムの被膜は形成されず、その絶対値が大きくなるほど水の [ 3 ] が強くなる。
- ・わが国では水道法によって塩素の添加が義務づけられている。塩素は常圧で黄緑色の気体であり、水に容易に溶けて [ 4 ] を生じる。また、生成した [ 4 ] の一部は解離して [ 5 ] となる。浄水処理の pH 領域で殺菌力を有するのは [ 4 ] , [ 5 ] の 2 種類であり, [ 6 ] と呼ばれる。

(2)トリハロメタンの生成について説明せよ。

(3)浄水方式には主に緩速ろ過方式と急速ろ過方式があるが、それぞれの概要について説明せよ。

(4)下記の [ 7 ]～[ 12 ] に入る語句を解答欄に書きなさい。ただし, [ 9 ]～[ 12 ] は《 》内から適当な語句を選んで記入せよ。

- ・下水道の種類について、下水道法によると、下水道は [ 7 ] , [ 8 ] , 都市下水路に分けられる。
- ・活性汚泥法では、浄化作用を営む生物群は水中に [ 9 ] しているのに対し、散水ろ床法では生物群はろ材表面に [ 10 ] されている。これらの生物群の活動に必要な酸素は、前者では主として散気装置から放出された水中の [ 11 ] から、また後者ではろ材空隙を通過する [ 12 ] から供給される。

《 気泡, 固定, 溶解, 懸濁, 吸収, 空気 》

(5)活性汚泥の浄化反応に影響を与える因子を 3 つあげなさい。

(6)BOD について説明せよ。

問題冊子  
裏面