

# 平成29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24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、解答冊子表紙の表で選択した問題に○を付けなさい。

| 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 | 環境システム工学 |
| 問題 5 | 地盤力学 | 問題 11 | 環境システム工学 |
| 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. 試験時間中は携帯電話は教卓で預かり、保管しますので、必ず今の段階で提出して下さい。
6. 試験問題冊子のホッチキスを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)

- (1) 図 1 に示すような、集中荷重  $P$  が点  $C$  に作用する長さ  $\ell$  の単純ばり  $AB$  に関する以下の問いに答えよ。
- 1) はり全体のせん断力図 (Q-図) および曲げモーメント図 (M-図) を示せ。
  - 2) はり断面が半径  $r$  (一定) の円形であるとき、このはりの断面 2 次モーメントを求めよ。
  - 3) このはりに生じる最大引張応力の値と位置 (はり軸方向および断面内の 2 つの情報) を示せ。なお、断面 2 次モーメントは 2) の解を用いず  $I$  と表記して良い。
  - 4) はりの載荷点  $C$  における鉛直変位を求めよ。ただし、曲げ剛性は  $EI$  とする。

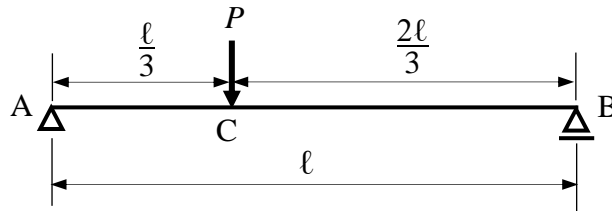


図 1

- (2) 図 2 に示すような、支間 20m の単純ばり上を車輛が通過することを想定し、以下の問いに答えよ。
- 1) 支点 A, C の反力の影響線を求めよ。
  - 2) 点 B におけるせん断力と曲げモーメントの影響線を求めよ。
  - 3) 後輪 (軸重 15t) が点 B 上に載ったときに以下の値を、影響線を用いて求めよ。
    - (a) 支点 A の反力, (b) 支点 C の反力, (c) 点 B のせん断力, (d) 点 B の曲げモーメント

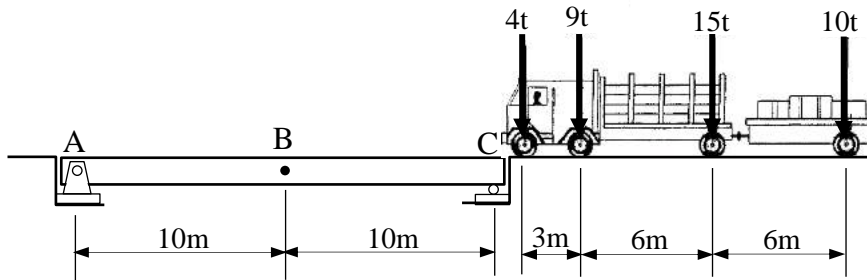


図 2

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 2】(構造力学)

(1) 図 1 に示すように、集中荷重  $P$  が鉛直下向きに作用する長さ  $L$  の片持ちばり  $AB$  (曲げ剛性  $EI$ , 伸び剛性  $EA$ ) の自由端  $A$  において、同一平面上に位置する棒部材  $AC$  (伸び剛性  $EA$ ) でピン結合されている構造について、以下の間に答えよ。なお、部材の長さは図中に示すとおりである。

- 1) 棒部材  $AC$  に生じる力を  $X$  として、構造全体に蓄えられるひずみエネルギーを求めよ。ただし、はり  $AB$  のひずみエネルギーは、軸力および曲げモーメントの両方について考慮するものとする。
- 2) 最小仕事の原理を用いて、不静定力  $X$  を求めよ。ただし、 $I = AL^2$  として  $I$  を消去して答えよ。

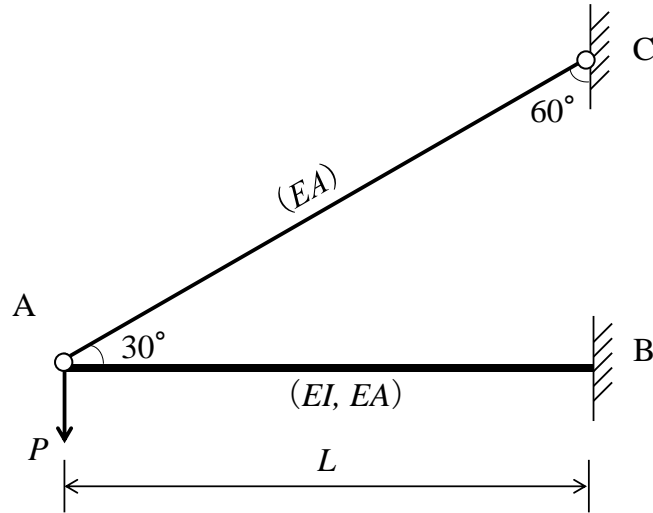


図 1

(2) 図 2 に示すように、左右非対称の不静定トラスの節点  $D$  に集中荷重  $P$  が水平右向きに作用する場合について、以下の間に答えよ。なお、部材の長さは図中に示すとおりであり、各部材の伸び剛性  $EA$  は一定である。

- 1) 図示した不静定トラスから部材  $BD$  を除去すれば、静定トラスとなる。この静定トラスにおける部材  $AD$  および部材  $CD$  の各軸力を求めよ。
- 2) 部材  $BD$  の軸力を不静定力  $X$  として選び、弾性方程式または最小仕事の原理を用いて、不静定力  $X$  を解き、各部材力を求めよ。
- 3) 上記の結果を用いて、節点  $D$  の水平方向変位  $\delta_D$  を求めよ。

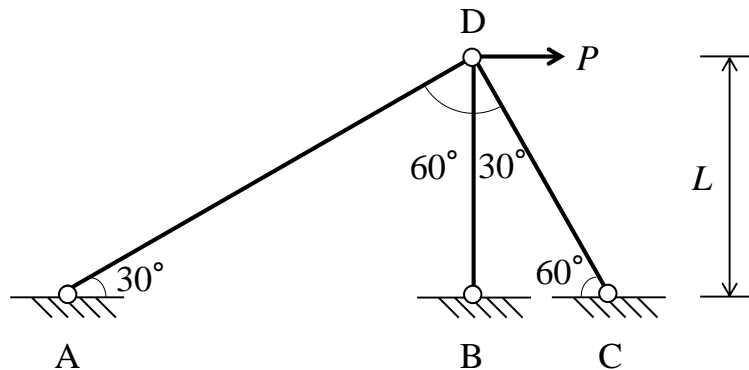
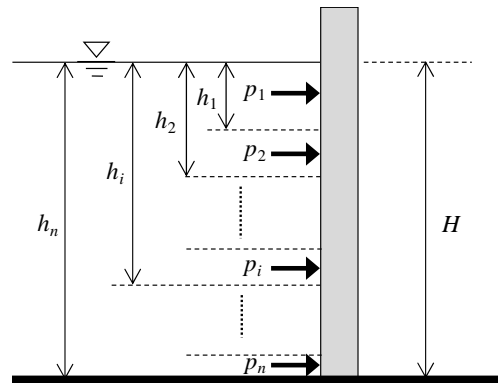


図 2

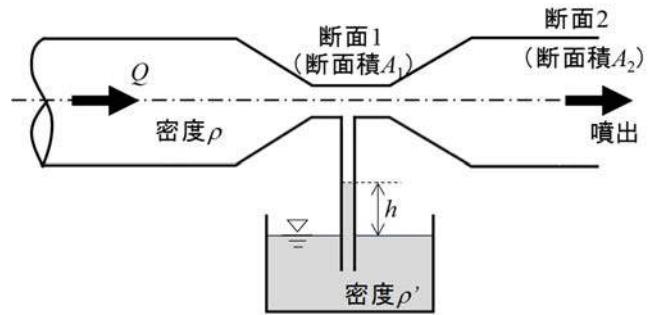
計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 3】(水理学)

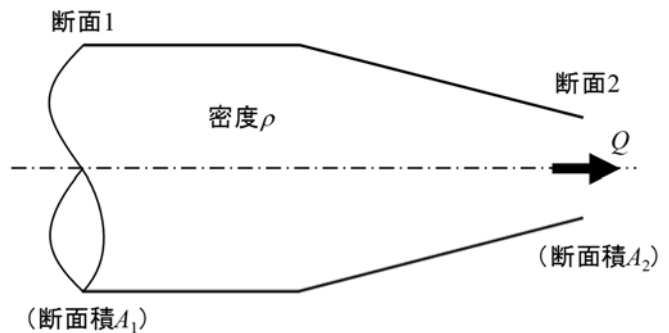
(1) 図のような水深  $H$  の長方形ゲートがある。このゲートを  $n$  個の水平帯に分割して、それぞれの帯が受ける水圧を等しくしたときの  $i$  番目の帯の水深  $h_i$  を求めよ。



(2) 図のように、水平に置かれた円管の縮小断面(断面 1)の部分にピエゾ管を取り付け、ピエゾ管の反対側の先端を、密度が異なる液体が入った別の水槽に接続している。円管には流量  $Q$  で水が流されており、先端(断面 2)から大気中に噴出しているときのピエゾ管内の水位上昇量  $h$  を求めよ。ただし、断面 1 の断面積を  $A_1$ 、断面 2 の断面積を  $A_2$ 、円管内の水の密度を  $\rho$ 、水槽からピエゾ管内を上昇する液体の密度を  $\rho'$ 、重力加速度を  $g$  とする。なお、エネルギー損失はないものとする。



(3) 図のように水平に設置されたノズルから、密度  $\rho$  の水が流量  $Q$  で定常状態で噴出しているとき、ノズルに作用する流体力  $F$  を求めよ。なお、断面 1 および断面 2(ノズルの噴出口)の断面積をそれぞれ  $A_1$  および  $A_2$  とする。また、エネルギー損失はないものとする。



計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 4】(水理学)

(1) 以下の文章の空欄を補え。

- ・ ( ① ) 流体では、仮想断面の両側で速度差があればその断面にせん断応力 $\tau$ が働く。層流では、せん断応力は以下のように表され、これを( ② )の粘性法則という。

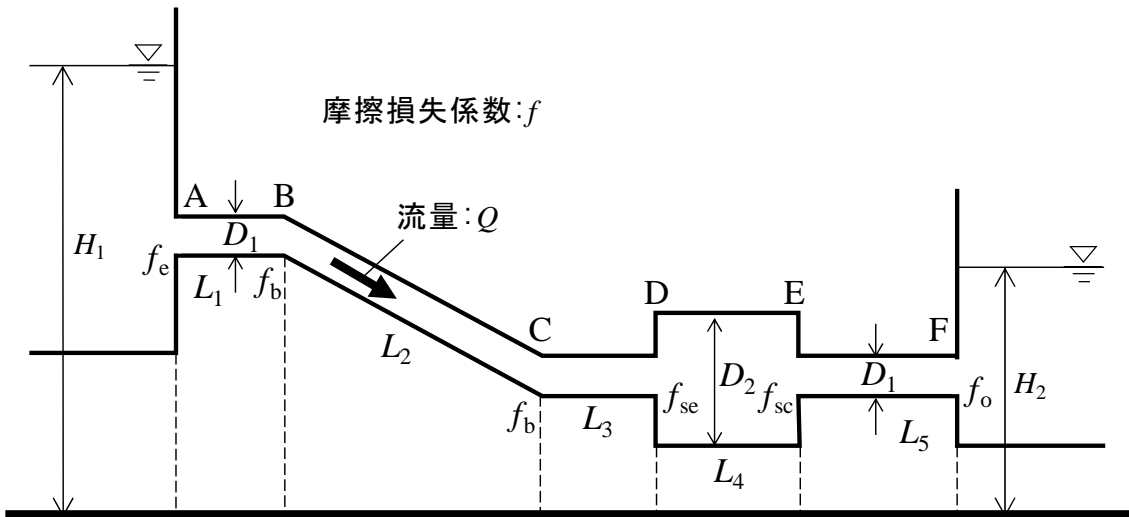
$$\tau = \mu ( \text{③} ) \quad (u: \text{流速}, y: \text{断面に垂直方向の軸})$$

なお、比例定数 $\mu$ を( ④ )といい、 $\mu$ を流体の密度 $\rho$ で割った $\nu (= \mu/\rho)$ を( ⑤ )という。

- ・ 定常な開水路流れにおいて、流れ方向に流速、水深等が変化せず、水面勾配と水路勾配が同じである流れを( ⑥ )といい、それ以外の定常流を( ⑦ )という。
- ・ 水理模型実験を行う場合、実物と模型との間には、a) 縦、横などの長さの比が同一である( ⑧ )的相似、b) 対応する 2 点間の速度成分の比が等しい( ⑨ )的相似、c) 対応する力の比が同じ( ⑩ )的相似の 3 つの相似条件が満たされる必要がある。

(2) 図のような管径が変わる単線管路がある。上流側、下流側の水槽の水位はそれぞれ  $H_1, H_2$  である。AB, BC, CD, DE, EF 間の距離をそれぞれ  $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5$  とし、AD 間および EF 間の管径を  $D_1$ 、DE 間の管径を  $D_2$  とする。流入損失係数、流出損失係数をそれぞれ  $f_e, f_o$ 、点 B および点 C の屈折損失係数を  $f_b$ 、摩擦損失係数を  $f$  とし、点 D での急拡損失係数を  $f_{se}$ 、点 E での急縮損失係数を  $f_{sc}$  とする。

- AD 間および EF 間の流速を  $v_1$ 、DE 間の流速  $v_2$  とし、二つの水槽の水位差  $H_1 - H_2$  を求めよ。
- 管路を流れる流量  $Q$  を、 $v_1, v_2$  を使わずに表せ。





計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 5】(地盤力学)

解答用紙中の図に示すように砂層、粘土層の互層地盤がある。

- 1) 図 a の示すような層厚  $H$  の砂層、粘土層の互層地盤がある。この場合、地下水面の位置は地表面と一致している。このとき、以下の問いに答えよ。なお、砂層、粘土層における土の飽和単位体積重量と比重は、 $g_{\text{sat}}$  と  $G_s$  でそれぞれ与えられる。また、水の単位体積重量は  $g_w$  である。
- a) 各層の中央に位置する要素 A と要素 B に作用する鉛直有効応力  $s'_A$  と  $s'_B$  を、 $g_{\text{sat}}$ ,  $g_w$ ,  $H$  を用いて示せ。
  - b) 粘土層が静止土圧の状態にあるとしたとき、要素 B に作用する水平方向の有効応力  $s'_{\text{HB}}$  を  $K_0$ ,  $g_{\text{sat}}$ ,  $g_w$ ,  $H$  を用いて示せ。なお、 $K_0$  は、静止土圧係数である。
  - c) この粘土層は正規圧密の状態にあり、 $s'_{\text{HB}} < s'_B$  であった。 $s'_{\text{HB}}$  と  $s'_B$  はともに主応力であることに留意して、要素 B で発揮されている最大のせん断応力  $t_B$  を  $K_0$  と  $s'_B$  を用いて示せ。また、この静止土圧状態で発揮されている要素 B のせん断抵抗角を  $f'_{K_0}$  としたとき、 $\sin f'_{K_0}$  は、 $K_0$  のみで与えられる。その関係式を示せ。なお、この場合、せん断抵抗は摩擦のみによって発揮されているものとする。
- 2) 図 a の状態から地下水位が  $H$  低下し、図 b の状態になったとする。砂層の含水比は  $w(\%)$  であった。この時、以下の問いに答えよ。
- d) 砂層の間隙比  $e$  は地下水位の変化によって変わらないとして、砂層の間隙比  $e$  を図中の  $g_{\text{sat}}$ ,  $G_s$ ,  $g_w$  を用いて示せ。加えて、砂層の土の湿潤単位体積重量  $g$  を  $G_s$ ,  $w$ ,  $e$ ,  $g_w$  を用いて示せ。
  - e) 砂層の層厚  $H=3\text{m}$ ,  $w$  が  $10\%$ 、 $G_s=2.60$ 、 $g_{\text{sat}}=20.0\text{kN/m}^3$  で与えられるとき、砂層の下端の要素 A' における鉛直有効応力  $s'_{\text{A'B}}$  の値 ( $\text{kN/m}^2$ ) を計算せよ。ただし、簡単のために  $g_w=10\text{kN/m}^3$  を用いよ。
- 3) この地下水位の低下によって、図 b の粘土層を構成する粘土の間隙比が時間の経過とともに減少し、初期の  $e_0$  から最終的には  $e_1$  に変化したとする。以下の問いに答えよ。
- f) この時、粘土層の最終の一次元圧密沈下量  $S$  を  $e_0$ ,  $e_1$ ,  $H$  を用いて示せ。
  - g) この粘土層の体積圧縮係数を  $m_v$  とすると、地下水位が低下することによって、鉛直有効応力の変化  $Ds'_v$  が如何ほどであったか算定できる。この  $Ds'_v$  を  $e_0$ ,  $e_1$ ,  $m_v$ ,  $H$  の中から必要なものを用いて示せ。
  - h) この粘土層から採取した供試体(高さ  $h=2\text{cm}$ )を用いて両面排水での圧密試験を行なった。その結果、最終圧密沈下量の半分の沈下量になるのに  $t_1$  時間を必要とした。一方、層厚  $3\text{m}$  の粘土層の実際の沈下量が最終の沈下量の半分に達するために必要な時間が  $t_2$  であったとする。この時  $t_2$  と  $t_1$  の比を計算せよ。なお、基盤層は不透水層とみなせる。

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 6】(地盤力学)

土圧および支持力に関する以下の設問に答えよ。

(1) 次の空欄に入る用語をそれぞれ示せ。

図1に示すように壁とその背後に水平な地盤がある。図1の壁が左方向に移動したとき、壁背面にある土要素が[ ① ]平衡状態になり、その結果、壁背面の地盤が[ ② ]状態に至る。また、壁が右方向に移動したときには、背面地盤は[ ③ ]状態に至る。一般に[ ② ]土圧と[ ③ ]土圧を比較すると[ ④ ]土圧の方が大きく、土の内部摩擦角が大きいほど[ ⑤ ]土圧は小さくなる。これら土圧を計算する手法として、モール・クーロンの破壊基準を用いるランキン土圧と、壁体の背面の土の中に直線状のすべり面があり、くさび状の土塊がすべり面に沿って動くことを仮定して計算する[ ⑥ ]土圧が知られている。

(2) ランキン土圧に関する以下の設問に答えよ。ただし、土の有効応力に関する内部摩擦角を $\phi'$ 、粘着力を $c'$ とする。

- (a) モール・クーロンの破壊基準を図示し、鉛直方向の有効応力を $\sigma_v$ として、主働状態および受働状態におけるモールの応力円を描きなさい。また、図中には主働土圧 $\sigma_A$ と受働土圧 $\sigma_P$ を書き入れなさい。
- (b) モール・クーロンの破壊包絡線の幾何学的な関係を用いて、主働土圧 $\sigma_A$ と受働土圧 $\sigma_P$ を、鉛直有効応力 $\sigma_v$ 、内部摩擦角 $\phi'$ 、粘着力 $c'$ を用いて表しなさい。
- (c) 図1に示す高さ $H$ の壁において、単位奥行きあたりに作用する主働土圧合力 $P_A$ と受働土圧合力 $P_P$ をそれぞれ計算せよ。ただし、壁の背面地盤の地下水位は、背面地盤の表面と一致するとし、 $\phi' = 30^\circ$ 、 $c' = 0$ 、 $\gamma_{\text{sat}} = 20[\text{kN/m}^3]$ 、 $\gamma_w = 10[\text{kN/m}^3]$ 、 $H = 5\text{m}$ とする。なお、土圧合力には水圧も含まれることに留意すること。

(3) ランキン土圧を利用して地盤の支持力を計算する。次の空欄に入る式を以下の文中および図中の記号を用いてそれぞれ示せ。図2のように内部摩擦角 $\phi'$ 、粘着力 $c'$ 、単位体積重量 $\gamma$ の地盤上に幅 $B$ の基礎がある。ランキン土圧を用いて基礎の極限支持力 $q_u$ を計算する場合、基礎直下の領域Iと基礎周辺の領域IIがそれぞれ主働状態と受働状態であり、その境界に摩擦のない滑らかな壁面が存在すると仮定する。ここで、ランキンの主働土圧係数と受働土圧係数をそれぞれ、 $K_A$ と $K_P$ とする。まず、極限支持力 $q_u$ が地盤上に等分布荷重として作用していることを考慮して、領域Iでの深さ $H$ における水平方向の土圧を求めると[ ① ]となり、土圧合力 $P_A$ は[ ② ]となる。また、領域IIでの深さ $H$ における水平方向の土圧を求めると[ ③ ]となり、土圧合力 $P_P$ は[ ④ ]となる。土圧合力 $P_A$ と $P_P$ が等しいとおくと極限支持力 $q_u = [ ⑤ ] \cdot c' + [ ⑥ ] \cdot \gamma \cdot B/2$ となる。ただし、⑤と⑥は、 $K_A$ と $K_P$ のみを用いて示せ。なお、深さ $H$ は、領域Iの幾何学的な条件から、 $H = B/(2 \cdot \tan(45^\circ - \phi'/2)) = B/2/\sqrt{K_A}$ の関係がある。

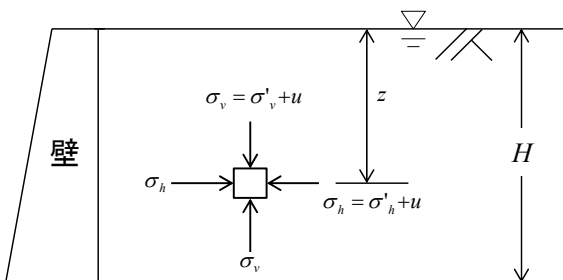


図 1

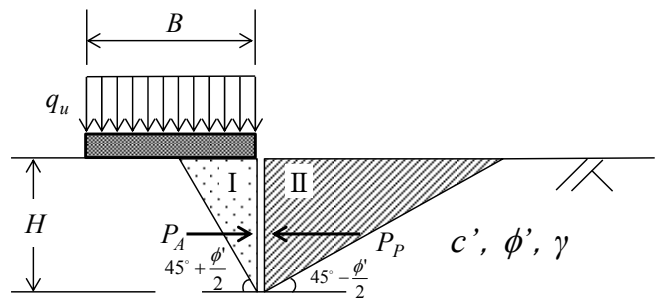


図 2

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)

- (1) 弾性および塑性の意味を簡潔に記せ。
- (2) 弾性係数およびポアソン比の定義を示せ。
- (3) クリープとリラクセーションの定義を示せ。
- (4) 鉄筋コンクリートとして構造体を構成する理由を 4 項目記述せよ。
- (5) ポルトランドセメントの 4 種の主要化合物の略号は、 $C_3S$ 、 $C_2S$ 、 $C_3A$ 、 $C_4AF$  と記述される。これらの化学式を記述せよ。
- (6) セメントの主要化合物である  $C_3S$  と  $C_2S$  の水和により生成される C-S-H 化合物の化学式を示せ。
- (7) 高炉セメントおよびフライアッシュセメントを簡潔に説明せよ。
- (8) セメントの粉末度は「比表面積」という物性値を用いて表す。比表面積の定義を示せ。
- (9) 代表的な混和剤である AE 剤に関する以下の問に答えよ。
  - ① AE 剤が及ぼす効果を説明せよ。
  - ② 改善させるコンクリートの性質は何か。
  - ③ AE 剤により導入される空気を何と呼ぶか。
  - ④ コンクリートを練り混ぜる際に導入される、上記③よりも径の大きい空気を何と呼ぶか。
- (10) コンクリート用骨材の含水状態は、絶乾状態、気乾状態、表乾状態、湿潤状態の 4 種類に分けられる。その各々の状態を図に示せ。
- (11) レディーミクストコンクリートの製造に用いることのできる水を 5 種類あげよ。また、レディーミクストコンクリート工場で環境対策の一環として使用されるようになった「水」は何か。
- (12) フレッシュコンクリートのワーカビリティとコンシステンシーの意味を簡潔に示せ。
- (13) フレッシュコンクリートのコンシステンシーを計測する試験方法を 2 つ示せ。
- (14) フレッシュコンクリートに関する次の問いに答えよ。
  - ① コンクリート中で構成成分の分布が不均一になる現象は何か、また、この現象は大きく 2 つに分類される。各々を答えよ。
  - ② 大きな断面を有する構造物にコンクリートを打ち込んだ際に発生しやすいひび割れを何と呼ぶか。このひび割れの原因となる発熱の原因は何か記せ。
- (15) セメント工場では廃棄物を大量に処理し、かつ製品となるセメントを製造することで循環型社会の形成に貢献している。セメント製造に関する以下の問いに答えよ。
  - ① クリンカーとセメントの違いを簡潔に説明せよ。
  - ② クリンカーに利用されている廃棄物およびセメントに利用されている副産物のうち主なものを挙げよ。
  - ③ クリンカーに利用されている廃棄物のすべてが無害化される理由を簡潔に述べよ。

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題8】(計画学)

1. 以下の設問に答えよ。

- (1) ワードロップ (Wordrop) の配分原理を1つ述べ、その内容を説明せよ。
- (2) 4段階推定法などに用いられる OD 表について以下の語句を用いながら説明せよ。  
(出発地、到着地、発生交通量、集中交通量)

2. 下記の交通容量の種類および道路の計画水準に関する記述について ( ) に入れるべき語句または数字を下欄より選び埋めなさい。

交通容量の種類

( ① ) 交通容量とは、理想的な道路条件、交通条件のもとで通過できる最大の交通量であり、( ② ) 係数 (pcu : passenger car unit) で表示される。( ③ ) 交通容量とは、現実の道路条件、交通条件のもとで、通過し得る最大の交通量である。( ④ ) 交通容量とは、道路の性格 (重要性) に応じて、年間を通じて提供すべきサービスの質の程度から定められる最大交通量である。

計画水準

計画水準とは年間の交通容量変動を考えて、ある道路が提供すべきサービスの質の程度を定めたものであり、次のように水準1から水準3までである。

**計画水準1** : 予想される年間最大 ( ⑤ ) 時間交通量を ( ③ ) 交通容量とするものである。年間を通じて渋滞が発生しないことを想定したものである。

**計画水準2** : 年間 ( ⑥ ) 番目時間交通量が ( ③ ) 交通容量に相当するとする水準であり、年間を通して渋滞が発生する時間帯が9時間以下であることを想定した水準である。

**計画水準3** : 年間 ( ⑦ ) 番目時間交通量が ( ③ ) 交通容量に相当するとする水準であり、年間を通して渋滞が発生する時間帯が29時間以下であることを想定した水準である。

|     |    |    |    |    |    |       |
|-----|----|----|----|----|----|-------|
| ピーク | 最大 | 設計 | 相関 | 渋滞 | 10 | 乗用車換算 |
| 100 | 基本 | 20 | 30 | 可能 | 9  | 29 最適 |

3. ある都市の OD について、ゾーン A からゾーン B への分布交通量が 10000 人/日であり、鉄道及び自家用車の2つの交通手段で分担される場合、鉄道の分担交通量 (単位: 人/日) をロジットモデルにより推計せよ。ただし、各交通手段  $i$  の分担率  $P_i$ 、効用  $U_i$ 、説明要因  $k$  の値  $X_{ik}$  及びパラメータ  $\alpha_k$  は以下によるものとする。また、自然対数の底  $e$  は 2.27 とする。

$$P_i = \frac{\exp(U_i)}{\sum_{j=1}^m \exp(U_j)}, \quad U_i = \sum_{k=1}^n \alpha_k X_{ik} \quad (m: \text{交通手段の個数}, n: \text{説明要因の個数})$$

| 交通手段 | $i$ | 所要時間 $X_{i1}$ (分) | 費用 $X_{i2}$ (円) | $\alpha_1$ | $\alpha_2$ |
|------|-----|-------------------|-----------------|------------|------------|
| 鉄道   | 1   | 35                | 200             | -0.2       | -0.01      |
| 自家用車 | 2   | 45                | 100             | -0.2       | -0.01      |



計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 9】(計画学)

以下の問いに答えよ。解答の量は、解答用紙のスペースを参考にして適切と考える記述をせよ。

(1) コンパクトシティおよび立地適正化計画について

(a) コンパクトシティの概念・概要を説明せよ。

(b) コンパクトシティ化によるメリットを、都市経営(財政等)、市民生活、地球環境(エネルギー等)の観点から説明するとともに、コンパクトシティを推進する際に障害となつてと思われることを記述せよ。

(c) 立地適正化計画の概要を説明し、コンパクトシティの形成にどのように貢献するか説明せよ。

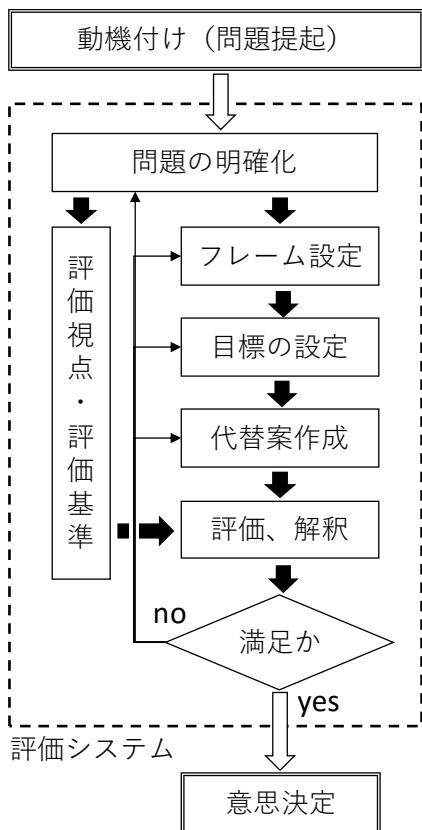
(2)(a) 市街地再開発事業について、制度の内容を説明すると共に、都市環境の改善にどのように役立つかを記述せよ。

(2)(b) 比較的狭い範囲における土地利用や景観の規制に建築協定制度和地区計画制度がある。解答用紙の表を埋めよ。

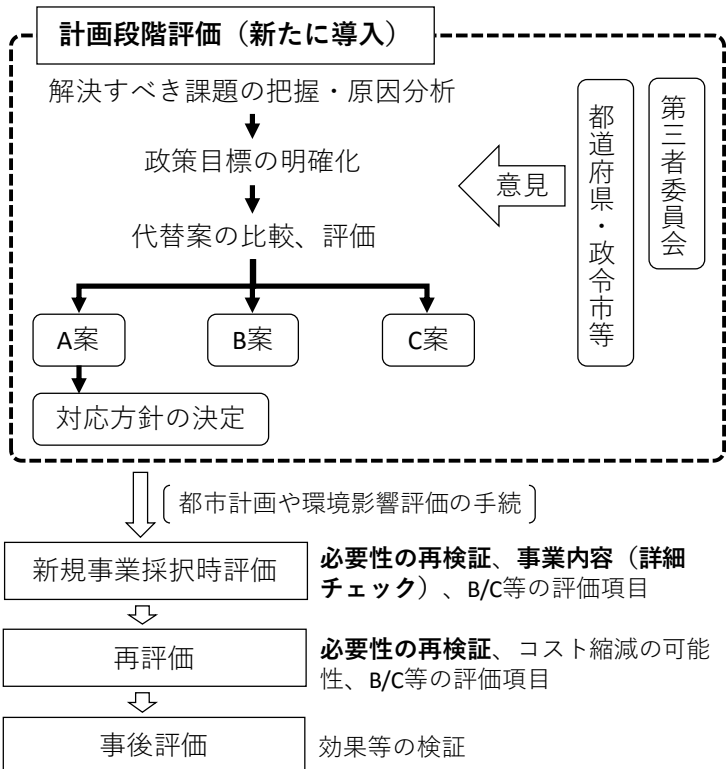
(3) 従来公共事業の計画策定プロセスは、下図左に示すように事業者により単一に絞り込まれた「the 代替案」に対して環境影響評価や事業評価を行うものであった。一方、近年、事業者以外の視点を「the 代替案」に反映するべきであるとの意見がある。この観点から下図右に示すような「計画段階評価」で第三者も踏まえた「複数代替案」の比較・評価が導入されつつある。これについて、

(a) 「計画段階評価」で用いられる「複数代替案」と従来の「the 代替案」の違いを、計画の柔軟性を踏まえて説明せよ。

(b) 「the 代替案」をもとに実施されている現在の環境影響評価の問題点を説明したうえで、「計画段階評価」のメリットを環境への配慮の観点も含めて説明せよ。



【政策目標評価型事業評価の一般的な流れ】



(c) 環境の価値(便益)を測定するにあたり顕示選好法と表明選好法がある。トラベルコスト法、CVM法の概要(便益算出方法、仮定、限界(問題点))を説明し、どちらに属するか答えよ。

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 10】(環境システム工学)

(1) 地球環境問題に関する問題である。

(a) 地球環境問題を 5 つ、挙げよ。

(b) 地球環境問題の特性を 5 つ、挙げよ。

(c) 京都メカニズムとは、地球温室効果ガス削減数値目標の達成を容易にするためのメカニズムである。その一つ、クリーン開発メカニズム(CDM)について解説せよ。

(2) 残留性有機汚染物質に関する問題である。

(a) 残留性有機汚染物質は POPs と称される。残留性有機汚染物質を英語で記せ。

(b) 残留性有機汚染物質を地球上から根絶することを目的とした国際条約名を記せ。

(c) POPs の特性を4つ挙げよ。

(3) 消費生活に伴う間接負荷に関する問題である。

(a) 間接負荷を明らかにする手法に LCA(Life Cycle Assessment)がある。LCA について、知るところを記せ。

(b) LCA の他に、間接負荷を意味するものとして、エコロジカル・フットプリント (ecological footprint)が挙げられる。解説せよ。

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 11】(環境システム工学)

(1) 下記の語句 [1], [2] について簡単に説明せよ。

[1] Stefan-Boltzmann law

[2] nitrifiers (nitrifying bacteria)

(2) 水環境工学に関して、下記の [ 3 ]～[ 5 ] に入る語句を解答欄に書きなさい。

- 水中の亜硝酸性窒素、硝酸性窒素を主として窒素ガスに還元して放出する作用を [ 3 ] と呼ぶ。窒素循環の最終段階であり、主に微生物によって行われる。
- 水中において一日当たりの植物性プランクトンの総光合成速度と呼吸速度が等しく、純光合成速度がゼロとなる水深を [ 4 ] と呼ぶ。相対照度の約 1%, セッキ板による透明度の約 2 倍の水深に相当する。
- 本来, [ 5 ] は, 形成されたばかりの池や湖が, 遷移によって湖沼型を変化させてゆく非人為的な過程を指す言葉であったが, 近年では, 人間活動の影響による水中の肥料分 (窒素化合物やリンなど) の濃度上昇を意味する場合が多い。

(3) 上水道及び浄水プロセスに関して、下記の [ 6 ]～[ 8 ] に入る語句を解答欄に書きなさい。

- 急速ろ過方式は, [ 6 ] によってあらかじめ懸濁粒子をフロックとして大きく成長させ, ろ過砂層を比較的速い速度で通過させることによってフロックをろ層表面に抑留させるプロセスである。
- 我が国において消毒は [ 7 ] によるとされている。アンモニア性窒素を含む水の場合は, 十分量の消毒剤を注入することで消毒・殺菌の効果を増すための [ 8 ] 消毒法が用いられる。

(4) 上水道及び浄水プロセスに関する以下の設問 [9]～[10] に答えなさい。

[9] 「逆浸透 (RO) 作用」について簡単に説明せよ。

[10] 上水道における「逆浸透膜 (RO 膜)」の活用例を一つ挙げ, その活用の背景や方法について簡単に説明せよ。

(5) 微生物反応速度論に関する以下の設問 [11]～[14] に答えなさい。

[11] 細菌の増殖速度 ( $dX/dt$ ) は、速度係数としての比増殖速度 ( $\mu$ ) を用いた 1 次反応式で表される。比増殖速度 ( $\mu$ ) としてモノー式 (ミカエリス-メンテン型直角双曲式) を用い, 回分反応槽内の細菌の増殖速度 ( $dX/dt$ ) 式を解答欄に書きなさい。

|         |       |          |                |         |          |
|---------|-------|----------|----------------|---------|----------|
| $X$ :   | 細菌濃度  | [mg/l]   | $t$ :          | 時間      | [hour]   |
| $\mu$ : | 比増殖速度 | [1/hour] | $S$ :          | 基質濃度    | [mg/l]   |
| $K_s$ : | 飽和定数  | [mg/l]   | $\mu_{\max}$ : | 最大比増殖速度 | [1/hour] |

[12] 回分反応槽内の基質濃度 ( $S$ ) は飽和定数 ( $K_s$ ) よりも十分に大きいと仮定して良い。この時, 細菌の増殖速度 ( $dX/dt$ ) 式を解答欄に書きなさい。

[13] 前問[12]で答えた増殖速度式の反応次数を解答欄に書きなさい。

[14] 回分反応槽内の初期細菌濃度は  $X_0$  である。 $\mu_{\max}$  が 0.693 [1/hour],  $K_s$  が 10 [mg/l] の時、この細菌の倍增時間 ( $t_d$ ) を計算せよ。 $\log_{10} 2 = 0.301$ ,  $\ln 2 = 0.693$ ,  $e^2 = 7.389$  である。

|         |        |        |         |      |        |
|---------|--------|--------|---------|------|--------|
| $X_0$ : | 初期細菌濃度 | [mg/l] | $t_d$ : | 倍增時間 | [hour] |
|---------|--------|--------|---------|------|--------|

(6) 下水道及び廃水処理プロセスに関する以下の設問 [15]～[16] に答えなさい。

[15] 下水の連続処理プロセスとしての標準活性汚泥法について簡単に説明せよ。

[16] 晶析脱リン法について簡単に説明し, さらに, 晶析脱リンを効果的に行うための 3 つの要点を挙げよ。ただし, ヒドロキシアパタイト (HAP) の化学式は  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  である。

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

問 題 冊 子  
裏 面