

# 令和4年度 九州大学大学院 工学府

## 土木工学専攻

### 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) はりに関する以下の問いに答えよ。

1) 図 1 に示す 2 つのはりのせん断力図および曲げモーメント図をそれぞれ示せ。

なお、これらのはりの曲げ剛性は  $EI$ 、図 1 (a) のはりの支間中央はヒンジとする。

2) 2 つのはりが長方形断面（幅  $b$ 、高さ  $h$ ）を有するとき、以下の位置の曲げ応力を示せ。

a) 図 1 (a) のはり固定端（右端）断面上縁

b) 図 1 (b) のはりの支間中央断面の下縁から  $h/4$  の高さ

3) 図 1 (b) のはりの支間中央変位を求めよ。

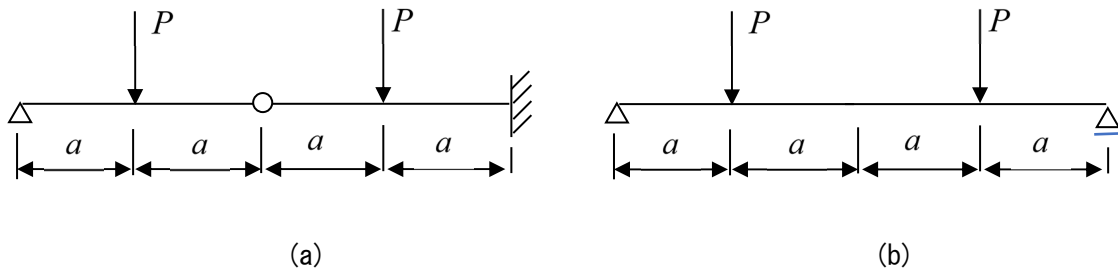


図 1

(2) 図 2 に示すトラスに関する問いに答えよ。ただし、部材剛性は全て  $EA$  とする。

1) 構造物全体の力のつり合いより、支点反力を全て求めよ。

2) 全ての部材の断面力を求めよ。

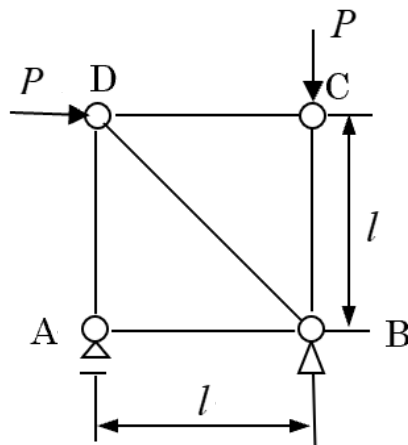


図 2

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 2】（構造力学）

(1) 図 3 に示すように、集中荷重  $P$  が作用している構造について、曲げ変形に加えて区間 AC の軸変形を考慮して、以下の問いに答えよ。ただし、曲げ剛性と軸剛性は、それぞれ  $EI$  と  $EA$  とする。

- 1) 点 B の鉛直方向変位  $\delta_{BV}$  を求めよ。
- 2) 点 C の回転角  $\theta_C$  を求めよ。

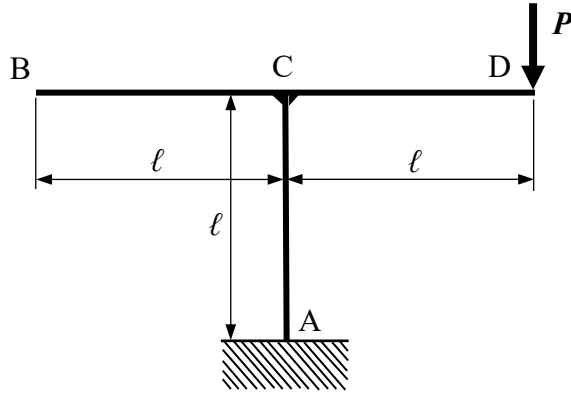


図 3

(2) 図 4 に示すように、等分布荷重  $q$  が作用する片持ちばり AB にばねが点 C で接合された構造について、以下の問いに答えよ。ただし、片持ちばりの曲げ剛性は  $EI$ 、ばね定数は  $k$  とする。

- 1) ばねに作用する不静定力を  $X$  とした場合について、片持ち梁の任意の位置における曲げモーメント  $Mx$  を  $x$  の座標系を示した上で求めよ。
- 2) 不静定力  $X$  を求めよ。
- 3) 片持ちばりの点 C における鉛直方向変位  $\delta_{CV}$  を求めよ。

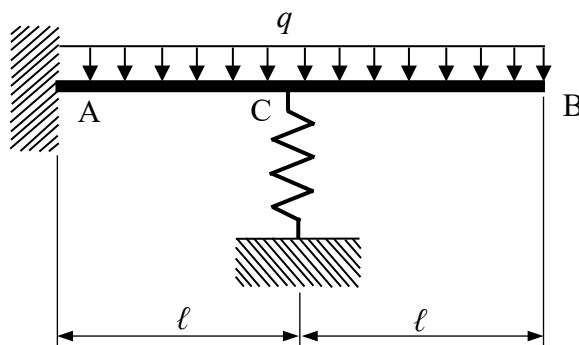
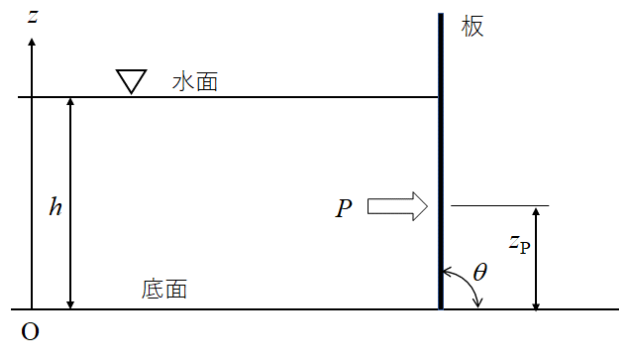


図 4

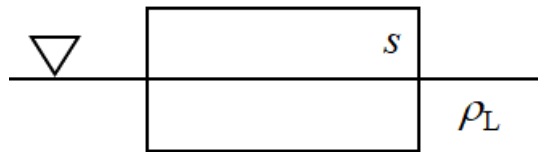
計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 3】(水理学)

- (1) 図に示す様に幅  $B$  の平板の片面が水深  $h$  の水中にあるとき、この板に作用する全圧力  $P$  とその作用点(底面からの高さ)  $z_p$  を求めよ。ここで、水の密度を  $\rho$ 、重力加速度を  $g$  とおく。



- (2) 上述(1)について、板を底面との接点を中心として時計回りに傾けた時、全圧力  $P$  は底面と板との間の角度  $\theta$  に対してどのように表されるか求めよ。ここで、底面は水平であり、板の長さは水深に対して十分長いとする。
- (3) 図に示すように、液体に半分だけ浸かって浮かぶ体積  $V$  の直方体の物体がある。このとき、液体の密度  $\rho_L$  を求めよ。ここで、物体の比重を  $s$ 、水の密度を  $\rho$ 、重力加速度を  $g$  とおく。



- (4) 上述(3)について、上から力を加えて物体全体が液体に浸かるまで押し込み、静止させた。このとき、上から物体に加える力として必要な力の大きさを求めよ。
- (5) 図のように水が入った円筒形の水槽が中心軸に対して一定の角速度で回転している。このとき、中心軸上で水面形が水槽底面と同じ高さ、すなわち水深が  $0$  となった。このとき、円筒水槽の回転角速度  $\omega$  を求めよ。なお、回転していないときの水の水深は  $h$ 、円筒の半径を  $R$ 、水の密度を  $\rho$ 、重力加速度を  $g$  とおく。



計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

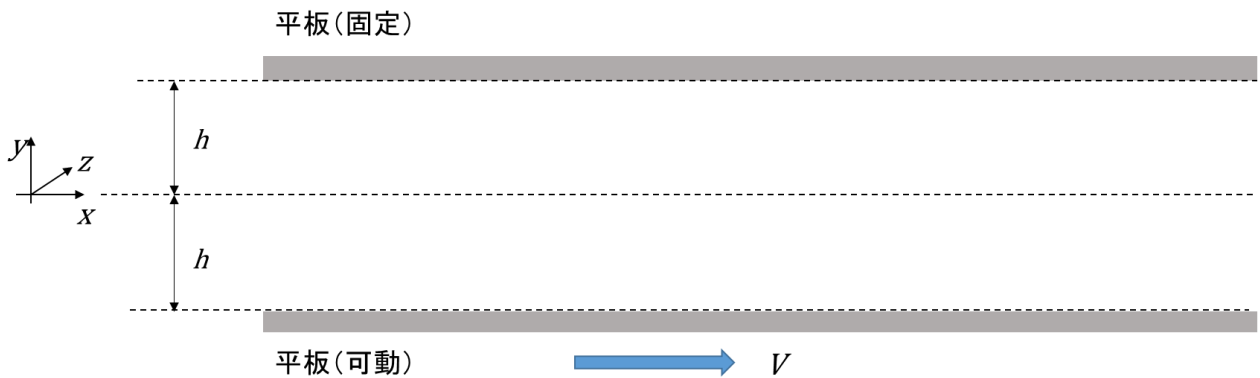
【問題 4】(水理学)

図のような2枚の間の距離が  $2h$  の平行平板間の流れについて考える. 図中に示すように下側の平板は速度  $V$  で右向きに移動しており, 上側の平板は静止している. この時, 以下に示す条件のときの平行平板間の流体の流速分布について Navier-Stokes 方程式を基に考える. 下記の(1)(2)(3)に答えよ.

$t$  は時間,  $x, y, z$  は空間座標,  $u, v, w$  はそれぞれ  $x, y, z$  方向の流速,  $g_x, g_y, g_z$  は各方向の重力加速度成分,  $\rho$  は流体の密度,  $p$  は圧力である. また, 座標軸は図中に示した定義を使用しなさい.

(条件)

- 流れは定常かつ層流状態である
- 平行平板は無限に大きく, 等流状態である.
- 流れているのは動粘性係数  $\nu$  の粘性流体である
- 圧力は空間的に変化しない
- 重力の影響は無視する



(Navier-Stokes 方程式)

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} &= g_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \\
 \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} &= g_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \\
 \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} &= g_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right)
 \end{aligned}$$

(ア)項 (イ)項 (ウ)項

(1) Navier-Stokes 方程式の(ア)(イ)(ウ)に入る各項の名称を答えよ.

(2) Navier-Stokes 方程式を設定条件を基に簡略化すると以下ようになった. この時, 消去された項はそれぞれどのような根拠で消去されたのか説明せよ.

$$\nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$$

(3) 流速分布の式を求めて, 概形を描け.

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題5】(地盤力学)

(1) 図(a) に示すような道路盛土を構築した。その時の盛土を構成する土質材料(盛土材)の比重、間隙比、飽和度は、図中に示すようにそれぞれ、 $G_s, e, S_r(\%)$  で与えられている、また、水の単位体積重量は $\gamma_w$ である。このとき、以下の問いに答えよ。

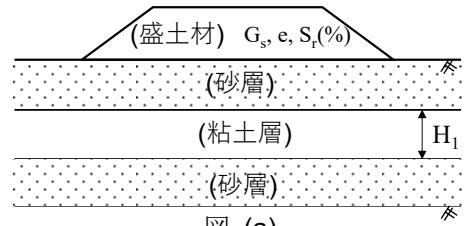


図 (a)

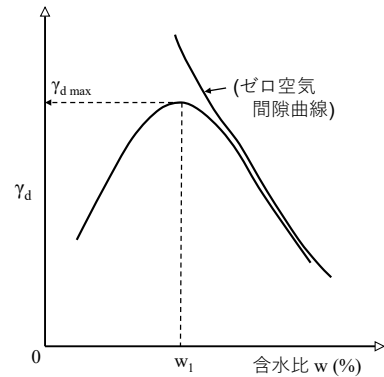


図 (b)

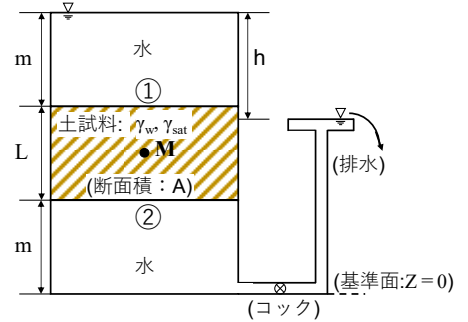


図 (c)

- a) 盛土材の湿潤単位体積重量 $\gamma_t$ を  $G_s, e, S_r(\%), \gamma_w$  を用いて表せ。
  - b) この盛土を構築するために、事前に盛土材の締固め試験が行われ、図(b) には、ある締固め回数時の締固め曲線が示されている。図中の縦軸 $\gamma_d$  は、乾燥単位体積重量、横軸  $w(\%)$  は含水比である。この図から $\gamma_d$  が最大値を示す  $w(\%)$  が存在することが読み取れるが、この含水比  $w_1(\%)$  を何と呼んでいるか技術用語を答えよ。また、 $w_1(\%)$  の時の飽和度が  $S_{r1}(\%)$  であったとする。この時の $\gamma_d$ を  $w_1(\%), S_{r1}(\%), G_s, \gamma_w$  を用いて表現せよ。
  - c) 図中には、締固めによりすべての盛土材内部の空気が追い出された状態を表す「ゼロ空気間隙曲線」も併せて示している。このゼロ空気間隙曲線を表す $\gamma_d$ と  $w(\%)$  の関係を、 $w(\%), G_s, \gamma_w$  を用いて表現せよ。
  - d) 締固め回数が増えると締固め曲線は変化する。どのように変化するかわかることを100字以内で記せ。なお、説明には、乾燥単位体積重量と含水比の変化の仕方に関する記述を必ず含めること。
- (2) 盛土材の透水性を調べるために、図(c)に示す装置に盛土材を詰め、定水位の条件で透水試験を行った。この時、次の問いに答えよ。なお、透水試験を行う際には、図中のコックは常に開いた状態にある。
- e) 水頭差  $h$  を一定に保って、透水量を計測すると、一定時間  $t$  の間の透水量が  $V$  だったとする。この時の盛土材の透水係数  $k$  を図(c)中に示す記号の中で必要なものを用いて記せ。
  - f) 次に、図のように装置の基準面を  $Z=0$  とし、図中のコックを閉じた。この状態では、水の流れは生じない。このとき、点①と点②での全水頭  $h_1$  と  $h_2$  は如何ほどになるか。図中に示す記号の中から必要なものを用いて表せ。
  - g) その後、図中のコックを開くと、再び水の流れが起こる。コックを開いた直後の点①と点②の全水頭  $h_1$  と  $h_2$  はどのようになるか。また、供試体中央の点  $M$  での全水頭  $h_M$  と圧力水頭  $u_M$  を求めよ。最後に、点  $M$  の有効応力(有効圧)  $\sigma'$  を算定せよ。なお、いずれの解答も図中に示す記号の中から必要なものを用いて表すこと。
- (3) 盛土を支える地盤が図(a)に示すように砂層、粘土層の互層であったとする。砂層は十分に密な状態にあり、この盛土荷重下では沈下は起こらないものの、粘土層では圧密沈下が生じた。この時、以下の問いに答えよ。なお、砂層は排水層として十分に機能するものとする。
- h) 盛土によって粘土層に一樣に $\Delta P$ の鉛直応力が負荷され、圧密沈下が生じた。その結果、200日後の圧密度  $U$  は50%となった。この粘土層の圧密係数  $c_v(\text{cm}^2/\text{日})$  を計算せよ。ただし、図(a)中の  $H_1=2\text{m}$ 、 $U=50\%$  の時の時間係数  $T_v$  は0.2 で与えられるとし、また、1年は365日とする。
  - i) この粘土層の体積圧縮係数を  $m_v$  としたときの圧密度50%時の沈下量  $S_{50}$  を  $m_v$  と  $\Delta P$  の関数として求めよ。
  - j) 先の沈下量  $S_{50}$  が0.5mであったとしてこの沈下量を100日で生じさせるには、載荷応力 $\Delta P$ をいくらにすればよいか。この $\Delta P$ を  $m_v$  の関数として表せ。なお、圧密度  $U(\%)$  と時間係数  $T_v$  の間には、 $U/100=3.5T_v$  の関係が成り立つものとする。

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 6】(地盤力学)

(1) 以下の空欄に当てはまる用語を下記の a)~k)の中から選んで解答欄に記号を記入せよ。

土のせん断強度を求める三軸圧縮試験は、圧密過程およびせん断過程における排水条件の違いによって、3つの試験が実施できる。ある圧力で圧密した後、供試体内に過剰間隙水圧が発生しないような速度で排水させながらせん断する試験を〔①〕試験、一方、ある圧力で圧密した後、供試体の排水を許さずにせん断する試験を〔②〕試験という。さらに、ある圧力の下で、終始供試体の排水を許さずにせん断する試験を〔③〕試験という。

一般に、土の破壊メカニズムは土(地盤)に作用する〔④〕によって支配される。そのため、せん断試験で得られる土の強度定数は、せん断開始直前までに土に作用した〔④〕が同じであれば、基本的に同じ値となる。なお、同一の粘性土が過圧密状態および正規圧密状態で存在する場合、せん断開始時の土の応力状態が同じであれば、〔⑤〕状態の方がせん断強度は大きくなる。

- a) 圧密排水せん断, b) 非圧密非排水せん断, c) 圧密非排水せん断, d) 間接, e) 単純, f) 直接  
g) 複雑, h) 間隙水圧, i) 有効応力, j) 過圧密, k) 正規圧密

(2) 地盤のある深さから採取した飽和した円柱状の供試体に対して、三軸圧縮試験による圧密非排水せん断試験を行った。試験では、拘束圧  $\sigma_3$  で等方圧密した後、拘束圧一定のまま非排水条件で鉛直応力を増加させた。その結果、鉛直応力が  $\sigma_1$  の時に供試体は破壊した。破壊時の供試体内に生じた過剰間隙水圧は  $\Delta u$  であった。得られた土の強度定数は、有効粘着力  $c'$  および有効内部摩擦角  $\phi'$  で表現され、 $c' \neq 0$ 、 $\phi' \neq 0$  であった。このとき以下の問いに答えよ。

- a) 破壊時における鉛直有効応力  $\sigma_1'$  を  $\sigma_1$  および  $\Delta u$ 、破壊時における有効拘束圧  $\sigma_3'$  を  $\sigma_3$  および  $\Delta u$  を用いて表せ。
- b) 供試体の破壊時の有効応力表示によるモールの応力円とクーロンの破壊規準線を解答用紙に図示せよ。図中には、 $\sigma_1'$ 、 $\sigma_3'$ 、 $c'$ 、 $\phi'$  を示すこと。また、モールの応力円上の「極(ポール)」の位置をプロットし、極の位置を活かして、供試体に生じる破壊面の角度  $\theta$  (水平面を基準とした場合) についても図中に示せ。
- c) 破壊面に作用する垂直応力  $\sigma'$  とせん断応力  $\tau$  を  $\sigma_1'$ 、 $\sigma_3'$ 、 $\theta$  を用いて表せ。
- d) 土の強度定数  $\phi'$  を  $\theta$  を用いて表せ。
- e) せん断応力  $\tau$  が最大となる面の水平面からの角度を求めよ。
- f) 同一の供試体に対して、拘束圧  $\sigma_3$  のもとで、非圧密非排水せん断試験を行った。その結果、せん断破壊時の軸差応力は  $q_f = \sigma_{1f} - \sigma_{3f}$  となった。なお、 $\sigma_{3f}$  はせん断試験の性質から  $\sigma_3$  と等しい。非排水せん断強度  $c_u$  が  $c_u = q_f/2$  のとき、 $c_u$  を  $c'$ 、 $\phi'$ 、 $\sigma_3'$  を用いて表せ。

(3) 図 1 に示すように、均質な水平地盤を支える摩擦のない鉛直背面を持つ擁壁がある。擁壁高さは  $H$  であり、地下水は十分に深いものとする。この地盤を構成する土の強度定数を  $c'$ 、 $\phi'$ 、湿潤単位体積重量を  $\gamma_t$  としたときの擁壁に作用するランキンの主働土圧について考える。以下の問いに答えよ。

- a) 水平地盤の地表面からの深さを  $z$  としたとき、深さ  $z$  における擁壁に作用するランキンの主働土圧  $\sigma_a$  を  $c'$ 、 $\phi'$ 、 $\gamma_t$ 、 $z$  を用いて表せ。
- b) 主働土圧  $\sigma_a$  が負となる地表面からの深さ  $z_0$  を、 $c'$ 、 $\phi'$ 、 $\gamma_t$  を用いて表せ。
- c) 土の強度定数がそれぞれ  $c' = 20.0 \text{ kN/m}^2$  および  $\phi' = 30.0^\circ$ 、湿潤単位体積重量が  $\gamma_t = 18.0 \text{ kN/m}^3$ 、擁壁高さ  $H$  が  $10.0 \text{ m}$  であったとき、擁壁に作用する主働土圧合力  $P_a$  を計算せよ。ただし、引張応力が作用する深さ  $z_0$  までは亀裂が発生するため、土圧はゼロとし、必要に応じて、 $\sqrt{3} = 1.73$  を用いて計算すること。

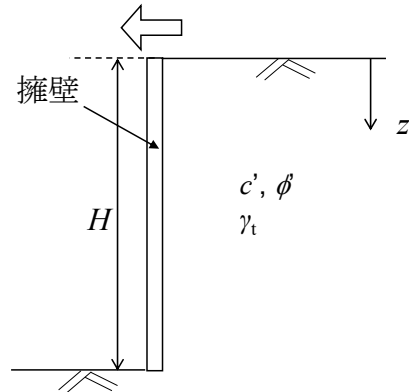


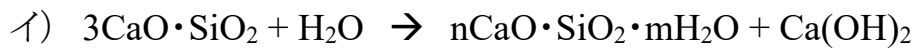
図 1

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)

以下に示す化学式および数式は、コンクリートの硬化ならびに劣化現象に関する化学反応・電気化学反応ならびに基本的な数量関係を示すものである。各々の化学式および数式の意味を説明せよ。さらに、劣化現象に関しては、現象名を答え、劣化の進展について説明せよ。(いずれの解答においても、必要に応じて図を描いて説明してもよい)

(1) コンクリートの硬化に関して

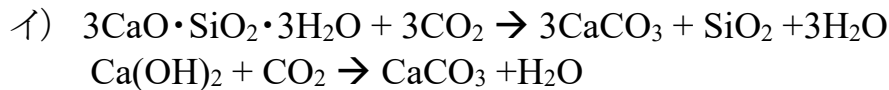


ロ)  $f_c = A \left( \frac{C}{W} \right) + B$

ハ)  $f_t = \left( \frac{1}{10} \sim \frac{1}{13} \right) f_c$

二)  $\sigma = E \varepsilon$

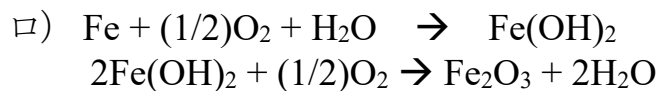
(2) コンクリートのある劣化現象に関して



ロ)  $y = A\sqrt{t}$

(3) 鉄筋コンクリートのある劣化現象に関して

イ)  $C(x, t) = C_0 \left( 1 - \text{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \right)$



ハ)  $I_{\text{corr}} = \frac{1}{R_p}$

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題8】(計画学)

- (1) パーソントリップ調査に関する次の説明文の( )に最も適切な用語を入れよ。下記の語句欄の用語を用いても良い。
- (a) トリップとは、人がある目的をもって、ある地点から他の地点へ移動することをいう。交通計画では、トリップを交通目的の完結により表現される( ① )トリップと、交通手段により区分した( ② )トリップとを区別している。
- (b) 1つのトリップでいくつかの交通手段を乗りついだした場合、その中の主な交通手段を( ③ )という。その優先順位は、( ④ ), ( ⑤ ), ( ⑥ ), ( ⑦ ), ( ⑧ )の順としている。
- (c) 都市圏域内居住者については、特異な例を除けば、主調査である( ⑨ )調査ですべてのトリップパターンについて実態把握が可能である。また、都市圏域外居住者に対し、調査対象日に都市圏域外より様々な交通手段を利用して都市圏内に流入し、あるいは都市圏外へ流出していくトリップを把握する目的で( ⑩ )調査を実施し、調査対象日以前に都市圏内のホテルなどに宿泊し、都市圏内で動くトリップなどを把握する目的で( ⑪ )調査を実施する。この他、都市圏内に鉄道や河川に沿った仮想の線を通る交通量の実数を調査し、抽出調査の( ⑫ )検定を行っている。これを( ⑬ )調査という。

交通、スクリーンライン、目的、機関、主要交通手段、家庭訪問、基本交通手段、徒歩、バス、鉄道、手段、二輪車、自動車、街頭、コードンライン、精度、ホテル宿泊、代表交通手段、交通量、適合度
---

- (2) 次の記述中の( )に入れるべき適切な式を解答欄に記入せよ。

分布交通量の予測に用いるフレーター法では、ゾーン*i*からの発生交通に着目した場合、次のように考える。ゾーン*i*の現在の発生交通量  $g_i$ 、ゾーン*i*とゾーン*j*の現在 OD 交通量を $x_{ij}$ とすると、ゾーン*i*の将来の発生交通量は、ゾーン*i*の発生交通に関する成長率  $F_{gi}$  に比例して( ① )と表すことができる。また、現在のゾーン *i* からの行き先別比率は( ② )/( ③ )であるが、行き先ゾーン*j*の成長率  $F_{aj}$  がゾーンごとに異なるので、将来の行き先別ゾーン別比率は、( ④ )/( ⑤ )となる。したがって、これらの関係より、ゾーン *i* とゾーン *j* の将来 OD 交通量 $x_{ij}(g)$ は、 $x_{ij}(g) = ( ① ) \cdot ( ④ ) / ( ⑤ )$ で表すことができる。

- (3) TDM (Transportation Demand Management) の政策の基本的な考えとして、①自動車交通を抑制、②公共交通の利用の促進、がある。①について具体的な政策を2つ述べよ。

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) 都市計画制度と災害対策について(12 点)**

我が国の都市計画制度において、災害リスク低減に資する制度を 3 つ挙げ、制度名、制度の概要を説明せよ。

**(2)都市計画制度について(18 点)**

(a) 区域区分制度による開発促進・抑制策と、立地適正化計画による施設・人口誘導策について、それぞれの制度の特徴と、両制度のちがいを都市人口・都市域の拡大期と都市人口減少期の違いを念頭に説明せよ。

(b) 土地区画整理事業について、制度の内容を説明せよ。また都市人口・都市域の拡大期における制度の役割と効果、都市人口減少下における制度運用の問題点を述べよ。

(c)我が国のコンパクトシティ政策推進が SDGs の達成に対しどのように貢献するか、考えるところを述べよ。

**(3) 事業評価について (20 点)**

(a) 環境影響評価について、2011 年に改正され導入された「計画段階配慮手続」の概要及び、その手続きによる、事業の円滑な進行への効果を説明せよ。

(b) 費用便益分析の概要を説明せよ。なぜ政策決定に際し費用便益分析を実施する必要があるのか、政策決定者や財政当局者の観点から説明せよ。

(c)以下の費用便益分析について解答せよ。

道路事業で投資額は 1 年目 75 億円、2 年目 75 億円で合計 150 億円とし、3 年目の当初から供用を開始する。維持管理費用は発生せず、供用後 4 年間使用するものとし、年間の便益は 50 億円である。4 年間の供用後廃止し残存価値は無いものとする。必要となる用地は元々公有地で用地費用はかからないものとする。この事業で用いる割引率は 10%とする。

(c1)この事業の費用便益比率を求めよ。解答には総費用、総便益も記入せよ。

(c2)財政状況が厳しく一度に多額の投資ができないため、150 億円を 30 億円ずつ 5 年間投資し 6 年目の当初から供用開始したとする。この場合の費用便益比率を求めよ。他の条件は同じとする。解答には総費用、総便益も記入せよ。

(c3)上記の計算から、集中投資して短期間に事業を完成させる場合と、いわゆるばらまき予算で少額ずつ長期にわたる投資で事業を完成させる場合の違いについて考えるところを述べよ。

なお、計算に当たっては簡便的に、 $1.1^2=1.2$ ,  $1.1^3=1.3$ ,  $1.1^4=1.5$ ,  $1.1^5=1.6$ ,  $1.1^6=1.8$ ,  $1.1^7=1.9$ ,  $1.1^8=2.1$  を使用せよ

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) 残留性有機汚染物質(POPs)に関する問題である。

- 1) POPs は、英語の何の略か？
- 2) 空欄 ①～⑩ を埋めよ。

[ ① ]はタンパク質に、PCB、DDT、[ ② ]など難分解性(非疎水性)の化学物質は、[ ③ ]に親和性が強く、能動的な吸収によって、環境中から生物体に取り込まれる。

[ ④ ]を製造したことも使用したこともないアラスカなどに住む[ ⑤ ]の人達の血液からも[ ④ ]が検出されている。このように、国境を越えて POPs が移動してしまうという問題が生じている。

POPs とは、(1)難分解性、(2) [ ⑥ ]、(3) [ ⑦ ]、(4) [ ⑧ ]を持つ物質のことを指す。POPs による[ ⑨ ]の汚染が懸念され、「残留性有機汚染物質に関する[ ⑩ ]」(POPs 条約)が 2004 年 5 月に発効した。

(2) 消費生活に伴う負荷に関する問題である。下記の環境用語について、説明せよ。

- 1) ライフサイクルアセスメント (Life-cycle assessment)
- 2) エコロジカル・フットプリント (Ecological footprint)

(3) 環境政策の一つ、経済的手法に関する問題である。下記の 1)～4)の代表的な経済的的制度について、説明せよ。

- 1) 課徴金制度
- 2) 補助金制度
- 3) 排出量取引
- 4) デポジットリファンド制度

(4) 地球温暖化を招いている温室効果ガスの排出を削減するための取組みに関する問題である。下記について説明せよ。

- 1) 京都メカニズム
- 2) ポスト京都議定書

(5) SDGs に関する問題である。以下の問いに答えよ。

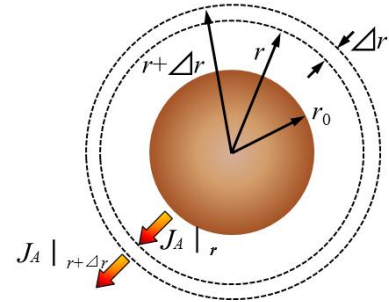
- 1) SDGs は、英語の何の略か？日本語で何と訳されているか？
- 2) SDGs の特徴について、記せ。
- 3) 2015 年に SDGs が採択されるまでの経緯について、説明せよ。

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) 物質移動と物質収支に関する以下の設問 [1]~[5] に答えなさい。

[1] 図に示すように、静止した液体中に置かれた球から物質  $A$  が拡散している。ここでは、球の半径  $r_0$  は不変とし、半径座標  $r$  軸方向のみに濃度勾配が存在する。ある時間  $t$ 、 $t+\Delta t$  における濃度を  $C_A|_t$ 、 $C_A|_{t+\Delta t}$  で、また、図中の  $J_A$  は拡散流束の記号を示す。では、 $r$  の位置で厚さ  $\Delta r$  の微小球殻 (体積は  $4\pi r^2 \Delta r$ ) に着目した時、微小時間  $\Delta t$  内の拡散物質  $A$  の物質収支式はどのように表されるか?



[2] 拡散係数を  $D_A$  とすると、 $r$  軸方向の拡散流束  $J_A$  はどのような法則に従い、どのような式で表現できるか?

[3] [1]の物質収支式を整理し、[2]の式を代入して、球座標系における 1 次元 非定常 拡散方程式を導け。

[4] 以下の二つの境界条件を用いて、定常 状態における濃度分布式を求めよ。また、球の表面での拡散流束を求めよ。

境界条件 1:  $r = r_0$  で、 $C_A = C_{A0}$  (一定値)

境界条件 2:  $r = \infty$  で、 $C_A = 0$

[5] 固体内での  $r$  軸方向の熱の移動を考える。固体の密度  $\rho$ 、定圧比熱  $c_p$ 、温度  $T$  を用いて、熱濃度は  $\rho c_p T$  で表される。熱エネルギー流束を  $q$  とし、また、熱伝導率を  $\lambda$  とすると、温度伝導率は  $\alpha = \lambda / (\rho c_p)$  である。では、[2]の法則との相似性を示しつつ、移動現象論的には固相中の熱の拡散現象とは何かを説明せよ。

(2) 環境工学に関して、下記の [ 6 ]~[ 14 ] に入る語句を解答欄に書きなさい。

- 酵素反応速度に関する最も代表的な理論式は [ 6 ] の式である。基質濃度が十分に高い場合、酵素反応速度はその最大速度に漸近することから、[ 7 ] 次反応に従うことになる。一方、微生物の増殖速度を表現するために必要な比増殖速度の代表的な実験式は [ 8 ] 式である。
- 熱含量とも呼ばれる [ 9 ] はエネルギーの次元をもち、物質の発熱・吸熱挙動にかかわる状態量である。等圧条件下にある系が発熱して外部に熱を出すとその状態量が下がり、吸熱して外部より熱を受け取るとその状態量が上がる。
- 下水を入れたタンクに空気を吹き込むと、[ 10 ]・原生動物・後生動物などの微生物が下水中の有機物を利用して繁殖し、凝集性のあるゼラチン状・綿状の [ 11 ] ができる。この下水処理を担う微生物群が [ 12 ] と呼ばれるものである。
- 我が国では、水道水は [ 13 ] によって消毒されて消費者に供給されるが、1996 年、水道水を介して、下痢症を引き起こす原虫クリプトスポリジウムによる集団感染が埼玉県で発生した。その対策としては、ろ過水の濁度を低く保つと同時に、不活性化効果の高い [ 14 ] 処理設備の導入が進んだ。

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

問 題 冊 子  
裏 面