受験番号 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ 氏名 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

令和７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〇を付けなさい。

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．試験時間中に問題冊子表紙上方の指定の欄に受験番号と氏名を記入してください。

９．「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 4 つの長方形を溶接して張り出し部を含む中空の箱形断面(内空の長方形は幅 8cm, 高さ 10cm)を作成した。この断面の X 軸まわりの断面二次モーメント I_x を求めなさい。なお, X 軸は中空の箱形断面の図心を通る水平方向の軸とする。

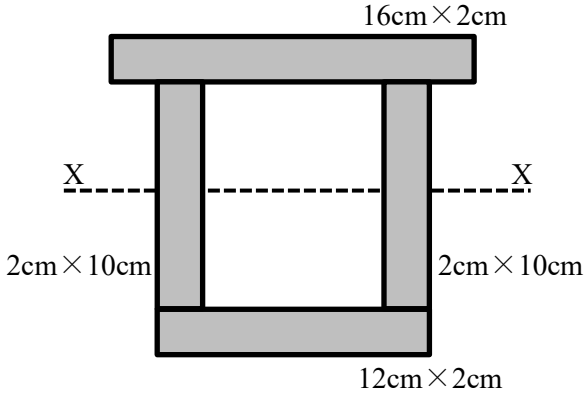


図 1

(2) 図 2 のとおり, 長さ l の一様な梁 AB がある。中間の支点, 支点 C と支点 D で対称に支持した。梁 AB の中央点である点 E(支間 CD の中央点でもある)に集中荷重 P を作用させたとき, 点 A のたわみ v_A と点 E のたわみ v_E の大きさと向きを求めよ。なお, 支間 CD の距離は d, 梁の曲げ剛性は EI とする。

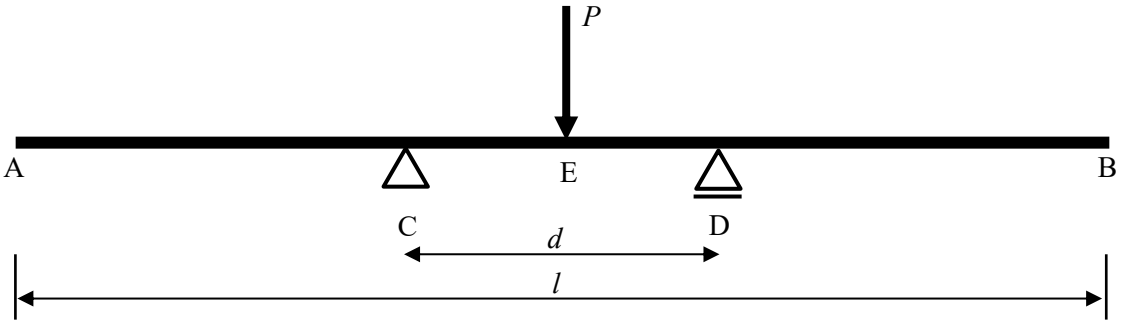


図 2

(3) 小問(2)の梁に対して, 梁全体に等分布荷重 q を作用させた。梁 AB に作用する曲げモーメントの大きさ(曲げモーメントの絶対値)をできるだけ小さくしたい。梁 AB に作用する曲げモーメントの大きさが最小となるときの支間 CD の距離 d を, l を用いて表せ。梁 AB の中央点は点 E とする。

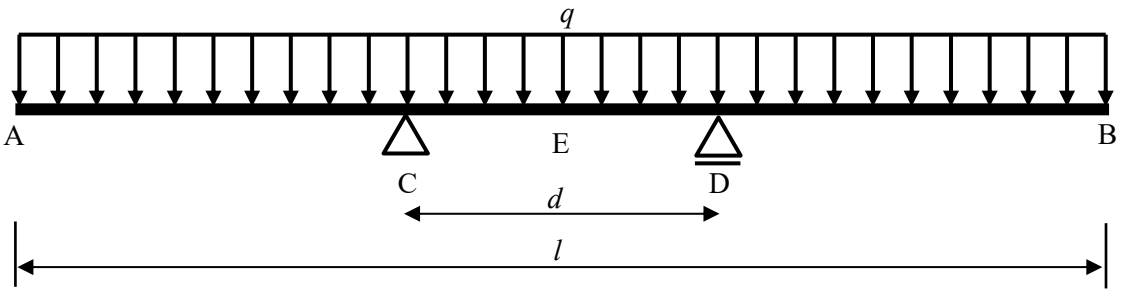


図 3

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 と図 2 に示すゲルバー梁について，その曲げモーメント図が示されている。図 1 の曲げモーメント図は直線で構成されている。図 2 は，左端の支点からヒンジ点までは 2 次曲線（放物線），残りの部分は直線で構成されている。これらの梁に作用している荷重（位置および方向）を図示したうえで，せん断力図を描け。

曲げモーメント図:

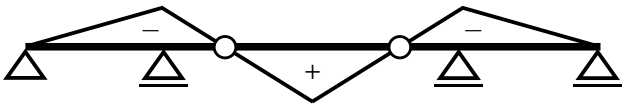


図 1

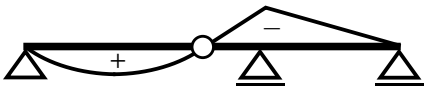


図 2

(2) 図 3 に示すように，2 部材トラスの先端 C 点がばねで支持されている。C 点に鉛直上向きに集中荷重 P が作用する時，部材 AC の軸力 N_{AC} と点 C の鉛直方向変位 δ_C を求めよ。

条件： トラスの各部材 AC，BC の軸剛性 EA は一定とする。
トラスの各部材 AC，BC の初期長さは L である。
CD のばね定数は EA/L とする。
トラス部材の軸力は引張方向を正，鉛直方向変位は上向きを正とする。

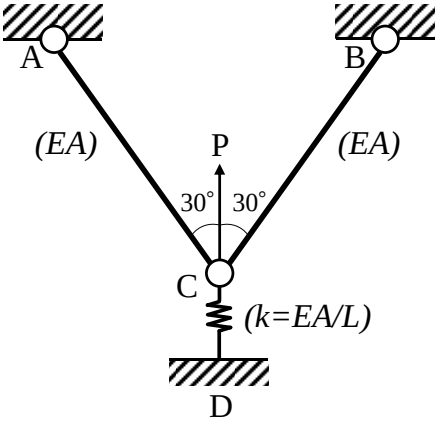


図 3

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 3】(水理学)

(1) 以下の文章中の［　　］に入る，適切な用語，記号，式，単位，数値などを示せ。

・流れの状態を表示する方法には，2 つの方法がある。そのうちのオイラー表示（または，オイラーの方法）は，流れ場の中の［(1)］と［(2)］を指定して，流速 u，v，w や圧力 p を調べる方法である。

一方，もう一つの［(3)］は，ある時刻 $t=t_0$ にある場所(x_0, y_0, z_0)にある流体粒子に着目し，その流体粒子の位置などの時間変化を調べる方法である。

前者では，独立変数が x, y, z, t であるのに対し，後者では［(4)］が独立変数となる。

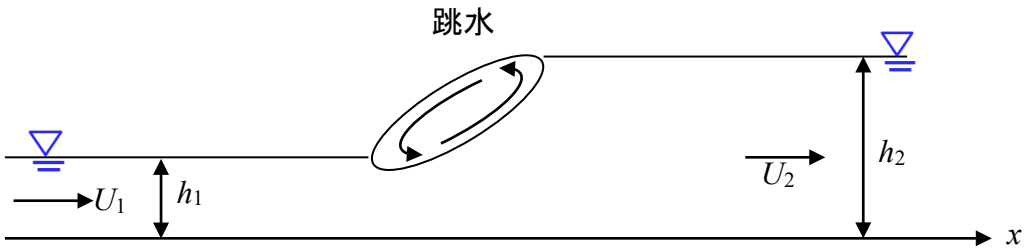
・時刻 $t=t$ にある地点(x, y, z)にある流体粒子が，速度(u, v, w)を持っていた。微少時間δt 後に，この流体粒子が別の地点$(x+\delta x,\ y+\delta y,\ z+\delta z)$へ移動したものとする。このとき，この流体粒子が持っていたある物理量 $\theta(x, y, z, t)$は，$\theta(x+\delta x, y+\delta y, z+\delta z, t+\delta t)$と示される。

この両者の差を表す$\Delta\theta$は，テイラー展開を利用すると［(5)］と示される。各空間方向の移動距離は，それぞれ$\delta x=u\delta t$ などと表されるので，その両辺をδt で割って極限操作を行うことで，流体粒子のもつ物理量の時間微分が［(6)］と表される。これを一般的に［(7)］と呼ぶ。

・開水路流では，フルード数 Fr が流れの状態を決定する重要な役割を演じる。まず，$Fr>1$，$Fr=1$，$Fr<1$ となる状態の流れをそれぞれ順番に［(8)］という。さらに，$Fr=1$ となる状態は，ある(単位幅当たり)流量に対して，比エネルギーが［(9)］となり，比力が［(10)］となる場合に相当する。

（注意）数式については，一般的に用いられている記号を使って表すこと。(4)は 4 つの変数を示すこと。

(2) 図に示すように，広長方形断面の開水路流れで跳水が発生している。このとき，跳水前後の水深 h_1，h_2 の比 h_2/h_1 を跳水上流側のフルード数 Fr_1 により表せ。ここで，跳水前後の水深平均流速は U_1, U_2 とする。使用する記号は，一般的に使われるものを使用すること。



(3) 以下の問題に答えよ。

i) 底面勾配が $I_b=\sin\theta$である非常に長い幅広長方形断面水路に，水が層流かつ等流で流れている。水路の流下方向を x 方向，水深方向を y 方向，幅方向を z 方向としたとき，これらの条件により下記に示す x 方向のナビア・ストークス方程式がどのように簡略化されるかを示せ。使用する記号は，一般的に使われるものを使用すること。また，水面勾配には I を用いること。

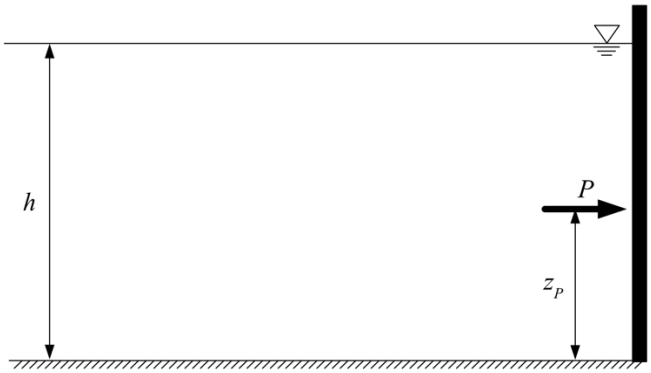
$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}=g_x-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\nu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right)$$

ii) 上で得られた式から，水深が h であった場合に得られる流速 u の解を求めよ。なお，y 軸は底面から上向きとする。

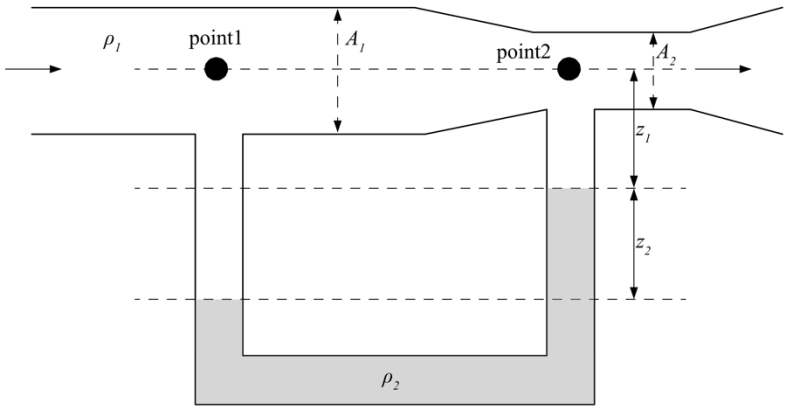
計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 4】(水理学)

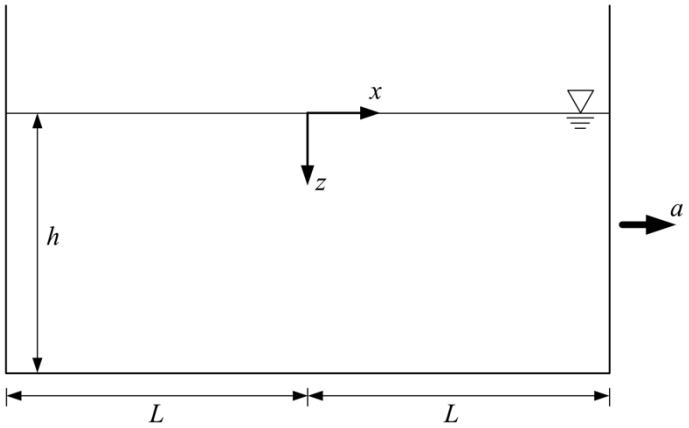
(1) 図に示すように幅 b の平板の片面が水深 h の水中にあるとき，この板に働く全水圧 P および底面からその作用点までの高さ z_p を求めよ。ただし，回答は答えのみを記入するのではなく，計算過程も記述すること。なお，水の密度を ρ，重力加速度を g とする。使用する記号は，図や文中で定義されているもの以外は，一般的に使われるものを使用すること。



(2) 図に示すようなベンチュリーメーターが存在する。このとき，エネルギー損失は生じないとした場合，この管を流れる流量 Q を求めよ。ただし，回答は答えのみを記入するのではなく，計算過程も記述すること。なお，重力加速度は g，各断面面積を A_1，A_2，異なる水の密度を ρ_1，ρ_2 とする。使用する記号は，図や文中で定義されているもの以外は，一般的に使われるものを使用すること。



(3) 図のように水が入った直方体の水槽が存在する。この水槽を x 軸の正の方向に加速度 a で引っ張る。このとき水面形 z_* の式を求めよ。ただし，回答は答えのみを記入するのではなく，計算過程も記述すること。使用する記号は，図や文中で定義されているもの以外は，一般的に使われるものを使用すること。



計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

【問題 5】(地盤力学)

以下の設問に答えよ。

(1) 図(a)に示すような地盤に，道路盛土の構築を行った。このとき，盛土材の比重，飽和度，間隙比はそれぞれ，G_s，S_r(%)，e として与えられているものとする。また，水の単位体積重量は γ_w とする。

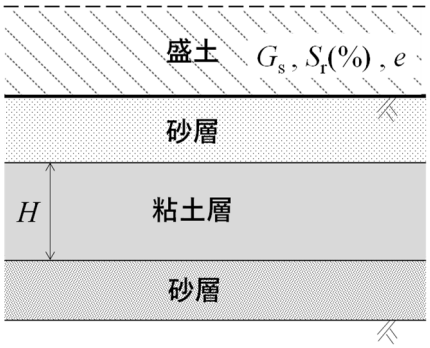
(a) 構築された盛土の湿潤単位体積重量 γ_t を G_s，S_r(%)，e，γ_w を用いて表せ。

(b) (a)で求めた湿潤単位体積重量 γ_t を活かして，飽和単位体積重量 γ_{sat} および乾燥単位体積重量 γ_d を，G_s，S_r(%)，e，γ_w の中から必要なものを用いて表せ。

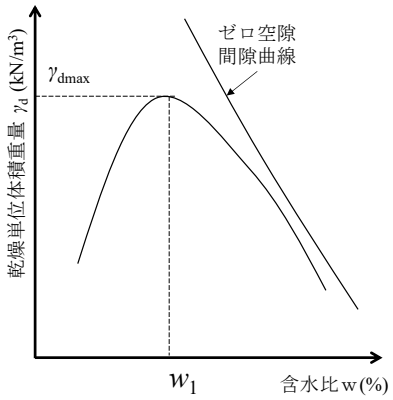
(c) 盛土材の物理特性を調べたところ，乾燥単位体積重量は γ_d=16.0(kN/m^3)，湿潤単位体積重量は γ_t=18.0(kN/m^3)，盛土材の比重は G_s=2.60 であった。水の単位体積重量が γ_w=10.0(kN/m^3)の時，盛土材の含水比 w(%)，間隙比 e，飽和度 S_r(%)の値を求めよ。

(d) 盛土材に対する締固め試験が実施され，図(b)のような締固め曲線が得られている。締固め曲線において，乾燥単位体積重量の最大値 γ_{dmax} に対応する含水比 w_1(%)が存在するが，この含水比を技術用語で何というか答えよ。

(e) 図(b)中には，ゼロ空気間隙曲線が示されている。この曲線は，盛土材内のすべての空気が締固めによって追い出され，飽和している状態を表している。このゼロ空気間隙曲線を G_s，γ_w および w(%)を用いて表せ。



図(a)

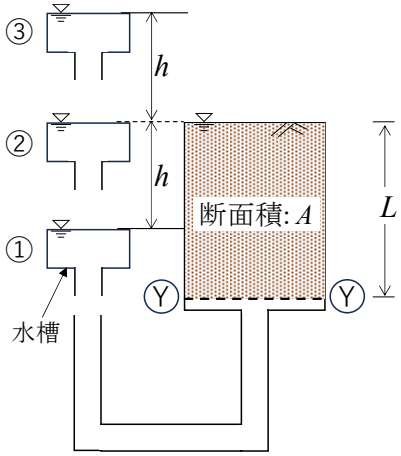


図(b)

(2) 盛土材の透水性を調べるため，図(c)に示す装置でクイックサンドの実験を行った。長さ L の盛土材の土柱が詰められている。土柱は飽和しており上端面の水位は一定に保たれている。土柱の断面積は A で飽和単位体積重量は γ_{sat}，水の単位体積重量は γ_w とする。土柱の下端面の水位は水槽の位置を変えることで変化させる。

(f) 水槽を①，②，③の位置に保った時，土柱底面のⓎ-Ⓨ断面における鉛直方向の有効応力 σ' を図中および上記の記号を用いて表せ。

(g) 水槽が③の位置にあるとき，盛土材がクイックサンドを起こした。この時の限界動水勾配 i_c を，(I) 水中単位体積重量 γ' および γ_w を用いて表せ。また，盛土材の間隙比が e のとき，限界動水勾配 i_c を，(II) G_s と e を用いて表せ。



図(c)

(3) 盛土を構築した地盤は，図(a)に示す砂層，正規圧密粘土層の互層であったとする。砂層は十分に密な状態であり，盛土荷重下での沈下は起こらず，粘土層では圧密沈下が生じるものとする。また，砂層は排水層として十分に機能するものとする。

(h) 盛土の構築前は，粘土層中央部において，有効土被り圧 σ_v'=100 (kN/m^2)を受けており，粘土層の層厚 H は 4.0 (m)，間隙比 e は 1.50 であったとする。盛土の構築により，粘土層に一様に有効応力が $\Delta\sigma_v'$=150 (kN/m^2)だけ増加し，均等に圧密沈下が進行したものとする。粘土層の圧縮指数 C_c が 0.50 であったとき，最終圧密沈下量 S_f を求めよ。ただし，$\log_{10}2.5$=0.40 を使ってよい。

(i) 盛土載荷から100日後の圧密度U(%)を求め，その時の沈下量Sを求めよ。ただし，この粘土層の圧密係数は，c_v=50.24（cm^2/日）とし，U/100＜0.5のとき，時間係数をT_vとすると，U/100＝$2\sqrt{T_v/3.14}$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)

斜面安定に関する以下の設問に答えよ。

(1) 図 I のような無限長斜面における，地表面から鉛直方向の深さ z[m]にある斜面と平行なすべり面の安定を考える。水平面からの斜面およびすべり面の傾きはα[deg]である。また，土は乾燥した状態であり，土の単位体積重量はγ_d[kN/m^3]，粘着力は c[kN/m^2]，内部摩擦角はϕ[deg]である。

(a) 図 I のような斜面に沿った長さ l[m]の土塊 abcd を考える。点 a と点 b は地表面上にあり，点 c と点 d はすべり面上にある。このとき，土塊 abcd の単位奥行き当たりの鉛直下向きの重量 W_1[kN/m]を z, α, γ_d, l を用いて表せ

(b) 土塊 abcd の重量 W_1 に起因して，土塊の cd 面(すべり面)に作用する単位奥行き当たりの土塊を滑らそうとする力 F_1[kN/m]を z, α, γ_d, l を用いて表せ。

(c) cd 面(すべり面)に作用する垂直応力σ_αとせん断応力τ_αの応力比$\tau_\alpha/\sigma_\alpha$を$\alpha$を用いて表せ。

(d) 斜面内の土要素には，図 II に示すような組合せ応力が作用する。水平面には鉛直応力 350kN/m^2 とせん断応力 100kN/m^2 が作用し，鉛直面には水平応力 150kN/m^2 とせん断応力-100kN/m^2 が作用している。この時，最大主応力σ_1と最小主応力σ_3を求めよ。ただし，$\sqrt{2}$=1.41 と$\sqrt{3}$=1.73 を使ってよい。

(e) (d)の応力状態における最大主応力面が水平面となす角を求めよ。

(f) 土塊の cd 面(すべり面)に作用する単位奥行き当たりの抵抗力 R_1を z, α, γ_d, l, c, ϕを用いて表せ。

(g) (b)と(f)をもとに c=0 の時のすべり面における安全率 $Fs_1=R_1/F_1$ をαとϕを用いて表せよ。

土圧に関する以下の設問に答えよ。

(2) 次の空欄に入る用語をそれぞれ示せ。

図 III に示す壁とその背後に水平な地盤がある。図 III 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，壁背面の土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]土圧がある。

(3) ランキン土圧に関して以下の設問に答えよ。

(a) 土の有効応力に関する内部摩擦角をϕ'，粘着力を c'としたときのモール・クーロンの破壊基準を図示しなさい。また，図中に鉛直方向の有効応力をσ'_v として，図中には主働土圧σ'_A と受働土圧σ'_P を書き入れ，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。

(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σ'_A と受働土圧σ'_P を，鉛直有効応力σ'_v，内部摩擦角ϕ'，粘着力 c'を用いて表しなさい。

(c) 図 III に示す高さ H の壁において，単位奥行き当たりに作用する主働状態における側圧合力 P_A と受働状態における側圧合力 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，ϕ' = 30°, c' = 0, γ_{sat} = 20[kN/m^3], γ_w=10[kN/m^3], H = 10m とする。なお，側圧合力は土圧合力と水圧合力を足し合わせたものであることに留意すること。また，土圧を計算する際の鉛直応力には有効応力を用いて計算すること。

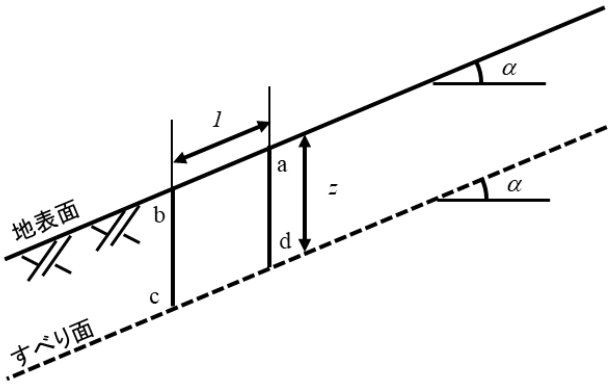


図 I

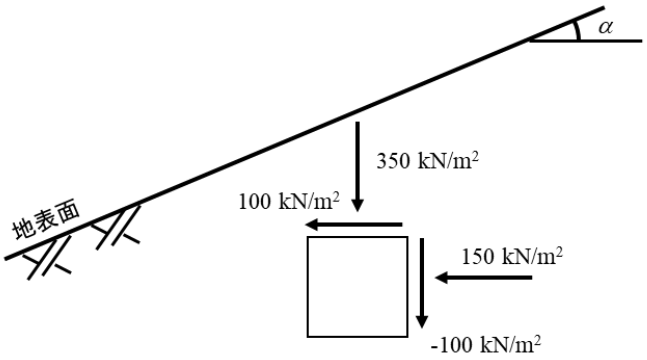


図 II

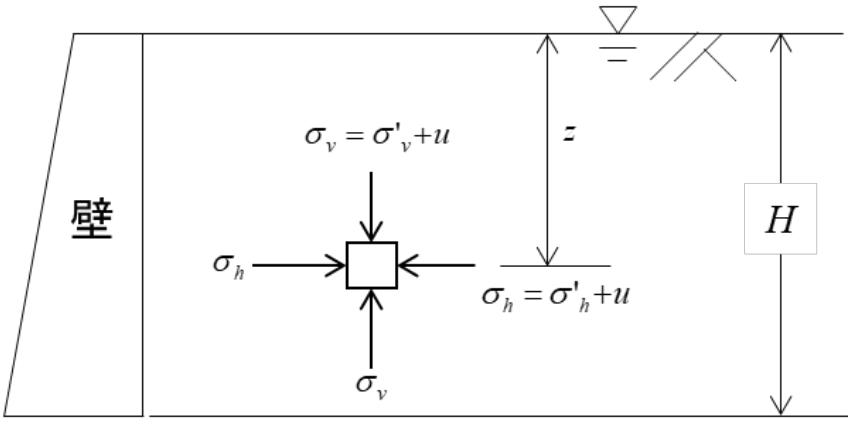


図 III

以下, 計算用空欄

【問題 7】(コンクリート工学)

(1)ポルトランドセメントに関する以下の問題に答えよ。

ポルトランドセメントの 4 種の主要化合物について，以下の(①)～(④)を適切に埋めよ。

主要化合物の名称	化学式	略号	水和反応速度	発熱量
ケイ酸三カルシウム	①	C_3S	比較的速い	中
ケイ酸二カルシウム	②	C_2S	遅い	小
アルミン酸三カルシウム	③	C_3A	非常に速い	大
鉄アルミン酸四カルシウム	④	C_4AF	かなり速い	小

下表は、普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント、低熱ポルトランドセメント、の化合物（鉱物）組成を示している。(⑤) ～ (⑧) を適切に埋めよ。

	(⑤) ポルトランドセメント	(⑥) ポルトランドセメント	(⑦) ポルトランドセメント	(⑧) ポルトランドセメント
C_3S	50	27	48	67
C_2S	26	58	30	9
C_3A	9	2	5	8
C_4AF	9	8	11	8
その他	6	5	6	8

(2)コンクリート用骨材に関する次の文章の(①)～(⑧)を適切に埋めよ。

ア） 骨材の含水状態は、内部空隙に全く水分を含まない(①)状態、内部空隙の一部に水分を含む(②)状態、内部空隙は水で飽和され表面水のない(③)状態、内部空隙は水で飽和され表面水も付着している(④)状態の4種がある。コンクリート配合の基準となるのは(⑤)状態である。

イ） コンクリート用粗骨材の密度と吸水率について、一般に、密度が大きいほど吸水率は(⑥)。

ウ） 骨材の形状の判定は、(⑦)試験により行なう。

エ） 粗骨材の最大寸法が大きくなるほど、単位コンクリート体積に占める骨材量を(⑧)することが可能となる。

(3)フレッシュコンクリートに関する以下の文章中の(①)～(⑩)を適切に埋めよ。

ア） コンクリートのコンシステンシーの一般的な測定方法は(①)試験および(②)試験である。

イ） レオロジーの理論では、フレッシュコンクリートは、せん断応力がある値以下なら流動せず、ある値を超えると流速がせん断応力と直線関係を保って流動する、いわゆる(③)流体とみなされる。

ウ） 単位水量を一定にすると、他の条件が変化してもコンシステンシーは大きく変わらない、という性質を(④)の法則と称している。

エ） コンクリートのコンシステンシーはコンクリート温度に依存し、コンクリート温度が上昇すると、スランプの値は(⑤)する。

オ） コンクリート中で構成成分の分布が不均一になる現象を（　⑥　）といい、粗骨材が局部的に集中する現象と、コンクリート中の水分が上面に向かって上昇する（　⑦　）現象に分けられる。

カ） 2層以上に分けてコンクリートを打ち込む場合、下層コンクリートの凝結がある程度進行後にコンクリートを打ち重ねると、一体化が阻害され（　⑧　）が生じる。

キ） セメントの（　⑨　）に起因するコンクリートのひび割れを温度ひび割れと称する。このひび割れは、打ち込むコンクリートの体積が（　⑩　）ほど発生しやすくなる。

（4） コンクリートの配合設計について以下の問題に答えよ。

水セメント比（W/C）が 40%、細骨材率（s/a）が 38%、単位水量（W）が 165 (kg/m^3)、空気量が 4.0%の条件で、コンクリートの配合の単位量を算定せよ。ただし、使用材料の密度は、セメント（ρ_c）が 3.16（g/cm^3）、細骨材（ρ_s）が 2.55（g/cm^3）、粗骨材（ρ_g）が 2.70（g/cm^3）である。なお、答は小数点以下を四捨五入して整数値で示せ。
（注：解答用紙には計算の過程も記述すること。）

（5） 今後の建設材料について

近年、地球規模で環境が大きく変化（悪化）しつつあることから、建設材料に限らず環境にやさしい材料が強く求められている。環境にやさしい建設材料とはどのようなものか、またそのためにどのような開発を進めるべきか、自身の考えを簡潔に述べよ。

- 以上 –

以下，計算用空欄

【問題8】(計画学)

（1）ある 2 車線道路（上り、下り各 1 車線）のそばに立ち、一方向の交通流を 2 回（午前と午後）に分けて車頭間隔（先頭車の先頭部分と後続車の先頭部分の時間間隔(headway(秒))と距離(spacing(m))）を 10 分ほど観測した。その結果、[観測Ⅰ]では平均 headway は 1.8(秒)、spacing は 10(m)を、[観測Ⅱ]では平均 headway は 1.8(秒)、spacing は 25(m)を観測した。
以下の問いに答えよ。（単位に注意すること）

(a) [観測Ⅰ]での交通流率Q_1(台/hour)を求めよ。

(b) [観測Ⅰ]での平均速度V_1(km/hour)を求めよ。

(c) 速度V(km/hour)と交通密度K (台/km)の関係を線形式（$V = A - BK$：A、Bはパラメータ）で仮定して、 [観測Ⅰ] [観測Ⅱ]からA、Bを求めよ。

(d) この道路（車線）が流せる最大の 1 時間当たりの交通量を求めよ。

(2) 以下の内容 A～D の正誤を答えよ。正しい場合は○、間違っている場合は×を解答欄に記入せよ。

A. 道路の横断構成については道路構造令により規定されており、設計交通量が決定されれば、幅員は一意に決まる。

B. TOD (Transit Oriented Development)とは，都市又は地域レベルの道路交通混雑の緩和を道路利用者の時間の変更，経路の変更，手段の変更，自動車の効率的利用，発生源の調整等，交通需要量を調整することによって行う手法のことである。

C. パーソントリップ調査では，移動の目的や出発地，到着地，交通手段等について詳細に調査するため，特定の物資がどの交通手段でどこを発着地として輸送されたかについても把握することができる。

D. ゾーン間の分布交通量の推計で用いられる一般的な重力モデルは、2 ゾーン間の時間距離が長くなると，他の説明変数の値が一定の場合は，推計される交通量が多くなる。

(3) 地区交通計画において以下のような A～C のような計画（論、地域）が提案（実施）されている。これらの計画(論、地域)と関係ある用語/文言を①～⑤に示しているが、それぞれ A～C[のどの計画(論、地域）に該当するか解答欄に記入せよ。

計画（論、地域）
A.近隣住区論、B.ラドバーン、C.ボンエルフ、

関連用語/文言
①クルドサック、②ハンプ、③「規模が 1 小学校区」、④歩車分離、⑤狭さく

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)　日本の都市計画に関して(25 点)

(a) 日本の都市計画制度について、以下の各年において策定・制定されてた法律・制度について、それぞれの、法律・制度の概要・特徴、その法律・制度が成立した社会経済状況等の背景を説明せよ。1888 年、1919 年、1968 年

(b) 区域区分制度について説明せよ。また都市人口・都市域の拡大期における区域区分制度が都市管理において果たした役割と効果を述べよ。

(c) 都市計画法による従来の土地利用規制と、立地適正化計画による土地利用誘導の違いを、法的強制力も踏まえて論ぜよ。

(d) 土地区画整理事業について、制度の内容を説明せよ。また人口減少下の都市域を想定した場合、土地区画整理事業を実施する際の課題を述べよ。

(2) 土木計画学に関して(25 点)

(a) 費用便益比率（B/C）および経済的内部収益率（EIRR）について、それぞれの特徴を説明し、両者の関係を簡単に説明せよ。また社会資本整備の費用を税金からではなく、調達金利が未定である資金で実施する場合は、B/C と EIRR どちらを使用すべきか理由を含めて説明せよ。

(b) 費用便益分析を行う場合、環境の価値（便益）を評価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 法それぞれの概要（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。

(c) 2013 年に環境影響評価法が改正され、環境アセスメントにおいて「配慮書の手続き」が取り入れられた。「配慮書の手続き」について説明し、それ以前の環境アセスメント制度と比較した利点を述べよ。

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)ライフサイクルアセスメントに関する以下の問いに答えよ。

(a) ライフサイクルアセスメントについて簡潔に説明せよ。(5 点)

(b) 地球温暖化対策の観点から、ライフサイクルアセスメントによりガソリン自動車と電気自動車を比較評価するとき、評価に使用する環境負荷指標として適切なものを一つ挙げよ。また、それによって評価される内容を簡潔に説明せよ。（5 点）

(2) 環境対策に関する次の考え方の概要について説明せよ。

(a) 汚染者負担原則（5 点）

(b) 拡大生産者責任（5 点）

(3) 環境と経済のデカップリングについて、環境と経済に関する具体的な指標を挙げた上で説明せよ。(10 点)

(4) 環境システム分析のために用いられる以下の手法について簡潔に説明せよ。

(a) ＫＪ法(5 点)

(b) デルファイ法（5 点）

(5) 外部不経済に関する次の問いに答えよ。

(a) ある化学工場では、生産過程で有害な廃水を排出しており、この廃水が下流の川や湖に流れ込み、漁業や住民の健康に悪影響を与えている。この状況において、外部不経済とは何かを説明せよ。（5 点）

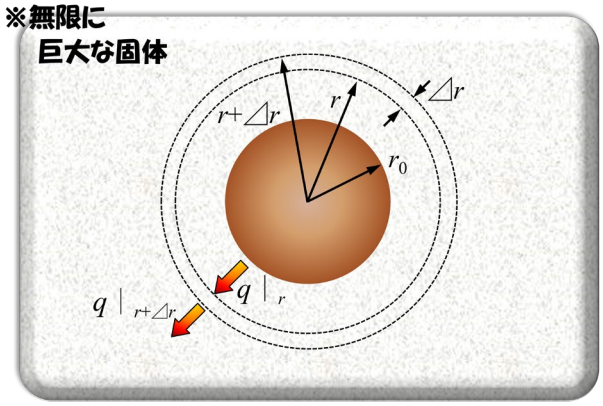
(b) 外部不経済を内部化するための政策手段を 2 つ挙げよ。（5 点）

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) 熱移動と熱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、無限に巨大な固体があり、その内部の r 軸原点の位置に、半径 r_0 の球状の熱源が存在する。この熱源の表面温度は常に T_0 で一定に維持されている。ある時間 t、および、$t+\Delta t$ における温度を $T|_t$、$T|_{t+\Delta t}$ で表し、また、図中の q は熱エネルギー流束の記号である。固体の密度 ρ、定圧比熱 c_P を用いて、熱濃度 (単位体積中の熱量) は $\rho c_P T$ で表される。では、r の位置で厚さ Δr の微小球殻 (体積は $4\pi r^2 \Delta r$) に着目した時、微小時間 Δt 間の熱エネルギー (量) 収支式はどのように表されるか?



[2] 温度伝導率を α、あるいは、熱伝導率を λ とする。r 軸方向の熱エネルギー流束 q はどのような法則に従い、どのような式で表現できるか? $\alpha = \lambda / (\rho c_P)$ である。

[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**熱伝導方程式を導け。

[4] 以下の二つの境界条件を用いて、**定常**状態における固体の温度 T に関する空間分布式を求めよ。また、熱源の表面 $(r = r_0)$ での熱エネルギー流束を求めよ。$T_0 > T_\infty$ とする。

境界条件 1: $r = r_0$ で、$T = T_0$ (一定値)
境界条件 2: $r = \infty$ で、$T = T_\infty$ (一定値)

[5] 静止した液体中に置かれた球の表面から物質 A が r 軸方向に拡散している。物質 A の濃度を C_A、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? さらに、[2]の法則との相似性を示した後、移動現象論的には物質や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。[11]〜[14] に入る語句については英語で答えよ。

・[6] とは、アンモニアを酸化して亜硝酸や硝酸を生ずる微生物による作用である。一方、窒素循環の最終段階である [7] とは、亜硝酸や硝酸といった窒素化合物を分子状窒素に還元して大気中へ放散させる微生物による作用である。

・都市部の水道水を供給する浄水場で広く使われている急速ろ過法は水中の不純物を [8] 層においてろ過するものである。一般に、このろ過処理の前に、[9] などの凝集剤の混合、[10] 形成、沈殿の処理がされる。

・The [11] process is a type of biological aerobic wastewater treatment process for treating sewage or industrial wastewaters using [12] and a biological [13] composed of bacteria and protozoa. It is one of several biological wastewater treatment alternatives in Secondary Treatment, which deals with the removal of biodegradable [14] matter and suspended solids.

計算用紙（問題冊子からはずさないこと）

問 題 冊 子
裏 面