

2027 年度（令和 9 年度）大学院工学研究科（博士前期課程）

私費外国人留学生

専門試験問題

（社会工学系 環境都市プログラム）

注 意 事 項

1. 試験開始の指示があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題は、1 ページから 7 ページまであります。解答用紙は、2 枚あります。ページの脱落等に気付いたときは、手をあげて監督者に知らせてください。
3. 下記表の問題番号 1, 19 の問題を全て解答してください。1 題につき解答用紙 1 枚を使用して解答してください。解答用紙の追加配付はありません。

問題番号	出題科目
1	微分積分・線形代数 Calculus and linear algebra
19	土木工学基礎 Basics of civil engineering

4. 監督者の指示に従って、問題番号、志望プログラム及び受験番号を 2 枚の解答用紙の該当欄に必ず記入してください。
5. 計算用紙は、問題冊子の白紙ページを利用してください。
6. 解答用紙の裏にも解答を記入する場合には、表と上下を逆にして記入してください。
7. 机の上には、受験票、黒の鉛筆・シャープペンシル、消しゴム、鉛筆削り及び時計（計時機能だけのもの）以外の物を置くことはできません。
8. コンパス及び定規等は、使用できません。
9. 時計のアラーム（計時機能以外の機能を含む。）は、使用しないでください。
10. スマートフォン、携帯電話、ウェアラブル端末等の音の出る機器を全て机の上に出し、それらの機器のアラームを解除してから、電源を切り、かばん等に入れてください。
11. 試験終了まで退室できません。試験時間中に用がある場合は、手をあげてください。
12. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ってください。

問題1 微分積分・線形代数 設問すべてについて解答すること。

I $\tan x$ $(-\frac{\pi}{2} < x < \frac{\pi}{2})$ の逆関数を $\text{Tan}^{-1}x$ $(x \in \mathbb{R})$ と書く。2変数関数 f を

$$f(x, y) = \text{Tan}^{-1} \sqrt{x^2 + y^2}$$

と定める。このとき、次の (1) ~ (4) の問いに答えよ。

(1) 偏導関数 $\frac{\partial f}{\partial x}$ を求めよ。

(2) 広義積分 $I = \int_1^\infty \frac{1}{1+t^2} dt$ の値を求めよ。

(3) 広義積分 $J = \int_1^\infty \frac{(\text{Tan}^{-1}t)^2}{1+t^2} dt$ の値を求めよ。

(4) $\mathbb{R}^2$ の部分集合 D を

$$D = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \mid 0 \leq x \leq y, x^2 + y^2 \geq 1\}$$

で定める。広義2重積分 $K = \iint_D \frac{f(x, y)^2}{y(1+x^2+y^2)} dx dy$ の値を求めよ。

II 実数 t に対して、行列 A, B を

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 2 & t \\ t & -t-2 & -t \\ t+3 & t+5 & -3 \end{pmatrix}, \quad B = A + \begin{pmatrix} t^2 & 0 & 0 \\ 0 & t & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

で定める。このとき、次の (1) ~ (4) の問いに答えよ。

(1) A の逆行列が存在しないように t の値を定めよ。

(2) $t > 0$ とし、

$$\boldsymbol{v}_1 = A \begin{pmatrix} 2027 \\ 2028 \\ 2029 \end{pmatrix}, \quad \boldsymbol{v}_2 = A \begin{pmatrix} 2028 \\ 2029 \\ 2030 \end{pmatrix}, \quad \boldsymbol{v}_3 = A \begin{pmatrix} 2029 \\ 2027 \\ 2028 \end{pmatrix}$$

と定める。 $\boldsymbol{v}_1, \boldsymbol{v}_2, \boldsymbol{v}_3$ で張られる平行六面体の体積を t を用いて表せ。

(3) B の階数を求めよ。

(4) $\mathbb{R}^3$ の零ベクトルを $\mathbf{0}$ とする。 $W = \{\boldsymbol{x} \in \mathbb{R}^3 \mid B\boldsymbol{x} = \mathbf{0}\}$ が $\mathbb{R}^3$ の1次元部分空間となるように t の値を定めよ。また、そのときの W の基底を与えよ。

問題 19 土工学基礎

設問すべてについて解答すること。

I トラスについて次の(1)～(2)の問いについて答えよ。格点1は不動ヒンジ支承で格点5は可動ヒンジ支承で支持されており、すべての部材の長さは L 、軸方向の伸び剛性は EA とする。

(1) 図1のように、格点2と格点4に集中荷重 P が鉛直下向きに作用したとき、格点3の鉛直方向変位 v_3 を求めよ。

(2) 図2のように、格点3に集中荷重 P が鉛直下向きに作用したとき、格点4の鉛直方向変位 v_4 を(1)の結果と相反定理を用いて求めよ。

注) 鉛直方向変位は下向きを正とする。

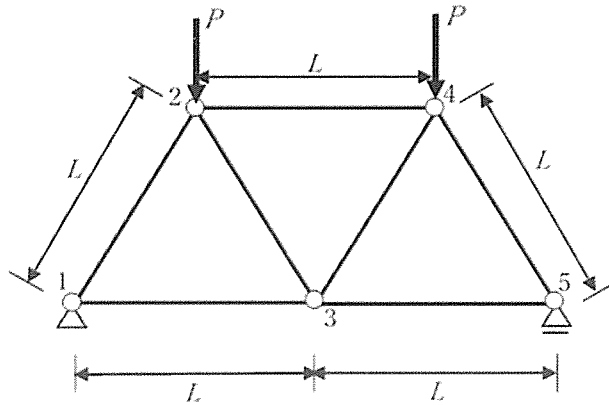


図 1

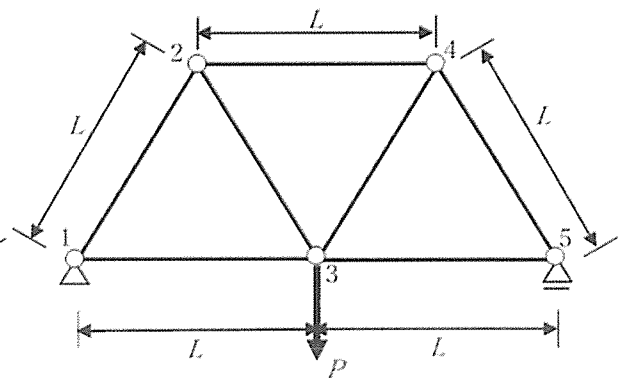


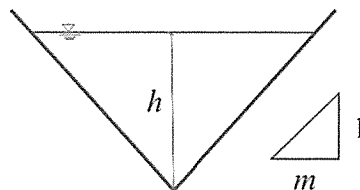
図 2

問題 19 土木工学基礎

Ⅱ 以下の問いにすべて答えよ。問題に明示されていない変数を使う場合には自身で変数を定義し、使用すること。

- (1) 河床勾配 i_b 、粗度係数を n の任意断面の開水路があり、ここに流量 Q が流水横断面積 A 、平均流速 v で流下している。ここで、重力加速度を g 、エネルギー補正係数は 1 とする。

- ① 開水路における限界水深の特徴を 3 つ取り上げ記述せよ。
- ② 開水路における水理学的有利断面の定義を説明せよ。
- ③ 任意断面における比エネルギーを E として、限界水深 h_c を求める一般式を導出せよ。ただし、水路床と水平面の成す角度 θ は十分小さいとし $\cos\theta=1$ とする。
- ④ 任意断面を流水横断面積 $A=ah^{3/2}$ で表せる放物線断面とする。ここで、 h は水深、 a は定数である。この場合の限界水深 h_c を求めよ。また、この場合の比エネルギー E_c を、 h_c を用いて表せ。
- ⑤ 任意断面を以下の図のような水平距離:垂直距離が $m:1$ の左右対称の v 字型断面とする。この断面を水理学的有利断面とするためには m を幾らに設定すればよいか答えよ。



問題 19 土工学基礎

Ⅲ 次の問いについてすべて答えよ。必要なパラメータがあれば各自で適宜定義して用いること。

図 1 から 4 に示す土槽内の P 点における一次元圧密問題を考える。

土槽底面は外部のパイプと連結されており、土槽内部の水位を変えることが可能である。また下部には、透水性剛体板が設置されている。

土槽内の土は初期正規圧密状態にあり、飽和単位体積重量 γ_{sat} 、不飽和状態における湿潤単位体積重量 γ_t 、水の単位体積重量 γ_w は全深度で一定、また $(\gamma_t - \gamma_w/2) > (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)$ である。

また圧縮指数は C_c 、膨潤指数（過圧密状態における圧縮・膨張曲線の勾配）は C_s であり、P 点より浅い O 点の初期有効応力は σ'_o 、初期間隙比が e_o と表される。このとき、以下 a) から d) の定常状態（応力変化から十分な時間が経過した状態）における、P 点の全応力 σ 、間隙水圧 u_w 、有効応力 σ' および空隙比 e を求めなさい。また、 $e - \log \sigma'$ 関係も図示しなさい。

- a) 初期状態（図 1）
- b) 初期状態から、土槽上面に等分布の圧密圧力 p を載荷したとき（図 2）
- c) b)の後に、パイプの水位を h 下げたとき（図 3）
- d) c)の後に、水位を戻す操作を行う。この際、土槽の深さ h に漏水が発生しており、図 4 に示す状態で定常状態に至ったとき（土槽内部での水圧は水平方向に一様とする）。

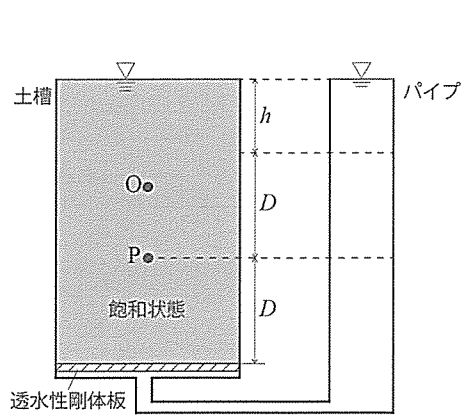


図 1

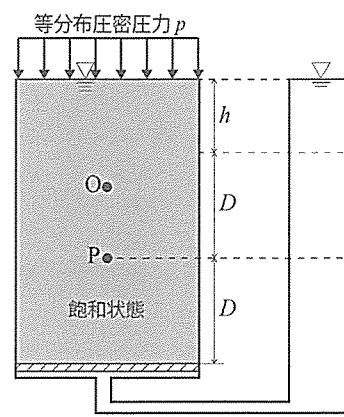


図 2

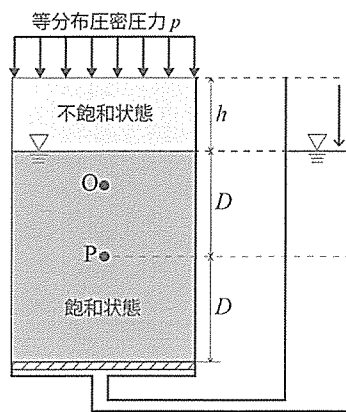


図 3

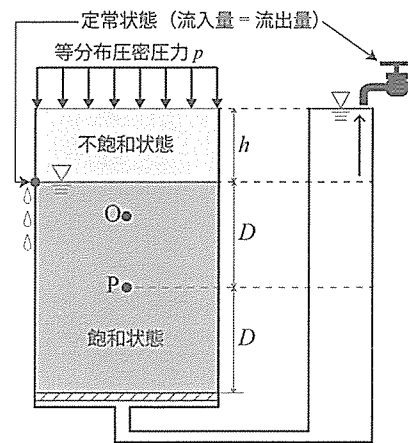


図 4

問題 19 土木工学基礎

設問すべてについて解答すること。

IV 次の(1)～(3)の問いについて答えよ。

(1) 線形計画法について以下の問いに答えよ。

- 1) 資源制約のもとで目的関数を最大化する線形計画問題を定式化せよ。ただし、決定変数を2つとする。用いた変数、パラメータについては説明を加えること。
- 2) 上記の問題に対応する図を作成し、図中で実行可能領域を示せ。

(2) 建設工事のスケジュールを管理するために用いられる方法について以下の問いに答えよ。

- 1) バーチャートの図の一例を示せ。ただし、文字で適宜説明を加えること。
- 2) PERT のアローダイアグラムの一例を示せ。ただし、文字で適宜説明を加えること。

(3) 費用便益分析に関する以下の文章について(ア)～(オ)に適する用語、数式を示せ。

A市では、渋滞緩和のために道路の建設が計画されている。建設費 I [億円]、竣工してから毎年発生する便益 B [億円/年]、毎年の維持管理費 M [億円/年]が見込まれる。(ア)を N 年として本事業を進めてよいかを検討する。このとき(イ)を考える必要がある。(イ)とは、将来にわたって生じる便益、費用を基準時点に割り戻した価値のことを言う。たとえば n 年後の費用 C_n については(ウ) r を用いて(エ)となる。A市の道路建設の「純現在価値」は(オ)となる。ただし、建設費については簡単のため瞬時に完成するものとする。

問題 19 土木工学基礎

V 以下の設問(1), (2)に答えよ。

- (1) ワーカビリティへの影響因子に関する説明において, (a) ~ (m) に適切な用語・語句を記載せよ。

一般的に単位水量が大きくなるほど, 流動性は (a) するが, (b) は低下する。さらに強度は低下し, (c) は生じやすくなる。骨材の最大寸法と量を固定した場合, 単位セメント量あるいは単位粉体量が (d) なるほど材料分離抵抗性は (e) なる。セメントの比表面積を (f) すると, 同じ単位セメント量, 水セメント比であっても, コンクリートの (g) は小さくなる。

単位セメント量が小さい場合, 細骨材において粒径が 0.3 mm 以下のものが少ないと, (h) が小さくなる。また, 粒形が (i) 骨材においては, (j) が悪くなる。減水剤および混和材料の使用は, 加水することなく, (j) の改善につながる。特にフライアッシュはその形状を理由とした (k) 効果で (j) を改善する。AE 剤によって入れられた空気は (l) と呼ばれ, スランプを (m) する。

- (2) アルカリシリカ反応のメカニズムと抑制対策について記載せよ。