

2027 年度（令和 9 年度）大学院工学研究科（博士前期課程）

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、3 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
33	環境都市構造力学・材料学
34	環境都市水理学・地盤力学
35	環境都市計画学

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 3 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 3 3 環境都市構造力学・材料学

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)～(5)の問いに答えよ。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2と格点3を結ぶ部材の軸力 N_{2-3} を求めよ。
- (2) 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。
- (3) 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(2)の結果と相反定理を用いて求めよ。
- (4) 図2のように、格点3に集中荷重 P を鉛直下向きに作用させ、この荷重を増加させたところ、トラス部材に曲げ座屈(オイラー座屈)が生じた。このときの集中荷重 P の大きさを求めよ。ただし、この部材の曲げ剛性を EI とする。
- (5) 図3のように、格点4に設置された可動ヒンジ支承の鉛直方向反力 R_4 を求めよ。

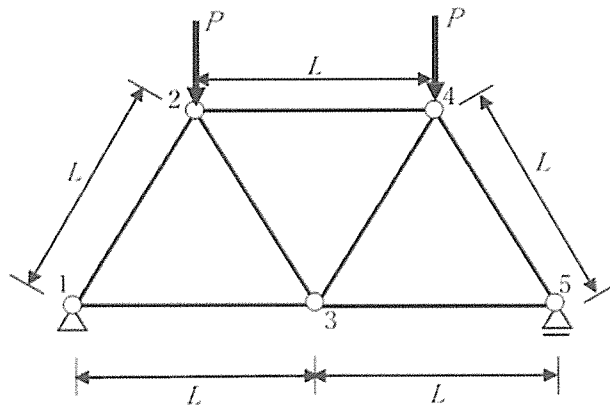


図 1

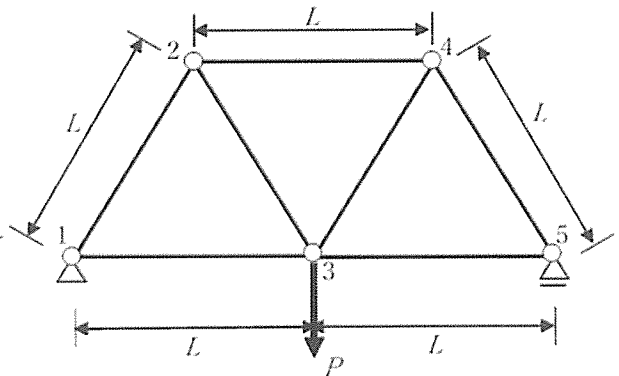


図 2

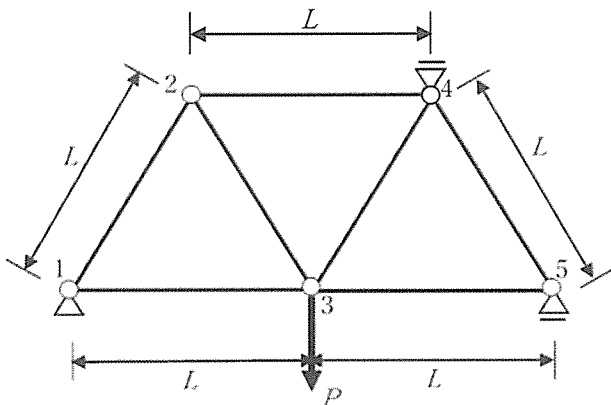


図 3

問題 3 3 環境都市構造力学・材料学

Ⅱ 次の(1)～(3)の問いについて答えよ。

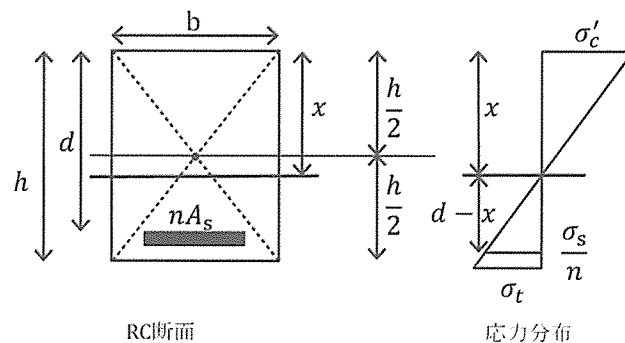
- (1) ワーカビリティへの影響因子に関する説明において、(a)～(m)に適切な用語・語句を記載せよ。

一般的に単位水量が大きくなるほど、流動性は(a)なるが、(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。

- (3) 下図のひび割れ発生前の RC 断面において応力度を求める。以下の i)～iii) に答えなさい。



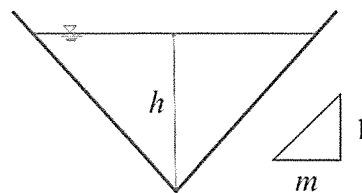
- i) 図心までの距離 x を与えられた記号を用いて示しなさい。
- ii) 図心軸における断面二次モーメント I を与えられた記号を用いて示しなさい。
- iii) 外力モーメントを M とすると、応力度 σ'_c を M , I , x を用いて示しなさい。

問題 3 4 環境都市水理学・地盤工学

I 次の(1), (2)の問いについてすべて答えよ。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。以下の問に答えよ。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。



(2) 河床勾配 i_b , 粗度係数 n , 水路幅 B の広幅矩形断面水路がある。ここに流量 Q を流下させたら, 限界水深 h_c と等流水深 h_o が同一となった。以下の問題に答えよ。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 河床勾配, 粗度係数, 流量を同一に保ったまま水路幅を 2 倍の $2B$ に設定した場合, この水路における限界水深と等流水深はどのように変化するかを比較せよ。また, 水路幅 $2B$ の水路における常流・射流の別を判定せよ。
- ② 水路幅が増大する場合のフルード数はどのように変化するか, 数式を用いて説明せよ。

問題 3 4 環境都市水理学・地盤力学

Ⅱ 次の (1) と (2) 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。

- (1) 透水性の低い粘性土の有効内部摩擦角 ϕ' と有効粘着力 c' を求めるために必要な試験条件を説明しなさい。また試験結果として、有効内部摩擦角 ϕ' と有効粘着力 c' を図示しなさい。
- (2) 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 点より浅の 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）。

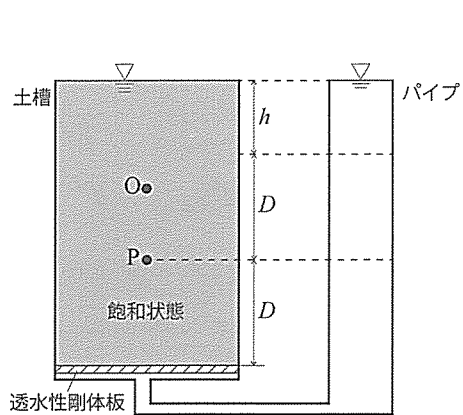


図 1

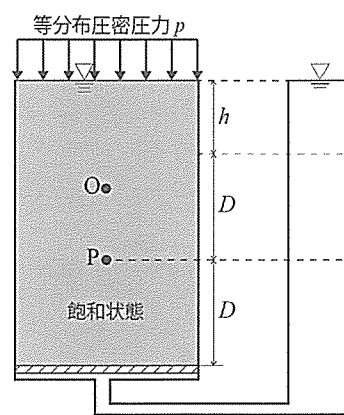


図 2

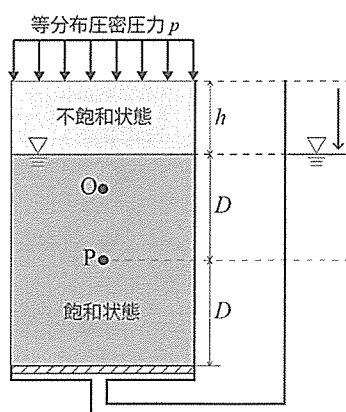


図 3

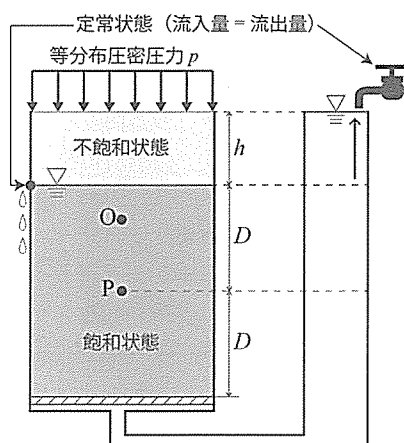


図 4

問題 3 5 環境都市計画学

設問すべてについて解答すること。

I 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) 社会基盤整備には様々な支出を伴う。限られた資源を最大限に利用しつつ総利益を最大化するために線形計画問題を用いることが考えられる。決定変数を 2 つとして線形計画問題を定式化せよ。ただし、社会基盤整備に関する具体的な文章や数値は示さなくてもよい。
- 2) 上記の問題に対応する双対問題を定式化せよ。
- 3) 主問題と双対問題の関係について説明せよ。

(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) 2) で作成した図を用いてクリティカルパスの意味を説明せよ。

(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 3 5 環境都市計画学

Ⅱ 次の(1)～(3)の問いについて答えよ。

(1) 次の文章の空欄に最も適する語を入れなさい。

安全性の確保は技術者が果たすべき最も重要な責任であるが、技術者の作るものが100%安全であることはほとんどありえない。そこで、工学技術においては、危害の大きさと危害の発生確率を掛け合わせたものであるリスクの最小化を目指すことが求められる。リスクの最小化の方策としては、事故の原因となる人間の誤操作を減らし、危害の発生確率を小さくする設計思想である(①)や、故障が起きても安全側に作動したり止まったり、一部が故障しても大事には至らないようにし、危害の発生規模をできるだけ小さく抑えるための設計である(②)、安全対策を何段構えにもする(③)の設計思想が重要である。その上で、安全性を高め、リスクを減らしていくには、機械類の制限の決定、危険源の同定、リスク見積もり、リスクの評価という一連の作業である(④)を行い、適切なリスク低減の方策を行う必要がある。とはいえ、リスクが0になることはないとするれば、受け入れ可能なリスクについて考えることが必要になる。そのためには、個人、集団、組織間のリスクに関する情報と意見の相互的な交換の過程である(⑤)が求められる。

(2) フォード社が設計したサブコンパクトカーのピントが立て続けに火災事故を起こしたいわゆるフォード・ピント事件では、この火災事故に関連してフォード社が行った分析として、費用便益分析の存在が知られることとなった。この費用便益分析の概要について説明し、その問題点を2つ挙げなさい。

(3) ある企業に所属する研究者Aは、長年の研究開発の末に画期的な発明を成し遂げた。その発明は企業に大きな利益をもたらし、社会的にも高く評価された。ところが、Aは自分の処遇や評価が十分ではなかったとして、企業に対して見直しを求める訴えを起こした。これに対し企業側は、当該発明は研究者個人だけで実現したものではなく、会社による研究環境の整備など、組織的支援があつて初めて実現したものであると主張した。この事例について、(a) 企業における研究者の発明をどのように位置づけるべきか、(b) 企業は研究者に対してどのような処遇・評価制度設計を行うべきか、の二点を中心に、あなた自身の見解を述べなさい。