

2024 年度（令和 6 年度）大学院工学研究科（博士前期課程）

専門試験問題

（社会工学系プログラム 環境都市）

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 6 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
36	環境都市構造力学・材料学
37	環境都市水理学・地盤力学
38	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 36 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 図 1 に示すはりについて答えよ。ただし、点 A は不動ヒンジ支承で点 C と点 E は可動ヒンジ支承で支持され、点 D は中間ヒンジであり、すべての部材の曲げ剛性を EI とする。

- (1) 図 2 に示すように単位荷重がこのはり全体を移動したときの点 B における曲げモーメントの影響線を図示せよ。
- (2) 図 1 に示すはり全体に単位長さあたり q の分布荷重が一様に鉛直下向きに作用したときの点 B における曲げモーメントを (1) で求めた影響線を用いて求めよ。
- (3) 図 3 に示すように点 D の鉛直下向きに P が作用したときの点 B における鉛直方向変位 v_B を求めよ。
- (4) 図 4 に示すように点 B に可動ヒンジ支承を追加で設置した。点 F の鉛直下向きに $2P$ が作用したときの点 B に設置した支承の鉛直方向反力 R_{VB} と点 D における鉛直方向変位 v_D を求めよ。

注) はりの下縁が引張り、上縁が圧縮となる曲げモーメントを正とし、はりのたわみは鉛直下向きを正、鉛直方向反力は上向きを正とする。

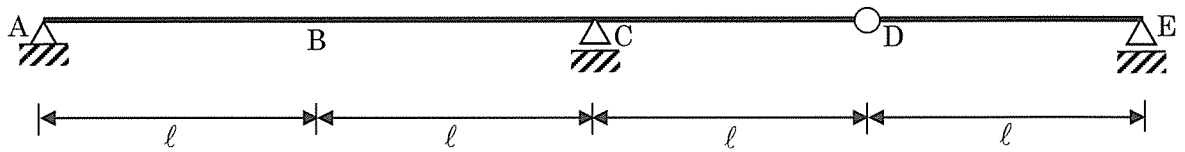


図 1

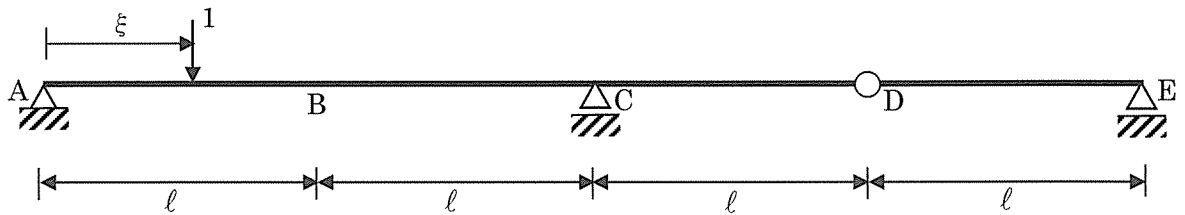


図 2

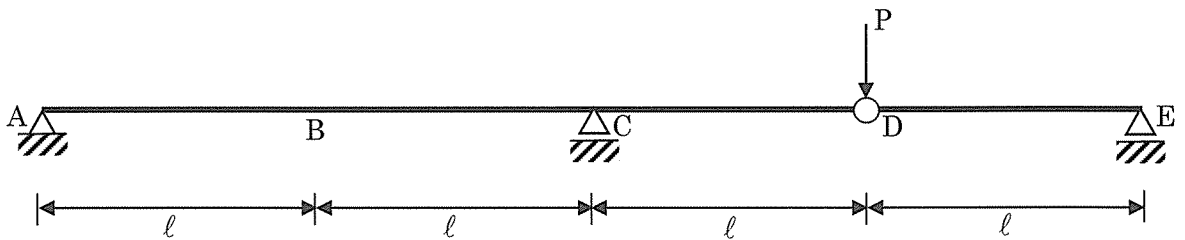


図 3

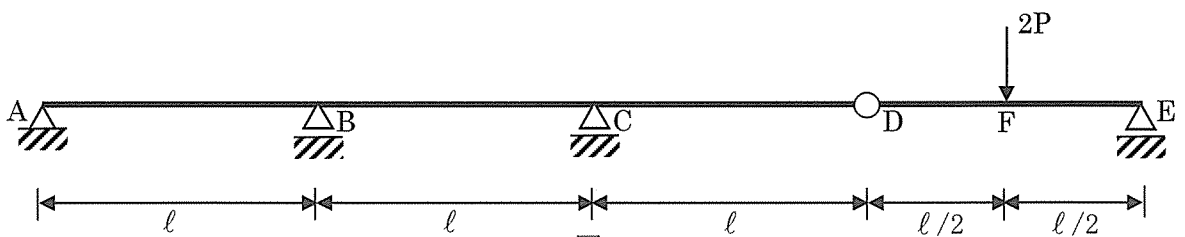
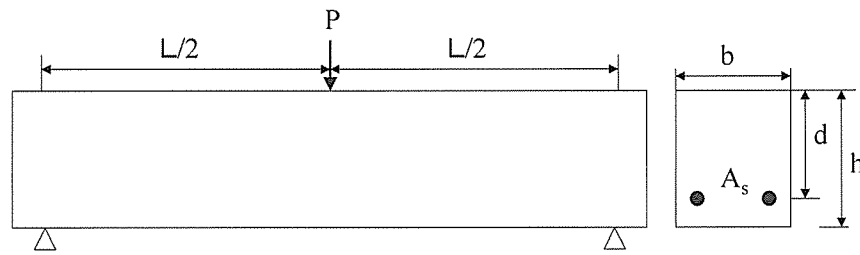


図 4

問題 36 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。

II 次の(1)～(3)の問いについて答えよ。

(1) 下図に示す鉄筋コンクリートはりにおいて、終局時の荷重 P_u を求めよ。鉄筋の降伏強度を f_y 、コンクリートの圧縮強度 f_c 、鉄筋とコンクリートのヤング係数比を $n = E_s/E_c$ とする。



(2) コンクリート中の鉄筋の腐食に関する次の設問において、(ア)～(コ)の括弧内に最も適切な用語または数値を記入しなさい。

健全なコンクリートの pH は、(ア)～13 程度であり、鉄筋の表面が不動態皮膜で守られている。しかし、空気中の(イ)や酸の浸透により、pH が(ウ)程度になると(エ)と診断され、また、塩化物等有害物質が存在すると、不動態皮膜が破壊され、鉄筋が腐食しやすくなる。鉄筋の腐食は、(オ)と(カ)による電気化学的反応である。その予防対策としては、(キ)を十分にとる、(ク)を小さくする、(ケ)樹脂塗装鉄筋の使用、コンクリート表面の(コ)等の方法が挙げられる。

(3) 下記の用語を 100 字程度 (図を除く) で説明せよ。

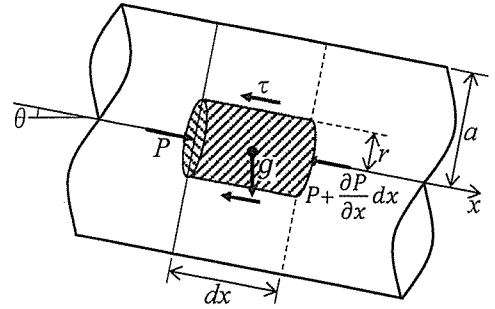
- (ア) 換算断面積
- (イ) 等価応力ブロック
- (ウ) 相互作用曲線
- (エ) 曲げ圧縮破壊

問題 37 環境都市水理学・地盤力学 設問すべてについて解答すること。

I 右図のように、半径 a 、中心軸の水平面となす角 θ の円管路を密度 ρ の流体が層流状態で流れている。次の

(1) ~ (6) の問いについて答えよ。

(1) 円管路と中心軸を共有する半径 r 、高さ dx の円筒状の部分 (右図の斜線部) の流体についての x 方向の力のつり合い式を立てよ。ただし、 x 軸を流下方向にとり、重力加速度を g とし、円筒の底面と側面にかかる圧力 (垂直応力) とせん断応力は右図のように与えられるものとする。



(2) (1) のつり合い式を解き、この流れのせん断応力分布を求めよ。

(3) ニュートン流体の仮定 $\tau = -\mu \frac{du}{dr}$ が成り立つとき、この流れの流速分布が次式で与えられることを示せ。

$$u = \frac{\rho g I}{4\mu} (a^2 - r^2)$$

ここに、 u は流下方向の流速、 μ は粘性係数、 I は動水勾配である。

(4) この流れの平均流速 v を求めよ。

(5) この流れについて、 $\alpha = \frac{1}{\pi a^2} \iint_A \left(\frac{u}{v}\right)^3 dA$ 及び $\beta = \frac{1}{\pi a^2} \iint_A \left(\frac{u}{v}\right)^2 dA$ を計算せよ。

ただし、上式の積分は、半径 a の円管の全断面にわたる積分を表す。

(6) (5) の α と β はそれぞれ何と呼ばれ、どのような時に使用されるか。また、乱流の場合にこれらの値は (5) の結果と比較してどうなるか、説明せよ。

II 次の(1)から(3)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) 次の地盤力学におけるパラメータ①～⑧の単位について解答例を参考に答えなさい。どの単位系でも構わないとする。以下には、各パラメータを表す場合の代表的な記号例も示している。

(解答例) 速度の場合 [m/s], ひずみの場合 [無次元]

- ① 土の密度 ρ_t
- ② 土の飽和度 S_r
- ③ 透水係数 k
- ④ 位置水頭 h_e
- ⑤ 土のせん断破壊強度定数の粘着力 c
- ⑥ 安全率 F_s
- ⑦ 受働土圧係数 K_p
- ⑧ Terzaghi (テルツァーギ) の支持力公式の支持力係数 N_c

- (2) 次の3つの文章のそれぞれの括弧 () (①～⑥) に適当な語句を答えなさい。

- ・ 土のような粒子からなる材料は、せん断されると、一般にそれに伴って (①) を変えようとする。この性質をダイレイタンスーといい、土の力学的性質の中で際立って特徴的なものである。
- ・ 一般に土が (②) の排出を伴いながら徐々に (③) していく現象を圧密といい、その間に生じる現象の推移を圧密過程と呼ぶ。圧密過程において土の間隙比は (④) していく。
- ・ ダルシーの法則は、フランスの水道技師 Darcy (ダルシー) が、砂ろ過の実験から明らかにした地下水流動に関する法則である。これは、飽和した土中の地下水の速度は2点間の水位差に (⑤) し、2点間の距離に (⑥) することを表した運動方程式である。

- (3) 水平にひろがる均質な基礎地盤の上に、鉛直に自立する擁壁で支えられた高さ H の水平で均質な砂質土の裏込め土を考える。擁壁は根入れされおらず、滑らかな鉛直背面をもち、排水機能は有していないとする。最初、地下水位は擁壁の底面 (基礎地盤の地表面) の位置にあったが、その後、裏込め土中の地下水位のみがゆっくりと上昇した。この地下水面が裏込め土の地表面に一致し、地下水の流れがない状態を考える。ここで、水の単位体積重量、裏込め土の飽和単位体積重量をそれぞれ、 γ_w , γ_{sat} とする。裏込め土の強度定数は破壊時の内部摩擦角のみとし、静止土圧係数は K_0 とする。擁壁背面全体に作用する単位奥行きあたりの静止土圧、全水圧および、それらの合力を求めなさい。ただし、計算過程も記述すること。

問題 38 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) ~ (2) の問いについて答えよ。

(1) 駐車場の料金所で、1 分間当たりの到着台数は平均 2 台/分で、料金収受の窓口サービスの平均所要時間は 1 台当たり 20 秒とする。ここで、駐車場の料金所は窓口が一つしかなく、車の到着と窓口のサービスがランダムであり、到着はポアソン分布、サービスは指数分布に従い、先着順サービス、待ち行列長さの制限なし、定常状態での待ち行列である場合について以下に答えよ。

- (i) 到着率 λ とサービス率 μ , 利用率 ρ を示せ。
- (ii) 車 (ドライバー) が待たずに料金収受できる確率を求めよ。
- (iii) 平均行列長さ (サービス中を含む) を求めよ。
- (iv) 平均待ち行列長さ (サービス中を含まず) を求めよ。

(2) 前問 (1) と同じ条件において、待ち行列理論における平均行列長さ (サービス中を含む) を求める式を導出したい。まず、(1) と同じ条件の待ち行列系内 (以下、系内) の現象について、時刻 t と $t + \Delta t$ の間において考える。このとき微小時間 Δt ではせいぜい 1 台の車の到着かサービス終了しか生じない。また、系内の行列長さ (サービス中を含む) は n 台 ($n=0, 1, 2, \dots$) で示す。以下の問いに答えよ。

(i) 時刻 t から $t + \Delta t$ になった時点で系内における行列長さ (サービス中を含む) が n 台である確率 $P_n(t + \Delta t)$ は、 $n \geq 1$ のとき、以下の A, B, C の 3 通りの確率の和で与えられる。すなわち、以下の A, B, C の生じる確率をそれぞれ $P(A), P(B), P(C)$ とすると、 $P_n(t + \Delta t) = P(A) + P(B) + P(C)$ となる。このとき A, B, C の文中の括弧内に当てはまるものを、 $[n-1$ 台, n 台, $n+1$ 台] の 3 つの中から、いずれかを選び、それぞれわかるように解答せよ。

A: 時刻 t に系内に () いて、その後の Δt の間にサービスが 1 台終了したが、到着は 1 台もなかった。

B: 時刻 t に系内に () いて、その後の Δt の間に 1 台も到着せず、かつ、サービスも終了しなかった。

C: 時刻 t に系内に () いて、その後の Δt の間に 1 台到着したが、サービス終了は 1 台もなかった。

(ii) $P(A), P(B), P(C)$ の式を、 $[P_n(t), \lambda, \mu, \Delta t]$ を適宜利用して、分かるように説明を加えつつ、それぞれ示せ。式はできるだけ簡潔に整理すること。ただし、 $P_n(t)$ の n は、 $n+1$ など適宜変えて利用してよい。次に、 $P_n(t + \Delta t) = P(A) + P(B) + P(C)$ について、定常状態を仮定することで、 $P_{n+1}(t), P_n(t), P_{n-1}(t)$ の漸化式を導け。

上記で得られる式をいくつかの条件のもとで展開すると、平均行列長さ (サービス中を含む) を導出できる。

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。

企業につとめる技術者は、欠陥のない製品づくりを目指さなければならない。欠陥にはいろいろなケースが存在するが3つに分けて考えるのが便利だろう。第一は(①)の欠陥である。もしこの欠陥があればすべての製品に欠陥が生じるので、技術者が最も大きな責任を負うことになる。その場合に留意すべきは、技術者が意図した正常な使用法だけでなく、「消費者(ユーザー)がしそうな使用方法」までも視野に入れて、(②)可能な誤使用に対しても製品の安全性を確保するのが必要なことである。また、(①)の欠陥がなくても、工場では(③)の欠陥が生じる場合がある。各段階での品質管理を怠ると一部の製品に欠陥が生じることになる。さらに、絶対安全な製品が作れない以上、さまざまな段階で危険を除去しても残る危険性については、ユーザーに伝えておく必要がある。製品の誤使用や危険防止のために、取扱説明書にユーザーにわかりやすい説明が書かれていない場合には、(④)の欠陥が生じる。以上の欠陥のいずれかが認められると、(⑤)法に問われる可能性がある。

(2) アメリカの技術者倫理の研究者 C.ウィットベックが、技術者倫理の発想を説明するために用いる「ハインツのディレンマ」がある。このディレンマについて説明し、どのような点で技術者倫理のモデルとして有益なのかを述べなさい。

(3) 三重県四日市市に工場をもつ A 社は、酸化チタンの製造過程で生じる廃棄物のアイアンクレーを土壌埋め戻し材として製造・販売していた。しかし、そのアイアンクレーには、当初から環境基準を超える六価クロムやフッ素などの有害物質が含まれていて、結果として73万トン以上の有害廃棄物が農地や住宅地、造成地などに投棄されていたことが2005年に発覚した。2003年にそのアイアンクレーの製品を三重県が県の推奨するリサイクル製品に認定したことが、販売と被害の拡大に影響したと指摘されている。2002年からA社はアイアンクレーに、申請外の有害廃液の不正混入も行っていたが、三重県が行う工場の立ち入り検査の際には、A社が配管をつけかえるなど製造工程を変えて偽装していたこともあり、その不正も見抜けなかった。三重県のリサイクル製品の認定審査は、①書類審査、②工場への立ち入り検査、③専門家(大学教員)によるチェック(県職員が資料とサンプルをもって各委員に説明に行く)の三段階からなるが、どの段階でも厳正な審査が行われなかったため、リサイクル製品に認定されたと考えられる。リサイクル製品の認定審査に関わる三重県の環境森林部の技術者ならば、A社のような不正を見逃さないためには、①～③の審査過程のそれぞれにおいてどのような問題点に注意して審査すべきか、提言や改善策を述べなさい。