

2022 年度（令和 4 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
37	環境都市構造力学・材料学
38	環境都市水理学・地盤力学
39	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 37 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 以下の問いについて答えよ。ただし、水平なはりは点 A で固定支承により支持され、はりとケーブルのヤング係数は E とする。はりは曲げモーメントのみに抵抗し、ケーブルは引張りのみに抵抗するものとする。断面 2 次モーメントは断面形状から求めて使用すること。

- (1) 図 1 に示すように点 C に集中荷重 P が鉛直下向き作用したとき、はりの曲げモーメント図を図示せよ。
- (2) 図 1 に示すように点 C に集中荷重 P が鉛直下向き作用したとき、点 B と点 D における上縁の垂直応力 σ_{xx} を求めよ。
- (3) 図 2 に示すように単位荷重がこのはりの AE 間を移動したときの点 E におけるたわみの影響線の式 (ξ の関数) を求めよ。
- (4) 図 1 に示すように点 C に集中荷重 P が鉛直下向き作用したとき、点 E におけるたわみを求めよ。
- (5) 図 1 に示すはりに図 3 のように点 E に断面積 A 、長さが h のケーブルを追加で垂直に設置し、はりを支持した。点 C に集中荷重 P が鉛直下向き作用したとき、ケーブルに生じる張力 T 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とする。ケーブルの張力は引張りを正とする。

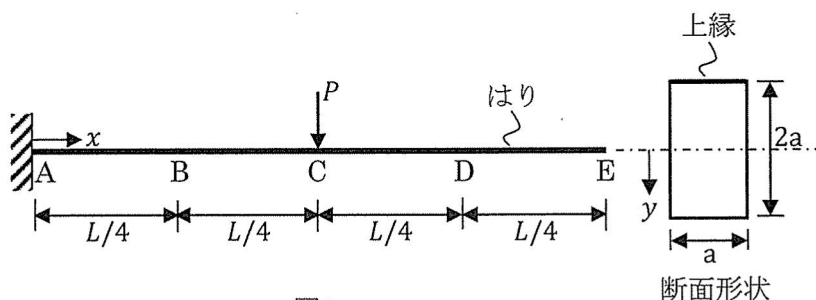


図1

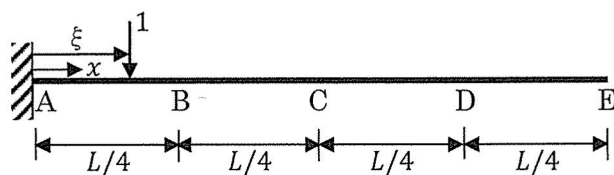


図2

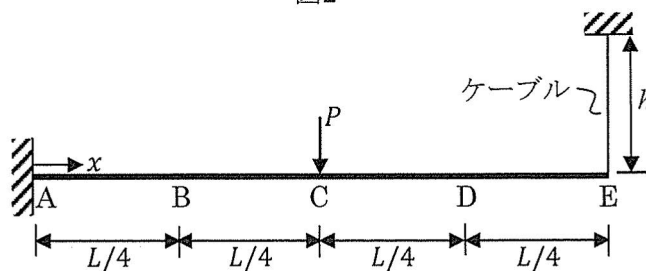
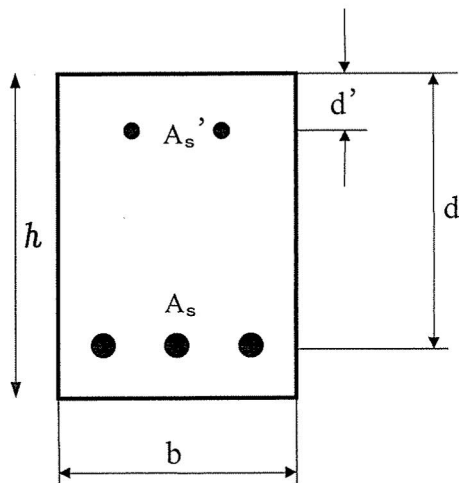


図3

問題 37 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) コンクリートのひび割れの中には、コンクリートが硬化する前に生じるひび割れがある。これらのひび割れの種類を2つ列挙し、生じる原因と防止対策を述べよ。
- (2) JISに規定されているセメントの種類を3つ列挙し、その特性や用途について説明せよ。
- (3) 下図に示す複鉄筋長方形断面の鉄筋コンクリートはりで、圧縮鉄筋と引張鉄筋がともに降伏する場合の終局曲げ耐力 M_u と圧縮縁から中立軸までの距離 x を求めよ。



なお、コンクリートの強度は通常強度であり、設計用材料強度は、 f_c' (コンクリート)、 f_y (鉄筋：圧縮、引張りとも同じ)、材料のヤング係数は E_c (コンクリート)、 E_s (鉄筋：圧縮、引張りとも同じ)、材料のひずみは ϵ_c' (コンクリート)、 ϵ_s (引張鉄筋)、 ϵ_s' (圧縮鉄筋) で表す。図中の記号は、 b ：幅、 d ：有効高さ、 h ：部材高さ、 A_s' ：鉄筋量 (圧縮鉄筋)、 A_s ：鉄筋量 (引張鉄筋) である。

問題 38 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 管路の流れに生じるエネルギー損失は、2種類存在する。壁面の摩擦による損失と管の形状による損失である。このことについて、次の(1)と(2)の問いについて、全て答えよ。

(1) 壁面の摩擦による損失を考えるために、ハーゲン・ポワズイユ流を考える。

その流速分布 $u(r)$ は、次式で与えられる。

$$u(r) = \frac{a^2 - r^2}{4\nu/gI}$$

ここで、 a は管の半径、 r は中心軸からの距離、 I は動水勾配、 g は重力加速度、 ν は動粘性係数である。

a) 上記は、どのような問題設定であるかを図で示すとともに、その問題設定を文章でも説明せよ。なお、説明文には、せん断力の定義、動水勾配、流れの条件、壁面の条件についての4つのポイントを必ず含めること。

b) 流れの中の微小水塊に働く力のつりあい方程式を示せ。

c) 断面平均流速を求めよ。

d) 摩擦損失係数が $f = 64/Re$ となることを示せ。なお、 Re はレイノルズ数である。

e) 摩擦損失係数をマンシングの粗度係数を用いると、どのように表されるか？

なお、回答にあたっては、 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ならびに $2^{4/3} = 2.52$ を用いて、マンシングの粗度係数の単位から、数値で表すべき係数は、数値であわせ。

f) 以下の値から、動粘性係数を求めて、動粘性係数からわかる空気と水の特性を説明せよ。なお、動粘性係数の値には、単位も添えて記すこと。

	水	空気	(いずれも摂氏 20 度での値である)
粘性係数 [mPa・s]	1.0	0.018	
密度 [kg/m ³]	1.0×10^3	1.2	

(2) 円管の急拡大部の形状損失係数を求めたい。

g) 急拡大部でエネルギーが損失する理由を説明せよ。

h) 急拡大部の通過直後の壁面での圧力は、急拡大部に入る直前の水塊の圧力に等しいと考えて、運動量の保存式を考えて、エネルギーの損失量を求めることより、円管の急拡大部の形状損失係数を求めよ。

II 次の(1), (2)の問いについて答えよ。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) あなたが担当する建設プロジェクトにおいて候補地が次の2つだとする。①沿岸地区の砂による埋立て地, ②軟弱な粘土層が厚く堆積した低平地, である。それぞれの候補地において, どのような地盤工学的問題があるかをごく簡潔に述べなさい。
- (2) 無限長で傾斜角 θ の砂質土の斜面がある。連続降雨のために, 地下水位が深部から地表面に一致するまで上昇し, 斜面内には地表面に平行な一様な浸透流が生じた。仮想のすべり面を地表面と平行とし, 仮想のすべり面上に作用する垂直応力とせん断応力, 間隙水圧を考慮してすべりに対する安全率 F_s を求めなさい。また, 降雨前に地下水位が深部にあるときと比較して, 安全率はどのように変化したかを簡潔に述べなさい。ただし, 土の飽和単位体積重量, 湿潤単位体積重量, 水の単位体積重量をそれぞれ γ_{sat} , γ_t , γ_w とし, 砂質土の強度パラメータは破壊時の内部摩擦角 ϕ' のみとする。

問題 39 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。

人の歩行速度は都市施設や交通施設計画にとって重要な基礎データとなる。今、丘の上にあり坂を上って登校しないといけない丘大学と、平野に立つ平地大学の2つの大学の学生を対象として、平地部の平坦な歩道での歩行速度調査を行った。まず、丘大学は全学生(母集団)を対象とした歩行速度の調査分析結果が既であり、この母集団の分布を平均 4 km/h 標準偏差 0.5 の正規分布であるとする。このとき、以下の質問に答えよ。

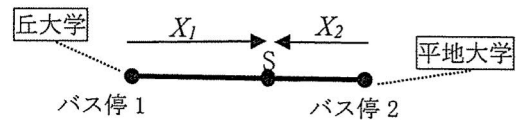
(1) 平地大学の学生 9 名の歩行速度調査データは以下のような値であった(単位: km/h)。

4.2 3 2.8 3.3 3.5 2.9 4 3.1 3.8

丘大学と平地大学で、歩行速度の分布は正規分布に従っており、分散は同じであるとするとき、帰無仮説 H_0 と対立仮説 H_1 を示しつつ、平均値の差について有意水準 $\alpha=0.01$ で片側検定して、結果の妥当性について考えられることを考察しなさい。なお、標準正規分布表において平均 0 から値 x までの片側確率 $I(x)$ は、以下のように与えられるので必要な値を利用しなさい。

x (括弧内は $I(x)$): 1.65(0.450), 2.06(0.480), 2.33(0.490), 2.54(0.495)

(2) この問題では丘大学の学生の歩行速度は上述の平均 4km/h とし、平地大学の学生の歩行速度は問題(1)の9名の学生の平均値とする。さて右図の



ように丘大学の学生の 1600 名が利用するバス停 1 と平地大学の学生 4624 名が利用するバス停 2 があり、このバス停間では直線で平坦な歩道が続いている。現在これらのバス停間に位置する地点でコンビニエンスストア(店舗 S)を開店する計画がある。店舗 S はバス停 1 から X_1 (km) でバス停 2 から X_2 (km) の地点とし、バス停 1 から 2 までの距離は 0.5km であるとする。またバス停 i から距離 X_i だけ離れた時の店舗 S への来店者数 r_i (人)はこの条件下において次式で表される。

$$r_i = q_i(1-t_i^2)$$

ここに、 q_i : バス停 i の学生の利用者数、 t_i : バス停 i から店舗 S までの所要時間(時間)

このとき、バス停 1 と 2 を利用する学生のうち、店舗 S を利用する総学生数を最大化する店舗 S の位置を求めたい。以下の問題に答えよ。なおこの問題の目的関数は非線形になるが、線形計画法と基礎数学の知識で解くことができる。

i) この問題を非線形計画問題として定式化せよ。このとき利用する変数は X_1 と X_2 のみとする。

ii) この問題を解くことで、学生の利用者数を最大化する出店地 S の位置 (X_1) を求めよ。

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。

技術者の倫理綱領に関し、日本では土木学会において1938年に青山士が「土木技術者の信条および実践要綱」を策定していた。今日の技術者倫理の基本的な考え方は、「公衆の安全・健康・福利を(①)する」というアメリカ工学系学協会のがほとんどが取り入れている倫理綱領に端的に表れている。現在、日本の工学系学協会も倫理綱領においてこの種の規定を掲げていることが多い。

上記の綱領の中に出てくる「安全」という言葉に注目してみよう。「安全」は日常語としては、「危なくないこと」であるが、より正確には「受け入れ不可能な(②)がない」ことである。そして(②)の定義としてよく用いられるのが、「(②)＝危害の大きさ×危害の発生確率」である。

次に、安全に関する設計思想には代表的なものとして二つがある。(③)は、機器の故障などの際に安全側に作動すること、機械が壊れても安全装置が作動したり、一部が故障しても危害の発生規模をできる限り小さく抑える設計思想である。また(④)は、作業者が誤操作をしても大丈夫なように設計されていることである。

その後、倫理綱領には環境問題に関する事項も言及されるようになった。とくに近年では「(⑤)な開発」を追加する学協会が出てきた。折しも2015年にSDGsが国連で採択されて、2030年を年限として17の目標と、169の具体的なターゲットが指定されており、技術者のさらなる活躍も期待されているところである。

(2) 技術者倫理や企業倫理の教育や研究においては、内部告発がテーマとして取り上げられることがある。しかし、内部告発にはさまざまな重大な結果を伴う可能性があるため、内部告発を行う際には、十分に考慮しておくべき事項が複数ある。内部告発について技術者倫理の観点から留意すべき事柄を、関連する法律とその内容にも言及して説明しなさい。

(3) 日本のある大型複合施設Aの正面入り口に設置されていた大型自動回転ドアに6歳の男児が頭を挟まれて亡くなった。この自動回転ドアの重さは2.7トンもあった。同施設の回転ドアにはセンサーが設置され、駆け込み防止用の安全フェンスも設置されていたが、ドアの回転速度は人の出入りが多いことから最高速度の毎分3.2回転に設定されていた。

天井のセンサーの検知エリアは、当初は基準通りの地上80センチから天井までに設置していたが、センサーの誤作動が続いたため、検知エリアが地上120センチ以上に変更されていた。男児の身長は117センチだった。調査の結果、センサー検知後に回転ドアが停止するまでに動く距離(制動距離)は25センチあった。また、この事故が起こる前の約1年の間に、この施設では、回転ドアの事故は32件発生しており、そのうち16件が子供の事故だった。

本事例について、技術者倫理の観点から考えられうる再発防止策を列挙しなさい。