

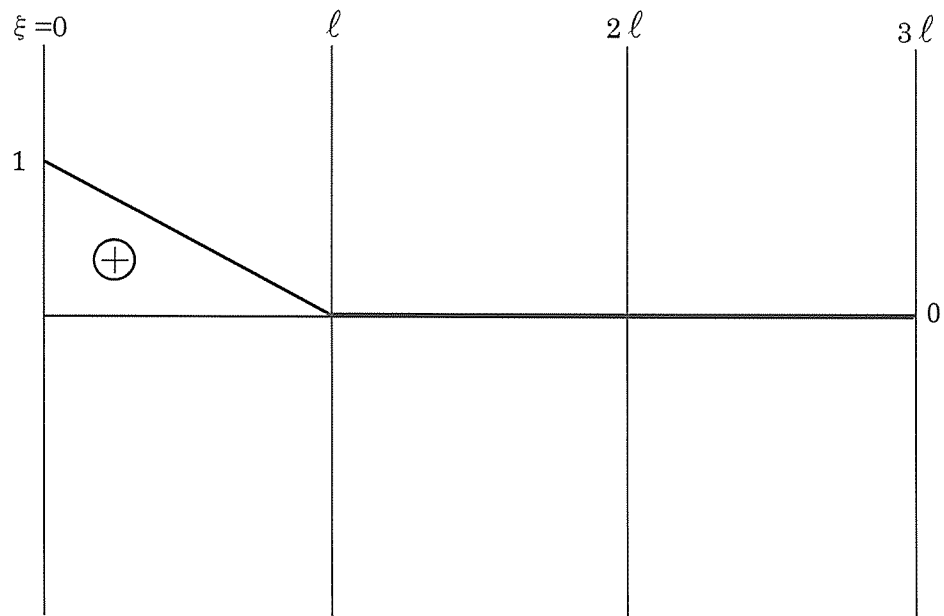
問題34 環境都市構造力学・材料学 出題意図・解答例

出題の意図と採点のポイント

(1)	支点反力の影響線を理解しているか。
(2)	支点反力の影響線を応用することができるか。
(3)	たわみの影響線を理解しているか。
(4)	たわみの求め方，相反定理を理解しているか。
(5)	不静定構造物の解法を理解しているか。

解答

(1)



$$(2) R_A = \frac{q\ell}{2}$$

$$(3) 0 \leq \xi \leq \ell \quad v_B = \frac{8\ell^2}{3EI} \xi$$

$$\ell \leq \xi \leq 3\ell \quad v_B = \frac{1}{6EI} (\xi - \ell)^3 - \frac{2\ell^2}{EI} \xi + \frac{14\ell^3}{3EI}$$

$$(4) v_C = \frac{5P\ell^3}{6EI}$$

$$(5) R_C = \frac{5}{2}P$$

II

出題意図

(1)	コンクリートに用いられる混和剤について、物理的・化学的な材料特性が、フレッシュコンクリートならびに硬化コンクリートに与える効果を問うことがねらいである。
(2)	コンクリートのひび割れには、硬化前と硬化後に発生するものがあり、ここでは硬化後のひび割れについて、その発生メカニズムと抑制対策を問うことがねらいである。
(3)	片持ち梁の設計に関して、鉄筋の配置、スターラップの意味などを問うことがねらいである。部材の変形方向を考慮し、引張鉄筋を設計する基本的な計算を出題した。

解答例

(1) コンクリート用混和材について例を3つ挙げ、その特性と用途を説明せよ。

① フライアッシュ

火力発電所などで微粉炭を燃焼する際に出る灰の微粉粒子を集じん機で捕集したもの。

フライアッシュは表面がなめらかな球形粒子からなっており、コンクリートの流動性を増す作用がある。フライアッシュはポゾラン反応を生じ、長期にわたって強度が増進し水密性が向上する。

② 高炉スラグ微粉末

高炉スラグを所定の粉末度に粉砕したもの。潜在水硬性があり、コンクリート強度を増進させる。高炉スラグ微粉末をセメントと置き換えることにより、化学抵抗性の改善に役立つ。50%以上置換する場合もある。

③ 岩石粉末

岩石粉末は常温では活性を持たないが、セメント粒子の連鎖の間に入り込み、セメント粒子を分散させ、水和しやすい状態をつくるので、コンクリートの強度を増加させる。

④ 膨張材

カルシウムサルホアルミネート（消石灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ とせっこう $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ およびアルミナ Al_2O_3 を調合焼成したもの）や生石灰を原料とし、水和反応により膨張することを、乾燥収縮ひび割れの抑制、ケミカルプレストレスの導入に利用している。

(2) 土木構造物に用いられるコンクリートに生じるひび割れの中で、硬化後に生じるひび割れを2種類挙げ、その原因とひび割れ対策について簡単に説明せよ。

- ① 乾燥収縮ひび割れ： コンクリートは空気中で乾燥すると収縮する。自由収縮が拘束されて生じるひび割れ。施工に注意し、締固め・湿潤養生を十分に行う。できるだけ単位水量を減らす。
- ② 温度ひび割れ： マスコンクリートなどで、水和反応に伴い発熱量が大きくなり、熱が外部に拡散されないと温度下降時に収縮が拘束されることにより生じるひび割れ。発熱の小さい低発熱形セメント、フライアッシュセメント、高炉セメントならびに適切な混和材を使用し、温度応力の低減を図る。プレクーリングおよびパイプクーリングなどで温度上昇を可能な限り低くする。
- ③ A S Rによるひび割れ： セメント中のアルカリ成分とある種の骨材中のシリカ質鉱物とが化学反応しアルカリシリカゲルを生成し、水を吸収して膨張することにより生じるひび割れ。無害と判定された骨材を使用する。化学反応が生じにくい環境・予防を行う。低アルカリ形ポルトランドセメントを使用する。コンクリートのアルカリ総量を規定値以下とする。塩化物・水分の浸入を遮断する。

(3) 下図に示すR Cはり部材に荷重が作用した場合、以下の設問に答えなさい。

- 1) スターラップ（せん断補強筋）：
せん断力を受けるとき、これに抵抗するために配筋される鉄筋。せん断応力や斜め引張応力を負担させる補強鉄筋。付着割裂破壊・坐屈防止に用いられる。
- 2) 550mm
- 3) 0.007036 または 0.7036%

問題 3 5 環境都市水理学・地盤力学

I

出題意図

水理学の最も基本的な概念の一つであるベルヌーイ式（エネルギー式）とその使用方法、管路の流れと損失水頭に関する基礎的な理解を測るとともに、やや難度の高い排水問題と組み合わせ、理解度に応じてある程度の得点差がつくようにした。

解答例

(1) エネルギー補正係数 $\alpha = 1$ とする。水槽内と細管の流速をそれぞれ v_1 , v_2 とすると,

$$\frac{v_1^2}{2g} + H = \frac{v_2^2}{2g} - l + K_e \frac{v_2^2}{2g} + f \frac{l}{d} \frac{v_2^2}{2g}. \quad \text{また, } \frac{\pi D^2}{4} v_1 = \frac{\pi d^2}{4} v_2 \text{ より, } v_1 = \frac{d^2}{D^2}$$

$$\left(1 + K_e + f \frac{l}{d} - \frac{d^4}{D^4}\right) \frac{v_2^2}{2g} = H + l \text{ より, } v_2 = \sqrt{\frac{2g(H+l)}{1 + K_e + f \frac{l}{d} - \frac{d^4}{D^4}}}$$

(2) 細管入口の圧力を p とすると,

$$\frac{v_2^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} - l + f \frac{l}{d} \frac{v_2^2}{2g} \text{ より, } p = \rho g \left(f \frac{l}{d} \frac{v_2^2}{2g} - l \right) = \rho g \left(f \frac{l}{d} \frac{H+l}{1 + K_e + f \frac{l}{d} - \frac{d^4}{D^4}} - l \right)$$

(3) 細管上端部の圧力が真空近くまで下がり、沸点が低くなるため、微細な気泡が発生する（キャビテーションという）。これらの気泡が流されて圧力が上がると、破裂音とともに消失する。

(4) 連続式は,

$$\frac{\pi D^2}{4} v_1 = \frac{\pi d^2}{4} v_2 \text{ より, } -\frac{\pi D^2}{4} \frac{dH}{dt} = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2g(H+l)}{1 + K_e + f \frac{l}{d} - \frac{d^4}{D^4}}}$$

(5) 連続式が $-\frac{\pi D^2}{4} \frac{dH}{dt} = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2g(H+l)}$ となるため、水槽が空になるまでの時間 T は,

$$T = \int_0^T dt = -\frac{D^2}{d^2} \int_{H_0}^0 \frac{dH}{\sqrt{2g(H+l)}} = \frac{D^2}{d^2} \sqrt{\frac{2}{g}} (\sqrt{H_0+l} - \sqrt{l})$$

出題の意図と採点のポイント

(1)	● 地盤材料を特徴づける指標の定義を理解しているか。 ● 実利用を想定して、それらの指標を計算できるか。
(2)	● 全応力と有効応力を理解し、モールの応力円を描けるか。 ● 三軸試験から得られる結果に対して、モール・クーロンの破壊規準を利用できるか。
(3)	● 地盤中の構造物の安定性に関して、主働土圧および受働土圧を理解しているか。 ● 土（水）圧合力を計算し、利用できるか。

Ⅱ 【解答例】

(1) 土の湿潤密度 ρ_t は以下のように表せる（誘導過程は省略）。

$$\rho_t = \frac{G_s(1 + \frac{w}{100})}{1 + e} \rho_w$$

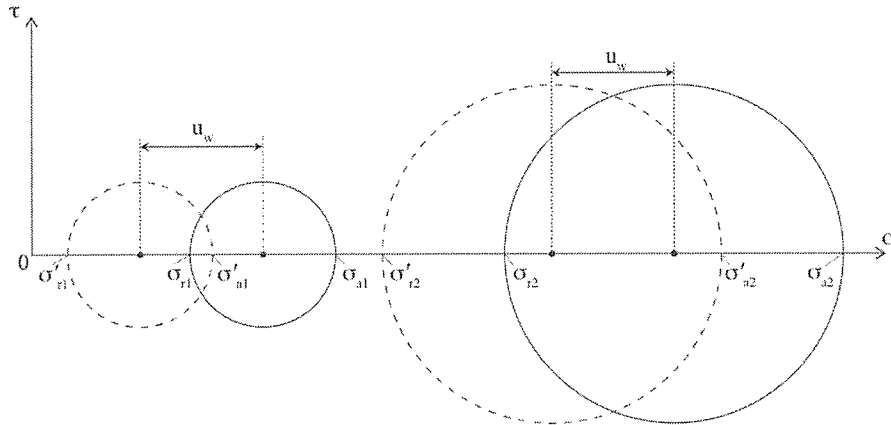
間隙比 e を左辺に移動させ、与えられた各数値を代入すると、

$$e = \frac{G_s(1 + \frac{w}{100})}{\rho_t} \rho_w - 1 = \frac{2.64 \times (1 + 0.20)}{1.8} \times 1.0 - 1.0 = 0.76$$

飽和度 S_r と間隙比 e 、土粒子比重 G_s 、含水比 w の関係式より、

$$S_r = \frac{G_s w}{e} = \frac{2.64 \times 20}{0.76} = 69.5 [\%]$$

(2) 有効応力の定義 $\sigma' = \sigma - u_w$ および $\sigma_{a2} > \sigma_{a1} > 0$ 、 $\sigma_{r2} > \sigma_{r1} > 0$ 、 $\sigma_{r1} > u_w > 0$ の条件から、以下図のようなモールの応力円が描かれる。



また、モール・クーロンの破壊規準を各ケースの応力状態に適用すると以下のようになる。

$$\{(\sigma_{a1} + \sigma_{r1}) - 2u_w\} \sin \phi' + 2c' \cos \phi' = \sigma_{a1} - \sigma_{r1}$$

$$\{(\sigma_{a2} + \sigma_{r2}) - 2u_w\} \sin \phi' + 2c' \cos \phi' = \sigma_{a2} - \sigma_{r2}$$

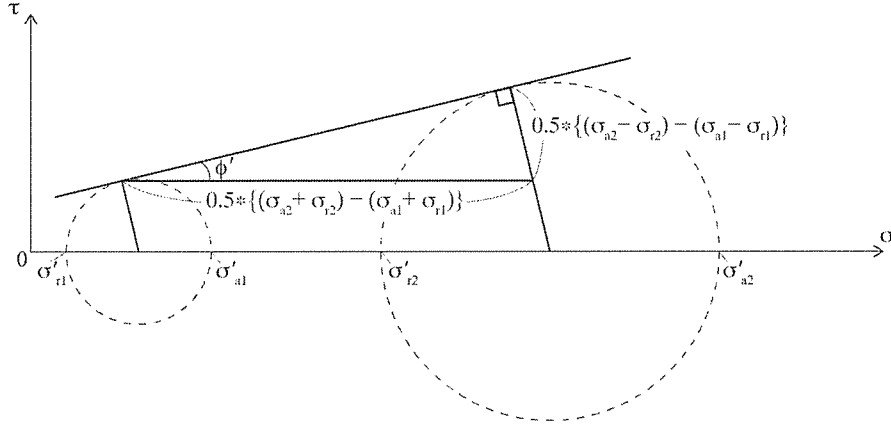
この2式から $2c' \cos \phi'$ の項を消去し、 $\sin \phi'$ についてまとめると、

$$\sin \phi' = \frac{(\sigma_{a2} - \sigma_{r2}) - (\sigma_{a1} - \sigma_{r1})}{\{(\sigma_{a2} + \sigma_{r2}) - 2u_w\} - \{(\sigma_{a1} + \sigma_{r1}) - 2u_w\}} = \frac{(\sigma_{a2} - \sigma_{r2}) - (\sigma_{a1} - \sigma_{r1})}{(\sigma_{a2} + \sigma_{r2}) - (\sigma_{a1} + \sigma_{r1})}$$

よって,

$$\phi' = \sin^{-1} \left\{ \frac{(\sigma_{a2} - \sigma_{r2}) - (\sigma_{a1} - \sigma_{r1})}{(\sigma_{a2} + \sigma_{r2}) - (\sigma_{a1} + \sigma_{r1})} \right\}$$

下図のように導出することもできる。



- (3) 土留め壁の回転を考慮しないことから、下図に示される破壊状態における両水平方向の土水圧合力のつり合いを考える。まず土留め壁左側について、深さ h における主働土圧および水圧を $h = 0$ から $h = H$ まで積分すると、その主働土圧合力 P_{aL} および水圧合力 P_{wL} は以下のように表される。

$$P_{aL} = \int_0^H K_a(\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)h \, dh = \frac{1}{2} K_a(\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)H^2, \quad P_{wL} = \int_0^H \gamma_w h \, dh = \frac{1}{2} \gamma_w H^2$$

つづいて、土留め壁右側については、最大掘削深さ D を仮定し、深さ h' における受働土圧を $h' = 0$ から $h' = H - D$ まで積分すると、その受働土圧合力 P_{pR} は以下のように表される。また水圧合力 P_{wR} は左側水圧合力 P_{wL} と同様に表される。

$$P_{pR} = \int_0^{H-D} K_p(\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)h' \, dh' = \frac{1}{2} K_p(\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)(H - D)^2, \quad P_{wR} = \int_0^H \gamma_w h \, dh = \frac{1}{2} \gamma_w H^2$$

このときの左右からの土水圧合力のつり合いは以下となる。

$$P_{aL} + P_{wL} = P_{pR} + P_{wR}$$

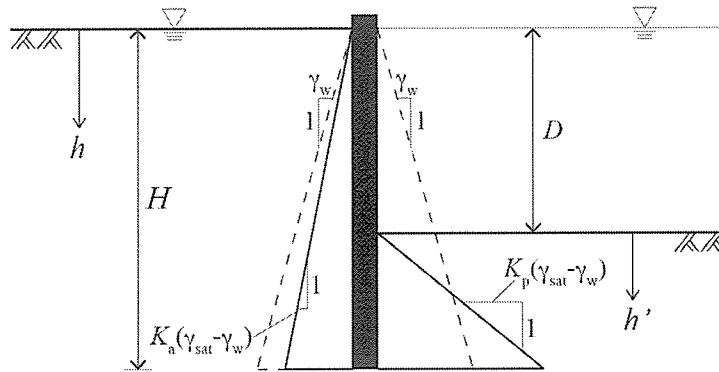
$$\frac{1}{2} K_a(\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)H^2 = \frac{1}{2} K_p(\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)(H - D)^2 \quad (\because P_{wL} = P_{wR})$$

上式より、最大掘削深さ D に関する以下の方程式が導かれる。

$$D^2 - 2HD + \left(1 - \frac{K_a}{K_p}\right)H^2 = 0$$

これを解くと,

$$D = H \left(1 - \sqrt{\frac{K_a}{K_p}} \right) (\because D < H)$$



問題36 環境都市計画学 出題意図・解答例

I

- (1) 最小二乗法の目的関数と最適化問題としての定式化やパラメータの導出方法や算定式を理解している。
- (2) 長文を理解して表の計算を正確に行うことができる。
- 異なる関数形の問題に対して、パラメータを求めるための式の変形などの応用ができる。
- 回帰分析のための適切なデータを準備できる。
- 回帰分析結果を正しく解釈できる。

問題36 解答

I

- (1) 推定誤差は $e_i = (y_i - (a + bx_i))$ と定義できる。
- よって、誤差の二乗和の最小化問題は以下のように定式化される。

$$\min_i z = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - (a + bx_i))^2$$

目的関数 z の極値（2つのパラメータによる微分=0）より以下が得られる。

$$\sum_{i=1}^n y_i - an - b \sum_{i=1}^n x_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i - a \sum_{i=1}^n x_i - b \sum_{i=1}^n x_i^2 = 0$$

これを整理して、

$$a = \bar{y} - b\bar{x}, b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2} \quad \text{ここに,} \quad \bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n, \bar{y} = \sum_{i=1}^n y_i / n$$

(2)

- a) 行と列で合計値が合うように埋めていくと、(F1, F2, F3, F4)=(43, 90, 72, 115)
- b) 式(1)を以下のように変形してから両辺の対数をとって整理する。

$$(Q_{ij} \times U_{ij}^{1.02}) / T_j^{0.52} = \alpha \times S_i^\beta$$

$$\ln((Q_{ij} \times U_{ij}^{1.02}) / T_j^{0.52}) = \ln \alpha + \beta \times \ln S_i$$

左辺が y で右辺の $\ln S_i$ が x になる。

表1と2より利用可能な全てのデータの組数は、 i, j の組み合わせだけあり、この場合は $n=4$ となる。

- c) 式形と符号条件より、発生交通量や集中交通量が増えるとOD交通量が増加する。
- OD間平均所要時間が増えるとOD交通量は減少する。
- すなわち、距離が遠いほどゾーン間の移動が少なくなる傾向がある。

II

・出題意図

(1) 技術者倫理と伝統的な倫理学との、また他の応用倫理学との違いや関連性の理解を問うています。

(2) 技術者倫理における、倫理規程・倫理綱領の内容とそれを公にすることの意味や重要性の理解を問うています。

(3) 技術者倫理においては事例分析が重要であることから、問題文において提示した事例の問題状況を適切に把握し、技術者倫理の観点から考慮すべき点を析出して建設的な提案ができるかどうかを問うています。

・解答

(1) ①功利

②義務

③生命（医療）

④環境

⑤社会的責任

(2) (a) 社会に対する責任、雇用者または依頼者に対する責任、組織責任者としての責任、専門職業に対する責任など。他に具体的な回答（例：「公衆の安全・健康・福利を最優先する」）も可とする。

(b) 社会契約モデルでは、社会によって専門職として認知されることに関して、その専門職と社会との間で一定の契約が交わされているとみなす。倫理規程・倫理綱領は、この契約に関して、その団体が自らの遵守事項を尊重し、責任をもって実行することを社会に対して表明するために制定される。倫理規程・倫理綱領は、ある職業が社会によって認知されるための条件である。また、それは法律ではないので、法律に比して強制力は低いが、それは倫理を強制するものではなく、倫理を推進することをめざしている。倫理は個々の行為者の自律を前提とするものであるから、倫理規程・倫理綱領は個々人が自主的にそれに従うことが重要である。

(3) この事例の問題状況の背景には日本の文化と米国の文化の差異がその根本にあると考えられる。同じことが日本で発生した場合であれば、事故原因がたとえ不明であっても「謝罪する」という行為は当然のことと見なされるであろうが、他の国では事故原因や責任の所在がまだはっきりしないうちに謝罪することは受け入れられないことがある。本事例は、技術者倫理の観点からも、他国の文化を理解することや、日本人の行動の特徴を理解することの大切さを理解すべき事例である。B社には、他国での情報収集にこころがけること、主張すべきことを主張すること、取引先とのコミュニケーションを図り情報を共有すること、常日頃から消費者（公衆）に目を向けて危機管理（リスクマネジメント）を行うことが重要であろう。他の建設的な分析や提案も可とする。