

専門学術 A

第1問

(1) 図1に、1880年～1957年までの東京都区部市街地と鉄道の発達状況を示す。次の問いに答えよ。

- ①明治維新から1920年代、②1920年代から1945年までの鉄道ネットワークの変化と市街地の拡大の特徴について、社会的情勢と制度を踏まえ、それぞれ4行程で答えよ。
- 1945年以降の東京の市街地拡大に大きな影響を与えた交通ネットワーク整備事業とその理由について4行程度で答えよ。

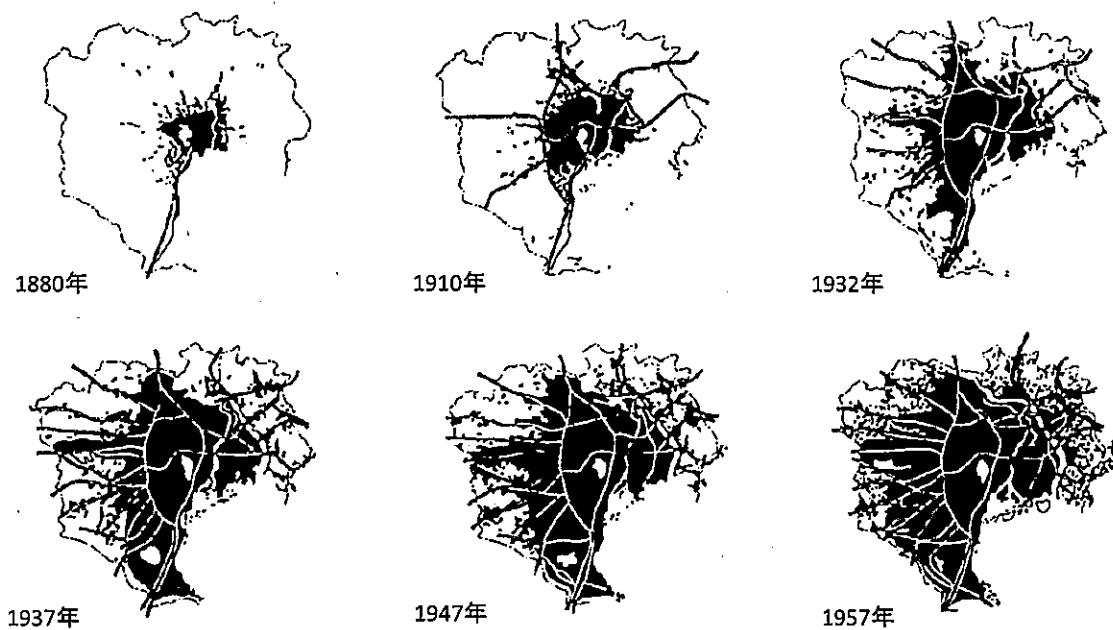


図1 東京都区部市街地と鉄道の発達状況

(出典：井上ら、都市問題講座7、pp.125-144、有斐閣)

(2) 2010年の国勢調査によると、東京都内の65歳以上の高齢者は約264万人（高齢化率20.4%）、2025年には332万人（高齢化率25.2%）、2035年には約377万人（高齢化率29.8%）に達すると見込まれている。

- a) 高齢化時代を迎えようとしている東京の都市計画において重要となる視点を5行程度で解答せよ。
- b) 今後東京で交通事業を立案する際、事業評価に用いられる将来交通量推計の方法とその適用における課題について、あわせて5行程度で解答せよ。
- c) 将来に向けた鉄道新線 a と鉄道の既存経路 b の選択結果を推計する際、ロジットモデルを用いることを考える。各選択肢の効用関数の誤差項 ε がガンベル分布 $f(\varepsilon) = e^{-\varepsilon} e^{-e^{-\varepsilon}}$ で与えられるとき、鉄道新線 a の選択確率 P_a を推計する2肢選択モデル式を導出せよ（導出過程を記述すること）。

第2問

以下は、20世紀を代表するドイツの橋梁エンジニアであるフリッツ・レオンハルト（1909-1999）が、橋の美的価値とその創造について論じた文の一節である。下線部に対応する(1)～(4)の問い合わせに答えよ。

Buildings or structures are erected for a purpose. The first requirement is, therefore, that the building must be designed so that it fulfills this purpose in an optimum way. The specific purpose demands certain load-bearing structures; bridges for instance require arches, beams or suspensions. The structure should reveal itself in a pure, clear form and impart a feeling of stability. (1) We must seek simplicity here. The form of the basic structure must also correspond with the materials used. (2) Brick or wood dictate different forms from those for steel or reinforced concrete. We speak of a form justified by the material, or of "logic of form". This reminds us of (3) the architect Sullivan's rule "form follows function", which became an often misunderstood maxim for building design. The function of a building is not confined to the structural function. One must fulfill all the various requirements of the people who use the building. These include hygiene, comfort, shelter from weather, beauty, even coziness. The fulfillment of functional requirements in buildings therefore includes favorable thermal, climatic, acoustic and aesthetic qualities. Sullivan has undoubtedly intended us to interpret his rule in this sense. Therefore in buildings the functional requirements are very complex. But also in engineering structures, functions besides load carrying capacity must be fulfilled, such as adequate protection against weather, limitation of deformation and oscillation among others, and all these factors affect design.

(4) Good and Beautiful must be united, and Good takes first priority!

(出典：F. Leonhardt, BRIDGES, 1982 〈一部改稿〉)

(注) impart : 伝える dictate : 決定づける hygiene : 衛生
coziness : 心地よさ oscillation : 振動

(1) ゲシュタルト心理学では、人間が図形群を見るとき、その全体ができるかぎり簡潔なまとまりや秩序に還元して知覚する傾向があることが、法則として知られている。

- この法則をなんと呼ぶか。
- この法則の具体例を2つあげて、それぞれ2行以内で解説せよ。必要に応じて図を加えてよい。

(2) 材料の性質は、構造の形態を規定するもっとも基本的な要因である。

a) 構造材料として、レンガと鉄筋コンクリートにはどのような違いがあるか。2つ

あげ、それぞれ2行以内で記せ。

b) 一般に、組積レンガアーチ橋と鉄筋コンクリートアーチ橋では、どのような形態の差が生じると考えられるか。a) にあげた構造材料としての違いを根拠に、5行以内で述べよ。

(3) “form follows function”（「形態は機能に従う」）は、近代アメリカの建築家、ルイス・サリヴァン（1856-1924）の有名な言葉である。レオンハルトは、なぜこの言葉を an often misunderstood maxim（誤解されがちな格言）と言うのか。本文の趣旨に則って、3行以内で述べよ。

(4) レオンハルトの橋梁エンジニアとしての信条が、この一文に現れている。彼の信条に共感するかしないかを表明したうえで、構造デザインの望ましいありかたについて、考えるところを5行程度で述べよ。

専門学術 A

第 1 問

次の各問い合わせに答えよ。

- (1) 以下の諸元（条件）を有する矩形の鉄筋コンクリート（RC）断面に曲げモーメントのみが作用して破壊する場合の断面の曲げ耐力を算定せよ。鉄筋は引張側にのみ配置し、圧縮側には配置しない。安全係数は用いないこと。

RC 断面高さ : 50 cm, RC 断面幅 : 30 cm

引張側鉄筋総断面積 : $A_s = 30 \text{ cm}^2$, 有効高さ : 45 cm

鉄筋降伏強度 : $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$, 鉄筋剛性係数 : $E_s = 200,000 \text{ N/mm}^2$

コンクリート強度 : $f'_c = 40 \text{ N/mm}^2$, コンクリートの圧縮破壊ひずみ : $\varepsilon'_{u} = 0.0035$

- (2) 図 1 は、引っ張りを受けてひび割れが生じた長い RC 部材の両端部を除いた中央部分における内部ひび割れの発生状況を示した模式図である。RC 部材の全長は 1 m 以上と十分に長く、RC 断面の直径は 100 mm 程度、鉄筋は D13 程度とする。次の各問い合わせに答えよ。

- a) 図 1において、鉄筋の節から発生している短い内部ひび割れの名称を述べよ。
b) 鉄筋の代わりに直径が鉄筋と同じで図 2 のような表面形状を有するボルト（長ネジ棒）を使用した部材が引っ張りを受けた場合に、内部ひび割れの発生状況はどうなるかを図示し、その理由について 3~5 行程度で説明せよ。

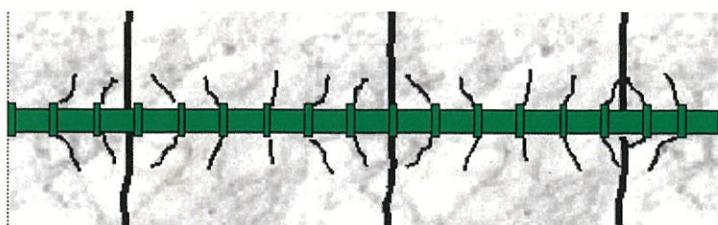


図 1



(拡大図)

図 2

(3) 図3は、かぶりコンクリートの一部が剥落している橋脚側面の雨天時の水掛かりの状況を写したものである。橋脚は塩害の影響は受けていない。次の各問いに答えよ。

- a) この橋脚では、橋脚側面の右側（Y側）のみにかぶりコンクリートの剥落が生じている。その理由を3行程度で説明せよ。
- b) 橋脚側面の左側（X側）と右側（Y側）を比較して、コンクリートの中性化の進行が速いのは何れの側であるか。その理由と共に3行程度で答えよ。
- c) 図3の変状発生状況を踏まえて、このような環境に置かれる鉄筋コンクリート部材の耐久設計における照査方法の現状の課題を5~10行程度で考察せよ。



図3

第2問

次の各問いに答えよ。

(1) ある砂質土（土粒子の比重 $G_s = 2.4$ ）の締固め特性について以下の問いに答えよ。

- この土のゼロ空気間隙曲線の式を、乾燥密度 ρ_d 、含水比 w を用いて示せ。
- 突き固めによる土の締固め試験により、この土の最大乾燥密度は 1.8 g/cm^3 であり、その時の土の飽和度 S_r は 80 % であった。最適含水比を求めよ。
- 砂の最小密度・最大密度試験を実施したところ、この土の最小密度は 1.2 g/cm^3 、最大密度は 1.6 g/cm^3 であった。この土を用いて乾燥密度 $\rho_d = 1.5 \text{ g/cm}^3$ の供試体を作成した場合の相対密度 D_r を求めよ。
- 図 4 に示すように、同じ締固め曲線上において、異なる含水比で乾燥密度が同じ供試体 A と B を作成した。次にこれらの供試体を用い、その含水比を変えず三軸圧縮試験を実施した。想定される供試体 A、B のせん断強度 τ_A 、 τ_B の関係を以下から選択し、なぜそのようになるか 3 行程度で説明せよ。

- ① $\tau_A = \tau_B$ ② $\tau_A > \tau_B$ ③ $\tau_A < \tau_B$

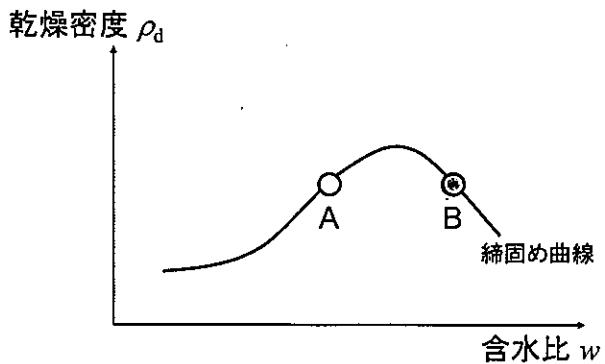


図 4

(2) 土の圧密について、以下の問いに答えよ。

- 粘土の圧密時間が砂のそれと比較して非常に長くなる理由を、以下のテルツァーギの一次元圧密方程式に基づいて 5 行程度で説明せよ。

$$\frac{\partial u_e}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u_e}{\partial z^2}$$

u_e : 載荷による過剰間隙水圧、 t : 時間、 c_v : 圧密係数、 z : 土要素の深度

- b) ある土の圧密試験結果を図5に示す。矢印Aで示した圧縮曲線の最大曲率点付近の応力を何と呼ぶか答えよ。また、これより低い応力域、および高い応力域にある土をそれぞれ何と呼ぶか答えよ。
- c) 図5より、矢印Aの応力付近で c_v の値が大きく低下した。なぜそのようになるか5行程度で考察せよ。

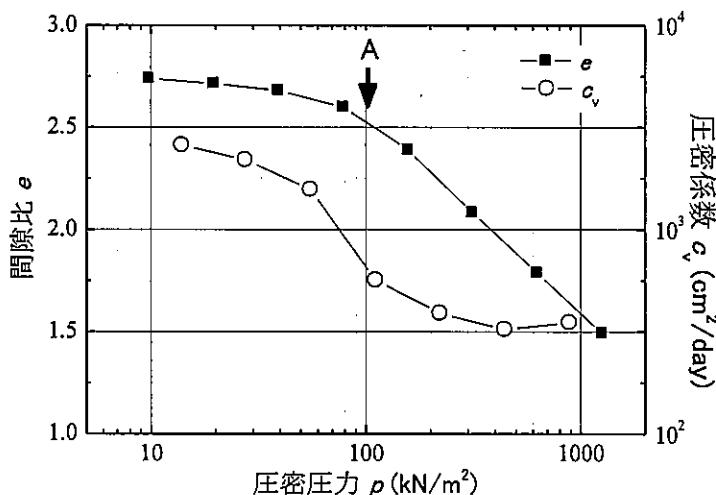


図5

- (3) 地盤の液状化について、以下の問い合わせに答えよ。

- a) 地下水面が地表面と一致する一様な砂質地盤（飽和単位体積重量 $\gamma_{sat}=20$ kN/m³）において、地表面水平震度 $k_s=0.20$ に相当する地震が発生した。この地盤の飽和時における液状化強度比 R が0.37である場合、簡易液状化判定法（ F_L 法）を利用して液状化した地盤の層厚を推定せよ。計算には以下の条件を用いよ。
- ・水の単位体積重量 $\gamma_w=10$ kN/m³
 - ・地震時せん断応力比 L の深さ方向低減係数 $r_d=1.0-0.015z$ （ z は深度で単位はm）
- b) 液状化対策工法の一つに、格子状固化改良工法がある。この工法が液状化対策として有効である理由を3行程度で説明せよ。

専門学術 A

第 1 問

次の各問い合わせよ。

- (1) 以下の諸元（条件）を有する矩形の鉄筋コンクリート（RC）断面に曲げモーメントのみが作用して破壊する場合の断面の曲げ耐力を算定せよ。鉄筋は引張側にのみ配置し、圧縮側には配置しない。安全係数は用いないこと。

RC 断面高さ : 50 cm, RC 断面幅 : 30 cm

引張側鉄筋総断面積 : $A_s = 30 \text{ cm}^2$, 有効高さ : 45 cm

鉄筋降伏強度 : $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$, 鉄筋剛性係数 : $E_s = 200,000 \text{ N/mm}^2$

コンクリート強度 : $f'_c = 40 \text{ N/mm}^2$, コンクリートの圧縮破壊ひずみ : $\varepsilon'_{u} = 0.0035$

- (2) 図 1 は、引っ張りを受けてひび割れが生じた長い RC 部材の両端部を除いた中央部分における内部ひび割れの発生状況を示した模式図である。RC 部材の全長は 1 m 以上と十分に長く、RC 断面の直径は 100 mm 程度、鉄筋は D13 程度とする。次の各問い合わせに答えよ。

- a) 図 1において、鉄筋の節から発生している短い内部ひび割れの名称を述べよ。
- b) 鉄筋の代わりに直径が鉄筋と同じで図 2 のような表面形状を有するボルト（長ネジ棒）を使用した部材が引っ張りを受けた場合に、内部ひび割れの発生状況はどうなるかを図示し、その理由について 3~5 行程度で説明せよ。

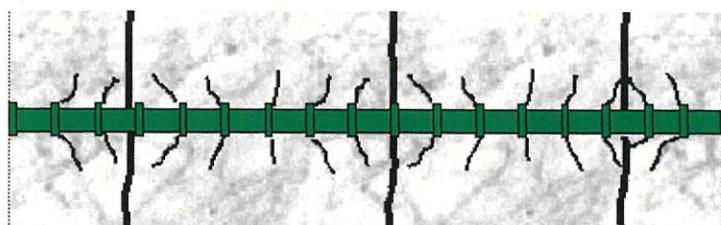


図 1



(拡大図)

図 2

(3) 図3は、かぶりコンクリートの一部が剥落している橋脚側面の雨天時の水掛かりの状況を写したものである。橋脚は塩害の影響は受けていない。次の各問いに答えよ。

- a) この橋脚では、橋脚側面の右側（Y側）のみにかぶりコンクリートの剥落が生じている。その理由を3行程度で説明せよ。
- b) 橋脚側面の左側（X側）と右側（Y側）を比較して、コンクリートの中性化の進行が速いのは何れの側であるか。その理由と共に3行程度で答えよ。
- c) 図3の変状発生状況を踏まえて、このような環境に置かれる鉄筋コンクリート部材の耐久設計における照査方法の現状の課題を5~10行程度で考察せよ。



図3

第2問

次の各問いに答えよ。

(1) ある砂質土（土粒子の比重 $G_s = 2.4$ ）の締固め特性について以下の問いに答えよ。

- この土のゼロ空気間隙曲線の式を、乾燥密度 ρ_d 、含水比 w を用いて示せ。
- 突き固めによる土の締固め試験により、この土の最大乾燥密度は 1.8 g/cm^3 であり、その時の土の飽和度 S_r は 80 % であった。最適含水比を求めよ。
- 砂の最小密度・最大密度試験を実施したところ、この土の最小密度は 1.2 g/cm^3 、最大密度は 1.6 g/cm^3 であった。この土を用いて乾燥密度 $\rho_d = 1.5 \text{ g/cm}^3$ の供試体を作成した場合の相対密度 D_r を求めよ。
- 図 4 に示すように、同じ締固め曲線上において、異なる含水比で乾燥密度が同じ供試体 A と B を作成した。次にこれらの供試体を用い、その含水比を変えず三軸圧縮試験を実施した。想定される供試体 A、B のせん断強度 τ_A 、 τ_B の関係を以下から選択し、なぜそのようになるか 3 行程度で説明せよ。

$$\textcircled{1} \tau_A = \tau_B \quad \textcircled{2} \tau_A > \tau_B \quad \textcircled{3} \tau_A < \tau_B$$

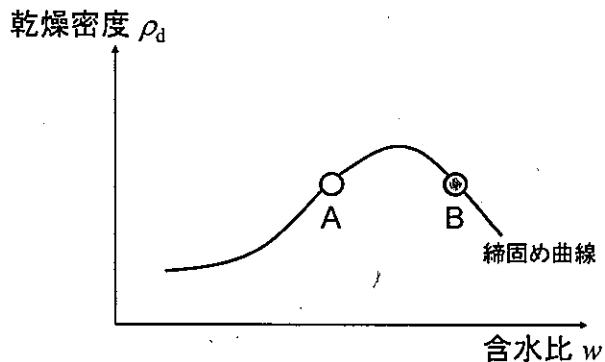


図 4

(2) 土の圧密について、以下の問いに答えよ。

- 粘土の圧密時間が砂のそれと比較して非常に長くなる理由を、以下のテルツァーギの一次元圧密方程式に基づいて 5 行程度で説明せよ。

$$\frac{\partial u_e}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u_e}{\partial z^2}$$

u_e : 載荷による過剰間隙水圧、 t : 時間、 c_v : 圧密係数、 z : 土要素の深度

- b) ある土の圧密試験結果を図 5 に示す。矢印 A で示した圧縮曲線の最大曲率点付近の応力を何と呼ぶか答えよ。また、これより低い応力域、および高い応力域にある土をそれぞれ何と呼ぶか答えよ。
- c) 図 5 より、矢印 A の応力付近で c_v の値が大きく低下した。なぜそのようになるか 5 行程度で考察せよ。

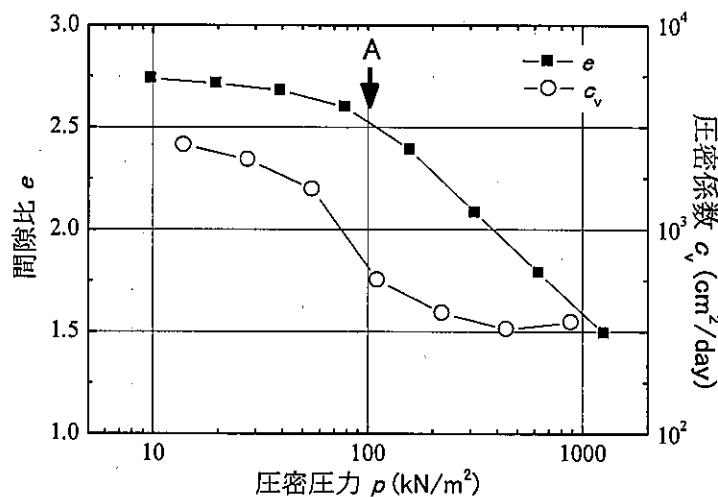


図 5

- (3) 地盤の液状化について、以下の問い合わせに答えよ。

- a) 地下水面が地表面と一致する一様な砂質地盤（飽和単位体積重量 $\gamma_{sat}= 20 \text{ kN/m}^3$ ）において、地表面水平震度 $k_s= 0.20$ に相当する地震が発生した。この地盤の飽和時における液状化強度比 R が 0.37 である場合、簡易液状化判定法 (F_L 法) を利用して液状化した地盤の層厚を推定せよ。計算には以下の条件を用いよ。
- ・水の単位体積重量 $\gamma_w= 10 \text{ kN/m}^3$
 - ・地震時せん断応力比 L の深さ方向低減係数 $r_d= 1.0 - 0.015z$ (z は深度で単位は m)
- b) 液状化対策工法の一つに、格子状固化改良工法がある。この工法が液状化対策として有効である理由を 3 行程度で説明せよ。

専門学術 A

第 1 問

次の各問い合わせに答えよ。

- (1) 以下の諸元（条件）を有する矩形の鉄筋コンクリート（RC）断面に曲げモーメントのみが作用して破壊する場合の断面の曲げ耐力を算定せよ。鉄筋は引張側にのみ配置し、圧縮側には配置しない。安全係数は用いないこと。

RC 断面高さ : 50 cm, RC 断面幅 : 30 cm

引張側鉄筋総断面積 : $A_s = 30 \text{ cm}^2$, 有効高さ : 45 cm

鉄筋降伏強度 : $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$, 鉄筋剛性係数 : $E_s = 200,000 \text{ N/mm}^2$

コンクリート強度 : $f'_c = 40 \text{ N/mm}^2$, コンクリートの圧縮破壊ひずみ : $\varepsilon'_{cu} = 0.0035$

- (2) 図 1 は、引っ張りを受けてひび割れが生じた長い RC 部材の両端部を除いた中央部分における内部ひび割れの発生状況を示した模式図である。RC 部材の全長は 1 m 以上と十分に長く、RC 断面の直径は 100 mm 程度、鉄筋は D13 程度とする。次の各問い合わせに答えよ。

- a) 図 1において、鉄筋の節から発生している短い内部ひび割れの名称を述べよ。
b) 鉄筋の代わりに直径が鉄筋と同じで図 2 のような表面形状を有するボルト（長ネジ棒）を使用した部材が引っ張りを受けた場合に、内部ひび割れの発生状況はどうなるかを図示し、その理由について 3~5 行程度で説明せよ。

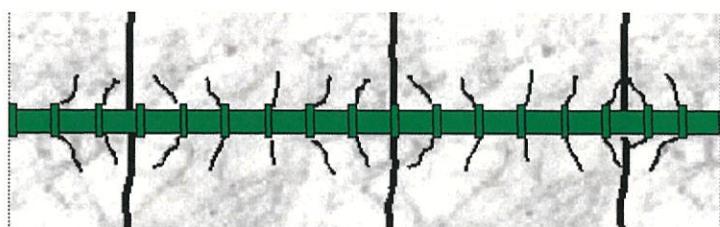


図 1



(拡大図)

図 2

(3) 図3は、かぶりコンクリートの一部が剥落している橋脚側面の雨天時の水掛かりの状況を写したものである。橋脚は塩害の影響は受けていない。次の各問いに答えよ。

- a) この橋脚では、橋脚側面の右側（Y側）のみにかぶりコンクリートの剥落が生じている。その理由を3行程度で説明せよ。
- b) 橋脚側面の左側（X側）と右側（Y側）を比較して、コンクリートの中性化の進行が速いのは何れの側であるか。その理由と共に3行程度で答えよ。
- c) 図3の変状発生状況を踏まえて、このような環境に置かれる鉄筋コンクリート部材の耐久設計における照査方法の現状の課題を5~10行程度で考察せよ。



図3

第2問

次の各問いに答えよ。

(1) ある砂質土（土粒子の比重 $G_s=2.4$ ）の締固め特性について以下の問いに答えよ。

- この土のゼロ空気間隙曲線の式を、乾燥密度 ρ_d 、含水比 w を用いて示せ。
- 突き固めによる土の締固め試験により、この土の最大乾燥密度は 1.8 g/cm^3 であり、その時の土の飽和度 S_r は 80 % であった。最適含水比を求めよ。
- 砂の最小密度・最大密度試験を実施したところ、この土の最小密度は 1.2 g/cm^3 、最大密度は 1.6 g/cm^3 であった。この土を用いて乾燥密度 $\rho_d=1.5 \text{ g/cm}^3$ の供試体を作成した場合の相対密度 D_r を求めよ。
- 図 4 に示すように、同じ締固め曲線上において、異なる含水比で乾燥密度が同じ供試体 A と B を作成した。次にこれらの供試体を用い、その含水比を変えず三軸圧縮試験を実施した。想定される供試体 A、B のせん断強度 τ_A 、 τ_B の関係を以下から選択し、なぜそのようになるか 3 行程度で説明せよ。

$$\textcircled{1} \tau_A = \tau_B \quad \textcircled{2} \tau_A > \tau_B \quad \textcircled{3} \tau_A < \tau_B$$

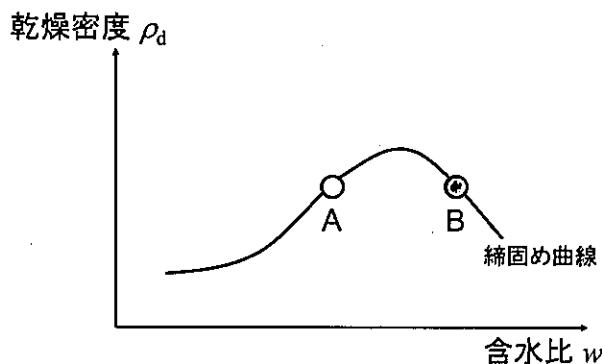


図 4

(2) 土の圧密について、以下の問いに答えよ。

- 粘土の圧密時間が砂のそれと比較して非常に長くなる理由を、以下のテルツァーギの一次元圧密方程式に基づいて 5 行程度で説明せよ。

$$\frac{\partial u_e}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u_e}{\partial z^2}$$

u_e : 載荷による過剰間隙水圧、 t : 時間、 c_v : 圧密係数、 z : 土要素の深度

- b) ある土の圧密試験結果を図 5 に示す。矢印 A で示した圧縮曲線の最大曲率点付近の応力を何と呼ぶか答えよ。また、これより低い応力域、および高い応力域にある土をそれぞれ何と呼ぶか答えよ。
- c) 図 5 より、矢印 A の応力付近で c_v の値が大きく低下した。なぜそのようになるか 5 行程度で考察せよ。

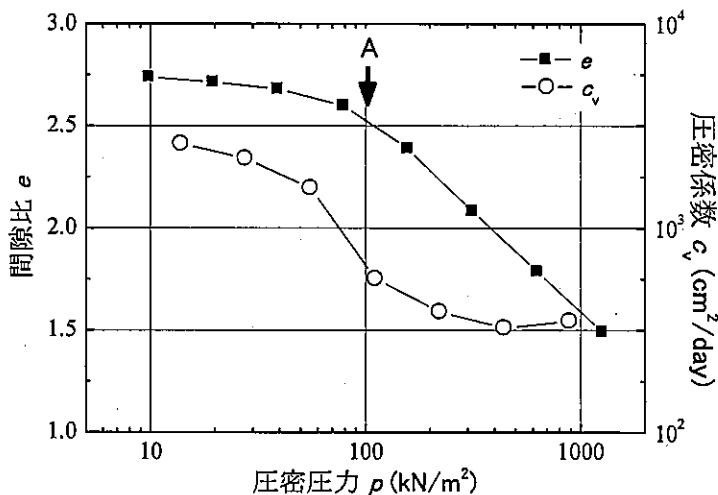


図 5

- (3) 地盤の液状化について、以下の問い合わせに答えよ。

- a) 地下水面が地表面と一致する一様な砂質地盤（飽和単位体積重量 $\gamma_{sat}= 20 \text{ kN/m}^3$ ）において、地表面水平震度 $k_s= 0.20$ に相当する地震が発生した。この地盤の飽和時における液状化強度比 R が 0.37 である場合、簡易液状化判定法 (F_L 法) を利用して液状化した地盤の層厚を推定せよ。計算には以下の条件を用いよ。

- ・水の単位体積重量 $\gamma_w=10 \text{ kN/m}^3$
- ・地震時せん断応力比 L の深さ方向低減係数 $r_d=1.0 - 0.015z$ (z は深度で単位は m)

- b) 液状化対策工法の一つに、格子状固化改良工法がある。この工法が液状化対策として有効である理由を 3 行程度で説明せよ。

専門学術 A

第1問

次の各問い合わせに答えよ。

- (1) ダムの建設は河川の土砂動態を変化させ、河道全体に様々な影響を及ぼす。
 - a) ダム建設による、ダム上流、ダム下流、沿岸域での土砂動態の変化とそれらによる防災面での影響について、それぞれ 1~2 行で説明せよ。
 - b) ダムの堆砂対策を 3 つ挙げ、それぞれ 1~2 行で説明せよ。
- (2) 治水や利水を目的としたダムの役割の一つとして、本来河川が持つ機能を正常に維持するための放流が適宜行われている。ダムからの放流量を決定する際に検討すべき河川の機能を 5 つ挙げよ。
- (3) 激甚化が予測される今後の水害リスクの軽減および水資源の管理のために、既設ダムの機能強化が有効であると考えられる。既設ダムを有効に活用するためのハード面・ソフト面の対策を 2 つずつ、それぞれ 1~2 行で説明せよ。
- (4) 水力発電では、図 1 に示すとおり、川の下流へと水を導く管路を用いて発電が多い。これに関して以下の問い合わせに答えよ。
 - a) 管路の途中には、サージタンクと呼ばれる施設が設置されるが、この施設がどうして必要なのか、ベルヌイの定理を用いて説明せよ。
 - b) ダム湖の水面と発電所放流口の高低差を H 、管路の直径を d 、管路の摩擦損失係数を f 、流入損失係数を K_e 、管の曲がりの形状損失係数を K_b 、水の密度を ρ 、重力加速度を g とし、管の長さを上流から順に L_1 、 L_2 、 L_3 とする。ここで管路内の流速が v であるとして、有効落差 H_T （発電に利用可能なエネルギーの水頭表示）を表せ。なお、サージタンクおよび発電所内での曲がりの効果は無視しうるものとし、問題文や図に示した物理量の他に必要なものがあれば、解答の中で定義して用

いても良い。

- c) 単位時間当たりの発電量 T を求める式を表せ。ここで、発電効率 η に加え、(4) b) で与えた係数等を適宜用いること。なお、単位時間当たりの発電量 T は有効落差 H_T による仕事率に発電効率をかけたものとして求められる。
- d) 単位時間当たりの発電量 T を最大にする管路内の流速を求めよ。

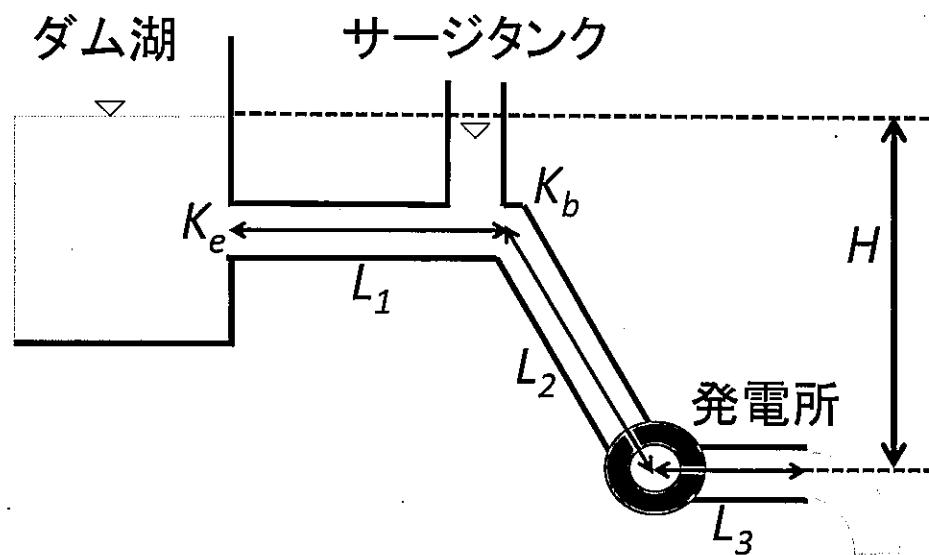


図 1

第2問

図2に示した沿岸方向(紙面垂直方向)に一様な海岸に台風が来襲した場合における高潮の特性を考える。ここで x, z は静水面上の点Oを原点とする水平(岸向き正)、鉛直(上向き正)方向座標、 u, w は x, z 方向の流速成分、 h は静水深、 η は静水面を基準とした水位である。さらに p を圧力、 g を重力加速度、 ρ を流体の密度とし、以下の問いに答えよ。

- (1) 流体の質量保存の式を示し、そこから非圧縮性流体の仮定に基づき連続式を導け。
- (2) 水平方向および鉛直方向の運動方程式を示し、各項の物理的な意味を説明せよ。
- (3) 津波や高潮のように水平方向のスケールが鉛直方向のそれに比べて十分に大きいと仮定できる時、設問(1)および(2)における連続式および運動方程式から以下の非線形長波方程式を導くことができる。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = -\frac{\partial Q}{\partial x} = -\frac{\partial (UD)}{\partial x} \quad [1]$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{D} \right) = -\frac{1}{\rho} \int_{-h}^{\eta} \frac{\partial p}{\partial x} dz + \frac{\tau_{sx}}{\rho} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} \quad [2]$$

ここで Q は水平方向の線流量、 $D=h+\eta$ は全水深、 U は断面平均流速、 τ_{sx} および τ_{bx} はそれぞれ水面および海底面に作用する水平せん断応力である。

- a) 設問(2)で示した鉛直方向の運動方程式に非線形長波方程式の仮定を適用し、任意の水深 z における圧力 p を気圧 p_a および水位 η などを用いて表せ。
- b) 図2に示した海底面上の点Aにおける流体粒子に作用する水平方向の力を水位 η および気圧 p_a などを用いて求めよ。問題文や図2に示した物理量の他に必要なものがあれば定義して用いても良い。
- (4) 図2の水面付近における気圧 p_a の分布を、 $x=0$ および $x=L$ における気圧 p_0, p_L を用いて式[3]で表す。

$$p_a = \frac{p_0 - p_L}{2} \cos\left(\frac{\pi}{L}x\right) + \frac{p_0 + p_L}{2} \quad (0 \leq x \leq L) \quad [3]$$

また気圧の分布に加え、風による一様な岸向きの水平せん断応力 τ_{sx} も水面に作用した。これに伴い水面はゆっくりと変位して定常状態となった。

a) 原点 O における水位は変動しない($x=0$ において $\eta=0$)と仮定し、堤防前面($x=L$)における定常状態での水位 η を h や L 、 p_0 、 p_L 、および、 τ_{sx} などを用いて表せ。ただし水位 η は水深 h に対して十分に小さく全水深 D は h で近似してよい。

b) 設問(4) a)で求めた堤防前面における水位は h や L によってどの様に変化するか？高潮による被害が起こりやすいとされるベンガル湾やメキシコ湾の特性と関連付けながら2~3行程度で論ぜよ。

(5) 高潮や津波対策の一つの方法として、沿岸域におけるマングローブの植林があげられる。マングローブにより式[2]の τ_{bx} の絶対値を増大させることができると仮定するとき、設問(4) a)で求めた堤防前面における水位上昇に及ぼすマングローブ林の影響を2~3行程度で論ぜよ。

(6) 2013年にフィリピンに上陸した台風ハイянにより大規模な浸水が発生したサンペドロ湾は、南向きに開口する比較的小規模な湾である。これに対して台風ハイянは湾口部の南側を東から西へ横切るように通過したため、サンペドロ湾上の風は北風から南風へと急激に変化した。サンペドロ湾における事例を参考に、設問(4) a)と全て同じ条件で τ_{sx} の作用方向のみを沖向きから岸向きへと急激に変化させた場合、堤防前面における最大水位は、設問(4) a)で求めた水位に比べて高くなった。その定的な理由を式[1]および[2]を用いながら3~6行程度で説明せよ。ただし τ_{sx} の絶対値は作用方向が沖向きから岸向きへと急激に変化するときも設問(4) a)と同じ値で一定であると仮定する。

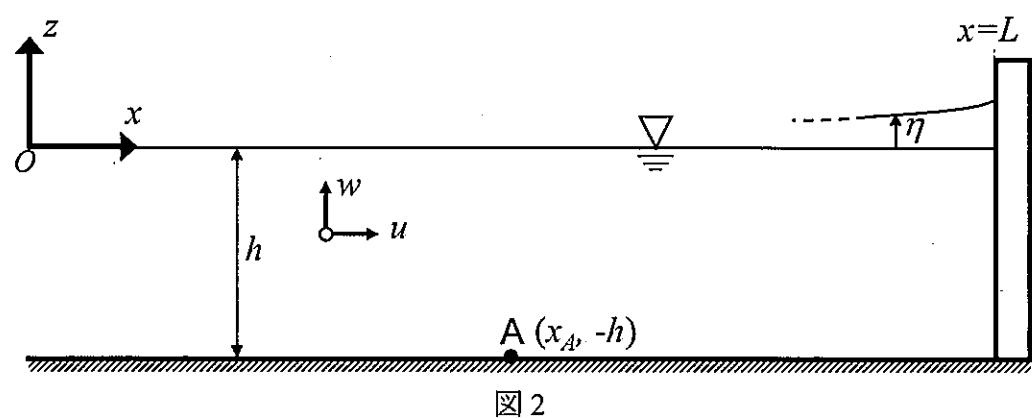


図 2

専門学術 A

第1問

(1) 図1に、1880年～1957年までの東京都区部市街地と鉄道の発達状況を示す。次の問い合わせに答えよ。

- ①明治維新から1920年代、②1920年代から1945年までの鉄道ネットワークの変化と市街地の拡大の特徴について、社会的情勢と制度を踏まえ、それぞれ4行程度で答えよ。
- 1945年以降の東京の市街地拡大に大きな影響を与えた交通ネットワーク整備事業とその理由について4行程度で答えよ。

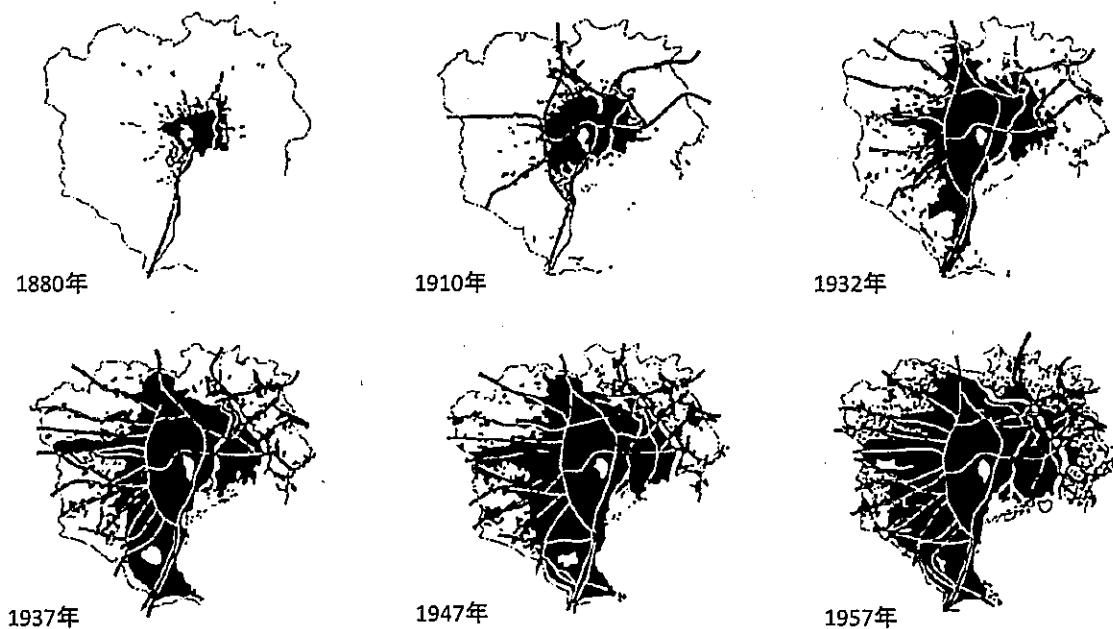


図1 東京都区部市街地と鉄道の発達状況

(出典：井上ら、都市問題講座7、pp.125-144、有斐閣)

(2) 2010年の国勢調査によると、東京都内の65歳以上の高齢者は約264万人（高齢化率20.4%）、2025年には332万人（高齢化率25.2%）、2035年には約377万人（高齢化率29.8%）に達すると見込まれている。

- a) 高齢化時代を迎えようとしている東京の都市計画において重要となる視点を5行程度で解答せよ。
- b) 今後東京で交通事業を立案する際、事業評価に用いられる将来交通量推計の方法とその適用における課題について、あわせて5行程度で解答せよ。
- c) 将来に向けた鉄道新線 a と鉄道の既存経路 b の選択結果を推計する際、ロジットモデルを用いることを考える。各選択肢の効用関数の誤差項 ε がガンベル分布 $f(\varepsilon)=e^{-\varepsilon}e^{-e^{-\varepsilon}}$ で与えられるとき、鉄道新線 a の選択確率 P_a を推計する2肢選択モデル式を導出せよ（導出過程を記述すること）。

第2問

以下は、20世紀を代表するドイツの橋梁エンジニアであるフリッツ・レオンハルト(1909-1999)が、橋の美的価値とその創造について論じた文の一節である。下線部に対応する(1)～(4)の問い合わせに答えよ。

Buildings or structures are erected for a purpose. The first requirement is, therefore, that the building must be designed so that it fulfills this purpose in an optimum way. The specific purpose demands certain load-bearing structures; bridges for instance require arches, beams or suspensions. The structure should reveal itself in a pure, clear form and impart a feeling of stability. (1) We must seek simplicity here. The form of the basic structure must also correspond with the materials used. (2) Brick or wood dictate different forms from those for steel or reinforced concrete. We speak of a form justified by the material, or of "logic of form". This reminds us of (3) the architect Sullivan's rule "form follows function", which became an often misunderstood maxim for building design. The function of a building is not confined to the structural function. One must fulfill all the various requirements of the people who use the building. These include hygiene, comfort, shelter from weather, beauty, even coziness. The fulfillment of functional requirements in buildings therefore includes favorable thermal, climatic, acoustic and aesthetic qualities. Sullivan has undoubtedly intended us to interpret his rule in this sense. Therefore in buildings the functional requirements are very complex. But also in engineering structures, functions besides load carrying capacity must be fulfilled, such as adequate protection against weather, limitation of deformation and oscillation among others, and all these factors affect design.

(4) Good and Beautiful must be united, and Good takes first priority!

(出典：F. Leonhardt, BRIDGES, 1982 〈一部改稿〉)

(注) impart : 伝える dictate : 決定づける hygiene : 衛生
coziness : 心地よさ oscillation : 振動

(1) ゲシュタルト心理学では、人間が図形群を見るとき、その全体ができるかぎり簡潔なまとまりや秩序に還元して知覚する傾向があることが、法則として知られている。

- a) この法則をなんと呼ぶか。
- b) この法則の具体例を2つあげて、それぞれ2行以内で解説せよ。必要に応じて図を加えてよい。

(2) 材料の性質は、構造の形態を規定するもっとも基本的な要因である。

- a) 構造材料として、レンガと鉄筋コンクリートにはどのような違いがあるか。2つあげ、それぞれ2行以内で記せ。
- b) 一般に、組積レンガアーチ橋と鉄筋コンクリートアーチ橋では、どのような形態の差が生じると考えられるか。a) にあげた構造材料としての違いを根拠に、5行以内で述べよ。

(3) “form follows function”（「形態は機能に従う」）は、近代アメリカの建築家、ルイス・サリヴァン（1856-1924）の有名な言葉である。レオンハルトは、なぜこの言葉を an often misunderstood maxim（誤解されがちな格言）と言うのか。本文の趣旨に則って、3行以内で述べよ。

(4) レオンハルトの橋梁エンジニアとしての信条が、この一文に現れている。彼の信条に共感するかしないかを表明したうえで、構造デザインの望ましいありかたについて、考えるところを5行程度で述べよ。

専門学術 A

第1問

近年注目を集めている新しい契約方式のひとつである Early Contractor Involvement (ECI) 方式に関する次の文章を読み、下線部に関する各問い合わせよ。

ECI 方式は、設計段階において、設計者とは別に施工者とサービス契約を締結し、施工者の技術提案等に基づき設計を行い、工事の品質、工程や価格が合意された場合、同一の施工者と工事契約を締結する_①方式である。設計段階から施工者が事業に参画する_②ことで、施工者が保有する技術やノウハウを活かして設計を確定させることができる点に特徴がある。設計・施工一括発注方式_③においても、施工者の技術提案を活用することが可能であるが、一般に契約段階で工期や工事価格を合意し、決定する必要がある。一方で、ECI 方式においては、サービス契約締結した後に、技術提案を求めるとともに、工事の見積価格に応じて採用する技術を選択し、設計や工事の仕様を確定することが可能である。したがって、施工者の選定段階_④においては、これらのこと考慮して選定するのが良い。また、採用する技術を選択し、価格交渉_⑤を行いながら設計を確定させるまでの期間を充分に確保する_⑥ことが肝要であり、設計の早い段階から施工者が参画することが有効である。

- (1) 下線部①に関して、工事契約において、「コストプラスフィー契約及びオープンブック方式」が採用される場合がある。この契約方式の内容とその採用理由をそれぞれ2行程度で説明せよ。
- (2) 下線部②に関して、設計段階における施工者とのサービス契約として適切と思われる方法をその理由とともに3行程度で説明せよ。

- (3) 下線部③に関して、ECI 方式の特徴を、設計・施工一括発注方式と比較して、発注者と施工者のそれぞれにとつてのリスクの観点から、あわせて 5 行程度で説明せよ。
- (4) 下線部④に関して、ECI 方式において施工者の選定方法として適切と思われる方法をその理由とともに 3 行程度で説明せよ。
- (5) 下線部⑤に関して、ECI 方式における価格交渉において考慮すべき事項を 2 つあげ、その理由とともにそれぞれ 2 行程度で説明せよ。
- (6) 下線部⑥に関して、従来の設計施工分離の方式と比較して、ECI 方式において、設計者との契約において考慮すべき事項を、3 行程度で説明せよ。

第2問

次の各問いに答えよ。

- (1) 日本の建設企業は近年アルジェリアやドバイで損失を出すなど、海外ビジネス展開に成功しているとは言いがたい状況にある。政府開発援助(ODA)を活用した事業でも、デリーメトロのような成功例が存在する一方で、ODAをきっかけとしたビジネス展開が進んでいるとも言えない。こうした状況について、以下の問い合わせに答えよ。
- a) 日本の建設企業が海外ビジネス展開をうまく進められない理由を5行程度で説明せよ。
 - b) ODAにおいて日本企業の海外ビジネス展開を促進する目的で実施されている工夫を3行程度で説明せよ。
- (2) 社会問題を解決するために、工学的・科学的技術だけでなく法制度・文化等社会システムまで幅広く活用することが重要である。こうした分野横断的な問題解決策を「社会技術」と呼ぶ。社会技術による問題解決プロセスは、図1のようなものとなる。このプロセスに関する以下の問い合わせに答えよ。

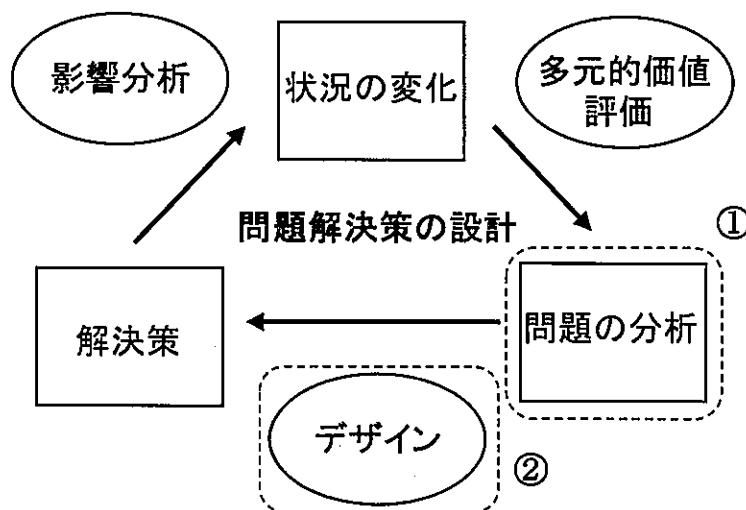


図1 社会技術による問題解決プロセス

- a) 図1の①に示す「問題の分析」においては、演繹的推論や帰納的推論によって問題を推定する。問題の分析に用いられる演繹的推論と帰納的推論をそれぞれ2行程度で説明せよ。
- b) 図1の②に示す、解決策をデザインする論理プロセスは、演繹的推論でも帰納的推論でもなく、アブダクションである。解決策のデザインにおけるアブダクションを3行程度で説明せよ。
- (3) ソニーによるウォークマン、AppleによるiPhone、ムハマド・ユヌスによるグラミン銀行など、人の行動様式や価値観に影響を及ぼす革新的な製品・サービス、すなわち人間中心イノベーションを生み出すことが、日本企業・政府に求められる。上記のような事例以外に、あなたが人間中心イノベーションだと考える事例をひとつ挙げ、なぜそう思うか5行程度で説明せよ。

専門学術 A

第1問

次の各問いに答えよ。

- (1) 以下の諸元（条件）を有する矩形の鉄筋コンクリート（RC）断面に曲げモーメントのみが作用して破壊する場合の断面の曲げ耐力を算定せよ。鉄筋は引張側にのみ配置し、圧縮側には配置しない。安全係数は用いないこと。

RC 断面高さ : 50 cm, RC 断面幅 : 30 cm

引張側鉄筋総断面積 : $A_s = 30 \text{ cm}^2$, 有効高さ : 45 cm

鉄筋降伏強度 : $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$, 鉄筋剛性係数 : $E_s = 200,000 \text{ N/mm}^2$

コンクリート強度 : $f'_c = 40 \text{ N/mm}^2$, コンクリートの圧縮破壊ひずみ : $\varepsilon'_{cu} = 0.0035$

- (2) 図 1 は、引っ張りを受けてひび割れが生じた長い RC 部材の両端部を除いた中央部分における内部ひび割れの発生状況を示した模式図である。RC 部材の全長は 1 m 以上と十分に長く、RC 断面の直径は 100 mm 程度、鉄筋は D13 程度とする。次の各問いに答えよ。

- a) 図 1において、鉄筋の節から発生している短い内部ひび割れの名称を述べよ。
b) 鉄筋の代わりに直径が鉄筋と同じで図 2 のような表面形状を有するボルト（長ネジ棒）を使用した部材が引っ張りを受けた場合に、内部ひび割れの発生状況はどうなるかを図示し、その理由について 3~5 行程度で説明せよ。

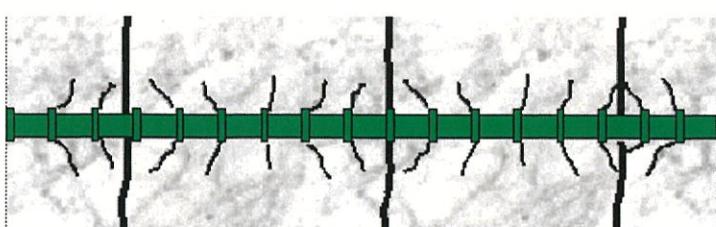


図 1



(拡大図)

図 2

(3) 図3は、かぶりコンクリートの一部が剥落している橋脚側面の雨天時の水掛かりの状況を写したものである。橋脚は塩害の影響は受けていない。次の各問い合わせに答えよ。

- a) この橋脚では、橋脚側面の右側（Y側）のみにかぶりコンクリートの剥落が生じている。その理由を3行程度で説明せよ。
- b) 橋脚側面の左側（X側）と右側（Y側）を比較して、コンクリートの中性化の進行が速いのは何れの側であるか。その理由と共に3行程度で答えよ。
- c) 図3の変状発生状況を踏まえて、このような環境に置かれる鉄筋コンクリート部材の耐久設計における照査方法の現状の課題を5~10行程度で考察せよ。



図3

第2問

次の各問いに答えよ。

(1) ある砂質土（土粒子の比重 $G_s = 2.4$ ）の締固め特性について以下の問いに答えよ。

- この土のゼロ空気間隙曲線の式を、乾燥密度 ρ_d 、含水比 w を用いて示せ。
- 突き固めによる土の締固め試験により、この土の最大乾燥密度は 1.8 g/cm^3 であり、その時の土の飽和度 S_r は 80 % であった。最適含水比を求めよ。
- 砂の最小密度・最大密度試験を実施したところ、この土の最小密度は 1.2 g/cm^3 、最大密度は 1.6 g/cm^3 であった。この土を用いて乾燥密度 $\rho_d = 1.5 \text{ g/cm}^3$ の供試体を作成した場合の相対密度 D_r を求めよ。
- 図 4 に示すように、同じ締固め曲線上において、異なる含水比で乾燥密度が同じ供試体 A と B を作成した。次にこれらの供試体を用い、その含水比を変えず三軸圧縮試験を実施した。想定される供試体 A、B のせん断強度 τ_A 、 τ_B の関係を以下から選択し、なぜそのようになるか 3 行程度で説明せよ。

$$\textcircled{1} \tau_A = \tau_B \quad \textcircled{2} \tau_A > \tau_B \quad \textcircled{3} \tau_A < \tau_B$$

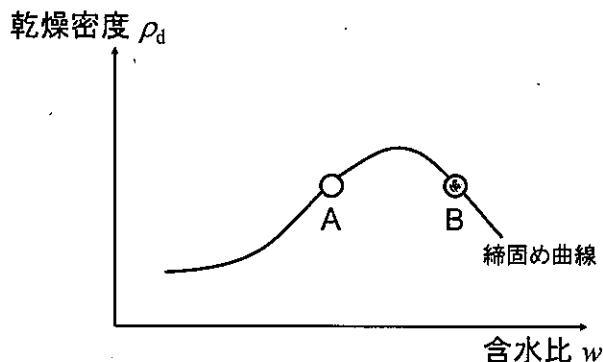


図 4

(2) 土の圧密について、以下の問いに答えよ。

- 粘土の圧密時間が砂のそれと比較して非常に長くなる理由を、以下のテルツァーギの一次元圧密方程式に基づいて 5 行程度で説明せよ。

$$\frac{\partial u_e}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u_e}{\partial z^2}$$

u_e : 載荷による過剰間隙水圧、 t : 時間、 c_v : 圧密係数、 z : 土要素の深度

- b) ある土の圧密試験結果を図 5 に示す。矢印 A で示した圧縮曲線の最大曲率点付近の応力を何と呼ぶか答えよ。また、これより低い応力域、および高い応力域にある土をそれぞれ何と呼ぶか答えよ。
- c) 図 5 より、矢印 A の応力付近で c_v の値が大きく低下した。なぜそのようになるか 5 行程度で考察せよ。

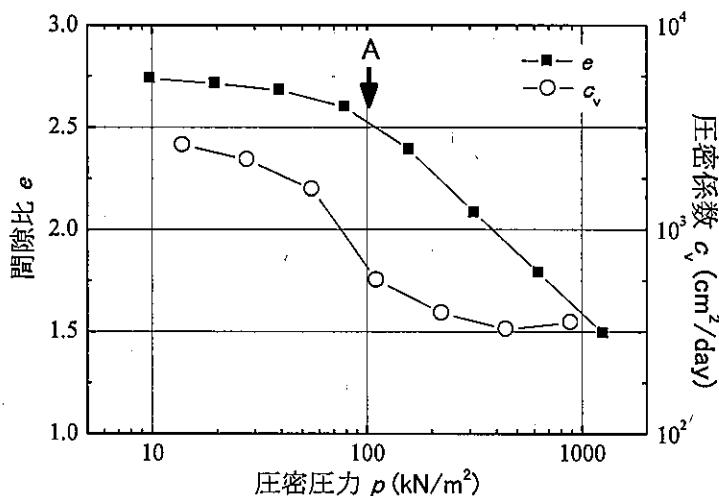


図 5

- (3) 地盤の液状化について、以下の問い合わせに答えよ。

- a) 地下水面が地表面と一致する一様な砂質地盤（飽和単位体積重量 $\gamma_{sat}=20$ kN/m³）において、地表面水平震度 $k_s=0.20$ に相当する地震が発生した。この地盤の飽和時における液状化強度比 R が 0.37 である場合、簡易液状化判定法 (F_L 法) を利用して液状化した地盤の層厚を推定せよ。計算には以下の条件を用いよ。
- ・水の単位体積重量 $\gamma_w=10$ kN/m³
 - ・地震時せん断応力比 L の深さ方向低減係数 $r_d=1.0-0.015z$ (z は深度で単位は m)
- b) 液状化対策工法の一つに、格子状固化改良工法がある。この工法が液状化対策として有効である理由を 3 行程度で説明せよ。

専門学術 A

第1問

次の各問いに答えよ。

- (1) 以下の諸元（条件）を有する矩形の鉄筋コンクリート（RC）断面に曲げモーメントのみが作用して破壊する場合の断面の曲げ耐力を算定せよ。鉄筋は引張側にのみ配置し、圧縮側には配置しない。安全係数は用いないこと。

RC 断面高さ : 50 cm, RC 断面幅 : 30 cm

引張側鉄筋総断面積 : $A_s = 30 \text{ cm}^2$, 有効高さ : 45 cm

鉄筋降伏強度 : $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$, 鉄筋剛性係数 : $E_s = 200,000 \text{ N/mm}^2$

コンクリート強度 : $f'_c = 40 \text{ N/mm}^2$, コンクリートの圧縮破壊ひずみ : $\varepsilon'_{cu} = 0.0035$

- (2) 図 1 は、引っ張りを受けてひび割れが生じた長い RC 部材の両端部を除いた中央部分における内部ひび割れの発生状況を示した模式図である。RC 部材の全長は 1 m 以上と十分に長く、RC 断面の直径は 100 mm 程度、鉄筋は D13 程度とする。次の各問いに答えよ。

- 図 1において、鉄筋の節から発生している短い内部ひび割れの名称を述べよ。
- 鉄筋の代わりに直径が鉄筋と同じで図 2 のような表面形状を有するボルト（長ネジ棒）を使用した部材が引っ張りを受けた場合に、内部ひび割れの発生状況はどうになるかを図示し、その理由について 3~5 行程度で説明せよ。

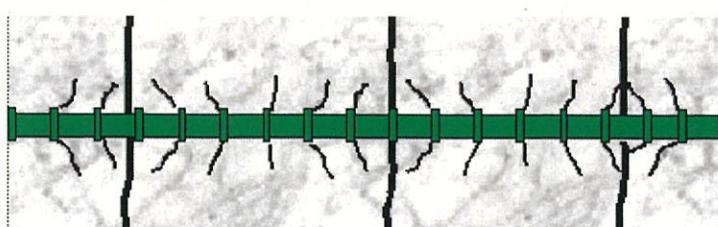


図 1



(拡大図)

図 2

(3) 図3は、かぶりコンクリートの一部が剥落している橋脚側面の雨天時の水掛かりの状況を写したものである。橋脚は塩害の影響は受けていない。次の各問いに答えよ。

- a) この橋脚では、橋脚側面の右側（Y側）のみにかぶりコンクリートの剥落が生じている。その理由を3行程度で説明せよ。
- b) 橋脚側面の左側（X側）と右側（Y側）を比較して、コンクリートの中性化の進行が速いのは何れの側であるか。その理由と共に3行程度で答えよ。
- c) 図3の変状発生状況を踏まえて、このような環境に置かれる鉄筋コンクリート部材の耐久設計における照査方法の現状の課題を5~10行程度で考察せよ。



図3

第2問

次の各問いに答えよ。

(1) ある砂質土（土粒子の比重 $G_s = 2.4$ ）の締固め特性について以下の問いに答えよ。

- この土のゼロ空気間隙曲線の式を、乾燥密度 ρ_d 、含水比 w を用いて示せ。
- 突き固めによる土の締固め試験により、この土の最大乾燥密度は 1.8 g/cm^3 であり、その時の土の飽和度 S_r は 80 % であった。最適含水比を求めよ。
- 砂の最小密度・最大密度試験を実施したところ、この土の最小密度は 1.2 g/cm^3 、最大密度は 1.6 g/cm^3 であった。この土を用いて乾燥密度 $\rho_d = 1.5 \text{ g/cm}^3$ の供試体を作成した場合の相対密度 D_r を求めよ。
- 図 4 に示すように、同じ締固め曲線上において、異なる含水比で乾燥密度が同じ供試体 A と B を作成した。次にこれらの供試体を用い、その含水比を変えず三軸圧縮試験を実施した。想定される供試体 A、B のせん断強度 τ_A 、 τ_B の関係を以下から選択し、なぜそのようになるか 3 行程度で説明せよ。

$$\textcircled{1} \tau_A = \tau_B \quad \textcircled{2} \tau_A > \tau_B \quad \textcircled{3} \tau_A < \tau_B$$

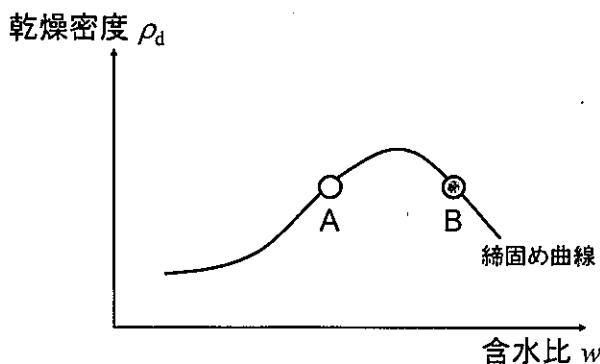


図 4

(2) 土の圧密について、以下の問いに答えよ。

- 粘土の圧密時間が砂のそれと比較して非常に長くなる理由を、以下のテルツァーギの一次元圧密方程式に基づいて 5 行程度で説明せよ。

$$\frac{\partial u_e}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u_e}{\partial z^2}$$

u_e : 載荷による過剰間隙水圧、 t : 時間、 c_v : 圧密係数、 z : 土要素の深度

- b) ある土の圧密試験結果を図 5 に示す。矢印 A で示した圧縮曲線の最大曲率点付近の応力を何と呼ぶか答えよ。また、これより低い応力域、および高い応力域にある土をそれぞれ何と呼ぶか答えよ。
- c) 図 5 より、矢印 A の応力付近で c_v の値が大きく低下した。なぜそのようになるか 5 行程度で考察せよ。

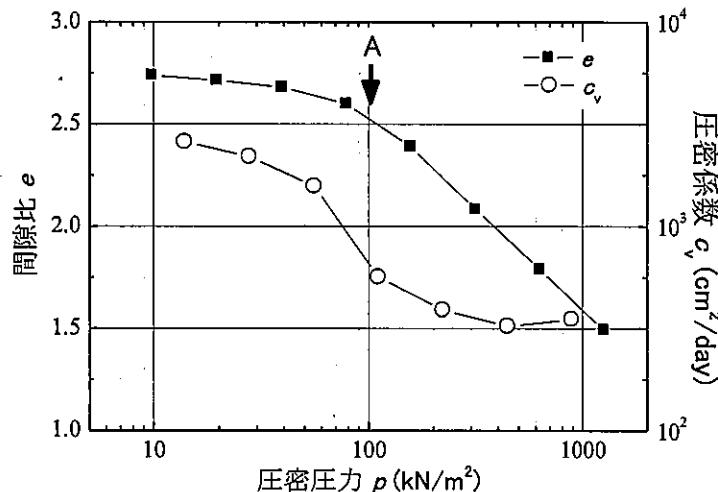


図 5

- (3) 地盤の液状化について、以下の問い合わせに答えよ。

- a) 地下水面が地表面と一致する一様な砂質地盤（飽和単位体積重量 $\gamma_{sat}= 20$ kN/m³）において、地表面水平震度 $k_s= 0.20$ に相当する地震が発生した。この地盤の飽和時における液状化強度比 R が 0.37 である場合、簡易液状化判定法 (F_L 法) を利用して液状化した地盤の層厚を推定せよ。計算には以下の条件を用いよ。
- ・水の単位体積重量 $\gamma_w= 10$ kN/m³
 - ・地震時せん断応力比 L の深さ方向低減係数 $r_d= 1.0 - 0.015z$ (z は深度で単位は m)
- b) 液状化対策工法の一つに、格子状固化改良工法がある。この工法が液状化対策として有効である理由を 3 行程度で説明せよ。

専門学術 A

第1問

次の各問い合わせに答えよ。

- (1) ダムの建設は河川の土砂動態を変化させ、河道全体に様々な影響を及ぼす。
 - a) ダム建設による、ダム上流、ダム下流、沿岸域での土砂動態の変化とそれらによる防災面での影響について、それぞれ1~2行で説明せよ。
 - b) ダムの堆砂対策を3つ挙げ、それぞれ1~2行で説明せよ。
- (2) 治水や利水を目的としたダムの役割の一つとして、本来河川が持つ機能を正常に維持するための放流が適宜行われている。ダムからの放流量を決定する際に検討すべき河川の機能を5つ挙げよ。
- (3) 激甚化が予測される今後の水害リスクの軽減および水資源の管理のために、既設ダムの機能強化が有効であると考えられる。既設ダムを有効に活用するためのハード面・ソフト面の対策を2つずつ、それぞれ1~2行で説明せよ。
- (4) 水力発電では、図1に示すとおり、川の下流へと水を導く管路を用いて発電が多い。これに関する以下の問い合わせに答えよ。
 - a) 管路の途中には、サージタンクと呼ばれる施設が設置されるが、この施設がどうして必要なのか、ベルヌイの定理を用いて説明せよ。
 - b) ダム湖の水面と発電所放流口の高低差を H 、管路の直径を d 、管路の摩擦損失係数を f 、流入損失係数を K_e 、管の曲がりの形状損失係数を K_b 、水の密度を ρ 、重力加速度を g とし、管の長さを上流から順に L_1, L_2, L_3 とする。ここで管路内の流速が v であるとして、有効落差 H_T （発電に利用可能なエネルギーの水頭表示）を表せ。なお、サージタンクおよび発電所内での曲がりの効果は無視しうるものとし、問題文や図に示した物理量の他に必要なものがあれば、解答の中で定義して用

いても良い。

- c) 単位時間当たりの発電量 T を求める式を表せ。ここで、発電効率 η に加え、(4) b) で与えた係数等を適宜用いること。なお、単位時間当たりの発電量 T は有効落差 H_T による仕事率に発電効率をかけたものとして求められる。
- d) 単位時間当たりの発電量 T を最大にする管路内の流速を求めよ。

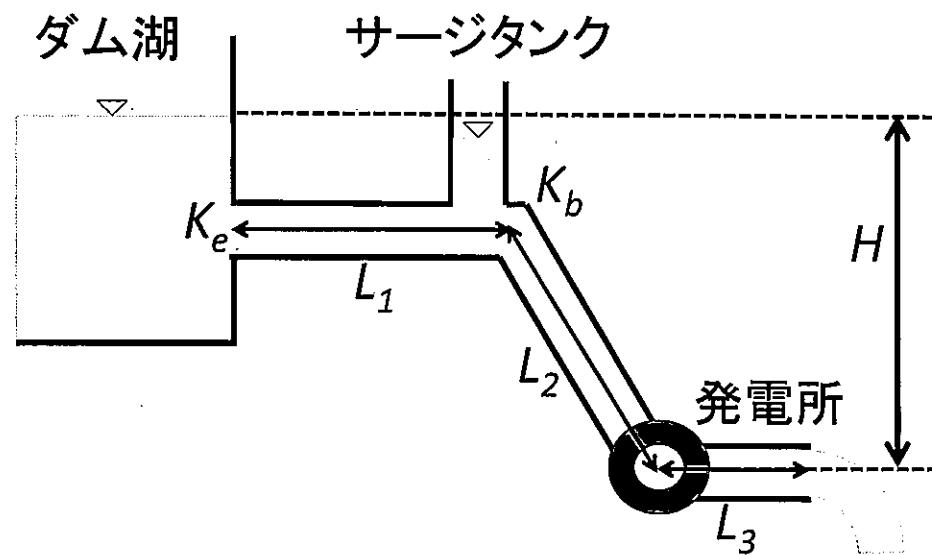


図 1

第2問

図2に示した沿岸方向（紙面垂直方向）に一様な海岸に台風が来襲した場合における高潮の特性を考える。ここで x 、 z は静水面上の点 O を原点とする水平（岸向き正）、鉛直（上向き正）方向座標、 u 、 w は x 、 z 方向の流速成分、 h は静水深、 η は静水面を基準とした水位である。さらに p を圧力、 g を重力加速度、 ρ を流体の密度とし、以下の問いに答えよ。

- (1) 流体の質量保存の式を示し、そこから非圧縮性流体の仮定に基づき連続式を導け。
- (2) 水平方向および鉛直方向の運動方程式を示し、各項の物理的な意味を説明せよ。
- (3) 津波や高潮のように水平方向のスケールが鉛直方向のそれに比べて十分に大きいと仮定できる時、設問(1)および(2)における連続式および運動方程式から以下の非線形長波方程式を導くことができる。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = -\frac{\partial Q}{\partial x} = -\frac{\partial (UD)}{\partial x} \quad [1]$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{D} \right) = -\frac{1}{\rho} \int_{-h}^{\eta} \frac{\partial p}{\partial x} dz + \frac{\tau_{sx}}{\rho} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} \quad [2]$$

ここで Q は水平方向の線流量、 $D=h+\eta$ は全水深、 U は断面平均流速、 τ_{sx} および τ_{bx} はそれぞれ水面および海底面に作用する水平せん断応力である。

- a) 設問(2)で示した鉛直方向の運動方程式に非線形長波方程式の仮定を適用し、任意の水深 z における圧力 p を気圧 p_a および水位 η などを用いて表せ。
- b) 図2に示した海底面上の点Aにおける流体粒子に作用する水平方向の力を水位 η および気圧 p_a などを用いて求めよ。問題文や図2に示した物理量の他に必要なものがあれば定義して用いても良い。
- (4) 図2の水面付近における気圧 p_a の分布を、 $x=0$ および $x=L$ における気圧 p_0 、 p_L を用いて式[3]で表す。

$$p_a = \frac{p_0 - p_L}{2} \cos\left(\frac{\pi}{L}x\right) + \frac{p_0 + p_L}{2} \quad (0 \leq x \leq L) \quad [3]$$

また気圧の分布に加え、風による一様な岸向きの水平せん断応力 τ_{sx} も水面に作用した。これに伴い水面はゆっくりと変位して定常状態となった。

a) 原点 O における水位は変動しない($x=0$ において $\eta=0$)と仮定し、堤防前面($x=L$)における定常状態での水位 η を h や L 、 p_0 、 p_L 、および、 τ_{sx} などを用いて表せ。ただし水位 η は水深 h に対して十分に小さく全水深 D は h で近似してよい。

b) 設問(4) a)で求めた堤防前面における水位は h や L によってどの様に変化するか？高潮による被害が起こりやすいとされるベンガル湾やメキシコ湾の特性と関連付けながら 2~3 行程度で論ぜよ。

(5) 高潮や津波対策の一つの方法として、沿岸域におけるマングローブの植林があげられる。マングローブにより式[2]の τ_{bx} の絶対値を増大させることができると仮定するとき、設問(4) a)で求めた堤防前面における水位上昇に及ぼすマングローブ林の影響を 2~3 行程度で論ぜよ。

(6) 2013 年にフィリピンに上陸した台風ハイянにより大規模な浸水が発生したサンペドロ湾は、南向きに開口する比較的小規模な湾である。これに対して台風ハイянは湾口部の南側を東から西へ横切るように通過したため、サンペドロ湾上の風は北風から南風へと急激に変化した。サンペドロ湾における事例を参考に、設問(4) a)と全て同じ条件で τ_{sx} の作用方向のみを沖向きから岸向きへと急激に変化させた場合、堤防前面における最大水位は、設問(4) a)で求めた水位に比べて高くなった。その定的な理由を式[1]および[2]を用いながら 3~6 行程度で説明せよ。ただし τ_{sx} の絶対値は作用方向が沖向きから岸向きへと急激に変化するときも設問(4) a)と同じ値で一定であると仮定する。

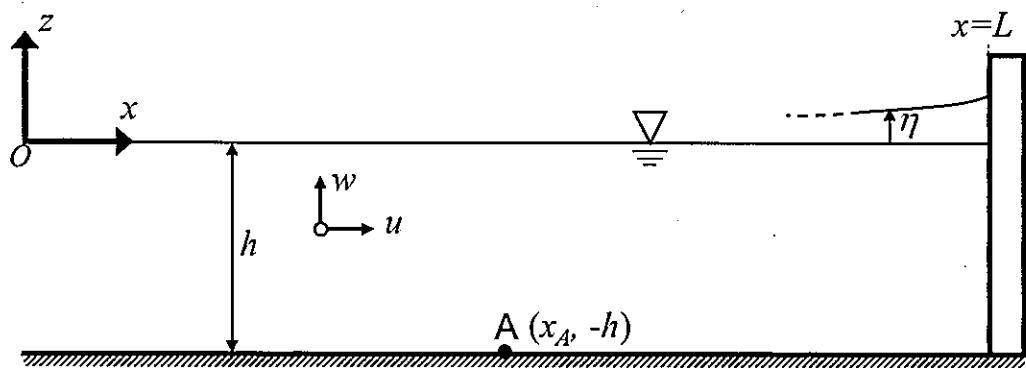


図 2

専門学術 A

第1問

ヤング率 E 、断面 2 次モーメント I 、長さ L の水平な梁を考える。

- (1) 梁が中央に集中荷重 P を受ける際、梁の鉛直方向の変位 w が満たす微分方程式を記せ。なお、梁の軸方向に x 軸を取り、 w は x の関数とする（梁の左端と右端を $x=0$ と $x=L$ とする）。
- (2) 梁の両端が単純支持の場合の w が満たす境界条件を示せ。
- (3) 梁の両端を固定支持にすると、両端が単純支持の場合に比べて、梁の中央 ($x = L/2$) での w は小さくなる。
 - a) 固定支持の境界条件を示せ。
 - b) 梁の両端に働くせん断力と曲げモーメントは、単純支持と固定支持の場合のどちらが大きいか。せん断力と曲げモーメントの各々について述べよ。
 - c) b)の結果を使って、固定支持の場合に変位が小さくなる理由を簡潔に説明せよ。
- (4) 亀裂による断面欠損が梁の中央に生じ、そこで断面 2 次モーメントが小さくなつた状況を考える。梁の両端が単純支持の場合、梁の中央 ($x=L/2$) での w は大きくなるか。大きくなる、大きくならない、のいずれかを選択し、その理由を簡潔に説明せよ。

第2問

自動車を図1のような1自由度系としてモデル化する。質量 m 、バネ定数 k は既知とする。 t は時間座標、 x は進行方向の位置座標である。重力加速度を g とし、自動車の速度 v は一定で $x = vt$ の関係がある。 $u_g(x) = u_g(vt)$ は路面形状を表す。 $y(t)$ は $u_g(x) = 0$ における質点の釣り合い位置からの鉛直変位である。 $\omega^2 = \frac{k}{m}$ を用いて解を簡略化してよい。次の各問い合わせよ。

- (1) この自動車の鉛直方向の運動に関する運動方程式を導出せよ。
- (2) 路面が車両から受ける力 $f(t)$ を、静的成分も含めて表せ。圧縮を正とする。 $u_g(vt)$ 、 $y(t)$ を使ってよい。
- (3) 式[1]で表される平坦な路面を通過する際の自動車の自由振動応答 $y(t)$ を $t > 0$ について求めよ。ただし、 $y(0) = y_0$ 、 $\dot{y}(0) = \dot{y}_0$ とする。

$$u_g(x) = 0 \quad [1]$$

- (4) 式[2]で表される凹状の路面を通過する際の自動車の応答 $y(t)$ を $0 \leq t \leq \frac{\pi}{\omega}$ および $\frac{\pi}{\omega} < t$ についてそれぞれ求めよ。ただし、初期条件は $y(0) = 0$ 、 $\dot{y}(0) = 0$ である。 $0 \leq t \leq \frac{\pi}{\omega}$ における特解 $Ct \cos \omega t$ を利用してよい。 C は未知係数である。

$$u_g(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0) \\ -\sin\left(\frac{\omega x}{v}\right) & \left(0 \leq x \leq \frac{\pi v}{\omega}\right) \\ 0 & \left(\frac{\pi v}{\omega} < x\right) \end{cases} \quad [2]$$

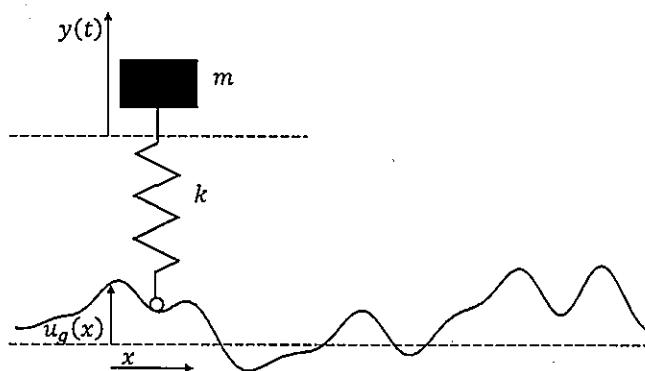


図1

Specialty A

Question 1

Answer the following questions.

- (1) Suppose that a new road is introduced in addition to an existing toll-free road, both of which connect two given points. Travel-time saving is expected for road users from the introduction of the new road. No traffic congestion is assumed in those roads. Then answer the following questions regarding economic benefit stemming from the road introduction.
 - a) Show a method to compute the economic benefit when the newly introduced road is a toll-free road.
 - b) When the newly introduced road is a toll road where road users are required to pay a given toll for using the road, is the economic benefit in this case different from that in the above case a)? And explain the reason.
- (2) Let us consider a general equilibrium where there are a consumer and a firm with two goods: time and consumption good. Assume the firm is owned by the consumer. Answer the following questions.
 - a) The firm produces the consumption good by inputting work time l only under a given price vector. Let a production function be $y = f(l)$, the price of consumption good be p , and wage rate be w ; and assume the production function is the quasi-concave and increasing function. Then, formulate the firm's profit maximization and show the first-order optimality condition(s). Additionally, illustrate a diagram that indicates the profit maximization.
 - b) The consumer consumes leisure time and the consumption good that is produced by the firm. The consumer is assumed to own time only as the initial endowment. Let a utility function be $u(T - l, x)$ where T denotes a time constraint such as 24 hours and x denotes an amount of the consumption good. The utility function is assumed to be the quasi-concave and increasing function. Then, formulate the consumer's utility maximization and show the first-order optimality condition(s). Additionally, illustrate a diagram that indicates the utility maximization.
 - c) Illustrate the general equilibrium point by combining the two diagrams that you have produced in a) and b).

Question 2

Answer the following questions.

- (1) Answer the following questions about Global Positioning System (GPS).

 - Write three methods of global positioning. Explain the principle and accuracy of each method in about 9 lines, in total.
 - Assume that we have a large volume of GPS data of moving people (e.g. data of millions of people for a period of one year, at one minute intervals). We consider to segment the GPS data into trip data by destination and store into database for better searchability. Explain the typical steps of data processing involved, within 15 lines.

(2) Answer the following questions about the data structure of spatial information.

 - Assume that topological structure of the road network shown in Figure 1(a) is changed by a road open (dashed line) as shown in Figure 1(b). Describe the changes of the edges and polygons in the topological structures due to the road open. You may follow the notation given in the box of Figure 1. Nodes (n), edges (e) and polygons (p) before road open are represented in Figure 1(a). Furthermore, add appropriate numbers for new nodes, edges and polygons in the description.

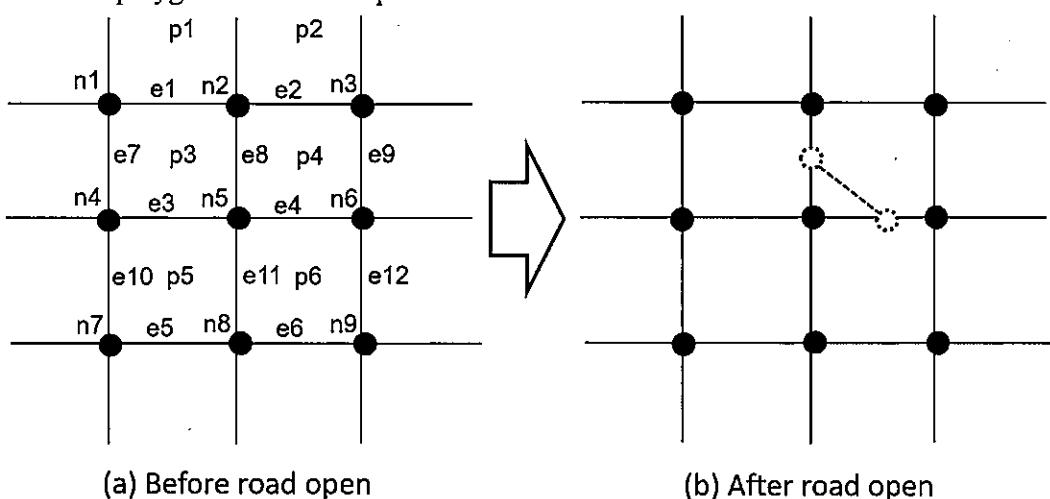


Figure 1 Topological structure of road network ((a) shows the structure before road open and (b) shows after road open. Dashed line indicates the new road.)

- b) Recent Japanese national maps usually don't include specific topological structures, while some of national maps had them in the past. Explain the reason within 7 lines.

(3) Assume that you are the Deputy Assistant Minister of the Secretariat of a Ministry that administers land, transport, etc. Now the Minister has an interest for open data, and instructs you to decide the open data policy of the Ministry. However, individual divisions are not positive for open data, because they have no troubles for daily work even if they don't open their data, though they use various spatial data such as land, water, road, housing, railway etc. Describe three ideas to do in about 15 lines, in total, in order to proceed the open data policy.

専門学術 A

第1問

(1) 図1に、1880年～1957年までの東京都区部市街地と鉄道の発達状況を示す。次の問い合わせに答えよ。

- ①明治維新から1920年代、②1920年代から1945年までの鉄道ネットワークの変化と市街地の拡大の特徴について、社会的情勢と制度を踏まえ、それぞれ4行程度で答えよ。
- 1945年以降の東京の市街地拡大に大きな影響を与えた交通ネットワーク整備事業とその理由について4行程度で答えよ。

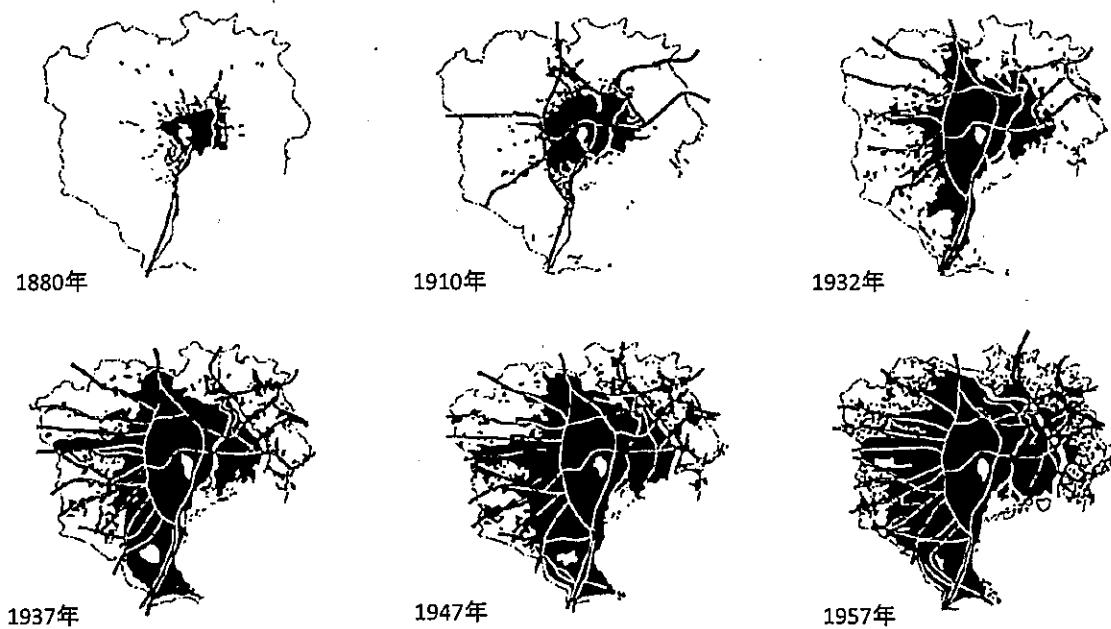


図1 東京都区部市街地と鉄道の発達状況

(出典：井上ら、都市問題講座7、pp.125-144、有斐閣)

(2) 2010 年の国勢調査によると、東京都内の 65 歳以上の高齢者は約 264 万人（高齢化率 20.4%）、2025 年には 332 万人（高齢化率 25.2%）、2035 年には約 377 万人（高齢化率 29.8%）に達すると見込まれている。

- a) 高齢化時代を迎えようとしている東京の都市計画において重要となる視点を 5 行程度で解答せよ。
- b) 今後東京で交通事業を立案する際、事業評価に用いられる将来交通量推計の方法とその適用における課題について、あわせて 5 行程度で解答せよ。
- c) 将来に向けた鉄道新線 a と鉄道の既存経路 b の選択結果を推計する際、ロジットモデルを用いることを考える。各選択肢の効用関数の誤差項 ε がガンベル分布 $f(\varepsilon) = e^{-\varepsilon} e^{-e^{-\varepsilon}}$ で与えられるとき、鉄道新線 a の選択確率 P_a を推計する 2 肢選択モデル式を導出せよ（導出過程を記述すること）。

第2問

以下は、20世紀を代表するドイツの橋梁エンジニアであるフリッツ・レオンハルト（1909-1999）が、橋の美的価値とその創造について論じた文の一節である。下線部に対応する(1)～(4)の問い合わせに答えよ。

Buildings or structures are erected for a purpose. The first requirement is, therefore, that the building must be designed so that it fulfills this purpose in an optimum way. The specific purpose demands certain load-bearing structures; bridges for instance require arches, beams or suspensions. The structure should reveal itself in a pure, clear form and impart a feeling of stability. (1) We must seek simplicity here. The form of the basic structure must also correspond with the materials used. (2) Brick or wood dictate different forms from those for steel or reinforced concrete. We speak of a form justified by the material, or of "logic of form". This reminds us of (3) the architect Sullivan's rule "form follows function", which became an often misunderstood maxim for building design. The function of a building is not confined to the structural function. One must fulfill all the various requirements of the people who use the building. These include hygiene, comfort, shelter from weather, beauty, even coziness. The fulfillment of functional requirements in buildings therefore includes favorable thermal, climatic, acoustic and aesthetic qualities. Sullivan has undoubtedly intended us to interpret his rule in this sense. Therefore in buildings the functional requirements are very complex. But also in engineering structures, functions besides load carrying capacity must be fulfilled, such as adequate protection against weather, limitation of deformation and oscillation among others, and all these factors affect design.

(4) Good and Beautiful must be united, and Good takes first priority!

(出典：F. Leonhardt, BRIDGES, 1982 〈一部改稿〉)

(注) impart : 伝える dictate : 決定づける hygiene : 衛生
coziness : 心地よさ oscillation : 振動

(1) ゲシュタルト心理学では、人間が図形群を見ると、その全体ができるかぎり簡潔なまとまりや秩序に還元して知覚する傾向があることが、法則として知られている。

- a) この法則をなんと呼ぶか。
- b) この法則の具体例を2つあげて、それぞれ2行以内で解説せよ。必要に応じて図を加えてよい。

- (2) 材料の性質は、構造の形態を規定するもっとも基本的な要因である。
- 構造材料として、レンガと鉄筋コンクリートにはどのような違いがあるか。2つあげ、それぞれ2行以内で記せ。
 - 一般に、組積レンガアーチ橋と鉄筋コンクリートアーチ橋では、どのような形態の差が生じると考えられるか。a) にあげた構造材料としての違いを根拠に、5行以内で述べよ。
- (3) “form follows function”（「形態は機能に従う」）は、近代アメリカの建築家、ルイス・サリヴァン（1856-1924）の有名な言葉である。レオンハルトは、なぜこの言葉を an often misunderstood maxim（誤解されがちな格言）と言うのか。本文の趣旨に則って、3行以内で述べよ。
- (4) レオンハルトの橋梁エンジニアとしての信条が、この一文に現れている。彼の信条に共感するかしないかを表明したうえで、構造デザインの望ましいありかたについて、考えるところを5行程度で述べよ。

Specialty A

Question 1

Answer the following questions.

- (1) Suppose that a new road is introduced in addition to an existing toll-free road, both of which connect two given points. Travel-time saving is expected for road users from the introduction of the new road. No traffic congestion is assumed in those roads. Then answer the following questions regarding economic benefit stemming from the road introduction.
 - a) Show a method to compute the economic benefit when the newly introduced road is a toll-free road.
 - b) When the newly introduced road is a toll road where road users are required to pay a given toll for using the road, is the economic benefit in this case different from that in the above case a)? And explain the reason.
- (2) Let us consider a general equilibrium where there are a consumer and a firm with two goods: time and consumption good. Assume the firm is owned by the consumer. Answer the following questions.
 - a) The firm produces the consumption good by inputting work time l only under a given price vector. Let a production function be $y = f(l)$, the price of consumption good be p , and wage rate be w ; and assume the production function is the quasi-concave and increasing function. Then, formulate the firm's profit maximization and show the first-order optimality condition(s). Additionally, illustrate a diagram that indicates the profit maximization.
 - b) The consumer consumes leisure time and the consumption good that is produced by the firm. The consumer is assumed to own time only as the initial endowment. Let a utility function be $u(T - l, x)$ where T denotes a time constraint such as 24 hours and x denotes an amount of the consumption good. The utility function is assumed to be the quasi-concave and increasing function. Then, formulate the consumer's utility maximization and show the first-order optimality condition(s). Additionally, illustrate a diagram that indicates the utility maximization.
 - c) Illustrate the general equilibrium point by combining the two diagrams that you have produced in a) and b).

Question 2

Answer the following questions.

- (1) Answer the following questions about Global Positioning System (GPS).

 - Write three methods of global positioning. Explain the principle and accuracy of each method in about 9 lines, in total.
 - Assume that we have a large volume of GPS data of moving people (e.g. data of millions of people for a period of one year, at one minute intervals). We consider to segment the GPS data into trip data by destination and store into database for better searchability. Explain the typical steps of data processing involved, within 15 lines.

(2) Answer the following questions about the data structure of spatial information.

 - Assume that topological structure of the road network shown in Figure 1(a) is changed by a road open (dashed line) as shown in Figure 1(b). Describe the changes of the edges and polygons in the topological structures due to the road open. You may follow the notation given in the box of Figure 1. Nodes (n), edges (e) and polygons (p) before road open are represented in Figure 1(a). Furthermore, add appropriate numbers for new nodes, edges and polygons in the description.

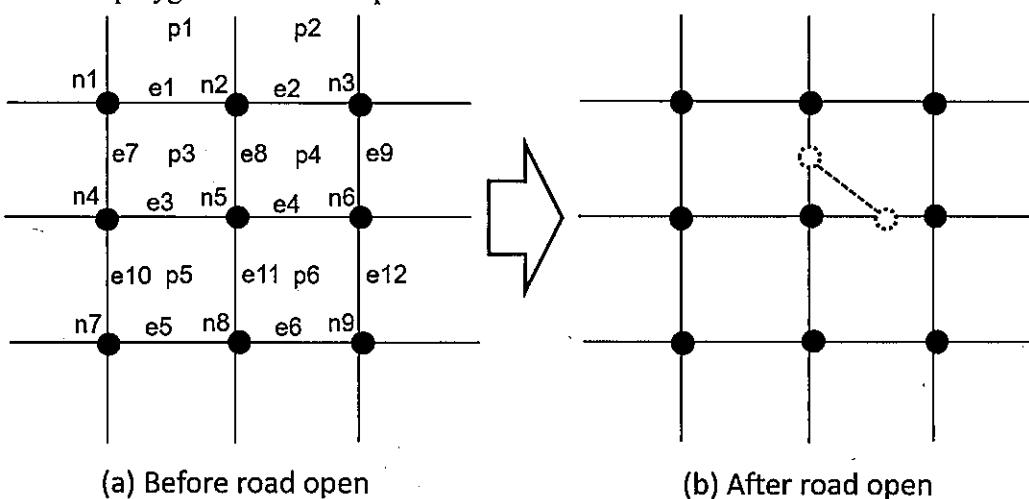


Figure 1 Topological structure of road network ((a) shows the structure before road open and (b) shows after road open. Dashed line indicates the new road.)

- b) Recent Japanese national maps usually don't include specific topological structures, while some of national maps had them in the past. Explain the reason within 7 lines.

(3) Assume that you are the Deputy Assistant Minister of the Secretariat of a Ministry that administers land, transport, etc. Now the Minister has an interest for open data, and instructs you to decide the open data policy of the Ministry. However, individual divisions are not positive for open data, because they have no troubles for daily work even if they don't open their data, though they use various spatial data such as land, water, road, housing, railway etc. Describe three ideas to do in about 15 lines, in total, in order to proceed the open data policy.

Specialty A

Question 1

Answer the following questions.

- (1) Calculate the flexural capacity of the section of a reinforced concrete (RC) member with properties given below, when failure occurs only with flexural moment. Reinforcing steels are arranged in the tensile side only and the compressive side does not have any reinforcing steels. Do not use safety factors.

Cross section height of the RC member : 50 cm

Cross section width of the RC member : 30 cm

Total cross section area of tensile reinforcements : $A_s = 30 \text{ cm}^2$

Effective depth : 45 cm

Yielding strength of reinforcement : $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$

Elastic modulus of reinforcement : $E_s = 200,000 \text{ N/mm}^2$

Compressive strength of concrete : $f'_c = 40 \text{ N/mm}^2$

Ultimate compressive failure strain of concrete : $\varepsilon'_u = 0.0035$

- (2) Figure 1 is a schematic diagram which shows occurrences of internal cracks at the center part of a long RC member subjected to tension to induce cracks. The both side parts of the member are not included in this figure. Suppose the length of the RC member is more than 1 m, the diameter of the RC section is around 100 mm and the embedded deformed bar is D13. Answer the following questions.

- What is the technical term of short crack which initiates from the lugs of the deformed bar.
- Suppose the embedded deformed bar in Figure 1 is replaced by a long bolt having the surface pattern shown in Figure 2 and the replaced long bolt has the same diameter with the deformed bar. Draw a schematic diagram of internal cracks after tension is applied to the member in which a long bolt is embedded and explain the diagram in 5 - 8 lines.

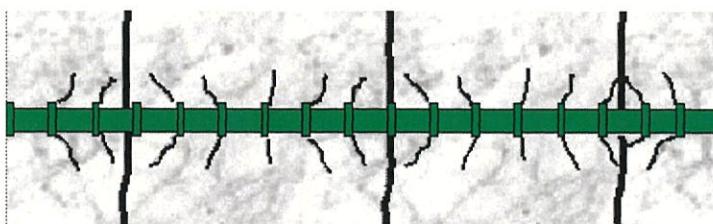


Figure 1



"Magnified view"

Figure 2

- (3) Figure 3 shows water flowing situation on the surface of RC pier when rain falls and concrete cover spalling takes place at some parts. This pier is not subjected to any salt attack. Answer the following questions.
- Concrete cover spalling takes place only in the right side (Y side) of this pier. Give the reason in around 5 lines.
 - Compare the left side (X side) and the right side (Y side) of this column, and give the answer and reasons which side got faster carbonation of concrete in around 5 lines.
 - By considering the occurrence of deterioration shown in Figure 3, point out current problems in verification of the durability design for a RC member subjected to this kind of environment in 8 - 15 lines.



Figure 3

Question 2

Answer the following questions.

- (1) Answer the following questions on the compaction characteristics of a sandy soil that has the specific gravity of soil particle $G_s = 2.4$.
- Write down the equation of zero air voids curve of the soil in terms of the dry density, ρ_d , and the water content, w .
 - In compaction tests, the maximum dry density is 1.8 g/cm^3 at the degree of saturation, S_r , of 80%. Determine the optimum water content under the same circumstance.
 - In tests for minimum and maximum densities of sands, the tested soil exhibited a minimum density of 1.2 g/cm^3 , and a maximum density of 1.6 g/cm^3 . Determine the relative density, D_r , of the tested sample if the dry density, ρ_d , is 1.5 g/cm^3 .
 - Specimens A and B are prepared under the same compaction curve at different water content, while they have the same dry density as shown in Figure 4. Then triaxial compression tests are performed on the specimens while maintaining the initial water content. Choose the expected result of shear strength, τ_A and τ_B , of the specimens A and B from the following three, and describe the reason in about 5 lines.

$$\textcircled{1} \quad \tau_A = \tau_B \quad \textcircled{2} \quad \tau_A > \tau_B \quad \textcircled{3} \quad \tau_A < \tau_B$$

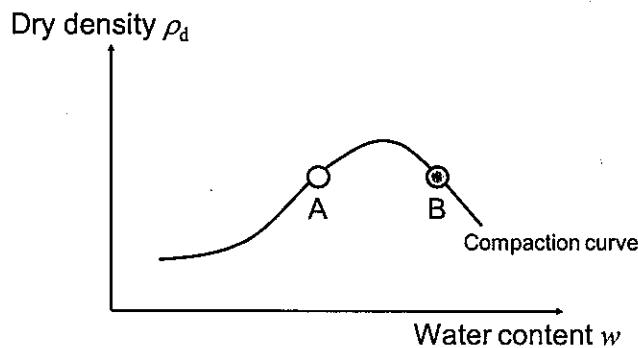


Figure 4

- (2) Answer the following questions on the soil consolidation.

- In general, the time rate of consolidation of clay is much lower than that of sand. Describe the reason in about 8 lines based on Terzaghi's one-dimensional consolidation equation,

$$\frac{\partial u_e}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u_e}{\partial z^2}$$

where u_e is the excess pore water pressure, t is time, c_v is the coefficient of consolidation and z is the depth of soil.

- b) Figure 5 shows the results of the oedometer test. Answer the following questions.
- What is the technical term of the stress in the vicinity of a maximum curvature point of the consolidation curve indicated by arrow A?
 - What are the technical terms of the soils in the lower and higher stress regions than the above stress state, respectively?
- c) According to the test results shown in Figure 5, the value of c_v significantly decreased in the vicinity of the stress indicated by arrow A. Discuss the reason in about 8 lines.

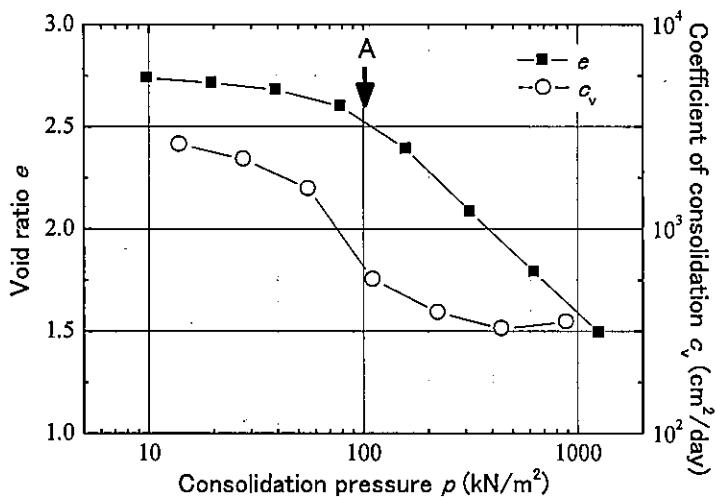


Figure 5

(3) Answer the following questions on the soil liquefaction.

- a) An earthquake hit a level ground of sandy soil with the saturated unit weight, γ_{sat} , of 20 kN/m³ and the liquefaction resistance ratio (cyclic resistance ratio), R , of 0.37, where the ground water level was equal to the ground surface. Assuming that the horizontal seismic coefficient at the ground surface, k_s , is 0.20, calculate the thickness of liquefied soil layer by using a simplified liquefaction assessment method (F_L method). Use the following conditions in the calculation.
- Unit weight of water, $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$
 - Reduction factor of shear stress ratio (L) during earthquake, $r_d = 1.0 - 0.015z$, where z is depth in meters.
- b) Lattice-type cement mixing method is one of the common soil improvement techniques against liquefaction. Describe the improvement mechanism of this method in about 5 lines.

Specialty A

Question 1

Answer the following questions.

- (1) Dam construction changes sediment transport characteristics and has various impacts on the entire fluvial systems.
 - a) Explain possible changes of sediment transport characteristics and how these changes will affect disaster risks at the upstream of the dam, at the downstream of the dam, and in the coastal area (2~3 lines each).
 - b) Explain three counter measures against dam sedimentation (2~3 lines each).
- (2) One of the functions of dams for flood control and/or water resources management is to release the water to the rivers when the river discharge is not sufficient to appropriately maintain the intrinsic functions of the rivers. List five such functions of rivers that should be considered when deciding the optimum outflow rate of the water released from dams.
- (3) Functional enhancement of existing dams is considered as one of effective measures to reduce the water-related disaster risks and to keep better water resource management under the future extreme weather and climate change. List and explain two structural and two non-structural measures for such functional enhancement of the dams (2-3 lines each).
- (4) As shown in Figure 1, a hydraulic power plant generates the electricity by using the water running through a conduit connected to the dam. Answer the following questions.
 - a) A facility called surge tank is connected to the conduit. By using Bernoulli's equation, explain the reason why this facility is required.
 - b) As shown in Figure 1, H is the height from the outlet of the electric power plant to the water level in the reservoir, d is the diameter of the conduit, f is the coefficient of friction loss of the conduit, K_e is the coefficient of entrance loss, K_b is the coefficient of bend loss, ρ is the density of the fluid, g is a gravity acceleration and L_1 , L_2 and L_3 are the lengths of the conduits in the order from the upstream, respectively. Determine the effective head H_T (total energy that can be utilized for the power generation) where v is the flow velocity in the conduit. Assume that the head losses around the surge tank and inside the hydraulic power plant are negligibly small. Define any physical quantities if necessary.
 - c) Express the equation which determines the electric power generation rate, T . Here, use the variables given in the question (4) b) and η , the power generation efficiency. Assume that T is determined as a product of η and the rate of the work done by the effective head, H_T .
 - d) Determine the flow velocity which maximizes the electric power generation rate, T .

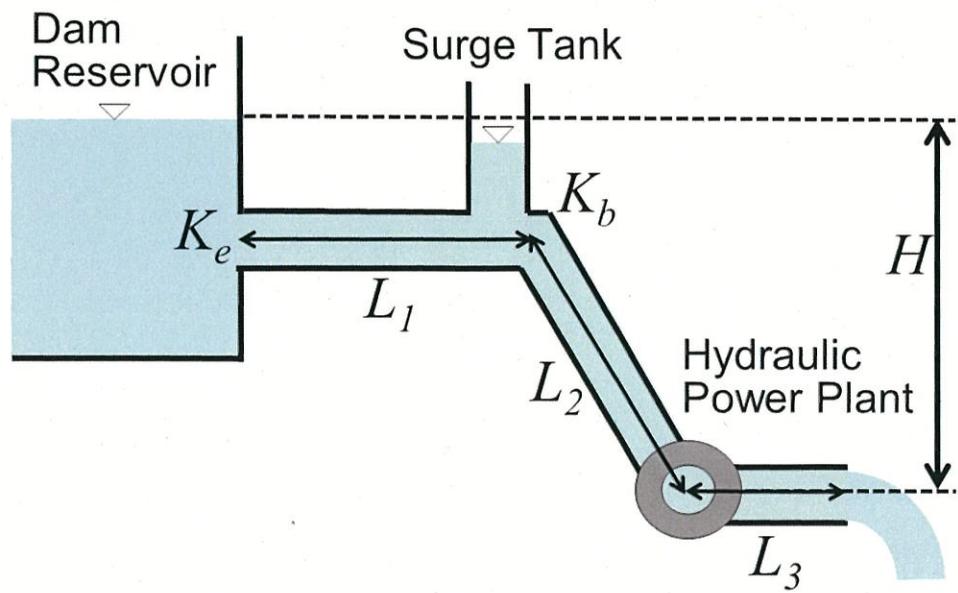


Figure 1

Question 2

This question focuses on the storm surge characteristics when a typhoon approaches the long-straight coast shown in Figure 2. In the figure, all the properties are assumed uniform in the alongshore direction, i.e., in the direction perpendicular to this paper. Here, x and z , are the horizontal and vertical coordinates originated from the point, O , located at the still water level, and are positive in the landward and the upward directions, respectively. Moreover, u and w are the fluid velocity components in x and z directions, h is the still water depth, η is the instantaneous water level based on the still water level, p is a pressure, g is gravity acceleration and ρ is the density of the fluid. Answer the following questions.

- (1) Express the mass-conservation equation of the fluid and derive the continuity equation from the mass conservation equation under the assumption of incompressible fluid.
- (2) Express the momentum equations in the horizontal and vertical directions, respectively, and explain the physical meanings of each term.
- (3) In the cases of tsunami and storm surge, the horizontal length scale can be assumed to be much longer than the vertical length scale. Under this assumption, the following non-linear shallow water equations can be derived from the continuity and momentum equations described in the questions (1) and (2), respectively.

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = -\frac{\partial Q}{\partial x} = -\frac{\partial(UD)}{\partial x} \quad [1]$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{D} \right) = -\frac{1}{\rho} \int_{-h}^{\eta} \frac{\partial p}{\partial x} dz + \frac{\tau_{sx}}{\rho} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} \quad [2]$$

Here, Q is the horizontal volume flux per unit width, $D=h+\eta$ is the total water depth, U is the depth-averaged horizontal velocity, and τ_{sx} and τ_{bx} are the horizontal shear stresses acting on the water surface and the water bed, respectively.

- a) Apply the assumption of non-linear shallow water equations to the vertical momentum equation expressed in the question (2) and determine the fluid pressure, p , at arbitrary water depth, z , as a function of the variables such as atmospheric pressure, p_a , and the water level, η .
- b) Determine the horizontal force acting on the fluid particle at point A in Figure 2, located on the water bed, as a function of the variables such as atmospheric pressure, p_a , and the water level, η . Define any physical quantities if necessary.
- (4) Cross-shore distribution of the atmospheric pressure, p_a , at the water surface shown in Figure 2 is determined by the following equation [3].

$$p_a = \frac{p_0 - p_L}{2} \cos\left(\frac{\pi}{L}x\right) + \frac{p_0 + p_L}{2} \quad (0 \leq x \leq L) \quad [3]$$

where p_0 and p_L are atmospheric pressure at location $x=0$ and $x=L$, respectively.

Besides this pressure distribution, wind-induced horizontal shear stress, τ_{sx} , is also acting on the water surface. Under this condition, the water level gradually changed and reached to the steady state condition.

- a) Assuming that the water level at the origin, O , does not change, i.e., $\eta=0$ at $x=0$, determine the water level, η , in front of the seawall, i.e., at $x=L$, under the steady state condition as functions of the variables such as h , L , p_0 , p_L and τ_{sx} . Here assume that the water level, η , is negligibly small compared to the water depth, h , and the total water depth, D , can be approximated by h .

- b) Discuss in 3~5 lines how the water level determined in the question (4) a) varies with h and L and how this feature is related to the characteristics of the Bay of Bengal and the Gulf of Mexico, where are known to be prone to suffering severe storm surge disaster.
- (5) Plantation of mangroves is considered as one of counter measures against storm surge and tsunami. Assuming that mangroves can increase the absolute value of τ_{bx} , in the equation [2], explain in 3~5 lines how the mangroves affect the water level change in front of the seawall, determined in the question (4) a).
- (6) San Pedro Bay is a relatively small-scale bay where suffered severe inundation due to the storm surge induced by Super Typhoon Haiyan landed on the Philippines in 2013. The bay is open to the south and Haiyan passed the south side of the bay from the east to the west. Under this condition, the wind around San Pedro Bay suddenly changed from the north wind to the south wind. Following the case in San Pedro Bay, the acting direction of τ_{sx} was suddenly changed from the offshore-ward to the landward while all the other conditions were set identical to the ones in question (4) a). Under this condition, the computed maximum water level in front of the seawall became higher than the one determined in question (4) a). Discuss in 4~10 lines the reasons why the maximum water level became higher than that of question (4) a) in a qualitative manner using equations [1] and [2]. Assume that the absolute value of τ_{sx} remains constant and identical to the one in the question (4) a) even when the acting direction of τ_{sx} suddenly changes.

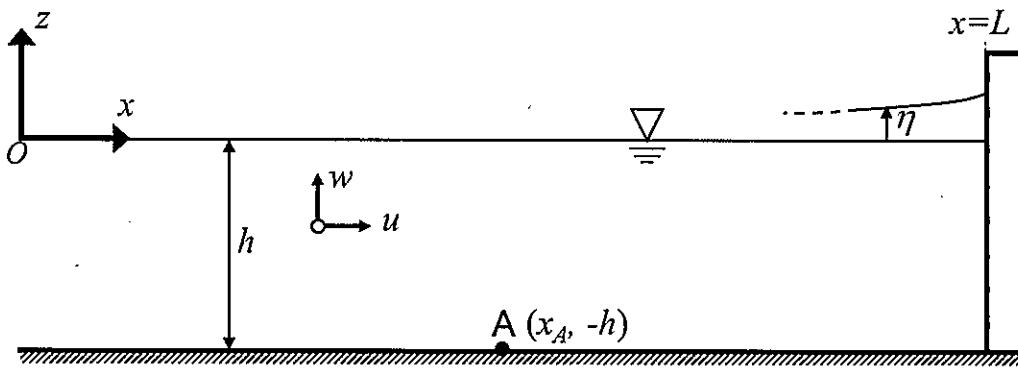


Figure 2