

専門学術 A

第1問

図 1 に示す半径 R の四分の一円弧の片持ち梁を考える。端 B は固定、端 A は荷重 P が作用する。荷重は面 AOB に垂直である。梁の断面は半径 r の円とする。断面 2 次モーメントと断面 2 次極モーメントは I と J 、ヤング率とせん断弾性係数は E と G とする。線形弾性を仮定し、 $R \gg r$ とする。

(1) 次の手順に従って A での z -方向の変位成分を求めよ。

- a) 円弧の中心の極座標を使って梁の中立軸の点の位置を (R, θ) として表す。この点を通る断面での曲げモーメントとねじりモーメントを与える式を明示せよ。
- b) 断面の曲げモーメントとねじりモーメントが M と T である場合、長さ ds の微小区間の歪エネルギーは $\left(\frac{M^2}{2EI} + \frac{T^2}{2GJ}\right) ds$ である (図 1 参照)。梁全体の歪エネルギーと荷重 P がなす仕事が等しいことを使って A での z -方向の変位成分を求めよ。

(2) 次の手順に従って A での x -軸周りの回転角を計算せよ。

- a) 上の (1) で考えた微小区間が線形弾性体でありそれ以外が剛体であることを仮定すると、端 A での回転角は微小区間の変形のみによって決まることになる。この微小区間の変形による端 A での x -軸周りの回転角を与える式を明示せよ。
- b) 上の式を使って A での x -軸周りの回転角を計算せよ。

(3) 本問題で考えたような、断面の寸法に比べスパンが長い片持ち梁では、固定されていない端にせん断荷重が作用する場合、その端での回転や変位は十分小さいことを示せ。簡単のため、四分の一円弧ではなく直線梁としてよい。また、せん断力は断面内で一様に分布することを仮定してよい。

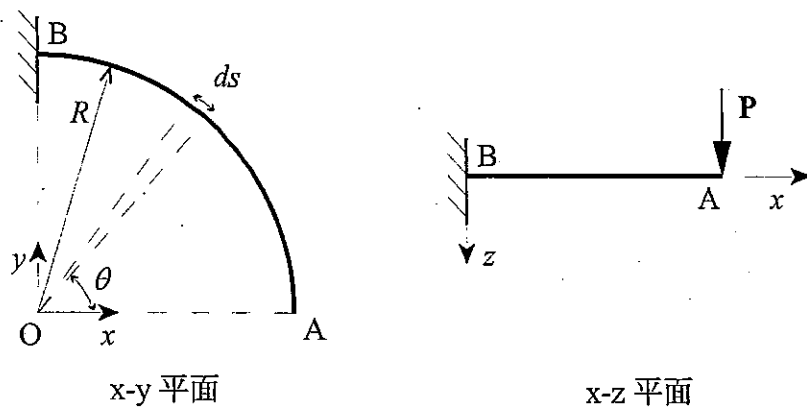


図1 四分の一円弧の片持ち梁

第2問

連成振り子の運動に関する以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度を g とし、おもりの水平変位 x, x_1, x_2 は糸が鉛直となったときに0とする。また、ばねは水平方向の伸びだけを考慮することとする。

(1) 図2に示すようなおもりの質量 m [kg]、糸の長さ l [m]の振り子を考える。おもりの水平変位を x [m]、振り子の糸が鉛直となす角を θ [rad]としたとき、振り子の運動を、 x を用いて記述する運動方程式を導出し、振り子の水平方向の運動の角振動数 ω_0 は、 $\omega_0 = \sqrt{g/l}$ で表されることを示せ。ただし、振り子の運動は微小であると仮定し、 $\tan\theta \approx \sin\theta \approx \theta$ 、 $\cos\theta \approx 1$ の近似を用いてよい。

(2) (1)の振り子が2つ、ばね定数 k [N/m]のばねで連結された連成振り子を考える(図3)。左の振り子の水平変位を x_1 [m]、右の振り子の水平変位を x_2 [m]とした時、それぞれの振り子の運動についての運動方程式を導出せよ。またこの系の固有モード全てとそれらの固有周期を求め、各固有モードについて図を用いてモード形を説明せよ。

(3) 左の振り子の変位を α [m]、右の振り子の変位を 3α [m]の位置に手で持って移動し(図4)、時刻 $t = 0$ [s]で静かに離れた。各振り子のその後の運動を時刻 t [s]の関数として求めよ。

(4) 複雑な運動を固有モードに分解するモード解析は、実構造物の設計においても広く行われている。実構造物の設計にモード解析が使われる理由を、モード解析の長所を挙げて3行程度で説明せよ。

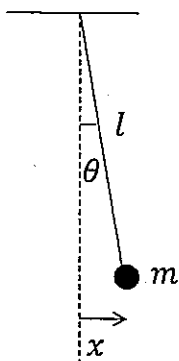


図2

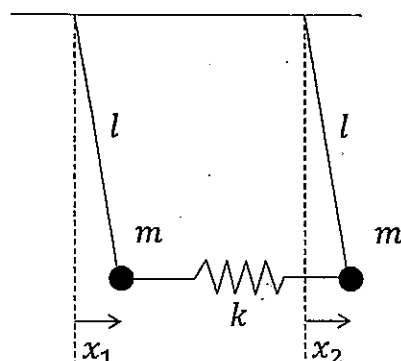


図3

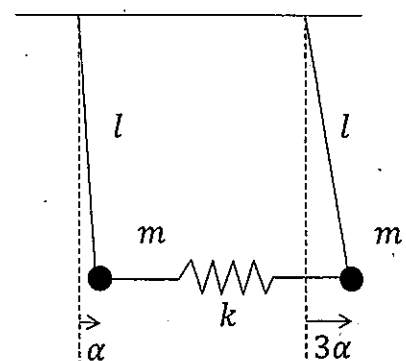


図4

専門学術 A

第1問

次の各問いに関して答えよ。

- (1) コンクリートの圧縮強度を増加させても、一般に鉄筋コンクリート部材の終局曲げ耐力は比例して増加しない。その理由を5行程度で解説せよ。
- (2) 断面寸法の小さい鉄筋コンクリート部材と比較して、断面寸法の大きい部材には相対的に多くのせん断補強鉄筋が配置されている場合が多い。その理由を力学的観点から5行程度で解説せよ。
- (3) 設計地震作用を超過するような巨大地震が万一襲来したとしても、崩壊シナリオを極力回避し、早期に復旧が可能となるように、構造物の設計・計画段階であらかじめ準備しておくことが肝要である。その具体的な対策法を3つ取り上げて10行程度で解説せよ。
- (4) 流動性が高く、かつ材料分離抵抗性に優れたフレッシュコンクリートを実現するための配合設計法について、次の用語を使いながら10行程度で解説せよ。
—水セメント（粉体）比、混和材、単位水量、高性能減水剤、粘性—
- (5) 沿岸域に位置する鉄筋コンクリート構造の腐食劣化抵抗性を高める方策を、材料設計・構造設計・施工の観点から15行程度で提案せよ。

第2問

図1のような地下水位を地表面に有する軟弱な粘性土地盤上に盛土を計画している。盛土の高さは6m、透水性の高い砂質土であり、盛土材の湿潤単位体積重量は $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ である。盛土施工による粘性土地盤の圧密沈下とせん断強度特性を検討するため、盛土施工前に粘性土地盤の中心深度（G.L.-10m）から不攪乱試料を採取し、一次元圧密試験と三軸圧縮試験を実施した。以下の問に答えよ。

計算上必要であれば次の値を使用せよ。（ $\log_{10}2 = 0.3, \log_{10}3 = 0.48, \log_{10}4 = 0.6, \log_{10}8 = 0.9, \log_{10}16 = 1.2, \log_{10}32 = 1.5$ ）

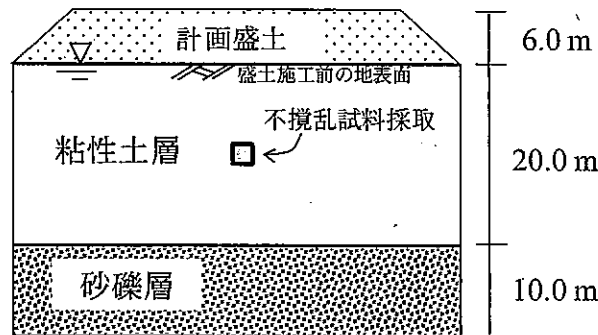


図1 計画盛土と地盤条件

- (1) 圧密試験結果を表1に示す。使用した円筒供試体の土粒子密度 ρ_s は 2.5 g/cm^3 、初期高さ h_0 は 2.0 cm 、初期体積 V_0 は 56.5 cm^3 であり、試験後の供試体の乾燥重量 m_s は 40.0 g であった。また、載荷3段階目の供試体の鉛直ひずみ ε_v は 2% であった。水の密度 ρ_w と単位体積重量 γ_w はそれぞれ $1.0 \text{ g/cm}^3, 10.0 \text{ kN/m}^3$ とする。
- 載荷3段階目の供試体の間隙比 e の値を求め、圧密曲線（ e - $\log p$ 関係）の概略図を作成せよ。
 - 試料採取深度の盛土施工前における有効土被り圧を求め、この粘性土地盤が正規圧密状態か過圧密状態かを判定せよ。

表1 圧密試験結果

載荷段階	圧密圧力 p (kN/m^2)	間隙比 e
1	10	2.530
2	20	2.497
3	40	
4	80	2.190
5	160	1.921
6	320	1.650

- (2) (1)の実験結果を用いて盛土構築による粘性土地盤の圧密沈下を検討する。なお、ここでは盛土施工前の粘性土地盤の中心深度における有効土被り圧は 40 kN/m^2 とする。二次圧密は無視して良い。
- 粘性土層の圧縮指数 C_c を求めよ。
 - 粘性土層の最終圧密沈下量を求めよ。
- (3) 二つの供試体を有効拘束圧 100 kN/m^2 まで等方圧密し、側圧一定の三軸圧縮試験を排水条件と非排水条件でそれぞれ実施した。その結果、図2に示すような有効応力経路が得られた。粘着力（有効応力表示）は $c = 0 \text{ kN/m}^2$ とする。
- 粘性土層の有効応力で定義したせん断抵抗角 ϕ の値を示せ。
 - 非排水条件でせん断した供試体の破壊時における過剰間隙水圧 Δu の値を求めよ。
 - 通常、本問題のようなケースでは非排水三軸試験が採用される。その理由を記述せよ。

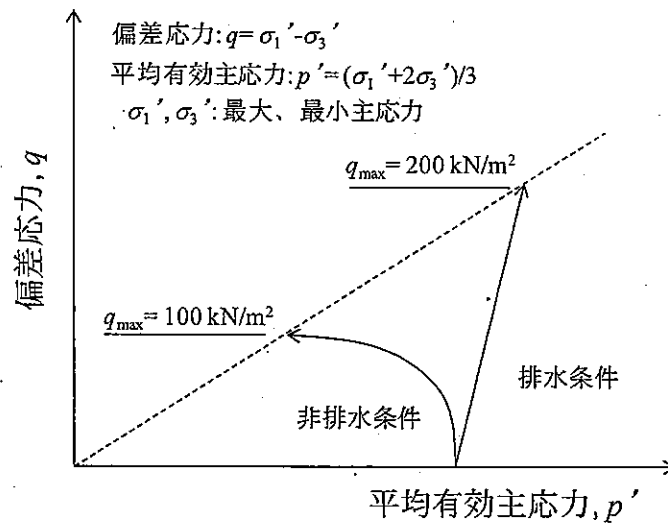


図2 三軸圧縮試験結果（有効応力経路）

- (4) 粘性土地盤の圧密を早期に完了させ、かつ地盤強度を増加させる手法の一つに鉛直ドレーン工法を併用したプレロード工法がある。この工法の概要と効果が発揮されるメカニズムを記述せよ。

専門学術 A

第1問

河川流は、河床勾配や水深、川幅、底面粗度などの様々な条件の違いにより、その特性も大きく異なる。ここでは流路幅が広く一様で直線的な開水路で川の流れを単純化して表現し、条件によって異なる流れの特徴を考える。図1に示すように水平方向軸および鉛直方向軸(上向き正)をそれぞれ x 、 z とし、 (x, z) 方向の流速成分を (u, w) 、時間を t 、圧力を p 、重力加速度を g 、流体密度を ρ とする。密度 ρ は一様であると仮定し、さらに t や x とともに変化する水位を η 、河床面標高を z_b とする。このとき以下の問いに答えよ。

(1) 流れの状態を表す運動方程式は次式で表されるとする。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \quad [1]$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g \quad [2]$$

ここで τ_{zx} は x 軸方向の水平せん断応力である。このとき式[1]および[2]の左辺はそれぞれ流体の何を表しているのか、1~2行程度で説明せよ。

(2) 密度が一様な流れを仮定し、流体の質量保存則(連続式)を示せ。

(3) 式[1]および[2]は連続式と組み合わせることにより、それぞれ式[3]および式[4]の様に

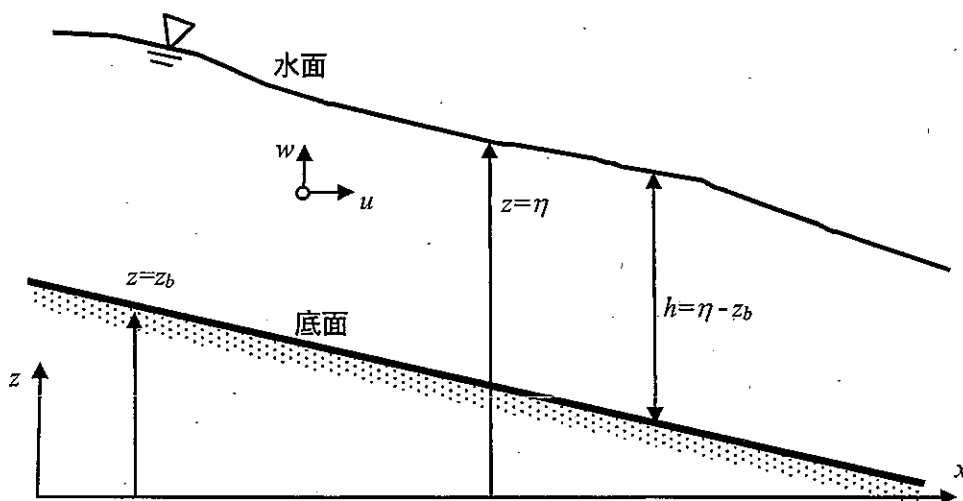


図1 対象とする開水路と座標系

書き換えられることを示せ。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial(uw)}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \quad [3]$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial(uw)}{\partial x} + \frac{\partial w^2}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g \quad [4]$$

- (4) 次に水面および底面における境界条件を考える。水面および底面における水粒子はそれぞれ水面および底面に沿って移動するという運動学的境界条件はそれぞれ次式で表されることを示せ。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} - w = 0 \quad (z = \eta) \quad [5]$$

$$u \frac{\partial z_b}{\partial x} - w = 0 \quad (z = z_b) \quad [6]$$

- (5) 流速の時間変化が小さく、また水路に沿った流れが水深および水路方向にほぼ一様であるとき、水中の圧力 p は次の静水圧で近似できることを式[4]から導け。

$$p = p_0 + \rho g(\eta - z) \quad [7]$$

ここで p_0 は大気圧であり、時間、空間によらず一定であると仮定する。

- (6) 水平方向流速 u は鉛直方向にほぼ一様であり、断面平均流速 U で与えられると仮定する。このとき、 x 軸方向の運動方程式[3]を z 軸方向に z_b から η まで積分し、境界条件である式[5]および式[6]、さらに式[7]をそれぞれ導入し、断面平均流速で表した次の運動方程式を導け。

$$\frac{\partial}{\partial t}(Uh) + \frac{\partial}{\partial x}(U^2h) = -gh \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_{sx} - \tau_{bx}}{\rho} \quad [8]$$

ただし導出の際には、以下の Leibnitz の積分公式を用いてよい。

$$\int_a^b \frac{\partial f(x, z)}{\partial x} dz = \frac{\partial}{\partial x} \int_a^b f(x, z) dz - \frac{\partial b}{\partial x} f(x, b) + \frac{\partial a}{\partial x} f(x, a) \quad [9]$$

式[8]において $h = \eta - z_b$ は全水深、 τ_{sx} および τ_{bx} は水面および底面で作用する水平方

向せん断応力であり、ここでは $\tau_{sx} = 0$ とする。

- (7) 同様の鉛直方向積分をすることにより、連続式は次式で表されることを示せ。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial(Uh)}{\partial x} = 0 \quad [10]$$

- (8) 式[8]において、 x 軸方向の水深変化は水路勾配に比べて無視できるほど小さく、かつ、水位および流速の時間変化も小さいと仮定できるとき、式[8]は次の kinematic wave(運動波)の式[11]と同等になることを示せ。

$$-i + I_f = 0 \quad [11]$$

ここで、

$$i = -\frac{\partial z_b}{\partial x}, \quad I_f = \frac{\tau_{bx}}{\rho gh} \quad [12]$$

である。

- (9) Darcy-Weisbach の摩擦抵抗係数 f' を用いると、底面せん断応力 τ_{bx} は次式で表される。

$$\tau_{bx} = \frac{\rho}{2} f' U^2 \quad [13]$$

式[11]~[13]に基づき、流速 U が以下の式[14]で表されることを示せ。

$$U = \sqrt{\frac{2igh}{f'}} \quad [14]$$

- (10) kinematic wave の仮定に対して、 x 軸方向の水深変化は水路勾配に比べて無視できないとき、運動方程式 [8]は次の diffusion wave(拡散波)の式に簡略化される。

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} + I_f = 0 \quad [15]$$

以上、水深や水路勾配の違いを考慮しながら連続式[10]や運動方程式である式[11]あるいは式[15]を使い分けることにより、河道内の流速と水位の関係を算定することができる。一方、実務においては河道内の水位 H (本問題では h) および流量 Q の観測値に基づき両者の関係を近似的に表わす $H-Q$ 曲線を求めておき、観測が容易な水位 H

から $H-Q$ 曲線に基づき Q を推定することが多い。式[10]と式[11]あるいは式[15]に基づきそれぞれ水位と流速を計算するとき、式[11]に基づく $H-Q$ 曲線は、式[15]に基づく $H-Q$ 曲線とどのように異なるか、その簡単な理由も含めて3~4行程度で説明せよ。ただし Darcy-Weisbach の摩擦抵抗係数は一定であると仮定してよい。

- (11) 河口部近傍では潮汐による影響を受けるため、水位や流速の時間変化による項を無視できない。ここでは運動方程式[8]に戻って相対的に小さいと考えられる項を削除し、次式で運動方程式を表わすこととする。

$$\frac{\partial U}{\partial t} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} \quad [16]$$

このとき式[8]から式[16]を導く際に用いたと考えられる仮定の物理的な意味を 1~2 行程度で説明せよ。

- (12) 河口部近傍における潮汐に伴う水位と流速の関係が式[16]および連続式[10]で表わされると仮定する。このとき得られる水位と流速の関係の特徴を 2~3 行程度で説明せよ。ただし、(10)で考えた $H-Q$ 曲線に見られる水位と流速の関係との違いも分かるように説明すること。

第2問

(1) 日本の水害統計を図示した図2に関して、以下の問いに答えよ。

- a) 図2から読み取れる特徴を3つ箇条書きで記せ。
- b) それらの読み取った特徴に対する、社会の変化や社会基盤の寄与、さらには社会基盤技術の寄与について推察し、全体で10行程度で記せ。
- c) 予想されうる現実的な日本の将来シナリオを一つ想定して記し、そのシナリオにおいて図中の4本の線がどのようになっていく可能性が考えられるか、全体で5行程度で記せ。ここで、「将来」としては今後約50年を対象とすることとし、最も可能性の高いシナリオである必要はない。

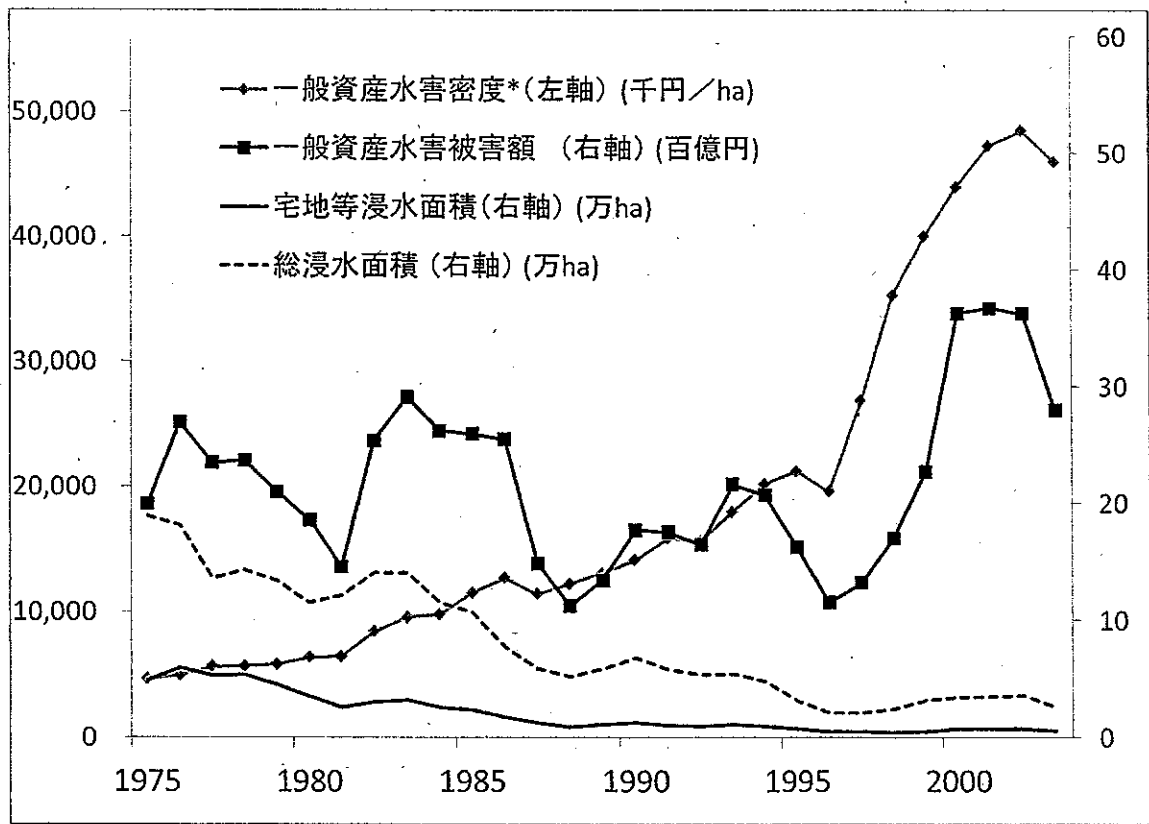


図2: 日本の水害被害の推移 (過去5か年平均) (出典:「平成16年度 国土交通白書」)

<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h16/index.html> より一部加工)

(注)一般資産水害被害額及び水害密度には営業停止損失を含む。被害額は1995年価格である。なお、一般資産水害密度*＝一般資産水害被害額／宅地等浸水面積である。

(2) 2012 年秋に米国東海岸を襲った熱帯低気圧 (のちに温帯低気圧) Sandy は、ニューヨークを始めとした主要都市に甚大な被害をもたらした。以下の英文は、この Sandy に関するものである。この英文中の下線部に関する以下の問いに答えなさい。

- a) 「counterproductive」である具体例を 1 つ挙げ、2 行程度で説明せよ。
- b) 「an integrated and holistic set of solutions, and not put all of our eggs in the barriers」の意味するところを、具体例も含めて 5 行程度で説明せよ。

英文

The storm has added new urgency to discussions of adaptation in forums including the New York City Panel on Climate Change, which Bloomberg set up in 2008. Bowman and others have advocated a system of sea barriers or dykes, similar to those constructed in London, the Netherlands and more recently in St Petersburg, Russia. “If we had implemented a regional barrier system, there would have been no significant damage” within New York’s harbour, he says.

The system envisaged by Bowman and others would include an 8-kilometre-wide barrier approximately 6 metres high that could be opened and closed at the entrance to New York’s harbour, and a second barrier at the entrance to Long Island Sound (see ‘Surge stoppers’). He puts the cost at around US\$15 billion, about the same amount that Congress allocated to the US Army Corps of Engineers in 2005 to build a storm-surge barrier system around New Orleans. Estimates put the damage caused by Sandy at between \$30 billion and \$50 billion.

Some scientists worry that a single focus on sea barriers could be counterproductive.

(以下、中略)

“Sandy clearly shows that we have to do the barrier studies now,” says Cynthia Rosenzweig, co-chair of the New York climate panel and a senior scientist at NASA’s Goddard Institute for Space Studies in New York. “But I think we need to consider an integrated and holistic set of solutions, and not put all of our eggs in the barriers.”

(出典 : Nature, Vol.491, pp. 167-168, 2012 年 11 月 8 日号)

advocate: 推奨する、sea barriers : 防潮堤・防波堤、dyke: 堤防、envisage: 構想する

counterproductive: 逆効果を招く、integrated: 総合的な、holistic: 包括的な、

solutions: 解決策

専門学術 A

第1問

(1) 以下のそれぞれについて、例を挙げながら5行以内で解説せよ。

- a) 社会的限界費用に基づく運賃料金設定
- b) 輸送における規模の経済性と国際交通政策の動向の関係
- c) 都市間交通機能と国土における都市群構造の階層性との関係

(2) 鉄道の輸送力に関する以下の各問いに答えよ。

- a) 図1に示すように長さ L [m]の列車2編成が一定の速度 v [m/s]で走行している。列車の急ブレーキ時の減速度を a [m/s²]、列車1mあたりの定員を ρ [人/m]とすると、以下を L, v, a, ρ で表せ。

i) 先行列車に何らかの事故が発生しても後続列車が先行列車に追突しないために後続列車が必要とする最小距離 d_{\min} [m] (この距離を「余裕距離」と呼ぶ)

ii) 余裕距離を保ちながら列車を運行した場合の、列車の運行時隔の最小値 t_{\min} [s]およびこの鉄道の輸送力 Q [人/s]



図1

- b) ii)で求めた輸送力 Q を増強するためには、列車の長さ L 及び走行速度 v をどのように設定すればよいか、説明せよ。
- c) 一般に鉄道の輸送力に影響を与えるその他の要素について、代表的なものを2つ挙げ、それがどのように輸送力に影響を与えるかをそれぞれ2行程度で概説せよ。

第2問

次の各問いに答えよ。

(1) 都市計画に関する以下の各問いに答えよ。

- a) 用途地域制によって土地利用の規制誘導を図る意義を一つあげ、3行程度で答えよ。
- b) 容積率制限による建築規制の長所と短所を、パブリックスペースの創出および街路景観の形成という観点から考察し、3行程度で答えよ。

(2) ケヴィン・リンチは主著『都市のイメージ』(1960)において、都市の構造のわかりやすさについて考察し、想起しやすい空間要素としてパス、ノード、エッジ、ディストリクト、ランドマークの5つを提示した。これら5要素の複数が良好な空間的関係を有するように計画すれば、都市のわかりやすさはより強化されるであろう。そのような空間的関係の具体例を二つ考え(実例でも架空の例でもよい)、それぞれ3行以内で示せ。

(3) 図2は、ある斜張橋のデザイン事例である。一般に斜張橋の形は、自己完結的な「図」として認識されやすい。ここでは橋の形を周囲の風景に調和させるための、いくつかのデザインの工夫が見られる。その工夫の効果は、ゲシュタルト心理学の知見を用いて説明することができる。

- a) 「図」として認知されやすい形の条件を3つあげよ。
- b) この事例における、橋の形の「図」の印象をやわらげて周囲の風景に調和させるためのデザインの工夫とその効果について、a)で解答した3つの条件を用いて、5行以内で説明せよ。



图 2