

専門学術 A

第1問

次の問いに答えよ。

- (1) 我が国の沖積平野一般の成り立ちを説明せよ。
- (2) 我が国の沖積平野上に重量構造物を建設する場合、その基礎構造はどのような要件を満たさなければならないか、そのような要件が重視されるに至った理由と共に記述せよ。
- (3) 上記の要件を満たす基礎構造にはどのようなものがあるか、少なくとも3種の名前を挙げ、その形態と機能について説明せよ。
- (4) 上述した基礎構造それぞれについて、建設上遭遇する地下水関連の問題点及び対策を説明せよ。ただし地盤沈下を除く。

第2問

図 2-1 のような長さ L の梁を考える。左端 A では固定端で、右端 B では回転が自由（水平、鉛直の変位は拘束）となっている。ヤング率と断面 2 次モーメントをそれぞれ E と I （いずれも定数）とする。また、変位は微小であるとしてよい。

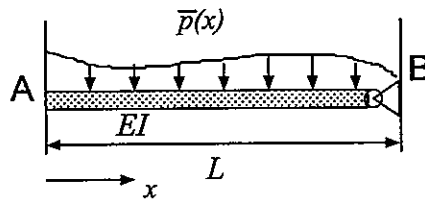


図 2-1

以下の (1)~(7) の間に答えよ。

- (1) 梁の微小長さ dx に相当する部分に作用する力（図 2-2 参照）の釣り合いを考える。鉛直方向の釣り合い及び点 A の周りの回転方向の釣り合いを考え、曲げモーメント $M(x)$ 及びせん断力 $V(x)$ の満たすべき関係を導出せよ。また、 dx が十分小さいことを用いて、 $M(x)$ の満たすべき微分方程式を求めよ。

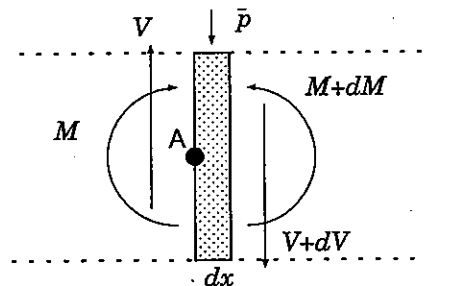


図 2-2

- (2) この梁において、たわみの分布関数 $w(x)$ の満たす微分方程式及び境界条件を記せ。ただし、 $\frac{M(x)}{EI} = -w''(x)$ が成立することをを用いて良い。
- (3) この系に異なる荷重が作用している場合に生じるたわみと曲げモーメントをそれぞれ $w(x)$ 及び $M(x)$ とする。 $\frac{M(x)}{EI} = -w''(x)$ が成立するた

め、任意の曲げモーメント分布 $m(x)$ について、

$$-\int_0^L w''(x) m(x) dx = \int_0^L \frac{M(x)}{EI} m(x) dx$$

が成立する。ここで、 $m(x)$ として (1) で考えた系に生じている曲げモーメント ($\bar{M}(x)$ と表す。) を考え、左辺に部分積分を用いることで、

$$\int_0^L \bar{p}(x) w(x) dx = \int_0^L \frac{M(x)\bar{M}(x)}{EI} dx$$

が成立することを示せ。

- (4) 分布荷重 $\bar{p}(x)$ として、図 2-3 に示すように、 $\xi - a/2 \leq x \leq \xi + a/2$ の範囲で $\bar{p} = 1/a$ 、それ以外では $\bar{p} = 0$ となるものを考える。

この時に生じる曲げモーメントの分布を $\bar{M}_\xi(x)$ とする。その概形を描け。(正確な分布を算出する必要はないが、力学的な妥当性を示すための情報は適宜必要性を判断して書き込むこと。)

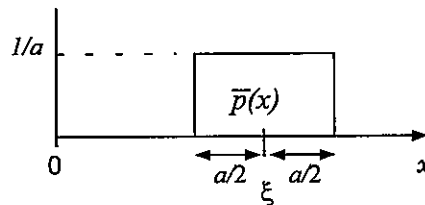


図 2-3

- (5) 設問 (4) において、 $a \rightarrow 0$ の極限を考える。 a が十分小さいとき、 $\bar{w}(x)$ の値は、 $\xi - a/2 \leq x \leq \xi + a/2$ の範囲においてほぼ一定と見なせることを用いて

$$w(\xi) = \int_0^L \frac{M(x)\bar{M}_\xi(x)}{EI} dx$$

が成立することを示せ。

- (6) 図 2-4 のように、梁の中央 ($x = L/2$) に集中荷重 P が作用している時の作用点でのたわみ $w(L/2)$ を不静定力法を用いて求めたい。梁の左端 (点 A) の鉛直方向の変位の拘束を無くし、変位の条件を満足させるために、代わりに鉛直方向に不静定力 R を作用させる。不静定力 R 及び中央でのたわみ量 $w(L/2)$ を求めよ。

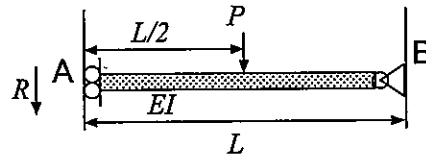


図 2-4

- (7) 図 2-1 に示す梁に、複数の集中荷重が作用している 2 つの系 (I, II) を考える。

系-I では、 $x = x_n^I$ ($n = 1, 2, \dots, N^I$) のそれぞれの箇所に集中荷重 P_n^I が作用しており、たわみ $w^I(x)$ が生じている。同様に、系-II では、 $x = x_n^{II}$ ($n = 1, 2, \dots, N^{II}$) に集中荷重 P_n^{II} が作用し、たわみ $w^{II}(x)$ が生じている。(図 2-5)

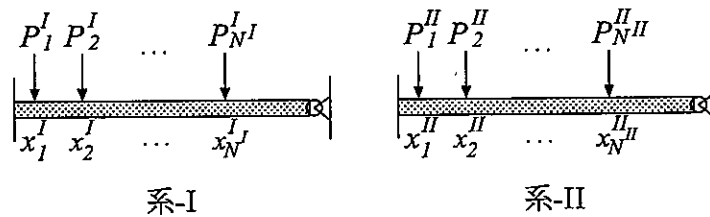


図 2-5

$N^I = N^{II} = 1$ のとき、

$$P_1^I w^{II}(x_1^I) = P_1^{II} w^I(x_1^{II})$$

が成立することを示せ。また、複数の集中荷重が作用した場合に、

$$\sum_{i=1}^{N^I} P_i^I w^{II}(x_i^I) = \sum_{j=1}^{N^{II}} P_j^{II} w^I(x_j^{II})$$

が成立することを、数学的帰納法により示せ。

専門学術 A

第1問

「持続可能性の視点から見たとき、現代の都市と交通はどのような姿かたちであるべきだろうか？」この問いに対して多面的に解答せよ。その際、必要に応じて、同封の書籍「都市再生・交通学からの解答」（家田仁・岡並木編著・学芸出版社・2002年）を参考にしてもよい。

注意：

- 1) 解答は十分に整理して手際よく、読みやすくかつ美しくまとめること。内容の妥当性や論理性に加えて、まとまり具合や見栄えなども採点対象とする。
- 2) 同封した書籍には書き込みなどをせず、試験終了時に問題とともに返却せよ。

第2問

次の各問に答えよ。

(1) 都市計画法や建築基準法に規定されている、容積率規制を緩和する特例制度を1つ挙げ、その内容を簡潔に説明せよ。

また、その特例制度が、都市の景観形成に及ぼす効果（正の効果、負の効果の双方を含む）について10行程度で論ぜよ。

(2) わが国の近代都市計画の歴史を年表形式で整理することを試みよ。ただし、取り上げる事項は5つ程度とし、各事項は以下の例のように2行程度で整理せよ。なお、各事項の年（例では、1885年）は、多少不正確でも構わない。

例) 1885年 太政官制度が廃止され、内閣制度が創設される。伊藤博文が初代の内閣総理大臣になる。

(3) 景観を専門とする研究者の中には、同時に、土木史、都市史、建築史などの歴史の研究を行っている者が多い。

温故知新は、社会基盤学のあらゆる分野で重要なことであるが、景観研究者に歴史を研究する者が特に多いのは何故だろうか。

その理由を10行程度で考察せよ。

専門学術 A

第1問

図 1-1 のような長さ L の梁を考える。左端 A では固定端で、右端 B では回転が自由（水平、鉛直の変位は拘束）となっている。ヤング率と断面 2 次モーメントをそれぞれ E と I （いずれも定数）とする。また、変位は微小であるとしてよい。

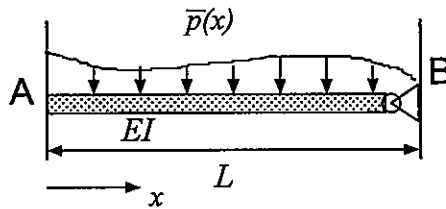


図 1-1

以下の (1)~(6) の間に答えよ。

- (1) この梁に分布荷重 $\bar{p}(x)$ が作用しているとき、たわみの分布関数 $w(x)$ の満たす微分方程式及び境界条件を記せ。
- (2) この系に異なる荷重が作用している場合に生じるたわみと曲げモーメントをそれぞれ $w(x)$ 及び $M(x)$ とする。 $\frac{M(x)}{EI} = -w''(x)$ が成立するため、任意の曲げモーメント分布 $m(x)$ について、

$$-\int_0^L w''(x) m(x) dx = \int_0^L \frac{M(x)}{EI} m(x) dx$$

が成立する。ここで、 $m(x)$ として (1) で考えた系に生じている曲げモーメント ($\bar{M}(x)$ と表す。) を考え、左辺に部分積分を用いることで、

$$\int_0^L \bar{p}(x) w(x) dx = \int_0^L \frac{M(x) \bar{M}(x)}{EI} dx$$

が成立することを示せ。

- (3) 分布荷重 $\bar{p}(x)$ として、図 1-2 に示すように、 $\xi - a/2 \leq x \leq \xi + a/2$ の範囲で $\bar{p} = 1/a$ 、それ以外では $\bar{p} = 0$ となるものを考える。

この時に生じる曲げモーメントの分布を $\bar{M}_\xi(x)$ とする。その概形を描け。(正確な分布を算出する必要はないが、力学的な妥当性を示すための情報は適宜必要性を判断して書き込むこと。)

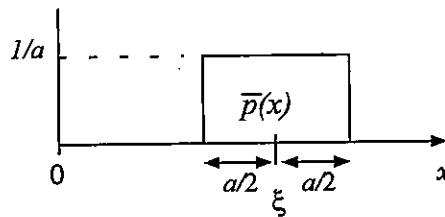


図 1-2

- (4) 設問 (3) において、 $a \rightarrow 0$ の極限を考える。 a が十分小さいとき、 $\bar{w}(x)$ の値は、 $\xi - a/2 \leq x \leq \xi + a/2$ の範囲においてほぼ一定と見なせることを用いて

$$w(\xi) = \int_0^L \frac{M(x)\bar{M}_\xi(x)}{EI} dx$$

が成立することを示せ。

- (5) 図 1-3 のように、梁の中央 ($x = L/2$) に集中荷重 P が作用している時の作用点でのたわみ $w(L/2)$ を不静定力法を用いて求めたい。梁の左端 (点 A) の鉛直方向の変位の拘束を無くし、変位の条件を満足させるために、代わりに鉛直方向に不静定力 R を作用させる。不静定力 R 及び中央でのたわみ量 $w(L/2)$ を求めよ。

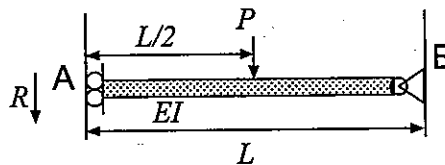


図 1-3

第2問

図 2-1 のように地面から立ち上がる塔上に円形の板が固定された構造物の振動問題を考える。円形板の中心は塔頂部に固定されている。ただし、塔部の長さは l 、断面 2 次モーメントは I 、ヤング率を E とし、円形板の質量は m で、厚さは一様とする。以下の(1)~(5)の問いに答えよ。

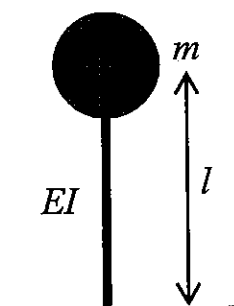


図 2-1 塔上に円形板が固定された構造物

- (1) このような構造物の振動問題を考えるとき、しばしば、板の質量が塔の頂部に集中しているとし、図 2-2 に示すようなタワー頂部の地面に対する相対変位 x のみを考慮した 1 自由度系でモデル化する。この場合にタワー頂部における変位 x に対する剛性は $k = 3EI/l^3$ であることを示せ。

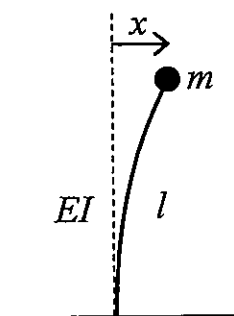


図 2-2 1 自由度系モデル

- (2) 構造減衰はしばしば図 2-3 のようにダッシュポットでモデル化される。ダッシュポットの減衰係数を c として、この 1 自由度系が地動加速度 z を受けて運動する場合の運動方程式を導け。ただし、塔部の質量は無視できるとする。

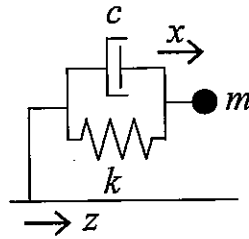


図 2-3 減衰を考慮した 1 自由度系モデル

- (3) 地動加速度が $z(t) = A \sin \bar{\omega} t$ ($\bar{\omega} = \sqrt{k/m}, t \geq 0$) のように正弦波で表される場合、図 2-3 の系で塔頂部の応答変位 x の時刻無限大での振幅を求めよ。初期条件は $x(0) = \dot{x}(0) = 0$ とし、応答変位時刻歴の概略を図示せよ。 c は正で、十分に小さいと仮定し、過渡振動の解を求めよ。
- (4) 地面と円形板の中心に加速度計を設置し、(3) で考えた振動を計測するものとする。 m が既知である場合に、計測加速度から c を推定する方法を考察し説明せよ。加速度計は絶対加速度を測定するものとする。
- (5) 適切なモデル化により複雑な構造物の挙動を単純化し、本質的な挙動に着目して考察することができる。一方で、モデルと実構造物ではその挙動に違いがあるのも事実である。図 2-1 の構造物は分布質量を持つ円形板が塔頂部に固定されているが、図 2-2 のモデルでは円形板を質点としてモデル化している。構造物の固有振動数は図 2-2 のモデルの固有振動数と比較して大きくなることや予想されるかあるいは小さくなることや予想されるか、理由とともに説明せよ。

専門学術 A

第1問

鉄道踏切による交通遮断が生じる道路について、踏切開放直後の交通流を考える。現在いくつかの国では、滞留車両が踏切遮断時に自車線および反対車線双方で渋滞列を形成し、踏切開放時に対面方向の交通をお互いに阻害する現象が恒常的に見られる(図1参照)。この現象について次の問いに答えよ。

- (1) 滞留車両が各進行方向にそれぞれ N 台ずつあるとし、a) $N=2$ 、b) $N \gg 2$ の2つの場合を比較することによってこの現象を説明しなさい。ただし道路は片側 1 車線とする。必要に応じて以下のキーワードおよび図等を用いて説明してもよい。

キーワード: ゲーム理論、ナッシュ均衡、フリーライダー

- (2) この現象に対する可能な対策を、同様の機構から生じる他の交通現象と比較しつつ論じなさい。

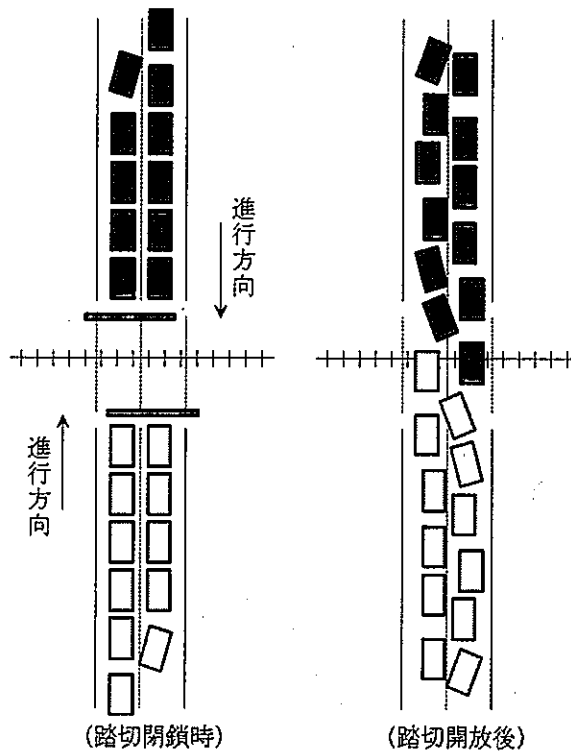


図1

第2問

人々の出発時刻選択問題に関連して、以下の問いに答えよ。

- (1) 平日の朝通勤時における出発時刻選択行動と、休日の余暇活動のための出発時刻選択行動との違いを、数式等を用いて説明せよ。
- (2) 我が国の都市圏の交通システムに、混雑料金制度が導入されるケースを想定せよ。このとき、平日の朝通勤時と休日とでは、制度導入の効果にどのような違いが現れると考えられるか。(1)における分析の枠組みを用いつつ、具体的に説明せよ。

専門学術 A

第1問

次の用語をそれぞれ簡潔に説明せよ。

- (1) メタデータ
- (2) パブリック・インボルブメント
- (3) ボロノイ分割
- (4) 予防原則
- (5) Digital Elevation Model
- (6) マイクロ波リモートセンシング
- (7) 丸め誤差
- (8) GPS の静止干渉測位

第2問

ハザードマップに関する、以下の問いに答えよ。

- (1) 風水害や地震を対象としたハザードマップというものが存在するが、そこに含まれる不確実性を列挙し、わかりやすく説明せよ。
- (2) ハザードマップにそれらの不確実性があることを認知しているユーザーと認知していないユーザーとでは、準備や対策、行動にどのような違いが生じると考えられるか、記述せよ。

第3問

- (1) 地震による損害を低減するために、所有する構造物を分散配置するいわゆるポートフォリオと呼ばれる手法がよく用いられている。構造物の総数を n とし、各々の構造物の地震による損失確率分布は平均値 μ 、標準偏差 σ の正規分布で表わすことができ、それぞれの構造物の損害には相関がないとしたとき、全ての構造物の損失確率分布の平均値と標準偏差を導出せよ。
- (2) 構造物を分散配置するポートフォリオがリスクマネジメントの一つの手法として有効である理由を説明せよ。

第4問

都市1と都市2の気温の変動成分(各時刻の気温から年平均値を引いたもの)をそれぞれ $T_1(t)$ 、 $T_2(t)$ とする。これらの気温の年間変動が相関を持ち、気温変動の共分散行列 C_x が次式により表わされる。

$$C_x = \begin{bmatrix} 5 & -2 \\ -2 & 2 \end{bmatrix}$$

このとき、 $T_1(t)$ 、 $T_2(t)$ を線形変換することにより、互いに相関のない独立した変数に変換することができる。その手順を説明し、線形変換の変換行列を求めよ。

専門学術A

第1問

「持続可能性の視点から見たとき、現代の都市と交通はどのような姿かたちであるべきだろうか？」この問いに対して多面的に解答せよ。その際、必要に応じて、同封の書籍「都市再生・交通学からの解答」（家田仁・岡並木編著・学芸出版社・2002年）を参考にしてもよい。

注意：

- 1) 解答は十分に整理して手際よく、読みやすくかつ美しくまとめること。内容の妥当性や論理性に加えて、まとまり具合や見栄えなども採点対象とする。
- 2) 同封した書籍には書き込みなどをせず、試験終了時に問題とともに返却せよ。

第2問

次の各問に答えよ。

(1) 都市計画法や建築基準法に規定されている、容積率規制を緩和する特例制度を1つ挙げ、その内容を簡潔に説明せよ。

また、その特例制度が、都市の景観形成に及ぼす効果（正の効果、負の効果の双方を含む）について10行程度で論ぜよ。

(2) わが国の近代都市計画の歴史を年表形式で整理することを試みよ。ただし、取り上げる事項は5つ程度とし、各事項は以下の例のように2行程度で整理せよ。なお、各事項の年（例では、1885年）は、多少不正確でも構わない。

例) 1885年 太政官制度が廃止され、内閣制度が創設される。伊藤博文が初代の内閣総理大臣になる。

(3) 景観を専門とする研究者の中には、同時に、土木史、都市史、建築史などの歴史の研究を行っている者が多い。

温故知新は、社会基盤学のあらゆる分野で重要なことであるが、景観研究者に歴史を研究する者が特に多いのは何故だろうか。

その理由を10行程度で考察せよ。

専門学術 A

第1問

次の各問いに答えよ。解答は式を用いても良いし、式を用いない記述形式でもよい。

(1) 図 1-1 は常に一定の流量 Q が流れているホースの口を指でつまんだ状態を表している。

- 点 A での流速は時間に対して一定であるが、この点での流れは加速度を持つことを示せ。
- ホースの口をつまむと、水は遠くまで飛ぶ。この現象の水理学的メカニズムを説明せよ。

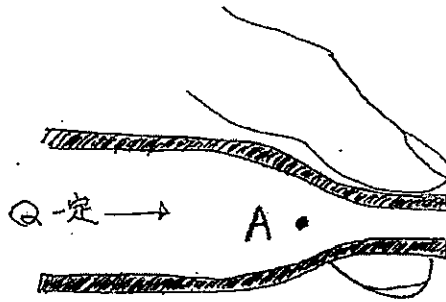


図 1-1

(2) 図 1-2 のように下流に向かって水路幅が狭くなる一定勾配の広幅矩形水路がある。この水路に一定流量 Q を流すとき、下流に向かうにつれ水深が減少した。この水深が小さくなる現象の水理学的メカニズムを説明せよ。またこの流れの状態を水理学的に何と呼ぶか。

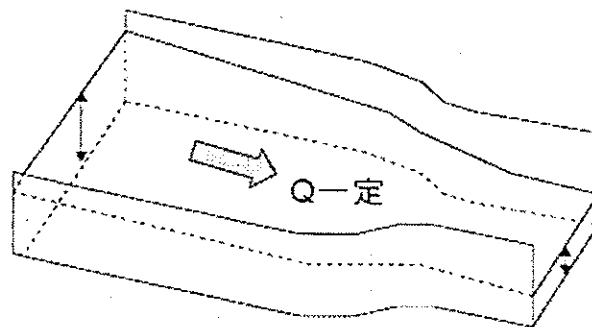


図 1-2

第2問

図2に示すダムにサイフォン式の管水路を設置した。大気圧を p_0 、水の密度を ρ 、重力加速度を g とするとき、以下の問いに答えよ。

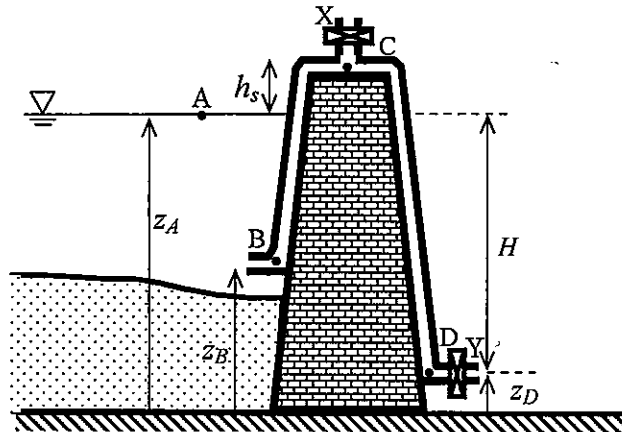


図2

- (1) バルブ X、Y を開放した初期状態から管路に水を流すには、まずバルブ X を閉め、バルブ Y に設置した吸引式ポンプでダム湖内の水を吸い上げる必要がある。このとき、吸引式ポンプに最低限必要な吸引負圧はいくらか？
- (2) 吸引ポンプで水を吸い上げて管路に水を満たし、バルブ X、Y を閉じた。管路内の水が静止しているとき、点 A、B、C、D における圧力を求めよ。ただし、点 A は自由水面上、点 B～D は図中の●で示した管路内の中心線上に位置する。
- (3) この状態でバルブ Y を開放したところ、管路内の水が流れ始めた。管路の吸入口や放水口、あるいは管路内における損失水頭はゼロであると仮定し、管路内の流速を求めよ。また、このときの点 B、C、D における圧力を求めよ。
- (4) 管路内の圧力が飽和水蒸気圧よりも小さくなるとキャビテーションが起こる。全ての損失抵抗を無視し、飽和水蒸気圧を p_v とするとき、キャビテーションを生じさせないための限界サイフォン高さ $h_{s,max}$ 、すなわち h_s の最大値を示せ。
- (5) 実際にはバルブや管路の流入出口、管路内壁での摩擦により圧力損失が生じる。このとき、 $h_{s,max}$ はどのように変化するか説明せよ。

第3問

水圏環境における土砂輸送と地形形成に関して以下の問いに答えよ。

- (1) 図3のように水平床を構成する球形粒子が密度 ρ の水の定常な流れにより移動を開始する状態を考える。粒子の密度を ρ_s 、直径（粒径）を D 、重力加速度を g として、以下の問いに答えよ。

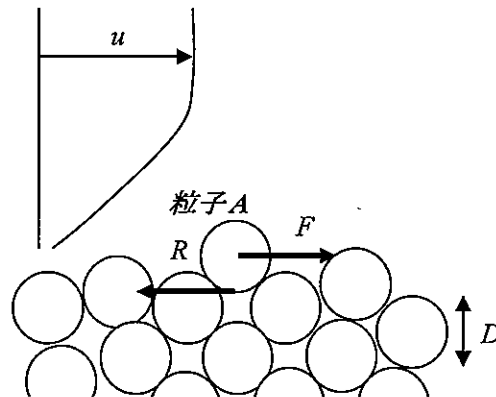


図3

- a) 底面境界層外縁における流れの流速を u 、底面摩擦係数を f とすると、底面摩擦応力 τ_b は、 $\tau_b = \rho f u^2$ で与えられる。この時、水平床の表面で静止している粒子Aに働く水平方向の流体力 F を求めよ。
- b) 流れによる揚力は無視し、粒子と底面の静止摩擦係数を μ とする。この時、粒子Aに働く垂直抗力は、重力と浮力の差になることを利用して、粒子Aが移動を開始する直前の最大静止摩擦力 R を求めよ。
- c) F と R の比 F/R は粒子の移動しやすさを表す指標となる。この指標を用いて、同じ流れの条件では、粒径が大きい粒子ほど移動しにくくなることを説明せよ。
- (2) 河川や海岸においては、粒径の異なる土砂粒子が異なる場所を選択的に堆積して、特徴的な地形を形成していることが観察される。このような特徴的な地形を一つ挙げ、その地形の形成機構を(1)(c)で用いた指標 F/R を用いて3行以内で説明せよ。必要に応じて図を用いて良い。

第4問

ヒートアイランドと打ち水に関して以下の問いに答えよ。

- (1) ヒートアイランドとは何か、その主な要因、ヒートアイランド現象が発現しやすい条件、また、なぜヒートアイランドと呼ばれるのかについて、全部で6~7行程度で知るところを定性的に説明せよ。
- (2) 熱的に平衡しているごく薄い地表面における熱収支を考える。下向きの短波放射(太陽放射)量を $R_s \downarrow$ 、下向きの長波放射(赤外放射)量を $R_l \downarrow$ 、地表面の温度を T_s 、地表面が直接大気を暖める顕熱フラックス量を H 、蒸発散による潜熱フラックス量を ℓE 、さらに下の層へ伝導する地中伝導熱を G とするとき、地表面における熱収支は

$$(1 - \alpha) R_s \downarrow + \varepsilon R_l \downarrow - \varepsilon \sigma T_s^4 + Q = H + \ell E + G \quad (1)$$

$$H = c_p \rho C_H (T_s - T) u \quad (2)$$

$$\ell E = \ell \rho C_H (q_s(T_s) - q) u \quad (3)$$

と表されるものとする。ただし、ここで α は短波放射に対する地表面の反射率(アルベド)、 ε は長波放射に対する地表面の放射率、 σ は黒体放射に関するステファン-ボルツマン定数、 Q は人工排熱、 ρ は大気の密度、 c_p は大気の比熱、 C_H は顕熱および潜熱フラックスの交換係数、 u は風速、 T は気温、 q は比湿、 $q_s(T)$ は気温 T に対する飽和水蒸気圧である。また、 E は蒸発散量、 ℓ は単位質量あたりの水の蒸発に必要な熱量である。これらに基づいて次の問いに答えよ。

- (a) 都市におけるヒートアイランドのメカニズムについて、(1)~(3)式などを用いて説明せよ。
- (b) 都市において打ち水が街を涼しくする効果について、(1)~(3)式などを用いてそのメカニズムを説明せよ。
- (3) 打ち水が、都市のヒートアイランドの抑制にどの程度の効果があると考えられるか、5行程度で述べよ。必要に応じて日本の真夏の正午頃に(1)式左辺で Q 以外の項の和が約 500 W/m^2 、 G の日周期の振幅が 50 W/m^2 程度であること、 ℓ が約 $2.5 \times 10^6 \text{ J/kg}$ であることを用いて説明せよ。

Specialty A

Problem 1

Answer the following questions concerning mixing of soil and cement.

- (1) Soft ground in alluvial plane is often improved by grouting in which soft soil and solidification agent are mixed with each other in the existing ground. What are the disadvantages of mixing cement with soil as compared with concrete in which cement is mixed with aggregates under control?
- (2) Soil mixed with cement is also made use of for construction of an embankment. In such a case, mixing takes place prior to the construction. Mention and explain three advantages of a cement-mixed embankment over a conventional earth embankment.
- (3) When a manmade island is constructed by premixing method in which cement and soil are mixed prior to reclamation, to what points the engineering attention has to be paid?
- (4) Mention any other solidification agents for soil other than cement and write down your opinion about their advantages and disadvantages.

Problem 2

Consider a beam of length L , as shown in Fig. 2-1. The left end is fixed. On the right end, rotation is allowed and vertical and horizontal displacement is fixed. Assume Young's modulus and the second moment of area are denoted by E and I . Both are assumed to be constant.

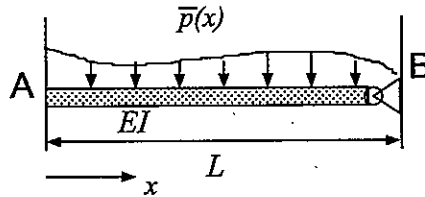


Fig. 2-1

Answer the following questions.

- (1) Distributed load $\bar{p}(x)$ is applied on the beam. Write the differential equation and boundary conditions of the deflection $\bar{w}(x)$.
- (2) Deflection and bending moment of the above mentioned beam under a different load condition are denoted by $w(x)$ and $M(x)$, respectively.

The relationship $\frac{M(x)}{EI} = -w''(x)$ leads to the following equation,

$$-\int_0^L w''(x) m(x) dx = \int_0^L \frac{M(x)}{EI} m(x) dx$$

where $m(x)$ is an arbitrary bending moment distribution.

Derive the following equation by replacing $m(x)$ by the bending moment of the beam considered in (1), which is denoted by $\bar{M}(x)$, and by applying the integration by parts to the left-hand side.

$$\int_0^L \bar{p}(x) w(x) dx = \int_0^L \frac{M(x) \bar{M}(x)}{EI} dx$$

- (3) Consider distributed load as shown in Fig. 2-2. The load is denoted by $\bar{p}(x)$. It takes a non-zero value $\bar{p} = 1/a$ when $\xi - a/2 \leq x \leq \xi + a/2$, and $\bar{p} = 0$ otherwise.

Draw rough shape of the bending moment $\bar{M}_\xi(x)$. (Exact solution is not required, but appropriate comments should be added to the figure, to explain that your sketch makes sense from the viewpoint of mechanics.)

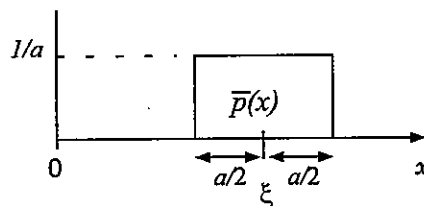


Fig. 2-2

- (4) Take the limit of $a \rightarrow 0$ in the previous problem (3). Show that

$$w(\xi) = \int_0^L \frac{M(x)\bar{M}_\xi(x)}{EI} dx.$$

Consider that $\bar{w}(x)$ takes almost a constant value in the range $\xi - a/2 \leq x \leq \xi + a/2$ when a is sufficiently small.

- (5) Point load P is applied at the center of the beam ($x = L/2$) as shown in Fig. 2-3. It is considered to obtain the deflection at the center by assuming reaction force R .

The constraint of the vertical displacement at the left end (Node A) is removed and reaction force R is applied instead, so that the displacement condition should be satisfied. Obtain the force R and the deflection at the center, $w(L/2)$.

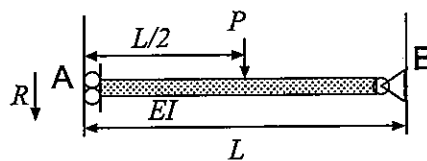


Fig. 2-3

- (6) Two sets of point loads are applied to the beam shown in Fig. 2-1. They are referred to as system-I and system-II.

In the system-I, point loads P_n^I ($n = 1, 2, \dots, N^I$) are applied at the points $x = x_n^I$ to generate deflection $w^I(x)$. In the system-II, point loads P_n^{II} ($n = 1, 2, \dots, N^{II}$) are applied at the points $x = x_n^{II}$ to generate deflection $w^{II}(x)$. (See Fig.2-4)

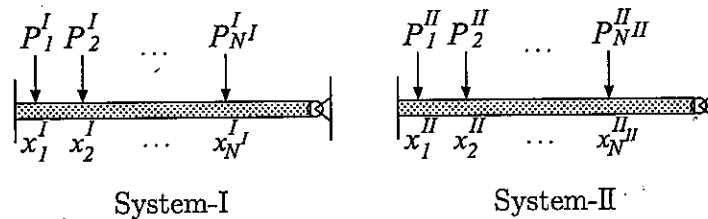


Fig. 2-4

Assume $N^I = N^{II} = 1$. Show that the following equation holds.

$$P_1^I w^{II}(x_1^I) = P_1^{II} w^I(x_1^{II})$$

Show that the following equation holds for $N^I > 1$ and $N^{II} > 1$, by mathematical induction.

$$\sum_{i=1}^{N^I} P_i^I w^{II}(x_i^I) = \sum_{j=1}^{N^{II}} P_j^{II} w^I(x_j^{II})$$

Specialty A

Problem 1

Consider a beam of length L , as shown in Fig. 1-1. The left end is fixed. On the right end, rotation is allowed and vertical and horizontal displacement is fixed. Assume Young's modulus and the second moment of area are denoted by E and I . Both are assumed to be constant.

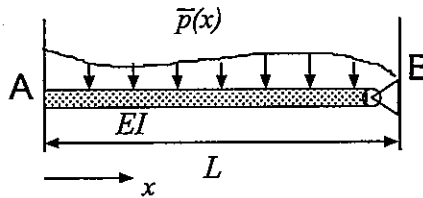


Fig. 1-1

Answer the following questions.

- (1) Distributed load $\bar{p}(x)$ is applied on the beam. Write the differential equation and boundary conditions of the deflection $\bar{w}(x)$.
- (2) Deflection and bending moment of the above mentioned beam under a different load condition are denoted by $w(x)$ and $M(x)$, respectively.

The relationship $\frac{M(x)}{EI} = -w''(x)$ leads to the following equation,

$$-\int_0^L w''(x) m(x) dx = \int_0^L \frac{M(x)}{EI} m(x) dx$$

where $m(x)$ is an arbitrary bending moment distribution.

Derive the following equation by replacing $m(x)$ by the bending moment of the beam considered in (1), which is denoted by $\bar{M}(x)$, and by applying the integration by parts to the left-hand side.

$$\int_0^L \bar{p}(x) w(x) dx = \int_0^L \frac{M(x) \bar{M}(x)}{EI} dx$$

- (3) Consider distributed load as shown in Fig. 1-2. The load is denoted by $\bar{p}(x)$. It takes a non-zero value $\bar{p} = 1/a$ when $\xi - a/2 \leq x \leq \xi + a/2$, and $\bar{p} = 0$ otherwise.

Draw rough shape of the bending moment $\bar{M}_\xi(x)$. (Exact solution is not required, but appropriate comments should be added to the figure, to explain that your sketch makes sense from the viewpoint of mechanics.)

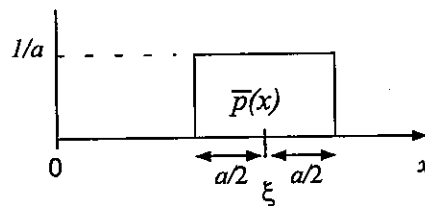


Fig. 1-2

- (4) Take the limit of $a \rightarrow 0$ in the previous problem (3). Show that

$$w(\xi) = \int_0^L \frac{M(x)\bar{M}_\xi(x)}{EI} dx.$$

Consider that $\bar{w}(x)$ takes almost a constant value in the range $\xi - a/2 \leq x \leq \xi + a/2$ when a is sufficiently small.

- (5) Point load P is applied at the center of the beam ($x = L/2$) as shown in Fig. 1-3. It is considered to obtain the deflection at the center by assuming reaction force R .

The constraint of the vertical displacement at the left end (Node A) is removed and reaction force R is applied instead, so that the displacement condition should be satisfied. Obtain the force R and the deflection at the center, $w(L/2)$.

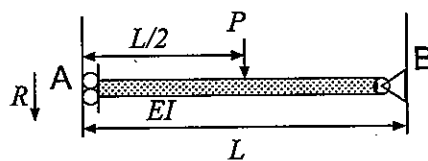


Fig. 1-3

- (6) Two sets of point loads are applied to the beam shown in Fig. 1-1. They are referred to as system-I and system-II.

In the system-I, point loads P_n^I ($n = 1, 2, \dots, N^I$) are applied at the points $x = x_n^I$ to generate deflection $w^I(x)$. In the system-II, point loads P_n^{II} ($n = 1, 2, \dots, N^{II}$) are applied at the points $x = x_n^{II}$ to generate deflection $w^{II}(x)$. (See Fig.1-4)

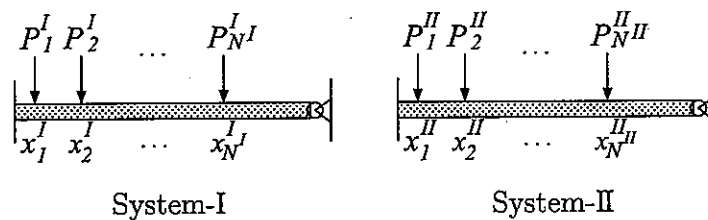


Fig. 1-4

Assume $N^I = N^{II} = 1$. Show that the following equation holds.

$$P_1^I w^{II}(x_1^I) = P_1^{II} w^I(x_1^{II})$$

Show that the following equation holds for $N^I > 1$ and $N^{II} > 1$, by mathematical induction.

$$\sum_{i=1}^{N^I} P_i^I w^{II}(x_i^I) = \sum_{j=1}^{N^{II}} P_j^{II} w^I(x_j^{II})$$

Problem 2

Consider vibration of a tower structure with a circular plate at the tower top. The center of the circular plate is fixed at the top of the tower as in Fig. 2-1. The height of the tower is l , the second moment of area is I , and Young's modulus is E . The circular plate has uniform thickness and the mass is m .

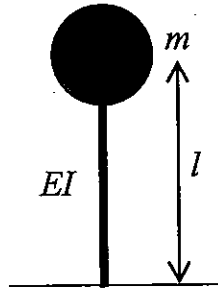


Fig. 2-1 A tower structure with a circular plate fixed at the top

- (1) When vibration problems of such a structure are investigated, a simplified single-degree-of-freedom (SDOF) model as shown in Fig. 2-2 is often employed. In this model, tower top displacement, x , relative to the ground is the only degree of freedom. Show that the stiffness, k , of this SDOF system is represented as $k = 3EI/l^3$.

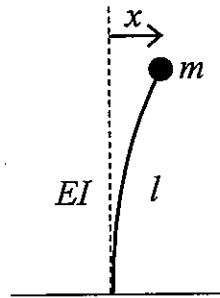


Fig. 2-2 A SDOF model

- (2) Structural damping is often modeled as a dashpot as shown in Fig. 2-3. Derive the equation of motion for this SDOF model subjected to horizontal ground acceleration, z . The damping coefficient of the dashpot is c . The mass of the tower can be assumed negligible.

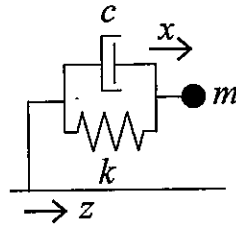


Fig.2-3 A damped SDOF model

- (3) Consider sinusoidal ground acceleration, $z(t) = A \sin \bar{\omega} t$ ($\bar{\omega} = \sqrt{k/m}, t \geq 0$), in Fig. 2-3. Obtain the amplitude of the tower-top displacement when time goes to infinity. The initial condition is $x(0) = \dot{x}(0) = 0$. Draw a rough figure indicating the time history. c is positive and small. Obtain the solution of the transient vibration.
- (4) Accelerometers are installed at the center of the circular plate and on the ground. The vibration considered in (3) is measured with these accelerometers. Assuming m is known, explain how c can be estimated based on the measurement. The accelerometers measure absolute acceleration.
- (5) Appropriate modeling simplifies complex structure's behaviors and allows to focus on essential structural behaviors. However, behaviors of a model and those of a real structure are not identical. While a circular plate with distributed mass is fixed at the tower top in Fig. 2-1, the plate is modeled as a point mass in Fig. 2-2. Explain whether the natural frequency of the structure in Fig. 2-1 is higher or lower than that of the simplified model in Fig. 2-2 and discuss the reasons.

Specialty A

Problem 1

Consider a beam of length L , as shown in Fig. 1-1. The left end is fixed. On the right end, rotation is allowed and vertical and horizontal displacement is fixed. Assume Young's modulus and the second moment of area are denoted by E and I . Both are assumed to be constant.

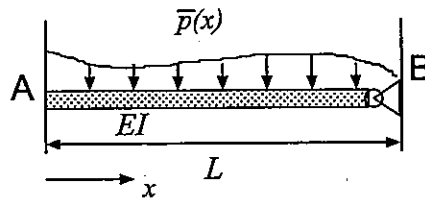


Fig. 1-1

Answer the following questions.

- (1) Distributed load $\bar{p}(x)$ is applied on the beam. Write the differential equation and boundary conditions of the deflection $\bar{w}(x)$.
- (2) Deflection and bending moment of the above mentioned beam under a different load condition are denoted by $w(x)$ and $M(x)$, respectively.

The relationship $\frac{M(x)}{EI} = -w''(x)$ leads to the following equation,

$$-\int_0^L w''(x) m(x) dx = \int_0^L \frac{M(x)}{EI} m(x) dx$$

where $m(x)$ is an arbitrary bending moment distribution.

Derive the following equation by replacing $m(x)$ by the bending moment of the beam considered in (1), which is denoted by $\bar{M}(x)$, and by applying the integration by parts to the left-hand side.

$$\int_0^L \bar{p}(x) w(x) dx = \int_0^L \frac{M(x) \bar{M}(x)}{EI} dx$$

- (3) Consider distributed load as shown in Fig. 1-2. The load is denoted by $\bar{p}(x)$. It takes a non-zero value $\bar{p} = 1/a$ when $\xi - a/2 \leq x \leq \xi + a/2$, and $\bar{p} = 0$ otherwise.

Draw rough shape of the bending moment $\bar{M}_\xi(x)$. (Exact solution is not required, but appropriate comments should be added to the figure, to explain that your sketch makes sense from the viewpoint of mechanics.)

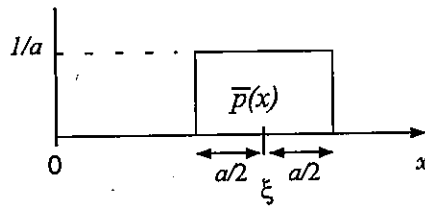


Fig. 1-2

- (4) Take the limit of $a \rightarrow 0$ in the previous problem (3). Show that

$$w(\xi) = \int_0^L \frac{M(x)\bar{M}_\xi(x)}{EI} dx.$$

Consider that $\bar{w}(x)$ takes almost a constant value in the range $\xi - a/2 \leq x \leq \xi + a/2$ when a is sufficiently small.

- (5) Point load P is applied at the center of the beam ($x = L/2$) as shown in Fig. 1-3. It is considered to obtain the deflection at the center by assuming reaction force R .

The constraint of the vertical displacement at the left end (Node A) is removed and reaction force R is applied instead, so that the displacement condition should be satisfied. Obtain the force R and the deflection at the center; $w(L/2)$.

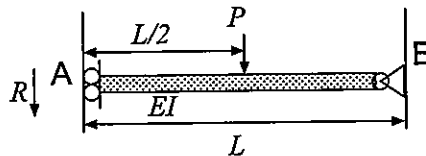


Fig. 1-3

- (6) Two sets of point loads are applied to the beam shown in Fig. 1-1. They are referred to as system-I and system-II.

In the system-I, point loads P_n^I ($n = 1, 2, \dots, N^I$) are applied at the points $x = x_n^I$ to generate deflection $w^I(x)$. In the system-II, point loads P_n^{II} ($n = 1, 2, \dots, N^{II}$) are applied at the points $x = x_n^{II}$ to generate deflection $w^{II}(x)$. (See Fig.1-4)

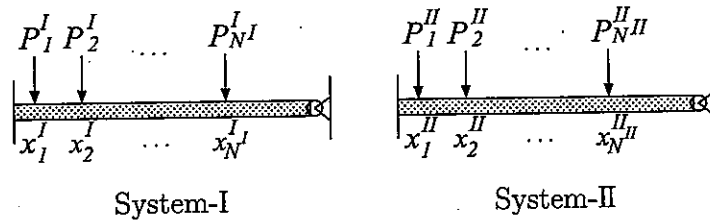


Fig. 1-4

Assume $N^I = N^{II} = 1$. Show that the following equation holds.

$$P_1^I w^{II}(x_1^I) = P_1^{II} w^I(x_1^{II})$$

Show that the following equation holds for $N^I > 1$ and $N^{II} > 1$, by mathematical induction.

$$\sum_{i=1}^{N^I} P_i^I w^{II}(x_i^I) = \sum_{j=1}^{N^{II}} P_j^{II} w^I(x_j^{II})$$

Problem 2

Consider vibration of a tower structure with a circular plate at the tower top. The center of the circular plate is fixed at the top of the tower as in Fig. 2-1. The height of the tower is l , the second moment of area is I , and Young's modulus is E . The circular plate has uniform thickness and the mass is m .

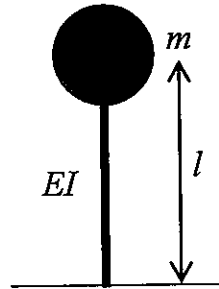


Fig. 2-1 A tower structure with a circular plate fixed at the top

- (1) When vibration problems of such a structure are investigated, a simplified single-degree-of-freedom (SDOF) model as shown in Fig. 2-2 is often employed. In this model, tower top displacement, x , relative to the ground is the only degree of freedom. Show that the stiffness, k , of this SDOF system is represented as $k = 3EI/l^3$.

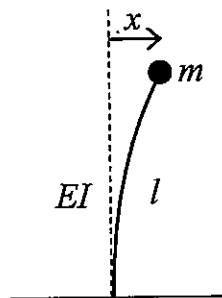


Fig. 2-2 A SDOF model

- (2) Structural damping is often modeled as a dashpot as shown in Fig. 2-3. Derive the equation of motion for this SDOF model subjected to horizontal ground acceleration, z . The damping coefficient of the dashpot is c . The mass of the tower can be assumed negligible.

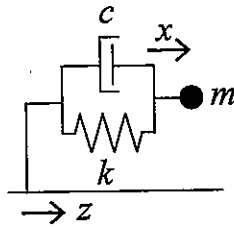


Fig. 2-3 A damped SDOF model

- (3) Consider sinusoidal ground acceleration, $z(t) = A \sin \bar{\omega} t$ ($\bar{\omega} = \sqrt{k/m}, t \geq 0$), in Fig. 2-3. Obtain the amplitude of the tower-top displacement when time goes to infinity. The initial condition is $x(0) = \dot{x}(0) = 0$. Draw a rough figure indicating the time history. c is positive and small. Obtain the solution of the transient vibration.
- (4) Accelerometers are installed at the center of the circular plate and on the ground. The vibration considered in (3) is measured with these accelerometers. Assuming m is known, explain how c can be estimated based on the measurement. The accelerometers measure absolute acceleration.
- (5) Appropriate modeling simplifies complex structure's behaviors and allows to focus on essential structural behaviors. However, behaviors of a model and those of a real structure are not identical. While a circular plate with distributed mass is fixed at the tower top in Fig. 2-1, the plate is modeled as a point mass in Fig. 2-2. Explain whether the natural frequency of the structure in Fig. 2-1 is higher or lower than that of the simplified model in Fig. 2-2 and discuss the reasons.

Speciality A

Problem 1

Answer the following questions. You do not have to, but you can use equations to answer the questions.

- (1) Figure 1-1 shows the water flow in the hose, whose cross-sectional area is narrowed at its opening. The flow rate of the water is kept constant.
 - (a) Show that a water flow at A is accelerated while the current velocity at this point does not change with time.
 - (b) When the cross-sectional area of the hose opening was narrowed, the water was discharged further in the down-stream direction. Describe the hydraulic mechanisms of this phenomenon.

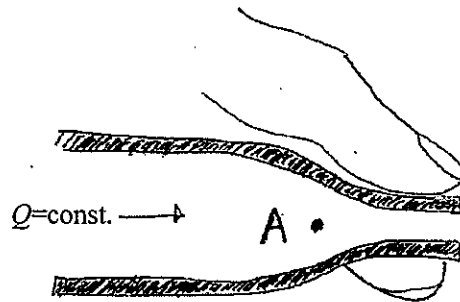


Figure 1-1

- (2) Figure 1-2 shows the uniformly sloping wide rectangular waterway whose width is narrowed in the down-stream direction. When the constant volume of water flowed along this waterway, the water depth decreased in the down-stream direction. Describe the hydraulic mechanisms of this phenomenon. What is this hydraulic flow condition called?

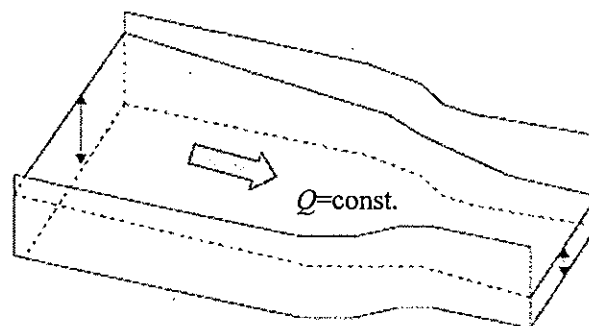


Figure 1-2

Problem 2

As shown in Figure 2, a siphon pipeline was installed over the dam. Let atmospheric pressure, water density, and gravity be p_0 , ρ and g , respectively, and answer the following questions.

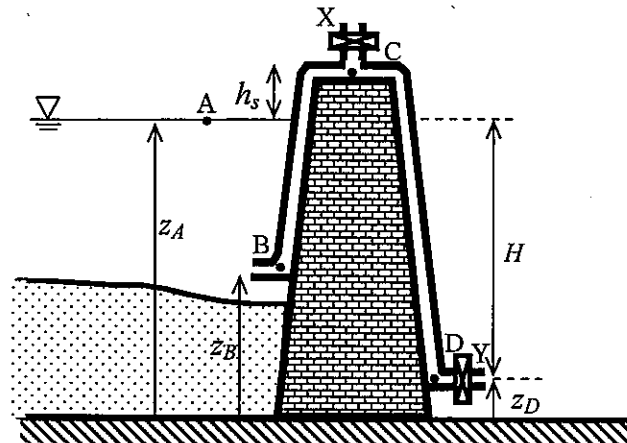


Figure 2

- (1) Both bulbs X and Y were initially open. To discharge water over the dam, we first need to shut bulb X and pump up water until the pipeline starts to siphon. Assuming that the pump is installed at the bulb Y, estimate how much negative pressure the pump needs to yield.
- (2) Both bulbs X and Y were shut and the pipeline was filled with water. Under this condition, estimate pressures at A, B, C, and D. Note that solid circles indicate the locations of A, B, C and D. While A is on the free water surface, B, C, and D are located along the centerline of the pipeline.
- (3) After the bulb Y was opened, the water began to flow in the pipeline. Ignore any head loss and estimate the flow velocity in the pipeline. Under this condition, express pressures at B, C and D.
- (4) If the water pressure in the pipeline gets smaller than the saturated vapor pressure of water, p_v , the system suffers cavitations. Estimate the critical siphon height, $h_{s,max}$, i.e., the maximum height of station C under which the system does not cause cavitations. Ignore any head loss in the system.
- (5) In reality, the pipeline has head losses due to various factors such as friction of the wall or sudden enlargements of the cross-sectional area of the pipeline. Describe how $h_{s,max}$ changes if you have head loss along the pipeline, and discuss the physical mechanisms of the described phenomenon.

Problem 3

Answer the following questions regarding sediment transport and morphology in the hydrosphere.

- (1) Consider a spherical particle, resting on the others, making up a horizontal bed in the critical condition of movement by a steady water flow with density ρ , as shown in Fig. 3. The density of the particles is ρ_s , the diameter is D and the gravity acceleration is g . Answer the following questions.

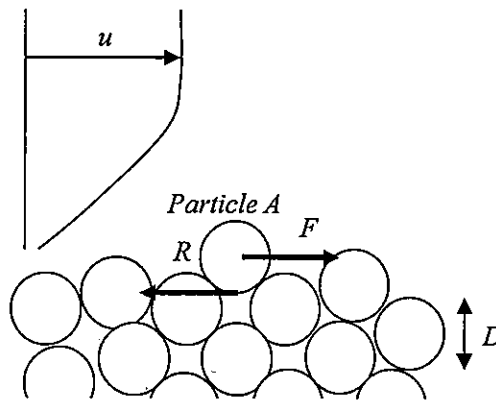


Fig. 3

- (a) Describe the horizontal fluid force F exerted on *Particle A* resting on the surface of the bed, with u , f and $\tau_b (= \rho f u^2)$ denoting respectively the flow velocity at the edge of the bottom boundary layer, the bottom friction factor and the bottom shear stress.
- (b) Ignoring the lift force and with μ denoting the static frictional coefficient among particles, describe the maximum static friction force R for the incipient motion of the *Particle A*. You can assume that the vertical force exerted on *Particle A* is the difference between the gravitational force and the buoyancy.
- (c) The ratio F/R is considered to represent the mobility of the particles. With this ratio F/R , explain the reason why large particles are less mobile in the flow.
- (2) Characteristic morphology is observed in rivers and coasts where sediments with different grain size are gathered at different locations. Describe one such example and explain the formation mechanism of the morphology by using the ratio F/R used in (1) (c) within five lines. Draw figures if necessary.

Problem 4

Answer the following questions regarding “heat island” and “UCHI-MIZU,” which is one Japanese traditional custom involving sprinkling water on streets.

- (1) Explain briefly with approximately ten lines in total on a) what heat island is, b) what the major factors are, c) under what conditions “heat island” tends to be observed, and d) why the phenomenon is called “heat island.” Qualitative descriptions are acceptable.
- (2) Consider the energy balance of a very thin layer on the land surface which is a state of thermal equilibrium. Let assume the energy balance of land surface can be written as

$$(1 - \alpha)R_{s\downarrow} + \varepsilon R_{l\downarrow} - \varepsilon \sigma T_s^4 + Q = H + \ell E + G \quad (1)$$

$$H = c_p \rho C_H (T_s - T) u \quad (2)$$

$$\ell E = \ell \rho C_H (q_s(T_s) - q) u \quad (3)$$

where $R_{s\downarrow}$, $R_{l\downarrow}$, T_s , H , ℓE , G , α , ε , σ , Q , ρ , c_p , C_H , u , T , q , $q_s(T)$ are short wave (solar) radiation, long wave (infrared) radiation, surface temperature, sensible heat flux, latent heat flux, ground heat flux, albedo, emissivity, Stefan-Boltzmann constant, anthropogenic heat release, density of air, specific heat of air, exchange coefficient of sensible and latent heat flux, wind speed, temperature, specific humidity, and saturated specific humidity at temperature T , respectively. Here E is evapotranspiration and ℓ is the heat energy necessary to evaporate a unit mass of water. Answer the following sub-questions.

- (a) Explain the mechanism of heat island in urban area utilizing equations (1)-(3).
- (b) Explain the mechanism why “UCHI-MIZU” reduces temperatures in urban areas using the equations (1)-(3).
- (3) Describe in several lines how much you think “UCHI-MIZU” has an impact to mitigate the “heat island” phenomenon in urban areas. Please assume that the left part of equation (1), excluding Q , is approximately 500 W/m^2 at noon in the mid-summer in Japan, the amplitude of the diurnal cycle of G is approximately 50 W/m^2 , and ℓ is approximately $2.5 \times 10^6 \text{ J/kg}$.