

2026年4月入学／2025年10月入学（夏期募集）

横浜国立大学大学院都市イノベーション学府 入学試験問題 解答例・出題意図

都市地域社会	専攻
都市地域社会	コース〔都市基盤問題〕
国際基盤学	コース〔 〕
試験科目	（学科試験Ⅰ）

大問 1 (数学) (解答例)
Part 1 (Mathematics)

[1] 微積分に関する基礎的な理解を確認する問題である

$$(1) \frac{y}{x} = u \text{ とおくと, } \frac{dy}{dx} = \frac{2x-y}{x} = 2 - \frac{y}{x} = 2 - u$$

$$y = ux \text{ より, } \frac{dy}{dx} = \frac{du}{dx}x + u \text{ なので,}$$

$$\frac{du}{dx}x + u = 2 - u$$

$$x \frac{du}{dx} = 2 - 2u$$

$$\frac{1}{1-u} \frac{du}{dx} = \frac{2}{x}$$

両辺を x で積分して

$$\int \frac{1}{1-u} du = \int \frac{2}{x} dx \Leftrightarrow -\log|1-u| = 2\log|x| + C$$

$$\Leftrightarrow \log\left|1 - \frac{y}{x}\right| = -\log|x^2| + C \Leftrightarrow \log\left|1 - \frac{y}{x}\right| + \log|x^2| = C$$

$$\Leftrightarrow \log\left|x^2\left(1 - \frac{y}{x}\right)\right| = C \Leftrightarrow x^2 - xy = e^C$$

$e^C = A$ と置き換えると $x^2 - xy = A$ なので, 一般解は

$$y = x - \frac{A}{x}$$

(2) 斉次方程式 $y'' - y' - 6y = 0$ の一般解は, 特性方程式 $k^2 - k - 6 = 0$ より

$$(k-3)(k+2) = 0 \Leftrightarrow k = 3, -2$$

なので, 一般解は $y = C_1 e^{3x} + C_2 e^{-2x}$ となる. 次に特殊解を $y = axe^{3x}$ とおくと, $y' = ae^{3x} + 3axe^{3x}$, $y'' = 3ae^{3x} + 3ae^{3x} + 9axe^{3x}$ なので, 与式に代入して

$$6ae^{3x} + 9axe^{3x} - (ae^{3x} + 3axe^{3x}) - 6axe^{3x} = e^{3x}$$

$$5ae^{3x} = e^{3x}$$

$$a = \frac{1}{5}$$

したがって一般解は

$$y = C_1 e^{3x} + C_2 e^{-2x} + \frac{1}{5} x e^{3x}$$

[2] 線形代数に関する基礎的な理解を確認する問題である.

(1) 正則であるかを調べるために, 行列式を計算する.

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 4 & -6 & 5 \\ -3 & 5 & -3 \end{vmatrix} = (18 + 0 + 40) - (36 + 0 + 25) = -3 \neq 0$$

よって正則である. 逆行列は, 掃き出し法により,

$$\left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 0 & 2 & 1 & 0 & 0 \\ 4 & -6 & 5 & 0 & 1 & 0 \\ -3 & 5 & -3 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 0 & 2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -6 & -3 & -4 & 1 & 0 \\ 0 & 5 & 3 & 3 & 0 & 1 \end{array} \right]$$

$$\rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 0 & 2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1/2 & 2/3 & -1/6 & 0 \\ 0 & 0 & 1/2 & -1/3 & 5/6 & 1 \end{array} \right]$$

$$\rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 0 & 0 & 7/3 & -10/3 & -4 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -2/3 & 5/3 & 2 \end{array} \right]$$

$$\text{よって逆行列 } A^{-1} = \begin{bmatrix} 7/3 & -10/3 & -4 \\ 1 & -1 & -1 \\ -2/3 & 5/3 & 2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 7 & -10 & -12 \\ 3 & -3 & -3 \\ -2 & 5 & 6 \end{bmatrix}$$

(2) 対角化可能かを調べるために, 固有値と固有ベクトルを求める.

$$A \text{ の固有方程式は } \begin{vmatrix} 5-\lambda & -1 & -2 \\ 0 & 2-\lambda & 0 \\ 6 & -2 & -2-\lambda \end{vmatrix} = -(\lambda-1)(\lambda-2)^2 = 0$$

よって固有値は, $\lambda = 1, 2$ (2は重解).

$$\lambda = 1 \text{ のとき, } \begin{bmatrix} 4 & -1 & -2 \\ 0 & 1 & 0 \\ 6 & -2 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = 0. \text{ これを解くと固有ベクトルは } \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$\lambda = 2 \text{ のとき, } \begin{bmatrix} 3 & -1 & -2 \\ 0 & 0 & 0 \\ 6 & -2 & -4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = 0$$

1行目と3行目はいずれも同じ $3x - y - 2z = 0$ という式である. s, t を任意の数とすると

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = s \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} + t \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix} \text{ となり, 2つの固有ベクトル } \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix} \text{ を得られる.}$$

したがって3つの固有ベクトルが得られ、行列**A**は対角化可能である.

これら3つの固有ベクトルから、正則行列 $P = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 3 \end{bmatrix}$ とその逆行列

$P^{-1} = \begin{bmatrix} -3 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 0 \\ 2 & -1 & -1 \end{bmatrix}$ を用いて対角化を行うと,

対角行列 $\mathbf{D} = \mathbf{P}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{P} = \mathbf{D} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$ となる.

大問 2 (構造工学 1) (解答例)

図 1 に示すラーメン構造の部材 BC 上に等分布荷重 w が作用している。すべての部材の曲げ剛性は EI とする。また、支点 A および D での支点反力をそれぞれ H_A 、 V_A 、 M_A および H_D 、 V_D 、 M_D とする。1) ～ 6) の問いに答えなさい。

A rigid frame structure is subjected to a uniformly distributed load of w on the member BC as shown in Fig. 1. Assuming that all members have the bending stiffness of EI , and denoting the reaction forces at supports A and D as H_A 、 V_A 、 M_A and H_D 、 V_D 、 M_D , respectively, answer the questions 1) – 6).

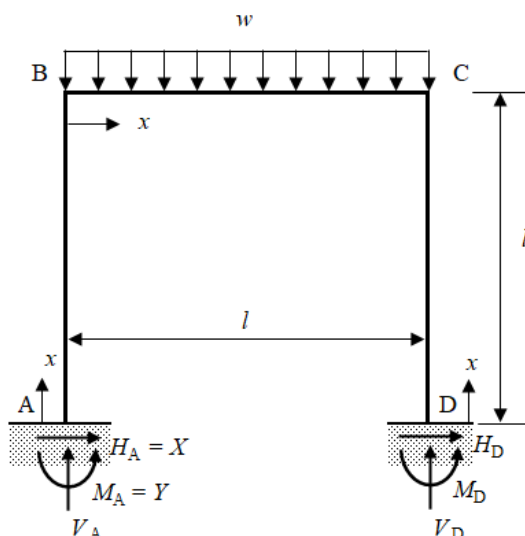


図 1 等分布荷重を受けるラーメン構造

Fig. 1 Rigid frame structure subjected to uniformly distributed load

- 1) $H_A = X$ 、 $M_A = Y$ とするとき、 H_D 、 M_D を X 、 Y を用いて表しなさい。また、 V_A 、 V_D を w を用いて表しなさい。

When $H_A = X$ and $M_A = Y$, show H_D and M_D by using X and Y . Besides, show V_A and V_D by using w .

力のつり合い式より

$$\text{水平: } H_A + H_D = 0 \quad \Rightarrow \quad H_D = -H_A = -X$$

$$\text{鉛直: } -V_A - V_D + wl = 0 \quad \text{および左右対称より} \quad \Rightarrow \quad V_A = V_D = \frac{wl}{2}$$

$$\text{モーメント (A 点まわり): } -M_A - M_D - V_D l + \frac{wl^2}{2} = 0 \quad \Rightarrow \quad M_D = -M_A = -Y$$

- 2) 部材 AB、BC、CD の曲げモーメントを、それぞれ $M_1(x)$ 、 $M_2(x)$ 、 $M_3(x)$ として、 $M_1(x)$ 、 $M_2(x)$ 、 $M_3(x)$ を X 、 Y 、 w を用いて表しなさい。なお、各部材の座標軸 x は図に示すように部材座標として定義する。

Denoting the bending moment of members AB, BC and CD as $M_1(x)$ 、 $M_2(x)$ and $M_3(x)$, respectively,

show $M_1(x)$, $M_2(x)$ and $M_3(x)$ by using X , Y and w . Note that the coordinate (x) of each member is defined as shown in Fig. 1

$$M_1(x) = -M_A - H_A x = -Y - Xx$$

$$M_2(x) = -M_A - H_A l + V_A x - \frac{w}{2} x^2 = -Y - Xl + \frac{wl}{2} x - \frac{w}{2} x^2$$

$$M_3(x) = -M_D - H_D x = Y + Xx$$

* 曲げモーメントは、 x 軸に対して反時計回りを正としているが、各成分の符号が整合していれば、時計回りでも構わない。

- 3) ラーメン構造に蓄えられるひずみエネルギー U を $M_1(x)$, $M_2(x)$, $M_3(x)$ を用いて表しなさい。

Show the strain energy (U) of the rigid frame structure by using $M_1(x)$, $M_2(x)$ and $M_3(x)$.

$$U = \frac{1}{2EI} \left[\int_0^l M_1(x)^2 dx + \int_0^l M_2(x)^2 dx + \int_0^l M_3(x)^2 dx \right]$$

- 4) カスティリアノの第2定理について 50 字程度で説明しなさい。

Explain the Castigliano's second theorem with about 50 words.

外力が作用する構造物のひずみエネルギーを、ある外力に関する偏微分がその外力の作用点の外力の作用方向の変位を表す

- 5) 3) で求めたひずみエネルギーをもとに、カスティリアノの第2定理を用いて、 X , Y を求めなさい。

Based on the strain energy obtained in 3), calculate X and Y by using the Castigliano's second theorem.

支点 A での水平変位 δ_{AH} 、回転変位 θ_A は固定端のため、 $\delta_{AH} = 0$ 、 $\theta_A = 0$ であることから、カスティリアノの第2定理を適用して、

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial X} &= \frac{1}{EI} \left[\int_0^l (Yx + Xx^2) dx + \int_0^l \left(Yl + Xl^2 - \frac{wl^2}{2} x + \frac{wl}{2} x^2 \right) dx + \int_0^l (Yx + Xx^2) dx \right] \\ &= \frac{1}{EI} \left[2Y + \frac{5}{3} lX - \frac{wl^2}{12} \right] = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial Y} &= \frac{1}{EI} \left[\int_0^l (Y + Xx) dx + \int_0^l \left(Y + Xl - \frac{wl}{2} x + \frac{w}{2} x^2 \right) dx + \int_0^l (Y + Xx) dx \right] \\ &= \frac{1}{EI} \left[3Y + 2lX - \frac{wl^2}{12} \right] = 0 \end{aligned}$$

上式より

$$X = \frac{wl}{12}, \quad Y = -\frac{wl^2}{36}$$

以上より、

$$H_A = \frac{wl}{12} \quad , \quad V_A = \frac{wl}{2} \quad , \quad M_A = -\frac{wl^2}{36}$$

$$H_D = -\frac{wl}{12} \quad , \quad V_D = \frac{wl}{2} \quad , \quad M_D = \frac{wl^2}{36}$$

6) ラーメン構造の曲げモーメント図として、最も適切なものを図 2 (a)～(e)から選びなさい。

また、その理由を簡単に説明しなさい。なお、図 2 は曲げモーメント分布の概形を示しており、部材の引張側にモーメントを示している。

Choose the most appropriate bending moment distribution of the rigid frame structure from (a) – (e) in Fig. 2, with the reason. Note that the bending moment distributions are roughly shown in Fig. 2 in tension side of members.

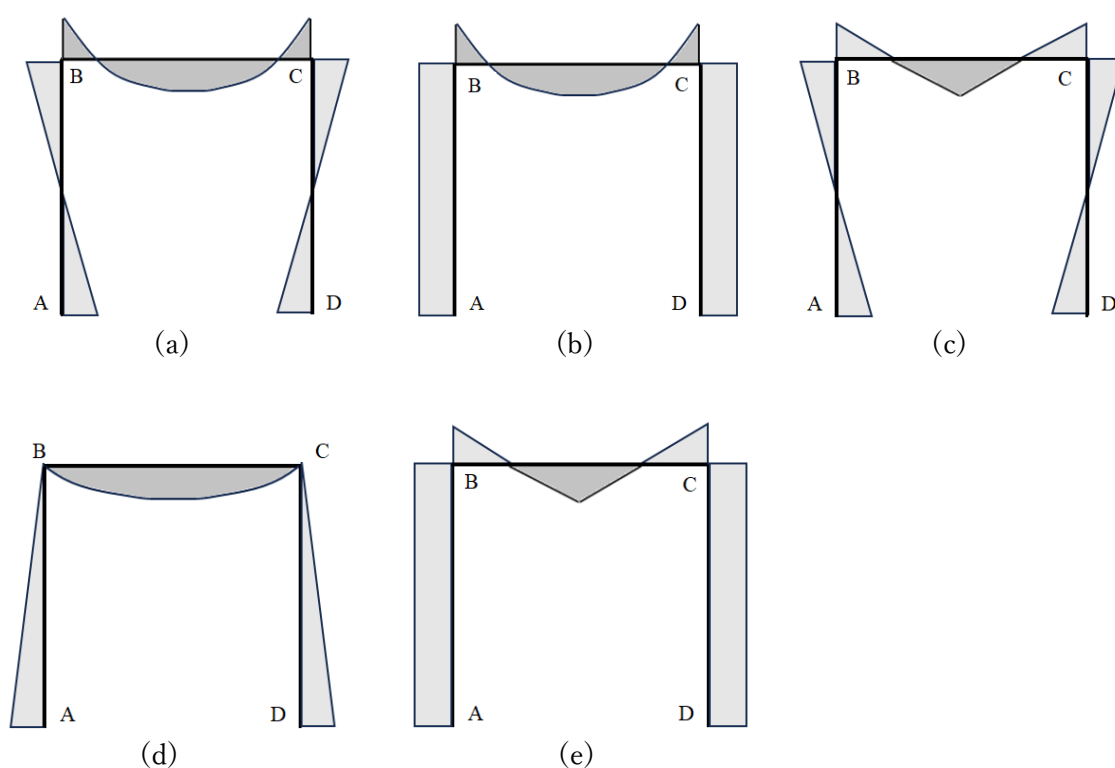
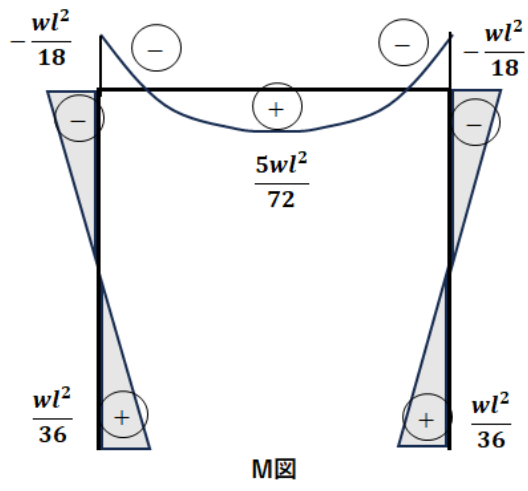


図 2 曲げモーメント分布
Fig. 2 Bending moment distribution

正答： (a)

理由： BC においては等分布荷重のため、放物線分布となる。また、節点 B、C は剛結であり、節点モーメントは作用していないため、節点 B、C でのモーメントは連続する。部材 AB、CD においては中間に荷重は作用せず、支点 A、D でのモーメント反力から水平反力により直線的に変化することになるために、(a)が最も適切な形状となる。

【参考】



大問3 (構造工学2) (解答例)

1. 図1に示す2層ラーメン構造の1層目に調和振動外力 $F_0 \cos \omega t$ (ω は円振動数、 t は時刻) が作用している。1層目の質量を m_1 、減衰係数を c_1 、剛性(ばね定数)を k_1 とし、2層目のそれぞれを m_2 、 c_2 、 k_2 とするとき、以下の問いに答えなさい。

A 2-story rigid frame structure is subjected to harmonic excitation loading of $F_0 \cos \omega t$ (ω : circular frequency and t : time) as shown in Fig. 1. Assuming that the mass, damping coefficient and stiffness of the 1st floor and the 2nd floor are m_1 , c_1 , k_1 and m_2 , c_2 , k_2 , respectively, answer the following questions.

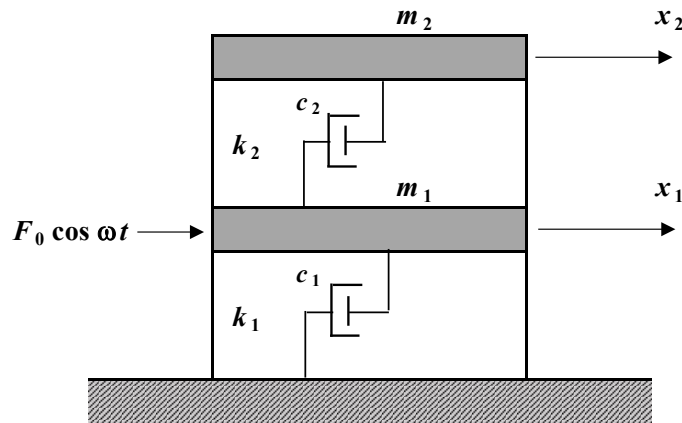


図1 2層ラーメン構造

Fig. 1 2-story rigid frame structure

- 1) この構造の1層目、2層目に作用する慣性力、減衰力、復元力を図に示す記号と変位座標系に従って示しなさい。

Show the inertia, damping and restoring forces of the 1st and 2nd floors by using symbols and the coordinates as shown in Fig. 1.

	慣性力	減衰力	復元力
第1層	$-m_1 \ddot{x}_1$	$-c_1 \dot{x}_1 - c_2 (\dot{x}_1 - \dot{x}_2)$	$-k_1 x_1 - k_2 (x_1 - x_2)$
第2層	$-m_2 \ddot{x}_2$	$-c_2 (\dot{x}_2 - \dot{x}_1)$	$-k_2 (x_2 - x_1)$

- 2) ダランベールの原理について簡単に説明するとともに、この構造の運動方程式を示しなさい。

Give explanation of d'Alembert's principle briefly and show the equation of motion of the structure.

【ダランベールの原理】

物体の慣性力と外力がつり合うとして、物体の運動問題を力のつり合い問題に帰着させること。

【運動方程式】

$$m_1 \ddot{x}_1 + (c_1 + c_2) \dot{x}_1 - c_2 \dot{x}_2 + (k_1 + k_2)x_1 + k_2 x_2 = F_0 \cos \omega t$$

$$m_2 \ddot{x}_2 - c_2 \dot{x}_1 + c_2 \dot{x}_2 - k_2 x_1 + k_2 x_2 = 0$$

- 3) 非減衰自由振動状態を仮定した時の 2 層ラーメン構造の運動方程式が式 (1) で表されるとき、固有値解析を行い、固有振動数、固有振動モードを求め、固有振動モードを図示しなさい。

Assuming that equations of motion of an undamped 2-story rigid frame structure is given by Eq. (1), perform an eigenvalue analysis, and calculate natural frequencies and vibration modes. Besides, show diagrams of the vibration modes.

$$\begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 5k & -2k \\ -2k & 2k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

調和振動変位 $x_1 = X_1 \cos \omega t$ 、 $x_2 = X_2 \cos \omega t$ を仮定することで、式 (1) は、

$$\begin{bmatrix} 5k - m\omega^2 & -2k \\ -2k & 2k - m\omega^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

と書き換えられるので、系が有意な解をもつためには、

$$\det \begin{bmatrix} 5k - m\omega^2 & -2k \\ -2k & 2k - m\omega^2 \end{bmatrix} = 0$$

である必要があることから、

$$(5k - m\omega^2)(2k - m\omega^2) - 4k^2 = 0$$

となり、すなわち

$$m^2 \omega^4 - 7mk\omega^2 + 6k^2 = 0$$

となる。これを ω について解くと、

$$\omega^2 = \frac{7mk \pm \sqrt{49m^2k^2 - 24m^2k^2}}{2m^2} = \frac{7 \pm 5}{2} \frac{k}{m}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad \sqrt{6} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

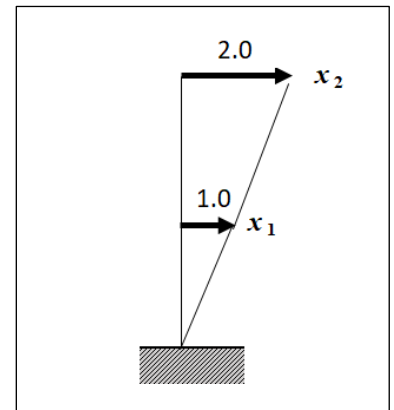
$$\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \omega_2 = 2.45 \sqrt{\frac{k}{m}}$$

ω_1 のとき

$$\left(5k - m \frac{k}{m}\right) x_1 - 2k x_2 = 0$$

$$4x_1 - 2x_2 = 0$$

$$\frac{x_2}{x_1} = 2.0$$

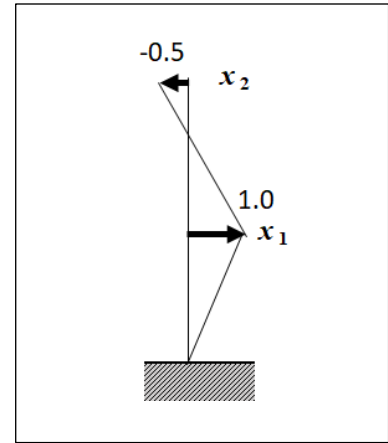


ω_2 のとき

$$\left(5k - m \times 6 \frac{k}{m}\right) x_1 - 2kx_2 = 0$$

$$-x_1 - 2x_2 = 0$$

$$\frac{x_2}{x_1} = -0.5$$



2. 調和振動外力 $F_0 \cos \omega t$ (ω は円振動数、 t は時刻) を受ける 1 自由度減衰振動系の応答変位 x は、一般に式 (2) のように表される。 k は系の剛性、 α は外力に対する変位の位相角を表す。また、 M は振動変位振幅の最大値と静的変位 ($\omega=0$ の時) の比を表す動的応答倍率であり、外力円振動数 ω を変化させた時の動的応答倍率 M と位相角 α は図 2 のように示される。なお、図中の 0.01~1.0 の数値は系の減衰定数を表す。

外力円振動数 ω が系の固有円振動数 ω_0 と一致すると“共振”を生じ、位相角 α が $\pi/2$ となるとともに動的応答倍率 M が増大する。このことについて、系に作用する慣性力、減衰力、復元力、外力のつりあいの観点から説明しなさい。

The vibration displacement response x of a 1DOF damped oscillator subjected to harmonic excitation loading of $F_0 \cos \omega t$ (ω : circular frequency and t : time) is generally expressed by Eq. (2) where k is the stiffness and α is the phase angle of the displacement to the load. M is the dynamic magnification factor, which is the ratio of the maximum displacement amplitude to the static displacement (when $\omega = 0$). Fig. 2 shows changes of M and α against the frequency ratio (ω/ω_0). Note that values of 0.01 – 1.0 in Fig. 2 are the damping ratio.

Resonance occurs when ω coincides with the natural frequency of the system ω_0 , and α becomes $\pi/2$ and M increases. Give explanation about this phenomenon based on the force balance among the inertia, damping, restoring and external force acting on the system.

$$x = \frac{F_0}{k} M \cos(\omega t - \alpha) \quad (2)$$

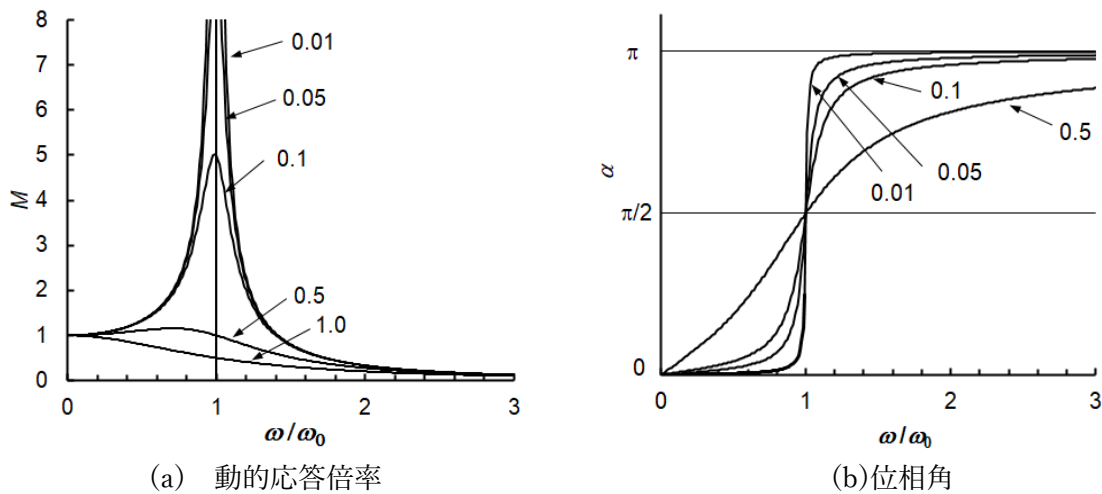


図 2 調和振動外力を受ける 1 自由度振動系の応答

Fig. 2 Vibration response of 1DOF oscillator by harmonic excitation loading

【解答例】

外力の振動数 ω がゼロから徐々に大きくなるにつれて、変位の位相角 α が遅れ始め、共振状態においては $\pi/2$ となる。これは調和振動において、速度の位相は変位よりも $\pi/2$ だけ進んでいることから、速度に比例した減衰力は外力の位相と π だけずれることとなる。すなわち、共振状態においては、振動の減衰力を外力が最も効率的に低減することとなるため、振動応答が最大となる。また、振動振幅は構造の減衰に反比例することから、減衰定数が小さいほど共振点での動的応答倍率が大きくなる。

以下のことが述べられていること

- ・外力と減衰力の位相が π だけずれ、外力が減衰力を打ち消すこと
- ・減衰定数の大小が減衰力の大小になるため、減衰定数が小さいほど共振点での変位応答が大きくなる

大問 4 (水工 1) 解答例

1.

(1)

$$h_2 = \frac{1}{2} \left(-h_1 + \sqrt{h_1^2 + 4 \frac{Q^2}{gh_1}} \right) \quad (\text{ただし, 導出過程が適切に記載されていること})$$

(2) エネルギー損失を ΔE とする.

$$\Delta E = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1h_2} \quad (\text{ただし, 導出過程が適切に記載されていること})$$

2.

(1) h_0 (等流水深) $< h_c$ (限界水深)

(2)

h の範囲	$0 <$		$< h_0 <$		$< h_c <$	
分子		負	0	正	正	正
分母		負	負	負	0	正
dh/dx		正	0	負	$-\infty +\infty$	正

3.

z 方向のナビエ・ストークスの方程式は以下と示される.

$$\frac{Dw}{Dt} = \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) - g$$

ここで, u , v , w はそれぞれ水平 x , 奥行き y , 鉛直 z 方向の流速, t は時間, P は圧力, ρ は密度, ν は動粘性係数, g は重力加速度である.

開水路において, 鉛直流速 w が非常に小さい場合においては粘性も無視できることから

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} = 0 \text{ となる. また, } w \text{ が非常に小さい状態では鉛直加速度を無視すること}$$

ができることから $\frac{Dw}{Dt} = 0$ となる. 以上より, $\frac{\partial p}{\partial z} = \rho g$ となり, これは流体が静止している

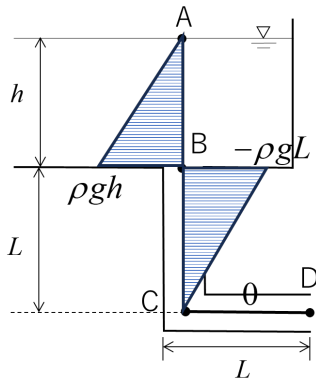
時の静水圧分布と同一となる.

大問 5 （水工 2） 解答例

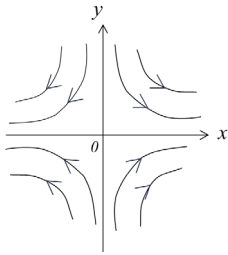
1 .

$$(1) \quad v = \sqrt{2g(h+L)}, \quad Q = \frac{d^2}{4} \pi \sqrt{2g(h+L)}$$

(2) それぞれの区間での圧力を導出し，下図を示す.



2 . 流線 : $xy = \text{一定}$



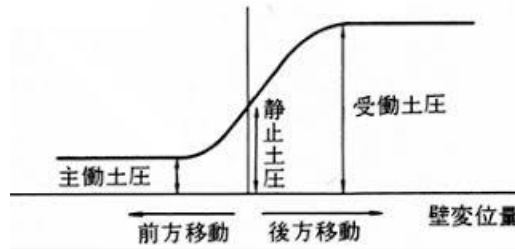
3 . 波が沖合から浅海域へ進行すると，水深の減少に伴って波速が低下し，波長が短くなる．このとき波のエネルギーはほぼ保存されるため，波高が次第に増加し，波形は波の前面が急峻な非対称形に変形する．波高は水深に依存し大きくなるものの，限界が来ると砕波に至る．波高と周期はフルード則で考える．波高＝0.10 m，周期＝2.0 s．

第6問 (地盤工学1) (解答例)

[1] 下記の設問に答えよ。

Answer the following questions.

- (1) 主働土圧, 受働土圧, 静止土圧の違いを壁体の変位の関係図を用いて説明せよ。また, これらの土圧の大小関係についても述べよ。



- (2) 室内における土のせん断試験を二つ挙げ, それぞれの試験方法について説明せよ。

三軸, 一面せん断, 一軸圧縮試験など

- (3) 斜面崩壊の形状には通常, 直線状のものと円弧状のものがある。それぞれがどのような地盤条件で発生するかを説明せよ。

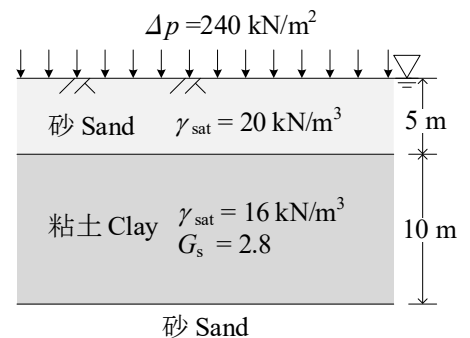
直線状の滑り: 風化岩盤, 頁岩, 粘板岩, 凝灰岩など, 節理や層理面が発達した地盤

円弧状の滑り: 埋立地, 盛土, 自然斜面などの均質かつ一様な軟弱地盤

- (4) 限界動水勾配について説明せよ。

地盤中を水が上向きに流れるときに, 透水力によって有効応力がゼロになり, 土粒子が浮き上がる限界状態に達する水の勾配を指す。この限界を超えるとボイリング, パイピングや発生する。

- [2] 右図に示すように, 上下を砂層に挟まれた層厚 10 m の飽和粘土層 (飽和単位体積重量 $\gamma_{\text{sat}}=16 \text{ kN/m}^3$, 間隙比 $e_0=1.60$) がある。この地盤の上に地上構造物が建設されたことで, 有効応力が $\Delta p = 240 \text{ kN/m}^2$ 増加し, 粘土層が均等に圧密された場合, 以下の設問に答えよ。ただし, 粘土層の比重 $G_s=2.8$, 圧縮指数 $C_c=0.495$, 膨潤指数 $C_s=0.005$, 圧密降伏応力 $p_c = 160 \text{ kN/m}^2$ とする。また, 重力加速度 $g=10 \text{ m/s}^2$ とし, 必要に応じて次の対数値を使用して良い。



$\log_{10}2=0.3010$, $\log_{10}3=0.4771$, $\log_{10}5=0.6990$

- (1) 粘土層の初期間隙比を求めなさい。

$$\text{初期間隙比 } e_0 = \frac{r_s - r_{\text{sat}}}{r_{\text{sat}} - r_w} = \frac{2.8 \times 10 - 16}{16 - 10} = \frac{12}{6} = 2$$

- (2) 圧密による粘土層の間隙比の変化を求めなさい。

$$\text{初期有効応力 } p_0 = (20 - 10) \times 5 + (16 - 10) \times 5 = 80 \text{ kPa}$$

$$\text{建設後の有効応力 } p = 240 + 80 = 320 \text{ kPa}$$

Point: 圧密降伏応力を考慮し, P_0 から圧密降伏応力までは膨潤指数, 圧密降伏応力から建設後の有効応力までは圧縮指数を用いて計算。

$$\begin{aligned} \Delta e &= \Delta e_1 + \Delta e_2 = -C_s * (\log 160 - \log 80) - C_c * (\log 320 - \log 160) \\ &= -0.005 * \log \frac{160}{80} - 0.495 * \log \frac{320}{160} \\ &= -\log 2 * (0.005 + 0.495) \\ &= -0.3010 * 0.5 = -0.1505 \end{aligned}$$

- (3) 粘土層の最終沈下量を求めなさい。

$$S = \frac{\Delta e}{1 + e_0} H = \frac{\Delta e}{1 + e_0} H = \frac{0.1505}{1 + 2} H = 0.502 \text{ m}$$

第7問 (地盤工学2) (解答例)

[1] 以下の語句を説明せよ。必要に応じて図・数式を利用してもよい。

Explain the following terms. You can use illustrations and/or equations if necessary.

(1) 鋭敏比

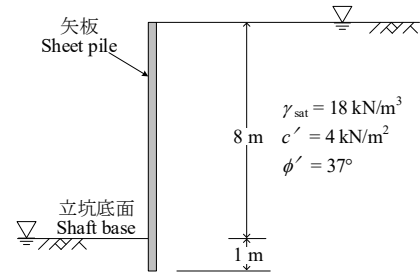
Sensitivity ratio

攪乱前の一軸圧縮強度を攪乱後の一軸圧縮強度で割って得た比であり、この値が大きいほど攪乱によって強度低下しやすい。大抵の土では2~4程度であるが、4~8なら鋭敏粘土、8~16なら超鋭敏粘土、16を超えるとクイックレーと呼ぶ。

(2) 定水位透水試験

水頭差を一定に保ったまま水を土試料に通水し、透水係数 (permeability coefficient) を求める方法。透水係数が比較的大きい粗粒土を対象にする。

[2] 右図のような立坑を設計したい。地盤から試料を採取して圧密非排水試験を行ったところ、粘着力 $c' = 4 \text{ kN/m}^2$ 、せん断抵抗角 $\phi' = 37^\circ$ であった。地下水位および矢板の設置状況は右図に示すとおりである。なお、土の引張り強さは考慮しないものとし、地盤は矢板の前面・背面ともに均質であると仮定する。水の単位体積重量は $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ 、 $\sin 37^\circ = 0.6$ 、重力加速度は $g = 10 \text{ m/s}^2$ を用いて良い。



(1) 矢板を使用せずに掘削可能な深さを求めよ。また、この深さの名称を述べよ。

Determine the maximum depth that can be excavated without using sheet piles. Also, state what this depth is called.

一般的に：限界掘削深さ H ：主働土圧の合力がゼロになる点

ただ、ここでは引張り強さを考慮しないことから、主働土圧がゼロとなる点が、限界掘削深さとなる。

$$\text{主働土圧係数 } K_A = \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} = \frac{1 - 0.6}{1 + 0.6} = \frac{1}{4}$$

$$\sigma_A = K_A * \sigma'_V - 2c\sqrt{K_A} = \frac{1}{4} * 8 * z - 2 * 4 * \frac{1}{2} = 2 * z - 4 = 0$$

$$H = 2 \text{ m}$$

答え：2m

(2) 矢板に作用する主働土圧、受働土圧、および静水圧の分布を描け。その際、地表面、立坑底面、矢板下端の高さにおける各圧力の値を図中に明記せよ。

Draw the distributions of active earth pressure, passive earth pressure, and hydrostatic pressure acting on the sheet pile. Indicate the values of each pressure at the ground surface, the bottom of the shaft, and the tip of the sheet pile in the diagram.

$$\text{主働土圧係数 } K_A = \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} = \frac{1 - 0.6}{1 + 0.6} = \frac{1}{4}$$

$$\text{受働土圧係数 } K_p = \frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'} = \frac{1 + 0.6}{1 - 0.6} = 4$$

$$\text{主働土圧 } \sigma_A = K_A * \sigma'_V - 2c\sqrt{K_A} = \frac{1}{4} * 8 * z - 2 * 4 * \frac{1}{2} = 2 * z - 4$$

$$\text{受働土圧 } \sigma_p = K_p * \sigma'_V + 2c\sqrt{K_p} = 4 * 8 * z + 2 * 4 * 2 = 32z + 16$$

$$\text{水圧 } \gamma_w * z$$

矢板背面（主働土圧）地表面 $\sigma_A = -4 \text{ kPa}$

矢板背面（主働土圧）矢板下端 $\sigma_A = 14 \text{ kPa}$

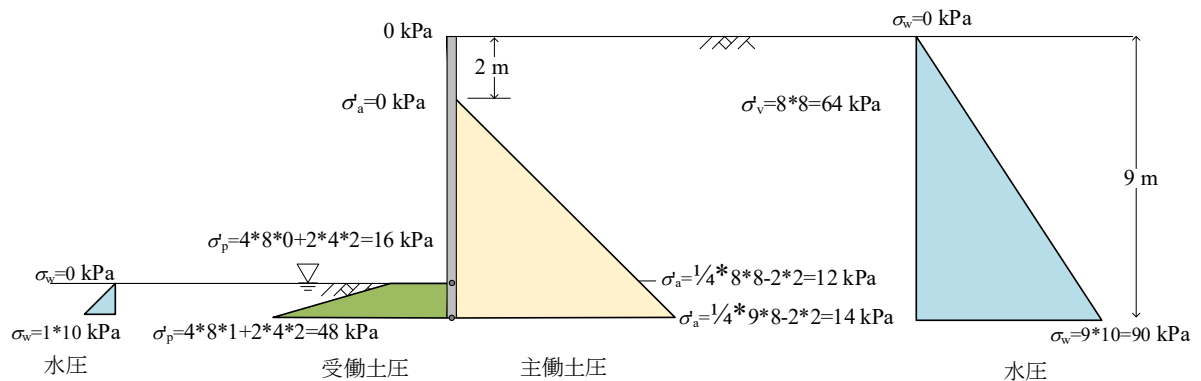
矢板背面（静水圧）地表面 $\sigma_w = 0 \text{ kPa}$

矢板背面（静水圧）矢板下端 $\sigma_w = 90 \text{ kPa}$

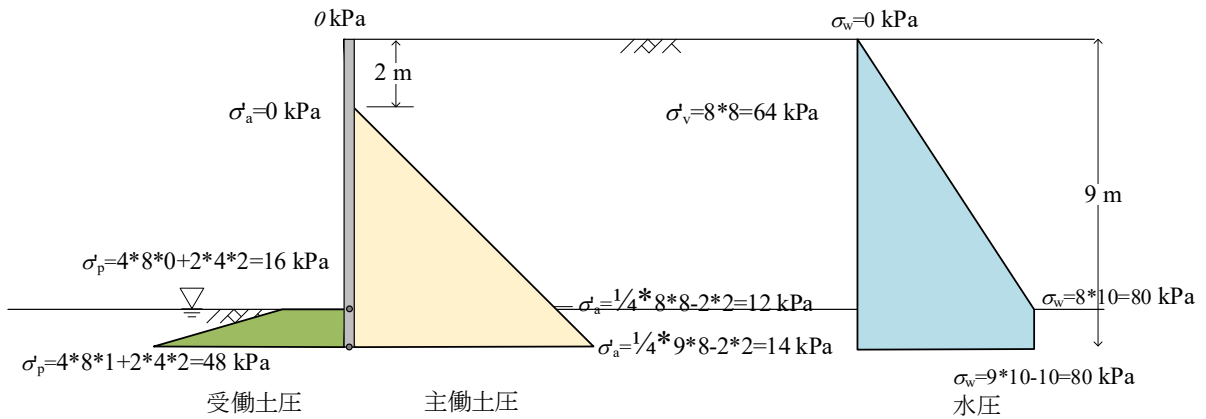
矢板前面（受働土圧）地表面 $\sigma_p = 16 \text{ kPa}$

矢板前面（受働土圧）矢板下端 $\sigma_p = 48 \text{ kPa}$
 矢板前面（静水圧）地表面 $\sigma_p = 0 \text{ kPa}$
 矢板前面（静水圧）矢板下端 $\sigma_p = 10 \text{ kPa}$

解答例 1：矢板背面と前面の静水圧分布を別々で示した場合。



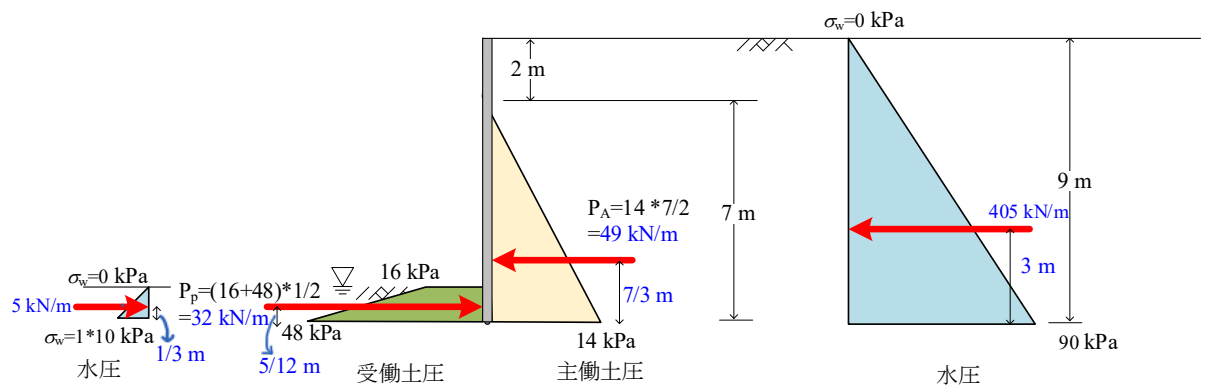
解答例 2：矢板背面と前面の静水圧分布を併せて示した場合。



(3) 主働土圧，受働土圧，および静水圧による合力およびその作用位置を求めよ。

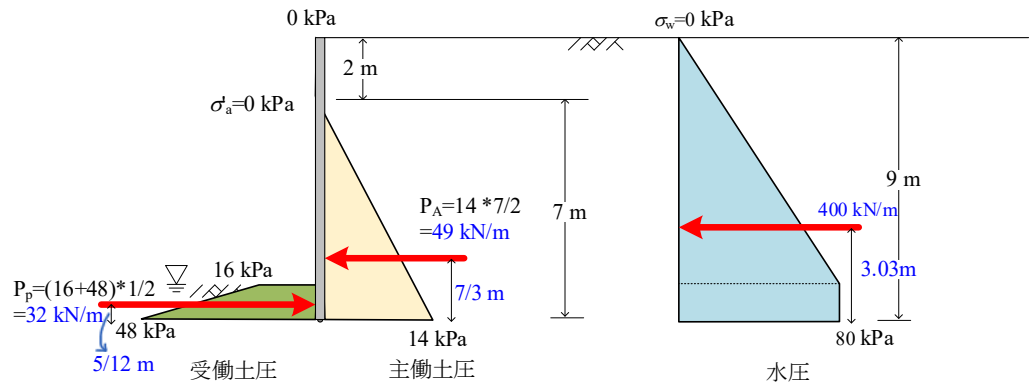
Determine the resultant forces due to active earth pressure, passive earth pressure, and hydrostatic pressure, as well as their points of application.

解答例 1：矢板背面と前面の静水圧分布を別々で示した場合。



解答例 2：矢板背面と前面の静水圧分布を併せて示した場合。

$$\text{水圧の作用位置} : \frac{80 \times 1 \times \frac{1}{2} + 80 \times \frac{8}{2} \times (1 + \frac{8}{3})}{(80 \times 1 + 80 \times 8/2)} = \frac{40 + 1173.3}{400} = 3.03 \text{ m}$$



- (4) 側圧分布に基づき、矢板に作用する水平方向のバランスについて説明せよ。また、バランスが保てない場合の対策を2つ挙げて説明せよ。

Based on the lateral earth pressure distribution, discuss the horizontal balance of forces acting on the sheet pile. If balance cannot be maintained, describe two possible countermeasures.

矢板背面側：49+405=454 kN/m

矢板前面側：5+32 = 37 kN/m

前面<背面のため、水平方向ではバランスが保っていない。

対策：①根入れ長を長くして受働土圧を増加させる。②背面地下水位を低下させ、静水圧を減少
③タイロッドを設置する。

大問 8 (土木計画学) Part 8 (Infrastructure planning)

以下の 3 問の全てを解答せよ。 Answer all the questions from 1 to 3.

1. 以下の表に示すような、変量 X と Y で表現される 5 組のデータがある。 Y を X で線形回帰した式と、回帰式の決定係数（小数点以下第 2 位まで）を求めよ。

Given the data shown in the table, find the linear regression equation of Y explained by X . Then, calculate the coefficient of determination of the regression equation (to the second decimal place).

X	-2	0	2	4	6
Y	0	1	5	3	6

X の平均 = 2, Y の平均 = 3, X の分散 = 8, Y の分散 = 5.2, 共分散 = 6.4

回帰式 $Y = a + bX$

a は共分散を X の分散で除した値。

b は、 a の値と X の平均と Y の平均を代入して求める。

決定係数 = (共分散の平方) / (X の分散 $\times$ Y の分散)。

よって、 $Y = 0.8X + 1.4$, 決定係数 = 0.98

回帰式あるいは決定係数の片方のみ正答の場合は 50% の得点。他の部分点はなし。

2. 以下の用語について、数行で説明せよ。 Explain the following words.

(1) 点行列 Point Queue

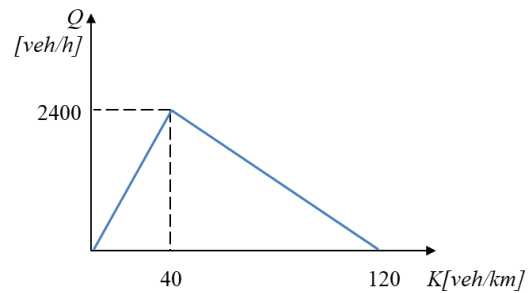
ボトルネックに形成される待ち行列の物理的な長さを無視して、仮想的にすべての滞留車両がボトルネック地点に集中して存在していると考えた待ち行列のこと。縦積み行列 (Vertical Queue) とも呼ばれる。

(2) 飽和交通流率 Saturation Flow Rate

交差点流入部において、交通需要が十分に存在する状態で、信号現示ごとまたは車線別に、単位有効青時間あたりに停止線を通過しうる最大の車両台数で、[台 / 有効青 1 時間] という単位で表される。

3. 以下の問いに答えよ。 Answer the following question.

交通密度 K と交通流率 Q の間に右図のような関係が得られている片側 1 車線の自動車専用道路に、3 秒に 1 台の間隔で車両が一樣に走行している。この道路で午前 7:00 に交通事故が発生したため、車道が完全に閉塞して渋滞列が形成された。その後午前 8:00 に事故処理が終了したため、渋滞列の先頭から順次車両が出発し、最終的に渋滞列は解消された。この渋滞列が解消された時刻と、その時の行列末尾の事故発生地点からの距離を求めよ。

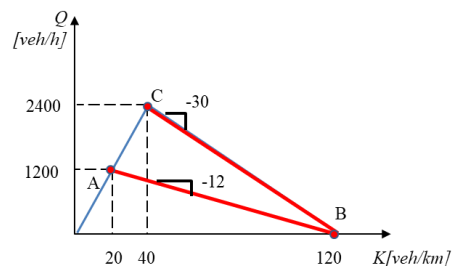


There is a 1-lane motorway that has a relationship of traffic density and traffic flow as shown in the right figure, and vehicles run every 3 [sec]. An accident occurred on this motorway at 7:00am and a queue was formed due to complete lane closure. The treatment was finished at 8:00am, then vehicles started to move and the queue was finally resolved. Obtain the time when the queue was resolved and the distance of the queue tail from the accident location at that time.

流入する交通流率は 3 秒に 1 台なので $\frac{3600}{3} = 1200[\text{veh/h}]$

図より事故発生後の渋滞の延伸速度は点 A と点 B を結ぶ線分の傾きで、

$$\frac{0 - 1200}{120 - 20} = -12[\text{km/h}]$$



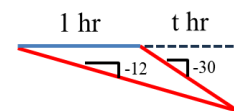
事故処理後の渋滞先頭からの解消速度は点 B と点 C を結ぶ線分の傾きで、

$$\frac{0 - 2400}{120 - 40} = -30[\text{km/h}]$$

事故処理終了の t 時間後に渋滞列が解消されるとすると、次の式が成り立つ

$$-12 \times (1 + t) = -30 \times t$$

$$t = \frac{2}{3}[\text{hr}] = 40[\text{min}]$$



したがって、渋滞が解消する時刻は 8:40。このとき渋滞列末尾の位置は

$$-12 \times (1 + t) = -20[\text{km}]$$

したがって、事故発生地点からの距離は 20[km]となる。

大問 9 (土木計画学) Part 9 (Infrastructure planning)

以下の 2 問の全てを解答せよ。 Answer all the questions from 1 to 2.

1. 以下の用語について、数行で説明せよ。 Explain the following words.

(1) 表明選好調査 Stated Preference Survey

アンケート調査によって、仮想的な状況における人々の支払意思額や行動意向を尋ねる手法。市場で取引されていない財・サービスの価値評価にも用いられる。具体的には、支払意思額を直接的に質問する「仮想評価法 (CVM)」および選択肢を複数の属性で定義し属性の値を変えたときの選択結果を分析する「選択型実験 (コンジョイント分析)」がある。

(2) 事前復興 Pre-disaster Recovery Planning

災害が発生する前に、復興の方針や手順をあらかじめ計画しておくこと。迅速で効果的な復興を可能にし、より安全で持続可能な都市の再建を目指す。

(3) 開発利益の還元 Land Value Capture

都市開発によって生じた地価上昇などの経済的利益を、公共の利益に還元する仕組み。インフラ整備費用の一部回収や、住民サービスの充実に使われる。

2. 以下の問いに答えよ。 Answer the following questions.

- (1) 交通需要予測における 4 段階推計法とアクティビティ・ベースド・モデル (ABM)の違いについて、ある地域の発生交通量（個人の 1 日のトリップ回数を人口で合計した値）がどのようなプロセスで推計されるかの観点から説明せよ。この際に、「トリップ」と「ツアー（ここでは、自宅から始まり、自宅で終わる一連のトリップと定義）」の用語を用いること。次に、高齢者の移動の実態や特徴を踏まえ、今日の交通政策における ABM の意義を説明せよ。

Explain the differences between the four-step travel demand forecasting model and the activity-based model (ABM) in terms of how trip generation (i.e., the total number of trips made in a day across all individuals) is predicted in a given area. In your explanation, use the terms “trip” and “tour” (defined here as a sequence of trips that begins and ends at home). Next, based on the mobility patterns and characteristics of elderly individuals, explain the significance of ABM in today’s transportation policy.

- ・ 4 段階推計法では、交通需要は「トリップ」単位で扱われる。発生交通量の推計におい

て、例えば原単位法の場合、現況データに基づき、トリップ原単位（1人あたりの平均トリップ数）は所与として（外生的に）設定される。

- ・ ABM では、交通需要は「ツアー」単位で扱われる。個人のツアー数は、モデル内で内生的に推計される構造を持つことが多く、各ツアーに含まれる複数のトリップも同様に内生的に生成される。したがって、ABM では交通サービス水準などの変化に応じて、個人のツアー・トリップ数が変化する。
- ・ 例えば、高齢者は、免許返納等により外出活動に制約が生じる場合がある。ABM は、モデル内でツアー数の変化を推計できるため、地域交通サービスが高齢者の外出回数に与える影響の評価などが可能である。他の観点でも可。

- (2) 全国規模の空間計画は、かつての全国総合開発計画（全総）から、2005 年の国土形成計画法の施行により、国土形成計画へと変化した。このような制度変更が行われた背景を説明した上で、全国総合開発計画と国土形成計画の目的・内容・計画手法の違いについて述べよ。

Japan's national-level spatial plans shifted from the National Comprehensive Development Plan to the National Spatial Strategy following the enactment of the National Spatial Planning Act in 2005. Explain the background behind this institutional change, and describe the key differences between the National Comprehensive Development Plans and the National Spatial Strategy in terms of their objectives, content, and planning approach.

全国総合開発計画（全総）は、戦後復興・高度経済成長期の国土整備の基本方針として計画され、インフラ整備を通じた地域間格差の是正や均衡ある発展を目的としていた。

しかし 21 世紀に入り、人口減少・少子高齢化・グローバル化・災害リスクの増大など、国土を取り巻く課題が大きく変化したことを受け、従来の「成長・開発」志向から、「持続可能性」や「安全・安心」、「多極分散型国土」への転換が求められるようになった。

□ 計画の目的

全国総合開発計画は「開発」に重きを置いていたのに対し、国土形成計画は「国土の持続的かつ安全な形成」と「地域の自立的発展」を主眼とする成熟社会型の計画へ

□ 対象と構成

全総が全国単位の一體的なビジョンを示していたのに対し、国土形成計画では、全国計画に加えて「広域地方計画」が設けられ、地域特性に応じた戦略が重視されるようになった。

□ 計画手法の変化

全国総合開発計画が中央主導のトップダウンであったのに対し、国土形成計画は地方分権や官民連携を前提とし、多様な主体が参画して計画策定を行う。

大問 10 (コンクリート工学) (解答例)

1. 曲げの問題

$$(1) \varepsilon' : x = \varepsilon_s : (d - x) \text{ より } \frac{\varepsilon'_{cu}}{\varepsilon'_{cu} + \varepsilon_s} d = \frac{\varepsilon'_{cu}}{\varepsilon'_{cu} + f_{sy}/E_s} d$$

問題の前提条件としてつり合い破壊を仮定しているの、鉄筋のひずみは $\varepsilon_s = f_{sy}/E_s$

$$(2) C' = k_1 f'_c \beta b x, T = A_s f_y \quad \text{軸力無しでつり合い破壊しているの、} C' = T \text{ より}$$

$$A_s = \frac{k_1 \cdot f'_c \cdot \beta \cdot b \cdot x}{f_{sy}} = \frac{k_1 \cdot f'_c \cdot \beta \cdot b}{f_{sy}} \cdot \frac{\varepsilon'_{cu}}{\varepsilon'_{cu} + f_{sy}/E_s} d$$

$$p_b = \frac{A_s}{bd} = \frac{k_1 \cdot f'_c \cdot \beta}{f_{sy}} \cdot \frac{\varepsilon'_{cu}}{\varepsilon'_{cu} + f_{sy}/E_s}$$

$$(3) \text{ 解答：曲げ引張破壊（曲げ圧縮破壊，つり合い破壊ではない）}$$

理由：数字が与えられているので，まず引張破壊を仮定して

$$M_u = f_{sy} A_s \left(d - \frac{\beta x}{2} \right) = 345 \times 4000 \times \left(600 - \frac{0.8 \times 112.75}{2} \right) = 765,762,000 \text{ Nmm} = 765.8 \text{ kNm}$$

$$x = \frac{f_{sy} \cdot A_s}{k_1 \cdot f'_c \cdot \beta \cdot b} = \frac{345 \times 4000}{0.85 \times 36 \times 0.80 \times 500} = 112.75$$

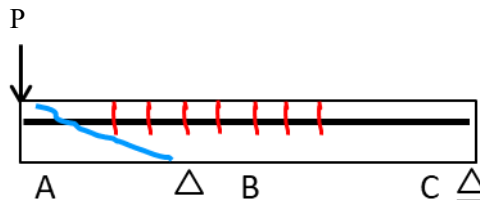
以下の通り，現在の鉄筋ひずみは降伏ひずみを超えているので，仮定は正しい．

$$\varepsilon_s = \frac{d - x}{x} \varepsilon'_{cu} = \frac{600 - 112.75}{112.75} \times 0.0035 = 0.015125 \dots > \frac{f_{sy}}{E_s} = \frac{345}{200000} = 0.001725$$

あるいは，(2)の式を用いてつり合い鉄筋比を求めた後，今回の鉄筋量がつり合い鉄筋比より小さいから曲げ引張破壊である，という回答も可．

2. せん断の問題

(1)



(2) これは明らかなせん断ひび割れである．地震で梁のせん断力が正負交番した結果，両側からこのようなひび割れが入ったと推定できる．破壊形態としては，斜めせん断ひび割れは貫通しておらず，また梁のせん断スパン比も比較的小さいことから，斜め引張破壊というよりせん断圧縮破壊に分類できると考えられる．

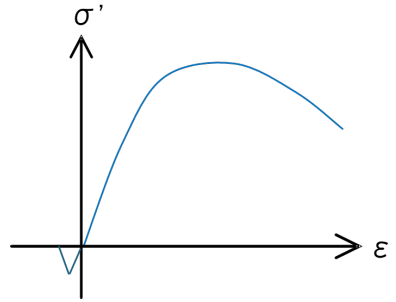
大問 11 (コンクリート工学) (解答例)

1. (1)

不具合としては、急激な水分蒸発によるプラスチックひび割れの発生、コールドジョイントの発生、水和反応の加速による流動性の低下、温度上昇による温度ひび割れの発生、が挙げられる。対策としては硬化遅延剤や流動化剤といった混和剤を用いることや、特に温度ひび割れに対しては材料の冷却やパイプクーリングも有効である。

(2) クリープは一定応力下での変形の増大。様々なスケールのセメント硬化体の細孔内の水分の移動によって生じると考えられている。

(3) 圧縮に対して引張が明らかに小さいことが表現されているとよい。



2. (1)

- ・コンクリート体積の7割程度を占める骨材（粗骨材および細骨材）を軽量骨材にする。
- ・（強度や耐久性に悪影響を与えない範囲で）発泡剤や気泡剤を用いて空気量を増加させるという回答も可。
- ・（強度や耐久性に悪影響を与えない範囲で）セメントよりも比重の小さいFAなど混和材の置き換えを多くするというのも可。

2(2) 問題の意図としては、海洋構造物にするため懸念される鉄筋の腐食を防ぐために遮塩性の高い緻密なコンクリートを形成するという回答を期待。したがって、SF, BFS, FA のどれを選んでも正解と言える。SFはマイクロファイラー効果でバインダーが緻密になる。BFSは潜在水硬性を有し組織が密になりまた生成された水和物は塩分固定に寄与、またFAはボゾラン活性により組織が密になり細孔溶液のpH低下で腐食も抑制。結果としていずれも耐海水性が向上する

3. ①再度の剥落や鉄筋の疲労破断

②剥落：断面修復したコンクリートの付着不足。普通のコンクリートではなくポリマーセメントモルタルなどで補修すべきであった。あるいは異種金属腐食により鉄筋腐食が促進され、鉄筋の腐食生成物によりかぶりが剥落。部分的なステンレス鉄筋での置き換えはNGであった。

疲労破断：鉄道構造物であることが示唆されているので、繰り返し荷重に着目するのもよい。既設鉄筋と新設鉄筋をどのように溶接したのかは言及されていないが、溶接によってなんらかの残留応力が生じてしまったことで疲労が進んだ可能性を指摘するとよい。

以上