

2026年4月入学／2026年10月入学（冬期募集）

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

コース [都市基盤問題]

コース [ ]

試験科目 (学科試験 I)

大問 1 (数学) (解答例)  
Part 1 (Mathematics)

[1] 微分方程式に関する基礎的な理解を確認する問題である.

(1)  $y' = 3x^2(y + 2)$  の一般解  $y(x)$  を求めよ.

Find the general solution  $y(x)$  for the differential equation  $y' = 3x^2(y + 2)$ .

変数分離形で解くことのできる微分方程式である.

$$\frac{dy}{y+2} = 3x^2 dx$$

$$\int \frac{1}{y+2} dy = \int 3x^2 dx$$

$$\ln|y+2| = x^3 + C$$

$$y = \pm e^C \cdot e^{x^3} - 2$$

$$y = Ce^{x^3} - 2$$

(2)  $y'''' + 2y'' + y = 0$ ,  $y(0) = y\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0$ ,  $y'(0) = -y'\left(\frac{\pi}{2}\right) = 1$  を満たす関数  $y(x)$  を求めよ.

Find the function  $y(x)$  such that

$$y'''' + 2y'' + y = 0, y(0) = y\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0, y'(0) = -y'\left(\frac{\pi}{2}\right) = 1.$$

与式第 1 式は、定数係数斉次線形微分方程式である。特性方程式から基本解が次のように求められる。

$$\lambda^4 + 2\lambda^2 + 1 = 0$$

$$t^2 + 2t + 1 = 0 \quad (\lambda^2 = t \text{ とおいた})$$

$$(t+1)^2 = 0$$

$$t = -1 \quad (2 \text{ 重解})$$

$$\lambda = \pm i \quad (\text{それぞれ } 2 \text{ 重解})$$

よって、基本解は  $\cos x, \sin x, x \cos x, x \sin x$  となる。したがって、一般解は次式となる。

$$y = (C_1 + C_2 x) \cos x + (C_3 + C_4 x) \sin x$$

ここで、与式第 2 式、第 3 式を用いて各積分定数を決定する。

$$y' = (C_2 + C_3 + C_4 x) \cos x + (C_4 - C_1 - C_2 x) \sin x$$

$$y(0) = 0 \text{ より, } C_1 = 0.$$

$$y'(0) = 1 \text{ より, } C_2 + C_3 = 1.$$

$$y\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0 \text{ より, } C_3 + \frac{\pi}{2} C_4 = 0.$$

$$y'\left(\frac{\pi}{2}\right) = -1 \text{ より, } -\frac{\pi}{2} C_2 + C_4 = -1.$$

これを解くと  $(C_1, C_2, C_3, C_4) = \left(0, \frac{2}{\pi+2}, \frac{\pi}{\pi+2}, \frac{-2}{\pi+2}\right)$ .

よって、与式をすべて満足する関数は次のようになる.

$$y = \frac{1}{\pi+2} \{2x \cos x + (\pi - 2x) \sin x\}$$

[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) 行列  $\mathbf{A}$  が正則かどうか調べ、正則ならば逆行列を求めよ.

Examine whether the matrix  $\mathbf{A}$  is regular or not. If it is regular, then calculate the inverse matrix.

$$\det \mathbf{A} = \begin{vmatrix} 0 & 2 & 2 \\ 2 & -1 & 0 \\ 2 & 0 & 1 \end{vmatrix} = (0+0+0) - (-4+0+4) = 0$$

よって正則ではなく特異行列である.

(2) 行列  $\mathbf{A}$  について、 $\mathbf{P}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{P} = \mathbf{D}$  となる正則行列  $\mathbf{P}$  と対角行列  $\mathbf{D}$  を求めなさい.

For the matrix  $\mathbf{A}$ , find a regular matrix  $\mathbf{P}$  and a diagonal matrix  $\mathbf{D}$  such that  $\mathbf{P}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{P} = \mathbf{D}$ .

$$\mathbf{A} \text{ の固有方程式は } \begin{vmatrix} -\lambda & 2 & 2 \\ 2 & -1-\lambda & 0 \\ 2 & 0 & 1-\lambda \end{vmatrix} = -\lambda(\lambda+3)(\lambda-3) = 0$$

したがって固有値は、 $\lambda = -3, 0, 3$  となり、3つの異なる固有値を持つため対角化可能.

固有ベクトルの例として、 $\lambda = -3$  のとき、 $\begin{bmatrix} 2 \\ -2 \\ -1 \end{bmatrix}$ .  $\lambda = 0$  のとき、 $\begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ -2 \end{bmatrix}$ .  $\lambda = 3$  のとき、

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix}.$$

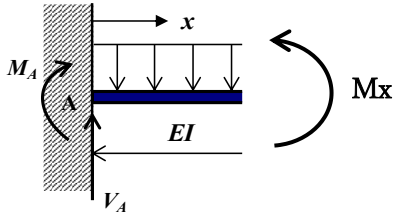
よって、 $\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 2 \\ -2 & 2 & 1 \\ -1 & -2 & 2 \end{bmatrix}$ ,  $\mathbf{D} = \begin{bmatrix} -3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{bmatrix}$  (正解の一つ).

## 大問 2 (構造工学 1) (解答例) Part 2 (Structural engineering 1)

1)

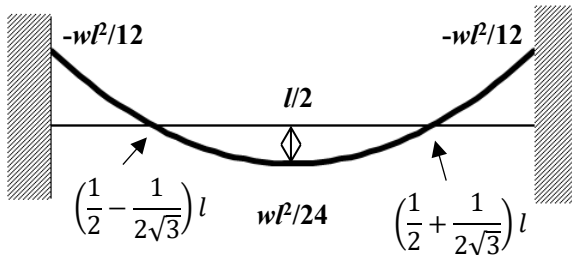
支点反力  $V_A$ 、 $V_B$  は、構造の対称性より、 $V_A = V_B = wl/2$

曲げモーメント分布は、下図を参照して、



$$\begin{aligned} M_x &= M_A + V_A \times x - wx^2/2 \\ &= -wl^2/12 + wl x/2 - wx^2/2 \\ &= -w/2 \times (x - l/2)^2 + wl^2/24 \end{aligned}$$

曲げモーメント分布図は以下の通り。



2)

荷重  $w$  の大きさが増加するに伴い、1) で求めた曲げモーメント分布に従って、モーメント値も増大する。曲げモーメントの最大値は、梁両端の A 点、B 点で生じるが、A 点、B 点で梁の最外縁の応力度が降伏応力に達すると、最外縁から中立軸に向かって降伏領域が広がるとともに、梁の剛性が低下することで、支間中央のたわみの増加率が增大する。その後、全断面が降伏する（全塑性モーメントに達する）ことで、A 点、B 点に塑性ヒンジが形成され、単純梁と等価な構造となる。したがって、支間中央のたわみの増加率が更に増大し、曲げモーメント最大点が支間中央に移動する。荷重の増大とともに支間中央の最外縁から降伏が始まり、その後、全断面が降伏し（全塑性）し、支間中央にも塑性ヒンジが形成され、構造系が崩壊する。

2026年4月入学 / 2026年10月入学 (冬期募集)

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

## 大問 3 (構造工学 2) (解答例)

### Part 2 (Structural engineering 1)

#### 1) オイラー座屈

キーワード：弾性体、長柱、断面二次モーメント、有効座屈長、ピン支持、固定支持

弾性体で曲り（不整）がないと仮定した柱の座屈のことをいい、弾性座屈ともいう。また、比較的細長い柱（長柱）に適合することから長柱座屈ともいう。この条件で求められる座屈荷重をオイラー座屈荷重、弾性座屈荷重といい、部材強度に関係なく、曲げ剛性（断面二次モーメント）に依存する。両端の支持条件がピン支持の場合を基本とするが、固定支持など他の支持条件の場合は、柱の長さを換算することで座屈荷重を求めることができる。この換算された柱の長さ（換算座屈長）を柱の有効座屈長あるいは有効長さともいう。

#### 2) 耐候性鋼材

キーワード：防食、ライフサイクルコスト、安定さび、合金元素、飛来塩分、海岸距離

鋼材の防食方法の 1 つとして使われ、ライフサイクルコストの低減が期待される。大気中に暴露すると、はじめの間は一般の鋼材と同様に腐食するが、時間の経過とともにさびが安定化し（安定さびの形成）、次第に腐食速度が遅くなり、ある期間を経過するとほとんど腐食が進まなくなるような性質を有する鋼材のことをいう。さびの安定化は、Cu、P、Ni、Cr、Mo、Si などの合金元素によるものといわれるが、さびの安定化は常に期待できるものではなく、飛来塩分や亜硫酸ガスの影響下では安定化しない。したがって、海岸からの距離（離岸距離）が一定値以上で適用可としている。また、JIS には塗装して使用することを前提とした塗装仕様と塗装しないことを前提とした仕様が規定されている。

#### 3) 鋼材疲労

キーワード：繰返し荷重、疲労き裂、応力範囲、疲労寿命、S-N 線図、疲労等級

構造物が多数回のくり返し荷重を受け、その繰返し荷重によって発生する応力が静的破壊を生じる応力より低い応力であっても、構造物がその機能を失うことを疲労という。また、発生した疲労亀裂が進展し、破壊に至ることを疲労破壊といい、橋梁のように移動くり返し荷重を受ける構造物では設計上重要な検討項目である。疲労に最も影響する因子はくり返される応力の変動幅とそのくり返し回数、継手などの形状からくる応力集中度、溶接欠陥や残留応力、使用される材料などである。

設計にあたっては、応力範囲  $S$  と設計上の疲労寿命  $N$  の関係を疲労等級ごとに示した設計 S-N 線図に基づいて、想定される応力範囲が供用期間中に想定される回数作用しても疲労寿命を迎えないように構造が決定される。

#### 4) 摩擦接合

キーワード：高力ボルト、添接板、支圧接合、設計ボルト軸力、すべり係数、トルク法

鋼部材の接合法の一つで、添接板を用いるなどして重ね合せた鋼板をボルトで締め付け、鋼板相互の接触面に生ずる摩擦力によって力を伝達する接合法。伝達する力がボルトに作用せず、ボ

ルト孔のずれの精度が支圧接合に比べてゆるやかにできるのが特徴である。ボルトに高力ボルトを用いることで大きな摩擦力（接合力）が得られるが、これを高力ボルト摩擦接合といい、施工に熟練を要しないことや騒音が少ないことから、鋼橋の現場継手は大部分がこの接合法によっている。接合力（摩擦力）がボルトによる軸力と接合面のすべり係数で決まることから、設計においては設計ボルト軸力が定められている。ボルト締めつけ時のトルク値をもとにボルト軸力の管理を行う締め付け方法をトルク法という。

## 大問 4 (水工 1) 解答例 Part 4 (Hydraulics 1)

1.

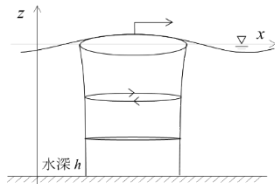
- (1) 流体中の 1 つの流体粒子の通過する経路であり，流線が交わることはない．等
- (2) 物体に働く浮力の合力（上向きの力）が作用する点のことであり，押しつけられた流体（水）の体積の重心と一致する．等
- (3) 流体の密度は，温度や圧力，溶解・浮遊する物質の濃度によって決まり，これらの場所的な変化や時間的な変化によって生じる流れ．

2.

全水圧：36.6 kN，作用点： $y_c = 5.51$  m

3.

- (1) 常流は緩勾配水路における等流に見られ，フルード数が 1 より小さく，流速は長波の流速よりも小さいため，水面形は下流側条件で決まる．等  
射流は急勾配水路の等流で見られ，フルード数が 1 より大きく，流速は長波の流速よりも大きいため，水面形は上流側条件で決まる．等
- (2) 水面近くは楕円運動をし，水面下に行くにつれ水平運動となる．この運動は海底面まで届いている．



## 大問 5 (水工 2) 解答例 Part 5 (Hydraulics 2)

1.

- (1) 理想的な流体（非粘性・非圧縮性）の定常流において，流線上のエネルギー（圧力・速度・位置）の総和が常に一定であること．等

$$\frac{P}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z = \text{一定}$$

- (2) 慣性力と粘性力の比をとった無次元数であり，代表長さを  $l$  [m]，代表流速を  $v$  [m/s]，流体の密度を  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]，流体の粘性係数を  $\mu$  [Pa·s]，動粘性係数を  $\nu$  [m<sup>2</sup>/s] とすると，レイノルズ数  $Re$  は以下の式によって求められる．等

$$Re = \frac{\rho v l}{\mu} = \frac{v l}{\nu}$$

- (3) 波高が波長に比べて非常に小さいという仮定のもと，水面波の運動を線形化し，線形微分方程式を用いて解析する理論．等

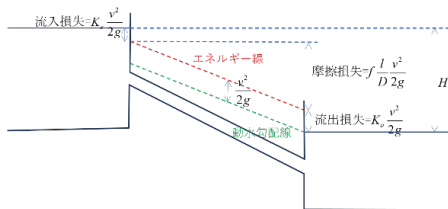
2.

流入損失係数，流出損失係数をそれぞれ  $K_e$ ， $K_o$  とし，摩擦係数  $f$  を，パイプの長さを  $l$  とする．

$$\text{流入損失} = K_e \frac{v^2}{2g}, \quad \text{流出損失} = K_o \frac{v^2}{2g}, \quad \text{摩擦損失} = f \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$H = K_e \frac{v^2}{2g} + K_o \frac{v^2}{2g} + f \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g} = \left( K_e + K_o + f \frac{l}{D} \right) \frac{v^2}{2g} = \left( K_e + K_o + f \frac{l}{D} \right) \frac{1}{2g} \frac{Q^2}{\left( \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 \right)^2}$$

$$Q = \sqrt{\frac{H \cdot 2g \left( \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 \right)^2}{\left( K_e + K_o + f \frac{l}{D} \right)}}$$



3.

(1) ナビエ・ストークスの運動方程式は、粘性を考慮、実在流体を表現可能、乱流などの記述が可能などの特徴があり、オイラーの式は、粘性を無視、理想流体を仮定などの特徴があげられる。両社の違いは、粘性（内部摩擦）を考慮するかどうかにある。等

(2) 5.0 m/s

## 大問 6 (地盤工学 1) (解答例) Part 6 (Geotechnical engineering 1)

設問すべてに答えよ。 Answer all questions.

必要に応じて適切な仮定を設けよ。 Make reasonable assumptions wherever necessary.

[1] 下記の設問に答えよ。

Answer the following questions.

- (1) 場所打ち杭工法と打ち込み杭工法のそれぞれの施工方法を簡単に述べよ。また両工法を比較してそれぞれの工法の長所、短所を説明せよ。  
Briefly describe the construction methods of cast-in-place pile foundations and driven pile foundations. Then, compare the two methods and explain the advantages and disadvantages of each.
- (2) 軟弱粘性土地盤上に盛土を行ったとき、粘性土の UU 試験と  $\overline{CU}$  試験の結果はそれぞれどのような場合に用いられるかを理由とともに述べよ。  
When an embankment is constructed on soft clayey soil ground, explain in which situations the results of the UU test and the  $\overline{CU}$  test are respectively used for clayey soils, together with the reasons.
- (3) フィルダムで急速に水位が低下した場合にダム本体や周囲の斜面に対して与える影響についてその理由とともに説明せよ。  
Explain the effects on the dam body and the surrounding slopes when the water level in a fill dam is rapidly lowered, together with the reasons for these effects.
- (4) 盛土の地すべり対策工法を二つの原理で分け、それぞれの原理に基づく対策工法の例を述べよ。  
Classify countermeasures against embankment slope failure into two principles, and describe examples of countermeasure methods based on each principle.

[2] 基礎地盤を構成する粘土層から採取した粘土試料を用い、三軸圧縮試験を実施するために 2 個の粘土供試体を切り出した。この 2 個の供試体は、同一の粘土とみなすことができる。以下の問いに答えよ。

A clay sample taken from the clay layer constituting the foundation ground was used to prepare two clay specimens for triaxial compression tests. These two specimens can be regarded as being made of the same clay. Answer the following questions.

- (1) まず、一方の供試体を飽和化し、背圧を付加せずに、拘束圧  $\sigma_0$  のもとで等方圧密を行い、正規圧密状態とした。その後、拘束圧  $\sigma_0$  を一定に保ったまま、排水三軸圧縮試験を実施した。この飽和した正規圧密粘土の有効応力に関する強度定数を  $c_d = 0$ ,  $\phi_d$  とするとき、排水三軸圧縮試験から得られる排水せん断強さ  $s_d$  を、 $\sigma_0$  および  $\phi_d$  を用いて表せ。なお、せん断強さとは、破壊時における最大せん断応力を指す。  
First, one specimen was saturated and, without applying back pressure, isotropically consolidated under a confining pressure  $\sigma_0$  to bring it to a normally consolidated state. Then, keeping the confining pressure  $\sigma_0$  constant, a drained triaxial compression test was performed. Let the effective-stress strength parameters of this saturated normally consolidated clay be  $c_d = 0$  and  $\phi_d$ . Express the drained shear strength  $s_d$  obtained from the drained triaxial compression test using  $\sigma_0$  and  $\phi_d$ . Here, the shear strength means the maximum shear stress at failure.
- (2) 次に、もう一方の供試体を飽和化し、背圧を付加せずに、(1) と同じ拘束圧  $\sigma_0$  のもとで等方圧密を行った。その後、拘束圧  $\sigma_0$  を一定に保ったまま、非排水三軸圧縮試験を実施した。この非排水三軸圧縮試験において、鉛直応力が  $\Delta\sigma_v$  増加した時点で供試体が破壊したものとする。この飽和した正規圧密粘土の有効応力に関する強度定数を  $c' = 0$ ,  $\phi'$  とするとき、非排水三軸圧縮試験から得られる非排水せん断強さ  $s_u$  を、 $\sigma_0$ ,  $\phi'$ , および間隙圧係数  $A$  を用いて表せ。なお、 $A$  は破壊時の過剰間隙水圧  $\Delta u$  と  $\Delta\sigma_v$  の比であり、 $A = \Delta u / \Delta\sigma_v$  と定義される。  
Next, the other specimen was saturated and, without applying back pressure, isotropically consolidated under the same confining pressure  $\sigma_0$  as in (1). Then, keeping the confining pressure  $\sigma_0$  constant, an undrained triaxial compression test was conducted. In this undrained triaxial compression test, it is assumed that the specimen failed at the point when the vertical stress increased by  $\Delta\sigma_v$ . Let the effective stress strength parameters of this saturated normally consolidated clay be  $c' = 0$  and  $\phi'$ . Express the

undrained shear strength  $s_u$  obtained from the undrained triaxial compression test using  $\sigma_0$ ,  $\phi'$ , and the pore pressure coefficient  $A$ . Here,  $A$  is defined as the ratio of the excess pore water pressure at failure  $\Delta u$  to  $\Delta\sigma_v$ , that is,  $A = \Delta u / \Delta\sigma_v$ .

- (3) この飽和した正規圧密粘土について  $\phi_d = \phi' = 30^\circ$  , かつ  $A = 0.5$  であるとき, 二つのせん断強さの比  $s_u/s_d$  の値を求めよ.

For this saturated normally consolidated clay, when  $\phi_d = \phi' = 30^\circ$  and  $A = 0.5$ , determine the value of the ratio of the two shear strengths,  $s_u/s_d$ .

[1]

(1) 例：場所打ち杭工法は、地盤を掘削して孔を形成し、鉄筋かごを建込み、コンクリートを打設して杭を造成する工法であり、低騒音・低振動で大径杭が可能であるが、施工管理が難しく品質のばらつきが生じやすい。一方、打ち込み杭工法は、工場製作した既製杭をハンマー等で地盤中に打ち込む工法であり、杭品質が安定し施工が迅速である反面、騒音や振動が大きく、周辺環境や地盤条件による制約を受けやすい。

(2) 例：軟弱粘性土地盤上に盛土を行う場合、盛土施工中あるいは施工直後のように排水がほとんど生じない短期安定問題では、粘性土のUU試験結果が用いられる。これは、急速載荷状態では間隙水圧が消散せず、有効応力が変化しないため、全応力に基づく非排水強度で安定性を評価する必要があるからである。一方、盛土完成後、十分な時間が経過して圧密が進行した長期安定問題では、CU試験結果が用いられる。これは、排水条件下で有効応力状態が支配的となり、圧密後のせん断強度を有効応力に基づいて評価することが適切であるためである。

(3) 例：フィルダムにおいて貯水位が急速に低下すると、上流側斜面では水圧による支持効果が急激に失われる一方、堤体内部の間隙水圧は直ちには消散しない。その結果、有効応力が低下してせん断強度が小さくなり、上流側斜面のすべりや崩壊が生じやすくなる。また、周囲の斜面においても、地下水位の急激な低下により斜面内部に過剰間隙水圧が残存し、安定性が低下する。このため、急速な水位低下はフィルダム本体および周辺斜面の不安定化を引き起こす要因となる。

(4) 例：盛土の地すべり対策工法は、抑止工と抑制工の二つの原理に分けられる。抑止工は、すべり土塊の移動に抵抗する力を直接付加する対策であり、杭工、アンカー工、擁壁工などが代表例である。これらは構造物によってすべりに対する抵抗力を増大させ、斜面の安定性を確保する。一方、抑制工は、地すべりを生じさせる要因そのものを低減する対策であり、排水工（集水井、横ボーリング）、法勾配の緩和、盛土の軽量化などが挙げられる。これらは地下水位や間隙水圧、自重を低下させることで、地すべりの発生を抑制する。

[2]

$$(1) s_d = \sigma_0 \sin \phi_d / (1 - \sin \phi_d)$$

$$(2) s_u = \sigma_0 \sin \phi' / \{1 + (2A - 1) \sin \phi'\}$$

$$(3) 0.5$$

## 大問 7 (地盤工学 2) (解答例) Part7(Geotechnical engineering2)

設問すべてに答えよ。 Answer all questions.

必要に応じて適切な仮定を設けよ。 Make reasonable assumptions wherever necessary.

[1] 下記の設問に答えよ。

Answer the following questions.

- (1) 土の三相モデルに基づき、間隙比を  $e$ 、土粒子比重を  $G_s$ 、水の単位体積重量を  $\gamma_w$  とするとき、土の飽和単位体積重量  $\gamma_{sat}$  および水中単位体積重量  $\gamma'$  をそれぞれ  $G_s$ 、 $e$ 、 $\gamma_w$  で表せ。  
Based on the three-phase model of soil, express the saturated unit weight  $\gamma_{sat}$  and the submerged unit weight  $\gamma'$  of soil in terms of the void ratio  $e$ , the specific gravity of soil particles  $G_s$ , and the unit weight of water  $\gamma_w$ .
- (2) 土の締固め曲線に基づき、含水比の変化に伴う乾燥密度および透水係数の変化を示し、最大乾燥密度、最適含水比、および最小透水係数の関係について述べよ。  
Based on the soil compaction curve, illustrate how the dry density and permeability coefficient change with variations in water content, and discuss the relationship among the maximum dry density, the optimum water content, and the minimum permeability coefficient.
- (3) 圧密曲線を用いて、プレローディング工法の原理を説明せよ。  
Using the consolidation curve, explain the principle of the preloading method.
- (4) テルツァギ (Terzaghi) の支持力公式について説明せよ。  
Explain Terzaghi's bearing capacity equation.

[2] 海底地盤から浚渫した飽和粘土の含水比は、液性限界  $w_L$  (%) の 2 倍であった。この粘土を圧密容器に入れたところ、供試体の厚さは  $H_0$  となった。その後、上下端面から排水する条件で圧密応力  $p$  を加えて圧密した結果、最終的に圧密が終了した時点での粘土の含水比は  $w_L$  (%) になった。ここで、圧密終了時の粘土の含水状態は、深さ方向に一様であるとする。また、この粘土の土粒子密度を  $\rho_s$ 、海水の密度を  $\rho_w$  とし、圧密係数を  $c_v$ 、時間係数を  $T_v$  とする。このとき、以下の問いに答えよ。

A saturated clay dredged from the seabed had a water content equal to twice the liquid limit,  $2w_L$  (%). This clay was placed in a consolidation ring, and the specimen thickness immediately after placement was  $H_0$ . Thereafter, the clay was consolidated under a consolidation pressure  $p$  with drainage allowed from both the top and bottom surfaces. When consolidation was completed, the water content of the clay specimen became  $w_L$  (%). Assume that, at the end of consolidation, the water content of the clay is uniform over the depth. Let the density of soil particles be  $\rho_s$ , the density of seawater be  $\rho_w$ , the coefficient of consolidation be  $c_v$ , and the time factor be  $T_v$ . Answer the following questions.

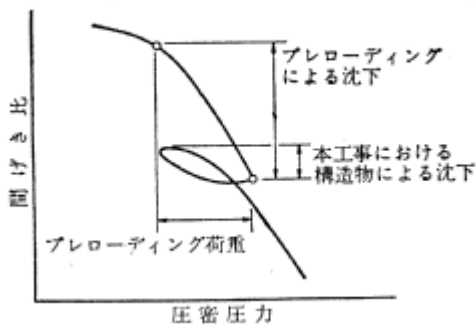
- (1) 圧密容器に入れた直後の粘土の間隙比  $e_0$  および、圧密が終了したときの粘土の間隙比  $e_f$  を、それぞれ  $w_L$ 、 $\rho_s$ 、 $\rho_w$  を用いて表せ。  
Express the initial void ratio  $e_0$  immediately after placing the clay in the consolidation ring and the final void ratio  $e_f$  at the end of consolidation in terms of  $w_L$ ,  $\rho_s$ , and  $\rho_w$ .
- (2) 圧密が終了したときの粘土供試体の高さ  $H_f$  を、 $H_0$ 、 $w_L$ 、 $\rho_s$ 、 $\rho_w$  を用いて表せ。  
Express the final height of the clay specimen  $H_f$  at the end of consolidation in terms of  $H_0$ ,  $w_L$ ,  $\rho_s$ , and  $\rho_w$ .
- (3) 粘土供試体の含水比が、液性限界の 1.5 倍の値まで減少するのに要する時間  $t$  を、 $H_0$  および  $c_v$  を用いて表せ。ただし、圧密度  $U \leq 0.6$  のとき、 $U = 2\sqrt{T_v/\pi}$  が成り立つものとする。  
Express the time  $t$  required for the water content of the clay specimen to decrease to 1.5 times the liquid limit in terms of  $H_0$  and  $c_v$ . Assume that, for the degree of consolidation  $U \leq 0.6$ , the following relation holds:  $U = 2\sqrt{T_v/\pi}$ .

[1]

(1)  $\gamma_{\text{sat}} = (G_s + e)/(1 + e) \cdot \gamma_w$ ,  $\gamma' = (G_s - 1)/(1 + e) \cdot \gamma_w$

(2) 例：締固め曲線においては、含水比の増加に伴い乾燥密度は増加し、最適含水比において最大乾燥密度に達する。一方、一般に透水係数は最適含水比よりやや湿潤側で最小値を示すことが知られている。このため、最大乾燥密度が得られる含水比と最小透水係数が得られる含水比は必ずしも一致しないことが多い。

(3) 例：プレローディング工法は、盛土などの仮載荷重を地盤に作用させることにより、将来作用する設計荷重よりも大きな有効応力をあらかじめ与え、圧密を事前に進行させる工法である。圧密曲線上では、仮載荷重の载荷により、地盤の応力状態は先行圧密圧力を超えて右方へ移動し、圧密沈下が進行する。その後、仮載荷重を除去すると、応力は減少するが、圧密曲線上では地盤は過圧密状態となる。この結果、供用後に設計荷重が作用しても、その応力は既に経験した先行圧密圧力以下にとどまるため、圧密曲線上では小さな変形しか生じず、沈下量および沈下速度を大幅に低減できる。



(4) 例：テルツァギの支持力公式は、浅い基礎が地盤のせん断破壊により支持力限界に達する際の極限支持力を、土の粘着力、せん断抵抗角、および基礎条件から評価する理論式である。基礎直下には特定の破壊機構が形成されると仮定し、極限支持力は、粘着力による成分、根入れ荷重による成分、および地盤自重による成分の和として表される。

[2]

(1)  $e_0 = 2w_L(\rho_s/\rho_w)/100$ ,  $e_f = w_L(\rho_s/\rho_w)/100$

(2)  $H_f = H_0 \cdot (1 + w_L \cdot \rho_s/\rho_w/100)/(1 + 2w_L \cdot \rho_s/\rho_w/100)$

(3)  $t = (\pi/64)H_0^2/c_v$

## 大問 8 (土木計画学 1) (解答例) Part 8 (Infrastructure planning 1)

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).

$X$	1	2	3	4	5
$Y$	3	4	6	8	9

$X$ の平均=3,  $Y$ の平均=6,  $X$ の分散=2,  $Y$ の分散=5.2, 共分散=3.2

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、 $Y = 1.6X + 1.2$ , 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) 空間平均速度 Space-mean speed

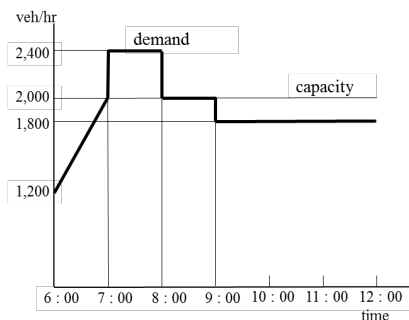
ある瞬間に道路上の観測区間内に存在する車両の個別速度の算術平均をとったもの。

- (2) 追越視距 passing sight distance

対面二車線道路において、安全な追越を行うために対向車両との間で確保することが必要な視認距離のこと。

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

ある道路に交通容量が 2000[台/時]のボトルネックがあり、このボトルネックへの到着交通需要が右図のように表されている。このとき発生する渋滞が解消する時刻と、渋滞による総遅れ時間を求めよ。



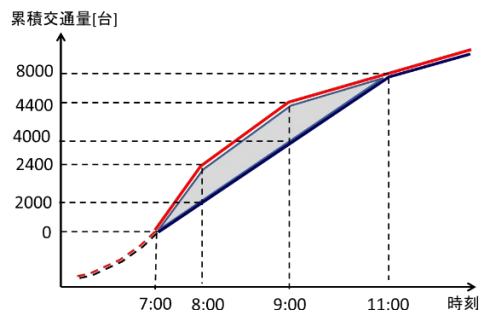
There is a bottleneck (capacity: 2000 [veh/h]) on a highway and the arriving traffic demand was observed as shown in the figure. Obtain the time when the congestion vanishes and the amount of the total delay by this congestion.

需要が容量を上回る部分と下回る部分の面積が等しくなった時刻に渋滞が解消するので、

$$(2400-2000) \times 1 = (2000-1800) \times 2 \text{ より、} 11:00.$$

総遅れ時間は、右図の着色部分なので、

$$1 \times 400 \div 2 + 1 \times 400 + 2 \times 400 \div 2 = 1000 \text{ [台} \cdot \text{h]}$$



## 大問9 (土木計画学2) (解答例) Part 9 (Infrastructure planning 2)

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 in a few lines.

(1) 純現在価値 Net Present Value

純現在価値とは、評価期間内に発生する便益と費用を割引率を用いて現在価値に換算し、その差を求めた値。

(2) PPP (官民連携) における BOT BOT in PPP (Public Private Partnership)

民間事業者が施設を建設 (Build) し、一定期間運営 (Operate) して投資回収を行った後、施設の所有権・運営権を公共側に移転 (Transfer) する PPP 方式。

(3) 居住誘導区域 Residential induction area under the Location Optimization Plan

立地適正化計画において、人口減少下でも生活サービスや公共交通を維持しやすいよう、居住を集約・誘導する区域として市町村が定める区域。

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

(1) 交通需要マネジメント (TDM) の定義を簡潔に説明せよ。また、TDM が対象とする交通行動の変化として一般的に挙げられるものの中から3つを選び、それぞれについて対応する代表的な施策を踏まえて説明せよ。

Provide a concise definition of Travel Demand Management (TDM). In addition, identify three types of travel behavior changes that are generally regarded as targets of TDM, and explain each change with reference to representative measures associated with it.

TDM とは、交通行動の変更を通して交通需要を望ましい方向に誘導し、ピーク需要の時間的・空間的分散や混雑緩和、既存インフラの効率的利用を図る施策群である。

※以下は項目として3つあれば可

TDM が対象とする交通行動の変化として「発生源の調整、時間帯の変更、手段の変更、経路の変更、自動車の効率的利用」などと体系化されている。

(例)

① 発生源の調整：在宅勤務によるピーク需要の削減

② 時間帯の変更：時差出勤・フレックスタイムによるピーク需要の分散

- ③ 交通手段の変更：パーク＆ライドや公共交通の利用促進によるモーダルシフト
- ④ 経路の変更：代替経路の情報提供による混雑路線・経路からの分散
- ⑤ 自動車の効率的利用：相乗りによるピーク時の自動車台数の削減

(2) ジェイン・ジェイコブズがその著書『アメリカ大都市の死と生』で提示した、都市の多様性を生成する 4 条件をあげ、それらが都市の多様性をもたらす理由を説明せよ。

List the four conditions for generating urban diversity that Jane Jacobs presented in her book *The Death and Life of Great American Cities* and explain why these conditions lead to urban diversity.

① 一次用途の混在（用途混合）

住居・商業・業務など異なる主用途が近接して存在すると、時間帯によって異なる目的の人の往来が生まれ、街路利用が一日を通じて連続する。これにより需要が分散・重層化し、多様な店舗やサービスが成立しやすくなる。

② 短い街区（小さなブロック）

街区が短いほど交差点が増え、歩行者の経路選択が多様化して回遊が生まれる。人の流れが一本化せず面に広がるとして広がるため、立地条件の異なる場所が増え、異なる業態が成り立ちやすくなる。

③ 建物の年代・状態の混在（新旧・賃料の多様性）

新しい建物だけでは賃料が高くなり、資本力のある均質な用途に偏りやすい。新旧が混在すると家賃水準に幅が生まれ、小規模事業者や新規の活動も参入でき、用途・業態・担い手の多様性が維持される。

④ 十分な密度（居住者・利用者の集中）

一定以上の人口・就業者・来訪者が集中していると、多様な需要が生まれ、規模の小さい専門店やサービスも成立する。密度は公共交通や歩行空間の利用も支え、結果として多様な活動の集積を促す。

大問 10 (解答例)

(1) 鉄筋 3 本分の断面積は鉄筋一本あたりの公称断面積を用いて  $A_s=506.7 \times 3 \text{ mm}^2$  と算出できる。

$$M_u = f_y A_s \left( d - \frac{\beta x}{2} \right) = 295 \times 506.7 \times 3 \times \left( 750 - \frac{\beta x}{2} \right)$$

$$\beta = 0.80$$

$$x = \frac{f_y \cdot A_s}{k_1 \cdot f'_{ck} \cdot \beta \cdot b} = \frac{295 \times 506.7 \times 3}{0.85 \times 24 \times 0.80 \times 450} = 61.06066176$$

$$\frac{\beta x}{2} = 0.80 \times 61.06 / 2 = 24.42$$

$$M_u = 295 \times 506.7 \times 3 \times (750 - 24.42) = 295 \times 506.7 \times 3 \times 725.58 = 325,371,476 (N \cdot \text{mm})$$

$$= 325.4 (kN \cdot \text{m})$$

(2) 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。

$$\varepsilon_s = \frac{d-x}{x} \varepsilon'_{cu} = \frac{750-61.1}{61.1} \times 0.0035 = 0.03946 \dots > \frac{f_y}{E_s} = \frac{295}{200000} = 0.001475$$

2.

(1) 答えは 同じ

(ア) 式より， $A_s f_{sy}$  が同じなら， $M_u$  は同じである。

(2) 答えは 梁 B

(ア) 使用状態の曲げに対する応力度計算において，鉄筋強度  $f_{sy}$  は変数として含まれない。すなわち，鉄筋強度だけが異なっても発生する応力は同じである。しかし，二つの梁は鉄筋断面積  $A_s$  が異なり，高強度鉄筋を使用し鉄筋断面積が梁 A より小さい梁 B の方が，鉄筋の発生応力度は大きい。

(3) 答えは 梁 A

(ア) 鉄筋応力度が大きい梁 B は鉄筋位置のひずみも大きいため，同じ作用モーメントに対する中立軸位置は，梁 A よりも小さい(中立軸位置が高い)と考えられる。

(4) 答えは 梁 B

(ア) 高強度鉄筋を使うと，発生応力度が高くなるので，ひび割れ幅も大きくなる。安易に高強度鉄筋を使うとひび割れ幅が大きくなるので，注意する必要がある。

## 大問 1 1 (解答例)

- 1-1 脱炭酸  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  原料である石灰石（炭酸カルシウム）をセメントの主成分（酸化カルシウム）にする際に二酸化炭素が分離すること。
- 1-2 静電反発作用でセメント粒子を分散させることができるため。
- 1-3 気乾は骨材の表面と内部も一部が乾燥している（飽和していない）状態で、表乾は表面は乾燥しているが内部は水で飽和されている状態のこと。
- 1-4  $F.M=3.00$
- 2-1 凍害の際に、水分の凍結による体積膨張で細孔中の未凍結の水圧が高まり内部からコンクリートを破壊する。しかし、セメント硬化体に適度に独立した空気泡が分散して存在していれば、空気泡につながった細孔水の圧力を緩和することができる。
- 2-2 さらに反応の進行を防ぐため、水の侵入を遮断する表面塗装を行う。また進行性の骨材膨張による構造への影響を避けるため、鋼板などを巻いて部材の変形を拘束する。亜硝酸リチウムを主成分とした溶剤をコンクリート内に圧入し、構造物全体の劣化を根本的に抑制する。など。
- 2-3 強度が同じでも気泡や粗骨材の配置が違うので繰り返し荷重下でのひび割れの進展が異なる。特に荷重が大きい場合にその影響が顕著に出た。など。  
(試験機の荷重が一定ではなかったなどコンクリートに限らず一般的に言えるような解答は問題の意図とは異なる)。