

大学院 博士前期課程 入学試験（専門科目） 解 答

用 紙

選択した科目名	受験番号	採 点
構造力学		

[問題 1] 解答例

A 点の支点反力 R_A と曲げモーメント M_A は下記の通りである。

$$R_A = \frac{q_0 l}{2} \quad M_A = -\frac{q_0 l^3}{3}$$

1) せん断力図 $Q(x)$ の式は下記のとおりである。

$$Q(x) = \frac{q_0 l}{2} \left(1 - \frac{x^2}{l^2} \right)$$

2)

曲げモーメント $M(x)$ の式は下記のとおりである。

$$M(x) = -\frac{q_0 l^2}{2} \left(2 - 3\frac{x}{l} + \frac{x^3}{l^3} \right)$$

3) たわみ曲線 $y(x)$ とする。C は積分定数とする。

$$q_x = q_0 \frac{x}{l} \quad \frac{d^4 y}{dx^4} = \frac{q_0}{EI} \frac{x}{l} \quad \frac{d^3 y}{dx^3} = \frac{q_0}{EI} \frac{x^2}{2l} + C_1$$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{q_0}{EI} \frac{x^3}{6l} + C_1 x + C_2 \quad \frac{dy}{dx} = \frac{q_0}{EI} \frac{x^4}{24l} + C_1 \frac{x^2}{2} + C_2 x + C_3$$

$$y(x) = \frac{q_0}{EI} \frac{x^5}{120l} + C_1 \frac{x^3}{6} + C_2 \frac{x^2}{2} + C_3 x + C_4$$

境界条件

$$[y]_{x=0} = [y']_{x=0} = 0$$

$$[y'']_{x=l} = [y''']_{x=l} = 0$$

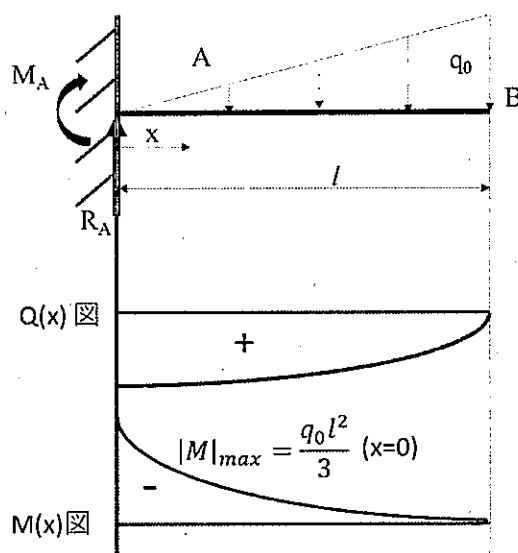
$$C_3 = C_4 = 0 \quad C_1 = -\frac{q_0 l}{2EI} \quad C_2 = \frac{q_0 l^2}{3EI}$$

ゆえに、

$$y(x) = \frac{q_0 l^4}{120EI} \left(20 \frac{x^2}{l^2} - 10 \frac{x^3}{l^3} + \frac{x^5}{l^5} \right)$$

4) B 点のたわみ y_B は、下記のとおりである。

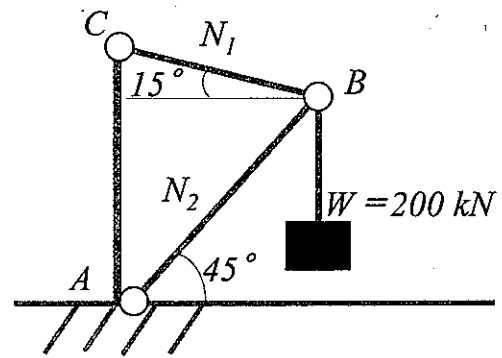
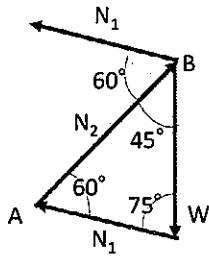
$$y_B = \frac{11q_0 l^4}{120EI}$$



[問題 2]

B 点における力のつり合いを考える。

下記の図を参考にして、力の三角形を考える。



$$\frac{W}{\sin 60^\circ} = \frac{N_1}{\sin 45^\circ} = \frac{N_2}{\sin 75^\circ}$$

1)

$$N_1 = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 60^\circ} \times W = \frac{0.71}{0.86} \times 200 = 165 \text{ (kN)}$$

2)

$$N_2 = \frac{\sin 75^\circ}{\sin 60^\circ} \times W = \frac{0.96}{0.86} \times 200 = 223 \text{ (kN)}$$

大学院 博士前期課程 入学試験（専門科目） 解 答 用 紙

選択した科目名	受験番号	採 点
地盤工学		

1.

- 5 (1) 誤：これは「間隙率」である。
 (2) 正
 (3) 誤：これは「圧密非排水試験」である。

2.

10 以下の内容の一部を含んでいるかどうかなどを勘案して、総合的に採点する。

- ・杭基礎の支持力にまつわる概念である
- ・粘性土地盤に施工された杭基礎、地盤の圧密が影響
- ・設計外力として不利に働く（引き込む側の力が余計に周面摩擦として作用してしまう）

ほか

15

3.

(1) $\sigma_v = \gamma_t \times 3.00 = 16.0 \times 3.00 = \underline{48.0 \text{ kN/m}^2}$ （以降、単位はいずれも kPa も可）

(2) $\sigma_v = \gamma_t \times 3.00 + \gamma_{sat} \times 3.00 = 16.0 \times 3.00 + 20.0 \times 3.00 = 108 \text{ kN/m}^2$

$u = 9.80 \times 3.00 = 29.4 \text{ kN/m}^2$

20 $\sigma_v' = \sigma_v - u = 108 - 29.4 = \underline{78.6 \text{ kN/m}^2}$

4.

(1) $150. \times 0.500 = \underline{75.0 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}}$ （または $\underline{75.0 \text{ kN}}$ も可とする）

この他、「奥行き 1.00 m あたりの」の語の含意に /m を持たせていると考えた $\underline{75.0 \text{ kN} \cdot \text{m}}$ も可とする。

25 (2) $F_s = (60.0 \times 0.500 + 150. \times 0.500) \div (100. \times 2.00) = 105. / 200. = \underline{0.525}$

30

35

40

45

50

大学院 博士前期課程 入学試験 (専門科目) 解 答 用 紙

選択した科目名	受験番号	採 点
水工学		

【解 答】

問題 1

x, y, z 方向の辺長が $\delta x, \delta y, \delta z$ である Control Box に x 方向の上流から断面平均流速 u_1 で流入する質量フラックスは、密度を ρ とし、 $\rho u_1 \delta y \delta z$

流速 u_2 で下流から流出する質量フラックスは、 $\rho u_2 \delta y \delta z$

質量フラックスの収支は、 $\rho u_2 \delta y \delta z - \rho u_1 \delta y \delta z$

x, y, z 方向で収支をとると、

$$(\rho u_2 \delta y \delta z - \rho u_1 \delta y \delta z) + (\rho v_2 \delta x \delta z - \rho v_1 \delta x \delta z) + (\rho w_2 \delta x \delta y - \rho w_1 \delta x \delta y) = 0$$

偏微分による単位長さ当たりの流速変化を用いると、

$$\rho \frac{\partial u}{\partial x} \delta x \cdot \delta y \delta z + \rho \frac{\partial v}{\partial y} \delta y \cdot \delta x \delta z + \rho \frac{\partial w}{\partial z} \delta z \cdot \delta x \delta y = 0$$

$$\text{従って、} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

問題 2

断面①、②でのエネルギー保存則から、

$$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \frac{p_2}{\rho g}$$

ここで、重力加速度を g とする。断面中心の高さをそれぞれ z_1, z_2 、そこでの圧力を p_1, p_2 とする。

水平なベンチュリー管なので $z_1 = z_2$ とし、

静水圧を仮定し、水の密度を ρ とし、 $p_1 = \rho g h_1, p_2 = \rho g h_2$ から、

$$\frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{v_2^2}{2g} + h_2$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2g(h_1 - h_2)$$

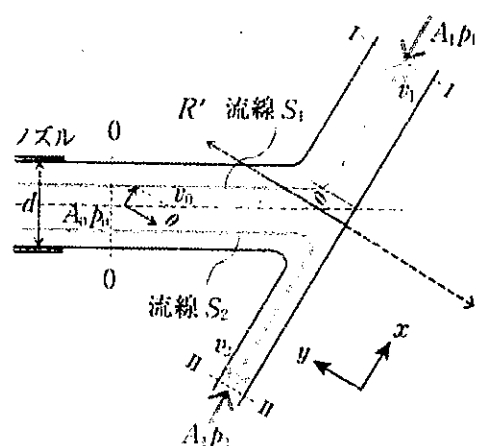
連続式から、 $v_2 = v_1$ 、両式から、 $Q = A_1 v_1 = A_1 A_2 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{A_1^2 - A_2^2}}$

断面積比 $m = A_2/A_1$ とし、 $Q = A_1 m \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{1 - m^2}}$

問題 3

図のように軸設定をする。

ノズルからの流量を Q_0 とすると、連続式から、 $Q_0 = Q_1 + Q_2$



平板に沿う摩擦がないものとし、断面 0, I, II の高さの差がないものとする、エネルギー保存則から、

$$\frac{v_0^2}{2g} + 0 + \frac{p_0}{\rho g} = \frac{v_1^2}{2g} + 0 + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} + 0 + \frac{p_2}{\rho g}$$

大気圧はゲージ圧として、上式から $v_0 = v_1 = v_2$

x, y 方向の運動量保存則から、

$$x: \rho Q_1 v_1 + \rho Q_2 (-v_2) - \rho Q_0 v_0 \sin \theta = A_0 p_0 \sin \theta - A_1 p_1 + A_2 p_2 = 0$$

$$\rho v_0 (Q_1 - Q_2 - Q_0 \sin \theta) = 0$$

$$\therefore Q_1 - Q_2 = Q_0 \sin \theta$$

連続式と併せて、

$$Q_1 = \frac{1}{2} Q_0 (1 + \sin \theta)$$

$$Q_2 = \frac{1}{2} Q_0 (1 - \sin \theta)$$

反力 R' とし、

$$y: 0 - \rho Q_0 (-v_0) \cos \theta = -A_0 p_0 \cos \theta + R'$$

大気圧はゲージ圧として、 $\rho Q_0 v_0 \cos \theta = R'$

(1) 各値を代入すると、

$$Q_0 = 4.2412 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_1 = 3.18 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}, Q_2 = 1.06 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

(2) 水流が平板に及ぼす力 R は、 $R = -R' = -\rho Q_0 v_0 \cos \theta = -22.0 \text{ N}$

※ y 軸の方向に注意

大学院 博士前期課程 入学試験 (専門科目) 解 答 用 紙

選択した科目名	受験番号	採 点
環境工学		

1.

$$(1) \quad 432000 \times 2.0 + 36000 C = (432000 + 36000) \times 3.0$$

$$\therefore C = \frac{1404000 - 864000}{36000} = 15 \text{ [mg/l]} //$$

$$(2) \quad \eta = \frac{150-15}{150} = \frac{135}{150} = 0.9 \text{ (90\%)} //$$

$$(3) \quad -\frac{dC}{dt} = kC \quad \text{を} \quad t=0 \text{ 時} \quad C=C_0 \text{ として解くと, } T = -\frac{1}{k} \ln \frac{C}{C_0}$$

$$\therefore T = -\frac{1}{8.0} \ln \frac{15}{150} = -\frac{1}{8.0} \ln 10 = 0.2875 \text{ [d]} \quad \left(\text{72.0, } T = -\frac{1}{k} \ln(1-\eta) \right)$$

$$(6.9 \text{ [h]})$$

$$\therefore V = T \cdot Q = (0.2875) \cdot (36000) = 10350 \text{ [m}^3\text{]} //$$

2.

$$(1) \quad C/N_{\text{cell}} = \frac{(1.08)(12)}{(14)} = 0.9257 \dots \approx 0.926 \text{ [g-C/g-N]}$$

$$(2) \quad Y = \frac{(0.065)(113)}{(1.08)(32)} = 0.21252 \dots \approx 0.213 \text{ [g-cell/g-1/21-N]}$$

3.

生物化学的酸素要求量

水中の有機物が微生物により分解される際に消費される酸素量に基づいて算出される指標で、有機性汚濁の程度を表し、この値が高いほど生物分解性の有機物が多く、水質が悪いことを意味し、河川的环境基準に用いられている。通常、20℃において5日間で消費された酸素量を測定する。(131文字)

全窒素

水中におけるガスを除く窒素成分の合計量で表される水質指標であり、有機性窒素、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素および硝酸性窒素で構成されてそれらの総量に相当する。富栄養化の原因となる栄養塩類の一つであることから、水質環境基準や排水基準の水質指標として使用されている。(130文字)

下水道における排除方式

汚水と雨水を別々の管きよ系統で排除する方式を分流式、同一の管きよで排除する方式が合流式である。合流式は、管きよは一本なので施工性や経済性があり、降雨強度が比較的小さい場合にはノンポイント汚染対策にもなる。一方、雨天時越流水が生じるため対策が必要である。(126文字)

大学院 博士前期課程 入学試験（専門科目） 解 答 用 紙

選択した科目名	受験番号	採 点
都市工学		

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

問 1

・交通需要管理マネジメントとは、交通需要が供給を上回ることによって発生する交通問題に対して、供給量を増やすのではなく、需要を調整すること
で解決を目指す交通施策

・具体的な手法としては、以下のようなものがある

1) 適切な交通手段への誘導を目的とした『パークアンドライド（駅まで自動車を利用し、駅前に駐車して、鉄道で目的地に行く）』、「パークア
ンドバスライド（バス停まで自動車を利用し、バスで目的地に行く）」、『キスアンドライド（家族などに駅まで送迎してもらい、鉄道で目的
地に行く）』、「バスの走行条件の改善」「公共交通サービスの改善」「新しい交通システム（朝夕をバス専用レーンとして利用し、日中はバス
優先レーンとする（バス高速輸送システム））」、「自転車道ネットワークの整備」など

2) 自動車利用の工夫として、『カープール、バンピール（通勤時に近所の人と自家用車やバンを相乗りする）』など

3) 適切な自動車利用への誘導として、『ロードプライシング（一般道路の使用に対する課金・課税を行う）』、『環境ロードプライシング（比較的
住宅の少ない高速道路の利用料金を割引することで経路変更を促す）』、『フリンジパーキング（都市周辺部（フリンジ）に駐車し、公共交通
で都心部に行く）』など

問 2

・課題

特に地方都市において、自動車利用に過度に依存していたために、高齢になり、自動車を運転することができなくなった場合に、交通手段を確保
することができず、外出が困難になってしまう。また、高齢ドライバーの交通事故も多い。

・対策

運転免許証の自主返納を制度化し、返納した高齢者にインセンティブを与える

自動車を使わなくても外出できる都市構造（コンパクトシティ・プラス・ネットワーク）に変えていく

高齢者でも利用しやすいように、交通施設のバリアフリー化をすすめる など

問 3

・最短経路 1→6→11→12→13→14→15 所要時間 32 分