

受験番号

氏名

「水理学」は問1～問3までの全3問です。試験問題は2ページあります。それぞれの設問の問題文をよく読み、指示に従って解答してください。他の科目と同じ解答用紙には解答しないでください。解答用紙には解答した問番号がわかるように、解答用紙に記入してください。採点時に問番号がわからない解答は0点となります。

問1

図-1に示すように、容器内に水が貯留されている。容器の底面から高さ h_1 の位置の側壁に穴があり、そこから流速 v_B で水が流出している。一方、容器の天井を貫通して細管が設置されており、上端は大気へ接し、下端は穴より高さ h_2 だけ上方に位置する。細管下端と水面との距離は h_3 である。流出に伴い細管の下端から空気が流れ込んでいる。

(1) 水面が細管下端よりも高い位置にある場合の水面における圧力 p_A の時間変化を求めよ。

(2) 水面が細管下端よりも高い位置にある場合の流出速度 v_B を求めよ。

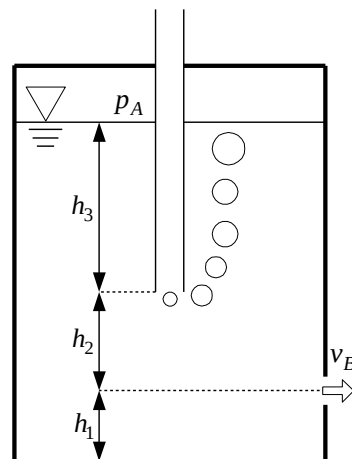


図-1 穴と細管を有する容器

問2

流体の運動方程式は式(1)～(3)のように示される。ここに、 t は時間、 x 、 y 、 z 方向の流速をそれぞれ u 、 v 、 w とし、 F_i は外力の i 方向成分、 p は圧力、 ρ は流体の密度、 ν は動粘性係数である。

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

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

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

左辺第1項を(ア)(語句)と呼び、左辺第2項～第4項を(イ)(語句)と呼び、右辺第1項を(ウ)(語句)と呼び、右辺第2項を圧力項と呼び、右辺第3項を(エ)(語句)と呼ぶ。左辺第1項から右辺第2項までの方程式を(オ)(語句)の運動方程式と呼び、(カ)(語句)流体に適用できる方程式である。一方、すべての項で構成される方程式を(キ)(語句)の運動方程式と呼び、(ク)(語句)流体に適用できる方程式である。

ところで、時間的に変化しない流れを(ケ)(語句)という。時間的に変化せずに、かつ、流下方向に水深や流速が変化しない流れを(コ)(語句)という。河川のような自由水面を有している流れを(サ)(語句)と呼び、自由水面を有していない流れを(シ)(語句)という。フルード数 Fr は(ス)(語句)と(セ)(語句)との比で定義され、 $Fr > 1$ の流れを(ソ)(語句)、 $Fr < 1$ の流れを(タ)(語句)、 $Fr = 1$ の流れを(チ)(語句)と呼ぶ。また、 $Fr > 1$ の流れが $Fr < 1$ の流れに遷移する現象を(ツ)(語句)といい、両状態の水深の関係を表す式を(テ)(語句)という。逆に、 $Fr < 1$ の流れが $Fr > 1$ の流れに遷移するときの断面を(ト)(語句)といい、この断面の水深を計測することで(ナ)(語句)が算出可能となる。一方、慣性力と粘性力との比で定義されるパラメータは(ニ)(語句)とよばれ、(ヌ)(数値)以下では(ネ)(語句)の状態となる。

上記の(ア)～(ネ)を解答用紙に記入せよ。なお、解答用紙において、解答と(ア)～(ネ)との対応が分かるように記入せよ。

受験番号

氏名

問3

図-2 に示すように、A 点よりも上流には十分に水深が深く水位が一定に保たれているダムがあり、A 点よりも下流は開水路となっている。限界勾配を i_c ，限界水深を h_c ，等流水深を h_0 とする。ダムの底面は水平で、A 点から B 点までの勾配 i_1 は $i_1 > i_c$ で、B 点から C 点までの勾配 i_2 は $i_2 < i_c$ で、C 点から E 点までの勾配 i_3 は $i_2 < i_3 < i_c$ で、E 点で水が自由落下している。C 点と E 点との間に水門があり、水門下端と水路床との間隙 a は $h_c < a < h_0$ となっている。なお、各点の間隔は十分に離れており、水深に対して水路幅が十分に広い等幅水路とする。粗度係数は流下方向に一定とする。解答用紙に図-2 と類似の図面を描いた上で、以下の問いに答えよ。

(1) 解答用紙の図中にダム水位～E 点間の等流水深 h_0 を一点鎖線で、限界水深 h_c を点線で、水面形を実線で示せ。

(2) 解答用紙の図中に支配断面あるいは跳水が発生する場合はそれを明記せよ。

(3) 解答用紙の図中に水面形の計算方向を矢印で明記し、さらに、水面形の種類(緩勾配は M_i ，限界勾配は C_i ，急勾配は S_i ，水平は H_i ，逆勾配は A_i 。ここに i は適切な数字)を記入せよ。

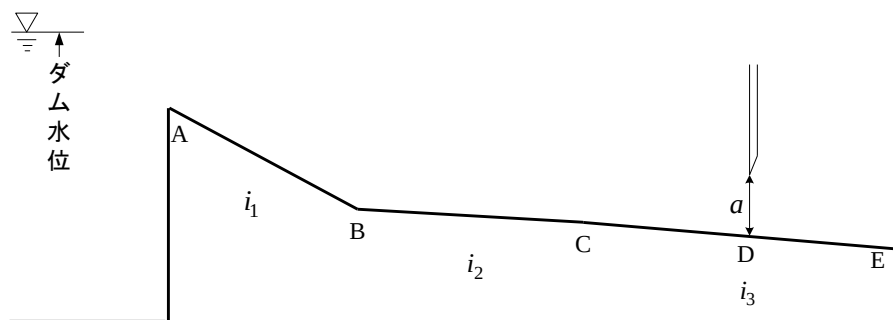


図-2 開水路流の側面図