

令和3年度 専攻科学生選抜学力試験問題用紙 専門科目 ③水力学

1. 十分大きい貯水池に、図1のような回転式水門が水面下にある。この水門は、堤防にくり抜いて水面と垂直に設置され、水門の扉は上部のちようつがいで回転できるようになっている。水門は下部のストッパーで開かないようになっている。水門は長方形で幅と高さは、 b [m] と h [m] である。水面の高さは水門のちようつがいの位置から c [m] 高いところにある。このとき、このストッパーに作用する力を次の設問に従って求めなさい。なお、水の密度は ρ [kg/m³]、重力加速度は g [m/s²] において設問(1)～(4)を解きなさい。ストッパーの高さと空気の密度は無視すること。また水門に作用する全ての摩擦力は無視すること。

- (1) 図1のように、ちようつがいの中心から y [m] の位置の扉の微小長方形 dA に作用する力 dF [N] を変数と記号で表しなさい。
- (2) この扉をちようつがいを中心として y [m] の位置で回転させようとするモーメント dM [N・m] を変数と記号で表しなさい。
- (3) dM を $y=0$ から $y=h$ まで積分してモーメント M を求め、変数と記号で表しなさい。
- (4) ストッパーに作用する力 F を求め、変数と記号で表しなさい。
- (5) $b=2$ [m], $h=3$ [m], $c=1$ [m], $\rho=998$ [kg/m³], $g=9.81$ [m/s²] の場合にストッパーに作用する力 F を有効数字3桁で求めなさい。

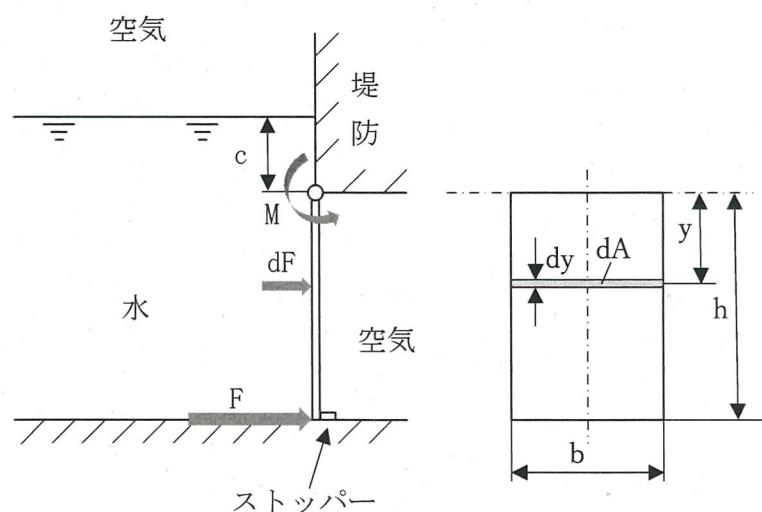


図1 回転式水門に作用する力

2. 図2のように内径 D [m]で十分に長い水平な円管の途中に、のど部内径 d [m]のベンチュリー管が設置されている ($D > d$ とする)。この中を密度 ρ [kg/m³]の液体が定常に流れている。このベンチュリー管の内面はなめらかですべての損失は無視できるとき次の問い合わせに答えなさい。ただし、図中の管路に垂直なA面とB面の断面平均流速をそれぞれ V_1 [m/s]、 V_2 [m/s]とし、A面とB面の位置の壁面の圧力をそれぞれ p_1 [Pa]、 p_2 [Pa]とする。また空気の密度や重力の影響は無視できるものとする。重力加速度は g [m/s²]、円周率は π とする。

- (1) 図2のA面とB面の間で成立する連続の式を書きなさい。
- (2) 図2のA面とB面の間で成立するベルヌーイの式を書きなさい。
- (3) 上記の(1)と(2)の設問で得られた式を連立させて、速度 V_2 を圧力差 $p_1 - p_2$ の関数で表しなさい。
- (4) $D=0.3$ [m]、 $d=0.2$ [m]、 $p_1 - p_2 = 8$ [kPa] のとき、流速 V_2 を求めなさい。ただし $\rho = 998$ [kg/m³] とする。
- (5) 上記の問(4)の状態でこのベンチュリー管を流れる体積流量を有効数字3桁で求めなさい。

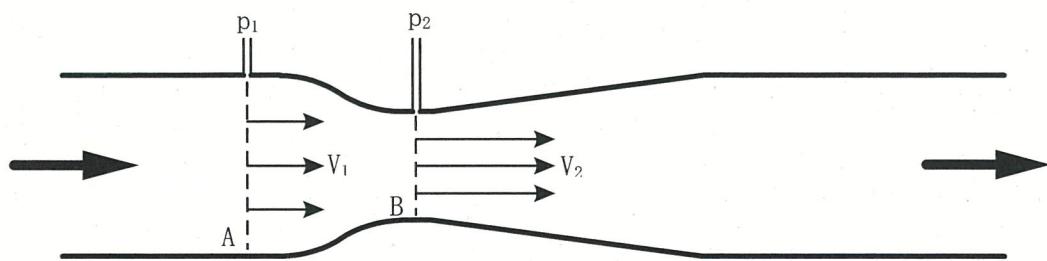


図2 ベンチュリー管

3. 内径 250 [mm] の十分に長く、曲がりがない水道管が重力と水平に設置されている。この水道管には流量 12 [m³/min] の水が定常に流れている。この水道管の管摩擦係数は図 3 に示すムーディー線図に従うものとする。この水道管の内側の平均表面粗度が $k_e=0.24$ [mm] のとき、次の問い合わせに答えなさい。水の密度と粘度は、998 [kg/m³] と 1.00×10^{-3} [Pa · s] とし、重力加速度は $g=9.81$ [m/s²] とする。なお、問(4)(7)(8)以外の数値の答えは有効数字 3 衔で答えなさい。

- (1) 水道管の k_e/d の値を求めなさい。
- (2) 平均流速を求めなさい。
- (3) レイノルズ数を求めなさい。
- (4) 図 3 より管摩擦係数としてもっとも近い数字を次の選択肢のうちから 1 つ選びなさい。

- (a) 0.007 (b) 0.008 (c) 0.009 (d) 0.01 (e) 0.015 (f) 0.02
 (g) 0.025 (h) 0.03 (i) 0.04 (j) 0.05

- (5) この水道管 1[m]あたりの損失ヘッドを求めなさい。管摩擦係数は問(4)の答えを用いること。
 - (6) この水道管 1[m]あたりに損失する流体エネルギーを求めなさい。損失ヘッドは問(5)の答えを用いること。
 - (7) 仮にこの水道管内面が流体力学的に完全に滑らかな場合で、上記(3)のレイノルズ数で水が流れている場合の管摩擦係数としてもっとも近い数字を次の選択肢のうちから 1 つ選びなさい。
- (a) 0 (b) 0.005 (c) 0.008 (d) 0.012 (e) 0.018 (f) 0.02
 (g) 0.025 (h) 0.03 (i) 0.04 (j) 0.05
- (8) 図 3 のブラジウスの式として正しいものを次の選択肢のうちから 1 つ選びなさい。

- (a) $\lambda = 64Re^{-1}$ (b) $\lambda = 0.3164Re^{-1/4}$ (c) $\lambda = 64Re$ (d) $\lambda = 0.3164Re^{1/4}$

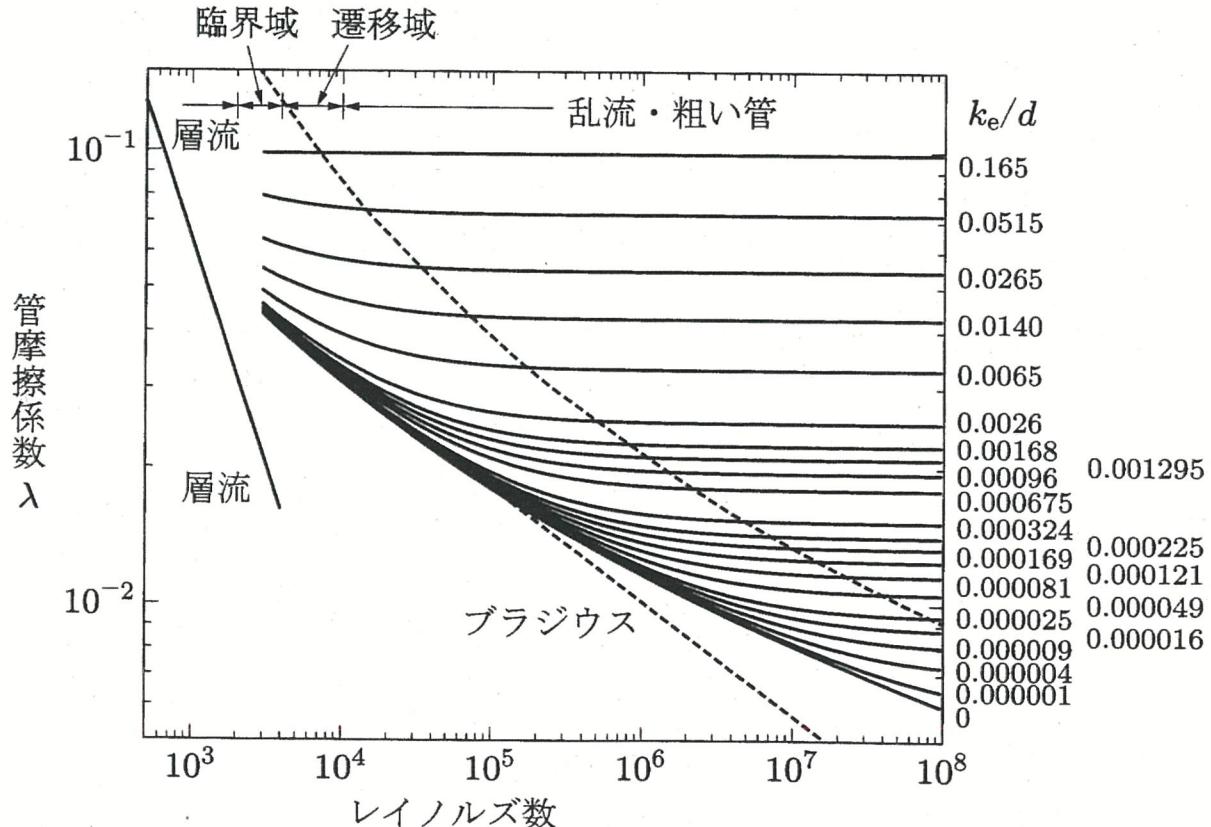


図 3 ムーディー線図
 (宮井 他、水力学、森北出版より引用)