２０２６年度　北海道科学大学　大学院修士課程一般　入学試験問題

専 攻	都市環境学専攻	受験番号		氏 名	

科目名	専門科目（水理学 ）	参考資料	一切不可・使用可（　　　　　　　）
採点欄		持込用具	一切不可・使用可（関数電卓　　　　　　）

問１．静止した流体中を沈降する直径dの球形粒子の終端速度 v_cを表す式（ストークスの式という）を導け．ただし，流体および粒子の密度をそれぞれ ρ_w，ρ_s，流体の粘性係数を μ，重力加速度を gとする．また，静止した流体中を速度vで沈降する半径 r の粒子に働く抵抗力は $F = 6\pi\mu r v$ で表されるものとする．

解答例

粒子の体積を V とする．一定速度で沈降する粒子に作用する力のつり合いより，

$$\rho_s g V - \rho_w g V - 6\pi\mu r v_c = 0\ ,\qquad V = \frac{\pi d^2}{4}\ ,\qquad d = 2r$$

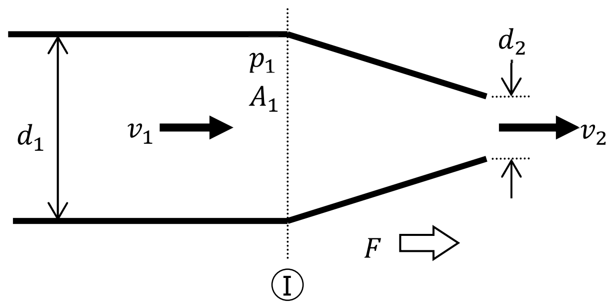
上式を v_cについて整理すると，

$$v_c = \frac{g(\rho_s - \rho_w)d^2}{18\mu}$$

問２．図のような水平に置かれた直径 $d_1 = 0.3\mathrm{m}$の円管の先に出口直径 $d_2 = 0.1\mathrm{m}$のノズルを設けた．円管内の流量が $Q = 0.08\mathrm{m^3/s}$であるとき，次の問いに答えよ．ただし，流れは完全流体とし，重力加速度を $g = 9.8\mathrm{m/s^2}$，水の密度を $\rho = 1000\mathrm{kg/m^3}$ とする．

(1) 断面 ① における圧力 p_1を求めよ．

(2) ノズルに働く流れ方向の力 F を求めよ．



解答例

(1) 連続の式より

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi {d_1}^2} = 1.1318\ (\mathrm{m/s})\,, \qquad v_2 = \frac{4Q}{\pi {d_2}^2} = 10.186\ (\mathrm{m/s})$$

断面①と出口でベルヌーイの定理を適用すると

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

変形して，

$$p_1 = \frac{1}{2}\rho({v_2}^2 - {v_1}^2) = 51236.8\ (\mathrm{Pa}) \qquad (\quad 51.23\ (\mathrm{kPa}) \quad)$$

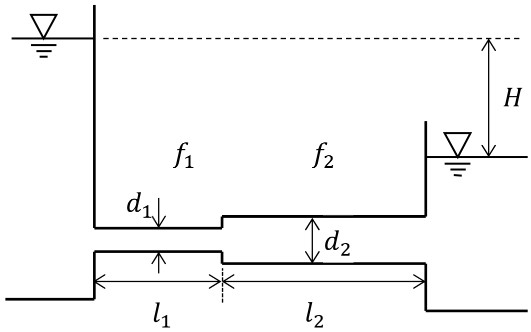
(2) 断面①と出口で運動量の式を適用すると

$$-F + \frac{\pi {d_1}^2}{4} p_1 = \rho Q(v_2 - v_1)$$

変形して

$$F = \frac{\pi {d_1}^2}{4} p_1 - \rho Q(v_2 - v_1) = 2897.4\ (\mathrm{N}) \quad (\quad 2.897\ (\mathrm{kN}) \quad)$$

問３．管水路に関する次の問いに答えよ



(1)　図のように水の入った２つの水槽が内径の異なる円管路で接続されている．各管の内径および長さを d_1, l_1, d_2，l_2，水位差を H，入口，出口，急拡の損失係数をそれぞれ f_e，f_o，f_{se}，各管路の摩擦損失係数を f_1，f_2，重力加速度をgとするとき，内径の大きな管内の平均流速 u_2を問題文中の記号を用いて表せ．

(2) $d_1 = 0.3\mathrm{m}$，$d_2 = 0.6\mathrm{m}$，$H = 6\mathrm{m}$，$l_1 = 150\mathrm{m}$，$l_2 = 200\mathrm{m}$，$f_e = 0.5$，$f_o = 1.0$，$f_{se} = 0.56$，$f_1 = f_2 = 0.03$，$g = 9.8\mathrm{m/s^2}$としたときの管内流量を求めよ．

解答例

(1) 水位差は流れの損失水頭の和に等しいから，内径の小さな方の管内流速をu_1として，

$$H = \left(f_e + f_{se} + f_1 \frac{l_1}{d_1}\right)\frac{{u_1}^2}{2g} + \left(f_o + f_2 \frac{l_2}{d_2}\right)\frac{{u_2}^2}{2g}$$

連続の式から

$$\frac{\pi {d_1}^2}{4} u_1 = \frac{\pi {d_2}^2}{4} u_2$$

上２式から u_2を求めると，

$$u_2 = \sqrt{\frac{2gH}{\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4 \left(f_e + f_{se} + f_1 \frac{l_1}{d_1}\right) + f_o + f_2 \frac{l_2}{d_2}}}$$

(2)　流量 Q は，

$$Q = \frac{\pi {d_2}^2}{4} u_2 = 0.1873\ (\mathrm{m^3/s})$$

問４． 開水路に関する次の問いに答えよ．

底幅 b の長方形断面水路を，水深 h で水が等流状態で流れているとき，次の問に答えよ．ただし，マニングの粗度係数を n，水路勾配を i とする．

(1) マニングの式を用いて，平均流速 u_mを問題文中の記号で表せ．

(2) $b = 3\mathrm{m}$，$h = 1.2\mathrm{m}$，$n = 0.025$，$i = 1/1200$ の時の流量 Q を求めよ．

(3) 水路の断面形状と水深とマニングの粗度係数を変化させずに，流量 $Q = 5\mathrm{m^3/s}$ で水を流したい．水路勾配 i をいくらに設定すればよいか．

解答例

(1) $$u_m = \frac{1}{n}\left(\frac{bh}{b+2h}\right)^{2/3} i^{1/2}$$

(2) 上式から，

$$u_m = 0.8812\ (\mathrm{m/s})$$

$$\therefore\quad Q = Bhu_m = 3.172\ (\mathrm{m^3/s})$$

(3) 連続の式とマニング式より，

$$Q = \frac{bh}{n}\left(\frac{bh}{b+2h}\right)^{2/3} i^{1/2}$$

上式を変形し，$Q = 5\ \mathrm{m^3/s}$　とすれば，

$$i = \left\{\frac{nQ}{bh}\left(\frac{b+2h}{bh}\right)^{2/3}\right\}^2 = 0.002070 = \frac{1}{483}$$