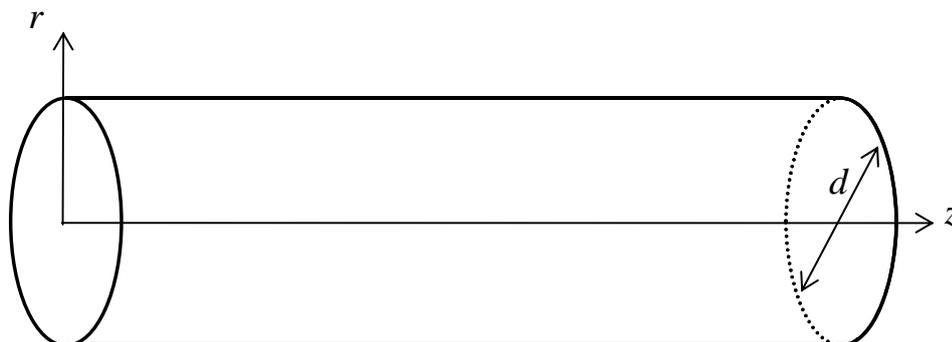


平成 23 年度 弁理士試験論文式筆記試験問題

[流体力学]

1. 図 1 に示す直径 d の円管の中を、密度 ρ 、粘性係数 μ の非圧縮性の流体が z 軸の正の向きに流れている。流れは定常で、十分に発達しているものとする。また、直径 d と平均速度 u_m で定義されたレイノルズ数 Re の値は 500 である。

【50点】

図 1 直径 d の円管

- (1) 流れは層流か乱流か。その理由とともに答えよ。なお、答案の中に臨界レイノルズ数（または遷移レイノルズ数）の代表的な値を含めて解答すること。
- (2) 管中央($r = 0$)と管壁($r = d/2$)のそれぞれの位置において、軸方向速度 u_z が満たすべき境界条件を答えよ。
- (3) この流れの運動方程式は、以下のように記述される。設問(2)の境界条件を用いて次式を積分し、軸方向速度 u_z の分布を求めよ。

$$0 = -\frac{1}{\rho} \frac{dP}{dz} + \frac{\mu}{\rho} \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{du_z}{dr} \right) \quad (\text{式 1})$$

ただし、 $\frac{dP}{dz}$ は管軸方向 (z 方向) の圧力勾配である。

- (4) 管壁($r = d/2$)において、流体に流れと逆向きに働くせん断応力の大きさを $\tau_w (> 0)$ とするとき、 τ_w と圧力勾配 $\frac{dP}{dz}$ の関係を求めよ。
- (5) 円管内の平均速度 u_m を、壁面せん断応力 τ_w 、直径 d 、密度 ρ 、粘性係数 μ の中から必要なものを用いて表せ。

(次頁へ続く)

- (6) 直径 d と平均速度 u_m で定義されたレイノルズ数 Re を用いて管摩擦係数 c_f を表せ。
 ここで管摩擦係数 c_f は、壁面せん断応力 τ_w を流れの平均速度 u_m で定義された動圧で無次元化することにより、次式で与えられる。

$$c_f = \frac{\tau_w}{\frac{1}{2} \rho u_m^2} \quad (\text{式 2})$$

2. 図2のような急拡大する二次元流路があり、その中を密度 ρ の非圧縮性流体が流れている。ここで、検査体積 $abcdefgha$ を考える。検査体積入口 ah の断面積は A_1 であり、そこでの速度と静圧はそれぞれ V_1 、 p_1 である。また、検査体積出口 de の断面積は A_2 であり、そこでの速度と静圧はそれぞれ V_2 、 p_2 である。ここで、検査体積入口および出口の各断面において、速度と静圧は一樣であるとする。また、流れは定常で、壁面摩擦損失は無視できるものとする。このとき、以下の設問に答えよ。

【30点】

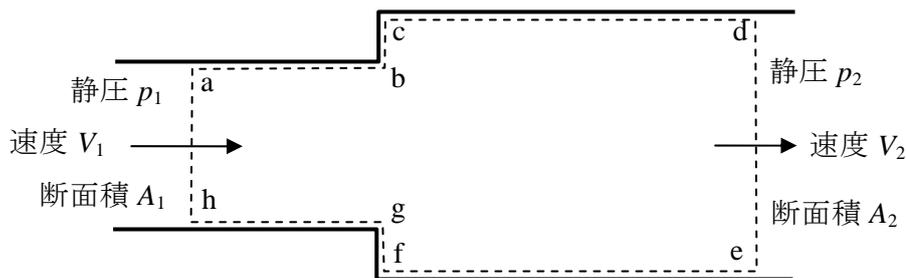


図2 急拡大する二次元流路

- (1) 検査体積における連続の式を記述せよ。
- (2) 壁面 bc および壁面 fg での静圧が入口静圧 p_1 と等しいと仮定できるとき、検査体積における流れ方向の運動量保存式を記述せよ。
- (3) 入口断面 ah に対する出口断面 de での全圧の減少量 p_{Loss} を、 V_1 、 V_2 、 ρ を用いて記述せよ。

3. 流れの代表速度を U 、代表長さを L 、重力加速度を g 、流体の密度を ρ 、粘性係数を μ 、表面張力を σ 、音速を a 、分子の平均自由行程を λ とする。このとき、以下の無次元数を、 U 、 L 、 g 、 ρ 、 μ 、 σ 、 a 、 λ の中から必要なものを用いて表せ。

【20点】

(1) レイノルズ(Reynolds)数

(2) マッハ(Mach)数

(3) クヌッセン(Knudsen)数

(4) ボンド(Bond)数