

令和4年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[流体力学]

1 図1のように、速さ U で一様に流れる気流中に、流速を計測するための装置を設置した。装置下部には水を入れたマンメータが取り付けられている。気体の密度は ρ_a 、水の密度は ρ_w 、マンメータの液面位置の差は h である。ただし、 $\rho_w \gg \rho_a$ とし、大気圧は p_0 、重力加速度は鉛直下向きに働き、大きさ g とする。装置内部を含め、損失はないものとする。

以下の問いに答えよ。

【40点】

- (1) この気流中の動圧を表す式を p_0 、 ρ_a 、 U のうち必要な記号を用いて表せ。
- (2) この気流中の静圧を表す式を p_0 、 ρ_a 、 U のうち必要な記号を用いて表せ。
- (3) この気流中の全圧を表す式を p_0 、 ρ_a 、 U のうち必要な記号を用いて表せ。
- (4) この系で成立するベルヌーイの式を示した上で、流速 U を g 、 h 、 ρ_a 、 ρ_w を用いて表せ。
- (5) ベルヌーイの式の成立条件について、以下の語句を全て用いて記せ。
[粘性、定常、圧縮性、外部との熱・仕事のやりとり]

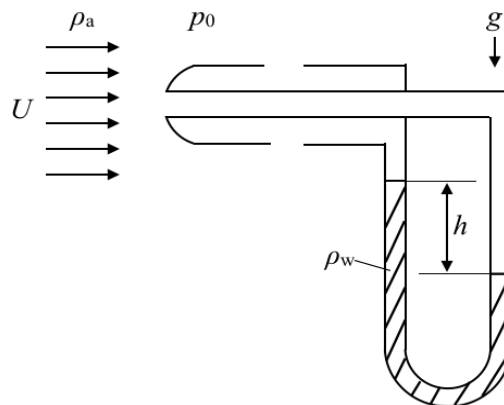


図1

2 図2に示すような、完全に発達した定常な円管内層流（ハーゲン・ポアズイユ流）において、 x 方向の流速分布 $u(r)$ は次式で表される。

$$u(r) = U_{max} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right)$$

ただし、 U_{max} は最大流速、 R は円管半径、 r は管軸からの距離である。流体の密度 ρ 、粘度 μ 、管入口から出口までの長さ l として、以下の問いに答えよ。

【60点】

(1) 壁面に働くせん断応力を U_{max} 、 R 、 μ 、 ρ 、 l のうち必要な記号を用いて表せ。

(2) 円管断面における平均流速 U を U_{max} 、 R のうち必要な記号を用いて表せ。

(3) 流量 Q とすると、 x 方向の圧力勾配は

$$-\frac{dp}{dx} = \frac{8\mu Q}{\pi R^4}$$

と表される。管入口から出口までの間の圧力損失を U_{max} 、 R 、 μ 、 ρ 、 l のうち必要な記号を用いて表せ。

(4) 円管内層流の圧力損失 Δp を次式のように表すことを考える。

$$\Delta p = \frac{C\rho U^2}{2}$$

ただし、 U は円管断面における平均流速、 C は係数である。代表長さを $2R$ 、代表速度を U とするレイノルズ数 Re の定義式を示した上で、 C を Re 、 R 、 l を用いて表せ。

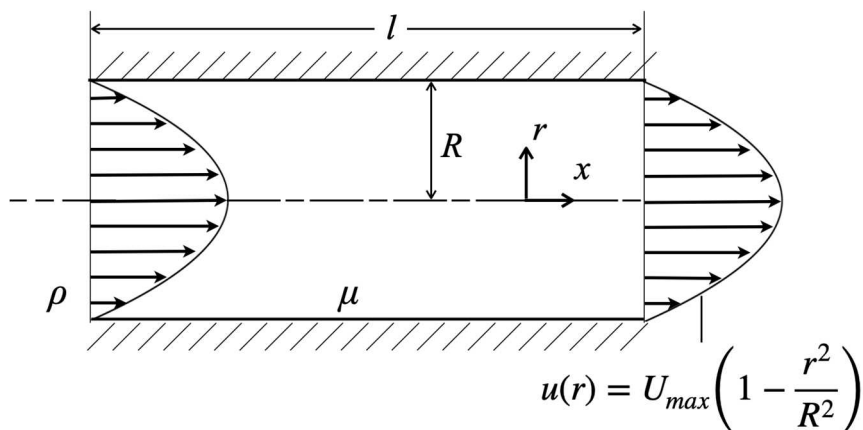


図2