

## 問題 1

水の体積流量が判明しているので、まず、入口と出口の流速を求めよう。

$$Q := 0.015 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

それぞれの面積は

$$\begin{bmatrix} d1 \\ d2 \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.2 \end{bmatrix} \quad (\text{m}) \quad \begin{bmatrix} A1 \\ A2 \end{bmatrix} := \frac{\pi}{4} \cdot \begin{bmatrix} d1^2 \\ d2^2 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} A1 \\ A2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.018 \\ 0.031 \end{bmatrix} \quad (\text{m}^2)$$

それぞれの流速は

$$\begin{bmatrix} v1 \\ v2 \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} \frac{Q}{A1} \\ \frac{Q}{A2} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} v1 \\ v2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.849 \\ 0.477 \end{bmatrix} \quad (\text{m/s})$$

ここで、エネルギー保存法則（ポンプ）

$$W_{in} + p_1 \cdot A_1 \cdot v_1 + \dot{m} \cdot g \cdot z_1 + \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot v_1^2 = p_2 \cdot A_2 \cdot v_2 + \dot{m} \cdot g \cdot z_2 + \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot v_2^2 \quad .$$

を使うために、

$$\rho = 1000 \quad (\text{kg/m}^3) \quad \dot{m} = \rho Q = 15 \quad (\text{kg/s}) \quad g = 9.8 \quad (\text{m/s}^2)$$

地下の水面を基準点と考えると

$$\begin{bmatrix} z1 \\ z2 \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 0 \\ 60 + 5 \end{bmatrix} \quad (\text{m})$$

地下と地上のゲージ圧力は 0 (Pa) と考えることができるから、

$$\begin{aligned} W_{in} &= \dot{m} \cdot g \cdot z_2 - \dot{m} \cdot g \cdot z_1 + \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot v_1^2 \\ &= \dot{m} \cdot g \cdot (z_2 - z_1) + \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot (v_2^2 - v_1^2) \end{aligned}$$

から、ポンプの所要動力がもとめられる。

$$W_{in} = 9.551 \cdot 10^3 \quad (\text{Nm/s}) \quad (\text{J/s}) \quad (\text{W})$$

## 問題 2

ポンプ動力を与えて、水の体積流量（質量流量でもよい）を求める問題である。  
エネルギー保存法則（ポンプ）

$$\dot{m} \cdot g \cdot (z_2 - z_1) + \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot (v_2^2 - v_1^2) = W_{in}$$

において、未知数  $\dot{m}$  をもとめる。

$$W_{in} := 1.5 \cdot 10^3 \quad (\text{W}) \quad g := 9.8 \quad (\text{m/s}^2)$$

$$\begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 0 \\ 200 + 40 \end{bmatrix} \quad (\text{m}) \quad \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (\text{m/s})$$

質量流量と体積流量は

$$m' = 0.638 \quad (\text{kg/s}) \quad Q := \frac{m'}{\rho} \quad Q = 6.378 \cdot 10^{-4} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

### 問題 3

水の体積流量を与えてポンプ動力を求める問題である。

使う公式は

$$W_{in} = \dot{m} \cdot g \cdot (z_2 - z_1) + \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot (v_2^2 - v_1^2)$$

与えられた条件は

$$Q = 1.5 / 60 \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad \dot{m} = \rho Q = 25 \quad (\text{kg/s})$$

$$\begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 0 \\ 20 + 30 \end{bmatrix} \quad (\text{m}) \quad \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (\text{m/s})$$

公式に代入して

$$W_{in} = 1.225 \cdot 10^4 \quad (\text{Nm/s}) \quad (\text{J/s}) \quad (\text{W})$$

問題 4、問題 5 は省略

### 問題 6

ビルの空気調和装置用に送風機を使用して、風量 1200 m<sup>3</sup>/min、風圧 160 mmAq の空気を送出する場合、この送風機用電動機の所要出力 (kW) はいくらか。ただし、送風機の効率 は 0.58、余裕係数は 1.3 とする。

風圧の単位を水柱 mm から Pa に換算する。

$$p = \rho g z = 1000 \cdot 9.8 \cdot 0.16 = 1568 \quad [\text{Pa}]$$

したがって、電動機の所要電力は

$$P = k \frac{pQ}{60\eta} = 1.3 \frac{1568 \cdot 1200}{60 \cdot 0.58} = 70290 \text{ [W]} = 70.3 \text{ [kW]}$$

まず

追加問題 1

体積流量  $Q$  [m<sup>3</sup>/s]、風圧  $p$  [Pa] の送風機の所要電動機の動力はいくらか。  
ただし、 $\eta$  を送風機の効率とする。

$$P = \frac{Qp}{\eta} \text{ [W]}$$

追加問題 2

風量  $Q$  [m<sup>3</sup>/min]、風圧  $H$  [Pa] の送風機の所要電動機の動力はいくらか。た  
だし、 $\eta$  を送風機の効率%とし、余裕率は無視するものとする。

$$P = \frac{QH}{60\eta} \text{ [W]}$$

問題 7

送風機の運転において、吐出される空気にたいする機械的な抵抗を無視すれば、  
風速は送風機の回転速度に比例する。その結果、風量は回転速度の(1)乗に  
比例し、単位体積あたりの風の運動エネルギーは回転速度の(2)乗に比例する  
ことになり、送風機駆動用電動機の所要動力は回転速度の(3)乗に比例するこ  
とになる。

その理由は

$$\text{風量 } Q = \text{送風管断面積 } S \times v \propto N^1$$

$$\text{単位体積あたりの風のエネルギー } H = \frac{1}{2} \rho v^2 \propto N^2$$

$$\text{ゆえに 所要動力 } P = QY \propto N^3$$