

## 平成 28 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、水槽に半径  $R$ 、長さが  $L$  の円管が水平に接続されており、水が流出している。このとき、水槽は十分に大きく、水面から円管中心までの高さは、常に  $H$  に保たれているとする。円管接続部の直後の断面  $B$  において、速度分布は半径方向に一様となり、 $U_0$  であった。また、断面  $B$  から断面  $C$  にかけて流れは徐々に発達し、断面  $C$  より下流では速度分布は流れ方向に一様となった。水を非圧縮性流体とみなし、円管内の流れが定常、かつ軸対称の層流であるとして、以下の設問に答えよ。ただし、円管中心からの距離を  $r$ 、重力加速度を  $g$ 、水の密度と粘性係数をそれぞれ  $\rho$ 、 $\mu$  とし、大気圧は  $P_0$  とする。

【80点】

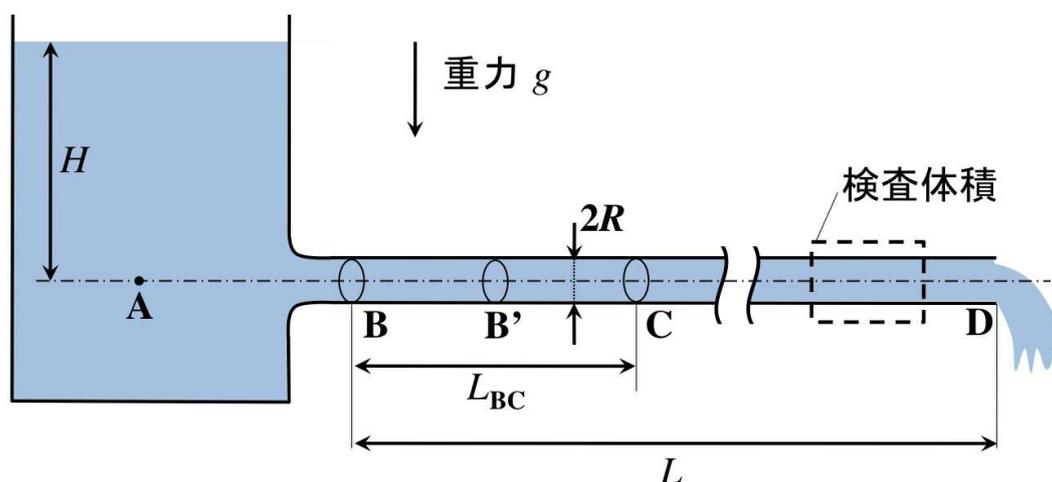


図1

- (1) 円管の中心軸と同一高さの点  $A$  における圧力  $P_A$  を求めよ。ただし、水槽内の点  $A$  における流速は十分に小さく無視できるものとする。
- (2) 断面  $B$  内の一様流速  $U_0$  を用いて、圧力  $P_A$  と断面  $B$  における圧力  $P_B$  の差  $\Delta P = P_A - P_B$  を表せ。ただし、 $AB$  間における縮流によるエネルギー損失は無視してよい。
- (3) 断面  $B$ 、 $C$ 、および両者の中間断面  $B'$  における速度分布の概形を示せ。ただし、横軸に円管中心からの距離  $r$ 、縦軸に主流方向速度  $U$  を取り、横軸には円管半径  $R$ 、縦軸には流速  $U_0$  を示すこと。

(次頁へ続く)

- (4) 断面 B から断面 C までを助走区間と呼ぶ。助走区間長さ  $L_{BC}$  とレイノルズ数  $Re = 2\rho U_0 R / \mu$  との関係に関して、下記の (ア) から (ウ) の中から正しいものを選べ。  
 (ア)  $L_{BC}/R \propto Re^{-1}$       (イ)  $L_{BC}/R \propto Re$       (ウ)  $L_{BC}/R \propto Re^2$
- (5)  $U_0$ 、 $R$  及び  $r$  を用いて、断面 C より下流における流れ方向速度の半径方向分布  $U(r)$  を表せ。
- (6)  $U_0$ 、 $R$  及び  $\mu$  を用いて、断面 C より下流における円管内壁に働くせん断応力  $\tau_w$  を表せ。
- (7) 図 1 中の点線で囲まれた検査体積における運動量の釣り合いを考えて、主流方向の圧力勾配  $G = dP/dx$  を  $U_0$ 、 $R$ 、及び  $\mu$  を用いて表せ。ただし、 $x$  は円管軸上主流方向にとった位置座標とする。
- (8)  $L$ 、 $R$ 、 $H$ 、 $\rho$ 、 $g$ 、及び  $\mu$  を用いて、流出する水の体積流量  $Q$  を表せ。また、円管の長さ  $L$  は助走区間長さ  $L_{BC}$  より十分に長いとし、点 A から断面 C までの圧力損失は無視し、断面 C より下流の圧力損失のみを考慮せよ。

2. 図 1 において、水面の高さ  $H$  を大きくしていくと、あるところで円管内の流れは乱流に遷移した。このとき、以下の設問に答えよ。

【20点】

- (1) 同じ水面の高さ  $H$  に対して、流れが層流のまま維持されると仮定した場合に比べて、乱流に遷移したことによって、断面平均流速は大きくなるか、それとも小さくなるか答えよ。また、その理由も記述せよ。
- (2) 同一流量条件下において、層流のまま維持されると仮定した場合と、乱流に遷移した場合とを考える。完全発達領域における層流と乱流の平均速度分布の概形を示せ。ただし、横軸に円管中心からの距離  $r$ 、縦軸に主流方向速度  $U$  を取り、横軸には円管半径  $R$  を示すこと。