

粘性流体工学試験問題（2000年7月） 60分 長島

電卓（通常およびプログラム電卓）のみ持ち込み可

問1 体積力を無視した2次元ナビエ・ストークスの方程式より渦度方程式を導出し、流線関数を用いて表すと次式になることを示しなさい。ただし、 w は渦度、 y は流線関数、 m は流体粘度、 r は流体密度とする。

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial y}{\partial y} \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial y}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} = \frac{m}{r} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$$

問2 乱流境界層の粘性低層における速度分布が次式で表されることを示しなさい。

$$\frac{u}{v_*} = \frac{v_* y}{n} \quad \text{ただし、} u \text{は流速、} v_* = \sqrt{\frac{t_0}{r}} \text{を摩擦速度、} t_0 \text{は壁面せん断応力、} r \text{は流体密度、}$$

n は動粘度とする。

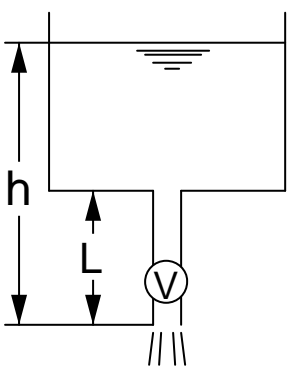
問3 境界層内速度分布が次のように表されるとき、設問に答えよ。

$$\frac{u}{V} = \frac{3}{2}h - \frac{1}{2}h^2 \quad , \quad h = \frac{y}{d}$$

ただし、 u は境界層内速度、 V は主流速度、 d は境界層厚さ、 y は壁面に垂直方向座標、また流体粘度を m とする。

(1) 壁面せん断応力 t_w を式で示しなさい。

(2) $d(x) = \sqrt{x}$ のとき、 $x = 0 \sim 1(m)$ 、幅 $B = 1(m)$ あたりの壁面表面に作用する粘性抵抗 $F(N)$ を式で示しなさい。



問4 図に示すように、タンクから水を流しているとする。バルブの損失係数 $V=2.0$ のとき、管内平均流速を求めなさい。ただし、管入口の損失は無視する。また、 $h=2(m)$ 、 $L=0.8(m)$ 、管内径を $d=2(cm)$ 、管摩擦係数を $I=0.02$ 、水の密度を $r=1000(kg/m^3)$ 、重力加速度を $g=9.8(m/s^2)$ とする。（答えだけでなく、計算の手順も書きなさい）

問5 質量 $m=62(kg)$ の物体が、抗力係数 $C_D=1.2$ 、投影面積 $A=300(m^2)$ のパラシュートで降下する速度 $V(m/s)$ を求めよ。ただし、重力加速度を $g=9.8(m/s^2)$ 、空気密度 $r=1.2(kg/m^3)$ とし、物体に加わる抗力や浮力などは無視してよいものとする。

以上