

II-174 開水路流および管路流の比較

東北大学大学院 学生員 ○ 石井 義裕
 東北大学工学部 正 員 沢本 正樹

1 : はじめに

開水路流れでは、管路流れと異なり自由水面が存在する。簡便的には、開水路をその倍の幅の流路の管路流と同等のものとして扱う場合もある。また、自由水面での乱れの減衰効果を考慮した乱流モデルの検討も行なわれている¹⁾。しかし、自由水面の持つ力学的役割は必ずしも単純ではない。そこで、本研究では同じレイノルズ数を持つ滑面開水路乱流と滑面管路乱流を計測し、さらに水面に擾乱をあたえ流速分布、乱れ強度分布に及ぼす自由水面の影響を検討する。

2 : 実験装置および実験方法

本実験で用いた水路は、幅0.36m、長さ10.00m、高さ0.08m、勾配1/200の長方形断面の透明アクリル製である。この水路は、開水路と管路の実験を行なえるように下流のゲートで水深の調節が可能である。測定は、水路横断方向中央部 $y=0$ で行なった。測定には、レーザー・ドップラー流速計を用いた。測定はX方向成分のみの測定とし受光方法は前方散乱型で行なった（図1）。測定時間90秒・サンプリング周波数100HzとしてA/D変換を行なった。流れは等流としたものと測定部より上流45cmの位置に円柱（直径3.2cm）を設置し流れにその後流を重ねたものについて測定を行なった。実験条件は表1に示すように開水路と管路において、レイノルズ数を合わせて数ケース行なった。ここでは、開水路・管路ともに代表的な実験結果を示す。

表1 開水路流れと管路流れにおける水理条件

ケース	記号	h_0 (cm)	B/h_0	R (cm)	U_{max} (cm/s)	U_0 (cm/s)	U_{κ} (cm/s)	Re $\times 10^4$	Fr
開水路	○	2.15	16.7	1.92	81.38	69.56	3.17	5.3	1.52
開水路（円柱あり）	△	2.00	18.0	1.80	77.19	75.34		5.4	1.61
管路	●	3.00	12.0	2.57	64.11	57.15	2.99	5.9	
管路（円柱あり）	▲	3.00	12.0	2.57	68.60	62.20		6.4	

$$U_0 = \frac{1}{h_0} \int_0^{h_0} \bar{u} dz, \quad Re = \frac{4RU_0}{\nu}, \quad Fr = \frac{U_0}{\sqrt{gh_0}}$$

3 : 実験結果および考察

(1) 等流の場合

図2に平均流速分布を示す。流速は、断面平均流速(U_0)で、無次元化されている。平均流速分布は、開水路・管路とも $y/h_0 \leq 0.6$ では同様な分布となっている。 $y/h_0 > 0.6$ になると両者に違いが生じている。管路流れでは水面近くで $\partial u / \partial y \approx 0$ となっている。一方、開水路流れでは、底面から対数則で水面まで分布している。管路では上下の壁面からの影響で流速分布が決って行くのに対し、開水路では水底のみから流速分

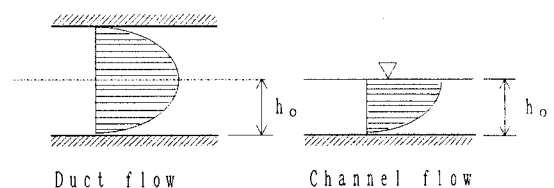


図-1 概略

布が決っている。この違いは、主に自由水面が存在することにより、開水路の自由水面が必ずしも管水路の半分、すなわち対称条件に対応していないことによる。ここで、最も簡単なモデルとして Nikuradse の半経験的計算法²⁾を用いた混合距離理論を使用する。図2に示した実線はNikuradseの混合距離に対する実験式をせん断応力分布と混合距離仮説に代入して厳密に積分したものである。開水路においては、 $y/h_0 \approx 0$ 付近では実測値と異なっている。

図3に乱れ強度($u' = \sqrt{u'^2}$)分布を示す。乱れ強度は、速度欠損則から求めた底面摩擦速度($u_* = \sqrt{\tau_0/\rho}$)で無次元化されている。開水路流れにおいては、 $y/h_0 = 0$ から自由水面に対して一定の角度を持って入っている。

(2) 流れに後流を重ねた場合

図4、図5にそれぞれ管路・開水路の乱れ強度分布($\sqrt{u'^2}$)を示す。管路と開水路での分布は著しく異なり自由水面の影響が表れている。図4に示すように管路では、底面から管路中央までほぼ同じ値をとっており壁面乱流の性質よりも後流としての性質が強く表れている。一方、図5に示すように開水路では水面の乱れと壁面からの乱れとが重なっているような構造になっているようにみられる。これは、開水路中の円柱の乱れが水面変動として流下しているものと考えられる。

4: おわりに

開水路と管路の流れを比較してみると、流速分布、乱れ強度分布には明かな違いがみられる。また、開水路では水面で生じた乱れが水中に伝搬していると考えられる。これらより、管路で得られた結果をそのまま開水路に適用することはできないことがわかった。この点については、今後の研究が必要である。

<参考文献>

- 1) 楠津家久, 中川博次: 自由水面を考慮した開水路乱流の数値計算手法—修正k-ε乱流モデルによる解法—, 京都大学防災研究所年報, 第29号B-2, pp.647-673, 1976.
- 2) J.C.Rotta: 乱流, 227p, 1975, 岩波書店.

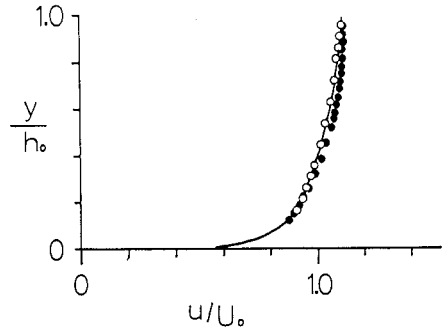


図-2 平均流速分布

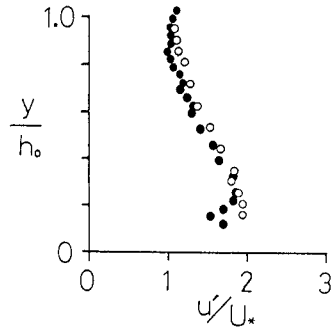


図-3 乱れ強度分布

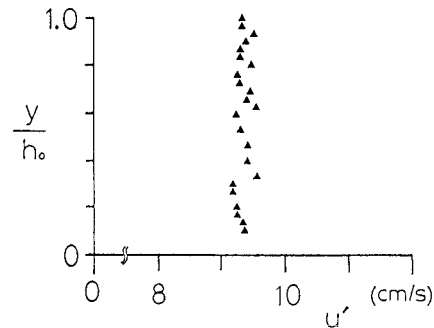


図-4 乱れ強度分布(管路)

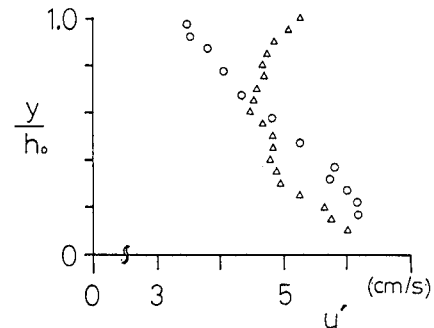


図-5 乱れ強度分布(開水路)