

II-290

直線開水路流れ2次流について

京都大学防災研究所 正員 石垣 泰輔
 京都大学防災研究所 正員 今本 博健
 ブラッドフォード大学 塩野 耕二

1. はじめに

直線開水路流れにおいても2次流が存在し、流れの構造に影響を与えていることは、実験的検討あるいは数値解析法を用いた検討で指摘されている。本報告は、2次流を直接捉える方法として著者らが用いてきたLDAによる速度3成分同時計測法¹⁾および横断面流況可視化法²⁾で得られた結果、および開水路流れの計算を対象に調整された代数応力モデルであるNaot-Rodiの乱流モデルによる計算結果を用い、直線開水路流れの2次流について検討したものである。

2. 2次流の要因別分類

直線開水路流れに見られる2次流を、その発生要因により以下の3種に分類して検討する。すなわち、

- A 速度差に起因する2次流、
- B 断面形状に起因する2次流、
- C 壁面近傍の乱れに起因する2次流、

である。3種の2次流を区別して検出するのは困難であるが、Aは複断面流れあるいは植生などで横断方向に粗度に変化する流れで、Bは隅角部近傍の流れで、Cは広幅水路の中央部の流れで見られる。Aが2次元的であるのに対し、BおよびCは3次元的な挙動を示す。

3. 複断面流れにおける2次流

横断面流況可視化法により低水路流れと高水敷上流れの混合機構を検討した結果、図-1に示すような二種類の混合機構が存在することを指摘した³⁾。すなわち、水平方向の2次元的な混合と、斜昇流に伴って形成される縦渦による3次元的な混合であり、これら2種の混合形態が交互に発生する。高水敷に粗度をつけると、2次元的な混合が卓越するようになり、後者の3次元的な混合は減少することより、2次元的な混合は速度差に起因することが知れる。これらの結果より、複断面流れでは、Aの速度差に起因する2次流と、Bの断面形状に起因する2次流が存在するが、図-2に示すように、LDAによる速度計測結果およびN-Rモデルによる計算結果ではBの2次流の存在のみが検出される。これは、図-2が速度の時間平均値を示したものであり、平均化によってAの2次流が隠されることを意味している。また、Bの2次流は発生位置が安定しており検出され易いことが知れる。

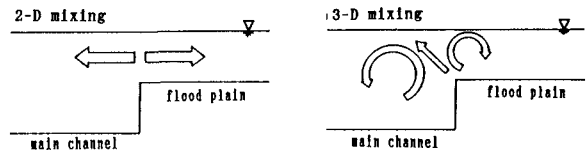


図-1 複断面流れにおける2種の混合機構

4. 隅角部近傍の流れにおける2次流

古くより、その存在が知られている2次流であり、図-3に示すように隅角凹部に向かう2次流が速度計測結果でも乱流モデルによる計算結果でも見られる。図に示すように、水路幅・水深比によって得られる2次流パターンは異なるものの、隅角部に向かう2次流の上下に2次流セルの存在が確認される。一方、図-4の中立粒子トレーサ法による横断面可視化結果が示すように、2次流

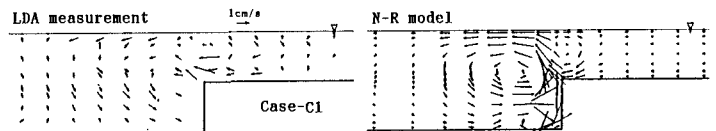


図-2 LDAおよびN-Rモデルにより得られる2次流ベクトル

セルは円形であり（図中のA～C）、図-3で見られるような楕円形の2次流セルの存在は見出せない。これは、隅角部における2次流セルは比較的安定した位置で発生するが、それは横断方向に揺らいでおり、図-3のような時間平均場で見ると、セルの外縁のみが検出されるためである。

5. 広幅水路中央における2次流

図-5は、白金線を水平に設置し、水素気泡法によって可視化された横断面流況を示したものであり、図-6は、同じ水理条件でのN-Rモデルによる速度分布、2次流ベクトルの計算結果と流れ方向の渦度分布を示したものである。図-5では側壁より離れた水路中央部においても強い2次流の存在が見出されており、図-6の計算結果より推定される側壁の影響範囲（水深の約2.5倍）を考慮するとこの2次流は壁面近傍の乱れに起因するものと考えられる。このタイプの2次流は、前述した複断面流れおよび隅角部流れにも存在するが、分離して検出することが困難であることと発生位置が不安定であるために、非常に捉えにくいものとなっていると考えられる。

6. おわりに

以上まとめると、直線開水路流れにおける2次流は、その発生要因で3種に分類して考えられ、Aは平均化で隠蔽され易い

Bは発生位置が安定しているために比較的捉え易い、CはLDAやASMでは捉えにくく、可視化法でのみ捉えられる、などの特徴が指摘される。

参考文献 1) 今本・石垣・梶間：京大防災年報28号B-2, 1985. 2) 今本・石垣・西田：京大防災年報32号B-2, 1989

3) 今本・石垣・武藤、水工論文集、第36巻, 1992.

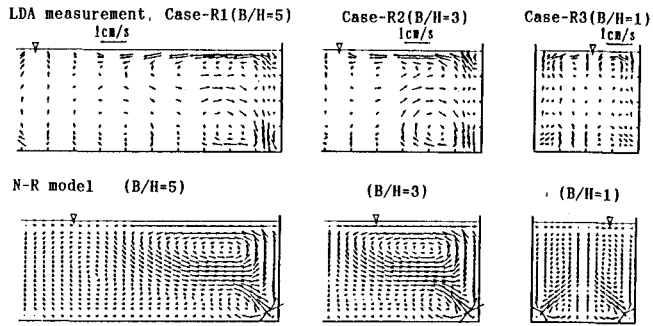


図-3 隅角部近傍の2次流（LDAおよびN-Rモデル）

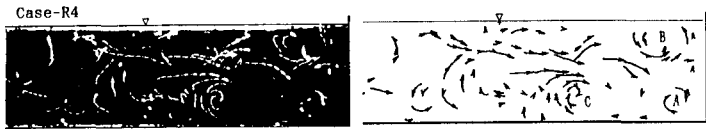


図-4 隅角部近傍の2次流可視化結果およびバスライン

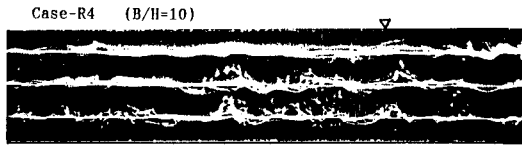


図-5 水素気泡法による横断面可視化結果

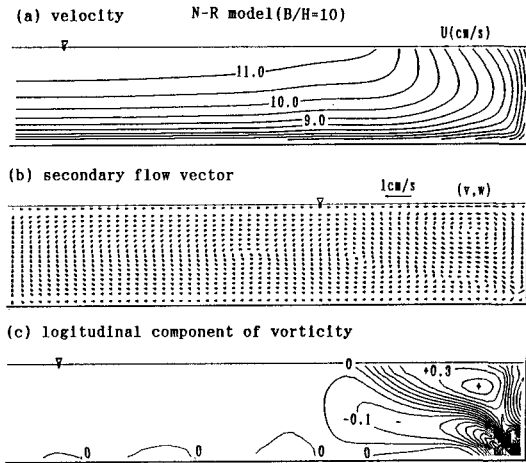


図-6 N-Rモデルによる速度分布、2次流ベクトル分布および流れ方向の渦度分布