

神戸大学工学部

神戸大学都市安全研究センター

神戸大学工学部

正会員 神田 徹, 宮本 仁志

正会員 藤田 一郎

学生員○兵頭 伸幸

## 1. まえがき

筆者らは、自然河川に見られる多様な流況を河川整備に導入するために、水路床に凹部を設けた開水路流れを対象として、主に凹部形状と流況特性の関係を検討してきた<sup>1)</sup>。本稿では、凹部形状比を一定にして、水理条件（レイノルズ数、フルード数）が凹部における平均流速、乱流諸量など流れの構造に及ぼす影響を、PIVを用いた画像計測法により調べた。

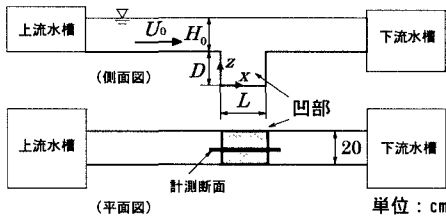


図-1 実験水路の概要

表-1 実験条件

| 実験 | Case | D (cm) | Q (cm³/s) | H₀ (cm) | L (cm) | U₀ (cm/s) | Re    | Fr   |
|----|------|--------|-----------|---------|--------|-----------|-------|------|
| A  | 1    | 2.0    | 610       | 2.0     | 8.0    | 15.3      | 3050  | 0.34 |
|    | 2    | 3.0    | 1120      | 3.0     | 12.0   | 18.7      | 5600  | 0.34 |
|    | 3    | 4.5    | 2080      | 4.5     | 18.0   | 23.1      | 10400 | 0.35 |
|    | 4    | 5.0    | 2450      | 5.0     | 20.0   | 24.5      | 12250 | 0.35 |
| B  | 1    | 5.0    | 1540      | 5.0     | 20.0   | 15.4      | 7700  | 0.22 |
|    | 2    | 3.5    | 1550      | 3.5     | 14.0   | 22.1      | 7750  | 0.38 |

Q: 流量, H₀: 流入水深, U₀: 流入部での断面平均流速, Re: レイノルズ数(=U₀H₀/ν), Fr: フルード数(=U₀/(gH₀)<sup>1/2</sup>), D: 凹部水深, L: 凹部長さ, L/D: 凹部形状比(=4.0)

## 2. 実験の概要および計測法

図-1, 表-1に実験水路の概要および実験条件をそれぞれ示す。レイノルズ数およびフルード数の変化が流況に及ぼす影響を調べるため、凹部形状比を一定とし(L/D=4.0), 2種類の実験を行なった。①実験A: フルード数をほぼ一定とし、レイノルズ数を変化させる。②実験B: レイノルズ数をほぼ一定とし、フルード数を変化させる。

流れ場の計測にはPIVを用いた。流水中に比重が約1.02, 粒径0.075~0.150mmの高分子ポリマー粒子を投入し、計測対象断面をスリット状のアルゴンイオンレーザーで可視化する。この断面をサンプリング周波数120Hzのハイスピードカメラで撮影し、720×480画素、輝度256階調のバイナリーデータとして保存する。

## 3. 実験結果

### 3-1 レイノルズ数の変化の影響(実験A)

図-2に各レイノルズ数Reにおける平均流速ベクトルとその絶対値の等値線を示す。Case1では、凹部内に大スケールの循環流(下流側)と、小さな循環流(上流側)の二つの循環流が形成される。Case2では、下流側循環流のスケールが大きくなって凹部内全体で循

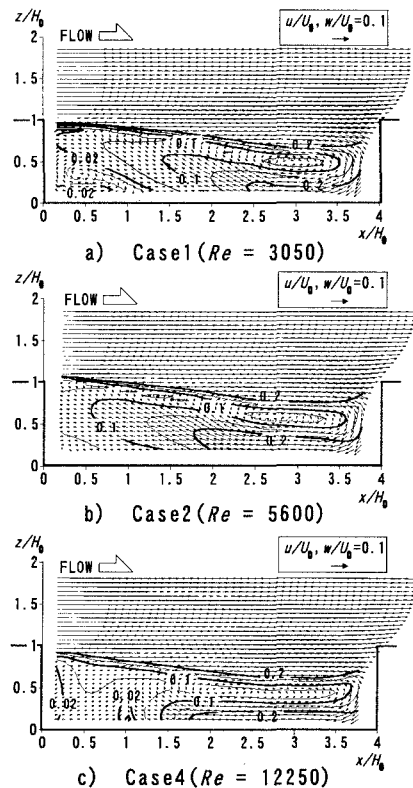


図-2 平均流速ベクトルとその絶対値の等値線(実験A)

環するようになり、上流側循環流がなくなる。  
レイノルズ数が最も大きい Case4 では、上流側がほぼ死水域となり、下流側循環流のスケールが再び小さくなる。

図-3 に  $x/H_0 = 1.0, 2.0, 3.0$  における  $x$  方向乱れ強度  $u'/U_0$  の鉛直分布を示す。Case1 では、乱れ強度のピークが確認でき、下流断面ほどピークは低下する。これは、上述のように凹部上流側に小さな循環流が形成され、他のケースに比べ上流のせん断強さが大きくなるためと考えられる。他のケースでは、各点でほぼ同様の分布を示している。

### 3-2 フルード数の変化の影響（実験 B）

図-4 に瞬間流速ベクトル図を示す。Case1 では、凹部上流端の主流-凹部境界面で発生した乱れが、流下に伴い凹部内で発達するが、Case2 では、同様の傾向は確認できない。これは、Case2 では他のケースと比べて大きな水面変動が発生しているため、その変動が凹部の乱流構造も変化させていると考えられる。その水面変動は、凹部上流端および下流端で節となり、凹部中央で腹となる変動で、周期は約 0.7Hz、波長は約 28cm、振幅は約 2~3mm であった。

図-5 に主流-凹部境界面付近での  $x$  方向乱れ強度の水平分布を示す。Case1 では、凹部上流端で発生した乱れが流下方向に増加する。Case2 では、乱れ強度は凹部上流側で最大となり、 $x/H_0 = 1.5$  より下流側での変化は少ないが、その値は大きくなっている。これは、上述のような水面変動の影響によるものと考えられる。

### 4. あとがき

凹部形状比が一定の開水路凹部流れを対象に、水理条件の変化が凹部の平均流速、乱れ強度に及ぼす影響を実験的に調べた。今後は、主流-凹部境界面に形成される大規模渦について、水理条件、凹部形状などの影響を検討する。

〈参考文献〉1) 宮本仁志, 神田 徹, 藤田一郎, 池上 迅: PIVによる開水路凹部流れの計測および数値解析, 水工学論文集, 第41巻, pp.1049-1054, 1997.

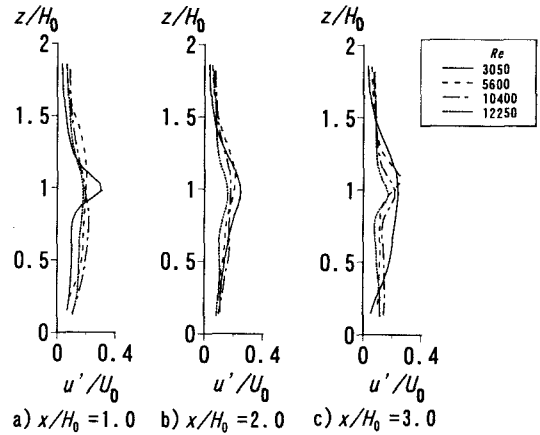


図-3  $x$  方向乱れ強度の鉛直分布（実験 A）

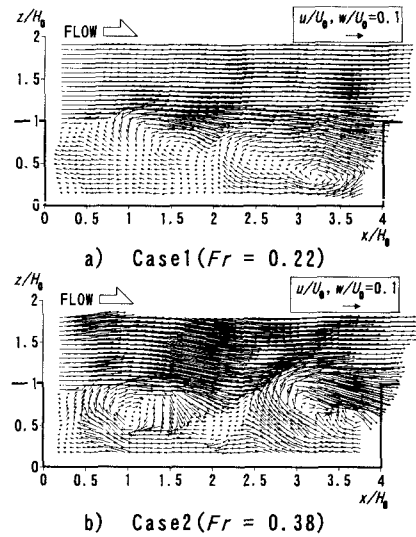


図-4 瞬間流速ベクトル（実験 B）

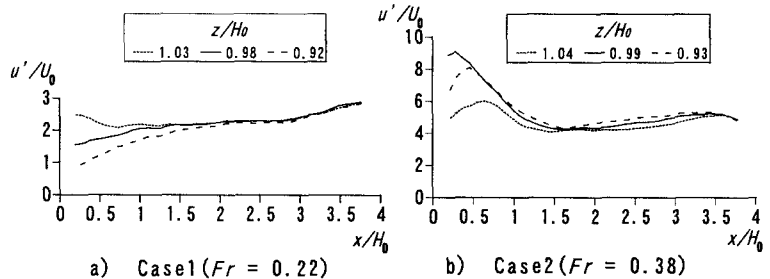


図-5  $x$  方向乱れ強度の水平分布（実験 B）