

奥行き異なる円弧型わんどの水理特性に関する研究

名古屋工業大学 ○ 伊藤研吾 名古屋工業大学 学生会員 鄭載勲
名古屋工業大学 学生会員 北村福太郎 名古屋工業大学 正会員 富永晃宏

1. はじめに

近年、環境への意識の高まりから、河川計画の分野においても自然環境保全・復元の取り組みとして「多自然型川づくり」が注目されるようになった。その中でも「わんど」は水辺の生物の生息の場として人工的に設置されることもあり、研究として水交換、土砂堆積等のわんどを対象とした実験が進んでいる^{1),2)}。従来のわんどに関する研究では、長方形型わんどや台形型わんど等を中心に行われたが、実在するわんど形状は様々である。河岸に人工的にわんどを設ける場合、凹みの深さによって形成される流れ構造を知ることが重要である。本研究では、奥行き異なる円弧型わんどの水理特性を検討した。実験では形状に加え、流量も変化させて影響を検討した。

2. 実験条件および実験方法

実験水路には、長さ 8m、幅 30 cm のガラス製長方形断面水路を用いた。水路床勾配を 1/2000、本川幅を 20 cm とし、水深は 4 cm となるように、下流部の堰により調節した。また、わんど域は、ウレタンを加工して土台を作り、前面にフィルム（塩化ビニル樹脂）を張り付けた(写真-1)。わんど形状として、わんど開口幅を 18.2 cm で固定し、円弧の中心をわんどから河川本川の方に移動させることにより、円弧の半径を変化させて表-1 に示す 3 つの形状を考えた。ケース A, B, C でそれぞれ 2 通りの流量で計 6 ケース実験した。流量 0.8 l/s の場合を 1、流量 1.6 l/s の場合を 2 とし、A, B, C と組み合わせて、A1, B2 のように表わすこととする。

実験方法として、PIV 法によりわんど域とわんど域付近の直線河道の流速ベクトルを測定した。PIV 計測による流れの可視化にはアルゴンレーザーを $z = 5, 20, 35$ mm の水平断面 (x-y 断面) に照射し、解析を行った。画像解析には、VISIFLOW (AEA Technology) PIV システムを用いた。



写真-1 わんど域 (ケース A)

表-1 実験ケース

ケース名	A	B	C
半径	9.1cm	9.8cm	14.9cm
奥行き	9.1cm	6.1cm	3.1cm
わんど形状			

3. 実験結果・考察

A2 を除くすべてのケースのわんど域内上流側で、流速が遅く、渦形成範囲から外れて乱れが生じる部分が観測された。これはトレーサーが溜まっていたことから、壁面の円弧に沿った流れが主流に阻まれ、行き場を失って起きた現象だと考えられる。この限定的に存在する乱れは、図-1 に示す $z = 20$ mm の時間平均流速ベクトルとしてうまくとらえられていない。

以下、図-1 に示す時間平均流速ベクトルとビデオ画像をもとにケースごとに考察を進める。

A1 では、わんど壁面の円弧に沿った流れがはっきり見られた。この流れは、図-1 でも確認することができ、渦形成範囲から外れる部分まで続いている。わんど開口部はせん断不安定の状態にあり、渦が開口部上を下流方向に移動していくのがビデオ画像により観測される。この渦がわんど域外に水を流出させるものだと考えられる。

B1 では、A1 のケースと同様に図-1 でわんど壁面の円弧に沿った流入が見られるが、わんど域に対して渦の形成される範囲が小さかった。

C1 では、非定常性が強いので、図-1 ではしっかりと渦が見られない。主流はわんど下流側の壁面にぶつかった後、わんど壁面に沿った時計回りの流れの他に、反時計回りの流れが見られた。時計回りの流れは、わんど域内に入り込んでくる流れの影響を受けながら、上流側の乱れのある部分に移流していた。わんど域は、開口部からわんど域内の複数の場所で頻繁にせん断不安定による渦を形成していた。

A2では、A1と異なり、渦形成から外れる部分がなかった。これは、図-1を見てわかるように壁面の円弧に沿った流れが強くなるためだと考えられる。

B2では、わんど域内の上流側で乱れはあるが、B1より流速が大きくなったため、B1に比べ、渦を形成する範囲が大きかった。

C2では、図-1からも確認できるが、C1と同様に主流はわんど下流部の壁面にぶつかった後、2方向に分かれた。上流側での乱れの部分はわずかに存在した。

次に流量の影響について考察する。ここでは、ケースAについて比較をする。詳細な流れ構造について検討する目的で時間平均流速データ $x = 2.1\text{mm}$ から得られる主流方向流速 U の横断分布を取り出した。これを断面平均流速 U_m で除し無次元化したものを縦軸に、横断方向を横軸にとったのが図-2である。同様に、 $y = 45.1\text{mm}$ から得られる横断方向流速 V の縦断分布を断面平均流速 U_m で除し無次元化したものを縦軸に、縦断方向を横軸にとったのが図-3である。図-2より、 U/U_m は主流で若干のずれはあるが、わんど域においてはほぼ一致している。わんどの主流方向流速 U が断面平均流速に比例するという相似性が成り立つが、図-3を見ると V/U_m は一致しておらず、横断方向流速 V について相似性は成り立たっていない。これらのことは、流量が2倍になってもわんど域内の流速ベクトルが2倍になるわけではないことを示している。円弧型わんどでは、同じ形状でも、流れ構造自体が異なる。このことは、A1では、渦形成範囲から外れる部分が生じるのに対し、A2ではこの部分が生じないことから考えられる。流量の変化が渦形成範囲といった流れ構造に与える影響は大きいといえる。

4. おわりに

本研究で、わんど形状や流量によって、流れ構造が大きく変化することがわかった。今回の計測で、瞬間的に発生する渦や乱れはとらえきれていない可能性があるため、今後はこの点について改善していきたい。

参考文献

- 1) 富永晃宏, 久田陽久, 人工わんどの水交換機構に与えるわんど形状と植生の影響に関する研究, 水工学論文集, vol. 47, 517-522, 2003.
- 2) 富永晃宏, 鄭載勲, 阪巻実佳, 複断面開水路高水敷に設けられた凹部の流れ構造, 応用力学論文集, vol. 8, 883-891, 2005.

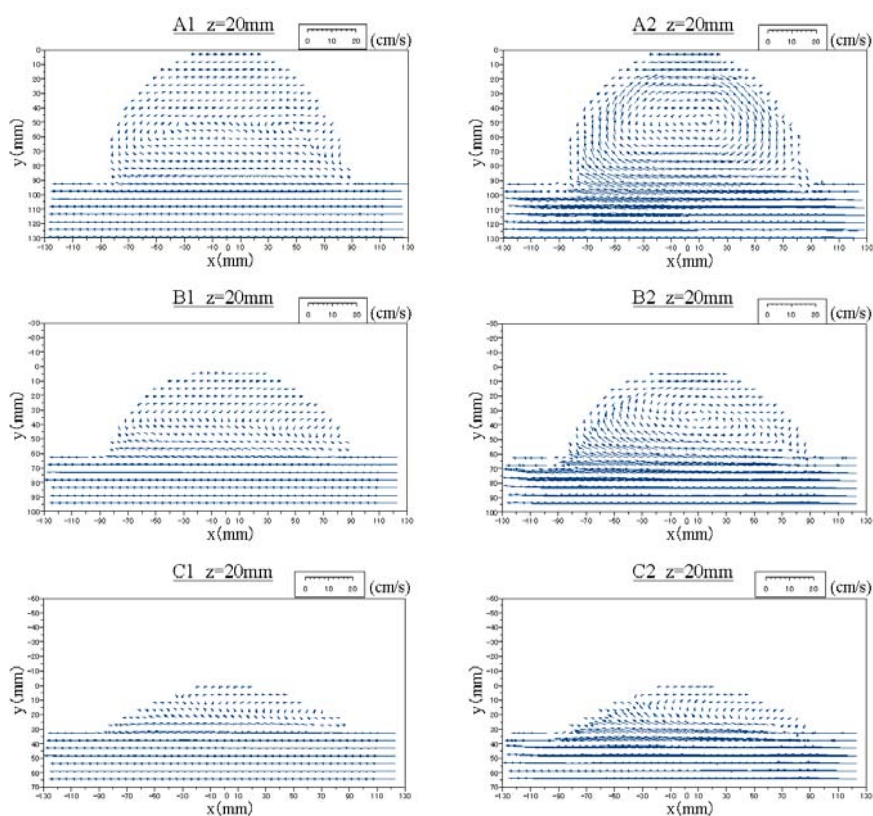


図-1 時間平均流速ベクトル

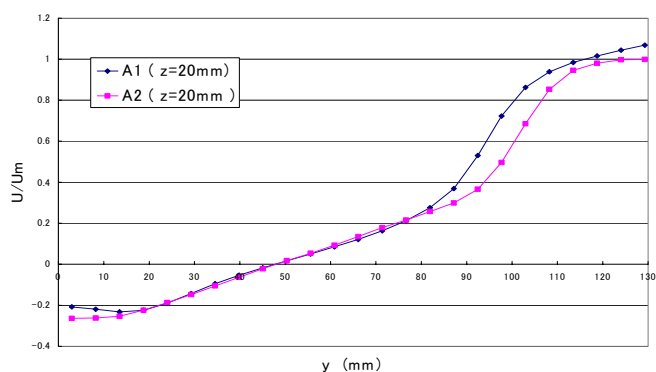


図-2 無次元化した主流方向流速分布 ($x=2.1\text{mm}$)

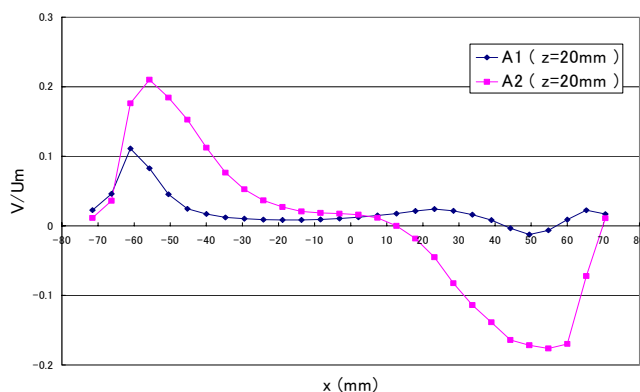


図-3 無次元化した横断方向流速分布 ($y=45.1\text{mm}$)