

ハイブリッド水制の機能に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○香村拓希
 名古屋工業大学 フェロー会員 富永晃宏

1. はじめに

水制とは河川を流れる水の流速や流れの方向を変更し、河岸を浸食から守る構造物である。現在では多自然川づくりの考えが導入され、自然環境の保全など水制の設置目的は多様化している。

水制には内部を水が通ることのできない不透過水制と、通ることのできる透過水制の2種類があり、それぞれの用途に合った利用をされている。そこで、利用目的に合わせ不透過部分と透過部分の特徴を併せ持つハイブリッド水制の利用が期待される。本研究では、ハイブリッド水制の模型を用いた PIV 計測と数値計算を行い、多様化する目的にあったより合理的な水制の設置についての指針を得ることを目的とする。

2. 実験条件

実験は図-1 に示す水制模型をそれぞれ1つずつ用いて4 ケース行った。水制模型の大きさはすべて縦3.5cm、横7.5cm、高さ5cmである。不透過水制は直方体で水を通さないように(図-1(a))、透過水制は直径0.5cmの円柱杭を0.5cm間隔で配置し杭の間を水が通るように(図-1(b))した。図-1(c)のハイブリッド水制は不透過部分を縦横3.5cmの直方体で、透過部分を透過水制と同様に作成し、その間を0.5cm設けた。ハイブリッド水制は図-1(d)のように透過部分の杭を千鳥配置にしたものも作成した。

実験水路には長さ7.5m、幅0.3mの長方形断面可変勾配開水路を用いる。水制模型は水路の左岸側に図-1 中で右側の部分が左岸に接するように図-2 のように設置した。z 軸は水路底面から鉛直上向きに定める。水制模型の高さは5cmであり、非越流条件下で実験を行う。実験条件は表-1 のとおりである。

流れの可視化には直径80 μ m、比重1.02のナイロン樹脂を用い、厚さ約3mmのシート状にしたグリーンレーザー光を開水路水平断面に照射した。レーザーシートの照射位置は、z=0.5~3.5cmを0.5cm間隔で7断面設定した。可視化画像は高速度カメラ(Ditect 製)を用いて1/200sで撮影した。PIV解析

表-1 実験条件

流量 Q (L/s)	水深 h (cm)	平均流速 U_0 (cm/s)	水路勾配 I	水路幅 B (cm)
1.6	4.0	13.3	1/1000	30

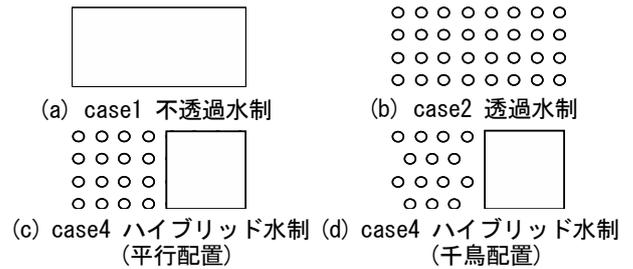


図-1 水制模型 (平面図)

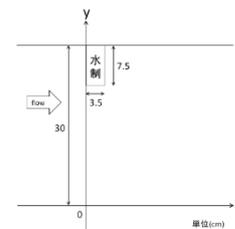


図-2 水制模型設置位置と座標軸

ソフト FlowExpert (カトウ光研) を用いて相互相関法により撮映画素数 1024 \times 1024 ピクセルの画像を検査領域 24 \times 24 ピクセルで解析し、16秒間で3200データの流速ベクトルを得て統計処理を行った。

3. 実験結果

図-3 に実験によって得られた水深平均の流下方向流速 U のコンターを示す。図-3(a)の case1 では、不透過水制によって大きく水はねされるため水制の先端部から後方にかけて逆流域ができ、その幅は水制の幅以上になる。また、主流の流速は大きく増加した。図-3(b)の case2 では、水制を通過する透過流が存在するために逆流域が形成されず、水制後方には流下方向に向かう小さな流速のみが観測され、主流の流速の加速も小さくなった。図-3(c)の case3 では、不透過部分後方には逆流域が発生し、透過部分後方では平均流速より小さい流速が確認できる。透過部分と不透過部分の間を流下方向に水が通過し、逆流域の幅は case1 とは異なり不透過部分の幅と同程度になった。図-3(d)の case4 では、不透過部分後方および主流の流速分布は case3 と大きな差は見ら

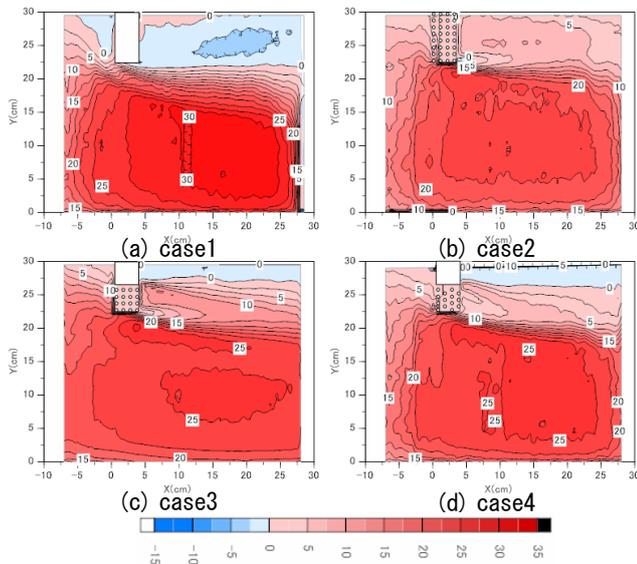


図-3 流下方向流速 U コンター

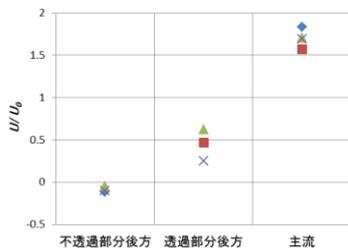


図-4 各部分の後方の流下方向の流速 U の無次元化

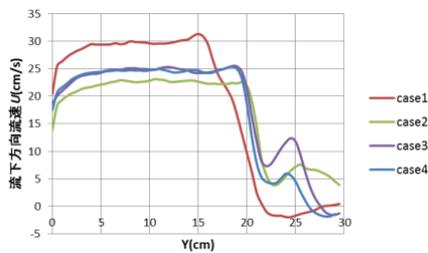


図-5 $x=10$ (cm)における流下方向流速の横断変化の比較

れないが、透過部分の後方に関しては case3 よりも緩やかな流速の変化が見られる。

図-4 に各ケースの水制の下流側 ($4.5 \leq x \leq 20.5$) での不透過部分後方、透過部分後方、主流における流下方向流速のそれぞれの平均値を平均流速で無次元化したものを、図-5 に $x=10$ (cm)における流下方向流速の横断変化を示す。case2 と case3 では透過部分後方の流速は case3 のほうが大きくなった。これは不透過部分の影響を受けて透過部分を通過する流速が大きくなったためだと考えられる。また、主流の流速に関しても case2 よりも case3 のほうが大きくなったため、不透過部分は主流にも影響を及ぼしているといえる。case3 と case4 を比較すると、主流と不透過部分後方の流速にはほとんど変化はないが、杭の間を通った流れが次の列の杭に当たり抵抗となるため case4 のほうが流速は小さくなった。

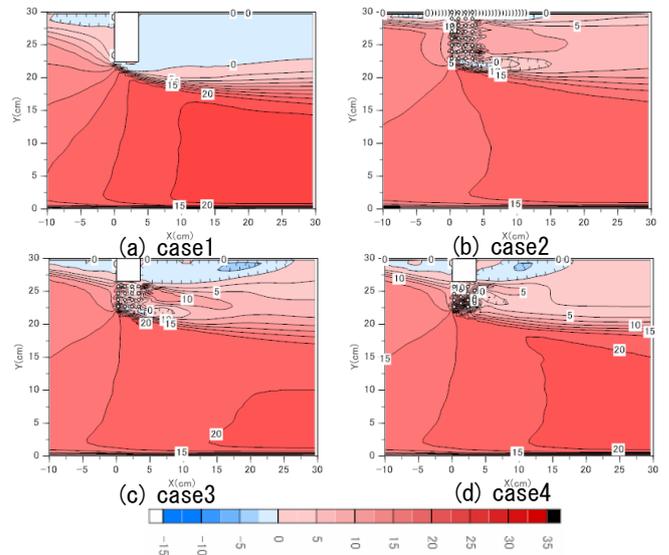


図-6 数値計算による流下方向流速 U コンター

4. 数値計算

実験と同じ水理条件に設定し、各ケースに対して水深平均の低 Reynolds 数型 $k-\epsilon$ モデルの Launder-Sharma モデルを採用した数値計算を行った。水制付近は x 軸, y 軸方向ともに 0.02cm 刻みで水制から離れるにつれて徐々に粗くなるメッシュを用いた。なお、円の形に近づくように複数の長方形を配置し円柱杭を正方形メッシュで表現した。

数値計算による流下方向流速 U のコンターを図-6 に示す。図-6 (a) の case1 では水制先端から後方にかけて水制の幅以上の大きさの逆流域が形成されるという特徴は数値計算と実験で合致している。水制後方で逆流する流速が大きくなる部分が存在するが、その部分以外の水制後方の流速については実験と概ね一致した。図-6 (b) の case2 の場合、数値計算では水制の両隅付近に微小な逆流域が存在するが、水制後方の大部分で流速の分布形態が実験と数値計算で一致した。図-6 (c) を見ると case3 では不透過部分後方の逆流域の大きさが実験よりも数値計算のほうが小さくなっている。また、流速の横断分布の形態はほぼ一致する。図-6 (d) の case4 でも case3 と同様に実験よりも数値計算のほうが逆流域は小さくなった。透過部分の平行配置と千鳥配置による下流の流速の違いについてはよく再現されている。

5. おわりに

ハイブリッド水制を用いることで、不透過水制のみや透過水制のみでは作り出すことのできない流速分布を創出できることがわかった。

今後は透過部分の形態や配置について実験を行い、より多様な流れ場の形成について検討していきたい。