

越流型連続水制における流れ構造の特徴

徳山高専 学生会員 岡内 穂
 徳山高専 正会員 佐賀孝徳
 徳山高専 正会員 渡辺勝利

1. はじめに

水制とは、河川側岸部から河川中央に向かって設置された構造物であり、水の流れを制御する機能を有している。

1) 近年、地球温暖化の影響により降雨量の増加が確認されており、河川の流れを制御することは、より重要な課題である。本研究では、洪水時に水制を越流した場合を想定し、縦断面視を用いた流れの可視化およびPTVを用いて、水制間隔に伴う越流型連続水制の流れ構造の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 実験装置および実験方法

図-1は、実験装置の概略図である。実験装置には、幅、高さ、長さがそれぞれ60.5cm、15cm、10cm、水路勾配1/1000の透明アクリル樹脂製開水路を用い、その上流側にはハニカムを設置した。模型水制は幅 W 、高さ H 、長さ L がそれぞれ3cm、5cm、10cmのものを4つ使用した。実験条件は、レイノルズ数($Re=3400$)とし、case1($h=10\text{cm}$, $U_m=3.3\text{cm/s}$)である。各ケースにおいて、アスペクト比(水制間隔/水制高)=1, 2, 3の可視化形象の縦断面視をデジタルビデオカメラにより撮影した。撮影断面は、 $Z/L=0.25, 0.5, 0.9, 1.1, 1.2, 1.3$ であり、 $Z/L=1$ 以下については水制設置領域に対応する。流れの可視化には粒子および蛍光染料を使用した。

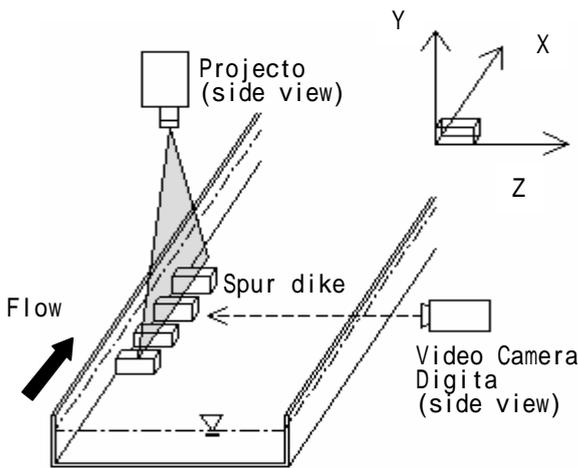


図-1 可視化実験

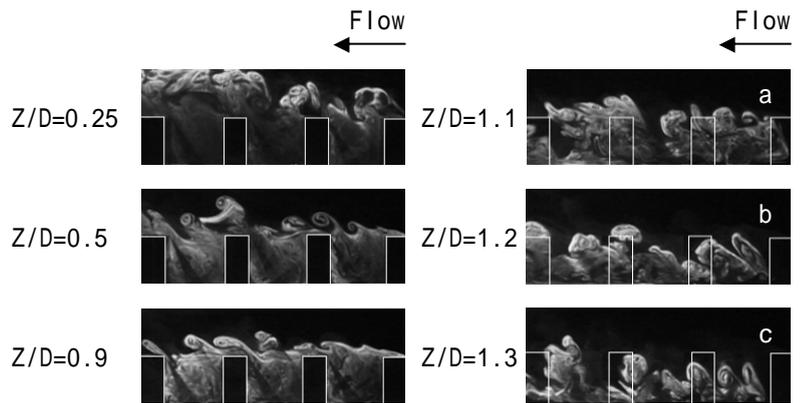


図-2 蛍光染料による縦断面可視化形象

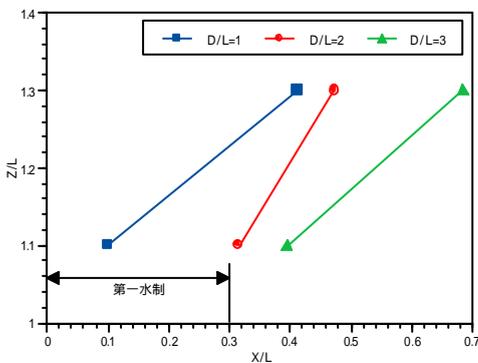
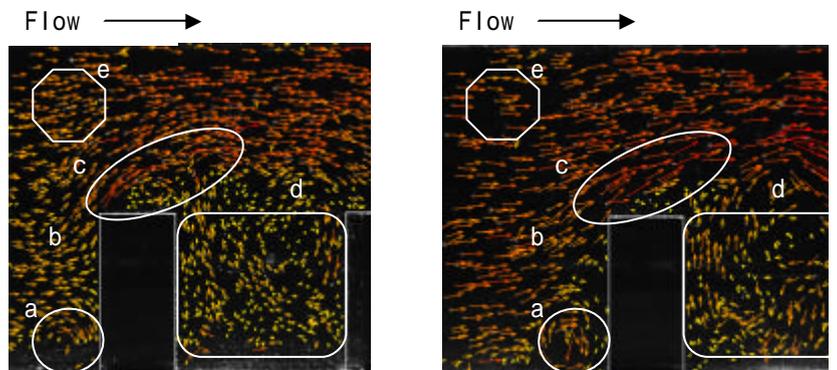


図-3 剥離せん断層の位置変化



(a) $D/l=1$ $Z/l=0.5$

(b) $D/l=3$ $Z/l=0.5$

図-6 PTVによる流速ベクトル

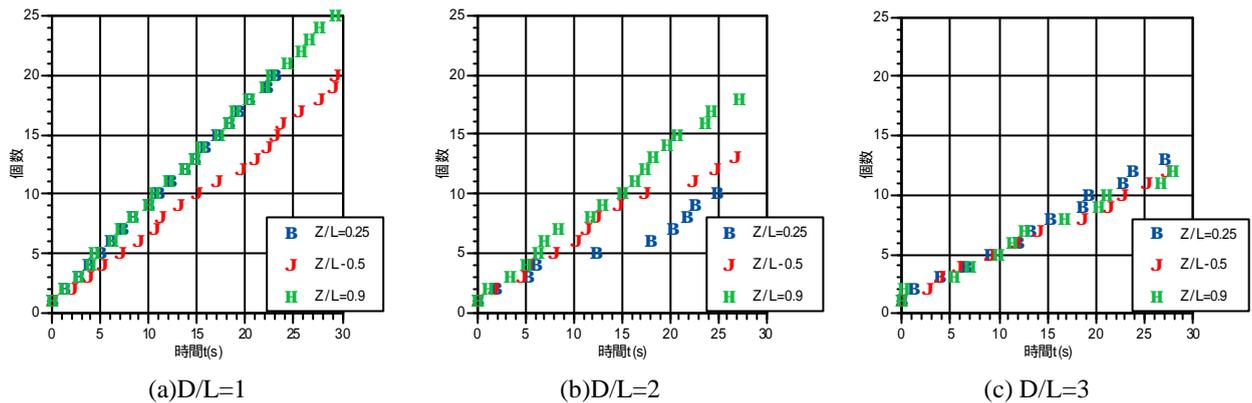


図-4 渦の発生数

3. 結果とその考察

(1) 縦断面可視化形象の特徴

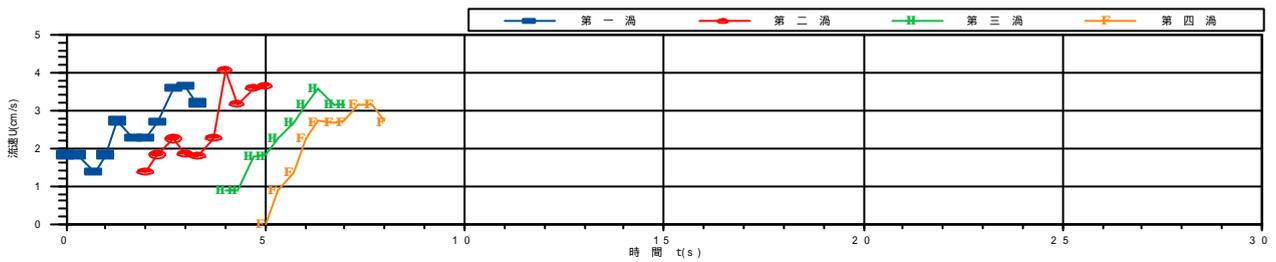
図-2は水制近傍の流れ構造を蛍光染料により可視化した縦断面可視化形象である。実験条件は、case1であり、 $D/L=1$ の時の Z/L の異なる位置の可視化の一例を示している。側壁付近では、他の断面に比べ、渦形象を示す染料が多く観察される。これは水制の影響だけでなく、側壁からの影響を受けている領域であると考えられる。水制は、その設置領域とそうでない場所とでは、異なる形象を示し、設置領域においては、一定の周期で発生する縦渦が第1水制前縁から観測され、その形象は、アスペクト比の変化に伴い相違が見られる。しかし、水制設置領域外では、 Z 軸方向へ撮影断面を進めるにつれ、図中のa, b, cのように、染料の見え始める位置に変化がある。図-3は、アスペクト比の相違による、剥離せん断層の位置を示したものである。 $D/L=1$ の水制設置領域外における剥離せん断層側の位置を基準とし、 $D/L=2, 3$ のそれと比較すると、その位置がアスペクト比の増加に伴い、下流方向に後退していく。これは、剥離せん断層の X 軸方向の変化を示しており、 D/L の増加に伴い、剥離せん断層の発達が制御され、非越流型連続水制と同様の傾向を示す。²⁾

(2) 渦の発生周期分布

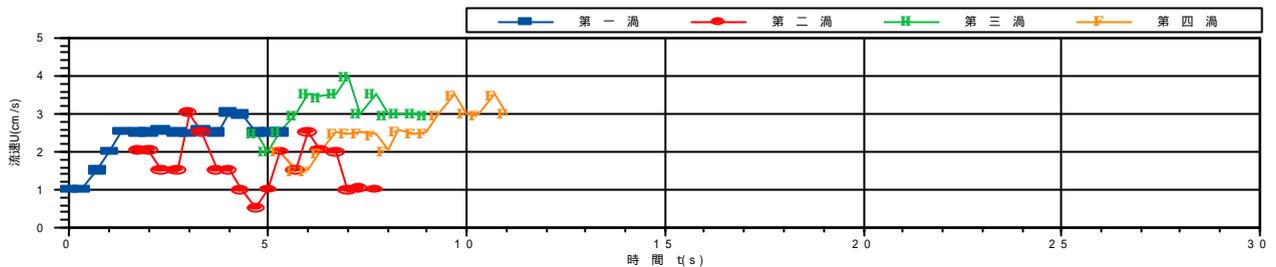
図-4は、各アスペクト比における、渦の発生数を示したものである。「Time-im」における90枚の連続画像をインターバルを1/3秒とし、その区間に第一水制近傍で発生した渦をカウントし、プロットした。この結果から、アスペクト比が大きくなるにつれ、渦の発生個数、区間内最終渦発生時間は減少していくことが認められる。さらに各アスペクト比の水制設置領域において $Z/L=0.9$ の部分が渦の発生率が高いことが確認できる。アスペクト比の増加に伴い、渦の発生個数が低下することは、上記の剥離せん断層の発達が制御されることと関連する。また、この発生分布は、(a)の $Z/L=0.5$ 、(b)の $Z/L=0.25, 0.5$ では、グラフの特徴より、渦の発生には不規則性が内在する事が認められる。

(3) 渦の移流速度

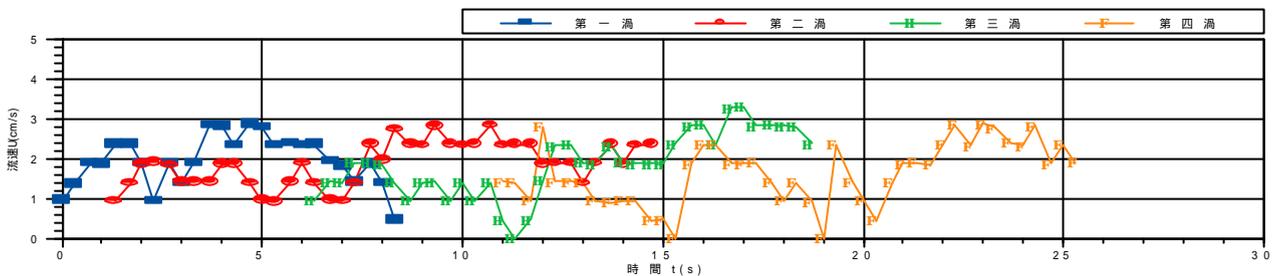
図-5は、各アスペクト比の $Z/L=0.5$ における渦の移流速度を示す。各アスペクト比において、渦の発生から、第二水制前縁に到達するまでを調べた。(a)より、アスペクト比が小さい場合、渦が第二水制前縁に到達する時間が短いのにに対し、(b)では、到達時間が長くなっており、さらに全体的に流速が遅くなっている。さらに、すべての断面において、ひとつの渦に注目すると流速に変動性が生じている。この変動性は、アスペクト比の増大により、頻度が増加し、またその流れ場の流速も全体的に遅くなっている。さらに、1つの渦発生後、次の渦の流下には特徴がみられ、前の渦の流下速度が増加すれば、その時に発生した渦も、その速度は速くなり、減少すれば遅くなる。移流速度の観点からアスペクト比の増加に伴い渦の流速が全体的に遅くなることが確認された。



(a) $D/L=1$ $Z/L=0.5$



(b) $D/L=2$ $Z/L=0.5$



(c) $D/L=3$ $Z/L=0.5$

図-5 渦の移流速度

(4) PTVによる瞬時流速特性

図-6は、粒子の可視化形象の映像を流体解析ソフト「FlowPTV」により求めた、流速ベクトルの分布を示している。 (a)は $D/L=1$ 、(b)は $D/L=3$ でどちらも $Z/L=0.5$ である。水制設置領域の流れは、第一水制に衝突し、図中a、bのように2つの流れに別れる。図中aは、第一水制前方の底壁付近で、縦渦を形成し、馬蹄型渦と呼ばれる流れ構造の存在を示唆している。図中bの流れは、第一水制上部を流れ、剥離せん断層を形成する。図中dは、ワンド内の流れを示しており、この流れは、大規模な循環流を形成している。このワンド内の回転流は、時間経過に伴い、変化がみられ、水制領域における剥離せん断渦形成との関連性が認められる。さらに、剥離せん断層の発達により流れが遮断され、図中eは、図中cの流速に比べ、流速が低下する領域が出現する。

4. おわりに

本研究で、アスペクト比の変化に伴う越流型連続水制における流れ構造を調べた。水制設置領域上部では、剥離による横渦が観測され、アスペクト比の増加に伴い発生個数の減少および移流速度の低下が認められた。水制の横断面近傍では、アスペクト比の増加により、剥離せん断層の流下方向への後退が確認された。また、PTVによる瞬時流速ベクトルから、ワンド内に形成される循環流および第一水制の前に馬蹄形渦の形成、さらに、水制直上部の剥離せん断渦に対応する特徴が認められた。今後、横断面視と水平断面視における流れ構造、水深/水制高の変化における特徴の関連性を明らかにする必要がある。

5. 参考文献

- 1) 村本嘉雄, 栗太秀明, 瀬口雄一, 中川一, 細田尚, 道奥康治: 川のなんでも小事典 株式会社講談社 pp.212-217
- 2) 佐賀孝徳, 渡辺勝利, 河村亘: 連続水制周辺に形成される流れ構造の流速分布特性に関する研究, 第60回土木学会中国支部研究発表会概要集 -15 CD-ROM, 2008.5.31