

宇都宮大学 学生員 本村 康高
 宇都宮大学 正 員 池田 裕一
 宇都宮大学 正 員 須賀 堯三

1. はじめに

水平せん断層は、複断面開水路・植生帯水路や河川合流部などさまざまな流れにおいて見ることができる。この種の水平せん断層には、平面的な流速分布に起因する大規模な水平渦ができることが知られている¹⁾。水平渦の発生原因は二次元的だが、渦と河床との摩擦によって三次元的な構造が現れることは十分に予想できる。これまで複断面流れについては、渦の三次元構造を把握しようとする試みはいろいろと行われてきたが²⁾、断面形状の影響が強いために、流下する水平渦と河床摩擦の相互作用といった水平せん断層に基本的な渦の構造自体はわからないままである。そこで本研究では、疑似植生帯を用いて水平せん断層を形成させることで、断面形状による影響のない、より単純な条件下で水平渦を発生させ、その三次元構造を捉えようとしたものである。

2. 実験装置および方法

実験には、長さ 6.5m、幅 49cm のアクリル製直線水路の右岸側に、幅 20cm、透過係数 38cm/s の疑似植生帯を長さ 6 m にわたって設置した。上流端にはベルマウスを取り付け、流入口から主流部までを疑似植生でなめらかに誘導し、不要な乱れをなくした。下流端には堰を付け、水深を調節した。(図 1 参照)

水平せん断層の渦構造は、流れを可視化して調べた。まず疑似植生帯内に染料を流し、周期的に発生する水平渦とその構造を大まかに観察した。その上でアルミ粉末懸濁法を用いて、幅 1.6cm のスリットを植生帯境界面に沿って入れ、さらに詳細な三次元構造を側方より観察した。実験条件は表 1 の通りである。

3. 実験過程・結果および考察

写真 1(a)～(e)は植生帯に染料を注入し、可視化された平面流況を上方より連続撮影したものである。写真 1(a)は、水平渦の通過に伴い、植生帯内の低速水塊(染料がある所)が主流部へと移動していくところである。写真 1(b)を見ると、この低速部分がさらに主流部側へと張り出していくのが分かる。さらに、写真 1(c)のようにある程度横断方向に移動した後は、主流部の高速流に押し出されるようにして、下流へ大きく移動し、結果として大きな水平渦が流下していくことが分かる〔写真 1(d,e)〕。この際、低速水塊と高速水塊とが接する部分(写真 1 中の破線部)において、低速水塊の進行方向に軸を持つような強い渦運動を観察することができた。

そこで、水平渦通過時における流れの三次元構造を調べるために、アルミ粉末懸濁法でその縦断面を側方より観察したものが、写真 2(a)～(e)である。側方から観察すると、水平渦の通過に伴い、遅い流れと速い流れが周期的に交互に現れるのが確認された。この側面から見た緩急の周期〔8.11(秒)〕と、上方から見た水平渦の通過周期〔8.12(秒)〕が同じであることから両者が並行して生じていることが分かる。そこで、写真 1 と写真 2 とは別々に撮影されたものではあるが、両者のタイミングがなるべく合うように並べて置くことにした。写真 2(a)では、遅い流れと速い流れがはっきり確認でき、その緩急の間に上昇流が発生しているのが分かる。写真 2(b)では、底面付近より遅い流れの上を覆うように斜め上昇流が発達するのが見える。写真 2(c,d)では、さらに発達した上昇流が水面付近で分岐し、渦運動をしながら流下していくのが分かる。写真(e)では、上昇流が十分発達・分岐した後、水深の約 1/3 付近からさらに速く強い流れが上昇流を押し出すように流れる。写真 2(e)以降は、速く強い流れのまま不規則な乱れが続いていく。

こうした水平渦の三次元構造は、複断面流れのような断面形状に由来するものではなく、その発生要因は流体力学的にも興味深いものがある。また、運動量輸送や土砂の巻き上げにも多大な影響を及ぼすと思われるので、実用上の理由からも、今後詳細な検討が要請されるところである。

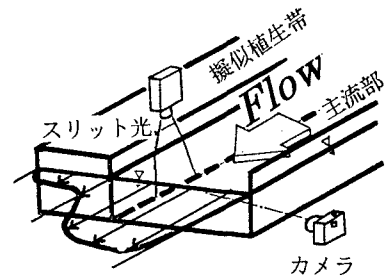


図1 実験装置の模式図

表1 実験条件

流量 (cm ³ /s)	2850
水深 (cm)	6.6
河床勾配	1/1000



写真1・水平渦の平面流況

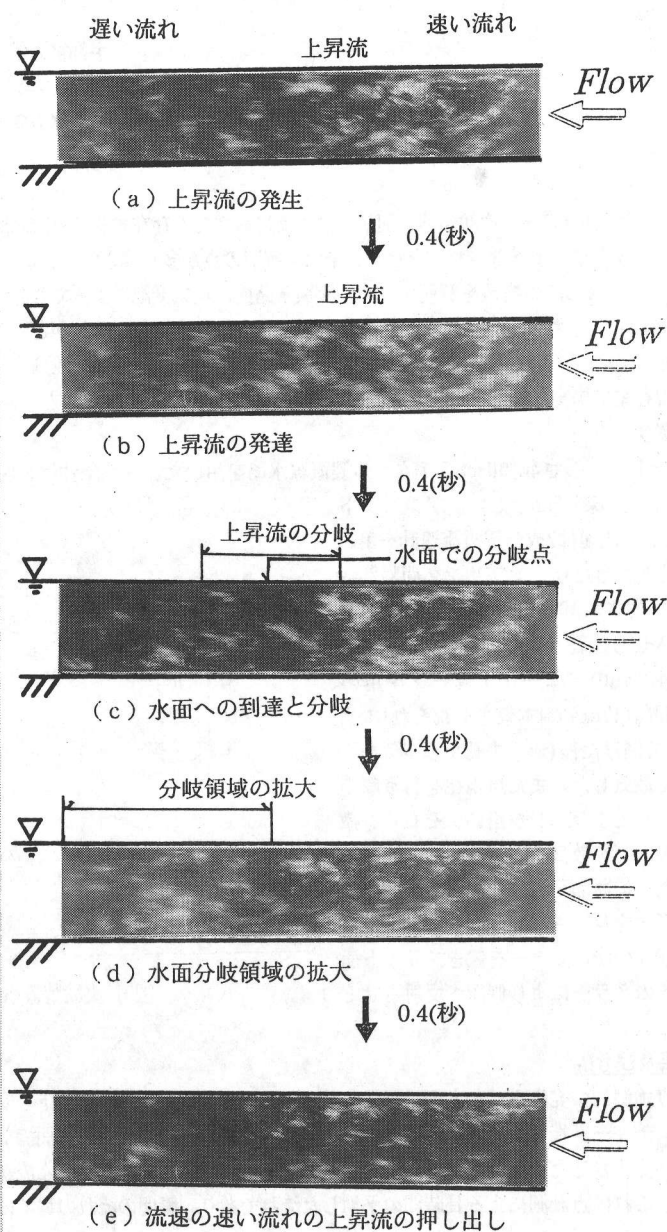


写真2・縦断面の流況

〈参考文献〉

1) 例えば

・福岡・藤田：洪水流の横断方向流速差がもたらす付加的抵抗の評価、第33回水理講演会論文集、pp.301-306、1989。

・池田・太田・長谷川：側岸植生境界の周期渦の発生機構、土木学会論文集、No.443/II-18、pp.47-54、1992。

2) 戸田・池田・空閑：複断面開水路に発生する周期渦の瞬間構造、第50回年講、II、pp. 578-579、1995。