

交互砂州上での流動形態の発生条件に関する実験的研究

宇都宮大学 学生会員 ○橋本 幸志郎
 宇都宮大学 正会員 池田 裕一
 宇都宮大学 正会員 飯村 耕介
 宇都宮大学大学院 学生会員 泉 祐太

1. はじめに

平成13年9月の出水によって、鬼怒川中上流部では河岸が幅100mに及ぶ侵食被害を受けた。鬼怒川の計画高水流量が4000 m³/sであるのに対し、この時の流量は2200 m³/sであった。鬼怒川中上流部のように勾配が比較的急で砂州波高が大きい河道では、中規模出水のほうが砂州形状の影響を強く受けて局所的に高速流領域が現れ、大きな河岸侵食が発生する可能性がある。したがって、このような河道では流量だけでなく流動形態を考慮して治水対策を講ずる必要がある。これまで筆者らは砂州地形上の流動形態の発生状況を検討してきた¹⁾。しかし理論的な検討は未だ不十分なままである。そこで、本研究では砂州地形上の流れについて幅広い条件下で室内実験を行い、流れの力学的構造を検討して理論的アプローチに資することを目的とする。

2. 実験装置及び実験方法

実験には全長16m、幅0.5mの水路を用いた。その右岸側の幅0.2mの部分に低水路を、左岸側の幅0.3mを高水敷として成形した。低水路には、波長1m、波高0.04mの交互砂州地形を長さ12mにわたり成形し、その前後には2mずつ直線部を設けた(図-1)。砂州地形は周期の異なる正弦波を組み合わせることで左右岸に交互に段落ちするような地形を成形した(図-2)。

実験では上流から8～9mの区間で流況観察と水深測定を行った。流況観察は、染料を流れに注入して流況をビデオ撮影した。水深の測定位置は、水路中心線上において河床高最高地点(835 cm)と河床高最低地点(865 cm)、跳水の前後とした。跳水が発生していない場合は、他のケースで跳水が見られたおよその位置すなわち837 cm、838 cmの水深を測定した。実験条件は、表-1に示す通りで、高水敷に冠水しない範囲で実験を行った。

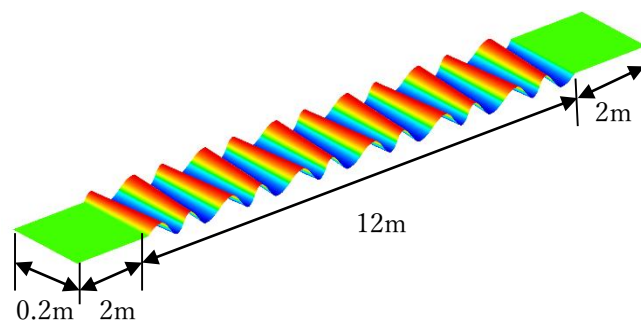


図-1 低水路の河床形状

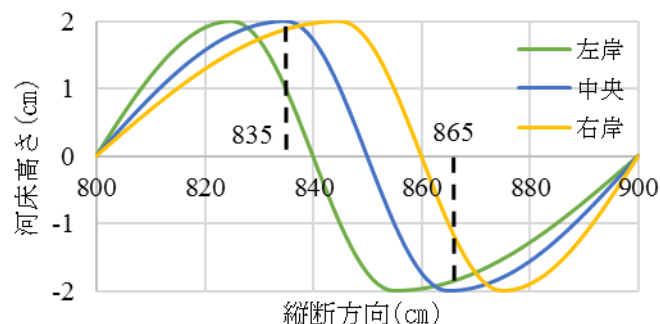


図-2 測定区間の河床形状

表-1 実験条件

勾配	流量 (ℓ/s)
1/200	各勾配について、 3.0, 4.0, 5.0 6.0, 7.0
1/300	
1/400	
1/500	
1/700	

3. 実験結果及び考察

流況観察、水深測定の結果より交互砂州上の流動形態は、**A** 常射混在流れ(流れの集中あり)、**B** 常射混在流れ(流れの集中なし)、**C** 遷移状態、**D** 常流のみ流れの4パターンに分けることにした。撮影した4つの流動形態の流況を写真-1～4に示す。

流動形態Aは、局所的に射流域かつ跳水が発生し、砂州地形の向きに応じて流れの集中が見られるもので



写真-1 流動形態 A の流況

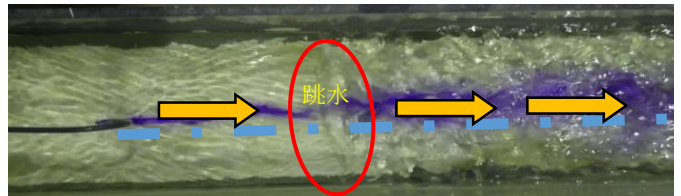


写真-2 流動形態 B の流況

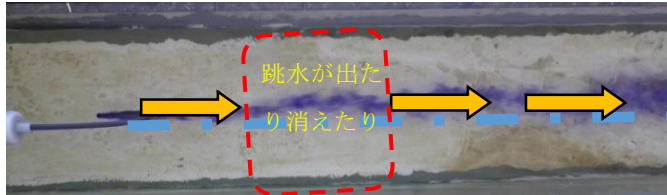


写真-3 流動形態 C の流況

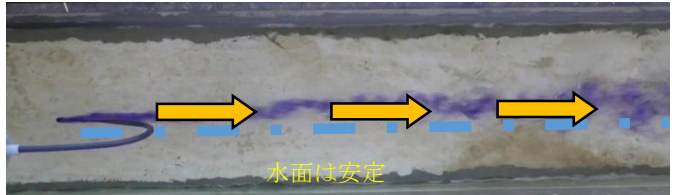


写真-4 流動形態 D の流況

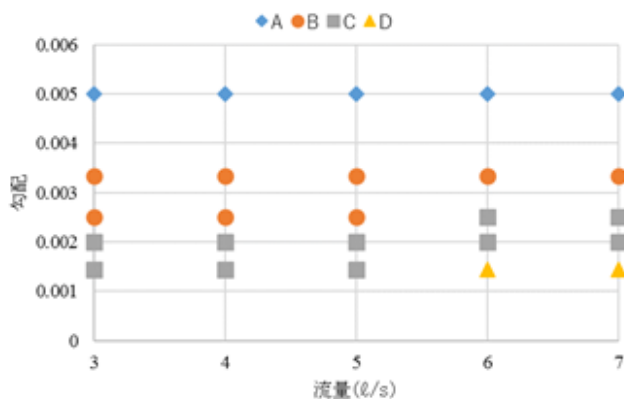


図-3 流動形態の発生条件

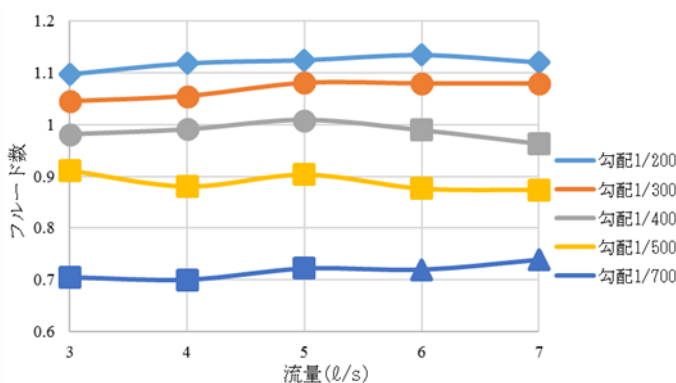


図-4 砂州頂部でのフルード数 (835 cm地点)

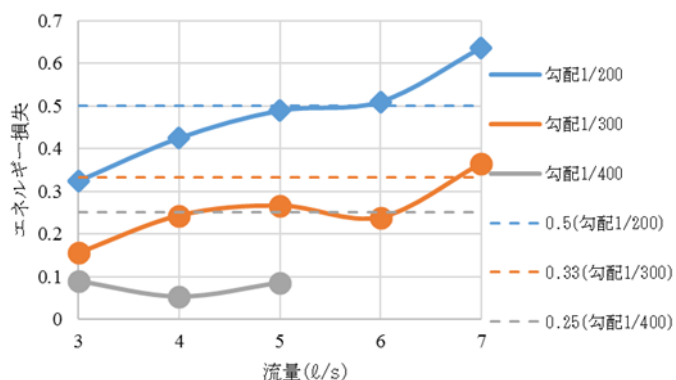


図-5 跳水によるエネルギー損失

ある(写真-1). 流動形態 B は, A と同様に射流域と跳水が発生するが, 流れの集中はなく縦断的に流れている(写真-2). 流動形態 C は, 弱い波状跳水の出現と消失が繰り返される不安定なパターンである(写真-3). 流動形態 D は, 跳水は全く現れず, 全体が常流になっている(写真-4). 各ケースにおける流動形態の発生状況を図-3 に示す. 勾配 1/400~1/700 で流動形態 C が見られ, 広い範囲で分布している.

図-4 は, 砂州頂部 (835 cm) でのフルード数 ($Fr = v/\sqrt{gh}$) を示したものである. ここで h は水路中央での水深, v は断面平均流速である. この図を見ると, 常射混在流れである流動形態 A, B はほぼ $Fr > 1$ の領域に位置し, 流動形態 C, D は $Fr < 1$ の領域に位置していることがわかる.

図-5 は流動形態 A, B で 1 波長間のエネルギー損失を示したものである. 図の実線が跳水によるエネルギー損失, 点線が水路勾配による位置エネルギーを示している. この図を見ると, 水路勾配 1/200, 1/300 のときは跳水によるエネルギー損失と水路勾配による位置エネルギーが近くなっているが, 水路勾配 1/400 のときは跳水によるエネルギー損失が水路勾配による位置エネルギーよりもかなり小さくなっていることがわかる. このことから, 水路勾配や流量が大きいときは跳水がエネルギー損失の支配的要因であるが, 水路勾配が小さくなると跳水だけでなく, 摩擦によるエネルギー損失も無視できないことがわかる.

参考文献

- 1) 菊地, 池田: 交互砂州地形における常射混在流れの発生条件に関する基礎的研究, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, 42 巻, 2015.