

交互砂州を有する水路における流砂の分岐特性に関する研究

北海道大学大学院工学研究科 ○ 学生員 工藤圭太
 北海道大学大学院工学研究科 学生員 Lama Sunil Kumar
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 黒木幹男

1. はじめに

分岐部周辺における流れや流砂の特性を理解することは、分水路を効率良く機能させるために非常に重要である。流れや流砂の分岐特性に関してこれまでに様々な研究が行われており、それらの研究における目的の一つは、様々な流れの条件の下でいかに多くの水を分水路へ流すかということであった。本研究ではそれに加えて、どれだけ多くの砂を分水路へ流すことができるかということにも着目した。

これまでの研究では分岐部を有する直線水路において、平坦な固定床における流砂の分岐特性を理解してきた^{1) 2)}。これらの結果を踏まえ、本研究では実際の河川での砂州を想定し、砂州による分岐特性の影響を知ることを試みた。現象を扱いやすくするために、砂で固めた交互砂州モデルを設置した実験水路を用いて実験を行った（図 - 1）。

2. 実験装置

実験で用いた水路の主水路長は 8m で分水路は主水路の端から 3m の位置から始まっている。その長さは 2m でアクリルプラスチック製であり、勾配はほぼ水平に保たれている。主水路幅 (B) は 45cm、分水路幅 (b_3) は 4.5cm であり、主水路と分水路の幅比 (b_3/B) は 1/10 である。主水路の勾配はおよそ 1/500、分岐部の角度は 30° に固定した。

砂州モデルを作成するにあたり、そのモデルとなる砂州の水理条件は既に行われた実験を参考とした。実験データから完全な交互砂州が発達した場合の形状と大きさを選び出し、本研究で用いる実験水路に砂を敷き詰め、河床を接着剤で固定した。砂州モデルの条件はできる限り実験データと合わせ、水理条件は主水路の流量によって変化させた。

3. 実験のパターンと手法

流砂の量的な分析をするために水路床の分流境界線の位置を定めるのは重要である。そこで比重 1.17、直径 3mm であるプラスチック製の円筒形の小球 100 個を分岐部上流の同じ地点から流し、球を投入する位置である主水路右岸からの距離を測り、分水路に流れ込んだ球の数を測定した。そして流した球のうち 80% が分水路に入った時の右岸からの距離を、水路床における水の分流境界線の位置とした。

キーワード：交互砂州、分流境界線、流量配分比、流砂量配分比

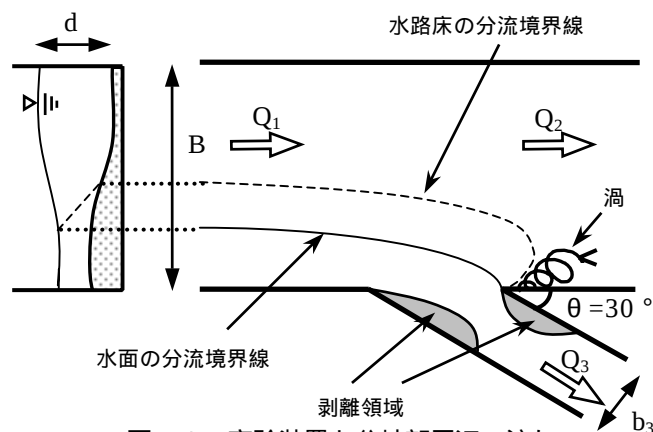


図 - 1 実験装置と分岐部周辺の流れ

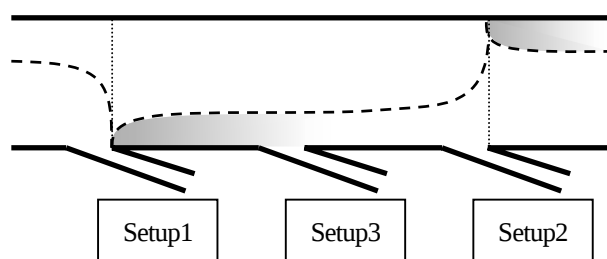


図 - 2 実験パターン

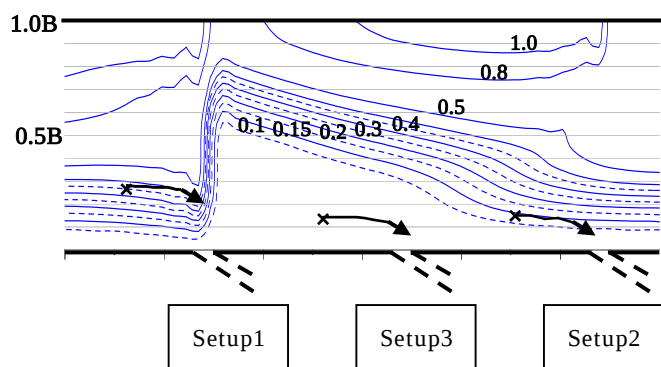
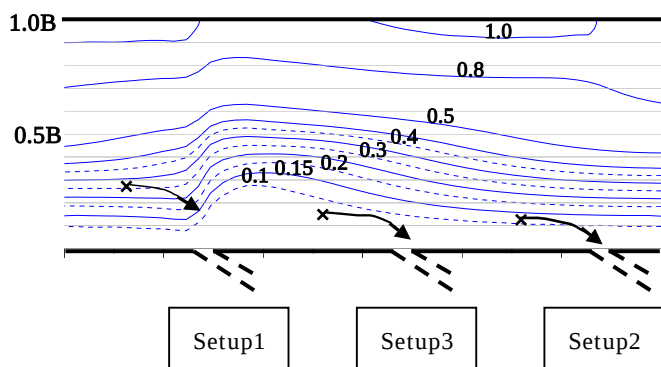
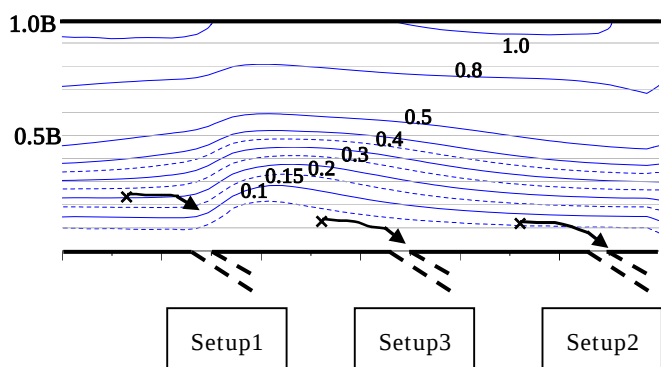
また、本研究では砂州前縁と分岐部の位置によって、3種類の砂州の模型実験を行った。砂州の先端の位置に分岐部を設けたものを Setup1、正反対の位置にあるものを Setup2、その中間に設けたものを Setup3 とした（図 - 2）。

4. 流量に関する理論的分析

主水路が平坦で、主水路床と分水路床が同じレベルであると想定する場合、分水路の流量を計算するために運動量方程式と連続式が用いられた¹⁾。しかし、実際の多くの直線河道では下流方向にほぼ一定速度で移動する交互砂州を有している。この場合、分水路に砂が流れ込むものの、分岐部の主水路の河床高は分水路床に比べて高くなるため、ここではこの河床高の差を考慮して流量配分比を把握した。

5. 流砂量と数値計算データ

砂州を有する場合、砂の流下方向は主水路と平行ではなく複雑になり、かつ主水路の横断面毎の流砂量も異なる。したがって、流砂量配分比は砂州に対する分水路の位置に

図 - 3(a) Q_s/Q_{savg} の割合 ($F_1=0.52$)図 - 3(b) Q_s/Q_{savg} の割合 ($F_1=0.63$)図 - 3(c) Q_s/Q_{savg} の割合 ($F_1=0.7$)

よって様々に変化することがわかる。ここでは数値計算によって水路全体の流砂の動きと断面毎の流砂量を把握し、球を用いた実験と合わせて解析を行うこととした。

数値計算データは分岐部を有しない直線水路を仮定した場合における、二次元浅水モデルによるものを用いた。実験で考慮した水理条件にできる限り近い条件で計算を行い、これによって水路の各断面における流砂量を考えた。

図 - 3 に各横断面における流砂量 Q_s を全体の平均流砂量 Q_{savg} で除したものが等しい割合になる場所を結んだ線と、実験により得られた分流境界線の位置（×印）を示す。主水路上流のフルード数（ F_1 ）毎にこれらを重ね合わせることで、実際の流砂量配分比 Q_{sr} を知ることができると考えた。

6．流量・流砂量配分比

等流砂量線を用いることにより得られた流砂量配分比

表 - 1 フルード数と流量・流砂量配分比の関係

F_1	d_3/d_1	$Q_r=Q_3/Q_1$ (%)	$Q_{sr}=Q_{s3}/Q_{s1}$ (%)	Q_{sr}/Q_r
Setup 1				
0.52	0.78	11.73	36	3.07
0.63	0.85	9.89	26	2.63
0.7	0.90	8.61	22	2.55
Setup 2				
0.52	0.76	10.97	9	0.82
0.63	0.72	9.19	8	0.87
0.7	0.87	7.88	7	0.89
Setup 3				
0.52	0.90	10.96	0	0.00
0.63	0.88	9.61	3	0.31
0.7	0.92	7.78	2	0.26

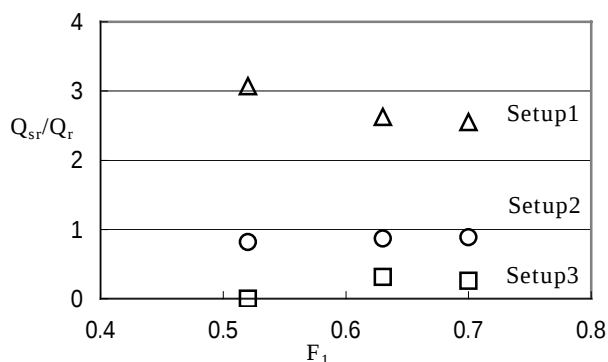


図 - 4 フルード数と流砂量配分比の関係

（ Q_{sr} ）と理論的分析により得られた流量配分比（ Q_r ）を表 - 1 に示す。また、これらの比（ Q_{sr}/Q_r ）と、主水路上流のフルード数（ F_1 ）の関係を表したものが図 - 4 である。これにより Setup1 の場合に Q_{sr}/Q_r がより大きな値を示すことがわかった。つまり、砂州の先端が分岐部入口付近にある場合の Q_{sr}/Q_r が最も大きくなるということである。流量配分比の 2 ～ 3 倍の流砂量配分比を示すことがわかり、効率よく流砂を分水路に流し込むことができると想定できた。

7．終わりに

砂州の先端が分岐部入口付近にある場合（Setup1）が、流砂量配分比は最も大きな値を示すことがわかり、より多くの流砂をバイパスすることができると想定できた。今後は本研究で行った場所と異なる場所に分水路を設けた場合を考え、各実験における分流境界線の位置を求める必要がある。さらには、砂州を固定するのではなく、移動床における流砂の分岐特性を調べることも重要と思われる。

参考文献

- 1) Lama Sunil Kumar, Keita Kudoh, Mikio Kuroki : Study of flow characteristics of dividing flow at open channel junction, Proceedings IAHR XXX Congress, Thessaloniki, 2003
- 2) 工藤圭太, Lama Sunil Kumar, 黒木幹男: 分水路における流砂の分岐特性に関する研究, 土木学会第 58 回年次学術講演会, 2003