

## 幅比の大きな分水路における流砂の分岐特性に関する研究

Study of sediment bifurcation characteristics at junction flow  
with the large width ratio of main to branch channel

北海道大学工学部土木工学科   ○学生員   工藤 圭太 (Keita Kudoh)  
 北海道大学大学院工学研究科   学生員   ラマ・スニール・クマール (Sunil Kumar Lama)  
 北海道大学大学院工学研究科   フェロー   黒木 幹男 (Mikio Kuroki)

## 1. はじめに

本研究では、分岐路における水の流れを観察し、そこを砂がどのように流れるかということを調べた。そのために、砂に見立てたプラスチック製の球を用いて、その軌道を観察した。また、これまでの研究の多くは主水路と分水路の幅比がほぼ同じ水路に関するものが主流だったが、本研究では、幅比が大きな場合（主水路：分水路=17:1）についての実験を行い、分岐部の砂の特性について考えることとした。また、分水路の主水路に対する角度は  $30^\circ$  と  $60^\circ$  の2つを用いた。

ところで、分岐部における砂の流れの特性を調べるには、水の流れの分岐特性を知る必要がある。そこで、そのことに関してはラマら<sup>1) 2)</sup>の研究を参考とする。

ここで、実験水路における水の流れを図-1に示す。これは、水路面と水路床における分岐境界流線、さらにその平均の流線を示したものであるが、主水路の分岐部入り口付近において、一度は入り口より下流側に流れた水が、その後、上流側へ急激に変化していることがわかる。これは主水路と分水路の幅比が小さい時にはほとんど見られないものであった。

また、分岐部に入った地点では剥離領域が見られた。水路幅比が小さな場合には、常に分水路の右岸側のみに生ずるのに対して、本研究のように幅比が大きな場合には、そのでき方に違いが見られた。 $30^\circ$  の場合には分水路の左岸側にのみ剥離領域が発生するのに対して、 $60^\circ$  の場合は右・左岸の両側に生じた。

## 2. 実験装置と実験の方法

本研究で用いた実験水路は主水路幅 78cm、分水路幅 4.5cm である。主水路長は 8m で、分水路は主水路の端から 3m の位置から始まり、その長さは 2m である。主水路を流れる水の流速はフルード数がおおよそ 0.1 から 0.4 までの範囲で変化可能である。また、主水路の水路床には直径 0.9mm の砂が張り付いていて、粗度係数は  $n=0.012$  となった。

この水路において、比重 1.06、直径 6mm のプラスチック製の球 50 個を分岐部上流の同じ地点から流し、その動きを観察した。この際に、水路の右岸側からの距離を測りながら球を流し、その中で分水路に流れ込んだ球の数を測定した。

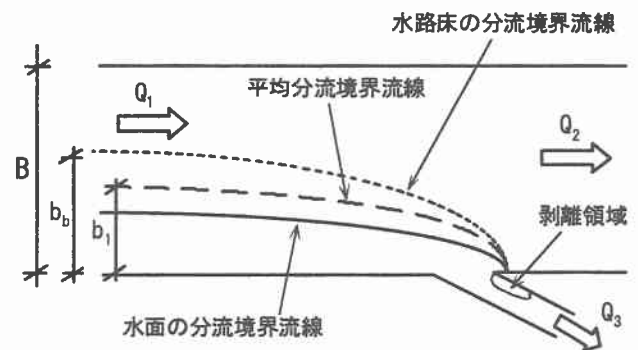


図-1 分岐部周辺の流れ

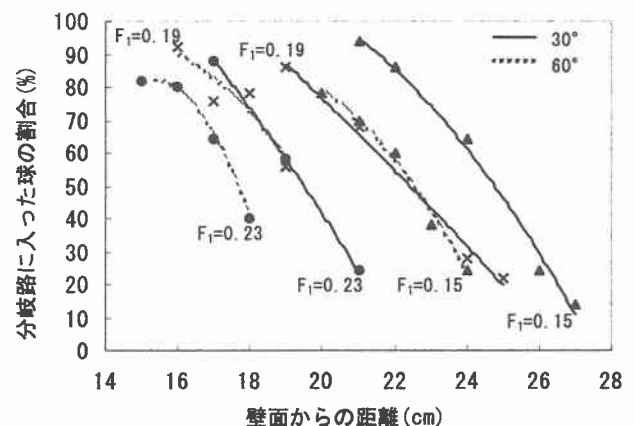


図-2 距離と入った球の割合の関係

## 3. 実験結果とその分析

まず、上記の実験において、主水路の右岸側からの距離と、その時に分岐路に入った球の割合を  $30^\circ$  と  $60^\circ$  について測定した。その結果を図-2に示す。2つの角度について比較したところ、フルード数が 0.15 より小さい時と 0.23 より大きい時は、ほぼ同じ数の球が流れ込む結果を得たが、フルード数がおおよそ 0.15 から 0.23 の時は、同じ距離で比べると  $30^\circ$  の方が、多くの球が流れ込む結果を得た。

次に、この実験において、流した球のうち 80% が分水路に入った時の右岸側からの距離を測定して、水路床における水の分岐境界流線の位置とすることに決めた。

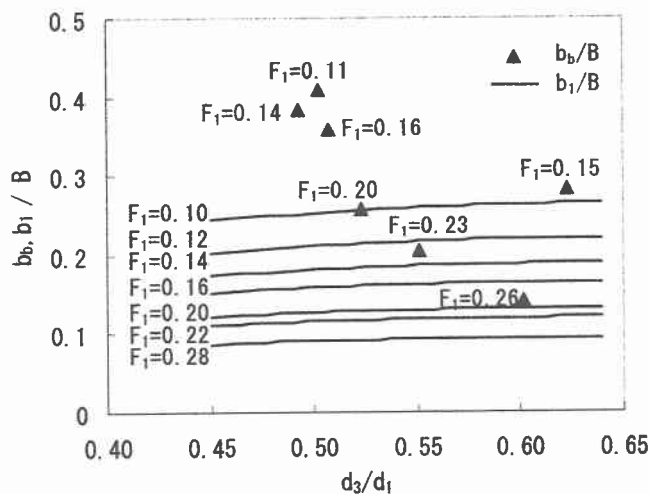


図-3(a) 分岐境界流線の関係 (30°)

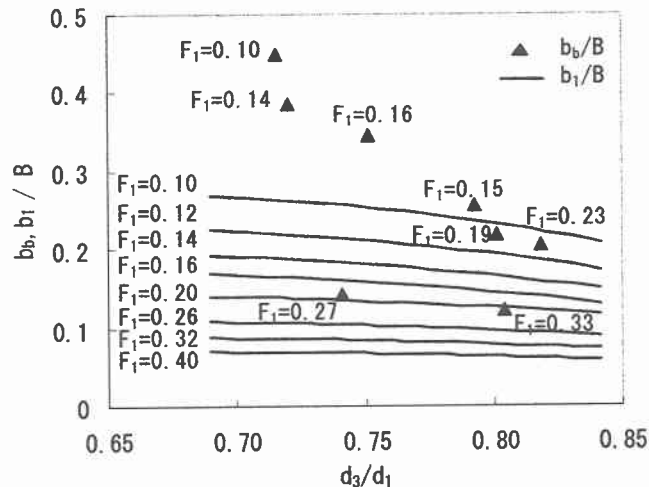


図-3(b) 分岐境界流線の関係 (60°)

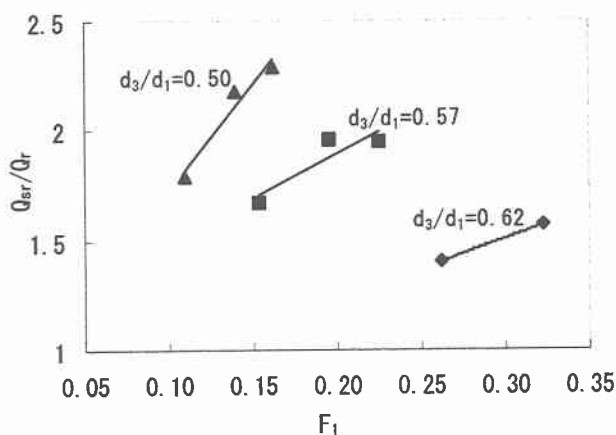


図-4(a)  $Q_{sr}/Q_r$  とフルード数の関係 (30°)

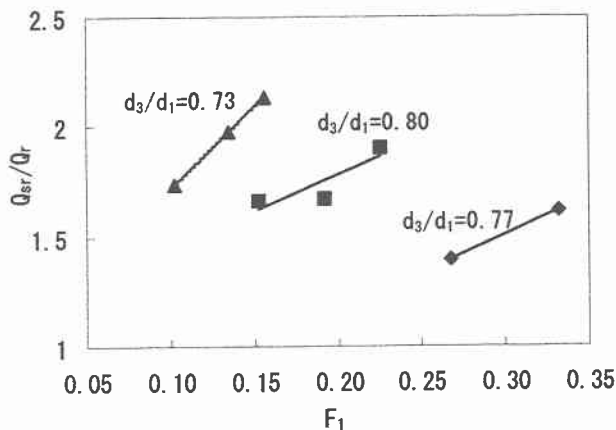


図-4(b)  $Q_{sr}/Q_r$  とフルード数の関係 (60°)

さらに、運動量方程式と連続式により求めたラマらによる理論モデル<sup>1) 2)</sup>により、水路床と表面における分流境界流線までの幅の平均値  $b_1$  (図-1) を求めた。そして、この  $b_1$  と、球による実験で決定した水の分流境界流線までの距離  $b_b$  (図-1) を、各角度で比較したものが図-3(a) (b) である。図において、 $b_1$ ,  $b_b$  は主水路幅  $B$  により無次元化され、主水路上流側の水深  $d_1$  によって無次元化された  $d_3$  は、分水路に流れ込んだ水の水深である。ここで、 $b_b/B$  とその時のフルード数に対応した  $b_1/B$  に関して、それを 30° と 60° の場合で比較してみると、同じような結果が得られた。

また、流量配分比を  $Q_r$ 、流砂量配分比を  $Q_{sr}$  とすると、 $Q_r=b_1/B$ ,  $Q_{sr}=b_b/B$  と表すことができる。よって、 $Q_{sr}/Q_r=b_b/b_1$  となり、これと主水路上流側のフルード数  $F_1$  との関係について調べたところ、図-4(a) (b) ような傾向が見られた。ここで、 $d_3/d_1$  の値は各データ間での平均をとったものである。これにより、ほぼ同じ  $d_3/d_1$  において  $F_1$  が大きくなるにつれて流砂量配分比も大きくなることがわかる。しかし、実験データが少ないことから、定式化には至っていない。

#### 4. おわりに

今回の実験では結果として、 $Q_{sr}/Q_r$  の値が  $F_1$  にかかわらず、1.5 から 2.5 の間に集中するということがわかった。これは、流砂量配分比が非常に高い割合であるということを示している。 $F_1$  が大きくなると、分水路の流量  $Q_3$  は小さくなっていくことがラマら<sup>1) 2)</sup> により研究されているため、今後はこの  $Q_3$  を考え合わせることで、計算上もっとも効率的な条件を見つけることができるとと思われる。

#### 参考文献

- 1) ラマ・スニール・クマール: Study of flow bifurcation at the 30° open channel junction when the width ratio of branch channel to main channel is large, 水理講演会投稿中, 2001
- 2) ラマ・スニール・クマール: Study of flow bifurcation at the open channel junction with the large width ratio of branch and main channel, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 58 号, 2002
- 3) Shiu Wai Law, Alan J. Reynolds: Dividing Flow in Open Channel, Proceedings, ASCE, 1966
- 4) 川合茂: 開水路分岐部における流量・流砂量配分に関する研究, 1991