

分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 スニール・クマール・ラマ

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

本研究では、分水路を有する水路において、流れと流砂の分岐特性を理解することを目的とした。流砂の分岐特性の研究において、最も重要な流れの特徴は、水路床における分流境界線の位置である。分岐部周辺において流れは複雑な変化をするため、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、水路床の分流境界線をたどった。

2. 実験装置

本研究では分水路幅 4.5cm に対して分水路と主水路の比を 1:4, 1:7, 1:10, 1:17 と変化させて実験を行った（実験 1）。また、水路床の分流境界線に対してアスペクト比（分水路の幅に対する主水路の水深）の影響を知るために、分水路幅が 10cm で幅比が 1:4 である実験も行った（実験 2）。

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 の位置から始まり、その長さは 2m である。主水路上流側のフルード数 (F_1) は、およそ 0.1 から 0.5 までの範囲で変化可能である。主水路の水路床には直径 0.9mm 以下の粒径の砂が張り付いていて、粗度係数は $n=0.012$ となった。また、過去の分岐特性に関する研究で、分水路の主水路に対する角度が 30° の場合、砂が最も効率よく分水路に入ることがわかっているため、分岐部の角度は 30° に固定した。

3. 実験の手法

前述の実験水路それぞれにおいて、比重 1.06、直径 6mm のプラスチック製の丸い球 100 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、球を投入する位置である主水路の右岸側からの距離を測り、分水路に流れ込んだ球の数を測定した。

この実験において、水路床における分流境界線を考える際に、流した球のうち 80% が分水路に入った時の右岸

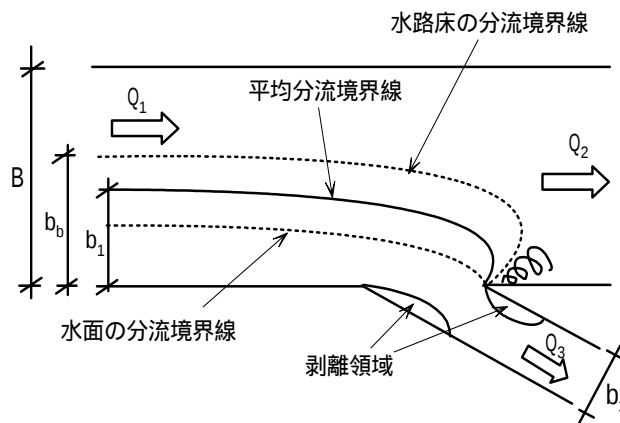


図-1 分岐部周辺の流れ

側からの距離 (b_b) を測定して、水路床における水の分流境界線の位置とすることに決めた。

さらに、運動量方程式と連続式により求めた、Lamaらの理論モデル式¹⁾により、水路床と水面における分流境界線までの幅の平均値 (b_1) を求めた。

4. 流量配分比、流砂量配分比の関係

次に、流砂量配分比を Q_{sr} 、流量配分比を Q_r 、主水路幅を B とすると、 Q_{sr} 、 Q_r はそれぞれ、

$$Q_{sr} = \frac{b_b}{B}, \quad Q_r = \frac{b_1}{B}$$

となり、

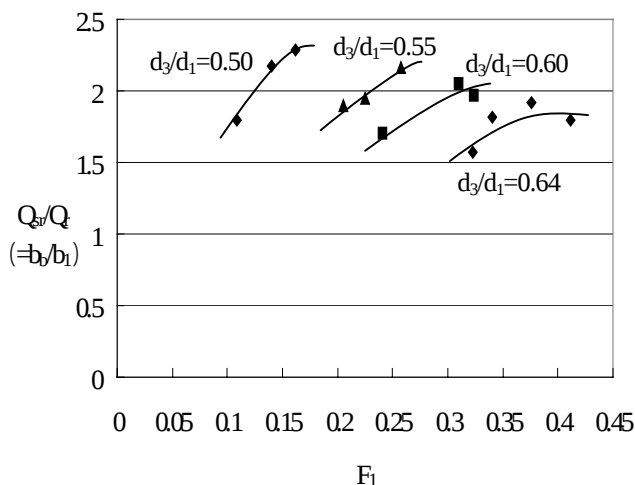
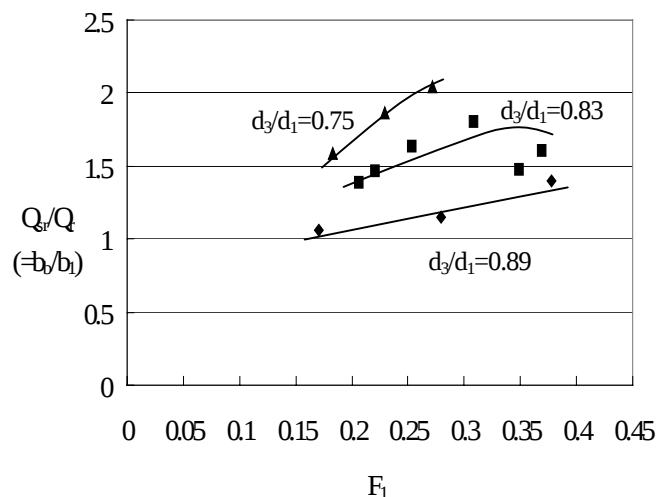
$$\frac{Q_{sr}}{Q_r} = \frac{b_b}{b_1}$$

と表すことができる。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-2(a)(b)のような傾向が見られた。図-2(a)(b)はそれぞれ、実験1、実験2の場合を示し、 d_1 、 d_3 はそれぞれ主水路上流側と分水路の水深を表している。

図-2(a)(b)からわかるように、それぞれの水路において d_3/d_1 ごとにある程度、等間隔に線を引くことができる。ここで1つの線に関して着目すると、 F_1 が大きくなるにつれて b_b/b_1 も大きくなるのがわかるが、ある F_1 の値を

キーワード：分流境界線、アスペクト比、流量配分比、流砂量配分比

〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院工学研究科 011-706-6190

図 - 2 (a) Q_{sr}/Q_r と F_1 の関係 (実験 1)図 - 2 (b) Q_{sr}/Q_r と F_1 の関係 (実験 2)

超えると b_2/b_1 はあまり変化しなくなる傾向がある。

また、 d_3/d_1 が変化しても流量配分比はほとんど変化しないことが Lama ら¹⁾によりわかっているが、図 - 2(a)(b)を比較すると、同じ水理条件下でも水路床の分流境界線幅に大きな影響があると思われる。アスペクト比が大きい場合の方が広いということが推測された。

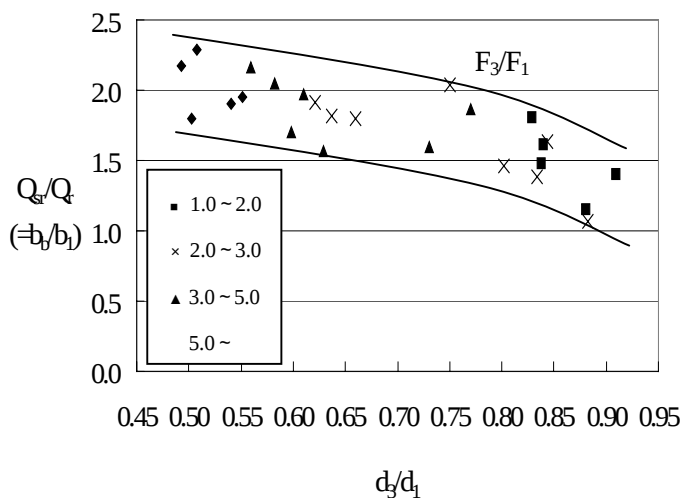
横軸に d_3/d_1 、縦軸に b_2/b_1 を取り、主水路上流と分水路のフルード数の比である F_3/F_1 によって、測定されたすべてのデータを図に表したものが図 - 3 である。実験 1 のようにアスペクト比が大きい場合、 d_3/d_1 の値は小さくなったが、実験 2 のようにアスペクト比が小さい場合、 d_3/d_1 も大きくなった。このように、実験 1 における結果が図の左側に偏り、実験 2 による結果が図の右側に偏った。この図において、 d_3/d_1 が大きくなるにつれて、徐々に b_2/b_1 が小さくなっていくことが示された。

また、 d_3/d_1 の値がほぼ同じあたりに着目すると、 b_2/b_1 の値にばらつきが見られる。これは、 F_1 が大きくなって F_3 はあまり変化が無いため、 F_3/F_1 は小さくなっていく。 F_1 が大きくなると b_2/b_1 は小さくなっていくため、このようばらつきが見られる。

5. おわりに

今回の実験で、水路床における分流境界線幅は、 F_1 と d_3/d_1 に依存しているということが推測された。また、同じ F_1 で比べた場合に、 d_3/d_1 自体はアスペクト比に依存していることも確認された。

また、 F_1 が小さい場合、 Q_{sr}/Q_r の値がおおよそ 1.5 から 2.5 の間に集中することがわかった。 d_3/d_1 が小さいほど b_2/b_1 が大きくなり、 Q_3/Q_1 も数%程度しか変化しないこと

図 - 3 Q_{sr}/Q_r と d_3/d_1 の関係

もわかったため、アスペクト比が大きい方が、より効率的に砂を分水路に流し込むことができると推測される。

さらに、 F_1 が小さいとき流量配分比 Q_r は大きくなり、流砂量配分比 Q_{sr} はその約 2 倍の値を示すため、流れた砂はすべて分水路に流れ込むことがわかったが、これは同時に分水路に入り込む水の量も多いということを示している。この場合、どのように多くの流砂を分水路に流し込むことができるか、今後さらに検討が必要である。

参考文献

- 1) Lama Sunil Kumar : Study of flow bifurcation at the 30 ° open channel junction when the width ratio of branch channel to main channel is large , 水工学論文集 , 第 47 巻, 2002
- 2) 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