

分岐流路の流量・流砂量分岐比に及ぼす勾配の効果の実験的研究

Experimental study of the effect on flow and sediment discharge ratio caused to the slopes in a bifurcation channel

北海道大学工学部土木工学科 ○学生員 小野寺貴教 (Takanori Onodera)
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

今までに分岐に関する様々な研究が行われてきた。Lama¹⁾ による分岐特性の研究ではどれだけ多くの砂を分水路に流せるかということを目的としていたが、分水路の勾配が流量・流砂量比に及ぼす効果についての研究はなされていなかった。そのため本研究では分水路の勾配が分岐部の流量・流砂量比に及ぼす効果を実験により調べることを目的とした。

この研究の応用例として、山腹の貯水池における土砂の堆積をおくらせるために、砂を下流に排出するバイパスとして利用することを想定した。その際、主水路の勾配は緩やかであるとし、分水路の勾配が主水路に比べて大きい場合を考える。そのため分水路の勾配を変化させて、どのように流量・流砂量分岐比に効果を与えるかを考察する。

2. 実験装置

本研究で実験に用いた水路の主水路長は 8m で、分水路は主水路上流から 3m の右岸から始まっている。主水路幅は 45cm、分水路幅は 10cm である。主水路の勾配は 1/500 である。分岐水路の勾配は 1/577、5°、10° と変化させて実験した。分岐部の勾配は図-1 に示す。主水路の水路床は平坦な固定床で珪砂 4 号の砂が張り付けられていて、粗度系数は $n=0.012$ となった。

また、Lama¹⁾ による分岐特性に関する研究で、分水路の主水路に対する角度を 30°、60°、90°、120° とし、その中で 30° の場合が最も砂が効率よく分水路に入るといった過去の論文のデータが示されているので、分水路の主水路に対する角度は 30° に固定した。

3. 実験方法

3.1 流量の計測

主水路上流の流量 Q_1 は主水路上流端から流れ込む流量を計量マスとストップウォッチを使用し測定した。分水路の流量 Q_3 は分水路末端より流れ出す流量を Q_1 と同様に、計量マスとストップウォッチを使用し計測した。

3.2 流砂量の計測

本研究では、主水路から分水路に流れ込む砂は掃流砂を対象とする。また、流砂は水路床に一樣に分布しているものとする。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非常に重要である。そこで、実験水路において、水よりも少しだけ重い、比重 1.06、直径 6mm のプラスチック製の球 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 b_b を測り、分水路

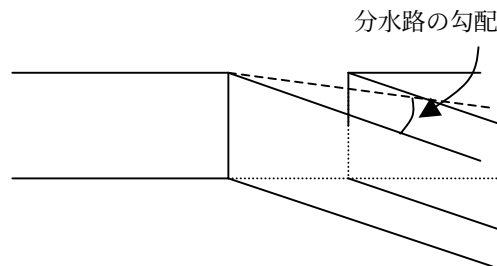


図-1 分岐部の勾配

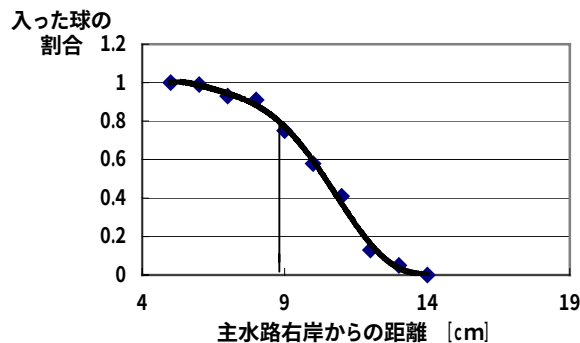


図-2 分流境界線の測定

に流れ込んだ球の数を測定する。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側からの距離を測定して、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。この実験の測定例を図-2 に示す。

これによって、水路床における分流境界線、流砂量配分比を調べた。分水路の勾配が 1/577 のデータは同じ条件で行われた Lama¹⁾ による過去の研究のデータを参考として引用した。主なデータを表-1 に示す。また表に示されている記号は以下のとおりである。

- Q_1 : 主水路の分岐部より上流の流量(l/s)
- Q_3 : 分水路の流量(l/s)
- Q_r : 流量配分比($=Q_3/Q_1$) (%)
- d_1 : 主水路の分岐部より上流の平均水深(cm)
- d_3 : 分水路の平均水深(cm)
- F_1 : 主水路の分岐部より上流のフルード数
- F_3 : 分水路のフルード数
- b_b : 水路床の分流境界線の主水路右岸からの距離(cm)
- Q_s : 流砂量配分比($=b_b/B$) (%)
- B : 主水路幅(45cm)

表 - 1

分水路勾配 1/577

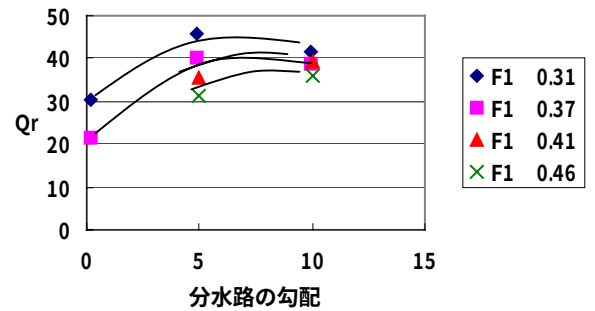
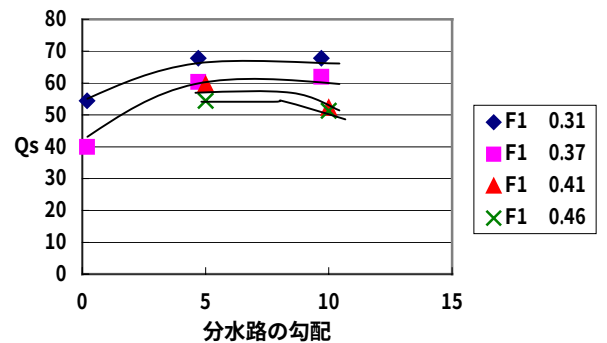
	Q ₁	Q ₃	Q _r	d ₁	d ₃	F ₁	F ₃	b _b	Q _s
A1	9.7	2.9	30.2	7.9	6.6	0.3	0.6	24.5	54.4
A2	10.9	2.9	26.3	7.9	6.6	0.4	0.5	17.5	38.9
A3	12.9	3.2	24.8	8.5	7.1	0.4	0.5	18.0	40.0
A4	6.9	1.5	21.4	5.5	5.0	0.4	0.4	13.5	30.0

分水路勾配 5°

	Q ₁	Q ₃	Q _r	d ₁	d ₃	F ₁	F ₃	b _b	Q _s
B1	6.6	3.0	45.9	6.2	2.6	0.3	2.3	30.5	67.8
B2	7.4	3.0	40.3	5.8	2.4	0.4	2.5	27.2	60.4
B3	9.9	3.5	35.4	6.5	2.9	0.4	2.3	26.8	59.6
B4	11.4	3.6	31.3	6.6	2.8	0.5	2.4	24.5	54.4

分水路勾配 10°

	Q ₁	Q ₃	Q _r	d ₁	d ₃	F ₁	F ₃	b _b	Q _s
C1	9.8	4.0	41.4	7.5	2.6	0.3	3.0	30.5	67.8
C2	9.1	3.5	38.8	6.5	2.5	0.4	2.9	27.9	62.0
C3	6.2	2.5	39.3	4.9	1.8	0.4	3.2	23.5	52.2
C4	7.5	2.7	35.7	5.2	2.2	0.5	2.6	23.1	51.3

図-3 Q_r と勾配の関係図-4 Q_s と勾配の関係

4. 実験結果の考察

4.1 流量配分比

流量配分比と勾配の関係を図-3 に示す。縦軸は流量配分比 Q_r 、横軸は分水路の勾配である。実験により得られた Q_r の値をフルード数別にプロットし、それらの予測される傾向を実線により示した。

このグラフより、勾配によらずフルード数が小さい程流量配分比が大きくなる傾向があることがわかる。また、分水路の勾配が小さい場合よりも勾配が大きい程流量配分比が大きくなる傾向があることもわかる。

4.2 流砂量配分比

流砂量配分比と勾配の関係を 4.1 と同様に縦軸は流砂量配分比 Q_s 、横軸は分水路の勾配として図-4 に示す。

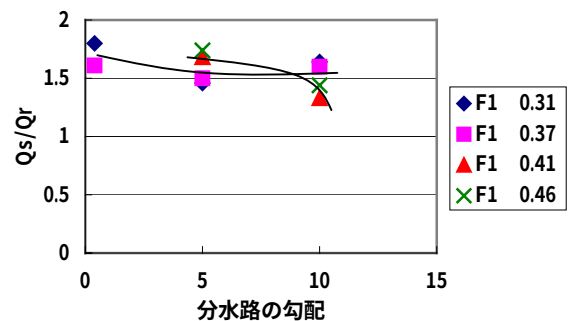
このグラフより Q_r 同様、勾配によらずフルード数が小さい程流砂量配分比が大きくなる傾向がわかる。しかしフルード数が 0.4 を超えると、分水路の勾配が 5° の方が 10° の場合よりも流砂量配分比が大きくなる傾向があると予測される。

4.3 Q_s/Q_r と勾配の関係

4.1, 4.2 と同様に縦軸は Q_s/Q_r 、横軸は分水路の勾配として図-5 に示す。このグラフからは目立った傾向を読み取ることはできなかった。しかし、勾配が小さい場合よりも勾配が大きい場合は Q_s/Q_r が等しいか少し小さくなるということは読み取れる。

5. おわり

今回の実験では、分水路の勾配が 10° の場合での流量配分比、流砂量配分比が実験前に予測していたほど大きな値にはならなかった。特に、流砂量配分比に関しては分水

図-5 Q_s/Q_r と勾配の関係

路の勾配が 5° の条件の方が、分水路の勾配が 10° の条件よりも大きくなるという予測に反した結果となった。これは分水路の勾配による分岐部に対する効果が、流砂量に比べて流量により強く影響したためだと考えられる。

この結果から、分水路の勾配を大きくすればするほど、分水路に流れ込む流砂量を増やせるということにはならないということがわかった。しかし、分水路の勾配が 1/577 の場合よりも流砂量配分比は増加するので、ある程度分水路に勾配をつけることは流砂量を増加させるために有効な手段であることもわかった。このため、流砂量配分比を最大にするには、どの程度勾配を大きくすればよいかということが今後の研究の課題といえる。

参考文献

- 1) Lama Sunil Kumar : Characteristics of Flow and Sediment Diversion at Open Channel Junction , 平成 15 年度北海道大学大学院博士論文, 2004