

## 逆サイフォンを利用した分水機能に関する実験的検討

## Experimental investigation on function of discharge diversion through seepage flow system

安田陽一<sup>1</sup> ○福沢一輝<sup>2</sup>Youichi Yasuda<sup>1</sup>, \*Kazuki Fukuzawa<sup>2</sup>

Abstract: This report presents a new method for the discharge diversion by using a seepage flow system. The flow condition in the main channel was settled as a transition from subcritical to supercritical flows. The stacked boulders were installed at an abrupt drop in the main channel. An optimum slope of stacked boulders was investigated in order that transported materials might not trap into stacked boulders. For several discharges, the water surface without a large disturbance was observed on the stacked boulders. Also, a seepage flow through stacked boulders might help the stabilization of flow in a catchment reservoir. The drainage function of discharge depends on a vacant space in stacked boulders and a height of weir in the catchment reservoir.

## 1. まえがき

全国各地で浸水被害や洪水氾濫が報告されており、対策を講じることは喫緊の課題である<sup>[1]</sup>。浸水被害や洪水氾濫を未然に防ぐ方法として、河川や雨水管内において分水を行い、一時的に貯留施設に貯留し、ピーク流量を減らす方法が用いられる<sup>[2]~[4]</sup>。従来、流れが比較的安定している常流区間にて分水を行っている<sup>[3]</sup>。貯留能力の増大をするために下流域に設置されている貯留施設の大規模化が挙げられるが、費用や土地の制約から実行は限定的と考えられる。そこで、細分化した小規模な貯留施設を用いて分水を行い、集水域全体でピーク流量を減らす方法が有効であると考えられる。分水する施設下の地形条件によって、射流区間にて分水する必要があると考えられる。射流区間では運動量が大きく、初期段階から多大に分水してしまうため、貯留施設を有効に使うことが難しいと考えられるため、分水流量の制御が必要不可欠となる。しかしながら、未だ射流区間における分水流量を制御する技術は確立されていない。安田、細川<sup>[3]</sup>は、横越流区間にフラップ板を設置した分水流量の制御を提案している。この提案では接近する流れが安定していることが前提条件となる。本研究では、接近する流れの条件を問わず、射流区間における分水流量を制御する方法として逆サイフォンを利用した分水方法を提案する。

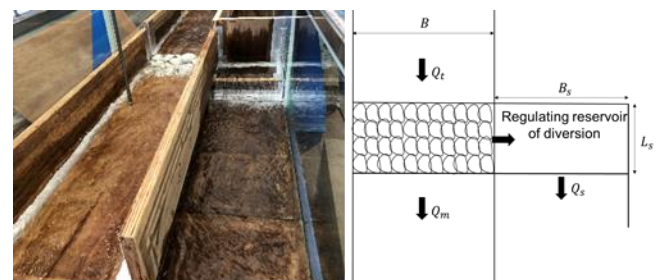
## 2. 逆サイフォンを利用した分水構造の提案

主要水路の流れを分水するために、主要水路底部に分水調整池に通じる通路を設け、逆サイフォンを利用して分水調整池にて一時的に貯留できる構造とする。通路内に浮遊物が流入、蓄積を軽減するために通水

路前後にて、斜路上の底面流速が大きくなる斜路勾配が1/8となるように段落差を設ける<sup>[4]</sup>。ここではその間を礫による石組み構造とした。また、分水調整池堰高さを変化させることにより、分水を開始するタイミングを調整することが可能となる。

## 3. 実験方法

水路幅0.80m、水路高さ0.60m、水路長さ18mを有する矩形断面水平水路を使用し、Figure 1に示す逆サイフォンを利用した分水模型を設置した。流量規模を表す限界水深 $d_c$ と礫設置区間の段差 $s$ との比 $d_c/s$ の検討範囲をTable 1で示す。礫設置区間の勾配は事前に勾配を検討した結果<sup>[4]</sup>から示された1/8勾配とし、礫設置区間の長さ $T$ を0.256m、段差 $s$ を0.032mとした。分水調整池幅 $B_s$ は0.360m、分水調整池長さ $L_s$ は0.256mとした。主要水路底部の石組みの間隙について、礫占有体積 $V_b$ と礫設置区間内の空間を含めた総体積 $V$ の比を示す石組みの空隙率を $n(=V_b/V)$ と定義し、空隙率 $n$ および主要水路の流量規模を変化させ、総流量 $Q_t$ と分水流量 $Q_s$ の流量分配比 $Q_s/Q_t$ の変化について検討した。ま



(a) Bird view

(b) Plan view

Figure 1. Experimental set-up for the model

Table 1. Experimental condition

No	B(m)	s/T	s(m)	n	$d_c/s$	H/B <sub>s</sub>	Fr <sub>1</sub>
1					1.44		
2				0.451,	1.85		
3				0.489,	2.24	0.281,	0.781~
4	0.373	0.13	0.032	0.555,	2.87	0.361,	1.21
5				(1.00)	3.31	0.444	
6					3.94		
7					4.27		

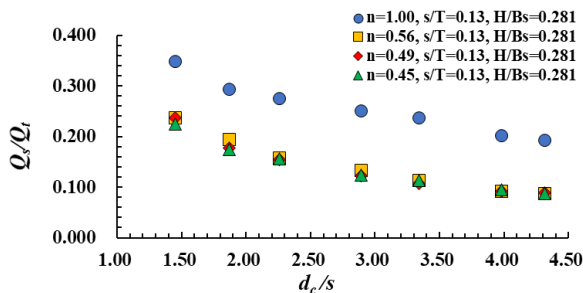


Figure 2. Change of  $Q_s/Q_t$  with  $d_c/s$  and  $n$ .

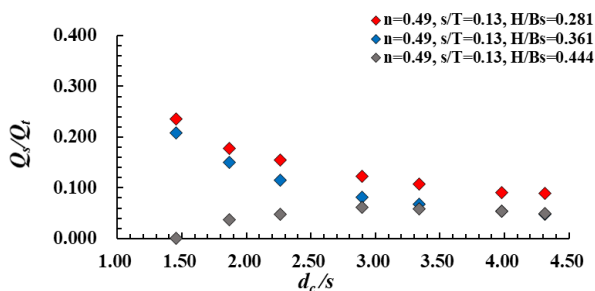


Figure 3. Change of  $Q_s/Q_t$  with  $d_c/s$  and  $H/B_s$ .

た、空隙率  $n=0.49$  (一定) とし、流量規模および分水調整池堰高さ  $H$  と分水調整池幅  $B_s$  との比  $H/B_s$  を変化させて流量分配比  $Q_s/Q_t$  の変化について検討を行った。

#### 4. 流量分配比の変化特性

流量分配比  $Q_s/Q_t$  について、 $Q_s/Q_t = f(d_c/s, n, s/T, H/B_s)$  の関係で整理したものを Figure 2 に示す。各空隙率  $n$  に対して相対水深  $d_c/s$  の増加に伴い、主要水路と分水調整池間のピエゾ水頭差が大きくなり、流量分配比  $Q_s/Q_t$  は減少する傾向が示される。これは、流量規模の増加に伴い運動量が大きくなり、礫設置区間を通過する流線の曲がり角が小さくなるため、通水路に入り込む流量が制御されたものと考えられる。 $d_c/s$  の変化に対する流量分配比  $Q_s/Q_t$  の変化について、 $n = 0.45, 0.49, 0.56$  による違いは小さい。なお、礫間を浸透することにより、調整池に向かう流れが制御され、分水調整池に設置した堰を越える流れが安定していることを確認した。一方、礫を設置していない場合 ( $n=1.00$ )、主要水路から調整池に直接入り込み、調整池内の流れが乱れ、石組みが設置されている場合と差異が生じたもの

と考えられる。これらのことから、石組みを設置することによって、礫の空隙率  $n$  が検討範囲内である場合、浸透機能によって、調整池に向かう流れが安定した状態で分水することが可能である。また、 $n=0.49$  を対象に、分水調整池内の相対堰高比  $H/B_s$  を変化させたときの  $d_c/s$  に対する流量分配比  $Q_s/Q_t$  の変化を Figure 3 に示す。分水調整池堰を越流していない状態では礫設置区間と分水調整池におけるピエゾ水頭は概ね一致することから、堰高さを変化させることによって主要水路から分水するタイミングを調整することが可能となる。なお、相対堰高比が小さい場合には、礫設置区間と分水調整池間のピエゾ水頭差が大きくなり、主要水路から分水調整池への吸引力が大きくなるため、流量規模を増大した場合に、ある段階から一定値に収束していく値が大きくなったものと考えられる。この場合、輸送される比重の高い物が調整池に流入しやすくなるため、分水流量調整池堰高さの設定は慎重に行う必要がある。

#### 5. まとめ

本研究では、主要水路の総流量を分水する方法として、逆サイフォンを利用して分水する方法を提案した。流量規模が増加しても、通水区間に礫による石組みを設置する場合、礫間の流れにより分水調整池の流れは安定した。流量規模の増加に伴い流量分配比は減少する傾向となる。石組み間の空隙率を検討範囲内で変化させた場合、 $d_c/s$  の変化に対する流量分配比  $Q_s/Q_t$  の変化の違いは小さいことを示した。このことから、石組み間の空隙率および石組み傾斜路の安定性を考慮して、礫の大きさを選定する重要性を確認した。また、調整池に設置した堰の高さを調整することによって礫設置区間と分水調整池のピエゾ水頭は概ね一致し、分水する主要水路の流量規模のタイミングを設定することが可能であることを示した。

#### 参考文献

- [1] 安田陽一, 篠崎遼太, 石川眞: 急勾配水路における流量分配の提案とその可能性, 第 42 回 土木学会関東支部, CD-ROM, 2015.
- [2] Willi H. Hager: 下水道水理学—理論と実務— (日本語版) 第 17 章分水水路, 公共投資ジャーナル社, 第 1 版, pp.423-453, 2008.
- [3] 細川康司, 安田陽一: 射流中の横越流の排出機能に対するフラップ設置の影響, 第 54 回下水道研究発表会, N-2-1-4, 2017.
- [4] 安田陽一, 福沢一輝: 逆サイフォンを用いた分水方法に関する実験的検討, 第 42 回 土木学会関東支部, CD-ROM, 2020.