

鼻ぐり井出を用いた伝統工法による土砂堆積対策に関する実験的研究

日本工営(株) 渡部春樹, 田方 智, 湯澤 樹, 伊藤隆郭

1. はじめに

透過型砂防堰堤では次期出水の捕捉容量の確保等を目的とし、減水期に透過部から土砂流出が行われる。堰堤下流側の溪流保全工や取付水路では、透過部から流出した土砂が堆積し、流下断面が阻害される事例も見られる。



図-1 鼻ぐり井出

一方、農業分野では、用水路の土砂堆積対策として、水の営力により火山灰や土砂を継続的に流下させるための工法として鼻ぐり井出が存在する。用水路内の一部を隔壁として残し、暗渠を設けた隔壁を縦断方向に連続的に配置した施設である。これにより、隔壁間に水流が生じ、火山灰や土砂を巻き上げて流下させる仕組みである(図-1)¹⁾。

本研究では、溪流保全工や堰堤下流の取付水路等の土砂堆積に対し、効率的に土砂を処理する手法として、伝統工法の鼻ぐり井出の土砂流出機能と水理特性を実験的に検討した。

2. 実験条件

実験では、有効延長7m、水路幅0.2mの可変式木製水路を用いた。模型縮尺は1/40とし、フルード相似則を用いた。実験条件は、堰堤下流側の溪流保全工を想定し設定した。鼻ぐり井出は、隔壁と暗渠で構成されるが、溪流保全工への適用を想定した場合、水位上昇により側壁高の設定に与える影響が大きくなる可能性があるため、隔壁とスリットの構造を基本とした。この中で、隔壁を直線的または交互に配置する組み合わせを設定した(図-2)。その他、落差工の斜路の区間で流れを加速させることで、下流域に堆積した土砂の遡上防止を図る案も設定した(図-3)。これらを整理すると、本実験で対象とする鼻ぐり井出の諸元は表-1のようになる。流量は10年確率規模相当の46.6m³/sとし、無施設時に水路内に土砂が堆積するような土砂濃度(c_f=0.02)に応じた給砂を行い、継続時間は60分とした。河床勾配は1°(i=1/57.3)、水路幅Bは4m、隔壁幅B'は水路幅に対して1/2倍・1/4倍、隔壁間距離Lは水路幅の1.5倍、隔壁高Hは越流の有無で7m・1.6mに設定した(原型値での記載)。河床材料の物性値は次の通りである。95%粒径 d₉₅=0.29(m)、60%粒径 d₆₀=0.02(m)、安息角φ_s=36.0(deg.)、静止堆積濃度c_{*}=0.584、土砂の比重σ/p=2.65。実験ケースは、施設諸元および隔壁配置との組み合わせで合計4ケースを設定した(表-2)。

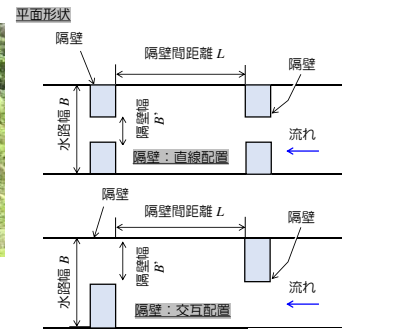


図-2 施設配置模式図(隔壁)

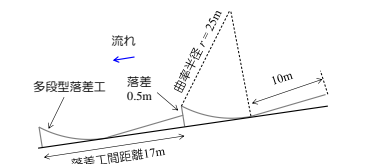


図-3 施設配置模式図(多段型落差工)

表-1 鼻ぐり井出の諸元

Run	施設	隔壁間距離(m)	隔壁高さ(m)	隔壁幅(m)	隔壁幅/水路幅	透過部面積(m ²)	備考
Run0	無施設	-	-	-	-	-	-
Run1	①	6	1.6	2	0.5	3.2	直線配置
	②	6	1.6	2	0.5	3.2	交互配置
	③	6	1.6	1	0.25	1.6	直線配置
Run2	④	6	7.2	2	0.5	14.4	直線配置
	⑤	6	7.2	1	0.25	7.2	直線配置
Run3	多段型落差工	-	-	-	-	-	-

表-2 実験ケース

3. 実験結果

3.1 土砂流出機能

図-4に透過部面積と供給土砂量に対する流出土砂量の比の関係を示す。鼻ぐり井出との比較を行うことから無施設時に水路内に土砂が堆積するような給砂条件としたため、供給土砂量に対する流出土砂量の比は0.82になった。これに対し、隔壁を交互に配置し、かつ透過部面積の大きいRun1②では、無施設時よりも流出土砂量が増加し、比率は0.84と最も効果的な諸元になった。隔壁高が大きいRun2、多段型落差工のRun3では、流出土砂量はRun1と比較して少ない。

図-5にRun1②の通水60分後の流況を示す。隔壁間を流下する流れと隔壁を越流する流れが形成される。通水初期には隔壁直上流に平面渦と旋回流が形成される。流れの特性により土砂が下流に連行されるとともに、隔壁上流で土砂が巻き上げられ、土砂流出が行われる。ただし、平衡量以上の土砂を供給しているため、通水60分後になると隔壁が土砂で埋没する結果となった。その他、隔壁高が大きい場合(Run2④)や多段型落差工(Run3)では、隔壁上流や河床曲面部で土砂が堆積し、十分な土砂流出機能は確認できなかった(図-6、図-7)。

3.2 水理特性

図-9および図-11にRun1②の流速分布と水位・無次元掃流力の縦断分布を示す。流速の縦断方向の計測位置は図-8に示す通りで、横断方向には水路幅4mに対し左岸から1m、中央、右岸から1mの合計3測線とした。無

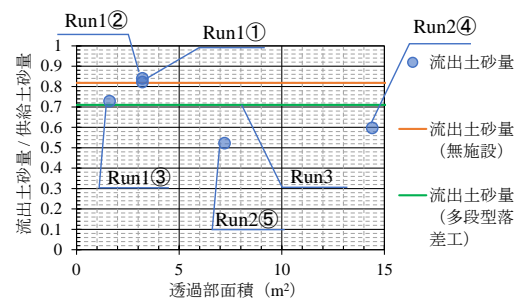


図-4 透過部面積と流出土砂量/供給土砂量の関係

次元掃流力は95%粒径に対しエネルギー勾配を用いて算出した。Run1②では、隔壁の配置上、透過部になる40.5m右岸側や45.5m左岸側では流水が集中するため、河床近傍で高速流(5m/s程度)になる。隔壁間の43mでは、下流側(40.5m)の隔壁配置の影響により、右岸側で水深方向に直線的、中央や左岸側では半水深付近で最大流速が生じる。無次元掃流力は、隔壁上下流2m付近では0.5以上、隔壁間では0.05から0.5程度で推移している。隔壁間の一部や隔壁地点では、無次元限界掃流力($\tau_{*c}=0.05$)よりも小さな値になっている箇所もあり、隔壁間で土砂の流下と堆積が繰り返し行われる特性がある。隔壁を交互配置にした場合は、このような複雑な流速および無次元掃流力の分布が縦断的に連続しており、平面的な流れの特性と併せて、土砂が流出しやすい施設配置であると考えられる。

一方、図-10および図-12にRun3の清水時の流速分布、水位・無次元掃流力の縦断分布を示す。Run3では、落差上流の43.5mから56mまでは、流速自体に違いはあるものの分布形はほぼ同等で、半水深付近に最大流速が生じる。落差部(40m)では、河床底面に最大流速(6m/s程度)が生じ、無次元掃流力も同様に落差部で大きな値を示す。落差部からその下流の直線部で流れの加速域になるが、河床曲面部では減速するため、土砂が堆積しやすくなったと考えられる。

3.3 鼻ぐり井出の適用

透過型砂防堰堤の下流域等、平衡量以上の土砂が長期間に渡って流下する可能性のある条件下では、鼻ぐり井出による流水の営力のみで、継続的に土砂を流出させることは難しいと考えられる。しかし、流出機能が流出土砂量を上回るような状況(出水以降の平時の流水等)では、鼻ぐり井出から土砂流出が行われ、出水から平時までのある程度の期間を想定した場合に効果があるもの

と考えられる。その他、流出土砂量が鼻ぐり井出の流出機能以下となるような場合(例:道路側溝、火山灰の堆積など)での効果も期待される。多段型落差工は、河床底面の曲面部の半径を大きくする等、流れが減速しにくい施設形状

にすることで、土砂流出の効果が向上すると考えられる。鼻ぐり井出の適用にあたっては、想定される最大最小の流出土砂量を把握し、流出土砂量以上の流出機能を持つ鼻ぐり井出の諸元を設定することで、出水から平時の期間内で、効果的に土砂を流下させることが可能になる。

4. おわりに

溪流保全工や堰堤下流の取付水路等の土砂堆積に対し、効率的に土砂流出を行うために、伝統工法の鼻ぐり井出の土砂流出機能や水理特性を実験的に検討した。減水期の透過型砂防堰堤からの土砂流出を想定し、平衡量以上の土砂を継続的に供給したため、隔壁が埋没していく結果となった。今回設定した施設諸元の中では、隔壁を交互に配置した場合、平面的な流れと複雑な流速および無次元掃流力の分布が形成されるため、土砂が流出しやすい施設配置であることがわかった。想定される流出土砂量を把握し、流出土砂量以上の流出機能を持つ鼻ぐり井出の諸元を設定することで、効果的な土砂流出が可能になる。今後は、1出水を想定した場合の効果を確認するために、非常流の条件で実験を行う予定である。

参考文献: 1) 菊陽町文化財ツーリズム, “人の道・水の道”, <https://www.kikuyotsu-rizumu.jp>

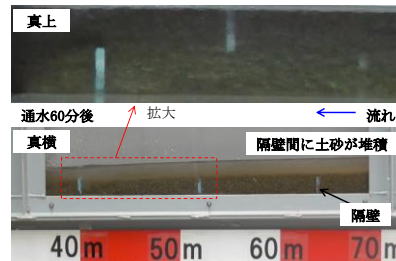


図-5 流況 (Run1②, 隔壁: 交互)

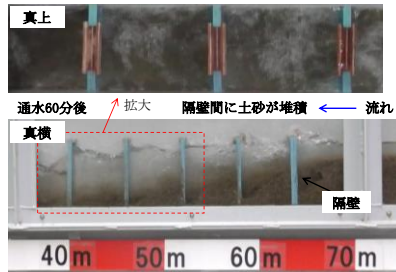


図-6 流況 (Run2④, 隔壁: 直線)

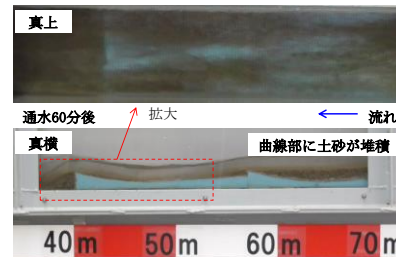


図-7 流況 (Run3, 多段型落差工)

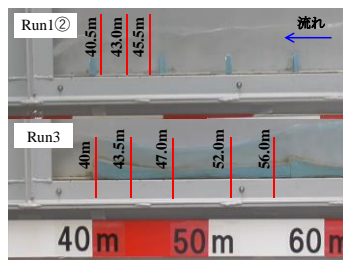


図-8 流速計測位置 (縦断方向)

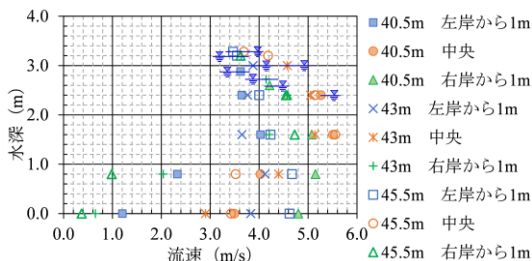


図-9 流速分布 (Run1②, 隔壁: 交互)

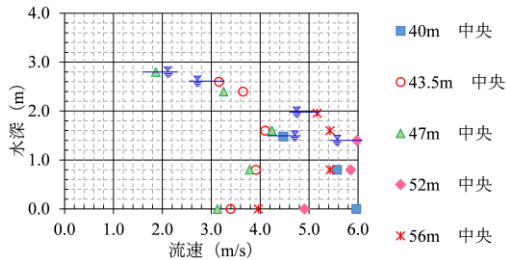


図-10 流速分布 (Run3)

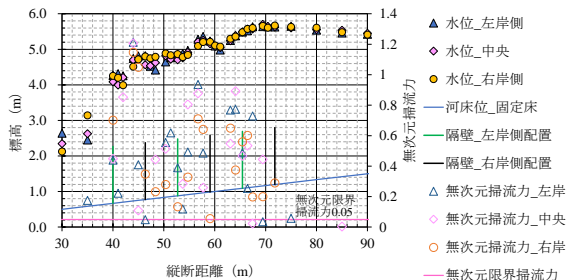


図-11 水位・無次元掃流力の縦断分布 (Run1②, 隔壁: 交互)

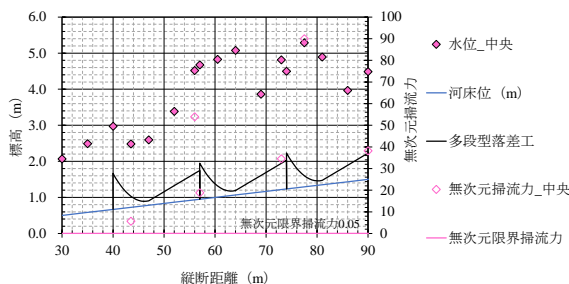


図-12 水位・無次元掃流力の縦断分布 (Run3)