

稼働式シャッターによる流水・流砂の効果的な制御に関する水理実験

国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所 三上幸三<sup>※1</sup>, 越野正史<sup>※2</sup>, 奥井 淳<sup>※3</sup>

<sup>※1</sup> 現 水管理・国土保全局, <sup>※2</sup> 現 黒部河川事務所, <sup>※3</sup> 現 神通川水系砂防事務所

日本工営(株) 長山孝彦, ○田方 智, 渡部春樹, 伊藤隆郭

京都大学大学院 水山高久, 中谷加奈, 筑波大学大学院 宮本邦明, 京都大学防災研究所 藤田正治

**1.はじめに:** 立山砂防事務所管内にある妙寿砂防堰堤に

おいては、稼働式シャッターが設置されている<sup>1),2)</sup>。シャッター砂防堰堤の施工後の試験運用においては、横棧型のシャッター一周りに発生する振動や変形、シャッター閉塞のためのトリガーとなる流量の設定およびシャッター稼働による土砂制御の機能・効果の把握が必要である。

本研究では、妙寿砂防堰堤を対象として、シャッター稼働を行う際の水理条件を得るために、直線水路実験を行った。シャッター砂

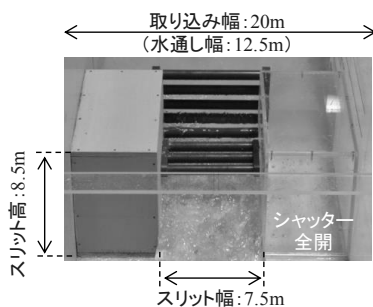


図 - 1 妙寿砂防堰堤の施設諸元

表 - 1 相似則の変換例

	スリット幅(m)	スリット高(m)	横棧(mm)	横棧間隔(mm)	流量(m <sup>3</sup> /s)	時間(s)
原型値	7.5	8.5	813	600	600	3600
模型値	0.30	0.34	33	24	0.14	720

※流量(模型値)は川幅と取込幅比に対応させている

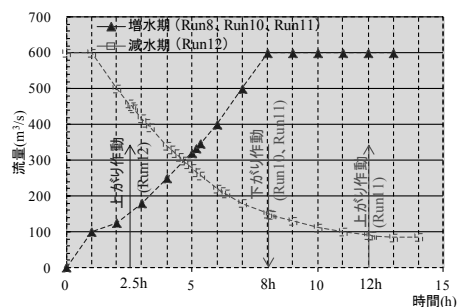


図 - 2 ハイドログラフ (増水期・減水期)

防堰堤が持つ水理特性や土砂移動特性を把握すると共にシャッターを閉じる際に効果的な流量に関しての検討を行った。

**2.妙寿砂防堰堤と施設諸元**

1) 妙寿砂防堰堤

妙寿砂防堰堤に関する諸元は下記の通りである (図 - 1 参照)。

・流域面積:115.2 km<sup>2</sup>, 平均河床勾配:1/30 (掃流区間), 水通し幅:54.0 m, スリット幅:7.5 m, スリット高さ 8.5 m, 平均川幅:60m

2) 水理条件

シャッター操作を伴う水理特性および土砂移動特性を把握するために、シャッター部の形状・隙間および堰堤高さが大きく再現できるように縮尺 (模型縮尺: 1/25) とし (表 - 1 参照), 堰堤水通しの一部を再現した抽出模型とした。なお, 図 - 1 に示すように平均川幅 60m に対して、シャッター部を含む幅 20m を取り込み範囲とした。相似則には、Fr 相似則を適用し、諸量の設定を行った。なお、流量に対しては、抽出模型の幅 (20m) に対するスリット幅 (7.5m) 比が大きいため、無ひずみ模型 (模型縮尺: 1/75) を用いて、水位・流量関係を得て、これに水位を合わせるように流量を変換した。従って、流量に対するひずみ模型となる。流量波形は、昭和 44 年出水のハイドログラフを用い、図 - 2 に示すように減水期想定 of the hydrograph を設定した。なお、後述するが、シャッター開時による土砂流出をみるために、同出水の波形を適用して、増水期ハイドログラフも設定した。粒度分布は図 - 3 に示すように模型値において d<sub>60</sub> が 10.9mm (原型値 250mm), d<sub>95</sub> が 32mm (原型値 600mm) の模型砂を使用した。

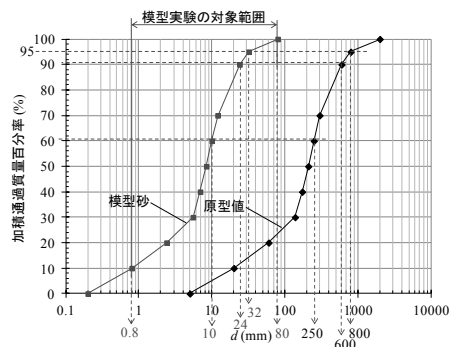


図 - 3 模型砂の粒度分布

**3.水深・流量関係:**

図 - 4 に清水時におけるシャッター砂防堰堤 (全開, 全閉) の水深・流量関係を示す。図 - 4 では、堰堤湛水域の最大水深および現地で水位計が設置されているダム軸から 12.5m の水深を用いた関係を示している。シャッター全閉時は全開時と比較するとスリット部の流下時 (非越流時) には、シャッターの影響が見られるが、越流時には、その差は余り見られない。減水期にシャッターを稼働させるためには、 $\partial Q/\partial h$  の大きい越流部よりもスリット部に流れが流下する時に  $\partial Q/\partial h$  が小さく、しかも、ほぼ一定値とみなせるため、ここでは、両者の境界となる  $Q=280\sim 300\text{m}^3/\text{s}$  をシャッター稼働の候補流量とした。

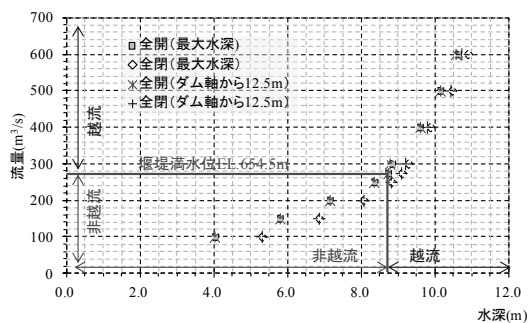


図 - 4 水深・流量関係 (清水時, 全開・全閉時)

**4.シャッター操作による土砂調節機能**

(1) 土砂流の水深・流量関係

図-5は土砂流時の減水期におけるシャッター全開時の水深・流量関係である。越流時には、湛水域の土砂堆積の影響を受け、 $\partial Q/\partial h$ が清水時よりも大きくなるが、スリット部を流れ、流砂が流下する時には、スリット部が満水時に  $H-Q$  関係に不連続が見られるものの、水深・流量関係は清水流のものとは比べて余り違いが見られない。土砂流のシャッター稼働（閉時）においては、 $H-Q$  関係と合わせて、スリット部からの流砂量の時系列を見る必要がある。

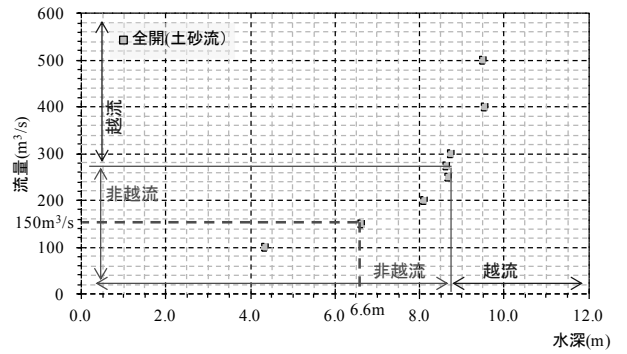


図-5 水深・流量関係（土砂流, Run8）

(2) 土砂調節機能

表-2は、実験ケース（Run7～Run12）および堰堤からの流出土砂量である。

図-6はRun7（シャッター全開、定常流量  $Q=150\text{m}^3/\text{s}$ ）、Run8（シャッター全開、減水期非定常流）の流出流砂量である。Run8においては、減水期のシャッター全開時の土砂流出について次のことがわかる。(a)  $\partial Q_b/\partial t \approx 0$ , (b)  $\partial Q_b/\partial t > 0$ , (c)  $\partial Q_b/\partial t < 0$  であり、(b)はスリット部からの減水期における流出流砂量の増加であり、(c)は流量減少に伴い、堆砂域の土砂移動限界流量（約  $85\text{m}^3/\text{s}$ ）に近づくために生じる流砂量の減少である。(b)を見ると、スリット部からの流出流砂量が増加し始める 6-8h ( $Q=200\sim 150\text{m}^3/\text{s}$ ) 近傍において流砂量の調節を行うと流出流砂量の調節が効果的であると考えられる。一方、Run7においては、 $Q=150\text{m}^3/\text{s}$  における定常流時のスリットからの流出流砂量の時系列データを見たものである。これを見ると、スリット部における流出流砂量が、 $Q=150\text{m}^3/\text{s}$  において、通水後から急激に減少しており、シャッター開時における土砂流出の制御に効果的な流量であることが確認できる。図-7は、減水期中にシャッター閉、開操作を行ったもの（Run10）、減水期中の  $150\text{m}^3/\text{s}$  時にシャッター閉操作を行ったもの（Run11）である。これは、Run7, 8において、シャッター操作による土砂流出の制御において効果的な流量を対象とした操作である。なお、Run10 においては、図-6 に示す(b), (c)の境界 ( $Q=150\text{m}^3/\text{s}:12\text{h}$ ) において、シャッターを仮に開操作したものである。これによると、減水期の1出水中において、シャッター閉操作を行うことにより、流出流砂量の制御が行われることが分かる。一方、1出水中にシャッター開操作を行うと、シャッター開時の流出流砂量の増加が見られ、1出水中の閉・開操作は、流出流砂量から見て、相応しくない可能性がある。図-8は、Run10の通水後河床を初期河床として、図-2に示す増水期ハイドログラフを与えて、シャッター開操作を行い、流出流砂量の変化を見たものである。シャッター開操作は  $Q=150\text{m}^3/\text{s}$  において行った。これによると、シャッター開操作による流出流砂量が若干増加するが、増水期中の湛水域の水位せき上げにより流出流砂量は余り増加しないことがわかる。

表-2 実験ケースと総流出土砂量

Run No.	堰堤堆砂域の初期堆積量(m³)	流入土砂量(m³)	堰堤からの流出土砂量(m³)	ピーク流量	ハイドログラフ	シャッターの作動状況
Run7	39,950	0	28,906	150m³/s	定常流	全開
Run8	39,950	12,969	47,056	600m³/s	非定常流(減水期)	全開
Run9	39,950	0	30,109	150m³/s	定常流	下がり作動
Run10	39,950	12,969	40,922	600m³/s	非定常流(減水期)	下がり作動(8時間後)
Run11	39,950	12,969	44,498	600m³/s	非定常流(減水期)	下がり作動(8時間後)
Run12	11,996	0	1,094	600m³/s	非定常流(増水期)	上がり作動(2.5時間後)

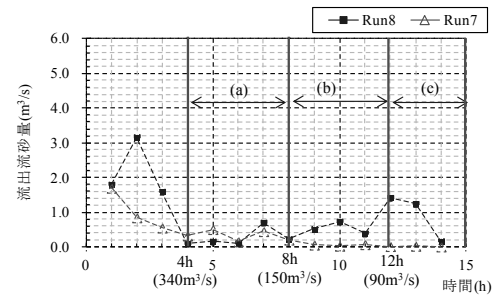


図-6 流出流砂量 (Run7, Run8)

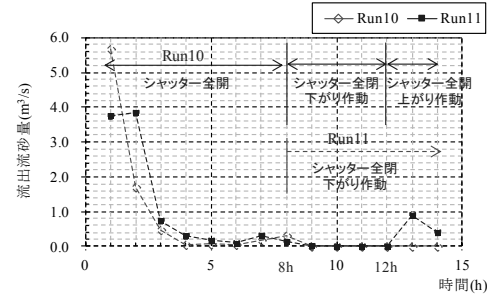


図-7 流出流砂量 (Run10, Run11)

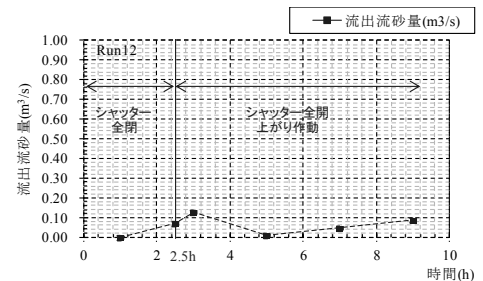


図-8 流出流砂量 (Run12)

5.おわりに: 妙寿砂防堰堤を対象として、シャッター稼働を行う際の水理特性を得るために、直線水路実験を行った。減水期ハイドログラフを対象として、土砂調節の効果が高いシャッター操作（閉操作）のトリガーとなる流量 ( $Q=150\sim 200\text{m}^3/\text{s}$ ) を得た。併せて、清水流および土砂流時の水深・流量関係を得て、両者は越流時に特性が異なることが示された。今後は、次期出水を想定したシャッター開時の流量やタイミング等に関する検討を行う予定である。

参考文献: 1) 三上幸三ら：砂防学会誌, Vol.66, No.5, pp.42-48, 2013., 2) 三上幸三ら：平成 25 年度砂防学会研究発表概要集, A224-225, 2013.