

固定横棧式シャッター砂防堰堤の効果的な土砂調節のための横棧配置に関する水理模型実験

日本工営(株) ○渡部春樹, 長山孝彦, 松田悟, 橋本憲二, 伊藤隆郭  
 松本砂防事務所 林 真一郎, 小口貴雄, 梶本陽介(現:神通川水系砂防事務所), 石島正暉  
 京都大学名誉教授 藤田正治 信州大学 堤 大三

1. はじめに

扇沢砂防堰堤は、信濃川水系箆川に位置する固定横棧式の透過型砂防堰堤であり、スリット高8.5 m、スリット幅3mの3門スリットを有し、透過部には横棧(鋼管径φ508 mm)が設置されている<sup>1), 2)</sup>。土砂調節機能を確保しつつも、土砂掘削等の維持管理を極力必要としない横棧の配置(間隔, 本数, 設置位置)設定に向けて、2014年から現地での効果検証が行われている。近年では2018年9月にピーク流量約70 m<sup>3</sup>/sの出水が発生したが、大規模出水時の効果検証は行われておらず、現状横棧間隔の設定には至っていない。

そこで、本研究は、大規模出水や想定外の出水時の土砂調節や捕捉機能に対して効果的な横棧配置(間隔, 設置本数, 設置位置)を設定することを目的とし、水理模型実験により出水時の扇沢砂防堰堤の効果検証を行ったものである。本稿ではその成果について報告する。

2. 扇沢砂防堰堤に求める機能

当堰堤は、平均河床勾配1/9(≒6.3°)に位置しており、砂防計画は土石流区間の堆積区間に該当する。土砂移動形態は堰堤周辺では掃流が主体であり、中小規模~計画規模の流量時は、せき上げによる土砂捕捉効果、減水期や中小規模(5年確率規模: 185m<sup>3</sup>/s ~

10年確率規模: 225m<sup>3</sup>/s相当)の流量時は、横棧最下段部から土砂を流下させる機能を期待する。想定規模以上の異常出水時は上段の横棧で土砂を捕捉する。

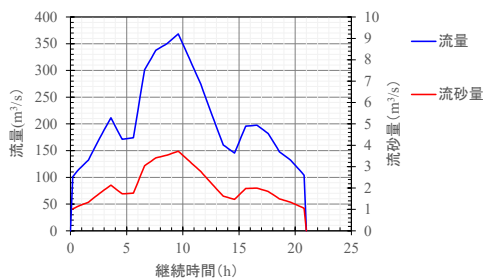


図-2 流量と流砂量の時系列

3. 実験条件

- 実験ケース: 表-1に実験ケース, 表-2に実験条件を示す。横棧を配置しないケース(Run1), 現状の横棧配置(Run2), 下段幅を2.0mで統一した改良案(Run3)の3ケースとした。図-1にRun2の横棧の配置例を示す。
- 水理条件: ピーク流量369m<sup>3</sup>/s(清水)をもつ100年確率規模のヒドログラフを対象とした(図-2)。
- 粒径: H22およびR2に実施された河床材料調査結果の平均値を採用した(図-3)。d<sub>max</sub>=600mm, d<sub>95</sub>=366mm, d<sub>60</sub>=27mmである。この内、実験では粒径10mm以上の粒径加積曲線の範囲を再現した。
- 供給土砂量: 河床勾配と流量に応じた給砂量とし対象ヒドログラフでは約27.3万m<sup>3</sup>(見かけ)である。
- 模型概要: 模型縮尺1/100とした。取込範囲は、堰堤上流の堆砂域を取り込めるように堰堤上流250m, 堰堤下流150mの合計400mとした(図-4)。

4. 扇沢砂防堰堤の施設効果

(1) 流況: 図-5にRun1の平面流況写真を示す。上流側の流路は河道右岸側に向く平面形状であり、流心は湛水池右岸側に形成される。また、湛水池内では、河道右岸側の主流路が堰堤前面に衝突することで左岸側

表-1 実験ケース

実験ケース	横棧間隔			横棧本数			備考
	右	中央	左	右	中央	左	
Run1	なし	なし	なし	なし	なし	なし	横棧なし
Run2	下段: 1.2m 上段: 0.6m	下段: 2.0m 上段: 0.6m	なし	3	6	なし	現状配置
Run3	下段: 2.0m 上段: 0.6m	下段: 2.0m 上段: 0.6m	下段: 2.0m 上段: 0.6m	6	6	6	

表-2 実験条件

粒径	流量			土砂		元河床勾配
	ヒドログラフ	ピーク流量	継続時間	供給土砂量	土砂輸送濃度	
d <sub>95</sub> : 366.3mm d <sub>60</sub> : 26.5mm	計画ヒドログラフ	369m <sup>3</sup> /s(清水)	21時間	272,798m <sup>3</sup> (流量に応じた給砂)	0.010	6.4°(=1/9)

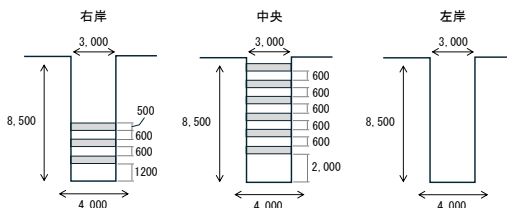


図-1 横棧の配置例(Run2)

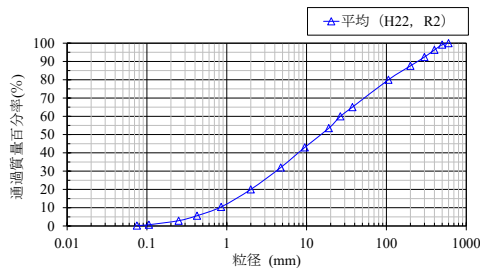
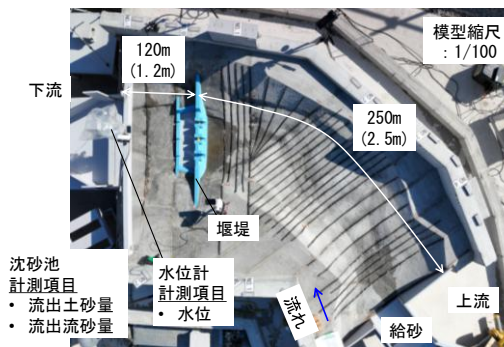


図-3 粒度分布



カッコ内の数値は模型値を示す

図-4 水理模型

に向かう流れになる。その後、透過部左岸側で半時計周りの渦を形成し堰堤下流に流下する。堰堤右岸袖部の背面では旋回流が発生する。主流路の形成状況により大半の土砂は河道内岸側に堆積する。

(2) 横棧への閉塞：図-6 および図-7 に通水後の右岸側透過部の状況を示す。Run2（下段幅：1.2m）は横棧部分が礫で閉塞しているが、Run3（下段幅：2.0m）では閉塞は見られない。透過部右岸側は河道の外岸に位置しており、巨礫を含む全粒径が移動するため、横棧の下段幅を小さく設定すると容易に閉塞する。中央および左岸の透過部は下段幅 2.0m の場合でも土砂は閉塞しない。また、湛水池内の流れの特性と土砂の堆積状況を受けて、本堤-副堤間に堆積した土砂は、中央、右岸、左岸の順で粒径が小さくなる（図-8）。画像解析により判読すると中央の  $d_{95}$  は約 400mm、右岸の  $d_{95}$  は約 200mm である。横棧を配置したケースではいずれも上段部の横棧で礫が捕捉されている。

(3) 流出流砂量：図-9 に各ケースの流出流砂量の時系列変化を示す。いずれのケースにおいてもピーク時刻周辺の流出流砂量は低減されているが、横棧を設けた Run2 および Run3 の低減効果が大きい。増水期をみると Run2 では流出流砂量のバラつきが見られる。透過部に横棧を配置すると堰堤前面を沿う流れが顕著になるため、Run2 のように透過部左岸側が横棧未設置の状態であると透過部左岸側からの流出流砂量が増加する影響と考えられる。減水期では、10 年確率規模の流量（ $225\text{m}^3/\text{s}$ ）に相当する 12.5 時間付近をみると、Run3 では給砂量と流出流砂量がほぼ同一の値であり、透過部で阻害することなく土砂供給が行われていることがわかる。一方、Run1 は給砂量以上、Run2 は給砂量以下の流出流砂量であり、効果的な土砂供給が行われていない。また、Run1 では 20 時間後に流出流砂量が給砂量に対して 4 割程度増加しており、減水期に急激な土砂流出が発生する。

(4) 流出土砂量：表-3 に実験終了後の模型下流端での流出土砂量、堰堤上流側の堆積土砂量を示す。Run3 のように下段を 2.0m とし、かつ、横棧を均等配置にした場合、堰堤上流側の堆積土砂量が最も多く、堰堤の捕捉機能としては最も効果がある。

## 5. おわりに

土砂調節や土砂捕捉に効果的な横棧配置を設定するために、水理模型実験により大規模出水時の効果検証を行った。堰堤上流側では河道右岸側に主流路が形成されており、特に透過部右岸側は巨礫の移動が多く、これらの土砂移動状況に合わせた横棧間隔の設定が必要である。減水期には横棧の最下段部から土砂流出を促すことが求められているが、現状の横棧配置では右岸透過部（下段幅：1.2m）で巨礫が閉塞する。一方、下段幅を 2.0m としたケース（Run3）では減水期に巨礫が右岸側透過部の横棧を通過しており、増水期の流出流砂量の低減効果および減水期の下流域への土砂供給が行われる。実験的な検証を行っている最中であるが、現状 Run3 のように下段幅を 2.0m（ $d_{95}$  の 3.3 倍）とし、全てのスリットでの均等配置が土砂調節機能に適している。

今回は主として、横棧の下段幅に着目した検討を行ったが、横棧上段部の設置本数ならびに横棧の透過部における設置箇所について実験、異常出水時を想定した流量での検討を重ね、最適な横棧配置を設定する。

参考文献：1) 古山ら：平成24年度砂防学会研究発表会概要集，678-679，2012，2) 増澤ら：平成27年度砂防学会研究発表会概要集，B-34-35，2015



図-5 平面流況写真 (Run1)

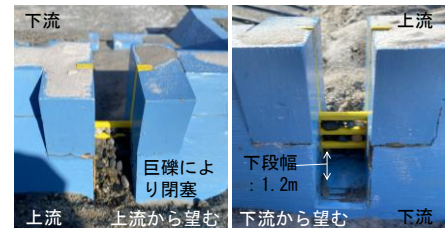


図-6 右岸側スリットの状況 (Run2、通水後)

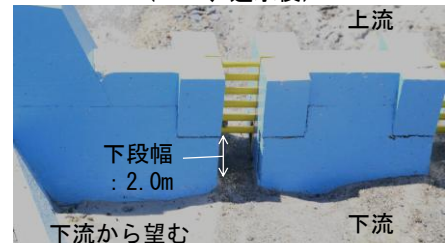


図-7 右岸側スリットの状況 (Run3、通水後)

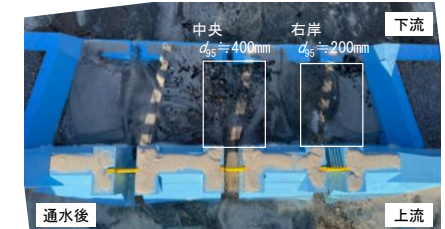


図-8 透過部からの流出状況 (Run3)

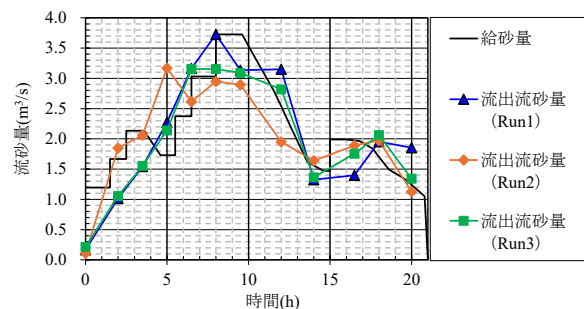


図-9 流出流砂量の時系列

表-3 流出土砂量 (実験終了後)

	堰堤上流側の堆積土砂量	流出土砂量
	$\text{m}^3$	$\text{m}^3$
Run1	11,201	261,597
Run2	15,690	257,108
Run3	16,850	255,948