

透過型砂防堰堤の種類・形状に着目した土砂捕捉効果に関する水路実験
ー遠山川砂防施設を事例としてー

国土交通省中部地方整備局 天竜川上流河川事務所 草野慎一, 鈴木 豊, 岡本 明, 兼松俊成
日本工営(株) 河川砂防部 長山孝彦, 田方 智, 西 陽太郎, 日本工営(株)中央研究所 ○ 伊藤隆郭
京都大学大学院 水山高久

1. 結論: 遠山川は天竜川の左支川で, 流域面積 342.5 km², 流路延長 39.3 km, 平均河床勾配 1/24 (= 2.39°) であり, 本川合流部には平岡ダムがある. 同流域では, 南アルプスの山岳・渓谷の景観や自然環境が数多く, これらを活かしたジオパーク等の観光や渓流釣り等が地域産業の中心となっている. そのため, 砂防事業等に対する自然・環境保全に関する流域地域内外からの要望は, 地域懇談会によって合意形成が図られてきた. ここでは, 渓流環境への配慮に対して, 洪水時の砂防施設による土砂流出制御と平水時における流水・土砂環境の連続性の両面の特性を発揮しうる施設配置の提案を目指して, 直線水路実験と水理模型実験を実施した. 本報では, 清水流・土砂流に対する水路実験の結果を報告する.

2. 流域概要: 図-1 に遠山川流域と水路実験の取込範囲を示す. 平均河床勾配: 1/70, 平均谷幅: 50m, 平水時の水みち幅 (1/5,000, 1/25,000 地形図より読取): 9.5~19.0m (平均値: 13.8 m), 堰堤設置断面での流域面積: 166.4 km² である.

3. 堰堤形状の抽出: 既往検討¹⁾では, 従前の形状に拘らない堰堤形状 (交互型, セル群型, 人工狭窄型など) が提案された. 本研究では, 更に, 堰堤の平面配置, ダム軸の平面配置, 水の流れ方 (流向) に着目し, 類似する形状の重複や選択モレが無いように, 堰堤の基本パターンが再整理された. その結果, 施設の平面形状案として, 図-2 に示す 11 種類の基本パターンが抽出された. 大出水規模の定常流量や減水期洪水を対象とし, 固定床河床上において, 堰堤による土砂調節機能の高い堰堤パターンを抽出するための実験を行った.

4. 水路実験: 模型の取込範囲は, 図-1 に示すように, 直線水路で堰堤堆砂域の特性が把握できる長さとした. 模型縮尺: 1/50, 水路勾配: 1/70, 水路幅: 1.0m である.

(1) 堰堤パターンの絞り込み (定常実験): 給砂は, 平均河床勾配に対する平衡輸送濃度 ($c_f = 0.00193$) を定常的に与えた. 図-3 は, 現地河床材料と実験砂の土砂の粒度分布である. 95% 粒径の混合砂による移動限界流量: 83 m³/s [$n = 0.04$ m-s 系], 静止堆積濃度: 0.593, 内部摩擦角: 37.8°, 比重 2.64: である. 浮遊成分となる土砂を除き, 比重は, 現地河床材料の粗骨材・細骨材比重データ (比重 2.66: 昭和 54 年) とほぼ等しい. 一方, 透過部幅は, 平常時や小出水時の流量を流下させるために最小程度の水みち幅である 10 m とした. これに対し, 天竜川流域でのレジーム則²⁾を用いて流量を求めると, 約 10~30 m³/s となる.

表-1 は, 全ケースに対する原型値の通水時間, 給砂量, 堰堤からの流

表-2 水路実験における堰堤形状パターン (一部)

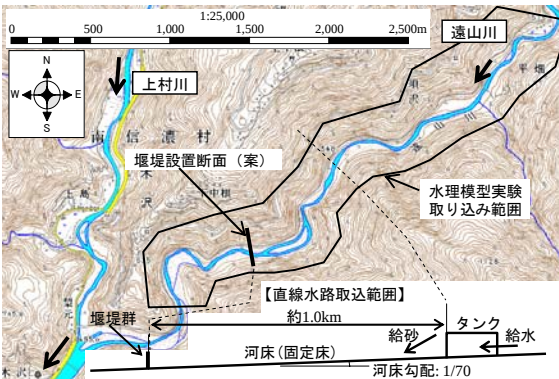
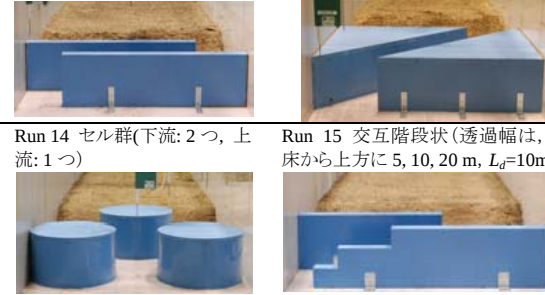
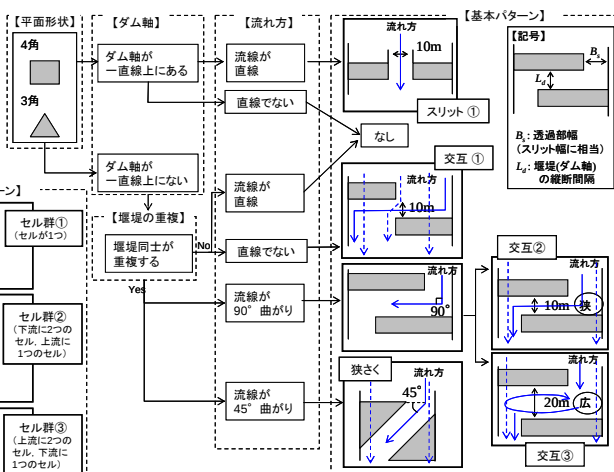


図-1 砂防堰堤設置断面の位置図 (案)
(国土地理院発行, 数値地図 25000「上町」に加筆)



(b) 平面的に 4 角, 3 角形の平面形状

図-2 砂防堰堤平面形状の配置

表-1 大出水規模・定常土砂流による堰堤土砂捕捉機能

Run No.	堰堤パターン	通水時間 (hour)	見かけ給砂量 (m ³)	見かけ・流出土砂総量 (m ³)	流出率の最終値 (積算値)
1	スリット① (Bs=10 m)	65.05	460,000	225,688	0.491
2	交互① (Bs=0 m, Ld=10m)	65.05	460,000	184,288	0.401
3	交互② (Bs=10 m, Ld=10m)	65.05	460,000	123,400	0.268
4	交互③ (Bs=10 m, Ld=20m)	65.05	460,000	144,838	0.315
5	狭さく① (Bs=10 m, 流れ45°)	65.05	460,000	142,088	0.309
6	セル群① (セル1つ)	65.05	460,000	375,800	0.817
7	セル群② (セル3つ, 上流に1つ)	65.05	460,000	191,588	0.416
8	セル群③ (セル3つ, 下流に1つ)	65.05	460,000	211,875	0.461
9	変形パターン: スリット①- (改) (交互階段状)	65.05	460,000	212,713	0.462
10	変形パターン: 交互②- (改) (交互階段状)	65.05	460,000	119,313	0.259
11	セル群②- (改) (セル3つ, 上流に高さの高いセル1つ)	65.05	460,000	188,288	0.409
12 (Run 3)	交互② (Bs=10 m, Ld=10m)	83.09	467,500	188,150	0.402
13 (Run 5)	狭さく① (Bs=10 m, 流れ45°)	83.09	467,500	241,963	0.518
14 (Run 7)	セル群② (セル3つ, 上流に1つ)	83.09	467,500	282,088	0.603
15 (Run 10)	変形パターン: 交互②- (改) (交互階段状)	83.09	467,500	157,438	0.337

出土砂量、土砂流出率(給砂量に対する流出土砂量の比)を示したものである。これにより、土砂捕流出率が小さいもパターンとして、①スリット型、②交互型、③交互型(堰堤断面が階段形状)、④狭窄型、⑤セル群(3つの組合せ)が候補案となり、表-2に示すような4つの堰堤パターンが抽出された。これらに対する流水・土砂流出特性をみる。

(2) 水位～流量関係および減水期想定の実験: 表-1に示す Run 12～15の4つの堰堤(表-2参照)に対して、清水定常流により、湛水域の最大水深に対して、水位～流量関係を得た(図-4)。そこで、堰堤群の形状が複雑であるため、透過部の幅(10m)の1つのスリットをもつ堰堤に見立てて、幾つかの流量係数を仮定して比較を行った。セル群、交互および狭窄型における流量係数 C は、ほぼ一定値をとるが、交互階段型の C は、水深の小さい時には小さく、水深の大きい時には大きくなり、流量に応じて堰堤によるせき上げ調節機能があることが分かる。また、透過部の面積・幅に着目して、見かけの流量係数を整理する方法によって、堰堤透過部の流出特性を整理できるようなのである。なお、図-4のセル群において、水深が堰堤を越流・非越流する境界付近になる時に、セイシュと見られる波動(周期 12.5 sec.)が見られた。試算として、1/2 波長として、水路幅 50m およびセル幅(20m)を除いた幅 30m を用いて、それぞれのセイシュの周期を計算すると、9.56 および 5.74 sec.となり、実験データよりもかなり小さい。図-5は、交互階段型の水面形を主流沿いに示した図である。堰堤湛水域の水位せき上げは、下流側の堰堤と交互区間で決まることが分かり、今後、この区間の水位せき上げ機構の検討が必要である。

洪水減水期を想定した堰堤満砂状態の土砂の流出特性についてみる。洪水減水期のハイドログラフの想定形状は、実績ハイドログラフ形状と比流量³⁾などを参考として設定し、減水期の継続時間は、約 18 時間である。水路下流端では、堰堤からの流出流量・流砂量、水位・河床縦横断分布の時間変化を計測し、流況をカメラ・ビデオカメラで撮影した。減水期での土砂流出の時間変化のみを見ると、交互階段型や狭窄型の土砂流出が多いが(図-6)、土砂流出率をみると、セル群や狭窄型の流出が多い(図-7)ことが分かる。すなわち、大出水時の定常流で、水位せき上げにより土砂流出を制御し、中小出水規模の流量で堰堤から流砂を流下させる機能をもつ堰堤パターンを選ぶと、交互型および交互階段型となる。更に、水位・河床位の縦断分布(図-8)を見ると、交互階段型においては、減水期に交互区間に土砂を貯留しながら下流に流下させ、急激な土砂流出をさせないような機能があることが分かる。

5. 結論: 種々の堰堤パターンを対象とした結果、交互階段型の堰堤により、大出水の土砂移動を制御する共に、洪水減水期や小出水時の土砂流出を促進させる両面の機能を有することが分かった。今後、堰堤の上下流法面形状、交互部の縮流・せき上げ機能と土砂捕捉・流下機能、土砂の質の変化等に関する総合的なデータ収集と検討が必要である。

参考文献: 1) 草野慎一ら: 遠山川における新たな砂防施設整備の試み, 平成 22 年度砂防学会研究発表会概要集, 196-197, 2010, 2) 例えば, 池谷 浩: 新砂防, 108, 7-13, 1978, 3) 地域別比流量図(1975年): 土木研究所資料, 第 1093 号, 1976.

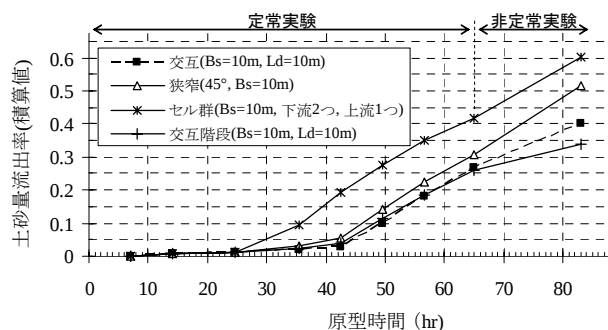


図-7 土砂流出率(定常・非定常実験)

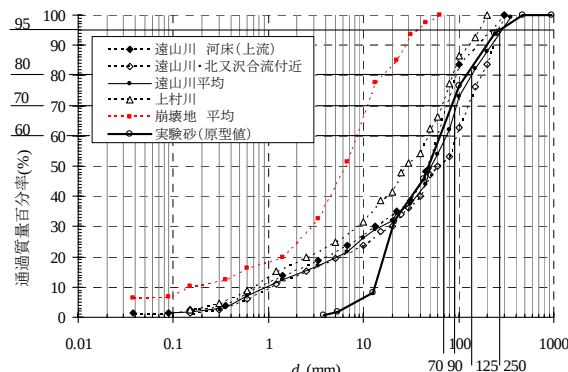


図-3 現地河床材料と実験砂の土砂の粒度分布

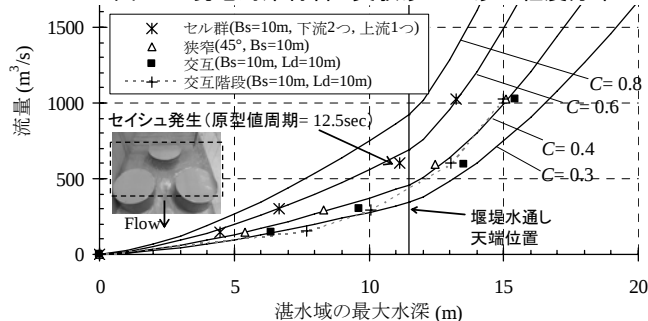


図-4 堰堤群の水位～流量関係(清水実験)

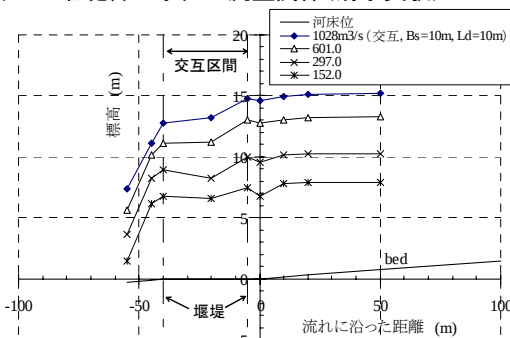


図-5 流れに沿った水面形(交互階段型: 清水実験)

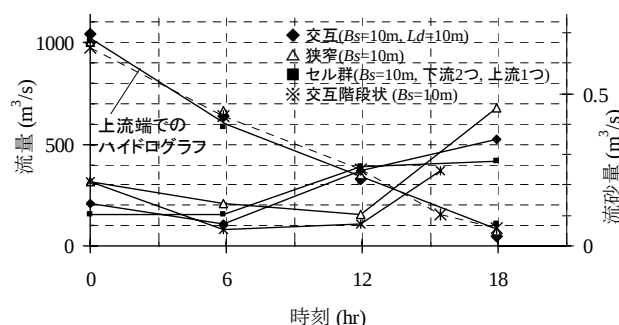


図-6 堰堤群の水位～流量関係(清水実験)

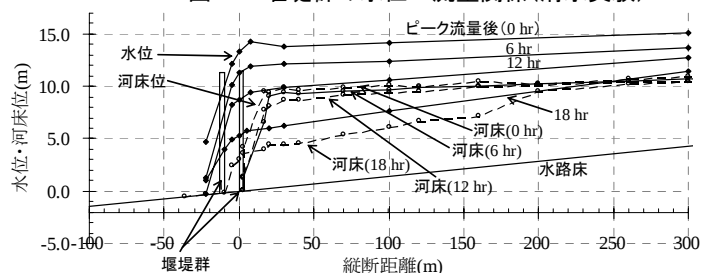


図-8 水位・河床位の縦断分布の時間変化(交互階段型: 土砂実験)