

遠山川の透過型砂防堰堤と堰堤下流域の対策に関する水理模型実験

国土交通省中部地方整備局 天竜川上流河川事務所 ○ 蒲原潤一, 菊池 五輪彦, 岡本 明, 玉置和基
日本工営(株) 長山孝彦, 池島 剛, 西 陽太郎, 日本工営(株)中央研究所 伊藤隆郭

1. 結論: 遠山川は天竜川の左支川で、南アルプス聖岳(標高 3,013m)を源とする流域面積 342.5 km², 流路延長 39.3 km, 平均河床勾配 1/24(=2.39°)の急流河川であり、河川下流には貯水池が位置している。支川・上村川(図-1 参照)沿いに中央構造線があり、本川・支川ともに土砂の生産・流出が活発で、昭和 36 年, 40 年, 57・58 年には、豪雨による洪水・土砂災害が発生している。一方、遠山川流域では、南アルプスの山岳および溪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溪流釣り等が地域産業の中心となっている。このため、自然・環境保全に対して流域地域内外からの多くの要望に応えるべく、2002 年より随時年、地域懇談会を開催し、その意見を取り入れながら合意形成を図り、砂防事業を推進している。溪流環境・景観への配慮に対して、地域懇談会での要望が多く、既往検討¹⁾においては、堰堤形状の決定等に設計 VE(Value Engineering)が採用され、従前の堰堤形状に拘らない形状として、交互型、水抜きスクリーン型、セル群型、人工狭窄型の堰堤候補案が抽出された。ここでは、昨年度に実施した実験²⁾に引き続き、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(特殊透過型堰堤と帯工の組み合わせ)の提案を目指して水理模型実験を実施した。

2. 流域概要: 図-1 に遠山川流域と水理模型実験の取込範囲を示す。平均河床勾配:1/70, 平均谷幅:50m, 平常時の水みち幅:9.5~19.0m(平均値:13.8 m)²⁾, 堰堤設置断面での流域面積:166.4 km²である。

3. 水理模型実験: 既往施設形状に拘らない種々の透過型堰堤・帯工パターンによる堰堤堆砂域での土砂捕捉・堰堤下流域での河床低下と埋め戻し効果をみる実験を行った(表-1)。直線水路実験³⁾により、帯工群のパターンを絞り込み、堰堤直下流域では、流れを曲げる「ハの字型」配置の 1 組の帯工と、その下流側では、河床低下を抑制する「等間隔, 不等間隔型」配置による帯工群, 最下流では台形断面や矩形断面による帯工配置を行った。また、最終案(Run 4)においては、1 出水後に、小規模出水を定常的(約 36 時間)に与え、低下河床の埋め戻しをみた(このケースを Run 5 と呼ぶ)。出水規模は、95%粒径の混合砂計算による移動限界流量(約 85 m³/s)とした。なお、地形模型において、現地の河床堆積物の厚さ(基岩面の位置)を再現するために、ボーリング調査を行い、現平均河床から、約 20m の位置が基岩面の位置とした。

(1) 模型縮尺と実験材料: 模型の取込下流端は、図-1 に示すように、上村川合流点に位置する飯島堰堤の影響を受けない断面とした。模型縮尺は 1/50, 平均河床勾配は 1/70 である。実験砂は、現地材料と粒度分布, 比重, 内部摩擦角を合わせて、土砂の物理特性を一致させるために、現地試験や既往調査データを用いて、次のように設定した。比重: 2.66(模型:2.68), 摩擦角:38.6°(模型:37.3°), d_{60} : 70mm²⁾。

(2) ハイドログラフ: ハイドログラフは、大出水の再現を目的とし、昭和 40 年 9 月の実績ハイドログラフ形状・比流量を参考として設定した。図-3 は、実験で用いたハイドログラフと給砂の時間変化である。給砂総量は約 19 万 m³(見かけ量:188,000 m³)である(表-1 を参照)。

4. 砂防施設効果: 昨年度の実験³⁾においては、堰堤・ダム軸の平面形状と配置, 堰堤による土砂の捕捉機能, 堰堤堆砂土砂の流出のし易さ等と云った機能を単純化して、交互階段型の堰堤形状(堰堤 A³⁾)が抽出された。しかしながら、堰堤下流域のピーク流量までの河床侵食とピーク以降の減水期における河床埋め戻しが不足する課題が残った。

図-2 は、水路下流端からの流砂量に及ぼす堰堤・帯工配置の影響、図-3 は、Run 4 の水路下流端での流量(比較のために、上流端の流水・流砂の時系列を示す)の時間変化、図-4, 5 は、Run 4 のピーク流量時の水位、ピーク時・通水後の断面平均河床の縦断分布および Run 5

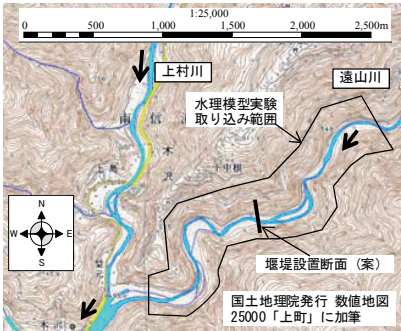
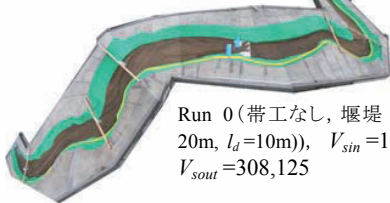
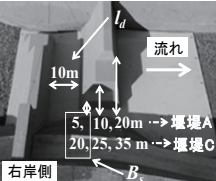
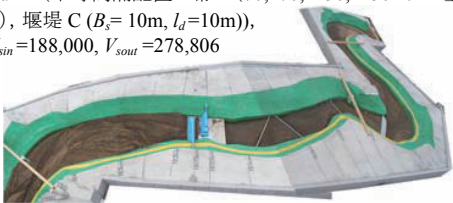
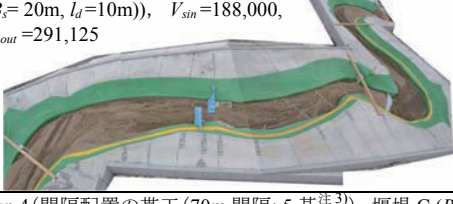
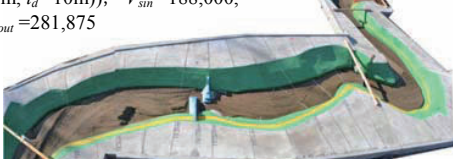


図-1 堰堤設置断面の位置図(案)

表-1 水理模型実験における堰堤と帯工の配置パターン(一部、実験結果も示す)

Run No., 堰堤パターン ^{注1)} , V_{sin} , V_{sout} (m ³) ^{注2)}
 Run 0(帯工なし, 堰堤 C ($B_s=20m, l_d=10m$)), $V_{sin}=188,000$, $V_{sout}=308,125$
 Run 1(不等間隔配置の帯工(70, 70, 150, 150m: 4 基 ^{注3)}), 堰堤 C ($B_s=20m, l_d=10m$)), $V_{sin}=188,000$, $V_{sout}=271,750$
 Run 2(不等間隔配置の帯工(70, 70, 150, 150m: 4 基 ^{注3)}), 堰堤 C ($B_s=10m, l_d=10m$)), $V_{sin}=188,000$, $V_{sout}=278,806$
 Run 3(等間隔配置の帯工(70m 間隔: 6 基 ^{注3)}), 堰堤 C ($B_s=20m, l_d=10m$)), $V_{sin}=188,000$, $V_{sout}=291,125$
 Run 4(間隔配置の帯工(70m 間隔: 5 基 ^{注3)}), 堰堤 C ($B_s=20m, l_d=10m$)), $V_{sin}=188,000$, $V_{sout}=281,875$

注 1) スリット幅: B_s , 堰堤間隔: l_d (透過部の純間隔)を用いて表記。注 2) 給砂量: V_{sin} , 水路下流端からの流出土砂量: V_{sout} であり、いずれも見かけ量(空隙込)。注 3) 最下流の帯工断面は、台形断面(下流法勾配 1:2)である。

の通水後の断面平均河床の縦断分布である。Run 2 では、交互堰堤の重複幅が大きく(写真-1の堰堤 A), Run 1, 3, 4, 5では、堰堤正面の重複幅が小さい(写真-1の堰堤 C)。

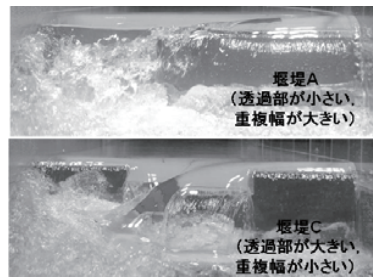


写真-1 堰堤形状(下流正面)

図-2、表-1、図-4、5によると、堰堤 A(Run 2)では、ピーク流量付近で堰堤下流域の侵食を促進するため、下流端からの流砂量が多くなる。堰堤 C(Run 1, 3, 4)では、帯工配置間隔によって、ピーク時の流砂量の違いが現れ、不等間隔配置の方が、流砂量のピークカットの効果が高く、水路下流からの流出土砂量が少ない。一方、等間隔配置の帯工では、流砂量のピークカットの効果が小さいが、帯工域の河床がある程度低下していない間には、帯工域に流砂が流下する効果があることを示しており、侵食河床の埋め戻しに寄与していることが分かる。表-1の通水後の写真に見られるように、最下流の帯工断面は、みお筋の連続性を考慮した台形断面では、ピーク流量付近で斜路による鉛直方向の旋回流を生み、矩形断面の帯工よりも帯工下流域の侵食を助長する結果となった。河床変動、水路下流からの流出土砂量および堰堤下流の河床埋め戻しにより、Run 4の施設配置(堰堤 C、堰堤直下流の帯工:ハの字配置・下流域:等間隔配置・最下流:矩形断面の帯工5基)が、大規模出水の1出水中における河床低下の抑制効果が高い。

次いで、Run 4の通水後河床に、小規模出水を与えた際の河床埋め戻しについてみる。図-4、5をみると、帯工域の河床埋め戻しが起こり、初期河床まで河床位が回復している。帯工下流域では、帯工直下での埋め戻しは完全ではないものの、ある程度までの河床位の回復が見られる。さらに下流の18.6~18.2kmの区間では、河床勾配が初期河床と等しくなり、18.0km断面では、初期河床位に回復している。これらの河床位の回復は、帯工区間を通過した土砂の濃度・粒径に応じて生じた結果である。図-6は、帯工直下(18.7km付近)と施設下流域(18.2km付近)の流心河床位の時間変化であり、施設下流の河床埋め戻し効果が確認できる。施設下流の河床位の回復は、出水頻度と流砂の土砂濃度・粒径に関連させて、今後、更に検討が必要である。

5. 結論: 本実験を通じて、交互階段型の砂防堰堤と河道平面形状を考慮した堰堤下流域における帯工群の配置によって、大出水の土砂移動を堰堤で制御・堰堤下流の河床低下を帯工群で抑制する共に、洪水減水期や小出水時では、堰堤の土砂流出の促進と帯工群による堰堤下流域の河床低下部の埋め戻し効果の促進の両面の機能を有する。今後、帯工群の最下流域の河床低下と埋め戻しと施設群の下流域の河床変動に関する新たな考え方を検討するために、水路・水理模型実験により、継続した検討を行い、施工性も考慮したより現実的な施設群の検討を行う必要がある。

謝辞: 本実験の推進にあたり、京都大学大学院 水山高久教授、立命館大学 里深好文教授の意見を頂いた。記して感謝致します。

参考文献: 1) 草野慎一ら: 平成 22 年度砂防学会研究発表会概要集, 196-197, 2010, 2) 草野慎一ら: 平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集, 62-63, 2011, 3) 蒲原潤一ら: 平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集(投稿中), 2012。

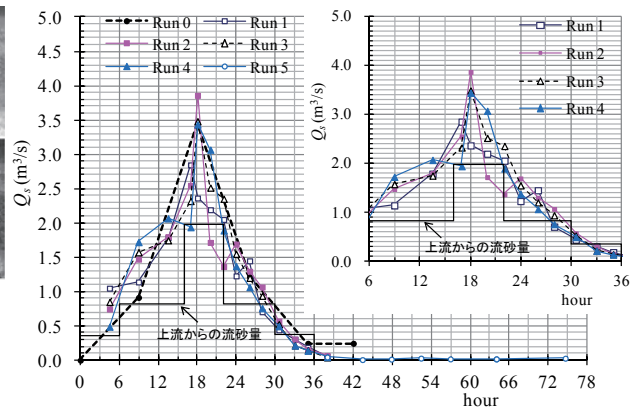


図-2 給砂の時間変化と水路下流端での流砂量の比較

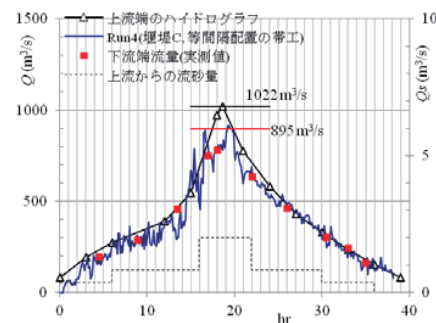


図-3 給水と下流端流量の時間変化

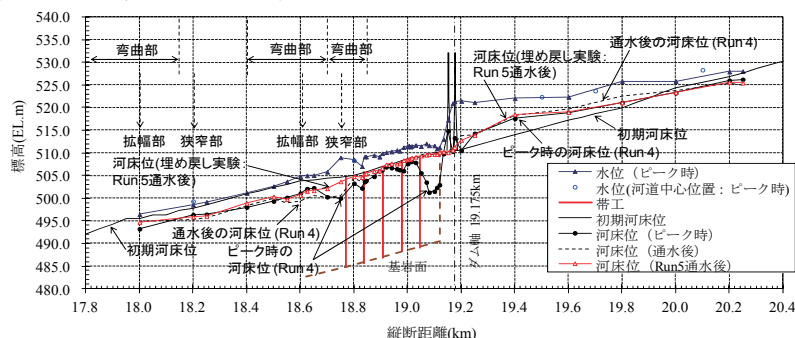


図-4 Run4(堰堤 C、帯工:等間隔配置)と Run 5 の水位・河床縦断分布

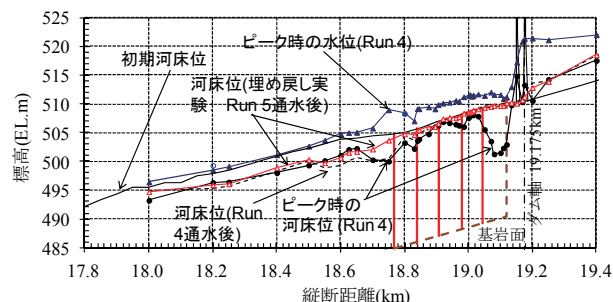


図-5 図-4の施設(帯工)下流域の河床位の時間変化

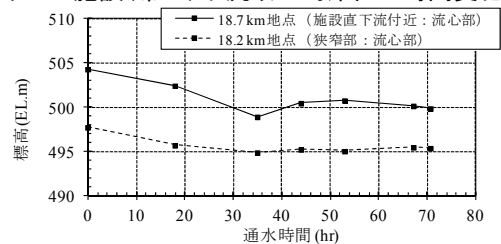


図-6 施設(帯工)直下流域と水路下流付近の河床位の時間変化(Run 4, Run 5)