

遠山川の自然河道状況を考慮した透過型砂防堰堤の配置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 ○ 草野慎一, 鈴木 豊, 岡本 明, 兼松俊成
日本工営(株) 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

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. 本川上流域には, 荒廃斜面が多く, 大規模崩壊地も多い. 上村川(図-1 参照) 沿いに中央構造線があり, 流域全体の急峻な地形と脆弱な地質条件のため, 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. また, 遠山川本川上流域の北又沢合流点上流には, 本谷砂防堰堤(不透過型)が整備され, 河川蛇行・弯曲による流路形状に伴う土砂の河道調節機能が発揮されるなど堰堤下流域の平均的な河床変動は緩慢になりつつあるものの, 本川や支川からの土砂流出が依然として激しい. 一方, 遠山川流域では, 南アルプスの山岳および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 年より毎年, 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. 地域懇談会での要望が特に多い, 溪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時における流水・土砂環境の連続性を保つと云った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, 水理模型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(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.

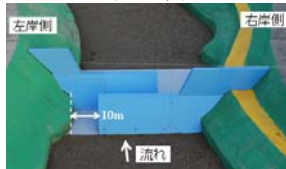
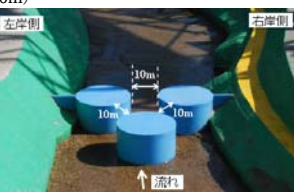
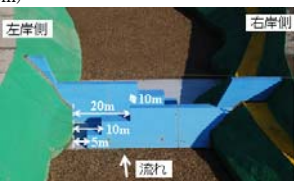
3. 既往堰堤形状に拘らない

堰堤形状: 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が検討され, 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, 更に, 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, 類似する形状のダブルカウントや選択モレが無いように, 堰堤形状を代表する形状を選択した. 土砂捕捉・流出機能や水理条件(特に, 洪水減水期)を考慮した上で, 直線水路実験を通じて, 砂防堰堤の形状を抽出し, ①スリット型, ②交互型, ③変形交互型(堰堤断面が階段形状), ④狭窄型, ⑤セル群(3つの組合せ)が候補案となった(別報²⁾を参照). また, 透過型堰堤の透過部幅は, 平常時や小出水時の流量を流下させることを意識して, 最小程度の水みち幅である 10 m とした. この水みち幅に対し



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)

表-1 水理模型実験における実験ケース・堰堤配置パターン(一部, 実験結果も示す)

上から順に, Run No., 堰堤パターン ^{注1)} , V_{sin} , V_{sout} (m ³) ^{注2)} , 河床変動量(m) ^{注3)}	
Run 0: 無施設 $V_{sin}=207,560$, $V_{sout}=357,750$ ①-3.524m, ②+3.524 m (ダム軸付近)	Run 4: 交互型 ($B_s=10m$, $l_d=20m$)  $V_{sin}=207,560$, $V_{sout}=222,330$ ①-22.032m, ②+7.125m (19.075 km 付近)
Run 1: 交互型 ($B_s=10m$, $l_d=10m$)  $V_{sin}=207,560$, $V_{sout}=207,560$ ①-18.474m, ②+6.6m (19.1 km)	Run 5: 狭窄部に水制工的な施設 4 つ配置 ($B_s=10m$)  $V_{sin}=207,560$, $V_{sout}=291,095$ ①-21.817m, ②+21.817m (ダム軸付近) / ①-21.900m, ②+18.600m (20.5 km 付近)
Run 2: セル群(セル 3 つ, 上流側に 1 つ配置 $B_s=10m$)  $V_{sin}=207,560$, $V_{sout}=349,730$ ①-14.317m, ②+10.65 m (19.188 km)	Run 6: 拡幅部に水制工的な施設 4 つ配置 ($B_s=10m$)  $V_{sin}=207,560$, $V_{sout}=292,360$ ①-21.211m, ②+18.15m (20.2km 付近) / ①-23.853m, ②+19.05m (20.8km 付近)
Run 3: 交互・階段型 ($B_s=$ 下から 5, 10, 20m, $l_d=10m$)  $V_{sin}=207,560$, $V_{sout}=190,690$ ①-20.424m, ②+1.200m (19.1 km)	

注1) スリット幅: B_s , 堰堤間隔: l_d (透過部の純間隔)を用いて表記した. 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)である. 注3) ①初期河床位〜ピーク時, ②ピーク時〜通水後の変動量を示す(+: 堆積, -: 侵食).

て、天竜川流域でのレジーム則³⁾を用いて流量を求めると、約 10～30 m³/s となる。

4. 水理模型実験：種々の堰堤パターンによる土砂捕捉・流出機能を見る実験を行った。無施設により河道彎曲部・河道拡幅・縮小部等の河道調節機能などを確認するケースを含め実施した(表-1)。

(1) 模型縮尺：模型の取込範囲は、図-1に示すように、砂防堰堤設置断面～堆砂域上流端を含み、かつ、上流域では堰堤湛水域の計画高水位の影響を含み、堰堤下流域では、施設による河床侵食の影響が及ぶ範囲とした。模型縮尺は 1/75、平均河床勾配は 1/70 である。図-2 は、現地河床材料と実験砂の土砂の粒度分布であり、現地河床材料の平均的な値を用いた。95%粒径の混合砂計算による移動限界流量は 83 m³/s である。模型の土砂では、浮遊成分となり得る土砂を除いている。また、現地河床材料の粗骨材・細骨材比重調査データ(比重 2.66:昭和 54 年)を参考として、模型の比重を現地材料とほぼ等しく(比重 2.64)した。

(2) ハイドログラフ・土砂量：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 17 日～19 日の実績ハイドログラフ形状・比流量⁴⁾など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 21 万 m³(見かけ量:207,560 m³)である(表-1を参照)。

(3) 砂防堰堤等への土砂捕捉効果：図-4 は、堰堤周辺の土砂捕捉、堰堤下流域の侵食・埋め戻しについて、ピーク流量時の水位・河床位および通水後の河床位の縦断分布に着目して示したものである(Run 2, Run 3)。図-4と表-1の流出土砂量と併せて、清水流量、流砂量の時間変化をみる。堰堤で土砂捕捉されているパターンでは、水路下流端の流砂量の時間変化は、主として、堰堤下流域における河床侵食により決定されている。交互型の Run 1, Run 3, Run 4 においては、ピーク時の下流端での流砂量の時間変化には大きい違いが見られないが、下流からの流出総土砂量は、無施設時に比べて、それぞれ、約 58.0, 53.3, 62.1% であり、減水期の堰堤からの土砂流出や埋め戻しに起因した違いが見られるようである。一方、Run 2(セル群)、Run 3(交互・階段型堰堤)を対象として、図-3と図-4をみると、ピーク流量時～洪水減水期初期において水位せき上げによる土砂捕捉がなされている。また、セル群のような透過性の高い施設では、減水期初期から施設からの土砂流出があるが、土砂捕捉機能の高い施設では、ピーク流量以降の洪水減水期で、更に、約 35 時間後の中小出水規模の流量時に施設からの土砂流出がなされているようである。また、全ケースを通じて、出水後の堰堤下流域の埋め戻し量が少ない。大流量をピーク流量にもつ 1 出水中における河床変動の追跡であるため、今後、中小出水による堰堤からの土砂流出と侵食域の埋め戻しについて検討が必要である。

5. 結論：本実験を通じて、交互階段型の砂防堰堤を用いることにより、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、堰堤の上下流法形状、交互部の縮流・せき上げ機能と土砂捕捉・流下機能、階段断面のより流水・流砂捕捉に相応しい断面形状、施設下流域の河床侵食対策について、水路・水理模型実験により継続して検討を行う共に、施工性も考慮したより現実的な検討を行う必要がある。一方、堰堤による土砂の捕捉・流出による土砂の質の変化等についても検討が必要である。また、本報告で十分に提示できなかった対象範囲の水位・河床位の縦断分布の時間変化等については、別報等で報告する予定である。

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：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) 草野慎一ら：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，平成 22 年度砂防学会研究発表会概要集，2011(投稿中)，3) 例えば，池谷 浩：新砂防，108，7-13，1978，4) 地域別比流量図(1975 年)：土木研究所資料，第 1093 号，1976。

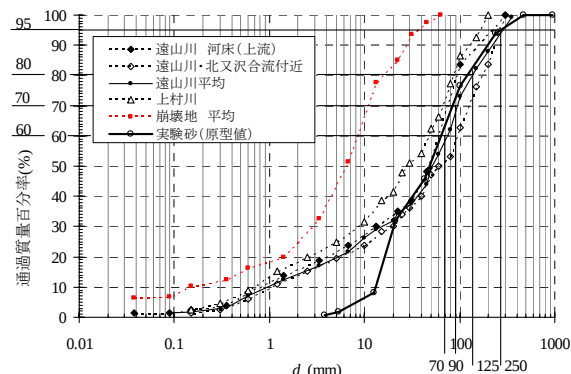


図-2 現地河床材料と実験砂の土砂の粒度分布

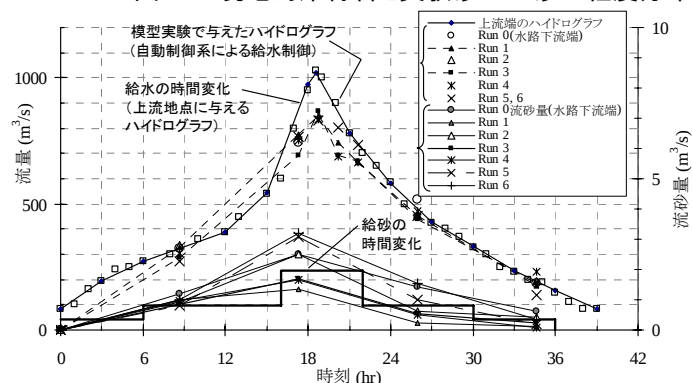


図-3 給水・給砂の時間変化と下流端流量・流砂量の比較

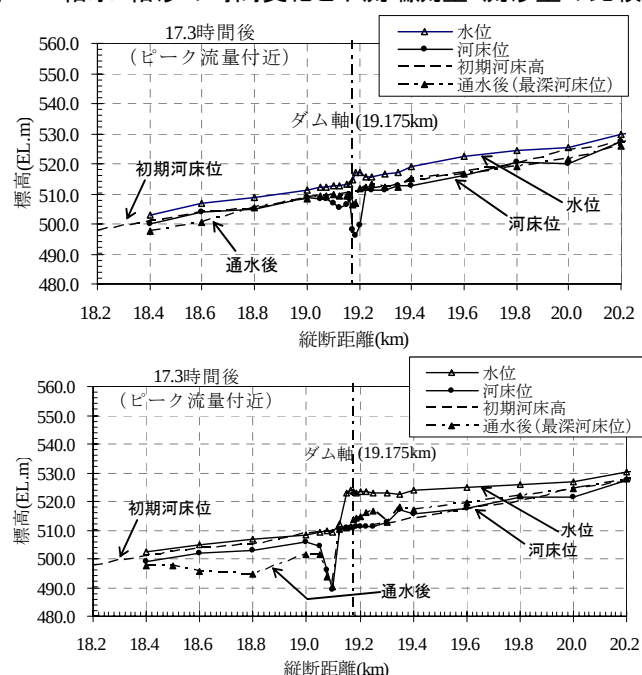


図-4 Run2(セル群), Run3(交互階段型)における水位・河床縦断分布