

連続する複断面化床固工の土砂調節機能に関する実験的研究 ～石狩川水系砂金沢を事例に～

北海道大学農学研究院

○五十嵐和秀
笠井美青
丸谷知己

1. はじめに

北海道では近年、生態系の保全を目的として多くの閉塞型砂防堰堤が透過型砂防堰堤に改修されている。透過型砂防堰堤は、閉塞型砂防堰堤に比べて、堆砂容量を大幅に減じる一方、平水時においても細粒の土砂を下流に流出させる機能があるために、堰堤下流の河床の低下を防ぐことが出来ると言われている。透過型砂防・治山堰堤のスリット幅は、計画最大規模の出水時における移動最大礫径や中小洪水時の移動礫径から限界掃流力を計算して設計されるが、現実には中小洪水時に砂礫や流木によりスリット部が閉塞する事例が多く見られる。また透過型砂防・治山堰堤は、山間地の急勾配河川では連続的に複数設置される場合、上下流の堰堤の水理的干渉によって複雑な土砂流出を生じる。したがって、透過型砂防・治山堰堤の土砂流出への影響を予測するためには、連続する堰堤の水理的干渉を考慮したスリットの設計方法を確立する必要がある。本研究では、模型水路において、スリット幅を変えた透過型砂防堰堤を連続的に配置し、その土砂流出量と土砂流出タイミング（流量-河床変動の時間差）について明らかにすることを目的とした。また、実際の透過型砂防堰堤の堆砂域（石狩川水系砂金沢）において、洪水の前後の土砂の堆積量と洗掘量を測定し、スリット幅と河床変動との関係を解析した。さらに、調査地の横断測量から求めた河床変動と実験水路でスリット幅を変化させた河床変動とを相似則を適用して比較した。

2. 調査対象地

本研究における調査地は、北海道空知支庁新十津川町を流れる石狩川水系砂金沢（流域面積 18km²、年平均降水量 1663mm）を対象とした。本河川は石狩川の支流の山地河川であり、過去に幾度となく発生してきた土砂流出被害から、現在 13 基の堰堤工や床固工等が設置されている。生態系保全の観点から設置された魚道の他に、下流での河床低下の防止や土砂調節機能を期待して、既存の 3 基の床固工にそれぞれスリット幅の異なる複断面化が施された（平成 14 年、平成 18 年）。そしてそのうちの 2 基の複断面化床固工が河川に連続して設置されている。

3. 研究方法

実験水路（水路幅 0.2m、水路長 4.0m、水路勾配 1/50、アクリル製、 $\phi = 2\text{mm}$ 珪砂底面粗度）において、透過型砂防堰堤の一種である複断面化床固工の模型を 2 基設置し、土砂流出量と土砂流出タイミングを計測した。水路模型は、現地砂金沢川のスリット幅の異なる連続 2 基の複断面化床固工をフルード相似則を用いてデザインし、実験水路での河床変動と比較した。現地の模型をケース 1 とし、それ以外に 2 種類のスリット幅の複断面化床固工を組合せ、合計 4 ケースで実験した。実験結果から相似則に基づいて計算した現地の洪水のハイドログラフを図-1 に示す。また、実験では洪水の前後で水路の横断測量を行い、堆積土砂量の計測から洪水による河床変動量を算出した。

調査対象地の砂金沢では、連続 2 基の複断面化床固工の堆砂域での、平成 20 年 10 月・平成 21 年 5 月・平成 21 年 10 月・平成 22 年 6 月の 4 回の測量データを用いて河床変動量を解析した。

4. 結果と考察

土砂流出量と土砂流出タイミングの実験結果を図-2に示す。ケース1、ケース3、ケース4では流出土砂量のピーク量が約 $0.8 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{s}$ に達し、ケース2でのピーク量は約 $0.5 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{s}$ ほどである。また、流出土砂量のピークが現れる時間は、ケース1とケース3では開始から8分後であり、ケース2とケース4では開始から10分後である。したがって、スリット幅の異なる模型を組み合わせることにより、土砂流出量や土砂流出タイミングが異なることがわかった。

河床変動量の結果を図-3、図-4に示す。現地モデルのケース1と実際の砂金沢の河床変動量を相似則を適用して比較すると、上流側の複断面化床固工の堆砂域での河床変動量が共通して大きかった。特に、平成21年5月と平成21年10月の土砂収支に着目すると、ケース1の土砂収支と類似しており（図-5、図-6）、砂金沢の河床変動を実験水路で確認できた。

本研究において、平水時における土砂調節機能がケース2とケース4では見られ、ケース1とケース3では見られなかったことから、連続する床固工を複断面化する際には、スリット幅を、連続する床固工の水理的干渉を考慮することの必要性が示唆された。また、砂金沢では現在のケース1のような複断面化の施工を見直し、ケース2やケース4のような複断面化を施工した方が効果的な土砂調節機能を期待できると考えられる。

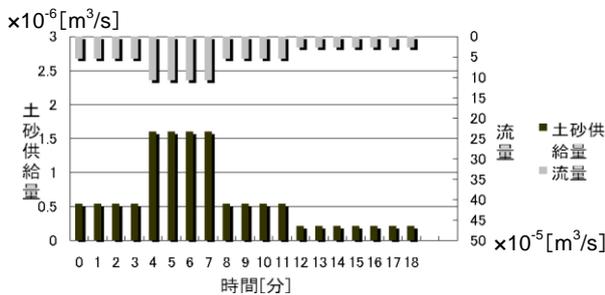


図-1 流量と供給土砂量のハイドログラフ

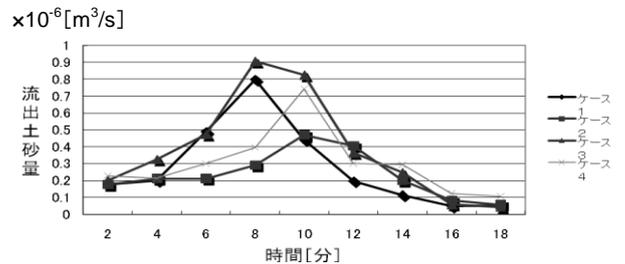


図-2 流出土砂量ハイドログラフ

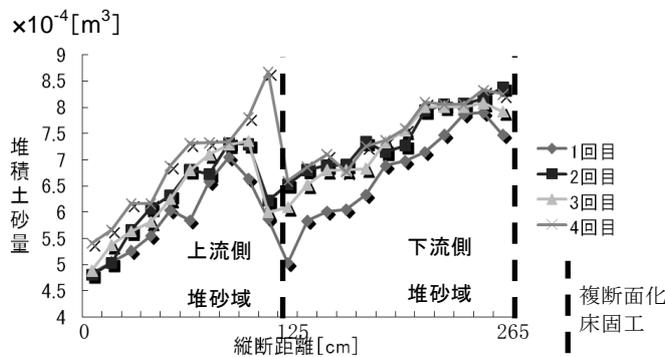


図-3 ケース1の水路内堆積土砂量

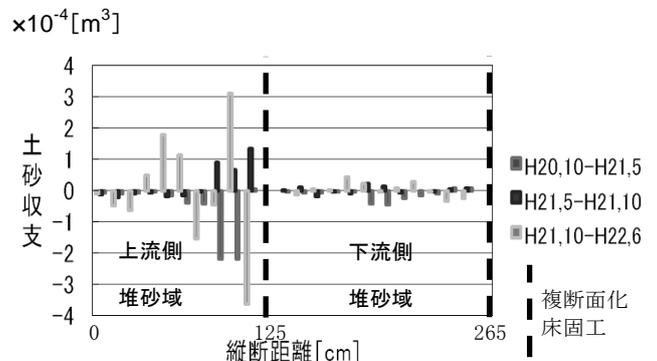


図-4 砂金沢の土砂収支(相似則適用)

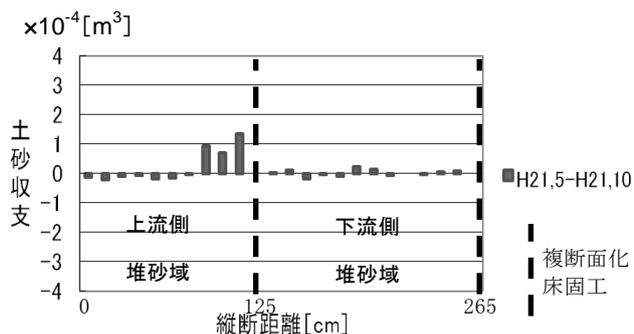


図-5 H21.5~H21.10の土砂収支(相似則適用)

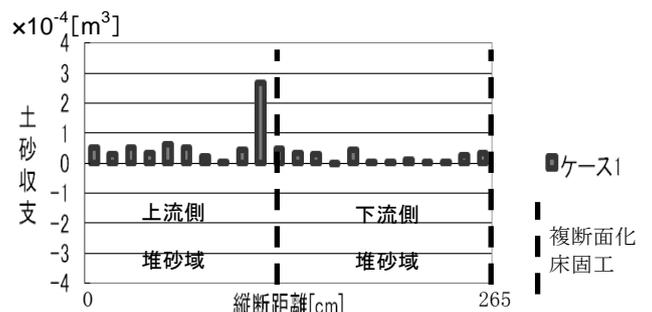


図-6 ケース1の土砂収支