

画像解析による上々堀沢底面水抜きスクリーン上の土砂動態

国土交通省松本砂防事務所 神野忠広・古山利也・石田哲也
株式会社パスコ ○吉田圭佐・横田浩・小更亨

1. はじめに

焼岳上々堀沢は1974年から土石流対策工の試験施工が行われている¹⁾。このうち底面水抜きスクリーン工は、1985年上々堀沢第6号床固の下流に竣工し、数回の改良を経て現在も観測が行われている。底面水抜きスクリーン工は、実験や上記試験施工等により次の効果が確認されてきた²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。

- ①土石流フロントの捕捉効果
- ②土石流のピークカット効果
- ③土石流の分級効果

しかし、実際に設置された底面水抜きスクリーン工において土砂流出中にこれらの効果がどのように発揮されたか定量的に示された事例はない。

このため、上々堀沢で観測された土石流 VTR 映像を用いて、土砂流出中におけるスクリーン上での土砂動態(土石流フロント部捕捉、土石流ピークカット、土石流の分級)の変化を、定量的に把握した結果について報告する。

2. 施設概要

上々堀沢底面水抜きスクリーン工は、1985年に竣工し、その直後に土石流の捕捉が確認された。1986年には側壁護岸工が追加され、右岸側はスクリーン構造、左岸側は練り石積み護岸工へ改良された(表1)。

表 1 施設諸元

施設構造	諸元
スクリーン延長	20.11m
スクリーン幅	10.00m
スクリーン勾配	1/14 勾配 (元河床勾配 1/7 勾配)
スクリーン間隔	20cm (透過率 (= 透き間/全幅) 50%)
主要部材	角形パイプ (200mm×200mm×8mm)
右岸側面	スクリーン (上記と同じ部材)
左岸側面	練り石積み護岸

3. 解析概要

土砂流出中の底面水抜きスクリーン工による土砂動態の変化を定量化するため、焼岳上々堀沢で観測された VTR 映像のうちスクリーン工直上の「6号上流床固工での観測映像(スクリーン流入部 A)」と、「底面水抜きスクリーン工下流部の観測映像(スクリーン下流部 C)」の画像解析を行った(図1)。

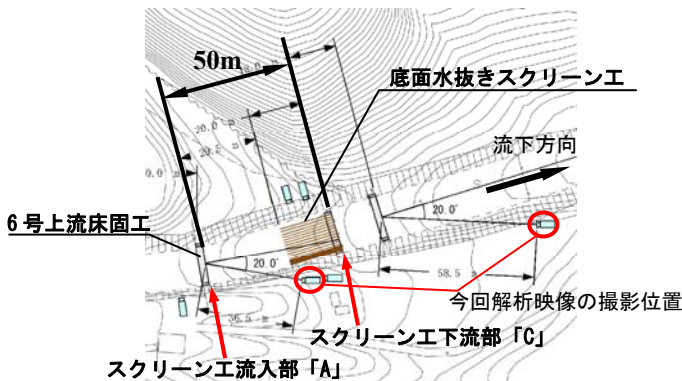


図 1 画像解析対象施設位置と観測位置

前者はスクリーン工の影響を受けないインプットデー

タとし、後者はスクリーン工により変化を受けたアウトプットデータとした。なお、「スクリーン工下流部」の解析は、河床付近の流水や土砂の流動を把握するのが困難なため、「スクリーン工上部からの流出(図3の「C」参照)」について解析した。

3.1 解析手法

上記2地点の映像から、それぞれ PIV 解析による流速、流下断面積を計測し、「土石流ハイドロ」および「土砂量」を算出した。2地点間の「流速」「土石流ハイドロ」「土砂量」を比較することにより、流速の変化は土石流到達時間の遅延、土石流ハイドロの変化はスクリーン工によるピークの変化、土砂量は土砂流出中の土砂捕捉量として定量的に把握した。

なお流速の計測は本田ほか(2009)⁶⁾等の事例より PIV 解析により自動取得し、人為的誤差等を排除し定量化した。取得した流速は異常値を閾値により除外し計算範囲内で平均し、その画像の代表流速とした。

3.2 使用データ

各解析に使用する映像は、スクリーン工に土砂堆積がなく、上々堀沢の土石流の中で比較的規模が大きく⁷⁾土石流段波が確認でき、PIV 解析精度低下につながる土石流のしぶきや霧等が少ない映像⁶⁾⁸⁾を抽出した。その結果、2002年7月15日に発生した土石流のうち、12時25分40秒~12時26分59秒までの映像とした。土石流発生時の焼岳上々堀沢雨量観測所のハイトグラフを示す(図2)。

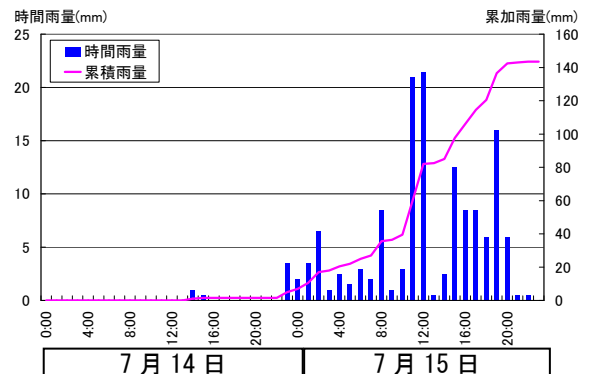


図 2 焼岳上々堀沢観測所の時間雨量

4. 解析結果

スクリーン工前後における土砂流出中の土石流流速、土石流流量、土石流土砂量の変化を把握した。把握した土石流は、図3に示すスクリーン工流入部(A位置)を通過した土石流と、スクリーン工上部から流出した(C位置)土石流である。またBはスクリーン工で捕捉された土石流、Dはスクリーン工の透過室や側壁を透過した土石流であり、質量保存の法則から次のような関係にあると仮定した。

$$A = B + C + D \dots (1)$$

- A: スクリーン工へ流入した土石流
- B: スクリーン工によって捕捉された土石流
- C: スクリーン工上部から流出した土石流
- D: スクリーン工の透過室や側壁を透過した土石流

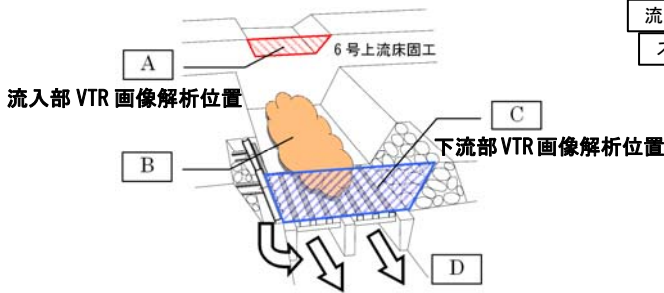


図 3 VTR 解析位置と土石流の流入・捕捉・流下の関係

4.1 土石流流速の変化

PIV 解析により算出したスクリーン工流入部及び、スクリーン工下流部での代表流速の時間変化を示す (図 4)。

土石流流速はスクリーン工流入部のピークが約 2.3m/s である。スクリーン工下流部が約 0.1m/s である。また流速ピーク時刻はスクリーン工流入部が 12 時 25 分 56 秒、スクリーン工下流部が 12 時 26 分 30 秒であり、約 34 秒の遅れが確認できた。

ピーク流速の遅れを評価すると、スクリーン工が無い場合約 21 秒 ($(A \sim C \text{ 区間延長}) / (A \text{ での流速}) = 50\text{m} / 2.3\text{m/s}$) でスクリーン工下流部まで到達するため、スクリーン工により約 1.5 倍 (34 秒 / 21 秒) 到達時間が延長されている。

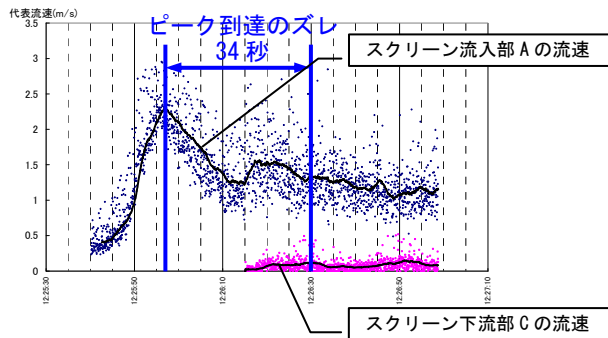


図 4 代表流速の時間変化

4.2 土石流流量 (ハイドロ) の変化

PIV 解析による代表流速および流下断面より算出したスクリーン工流入部及びスクリーン工下流部での土石流流量の時間変化を示す (図 5)。

土石流流量のピークは、スクリーン工流入部で約 $42\text{m}^3/\text{s}$ である。スクリーン工下流部では約 $1\text{m}^3/\text{s}$ である。スクリーン前後で $41\text{m}^3/\text{s}$ の差が確認できた。

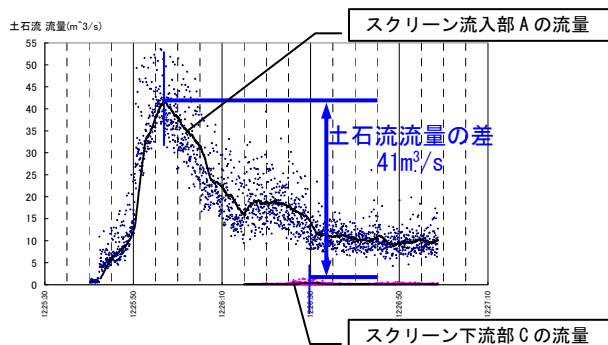


図 5 土石流流量の時間変化

4.3 土石流土砂量の変化

土石流流量より算出したスクリーン工流入部及びスクリーン工下流部を通過した土砂量の時間変化を示す (図 6)。各断面を通過した土砂量は、スクリーン工流入部で $1,374\text{m}^3$ 、スクリーン工下部で 6m^3 であり、スクリーンにより $1,368\text{m}^3$ の差が確認できた。

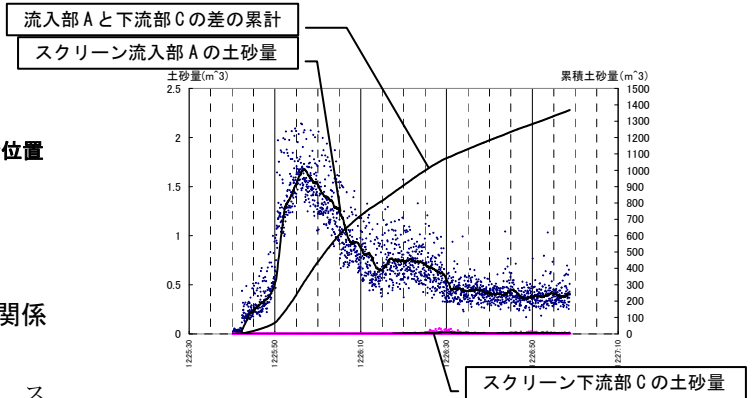


図 6 堆積土砂量の時間変化

5. まとめ

土砂流出中のスクリーン工での土砂動態の変化は、「スクリーン工上部から流出した流量・土砂量 (図 3 「C」参照) をスクリーン工によって変化しなかった流量・土砂量」と考えた場合、以下のことが確認できた。

- ① 土石流ピークはスクリーン工により、到達時間を約 1.5 倍程度延長し、流量を $42\text{m}^3/\text{s} \rightarrow 1\text{m}^3/\text{s}$ へ変化することが確認できた (ピークカットによる変化)。
- ② 土石流の分級による変化は、「B:スクリーン工によって捕捉された土砂量」と「D:透過室や側壁を通過した土砂量」の合計であり、「A-C」で定量的に確認できた。
- ③ 土石流フロント部の捕捉量の変化は「B」の時間的な変化であるが、便宜的に「A-C」とすることで定量的に確認できた。

一方、現在まで底面水抜きスクリーン工の採用が少なかった理由の一つとして、土砂流動中におけるスクリーン工上の土砂の変化を定量的に把握できなかったことが挙げられる。

本解析では土砂流動中におけるスクリーン工上の土砂の変化を定量化することができたことから、底面水抜きスクリーン工の採用に当たっては、本手法を用いた評価が一案になると考えられる。

但し、底面水抜きスクリーン工の定量的な評価では、発生する土石流規模により、スクリーン工上の土砂動態が大きく変化することに留意することが重要である。

6. 謝辞

今回の画像解析にあたり、上々堀沢でのこれまでの観測データ、ならびに観測経緯、施設の配置経緯等について京都大学防災研究所 諏訪准教授に多大な情報提供・教授をいただいた。心から深謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 諏訪ら(2009): Behavior of flows monitored on test slopes of Kamikamihorizawa Creek, Mount Yakedake, Japan, 砂防学会英文報
- 2) 矢澤ら(1986): 土石流ブレーカー (底面水抜きスクリーン) に関する実験的研究, 土木研究所資料第 2374 号
- 3) 清野ら(1986): 底面水抜きスクリーンの現地試験, 砂防学会誌, Vol.39, No.3 (146)
- 4) 今井ら(1989): 底面水抜きスクリーンの現地試験 (続報), 砂防学会誌, Vol.42, No.2 (163)
- 5) 西本ら(1994): 焼岳土石流ブレーカーの土石流の挙動 (93 年 7 月 14 日), 砂防学会誌, Vol.46, No.6 (191)
- 6) 本田ら(2009): 土石流画像解析の自動化に関する試行事例, 平成 21 年度砂防学会研究発表会概要集
- 7) 平成 14 年度焼岳土石流観測および解析受託業務報告書, 京都大学防災研究所
- 8) 平川ら(2006): 土石流の表面流速測定における PIV 適用の試み, 砂防学会誌, vol.59, No.2