

## 登川流域における豪雨時の土砂移動予測と施設配置の検討

国土交通省 湯沢砂防事務所 赤沼 隼一, 福田 光生<sup>1)</sup>, 後藤 健<sup>1)</sup>, 川邊 三寿帆, 高嶋 啓伍<sup>2)</sup>

国土交通省 国土技術政策総合研究所 内田 太郎, 坂井 佑介

(株) 建設技術研究所 ○西口 幸希, 村上 正人, 中村 直登, 飯田 弘和

1) 現 北陸地方整備局河川部, 2) 現 北陸地方整備局建政部

### 1. はじめに

土砂移動による災害を防止するためには、将来生じる土砂移動現象を予測しつつ、対策施設の効果評価を適切に行い、対策計画を立案することが重要である<sup>1)</sup>。将来生じる土砂移動現象を河床変動計算で予測するには、再現計算等によりパラメータを適切に設定することが重要である。湯沢砂防事務所における計画対策施設の適切な効果評価及び今後の施設配置計画の検討においては、信濃川水系魚野川の支川である登川での平成23年7月新潟・福島豪雨（以下、H23.7豪雨）等を対象に再現計算を行い、土砂移動現象の予測に必要なパラメータを検討することが必要である。

山地河川における豪雨時の土砂移動を河床変動計算で表現する際には、河床勾配等に応じて土砂移動形態は土石流や掃流状集合流動、掃流砂と変化することや、間隙流体中の乱流状態で浮遊する細粒土砂が流体と同様な挙動を示す等の細粒土砂の扱いに留意することが重要である<sup>2)</sup>。

このため本検討では、H23.7豪雨時における支川及び本川の土砂移動に関する再現計算を行い、計算モデルの検証や適切な計算条件の設定を行ったうえで、計画規模の土砂移動現象を予測した。次に登川流域において計画規模の豪雨時の土砂移動や被害範囲の予測結果を踏まえて、新たな施設配置や既往施設の改良を行った場合の被害軽減に関する効果を試算した。

### 2. 評価手法

#### 2. 1. 流域概要

登川流域は、流域面積 84.5 km<sup>2</sup>、流路長 18.5 km、平均河床勾配 1/16 の河川である。過去には H23.7 豪雨だけでなく、昭和 56 年 8 月にも台風による豪雨で氾濫が生じる災害が生じた。H23.7 豪雨では登川流域の清水観測所で、最大 1 時間雨量 62 mm、連続雨量 522 mm を記録した。H23.7 豪雨前後の航空レーザ測量結果（以下、LP）の差分より、100 万 m<sup>3</sup> 以上の土砂が登川流路工まで流出したと推定される。現況施設の配置状況は図-1 のとおりである。登川本川の蟹沢砂防堰堤の下流は登川流路工が整備されており、その上流域及び支川には国土交通省所管の砂防堰堤が約 35 基配置されている。

#### 2. 2. 河床変動計算モデル

土石流形態から掃流砂・浮遊砂形態までの土砂移動を連続的に計算できる、土石流・掃流状集合流動時の細粒土砂の挙動が表現できる 1 次元河床変動計算モデルを用いた。

### 3. H23.7 豪雨時の土砂移動の再現

#### 3. 1. 計算条件

計算流域は、出水前後の LP の差分から多量の土砂流出が生じたと想定された支川の東屋沢、二子沢、姥沢川及び登川本川で、計算河道は勾配 12 度程度以下の区間とした（図-1）。ハイドログラフは実績の 1 km レーダ雨量による流域平均雨量から合成合理式により設定した。東屋沢、二子沢及び姥沢川での土砂供給は、計算区間上流域からの土砂量と、計算河道に流入する支川・溪岸崩壊からの流入量を LP の差分より算定し供給した。登川本川の計算の土砂供給は、計算区間上流域

及び支川からの流入量を同様に算定し供給した。東屋沢、二子沢及び姥沢川の河床材料は、清水観測所の出水時の最大流量に対する移動限界を最大粒径とした粒度分布、本川の河床材料は昭和 60 年度の調査結果を用いた。供給土砂は、各流域の河道侵食量と崩壊生産土砂量の割合で河床材料と崩壊土砂の粒度分布を混合させた粒度分布（図-2）とした。計算での粒径階は 12 区分とした。このうち次式の条件を満たす粒径  $d_k$  は土石流・掃流状集合流動の砂礫移動層中の間隙流体に取り込まれて流体として振る舞うと考え、このパラメータの適切な設定の必要性から、本検討では  $\alpha$  を整数として感度分析を実施した。

$$u_* > \alpha W_k \quad (式 1)$$

ここに、 $u_*$ ：摩擦速度、 $W_k$ ：粒径  $d_k$  の沈降速度、 $\alpha$ ：係数である。

### 3. 2. 計算結果

東屋沢、二子沢、姥沢川及び登川の計算において式 1 の  $\alpha$  を小さくするにつれ、計算上流区間の侵食は顕著となり、通過土砂量が増加する（図-2）。各流域の実績の河床変動高および通過土砂量と最も整合する  $\alpha$  はそれぞれ 4~5、3、2、1 であり、河床勾配と正の相関があった（図-3）。この傾向は、細粒土砂を用いた既往の水路実験の結果と同様である<sup>3)</sup>。これは、土石流の応力構造より<sup>5)</sup>、急勾配区間では粗粒土砂濃度が高く、粗礫

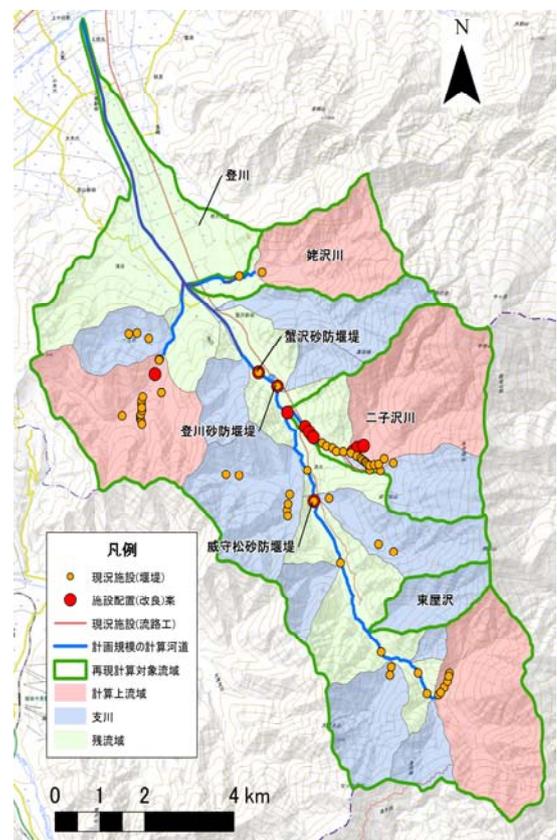


図-1 登川の流域分割、再現対象流域、施設位置図

の衝突等の応力が大きくなると、摩擦速度に対する間隙流体の乱れによる応力が相対的に小さくなるためである可能性が考えられる。

#### 4. 計画規模の土砂移動予測

2. 2. の計算モデルおよび図-1 の流域分割を用いて計画規模（100年超過確率規模）の現況施設配置時の土砂移動予測を行った。ハイドログラフは H23.7 豪雨での降雨波形をもとに、砂防基本計画の日雨量 201.9 mm とした降雨の流出解析結果を用いた。供給土砂量は単元流域ごとの砂防基本計画の基本土砂量程度の土砂量（合計約 160 万 m<sup>3</sup>）を、計算上流端、支川および本川が田や家屋と隣接しない残流域から、平衡土砂濃度で供給した。流体としてみなす細粒土砂の粒径の条件は、再現計算より平均的な  $\alpha=3$  とした。その他の条件設定等は基本的には国総研資料 第 1048 号<sup>4)</sup>に従った。その結果、二子沢合流前の本川の通過土砂量は約 27 万 m<sup>3</sup>、二子沢合流後では約 57 万 m<sup>3</sup>、一之沢合流後では約 70 万 m<sup>3</sup>であった（図-5）。魚野川合流点から 0~2 km で 0~3 m の土砂堆積が生じ、本区間で氾濫が生じた。

そこで本川への流入土砂量が最も多い支川の二子沢に 3 基の砂防堰堤、3 基の床固工、1 基の堆積工を、次いで流入土砂量の多い一之沢に 1 基の砂防堰堤を配置し、登川本川では施設効果量が大きく、保全対象に比較的近い蟹沢砂防堰堤の除石、登川砂防堰堤の嵩上げ、威守松砂防堰堤の除石の施設配置（改良）案を作成した（図-1）。水や土砂の条件は現況施設時と同様とし、河床変動計算を実施した結果、現況施設時と比べて、通過土砂量は二子沢合流後で約 57 万 m<sup>3</sup> から約 49 万 m<sup>3</sup> に減少し、一之沢合流後で約 70 万 m<sup>3</sup> から約 66 万 m<sup>3</sup> に減少し（図-5）、登川の氾濫範囲は縮小した。

#### 5. おわりに

登川流域の豪雨時の土砂移動を予測するため、H23.7 豪雨の再現計算を行い、間隙流体に取りこまれる細粒土砂の粒径の条件を設定した。施設配置では、二子沢や本川の中流域等、下流域の保全対象に影響の大きい位置での新たな施設配置（改良）を検討し、施設効果を定量的に把握することができた。今後、計算条件の精査や施設配置計画の更なる検討を行う必要があると考えられる。

#### 【参考文献】

1) 国土交通省国土技術政策総合研究所, 国総研資料第 1048 号, 2018, 2) 西口ら, 砂防学会誌, Vol. 64, No. 3, p. 11-20, 2011, 3) 長谷川ら, 平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集, p. 118-119, 2013, 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所, 国総研資料第 874 号, 2013,

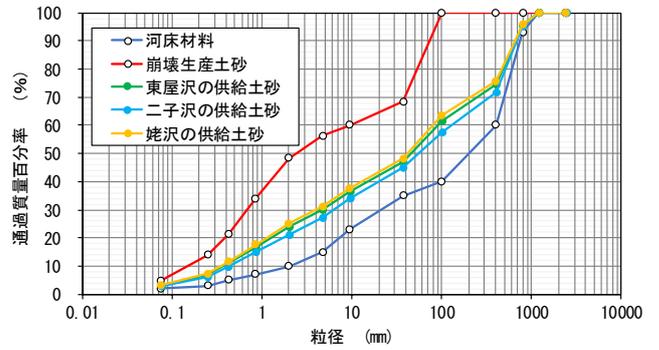


図-2 支川の供給土砂の粒度分布

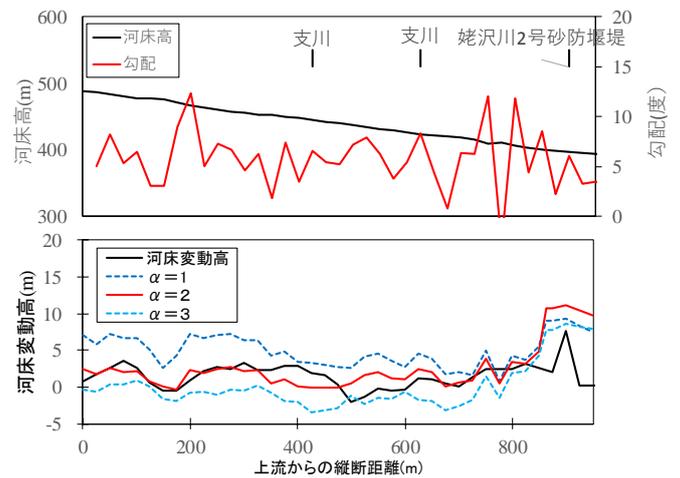


図-3 姥沢川の再現計算結果

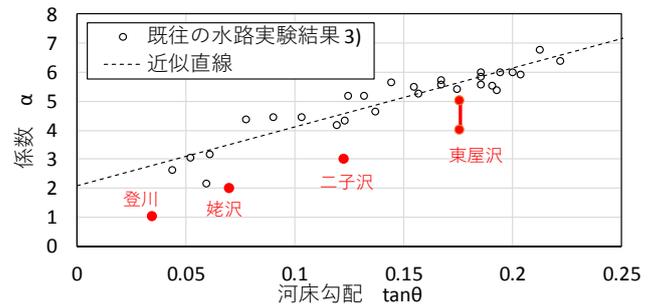


図-4 再現計算流域の河床勾配と式 1 の  $\alpha$  との関係

5) 江頭ら, 京大防災研年報, 第 32 号 B-2, p. 487-501, 1989

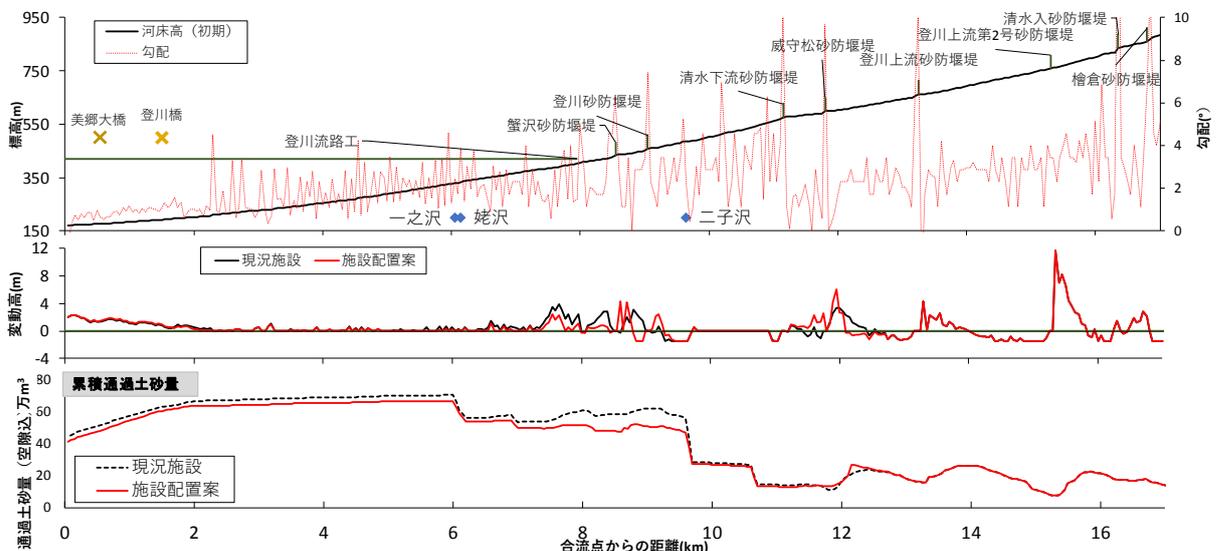


図-5 現況施設と施設配置案の計算結果