

常願寺川流域における単位河道モデルを用いた平時・異常時の土砂流出と 下流へのインパクト評価の試行 その2

京都大学名誉教授 藤田正治, 信州大学 堤大三, 富山県立大学 久加朋子, 京都大学 山野井 一輝
砂防・地すべり技術センター 池田暁彦, 日本工営株式会社 ○山崎祐介, 長山孝彦, 伊藤隆郭

1. はじめに

著者らは、流域全体における土砂移動のシミュレーションを実施するために、単位斜面および単位河道で構成される流域スケールを対象とする土砂流出モデル(山野井・藤田, 2016)への堰堤機能の導入手法、および堰堤効果のモデル化手法について検討し、これを常願寺川流域へ適用して土砂流出や堰堤効果の検討を行ってきた(野呂ら, 2020, 山崎ら, 2024)。本稿では、同モデルを用いて、将来的な異常な土砂流出が発生した場合の下流河道におけるリスク評価と防災対策の検討に資することを目的として、下流河道へのインパクト評価の試行を行った。

2. 解析モデル

流域地形モデルは矩形斜面とその接続する河道によって構成される(江頭・松木, 2000)。斜面における表面流および浸透流には、それぞれマニング則およびダルシー則を適用している。河道における流水および流砂については、それぞれマニング則および芦田・道上式を適用している(江頭・松木, 2000)。透過型堰堤における土砂の貯留・流出のモデル化において、もっとも重要である水位せき上げの1次元的评价は、水理模型実験によってある程度の定量的評価が可能になってきている(伊藤ら, 2015)。単位河道に設置された透過型堰堤の土砂の貯留・流出は、これらの知見を用いて、堆砂状況に応じた勾配を設定しそれを摩擦速度に適用して算出している(山崎ら, 2023)。

3. 対象現象および計算条件

土砂流出が発生する対象現象は、1858年の飛越地震時に発生した鳶崩れにより生産された土砂によって形成された天然ダムの決壊に伴う土砂流出とした。鳶崩れによる土砂の総量(空隙込み)は約1.2億 m^3 と推定されている(Inoue et al., 2010)。天然ダムの決壊により、約5,000 m^3/s のピーク流量が2波発生し、上滝地点での流出土砂量は約1,230万 m^3 と推定されている(田畑ら, 2000)。

対象領域は上滝上流(流域面積: 約355 km^2)とし、単位河道モデルのパラメータには既往の検討結果を用いた(表-1)。河床の設定にあたっては、鳶山の崩壊土砂が鬼ヶ城砂防堰堤まで到達している状態を想定し、そこから下流へ5°の勾配で堆積しているものとした(山崎ら, 2023)。堆砂土砂量(堆砂面と元地形との空間)は約1億 m^3 (空隙込み)となり、飛越地震時に生産された土砂量と概ね一致する。

河床材料は、崩壊土砂と元々河床に存在した土砂が混合した状態を想定し、両者の平均的な粒度分布を与えた(表-2)。

流量条件は、天然ダム決壊時のピーク流量(約5,000 m^3/s 、2波)を与えた後、平成7年出水規模(平常時～年最大規模程度、以降H7流量)の流量を繰り返し与えた(図-1)。天然ダム決壊時における流量は、天然ダム位置(鬼ヶ城堰堤を想定)より上流域、H7流量は、上滝より上流域全体に空間一様雨量を与えて算定した。

表-1 計算に用いた設定値(野呂ら, 2020を一部改変)

項目:斜面	値	項目:河道	値
D (m)	0.1, 0.5	α (m^{-2})	5
κ (mm/s)	3.0, 0.2	n ($\text{m}^{-1/3}\text{s}$)	0.05
λ	0.467	E_m (m)	0.6
N ($\text{m}^{-1/3}\text{s}$)	0.3	E_d (m)	0.6

D :土層厚, κ :飽和透水係数, λ :間隙率, N :等価粗度係数, α :レジーム係数, n :マニングの粗度係数, E_m :交換層厚, E_d :堆積層厚

表-2 粒径(mm)と最小粒径からの順位
(野呂ら, 2020を一部改変)

粒径	順位	粒径	順位	粒径	順位
0.590	No.1	44.0	No.8	274	No.15
1.30	No.2	56.8	No.9	346	No.16
3.09	No.3	69.6	No.10	447	No.17
6.73	No.4	87.3	No.11	548	No.18
13.5	No.5	122	No.12	648	No.19
22.0	No.6	173	No.13	748	No.20
31.1	No.7	224	No.14	1310	No.21

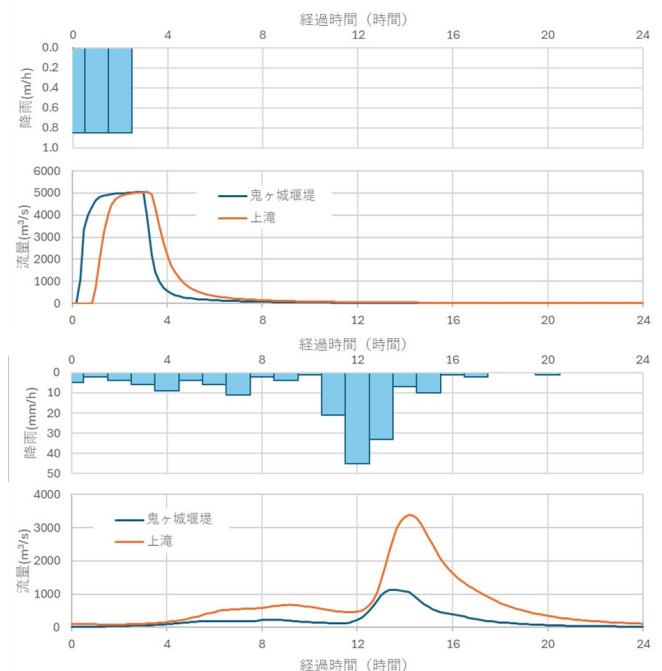


図-1 計算に与えた降雨とハイドログラフ
(上段:天然ダム決壊流量, 下段:H7 流量)

妙寿砂防堰堤(流域面積: 115.2 km^2 , 堰堤高: 14.5 m, 堤長: 120.5 m, 水通幅: 54 m, スリット寸法: 8.5 m $\times$ 7.5 m)は、三上ら(2013)により設計され、山崎ら(2023)によりモデル化されている。スリットにはシャッターが設置されており、計算開始時よりシャッター開および閉の場合の計算を行った。

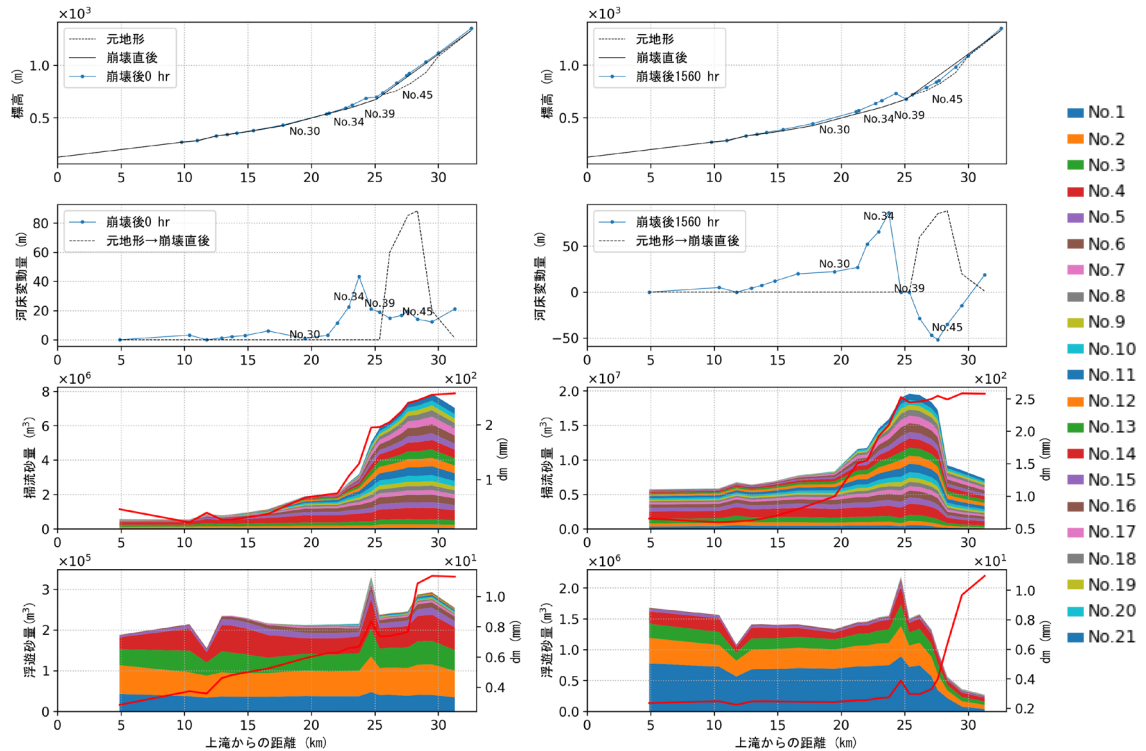


図-2 河床位、河床変動量、掃流砂の累積通過量(空隙なし)、浮遊砂の累積通過量(空隙なし)の縦断変化(シャッター開)
No.30 称名川合流点～津之浦砂防堰堤、No.34 天鳥砂防堰堤、No.39 鬼ヶ城砂防堰堤、No.45 湯川・真川合流点～白岩堰堤

4. 計算結果

本研究では、鳶崩れに起因する1億 m^3 の土砂供給を想定し、天然ダム決壊に伴うピーク流量(約 $5,000\text{m}^3/\text{s} \times 2$ 波)およびその後の年最大規模程度の流量を与えて土砂流出の数値解析を行った。

図-2に、シャッター開、天然ダム決壊相当流量2波目直後の河床縦断分布の変化、河床変動量、時間積算した掃流砂量と平均粒径、浮遊砂量と平均粒径(左図)、これらの65波後(右図)を示す。

上滝地点における流出土砂量(空隙あり、掃流砂および浮遊砂の合計)は、天然ダム決壊後の2波目では、130万 m^3 程度であり、H7流量の繰返し65波目で先行研究の推定値1,230万 m^3 (田畑ら, 2000)程度となった。

天然ダム決壊2波目直後では、25～30km(No.45 湯川・真川合流点～白岩堰堤)区間に80m程度の堆積が生じている。65波後ではそれらの堆積は浸食され、最終的に元河床から50mの侵食となっている。また12～25km地点(No.30 称名川合流点～津之浦砂防堰堤、No.34 天鳥砂防堰堤、No.39 鬼ヶ城砂防堰堤)にかけて堆積が生じている。

本稿ではシャッター開の結果を示したが、給砂量が非常に大きかったためシャッターの開閉の相違は本解析条件下では顕著に現れなかった。

5. おわりに

本稿は、土砂流出モデルを常願寺川に適用し、将来的な異常な土砂流出が発生した場合の下流河道におけるリスク評価と防災対策の検討に資することを目的として、下流河道へのインパクト評価の試行を行った。異常時の試行とした飛越地震時に発生した鳶崩れによる天然ダム決壊相当の土砂流出イベントにおいては、上滝地点において平年～年最大規模程度の流量の65波目で既往の推定値(田畑ら, 2000)と同程度になった。これは、飛越地震時と同程度の土砂が生産さ

れても、近年の降雨条件下においては、直ちに下流へ到達しない可能性を示している。今後、出水シナリオに基づいた計算や施設効果・改良の検討の計算を行う予定である。

謝辞: 国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所にデータの提供および助言をいただいた。本成果は、河川砂防技術研究開発公募 地域課題分野(砂防) 常願寺川砂防事業への土砂移動観測の効果的な活用(代表者:堤大三)の成果の一部である。ここに謝意を表します。

引用文献

- 江頭・松木: 河道貯留土砂を対象とした流出土砂の予測法, 水工学論文集, 44巻, pp.735-740, 2000
- 田畑ら: 鳶崩れ(飛越地震, 1858)による天然ダムの形成と決壊に伴う土砂移動の実態, 砂防学会誌, Vol. 53, No. 1, pp. 59-70, 2000
- Inoue et al., "The Catastrophic Tombi Landslide and Accompanying Landslide Dams Induced by the 1858 Hietsu Earthquake," *J. Disaster Res.*, Vol.5 No.3, pp. 245-256, 2010
- 三上ら: 常願寺川における可動式シャッター砂防堰堤の設置と運用について, 砂防学会誌, 66巻, 5号, p.42-48, 2013
- 山野・藤田: 複合土砂災害シミュレータ SiMHIS を用いた山間地域における土砂災害の警戒避難情報の提供に関する一考察, 砂防学会誌, 69巻, 6号, pp.15-23, 2016
- 野呂ら: 常願寺川における単位河道モデルによる水・土砂流出解析と適用性に関する試行, 2020 年度砂防学会研究発表会概要集, R1-035, 2020
- 山崎ら: 単位河道モデルに透過型等の砂防堰堤を含む簡易モデルの開発(2), 2023 年度砂防学会研究発表会概要集, R8-9, 2023
- 山崎ら: 常願寺川流域における単位河道モデルを用いた平時・異常時の土砂流出と下流へのインパクト評価の試行, 2024 年度砂防学会研究発表会概要集, R1-12, 2024