

1次元シミュレーションによる土石流の流出土砂量の評価について

山口大学大学院理工学研究科	○永野 博之
九州大学大学院工学研究院	橋本 晴行
中国電力株式会社	黒田 佳祥
九州大学大学院工学府	池松 伸也

1. はじめに

土石流対策計画を策定する上で、土石流による流出土砂量を適切に評価することが重要である。本研究は、2009年7月21日に山口県防府市内で発生した土石流を対象とした現地調査、航空測量データ¹⁾をもとに1次元流動シミュレーションを行い、土石流の流出土砂量の規模を評価したものである。

2. 流出土砂量の評価

2.1 土石流発生溪流の概要

図-1 に佐波川の流域図を示す。土石流は佐波川の支川流域で発生した。図-1 に特に被害の大きかった真尾・石原・八幡谷・剣川地区を×印で示す。

2.2 土石流の1次元流動シミュレーション

2.2.1 基礎式および計算条件

流れを長方形断面の 1 次元漸変流とし、開水路非定常流の基礎式²⁾を用いた。濃度分布は一樣と仮定した。侵食・堆積速度は、高岡³⁾の提案式を用いた。河床の侵食・堆積の判定は平衡流砂量式から求められる平衡流砂濃度と流砂濃度の大小により決定し、河床の侵食速度係数 $k_b=0.01$ 、側岸の侵食速度係数 $k_s=0.01$ 、侵食速度指数 $p=0.7$ とした。

表-1 に計算対象溪流の計算区間と崩壊条件を示す。上流端では崩壊を考慮した境界条件（流量・流砂濃度・水深）を与え、崩壊モデルは崩壊土砂量 V_b が、崩壊継続時間 T 中に、崩壊流出土砂濃度 C_0 で土石流化すると



図-1 佐波川流域と対象溪流

表-2 計算条件

初期流路幅	$B=8.04 \times A^{0.37}$
時間刻み幅	$\Delta t=0.1\text{sec}$
空間刻み幅	$\Delta x=25\text{m}$
最密充填濃度	$C^*=0.65$
平均粒径	$d=0.3\text{m}$
流速係数	$\phi=4$
河床堆積層厚	2m

表-1 真尾・石原・八幡谷・剣川溪流の概要

溪流名	真尾	石原A	石原B	石原C	八幡谷
計算区間	本川: 1,450m 支川: 100m	本川: 750m 支川: 425m	1,000m	700m	本川 : 1,100m 支川1: 450m 支川2: 175m
崩壊土砂量V _s	本川: 1,000m ³ 支川: 1,300m ³	本川: 1,850m ³ 支川: 600m ³	1,650m ³	1,300m ³	本川 : 3,150m ³ 支川1: 400m ³ 支川2: 1,400m ³
崩壊流出土砂濃度C ₀	0.2, 0.4				
崩壊継続時間T	30sec, 60sec				

した。崩壊土砂量 V_s は航空写真から算定した。崩壊継続時間 T や崩壊流出土砂濃度 C_0 の評価は困難なため、各溪流において4パターンの崩壊条件を設定した。

表-2 に計算条件を示す。初期河床高はLP データより作成した。初期の流路幅は笠井⁴⁾の提案する式を現地河道に適合するように修正したものを用いた。平均粒径・流速係数は現地調査より得た値を用いた。

2.2.2 計算結果

表-3 に各溪流における土砂収支を示す。ただし、4パターンの崩壊条件のうち、調査結果と比較し、最適と考えられる結果を採用した。表-3 より、側岸侵食によって生産される土砂量が崩壊土砂量より大きく、流出土砂量への影響が大きいことがわかる。

2.3 土石流の比流砂量とダムの比堆砂量との比較

図-2 は、前項で得た流出土砂量を流域面積で除した比流砂量 q_{sf} と山口県・九州北部に位置するダムの比堆砂量 q_{sd} を比較したものである。ただし、剣川については、アジア航測㈱が航空測量データより算定した流出土砂量を用いた。土石流の比流砂量はダムの比堆砂量に比べて大きく、単位流域面積換算で、年間のダム堆砂量を上回る土砂が1度の土石流により流出したことがわかる。また、時間スケールを1時間に揃え、土石流発生溪流相当の流域面積で比較すると、 q_{sf} と q_{sd} との差は概ね $10^3 \sim 10^4$ となる。比堆砂量は、掃流砂、浮遊砂、ウォッシュロードの形態で土砂が貯水池に流入した結果であり、計算結果との差は、土砂移動形態の違いを表すと推測される。また、芦田ら⁵⁾によれば、ダムの比堆砂量は $q_{sd} \propto A^{0.7}$ の関係にあり、図-2 から今回発生した土石流の比流砂量についても同様の関係が成り立つと推測される。

3. おわりに

本研究では、2009年7月に防府市で発生した土石流を対象に流出土砂量を評価した。その結果土石流の比流砂量が流域面積の関数で表されることが示唆された。

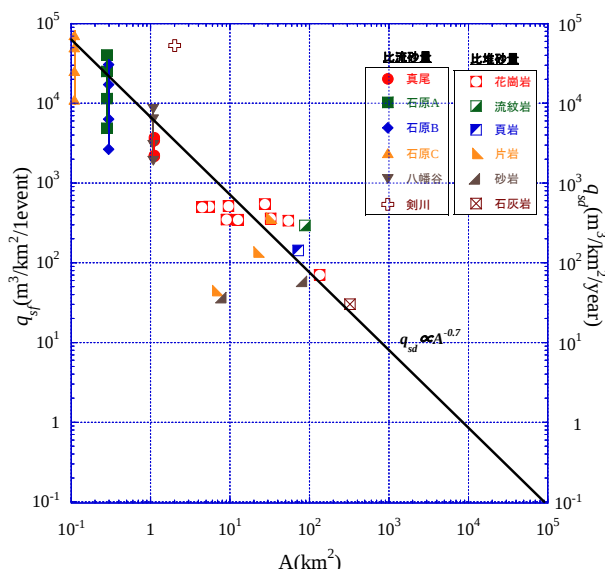


図-2 比流砂量と比堆砂量の比較

謝辞：本研究に際して、山口県河川課、国土交通省山口河川国道事務所より資料を提供いただいた。また、アジア航測㈱の小川紀一郎氏には航空測量結果について貴重な資料をいただいた。本研究は、一部、科学研究費(代表、山口大学 羽田野袈裟義教授)の補助のもとに実施した。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) アジア航測㈱：平成21年7月中国・九州北部豪雨災害，2009。
- 2) 黒田佳祥，橋本晴行，永野博之，池松伸也，宮崎遼，三好朋宏：2009年7月防府市真尾・石原地区において発生した土石流の流出規模に関する研究，第5回土砂災害に関するシンポジウム論文集，pp. 87-92，2010。
- 3) 高岡広樹：高濃度流れによる河道侵食と土砂流出に関する研究，九州大学博士論文，2004。
- 4) 笠井美青：嘉瀬川ダムに流入する河川およびダムへの流入土砂について，平成9～11年度建設省・土木学会共同研究報告書（代表，九州大学 橋本晴行）。
- 5) 芦田和男，奥村武信：ダム堆砂に関する研究，京都大学防災研究所年報，第17号B，1974。

表-3 各溪流における土砂収支

溪流名 崩壊条件	真尾 ($C_0=0.2$, $T=30\text{sec}$)	石原A ($C_0=0.2$, $T=30\text{sec}$)	石原B ($C_0=0.2$, $T=30\text{sec}$)	石原C ($C_0=0.2$, $T=60\text{sec}$)	八幡谷 ($C_0=0.2$, $T=60\text{sec}$)
崩壊土砂量 (m^3)	2,300	2,450	1,650	1,300	4,950
側岸侵食土砂量 (m^3)	13,300	16,450	16,200	8,900	23,000
河床侵食土砂量 (m^3)	-11,200	-6,850	-9,050	-4,650	-19,950
流出土砂量 (m^3)	4,100	11,400	9,050	5,500	6,800