

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

国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所 野呂智之^{*1}, 川合康之, 中川雅允^{*2}

京都大学名誉教授 水山高久, 京都大学 藤田正治, 宮田秀介

(一財)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, 古谷智彦, 長山孝彦, 伊藤隆郭

^{*1}現 (一財)砂防・地すべり技術センター, ^{*2}現 富山河川国道事務所

1 はじめに

流域内の土砂動態におよぼす砂防堰堤群の機能的な活用の効果を検討するためには、透過型堰堤の土砂流出調節機能の評価が重要である。著者らは、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した土砂動態解析モデル(山野井・藤田, 2016)への堰堤機能の導入手法、堰堤機能のモデル化手法について検討を行っている。本研究は、堰堤機能のモデル化において、堰堤への流入土砂量と堰堤からの流出土砂量の応答関係を表す関係式を導入したモデル化を行い、その効果を検討するものである。

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)。

堰堤への流入土砂量と流出土砂量の応答関係を、次の点に着目してダム関数によるモデル化を行った。

- ・水位せき上げ時の非平衡流砂量
- ・せき上げ継続時間 T

図1にダム関数による堰堤からの土砂流出のモデル化イメージを示す。ダム関数は便宜的に直線的な近似を行い、次式で表されるものとしている。

$$Q_{b\ out} = 0, \quad t_1 \leq t < t_1 + T$$

$$Q_{b\ out} = Q_{b1} \frac{t - (t_1 + T)}{t_2 - (t_1 + T)}, \quad t_1 + T \leq t < t_2$$

ここに、 $Q_{b\ out}$ は堰堤からの流砂量、 t は時刻、 t_1 および t_2 は、せき上げが発生している時間の開始および終了時刻、 T はせき上げ継続時間、 Q_{b1} はせき上げ解消時刻における流砂量である。これらは水理実験などによって定められる。せき上げが発生する流量は、現地観測等をもとに $100\text{ m}^3/\text{s}$ に設定している。

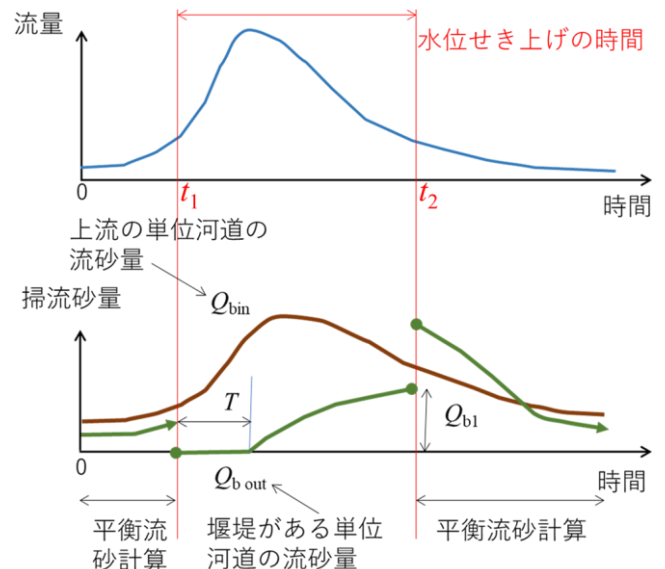


図1 ダム関数による土砂流出のモデル化イメージ

表1 代表粒径と含有率

代表粒径 (mm)	含有率 (%)	代表粒径 (mm)	含有率 (%)
0.00057	2	0.09946	24
0.00208	5	0.36121	35
0.00754	12	1.31184	10
0.02739	12		

表2 ダム関数の設定

項目	値
T	4 時間
Q_{b1} (倍率)	0, 0.5, 2, 10

3 計算条件

対象領域は本宮砂防堰堤より上流(約 200 km^2)であり、妙寿砂防堰堤において堰堤効果のモデル化を行いその評価を行う。対象期間は2004年7月17日~18日の降雨で、最大24時間雨量は 174 mm 、最大時間雨量は 45 mm である。給砂は、妙寿砂防堰堤の単位河道2区間上流地点において平衡条件で行う。給砂の粒度分布を表1に示す。

表 3 水理・水文設定

項目：斜面	値	項目：河道	値
D_1, D_2 (m)	0.1, 0.5	α	5
κ_1, κ_2 (mm s ⁻¹)	3, 0.2	n	0.05
λ	0.467	E_m (m)	0.6
N	0.3	E_d (m)	0.6

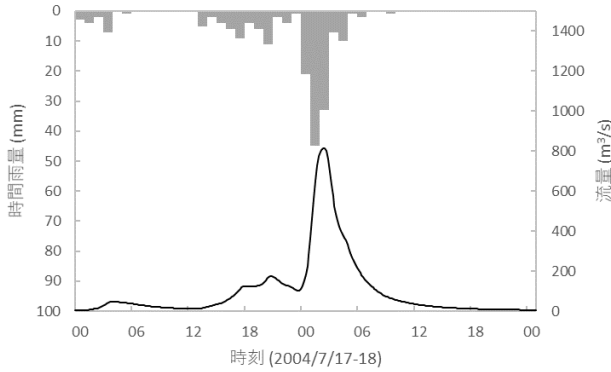


図 2 妙寿砂防堰堤における流量

初期条件は、時間雨量 30 mm を一様に 24 時間供給後、24 時間の無降雨期間で計算したあとの状態とする。

設定したダム関数を表 2 に示す。 Q_{b1} は流入流砂量に対する倍率で、これらについて行う計算を、それぞれケース 0, 1, 2, 3 とする。表 3 に斜面および河道における水理・水文設定を示す。添え字の 1 および 2 は、それぞれ斜面土層の上部および下部を示し、 D は土層厚、 κ は飽和透水係数、 λ は空隙率、 N は等価粗度、 α はレジーム係数、 n はマンニングの粗度係数、 E_m は交換層厚、 E_d は堆積層厚である。以上の設定は過年度検討(野呂ら, 2020) に準じて行っている。

4 計算結果

2004 年 7 月 17 日～7 月 18 日の出水に対する流出解析結果を図 2 に示す。妙寿砂防堰堤における計画流量は約 2,000 m³/s であり、今回の計算で対象とした流量は計画規模の半分程度の規模である。また、100 m³/s を超過し、せき上げが発生している時間帯は、7 月 17 日 23 時 10 分～7 月 18 日 7 時 20 分(23 時間 10 分後から 31 時間 20 分後)としている。

図 3 および図 4 に堰堤からの流砂量および堰堤上流地点の河床変動量を示す。流入流砂量の 0.5 倍や 2.0 倍を与えたケース 1 および 2 においては、堰堤からの流出流砂量は小さくなく、堰堤に土砂が貯留され、河床上昇が解消されていないことが示されている。一方、流入流砂量の 10 倍のケース 3 では、堰堤からの土砂の排出の効果が出ており、堰堤堆砂域の堆砂土砂が小さくな

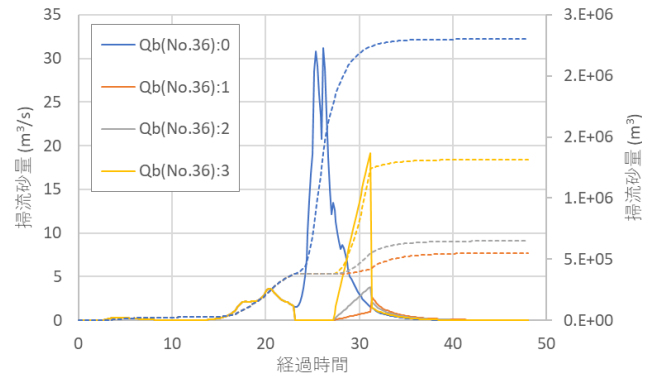


図 3 堰堤からの流砂量

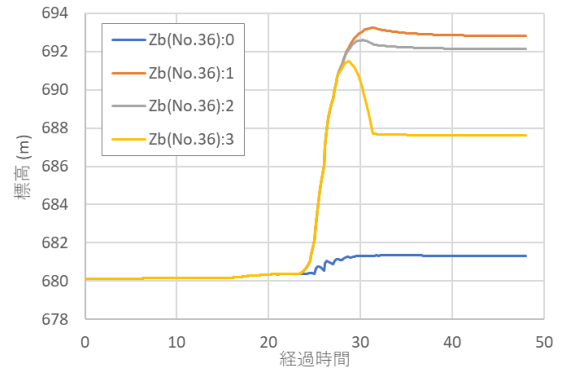


図 4 堰堤上流の河床変動

っていることが示されている。ケース 0 からケース 3 における流出土砂量は、それぞれ 383 万 m³, 92 万 m³, 108 万 m³, 219 万 m³ である。

現モデルのダム関数には、堰堤が満砂した際の越流が反映されていないため、結果についてはこのことを考慮する必要がある。

5 おわりに

本研究では、妙寿砂防堰堤において土砂流出調節機能をモデル化し、その検討を行った。その結果、土砂の調節効果により、堰堤からの流砂量に応じて堰堤の堆砂を調節することが可能になることが示された。今後は、流域スケールにおける土砂動態におよぼす堰堤群の効果の評価やダム関数の水理実験などに基づく合理的な定式化を行っていく予定である。

6 引用文献

- 山野井一輝, 藤田正治: 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
 江頭進治, 松木 敬: 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
 野呂智之, 宮下優, 長山孝彦, 松田悟, 古谷智彦, 中西隆之介, 伊藤隆郭, 水山高久, 藤田正治: 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