

豪雨時におけるため池上流からの土砂流入に関する事例検討

Case Study of Transportable Debris Flow due to Heavy Rain on Upstream Site of Reservoir

○正田大輔*・堀 俊和*・吉迫 宏*・小嶋 創*

D. Shoda, T. Hori, H., H. Yoshisako and H. Kojima

1. はじめに

集中豪雨や大型台風等の影響により土石流・土砂流が発生し、下流に位置するため池が被災する事例がある。本報告では、ため池へ土砂が流入した場合、土砂流入量の目安を把握するため、砂防分野における既往の公式（国土交通省国土技術政策総合研究所（2007））を適用し、ため池上流の土砂流入経路を主な検討項目として、被災ため池での土砂量の試算を行った。

2. 対象ため池の被災概要

平成16年の台風による香川県下のため池被災事例について、山中ら（2005）がまとめている。この中で、台風災害時におけるため池の砂防機能について示している。本報告では、この砂防機能を発揮したため池のうち2か所を対象に試算を行った。

3. 土砂量の算出方法

3.1 算出式について

ため池に流入した土砂量を、国土交通省国土技術政策総合研究所（2007）から引用して、以下の式で算出した。

$$V_{dy2} = \frac{10^3 \cdot P_p \cdot A}{1 - K_v} \left[\frac{C_d}{1 - C_d} \right] K_{f2} \quad (1)$$

ここで、 $V_{dy2}(\text{m}^3)$ は計画規模の年超過確率の降雨量によって運搬できる土砂量、 $P_p(\text{mm})$ は計画規模の年超過確率の降雨量、 $A(\text{km}^2)$ は流域面積、 C_d は流動中の土石流濃度、 K_v は空隙率、 K_{f2} は流出補正率である。

計画流出土砂量の算出にあたっては流域内の移動可能土砂量 V_{dy1} と V_{dy2} を比較して小さい方を採用することとしている。しかし、 V_{dy1} の算出にあたっては、土石流発生時に侵食が予想される平均溪床幅や、土石流発生時に侵食が予想される溪床堆積土砂の平均深さ、現地調査、近傍溪流における土石流時の洗掘状況等の参考情報が必要である。現場への適用を考慮すると、全国にため池は約20万か所あり、ため池堤体以外の箇所調査については困難であると考えられる。そこで、本報においては式(1)の V_{dy2} を用いて、発生する土砂量について算出を行った。また、式(1)中の流動中の土石流濃度 C_d の算出式は以下の通りである。

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)} \quad (2)$$

$\sigma(\text{kg/m}^3)$ は礫の密度、 $\rho(\text{kg/m}^3)$ は水の密度、 ϕ は溪床堆積土砂の内部摩擦角、 θ は溪床勾配である。

3.2 各パラメータに用いた値

流域面積 A はため池台帳に記載されている 1.4km^2 とした。国土交通省国土技術政策総合研究所（2007）において、以下の未知数について参考値が示されており、この値を用いた。 K_v は 0.4、流出補正率 K_{f2} は以下の式から算出している。ただし $0.1 \leq K_{f2} \leq 0.5$ である。

$$K_{f2} = 0.05 (\log A - 2.0)^2 + 0.05 \quad (3)$$

また、流動中の土石流濃度 C_d を算出する際に用いる礫の密度 σ ・水の密度 ρ ・溪床堆積土砂の内部摩擦角 ϕ はそれぞれ $2,600 \cdot 1,200 \cdot 35$ とした。

4. パラメータについての考察

各パラメータについては、国土交通省国土技術政策総合研究所（2007）において、参考値が示されており、この値を用いた。この中で示されていない流域面積 A 、降雨量 $P_p(\text{mm})$

*農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO キーワード：ため池・土砂災害・豪雨

については、対象ため池及び災害時の値を用いた。

溪床勾配 θ については、①基盤地図情報 10mDEMの標高値から作成された地形データを基に、ため池位置と選定した 1 メッシュから 1km 四方での最高点との間の平均勾配と、②浸食痕から判断される流入経路による勾配の 2 パターンについて土砂量の算出を行った。

5. ため池上流の勾配について

Fig.1 に馬河池上流の溪床勾配について示す。赤丸は、ため池を中心に 1km メッシュの内での最高点からため池までの溪床勾配を 10mDEM の標高値をもとに探索した結果である。災害から時間が経過したため、Fig.1 からは判別が難しいが、Photo 1 や山中ら(2005)の示した写真から、主な流入経路と探索された経路はほぼ一致した。

欄東上池について、ため池 1km 四方の最高点から探索された溪床勾配は 20.64° 、踏査や航空写真から判断される浸食箇所勾配は 17.52° であった。経路は異なるが、算出値を比較すると近い値を示した。

6. 土砂量の算出結果

式(1)により土砂量を算出するために、式中の未知数を決定する必要がある。未知数のうち上述に示されていないのは 24 時間雨量である。24 時間雨量は、気象庁が公開している被災ため池近隣の多度津における平成 16 年 10 月 18 日～21 日の間で、最大日雨量 133mm を採用した。各ケースでの土砂量を Table 1 に示す。馬河池については、探索された勾配と浸食箇所は同一とし、算出値は 1 つである。欄東ため池については、勾配値は変化するものの、国土交通省国土技術政策総合研究所 (2007) が示すように、いずれのケースも土石流濃度が上限値となっているため、算出される土砂量については同一である。いずれのため池も算出値は、実際の排土量の 4 ～ 5 倍であった。



Fig.1 馬河池上流の探索土砂流入経路
Debris flow path at upstream of Umakawa-ike



Photo 1 馬河池左岸上流側からの写真
Photograph from left upstream site of Umakawa-ike

Table 1 各ケースでの土砂量の算出結果
Calculated amount of debris flow

ため池 名称	傾斜角の 求め方	24時間 累積雨量(mm)	流出補正率 (K_{f2})	流域面積 (km^2)	土石流濃度		溪床勾配 θ ($^\circ$)	土砂量 (m^3)
					算出値	使用値		
馬河池	①最高部からの 傾斜角	131	0.46	0.14	0.53	0.53	14.96	15,693
欄東上池	①最高部からの 傾斜角	131	0.46	0.14	0.70	0.54	17.52	16,407
	②浸食部の 傾斜角	131	0.46	0.14	1.00	0.54	20.64	16,407

7. まとめ

本報告では、ため池上流の土砂流入経路を検討するため、被災ため池での土砂量の試算を行った。①ため池を中心に 1km メッシュの内での最高点からため池までの溪床勾配を算出した結果、1 箇所のため池について主な流入経路と探索された経路はほぼ一致した。② 2 か所のため池で、流入土砂量を試算した結果、算出土砂量は、実際の排土量の約 4 ～ 5 倍であった。今後適用事例を増やすことで、ため池へ適用する場合の精度向上を図る。

謝辞：本研究は、総合技術会議の SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「レジリエントな防災・減災機能の強化」(管理法人 JST)によって実施された。ため池の排土量については、まんのう町建設土地改良課の情報提供を賜った。記して感謝申し上げます。参考文献：国土交通省国土技術政策総合研究所 (2007)：国土技術政策総合研究所資料 砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)解説, 7, 32-37. 山中ら (2005)：香川県内灌漑用ため池の被災事例と得られた教訓, 平成 16 年台風災害報告会・平成 17 年自然災害フォーラム論文集, 161-166.