

平成 23 年台風 12 号で奈良県南部に発生した天然ダム周辺の水収支と流出解析に関する研究

国土交通省近畿地方整備局河川部 木下篤彦, 北川眞一
 国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所 大山 誠
 (株) エイト日本技術開発 ○只熊典子, 海原荘一, 藤原康正

1. はじめに

2011 年 9 月に紀伊半島へ上陸した台風 12 号により奈良県南部において多数の深層崩壊が発生し、天然ダムが形成された。保全対象の上流に天然ダムが形成された場合、天然ダムの水位や越流量が危機管理上の重要な指標となる。また、天然ダムの流入量や湧水量の予測精度を高めることが、警戒情報の精度向上に直結している。

そこで本研究では、降雨時における天然ダム水位の予測精度を向上させ、降雨時の危機管理に役立てることを目的とし、現時点で湛水池が残存している天然ダム(赤谷, 長殿, 栗平)を対象として、天然ダム周辺の水収支及び各流域の流出特性を把握するとともに、これらの結果を踏まえて天然ダム水位予測方法の改良を検討した。

2. 天然ダム周辺の水収支の把握

2.1 水収支の算定方法

現在、赤谷・長殿・栗平地区において水文観測として、雨量観測、天然ダム湛水池水位計測、天然ダム流入量計測(水位計測)、四角堰による堤体下流伏流量計測(長殿のみ)を行っている。しかし、天然ダム上流における流入量計測では、商用電源の確保が困難であり、流速計を設置できないため、観測機器点検時に実施している流量観測(電磁流速計)を行うことができる天然ダム上流の河道水位の低い範囲でしか精度の高い H-Q 曲線が作成できず、精度の高いダム流入量を計測できていない。

そこで、天然ダム上流河道水位が低く、比較的精度の高い H-Q 曲線が作成できる期間で図 1 の概念図に示す湧水量③を推定し、既知である貯水増減量②を加えて(越流時は仮排水路越流量も加える)、ダム流入量①を逆算し、各天然ダムの降雨イベントごとの水収支を求めた。

2.2 湧水量算定方法

湧水量はダルシーの法則に従うと仮定して推定し、湧水量算出のための透水係数は、ダム貯水増減量が 0 である時、ダム流入量=湧水量となることを利用し、天然ダム堤体における 2 箇所ボーリング孔内水位から求められる動水勾配と堆積土砂内の通水断面積を用いて無降雨時の透水係数を逆算して算出した。

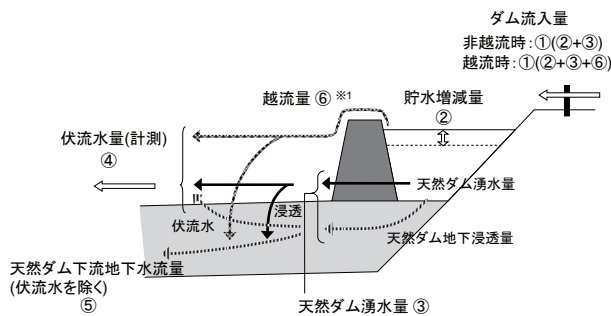
2.3 水収支の算定条件

水収支の算出対象は、湧水量の推定が必要となるため、基本的にボーリング孔内水位データが存在する期間の降雨イベントとした。雨量は現地観測雨量を用い、損失雨量はイベントごとの総雨量から天然ダム総流入量を差し引いて求めた。

天然ダム流入量は無降雨時の透水係数から求めたダム湧水量に貯水増減量を加えて(仮排水路越流時は越流流量も考慮)算出した推定値であり、赤谷では暗渠排水量、栗平ではポンプ排水量を考慮した。また、台風時等の仮排水路越流流量は Manning による等流計算にて求めた。水収支算出結果の例を図 2 に示す。

3. 各天然ダムの流出特性

各天然ダムの流域内の降雨のうち、出水イベント中に天然ダムに流入しない損失雨量は水収支に大きく影響している。損失雨量の推定精度を高めることは天然ダムへの総流入量や天然ダム水位の予測精度を向上させることにつながる。そこで、各天然ダムについて、損失雨量と相関の高い指標を把握するため、総雨量、降雨イベント前の実効雨量(14 日)、降雨継続時間、平均降雨強度などと損失雨量の関係を整理し、関連性がみられる要因の検討及び損失雨量との関係式を求めた。



※1 越流量は Manning 式により算出(越流時のみ考慮)

図 1 天然ダム周辺における水収支の概念図

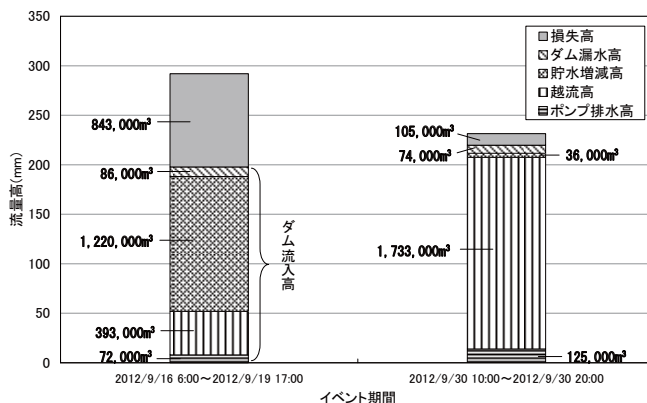


図 2 台風 16 号・17 号時の水収支(栗平)

その結果、赤谷、長殿においては総雨量との間に関連性がみられ、栗平については降雨継続時間との間に関連性がみられた(図3参照)。なお、実効雨量と平均降雨強度については、3地区ともに損失雨量との間に明瞭な関連性は確認できなかった。

また、降雨イベント中の流出率の変化を把握するため、天然ダムごと、降雨イベントごとに累積雨量と累積流出高の時系列変化を整理した結果、降雨終了までは $f=0.1\sim 0.3$ 程度の低い流出率で推移するが、降雨終了後も流出が続くという傾向であることが明らかとなった(図4参照)。

4. 天然ダム水位予測方法の改良

4.1 水位予測方法の改良検討方針

天然ダムの危機管理においては、降雨イベント時における天然ダム水位の上昇の程度、越流の可能性の判定が重要となり、降雨イベント時の天然ダムの水位予測精度を向上させるためには、流出特性を把握し、それを踏まえた水位予測方法が必要である。現在、天然ダム水位予測に使用されている貯留関数法は、降雨終了までの f が一定であり、降雨終了後も流出が継続するという流出特性をもつ天然ダムの場合に高い精度とならない可能性がある。また、損失雨量も直接的に反映しにくい。よって、天然ダム水位予測精度を向上させるための天然ダム流入量の算出(流出解析)方法として簡易なタンクモデル法を試行した。

4.2 簡易タンクモデルの概要

今回検討した簡易タンクモデル法の特徴を以下に示す。

- ・パラメータ設定が簡単で実用的なものとするため1段タンクとした(出水イベント中の設定変更が容易)。
- ・貯留高は降雨から損失雨量と流出高を引いたものとし、流出高は貯留高に比例するものとした(過去の実績で設定)。
- ・損失雨量は天然ダムごとに総降雨などとニアな関係にある要因で設定する(赤谷・長殿は総雨量、栗平は降雨継続時間)。

上記のようなモデルとすることで、降雨終了後の流出を表現でき、損失雨量を直接的に考慮できるため水収支の再現性が高く、総流出量を実績に合わせやすい。ただし、損失雨量等を実績観測結果から予め検討しておく必要がある。

5. 検討結果とまとめ

実績値と簡易タンクモデルによる再現結果との比較及びハイドログラフ再現結果の例を表1と図5に示す。

損失雨量の特性を予め把握しておく必要はあるが、各降雨イベントで共通のパラメータを設定しても、総流出量の再現性が概ね良好であり、少ないパラメータでありながらハイドログラフやピーク流量の再現性はある程度確保できた。この流出モデルとボーリング孔内水位計測値、透水係数とダルシー則による漏水量算定と組み合わせることで天然ダム水位予測精度の向上を図れる可能性がある。

参考文献

- 1) 天然ダムの水位観測による満水までの雨量推定方法について、砂防学会誌 Vol. 65, No. 5, p. 50-55, 2013
- 2) 洪水流出に対する森林の効果を考慮した流出解析の一手法、砂防学会誌 Vol. 57, No. 4, p. 26-32, 2004

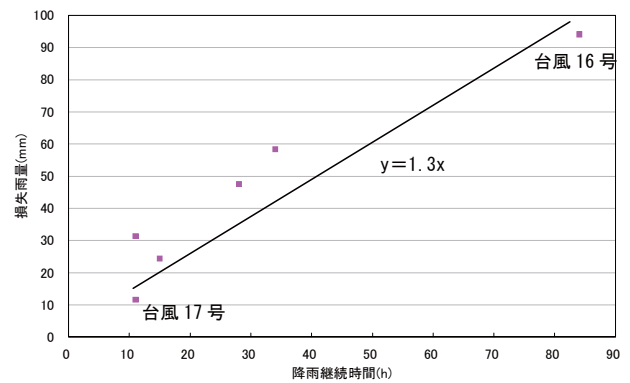


図3 降雨継続時間と損失雨量の関係(栗平)

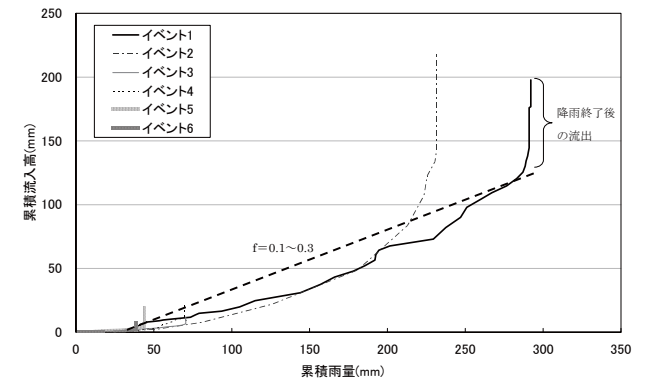


図4 累積雨量と累積流出高の関係(栗平)

表1 実績値と簡易タンクモデルによる再現結果の比較例

	総雨量 (mm)	ダム 流入高 (mm)	損失高 (mm)	ピーク 流出高 (mm)
実績	292.0	197.81	94.19	1.51
簡易タンクモデル($\alpha=0.04$)	310.8	215.84	95.00	1.90

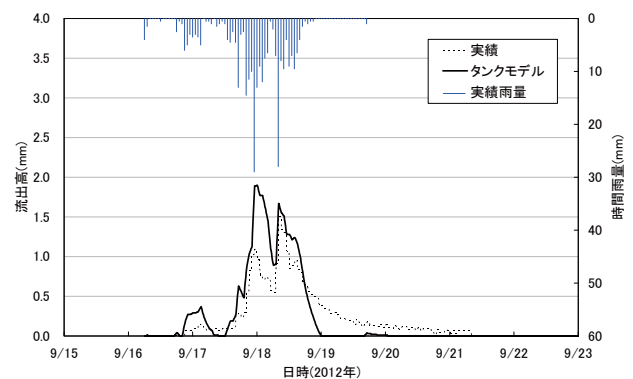


図5 簡易タンクモデルによるハイドログラフ再現結果の例(栗平・台風16号時)