

台風 12 号で発生した天然ダム上流域の流出特性

国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所 木下篤彦・神野忠広
(株)エイト日本技術開発○楠本大輔・海原荘一

1. はじめに

平成 23 年 9 月の台風 12 号では奈良県南部に連続雨量 1,335mm、最大日雨量 613.5mm(奈良県十津川村、気象庁風屋観測所)の記録的豪雨により、紀伊半島を中心に深層崩壊・天然ダムが多数発生した。奈良県南部の赤谷地区、長殿地区、栗平地区、北股地区、和歌山県南部の熊野地区の 5 箇所(図-1)の天然ダムでは越流による決壊のリスク管理として湛水池の水位観測、予測降雨に基づく水位予測が行われた。

本報告は 5 箇所の天然ダム発生流域について、流出特性や降雨流出モデルの再現性を検討したものである。

2. 天然ダム発生流域の損失雨量

天然ダムの水位予測を行う上で、天然ダムの湛水池に流入せず深層の地下水等となる損失雨量は流出量を予測する上で重要な要素であり、既存データから各天然ダムの流域を対象に洪水毎の損失雨量を算定した。

2.1 損失雨量の算定方法

各洪水の損失雨量を求めるには、1 洪水全体の総流出量(天然ダムへの流入量)を求める必要があり、天然ダムへの流入量については、1 時間毎の水位変動量から天然ダムへの流入量を推定した。

天然ダム周辺の水収支の概念を図-2 に示す。天然ダムの湛水容量の変動は漏水量の影響を受けていることから、無降雨期の天然ダム減水量から堤体周辺の漏水量を推定し、毎時の水位変動量による湛水容量の差分と漏水量の合計を各時刻の天然ダムへの流入量とした。漏水量は水位により変化しているものについてはそれを考慮して推定した。

湛水が天然ダムを越流しているものや欠測があるものについては、精度の問題から算定対象外とした。

上記の方法で求めた総流出量を流域面積で除して流出高(mm)とし、総雨量(mm)の比率を流出率と定義した。また、損失雨量の特性は損失率 $= (1 - \text{流出率})$ で表現するものとした。なお、降雨量データについては、気象台から提供された流域内平均雨量を用いた。

2.2 各天然ダムの損失雨量の特性

各降雨イベントの損失率と総雨量との関係を図-3 に示す。損失率は 60%より大きな降雨イベントがその多くを占め、どの天然ダムの流域でも総雨量が大きいほど損失率が小さくなる傾向にある。また、北股のように 200mm 程度の降雨でも 90%程度の損失率になっている流域もあれば、長殿のように降雨規模によって大きく変化するなど、損失雨量の特性は流域により大きく異なっている。

3. 流出解析による洪水波形と天然ダム水位の再現性

損失雨量の算定結果を踏まえ、漏水量を考慮した洪水波形について貯留関数法とニューラルネットワークで再現性を検討した。

3.1 貯留関数法による洪水波形と水位変動の再現性

貯留関数法のパラメータ k については中小河川計画の手引きに準じて式(1)で求めた値とし、 p は 1/3 とした。

$$k = 43.4C \times L^{\frac{1}{3}} \times i^{-\frac{1}{3}} \cdots \cdots (1)$$

式(1)の C はリザーブ定数(自然流域 0.12)、 L は流域主流路長(km)、 i は主流路平均勾配である。

損失雨量 R_{sa} については、再現する降雨イベントの総雨量から総流出量を差し引いた値とし、一次流出率 f はトライアルで実際の洪水波形に近いものを求めた ($f=0.1 \sim 0.3$ 程度のものがほとんど)。計算時間の間隔は $\Delta t=60\text{min}$ と 10min を比較し、再現精度の高い 10min を採用した。図-4 と図-5 に長殿の台風 15 号時の洪水波形と水位変動の再現したものを示す。



図-1 検討対象箇所位置図

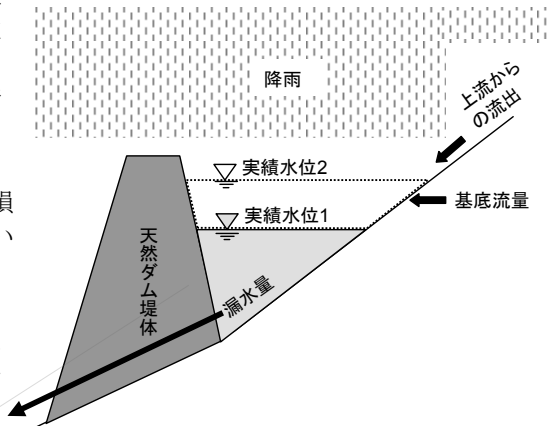


図-2 天然ダム周辺収支概念図

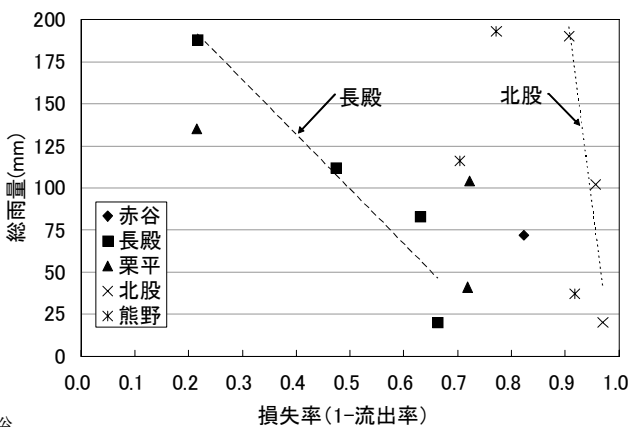


図-3 総雨量と損失率の関係

実際の洪水波形がピーク周辺時間のみ流量が大きく、急激に変化するのに対し、貯留関数法による洪水波形は緩やかに変化している。また、実際の洪水波形よりも貯留関数による流出量が大きくなる傾向にある。

その他の降雨イベントの再現結果でも、実際の洪水波形の変動が緩やかなものについては実際の洪水波形をよく再現できているものもあるが、著しく変動する洪水波形の場合は再現性が低い。また、洪水波形から求めた水位変動の再現では、最高水位は再現できているが、水位上昇時に1.5~2.0mの水位差が生じている(図-5)。その他の再現計算ケースでは、2つのピークを持つ降雨等で再現性が悪いという結果となった。さらに、北股のような損失雨量のかなり大きい流域では、特に再現性が悪いという結果であった。

3.2 ニューラルネットワークによる水位再現性

人工知能の一種であるニューラルネットワークを用いて洪水波形や水位の再現性を検討した。ニューラルネットワーク(以下NNと記述)とは、人間の脳を模式化・定式化したものであり、一定の学習を行うことで、NNはそのパターンを認識し、次に与えられる情報に対して、過去の学習パターンより妥当な回答を出力するというものである。

今回の検討におけるNNの入力条件は、半減期の異なる2~3種類の実効雨量とし、出力値は流量もしくは水位、NNの中間層は試行的に入力値の2倍と設定し、学習回数ではできるだけ精度が高くなるよう大きな値として10万回とした。図-6に貯留関数法で再現性の低かった北股の洪水波形の再現例を示す。この洪水波形の再現性は良好であるが、長殿など他の箇所では再現性が低いという結果となった。また、水位を学習させたパターンでは学習に用いた水位以下に下らないという問題もあった。(図-7)

4. まとめ

本検討では天然ダム発生流域の流出特性把握と貯留関数法とNNによる洪水波形や水位変動の再現性の検討を行い、以下のような結果を得た。

- ・検討対象の損失雨量の割合は60%以上の降雨イベントが多く、総雨量が大きいほど損失雨量は小さくなる傾向にあるが、流域間の損失雨量特性の差は大きい。
- ・貯留関数法による洪水波形の再現性が高い降雨イベントもあるが、鋭敏なピークをもつ洪水波形や二山降雨を持つ降雨波形では適合性が低く、また、損失率の大きい北股等では再現性が低い。
- ・貯留関数法による洪水波形の再現性が低い流域でも、ニューラルネットワークでは再現性が高い場合があるが、水位変動を学習させたモデルでは学習期間の水位以下とならないという問題もある。

今後は天然ダム堤体周辺の漏水やダムへの流入量を直接計測してデータの精度を向上させるとともに、天然ダム発生流域の流出特性を反映できる新たな洪水予測モデルを構築していく必要がある。

参考文献

- 1) 加藤英郎・上野亮介：洪水流出に対する森林の効果を検討した流出解析の一手法—貯留関数法の適用事例—, 砂防学会誌, Vol.57, No.4, p.26-32, 2004

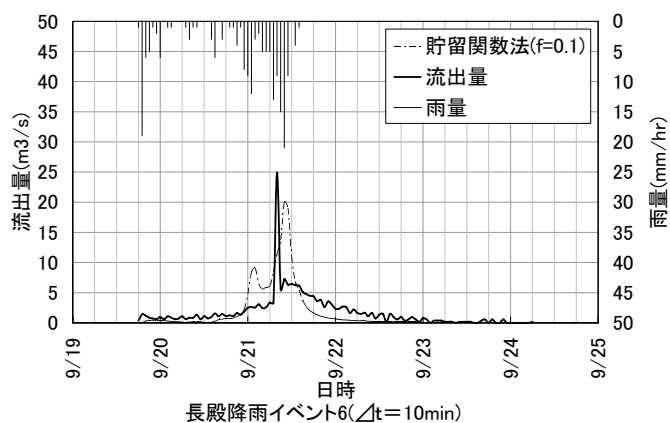


図-4 貯留関数法による洪水波形再現の例(長殿)

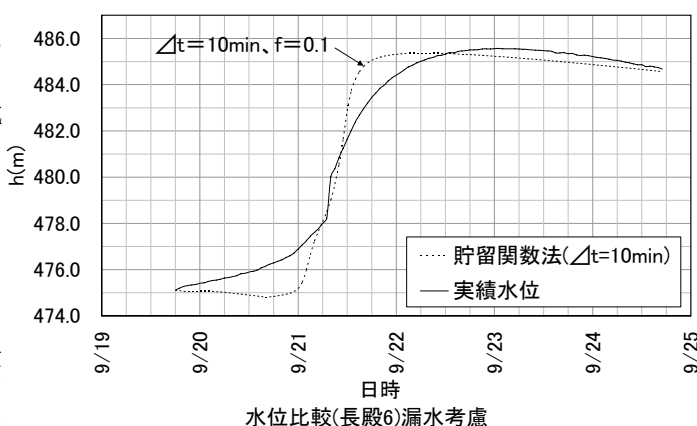


図-5 貯留関数法による水位再現の例(長殿)

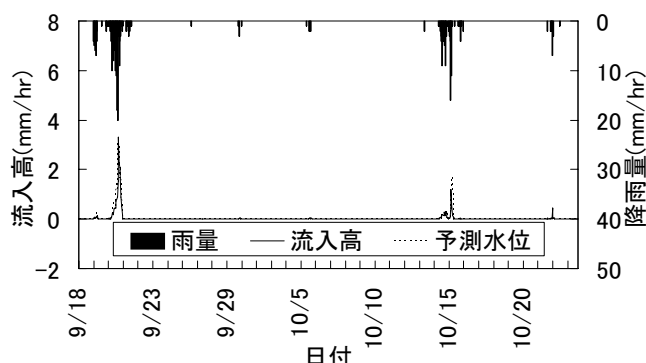


図-6 NNによる洪水予測の例(北股)

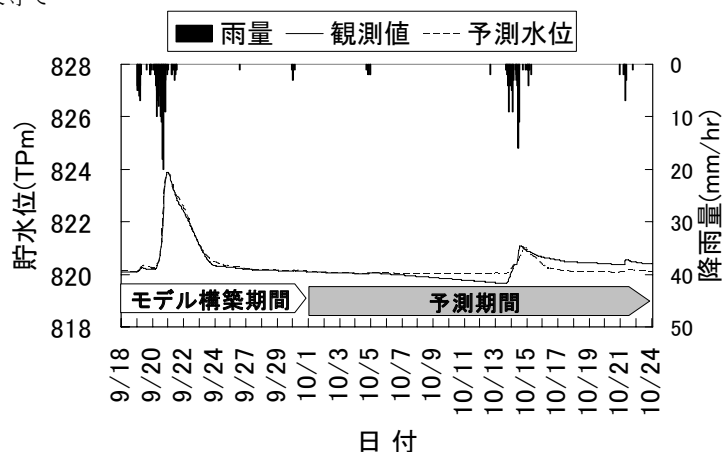


図-7 NNモデルの検証例(北股)