

天然ダム堤体の浸透特性の経年変化と水収支

株式会社 エイト日本技術開発

○只熊典子・海原荘一

国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター

木下篤彦

国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所

古江智博

国土交通省国土技術政策総合研究所

山越隆雄

中央開発株式会社

東原 純・加藤智久

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) という記録的豪雨により, 深層崩壊と天然ダムが多数発生し, 甚大な被害が生じた。それらの天然ダムのうち災害後にも湛水池が残存している箇所については紀伊山系砂防事務所でその対策が進められてきたが, その後の台風等により何度も越流・侵食が生じている箇所と, 2011 年以降 2021 年 3 月時点でも越流を一度も経験していない箇所がある。

それらの天然ダムでは 2011 年の災害発生後から約 10 年という長期に亘り, 雨量や湛水池水位, 河道閉塞部のボーリング孔内水位などの水文観測や降雨イベント時の収支計算等が継続的に行われており, その観測期間内には連続雨量で 500mm を超えるような大規模な降雨イベントも含まれている。

天然ダム形成時における越流侵食の危険度の判断等に資するため, 1 つの検討事例として, これらの水文観測データを整理し, 天然ダムの満水・越流を左右する要因について検討した。

2. 検討対象および検討に用いたデータと検討方法

2.1 検討対象

本研究の検討対象は紀伊山系砂防管内の奈良県十津川村の栗平地区と長殿地区 (図 1) とした。

栗平地区の天然ダムについては, 天然ダム形成の翌年となる 2012 年の台風 4 号と 5 号で越流が生じ, 天然ダムの法尻部が侵食されたが, さらに台風 16 号により満水となり, その約 2 週間後にも台風 17 号が到来し, 越流水により下流法尻部分に顕著な侵食が生じた¹⁾。また, 翌年の 2013 年にも越流が生じた²⁾が, 暗渠排水により侵食の効果は軽減されていた。さらに 2014 年には台風 11 号により堤体が 17m も侵食されている³⁾。

長殿地区の天然ダムについては, 過去にあと 3m 程度のところまで水位上昇したことが 2 回あるが, 2011 年以降一度も越流は生じていない。

2.2 検討内容及び検討方法

天然ダムの水位変動の大小を左右する要因は複合的であると考えられ, 2 つの天然ダムを比較する上での要因としては①降雨特性, ②堤体の浸透特性, ③流出特性などが挙げられる。本稿では, それらについて 2 つの天然ダムの違いを分析した結果を報告する。

①については現地地の転倒ます雨量計で計測した雨量データで検討した。②については既存文献^{4,5)}の方法で求めた天然ダムの堤体の逆算透水係数等の経年変化を整理した。③についても②の逆算透水係数に基づく水収支計算方法^{4,5)}での算定結果を基に整理した。天然ダムの流入量算定の条件について以下に示す。

- ・長殿地区の検討対象期間は水収支算出期間である 2012 年(H24)から 2020 年(R2)までの 9 年間とした。
- ・栗平地区の検討対象期間は 2012 年(H24)から 2014 年(H26)台風 11 号による越流侵食崩壊までの 3 年間とした。
- ・水収支の算出に使用した透水係数は天然ダム上流流入量算出のための H-Q 曲線の適用水位範囲内で算出した。

なお, 天然ダムの流入量は雨量と比較しやすいように流域面積で除して単位を mm に換算している。

3. 検討結果

3.1 降雨特性

長殿地区と栗平地区の降雨特性を比較するため, 現地雨量計の観測結果から各年度の最大連続雨量を抽出した。また, 2012 年から 2018 年の最大連続雨量の平均値を算出し, 2 地区の比較を行った。

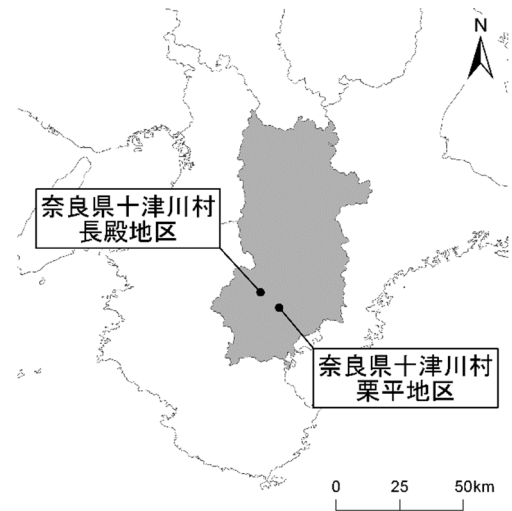


図 1 検討対象位置図

表 1 長殿地区と栗平地区の年最大連続雨量と平均値

年	長殿地区	栗平地区	比率
2012 (H24)	163.0	292.0	1.79
2013 (H25)	332.5	492.0	1.48
2014 (H26)	468.0	628.7	1.34
2015 (H27)	473.5	308.0	0.65
2016 (H28)	146.5	192.0	1.31
2017 (H29)	447.0	571.5	1.28
2018 (H30)	387.5	535.5	1.38
平均値	345.4	431.4	1.25

単位 : mm

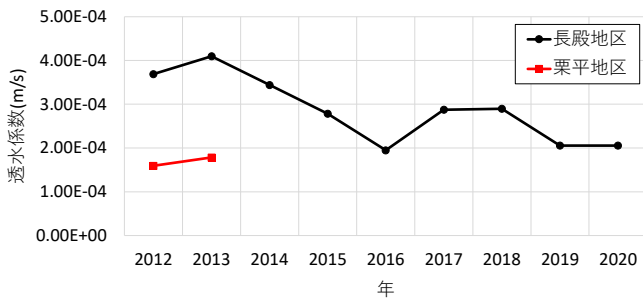


図2 長殿・栗平地区の天然ダムにおける年平均透水係数の推移(栗平地区は暗渠排水管の影響がある2014年度を除いて年平均透水係数を算出)

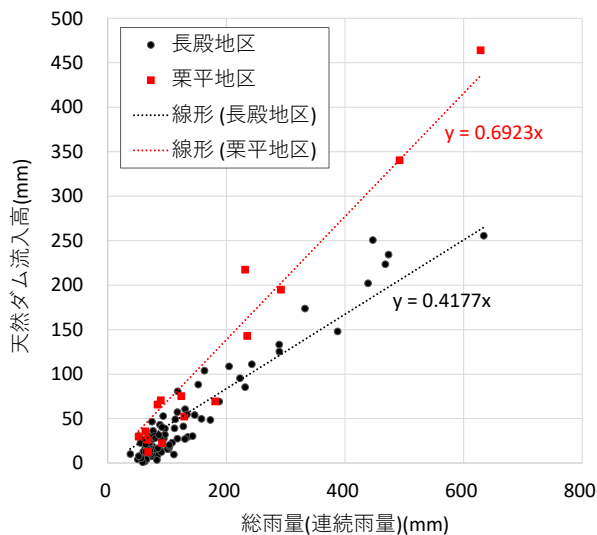


図3 長殿・栗平地区の総雨量と流入高の関係

抽出結果を表1に示す。比較すると年最大連続雨量の平均値で25%程度栗平地区の方が降雨量が多い傾向があった。

3.2 堤体の透水特性

漏水のしやすさは湛水池の空き容量の確保しやすさに関係することから、逆算透水係数を比較した。なお、透水係数はその精度の確保のため、天然ダム上流流入量調査結果から算出した上流流入量算出のための流量計測地点のH-Q曲線の適用水位範囲内で推定している。また、栗平地区は天然ダムの堤体ボーリング孔が流失した2014年の越流侵食発生以前のデータのみで比較した。

年ごとに算出した逆算透水係数は図2に示すように経年変化がみられる。なお、2012年に実施された長殿地区の地質調査における現地透水試験結果は $1.61 \times 10^{-6} \sim 7.33 \times 10^{-4} \text{m/s}$ であり、各年の長殿地区における年度平均透水係数はこの範囲の値を示している。

2つの天然ダムの逆算透水係数の比較の結果、長殿地区の方が年平均透水係数は大きい傾向となっている。また、長殿地区における年平均透水係数の経年変化としては、逆算透水係数が約10年で半分の値となっており、その原因としては湛水池内の土砂堆積が影響していると考えられる。

3.3 流出特性

過去の降雨イベントについて水収支計算を実施しており、その水収支算定結果から、天然ダム流入量と総

雨量の関係について長殿地区と栗平地区で比較した。

図3に長殿・栗平地区の総雨量と流入高の関係を示す。栗平地区の方が長殿地区に比べて約1.65倍程度天然ダムへの流入量が大きい傾向が認められた。

4. 検討結果のまとめ

満水・越流特性の異なる長殿・栗平地区の天然ダムを比較する上で要因になりうると思われる①降雨特性、②堤体の浸透特性、③流出特性について2つの天然ダムの違いを分析した。

①降雨特性については長殿・栗平地区の年最大平均雨量の年平均値はそれぞれ345.4mm、431.4mmであり、栗平地区の方が約1.25倍雨量が大きい。

②透水特性については長殿・栗平地区の年平均透水係数はそれぞれ $2.87 \times 10^{-4} \text{m/s}$ 、 $1.69 \times 10^{-4} \text{m/s}$ であり、年平均透水係数は6割程度栗平地区の方が小さく、漏水しにくい(水位低下しにくい)傾向がみられた。

③流出特性については長殿・栗平地区の連続雨量の中で天然ダム流入量が占める割合(イベント平均)はそれぞれ0.29、0.56であり、栗平地区の方が約1.93倍流域面積あたりの天然ダム流入量が大きい傾向となった。

上記①～③の分析結果より、全ての要因について、長殿地区より栗平地区の方が天然ダムの越流に対して不利となっており、このことは実際の栗平地区の越流頻度の多さと矛盾していない。天然ダムの水収支の要素のうち多くを占めるのは貯水増減量¹⁾であること、流域面積は長殿地区が約4.62km²、栗平地区は約8.95km²と栗平地区の方が2倍近く大きいことを考慮するとこの2つの天然ダムの越流を左右する最も大きな要因としては③流出特性であると考えられる。

今後は天然ダム上流流域面積と湛水池容量の比率や、天然ダム流入量と降雨イベント直前の天然ダム空き容量との関係等について検討する予定である。

参考文献

- 1) 桜井亘・梶原修・大山誠・水山高久・池田暁彦・西尾陽介・徳永博・太田敬一・大塚康之：平成24年9月台風17号による河道閉塞対策施設の被災について～CCTV画像を中心とした侵食過程の解析～、砂防学会誌、Vol.66, No.5, p.33-41, 2014.
- 2) 桜井亘・酒井良・岩田孝治：平成23年台風12号で発生した栗平地区天然ダムに設置した暗渠排水管の効果について：平成25年砂防学会研究発表会概要集、p.B-406-407, 2013.
- 3) 桜井亘・酒井良・奥山悠木・水山高久・池田暁彦・海原荘一・只熊典子・柏原佳明・吉野弘祐・小川内良人・龍見栄臣・島田徹：2014年8月台風11号時に河道閉塞で生じた侵食・土砂流出と対策への影響、砂防学会誌、Vol.68, No.6, p.4-13, 2016.
- 4) Soichi KAIHARA, Noriko TADAKUMA, Yasumasa FUJIWARA, Wataru SAKURAI, Makoto OYAMA, Ryo SAKAI : Landslide dam hydrological observation and hydrological balance calculation procedures, INTERPRAEVENT International Symposium 2014, 2014.
- 5) 秋山怜子, 藤村直樹, 石塚忠範, 内田太郎, 桜井亘, 酒井良, 海原荘一, 只熊典子 : 天然ダムの水位予測に漏水量が与える影響, 砂防学会誌, Vol.67, No.4, p.31-37, 2014.