

大渡ダム管理所の堰堤改良事業 森山地区地下水排除工の対策効果

大渡ダム管理所	管理第二係長	山本 新
大渡ダム管理所	建設専門官	重成 弘紀
大渡ダム管理所	管理第一係長	山本 裕也

平成26年台風12号・11号の豪雨により貯水池内の森山地区において急激な地すべり挙動が確認されたことから、大渡ダムの治水・利水機能を維持するため、平成28年より堰堤改良事業による排水トンネル工、集排水ボーリング工を施工した。本対策工は、変動時の変動要因分析結果より降雨による未湛水域の地下水位上昇を抑制し、平成26年と同等の豪雨時に変動Aとならないよう計画し、動態観測により対策効果の検証を行うこととしている。本論では、対策前後の観測データより対策効果を整理し、今後の対応方針を示した。

キーワード 堰堤改良事業，地すべり対策，集排水ボーリング工，排水トンネル工，動態観測

1. はじめに

大渡ダムは仁淀川水系仁淀川の河口から約66kmに位置し、仁淀川をより安全で有効に利用するために洪水調節、不特定かんがい等の補給、水道用水及び水力発電を目的とした多目的ダムとして、昭和43年に工事着手、昭和61年に完成し、昭和62年より管理を開始した重力式コンクリートダムである（図-1、写真-1）

大渡ダム周辺は地質的に地すべりや崩壊現象が多く発生する地帯であり、ダム建設前である昭和38年から地すべりに関する調査及び対策を実施してきたものの、現状においても未だ多くの地すべり地区を抱え、貯水位下降速度に制限を設けて運用している。

しかし、昨今の異常気象の多発を踏まえ、この運用制限の向上を図る取り組みとして、各地区のすべり面に設置式孔内傾斜計を埋設し、地すべりの変動要因に応じて、適切な対応を進めるための観測データの蓄積が進められている。このような中、大渡ダムの貯水池左岸側に位置する大尾地区及び森山地区では、平成26年の台風12号、11号により地すべりが活発化した。このうち、森山地区内は住家も多数存在するほか、国道33号も通過し、地すべりが急激に進行した場合、地区内の人命等に係わりとともに大渡ダムの治水・利水機能を大きく阻害する。よって、大渡ダムでは、平成26年時台風並みの豪雨でも地すべりが活動しないよう平成28年度より堰堤改良事業を進め、森山地区では排水トンネル工と集排水ボーリング工が完成している。

本論では、対策工の採用経緯を紹介する。そして、現状での対策効果を整理し、今後の貯水池運用の向上に向

けての取り組みを紹介する。



図-1 大渡ダム位置図



写真-1 大渡ダム

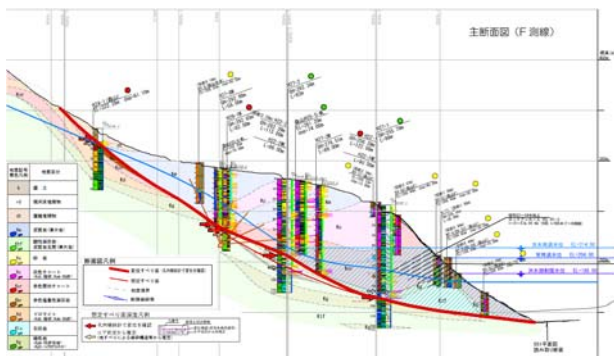
2. 森山地区における地すべり対策

森山地区は、幅470m、長さ440mで、すべり面は地表から80m～90mと深く、技術指針の規模区分では『超大』規

横に分類される（写真－2、図－2）森山地区の地すべり変動要因は、降雨に伴う地下水位の上昇が最も大きく（図－3）、貯水位下降に伴う残留間隙水圧による影響も見られている。森山地区、大尾地区では平成26年台風12号・11号の洪水時に「変動A」が観測されたことから、堰堤改良事業による地すべり対策工を実施している。なお、「堰堤改良事業」とは、ダム効果を継続的に発揮するため、ダム本体、放流設備、貯水池等の大規模な改良を行うことにより、ダムの機能の回復又は向上を図る事



写真－2 森山地区の地形状況



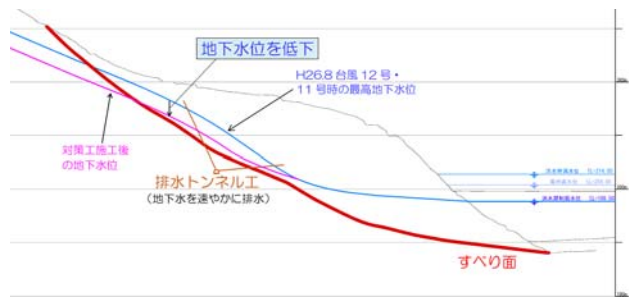
図－2 森山地区の地質断面図

業である。

(1) 森山地区における堰堤改良事業の目的

森山地区の地すべり変動要因は、過年度の観測結果等より降雨による地下水位の上昇が最も大きい要因と考えられ、対策工の全体計画として地下水排水工、排土工、深礎杭工が計画されている。しかし森山地区は超大規模の地すべりであるため、全てを実施するには規模が大き過ぎるため段階的に対策工を実施する計画である。変位すべり面の3次元モデルを作成し、平成26年台風12号、11号の変動A記録時の(Fs=0.95)の各観測孔の同時時間の地下水位、貯水位を用いた地下水面形によりすべり面の平均強度を逆算している。よって、安全率は、刻々と変化する地下水面の変化と関連付けられている。森山地区の計画安全率まで向上する全体計画は膨大であるため、堰堤改良事業では、変位速度が変動A(1.0mm/日)となる地下水面形に達しないように地下水位の上昇を抑制する、あるいはその上昇時間を短くすることで変位量を小

さくし、結果として変動Aに到達しないようにすることを目的として、地下水排水工として排水トンネル工及び排水トンネルに繋がる集排水ボーリング工を実施するこ



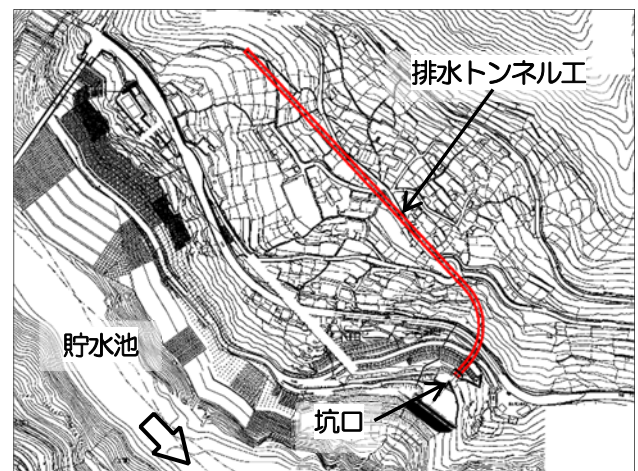
図－3 森山地区排水トンネル工の効果

ととした。

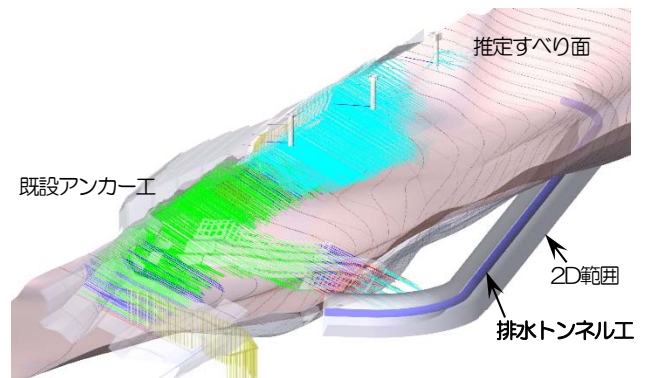
(2) 排水トンネル工、集排水ボーリング工の設計検討

a) 排水トンネル工の設置標高および線形

排水トンネル工は低い標高に設置するほど効果が大きいが、標高が低いと貯水位上昇時に水没するリスクが高くなることから、洪水時最高水位の標高214mの位置にトンネル坑口を施工することとした。また、本体工も地すべり区域外の推定すべり面よりも深い位置に施工することとし、最も深い推定すべり面からトンネル直径の2倍以上の距離を離隔する位置で集排水ボーリング長ができるだけ短くなるような配置とした。排水を自然流下させるため縦断勾配は0.3～1.5%とした。なお、排水トンネルの延長は443mである（図－5～図－6）。



図－4 森山地区排水トンネル工 平面図



図－5 排水トンネル工とすべり面、既設対策工の関係

b) トンネル断面および集排水ボーリング工の配置

トンネルの最小断面は、NATM採用による必要な掘削幅、施工機械の通行に必要なスペース及び集排水ボーリングの作業に必要なスペースを考慮して比較検討し、内空幅4.2m、内空高3.3m、上半半径2.1mを必要断面として決定した。

集排水ボーリング工は地下水位観測から想定した帯水層の高さを目安に、最高水位を貫いて5~10mかつ推定すべり面を貫いて10m以上となるような延長とした。地表部に近接する箇所では地表から10m以上の離隔を確保した(図-6)縦断方向配置については、概ね20m間隔毎に55箇所の集排水ボーリング工を配置した。

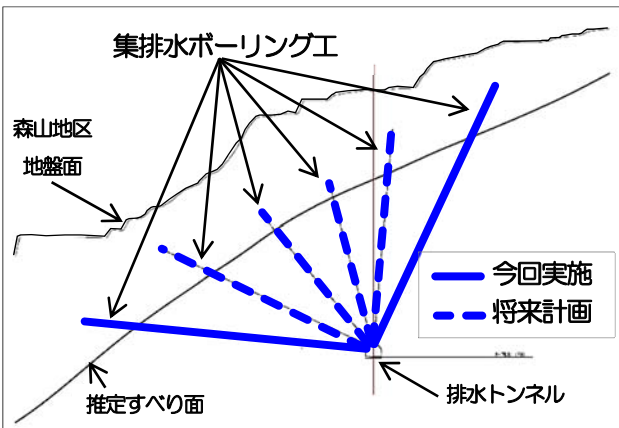


図-6 集排水ボーリング工 標準断面図

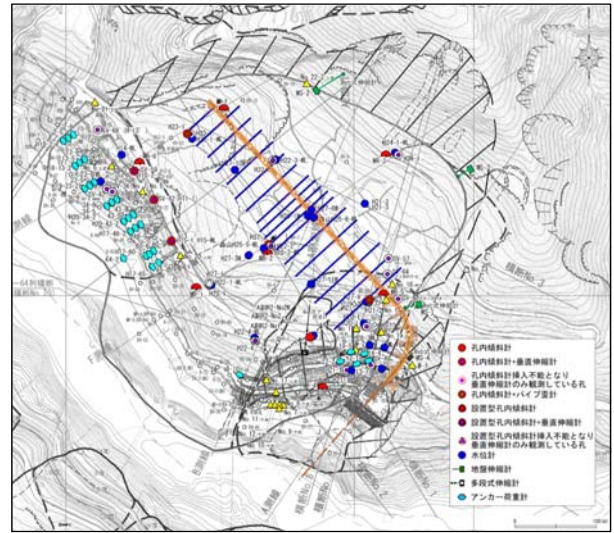


図-7 森山地区観測施設の位置図

3. 森山地区堰堤改良事業の対策効果の評価手法

一般に、排水トンネル工の地下水低下量は、すべり面を貫通する集排水ボーリング工の施工により-8m程度期待できるとされている。しかし、森山地区の地下水位観測孔の集排水ボーリング工施工前後での低下量は、-8m未満で、施工前後の地下水位の変化は施工後の観測期間が短いこともあり、観測結果を見ながら必要であれば、追加の対策を行うことを考えている。

また、森山地区の地すべり対策工では、計画安全率まで地すべりの安定度を向上させる全体計画の達成を目指すのではなく、対策工の目標は、豪雨時の未水没域の地下水位上昇の抑制、貯水池際の堰上げの抑制、および貯水水位下降時の地下水の残留の抑制を目的とする。よって、対策工前後の変位に着目し対策効果を確認した。

4. 地下水排除工の対策後の観測結果

令和2年5月の排水トンネル工の完成及び令和4年3月の集排水工の完成を跨ぐ観測結果を図-8に示す。

森山地区の変動要因を分析するための観測計器はすべり面に埋設した設置式孔内傾斜計等と、すべり面に作用する地下水変化を把握するストレナー区間を限定した

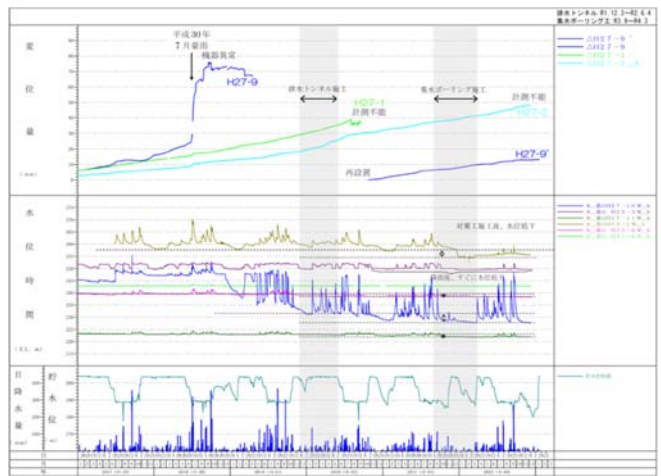


図-8 対策工施工前後の動態観測結果

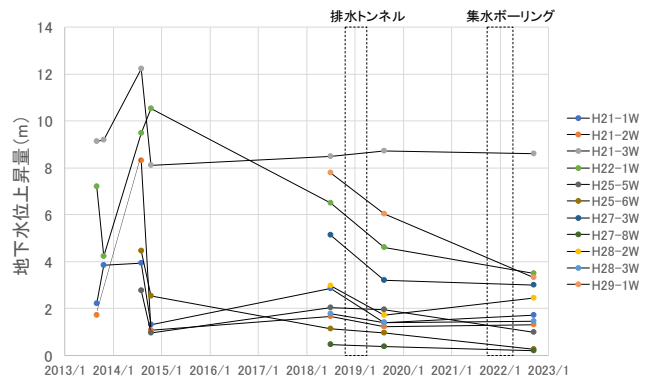


図-9 豪雨時における地下水位上昇量の変化

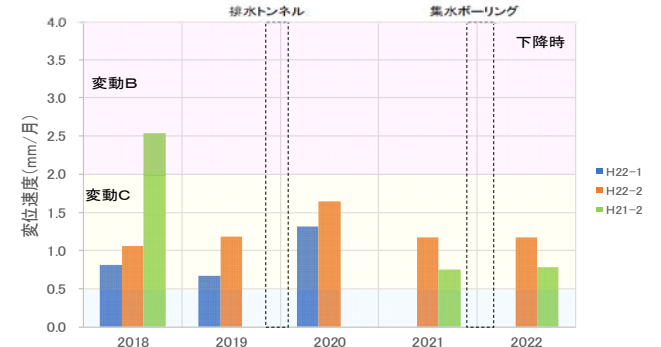


図-10 貯水位下降時の変位速度の経年変化

地下水位観測である。地すべり変位は、1枚の薄いせん断変位であり、変位の進行で5年程度で埋設計器の更新が必要となるが、対策工を跨いで計測が継続されている。非洪水期から洪水期への貯水位下降時の地すべり変位は、観測期間が短いこと、計測設備の不連続等のため現段階では対策効果は不明瞭である。

また、地下水観測孔においても現段階では明瞭でないが、連続雨量400mm以上の豪雨時において地下水位上昇が抑制されている傾向が見られる(図-9)。

集排水ボーリング工施工後の令和4年台風14号時には、集排水ボーリングから多量の地下水が排水されている状況が確認され(写真-3)、その際に排水トンネルからは、25mプールで9.6杯/日の排水量が計測されている(図-11)

5. おわりに

令和4年台風14号時に集排水孔からの多量の地下水排除を確認し、急激な地すべり変位の増加は認められていない。よって、排水トンネル工は豪雨時の未湛水域で地下水位上昇を抑制する機能は有しているものと考えられる。しかし、対策工が完了後の地下水位観測では、一般に排水トンネル工で期待される-8mの水位低下は認められない。また、平成26年と同程度の豪雨は経験していないため、森山地区で変位速度が変動Aを超える地下水面形の出現を抑制できているかは明らかでない。よって、森山地区の地下水位抑制工の効果は、今後の豪雨、貯水位変動時の動態観測での変位速度により評価することとし、豪雨時の地下水面形の上昇の抑制効果が低い場合や変動Aが出現する場合、排水トンネルからの集排水ボーリングを増工する等の追加対策の実施を考えている。

一方、大渡ダムの治水機能を発揮するためには、制限を設けている貯水位下降速度を速める必要があるが、森山地区を含む貯水池に点在する地すべりに下降速度が早まることにより残留間隙水圧が大きくなり、これまでの運用より地すべりに悪影響を及ぼす懸念がある。今後、動態観測等より選定した地区において地下水面形の変化をとらえる最適箇所地下水観測孔等を埋設し、保全対象に明瞭な影響が生じない範囲を観測データにより明らかとする。そして、必要な対策工の施工と明らかとしたこれまでの運用より地すべりに悪影響をかけない範囲で早期に実現可能な貯水位下降速度の向上を図ることを考えている(図-12)

参考文献

1. 地すべり防止技術指針(国土交通省 砂防部) 2008.1



写真-3 集排水ボーリングからの排水状況

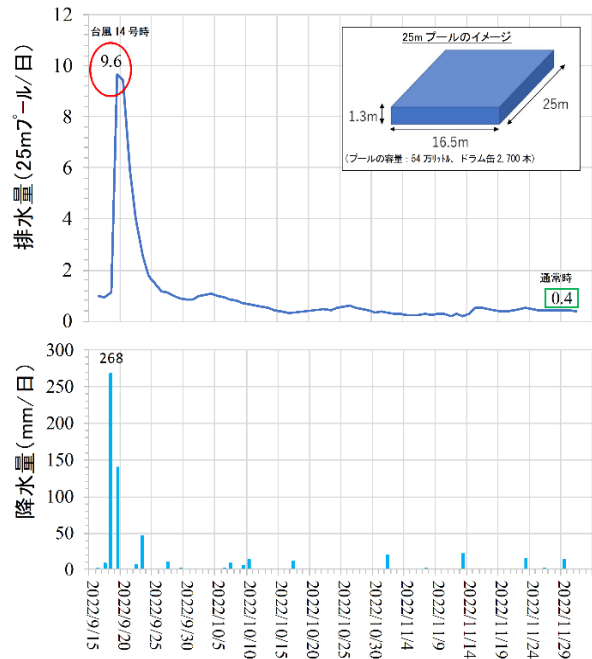


図-11 排水トンネル工からの排水量

年度	R0 2018	R1 2019	R2 2020	R3 2021	R4 2022	R5 2023	R6 2024	R7 2025	R8 2026
森山地区									
排水トンネル工	→								
集排水ボーリング工			→						
地すべりアンカー工					→				
効果検証	→								
国総研・土研 技術指針訂合せ						■技術指針 実業化スタート	■技術指針 (2024年度)	■技術指針 (2025年度)	
貯水池斜面検討委員会						■キックオフ	■報告・審議	■報告・審議	

図-12 運用向上に向けた工程(案)

運用向上
のめり
運用開始