

2023 年度関西土木工学交流発表会

第VI部門

千苅ダムで生じた揚圧力の要因分析と維持管理計画の立案について

八千代エンジニアリング（株） 九州支店 正会員 ○坂元 寿幸
八千代エンジニアリング（株） 大阪支店 非会員 鷺見 浩司

1. はじめに

千苅^{せんがり}ダムは、大正8年（1919年）に二級河川・武庫川水系羽束川で建設された重力式コンクリートダム（堤高442m、粗石モルタル積）であり、白亜紀火砕流堆積物をダム基礎岩盤とする。ダム底盤の揚圧力への対応のため、千苅ダムではこれまでに地下水観測孔やドレーン孔の設置、揚圧力測定、二次元安定解析等の調査・解析を実施しており、本論ではそれらの取組みや今後の管理方針を述べる。

2. 経緯と背景

千苅ダムでは、昭和60年頃から、複数年かけてダムの維持管理のための調査・解析が行われた。

初期の調査では、地下水観測孔の設置、揚圧力測定により、堤体下に高揚圧力が生じていることが確認された。その対策として、ドレーン孔を新設した結果、二次元安定解析（転倒条件、満水時・地震時のケース）により、ダム上流端に引張鉛直応力が発生しないことを確認し、ダム堤体の安定性に問題が無いと評価した。

しかしながら、後期の調査（本論）において、揚圧力の再上昇が確認されたため、以下に示す追加の調査・解析を実施した。

その結果、T-14の高揚圧力の要因は、ダム堤体の漏水によるものではなく、貯水池の水が破碎帯周辺に卓越した割れ目を浸透経路として、ダム下流へ漏水しているためと評価した。

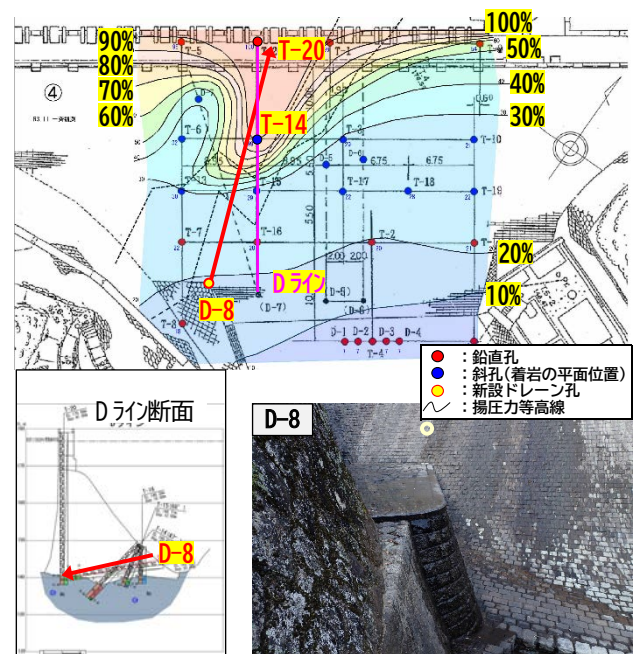


図-1 揚圧力分布図とドレーン孔位置図

3. 揚圧力の把握調査

揚圧力の把握調査は、水位の一斉測水、被圧水水頭計測を実施した。

揚圧力測定の結果を整理し、ダム底盤の揚圧力分布を把握した。過年度（前半の調査）と比較すると、揚圧力は全体には低下したが、ダム軸沿いの観測孔やT-14の被圧水頭は貯水位と同等（揚圧力係数99%）と非常に高く、ダム安定上の解決すべき課題（上流端に引張応力発生）となった。

測定した揚圧力をもとに、二次元安定解析（転倒条件、満水時・地震時のケース）を実施した結果、地震時にダム上流端で引張鉛直応力が発生した。

4. 揚圧力の要因分析

高揚圧力の要因分析は孔内カメラ撮影、水質分析、露頭確認、ボーリングコア観察を実施した。

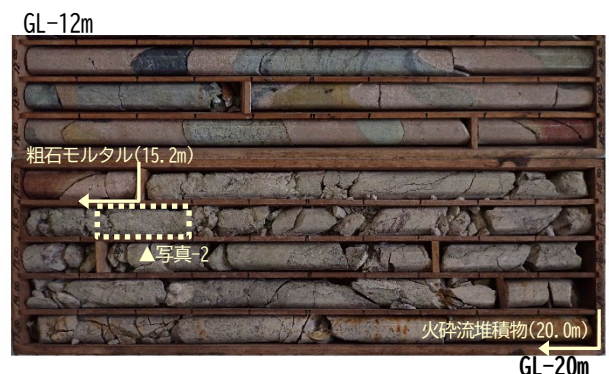


写真-1 T-14孔のボーリングコア写真
(GL-12~20m)



写真-2 T-14 孔のボーリングコア接写
(GL-16.2~16.3m)

5. 揚圧力の低減対策と効果確認

揚圧力低減のため、ドレーン孔 (D-8) を新設した。ドレーン孔は、T-20 と T-14 の間の高揚圧力を狙って、極力目立たない場所に配置した (図-1 参照)

- D-8 を掘削した結果、岩着部の分離は認められなかった。また、ダム基礎岩盤に着岩した後に、岩盤の割れ目から湧水の発生を確認した。
- 天端観測孔である T-20 の揚圧力を低下 (揚圧力係数 98.9%⇒51.7%) することができた。
- 二次元安定解析 (転倒条件) を実施した結果、満水時常時、満水時地震時のいずれにおいてもダム上流端に引張鉛直応力は発生しない。
- なお T-14 の揚圧力が低減しなかった要因は、基礎岩盤にある破碎帯が熱水変質によって粘土化しており、遮水層として機能しているためと考えられる。D-8 は破碎帯より上盤側の地下水を排水しており、破碎帯より上盤側の地下水を観測している T-20 の揚圧力を低下させた。一方、破碎帯より下盤側の地下水を観測している T-14 は、粘性土が遮水層となり揚圧力が低減しなかった。

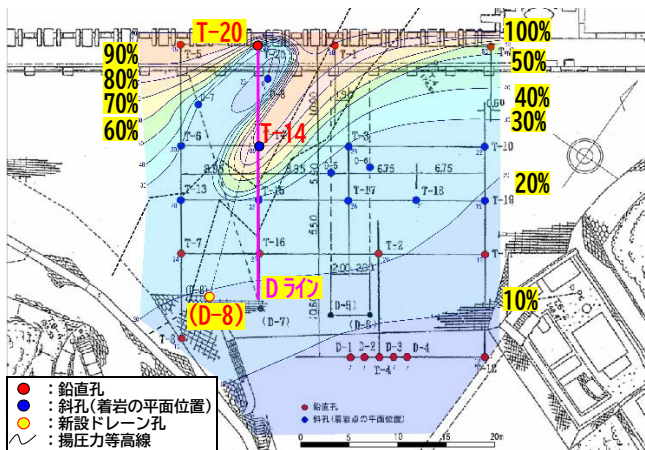


図-2 ドレーン孔新設による揚圧力の低減結果

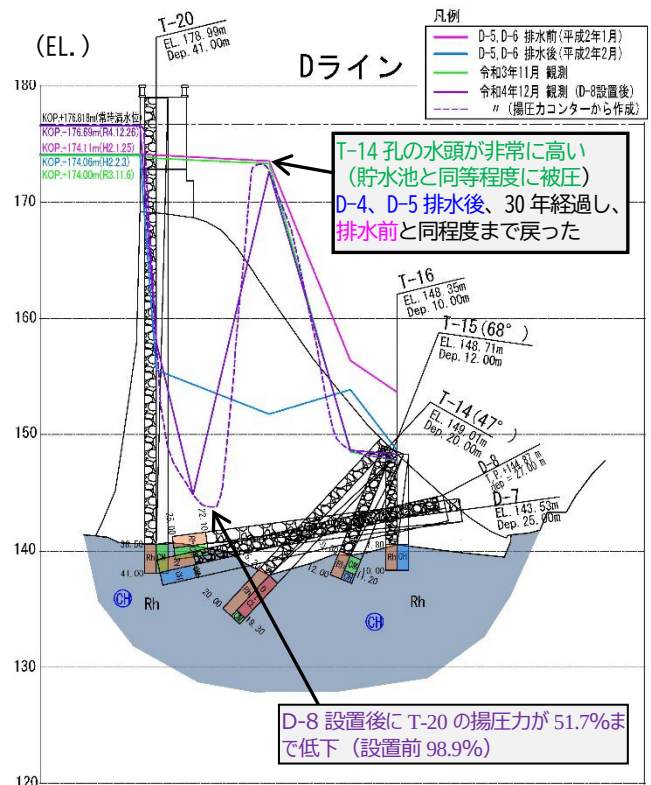


図-3 Dラインの陽圧力測定結果

6. 今後の維持管理方針

過年度設置したドレーン孔は、経年変化で目詰まりが生じ、揚圧力が再上昇している。そのため、既設観測孔を対象に、維持管理を目的とした揚圧力測定を計画した。

この維持管理計画では、T-20 の水位上昇が観測された場合、全孔を対象とした一斉観測を行うことで全体の揚圧力を把握するとともに、安定検討、既設ドレーン孔の孔内洗浄、対策検討 (追加ドレーン、グラウト等) を実施することとした。

T-20 の揚圧力がどこまで上昇すれば、再度堤体が不安定化するかを検討した。安全側の評価となるよう、T-14 の揚圧力を 100% と仮定した場合、T-20 と D-8 の揚圧力が同時に 71% 以上 (約 4m) 上昇した場合に、引張鉛直応力が再発生する結果となった。

7. まとめ

本論では、ダム下流面はドレーン孔を設置可能な箇所が限られていたため、揚圧力分布図をもとに、排水する上でより最適な場所を選定した。その結果、限定的ではあるが、D-8 のドレーン孔の効果で T-20 の揚圧力が低減し、ダムの堤体安定性の向上に寄与することができた。