

3.2 被圧湧水の排水処理に関する検討

研究年度：平成30年度

研究分野：ダム改造・再開発に関する調査研究

調査研究名：試験湛水により明らかとなった被圧湧水の排水処理について

研究者：美濃部博、樋口俊光*、杉本達也

【要約】

ダムは治水や利水を目的として大量の水を貯留する施設であり、ダムが破損した場合の影響は計り知れないものがある。そこで、ダムの本格的運用に移行する前に、試験湛水を行い、その安全性を十分に確認する必要がある。

当該ダムは、堤高 77.5m、堤頂長 202.3m の重力式コンクリートダムである。試験湛水を実施し常時満水位を迎えたところで横継目からの漏水量が貯水位変動によるもの以上に増加したため、その原因と対応策を検討した。

堤体の安全性については問題とはならないことが確認できたが、今後の経過状況によっては揚圧力の増加に繋がる要因となるため、下流面の堤趾部から横継目ジョイントドレーンの設置を行うこととした。

【キーワード】

試験湛水、漏水量、被圧湧水、継目排水、ジョイントドレーン

【背景・目的】

ダムの安全管理では、漏水量、揚圧力、変形量の計測結果の判定は、試験湛水時の計測値を基に、以降は、試験湛水時と同様な状態が安定して継続するのか、あるいは、さらにより安全な状態へと移行しつつあるのかを確認することが基本となる。他の土木構造物のように一律に安全管理の目安となる基準値が決められているものではない。

今回、当該ダムの試験湛水を行うにあたり、漏水量の増加が確認されたため、過去の事例も含めて漏水の経路の特定や対応策について考察する。

【研究内容】

(1) ダムの止水処理状況と断層

当該ダムの基礎掘削時の湧水発生状況を図-1 に示す。

左岸では、湧水は発生していないが、7BL~11BL で湧水が確認されており、7BL~9BL は湧水量が一箇所あたり 1L/min 以上と多く、鋼管を立ち上げて湧水水頭と打設面が同じとなったところで閉塞した。また、10BL は窠場を設けて周辺を打設し、窠場の水をくみ出して手早くコンクリートでプラグを行った。

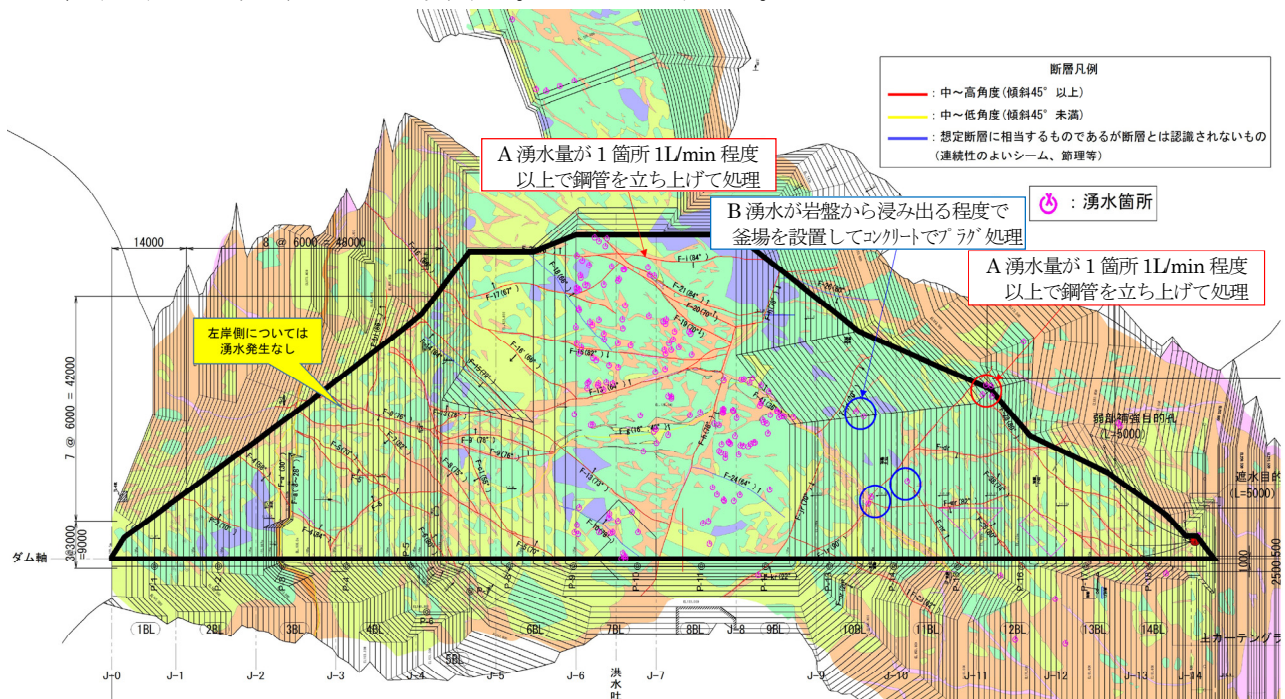


図-1 湧水発生位置図

(2) 試験湛水の状況

平成30年12月3日に試験湛水を開始し、12月15日には最低水位を超えて平成31年2月7日には常時満水位に到達した。

堤内仮排水路が堤体非常用洪水吐きの越流部下部(8BL)に配置されていることから、閉塞作業の安全性を確保するため、閉塞コンクリートの施工を終えるまでは常時満水位を維持した。閉塞作業が完了し、2月21日から水位上昇を再開した。3月20日にはサーチャージ水位に到達し、その後貯水位を下降させている。

(3) 継目排水管からの漏水量の増加

常時満水位に達した後、堤内仮排水路の本プラグを打設するため、排水路内に発生していた漏水を排水するための漏水処理管を閉栓した(2月16日)。

閉栓によって継目排水管(J6~J9)からの漏水量が増加した。これは被圧地下水が漏水処理管を出口として排水されていたものが行き場を失って継目排水孔から排出されたものと推測されたが、基礎岩盤を通じての漏水の可能性もあるため経路の究明が必要と判断した。

一方、8BLの間隙水圧計や基礎排水孔の揚圧力計測結果から、現状では、この漏水は揚圧力には影響を及ぼしていない。

(4) 漏水経路の推定

① 水質調査結果

堤内仮排水路の漏水の起源を特定するため、水質調査を実施した(図-3)。

継目排水(J9)や基礎排水(10B-3)は、イオン成分が多く水温が高い被圧湧水を由来とした漏水と思われる。

一方、継目排水(J10)は、水温が低く、水質ではイオン成分が少ないことから、上流の貯水池水が止水板を回り込んできたものが主体となっていると思われるが、引き続き経過を注視する必要がある。

② 施工状況の確認

試験湛水を開始して4日後に堤内仮排水路に漏水が発生したと漏水処理管を閉栓すると、上流側の継目排水管(J6~J9)からの排水量が増加したため、堤内仮排水路の施工状況(写真-1)を確認した。

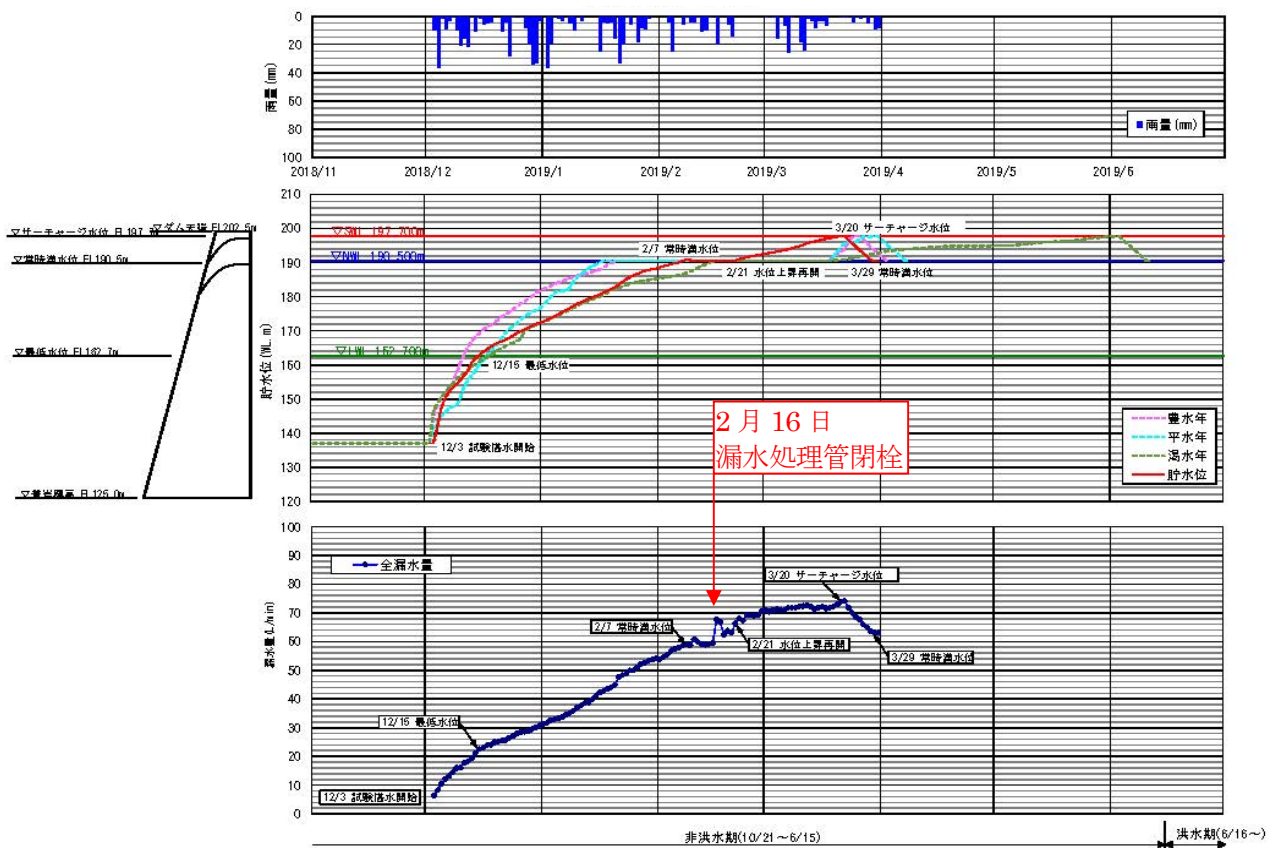


図-2 試験湛水の状況

当該ダムでは、レイアウト等の都合で、堤内仮排水路が8BLの中央ではなくJ7から4mの位置に配置されていること、プレキャスト部材の下盤に施工した高流動コンクリートの流動抑制用のエキスパンドメタルが横継目に近い位置に設置されていることが確認された。

このことから、被圧湧水は横継目からエキスパンドメタル沿いの隙間を通り堤内仮排水路の湧水処理管から排出されていたものが、閉栓によって横継目から継目排水管に回り込んだものと考えられる。

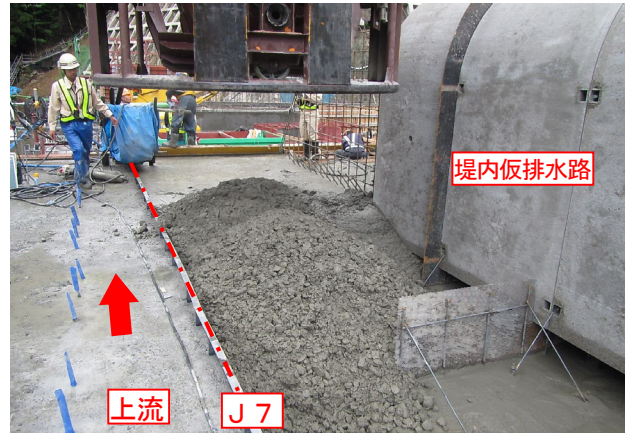


写真-1 堤内仮排水路施工状況

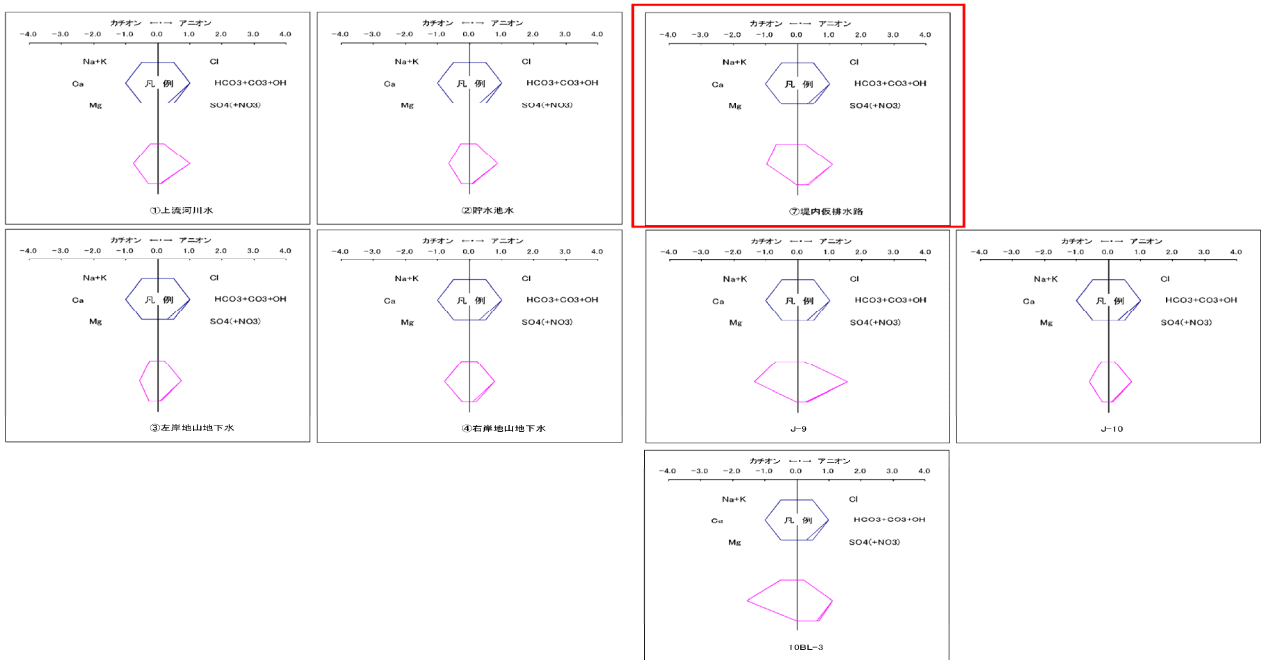


図-3 水質調査結果(ヘキサダイアグラム)

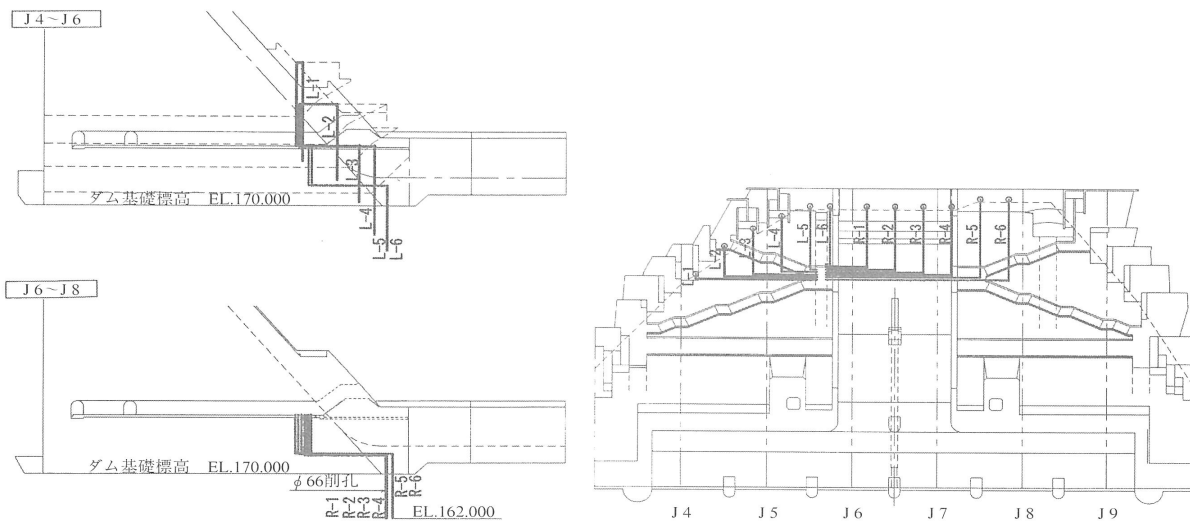


図-4 下流浸透流孔配置図(石井ダム)

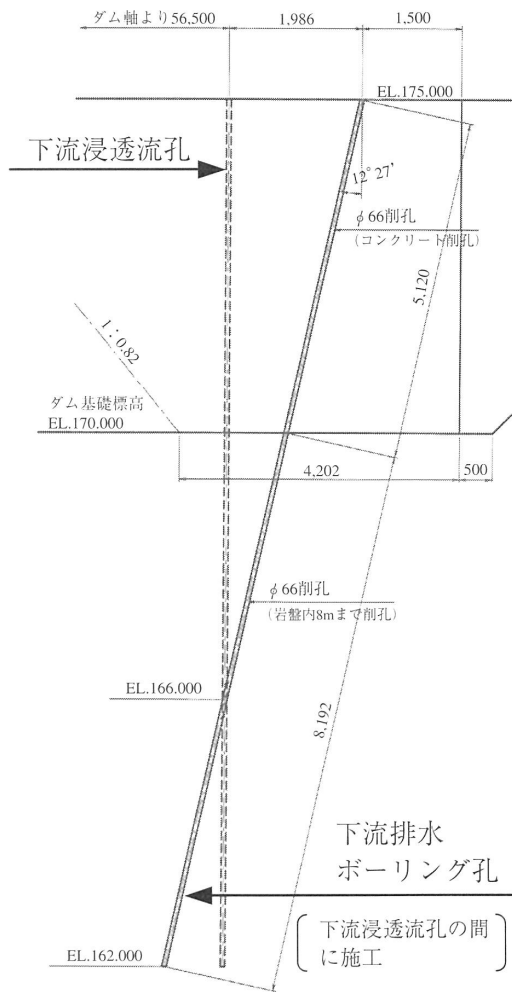


図-5 下流排水ボーリング孔配置断面図

(5) 先行事例の状況と対応策

完成しているダムにおいても、同様に被圧地下水が堤体内に漏水として発生している事例がある。

①兵庫県の石井ダムでは、調査時点から、被圧湧水が下流への漏水や堤体に作用する揚圧力に悪影響を及ぼすことが課題となっており、浸透流の観測および揚圧力の抑制を目的に、堤趾付近に下流浸透流孔（排水ドレーン）を設置している（図-4 参照）。

試験湛水中には、1孔あたり 100L/min を観測するなど、揚圧力や漏水量が大きいことが確認された。この観測値を考慮しても基礎岩盤および堤体の安全性には問題はないことを確認した上で、排水能力を増強するため、図-5 の排水孔を追加し、結果として揚圧力を水頭換算で 10m 低下させるなど、更なる安全性を確保している。

②島根県の第二浜田ダムでは、試験湛水時に

i) 継目排水孔(J7)から最大 31L/min の漏水量を計測、ii) 左岸下流地山から湧水および堤体下流面横継目 (J2,3,5,6,9) から漏水が発生、iii) 4~9 BL にかけて設計揚圧力を上回る揚圧力水頭を観測するなど課題が発生した。

これに対して、漏水の起源を特定するため、水質調査を行い、「貯水池・流入河川型」、「地下水・湧水型」、「基礎排水孔・継目排水孔型」の3タイプに分けて分析している。また、トレーサー試験や地下水位観測結果をもとに、貯水位上昇に伴う圧力伝播により堤体下流基礎地盤の地下水が押し上げられ、横継目内に湧出していると判断されている。

第二浜田ダムの対応策は、ブロックの横継目にジョイントドレーンを設置している（図-6 参照）。その効果は、若干ではあるが揚圧力の低減効が確認されていることと下流面からの漏水が消滅し景観面が改善されている。

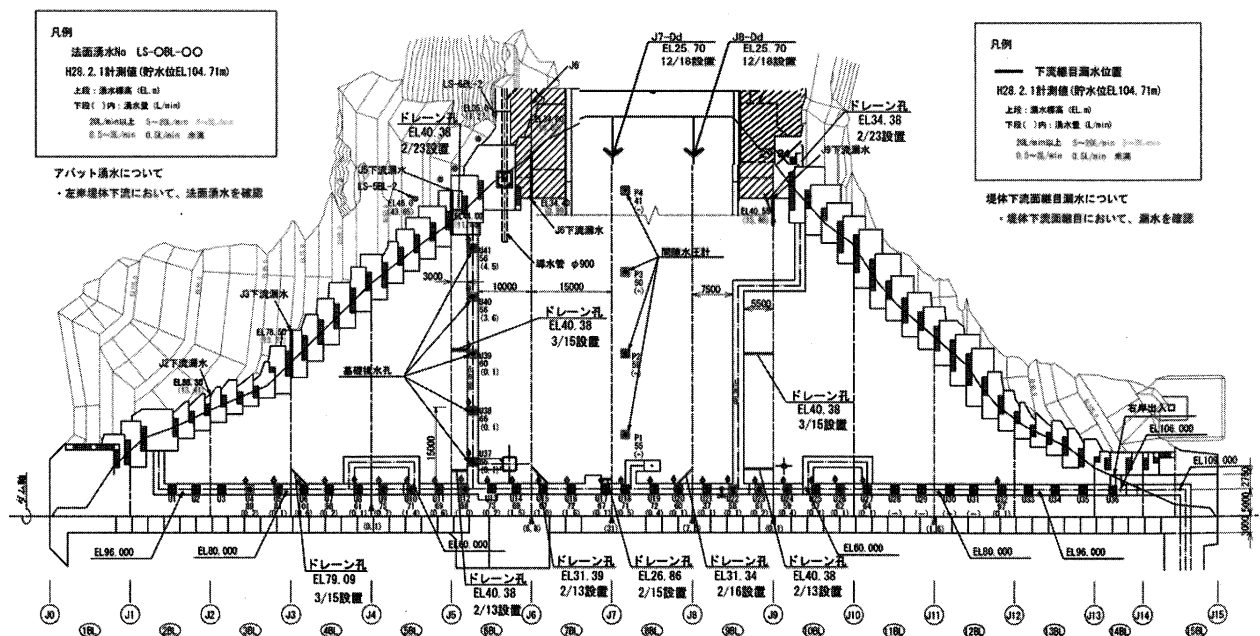


図-6 ジョイントドレーン配置図(第二浜田ダム)

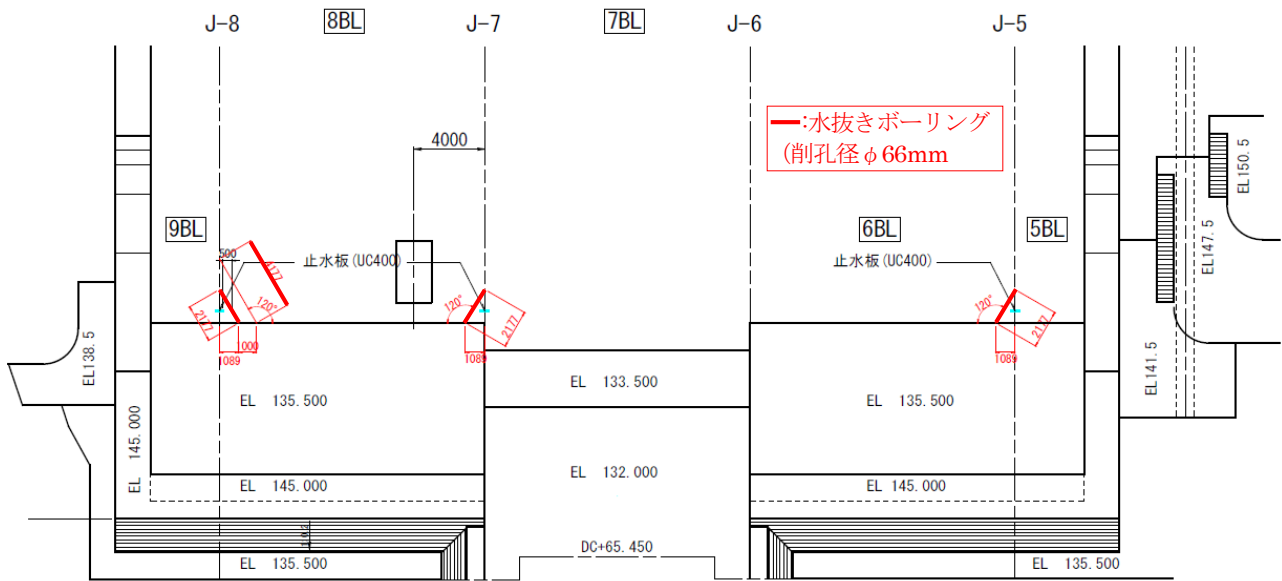


図-7 ジョイントドレーン配置図

(6) 当該ダムの対応策

上記の先行事例では、堤敷内に難透水なゾーンが存在し浸透水をせき止める状態となり、元々被圧されている地下水を貯水位上昇に伴って押し上げられて揚圧力が上昇したと判断されている。

当該ダムでは、先行事例のように揚圧力の上昇は見られなかったが、漏水経路を閉塞し逃げ道を閉ざしてしまうと揚圧力の上昇を招き堤体の安定性を下げる要因となることが考えられるため、下流面の堤趾部から横継目にジョイントドレーンを設置 (J5,J7,J8) し、排水に努めることとしている。

【結果とりまとめ】

本年度の研究の結果、以下の成果が得られた。

当該ダムの場合は、堤内仮排水路の漏水現象から、河床部の被圧湧水が横継目を経路として、漏水していると推定される。

漏水処理管の閉栓により継目排水管 (J-6~J-9) からの漏水量が増加したことから分かるように、漏水処理管を閉栓すると、被圧湧水は継目排水管からの漏水として、貯水池から止水板を迂回してきた漏水と区別されることなく計測され、管理されることになる。

継目排水管の機能は本来、水平打継面や止水板の施工不良等を主な原因として、堤体上流面からの侵入する貯水池水を排水し、その量の変化の状況を監視するものである (河内川ダムでは、J-10 の漏水)。

河内川ダムの漏水は、下記の3つパターンに区分されることから、今後のダムの安全管理 (第二期：

ダムの挙動が安定したと確認できるまでの期間) においても、それぞれの漏水の経年変化を監視していくことが重要と考える。

- ①継目排水孔からの漏水 (堤体上流面から横継目を通じての漏水)
- ②基礎排水孔からの漏水 (基礎岩盤を通じての漏水)、
- ③止水ラインより下流での元々の湧水に起因する漏水

③は別系統 (漏水処理管、あるいは、ジョイントドレーン) として、漏水量の管理をしていくのが理想的である。

①と③を併せて、継目排水管からの漏水量として、管理していく場合には、貯水位と漏水量の関係や水温・水質の特徴等から、被圧湧水を主とした漏水か、堤体上流面からの侵入水を主とした漏水かを、見極めながら管理していくことが大切である。

【今後の課題】

今後の課題として、以下のことが考えられる。

一般に、堤内仮排水路は、放流設備等との位置関係でやむを得ない場合を除き、施工性と構造上の安定性の面からブロックの中央に配置して、水路壁面とジョイントとの幅を確保することとしている。当該ダムの場合は、レイアウト等の都合で堤内仮排水路が右側に片寄り、ジョイント (J-7) に近接している。このため、コンクリート施工幅が狭い箇所での流動コンクリート施工のためにエキスパンドメタルを設置するなど、施工上の工夫が施されている。しかしながら、このような施工上の工夫による複雑さ

が、一部コンクリートの水密性に影響し、今回の漏水の要因を生み出した可能性も否定できない。施工性の確保が、結果的には、構造物の品質向上に繋がることを、設計段階に置いても十分配慮すべきである。

【参考文献】

- (1) 竹中修平、中田和秀：石井ダム河床部高透水ゾーンにおける浸透流抑制対策,ダム技術,No.266 pp.120～132,(2008.11)
- (2) 藤原敏弘：第二浜田ダム試験湛水報告,ダム技術,No.371 pp.45～63,(2017.08)