

大滝ダム試験湛水堤体継目漏水への対応

小林 秀禎¹・久内 伸夫²

¹近畿地方整備局 紀の川ダム統合管理事務所 管理課 (〒637-0002奈良県五條市三在町1681)

²近畿地方整備局 紀の川ダム統合管理事務所 管理課 (〒637-0002奈良県五條市三在町1681)

大滝ダムは、伊勢湾台風（1959年）により、紀の川沿川地域において甚大な被害が発生したために計画された。ダム本体及び周辺工事の完成を受けて、2003年度に試験湛水を実施したが、貯水池内斜面に亀裂が確認され、試験湛水を中断してその対策を実施した。2011年11月に地すべり対策工事が完了したことから、2011年12月より再度試験湛水を実施し、ダム本体、基礎地盤及び貯水池周辺斜面の安全性を確認中である。

本稿では、前回の試験湛水中に確認された堤体継目排水孔からの漏水について、今回試験湛水での対応状況の報告を行う。

キーワード 大滝ダム、試験湛水、堤体継目漏水

1. 大滝ダムの概要

大滝ダムは、伊勢湾台風（1959年）により紀の川沿川が甚大な被害を受けたことを契機として計画・建設された。本ダムは、紀の川下流の洪水調節、水道用水・工業用水の安定的な供給、関西電力による発電、流水の正常な機能の維持の大きく4つの目的を持った多目的ダムである。1965年4月に建設事業に着手し、本体コンクリート打設は2002年8月に完了している。その後2003年3月より試験湛水を開始したところ、同年4月に白屋地区の斜面において亀裂が確認され、試験湛水を中断した。調査の結果、亀裂現象はダム湛水が原因の地すべり現象であることが明らかとなったことから、地すべり対策工として押え盛土工及び鋼管杭工等を実施した。白屋地区以外の貯水池斜面についても、白屋地区の特性を踏まえた詳細な地形・地質調査を実施し、貯水池斜面の再評価を行った。その結果、大滝地区及び迫地区の2箇所は貯水を行った場合、貯水前後の安全率の低下の度合いが5%以上となるため、地すべり対策工を実施した。大滝地区では押え盛土工及び鋼管杭工を、迫地区では押え盛土工及びアンカー工を実施した。2011年11月に貯水池内の地すべり対策工事が完了し、同年12月15日より試験湛水を開始した。

2. 試験湛水計画

今回の試験湛水計画では、前回の試験湛水の経験を踏まえ、いくつかの変更を取り入れた。まず「斜面安全性」に配慮した湛水計画とした。具体には前回水位上昇に制

限を設けなかったが、今回水位上昇速度に一定の制限を設けた。次に水位上昇制限や流況による水位上昇長期化への対応策として、上流の大迫ダムに応援放流を要請する計画とした。また、試験湛水中断後の2011年台風12号の出水により、EL.286mまで水位上昇下降を経験していることから、湛水速度を「未経験水位」と「経験水位」に区別し、上昇下降速度については、他ダムの事例を参考として、以下の速度とした。

経験水位(EL.286m以下)・・・上昇速度：制限なし、下降速度：1.0m/日

未経験水位(EL.286m超)・・・上昇速度：1.0m/日、下降速度：1.0m/日

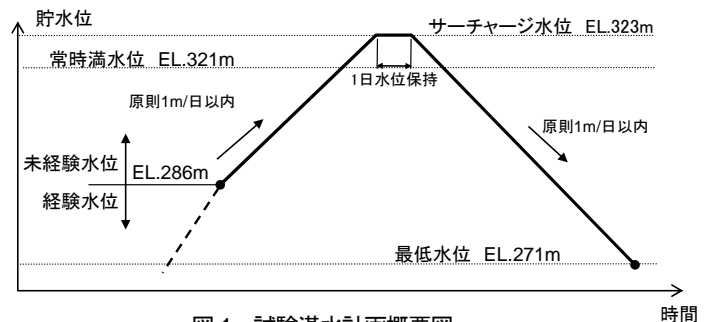


図-1 試験湛水計画概要図

3. 計測計画および貯水位操作

試験湛水中は、堤体および地すべり等について計測、調査、巡視を実施し、計測の結果、基本設計会議で確認した管理基準値と照らし合わせて異常がある場合には、「通常体制→注意体制→警戒体制」へと監視体制を移行し、試験湛水継続の可否について判断する。堤体及び斜面の

監視は委託業者により毎日実施し、計測結果について、事務所職員が確認の上、関係各機関へ日報、週報により報告している。試験湛水中は職員が24時間監視を行っている。

貯水位上昇速度、下降速度の監視について、普段担当ではない職員もおり、判断基準の統一化から、試験湛水中の対応マニュアルを作成し、事務所全職員に配布し、平日昼間は支所職員、平日夜間及び休・祭日は事務所職員全員が当番制により実施している。

4. 現在までの試験湛水実施状況

(1) 貯水位の上昇及び下降

2011年12月15日、EL. 286mより開始した試験湛水は、上流の大迫ダムより一部放流支援を受け、2012年3月30日にサーチャージ水位EL. 323mに到達した。その後4月2日より水位降下を開始、2012年5月29日9時現在貯水位はEL. 292.96mである。

(2) 試験湛水中のダム堤体の挙動について

堤体観測項目については一部漏水量、基礎排水孔揚圧力が大きいことから、現在注意体制をとり、注意深く監視しつつ試験湛水を継続している。

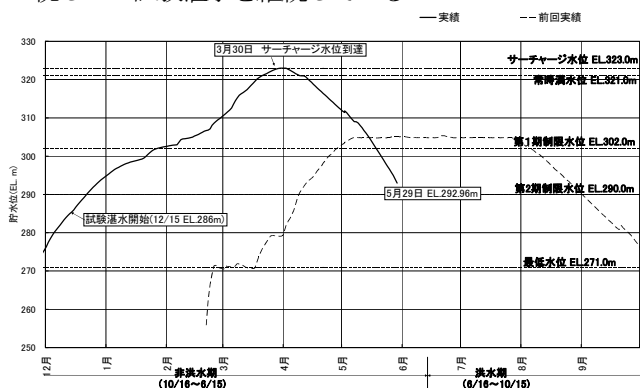


図-2 試験湛水実施状況

(3) 試験湛水中の貯水池斜面の挙動について

貯水池斜面については日々細かな動きや肌落ち現象はあるが、現在まで特に顕著な変動は見られない。注意して水位降下時の監視を実施している。

5. 前回試験湛水からの堤体継目漏水

(1) 前回試験湛水時の継目漏水状況

前回試験湛水実施時、堤体の挙動については、継目漏水量を除き、特に問題となるものは無かった。J9継目漏水量については、試験湛水開始直後から、漏水量が他の継目漏水量と比較して多く、試験湛水中の最大値は118.6L/min (2003年3月26日、貯水位279.3m)であった(図-3のA部)。

(2) 前回試験湛水時のJ9継目漏水に対する調査・対応

前回試験湛水実施中及びその後において調査されたが、J9継目漏水量の原因箇所特定には至っていない。

J9継目漏水の調査・対応を2003年3月10日から4月4日まで実施した。3月14日までは、染色材と気泡材を用いたトレーサーを使用し、堤体上流面の継目に沿って設置されている半割管(図-4①、③)、水平打継目(図-4②)、選択取水設備チャンパー室(図-4⑦)を対象として調査を実施したが、通廊内のJ9継目排水孔からトレーサーの排

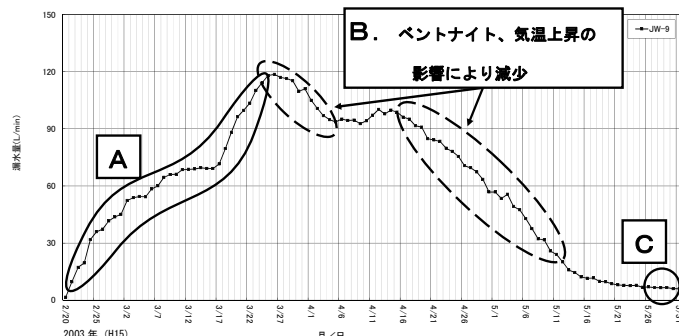


図-3 前回試験湛水 J9継目漏水量の変化

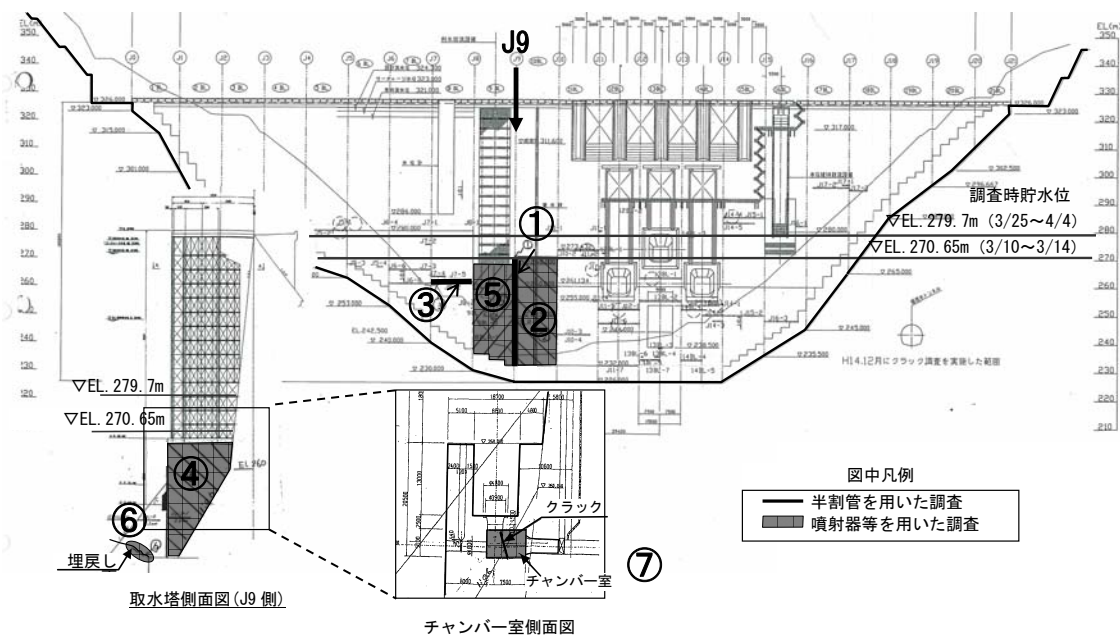


図-4 前回試験湛水時のJ9継目漏水調査・対策箇所

出は確認されなかった。3月25日以降、ベントナイトを混入したトレーサーを取水塔側面(図-4④)および前面の埋戻し部近傍(図-4⑤, ⑥)に散布したところ、J9継目排水孔からの明確な反応は確認できなかったが、J9継目からの漏水量は減少傾向に転じた。4月12日以降、貯水位は上昇したにも関わらずJ9漏水量は減少した(図-3のB部)。これはベントナイト、気温上昇の影響によるものと推定される。5月末時点では他の継目と同程度となった(図-3のC部)。

(3) 前回試験湛水以降のJ9継目漏水量について

前回試験湛水以降、今回の試験湛水実施前までにJ9継目漏水量の原因箇所特定には至っていなかった。

前回の試験湛水以降はJ9継目漏水量は経年的に減少している。前回試験湛水後水位低下以降、冬期の貯水位がEL. 258mで保持された年におけるJ9継目漏水量は2L/min程度である。一方冬期の貯水位がEL. 271m程度で保持された年においては、漏水量が10L/minを超えている。この現象から考えると、EL. 258とEL. 271mの間に漏水原因箇所がある可能性も考えられた。

2008年5月以降、貯水池地すべり対策工事実施のため、貯水位がEL. 258mで保持されていることから、冬期水位上昇時の漏水の有無の確認を目的として、2011年3月に充水試験を実施した。充水試験はコンプレッサーにより圧をかけ、監査廊の排水孔より排水管内部を充水する調査である。排水管内部を充水しEL. 278m相当まで上昇させた。結果、堤体上流面からの注入水のにじみ出しは確認されず、原因箇所特定には至らなかった。

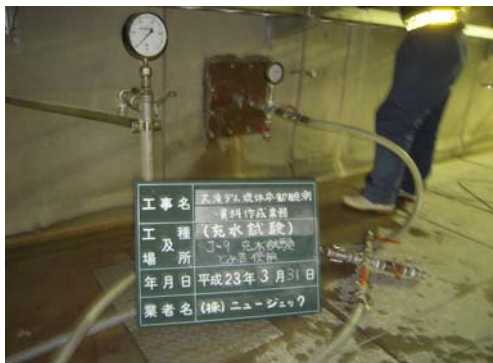


図-5 充水試験状況

6. 今回試験湛水中のJ8, J9継目排水孔漏水

2011年12月から開始した今回の試験湛水では、J8, J9の継目漏水量が管理基準値を超過し、その後も増加を続けた。

J8, J9継目漏水の水温は貯水温に近いことから、上流面からの流入であると判断できた。

(1) 選択取水設備フーチング部クラック

今回試験湛水前に選択取水設備基礎フーチング部を調

査したところ、EL. 265m~EL. 268m付近に縦方向の比較的大きなクラックを確認した。このため、当該クラックを水位上昇時に調査・対策が可能なようにステンレス注入板を設置しておき、貯水位上昇時にトレーサー調査を実施したが、継目排水孔からの排出は確認されなかった。

(2) 選択取水設備フーチング部上面の水平打継目

前回試験湛水において、貯水位がEL. 270mを超えたときにJ9継目漏水の急増が見られた。漏水急増標高近傍である選択取水設備フーチング部上面EL. 268mの水平打継目は、断面急変部であり応力集中が生じやすいと考えられる。そのため、この場所を対象にトレーサー調査を実施したが、継目排水孔からの排出はここでも確認できなかった。

(3) J8, J9上流面横継目

前回試験湛水時は漏水量の急増したEL. 270m以下を重点的に調査した。今回の試験湛水では、漏水の急激な増加は見られないが、貯水位EL. 280m付近より貯水位上昇量に対する、J8継目漏水量とJ9継目漏水量の増加の割合が徐々に大きくなる傾向がみられている。従って、EL. 270mよりも高標高部に水みちが存在する可能性も否定できなかった。そのため、EL. 295m以下の堤体上流面のJ8横継目、J9横継目を対象として塩化物トレーサー(塩化カルシウムによる電気伝導率の変化により原因箇所を調査する方法)を散布し、調査を実施した。塩化カルシウムは比重が水より大きいため、気泡材と比較し、堤体下方の広範囲に広がる事を期待し今回採用した。結果、トレーサーは検出されず、横継目が漏水原因箇所ではない可能性が大きくなった。

以上までの結果、及び外部壁面から漏水箇所が確認できないことから、次の漏水原因箇所の可能性として選択取水設備制水ゲートシャフト部もしくはコンクリート打設時長期放置箇所の水平方向打継目が漏水原因箇所であることが考えられた。

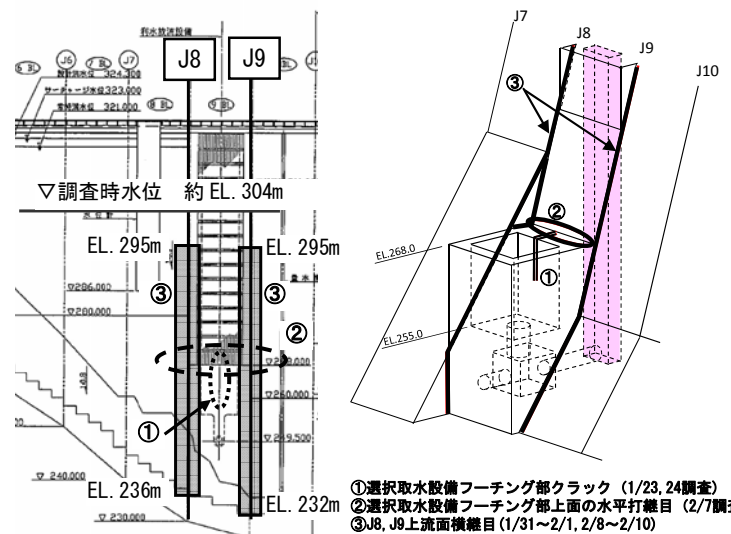


図-7 J8, J9 継目トレーサー調査の概要

①選択取水設備フーチング部クラック (1/23, 24調査)
 ②選択取水設備フーチング部上面の水平打継目 (2/7調査)
 ③J8, J9上流面横継目(1/31~2/1, 2/8~2/10)

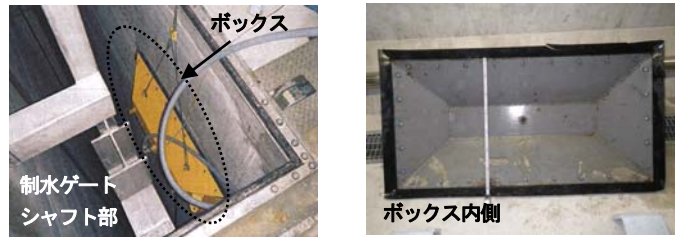
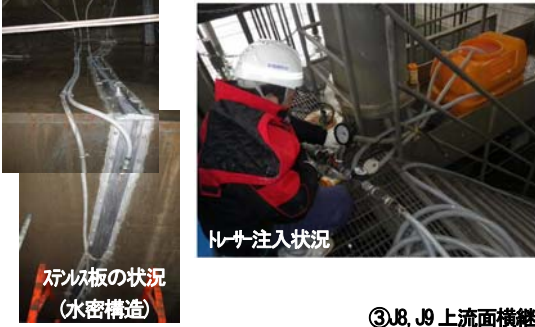


図-10 調査・対策に使用したボックス

②水平打継目 (2/7)

③J8, J9 上流面横継目 (1/31~2/1, 2/8~2/10)

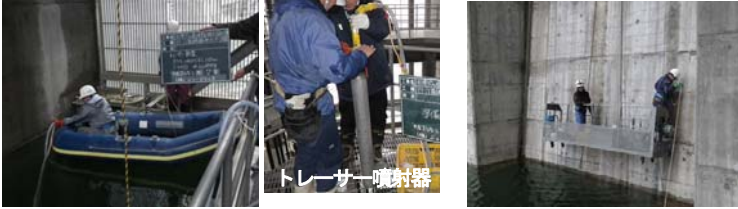


図-8 J8, J9 継目トレーサー調査状況

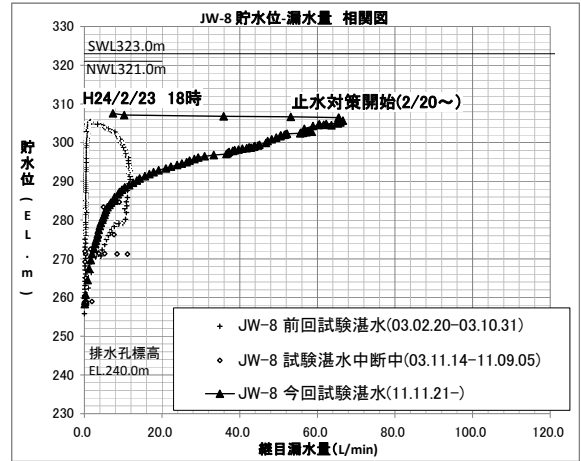


図-11 対策によるJ8継目漏水量の減少

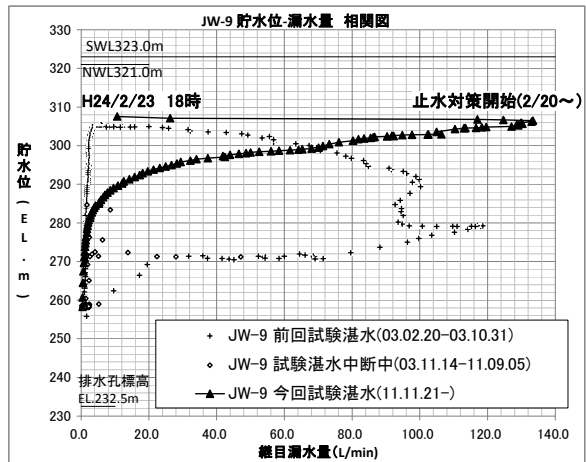


図-12 対策によるJ9継目漏水量の減少

(4) 選択取水設備制水ゲートシャフト部

2月15日より選択取水設備操作室より、選択取水設備制水ゲートシャフト部のトレーサー調査を実施した。2月15日は制水ゲートシャフト部の水面付近に塩化物トレーサーを散布した。その結果、堤体上流面調査時と比較してわずかであったが、電気伝導率について上昇が確認された。そのため、制水ゲートシャフト部の調査をより詳細に行う方針とし、2月16日、EL. 258m付近から噴射器（ホースの先にステンレス有穴管を付けたもの）を用いて順次上方向に向かって調査を実施した。その結果EL. 263m付近でトレーサを噴射したところ、継目排水孔漏水量より、顕著な反応があった。2月20日、壁面に密着させることが出来るBOX型の装置を使用し、さらに詳細なトレーサー調査を実施したところ、上流側壁面のEL. 259.8mで大きな反応があり漏水経路が特定された。20日~23日にかけて、BOXを同標高に維持し、応急対策として止水材を注入し、その結果J8, J9継目漏水量が劇的に減少した(図-11, 図-12参照)。

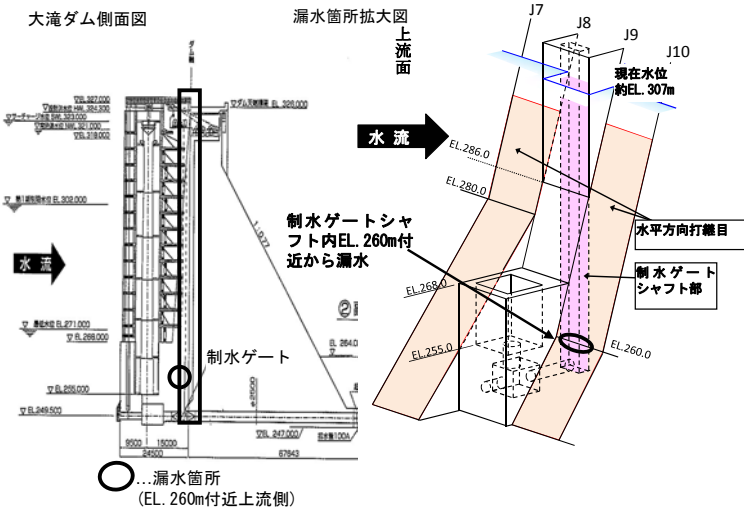


図-9 J8, J9継目漏水の原因箇所

7. まとめ

通常、継目排水孔の漏水量については20~50L/minを超えるような漏水量が計測された場合には、止水板の機能が損なわれたものと考えられる¹⁾。しかし、今回のJ9継目からの漏水は、堤体上流面の継目からのものではなく、通常想定しない堤体内部箇所である選択取水設備制水ゲートシャフト部からの漏水であった。漏水経路はコンクリートの打継面に沿って、制水ゲートシャフト部の壁面からJ9継目、J8継目へ形成されていると考えられる。施工時のコンクリート打設実績を確認すると、当該箇所EL. 260m部のコンクリート打設間隔は15日間であり、打設間隔が長期間にわたっている箇所ではない。また、その他漏水原因箇所となりうる明確な理由は見あたらない。

しかし、9BLは選択取水設備が存在するため、他のBLと比較した場合には構造が複雑であり、施工時にコンクリートの不均一な部分が今回の箇所が生じたと思われる。

貯水位と漏水量の相関図（図-11, 図-12）を見ると、前回試験湛水での挙動と、今回試験湛水での挙動は異なっている。これは気温による影響と、今回試験湛水までに漏水経路に発生した目詰まりの影響であると考えられる。すなわち、前回の試験湛水は堤体が冷え切った2月下旬から貯水位の上昇を開始したことから、コンクリートの収縮により漏水経路が最も開いた状態であったこと、初めての貯水上昇で目詰まりなどが全くなかったことから急激な増加傾向となったと判断される。今回の挙動は11月下旬からの貯水位上昇で前回の湛水時よりコンクリートの収縮が進んでいなかったこと、前回試験湛水以降の目詰まり、2003年11月に実施した、充水試験時に使用した止水材による目詰まり効果があったことで、前回試験湛水時と比較して緩やかな増加傾向となったと考えられる。

今後は恒久的対策を実施する。貯水位がEL.271付近の低い段階での潜水作業により、6. (1)で述べた選択取水設備フーチング部と同様なステンレス注入板を設置して冬期を待ち、気温が低くなり堤体コンクリートが収縮した時に圧をかけてセメントミルクを注入し、対策を完了

させる。

8. 終わりに

今回の試験湛水では、既往の調査結果を踏まえ、可能性のある箇所を順次調査しても確認できず、最終的に堤体内からの漏水箇所を特定する事が出来た。原因箇所特定のきっかけとなった、一番最初の塩化カルシウムによる電気伝導率の変化は、ややもすれば見落としてしまうようなわずかな変化であった。現場担当者からの「わずかな反応だが、変化があったことが気になる。明日もう一度この箇所を調査したい。」という提案がなければ、次の調査対象箇所に移っており、原因究明がもっと遅れていた。わずかな変化でも疑問があれば追求していく姿勢が重要であると、あらためて認識した。

試験湛水は緊張の連続であるが、無事完了するよう微力ながら引き続き努力する所存である。

参考文献

- 1)財団法人 ダム技術センター:多目的ダムの建設-平成17年版 第7巻 管理編
- 2)紀の川ダム統合管理事務所:紀の川水系紀の川大滝ダム基本設計会議資料(試験湛水)平成23年