

ラオス国ナムニアップ1水力発電所 ダム建設に係る初期湛水中の課題解決アプローチ

ナムニアップ1パワーカンパニー 正会員 喜多 伸明
 関西電力株式会社 正会員 ○村上 嘉謙

1. ダム初期湛水

ナムニアップ1 (NNP1) 水力発電所では、2018年5月に主ダムの初期湛水を開始した。初期湛水中の貯水位の経過を図-1に示す。水深が約100mとなる貯水位EL280m付近を境に、ダム変位の進展、地下水位の上昇等の異常が現れ、貯水位の上昇ができない状態となったが、それぞれの課題の原因について、ダム周辺地質、ダムの構造、地下水等の多軸のアプローチで究明し、課題解決を図った。本稿では、これら課題解決の実践アプローチを検証する。

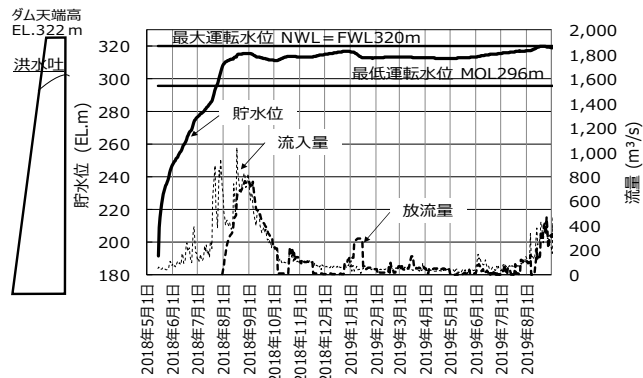


図-1 初期湛水の貯水位の経過

2. ダム計測設備

ダムの地質的な特徴として、泥岩と砂岩の互層からなる堆積岩を主体とし、複数の弱層、右岸の顕著な褶曲帯、高標

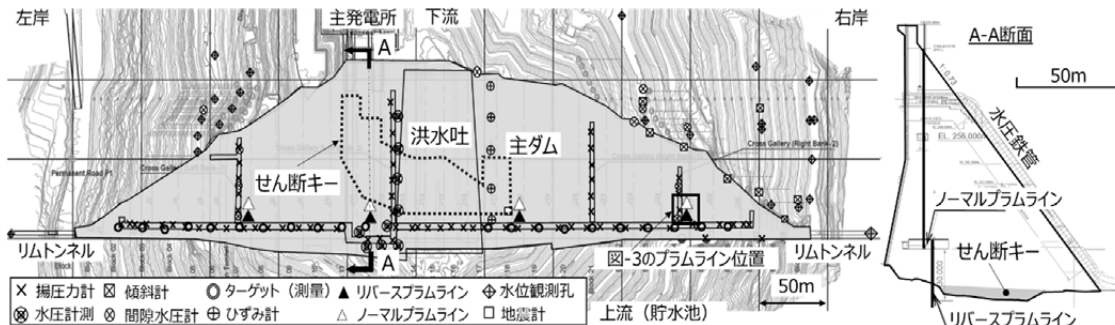


図-2 ダム計測設備

高部におけるトップリングにより発達した亀裂の存在が挙げられる。ダムの構造的特徴としては、基礎中央部の水平弱層に対する滑動抵抗性確保のために弱層を掘削除去しコンクリートで置き換えたせん断キーが挙げられる。ダム計測設備は、これらの特徴を踏まえて図-2に示すとおり計画した。

3. 課題解決の実践アプローチ

3.1 ダム変位の進展

初期湛水中、落雷による電圧急上昇で半数以上のプラムラインが計測困難となった。復旧後、右岸高標高部のプラムラインで非連続的かつ急な下流変位を観測した。基礎岩盤には水平弱層が存在しており、弱層境界での滑動を疑った。目視点検、ダム計測データ確認、機器点検や簡易ボアホールカメラによるプラムラインの鋼製ケーシングの変形確認等でも異常は確認できなかった。図-3に示す通り、観測した下流変位は、弱層の3軸試験の変形特性、堅岩部は現

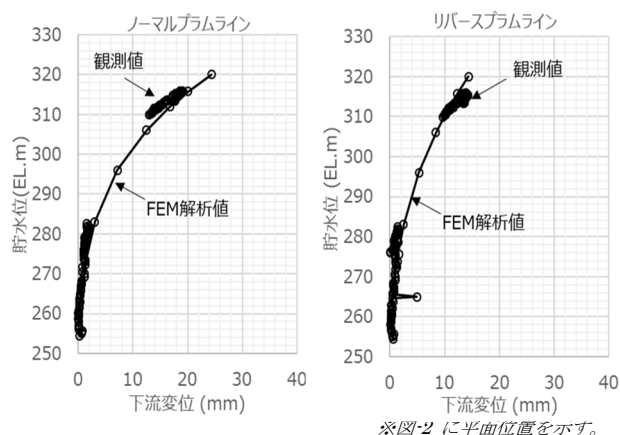


図-3 ダムの変位

位置せん断試験の強度特性を採用した非線形 FEM 解析結果ともよく一致している。最終的には、この急な変位は現地計測会社の手動計測の際の座標の取り違いによる転記ミスであって、実態として違和感のある変位はしておらず、連続的に変位していることが判明した。アジア地域など途上国では、計測データの重要性、意味や目的などを

キーワード ダム、初期湛水、計測管理、地下水

連絡先 〒530-8279 大阪市北区中之島 3-6-16 関西電力(株)水力事業本部 TEL06-6446-6464

理解できていない者が計測する事も多く、データ自体の信憑性の評価などもしばしば求められる。

3. 2 地下水位の上昇

ダム右岸下流アバットメントは、ダムの滑動抵抗性を一部受け持つ。ここでは、水位観測孔からの湧水、地下水位上昇、傾斜計の変位などを観測した。観測水位から水位コンターを描いたところ、

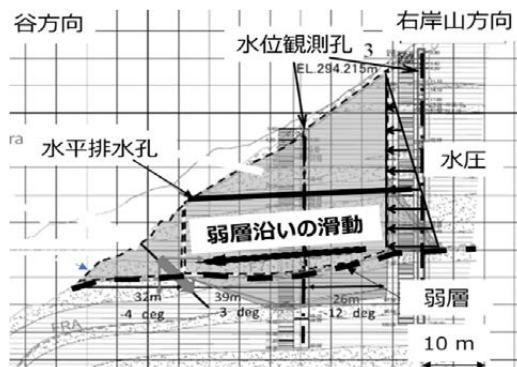


図-4 右岸下流アバットメントの地下水位

図-4に示すように、高い地下水位による水圧が楔形の岩盤背面に作用することによる弱層沿いの滑動を想定した。この高い地下水位を低下するため、50本強の水平排水孔を設置したが、効果は得られなかった。ダム右岸下流の骨材原石山の掘削後法面では、湧水の散在的な分布が観察できたため、この地下水は宙水ではないかと想定した。宙水とは図-5に示すように、岩盤の割れ目や亀裂の中にたまった散在的な地下水である。NNP1の場合、堆積岩の水平・縦亀裂に水が供給され小規模な宙水が多数形成されたものであり、楔形の岩塊には当初想定したような大きな背面水圧は働かないと想定できた。

そこで、これら地下水の起源、流出経路などの詳細を把握するために、表-1に示す数種類の地下水調査アプローチをダム周辺で網羅的に試行した。地下水の供給源の特定を目的とした、ヘキサダイアグラムによる水質分析の結果、炭酸水素イオン含有量の大小などから、一部のダム基礎排水孔の漏水と貯水池の水質の類似が判明した。次に、ダム周辺全域でポータブル測定器による水素イオン指数(pH)、電気伝導度(EC)、水温の計測を実施した。本手法では、pHは、グラウチングやダムコンクリートの影響を受けるとアルカリに、また、ECは、地下水の岩盤中の節理や層理内での滞留時間が長くなるほど、炭酸塩がより溶出して大きくなるなど、各指標の特徴から地下水のグループ分けが可能となった。図-6に計測結果ならびにグループ分類を示す。右岸アバットメントの地下水は、貯水池水質を示すグループDとは異なるグループBの岩盤内で滞留した水質に属する結果が示されるなど、地下水の供給源推定に有用なアプローチとなった。

最終的には、長期的な地下水観測を目的とした地下水観測横坑を設け、横坑から水抜き孔を上部へ扇形に削孔することで、堆積岩互層の境界での地下水の湧出を確認、貯水位変化に伴う漏水量の変化が見られないこと、横坑水抜き孔の水質が岩盤内で滞留した水質を示すことから、右岸アバットメントの地下水は、貯水池からの直接的な漏水ではない、地山地下水を起源とする宙水であると結論付けた。

4. おわりに

初期湛水中には、本稿で取上げた事象以外にも揚圧力の上昇など多くの課題が生じたが、ダム周辺の地質、ダムの構造上の特徴、ならびに地下水の特徴など、本稿で示したアプローチも活用しつつ評価・対策を検討した。これらのアプローチが問題の早期かつ適切な解決に繋がったと言える。

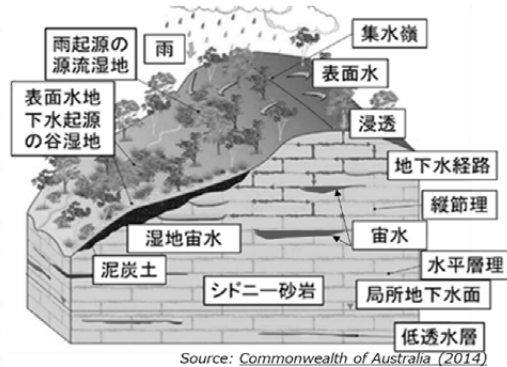


図-5 宙水のイメージ

表-1 地下水調査アプローチ

	方法	結果	有効性
1	自然トレーサー試験	降雨時の微々たる水位変化	中
2	トレーサー試験(食塩水等)	微々たる変化	中
3	流行・流速計測	流行がダムへ向かう、流速はわずか	中
4	水質調査(ヘキサダイアグラム)	パターン分けにより、供給源を推定	高
5	水質調査(pH/EC/℃)	同上	高
6	地下水観測横坑	部分的な地下水の湧出を確認	高

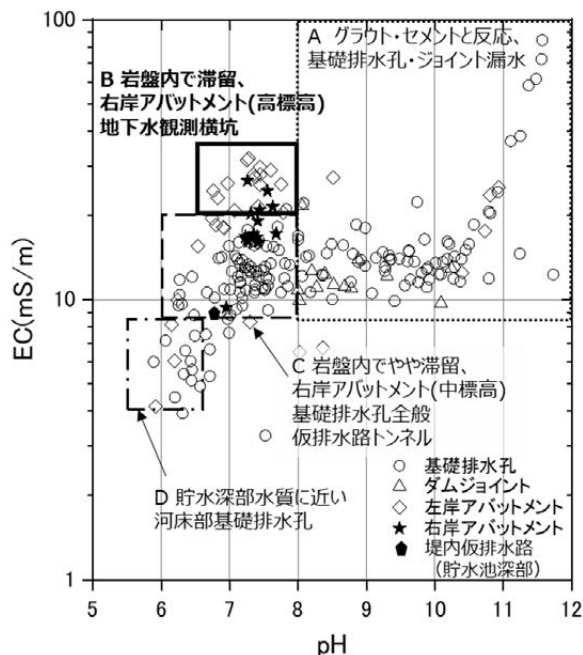


図-6 水質グループ分類