

竣工後 50 年以上が経過した大型アーチダムの常時挙動評価

電力中央研究所	正会員	○松井	淳
電力中央研究所	正会員	西内	達雄
九州電力	正会員	大熊	信之
九州電力	正会員	畑元	浩樹

1. はじめに

構造物を長期間供用するためには、その健全性を評価した上での維持管理計画の立案が重要となる。本報では、竣工後 50 年以上が経過している大型のアーチダムを対象に、ダム-岩盤連成系の三次元モデルによる非線形有限要素解析を実施し、その常時挙動を評価した。

2. 解析の概要

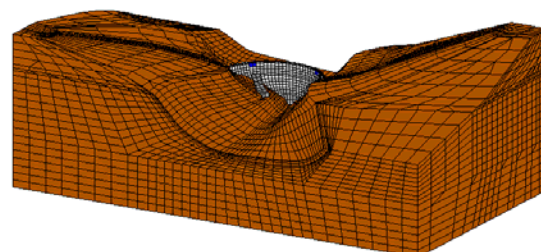
解析に用いた有限要素分割図を図-1 に示す。周辺の基礎岩盤も含めた連成系の三次元モデルで評価している。堤体は、鉛直ジョイント部間を 2 分割、厚さ方向には均等に 5 分割した。鉛直ジョイント部には、その状態変化（剥離、すべりおよび再接触）が考慮されている非線形接合要素¹⁾を適用している(図-2)。

常時挙動を評価する上で考慮した荷重は、①貯水池の静水圧、②泥圧、③気温と貯水池水温の年変動に伴う温度応力、④揚水圧、⑤堤体および基礎岩盤の自重の 5 種である。貯水池の水位は常時満水位一定とし、水位の変動は考慮していない。温度応力は、過去 10 ヶ年の気温および貯水池の水温の実測データから最小二乗法によって、これらの年変動を正弦関数で回帰し、非定常熱伝導解析によって求めた温度分布により付与した。泥圧および揚水圧は、ダム設計基準²⁾に則って定めた。解析に用いた力学的および熱的物性値は、堤体から採取したコアを用いた強度試験結果および当該ダムの工事記録を参照して定めた。解析は、汎用構造解析コード「ABAQUS」を用いて実施した。

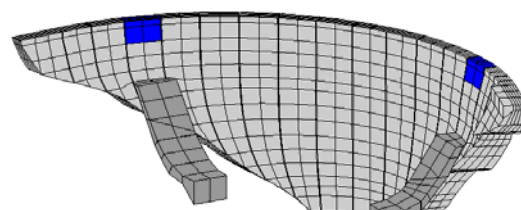
3. 解析結果と考察

3.1 堤体の全体変位

図-3 に、冬季(2月28日)および夏季(8月31日)における堤体中央部の高さ方向の変位分布を示す。横軸の原点は、無負荷状態を表す。ここでは、現地での堤体の変位の観測記録および堤体を線形弾性体で評価した線形解析の結果も併せて示している。これから、解析結果は、冬季および夏季のいずれも、観測結果と良好に対応しており、ここで用い

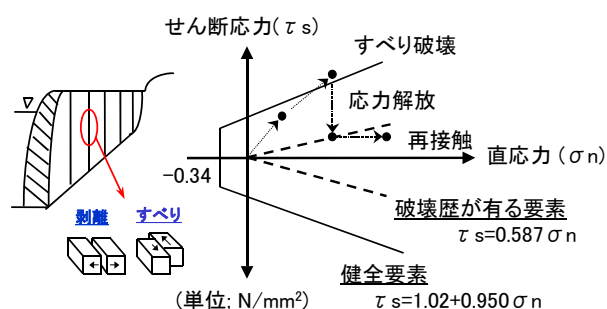


(a)全体図

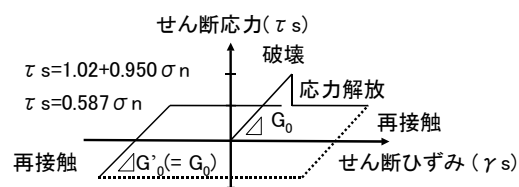


(b)堤体のみ

図-1 解析に用いた有限要素分割図



(a)剥離とすべり特性の判定規準



(b)応力～ひずみの履歴特性

図-2 鉛直ジョイント部の構成則¹⁾

キーワード アーチダム, 常時挙動, 有限要素解析, 鉛直ジョイント, コンクリート
連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL : 04-7182-1181

た解析手法が妥当であることが示されている。また、線形/非線形解析結果を比較すると、線形解析の方が、堤体の変形を過小に評価するものの、その差異はごく僅かであり、鉛直ジョイント部で状態変化等が生じていたとしても、堤体全体の挙動には大きな影響を及ぼしていないことがわかる。さらに、上流側および下流側で変位分布をみると、冬季は堤体高さにほぼ比例して変位が増大するのに対して、夏季は堤体中段標高部での変位が最大となるような分布となっている。これは、夏季は気温の上昇に伴い、堤体高標高部を中心に水平方向の圧縮応力が卓越するためであると考えられる。

3.2 鉛直ジョイント部の状態変化

ここでは、一般に状態変化が生じやすいとされる冬季の場合について考察する。図-4に、冬季における鉛直ジョイント部の状態変化の状況を図化したものを示す。外気に接する下流側表層部および第2層目では、気温の低下に伴う堤体の収縮を周辺の岩盤が拘束することによって引張応力が発生し、堤体の底部岩着部近傍で、状態変化を生じる可能性のある鉛直ジョイント部がみられる。しかしながら、堤体の厚さ方向でみると、下流側に限定されているため、これらは局所的な事象であると考えられる。

3.3 堤体中のひび割れ発生の可能性

3.2と同様、一般にひび割れが生じやすいとされる冬季の場合について考察する。図-5に、冬季におけるひび割れ発生の可能性を示す要素を図化したものを示す。鉛直ジョイント部の場合と同様に、気温の低下に伴う堤体の収縮を周辺の岩盤が拘束することによって生じる引張応力によって、底部近傍の岩着部の一部でひび割れの発生の可能性を示す結果となっている。しかし、鉛直ジョイントの場合と同様に、ごく少数の要素に限られている。

以上のように、堤体には、ごく限られた領域で、鉛直ジョイント部における状態変化やひび割れの発生の可能性を示す結果となった。しかし、堤体の変位分布は、これらを考慮しない線形解析結果と酷似としていることから、堤体の耐荷性能にはほとんど影響していないものと考えられる。

4. まとめ

本報での結果から、当該ダムの常時における健全性が確認された。

参考文献

- 1) 西内達雄, 坂田憲次: 鉛直方向の施工ジョイント部での離接を考慮したアーチダムの常時挙動解析, 土木学会論文集 E, Vol.62, No.4, pp.672-688, 2006.10
- 2) 日本大ダム会議: 第2次改訂 ダム設計基準, 1978.8

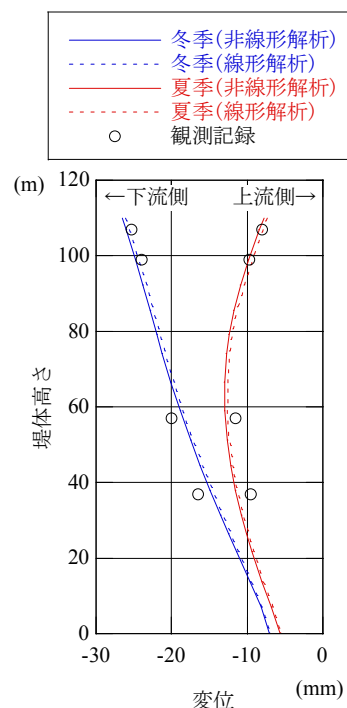


図-3 堤体の高さ方向の変位分布

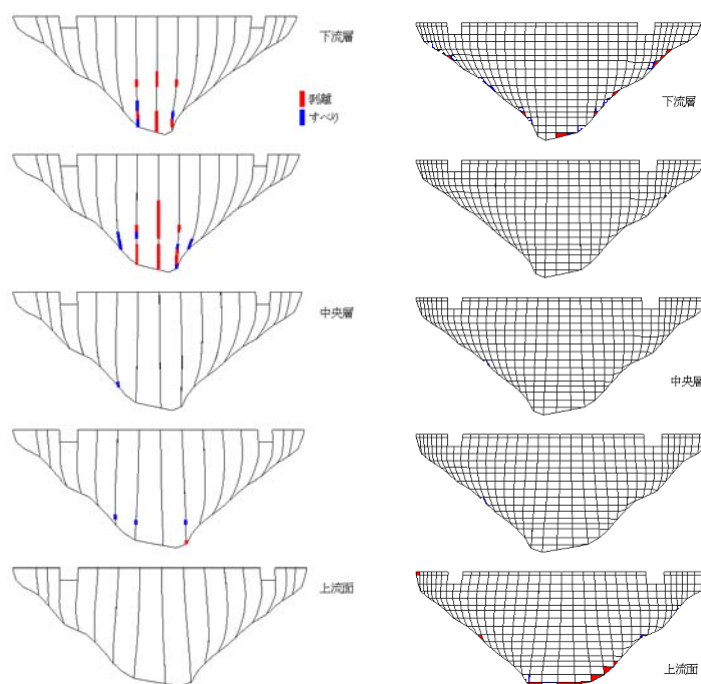


図-4 状態変化を生じた鉛直ジョイント部

図-5 ひび割れ分布