

## アーチダムの線形地震応答解析結果に基づく堤体内部応力評価

九州電力(株) 正会員 大熊 信之 正会員 池田 浩一  
 熊本大学大学院 正会員 松田 泰治  
 (財)電力中央研究所 正会員 西内 達雄 正会員 松井 淳  
 非会員 金澤 健司 正会員 永田 聖二

### 1. はじめに

筆者らはこれまでに、九州電力(株)が所有する大規模アーチダムにおいて、大規模地震(Level2地震動)に対する耐震性能照査を実施している。照査にあたっては、ダム 岩盤 貯水連成系の三次元有限要素解析モデルを用いた時刻歴地震応答解析結果に基づき実施しており、本稿では、形状や規模の異なる2基のアーチダムについて実施した地震応答解析結果から、地震時に発生する堤体内部応力の状態について述べる。

### 2. 解析モデルと解析方法

対象ダムは、表-1に示すとおり、規模・形状共に異なる2基のアーチダムである。解析モデルは図-1に示すとおり、ダム 基礎岩盤 貯水連成系モデルであり、岩盤は、堤体挙動に影響を及ぼさない程度の領域をモデル化した。堤体はコンクリートブロック部、鉛直ジョイント部、余水路部、およびゲート部をモデル化し、コンクリートブロック部は、鉛直ジョイント部間を均等2分割、厚さ方向に均等5分割(弾性体要素)した。境界条件は、右左岸方向境界および上下流方向境界は鉛直方向のみ拘束とし、底面境界は粘性境界(水平2方向ダッシュポット要素)とし、鉛直方向は拘束とした。堤体コンクリートと岩盤の物性値については、固有値解析および常時微動計測結果に基づき、動ポアソン比を一般値に仮定し、計測結果の固有値に合うよう、動ヤング係数を定めた。さらに、1~3次の固有振動数に着目し、既往の検討結果を参考<sup>1)</sup>に減衰定数が3%程度となるよう Rayleigh 減衰を設定した。作用荷重は、貯水池水圧(満水位)、気温・貯水池水温の年変化に伴う温度荷重、揚圧力、泥圧、堤体自重の常時荷重と、地震力、動水圧の地震時荷重を考慮し、評価は、堤体内部のアーチ推力(圧縮応力)が低下することで堤体内部応力状態が一番厳しくなる厳冬期の結果を用いた。なお、本稿では、鉛直ジョイント部の挙動を考慮しない線形解析結果での評価を行っており、非線形解析結果については、文献<sup>2)</sup>を参考されたい。

### 3. 入力地震動

入力地震動(Level2地震動)は、「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説」に準拠し、ダム毎に作成した。よって、各ダムの入力地震動は異なるが、振幅特性は両ダムとも、照査用下限応答スペクトルであり、入力地震動としての荷重レベルは大きくは変わらない。

表-1 対象ダムの諸元

ダム	堤高(m)	堤頂長(m)	貯水容量(×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	型式
Aダム	110	341	92	円筒型
Bダム	130	418	261	ト-U型

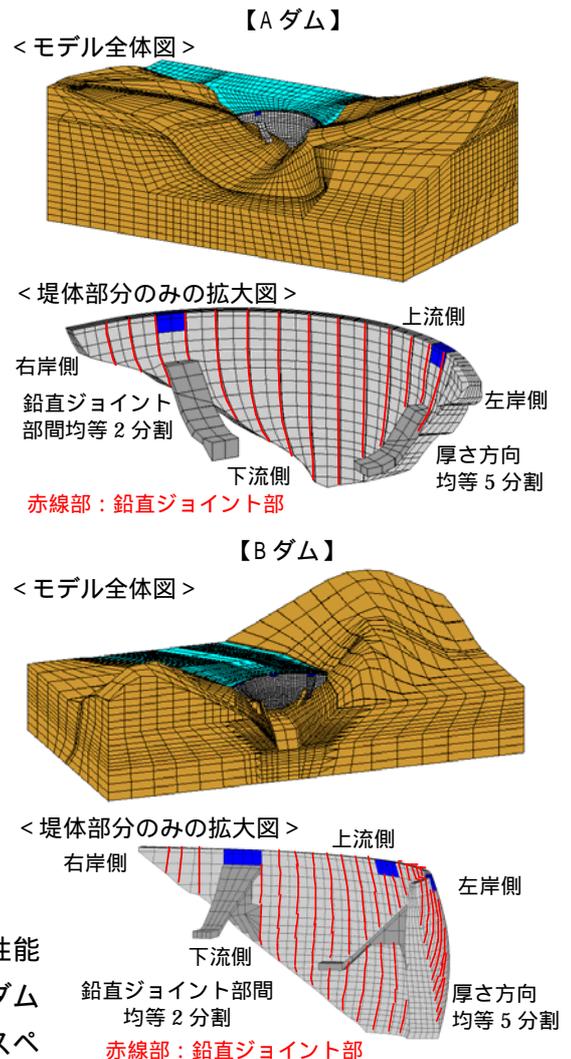


図-1 解析モデル

キーワード アーチダム, 地震応答解析, 入力地震動, FEM 解析,

連絡先 〒815-8520 福岡市南区塩原2-1-47 九州電力株式会社 総合研究所 土木グループ TEL.092-541-2910

### 4. 解析結果

図 - 2 および図 - 3 に、堤体変形の向き(上流側/下流側)毎に上・下流側表層部における主応力分布を示す。堤体が上流側へ変形する場合、一般にアーチ推力に寄与する圧縮応力は、常時に比べ相対的に減少する。これに伴い、両ダムとも堤体下流側表層部では、ほぼ全面に亘り引張応力が発生している。詳細に見ると、Bダム(ドーム型)の堤体中央部では、天端から底部に至る領域に水平方向の圧縮応力も生じており、アーチ推力に寄与する応力成分が残存しているが、Aダム(円筒型)では、堤体直下の鉛直成分と右左岸スラスト部の一部を除き圧縮応力はほぼ消滅している。一方、上流側表層部では、Bダムは右左岸スラスト部と中央天端近傍の領域でほぼ無応力状態となっているが、Aダムでは、右左岸スラスト部の傾向は同じものの、中央天端にゲートがないため、Bダムに比べ堤体自身の拘束を受け、中央天端近傍に水平方向の引張応力が発生している。また、両ダムともに右左岸の岩着面において、岩着面に垂直な方向の引張応力が発生している。

次に、堤体が下流側へ変形する場合、堤体の変形が反転するため、両ダムとも、上流側へ変形した時に発生していた圧縮応力成分は引張応力成分に、引張応力成分は圧縮応力成分にそれぞれ反転する。これに伴い、上流側へ変形した場合に比べ、両ダムとも、アーチ推力に寄与する応力が相対的に増加し全般的に圧縮応力が卓越している。なお、両ダムとも上流側表層部の底部岩着部付近には、片持ち梁変形に起因した鉛直方向の引張応力が発生している。

なお、発生応力の大きさについては、両変形時とも、Bダムの方が全体的に大きい結果であった。

### 5. まとめ

形状・規模の異なる2基のアーチダムにおける地震応答解析を実施した。この結果、形状・規模の違いにより、発生する主応力の分布や大きさが異なることが確認できた。なお、最終

的な耐震性能の照査については、鉛直ジョイント部の影響を考慮した非線形解析に基づき実施している。

#### 【参考文献】

- 1) 上田稔 塩尻弘雄 横井幹仁 恒川和久,「アーチダムの地震観測記録などから求めた減衰定数」,第24回地震工学研究発表会論文集 pp.825-828, 1997.7
- 2) 松井淳 西内達雄 大熊信之 畑元浩樹,「竣工後50年近く経過した大型アーチダムの地震挙動解析 レベル2地震動に対する堤体の貯水機能の評価」,第13回日本地震工学シンポジウム論文集, GO49-Sat-AM-10, 2010.11

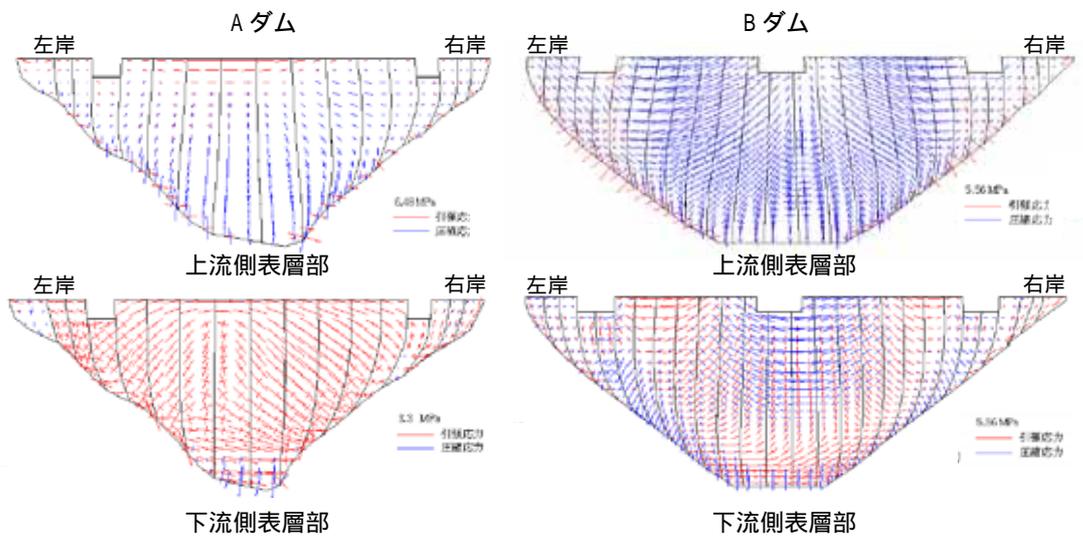


図 - 2 堤体が上流側へ最大変形した時の主応力分布

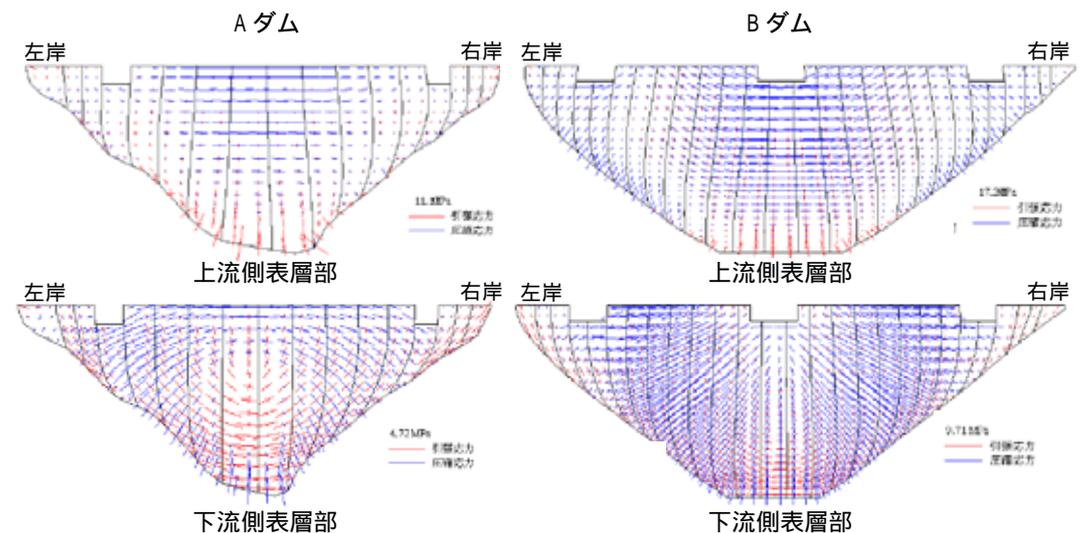


図 - 3 堤体が下流側へ最大変形した時の主応力分布