

既設アーチダム常時応力に及ぼす施工ジョイント部の非線形挙動の影響

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

1. はじめに

電力会社が保有するアーチダムは、その大半が昭和40年代後半までに竣工し、最古のものは竣工後52年を経過している。このような経年アーチダムを今後も供用していくためには、ダムの健全度診断や耐震性能照査などを適時実施していく必要がある。著者らは、竣工後40年以上を経過したアーチダム2基を対象として、それらの構造健全性評価を目的とした、堤体および基礎岩盤の材料評価や静的・動的な堤体挙動実測データの分析、三次元FEM解析に基づく常時・地震時の堤体挙動評価を実施している。本報告では、このうち既設アーチダム1基(昭和38年竣工、堤高130m)を対象として実施した、常時の堤体挙動解析のうち、堤体の発生応力に及ぼす鉛直方向の施工ジョイント部(鉛直ジョイント部と称す)の非線形挙動の影響を検討した結果を報告する。

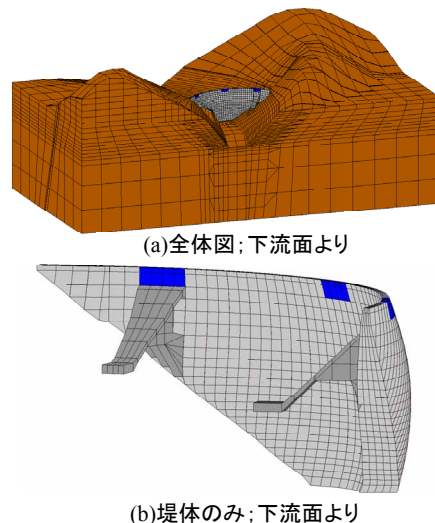


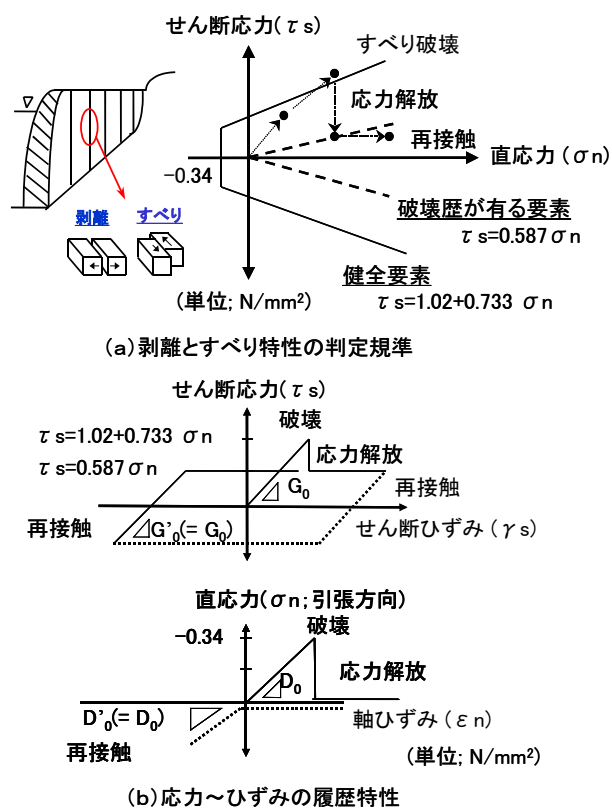
図-1 解析に用いた要素分割

2. 解析概要

解析に用いた要素分割図を図-1に示す。解析領域は堤体を中心に左右岸方向は堤頂長の約5倍、上下流方向は堤頂長の約3倍とした。堤体は鉛直ジョイント間を均等2分割、厚さ方向を均等5分割とした。堤体の鉛直ジョイント部は剥離とすべり、再接触を考慮できる非線形接合要素でモデル化した。そのモデルの概要¹⁾を図-2に示す。なお、鉛直ジョイント部の非線形挙動の影響を把握するため、その部分を線形弾性体として扱った解析(線形解析と称す)を比較として実施した。作用荷重は、貯水池の静水圧、気温と貯水池水温の年間変化に伴う温度荷重、揚圧力、泥圧および堤体自重とした。貯水位は常時満水位とした。温度荷重は気温と貯水池水温の年変化によって付与するものとし、共に至近約10年間の実測データを最小二乗法により正弦波関数で回帰して、熱伝導解析により温度分布を求めた。解析は汎用構造解析コード「ABAQUS」を使用した。堤体はヤング係数 30.0 kN/mm^2 、基礎岩盤はヤング係数 5.46 kN/mm^2 の線形弾性体要素として扱った。解析に用いた熱的物性と力学物性は、当該ダムの工事記録および調査結果等を参考に定めた。

3. 鉛直ジョイント部での状態変化の解析結果

堤体変位と発生応力が、年間を通して最大、最小を示す、夏季と冬季の鉛直ジョイント部の状態変化解析結果を図-3に示す。堤体下流面では、冬季に気温の低下に伴う堤体の収縮変形により、水平方向のアーチ圧縮

図-2 鉛直ジョイント部の力学モデル¹⁾

キーワード アーチダム、鉛直ジョイント部、有限要素解析、常時挙動、コンクリート

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 電話 04-7182-1181、FAX 04-7183-2962

力が相対的に小さい中段標高以下では剥離が生じている。この領域では、夏季になると気温の上昇により水平方向のアーチ圧縮力が増大して再接触している。堤体内部と上流面においては、比較的広範囲の鉛直ジョイント部では連続した状態にあるが、岩着部近傍では剥離が認められる。この領域は、年間を通して温度変化の小さい堤体内部や貯水池内部であることから、基礎岩盤による拘束の影響で生じたと考えられる。

4. 堤体応力の解析結果

冬季は鉛直ジョイント部での状態変化が広範囲となる

ことから、冬季の応力状態について線形解析と非線形解析を比較した。堤体主応力分布を図-4に示す。

堤体下流面では、中央部の岩着近傍から低標高までの領域で、引張応力の大きさに相違が認められる。非線形解析では、この領域の水平方向の引張応力が線形解析の概ね半分に低減されている。これは前述の図-3に示した通り、

冬季、この領域の鉛直ジョイント部では剥離が生じており、堤体コンクリートの引張応力が解放されたためと考えられる。圧縮応力については両解析結果で違いはなく、堤体中段標高以上では水平方向の圧縮力が卓越し、中段標高以下では岩着面に対して垂直方向の圧縮力が卓越する傾向にある。また、堤体中央層と上流面でも両解析結果は同じである。上流面では堤体岩着近傍を除いて水平方向の圧縮力が卓越している。堤体中央部の岩着近傍では鉛直方向の引張応力が発生している。これは、堤体鉛直断面の下流方向への片持ち梁変形に起因した応力と考えられる。この方向の引張応力は堤体中央層では発生しておらず、また、堤体と基礎岩盤は解析上連続体として扱っていることなどを勘案すると、実際に発生する引張応力はより小さいと推測される。

5. まとめ

三次元 FEM 解析結果から、鉛直ジョイント部での剥離やすべりの状態変化による非線形挙動は、冬季の堤体下流面応力に顕著な影響を与え、気温の低下による堤体収縮で発生する引張応力を緩和させることが示された。

参考文献

- 1) 西内達雄、阪田憲次：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

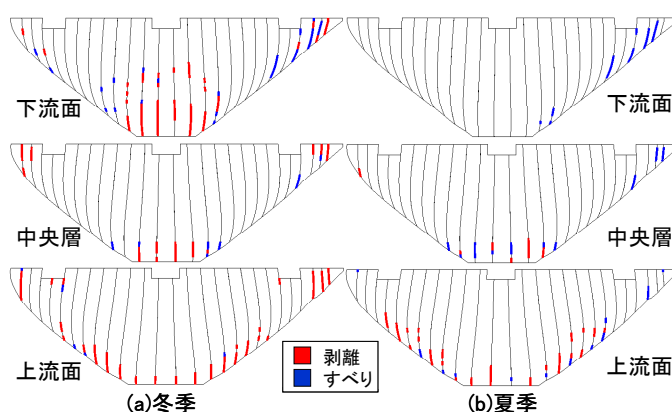


図-3 鉛直ジョイント部の状態変化

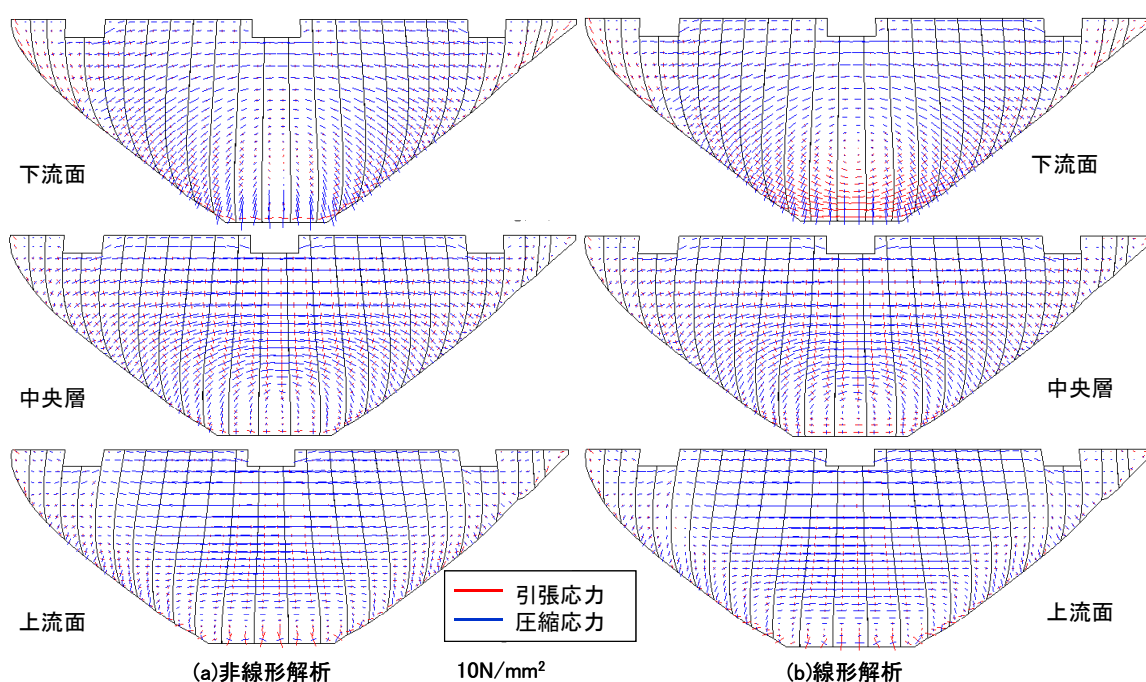


図-4 冬季の堤体主応力分布