

アーチダムの耐震性能照査に用いる解析モデルの動特性に関する一検討

(財) 電力中央研究所 正会員 ○永田 聖二 非会員 金澤健司
 正会員 松井淳 正会員 西内達雄
 九州電力(株) 正会員 大熊信之 正会員 池田浩一

1. はじめに

九州電力では、高経年化する既設アーチダムの健全性評価のため、常時微動計測に基づく構造ヘルスマモニタリングを実施している¹⁾。また、国土交通省から、大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説(以下、国交省指針案)²⁾が公布されたことを受け、3次元有限要素解析モデルに基づいて、Level2地震動に対する既設アーチダムの健全性評価が行われている³⁾。本稿では、既設アーチダム2基を対象として、有限要素解析モデル、常時微動計測に基づいてそれぞれ求めた動特性(固有モード、固有振動数)を比較した結果について述べる。

表-1 対象ダムの諸元

ダム	ダム高 (m)	堤体長 (m)	貯水容量 ($\times 10^6$ m)	型式
Aダム	110	341	92	円筒型
Bダム	130	418	261	ドーム型

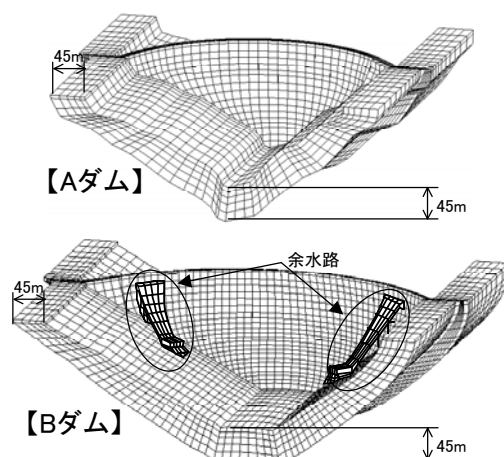


図1 解析モデル

2. 解析モデル

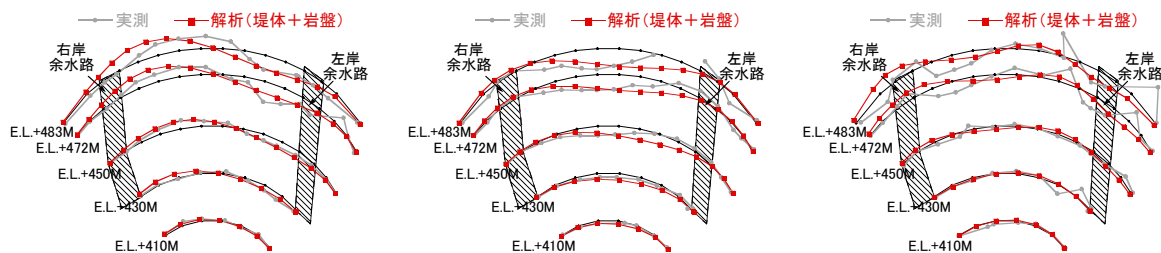
対象ダムは、表-1の通り、規模、形状ともに異なる2基のアーチダムである。Aダムは、ダム高110m、堤頂長341mの円筒型ダムであり、Bダムは、ダム高130m、堤頂長418mのドーム型ダムである。図-1は、固有値解析に用いたアーチダムの解析モデルであり、堤体部、岩盤部はそれぞれ三次元の線形ソリッド要素でモデル化した。支持岩盤については、局所的な振動の励起を抑えるため必要最低限の領域(岩着部から放射状に45m)をモデル化した。実際には、両ダムとも余水路が設置されているが、堤体-余水路間には継目があるため、基本的には余水路を無視した。ただし、Bダムの比較的高い位置に余水路があるため、余水路を無視した場合/考慮した場合を想定して解析モデルを作成した。貯水池の影響については、Zangerによる動水圧の実験式から算定した付加質量を、貯水に面する堤体要素に与えることで考慮し、振動モード同定のための常時微動計測が実施された時の水位を想定した。堤体コンクリート、支持岩盤の動弾性係数については、採取された堤体コアの圧縮試験、現地で実施されたPS検層の結果に基づいてそれぞれ設定した。地震応答解析³⁾では、静水圧、自重、温度荷重などの常時荷重を入力とした静的解析の結果を初期値としているが、本固有値解析では、このような初期応力の影響は考慮していない。

3. 常時微動記録に基づく振動特性との関係

図-2、図-3は、それぞれAダム、Bダムの固有モードであり、これらに対応する固有振動数を表-2、表-3に示す。ここでは、両ダムに対して実施された常時微動計測の結果(卓越した3つのモードを対象)と比較しながら、上記の固有値解析の結果を常時微動計測の結果を示している。これらによると、解析モデルは、常時微動記録に基づく固有モードの形状や固有振動数を全体的によく再現しており、ダム形式による顕著な違いは見受けられない。ただし、固有振動数に関しては実測値よりも全体的にやや小さくなる傾向があり、解析精度を向上するためには、常時荷重によって生じる堤体や岩盤の初期応力の影響などを考慮する必要があると考えられる。またBダムでは、余水路を考慮することで固有振動数が実測値に近づいており、動特性の評価では、このような付属構造物についても適切にモデル化する必要がある。

キーワード アーチダム、動特性、FEM解析、常時微動計測、耐震性能照査

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 地球工学研究所 TEL. 04-7182-11181

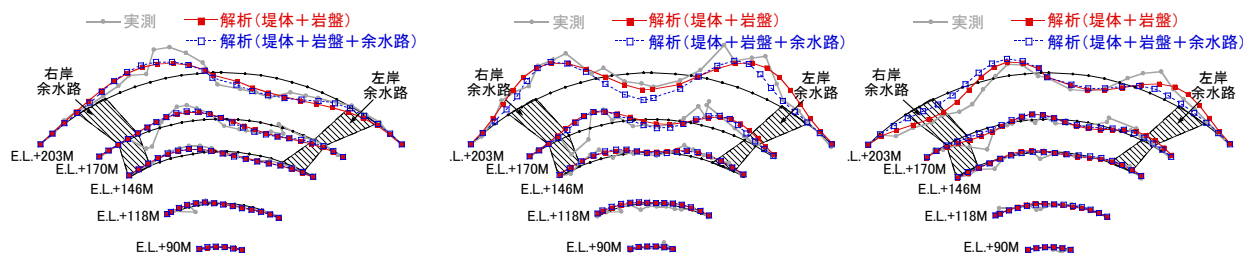


(a) 逆対称 1 次モード

(b) 対称 1 次モード

(c) 逆対称 2 次モード

図-2 A ダムの固有モード



(a) 逆対称 1 次モード

(b) 対称 2 次モード

(c) 逆対称 2 次モード

図-3 B ダムの固有モード

表-2 A ダムの固有振動数

	逆対称 1 次 モード(Hz)	対称 1 次 モード(Hz)	逆対称 2 次 モード(Hz)
常時微動計測	4.2 - 4.4	4.4 - 4.6	6.3 - 6.5
有限要素解析	3.16	3.48	5.93

表-3 B ダムの固有振動数

	逆対称 1 次 モード(Hz)	対称 2 次 モード(Hz)	逆対称 2 次 モード(Hz)
常時微動計測	2.6 - 2.8	3.8 - 4.0	4.6 - 4.8
有限要素解析	2.19	3.62	4.44
有限要素解析 (余水路有り)	2.34	3.98	5.04

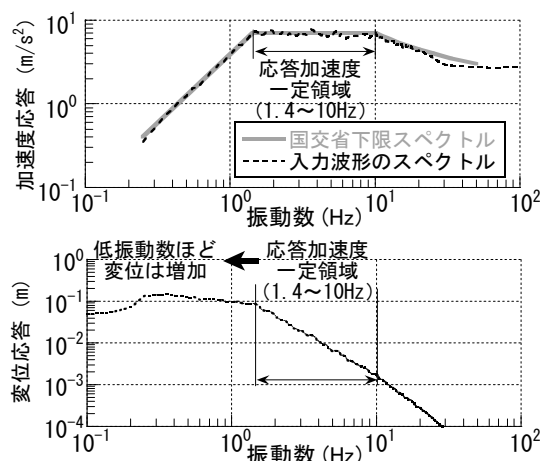


図-4 耐震性能照査用の下限スペクトル

4. アーチダムの卓越振動数と耐震性能照査用の下限スペクトルの関係

両ダムの耐震性能照査に用いる Level2 地震動は、いずれも国土省指針案の下限スペクトルに基づいている。図-4 の下限スペクトルによれば、1.4Hz～10Hz までの振動数領域では応答加速度は一定であり、応答変位は振動数が低くなるほど増加する。3 章の検討において、解析、実測の卓越振動数は 1.4Hz～10Hz であったこと、実測値よりも解析値の方が低かったことを考えると、本解析モデルで地震応答解析を行った場合、主な照査対象である堤体変位や内部応力を実際よりも大きめに算出すると予想される。したがって、本解析モデルに基づく耐震性能照査が安全側の評価を与えると考えられる。

5. まとめ

本稿では、既設アーチダム 2 基を対象として、有限要素解析モデル、常時微動計測のそれぞれから求めた動特性を比較し、本解析モデルに基づく耐震性能照査が安全側の評価を与える可能性があることを示した。文献 3) では、今回の検討を踏まえて、これらのアーチダムの地震時挙動を評価している。

参考文献

- 1) 大熊信之 他：常時微動計測から明らかとなった高経年大規模アーチダムの動特性，電力土木，No. 341，pp. 9-17，2009。
- 2) 国土交通省，河川局，治水課：大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説，2005。
- 3) 大熊信之 他：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，土木学会第年次学術講演会講演概要集，2011。