

## 常時微動測定によるアーチダムの固有振動モードの推定

関西電力(株) 正会員 片岡 幸毅  
 正会員○重光 泰宗  
 (株)ニュージェック 平井 俊之  
 越智三保子

### 1. はじめに

常時微動測定や起振実験を用いたアーチダムの固有振動数の推定については、これまでも数多くの実例があるが<sup>1),2)</sup>、固有振動モードにまで踏み込んで検討された例はほとんどない。著者らは、アーチダムの地震時安定性評価の精度向上のため、実測や解析などのさまざまな観点からアーチダムの動的挙動特性について研究している。このうち、実測の面からは、アーチダムの固有振動数とともに、その固有振動数における振動モードをも明らかにすることを目的として常時微動測定を実施している。

本研究では、関西電力(株)の所有するアーチダムにおいて低水位時や高水位時など異なる貯水位において数度にわたって実施してきた常時微動測定結果をもとにアーチダムの固有振動モードの推定を行った。

### 2. 常時微動測定による固有振動数・固有振動モードの推定方法

図-1に黒部ダムでの常時微動測定における測点配置を示す。ダム天端上にはほぼ一定間隔ごとに複数の測点を設置しダム右岸監査廊内に設置した岩盤測点と合わせた多点同時測定を実施する。表-1に黒部ダムで実施した常時微動測定時の貯水位を、表-2に黒部ダムの高水位時における測定ケース例を示す。各測点はGPS時計を用いて同期させた。測定には振動技研(株)製の速度計(固有周期約10秒)を用いた。測定は、はじめに、1測点あたり3成分(アーチの半径方向、接線方向、鉛直方向)で5測点同時測定を実施し、その後1測点あたり1成分(アーチの半径方向)で9測点同時測定を実施した。

表-1 測定時のダム貯水位

実施年月	貯水位
1997年10月	1417.0m
1998年6月	1425.0m
2000年4月	1394.0m(低水位)
2000年7月	1431.0m(高水位)

表-2 常時微動測定ケース(高水位時)

測定点	測定ケース
A1, C1, C3, C5, C7, C9	岩盤上A1測点と天端上5測点同時測定(3成分)
A1, C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9	岩盤上1測点と天端上9測点同時測定(ダム半径方向のみ1成分)

測定結果については1/100秒単位まで時刻を同期させた複数地点の記録を使用し、各測点の相対的な変位や速度を2次元・3次元的に追うことにより、ダム堤体の動的な挙動を確認することができる。これと固有振動数の推定とあわせて卓越する振動数がどのような振動モードに対応するのかを推定することが可能となる。測定結果の解析については(1)常時微動測定記録の整理(同時測定記録の時刻同期)、(2)ダムの固有振動数の推定(フーリエスペクトル、岩盤記録に対するスペクトル比の算出)(3)固有振動数付近におけるダム堤体の2次元(または3次元)的な挙動の抽出および固有振動モードの推定、という手順で実施した。

### 3. 固有振動数・固有振動モードの推定結果

図-2に天端上の各測点の岩盤測点に対するスペクトル比を示す。黒部ダムの固有振動数は一次から順に2.16Hz、2.40Hz、3.6(3.7)Hzであることが分かる。図-3に一次の固有振動数付近の周波数成分のみを抽出し、2次元的に時刻歴を追って図化させた結果および一周期分を抽出した結果を示す。このモードはアーチの両端を固定点とする対称一次モードであると考えられる。また、図-4には二次の固有振動数付近の周波数成分のみを抽出して同じように図化させた結果を示す。このモードはアーチの両端および天端中央を固定点として振動する非対称一次モードであることが推定できる。図-5は、さまざまな貯水位における常時微動測定から得られた固有振動数-貯水位の関係を示したものである。なお、同図中には起振実験結果から得られた固有振動数も示しているが、常時微動測定による結果はこれらとほぼ同様である。

キーワード：アーチダム、常時微動測定、固有振動数、固有振動モード

連絡先：〒530-8270 大阪市北区中之島 3-3-22 関西電力(株)土木建築室土木保修グループ TEL.070-5788-1750 / FAX.06-6441-3879

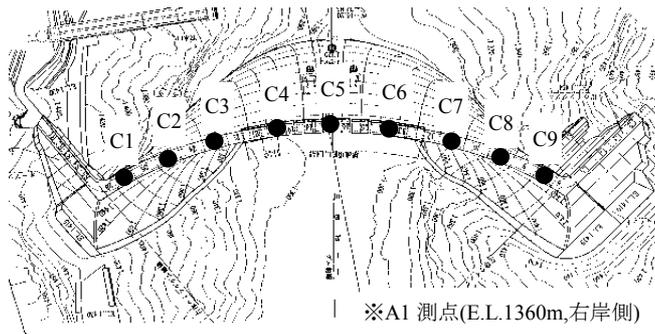


図-1 黒部ダム常時微動測定位置（平面図）

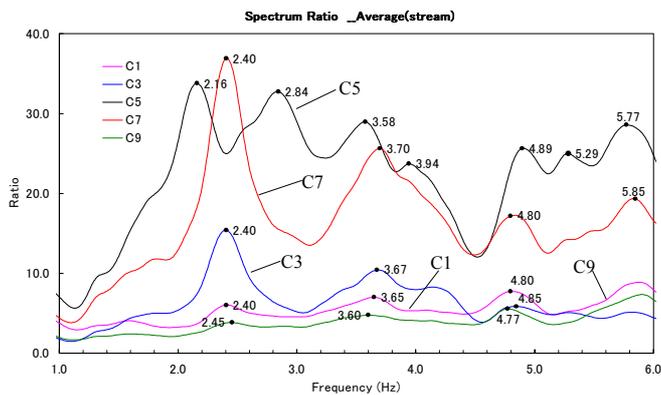


図-2 スペクトル比（天端5測点同時測定）

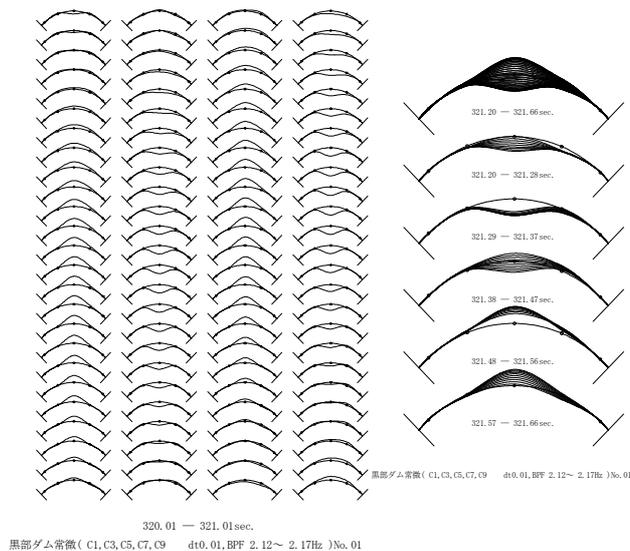


図-3 二次元的なダム挙動と一次固有振動(対称一次)モード

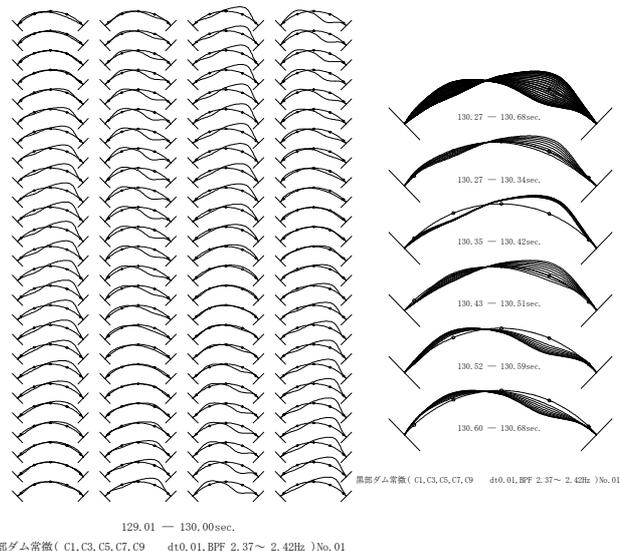


図-4 二次元的なダム挙動と二次固有振動(非対称一次)モード

4. おわりに

常時微動測定によりアーチダムの固有振動数および固有振動モードを推定した。その結果、以下の知見が得られた。1)常時微動測定によりアーチダムの固有振動モードが推定できた。2)固有振動モードを明らかにすることにより、固有振動数と貯水位との相関関係がより明確になった。3)安価で手軽な常時微動測定により起振実験とほぼ同様の固有振動数ならびに固有振動モードが得られた。

なお、著者らは、これらの結果を用いて3次元動的解析用 FEM モデルの精度向上に役立っている。

【参考文献】1)松尾豊史, 西内達雄, 金津努, 上田稔: 現場実験に基づく既設アーチダムの常時挙動に関する検討, ダム工学, Vol.9, No.1, 1999. 2)関西電力㈱: 黒部ダム測定報告書 -1960~1995-, 1999

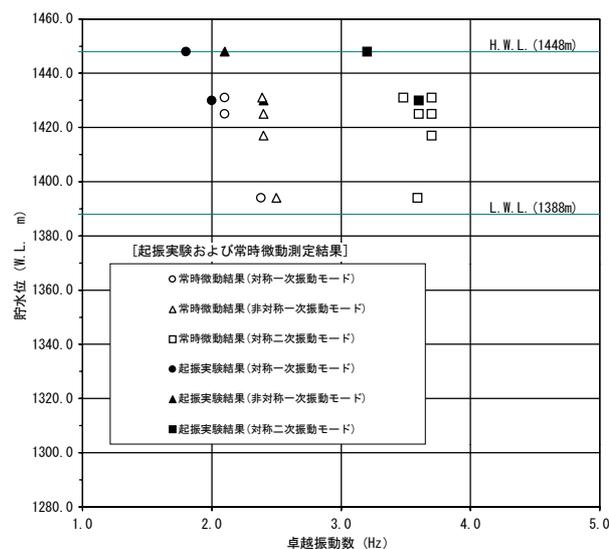


図-5 固有振動数と貯水位の関係