

地震動観測記録を用いた重力式コンクリートダムの固有振動数の分析

独立行政法人土木研究所 正会員 ○加嶋武志, 小堀俊秀, 金銅将史

1. 概要

ダム堤体の固有振動数などの振動特性は、地震時挙動の推定のほかダムの健全度診断においても有効な指標を与える可能性がある。筆者らは、比較的容易にかつ計画的に振動特性データを収集できる手法としてダム堤体の常時微動計測を行い、その分析による重力式ダム堤体の健全度診断への適用性を検討している^{例えは 1) 2) 3)}。しかし健全度を評価する上で比較対象となる過去の振動特性については、長期にわたる常時微動計測記録の蓄積がないことが一般的である。このため、地震動観測記録をあわせて活用することについてもその可能性を検討しているが、これまでに常時微動計測を実施した数基のダムでの分析から、計測される固有振動数には、貯水位変化や気温変化の影響が含まれることが明らかになってきている。ダムの健全度を固有振動数に着目して評価するためには、固有振動数に影響を与える劣化以外のこれらの影響を適切に考慮・除外する必要がある。そこで、複数のダムの地震動観測記録を用いて重力式コンクリートダムの固有振動数における貯水位や気温の変化による影響を分析した。

2. 分析方法

ダムの基礎部・天端部の同一カ所で地震動観測記録が複数回記録されている計9ダム、延べ33回の記録を分析した(表-1)。分析は、天端と基礎の時刻歴加速度波形からそれぞれのフーリエスペクトルをそれぞれ算出し、それらの伝達関数(天端/基礎)のピーク周波数をもとにダム堤体の固有振動数を推定した。

3. 分析結果

貯水位変動による固有振動数の変化は、付加質量効果の変化によって生じるものと考えられ、貯水位が高くなると固有振動数は減少する。筆者らは短期間に貯水位が大きく変化する試験湛水中のダムを対象とした常時微動計測と数値解析(ダム堤体及び貯水池の有限要素モデルでの固有値解析)の比較によってそれを確認している¹⁾(図-1)。今回、表-1の記録から求めた各ダムの一次固有振動数と貯水位(ダム高に対する貯水位の比)の関係を図-2に示す。対象とした9ダム中6ダムについては、貯水位が高い時の方が固有振動数が小さくなっている。ただし、残りの3ダムについてはこの傾向は認められない。このため貯水位以外の要因による影響も大きいと考えられる。

一方、筆者らは、年間を通じて貯水位差が小さいダムでの

表-1 分析対象とした地震動観測記録

ダム名	ダム高	回数
Aダム	81.5m	5
Bダム	48.5m	3
Cダム	59.0m	2
Dダム	55.5m	4
Eダム	69.0m	2
Fダム	36.0m	2
Gダム	80.0m	9
Hダム	73.5m	4
Iダム	75.0m	2
計9ダム	—	計33回

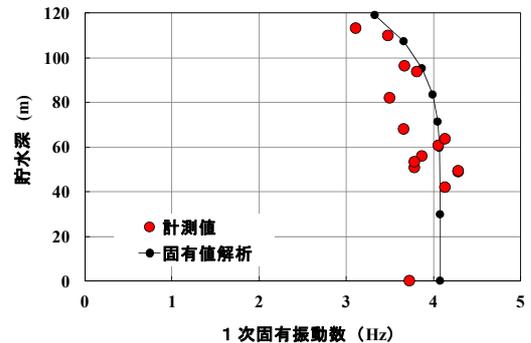


図-1 貯水位による固有振動数の変化の例(常時微動計測)¹⁾

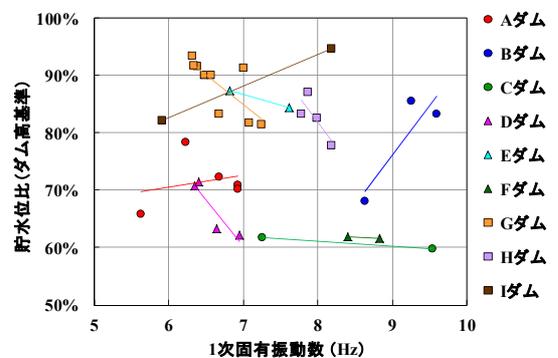


図-2 貯水位と地震動観測記録から推定した固有振動数の関係

キーワード 重力式コンクリートダム, 固有振動数, 健全度診断, 地震動観測記録, 常時微動計測
 連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 TEL 029-879-6781

常時微動計測結果の分析から、気温の低下に伴い固有振動数が減少する傾向を確認しており²⁾ (図-3), この原因を堤体コンクリートの体積変化に伴う横継目の開閉によるものと推定している³⁾.

そこで、地震動観測記録から推定した固有振動数についても、地震時貯水位の相違による影響を取り除き、気温の違いによる影響の抽出を試みた。まず、貯水位を徐々に変化させた条件で堤体2次元断面での固有値解析(図-4)を実施し、貯水位と固有振動数との関係を求めた(図-5)。なお、解析に用いた弾性係数は、個々のダムにおける地震動観測記録のうち、最も気温が高く横継目の密着性の高いと考えられるとき(基準時)の伝達関数のピーク周波数が再現されるように決定した。次に、図-5の関係をj用いて、個々のダムにおける基準時の貯水位と他の地震時の貯水位差に対応する固有振動数の変化量を求め、各地震時の伝達関数から求められる固有振動数を補正した。補正した固有振動数と気温の関係を図-6に示す。補正後の固有振動数は、全9ダムとも気温が低いときの地震の方が低くなっており、図-2に比べ図-3と同様の傾向がより明瞭に認められる。

4. まとめ

複数のダムの地震動観測記録を用いて貯水位変動や気温変化が堤体の固有振動数に及ぼす影響について分析を行った。今回対象とした地震動観測記録は、1基のダムにつき2~4回程度のものがほとんどであり非常に限られたデータではあるが、常時微動計測での分析と同様、ダム堤体の固有振動数は貯水位・気温両方の影響を受けて変化する可能性が高いことがわかった。

今後は、これらの影響を定量的に分離することで、長期供用ダムの健全度の変化の把握や、補修前後の比較による対策効果の評価などへ本手法の活用を図っていきたい。

参考文献

1) 金銅将史・小堀俊秀・加嶋武志・佐々木隆・榎村康史：長寿命化を目指したダム本体の合理的維持管理手法の開発，土木技術資料，No.56-2，2014.2
 2) 金銅将史：微小な揺れの変化に着目したダムの健全度診断の試み，土木技術資料，No.55-5，2013.5
 3) Masafumi Kondo, Takashi Sasaki, Toshihide Kobori, Takeshi Kashima : SOUNDNESS EVALUATION OF EXISTING GRAVITY DAMS FOCUSING ON CHANGE OF VIBRATION CHARACTERISTICS, ICOLD 2013 International Symposium — Seattle USA

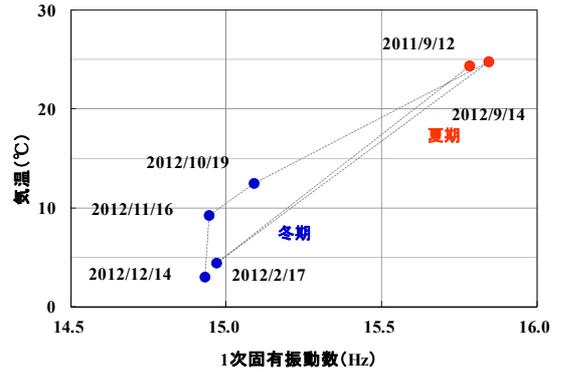


図-3 気温と固有振動数の関係²⁾
 (貯水位変動の小さいダムでの常時微動計測結果)

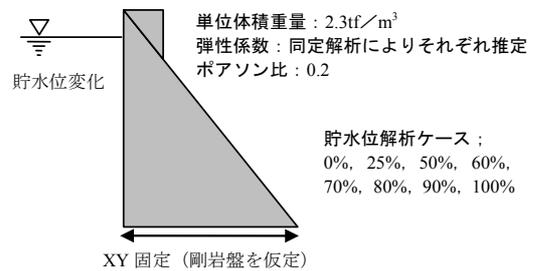


図-4 固有値解析概要

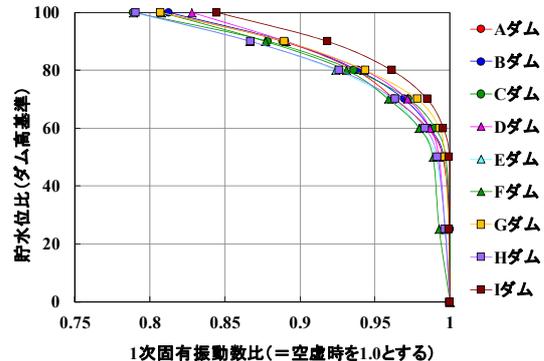


図-5 貯水位と固有振動数の関係
 (固有値解析)

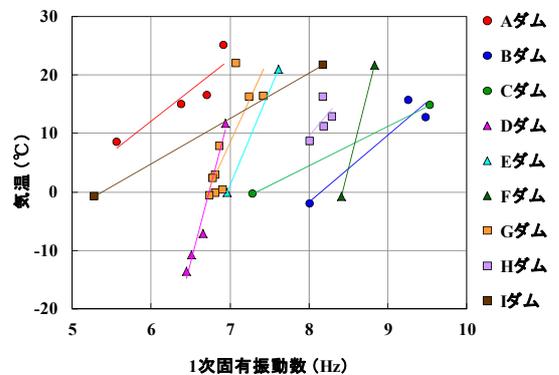


図-6 気温と地震動観測記録から求めた固有振動数(貯水位による影響を補正)の関係