

1. はじめに

既設アーチダムの挙動を解析に基づき評価する際、ジョイント部が堤体全体の挙動に及ぼす影響を把握しておくことは重要と考えられる。本報告は、基本的な振動特性の一つとして、固有振動数に着目し、既設アーチダムの固有振動数を地震観測記録や常時微動計測、起振実験から求め、貯水位との関係を調べた。そして、固有振動数に及ぼすジョイント部のモデル化の影響を、有限要素法を用いた固有値解析により検討した。

2. 既設アーチダムの固有振動数の算出

(1) 対象としたアーチダム

既設アーチダム6機を対象として、地震観測記録、常時微動計測、起振実験から固有振動数を求めた。

(2) 固有振動数の算出方法

地震観測記録に基づく算出方法は、堤体天端と着岩近傍岩盤内の地震観測記録のスペクトル比より固有振動数を求めた。算出に当たり、堤体の固有振動数による振動が卓越している主要動終了後の記録を用いた。常時微動計測に基づく算出方法は、堤体最低標高部の記録を基準とした堤体天端の伝達関数を算出して求めた。起振実験に基づく算出方法は、堤体天端起振位置の変位の共振曲線より固有振動数を求めた。

3. 既設アーチダムの観測記録に基づく固有振動数と貯水位の関係

各算出方法から定まる堤体の一次固有振動数と貯水位の関係を図-1に示す。なお、諸元の異なるアーチダムを対象としたため、整理に当たっては、当該ダムの高水位における固有振動数に対する比を固有振動数比、堤高に対する貯水位の比を貯水率と称した。この図から、貯水率約70%までであれば、貯水率の低下とともに、固有振動数比は大きくなるが、それ以下の貯水率では、逆に固有振動数比は若干小さくなる傾向を示している。この現象は上田らの研究成果[1]と一致しており、原因の一つとして、貯水位に起因した堤体構造の連続性が考えられる。貯水位が高い場合、水平アーチ方向の軸圧縮力は大きく、ジョイント部を介して堤体は連続構造となりやすく、堤体剛性に及ぼすジョイント部の影響は小さいと考えられる。これに対して、貯水位が低い場合、水平アーチ方向の軸圧縮力は小さく、堤体ブロック間のジョイント部では離接は生じやすく、堤体は不連続な構造となりやすいため、堤体全体としての剛性は小さくなったためと推測される。

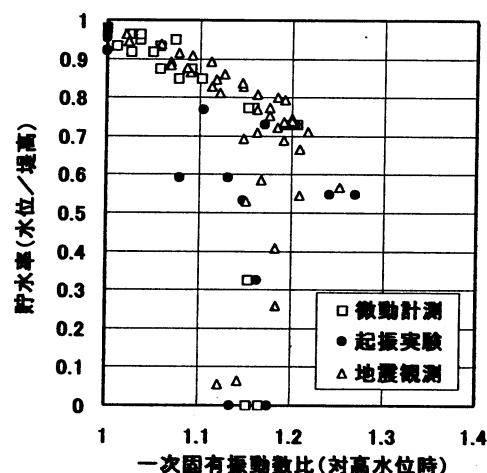


図-1 堤体の固有振動数と貯水位の関係

4. 堤体の固有振動数と貯水位の関係に対するシミュレーション解析

(1) 解析概要

既設アーチダムのうち1機を対象として、堤体の固有振動数と貯水位の関係に対するシミュレーション解析を実施した。解析手順を図-2に示す。解析要因はジョイント部の扱いであり、その他モデル化と併せて以下に示す(表-1参照)。

①ジョイント部の扱い: 堤体コンクリートと同一剛性(ケース1)、全ジョイント部の剛性を考慮(ケース2 ;

キーワード アーチダム、固有振動数、ジョイント部、現場計測

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 電話 0471-82-1181、FAX0471-83-2962

堤体の約 1/3)、図-3 に示す非線形常時挙動解析に基づき各ジョイント部の状態変化履歴（剥離、すべり）に応じて剛性を設定（ケース 3；健全部はジョイント剛性、状態変化部はジョイント剛性の 1/1000）

②コンクリートの弾性係数：

動弾性係数（静弾性係数の 110% [2]）

③貯水池水圧：Westergaard 式による付加質量

（2）解析結果

堤体の固有振動数と貯水位の関係に対する解析結果を図-4 に示す。図中には、当該ダムで実施した起振実験および常時微動計測 [3] より算出した固有振動数の値を併せてプロットした。図-1

で示された現象を再現できているのは、ジョイント部で生じる剥離やすべりの状態変化を考慮して、各ジョイント部の要素剛性を設定したケース 3 の解析結果である。また、固有振動数の値も概ね実測値と一致している。なお、貯水位 990m が固有振動数の変極点となっている。常時挙動解析結果から、この貯水位では、ジョイント部で生じた剥離やすべりが最も広範囲に生じており、この影響と考えられる。

5. まとめ

既設アーチダムにおける計測記録から、貯水位の低下とともに、固有振動数比は大きくなるが、ある貯水位以下（概ね堤高の 70%）では、逆に固有振動数比は若干小さくなる傾向を示した。この現象を固有値解析により再現するためには、ジョイント部の状態変化履歴（剥離、すべり）を考慮した解析 [4] が有効であることがわかった。

参考文献

- [1] 上田稔他：アーチダムの地震観測記録などから求めた固有振動数について、土木学会第 51 回年次講演会（I 部門）、1996
- [2] 佐藤正俊他：ダムコンクリートの地震時の動弾性係数に関する研究、土木学会論文集 No.564/V-35、1997.5
- [3] 松尾豊史他：既設アーチダムの貯水位変化に伴う動特性の計測、土木学会第 52 回年次講演会（I 部門）、1997
- [4] 西内達雄他：アーチダムの動的挙動に与えるジョイント部の構造非線形性の影響、土木学会第 54 回年次講演会（I 部門）、1999

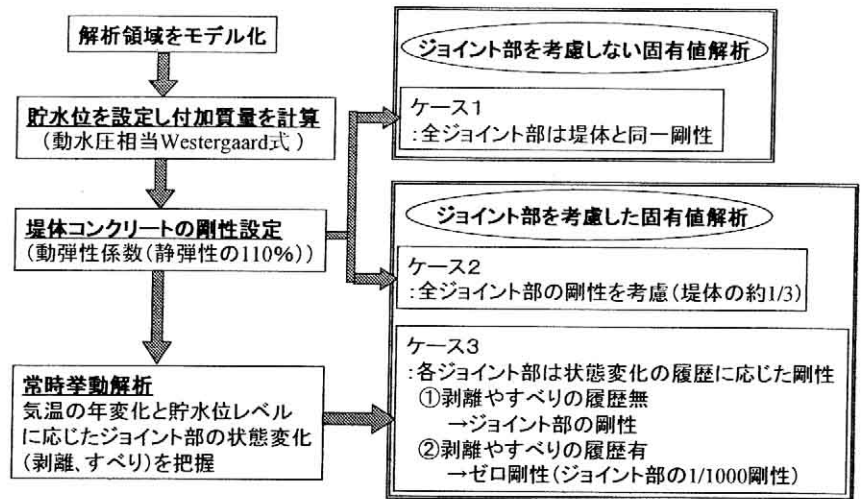


図-2 解析の手順

表-1 解析要因と物性

	コンクリートの弾性係数	ジョイント部の弾性係数	貯水圧
ケース1	36286 MPa	36286 MPa	動水圧
ケース2	36286 MPa	9709 MPa	動水圧
ケース3	36286 MPa	健全部 9709 MPa、状態変化部 9.7MPa	動水圧

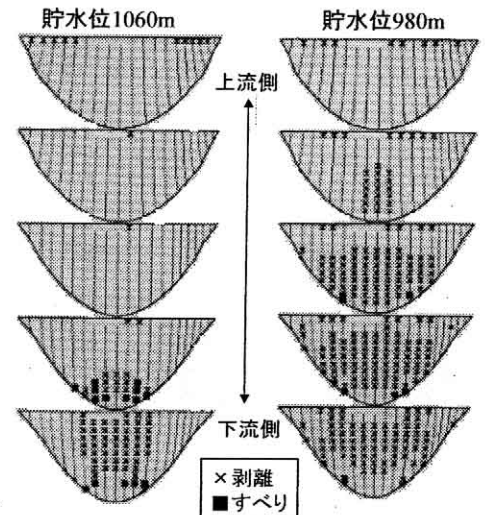


図-3 冬期におけるジョイント部の状態解析結果

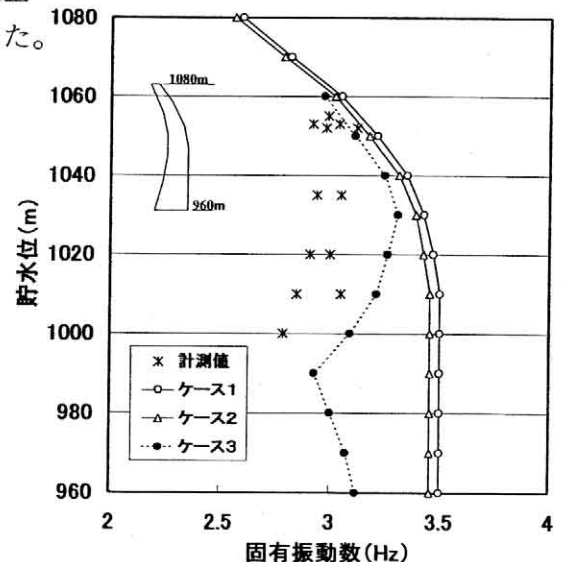


図-4 固有振動数と貯水位の関係に対する解析結果