

ダムの固有振動数と振動レベルの関係に及ぼすジョイント部の影響

電力中央研究所 正会員 豊田幸宏 中部電力 上田 稔
株式会社シーテック 正会員 恒川和久 日本大学 塩尻弘雄

1. はじめに

著者らは、前報¹⁾にて、アーチダムのジョイント部（横継目）における非線形挙動を考慮できる 3 次元有限要素解析モデル（以下、本解析モデルと記す）を用いて、起振実験のシミュレーション解析を実施し、計測値との比較から本解析モデルの適用性を把握した。一方、既設アーチダムの地震観測記録に基づく検討²⁾から、貯水位の条件によっては、比較的強振動時に、ダムの固有振動数が弱振動時に比べて低振動数側になることを確認し、この現象が、ジョイント部の影響を受けている可能性のあることを指摘した。本報は、本解析モデルによる地震応答解析に先立ち、ダム上部における強制加振の入力条件下の時刻歴応答解析を実施し、振動レベルと固有振動数の関係に及ぼすジョイント部の影響を明らかにしたものである。

2. 解析の概要

2.1 解析モデル 解析対象は、前報¹⁾と同様、I アーチダムである（図 1）。本解析モデルは、岩盤、堤体ならびに貯水の連成を考慮した 3 次元有限要素モデルであり（図 2）、ジョイント部における非線形挙動を模擬するために、図中に示す太線部分に 3 次元ジョイント要素を用いた。ジョイント要素は、ジョイントシアキー部における接触面の方向（図 3）を考慮したものであり、それぞれの方向において、接触面に対して垂直方向、接線方向に同図に示すような特性を有する。本解析モデルに用いた物性値を表 1 に示す。

2.2 解析方法 本解析では、前報¹⁾の起振実験シミュレーションと同様に、0.01Hz 間隔で周波数の異なる正弦波を複数作成し、それらをダム天端の節点に入力波として与え、応答値が定常になるまで時刻歴応答解析を実施した。入力する節点位置は、起振実験における起振点とほぼ一致するが、今回は、入力波の振幅を起振実験時（20tonf）を基準に整数倍したものをを用いて、解析を実施した。一連の時刻歴応答解析より得られた各周波数における定常変位応答振幅値から、周波数応答曲線を作成し、曲線における極大値を共振点と見なし、その時に入力された正弦波の周波数をダムの固有振動数とした。なお、本解析では、予め静的解析を実施し、貯水の静水圧により発生する初期応力を考慮した。

3. 解析結果

図 4 に、入力波の振動レベルとダム天端の最大変位応答値の関係を示す。図の縦軸、横軸は、起振実験に相当する加振力（20tonf）、ならびにその入力条件にて得られた最大変位応答値を用いて、それぞれ規準化している。同図によれば、入力波の振動レベルが大きくなると、ダム天端の最大応答値は、線形比例的に増大していない。また、貯水位の違いに着目してみると、応答が線形比例と仮定した点線に対する最大変位応答値の低減率は、貯水位が低くなると大きくなることがわかる。図 5 に、固有振動数を求めた時の、ダム天端の最大加速度応答値（変位値から換算した値）と貯水位の関係を、図 6 に貯水位と固有振動数の関係を示す。両者には前報¹⁾で得られた解析結果も併せて示す。さらに、前者には、実際に I アーチダムの固有振動数を算出した地震観測記録の結果を、後者には、それに加え、起振実験ならびに常時微動計測の計測結果等を併せて示す。これらによれば、HWL-15m 時には、今回の振動レベルの範囲では、固有振動数に変化は見られないが、HWL-55m や HWL-70m の貯水位において、振動レベルが大きい（比較的強振動）時に、固有振動数が、弱振動時に比べて低振動数側の値になっている。今回の解析で得られた結果は、既設アーチダムの地震観測記録に基づく検討²⁾において認められた結果と定性的には一致するものである。図 7 に、HWL-70m の条件で、出力点 A（図 1 参照）にて得られた、ジョイント部におけるダム軸方向の相対変位の時刻歴波形を示す。同図によれば、ジョイント部に離接挙動が生じていることがわかる。HWL-55m の条件では同様に離接挙動は確認されたが、HWL-15m の条件では、離接挙動は発生していなかった。また、このような非線形挙

キーワード：アーチダム、施工縦ジョイント、ダム堤体－岩盤－貯水系連成解析、有限要素法

連絡先：千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL 0471-82-1181 FAX 0471-83-2962

動が確認された領域は、HWL-70mの条件の方が、HWL-55m の場合よりも広範囲であった。これらのことから、貯水位が低い場合に、振動レベルの大きさに応じてダム固有振動数が変化したり、変位応答値が低減したのは、ジョイント部の非線形挙動の影響によるものである。

4. まとめ

ジョイント部の非線形挙動を考慮した解析モデルにより、ダムの動的特性に関する振動レベル依存性を数値解析的に示した。参考文献：1) 豊田ら、第55回年次学術講演会概要集 I-B480、2) 上田ら、土木学会論文集 No. 654/I-52、2000、7

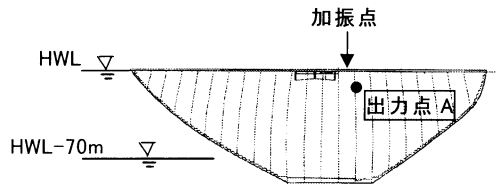
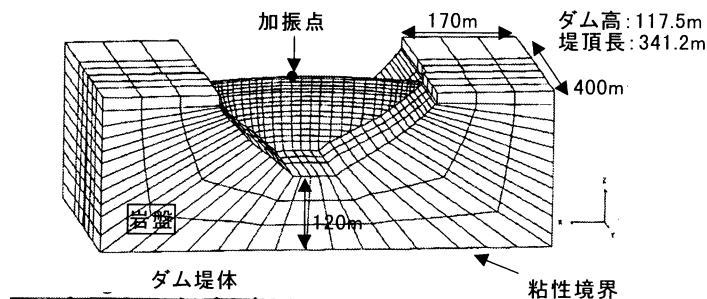


図1 I アーチダム上流面展開図と貯水位

表1 解析に使用した物性値

	波動伝播速度 (m/sec)	動弾性係数 (kgf/cm ²)	動ポアソン比	単位体積重量 (t/m ³)	減衰定数 (%)
ダム	2,460	380,000	0.20	2.5	1.0
岩盤	1,700	184,000	0.25	2.5	1.0
貯水池	水中音速		1,400		
	インピーダンス比		5.3(地山), 1.0(貯水)		



太線部分にジョイント要素を挿入

貯水池 (HWL-70m の場合)

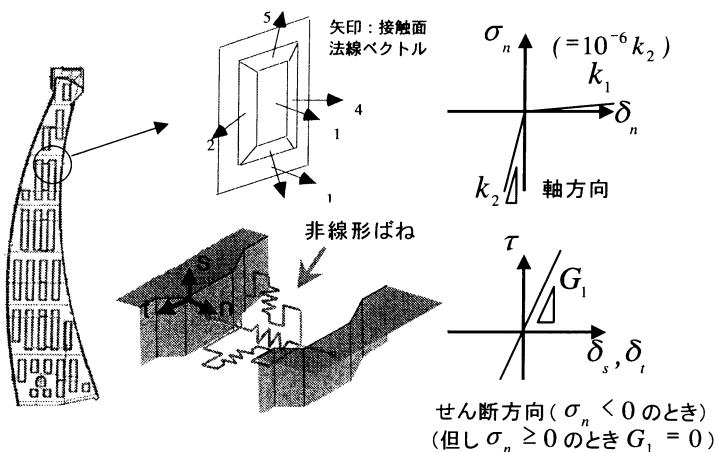


図3 ジョイント部の解析モデル化

図2 解析モデルメッシュ

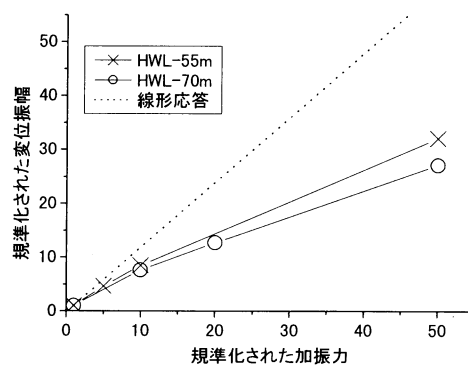


図4 振動レベルとダム天端の最大変位応答値の関係

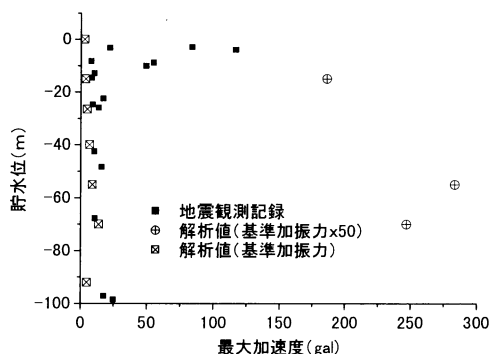


図5 固有振動数を算出した地震観測記録等の最大加速度とその時の貯水位

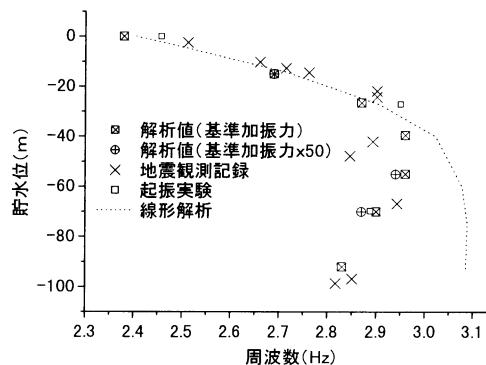


図6 ダムの固有振動数と貯水位の関係

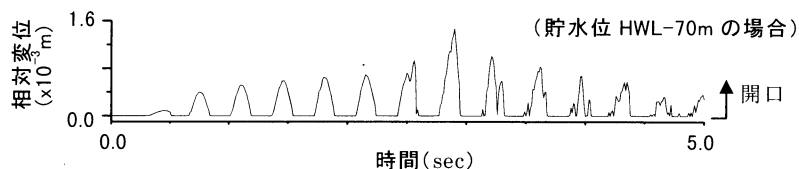


図7 ジョイント部におけるダム軸方向の相対変位時刻歴応答波形の例