

既設アーチダムの固有振動特性に関する動的応答解析

室蘭工業大学大学院 学生員 ○米坂 俊介 室蘭工業大学 正会員 小室 雅人
室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光 北海道電力株式会社 正会員 世戸 洋行

1. はじめに

我が国には、社会的・経済的活動を支える重要な社会基盤施設の一つとして数多くのダムが建設されている。阪神大震災以来、この種の構造物に対してもレベル2規模の地震に対する安全性照査が要求されるようになった。

本研究では、アーチ式ダムを対象として、地震時挙動特性の基礎資料となる固有振動特性の把握を目的に、3次元有限要素法を用いた固有振動解析を実施した。なお、解析には汎用構造解析プログラム ABAQUS¹⁾を使用した。

2. アーチダムの概要

本解析に対象とした A アーチダムは、堤高 61.2m、堤頂長 110m、堤体積 30,000m³である。本ダム地点はアーチダムの建設に最適な地形地質を有することなどから、堤体積の少ない経済的なコンクリートアーチ式が採用された。

3. 数値解析概要

本数値解析では、アーチダムの3次元的な挙動を適切に評価するために、堤体および周辺地盤を含めた3次元有限要素モデルを作成した。図-1には、本解析に用いた有限要素モデルを示している。解析対象範囲は、アーチダムを中心に基礎地盤を含め上下流方向に 88m、ダム軸方向に 160m、高さ方向に 111.2m とした。また、より

詳細なモデル化を行うために、ダム本体のほか、水叩部、放水管、裏込めコンクリートも考慮している。境界条件は周辺地盤の底面および側面を完全固定とした。なお、総要素数および総節点数は、それぞれ 60,291、65,796 である。また、表-1には、本解析で使用した材料物性値を示している。本研究では、ダム堤体の地震時挙動特性の基礎的評価を目的とした固有振動解析を実施している。

4. 動水圧を考慮した固有振動解析

4.1 地震時動水圧の設定

本解析ではダム堤体の地震時挙動特性を検討する前段階として、基本的な特性である固有振動特性の把握を試みた。なお、地震時の固有振動特性を適切に評価するためにはダム堤体に作用する動水圧の考慮が不可欠である。本研究では、仮想質量を式(1)の Westergaard 式²⁾を用いて評価することにした。

$$p = \frac{7}{8} p_w \sqrt{H \cdot h} \quad (1)$$

ここに、

p : 単位長さ当たりの付加質量 (kg/m²)

p_w : 水の単位体積質量 (kg/m³)

H : 水深 (m)

h : 水面から地震時動水圧が作用する点までの水深 (m)

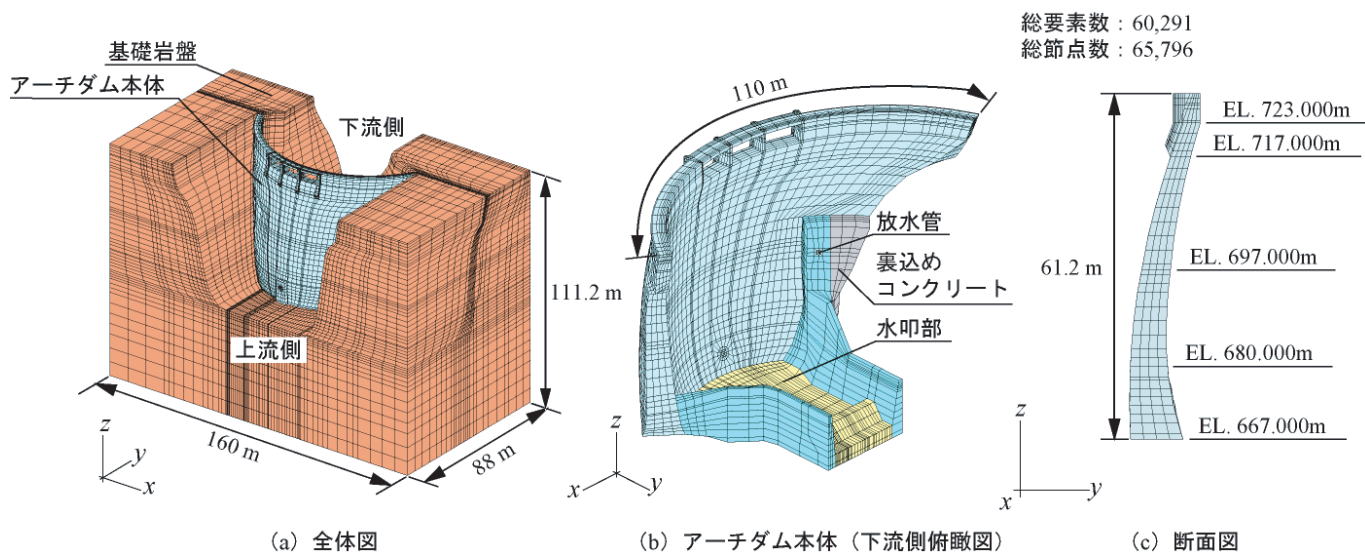


図-1 要素分割状況

キーワード：地震時挙動特性、固有振動特性、有限要素法、アーチダム

連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227

表－１ 使用物性値一覧

使用材料	弾性係数 E (GPa)	密度 ρ (g/cm ³)	ポアソン比 ν
堤体コンクリート	19.6	2.50	0.20
基礎地盤	21.6	2.65	0.20

表－２ 固有振動数の比較

振動モード	固有振動数 (Hz)	
	動水圧なし	動水圧付加
１次	5.22	3.42
２次	6.93	4.40
３次	8.94	6.34
４次	10.60	6.88
５次	11.20	7.08
６次	11.66	7.96
７次	13.31	8.45
８次	14.26	9.09
９次	14.81	9.82
１０次	15.09	10.22

解析ではこれらを節点間で線形変化に仮定し、仮想質量として各節点に付加することとした。

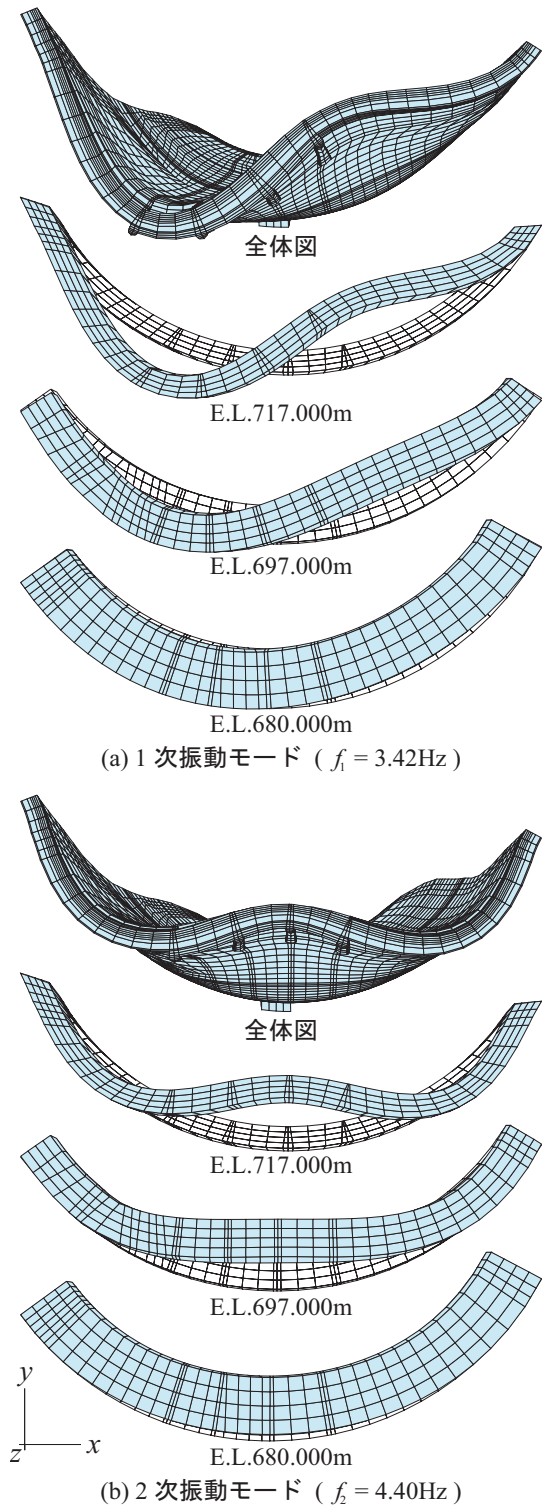
4.2 数値解析結果および考察

表－２には、ダム堤体のみの場合（空虚時）と動水圧考慮のための付加質量を考慮する場合（満水時）における固有振動数を比較して示している。表より、満水時の固有振動数は空虚時と比較して、60～70 %程度減少することが分かる。図－２には、満水時における１次と２次の振動モードを全体図および高さ方向の断面毎に分けて示している（図－１(c) 参照）。なお、変形倍率は10,000倍にし、原形図と併せて示している。図より、各振動モードに着目すると、１次モードは逆対称モード、２次モードは対称モードである。それぞれの断面図より、振動モードはいずれの場合も上部において大きな変形を示すものの、谷底部に近づくにつれ、変形は制御されていることが分かる。通常、地震発生時には、対称振動が卓越するものと考えられるが、対称１次振動の固有振動数が4.4Hzと比較的大きいことより、動的応答性も小さくなるものと推察される。

5. まとめ

動水圧を考慮した固有振動解析より、ダム堤体の固有振動特性を明らかにすることができた。

今後は、これらの結果を踏まえ、実地震動入力による



図－２ 振動モード (変形倍率：10,000 倍)

動的応答特性に関する検討を進める予定である。

参考文献

1) ABAQUS/Standard User’s Manual, Ver. 5.8, Hibbitt Kalsson & Sorensen Inc., 1998.
2) Westergaard, H. M. (1933) : Water Pressures on Dams during Earthquakes, Trans. ASCE, Vol. 98, pp. 418-432