

### 常時微動・地震動観測による高経年化したアーチダムの動特性（その5）

#### —微動の長期継続観測から得た卓越振動数の経時変動，温度・水位との相関について—

宮城大学 正会員 ○上島 照幸，  
電力中央研究所 正会員 金澤 健司，  
日本大学 正会員 塩尻 弘雄，

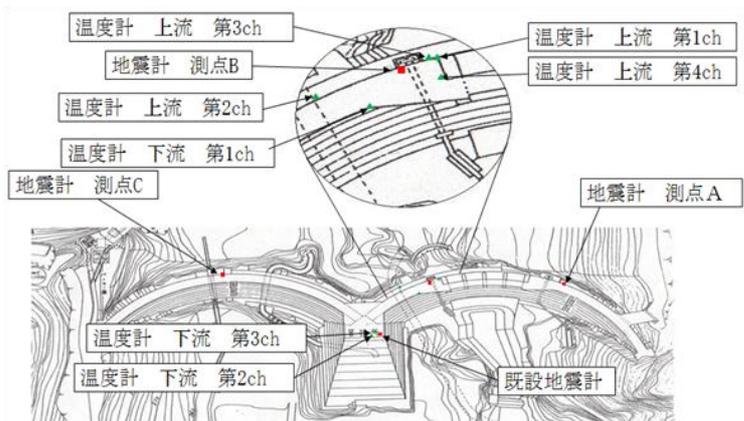
宮城大学 非会員 高嶋 佑典  
日本大学 正会員 仲村 成貴  
弘前大学 フェロー会員 有賀 義明

#### 1. はじめに

ダムの構造健全性評価手法を検討するための基礎資料を得ることを目的とし，高経年化したアーチダム（仙台環境開発大倉ダム）を対象として常時微動の高密度観測<sup>1)</sup>，微動・地震動の長期継続観測<sup>2)</sup>を実施している．2011年東北地方太平洋沖地震時にも観測を継続実施中であり，ダム天端での本震記録の他，前震，多くの余震群の観測記録が，その前後での微動記録とともに得られた．本報告では，微動の長期継続観測から得た卓越振動数の経時変動やその温度・水位との相関性について報告する．

#### 2. 観測対象ダムと観測・解析概要

観測対象としたダムの概要については（その1）に述べたとおりである．図-1にダム平面図と常設観測点位置図を示す．3点の常設観測点はいずれも天端上に設置されている．長期継続観測における観測量は，地震動から常時微動レベルまでのそれぞれ水平2方向の加速度と上下方向加速度である．温度計は上流が第4チャンネルまで，下流が第3チャンネルまであり上・下流の第1，2チャンネルは堤体温度を，それ以外は気温を測っている．



※上下流第1，2chは堤体温度 それ以外は気温

図-1 観測対象ダム平面図と常設観測点位置図

微動解析にあたっては，全観測記録を重複しないように5分ごとの小サンプルデータに分割した後，各小サンプルデータに対してARMAモデルによる振動モード同定法を適用して対象構造物の振動特性を同定した．

#### 3. 卓越振動数の経時変動と温度・水位との相関

本研究では大倉ダムにおける卓越振動数を2010年6月から現在まで観測している．図-2にはmode-1に相当する卓越振動数(緑)の2年半に亘る経時変動を堤体温度(茶)とともに示しており，



図-2 ダム卓越振動数と堤体温度の経時変動(mode-1)

図-3は同様に，mode-2に相当する卓越振動数(青)の2年半に亘る経時変動を堤体温度(茶)とともに示している．長期間に亘る卓越振動数の経時変動の表示にあたっては，日変動を除去するため，5分ごとに得られている卓越振動数を(また1時間毎に得られている堤体温度をそれぞれ)1日平均して表示している．常時微動の長期継続観測から得られた卓越振動数の経時変動について，また温度・水位との相関について以下の諸事項が判明した； 1)．卓越振動数の2年半に亘る経時変動を参照すると，mode-1,2とも，夏期に高く冬期に低くなる周期性がある(このことは即ち，卓越振動数は堤体温度ないし気温との相関性が高いことを意味する)．夏期と冬期での変動幅は2~2.5Hzに

キーワード 微動・地震動長期継続観測，アーチダム，卓越振動数，経時変動，温度，貯水位

連絡先 〒982-0215 仙台市太白区旗立 2-2-1 宮城大学食産業学部環境システム学科 TEL:022-245-1421

も及ぶ。卓越振動数の地震時変動幅(=地震時卓越振動数と微動時卓越振動数の差)が、2011年東北地方太平洋沖地震本震時で、約1Hz程度であった<sup>2)</sup>ことを考えると、微動の長期継続観測から得た夏期と冬期での卓越振動数の変動幅は相当に大きいものであることが分かる。卓越振動数の経時変動のこうした特徴は、ダム の 堤 体 温 度 の 低 下 に 伴 い、ダム が 収 縮 す る こ と で ア ー チ 効 果 が 失 わ れ、堤 体 コ ン ク リ ー ト の 圧 縮 応 力 が 減 少 し、ヤ ン グ 係 数 の 低 下 に よ り、卓 越 振 動 数 の 低 下 が 引 き 起 こ さ れ る も の と 推 察 さ れ る。

なお、mode-1では卓越振動数と堤体温度との間に3ヶ月程度のズレがあるが、mode-2では両者の位相がほぼ一致しているとの点についての検討は今後の課題である。

2) 卓越振動数～貯水位関係についてのこれまでの観測事例によれば、貯水位が高い範囲では、貯水位が満水位から低下するに従い、卓越振動数は高くなるが、ある貯水位以下になると逆に貯水位の低下に伴って卓越振動数は低下すると報告されている<sup>3)4)</sup>。本ダムにおける観測・解析の結果からは、これまでの観測事例に沿うモードがある一方、必ずしも明確な傾向が得られないモードもあることが分かった。また卓越振動数の経時変動に及ぼす堤体温度の影響に比すれば、水位が卓越振動数に与える影響はより小さいことも分かった。

4. おわりに

今後、得られた諸記録のより詳細な分析をはじめ、FEM解析を含め、アーチダムの耐震安全性、構造健全性などに係わる検討を更に深めていきたいと考える。本振動観測・解析の実施にあたって、(社)東北建設協会・技術開発支援制度、および日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究C(課題番号:23560576)より支援を受けていること、宮城県仙台地方ダム総合事務所からフィールドの提供を受けていること、仙台市大倉川土地改良区管理下にある建物の一角を借用して観測機器を設置させて頂いていること、を付記し、謝意を表する次第である。

参考文献 1) 仲村成貴・塩尻弘雄・上島照幸・有賀義明：“常時微動観測と三次元有限要素解析に基づく実在アーチダムの振動特性把握”，土木学会第32回地震工学研究発表会講演論文集，ID3-362，2012。  
 2) 上島照幸・金澤健司・村上弘太・仲村成貴・塩尻弘雄・有賀義明：常時微動・地震動の長期継続観測による高経年化したアーチダムの振動特性同定と2011年東北地方太平洋沖地震時のダムの振動挙動，土木学会論文集A1(構造・地震工学)，Vol.68，No.4(地震工学論文集第31-b巻)，I\_186-I\_194，2012。  
 3) 大熊信之，金澤健司，畑元浩樹：常時微動計測データから明らかとなった高経年大規模アーチダムの動的特性、電力土木 No.341，pp.9-17，2009。  
 4) 例えば，上田稔，豊田幸宏，塩尻弘雄，佐藤正俊：アーチダムの観測記録から求めた固有振動数とブロックジョイントの影響，土木学会論文集，No.654，I-52，pp.207-221，2000。



図-3 ダム卓越振動数と堤体温度の経時変動(mode-2)

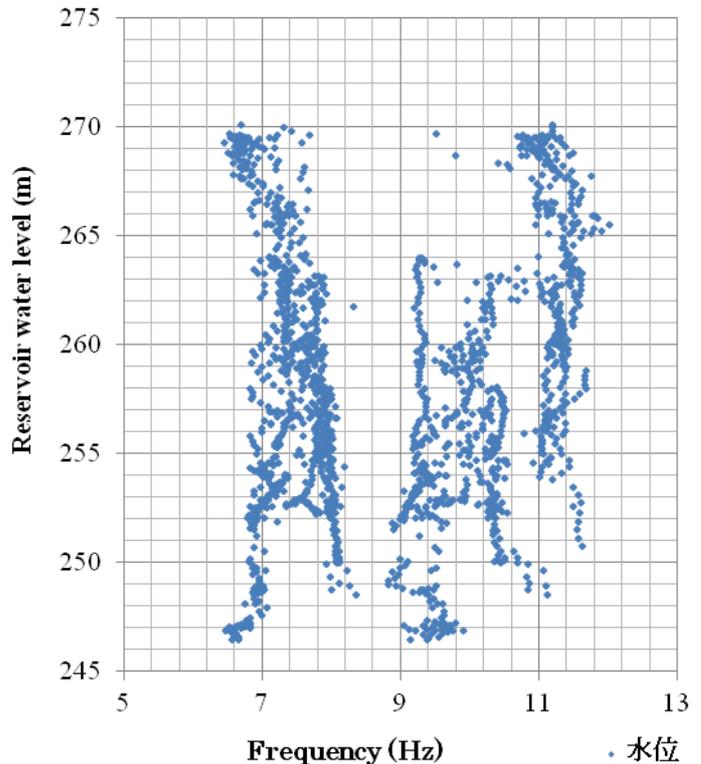


図-4 卓越振動数～貯水位関係