

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2）

ー長期継続観測を通じたダムの振動特性変動の検出ー

宮城大学 正会員 ○上島 照幸
 セキスイハイム東北 村上 弘太
 日本大学 正会員 仲村 成貴
 電力中央研究所 金澤 健司
 日本大学 正会員 塩尻 弘雄

1. はじめに

微動の長期継続観測は、観測対象構造物の動特性を把握するとともに、通常使用状態におけるその経時変動を把握し、構造健全性診断、或いはヘルスマニタリング¹⁾の基礎資料を得ることを目的として実施される場合が多い。著者らはこれまで、鉄筋コンクリート構造物を対象として微動・地震動の長期継続観測を実施してきた²⁾。本報における観測対象ダムも竣工後50年を経過しており、その構造健全性について、調査・研究していくことは必要なことと考える。（その1）では、微動の高密度観測を通じて、観測対象ダムの振動特性・モード形状を把握した結果を述べた。本報では、微動・地震動の長期継続観測を通じてダムの動特性とその経時変動・地震時変動について、検討した結果を報告する。

2. 観測対象構造物概要と解析法

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。2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

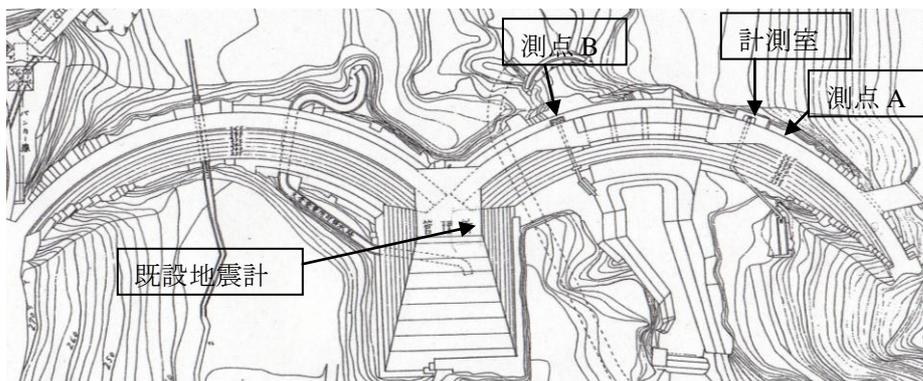


図-1 観測対象ダム平面図と常設観測点位置図

加速度と上下方向加速度である。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³⁾(以下ARMA法)を適用して、対象構造物の振動特性を同定した(図-2)。

3. 解析結果と考察

ARMA法の適用により、5分ごとに同定された対象構造物の振動特性は、個々には、ある時間断面における同定値である。長期継続観測とは、そのように同定された振動特性が経時的にはどのような変動をしているかを検討することを目的として行われているものである。この過程は、まずは同定された個々の時間断面での振動特性値を時間軸方向に並べて表示し、その上で振動特性の経時変動を検討・評価することである。こうして固有振動数の経時変動を表示した例を図-3に示す。平成22年6月より約半年に亘る長期継続観測

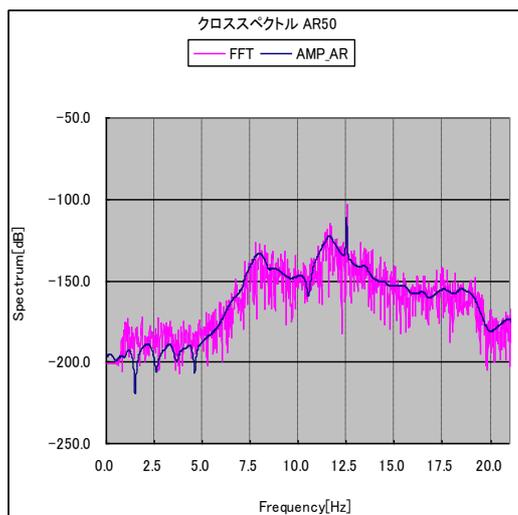


図-2 長期継続観測における振動特性同定

キーワード 固有振動数, 常時微動, 地震動, 長期継続観測, 経時変動, アーチダム

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

から得たデータを分析して、以下の知見を得た；

(1). 固有振動数は大気温と相関を持ちつつ日変動しており、一定の周期で変動を繰り返していることが認め

られた。大気温が高くなる(或いは応答振幅値が大きくなる) 昼間に固有振動数が低下していることから、固有振動数と大気温(或いは応答振幅値) の間には負の相関があると考えられる(図-3)。

(2). 固有振動数の季節変動については、大気温の上昇とともに固有振動数が上昇する傾向がみられた。また、大気温が低下する冬の時期に固有振動数も低下する傾向があり、大気温と正の相関が認められた。

(3). 仙台市青葉区で震度4を観測した2010年6月13日の福島県沖地震では、当該ダムの常設観測点において観測記録を得ることが出来た(最大加速度約25gal)。地震記録のスペクトル解析では主要動発生時間を0秒として、地震主要動から5秒ずつ間隔をずらしつつ、計7ウィンドウでのスペクトル解析を行った。解析結果は0秒から90秒、5秒から95秒の解析では固有振動数の低下が確認できたが、それ以降の解析では固有振動数の低下は見られなかった。地震前後1週間での微動記録を用いたスペクトル解析から得た固有振動数は互いに一致しており、それらは主要動を含まない窓での地震記録を用いたスペクトル解析から得た固有振動数とも一致した。以上の解析から、観測対象ダムにおいては主要動の初期のみで固有振動数の低下が起きていること、主要動終了後、ほぼ直ちに微動レベルでの固有振動数に復帰すること、などが分かった(図-4)。

4. おわりに

今後、微動・地震動の長期継続観測を引き続き行うとともに、水位、堤体温度(または大気温)などと固有振動数との相関分析を行っていく予定である。また、今回の大規模地震に関連した解析についても実施したいと考えている。さらに、地震時の逆解析による損傷評価、FEMによる振動特性解析法・構造健全性評価法などの検討を行っていきたい。本振動観測の実施にあたっては、(社)東北建設協会・技術開発支援制度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はフィールドの提供を受け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) 山本鎮男：ヘルスマニタリングー機械・プラント・建築・土木構造物・医療の健全性監視，共立出版，1999。
- 2) 上島照幸，佐藤和敬，金澤健司：常時微動・地震動の長期継続観測を通じた構造物の振動特性変動の検出ー常時変動と地震時変動ー，第13回日本地震工学シンポジウム論文集，2010年11月，pp.1568-1575。
- 3) 金澤健司，平田和太：クロススペクトル推定法による多自由度系構造物の振動モード同定，日本建築学会構造系論文集，第529号，2000年3月，pp.89-96。

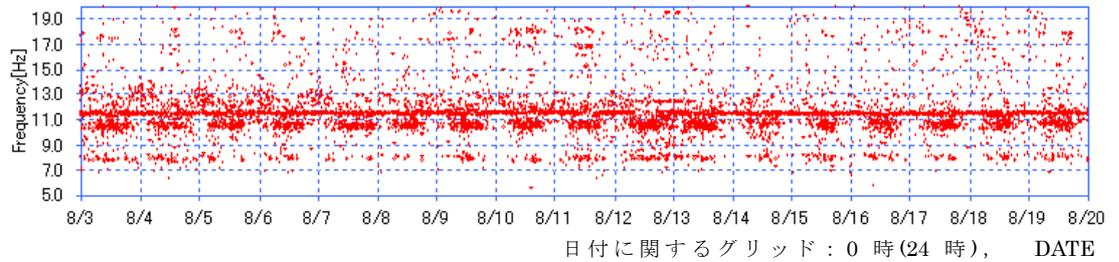


図-3 固有振動数の経時変動表示例(期間：'10-8-3~'10-8-20)；図では、時間軸方向に継続性の強い振動数が安定的な固有振動数と見なされる。

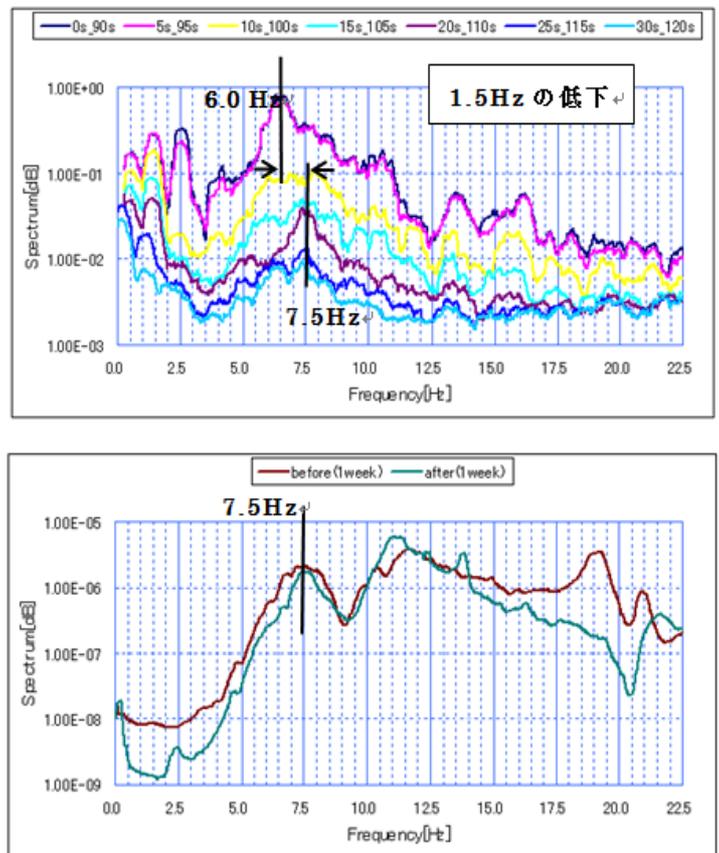


図-4 観測対象ダムにおける地震記録から得た固有振動数とその前後の常時微動記録から得た固有振動数の変動(上段図：地震動記録から，下段図：地震前後1週間での微動記録から，それぞれ得られた固有振動数)