

ダム湖貯水位がフィルダム堤体の振動特性に与える影響についての常時微動長期継続観測に基づく検討—森吉山ダムにおける試験湛水の機会を利用して—

日本大学理工学研究所 正会員 ○上島 照幸, 国土交通省東北地方整備局 佐藤 直哉

1. はじめに

森吉山ダムでは 2010 年 10 月中旬より 2011 年 2 月上旬頃までの期間に試験湛水が実施された (図-1)。この機会を利用して、ダム天端における常時微動の長期継続観測を通じて、ダム貯水位が堤体の振動特性に与える影響について検討することが計画・実施された。本報告ではこの検討の結果について述べる。

2. 観測概要と解析法

森吉山ダム概要と天端における微動長期継続観測での常設観測点 (2 測点とした) 位置を図-2 に示す。常設観測点-B は堤体高が最も高い場所に設置した。同測点でのダム高さ (基盤～天端高さ) は、89.9m である。測点毎に地震計～観測機器間に測定ケーブルを敷設し、観測を実施した。観測量は、測点-A、-B とも、それぞれ水平 2 方向の加速度と上下方向の加速度 3 成分ずつの計 6 成分である。測点-A、-B それぞれ、ダム堤体に対する直交方向を NS 方向、接線方向を EW 方向、上下方向を UD 方向とした。振動観測記録処理装置においては、2 観測点・計 6 成分の常時微動を観測記録した。常時微動記録は定められた時間間隔(200Hz)にてサンプリングし、1 時間ごとに観測データを外付 HDD に記録する方式を採った。

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(以下、ARMA 法)¹⁾を適用して、対象構造物の振動特性を同定した。ARMA 法適用に際しては観測記録の 1.0～9.0Hz でフラットな (その前後は急峻な) 台形型のバンドパスフィルタを用いた。測点-A、-B 個別に振動特性を同定した。また ARMA モデルの次数は 10～50 次の間の 10 次刻みで試計算を行い、必要に応じて適切な ARMA 次数を採用した。なお、紙幅の関係で詳細には触れることが出来ないが、微動の振幅レベルと観測・解析精度に関連して例示的に述べる以下のである：

例えば、微動の深夜における振幅レベルは、数 μV 程度(換振器の出力感度は、概ね 1.15mV/gal 程度)、また計測ユニットにおける AD 分

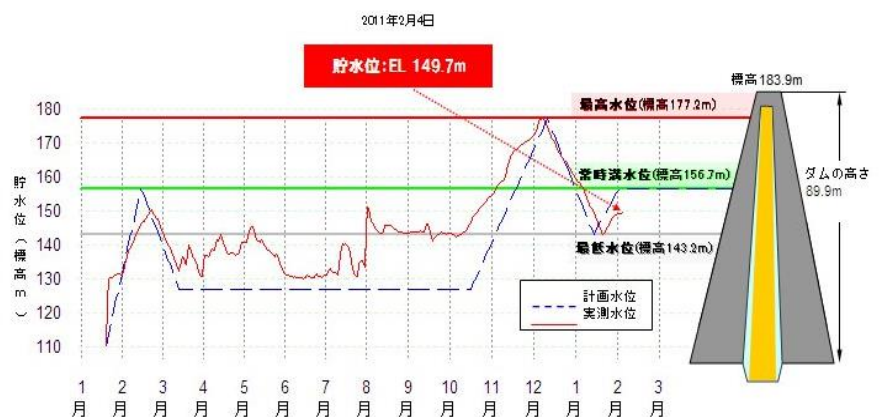


図-1 森吉山ダム試験湛水状況 <http://www.thr.mlit.go.jp/moriyosi/>

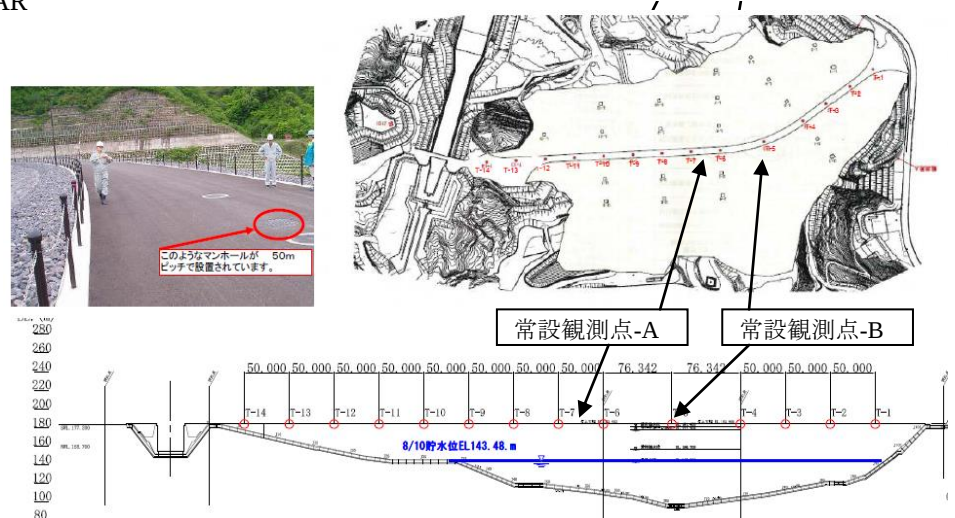


図-2 ダム概要と観測点配置

キーワード 貯水位, フィルダム, 振動特性, 常時微動, 長期継続観測, 試験湛水

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 日本大学理工学部理工学研究所 TEL:04-7133-2134

解能は 16bit であり、入力レンジを $\pm 2\text{mV}$ とすると、その分解能は、(両振幅で)、 $4\text{mV}/2^{16}=0.06\mu\text{V}$ となる。上記より、微動の振幅レベルは計測ユニットの分解能を 2 桁程度、上回っていることとなる。

3. 観測・解析結果と考察

約半年間にわたる微動の長期継続観測とその解析を通じて、以下の諸点が明らかとなった；

- (1) 微動の長期継続観測と ARMA モデルによる振動モード同定法の適用(図-3に例示)を通じてダム湖貯水位の漸減に伴いダムの固有振動数が漸増する様子を明瞭に捉えることが出来た(図-4)。このような詳細な観測事例は、著者らの知りうる範囲で、前例を見ないものであると考える。
- (2) ダム湖水面下にある堤体材料では、飽和度が 100% となるため、水面上にある堤体材料と比較して、(特に堤体材料のうち、水分を保持しやすい材料で出来ている部分において)、密度が高まることが想定される。その場合、ダム湖水面下にある堤体材料のせん断波速度は低下することとなる。したがって、堤体の固有振動数は、ダム湖水位が上昇するにつれて低下することが想定される。このような想定に基づき、最も簡易な 1 次元解析で定式化し、解析を試みた。図-4中の、"1-D anal." がその解析結果である。この解析結果は、「ダム湖貯水位の漸減に伴い、ダム堤体の固有振動数が漸増する」との現象について、1 次元解析で概ね十分にシミュレート出来ることを示しているものとする。
- (3) 微動の長期継続観測は、前述のとおり、堤体高が若干異なる 2 測点において行われた(図-2)が、堤体高が高い側の測点における固有振動数が、より低い側の測点における固有振動数に比して若干低め、との観測結果を得た。これは、1 次元波動論から得られる結論と同じ傾向である。
- (4) 今後の課題を挙げると次のとおりである；
 - 1) 本地点における天端微動の長期継続観測においては、観測精度と言う点では、意味あるデータを拾い出せる限界点であったと考えられる。今後同様なフィルダムの微動観測を行う場合においては、観測システムの総合精度、長いリード線による電圧降下、などの諸点を十分に検討した上で実施することが望まれる。
 - 2) 本報告では天端に 2 点の常設観測点を設け微動の長期継続観測を行った訳であるが、高密度観測などを通じて堤体のモードを把握し、その上に立って、本報告で行ったような諸検討を行うことがより望ましい。
 - 3) 測点-B の置かれた位置は、堤体高が最も高い地点であるが、堤体高が低くなると、固有振動数は高くなるのか(1 次元波動論の示すところに沿う結果が得られるか)、検討することが望まれる。

ダムの耐震安全性の検討に当たっては、FEM など、より詳細な手法を適用することとなるが、それら詳細な解析手法の妥当性・有効性を検証する際に、固有振動数など、ダムの振動特性を的確に解析出来るかは、重要な指標であると考えられる。「ダム湖貯水位の漸減に伴い、ダムの固有振動数が漸増する」との今回の観測から得た結論については、詳細な解析手法の妥当性を検証する上で、有用なデータの一つと考える。

参考文献

- 1) 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，pp. 89-96，2000年3月

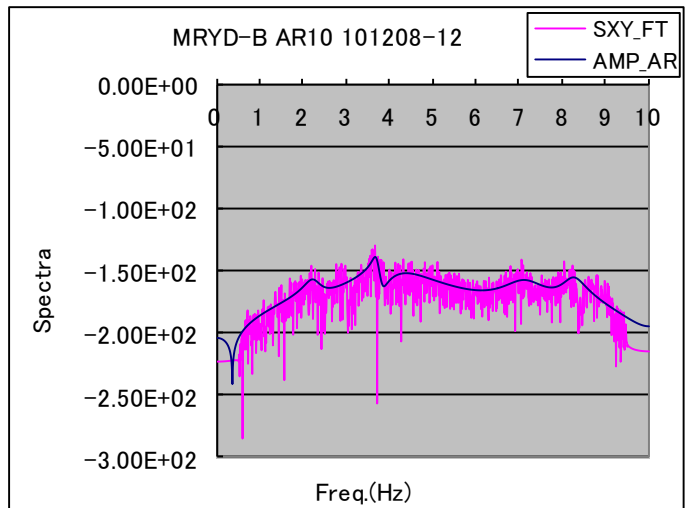


図-3 振動特性同定例 (最高水位付近)

(赤：FFT，青：ARMA)

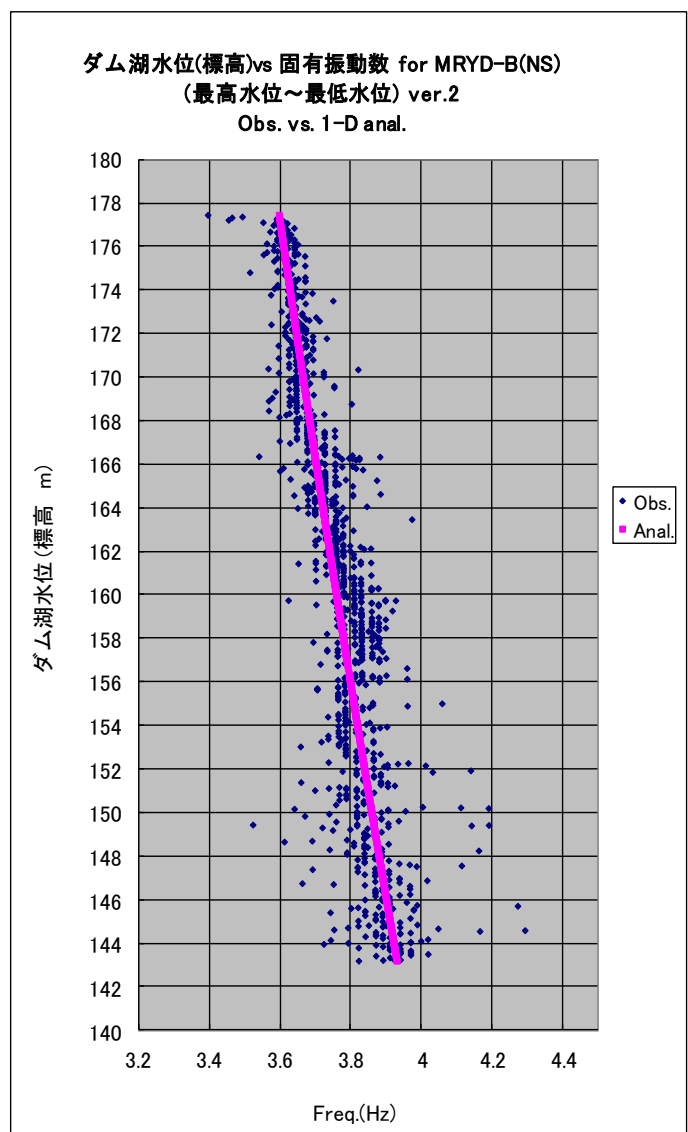


図-4 ダム湖水位(標高)vs.固有振動数 (測点

-B(NS):Obs.vs.1-D anal.

: 観測値と 1 次元解析の対比