

二風谷ダム貯水池の水面振動特性について

石川工業高等専門学校 正会員 鈴木洋之 石川工業高等専門学校 学生員 ○大橋元氣
北海道大学大学院 正会員 長谷川和義 北海道開発土木研究所 正会員 石田享平

1. はじめに

ダム貯水池への流入量推定はダム管理上の重要な作業である。流入量は静水位から H - V 曲線で換算された貯留量の時間変化量に放流量を加えて推定される。しかし、貯水池水面振動の存在が静水位（最終的には流入量）の推定を難しくしている。筆者らは定山溪ダム・金山ダムを対象とした詳細な水位計測¹⁾²⁾により水面振動の性質を把握した上でその性質を考慮して設計したデジタルフィルタを用いる流入量推定法³⁾を提案してきた。本推定法を一般的なものとするには多くの貯水池を対象にした水面振動の実態把握と流入量推定法の適用を行うことによる本手法の効果の検証が不可欠である。本稿では新たに二風谷ダム貯水池を対象にして過去の研究¹⁾²⁾で得た知見を基に水面振動特性を調べた結果を報告する。

2. 二風谷ダム貯水池の概要と水位計測

二風谷ダム貯水池の平面形状は図-1に示すようにほぼ矩形であり、堤体から 5880m の位置に貯砂ダムを有するのが特徴である。また、貯水池の縦断形状は図-2に示すように堤体から直線的に高くなる。本貯水池の水深は非常に小さいことが特徴であり、常時満水位(45m)でも堤体位置水深は約14mである。本貯水池では測水筒内に設置された圧力式水位計でサンプリング間隔 2 秒の水位計測が行われている。



図-1 二風谷ダムの平面形状

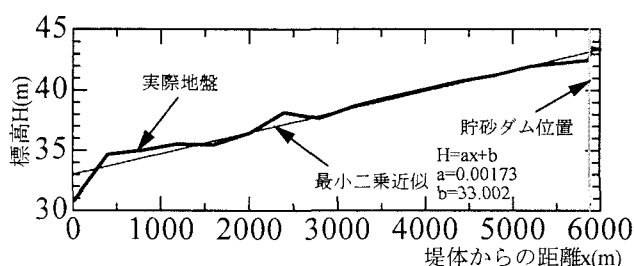


図-2 二風谷ダム縦断形状と直線近似結果

3. 二風谷ダム貯水池に生じる水面変動の解析

図-3は2000年3月26日0時から24時に記録され

た水位変動の時系列である。図-3では10:00以降に約30分の長い周期を有する水面振動が確認できる。このような水面振動の実態を詳細に調べる。図-3の水位時系列から水位が直線的に低下する16:00-24:00の時間帯を取り出して、この時間帯の水位時系列から直線トレンド成分を最小二乗法で推定および除去した時系列を水面変動とした。この水面変動のスペクトルを計算した結果が図-4である。図-4から2000秒を最長周期とした多くのスペクトルピークが確認できる。

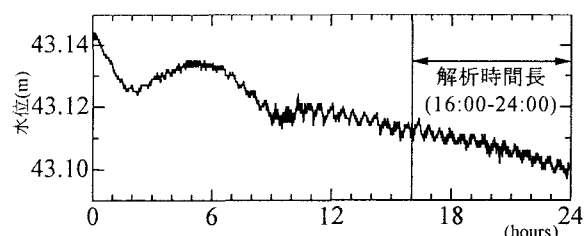


図-3 二風谷ダム水位変動(2000. 3. 26)

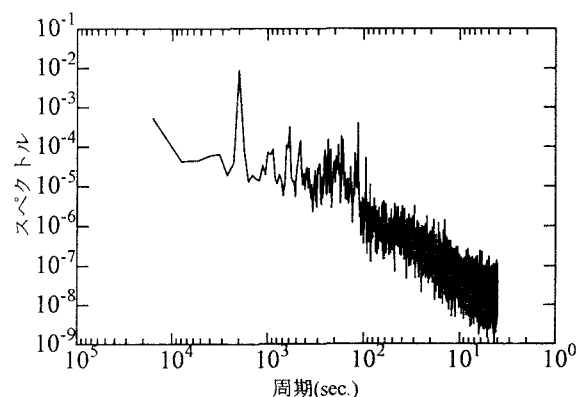


図-4 水面変動スペクトル(2000. 3. 26 16:00-24:00)

鈴木ら²⁾は線形近似した運動方程式と連続式を一つにまとめて得られる水面振動方程式を基礎式とした解析で平面形状が矩形および縦断形状が直線で浅くなる貯水池に生じるセイシュの周期が次式で表わされることを示している。

$$T_i = \frac{4\pi L}{j_i \sqrt{gh_0}} \quad (1)$$

ただし、 T_i = i 番目モード理論周期、 L =貯水池長、 h_0 =堤体位置水深、 π =円周率、 g =重力加速度、 j_i =1次 Bessel関数の零点で定義される i 番目の固有値である。図-5は式(1)で計算した第10モードまでのセ

イシユ理論周期と図-4に示したスペクトルから得た卓越周期を比較した結果である。ただし、理論周期の計算では貯砂ダムの位置を波の反射点と考えて $L=5880\text{m}$ 、地盤高を最小二乗法で直線近似した場合の水深で h_0 を評価して $h_0=10.103\text{m}$ を式(1)に与えている。図-5からセイシュ理論周期がスペクトル卓越周期と非常に良く一致することを確認できる。

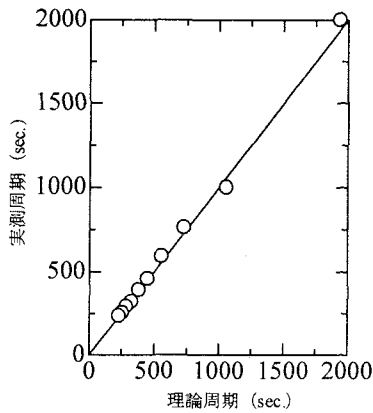


図-5 セイシュ理論周期とスペクトル卓越周期の比較

過去の研究¹⁾²⁾では多点同時水位データの自己相関および相互相関から各水位計測位置での相対的な水面変動を把握することで確認できるセイシュの周期はスペクトル卓越周期と一致することが示されている。本研究で用いた水位データは測水筒内での1地点データであるため時系列相関によるセイシュの確認は出来ないものの、図-6に示したセイシュ理論周期とスペクトル卓越周期の整合性から、スペクトルに現れる卓越周期成分をセイシュと判断して差し支えないと考えられる。更に2000年2月から2001年5月の計測水位時系列から振動の大きい時間帯を抽出(14ケース)して同様の解析を行った。図-6はその時の理論周期とスペクトル卓越周期(実測セイシュ周期)の比較を行ったものである。いずれのケースについてもセイシュの理論周期と実測周期に良好な一致が確認できる。式(1)によるセイシュ周期の予測精度を評価するために実測周期の理論周期からの偏差を式(2)で計算した結果が表-1である。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (T_{i(k)} - T_{m(k)})^2} \quad (2)$$

ただし、 σ = 偏差、 $T_{i(k)}$ = i 番目モードセイシュ理論周期、 $T_{m(k)}$ = i 番目モードセイシュ実測周期、 N = データ数である。表-1から第2モードでの誤差が136秒とやや大きいのが分かる。第2モードのセイシュでは実測周期が理論周期より小さく現れる傾向があるこ

とから、この誤差の要因は水深が小さいために反射点と仮定した貯砂ダム位置より堤体側に反射点の存在するセイシュが生じたためと考えられる。しかし、流入量推定では長い周期を持つセイシュが問題であり、貯水池に生じうる最長のセイシュ周期を与える境界条件が分かれば流入量推定に用いるデジタルフィルタの設計に必要なセイシュ周期の情報は得られることから良好な精度でセイシュ周期の予測が可能であると考えて差し支えない。

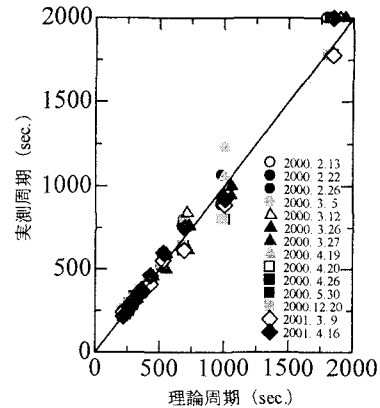


図-6 セイシュ理論周期と実測周期の比較
(全解析結果)

表-1 実測セイシュ周期の理論周期からの偏差

モード <i>i</i>	$\sigma(\text{sec.})$	モード <i>i</i>	$\sigma(\text{sec.})$
1	98.7	6	12.1
2	136.8	7	14.5
3	82.0	8	13.1
4	34.5	9	9.8
5	15.2	10	12.4

4. おわりに

本研究により二風谷ダム貯水池では約2000秒の周期を持つ第1モードをはじめとするセイシュが確認された。また、セイシュ周期予測式は非常に水深が小さい貯水池への適用が可能であったことから、その汎用性を確認できたと考えている。今後はこの解析結果を基に流入量の推定を行い、その効果について検討をする予定である。本研究は文部省科学研究費(課題番号14750434)の援助を受けたものの一部である。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 石田享平, 鈴木洋之, 長谷川和義: 多点同時計測法による定山溪ダム貯水池での水面変動の計測と解析, 土木学会論文集, No. 628/ II -48, pp. 163-176, 1999.
- 2) 鈴木洋之, 長谷川和義, 石田享平, 岩崎政司: 金山ダム貯水池の水面振動特性, 土木学会年次学術公演会概要集第2部, pp. 506-507, 1999.
- 3) 鈴木洋之, 長谷川和義, 藤田睦博, 石田享平: デジタルフィルタを用いたダム貯水池への流入量推定法の開発, 土木学会論文集, No. 677/ II -55, pp. 1-20, 2001.