

II-252

金山ダム貯水池の水面振動特性

北海道大学大学院 学生員 鈴木 洋之 正会員 長谷川 和義
北海道開発局 正会員 中津川 誠 岩崎 政司

1. はじめに

ダム貯水池への流入量を精度良く推定することはダム管理の現場で非常に重要な仕事であると同時に非常に難しい仕事となっている。著者らの一部は、ダム貯水池への流入量推定精度の向上を目的に定山溪ダム貯水池を対象とした研究で貯水池の水面変動特性を明らかにしてきた。今後は、この結果に基づいた流入量推定手法の開発に取り組む段階に進んでいるが、より一般性を持たせる手法を開発するには多くのダムでの検討が不可欠である。そこで1997年から金山ダムにおいて定山溪ダムと同様の水位計測を開始した。本稿は本計測とその解析結果から得られた新たな成果について説明するものである。

2. 金山ダム貯水池での多点同時水位計測

金山ダムは、図-1に示すように狭窄部を有する複雑な平面形状を持つ貯水池である。また、図-2からこの貯水池は堤体から直線的に水深が浅くなる縦断形状を持つことが分かる。この金山ダムにおいて1997年から多点同時水位計測を実施した(図-1)。計測時間間隔が5秒であり、さらに、センサー部を湖底への落とし込みで設置したことが定山溪ダムでの計測との違いである。

3. 金山ダム貯水池に生じる水面変動と解析

現在までに、貯水池に生じる水面変動としてセイシュ、うなり、風による水面の吹き寄せ現象が確認されている。しかし、風による吹き寄せ現象について検討できるだけの水位計設置精度が本計測で得られなかったために、本研究ではセイシュに関してのみ検討を行った。図-3は97年11月7日2:00-5:00に各水位計で記録された水面振動原系列であり、周期約40分(2400秒)の振動を各水位計の記録に確認することができる。No.1での振動の自己相関とNo.1と他点での振動の相互相関を計算した結果が図-4である。図-4より周期約40分(2400秒)で振動し、No.3水位計の位置に節を有するセイシュを確認できる。ここで注目したいのは節が狭窄部ではなく、ある程度貯水池幅のあるNo.3の水位計位置に現れることである。このセイシュの他にも、同じ方法により周期1500秒でNo.1とNo.2水位計位置の間に節を有するセイシュ(図-5・図-6)及び、紙面の都合上図は割愛するが、周期600秒で各水位計位置の間に節を持つセイシュを金山ダム貯水池で見出すことができた。

金山ダム貯水池の平面形状は2.で述べたように複雑な平面形状を持つが、狭窄部以外ではほぼ一様幅となっていること、および、節が狭窄部でなくある程度幅の有るNo.3水位計の位置に現れることから平面形状を矩形と考えて、一次元モデルによる解析を行った。この時、線形近似を適用した一次元の運動方程式と連続式をまとめて選ばれる金山ダムのセイシュモデル式は表-1式(1)で示される。初期条件と境界条件をそれぞれ表-1式(2)・式(3)で与えるとセイシュの水面形と周期はそれぞれ表-1式(4)・式(5)で示される。図-7に97年10月8

日9:00~13:00の水面変動スペクトルから得たセイシュ周期の実測値と式(5)より得た理論周期の比較を示す。理論周期はこの時間帯に対応する $L=10000\text{m}$ と $h_0=17.5\text{m}$ を与えて計算した。図-7で理論値と実測値が非常に良く一致しているのが分かる。また図-8は式(4)で $A_i=1$ として計算したモード1(2487秒)とモード2(1358秒)のセイシュ水面形を表わしている。モード1の節位置がNo.3に非常に近い位置に現れること、およびNo.1とNo.2水位計位置の間にモード2の節が現われていることから、実測を良く表現した結果となっているのが分かる。

以上のようにならぬ金山ダムのような一見非常に複雑な平面形状を持つ貯水池でも平面形状を矩形近似することで精度良くセイシュを再現できることが確認できた。定山溪ダムでの検討結果も考慮するとセイシュは平面形状よりも縦断形状の影響を大きく受けるものと考えられる。一般的に貯水池縦断形状は金山ダム・定山溪ダムのように堤体から上流に向かって直線的に浅くなる場合が多く、大部分のダムでセイシュ周期の予測にこの手法を使う可能性があることを示す結果と言える。

4. まとめ

(1) 金山ダム貯水池での多点同時水位計測から2500秒・1500秒という非常に長い周期を有するセイシュを確認した。実際の流入量推定は短い時間内(最大10分)に行う必要があるため、このような長周期セイシュに通常使われている移動平均法で対処するのは適当ではない。

(2) 複雑な平面形状を有する本貯水池でも平面形状を矩形近似することでセイシュの再現が可能であった。本研究から著者らの一部によって提案されていたセイシュ予測手法の精度を再確認できたのと同時に大部分のダム貯水池でこの手法を適用できる可能性があることを確認できた。

5. おわりに

現在、これまでに確認した水面変動特性を考慮して、非常に長い周期のセイシュを短時間で処理できる流入量推定手法の開発に取り組んでいる。結果は今後報告していきたい。

表-1 基礎式と解析解

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} - g h_0 \left(1 - \frac{x}{L} \right) \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + \frac{g h_0}{L} \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$t=0 \rightarrow \eta=0 \quad (2) \quad x=0, L \rightarrow \frac{\partial \eta}{\partial x}=0 \quad (3)$$

$$\eta = \sum_{i=1}^{\infty} A_i J_0(j_{i,0} \sqrt{1-x/L}) \sin \left(\frac{\sqrt{g h_0}}{2L} j_{i,0} \cdot t \right) \quad (4) \quad T_i = \frac{4\pi L}{j_{i,0} \sqrt{g h_0}} \quad (5)$$

ただし、 η =静水位からの水面変動量、 x =堤体からの距離、 L =貯水池長、 h_0 =堤体位置水深、 t =時間、 g =重力加速度、 A_i =未定定数、 J_0 =0次Bessel関数、 $j_{i,0}$ =1次Bessel関数の零点で定義される固有値、 T_i =iモードセイシュ周期

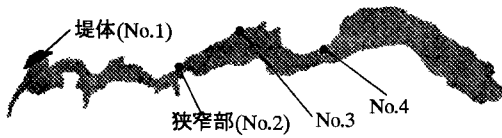


図-1 金山ダム平面形状と水位計設置位置

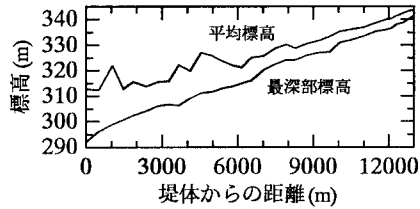


図-2 金山ダム縦断形状

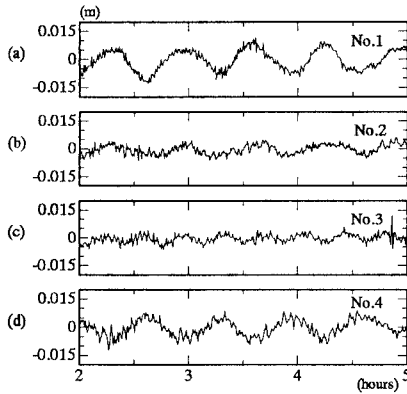


図-3 水面振動原系列
(97.11.72:00-5:00)

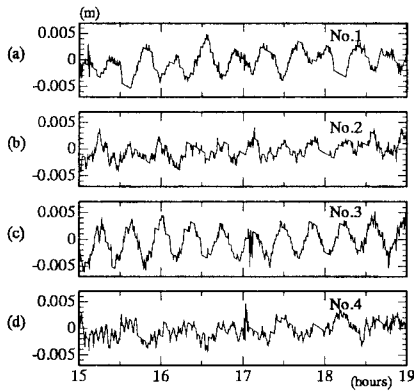


図-5 水面振動原系列
(97.11.715:00-19:00)

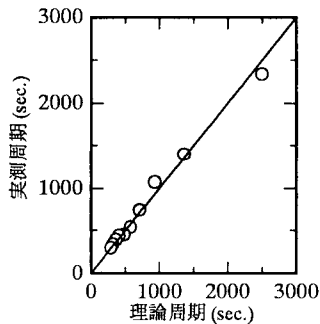


図-7 セイシュ理論周期と実測周期の比較

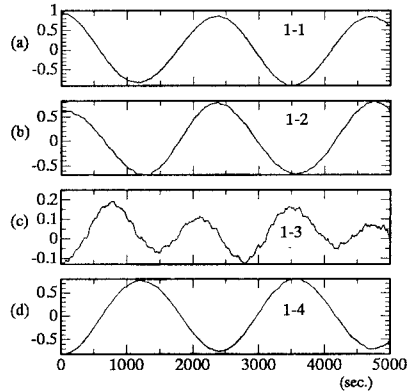


図-4 No.1の振動の自己相関(a)及び
No.1と他点の振動との相互相関(b)-(d)(97.11.72:00-5:00)

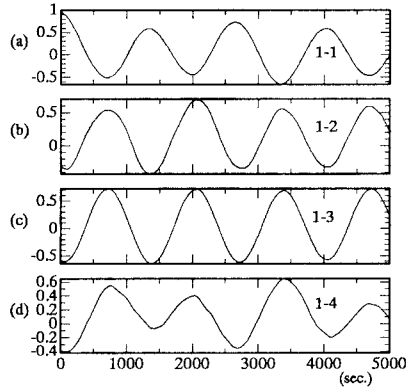


図-6 No.1の振動の自己相関(a)及び
No.1と他点の振動との相互相関(b)-(d)(97.11.715:00-19:00)

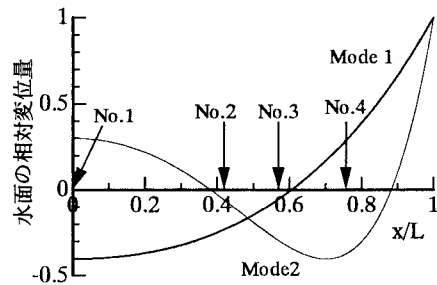


図-8 理論セイシュ水面形

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(投稿中)