

ダム貯水池への流入流量推定の精度向上に関する研究

学位論文内容の要旨

第一章ではダム管理において流入流量推定の精度向上が持つ重要性について述べると共に、従来採用してきた推定方法の問題点について論じている。ダム管理においては、予測困難かつ圧力的な力をふるう自然現象に対して容量に限りのある貯水池をより効率的に使用するため、貯水池への流入流量に応じて放流量を随時変更する方法が採用されている。そこで、ダム貯水池への流入流量を高精度かつリアルタイムで推計するため、コンピュータによるデータの収集並びに推計計算が行われてきた。しかし、従来の推計方法では計算結果が非現実的になったりパルス状に振動を繰り返すなど、ダムが求められている機能を発揮する上で要求される精度と即時性を満足させるにはほど遠い水準にあった。そこで、ダム管理の観点から必要とされる流入流量推計値の満足すべき要件について述べている。

第二章では従来のダム管理において採用してきた流入流量推計手法とそれらが抱える問題点について詳述している。まず、流入流量を求める上で基本となる貯水位の計測方法、計測水位から平滑水位を求める方法、平滑水位から流入流量を求める方法について述べている。何れの推計手法も貯水池を通過する流水について連続の関係が成立することを前提としている。連続式の構造は計算時刻におけるダム貯水池への流入流量を、計算対象時間内における時間平均放流量(以下放流量分流入量と記す)と同貯留量の変分(以下貯留量分流入量と記す)の和として表している。両項はともに貯水位の関数として求められるが、計測貯水位には風等に起因する種々の水面変動の影響が免れられない。そこで、観測水位に含まれる誤差が貯水位～貯水量変換式と連続式の両項を通じて推計値に伝搬するメカニズムを究明し、貯留量分流入量の分散が拡大されることを明らかにしている。

第三章では計測誤差を生ぜしめる主原因と考えられる水面変動を特性別に明確化すると共に、数値解析によりそれら現象の再現を試みている。まず、定山溪ダム貯水池において多点同時水位観測により種々の波動現象を連続観測し、計測データから複雑に合成された水面変動を特性の異なる波毎に分離を試みている。右計測データ解析から同貯水池においては風波、セイシュ、うなり及び吹き寄せ現象等が重なり合っていることを確認した。その結果同貯水池では強風時には周期約50～700秒のセイシュが混在し、また最大瞬間風速が毎秒12mを越えると吹き寄せが起こることが分かった。貯水池に発生する水面変動の内、セイシュと吹き寄せ現象とについて、線形近似の1次元運動量式と風によるせん断力式から湖面上にせん断力が作用するときの水面変動を表す式を誘導

しその解析解を求めた。

第四章では定山溪ダム貯水池に発生する水面変動特性に基づいた移動平均時間を導入することにより、真値からの分散を縮小した新たな平滑水位の求め方を提案し、その水位平滑効果について検証している。まず、定山溪ダム貯水池における主要セッシュの整数倍周期とダムゲート操作インターバルから許容可能な時間とを考慮して、タイムラグと精度管理との両面からダム管理上より移動平均時間を求めた。これを実測データに適用した結果、吹き寄せを除くほとんどの水面変動を分離できることが判明した。その移動平均時間を用いて、定山溪ダム貯水位において計測した水位を平滑化し、これを用いて標準的な流入流量計算手法にて推計値を求めた結果従来からの移動平均時間で平滑化したデータを用いる場合に比べ誤差の幅を縮小できた。ただし、貯水位の変化速度が遅くかつ水面変動の著しい条件下では、推計流量の安定化効果は不十分であった。

第五章では連続式を解く時間間隔を長くとり流入流量の推計値の安定化を図る一方、その結果生ずるタイムラグを縮小するために計算時間間隔内での流入流量の変化を導入する流入流量推計手法の提案を行っている。新計算手法の基本式は従来と同じ連続の式を用いる一方、計算時間間隔は貯水位の変化時点としている。ただし、計算時間内の流量変化速度は上流河川の同期間内における流量変化速度で代表することとしている。新計算手法を定山溪ダムに適用したところ、異なる流況、異なる代表河川のケースでもダム管理上必要とする応答速度と精度・安定性とを満足できることが分かった。また、定山溪ダムの2倍の流域面積を有する金山ダムと流域面積は同程度ながらも流出量の大きい札内川において新計算方法の適用性した結果、定山溪ダムと同様に満足する応答が確認できている。従って、新提案の流入流量推計手法は実用上必要十分な応答性特性を備えていることが確認できた。

第六章では本論文のまとめを述べている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 藤 田 睦 博
副 査 教 授 板 倉 忠 興
副 査 教 授 佐 伯 浩

学 位 論 文 題 名

ダム貯水池への流入流量推定の精度向上に関する研究

ダム貯水池への流入量は、貯水池の連続式を逆問題として解くことによって得られる。すなわち、計測された貯水池水位より貯留量を求め、貯留量の時間変化率とダムゲートよりの放流量の和としてダム貯水池への流入量を推定している。したがって、貯水位の計測誤差がダム流入量の推定値に大きく影響し、流入量の推定結果が非現実的なパルス状の振動を含んだり、負の流入量になる場合もある。本論文は、貯水位の計測誤差の特性を明らかにするとともに、貯水池流入河川流量も同時に考慮した新流入量推定方式を提案している。

本論文は、6章より構成されている。

第1章は、ダム管理において流入流量推定の精度向上が持つ重要性について述べると共に、従来採用してきた推定方法の問題点について論じている。さらに、ダム管理上の観点から必要とされる流入流量推計値の満足すべき要件について述べている。

第2章は、豊平川上流部に位置する定山溪ダム(流域面積 104km^2)を対象として、従来のダム管理において採用されているダム管理諸規定および建設省方式による流入流量推計手法を詳述している。流入量の推定は、先ず、計測貯水位から求まる平滑水位(計測水位の平均値)と水位～貯留量曲線から得られるダム貯留量を計算する。さらに、ダム貯留量の時間微分量と放流量の和としてダム流入量を推定している。本章では、計測水位に白色雑音を仮定し、誤差の伝播過程を定量的に評価している。本章で得られた結果を以下のようにまとめることができる。

- (1) 高貯水位時ほど貯水位の計測誤差が、ダム流入量推定結果に影響する。
- (2) ダム貯留量の時間微分量の計算によって誤差が拡大する。時間微分量の計算時の時間間隔を大きくすると誤差は減少するが、ダム流入量の推定値の波形が遅れることになり、適切な時間間隔の設定が必要である。
- (3) 計測貯水位の誤差が、ダム放流量に及ぼす影響を無視できる。

第3章は、計測貯水位の誤差の主要原因と考えられる水面変動特性を明らかにするために現地観測と観測結果の理論解析を行っている。先ず、定山溪ダム貯水池において多点同時水位観測により水面の波動現象を連続観測し、計測データから複雑に合成された水面変動を特性スペクトルを得ている。データ解析

から同貯水池においては風波、セイシュ、うなり及び吹き寄せ現象等が重なり合っていることを確認し、同貯水池では強風時には周期約50～700秒のセイシュが混在し、また最大瞬間風速が毎秒12mを越えると吹き寄せが起こることを明らかにしている。さらに、貯水池に発生する水面変動のうち、セイシュと吹き寄せ現象は、定山溪ダムの平面形状、底面形状を直線近似し、線形近似の1次元運動量式と湖面上における風のせん断力を考慮した水面変動の基礎方程式誘導し観測地を説明できることを示している。この結果は、他のダム貯水池においても、多点同時水位観測をすることなくセイシュと吹き寄せによる水面変動特性を推定できることを示唆している。

第4章は、定山溪ダム貯水池に発生する水面変動特性に基づいた計測貯水位の移動平均時間を導入し、その水位平滑効果について検証している。まず、定山溪ダム貯水池における主要セイシュの整数倍周期とダムゲート操作インターバルから許容可能な時間を考慮して、タイムラグと精度管理との両面から移動平均時間を求めている。これを実測データに適用した結果、吹き寄せを除くほとんどの水面変動を分離できることを示している。また、この移動平均時間を用いた平滑水位と従来の手法に基づくこれを比較して、大きな効果のあることを示している。ただし、貯水位の変化速度が遅くかつ水面変動の著しい条件下では、推計流量の安定化効果は不十分であった。

第5章は、さらにダム流入量推定値精度向上を計るために、貯水池流入河川情報を同時に利用する新流入量推定方式を提案している。一般に、建設省や北海道開発局が管理する大ダムでは、主たる貯水池流入河川の水位や流量情報がリアルタイムでダム管理所に集積されている。これまで、これらの河川情報はダム流入量の推定に全く利用されいない。流入河川の水位や流量の時間変化率に応じて、貯留量の時間変化率の計算時の時間間隔を変化させる新しい考え方である。定山溪ダムでは、小樽内川(流域面積 68km^2)と滝ノ沢川(流域面積 14km^2)の河川情報が入手できる。定山溪ダム流域の13%程度の滝ノ沢川の流量情報を用いただけでも、融雪流出時、降雨流出時にかかわらず極めて良好な結果を得ている。また、定山溪ダムの2倍の流域面積を有する金山ダムと流域面積は同程度ながらも流出量の大きい札内川において新計算方法の適用性した結果、定山溪ダムと同様に満足する応答を確認している。なお、新提案の流入流量推計手法は、1998年より豊平峡ダム、定山溪ダムで実務に採用されている。

第6章は、本論文で得られた結果をまとめている。

これを要するに、著者はダム流入量の推定法に関してダム管理上有用な新知見を得たものであり、水文学、河川工学に対して貢献するところ大なるものがある。よって、著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。