

逓減部流量時系列に着目したフィルダムの漏水量解析

中電技術コンサルタント株式会社
中電技術コンサルタント株式会社
中国電力株式会社 邑智電力センター

正会員○天野卓三
非会員 高本 徹
非会員 門脇祐二

1. はじめに

フィルダム堤趾部の観測水量は、①堤体(コア)からの漏水、②基礎の浅い部分を流れる浸透流、③地山の湧水、④地表水(沢水)、⑤堤体下流面の降雨表面流出、⑥地下水の各成分量から構成されていると考えられる。つまり、漏水量(①+②)、降雨成分(③+④+⑤)、地下水成分(⑥)である。

一方、降雨の流出機構は、表面流出系、中間流出系、地下水流出系に分類でき、図-1に示すとおり、流量逓減部のデータ Q と時間 t の関係を対数プロットすると、勾配変化点のはっきりした2~3の直線部分からなることが知られている^{※1}。

これより、無降雨期間に着目した観測水量逓減部の流出成分分離解析を実施すれば、フィルダムからの漏水量(①+②)ならびに地下水脈(⑥)が卓越した成分が明らかになるものと考えられる。

ところで、ダムの漏水量説明要因は、一般に貯水位、気温等と言われており、コンクリートダムの場合、気温(気温に伴う堤体の変形量：膨張、圧縮)に大きく影響を受けるが、フィルダムの場合、貯水位の影響が大きいとされている。

そこで、フィルダムの漏水量解析として、中国電力(株)土用ダムの計測データに基づき、近年の日平均観測水量の逓減部流量時系列に着目し、流出成分の分離解析を実施するとともに、分離結果を踏まえ、貯水位に基づく「貯水位～漏水量推定式」、降雨量に基づく「降雨量連動型タンクモデル」の構築を行い、全観測水量の推定シミュレーションを実施した。

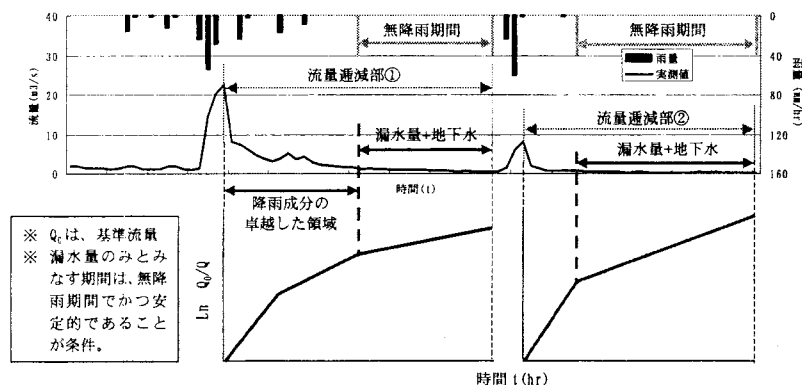


図-1 成分分離解析の概念図

2. 地下水成分の検討(湛水前)

現在の土用ダムの観測水量については、成分分離解析の結果、図-1に示すように、降雨成分、「漏水量+地下水」成分を分離することができた。

一方で、漏水量が存在しない土用ダム湛水以前のデータ(昭和58年～昭和60年)について同様の解析を実施すると、降雨にほとんど依存しない領域(無降雨期間)から、地下水成分と見なされる期間(11期間)が抽出された。

この11期間の平均的な最低観測水量値を地下水成分として設定することとし、地下水成分=120(l/min)とした(図-2参照)。

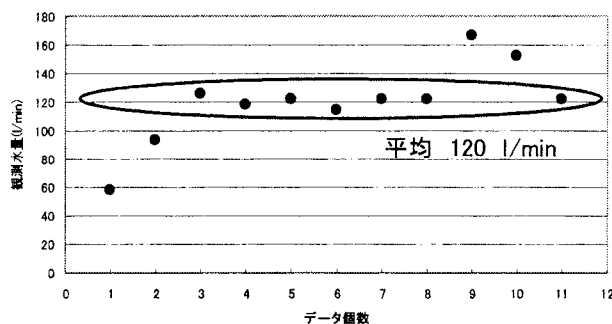


図-2 地下水成分の設定(最低水量の平均値)

3. 漏水量成分の検討(貯水位～漏水量推定式の導出)

(1) 流出成分の分離解析(湛水後)

近年10ヵ年(平成5年～14年)の土用ダム湛水後データを用いた流出成分の分離解析から、降雨にほとんど依存しない領域(無降雨期間)を対象として、土用ダムからの漏水量(①+②)ならびに地下水脈(⑥:120l/min)が卓越した成分と推測される期間が7期間抽出された。

図-3に成分分離解析の例として、平成11年データを示す。

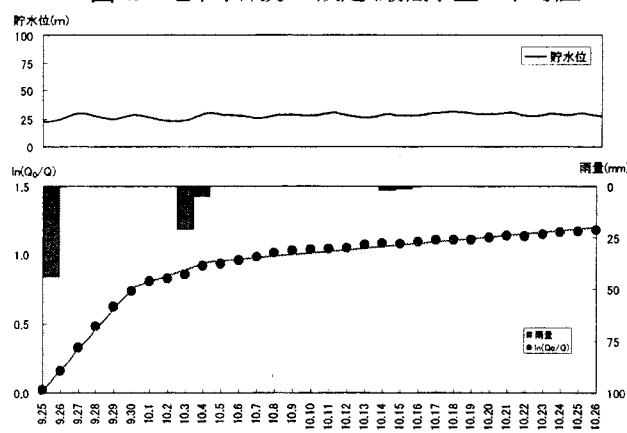


図-3 平成11年データの成分分離解析結果

キーワード：漏水量解析、成分分離解析、HQループ解析、タンクモデル

連絡先：〒734-8510 広島市南区出汐2丁目3-30、中電技術コンサルタント株式会社 河川部、Tel.082-256-3348

(2) 貯水位と漏水量の関係

上記の7期間について、貯水位と「漏水量+地下水」の関係を検討した。

その結果、貯水位と漏水量の関係には正の相関が認められ、視覚的には、貯水位の変動に対する漏水量反応の遅れ時間は0日～2日程度と考えられる。

次いで、定式化に向けた平均的な遅れ時間(Tl)を検討するため、Tlを0日～2日と仮定し、漏水量と貯水位の関係についてHQループ解析を実施した。

その結果、貯水位と漏水量の関係には、相似的に遅れ時間Tl=1日が存在し、貯水位の変化に伴う漏水量の変化は、約1日後に発生していることが明らかとなった(図-4参照)。

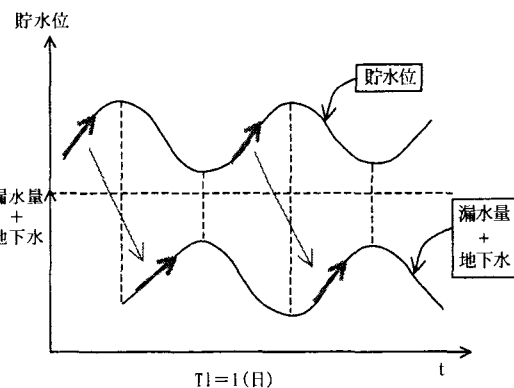


図-4 貯水位と漏水量の関係

(3) 貯水位～漏水量推定式

遅れ時間Tlの検討結果より、Tl=1日の場合の漏水量と貯水位の対応データから、漏水量と貯水位の関係式の検討を行った。なお、土用ダムの貯水池運用状況から、ベースの漏水量が存在することを仮定し、Darcy則を念頭に線型基礎式 $Q(t) = aH(t-1) + b$ (Q: 漏水量(l/min), H: 貯水位(m), a, b: 係数, t: 現在日時, t-1: 1日前日時)を設定した。

ところで、降雨成分が卓越した期間を除けば、任意貯水位に対してはある一定の漏水量となるものと考えた。しかし、図-5からは貯水位に対して、分離された漏水量に約150(l/min)の幅があり、完全に成分分離が行われていないことが示唆された。すなわち、今回の成分分離を行った期間でも、残存降雨成分の影響を受けており、逓減過程にあると考えられる。

そこで、図-5に示す7期間について詳細に貯水位と観測水量の時間的軌跡を吟味した結果、概ね傾き一定で推移している状況が確認できた。この傾き一定の期間は、残存降雨成分の逓減影響を受けつつも、明らかに貯水位と漏水量が正相関している部分であり、対象7期間ともほぼ同一の傾きを示した。

さらに、対象7期間のうち、平成6年データは、近年30ヶ年の最大渇水年であることから、最も観測水量が低位にある。これより、同データから推定されるダム湖床水位EL.710mの漏水量が概ね「ゼロ」となることが判明し、平成6年データの最下位データから導かれる関係式が、降雨成分のほとんど存在しない真の漏水量推定式と考えられる。

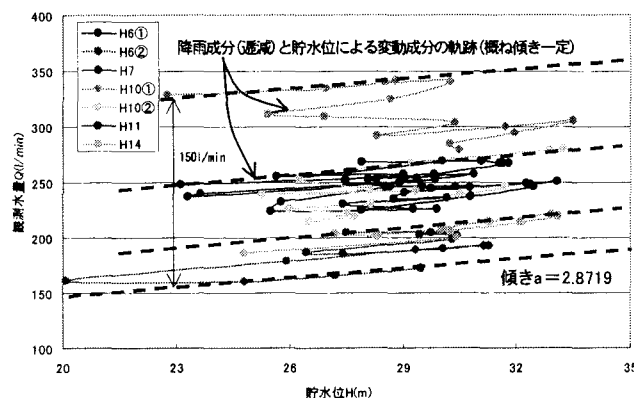


図-5 傾き a の設定

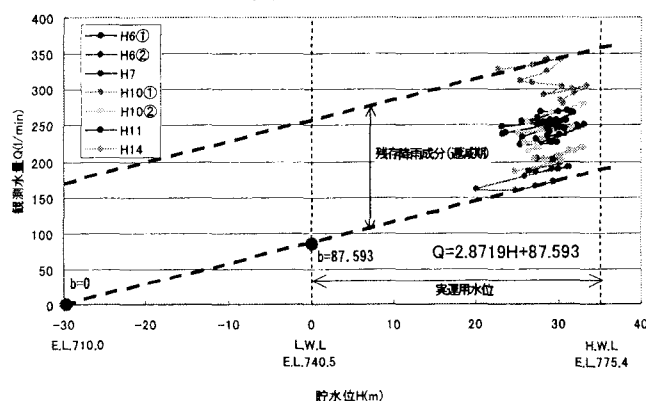


図-6 切片 b の設定

4. 降雨成分の検討(降雨量連動型4段タンクモデルの構築)

漏水量ならびに地下水成分とみなした期間を除く期間は、漏水量、地下水を含む降雨流出期間である。この期間については、観測水量から地下水と漏水量推定式による漏水量を減じることににより、降雨流出成分のみを分離した。そして、降雨量連動型4段タンクモデルにより、降雨流出成分の再現計算を行った。図-7に同定されたタンクモデル定数を示す。

5. おわりに

重相関法やタンクモデル逆算法などの従来手法と比較して、観測水量(漏水量含む)データの成分分離解析とHQループ解析を併用する今回の方式は、真の漏水量の把握に精度上、大きな改良を与えたものと考えられる。今後、他のフィルダムにおいても、同様の分析を実施するとともに、漏水量推定式の傾きの経年変化を追跡することで、異常漏水の発生を検知できる新たな漏水量管理の一手法を検討していきたい。

参考文献: ※1 水文流出解析 日野幹雄・長谷部正彦 共著 pp86～89

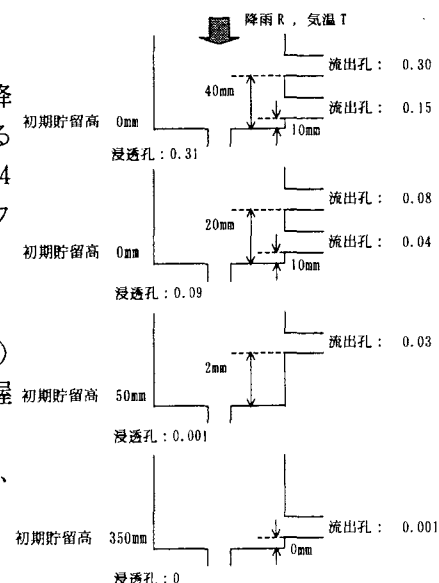


図-7 4段タンクモデル定数