

ダム管理設備更新時期の延命化決定手法の提案

トレンド管理による設備更新時期の延伸

Proposal for a Method to Assess Prolongation of Useful Life of Dam Control Facilities

Trend management based extension of useful life of facilities

(土木建築部 水力G)

ダム管理設備（第1図参照）を構成する機器は、その重要性から過去の故障実績により一定周期にて設備更新を行ってきた。しかし、現行設備の場合、部品品質の向上により更新時でも十分に使用可能と思われる設備があり、最適な設備更新時期とはいえないのが現状である。そこで、最適な更新時期を推定するため、設備故障実績を調査し現行設備の故障率が今後どのように推移するのか予測する手法をワイブル分布および部品取替理論を用いて開発した。その結果、2年間の設備更新延伸が可能となったので報告する。



第1図 ダム管理設備

1. 背景および目的

ダム管理設備の更新が5年先以降に順次計画されているが、コストダウンの観点から適切な設備更新時期の決定（設備の延命化）が重要課題となってきた。これまでの設備更新は、設備の重要性と部品調達難易性から予防保全として過去の故障実績調査より決められた周期で行ってきた。しかし、今後は単なる予防保全ではなく新旧設備故障率調査を実施して統計解析した上で現行設備（新設備）の故障率が今後どのように推移していくかを推定し設備の延命化を図ることが重要となってきた。今回の提案は、最適な更新時期を決定する手法の一案を紹介するものである。

2. 設備故障の実績調査

2.1 ダム管理設備の設備構成

平成5年から平成12年までの8年間にわたり、ダム管理所管轄規模拡大集中化が行われ、24常駐ダム管理所から11常駐ダム管理所へと集中化された。集中

(Hydro Power Civil Engineering Division, Civil and Architectural Engineering Department)

Because of its importance, the equipment comprising the dam control facilities (see Fig. 1) has to be renewed at predetermined intervals in accordance with the past failure records. However, in the case of present facilities, there are many equipments which are assumed to be adequately usable even at the time of scheduled renewal due to improved quality of parts, so that the present predetermined renewal time can not be considered to be the optimum facilities renewal time. Therefore, in order to estimate the optimum renewal time, past failure records for facilities were examined and a technique for predicting how the failure rate of present facilities would change in the future has been developed using the Weibull distribution and renewal theory. As a result, the useful life of facilities could be extended by two years before facility renewed becomes necessary.

化により多くのダムが遠隔制御となることから、従来の設備信頼度を確保するため、昭和58年から平成3年までの設備別故障率を求めFTA手法により設備構成の1部2重化等見直しを行い、設備信頼度を定量的に扱うものとした。

FTA(fault tree analysis=故障樹木解析)手法とは、発生しては困るもろもろの望ましくない事象の原因を解析する手法である。システムに潜在する欠陥(故障)の発生機構をモデル化し、これを解析することにより改善方法を見出す手法であり、定量的解析も可能であることなどによって多くの企業で活用され、信頼性の保証、安全性の評価に寄与してきた。

2.2 故障実績調査

現行設備の故障率を求めるために平成2年から12年までの間に稼働していた全ての設備について各常駐ダム管理所に依頼し故障実績調査を実施した。

調査項目は、ダム管理設備を構成する79の設備別に設備名称、設置時期、故障時期、故障内容、撤去時期等である。

2.3 故障率曲線（バスタブカーブ）の算出

上記の調査を実施した設備別に故障率曲線を算出した。故障率曲線とは、故障率の時間変化を表す曲線であり、横軸に使用期間、縦軸に故障率を表す。故障率の考え方は多種あるが、故障回数/稼働時間とし、稼働時間は設置後の経過年別に稼働していた総設備の延べ稼働時間とした。

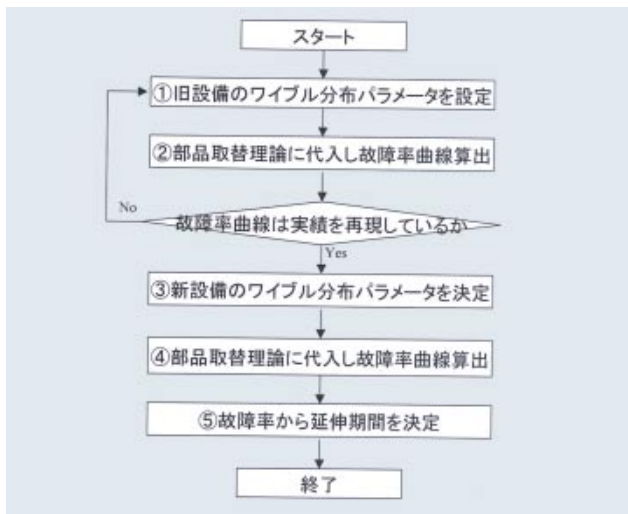
また、ダム管理所規模拡大に伴い設備構成がFTA手法により一部多重化していることも考慮すると現状設備の故障率が重要ポイントであることから、ダム管理所規模拡大の前後（平成4年以前を旧設備、平成5年

以降を新設備)に区分し故障率曲線を算出した。

なお、故障率曲線は事後保全の修繕実績により年数を経ても設備故障率は低下する特性がある。

3 設備故障率の推定

新設備(現行設備)は設置後7年間しか経過しておらず、故障回数も少ないことから、今後の故障率を予測することは、極めて難しい。旧設備については、設置後15年以上稼働している設備もあることから、故障率のデータに信頼性がある。そこで旧設備の故障率を参考に新設備の故障率を工学的に予測する手法を考案した。検討フローを第2図に示す。

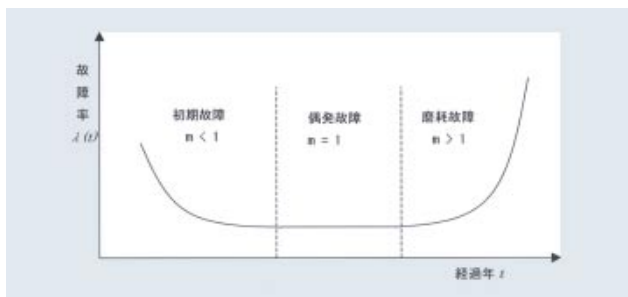


第2図 故障率推定フロー

旧設備のワイブル分布パラメータの決定
旧設備の部品の故障率をワイブル分布の式で
 $f(t) = at^{m-1} + c + i(t_0)$ と表す。

ワイブル分布とは、故障率の時間変化を少ないパラメータで近似できる分布曲線であり、ワイブルにより1950年前後に導入された。故障率は使用年数 t とパラメータ a, m に依存し代表的な故障パターンは m の値を変えることにより簡単に表現することができる。

m の値による故障率の違いを第3図に示す。



第3図 パラメータ m による故障率曲線の違い

今回の検討では、故障率のパラメータとして経年に関わらず一定の故障率が発生することを考慮する c ,

取替部品の経年劣化を考慮する関数 $i(t_0)$ を付け加えた。

部品取替理論により故障率曲線の算出

で示した旧設備故障率 $f(t)$ を部品取替理論に代入して故障率曲線を求める。ここで旧設備の実績故障率曲線と一致するようにワイブル分布のパラメータをトライアルにて決定する。

部品取替理論とは、故障した部品を適宜新品に取り替えることにより全体の故障率は上下に振動しながらある一定値に収束するという理論である。なお、部品の故障率は $f(t)$ に依存し、設備全体の故障率は設備を構成する総部品数に対し、各経過年次に取り替えられた部品数の比で表すことができる。

新設備のワイブル分布パラメータの決定

新設備の故障実績は設置後7年目までしかないので、旧設備の7年目までの故障実績との相関をとり旧設備のワイブル分布の各パラメータを0.72倍し新設備のワイブル分布パラメータとする。

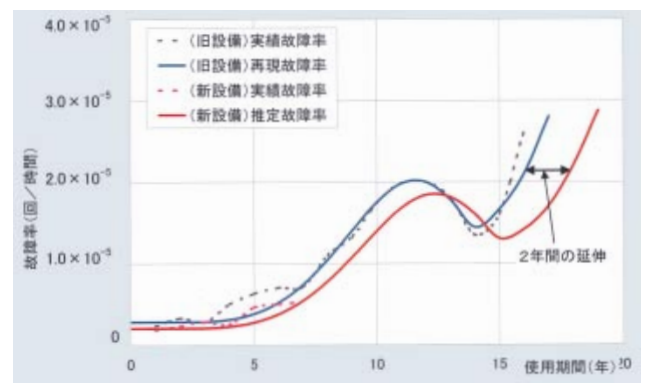
新設備の故障率曲線の算出

で求めたパラメータを用いて部品取替理論により故障率曲線を算出する。

旧設備の故障率曲線と新設備の故障率曲線を比較し旧設備の取替時(15年目)の故障率が新設備で何年目に相当するかにより設備更新延伸期間を決定する。

4 結果

この結果、第4図に見られるように旧設備の15年目の故障率は、新設備において17年目に相当することから、2年間の延伸が可能であると考えられる。



第4図 ダム管理設備故障率曲線(例:入出力中継装置)

5 まとめ

今後、故障実績調査を継続実施し、ワイブル分布パラメータを見直していくことで、より適切な設備更新時期を推定していく考えである。



執筆者/高見一郎
takami.ichirou@chuden.co.jp