

(III-91) 圧力水路トンネルの性能照査型設計法の提案

東電設計(株)	正会員	佐々木	建一
東電設計(株)	正会員	瀬下	雄一
東電設計(株)	正会員	大槻	哲也
東電設計(株)	正会員	恒国	光義

1. はじめに

現在の我が国の土木構造物は、法令や基準に基づいた仕様規定による設計が主流である。しかし、近年の建築業界をはじめとする建設業界全体で国際標準化が進められており、ISO 規格等では「構造物の性能」について言及しているように性能規定による設計が大きな関心を集めている¹⁾。これに伴い限界状態設計法を含めた性能照査型設計法を取り入れる事例もあり、仕様規定から性能規定に移行しようとする動きが強くなっている²⁾。

このような背景から、本論では性能照査型設計法を揚水式発電所の圧力水路トンネルに適用し、覆工形式の合理的な選定方法を提案する。

2. 圧力水路トンネルの要求性能と限界状態

揚水式発電所は、夜間の余剰電力を利用して下池の水を上池に汲み上げ、電力使用量の多い昼間に上池から水を流下させて発電する水力発電所である。揚水式発電所における土木構造物は、大きく分けて上ダム、下ダム、発電所とそれらをつなぐ圧力水路トンネルおよび水路途中に設けられる調圧水槽から構成されている。本論では、これらの構造物のうち圧力水路トンネルについて取り扱うこととした。

性能照査型設計は、構造物に要求される性能を事前に明確にした上で、その性能を満足するように設計を行う手法である。そのため、ここでは圧力水路トンネルの要求性能と限界状態を明らかにした。圧力水路トンネルの要求性能と限界状態は、FTA(Fault Tree Analysis)により明確にした。図-1にFT図を示す。水路の限界状態としては、荷重作用や浸透水圧によって水路が崩壊して通水不能になったり、水路からの漏水によって発電に必要な水がなくなるといった、発電不能になる状態が考えられる。この他に、水路内面の粗度が高くなり、発電は可能であるが通水時に摩擦損失によって必要水量を流せない状態や、保守点検時に水路内に地下水の流入が生じ、立ち入り不能となる状態のように使用性に問題が生じる状態が考えられる。さらに環境面を考慮して、水路内外への水の流出入により地下水位の大きな変動が生じる状態も限界状態の1つとして考えた。圧力水路の要求性能は、それぞれの限界状態に至らないために大きく分けて耐久性、耐荷性、水密性の確保の3つであると考えた。

3. 性能照査型設計に基づく覆工形式の選定

一般に大規模揚水式発電所では、圧力水路トンネルの覆工形式を調圧水槽から貯水池側を鉄筋コンクリート(RC)、調圧水槽から発電所の間を鉄管とする場合が多い。これらの覆工形式に対し、性能照査型設計を用いることによって、覆工の保有する性能に基づき覆工形式を自由に選定することが可能になると考えられる。

本論では、従来用いられているRC、鉄管の他に、無巻立てのトンネル(支保のみ)や無筋コンクリートを選定可能な覆工形式とした。各覆工形式が保有する性能の比較表を表-1に示す。無巻立てのトンネルのように簡易な覆工形式では、耐久性、内圧に対する耐荷性、水密性は低いが、鉄管の内水圧に対する耐久性は相対的に高く、水密性については鉄管が破断しなければ全く問題にならない。ただし、外水圧に対する耐荷性は、

キーワード：圧力水路トンネル、性能照査、覆工形式、限界状態

連絡先：〒110-0015 東京都台東区東上野3-3-3 TEL:03-4464-5594 FAX:03-4464-5595

簡易な覆工形式のものほど耐荷性は高い。

このように保有性能の異なる覆工形式を選定するにあたり、図一2に示す覆工選定フローを用いた。はじめに無巻立てのトンネルを選定し、無巻立てのトンネルで要求性能が満足できない場合にのみ覆工を設置することとした。覆工については、要求性能を満足することが照査されたものであれば、設計者が自由にその形式を選定できるものとした。このフローに基づけば、RC覆工としていた断面を無巻立てのトンネルや無筋コンクリート覆工としたり、鉄管としていた断面をRC覆工とすることが可能になると考えられる。

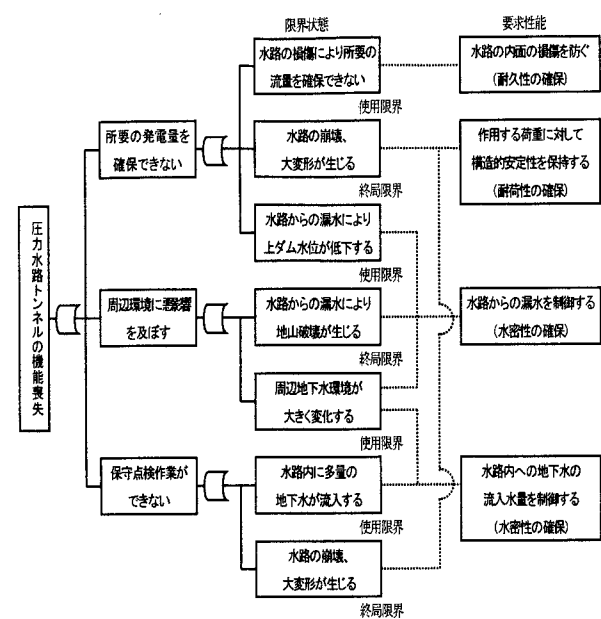
4. おわりに

性能照査型設計法に基づき、揚水式発電所の圧力水路トンネルの要求性能と限界状態を明確にした。その要求性能を満足するような覆工形式を、覆工の保有する性能に基づき自由に、合理的に選定することが可能であることを示した。

今後は、各安全係数の設定や構造物の安全性について、確率論を用いて定量的に評価し、圧力水路トンネルの性能照査型設計体系を構築していく予定である。

参考文献：1)建設省総合技術開発プロジェクト「新建築構造体系の開発」、平成7年度報告書、1996.3.

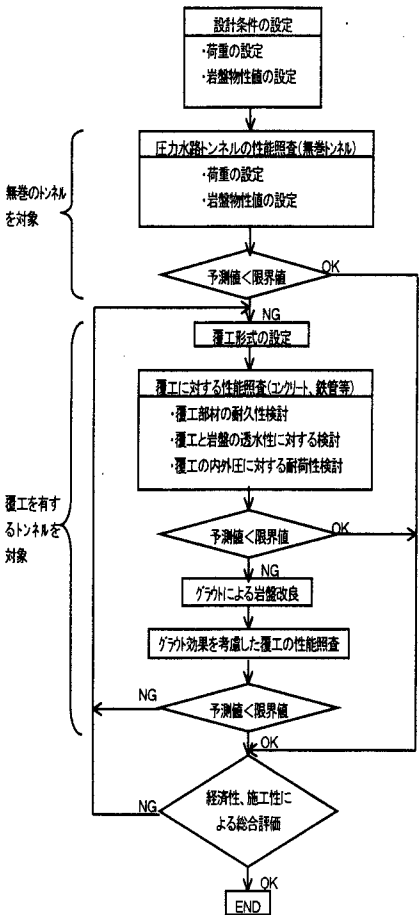
2)鋼構造及び剛性構造設計・施工基準の世界の動向と今後の展望に関するシンポジウム、土木学会鋼構造委員会、1999.10.



図一 1 FT 図

表一 1 覆工の保有する性能の比較

覆工性能	無巻立て	無筋コンクリート	RC	鉄管
耐久性	低	低	高	高
耐荷性	内水圧	低	高	高
	外水圧	高	低	低
水密性	低	低	高	不透水
建設コスト	低	低	高	高



図二 2 性能照査型設計に基づく覆工選定フロー