

(VI-31) 水路トンネルの設備診断システムについて

東京電力株式会社 正会員 田中雅弘
東京電力株式会社 正会員 安保秀範
日本工営株式会社 正会員 吉田典明

1. はじめに

東京電力では160箇所の水力発電所を有しており、水路トンネルの総延長は約770kmにも及び、その内の約70%は戦前に構築されたものであり、平均で60年を経過している。これら老朽設備の維持・管理に当たっては、定期的な設備点検の結果に基づき、経験豊富な現場技術者が設備劣化の程度を判断し、設備重要度を勘案のうえ必要な設備改修を実施していた。しかし、今回、東京電力では水路の破壊実験ならびにコンクリートの破壊力学を考慮した設備診断手法の開発を行い、また水路周辺の地山性状等を踏まえた将来的な荷重増大の可能性を考慮した診断システムの開発を行ったので、その概要について報告する。

2. 水路トンネルの設備診断システムの概要

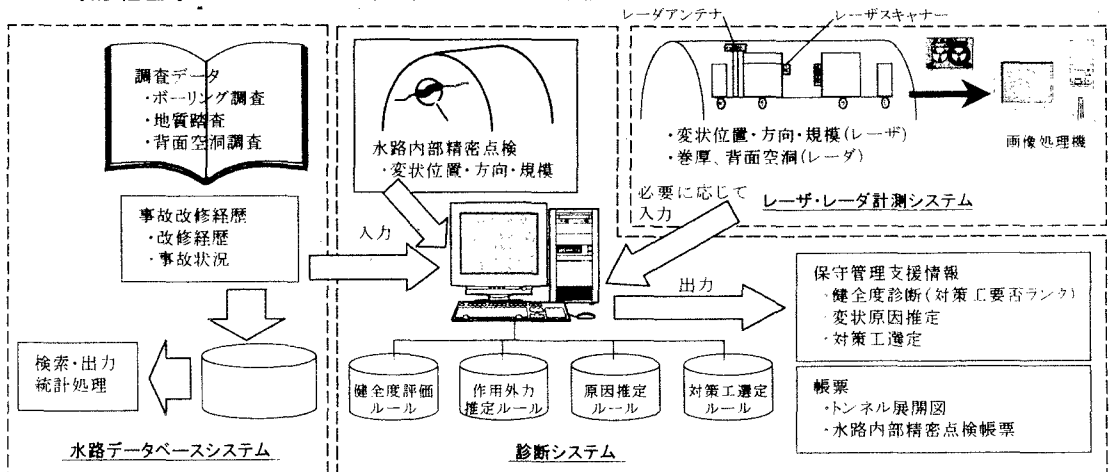
(1) 設備診断の基本的な考え方

水路トンネルの調査・点検結果より得られる情報のうち、定量的なデータとして取得可能な水路トンネル内面に発生している「クラック」の幅・長さに着目することとし、クラックの有無、クラックの進行性等の変状データにより診断するものとした。

また、過去の変状事例を踏まえ、トンネル背面空洞ならびに背面地山状況（地質・土被り厚等）を基に、将来的な地山からの荷重増大の可能性の程度についても併せて評価するものとした。

(2) システムの構成

図一にシステムの全体構成を示す。本システムは、水路トンネルの健全度を評価し、その結果をもとに変状発生箇所の原因推定と対策工の選定を行うシステムであり、既往の各種調査データ・構造諸元・改修経歴等のデータベースと診断システムにより構成される。



図一 水路診断システムの全体構成

キーワード：水路トンネル，メンテナンス，エキスパートシステム

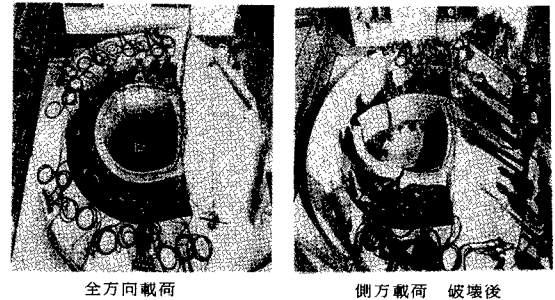
連絡先：東京電力(株) (add. 東京都千代田区内幸町1-1-3, tel. 03-4216-3863, fax. 03-4216-6943)

図一１に示すとおり、本システムは水路内部の変状を探索する「レーザ計測システム」と水路背面の空洞・天端巻厚を計測する「レーダ計測システム」とのデータ連携も図っている。

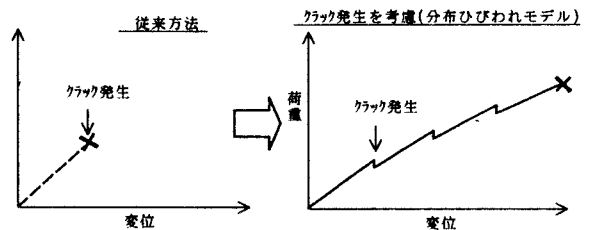
3. 設備診断評価手法について

(1) トンネル内面クラックによる評価

トンネル覆工に発生しているクラックは、覆工耐力と作用外力とのバランスが損なわれた場合に見られる。そこで、トンネルに発生するクラックに関する文献調査、覆工コンクリート実物大破壊実験（図一２）、当社水路点検調査結果の分析および２次元ＦＥＭモデルによる数値計算をもとにしてクラック発生パターンの分類を行うとともに、「クラック発生」→「進行」→「トンネル破壊」に至るまでの覆工の挙動に関する知見を整理し、トンネルの構造的安定性とクラックパターンの関連づけを行い、クラックパターン進行図を作成し、実トンネルの変状とのパターンマッチングによる評価を一次評価とした。さらに二次評価として、コンクリートの引張軟化を組み込んだ分布ひび割れモデル（破壊力学の概念を適用）による数値解析を用いることにより、クラックの発生しているトンネル覆工の残存耐力を適切に評価するものとした。



図一２ 破壊実験による変状発生パターンの検証



図一３ クラック引張軟化現象の概念

(2) 地山からの荷重増大の可能性評価

過去に発生した水路トンネルの災害事例について、陥没・落盤等の地形・地質に起因して発生したものを整理・分析し、陥没型、未固結地山型、空洞内落盤型など８種類の「変状発生の地質モデル」を作成し、各々の変状発生地質モデルの機構分析から得られた発生要因により、荷重増大の可能性を評価するものとした。

(3) 総合評価

総合評価として、クラックの発生した覆工コンクリートの残存耐力評価、クラックの進行性評価、荷重増大の可能性評価により、総合判定することとした。

4. おわりに

本システムは、既存のクラックパターンマッチングを主体とした健全度診断システムに、新たにトンネル覆工コンクリートの残存耐力評価、および荷重増大の可能性評価を組み込み、水路トンネルの設備診断における信頼度向上を図ったものである。これにより水路トンネルの応力状態を推定し、統一的かつ定量的な健全度評価を、より現実合ったものとして行えるようになった。

今後の課題は、作用外力をより精度高く推定することと考えられ、クラック幅を指標として推定する方策として、離散ひび割れモデルを用いた取り組みを現在実施中である。

また、現状の設備に対する高精度な設備診断手法が確立されることにより、対策工に対する考え方も簡素化することが可能となり、膨大な設備の維持・管理に関し、総合的なコストダウンが図られるものと考えている。