

## 水路トンネル覆工の変状挙動モニタリングシステムの開発について

東京電力㈱ 正会員○佐々木建一 正会員 久保田克寿

東電設計㈱ 正会員 瀬下 雄一 正会員 加藤 拓也

## 1. はじめに

電力設備における水路トンネルは、水力発電用の水を調整池等から発電所まで導水するためのトンネルである。その延長距離は長く、トンネルの覆工コンクリートには地圧作用等によりひび割れ等の変状が生じている。これらひび割れの進行性を監視するために、従来では抜水点検時にひび割れ部にテストモルタルを設置し、次の抜水点検時にテストモルタルにひび割れが生じるかを確認している。また、抜水時にひび割れ幅を測定して、その変化量により進行性を判断することも一般的に行われている。これら従来手法では、発電所運用中に変状がいつ、どの程度進行しているのかを確認することが困難であった。変状箇所が水路トンネルの坑口から比較的近い場合には、計測計器を設置することも比較的容易な場合もあるが、数Kmにも及ぶ水路内部に計測計器を設置することは電源確保の面等から実用的で無い場合が多かった。

このため、筆者らは水路トンネル内部で運用中の覆工等の変状挙動を計測・収録するモニタリングシステムを開発し、実際の水路トンネルに適用した。本論では、モニタリングシステムの概要と計測結果事例について報告する。

## 2. モニタリングシステム概要

モニタリングシステムは、水路内に設置される特性を踏まえて要求性能を定義し、表-1に示す目標性能の確保を目指して開発した。モニタリングシステムの概要は図-1に示すとおりであり、システム本体およびセンサを流木等から保護するために保護カバーを設置することとした。

表-1 モニタリングシステム要求性能

| 要求性能                | 目標性能                  |
|---------------------|-----------------------|
| ・システム内部に浸水しないこと     | ・耐水压 1MPa 程度          |
| ・1年以上計測できる電源を装備すること | ・乾電池駆動で1年間計測可能な省電力性能  |
| ・データ回収が容易           | ・データ転送コネクタを装備         |
| ・流水流下の妨げにならないこと     | ・厚さ 50mm 程度以下のコンパクト設計 |
| ・様々なセンサに対応可能        | ・ひずみゲージ式センサに対応        |

図-1に記したセンサには、亀裂変位計を記載しているが、ひずみゲージ式のセンサであれば、温度計や間隙水压計なども接続して計測が可能な仕様となっている。主に本システムを水路トンネルの覆工コンクリートに設置し、ひび割れ幅の挙動を計測する場合を想定しており、今回の現地適用も同様のものとした。なお、覆工コンクリートへの固定は、アンカーボルトにより行い、これらがひび割れの挙動を抑制しないよう配慮して設置した。

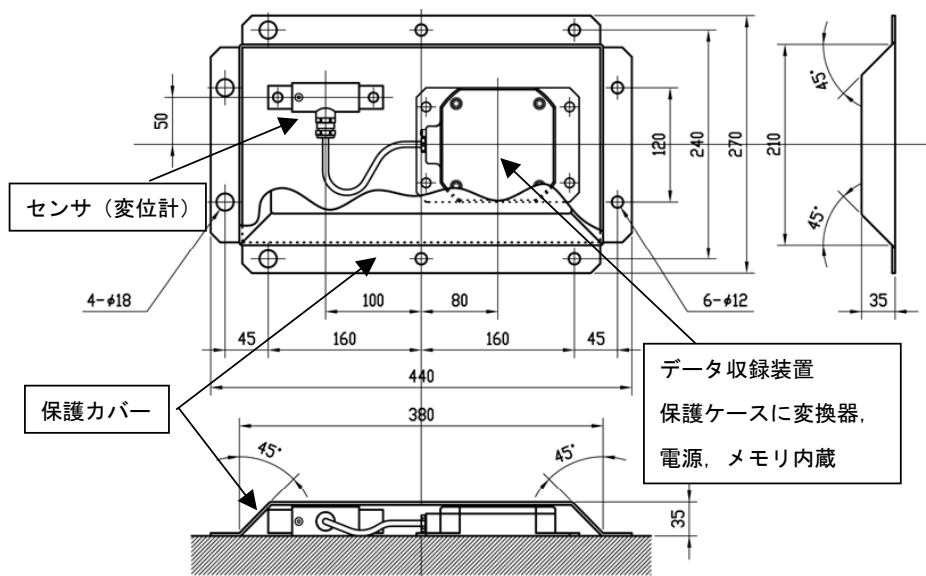


図-1 モニタリングシステム 概要図

キーワード： 水路トンネル、覆工コンクリート、挙動評価、モニタリングシステム

連絡先： 〒100-8560 東京都千代田区内幸町 1-1-3 東京電力（株）建設部 TEL 03-6373-4259

### 3. 現地計測結果

開発したモニタリングシステムを実際の水路トンネルに設置し、1年間の現地計測を試行した。対象地点の水路トンネルの標準断面図と設置位置を図-2に示す。写真-1に示すとおり覆工コンクリート側壁に生じている縦断ひび割れを対象とし、その幅を亀裂変位計にて約1年間にわたって計測した。ひび割れ幅は温度によっても変化すると考えられる。このため、ひび割れ幅測定に影響のない近接箇所で、同様のモニタリングシステムにより覆工温度も同時に計測した。

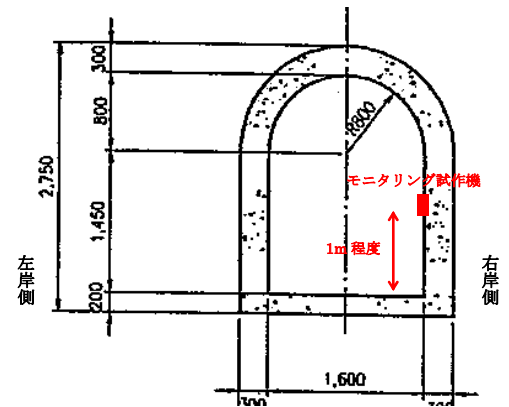


図-2 水路断面図およびシステム設置位置

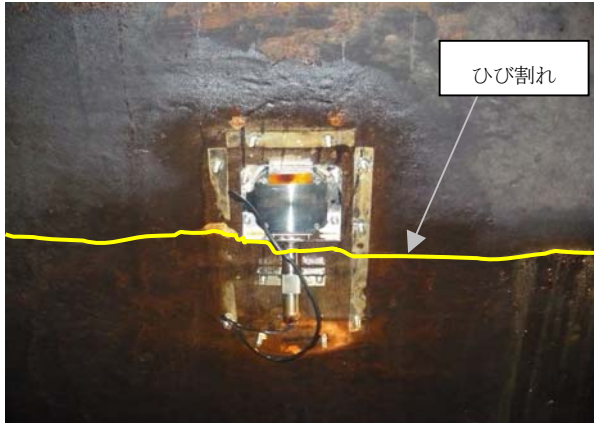


写真-1 モニタリングシステム設置状況

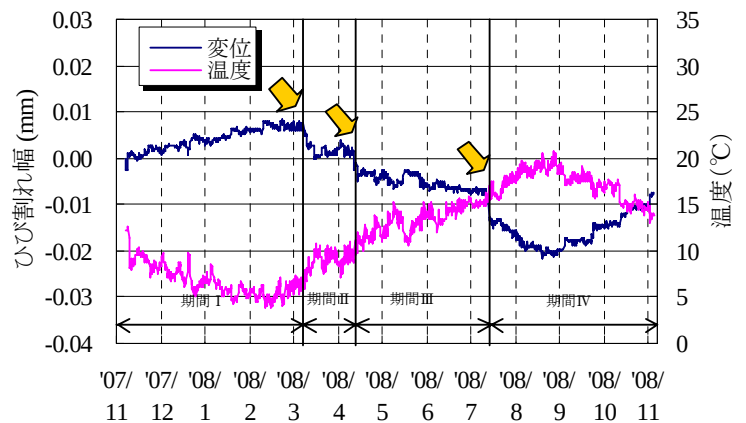


図-3 ひび割れ幅、覆工温度測定結果

ひび割れ幅および温度の計測結果を図-3に示す。覆工温度は5℃～20℃の範囲で年周期的に変化していることがわかり、通水している水温の影響を受けて覆工の温度が変化しているものと考えられる。ひび割れ幅は温度下降時には、覆工コンクリートが収縮しひび割れ幅が拡大（+方向）し、温度上昇時には、覆工コンクリートが膨張しひび割れ幅が縮小（-方向）する傾向を捉えることができたと考えられる。このひび割れ幅は約1年で約0.01mm縮小していることが確認された。全体の変化量がわずかであるため、確定はできないが時系列データを見る限り、温度変化以外の要因でひび割れ幅が変化した時期は、図中の矢印で示した2008年3月、4月、7月頃の可能性があると思定できる。

図-4に示す覆工温度とひび割れ幅の関係をみると、両者の相関は高く、図-3に示すひび割れ幅変化時期に対応した関係もそれぞれ確認できた。

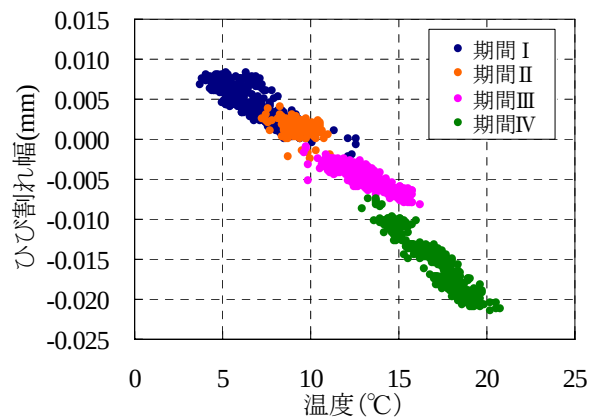


図-4 覆工温度とひび割れ幅の関係

### 4. おわりに

水路充水中でも覆工挙動を監視できるモニタリングシステムを開発し、実際の水路トンネルに適用した。1年間の計測結果では、電池切れやシステムの誤作動等は無かった。また、当該システムはデータ回収時に撤去し、別途性能確認試験を実施している。性能確認試験の結果、亀裂変位計や温度計のセンサ部、データを収録するシステム本体ともに設置時の性能を保っていることが確認できた。以上により本論で示したデータは信頼できるデータであるものと考えられる。

今後は、更なる省電力化等の改良を施した実用機を開発し、様々な水路トンネルへ適用していく予定である。