

## VI-56

## 水力発電所導水路トンネルの健全度診断について

東北電力（株） 正会員 ○ 阿部 壽

荒川高而

正会員 斎藤 裕

## 1. はじめに

当社の所有する211箇所の水力発電所のうち195箇所が導水路を有し、全長640kmに及ぶ。一方、導水路の損壊で発電所が停止したケースは最近10年間で、年平均1箇所となっているが一層の効率化を図るため、無圧式トンネルの実態調査結果に基づいて調査方法および健全度判定方法の改善を行ったので、その一部を報告する。

## 2. 検討内容

## (1) 損壊と地山の地質の関係

当社が発足した昭和26年から昭和58年に至る33年間に損壊が発生した130件について、地山との関係を図-1に示す。この結果、損壊の90%は土砂や岩砕の区間で発生しており、健全度の評価に当っては地山の条件を加味しなければならないことを示している。

## (2) 巻立コンクリートの一軸圧縮強度

トンネルのコアについて実施した一軸圧縮試験値と経年の関係を図-2に示す。これによれば強度が経年によって低下を考慮する必要性は認められず、同一トンネルについて繰り返して試験を実施する必要も無いことを示している。

## (3) シュミットロックハンマーによる圧縮強度

トンネルにおける圧縮強度は、一般にロックハンマーで測定されることが多い。一軸圧縮試験値との相関を図-3に示す。これによれば両者の間には明瞭な相関が見られず、導水路トンネルの調査でロックハンマーを圧縮強度測定に使用するのとは適切でないことを示している。

## (4) 中性化の深さと経年変化

トンネルの位置別の中性化の深さを図-4に示す。また、中性化の深さと経年の関係を図-5に示す。これらによれば、中性化の深さは巻厚のバラツキに比べて無視できる程小さく、経年によって増加する傾向も少ないので、酸性河川を除いては測定が必要ないことを示している。

## (5) 巻立コンクリート背面の空隙

トンネル位置別の空隙の大きさを図-6に示す。これによればアーチでは約70%の区間で空隙があり、この状態で50～70年間に亘って安定して運転してきたことを考えれば、これらの空隙は地山の地質等を考慮した上で、必要に応じて填充すべきと考えられる。

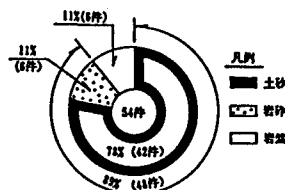


図-1 導水路トンネルの損壊と地質の関係

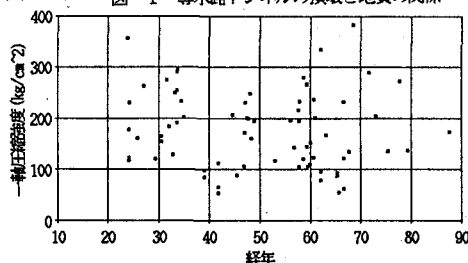
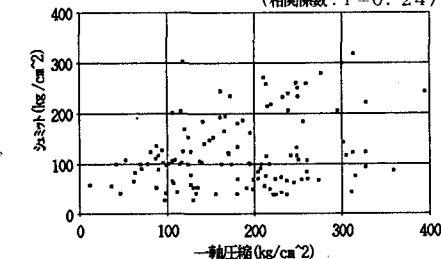
図-2 一軸圧縮強度と経年（側壁）（各発電所の平均値で分析）  
（相関係数： $r=0.24$ ）

図-3 一軸圧縮強度とシュミットロックハンマーによる圧縮強度の相関

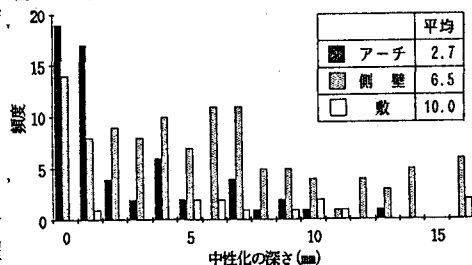


図-4 中性化の深さの頻度（各発電所の平均値で分析）

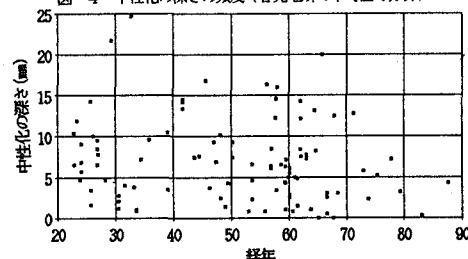


図-5 中性化の深さと経年（側壁）（各発電所の平均値で分析）

## (6) クラック

調査記録が整理されている25発電所のトンネルに発生しているクラックは3,388組あり,これを方向によって分類すると表-1の通りである。これによれば,安全性の高い横断方向のものが約90%を占めており,クラックについての判定は複雑でないと考えられる。

さらに,方向別のパターンを形状によって分類すれば表-2,3,4の通りである。クラックについては,変形を伴うもの,進行性のもの及び外力によって発生したものは直ちに改修するものとするが,今回の調査では該当するものはなく,表に示すパターンはそれ以外のクラックとなる。このうち長さが長いもの,発生範囲がアーチ・側壁に及ぶもの,形状からみて力学的な強度が著しく低下しているもの等は改修するものとし,パターン毎に地山の地質によって軽重をつけて判定した結果,早期改修1%,計画的改修4%となり,簡易に個人差がなく妥当な判定が可能になる。

## 3. むすび

トンネルの実態調査の結果を分析することによって,調査方法及び健全度の判定について体系化ができたと考えているが,現在,摩耗,欠損,巻厚,強度及び空隙等についても検討をほぼ終了しており,次回報告する予定である。

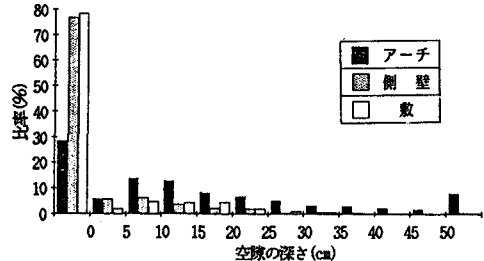


図-6 空隙の深さの存在比率

表-1 方向によるクラックの箇所数

| 方向による区分 | 箇所数   | 比率  |
|---------|-------|-----|
| 横断方向    | 2,993 | 88% |
| 縦断方向    | 259   | 8   |
| 両方向が共存  | 136   | 4   |
| 計       | 3,388 | 100 |

表-2 横断方向のクラックの形状

|                      |       | (総数 2,993箇所) |     |     |     |     |     |    |
|----------------------|-------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 1直線上で側壁のみまたはアーチに及ぶもの | 1.438 |              |     |     |     |     |     |    |
|                      |       | 973          | 975 | 409 | 249 | 200 | 193 | 88 |
| 1本で、アーチのみ            | 564   |              |     |     |     |     |     |    |
|                      |       | 310          | 198 |     |     |     |     |    |
| 複数で、側壁まで             | 50    |              |     |     |     |     |     |    |
|                      |       | 11           | 11  | 10  | 8   | 7   | 8   |    |
| 複数で、アーチのみ            | 13    |              |     |     |     |     |     |    |
|                      |       | 13           |     |     |     |     |     |    |
| 複数で、側壁のみ             | 7     |              |     |     |     |     |     |    |
|                      |       | 7            |     |     |     |     |     |    |

(注) ここでクラックの位置は「左側壁」「アーチ」「右側壁」を表す。

表-4 共存型のクラックの形状

|               |    | (総数 138箇所) |   |   |   |   |   |   |
|---------------|----|------------|---|---|---|---|---|---|
| 形状が複雑でもアーチのみ  | 33 |            |   |   |   |   |   |   |
|               |    | 13         | 6 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 形状の類型化が難しいもの  | 29 |            |   |   |   |   |   |   |
|               |    | 5          | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 形状が複雑で、3間以上   | 23 |            |   |   |   |   |   |   |
|               |    | 4          | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 形状が単純で、3間以上   | 24 |            |   |   |   |   |   |   |
|               |    | 11         | 8 | 2 | 2 | 1 |   |   |
| 形状が単純で、側断が主体  | 15 |            |   |   |   |   |   |   |
|               |    | 14         | 1 |   |   |   |   |   |
| 形状が単純で、側壁のみ   | 5  |            |   |   |   |   |   |   |
|               |    | 2          | 1 | 1 | 1 |   |   |   |
| 直線状に1本で、アーチのみ | 7  |            |   |   |   |   |   |   |
|               |    | 6          | 1 |   |   |   |   |   |

表-3 縦断方向のクラックの形状

|                 |     | (総数 259箇所) |   |   |   |
|-----------------|-----|------------|---|---|---|
| 1本で、アーチ、3間以下    | 111 |            |   |   |   |
|                 |     | 111        |   |   |   |
| 複数で、アーチのみ       | 33  |            |   |   |   |
|                 |     | 31         | 2 |   |   |
| 1本で、アーチ、3間以上    | 29  |            |   |   |   |
|                 |     | 29         |   |   |   |
| 1本で、側壁～アーチ、3間以下 | 28  |            |   |   |   |
|                 |     | 24         | 4 |   |   |
| 1本で、側壁～アーチ、3間以上 | 28  |            |   |   |   |
|                 |     | 28         |   |   |   |
| 複数で、3間以上        | 12  |            |   |   |   |
|                 |     | 5          | 4 | 2 | 1 |
| 複数で、側壁とアーチ      | 10  |            |   |   |   |
|                 |     | 4          | 3 | 3 |   |
| 複数で、側壁のみ        | 7   |            |   |   |   |
|                 |     | 6          | 1 |   |   |
| 複数で、3間以上        | 3   |            |   |   |   |
|                 |     | 3          |   |   |   |

(注) ここで3間(※)とは、セメント薄板3枚分の長さという意味である。