

## VI-102 導水路トンネルの挙動観測について

北海道電力 正員 志水 義彦 北海道電力 正員 坂本 容  
 室蘭工業大学 正員 岸 徳光 北電興業 正員 能登谷 勇人

## 1. はじめに

既設水路トンネルの健全度を評価するためには、覆工コンクリートの応力状態、覆工に作用する地山圧力等を的確に把握する必要がある。

今回、そのための基礎資料を得る目的で、導水路トンネルの改修時に設置した埋設計器による、トンネルの挙動観測結果の一部について取り纏め、地質状況、解析などと比較検討を行ったので、それらの結果について報告する。

## 2. 埋設計器設置箇所の概要

本導水路トンネル(延長約6330m)は昭和20年代後半に竣工したものであり、その後、覆工コンクリートの変形が認められ内部補強を実施してきたが、変形は微増傾向を示していた。そこで昭和62~63年にかけて内部補強区間を含む200mで覆工巻き直しによる全面改修を実施した。その際、トンネルの挙動観測を実施するため、代表的断面において各種計器を埋設した。埋設計器設置断面の概要を図-1に、埋設計器の配置、数量を図-2に示す。

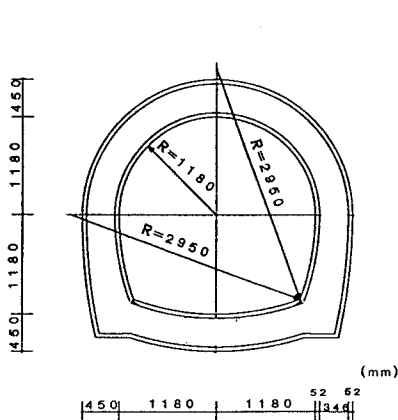


図-1. 埋設計器設置断面の概要

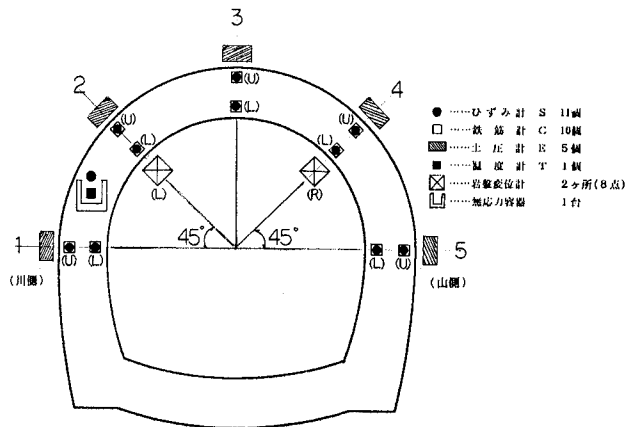


図-2. 埋設計器の配置、数量

## 3. 覆工表面の応力状態の測定

埋設計器による観測結果と比較検討を行うために、覆工表面の応力状態を測定した。測定は覆工コンクリートの壁面にひずみゲージを貼り付け、コアドリルでひずみゲージを貼り付けた部分のコンクリートをくり抜き、周辺のコンクリートと縁切ることにより生じる解放ひずみを測定する方法(応力解放法)を用いた。測定箇所は、図-3に示すように埋設計器の設置箇所と一致させた。

## 4. 観測結果

埋設計器による観測結果の一例と応力解放法による覆工表面の応力状態を比較したものを表-1に示す。なお、埋設計器のデータは、応力解放法を実施した日のものを使用した。ひずみ計による応力値をみると、

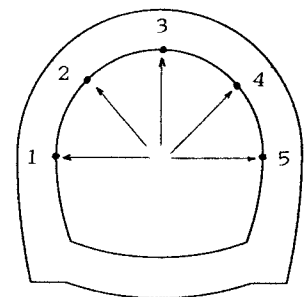


図-3. 表面応力の測定点

両側壁部に引張り応力が働き、天端には圧縮応力が生じており、これらの点では応力解放法による測定データと整合性が高い、また、土圧計のデータでは山側の側壁部で、2.6kgf/cm<sup>2</sup>の土圧を示し、天端ではほとんど土圧が作用していない結果となっている。これらの結果を総合すると、覆工コンクリートの変形モードは山側の側壁から押され、全体に上下方向に伸長する形態と考えられる。地質調査の結果、変質粘土化帯が山側からインバートに分布し、膨潤性粘土による膨潤圧がトンネルの変形に大きく影響していると考えられ、埋設計器による観測結果は、これらの形態を良く反映しているものである。

## 5. 解析的検討

覆工コンクリートの表面応力を用いて地山圧力を推定する方法を数値解析的に検討し、十分な精度が得られたため、今回は、実測データ(ひずみ計による応力値)を用いて解析を行い、実測データの妥当性、解析手法の適用性について検討した。具体的には、実測データを用いて地山圧力を推定し、推定された地山圧力による有限要素解析結果と実測データを比較することにした。

解析対象断面を図-4、各物性値を表-2に示す。有限要素解析における分割の程度は、総節点数が1800、総要素数が1680(周方向要素数120、半径方向要素数14)である。

解析結果を図-5に示す。この結果をみると、実測データと解析値の全体的な傾向はほぼ一致しており、実測データ、解析手法の妥当性については、ほぼ満足されている。また、解析の適用性を向上させるためには、今後、天端空洞・物性値の詳細な検討など、現場の状況を忠実に再現したモデル化が重要であると考えられる。

表-1. 観測結果

| 測定位置        | 埋設計器                          |                                       | 応力解放法                                     |
|-------------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|
|             | 土圧計<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | ひずみ計による<br>応力値 (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 覆工コンクリート表面<br>の応力値 (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| 1 (川側 S.L.) | -0.13                         | 8.2                                   | 12.3                                      |
| 2 (川側45度)   | -0.44                         | -9.8                                  | 0.74                                      |
| 3 (天端)      | -0.02                         | -9.6                                  | -10.0                                     |
| 4 (山側45度)   | -0.40                         | 12.1                                  | 1.1                                       |
| 5 (山側 S.L.) | -2.60                         | 22.3                                  | 11.6                                      |

※ひずみ計による応力値は内側(L)の値

※引張りを正とした

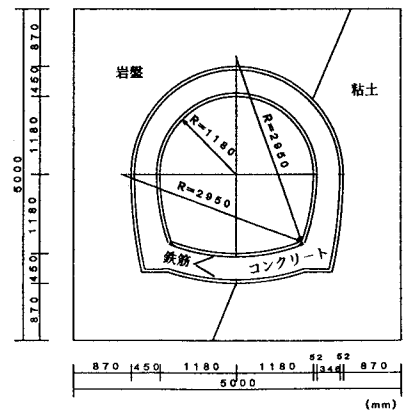


図-4. 解析対象断面

表-2. 各物性値の一覧

| 物質     | 静弾性係数<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | ポアソン<br>比 |
|--------|---------------------------------|-----------|
| コンクリート | 275000                          | 0.20      |
| 鉄筋     | 2100000                         | 0.30      |
| 岩盤     | 30000                           | 0.25      |
| 粘土     | 150                             | 0.30      |

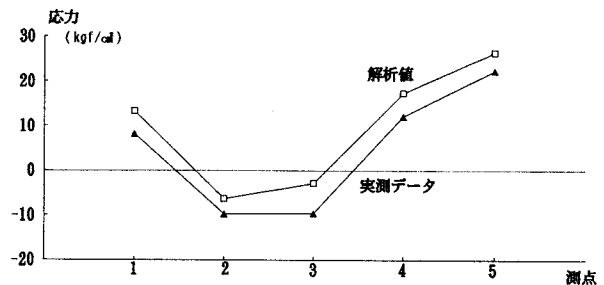


図-5. 実測データと解析値の比較

## 6. おわりに

埋設計器によるトンネルの挙動観測結果と、応力解放法による覆工コンクリート表面応力、地質状況、解析などを比較検討することにより、観測結果の妥当性について確認した。今後は他の観測結果についても検討を行うとともに、解析についても適用性の向上を図っていく予定である。

### 参考文献

- 1) 志水、坂本、能登谷、岸：導水路トンネルに作用する外力の推定について、土木学会北海道支部論文報告集 第48号、1992