

北海道電力株式会社 正会員 工 藤 正 彦
 北電興業株式会社 正会員 能登谷 勇 人
 同 上 正会員 工 藤 雄 一

1. はじめに

現在、北海道電力(株)では、水力発電設備の効率的な維持管理、適正な老朽化対策を図っていくことを目的として、健全度評価基準を設けて設備診断を実施している。

水力発電設備の中でも、導水路トンネルに関しては、これまでトンネル内部のひび割れ、洗掘・磨耗などの結果に基づく診断が主流であった。しかし、トンネルの安全性を評価するためには、より精密な診断が必要であり、構造的な安全性を評価するために、トンネルに作用する外力を推定することが必要である。

そこで、本検討では精密な診断手法の確立に向けて、既設導水路トンネルを対象としたケーススタディを実施し、外力推定手法の現地への適用性の検証を行ったので、その内容について報告する。

2. 外力推定手法

2.1 逆解析

既設トンネルの作用外力を求めることは、地山の不連続性、ゆるみ領域の不明確さからきわめて困難であり、孔壁ひずみ法等により覆工コンクリート内部の詳細な応力状態を直接求めることも、経済性、作業性の面からも実用的ではない。そこで著者らは、かねてより、これらの問題を解決するために「壁面ひずみ法」を利用した逆解析手法を提案している¹⁾。

以下に、その概要と既設導水路トンネルへの適用性について報告する。

1) 解析の仮定

図-1に示すように、トンネル周辺を大きな地山の一要素と仮定し、その要素の主応力状態を水平成分、鉛直成分、せん断成分に分け、それを作用外力とした。

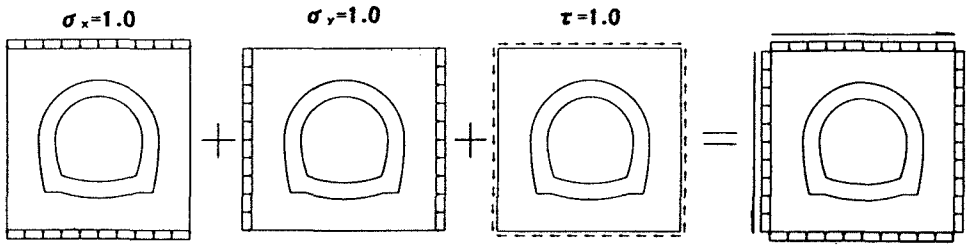


図-1 単位荷重載荷状況

2) 逆解析の定式化

本解析は覆工内壁表面の実測応力を入力データとして与え、作用外力を推定していくものである。まず、図-1に示すような外力が作用したとき、覆工内壁表面の実測点位置における推定(解析)応力は次式で表すことが出来る。

$$\{\sigma\} = [V] \{q\} \quad \{\} \text{はベクトル表示}$$

ここで、 $\{\sigma\}$: 実測点位置の推定応力、 $\{q\}$: トンネル周囲の作用外力、 $[V]$: トンネル周囲に単位荷重($\sigma_x, \sigma_y, \tau=1.0$)を載荷した3回の事前順解析により得られる応力(実測点位置)から構成されるマトリックス。

次に、覆工内壁表面の実測応力を $\{\sigma_o\}$ とすると、各実測点位置における推定(解析)応力と実測応力がも

っとも近似するように最小自乗法を利用して{q}について整理すると、最終的にトンネル周囲の想定応力ベクトル{q}は

$$\{q\} = [[V]^T [V]]^{-1} [V]^T \{\sigma_o\}$$

として得られる。

2.2 外力推定手法の適用性の検討

当社では既設導水路トンネルを対象として平成2年度より6つの発電所、計17断面でケーススタディを行い、外力推定手法の導水路トンネルへの適用性を検討してきた。

解析は逆解析、順解析とも2次元有限要素法（線形解析）を基本として行い、分割数は覆工、地山それぞれ600要素、また、測定周方向応力を与える導水路内壁の表面要素の厚さは、最大主方向応力と周方向応力の作用方向を一致させるために実スケールで5mmとした。

本手法の適用性の検討は図-2に示すフローに従い行った。

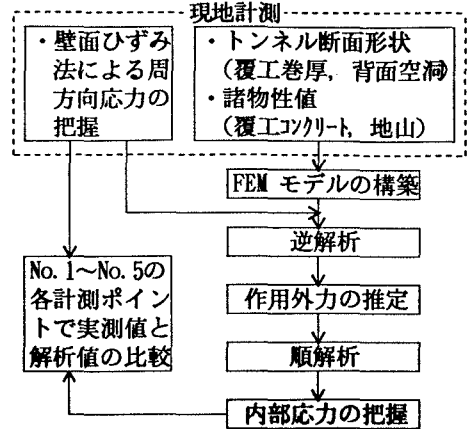


図-2 適用性検討のフロー

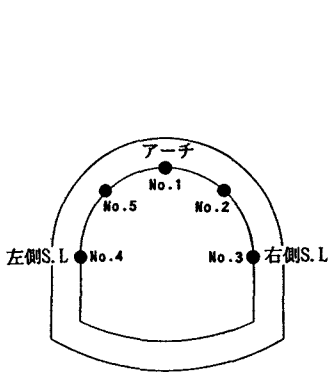


図-3 計測ポイント

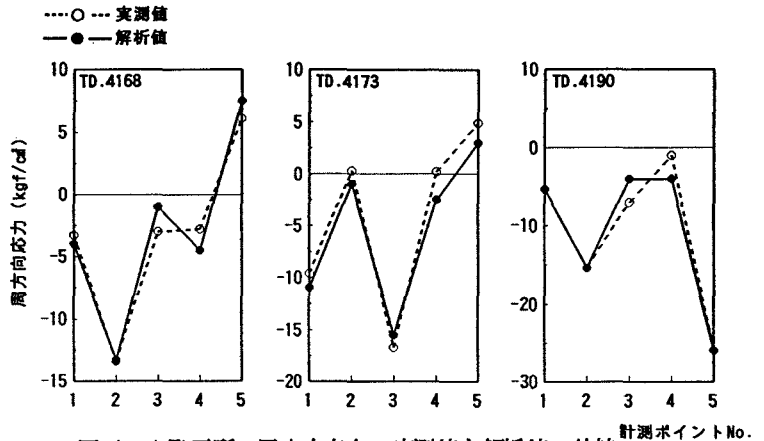


図-4 A発電所 周方向応力の実測値と解析値の比較

また、図-3に周方向応力の計測ポイントを示す。

代表的な例として、図-4にA発電所導水路トンネル周方向応力の実測値と解析値の比較検討結果を示す。

A発電所導水路トンネルは現地におけるトンネルの変状 ひび割れも少なく、測定値と解析値はほぼ一致しており、解析モデルと現場条件との差違を考慮すれば、本手法の妥当性が確認できたといえる。

以上の結果より、本手法を用いることで、地山の作用外力、覆工内部の応力分布を把握することができるものと考えられる。

3. まとめ

本検討により、外力推定手法の導水路トンネルへの適用性が明らかとなり、作用外力の推定 覆工内の応力分布を把握でき、対策工を立案する場合、有益な情報を与えるものと考えられる。

最後に本研究を行うにあたり御指導をいただいた、室蘭工業大学建設システム工学科岸徳光助教授ならびに関係各位に厚くお礼申し上げます。

【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