

大土被り蛇紋岩地山における安全管理のための新技術適用に関する一考察

(株)鴻池組 土木技術部 正会員 ○山田 浩幸

東日本高速道路(株) 千歳工事事務所 高橋 俊長

鴻池組・飛鳥建設特定建設工事共同企業体 大村 修一

鴻池組・飛鳥建設特定建設工事共同企業体 高田 篤

神戸大学大学院 工学研究科 正会員 芥川 真一

1. はじめに

穂別トンネルは全長 $L=4,323$ mの山岳トンネル工事であり、その内、西工事では西側の延長 $L=1,951$ mをNATMで掘進中である。土被りの大きい区間(土被り250m以上)において蛇紋岩(塊状、葉片状)が出現し、200mmを越える大きな変位を生じながらも、変位制御型二重支保を導入して掘削している。

本トンネルでは、特に初期変位が大きい(60~100mm)ことから、掘削初期における安全管理が課題となっていた。

本論文では、安全管理の目的で導入した新技術(光る変位計、磁歪法)に関する適用性の評価と今後の展望について考察する。



写真-1 切羽状況 (蛇紋岩)

2. トンネル工事における安全上の課題

トンネルの標準工法であるNATMでは、切羽作業の制約から、支保構築後に測点を設け、地山の性状に応じて10~30m間隔で計測工A(天端沈下、内空変位)や計測工B(地中変位、支保応力測定)を実施して、その結果を参考にして施工を進めていくのが一般的であるが、以下のような課題がある。

- ①脆弱な地山では、初期に大きな変形を生じ地山崩壊に至る懸念もあるが、掘削作業の制約により測点の設置時期が支保構築後でないとできない。
- ②計測結果の評価は計測担当者が事務所で処理して判断する必要があるため、掘削直後の変化を切羽で判断できない。
- ③計測工Bに関しては費用が高価であり、計測工Aのように頻繁には測定できない。
- ④切羽には作業に必要な照明はあるが、一般には暗く、機械騒音が大きいうえに耳栓をしているため、通常の会話が困難。



写真-2 光る変位計設置状況 (切羽部)

3. 安全管理としての新技術

山岳トンネルの施工条件をふまえた上で、本トンネルでは、安全管理の目的で以下の2つの新技術の導入を行った。

- ①光る変位計:「変位計測+結果表示」装置により、変位量を光の色の変化で表示する手法(写真-2, 4)
- ②磁歪法:「磁気特性が変形に依存する」原理を利用した支保工応力測定手法(写真-3)

以下にそれぞれの適用実績とその効果について述べる。



写真-3 磁歪法測定状況

キーワード 山岳トンネル, 大土被り, 蛇紋岩, 安全管理, 新技術

連絡先 〒530-8517 大阪市北区梅田3-4-5 毎日インテシオ (株)鴻池組土木技術部 TEL06-6343-3290

3.1 光る変位計による安全管理

この変位計にはLEDが装着されており、動きを感知したその瞬間にその大きさに応じて異なる光の色を発するため、工事現場などにおける周辺地盤の安全度、危険度をリアルタイムで光の色にして表示することができる。

今回の適用による効果を以下にまとめた。

- ①特別な電線は不要で、トンネル内で簡単に設置、移動でき、知りたい場所の変位が容易に確認できる。
- ②変位量に応じて色が変化するため、掘削直後の危険性を切羽で作業員が目視で直接判断でき、機械騒音の大きい切羽における作業の安全性が飛躍的に向上する。
- ③初期設定により伸び、縮みどちらの変形についても対応可能。



写真-4 光る変位計設置状況（縫い返し部）

3.2 磁歪法による鋼製支保工応力測定

磁歪法とは鋼製材料を対象とした非破壊応力測定方法で、実験室や現場において簡易に作業を行うことができる「磁歪式応力測定手法」である。

この方法は橋梁や大口径パイプ、溶接構造物等の分野で多くの計測実績があり、それらの経験から鋼材の表面に存在する応力を10~20Mpa程度の読み取り誤差で計測できることが分かっている。



写真-5 磁歪センサー

図-1 に鋼製支保工に発生する応力と出力電圧の変化を示し、図-2 に支保工の幅（H-200）における応力分布の模式図を示す。応力と出力電圧との関係は、鋼材の応力-ひずみ曲線同様に降伏後に弾性領域と異なる経路をたどり、再載荷時には降伏までは同じ経路をたどる。

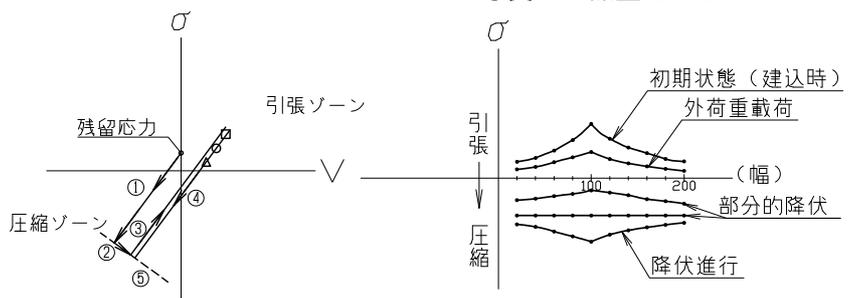


図-1 支保工応力と出力電圧

図-2 支保工幅の電圧分布変化

現場では磁歪センサー（写真-5）により支保工幅（H-200）内で10点の測定を行い、感度補正曲線（応力と出力電圧の関係）を用いて、鋼製支保工の応力を知ることができる。図-3 は実際の測定結果の一例（天端応力）であるが、今回の磁歪法の測定により、吹付けに変状が発生した周辺の鋼製支保工内側のフランジが一部降伏状態にあることが分かった。

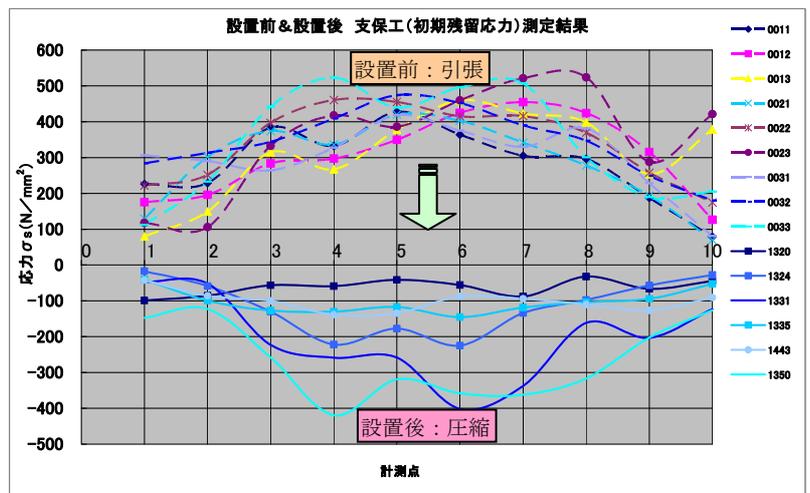


図-3 磁歪法測定結果

4. まとめ

今回、大土被りの蛇紋岩地山でのトンネル掘削という極めて厳しい条件下の工事において、新しい安全管理技術（光る変位計、磁歪法）を適用した。

光る変位計の設置により、掘削初期の地山挙動を作業員自身がリアルタイムに判断できること、磁歪法の測定により施工後の鋼製支保工の応力状態を面的管理できるため、作業時の安全性の向上が図れるものと期待される。

今後とも、安全管理技術の確立に向け新技術の導入を推進していきたいと考えている。