

安全の見える化技術の現場適用と検証に関する一考察

(株)鴻池組 土木事業本部技術部 正会員 ○山田 浩幸
(株)鴻池組 名塩道路八幡トンネル工事 大槻 文彦
(株)鴻池組 名塩道路八幡トンネル工事 木村 圭吾
神戸大学大学院 正会員 芥川 真一

1. はじめに

名塩道路八幡トンネル工事の施工に際し、起点側坑口付けにおいて坑口斜面の切土掘削を供用中の中国自動車道に近接して実施する必要があった。切土の施工では、中国自動車道の既設法面を一部掘削することとなり、掘削による本線への影響が懸念された。本現場では、従来の計測管理において課題の1つとされていた計測から警報の発信までのタイムラグをなくす目的から、安全の見える化技術を適用した。

本報告では、切土掘削時の計測管理に適用した「計測結果の見える化技術」の適用事例の紹介とその効果に関する検証結果について述べる。

2. 適用現場の概要

名塩道路八幡トンネル工事は、西宮市名塩南之町から東之町に至る延長 L=242mの山岳トンネルであり、用地の制約条件から超近接無導坑メガネトンネルの構造で計画されていた。本工事の工事概要を表-1に示す。

起点側坑口部は、中国自動車道に近接しており、坑口付け切土掘削時の計測管理において、新技術「計測結果の見える化技術」を適用した。写真-1に計測器設置状況を示す。

表-1 工事概要

工 事 名 称	名塩道路 八幡トンネル工事
工 事 場 所	兵庫県西宮市塩瀬町名塩南之町地区～東之町地区
工 期	平成25年2月～平成26年12月
発 注 者	国土交通省 近畿地方整備局
施 工 者	株式会社 鴻池組
工 事 内 容	延 長 L=288m (トンネル延長L=242m、上下線)
	断 面 掘削断面積A=87㎡ (上り線) ,117㎡ (下り線) 超近接無導坑メガネトンネル
	施 工 法 NATM
	掘削方式 機械掘削
	掘削工法 DⅢパターンの早期閉合) DⅠパターンの早期閉合)
	補助工法 天端安定対策：多段式長尺鋼管フォアパイリング 注入式フィアポーリング 鏡面の安定対策：鏡吹付、鏡ボルト 脚部の安定対策：脚部補強工（フットパイル）



写真-1 計測器設置状況

3. 安全の見える化技術の適用

3.1 計測項目及び目的

切土施工時の計測項目および目的について表-2に示す。

本現場では、切土作業時に見られる異常をリアルタイムに把握する目的から、採用する計測機器としては、計測結果を見える化できるよう工夫した。なお、作業員に対する安全研修により、計測値とその表示色との関係に基づく安全性の確認方法を説明し、作業員自ら安全性を確認して作業できるよう指導した。

計測機器としては、地すべり伸縮計に光る変位計（LEDS：Light Emitting Deformation Sensor）および光るデータコンバータ（LEC：Light Emitting Converter）を適用し、傾斜計については現地にタブレットPCによる表示とLEC

キーワード 計測管理，安全管理，山岳トンネル，新技術，OSV

連絡先 〒541-0057 大阪府中央区北久宝寺町 3-6-1 (株)鴻池組 土木事業本部技術部 TEL06-6245-6580

を適用した。また、最上部の脆弱な土砂部に関しては、高速レーザー変位計（DD センサー）を設置し、1 回/sec の非接触連続変位測定を実施した。さらに、地すべりの兆候を早期に把握する目的で鏡を用いた SOP 法（Single Observation Point）を適用し、TS による自動測定結果との検証を行った。

写真-1～写真-3 に計測器設置状況及び見える化表示板を示す。

表-2 計測項目及び目的一覧

計測項目・計測器	実施数量	得られる事象	目的
斜面変位測定 (トランスジューサー: TS)	10 箇所	斜面変位量 (mm)	- 坑口斜面切土時の中国自動車道近傍の地山挙動を監視し、切土作業員および中国道の通行車両の安全を確保する。 - トンネル施工中および施工後の長期的な斜面の安定性を確認する。
斜面変位測定 (SOP)	3 箇所	斜面変位量 (mm)	- 坑口斜面切土時の中国自動車道近傍の地山挙動を監視し、切土作業員および中国道の通行車両の安全を確保する。 - 地すべりの兆候の有無を確認する。
地表面伸縮測定 (地すべり伸縮計) (光る変位計) (DD センサー)	4 箇所	地表面変位量 (mm)	坑口斜面切土およびトンネル掘削時の法面最上部、中間部の地山挙動(斜面変位: 2 点間の距離)を直接的に把握し、斜面の安定性を監視する。
地中側方変位測定 (地中傾斜計)	1 箇所	地中水平変位量 (mm)	- 坑口斜面切土時の中国自動車道近傍の地中の地山挙動を監視し、切土作業員および中国道の通行車両の安全を確保する。 - トンネル施工時の斜面の安定性を確認する。

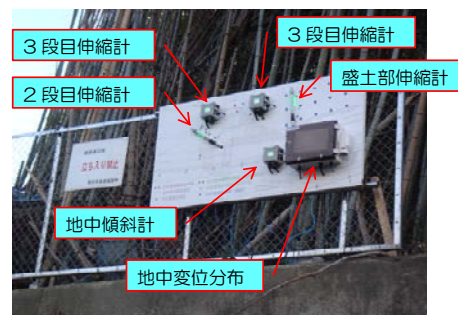


写真-3 計測結果表示板



写真-2 基準値と表示色の関係

3.2 計測結果の考察

図-1、図-2 に地表面伸縮計の計測結果および地中傾斜計の測定結果を示す。伸縮計の計測結果では、多少のばらつきはあるものの、切土作業を通して管理値である変位速度 5mm/10 日の範囲で収まっており、法面の安定性は確保されているものと考えられる。

同様に、地中傾斜計による計測結果においても管理値である変位速度 5mm/10 日の範囲で収まった。

計測結果が現地で光の色で表示されるため、作業員の聞き取り結果でも作業時の安全管理に有効であることが検証できた。

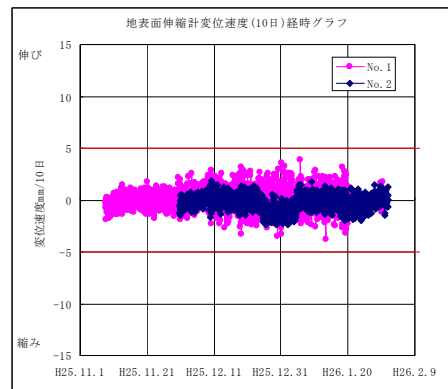


図-1 伸縮計測定結果

4. おわりに

今回、八幡トンネル工事の起点側坑口付け時に、切土法面に対する計測管理として「計測結果の見える化技術」を適用することにより、無事トンネルの坑口付けを完了した。

これまでの計測結果からは、管理値を超えるような大きな変位や地すべりの兆候は見られなかったが、今後、中国自動車道に近接してトンネルの掘削を行った際、応力解放に伴う不測の事態も懸念されるため、計測を強化して必要に応じて対策工を検討する予定である。

安全の見える化技術の適用により、リアルタイムに光の色の変化で危険度を評価できるため、作業員自らが安全を意識して作業できるというメリットがあり、現場における安全性の向上と早期の対策が期待される。今後とも情報化施工の実施により、安全施工に努めていく所存である。

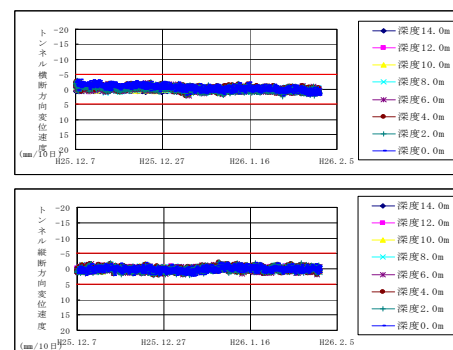


図-2 傾斜計測定結果