

計測結果見える化技術 (OSV) の現場適用と課題に関する一考察

(株)鴻池組 土木事業本部企画部 正会員 ○山田 浩幸
 曙ブレーキ工業(株) 芳賀 博文
 神戸大学大学院 工学研究科 正会員 芥川 真一

1. はじめに

「OSV (On Site Visualization)」は、計測結果に基づく危険度を光の色の変化により、リアルタイムに表示するシステムを用いることで、現地で安全および危険情報を表示する概念である。OSV による「計測結果の見える化技術」を適用することで、予め定められた危険度の判定区分に対応した色の表示に基づき、「だれでも」、「いつでも」、「どこでも」自ら判断することができる。本文では、OSV 技術の1つである「光る変位計」を実際の山岳トンネル工事の現場において安全管理に適用した事例を紹介するとともに、今後の検討課題に関する考察を述べる。

2. 現場適用事例

2.1 工事概要

徳別トンネルは全長L=4,323mの山岳トンネル工事であり、その内、西工事では、延長L=1,951mをNATMで施工した。土被りの大きい区間（土被り300m以上）において、脆弱な蛇紋岩（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することで掘削を完了した。本現場では、特に初期変位（60～100mm/日）が大きく、掘削初期における安全管理が課題となっていた。表-1に工事概要をまとめ、写真-1に光る変位計設置状況を示す。OSVの適用によりトンネル掘削作業の安全性が飛躍的に向上した。

表-1 工事概要

工事名称	北海道横断自動車道 徳別トンネル西工事
工事場所	北海道勇払郡むかわ町徳別長和
工期	平成18年3月～平成21年3月（その1）
	平成21年3月～平成23年10月（その2）
発注者	東日本高速道路(株)
施工者	鴻池・飛島特定建設工事共同企業体
工事内容	延長 L=1,951m（道路土工L=12m含む）
	断面 掘削断面積A=85.0m ² （DⅠ）,130m ² （EⅡ）
	施工法 NATM
	掘削方式 発破工法、機械掘削（EⅡ）
	掘削工法 EⅠ、EⅡパターン（上半先進ベツカット工法） （EⅡは最善管理型二重支保構造） CⅡ、DⅠ、DⅡ、DⅢパターン （補助ベツ付き全断面工法）
補助工法	天端安定対策：長尺鋼管フォアリング [®] （坑口） 長尺リング補強工（EⅡ） 注入式フォアリング [®]
	鏡面の安定対策：長尺鏡ボルト、核残し 長尺鏡補強工（EⅡ）
	脚部の安定対策：脚部補強ボルト、仮インバート



写真-1 光る変位計設置状況

2.2 OSV 適用による効果

従来の計測管理では、各種計測結果をコンピュータにより処理し、専門的な知識を有する計測担当者が安全度を判断し、必要な場合には警報を発信している。しかしながら、計測後、危険度を判断し警報を出すまでのタイムラグやシステム構築に多額の費用を要することが課題として挙げられる。

今回採用した光る変位計は、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」の変化として表示することができる。したがって、掘削直後の切羽の危険性を作業員が目視で直接確認でき、機械騒音が大きく通話しにくい切羽作業の安全性が飛躍的に向上する。

キーワード 計測管理, 安全管理, 山岳トンネル, OSV 技術, 光る変位計

連絡先 〒136-8880 東京都江東区南砂 2-7-5 (株)鴻池組 土木事業本部技術部 TEL03-5617-7792

3. OSV 適用における課題の検討

3.1 現状表示色の設定

光る変位計の OSV の現場適用においては、現地で色の変化で危険度を表示するものであるため、管理者や作業員が状態に応じて変化する表示色に関して同一の認識をすることが前提となる。

ここで、一例を示すと、電気設備安全規格における表示色の規定では、表-2 に示すとおり表示色、状態およびオペレータの行為が定められている。このことを踏まえ、OSV 研究会に所属する施工会社各位におけるアンケートを実施し、その結果を分析した。

分析の結果、組み合わせにより表示可能な7色のうち、現場で使用されている表示色の数は3色が70%と多数を占めている。また、表示色の認識としては赤：危険、黄：注意、緑・青：安全という認識が主であり、その他の表示色は赤、黄、緑・青の中間色として用いられていることが分かった。

さらに、計測する対象（変位、圧力、応力、軸力など）によって、例えば、圧縮と引張の範囲の表示として7色を使い分けているケースもあった。

以上のとおり、表示色に関しては、主要な認識は概ね一致しているものの、一部の適用事例において、色の意味と表示色がまちまちに設定されていることも判明した。

3.2 OSV の安全設計

OSV センサーの設計にあたり、これまでは、「使用者」が使用方法を守れば、被害は起きないという「被害ゼロ」が基本方針であった。

しかし、製造物責任（PL：Product Liability）により、「製造者」が責任を持って安全設計に取組み、危険の発生を最小限とする「危険最小」の考え方に移行してきている。今後、OSV センサーの設計においても、想定される被害事象（故障）の要因を把握するとともに、万が一誤作動しても、誤認識しない手段、例えばフェールセーフといった考え方の導入が必要となる。

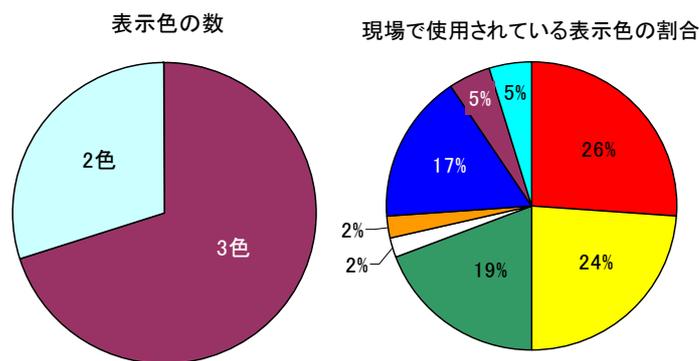


図-1 現場における表示色の割合

表-2 電気設備安全規格における色の定義

色	意味	説明	オペレーターの行為
赤	非常	危険な状態	危険な状態に即時対応 (例：非常停止の操作)
黄	異常	異常状態 差し迫った危険な状態	監視及び/又は介入
青	強制	オペレータの行動を必要とする状態	強制的な行動
緑	正常	正常状態	任意
白	中立	その他の状態：赤、黄、青、緑の使用に疑問がある場合	監視

注) 電気設備安全規格(IEC60204-1)より引用

4. おわりに

計測結果見える化技術（OSV）という新しい概念（計測＋表示）を「光る変位計：LEDS」を用いて実際の現場の安全管理に適用し、その効果を確認した。また、現場適用における「表示色」の認識に関するアンケート結果に関して考察した。今回紹介した OSV に関しては、2010 年 1 月に OSV センサーの研究開発と普及を目的として、OSV 研究会（会長：神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 芥川真一教授）が設立され、産・官・学の各メンバーが「光る計測装置の開発・改良と実社会への適用」にむけた検討を実施している。今後、トンネルなどの地下工事をはじめとし、斜面、橋梁などの明かりの工事においても光る計測装置を用いた計測システムの適用や検証を実施することで精度の確認や適用範囲についての検討を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 山田浩幸, 高橋俊長, 大村修一, 高田篤：大土被り蛇紋岩地山における最善管理型二重支保の設計と施工, 土木学会トンネル工学報告集, pp.81-88, 2009.11.