

計測結果見える化技術の適用とその効果 に関する一考察

山田浩幸¹・永井哲夫²・大谷達彦³・芥川真一⁴

¹ 正会員 (株) 鴻池組 本社土木事業本部 企画部 (〒530-8517 大阪市北区梅田 3-4-5)

E-mail:yamada_hy@konoike.co.jp

² (株) ギャクコンサルタント シェアエンジニアリング 事業本部 (〒331-8638 埼玉県さいたま市北区吉野町2-272-3)

³ 西松建設 (株) 土木設計部 (〒105-8401 東京都港区虎ノ門 1-20-10)

⁴ 神戸大学大学院 工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)

計測結果見える化技術 (OSV : On Site Visualization)とは、従来の計測システムと危険予測における課題の1つである「複雑でコストのかかる判断プロセス」を行わず、現地で安全および危険情報を表示する概念である。これまで、「計測結果見える化技術」として光る変位計 (LEDS : Light Emitting Deformation Sensor) や光るデータコンバータ (LEC : Light Emitting Converter) を開発し、工事現場における計測管理に適用してきた。本報告では、特殊条件下の山岳トンネルでの坑内変位計測、斜面崩壊などの災害発生箇所、トンネル坑口部の近接施工および覆工コンクリートの圧力管理における適用事例を紹介した。また、OSV技術の適用性とその効果に関する考察を行い、今後の展望について述べる。

Key Words: , On Site Visualization, Measurement, Light Emitting Deformation Sensor, Light Emitting Converter
Safety Management

1. はじめに

近年、トンネル工事などの地下工事においては、様々な対策が取られ、安全性が全体的に向上しているものの、現在でも突発的に崩落事故が発生している。本報告では、作業員が視覚的に認知できる「現場計測+安全管理」の新しい方法（計測結果の見える化技術）として開発した「光る変位計：LEDS」、
「光るデータコンバータ：LEC」の現場適用事例を紹介するとともにその効果について考察した。

LEDS は、持ち運びや取り付けが簡単で、変形の大きさによって、フルカラー発光ダイオード (LED) の光の色が変わるものである。

また、LECは種々の土木計測器に接続することで、現地で安全性を色の変化でリアルタイムに確認でき、計測データの保存も可能である。

本報告の 1 つ目の適用事例（穂別トンネル西工事）は、土被り 300m を超える大土被り脆弱地山において、切羽や変状部分における安全管理の目的で「トンネル用光る変位計」を適用したものである。2 つ目の適用事例（斜面崩壊箇所）は、復旧対策工を施工しながら時間交通開放を行う際の法面の安全管

理として「斜面用光る変位計」を適用したものである。3 つ目の適用事例（京築トンネル）は、トンネル坑口部の道路交差点における安全対策に LEC を用いた事例である。4 つ目の適用事例（出流原トンネル）は覆工コンクリートの圧力管理に LEC を用いた事例である。

2. OSVの概要

2.1 OSVの概念

OSV (On Site Visualization)は、計測結果を外部の判断プロセスを経由することなく現地でリアルタイムに光の色の変化により危険度を表示するシステムである。従来の計測管理においては、観測機器により測定された変位、応力、ひずみ等を多心ケーブルにより計測室にデータ送信し、コンピュータによりデータ整理あるいはグラフ化した後に専門的な知識を有する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、これらの判断プロセスの課題としては、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なっている。

OSVの適用により、写真-1に示すとおり、変位の大きさに応じて発光色が変化するため、異常を早期に発見し、事故を未然に防止できる。これらの「計測結果の見える化技術」により、予め定められた危険度の判定区分と色の変化に基づき、「だれでも」、「いつでも」、「どこでも」自ら判断することができるため、工事現場や災害発生箇所における安全確認を確実かつ比較的安価に実施することができる。

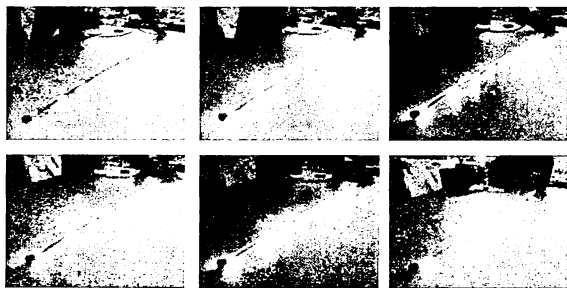


写真-1 光る変位計発光状況

2.2 変位表示センサーLEDSの概要

現場に適用したOSVセンサーの1つは、「光る変位計」、LEDS(Light Emitting Deformation Sensor)である(以下、LEDSと称す)。

光る変位計は、様々な地盤、岩盤挙動のうち、軸方向変位を観測、表示するツールである。

図-1 に光る変位計の基本システム(変位の測定と表示)を示す。フルカラーLED は、青・緑・赤の3色を同時に発することができ、それぞれの電流量を調節し、3色の度合いを制御することによりあらゆる色を点灯させることができる。図-2 に白色を含め7色表示で常時(白色)から伸び、縮みそれぞれ5mm×3段階で表示を行うパターン例を示す。なお、測定精度は、 $2\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$ (単位:mm)である。

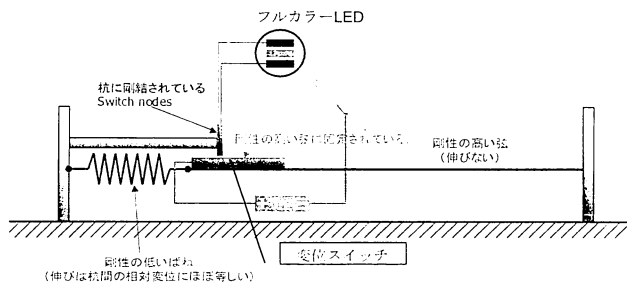


図-1 光る変位計の基本システム ^{1), 2)}

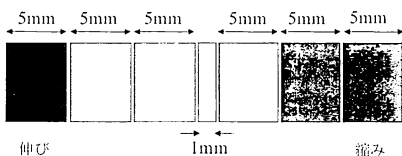


図-2 光る変位計の発光色と変位セッティング例 ^{1), 2)}

トンネル坑内に適用した光る変位計は、トンネル内空の伸び・縮みなどの変形に対して十分な硬さをもったケーブルに10cm 間隔でフルカラーLEDを取り付け、任意2点間の距離の変化をLEDの光の色に変換させるデバイスである。例えば、普段は青系色に設定し、変形が大きくなり危険度が高まるにつれて段階的に赤系色に変化させることができる(写真-1)。このことにより、トンネル工事における作業空間の危険度を作業員にリアルタイムで視覚的に認識させることができる。なお、変形の量と光の色の関係は予め定められた危険度の判定区分に応じて、自由に設定して製作することが可能である。

また、法面において採用した光る変位計は、LEDの指向性を考慮してLEDを4列20個配置することにより、視認性を高めるとともに、斜面に進入する手前に斜面のLEDと同調させて点灯する観測用のLEDを設置することで、運転者が自ら安全を確実に確認できるように工夫した。

2.3 光るデータコンバータLECの概要

現場に適用した「光るデータコンバータ」、LEC(Light Emitting Converter)は、「任意の計測データを光の色に変える」装置である(以下、LECと称す)。すなわち、計測センサーが取り込んだデータを、事前に設定した管理基準値の大きさに応じて異なる光の色として情報発信できるデータコンバータである。LECを任意の計測装置(ひずみ計、変位計、圧力計、コンクリート応力計、温度計、水圧計など)とペアで用いることにより、それらの計測装置が取り込んだデータを事前に設定した管理基準値の大きさに応じて異なる光の色として情報発信できる。また、パソコンに連結したり、メモリーカードの使用により、データを記録することもできる。

なお、測定精度は接続する計測装置に依存する。写真-2にLECの発光状況を示す。

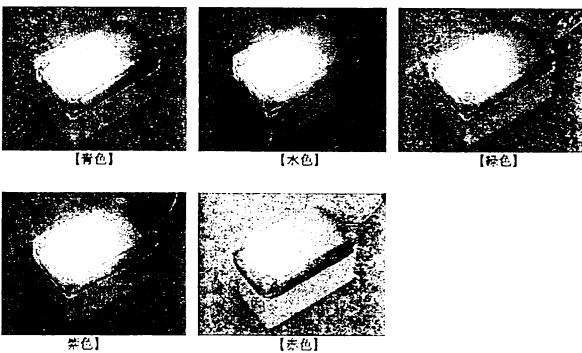


写真-2 LEC 発光状況

3. 現場適用事例

3.1 山岳トンネルにおける安全管理

(1)現場概要

適用した穂別トンネルは全長L=4,323mの山岳トンネル工事であり、その内、西側の延長L=1,951mをNATMで施工した。本トンネルの特徴は、土被りの大きい区間（土被り300m以上）において写真-3の様な蛇紋岩（塊状、葉片状）が出現し、200mmを越える大きな変位を生じるという特殊地山条件の下での掘削にあった。表-1に工事概要を示す。

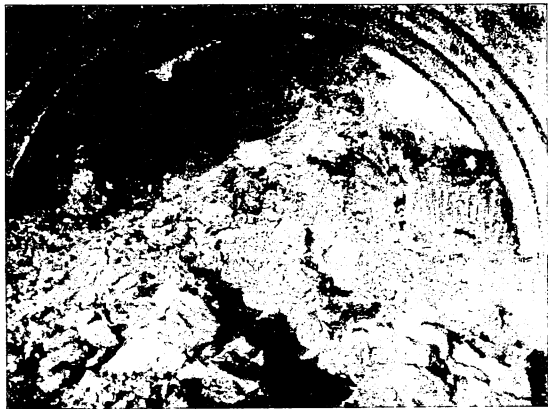


写真-3 切羽状況（蛇紋岩）^{3), 4)}

表-1 工事概要^{3), 4)}

工 事 名 称	北海道横断自動車道 穂別トンネル西工事
工 事 場 所	北海道勇払郡むかわ町穂別長和
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	東日本高速道路株式会社
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=85.0㎡（DⅠ）,130㎡（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（上半先進ベンチカット工法） （EⅡは最善管理型二重支保構造） CⅡ、DⅠ、DⅡ、DⅢパターン （補助ベンチ付き全断面工法）
	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、仮イバート

(2)採用目的

本トンネルでは、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。したがって、光る変位計を用いて初期変位（掘削直後から切羽離れ1D（15m程度））の変化を管理することを目的とした（写真-4）。

(3)施工上の課題

トンネルの標準工法である NATM では、掘削作業の制約から、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。しかしながら、現場における計測管理においては、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があるが、測点の設置が支保構築後となるため、正確な初期変位を把握できない。
- ②自動計測以外の一般的な計測では、計測担当者が事務所のパソコンでデータ処理し、評価するため、掘削直後の挙動の変化を切羽でリアルタイムに判断できない。
- ③計測工 B に関しては、設置費用が高価であり、計測工 A のように頻繁には設置できない。
- ④切羽には作業に必要な照明はあるが、一般的には暗く、機械騒音が大きいいうえに、作業員は耳栓をしているため、通常の会話が困難である。

(4)OSV採用効果

光る変位計を適用することで変位の現状を現場関係者が確認しながら作業できる環境を整備することが可能となることを確認できた。光る変位計の現場での適用効果は以下のとおりである。

- ①設置・撤去が容易であるため、掘削直後に切羽近傍で変位計測を再開できる。
- ②変位量に応じて色が変化するため、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、機械騒音が大きくコミュニケーションが困難な切羽作業時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することができる。

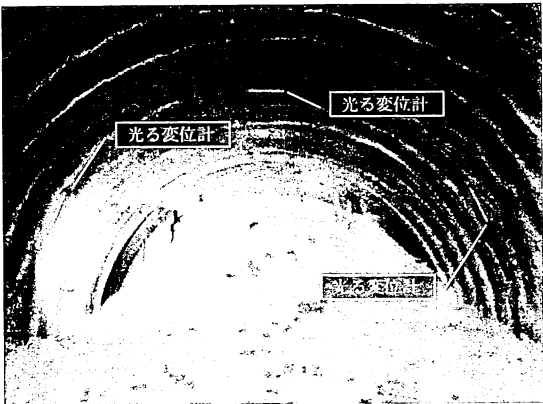


写真-4 切羽における設置状況^{3), 4)}

3.2 吹付け法面の復旧対策時の安全管理

(1) 現場概要

梅雨時期の集中豪雨により斜面崩壊が発生し、県道が崩壊土に覆われて交通が遮断された（写真-5）。道路の上流側には集落があり、住民は交通止めに伴い2時間以上もかかる迂回路を利用しなければならず、早急な交通開放が望まれた。崩壊箇所は、当初モルタル吹付けの劣化に伴い斜面对策を行う予定で、仮設の防護柵などの設置が行われていたが、施工直前に豪雨により斜面崩壊が発生した。崩壊前には累積で408mmの先行降雨があり、降雨による地下水位の上昇が主たる要因と考えられた。

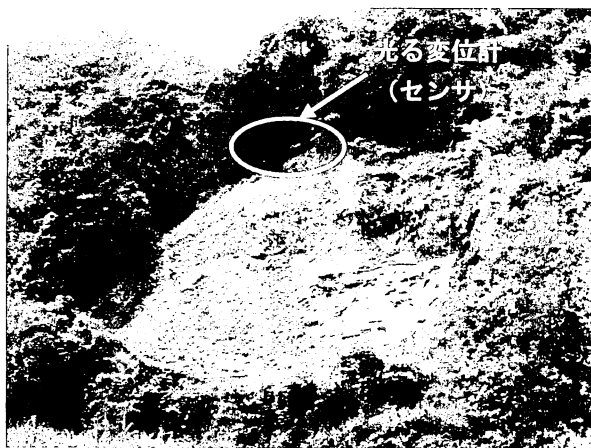


写真-5 吹付け法面の崩落状況⁵⁾

(2) 採用目的

斜面崩壊後、早期な交通開放が要求され、復旧対策工を施工しながら時間交通開放を行うことで対処することになった。このため、交通誘導員や周囲の作業員が目視できる位置に遠隔監視型光る変位計の表示灯を設置し、表示灯の色の変化をもとに、一時交通開放時や施工中の安全管理を行った。写真-6に表示灯の設置状況を示す。

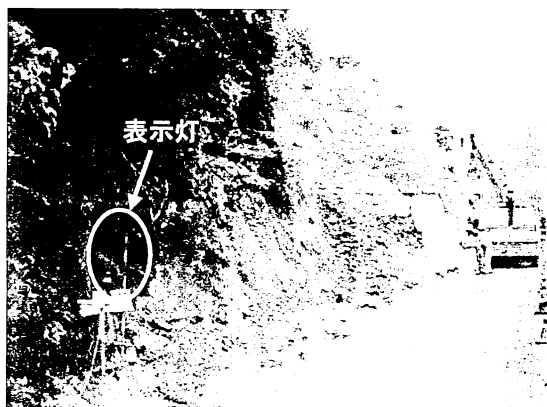


写真-6 表示灯の設置状況⁵⁾

(3) 施工上の課題

崩積土への集中豪雨により、全面交通止めとなったことから、できるだけ早く交通を開放する必要があった。崩壊頭部の背後にかつての崩壊跡と見られる馬蹄形の段差が認められ、今後崩壊が拡大する場合にはこの段差に変位が現れる可能性が高いと判断されたことから、一時交通開放時や施工中には段差の挙動を監視しながら安全管理を行うことが課題であった。

(4) OSV採用効果

本現場では、遠隔監視型光る変位計を適用した。要監視箇所や危険箇所が生じる変位を遠望目視可能な場所で光の色として表示させ、安全な場所から無線により遠隔監視できるようにして、コンパクトに機動性を持たせた光る変位計である。

変位計が圧縮側に伸縮する場合を考慮し、2mm引張変位を生じさせた状態（青色とシアン境界）を初期値として計測を開始した。0～2mm（シアン）の場合は異常なし、2～4mm（緑色）、4～6mm（黄色）、6～8mm（赤色）の場合は異常発生、工事・車両通行中止として交通誘導員が交通止めを行うこととした。観測の結果、重機の振動でシアンから緑色への瞬間的な変化はあったが、それ以外には表示色の変化は見られなかった。並列して設置した地盤伸縮計の観測結果とも整合しており、光る変位計の有効性が確認された。写真-7に光る変位計と地盤伸縮計の設置状況を示す。

要監視箇所の安定性を色のみで判断でき、交通誘導員や現場作業員など同時期に多数の人が目視で確認できることから、今回のような斜面崩壊地以外でも、地すべり観測・監視や施工時の安全管理など汎用性は高いと考えられる。



写真-7 光る変位計と地盤伸縮計の設置状況⁵⁾

3.3 トンネル坑口部道路交差部での安全管理

(1)現場概要

適用した京築トンネルは、全長 L=705m の山岳トンネル工事である。本トンネルは、到達側坑口において道路下を直交してトンネル施工を行うため、道路走行車両の安全性や快適性を確保することが必要であった。そこで、地上からトンネル周辺の地盤改良を行うとともに、トンネルアーチ部上方の舗装下には鉄筋コンクリート構造のスラブ（最小厚 35 cm）を構築した後、トンネル施工を行った（図-3）。

表-2 に工事概要を示す。

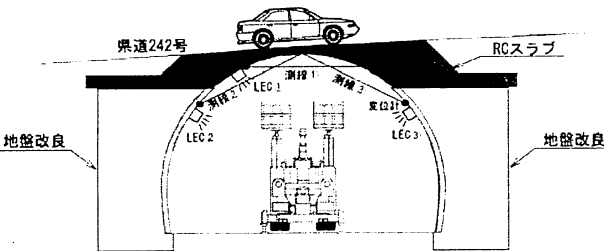


図-3 道路直交部の断面図⁶⁾

表-2 工事概要

工 事 名 称		県営広域営農団地農道整備事業(京築三期地区)トンネル新設工事
工 事 場 所		福岡県京都郡みやこ町
工 期		平成 20 年 12 月～平成 23 年 3 月
発 注 者		福岡県行橋農林事務所
施 工 者		西松・石山・大幸特定建設工事共同企業体
工 事 内 容	延 長	L=705m
	断 面	掘削断面積 A=60.8～75.3m ²
	施 工 法	NATM
	掘削方式	発破工法(坑口部は機械掘削)
	掘削工法	上半先進ベンチカット工法(DⅠ, DⅢa) 補助ベンチ付き全断面工法(CⅠ, CⅡ)

(2)採用目的

坑内作業員が、トンネル施工中の変形状況をリアルタイムに確認できる方法として、トンネル坑内に光るデータコンバータ（LEC）を設置した。光るデータコンバータ（LEC）は、それとペアで連結された変位計がとらまえた坑内変位の大きさに応じて LED が 5 色に変化するように設定した。

(3)施工上の課題

本現場では、トンネルアーチ部に変位計を 3 方向に設置して、トンネル坑内の変位量を監視した（写真-8,9）。通常では、トンネル変位を管理する場合、計測したトンネル変位データを事務所で処理して評価するため、データ処理やその結果の坑内連絡等に

時間を要す。本現場では、トンネルの変形が路面変状に与える影響が大きく、通行車両および坑内作業員の安全確保のために、変状発生時の迅速な対応が課題であった。

(4)OSV 採用効果

LECを適用して坑内変位を監視することによって、迅速な対応が可能な体制を整えることができた。計測点間の相対変位が±3 mmの範囲では緑色にして、伸び方向の変位量が大きくなると黄色、赤色、縮み方向の変位量が大きくなるとシアン、青色に変色させるように設定した。RC スラブの構造解析結果から、変位量 3 mm～6 mmを要注意範囲（黄色、シアン）とし、6mm 以上では嚴重注意(赤色、青色)とした。

今回の施工では、十分な地表面沈下対策を施した上、地山の緩みを抑制しながら慎重に掘削を実施した結果、トンネル貫通まで変位計の変位量はほとんど生じることはなかった。道路の路面沈下量も 1～2 mm程度という結果で、無事貫通することができた。

今回、LEC を適用することによって、施工時に、坑内作業員が LEC の色によりトンネルの変形が常時確認でき、安心して施工に取り組むことができた。

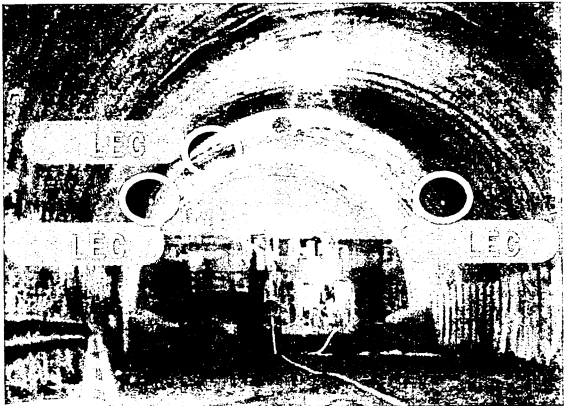


写真-8 坑内作業状況⁶⁾

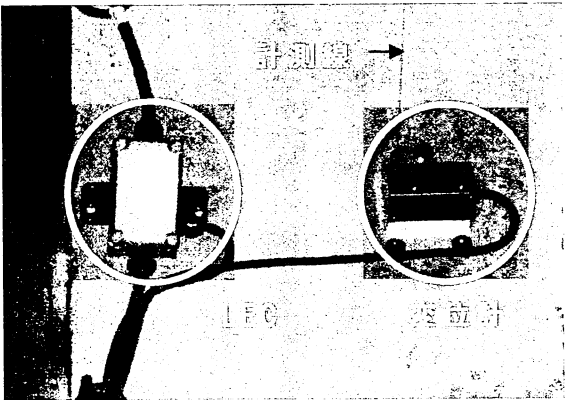


写真-9 LEC 設置状況⁶⁾

3.4 覆工コンクリートの圧力管理と応力測定

(1)現場概要

出流原トンネルは、トンネル線形が軟岩と軟弱な盛土（N値1～10程度）、すなわち採石場で発生した鉱業廃棄物（脱水土：シルト）や採石場内の掘削残土盛土の境界を通るという特殊地山条件であった。トンネルの構造及び施工方法を検討するうえで、工期短縮の必要性和掘削時の切羽安定や地震時の耐震性が懸念された（写真-10）。設計では、数値解析を用いた構造の見直しや対策工の選定およびその効果について検討し、施工では対策効果を重視した地盤改良工の採用や施工性、品質確保に配慮して中流動覆工コンクリートを採用した。概要を表-3に示す。

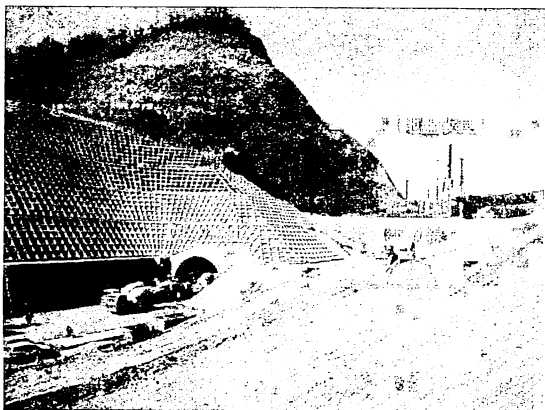


写真-10 トンネル施工状況⁷⁾

表-3 工事概要⁷⁾

工 事 名 称	北関東自動車道 出流原工事(出流原トンネル)
工 事 場 所	栃木県佐野市寺久保町～出流原町
工 期	2006.12.23～2010.11.19
発 注 者	東日本高速道路株式会社 関東支社
施 工 者	㈱鴻池組・㈱本間組・矢作建設工業㈱ 特定建設工事共同企業体
工 事 内 容	延長
	上り線L=279.0m 下り線L=188.0m
	断 面
	・上り線：内空 A=68.7㎡、掘削 A=87.1㎡ ・下り線：内空 A=77.7㎡、掘削 A=98.5㎡
	施 工 法
	NATM
掘 削 方 法	発破工法、機械掘削
	掘削工法
	DIIIa、E-K ^{注1)} パターン（上半先進ベンチカット工法） DIパターン（補助ベンチ付き全断面掘削）
補助工法	・深層混合改良

注1) E-Kは耐震検討パターン

(2)採用目的

中流動覆工コンクリート打設時の作用圧力を計測管理しながら作業を進める情報化施工の必要性から光るデータコンバータ(LEC)を導入し、型枠に作用する側圧が設計耐力を超えないように作業員自らが判断できる「計測結果見える化技術」の推進を図った。

(3)施工上の課題

中流動覆工コンクリートの施工では、その高い流動性から、打設速度が速い場合や、過剰な締めめによりコンクリートが液状化する場合には、型枠に作用する側圧が上昇し構造的な負荷が大きくなる可能性がある。また、覆工型枠に管理基準値を超えるような大きな変形を生じた場合には、工事の中断を余儀なくされ、コールドジョイント等の発生などによりコンクリートの品質の低下を招く懸念があった。

(4)OSV 採用の効果

施工では、全スパンにおいてコンクリートの側圧の測定を行った。図-4に測定結果の一部を示す。

図中の実線は各実側値を、破線は液圧分布で作用すると仮定し実際の打上り速度より計算した予測値である。測定された側圧値は打設量に応じて増加し、概ね1時間程度でピークとなり、その後は収束しており、設計荷重を超える液圧は作用しないことがわかった。

写真-11にLEC設置状況を示す。今回、LECを採用したことにより、効率的な情報化施工が可能となり、作業の安全確保と覆工コンクリートの品質向上が図れたものと考えている。

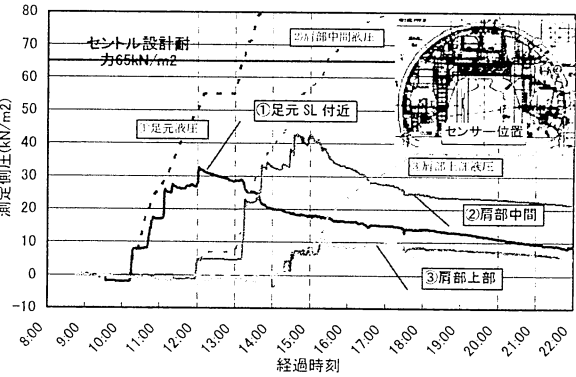


図-4 側圧測定結果（実施工）⁷⁾

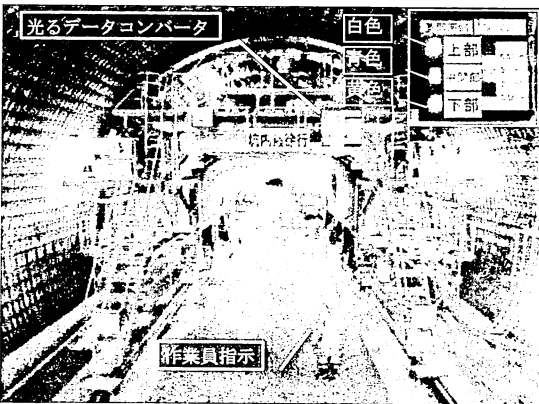


写真-11 中流動覆工コンクリート圧力管理状況⁷⁾

4. おわりに

今回、計測結果見える化技術（OSV）という新しい概念（計測＋表示）を紹介するとともに、実際の現場における「光る変位計：LEDS」および「光るデータコンバータ：LEC」の適用事例を示し、その採用効果について報告した。

光る変位計は、簡易な構造により変位を光により可視化するツールである。この装置をトンネル工事や法面工事のような作業現場に適用することで、24時間体制の変位計測を行うことができる。

また、変状が発生した場合には、遅れ時間ゼロで周辺の作業員に情報を開示することができる。

光るデータコンバータは、「任意の計測データを光の色に変える」装置である。各種計測センサーが取り込んだデータを、事前に設定した管理基準値の大きさに応じて異なる光の色として情報発信できる。

さらに、パソコンやメモリーカードによりデータの保存も可能である。

図-5にOSV技術を採用した場合の情報の流れ（Deformationから右回りでCitizenへ）を、通常の流れ（Deformationから左回りでCitizenへ）と対比して示す。すなわち、これまでは専門的な知識を有する管理者が計測結果を分析評価した上で判断し、必要な場合に警告していたために、現場で直接作業を行う作業員や被害を被る一般市民への情報伝達に時間がかかっていたが、OSV技術を用いれば、これまでのデータ処理方法と異なり、現場での動きをその場所に光の色によって表示することができ、「だれでも」、「いつでも」、「どこでも」現状の把握ができ、緊急時の迅速な対応が可能となるため、安全な作業環境を整備することができる。

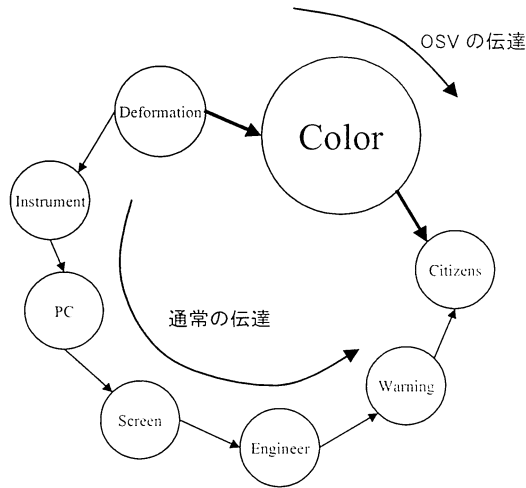


図-5 光る変位計による情報伝達プロセス^{1), 1), 10)}

一方、最近のゲリラ豪雨に伴う地すべり等の災害防止といった防災の観点から、危険な斜面近傍に住む住民あるいは道路利用者などに容易に警報を発することを可能とする技術であり、公助による情報提供が未完成な地域あるいは情報伝達の途絶により危険に曝される地域の住民や道路利用者に自助的活動を支援する有効なツールとなり得ると考えられる。

OSVを実現するセンサーとしては、今回報告した光る変位計（LEDS）や光るデータコンバータ（LEC）の他にもセンサーの開発⁹⁾が進められている。

例えば、写真-12に示す光る傾斜計（LEIS：Light Emitting Inclination Sensor）は「傾斜挙動とその方向を観測、表示する」ツールである。

傾斜測定方法には、振り子や液圧変化など種々の測定方法が考えられ、これとLEDを組み合わせることでLEISを実現する。

さらに、レーザーを用いた方法や鏡を用いた手法などの研究開発も進められている。

2010年1月にOSV技術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。

今後とも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。

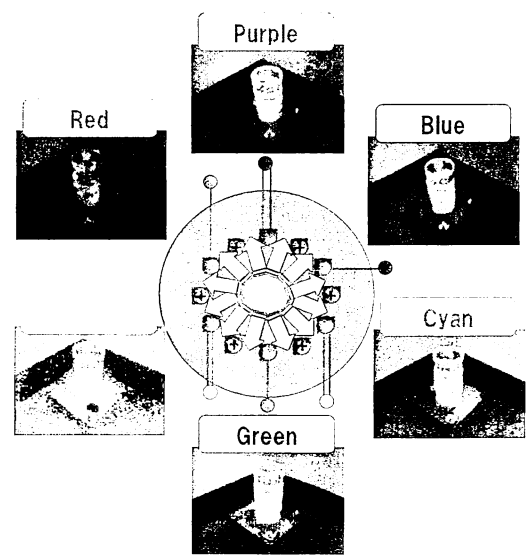


写真-12 光る傾斜計LEIS 発光状況
（傾斜方向で異なる発光）^{8), 10)}

参考文献

- 1) 芥川真一，高野晃佑，森翔矢，金子勝，高木加乃：光る変位計の開発とその岩盤工学における適用の可能性について，第37回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，pp.427-432，2008.
- 2) Shinichi Akutagawa, Hiroyuki Yamada: Visualization of Tunnel Risks by use of Light Emitting Deformation Sensors, FIRST CHINA-JAPAN WORKSHOP ON TUNNELLING SAFETY & RISK, Aug.28-29, 2009.
- 3) 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.
- 4) 芥川真一，森翔矢，大村修一，山田浩幸：トンネル掘削工事中の安全管理における光る変位計の適用例，トンネル工学研究論文，pp.23-28，2009.11.
- 5) 芥川真一，中島雅之，小泉和広，永井哲夫：光る変位計を用いた新しいメンテナンス技術，全地連「技術e-フォーラム2009」松江講演集，118，2009.
- 6) 因孝一郎，南條征治，寺西淳次，亀谷英樹：既設道路直下にRCスラブを構築しトンネルを掘削，トンネルと地下，pp.191-199，2011.
- 7) 宮本武司，今井恵史，市川裕祐，山田浩幸：採石場跡地の軟弱埋戻し地山における山岳トンネルの設計と施工，第66回施工体験発表会，pp. 41-48，2010. 11
- 8) 芥川真一，野村貢，山田浩幸，片山辰雄：On Site Data Visualization の概念と岩盤工学における適用可能性について，岩盤力学に関するシンポジウム，pp.151-156，2010.
- 9) 芥川真一：防災・安全管理対策のための新技術"On Site Visualization"の現状と動向，平成 23 年度近畿地方整備局研究発表会，防災・保全部門：No.10，pp.1-6，2011.
- 10) 山田浩幸，芥川真一：山岳トンネル工事現場における計測結果見える化技術の適用とその効果，平成23年度近畿地方整備局研究発表会，施工・安全管理対策部門：No.04，pp.1-6，2011.

APPLICATION AND EFFECTS OF VISUALIZATION FOR MEASUREMENT RESULTS ON CONSTRUCTION SITES

Hiroyuki YAMADA, Tetsuo NAGAI, Tatsuhiko OOTANI, Shinichi AKUTAGAWA

A new flow of real-time information of a construction site in a general rock engineering or geotechnical project must be defined with the introduction of the OSV(On Site Visualization) monitoring.

OSV is a system concept for providing safety information on site without the need for complex and costly judgment process which usually involves long-haul transmission of observation results and decision making at data center. In this paper, three sites in which such safety management method using LEDS and LEC were applied will be shown. Compared to conventional methods, the safety management method using OSV is more cost effective and straightforward.