

山岳トンネル工事における内空変位計測の省人化への取り組み

西松建設 正会員 ○日比 康貴
正会員 原 圭太

1. はじめに

山岳トンネル工事における日常的な計測の 1 つである内空変位計測は、施工方法の妥当性やトンネルの安定性の評価を目的に実施される。本計測では、頻繁な高所作業が必要であること、拘束時間が長いことといった問題がある。そのため、本計測が抱える問題解決や省人化のために内空変位計測補助機器の開発に着手した。本稿では、開発した機器（図-1）の概要および実施工現場における検証結果について報告する。

2. 内空変位計測の課題

内空変位計測方法の 1 つとして、壁面に設置した複数のプリズムの座標をトータルステーションで計測し、各計測値の差分から地山の変位を求める方法があるが、設置中のプリズムが重機との接触や鋼製支保工の清掃、発破掘削による岩片の飛来等によって破損することがある。そのため、計測のたびにプリズムの付け外しを実施しているが、本計測は例えば道路トンネルの場合には最短 10m の間隔かつ最大 2 回/日の頻度で行われ¹⁾、変位が収束するまで継続されるため、切羽の進行に伴い同一日に計測が必要な断面の数は増えていく。また、上半の計測では高所作業を要するため危険を伴うとともに、昼夜問わず行われている切羽作業の合間に高所作業車を使用する必要があり計測のタイミングが限定される。これらの理由によって、計測作業に時間や人員を要しており、省人化が課題となっている。

3. 内空変位計測補助機器の概要

開発した内空変位計測補助機器は、普段は吹付けコンクリート内に格納しておき、計測時に内空方向へプリズムを送出するための機器であり、①Prism Actuator、②Prism Holder、③Prism Controller の 3 つの装置から構成される。設置時には、ドリルジャンボで吹付けコンクリート面に削孔した孔に Prism Holder を挿入し、さらにその中に Prism Actuator を固定する（図-2）。計測時には、遠隔により Prism Controller を用いて Prism Actuator に内蔵された 360° プリズムを送出し、計測終了後に再び格納する（図-3）。本機器を活用することで日常的なプリズムの付け外しが不要となり、計測作業に掛かる時間や人員の削減が見込まれる。また、本機器はロックボルト孔や検査孔と同様の φ45mm の孔に設置可能となっており、ロックボルト工と同時に設置することができるため、施工サイクルへの影響が少ない。各装置の詳細は、以下となる。

①Prism Actuator

本装置は、Prism Controller より送信された信号を受信することで、精度よく 360° プリズムの送出・格納が可能であり、360° プリズムやバッテリー、プリズムを送出・格納するためのアクチュエータ、920MHz 帯通信モジュール等が搭載された装置である。また、緑色の LED が搭載されており、暗い坑内でも稼働状況の



図-1 内空変位計測補助機器の構成装置

キーワード 山岳トンネル、計測 A、内空変位計測、省人化

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-2-1

西松建設(株) 技術研究所 TEL03-3502-0247

確認が可能である．さらに，本装置は，2 回/日の計測を 3 か月程度実施しても稼働し，充電することで繰り返しの使用が可能である．

②Prism Holder

45mm のビットを用いて削孔された孔に挿入し，Prism Actuator を設置するための装置である．外側には返し部や出っ張り部を設けており，計測時にはプリズムが吹付け面から突出し計測終了後には吹付け内に格納されるよう，丁度良い位置に設置することが可能なため，固定の際にはモルタルの使用や特殊技能が不要である．また，本装置は，孔内に固定されるため，再使用は不可能である．

③Prism Controller

アクチュエータを遠隔で操作するための装置であり，360° プリズムの送出・格納を遠隔操作することが可能である．表面にはモニタが装備されており，送出中・格納中等の動作状況が表示されるため，プリズムの状況の確認が容易となっている．

4. 検証結果

当社が施工中の山岳トンネル現場で，本機器の検証を行った．本機器の設置後，Prism Controller を用いて，約 35m の距離から，プリズムの送出・格納ができることを確認した．併せて，送出・格納精度や固定性を確認するために，設置直後にプリズムの送出・格納を繰り返し行い，トータルステーションを用いて，座標を計測した．その結果，表-1 に示すように，最大で 0.5mm 以下の誤差であることから，送出・格納精度や固定性には問題がないことが考えられる．しかし，複数の孔で検証を実施したところ，削孔された孔の径にばらつきがあり，一部の孔では，挿入や固定が出来ない場合があった．これらは，吹付けコンクリートの状態や地山の地質状況，ビットの摩耗などが原因と考えられ，今後，様々な状態の孔に適用し，本機器の挿入・固定ができるように改良が必要である．

5. おわりに

今回，内空変位計測に関する省人化や課題解決を目的として，計測補助機器の開発に取り組んだ．その結果，本機器は，従来技術にとって代わる可能性が認められ，計測作業の省人化に繋がる見込みが得られものの，現場検証を通して，いくつかの課題が得られた．今後は，今回の検証で得られた結果を基に改良を行い，現場での適用を目指していくとともに，内空変位計測の自動化を視野に入れ，開発に取り組んでいきたい．

参考文献

1) （公社）土木学会（2016）：「2016 年制定 トンネル標準示方書〔山岳工法編〕・同解説」，pp.241-250



図-2 本機器の設置状況



図-3 遠隔操作状況

表-1 設置直後における繰り返し計測結果※46 回（絶対座標）

	X座標	Y座標	Z座標
平均値と最大値の差(mm)	0.19	0.48	0.33
平均値と最小値の差(mm)	0.44	0.34	0.49