

## サンプリングモアレカメラによる山岳トンネル掘削環境下における壁面変位計測

大成建設（株） 正会員 ○赤木 俊文  
大成建設（株） 正会員 坂井 一雄

### 1. はじめに

サンプリングモアレ法は、2次元の格子画像に対する位相解析手法のひとつであり<sup>1)</sup>理想的な環境下であれば格子ピッチの1/100~1/1000の計測精度（格子ピッチ10mmの時0.01mmの精度）が得られる。また、本手法を用いたサンプリングモアレカメラ（SMC）は1回/秒以上の高頻度で連続自動計測できることが特徴である。山岳トンネルでは施工管理の一環として、2回/日の頻度で10m~20m毎に計測断面を設けてトータルステーション（TS）による変位計測が実施される。TSによる計測は持ち運びが容易で汎用性が高い一方で、機器が高額であることに加え、毎回の機器の据え付けやバック点設置といった作業負担が発生する。また、掘削機械を避けながらの計測のため計測誤差が含まれやすいが、作業負担や計測可能なサイクルが限られる等の理由から計測頻度を上げることは負担が大きい。よって、高精度な常時計測を可能とするSMCをTSと相補的に活用することで、変位計測の品質向上と省力化が期待できる。しかし、山岳トンネル施工環境下での計測事例はごく限られており<sup>2)</sup>、粉塵や重機振動等がある中での適用性は定かでない。そこで本研究では、SMCによる変位計測を施工中の山岳トンネルで実施し、山岳トンネル施工環境下における適用性を検討した。

### 2. 試験条件

図1にターゲットおよび計測機器の設置位置の概要を示す。ターゲットは5箇所、側壁下部に設置した。後方にカメラを設置し、照明でターゲットを照らしながら計測した。寸切ボルトとナットで壁面に固定された鋼製架台にアクリルケースを設置し、その中の高さ・角度調節可能な台の上にカメラを設置した（図2）。架台下に落下防止用の単管を設置し、地面からの振動伝達防止のために緩衝材を挟んでいる。計測用PCに接続され随時計測データが保存される。ターゲットはカメラに近い方から測点1~5と呼称する。カメラとターゲットの距離は測点1~5それぞれ43m、48m、57m、66m、72mで、計測開始時点の切羽と測点5の離れは19mである。計測頻度は1回/秒である。また、カメラ設置位置での気温を合わせて計測した。実験は11/27~12/25の約1ヵ月間に複数回に分けて実施したが、本稿では12/21~12/25にかけて計測した結果を示す。また、測点1はカメラとターゲットの間の遮蔽物により計測ができなかったため結果から除いている。

### 3. 計測結果

図3に測点2~5の水平変位および鉛直変位を示す。計測値には振幅1~2mm程度の高周波ノイズが含まれていたため、期間600秒で移動平均をとっている。水平変位は地山側正、鉛直変位は鉛直上向き正である。水平変位と鉛直変位ともに測点2~5まで同一の変位モードを示すとともに、カメラから遠い測点ほど振幅が大きくなる。図4に示すようにカメラの視認角度のズレによる見かけの変位はカメラからの距離に比例して大きくなる。つまり、本計測結果はカメラの動きに伴う見かけの変位が主だと考えられる。加えて、灰色で示したカメラ設置位置の気温変化と比べると、気温と変位が逆トレンドを有することが分かる。カメラの動きの要因を完全に特定することは難しいが、本試験ではカメラを設置した鋼製架台等の温度ひずみに起因する動きが主要因であったと推測される。カメラの視認角度の変化による見かけの変位は、不動点の計測値をカメラからの距離に応じて差し引くことで除去することができる。切羽から最も遠い測点2を不動点と仮定して修正した結果が図5である。水平・鉛直変位ともに±1mm以内の変動に収まっている。よって計測期間中にターゲット設置断面に地山の動きが無く、地山が動いていないことを極めて精度よくかつ連続的に捉えることができたと考えられる。

キーワード サンプリングモアレ法, 位相解析, 山岳トンネル, 現場計測, 連続自動計測  
連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 技術センター E-mail:akktsh00@pub.taisei.co.jp

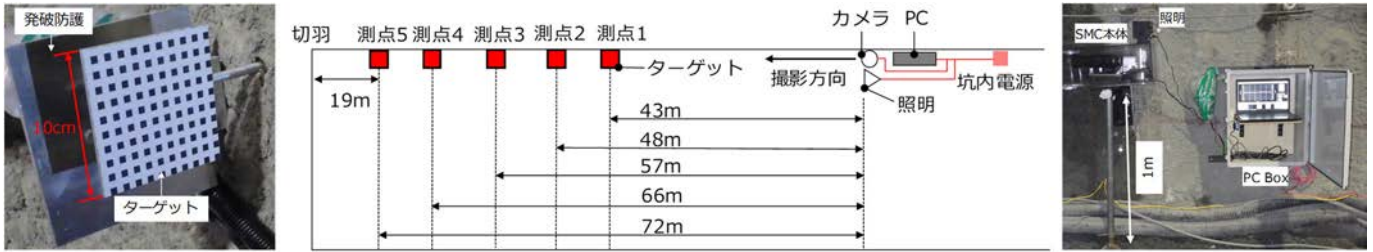


図1 ターゲットおよび計測機器の設置位置

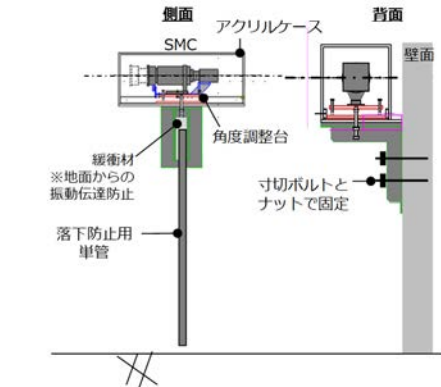


図2 カメラ架台の設置方法

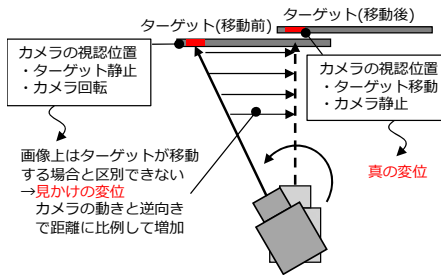


図4 見かけの変位

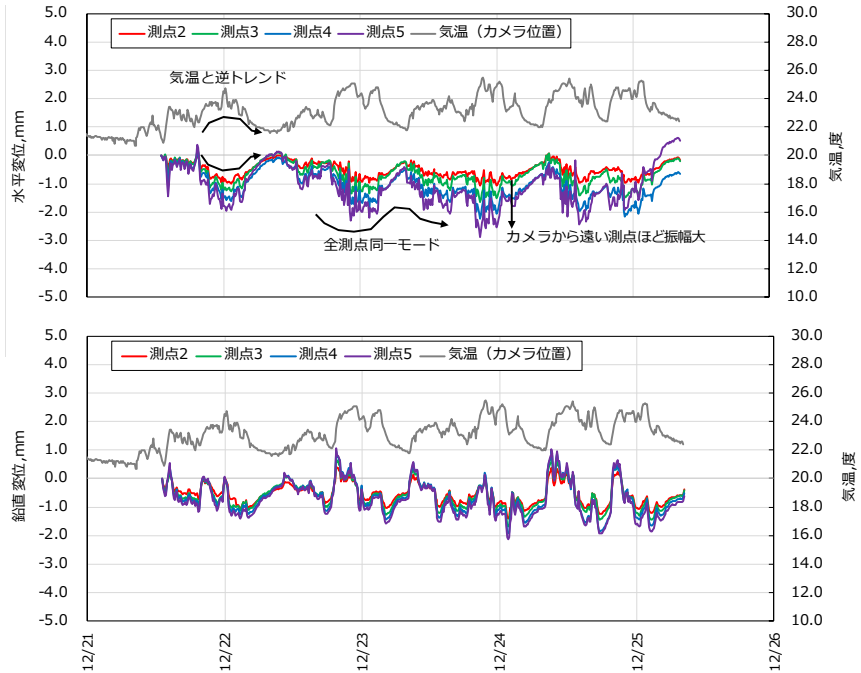


図3 水平・鉛直変位

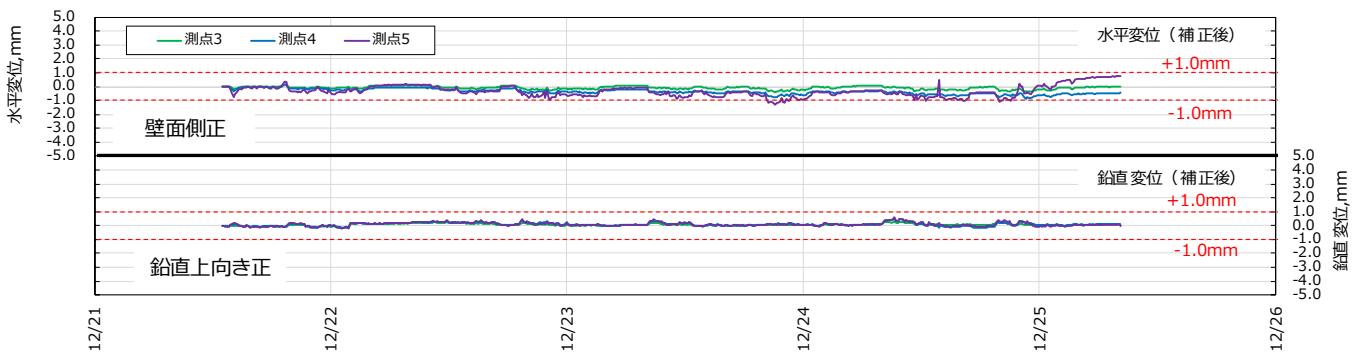


図5 補正後の水平・鉛直変位

4. 結論

本研究では SMC による変位計測の山岳トンネル施工環境下での適用性を現場実験により検討した。平均処理および見かけの変位の補正を加えることで、本計測中は地山の動きがなかったことを、±1mm の精度で計測できた。このことは、地山の変位以外の成分を高精度で除去可能であることを示しており、地山の動きがある場合も高精度でその変位を計測できることが期待される。

参考文献

- 1) 森本吉春, 藤垣元治, 柘谷明大: サンプルングモアレ法による変位・ひずみ分布計測. *Journal of the Vacuum Society of Japan*, 54(1), pp.32-38, 2011.
- 2) 谷卓也, 前田芳巳, 津田仁, 林正浩: サンプルングモアレ法によるトンネル掘削中の坑内変位の監視 (トンネル工学報告集). *トンネル工学研究発表会講演集*, 26, pp.1-6, 2016.