

トンネル工事へのデジタル写真測量技術の適用（その1：動態観測）

鹿島建設 正会員○三浦 悟*
 鹿島建設 加治佐 深思**

池田市 久保 賢二
 鹿島建設 文村 昌史**

1. はじめに

大阪府池田市で施工中の配水池用トンネル工事において坑口部法面（幅約 40m、高さ約 20m）の動態観測およびトンネル内空変位計測に、デジタルカメラによる写真測量技術を適用した。本稿では、このうちの動態観測について報告する。図1に坑口部の展開図、図2に縦断面図を示す。

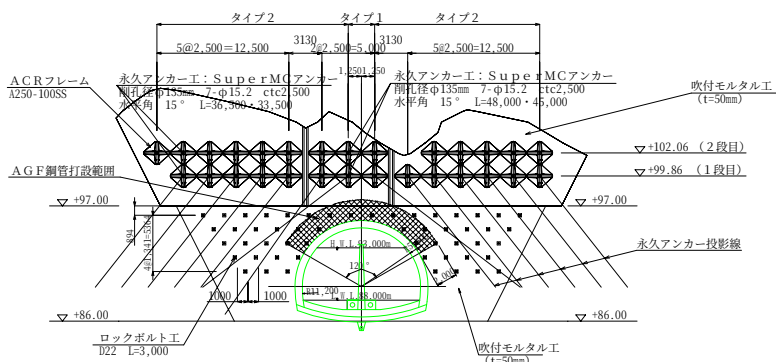


図1 坑口部展開図

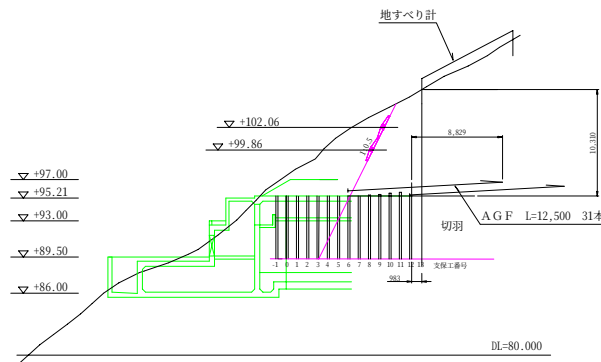


図2 坑口部縦断面図

2. デジタル写真測量

2.1 計測目的

デジタル写真測量とは、計測対象物にターゲットを設置して、異なる場所から複数枚撮影したデジタルカメラの画像を解析することで、ターゲットの三次元座標値を正確に求める技術である¹⁾。撮影距離の数万分の一度で高精度に計測できる点や簡便な点から、形状計測において実績が多い。しかし、施工管理においてはターゲットごとの微小変位量を計測するために、座標系の基準点（管理された不動固定点あるいは高精度で別方法により計測された点）を必要とすることから、実工事で長期間運用された事例は少なく、必ずしもその手法が確立され、広く展開している状況とは言えない。

そこで、本工事での適用を通じて、写真測量の動態観測時における実用性確認と課題抽出を試みた。

2.2 計測準備

法面部におよそ2～3m程度の間隔で、約160個の反射ターゲット（φ50mm）を設置した。また、基準点用ターゲットを比較的地盤の堅固な位置にバランス良く3点設置して、固定と仮定した（図3）。

2.3 計測方法

デジタルカメラはニコン製 D100（3,008×2,000pixel、撮像素子24×16mm）、レンズはニッコール製18mmレンズを用い、約30枚撮影した。撮影は2003年5月初旬から開始し、既設の地すべり計の推移を見ながら10月下旬まで実施した。基準点は事前にトータルステーションで測量した。

合計28回の撮影を行った結果、平均の解析精度は約2.8mmで、トータルステーションと遜色ない結果であったと言える。

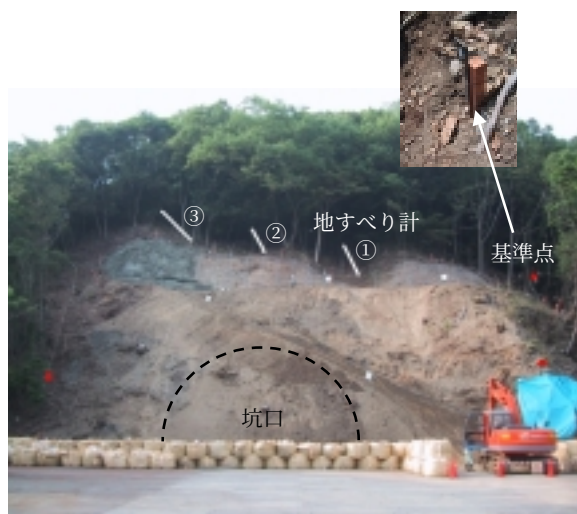


図3 現場外観（2003年5月）

キーワード 写真測量、三次元画像計測、デジタルカメラ、動態観測

連絡先 *〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL0424-89-7923

**〒550-0011 大阪府大阪市西区阿波座1-3-15 鹿島建設(株)関西支店 TEL06-6536-3311

3. 計測結果

3.1 動態観測の結果

地すべり計の累積沈下量と近傍のターゲットの沈下量を比較した結果を図4に示す。また、図4で緩やかに沈下傾向を示している期間（7月21日～30日）の解析結果から得られた変位ベクトルを図5に示す。中央部に向かって最大で5～6mm程度変動している様子がわかる。各ターゲットの三次元変位量が計測できるため、地すべり計のみでは捉えきれない複雑な挙動を把握するうえで非常に有効であることが確認できた。

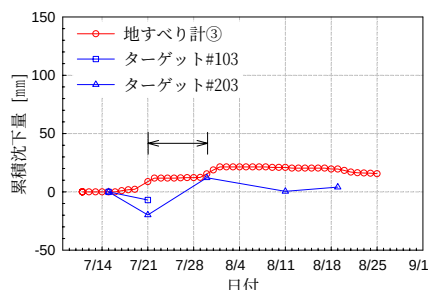


図4 地すべり計との比較



図5 動態観測結果（変位ベクトル 500 倍）

3.2 面積ひずみによる検討

日ごとに変化する現場状況の変化などにより、基準点を適切に維持管理して同一座標系で結果を比較するには難しい面が多かった。そこで、各ターゲットを頂点とする三角形の面積変化（面積ひずみ）を利用して、法面全体の面的な挙動を評価した²⁾。

図6に、従来どおり基準点を固定して解析した結果ならびに基準点二点間の距離（スケール）のみを固定して解析した結果について、それぞれ坑口正面からみた面積ひずみを示す。両者に大きな相違がみられないことから、スケールの固定により法面全体の挙動を把握できると考えられる。図6のうち、上部（高さ125m付近）のひずみ変化については地すべり計と同様の傾向であり、左中央部付近（高さ120m付近、680～685m）は実際に吹付けコンクリート表面にわずかな亀裂が発生していた箇所とほぼ一致する。

解析1（基準点固定）

解析2（スケール固定）

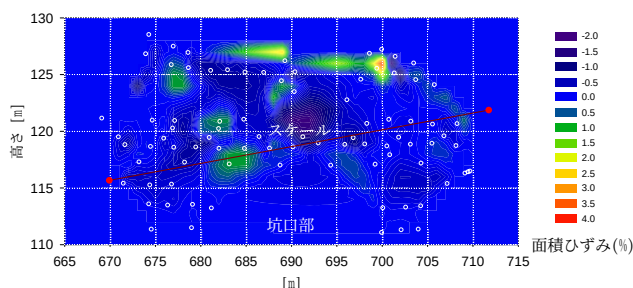
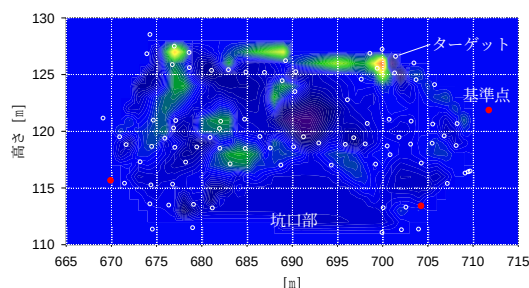


図6 面積ひずみの変化（7月21日と7月30日の比較）

4. まとめ

長期間にわたる適用を通じ、写真測量による動態観測の実用性が確認できた。基準点自体の変位が懸念されるような場合でも、スケールバー（スケール固定用の基準尺）を配置することによって、面積ひずみから変位発生箇所を特定することが可能であり、特に一次検査として有効である。今後は、スケールバーを含めたターゲットの適切な配置法、撮影方法の検討を行い、写真測量技術による動態観測法の確立に努めたい。

本工事では、撮影画像をインターネット経由で本社にて解析し、結果を関係者に対してWEB上で公開した。この結果、現場作業の省力化と結果の迅速なフィードバックに寄与した。このように、一貫して迅速なデジタルデータ処理が可能である点も、本技術の大きな特長である。

参考文献

- 1) 秋本圭一，服部進，井本治孝，デジタル画像計測法を用いた精密工業計測，電子情報通信学会論文誌 D-II Vol. J84-D-II No.7 pp.1299-1309, 2001.
- 2) 中原博隆ほか，法面の挙動監視における精密写真測量の評価について，土木学会年次学術講演会 VI-130, 2001.