

トンネル切羽の安定性評価のための写真測量の適用性の検討

(株)板垣測量調査設計 正会員 ○竹田浩之
山口大学工学部 正会員 進士正人

山口大学大学院 学生会員 森本真吾
山口大学工学部 フェロー会員 中川浩二

1. はじめに

山岳トンネル工法では、掘削後支保工の施工が完了するまでの間、切羽が自立していることが重要である。そのため、施工を安全かつ効率的に進めるために、切羽が自立しない場合には、適切な切羽安定対策を行う必要がある。また、切羽の不安定現象をあらかじめ想定しながら切羽対策を事前に計画し、切羽観察の結果などをもとに、早期に適切な対策を行うことが求められている¹⁾。

一方、測量作業の簡素化、省力化、迅速化などを目的に、写真測量を適用する事例が増えている。土木分野では、写真測量はこれまでにダム、橋梁、斜面などの安全性を評価するために使われている²⁾。この計測手法がトンネル切羽の安定性評価で適用できれば現場作業の効率化に貢献するものと考えられる。そこで本研究では、トンネル切羽安定性評価を行うための写真測量の適用性を検討する。

2. デジタルカメラによる写真測量の概要

写真測量とは、被写体を異なる角度から撮影することで3次元座標を写真により算出する方法である³⁾。一般的な写真測量の工程は、①標点設置、②標点の3次元座標を計測、③写真撮影、④解析の順である。写真測量の特徴は、安全に測量が可能であり、また効率が良く再計測にも対応という点である。また、デジタルカメラを用いることの利点は、専門的な知識が必要なく容易に測量でき、かつ、コスト削減が可能という点である。本研究で用いた解析ソフトは、株式会社トプコン社製の「PI-3000」である。

3. 室内実験による精度の検証

本実験では切羽が押出してくる場合を想定し、その押出し量がデジタルカメラを用いた写真測量でどの程度把握できるか検証する。

図-1に示すように半径1mのトンネル切羽面をモデル化し、切羽面中央部分に面積を順々に縮小させた発泡スチロールを重ねることで、切羽の押出しを模擬した(図-2)。変位の与え方はZ軸方向に1cm, 2cm, 3cmとした(それぞれケース1～3とする)。写真の撮影状況を図-3に示す。実測値・解析値のコンター図を図-4に示す。この図から、実測値と解析値はよく近似した形となっており、平均誤差は1mm程度に収まる結果であった。

以上より、写真測量を用いたトンネル切羽面の押出し量の計測は精度も良く、現状の切羽の安定性を定量的に評価することが可能であると考えられる。

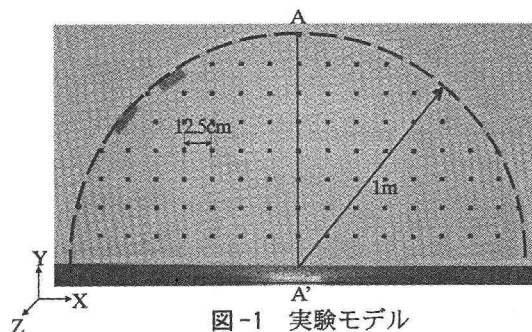


図-1 実験モデル

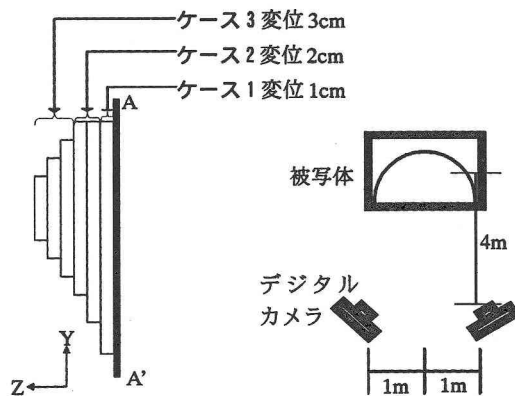


図-2 変位の与え方

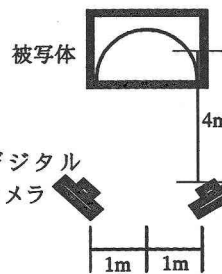


図-3 撮影状況

	実 測 値	解 析 値
ケース1	最大変位 1cm 	 平均誤差 1.17mm
ケース2	最大変位 2cm 	 平均誤差 0.83mm
ケース3	最大変位 3cm 	 平均誤差 1.12mm

(小) 淡 ← 変位量 → 濃 (大)
図-4 変位量のコンター図



4. 現場による切羽観察の適用性の検証

次に、実際の施工現場による写真測量の適用性について検証を行う。山口県美祢郡美東町にある施工中のトンネルで、デジタルカメラによる写真測量を実施し、トンネル施工現場での適用性について検討を行った。現場での作業は、まず標点を設置した後、トータルステーションによる光波測量を行い、基準点を計測した。図-6～9に解析して得られた結果を示す。図-6は4枚の写真(図-5)を1つの画像に合成し、切羽部を表示させた画像である。これより、撮影場所に制限があるトンネルのような閉鎖的空間でも切羽全体を表示することができる。図-7は切羽表面の等高線を表している。細い線は5cmごとに、太い線は25cmごとに描かれている。これから切羽全体の正確な3次元座標を得ることができていることがわかる。図-8は切羽表面を立体的に表現した図である。図-9はAB間の断面の様子を示している。図-7～9より中央上部が盛り上がっていることが分かる。これにより、従来ではスケッチや写真による主観的な切羽状況記録しか残らなかったものが、写真測量を適用することにより、立体的で、かつ客観的な切羽状況記録が残ることになる。また臨場感が出ることで、誰にでも切羽の状況を把握しやすくなると考えられる。

5. まとめ

写真測量によるトンネル切羽の安定性評価の適用性を検討した結果をまとめる。

- 1) 写真測量による押し出し量計測は十分な精度で求められる。
- 2) 切羽を立体的に記録できるので臨場感があり、把握しやすい。
- 3) パソコンで切羽状態をデジタル保存することにより長期保存が可能で、データ整理が容易となる。

また、1断面ずつ写真測量により切羽面の状況を記録することで、その前後関係より前方の地山状況を予測でき、事前に安全対策を行うことで、変状や地山状態の変化を抑えることができると推測される。

以上のことより、トンネル切羽の安定性評価のための写真測量の適用性は十分にあるものと考えられる。しかし、写真測量をするためには切羽に7点以上の基準点を設置・測量が必要であるため、現段階での適用には難しい点が多い。今後は、評点設置位置、撮影方法、要求精度の検討を行う必要がある。

6. おわりに

本研究では現場による検証が不十分であったので、今後は現場での検証を数多くする必要がある。デジタルカメラとパソコンはこれからさらに機能向上することが予想され、これに伴い解析ソフトも次々と開発されることから、写真測量の適用性はさらに広がるものと考えられる。

参考文献

- 1) 猪瀬二郎：トンネル標準示方書，社会法人土木学会，pp233-234，1996
- 2) 阿保寿郎，近久博志，中原博隆，筒井雅行，谷信弘，木戸忍：精密写真測量による切土法面の挙動監視について，土木学会第56回年次学術講演会，pp258-259，2001.
- 3) 村井俊治：空間情報工学，社団法人日本測量協会，pp160-161，2000.

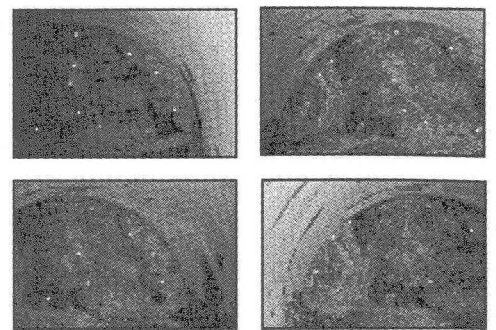


図-5 撮影した写真

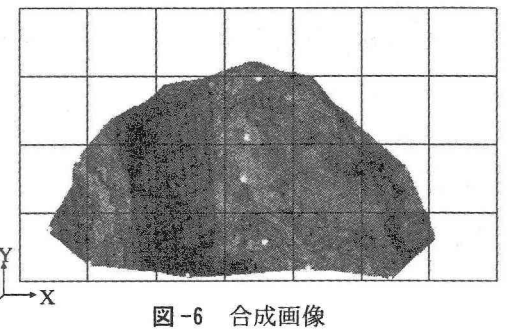


図-6 合成画像

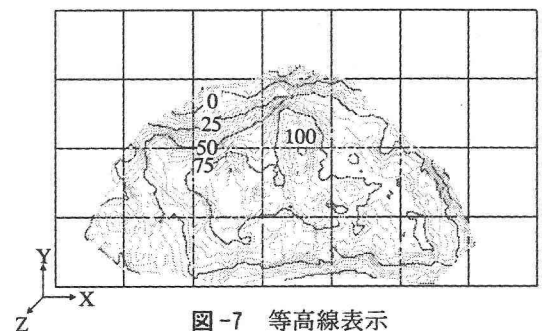


図-7 等高線表示

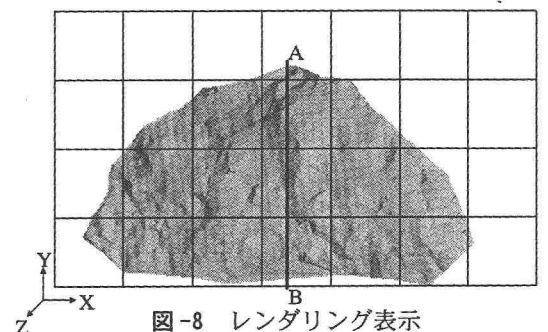


図-8 レンダリング表示

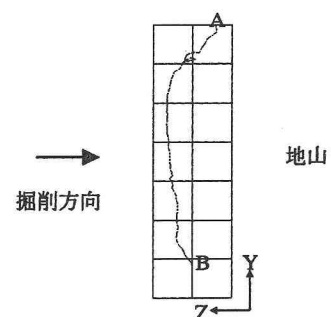


図-9 断面図