

写真測量技術を活用したトンネル切羽面の3次元化に関する取組み

鉄建建設(株) 正会員 ○舟橋 孝仁, 高橋 幹夫, 植村 義幸
越智 康博, 宇野 淳二

1. はじめに

山岳トンネル現場における日常的な施工管理の1つとして切羽観察がある。現場担当者は、日々変化する切羽の状況を目視やスケッチ、写真撮影等により観察・記録し、切羽の評価、前方地山の予測およびその後のトンネル掘削計画等を行う。しかしながら、スケッチ図や写真画像として得られた切羽面は2次元の情報であり、この2次元画像のみでは切羽観察を行う上で把握すべき情報を得られないことも多い。そこで、切羽の形状や地質構造等の情報を3次元データとして取得し、それを活用することができれば、複雑な地質構造や地質の変化に富むトンネルにおいても、地山評価や前方地山の予測、地質構造の解釈等が行い易くなると考えられる。本検討では、写真測量技術を活用し、デジタルカメラで撮影した複数枚の切羽写真を用いた切羽面の3次元化を試み、その適用性と活用方法について検討を行った。

2. 切羽面の3次元データ化

切羽の撮影方法は図-1に示すように、切羽面から約20m後方のトンネル中心から左右に約1.5m離れた位置でそれぞれ撮影を行った。また、垂直や長さを示す基準として、ポールを設置した。撮影状況を写真-1に示す。撮影準備から撮影終了までに掛かる時間は5分程度と施工サイクルに影響なく作業でき、日常的な活用も十分可能であることを確認した。

切羽面の3次元データの取得には、「三次元写真応用計測システム Kuraves MD」(クラボウ社製)を用いた。主な解析作業の流れとしては、レンズ歪の補正(内部標定)、カメラ位置の決定(外部標定)、節理面や地質変化点等の任意点の3次元化である。解析作業は、左右から撮影した2枚の切羽写真を用いて行った。図-2に3次元化した切羽面を示す。切羽面の凹凸が概ね表現できており、節理面のエッジ等(図中の青点)の3次元データを取得することができた。このことから、本技術を活用した切羽面の3次元データ化は、切羽に出現する岩盤の凹凸形状、地質の変化点等の切

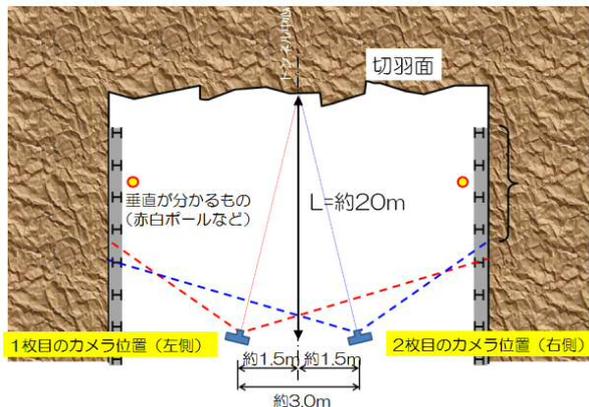


図-1 撮影方法 (SL位置での平面図)



写真-1 切羽撮影状況

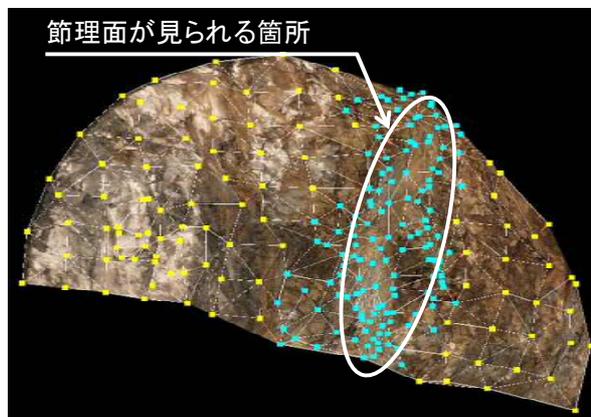


図-2 3次元化した切羽面

キーワード トンネル切羽, 写真測量, 3次元化, 切羽面形状, 切羽前方予測

連絡先 〒101-8366 東京都千代田区三崎町二丁目5番3号, Tel:03-3221-2298

羽状況をパソコン上において再現でき、現地で行う切羽観察に加え、机上においても切羽の幾何学的な状態（例えば、切羽面の凹凸、節理面の方向性、地層境界の位置）を確認することができる。また、切羽面に地層境や断層等の地質的な変化があり、それらが日々のトンネル掘削とともに変化する場合では、個々の切羽面の3次元データを連続的に表現することにより、その様子を立体的に可視化でき、その状況から切羽前方の地山状況の予測に活かすことができると考えられる。次章にその検討事例を示す。

3. 3次元化した切羽の連続表示とその活用

切羽面の3次元データの蓄積を行い、そのデータの活用方法を検証するため、施工中のトンネル現場において本技術を用いた取組みを試行的に行った。トンネル掘削中において、想定外の断層粘土（写真-2）が、上半左脚部より出現し、今後のトンネル掘削における切羽面の不安定化が懸念された。そこで、切羽面における断層粘土の境界の3次元データを取得することにより、今後の予測や対策工の検討に本技術が活かせるかどうかの検討を行った。個々の切羽面の3次元データをトンネル縦断方向に連続表示させたものを図-3に示す。切羽面の3次元化は、1日1切羽の頻度で行った。

切羽状況の変化を立体的に可視化することにより、切羽の進行に伴う断層粘土の変化がよりわかり易く表現できていることがわかる。また、断層粘土の境界面を面的に表現したものを図-4に示す。この図より、トンネル掘進方向と断層粘土の方向性との関係を把握することができる（平面図のX軸を北とすれば、断層粘土境界面の走向・傾斜はN70°W, NE65°となる）。よって、複数の切羽の3次元データを用いることにより、ある程度の切羽前方の地山状況の予測は可能であり、これらを利用することで、対策工や施工方法等の検討に有効活用できると考えられる。また、地層境界や地質構造等の変化を継続的にデータ化し、蓄積することにより、それらの解釈や日常的な切羽観察の補助ツールとしての利用も可能であると考えられる。

4. まとめ

トンネル切羽面の3次元化を行い、その適用性と活用方法について検討を行った。以下に得られた知見を示す。

- (1) 切羽における写真撮影作業は施工サイクルに影響を与えることなく、日常的に実施可能である。
- (2) 切羽面形状、地質の変化点等の切羽面の幾何学特性を概ね再現でき、3次元データとして取得できる。
- (3) 3次元化した切羽面を連続的に表示することにより、切羽状況の変化を立体的に可視化できる。
- (4) 連続的に表示したものをを用いることにより、切羽前方の地質状況の予測が可能であり、それを踏まえた対策工や施工方法の検討に活用できる。
- (5) 地質構造等の解釈や日常的に行う切羽観察の補助ツールとしての活用が考えられる。

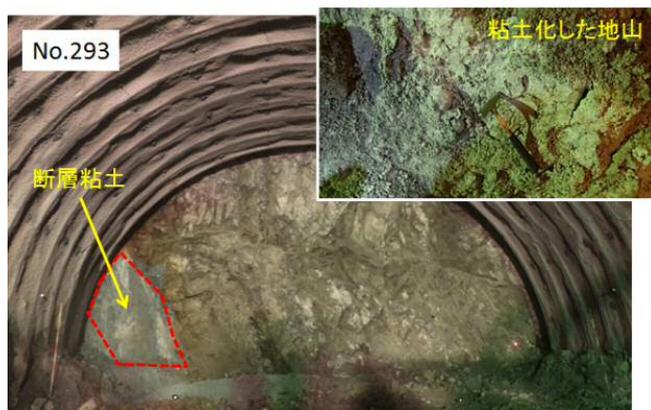


写真-2 切羽に出現した断層粘土

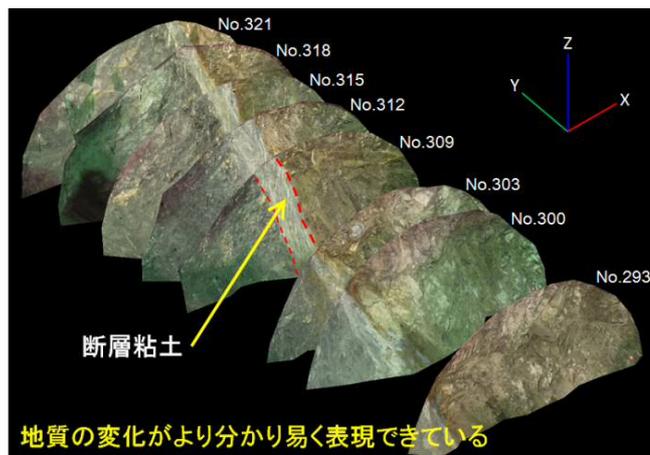


図-3 3次元化した切羽の連続表示

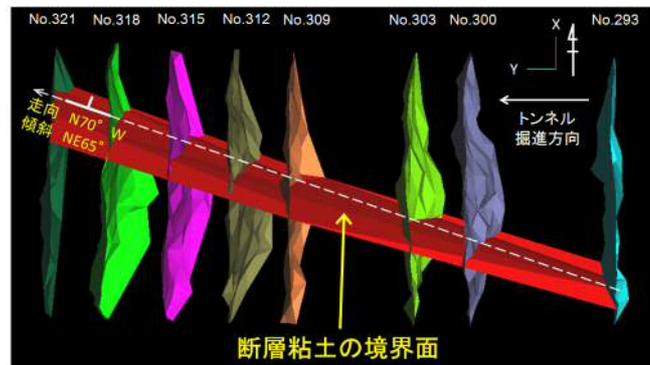


図-4 トンネル掘進方向と断層粘土境界面の方向性