

トンネル覆工表面の3D解析によるひび割れ抽出について

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○滝澤 彰宏
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 齊藤 岳季
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 中村 大輔

1 背景と報告概要

トンネル覆工面の変状は列車運行に影響を与える恐れがあり、その変状および進行性を把握しなければならない。特にひび割れは大きな変状に進展する可能性があり、その進行性を把握することが重要である。当社は平成12年度にトンネル覆工表面撮影車（光レーザー法）を導入し、その撮影データをもとに変状展開図を作成して各検査に活用している（図1）。

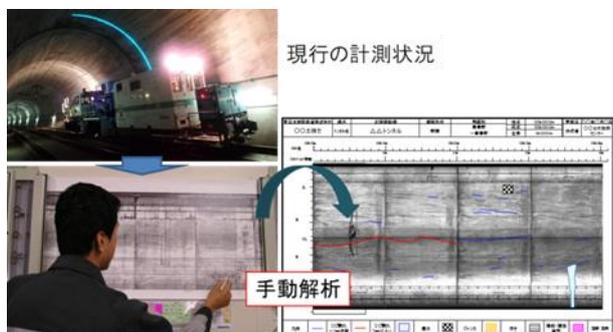


図1 現行の計測・解析状況

しかし、現行のトンネル覆工表面撮影車より得られた画像からひび割れを人の目で確認することは解析者の判断によるところが大きく、正確性および客観性に課題がある。また計測速度も8.5km/hと遅く、計測精度を確保しつつも計測速度を向上させる必要がある。

これまで次世代トンネル覆工表面検査車の導入に向けてひび割れ抽出の精度向上と効率化、計測速度の向上を目的に新たな計測方法の検討を行ってきた。今回、新幹線トンネルにおいて実施した現地試験計測と解析結果を報告する。

2 新技術の概要

2.1 計測装置

計測装置は「High Speed 3D Camera」（以下、本装置という）と呼ばれる移動体計測・検査システムである（図2）。本装置は光切断法を用いて覆工表面の3D形状を計測する（図3）。

またレーザーの反射輝度から覆工表面画像を取得することも可能である。現行では画像情報のみであったが本装置では座標情報も同時に取得することができる。



図2 計測装置の外観と主な仕様

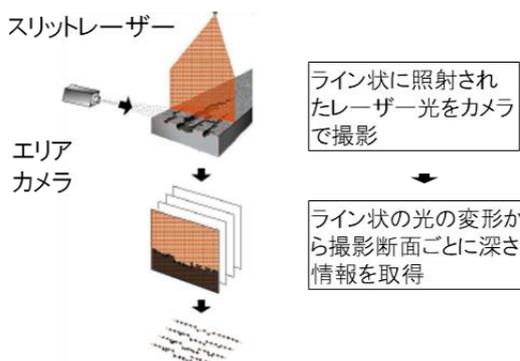


図3 光切断法による計測イメージ

2.2 解析ソフト

本装置により得られた座標情報を利用して3D解析を行い、ひび割れを抽出する。ひび割れはその深さおよび連続性から自動抽出される。ひび割れのような画像（2D）も深さ情報を確認することで、ひび割れと模様（汚れや水滴跡等）を区別することができる（図4）。

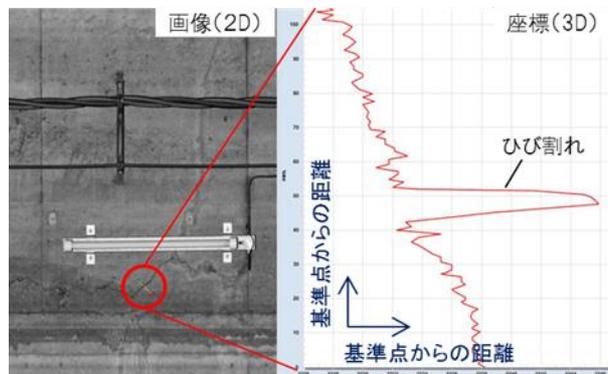


図4 3D解析によるひび割れ自動抽出のイメージ

キーワード トンネル、光切断法、ひび割れ、覆工表面、3D解析

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町二丁目479番地 J R 東日本研究開発センター TEL 048-651-2552

3 現地試験計測および解析結果

3.1 現地試験計測

現地試験計測は2箇所の新幹線トンネルにおいて実施した。軌道モーターカーに架台を取り付け、その架台に本装置を2台固定した。本装置は1台でトンネル覆工面を鉛直方向に2m計測することができるため、今回はF.Lから鉛直方向上方に4mを計測した(図5)。計測速度は本装置の性能等から20km/hとし、計測延長はUトンネル約100m、Nトンネル約200mを上下線で計測した。

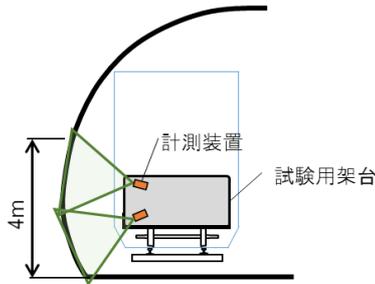


図5 現地試験計測イメージ

3.2 解析手順

解析は以下の手順で実施した(図6)。

- ステップ1: 3D解析により主に1mm以上のひび割れを自動抽出
- ステップ2: 3D解析後の展開図の確認(誤抽出の削除等)および2D解析(人による抽出作業)

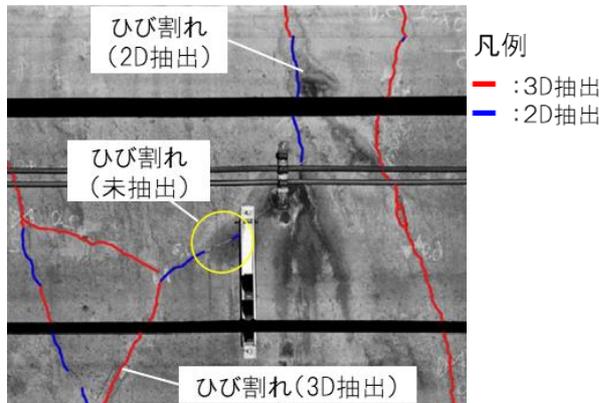


図6 ひび割れ抽出イメージ(3D+2D)

3.3 解析結果と検証

現地のひび割れ延長と3Dおよび2D解析にて抽出されたひび割れ延長(mm/m²)を比較した。ひび割れは計測装置の性能を踏まえ、ひび割れ幅1mm以上と1mm未満で分けて算出した(図7)。検証結果は下記のとおりである。

- 1mm以上のひび割れに関しては2つのトンネルとも正抽出率90%以上が確認された。
- 3D解析で全体の約70%が自動抽出された。
- 漏水箇所等のレーザーが乱反射する箇所は3D解析では誤抽出が発生する可能性がある(図8)。

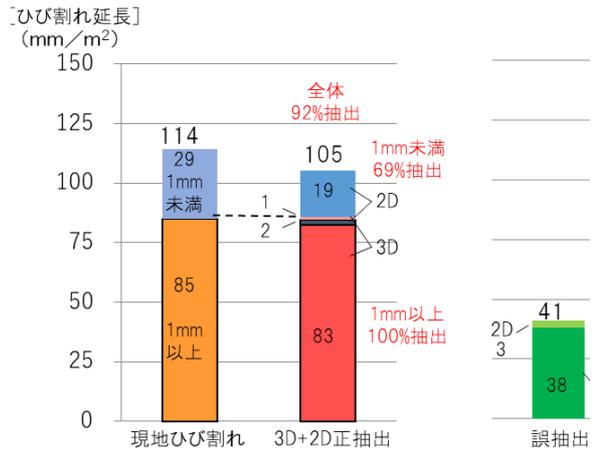
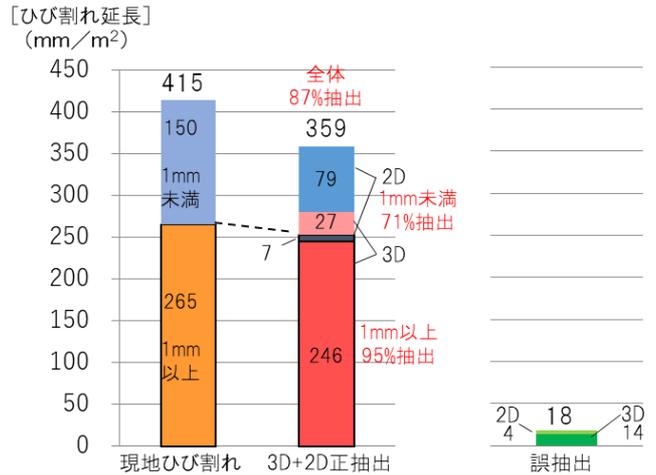


図7 ひび割れ抽出結果
(上: Uトンネル、下: Nトンネル)

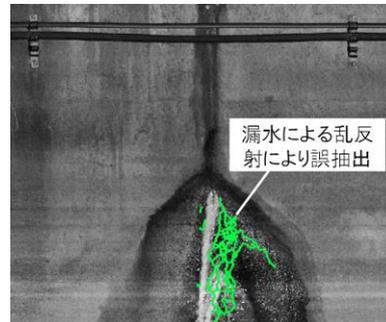


図8 3D誤抽出例(漏水)

4 まとめ

3D解析で幅1mm以上が90%以上自動抽出されたことから抽出作業の効率化と精度向上がはかれると考えている(現行どおり幅1mm未満の微細なひび割れは画像から人が抽出)。3D解析は人の判断が入らないため客観性が高く、2時期比較(進行性の把握)に有効と考えられる。また現行のトンネル覆工表面撮影車の計測速度約8.5km/hに対して、今回は20km/hにて計測することができた。現行の約2.3倍の計測速度で運用することが可能であれば、計測作業の効率化もはかれると考えている。今後は全断面での検証を行い、計測データごとの境界部やカメラセンサーと覆工面の離隔距離の違いによる抽出率の検証等を実施する予定である。