

次世代トンネル覆工表面撮影車の導入に向けた現地試験の概要について

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○久保木 利明
東日本旅客鉄道(株) 正会員 栗林 健一

1. はじめに

当社では、トンネル覆工表面の変状を正確かつ短時間で捕捉することを目的として、平成12年度よりトンネル覆工表面撮影車(光レーザー法)を導入し、検査精度の向上ならびに効率的な検査の実施に取り組んできた。しかし、撮影画像をもとにしたひび割れ等の変状抽出(変状展開図の作成)は、解析者の技量や注意力に依存しており、正確性および客観性の確保やコスト面等に課題がある。(図-1参照)

そこで、当社では次世代トンネル覆工表面撮影車の導入に向け、平成24年度から複数の撮影方式による比較評価試験をおこなうとともに、ひび割れ等の変状自動抽出の実用化に向けた検証をすすめている。



図-1 現行の解析状況

本稿では、光切断法によるトンネル覆工表面計測について、平成25年度に実施した新幹線トンネルにおける現地試験の概要について報告する。

2. 計測装置の概要

(1) 計測原理

使用した撮影装置は、「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。測定原理は、光切断法である。計測対象物の直上からスリットレーザーを照射し、レーザー光と計測対象物がなす輝線を高速なエリアカメラで撮影することで、三角測量の原理で覆工表面の3次元形状を計測する。(図-2参照) また、同時にレーザーの反射輝度を計測することで覆工表面画像を取得することが可能である。本装置は、被写体をトンネル覆工面に絞る(計測レンジを最適化する)ことで、トンネル覆工の3次元形状(3次元プロフィール)と表面画像(反射輝度情報)を高速度・高解像で同時に取得可能な点が特徴である。

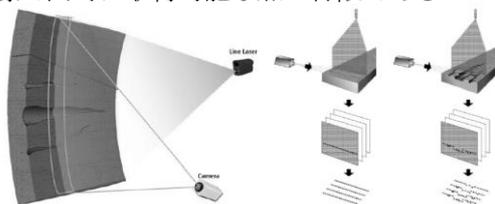


図-2 光切断法による3次元情報取得イメージ

(2) 装置仕様

本装置の構成は、レーザーライン照射器およびエリアカメラ、制御・記録装置である。これに任意のポジショニング装置(IMU、オドメーター等)を組み合わせて計測をおこなう。レーザーライン照射器とカメラはユニット化されている。計測対象とするトンネルの断面形状に合わせて架台等にカメラユニットをセットすることで、1パス半断面ずつまたは全断面での計測をおこなう。1つのカメラユニットでトンネル周長方向2mの計測が可能である。(図-3参照) 計測後は、各カメラで分割して撮影された画像を重ね合わせることでトンネル展開図を作成する。

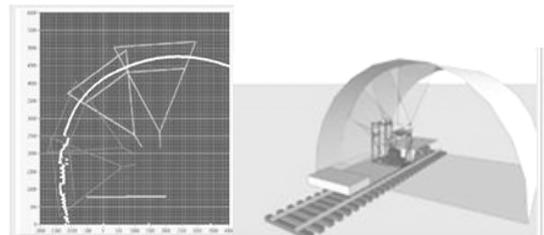


図-3 カメラユニット配置設計イメージ

3. 試験概要

これまでの廃線トンネル等での試験をふまえ、より実運用に近い条件で撮影をおこなった。試験は、営業線の新幹線トンネル(複線断面)の一部区間で実施することとした。予め計測対象とするトンネル断面および軌道線形(カント等)をふまえ、カメラの配置設計をおこなうとともにカメラ架台を製作した。架台は、計測時の振動影響や部材のたわみを極力低減するため、型鋼材を剛に組上げて製作した。架台およびカメラユニットは、保守用台車(10t平台車)上に設置し、これを軌道モーターカーで牽引して計測することとした。なお、対象とした複線断面を上・下線別に半断面ずつ2パスにて計測した。計測速度は、20km/hである。試験状況を図-4に示す。

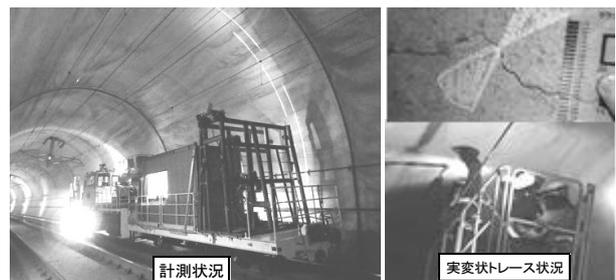


図-4 現地試験状況

キーワード トンネル、光切断法、ひび割れ、覆工表面画像、断面計測

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町二丁目 479 番地 JR 東日本研究開発センター TEL 048-651-2389

3. 試験結果

(1) 覆工表面画像の正確性の評価

a) 画像特性の評価

取得した覆工表面画像を図-5に示す。

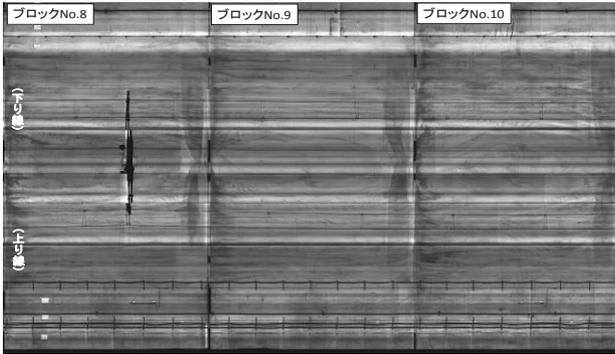


図-5 覆工表面画像の一例

重ね合わせた各カメラの画像間に、覆工までの離隔距離の差異に起因すると思われる濃淡差（横縞状）が生じているものの、ゆがみ等の少ない、比較的シャープな画像が得られていることが確認出来た。

b) 画像から目視判読可能なひび割れ幅の評価

画像上で目視判読が可能なひび割れ幅について評価をおこなった。評価は、現地の実ひび割れ延長に対する画像上で目視判読が可能であったひび割れ延長の割合（以下、判読率という）を算出した。現地の実ひび割れ状況を図-6、目視判読の結果を図-7に示す。

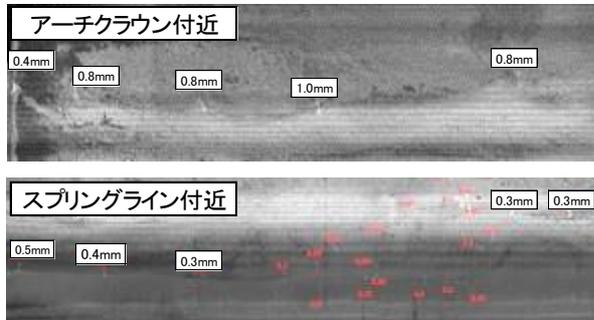


図-6 現地の実ひび割れ状況

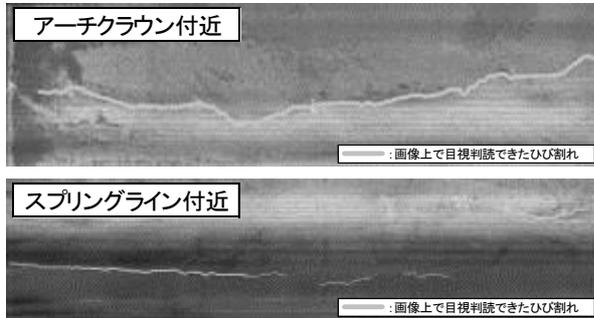


図-7 目視判読結果

目視判読の結果、ひび割れ幅0.3mm以上において90%以上の高い判読率であることが確認出来た。検数数は少ないものの、本装置は現行と同等以上の高いひび割れ判読性を有していることが確認できた。

(2) 断面計測の正確性の評価

3次元断面計測の正確さを評価するため、トンネルに模擬的な内空断面の変化を再現し、微細な変化を補足出来るか試験した。予めトンネル側壁部に形状、厚さの異なるゴム板を貼り付け、取得した3次元断面形状データからそれぞれの形状寸法、厚さを判読し、実寸法との乖離と寸法のバラつき程度を算出した。試験状況を図-8、3次元解析状況を図-9、解析結果を表-1に示す。

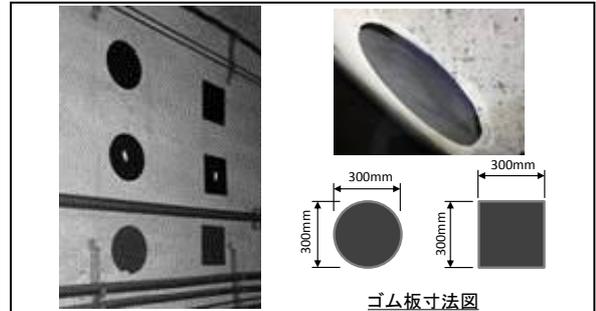


図-8 試験状況

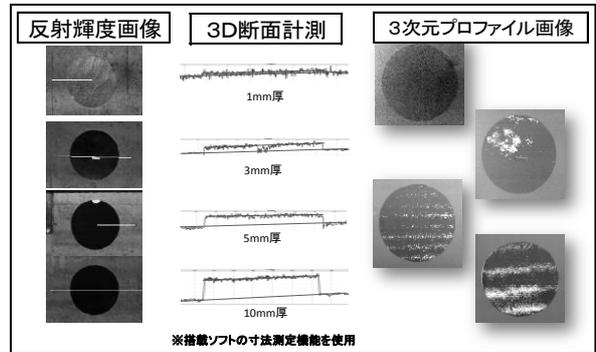


図-9 3次元解析状況

単位: mm

		平均			ばらつき(標準偏差)		
		上・下寸法	左・右寸法	厚さ	上・下寸法	左・右寸法	厚さ
円形	厚さ 1mm	298.8	299	1.3	3.1	2.7	0.2
	厚さ 3mm	298.3	298.7	3.2	2.2	2	0.6
	厚さ 5mm	299.7	298.2	4.9	1.4	1.6	0.5
	厚さ 10mm	297	294.3	9.8	1.8	3.1	0.5
四角形	厚さ 1mm	298	299.3	1.6	1.8	2.7	0.6
	厚さ 3mm	297.5	298.7	3.5	2.9	1.5	0.5
	厚さ 5mm	296.8	298.2	5.3	3.7	2.1	0.6
	厚さ 10mm	299.3	298.2	10.1	1.6	2.6	0.4

表-1 解析結果

形状寸法の計測誤差（平均）は、実寸法の概ね1%程度(3mm)、厚さは0.5mm程度であった。また、各形状・厚さにおいて、バラつきも小さく、現地の覆工面に生じる微細な断面変化を精度よく捕捉可能であることが確認出来た。

4. おわりに

今後は、本装置で取得した3次元プロファイルおよび反射輝度情報をもとにしたひび割れ等の変状自動抽出の実用化に向け、自動抽出の可否やその抽出精度等を検証していく。