トンネル覆工表面画像撮影の品質確保に資する覆工表面状況の評価

西日本高速道路エンジニアリング九州株式会社　正会員　谷口徹也
株式会社エルゴビジョン　非会員　中嶋健史

１．はじめに

国土交通省では，平成 25 年度より「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」が設置され，同委員会トンネル維持管理部会では，トンネル点検を支援するロボット技術の公募，検証および評価が実施された．また平成 30 年度は，NETIS のテーマ型技術公募として，上記以外ですでに実用化段階にある「道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術」の公募，検証および評価が行われるなど，当該技術の社会実装および浸透に向けた取組みが活発に行われている．

西日本高速道路株式会社(以下，「NEXCO 西日本」という) と西日本高速道路エンジニアリング九州株式会社は，道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術である「トンネル覆工点検システム」を開発し，主に NEXCO 西日本管内のトンネル詳細点検で活用している．トンネル覆工点検システムとは，覆工表面を撮影して得た覆工表面画像からひび割れなどの変状を把握，記録するものであり，この機能の品質を確保することがトンネル詳細点検の品質に直結する．

本稿では，トンネル覆工点検システムの品質確保に資する覆工表面状況の事前把握および評価を行うツールを開発した結果について述べる．

２．高速道路トンネルの詳細点検の流れ

NEXCO 西日本では，図-1 のとおり近接目視・打音点検の支援を目的として，あらかじめ覆工表面画像から変状を抽出して重点的に点検が必要な個所を選定する．

３．トンネル覆工点検システム

トンネル覆工点検システムは，高速，高精細撮影，お客様への安全配慮，高解像度画像および変状展開図作成の省力化を目指して開発した．本システムは，①7 台の撮影ユニットを搭載した覆工表面撮影車両，②各撮影ユニットで撮影した画像を合成する「覆工表面画像合成ソフトウェア」，③合成した覆工表面画像を解析してひび割れを自動的に抽出・図化する「ひび割れ自動抽出ソフトウェア」で構成する．図-2 に覆工表面撮影車両，図-3 に覆工表面画像とひび割れ自動抽出結果の重畳表示結果を示す．ひび割れ自動抽出ソフトウェアは，スス等の付着による黒ずみの程度(以下，「黒ずみ程度」という)が少ない場合，最小幅 0.2 ㎜までのひび割れを抽出できる．この品質を確保するためには，十分な明るさで合焦した覆工表面画像が必要であり，覆工の黒ずみ程度に適したカメラの設定で撮影する必要がある．

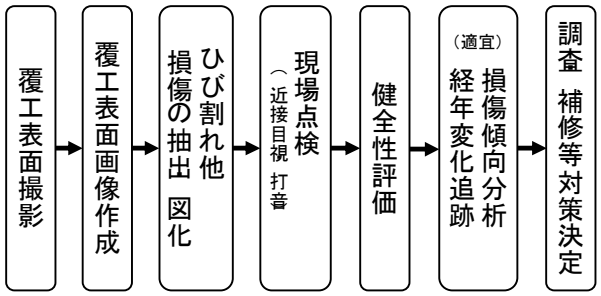

図-1　高速道路トンネル詳細点検の流れ

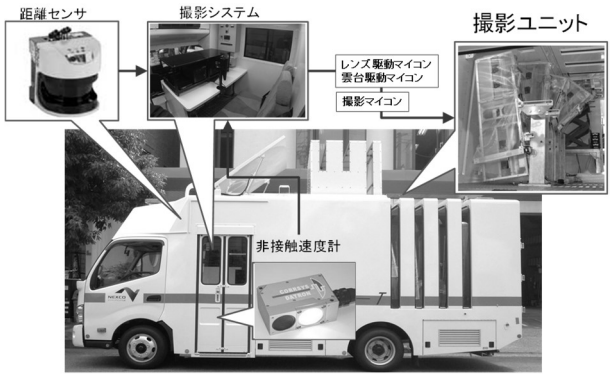

図-2　覆工表面撮影車両

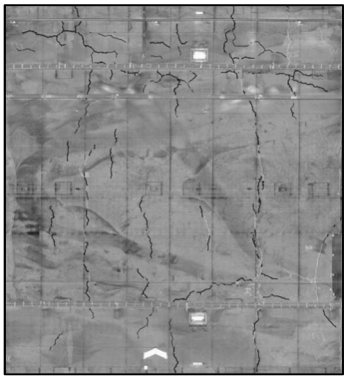

図-3　覆工表面画像およびひび割れ自動抽出結果

キーワード　トンネル詳細点検，撮影ユニット，品質確保，黒ずみ程度計測，反射輝度，撮影モード
連絡先　〒810-0073　福岡市中央区舞鶴 1-2-22　西日本高速道路エンジニアリング九州㈱　TEL092-771-1669

© Japan Society of Civil Engineers

４．覆工表面の黒ずみ程度の評価と撮影モード選定

撮影ユニットのカメラは，３段階の撮影モードを有している．覆工面の黒ずみ程度が多い場合は照明光を多く取り込む撮影モード，黒ずみ程度が低い場合は逆の撮影モードとなる．本稿では照明光を多く取り込める順に撮影モードをA，B，Cと称する．撮影前に覆工表面の黒ずみ程度が判れば，これに対応した撮影モードを設定できる．そこで，図-4のとおりレーザーを覆工面に照射して反射輝度を計測する機器(以下,「黒ずみ程度計測器」という)を活用し，計測した反射輝度から適切な撮影モードを選定するツールを開発した．撮影モードと反射輝度との関係は，過去に撮影したトンネルの適切な撮影モードと，新たに計測した当該トンネルの反射輝度から求めた．計測した反射輝度は，施設物など覆工面以外からの反射が混在するため(以下,「異常値」という)，図-5に示すとおりスミルノフ・グラブス検定(以下,「検定」という)，四分位数，最頻値の各方法で整理し，最も適切な整理方法を検討した．この結果，適切に異常値を排除しつつ，黒ずみ程度の分布幅を表現可能であるスミルノフ・グラブス検定による整理方法が適切と判断した．当方法は，検定の最大値と最小値の差が小さい場合は１つの撮影モード，差が大きい場合は複数の撮影モードを選定することが可能である．図-6に反射輝度検定値と撮影モードの関係を示す．撮影モードA，Bに対する反射輝度検定値が低いことから，撮影モードと反射輝度検定値は関連性があることが判る．図-7に反射輝度検定値と選択撮影モードを示す．このように，撮影以前に反射輝度を計測，検定することで，適切な撮影モードを選定することができる．

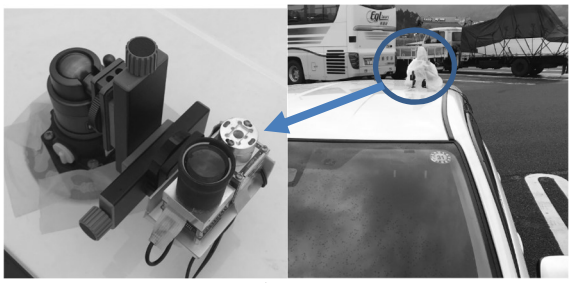

図-4　黒ずみ程度計測器

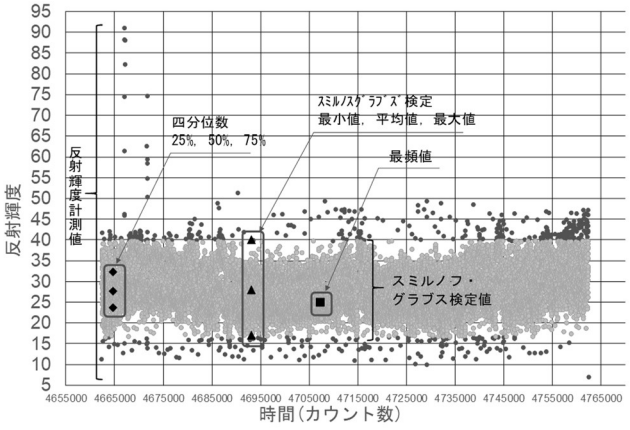

図-5　反射輝度計測結果と各整理方法の例

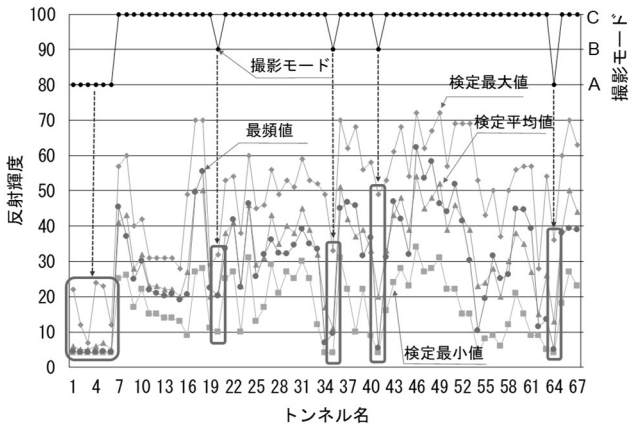

図-6　反射輝度検定値と撮影モードの関係
（スミルノフ・グラブス検定）

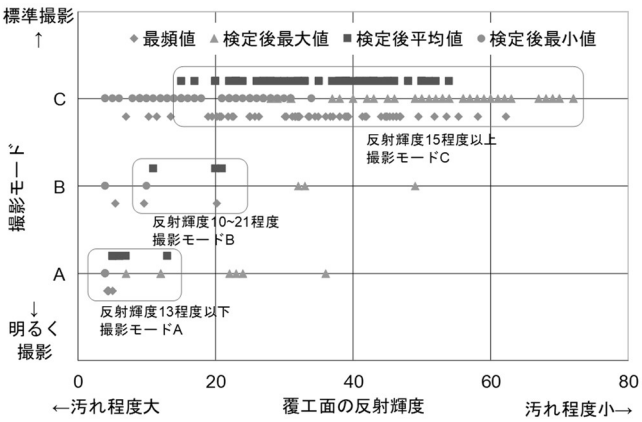

図-7　反射輝度検定値と選択撮影モード

５．おわりに

覆工表面の黒ずみ程度計測，検定により適切な撮影モードを選定することで，画像品質の確保，撮影失敗による再撮影の抑制が可能となった．今後は，トンネル覆工点検システムが，「道路トンネル点検記録作成支援ロボット技術」として広く社会実装および浸透されるよう，更なる品質確保，向上策を講じていく所存である

1) 竹本将，谷口徹也，仲田慶正，森直幸：ラインセンサカメラを使用したトンネル覆工点検システムの開発，土木学会全国大会，VI-130，2015
2) 国土交通省：報道発表資料，http://www.mlit.go.jp/report/press/sogo15_hh_000195.html，2017.7.19

© Japan Society of Civil Engineers