

トンネル点検における新技術[画像計測技術 (MIMM)]の活用について

国土交通省中国地方整備局福山河川国道事務所 特別会員 ○金丸 勇一
 国土交通省中国地方整備局福山河川国道事務所 特別会員 桑嶋 弘志
 国土交通省中国地方整備局福山河川国道事務所 特別会員 藤田 新治

1.はじめに

道路トンネルの点検については、「道路トンネル定期点検要領」に基づき、近接目視による点検を実施している。福山河川国道事務所では、新技術との併用による、点検作業（近接目視点検前に変状位置を把握）や記録作業（写真撮影・記録、変状展開図作成）の効率化を目的に「走行型画像計測（MIMM）」を導入した。

本研究は、「走行型画像計測（MIMM）」による、従来点検とのマッチングやひび割れ進行状況の把握等の点検成果と今後の課題について、報告するものである。

2. 走行型画像計測（MIMM）の概要

2-1. 点検支援技術としての位置付け

トンネル点検における点検支援技術は、「新技術活用のガイドライン（案）」に基づいて活用される。

トンネルの点検支援技術としては、「点検支援技術性能カタログ（案）」において、トンネル覆工の画像計測技術として、現時点で使用可能な技術として4技術が認められており、走行型画像計測（MIMM）は、その中の1技術となる。

表-1 検証済みの点検支援技術（トンネル）

変状の種類		点検支援技術(2019年2月時点)	
		近接	その他
トンネル本体工	圧ざ、ひび割れ	4(チョーキング前提)	-
	うき、はく離	4	-
	変形、移動、沈下	-	-
	鋼材腐食	-	-
	巻厚不足	-	-
	漏水	4	-
付属物	破断	-	-
	緩み、脱落	-	-
	亀裂	-	-
	腐食	-	-
	変形、欠損	-	-
	がたつき	-	-

点検支援技術の検証は、NETIS（新技術活用システム）テーマ設定型により技術公募され、定期点検で使用確認された技術である。検証がなされた性能は、

トンネル覆工アーチ及び側壁部において、①ひび割れ、うき、はく離を示すチョーキングが判別可能、②幅 3mm 以上のひび割れそのものを判別可能、③ひび割れの状況や閉合、ブロック化、補修材等の劣化を判別可能、④漏水の有無と範囲を判別可能、となる。

2-2. 走行型画像計測（MIMM）の性能

走行型画像計測（MIMM）は、3t トラックサイズの車両に、画像データ取得システムと3次元レーザーデータ取得システムを搭載しており、時速 40～70km/h で走行しながら、両方のデータを同時に取得することが可能である。このため、交通規制が不要で、一般交通の流れに支障を出すことなく計測が可能であるため、安全・迅速にデータを取得することができる。



図-1 計測車両外観



図-2 計測状況

また、点検支援技術として未検証ではあるが、取得した画像データより、幅 0.2mm 以上のひび割れを検出することが可能とされている。

キーワード 災害, 維持管理, 道路

連絡先 〒 721-0031 福山市三吉町4丁目4-13 福山河川国道事務所 道路管理課 TEL 084-923-2620

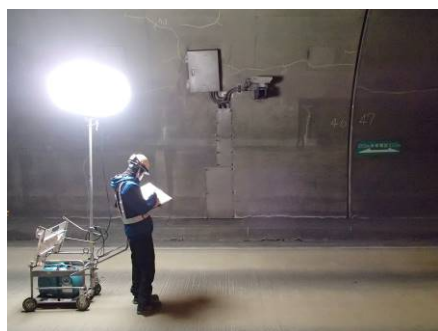
表－1 主要性能

機器名	性能・台数
【ビデオカメラ】	
有効画素数	38万画素×20台
シャッター方式	グローバルシャッター
シャッター速度	1/2000（標準），50km/hの場合は1/3000以上
動画フレームレート	30fp/s
照明	LED照明60台
照度	5,000lx程度（3m間隔）
覆工展開画像形式	jpeg/AutoCAD
	（必要に応じて3次元テクスチャー作成も可能）
データ容量	1スパン当たり50MB程度（1スパン10.5mを目安）
【測位機構】	
測位機構	レーザー計測、GNSS、IMU、距離計
【計測性能】	
撮影速度	70km/h程度以下
最小ひび割れ幅	最小ひび割れ幅0.2mm
検出精度	1.2 %（9測線の平均値）
位置精度	進行方向：59.0mm（5測線の平均値） 周方向：19.7mm（4測線の平均値）
色識別性能	黒～灰色～白の間色調差が判読可能

3. 定期点検の問題点と走行型画像計測の活用

3-1. 定期点検の問題点

トンネル点検の対象は、国道2号三原バイパスの5トンネルと、現在建設中の木原道路の1トンネルとなる。三原バイパスにおける点検は、維持修繕工事に関わる夜間集中規制（通行止め）の中で実施することになるが、点検日数が限定されるため、従来から実施されてきた点検員による近接目視点検では、変状箇所が多い場合には日数が不足することが懸念された。特に、近接目視点検でチョーキングされた変状は、人の手でスケッチを行うため、変状箇所が多い場合には、スケッチが所定の時間内に終わらないことが予想された。



図－3 変状スケッチの状況

このように限られた時間の中では、トンネル内の変化を把握し、現地点検時に有効となる基礎資料を得ることは困難と考えられた。



図－4 点検場所位置図

3-2. 走行型画像計測の活用

点検支援技術における走行型画像計測（MIMM）の活用は、近接目視点検実施後にチョーキングの画像データを取得し、画像データからチョーキングを読み取って図化することが従来から行われている。

今回の点検では問題点を踏まえ、近接目視点検実施前に、画像データを取得することとした。

事前に画像データを取得することで、①現地点検時の着目点の事前整理を可能とし、近接目視点検の効率化を図る、②変状スケッチの省力化、③写真撮影の簡略化、などが見込める。これにより、現地点検作業全体の効率化と点検時の見落とし防止が期待でき、点検時間の短縮と点検精度の向上が図れると考えた。

現地点検前に取得した画像データを用いて、新しいひび割れやうき、はく離の有無、漏水、補修箇所や附属物の破損の有無などから、既に確認されている変状の進行性の有無を抽出し、これらの情報を着目点として点検図面に予め記載。また、補修箇所や附属物、附属施設の更新状況についても点検図面に予め記載しておくことで、現地点検時の近接目視やチョーキング、変状スケッチ、写真撮影に要する時間を短縮する計画とした。

なお、画像データでは判読できない小規模なヘアクラックや、照明等附属物背面の状況については、現地点検時に近接目視を実施して変状の有無を確認することとした。

4. 画像データの検証

今回取得した画像データによって、ひび割れやうき、はく離等の変状がどの程度識別できるか、近接目視の結果と比較して検証を実施した。新規のひび割れや、うき、はく離の検証は、木原道路の赤石トンネルで実施した。また、既往ひび割れの進行状況の把握は、三原バイパスの下木原トンネルで検証を実施した。それぞれの検証結果を以下に示す。

1) 新規ひび割れ（赤石トンネル）

- ① 0.3mm 以上のひび割れは、明瞭に認識することができた（図-5）

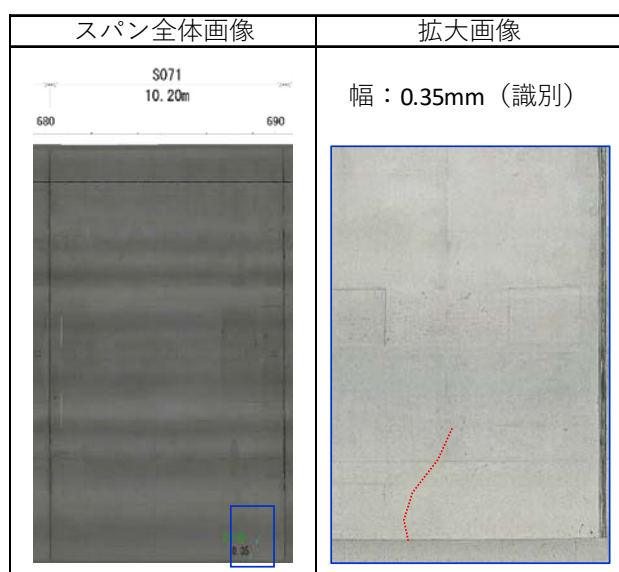


図-5 画像データ①

- ② 0.3mm 未満のひび割れは、不明瞭で認識できないことがあった（図-6）

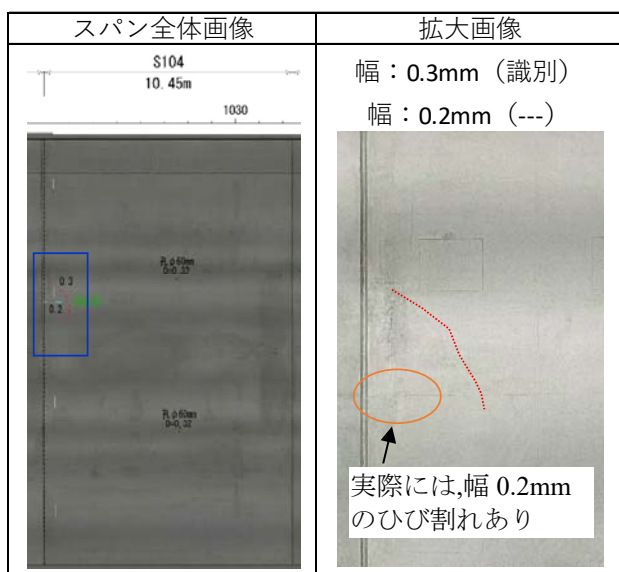


図-6 画像データ②

- ③ 幅 0.1mm 程度の微細なひび割れも、亀甲状に分布しているものは認識できる場合があった（図-7）

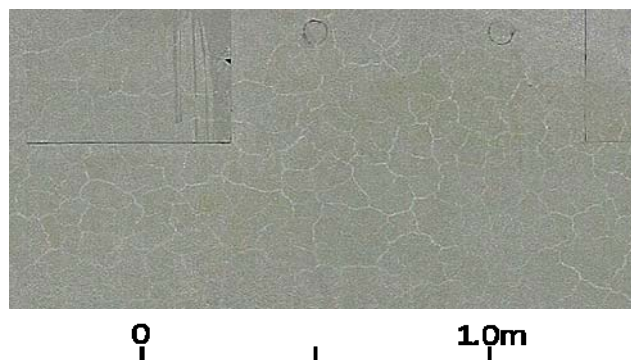


図-7 画像データ③

2) 新規うき、はく離（赤石トンネル）

赤石トンネルでは、僅かではあるが目地部ではく落懸念のうき、はく離が確認された。画像データでは、打音異常の有無は不明であるが、うき、はく離の形状は、明瞭に認識することができた（図-8）。

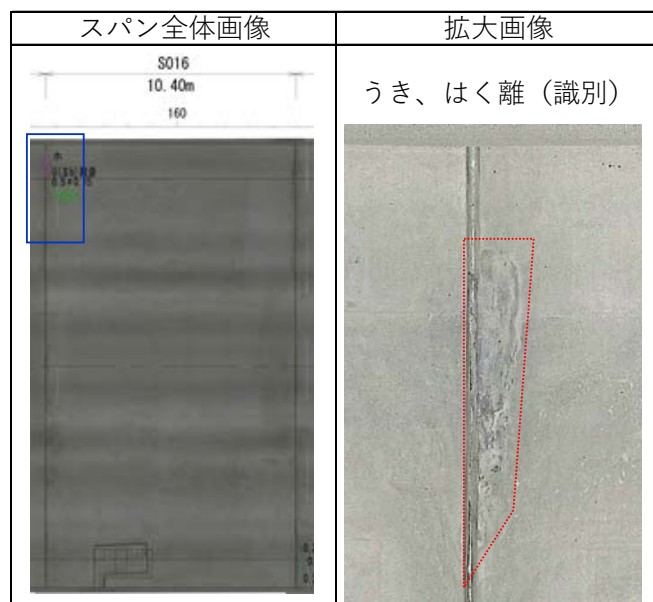


図-8 画像データ（うき、はく離）

3) 既往ひび割れの進行状況（下木原トンネル）

下木原トンネルでは、覆工コンクリートの温度変化の影響と考えられるひび割れの進行が複数確認された。

進行が確認されたひび割れでは、前回点検時のチョーキングよりも、ひび割れが伸びていることが画像データで確認することができた。図-9 は、覆工側壁部のひび割れが進行したものである。前回点検時には幅 0.3mm であったひび割れが、画像データより、幅 0.5mm に広がり、覆工アーチ上方へ伸びていることが確認できた。

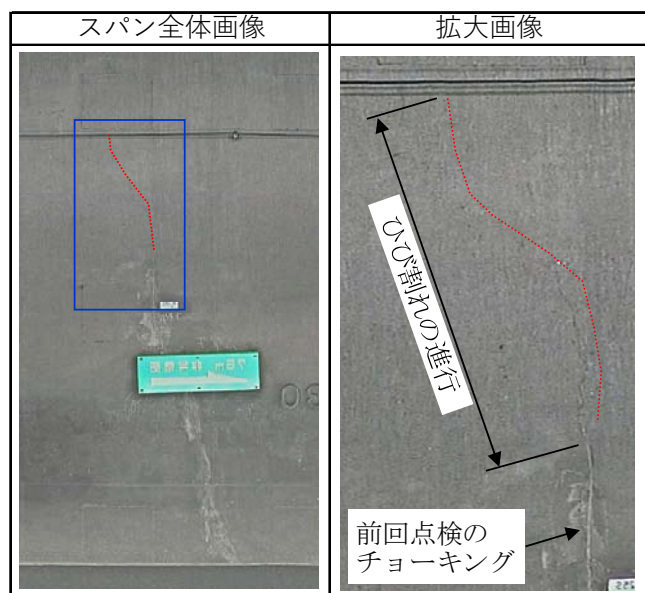


図-9 画像データ（ひび割れ進行状況）

以上の検証の結果、幅 0.3mm 以上のひび割れや、うき、はく離、補修跡、附属物については、ほぼ漏れなく抽出できていることが確認されるとともに、従来点検とのマッチングや進行状況の把握も可能であることを確認した。一方、幅 0.3mm 未満のひび割れについては、抽出できていないものもあることが確認された。ひび割れの進行状況についても、幅 0.3mm 以上のものであれば、前回点検からの進行を把握することができた。

5. 今後の課題

今回の点検では、点検前に取得した画像データから変状箇所を予め抽出、整理しておくことで、現地点検時の省力化と効率化を行った。その結果、所要時間が概ね 20%削減（47 時間⇒37 時間）され、予定通りの工程で点検を終えることができた。

走行型画像計測（MIMM）で取得した画像データを併用することによって、①時間短縮が図れ、現地点検作業の効率化につながる、②点検精度が向上するため、変状の進行性を把握するうえで有効、の 2 点において、従来点検とのマッチングは良好と考える。

一方、①幅 0.2mm 以下のひび割れは画像で認識できない場合がある、②附属物の背後など、影になる部分の画像が取得できない、③打音異常の有無が判断できない、などの課題がある。現状では、これらの利点や課題を認識したうえで、従来点検を補完する位置づけとして活用することが妥当と考える。

走行型画像計測（MIMM）の活用については、従

来のように点検後に画像データを取得するパターンと、今回のように点検前に画像データを取得、整理しておくパターンが考えられる。画像を取得するタイミングにより、利点と注意点が異なるため、以下に整理する。

1) 点検後に画像データを取得する場合

チョーキング後の画像を取得できるため、変状が多く、現地での変状スケッチや写真撮影が間に合わないと予想される場合に有効と考えられる。ただし、事前の現地踏査は入念に実施し、想定外の対応が発生しないよう、現地状況を十分把握しておくことが重要となる。一方、現地点検時に見落としが発生した場合、画像データのみでは打音異常の有無や叩き落とし処理などの対応ができないため、現地点検時には注意が必要である。また、現地点検後の工期に余裕がない場合、画像解析に時間を要することにも注意しておく必要がある。

2) 点検前に画像データを取得する場合

画像データから変状状況を事前に把握することが可能である。幅 0.3mm 以上の新規ひび割れの抽出や、前回点検のチョーキングから、進行性の有無を把握することで、見落としのない点検が可能になると考えられる。また、現地点検後の工期に余裕がない場合においても、事前に計測、画像解析を実施しておくことで、無理のない点検計画を立案することができる。一方、現地点検後のチョーキングの画像を取得できないため、進行が確認された変状や新規の変状など、新たにチョーキングを行った変状については、点検時に写真撮影しておくことが望ましい。

今後のトンネル点検における画像計測技術の活用については、交通状況や変状状況、点検日程に応じた画像計測のタイミングを適切に判断することにより、点検精度の向上を図りつつ、効率的な点検作業となるよう検討が必要と考える。