

インフラ構造物点検における 点検支援技術の効果検証

みずきりょうた きたほりひろたか かわぐちただし てびらたつや
○水木亮太¹・北堀裕隆¹・川口正¹・手平辰哉¹

¹ (株) 東京建設コンサルタント中部支社 (〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦2-5-5)

道路メンテナンスへの新技術導入促進として、「点検支援技術 性能カタログ」が制定されている中で、インフラ構造物点検の現場にて3つの支援技術の試行を行い、効果検証を行った事例について述べる。ひびみつけ及びトンネルトレーサーは、撮影画像を自動処理することで、損傷図を作成する技術であり、作業の自動化による効率化が図れるものの、誤検出や未検出が見られた。小型ドローンは、撮影した写真から近接目視と同等の損傷把握が可能であり、現場作業の効率化も図ることができた。それぞれ、近接目視の代替とするには課題が多いものの、効率化を目的とした支援技術として活用に向けた検証が行えたことは有意義であったと考える。

Key Words : 構造物点検, 点検支援技術, AI画像解析

1. 概要

近年、道路施設等のインフラにおける老朽化が進むなか、インフラメンテナンスを適切に実施することが求められている。道路施設では、2013年の道路法改正を受け、メンテナンスサイクル(点検・診断・措置・記録)を確実に実施することが義務付けられた。橋梁・トンネル等の重要構造物では、近接目視を基本とした点検を5年に1回の頻度で行うことが規定された。

一方、点検対象の増加や土木技術者不足、自治体の技術職員不足等による影響から、従来通りの近接目視点検や健全性診断が難しい状況となっている。その対策として、近接目視に変わる新技術を用いた点検の効率化、高度化が求められている。国土交通省では、構造物点検での新技術の積極的な活用を図るため、点検に活用可能な技術の性能値等を取りまとめた「点検支援技術 性能カタログ」²⁾ (以下、性能カタログ)を平成31年2月に策定し、掲載技術の拡充等を毎年度行っている。また、直轄の点検業務では、性能カタログ掲載技術の活用を原則化しており、試行による効果検証を積極的に行っている。

本論文では、実際のインフラ構造物点検において、点検調査作成時の現場作業及び内業の短縮を図ることができる性能カタログ掲載技術の選定を行い、現地での試行結果を元に、効果検証を行った事例について述べる。

2. 業務における新技術活用プロセス

直轄業務において、新技術を活用する場合のプロセスを図-1に示す。受注者は、性能カタログ等を参考に、活用技術の選定を行い、活用の程度、選定理由、精度管理計画等を記載した「点検支援技術使用計画」を作成し、発注者と協議の上活用を行う。また、活用結果は、定期点検結果と併せて「点検支援技術使用計画」に基づき発注者へ報告する。

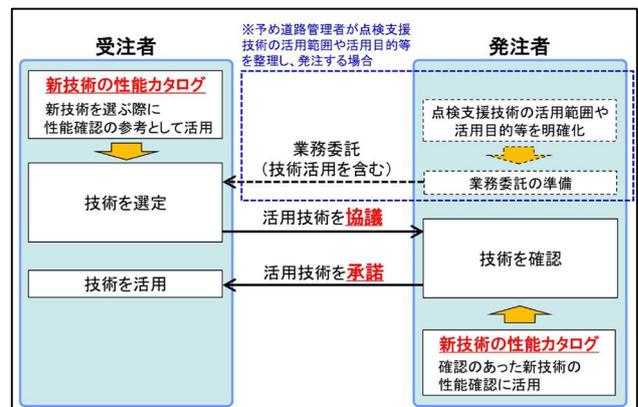


図-1 点検支援技術活用の流れ¹⁾

3. 試行技術の概要及び活用効果検証

(1) ひびみつけ

(a) 技術概要

技術名：社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」技術番号BR010024-V0323²⁾

技術概要：コンクリート構造物をデジタル一眼レフカメラにて撮影した写真から画像解析技術を用いてひびわれの自動検出及び計測(幅, 長さ)を行う。画像アップロード以降は, AIによる自動処理により損傷の抽出及び損傷図作成を行うため, 従来技術と比べて, 調書(損傷図)作成作業が削減される。

(b) 試行概要

大型ボックスカルバート(延長25.0m内空6.0m×4.7m)の頂版を対象として, デジカメ撮影画像から, ひびわれの自動検出を行った。なお, 通常の見接目視点検を同時に実施しており, 見接目視結果と対比することで効果検証を行った。(写真-1)



写真-1 対象施設及び作業状況

(c) 活用結果

画像解析により得られたひびわれに対して, 自動検出の精度, ひびわれ幅計測値の精度に着目して効果検証を行った。

画像解析によるひびわれ検出は, 見接目視で確認したひびわれ(0.2m以上)と比べて広い範囲を一度に検出可能であり, ひびわれ幅の小さい損傷も検出可能であった。(図-2)

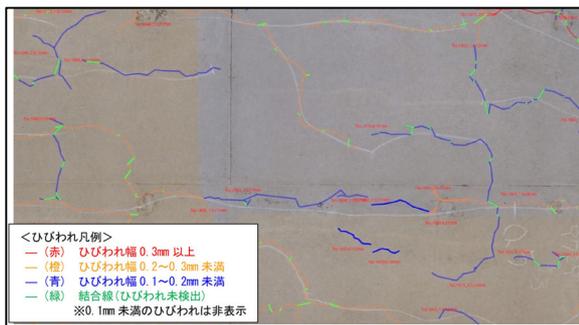


図-2 ひびわれ検出状況

一方で, クモの巣等, ひびわれとは異なるものの誤検出も見られた。この様な誤検出は, 画面上で作業員が目視確認にてチェックする必要がある。編集操作にて削除修正が可能である。また, クモの巣すべてが誤検出されるわけではなく, ある程度は AIにて正しく判別されている。なお, 一般的な直線の型枠跡は, ひびわれとは検出されず正しく判別された。(図-3)

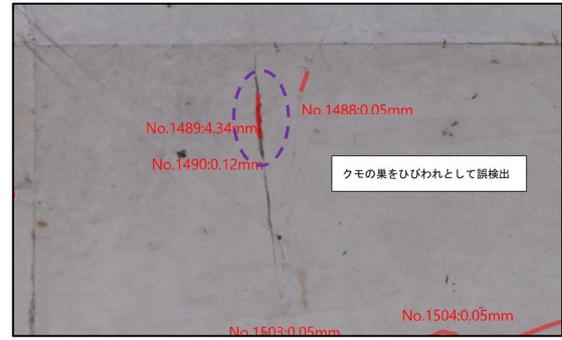


図-3 ひびわれ誤検出事例

ひびわれは, 幅 0.1mm 以上のひびわれを計測可能であった。しかし, 見接目視にて確認したひびわれ幅とは異なる値で検出される箇所が見られ, 実測で最大幅 0.5mm であったひびわれは, 自動計測では 0.3mm と表記される等, 診断結果にも影響するような差異も見られた。(図-4)

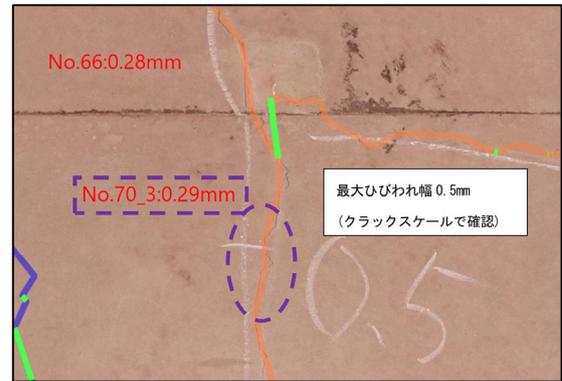


図-4 実測ひびわれ幅との差異

(2) トンネルトレーサー

(a) 技術概要

技術名：走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)技術番号TN010003-V0423²⁾

技術概要：高画質ビデオカメラとラインセンサカメラを搭載した車両にて, 交通規制なしで高解像度の覆工面画像を撮影する技術である。撮影画像を合成, 画像解析処理することでひびわれ等の変状を検出し, 展開画像や損傷図を作成する。

(b) 試行概要

山岳トンネル(延長79m+78m内空断面積94.4m²)の覆工面を対象として, カメラ撮影および損傷図の自動作成を行った。なお, 通常の見接目視点検を同時に実施しており, 見接目視結果と対比することで効果検証を行った。(写真-2)

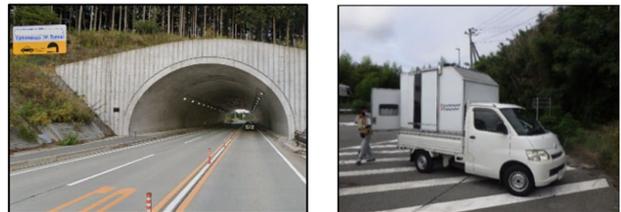


写真-2 対象施設及び作業状況

(c) 活用結果

通常走行(40km/h 程度)に撮影された画像は、専用ソフトにて画像解析を行い、トンネル覆工面の展開画像を作成する。展開した画像を基に損傷検出ソフトのAIによる損傷抽出を行う。

抽出の結果、前回点検(H30)及び今回点検(R4)と比べて、支援技術(トンネルレーザー)により確認出来た損傷はひびわれのみであり、支援技術では頂板の検出対象外となる「うき」の他、はく落、豆板は検出することが出来なかった。(表-1)

表-1 検出損傷一覧

損傷の種類	前回点検(H30)	今回点検(R4)	支援技術	備考
① ひび割れ	○	○	△	
②-1 うき	○	○	対応外	
②-2 はく落	○	○	X	
②-3 豆板	-	○	X	
③ 変形	-	-	-	
④ 鋼材腐食	-	-	-	
⑤ 背面空洞	-	-	対応外	
⑥ 漏水等	-	-	-	

凡例：○全て損傷検出、△一部未検出有り、X未検出、-損傷無し

ひびわれは、0.3~0.1mm までのひびわれが画像解析により検出された。(写真-3)一方で、坑口部付近では、ひびわれが検出できない箇所が見られた。(写真-4)これは、AIがひびわれ線を黒いものと学習しており、ラインセンサの光がひびわれ内部まで届かずに白色となること、坑口付近の画像が内部と比べて明るい色となることや、漏水跡によりAIがひびわれと判定出来なかったと推測される。

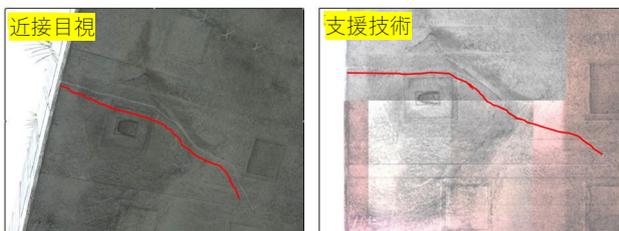


写真-3 ひびわれ検出状況



写真-4 ひびわれ未検出箇所

はく落、豆板は、前回点検時から覆工板の継手目地付近に見られていたが、支援技術では検出(画像からの判定)は出来なかった。これは、今回対象トンネルが2016年供用の比較的新しいトンネルであり、はく離は目地部かつ鉄筋が露出していない軽微なものであったため、損傷部の処理後の画像がぼやけてしまい、AIが損傷と認識しなかったと推測される。(写真-5)

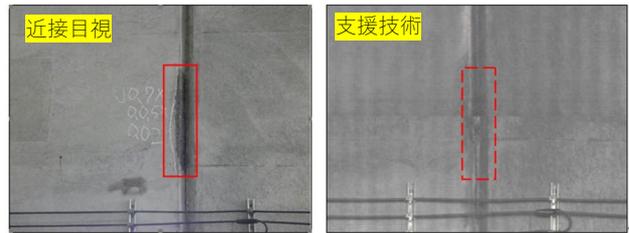


写真-5 はく落未検出箇所

支援技術により検出された損傷は、点検調書に用いる損傷図として出力される。(図-5)なお、支援技術による損傷図はソフトを用いて追記、修正が可能であるが、今回の試行では近接目視の対比を行うため、自動作成された損傷図を使用している。自動作成された損傷図は、近接目視と比べると、全体的に検出されていない損傷があることがわかる。

効率化の面においては、点検対象面積200m²(3車線トンネル L=79m+78m)に要した現場作業時間は3時間程度であった。定期点検(近接目視)における現場作業は約12時間程度であり、現場作業時間は1/4に短縮された。

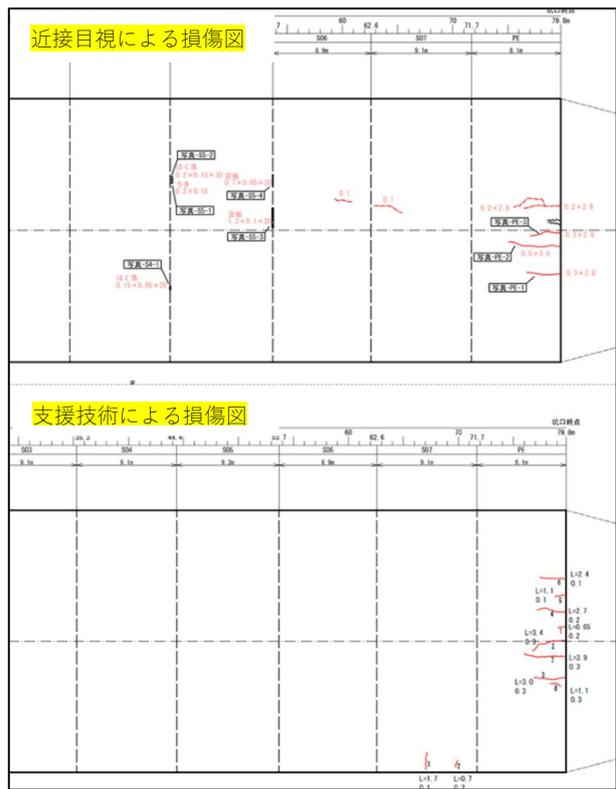


図-5 覆工面展開図(上:近接目視 下:支援技術)

今回のトンネルでは、損傷の未検出箇所が多く見られ、近接目視の代替とするには、至っていない。一方、交通規制を必要とせず、撮影も短時間で可能であることから、事前調査等に用いることで、定期点検時の作業効率化を図ることができる。

また、覆工面画像として記録することが出来るため、次回点検時の進行確認に活用できる他、附属物等の状態を確認・記録することで、維持管理に活用することができる。

(3) 小型ドローン

(a) 技術概要

技術名：全方向衝突回避センサーを有する小型ドローン技術 技術番号BR010009-V0323²⁾

技術概要：狭小部に進入可能な小型ドローンを用いて、橋梁の損傷(ひびわれ、腐食等)を撮影する技術である。衝突回避センサーにより非GPS環境下、目視外飛行、狭小部への進入を可能としている。

(b) 試行概要

一般的な点検方法(梯子、高所作業車、点検車)にて点検が出来ない橋脚に対して小型ドローンによる損傷撮影および損傷図の作成を行った。小型ドローンは、たたき調査が必要な変状を確認できないため、適用箇所は①第三者予防措置範囲では無い。②前回点検にて、ドローンで確認できない変状(うき等)が無い。③過去点検で重大な損傷(健全度Ⅱ以上)となる損傷が無い。の3つの条件より選定した。

小型ドローンは、手の平から離着陸が可能であるため、検査路上よりドローンの離着陸・操作を行った。(写真-6)ドローンによる損傷確認は、対象物から一定間隔(1.0m)を維持しながら飛行させ、損傷を撮影した。



写真-6 ドローン撮影状況

(c) 活用結果

ドローンによる損傷確認は、現地でのドローンカメラによる目視確認と、PC等撮影した写真(写真-7、写真-8)を点検員が確認することで損傷図を作成する。変状の寸法やひびわれ幅等は、撮影画像に対して縮尺を持ったスケールを表示させて計測する。

撮影画像により、ひびわれの検知、計測、遊離石灰等の確認が可能であり、新規損傷も確認できたことから、近接目視と同等の効果が見込める。(表-2)

また、前回点検にて特殊高所技術で実施された損傷に対しても同等以上の損傷状況が確認できた。一方、当然ながら打音検査等、うきの有無を把握する機能は無いため、そちらを必要とするには他の支援技術(赤外線カメラ等)との併用は必須となり、第三者に重大な被害を及ぼす箇所での適用は難しい。



写真-7 ひびわれ状況



写真-8 はく離・鉄筋露出状況

表-2 検出損傷一覧

損傷の種類	前回点検(H29)	今回点検	備考
⑥ ひびわれ	○	○	新規損傷あり
⑦ 剥離・鉄筋露出	○	○	〃
⑧ 漏水・遊離石灰	○	○	〃
⑫ うき	-	X	対応外
⑩ 補修・補強材の損傷	○	○	新規損傷あり
⑰ その他	-	-	
⑳ 漏水・滞水	○	○	〃
㉓ 変形・欠損	-	-	

凡例 ○：損傷有り、-：損傷無し、X：検出対応外

作業効率化の面では、橋脚4基(点検面積約1700m²)に対して、現場作業は1.5日であった。特殊高所技術の場合で約2.0日(1班3人体制)であり、従来方法と比べて現場作業が短縮される。

4. まとめ

今回の試行では、3つの支援技術の点検現場における効果検証を行った。ひびみつけやトンネルトレーサーで用いられているAIによる画像診断、損傷検出技術は、調書作成作業の効率化が期待されるものの、近接目視と比べて未検出、誤検出が目立ち、代替方法とするには課題が残る結果となった。小型ドローン点検は、損傷の把握自体は従来通り点検員が行うことに加えて、写真画像によるチェックも容易であることから、他の技術と比べると誤検出等のリスクは少なく、近接目視の代替としては有効であった。

一方、実務面においては、いずれの技術も、近接目視と比べて調査費用が高い傾向にあり、効率化に期待して採用するには、コスト面が課題となった。

それぞれの支援技術、近接目視の代替とするには課題があるものの、効率化を目的とした支援技術として活用に向けた検証が行えたことは有意義であったと考える。今後も効率化や品質向上に向けて、支援技術新技術の活用等、新たな技術の研鑽を続けていきたい。

謝辞：最後に、本橋の計画、本論の執筆に対してご指導・ご助言をいただきました関係者各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 新技術利用のガイドライン(案)国土交通省、平成31年2月
- 2) 点検支援技術 性能カタログ 国土交通省、令和5年3月