

非破壊検査機器を用いた点検による近接目視点検代替検証

西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 本社 道路保全部 正会員 ○江藤 優馬
本社 構造技術部 正会員 松井 俊吾
本社 道路保全部 非会員 坂口 和也
西日本高速道路(株)九州支社長崎高速道路事務所 非会員 榎本 明博

1. はじめに

現在、道路管理者には、急速に老朽化・損傷が進む道路資産を維持管理・更新することが求められている。一方、増え続ける道路資産に対し、維持管理・更新における経費の増大や技術者不足といった社会的問題も生じている。特に平成25年9月の道路法改訂に伴う道路法施行令により、5年に1回の近接目視点検が基本となり、点検に莫大な費用・人員が必要となった。そのため、今後は非破壊検査機器等の適用による効率的、経済的な点検が強く求められる。このような背景の中、NEXCO西日本グループでは橋梁点検の効率性・経済性の向上を目指し、デジタルカメラおよび赤外線カメラによる点検機器を併用した近接目視点検の代替（以下、非破壊機器点検という）を検証している。本稿では、近接目視点検と非破壊機器点検による点検結果の比較について報告する。なお、同年次講演に投稿した「非破壊機器点検の適用範囲の検証」では、非破壊機器点検の適用範囲について報告している。なお、過去にもNEXCO西日本関西支社では、平成27年にデジタルカメラによる点検機器の現場導入・検証を実施している*1。

2. 非破壊検査機器

非破壊機器点検は、デジタルカメラによる可視画像で表面に生じている変状(ひび割れ、エフロレッセンス等)、赤外線カメラによる赤外線画像で表面から確認できない内部に生じている変状(浮き・はく離等)を検出し、近接目視点検と同等の評価が行えるかを検証している。以下に非破壊機器点検に使用した機器の概要を示す。



写真1 Auto-CIMA

(1)デジタルカメラによる点検機器

デジタルカメラによる点検は、平成25年にNEXCO西日本グループで開発したAuto-CIMAを使用した。Auto-CIMAは写真1に示す機器で、コンクリート面（撮影対象は表1を参照）をデジタルカメラで撮影し、展開画像作成、ひび割れ検出を行い、可視画像から点検を実施する機器である。

表1 Auto-CIMAの撮影対象

撮影対象	
上部構造	コンクリート中空床版下面・側面
	コンクリート箱桁下面・側面
	張出しコンクリート床版下面
下部構造	壁高欄の外表面
	角柱橋脚および橋台

(2)赤外線カメラによる点検機器

赤外線カメラによる点検は、健全部と変状部（浮き・はく離）の温度差を利用して、変状部を検出する赤外線法を適用して点検を実施する。点検に使用した機器は、浮き・はく離が高精度で確認できるように、表2に示す冷却式の短波長体の赤外線カメラを使用した。

表2 赤外線カメラ仕様

使用機器	仕様
SC-5600	温度範囲: -10~1500℃ 最小検知温度分解能: 0.025℃ 空間分解能: 0.6mrad 素子: インジウムアンチモン

3. 検証概要

点検結果の検証は、過去1年以内に近接目視点検を実施した橋梁のうち、画像撮影時に死角が発生しにくいRC中空床版橋およびPC箱桁橋から選定して行い、非破壊機器点検にて得られた可視画像および赤外線画像から検出した変状と近接目視点検の結果を比較した。検出した変状は以下の三種類に分類し、非破壊機器点検が近接目視点検と同等の精度を有し、代替手法として適用することが可能であるかを検証した。

- パターンA：近接目視点検と同位置、同範囲に確認された変状
- パターンB：近接目視点検にて確認されているが、非破壊機器点検では確認されなかった変状
- パターンC：近接目視点検では確認されておらず、非破壊機器点検にて新たに確認された変状

キーワード デジタルカメラ、赤外線カメラ、近接目視点検、画像処理、コンクリート構造物、ひび割れ検出
連絡先 〒567-0032 大阪府茨木市西駅前町5-4 西日本高速道路エンジニアリング関西(株) TEL072-631-5335

4.検証結果

表 4 検証結果

検証は12橋62径間にて実施した。近接目視点検、非破壊機器点検の各々で検出した変状を比較し、非破壊機器点検で確認できなかった変状と新たに確認された変状を整理して検証をおこなった。整理した結果を表4に示す。

		件数	一致率	備考
近接目視点検で確認された変状		229件		
非破壊機器点検	パターンA(同位置・同範囲に確認)	224件	97.8%	
	パターンB(確認されなかった変状)	5件	2.2%	全て浮き(外観変状無し)
	パターンC(新たに確認された変状)	353件		

(1)非破壊機器点検で確認できなかった変状

近接目視点検で確認された変状は229件、そのうち非破壊機器点検で同位置・同範囲に確認された変状(パターンA)は224件、非破壊機器点検で確認されなかった変状(パターンB)は5件であった(一致率:97.8%)。非破壊機器点検で確認されなかった変状は写真2に示すような、浮き(外観に変状無し)であり、赤外線カメラでも変状を確認することができなかった。確認できなかった理由としては、赤外線カメラによる浮きの検出可能範囲は、表5に示すように表面から4cm程度としており、今回確認されなかった浮きは、それよりも深い位置に潜在しているものと考えられる。近接目視点検の代替を考慮した場合、大きさにもよるが、構造物深部の浮きが構造物の健全性に及ぼす影響は低いと考えられ、第三者被害影響範囲外での適用が可能と思われるが、第三者被害影響範囲への適用では、浮き部の剥落による第三者被害等の安全性に課題を残す結果となった。今後、確認できなかった箇所の変状の状態を詳細に検証するとともに、赤外線カメラで検出できない深さの浮きの重要性(すくにはく落するか等の緊急性)について検証する必要がある。

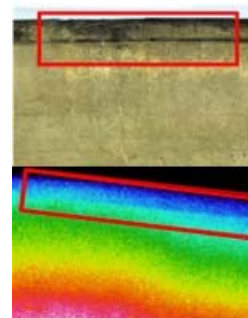


写真2 浮き確認箇所

表5 赤外線カメラにて検出可能な浮き・はく離の範囲

変状の種類	画像上の特徴
コンクリートの浮き・はく離(表面から4cmまで)	表面にまで達しているもの、表面に近いものは判別しやすい。表面から4cmより奥にクラック等が介在しているものは、判別が困難となり、調査員の経験を要する。

(2)非破壊機器点検で新たに確認された変状

非破壊機器点検で新たに353件の変状が確認された(パターンC)。そのうち、Auto-CIMAで確認された変状が239件、赤外線カメラで確認された変状が116件であった。Auto-CIMAにて新たに確認された変状は、ひび割れが多く、高精細な可視画像にて点検を行うため、近接目視点検よりも正確に確認することができ、点検精度は向上していると考えられる。特にひび割れが健全性に大きな影響をおよぼすPC構造物等の点検では非常に有用であると思われる。

一方、赤外線カメラにて新たに確認された変状は、温度差で変状部を見つけるという赤外線法の性質上、表面の状態や周囲環境等により、健全部に温度差が生じ、健全部を変状部として誤検出してしまったものであった。健全部を変状部と判断してしまった場合、橋の健全性を判定する際、本来の健全性よりも悪く判定してしまい、補修の必要の無い橋梁までも補修必要として判定する可能性が考えられる。しかし、補修を実施する必要がある浮き・はく離については、エフロッセンスやひび割れ、錆汁等の表面に変状が伴っているケースがほとんどであり、Auto-CIMAで可視画像を撮影しているため、NEXCOの点検要領における健全性の判定が大きくずれることは無いと考えられる。今回の検証でも赤外線カメラによる誤検出で健全性が大きく変わる橋梁は存在しなかった。

今後の課題として、はく落防止シートやガラスクロス施工箇所等、Auto-CIMAでの可視画像から変状を確認することが困難な箇所について、赤外線カメラの変状検出精度を検証していく必要がある。

5.おわりに

非破壊機器点検結果は、近接目視点検変状の97.8%を検出しており、確認できなかった変状は、全て赤外線カメラの検出範囲外と考えられる浮きであった。非破壊機器点検でも近接目視点検の変状をほぼ検出することができており、健全性についても、可視画像と赤外線画像を併用することで同等の判定を得ることができた。今後、確認できなかった変状の詳細を検証し、適用可能な条件を整理することで、近接目視点検の代替手法として確立が可能であると考えられる。

【参考文献】*1:松井俊吾、徳永賢児、加藤寛之(2015)「デジタルカメラ点検システムの現場導入とその評価検証」、『土木学会年次学術講演会講演概要集』, pp.311-312, 土木学会