

『令和元年、ロボット始めました。』

「橋梁点検カメラシステム^{みる}みる^{みる}」による橋梁点検

昭和設計株式会社 渡邊敦久

1. はじめに

平成 25 年度の道路法改正を受け、平成 26 年度から道路管理者は全ての橋梁、トンネル、道路附属物について 5 年に 1 度の点検が義務付けられた。ここで、橋梁点検は平成 30 年度に 1 巡目点検が完了し、平成 31 年度から 2 巡目点検が実施され、この期間において、効果的な補修を進めていく手掛かりが求められている。

橋梁の状態把握は、道路橋定期点検要領（平成 31 年 2 月 国土交通省 道路局：（以下点検要領と称す）によれば、定期点検を行う者は、健全性の診断の根拠となる道路橋の状態を近接目視により把握するか、または、『自らの近接目視によるときと同等の健全性の診断を行うことができる情報が得られると判断した方法により把握しなければならぬ。』と留意事項に記述されている。

そこで、定期点検のさらなる効率化・合理化を目指し、近年では、様々な新技術を活用した近接目視によらない点検・診断方法への取り組みが各所で始められている。

また、AI（ニューラルネットワークなどの深層学習）を活用した画像解析や計測・モニタリングの技術開発が急速に進んでおり、近い将来は、橋梁点検に要する労力を大幅に低減しつつ、精度の高い点検・診断が可能になると期待されているところである。

今回紹介する「橋梁点検カメラシステム」は、点検員が高所作業を行うことなく、点検ロボットを介し得られた情報（高密度画像、打音等）をモニター上で確認し、近接目視と同程度の診断を行うことが可能となる橋梁点検の新技術である。

2. 橋梁点検車が使用できない場合の点検手法

通常、橋梁点検は橋梁点検車や高所作業車（写真-1、2）を用いて実施されている。現場条件により、これらが使用できない場合には、梯子、吊足場（写真-3）、ロープアクセス（写真-4）等により、点検が行われているが、使用範囲が特定され、作業効率の低下による高コスト化や特殊技術を必要とするなどの難点があった。



写真-1 橋梁点検車



写真-2 高所作業車



写真-3 吊足場



写真-4 ロープアクセス

ここでは、近接目視によらない点検方法として、新技術の1つである間接目視における点検支援ロボット「橋梁点検カメラシステム」について、以下に詳述する。

3. 「橋梁点検カメラシステム」による点検調査実施手順

「新技術利用のガイドライン（案）」平成31年2月：国土交通省に基づき、橋梁点検カメラシステムによる点検の流れを下記（図-1）に示す。

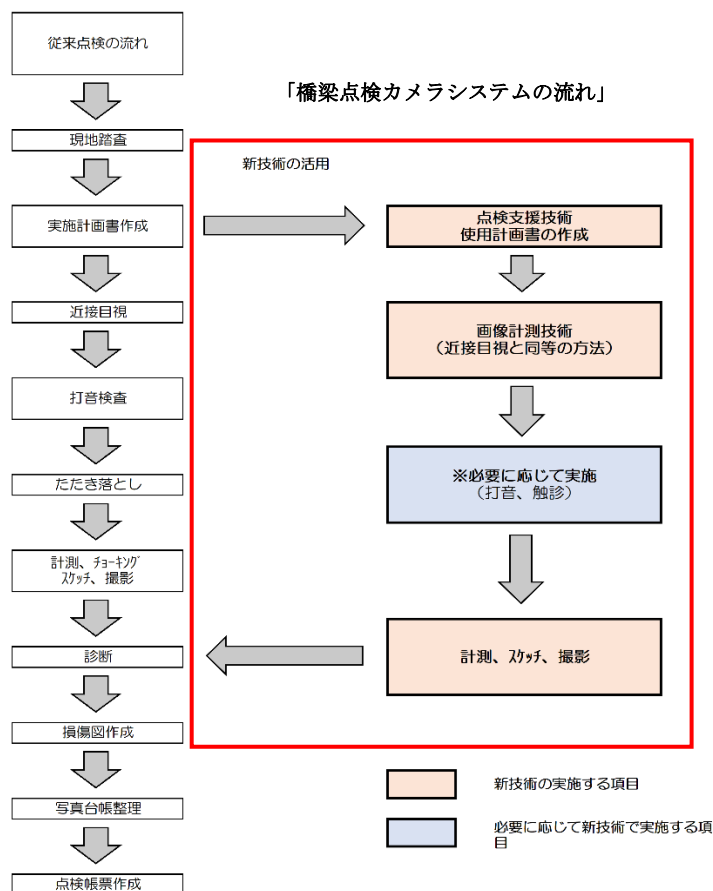


図-1 橋梁点検カメラシステムを活用した作業フロー

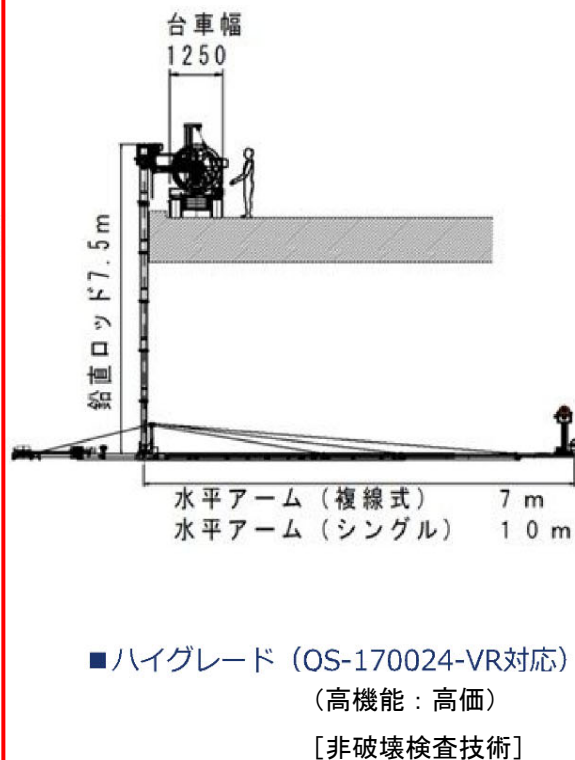
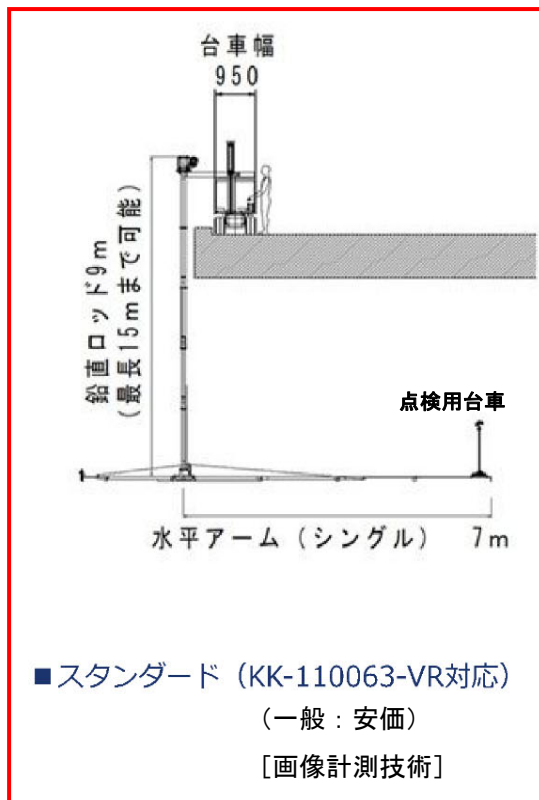
4. 「橋梁点検カメラシステム」概要

「橋梁点検カメラシステム」は、撮影画像が目視以上の遠近機能（ズーム機能）を駆使し、その画像を複数の技術者が同時に確認することが可能で、個人の視力に左右される診断部分が改善される。

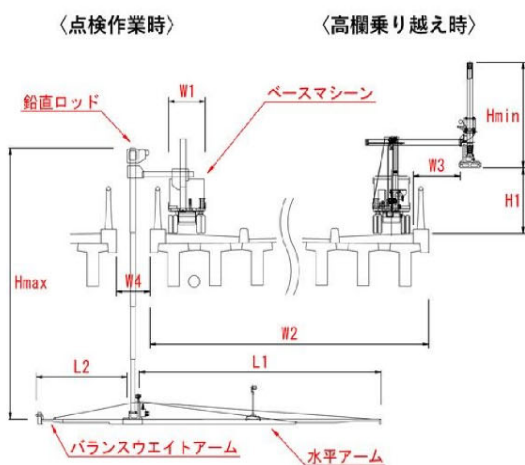
これにより、点検精度と客観性の向上が図られ、橋梁の定期点検において、従来手法（梯子・橋梁点検車等）と同等の診断が可能と判断される新技術である。

具体的には、梯子・橋梁点検車等の適用が困難な橋梁や、点検時の交通規制による交通渋滞の影響が周辺におよぶ橋梁に対して、交通規制の緩和、安全性の向上、作業の効率化や点検成果の品質向上という効果が見込める技術である。

今回使用した点検技術（「橋梁点検支援ロボット^{みる}診る^{みる}」スタンダードによる橋梁点検）は、点検員に代わり、全ての作業を橋上からの遠隔操作で、橋梁下面に挿入したロボットアーム上を可動する点検用台車を用いて、近接目視、画像計測、打音調査等を実施する方法である。また『点検支援技術性能カタログ（案）：技術番号BR020006-V0120』に掲載された画像計測技術でもある。（図-2、写真-5～6）



仕様



		スタンダード		ハイグレード	
		ダブル	シングル	ダブル	シングル
操作 ベース マシン	全幅	W1	0.95m	1.25m	
	全長 × 全高		3.08m × 2.27m		3.36m × 2.25m
	総重量		2.0t	3.0t	
作業 能力	最大作業可能幅員	W2	14.0m	14.0m	20.0m
	最大張り出し幅	W3	1.5m	1.5m	
	最小振り込み必要幅	W4	0.5m	0.9m	
	鉛直ロッド長	Hmin~Hmax	2.5~15.0m	1.9~7.5m	
	高欄乗り越え可能高	H1	1.7m	1.6m	1.35m
アーム ユニット	水平アーム長	L1	7.0m	7.0m	10.0m
	バランスウエイトアーム長	L2	2.45m	2.65m	
	バランスウエイトアーム形式		固定式	同期移動式	
運搬 組立	運搬車両		2t車	4t車	
	組立必要スペース		3m × 10m	3m × 13m	
	組立時間		30分	50分	

図-2 橋梁点検支援ロボット^{みる}診る^{みる}の概略図

橋梁点検カメラシステム^み見る・^み診る

NETIS : KK-110063VR

全長 3.08m

鉛直ロッド長 2.5~15.0m

バランスウエイトアーム長 2.45m

水平アーム長 7m

撮影 ^み見る

多機能カメラ台車

- レーザーポインタ (照射径 φ200mm)
- デジタル4Kビデオカメラ (静止画記録画素数 2,000万画素)
- 赤外線サーモグラフィ (解像度 320×240px)
- LED照明 (水銀灯換算 700W)

計測 ^み診る

クラックゲージ台車

〈クラックスケール宛がい法〉

幅0.1mm以上長さ150mm程度

打音 ^み診る *1)

打診 & クラックゲージ台車

〈回転式打音検査法〉 〈クラックスケール宛がい法〉

面積200mm角程度 幅0.1mm以上長さ150mm程度

写真-5 橋梁点検支援ロボット^み見る^み診る概要

現場

データ送信 (LTE回線利用) ↓ ↑ 作業指示

事務所

写真-6 橋梁点検支援ロボット^み見る^み診る作業状況

5. 「橋梁点検カメラシステム」実績

当社の実績：静岡県内 8 件（令和 3 年 5 月現在）について、下記に示す。

（写真－7～14）

〔静岡県島田土木事務所：5 件、藤枝市：1 件、小山町：1 件、磐田市：1 件〕

①藤枝市 瀬戸口橋 点検日：令和元年 9 月 17 日



写真－7 橋梁点検カメラシステム現場写真 1

- ・橋種
車道橋 4.0×73.6
- ・道路規格
3 種 5 級
- ・交差条件
(二) 瀬戸川
- ・調査範囲
河川敷部分
- ・点検日数
1.0 日

②小山町 白旗橋 点検日：令和元年 9 月 18 日



写真－8 橋梁点検カメラシステム現場写真 2

- ・橋種
跨道橋 2.7×41.2
- ・道路規格
自転車歩行者道
- ・交差条件
(一) 足柄峠線
- ・調査範囲
県道部分
- ・点検日数
0.5 日

③島田市 往還橋 : 令和元年 11 月 21 日



写真－9 橋梁点検カメラシステム現場写真 3

- ・橋種
側道橋 3.3×40.0
- ・道路規格
自転車歩行者道
- ・交差条件
(一) 大代川
- ・調査範囲
全面
- ・点検日数
0.5 日

④島田市 柳島橋側道橋 : 令和元年 11 月 22 日



写真-10 橋梁点検カメラシステム現場写真 4

- ・橋種
側道橋^B1.9×^L16.3
- ・道路規格
自転車歩行者道
- ・交差条件
中部電力放水路
- ・調査範囲
全面
- ・点検日数
0.5 日

⑤磐田市 野箱大橋歩道 点検日：令和 2 年 1 月 9 日



写真-11 橋梁点検カメラシステム現場写真 5

- ・橋種
歩道橋^B3.3×^L34.2
- ・道路規格
自転車歩行者道
- ・交差条件
(二) 衍僧川
- ・調査範囲
全面
- ・点検日数
0.5 日

⑥牧之原市 須々木橋側道橋 : 令和 2 年 7 月 13 日



写真-12 橋梁点検カメラシステム現場写真 6

- ・橋種
側道橋^B3.8×^L21.6
- ・道路規格
自転車歩行者道
- ・交差条件
(二) 須々木川
- ・調査範囲
全面
- ・点検日数
0.5 日

⑦吉田町 坂口谷川橋側道橋 1 (下り線) : 令和 2 年 7 月 14 日



写真-13 橋梁点検カメラシステム現場写真 7

- ・ 橋種
側道橋^B3.8×^L45.1
- ・ 道路規格
自転車歩行者道
- ・ 交差条件
(二) 坂口谷川
- ・ 調査範囲
全面
- ・ 点検日数
0.5 日

⑧吉田町 坂口谷川橋側道橋 2 (上り線) : 令和 2 年 7 月 14 日



写真-14 橋梁点検カメラシステム現場写真 8

- ・ 橋種
側道橋^B3.8×^L46.5
- ・ 道路規格
自転車歩行者道
- ・ 交差条件
(二) 坂口谷川
- ・ 調査範囲
全面
- ・ 点検日数
0.5 日

6. 橋梁点検カメラシステムの効果

橋梁点検カメラシステムの運用による主な効果は、以下のとおりである。

1) 安心な作業環境 (安全性の向上・周辺環境への影響抑制)

- ・ 占有幅 1.0m~1.5m程度で歩道や路肩へ設置できるため、橋梁点検車(占有幅 3.0 m程度)に比べ、交通規制の影響が少なく、夜間全面通行止めを昼間車線規制へ転換できるなど、道路利用者の負担を最小限に抑えることが可能。(写真-15)
- ・ 小型クローラー台車を用いているため、橋梁点検車に比べ機動性に優る。
- ・ 橋梁桁下の地理的条件に左右されない。(写真-16)



写真-15 道路状況写真



写真-16 橋梁桁下状況写真

2) 正確な調査（品質の向上）

- ・ 高精細なライブ映像やクラックスケール^{あて}宛がい法により、0.1mmのひびわれの検出が可能で、一般的な補修対象となる0.2mm以上も計測可能。（写真-17）
- ・ 回転式打音検査法により打診することで、コンクリート浮きを発見。（写真-18）



写真-17 クラックスケール^{あて}宛がい法

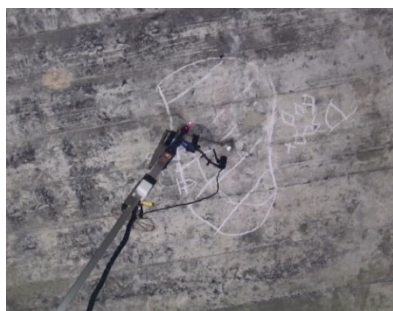


写真-18 回転式打音検査法

- ・ 動画、静止画で記録でき、位置情報の確認や複数の技術者による検証も可能なため、点検結果のばらつきが防げる。

3) 作業の効率化（経済性の向上）

- ・ 点検時の特殊な仮設工等が不要なため、特殊高所技術（ロープアクセス）に比べ作業日数を半分程度に減らすことができる。
- ・ ネット回線を使用して事務所にライブ配信が可能で、複数の技術者が同時に画像を確認・検証することができるため、作業効率が向上する。

7. 作業条件

- ・ 平均風速 7m/s 以下。
- ・ 雨天時に、時間雨量 1~2mm 以下の雨、落雷が発生していないこと。
- ・ 降雪時は不可。

8. 橋梁点検カメラシステムの経済性

橋梁点検カメラシステムの運用で、橋梁点検車による場合に比べ、点検車運転手(特殊)、点検人員が削減されるため、経済性が約 18%程度向上する。（表-1）

表-1 橋梁点検車、橋梁点検支援ロボット^{みる}視る診る（スタンダード）の比較表（NETISより抜粋）

大	評価項目		申請者記入欄		
	中	小	従来技術のコスト	申請技術のコスト	従来技術との比較<結果>
経済性	イニシャルコスト	・近接目視橋梁点検費	・302275円/300㎡ (橋梁点検車BT-110規模/橋梁の上部工で幅6m橋長50m程度1橋)	・246,700円/300㎡ (橋梁の上部工で幅6m橋長50m程度1橋)	・18.39%向上
		ランニングコスト	—	—	—
	その他	—	—	—	—
	トータルコスト	上記を単位当りに換算した合計額	302,275円/300㎡	246,700円/300㎡	18.39%向上

9. おわりに

橋梁点検業務では、点検作業の安心・正確・効率化が求められている。

今後は、橋梁点検カメラシステムの運用により、トラス橋、歩道橋、近接橋等の橋梁点検に活用できるシーンが想定できる。(写真-19~21)



写真-19 トラス橋



写真-20 歩道橋



写真-21 近接橋

定期点検の更なる効率化・合理化としては、ドローン、AI（ニューラルネットワークなどの深層学習）等を組合せた点検・診断方法に取り組んでいるところであるが、点検要領による、『自らが近接目視によるときと同等の健全性の診断を行うことができる情報が得られると判断した場合』の近接目視を基本とする範囲については、現場条件に合わせた適切な判断が必要である。

今回の調査で2つの現場については、下記の2点が特に有効であった。

1) 藤枝市の瀬戸口橋橋梁点検は、車道の有効幅員（ $W=3.6\text{m}$ ）が狭いため、橋梁点検車（BT200）を使用すると全面通行止めとなる。さらに、生活道路で回路が無い場合、通行止めが困難であった。そこで、今回の技術は、作業占有幅が1.0m程度であるため、車両通行帯を2.5m確保し、一般車両の通行止め規制を行うことなく作業を実施し、通過交通への影響を最小限に抑えることができた。

2) 島田市の柳島橋側道橋は、桁下空間（ $H=2.0\text{m}$ 以下）が狭く、中部電力の放水路に架橋されているため流量が多く流速も速いため、ボート、フロートなどを使用して人が近づくことが困難であった。そこで、今回の技術は、ロボットの鉛直ロッドが最小2.5mと狭い桁下空間でも作業が行うことができたため有効な技術であった。

本報告により、橋梁点検業務の精度が向上し、効率化が図れる取組み手法のひとつに点検支援ロボット技術「橋梁点検カメラシステム見る診る」を、記憶・採用していただければ幸いである。

