

# 長大PC橋の定期点検におけるロボット技術の活用

六郷恵哲・羽田野英明・中村俊夫

## 1. はじめに

平成25年の道路法改正により道路管理者による点検が法定化され、平成26年から道路法施行規則に基づく5年に一度の橋梁定期点検が行われている。地方自治体では、この定期点検の効率化や点検費用の低減が大きな課題となっている。地方自治体への技術的助言としての道路橋定期点検要領<sup>1)</sup>については、新技術の活用を含めた見直しが行われた<sup>2),3)</sup>。

岐阜大学では、内閣府の「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)」の「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」において、地域にSIPインフラ等の新技術を使っていただく(実装する)ための活動を、平成28年9月～31年3月に行った(以下「岐阜大学SIP」という。)<sup>4)</sup>。その活動の一部として、筆者らは平成29年度には地方自治体の橋梁点検においてロボット技術を利用するための指針<sup>5)</sup>の作成やフィールド試験を実施し、平成30年度には各務原大橋(写真-1)の定期点検においてロボット技術を活用した。本稿では、この活動の内容と結果について報告する。

## 2. 定期点検に費用がかかる各務原大橋

各務原市が管理する各務原大橋(写真-1)は橋長594mの長大PC橋であり、自転車歩行者道幅が3mと広いことから、図-1に示すような一般的な大型橋梁点検車(懐幅4m)の利用が困難である。超大型橋梁点検車(懐幅5m)やロープワーク、点検用足場等の特殊な点検方法が必要とされ、



写真-1 各務原大橋 (左岸側より)

点検費用が大きくなる。

## 3. ロボット技術の活用

図-2に示すように、点検ロボット技術を活用した事前調査(以下「事前調査」という。)を、道路橋定期点検要領に基づく近接目視に先立って実施した。事前調査では、点検対象とする部位について、ロボット等の眼により取得した損傷の有無や程度をあらかじめ把握した。近接目視点検では、事前調査の情報に基づいて、特に重点的に点検すべき部位や範囲を点検技術者があらかじめ決め、合理的で効率的な作業を行った。

なお、岐阜大学SIPにおけるフィールド試験の結果<sup>6)</sup>から、各務原大橋の全ての部材の事前調査を単一のロボット技術で網羅することは、現状のロボット技術の機能・性能では難しいと判断した。このため、今回の事前調査では、フィールド試験やその評価結果<sup>6)</sup>を踏まえて、図-2に示す6種類のロボット技術を組み合わせて活用した。図-3に各ロボット技術における調査対象部材の分担を示す。具体的な実施工程を、図-4に示す。

## 4. ロボット技術を活用した事前調査

事前調査<sup>4),7)</sup>では次に示す3種類の調査を行った。

### 4.1 広域調査

橋梁全体の状況把握、各種変状の位置関係の把握、橋梁のオルソフォトや3次元モデルの作成を目的として、橋梁全体を比較的視野の広いカメラで連続撮影した。0.3mm程度のひび割れを検出できる解像度(0.84 mm/pixel程度)を要求性能

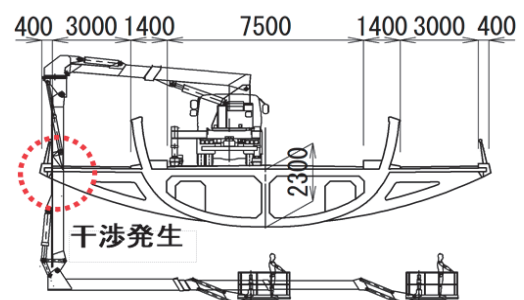


図-1 大型点検車を用いた橋梁点検



図-2 ロボット技術による事前調査の結果を踏まえた近接目視点検

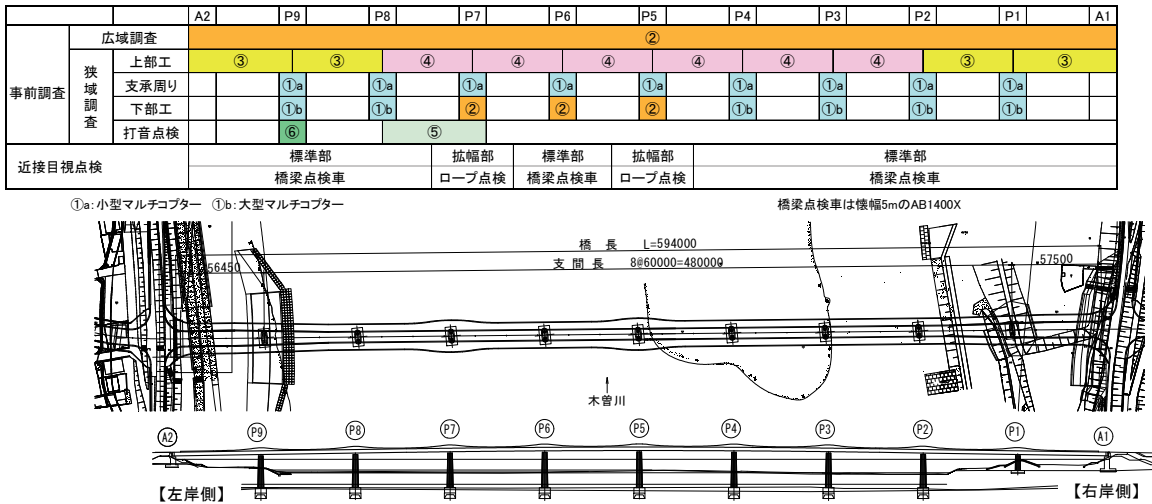


図-3 橋梁点検の分担

作業項目等		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
事前調査	事前準備(関係機関協議等)	■								
	現地調査	ロボット機能調整		■						
		広域調査			■					
		狭域調査				■				
		打音点検					■			
内業	変状状況資料作成				■					
	変状状況の把握					■				
	重点目視部位の整理						■			
近接目視	事前準備						■			
	点検車等による近接目視							■		
	点検結果の取り纏め								■	

図-4 実施工程

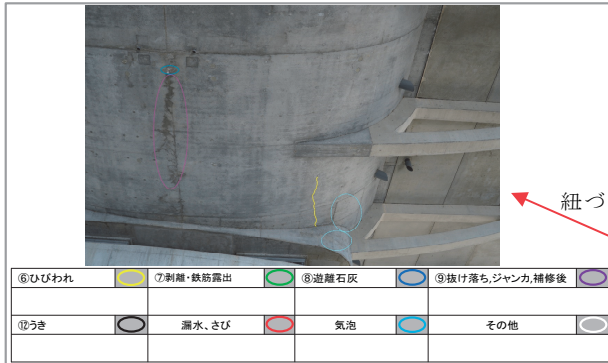
とし、撮影範囲は5m×3.4m程度とした。その性能は、岐阜大学SIPのフィールド試験で確認した。

広域調査結果は、図-5に示すように構造物単位(上部工一径間、下部工一橋脚)毎のオルソ写真を5m×5m程度のメッシュに分割して、各メッシュに対して撮影オリジナル画像との紐づけを行った。この撮影オリジナル画像に対しては、ソフトウェア上で変状のマーキングや注釈の記入、画像の拡大表示が可能であり、机上での変状確認と、後続の近接目視点検計画のための資料作成を効率的に実施することができた。

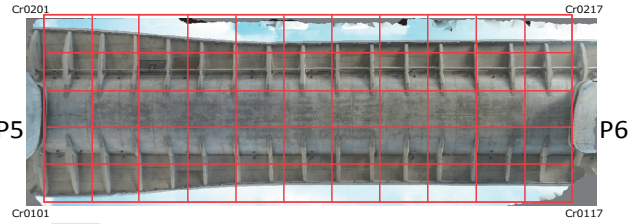
表-1 ロボット技術による取得情報への要求性能

要 求 内 容			検証方法
変状の検出	有無と種類	変状の有無と種類を認識できる。	近接目視により作成された変状図と比較して、変状の位置、範囲、方向が概ね一致している
	位置	変状箇所と他の部材との位置関係を検出できる。	
	範囲	「局所的」か「広範囲」かを判断できる。	
	方向等	変状の方向性やパターンを検出できる。	
変状の計測	寸法	0.2mm以上のひび割れ幅を0.1mm以内の誤差で計測できる。	変状や精度検証指標の計測結果が、概ね左記に示す許容誤差の範囲内である。
		変状の寸法を5cm以内の誤差で計測できる。	
	変位	桁遊間や支承の変位を10mm以内の誤差で計測できる。	

Windows Softで拡大・縮小・編集可能  
P5-P6\_橋下(DSC03264-p.jpg)



(a) 広域写真毎の変状情報



3188	2570	2268.2382	2127.2233	1991	1739.1838	1605	1391.1420	1178.1288	1026	3030
3230	3354	2412.2585	2680.2908	2095	1854.1966	1715	1454.1578	1313	1146	
3177	2559	2276.2374	1135.2447	4588	1747.1829	1614	1415.1465	1185.1276	1024	3018
3230	3347	2421.2604	2523.2868	2083	1872.1878	1705	1430.1563	1320	1137	
2537.2549	2688.2921	1149.2211	2006.2068	1256.1814	1622.1629	1398.1404	1193.1268	1041.1046	3002	
2615.2627	2843.2842	2845.2852	2820.1886	1622.1629	1470.1478	1260.1328	1041.1046	1113.1128	3013	
2564	3332	2406.2444	2027.2936	2074	1847.1948	1646.1552	1334			
3138.3148	2526.2697	2100.2347	2157.2201	2013	1764.1772	1638	1391.1415	1199.1206	1055	2995
3273	3315	2156.2478	2208.2828	2060	1807.1898	1685	1537			
2445.2790	2840.2848									
2513.2637	2507.2336	2166.2194	2023.2034	1782.1801	1647.1678	1387.1454	1216.1244	1066	2991	
2683.3312	2682.2954	2054	1806.1928	1685	1504.1528	1355	1104			

(b) 広域調査の写真台帳情報

図-5 広域調査結果の取り纏め

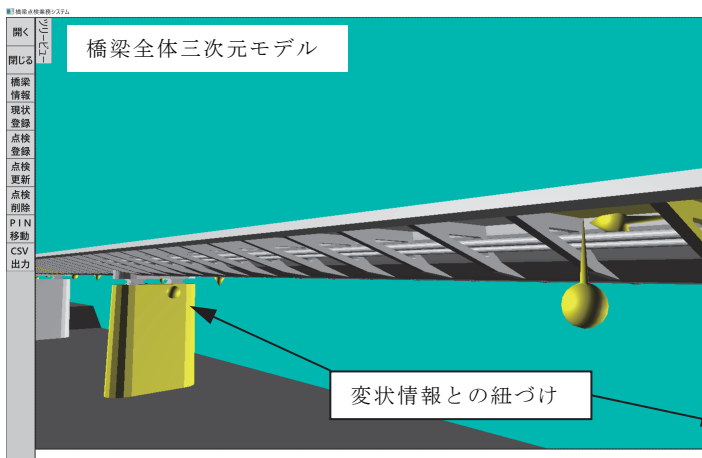


図-6 狭域調査結果の三次元変状マップと変状情報の紐づけ

## 4.2 狭域調査

0.2mm以上のひび割れを含む各種変状を検出することを目的として、部材に近接した詳細画像を比較的狭いカメラ視野で撮影した。岐阜県橋梁点検マニュアル<sup>8)</sup>をもとに作成した要求性能を表-1に示す。使用した技術がこの性能を満たすことを、岐阜大学SIPのフィールド試験で確認した。

狭域調査結果については、近接目視点検の取り纏めに利用できるように変状マップと写真台帳に整理した。変状マップは、変状位置と構造物との位置関係が理解しやすいように、広域調査で作成したオルソ写真画像を背景に配置し、その画像上に変状位置を示す資料とした。図-6に示すようにタブレット端末上に三次元構造モデルを表示し、検出された変状の位置を示すとともに、変状写真(健全性判定付き)を紐づけし、近接目視点検の現場で利用することで、作業の効率化を図った。

## 4.3 打音点検調査

広域調査や狭域調査によって、変色等からコンクリートの剥離や浮きが疑われる部位について、

ロボット技術を活用した打音点検調査を行った。なお、今回の事前調査では、剥離や浮きが疑われる部位が全区間で抽出されたが、打音点検ロボットの作業効率や利用可能期間の制約から、下部工はP9橋脚、上部工はP7~P8径間で実施し、他の部位は近接目視点検において確認することとした。

## 5. 事前調査結果を踏まえた近接目視点検

ロボット技術による事前調査で作成した変状図をもとに、標準部については超大型橋梁点検車を使用し、拡幅部についてはロープアクセスにより、上部工ならびに下部工の下記の部位について、近接目視点検を重点的に実施した。

- 健全性区部がⅡ以上の変状箇所(0.3mm以上の幅のひび割れ箇所等)
- ひび割れ(0.3mm未満)の密集発生箇所
- うき、剥離が疑われる箇所

ロボット点検技術により作成された変状図をもとに近接目視点検を行ったことにより、橋梁点検車両による橋面片側交通規制期間を10日間から4



表-2 関係者からのコメント

道路管理者	<p>各務原大橋の点検にロボット技術を活用することは、各務原市にとって大きなチャレンジとなりました。膨大なインフラの維持管理は、他の自治体と同様に当市においても課題となっています。</p> <p>道路管理者としては、保有するインフラ資産を適正に管理することが目的であり、その理念を踏まえてロボット技術の導入に取り組んだ結果、点検の精度が大幅に上がるとともに効率化が進み、成果面、費用面で大きなメリットがありました。</p> <p>この度の取組は、新しい橋梁点検のあり方を示す大きな一歩となりました。</p>
点検技術者	<p>ロボット技術による点検で作成された損傷図をもとに近接目視点検を行うことにより、重点的に点検する必要がある箇所を特定して点検を行うことができました。点検作業にメリハリをつけることができたことから、点検日数の削減に繋がりました。変状図、変状写真があるため、点検前の事前準備が整えられました。</p> <p>ロボット技術による事前調査を踏まえた近接目視点検では、対象橋梁を2回診ることができ、近接目視の主目的である「見落としの排除」に、みごとにつながるため、この点検手法に魅力を感じています。人間のミスを補うためのロボット技術という本来の姿かもしれません。</p>

日間に短縮できた。近接目視点検を、必要などころだけ行えば、点検作業はさらに短縮される。ロボット技術による撮影結果では、蜘蛛の糸や施工時のコンクリートのノロをひび割れとして抽出する場合があった。しかし、ひび割れをはじめとする変状の見落としが無く、変状結果を記録できるメリットは大きい。道路管理者ならびに点検技術者のコメントを表-2に示す。

## 6. おわりに

平成30年度に、全国の自治体の中で初めて、長大PC橋である各務原大橋の定期点検においてロボット点検技術を活用した。このことは、インフラ維持管理分野への新技術の導入を目指し、地域の大学が中心となって、技術開発者、行政、コンサルタントが一緒になって2年近くにわたって取り組んだことの成果である。

この活用により、参加したロボット点検技術の完成度が高まるとともに、橋梁点検車両による橋面片側交通規制期間を大幅に短縮できることや、ロボット技術により取得した情報がたいへん役立つこと等、ロボット点検技術を活用することのメリットが明らかとなった。

改定された道路橋定期点検要領<sup>2)</sup>の方針・内容を踏まえながら、橋梁の特徴（形式、規模、経年数等）に応じて、ロボット技術も含め、最適な点検技術を適用できる仕組みや組織が早期に確立されることが望まれる。

## 謝 辞

各務原大橋の定期点検へのロボット技術の活用に関し、貴重な助言をいただいた木村嘉富氏、新田恭士氏、大石龍太郎氏に感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 国土交通省道路局：道路橋定期点検要領、平成 26 年 6 月
- 2) 国土交通省道路局：道路橋定期点検要領、平成 31 年 2 月
- 3) 国土交通省第 10 回道路技術小委員会配付資料：  
[http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01\\_sg\\_000418.html](http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01_sg_000418.html)（閲覧日：平成 31 年 1 月 3 日）
- 4) 岐阜大学工学部インフラマネジメント技術研究センター：使いたくなる SIP 維持管理技術の ME ネットワークによる実装 HP、  
<http://me-unit.net/>（閲覧日：平成 31 年 1 月 10 日）
- 5) 新しい橋梁点検技術の適用性評価委員会：ロボット技術を取り入れた橋梁点検指針（案）－地方自治体向け－、岐阜大学 SIP 実装プロジェクト、平成 30 年 4 月
- 6) 各務原大橋点検方法検討会：各務原大橋点検方法検討会報告書、岐阜大学 SIP 実装プロジェクト、平成 30 年 4 月
- 7) 羽田野英明、他：ロボット技術を取り入れた長大 PC 橋の定期点検結果と今後への考察、コンクリート工学年次論文集、Vol.41、No.2、平成 31 年
- 8) 岐阜県県土整備部道路維持課：岐阜県橋梁点検マニュアル、平成 28 年 3 月

六郷恵哲



岐阜大学工学部社会基盤工学科名誉教授・特任教授、工博  
Dr. Keitetsu ROKUGO

羽田野英明



岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術研究センター客員教授、工博  
Dr. Hideaki HATANO

中村俊夫



各務原市道路課長  
Toshio NAKAMURA