

地方自治体が管理する橋梁におけるロボット技術を取り入れた橋梁点検支援の試み

岐阜大学 正会員 ○木下 幸治 岐阜大学 学生会員 蓮池 里菜 岐阜大学 正会員 羽田野 英明
大日コンサルタント(株) 正会員 矢島 賢治 岐阜大学 正会員 六郷 恵哲

1. 背景・目的

橋梁やトンネルをはじめとするインフラ構造物を安全快適に保ち長寿命化するうえで、新技術の積極的な導入が望まれている。しかしながら、「新技術の魅力が発注者や受注者といったユーザーに伝わりにくい」、「ユーザーのニーズや困っていることが技術開発者に伝わりにくい」、「新技術導入には基準類や会計検査等の制度上の制約がある」等の理由により、インフラメンテナンス分野では、新技術の導入は容易でない¹⁾²⁾。

新技術の開発及び導入に向けた取り組みとして、内閣府主導の「戦略的イノベーション創造プログラム(以後、SIP)」内の「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術(以後、SIP インフラ)」の分野があり、平成26年からSIP維持管理技術の研究開発が活発に行われている。地方自治体等におけるSIP維持管理技術の利用、すなわち社会実装を促すことを目的として、岐阜大学SIP実装プロジェクト(以後、岐阜大SIP)をはじめとする地域実装プロジェクトが活動している(活動期間:2016.9~2019.3)。

市区町村が管理する橋梁の中に占める橋長15m以上の橋梁の割合が大きいと、近接目視による橋梁点検費用が大きくなるという試算がある³⁾。このような点検が容易でない橋梁に対し、岐阜大SIPでは橋梁点検の事前調査にロボット技術導入を目指した「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)」を作成し、この指針(案)を基に地方自治体が行う橋梁点

検の支援を進めている。

そこで本研究では、当該指針(案)で示した橋梁点検のためのロボット技術の精度を検証するためのフィールド試験を実施した。また、当該指針(案)を基にロボット技術による事前調査を行う各務ヶ原大橋の橋梁点検方法を提案した。

2. ロボット技術の精度検証フィールド試験

自治体が管理する橋梁の点検にロボット技術を取り入れる場合には、道路橋定期点検要領⁴⁾と整合していることと、ロボット技術を取り入れた点検業務を発注する際の抛りところとなる規定が必要となる。そのため、岐阜大SIPでは、有識者を含めた委員会を組織し、「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)」とそれに基づく点検要領を作成した。表-1に本指針(案)で規定した取得情報の要求精度を示す。ロボット技術による取得情報を基に、点検技術者が損傷の状況を確認し、重点的な近接目視実施範囲の抽出に必要な損傷程度を評価するため、ロボット技術で取得する情報では、各部材において補修が必要となる健全性区分II以上となり得る損傷であるか否かが判断可能な精度を確保するものとした。

ロボット技術がこの要求精度を満たすことができるかどうか、複数回にわたり精度検証のためのフィールド試験を実施した。表-2に対象としたロボット技術を示す。精度検証は、①各社が検証した性能・精度確認資料による確認②精度検証用マーク(図-1)による計測機

表-1 ロボット技術による取得情報の要求内容(規定値等を検討中)

要求内容			検証方法
検出機能	有無	損傷の種類を認識できる。	左記の項目について確認できる写真や損傷図が提供されること。 提供された写真や損傷図が、近接目視により作成された損傷図と比較して、損傷の位置、範囲、方向が概ね一致していること。
	位置	損傷箇所と他の部材との位置関係をスケッチできる程度に検出できる。	
	範囲	損傷の範囲について、「局所的」あるいは「広範囲」を判断できるような全体像を検出できる。	
	方向(パターン)	損傷の方向性(水平、鉛直、斜め、鋼材方向、直交方向)あるいはパターン(網目状)を検出できる。	
	原因	漏水や遊離石灰等、水の影響が懸念される損傷について、水の侵入経路や発生源を検出できる。	
計測性能	大きさ	【ひび割れ幅】 0.2mm以上のひび割れ幅を0.1mm以内の誤差で計測できる。	近接目視により作成された損傷図に記載された損傷、あるいは人工的に作成した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こと。
		【ひび割れ長さ、剥離、鉄筋露出、漏水等】 5cm以内の誤差で計測できる。 (長さL=○○○cm, 面積A=○○○mm×○○○mm)	
	量	桁間や支承の変位を、10mm以内の誤差で計測できる。	

キーワード: SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)、橋梁点検、ロボット技術

連絡先: 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1番1 TEL058-230-2424

能の検証③ベンチマークと各社が作成した損傷図との対比により行った。精度検証用マークでは、(a)視認性マークによって、ひび割れ以外の損傷程度(長さ、面積、変形量等)の計測性能を、(b)クラックスケールによって、ひび割れ(幅、長さ)の計測性能を確認することとした。表-3に精度検証結果を基に岐大SIPが評価した結果を示す。これより、対象とした上記5技術は、条件付きとなる機能もあるが、すべて適用可能であると評価された。以上より、これらのロボット技術を適用した点検のため、具体的な適用方法について検討を進めた。

3. 自治体が管理する橋梁の点検支援事例

地方自治体が管理する点検が容易ではない橋梁の例として、岐阜県各務原市が管理する各務原大橋が挙げられる。各務原大橋は、木曽川に架かるPC10径間連続フィンバック橋(橋長594m)であり、平成25年度には土木学会田中賞作品賞を受賞している。本橋は、平成30年度に定期点検が予定されているが、歩道幅員が3mと広く、歩車道境界にフィンバック部材もあるため、図-2に示すように大型橋梁点検車(たとえばBT400等)を利用しても橋梁下面の点検作業ができないという課題を抱えている。特に、脚高が10m以上と高く、桁下からの点検作業が難しい河川内径間については、懐幅が5m程度の超大型橋梁点検車、あるいは点検足場設置、高所ロープ作業による橋梁点検作業が必要となり、コスト面での負担が大きくなる。

このような課題に対し、岐大SIPでは、ロボット技術を用いた橋梁定期点検の事前調査を実施した上で、近接目視点検を実施することを提案した。事前調査では、この調査の後に実施する橋梁定期点検業務の支援として、点検対象とする部材について、ロボット等の眼により取得した損傷の有無や程度に関する情報に基づいて、近接目視を重点的に実施する部材や範囲を点検技術者が抽出することで、橋梁定期点検の効率的な作業計画を立案するものである。この事前調査を踏まえた近接目視点検は、橋梁定期点検に相当する点検であり、先行して実施したロボット技術を使用した事前調査の結果を活用して近接目視による点検作業の効率化を図った上で、橋梁での安全で円滑な交通の確保、沿道や第三者への被害防止を図るため、橋梁に係わる維持管理のための情報を取得するものである。

現在、上記の方法によって定期点検の実施を目指しており、表-2に示した5技術を活用したロボット技術による事前調査に向け、各技術の適用箇所等の検討を進めている。

<参考文献> 1) 牧角龍憲：地方の社会資本整備に果たす学界の役割と取組みに必要な視点，土木学会論文集F，Vol.62，

No.1, pp.162-180, 2006.3. 2) 蓮池里菜，木下幸治，矢島賢治，高木朗義，六郷恵哲：インフラ構造物のメンテナンス等への新技術活用における障害と対策に関する考察，土木学会論文集F4(建設マネジメント)，Vol.73, No.4, pp. I_100- I_111, 2017.12. 3) 川西寛，丸山收，三木千壽：市町村の橋梁点検業務の費用分析と対策について，構造工学論文集，Vol.62A, pp. 459-471, 2016.3. 4) 国土交通省 HP，道路橋定期点検要領： <http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen.html> (2018年4月1日閲覧)

表-2 対象としたロボット技術

ロボット技術	特徴ある機能の例
二輪型 マルチコプタ	3Dモデルによる橋梁損傷状況の管理
可変ピッチ 機構付ドローン	自動飛行による近接撮影と損傷解析システム
橋梁点検 ロボットカメラ	PC箱桁橋梁の内外面の効率的な点検
橋梁点検 カメラシステム	遠隔地の専門技術者による損傷診断
打音機構付 点検ロボット	RC床版の自動打音・近接点検による損傷判定

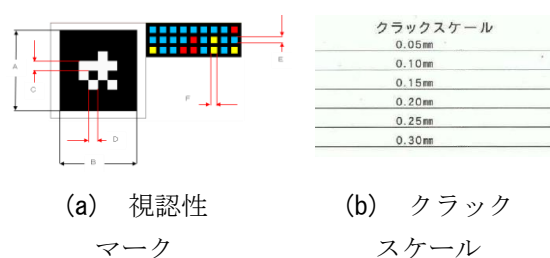


図-1 精度検証用マーク

表-3 ロボット技術の評価

評価機能	A社	B社	C社	D社	E社
① 点検情報の取得精度	B	B	A	A	A
② 重点的な近接目視点検範囲抽出	A	A	A	A	A
③ 点検調査作成の資料提供	損傷マップ写真台帳	損傷オルソ画像写真台帳	損傷マップ写真台帳	損傷マップ写真台帳	損傷確認資料画像データ
④ 点検時の非損傷部の記録	B	A	A	B	A
⑤ 点検情報の適切な整理	-	点検効率化アプリによる3D損傷可視化	ビデオ画像写真画像全方向写真	-	写真画像ビデオ画像

①～③ A:適用可, B:条件付適用可
④ A:適用可, B:機能追加・改良が必要

検討会にて最終調整予定

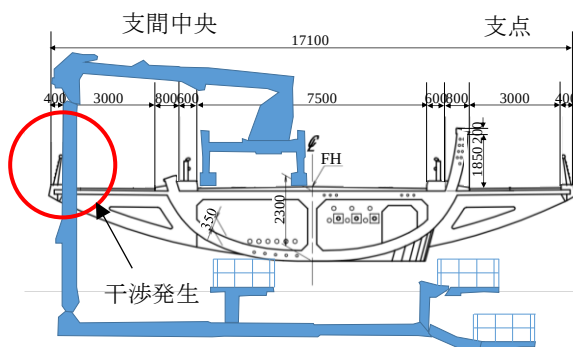


図-2 橋梁点検車 (BT400) による橋梁点検