

長大PC 橋におけるロボット技術を活用した橋梁点検



岐阜大学工学部
羽田野 英 明

1. はじめに

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「使いたくなる SIP 維持管理技術の ME（メンテナンスエキスパート）ネットワークによる実装（以下、岐阜大学 SIP）」という研究活動（期間 2016 年 9 月～2019 年 3 月）を実施してきた。

この研究活動の一環で、地方自治体が管理する橋梁の定期点検にロボット技術を取り入れることを目指した活動を行ってきた。ここでは、長大 PC 橋である各務原大橋の定期点検へのロボット技術の導入とその効果について報告する。なお、詳細な報告については、文献^{1,2)}に発表しており、ここでは、その抜粋をレポートとして報告する。

2. ロボット技術を活用した橋梁点検

ロボット技術の取り入れにあたっては、2017 年時点で

の点検技術基準への適合性、ロボット技術の特徴把握、性能の評価、技術の組合せ方、コストや発注の考え方など、さまざまな課題が存在した。岐阜大学 SIP では、これら課題への対応を検討し、「ロボット技術を取り入れた橋梁点検指針（案）」³⁾を作成した。指針（案）では、当時の法定点検との適合性を考慮し、ロボット技術を活用した事前調査に重点を置いた。この事前調査では、ロボットなどの眼により取得した変状の有無や程度に関する情報に基づき、点検技術者が近接目視を重点的に実施する部材や範囲を決めることとした。

3. 各務原大橋での定期点検

各務原市が管理する橋長 594 m の各務原大橋（写真 - 1）では指針（案）を活用し、ロボット点検技術を用いた橋梁定期点検を実施した。この橋梁は自転車・歩行者道幅が広く、図 - 1 に示すように、一般的な大型橋梁点検車（懐幅 4 m）の利用が困難であり、超大型橋梁点検車や高所ロープワーク、点検用足場などの特殊な点検方法が必要であり、ロボット技術を活用した橋梁点検が有効と考えられた。

3.1 利用したロボット技術

岐阜大学 SIP でのフィールド試験の結果⁴⁾から、各務原大橋のすべての部材の事前調査を単一のロボット技術で実施することは、現状のロボット技術では能力的に難しいと判断した。このため、図 - 2 に示すように 6 種類のロボット技術を組み合わせて活用し、その調査結果を踏まえて、超大型橋梁点検車（懐幅 5 m）と高所ロープワークを用いた近接目視点検を実施した。



写真 - 1 各務原大橋（10 径間連続フィンバック PC 橋）

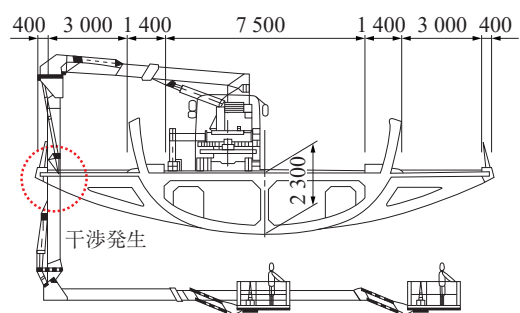


図 - 1 大型橋梁点検車を用いた橋梁点検

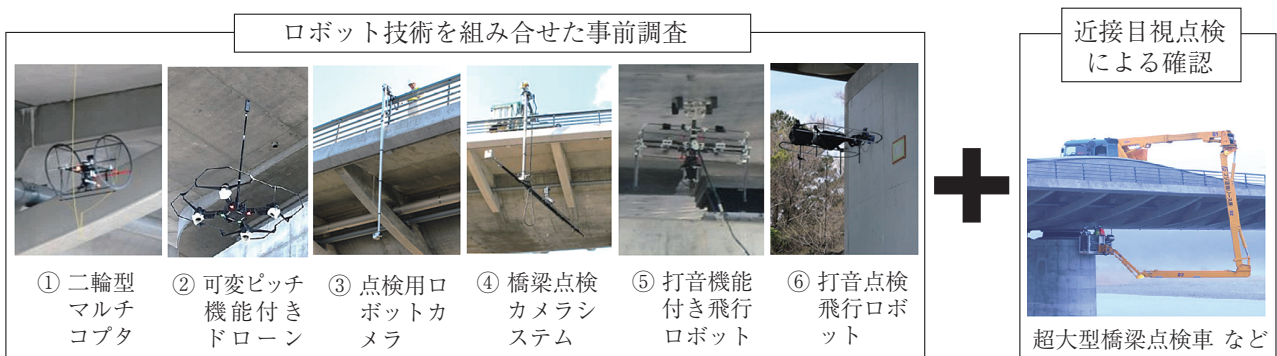


図 - 2 ロボット技術による事前調査を踏まえた近接目視点検

表 - 1 事前調査と近接目視点検の変状検出状況

(単位：箇所)

部位	項目	ひび割れ	漏水 遊離石灰	剥離 鉄筋露出	うき	その他	変状総数	うきの 疑い	
上部工	ロボット による 事前調査	変状の検出	269	168	17	-	25	479	22
		検出漏れ (点検不可)	2	3	0	-	2	7	-
		検出間違い (変状無)	6	0	4	-	1	11	-
	近接目視 定期点検	近接目視重点箇所	90	26	6	-	24	146	22
		点検調書への記載	24	29	0	2	9	64	-
下部工	ロボット による 事前調査	変状の検出	374	4	0	-	0	378	40
		検出漏れ (点検不可)	0	0	0	-	0	0	-
		検出間違い (変状無)	0	0	0	-	0	0	-
	近接目視 定期点検	近接目視重点箇所	56	4	0	-	0	60	40
		点検調書への記載	16	4	0	2	0	22	-

3.2 事前調査の内容

事前調査では、広域、狭域、打音点検の3種類の調査を行った。

広域調査は、橋梁全体の状況把握、各種変状の位置関係の把握、橋梁のオルソ写真や3次元モデル作成のための調査であり、比較的視野の広いカメラで橋梁全体を連続的に撮影した。広域調査結果は、上部工1径間、下部工1基ごとのオルソ写真を5×5m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を紐づけることで整理した。これにより、点検技術者が机上で変状確認を行うことができ、近接目視点検計画のための資料を効率的に作成することができた。

狭域調査は、0.2mm以上のひび割れを含む各種変状を検出するための調査であり、比較的狭いカメラ視野で部材に近接した詳細画像を撮影した。狭域調査結果は、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。さらに、タブレット端末上に3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)を紐づけて整理した。このタブレット端末を、近接目視点検での現場で利用することで、効率的な近接目視点検作業が可能となった。

打音点検調査は、広域や狭域調査によって検出された変色などの変状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、ロボットを活用した打音点検を実施した。この調査による打音の音響解析から、浮きと判定された部位が存在した。これらの部位については、近接目視点検時に技術者による打音点検を行い、ロボットによる打音点検の有効性を確認した。

4. ロボット技術活用の効果

ロボット技術を活用した事前調査で、変状の種類や位置を事前に把握・整理し、その結果をもとに重点的な近接目

視点検が必要な箇所や部位を絞り込むことで、メリハリをつけた近接目視点検を行うことができた。

表 - 1 に事前調査と近接目視点検による変状抽出結果の総括表を示す。「検出漏れ (点検不可)」とは、ロボットでの画像撮影の死角となった箇所、近接目視点検で新たに検出された変状箇所数を示す。表より、点検調書に記載された変状 (64 + 22 = 88 箇所) に対し、ロボット技術では 857 (= 479 + 378) 箇所と微細な変状まで検出しており、十分な検出精度であることが分かる。

ロボット技術の導入効果として、橋梁全面の点検詳細画像が取得・整理できるだけでなく、各務原大橋では、超大型橋梁点検車による近接目視作業の日数を、従来手法の10日間から4日間へと大幅に短縮することができた。超大型橋梁点検車を利用する場合は、片側通行規制を行うことになり交通渋滞が発生する。その通行規制による交通渋滞 (最大渋滞長 1.5 km) では、橋梁を通過するのに最大 40 分程度かかる場合もあり、この期間が6日間も短縮できたことは、道路利用者に対しても大きなメリットであり、交通渋滞による経済的損失を軽減する効果も大きかったと思われる。

今後は、このような点検専用ロボット技術を活用した橋梁点検とともに、誰でも利用できる小型汎用ドローンなどを点検ツールとして活用する技術についての地域実装を支援したいと考えている。

参考文献

- 1) 六郷恵哲, 羽田野英明, 矢島賢治: 橋梁点検用ロボット技術の活用促進に向けた取組み, プレストレストコンクリート, Vol.61, No.6, pp.32-37, 2019.11.
- 2) 羽田野英明, 溝部美幸, 六郷恵哲: ロボット技術と近接目視でPC橋の定期点検, 建設機械, Vol.56, pp.38-43, 2020.2.
- 3) 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), 2018.4.
- 4) 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, 2018.4.

[2020年4月5日受付]