

地方自治体の橋梁定期点検へのロボット技術の導入と評価

— 各務原大橋における試み —

Introduction and Evaluation of Robot Technologies for Periodic Bridge Inspection by a Local Government
— Field Trial on Kakamigahara Bridge —

Hatano Hideaki
羽田野 英明*

Yajima Kenji
矢島 賢治****

Furusawa Eiji
古澤 栄二**

Yoshikawa Tomohiro
吉川 知宏*****

Mizobe Yoshiyuki
溝部 美幸***

Rokugo Keitetsu
六郷 恵哲*****

はじめに

岐阜大学では、平成28年9月より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・マネジメント技術で、「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）」という活動を行っている¹⁾。その中では、SIPで開発されたインフラ維持管理技術の地域実装を行うため、それらの技術説明会やフィールド試験を行い、新技術の地域実装における課題を抽出する調査研究²⁾も行っている。ここでは、それらの研究活動の一部である橋梁点検ロボット技術の地域実装について報告する。

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年からは「道路法施行規則」に基づく5年に1回の定期点検が開始されている。全国には約73万橋の定期点検が必要な橋梁があり、その約7割が市町村の管理となっている。そのため、地方自治体の橋梁維持管理においては、定期点検の効率化やコスト低減が大きな課題となっている。

岐阜大学SIPでは、平成29年度から各務原市が管理する橋長594mの長大PC橋である各務原大橋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いる^{3)~5)}。ロボット技術の取入れにあたっては、「道路橋定期点検要領」⁶⁾、「岐阜県橋梁点検マニュアル」⁷⁾などの現行技術基準への適合のさせ方、ロボット技術の特徴把握、性能の評価、技術の組み合わせ方、コストや発注の考え方等、様々な課題がある。

本報告では、地方自治体が管理する道路橋の定期点検に点検ロボット技術を導入する際に参考となるように、現行基準への適合を踏まえて作成した「点検指針(案)」⁸⁾とロボット技術への要求性能、フィールド試験による評価結果、実業務での活用等について述べる。

1. 地方自治体における橋梁点検の課題

73万橋を対象とした5年に1回の橋梁点検は、平成30

年度に1サイクルが完了する予定で進められており、橋梁点検に対するいろいろな課題も顕在化してきた。地方自治体の橋梁定期点検には以下のような課題がある。

(1) 橋梁点検費用の削減

地方自治体がインフラの維持管理に充当できる予算は十分とはいえない。橋梁点検を優先すると、補修・補強への予算配分が圧迫され、適切な維持管理が難しい状況にある。補修・補強への予算配分が確保できるように点検費の合理的な縮減が求められる。

(2) 交通渋滞の回避と渋滞に伴う社会的損失の軽減

点検部位の桁下が高い位置にあり、桁下に高所作業車などが進入できない場合には、橋梁点検車を使用した点検作業となる。この場合、橋面車道部の1~1.5車線を占有した作業となるため、交通規制が必要となる。迂回路が確保できない場合や、迂回路が長くなる場合は、交通規制期間の短縮が求められるとともに、渋滞が生じる場合は交通規制期間の短縮による社会的損失の軽減も求められる。

(3) 変状の経年変化が把握可能な点検記録の整備

点検時に変状が認められなかった部位については、点検記録に記載されない。そのため、その後の点検時に新たな変状が認められた場合に、前回数点検時の記録が参照できず、変状の経年変化が把握できない。また、変状の記録方式はスケッチ等であり、正確な位置が記録されていない場合が多い。前回の点検結果の的確な参照が可能で、変状の経年変化を的確に把握できるような点検記録の整備が必要である。

(4) 補修設計への的確な情報提供

橋梁点検業務で補修等が必要と判断された場合、新たな補修設計業務が発注される。この業務では、補修範囲や数量を的確に把握するための調査が行われる。この調査は、精度的な違いはあるものの、橋梁点検とほぼ同一であり、合理的な点検記録の整備で、このような重複作業を回避でき、効率的な補修設計が可能となる。

(5) 損傷部位情報の容易で迅速な参照

現行の点検結果は、損傷マップに記載された損傷種類と

* 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 博士(工学)
** 岐阜県建設コンサルタンツ協会 ((株)ティコク 技術第3部 次長) 岐阜大学ME
*** // ((株)ユニオン 設計第1部 課長) //
**** // (大日コンサルタント(株) コンサルタント事業部 参事)
***** 各務原市役所 都市建設部 主任技師 岐阜大学ME
***** 岐阜大学工学部社会基盤工学科 特任教授 工学博士

キーワード：橋梁定期点検、ロボット技術、地方自治体、点検指針、ドローン、ロボットカメラ

写真番号から損傷写真台帳等を検索して、損傷部位を確認する紙ベースの形態であり、迅速な橋梁点検結果の参照には適していない。損傷部位の容易で迅速な参照が可能な電子化された記録の整備が求められる。

(6) 将来的な点検技術者の不足への対応

現状の橋梁点検作業は、建設コンサルタントに委託する機会が多いが、若者の建設業離れによって、建設コンサルタントも新たな人材確保が厳しい状況にある。橋梁点検作業は、危険を伴う高所での点検作業も多いことから、若者の就業が敬遠されやすく、将来的には点検技術者の不足が懸念される。点検技術者を確保できるような点検作業環境の整備が必要である。

2. ロボット技術の導入に向けた基準類の整備

前述した地方自治体における橋梁点検での課題は、ドローン等を用いたロボット技術を取り入れることで、その多くが解決できると考えられるが、ロボット技術を取り入れることで、新たな課題も出てくる。表-1に橋梁定期点検にロボット技術を取り入れる場合の課題を、基準類、ロボット技術、コストに分けて示すとともに、それぞれの課題に対する岐阜大学SIPの取組みの要点を示す。

岐阜大学SIPでは、幅広い意見を集約するために、内閣府、国土交通省、科学技術振興機構、岐阜県、岐阜県建設研究センター、岐阜県建設コンサルタント協会、岐阜大学等の関係者からなる「新しい橋梁点検技術の適用性評価委員会」（平成29年7月～平成30年3月）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－」（以下、指針(案)）を作成して公開した⁸⁾。

また、平成30年度に橋梁定期点検が予定されている各務原大橋の定期点検に向けて、岐阜大学、岐阜県建設コンサルタント協会、橋梁管理者である各務原市、岐阜県建設研究センターからなる「各務原大橋点検方法検討会」（平成29年10月～）を組織した。この検討会では、各務原大橋のフィールド試験で得られたロボット点検技術の現場適用性について検証するとともに、具体的な点検方法について検討した。検討会では、「各務原大橋点検方法検討会報告書（①岐阜県橋梁点検マニュアルによる取得情報の要求性能、②各務原大橋におけるロボット技術の評価）」を作成し、公開した⁹⁾。

2-1 ロボット技術を取り入れた橋梁点検指針(案)

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た前例がないことから、業務発注する際の拠り所となる技術基準等が必要である。また、この技術基準は、「道路橋定期点検要領」⁶⁾と整合させる必要がある。指針(案)の特徴は、以下のとおりである。

(1) 事前調査におけるロボット技術の活用

「指針(案)」では、近接目視点検の支援として、ロボッ

ト技術を活用した事前調査に重点を置いた。橋梁点検の手順として、図-1に示すようにロボット技術による事前調査と「道路橋定期点検要領」に基づく点検を組み合わせた。図に示したように、ロボット技術で取得する変状情報①を充実させることで、法定点検の近接目視作業②における損傷のスケッチ作業や写真撮影作業が軽減できる。なお、現行では「点検要領」との整合に配慮し、近接目視作業は全面的に行うこととした。将来的には、ロボット技術の機能がさらに向上し、ロボット技術を併用できる「点検要領」が整備されれば、近接目視点検部位のスクリーニングに活用することで、更なる効率化が可能と考えている。

(2) 対象とする橋梁形式

指針(案)で対象とする橋梁形式は、コンクリート橋とした。これは、現時点における各種ロボット技術の機能や精度を前提として、橋梁の形状が単純でありロボット技術による橋梁点検の支援の可能性が高いと判断したからである。

(3) ロボット技術に求める取得情報の要求精度

ロボットによる事前調査の精度は、健全性区分がⅡ以上となりうる損傷であるかどうかを判断可能な精度とした。指針(案)を幅広い自治体で活用できるように、より具体的な要求性能は、利用する自治体の「点検要領」等を参考

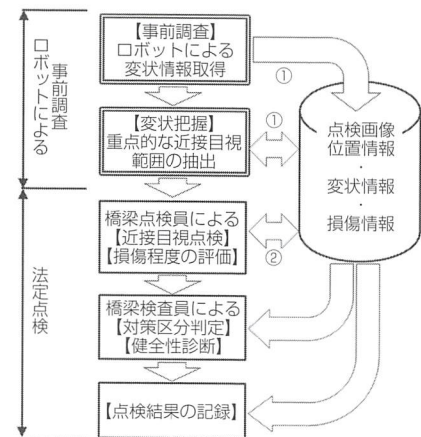


図-1 ロボット技術を取り入れた橋梁点検のフロー

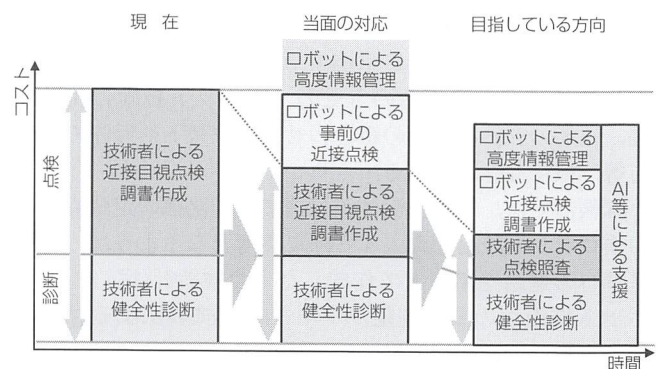


図-2 橋梁点検費の構成

表-1 橋梁定期点検にロボット技術を取り入れる場合の課題と岐阜大学SIPの取組み

	課題	岐阜大学SIPの取組みの要点
基準類	<ul style="list-style-type: none"> ロボット技術取入れの拠り所となる基準類が無い 点検方法は「道路橋定期点検要領」に整合 	<ul style="list-style-type: none"> 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⁸⁾ 「点検要領」に基づく近接目視点検の前に、ロボット技術で事前調査を行うことを提案
ロボット技術	<ul style="list-style-type: none"> ロボット技術への要求内容が不明確 技術の評価が十分に行われていない 全部位の点検を行える単独のロボット技術がない 	<ul style="list-style-type: none"> 部材の健全性区分が「道路橋定期点検要領」で規定するⅡ以上となりうるか否かを判断可能な性能を要求(表-2) 各務原大橋におけるフィールド試験でロボット技術の性能を評価(表-4) 複数のロボット技術を組み合わせて用いることを提案(図-5)
コスト	<ul style="list-style-type: none"> 点検コスト削減の可能性が分かりにくい 	<ul style="list-style-type: none"> ロボット技術による事前調査をスクリーニング調査に変えるとともに、AIを活用することを提案(図-2)

に定めるものとした。

(4) 点検結果の高度情報管理

ロボット技術については、従来の橋梁定期点検で必要となる機能以外に高度情報管理として次のような機能を規定した。

- ① 損傷の見られない範囲を確認できる情報の記録
- ② 損傷図作成のために広範囲の確認ができる映像記録
- ③ 損傷位置や写真等を3次元情報として管理できる機能の提供

(5) 橋梁点検のコスト

ロボット技術を取り入れた橋梁点検のコストについては、図-2のように考えた。現行では、ロボット技術による高度な情報管理を行うと、現行の点検費用より増加する。当面、ロボット技術による高度な情報管理を含まない部分で、現行費用と同程度以下に抑えることとした。目指す方向としては、ロボット技術による高度情報管理を含め、現行費用と同程度以下に抑え、技術者による照査と健全性診断だけが残るといような状況を想定している。ロボット技術を取り入れた橋梁点検のコストは、以下の方法

で下げることが十分可能であると考えている。

- ・取得データを解析して変状を検出する作業を、AI等を活用して自動化する。
- ・ロボット技術による調査結果をもとに、すべての部位ではなく必要な部位のみ、橋梁点検車等を用いて近接目視点検を行う（事前調査からスクリーニング調査へ）。

2-2 ロボット技術に求める要求性能

ロボット技術で取得した変状情報に基づき、各部材の健全性区分がⅡ以上であるか否かを判断できるように、表-2に示すロボット技術に求める要求性能を設定した。これは、「岐阜県橋梁点検マニュアル」⁷⁾に基づき、コンクリート橋を対象としたものである。診断技術者が橋梁の各部材の健全性を判定するために求める情報と、ロボット技術が提示すべき情報を整理したうえで、それぞれの取得情報に対する要求性能を規定した。なお、「岐阜県橋梁点検マニュアル」では、健全性区分ⅠをIa（健全）とIb（経過観察：ほぼ健全）に分類していることから、これを判別できることを要求性能とした。

表-2 ロボット技術による取得情報の要求性能

		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、方向がおおむ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変状について、水の浸入経路や発生源を検出できる。	
計測性能	寸法	【ひび割れ幅】 0.2 mm以上のひび割れ幅を0.0～+0.1 mm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、おおむ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】 寸法を5 cm以内の誤差で計測できる。 (長さL = ○○○cm, 面積A = ○○cm × ○○cm)	
	量	桁遊間や支承の変位を、10 mm以内の誤差で計測できる。	

※ 幅0.3 mmのひび割れ幅の検知漏れがないように、以下のような性能とする。
0.2 mmのひび割れ幅に対して、測定結果を安全側に0.3 mm (0.2 mm + 誤差0.1 mm) と出力することは許容する。
0.3 mmのひび割れ幅に対して、測定結果が危険側に0.2 mm (0.3 mm - 誤差0.1 mm) とすることは許容しない。



写真-1 各務原大橋（右岸側より）



写真-2 自転車歩行者道部とフィンバック部材



写真-3 張出し部のない橋脚構造



写真-4 自転車歩行者道部ブラケット構造

3. ロボット技術の評価

3-1 対象橋梁の概要

各務原大橋(写真-1)は、岐阜県各務原市の木曾川に架かる10径間連続フィンバック橋(橋長594m)である。車道部の標準幅員は7.5mで、上下流とも3m幅員(一部拡幅部では5m)の自転車歩行者道(写真-2)が整備されている。

橋脚は張出し部のない小判形(写真-3)であり、その高さは水面より10m程度である。橋脚天端幅は支点上横桁の幅と同一として景観面での配慮がなされている。自転車歩行者道の構造は、プレキャスト製ブラケットで支持されたPC版構造(写真-4)という特殊な形式となっている。

3-2 対象橋梁の定期点検時の課題

本橋の自転車歩行者道は図-3に示すように幅員3mと広く、歩車道境界にフィンバック部材もあるため、一般的

な大型橋梁点検車(BT400等)を利用しても橋梁下面の点検作業ができない。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420m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

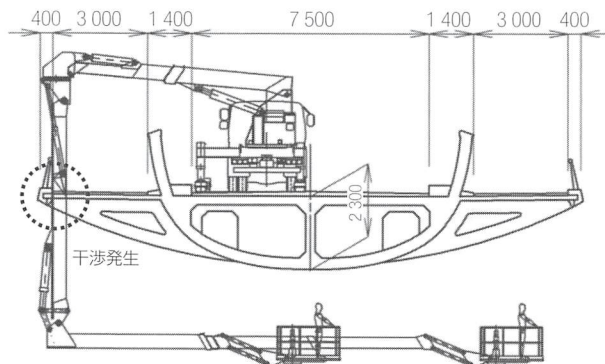


図-3 大型点検車を用いた橋梁点検

表-3 ロボット技術の概要

種類	技術名称	開発会社	特徴	ロボットの稼働状況
ドローン系	① 二輪型 マルチ コプタ	富士通 ・ 名古屋工業大学	高橋脚や高所の支承部等、技術者が容易に近接できない点検箇所に素早く移動して近接撮影を行う技術である。撮影した画像等の点検データを3D-CADモデルに紐付けて一元管理し、多時期データの比較による変状進行度合いの把握などの様々な用途に活用できる。	
	② 可変ピッチ 機能付き ドローン	デンソー	点検用足場・大型点検車・ロープアクセス等による橋梁点検作業の最小限化を目指したUAVによる点検スクリーニング技術である。高橋脚や超幅広橋梁等の全面近接目視の点検費が高額となる橋梁について全面近接飛行撮影を行い、その撮影データから変状を抽出し、位置を特定する技術である。また、ディープラーニング等を用いた損傷や健全度の判別機能も開発中である。	
ロボットカメラ系	③ 橋梁点検 ロボット カメラ	三井住友建設 ・ 日立産業制御 ソリューションズ	橋梁点検の支援を行い、変状箇所の経年変化を監視するモニタリング技術にも使用できる。近接目視が困難な部位をロボットカメラで撮影し、変状の把握、ひび割れ幅、長さの計測を行うことで、点検精度の向上を図ることができる。	
	④ 橋梁点検 カメラ システム	ジビル 調査設計	点検足場・大型点検車・ロープアクセス等が必要となる橋梁の上部工下面や下部工の点検・モニタリングを支援する技術である。高精細ビデオカメラ撮影での点検動画の記録により点検漏れを防止し、点検ライブ動画を複数技術者が確認することで点検・診断精度の向上が可能である。また、ロボットアーム台車によるひび割れ幅計測や、回転式打診球による接触調査の支援ができる。	
打音点検ロボット	⑤ 打音 機能付き 飛行 ロボット	新日本 非破壊検査	飛行型ロボットにより橋梁やトンネル等の点検を支援または一部代替する技術である。近接目視の代替としてカメラによる撮影、ひび割れの自動検出や形状測定など可能で、技術者に代わって簡易的な打音検査を効率的に実施し、空洞や剥離などを識別できる。	
	⑥ 打音点検 飛行 ロボット	日本電気	高所における打音検査に、打検機を搭載した飛行ロボットを用いることで、橋梁点検車等を用いずに打音検査を可能にする技術であり、高所位置にあるコンクリート部材の打音検査が可能である。	

やロープ高所作業による点検作業が必要となり、コスト面での負担も大きい。

3-3 対象ロボット技術

表-3に示す6種類のロボット技術を対象として、2回のフィールド試験（平成29年4月、11月）を実施した。なお、ロボット技術の評価は11月に実施したフィールド試験に参加した5種類について実施した。

3-4 損傷の検出性能の評価

表-2に示した損傷の検出機能については、別途実施した近接目視点検によって作成した損傷図（ベンチマーク）と、ロボットが取得した情報から作成した変状図を比較し

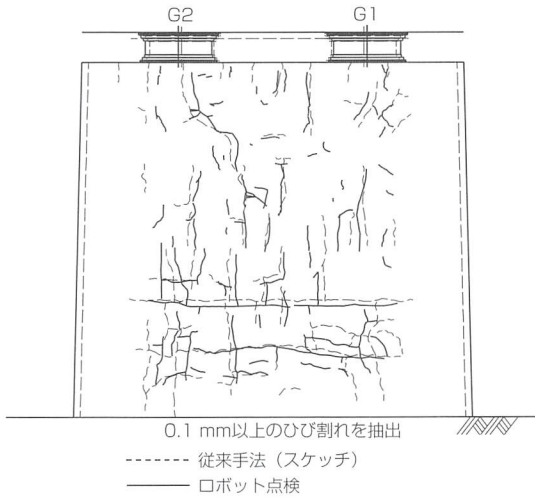


図-4 従来手法とロボット点検結果の比較（例）

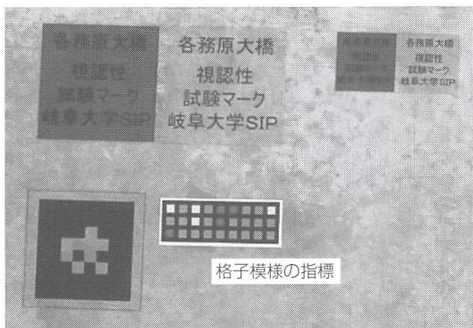


写真-5 視認性検証指標

た。その結果は、以下のとおりであった。

- ① 損傷の有無と種類（試験範囲内の損傷種類は、ひび割れ・漏水・遊離石灰のみ）は、すべてのロボット技術の写真から認識可能であった。
- ② 損傷位置はおおむね一致しており、ロボット技術によって多少の差異は認められるものの、橋梁点検の記録として十分利用できるかと判断した。ベンチマークの結果を上回る変状検出を行ったロボット技術もあった。図-4に下部工に対して実施した近接目視点検結果とロボット技術で作成した変状図を比較した一例を示す。
- ③ 損傷の範囲、方向（パターン）、水の浸入経路については、各技術とも十分認識できる性能を有していた。

3-5 損傷の計測性能の評価

計測性能の評価は、視認性検証指標（写真-5）と透明フィルムに幅0.05～0.30 mm（0.05 mm刻み）で印刷した疑似クラック（長さ90 mm）指標を利用して実施した。写真-5に示した視認性検証指標は、透明フィルムに印刷した10 cm角と5 cm角の指標と、格子模様の指標（赤・青・黄色の矩形は7 mm角）とした。その結果は、以下のとおりであった。

- ① ひび割れ幅の計測は、疑似クラック幅の計測結果でおおむね0.1 mm以内の精度が確保されていた。一部で0.1 mm以上の誤差があったものの、0.2 mm以上の誤差はなかった。誤差の要因は撮影方式による角度補正（台形補正）や魚眼レンズのひずみ補正による誤差によるものと考えられた。いずれも、ひび割れ幅を大き目に評価しており、0.05 mmの疑似クラック幅を検知できていることから、0.2 mm以上のひび割れの検出には問題のない精度と判断した。
- ② ひび割れ長さやコンクリート剥離・鉄筋露出・漏水等の範囲の計測に関しては、疑似クラックの長さや視認性指標の矩形の寸法計測結果で評価した。すべての技術について要求性能で求めた精度を十分満足していた。
- ③ 桁遊間・支承変位量の計測に関しては、視認性指標の格子模様の計測結果により評価した。すべての技術について要求性能で求めた精度を十分満足していた。

表-4 各務原大橋におけるロボット技術の評価

点検対象部位	各務原大橋に対する適用性評価	ドローン系		ロボットカメラ系		打音点検ロボット
		①二輪型マルチコプタ	②可変ピッチ機能付きドローン	③橋梁点検ロボットカメラ	④橋梁点検カメラシステム	⑤打音機能付き飛行ロボット
河川内径間での適用	A: 適用可 B: 条件付き適用可 C: 対象外	B ボート等利用	B ボート等利用	A	A	B ボート等利用
床版下面		A (-) 要再検証	A	A	A	A (+) 打音点検可
主桁（側面）		C 曲面対応不可	A	A	A	B 上側のみ点検可能
主桁（下面）		A (-) 要再検証	A	A	B 中央部の点検不可	A
支点上横桁		C 対応不可	A	B 側面側のみ点検可	A	C 対応不可
ブラケット		A	A	A	A	B 下面のみ
支承		A	A (-) 要再検証	B 支承間の点検不可	B 支承間の点検不可	C 対応不可
排水管等附属物		A	A	A	A	A
下部工（天端）		A	A (-) 要再検証	C 対応不可	C 対応不可	C 対応不可
下部工（側面） （天端～水面上）		A	A	C 対応不可	C 対応不可	C 対応不可

3-6 対象橋梁への適用性評価

ロボット技術で取得した変状情報およびその性能評価結果について、各務原大橋での点検対象部位ごとの適用性を評価した結果を表-4に示す。この表から、適用する部位を限定すれば十分な適用性はあるものの、取り上げたロボット技術の範囲では、1種類のロボット技術のみで、すべての部位を確実に点検することは、現時点では難しいことがわかった。

4. 各務原大橋での活用形態

平成30年度に実施する各務原大橋の定期点検は、図-1に示した2種類の業務に分割して実施することとした。

業務1：ロボット技術による橋梁定期点検の事前調査であり、この調査の後に実施する**業務2**の支援として、点検対象とする部材（床版下面、主桁、下部工）について、ロボット等の眼により変状情報を取得する。取得した変状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決め、**業務2**の効率的な作業計画を提案する。

業務2：ロボット技術による事前調査結果を踏まえた点検車等を用いた近接目視点検であり、橋梁定期点検に相当する点検である。この点検では、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うえで、全面的近接目視点検を実施する。

4-1 ロボット技術の組み合わせ

各務原大橋での各ロボット技術の適用性評価を踏まえて、**業務1**の事前調査では以下の2種類の調査を実施する。この調査では、表-3に示した6種類のロボット技術を、図-5に示すような分担で行う。

(1) 広域調査

広域調査とは、比較的広い視野で行う調査である。1種類のロボット技術の高速性を生かして、橋梁全体（橋梁上部工下面および下部工）を対象として、主としてひび割れ以外の変状を検出する調査を行う。この調査では、最小

10 mm程度の変状が検出できるような精度とし、1回の撮影範囲は、約3~5 m四方とする。この調査結果は、3次元損傷マップ等の次世代の橋梁点検の在り方を提示する点検情報の高度化処理にも活用する。

(2) 狭域調査

狭域調査とは、比較的狭い視野で行う調査であり、主として、ひび割れを検出するための近接調査である。0.2 mm以上のひび割れ幅を計測できるロボット技術を活用して実施する。また、広域調査によって変色等によりコンクリートの剥離や浮きが疑われる部位については、打音点検が可能なロボット技術を活用した調査を行う。

4-2 ロボット技術による事前調査の成果形態

ロボット技術を事前調査に利用する場合、点検技術者が各ロボット技術で作成された資料をもとに、部位ごとの損傷状況を把握するための作業を行うため、以下のような成果が必要となる。

- ① ロボット技術によって作成される資料は、表-5に示すような6種類の形態に区分できる。点検技術者の作業性を考慮した場合、レベル3（図-6）もしくはレベル4（図-7）の資料が求められる。
- ② 資料で参照する画像データは生写真だけでなく、点検技術者が変状部を容易に確認できるように、約5 m四方のオルソモザイク写真（オルソ画像、あるいは複数の写真を繋ぎ合わせた写真）も含めるものとし、パソコンでの拡大・縮小操作により0.2 mm以上のひび割れを判読・計測可能な精度とする。
- ③ 画像データには、変状部の寸法計測が可能なように情報付加を行う。情報の付加方法は、ワールドファイル形式あるいはExif形式とする。
- ④ 画像データは、パソコン上での画像による変状やその寸法計測を、事前調査用のパソコン（搭載メモリ16~32Gbyte）で円滑に行えるような画素数とする。

4-3 各務原大橋での実装に向けた活動

ロボット技術を本格的に取り入れた橋梁定期点検の実績等は公表されていないので、業務発注に向けて参考となる業務仕様書（例）を、これまでのフィールド試験やその適

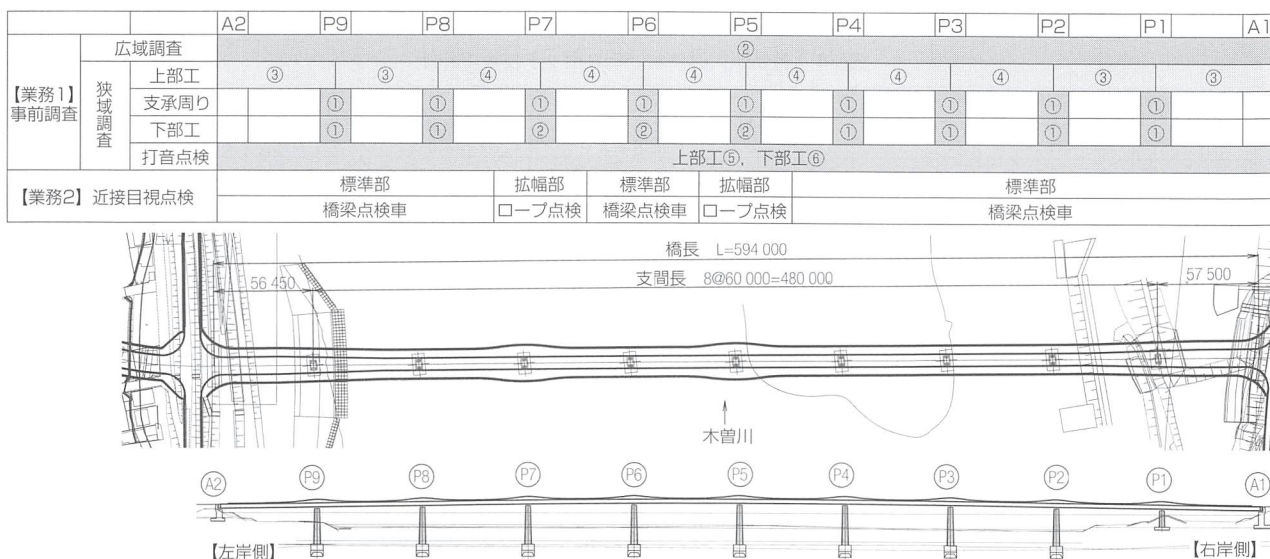


図-5 橋梁点検の分担計画（表中の①~⑥は表-3参照）

表-5 ロボット技術が提供する損傷状況の確認用資料

レベル	資料	構成要素
4	損傷状況確認用システム (図-7)	<ul style="list-style-type: none"> 点検対象部材の3次元モデル 自動あるいは手動による損傷候補の抽出 3次元モデルの各部材に対応したオルソモザイク写真、損傷図の表示 オルソモザイク写真と損傷図の重ね合わせ表示 損傷候補箇所の個別写真表示
3	重ね合わせ損傷図 (図-6)	<ul style="list-style-type: none"> 自動あるいは手動による損傷候補の抽出 損傷図のCAD図面 (オルソモザイク写真との位置整合あり) 部材のオルソモザイク写真
2	損傷図とオルソモザイク写真	<ul style="list-style-type: none"> 手動による損傷候補の抽出 損傷図のCAD図面 (オルソモザイク写真との位置整合なし) 部材のオルソモザイク写真
1-3	ムービーデータ	橋梁の各部材の状況を把握可能なビデオ映像 (損傷抽出を行わない)
1-2	オルソモザイク写真	損傷抽出を行わない部材のオルソモザイク写真 (オルソ画像あるいは複数の写真を繋ぎ合わせた写真で、ひび割れが検出可能な写真)
1-1	損傷図と個別損傷写真 (従来の点検結果と同様)	<ul style="list-style-type: none"> 手動による損傷候補の抽出 損傷図のCAD図面 損傷候補箇所の個別写真

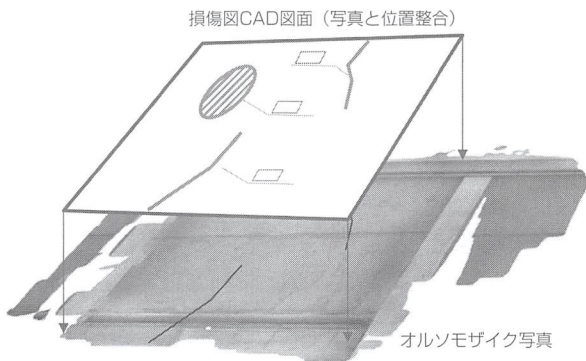


図-6 損傷状況の確認用資料 (例)

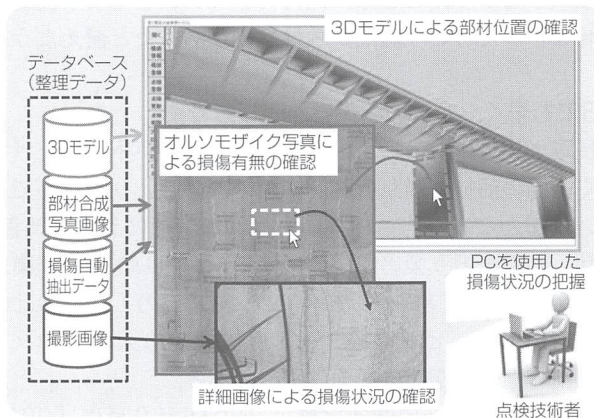


図-7 損傷状況の確認用資料 (例)

一般的な橋梁点検業務の形態として、岐阜県内の建設コンサルタントが実施する。

おわりに

ここでは、平成30年度の各務原大橋の橋梁定期点検にロボット技術を取り入れ、橋梁定期点検の効率化・高度化と交通規制の大幅短縮を試みる岐阜大学SIPの取組みについて述べた。

本報告が、類似的橋梁定期点検の試みに少しでも参考になれば幸いである。

なお、各務原大橋の実業務での適用段階で、明らかに新たな課題や効率化・高度化の成果などについては、別の機会に報告させていただきたい。

最後に、岐阜大学SIPの活動は、内閣府と科学技術振興機構の支援を受けて実施しており、委員会や検討会に参画いただいた内閣府、国土交通省、岐阜県、岐阜県建設研究センター、各務原市、科学技術振興機構、岐阜県建設コンサルタツ協会、岐阜大学、ロボット技術開発会社の関係者の方々に感謝を申し上げます。

(情報は2018年8月18日時点)

【参考文献】

- 1) 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：2018年6月20日)。
- 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) 蓮池里菜，木下幸治，羽田野英明，六郷恵哲：長大コンクリート橋におけるロボット技術を取り入れた橋梁点検の試み，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，No.2，pp.1345～1350 (2018)。
- 4) 六郷恵哲，羽田野英明：ロボット技術による橋梁定期点検の効率化・高度化と交通規制の大幅短縮，建設マネジメント技術 (2018.8)。
- 5) 蓮池里菜，木下幸治，羽田野英明，古澤栄二，六郷恵哲：ロボット技術の組み合わせによる各務原大橋の定期点検の試み，土木学会論文集F4 (建設マネジメント)，Vol. 74，No. 2，pp. I_41～I_49 (2018)。
- 6) 国土交通省道路局：道路橋定期点検要領 (2014.6)。
- 7) 岐阜県土木整備部道路維持課：岐阜県橋梁点検マニュアル (2016.3)。
- 8) 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，(2018.4)。
- 9) 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 (2018.4)。

用性評価を参考にして作成した。

各務原大橋の橋梁定期点検業務では、平成30年6月末に前述した2種類の業務発注が完了し、平成31年2月末に向けて、ロボット技術を取り入れた橋梁定期点検を実施する予定である。この点検方法を採用することで、交通規制を伴う超大型橋梁点検車による点検作業は10日間程度から4日間程度に大幅短縮できる予定である。

なお、業務1については、各務原市と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との間で締結した「インフラ維持管理マネジメント技術に関する協定書」に基づき、岐阜大学が実施する。また、業務2については