

ロボットによる高橋脚の打音点検実証試験

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング 正会員 ○赤木 琢也
 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング 正会員 小出 至也
 インダストリーネットワーク(株) 非会員 大橋 俊夫

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング 正会員 高櫻 裕一
 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング 非会員 今井 悟
 インダストリーネットワーク(株) 非会員 伊藤 要

1. はじめに

道路橋定期点検要領(平成26年6月)では、基本として全ての部材に近接してその状態を評価するよう改定された。以前は、遠望目視も併用しながら点検していた高橋脚に対しては全面的な近接目視点検が必要となり、第三者影響範囲内については打音点検も義務付けられている。地上高40m以上の高橋脚においては、高所作業車および橋梁点検車が使用できない近接目視点検困難箇所(図-1参照)がある。現状このような箇所は、ロープワークにより点検員が宙吊りで点検作業している状況である。

このような高橋脚をより安全かつ効率的に点検する技術として、橋脚壁面の昇降が可能な点検ロボット(以下、壁昇降点検ロボットという)の構想に至った。本稿では、壁昇降点検ロボットの開発状況について、打音点検実証実験結果を通して報告を行う。

2. ロボットの概要

デジタルカメラ技術が発達し、近接目視相当の画像を得る方法は比較的多様にある。しかし、コンクリート壁面を打音点検するためには、ロボット自体に反力を受ける機構が必要となる。そこで、壁吸着ができる機構を備えた昇降ロボットに着目した。様々な吸着機構を検討した結果、クローラに配置した吸着部が回転する機構を採用することで、昇降スピードを維持ししつつ、打音点検と撮影を行いながら吸着走行するロボットを開発することができた。図-2に示す壁昇降点検ロボットに様々な調査・点検器具(非破壊検査機器等)を搭載することができれば、多機能な調査・点検ロボットとして展開できる可能性が高い。しかしながら、当面は打音点検とカメラによる近接目視点検に絞った開発を優先的に進めている。平成31年度からは、実際の詳細点検(5年毎の定期点検)との比較運用を通じて性能や操作性の向上を図ることとした。詳細調査等については、点検での運用を通じて得られた知見等から機能追加について検討を進めていく方針としている。現時点での壁昇降点検ロボットの開発実績は、橋脚壁面30m以上の昇降点検(遠隔操作による点検)であり、詳細点検の点検ツールとして必要な機能を搭載している。具体的には、1) 打音点検機器としてコロコロeye®を搭載し、コンクリートの「うき」を特定 2) 「うき」の範囲をマーキングし、視認させる 3) コンクリート壁面の近接撮影により「ひびわれ」を鮮明に撮影 等の機能である。

3. 実証試験結果

平成30年度は打音点検実証試験を3回実施し、以下の項目について

キーワード ロボット, 吸着走行, 打音点検, 詳細調査, 判定支援

連絡先 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里5-7-18 株式会社ネクスコ東日本エンジニアリング

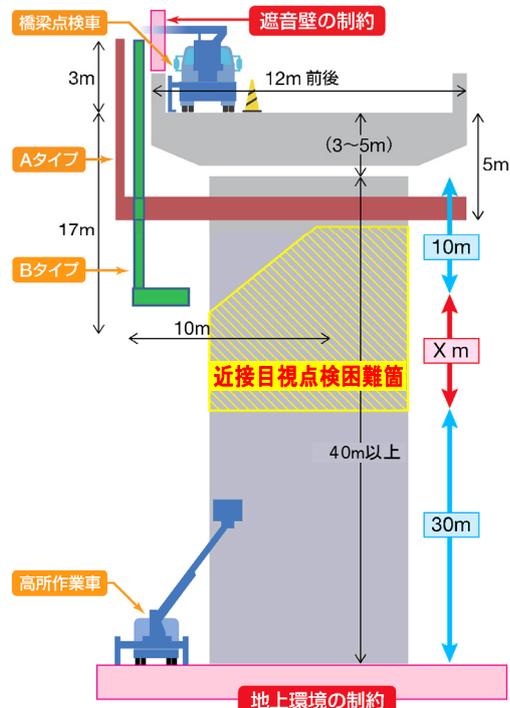


図-1 近接目視点検困難箇所

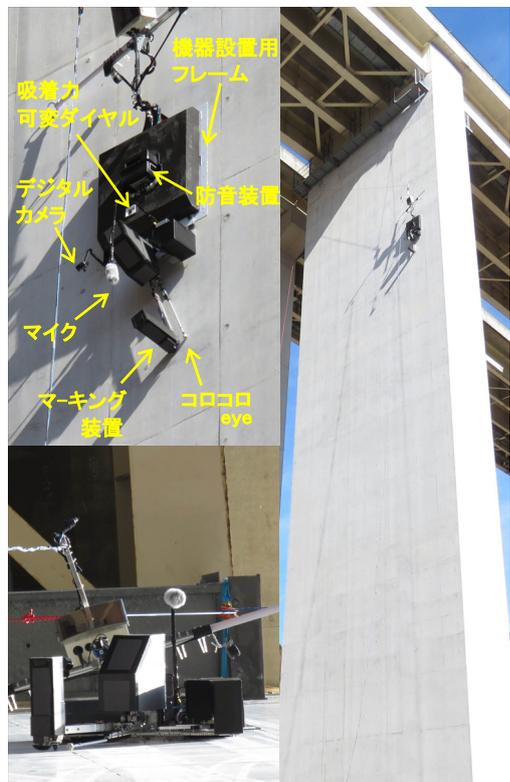


図-2 壁昇降点検ロボット

確認した。

- 1) 歩掛調査（日当りの点検能力）
- 2) 実際の詳細点検員による点検作業
- 3) ロボット改良箇所の確認

表-1に示すとおり1日あたりの点検能力はほぼ同じであるが、点検員の人数や機械等の損料により歩掛上は、ロープワークによる点検の方が現状有利である。ただし、ロボットによる点検では、点検箇所全ての打音音声および壁面画像がデータとして記録に残る。今後、自動記録、点検の自動判定（判定支援含む）といった点検の高度化・効率化を目指すために必要なデータ取得となる可能性がある。

ロボット点検作業は、図-3に示す通り点検員がモニターで壁面を確認しながら、ヘッドホンを通して打音を聞き、ロボット操縦者に損傷位置でのマーキング指示、損傷を野帳にメモして行っている状況である。詳細点検員からは、ヘッドホンを装着状態で画面を注視しながら点検打音を聞く必要があり、打音が単調な上にバキューム音、風切音がうるさいため、長時間聞いて判断するはつらいとの指摘を受けた。この解決策の1つとして図-4に示す回転式打音診断支援システム（以下、S-SJ）の導入を検討している。リアルタイムに交通反響音等が抑制された状態の回転式打音点検器による打音を確実に聴き取ることができ、点検箇所の判定支援を行うことで変状有無を精度よく判断することができるシステムである。このS-SJに高橋脚点検特有の騒音を抑制させ、点検精度の向上を図る予定である。将来的には、点検の自動化（S-SJを利用した自動判別機能等）、点検記録作成支援までできるようなロボットを視野に入れて開発を進めたいと考えている。

ロボットは吸着走行しているため、急な旋回はギヤ等昇降機構への負荷が大きくなる。ロボットの吸着力と移動性のトレードオフがあり、吸着力を大きくすると機体は安定するが、スイッチバックする際にギヤ等昇降機構への負荷が大きくなる。一方、吸着力を小さくすることで昇降スピードは上がり、スイッチバック時の負荷は減るが、段差やコンクリート表面のざらつき等に対して機体の安定度が下がる。実証試験により適度な吸着力を計測済みであるが、現地状況により吸着力を可変出来る機構を取付け現場対応できるよう改良した。

表-1 点検方法比較検証

点検方法	ロープワーク	壁昇降点検ロボット
点検能力	3人/日/基*	4~5人/日/基*
点検員構成	特殊技能員3人	点検員 1~2人 作業員 3人
損料	ロープ材料 安全装置	ロボット 発電機 自動安全装置
現場記録	損傷図（野帳） 損傷写真	損傷図（野帳） 損傷写真 打音音声記録 壁面動画

* 点検実績として橋脚地上高さ30m~40mの壁式橋脚1基を1日で点検できるパーティー数



図-3 点検状況・操縦状況

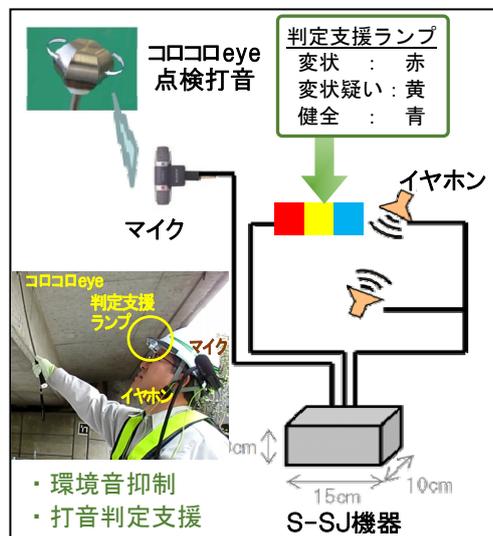


図-4 回転式打音診断支援システム (Smart Soundness Judgment ; S-SJ)

4. まとめ

実用化に向けては、平成31年度から予定している保全計画センター（詳細点検）の試行により、運用方法および試行により明らかとなる実点検に向けた懸案事項の解消が必要となる。また、壁昇降点検ロボットは点検ツールの1つであるため、他の点検ツールとどのように組合せて使用するのが重要であり、点検技術の高度化・効率化へ向けた取組みの一環として橋梁保全点検全体で検討する必要がある。

国土交通省から発表されたロボットやセンサーなどの新技術活用も認める道路橋定期点検要領の見直しの動向を踏まえ、壁昇降点検ロボットが道路橋点検の適合技術として認可されるよう進化させていきたい。

参考文献 清水俊吾ほか；回転式打音診断支援システム(S-SJ)の開発について，平成30年度土木学会全国大会，VI-429, pp. 857-858