

ロボットを活用したコンクリート橋鉄筋かぶり測定の効率化検討

東日本旅客鉄道株式会社	正会員	○古川 武英
東日本旅客鉄道株式会社	正会員	栗林 健一
東日本旅客鉄道株式会社	正会員	秋山 保行
株式会社オンガエンジニアリング		栗原 陽一
株式会社オンガエンジニアリング		松橋 貫次

1. 目的

2031年度より東北新幹線（東京～盛岡間）および上越新幹線（大宮～新潟間）の土木構造物を対象に、大規模改修を実施する計画としており、鉄筋コンクリート橋については全延長に亘り、表面改修工を施工する方針としている。最適な表面改修工計画策定を目的とし、鉄筋コンクリート橋を対象に、かぶり、水掛かりおよび中性化深さと鉄筋腐食を起因とした変状との関係性について分析を実施した。その結果、鉄筋腐食を起因とした変状はかぶりと水掛かりに因るところが大きく、それらを基に、表面改修工の最適な計画策定が可能となった。

しかし、現在はかぶりを把握するのに人力による測定を実施しており、労力やコストが過大となるといった課題がある。

そこで、かぶり測定の機械化に向け市場調査によるロボットの比較を行い、壁面走行ロボットを活用したかぶり測定方法の機械化を検討した。

2. 機械化に向けたロボットの比較検討

(1) 整理結果

実用中・研究段階も含めて、現在考えられる橋りょう用点検ロボット方式について市場調査を行い、それらを比較検討した。結果を表1に示す。延長方式は他の方式に比べ大型であり、機動性に劣るといった性質を有する。この性質は橋りょうの柱間隔が長大でない鉄道の橋りょう点検には適していないため、延長方式を除外することとした。

(2) 橋りょう用点検ロボット運用上の課題

飛行方式と壁面走行方式のロボットの運用上の課題として、壁面走行方式は飛行方式に比べ測定面へのアクセスが不利である。しかし、この課題は、移動補助手段の開発を行う事で克服可能と考える。

一方、飛行方式における“航空局に対する飛行許可申請”は法規制のため、技術開発での解決は困難であり、実運用上の大きな課題となる。さらに、同一機能を持った機体を考えた場合、壁面走行方式は飛方式に比べ操作が容易である。以上から、かぶり測定の機械化においては壁面走行方式（移動補助手段を含む）を選定した。

(3) 壁面走行方式の密着方法の検討

密着方法の種類と特徴は以下の通り示す。コンクリ

表1. 橋りょう用点検ロボット方式

方式	型式	主な測定対象と方法	備考(2018/10時点)
飛行方式	マルチコプタ型 (ドローン)	画像撮影による点検や、農薬散布など	多方面で実用化
壁面走行方式	真空吸着型	橋梁側面、下面の打音、レーダ、写真撮影など	開発段階
	磁力吸着型	画像検査・清掃など	実用化(※吸着面が磁性体であることが必要)
	プロペラ推力型	橋梁側面・下面のレーダ、写真撮影など	研究段階
延長方式	懸垂型	橋梁下面の画像撮影など	開発段階
	アーム型	橋梁側面の画像撮影など	フィールド試験段階

キーワード 鉄筋コンクリート橋、かぶり、壁面走行ロボット、電磁波レーダ

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目479番地 JR東日本研究開発センター TEL048-651-2552

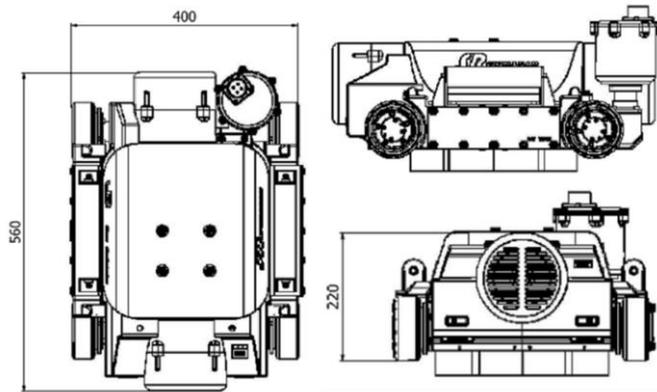


図 1. ロボット設計図



図 2. ロボット走行状況

ート橋の梁部材等でも走行可能であることを考慮し、高い走行安定性を誇る、真空吸着型を採用した。

- ・電磁吸着型：高い走行安定性を誇るが、走行面が磁性体であることが必要。
- ・真空吸着型：高い走行安定性を誇るが、走行面に高い平坦性が必要。機器寸法・重量が大きい。
- ・プロペラ推力型：他方式に比べ走行安定性が劣るが、不陸面の走行性能が高い。

(4) かぶり測定機器の検討

コンクリート中の鉄筋かぶりを非破壊で測定する方法としては、「電磁誘導方式」と「電磁波レーダ方式」が存在する。非接触で連続した測定が可能であり、機器自体の重量が軽いことを条件とし、電磁波レーダ方式のかぶり測定機器を選定した。

3. 吸引型壁面走行ロボットの開発

株式会社オンガエンジニアリングと共同で吸引型壁面走行ロボットの開発を行った。（図 1）

(1) 仕様

- ・吸着方式：高速ターボ排気方式
- ・シール：12分割ブラシ做い方式
- ・本体寸法：W400mm×D560mm×H220mm
- ・総重量：17.38kg（電磁波レーダー含む）
- ・給電方式：電源ケーブルでの外部電源（3kVA 発電機）
- ・走行安全装置：壁面等衝突防止および踏み外し防止として、赤外線距離センサを前方両端に配置。
- ・吸着異常検知機能：吸引内の真空圧を圧力センサでリアルタイムにモニタリングを実施する。吸着安全域は緑色 LED、吸着危険域は赤色 LED で知らせる。

(2) ロボットの検証

高架橋にて吸引型壁面走行ロボットの評価試験を行

った。（図 2）結果は良好で、高架橋の側面および下面での走行に問題がないことを確認した。

(3) ロボットの測定性能の評価

高架橋において、高所作業車を用いた人力での従来方法とロボットを使用した方法とでかぶり測定時間を計測した。両者を比較した結果、従来方法に比べてロボットの方が短時間で計測できるという結果となった。さらに、ロボットにおいては、アプローチツールを使用する時間割合が大きいため、本作業を効率化することで、更なる時間短縮につながると考える。また、今回は 1 径間毎に計測したが、張出スラブや長い径間の桁など、通して測定できる部位はより一層の効率化が図れると考えられる。

(4) 位置把握の検証

将来的に取得データの位置情報の一元的管理を目指している。高架橋下面などは衛星情報を用いた位置把握が難しいため、カメラ映像による Visual SLAM 技術を活用した位置把握について検討した。高架橋で撮影を行い、動画から取得した座標データの位置把握の精度を確認し評価した。また使用するカメラを選定した。

4. まとめ

かぶり測定の従来方法は、高所作業車が配置でき、さらにアプローチができる区間でしか測定ができない。また狭隘部や高所では、高所作業車の移動・据え付けといった盛替えの回数が増える傾向にあり、作業性が著しく低下する。一方、ロボットはアプローチツール等によって測定対象部位に吸着させることができれば高架下の制約を受けずに測定ができる。今後は、ロボットの落下防止対策、耐久性について検討し、更なる効率化に向けてロボットの改良を進めていく。