

橋梁点検ロボットの開発

～ 維持管理業務の合理化に向けて～

Development of Inspection Robot for Steel Girder Bridges

勝俣 盛

Mori KATSUMATA

川田工業㈱技術研究本部
技術開発室

枝元 勝哉

Katsuya EDAMOTO

川田工業㈱技術研究本部
技術開発室室長

原 幸久

Yukihisa HARA

川田工業㈱技術研究本部
技術開発室

中村 優

Masaru NAKAMURA

川田工業㈱航空・機械事業部
製品開発部生産技術課課長

橋梁の長寿命化を図るためには、その予兆となる異常を早期に捉え、損傷がまだ軽微なうちに適切な対策を施すことが肝要です。しかしながら、維持管理を日常的に継続するためには多大なコストと労力を必要とし、このための資財や人員の確保も容易ではありません。その結果、損傷劣化がある程度進行してから問題が顕在化し、大規模な事後対策を施すというケースもあります。すなわち、限られた予算内で効率的に橋梁の維持管理を行うためには、大規模な点検設備や多数の検査要員を必要とせず、近接目視相当の点検が可能な技術を早急に開発することが望ましいと言えます。

ここで紹介する橋梁点検ロボットは、主として鋼桁橋の下面検査を目的として開発された間接目視点検用の自走式ロボットです。今回は、ロボットの構造上の特徴とプロトタイプによる基礎実験の内容を紹介します。

点検ロボットの概要

図1に示すように、この点検ロボットは、原則として主桁下フランジに沿って走行するベースユニットとCCDカメラを装着したカメラユニットで構成されます。これらの基本諸元を表1に示します。いずれも無線による遠隔制御が可能であり、検査員は作業環境の良い場所からこれら进行操作し、着目部の動画像・静止画像をリアルタイムにモニタリングすることができます。

ベースユニットの構造上の大きな特徴は、図2に示すとおり、鼓状の車輪で下フランジを左右水平方向から挟み込む機構（特許出願中）を備えていることであり、このため専用レールなどの付帯設備や複雑な駆動機構を必要としません。また、支持アームの回転角が0～45°の範囲内であれば、挟み込み力は回転角に依らずほぼ一定であり、下フランジ幅や板厚などの断面変化、添接板などの段差、さらに垂直補剛材などの障害物に対して、アームの開閉のみで自動的に追従することができます。その

結果、駆動機構の簡素化と装置の軽量化を図ることができ、搭載する小型バッテリーのみで最大約8時間の連続走行が可能です。

鋼I桁橋を対象とした場合、連続して追従可能なフラ

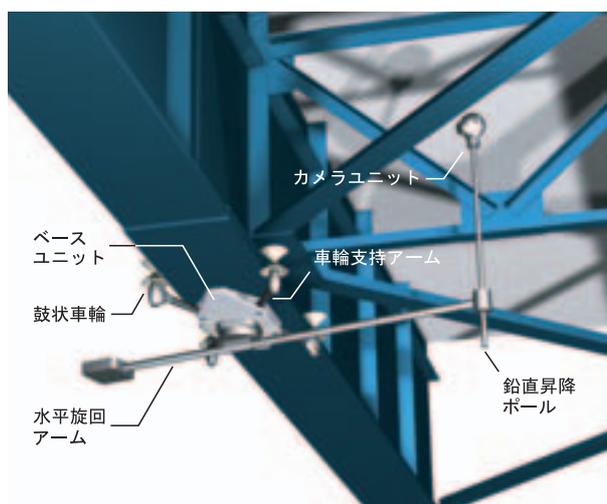
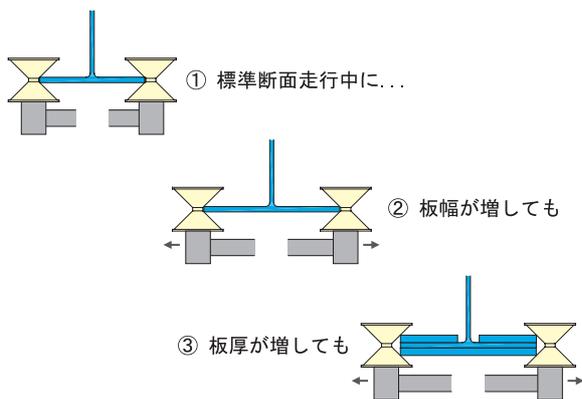


図1 橋梁点検ロボット設置イメージ

表1 ロボットの基本仕様

項目	仕様
対象構造物	鋼桁橋，鋼箱桁橋，その他フランジを有する高架構造物
適応フランジ	板幅：250～650 mm (650 mm以上も対応可) 板厚：10～100 mm
必要クリアランス	取付フランジに対し上下50 mm
外形寸法	ベースユニット：340(W)×250(H)×1030(D)mm カメラユニット：1500(W)×1000(H)×150(D)mm
重量	ベースユニット：10 kg カメラユニット：5 kg (ボール，アームを含む)
搭載性能	最大積載重量：10 kg (ユニット単位ごと)
走行性能	速度：最大14 m/min (連続運転最大8時間)
撮像性能	画像：カラー出力 (有効画素数約38万) ズーム：光学式25倍×デジタル式12倍 パン：±180°；チルト：-70～+100°
電源	駆動電源：DC36Vバッテリー



④ 全て車輪支持アームの開閉だけで追従します。
図2 鼓状車輪による走行原理（特許出願中）

ンジ幅は225～625 mm，最大板厚は50 mm程度を想定していますが，鋼少数主桁橋や箱桁橋のように下フランジ断面の大きい橋梁に対しても，ベースユニットの間隔調整や車輪の交換により対応することが可能です。

プロトタイプによる基本性能の確認

写真1に示すプロトタイプを使用し，この点検ロボットの実務的な使用性を検証する目的で，いくつかの橋梁において基本性能の確認試験を実施しました。

はじめに，ロボットの最大の特長である下フランジを利用した走行試験を行った結果，鼓状車輪による安定した走行が確認され，装置の走行原理に問題のないことが確認できました。

次に，写真2に示すように，走行中に記録した画像は，走行振動にともなうCCDカメラの動揺をひろうことはほとんどなく，円滑リアルタイムモニタリングが可能でした。また，地上や点検通路等からは死角となり，通常点検では調査できない部材交差部なども，写真2b)に示すように，近接目視相当の映像を取得できました。ちなみに，支間長50 m程度の橋梁であれば，主桁一本の走行に要する時間は20分弱であり，点検箇所を絞り込んだ上で系統だてたロボット運用を行うことにより，迅速な点検が可能になるものと思われます。

最後に，コンクリートのひび割れに関しては，写真3に示すように，撮影距離3 m程度までロボットを近接させ，搭載CCDカメラの光学式ズーム機能を5倍 10倍へと変化させることにより，幅0.10 mm程度のひび割れを識別できる精度の静止画像を取得することが可能でした。なお，写真2，3はいずれも桁下暗部における撮影ですが，カメラの持つホワイトバランス機能により，とくに照明などを用意する必要はありませんでした。

間接目視点検においては，高精度カメラの使用も有効な手立てですが，橋梁下面のように2次部材や付属物が複雑に交錯する空間では，対象部位にいかにも近接して画



写真1 プロトタイプによる実橋走行試験



a) 下面点検状況 b) まわし溶接部周辺
写真2 ロボット走行中の記録画像例



a) 光学式5倍ズーム b) 光学式10倍ズーム
写真3 コンクリートのひび割れ視認

像を取得できるかが最終的な画像品質を大きく左右します。この意味において，ロボットによる間接目視という点検手段は，実務的にも有効な方法であることが今回の試験を通じて明らかになりました。

まとめ

今回の試験結果から，橋梁点検ロボットは点検作業の効率化，コストの削減，そして検査員の安全性向上に大きく寄与できるものと考えられます。

現在，さらに操作性を高めたベースユニットとカメラユニットを開発中であり，これによりロボットの適用範囲が広がるとともに，利用者の意志を反映したより緻密な動作制御が行えるようになります。また，取得した画像の処理機能を強化することにより，今後はソフトウェアに関しても一層の充実を図る予定です。