

鋼桁橋を対象とした橋梁点検ロボットの開発

川田工業 正会員○勝俣 盛 川田工業 正会員 枝元 勝哉
川田工業 原 幸久 川田工業 中村 優

1. まえがき 橋梁の長寿命化を効果的に図るためには、機能低下の要因となる損傷劣化が軽微なうちに発見し、適切な対策を講じることが肝要である。しかしながら、橋梁全体を概略的に調査する通常点検では、橋梁の現況を管理用通路や地上など限られた場所から確認するため、詳細な調査や死角となる部分の異常を発見することは困難である。一方、検査員が直接対象部位に近接した位置から行う定期点検では、外観的に現れるほとんどの異常を発見することが出来るものの、点検設備にコストを要することや交通規制が必要な場合もあることから、容易に実施できない状況にある。

以上の観点から、特別な設備を必要とせず近接目視相当の点検を行える技術を開発することは、今後効率的な橋梁の維持管理を考えていく上できわめて有益であると言える。本報告は、鋼桁橋を対象として開発した自走式の橋梁点検ロボットについて、その構造上の特徴と基礎実験の結果について述べるものである。

2. 点検ロボットの特徴 本ロボットは、主桁下フランジに沿って走行するベースユニットと対象部位を視準する CCD カメラを装着したカメラユニットで構成される（図-1、表-1）。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装置を操作し、着目部の動画像・静止画像をリアルタイムでモニタリングすることができる。

構造上の大きな特徴としては、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制御機構を必要としない（写真-1）。また、支持アームの回転角が $0 \sim 45^\circ$ 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、下フランジの拡幅・増厚などの断面変化、添接板などの段差、および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る。したがって、制御機構の簡略化、装置自重の軽量化を図ることができ、搭載した小型バッテリーでおよそ 8 時間の稼動が可能である。なお、適応フランジは、板幅が $225 \sim 625\text{mm}$ の範囲内で連続的に断面変化していることを標準¹⁾とするが、これよりも幅が広い場合にも、拡幅前後の断面変化量が 400mm 以下であれば、ベースユニットの間隔を調整することで対応可能である。

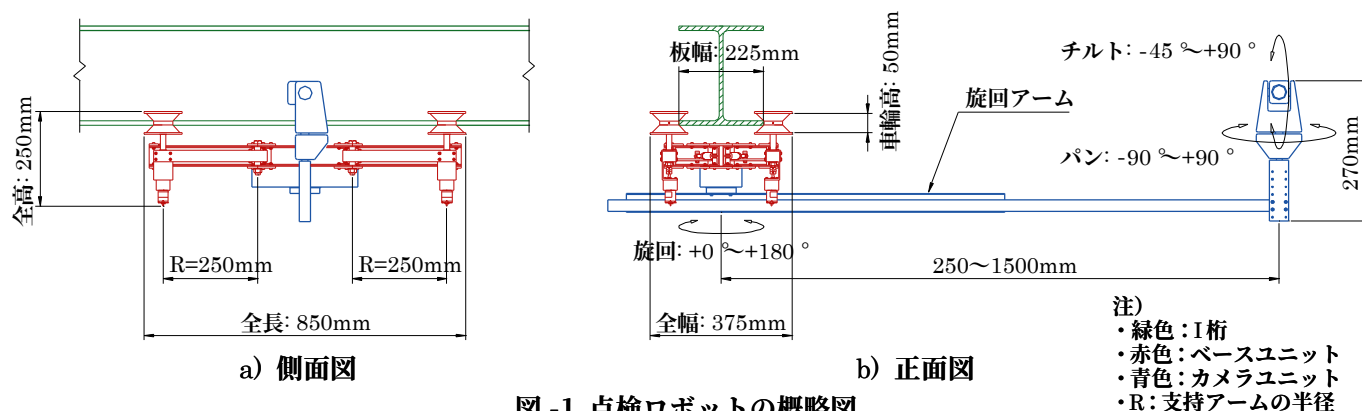


図-1 点検ロボットの概略図

表-1 点検ロボットの諸元

	仕様
ベースユニット	・ 定 格：24DCV ・ 走行速度：約 300cm/min（標準） ・ 寸 法：(W)375×(H)250×(D)850 ・ 重 量：12kg（バッテリー含む） ・ 積載重量：10kg ・ 適応板幅：225～625mm（標準） ・ 適応板厚：10～50mm ・ 登坂角度：最大 30°
カメラユニット	・ 定 格：12DCV ・ カメラ型式：FCB-780SP（SONY 製） ・ 画像素子：CCD 約 80 万画素 ・ レンズ：光学式ズーム 25 倍（デジタル式 12 倍）

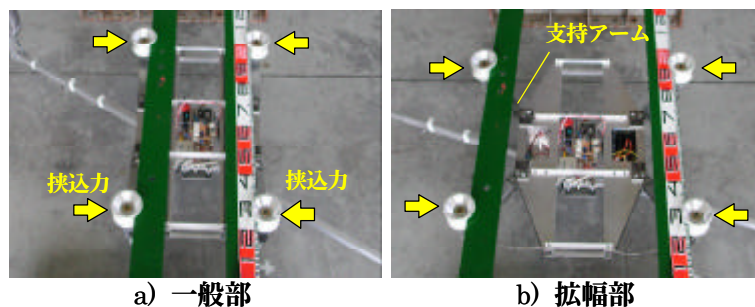


写真-1 下フランジの保持方法

キーワード：鋼桁橋，維持管理，点検ロボット，CCD カメラ

連絡先：〒321-3325 栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台122-1 TEL.028-677-5611 FAX.028-677-5707

3. 室内試験 走行性能を検証するため、I桁の下フランジを模型化し、電圧、挟み込み力、および積載荷重をパラメータとして走行試験を行った。試験では、駆動モータに一定電圧を印加してa点からb点まで走行させ、このときの電流値を計測した(図-2)。また、走行中に定格電流を常時上回るケース、または一般部走行時に前輪と後輪の電流値に差が生じるケースを不安定と判断した。ベースユニットを単独で走行させたときの結果を図-3に示す。図を観察すると、車輪が添接板を乗り上げる際、一時的に定格電流を上回るものの、前輪・後輪はほぼ同一特性を示しており、安定した走行であることが分かる。

次に、動画像および静止画像の視認性を検証するため、視準距離およびパン、チルト角をパラメータとして、クラックスケールを視認する試験を行った。その際、読み取り可能なゲージ幅は0.20mmを目標値としている。なお、画像サイズは動画像320×240、静止画像640×480、色数はいずれも24bitフルカラーである。写真-3は視準点からの距離が約3m、パン、チルト角ともに0°、光学式25倍ズームの条件で撮影した画像である。この例では、チルト角が±30°程度までの範囲において、識別目標値0.20mmに対し0.04mmのゲージ幅を読み取ることができた。

4. 現場試験 調査対象とした橋梁は、1974年に竣工した支間長54.7mの3径間連続3主I桁橋である。本橋は河川上に位置する上、管理用通路も敷設されておらず、さらに添架物も多数配置されているため、地上からの遠隔目視点検では損傷の発見が困難である。以上の状況のもと、調査は、床版の補強工事を実施していたため区間を限定した上で上部工鋼部材に対して行った(写真-4)。その際、点検項目は文献2)の「定期点検・近接」に準じた。なお、この区間の下フランジ構成は板厚25mm×板幅450mmから板厚28mm×板幅600mmに断面変化している。

実橋試験の結果、安定した走行が確認され、機能上大きな問題のないことが判明した。また、走行の際、下フランジエッジ部に車輪を押し当てるため、塗装はく離などの影響が懸念されたが、ゴム車輪の効果により塗装に損傷を与えることはなかった。なお、目視点検の結果、橋体の機能低下につながる直接的な損傷は見当たらず、小規模の塗装劣化や腐食が観察されるに留まった。

5. あとがき 基礎実験の結果から、橋梁点検ロボットは作業の効率化、点検コストの削減、および検査員の安全性向上に大きく寄与できるものと判断された。今後は、操作性の改善や旋回アームの自由度を上げることで点検可能範囲を広げるとともに、より詳細な動作制御が行えるよう改良を図る予定である。

謝辞

実橋試験を進めるにあたって御協力を頂きました茨城県石下土木事務所の方々に記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 全日本建設技術協会：建設省制定土木構造物標準設計、第23巻、昭和53年3月。
- 2) 建設省土木研究所：橋梁点検要領(案)、土木研究所資料、第2651号、昭和63年7月。

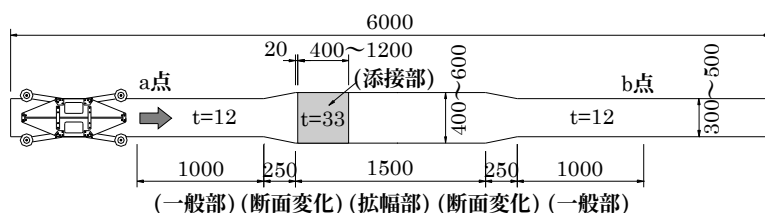


図-2 走行試験の概略図

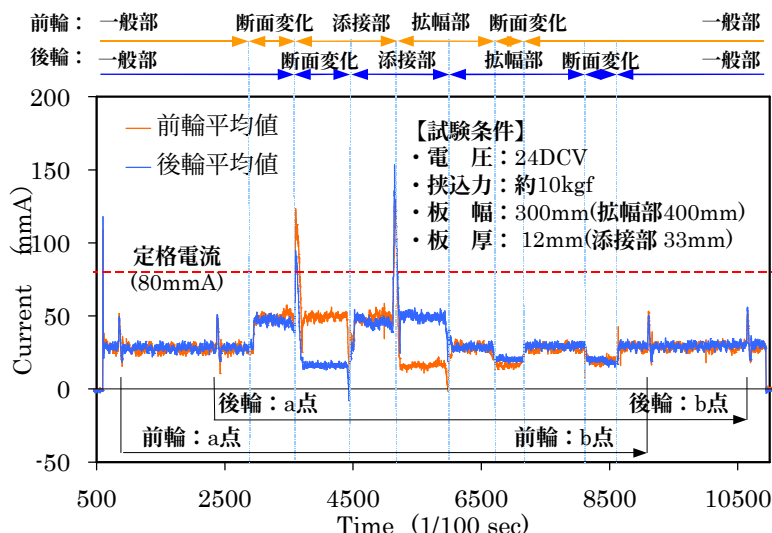


図-3 走行時駆動モータの電流値の推移

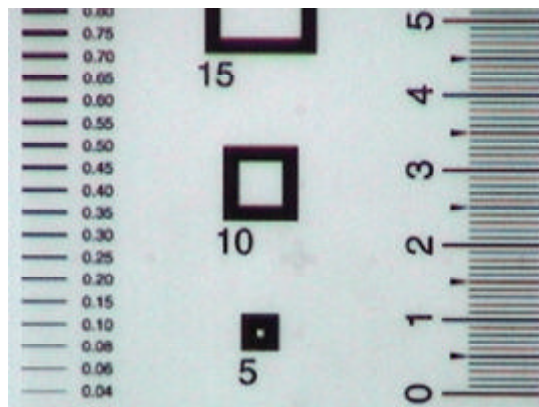


写真-3 視準点から距離3m(×25倍)



写真-4 現場試験の状況