

磁石走行式ロボットを活用した橋梁点検システムの開発

久保隆司 * 西岡吉弘 ** 淵上隆也 *** 大本晋士郎 ****

高度経済成長期に建設された膨大なインフラの老朽化に伴い、それらの定期点検や長寿命化を目的とした維持管理が喫緊の社会課題となっている。また、インフラの点検作業等において、熟練検査員の不足等の理由から、ロボット化による省力化や安全性の向上が強く求められている。

本報告では、対象を社会インフラの内鋼桁橋梁に絞り、その目視点検の補助を目的として開発した橋梁点検システムについて、実験施設での基礎的実験および実橋梁での実証実験を報告するとともに、その運用方法および今後の見通しを報告する。

キーワード：橋梁点検、鋼桁橋、床版画像、磁石車輪、ロボット、ローター

1. はじめに

高度経済成長期に建設された社会インフラの老朽化が急速に進んでおり、橋梁に関しては、10年後に全国で約70万橋ある延長2m以上の橋梁の43%が建設後50年を経過することが想定されている¹⁾。そのため、定期点検や点検結果を基にした補修による橋梁の長寿命化を目的とした維持管理が喫緊の社会的課題となっている。平成26年6月に国土交通省が公表した「道路橋定期点検要領」²⁾では、定期点検の方法として5年に1回の頻度での近接目視により行うことが基本とされている。

しかしながら、従来から実施されている橋梁路下の床版点検では、危険な高所作業を伴い工期も長期にわたる点検用足場を設置した方法や、道路橋の交通規制を伴う橋梁点検車を使用する方法が取られてきた。また、はく落防止ネットが設置されている箇所では、そもそも接近することが困難であり、ネット越しに望遠目視することも難しく、ネットを外したり復旧したりすることは、高所作業を増やすとともに撤去時の下部へのはく落片落下の危険、経費と工期の増大といった課題があった。

本研究開発では、静止状態で床版下面の高精細画像を確実に取得し、得られた画像からひび割れを抽出して展開図を作成する、近接での目視点検の補助に資するシステムの開発を行ってきた。

本報告では、吸着補助装置(ローター)を併用した大径磁石車輪を持つ磁石走行式ロボットを活用した橋梁点検システムについて、システムの概要と運用方法、模擬橋梁での基礎的実験および実橋梁での実証実験の結果、今後の見通しと課題を報告する。

2. ロボット・システムの概要

2.1 対象とする橋梁

本研究開発で開発したシステムが対象とする橋梁は、国内にある橋長15m以上の橋梁の38%を占める鋼橋のうち、橋脚高さが5~7mの高速道路等の連続高架橋や橋長が30~60m程度の河川渡河部の単径間および二径間の鋼桁橋である。特に、高速道路等の高架橋においてははく落防止ネットがある場合や横構等の障害物がある場合でも確実な床版画像の取得を目指した。

2.2 システムを用いた点検手順

開発したシステムの点検手順を以下に示す。

- ① 鋼桁橋の主桁を、高精細カメラを搭載した移動ロボットが毎秒10cmの速度で走行する。
- ② ロボットが1m間隔以下で停止し、静止状態になった後1カ所20秒程度で床版を撮影する。
- ③ 撮影画像をPCに伝送し、取得画像の確認とひずみ補正をしたうえで、格間毎のデータを保存する。
- ④ ①~③を主桁の本数分、ロボットを付け替えながら繰り返す。

以上が現地にて行う作業になる。以下の作業は事務所等に戻ってからの作業となる。

- ⑤ 格間毎の取得画像から0.2mm以上のひび割れの有無を判定し、ある場合は抽出する。
- ⑥ 画像から支障となる横構等を除去し、抽出したひび割れを重ね合わせたうえで合成して展開図を作成する。
- ⑦ 作成した展開図を用いて点検調書を作成する。

2.3 ロボットの概要

2.3.1 機構

今回開発したロボットの機構上の特徴を以下に述べる。

- ① 大径磁石車輪を前後に1輪ずつ持ち、車輪が鋼桁

*	技術本部 新技術創造センター 開発第1グループ
**	土木事業本部 インフラ再生事業部
***	経営企画本部 新事業開発室 事業企画グループ
****	技術本部 技術企画部 企画調査グループ

に吸着することにより、移動、静止を安定して行える。

- ② 大径磁石車輪の吸着力および吸着補助装置（ローター）の推力により、添接板やボルトの乗り越え、はく落防止ネット部の走行を安定して行える。
- ③ 電源供給および操作用パソコン、撮影用パソコンとの通信を有線で行うことにより、機体の軽量化と安定した通信を達成している。
- ④ 前後の車輪は独立して操舵が可能のため、位置制御が容易にできる。
- ⑤ 軽量なため、橋梁主桁への着脱が容易にできる。

Table 1 にロボットの主要諸元を、Fig.1, 2 にロボットの外観と主要部の名称を示す。

Table 1 ロボットの主要諸元

寸法・重量	全長／全幅	1,100×1,800 mm
	重量	13,000 g
走行性能	速度（点検時）	10 cm/秒
	添接板等踏破高さ	20 mm

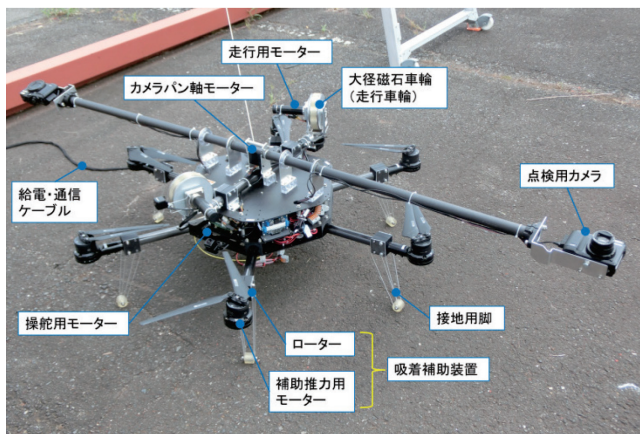


Fig. 1 ロボットの外観と主要部の名称(1)

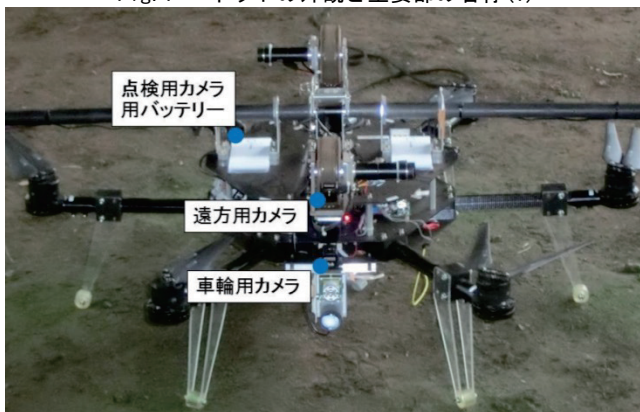


Fig. 2 ロボットの外観と主要部の名称(2)

ロボットの電源は、200V 交流を AC/DC 変換・昇圧装置で 400V 直流として送電し、ロボット内で 24V 直流へと降圧している。また、通信は直径 2 mm の光ケーブルで行っている。ケーブル類は保護被覆内にまとめられており、その重量は約 60 g/m、全長は 100m まで伸ばせる。

また、添接板等段差乗り越え時の補助推力として装備したローターは、直径 440 mm のものを 6 基装備している。1 基あたりの推力は約 3kg あるためロボットの全重量を支えることが可能であり、ローターを使って飛翔し、橋梁主桁へ取り付くことも可能である。

2. 3. 2 操作方法

ロボットの走行系の操作は、車輪の前方に取り付けた遠方用カメラおよび車輪の下部に取り付けた車輪用カメラからの映像を操作用パソコンで確認しながら、操作員がリモコンパッドを用いて遠隔で行う。

また、補助推力装置（ローター）の操作は、操作員がラジコン送信機を用いて推力の調整を遠隔で行う。

ロボットの走行速度は、点検時は約 10 cm/秒、撮影などしない場合は約 30 cm/秒であり、添接板等 20 mm までの段差を乗り越えることができる。

Photo.1 にロボット操作用パソコンの画面を示す。

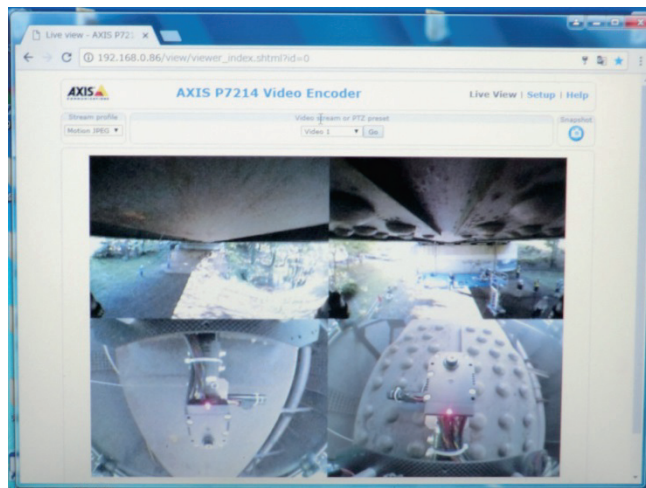


Photo. 1 ロボット操作用パソコンの画面

2. 4 画像取得システムの概要

2. 4. 1 高精細画像の取得

ロボットの両翼に片側 750 mm 張り出しているポールの先端に 1 台ずつ取り付けられた点検用高精細カメラにより、橋梁床版下面の画像を取得する。

点検用カメラは、基本的に床版と正対するように取り付けられているが、ロッド中央部にあるカメラパン軸モータにより角度を 90° まで変えることができる。また、点検用カメラ操作用パソコンには、常時点検カメラからの画像が表示されており、操作員は画像を見ながら任意の位置で撮影することができる。

点検用カメラの撮影範囲は、主桁間隔と主桁の高さから主桁間の半分以上になるように、点検前にズーム値を設定する。一般的な主桁間隔は 3~4m 程度であるので、撮影範囲は 2m×1.5m 程度になり、この時の 1 画素当たりの撮影範囲は 0.44 mm となる。一般的に 0.2 mm のひび割れを抽出するのに適当な 1 画素当たりの撮影範囲は 0.6 mm

以下と言われており、この大きさは 0.2 mm のひび割れを抽出するには十分である。

撮影間隔（ロボットの移動距離）は、撮影範囲を設定した際に走行方向の撮影範囲も決まるため、ラップ率が 30% 程度になるように決める。水平方向が 2m の場合垂直方向は 1.5m であり撮影間隔は 1m となる。また、横構などの画像取得上の障害が多い箇所では、20 cm 間隔程度で画像を取得する。これによりロボットが主桁を片道走行することにより、主桁の両側の主桁間の中央部までの画像を取得することができる。これを主桁の数だけ繰り返し、床版全体の画像を取得する。Fig. 3 に画像取得のイメージを、Table 2 に点検用カメラの主要諸元を示す。

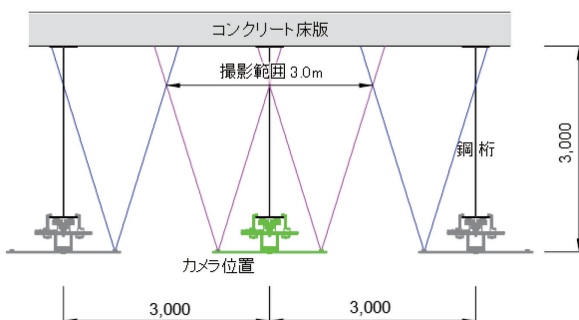


Fig. 3 画像取得イメージ

Table 2 点検用カメラの主要諸元

メーカー名／機種名	Canon G10
有効画素数（撮影画素数）	1,470 万 (4,416×3,312)
撮影素子（サイズ）	1/1.7 (7.6×5.7mm) CCD
焦点距離（35mm 換算）	28～140 mm
開放絞り	F2.8～4.5
ISO 感度	80～1600
寸法（突起部含まず）	109.1×77.7×45.9 mm
重量	350 g

2. 4. 2 点検用カメラの操作と制御システム

点検用カメラは、ロボット上に取り付けたボードPC（ラズベリーパイ）により制御されている。このボードPCにはカメラ制御用のアプリがインストールされており、プレビュー、ズーム制御、フラッシュのON/OFFなどが可能である。また、この制御アプリを通じて画像の取り込みも行う。取得した画像は、ボードPC上のローカルフォルダに保存され、このローカルフォルダをネットワーク上の共有ドライブにして、カメラ操作用パソコンからアクセスすることにより、カメラ操作用パソコンにボードPCの画面を表示し、遠隔による操作、制御を行う。

カメラ操作用パソコンには制御用ソフトがインストールされており、共有ドライブ（ボードPCのローカルフォルダ）を監視して新規の画像が登録されるとファイルを操作用パソコン側に取り込み、保存する。なお、この制御用ソフトには、点検用カメラが橋梁床版と正対していな

い場合の画像補正機能もあり、補正を行った場合は補正前と補正後両方の画像を保存するようになっている。

画像取得はロボットが静止した状態で行う。カメラの操作員とロボットの操作員は並んで操作を行うようにしているため、カメラ操作員からの指示によりロボットを停止させ、静止した状態になったのを確認してから撮影を行う。Photo. 2 に点検用カメラ操作パソコンの画面を示す。

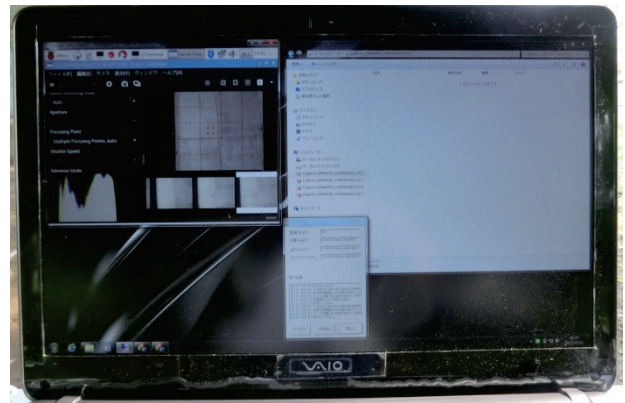


Photo. 2 点検用カメラ操作パソコンの画面

2. 4. 3 ひび割れ抽出と展開図作成

取得した画像は、主桁毎にフォルダに保存されている。これらを格間毎にまとめ、ひび割れを外部クラウドサービスまたは市販のソフトを使って抽出し、自動合成する。横構等障害物の多い箇所では、自動合成ができない場合もあり、その場合は手動で合成する。

3. 模擬橋梁での基礎的実験

技術研究所構内に設けた模擬橋梁を使って、ロボットの走行実験や床版の画像取得といった基礎的実験を行った。Photo. 3 に模擬橋梁の全景を示す。



Photo. 3 模擬橋梁全景

3. 1 模擬橋梁

模擬橋梁は山留鋼材で組立てた骨組の上にひび割れの発生したコンクリート床版を載せている。模擬橋梁の寸

法は、幅 6m、長さ 15m、鋼材頂部の高さが床版を載せている部分で 5.1m、それ以外の部分で 3.1m である。

床版を載せている梁より 2m 下の鋼材は、主桁の下フランジを模擬したロボットの走行面である。また、床版とロボット走行用桁の間には遮光ネットを張り、側面はシートで覆うことにより、より実橋梁床版下の状況に近づくようにした。なお、はく落防止ネットは 1 回目の模擬橋梁での実験終了後に取り付けた。Photo. 4 にはく落防止ネットの取り付け状況を、Photo. 5 にはく落防止ネットを下から見た状況を示す。



Photo. 4 はく落防止ネット取り付け状況



Photo. 5 はく落防止ネットを下から見た状況

3. 2 模擬橋梁での実験

3. 2. 1 ロボット走行実験

模擬橋梁では、まずロボットの走行実験を行った。走行実験での主な確認項目は、①走行桁への着脱、②直進走行性および操舵性、③添接板、ボルト等の段差乗り越え走破性、④はく落防止ネット取り付け部での走破性である。実験結果は以下のように満足のいく結果であった。

- ① 走行桁への着脱：軽量であることから、一人で容易に行うことができた。
- ② 直進走行性および操舵性：磁石車輪が前後 1 輪ずつ

であることから、車輪の回転や操舵時に過大な負荷がかかることもなく、走行方向の調整が容易に行え、思い通りのコースを走行させることができた。

- ③ 添接板、ボルト等の段差乗り越え走破性：補助推力を使うことにより、安定して乗り越えることができた。
- ④ はく落防止ネット取り付け部での走破性：補助推力使用の有無にかかわらず走破可能であった。また、補助推力であるローターとはく落防止ネットが干渉することはなかった。

特に③については、補助推力を採用する以前の磁石車輪のみであった約 3 年間の開発段階ではどうしても乗り越えられなかったこともあり、開発陣一同安堵したものであった。Photo. 6 に走行実験状況を示す。

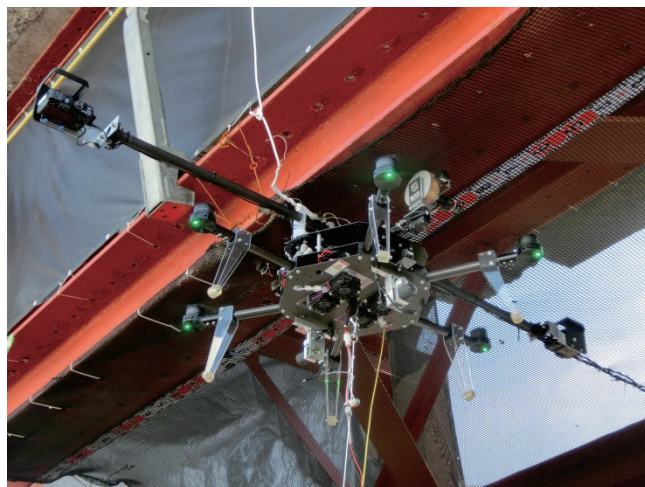


Photo. 6 模擬橋梁でのロボット走行状況

3. 2. 2 画像取得とひび割れ抽出

床版下面の画像取得実験は、桁に囲まれた範囲を対象に行った。また、はく落防止ネットの有無によるひび割れ抽出や展開図作成の違いを確認するため、画像取得ははく落防止ネット取り付け前後で行った。

画像取得範囲内の中央付近にブレースが入ってしまうとブレースにピントが合ってしまう。そのためロボットを画像取得範囲内の中心にブレースが入らない位置で静止させて画像を取得した。ブレースがない箇所では問題なく床版の画像を取得できた。また、こうして取得した画像からの画像の自動合成による展開図作成および合成画像からの自動ひび割れ抽出もできた。Fig. 4~7 にネットのない場合の画像合成とひび割れ抽出の結果を示す。

はく落防止ネットがある場合の画像取得は、当初カメラ（レンズ）とはく落防止ネットが密着する状態で行った。この時取得した画像では、ネットがうまくボケており、床版の状況が確認できるものであったが、展開図作成のための自動合成はできなかった。これはピントのあっていないネットに対しても自動合成の対象として合成しようとしたためではないかと推測される。一方、1 枚毎の画像からの自動ひび割れ抽出は可能であった。

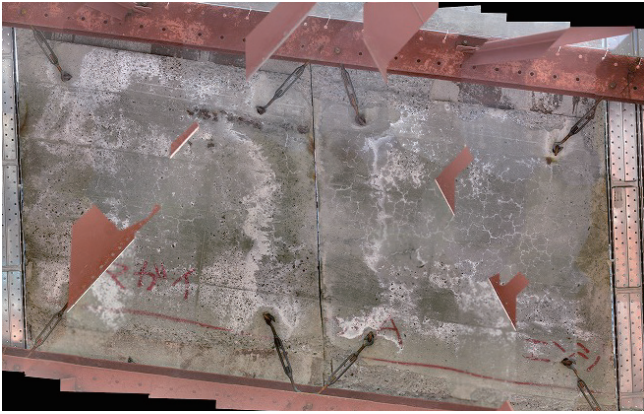


Fig. 4 自動合成画像 (はく落防止ネットなし)



Fig. 5 ひび割れ抽出画像 (はく落防止ネットなし)



Fig. 6 ひび割れ抽出画像 (ネットなし, 1枚画像)



Fig. 7 ひび割れ抽出部拡大 (ネットなし, 青枠部)

Fig. 8~10 にはく落防止ネットのある場合のひび割れ抽出結果を示す。

はく落防止ネットのない場合とある場合では、抽出されたひび割れに若干の差があるが、誤差の範囲と言える。

カメラ (レンズ) とはく落ネットが密着している状態では、ネットにはく落片等があった場合カメラ (レンズ) を損傷する可能性があるため、レンズ前方に保護枠を取り付け、再度実験を行った (Photo.6 参照)。しかし、保護枠が写り込むことが判明したため、実橋梁での実証実験までに保護枠を改造することとした。

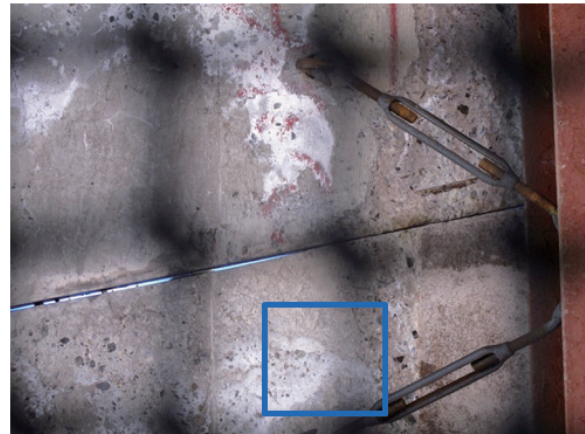


Fig. 8 ネット越しに取得した画像

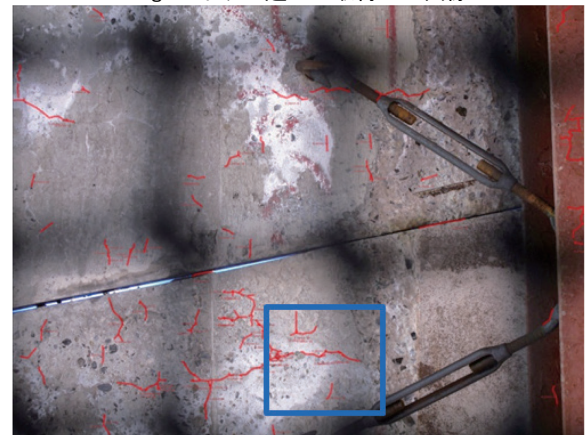


Fig. 9 ひび割れ抽出画像 (ネットあり, 1枚画像)

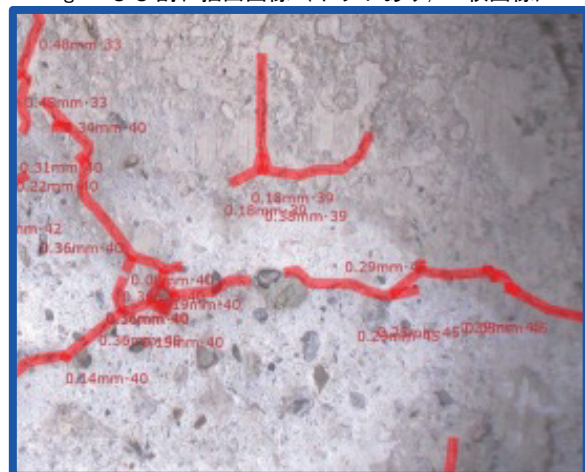


Fig. 10 ひび割れ抽出部拡大 (ネットあり, 青枠部)

4. 実橋梁での実証実験

4.1 対象橋梁

模擬橋梁での実験で一定の成果が得られたことから、開発したシステムの有効性を検証するため、実橋梁を使用しての実証実験を行った。対象橋梁は、神奈川県ロボット産業特区協議会の支援のもと選定された神奈川県内にある鋼橋で、NEDO インフラ維持管理ロボット技術委員会の立会のもと実証実験を行った。

橋の支間長は約40m、幅約16mの単径間の鋼桁橋で、主桁7本、格間数は張出部2つの他、幅2.35m長さ4.9mの格間が6行8列の48格間であった。

ロボット走行の障害となる添接板は2箇所、間隔は約13mであり、撮影の障害となる横構が02行、07行、01列08列にあり、配管が02、03、06、07の4行にあった。また、01列の03行から06行には今回のためにはく落防止10mm#ネットを設置した。

実橋梁の下部は周囲から低くなっており、直接太陽光が差し込む環境ではなかった。そのため、床版下面は暗く、画像取得時は点検用カメラのフラッシュを使用した。しかし、はく落防止ネット取り付け箇所では、ネットにフラッシュ光が反射して床版まで届かず、明瞭な画像が取得できなかったため、フラッシュを使用せずに撮影した。Fig. 11に実橋梁の要素図とはく落防止ネットの設置位置を、Photo. 7に実橋梁全景を、Photo. 8にはく落防止ネット取り付け状況を示す。

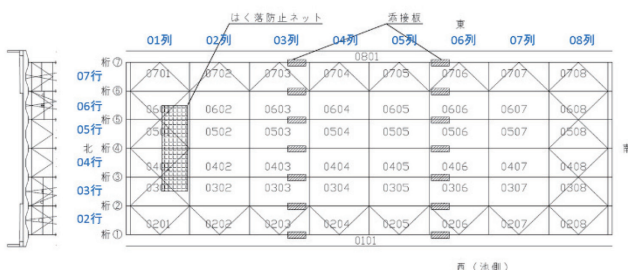


Fig. 11 実橋梁の要素図とはく落防止ネット取り付け位置



Photo. 7 実橋梁全景（南西から北側を望む）



Photo. 8 はく落防止ネット取り付け状況

4.2 運用と設備

実証実験は、本システムの実際の運用を想定して実施した。安全資材、足場、地上設備等の機材搬入は、ユニック車でを行い、200V 交流発電機は荷台に積んだまま使用した。また、地上設備は、2tユニック車に搭載されたAC200V 発電機、AC/DC400V 直流電源装置、PC2台（ロボット操作、画像取得）などである。

運用は、主桁へのロボットの設置・撤去を含めて、ロボット操作員、補助推力操作員、高精細カメラ操作員各1名の合計3名体制で実施した。また、ロボットの設置・桁間移動・撤去は、北側の桁下までの高さが約2.5mであったので可搬式作業台を使用して全て人力で行った。ロボットは、設置場所から主桁1本を、往路で画像取得し、設置場所まで戻って取り外し、隣の桁に設置する、を繰り返した。Photo. 9にロボットの設置状況を、Photo. 10に運用状況を、Photo. 11に200V 発電機を搭載したユニック車を、Photo. 12にAC/DC400V 直流電源装置をそれぞれ示す。



Photo. 9 ロボット設置状況



Photo. 10 運用状況



Photo. 13 実証実験説明状況



Photo. 11 200V 発電機とユニック車



Photo. 14 実証実験状況



Photo. 12 AC/DC 400V 直流電源装置

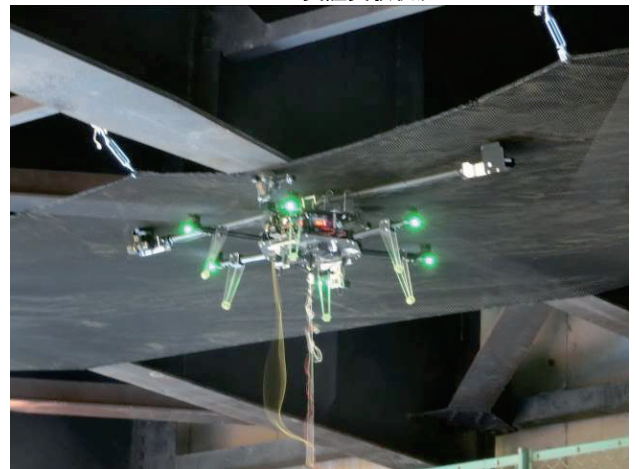


Photo. 15 ロボット走行状況 (はく落防止ネット上)

4. 3 所要時間

主桁 1 本あたりの点検所要時間は横構のない箇所では約 30 分、横構のある箇所では約 40 分であり、内訳は以下のとおりであった。

- ①桁へのロボットの設置・撤去時間：各 3 分
- ②ロボットの移動，撮影時間
 - ・横構ありの区間：
 - 撮影間隔 20cm，走行速度 10cm/秒，撮影時間 20 秒
 - ・横構なしの区間：
 - 撮影間隔 60cm，走行速度 10cm/秒，撮影時間 20 秒
- ③ロボット設置場所（出発地点）への移動：約 4 分
 - ・平均移動速度 30cm/秒，添接板部 1 分/箇所

Photo. 13 に実証実験説明状況を，Photo. 14 に実証実験状況を，Photo. 15 にロボットの走行状況を示す。

4. 4 取得画像と画像処理

前述したとおり実証実験を行った橋梁には、添接板 2 種類、懸架物の配管（通信、水道、電力等）および横構、実験用に設置したはく落防止ネットといった走行上および撮影上の障害物があった。主桁間 6 行のうち、全く障害物のない主桁間は 2 行のみであり、床版に生じているひび割れを高い精度で検出しようとする本システムの運用上、大きな障害となるものであった。

画像取得率は、橋梁外部から樹木が伸びていたためロボットが近づけなかった箇所以外は取得できており、約 95%であった。取得した画像の内、自動合成は、横構や配

管、はく落防止ネット等障害物のない箇所でのみ可能であり、床版全体に対する割合は約 26%であった。横構や配管のあった箇所では自動合成ができなかった理由として、取得した画像それぞれに写り込んでいた横構や配管の一部ずつでは自動合成に必要な各画像に共通する特徴点と認識されなかったためと考えられる。自動合成ができなかった箇所でも手動での合成は可能であったが、労力と時間が非常にかかり、効率的とは言えないものであった。

ひび割れ抽出は、画像の自動合成が可能であった範囲では、合成した画像から自動でひび割れを抽出することができた。また、手動で合成した範囲では 1 枚毎の画像からひび割れを抽出し、はく落防止ネット設置箇所以外は 90%以上抽出できた。Fig. 12 に自動合成で得られた床版画像（1 格間、ひび割れ自動抽出済）を示す。

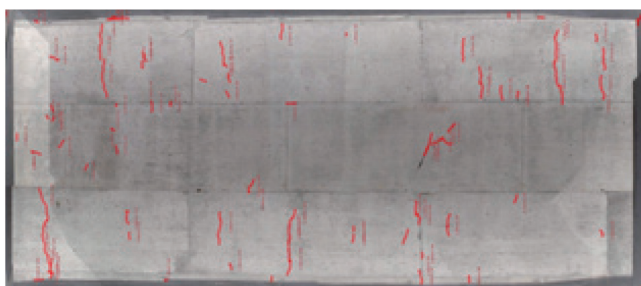


Fig. 12 自動合成で得られた床版画像

一方、はく落防止ネット設置箇所では、画像の自動合成はできず、また、ひび割れ自動抽出率は 20%程度まで下がってしまった。これには以下のような理由が考えられる。

- ① 実橋梁へのはく落防止ネットの取り付けが不十分でたるみがあった。
- ② 実証実験前に点検用カメラ取り付けした保護カバーにより、レンズ前面がネットに密着できず、距離が一定に保てなかった。
- ③ フラッシュが使えないため撮影範囲内が暗かった。
- ④ ①～③の理由から模擬橋梁での試験時にはうまくボケていたネットがボケず、ピントが床版に合わなかったりネットが画像の大部分に写り込んだりした。

自動で抽出されたひび割れは、ラベル番号毎に幅、長さが表示される。実際にはつながっているひび割れも途中で幅が変わり、CSV ファイルへの出力は幅毎に分かれて表示されるが、ラベル番号全体の長さおよび幅を確認したところ、目視による計測とほぼ合致していた。また、ひび割れの DXF 出力も CAD 上で計測したところ同様であった。一例として Fig. 13 に自動抽出されたひび割れ画像を、Fig. 14 にひび割れの DXF 出力を、Table 3 にひび割れ算出結果を、Table 4 に目視による点検結果を示す。

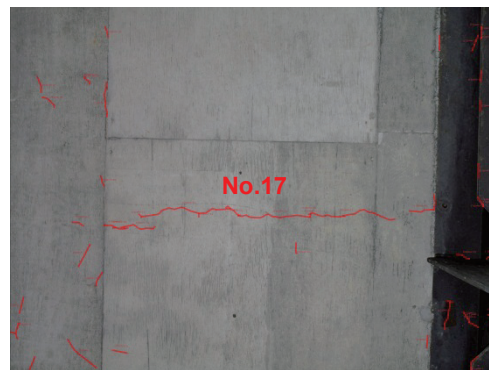


Fig. 13 自動ひび割れ抽出画像

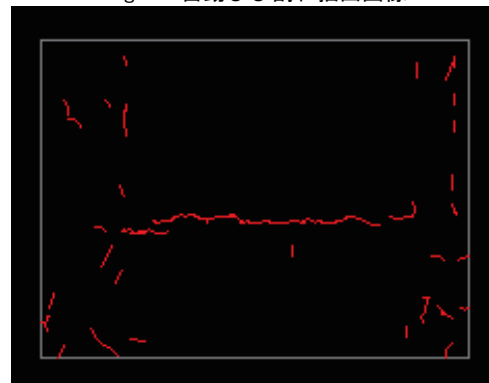


Fig. 14 ひび割れの DXF 出力

Table 3 ひび割れ算出結果

ひび割れラベル番号	ひび割れ幅 (mm)	ひび割れ長さ (mm)
17	0.14	371.56
17	0.14	198.94
17	0.06	8.40
17	0.06	3.99
17	0.06	5.66
17	0.05	5.22
17	0.05	3.32
17	0.05	3.36
計		600.45

Table 4 目視による点検結果 (No. 17)

ひび割れ幅 (mm)	0.2
ひび割れ長さ (mm)	600

4. 5 飛翔による取り付け

一連の実証実験項目終了後、ロボットを飛翔させて主桁に取り付ける試験を行った。

飛翔による主桁へのロボットの取り付けは、橋梁の下は GPS/GNSS の電波が届きにくく、また、磁石車輪を備えていることからコンパスも使えない状況であるため、ジャイロによる姿勢安定以外はオペレーターの目視による操縦となる。今回の実験では、高さ 5 m の主桁に約 23 秒で装着することができた。Photo. 16 にロボットの飛翔状況を示す。



Photo. 16 ロボットの飛翔状況

5. まとめ

磁石車輪と補助推力としてローターを有する、磁石走行式ロボットを活用した橋梁点検システムを開発し、模擬橋梁を使用した試験と実橋梁での実証実験により、以下のような結果が得られた。

- ① 磁石車輪および補助推力としてのローターにより、橋梁の鋼桁に強固に吸着し、安定した走行が可能であった。
- ② 添接板やはく落防止ネットといった走行上の障害物があっても、容易に乗越えることができた。
- ③ 添接板上やはく落防止ネット上でも静止することができ、安定した姿勢で画像を取得できた。
- ④ 3名での運用が可能であり、現場での省力化に資することを示せた。
- ⑤ 取得した画像から、0.2 mmのひび割れを抽出することが可能であることを示せた。
- ⑥ 取得した画像の内、横構等の障害物のない箇所では自動合成による展開図作成が可能であった。
- ⑦ 横構等の障害物のある箇所では、自動合成ができなかった。
- ⑧ はく落防止ネットを取り付けた箇所では、満足の

いく画像を取得できず、自動合成・ひび割れ抽出ともほぼできなかった。

鋼桁橋の床版下面の画像を取得するための磁石走行式ロボットとしては、ほぼ満足のいく形が出来上がっている。しかし、運用は開発者が行ってきたため、それ以外の人にはオペレーターとしての教育が必要である。

一方、自動での画像合成やひび割れ抽出に適応できる画像を取得するためには、横構や配管といった撮影上の障害物がある箇所での画像取得方法（取得間隔や位置、角度など）や、はく落防止ネットが取り付けられた箇所での画像取得方法（カメラのネットへの密着方法、床版への照明など）を確立させるなど、解決すべき課題がある。

今後現場への普及を考えた場合、これらの改善と現場運用によるノウハウの蓄積が必要である。

謝辞

本研究成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）「インフラ維持管理・更新等の社会課題システム開発プロジェクト」の助成事業の結果で得られたものです。

また、実証実験においては神奈川県ロボット産業特区協議会の公募型「ロボット実証実験支援事業」の支援を受け実施しました。

末文であります。共同研究先である株式会社移動ロボット研究所（代表取締役社長 小柳栄次）には、磁石走行式ロボットの開発、製作および運用を全面的に行っていただきました。

ここに改めて謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通白書 2015, P. 122-123
- 2) 国土交通省道路局：道路橋定期点検要領, 2014
- 3) 小柳栄次, 他: クローラ型移動ロボットの橋梁維持管理への適用, 第35回日本ロボット学会学術講演会 1E2-05

Development of a Bridge Inspection System Utilizing a Mobile Robot with Magnetic Wheels

Takashi KUBO, Yoshihiro NISHIOKA, Takaya FUCHIKAMI and Shinjiro OMOTO

Abstract

As the aging of infrastructure has become a social problem, it has become of great importance to maintain and manage infrastructure for the purpose of improving the service life. On the other hand, the shortage of skilled technicians is also a problem in infrastructure inspection. Therefore, we have developed the bridge inspection system that utilizes a mobile robot with magnetic wheels as a solution to these problems. Here we report the experiments on a simulated bridge and the results of a demonstration experiment on an actual bridge. In addition, we describe the operation method and future prospects of the system.

Key words: Bridge inspection, Steel girder bridge, Bottom view image of bridge slab, Magnet wheels, Mobile robot, Rotor