

磁石式鋼橋点検装置の開発

首都高技術株式会社 正会員 ○布施 光弘
 首都高技術株式会社 正会員 森 清
 首都高技術株式会社 大塚 義夫

1. はじめに

道路橋の現状を踏まえ、国土交通省は、橋梁及びトンネル等の予防保全に向けた近接目視による点検を5年に1回の頻度で行うことを義務付けた。筆者らは、近接目視が困難である美装化対策として設置された化粧板やアルミ製のルーバー等で覆われた橋梁(写真-1)を点検するために、磁石によって鋼部材に吸着しながら走行及び撮影を行い、得られた画像より損傷を確認することができる「磁石式鋼橋点検装置(特許出願中)」を開発した。

2. 近接目視による点検が困難な橋梁

構造物等への接近は、高架下の条件に合わせて、高所作業車や橋梁点検車を用いることを基本としているが、道路橋には、容易に接近することができない橋が存在する。美装化対策された橋梁は、化粧板等で覆われた床版や鋼桁の近接目視が困難となっており、点検するには、歩行や養生用の足場板を吊り部材に設置する必要がある。吊り部材の耐力が不足していた場合は、補強や撤去しなければ点検を行えない。このため、美装化対策箇所を含めた近接目視による点検が困難な橋梁に対する維持管理の重要性が高まっている。

3. 開発方針

美装化対策箇所は、点検を行うために足場板の設置や化粧板の撤去が検討されているが、それまでの期間、重大な損傷が生じていないかを速やかに確認することが重要である。足場を仮設することなく点検するには、これまで、様々な手法が検討されてきたが、近年、ロボットによる橋梁検査技術の開発が注目されている。既往のロボット技術を整理した結果、構造物を傷めることなく、美装化対策箇所内部の状況を確認するには、磁石式のロボットを利用し、腹板を走行させながら対策箇所内部の状況を把握することが有効な手段の一つである。開発する点検装置は、点検業務における一次スクリーニングを考慮しており、損傷を外観から調査するものである。開発は、鋼桁の添接板及び垂直補剛材といった段差を走行することを目標にし、三段階で行っている。

4. 磁石式鋼橋点検装置の開発

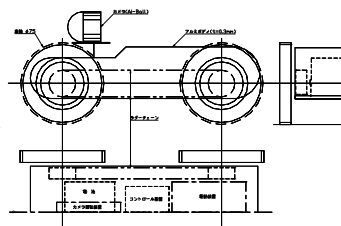
(1) 鋼桁に密着し走行する装置の開発(第一段階)

点検装置の機構については、様々なタイプが考えられる中、第一段階では安定した走行が得られる車輪タイプを採用した。点検装置に取付けられた4個の車輪は、直径3mmの金属製の回転軸で連結され、2個の駆動装置で回転運動を行う。前輪と後輪はラダーチェーンで連結し、前進及び後進、方向転換を行う。点検装置は、鋼桁の添接板及び添接板を締め付ける高力ボルト間を走行する必要があるため、最低地上高さは25mm以上確保した。また、車輪の間隔は、一般的な高力ボルトのヘッドよりも40mm以上大きくした。

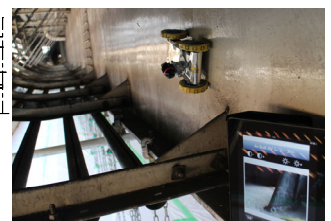
直径75mmの木製車輪(厚さ12mm,比重0.6程度)に取付ける磁石は、磁束密度が高く、永久磁石のうちでは最も強い磁力を持つネオジム磁石を採用した。磁力と比較して点検



写真-1 美装化対策箇所の状況



M-1型 設計図



M-1型 実橋走行試験状況

写真-2 第一段階で製作した点検装置(M-1型)

キーワード 維持管理, 点検, 点検困難, 美装化対策, 磁石式鋼橋点検装置, ネオジム磁石

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 虎ノ門 PF ビル 2 階 首都高技術(株)技術部 TEL 03-3578-5753

装置を十分軽く製作できれば、鋼桁より落下しない。このため、車輪毎に $10 \times 10 \times 3 \text{ mm}$ 表面磁束密度 0.35 T (吸着力 1.4 kgf/個) のネオジム磁石を 12 個取付けることとし、車輪の回転時に出来るだけ有効な磁力面積が得られるよう磁石は角型とした。ネオジム磁石は、錆びや、汚れにより磁力が失われることから表面に被覆が必要となるため、取替えが可能なように紙の養生テープにて表面の保護を行う。

点検装置の基盤となるプレートには、有孔の合成樹脂板を採用し軽量化を図った。動力となる駆動装置及び電池、歯車で動力の回転速度を減じて出力する減速機を組み立て、無線操縦用の基盤を本体内部に取り付ける。車体には、軽量化や軽度な衝撃にも耐えられるように 0.3 mm のアルミ板を用いている。この点検装置は、技術者が進入することが難しい箇所で行き及び撮影を行う必要があることから、装置の寸法は、 $130 \times 230 \times 130 \text{ mm (W} \times \text{D} \times \text{H)}$ と小型化を目指し、カメラ装着時の重量は 540 g とした(写真-2)。

(2) 点検装置及びカメラの高性能化(第二段階)

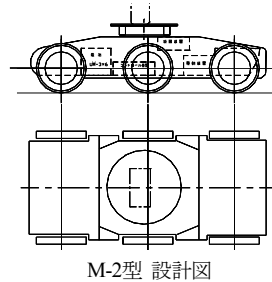
厚さ 15 mm 程度の添接板等の段差を走行し、実構造物を点検するために、走行装置、磁力、カメラ、照明、遠隔操作距離の性能向上を図る。第二段階で製作する点検装置の基本構造は、第一段階で開発した装置を基準とし、段差走行時に車輪が脱輪することを考え 3 軸 6 輪とし、4 輪が鋼部材に接していれば落下しない構造を基本とした。装置の開発では、まず、M-2 型として 3 軸 6 輪、 $180 \times 350 \times 220 \text{ mm (W} \times \text{D} \times \text{H)}$ 、重量 $1,360 \text{ g}$ の装置を製作し機構や動作の確認を行った。次に、実用化に向けた J-1 型として 3 軸 6 輪、 $150 \times 360 \times 200 \text{ mm (W} \times \text{D} \times \text{H)}$ 、重量 $2,030 \text{ g}$ の装置を製作し、走行性及び遠隔操作距離の確認を行った。第二段階では、より高精細な映像が撮影可能で無線通信によって撮影した映像を外部の記憶装置で確認することが可能なカメラを選定した。カメラには、一般的なデジタルカメラより小型・軽量化され、防水機能及び手ぶれ補正機構を搭載したアクションカメラを選定している(写真-3)。実橋にて J-1 型の走行及び画像データ取得試験を行った結果、桁平面部の遠隔走行及び画像転送が 85 m まで可能であることを確認した。

(3) 補剛部材等の段差を越える検討(第三段階)

第一段階、第二段階で開発した点検装置を改良することで、鋼桁の内側に設置された垂直補剛材を乗り越えられる装置の開発を目的とする。第三段階の可能性を確認するため、第一段階で開発した点検装置の連結型(M12R101+MRF10)を試作した(写真-4)。今後は、これまで得た知見を活かし実用化に向けた装置の製作を進める。垂直補剛材を乗り越えるには、基本構造の検討及び更なる軽量化、高い出力が得られる駆動装置が必要となる。

5. 今後の展開

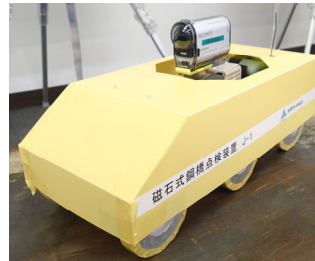
各開発の段階を経て、車輪に一定の間隔でネオジム磁石を取付けた場合、その強力な吸着力により、数百グラムの質量で製作された点検装置であれば、鋼橋から重量で落下することはなく鋼桁腹板面の移動が可能であることが確認された。点検装置に搭載したカメラにより得られたデジタル画像は、張出床版や鋼桁等の状況が観察でき、一次スクリーニングとして損傷の有無を判断するとともに、撮影位置を特定することが可能であった。今後は、実橋試験を重ね、将来的には、垂直補剛材等の段差を乗り越えて点検を行うことや鋼桁溶接部のき裂及びボルトの浮きによるゆるみといった損傷の発見を目指していきたい。



M-2型 設計図



M-2型 実橋走行試験状況



J-1型

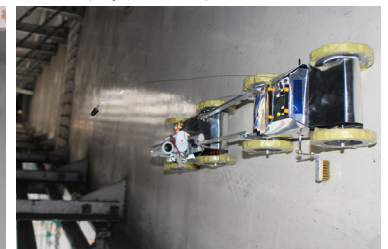


点検装置にて撮影した画像

写真-3 第二段階で製作した点検装置(M-2, J-1型)



試験台での走行状況



実橋走行状況

写真-4 第三段階で製作した点検装置(M12R101+MRF10)