

鋼箱桁内部の点検支援ロボットの開発に関する研究

茨城大学工学部 学生会員 玉城 洋一郎
 茨城大学工学部 正会員 原田 隆郎
 茨城大学工学部 フェロー 横山 功一

1. はじめに

現在、鋼箱桁内部の点検は主に目視によって行われている。鋼箱桁内部は暗所であるとともに密閉空間であるため鋼材の塗装の問題により点検の際に中毒を引き起こしたという事例¹⁾もある。そして箱桁は桁高が1mに満たない場所や鳥の糞害等により人間が鋼箱桁内部に入ること自体が困難な場所もあり点検者の安全性や作業効率に問題が生じやすい。また鋼箱桁内部は鋼材の腐食や亀裂、ボルトのゆるみや脱落、防食機能の劣化などの損傷進行が把握しづらい箇所でもある。(図-1)

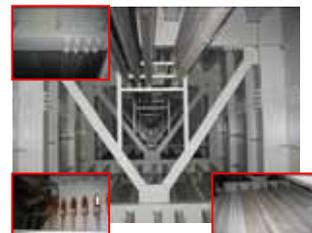


図-1 箱桁内部の損傷箇所

一方で、桁下を点検するロボットは各機関によって開発が行われていて目視による安全性等の問題を解消しているロボットもある²⁾が、鋼箱桁内部を点検するロボットはほとんど開発されていないのが現状である。しかし鋼箱桁内部は安全性等に問題が生じるため、この箇所の劣化損傷を把握するための点検ロボットの必要性は十分にあるといえる。そのため本研究では鋼箱桁内部を点検するロボットのプロトタイプを開発した。そしてそのプロトタイプの検査機能や移動機能などを実験的に評価し、ロボットの点検性能を確認した。

2. 鋼箱桁内部の点検支援ロボットの開発

(1) 鋼箱桁内部の損傷とロボットによる点検支援の考え方

国土交通省の橋梁点検要領(案)³⁾によると点検する損傷として腐食、亀裂、ボルトのゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、定着部の異常、変色・劣化、漏水・滞水、異常なたわみ、変形・欠損等を示している。これらの点検方法は目視のほか超音波探傷試験や磁粉探傷試験等の非破壊検査を用いて行われている。これらの損傷すべてを点検ロボットで把握可能なことが望ましいが本研究では非破壊検査によって把握している損傷は省き、目視によって点検されている損傷について把握可能な点検ロボットを開発した。

(2) 点検ロボットの要求性能

鋼箱桁内部の点検ロボットには人間が鋼箱桁内部に立入らずに人間の目視と同等の点検が可能なが求められる。そのために重要な点検ロボットの機能として移動機能(点検箇所まで移動する機能)と検査機能(損傷を把握するカメラ等の機能)とする。

まず移動機能としては、人間が鋼箱桁内部に立入らずに点検を可能にするために、鋼箱桁内部を自律的に移動可能であることや遠隔操作によって移動できる機能が求められる。また鋼材リブ等の箱桁内部に存在する障害物を避けるために、点検ロボットの専用走行通路を確保し、そこを平面的に自由に移動可能であり、かつ走行通路から落下を防止する機能が求められる。

そして検査機能としては、目視の代用としてカメラで鋼箱桁内部の劣化損傷の状況を撮影できる機能や、鋼箱桁内部の暗所でも点検可能である照明機能が求められる。またデータを収集する際に人間が鋼箱桁内部に立入らなくてもよいように、点検ロボットによって得られた撮影データを点検ロボットからワイヤレスで外部に送信する機能や撮影データを利用して自動で損傷判定が可能な機能が求められる。

キーワード：ロボット、橋梁点検、鋼箱桁内部、カメラ

連絡先：〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL：0294-38-5172 FAX：0294-38-5268

(3) プロトタイプロボット開発

前節で示した点検ロボットの要求性能を踏まえ、鋼箱桁内部の点検ロボットのプロトタイプを開発した。移動機能として自律走行が可能であるほか、赤外線センサにより段差から落下防止機能がある iRobot 社製の自律型ロボット「Roomba570」を用いた。そして鋼箱桁内部に簡易な走行通路を設置してその上を走行する。また検査機能としては、ワイヤレスで撮影データを PC に転送することが可能であり、かつ動画の撮影が可能であるブラネックスコミュニケーションズ株式会社製のネットワークカメラ「CS-WMV03G」を使用し、この



図 - 2 プロトタイプの様子

ネットワークカメラの電源として電池 BOX (単 1 電池 8 本) を搭載した。加えて鋼箱桁内部の暗所でも撮影が可能にするために照明として株式会社オーム電機製のパワーハロゲンライト「TL-404」を使用した。このプロトタイプのすべての機能はワイヤレスであり、遠隔操作によって操作することが可能である。

このプロトタイプの走行は、ネットワークカメラから PC に転送されてくるリアルタイムの画像を見ながら遠隔操作によって行い、そしてプロトタイプに搭載されているネットワークカメラで鋼箱桁内部の様子を動画で撮影する。そしてこのプロトタイプによって得られた撮影データを見て損傷判定を行う。

3. 実橋梁でのプロトタイプロボットの性能評価試験

今回開発したプロトタイプを用いて実橋梁で性能評価試験を行った。方法としては鋼箱桁の内部に簡易な走行通路を設置し、その上を遠隔操作でプロトタイプに走行させて動画の撮影を行った。(図 - 3, 4) そして得られた撮影データから画像を切り出して損傷の確認を行った。

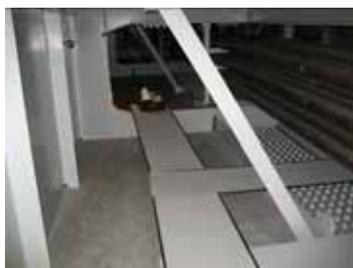


図 - 3 走行通路の様子

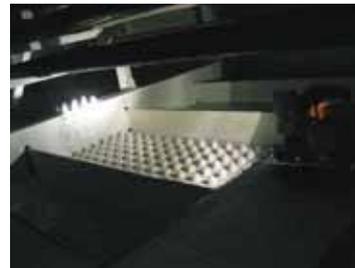


図 - 4 ロボットでの点検の様子

この実験によって得られた動画から画像を切り出したものを右の図 - 5, 6 に示す。この画像はボルトのゆるみ・脱落や滞水といった損傷が起こりうる箇所である。この画像から今回開発したプロトタイプによって人間の目視で把握する損傷の劣化状況を把握可能



図 - 5, 6 ロボットによって得られた画像

であることが確認できた。またプロトタイプの移動機能は遠隔操作によって点検箇所まで適切に移動可能であることや、プロトタイプに搭載した照明によって点検箇所の照度 (撮影距離 1.5m で 2000lux) を十分に確保できることも確認できた。

4. おわりに

今回開発したプロトタイプでは点検箇所までの遠隔操作での移動は適切に行うことができ、かつ人間の目視で把握できる損傷 (ボルトのゆるみ・脱落、滞水) を視認することが可能であった。そのためこのプロトタイプは有用なものだといえる。今後は非破壊検査を用いなければ把握することが不可能な疲労亀裂等の微細な損傷を把握可能になるための機能について検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 失敗知識データベース <http://shippai.jst.go.jp/fkd/Detail?fn=0&id=CD0000062&/> 2008/1/24 アクセス
- 2) 黒崎剛史、岡田秀樹、永田明：鋼 I 桁橋梁点検システムの開発，土木学会第 57 回年次学術講演会 I-245, p 489-490, 2000.9
- 3) 財) 海洋架橋・橋梁調査会：道路橋マネジメントの手引き, H16, 8, 橋梁点検要領 (案)