

大口径斜材適用に向けた斜張橋ケーブル点検ロボットの開発

三井住友建設（株） 正会員 ○塩崎 正人
 （有）テクノフラッシュ 車田 茂美
 山口大学大学院 正会員 河村 圭

1. はじめに

平成26年6月に策定された『道路橋定期点検要領』では、基本的に定期点検を5年に1度実施することが具体的な点検サイクルとして明記された¹⁾。加えて、将来的な維持管理を効率化する観点から、ICTなどを活用した効率的な点検手法の確立が急がれている。

斜張橋やエクストラードロード橋における斜材保護管の点検もそのひとつである。斜張橋では斜材（吊材）としてPC鋼材を使用しており、これをポリエチレン管などで覆うことで鋼材を保護している。近年この斜材保護管が経年劣化し、傷や割れが発生した事例が報告されており点検・補修が急がれているが、近接目視点検を行う場合、宙乗りのような特殊高所作業となることから、斜材の近接目視点検は、費用的にも道路規制の面からも非常に困難な作業となっている。このため、足場を必要としない無人航空機（以下、UAV）や自走式ロボットを利用した画像計測機器の開発が始まっている²⁾。

筆者らは、一昨年に斜材保護管径84・114mmに適用可能な斜張橋ケーブル点検ロボット（試作1号機）を開発した³⁾。しかし、この点検ロボットでは歩道橋などに適用が限られることから、自動車道路橋での施工実績が多い保護管径250mmに適用するため、点検ロボットの大口徑化に向けた試作2号機は、以下の仕様を満たすものとした。

- ・試作1号機の基本的機能を踏襲する。
- ・保護管直径150-250mmを無段階可変で撮影可能。
- ・主塔高50mの斜張橋で運用可能。
- ・30fps以上の安定したフレームレートで撮影できるビデオカメラを搭載。

この試作2号機の製作および揚重実験について、次章より報告する。

2. 斜材ケーブル点検ロボットによる点検方法

斜張橋ケーブル点検ロボットは、UAVを動力とした昇降ユニットと撮影ユニットを、別々のユニットとして製作する。これにより、1台の昇降ユニットを使って複数の撮影ユニットを打ち上げることが可能となるため、短時間に複数の斜材保護管の撮影（点検）が可能となる（図-1）。撮影ユニットは1回の降下で斜材保護管全周を撮影できるよう複数台のビデオカメラを設置する。また、カメラのフレームレートに合わせて、降下速度を制御することで、欠損無く斜材保護管の動画を撮影することが可能となる。

3. 装置製作

（1）撮影ユニット

大口徑斜材への適用となるため、装置が大型化することから、撮影ユニットの設計を先行して実施し、昇降ユニットで必要となる揚重を見通しをつけることとした。試作1号機では、USBカメラ4台で全周の撮影が可能で

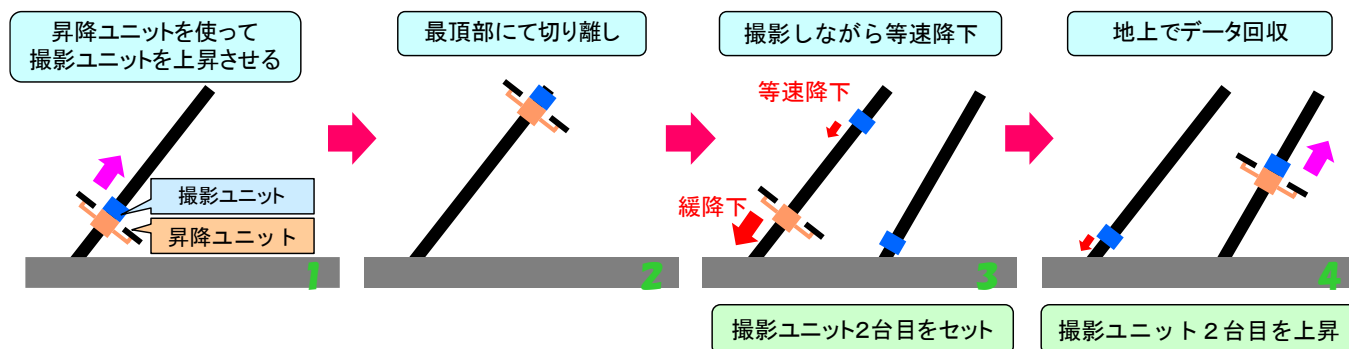


図-1 斜張橋点検ロボットによる点検方法

キーワード：斜張橋，斜材保護管，維持管理，画像計測，自動化

連絡先：〒105-0041 東京都中央区佃2-1-6 三井住友建設（株）技術本部 TEL 03-4582-3121

E-mail：MasandoShiozaki@smcon.co.jp

あったが、試作2号機は画角の問題から6台のカメラを配置した。また、USBカメラはフレームレートが安定しない問題が発生したため、高フレームレートで安定撮影が可能なソニー製の小型ビデオカメラに変更した(写真-1)。このカメラに変更したことで、フレームレートが安定したことに加え、USBカメラを制御するための小型PCが不要となり、軽量化と省スペース化が可能となった。しかし、撮影ユニット全体が大型化したことで等速降下機構も大型化したため、総重量は14kgとなり、試作1号機の3.5倍となっている。

(2) 昇降ユニット

撮影ユニットの総重量が決まったため、昇降ユニットに使用するモーターの選定した。試作1号機と同様にUAVを分解・再構成する方法を検討していたが、市販品では揚重を確保できなかったため、入手可能で最大出力のモーターを入手し制御基盤等は製作した。このモーターを使用する上で問題となったものがバッテリー容量である。Li-ion電池の重量だけで6kgとなったため、



写真-1 撮影ユニット内部とカメラ配置



写真-2 昇降ユニットの揚重実験

総重量は20kgとなり、試作1号機の2倍となっている。また、プロペラも14inから17inに伸長したため、試作1号機より直径が400mm増大した。

4. 室内での揚重実験

昇降ユニットの揚重を確認するため、社内施設内で実験を行った(写真-2)。昇降ユニットに錘を懸架し、昇降ユニットが上昇できる限界まで繰り返し実施し、その間の錘の重量とモーターの出力を測定した。

実験の結果、垂直での揚重は25kgであり、カタログ値より低い揚重であった。実際の斜材角度は20-70度であることから、緩勾配の斜材に関しては適用可能と考えているが、最大出力で連続使用することは、Li-ion電池の異常発熱を引き起こす恐れがあるため、実橋梁での適用には今後も検証が必要である。

5. まとめ

今回の実験から以下の知見を得ることができた。

- ・新しい小型ビデオカメラは高性能であり、軽量化・省スペース化にも寄与する。
- ・出力を抑えて揚重を向上させる場合、プロペラを伸長する必要があり、装置サイズがより大型化する。
- ・モーターの揚重はカタログ値と異なる場合がある。
- ・大容量のLi-ion電池を使用する場合、残容量と発熱量をモニターする必要がある。

試作2号機の製作に当たっては、ロボット全体が大型化したことで、動力部に当たるモーターの選定が困難となった。点検ロボットを垂直に持ち上げることができる揚重を備えたモーターが理想であるため、将来的にはモーター換装が必要と考えているが、まずは軽量化を図った上で実際の橋梁に適用し、その検証を行いたい。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道防災課：道路橋定期点検要領，pp.1-2，2014.6
- 2) 岡田成礼：斜張橋の斜材保護管点検ロボットの開発について，平成26年度スキルアップセミナー 関東，一般安全・安心(1)部門，2015.7
- 3) 塩崎正人，藤原保久，車田茂美，河村圭：斜張橋ケーブル点検ロボットを用いた斜材保護管点検の実証試験，令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会，CS9-51，DVD-ROM，2019