

水上ドローンを活用した新たな鉄道河川橋梁の維持管理手法の提案

株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク 正会員 ○大久保 英徹, 正会員 横山 壮, 黒岩 賢司, Ahmadinejad Farzad
山陽電気鉄道株式会社 宮垣 聡太, 夷谷 祐輝, 上月 透

1. はじめに

近年, 地球温暖化の進行による気候変動で大雨やゲリラ豪雨の発生頻度が全国的に増加しており, 2018 年に発生した西日本豪雨をはじめ, 他社線において複数の鉄道橋が洗掘により倒壊するなど, 激甚化する自然災害への備えが重要となっている. こうした背景から, 頻発している河川橋梁の洗掘被害に対し河床状況を的確かつ効率的に把握する洗掘調査手法の必要性が高まっている. そこで筆者らは新産業創造研究機構が主催する「令和4年度ドローン社会実装促進実証事業」に参画し, 水上ドローンを活用した鉄道河川橋梁の維持管理にかかる生産性向上および安全性向上について技術実証を行った.

2. 洗掘調査における課題と解決策

現在の重錘法による洗掘調査の課題として, ①作業の安全性が低い(高所作業, 線路内作業, ボート作業, 夜間作業が必要となる), ②作業の効率が悪く高コスト(手作業のため作業工数が大きい), ③河床状況の正確な把握が困難(点の測量であり面的な把握が難しい)ということが挙げられる. これらの課題を解決するために用いる水上ドローン(図1)は, ボート型の船体の上面に4機のプロペラを具備し, UAV(Unmanned Aerial Vehicle)の制御技術を応用することで, 水平姿勢を保ちながらの前後左右への移動が可能であり, 水中にある水草などの障害物の影響を受けないという特徴を持っている. また, GPSを用いたホバリング機能(定点固定)および自動航行機能も具備しており, 航行ルート・航行速度等を予め設定することで自動航行させることが可能である. この水上ドローンにソナーマッピング機器を搭載し航行させることで水底の深度を取得できるほか, ライブビューソナーにより水底の形状を示す断面映像の取得・可視化が可能である.

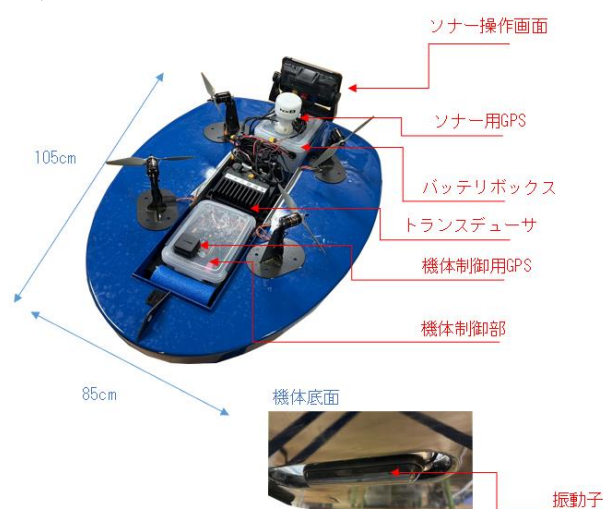


図1. 水上ドローン概要

3. 加古川橋梁における技術実証

2022年12月12日および13日に, 兵庫県内 山陽電鉄加古川橋梁(図2)を対象とする洗掘調査のために水上ドローンによる計測を行った. 当該橋梁は全長約413mの橋梁であり, 洗掘調査はこのうち低水路部の約280mを対象とした. なお, 当日の河川の流速は0.5m/s程度であった.

(1) 現地計測

最初に, 橋梁の下流側と上流側それぞれにおいて機体を橋軸に直交する方向に向けた上で, 橋軸に対し並行

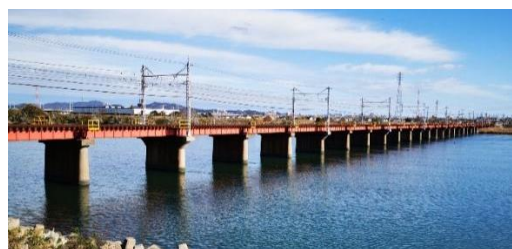


図2. 山陽電鉄加古川橋梁



図3. ライブビューソナー計測航路



図4. 深淺測量航路

キーワード 洗掘調査, 水上ドローン, ソナー, 河床形状, 自動計測, 深淺測量

連絡先 〒106-0032 東京都港区六本木 7-10-25 中島ビル (株)ジャパン・インフラ・ウェイマーク TEL03-6264-4647
〒674-0092 兵庫県明石市二見町東二見 1050 番地 山陽電気鉄道(株) TEL078-940-5221

移動させ、ライブビューソナーによる計測を行った(図3)。計測を行いながら、地上側装置にてリアルタイムに河床の状況を確認できるのが特徴であり、自動航行により約30分で計測を完了している。

続いて、下流域と上流域それぞれにおいて5m間隔・6測線ずつ、機体の進行方向に機首を向ける形で自動航行させ、橋梁近傍の流域の深浅測量を行い、約60分で計測を完了している(図4)。

(2) 水底断面・橋脚断面の可視化

ライブビューソナーにより、図5に示すような水底断面の画像を得ることができ、実際の取得結果の例としてP11橋脚近傍およびP28橋脚近傍の様子を図6・図7に示す。図5のイメージ図は橋脚基礎が露出し洗堀が

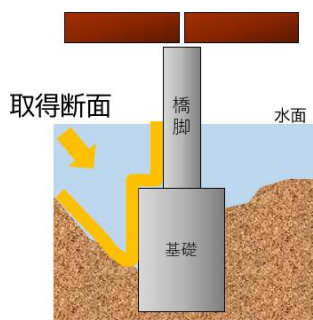


図5. 水底断面イメージ

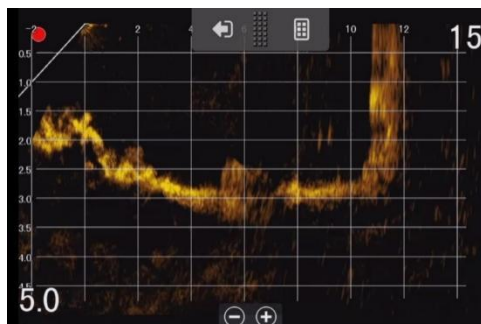


図6. P11橋脚近傍

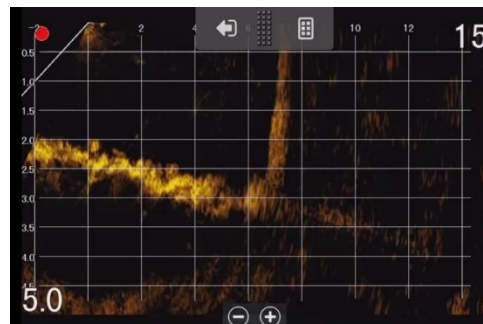


図7. P28橋脚近傍

発生している状態を示しているが、図6・図7では橋脚基礎の露出がみられず健全な状態であることがわかる。これにより橋脚近傍における局所洗堀の有無や河床高の変化を定量的かつ視覚的に確認することができた。

(3) 河床全体の傾向の可視化

深浅測量にて得られたデータを元に、専用処理ソフトでの解析により航路間の水底に内挿した水深値を与えて得られた等深線図を図8に示す。また、水深値の情報を利用し、現行手法にて作成している縦断面図に相当する断面を作成した結果を図9に示す。このように橋脚近傍だけでなく広範囲でデータを取得することにより、河川全体の洗堀傾向を3次元的に可視化することができた。

4. 考察と今後の展望

水上ドローンを用いることで、作業者が橋梁上の線路に立ち入る必要が無く昼間帯に計測することができ、かつ陸上にて一連の計測オペレーションが完結するため、現行手法と比較して安全性は高い。また、自動航行も駆使することで外業の工数を現行手法に対し約9割削減することができた。高密度にデータを取得することができるため、面的な情報を簡易に得ることができることに加え、従来手法と同等の断面図の作成も可能である。今後は引き続き成果物の精度検証を進めるとともに、現在動画形式に限定されているデータ記録方法の改善や、独自のデータ解析機能の開発を行うことで計測位置の特定や対象構造物全体を俯瞰した状況把握が可能となるよう利便性の向上も図っていく予定であり、水上ドローンの特徴を活かした新たな計測手法・運用手法の創出・確立を通じた既存手法の置き換えを目指す。

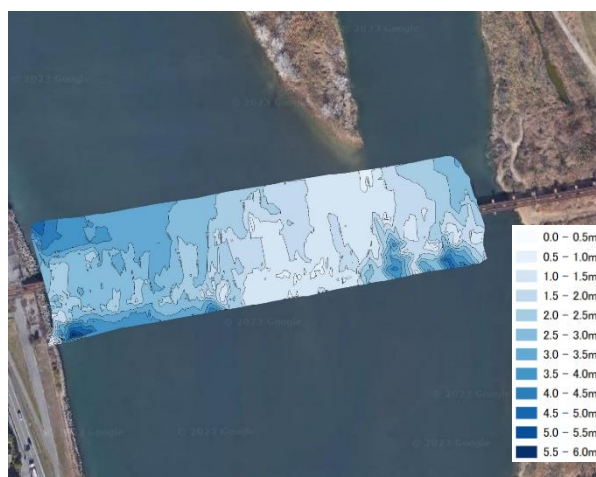
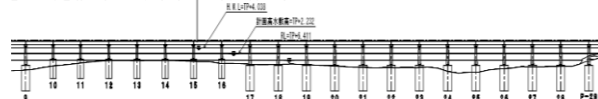


図8. 等深線図

【参考】橋梁一般図 ※線路方向



■縦断面図 ※線路方向

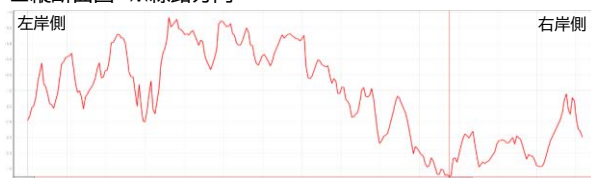


図9. 縦断面図(例)