

新技術を活用した橋梁周辺の洗掘調査 [水・陸一体の3次元計測技術]

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員:○畠山 直樹、正会員:塚 清仁
株式会社 佐藤土木測量設計事務所 非会員:高田 清一郎

1. はじめに

i-Construction の推進や ICT 機器の急速な発展により、構造物の計測・点検・診断に様々な新技術が活用されている。一方、台風等に伴う河川の洪水は、河川を横断する橋梁において局所洗掘を助長し、橋脚の沈下・倒壊の被害を誘発している。橋脚周辺は、洪水時に高流速となりやすく、一度の出水で急激に深掘れが進展する危険があるため、洗掘の規模・範囲を把握することは重要である。今回、橋脚廻りの局所洗掘が懸念されるA橋梁において、「ラジコンボートによる水中部と陸上部の3次元計測」を行い、局所洗掘深、洗掘範囲を計測したため、この結果を報告する。

2. 新技術：ラジコンボートの概要【水・陸一体】

ラジコンボートについては、2017年に導入して以来、数回の現地計測を行い、機器の改良を行ってきた。今回、水中部に加え陸上部の3次元計測も同時に行うための改良を行った。

2018年：水中部の3次元計測を実施

第73回年次発表「マルチビーム測量無人ボートによる水中部の3次元計測」¹⁾

2019年：陸上部を計測するスキャナを増設

「水中部+陸上部」の3次元計測を実施



図-1 ボートの概要(陸上部スキャナ設置)

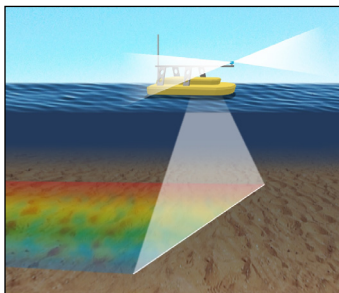


図-2 水中部・陸上部の3次元計測イメージ図

(1) 水中部の3次元計測機器の概要

水中部の計測機器の概要を表-1に示す。「小型マルチビーム測深機」、「慣性GPSジャイロ」、「表面音速計」、を搭載した「マルチビーム測量無人ボート」の新技術である。マルチビーム測量に必要な基本計測機器がボートに搭載済みであり、従来のような現地での艀装作業が軽減される。自己位置は、GNSS(ネットワーク型RTK)により取得し、IMUで補正を行っている。計測した3次元データは、ソフトウェア「HYPACK」に取り込み、リアルタイムに計測状況をパソコンで確認することができる。

表-1 ボートの概要

全長×全幅	168 cm × 81 cm
重量(ボート本体)	34 kg
巡航速度	3 kts
ビーム数	256 本、120° スワ幅
最小レンジ分解能	1.8 cm
実用水深範囲	80m
最大可動時間	8 時間
駆動方式	ブラシレススラスト×2

(2) 陸上部の3次元計測機器の概要

陸上部の計測機器の概要を図-3に示す。3次元スキャナは「Velodyne社製VLP-16」を採用した。特徴は、小型・軽量化であり、水平方向は全方位の360°の計測が可能なことである。自己位置は、ラジコンボートに搭載済みのGNSSから取得する。

表-2 VLP-16の概要

寸法	高 72.7mm×径 103.3mm
重量	約 830g
センサー	16 個のレーザー送
測定角度	水平: 360° 垂直: 30°
測定距離	0.5 ~ 100m
測定精度	±約 3cm



図-3 VLP-16

(3) 水中部と陸上部のデータ合成

マルチビームにより取得した水中部の3次元データと陸上部のレーザスキャナから取得した3次元データは、「HYPACK」に同時に取り込み1ファイルに合成する。合成後に、補正データの適用やノイズ処理を行い、最終的に点群処理ソフト等で使用可能な3次元データとして出力する。

キーワード 新技術、マルチビーム、ラジコンボート、モバイルレーザ、3次元点群データ、水中測量
連絡先 パシフィックコンサルタンツ(株)東北支社 〒980-0811 仙台市青葉区一番町1-9-1 電話 022-302-3972

3. ラジコンボートによる3次元計測結果

(1) 計測結果

A橋梁の洗掘が進行している橋脚付近の結果を報告する。水中部と陸上部の3次元点群データを処理し、段彩図に表現したものを図-4に示した。3次元データから横断面図を作成したものを図-5に示した。この結果より、橋脚間で深掘れが顕著で有り、広範囲に進行していることを確認した。下流側の橋脚は、周辺河床に比べ3.0m程度の深掘れに進行していた。これは、洪水時に渦流や局所流の発生が原因と推察される。また、左岸側の河岸部において、垂直の深掘れが形成されていることがわかった。これは、陸上部で露出している岩盤が水中部まで連続していることから、このような深掘れが形成されたものと推察される。

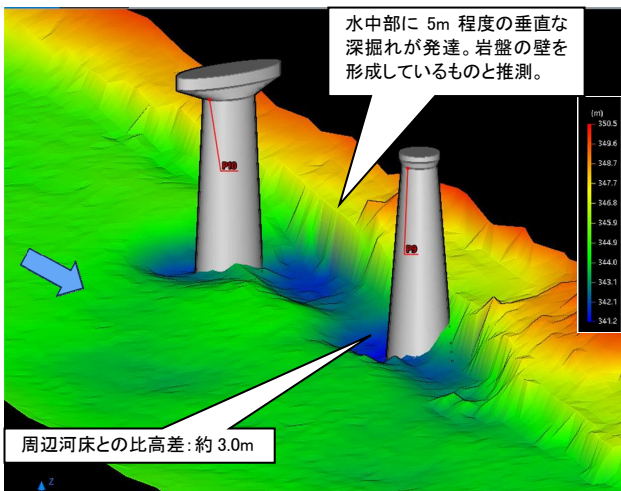


図-4 水中部・陸上部の3次元計測イメージ図

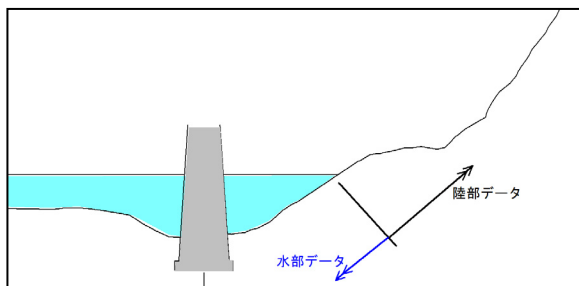


図-5 水部と陸部の合成横断面図(下流側より)

(2) 計測精度の検証

今回現地計測した範囲は、長さ 300m×河川幅 50mの水域である。この水域の中から、ランダムに9箇所地点を抽出し、ラジコンボートの計測値と実測値(下げ振り)により精度検証を行った。この結果、基準 2)の許容値を十分満足し精度の高いことを確認した。

誤差範囲 : 0.00m~0.05m	5箇所	} 平均 0.045m
0.06m~0.10m	3箇所	
0.13m	1箇所	

(3) 3次元計測結果の活用

3次元計測データを取得することにより、設計・施工・維持管理等の様々な段階で活用場面が広がっていく。ここでは、計測した深掘れ範囲に埋め戻しの対策を行った場合の数量を試算した。従来までは、平均断面法で算出していたものが、3次元データを活用することにより、ソフト上で容易に数量算出が可能となる。

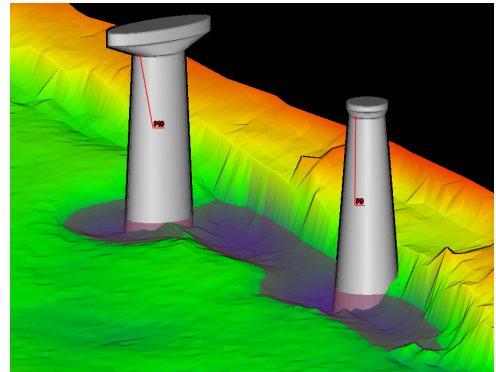


図-6 対策工への活用(3次元数量算出)

6. まとめ

今回のラジコンボートの現地試行を踏まえ、従来の測量技術と作業フローを比較すると図-7の通りである。新技術の活用により、作業手順・時間が大幅に短縮されるうえに、高精度な3次元データが取得することを確認した。また、ボートは軽量であることから、運搬も容易(車両1台に搭載可能)で、かつ進水箇所も制限されない。今後は、流速の早い河川に適用し、ボートの駆動や安定性、計測精度について、検証を進めていきたいと考えている。

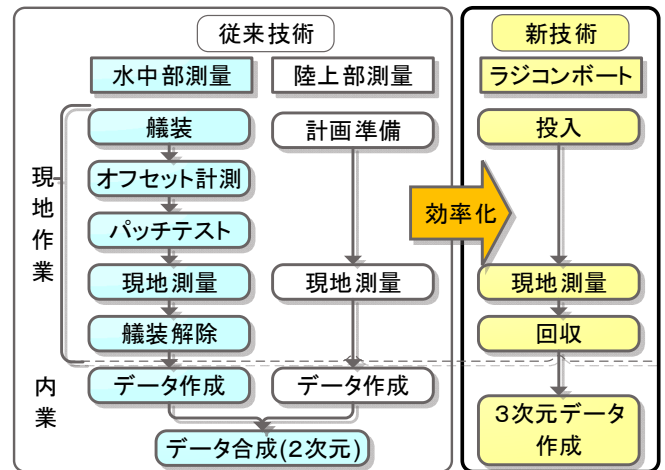


図-7 作業手順の比較

参考文献

- 第73回年次学術講演会: VI-354「マルチビーム測量無人ボートによる水中部の3次元測量」パシフィックコンサルタンツ [正] 畠山 直樹, 他
- 「水路測量業務準則」海上保安庁、別表第二、特級の水域の許容値