

ソナーを用いた鉄道橋梁の洗掘調査手法に関する一考察

J R 東海 名古屋土木技術センター 正会員 野中 大輔

1. はじめに

鉄道橋梁には建設時期が古く根入れが浅い橋脚も多く存在することから、洗掘深さの計測等により維持管理を行っている。洗掘深さを線路上から計測する手法としては、測深用レッド(図-1)による深淺測量が主に用いられるが、広範囲の河床状態を精度良く計測するには困難な場合が多い。本稿では、測深用レッドに代わり水中ソナーを用いて河床状態把握を行い、鉄道橋梁の洗掘管理への適用性について検証したので、その結果を報告する。



図-1 測深用レッドの例

2. 従来の測深手法の問題点と水中ソナーの優位性

前述した測深用レッドを用いた洗掘計測手法には以下のような問題がある(図-2)。a) 橋脚形状により最深部直上での計測作業ができない場合がある。b) 河床状態が視認できない場合に最深部の把握が困難である。c) 流速の早い箇所ではレッドが流される。一方、従来手法は簡便な器材で機動性が良いことや、数箇所程度の測点であれば結果判断までの時間が短いといった利点がある。これらを踏まえると、水中ソナーを用いることで a)~c) の問題点は解決できるが、準備・作業時間や解析時間を多く必要とする。したがって、その優位性が発揮できる条件として、ある程度の流量・水深がある大河川での適用が挙げられる。また、航空レーザー測量の適用が困難な、空頭が低く幅員の広い橋桁の下部を計測する場合や、光学的な計測が困難な濁度が高い河川でも水中ソナーの適用が効果的と思われる。

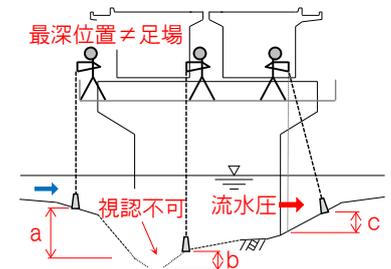


図-2 従来手法の問題点

3. 水中ソナーの特徴と機種選定

ソナーは音波によって物体を感知する装置であり、水中を伝播する音波は濁度に対する影響が少なく、光学的なアプローチが困難な条件でも精度良く計測が可能である。測深可能距離に関しては機種の使用周波数帯域により 30~500m 程度と幅があるが、一般的な鉄道橋で適用する場合には艀装する船舶の浅瀬に対する航行性能によって制限される。今回の検証では広範囲・高精度な計測が可能で、3次元的な結果表示ができ視認性が良いマルチビームソナーから機種を選定した。検証箇所として愛知県内の河口近くにある川幅約 200m、水深 2~5m の河川で、複々線区間の橋脚配置が複雑な箇所を選定した。検証には 2 機種を用いて Case-1 及び 2 としてそれぞれの機種特性を比較するとともに、Case-3 では橋脚状態の捕足性検証を目的とした(表-1)。

ソナー機種	Case-1 マルチビーム測深機 Sonic2024	Case-2 マルチスキャンングソナー BV5000(モーションスキャン式)	Case-3 マルチスキャンングソナー BV5000(着底式)
ボート	小型無人ボート Breeze10	小型船舶(5t未満)	小型船舶(5t未満) + 潜水士
方位・動揺計測装置	POS MV Wavemaster	NavShight Ekinox INS	-
概要	有人/無人(プログラム・遠隔操作)航行が可能で小型船舶とマルチビーム測深機による測深システムである。ワンボックス車に積載可能で現地護岸より搬入した。主に浅瀬での適用性	5トン未満の小型船に現地で機器を艀装して用いた。慣性航行装置と連動させることで動的計測が可能である。ソナーヘッドを可動させ、構造物基礎部や護床ブロック等の構造物周辺の捕足性を主に検証した。	三脚にソナーヘッドを設置し、潜水士により河床に着底させて360°のスキャンを実施した。単体では標高情報を取得せず、今回は橋脚状態補足性と周辺河床の状況把握を主な目的とした。
写真			

表-1 検証に用いた機種の概要

キーワード 鉄道橋、洗掘、深淺測量、マルチビームソナー

連絡先 〒453-0801 愛知県名古屋市中村区太閤 1-15-5 JR 東海 名古屋土木技術センター TEL052-451-7146

4. 現地検証結果

計測時には現地にて方位・動揺計測装置の精度確認を行うと共に、水中音速時計を用いて水深毎の現地音速度を記録し、各ソナーの計測値を補正した。また、計測値のノイズ除去を行うために、水中音速度及び水位データ等を用いて自動及び手動のフィルタリングを行った。以下に各ケースの検証結果について述べる。

Case-1,2 の計測結果を図-3 に示す。各ケースとも全体的に河床面と洗掘部分を良く補足できている。河床全体を比較すると Case-1 では等間隔でデータが採取されており、構造物に対しては Case-2 で密度の高いデータを取得できた。構造物の根入れ確認や河床変動を捉える目的としては、両ケースともに十分な結果が得られている。また、Case1,2 で計測面積に違いがあるのは、各計測時の潮位と航行可能域の違いからである。ただし、Case-2 で用いた機種は音波照射方向が可変であるため、浅場のデータを多く取得できている。以上のことから、一定量の水深下で計測を行う場合には機種特性の影響を受けにく

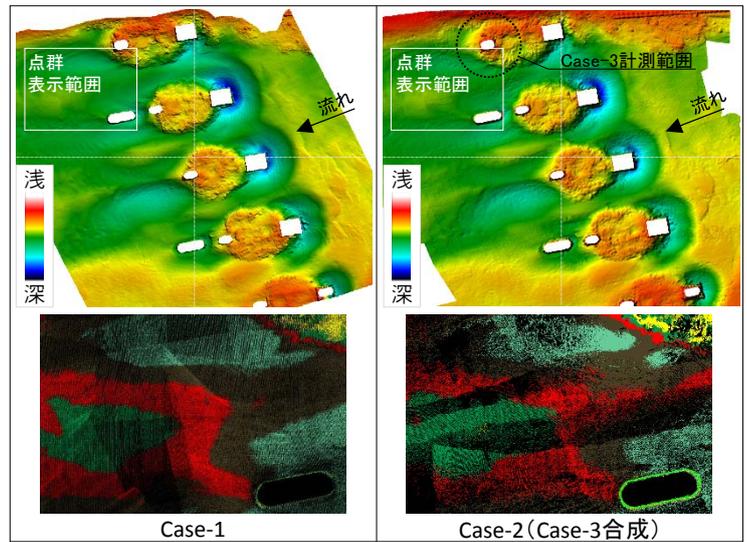


図-3 鳥瞰図(上)と点群図(下)の比較 (Case 1 : 2,3)

いが、構造物近傍、深掘れ部、浅場部等での計測は条件に適した機種選定が重要である。

次に Case-1 及び 2 の各ソナーによるデータ差異を検証するため行った、同一 X-Y 座標上の標高比較結果を図-4 に示す。標高の出合差は $\pm (10+h/100)$ cm 以内にあり、機種の違いによるデータの偏りは認められなかった。これにより、二時期の比較を行う場合でも機種を限定することなく計測・比較が可能と思われる。

従来方法の測深用レッドによる深浅測量との比較結果を図-5 に示す。計測時期と計測線が一致していないため河床標高に若干の違いがあるが、概ね一致したデータとなっている。しかし、部分的には大きく差異が生じており、その原因としては従来手法では河床堆積物等の上部で計測したことなどが考えられる。

最後に Case-3 として行った橋脚変状の補足性について述べる。橋脚巻立て部分の写真と計測から得られた側面図を図-6 に示す。この部位は干潮時にも大半が水面下にあり、濁度が高いため水中カメラでの可視化が困難な箇所である。今回の検証では、輪郭とおおよその形状寸法は確認できたが、詳細な部分までは判別に至らなかった。このような箇所では、対象物に応じた機器設置や計測地点の最適化が今後必要と考えられる。

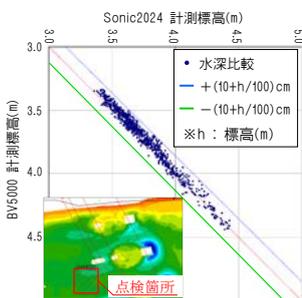


図-4 標高比較結果

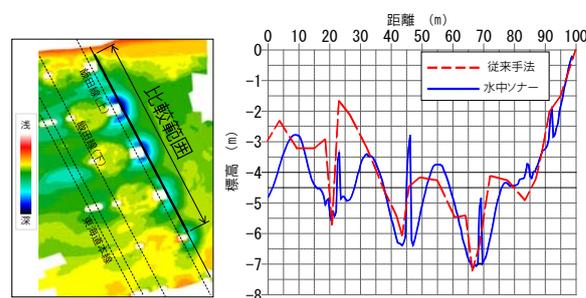


図-5 従来手法との比較図

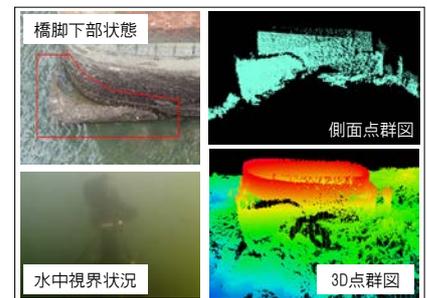


図-6 橋脚写真及び点群図

5. まとめと今後の展開

水中ソナーを用いて鉄道橋梁付近の河床を計測し、計測方法や結果について検証を行った結果、その適用可能範囲と、従来手法と比較して緻密で有用なデータ採取が可能であることを確認できた。本検証は比較的条件の良い環境で実施したため、今後、多彩な現場環境に対する検証や、小型で簡易計測が可能な機種の検討を行うなど、より安全な鉄道輸送に貢献するために維持管理技術の高度化を図っていきたい。

参考文献： 島山ほか: 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 土木学会第73回年次学術講演会IV-354 2018.8.