

矢板長調査における高周波衝撃弾性波法と磁気探査の比較検討

大日本ダイヤコンサルタント株式会社 ○中村 瑞希, 岩崎 理代, 杉野 康博
永野 賢司, 小泉 和広

1. はじめに

河床掘削を伴う改修工事設計を実施するにあたり、既設護岸鋼矢板の施工年度が古く、設計施工時の既往資料が無いことがあるため、河川改修計画の際に復元設計が必要となる。復元設計を実施するにあたり、護岸鋼矢板のように不可視部（地中構造物）では、物理探査や非破壊調査を用いた調査を活用することが多い。

本報告では、既設鋼矢板長さを推定する手法として、ボーリング孔を利用した鉛直磁気探査および非破壊調査の1手法である高周波衝撃弾性波調査（通称オーリス）の2つの手法を同時に実施する機会を得たため、それぞれのメリット・デメリットについて整理した結果を報告する。

2. 調査地の概要

調査対象区間は、延長が1.7kmと長いことから、3区間（上流・中流・下流）に区分し、それぞれの区間において鉛直磁気探査と高周波衝撃弾性波法を実施した。

図-1に調査対象区間の標準断面図を示す。鉛直磁気探査に使用した磁気センサーの有効範囲が約半径1.5mであることから、ボーリング掘削による探査孔は護岸鋼矢板から離隔1mとした。

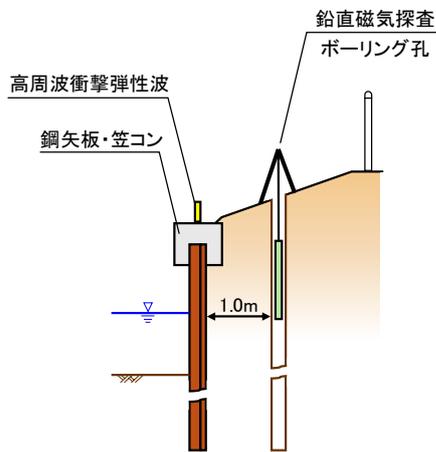


図-1 調査対象区間の標準断面図および調査位置

3. 測定手法

(1) 鉛直磁気探査

鉛直磁気探査は、図-2に示すように、ボーリングマシンにより削孔した孔内へ磁気センサーを挿入し、センサーの下降時及び上昇時に増幅制御器のレンジを切り替えて測定を行った。

センサーコードには先端部にあるコイルの中心から1m間隔に深度マークを付け、マークがケーシング頭部を通過する時に記録員が目視により記録器（下降時および

上昇時）に入力する。これにより、孔内での磁気センサーの位置（深度）と対応した磁気波形を記録することができる。鋼矢板の長さは、磁気センサーが磁性体に反応して矢板下端を通過する際に現れる磁気波形のピークを読み取ることで検知することができる。

下降時と上昇時の結果を解析し、その平均値を採用することで鋼矢板長さの特定を行った。

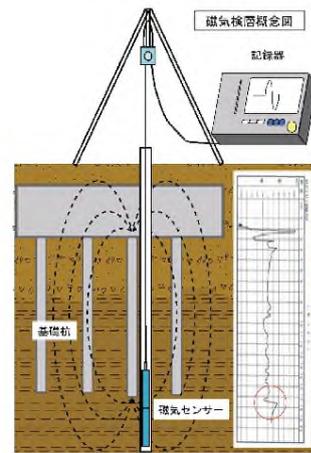


図-2 鉛直磁気探査の概念図

(2) 高周波衝撃弾性波調査

高周波衝撃弾性波調査は、対象物の表面を鋼製ハンマーで打撃して衝撃弾性波を発生し、対象物の内部に伝播させて、ひび割れや対象構造物の先端部で反射した波を表面に設置した受信センサー（高周波帯域の共振周波数特性を持つAEセンサー：AE-901S）で検知する。

対象構造物が鋼矢板であるため、鋼矢板の頭部に設置された笠コンクリートの表面に受信センサーを設置し計測を行った。図-3に高周波衝撃弾性波調査による鋼矢板長さ調査の概念図を示す。

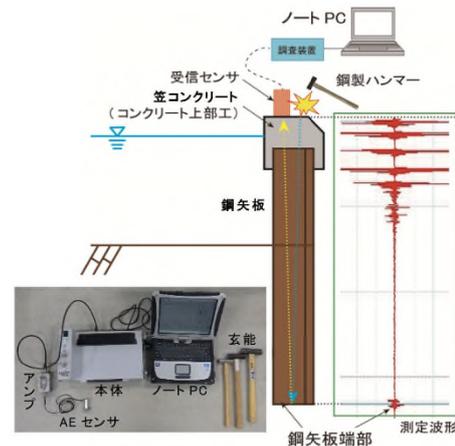


図-3 高周波衝撃弾性波調査の概念図と調査装置

4. 調査結果

鉛直磁気探査および高周波衝撃弾性波調査により計測した鋼矢板長さを表-1にまとめて示す。

表-1 測定結果一覧

測定位置	鉛直磁気探査	高周波衝撃弾性波調査	差異	誤差率
	L (m)	L (m)	ΔL (m)	%
下流部	8.721	8.418	-0.303	3.474
中流部	9.431	10.07	0.639	6.776
上流部	9.313	10.68	1.367	14.678

ここで、高周波衝撃弾性波調査における鋼矢板長さの推定式を式-1に示す。

$$\text{鋼矢板長さ } L(\text{m}) = (t \div 2) \times V_p \dots \dots \text{式-1}$$

ここに、t：鋼矢板先端までの往復の伝播時間(ms)

Vp：鋼矢板の弾性波速度(km/sec)

鋼鉄の空中における弾性波速度は5.920km/sec(理科年表より)であるが、地盤内の拘束を受けると弾性波速度は低下する。弊社では、これまでの実績値から粘性土地盤に打設された鋼材の弾性波速度は5.122km/sec(検証結果の平均値)を採用している。

表-1に示している高周波衝撃弾性波調査による鋼矢板長さは、上記で示した弾性波速度5.122km/secを用いて算出した値である。鉛直磁気探査による鋼矢板長さを絶対値とした場合、非破壊調査である高周波衝撃弾性波調査により推定される鋼矢板長さは3%~15%程度の誤差が生じる結果となった。

5. 調査手法のメリット・デメリット

調査結果から、鉛直磁気探査と高周波衝撃弾性波調査により得られる鋼矢板の長さには差異が認められ、両者の誤差率は最大で15%程度生じていることが解った。

高周波衝撃弾性波調査による鋼矢板長さの算出は、式-1で示したように、調査対象物(鋼矢板)の弾性波速度をどの様に設定するかが精度に影響を与えることが解る。したがって、鉛直磁気探査で計測した鋼矢板長さを絶対値として、高周波衝撃弾性波調査で計測される鋼矢板先端までの伝播時間から鋼矢板の弾性波速度を逆計算により設定することで高周波衝撃弾性波調査による測定精度を向上させることができる。

本報告では、既設護岸鋼矢板長さを鉛直磁気探査と高周波衝撃弾性波調査の2手法により行った結果を比較したが、両者の調査におけるメリット・デメリットを整理し表-2にまとめた。

6. まとめ

既設護岸鋼矢板の長さを2つの計測手法により比較を行った結果から、高周波衝撃弾性波調査により算出される鋼矢板の長さは、鉛直磁気探査の結果に対して最大で15%程度の誤差が生じる結果となった。

表-2 両手法によるメリット・デメリット

	メリット	デメリット
磁気探査	・精度良く計測できる。	・ボーリング孔を利用するため、調査日数を要する。 ・コスト高となる。 (高周波衝撃弾性波調査の2.5倍)
弾性波調査	・短期間で数多くの鋼矢板を調査可能。 ・コストを低くできる	・精度がやや劣る。 ・鉛直磁気探査に比べて最大誤差15%

しかし、鉛直磁気探査を行うためにはボーリングマシンの仮設、掘削、撤去等により調査に日数を要することや費用が高額になってしまうデメリットがある。実際に本調査では高周波衝撃弾性波調査を1とした場合、鉛直磁気探査の費用は2.5倍となった。一方、高周波衝撃弾性波調査は、磁気探査に比べて精度がやや劣るものの、コストが安価であることと、短期間で調査をすることができるといったメリットがある。

ここで、両者のメリットを生かす方法として、鉛直磁気探査から算出した弾性波速度を用い、鋼矢板長さを求める方法を考慮した。その結果、磁気探査に近い値となり精度が良くなることを確認した。

これらの結果より、既設鋼矢板長さ調査を実施する場合には、鉛直磁気探査と高周波衝撃弾性波調査を併用することが良いのではないかと考えられる。鋼矢板長さの調査を複数箇所で行う場合、初めに代表的な箇所では鉛直磁気探査を1箇所行い、弾性波速度を算出する。その他箇所では、鉛直磁気探査で得られた弾性波速度を用いて高周波衝撃弾性波調査を行うことで、精度を向上させることができ、短期間で、かつ低価格に行えると考える。

このように、調査対象となる河川延長が長く、多くの工区が存在する場合には、高周波衝撃弾性波調査を河川全域のスクリーニングとして活用し、代表的な箇所による鉛直磁気探査を併用することで測定精度を向上させることが出来ると考える。

今後も、地盤条件による弾性波速度の影響について引き続きデータの蓄積を行い、高周波衝撃弾性波調査の精度向上につなげたいと考える。