

2026年2月26日

超音波ソナーを活用したシールドマシン切羽可視化技術の開発

～音速解析で土質・性状をリアルタイム判定～

■概要

鉄建設株式会社（本社：東京都千代田区、社長：伊藤泰司）は、超音波ソナー技術を活用し、シールドマシンのチャンバー内における泥土性状を連続的に計測・可視化するシステムの開発を進めています（特許 第7256093号、プレスリリース：2024年6月4日）。このたび切羽（チャンバー内）で取得した音速データを解析することで、土質・性状をリアルタイムに判定できる新たなシールドマシン切羽可視化システムを開発しました。

■開発の背景

シールドトンネル工事において2020年に発生した地表面に影響を及ぼした事象を受け、国土交通省では「シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン」を策定し、施工管理の高度化や安全性向上、切羽の安定性確認が強く求められるようになりました。しかし、チャンバー内の掘削土砂は隔壁により直接目視ができず、シールドマシン作動状況やスクリーコンベア排土状況から判断するなど、シールド技術者の経験に大きく依存していました。当社は2024年度、超音波ソナーを用いて塑性流動性を定量評価するシステムを開発し実用化しましたが（図-1, 2, 3, 4、写真-1）、さらに有効な情報を得るため、今回の開発を行いました。

■システムの概要

本システムは、シールドマシン隔壁に設置した超音波ソナーからチャンバー内部へ超音波を照射し、カッタースポーク（面板）に反射して戻る反射波の到達時間を計測することで、チャンバー内の泥土性状を音速として数値化します。この音速データを掘進中に自動で連続計測することにより、リアルタイムで切羽状態を把握することが可能となります。開発にあたっては、粒度や添加材配合量が既知の複数種類の試料を用い（図-5）、チャンバーを模擬した環境で繰り返し音速計測を実施しました。その結果、

- ・粗粒土（砂・礫）と細粒土（シルト）では音速が明確に異なる
- ・添加材の投入量が増加すると音速が低下する

といった、土質特性と音速の相関が確認されました（図-6）。これらのデータを専用プログラムで自動解析することにより、掘進中の土質区分と添加材投入量による変化をリアルタイムに判定する機能を実現しました。

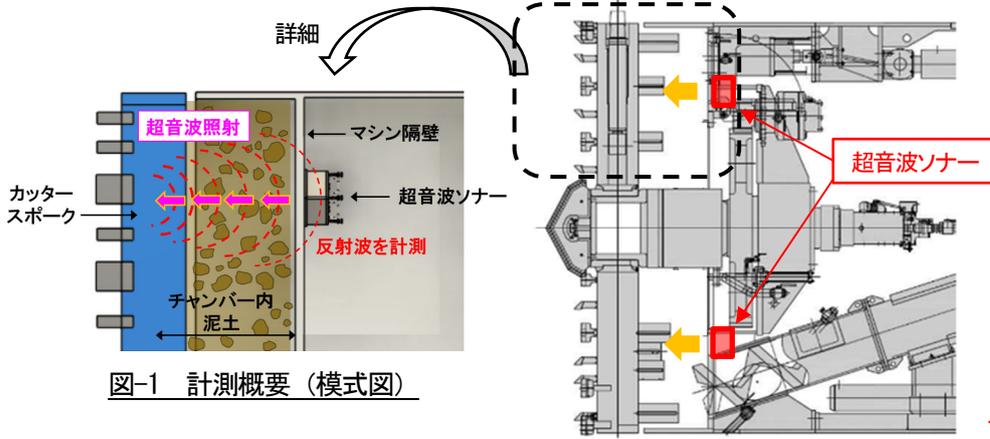


図-1 計測概要 (模式図)

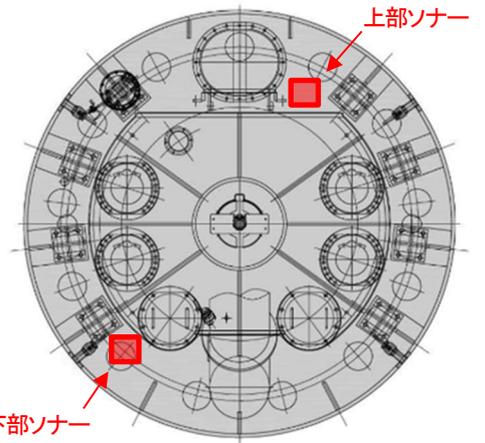


図-2 超音波ソナー取付け位置

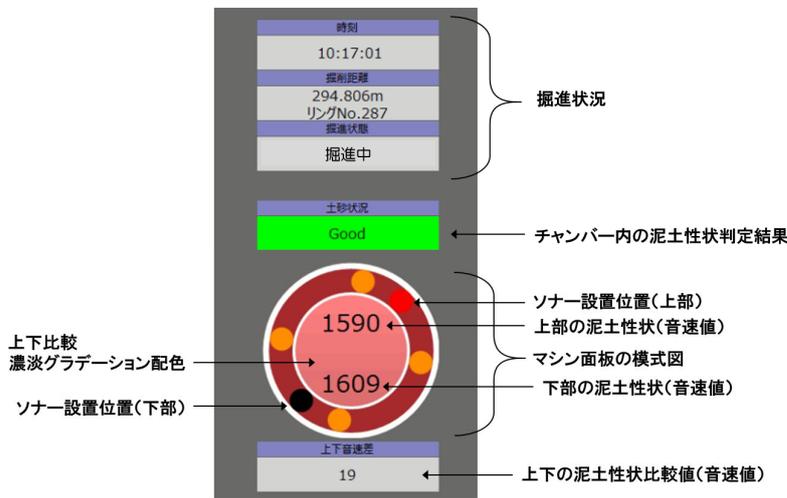


図-3 インジケータ表示状況 (中央制御室)



写真-1 超音波ソナー取付け状況

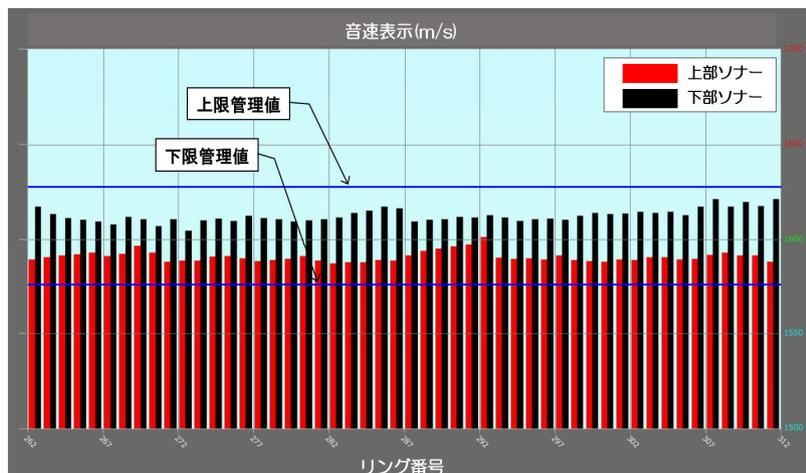


図-4 計測・解析結果表示状況

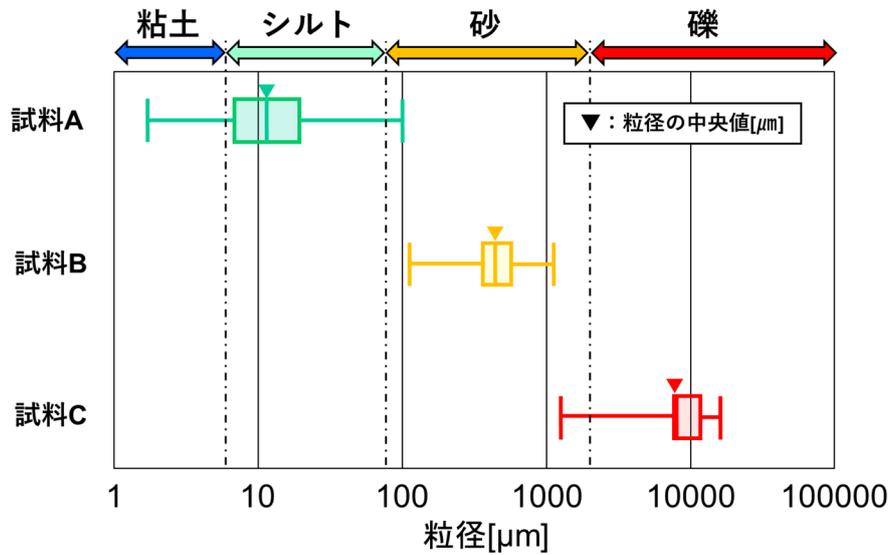


図-5 試験用土質材料の粒度分布

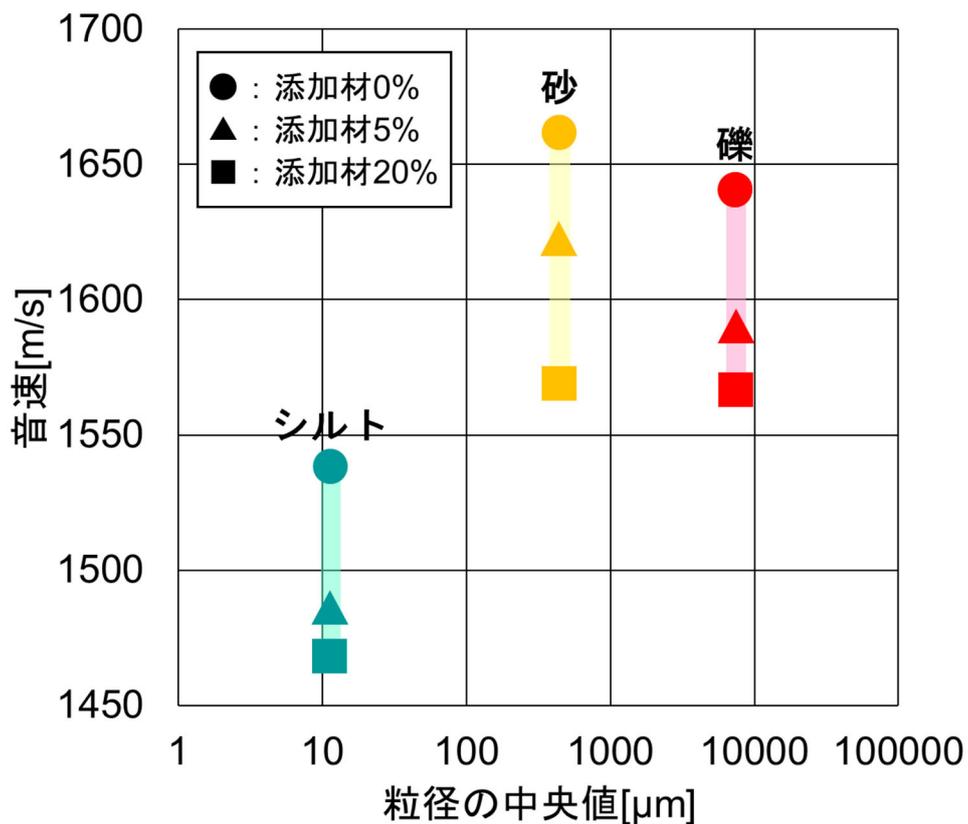


図-6 音速解析による土質・性状判定結果



■今後の展開

シールドトンネル工事では、近年の長距離化に伴い地質変化への迅速な対応がますます重要となっています。当社は地質変化が大きいと予想される路線への本システム導入を進め、変動する土質・性状の変化にリアルタイムに対応することで、シールド工事の安全性向上に貢献します。また、当社が開発済みのシールド周辺地山のリアルタイム監視システムなどと連携させることで、シールド工事全体の生産性向上・安全性強化を推進します。さらに、音速以外の出力にも着目することにより、チャンバー内可視化のさらなる精度向上をめざします。

技術に関するお問い合わせ先
鉄建建設株式会社
土木本部 エンジニアリング企画部
E-Mail : eng@tekken.co.jp

お問い合わせ先
〒101-8366 東京都千代田区神田三崎町二丁目5番3号
TEL 03-3221-2297 FAX 03-3221-2379
鉄建建設株式会社 経営企画本部 広報部