

シールドトンネル前方探査：FWIによる土層実験解析

Look ahead prediction for shield tunneling: Full waveform inversion for large-scale pit experiment

加藤 謙吾*, 瀬谷 正巳*, 北川 真也*

キーワード：シールドトンネル，前方探査，土層実験，Full Waveform Inversion

研究目的

シールドトンネル掘削でのトラブル要因として、残置物の存在、空洞の存在および事前調査における地盤情報と掘削時の地盤物性との差などが報告されている。前方調査の目的として、これらのトラブルを予見可能な詳細な地盤情報を得ることが挙げられる。この視点に立ち、土層実験では、異なる速度構造を持つ土層および空洞を模擬した土層を作成した。本研究における Full Waveform Inversion 解析（以下、FWI 解析）について、空洞の位置および大きさの推定を目標に解析を実施した。本報では、FWI のシールドトンネル前方探査への適用性を検討することを目的として実施したシールド土層解析結果について報告する。

研究方法

FWI の実施には、*Salvus* (Mondaic AG, 2025) を用いた。*Salvus* は、大陸規模から細胞内部のような極小スケールに至るまで、幅広いスケールにおける波動伝播をモデル化可能な FWI ソフトウェアである。本解析では、以下の手順でインバージョン解析を実施した。①初期モデルの作成、②波形処理、③STF (Source Time Function) の評価、④フォワード解析、⑤インバージョン解析。また、本解析では、土層境界を垂直方向および水平方向に作製した土層および土層内に空洞を模擬した空洞土層を対象とした。図-1に空洞土層を対象とした初期モデルを示す。

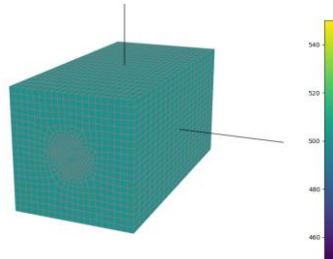


図-1 空洞土層の初期モデル

研究結果

図-2にインバージョン結果の例を示す。加震源付近の弾性波速度が更新された一方、空洞位置を特定するには至らなかった。原因として、高周波帯の波の減衰、空洞寸法が小さいこと、空洞から加震源および受信機までの距離が遠かったことなどが理由として考えられる。一方、インバージョン結果は、加震源付近にせん断波速度を更新可能であることを明らかにした。このことは、地震探査法などの従来の探査法では困難であったせん断波速度分布の推定ができることを示しており、FWI が切羽近傍の詳細な地盤状態の把握に有効であることが示唆している。

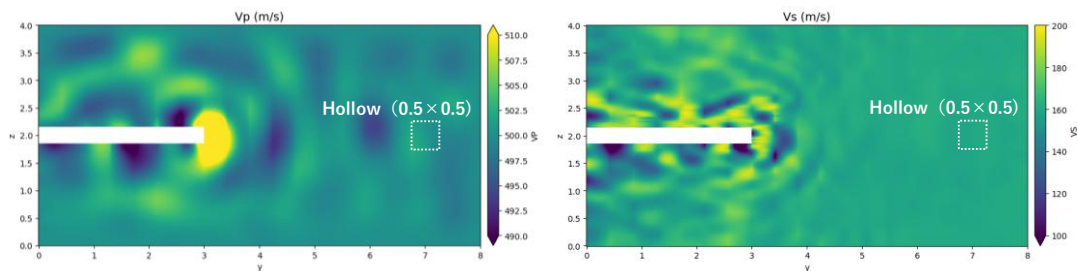


図-2 空洞土層における打撃加振を対象としたインバージョン解析結果例