トンネルトモグラフィ探査の現場適用試験

鹿島建設(株) 正会員 〇栗原 啓丞 山本 拓治 横田 泰宏 伊達 健介

1. はじめに

筆者らは三次元孔間弾性波トモグラフィを応用したトンネルトモグラフィ探査の実用性を向上させるため, GPS 同期型の無線トモグラフィ探査システムを開発し,基礎的な精度確認試験からその信頼性を確認してきた ¹⁾.本論文では,新しく開発したトンネルトモグラフィ探査の現場適用試験結果を報告する.

2. 現場適用試験概要

本調査地点の土被りは 50~60m であった.トンネル計画高さの地質状況は破砕質の泥岩が分布しており,過 大変位の発生が懸念されていた.トンネルトモグラフィ探査は表-1,及び図-1 に示すように 2 回に分けて行 われた.以下では、トンネルトモグラフィ探査の探査原理と探査方法を概説し、得られた解析結果を調査ボー リング結果(TD.655m)や実施支保パターンと比較することで探査手法の精度を検証した.

(1)探査原理

本探査手法は、人工的な振動をトンネル坑内から発生させ、振動の到達時間を地表に設置した受振器で観測 し、得られたデータからトモグラフィ解析を行うことで切羽前方や切羽周辺の弾性波速度分布を算出する.本 システムは、発振側と受振側の両システムが GPS 衛星による信号を受信することで無線化されており、両シス テムが UTC (協定世界時)と高い精度で時刻同期するシステムとした.精度を検証した基礎試験では、10⁻⁴sec オーダーで時刻同期できることを確認している¹⁾.

(2)探查方法

受振器は地表面のトンネルセンターライン上に 2.5m 間隔で設置し,1 展開につき 23 個の受振器を使用した. 写真-1 は受振器の設置状況である. 起振は坑内において, 2.5m 間隔でトンネル側壁を大ハンマにより打撃した. 23 地点でハンマ打撃を行うが,データの品質を確保するために 1 地点あたり最低 2 回の打撃を行った. 写真-2 は坑内での起振状況である. 1 展開目の起振が終了した後,受振器,受振ケーブル,波形取得装置を移動し,所定の調査範囲まで展開してデータ取得を繰り返した. 写真-3 は地表での計測状況である.

3. 現場適用試験の結果

図-2 は地表で観測された代表的な取得波形と弾性波の到達時間である.図-3 はトンネルトモグラフィ解析 結果と事前調査結果及び調査ボーリング結果を比較した図である.図-4 は探査時切羽周辺を拡大し,速度範 囲を変更して実施支保パターンと比較した結果である.これらの結果より,以下のことが言える.



表-1 調査範囲

キーワード 山岳トンネル,切羽前方探査,弾性波トモグラフィ,GPS

·連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) TEL 042-489-6598

・ 図-3 より, TD. 600m 付近及び TD. 650m 付近では, EL. 230m 付近まで弾性波速度が 2.0km/s を超える比較的 高速度な区間が確認された(図-4 中の赤点線で示す範囲).得られた弾性波速度より,この範囲ではトンネル 計画高さに分布する破砕質泥岩が下層から連続的に分布しているものと評価できる.TD. 655m で実施された調 査ボーリング結果とも整合性が見られる結果となった.

・ 図-4 より, TD. 680m 付近の切羽周辺部では, 弾性波速度が 2.0~2.2km/s と低下する区間が見られたため, 既掘削部に比べると破砕性の強い泥岩が分布し, 掘削によって塑性変形が生じやすく, 緩みが進展することが 懸念された.実施支保パターンは, この付近で特殊な DII パターン(6m ロックボルトを採用した DII パターン 配置)からウィングリブと上半仮閉合を用いた E パターンへ変更されており, 解析結果より地質状況が精度良 く評価できていたことが確認された.

4. まとめ

筆者らは,開発した GPS 同期型の無線トンネルトモグラフィ探査の精度を検証するため,現場適用試験を実施した.本報告では,解析結果と調査ボーリングや実施支保パターンを比較した結果をまとめ,トンネルトモグラフィ探査は切羽前方や切羽周辺の地質状況を弾性波速度分布から定量的に評価できる探査手法であることが確認できた.

参考文献

1) 横田泰宏,山本拓治,栗原啓丞:三次元トンネルトモグラフィ探査システムの開発,土木学会第67回年次学 術講演会投稿中,2012.

