

トモグラフィ的弾性波探査解析によるトンネル事前調査の評価および提案

山口大学 学 ○寅岡 千丈
 基礎地盤コンサルタンツ(株) 正 三木 茂
 日本技術開発(株) 正 河原 幸弘

日本道路公団 正 太田黒 秀信
 (株)ロード・エンジニアリング 正 井上 浩一
 山口大学 正 中川 浩二

1. はじめに

トンネル事前調査として行われる弾性波探査はトンネル計画地山の内部構造を予測するのに有効な手段である。ここで弾性波探査をする場合、弾性波がトンネル計画面まで通過していることが探査結果の信頼性を論じる上での重要なポイントになる。弾性波トモグラフィ解析ではレイトレーシングを行なうことで実際の波線経路をある程度予測できる¹⁾。

本研究ではトモグラフィ解析を用い、トンネル計画位置における波線の通過状況について検討した。次にトンネル計画位置における波線の通過状況が不十分であると考えられるトンネルについて波線通過状況の改善策を講じ検討を試みた。

2. 波線通過状況検討方法

トンネル事前調査として行われた弾性波探査結果（走時曲線）を用いてトモグラフィ解析を行い、得られた波線図からトンネル計画位置における波線が通過した割合（以下波線通過率と称す）を求めた。次に波線の通過状況に大きく影響を及ぼす測線配置、最大土被り厚、受振距離等の関連性について検討した。

3. 波線通過状況の検討結果

波線がトンネル計画位置全体を通過しない原因として以下の三つの要因が考えられる。

- 1) 図-1に示すように、弾性波探査が二測線以上の測線に分けて探査する場合、波線がトンネル交差部付近で不通過となることが多い。これは測線交差部の土被り厚に対して測線交差部以降の測線長が短いことに起因するものと考えられる。
- 2) 図-2に示すように土被り120m以上になるとトンネル計画位置全体に対する波線の通過は困難である。
- 3) 土被り厚に対して弾性波の受振距離が短いと波線の通過率が低下する（図-3参照）。

波線不通過トンネルに関して波線の不通過要因を明確化し、取り除く方法を検討する必要がある。

4. 波線通過改善策検討方法

波線通過状況が良くないと解析されたトンネルにつ

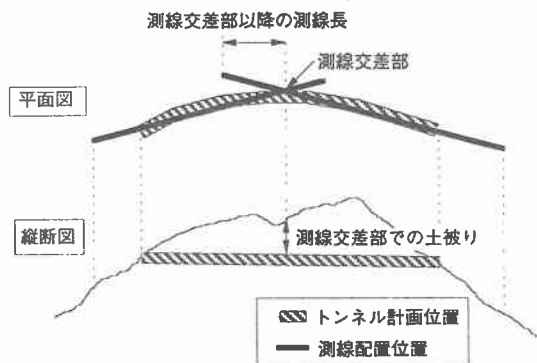


図-1 弾性波探査測線配置の概略図
 （測線を2つ配置した例）

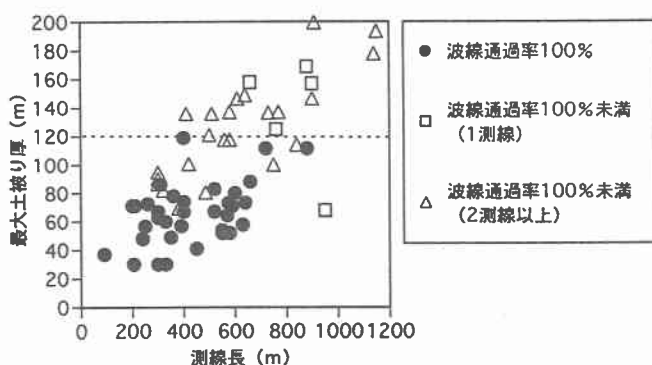


図-2 波線通過状況と 測線長・最大土被りの関係

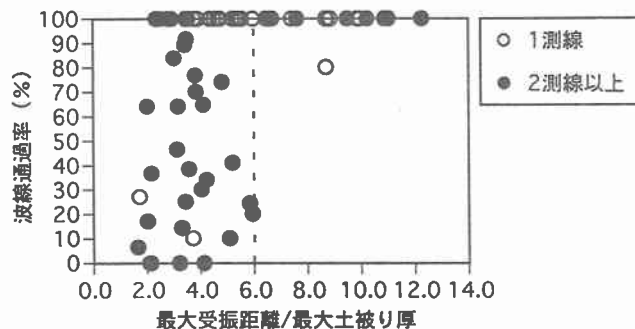


図-3 波線通過率と最大受振距離/最大土被りの関係

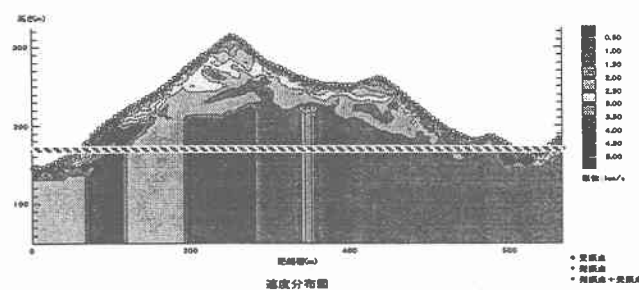


図-4 波線通過検討地山モデル

いて改善策を検討した一例を示す。このトンネルは最大受振距離が最大土被りの約1.7倍しかないことから、波線不通過をもたらしたものと考えられる。そこで現調査での受振距離を延長することで波線の通過状況の改善を試みた。また、ボーリング孔を用いた弾性波探査の有用性についても検討を図った。先ず現調査結果をトモグラフィ解析し、速度構造が得られなかった領域については、はざとり法による解析速度値の設定を行った。このモデル地山(図-4)を用い、現調査での受振距離を延長した場合(図-5に示す発振点A,Bで発振された弾性波を全ての地表受振点で観測する)やボーリング孔を用いて図-1に示す各位置に起振点を設置した場合を想定し、波線の通過状況の変化について調べた。新たに設置を仮定した起振点の走時はモデル地山の速度構造を初期値として与えることで算出し、この解析走時を観測走時として、現調査での走時データとともに入力した。なお、一樣初期値を3.0km/s(現調査解析の時、最もRMS残差の収束状況が良かった値)とし、繰り返し計算回数10回にてトモグラフィ解析を行なった。この解析結果(波線図、図-7参照)から波線通過率を求め、波線通過状況の適切な改善策を検討を試みた。

5. 波線通過状況の改善策検討に対する考察

検討した結果、図-8より波線の通過状況が比較的改善されるのは、起振点A,Bの走時データを全ての地表受振点で観測する場合(受振距離を延長した場合)、および地山内起振点を設置位置5,6,7,8,10に設置し探査する場合であった。ただし、これらは実際の地山の速度構造がモデル化した地山の速度構造と同等であると仮定した場合であり、実際の地山速度構造の詳細は明確でないことに留意しなければならない。しかし、受振距離の延長や地山内起振点を仮定してモデル解析した結果、いずれの場合も現調査の探査に比べて波線の通過状況は改善されており、それらの有効性が確認された。また、地表起振による弾性波探査によって、ある程度地山内部の状況が予測できるならば、それを基に再探査での適当地山内起振点位置を推定することも可能になるものと考えられる。

参考文献

- 1) 佐々宏一、芦田譲、菅野強：建設・防災技術者のための物理探査、森北出版株式会社、1993

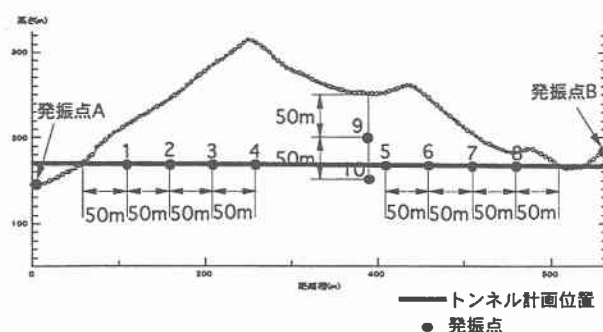


図-5 新しく設置を検討した起振点位置

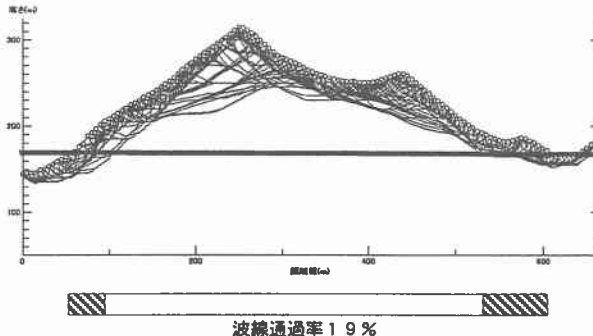


図-6 現調査解析による波線通過状況

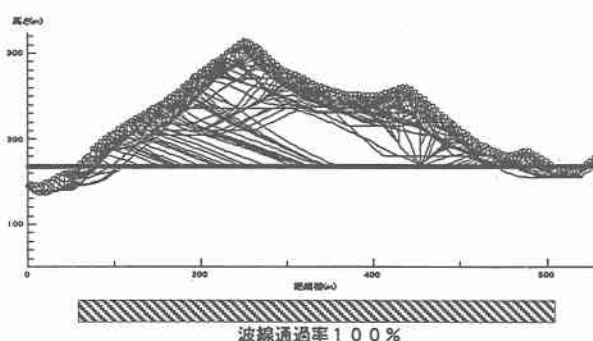


図-7 波線通過状況改善案検討結果(起振点6を設置した場合)

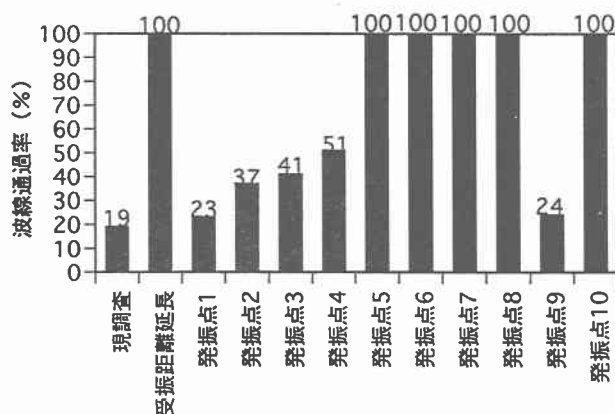


図-8 各起振点設置案に対して検討した波線通過状況結果