

VI-105

弾性波を用いた切羽前方探査の一考察

(株)熊谷組

○ 手塚 仁

(株)熊谷組

畔高 伸一

(株)熊谷組

竹内孝二郎

1. はじめに

山岳トンネルの施工において、切羽前方の地質状態を把握することは、工事の安全性や経済性の点で重要である。従来、事前調査、施工中の切羽観察や変位計測によって地山を評価してきたが、前方地質を完全に把握することは困難であった。このような中で、最近、弾性波探査反射法を用いて切羽前方を予測する方法が注目を浴びている。本報告では、北陸新幹線五里ヶ峯トンネル（戸倉工区）で行ったTSP（Tunnel Seismic Prediction）探査法の試験結果について報告する。

2. 試験概要

当トンネルの地質は、新第三紀中新世中期の別所層に属する黑色頁岩、凝灰岩で構成され、基盤における弾性波速度は4.2km/s～5.2km/sと新第三紀層としてはきわめて硬質な岩盤である。図-1に地質縦断図を示す。試験は、切羽のトンネル距離程が95k745.9mの位置で行った。発振孔は切羽から1.5mピッチで24本、受振孔は切羽から一番離れた発振孔より15.5mの位置に一本、それぞれ切羽に向かって左側壁部の直線上に配置した。発振孔は、日常の作業サイクルの中で削孔し、孔の閉塞防止のため削孔後ローディングパイプを挿入した。孔の深さはトンネル周辺のゆるみ幅を考慮して、発振孔で1.5m、受振孔で2.5mとした。モルタルポンプにより無収縮性モルタルを受振孔へ注入後、受振器固定用ケーシングを挿入し固着した。主な測定機器は、水平・垂直2成分受振器、データロガー、トリガーボックスから成る。測定は、各発振孔へ約50gの火薬（新桐、爆速=7000km/s）を挿入し、切羽側から順に発破を行い、その受振波形を記録した。測定後、速やかに測定データをパソコンへ転送し、現場事務所にて解析・評価を行った。測定に要した時間は、準備も含めて2時間程度であった。

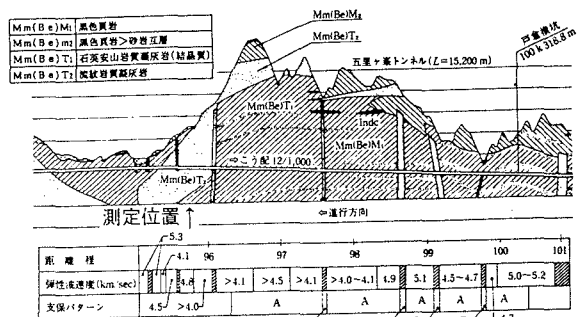


図-1 五里ヶ峯トンネルの地質縦断図

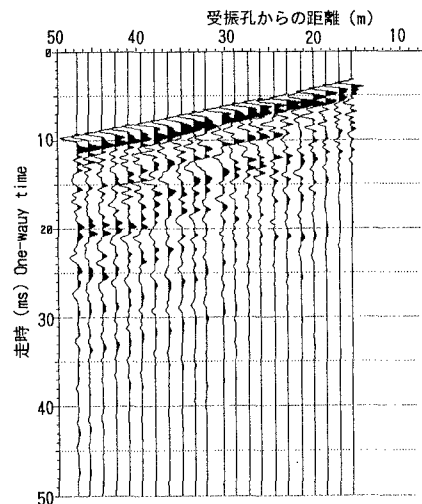


図-2 測定記録(x成分)

3. 測定結果

測定記録を図-2（x成分）へ示す。24本の各トレースで直接波の到達が確認できる。まず初動の立上がりを読み取る。その勾配から求まる平均弾性波速度は5.218km/sであった。各トレースの初動は直線上にならび、その延長は

受振孔位置ではほぼ走時0 msとなる。このことから、発振孔および受振孔の孔深さがゆるみ領域外へ十分到達していたと考えられる。バンドパスフィルター、ラジアンフィルター、直接波の分離、デコンボリューション等波界処理の結果（左上セクター）を図-3に示す。反射波が強調され、反射面の存在が確認できる。次に、ディフラクションスタック（DS）法を用いて反射点の深度変換を行う。この変換の際、解析領域全てに、初動のピックから求めた平均弾性波速度を用いる。図-4は、図-3に対してDS法を行った結果である。円の大きさは各反射点での回折エネルギーの大きさを示し、全解析領域の最大値で正規化した値に対応する。大きい円の並びは反射面を示し、この並びを直線で外挿し、トンネル軸との交点を求める。この様にして求めた前方予測結果を図-5へ示す。TSP 法による前方予測結果の検証を行うために、実際の掘削パターンを併記した。反射面①、③、⑤の位置は、掘削パターンの変更位置とはほぼ一致する。また96K690m から620mの間に大きな地質の変化が見られない点も一致している。

5. おわりに

TSP 探査法による切羽前方地質予測の妥当性を検討するために現場試験を行った。その結果予測された反射面の位置は実際の掘削パターンの変更位置とはほぼ一致した。また、大きな地質変化が生じない区間においても予測結果は実際の結果と一致した。今回は比較的硬岩な地山での試験であったが、今後さらに、軟弱な地山等での現場試験を行いその適用性を検証する予定である。つまり、軟弱地山では受振孔、発振孔の深さがトンネルのゆるみ領域外となる場合があると予想される。また、現在、受振器を2ピックとした場合の測定法についても検証中である。

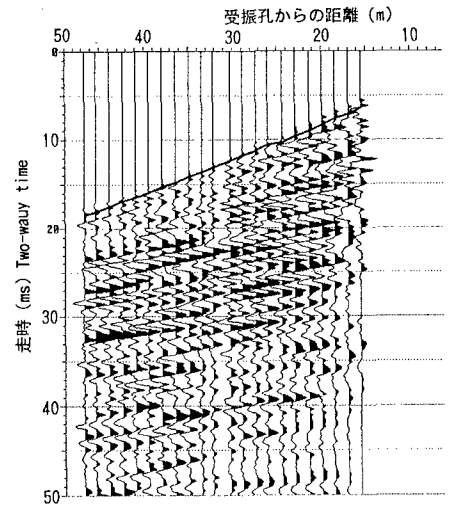


図-3 波界処理後の波形（右上セクター）

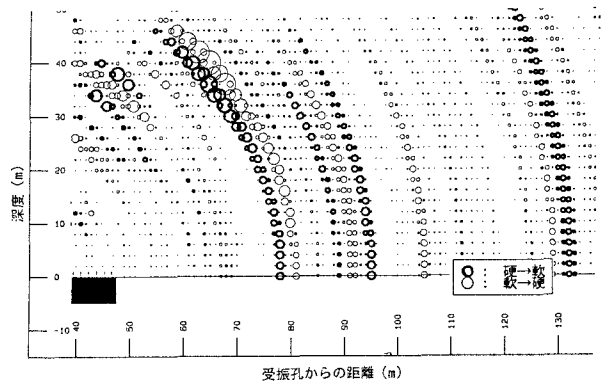


図-4 DS 法結果スクリーン（右上セクター）

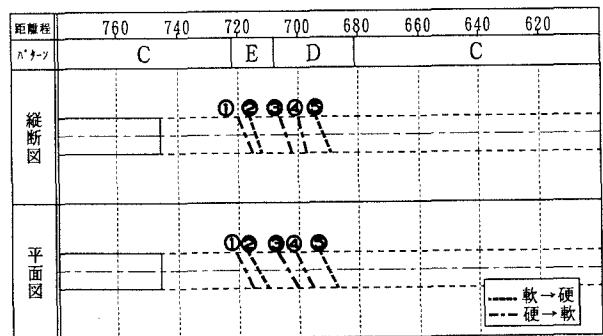


図-5 TSP予測結果と実際の支保パターンとの比較