

Ⅲ - A 394

坑内弾性波探査法による岩盤評価の可能性についての一考察

ハザマ 正員 笠博義¹⁾、正員 前田信行¹⁾、斉藤篤²⁾
日本道路公団 越野洋一³⁾

1. まえがき

現在、一般的なトンネルの支保設計は、路線上の地表面において事前に実施される弾性波探査(屈折法)結果に基づいて実施されている。この手法による探査結果からは、路線上の弾性波速度構造が推定され、同時に低速度帯としての断層・破碎帯も把握する事が可能であり、弾性波速度からトンネルの支保設計に必要な岩盤の工学的な性質を推定することが可能とされている。しかし、実際には、地形・地質条件が整わない場合には、探査結果が実際の地質状況と大きく異なることも少くないことが知られている。

こうした問題点に対処する方法としては、事前探査の精度を向上する方法と、施工中に事前探査の補正を逐次行っていく方法とが考えられる。このうち事前探査の精度向上は主に物理探査技術の向上に依るところが大きく、現状では任意の地形・地質条件下で十分な精度での地盤情報を得ることは極めて困難である。これに対して、施工中に坑内で何らかの調査を行うことによって、事前探査の結果を補完・修正する方法は、より現実的なアプローチであると考えられる。

こうした背景において、本研究は切羽前方探査手法として利用が普及しつつある坑内弾性波反射法（以下、TSP 法と呼ぶ）によって得られる岩盤の弾性波速度に着目し、この測定結果を有効に活用するための基礎的な検討を行うものである。

2. TSP 探査による坑内弾性波探査の概要

一般にトンネル坑内で実施される弾性波探査法には、単一発振点で多点受振（通常 12～24 点）の方式が用いられるが、今回検討を行う TSP 探査は、側壁における単一受振、多点発振の切羽前方探査手法である。この探査法は、側壁に深さ 1.5～2 m 受発振孔を設けて弾性波の測定を行うことから、この受振孔～発振孔間の測線間の平均的な弾性波速度を直接的に求めることが可能である。この方法の特徴としては、側壁部の岩盤内部での弾性波の送受波を行う探査であることから、緩み領域の影響が小さく、これによって得られた弾性波速度は元来の岩盤の弾性波速度に近い値を示していることにある。このことは、筆者らが別に行った側壁における孔間弾性波試験¹⁾でも確認されている。

なお、今回この探査法と比較検討した坑内簡易弾性波探査法は 2～3 チャンネルの小型探査装置を用いるもので、側壁に直接受発振点を設けることから、緩み領域の影響が大きい探査手法である。

3. 検討の概要

今回の検討は、TBM 工法で掘削された東海北陸自動車道の城端トンネル避難坑を対象として行った。このトンネルが掘削される周囲の地質は凝灰角礫岩、安山岩および流紋岩質凝灰岩からなり、土被りは全般に小さく 20～220 m 程度である。

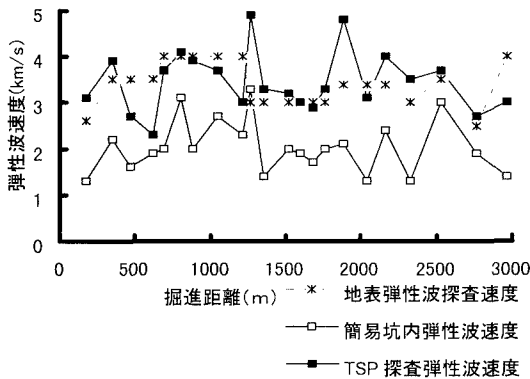
城端トンネル避難坑の工事では、TSP 探査を 1 回/100～150 m 行くと同時に、1 回/5 m 間隔で坑内簡易弾性波探査を実施しており、本検討はこれらのデータのうち、両坑口付近の NATM 区間を除いた部分の探査結果を相互に比較することによって行った。なお、TSP 探査で求められた弾性波速度は前述の測線中の平均的な値であるため、ここではこの値を測線の中点点におけるものと仮定し、この位置における坑内簡易弾性波探査結果および地上弾性波探査結果を比較検討することとした。

キーワード：トンネル、弾性波探査、岩盤評価、(TSP 探査)

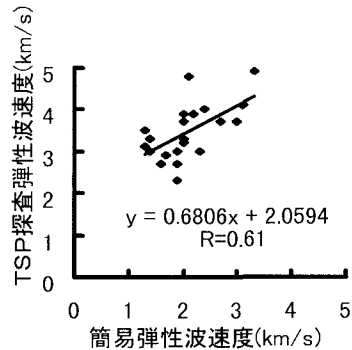
連絡先：1)茨城県つくば市荻間字西向 515-1, TEL0298-58-8822, FAX0298-58-8839

2)富山県東砺波郡城端町上見 75, TEL0763-62-4071, FAX0763-62-4073

3)富山県富山市二口町 135-2, TEL0764-21-9145, FAX0764-21-9438



図－1 各調査による弾性波速度の比較



図－2 TSP 調査と簡易弾性波調査による弾性波速度の比較

4. 検討結果と考察

TSP 調査によって求められた弾性波速度と坑内簡易弾性波による速度および地表からの弾性波速度トンネル路線上での変化を示したものが図－1である。この図から、TSP 調査による値と坑内簡易弾性波調査の結果はほぼ同等の変化パターンを示していることがわかる。これに対して、地表面における弾性波速度の変化のパターンは大局的な傾向こそ一致しているものの、細部については一致しない部分が多い。また、図－2は相互に関連性が強いと推定される TSP 調査結果と坑内簡易弾性波調査結果について得られる弾性波速度の関係を示したものである。この図から明らかなように、両者は正の相関関係を有し、その相関係数は約0.61である。ここで直線近似の式に示されるように、TSP 調査による速度値が坑内簡易弾性波の値よりおよそ2 km/s 大きくなっている。これは、坑壁で直接受振振を行う坑内簡易弾性波試験では、掘削による坑壁周辺の緩みによる速度低下が顕著に反映しているためと考えられる。

次に、弾性波速度から岩盤状況を評価するために、(1)式に示す速度低下率について検討を行った。これは、TSP 調査から求められた弾性波速度をトンネル掘削の影響を受けていない元来の岩盤の速度値とし、坑内簡易弾性波調査で得られた値を掘削による影響を受けた領域の弾性波速度値と仮定して、以下の式によって定義するものである。

$$\text{速度低下率}(\%) = \{1 - (V_{ps}/V_{pt})\} \times 100 \quad (1)$$

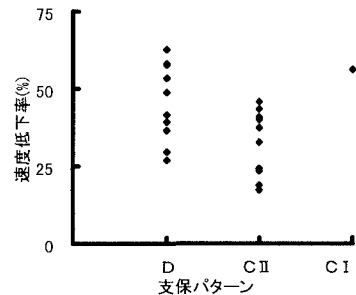
ここで、 V_{ps} ：簡易坑内弾性波速度(km/s)、 V_{pt} ：TSP 調査から求められる弾性波速度(km/s)とする。この式によって求められた値と支保パターンとの関連性を示したものが、図－4である。この図から、

ばらつきはやはり大きいものの、DパターンとCⅡパターンの間に明らかに変化率の違いがあることがわかる。これは、Dパターンと分類される岩盤は、風化や断層・破碎帯などさまざまな地質要因により、掘削による応力解放の影響が大きいため、速度の変化率が大きくなったものと考えられる。

5. まとめ

本研究では、TSP 調査法で求められるトンネル側壁部の弾性波速度を利用して行う岩盤評価方法について基礎的な検討を行った。その結果、坑内で簡便に実施できる簡易弾性波調査による速度値との比較で求められる弾性波速度の低下率による支保パターンの評価の可能性があることが示された。今後は、さらに多くのデータで検討すると同時に、他のデータも加えた評価手法についても検討を進める必要がある。

【参考文献】前田他：坑内弾性波反射法における不連続面検出特性に関する一考察、第32回地盤工学研究発表会講演集、1977



図－3 速度低下率と支保パターン