

トンネル切羽前方弾性波反射法探査における速度解析について

大成建設株式会社 正会員 ○三谷一貴
 大成建設株式会社 正会員 友野雄士
 大成建設株式会社 正会員 青木智幸
 大成建設株式会社 正会員 山上順民
 大成建設株式会社 正会員 今井 博

1. はじめに

トンネル掘削において切羽前方の地山状況を予測することは、地山変化の不確実性に適切に対処することを可能にする点で期待が高い。切羽前方の比較的広範囲を対象とする探査として弾性波反射法によるTSPやHSPが用いられている¹⁾。桑原ら²⁾は、先進ボーリングの削孔データを用いた切羽前方探査により得られた地山変化点とTSPにより得られた反射面位置を比較した結果、位置に違いがあり、この原因は、TSP法の速度解析における速度値の計算誤差や反射波の周波数や重複反射によることを指摘した。

国道385号線椿坂トンネル工は、中生代の混在岩よりなる美濃一丹波帯に位置し、近接する活断層である柳ヶ瀬断層の影響で、複数の派生断層がトンネルルートに出現する可能性があることから、ほぼ全線をカバーするTSPによる切羽前方探査が計画された。岩種は、頁岩が主体である。

本報では、椿坂トンネル工事で実施した6回のTSP探査結果について、得られた速度分布について考察した。

2. TSP203について

TSP203では、P波速度に加えてS波速度が解析され、それらの三次元空間分布が得られる。 V_p と V_s より、密度 $\rho(x)=f(V_p(x))$ という、弾性波速度を関数とする経験式(非公開)を用いて地山密度を推定し、それを用いて、剛性率、ヤング率、体積弾性率、ラメ定数などの動的弾性パラメータの空間分布が推定できる機能が追加された。

木村他³⁾はTSP203による切羽前方探査による V_p 、 V_s および反射強度と切羽評価点を比較し、地山判定指標として岩盤強度と最も相関性があることから V_p を選択した。 V_p による岩盤分類は山岳トンネルの

事前探査としての豊富な実績があるが、TSPなどの計測から得られる V_p については、その妥当性が重要である。

3. TSP203 測定概要

TSP203は、探査域が重なるようにこれまで計6回実施した。発振孔24箇所において100gのダイナマイト1本ずつで起振し、受振は2箇所あるいは1箇所ですべてデータを取得した。

4. 弾性波速度解析

側壁の弾性波速度は、図1に示すように、測定位置の直接波の初動走時から V_p および V_s を求めた。第1回目から第6回目までの測定位置の側壁に沿う弾性波速度を同様に計算した結果を表1に示す。

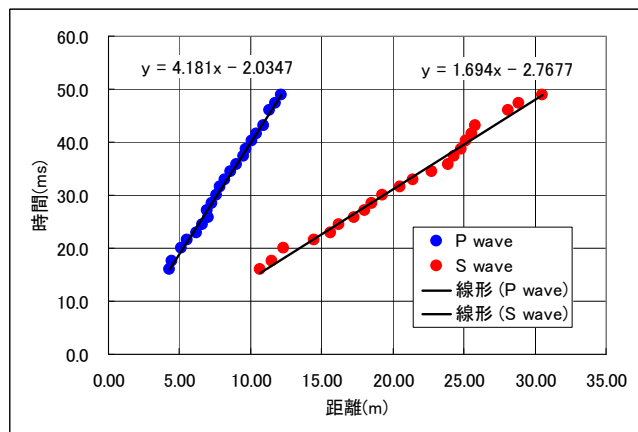


図1 初動走時解析からの V_p および V_s
(探査第1回目の例)

表1 初動走時から求めた V_p および V_s 単位: m/s

	P波速度	S波速度
第1回目	4181	1694
第2回目	4492	1837
第3回目	3952	1665
第4回目	3971	1671
第5回目	4179	1961
第6回目	3834	1552

キーワード トンネル、切羽前方探査、TSP203、弾性波、反射法

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設(株)技術センター TEL: 045-814-7237

図2のAとBに、6回実施したTSP203の解析結果のP波およびS波のトンネル距離程に沿う分布を、実施した回の切羽位置（三角印）とともに示す。横軸は距離程、縦軸は弾性波速度値である。各回のTSP探査では、前回の初動走時による速度値から切羽前方の距離程に沿って増減する速度値の分布を示しているが、その変化量は比較的小さいと言える。

図2のCでは、表1で示した初動走時から求めた速度値を計測した時の切羽の位置に示した。さらに、発振点と受振点との距離を走時で割った速度の最大値と最小値を、初動走時の傾きから求めた速度の検証の意味で示した。おおむね一致しているため、解析の初期値として妥当と考えられる。したがって、本来の速度分布の概略は図2のCに近い可能性が考えられる。図2の一番上に示したトンネル施工時の実施支保パターンを見ると、CII区間でDI区間と比較して大きい弾性波速度を取っており、この点では整合的である。

このように、TSP203での速度三次元空間分布は、直接波、すなわち、測定サイトの側壁近傍での速度に強く依存し、一方、速度変化は過小評価している可能性がある。また、速度値の計算誤差は、測定範囲の切羽前方深度が大きくなるほど大きいと考えら

れ、これはまた反射面位置の精度に大きく影響を与える。したがって、現状では、各回の探査で得られる速度変化は、その絶対値と言うよりは変化の指標として捉えるのが妥当であろう。さらに、TSP203では速度分布から得られる各種の力学パラメータも算定するが、その絶対値の物理的意味を議論できる段階には無いと考えざるを得ない。

6. まとめ

6回分のTSP203の探査領域は互いに重なり部分を設定して実施しており、重なり部分での弾性波速度が一致しないという解析上の課題を抽出した。今後は、精度の良い弾性波速度空間分布の計測が出来る方法を考えていきたい。

参考文献

- 1) 例えば、蔵谷他、切羽前方探査を目的とした高精度弾性波探査の実施例、土木学会第64回年次学術講演会、VI-290, p 579-580, 2009.
- 2) 桑原他、ノンコア削孔切羽前方探査と坑内弾性波探査、土木学会第65回年次学術講演会、VI-021, 41-42, 2010.
- 3) 木村他、トンネル切羽前方探査（TSP203）の予測弾性波速度と切羽評価点の関係、土木学会第58回年次学術講演会（平成15年9月）、III-156, 2003.

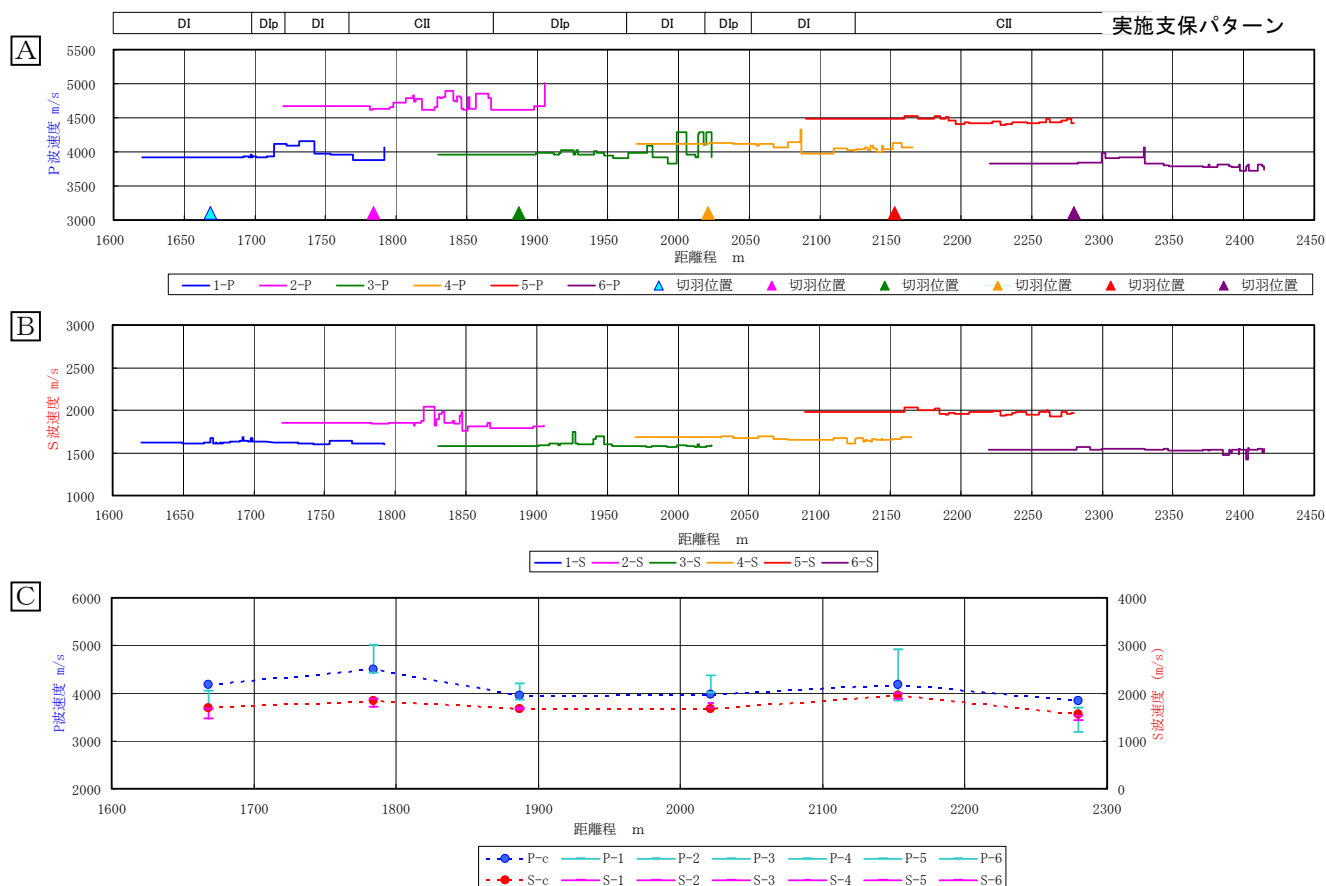


図2 速度空間分布と初動走時から求めた速度との比較