

TSP303 トンネル切羽前方探査で得られた P 波速度と S 波速度の関係について

エフティーエス(株) 正会員 ○四塚勝久
エフティーエス(株) 篠原 茂

1. はじめに

山岳トンネル工事に於いて TSP303 による切羽前方探査¹⁾が数多く実施されている。その測定では全ての探査地点で直接波の P 波速度が求まり、幾つかの現場ではさらに S 波速度も求めることができた。本稿ではそれらの P 波速度と S 波速度の関係について報告する。

2. TSP303 切羽前方探査

TSP303 では図 1 に示すように切羽手前のトンネル側壁に 24 ヶ所の発振孔と 4 ヶ所の受振孔を設け、発振孔で所定数量の火薬を起爆し、受振孔に設置した 3 成分 (X,Y,Z) の加速度計でその時の弾性波を三次元的に受振する。X 成分 (トンネル軸方向) の加速度計で得られた受振波形から図 2 に示すような P 波の初動から P 波速度が求まり、さらに Y 成分 (トンネル横断方向) で得られた波形には S 波と思われる波列が図 3 に示すように現れることがあり、そこから S 波速度を求めることができる。なお、探査の測線長は約 55m である。

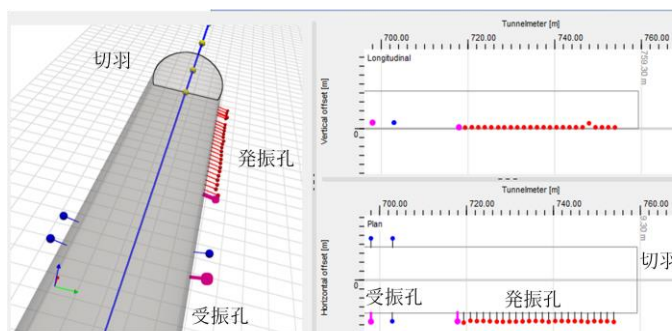


図 1 TSP303 のレイアウト

TSP303 ではトンネル周辺および前方に存在する境界面前後での音響インピーダンスが異なる面からの反射波を抽出し、その境界面の位置を三次元解析で求めるが、解析時の初期モデルでは直接波の P 波速度と S 波速度の値を使う。P 波速度については必ず求めることができるが、S 波速度に関しては図 3 のような波列が必ずしもすべての探査で求まる訳ではないのでその場合は解析者の判断で S 波速度の値を決め、切羽前方の P 波速度および S 波速度などを求め、その値から切羽前方の地山状況を予測することになる。

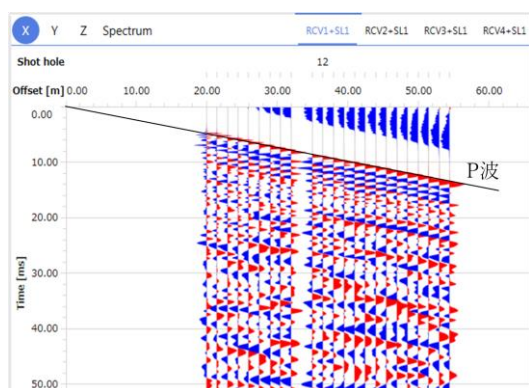


図 2 P 波の初動

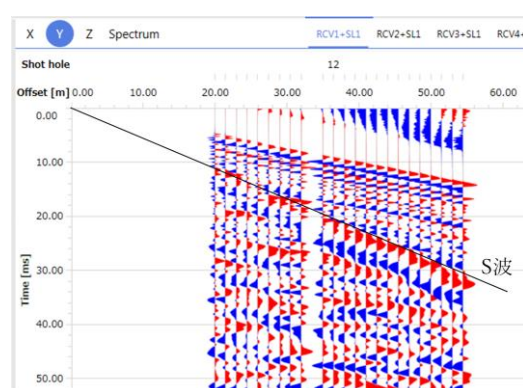


図 3 S 波の初動

キーワード TSP303 探査, 切羽前方探査, P 波速度, S 波速度, V_p/V_s

連絡先 〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町 8-1 ヒューリック小舟町ビル 7F TEL 03-6206-2220

3. P波速度とS波速度の関係

前述したようにS波速度が特定できない場合には任意の値を決めることになり必ずしも合理的とは言い難い。そこで、今まで行われてきたTSP探査で得られたP波速度とS波速度をプロットすると図4に示すような関係が得られた。P波速度(V_p)とS波速度(V_s)の間には明確な相関関係があり(1)式の関係が得られた。

$$V_s = 0.5198 V_p - 194.18 \quad \dots \dots \dots (1)$$

よって、直接波のS波速度が求まらない場合には式(1)からS波速度の値を求め、解析に使用することになる。因みに、S波速度が特定できたのは弊社でTSP探査を実施した82現場の内の58現場であった。

4. V_p/V_s について

岩盤の物性などはP波速度やS波速度の値から評価することが以前から行われているが V_p/V_s の値もその指標の一つと考えられる。P波速度とS波速度はともに地圧の影響を受け、地圧が大きくなるとそれぞれの速度は大きくなることが知られており、当然 V_p/V_s もその影響を受けると考えられる。鉛直地圧はほぼ土被りに相当と言われているので、土被りと V_p/V_s の関係を図5に示す。これによると土被りが300mを超えると V_p/V_s の値は2.0前後のほぼ一定の値を示すが、土被りが200mより浅い所では、土被りが小さくなるほど V_p/V_s の値が大きくなっていることがわかる。さらに V_p/V_s と V_p および V_s の関係をプロットすると図6、図7のような関係が得られた。 V_p/V_s は V_p 、 V_s の増加と共に小さくなっており特に V_s との間に相関があることが分かる。今回のデータに関しては探査地点の岩種やその物性等での種分けを行っていないのでそれを行うことにより V_p/V_s の値を岩盤の評価にどのように使えるかを明らかにできると思われる。

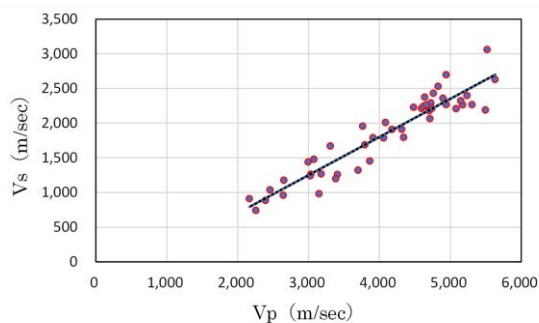


図4 P波速度とS波速度の関係

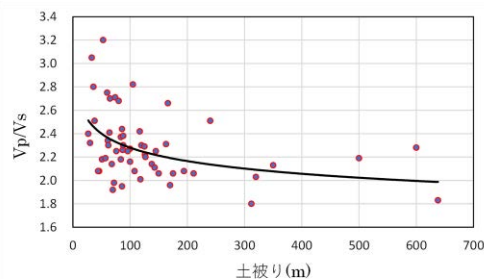


図5 土被りと V_p/V_s の関係

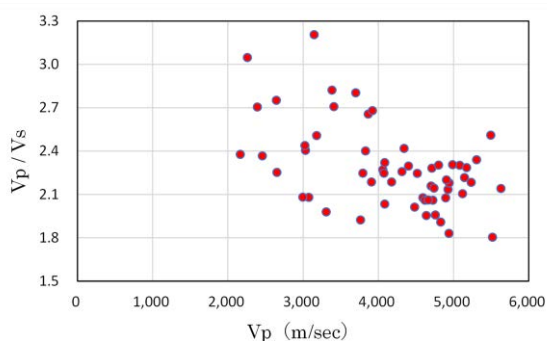


図6 V_p と V_p/V_s の関係

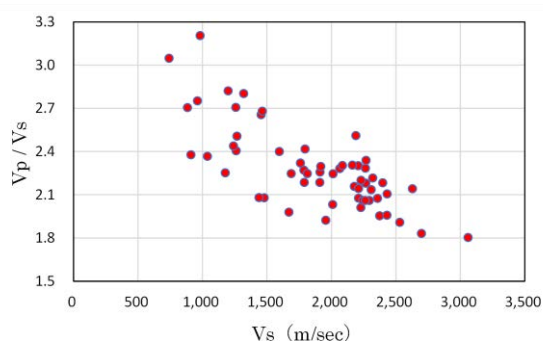


図7 V_s と V_p/V_s の関係

5. あとがき

TSP303ではP波速度だけではなくS波速度も用いて切羽前方の地山状況を予測しており、S波速度を正しく見積もることが重要である。今回の結果によりP波速度とS波速度の間には比較的明確な関係が得られ、それを使うことで探査の精度が向上することが期待できる。

参考文献

1) 四塚勝久, 篠原茂: トンネル切羽前方探査, 建設機械施工, Vol.68, No.5, 2016